



ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA  
KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ  
-----oOo-----

# BÀI GIẢNG

# CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ

*PGS. TS. LÊ PHƯỚC HẢO*



TP. HCM, Tháng 11/2006

## MỤC LỤC BÀI GIẢNG

STT	NỘI DUNG
1.	Giới thiệu, yêu cầu và nội dung môn học
2.	Các tính chất của đá và chất lưu
3.	Dòng chảy trong giếng
4.	Quy trình hoàn thiện giếng
5.	Hoàn thiện giếng khai thác
6.	Giếng đa nhánh
7.	Công nghệ bắn mở vỉa
8.	Khảo sát độ nhạy của Các thông số bắn mở vỉa nhờ phương pháp phân tích điểm nút
9.	Gọi dòng sản phẩm
10.	Ứng dụng công nghệ coiled tubing trong đo log, bắn mở vỉa, xử lý axit và cứu sự cố
11.	Khảo sát giếng
12.	Tối ưu hoá thử vỉa
13.	Công nghệ duy trì áp suất vỉa
14.	Mô hình dịch chuyển chất lưu trong vi lỗ rỗng
15.	Các biện pháp xử lý nước bơm ép ở mỏ Bạch Hổ
16.	Nguyên nhân gây nhiễm bẩn thành hệ và hiệu ứng skin
17.	Phương pháp xử lý axit
18.	Phương pháp nứt vỉa thủy lực
19.	Phương pháp trái nổ
20.	Lựa chọn công nghệ xử lý vùng cận đáy giếng ở mỏ Bạch Hổ
21.	Xử lý vùng cận đáy giếng mỏ Bạch Hổ bằng nhũ tương dầu -axít
22.	Phương pháp khai thác tự phun
23.	Thiết bị lòng giếng
24.	Các hệ thống thiết bị khai thác dầu
25.	Tổng quan các phương pháp khai thác cơ học và lựa chọn tối ưu
26.	Phương pháp gaslift
27.	Bơm ly tâm điện chìm
28.	Các phương pháp thu hồi dầu tăng cường



TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM  
**KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ**

---

# BÀI GIẢNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ

## ***GIỚI THIỆU, YÊU CẦU VÀ NỘI DUNG MÔN HỌC***

---

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo  
Email : [lphao@hcmut.edu.vn](mailto:lphao@hcmut.edu.vn)  
Tel : 84-8-8654086

# NỘI DUNG MÔN HỌC

---

- Tên môn học: **CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ**
- Mã số môn học: 300009
- Phân phối tiết học: 3 (3.1.6)

+ Lý thuyết: 42

+ Bài tập & Seminar: 14

- **Nội dung:** Môn học giới thiệu các nguyên tắc cơ bản trong công nghệ khai thác dầu khí bao gồm kỹ thuật hoàn thiện giếng khai thác, công nghệ và kỹ thuật tác động lên vỉa, các phương pháp khai thác dầu khí, công nghệ và kỹ thuật thu hồi dầu thứ cấp, các phương pháp thiết kế và tối ưu hóa khai thác dầu khí từ các mỏ dầu hoặc từ các giếng khai thác dầu riêng biệt.



- 1- Lê Phước Hảo. Bài giảng Công nghệ khai thác dầu khí
- 2- Phùng Đình Thực, Dương Danh Lam, Lê Bá Tuấn, Nguyễn Văn Cảnh. *Công nghệ và kỹ thuật khai thác dầu khí*, NXB Giáo dục 1999.
- 3- Lê Phước Hảo. *Cơ sở khoan và khai thác dầu khí*. NXB ĐHQG TP. HCM 2002.
- 4- Lê Phước Hảo, Nguyễn Kiên Cường. *Phương pháp phân tích hệ thống ứng dụng trong kỹ thuật dầu khí*. NXB ĐHQG TP. HCM 2003.
- 5- Lê Phước Hảo, Nguyễn Mạnh Thủy (dịch): *Các vấn đề cơ bản trong công nghệ khai thác dầu khí*, XNLD Vietsovpetro, 1996.
- 6- Petroleum Engineering Handbook, SPE, 1992.

7- Các nguồn học liệu mở (các bài giảng điện tử ở các trường đại học, bài báo, LVTN, LVThS, LVTS)

8- Thư viện điện tử SPE

9- Các trang web của các công ty dầu khí (BP, Exxon-Mobil, Shell, TotalElfina, Vietsovpetro) và dịch vụ kỹ thuật dầu khí (Schlumberger, Halliburton, BJ, Transocean, Geoservices, PVDrilling...).

# Chương 1: Tổng quan về khai thác dầu khí

---

- 1.1. Các khái niệm cơ bản
- 1.2. Các nguồn năng lượng vỉa
- 1.3. Các chế độ khai thác mỏ dầu
- 1.4. Lý thuyết chuyển động của dòng chất lưu trong ống đứng
- 1.5. Tính toán tổn thất áp suất do ma sát
- 1.6. Tình hình khai thác dầu khí trong nước và trên thế giới

## Chương 2: Hoàn thiện giếng khai thác

---

### 2.1. Đại cương về công tác hoàn thiện giếng

2.1.1- Phân loại

2.1.2- Phương pháp hoàn thiện giếng

2.1.3- Tính toán thiết kế

2.1.4- Dung dịch hoàn thiện giếng

### 2.2. Quy trình hoàn thiện giếng

### 2.3. Thiết bị hoàn thiện giếng

2.3.1- Thiết bị bắn mở vỉa

2.3.2- Thiết bị lòng giếng

2.3.3- Thiết bị đầu giếng

2.3.4- Thiết bị kiểm soát dòng chảy

## Chương 2: Hoàn thiện giếng khai thác

---

2.4. Công nghệ bắn mở vỉa

2.5. Những đặc thù trong công nghệ hoàn thiện giếng ngang

2.6. Gọi dòng sản phẩm

2.6.1- Nguyên lý gọi dòng

2.6.2- Các yêu cầu cơ bản

2.6.3- Các phương pháp gọi dòng sản phẩm

2.6.4- Các yếu tố ảnh hưởng đến công tác gọi dòng

2.7- Bài tập

## Chương 3: Khảo sát giếng

---

- 3.1. Mục đích và phương pháp khảo sát giếng
- 3.2. Khảo sát giếng làm việc ở chế độ ổn định
- 3.3. Khảo sát giếng làm việc ở chế độ không ổn định
- 3.4. Các phương pháp khảo sát khác
- 3.5. Lựa chọn chế độ làm việc của giếng
- 3.6. Kỹ thuật và thiết bị khảo sát

## Chương 4: Công nghệ duy trì áp suất vỉa

---

- 4.1. Mục đích và phương pháp
- 4.2. Duy trì áp suất vỉa bằng bơm ép nước
  - 4.2.1- Sơ đồ bố trí các giếng bơm ép
  - 4.2.2- Các nguồn nước bơm ép
  - 4.2.3- Xử lý nước bơm ép
  - 4.2.4- Quy trình công nghệ bơm ép nước
  - 4.2.5- Hệ thống thiết bị bơm ép nước
- 4.3. Duy trì áp suất vỉa bằng bơm ép khí

**Kiểm tra giữa học kỳ**

## Chương 5: Xử lý vùng cận đáy giếng

---

### 5.1. Vấn đề nhiễm bẩn tầng chứa

5.1.1- Nguyên nhân

5.1.2- Các yếu tố ảnh hưởng chính

5.1.3- Hiệu ứng skin

5.2- Tổng quan các phương pháp xử lý (cơ sở lý thuyết, đối tượng áp dụng, ưu nhược điểm)

5.2.1- Xử lý hóa học (axit)

5.2.2- Xử lý cơ học

a- Trái nổ

b- Nứt vỉa thủy lực (có và không có hạt chèn)

c- Xử lý kết hợp



## Chương 6: Phương pháp tự phun

---

- 6.1. Khái niệm về sự tự phun
- 6.2. Phương pháp xác định điều kiện tự phun
- 6.3. Các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng tự phun
- 6.4. Tính toán cột ống khai thác
- 6.5. Thiết bị lòng giếng khai thác tự phun
- 6.6. Chọn chế độ khai thác tối ưu
- 6.7. Sự cố trong quá trình tự phun và biện pháp phòng ngừa

## Chương 7: Phương pháp gaslift

---

7.1. Nguyên lý của phương pháp gaslift

7.2. Các loại thiết bị gaslift

7.3. Chủng loại và đặc tính của các van gaslift

7.4. Thiết kế chế độ làm việc cho giếng gaslift

7.5. Tối ưu hóa phương pháp gaslift

Giao bài tập lớn

## Chương 8: Bơm ly tâm điện chìm

---

8.1. Ưu nhược điểm của phương pháp

8.2. Thiết bị

8.2.1- Thiết bị lòng giếng

8.2.2- Thiết bị bề mặt

8.3. Thiết kế và chọn bơm

8.4. Những sự cố thường gặp

8.5. Các biện pháp nâng cao tuổi thọ bơm ly tâm điện chìm

Giao bài tập lớn

## Chương 9: Thu hồi tăng cường

---

9.1. Tầm quan trọng

9.2. Sự phân bố của dầu dư trong vỉa

9.3. Các phương pháp thu hồi dầu tăng cường

9.4. Lựa chọn phương pháp thích hợp

- ❖ Khảo sát các phần mềm chuyên ngành
- ❖ Nộp các bài tập lớn (tính toán thiết kế)
- ❖ Thi học kỳ

## Chương 10: Những thành tựu mới

---

- Production Facilities
- Sand Control
- Coiled Tubing
- Multiphase Pumps
- Downhole Separators
- Marginal Field Development...

## HÌNH THỨC ĐÁNH GIÁ MÔN HỌC

---

1. Kiểm tra thường kỳ (10%), giữa kỳ (20%), và cuối kỳ (50%) bằng hình thức trắc nghiệm khách quan trên mạng
2. Bài tập lớn (10%): 2 bài tập tính toán thiết kế (nộp bài trước khi kết thúc học kỳ)
3. Seminar (10%): mỗi SV (hoặc nhóm SV) chọn 1 chủ đề (nâng cao, mở rộng phần lý thuyết có trong chương trình, hay ứng dụng thực tế...), đăng ký vào đầu học kỳ, nhận tài liệu và chuẩn bị báo cáo trước lớp (10 phút) và trả lời các câu hỏi liên quan.



TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM  
**KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ**

---

BÀI GIẢNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ

***CÁC TÍNH CHẤT  
CỦA ĐÁ VÀ CHẤT LƯU***

---

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo  
Email : [lphao@hcmut.edu.vn](mailto:lphao@hcmut.edu.vn)  
Tel : 84-8-8654086

# NỘI DUNG

---

1. Các tính chất của Dũa tác động đến dòng chảy
2. Các tính chất của lưu chất vỉa
3. Hệ phương trình mô tả dòng chảy trong vỉa



## Các tính chất của vỉa và chất lưu

---

1. Độ rỗng
2. Độ thấm
3. Độ bão hòa
4. Tính mao dẫn
5. Tính dính ướt
6. Sự thay đổi thể tích theo áp suất
7. Áp suất vỉa
8. Nhiệt độ vỉa

## Độ rỗng

---

- Trong đất đá luôn tồn tại những lỗ hổng, khe nứt không chứa những vật rắn
- Thực tế, đất đá cứng chắc và liền khối có thể xem như không có lỗ rỗng, còn đất đá mềm, rời, đá nhiều khe nứt có độ rỗng lớn

## Độ rỗng toàn phần

Độ rỗng toàn phần biểu thị bằng tỷ số giữa tổng thể tích không gian rỗng của khối đá và tổng thể tích thực của khối đá

$$\Phi = \frac{\text{thể tích rỗng } V_r}{\text{thể tích khối đá } V_\Sigma}$$

## Độ rỗng hiệu dụng

Độ rỗng hiệu dụng biểu thị bằng tỷ số tổng thể tích không gian rỗng của khối đá cho phép chất lưu (khí, dầu, nước) chảy qua trên tổng thể tích thực của khối đá

$$\Phi_{hd} = \frac{\text{thể tích hiệu dụng } V_{hd}}{\text{thể tích khối đá } V_{\Sigma}}$$

## Độ rỗng hiệu dụng

---

- Giá trị độ rỗng hiệu dụng dùng để tính toán trữ lượng và lưu lượng khai thác của giếng. Phân loại độ rỗng hiệu dụng:
  - + 0%-5%: không đáng kể
  - + 5%-10%: nghèo hoặc thấp
  - + 10%-15%: khá hoặc trung bình
  - + 15-20%: tốt hoặc cao
  - + trên 20%: rất tốt
- Nếu độ rỗng vỉa quá thấp, có thể sử dụng các phương pháp nứt vỉa để tăng độ thấm

## Xác định độ rỗng

---

Quy trình xác định độ rỗng của đất đá trong phòng thí nghiệm:

- Sấy khô mẫu ở  $105^{\circ}\text{C}$  trong 8h để khối lượng không thay đổi
- So sánh khối lượng của mẫu khô và mẫu ướt, tìm được khối lượng lưu chất chứa trong mẫu, từ đó suy ra được độ rỗng của mẫu

## Độ bão hòa chất lưu trong vỉa

---

Độ bão hòa chất lưu trong vỉa là tỷ số giữa thể tích chất lưu chứa trong các lỗ rỗng và thể tích lỗ rỗng

$$S = \frac{V_{cl}}{V_r}$$

## Độ bão hòa chất lưu trong vỉa

Tương ứng với mỗi pha dầu, khí, nước ta lần lượt có độ bão hòa dầu, khí và nước tương ứng”

$$S_o = \frac{V_o}{V_r}$$

$$S_g = \frac{V_g}{V_r}$$

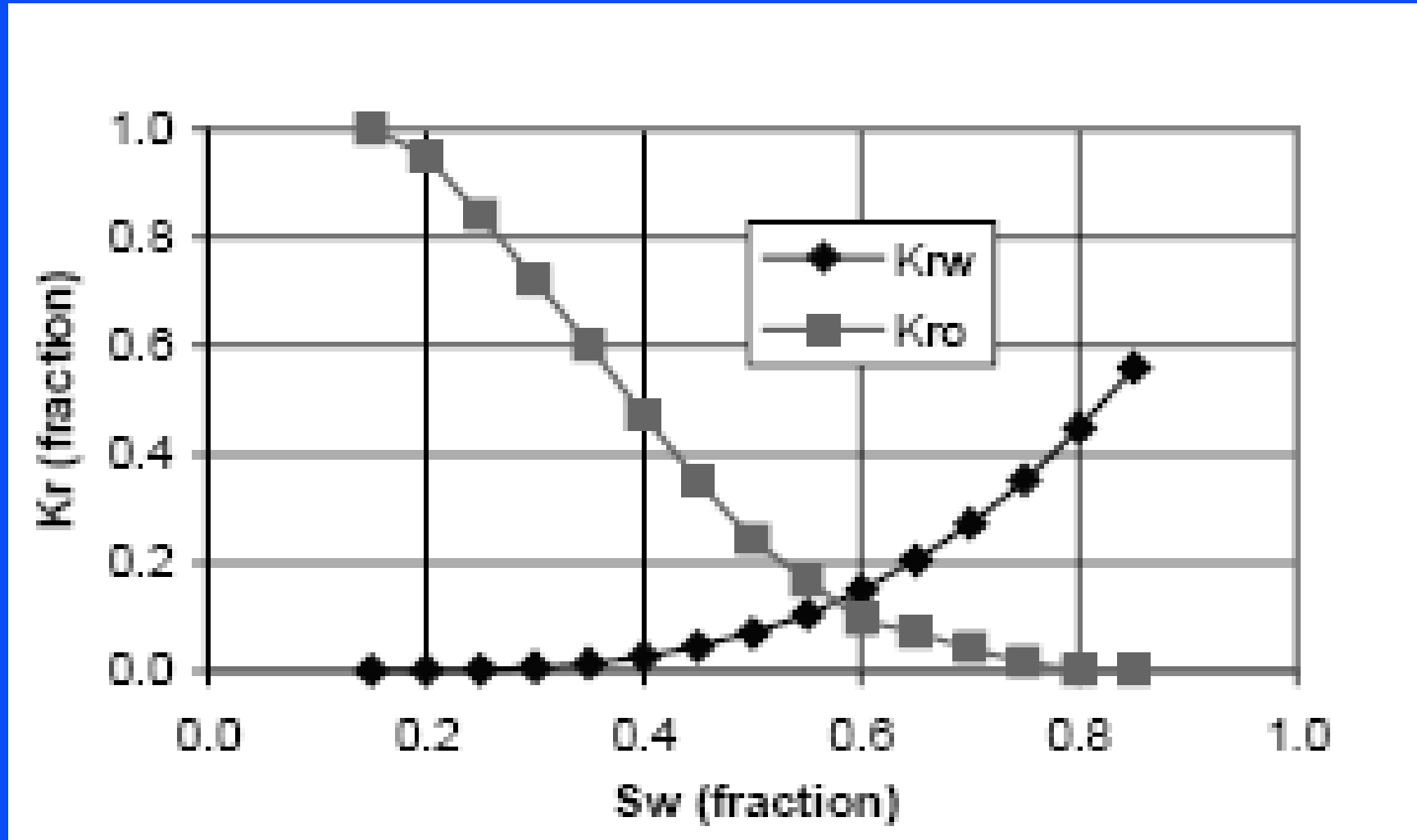
$$S_w = \frac{V_w}{V_r}$$

Và:

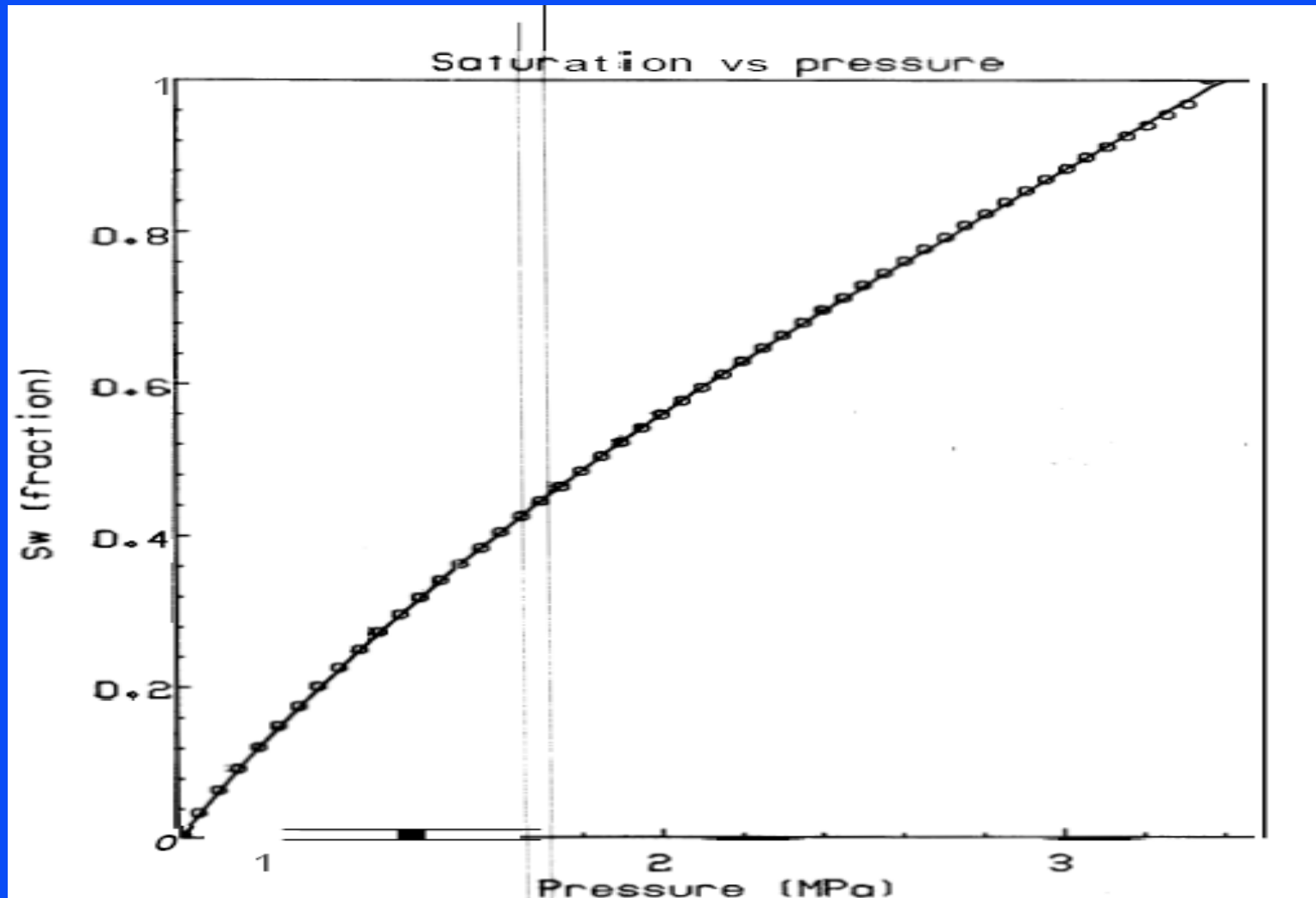
$$S_o + S_g + S_w = \frac{V_o}{V_r} + \frac{V_g}{V_r} + \frac{V_w}{V_r} = 1$$



# Quan hệ giữa độ thấm tương đối và độ bão hòa



# Quan hệ giữa độ bão hòa và áp suất



## Tính mao dẫn

---

- Những lỗ rỗng trong đá được xem tương tự như những ống mao dẫn có kích thước nhỏ
- Khi lỗ rỗng trong đá có kích thước nhỏ, lực căng bề mặt gây ra bởi chất lưu có tính dính ướt đá chiếm ưu thế sẽ gây ra sự chênh áp giữa 2 chất lưu dầu – nước qua bề mặt này

## Áp suất mao dẫn

Đá có thể có tính dính ướt dầu hoặc nước chiếm ưu thế, vì vậy theo quy ước, áp suất mao dẫn dầu - nước là áp suất pha dầu trừ áp suất pha nước

$$P_{c(o-w)} = P_o - P_w$$

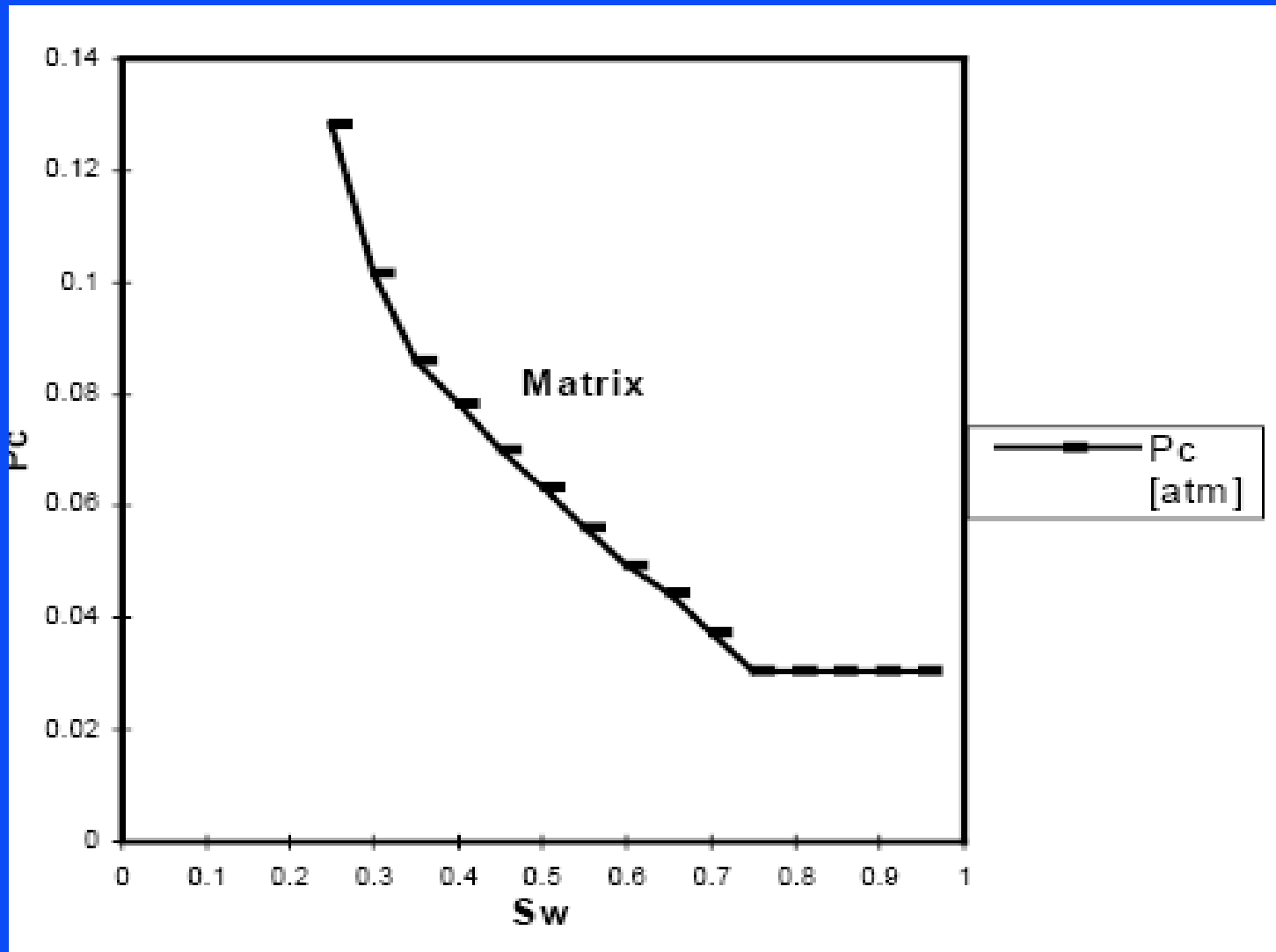
Tương tự, ta có áp suất mao dẫn giữa pha khí – pha nước là:

$$P_{c(g-o)} = P_g - P_o$$

Và áp suất mao dẫn giữa pha khí và pha dầu là:

$$P_{c(g-w)} = P_g - P_w$$

# Quan hệ giữa AS mao dẫn độ bão hòa chất lưu



## Độ thấm

---

- Độ thấm là một trong những tính chất quan trọng của đất đá chứa dầu khí, đặc trưng cho khả năng cho chất lưu chảy qua hệ thống lỗ rỗng liên thông nhau
- Độ thấm được biểu thị qua hệ số thấm  $k$  – chỉ phụ thuộc vào môi trường lỗ rỗng mà không phụ thuộc vào chất lưu thấm qua nó

## Các loại độ thấm

---

- Độ thấm tuyệt đối là độ thấm của đá ở điều kiện bão hòa 100% một loại chất lưu
- Độ thấm hiệu dụng là độ thấm của đá với một chất lưu có độ bão hòa nhỏ hơn 100%
- Tổng các độ thấm hiệu dụng luôn nhỏ hơn độ thấm tuyệt đối

$$k_w + k_o < k$$

## Các loại độ thấm

---

Độ thấm tương đối là tỷ số giữa độ thấm hiệu dụng và độ thấm tuyệt đối

$$k_{rw} = \frac{k_w}{k}$$

$$k_{ro} = \frac{k_o}{k}$$



## Độ thấm tương đối

---

- Mối quan hệ giữa tính thấm tương đối với đặc tính của đá tầng chứa như cấu trúc lỗ rỗng, loại đá, dạng hình học ... là rất phức tạp
- Đá có độ rỗng lớn sẽ có độ bão hòa nước giữa hạt thấp bởi vì hầu như tất cả các lỗ rỗng đều có thể cho cả hai pha dầu và nước đi qua và độ thấm tương đối của dầu ở trạng thái bão hòa nước dư ban đầu là khá lớn

## Hằng số C

---

- Tính chất của môi trường rỗng được đặc trưng bởi kích thước hạt trung bình  $d$ , các yếu tố độ rỗng, dạng hạt, phân bố và sắp xếp hạt...và được thể hiện bằng một hằng số không thứ nguyên C
- Hệ số thấm  $k$  có thể xác định dưới dạng:

$$k = Cd^2$$

## Định luật thấm Darcy

Thông thường, hệ số thấm  $k$  được tính dựa vào định luật thấm Darcy:

$$\vec{V} = -\frac{k}{\mu} \vec{\nabla}(p + \gamma z)$$

Suy ra:

$$k = \frac{Q \mu \cdot l}{A \Delta p}$$

## Hệ số thấm tương đương

Trong thực tế, độ thấm thường thay đổi theo phương (ngang và thẳng đứng). Vì vậy hệ số thấm tương đương được tính:

+ Theo phương ngang

$$k_{td} = \frac{\sum_{i=1} L_i}{\sum_{i=1} \frac{L_i}{k_i}}$$

+ Theo phương thẳng đứng

$$k_{td} = \frac{\sum_{i=1} k_i \cdot h_i}{\sum_{i=1} h_i}$$

## Tính dính ướt

---

- Sự tương tác giữa bề mặt của đá và chất lưu chứa trong lỗ rỗng có ảnh hưởng lớn đến sự phân bố của chất lưu và tính chất dòng chảy trong vỉa
- Khi hai pha chất lưu không hòa tan với nhau, trong môi trường rỗng cùng tiếp xúc với đá thì thường một trong hai pha hấp phụ lên bề mặt đá mạnh hơn pha kia
- Pha hấp phụ mạnh hơn được gọi là pha dính ướt còn pha kia gọi là pha không dính ướt
- Tính dính ướt quyết định đến sự phân bố chất lưu trong môi trường lỗ rỗng và có ảnh hưởng trực tiếp đến các tính chất thủy động lực học quan trọng của đá chứa dầu khí như độ thấm tương đối, hiệu quả của quá trình đẩy dầu và hệ số thu hồi dầu

## Tính nén

- Trong điều kiện vỉa, nhiệt độ được xem như ít thay đổi. Vì vậy để đơn giản khi tính toán ta chỉ xem xét sự thay đổi thể tích của đá chứa khí áp suất thay đổi
- Điều này sẽ dẫn đến sự thay đổi thể tích lỗ rỗng tức thay đổi về độ rỗng và độ thấm tuyệt đối
- Sự thay đổi này được đặc trưng bằng hệ số nén đẳng nhiệt:

$$C_p = -\frac{1}{V} \frac{dV}{dP}$$

- Sự thay đổi độ rỗng đối với một loại đá chỉ phụ thuộc vào sự khác biệt áp suất bên trong (áp suất gây ra bởi chất lưu) và áp suất bên ngoài (của khung đá) mà không phụ thuộc vào giá trị tuyệt đối của các áp suất đó.

## Hệ số nén đẳng nhiệt

Theo Newman, hệ số nén đẳng nhiệt của một số loại đá chịu áp suất có thể được tính theo các công thức thực nghiệm sau:

Cát kết: 
$$C_p = \frac{97,32 \cdot 10^{-5}}{(1 + 55,87\phi)^{1,43}} \quad (0,02 < \phi < 0,23)$$

Đá vôi: 
$$C_p = \frac{0,854}{(1 + 2,48 \cdot 10^6 \phi)^{0,93}} \quad (0,02 < \phi < 0,33)$$

## Áp suất vỉa

---

- Chất lỏng và khí nằm trong vỉa chịu một áp suất nhất định gọi là áp suất vỉa
- Áp suất vỉa ban đầu là áp suất vỉa trước khi đưa vào khai thác. Áp suất vỉa ban đầu luôn tỷ lệ với độ sâu của vỉa và tương ứng với áp suất thủy tĩnh của cột nước



## Áp suất vỉa

---

- Áp suất vỉa là một yếu tố quan trọng khi tính toán phương án khai thác tối ưu.
- Áp suất vỉa sẽ quyết định chiều và lưu lượng di chuyển của chất lưu trong vỉa
- Nếu áp suất vỉa đủ lớn, ta có thể sử dụng phương pháp khai thác tự phun, nếu áp suất vỉa suy giảm mạnh, cần có những biện pháp duy trì áp suất vỉa.
- Với cùng độ thấm của đất đá, áp suất vỉa hay chính xác hơn là độ chênh áp giữa vỉa và đáy giếng sẽ quyết định đến phương pháp và lưu lượng khai thác

## Nhiệt độ vỉa

---

- Nhiệt độ vỉa đóng vai trò quan trọng trong việc xác định tính chất vật lý cũng như trạng thái pha của lưu chất trong vỉa
- Cũng như áp suất, nhiệt độ vỉa tăng dần theo chiều sâu
- Nhiệt độ vỉa tương đối ổn định và được đo bằng nhiệt kế đo sâu

## Các tính chất của chất lưu

---

1. Các tính chất của khí
2. Các tính chất của dầu thô
3. Các tính chất của nước vỉa

## Các tính chất của khí

### a. Khí lý tưởng

Trạng thái khí lý tưởng được thể hiện qua phương trình trạng thái khí lý tưởng:  $PV = nRT$

### b. Khối lượng riêng và tỷ trọng

- Khối lượng riêng

$$\rho = \frac{\text{khối lượng}}{\text{thể tích}} = \frac{nM}{V} = \frac{\frac{PV}{RT}M}{V} = \frac{PM}{RT}$$

- Tỷ trọng (so với không khí ở cùng điều kiện)

$$\gamma_g = \frac{\frac{PM}{RT}}{\frac{P \cdot 28,97}{RT}} = \frac{M}{28,97}$$

# Các tính chất của chất lưu tác động đến dòng chảy

---

## c. Áp suất

Theo Raoul

$$P_g = x_j \cdot P_{vj}$$

## d. Khí thực

Khí thực không ứng xử như khí lý tưởng, vì vậy phương trình trạng thái khí thực có dạng:

$$PV = znRT$$

với  $z$  là hệ số lệch khí

## Hệ số lệch khí

---

Hệ số lệch khí là tỷ số giữa thể tích của khí thực và thể tích của khí lý tưởng ở cùng điều kiện nhiệt độ và áp suất

$$Z = \frac{V_{\text{actual}}}{V_{\text{ideal}}}$$

## Hệ số thể tích thành hệ khí

---

Hệ số thể tích thành hệ khí là tỷ số giữa thể tích khí ở điều kiện vỉa và thể tích của lượng khí đó ở điều kiện bề mặt

$$B_g = \frac{V_a}{V_{a,sc}}$$

## Hệ số nén đẳng nhiệt của khí

Khi áp suất thay đổi thì thể tích của khí sẽ thay đổi theo. Sự thay đổi này được đặc trưng bằng hệ số nén đẳng nhiệt của khí:

$$C_{\sigma} = \frac{1}{P} - \frac{1}{z} \left( \frac{dz}{dP} \right)$$

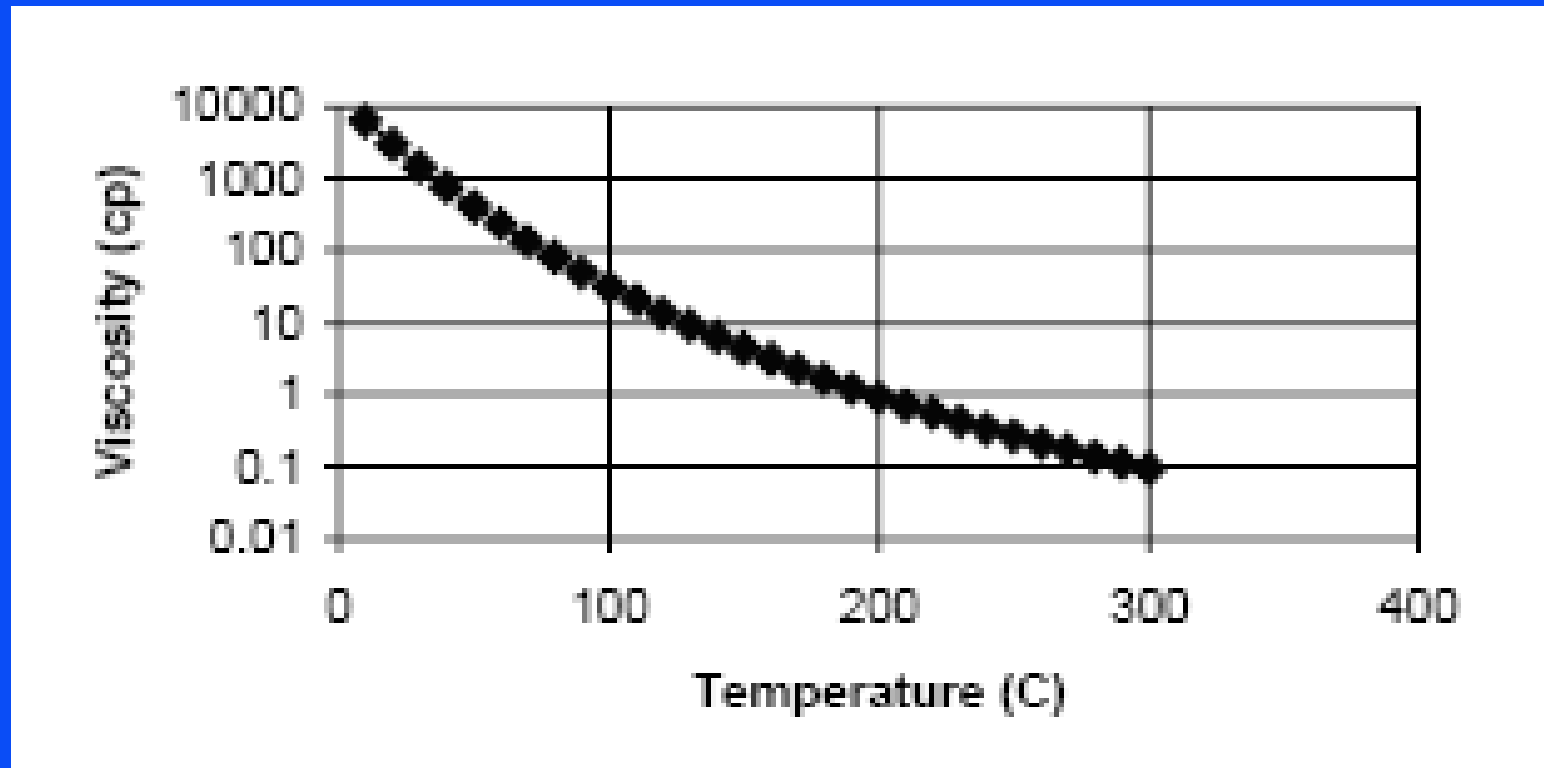


## Hệ số nhớt động lực

---

- Tính nhớt là biểu hiện lực dính phân tử và sự trao đổi năng lượng giữa các phân tử chất lưu khi chuyển động, gây ra lực ma sát trong và tổn thất năng lượng trong dòng chảy
- Là một tính chất vật lý của chất lưu, hệ số nhớt động lực càng lớn thì chất lưu chảy càng chậm (trong cùng một điều kiện)
- Hệ số nhớt động lực của khí phụ thuộc vào nhiệt độ, áp suất và cấu tạo của khí

# Mối quan hệ giữa hệ số nhớt động lực và nhiệt độ



## Các tính chất của dầu thô

---

### a. Tỷ số hòa tan khí - dầu

- Tỷ số hòa tan khí - dầu là khả năng khí thiên nhiên hòa tan trong dầu thô, phụ thuộc vào áp suất, nhiệt độ, cấu tạo của khí và dầu thô
- Khi nhiệt độ không đổi, áp suất tăng thì thể tích giảm, khối lượng riêng tăng dẫn đến lượng khí hòa tan tăng
- Khi áp suất không đổi, nhiệt độ tăng thì thể tích tăng, khối lượng riêng giảm dẫn đến lượng khí hòa tan giảm
- Khi áp suất và nhiệt độ bất kì, lượng khí hòa tan tăng đối với khí có tỷ trọng cao và dầu có tỷ trọng thấp

## Các tính chất của dầu thô

Có thể xác định được bằng biểu thức tương quan của Standing và Beggs:

$$R_{so} = \gamma_g \left[ \frac{P}{18.(10)^{Y_g}} \right]^{1,2048}$$

$$Y_g = 0,00091T - 0,0125\rho_{o,0\text{ API}}$$

$$\rho_{o,0\text{ API}} = \frac{141,5}{\gamma_o} - 131,5$$

## Các tính chất của dầu thô

---

b. Hệ số thể tích thành hệ dầu

- Hệ số thể tích thành hệ của dầu ở một áp suất nhất định là thể tích (bbl) mà một barrel (gồm dầu và khí hòa tan)

chiếm chỗ trong vỉa ở áp suất đó. Đơn vị là bbl/STB

- Biểu thức thực nghiệm xác định hệ số thể tích thành hệ dầu của Standing và Beggs có dạng:

$$B_o = f(R_{so}, \gamma_g, \gamma_o, T)$$

## Các tính chất của dầu thô

- Hệ số thể tích thành hệ hai pha (đơn vị đo bbl/STB) được định nghĩa là thể tích (bbl) mà một STB dầu và khí chiếm chỗ trong vỉa ở nhiệt độ và áp suất bất kì:

$$B_t = B_o + B_g (R_{soi} - R_{so})$$

c. Hệ số nén đẳng nhiệt

$$C_o = - \frac{1}{V} \frac{dV}{dP}$$

## Các tính chất của dầu thô

### d. Hệ số nhớt động lực

-Hệ số nhớt động lực của dầu thô phụ thuộc nhiều vào áp suất và được xác định bằng các công thức thực nghiệm:

\*Khi  $P < P_b$ :

+ Dầu chết (theo Egboah):

$$\lg[\lg(\mu_{od} + 1)] = 1,8653 - 0,025086\rho_{o,0_{API}} - 0,5644 \lg T$$

+ Dầu mới (theo Beggs và Robinson):

$$\mu_o = A\mu_{od}^B$$

\* Khi  $P > P_b$ : Theo Vasquez và Beggs

$$\mu_o = \mu_{ob} \left(\frac{P}{P_b}\right)^m$$

$$m = 2,6P^{1,187} \exp(-11,513 - 8,98.10^{-5} P)$$

## Các tính chất của nước vỉa

---

### a. Hệ số thể tích thành hệ nước

Theo McCain:

$$B_w = (1 + \Delta V_{wt})(1 + \Delta V_{wp})$$

$$\Delta V_{wt} = -1,00010 \cdot 10^{-2} + 1,33391 \cdot 10^{-4} T + 5,50654 \cdot 10^{-7} T^2$$

$$\Delta V_{wp} = -1,95301 \cdot 10^{-9} PT - 1,72834 \cdot 10^{-13} P^2 T - 3,58922 \cdot 10^{-7} P - 2,25341 \cdot 10^{-10} P^2$$



## Các tính chất của nước vỉa

### b. Tỷ số hòa tan khí – nước

$$\frac{R_{sw}}{R_{swp}} = 10^{-0,0840655 ST^{-0,285854}}$$

$$R_{swp} = A + BP + CP^2$$

$$A = 8,15839 - 6,12265 \cdot 10^{-2} T + 1,91663 \cdot 10^{-4} T^2 - 2,1654 \cdot 10^{-7} T^3$$

$$B = 1,01021 \cdot 10^{-2} - 7,44241 \cdot 10^{-5} T + 3,05553 \cdot 10^{-7} T^2 - 2,94883 \cdot 10^{-10} T^3$$

$$C = -10^{-7} (9,02505 - 0,130237T + 8,53425 \cdot 10^{-4} T^2 - 2,34122 \cdot 10^{-6} T^3 + 2,37049 \cdot 10^{-9} T^4)$$

## Các tính chất của nước vỉa

### c. Hệ số nén đẳng nhiệt

Khi  $P > P_b$ :

$$C_w = - \frac{1}{B_w} \left( \frac{\partial B_w}{\partial P} \right)_T = \frac{1}{(7,033P + 541,5C_{NaCl} - 537,0T + 403,3)}$$

Khi  $P < P_b$ :

$$C_w = - \frac{1}{B_w} \left( \frac{\partial B_w}{\partial P} \right)_T + (B + 2C.P)$$

## Các tính chất của nước vỉa

### d. Hệ số nhớt động lực

- Hệ số nhớt động lực ở nhiệt độ vỉa và áp suất khí quyển:

$$\mu_{w1} = AB^T$$

$$A = 109,574 - 8,40564S + 0,313314S^2 + 8,72213 \cdot 10^{-3} S^3$$

$$B = -1,12166 + 2,63951 \cdot 10^{-2} S - 6,79461 \cdot 10^{-4} S^2 - 5,47119 \cdot 10^{-5} S^3 + 1,55586 \cdot 10^{-6} S^4$$

- Hệ số nhớt động lực ở áp suất và nhiệt độ vỉa:

$$\frac{\mu_w}{\mu_{w1}} = 0,9994 + 4,0296 \cdot 10^{-5} P + 3,1062 \cdot 10^{-9} P^2$$

## Dòng chảy trong vỉa

---

- Sự dịch chuyển của chất lưu trong vỉa luôn thay đổi theo không gian và thời gian
- Các yếu tố ảnh hưởng đến dòng chảy cũng thay đổi theo
- Việc hiểu biết quy luật dịch chuyển của chất lưu theo không gian và thời gian trong vỉa là rất quan trọng, giúp:
  - + Tính toán đường đặc tính dòng vào
  - + Tính toán lưu lượng khai thác hợp lý
  - + Lựa chọn các phương pháp xử lý vùng cận đáy
  - + Xác định hệ số skin giếng...
- Để giải quyết bài toán này, cần sử dụng định luật thấm Darcy và khảo sát một số yếu tố ảnh hưởng đến dòng thấm.

# Dòng chảy trong vỉa

---

1. Định luật thấm Darcy
2. Sự thay đổi giữa độ thấm tương đối và độ bão hòa chất lưu
3. Hệ phương trình tổng quát của dòng thấm nhiều pha

## Dòng chảy trong vỉa

### 1. Định luật thấm Darcy

Định luật thấm Darcy tổng quát cho dòng thấm bất kì:

$$\vec{V} = -\frac{k}{\mu} \vec{\nabla} (p + \gamma z)$$

- Khi vận tốc dòng chảy là lớn ( $Re > 10$ ) thì phương trình Darcy không còn đúng nữa. Trong trường hợp này, ta sử dụng phương trình thấm phi tuyến có dạng:

$$J = aV + bV^2$$

- Tuy nhiên hầu hết các dòng chảy trong môi trường lỗ rỗng đều là dòng chảy tầng ( $Re < 10$ )

## Dòng chảy trong vỉa

---

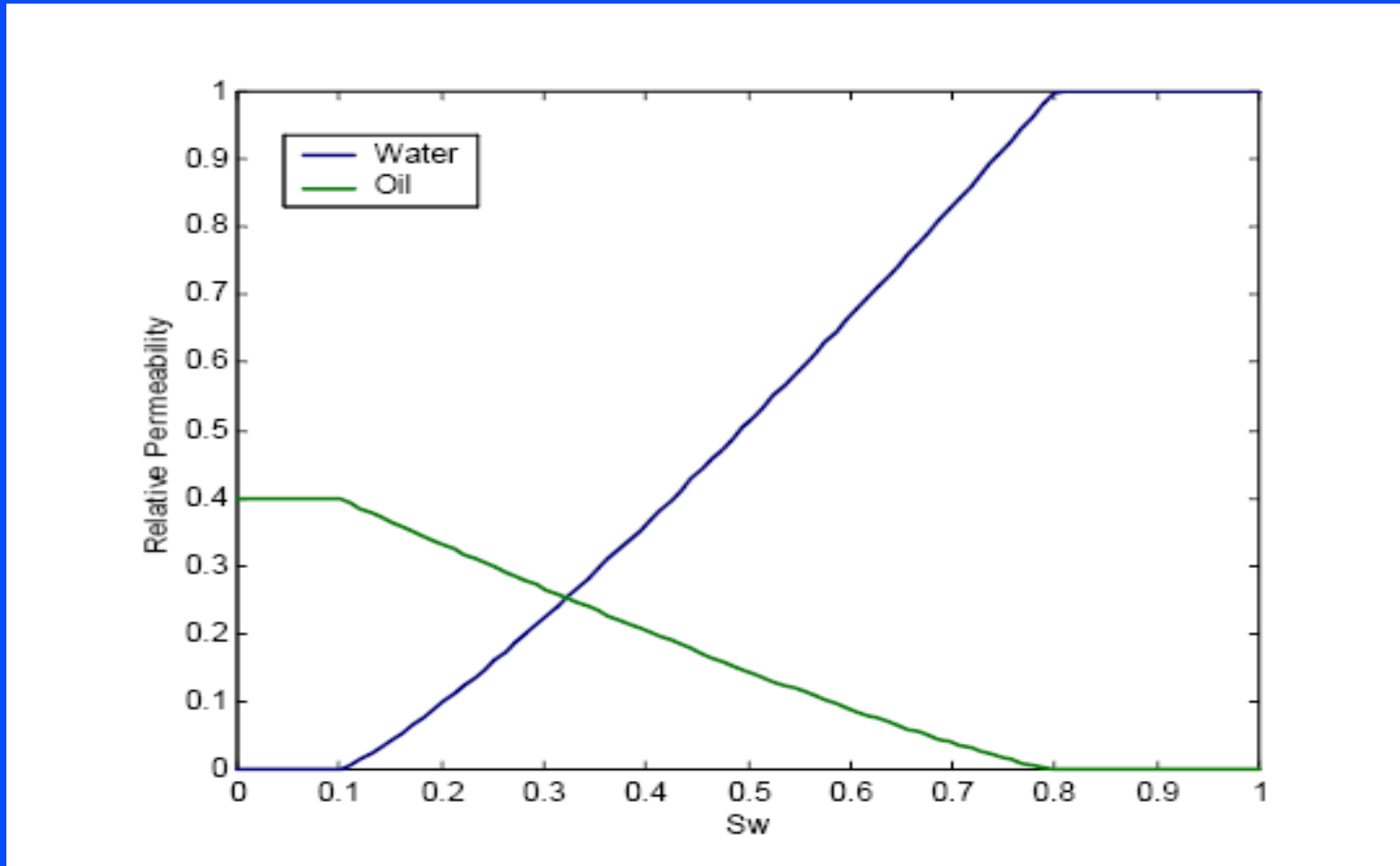
2. Sự thay đổi giữa độ thấm tương đối và độ bão hòa chất lưu

- Khi độ bão hòa thay đổi thì độ thấm hiệu dụng của chất lưu thay đổi

- Khi độ bão hòa nước tăng thì độ thấm của nước sẽ giảm, còn khi độ bão hòa dầu tăng thì độ thấm của dầu sẽ tăng

## Dòng chảy trong vỉa

Sự thay đổi giữa độ thấm tương đối và độ bão hòa chất lưu





## Dòng chảy trong vỉa

3. Hệ phương trình tổng quát của dòng thấm nhiều pha  
 Xét trường hợp dòng thấm gồm cả 3 pha nước, dầu và khí.  
 Định luật Darcy áp dụng cho mỗi pha như sau:

- Pha nước: 
$$\vec{V}_w = -\frac{k_w}{\mu_w} \vec{\nabla}(p_w + \gamma_w z) = -\frac{k \cdot k_{rw}}{\mu_w} \vec{\nabla}(p_w + \rho_w g z)$$

- Pha dầu: 
$$\vec{V}_o = -\frac{k_o}{\mu_o} \vec{\nabla}(p_o + \gamma_o z) = -\frac{k \cdot k_{ro}}{\mu_o} \vec{\nabla}(p_o + \rho_o g z)$$

- Pha khí: 
$$\vec{V}_g = -\frac{k_g}{\mu_g} \vec{\nabla}(p_g + \gamma_g z) = -\frac{k \cdot k_{rg}}{\mu_g} \vec{\nabla}(p_g + \rho_g g z)$$

## Dòng chảy trong vỉa

Phương trình liên tục áp dụng cho từng pha:

+ Pha nước

$$\frac{\partial(\phi \rho_w S_w)}{\partial t} + \vec{\nabla}(\rho_w \vec{V}_w) = 0$$

+ Pha dầu

$$\frac{\partial(\phi \rho_o S_o)}{\partial t} + \vec{\nabla}(\rho_o \vec{V}_o) = 0$$

+ Pha khí

$$\frac{\partial(\phi \rho_g S_g)}{\partial t} + \vec{\nabla}(\rho_g \vec{V}_g) = 0$$

## Dòng chảy trong vỉa

Kết hợp định luật Darcy và phương trình liên tục cho mỗi pha, ta được hệ phương trình:

$$\frac{\partial(\phi\rho_w S_w)}{\partial t} - \vec{\nabla}\left[\rho_w \frac{k.k_{rw}}{\mu_w} \vec{\nabla}(p_w + \rho_w g z)\right] = 0$$

$$\frac{\partial(\phi\rho_o S_o)}{\partial t} - \vec{\nabla}\left[\rho_o \frac{k.k_{ro}}{\mu_o} \vec{\nabla}(p_o + \rho_o g z)\right] = 0$$

$$\frac{\partial(\phi\rho_g S_g)}{\partial t} - \vec{\nabla}\left[\rho_g \frac{k.k_{rg}}{\mu_g} \vec{\nabla}(p_g + \rho_g g z)\right] = 0$$

## Dòng chảy trong vỉa

Các pha liên hệ với nhau qua các quan hệ nữa thực nghiệm giữa áp suất và độ bão hòa:

$$P_{c(g-w)} = P_g - P_w = f(S_g, S_w)$$

$$P_{c(g-o)} = P_g - P_o = f(S_g, S_o)$$

$$P_{c(o-w)} = P_o - P_w = f(S_o, S_w)$$

## Dòng chảy trong vỉa

---

- Ngoài ra cần quan tâm đến tính nén được của lưu chất
- Sự biến thiên của các hệ số thấm tương đối theo độ bão hòa
- Sự biến thiên của các hệ số nhớt động lực theo áp suất và nhiệt độ

## Dòng chảy trong vỉa

---

- Dựa vào các điều kiện ban đầu và điều kiện biên, các phương trình trên có thể giải được bằng phương pháp số.
- Lời giải các hệ phương trình trên cho biết quy luật dịch chuyển của chất lưu trong vỉa, từ đó có thể xây dựng được đường đặc tính dòng vào với độ chính xác cao, giúp việc khai thác đạt hiệu quả cao nhất



TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM  
**KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ**

---

BÀI GIẢNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ

# *DÒNG CHẢY TRONG GIẾNG*

---

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo

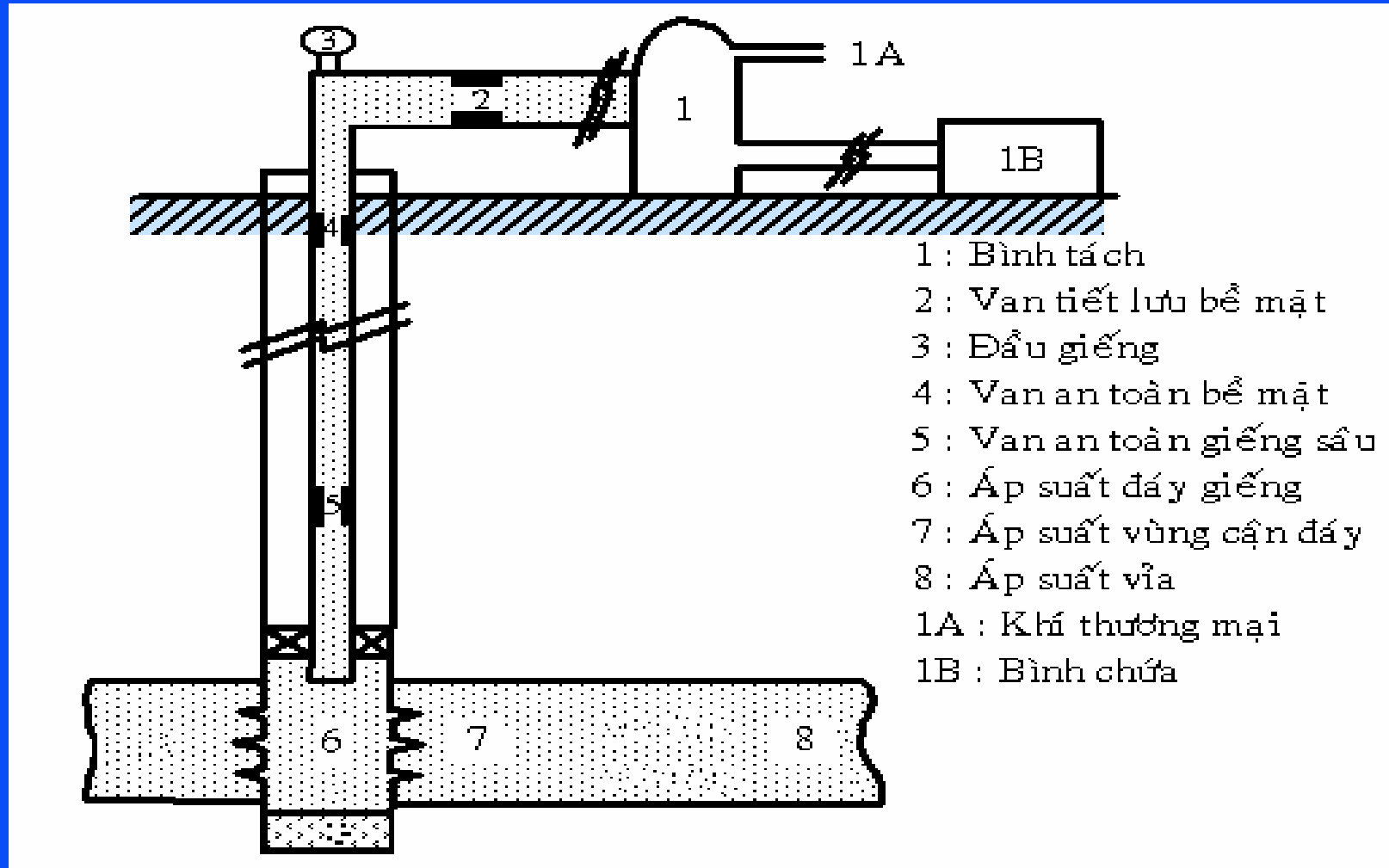
Email : [lphao@hcmut.edu.vn](mailto:lphao@hcmut.edu.vn)

Tel : 84-8-8654086

- ❖ Giới thiệu chung
  
- ❖ Tính toán dòng chảy trong giếng
  - Phương trình năng lượng tổng quát
  - Các tính chất cơ bản của lưu chất
  - Các thông số của dòng chảy hai pha
  - Phương trình gradient áp suất của dòng chảy hai pha trong ống khai thác
  - Dòng chảy trong các bộ phận cản dòng



## Giới thiệu chung



- ❖ Dòng chảy trong hệ thống khai thác bao gồm:
- ❖ Dòng chảy từ vỉa vào đáy giếng
- ❖ Dòng chảy từ đáy giếng lên bề mặt
- ❖ Để phân tích toàn bộ hệ thống khai thác, cần tính toán tổn thất áp suất trong từng bộ phận của hệ thống:
- ❖ Tổn thất áp suất của dòng chảy từ vỉa vào đáy giếng được thể hiện qua đường đặc tính dòng vào IPR.
- ❖ Tổn thất áp suất từ đáy giếng lên bề mặt, (điểm 6 – điểm 1) được thể hiện qua đường đặc tính nâng VLF.

## LÝ THUYẾT ĐIỂM NÚT

---

Chọn đáy giếng là điểm nút. Áp suất điểm nút tính theo dòng ra lúc này là:

$$\Delta P_{\text{sep}} + \Delta P_{\text{ống TG}} + \Delta P_{\text{choke}} + \Delta P_{\text{ống KT}} + \Delta P_{\text{sssv}} + \Delta P_{\text{srt}} = P_{\text{wf}}$$

Trong đó:

$\Delta P_{\text{sep}}$ : Áp suất bình tách

$\Delta P_{\text{ống TG}}$ : Độ giảm áp trong ống thu gom

$\Delta P_{\text{choke}}$ : Độ giảm áp trong van tiết lưu bề mặt

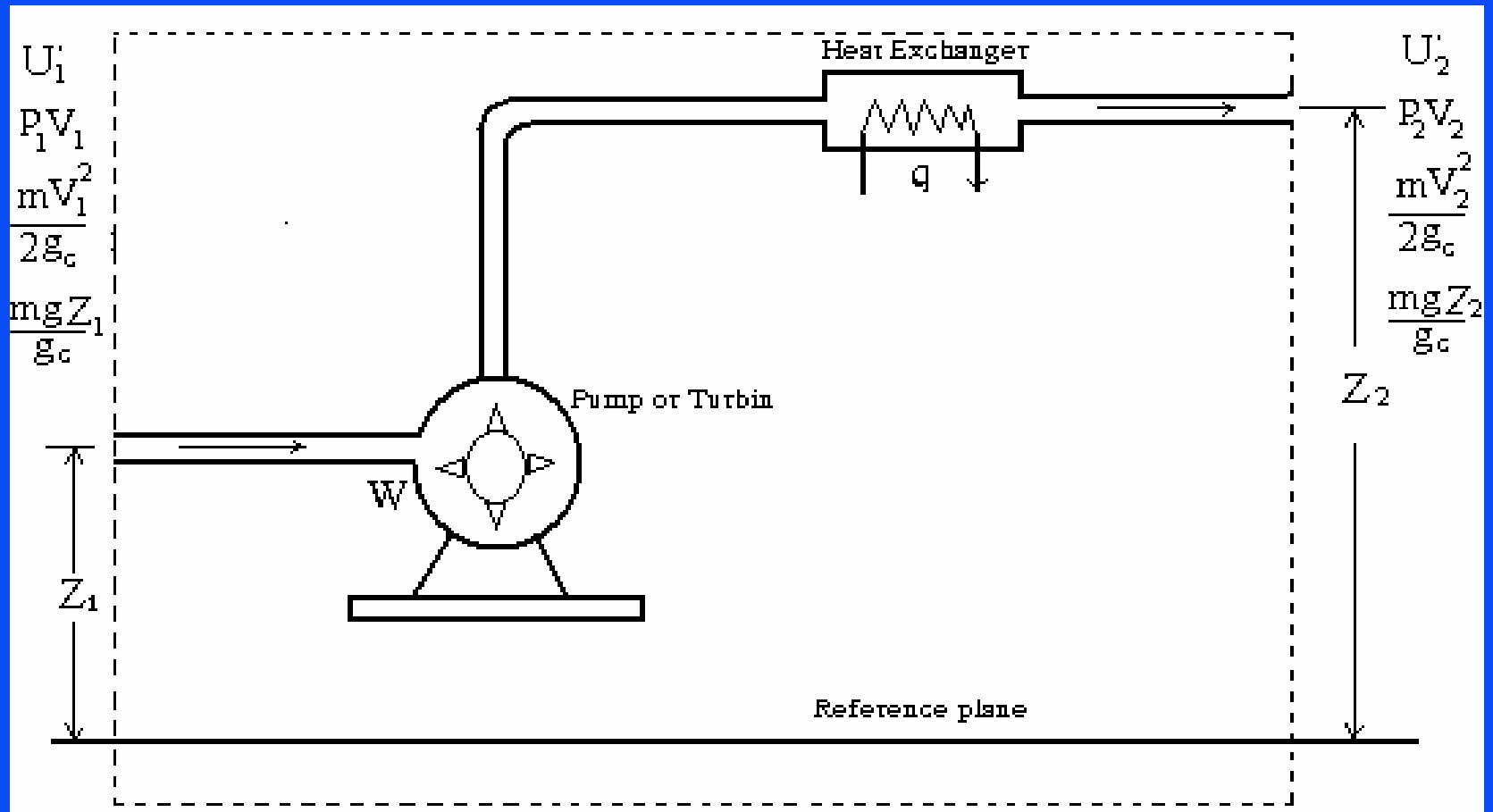
$\Delta P_{\text{ống KT}}$ : Độ giảm áp trong ống khai thác

$\Delta P_{\text{sssv}}$ : Độ giảm áp trong van an toàn giếng sâu

$\Delta P_{\text{srt}}$ : Độ giảm áp trong bộ phận cản dòng khác

$P_{\text{wf}}$ : Áp suất đáy giếng

# PHƯƠNG TRÌNH NĂNG LƯỢNG TỔNG QUÁT



## PHƯƠNG TRÌNH NĂNG LƯỢNG TỔNG QUÁT

---

$$U_1 + p_1 \cdot V_1 + \frac{mv_1^2}{2g_c} + \frac{mgZ_1}{g_c} + q' + W_s' = U_2 + p_2 \cdot V_2 + \frac{mv_2^2}{2g_c} + \frac{mgZ_2}{g_c}$$

Chia phương trình trên cho m và lấy vi phân hai vế, ta được:

$$dU + d\left(\frac{p}{\rho}\right) + \frac{vdp}{g_c} + \frac{g}{g_c} \cdot dZ + dq + dW_s = 0$$

## PHƯƠNG TRÌNH NĂNG LƯỢNG TỔNG QUÁT

Phương trình trên rất khó áp dụng. Dựa vào lý thuyết nhiệt động học biến đổi phương trình trên như sau:

$$dU = dh - d(p/\rho); dh = T.dS + (dp/\rho)$$

$$dU = TdS + dp/\rho - d(p/\rho)$$

Thay thế vào phương trình trên ta được:

$$TdS + dp/\rho + vdv/g_c + gdz/g_c + dq + dW_s = 0 \quad (*)$$

Tiếp tục biến đổi, được kết quả:

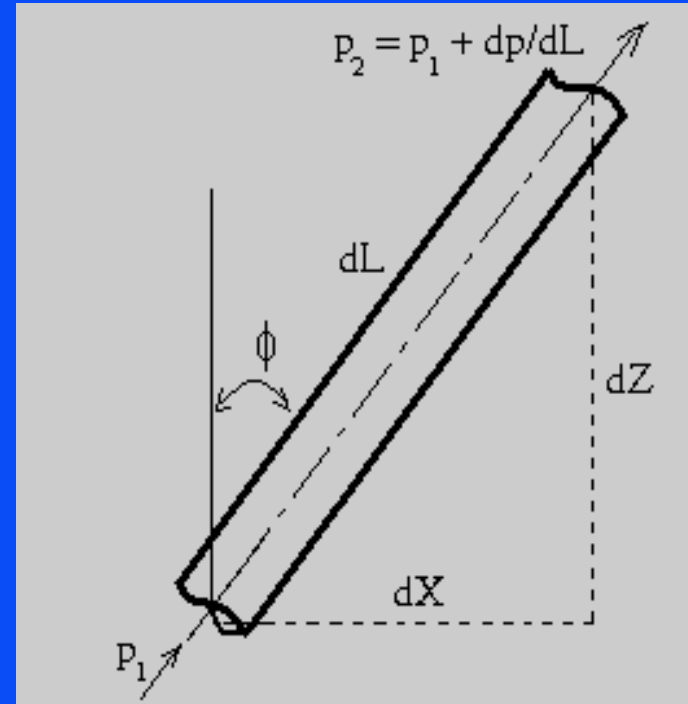
$$dS \geq -dq/T; dS = -dq + dL_w.$$

$dL_w$  là tổn thất ma sát. Giả sử  $W_s = 0$ , phương trình (\*) trở thành:

$$\frac{dp}{\rho} + \frac{v.dv}{g_c} + \frac{g}{g_c}.dZ + dL_w = 0$$

## PHƯƠNG TRÌNH NĂNG LƯỢNG TỔNG QUÁT

Mặt khác, nếu ống thu gom nghiêng một góc  $\theta$  thì  $dz=dL\sin\theta$  và nhân hai vế phương trình trên cho  $\rho/dL$ :



$$\frac{dp}{dL} + \frac{\rho \cdot v \cdot dv}{g_c \cdot dL} + \frac{g}{g_c} \cdot \rho \cdot \sin \theta + \rho \cdot \frac{dL_w}{dL} = 0$$

## PHƯƠNG TRÌNH NĂNG LƯỢNG TỔNG QUÁT

---

Trong các phương trình trên, độ giảm áp  $dp = p_2 - p_1 < 0$ .  
Nếu  $dp > 0$ , ta có phương trình xác định gradient áp suất:

$$\frac{dp}{dL} = \left[ \frac{\rho \cdot v \cdot dv}{g_c \cdot dL} + \frac{g}{g_c} \cdot \rho \cdot \sin \theta + \left( \frac{dp}{dL} \right)_f \right]$$



## PHƯƠNG TRÌNH NĂNG LƯỢNG TỔNG QUÁT

---

$(dp/dL)_f = \rho dL_w/dL$ : gradient áp suất do ma sát (hay trượt) gây nên

Hệ số ma sát  $f$  được xác định như sau:

$$f = 64/N_{RE}$$

$N_{RE}$  là số Reynolds, là thông số dùng để phân biệt chế độ dòng chảy.

Trong ống tròn, giá trị phân chia giữa dòng chảy tầng và dòng chảy rối thường là  $N_{RE} = 2100$  hoặc  $2300$ .

## PHƯƠNG TRÌNH NĂNG LƯỢNG TỔNG QUÁT

---

Đối với dòng chảy rối, thành ống trơn, hệ số ma sát được xác định bằng các phương trình sau:

$3000 < N_{RE} < 3 \times 10^6$ , áp dụng phương trình Drew, Koo và McAdam, ta được:

$$f = 0.56 + 0.5 N_{RE}^{-32}$$

$N_{RE} > 10^5$ , áp dụng phương trình Blasius:

$$f = 0.316 N_{RE}^{-0.25}$$

Đối với dòng chảy rối, thành ống nhám ( $\epsilon/d \neq 0$ ) hệ số ma sát được xác định bằng phương trình Colebrook và White (1939):

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1,74 - 2 \cdot \log \left( \frac{2 \cdot \epsilon}{d} + \frac{18,7}{N_{Re} \cdot \sqrt{f}} \right)$$

## PHƯƠNG TRÌNH NĂNG LƯỢNG TỔNG QUÁT

---

Vì hệ số ma sát không thể xác định trực tiếp được từ phương trình trên nên cần biến đổi thành phương trình sau đây, đồng thời kết hợp phương pháp thử và sai:

$$f_c = \left[ \frac{1}{1,74 - 2 \cdot \log \left( \frac{2 \cdot \varepsilon}{d} + \frac{18,7}{N_{\text{Re}} \cdot \sqrt{f_g}} \right)} \right]^2$$

## PHƯƠNG TRÌNH NĂNG LƯỢNG TỔNG QUÁT

---

Dùng phương trình Drew, Koo và Mc Adams để xác định giá trị  $f_g$  đầu tiên, sau đó thay vào phương trình trên xác định giá trị  $f_c$ . Nếu  $f_c$  không gần bằng giá trị  $f_g$  thì gán  $f_c$  vừa tính bằng  $f_g$  và tiếp tục tính cho đến khi nào giá trị  $f_g$  và  $f_c$  tương đương với nhau.

Nếu  $5.10^3 < N_{RE} < 10^8$  và  $10^{-6} < \epsilon/d < 10^{-2}$ , áp dụng phương trình Jain:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1.14 - 2 \log \left( \frac{\epsilon}{d} + \frac{21.25}{N_{RE}^{0.9}} \right)$$

## CÁC TÍNH CHẤT CƠ BẢN CỦA LƯU CHẤT

---

Muốn tính toán dòng chảy trong ống khai thác, đầu tiên phải biết những tính chất của lưu chất (hệ số thể tích thành hệ, tỷ số khí dầu, vận tốc dòng chảy, khối lượng riêng, độ nhớt, hệ số nén đẳng nhiệt, sức căng bề mặt,...) sẽ thay đổi như thế nào trong điều kiện khai thác. Đây là cơ sở để tính sự chênh áp, tổn hao do ma sát trong ống khai thác.

### Vận tốc lưu chất

$$\text{Vận tốc lưu chất} = \frac{\text{Lưu lượng lưu chất}}{\text{Diện tích mặt cắt lưu chất chảy qua}}$$

## CÁC TÍNH CHẤT CƠ BẢN CỦA LƯU CHẤT

---

- **Vận tốc biểu kiến một pha:** vận tốc dòng chảy chỉ 1 pha trong toàn bộ mặt cắt của ống.
- **Vận tốc thực:** Khi một lưu chất di chuyển không chiếm toàn bộ mặt cắt của ống, thì lúc này tồn tại một pha khác trong tiết diện của ống. Do đó vận tốc thực lúc nào cũng lớn hơn vận tốc biểu kiến. Vì vậy, để tính vận tốc thực của hỗn hợp ta cần quan tâm đến vận tốc biểu kiến của từng pha riêng biệt. Vận tốc hỗn hợp là vận tốc của các pha. Cần chú ý rằng, lưu lượng của các pha thay đổi tùy thuộc vào áp suất, nhiệt độ của các pha và vị trí của chúng trong ống khai thác. Do đó, vận tốc tức thời của lưu chất là một hàm phụ thuộc vào áp suất, nhiệt độ, hệ số thể tích thành hệ, hệ số nén của lưu chất tại điểm đó.

# CÁC TÍNH CHẤT CƠ BẢN CỦA LƯU CHẤT

- **Vận tốc khí biểu kiến**

- Khí là lưu chất nén được nên lưu lượng của khí tại một vị trí trong ống khai thác sẽ bằng lưu lượng khí tại điều kiện bề mặt chia cho hệ số thể tích thành hệ khí tại vị trí đó.

$$V_{sg} = \frac{q_g}{A} = \frac{q_{sc} \cdot B_g}{A}$$

Trong đó:

- +  $V_{sg}$  : vận tốc khí biểu kiến (ft/s)
- +  $q_{sc}$  : lưu lượng khí tự do đo tại điều kiện bề mặt (scf/s)
- +  $B_g$  : hệ số thể tích thành hệ khí (ft<sup>3</sup>/scf)
- +  $A = \pi d^2/4$  : tiết diện của đường ống (ft<sup>2</sup>)
- +  $d$  : đường kính trong của ống (ft)

Trong trường hợp khí hoà tan trong dầu thì lưu lượng khí tự do dịch chuyển trong đường ống lúc này sẽ bằng lưu lượng tổng trừ đi lưu lượng khí hoà tan trong dầu.

## CÁC TÍNH CHẤT CƠ BẢN CỦA LƯU CHẤT

---

$$V_{sg} = \frac{q_g}{A} = \frac{q_{sc} \cdot B_g}{A}$$

Trong đó:

+  $V_{sg}$  : vận tốc khí biểu kiến (ft/s)

+  $q_{sc}$  : lưu lượng khí tự do đo tại điều kiện bề mặt (scf/s)

+  $B_g$  : hệ số thể tích thành hệ khí (ft<sup>3</sup>/scf)

+  $A = \pi d^2/4$  : tiết diện của đường ống (ft<sup>2</sup>)

+  $d$  : đường kính trong của ống (ft)

Trong trường hợp khí hoà tan trong dầu thì lưu lượng khí tự do dịch chuyển trong đường ống lúc này sẽ bằng lưu lượng tổng trừ đi lưu lượng khí hoà tan trong dầu.



# CÁC TÍNH CHẤT CƠ BẢN CỦA LƯU CHẤT

## Vận tốc dầu biểu kiến

Để xác định vận tốc biểu kiến của dầu cần phải đo được lưu lượng dầu đã giãn nở ở điều kiện bề mặt:

Trong đó:

$$v_{so} = \frac{q_0}{B_0 \cdot A}$$

+  $v_{so}$  : vận tốc dầu biểu kiến (ft/s)

+  $q_0$  : lưu lượng dầu khai thác (scf/s)

+  $B_0$  : hệ số thể tích thành hệ dầu (ft<sup>3</sup>/scf)

+  $A$  : tiết diện đường ống (ft<sup>2</sup>)

Nếu lưu lượng dầu khai thác  $q_0$  là STB/ngày thì vận tốc biểu kiến của dầu:

$$v_{so} = \frac{6,5 \times 10^{-5} \cdot q_0}{B_0 \cdot A}$$

Vận tốc nước biểu kiến

$$v_{sw} = \frac{6,5 \times 10^{-5} \cdot q_w \cdot B_w}{A}$$

Trong đó:

+  $v_{sw}$  : vận tốc nước biểu kiến (ft/s)

+  $q_w$  : lưu lượng nước khai thác (STB/ngày)

+  $B_w$  : hệ số thể tích thành hệ nước (bbl/STB)

+  $A$  : tiết diện ống (ft<sup>2</sup>).

# CÁC TÍNH CHẤT CƠ BẢN CỦA LƯU CHẤT

## ❖ Vận tốc pha lỏng biểu kiến

Trong ống khai thác, nước và dầu được xem có cùng vận tốc do nước có khối lượng riêng lớn hơn nhưng bù lại nước có độ nhớt thấp hơn dầu. Do đó vận tốc lỏng biểu kiến bằng tổng vận tốc biểu kiến của nước và dầu:  $v_{sl} = v_{so} + v_{sw}$

Hay

$$v_{sl} = \frac{q_l}{\pi \cdot \frac{d^2}{4}}$$

Với:  $q_l$  : lưu lượng pha lỏng bao gồm cả nước và dầu.

Nếu pha lỏng bao gồm cả dầu, nước và nước ngưng tụ thì:

$$v_{sl} = \frac{q_o \cdot B_o + (q_w - w_c \cdot q_g) \cdot B_w}{\pi \cdot d^2 / 4}$$

+  $w_c$  : lượng nước ngưng tụ (bbl/MMscf)

+  $d$  : đường kính trong của ống khai thác (ft)

**Vận tốc hỗn hợp biểu kiến bằng vận tốc lỏng biểu kiến và vận tốc khí biểu kiến:**

$$V_m = V_{sl} + V_{sg}$$

## **Khối lượng riêng của lưu chất**

- Dòng chảy trong ống khai thác là dòng chảy của hỗn hợp các pha, do đó để tính khối lượng riêng của hỗn hợp, ta cần tính khối lượng riêng của từng thành phần: khí, dầu và nước

## CÁC TÍNH CHẤT CƠ BẢN CỦA LƯU CHẤT

---

**Khối lượng riêng của dầu khí có khí hoà tan trong dầu:**

$$\rho_0 = \frac{(350\gamma_0 + 0,0764\gamma_g \cdot R_s)}{5,615B_0}$$

**Trong đó:**

+  $\rho_0$  : khối lượng riêng của dầu (lbm/ft<sup>3</sup>)

+  $R_s$  : tỷ số hoà tan khí dầu (scf/STB)

# CÁC TÍNH CHẤT CƠ BẢN CỦA LƯU CHẤT

---

- +  $B_0$  : hệ số thể tích thành hệ dầu (bbl/STB)
- + 350 : khối lượng riêng của nước ở điều kiện tiêu chuẩn (lbm/STB).
- + 0,0764 : khối lượng riêng của không khí ở điều kiện chuẩn (lbm/STB).
- + 5,615 : hệ số chuyển đổi ( $\text{ft}^3/\text{bbl}$ ).

Khi áp suất lớn hơn hoặc bằng áp suất điểm bọt khí ( $p \geq p_b$ ), khối lượng riêng của dầu có thể xác định theo phương trình sau:

$$\rho_0 = \rho_{0b} \cdot \exp[C_0(p - p_b)]$$

Trong đó:

- +  $\rho_0$  : khối lượng riêng của dầu ở nhiệt độ T và áp suất p
- +  $\rho_{0b}$  : khối lượng riêng của dầu ở nhiệt độ T và áp suất  $p_b$
- +  $p_b$  : áp suất điểm bọt khí
- +  $C_0$  : hệ số nén đẳng nhiệt ở nhiệt độ T (psia)
- +  $\exp(x) = e^x$

# CÁC TÍNH CHẤT CƠ BẢN CỦA LƯU CHẤT

---

## Khối lượng riêng của nước

$$\rho_w = \rho_{wsc} \cdot \gamma_w / B_w = 62,4 \cdot \gamma_w / B_w$$

Trong đó:

+  $\rho_w$  : khối lượng riêng của nước ở nhiệt độ T và áp suất p (lbm/ft<sup>3</sup>)

+  $\rho_{wsc}$  : khối lượng riêng của nước nguyên chất ở điều kiện tiêu chuẩn = 62,4 (lbm/scf)

+  $\gamma_w$  : tỷ trọng nước

+  $B_w$  : hệ số thể tích thành hệ nước (ft<sup>3</sup>/scf)

## Các tính chất của chất lưu được xác định từ thực nghiệm

---

### Hệ số lệch khí

Hệ số lệch khí  $Z$  (hay còn gọi là hệ số nén khí) phụ thuộc vào nhiệt độ giả giảm ( $T_{pr}$ ) và áp suất giả giảm ( $p_{pr}$ ). Với:

$$T_{pr} = T/T_{pc}; \quad p_{pr} = p/p_{pc}$$

Trong đó:

+  $T_{pc}$  và  $p_{pc}$ : nhiệt độ và áp suất giả tới hạn (psia)

$$+ T_{pc} = \sum y_i p_{ci}$$

$$+ p_{pc} = \sum y_i T_{ci}$$

Với:

+  $y_i$ : tỷ lệ mol của thành phần thứ  $i$ .

+  $T_{ci}$ : nhiệt độ tới hạn của thành phần thứ  $i$ .

+  $p_{ci}$ : áp suất tới hạn của thành phần thứ  $i$ .



## Các tính chất của chất lưu được xác định từ thực nghiệm

---

Nếu không biết thành phần khí thì có thể tính nhiệt độ giả tới hạn và áp suất giả tới hạn theo phương trình sau:

$$+ T_{pc} = 170,5 + 307,3 \cdot \gamma_g$$

$$+ p_{pc} = 709,6 - 58,7 \cdot \gamma_g$$

Tỷ số hoà tan khí dầu

$$R_s = C_1 \cdot \gamma_{gc} \cdot p^{C_2} \cdot \exp[C_3 (API) / (T + 460)]$$

Trong đó:

+ T : nhiệt độ (<sup>o</sup>F)

+ C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> : hằng số phụ thuộc vào <sup>o</sup>API

+  $\gamma_{gc}$  : tỷ trọng khí chính xác.

## Các tính chất của chất lưu được xác định từ thực nghiệm

Các hệ số  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  theo tỷ trọng dầu  $^{\circ}\text{API}$

Hằng số	$^{\circ}\text{API} \leq 30$	$^{\circ}\text{API} > 30$
$C_1$	0.0362	0.0178
$C_2$	1.0937	1.1870
$C_3$	25.7240	23.9310

## Các tính chất của chất lưu được xác định từ thực nghiệm

---

Tỷ trọng khí cũng có thể được tính theo công thức sau:

$$\gamma_{gc} = \gamma_g \left[ 1 + 5,192 \times 10^{-5} (API) . T . \log \left( \frac{p}{114,7} \right) \right]$$

Trong đó:

+  $\gamma_g$  : tỷ trọng khí đo được ở bình tách

+ T : nhiệt độ bình tách ( $^{\circ}\text{F}$ )

+ p : áp suất bình tách (psia)

+ API : tỷ trọng theo độ API

Hệ số thể tích thành hệ

Hệ số thể tích thành hệ dầu

$$B_g = \frac{0,0283 \cdot Z \cdot T}{p}$$

$$B_0 = 1 + C_1 R_s + C_2 (T - 60) \left( \frac{API}{\gamma_{gc}} \right) + C_3 R_s (T - 60) \left( \frac{API}{\gamma_{gc}} \right)$$

## Các tính chất của chất lưu được xác định từ thực nghiệm

Hằng số	$^{\circ}\text{API} \leq 30$	$^{\circ}\text{API} > 30$
$C_1$	$4.6778 \cdot 10^{-4}$	$4.670 \cdot 10^{-4}$
$C_2$	$1.751 \cdot 10^{-5}$	$1.100 \cdot 10^{-5}$
$C_3$	$-1.811 \cdot 10^{-8}$	$1.337 \cdot 10^{-9}$

Khi  $p > p_b$  thì  $B_o$  được xác định:

$$B_o = B_{ob} \exp[C_o(p_b - p)]$$

Trong đó:

+  $B_{bo}$  : hệ số thể tích thành hệ dầu ở áp suất  $p_b$  (bbl/STB)

+  $C_o$  : hệ số nén đẳng nhiệt của dầu ( $\text{psi}^{-1}$ ).

## Các tính chất của chất lưu được xác định từ thực nghiệm

---

Hệ số thể tích thành hệ nước

$$B_w = B_{wp} (1 + XY \times 10^{-4})$$

$$B_{WP} = C_1 + C_2P + C_3P^2$$

Trong đó

+  $B_w$  : hệ số thể tích thành hệ của nước biển (bbl/STB)

+  $B_{wp}$  : hệ số thể tích thành hệ của nước nguyên chất (bbl/STB)

+  $Y$  : nồng độ muối trong nước

## Các tính chất của chất lưu được xác định từ thực nghiệm

---

$$X = 5,1 \times 10^8 \cdot p + (T - 60)(5,47 \times 10^6 - 1,95 \times 10^{10} \cdot p) + (T - 60)^2(8,5 \times 10^{13} \cdot p - 3,32 \times 10^8)$$

$$C_1 = 0,9911 + 6,35 \times 10^{-5} \cdot T + 8,5 \times 10^{-7} \cdot T^2$$

$$C_2 = 1,093 \times 10^{-6} - 3,497 \times 10^{-9} + 4,57 \times 10^{-12} \cdot T^2$$

$$C_3 = -5 \times 10^{-11} + 6,429 \times 10^{-13} \cdot T - 1,43 \times 10^{-15} \cdot T^2$$



## Các tính chất của chất lưu được xác định từ thực nghiệm

Các thông số của dòng chảy hai pha

Tỷ lệ lưu chất

Tỷ lệ lỏng

$H_L = (\text{diện tích mặt cắt chứa chất lỏng}) / (\text{tổng diện tích mặt cắt ống})$

$H_L: 0 \div 1$

Nếu bỏ qua sự trượt giữa các pha, tỷ lệ thể tích lỏng được xác định như sau

$$\lambda_L = \frac{q_1}{q_1 + q_g \cdot B_g}$$

Chia tử và mẫu cho tiết diện của ống ta được

$$\lambda_L = \frac{V_{sl}}{V_m}$$

## Các tính chất của chất lưu được xác định từ thực nghiệm

---

Tỷ lệ khí

$H_g = (\text{diện tích mặt cắt chứa chất khí}) / (\text{tổng diện tích mặt cắt ống})$

Hay:  $H_g = 1 - H_L$

Nếu không kể đến hiện tượng trượt, tỷ lệ khí được tính như sau:

$$\lambda_g = \frac{q_g \cdot B_g}{q_g \cdot B_g + q_l}$$

Trong đó:

+  $q_l$  : lưu lượng pha lỏng tại áp suất, nhiệt độ tại vị trí đang xét.

+  $q_g$  : lưu lượng pha khí tại điều kiện chuẩn.

- Đối với dòng chảy bột khí:

$$\lambda = \frac{q_g}{q_g + q_l + 0,233 \cdot d^2 \sqrt{\frac{\sigma}{\sigma_n}}}$$

Đối với dòng chảy nút khí

$$\lambda_g = \frac{d \sqrt{q_g}}{d \sqrt{q_g} + 0,6023 \cdot q_1 + 0,0942 \cdot d^{1,5} \sqrt{\frac{\sigma}{\sigma_n}}}$$

Khối lượng riêng hỗn hợp dầu và nước

- Khối lượng riêng của pha lỏng:

$$\rho_L = \rho_o \cdot f_o + \rho_w \cdot f_w$$

Trong đó:

+ Tỷ lệ dầu trong pha lỏng:  $f_o = q_o / (q_o + q_w)$  .

+ Tỷ lệ nước trong pha lỏng:  $f_w = 1 - f_o$ .

## Các tính chất của chất lưu được xác định từ thực nghiệm

- Khối lượng riêng của hỗn hợp trong trường hợp thế năng thay đổi (có trượt) được xác định theo công thức:

$$\rho_s = \rho_L \cdot H_L + \rho_g \cdot H_g$$

Khối lượng riêng của hỗn hợp trong trường hợp không trượt giữa các pha được xác định:

$$\rho_n = \rho_L \cdot \lambda_L + \rho_g \cdot \lambda_g$$

Khối lượng riêng của hỗn hợp nhằm xác định tổn thất áp suất và  $N_{RE}$  được tính theo công thức:

$$\rho_k = \frac{\rho_L \cdot \lambda_L^2}{H_L} + \frac{\rho_g \cdot \lambda_g^2}{H_g}$$

## Các tính chất của chất lưu được xác định từ thực nghiệm

---

Vận tốc khí biểu kiến:

$$V_{sg} = q_g / A$$

Vận tốc thực của khí:

$$V_g = q_g / AH_g$$

Vận tốc lỏng biểu kiến:

$$V_{sl} = q_L / A$$

Vận tốc thực của pha lỏng:

$$V_L = q_L / AH_L$$

Vận tốc dòng hỗn hợp:  $V_m = V_{sL} + V_{sg}$

## Các tính chất của chất lưu được xác định từ thực nghiệm

---

Độ nhớt hai pha (bỏ qua sự trượt)

$$\mu_n = \mu_L \cdot \lambda_L + \mu_g \cdot \lambda_g$$

Độ nhớt hai pha có xét đến sự trượt và độ nhớt pha lỏng

$$\mu_s = \mu_L \cdot H_L + \mu_g \cdot H_g$$

Trong đó

$$\mu_L = \mu_0 \cdot f_0 + \mu_w \cdot f_w$$

## Các tính chất của chất lưu được xác định từ thực nghiệm

---

- Sức căng bề mặt  
Sức căng bề mặt giữa khí và nước, khí và dầu phụ thuộc vào áp suất, nhiệt độ, trọng lượng của dầu, khí và lượng khí không hoà tan. Sức căng bề mặt của pha lỏng được tính:

$$\sigma_L = \sigma_0 \cdot f_0 + \sigma_w \cdot f_w$$

Trong đó:

+  $\sigma_0$  : sức căng bề mặt của dầu và khí.

+  $\sigma_w$ : sức căng bề mặt của dầu và nước



## PHƯƠNG TRÌNH GRADIENT ÁP SUẤT CỦA DÒNG CHẢY HAI PHA TRONG ỐNG KHAI THÁC

---

Phương trình gradient áp suất của dòng chảy hai pha

$$\frac{dp}{dl} = \left( \frac{dp}{dl} \right)_{el} + \left( \frac{dp}{dl} \right)_f + \left( \frac{dp}{dl} \right)_{acc}$$

Trong giếng dầu, khối lượng riêng của lưu chất lớn, chính vì thế thành phần tổn thất thủy tĩnh chiếm tỷ lệ lớn, còn trong giếng khí, khí di chuyển nhanh với vận tốc lớn, vì thế thành phần phần tổn thất do ma sát chiếm ưu thế.

## Thành phần tổn thất trong các giếng khai thác

Thành phần	% Tổn thất đối với giếng dầu	% Tổn thất đối với giếng khí
Thế năng (thủy tĩnh)	70 ÷ 90	20 ÷ 50
Ma sát	10 ÷ 30	30 ÷ 60
Động năng	0 ÷ 10	0 ÷ 10

## Tổn thất áp suất do sự thay đổi áp năng

Đối với dòng chảy nhiều pha trong ống, thành phần tổn thất do sự thay đổi áp năng là lớn nhất (chiếm 70 ÷ 98%) trên toàn bộ tổn thất áp suất của dòng chảy) và là thành phần khó tính toán nhất vì nó chịu tác động của nhiều yếu tố.

Thành phần tổn hao do sự thay đổi thế năng:

$$\left( \frac{dp}{dl} \right)_{el} = \frac{g}{g_c} \cdot \rho_{hh} \cdot \sin \theta$$

Trong đó:

+  $g_c$  : hệ số tỷ lệ

+  $\rho_{hh}$  : khối lượng riêng của hỗn hợp

+  $\theta$  : góc nghiêng của giếng

## Tổn thất áp suất do sự thay đổi áp năng

---

Để tính toán chính xác khối lượng riêng của hỗn hợp thì phải tính đến sự trượt giữa các pha.

Tổn thất áp suất do áp năng còn được xác định theo biểu thức sau:

$$\frac{1}{\rho_L \cdot g} \left( \frac{dp}{dl} \right)_{an} = 1 - H_g \left( 1 - \frac{\rho_k}{\rho_l} \right)$$

## Tổn thất áp suất do ma sát

---

Tổn thất áp suất do ma sát có thể chiếm từ 1 ÷ 30% trên tổng giá trị áp suất của dòng chảy nhiều pha trong ống và được tính bằng biểu thức sau:

$$\left(\frac{dp}{dl}\right)_f = \frac{f \cdot \rho_{ns} \cdot v_m^2}{2 \cdot g_c \cdot d} = \frac{f_{hh} \cdot G_{hh} \cdot v_{hh}}{2 \cdot g_c \cdot d}$$

Trong đó:

- +  $f_{hh}$  : hệ số ma sát của hỗn hợp
- +  $\rho_{ns}$  : khối lượng riêng của hỗn hợp ở trạng thái không trượt
- +  $d$  : đường kính trong của ống khai thác
- +  $G_{hh}$  : lưu lượng khối lượng của hỗn hợp
- +  $v_{hh}$  : vận tốc chuyển động của hỗn hợp

## Tổn thất áp suất do ma sát

Tổn thất áp suất do ma sát còn được xác định theo biểu thức sau:

$$\frac{1}{\rho_l \cdot g} \left( \frac{dp}{dl} \right)_{ms} = 0,331 \times f_{hh} \cdot \frac{q_l^2}{d^5} \left( 1 + \frac{q_g}{q_l} \right)$$

Trong đó:

+  $q_l$  : lưu lượng thể tích pha lỏng

+  $q_g$  : lưu lượng thể tích pha khí

Hệ số ma sát của hỗn hợp chất lưu hai pha:

$$f_{hh} = \frac{f_1 \times f_2}{1 + 0,141 \times f_1 \sqrt{\frac{q_g}{q_l}}}$$

## Tổn thất áp suất do ma sát

---

Trong đó:

$$f_1 = 0.11 * N_{RE}^{-0.266}$$

Nếu:  $0,5 \leq A_0 \leq 1,0$  thì hệ số  $f_2$  được tính theo biểu thức sau:

$$f_2 = \frac{0,826}{\sqrt{A_0}} - 0,033$$

Nếu:  $A_0 < 0,5$  thì  $f_2 = 1,0$  và khi  $A_0 > 0,5$  thì  $f_2 = 0,2$

Với:

$$A_0 = f_1 \frac{q_g}{q_1} \sqrt[3]{d_0^2} \quad d_0 = d \sqrt{\frac{\rho_1 \cdot g}{\sigma}}$$

Với  $\sigma$  là sức căng bề mặt giữa hai pha lỏng - khí (N/m)

## Tổn thất áp suất do sự thay đổi động năng

$$\left(\frac{\partial p}{\partial L}\right)_{dn} = \frac{\rho_{hh} \cdot v_{hh} \cdot d(v_{hh})}{g_c \cdot dL} = \frac{\rho_{hh} \cdot v_{hh}}{g_c} \left[ \frac{d}{dL} \left( \frac{G_L}{\rho_L} \right) + \frac{d}{dL} \left( \frac{G_k}{\rho_k} \right) \right]$$

$$\left(\frac{dp}{dL}\right)_{dn} = - \frac{(\rho_{hh} \cdot v_{hh} \cdot v_k)}{g_c \cdot p} \cdot \frac{dp}{dL}$$



## Tổn thất áp suất do sự thay đổi động năng

Gradient áp suất khi lưu chất di chuyển từ đáy giếng lên bề mặt trong ống khai thác

Phương trình cơ bản tính toán tổn thất áp suất của dòng chảy nhiều pha trong ống:

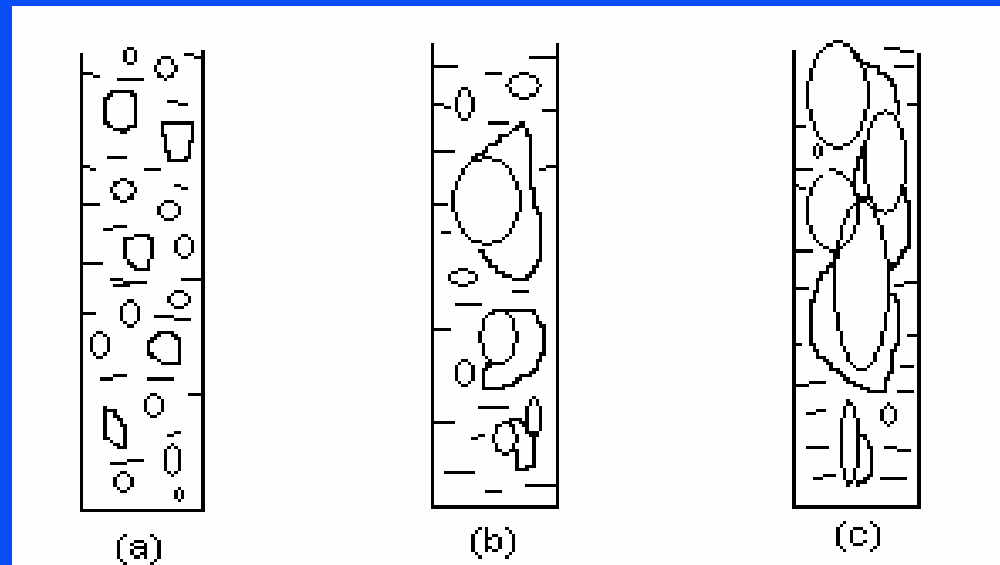
$$\frac{dp}{dL} = \frac{g}{g_c} \cdot \rho_{hh} \cdot \sin \theta + \frac{f_{hh} \cdot G_{hh} \cdot v_{hh}}{2 \cdot g_c \cdot d} - \frac{\rho_{hh} \cdot v_{hh} \cdot v_g}{g_c \cdot p} \cdot \frac{dp}{dL}$$

Hay

$$\frac{dp}{dL} = \frac{\frac{g}{g_c} \cdot \rho_{hh} \cdot \sin \theta + \frac{f_{hh} \cdot G_{hh} \cdot v_{hh}}{2 \cdot g_c \cdot d}}{1 + \frac{\rho_{hh} \cdot v_{hh} \cdot v_g}{g_c \cdot p}}$$

## CẤU TRÚC DÒNG CHẢY TRONG ỐNG KHAI THÁC

- ❖ Dòng chảy bọt khí
- ❖ Dòng chảy dạng nút khí
- ❖ Dòng chảy chuyển tiếp
- ❖ Dòng chảy sương mù



## Các phương pháp xác định gradient áp suất

---

- + Phương pháp Poettman và Carpenter
- + Phương pháp Hagedon và Brown
- + Phương pháp Duns và Ros
- + Phương pháp Orkiszewski
- + Phương pháp Aziz, Govier và Fogarasi
- + Phương pháp Chierici, Ciucci và Sclocchi
- + Phương pháp Beggs and Brill
- + Phương pháp Mona, Asheim
- + Phương pháp Hassan và Kabir

## DÒNG CHẢY TRONG CÁC BỘ PHẬN CẢN DÒNG

---

Mặc dù tổn thất áp suất chủ yếu xảy ra ở đáy giếng, hệ thống ống khai thác và hệ thống thu gom nhưng trong một số giếng, tổn thất ở bộ phận cản dòng cũng chiếm một tỷ lệ đáng kể. Các bộ phận cản dòng chủ yếu là:

- + Van tiết lưu bề mặt
- + Van an toàn giếng sâu
- + Góc van và góc ống

## Van tiết lưu bề mặt

---

Lưu chất là khí

Phương trình tổng quát được xây dựng bằng cách kết hợp phương trình Bernoulli và phương trình trạng thái áp dụng cho lưu chất là khí trong cả hai trường hợp tới hạn và chưa tới hạn:

$$q_{sc} = \frac{C_n (P_1)(d^2)}{\sqrt{\gamma_g (T_1) Z_1}} \sqrt{\left(\frac{k}{k-1}\right) (y^{2/k} - y^{k+1/k})}$$

Trong đó: +  $q_{sc}$ : Lưu lượng khí

+  $d$ : Đường kính của van

+  $\gamma_g$ : Tỷ trọng khí

## Van tiết lưu bề mặt

---

- +  $P_1$ : áp suất dòng vào
  - +  $P_2$ : Áp suất dòng ra
  - +  $T_1$ : Nhiệt độ dòng vào
  - +  $Z_1$ : Hệ số lệch khí ở nhiệt độ  $T_1$  và áp suất  $p_1$
  - +  $P_{sc}$ : Áp suất tiêu chuẩn
  - +  $T_{sc}$ : Nhiệt độ tiêu chuẩn
  - +  $C_s, C_d, C_n$ : Hệ số chuyển đổi đơn vị ( $C_n = C_s * C_d * T_{sc} / P_{sc}$ )
  - +  $K$ : Tỷ số nhiệt dung riêng ( $k = C_p / C_v$ )
  - +  $y$ : tỷ số áp suất dòng ra và dòng vào ( $y = p_2 / p_1$ )

## Van tiết lưu bề mặt

---

Khi lưu lượng dòng khí đạt tới giá trị tới hạn, tỷ số áp suất ( $y=y_c$ ) và phụ thuộc vào độ  $k$  theo phương trình sau:

$$y_c = [2/(k+1)]^{k/(k-1)}$$

Trong trường hợp van tiết lưu ngắn, dòng chảy tới hạn qua van có lỗ mở gần tròn, công thức liên hệ giữa lưu lượng, áp suất dòng vào và kích thước van như sau:

$$q_{sc} = \frac{0,487 C_n d^2 P_1}{(T \gamma_g)^{0,5}}$$

Thông thường người ta lấy  $C_d = 0,82$  trong trường hợp không xác định được các số liệu cụ thể.

## Van tiết lưu bề mặt

---

Lưu chất hai pha

$$P_1 = \frac{pq_l R_c}{d^a}$$

Trong đó:

- +  $P_1$  :Áp suất dòng vào (psia)
- +  $q_l$ : Lưu lượng pha lỏng (STB/d)
- +  $R$ : Tỷ số khí/ lỏng (scf/stb)
- +  $d$ : Đường kính van tiết lưu (in)



## Van an toàn giếng sâu (SSSV)

---

Phương trình xác định độ giảm áp của dòng chảy chưa tới hạn qua van an toàn giếng sâu:

$$p_1 - p_2 = \frac{1,04810^{-6} \gamma_g z_1 T_1 q_{sc}^2 (1 - \beta^4)}{p_1 d^4 C_d^2 y^2}$$

+  $\beta = d/D$

+  $C_d$ : Thường chọn 0,9

+  $K$ : Tỷ số nhiệt dung riêng của khí

+  $y$ : Hệ số giãn nở

## Van an toàn giếng sâu (SSSV)

---

Hệ số giãn nở  $y$  thay đổi trong khoảng 0,67-1 và thường được tính bằng phương pháp lặp với giá trị giả định ban đầu thường là 0,85:

$$Y = 1 - (0,41 + 0,35 \beta^4) \left( \frac{p_1 - p_2}{k p_1} \right)^{0,5}$$

❖ Trường hợp dòng chảy hai pha qua van

Phương trình xác định độ giảm áp của dòng chảy chưa tới hạn qua van an toàn giếng sâu:

## Van an toàn giếng sâu (SSSV)

---

$$p_1 - p_2 = \frac{1,087 \cdot 10^{-4} \rho_n v_m^2}{C_d}$$

+  $\rho_n$ : Khối lượng riêng không trượt (lbm/ft<sup>3</sup>)

$$+ \rho_n = \rho_l \lambda_l + \rho_g \lambda_g$$

+  $v_m$ : Vận tốc của hỗn hợp qua van

$$+ C_d = 0,233 + 8,4 \cdot 10^{-4} N_v + 6,672 \beta - 11,66 \beta^2$$

$$+ N_v = q_g / q_l = (1 - \lambda_l) / \lambda_l;$$

$$+ \lambda_l = q_l / (q_l + q_g);$$

$$+ \beta = d/D$$

với d: Đường kính của van và D: Đường kính trong ống khai thác;

## Góc van và góc ống

---

$$\Delta p_f = \frac{fL}{d} \frac{\rho v^2}{2g_c} = K \frac{\rho v^2}{2g_c}$$

$$fL/d = K$$

$$L = Kd/f$$

Trong đó:

- + D: Đường kính ống tương đương;
- + f: hệ số ma sát của dòng chảy trong ống
- + L: Chiều dài ống tương đương
- + K: Phụ thuộc vào loại van.

## Bảng hằng số K theo loại van

Loại van	K
Van cửa	0,15
Van góc	0,2-0,3
Van cầu	3-5
Van chặn	6-8



TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM  
**KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ**

---

BÀI GIẢNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ

***QUY TRÌNH HOÀN THIỆN GIẾNG***

---

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo

Email : [lphao@hcmut.edu.vn](mailto:lphao@hcmut.edu.vn)

Tel : 84-8-8654086

# QUY TRÌNH HOÀN THIỆN GIẾNG

---

1. Trám xi măng cột ống chống khai thác
2. Bắn mở vỉa
3. Lắp đặt thiết bị khai thác
4. Gọi dòng sản phẩm

# CÁC CỘT ỐNG CHỐNG

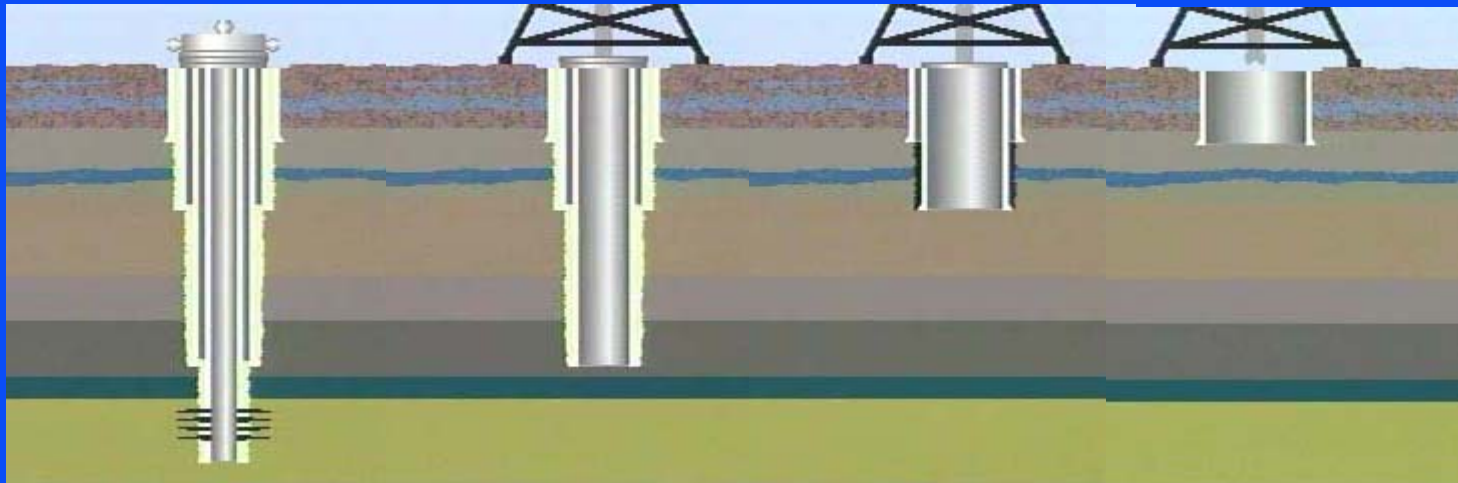
## Các loại ống (Tubulars)

Production  
Casing

Ống chống  
Trung gian

Ống chống  
bề mặt

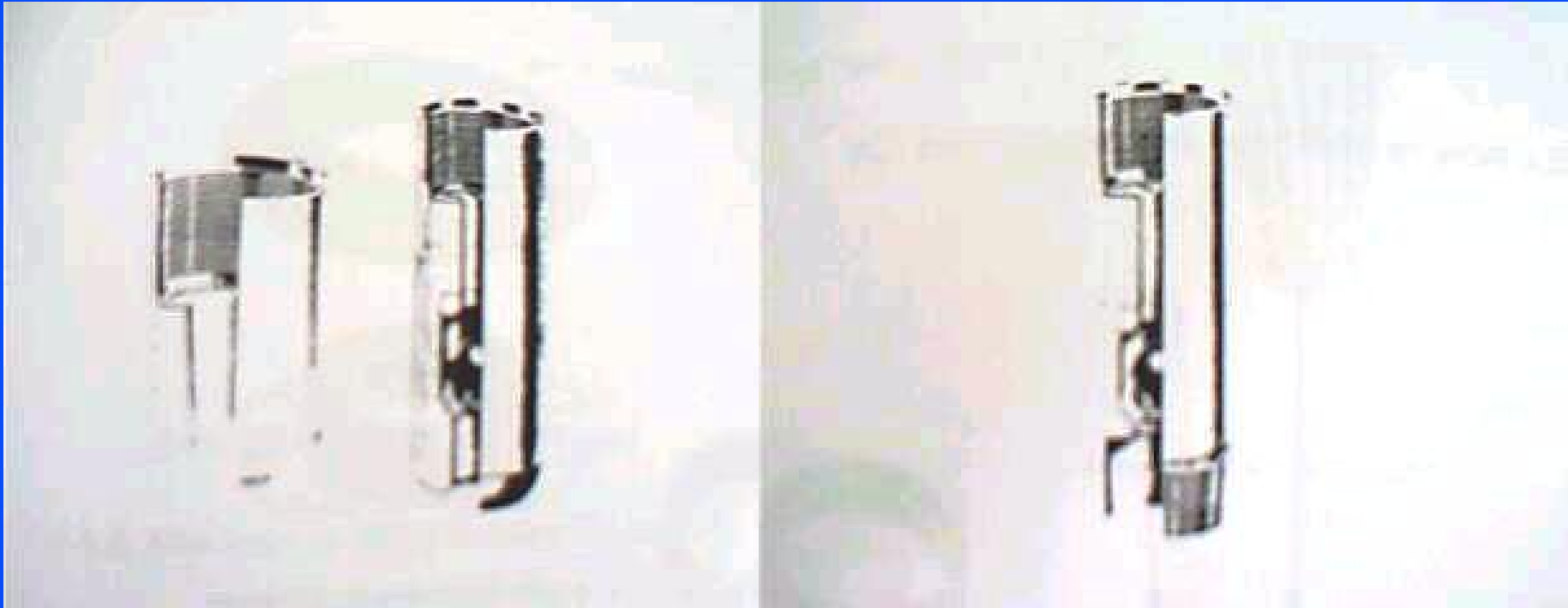
Ống chống  
định hướng





# CHỐNG ỐNG KHAI THÁC

Một số bộ phận của ống chống



*Chân đế ống chống*

*Vòng đỡ*

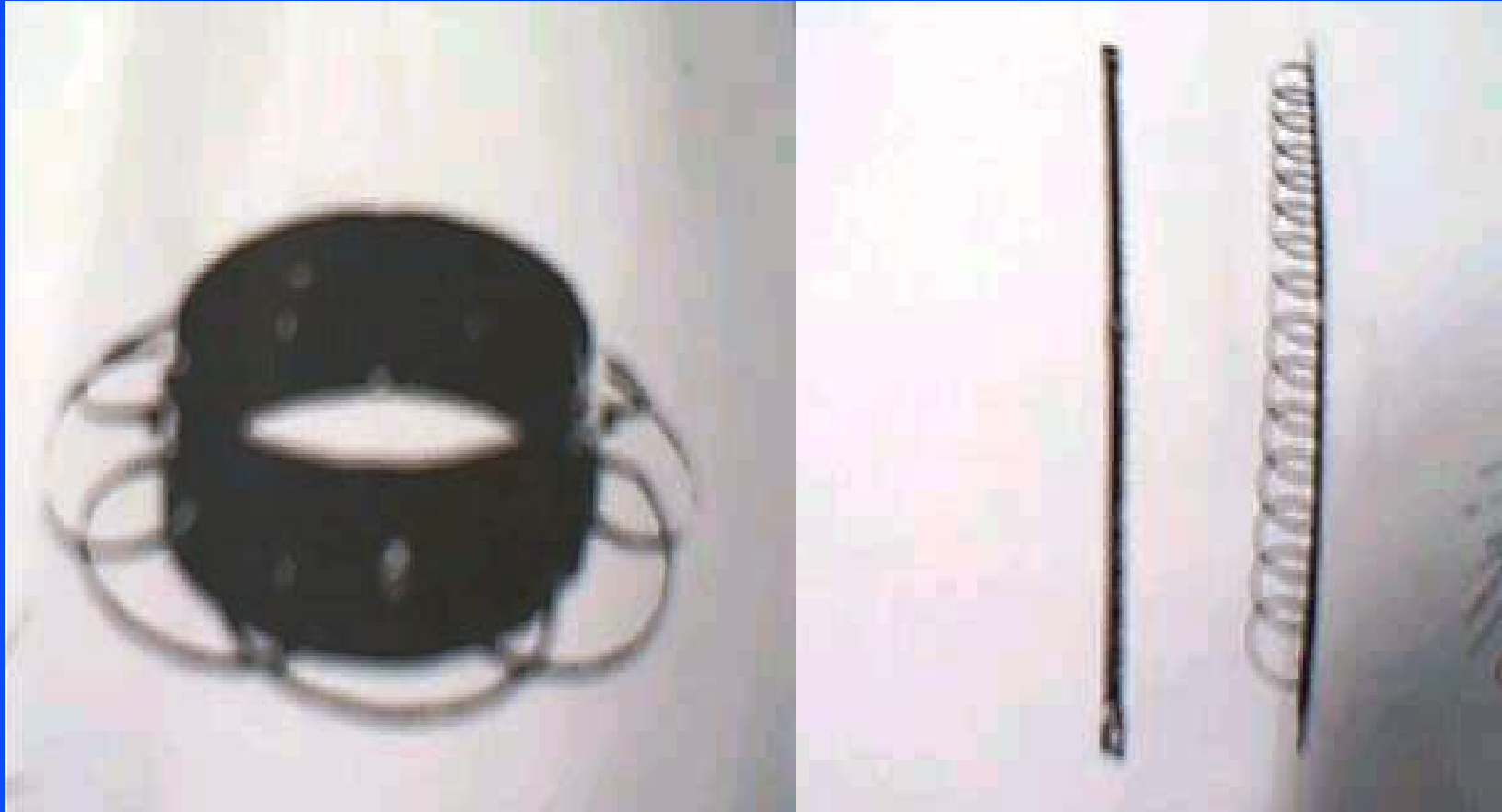
# CÁC DỤNG CỤ ĐỊNH TÂM

---



*Các "lồng" định tâm cột ống*

# CÁC DỤNG CỤ NẠO



*Các dụng cụ (chổi) nạo*

# VÒNG XOÁY VÀ GIỎ TRÁM



*Vòng xoáy*

*Giỏ trám xi măng*

## HẠ CỘT ỐNG CHỐNG KHAI THÁC

---

- + Cần hạ cột ống càng nhanh càng tốt, nhưng vận tốc thả cột ống cũng bị hạn chế tùy theo áp lực dư mà nó gây lên đáy và thành giếng khoan.
- + Khi hạ cột ống đến đáy, có thể điều chỉnh thành phần dung dịch tuần hoàn đồng thời thao tác nâng thả cột ống chống để làm cho các dụng cụ nạo thành giếng khoan hoạt động. Việc tuần hoàn dung dịch dừng lại khi:
  - Dung dịch không còn nâng mùn khoan lên nữa
  - Lượng khí ít và không thay đổi
  - Không có hiện tượng mất dung dịch và xâm nhập của chất lỏng
  - Toàn bộ thể tích dung dịch khoan tuần hoàn là đồng nhất

## QUY TRÌNH TRÁM XI MĂNG

---

Trám xi măng là đặt vữa xi măng thích hợp trong khoảng không hình xuyên giữa thành giếng khoan và lớp lót thành giếng ở một chiều sâu xác định. Có nhiều cách trám xi măng khác nhau:

- Trám xi măng lót thành giếng hoặc cột ống
- Trám xi măng dưới áp suất gọi là trám lèn chặt qua các lỗ đục thùng ống
- Đặt các nút trám xi măng ở giếng khoan trần

# CÁC GIAI ĐOẠN TRÁM XI MĂNG

---

- Trám xi măng sơ cấp
- Trám xi măng hai tầng
- Trám xi măng cột ống chống lửng
- Ép xi măng
- Đặt các nút trám xi măng

Khi tiến hành trám xi măng, cần chú ý đến những đặc tính của xi măng và chọn vữa xi măng phù hợp.

## BẮN MỞ VỈA

---

- Sau khi trám xi măng cột ống chống khai thác, tầng chứa bị cột ống chống và vành đá xi măng bít kín, nên phải tiến hành bắn mở vỉa.
- Phương pháp bắn mở vỉa phổ biến nhất là dùng đạn nổ tạo áp suất
- Có thể thả thiết bị bắn mở vỉa bằng cáp hoặc cần khoan trước khi lắp đặt thiết bị lòng giếng khai thác, hay thả súng bắn mở vỉa bằng cáp vào trong ống khai thác, hoặc gắn trực tiếp vào đầu cột ống khai thác. Phương pháp này cho phép tiến hành khai thác nếu dòng chảy được thiết lập ngay sau quá trình bắn mở vỉa mà không phải dập giếng về sau để lắp đặt thiết bị khai thác lòng giếng

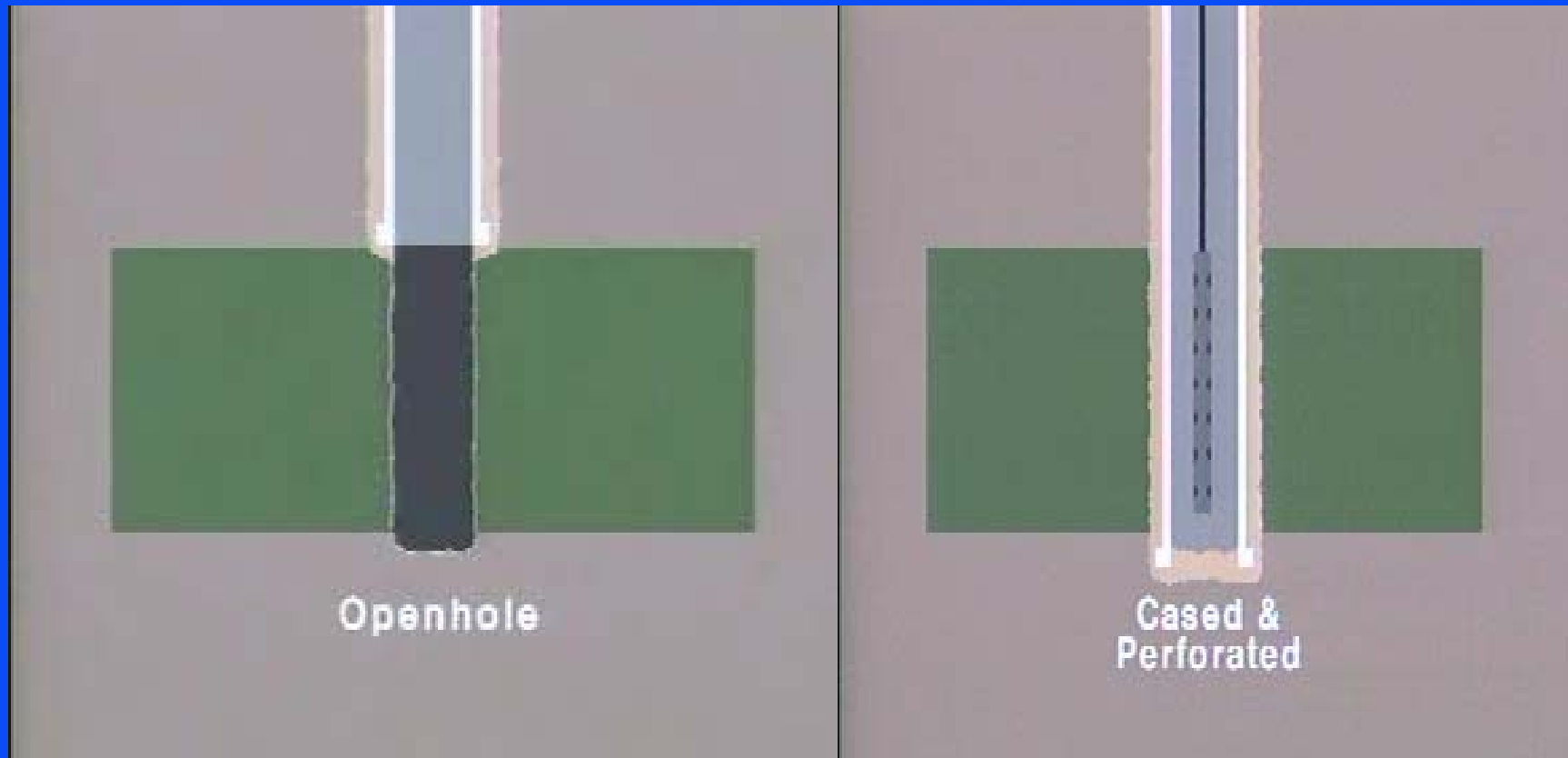


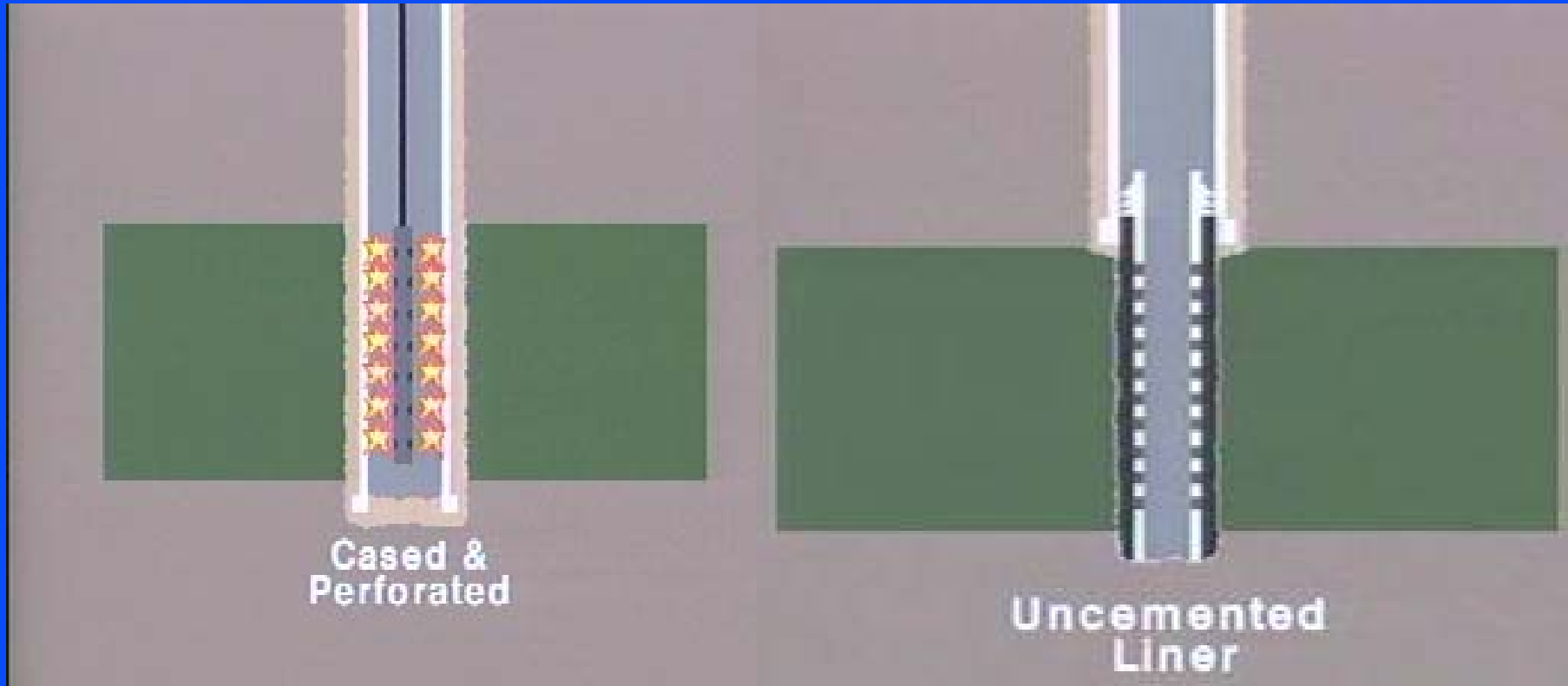
## QUY TRÌNH BẮN MỞ VĨA

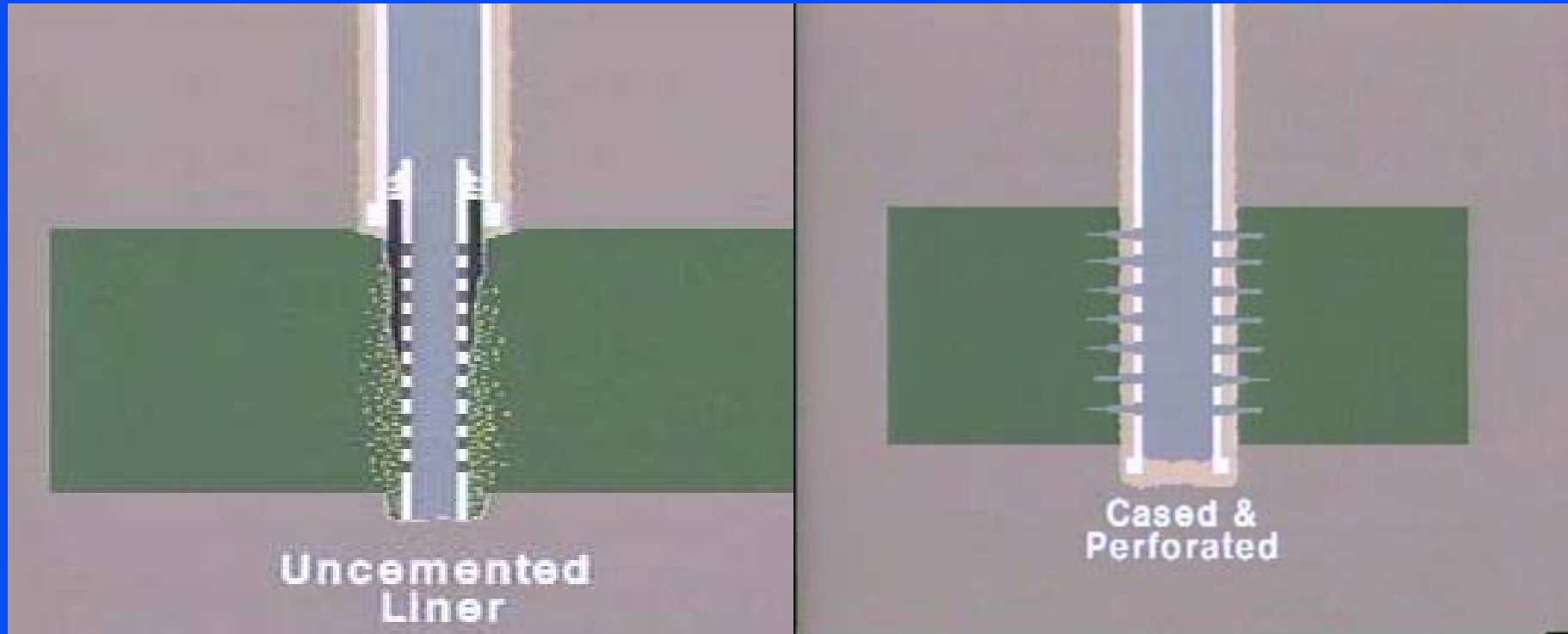
---

Gồm ba giai đoạn:

1. Súng bắn mở vỉa được hạ đối diện tầng sản phẩm
2. Kích nổ
3. Dòng chất lưu từ vỉa chảy vào giếng







## VỊ TRÍ BẮN MỞ VỈA

---

Vị trí bắn mở vỉa thường được xác định như sau:

- Khi vỉa chứa dầu có tầng nước đáy, nên mở vỉa ở phần trên (nóc) của đới sản phẩm
- Khi vỉa chứa dầu có mũ khí, nên mở vỉa ở phần gần đáy của đới sản phẩm
- Khi vỉa chứa dầu vừa có mũ khí và tầng nước đáy, nên mở vỉa ở phần giữa của đới sản phẩm

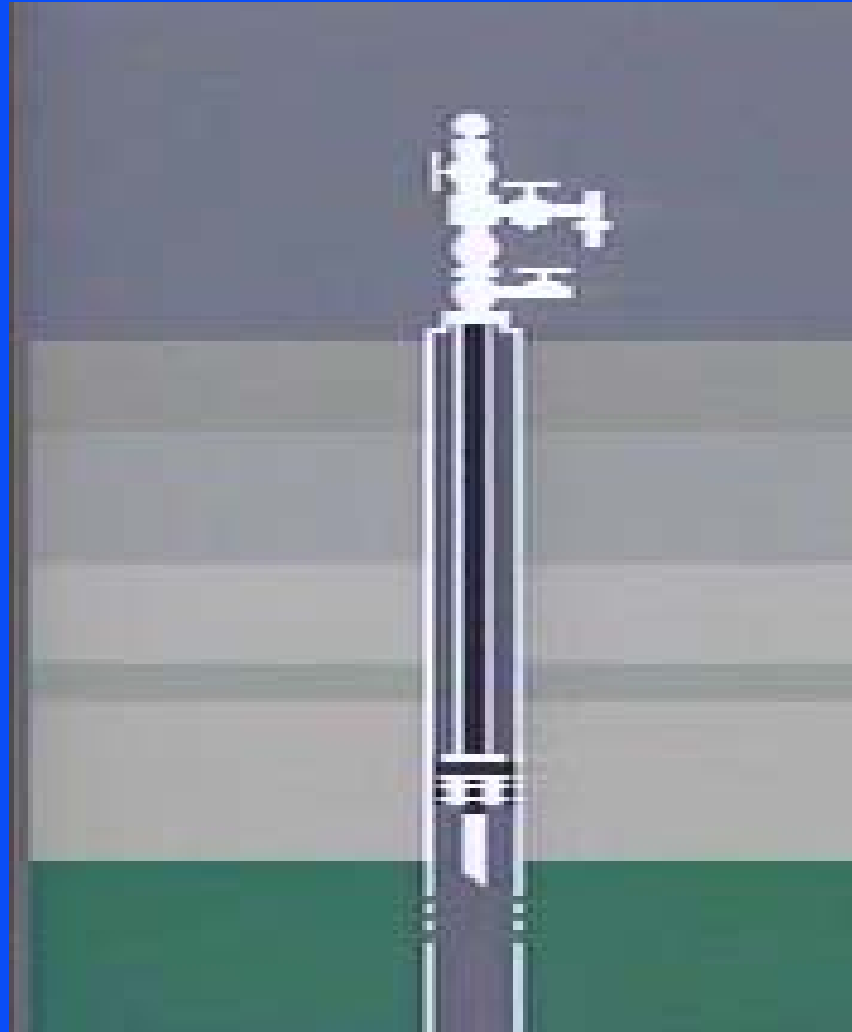
## LẮP ĐẶT THIẾT BỊ KHAI THÁC

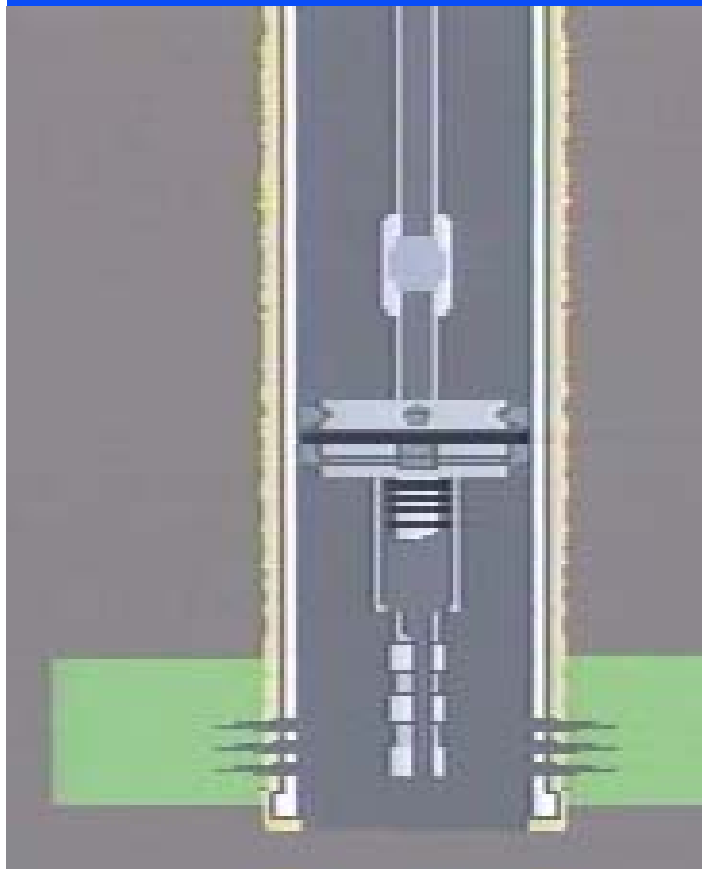
---

- Sau khi hoàn tất công việc bắn mở vỉa, một cột ống đường kính nhỏ (cột ống khai thác) sẽ được lắp vào giếng làm đường dẫn dầu từ đáy giếng lên bề mặt
- Packer được đặt giữa cột khai thác và cột ống chống khai thác ở ngay trên nóc tầng sản phẩm giúp cho chất lưu khai thác chảy từ thành hệ qua các lỗ bắn mở vỉa vào trong cột ống khai thác và đi lên bề mặt.

# LẮP ĐẶT ỐNG KHAI THÁC

---







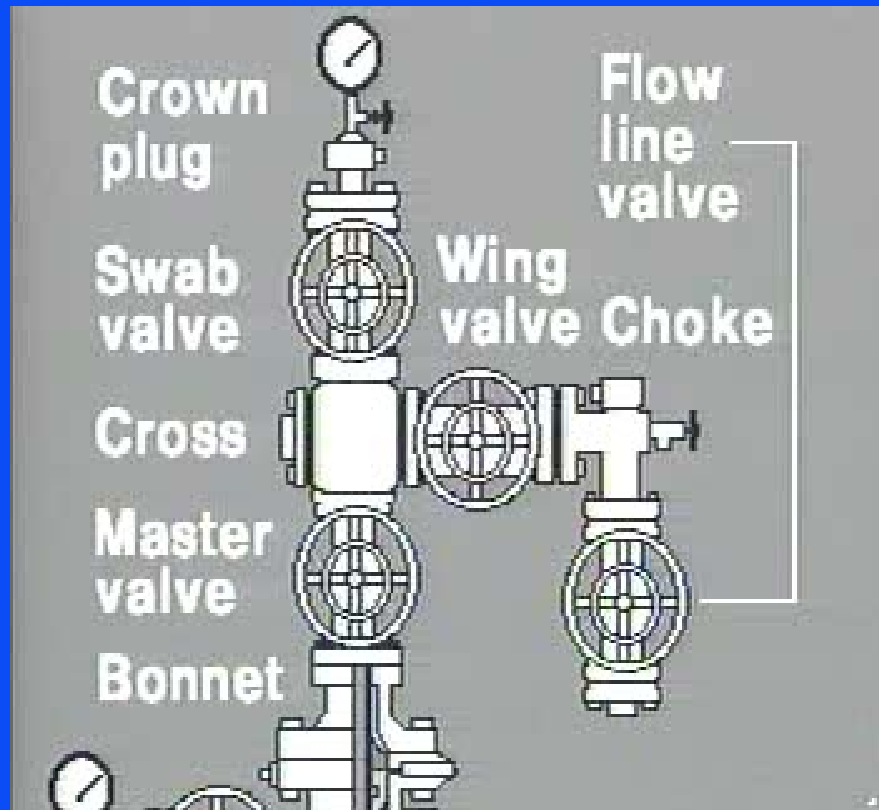
## LẮP ĐẶT ĐẦU GIẾNG KHAI THÁC

---

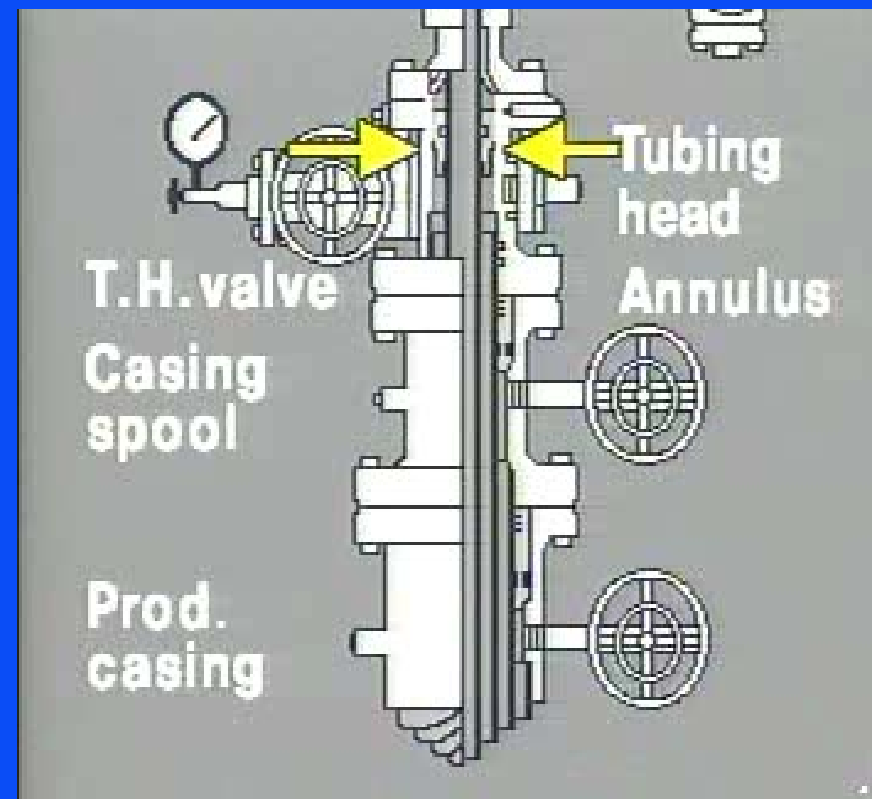
- Đầu giếng khai thác được lắp đặt phía trên bộ đầu ống chống. Cột ống khai thác trong giếng được treo từ cây thông khai thác sao cho sản phẩm khai thác chảy theo cột ống khai thác vào cây thông khai thác.
- Sản phẩm khai thác có thể được kiểm soát nhờ các van tiết lưu lắp trên cây thông khai thác

# LẮP ĐẶT ĐẦU GIẾNG KHAI THÁC

## Cây thông khai thác (Christmas Trees)

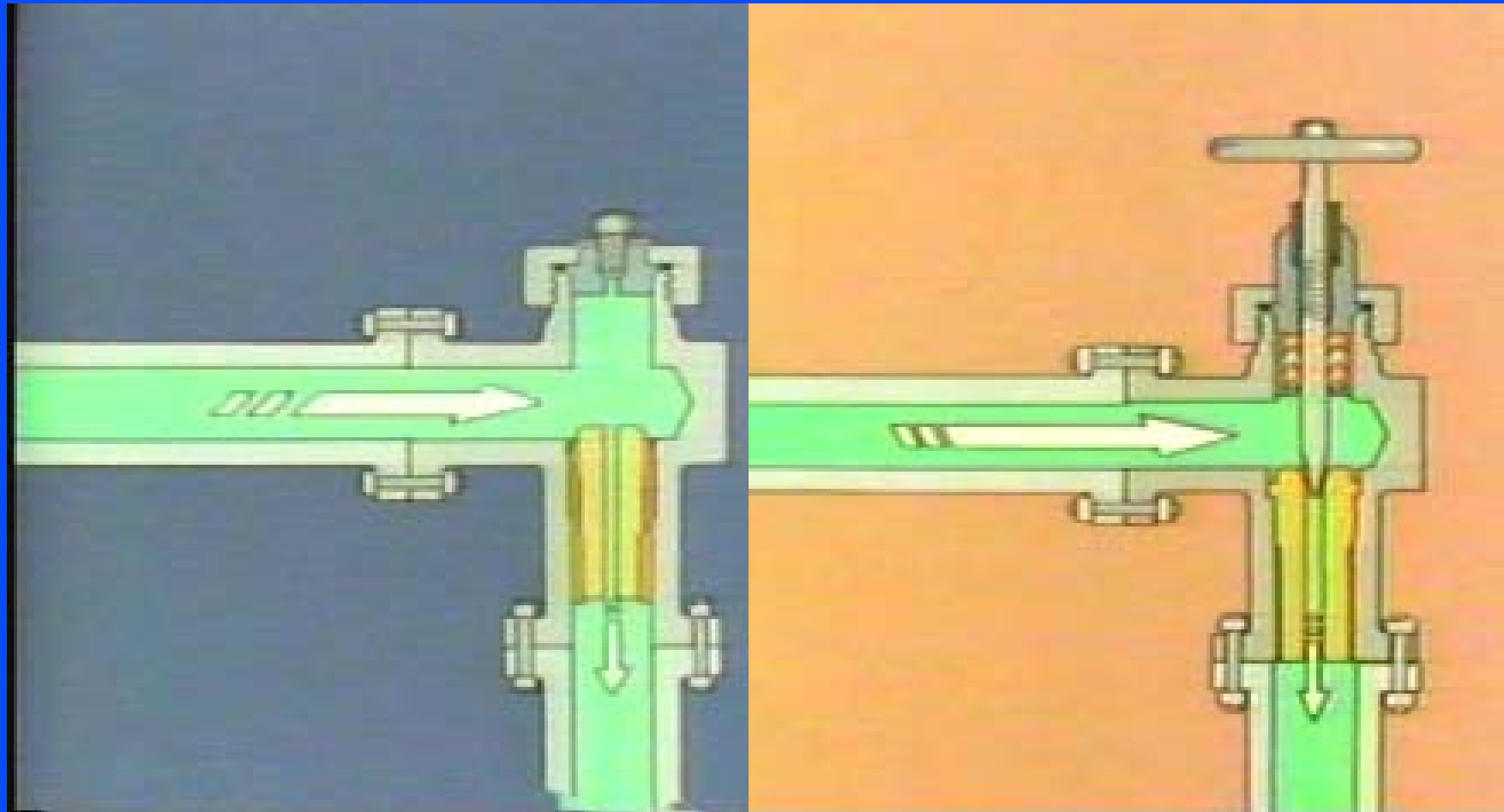


## Đầu ống khai thác và thiết bị treo (Tubing Heads and Hangers)



# LẮP ĐẶT VAN TIẾT LƯU

## Van tiết lưu (Beans and Chokes)





TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM  
**KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ**

---

BÀI GIẢNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ

***HOÀN THIỆN GIẾNG KHAI THÁC***

---

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo

Email : [lphao@hcmut.edu.vn](mailto:lphao@hcmut.edu.vn)

Tel : 84-8-8654086

# NỘI DUNG

---

- + Phân loại
- + Các phương pháp hoàn thiện
- + Tính toán thiết kế
- + Dung dịch hoàn thiện giếng
- + Bắn mở vỉa
- + Gọi dòng sản phẩm

# PHÂN LOẠI

---

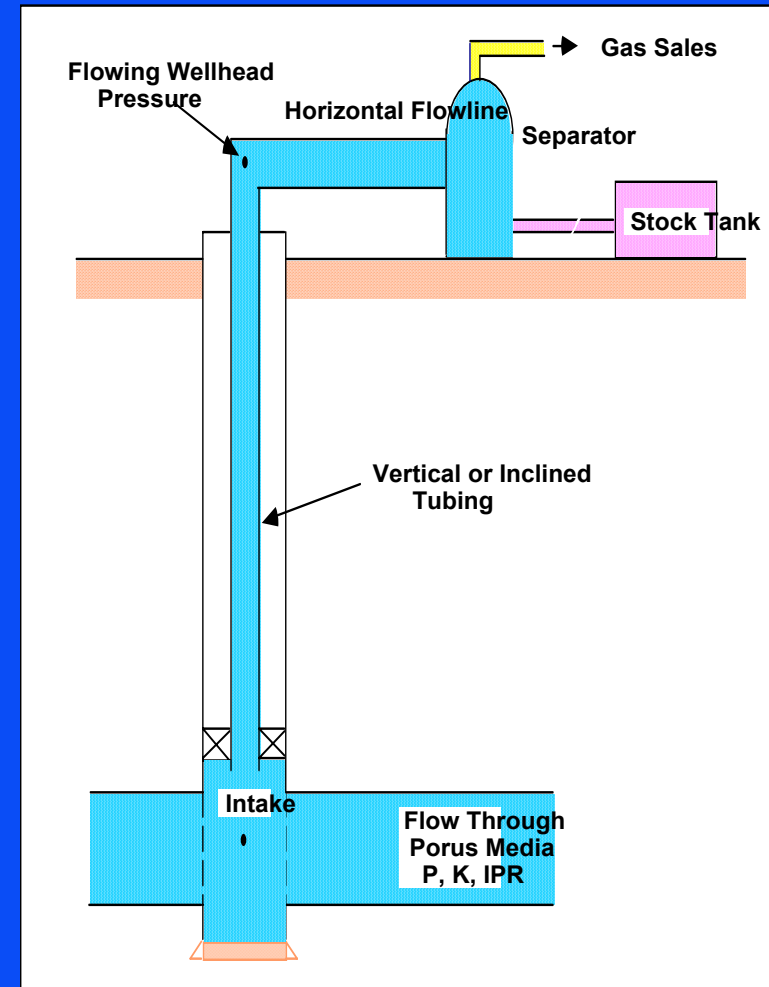
- + Theo số tầng khai thác: đơn tầng, đa tầng
- + Theo số cần khai thác: Cần đơn, cần đôi, cần ba
- + Theo bề mặt phân cách giữa đáy giếng và tầng sản phẩm:
  - . Hoàn thiện giếng thân trần
  - . Hoàn thiện giếng với ống lọc và chèn sỏi
  - . Hoàn thiện giếng với ống chống, trám xi măng và bắn mở vỉa
- + Theo phương pháp khai thác:
  - . Tự phun
  - . Các phương pháp cơ học:
    - Gaslift
    - Bơm ly tâm điện chìm
    - Bơm cần hút
    - Bơm pittông thủy lực

# HỆ SỐ HOÀN THIỆN GIẾNG

- Để tính toán tổn thất áp suất gây ra bởi công tác hoàn thiện giếng, hệ số hoàn thiện được bổ sung giếng vào phương trình dòng vào:

$$P_R - P_{wf} = A.q_0 + B.q_0^2$$

$$P_R^2 - P_{wf}^2 = A.q_{sc} + B.q_{sc}^2$$



## HỆ SỐ HOÀN THIỆN GIẾNG

---

$$q_0 = \frac{0.00708 k_0 \cdot h(p_r - p_{wf})}{\mu_0 \cdot B_0 [\ln(0.472 r_e / r_w) + S']}$$

$$q_{sc} = \frac{703 \cdot 10^{-6} k_g \cdot h(p_r^2 - p_{wf}^2)}{\mu_g \cdot Z \cdot T [\ln(0.472 r_e / r_w) + S]}$$

- A : hệ số chảy tầng
- B : hệ số chảy rối



# HỆ SỐ HOÀN THIỆN GIẾNG

---

$$A = A_R + A_P + A_G$$

$$B = B_R + B_P + B_G$$

$A_R, B_R$ : các thành phần chảy tầng và rối trong vỉa

$A_P, B_P$ : các thành phần chảy tầng và rối trong lỗ bần

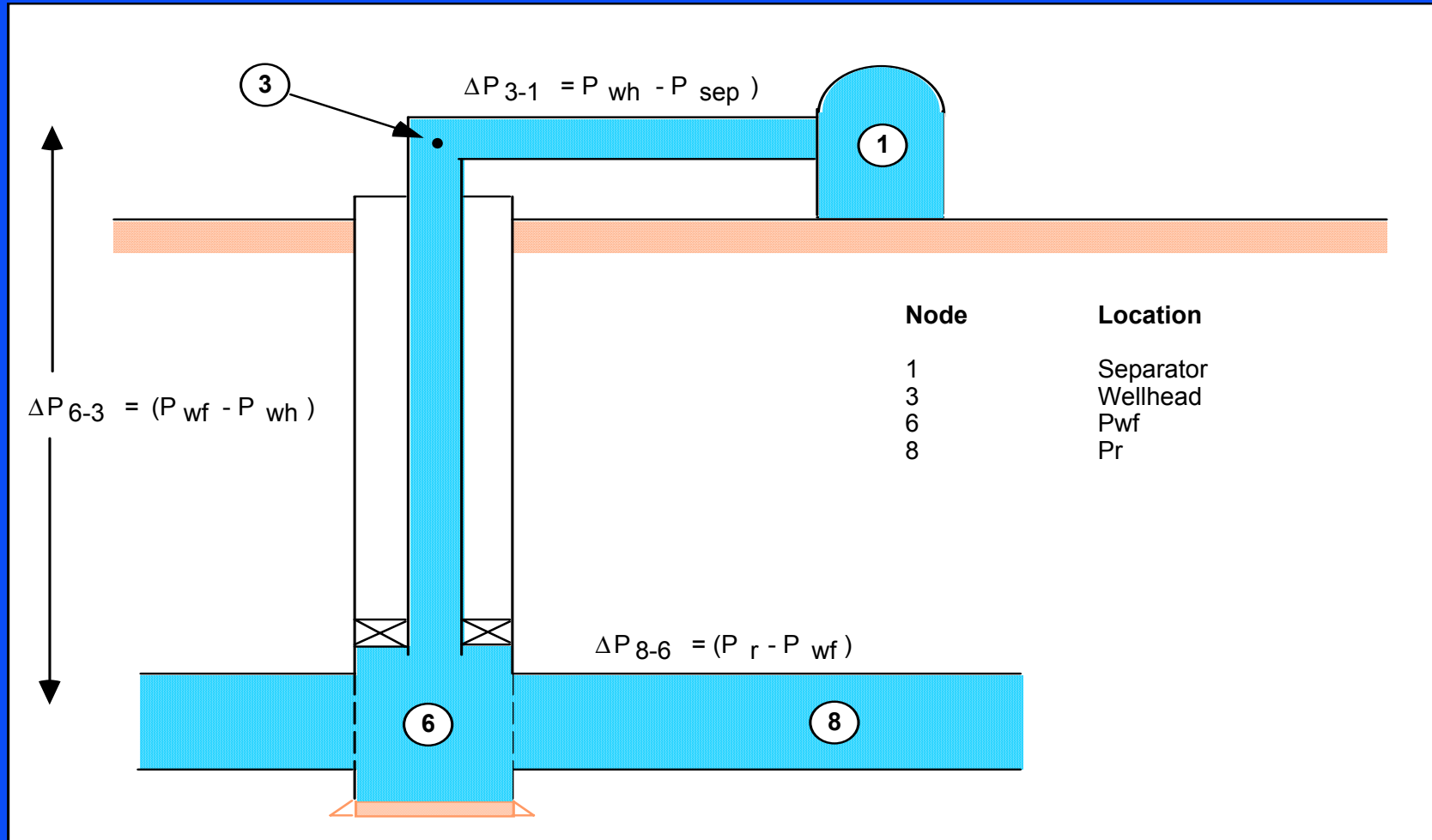
$A_G, B_G$ : các thành phần chảy tầng và rối trong lèn sỏi

## HOÀN THIỆN GIẾNG THÂN TRẦN

---

- Ống chống đặt trên nóc của tầng sản phẩm, thành hệ không trám xi măng và không bắn mở vỉa
- Thích hợp với tầng sản phẩm có chiều dày lớn, cấu tạo bởi loại đá cứng, vững chắc không bị sụp lõ
- Các ưu nhược điểm (tham khảo *Cơ sở khoan & khai thác dầu khí*)

# HỆ THỐNG ĐIỂM NÚT



## HỆ SỐ HOÀN THIỆN GIẾNG

Ảnh hưởng của quá trình hoàn thiện giếng đến đặc tính dòng chảy là làm thay đổi hệ số thấm của vỉa do bị nhiễm bẩn hoặc được kích thích

$$\text{Đối với dầu: } A_R = \frac{141.2 \mu_o \cdot B_o}{k_{oR} \cdot h} \left[ \ln \frac{0.472 r_e}{r_w} + S_d \right]$$

$$\text{Đối với khí: } A_R = \frac{141.2 \mu_g \cdot Z \cdot T}{k_{gR} \cdot h} \left[ \ln \frac{0.472 r_e}{r_w} + S_d \right]$$

# HỆ SỐ HOÀN THIỆN GIẾNG

---

$$S_d = (k_R/k_d - 1) \ln(r_d/r_w)$$

$k_{oR}$ : độ thấm không đổi của vỉa đối với dầu

$k_{gR}$ : độ thấm không đổi của vỉa đối với khí

$S_d$ : hệ số skin do thay đổi độ thấm xung quanh giếng

$k_R$ : độ thấm của vỉa

$k_D$ : độ thấm của vùng nhiễm bẩn

$r_w$ : bán kính giếng

$r_d$ : bán kính vùng bị nhiễm bẩn

# HỆ SỐ HOÀN THIỆN GIẾNG

---

Ta tính  $B_R$  từ các phương trình sau:

$$\text{Đối với dầu: } B_R = \frac{2.3 \times 10^{-14} \beta_R \cdot B_0^2 \cdot \rho_0}{h^2 \cdot r_w}$$

$$\text{Đối với khí: } B_R = \frac{3.161 \times 10^{-12} \beta_R \cdot \gamma_g \cdot Z \cdot T}{h^2 \cdot r_w}$$

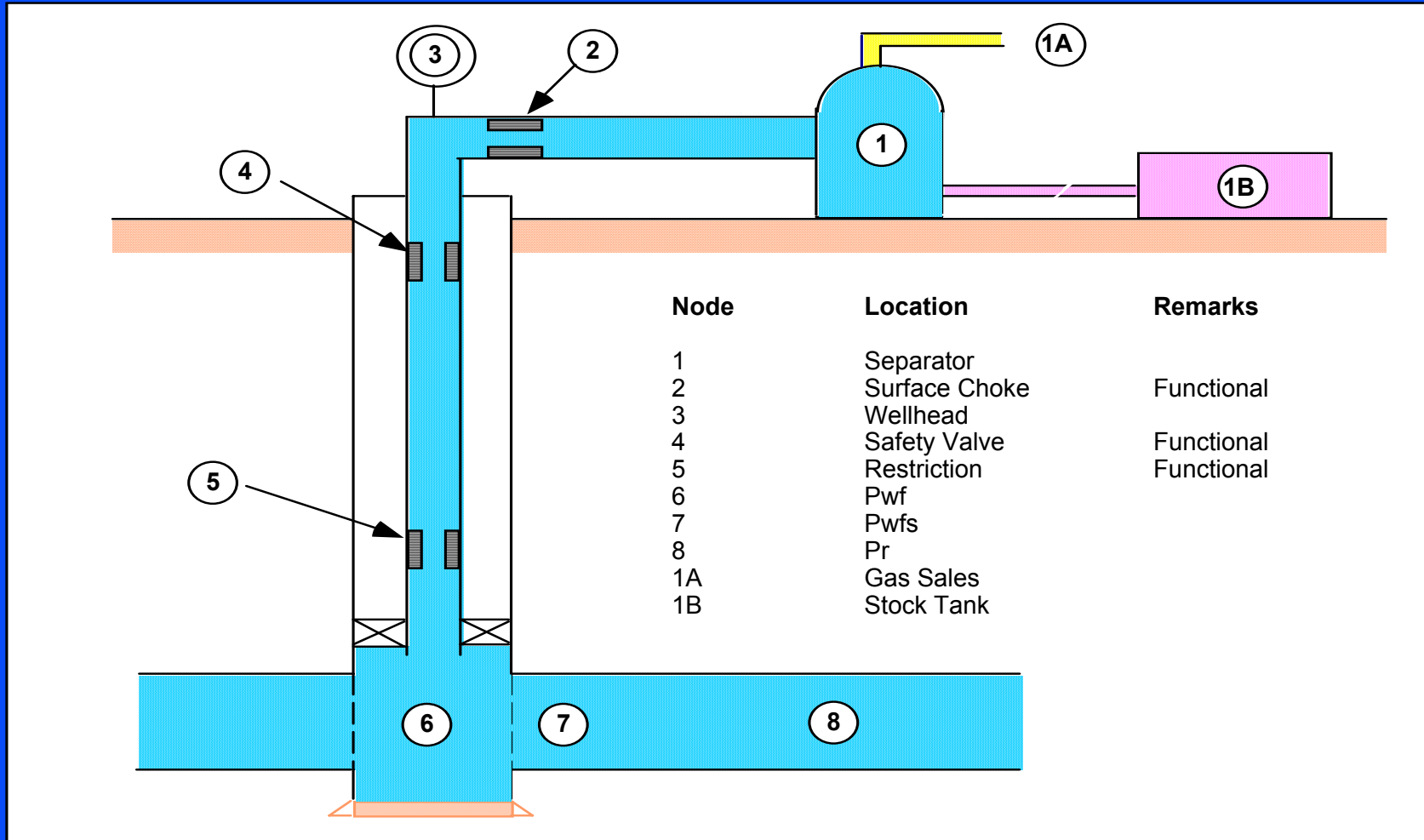
$$\text{Hệ số vận tốc } \beta_R = \frac{2.33 \times 10^{10}}{k_R^{1,2}}$$

## HOÀN THIỆN BẰNG ỐNG CHỐNG LŨNG, ĐỤC LỖ VÀ LÈN SỎI

---

- Trong vỉa trầm tích, xi măng gắn kết giữa các hạt yếu dần nên cát sẽ theo dòng sản phẩm vào giếng
- Sử dụng ống chống lủng có đục lỗ đối diện với tầng sản phẩm
- Vành xuyên giữa thân giếng và ống lủng được lèn đầy cát thô hơn cát vỉa
- Hầu hết các giếng được lèn sỏi có độ thấm cao do tính không gắn kết tự nhiên của sỏi lèn
- Sỏi lèn làm giảm tổn thất áp suất do vùng nén ép gây ra xung quanh lỗ lọc
- Sau một thời gian khai thác, tổn thất áp suất của dòng chảy dọc theo những lỗ lọc bị lấp đầy cát sẽ tăng đáng kể

# HỆ THỐNG ĐIỂM NÚT





# HỆ SỐ HOÀN THIỆN GIẾNG

- Đối với dầu:  $A_G = \frac{282.4 \mu_0 . B_0 . L}{k_G . N . r_P^2}$

$$B_G = \frac{9.2 \times 10^{-14} \beta_G B_0^2 . \rho_0 L}{N^2 . r_P^4}$$

- Đối với khí:  $A_G = \frac{2844 Z . \mu_G . L}{k_G . N . r_P^2}$

N: tổng số lỗ bần  $B_G = \frac{1.263 \times 10^{-11} \beta_G \gamma_g . Z . T . L}{N^2 . r_P^4}$

$k_G$ : độ thấm của sỏi lèn

L: chiều dài kênh dẫn của lỗ bần

$$\beta_G = \frac{1.47 \times 10^7}{k_G^{0.55}}$$

# HỆ SỐ HOÀN THIỆN GIẾNG

---

- ❖ Chiều dài kênh dẫn bằng hiệu giữa bán kính giếng khoan và bán kính ngoài của ống lọc (hay bán kính giếng khoan trừ bán kính trong của ống chống).
- ❖ Để phân tích công tác hoàn thiện giếng bằng ống lọc có lèn sỏi, cần tách hai thành phần tổn thất áp suất trong vỉa và tổn thất dọc theo lớp sỏi lèn:

$$P_R - P_{wf} = P_R - P_{wfs} + (P_{wfs} - P_{wf})$$

# HỆ SỐ HOÀN THIỆN GIẾNG

---

Phương trình biểu diễn hai loại tổn thất áp suất này có dạng:

- Đối với dầu:  $P_R - P_{wfs} = A_R \cdot q_0 + G_R \cdot q_0^2$

$$P_{wfs} - P_{wf} = A_G \cdot q_0 + B_G \cdot q_0^2$$

- Đối với khí:  $P_R^2 - P_{wfs}^2 = A_R \cdot q_{sc} + B_R \cdot q_{sc}^2$

$$P_{wfs}^2 - P_{wf}^2 = A_G \cdot q_{sc} + B_G \cdot q_{sc}^2$$

## HOÀN THIỆN GIẾNG BẰNG ỐNG CHỐNG, TRÁM XI MĂNG VÀ BẮN MỞ VỈA

---

- Chiều dài ống chống khai thác được đặt suốt thành hệ và xi măng phải được lấp đầy khoảng không vành xuyên giữa ống chống và thành giếng khoan
- Cho phép chọn lựa tầng cần bắn mở vỉa
- Dùng cho giếng sâu, đá thành hệ yếu và kém bền vững
- Vấn đề quan trọng nhất là xác định hiệu suất bắn mở vỉa. Hiệu quả của công tác hoàn thiện phụ thuộc vào: số lượng lỗ bắn, kích thước và chiều sâu lỗ bắn, kiểu lỗ bắn, góc pha
- Sự nén ép của thành hệ xung quanh lỗ bắn sau khi bắn vỉa có thể làm giảm đáng kể hiệu quả hoàn thiện giếng
- Cần xác định chính xác khoảng bắn mở vỉa, tránh các vùng có thành hệ quá yếu hoặc không có sản phẩm, tránh dòng chất lưu không mong muốn chảy vào

# HỆ SỐ HOÀN THIỆN GIẾNG

---

Hiệu quả của công tác hoàn thiện giếng phụ thuộc vào cả vỉa và lỗ  
bắn

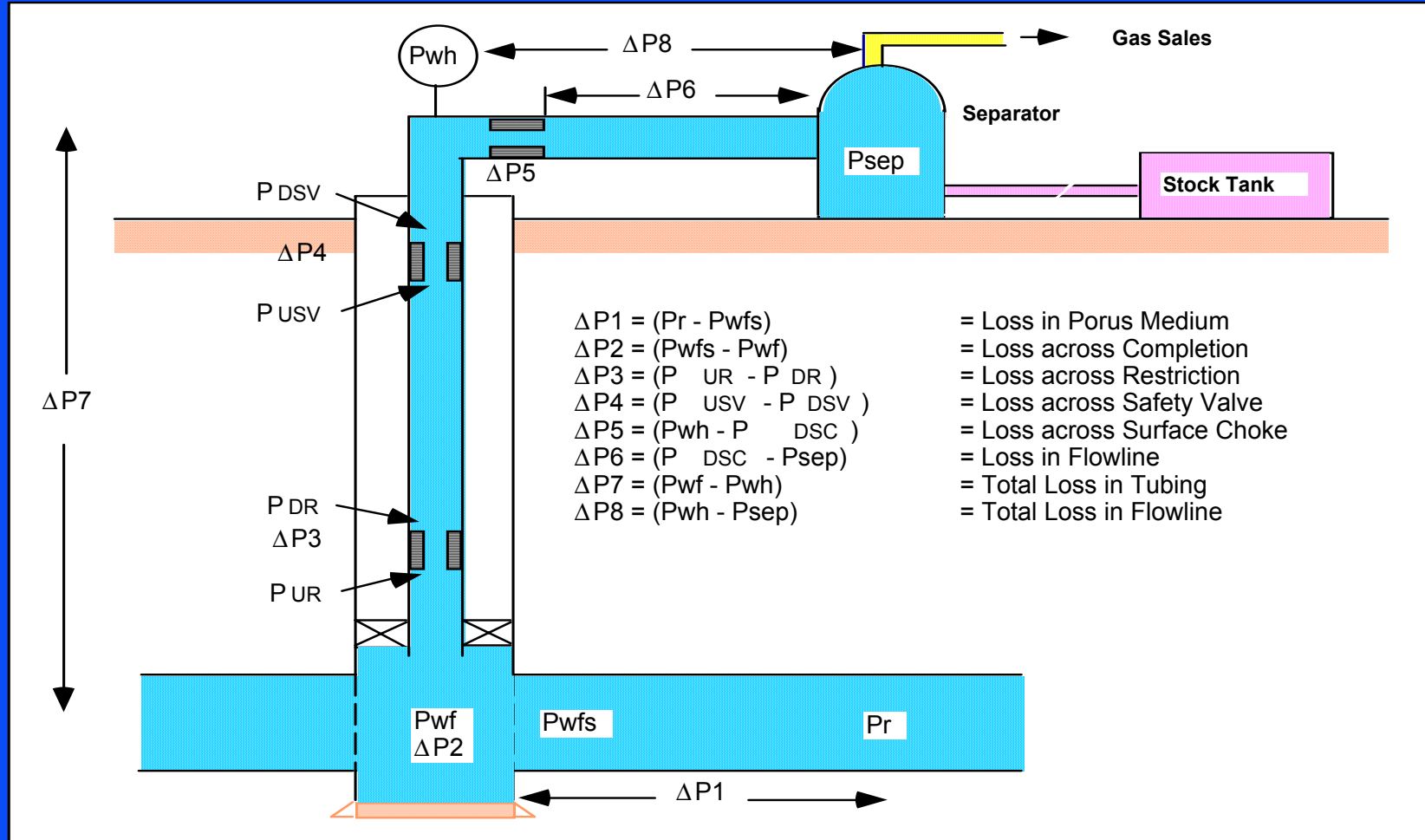
$$P_R - P_{wf} = (A_R + A_P) + (B_R + B_P)q_0^2$$

$$P_R^2 - P_{wf}^2 = (A_R + A_P)q_{sc} + (B_R + B_P)q_{sc}^2$$

Thành phần chảy tầng trong lỗ bắn bao gồm ảnh hưởng của mật độ  
và kiểu lỗ bắn, ảnh hưởng của sự nén chặt xung quanh lỗ bắn.

Những ảnh hưởng này có tính đến trong các phương trình:

# HỆ THỐNG ĐIỂM NÚT



# HỆ SỐ HOÀN THIỆN GIẾNG

Đối với dầu:  $A_p = \frac{141 \times 2\mu_0 \cdot B_0}{k_{0R} \cdot h} (S_p + S_{dp})$

Đối với khí:  $A_p = \frac{141 \times 2\mu_g \cdot Z \cdot T}{k_{gR} \cdot h} (S_p + S_{dp})$

Khi biết độ thấm dọc:  $S_p = \left( \frac{h}{h_p} - 1 \right) \left[ \ln \left( \frac{h}{r_w} \left( \frac{k_R}{k_v} \right)^{0.5} \right) - 2 \right]$

$h$ : chiều dài tổng công của vỉa, ft

$h_p$ : chiều dài khoảng bán mở vỉa, ft

$k_R$  độ thấm của vỉa theo phương ngang, md

$K$ : độ thấm dọc, md

## DÒNG CHẢY DỌC THEO VÙNG BỊ NÉN ÉP

---

$$S_{dp} = \left( \frac{h}{L_p \cdot N} \right) \left( \frac{k_R}{k_{dp}} - \frac{k_R}{k_d} \right) \ln \frac{r_{dp}}{r_p}$$

$h$ : chiều dày tổng công của vỉa, ft

$L_p$ : chiều dài lỗ bắn, ft

$N$ : tổng số lỗ bắn

$k_R$ : độ thấm vỉa, md

$k_{dp}$ : độ thấm vùng bị nén ép, md

$r_p$ : bán kính lỗ bắn, in

$r_{dp}$ : bán kính vùng bị nén ép, in



# DÒNG CHẢY DỌC THEO VÙNG BỊ NÉN ÉP

- Phần tổn thất áp suất lớn nhất dọc theo lỗ bắn là do dòng chảy rối qua vùng bị nén ép. Các phương trình:

$$+\text{Đối với dầu: } B_p = \frac{2.3 \times 10^{-14} \cdot \beta_{dP} B_0^2 \cdot \rho_0}{r_p^2 \cdot L_p^2 \cdot N^2}$$

$$+\text{Đối với khí: } B_p = \frac{3.161 \times 10^{-12} \beta_{dP} \cdot \gamma_g \cdot Z \cdot T}{r_p \cdot L_p^2 \cdot N^2}$$

$$+\text{Hệ số vận tốc: } \beta_{dP} = \frac{2.33 \times 10^{10}}{k_{dP}^{1,2}}$$

# VỮA XI MĂNG

---

Phụ thuộc vào:

- Nhiệt độ tĩnh ở đáy giếng khoan quy định thời gian đông cứng (thời gian có thể bơm phun xi măng)
  - Nhiệt độ tuần hoàn ở đáy giếng khoan (sẽ làm thay đổi thời gian đông cứng)
  - Tỷ trọng phụ thuộc vào áp lực địa tĩnh của một số tầng đất đá đã khoan qua
  - Độ nhớt dẻo của vữa và đặc tính lọc của nó
  - Các thông số lưu biến của vữa
  - Thời gian đông cứng và gia tăng độ bền chịu nén
  - Độ bền của đá xi măng và các nhân tố khác nhau có thể làm hư hại nó (nước vỉa ăn mòn, nhiệt độ cao)
- Vữa sử dụng chủ yếu gồm xi măng và nước, có thêm một số chất phụ gia
  - Chúng loại xi măng sử dụng tùy thuộc vào chiều sâu và nhất là nhiệt độ ở đáy giếng khoan và có thể tiếp xúc với nước vỉa ăn mòn
  - Các loại xi măng và điều kiện sử dụng (xem sách *Cơ sở khoan và khai thác dầu khí*)

# HIỆN TƯỢNG NGÂM NƯỚC CỦA XI MĂNG

- Quá trình: bắt đầu từ thành phần khan với các chất kém ổn định rồi tới các chất ổn định hơn.
- Khi lượng nước không đủ, các thành phần này kết tinh lại và tạo ra sự hoà tan mới của các thành phần khan. Như vậy sẽ xảy ra sự liên kết dần dần của các tinh thể hình kim cho đến khi đông cứng toàn bộ hệ thống.
- Một số yếu tố tác động đến sự ngậm nước của xi măng:
  - **Nhiệt độ:** ảnh hưởng rất lớn đến vận tốc ngậm nước của xi măng. Khi nhiệt độ tăng sẽ làm giảm thời gian đông cứng xi măng
  - **Áp lực:** sự ngậm nước tăng theo áp lực

## SỰ NHIỄM BẨN

---

- Xảy ra trong quá trình trộn với nước dùng hoặc trộn lẫn với các chất lỏng có trong giếng khoan
- Mọi sự thay đổi tính cân bằng trong pha có nước do bổ sung mà không kiểm tra các nguyên tố tan được hoặc không tan đều tác động đến việc ngậm nước của xi măng như  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  làm tăng nhanh quá trình đông cứng (khó có thể dự đoán được)

## CÁC CHẤT PHỤ GIA

---

- Chất làm đông nhanh: làm tăng nhanh quá trình đông cứng xi măng ở nhiệt độ thấp hoặc khắc phục hiệu ứng làm đông chậm của các chất phụ gia khác, cho phép giảm thời gian chờ đợi trước khi khoan tiếp
- Chất làm đông chậm: làm chậm quá trình đông cứng của xi măng, tăng thời gian bơm vữa khi nhiệt độ đáy giếng cao hoặc hiệu ứng của chất phụ gia khác có nguy cơ làm giảm đáng kể thời gian bơm vữa vào giếng
- Chất làm nhẹ: khi trộn với xi măng thì gây hiệu ứng làm giảm tỷ trọng vữa đông thời giảm giá thành nhưng ảnh hưởng đến thời gian đông cứng và sức kháng nén của xi măng nên phải khắc phục bằng các chất phụ gia thích hợp
- Các chất kiểm soát độ lọc: làm vữa không mất nước do lọc qua các tầng thấm nhưng có thể gây ra sự đông cứng không đúng lúc hoặc đông cứng do thiếu nước cần thiết để thủy phân và kết tinh các thành phần của xi măng

# ĐỤC LỖ ỐNG CHỐNG TRONG GIẾNG

---

Có thể sử dụng 1 trong 4 phương pháp sau:

- + Đạn
- + Mìn (đạn lõm)
- + Tia xuyên
- + Tia thủy lực - cát

## ĐỤC BẰNG ĐẠN

---

- Loại đạn có tác dụng bắn từng loạt: tạo áp lực 700KG/cm<sup>2</sup> và ở nhiệt độ làm việc là 127<sup>o</sup>C
  - Loại đạn có chứa thuốc nổ nhằm gia tăng khả năng đục mở và hiệu quả để bắn vỉa dày
    - Loại đạn có tác dụng bắn nối tiếp: để giảm tác động của áp lực lên ống chống và giữ ống chống khỏi bị biến dạng và nứt vỡ
    - Loại đạn có tác dụng bắn tách biệt: chỉ bắn từng viên theo thứ tự đã định. Loại đạn này được sử dụng để bắn vỉa sản phẩm mỏng và giữa chúng có xen kẽ bởi các tầng chứa nước hoặc chứa sét
- Đục bằng đạn được sử dụng cho đất đá không quá cứng và vành xi măng xung quanh ống chống yếu

## ĐỤC BẰNG MÌN HAY ĐẠN LỖM

---

- Loại đạn lõm khác với các loại đạn kể trên là thay thế đầu đạn bằng đầu lõm (ngư lôi) có tác dụng nổ chậm
  - Đầu đạn lõm phóng ra đục cột ống chống và vành trám xi măng rồi tiếp tục đi sâu vào vỉa để nổ và tạo thành những khe rãnh phụ
- Bắn mìn ở những lớp đất đá chặt sít và có độ thấm thấp



## ĐỤC BẰNG TIA XUYÊN

---

- Đục bằng tia xuyên, chất tạo nổ và có sức xuyên rất mạnh
  - Vận tốc của những tia nổ khoảng 8000- 10000 m/s với áp lực khoảng 300 triệu KG/cm<sup>2</sup>
  - Loại tia xuyên cho phép tạo những khe sâu vào vỉa nên bảo đảm tăng độ thấm
- Sử dụng tốt nhất cho loại đá cứng, độ thấm kém.

## ĐỤC BẰNG TIA THỦY LỰC - CÁT

---

- Nước trộn cát có tính mài mòn cao được bơm qua vòi phun của thiết bị với áp suất từ 1500- 3000 KG/cm<sup>2</sup>
- Miệng của thiết bị phun cát được chế tạo từ hợp kim rất cứng để chống mài mòn. Đường kính của vòi phun khoảng 3 – 6 mm
- Cát có đường kính từ 0.2 – 1.2 mm
- Tỷ lệ cát trong nước từ 50 – 200 g/l (lượng cát khoảng 8 – 10 tấn/lần xử lý)
- Vận tốc đục lỗ cột ống chống và đất đá 0.6 – 0.9 mm/s
- Khi bắn thủy lực cát, thiết bị miệng giếng khi làm việc phải đạt tới 70 MPa và máy bơm trám xi măng có công suất lớn để ép hỗn hợp chất lỏng cát
- Nhược điểm của phương pháp bắn tia thủy lực – cát là cần khối lượng thiết bị kỹ thuật có công suất lớn và công tác chuẩn bị và tiến hành trên quy mô lớn, số lượng người tham gia nhiều nên chi phí rất cao (ít được áp dụng)

Phụ thuộc vào các yếu tố:

- + Độ sâu của giếng và áp suất của vỉa
- + Tính chất của dầu hoặc khí có trong vỉa
- + Đặc tính vật lý của đất đá và mức độ bền vững của chúng và cấu trúc giếng.
- + Thiết bị kỹ thuật sẵn có

## CÁC PHƯƠNG PHÁP

---

+ Giảm tỷ trọng cột dung dịch trong giếng bằng cách thay dung dịch nhẹ hơn như nước, dầu, chất lỏng tạo bọt, chất lỏng ngậm khí

+ Hạ mực chất lỏng trong giếng: nhờ máy nén khí hoặc máy bơm sâu, pittông hoặc gàu múc

+ Kết hợp cả 2 phương pháp

(xem *Cơ sở khoan và khai thác dầu khí*)



TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM  
**KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ**

# BÀI GIẢNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ

## *GIẾNG ĐA NHÁNH*

---

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo

Email : [lphao@hcmut.edu.vn](mailto:lphao@hcmut.edu.vn)

Tel : 84-8-8654086

## NỘI DUNG

---

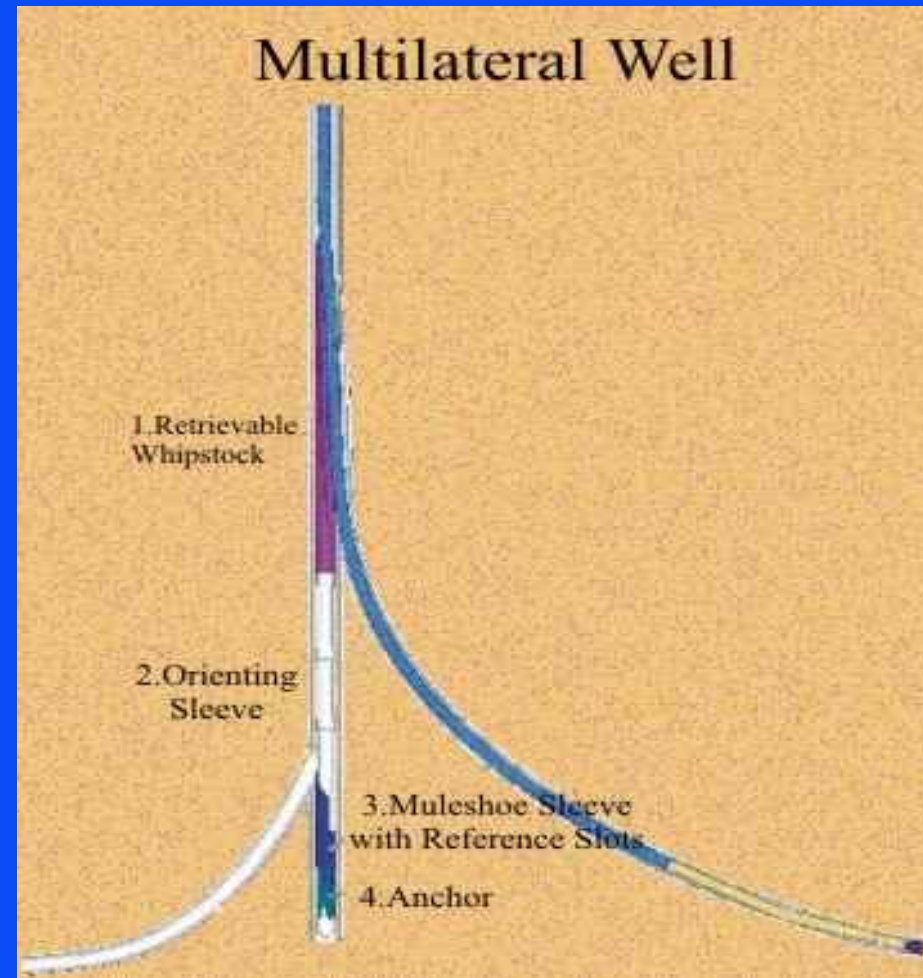
- ❖ Tổng quan về giếng đa nhánh
- ❖ Phân loại giếng đa nhánh
- ❖ Công nghệ hoàn thiện giếng đa nhánh
- ❖ Kết luận

## Khái niệm

---

- ❖ Giếng đa nhánh (multilateral well) gồm một thân giếng chính với nhiều nhánh phát triển và kéo dài từ thân giếng chính
- ❖ Thân giếng chính (thẳng đứng hoặc nằm ngang) có đường kính lớn sẽ được khoan đến chiều sâu xác định
- ❖ Các giếng nhánh được khoan định hướng xuất phát từ thân giếng chính đến chiều sâu thiết kế, có thể cùng nằm trong 1 thành hệ hay trong những tầng sản phẩm khác nhau
- ❖ Giếng đa nhánh có thể là sự kết hợp giữa giếng khoan định hướng và giếng khoan ngang

## Minh họa của giếng đa nhánh

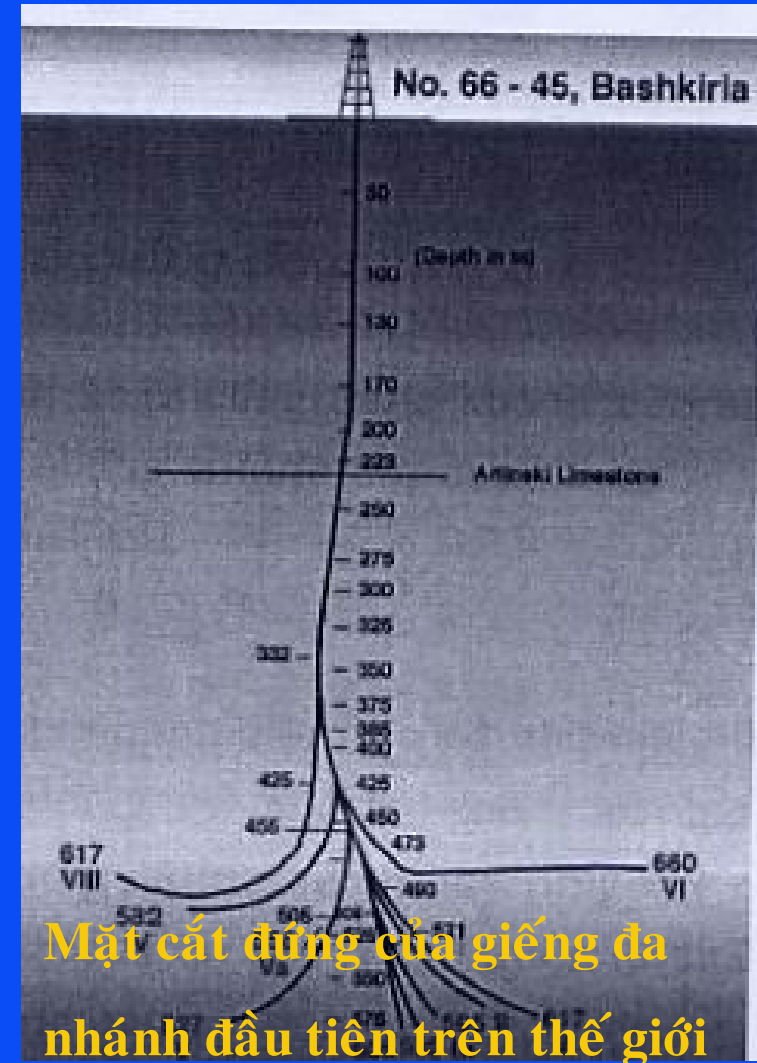




## Lịch sử hình thành và phát triển giếng đa nhánh

Các kỹ sư khoan của Nga đã thử nghiệm giếng đa nhánh đầu tiên từ những năm 1950.

- Ngày nay, với những hệ thống chuẩn giúp xác định chính xác các đối tượng áp dụng công nghệ khoan giếng đa nhánh, sự tiến bộ của công nghệ chế tạo vật liệu, kỹ thuật hoàn thiện, sự thống nhất về cách phân loại... đã đưa công nghệ giếng đa nhánh trở nên rất phổ biến trên toàn thế giới.



**Mặt cắt đứng của giếng đa nhánh đầu tiên trên thế giới**

## Lợi ích của giếng đa nhánh

---

### Lợi ích về kỹ thuật

- Tăng sự tiếp xúc với vỉa
- Tăng độ liên thông giữa các vỉa bị cách ly
- Tăng hiệu suất quét
- Giảm sự hình thành mũ nước
- Giảm hiện tượng sinh cát
- Thăm dò hiệu quả vùng có cấu trúc địa chất phức tạp
- Giảm thiểu các yếu tố tác động môi trường

## Lợi ích của giếng đa nhánh

---

### Lợi ích về kinh tế

- Có thể được phát triển từ giếng thông thường sẵn có
- Đối với các giếng khoan trên đất liền, giảm diện tích và thiết bị bề mặt
- Đối với các giếng khoan ngoài biển, giảm số lượng subsea, giảm trọng lượng và công suất cho các công trình biển
- Chuyển các mỏ cận biên thành các mỏ thông thường
- Giảm chi phí vận hành và phát triển mỏ

## Khó khăn thường gặp

---

### Khó khăn về kỹ thuật

- Kỹ thuật khoan và hoàn thiện giếng phức tạp
- Một số loại giếng không phù hợp cho công tác can thiệp giếng về sau: làm sạch, kích thích, kiểm soát cát...
- Kiểm soát giếng trong quá trình khoan và khai thác phức tạp
- Nhạy cảm đối với đất đá không đồng nhất và dị hướng

### Khó khăn về kinh tế

- Chi phí khoan giếng ban đầu cao hơn so với giếng ngang, và giếng thông thường
- Xác suất rủi ro cao hơn giếng thông thường
- Phải xác định và lựa chọn đối tượng thích hợp

## Đối tượng ứng dụng của giếng đa nhánh

---

- Các vỉa dầu nặng
- Các vỉa có độ thấm thấp và các khe nứt tự nhiên
- Các đới phân lớp hay những thành hệ không đồng nhất
- Các vỉa bị cách ly thành từng ngăn
- Các vỉa vệ tinh

## Những vấn đề cần cân nhắc khi lựa chọn giải pháp khoan và hoàn thiện giếng đa nhánh

---

- Lựa chọn hệ thống giếng đa nhánh thích hợp
- Phân tích những rủi ro có thể xảy ra
- Công nghệ khoan định hướng
- Những vấn đề trong điều hành – thi công giếng
- Tính ổn định và đặc điểm của đất đá trong thành hệ nhánh khoan giếng
- Ảnh hưởng tính bất đồng nhất và bất đẳng hướng của hành hệ
- Kỹ thuật hoàn thiện giếng phù hợp
- Dự đoán về dòng sản phẩm trong toàn bộ giếng đa nhánh

## Phân loại giếng đa nhánh

---

### Phân loại theo mức độ phức tạp

Dựa theo mức độ phức tạp của giếng (nơi tiếp xúc giữa thân chính và thân nhánh) thì hệ thống giếng đa nhánh được chia làm 6 cấp độ:

**Cấp 1** : cả thân giếng chính và thân nhánh đều là giếng thân trần, không có ống lọc lửng hoặc đầu nổi rẽ nhánh

Giếng được sử dụng trong thành hệ cố kết vững chắc, đặc biệt là tại nơi rẽ nhánh. Khả năng can thiệp vào giếng và kiểm soát dòng chảy là rất hạn chế

## Phân loại giếng đa nhánh

---

**Cấp 2** : thân giếng chính được chống ống và trám xi măng còn nhánh bên vẫn để thân trần hay có thể treo vào nhánh bên ống lọc lửng có các rãnh dài và hẹp hay dùng đầu nối cơ học

- Giếng loại này cho phép can thiệp vào giếng chính dễ dàng và cải thiện khả năng phục hồi nhánh bên.
- Nhánh bên để thân trần nên không có khả năng phân tách dòng chảy hay bảo toàn áp suất qua nhánh rẽ. Loại giếng này rất thông dụng cho thành hệ carbonate hay thành hệ sét ổn định (không cần các thiết bị kiểm soát cát)



## Phân loại giếng đa nhánh

---

**Cấp 3** : Về cơ bản tương tự như loại giếng cấp 2, nhưng nhánh bên cũng chống ống nhưng không trám xi măng.

- Ống chống lửng hay ống lọc được đưa vào nhánh bên và neo trong thân chính nhờ đầu treo ống chống lửng
- Loại giếng này không có khả năng cách ly một cách chủ động giữa thân chính và thân nhánh, nhưng nó kết nối khá hiệu quả giữa thân nhánh và thân chính so với loại giếng cấp 2
- Loại giếng này thích hợp để khai thác kết hợp các tầng carbonate hay các thành hệ cát kết

## Phân loại giếng đa nhánh

---

Cấp 4 : Thân giếng chính và thân nhánh đều được chống ống và trám xi măng

- Ống chống lửng trong thân nhánh được trám xi măng liền vào thân chính tạo độ bền cơ học rất cao

- Loại giếng này thích hợp cho các tầng sản phẩm có áp suất thấp

- Giếng cấp 4 không có khả năng ngăn cách áp suất, nhưng có thể can thiệp vào giếng chính lẫn nhánh bên thuận lợi hơn

## Phân loại giếng đa nhánh

---

**Cấp 5:** Loại giếng này là sự kết hợp của giếng cấp 3 và 4

- Có các thiết bị cách ly áp suất tại nơi tiếp xúc giữa ống chống trong thân chính và ống lửng ở thân nhánh
- Loại giếng này thích hợp cho khai thác các tầng sản phẩm riêng biệt có áp suất cao hay điểm rẽ nhánh nằm trong tầng sản phẩm cần có những thiết bị ngăn áp suất hay phân tách chất lưu và tạp chất cơ học trong vỉa
- Khả năng can thiệp vào giếng là dễ dàng

## Phân loại giếng đa nhánh

---

**Cấp 6:** Loại giếng này có khả năng ngăn cách áp suất bằng chính bản thân ống chống được trám xi măng cách ly mà không sử dụng các thiết bị hoàn thiện

-Loại giếng cấp 6 thích hợp cho các vỉa cần ngăn áp suất với ống chống có đường kính lớn, tại những vùng biển sâu

- Độ chênh áp tại đầu rẽ nhánh sẽ rất khác nhau, phụ thuộc vào kiểu cũng như kích thước của đầu nối

## Phân loại giếng đa nhánh

---

Cấp 6S : là loại giếng có mức phức tạp cao hơn cấp 6

- Dùng thiết bị đầu nổi rẽ nhánh đặc biệt chia thân giếng chính đường kính lớn thành 2 thân giếng nhánh nhỏ hơn và có kích thước bằng nhau
- Về mặt cấu trúc hoàn thiện giếng thì cấp 6S có độ phức tạp cao nhất. Nhưng bên cạnh đó cấp 6S lại có khả năng cách ly áp suất và thủy lực cao nhất

## Phân loại giếng đa nhánh

---

### Phân loại theo chức năng

- Dựa vào 2 yếu tố: các **mô tả về thân giếng** và **mô tả đầu nối** - Cách phân loại này mô tả về những đặc tính kỹ thuật của thân giếng chính và thân giếng nhánh

## Các bộ dụng cụ đo

---

### – Thiết bị đo log trong khi khoan (LWD)

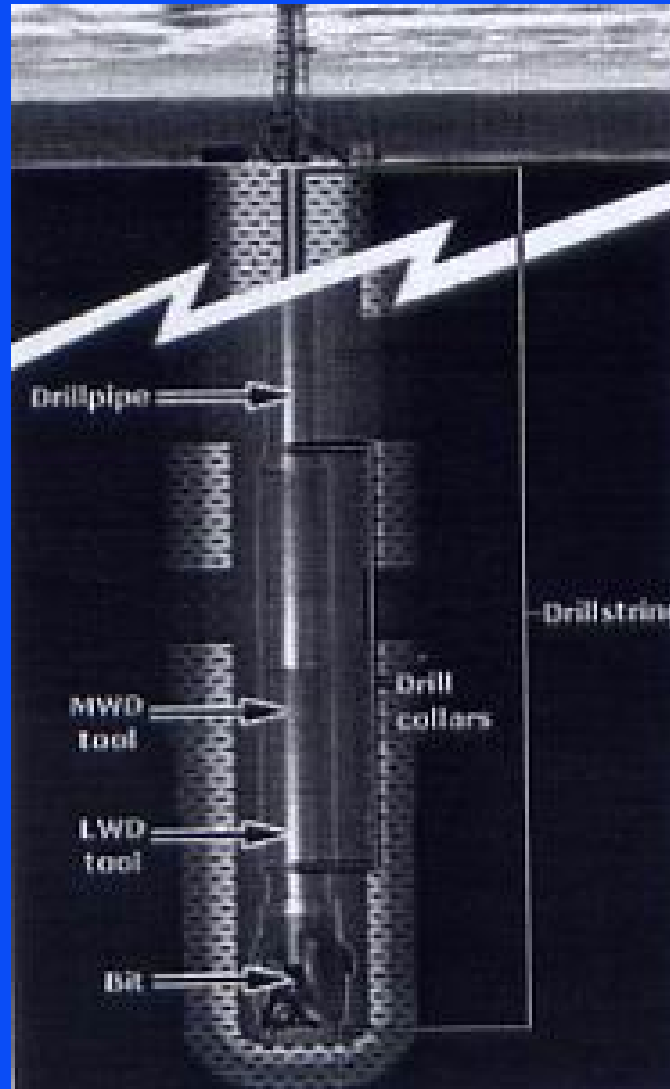
Thiết bị này đo các thông số về địa chất, đặc tính vật lý của đất đá thành hệ đang khoan qua (độ bão hòa hydrocacbon, thành phần thạch học)

Số liệu LWD được dùng để đánh giá trữ lượng vỉa, chất lượng thành hệ

### – Thiết bị đo trong khi khoan (MWD)

Thiết bị này đo các thông số như: góc phương vị, góc nghiêng, góc dốc... Hai thông số cơ bản là góc phương vị và góc nghiêng của lỗ khoan sẽ giúp điều chỉnh chòong khoan đi theo quỹ đạo đã thiết kế một cách hiệu quả

## Cấu trúc của bộ dụng cụ đáy







TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM  
**KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ**

**BÀI GIẢNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ**

**CÔNG NGHỆ**

**HOÀN THIỆN GIẾNG ĐA NHÁNH**

---

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo  
Email : [lphao@hcmut.edu.vn](mailto:lphao@hcmut.edu.vn)  
Tel : 84-8-8654086

## Khái niệm và đặc điểm

---

Hoàn thiện giếng bao gồm những công tác nối tiếp nhau kể từ khi kết thúc quá trình khoan đến khi có thể đưa giếng vào khai thác. Những công tác cơ bản bao gồm:

- ❖ Chống ống khai thác đến vị trí thiết kế tại nóc tầng sản phẩm
- ❖ Trám xi măng vào đoạn ống chống đã đặt
- ❖ Lắp đặt các thiết bị công nghệ cần thiết phục vụ cho công tác khai thác
- ❖ Gọi dòng sản phẩm, tạo kênh dẫn cho chất lưu từ vỉa chảy vào đáy giếng với lưu lượng thích hợp

## Các phương pháp hoàn thiện giếng đa nhánh

---

### Các phương pháp và thiết bị hoàn thiện thông thường

- Trong hoàn thiện giếng đa nhánh thì việc hoàn thiện các nhánh bên cũng rất quan trọng. Có 3 phương pháp để hoàn thiện các thân nhánh của giếng đa nhánh kết hợp với hệ thống các đầu nối rẽ nhánh:

- Thân nhánh bên có thể được hoàn thiện thân trần
- Chống ống và trám xi măng và bắn mở vỉa ống chống
- Hoàn thiện với các ống khai thác đục lỗ có lưới lọc – chèn sỏi

- Ngày nay trong hầu hết các giếng đa nhánh, mối liên kết giữa thân nhánh và thân chính đều dựa trên chất lượng của xi măng trám để tạo nên những sự kết nối tốt với khả năng cách ly cao.

- Khi hoàn thiện giếng kết hợp sử dụng những hệ thống đầu nối rẽ nhánh này thì sẽ tránh được hiện tượng suy giảm đường kính trong theo các cấp ống chống và khai thác

## Các phương pháp hoàn thiện giếng đa nhánh

---

Với những giếng có thân giếng nhánh nhỏ hơn hoặc bằng 6 1/4 inch thì hệ thống thiết bị hoàn thiện giếng bao gồm:

- Hệ thống bắn mở lỗ trên ống chống vận hành thông qua coiled tubing
- Đầu treo ống lửng
- Packer khai thác
- Thiết bị kiểm soát dòng chảy

## Các phương pháp hoàn thiện giếng đa nhánh

---

**Hệ thống bắn mở vỉa:** những mảnh vụn của quá trình bắn mở vỉa có thể giảm độ thấm hiệu dụng dẫn đến việc hạn chế dòng chảy. Với việc sử dụng hệ thống bắn mở vỉa dưới cân bằng được thả bằng tubing 2 1/8 inch sẽ giảm thiểu khả năng làm nhiều bắn tầng sản phẩm.

**Kiểm soát dòng chảy:** hệ thống bao gồm các ống trượt (sliding sleeves), nipple, và các nút chặn vận hành trên tubing hay coiled tubing với áp suất và nhiệt độ lên đến 10.000 psi và 450°F. Các thiết bị này có thể đặt tại bất cứ vị trí nào trong thân nhánh và có thể thu hồi được

**Thiết bị lọc cát:** có thể lắp đặt trong các thân nhánh nằm ngang, thân giếng nhánh có bán kính cong nhỏ, phục hồi hay xử lý giếng

## Một số thiết bị hoàn thiện thân nhánh tiên tiến

---

### *Expandable Completion Liner (ECL)*

- Tăng tính ổn định của thành giếng, tạo khả năng cách ly và xử lý cục bộ những đoạn giếng xác định.
- Cho phép can thiệp vào giếng với khả năng quản lý vỉa hiệu quả hơn.
- ECL được kết hợp với hệ thống treo ống lửng (Liner Hanger System) và dựa trên nguyên tắc giãn nở ống nhờ áp suất thủy lực. ECL có thể giãn nở trong khoảng từ 2 7/8 inch cho đến 5 1/2 inch tùy theo ống chuẩn ban đầu.
- Việc ứng dụng ECL trong khai thác là giảm được lượng nước vỉa xâm nhập và tăng sản lượng khai thác
- Thiết bị ECL thích hợp cho các giếng đa nhánh có đường kính nhỏ (vận hành khó khăn hơn so với giếng thông thường)
- ECL sử dụng trong giếng đa nhánh không bị giới hạn bởi chiều sâu và độ dài của thân nhánh trong tầng sản phẩm. Hệ thống ECL giúp cực đại hóa đường kính trong của các thiết bị khai thác, nhờ vậy tối ưu hóa được quá trình khai thác sau này

## Một số thiết bị hoàn thiện thân nhánh tiên tiến

---

### *EXPRESS™ Expandable ScreenS*

Hệ thống thiết bị của Baker Hughes giúp tiết kiệm chi phí hoàn thiện giếng đa nhánh. Express™ áp dụng trong giếng đa nhánh thân trần sẽ giúp cho giếng có những đặc tính kỹ thuật như là giếng được chống ống suốt và trám xi măng. Hệ thống đặc biệt này kết hợp ống lọc cát có khả năng giãn nở (expandable sand control isolation) với đầu nối cách ly cục bộ ứng với khả năng giãn nở (solid expandable zonal isolation) và cùng được thả vào đáy thân giếng nhánh.

Ưu điểm của hệ thống này là:

- Chỉ số sản phẩm khai thác tốt hơn
- Tăng tuổi thọ cho giếng
- Ngăn ngừa sự hư hại của thành hệ
- Giảm dòng chảy và giảm áp trong vành xuyên
- Tăng độ bền và độ ổn định của thành giếng
- Có thể hoàn thiện giếng với đường kính trong lớn hơn nên giếng đa nhánh khai thác sẽ hiệu quả hơn, tạo khả năng cách ly cục bộ
- Có thể sử dụng dung dịch hoàn thiện giếng gốc dầu hay gốc nước

## Công nghệ hoàn thiện giếng đa nhánh các cấp

**Giếng cấp 1:** vào những năm 1980, khi công nghệ khoan ngang phát triển thì kiểu hoàn thiện giếng đa nhánh cấp 1 trở nên phổ biến. Không cần các thiết bị mở cửa sổ ống chống, ống lửng, các thiết bị kiểm soát dòng chảy khai thác và cũng không được trám xi măng.

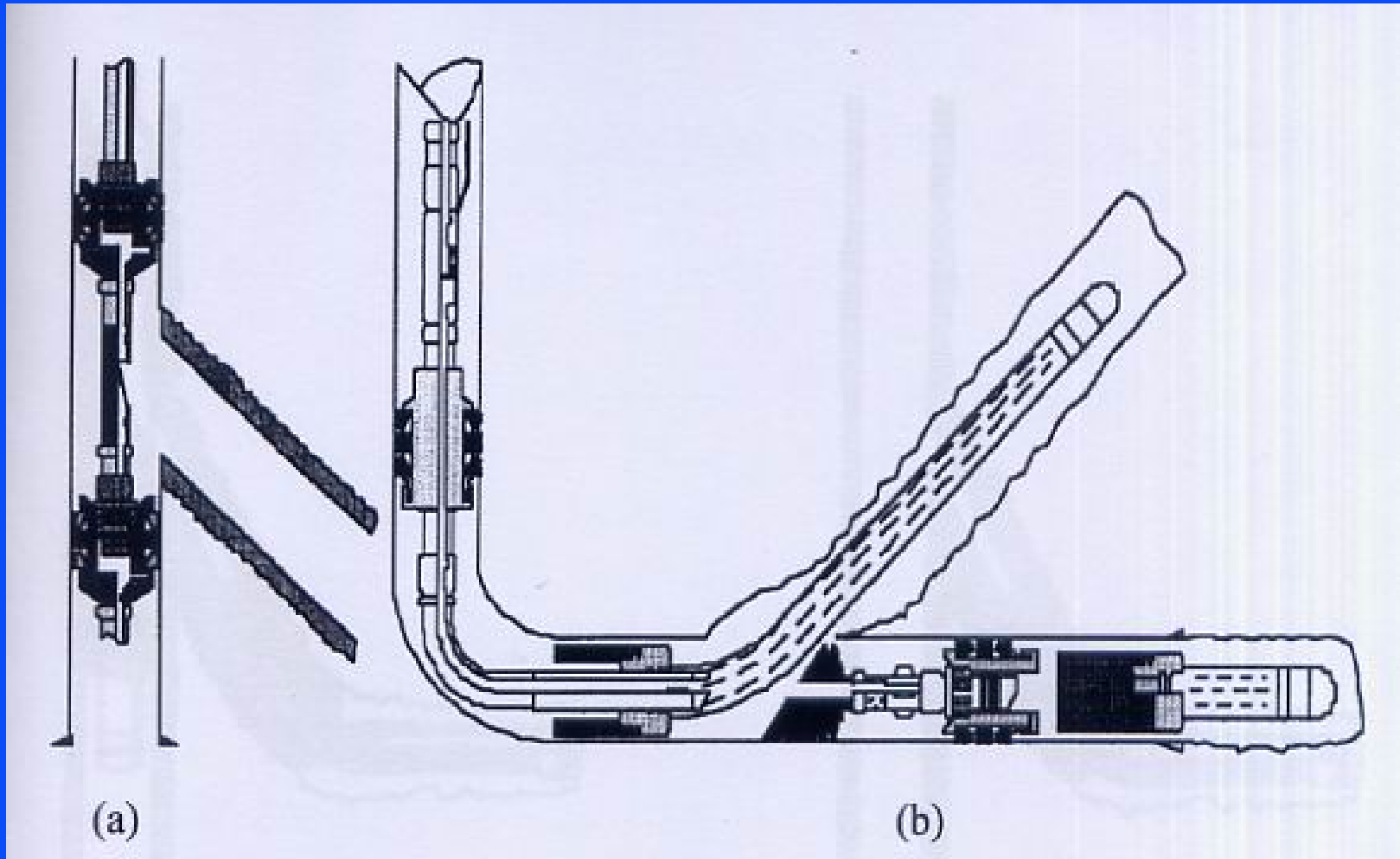
**Giếng cấp 2:** kiểu hoàn thiện giếng cấp 2 thông dụng nhất là đặt ống trượt (sliding sleeve) giữa packer định hướng và packer thứ hai phía trên vĩ trí rẽ nhánh- Khả năng tách dòng từ các giếng nhánh cũng là ưu điểm của kiểu hoàn thiện này.

- Nếu cần khả năng can thiệp vào các nhánh thì thay vì sử dụng ống trượt có thể sử dụng nipple. Thiết bị này làm đổi hướng trong ống khai thác sẽ được đặt trong nipple này (hình a). Coiled tubing sau đó có thể làm việc thông qua nipple để phục vụ công tác sửa giếng.

Ngoài ra có thể sử dụng máng xiên “flow through” và ống lửng có những rãnh dài được đặt ở nhánh trên thông cửa sổ ống chống (hình b).



## Hoàn thiện giếng cấp 2

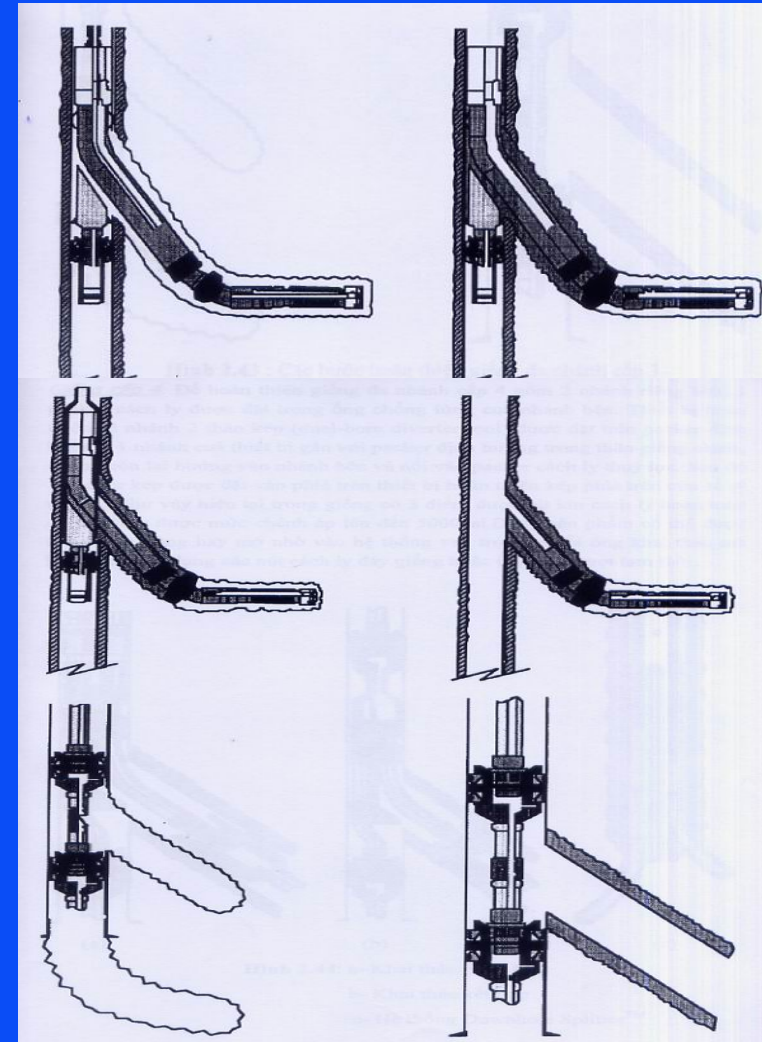


## Công nghệ hoàn thiện giếng đa nhánh các cấp

**Giếng cấp 3:** ống chống lửng được trám xi măng và được nối vào thân giếng chính đã chống ống và trám xi măng cùng với máng xiên, sau đó tiến hành rửa giếng và thu hồi máng xiên.

- Các thân nhánh được hoàn thiện bằng các hệ thống cho phép can thiệp vào giếng hay hệ thống ống trượt có cùng đặc tính kỹ thuật như giếng cấp 2 phía trên.

- Quy trình trám xi măng và rửa ống chống lửng là một phần trong quy trình lắp đặt hệ thống đầu nối rẽ nhánh



## Công nghệ hoàn thiện giếng đa nhánh các cấp

---

**Giếng cấp 4** : để hoàn thiện giếng đa nhánh cấp 4 gồm 2 nhánh riêng biệt, 1 packer cách ly được đặt trong ống chống lửng của thân nhánh

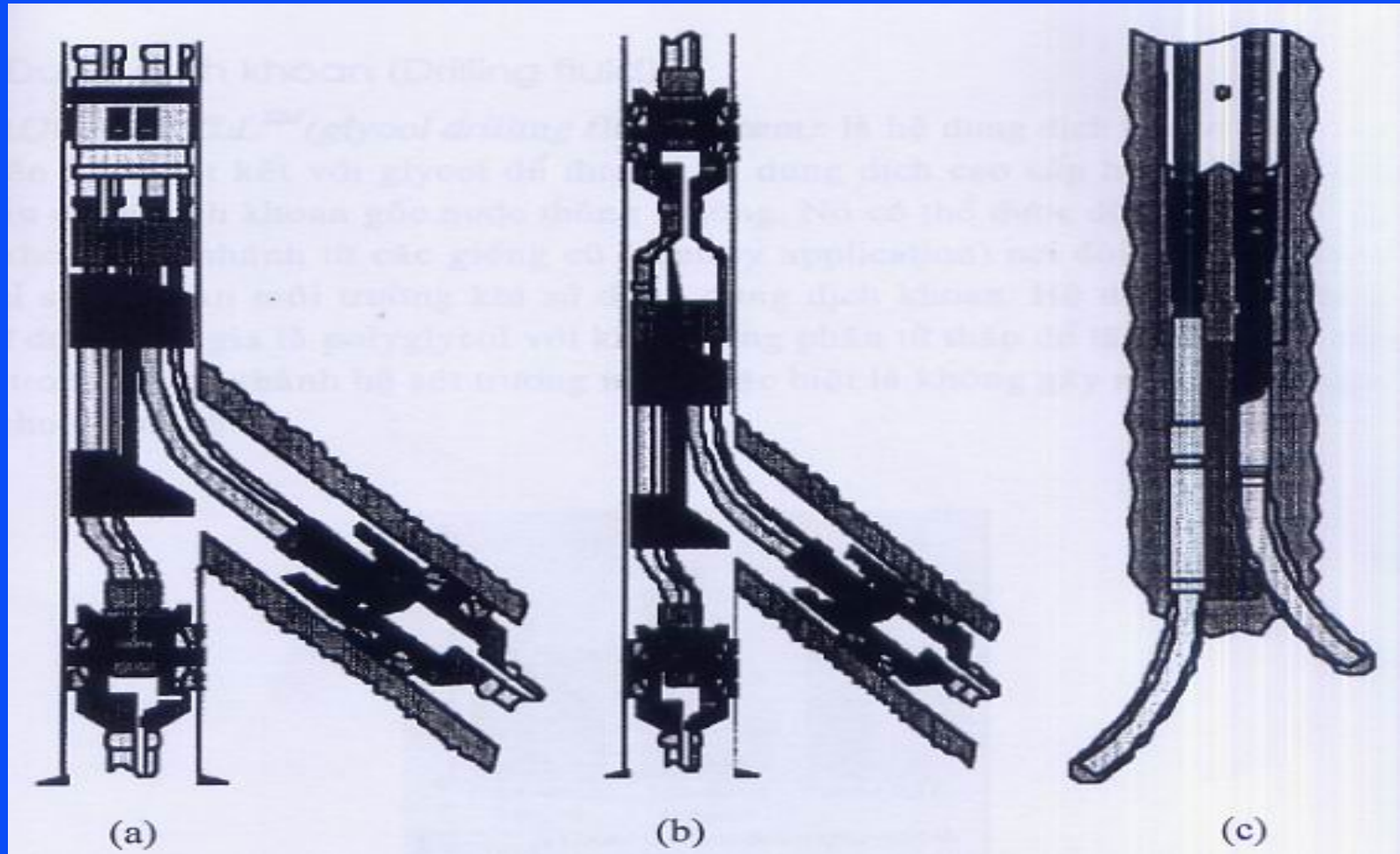
- Thiết bị hoàn thiện rẽ nhánh 2 thân kép (dual-bore diverter tool) được đặt trên packer định hướng

- 1 nhánh của thiết bị gắn với packer định hướng trong thân giếng chính, nhánh còn lại hướng vào thân nhánh và nối vào packer cách ly thủy lực

- Sau đó 1 packer kép được đặt vào phía trên thiết bị hoàn thiện kép phía trên cửa sổ rẽ nhánh. Như vậy trong giếng có 3 điểm được bịt kín cách ly hoàn toàn có thể chịu được mức chênh áp lên đến 5000 psi

- Dòng sản phẩm có thể được kiểm soát (đóng hay mở) nhờ vào hệ thống van trong chuỗi ống khai thác mà không cần sử dụng các nút cách ly đáy giếng hoặc ống trượt tạm thời

## Các kiểu hoàn thiện giếng cấp 4



a. Khai thác riêng biệt; b. Khai thác kết hợp c. Hệ thống Downhole Splitter<sup>TM</sup>

## Dung dịch hoàn thiện giếng (Drill-in Fluid)

---

Các dung dịch drill-in fluid (DIF) được thiết kế đặc biệt cho ứng dụng khoan tạo nhánh của giếng đa nhánh.

**1- PERFLOW (DIF):** rất thích hợp cho thành hệ cát kết, bảo vệ chắc chắn cho tầng sản phẩm và các lớp vỏ sét tạo ra dễ dàng bị rửa trôi bởi dòng sản phẩm đi lên.

- Thiết kế sử dụng trong các vỉa áp suất bình thường hoặc suy giảm nhiều. Hiệu quả trong việc tái tạo dòng chảy của sản phẩm trở lại trong các thân giếng đã bị hư hại.

**2- CLEAR-DRILLISM:** Hệ dung dịch không có những hạt rắn tự do kết hợp mà dùng muối có độ hòa tan cao để bảo vệ tầng sản phẩm nên thích hợp cho quá trình tạo nhánh. Vì không sử dụng axit hòa tan nên không phá hủy thành hệ.

**3- BIOLOSESM90:** cũng giống như CLEAR-DRILLISM nhưng với đặc tính lưu biến thấp và độ bôi trơn cao nên không thể đáp ứng được những điều kiện khoan khắc nghiệt (yêu cầu không mất dung dịch và hạn chế thành tạo nhũ tương trong quá trình tạo nhánh).

- Công nghệ khoan đa nhánh là sự tích hợp của các công nghệ tiên tiến nhất trong giếng đứng, giếng định hướng và những kỹ thuật hiện đại thuộc một số lĩnh vực khác
- Ứng dụng của giếng đa nhánh là rất đa dạng từ các hoạt động thăm dò–khai thác, phát triển mỏ đến phục hồi các giếng cũ
- Công nghệ này giúp cải thiện chỉ số khai thác, nâng cao hệ số thu hồi dầu, tăng hiệu quả bơm ép so với các giếng thông thường
- Với công nghệ khoan và hoàn thiện giếng đa nhánh, có thể tiết kiệm được rất nhiều chi phí đầu tư cũng như chi phí vận hành khai thác. Tính hiệu quả của công nghệ này là một đặc điểm nổi bật so với các công nghệ khoan truyền thống khác

Tuy nhiên, để đạt được những hiệu quả thì thiết kế cũng như thi công giếng phải thật khoa học và chi tiết, chọn lựa áp dụng vào những đối tượng phù hợp



Những vấn đề cần xem xét khi thiết kế hệ thống giếng khoan đa nhánh là:

- Đối tượng là các giếng cũ hay giếng mới ? Với các giếng mới bao giờ cũng tạo được mức độ linh hoạt trong thiết kế và không phụ thuộc vào các thiết bị hiện có. Nên sử dụng hệ thống phân tích điểm nút trong khai thác và mô hình hóa vỉa để có thể tính toán được những thông số tối ưu cho việc thiết kế giếng khoan đa nhánh
- Đầu nổi rẽ nhánh được sử dụng dựa trên các yêu cầu về độ bền cơ học, khả năng bảo toàn áp suất cho những thân nhánh, ứng suất của thành hệ và khả năng can thiệp vào các thân giếng nhánh sau này
- Những hiểu biết về tầng sản phẩm là rất quan trọng, đặc biệt là đối với công tác khoan thăm dò hay phát triển các giếng mới trong những khu vực hoàn toàn mới.



TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM  
**KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ**

---

## BÀI GIẢNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ

### *CÔNG NGHỆ BẮN MỞ VỈA*

---

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo

Email : [lphao@hcmut.edu.vn](mailto:lphao@hcmut.edu.vn)

Tel : 84-8-8654086



## NỘI DUNG TRÌNH BÀY

---

- Khái niệm
- Mục đích
- Các thông số bắn mở vỉa
- Qui trình bắn mở vỉa
- Kết luận

## KHÁI NIỆM BẮN MỞ VỈA

---

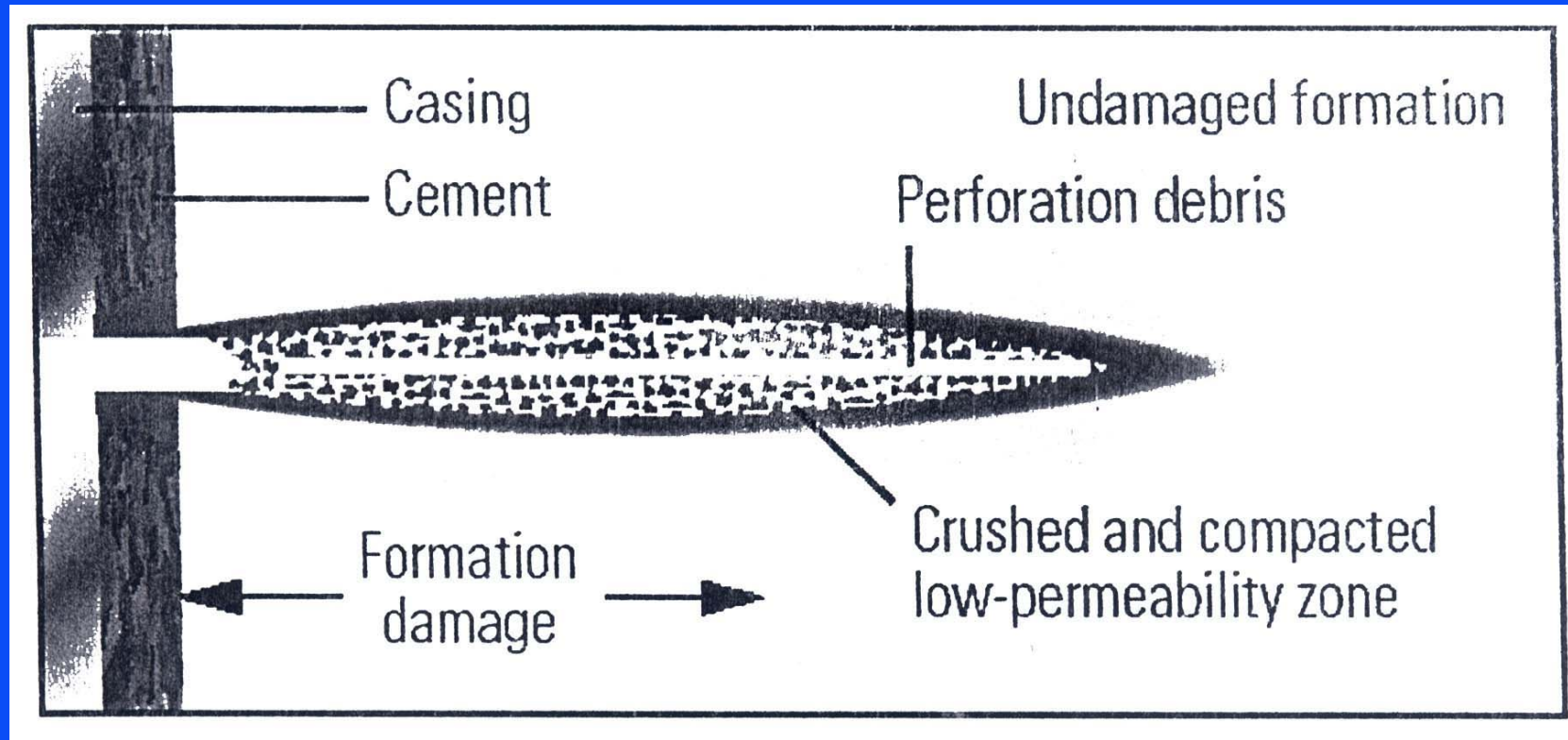
Bắn mở vỉa là qui trình đục thủng các lỗ trên thành ống chống, vành đá ximăng và thông sâu vào thành hệ nhằm tạo kênh dẫn vào đáy giếng

## MỤC ĐÍCH BẮN MỞ VỈA

---

Sau quá trình trám xi măng cột ống chống, tầng chứa bị cách ly hoàn toàn đáy giếng. Để có dòng sản phẩm, phải tạo kênh dẫn liên thông từ vỉa vào đáy giếng khai thác. Theo kênh dẫn này, chất lưu sẽ đi vào giếng giếng khai thác. Như vậy, bắn mở vỉa là nhằm mục đích tạo kênh dẫn cho phép chất lưu từ vỉa chảy vào giếng khai thác.

# MÔ HÌNH VÙNG BẮN MỜ VỈA



## CÁC THÔNG SỐ BẮN MỞ VỈA

---

Việc bắn mở vỉa tạo kênh dẫn cho chất lưu chảy vào giếng nhưng cũng có thể gây nhiễm bẩn thành hệ, giảm độ thấm của đất đá vây quanh...

Vì vậy, công tác bắn mở vỉa đòi hỏi phải được thiết kế hợp lý nhằm khai thác hiệu quả, duy trì áp suất vỉa và tăng cường hệ số thu hồi dầu. Sự hợp lý được thể hiện qua việc xác định các thông số bắn mở vỉa.

# CÁC THÔNG SỐ BẮN MỞ VĨA

---

1. Mật độ lỗ bắn
2. Chiều sâu xâm nhập
3. Đường kính lỗ bắn
4. Góc pha

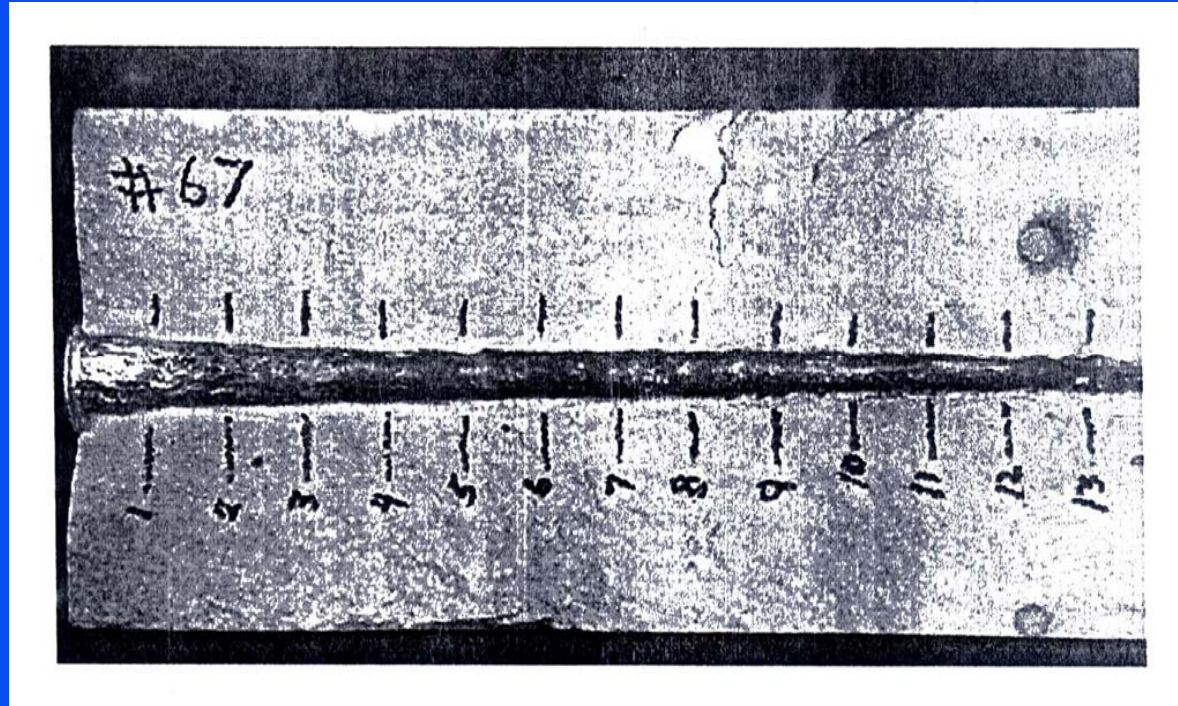
## MẬT ĐỘ LỖ BẮN

---

- ❖ Mật độ lỗ bắn là số lỗ bắn trên 1 feet chiều dài của súng, chiều tất cả lỗ bắn lên đường sinh của súng thì số lỗ bắn trên 1 ft chiều dài.
- ❖ Thông thường mật độ lỗ bắn là 4 lỗ/feet. Nếu thành hệ yếu thì giảm xuống 2 lỗ/feet. Đặc biệt đối với thành hệ chặt sít ít cát thì mật độ có thể tới 24 lỗ/feet.
- ❖ Mật độ lỗ bắn lớn thì sản lượng khai thác nhiều và ngược lại. Tuy nhiên, mật độ lỗ bắn quá lớn dễ dẫn đến nguy cơ làm yếu cột ống chống và sụp lỗ thành hệ.

# CHIỀU SÂU XÂM NHẬP

Chiều sâu xâm nhập là khoảng cách từ thành giếng đến cuối khe nứt (do đạn bắn mở vỉa hay áp lực do khối thuốc nổ, tia thủy lực) gây ra trong thành hệ.





## ĐƯỜNG KÍNH LỖ BẮN

---

- Đường kính lỗ bắn là đường kính những lỗ trên ống chống do sự phá hủy của súng bắn gây ra.
- Đường kính này phụ thuộc vào loại súng, loại đạn và yêu cầu của công tác bắn mở vỉa.

## GÓC PHA

---

- Góc pha bắn là góc lệch giữa hai hàng lỗ bắn gần nhau.
- Góc pha thay đổi từ  $0^0$  –  $180^0$  tùy theo loại súng, mật độ lỗ bắn và tính chất thành hệ

# QUI TRÌNH BẮN MỞ VĨA

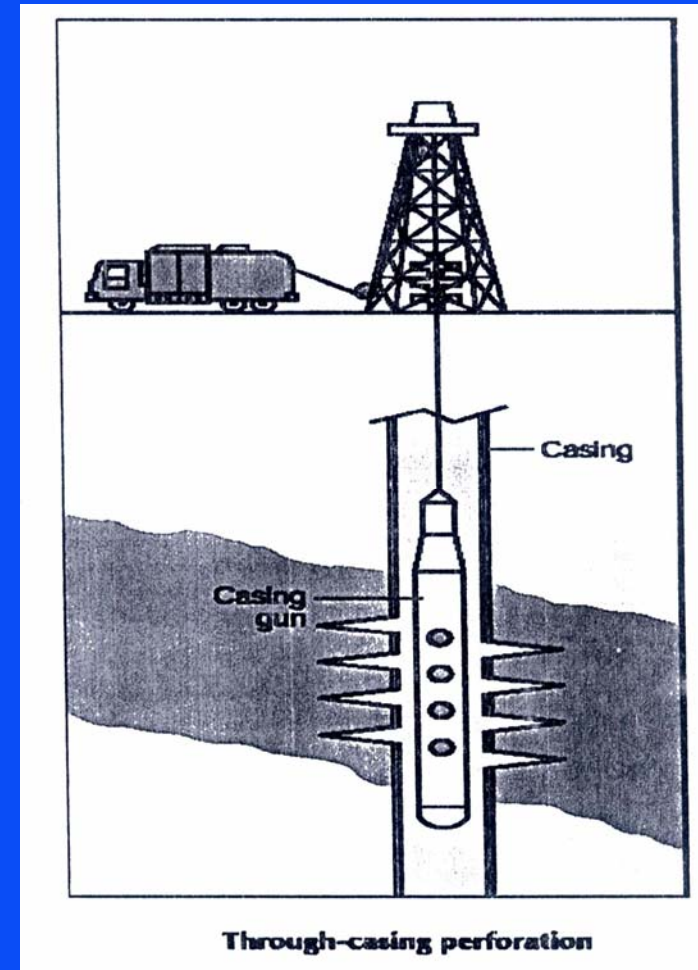
---

1. Các phương pháp kéo thả súng bắn mở vỉa
2. Các phương pháp bắn mở vỉa

## Kéo thả bằng cáp trong ống chống

- Súng được thả bằng cáp trước khi thả cột ống khai thác, lỗ bắn và chiều sâu xâm nhập lớn.
- Cáp được điều khiển trên bề mặt, được dẫn qua ròng rọc, súng bắn vỉa được nối vào cáp và thả qua thiết bị chống phun bề mặt xuống giếng.

Hạn chế: khó vận hành đối với giếng ngang và giếng có góc lệch lớn



## Kéo thả bằng cáp trong ống khai thác

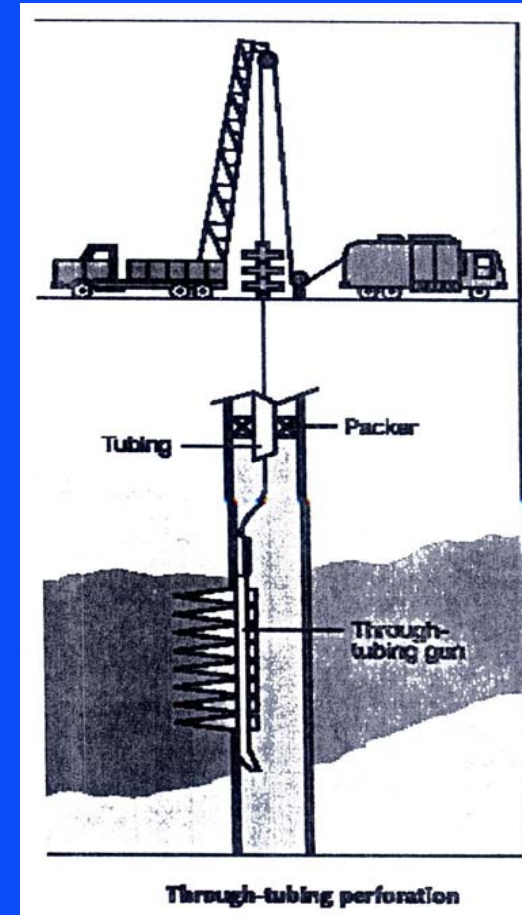
- Súng được thả vào trong cột ống khai thác.  
Sau đó lắp đặt một paker ở trên vùng bắn  
mở vỉa.

Ưu điểm: cho phép khai thác ngay sau khi  
bắn

Hạn chế:

+ kích thước súng bị giới hạn nên mật độ  
bắn mở vỉa và chiều sâu xâm nhập cũng giới  
hạn.

+ hạn chế trong giếng khoan ngang và giếng  
có độ lệch lớn.

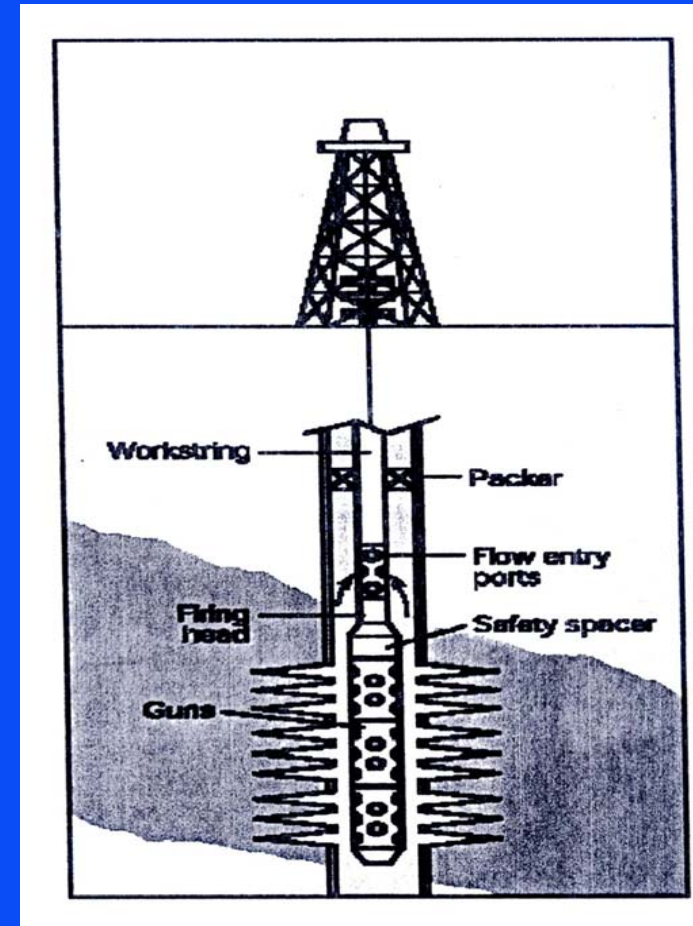


## Kéo thả bằng ống khai thác

- Súng được gắn vào dưới ống khai thác và thả vào cùng với ống khai thác. Khi kích nổ, một phần hoặc toàn bộ súng bị rớt xuống phần rón giếng.

Ưu điểm: thuận lợi trong giếng khoan định hướng

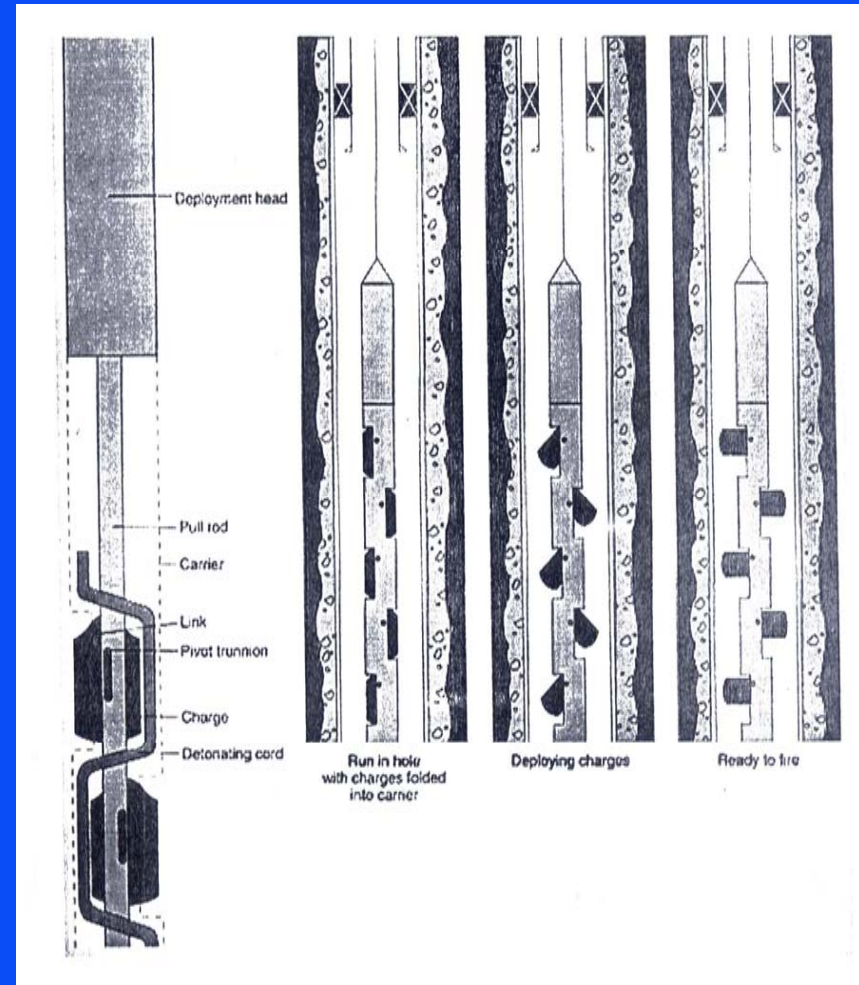
Hạn chế: chi phí cao



## Đục bằng đạn

- Loại đạn có tác dụng bắn nối tiếp: làm giảm tác động của áp lực lên ống chống và giữ được ống chống khỏi bị biến dạng, nứt nẻ.
- Loại đạn có tác dụng bắn tách biệt: bắn từng viên theo thứ tự. Dùng bắn trong các vỉa mỏng và có xen kẽ các tầng chứa nước hoặc sét.
- Độ sâu xâm nhập: 2.5m

Hạn chế: mất năng lượng rất nhanh



## Đục bằng đạn

---

- ❖ Loại đạn có tác dụng bắn từng loạt. VD: Loại đạn có đường kính 84mm và 98mm. Loại đạn này tạo áp lực  $700 \text{ kg/cm}^3$  và ở nhiệt độ làm việc gần  $127^\circ\text{C}$ .
- ❖ Ngoài ra còn dùng đạn có chứa thuốc nổ phá. Loại này làm tăng thêm khả năng đục mở và được sử dụng có hiệu quả để bắn những vỉa dày.
- ❖ Ngoài ra ta còn có các loại đạn như: Loại đạn có tác dụng bắn nối tiếp và loại có tác dụng bắn tách biệt.
- ❖ Nhược điểm: Mất năng lượng rất nhanh khi tác động của đạn lên ống chống.
- ❖ Bắn bằng đạn sử dụng ở những nơi có đất đá và vành trám xi măng xung quanh ống chống yếu.



## Đục bằng tia xuyên

---

- Đục bằng tia xuyên là nhờ chất tạo nổ và có sức xuyên phá rất mạnh.
- Vận tốc tia nổ 8.000 – 10.000 m/s với áp lực tạo ra là 300 triệu kG/cm<sup>2</sup>.
- Độ sâu xâm nhập đạt được là: 30m

## Đục bằng tia xuyên

---

Đục bằng tia xuyên là nhờ chất tạo nổ tạo thành những tia xuyên có sức xuyên phá mạnh.

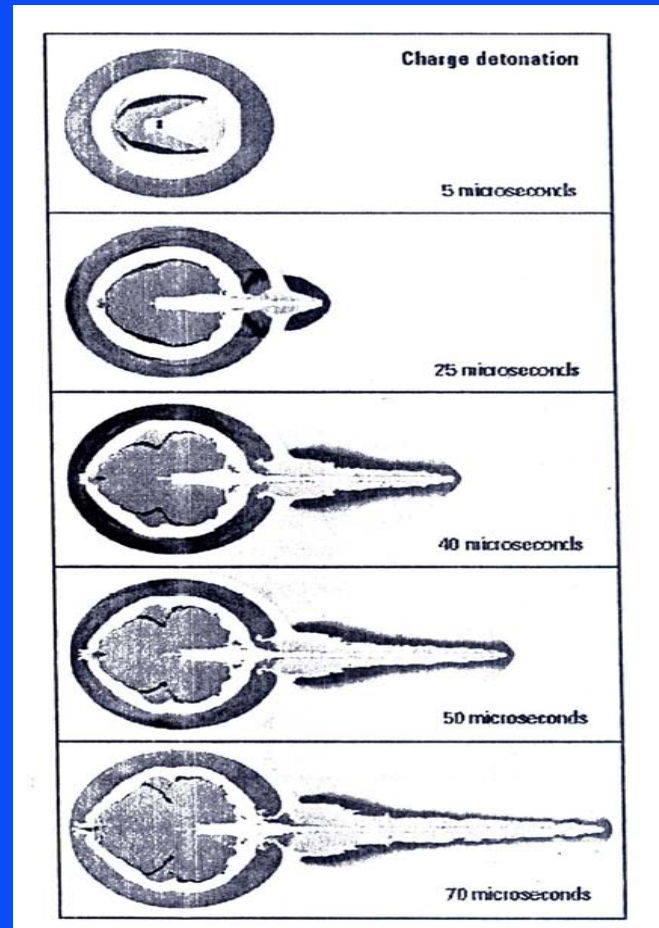
Vận tốc của những tia nổ này khoảng 8000-10000 m/s. Với áp lực khi tia tác dụng lên chướng ngại vật là 300 triệu kg/cm<sup>3</sup>. Như vậy tia này có độ xuyên vô cùng lớn.

Đục bằng tia xuyên cho phép mở vỉa bảo đảm và tăng thêm độ thấm thấu của vỉa nhờ tạo thành những khe sâu vào vỉa.

Khối lượng của chất gây nổ tạo tia xuyên khoảng 25-50g. Độ dày cực đại của những khoảng bắn mở vỉa tạo tia xuyên đạt được 30m. Chính vì vậy mà phương pháp này được sử dụng khá phổ biến.

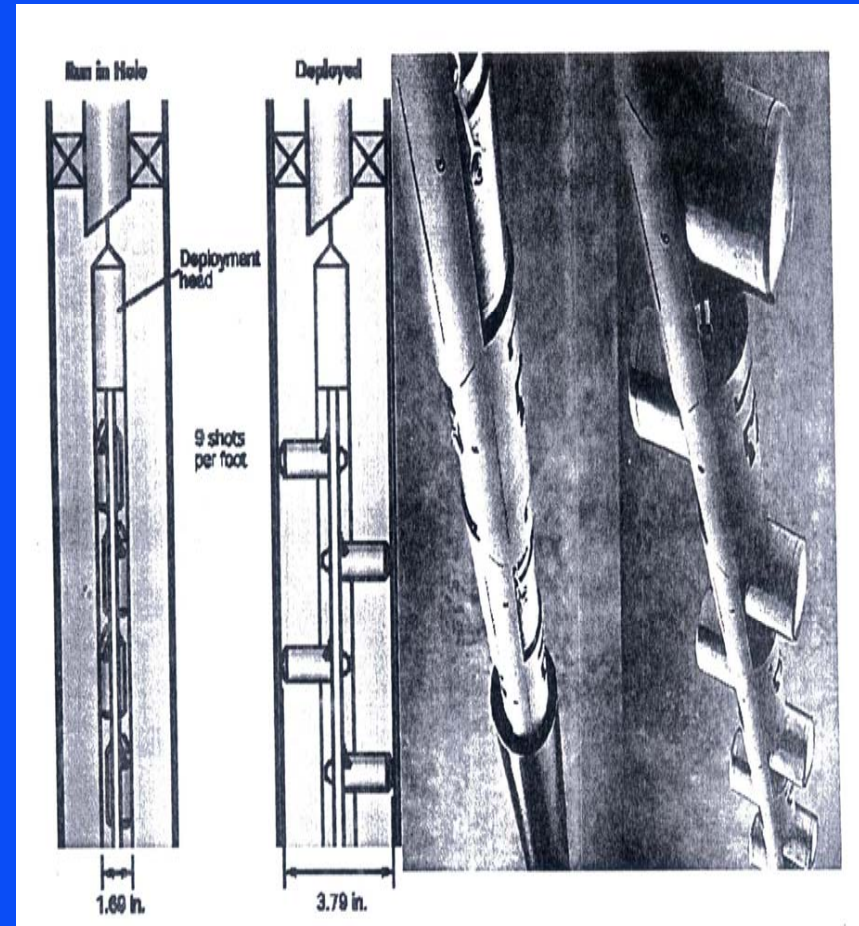
Đục lỗ bằng tia xuyên được sử dụng hợp lý ở những lớp đất đá cứng trong điều kiện khơi thông giếng và vỉa gặp nhiều khó khăn.

# QUÁ TRÌNH NỔ CỦA NGÒI NỔ



## Đục bằng mìn (hoặc bằng đạn lõm)

- Loại đạn này khác loại đạn trên ở chỗ có đầu lõm (ngư lôi) với tác dụng nổ chậm. Đầu đạn lõm phóng ra đục cột ống chống và vành trám xi măng rồi đi tiếp sâu vào vỉa để nổ và tạo thành những khe rãnh phụ.
- Độ sâu xâm nhập: 1m



## Đục bằng tia thủy lực - cát

---

- Tia thủy lực – cát được tạo ra bởi hỗn hợp nước hòa lẫn với cát cứng được phóng qua chuỗi miệng thiết bị phun với áp suất 1500 – 3000 kG/cm<sup>2</sup>.
- Sự biến đổi áp suất sang động năng truyền cho các phần tử cát với vận tốc chuyển động vô cùng lớn tác động lên thành ống, sau đó xuyên qua thành ống đồng thời đục thủng vành trám xi măng và tiếp tục xuyên sâu vào các lớp đất đá.

- Các thông số làm việc:

Đường kính cát: 0.2 -1.2 mm

Tỉ lệ cát trong nước: 50 – 200 g/l

Vận tốc đục ống chống và đất đá: 0.6 – 0.9 mm/s

Công suất máy bơm: 50 – 70 MPa

-Chất lỏng dùng bắn tia thủy lực: dung dịch muối axít 5 -6% được xử lí chất chống ăn mòn.

Hạn chế: cần khối lượng thiết bị kĩ thuật công suất lớn, công tác chuẩn bị với qui mô lớn, số lượng người tham gia nhiều

## Đục bằng tia thủy lực - cát

---

Phương pháp này nước hòa lẫn với cát cứng có tính mài mòn cao được phóng qua chuỗi miệng phun khoảng 8 vòi của thiết bị phun với áp suất từ 1500-3000kg/cm<sup>3</sup>.

Sự biến đổi áp suất sang động năng chuyển cho các phân tử cát với vận tốc chuyển động vô vùng lớn tác động lên thành ống chống rồi sau đó xuyên qua thành ống rồi đồng thời đục thủng vành trám xi măng rồi tiếp tục xuyên sâu vào các lớp đất đá của vỉa

Miệng của thiết bị phun cát được chế từ hợp kim rất cứng BK-6 để có thể chống lại những tác động mài mòn của những tia nước lẫn với cát phun ra. Đường kính của lỗ phun khoảng 3-6mm.

Các thông số:

- Cát có đường kính từ 0,2-1,2mm
- Tỷ lệ cát trong nước 50-200g/lít ( số lượng cát khoảng 8-10 tấn)
- Vận tốc đục ống chống và đất đá 0,6-0,9mm/s

## Đục bằng tia thủy lực - cát

- ❖ Khi tiến hành bắn thủy lực cát, sử dụng thiết bị miệng giếng tiêu chuẩn với áp suất làm việc đạt tới 70 MPa và các máy bơm trám xi măng với áp suất lớn (thường là 50-70 MPa) để bơm ép hỗn hợp chất lỏng cát.
- ❖ Hỗn hợp chất lỏng cát được chuẩn bị ở trong máng trộn cát có thể tích chứa cát khoảng 10m<sup>3</sup> và đáy hình phễu. Phía dưới của máy trộn cát có gắn dụng cụ khuấy. Vận tốc khuấy trộn từ 13,5-267 vòng/phút với khối lượng bơm cát từ 3,4 đến 676kg/phút tương ứng. Ngoài ra ở máy trộn cát có gắn thêm máy bơm áp suất thấp để chuyển hỗn hợp cát-chất lỏng. Toàn bộ máy bơm được đặt trên xe ô tô tải hạng nặng (ở những mỏ trên đất liền) hoặc được đặt trên sàn tàu chuyên dụng khi tiến hành ở ngoài khơi.
- ❖ Ngoài ra trên hệ thống thiết bị miệng giếng còn có các thiết bị lọc chịu áp suất lớn để lọc những phần tử đất đá có kích thước lớn ngăn ngừa sự tắc nghẽn của vòi phun trong quá trình bắn tia thủy lực cát. Khối lượng cát là 50-200kg đối với 1m<sup>3</sup> chất lỏng bơm ép. Chất lỏng dùng để bắn tia thủy lực-cát thường là dung dịch muối axít có nồng độ khoảng 5-6% đã được xử lý bởi chất chống ăn mòn.
- ❖ Ưu điểm của phương pháp này là tạo được những khe nứt có bề mặt sạch, bảo toàn và tăng thêm độ thấm của vùng lân cận đáy giếng.
- ❖ Nhược điểm là cần thiết bị kỹ thuật có công suất lớn, công tác tiến hành và chuẩn bị trên quy mô lớn, số lượng người tham gia nhiều nên dẫn tới giá thành cho phương pháp này cao.



## KẾT LUẬN

---

- Phần lớn các giếng khai thác dầu khí trên thế giới có kiểu hoàn thiện giếng chống ống suốt và trám xi măng. Lúc này, chất lưu bị ngăn cách với giếng khai thác bởi vành trám xi măng và ống chống. Để có được những dòng sản phẩm khai thác ta phải tạo ra những kênh dẫn cho phép chất lưu đi vào giếng. Việc tạo kênh dẫn là công tác bắn mở vỉa.
- Chính vì thế, công tác bắn mở vỉa có vai trò quan trọng trong việc khai thác dầu khí. Bắn mở vỉa hợp lý sẽ dẫn tới sản lượng khai thác lớn nhưng vẫn duy trì áp suất vỉa và tăng hệ số thu hồi dầu.
- Một khía cạnh cần phải xem xét của công tác bắn mở vỉa là việc làm giảm độ thấm xung quanh lỗ bắn. Sự giảm độ thấm này chủ yếu do sự bít nhét các mảnh vụn trong quá trình bắn mở vỉa. Vì vậy, công việc mà ta chú ý nhất là làm thế nào để làm sạch những vật liệu vụn còn sót lại bít nhét trong các lỗ bắn phá?





TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM  
**KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ**

## BÀI GIẢNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ

# KHẢO SÁT ĐỘ NHẠY CỦA CÁC THÔNG SỐ BẮN MỞ VĨA NHỜ PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH ĐIỂM NÚT

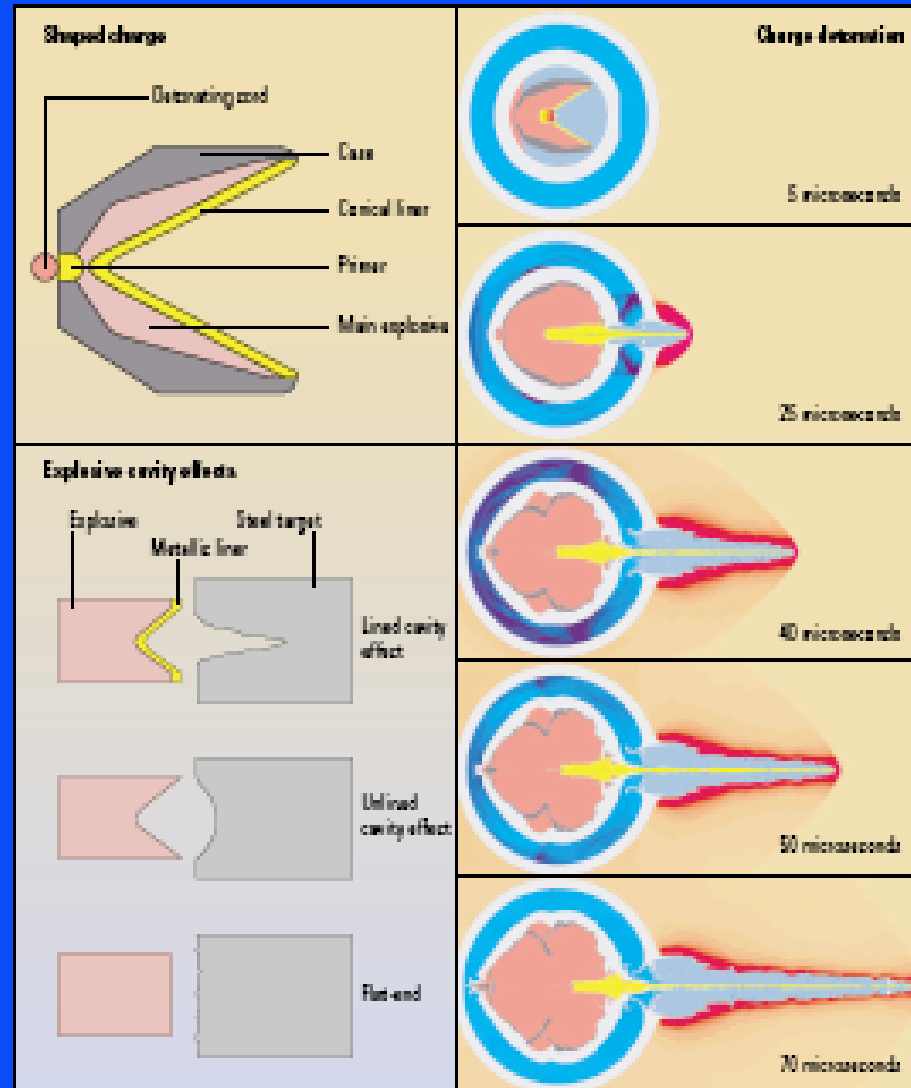
---

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo

Email : [lphao@hcmut.edu.vn](mailto:lphao@hcmut.edu.vn)

Tel : 84-8-8654086

# Mơ hình bắn mở vĩa

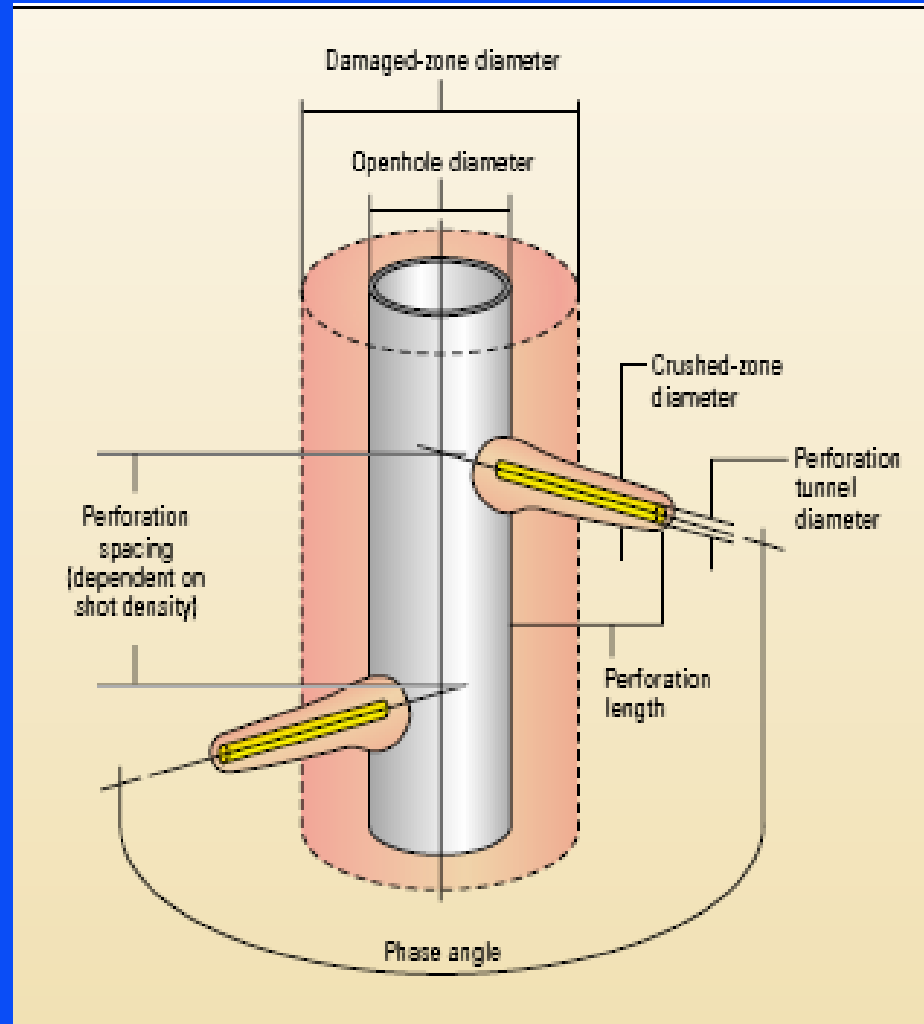


## Mục đích bắn mở vỉa

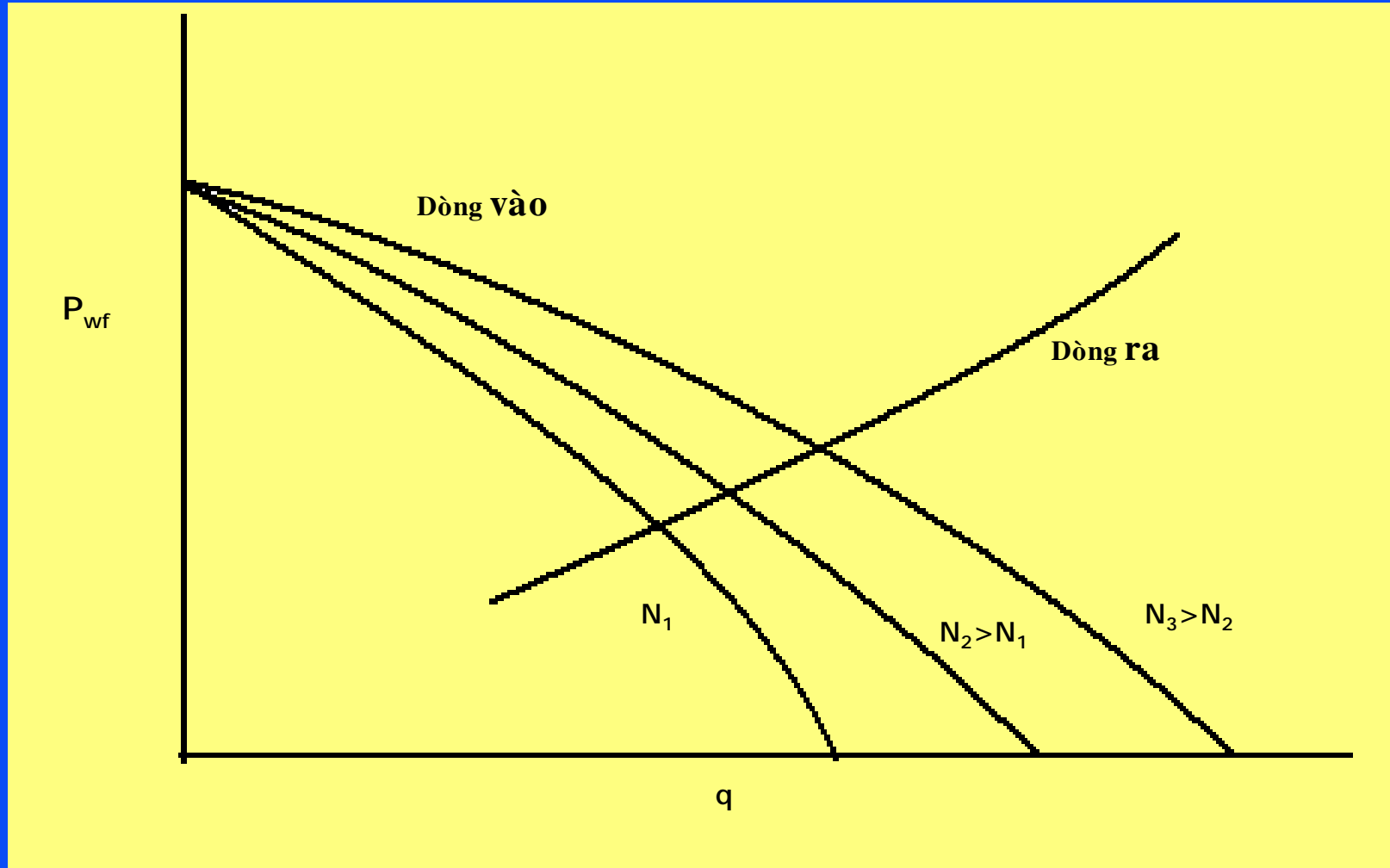
---

- Phần lớn các giếng trên thế giới đều có kiểu hoàn thiện giếng với ống chống suốt và trám xi măng.
- Ngay sau khi trám xi măng cột ống chống khai thác, tầng chứa bị cột ống chống và vành đá xi măng bịt kín nên phải tiến hành bắn mở vỉa để dầu và khí có thể chảy vào giếng. Bắn mở vỉa hợp lý sẽ dẫn tới khai thác kinh tế dầu và khí, duy trì áp suất vỉa và tăng cường hệ số thu hồi dầu.
- Tuy nhiên việc bắn mở vỉa cũng làm giảm độ thấm của đất đá vây quanh, và có ảnh hưởng đến việc khai thác sau này.
- Các thông số bắn mở vỉa:
  - Mật độ lỗ bắn
  - Chiều sâu xâm nhập
  - Đường kính lỗ bắn
  - Góc pha

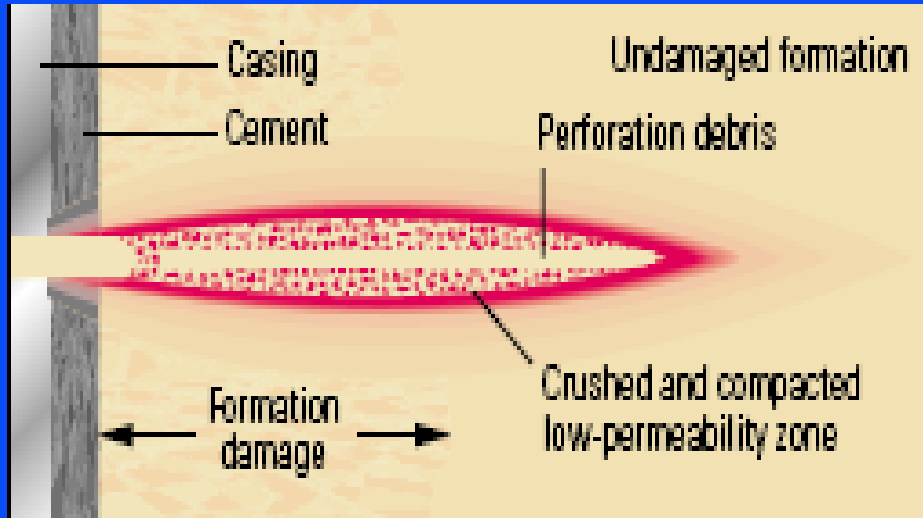
# Mật độ lỗ bắn



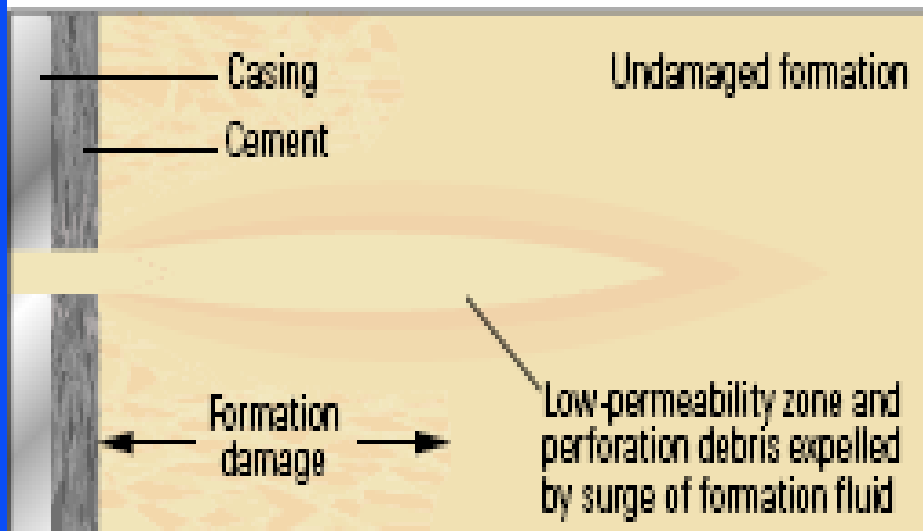
# Các đường đặc tính



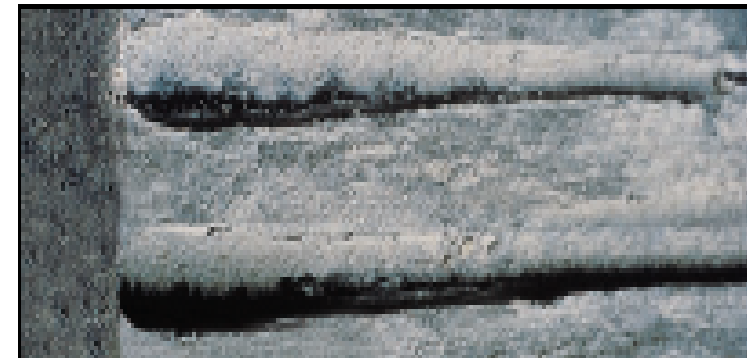
# Chiều sâu xâm nhập



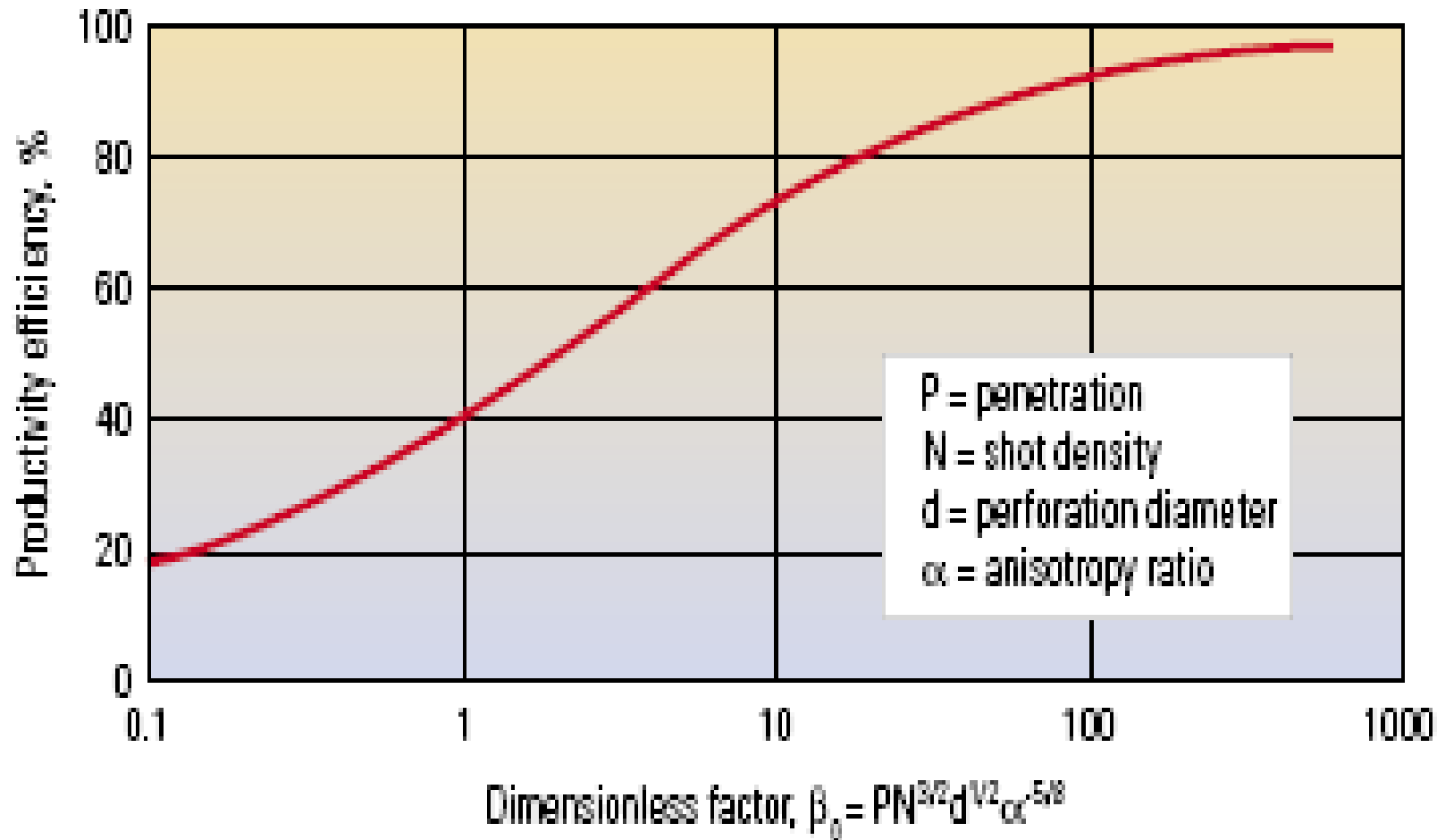
Balanced perforating



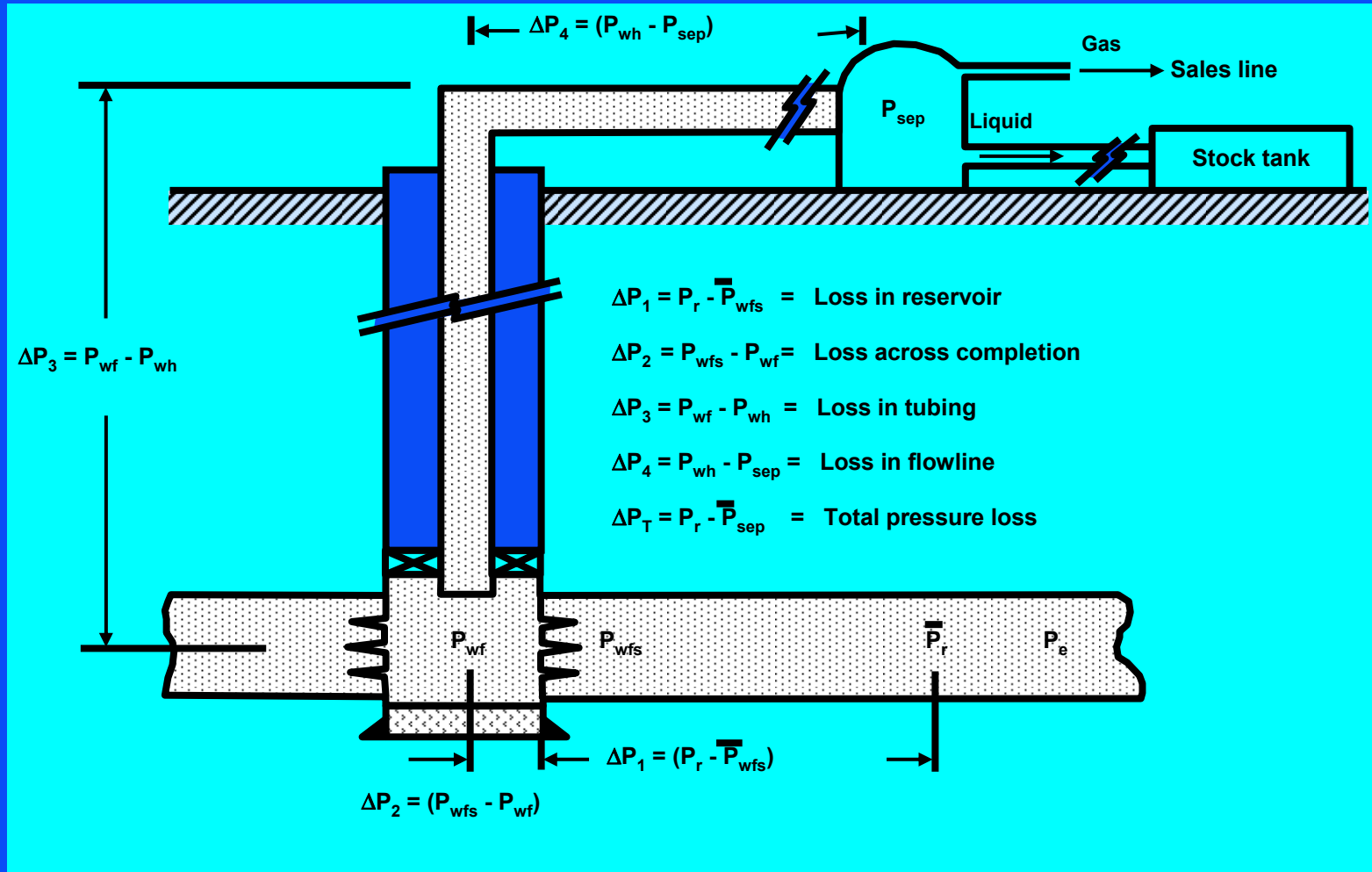
3000-psi underbalance perforating



# Đường kính lỗ bắn



# Cơ sở lý thuyết phân tích điểm nút





- Phương pháp phân tích điểm nút (NODAL analysis) thường được ứng dụng trong việc phân tích đặc tính của hệ thống gồm nhiều bộ phận tương tác lẫn nhau
- Hệ thống mạch điện, mạng lưới đường ống hay bơm ly tâm có thể được phân tích theo phương pháp này
- Phương pháp phân tích điểm nút được Gilbert ứng dụng trong giếng khai thác dầu tiên vào năm 1954 và sau đó được Nind (1964) và Brown (1978) phát triển

## Cơ sở lý thuyết phân tích điểm nút

---

- Nội dung của phương pháp là lựa chọn một điểm nút trong hệ thống khai thác và phân tích hệ thống tại nút này
- Đầu vào của nút gồm các bộ phận từ vỉa sản phẩm đến nút, còn đầu ra của nút gồm các bộ phận từ nút đến miệng giếng
- Mối liên hệ giữa lưu lượng và áp suất trong từng bộ phận của hệ thống khai thác được xác định tại từng nút xác định.
- Lưu lượng chất lưu đi qua một nút trong hệ thống được xác định khi thỏa mãn các yêu cầu sau:
  - + Lưu lượng vào phải bằng lưu lượng ra
  - + Chỉ tồn tại một giá trị áp suất tại nút

# Ảnh hưởng của các thông số bắn mở vỉa đến dòng chảy từ vỉa vào giếng

---

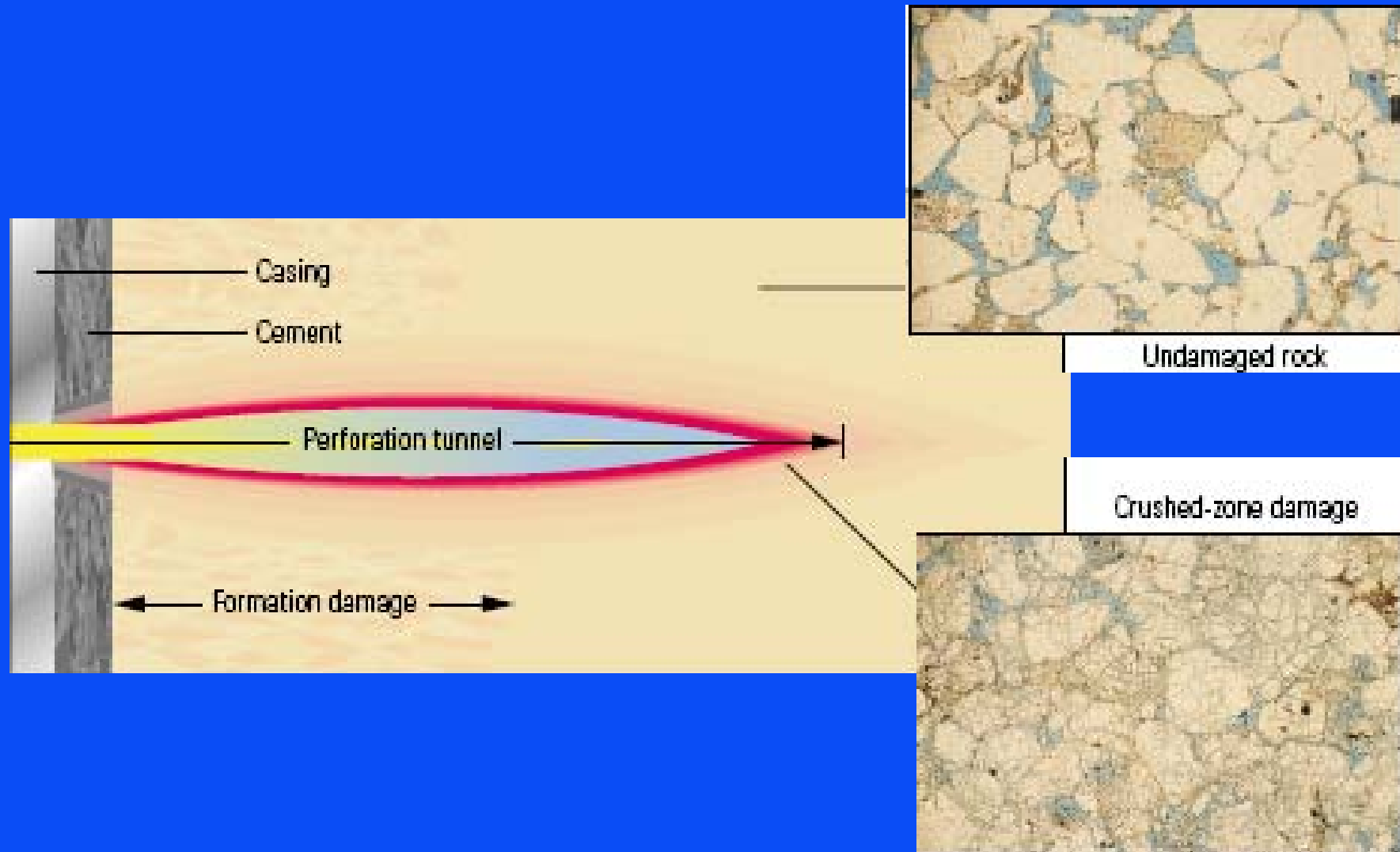
## 1- Ảnh hưởng của đới nén ép (Crushed-zone)

Thành khe nứt bị nén chặt nên giảm độ thấm

## 2- Ảnh hưởng đới nhiễm bẩn

- Đới bị giảm độ thấm do qua trình khoan hoặc những tác động cơ học trong hoàn thiện giếng
- Độ dày của đới này khó được xác định một cách chính xác bằng thử nghiệm khai thác, đo wireline...

# Mô hình bắn mở vỉa



## Ảnh hưởng của các thông số bắn mở vỉa đến dòng chảy từ vỉa vào giếng

---

- Yếu tố ảnh hưởng đến sản lượng khai thác là hệ số skin  $S$ :

- $S' = S_R + S_f + S_p$

Trong đó:

$S_R$  – hệ số ảnh hưởng của thành hệ

$S_f$  – hệ số ảnh hưởng của dung dịch di chuyển trong vỉa

$S_p$  – hệ số ảnh hưởng của quá trình bắn mở vỉa

- Thành phần  $S_p$  gây cản trở dòng chảy trong vỉa do bắn mở vỉa

- Khi chiều sâu xâm nhập và đường kính lỗ bắn lớn sẽ làm tăng sản lượng khai thác

## Các kiểu hoàn thiện giếng

---

Có 3 kiểu hoàn thiện giếng:

- ❖ Hoàn thiện giếng thân trần
- ❖ Hoàn thiện giếng bằng ống chống (suốt hoặc lửng), trám xi măng và bắn mở vỉa
- ❖ Hoàn thiện giếng bằng bắn mở vỉa có lèn sỏi

Sử dụng phương pháp điểm nút để khảo sát các thông số trong tính toán hoàn thiện giếng bằng ống chống (suốt hoặc lửng), trám xi măng và bắn mở vỉa

## Hiệu suất bắn mở vỉa

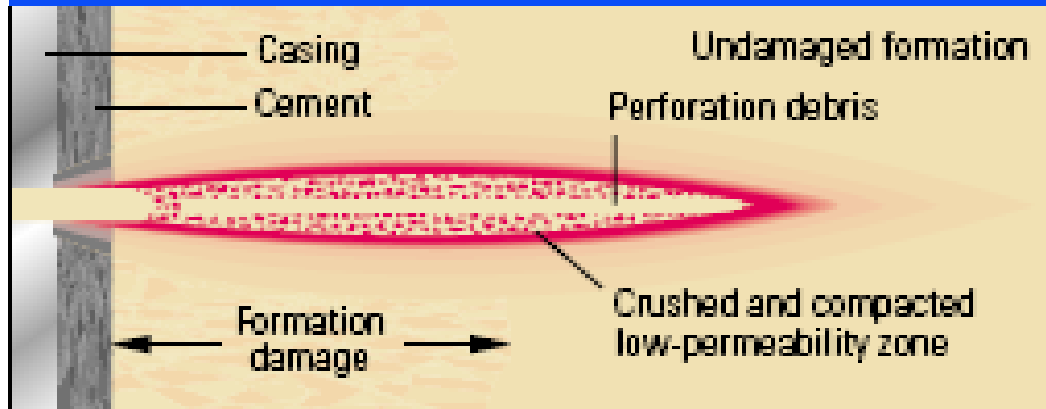
---

- Trong thiết kế hoàn thiện giếng bằng bắn mở vỉa, vấn đề quan trọng nhất là xác định hiệu suất bắn mở vỉa
- Hiệu suất bắn mở vỉa là khả năng dẫn lưu chất từ vỉa vào giếng sau khi hoàn thiện
- Hiệu suất này phụ thuộc vào mật độ lỗ bắn, đường kính lỗ bắn, độ sâu xâm nhập của lỗ bắn, mức độ nhiễm bẩn xung quanh lỗ bắn và góc pha bắn

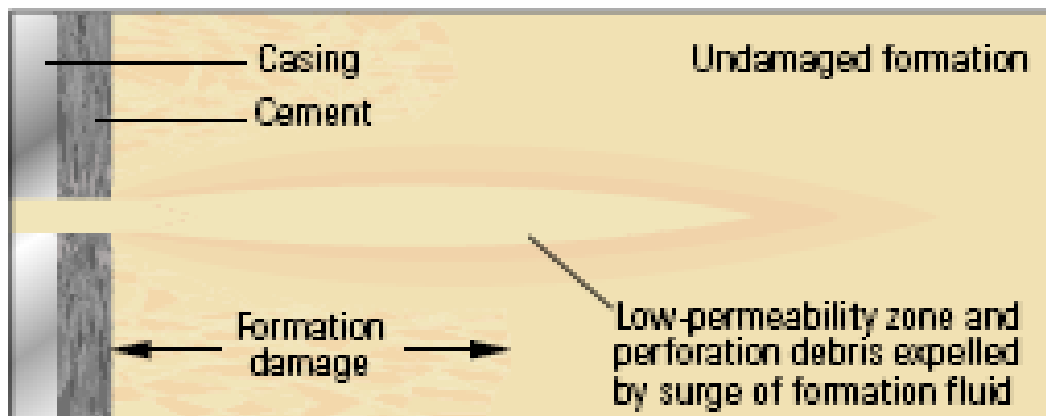


## Vùng nén ép

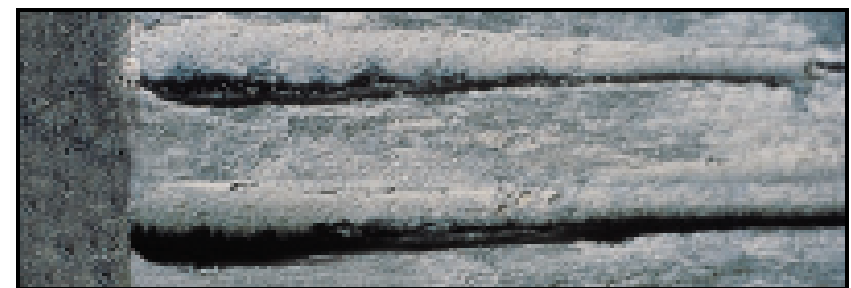
- Đạn tạo áp suất sẽ tạo xung quanh lỗ bắn một vùng có độ thấm giảm (vùng bị nén ép)
- Vùng bị nén ép này gây tổn thất áp suất của dòng chảy lớn



Balanced perforating



3000-psi underbalance perforating



## Hiệu quả của phương pháp hoàn thiện giếng

---

Hiệu quả của phương pháp hoàn thiện giếng bằng ống chống, trám xi măng và bắn mở vỉa phụ thuộc vào cả hai thành phần: vỉa và lỗ bắn:

$$p_R - p_{wf} = (A_R + A_p) q_o + (B_R + B_p) q_o^2$$
$$p_R^2 - p_{wf}^2 = (A_R + A_p) q_{sc} + (B_R + B_p) q_{sc}^2$$

## Hệ số $A_p$

Thành phần chảy tầng trong lỗ bắn chịu ảnh hưởng của mật độ và kiểu lỗ bắn, ảnh hưởng của sự nén chặt xung quanh lỗ bắn và được tính theo các phương trình sau:

- Đối với dầu:

$$A_p = \frac{141.2 \mu_o \cdot B_o}{k_{oR} \cdot h} (S_p + S_{dp})$$

- Đối với khí:

$$A_p = \frac{1422 \mu_g \cdot Z \cdot T}{k_{gR} \cdot h} (S_p + S_{dp})$$

## Hệ số $S_p$

- Nếu dữ liệu về các lỗ bắn đầy đủ thì có thể tính được  $S_p$  và  $S_{dp}$
- $S_p$  phụ thuộc vào mật độ lỗ bắn, chiều dài lỗ bắn, đường kính lỗ bắn, góc pha bắn, bán kính giếng, độ thấm vùng bị nhiễm bẩn, tỷ số độ thấm dọc và ngang, bán kính vùng nhiễm bẩn
- $S_p$  cũng có thể xác định từ biểu đồ của Locke. Saidikowski đưa ra công thức xác định như sau:

$$S_p = \left( \frac{h}{h_p} - 1 \right) \left[ \ln \left( \frac{h}{r_w} \left( \frac{k_R}{k_v} \right)^{0,5} \right) - 2 \right]$$

## Hệ số $B_p$

- McLeod đưa ra phương trình để tính ảnh hưởng của dòng chảy dọc theo vùng bị nén ép như sau:

Đối với dầu:

$$B_p = \frac{3,161 \cdot 10^{-12} \beta_{dp} \cdot \gamma_g \cdot Z \cdot T}{r_p \cdot L_p^2 \cdot N^2}$$

Đối với khí:

- $h$  – chiều dài tổng cộng của vỉa, ft
- $L_p$  – chiều dài lỗ bắn, ft
- $N$  – tổng số lỗ bắn
- $k_R$  – độ thấm của vỉa, md
- $k_{dp}$  – độ thấm vùng bị nén ép, md
- $r_p$  – bán kính lỗ bắn, in
- $r_{dp}$  – bán kính vùng bị nén ép, in

- Phần tổn thất áp suất lớn nhất dọc theo lỗ bắn là dòng chảy rối (phi Darcy) qua vùng bị nén ép.

## Hệ số $\beta_{dp}$

---

- Hệ số vận tốc được tính từ hệ số thấm vùng bị nén ép theo phương trình:

$$\beta_{dp} = \frac{2,33 \cdot 10^{10}}{k_{dp}^{1,2}}$$

- Nhiều biến trong phương trình hoàn thiện giếng bằng bắn mở vỉa rất khó xác định như: độ thấm vùng chuyển tiếp, bán kính vùng bị nén ép, chiều dài lỗ bắn và bán kính vùng chuyển tiếp. Một vài thông số trên có thể được xác định từ dữ liệu khảo sát API RP-43 của các công ty dịch vụ bắn mở vỉa

## Hệ số $k_{dp}$

---

McLeod đề nghị tính các hệ số sau nay trong hai trường hợp:

Bắn mở vỉa trong giếng đầy dung dịch khoan:

$$\frac{k_{dp}}{k_R} = \frac{k_c}{k}$$

Bắn mở vỉa trong giếng đầy nước biển:

$$\frac{k_{dp}}{k_d} = \frac{k_c}{k}$$

Trong đó  $k_c/k_p$  nhận từ dữ liệu khảo sát API

Trong trường hợp không có khảo sát ta cũng có thể xác định theo bảng sau:

Dung dịch trong giếng	Điều kiện áp suất	$k_c/k_p$
dung dịch khoan có hàm lượng rắn cao	trên cân bằng	0,01 – 0,03
dung dịch khoan có hàm lượng rắn thấp	trên cân bằng	0,02 – 0,04
nước biển được lọc	trên cân bằng	0,04 – 0,06
nước biển không được lọc	trên cân bằng	0,08 – 0,16
lưu chất sạch	dưới cân bằng	0,3 – 0,5
lưu chất lý tưởng	dưới cân bằng	1



## Chiều dài vùng nén ép $r_{dp}$

---

- McLeod khuyến cáo nên lấy độ dày vùng bị nén ép khoảng 0,5 in, tức:

- $r_{dp} = r_p + 0,5$  ( $r_p$  tính bằng in)

- Nếu không có thông tin về bán kính vùng chuyển tiếp thì có thể dùng:

- $r_d = r_w + 1$  (với  $r_w$  tính bằng ft)

# Giới thiệu phần mềm Pipesim

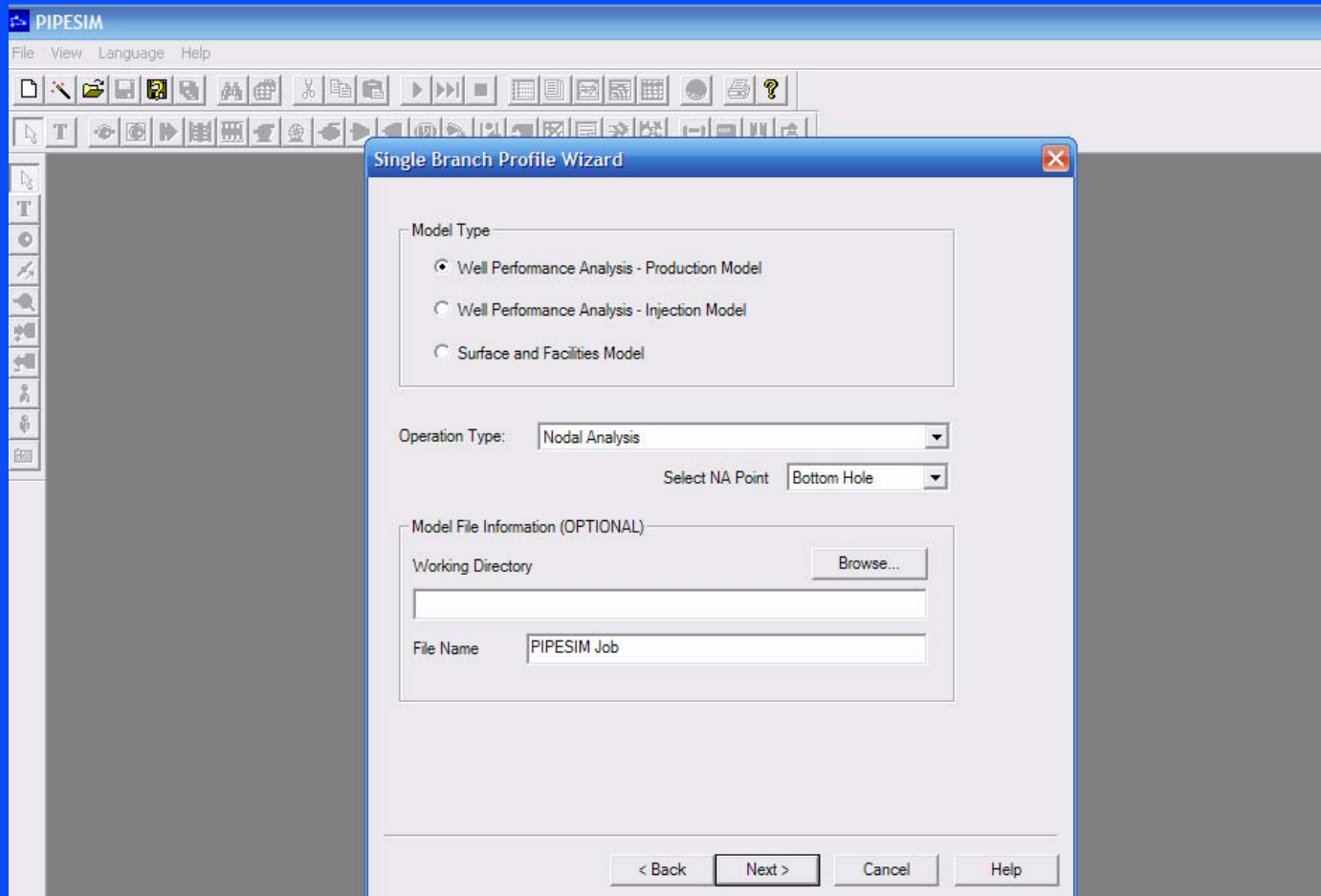


## Mục đích

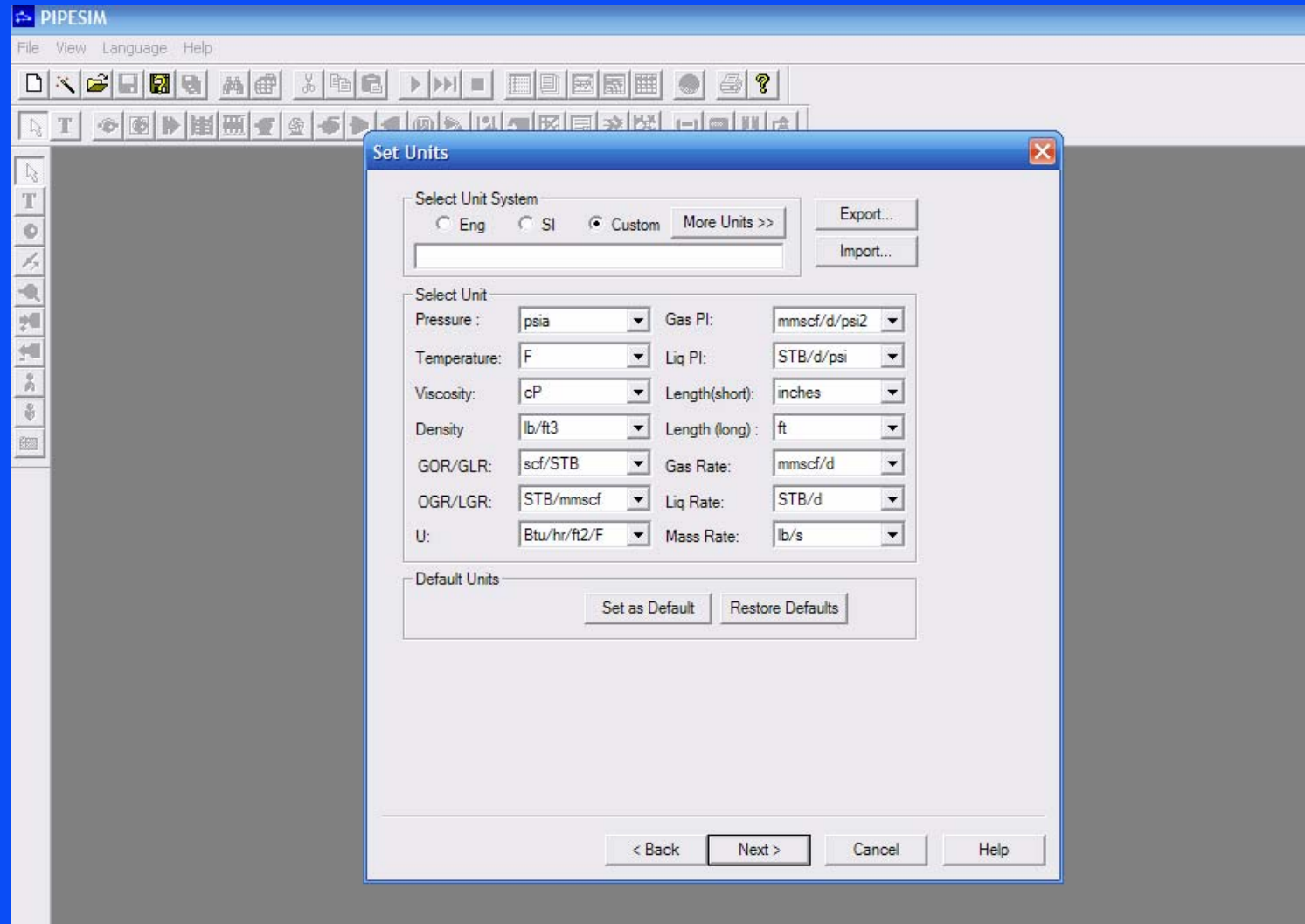
---

- Pipesim là phần mềm của Schlumberger
- Phương pháp điểm nút là cơ sở xây dựng phần mềm này và dùng để:
  - Xây dựng mô hình dòng chảy và tìm mô hình phản ánh độ chính xác cao nhất của vỉa
  - Dùng để thiết kế giếng, hệ thống gaslift,...

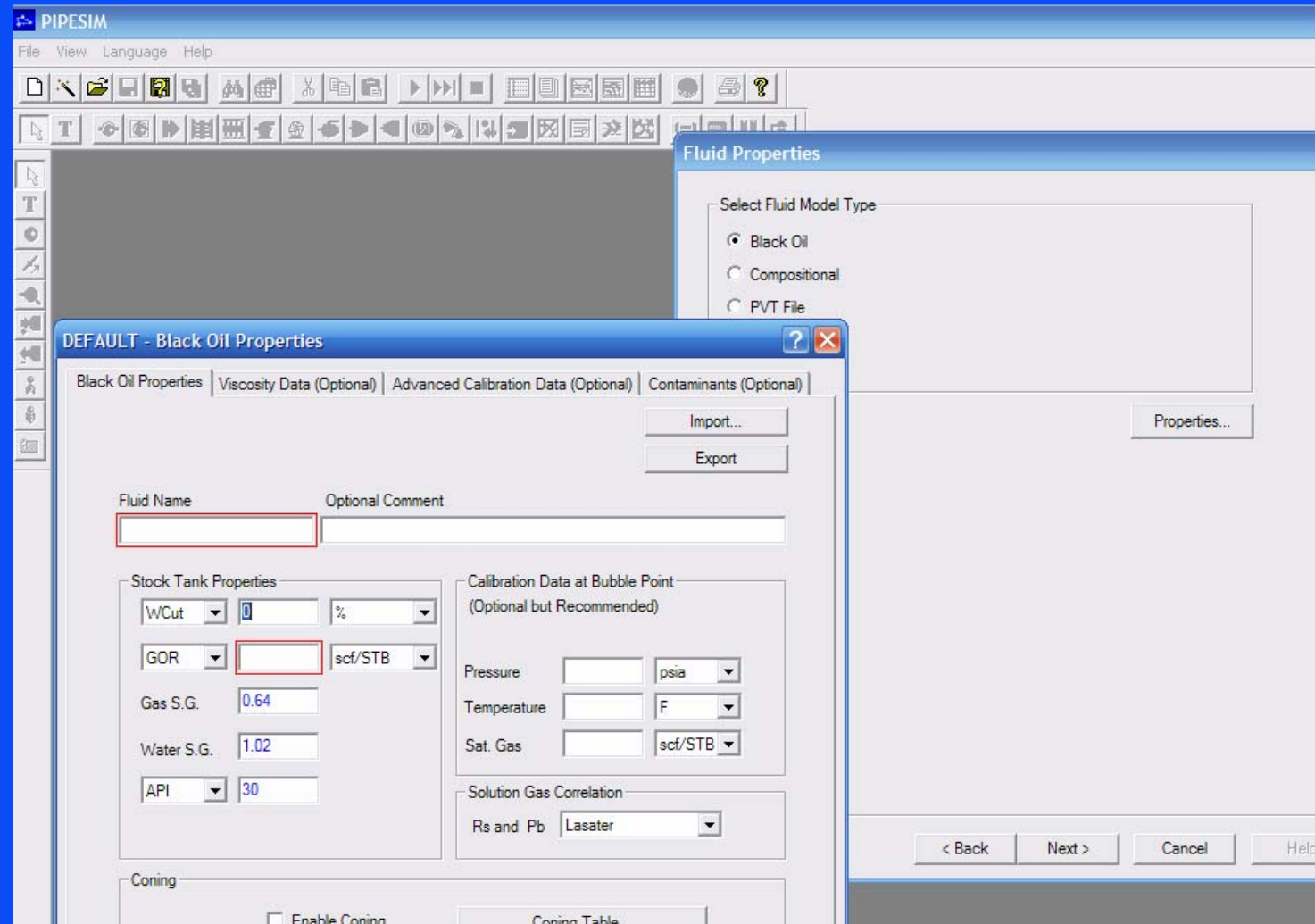
# Cửa sổ nhập dữ liệu



# Cửa sổ nhập dữ liệu



# Cửa sổ nhập dữ liệu



## Cửa sổ nhập dữ liệu

Well Completion Options

Completion Type

None

Open Hole

Open Hole Gravel Pack

Perforated

Gravel Packed and Perforated

Damaged Zone

Diameter  inches

Permeability  md

Completion

Interval  ft

Vertical Permeability  md

Perforation

Diameter  inches

Length  inches

Shot Density  shots/ft

Compacted Zone

Diameter  inches

Permeability  md

OK Cancel Help

# Mô hình Pseudo Steady State

Vertical Completion - VERTICAL COMPLETION 1

Properties | General

Reservoir Data

Static Pressure: 4000 psia

Temperature: 250 F

Completion Model

Model Type: Pseudo Steady State

Basis of IPR Calculation: Liquid  Use Vogel below bubble point

Reservoir Permeability: 500 md

Reservoir Thickness: 120 ft

Wellbore Diameter: 9 inches

Reservoir Size/Shape

Drainage Radius: 2000 ft

Shape Factor: 31.62

Reservoir Area: ft<sup>2</sup>

Mechanical Skin

Enter Skin

Calculate [Completion Options...](#)

Rate Dependent Skin

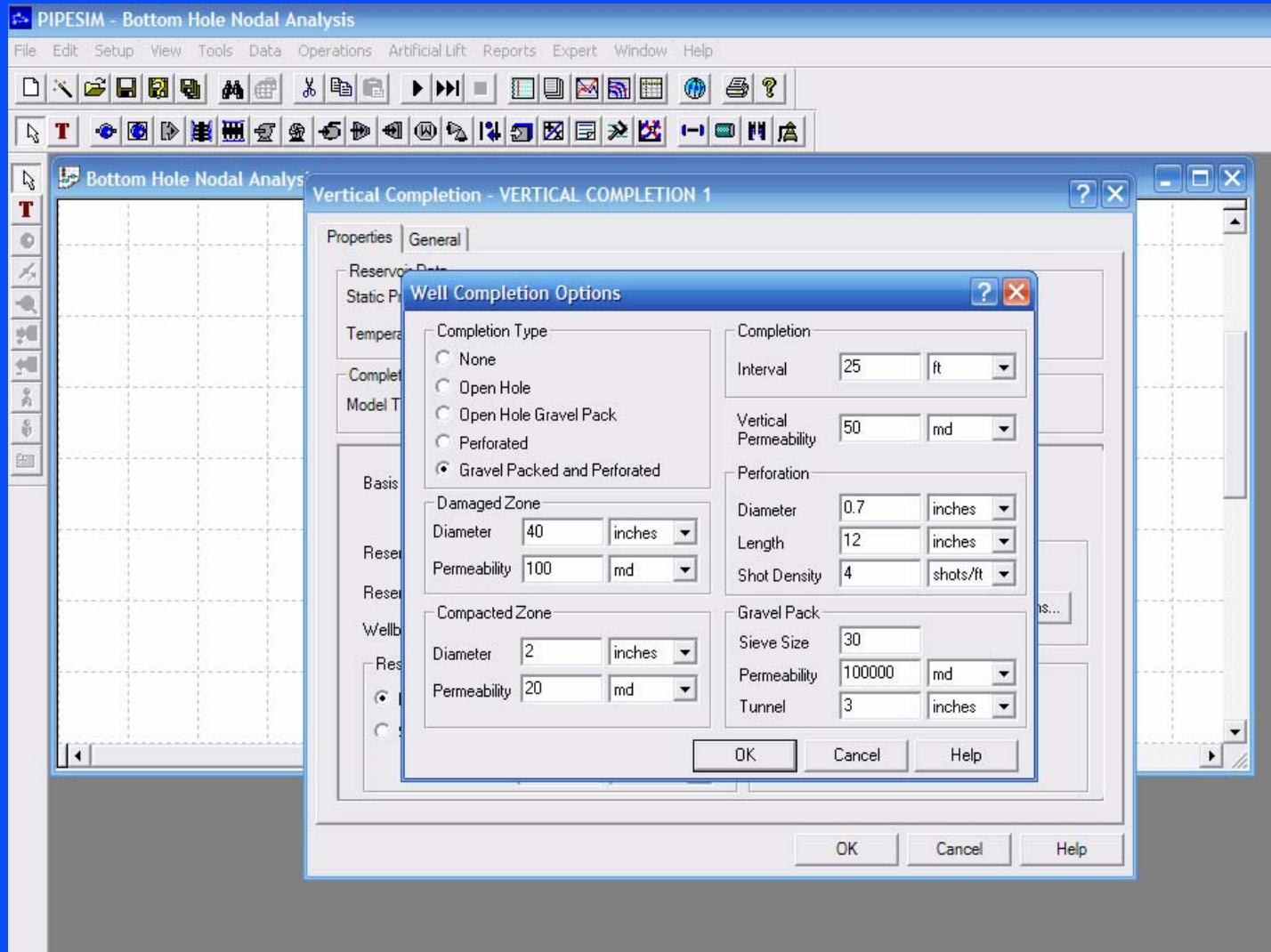
Enter Skin

Calculate

OK Cancel Help



# Mô hình Pseudo Steady State



Vertical Completion - VERTICAL COMPLETION 1

Properties | General

Reservoir Data

Static Pressure: 4000 psia

Temperature: 250 F

Completion Model

Model Type: Transient

Basis of IPR Calculation: Liquid  Use Vogel below bubble point

Reservoir Permeability: [ ] md

Reservoir Thickness: [ ] ft

Wellbore Diameter: 6 inches

Drainage Radius: 2000 ft

Time: [ ] hr

Porosity: [ ] (fraction)

Total Compressibility: [ ] 1/psi

Mechanical Skin

Enter Skin

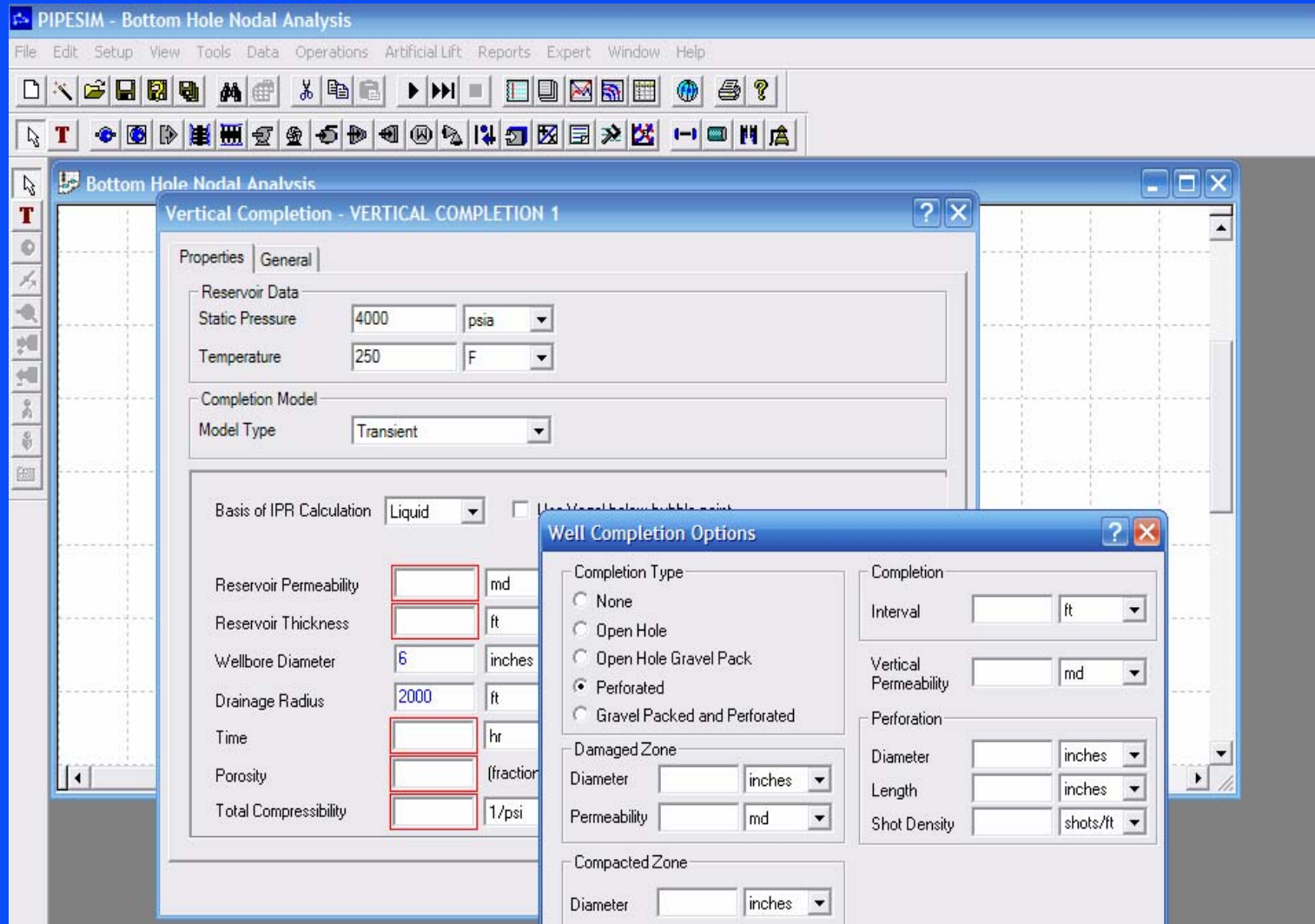
Calculate [Completion Options...](#)

Rate Dependent Skin

Enter Skin

Calculate

OK Cancel Help





TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM  
**KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ**

## BÀI GIẢNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ

### *GỌI DÒNG SẢN PHẨM*

---

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo

Email : [lphao@hcmut.edu.vn](mailto:lphao@hcmut.edu.vn)

Tel : 84-8-8654086

## NỘI DUNG

---

- Mục đích và yêu cầu
- Nguyên lý gọi dòng sản phẩm
- Các phương pháp gọi dòng sản phẩm
- Các yếu tố ảnh hưởng đến công tác gọi dòng sản phẩm
- Kỹ thuật an toàn trong công tác gọi dòng sản phẩm dầu khí

# MỤC ĐÍCH VÀ YÊU CẦU

---

## 1. MỤC ĐÍCH

- Tạo dòng sản phẩm từ vỉa chảy vào giếng

## 2. YÊU CẦU

- ✓ Không làm ảnh hưởng xấu đến các tính chất vật lý của vỉa, đặc biệt vùng cận đáy giếng và môi trường xung quanh
- ✓ Không phá vỡ sự phân bố trạng thái ổn định tương đối ban đầu của các lưu chất trong vỉa cũng như không kích thích sự xâm nhập của các chất lưu không mong muốn
- ✓ Ưu tiên các phương pháp sử dụng các thiết bị có sẵn trên giàn khoan, hiệu quả cao
- ✓ Đảm bảo tối đa yêu cầu an toàn lao động

# NGUYÊN LÝ GỌI DÒNG SẢN PHẨM

---

- ❖ Phương pháp gọi dòng được lựa chọn dựa trên cơ sở phân tích:
  - Điều kiện của vỉa sản phẩm (áp suất vỉa, chiều sâu vỉa, tính chất lý hoá của sản phẩm, tính chất thấm lọc của vỉa sản phẩm...)
  - Trang thiết bị hiện có
  - Mức độ nhiễm bẩn của vỉa sản phẩm

## MỨC CHÊNH ÁP

---

Mức chênh áp cần thiết để tạo dòng sản phẩm từ vỉa vào đáy giếng được tính theo công thức:

$$\Delta P = P_v - \{(H \cdot \gamma) / 10\} \cdot \cos \alpha \geq \Delta p_{\text{SKIN}} + \Delta p_{\text{LOST}}$$

H: chiều cao cột chất lỏng trong giếng (m)

$\gamma$ : tỉ trọng của cột chất lỏng trong giếng ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

$\alpha$ : góc nghiêng của giếng ( $^\circ$ )

$P_v$ : áp suất vỉa (at)

$\Delta p_{\text{skin}}$  và  $\Delta p_{\text{lost}}$ : tương ứng tổn thất áp suất do hiệu ứng skin và dòng chảy từ vỉa vào giếng



## PHƯƠNG PHÁP GỌI DÒNG SẢN PHẨM

---

Để tạo ra độ chênh áp cần thiết (giữa áp suất vỉa và áp suất đáy giếng), có thể:

- ✓ Giảm tỉ trọng chất lỏng trong giếng khoan
- ✓ Giảm chiều cao cột dung dịch trong giếng khoan
- ✓ Giảm đồng thời tỉ trọng lẫn chiều cao cột dung dịch trong giếng khoan
- ✓ Giảm trị số tổn thất áp suất skin

## CÁC PHƯƠNG PHÁP GỘI DÒNG SẢN PHẨM

---

- Thay dung dịch
- Sử dụng nơ lỏng
- Phương pháp gaslift
- Sử dụng hệ bọt
- Khí hoa cột dung dịch
- Bơm phun tia
- Dùng gàu múc hoặc pit tông

## PHƯƠNG PHÁP THAY DUNG DỊCH

---

### Cách tiến hành:

- Thả cột ống khai thác (OKT) xuống đến tầng sản phẩm
- Bơm nước vào khoảng không vành xuyên, hỗn hợp dung dịch sét sẽ đi lên theo cột OKT (đôi khi tiến hành theo trình ngược)

### Ưu điểm:

- Giá trị áp suất thay đổi từ từ theo sự gia tăng của cột chất lỏng thay thế, cho phép quan sát áp suất giếng tốt.
- Mang những vụn đá cứng từ khoảng bắn mở vỉa theo cột OKT với vận tốc tương đối lớn

### Nhược điểm:

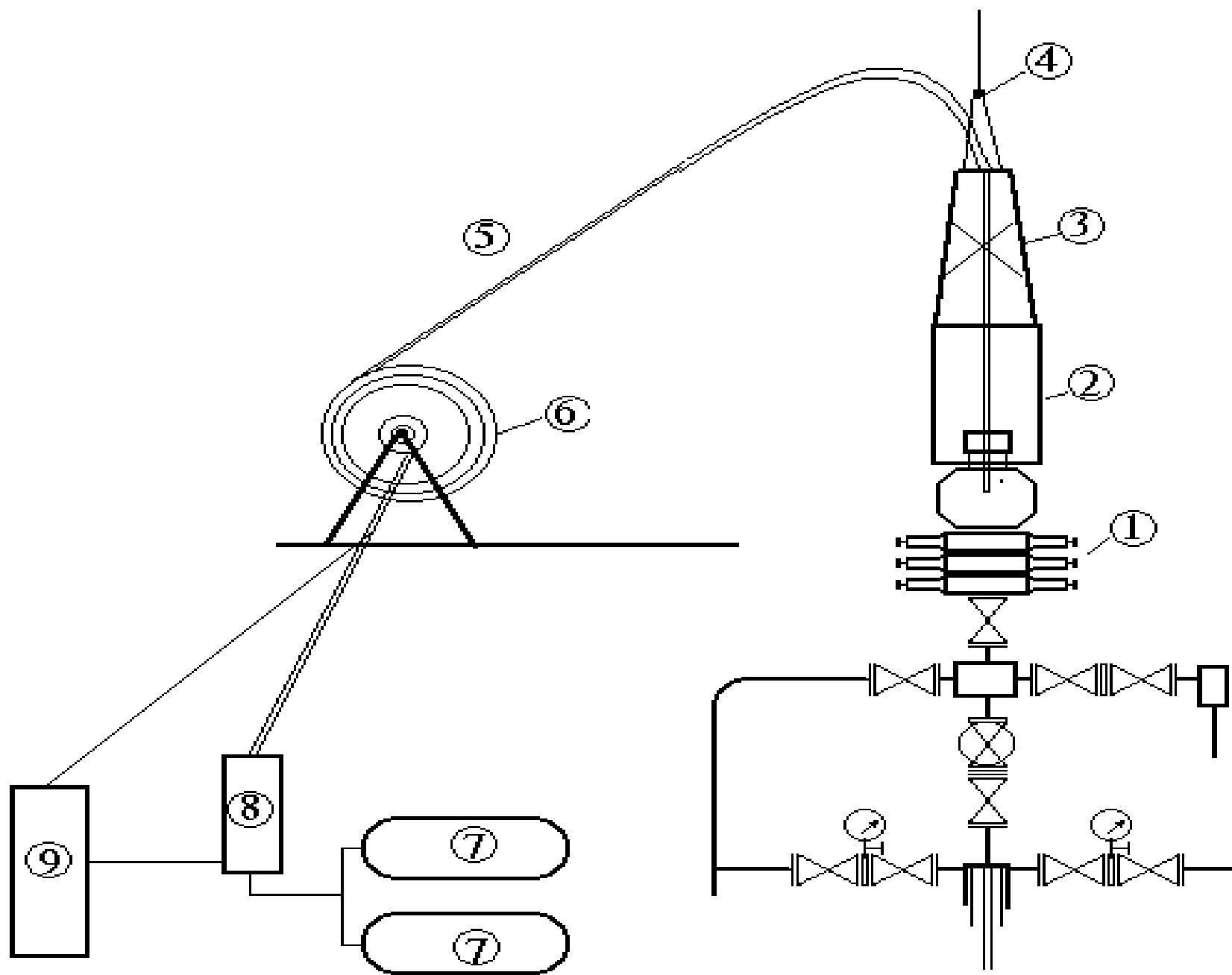
- Chỉ tạo được cột áp nhất định
- Mất nhiều thời gian tuần hoàn dung dịch đặc biệt là khi vỉa có áp suất dị thường âm hoặc tương đối nhỏ. Do vậy phương pháp này áp dụng cho những đối tượng có áp suất và độ thấm tương đối cao

## GỌI DÒNG BẰNG NITƠ LỎNG

---

Cách tiến hành:

- Nitơ lỏng được chứa trong các bồn với áp suất cao và được bơm qua ống mềm xuống tới đáy giếng
- Do áp suất thủy tĩnh của cột dung dịch trong giếng nhỏ hơn áp suất hóa lỏng của nitơ nên nitơ lỏng hóa khí với một thể tích đủ để hòa tan vào dung dịch, tạo mức chênh áp cần thiết



## ƯU VÀ NHƯỢC ĐIỂM

---

### Ưu điểm:

- Sử dụng nitơ lỏng để gọi dòng các giếng dầu có độ an toàn cao nhất vì không có khả năng tạo hỗn hợp nổ với khí trong vỉa
- Thời gian gọi dòng nhanh
- Tạo được mức chênh áp khá lớn
- Rất hiệu quả đối với các giếng sau khi tiến hành nút vỉa thủy lực

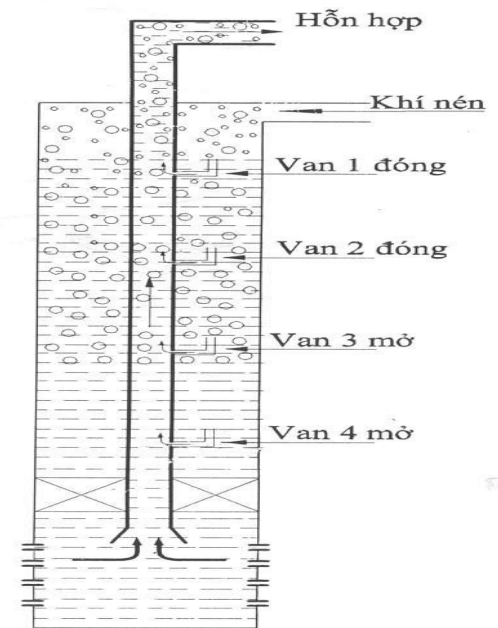
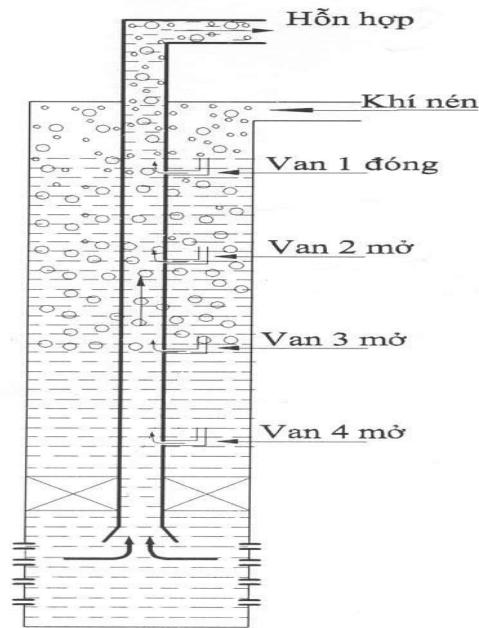
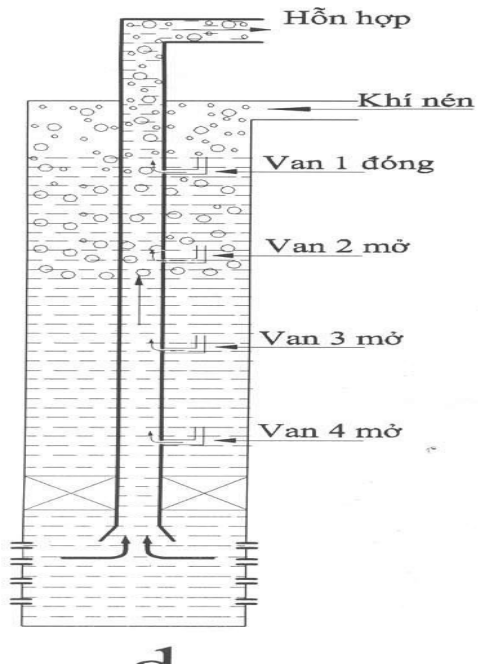
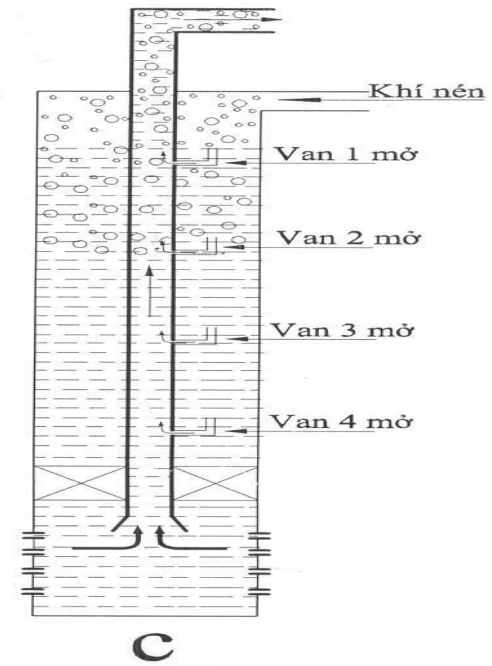
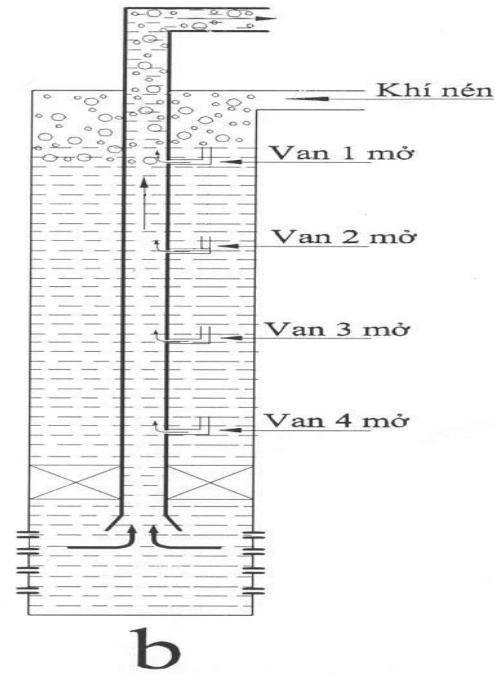
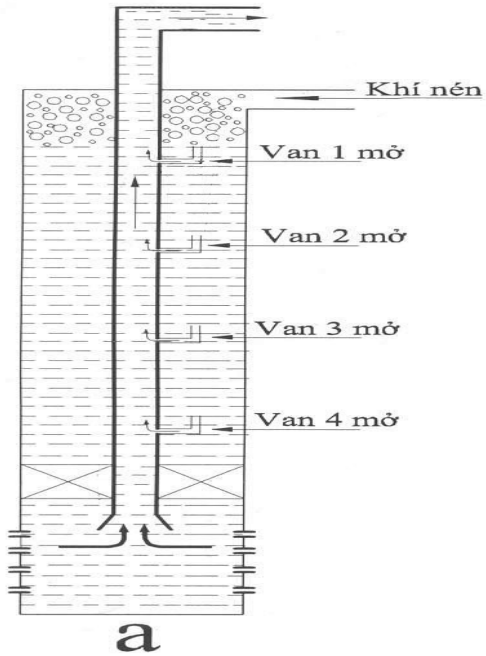
### Nhược điểm:

- Chi phí rất cao
- Khi giếng bị nhiễm bẩn nặng thì hiệu quả không cao
- Đòi hỏi thiết bị đặc biệt như máy nén nitơ lỏng, bồn chứa và thiết bị thả ống mềm cùng bộ ống mềm chuyên dụng (phải nhập từ nước ngoài)

## Cách tiến hành

- Lắp van gaslift tại độ sâu  $H$  nhỏ hơn chiều sâu tối đa  $H_{\max}$  mà máy nén khí có thể hạ được mực nước ngoài cần
- Do chênh áp giữa ngoài và trong cần, tại đó sẽ có một phần khí từ ngoài cần đi vào trong cần và bắt đầu quá trình khí hóa cột nước trong cần
- Quá trình phát triển đồng thời với sự giảm dần áp suất trong cần tại vị trí đặt van gaslift
- Do đó mực chất lỏng ngoài cần được đẩy tới vị trí sâu hơn và dừng lại khi đạt trạng thái cân bằng áp suất giữa trong cần và ngoài cần tại mặt tiếp xúc khí nén – nước
- Để tiếp tục đẩy xuống sâu hơn ta có thể đặt van gaslift thứ hai cao hơn vị trí cân bằng đó 20m

## QUÁ TRÌNH KHÍ NÉN ĐI VÀO CÁC VAN GASLIFT





## ƯU VÀ NHƯỢC ĐIỂM

---

### Ưu điểm

- Mức độ hoá khí chất lỏng trong giếng được thực hiện một cách dễ dàng đáp ứng chiều sâu thiết kế
- Có thể bơm hóa phẩm vào khí công tác(khí nén) để tăng cường khả năng làm việc của giếng
- Khí tự do và nhiệt độ vỉa cao không ảnh hưởng tới quá trình làm việc của giếng gaslift trong thời gian gọi dòng
- Hệ thống gaslift trung tâm cho phép cùng một lúc điều khiển hàng loạt giếng

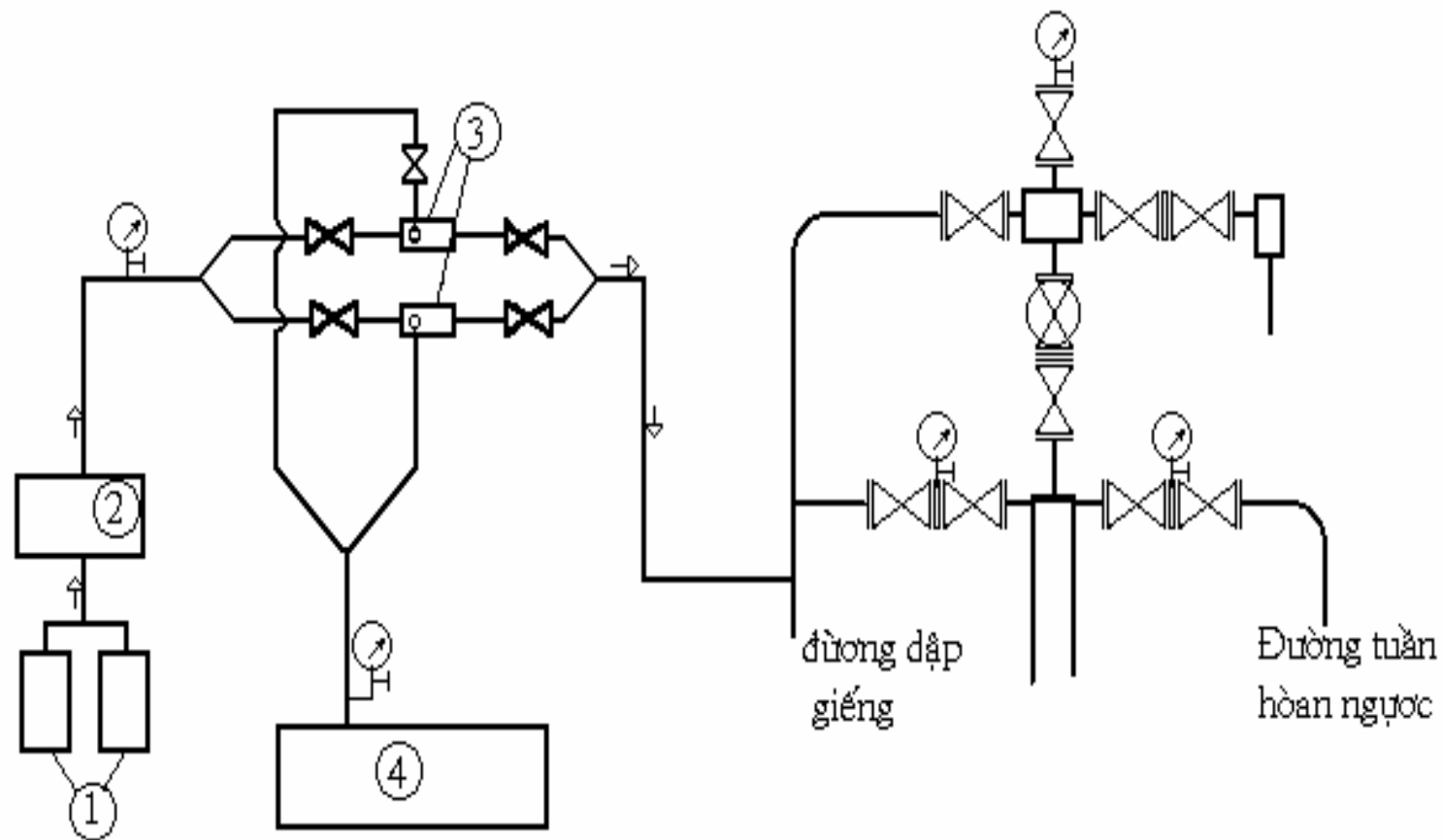
### Nhược điểm

- Đầu tư ban đầu lớn, chi phí khai thác một tấn dầu tăng

## PHƯƠNG PHÁP GỌI DÒNG BẰNG SỬ DỤNG HỆ BỌT

---

Cách tiến hành: chất bọt thuộc loại hai thành phần, khi bơm riêng biệt (với các chất ức chế) xuống đáy giếng, trong điều kiện nhiệt độ và áp suất nhất định, hai chất này sẽ phản ứng với nhau và sinh bọt. Sau khi hình thành, bọt sẽ chiếm chỗ của dung dịch ngay tại đáy giếng và hòa tan dần vào dung dịch, dẫn đến làm giảm tỉ trọng của dung dịch.



### SƠ ĐỒ CÔNG NGHỆ BỐ TRÍ THIẾT BỊ - GỌI DÒNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP SỬ DỤNG BỘT

- 1-Các bể chứa dung dịch tạo bột  $V=200 \text{ m}^3$
- 2-Máy bơm dung dịch bột
- 3-Các erक्टर
- 4-Máy nén khí

## ƯU VÀ NHƯỢC ĐIỂM

---

### Ưu điểm

- Chi phí thấp, thiết bị vật tư đơn giản
- Hiệu quả đối với các giếng có chiều sâu không lớn, mức độ nhiễm bẩn vùng cận đáy giếng thấp
- Dễ dàng điều chỉnh tỷ trọng của hệ dung dịch bọt trước khi bơm vào giếng
- Có thể tận dụng các nguồn khí cao áp

### Nhược điểm

- Thời gian cần thiết để thực hiện một vòng tuần hoàn lớn
- Công tác chuẩn bị phải chu đáo, nhất là các máy bơm, máy nén khí.
- Khó kiểm soát được độ sâu tạo bọt, không khống chế được tốc độ tạo bọt và do bọt tạo thành khá bền nên sau khi bọt đã lên tới miệng giếng, phải dùng hóa chất để hủy bọt
- Do sử dụng nhiều hóa chất nên giá thành cũng như là tính độc hại của phương pháp này rất cao

# CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN CÔNG TÁC GỌI DÒNG SẢN PHẨM

---

- ❖ Mức độ hoàn thiện giếng
- ❖ Dung dịch khoan mở vỉa sản phẩm
- ❖ Xi măng trám



TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM  
**KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ**

## BÀI GIẢNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ

*ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ COILED  
TUBING TRONG ĐO LOG, BẮN MỞ VỈA,  
XỬ LÝ AXIT VÀ CỨU SỰ CỐ*

---

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo

Email : [lphao@hcmut.edu.vn](mailto:lphao@hcmut.edu.vn)

Tel : 84-8-8654086

- Quá trình hình thành và phát triển
- Cấu tạo của thiết bị Coiled Tubing
- Ứng dụng của Coiled Tubing

- Coiled Tubing là một loại ống thép dài liên tục, có độ bền cao, được quấn trên tang cuộn ống và có thể vận chuyển dễ dàng bằng các phương tiện chuyên dụng
- Một cuộn coiled tubing thường có khối lượng khoảng 40.000 lb (khoảng 18.144 kg)
- Thường đi kèm với một số thiết bị phụ trợ (tang quấn ống, đầu đẩy coiled tubing, cabin điều khiển) tạo thành một bộ thiết bị coiled tubing



## Quá trình hình thành phát triển

---

- Năm 1944: lần đầu tiên coiled tubing được sử dụng trong dự án PLUTO
- Năm 1960: Bowen Tools đã thực hiện vận chuyển một ăngten radio dưới biển bằng một đầu đẩy ngầm
- Năm 1975: Uni-Flex giới thiệu một đầu đẩy ống được thiết kế mới có sự ảnh hưởng rất lớn
- Đầu 1980: Nhiều thiết kế thay đổi và cải tiến để tăng cường thiết bị coiled tubing
- Năm 1993: Quality Tubing được nhận bằng sáng chế cho chuỗi ống mềm liên tục
- Năm 2002: AnTech Ltd phát minh về bộ dụng cụ đẩy BHA, trở thành phát minh đứng đầu trong số 10 phát minh quan trọng nhất trong ngành dầu khí

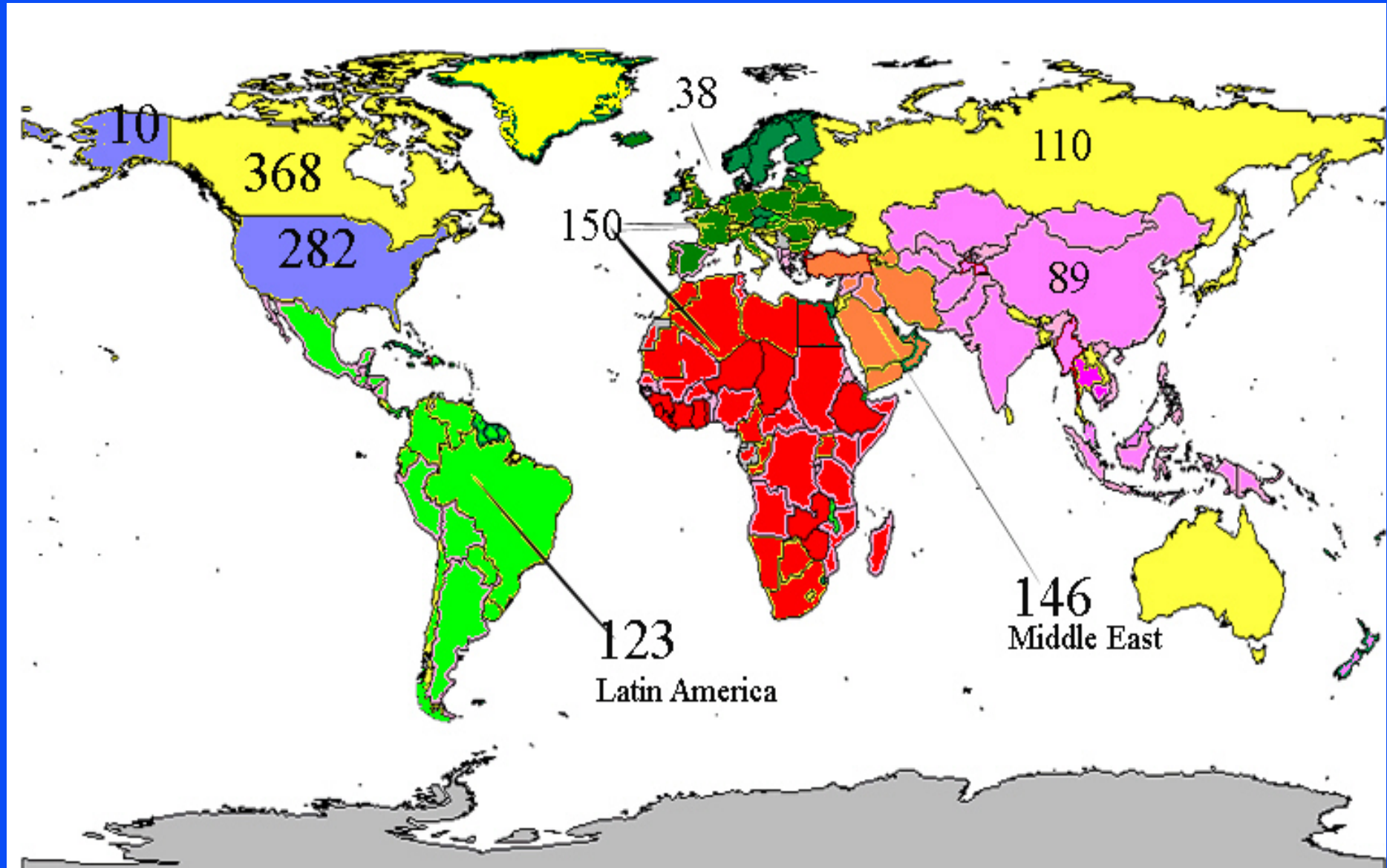
## Vật liệu chế tạo Coiled Tubing

Vật liệu	Lĩnh vực áp dụng	Năm
Carbon Steel	Toàn bộ	1962
HSLA Steel	Toàn bộ. Đang nghiên cứu cho các ứng dụng yêu cầu độ bền cao	1980
Q & T Steel	Bị hạn chế về khả năng hàn và tuổi thọ	1991
Titanium Grade 12	Thiết bị đồng tâm	1992
Titanium Grade 18	Ống khai thác đặt giữa các Packer	1996
13 CR-Ni Stainless	Cần thử giếng/ống khai thác vận tốc cao	1997/1998
Composites	Đang nghiên cứu	1997

## Những công ty ứng dụng Coiled Tubing

Công ty	Số thiết bị Coiled Tubing
Schlumberger	200
BJ	159
Halliburton	100
Superior	34
Cudd	28
Surgutneftegas	19
Trican	19
Tổng cộng	560

# BẢN ĐỒ CÁC KHU VỰC SỬ DỤNG COILED TUBING



## Cấu tạo của bộ thiết bị Coiled Tubing

---



Có nhiều loại thiết bị Coiled Tubing phục vụ cho nền công nghiệp nhưng chiếm ưu thế hiện nay vẫn là loại đầu đẩy xích truyền thẳng đứng quay ngược chiều nhau

- Đầu đẩy ống
- Tang quấn ống
- Cụm BOP đầu giếng
- Thiết bị truyền năng lượng thủy lực
- Bảng điều khiển

## Đầu dây ống (Injector Head)

- Cung cấp lực đẩy để dẫn ống vào trong giếng, chống lại áp suất cản hoặc để thắng ma sát trong giếng
- Kiểm soát tốc độ vào giếng của ống trong các điều kiện giếng nhau
- Chịu toàn bộ trọng lượng treo của ống và tăng tốc độ kéo khi rút ống ra khỏi giếng.



## Tang quấn ống (Reel)

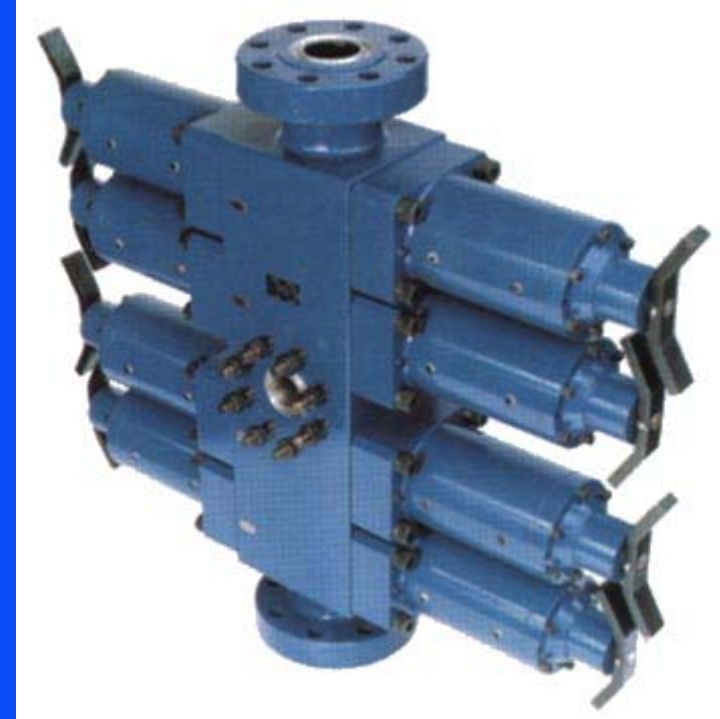
- Có cấu tạo bằng thép
- Đường kính mặt bích là 9ft
- Quấn được khoảng 26.000 ft CT 1 inch và khoảng 22.000 ft CT 1 ¼ inch
- Sự quay tang quấn được kiểm soát bằng một động cơ thủy lực
- Các linh kiện an toàn phụ trợ của tang quấn ống được dùng để thực hiện việc phanh thủy lực nhanh





## Cụm BOP đầu giếng (Wellhead BOP stack)

- Là phần rất quan trọng trong bộ thiết bị CT
- Gồm 4 ngàm (đóng giếng, cắt ống, dạng chấu, chặn ống)
- Vận hành theo cơ chế thủy lực áp suất làm việc thấp nhất là 10.000 psig





## Thiết bị truyền năng lượng thủy lực

---

- Được định cỡ để vận hành tất cả các bộ phận của bộ thiết bị CT
- Kích thước của động cơ do vậy cũng sẽ thay đổi theo yêu cầu về thiết bị truyền thủy lực
- Cụm động cơ chính trong hầu hết thiết bị CT có trang bị động cơ diesel và bơm thủy lực

## Bảng điều khiển (Control console)

- Thay đổi tùy theo nhà sản xuất
- Gồm tất cả các nút điều khiển và thiết bị đo cần thiết để vận hành và giám sát các bộ phận của thiết bị CT
- Động cơ Injector head và tang quần ống được khởi động từ bảng điều khiển này thông qua các van
- Trên bảng điều khiển còn có các hệ thống điều chỉnh xích truyền, ống đệm kín và cụm BOP.



## Các thiết bị phụ trợ khác

---

- Máy bơm dung dịch
- Máy bơm  $N_2$
- Thùng trộn và thu hồi chất lưu
- Hệ thống đường ống trong bơm
- Hệ thống đường hồi

## ỨNG DỤNG THIẾT BỊ COILED TUBING TRONG VẬN HÀNH LOG VÀ BẮN MỞ VỈA

---

- Là hai giai đoạn không thể thiếu trong quá trình hoàn thiện giếng
- Kiểm tra chất lượng trám xi măng cột ống khai thác
- Xác định chiều dày tầng sản phẩm và chọn khoảng bắn mở vỉa hợp lý
- Trước đây được vận hành bằng kỹ thuật cáp tời. Tuy nhiên với kỹ thuật này, việc kéo thả trong các giếng ngang trở nên khó khăn, chất lưu có độ nhớt thấp, áp suất cao, phải đập giếng trong quá trình kéo thả
- Việc sử dụng công nghệ CT đã khắc phục được những nhược điểm này

## ƯU ĐIỂM

---

- Cho phép kéo thả thiết bị dễ dàng trong các giếng khoan ngang, giếng có độ lệch lớn hoặc trong những ống xoắn
- Có thể kéo thả liên tục mà không cần dừng lại để lắp đặt đường ống
- Không gặp trở ngại trong giếng có độ nhớt cao hoặc giếng có sản lượng khai thác lớn
- Tiến hành tuần hoàn dung dịch trong quá trình vận hành bơm nên không cần phải đập giếng, tạo được hiệu ứng underbalanced, làm sạch đáy giếng trước khi bắn vỉa
- Cáp điện được bảo quản bên trong CT nên có độ tin cậy cao
- Vận hành nhanh chóng

# LẬP KẾ HOẠCH VẬN HÀNH CÔNG VIỆC

---

- Đánh giá về chi phí và hiệu quả kinh tế
- Xác định các thông số của vỉa ảnh hưởng đến quá trình vận hành
- Chọn lựa, kiểm tra và thử nghiệm tất cả các thiết bị vận hành

# ỨNG DỤNG CỦA THIẾT BỊ COILED TUBING TRONG QUÁ TRÌNH LÀM SẠCH GIẾNG KHOAN

---

## Cơ chế gây nhiễm bẩn:

- Các vật rắn bít nhét tầng chứa
- Sự tắc nghẽn do nước
- Sự trương nở của khoáng vật sét
- Sự di trú tích tụ của các vật liệu mịn

## Phương pháp xử lý:

- Hóa học
- Cơ học
- Bằng nhiệt

# ỨNG DỤNG CỦA COILED TUBING TRONG XỬ LÝ VÙNG CẬN ĐÁY GIẾNG

---

## - Gội dòng bằng Nitơ lỏng

Ưu điểm: không có khả năng tạo thành hỗn hợp nổ khí trong vỉa, tạo độ chênh áp lớn

Nhược điểm: giá thành cao, công nghệ phức tạp, phụ thuộc rất lớn vào các phương tiện vận chuyển và khí hậu

## - Bơm rửa đáy giếng

Nứt vỉa thủy lực nhờ CT kết hợp với packer ngăn cách, mặc dù làm tăng chi phí hoạt động nhưng nó làm tăng hiệu suất khai thác và tiết kiệm thời gian



## ƯU ĐIỂM CỦA CT TRONG XỬ LÝ AXIT

---

- Giảm thiểu những nguy cơ gây nhiễm bẩn thành hệ phát sinh trong quá trình tiến hành công việc
- Đẩy sâu vào giếng với áp suất thấp
- Bỏ qua công tác dập giếng bằng dung dịch tỷ trọng cao, dễ gây nhiễm bẩn
- Dung dịch được bơm qua CT có chức năng rửa sạch CT trong quá trình tuần hoàn
- Axit có thể được chọn lựa bơm ép vào đúng vị trí mong muốn hay tuần hoàn trong thân giếng nhằm phân phối đều toàn bộ dung dịch cho khoảng thành hệ cần xử lý
- Nhờ đặc tính “vòng kín” (closed loop) của công tác vận hành CT đã cho phép kiểm soát giếng liên tục, cách li những nguy hiểm như khí H<sub>2</sub>S và khí axit từ đầu giếng ra không khí

# NHƯỢC ĐIỂM CỦA CT TRONG QUÁ TRÌNH XỬ LÝ AXIT

---

- Phụ thuộc vào đường kính và chiều dài CT, tổn hao áp suất do ma sát có thể là nhân tố làm cản trở việc đạt tới lưu lượng bơm ép mong muốn
- Thêm các phí tổn liên quan tới dịch vụ CT so với khi ứng dụng các phương pháp xử lý thông thường
- Mặc dù các phương pháp cách ly cơ học như dùng packer nở được (inflatable packer) và cầu xi măng (bridge plug) có thể thực hiện kết hợp với CT, nhưng giới hạn chênh lệch áp suất xuyên qua các phần packer này thì nhỏ hơn đáng kể so với khi dùng các packer truyền thống

## CỨU SỰ CỐ VỚI COILED TUBING

---

Trong quá trình vận hành sản xuất, vật bị kẹt đứt gãy cần thu hồi gồm:

- Các đoạn ống, đoạn cáp bị đứt gãy do ăn mòn, hư hại do vượt quá giới hạn bền
- Các nút bị giãn nở, các khóa mandrel bị kẹt
- Các thiết bị đáy giếng bị kẹt, đứt gãy trong quá trình kéo thả, vận hành

## ƯU ĐIỂM CỦA CỨU SỰ CỐ VỚI CT

---

- Coiled tubing chịu được lực căng lớn hơn cáp
- Vận hành hiệu quả trong các giếng khoan ngang và các giếng có độ lệch lớn
- Cho phép tiến hành tuần hoàn trong quá trình cứu sự cố nên dụng cụ cứu kẹt có thể tiếp cận và cứu được các vật kẹt bị vùi lấp

## NHƯỢC ĐIỂM CỦA CỨU SỰ CỐ VỚI CT

---

- Đòi hỏi kỹ thuật phức tạp và các thiết bị đồng bộ
- Chi phí và rủi ro phụ thuộc rất nhiều vào sự hoàn thiện, hoàn chỉnh của thiết bị (như đầu nối, thiết bị đối áp)
- Người vận hành phải có kinh nghiệm và hiểu rõ về công nghệ CT

Chi phí dùng CT đắt hơn khi dùng wireline

# DỤNG CỤ CỨU KẾT VẬN HÀNH BẰNG CT

---

- Đầu nối CT
- Van kiểm tra
- Bộ gia tốc
- Dụng cụ đập thủy lực
- Thiết bị giải thoát khẩn cấp
- Khớp nối
- Dụng cụ định tâm thủy lực
- Dụng cụ cứu kết

## CÁC VẤN ĐỀ CẦN QUAN TÂM KHI CỨU KẾT

---

- Xác định vị trí của vật bị kẹt, hình dạng và đặc điểm của chỗ bị đứt gãy
- Đánh giá tương quan về hiệu quả và chi phí khi quyết định dùng CT
- Dự trù chi phí phát sinh của dự án
- Thử nghiệm các phương pháp trước khi đưa vào giếng
- Kiểm tra an toàn các thiết bị
- Lắp đặt thiết bị bề mặt
- Các vấn đề khác (quá trình kéo, sự mỏi của CT, xử lý các vụn rắn có kích thước lớn, phương pháp kéo vật bị kẹt, cứu kẹt trong hoàn thiện giếng thân trần)



TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM  
**KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ**

---

BÀI GIẢNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ

# KHẢO SÁT GIẾNG

---

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo

Email : [lphao@hcmut.edu.vn](mailto:lphao@hcmut.edu.vn)

Tel : 84-8-8654086



## Nội dung

---

- ❖ Mục đích khảo sát giếng
- ❖ Các phương pháp khảo sát giếng

## Mục đích khảo sát giếng

---

- ☆ Khảo sát giếng trong thời gian hoạt động của giếng nhằm đánh giá tiềm năng của mỏ (giếng thăm dò tìm kiếm), đánh giá hiệu quả kích thích vỉa, hiệu quả thay đổi chế độ vận hành... (giếng đang khai thác)
- ☆ Tìm hiểu mối liên hệ thủy động lực giữa các giếng trong mỏ, động thái áp suất vỉa của các giếng nhằm đưa ra các biện pháp thích hợp để duy trì áp suất vỉa và tăng độ thấm của vỉa
- Xác định các thông số của vỉa
- Phân tích và đặt kế hoạch cho công nghệ khai thác các giếng dầu
- Tính trữ lượng

## Các phương pháp khảo sát giếng

---

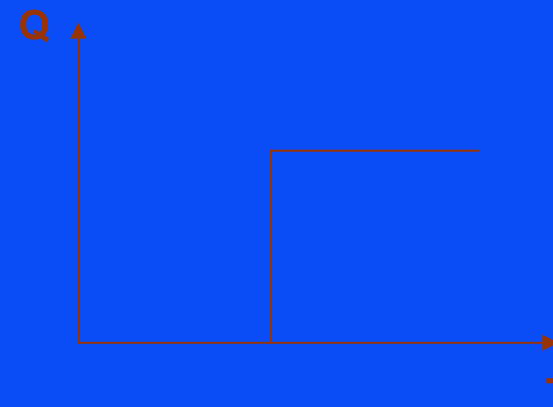
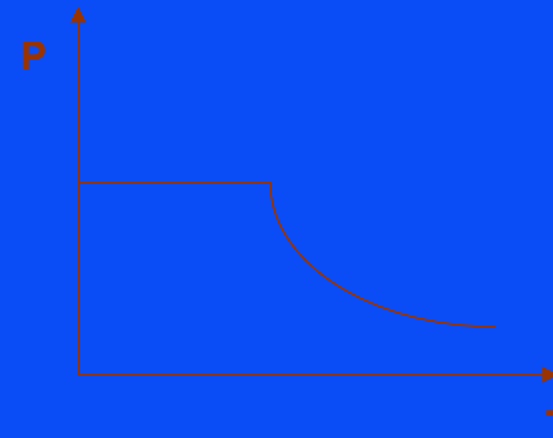
- ❖ Khảo sát hạ áp
- ❖ Khảo sát tích áp
- ❖ Khảo sát bơm ép
- ❖ Khảo sát giao thoa

## Khảo sát bằng phương pháp hạ áp

Khảo sát được tiến hành sau một thời gian đóng giếng đủ lâu để ổn định áp suất trong vỉa, sau đó mở giếng và cho khai thác với một lưu lượng không đổi. Khi đó ta theo dõi sự thay đổi của áp suất theo thời gian.

Cần lưu ý:

- Khó có thể cho giếng khai thác với một lưu lượng bằng hằng số
- Mức độ ổn định của giếng bị ảnh hưởng bởi công tác khoan, hoàn thiện giếng...



Khảo sát hạ áp

## Xử lý kết quả khảo sát

---

Dạng đồ thị  $\Delta P = A + i \lg t$  (dạng  $y = ax + b$ )

$$\Delta P = \frac{0.183 \cdot Q \mu}{k h} \lg \frac{2.25 \chi}{R_{qd}^2} + 0.183 \frac{Q \mu}{k h} \lg t$$

Với:  $\chi$ : Hệ số dẫn áp của vỉa ( $\text{m}^2/\text{s}$ )

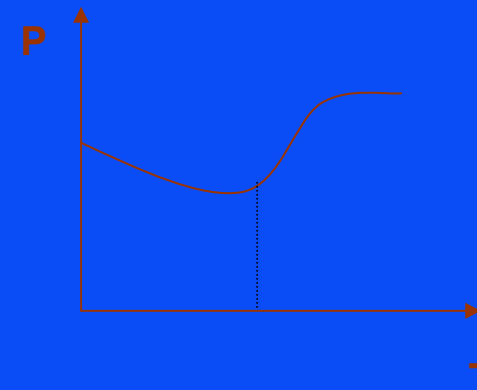
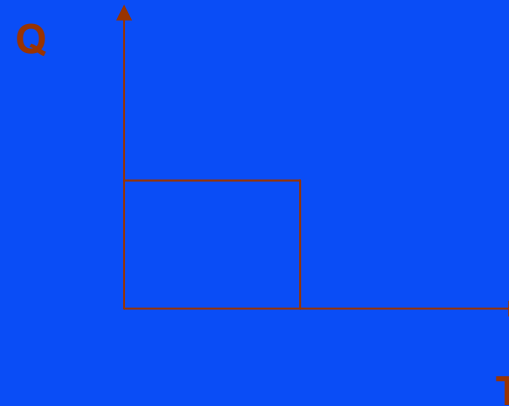
$R_{qd}$  : Bán kính qui đổi của giếng (m)

Q: Lưu lượng trước khi bắt đầu đóng giếng

## Khảo sát tích áp

Mục đích: Xác định bán kính của vùng ảnh hưởng và thu thập thông tin về độ thấm của thành hệ khai thác, ngoài ra còn có thể xác định mức độ nhiễm bẩn của vùng cận đáy giếng.

Quy trình khảo sát: Khai thác với 1 lưu lượng ổn định và không thay đổi → Đóng giếng. Trong một thời gian nhất định áp suất tăng dần lên và được ghi lại.



## Khảo sát tích áp

---

Khảo sát thu được mối quan hệ thực tế giữa Q và áp suất đáy P(đ) Áp suất vùng lân cận đáy giếng

Phương trình đường cong chuẩn:  $Q = K.(P_{đ}) \sqrt{P_r - P_{wf}}$

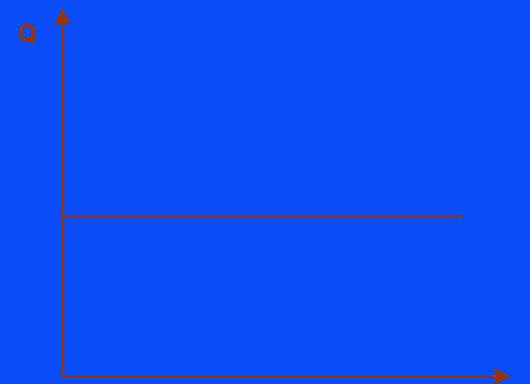
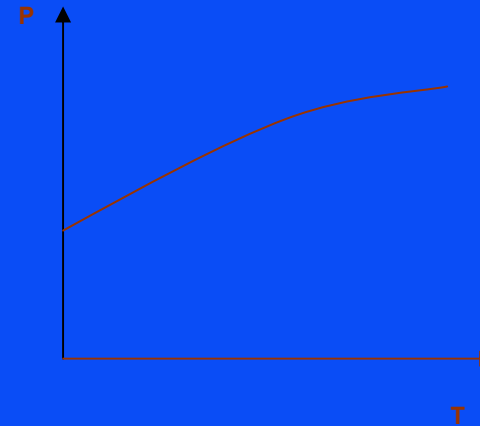
- Cho phép đánh giá hệ số sản phẩm của giếng
- So sánh đường cong chuẩn ở các thời điểm khác nhau cho thấy động thái của hệ số sản phẩm và nguyên nhân dẫn đến sự thay đổi của các thông số này

## Khảo sát bơm ép

Khảo sát bơm ép giống khảo sát hạ áp nhưng khác ở chỗ khảo sát bơm ép dòng chảy vào giếng nhiều hơn dòng chảy ra khỏi giếng.

Thuận lợi: Lưu lượng bơm ép thường dễ kiểm soát hơn lưu lượng khai thác.

Khó khăn: Môi trường dòng chảy đa pha. Tuy nhiên có thể khắc phục bằng cách dùng dung dịch bơm ép có tính chất gần với chất lưu vỉa.



Khảo sát bơm ép



## Khảo sát giao thoa

---

Thay đổi lưu lượng ở giếng gây nhiễu để khảo sát và ghi lại sự thay đổi áp suất trong các giếng khảo sát lân cận.

Ưu điểm:

- Cho biết sự thay đổi áp suất từ bên trong giếng ra ngoài vỉa
- Thuận lợi trong việc phân tích tính chất của vỉa so với giếng đơn
- Có thể sử dụng cho bất kỳ sự thay đổi áp suất nào gây ra bởi khảo sát tích áp, hạ áp.
- Xác định ảnh hưởng của các giếng
- Tăng cường khả năng thu hồi dầu.

Nhược điểm:

- Sự thay đổi áp suất ở các khoảng cách xa giếng là rất nhỏ
- Đòi hỏi thiết bị có độ nhạy cao và thời gian.
- Bị ảnh hưởng của dao động thủy lực do tổ hợp của các tín hiệu nhiễu tạo ra của giếng bơm ép hoặc thủy triều

# Cơ sở lựa chọn chế độ làm việc của giếng

---

Các chế độ làm việc của giếng

- Giếng làm việc ở chế độ ổn định
- Giếng làm việc ở chế độ không ổn định

Chế độ làm việc của một số giếng

- Giếng khai thác ở chế độ tự phun
- Giếng khai thác bằng gaslift

**Để lựa chọn chế độ làm việc của giếng ta phải căn cứ vào**

- Áp suất trong giếng ( a/s miệng giếng , a/s ngoài cột ống khai thác ...)
- Sự thay đổi lưu lượng dầu
- Hàm lượng nước và cát trong sản phẩm

Giếng làm việc ở chế độ ổn định

Thế nào là ổn định ?

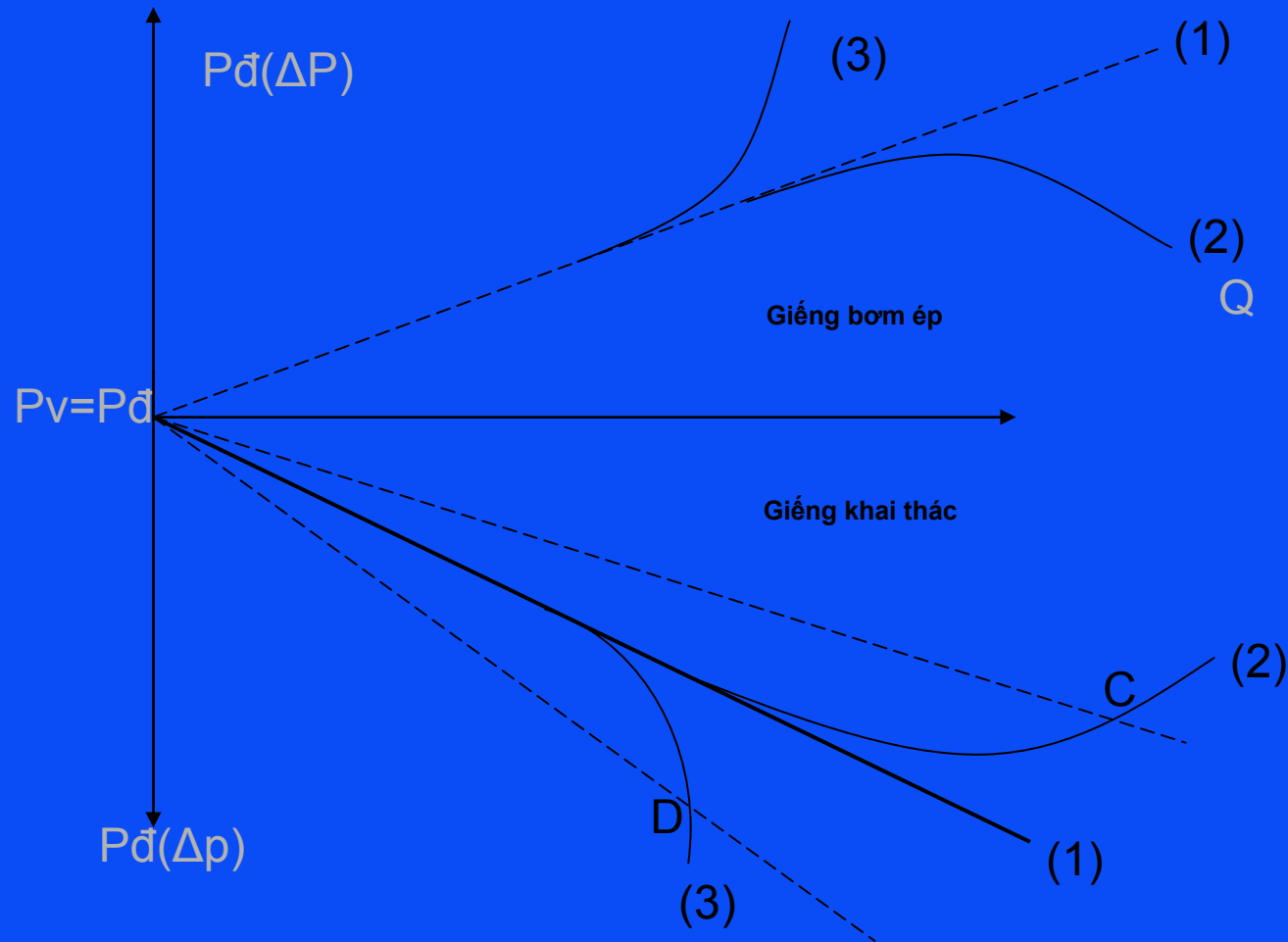
- Trong quá trình khai thác áp suất miệng giếng và ngoài cột ống chống không thay đổi hoặc nếu có nhưng không đáng kể thì giếng làm việc ở chế độ ổn định

## Khảo sát giếng ở chế độ dòng chảy ổn định

---

- ❖ Thay đổi lưu lượng của giếng khai thác hoặc bơm ép một số lần
- ❖ Ứng với từng chế độ làm việc, trong khoảng thời gian xác định ta tiến hành đo lưu lượng và áp suất đáy giếng
- ❖ Lập các biểu đồ chỉ báo từ các số liệu thu thập được

# Các dạng đồ thị chỉ báo



## Các dạng đồ thị chỉ báo

## Phân tích đồ thị

---

Các đường chỉ báo:

- Công thức chung:  $Q = K \cdot \Delta P^b$  (tương ứng đường (1) thì  $b=1$ )
- Đường (1): khi vỉa có sản phẩm lớn và chênh áp nhỏ
- Đường (3): cho thấy khi tăng  $\Delta P$  thì lưu lượng giảm
- Đường (2): khuyết, không có lợi khi phân tích khảo sát vỉa

Tương ứng mỗi đường sẽ có hệ số sản phẩm khác nhau:  $\text{tg } \alpha_1 > \text{tg } \alpha_2 > \text{tg } \alpha_3 \Rightarrow K_1 > K_2 > K_3$

## Hệ số sản phẩm

---

Hệ số sản phẩm là thể tích chất lỏng khai thác được khi tăng hay giảm áp suất đáy 1 at:

$$K = Q / \Delta P$$

Trên thực tế để đạt được đường chỉ báo 1 cần thỏa mãn nhiều điều kiện cùng lúc như: dòng chảy phải tuân theo định luật Darcy, đơn pha, chế độ làm việc ổn định... nên các đường chỉ báo phổ biến nhất có dạng (2)

## Xử lý kết quả khảo sát

---

Khi đường chỉ báo là đường thẳng thì ta dùng công thức:  $Q = K \cdot \Delta P$  (1)

Nếu đường chỉ báo có dạng phi tuyến, khi đó ta sử dụng:

$$\Delta P = aQ + bQ^2$$

- Chia 2 vế cho Q, phương trình trở về dạng đường thẳng trong hệ tọa độ

$$(Q, \Delta P/Q): \Delta P/Q = a + bQ$$

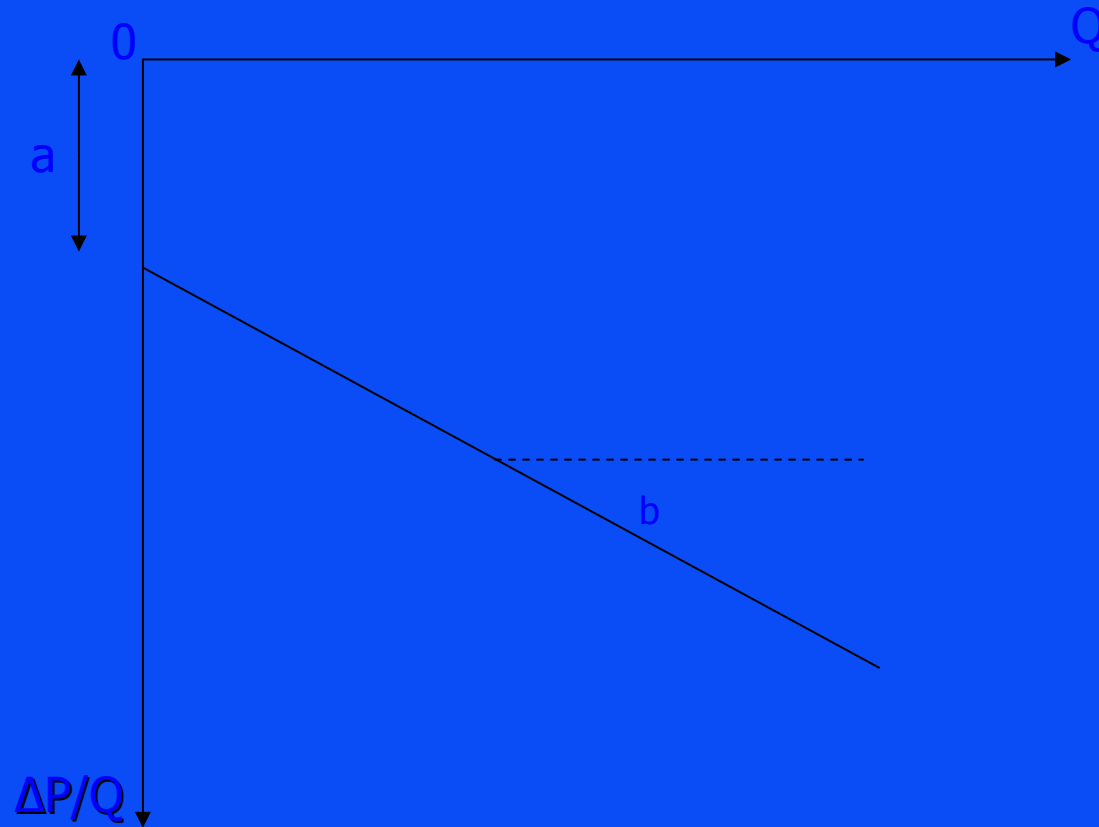
- Do vận tốc thẩm thấu của nước  $bQ \sim 0$  nên:

$$\Delta P/Q = a \quad (2)$$

- So sánh 2 phương trình 1 & 2  $\rightarrow a = 1/K$

Xây dựng đồ thị:  $Q = f(\Delta P/Q)$

# Đồ thị $\Delta P/Q = a + bQ$





## Các phương pháp khảo sát dòng chảy ổn định

---

- ❖ Khảo sát bằng phương pháp thủy-động học
- ❖ Khảo sát bằng cách nghe thủy lực
- ❖ Khảo sát bằng cách xây dựng profile dòng chảy và các thông số theo mặt cắt cửa vĩa

## Khảo sát bằng phương pháp thủy động học

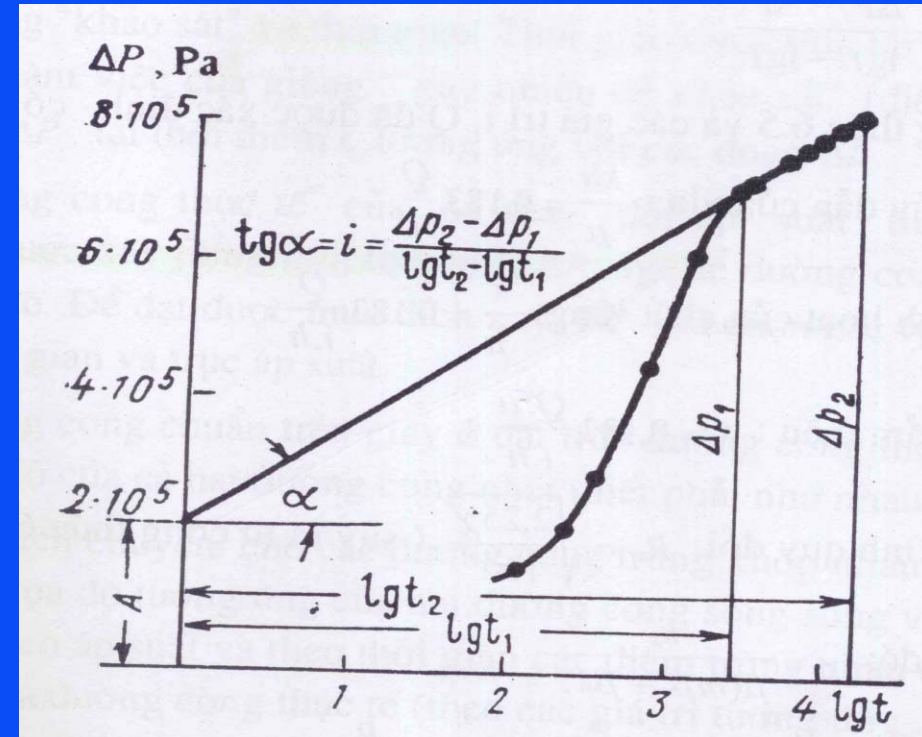
---

Các bước tiến hành:

- Thả áp kế đo sâu xuống đáy giếng
- Đóng giếng cho đến khi áp suất đáy phục hồi
- Xác định các giá trị  $P$  tại mỗi điểm khảo sát tương ứng
- Ghi số liệu vào bảng sau

# Số liệu khảo sát

Điểm khảo sát	T/gian, t(s)	lgt	P
1			
2			
3			
4			
5			



Đồ thị  $\Delta p = f(lgt)$

## Xử lý kết quả khảo sát

---

- Dựng đồ thị  $\Delta P = f(\lg t)$  theo các số liệu từ bảng
  - Hàm số có dạng  $\Delta P = A + i \lg t$
  - Sau 1 thời gian  $\lg t$ , ta nhận thấy đồ thị có dạng tuyến tính. Dùng đoạn thẳng này để xác định các thông số của vỉa

### Công thức

$$A = i \lg \frac{2,25\chi}{R_{qd}^2}$$

$$i = 0,183 \cdot \frac{Q\mu}{kh}$$

$$\text{Suy ra } \Delta P = A + i \lg t = 0,183 \cdot \lg \frac{Q\mu}{kh} + 0,183 \frac{Q\mu}{kh} \frac{2,25\chi}{R_{qd}^2}$$

A: Đoạn cắt của đoạn thẳng trên trục tung

$\alpha_i$ : ( $= \text{tg}\alpha$ ) góc nghiêng của đoạn thẳng với trục hoành

$\chi$  : Hệ số dẫn áp của vỉa, đặc trưng cho vận tốc truyền áp suất dọc theo vỉa (m/s)

$R_{qd}$  : Bán kính qui đổi của giếng

Q: Lưu lượng trước khi đóng giếng

$\mu$  : Độ nhớt của chất lỏng ở điều kiện vỉa

k: Độ thấm thấu

h: Chiều dày hiệu dụng của vỉa (chiều dày vỉa sản phẩm trừ đi các tập sét)

## Các thông số

---

$$I = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta P_2 - \Delta P_1}{\lg t_2 - \lg t_1}$$

- Độ dẫn thủy lực của vỉa:  $\frac{kh}{\mu} = 0,183 \frac{Q}{i}$

- Độ linh động của chất lỏng:  $\frac{k}{\mu} = 0,183 \cdot \frac{Q}{ih}$

- Bán kính qui đổi:  $\sqrt{\frac{2,25\mu}{10^{A/i}}}$

Trong đó: 
$$\chi = \frac{k}{\mu(m\beta_{cl} + \beta_{dd})}$$

Hệ số hoàn thiện giếng:

$$\varphi = \frac{\ln \frac{R_{ah}}{R_g}}{\ln \frac{R_{ah}}{R_{qd}}}$$

$R_{ah}$ : Bán kính ảnh hưởng

$R_g$ : Bán kính giếng

$\beta_{dd}$ : Hệ số nén của đất đá

$\beta_{cl}$ : Hệ số nén của chất lỏng

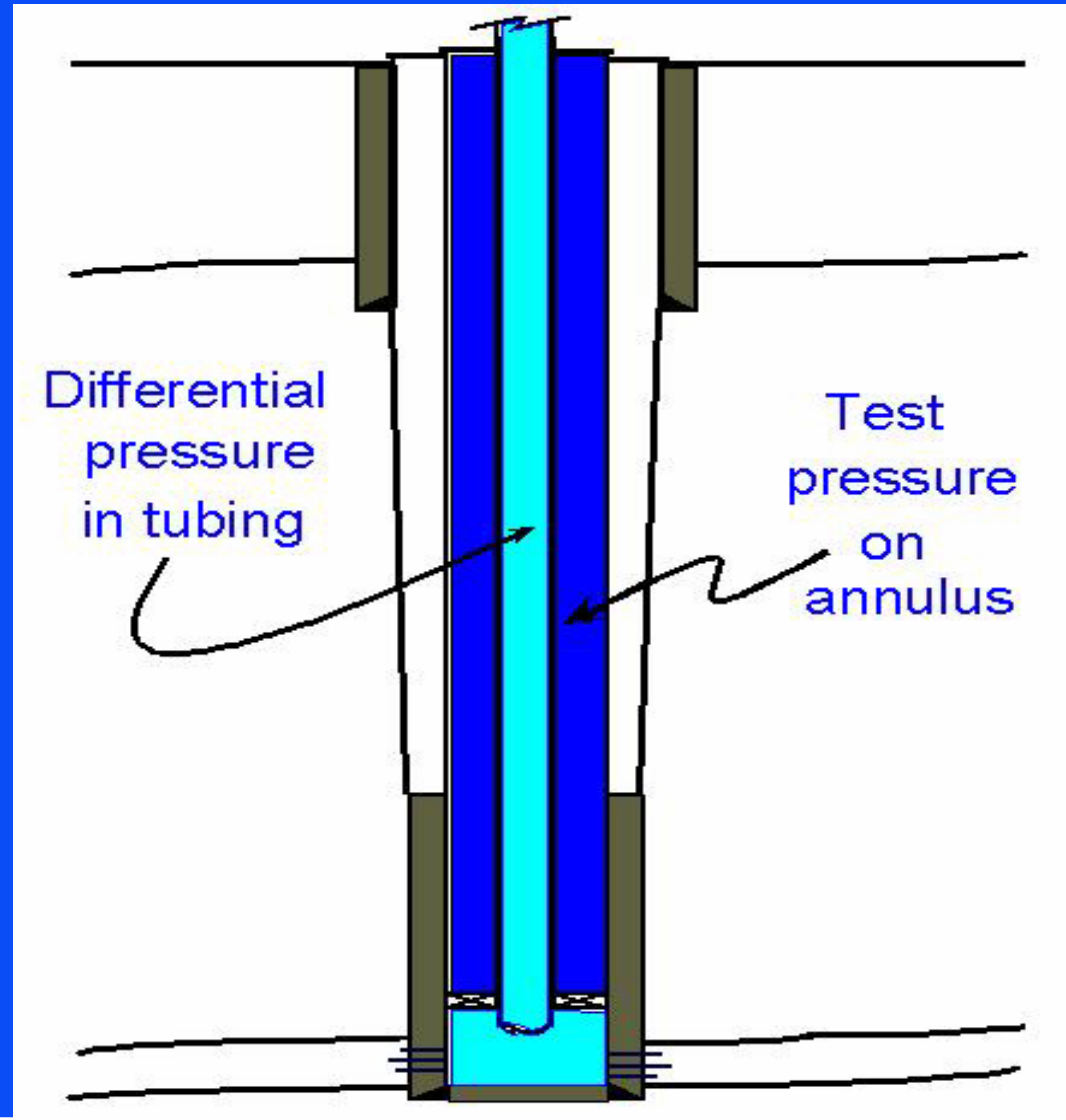
## Dụng cụ khảo sát giếng

---

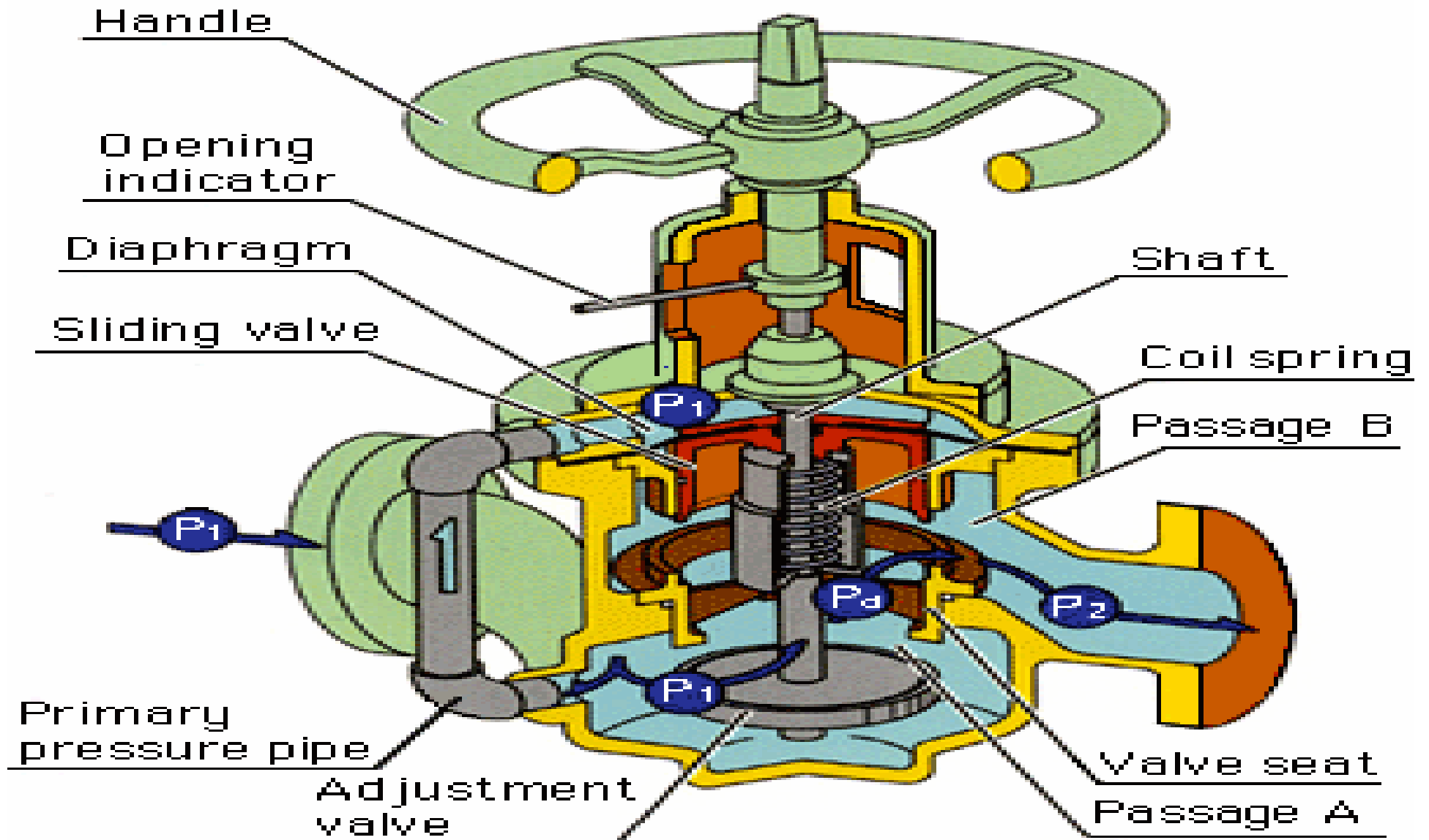
- Mục đích: Đo áp suất, nhiệt độ, lưu lượng chất lỏng trong suốt quá trình khoan - khai thác cũng như khảo sát giếng.
- Kỹ thuật nâng thả dụng cụ
- Các loại dụng cụ khảo sát giếng
  - Áp kế, nhiệt kế
  - Lưu lượng kế
- Dụng cụ lấy mẫu chuyên dụng
  - Buồng tiếp nhận mở
  - Buồng tiếp nhận đóng



# Cấu trúc giếng



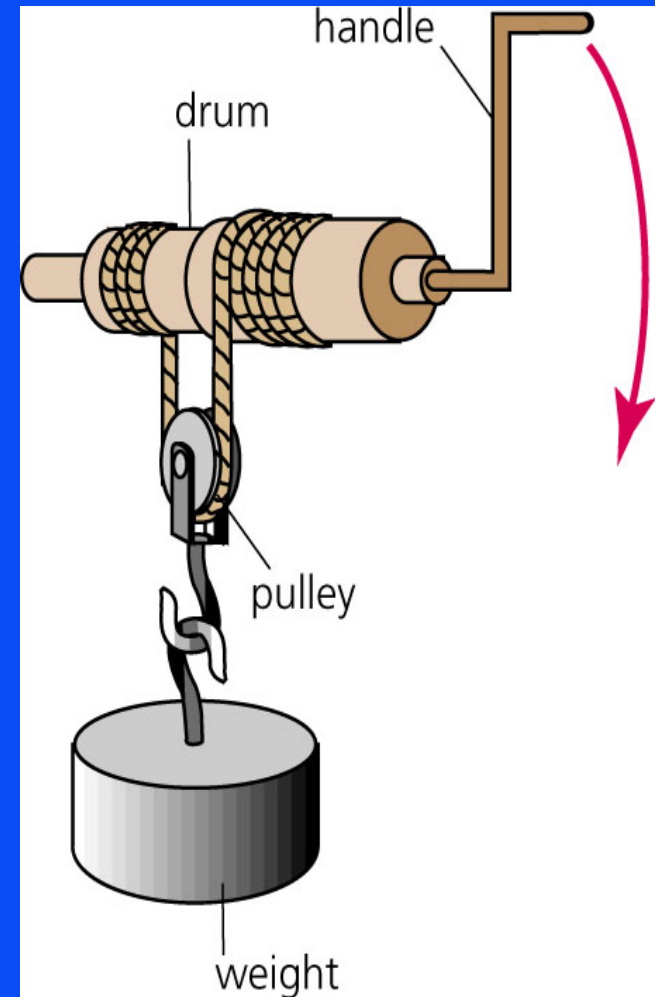
# Van tiết lưu



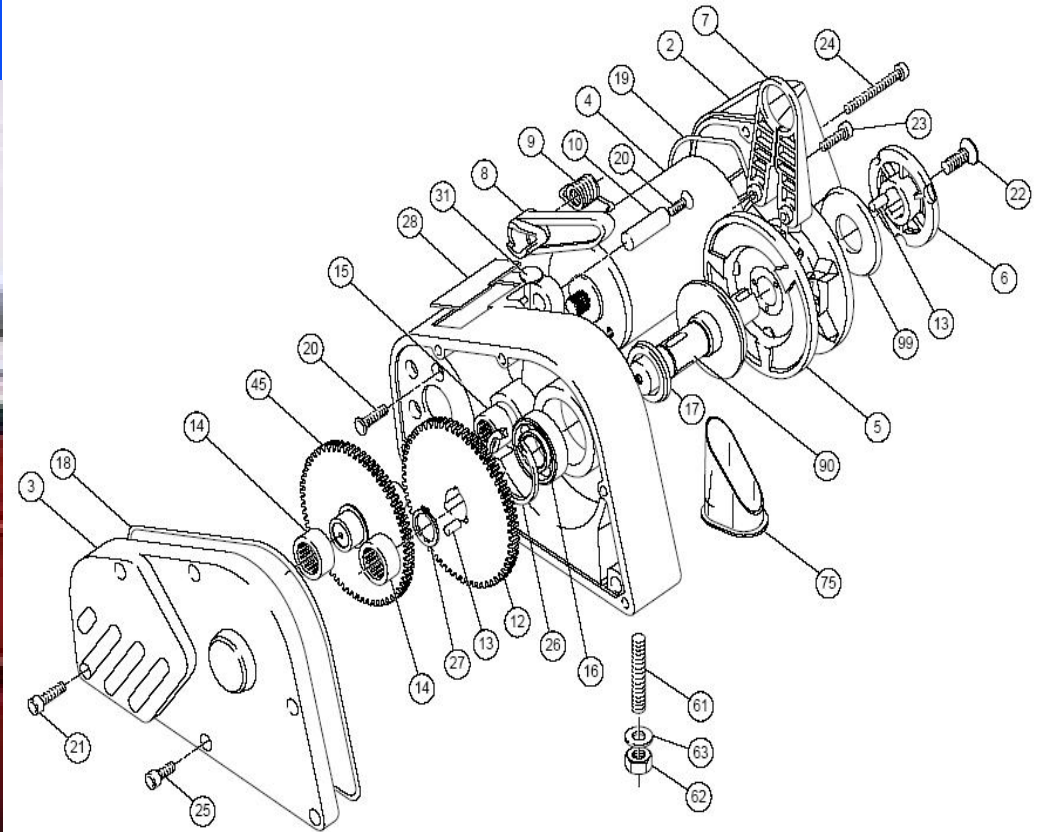
## Tời chuyên dụng

Dùng để thả các thiết bị và dụng cụ khảo sát giếng:

- Thả bằng tay
- Thả bằng máy



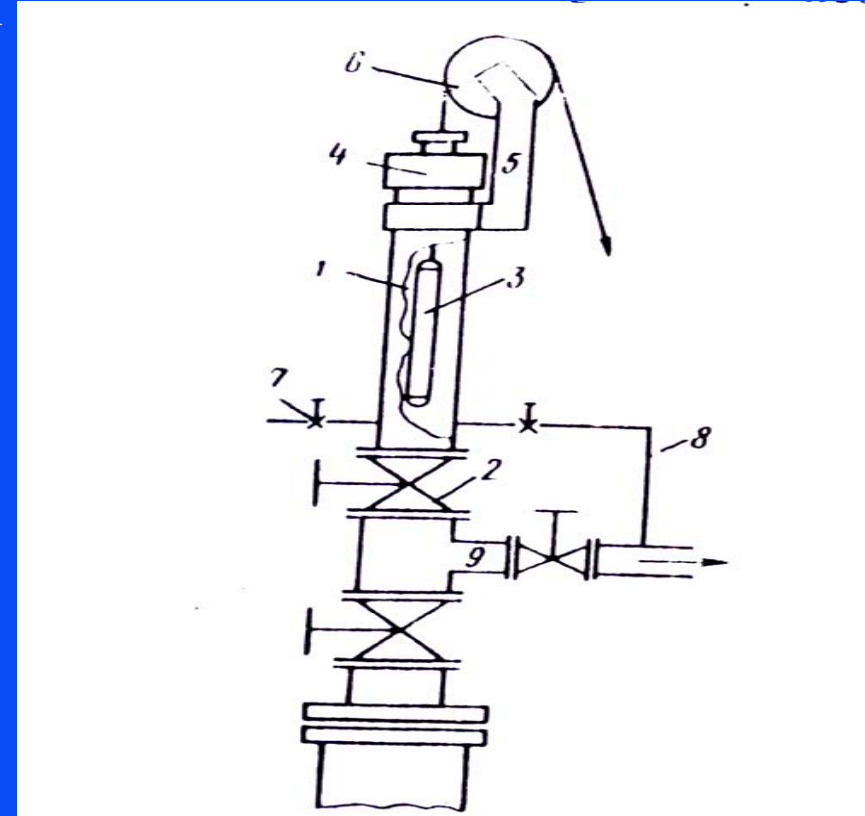
# Cấu tạo tời chuyên dụng



-Đầu miệng giếng luôn có áp suất, đôi khi rất lớn

- Dụng cụ thả vào giếng sẽ đi qua miệng giếng theo OKT nên phải đi qua một thiết bị đặc biệt gọi là lubricator. Cấu tạo gồm:

1. Thân
2. Van dầu thiết bị miệng giếng
3. Thiết bị đo
4. Thiết bị chặn
5. Tay treo
6. Con lăn định hướng
7. Van điều chỉnh
8. Ống điều chỉnh



Sơ đồ lubricator đặt trên miệng giếng

# Áp suất dầu giếng lớn

---



# Lubricator

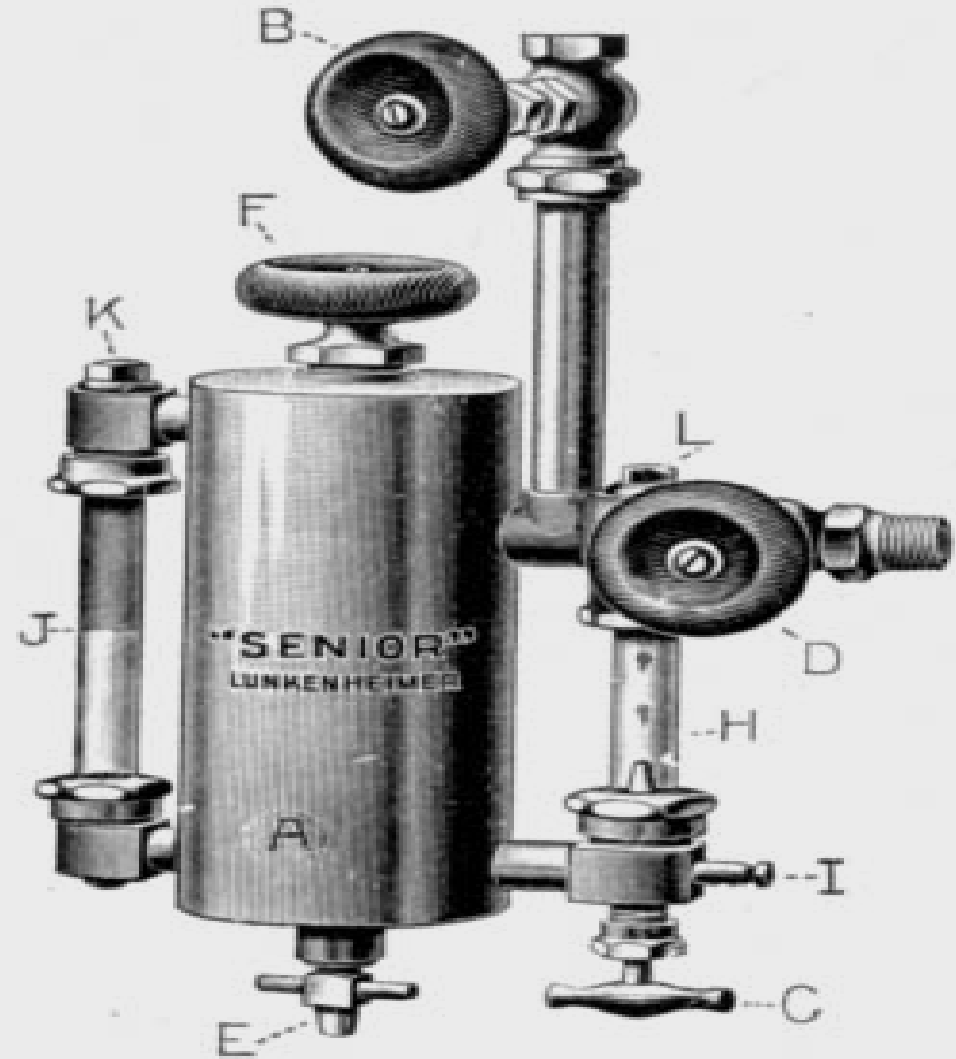
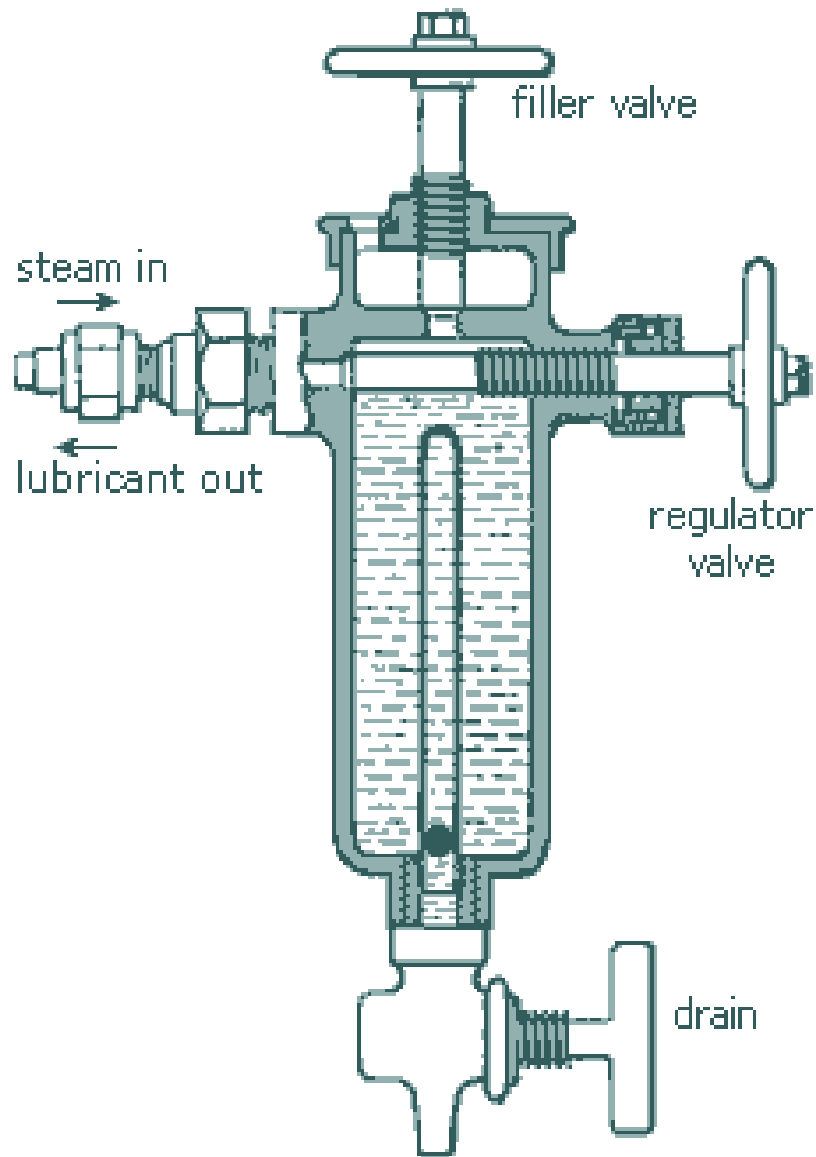


Fig. 482.

## Thả dụng cụ

---

- Sau khi đã chuẩn bị xong lubricator, mở van 2; áp suất trong giếng được điều chỉnh; sau đó thả dụng cụ đo xuống giếng
- Độ sâu thả phải được tính toán (độ dài dây cáp)
- Sau khi đo xong, kéo dụng cụ đo vào trong thân lubrator, van 2 được đóng lại, sau đó xả
- Áp suất nhờ van 7, mở nắp chắn 4 và cuối cùng kéo dụng cụ ra khỏi giếng



## Lubricator kích thước bé

- Các lubricator này dùng để thả dụng cụ đo áp suất có kích thước bé (đường kính nhỏ hơn 28mm) vào khoảng không vành xuyên của giếng khai thác bằng bơm sâu



# Áp kế và nhiệt kế

---

## Công dụng

- ✓ Đo áp suất, nhiệt độ đáy giếng phục vụ cho công tác khảo sát giếng ...

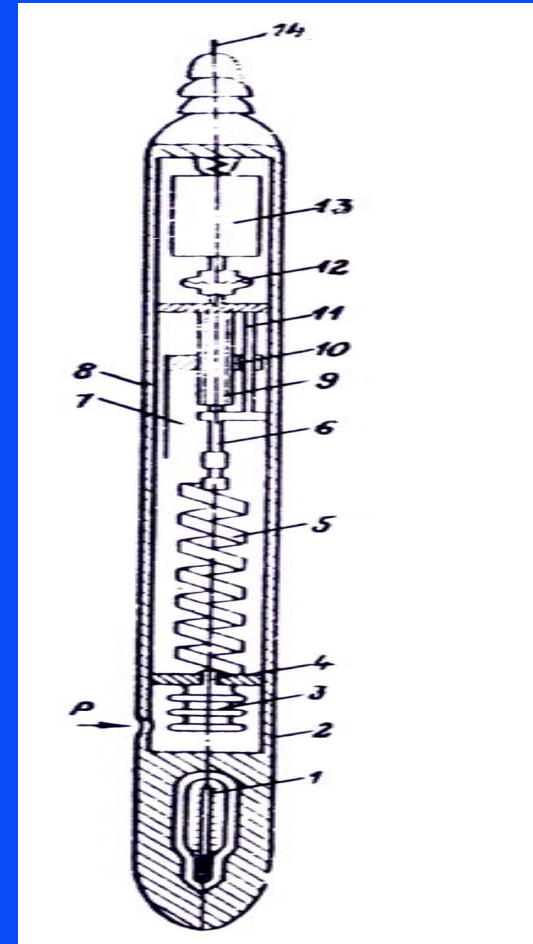
## Các áp kế cần đảm bảo các yêu cầu sau:

- ✓ Đường kính ngoài của áp kế đo sâu phải nhỏ hơn đường kính trong của OKT (thả vào trong OKT) và không làm gián đoạn khai thác trong quá trình đo
- ✓ Áp kế phải được bịt kín và chống được sự xâm nhập của chất lỏng và khí dưới tác động của áp suất cao
- ✓ Các cụm và chi tiết của áp kế, các bộ phận điện và đàn hồi nhất thiết không được thay đổi đặc tính dưới tác động của nhiệt độ
- ✓ Các chi tiết của áp kế phải được chế tạo từ vật liệu chống ăn mòn hoặc được sơn bằng lớp chống ăn mòn
- ✓ Các bộ phận nhạy của áp kế phải được bảo vệ khỏi bị hư hỏng do va đập trong quá trình thả

## Phân loại áp kế

Theo nguyên lý làm việc

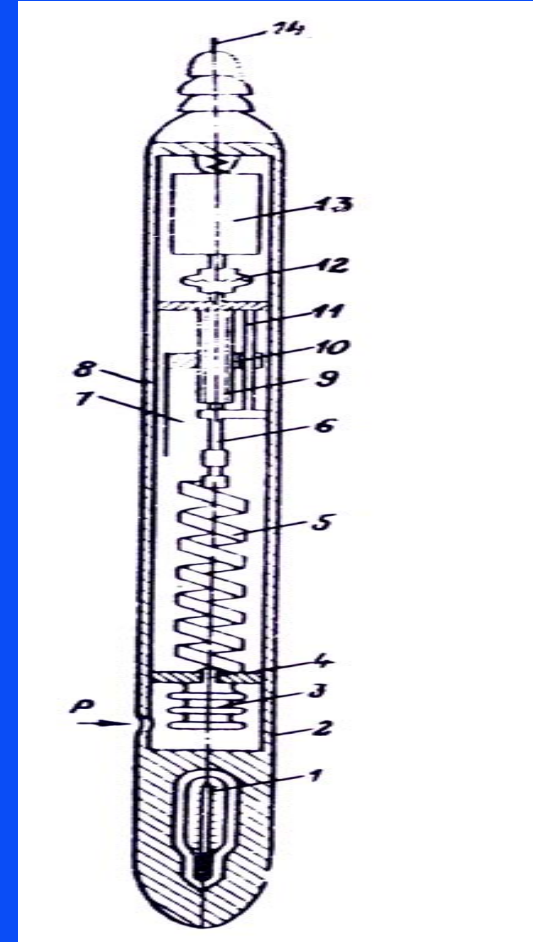
- ✓ Loại có lò xo rộng, trong đó bộ phận kích thích đàn hồi là lò xo xoắn hình ống (được dùng phổ biến để khảo sát giếng vì cấu tạo đơn giản)
- ✓ Loại có lò xo – pittong, trong đó áp suất để đo nhận được nhờ pittong nén nối với lò xo xoắn hình trụ



Sơ đồ áp kế đo sâu

# Cấu tạo

1. Nhiệt kế
2. Thân áp kế
3. Hộp xếp
4. Ống mao dẫn
5. Lò xo xoắn
6. Trục
7. Ngòi bút
8. Giá đỡ
9. Trục vít dẫn
10. Ecu dẫn động
11. Bản tựa
12. Bán khớp nối có răng
13. Đồng hồ
14. Dây cáp



Sơ đồ áp kế đo sâu

# Dụng cụ lấy mẫu chuyên dụng

---

Cấu tạo:

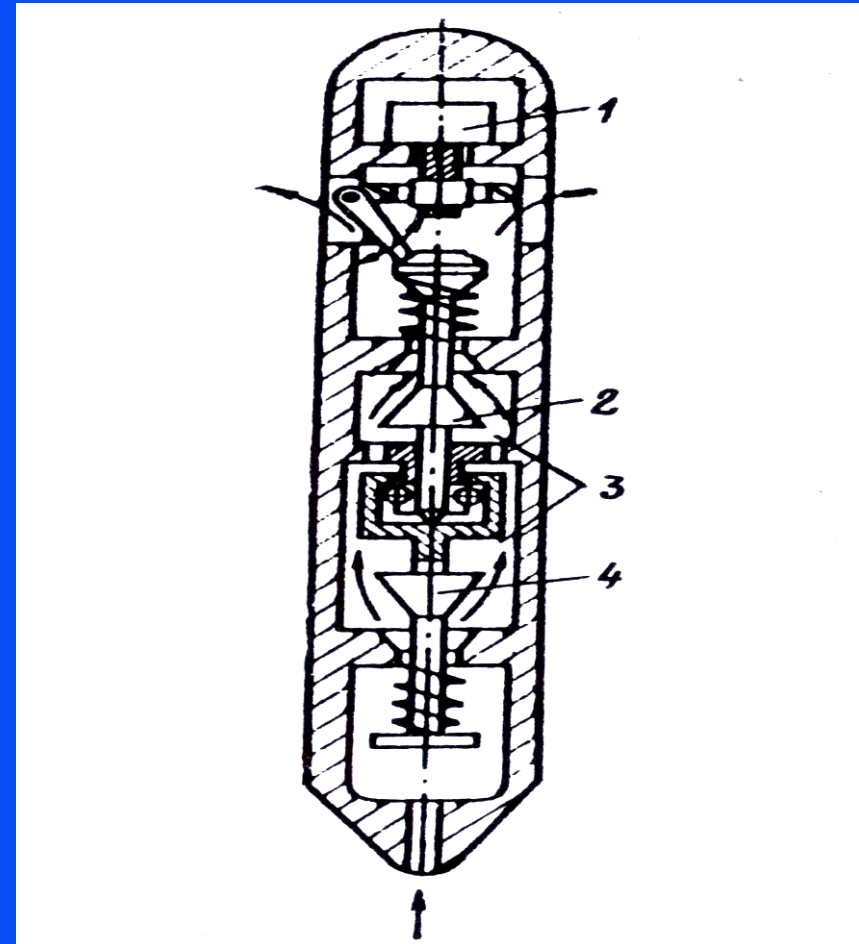
- Buồng tiếp nhận được bảo đảm độ kín để chứa mẫu chất lỏng
- ✓ Dụng cụ điều khiển để đóng hoặc mở các van của buồng tiếp nhận

Phân loại (theo nguyên lý làm việc):

- Dụng cụ lấy mẫu có buồng tiếp nhận mở trong quá trình thả
- ✓ Dụng cụ lấy mẫu có buồng tiếp nhận đóng trong quá trình thả

# Dụng cụ lấy mẫu có buồng tiếp nhận mở trong quá trình thả

- ❖ Chủ yếu dùng để lấy dầu có độ nhớt không lớn trong các giếng khai thác bằng phương pháp tự phun
- ❖ Khi thả thiết bị xuống giếng, van 2, 4 luôn mở và buồng tiếp nhận 3 được rửa nhờ dòng chất lỏng đi qua



Sơ đồ dụng cụ lấy mẫu có buồng tiếp nhận mở

## Dụng cụ lấy mẫu có buồng tiếp nhận mở trong quá trình thả

---

- Chủ yếu để lấy mẫu có độ nhớt cao và parafin lỏng mạnh trong những giếng ngừng phun
- Buồng tiếp nhận của dụng cụ này luôn đóng trong quá trình thả xuống giếng



TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM  
**KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ**

---

---

BÀI GIẢNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ

**TỐI ƯU HOÁ THỬ VỈA**

---

---

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo

Email : [lphao@hcmut.edu.vn](mailto:lphao@hcmut.edu.vn)

Tel : 84-8-8654086



- ❖ Tổng quan về thử vỉa
- ❖ Tối ưu hoá – tự động hoá thử vỉa

## LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN

---

- Muskat (1937) là người đầu tiên đưa ra lý thuyết về sự biến đổi áp suất theo thời gian với các thông số của vỉa: dùng phương pháp toán học ngoại suy áp suất giếng đo được để xác định đúng áp suất thủy tĩnh
- Miller, Dyes, và Hutchinson (MDH, 1950) đưa ra phương pháp xử lý các động thái áp suất có tính đến tính nén của lưu chất
- Horner (1951) đã đề nghị một phương pháp phân tích cơ bản nhất đối với kỹ thuật phân tích hiện đại ngày nay (lược đồ Horner )

## VỊ TRÍ CỦA KỸ SƯ VĨA

---

- Vai trò quan trọng của ngành công nghệ mỏ đã được xác lập từ năm 1970.
- Ngày nay, người kỹ sư vĩa đang giữ vị trí trung tâm trong tập hợp các ngành liên quan (mặc dù không phải lúc nào cũng được chấp nhận)
- Vai trò của kỹ sư vĩa là kết nối các dữ liệu thu được của các ngành liên quan để xây dựng nên một hình ảnh tổng quát về một vùng mỏ trước khi đưa vào khai thác để đảm bảo tính kinh tế và hiệu quả của nó.

Thử vỉa nhằm xác định các thông số:

Hệ số thấm

Hệ số skin

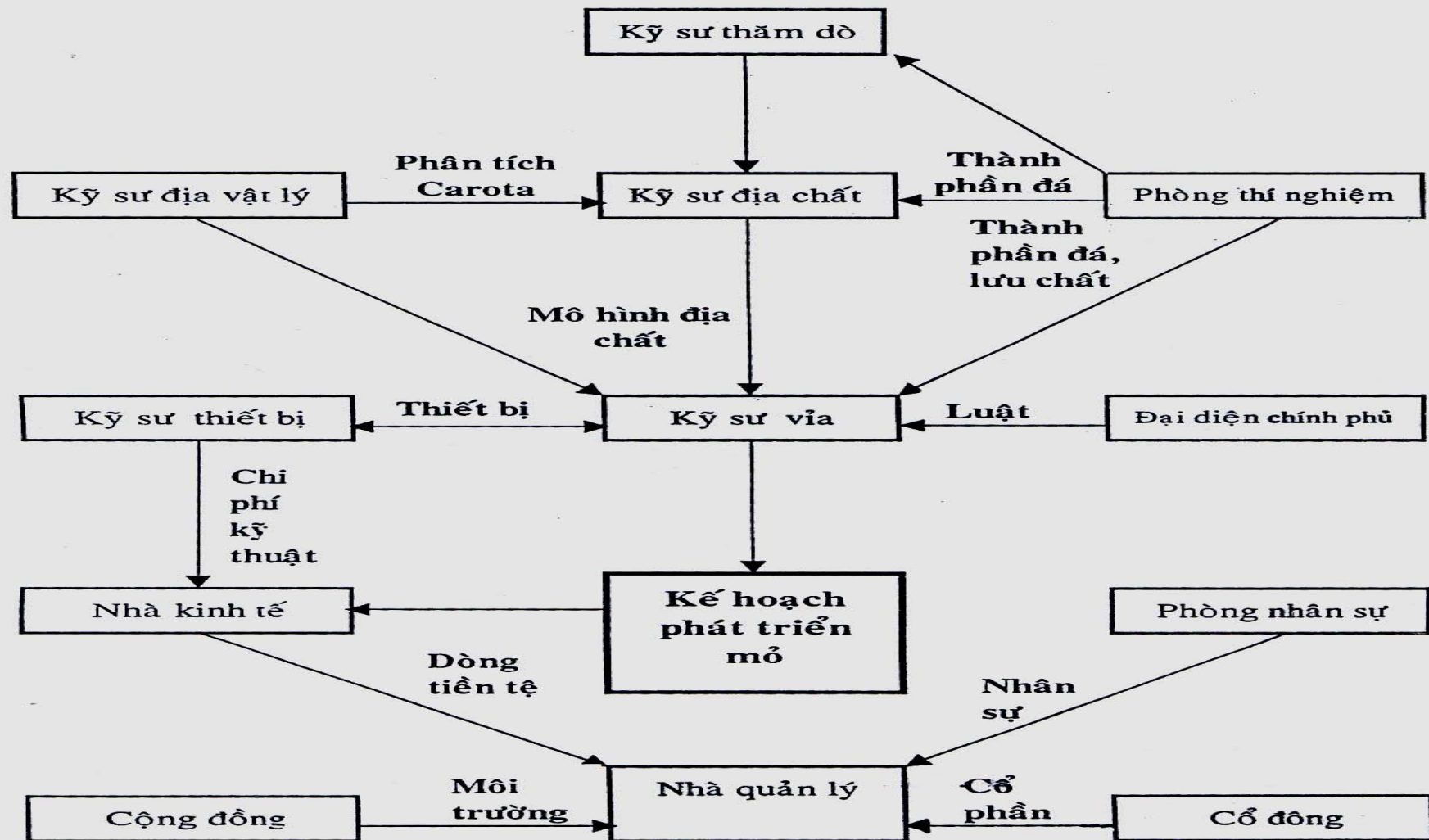
Áp suất ban đầu

Nhiệt độ vỉa

Bán kính vỉa

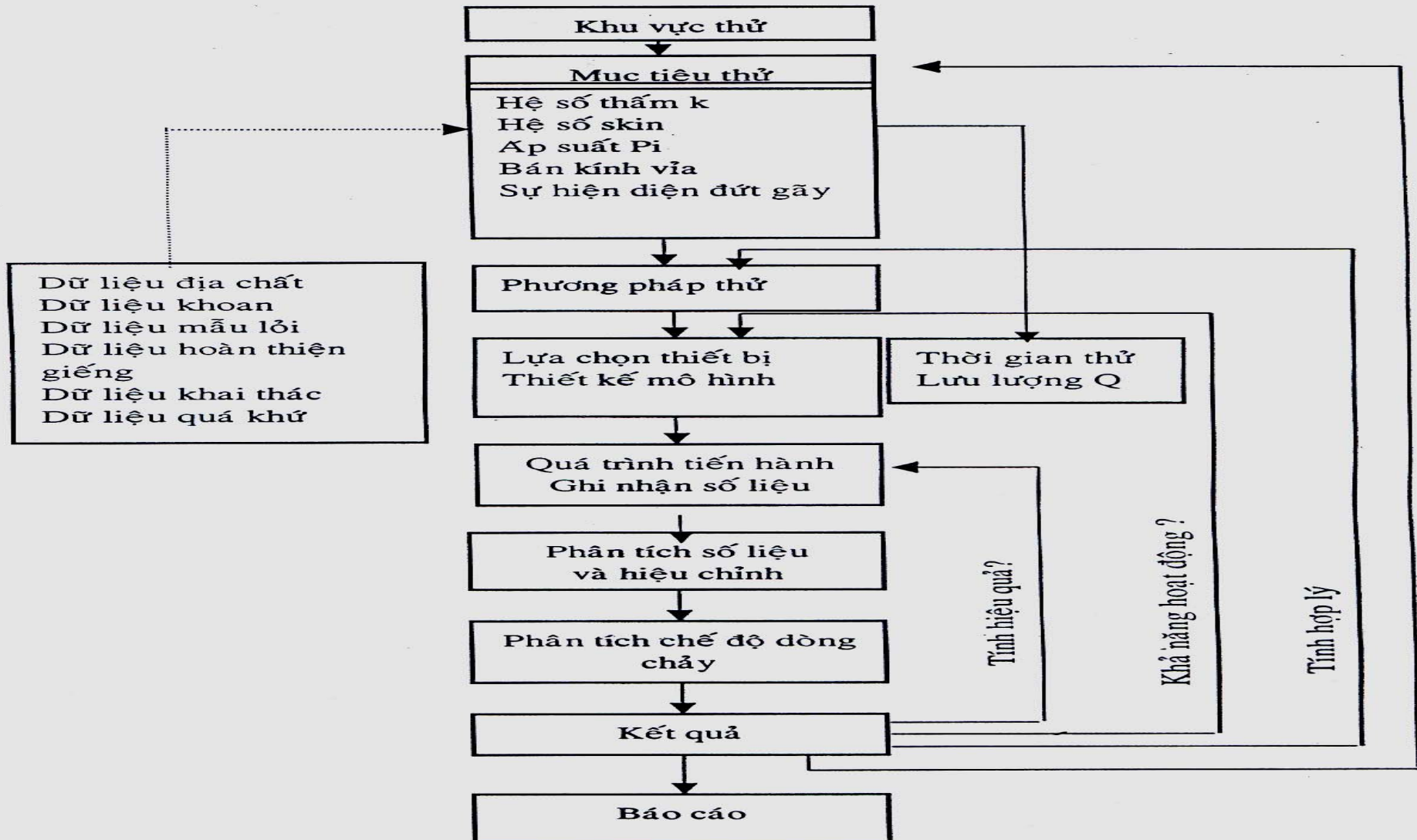
Sự hiện diện của đứt gãy

# MÔ TẢ CÔNG VIỆC



Hình 1.1: Mối quan hệ giữa ngành công nghệ mỏ với các ngành khác

## 1.3.2 Cấu trúc thử vữa



# CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN THỬ VỬA

---

- Cấu tạo địa chất
- Mức độ đồng đều của thành hệ
- Sự nhiễm bẩn thành hệ trong quá trình khoan
- Mức độ hoàn thiện giếng
- Hệ số lưu trữ của giếng
- Trang thiết bị
- Khả năng tài chính

Chú ý: Kết quả phân tích thử vữa là rất quan trọng, đòi hỏi người phân tích thử vữa phải có nhiều kinh nghiệm

# THÔNG TIN ĐẦU RA

---

Mục tiêu ngắn hạn: đối với dòng chảy hướng tâm

- Áp suất vỉa ban đầu Pi
- Độ thấm hữu dụng của lưu chất
- Chiều dày vỉa
- Hệ số skin
- Bán kính ảnh hưởng

Mục tiêu dài hạn

- Xác định thể tích lưu chất trong vỉa
- Diện tích vùng tiềm năng
- Khoảng cách từ đứt gãy (nếu có) đến giếng
- Hình dạng của vỉa
- Loại biên vỉa

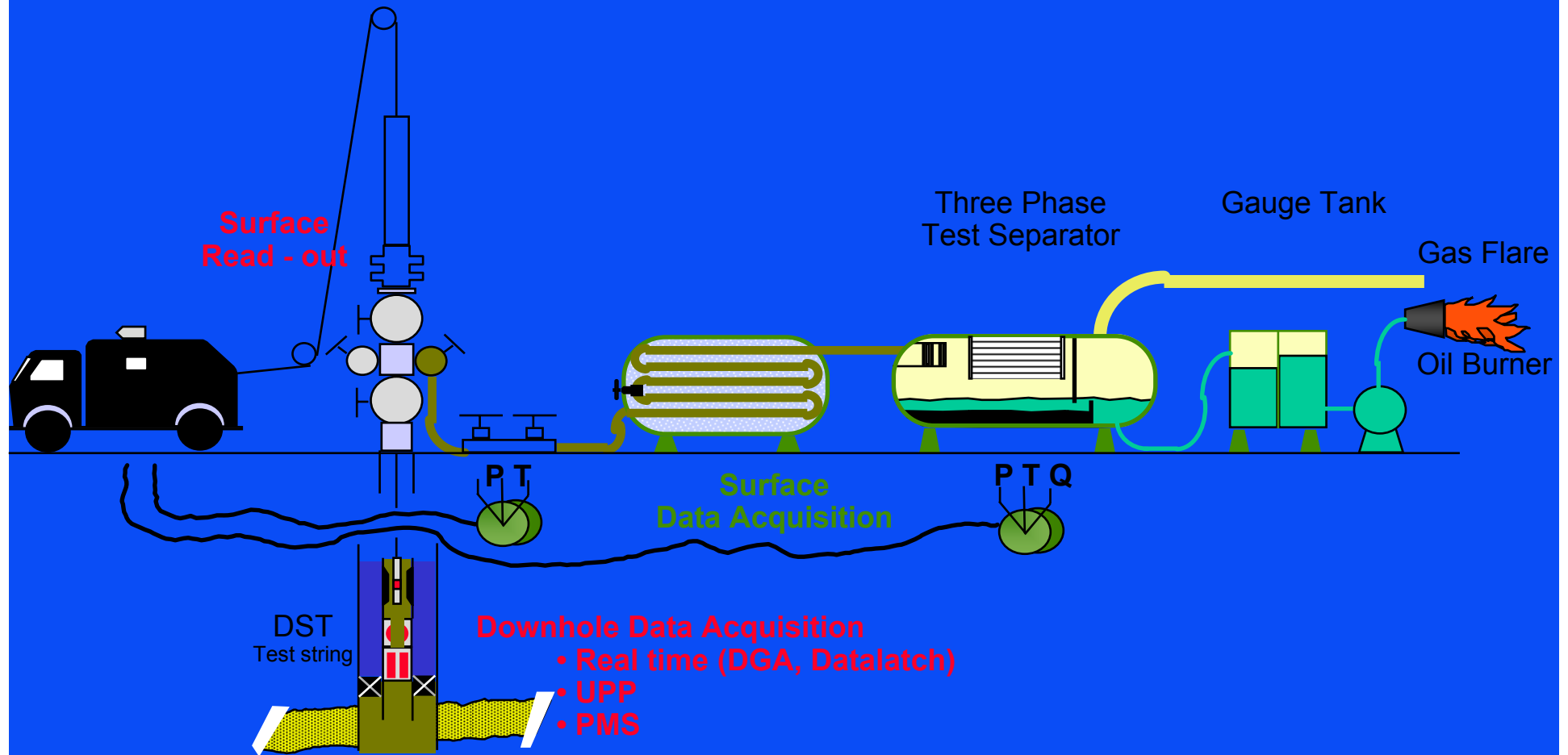


## THÔNG TIN ĐẦU VÀO

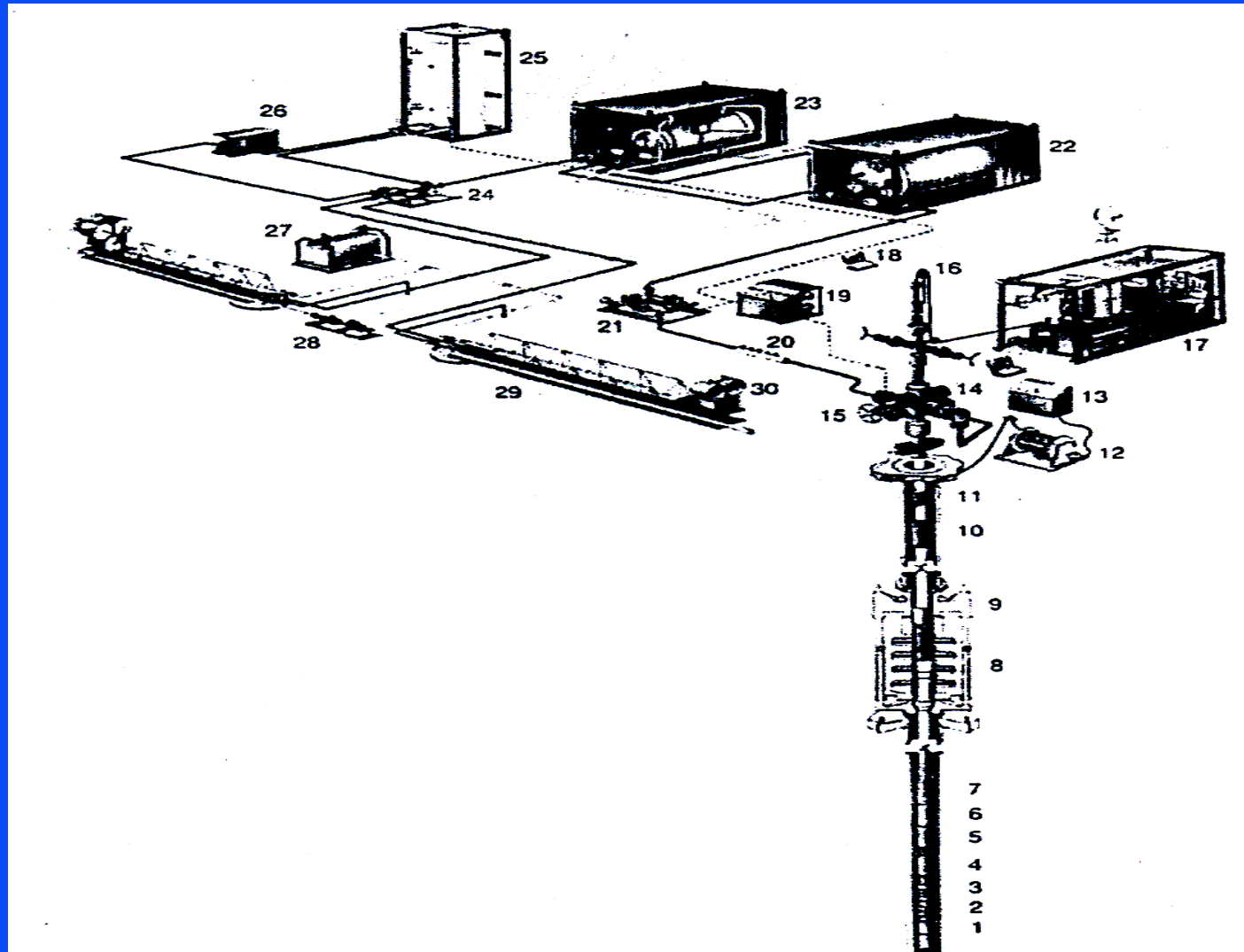
---

- Dữ liệu địa chất
- Dữ liệu khoan
- Dữ liệu mẫu lõi
- Dữ liệu địa vật lý giếng khoan
- Dữ liệu hoàn thiện giếng
- Dữ liệu khai thác (quá khứ và hiện tại)

# QUÁ TRÌNH XỬ LÝ DỮ LIỆU



# CÁC THIẾT BỊ PHỤC VỤ CHO CÔNG TÁC THỬ VĨA



## TỰ ĐỘNG HOÁ – TỐI ƯU HOÁ THỬ VỬA

---

- Mục đích của thử vữa là kiểm tra định kỳ các thông số dòng dầu nước khí cho các mục đích tính toán, lưu trữ, giám sát
- Việc thử vữa là một thử tục được ấn định (có thể một tuần một lần hoặc một tháng một lần).
- Quá trình thử vữa bằng tay có thể gây ra những lỗi không mong muốn hoặc kết quả không chắc chắn. Đôi khi giếng được thử khi chưa cần thiết, dụng cụ thử vữa không phù hợp, độ chính xác không cao
- Kết quả thử vữa có thể tốt hoặc xấu, thậm chí không đáng tin cậy

## CÂU HỎI ĐẶT RA KHI THỬ VỎ

---

- Khi nào thì giếng cần được thử lại? Có vài giếng được kiểm tra thường xuyên, vài giếng được chưa được thử đủ như yêu cầu, vậy đâu là chuẩn mực?
- Cơ sở đảm bảo chất lượng các kết quả thử vữa?
- Cần làm gì để tự động hóa hoàn toàn quá trình thử vữa, xác định giếng cần thử, tự động thử giếng, giảm thời gian và đánh giá kết quả thử, xác định giếng cần thử tiếp.

# CÁC THIẾT BỊ ĐO THỜI GIAN THỰC

---

Các hệ thống thiết bị đo xa dùng để truyền tín hiệu từ các giếng đến phòng điều khiển. Các hệ thống này là tổ hợp của:

- Remote terminal units (RTU)
- Supervisory control and data acquisition system (SCADA)
- Distributed control system (DCS)
- Lịch sử dữ liệu

## TẦN SUẤT THỬ VỎ

---

- Một cách lý tưởng, các giếng cần được thử liên tục (cần lắp đặt các bình tách thử vỏ hay thiết bị đo đa pha cho mỗi giếng). Đây là điều không thể xét về mặt kinh tế (thiết bị đắt tiền, chi phí bảo trì).
- Nhiều giếng cùng dùng chung một thiết bị tách và các giếng được thử định kỳ.
- Giếng được thử khi có những thay đổi đáng kể về các thông số. Vậy làm sao nhận biết những tính chất của dòng chảy trong vỏ thay đổi?
- Những kỹ thuật hiện đại cho phép dự đoán liên tục về dòng chảy trong vỏ phục vụ cho việc giám sát và tính toán thông qua các thiết bị thương mại có giá thành thấp. Điều này giúp ta xác định khi nào một giếng cần phải được thử

# THỬ VỬA VÀ QUÁ TRÌNH ỔN ĐỊNH TÍNH TOÁN

---

- Cần một khoảng thời gian để ổn định các giá trị của dòng chảy từ vừa đến bình tách
- Khoảng thời gian này gọi là quá trình ổn định tính toán.
- Ngoài ra cũng cần xóa các vết tích của lần thử trước.
- Khi đã đạt được giá trị ổn định cần thiết, quá trình tính toán thử vừa bắt đầu



## KPI'S (Key Performance Indicators )

---

KPI's (chỉ số hoạt động chính) có hai mục đích:

- Ngắn hạn: xác định các vấn đề trong khi thử vỉa và khoảng thời gian cho phép chỉnh sửa ở mức độ trung bình
- Dài hạn: xác định các xu hướng mang tính hệ thống trong việc thử vỉa

## SHORT TERM KPI'S

---

Thời điểm tốt nhất để phát hiện các sai lệch so với qui định chuẩn là khi người điều hành vẫn còn ở địa điểm thử để có thể hiệu chỉnh kịp thời. Ví dụ: khi tiến hành thử giếng không phù hợp (điều này rất hay xảy ra ở khu vực có nhiều giàn tập trung, nhiều hoạt động cùng lúc xảy ra) KPI's dùng được để cảnh báo thông tin cho người điều hành tại giàn để có những thay đổi kịp thời

## LONG TERM KPI'S

---

KPI's có thể được dùng để xác định hoạt động thử vỉa trong một thời gian dài. KPI's chỉ ra các đợt thử vỉa mà kết quả không được như mong muốn: giá trị thu được không đáng tin cậy, thiếu thông tin.

# PHẦN MỀM ỨNG DỤNG

## HOẠT ĐỘNG

---

- Thiết bị quan sát dòng chảy Fieldware – dự đoán liên tục dòng chảy chất lỏng vỉa
- Thu thập tín hiệu từ thiết bị cảm ứng DP (DP cell) trên đường dòng chảy, đưa ra dự đoán liên tục dòng chảy chất lỏng trong vỉa. Giá trị trung bình DP được hiệu chỉnh theo giá trị chính xác nhất và mới nhất, mô hình tính toán trực tuyến được dùng để thu các giá trị dòng chảy chất lỏng trong vỉa- tương tự như thử vỉa ở pha lỏng liên tục.
- Tín hiệu DP được thu bởi DCS, SCADA, hệ thống lịch sử dữ liệu và sau cùng hiển thị trên màn hình.
- Thiết bị mô hình này gọi là FieldWare Flow Monitor .

## HOẠT ĐỘNG

---

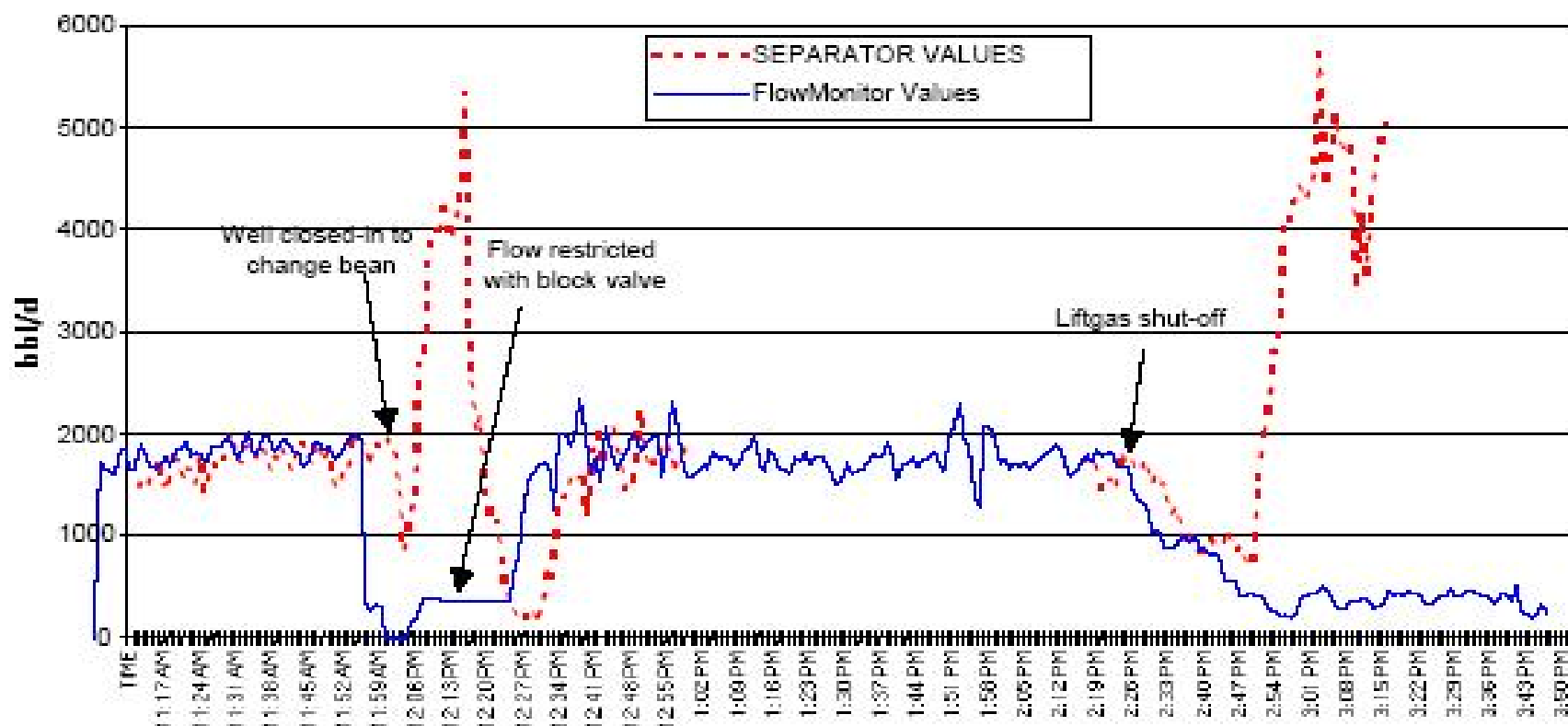
- Dòng chảy chất lỏng thu được dùng ước đoán thời điểm dòng chảy trong vỉa thay đổi đáng kể, chỉ ra khi nào cần tiến hành thử vỉa. Kinh nghiệm cho thấy: có những giếng có độ ổn định rất cao, sự giảm áp xảy ra rất chậm nên không cần tiến hành thử vỉa thường xuyên và ngược lại.
- Việc dự đoán này cũng chỉ ra khi nào giếng ngưng khai thác hay sản lượng thấp hơn mong đợi.

## CÁC TIỆN ÍCH

---

- Các tiện ích mang lại bao gồm:
- Nâng cao khả năng giám sát giếng và tăng sản lượng tương ứng
- Nâng cao khả năng tính toán lượng dầu khí do xác định chính xác hơn thời điểm giếng ngừng/bắt đầu giảm sản lượng
- Nâng cao hiệu quả kích thích vỉa
- Nâng cao khả năng ước lượng trữ lượng vỉa

## Trial Results for Well 2



Biểu đồ ghi dòng chất lưu của cùng 1 giếng, cùng 1 thời điểm bằng 2 phương pháp: thiết bị bình tách thử vỉa (đường đỏ), thiết bị quan sát dòng chảy (đường xanh)



## SỰ KHÁC BIỆT

---

Qua những gì thể hiện (giống với dự đoán) sự dao động trong cả 2 phương pháp là khá giống nhau. Trừ 1 điểm khác biệt, đó là khi giếng bị đóng đột ngột (khi làm thí nghiệm) thiết bị quan sát dòng chảy mô tả chính xác sản lượng là 0, trong khi đó, thiết bị thử vỉa chỉ mới bắt đầu giảm nhưng trị số vẫn còn rất cao

## LỢI ÍCH TIỀM NĂNG

---

- Tăng tính an toàn: trong nhiều trường hợp, các cuộc thử vỉa được tiến hành như mong đợi. Khi đó, quá trình thử vỉa được tự động hoá, rút ngắn thời gian. Chính điều này làm giảm thiểu các nguy hiểm do vận hành thiết bị cũng như do vị trí tiến hành.
- Làm giảm công sức – cho một kết quả tốt hơn: FW làm giảm số lần thử vỉa vì khi một giếng nào đó được thử- quá trình thử vỉa chắc chắn đảm bảo tiến hành đúng quy cách và cẩn trọng nhất có thể thông qua sự trợ giúp từ phòng điều khiển, giám sát từng quá trình leak-off test để đảm bảo đầu ống nối không bị lò rỉ. Tất cả những điều trên quyết định 1 kết quả tối ưu cho việc thử vỉa. PV đưa ra những dự đoán liên tục về dòng dầu, nước và khí. FM cho ta dự đoán về dòng chất lỏng: ít tốn công sức hơn nhưng hiệu quả vượt trội cho những lần thử vỉa.

## LỢI ÍCH TIỀM NĂNG

---

- Số lần thử vỉa giảm (chi phí đi lại cho việc thử vỉa giả, số lần thí nghiệm giảm, giảm số công việc trong phòng thí nghiệm, giảm thiểu các kết quả thiếu chính xác).
- Cải thiện chất lượng thử vỉa nhờ chỉ số KPI kiểm soát chất lượng thử vỉa liên tục giúp:

*Xác định, đánh dấu sớm các rắc rối xảy ra trong thử vỉa*

*Nhanh chóng xác nhận tính hợp lệ của thử vỉa*

- Đưa ra quyết định tốt hơn do có thông tin tốt hơn: Việc tính toán chính xác lượng dầu khí và kích thích vỉa là những thông số đầu vào ra quyết định chính xác vị trí khoan tiếp, tính toán trữ lượng và hệ số thu hồi
- Tăng cường tận dụng các thiết bị thử vỉa
- Giảm chi phí thiết bị, bảo trì, diện tích sàn: giảm thời gian trì hoãn tiến hành thử vỉa.

# KẾT LUẬN

---

- ❖ FW cho phép tối ưu hoá quá trình thử vỉa:
- ❖ Giảm số lần thử vỉa => giảm chi phí và tăng tính an toàn cho giếng
- ❖ Tăng chất lượng thử vỉa: tính sản lượng dầu khí, kích thích vỉa chính xác
- ❖ Giảm các thiết bị đắt tiền



TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM  
**KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ**

---

## BÀI GIẢNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ

### *CÔNG NGHỆ DUY TRÌ ÁP SUẤT VĨA*

---

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo

Email : [lphao@hcmut.edu.vn](mailto:lphao@hcmut.edu.vn)

Tel : 84-8-8654086

- Mục đích
- Phương pháp
- Duy trì áp suất vỉa bằng bơm ép nước
- Sơ đồ các giếng bơm ép
- Kết luận

## Mục đích

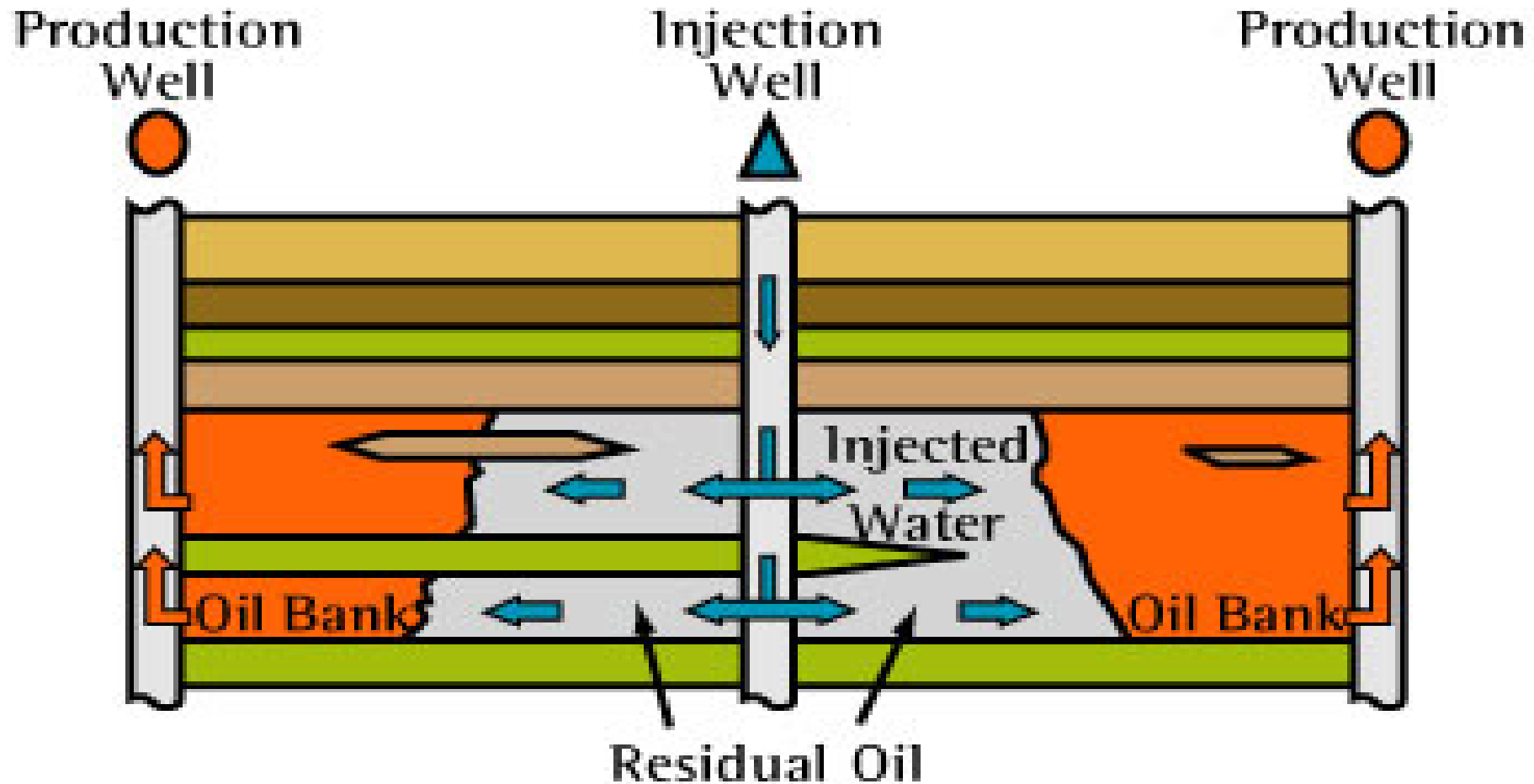
- Nâng cao lưu lượng khai thác
- Nâng cao hệ số thu hồi dầu

## Phương pháp

- Duy trì áp suất vỉa bằng bơm ép nước
- Duy trì áp suất vỉa bằng bơm ép khí

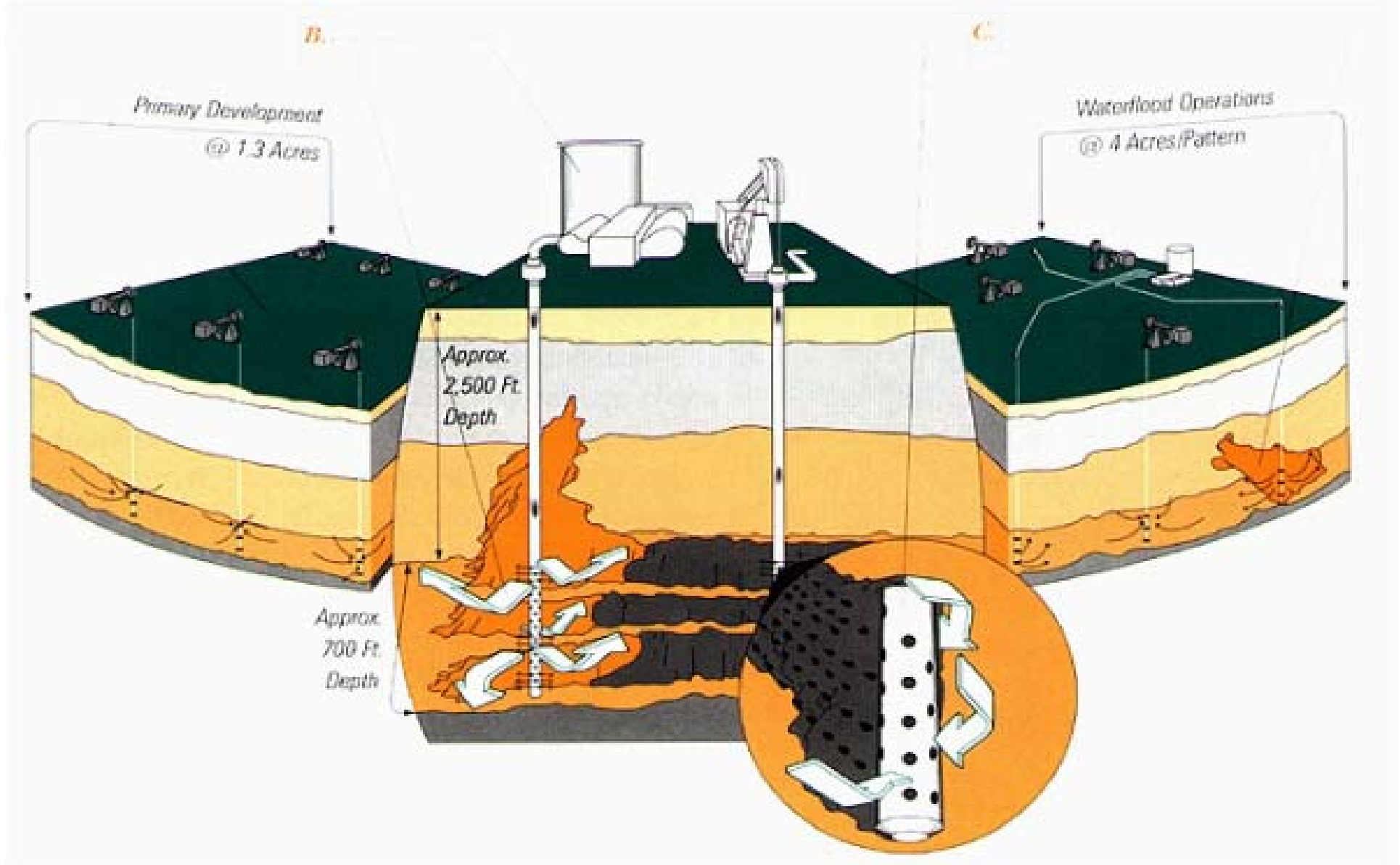
## Waterflood

### Cross Sectional View

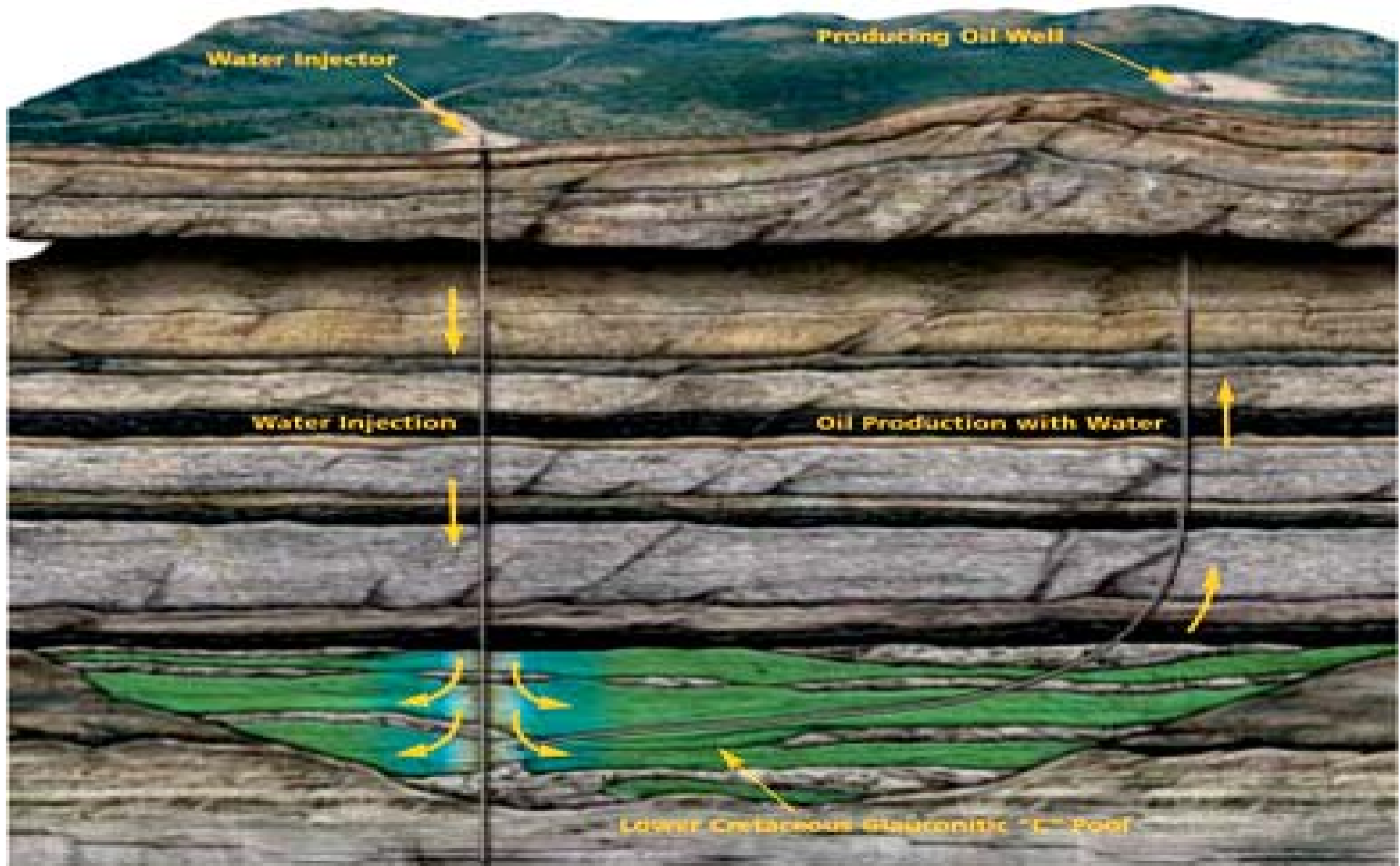




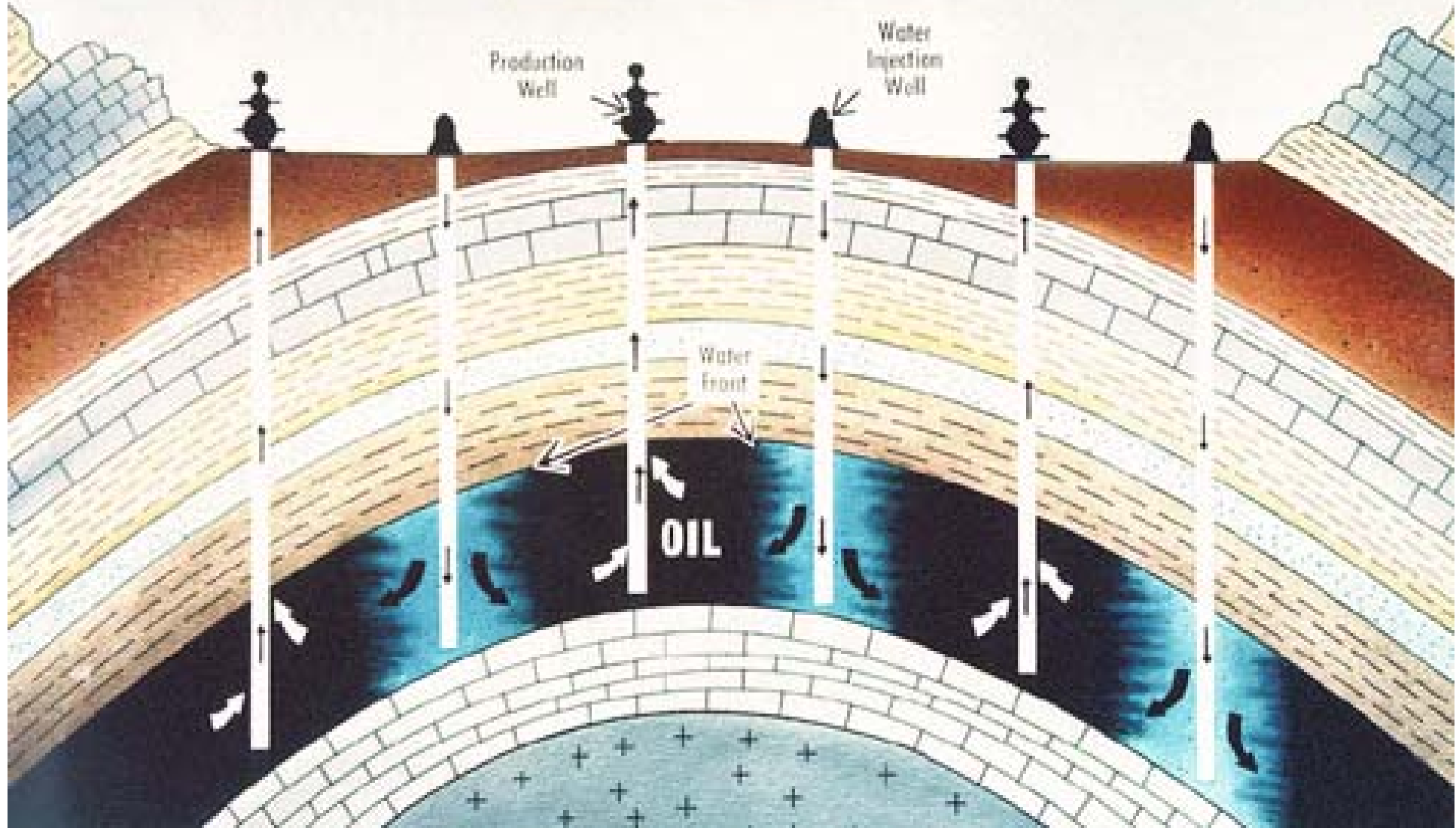
# DUY TRÌ ÁP SUẤT VĨA BẰNG BƠM ÉP NƯỚC



# DUY TRÌ ÁP SUẤT VĨA BẰNG BƠM ÉP NƯỚC



## WATER FLOODING



# ĐIỀU KIỆN ÁP DỤNG

---

Nước được bơm ép trong những trường hợp sau:

- Vỉa đồng nhất, không có khe nứt lớn
- Dầu có độ nhớt không lớn

# CƠ SỞ LÝ THUYẾT

---

Lượng nước bơm ép ít nhất phải bằng lưu lượng khai thác và được tính bằng công thức:

$$Q_{H_2O}^0 B_{H_2O} = (Q_d B_d + Q_{H_2O}^p B_{H_2O}^p + Q)K$$

Trong đó  $Q_{H_2O}^0$ : Lưu lượng nước bơm ép

$Q_d$ : Lưu lượng dầu khai thác

$Q_{H_2O}^p$ : Lưu lượng nước khai thác

$Q$ : Lưu lượng nước bị tổn hao ngoài vỉa

$K$ : Hệ số mất mát phụ thuộc vào tình trạng khai thác mỏ (1 - 1.35)

$B_{H_2O}, B_{H_2O}^p$ : Hệ số thể tích nước bơm ép và nước khai thác

$B_d$ : Hệ số thể tích dầu thành hệ (1 - 1.4)

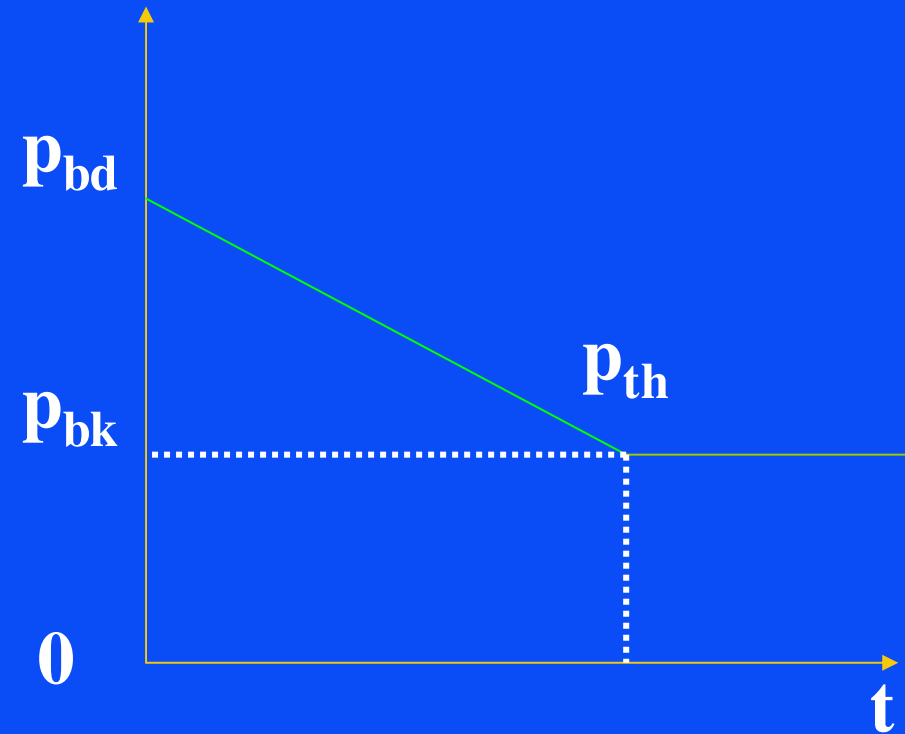
# THỜI ĐIỂM BƠM ÉP NƯỚC

---

- Trong khai thác dầu khí nên duy trì áp suất vỉa lớn hơn áp suất điểm bọt khí ( $p_{bk}$ ), nếu chỉ số này thấp hơn áp suất điểm bọt khí thì khả năng thu hồi dầu sẽ thấp
- Cần phải tiến hành bơm ép nước một thời gian khai thác, khi áp suất vỉa giảm đến áp suất  $p_{th}$  nào đó
- Khi  $p_{th}$  lớn hơn nhiều so với  $p_{bk}$  dù lượng nước bơm vào thấp hơn lượng sản phẩm khai thác nhưng lưu lượng khai thác dầu vẫn cao
- Khi  $p_{th}$  nhỏ hơn  $p_{bk}$ , buộc phải bơm ép mạnh, dễ dẫn đến nguy cơ vỡ vỉa và ngập nước các giếng khai thác

# THỜI ĐIỂM BƠM ÉP

Hiệu số  $p_{bk} - p_{th}$  phải  
nằm trong một giới hạn  
cho phép



*Áp suất vỉa giảm theo thời  
gian  $t$  đến áp suất  $p_{th} > p_{bk}$*

# SƠ ĐỒ BỐ TRÍ CÁC GIẾNG BƠM ÉP

---

- Các giếng bơm ép bố trí ngoài vỉa chứa dầu
- Các giếng bơm ép bố trí trên ranh giới dầu - nước
- Các giếng bơm ép nằm trong ranh giới dầu - nước



# BƠM ÉP NGOÀI RANH GIỚI DẦU NƯỚC

---

- Nước được bơm ép vào vỉa qua những giếng bơm ép được bố trí phía ngoài, cách ranh giới dầu nước từ 800m-1500m

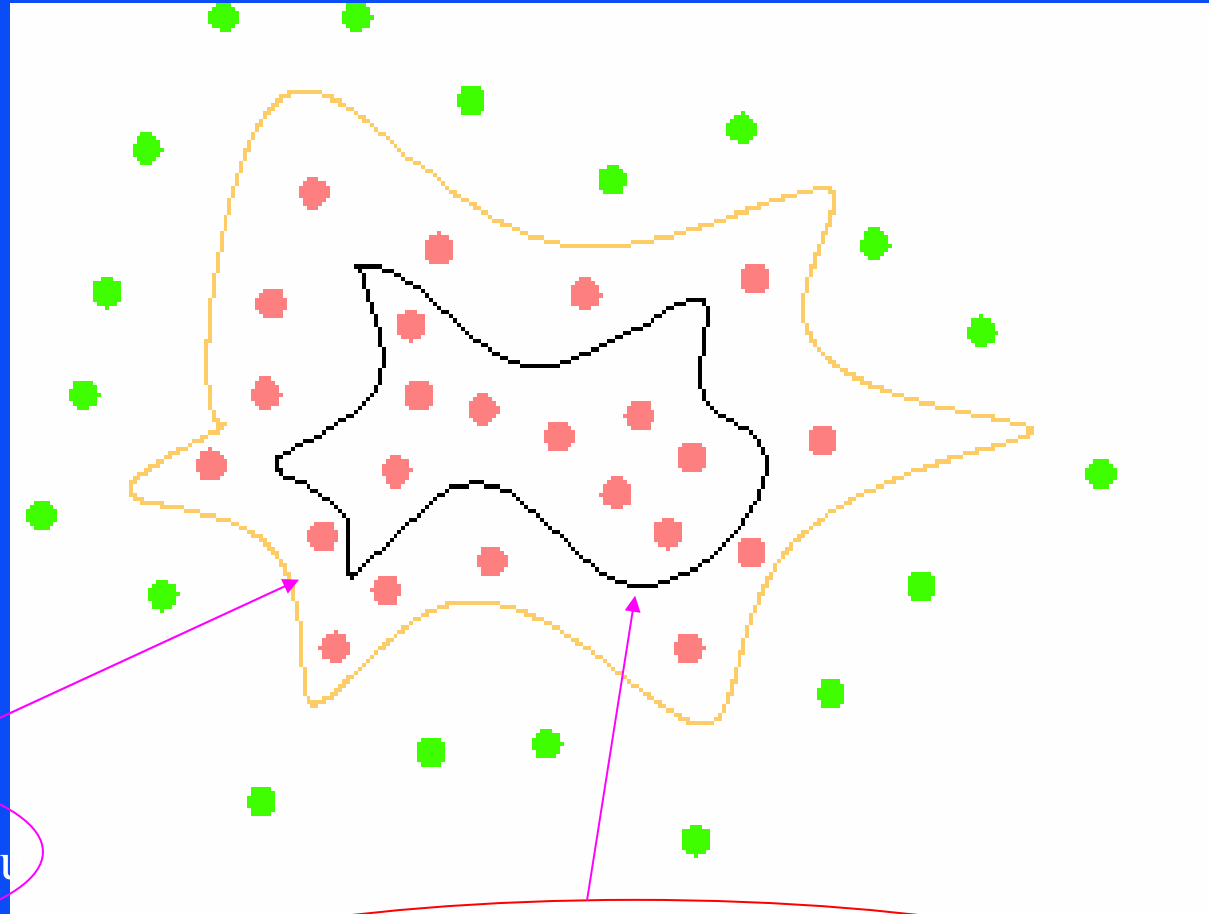
Sơ đồ bố trí này được áp dụng cho vỉa:

- Mối liên hệ thủy động lực tốt
- Không bị đứt gãy
- Kích thước vỉa không lớn
- Vỉa đồng nhất về chiều dài cũng như diện tích

# BƠM ÉP NGOÀI VĨA CHỨA DẦU

Giếng bơm ép ●

Giếng khai thác ●



Ranh giới dầu nước ban đầu

Ranh giới dầu nước sau thời gian khai thác t

## ❖ Ưu điểm

- Tác động đều lên vỉa
- Tránh được sự hình thành lưỡi nước

## ❖ Nhược điểm

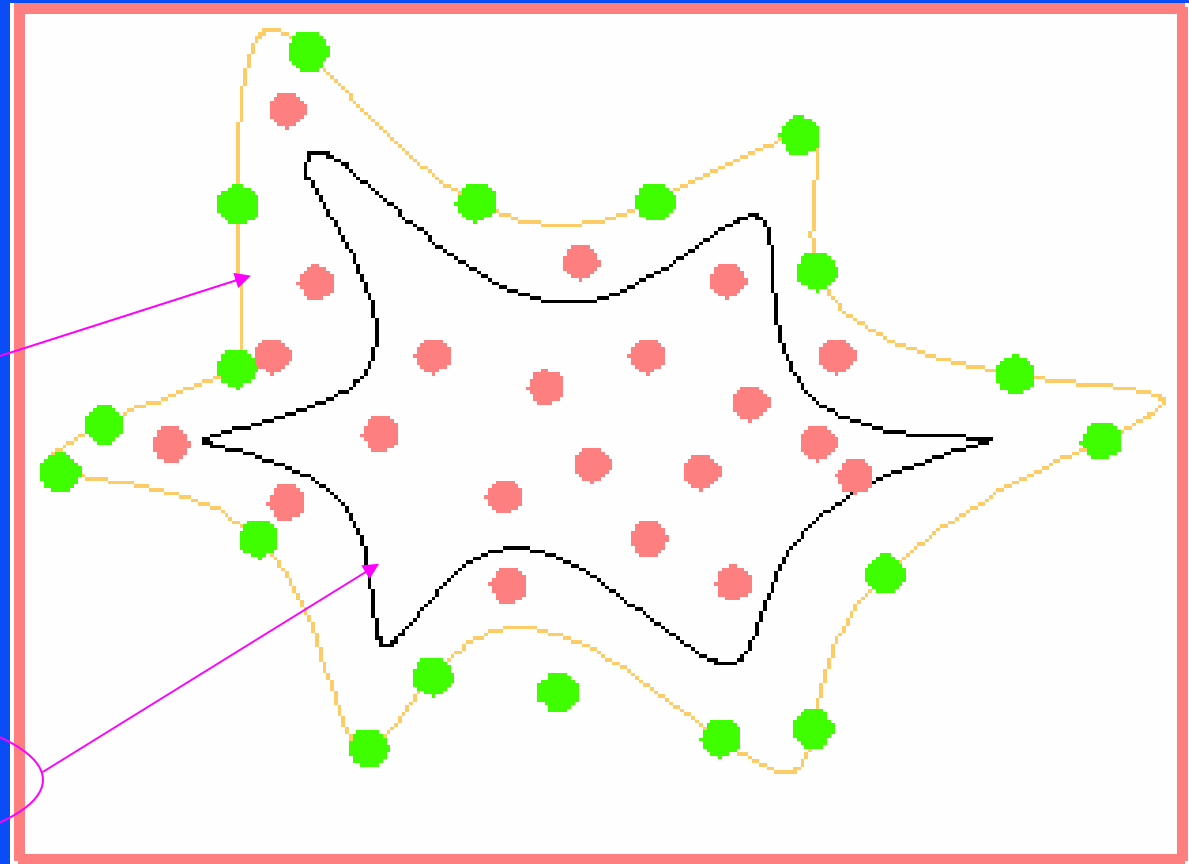
- Tổn thất năng lượng lớn
- Sự tác động lên vỉa chậm, đặc biệt các giếng ở vùng trung tâm mỏ
- Tổn thất lượng nước bơm ép lớn

# GIẾNG BƠM ÉP BỐ TRÍ TRÊN RANH GIỚI DẦU - NƯỚC

Giếng bơm ép ●  
Giếng khai thác ●

Ranh giới dầu nước ban đầu

Ranh giới dầu nước sau  
thời gian bơm ép t



# GIẾNG BƠM ÉP BỐ TRÍ TRONG RANH GIỚI DẦU - NƯỚC

---

Sơ đồ bố trí kiểu này thường được sử dụng cho vỉa:

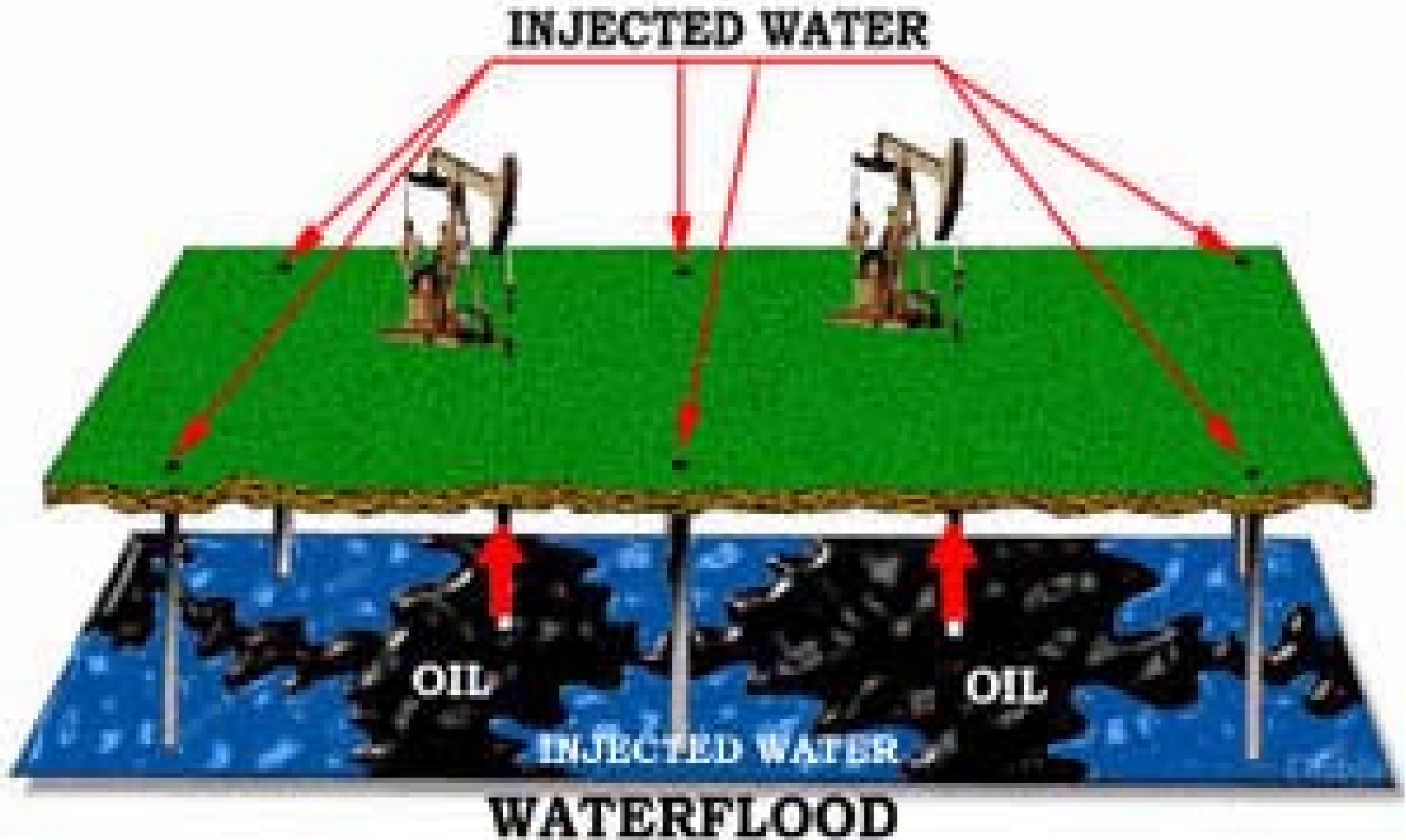
- Mối liên hệ thủy động giữa vỉa và vùng ngoài ranh giới kém
- Kích thước vỉa dầu tương đối nhỏ

Nhược điểm kiểu bố trí này:

- Dễ hình thành các lưỡi nước
- Tổn thất nước bơm ép ra ngoài ranh giới lớn

Vì vậy trong quá trình khai thác cần phải chú ý điều chỉnh lưu lượng nước bơm ép

# SỰ HÌNH THÀNH LƯỚI NƯỚC

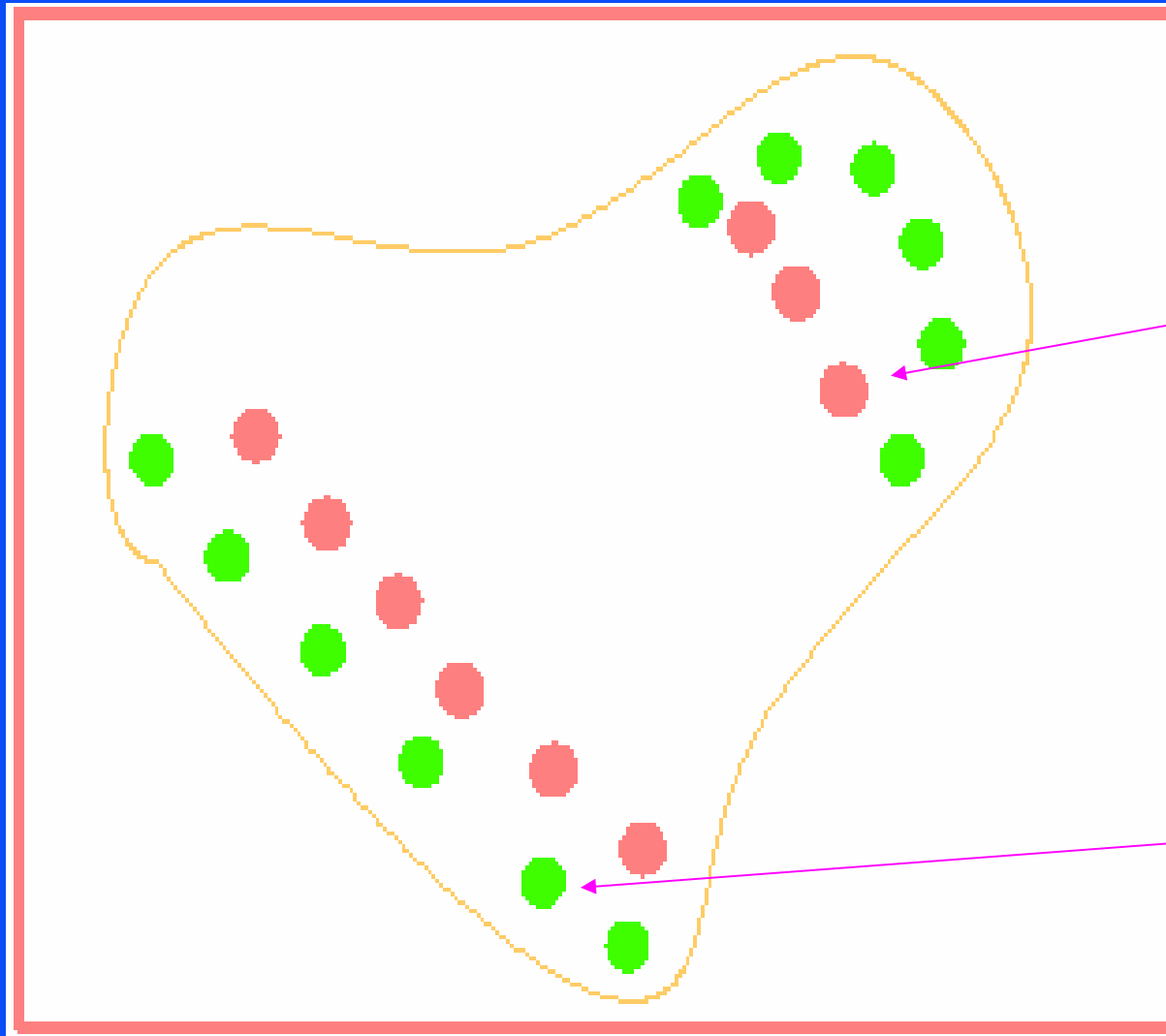


## BƠM ÉP BÊN TRONG VÀ CHỨA DẦU

---

- Giếng bơm ép được bố trí theo các sơ đồ khác nhau ngay bên trong vỉa
  - Việc lựa chọn sơ đồ bố trí các giếng bơm ép được xác định theo điều kiện địa chất cụ thể, vốn đầu tư và thời hạn khai thác
- Sơ đồ bố trí này được áp dụng khi:
- Ranh giới dầu - nước và các thông số vỉa được xác định chính xác
  - Mối liên hệ thuỷ động lực học của vỉa kém
  - Kích thước vỉa dầu lớn

# BƠM ÉP BÊN TRONG VÀ CHỨA DẦU



Bố trí theo tuyến

Bố trí theo dãy

Giếng bơm ép ●

Giếng khai thác ●



# CÁC SƠ ĐỒ BỐ TRÍ

---

Sơ đồ các giếng bơm ép bên trong ranh giới dầu nước bao gồm:

1. Bố trí theo dãy hoặc tuyến
2. Bố trí theo cụm
3. Bố trí theo nguồn
4. Bố trí theo diện tích

# CÁC SƠ ĐỒ BỐ TRÍ

---

## Bố trí theo dãy hoặc tuyến

Các tuyến giếng bơm ép được bố trí thẳng hàng hoặc hình vòng cung

## Bố trí theo cụm

- Áp dụng cho mỏ lớn với trữ lượng công nghiệp đã xác định
- Các giếng bơm ép được bố trí theo cụm riêng biệt. Bên trong mỗi cụm, các giếng khai thác được bố trí theo từng dãy, số lượng của chúng tùy thuộc vào điều kiện địa chất của vỉa

## Bố trí theo nguồn

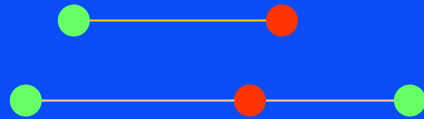
- Áp dụng khi cấu trúc địa chất của vỉa đã được nghiên cứu chi tiết, có thể sử dụng độc lập trong mọi giai đoạn khai thác
- Đối với vùng chứa dầu dạng thấu kính, cách bố trí này được sử dụng kết hợp với một sơ đồ bơm ép bất kỳ nhằm mở rộng vùng ảnh hưởng của quá trình bơm ép

## Bố trí theo diện tích

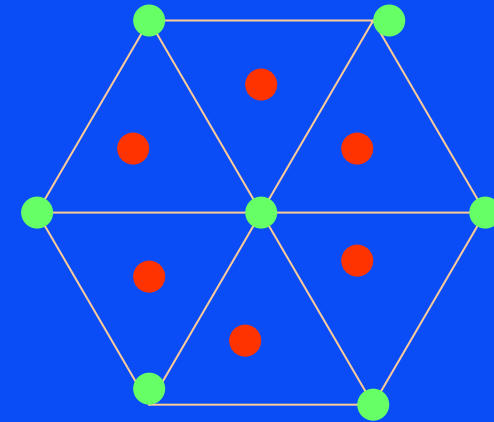
- Sơ đồ bố trí này cho phép tác động cao nhất lên toàn bộ vỉa, đảm bảo việc khai thác tốt nhất
- Các giếng khai thác và bơm ép được bố trí xen kẽ nhau theo các sơ đồ hình học dạng lưới: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9 điểm

# BỐ TRÍ THEO DIỆN TÍCH

---



Sơ đồ bơm ép 2, 3 điểm



Sơ đồ bơm ép 4 điểm

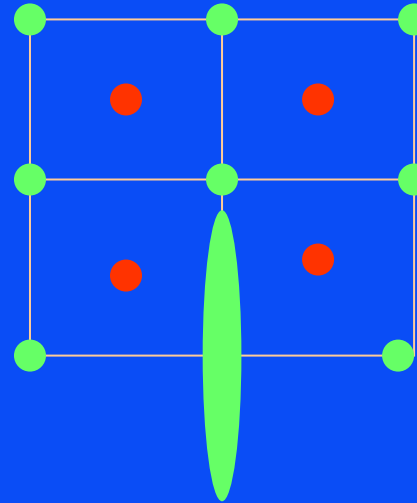
Giếng bơm ép ●

Giếng khai thác ●

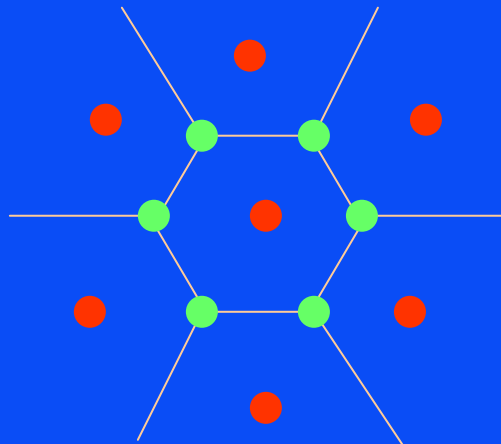
# BỐ TRÍ THEO ĐIỆN TÍCH

Giếng bơm ép ●

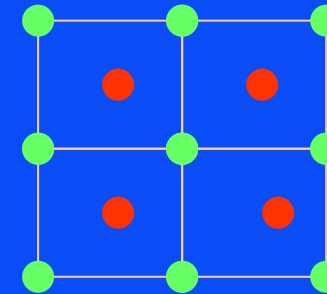
Giếng khai thác ●



Sơ đồ bơm ép 5 điểm



Sơ đồ bơm ép 7 điểm



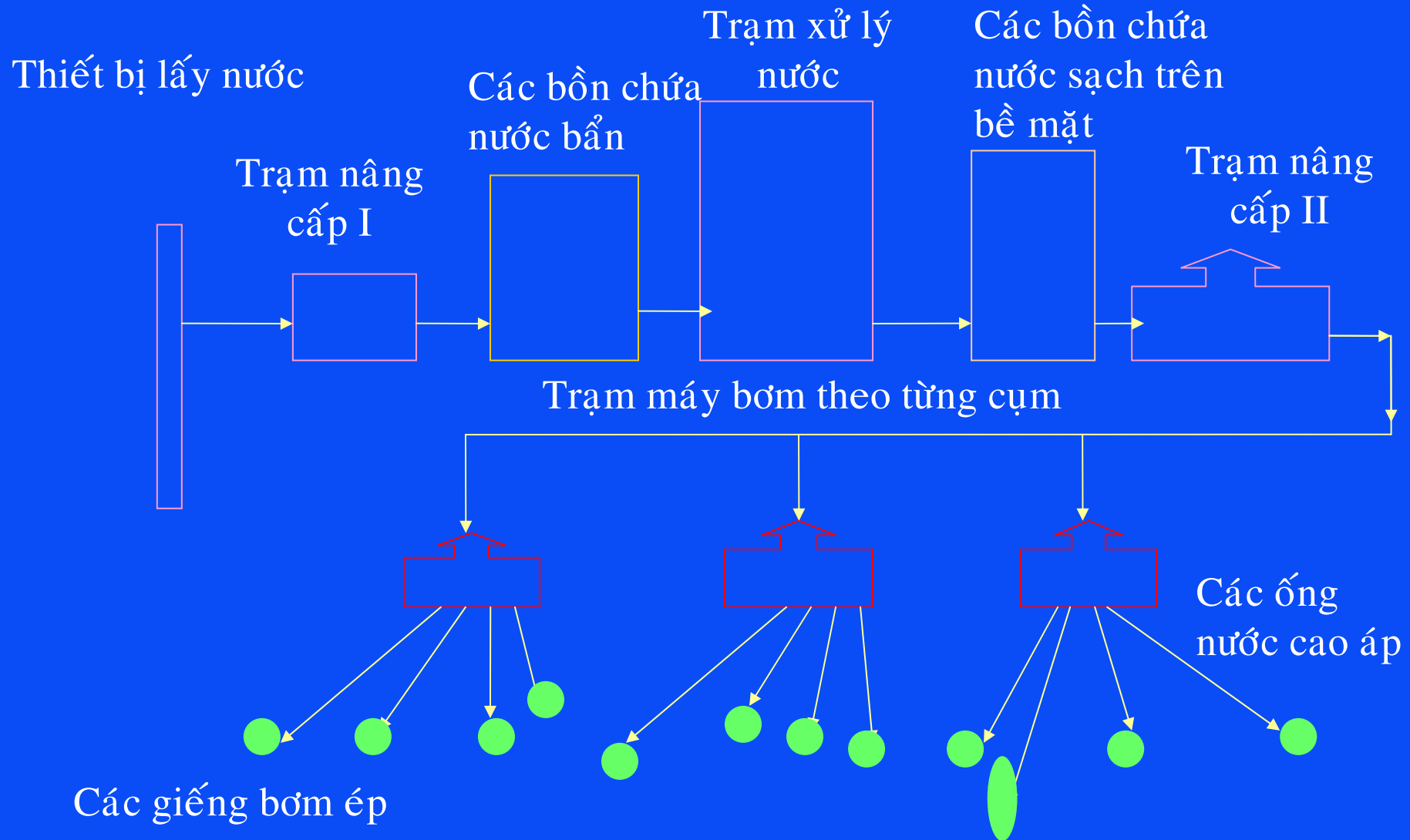
Sơ đồ bơm ép 9 điểm

# BỐ TRÍ THEO DIỆN TÍCH

---

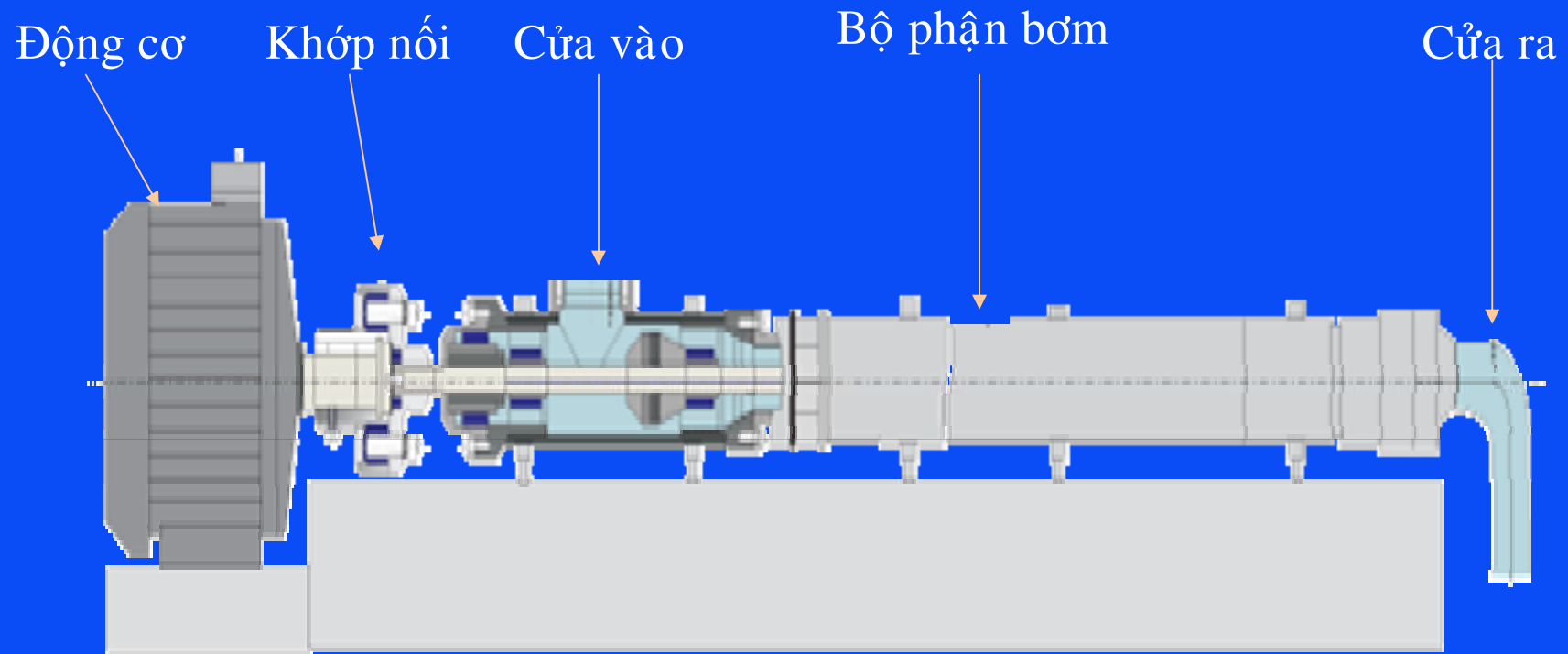
- Sơ đồ bố trí giếng bơm ép theo diện tích cho năng suất cao, nhưng dễ sinh ra lưỡi nước quanh các giếng khai thác
- Hiện nay phương pháp này được sử dụng phổ biến

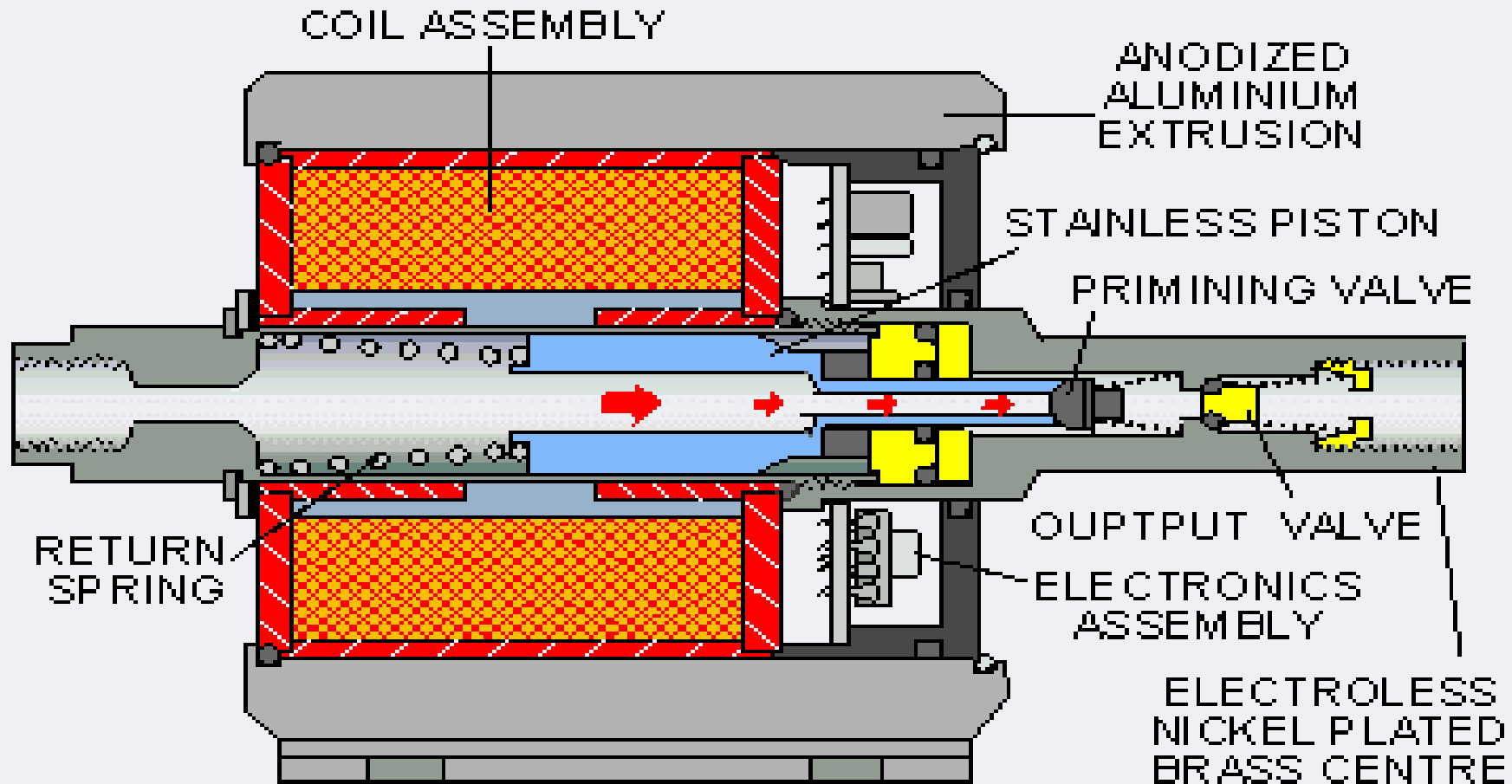
# HỆ THỐNG THIẾT BỊ BƠM ÉP NƯỚC





# MÁY BƠM





## BƠM ÉP NƯỚC Ở TẦNG MÓNG MỎ BẠCH HỔ

---

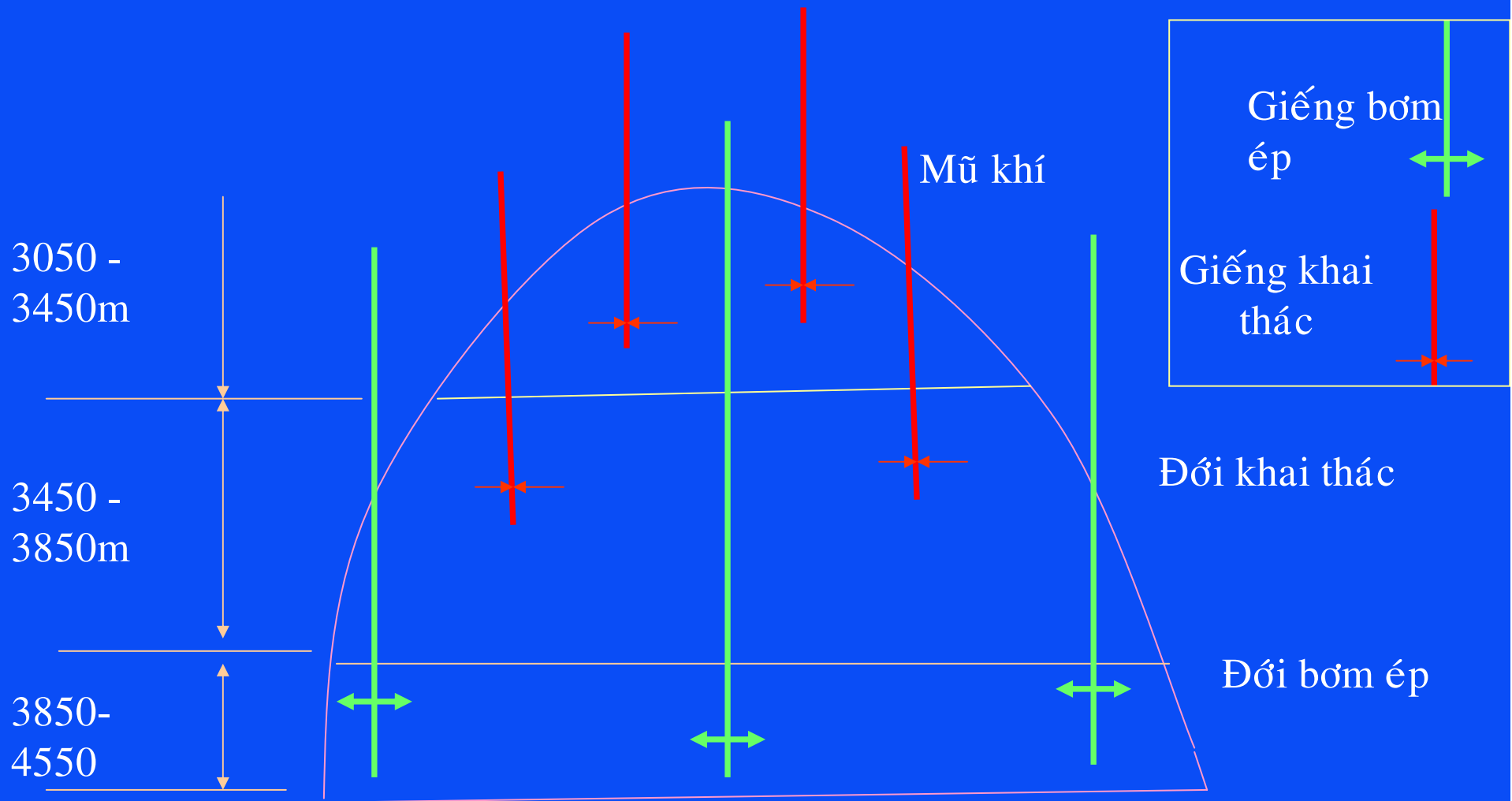
-Khối Trung tâm: từ tháng 7/1993

- Khối phía Bắc: từ tháng 11/1994

### Kết quả

- Ngăn chặn tốc độ suy giảm áp suất vỉa quá nhanh giữ ổn định
- Tăng lưu lượng khai thác nhưng hàm lượng nước trong sản phẩm tăng đáng kể

# HỆ THỐNG BƠM ÉP NƯỚC Ở TẦNG MÓNG MỎ BẠCH HỒ



# HỆ THỐNG BƠM ÉP NƯỚC Ở TẦNG MÓNG MỎ BẠCH HỒ

---

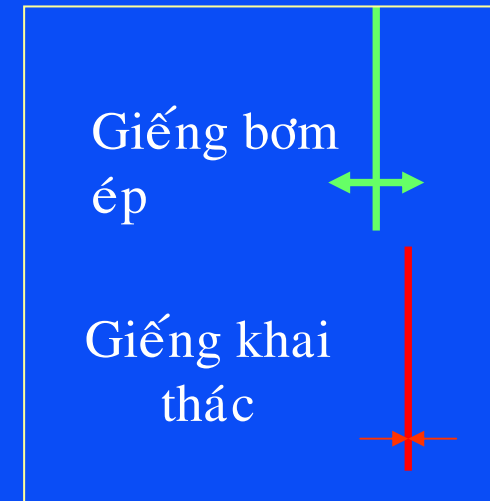
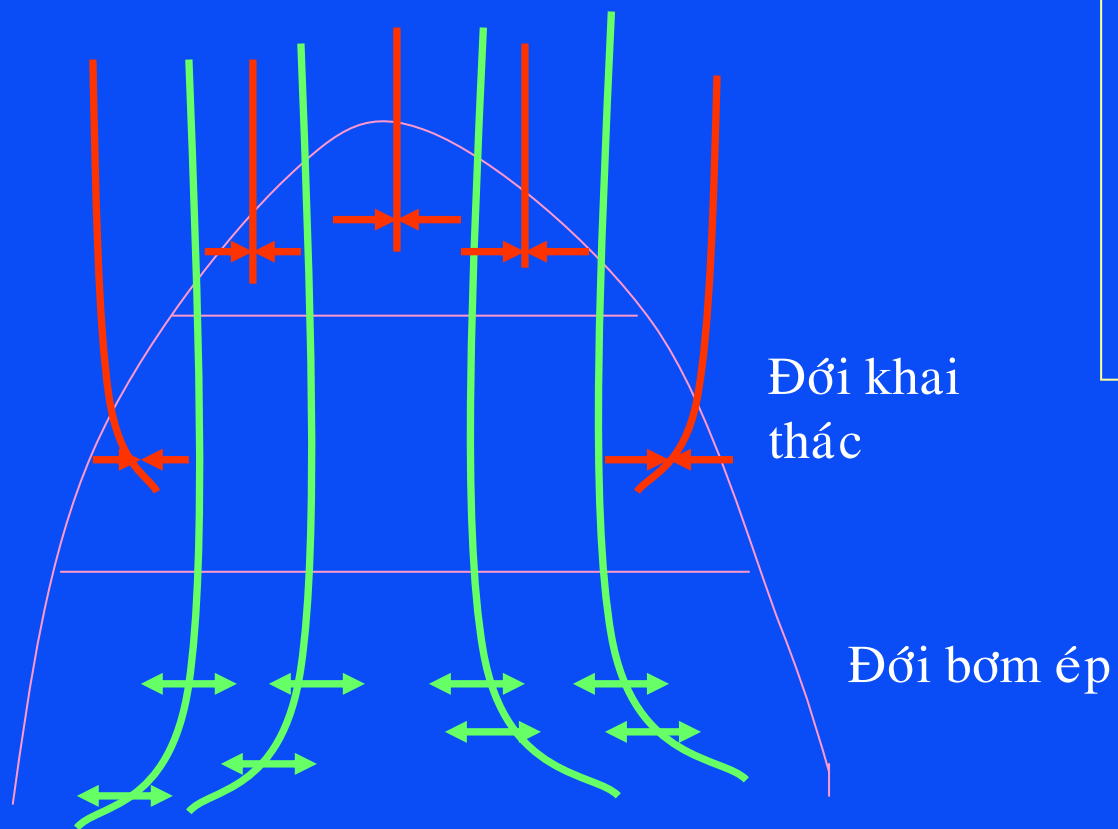
## Ưu điểm:

Kết hợp được hai nguồn năng lượng nhân tạo: năng lượng mũ khí và tầng nước nhân tạo

## Nhược điểm:

Tạo vùng mũ khí thứ sinh, khi áp suất vỉa nhỏ hơn áp suất bão hoà gây nguy hại cho quá trình khai thác

# HỆ THỐNG BƠM ÉP NƯỚC Ở TẦNG MÓNG MỎ BẠCH HỒ



## HỆ THỐNG BƠM ÉP NƯỚC Ở TẦNG MÓNG MỎ BẠCH HỒ

---

- Để khắc phục việc hình thành lưỡi nước, người ta tiến hành khoan giếng định hướng hoặc giếng ngang để bơm ép (vuông góc với khe nứt)
- Các giếng bơm ép được khoan sâu hơn giếng khai thác để gia tăng hệ số bao quét của nước, nâng cao hệ số thu hồi dầu
- Thân dầu tầng móng Bạch Hồ có trữ lượng lớn, nếu tăng 1% hệ số thu hồi dầu thì tương đương với việc khai thác 1 mỏ dầu nhỏ

# DUY TRÌ ÁP SUẤT VĨA BẰNG BƠM ÉP KHÍ

---

- Đối tượng áp dụng
- Điều kiện
- Phương pháp



# ĐỐI TƯỢNG ÁP DỤNG

---

Khí hay không khí được sử dụng để bơm ép trong những trường hợp sau:

- Vỉa có mũ khí
- Đá tầng chứa có sét trương nở hay bị nứt nẻ mạnh
- Dầu có độ nhớt nhỏ
- Chi phí bơm ép nước quá cao
- Nguồn khí có sẵn tại chỗ

## ĐIỀU KIỆN ÁP DỤNG

---

- Duy trì áp suất vỉa bằng bơm ép khí hay không khí được bắt đầu từ khi khai thác mỏ
- Đòi hỏi phải có trạm ép khí với công suất lớn
- Áp suất của máy ép khí lớn hơn áp suất vỉa từ 10% - 20%

- Khí thiên nhiên (khí đồng hành hay khí mỏ)  
được bơm ép vào mũ khí
- Không khí sẽ được nén ép vào tầng chứa dầu, từ  
phía dưới vĩa lên

# BƠM ÉP KHÍ THIÊN NHIÊN

---

Những đối tượng thuận lợi nhất để duy trì áp suất vỉa là:

- Vỉa có độ nghiêng lớn
- Độ thấm thấu tốt
- Đất đá đồng nhất
- Dầu bão hoà trong vỉa có độ nhớt nhỏ

# BƠM ÉP KHÍ THIÊN NHIÊN

---

Các phương pháp:

- Dispersed Gas Injection (Internal Gas Injection)
- External Gas Injection

# DISPERSED GAS INJECTION

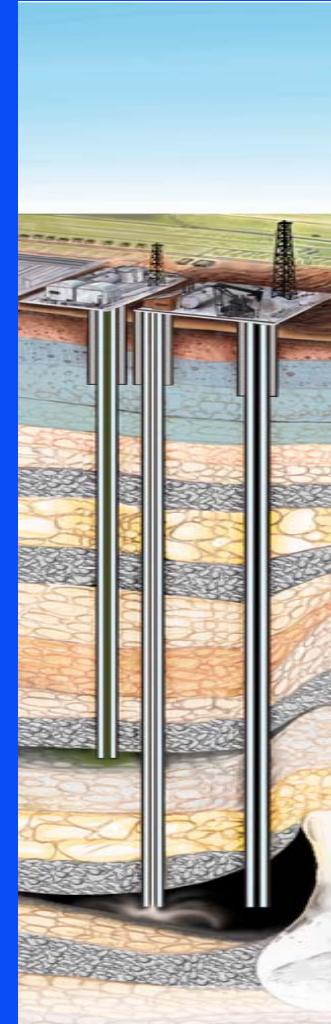
---

- Dựa vào hình dạng, cấu trúc và tính chất vỉa mà ta thiết kế và bố trí các giếng bơm ép
- Phương pháp này sử dụng cho những giếng có độ nghiêng trung bình đến lớn, độ thấm tốt, đất đá đồng nhất
- Bố trí nhiều giếng bơm ép và phải nén đủ lượng khí cần thiết để hạn chế sự sụt giảm áp suất vỉa

# DISPERSED GAS INJECTION

## Hạn chế:

- Hiệu suất khai thác thấp
- Hiệu suất quét bề mặt thấp hơn đối với phương pháp External Gas Injection
- Hiện tượng trượt khí xảy ra vì tốc độ dòng chảy cao sẽ làm giảm hiệu suất thu hồi
- Giá thành cao khi lắp đặt cho nhiều giếng



# EXTERNAL GAS INJECTION

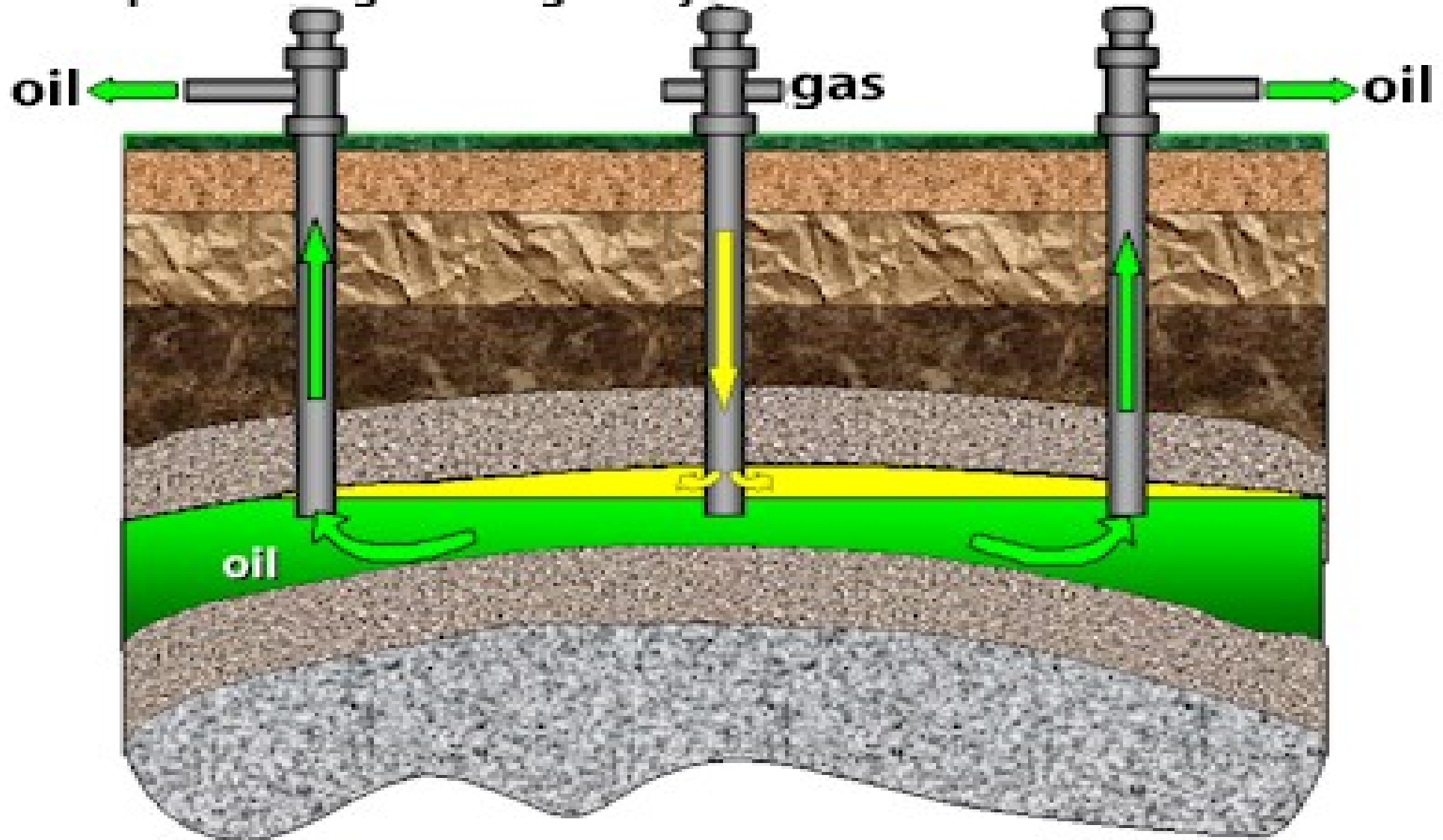
---

- Phương pháp được sử dụng khi vỉa có vị trí và cấu trúc phức tạp, có mũ khí, có độ nghiêng và độ thấm thấu từ trung bình đến cao
- Số lượng giếng cần thiết cho một vỉa phụ thuộc vào tính chất của mỗi vỉa
- Phương pháp external được sử dụng nhiều hơn hơn phương pháp internal (vì dễ tháo nước do trọng lực)
- Cho hiệu suất quét cao



# EXTERNAL GAS INJECTION

oil producing well      gas injection well





TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM  
**KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ**

# BÀI GIẢNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ

## *MÔ HÌNH DỊCH CHUYỂN CHẤT LƯU TRONG VI LỖ RỖNG*

---

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo

Email : [lphao@hcmut.edu.vn](mailto:lphao@hcmut.edu.vn)

Tel : 84-8-8654086

# NỘI DUNG

---

- ❖ Giới thiệu chung
- ❖ Hiệu suất quét vi mô và vĩ mô
- ❖ Phương pháp xây dựng vi mô hình
- ❖ Thiết kế mạng lưới trong vi mô hình
- ❖ Các tính chất của lưu chất trong vi mô hình
- ❖ Kết luận

# GIỚI THIỆU

---

- Dòng chảy của lưu chất trong vỉa dầu là một cơ chế dịch chuyển rất phức tạp
- Việc gia công mẫu không chỉ đơn thuần là để quan sát cách thức dịch chuyển của chất lưu trong lỗ rỗng
- Những vấn đề cần tìm hiểu
- Mô hình được chọn dựa trên các tính chất của cát kết

# HIỆU SUẤT QUÉT VI MÔ

---

- Hình dạng vỉa và cấu trúc không đồng nhất như: đứt gãy, vết nứt, tầng thấm và mô hình giếng
- Ảnh hưởng của trọng lực là nguyên nhân của sự khác biệt về tỉ trọng
- Tính chất chất lưu như: áp suất mao dẫn, tỉ số truyền động

# HIỆU SUẤT QUÉT VĨ MÔ

---

- Hình dạng lỗ rỗng và mạng liên kết lỗ rỗng
- Ảnh hưởng trọng lực
- Áp lực mao dẫn và tính chất pha
- - Độ tán sắc và khuyết tán

# PHƯƠNG PHÁP XÂY DỰNG VI MÔ HÌNH

---

Để gia công mẫu, cần thực hiện 8 bước:

- Chụp hình mạng lưới cần thiết kể lên bản âm của film để tạo photomask
- Phủ lên bề mặt của thủy tinh vật liệu chống quang
- Chiếu photomask lên vật liệu đã được phủ chất chống quang bằng ánh sáng tím
- Rửa sạch vùng không cho ánh sáng tím đi qua (Chỉ trên phạm vi của lớp phủ)

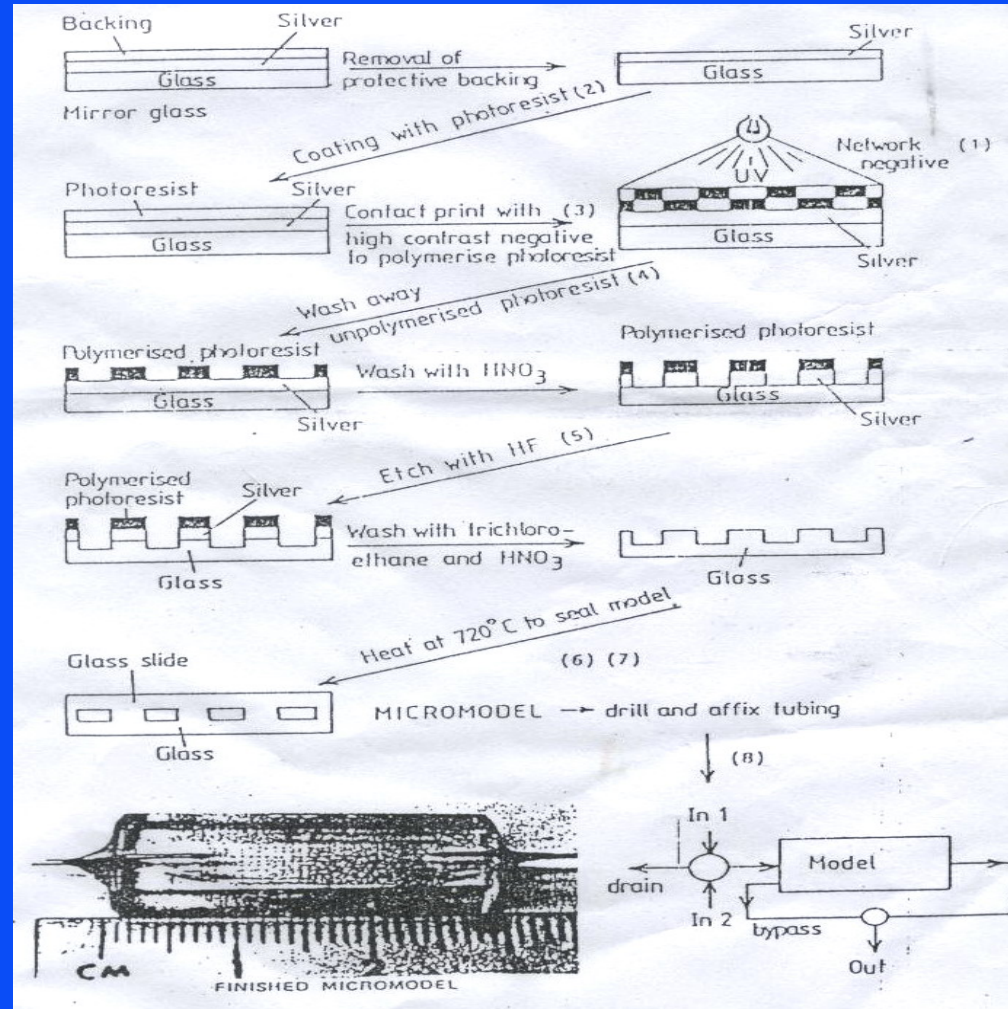
# PHƯƠNG PHÁP XÂY DỰNG VI MÔ HÌNH

---

- Khắc axit HF lên nền bản thủy tinh được thiết kế. Sau đó tách chất chống quang với trichloroethane
- Tạo lối vào và lối ra cho mô hình
- Ép một tấm thủy tinh khác lên mẫu vừa tạo trong lò nung ở nhiệt độ 720 độ C
- Xây dựng quá trình mô phỏng



# PHƯƠNG PHÁP XÂY DỰNG VI MÔ HÌNH



# PHƯƠNG PHÁP XÂY DỰNG VI MÔ HÌNH

---

Dụng cụ sử dụng trong quá trình mô phỏng:

- Kim chích loại nhỏ (để bơm lưu chất vào)
- Dụng cụ đo nhiệt độ của lưu chất bơm vào
- Kính hiển vi
- Máy ghi hình ảnh quan sát được
- Màn hình
- Ống nghiệm
- Các ống dẫn

# THIẾT KẾ MẠNG LƯỚI TRONG VI MÔ HÌNH

---

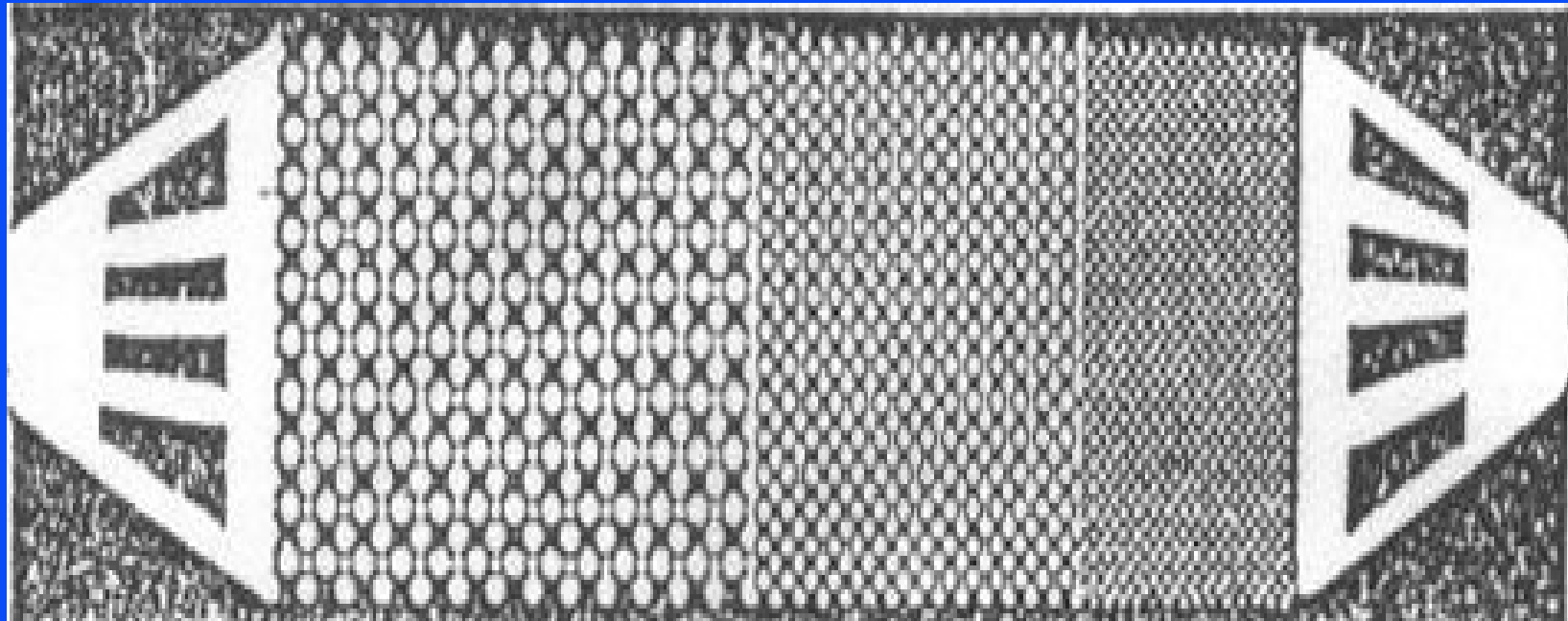
Các mẫu được thực hiện nhằm mô tả một số tính chất sau:

- Quá trình bẫy dầu
- Dòng chảy trong kênh dẫn khác nhau
- Lỗ rỗng chết
- Ảnh hưởng của trọng lực

# MỘT SỐ HÌNH ẢNH MINH HOẠ

---

**Kênh dẫn cong với sự giảm dần kích cỡ hạt**



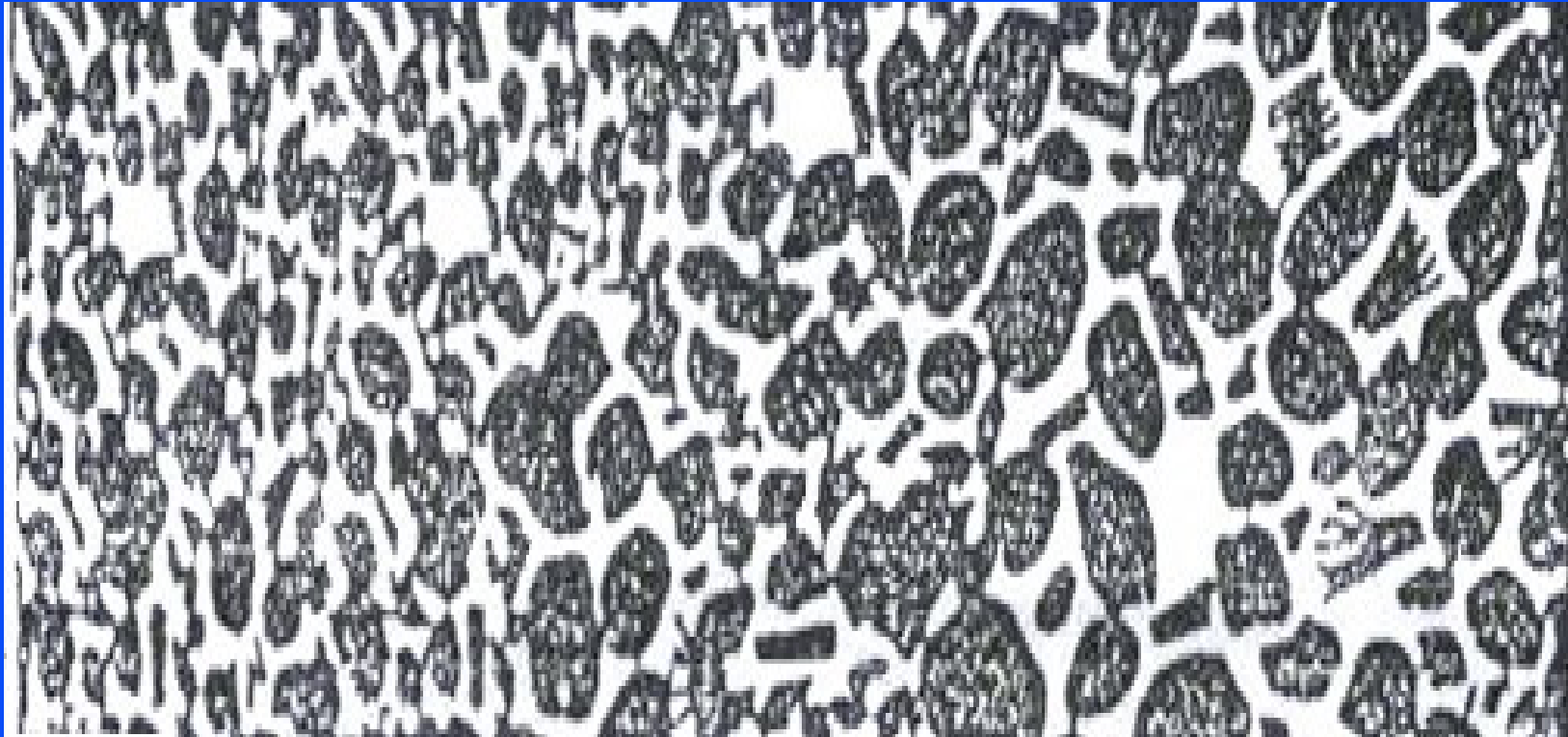
# Các tầng song song không đồng nhất

---

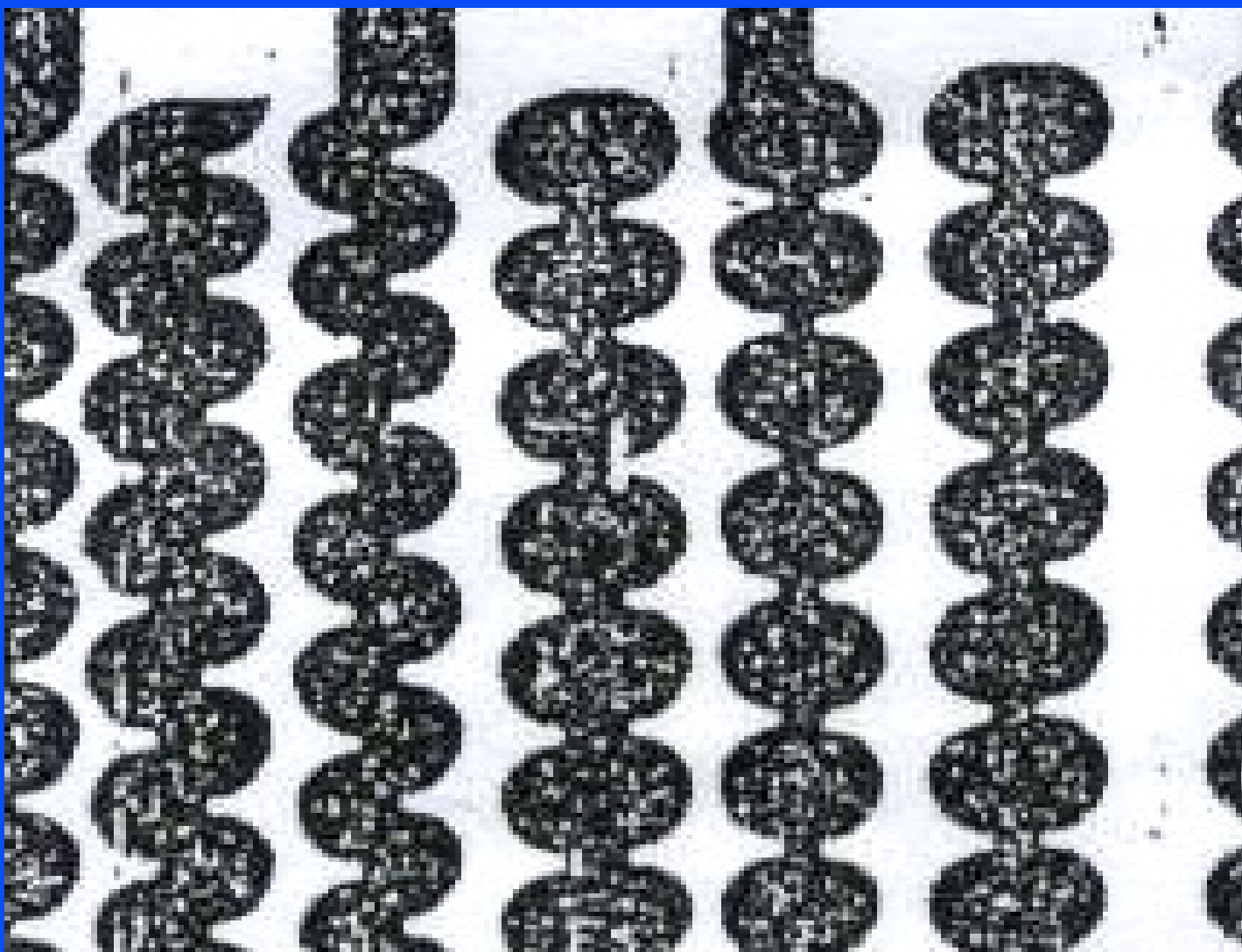


# Mạng lưới của lỗ rỗng và kênh dẫn. Bán kính của kênh dẫn là bất kỳ

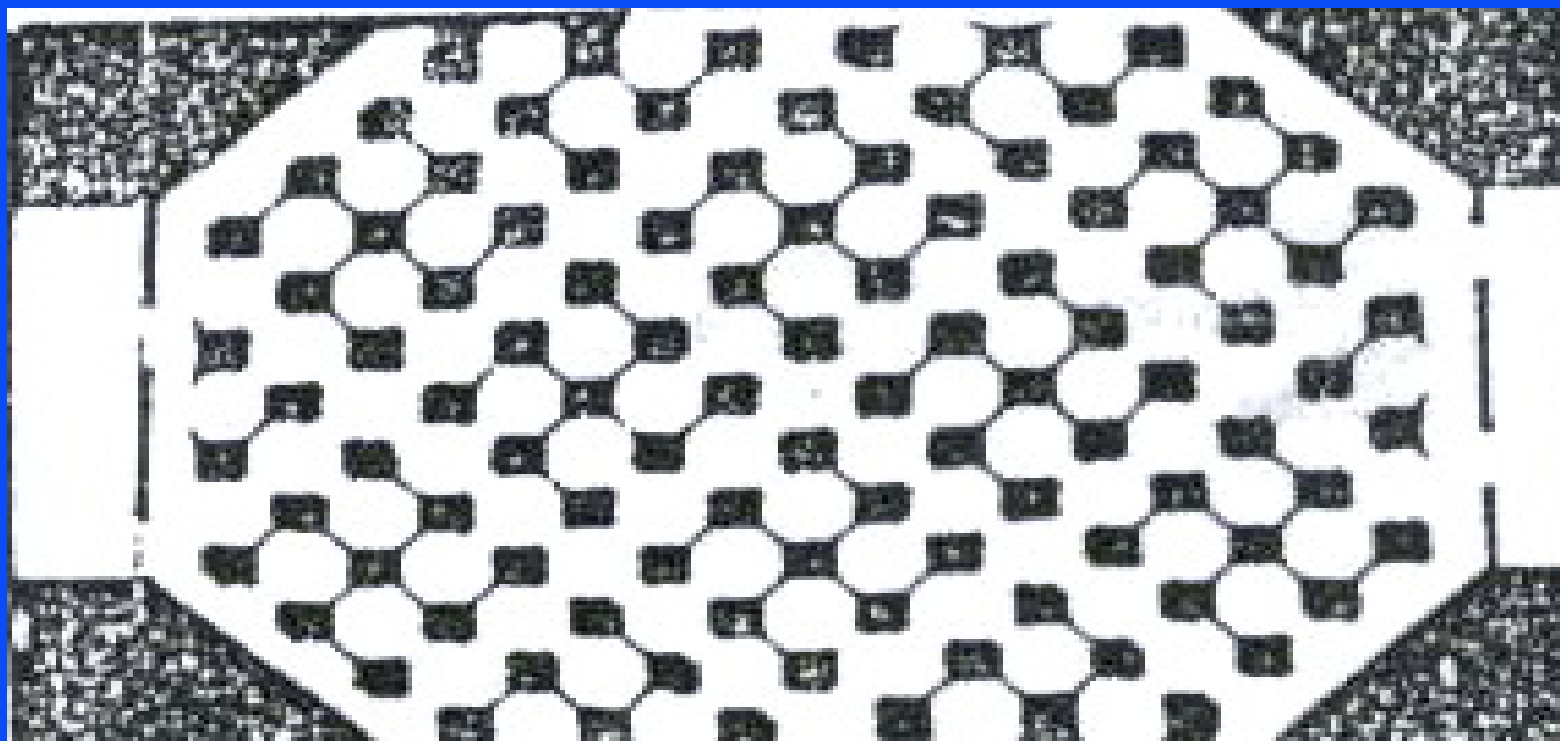
---



## Các kênh với khúc uốn khác nhau



# Lỗ rỗng chết dùng mô tả quá trình bẫy lưu chất





# CÁC TÍNH CHẤT CỦA LƯU CHẤT TRONG VI MÔ HÌNH

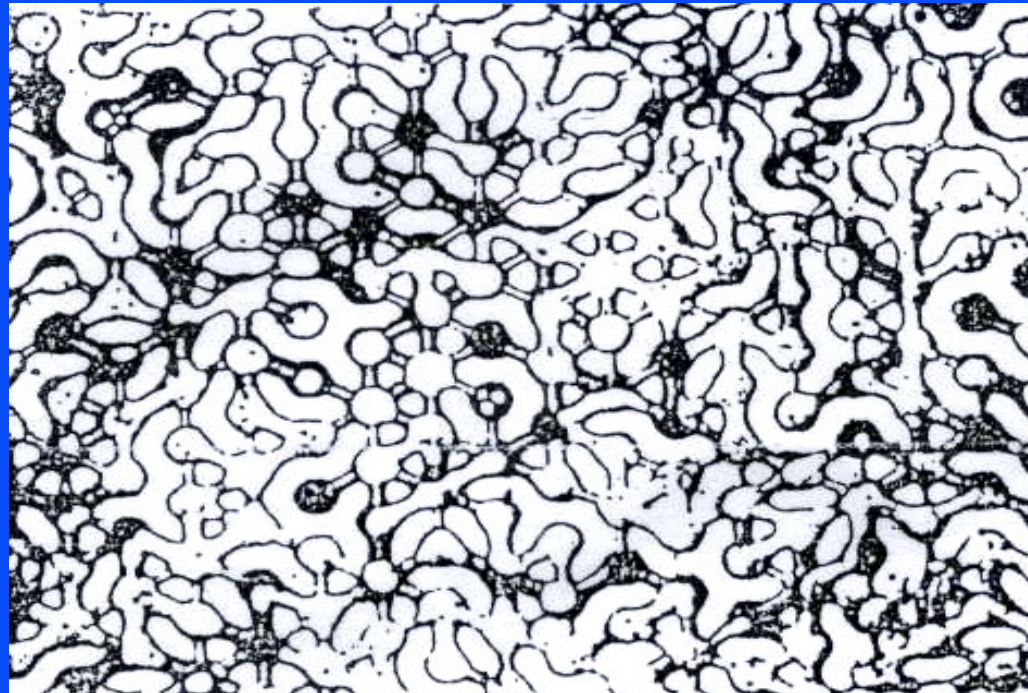
---

- Tính dính ướt
- Sự chuyển pha
- Dòng chảy dạng nhũ tương
- Sức căng bề mặt thấp
- Ảnh hưởng của trọng lực

## Tính dính ướt

---

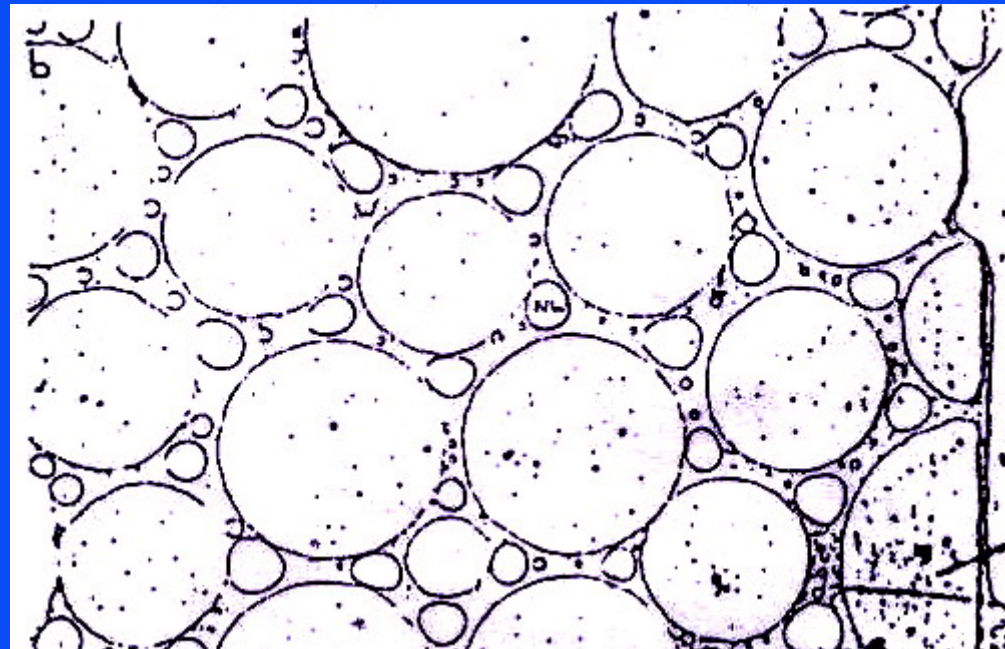
Quá trình dịch chuyển, dòng chảy và sự bẫy dầu và nước được xác định thông qua khả năng dính ướt



## Sự chuyển pha

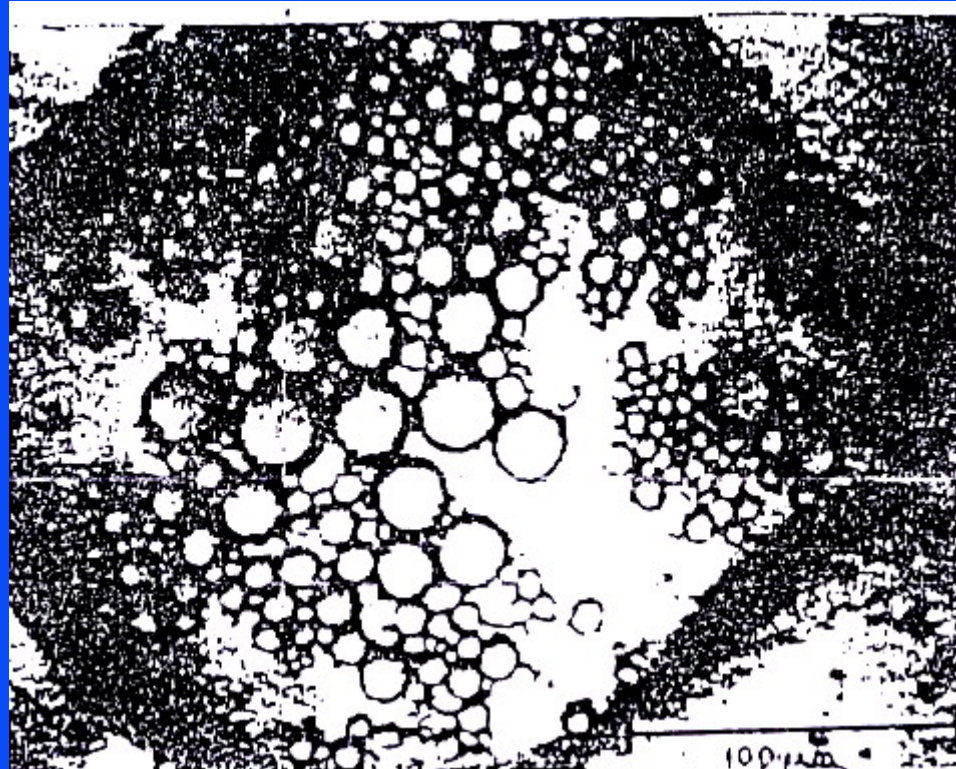
---

Khi lưu chất trong môi trường rỗng trải qua quá trình chuyển pha sẽ có pha thứ hai được tạo thành



## Dòng chảy dạng nhũ tương

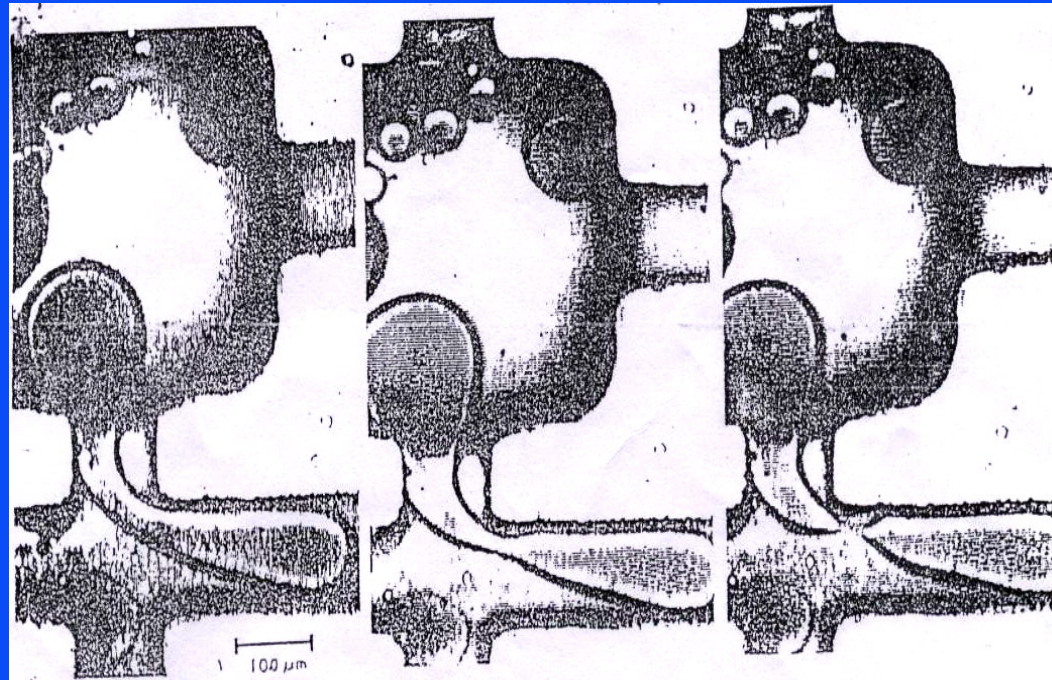
Khi dầu di chuyển là không trộn lẫn thì nhũ tương thường được tạo thành





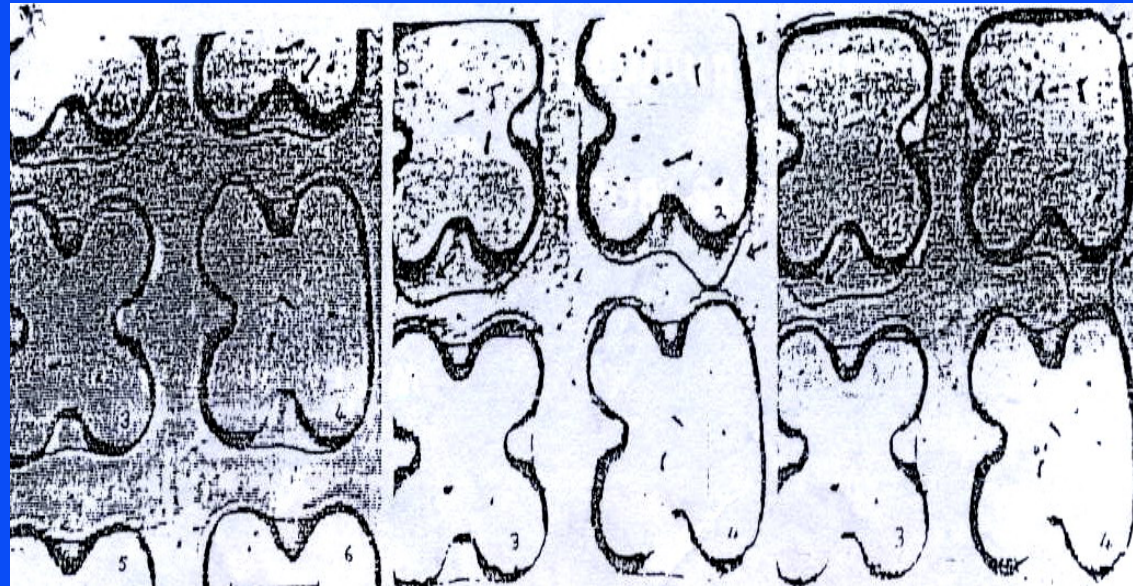
## Sức căng bề mặt thấp

Sức căng bề mặt thấp gia tăng tỉ số nhớt tới lực mao dẫn

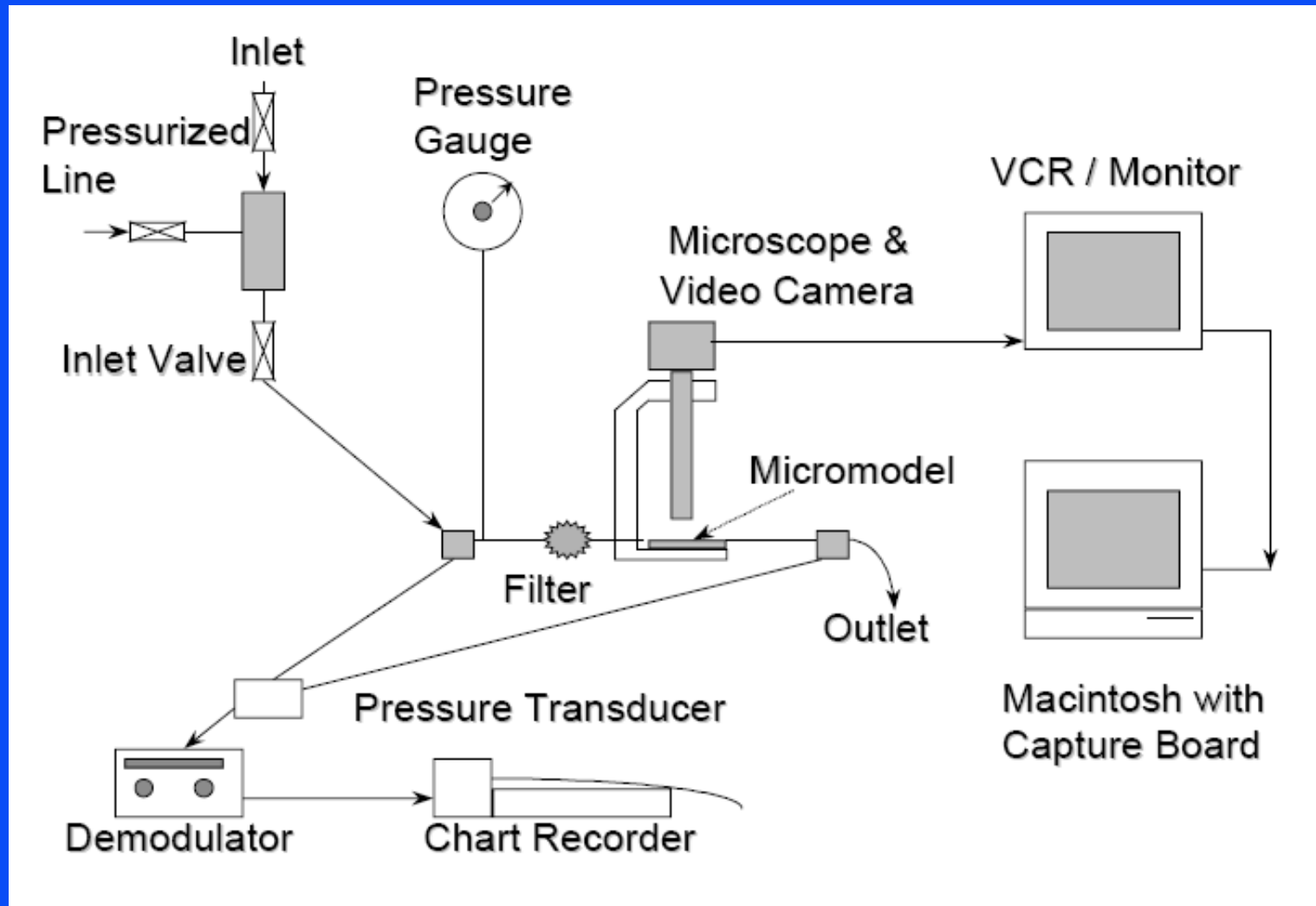


## Ảnh hưởng của trọng lực

Ảnh hưởng của trọng lực là không đáng kể



# QUÁ TRÌNH MÔ PHỎNG



## KẾT LUẬN

---

- Nhiều trường, viện nghiên cứu trên thế giới đã thực hiện
- Cần thiết trong việc hiểu rõ cơ chế dịch chuyển của chất lưu trong vi lỗ rỗng
- Nhiều khó khăn trong quá trình thực hiện





TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM  
**KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ**

## BÀI GIẢNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ

### *CÁC BIỆN PHÁP XỬ LÝ NƯỚC BƠM ÉP Ở MỎ BẠCH HỔ*

---

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo

Email : [lphao@hcmut.edu.vn](mailto:lphao@hcmut.edu.vn)

Tel : 84-8-8654086

# NỘI DUNG TRÌNH BÀY

---

- Nguồn nước biển bơm ép ở mỏ bạch hổ
- Sơ đồ công nghệ của hệ thống xử lý nước bơm ép ở mỏ Bạch Hổ
- Ảnh hưởng của thành phần oxy hòa tan trong nước bơm ép
- Các biện pháp xử lý nước bơm ép

# ĐẶC TRƯNG NGUỒN NƯỚC BIỂN BƠM ÉP Ở MỎ BẠCH HỔ

---

- Các hạt rắn lơ lửng
- Các sinh vật
- Các chất rắn hòa tan
- Các khí hòa tan

## CÁC HẠT RẮN LƠ LỬNG

---

- Hỗn hợp phức tạp các vật thể hữu cơ (vi sinh vật sống và chết) và các vật thể vô cơ (cát, bùn)
- Nước biển có thể chứa trên 1 mg/l các hạt rắn, xấp xỉ khoảng 10.000 hạt có đường kính  $>2\mu\text{m}$  trong 0,5ml nước biển
- Có nguy cơ gây tắc nghẽn trong thành hệ

# CÁC SINH VẬT

---

➤ Sinh vật trôi nổi:

- Thực vật trôi nổi gồm tảo cát, khuẩn cầu có chiều dài đến 2mm
- Động vật trôi nổi gồm các ấu trùng cá, lớn nhất là loài sứa có chiều dài từ 20μm đến 20 cm

➤ Sinh vật bơi: tất cả động vật trong nước có khả năng di chuyển (như cá)

# CÁC VI SINH VẬT

---

## ➤ Vi khuẩn:

- Vi khuẩn ưa khí : vi khuẩn oxy hóa sắt tạo ra oxit sắt và nhầy
- Vi khuẩn kỵ khí : vi khuẩn khử sunfat có khả năng chuyển sunfat thành sunfua
- Một nhóm vi khuẩn lớn khác có thể tồn tại trong môi trường có oxy nhưng cần một môi trường kỵ khí cho sự phát triển
- Gây ra hoặc tăng cường quá trình ăn mòn, gây tắc nghẽn thành hệ

## CÁC CHẤT RẮN HÒA TAN

---

- Các ion mang điện và dung dịch của các ion này ở trạng thái cân bằng
- Sự cân bằng này có thể thay đổi bởi quá trình vật lý hay hóa học và các muối kết tủa sẽ hình thành ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{SrSO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4$ ) khi sự cân bằng bị phá vỡ có nguy cơ gây tắc nghẽn thành hệ

## CÁC KHÍ HÒA TAN

---

- $O_2$ : tăng nguy cơ ăn mòn do tạo ra quá trình oxy hóa sắt
- $CO_2$ : làm giảm độ pH tăng tốc độ ăn mòn, có nguy cơ tạo kết tủa  $CaCO_3$
- $H_2S$ : làm tăng khả năng ăn mòn và phát triển vi khuẩn khử sunfat



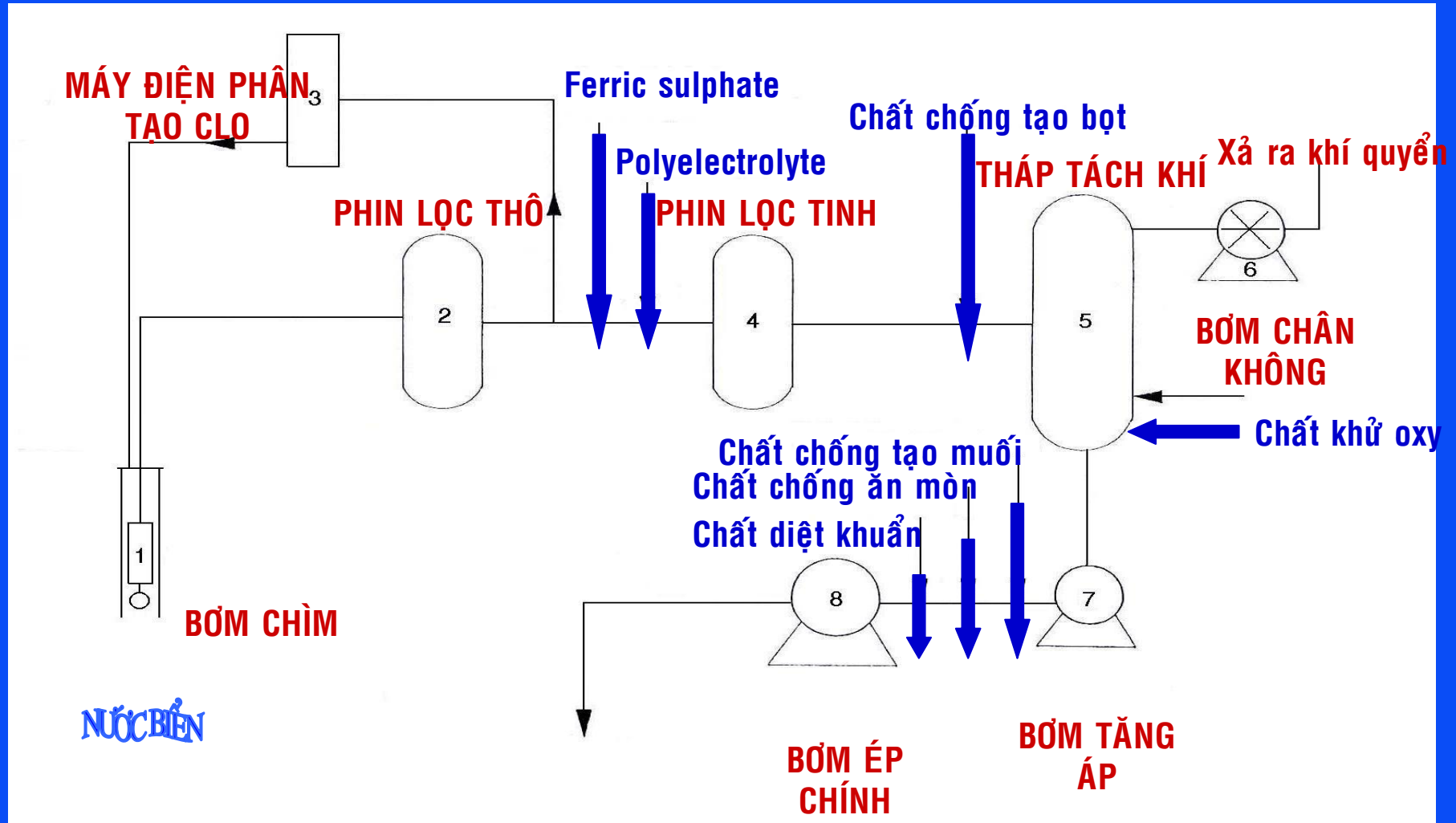
# KẾT QUẢ PHÂN TÍCH NƯỚC BIỂN Ở ĐẦU VÀO BƠM ĐIỆN CHÌM

Các hạt rắn lơ lửng	3,5 – 7,0 mg/l	Kali	550 – 565 mg/l
Các chất rắn hòa tan	33 – 35 g/l	Brôm	61 – 62 mg/l
Natri	10 133 – 10 166 mg/l	Bari	6,1 mg/l
Clo	18 612 – 19 003 mg/l	Stronti	4,9 mg/l
Canxi	381 – 401 mg/l	pH	8,6 – 8,7
Bicacbonat	88 – 133 mg/l	Tỷ trọng ở 20°C	1,025
Magiê	1239 – 1288 mg/l	Hàm lượng oxy	6,5 – 7 mg/l
Sunfat	2608 – 2663 mg/l	Vi khuẩn khử sunfat	100 mg/ml
Sắt	0,03 – 0,052 mg/l		

# YÊU CẦU KỸ THUẬT ĐỐI VỚI NƯỚC BƠM ÉP Ở MỎ BẠCH HỔ

Hiệu suất lọc các tạp chất cơ học có đường kính >2 $\mu\text{m}$	98%
Hiệu suất lọc các tạp chất cơ học có đường kính >1 $\mu\text{m}$	96%
Các tạp chất cơ học (tổng hàm lượng các chất rắn lơ lửng)	< 3 mg/l
Hàm lượng oxy hòa tan	
- Sau khi xử lý cơ học	< 0,050 mg/l (50 ppb)
- Sau khi xử lý hoá chất	< 0,015 mg/l (15 ppb)
Độ ăn mòn	< 0,1 mm/năm
Hàm lượng vi khuẩn khử sunfat	Không có

# SƠ ĐỒ CÔNG NGHỆ CHUNG HỆ THỐNG XỬ LÝ NƯỚC BƠM ÉP Ở MỎ BẠCH HỒ



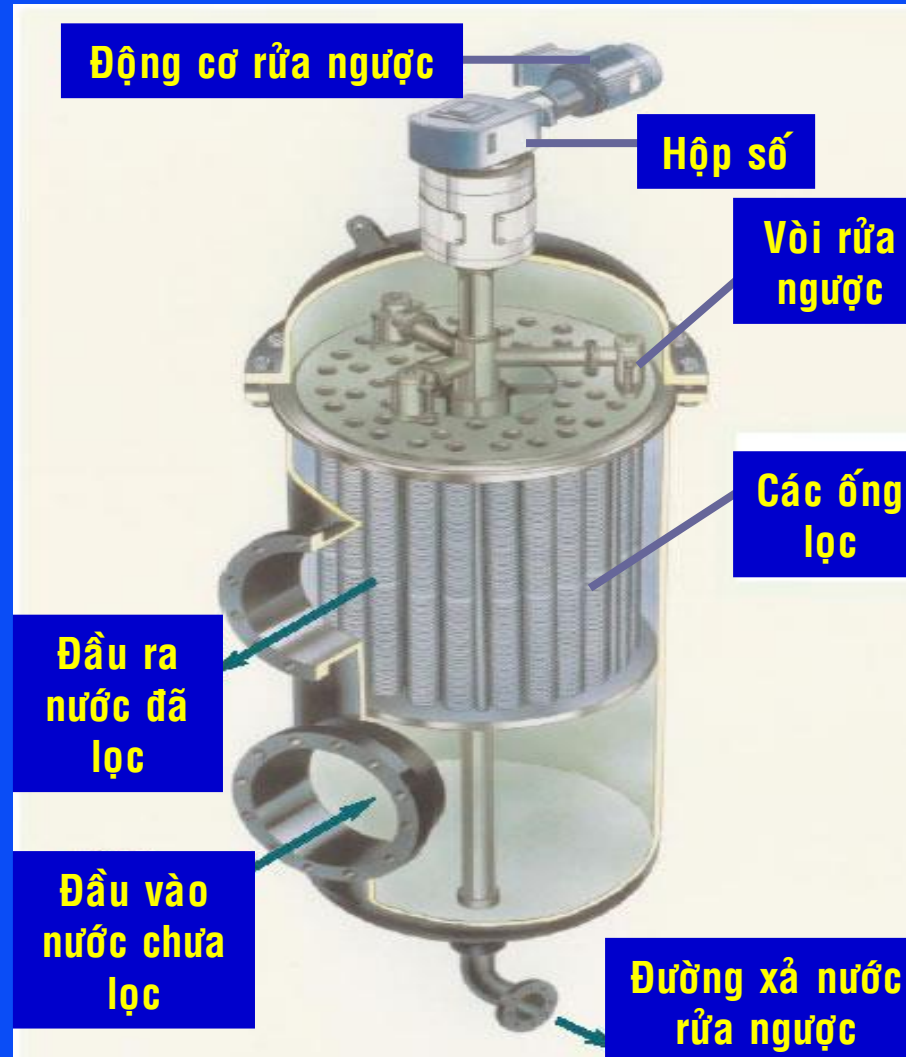
Hệ thống bơm ép chung của mỏ

# CÁC THIẾT BỊ CHÍNH

---

- Bơm chìm
- Phin lọc thô
- Máy điện phân tạo clo
- Phin lọc tinh
- Tháp tách khí
- Bơm tăng áp
- Bơm ép chính

# PHIN LỌC THÔ



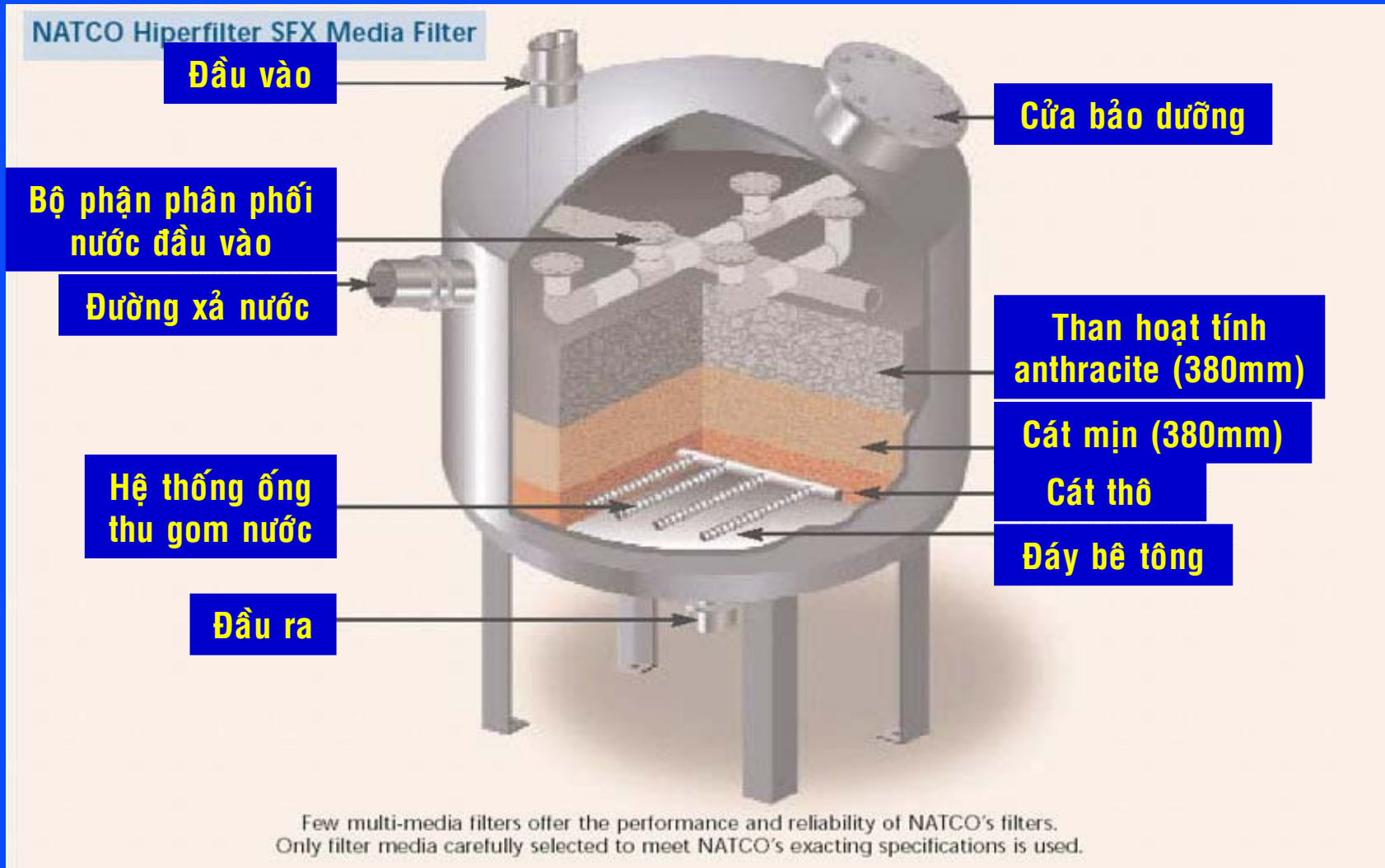
## MÁY ĐIỆN PHÂN TẠO CLO

---

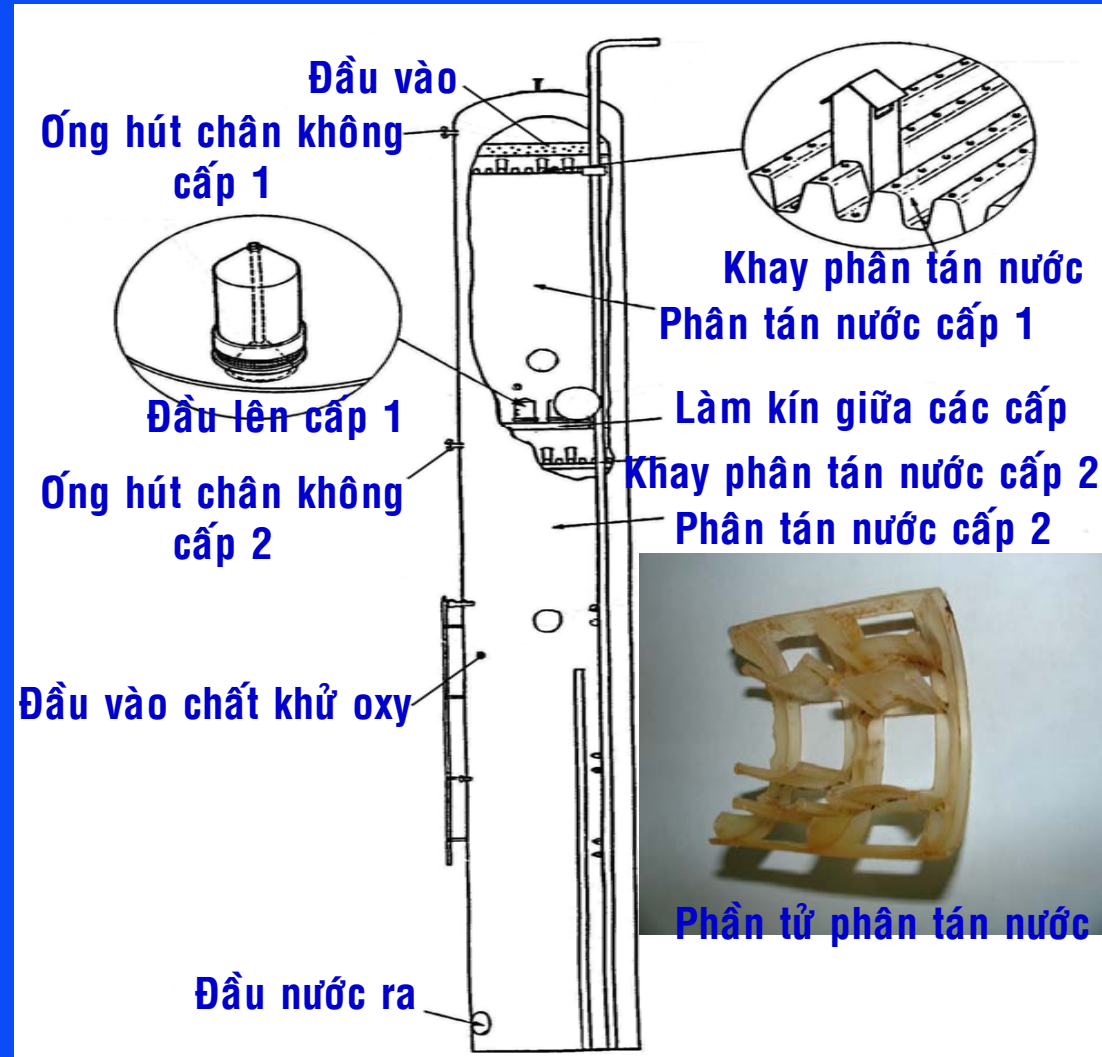
➤ Sản xuất Natri hypochlorite bằng quá trình điện phân:



# PHIN LỌC TINH

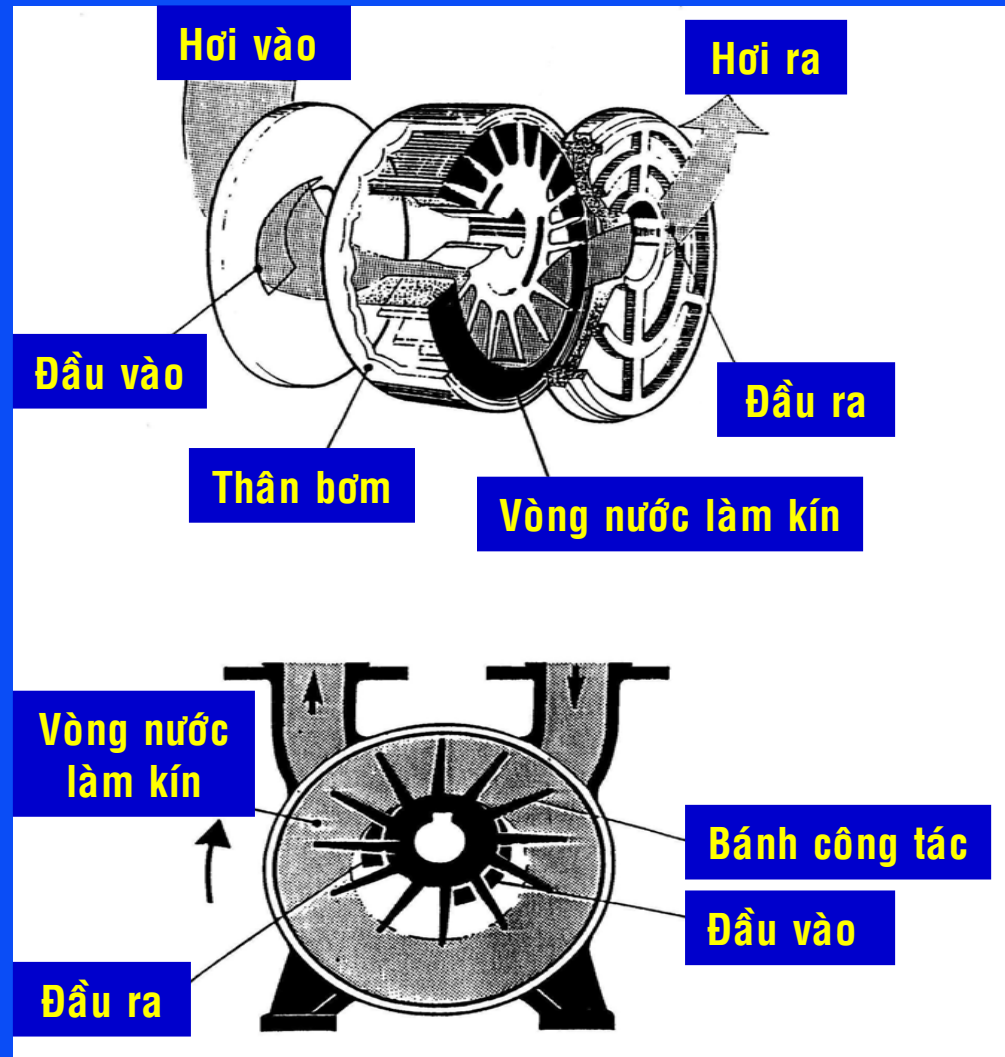


# THÁP TÁCH KHÍ

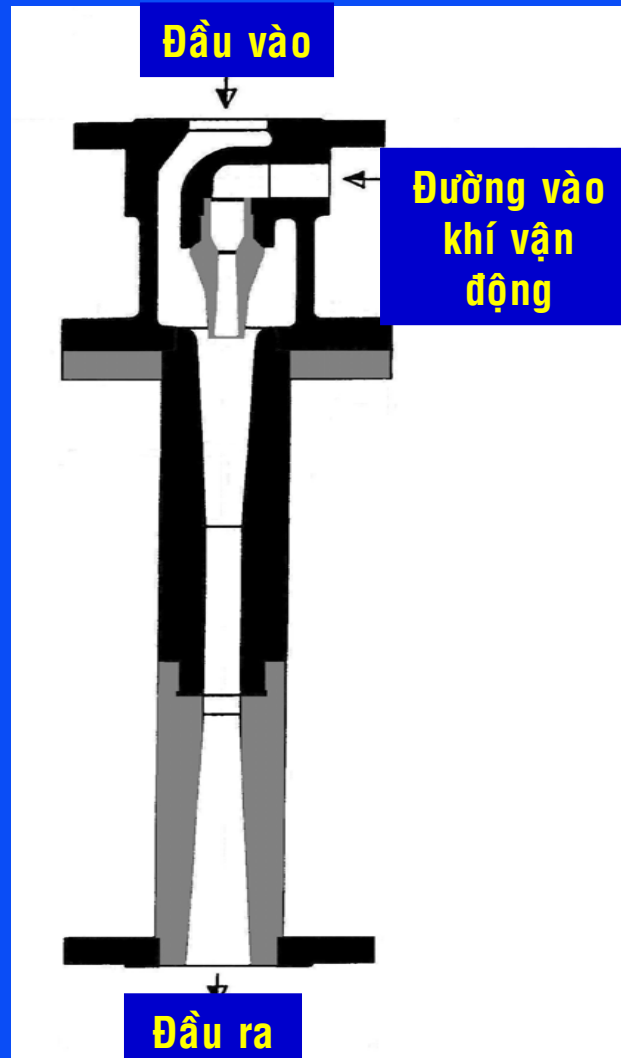




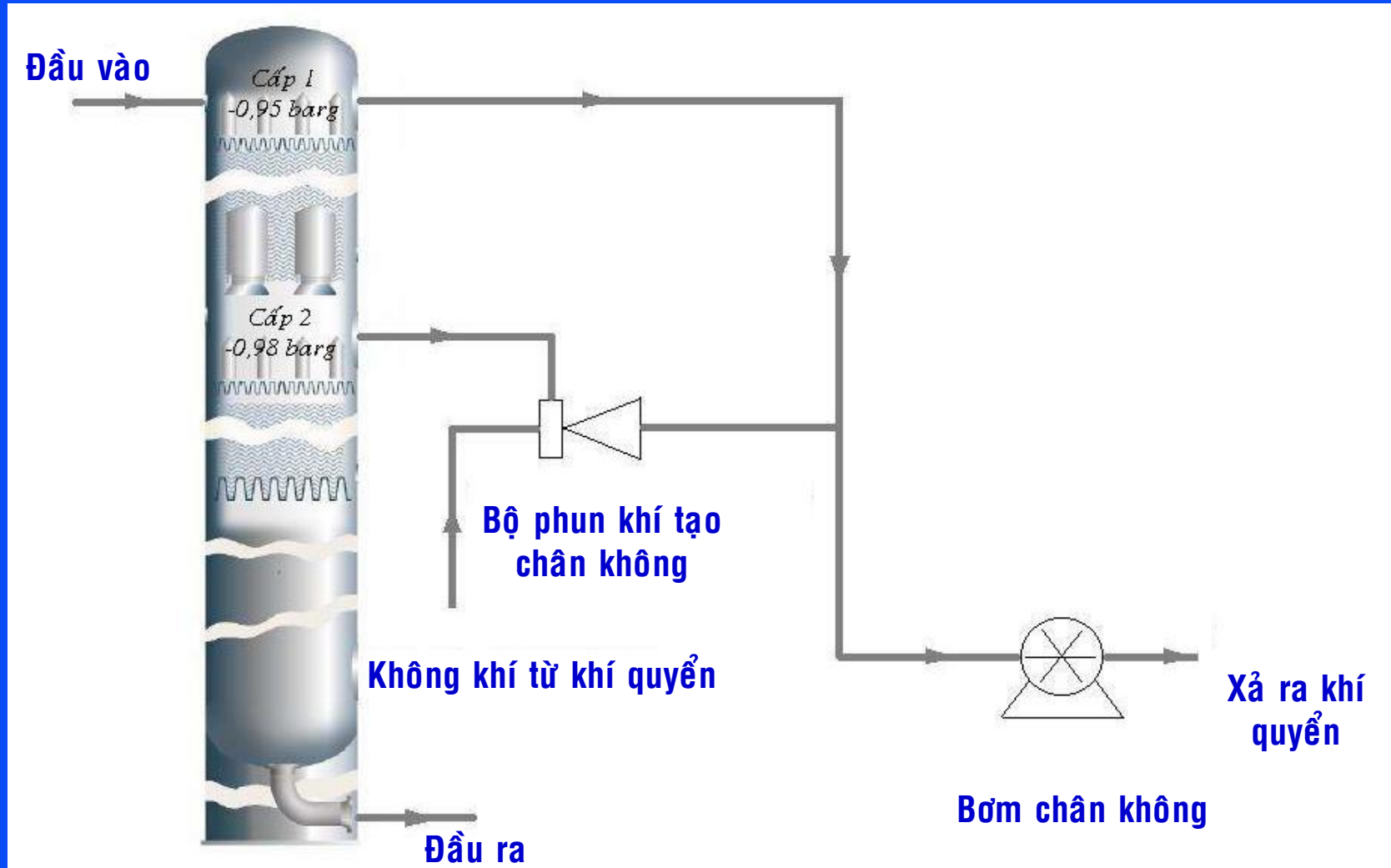
# NGUYÊN TẮC LÀM VIỆC CỦA BƠM CHÂN KHÔNG



# BỘ PHUN KHÍ TẠO CHÂN KHÔNG (VACUUM EJECTOR)



# HỆ THỐNG TÁCH KHÍ HÒA TAN



# CÁC HÓA CHẤT SỬ DỤNG

---

- Clo
- Chất tạo keo tụ (ferric sulphate)
- Chất tạo mạng hấp dẫn điện (polyelectrolyte)
- Chất chống tạo bọt (antifoam)
- Chất khử oxy (oxygen scavenger)
- Chất chống ăn mòn (corrosion inhibitor)
- Chất chống tạo muối (scale inhibitor)
- Chất diệt khuẩn (biocide)

# ẢNH HƯỞNG CỦA THÀNH PHẦN OXY HÒA TAN TRONG NƯỚC BƠM ÉP

---

- Quá trình ăn mòn thiết bị khai thác dầu khí
- Quá trình lắng đọng muối trong vỉa
- Sự phát triển của sinh vật

## QUÁ TRÌNH ĂN MÒN THIẾT BỊ KHAI THÁC DẦU KHÍ

- Đường ống dẫn, bơm, các van trên đường ống, thiết bị lòng giếng
- Quá trình ăn mòn diễn ra như sau:



## QUÁ TRÌNH LẮNG ĐỘNG MUỐI TRONG VĨA

---



Các vi khuẩn gây tác hại đến quá trình bơm ép:

- Vi khuẩn oxy hóa sắt là vi khuẩn hiếu khí có thể tồn tại với nồng độ oxy rất thấp (500 ppb)
- Vi khuẩn khử sunfat là vi khuẩn kỵ khí có khả năng chuyển sunfat thành sunfua làm tăng độ ăn mòn của hệ thống xử lý



## XỬ LÝ KHÍ OXY HÒA TAN TRONG NƯỚC BƠM ÉP

- Biện pháp vật lý
  - Nguyên lý tách khí hòa tan
  - Quá trình tách chân không oxy hòa tan
- Biện pháp hóa học

## NGUYÊN LÝ TÁCH KHÍ HÒA TAN

---

- Định luật Dalton áp suất tổng của một hỗn hợp khí bằng tổng áp suất riêng phần của các chất khí riêng biệt trong hỗn hợp khí

$$P_{\text{tổng}} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$$

- Định luật Henry khả năng hòa tan của chất khí trong nước tỷ lệ thuận với áp suất riêng phần của chất khí đó

$$P_1 = H * X$$

⇒ Rõ ràng từ 2 định luật trên thì áp suất riêng phần của một chất khí có thể giảm bằng cách giảm áp suất tổng của hỗn hợp khí, giảm nồng độ của chất khí trong hỗn hợp hoặc kết hợp cả hai.

## QUÁ TRÌNH TÁCH CHÂN KHÔNG OXY HÒA TAN

---

Quá trình tách chân không dựa trên 2 nguyên lý:

- Nguyên lý thứ nhất có thể diễn tả bằng định luật Henry: khả năng hòa tan của chất khí trong một dung dịch giảm khi áp suất riêng phần của chất khí trong dung dịch giảm
- Nguyên lý thứ hai là khả năng hòa tan của chất khí ở “điểm sôi”: khả năng hòa tan của chất khí sẽ giảm khi dung dịch đạt đến “điểm sôi” của nó (điểm sôi là điểm mà tại đó những bọt khí đầu tiên bắt đầu tách khỏi pha lỏng, đối với nước có thể sôi chỉ ở nhiệt độ 28 – 30°C khi độ chân không tăng lên)

## BIỆN PHÁP HÓA HỌC

---

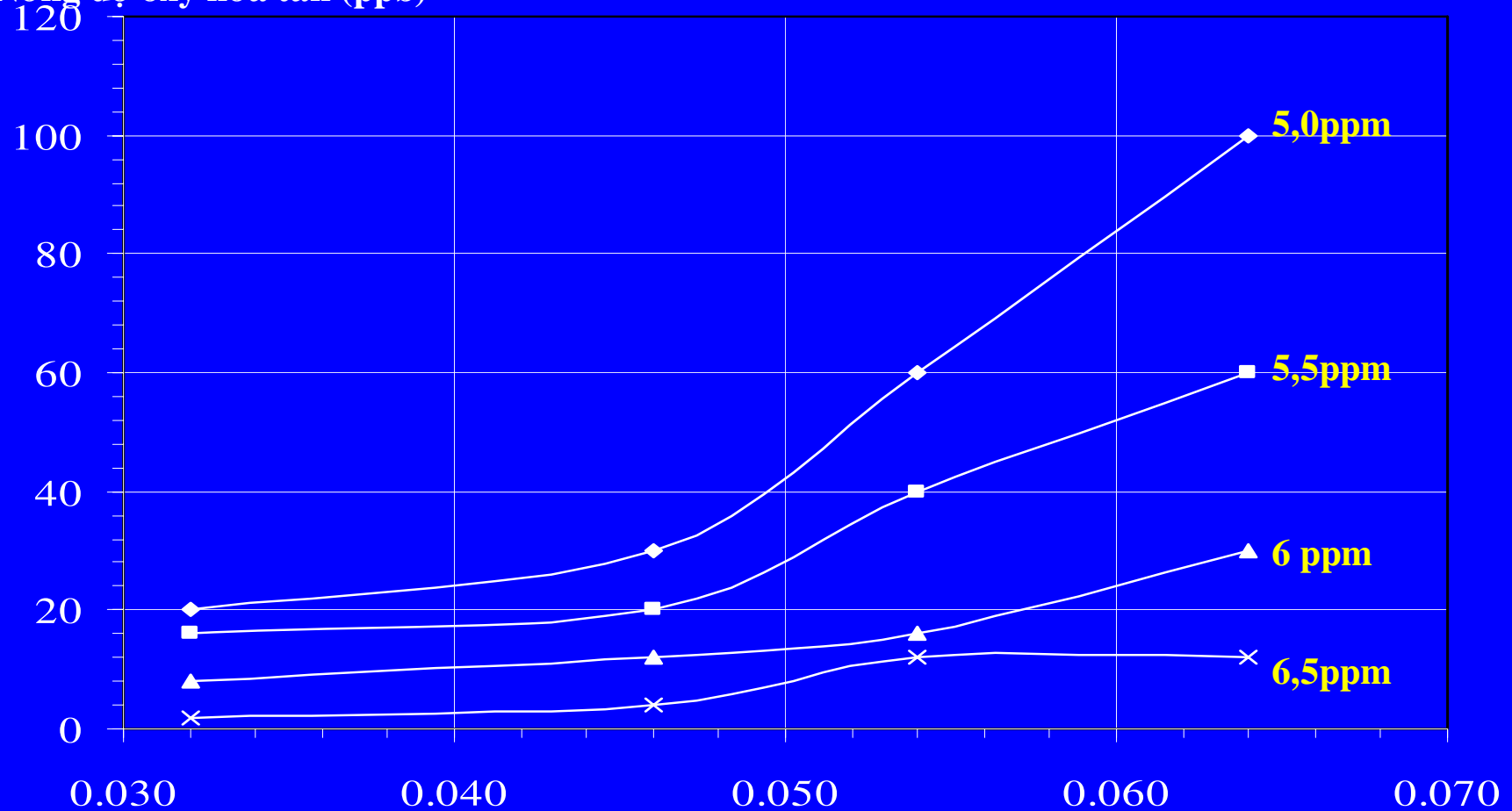
- $2\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Na}_2\text{SO}_4$  (7,9ppm)
- $2\text{NaHSO}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$  (6,5ppm)
- $2\text{NH}_4\text{HSO}_3 + \text{O}_2 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$  (6,2ppm)
- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$  (5,9ppm)
- $2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4$  (4ppm)
- $\text{N}_2\text{H}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

# CÁC THÍ NGHIỆM

Nồng độ hóa chất khử oxy (ppm)	Áp suất tách khí (barA)											
	0,032			0,046			0,054			0,064		
	Nồng độ oxy hòa tan (ppb)			Nồng độ oxy hòa tan (ppb)			Nồng độ oxy hòa tan (ppb)			Nồng độ oxy hòa tan (ppb)		
6,5	2	2	2	4	4	6	12	12	12	12	12	12
6,0	8	6	8	8	12	12	16	16	16	30	30	40
5,5	12	12	16	20	16	20	40	40	30	60	60	60
5,0	20	20	20	30	30	30	60	60	60	100	100	100

# BIẾN THIÊN NỒNG ĐỘ OXY HÒA TAN THEO ÁP SUẤT THẤP TÁCH KHÍ VỚI CÁC MỨC ĐỊNH LƯỢNG HÓA CHẤT KHỬ OXY

Nồng độ oxy hòa tan (ppb)



Áp suất thấp tách khí (barA)

## NHẬN XÉT

---

- Với cùng nồng độ hóa chất khử oxy, áp suất thấp chân không càng giảm thì nồng độ oxy hòa tan càng giảm
- Với cùng áp suất thấp chân không, nồng độ hóa chất khử oxy càng tăng thì nồng độ oxy hòa tan càng giảm

- Oxy hòa tan là tác nhân gây ăn mòn thiết bị khai thác dầu khí, lắng đọng muối trong vỉa và là môi trường phát triển của vi sinh vật trong hệ thống bơm ép nước
- Thành phần oxy hòa tan được loại trừ hoặc giảm thiểu bằng 2 biện pháp chính: vật lý và hóa học
- Nồng độ oxy hòa tan giảm khi áp suất thấp chân không giảm và nồng độ hóa chất khử oxy tăng



## KẾT LUẬN

---

- Áp suất tháp chân không phải duy trì ở mức thấp khoảng 0,03 bar
- Mức định lượng hóa chất khử oxy là 6,0 ppm
- Thường xuyên theo dõi áp suất hoạt động của tháp, có kế hoạch bảo dưỡng tháp kịp thời khi áp suất tháp không được duy trì ở mức thấp
- Lấy mẫu nước phân tích theo dõi nồng độ oxy hòa tan, nồng độ hóa chất khử oxy thường xuyên, đặc biệt khi thay đổi hóa chất khử oxy khác



TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM  
**KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ**

---

**BÀI GIẢNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ**

***NGUYÊN NHÂN GÂY NHIỄM BẨN  
THÀNH HỆ VÀ HIỆU ỨNG SKIN***

---

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo

Email : [lphao@hcmut.edu.vn](mailto:lphao@hcmut.edu.vn)

Tel : 84-8-8654086

## ĐẶT VẤN ĐỀ

---

- ❖ Dầu khí Việt Nam là 1 ngành công nghiệp mũi nhọn mang lại hiệu quả kinh tế cao
- ❖ Trong các quá trình khoan, hoàn thiện giếng, khai thác và sửa chữa giếng đều gây ra hiện tượng nhiễm bẩn tầng chứa ở các mức độ khác nhau, làm giảm lưu lượng khai thác của giếng
- ❖ Chính vì vậy cần phải có những giải pháp tối ưu tác động lên vùng cận đáy giếng nhằm nâng cao hệ số thu hồi dầu khí của mỏ.
- ❖ Để hạn chế các hậu quả gây ra, cần nắm rõ bản chất của hiện tượng & đề ra phương pháp xử lý tốt nhất cho từng trường hợp cụ thể

# NHIỆM BẮN TRONG QUÁ TRÌNH KHOAN

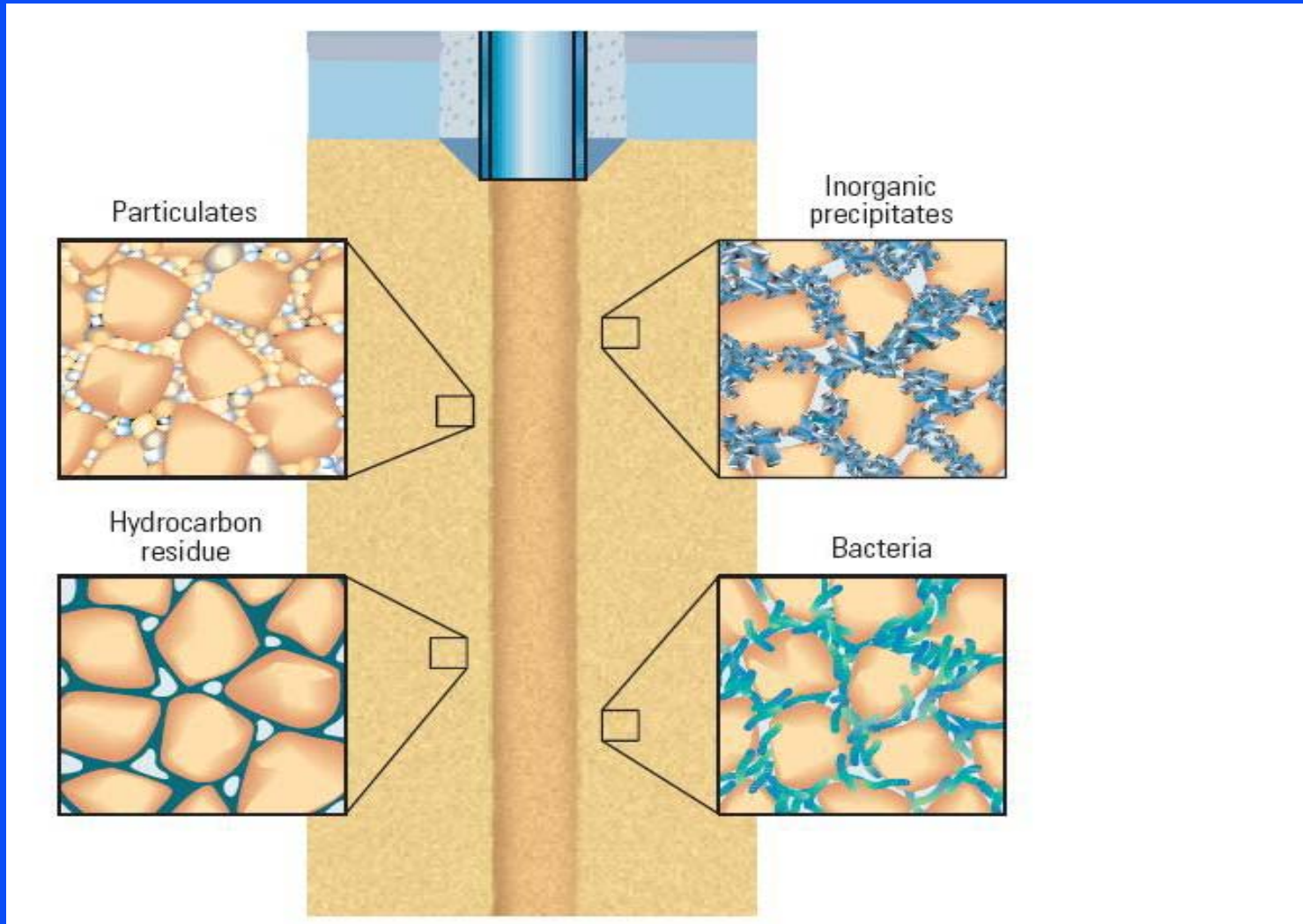
---

- Sự trương nở của các khoáng vật sét có mặt trong các tầng sản phẩm khi tiếp xúc với nước làm co thắt các lỗ rỗng của tầng chứa
- Quá trình thấm lọc của nước từ dung dịch khoan vào các lỗ hổng mao dẫn đã tạo thể nhũ tương nước-dầu bền vững làm giảm độ thấm
- Chất thấm lọc còn mang theo các ion có thể tạo ra các phản ứng hóa học để tạo thành các muối không tan
- Sự xâm nhập của các vật rắn trong dung dịch khoan vào vỉa làm bít nhét các lỗ hổng, khe nứt
- Do các vi khuẩn khác nhau trong dung dịch pha chế gây ra các phản ứng phân hủy làm giảm hiệu quả của các chất polimer hay tạo ra các lớp màng chắn bít các lỗ rỗng mao dẫn của tầng chứa
- Do các vụn khoan

*Mức độ nhiễm bẩn của tầng chứa càng nghiêm trọng hơn nếu:*

- *Vỉa có độ thấm cao*
- *Áp suất cột dung dịch khoan lớn hơn áp suất vỉa*
- *Dung dịch khoan gốc nước hoặc có hàm lượng chất rắn cao*

# NHIỆM BẮN DO QUÁ TRÌNH KHOAN



# NHIỆM BẮN TRONG QUÁ TRÌNH HÒAN THIỆN GIẾNG

---

## ❑ Trám xi măng

- ❖ Vữa xi măng xâm nhập vào vỉa
- ❖ Sản phẩm sinh ra do phản ứng giữa chất phụ gia và dung dịch đậm

## ❑ Dung dịch hoàn thiện giếng

- ❖ Sự bít nhét của các hạt rắn, sự lắng đọng của các chất cặn bản và polime có trong dung dịch
- ❖ Do sự trương nở và khuếch tán sét

## ❑ Bắn mở vỉa

- ❖ Các mảnh vụn, lớp kim loại nóng chảy
- ❖ Sự nén ép xung quanh lỗ bắn làm giảm tính thấm của vỉa.

# NHIỆM BẮN TRONG QUÁ TRÌNH KHAI THÁC VÀ SỬA CHỮA GIẾNG

---

## ❑ Khai thác

- ❖ Khai thác với tốc độ cao
- ❖ Sự lắng đọng của muối, parafin, chất rắn
- ❖ Quá trình sinh cát
- ❖ Sự tạo thành hydrat và nhũ tương ... cũng làm tăng đáng kể mức độ nhiệm bắn thành hệ.

## ❑ Sửa chữa và xử lý giếng

- ❖ Dung dịch sửa chữa giếng, vật liệu tạo cầu xi măng, vữa xi măng còn dư trong giếng...
- ❖ Tạo kết tủa trong quá trình xử lý giếng hoặc kết tủa sắt trong các thiết bị lòng giếng
- ❖ Các hạt vụn trong quá trình nứt vỉa

## HIỆU ỨNG SKIN LÀ GÌ?

---

- Tất cả các hiện tượng làm thay đổi đặc tính thấm chứa tự nhiên của đá vùng cận đáy giếng được gọi chung là hiệu ứng skin
- Hiệu ứng skin được đặc trưng bởi tổn hao áp suất  $\Delta P_{\text{skin}}$  hoặc hệ số không thứ nguyên S



# PHƯƠNG PHÁP ƯỚC LƯỢNG HỆ SỐ SKIN

---

- Đánh giá qua hệ số giảm áp  $\Delta P_{skin}$

$$\Delta P_{skin} = P_w - P'_w$$

$P_w$  = áp suất đáy giếng trong điều kiện lý tưởng

$P'_w$  = áp suất đáy giếng trong điều kiện thực tế

-Đánh giá qua hệ số không thứ nguyên S

+  $S > 0$  : vùng cận đáy giếng bị nhiễm bẩn

+  $S = 0$  : bảo toàn được điều kiện thấm tự nhiên

+  $S < 0$  : vùng cận đáy giếng được xử lý thành công, tính thấm được cải thiện tốt hơn điều kiện tự nhiên

## CÁC THÀNH PHẦN CỦA S

---

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4$$

$S_1$ - hệ số ảnh hưởng do mức độ mở vỉa

$S_2$ -hệ số ảnh hưởng do đặc tính mở vỉa

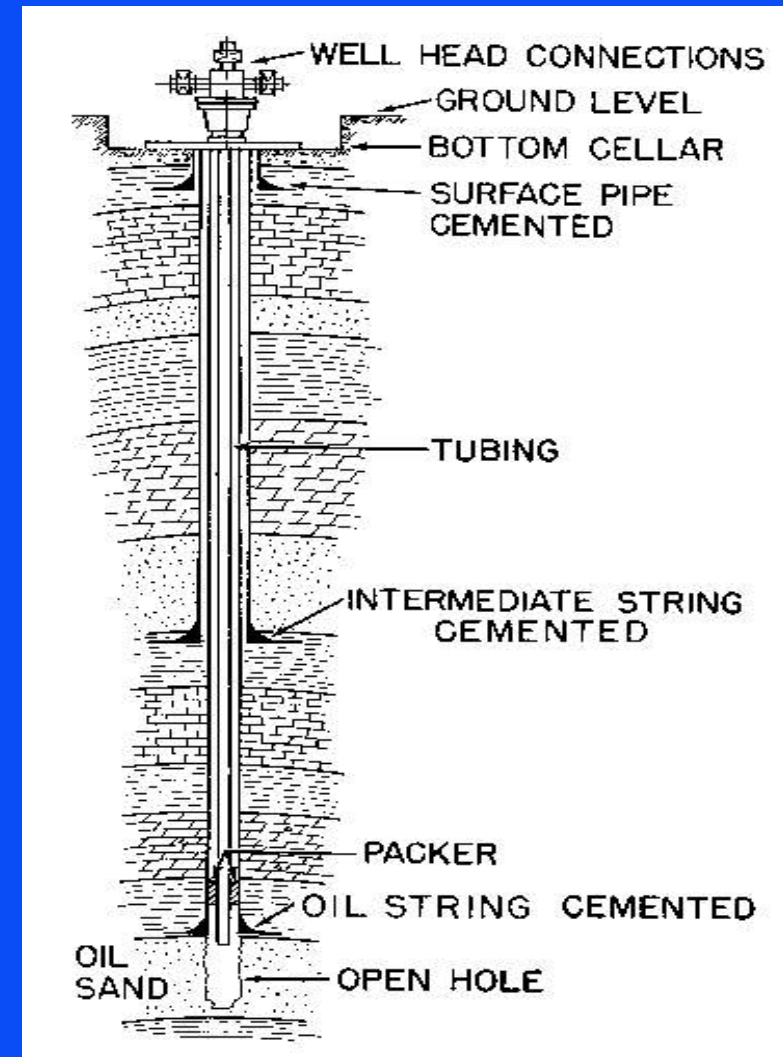
$S_3$ - hệ số ảnh hưởng do mức độ nhiễm bẩn

$S_4$ -hệ số ảnh hưởng bởi động thái không ổn định của áp suất vỉa

# TỶN THẮT DO KHÔNG HOÀN THIỆN VỀ MỨC ĐỘ MỞ VỈA

$$\Delta P_1 = (141.2q\mu B/kh)\ln(r_e/r+s_1)$$

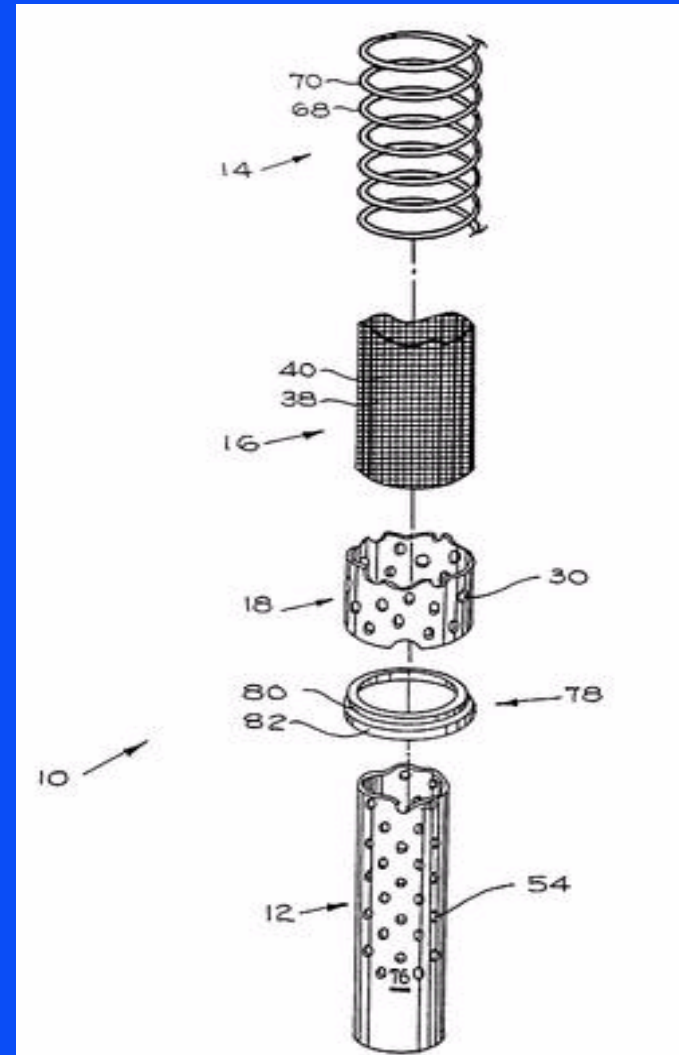
$S_1$  - hệ số ảnh hưởng do mức  
độ mở vỉa



# TỠN THẤT DO KHÔNG HOÀN THIỆN VỀ ĐẶC TÍNH MỜ VỈA

$$\Delta P_2 = (141.2q\mu B/kh) \times \ln(r/r_w + S_2)$$

$S_2$  - hệ số ảnh hưởng của đặc tính mờ vỉa



# TỖN THẤT DO HIỆN TƯỢNG NHIỄM BẦ

---

$$\Delta P = (141.2q\mu B/kh)S_3$$

$$q = (kh\Delta P_s)/[141.2\mu B\ln(r_s/r_w+S_3)]$$

$$=(ksh\Delta P_s)/[141.2\mu B\ln(r_s/r_w)]$$

$$\Rightarrow S_3 = [(k-k_s)/k_s] \times \ln(r_s/r_w)$$

- Khác với  $S_1$   $S_3$   $S_3$ , hệ số  $S_4$  xuất hiện do lực quán tính của chất lưu trong quá trình chuyển động và phụ thuộc vào lưu lượng khai thác. Khi lưu lượng nhỏ thì có thể bỏ qua, còn lưu lượng lớn thì  $S_4$  có một giá trị đáng kể.

## GIẾNG HOÀN THIỆN TƯƠNG ĐƯƠNG

---

Chính sự không hoàn thiện mà dòng chất lưu chảy từ vỉa vào giếng bị cản trở.

- Muốn thắng lực cản trên cần tăng giá trị  $(P_v - P_d)$  hay  $\Delta P$
- Trong thực tế để tiện tính toán người ta thường quy đổi các giếng không hoàn thiện thành các giếng hoàn thiện tương đương

$$Q_{tt} = (2\pi kh\Delta P)/[\mu B \ln(r/r_w + S)] = (2\pi kh\Delta P)/[\mu B \ln(r/r_{qd})]$$

Trong đó  $r_w$  – bán kính giếng không hoàn thiện

$r_{qd}$  – bán kính giếng quy đổi

## CÁC CÔNG THỨC TÍNH S

---

- Hệ số skin được xác định từ các công thức trên:

$$\ln(r/r_w + S) = \ln r/r_{qđ} \Rightarrow S = r_w/r_{qđ}$$

- Mức độ hoàn thiện của giếng  $\varphi$  được tính theo công thức:

$$\varphi = Q_{tt}/Q_{lt} = \ln(r/r_w)/\ln(r/r_w + S)$$

- Giếng càng hoàn thiện thì  $\varphi$  càng tiến dần đến 1. Từ đó ta tính được:

$$S = (1-\varphi)/[\varphi \ln(r/r_w)]$$



TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM  
**KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ**

---

## BÀI GIẢNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ

### *PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ AXIT*

---

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo

Email : [lphao@hcmut.edu.vn](mailto:lphao@hcmut.edu.vn)

Tel : 84-8-8654086



- Giới thiệu tổng quan
- Cơ sở lý thuyết xử lý axit

# THÀNH HỆ CÁT KẾT

---

- ❖ Dầu khí chủ yếu được khai thác trong tầng trầm tích gồm cát kết, cuội kết có độ rỗng cao, độ thấm tốt và kết cấu tương đối yếu hoặc tầng đá móng nứt nẻ.
- ❖ Trong quá trình khai thác do áp suất lỗ rỗng giảm dần, làm tăng ứng suất tác động lên thành hệ không gắn kết hay gắn kết yếu, làm vỡ vụn thành hệ và gây ra hiện tượng sinh cát

# CƠ SỞ LÝ THUYẾT XỬ LÝ AXIT

---

- Các hệ axit thường dùng
- Các chất phụ gia dùng trong xử lý axit
- Lựa chọn axit
- Cơ chế phản ứng trong xử lý axit
- Các yếu tố ảnh hưởng trong xử lý axit
- Cơ sở lý thuyết thiết kế xử lý axit tầng cát kết và tầng cacbonat

# CÁC HỆ AXIT THƯỜNG DÙNG

---

- Axit vô cơ
- Axit hữu cơ
- Hỗn hợp axit
- Hệ axit làm chậm phản ứng
- Khả năng hoà tan của axit

# AXIT VÔ CƠ

---

## Axit hydrochloric (HCl)

Axit HCl được sử dụng phổ biến nhất, chủ yếu trong tầng cacbonat

## Hỗn hợp axit hydrochloric – hydrofluoric (HCl + HF)

Đây là hỗn hợp axit được dùng cho phần lớn các thành hệ

## Axit fluoboric (HBrF<sub>4</sub>)

Dung dịch axit fluoboric dùng làm dung dịch đệm trước khi xử lý sự đọng cặn làm dính chặt trong lỗ rỗng .

# AXIT HỮU CƠ

---

## Axit Acetic ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )

Là axit không màu, trong suốt, mùi gắt, sản xuất ở nồng độ 97-99%, được pha chế để ổn định dung dịch axit

## Axit Formic ( $\text{HCOOH}$ )

Mạnh hơn, rẻ hơn  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , nhưng ăn mòn không đều và ít tạo ra những hang hốc như HCl

# HỖN HỢP AXIT

---

- Hỗn hợp axit  $\text{HCl} + \text{CH}_3\text{COOH}$  và  $\text{HCOOH} + \text{HF}$  sử dụng hiệu quả trong đá cacbonat và duy trì mức độ ăn mòn thấp (đặc biệt ở nhiệt độ cao) và ngăn không cho các axit hữu cơ phản ứng
- Hỗn hợp axit  $\text{HF} + \text{HCl}$  dùng hiệu quả trong các tầng cát kết có nhiệt độ cao

# HỆ AXIT LÀM CHẬM PHẢN ỨNG

---

- ❖ Axit bị gel hoá
- ❖ Axit có chứa hoá phẩm làm chậm phản ứng
- ❖ Axit nhũ hoá



# KHẢ NĂNG HOÀ TAN CỦA AXIT

---

Định nghĩa: Độ hoà tan là lượng khoáng vật bị hoà tan bởi một lượng axit trên khối lượng hay thể tích chuẩn

Độ hoà tan có thể tính với nhiều mức độ phản ứng:

$$\beta = \frac{V_{KV} \cdot MW_{KV}}{V_{axit} \cdot MW_{axit}}$$

# CHẤT ỨC CHẾ ĂN MÒN

---

## Catafin – A

Đây là một trong những chất chống ăn mòn của axit tốt nhất. Khi pha vào dung dịch axit với 0.1% tổng thể tích, cường độ ăn mòn của dung dịch giảm đi từ 55 – 65 lần

## Marvelan – K (O)

Liều lượng pha chế trung bình cho phép 0.1%. Marvelan – K(O) là một chất ức chế có cường độ hoạt tính cao

## N – 1 – A

Cường độ chống ăn mòn của N-1-A rất lớn. Nếu pha chế liều lượng 0.1% N-1-A với 0.2% Urotrofin, cường độ ăn mòn của dung dịch axit (ở 20°C) giảm xuống 30 lần

## Fomalin

Với thành phần 0.6% về khối lượng trong dung dịch axit thì sự ăn mòn giảm 7 - 8 lần

## Unhicôn Ps-5

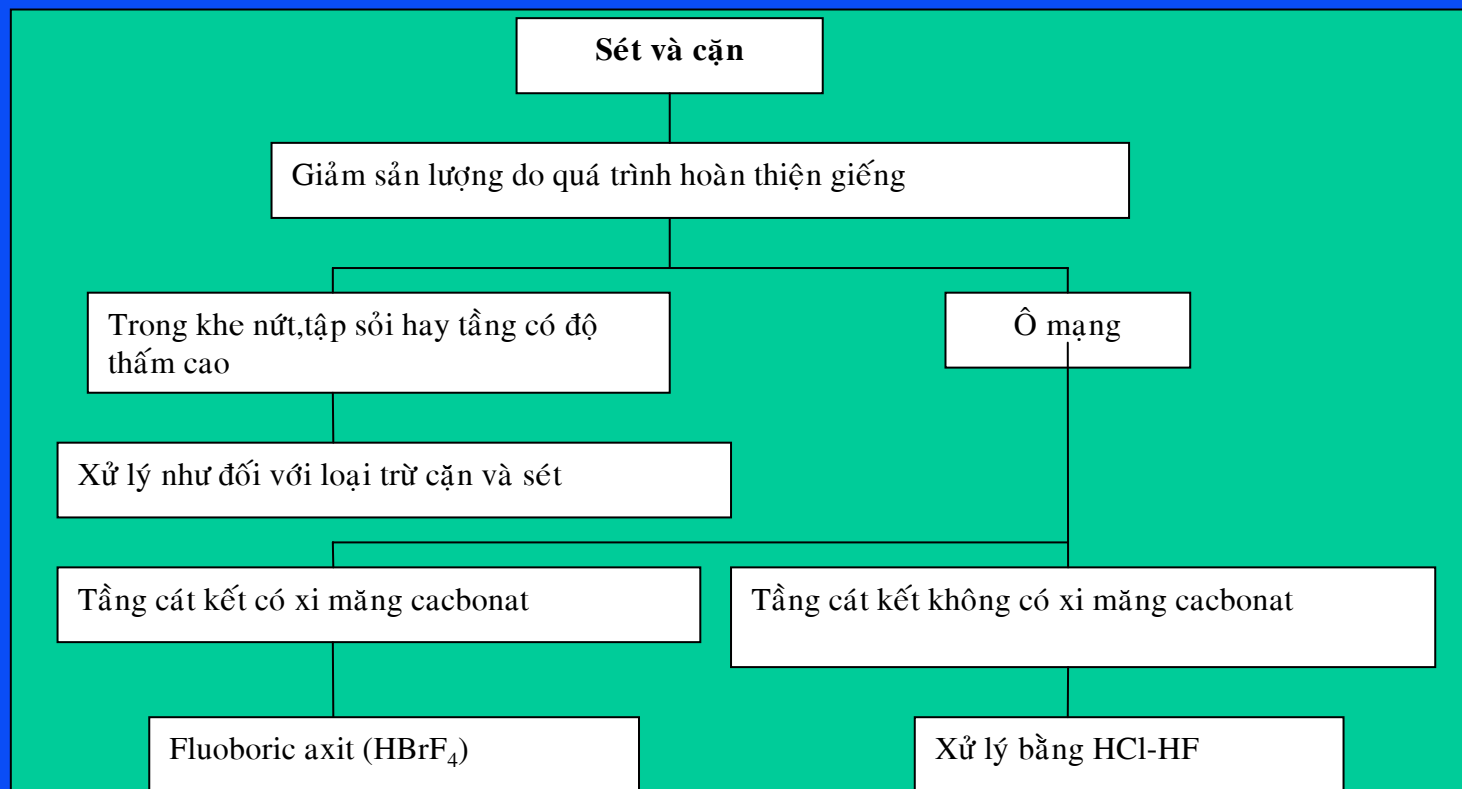
Khi pha chế từ 0.25-0.5% về khối lượng trong dung dịch axit thì cường độ ăn mòn giảm 31 - 42 lần

## LỰA CHỌN AXIT

---

- ❖ Tiêu chuẩn xử lý là 15% HCl đối với tầng cacbonat và hỗn hợp 3% HF + 12% HCl cùng với dung dịch 15% HCl để rửa giếng khoan cho tầng cát kết
- ❖ Những năm gần đây, khuynh hướng sử dụng HF với nồng độ thấp hơn trong dung dịch với mục đích giảm kết tủa gây nhiễm bẩn

# SƠ ĐỒ LOẠI BỎ NHIỄM BẮN TRONG QUÁ TRÌNH HOÀN THIỆN GIẾNG TRONG TẦNG CÁT KẾT



# CƠ CHẾ PHẢN ỨNG TRONG XỬ LÝ AXIT

---

Độ thấm của mẫu thí nghiệm giảm khi acid HCl-HF tiếp xúc với nó lúc ban đầu, sau đó nếu tiếp tục cho acid HCl-HF đi qua thì độ thấm lại tăng

Axit HCl thực tế chỉ tác dụng với thành phần cacbonat mà không tham gia tác dụng với các thành phần khác của đá



# CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG TRONG XỬ LÝ AXIT

---

## Nhiệt độ

- Dung dịch sẽ đi vào các lỗ rỗng của thành hệ có nhiệt độ gần giống với nhiệt độ bơm ép trên bề mặt khi xét đến các yếu tố như: thể tích khe nứt lớn, tốc độ xử lý cao đồng thời gây ra hiện tượng mất dung dịch.
- Do sự khác nhau về nhiệt dung riêng và các đặc tính của dung dịch mất vào thành hệ, nhiệt độ trong khe nứt sẽ tùy thuộc vào loại dung dịch đệm được sử dụng.

## Áp suất

- Nói chung khi áp suất vỉa  $> 500$  psi thì nó ảnh hưởng ít, khi áp suất vỉa  $< 500$  psi thì ảnh hưởng nhiều hơn.

# CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG TRONG XỬ LÝ AXIT

## Nồng độ hỗn hợp axit

- Ảnh hưởng của nồng độ axit HCl đến tốc độ xử lý được thể hiện:
  - $0\% < C\% < 25\%$ : Nồng độ axit tăng thì tốc độ phản ứng tăng
  - $C\% > 25\%$ : Nồng độ axit tăng thì tốc độ phản ứng giảm

## Vận tốc của dòng chảy

- Vận tốc dòng chảy tăng thì tốc độ phản ứng cũng tăng theo và tính bằng công thức sau:

$$R = \left[ \left( 28,5 \cdot \frac{V}{b} \right)^{0,8} + 184 \right] \cdot 10^{-6}$$

# THIẾT KẾ XỬ LÝ AXIT TẦNG CÁT KẾT VÀ TẦNG CACBONAT

---

- Xử lý nhũ axit ô mạng cho thành hệ cacbonat
- Nhũ axit cho ô mạng cát kết
- Sai sót hay gặp phải trong quá trình xử lý axit
- Công nghệ xử lý axit vùng cận đáy giếng



# XỬ LÝ NHỮ AXIT Ô MẠNG CHO THÀNH HỆ CACBONAT

---

- Được tiến hành với áp suất nhỏ hơn nhiều so với áp suất nứt vỉa
- Mục đích làm tăng tính đồng nhất về hệ số thẩm thấu trong vùng cận đáy giếng
- Khoảng cách hướng tâm cực đại mà axit có thể xâm nhập vào vỉa phụ thuộc vào vận tốc dòng chảy axit trong lỗ rỗng và thời gian tác dụng của nó

# NHỮ AXIT CHO Ô MẠNG CÁT KẾT

---

Dung dịch rửa giếng sau khi xử lý thường có chứa:

- Hydrocacbon hay HCl nồng độ 15% đối với các giếng dầu
- HCl cho các giếng bơm ép nước
- Axit,  $N_2$  hoặc khí tự nhiên cho các giếng khí

Thể tích dung dịch rửa giếng sau khi xử lý axit nên bằng thể tích của hỗn hợp HCl + HF đã sử dụng

# SAI SÓT HAY GẶP PHẢI TRONG QUÁ TRÌNH XỬ LÝ AXIT

---

- Kết quả xử lý không đạt yêu cầu có thể do:
- Không sử dụng HF
- Dung dịch đậm không có HCl
- Lượng hỗn hợp axit không đủ
- Không rửa ngay
- Sử dụng dầu diesel trong giếng khí hay bơm ép nước
- Gây vỡ vỉa trong khi xử lý
- Không dùng dung môi tương hỗ trong hỗn hợp axit xử lý
- Xử lý thành hệ không bị nhiễm bẩn

# CÁC TRƯỜNG HỢP XỬ LÝ

---

- Giếng bơm ép
- Giếng khai thác

# XỬ LÝ AXIT GIẾNG BƠM ÉP

---

Khi chuyển giếng đang khai thác vào bơm ép cần tuân theo các bước sau:

- Ngừng giếng đang hoạt động, thay dầu trong giếng bằng nước hoặc dung dịch có tỷ trọng tương đương
- Kéo các thiết bị lòng giếng lên và thả cần HKT đến vị trí phin lọc
- Mở ngoài cần HKT (khoảng không vành xuyên)
- Đóng ngoài cần lại và bơm vào vữa phần HCl còn lại
- Mở van ngoài cần HKT, bơm nước đẩy axit HCl (CKP) còn lại trong cần vào vữa
- Nếu ở khoảng không vành xuyên ngoài cần HKT chất lỏng chiếm chỗ là nước thì không ngừng các máy bơm
- Ngừng bơm, tháo thiết bị, nối miệng giếng với máy bơm và thiết lập chế độ công nghệ

# CÔNG NGHỆ XỬ LÝ AXIT GIẾNG KHAI THÁC

- Ngừng giếng, đổ đầy dầu, nước hoặc dung dịch có tỷ trọng tương ứng theo áp suất vỉa vào lòng giếng và HKT
- Tháo đầu giếng (cây thông), đưa các thiết bị lòng giếng lên bề mặt
- Xác định đáy giếng. Trường hợp có lắng đọng ở đáy giếng phải tiến hành rửa sạch giếng
- Thả HKT đến vị trí phin lọc cuối cùng
- Lắp cây thông khai thác, nối miệng giếng với đường bơm để chuẩn bị bơm nhũ tương dầu axit
- Thử đường bơm ép và cây thông với áp suất 35MPa
- Chuẩn bị hai máy bơm, một máy nối với bồn chứa dung dịch axit
- Nhất thiết phải tuân thủ trình tự khi bơm nhũ tương
- Nếu giếng sau xử lý có trào chất lỏng (chất lỏng đập giếng là dầu) thì thay thế dầu bằng nước hoặc dung dịch có tỷ trọng tương ứng

## AN TOÀN TRONG XỬ LÝ AXIT

---

- Xử lý axit cần phải được tiến hành bởi đội chuyên nghiệp được đào tạo về xử lý hoá học
- Phải tránh xa các đường cao áp và đứng ở nơi an toàn
- Trước khi thử độ kín của đường ống, phải kiểm tra độ tin cậy của tất cả các chỗ nối, siết lại các bộ phận bị lỏng, không chặt
- Yêu cầu an toàn khi kết thúc công việc ...



TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM  
**KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ**

## BÀI GIẢNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ

### *PHƯƠNG PHÁP NÚT VĨA THỦY LỰC*

---

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo

Email : [lphao@hcmut.edu.vn](mailto:lphao@hcmut.edu.vn)

Tel : 84-8-8654086



## NỘI DUNG

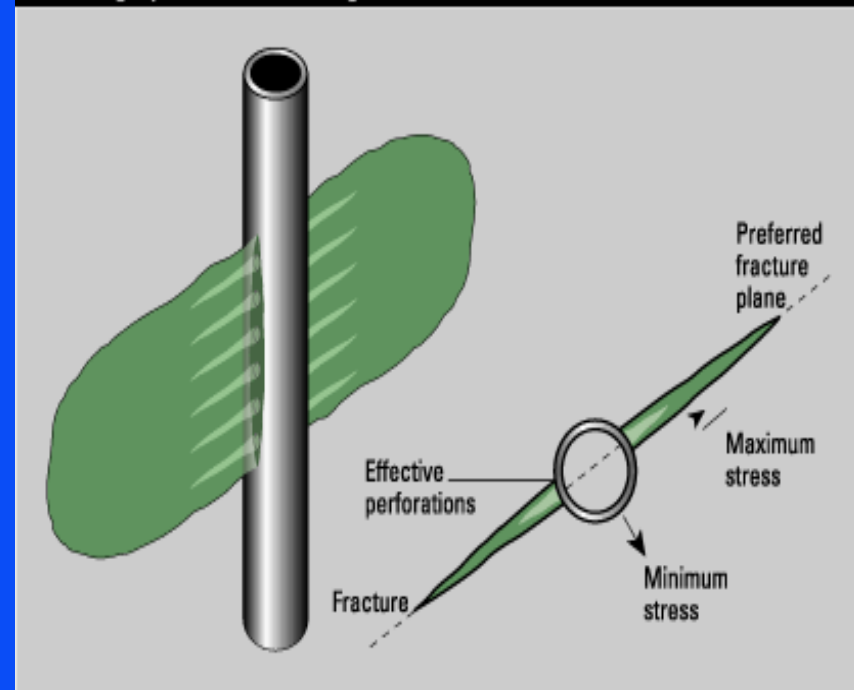
---

- ❖ Các thông số vỉa ảnh hưởng đến quá trình nứt vỉa thủy lực
- ❖ Mô hình toán học để tính toán quá trình hình thành và phát triển khe nứt
- ❖ Quá trình nứt vỉa thủy lực

## Các thông số nứt vỉa thủy lực

- **Gradient nứt vỉa:** Là áp suất cần thiết ở chiều sâu xác định để tạo các khe nứt trong đất đá ở vùng cận đáy giếng.
- Các khe nứt vuông góc với phương có ứng suất chính nhỏ nhất. Gradient nứt vỉa tỉ lệ với giá trị của ứng suất nhỏ nhất này.

Orienting the perforations at 180° in the direction of the maximum principal stress delivers the optimal wellbore/formation connectivity following hydraulic fracturing.



## Gradient nứt vỉa

---

$$P_{fg} = \frac{\frac{\gamma}{1 - \gamma} (\sigma_v - \alpha \cdot P_0) + \alpha \cdot P_0 + T_0}{D}$$

$$P_{fg} = (P_{ISI} + P_h) / D$$

$P_{fg}$  : Gradient nứt vỉa

$\sigma_v$  : Ứng suất thẳng

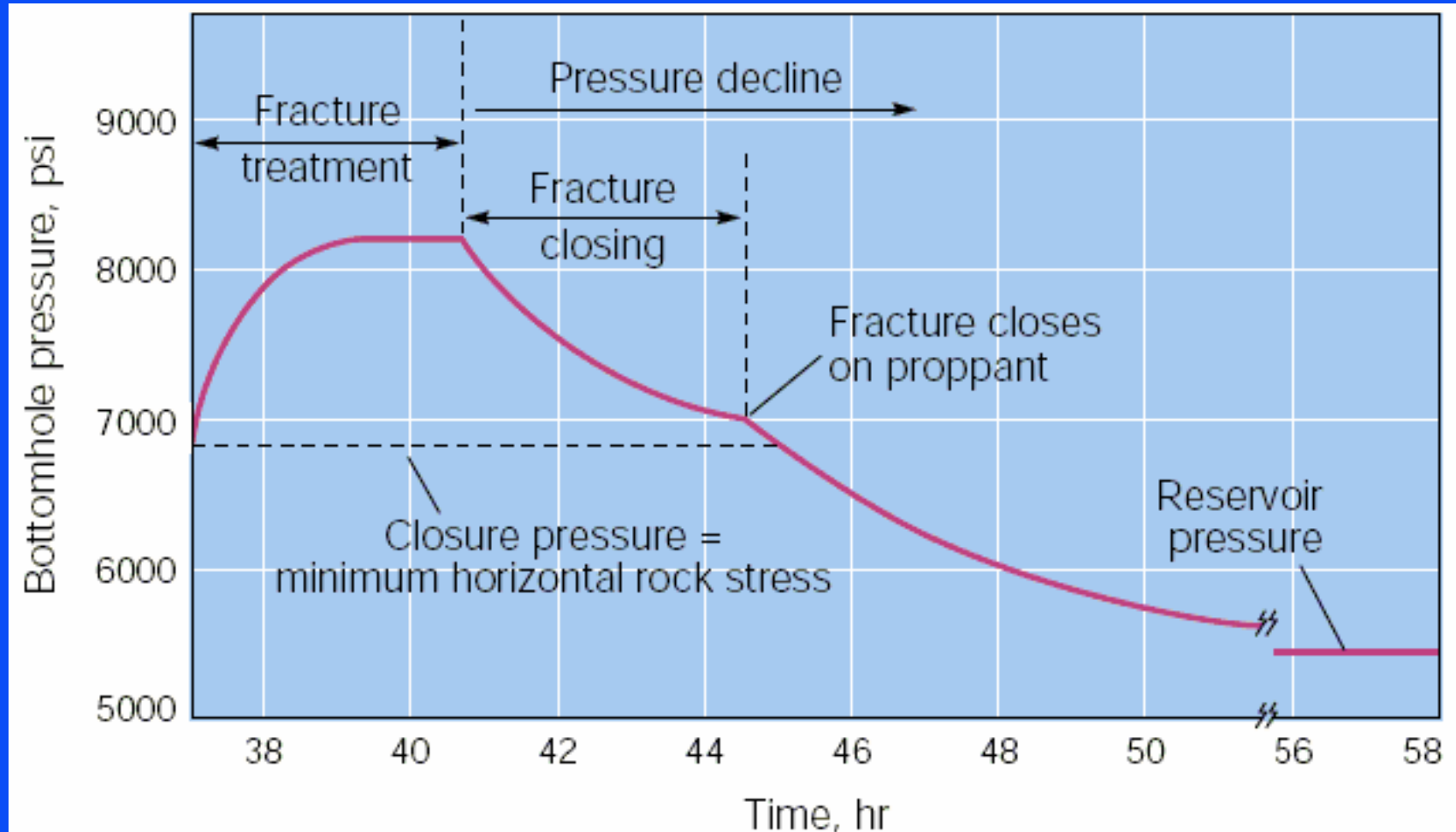
$\gamma$  : Hệ số Poisson

$\alpha$  : Hệ số đàn hồi

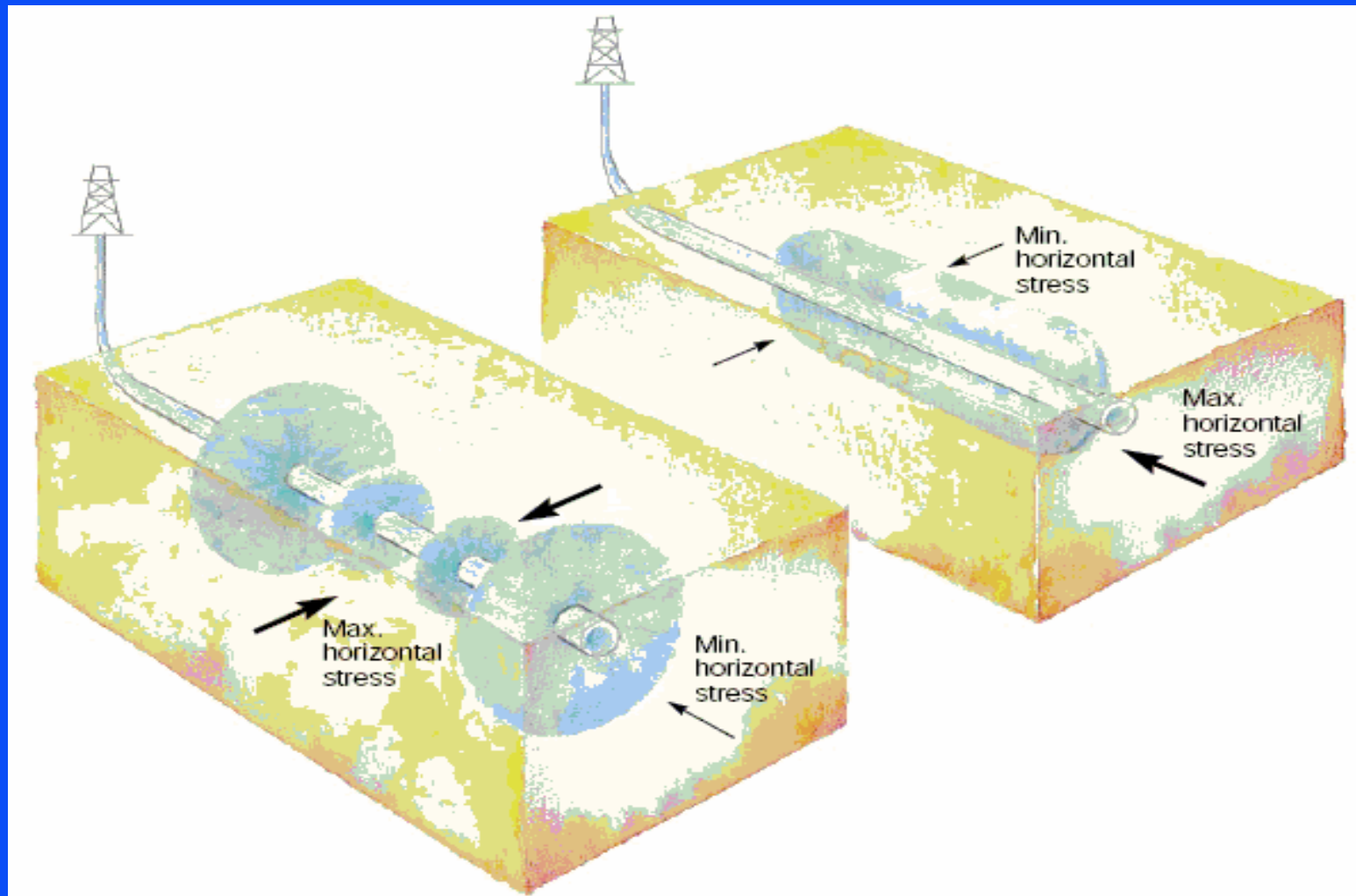
$P_h$  : Áp suất thủy tĩnh

$D$  : Chiều sâu khe nứt

# Bản chất của quá trình NVTL



# Mô hình phát triển khe nứt



## Áp suất phát triển khe nứt và mô đun đàn hồi

---

### □ Áp suất phát triển khe nứt:

- *Là áp suất cần thiết để mở rộng khe nứt nhờ dung dịch nứt vỉa ban đầu.*

### □ Mô đun đàn hồi E:

- *Hệ số đặc trưng cho tính đàn hồi và độ cứng của đất đá khi chịu tải.*

## Mô hình PKN ( Perkin, Kern, Nordgren)

---

- ❖ Tiết diện ngang của khe nứt trong mặt phẳng thẳng đứng vuông góc với trục dọc của khe nứt chủ yếu giữ được hình dạng elip có chiều cao không thay đổi nhưng cạnh khe nứt ở sâu trong vỉa uốn tròn lại vào trong.

# Mô hình PKN

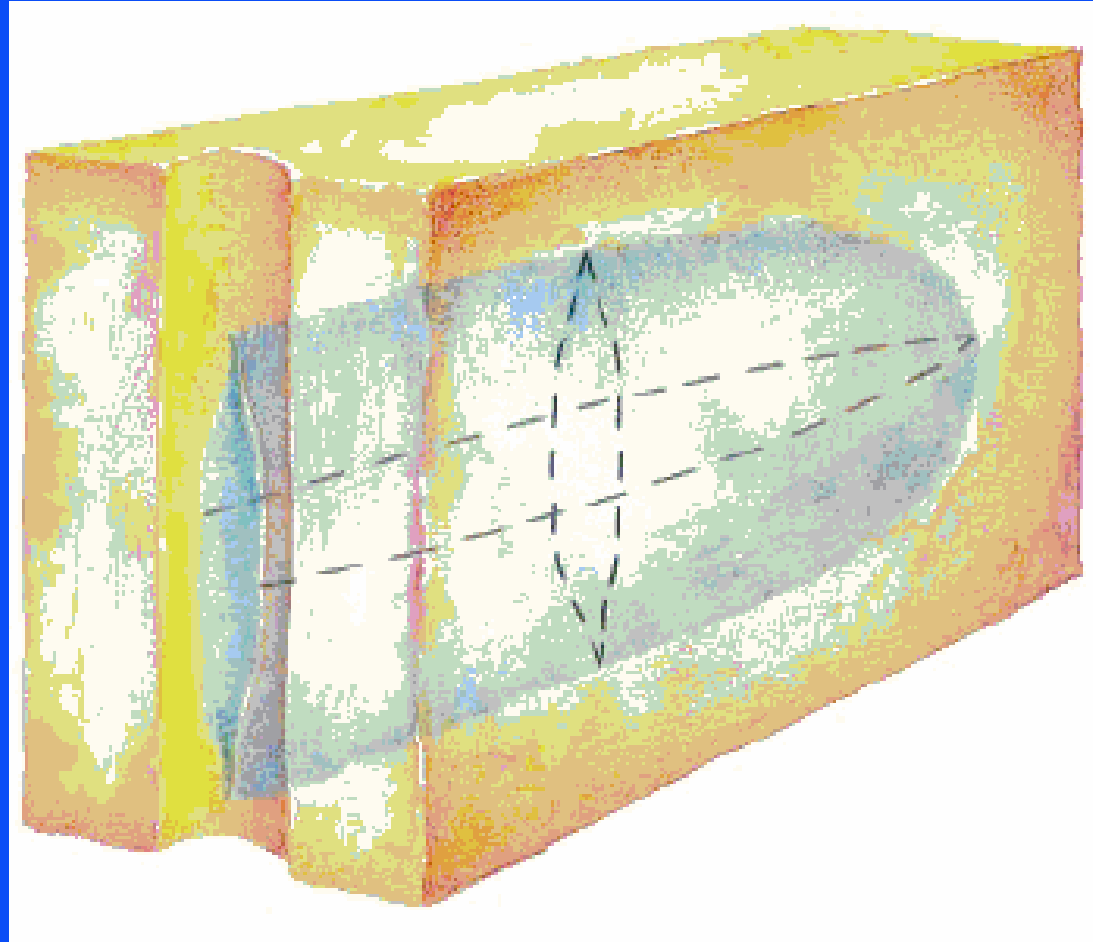
$$W(0,t) \sim \frac{h_f \cdot p}{E}$$

$$P \sim \frac{(E^3 \cdot \mu \cdot q_i \cdot x_f)^{1/4}}{h_f}$$

W: bề rộng của khe nứt

X: chiều dài khe nứt

h: chiều cao





## Mô hình KGD

---

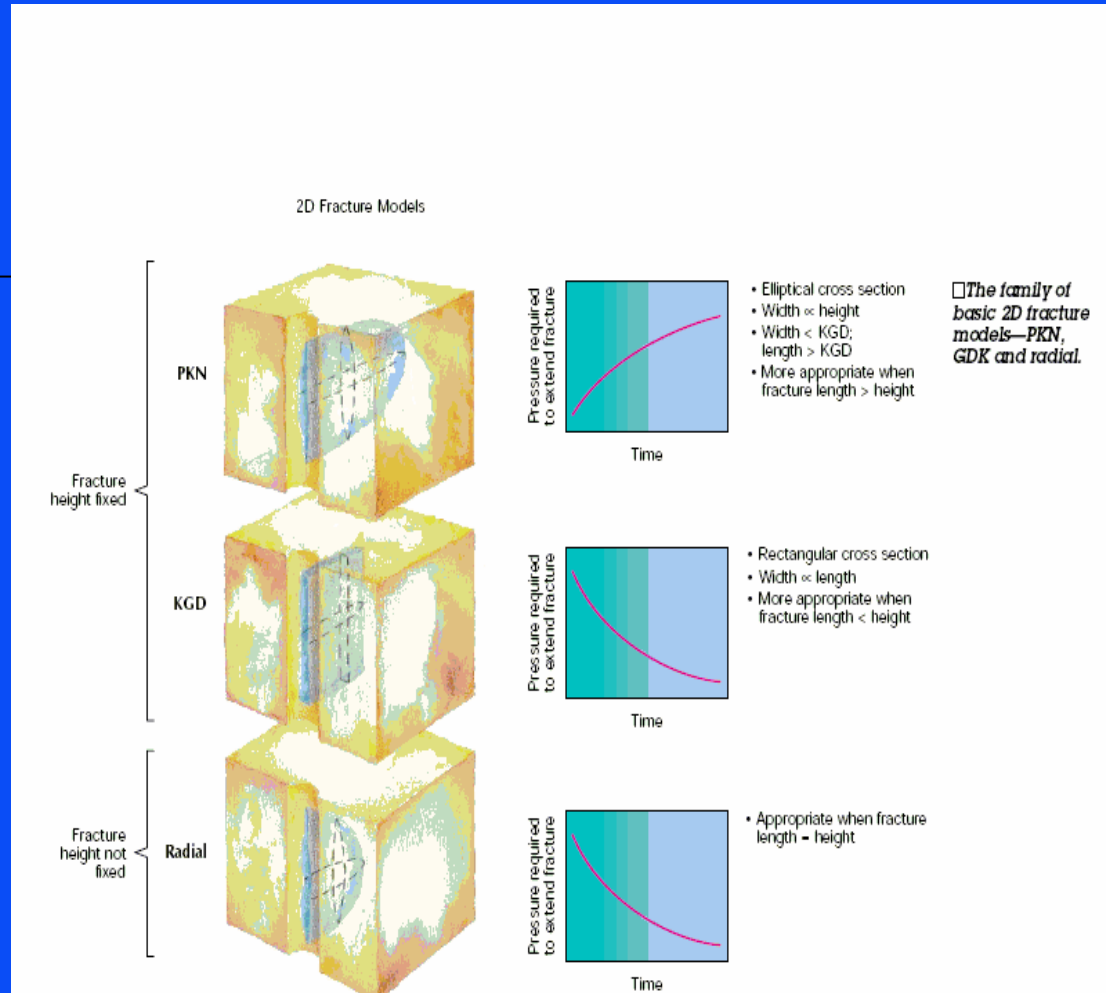
*Tiết diện ngang có hình dạng elip, còn tiết diện thẳng đướng có dạng hình chữ nhật.*

# Mô hình KGD

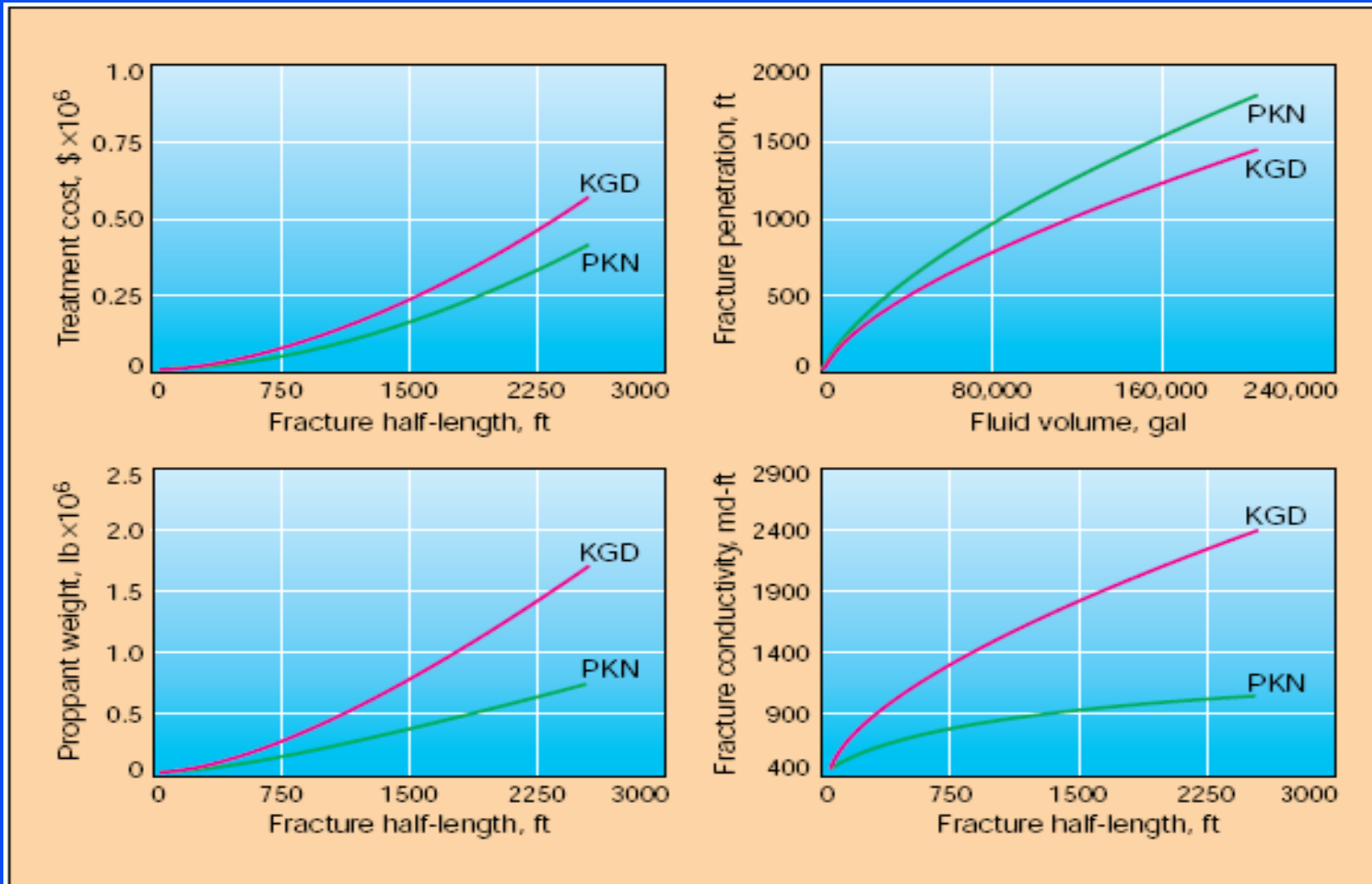
$$W(0,t) \sim \frac{x_f \cdot p}{E (E^3 \cdot \mu \cdot q_i)^{1/4}}$$

$$P \sim \frac{h_f^{1/4} \cdot x_f^{1/2}}{\mu}$$

$\mu$ : độ nhớt của chất lỏng  
 $q$ : cường độ bơm ép



# So sánh 2 mô hình



# QUÁ TRÌNH NỨT VỈA

---

- ❖ Chất lỏng nứt vỉa
- ❖ Vật liệu chèn
- ❖ Thiết bị để tiến hành nứt vỉa thủy lực
- ❖ Quá trình chuẩn bị để nứt vỉa thủy lực
- ❖ Công nghệ tiến hành và các bước kết thúc quá trình nứt vỉa thủy lực

## Chất lỏng nứt vỉa

---

Đặc điểm:

- Tương thích với đất đá và chất lỏng thành hệ
- Có khả năng duy trì vật liệu chèn ở trạng thái lơ lửng để vận chuyển sâu vào trong khe nứt
- Có độ nhớt tối ưu
- Độ ổn định cao hệ số mất dung dịch thấp
- Dễ pha chế và chi phí hợp lí

## Chất lỏng nứt vỉa

---

*Không gây nhiễm bẩn thành hệ, độc hại đối với người và môi trường*

*Tổn hao do lực cản trong cột OKT nhỏ để công suất bơm cần thiết nhỏ nhất*

*Sau khi phân hủy tạo thành những chất lỏng động tự do để không làm bít những khe nứt đã được chèn ép và lấy hết lên sau quá trình nứt vỉa.*

- . Dung dịch nứt vỉa có thể được chia 3 loại:*
  - Dung dịch gốc nước, gốc dầu , nhiều pha.*

## Các chất phụ gia

---

- *Chất chống ăn mòn: Catafin A, Marvelan-K(o)*
- *Chất hoạt tính bề mặt: Anion, Sunfanol*
- *Chất bôi trơn: Poliacrilamit*
- *Chất tạo gel và chống mất dung dịch: N<sub>2</sub>, Polimer tổng hợp, cát mịn*
- *Các chất chống tạo cặn, chống tạo bọt*
- *Các chất đổi dòng: Axit benzoic, polimer, antracen*
- *Các chất làm chậm phản ứng: CH<sub>3</sub>COOH, HCOOH*

## Vật liệu chèn

---

Một số loại hạt chèn thường dùng:

- Cát thạch anh (0,5-1,2 mm ,tỉ trọng 2650 kg/m<sup>3</sup>)
- Bi thủy tinh ( bằng tỉ trọng cát)
- Bột bauxit nung kết (tỉ trọng 1400 kg/m<sup>3</sup>)
- Hạt polimer tổng hợp (tỉ trọng 1100 kg/m<sup>3</sup>)



## Tính chất của vật liệu chèn

---

- *Độ thấm: được thí nghiệm mô phỏng theo điều kiện vỉa đến khi dòng chảy ổn định ở các mức độ chênh áp khác nhau.*
- *Độ tròn cạnh và độ cầu: Được xác định theo hệ số Krubein 0,1 – 1,0.*
- *Cỡ hạt : Đường kính lớn nhất và nhỏ nhất được xác định theo tiêu chuẩn API*

*Hạt chèn càng lớn càng có khả năng tạo độ dẫn thủy tốt cho khe nứt được chèn, nhưng khó đưa vào khe nứt.*

*Hạt nhỏ tạo độ dẫn thủy ban đầu nhỏ nhưng duy trì cao hơn hạt lớn*

## Kích thước vật liệu chèn

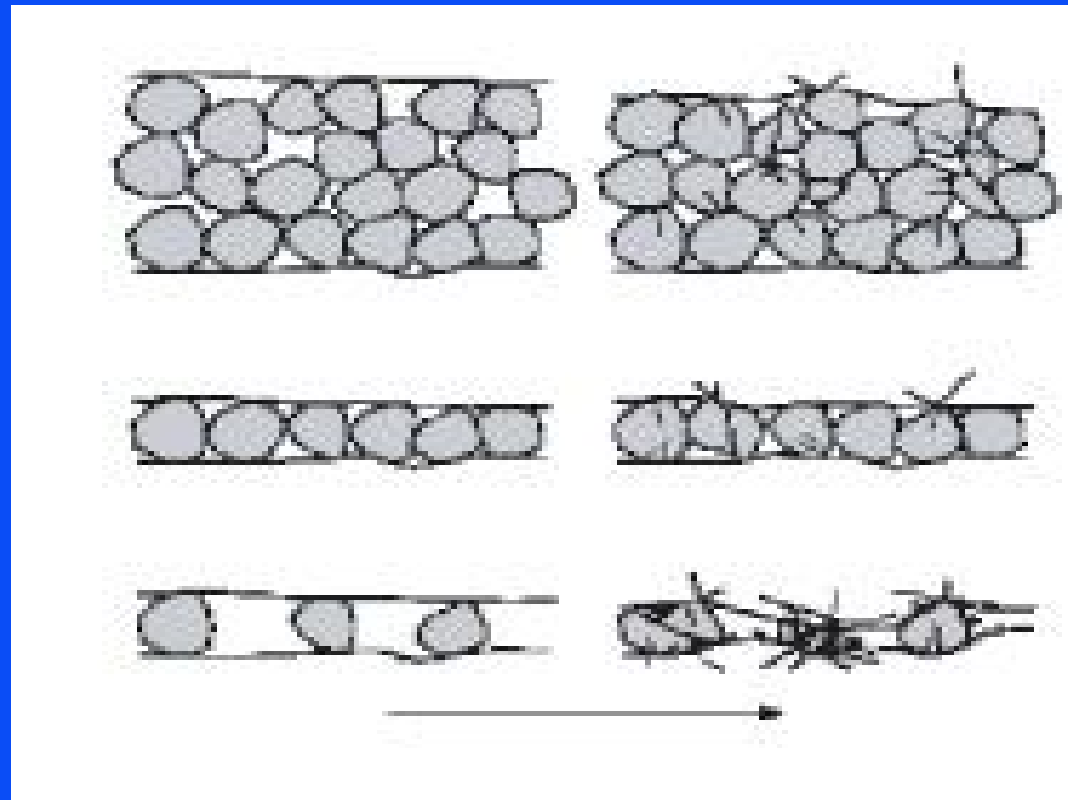
*Đường kính hạt , in*

Kích thước lưới	Lớn nhất	Nhỏ nhất
6/12	0.1320	0.0661
8/16	0.0937	0.0469
12/20	0.0661	0.0331
16/30	0.0469	0.0331
20/40	0.0331	0.0165
30/50	0.0232	0.0117
40/70	0.0165	0.0083

*Kích thước hạt thường sử dụng nhỏ hơn 20/40*

## Tính chất của vật liệu chèn

Độ bền nén : *Vật liệu chèn phải có độ bền nén cao để không bị phá hủy trong khe nứt.*



## Độ bền nhiệt và hóa học

---

*Khi có lẫn tạp chất thì độ bền hóa học bị giảm , đặc biệt khi lẫn fenspat (2%)*

Tỷ trọng:

*Ảnh hưởng lớn đến quá trình vận chuyển nó vào trong khe nứt. Hạt có tỷ trọng lớn đòi hỏi chất lỏng bơm ép có tỷ trọng lớn hoặc độ nhớt lớn, hoặc tỷ trọng nhỏ thì tốc độ bơm ép cao để giữ hạt ở trạng thái lơ lửng trong suốt quá trình bơm.*

## Các thông số cần lưu ý

---

Sự lựa chọn, tính toán các thông số hạt chèn rất quan trọng, người ta thường chú ý đến các thông số sau:

- *Đặc tính vật lý của các hạt chèn*
- *Mật độ của các hạt chèn trong khe nứt*
- *Chiều rộng của khe nứt sau khi khe nứt đóng lại*
- *Ứng suất khép lại của khe nứt*
- *Thành phần lắng đọng của dung dịch nứt vỉa*

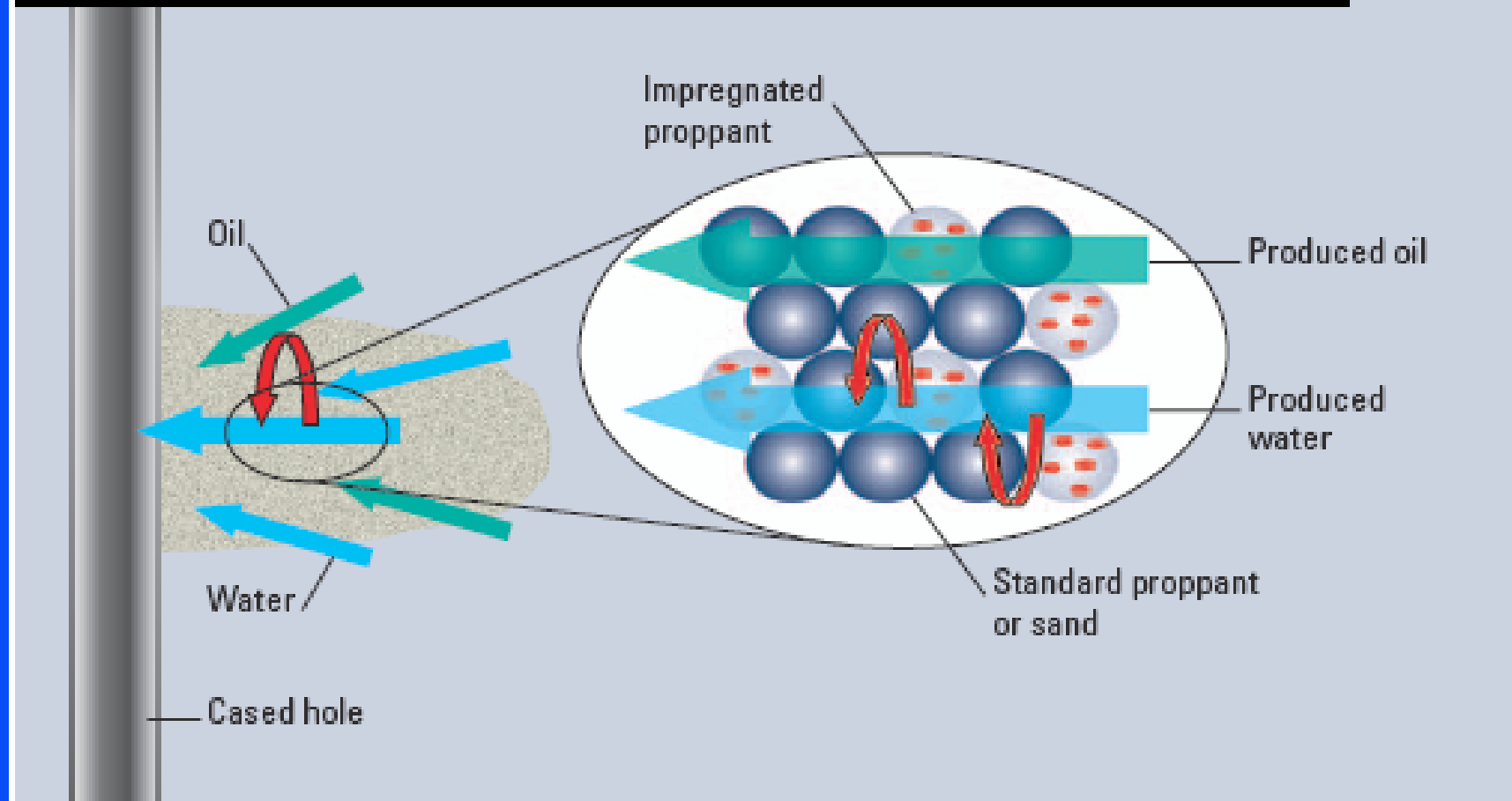
## Vật liệu chèn

---



# Vật liệu chèn trong giếng

*Chemical release from impregnated proppant as water production flows through the proppant pack in the fracture.*



## Thiết bị nứt vỉa

---

Thiết bị chính trên bề mặt: *Máy bơm chất lỏng làm việc, máy chôn cát, thiết bị nâng thả, đầu miệng giếng, đường ống phân phối, các bồn chứa*

Thiết bị chính trong lòng giếng: *OKT ,Paker , nút cầu chuyên dụng, neo để giữ chặt paker, ống mềm có đường kính nhỏ thả được vào OKT để tuần hoàn chất lỏng , bơm rửa cát....*  
*khi cần*



## Quá trình chuẩn bị nứt vỉa thủy lực

---

### Lựa chọn giếng

- Công việc bao gồm:

+ Thu thập, phân tích các dữ liệu vật lí, đặc tính vỉa, thông tin xây dựng, hoàn thiện, sửa chữa, xử lí trước đó

+ Xác định trạng thái OKT, Chất lượng vành ximăng

+ Xác định độ sâu đặt Paker

## Lựa chọn giếng NVTL

---

+ Thông thường NVTL đạt kết quả tốt ở những giếng khai thác có áp suất cao, mức độ tiêu nước thấp và có độ chứa dầu lớn.

+ Không nên tiến hành NVTL ở những giếng có dòng chảy mạnh của nước ngầm hoặc khí liên quan đến khe nứt từ những vùng chứa nước hoặc khí từ giếng bơm ép, những giếng có sự cố kỹ thuật:

- Phần lọc của giếng bị phá vỡ
- Cột ống chống bị méo hoặc bị phá vỡ
- Vành trám xi măng chưa đủ cao, chất lượng kém

+ NVTL ở những giếng thân trần kém hiệu quả hơn những giếng đã được chống ống, trám xi măng, bắn mở

---

via

## Các công tác chuẩn bị

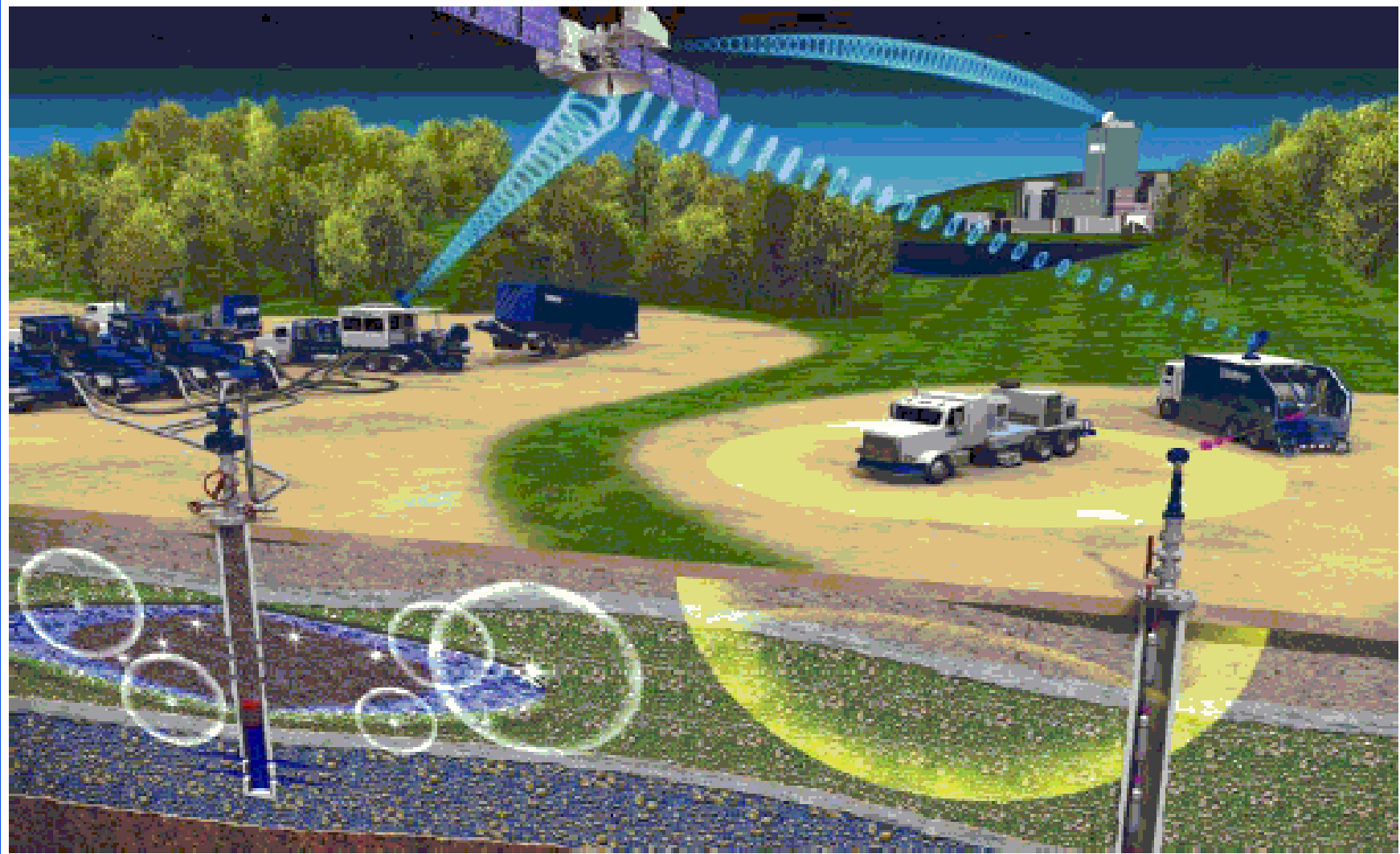
---

- + *Lên kế hoạch, chuẩn bị mặt bằng, thiết bị nứt vỉa chính, phụ trợ, thiết bị nâng thả, máy bơm ép, bình chứa.*
- + *Xử lý thiết bị lòng giếng , OKT, đáy giếng*
- + *Chuẩn bị chất lỏng nứt vỉa, vật liệu chèn*
- + *Tiến hành bơm thử nghiệm để xác định độ tiếp nhận (Áp suất nứt vỉa, sự thành tạo khe nứt)*
- + *Áp suất bắt đầu nứt vỉa, khe nứt mở rộng thêm tại đó hệ số tiếp nhận tăng nhanh*

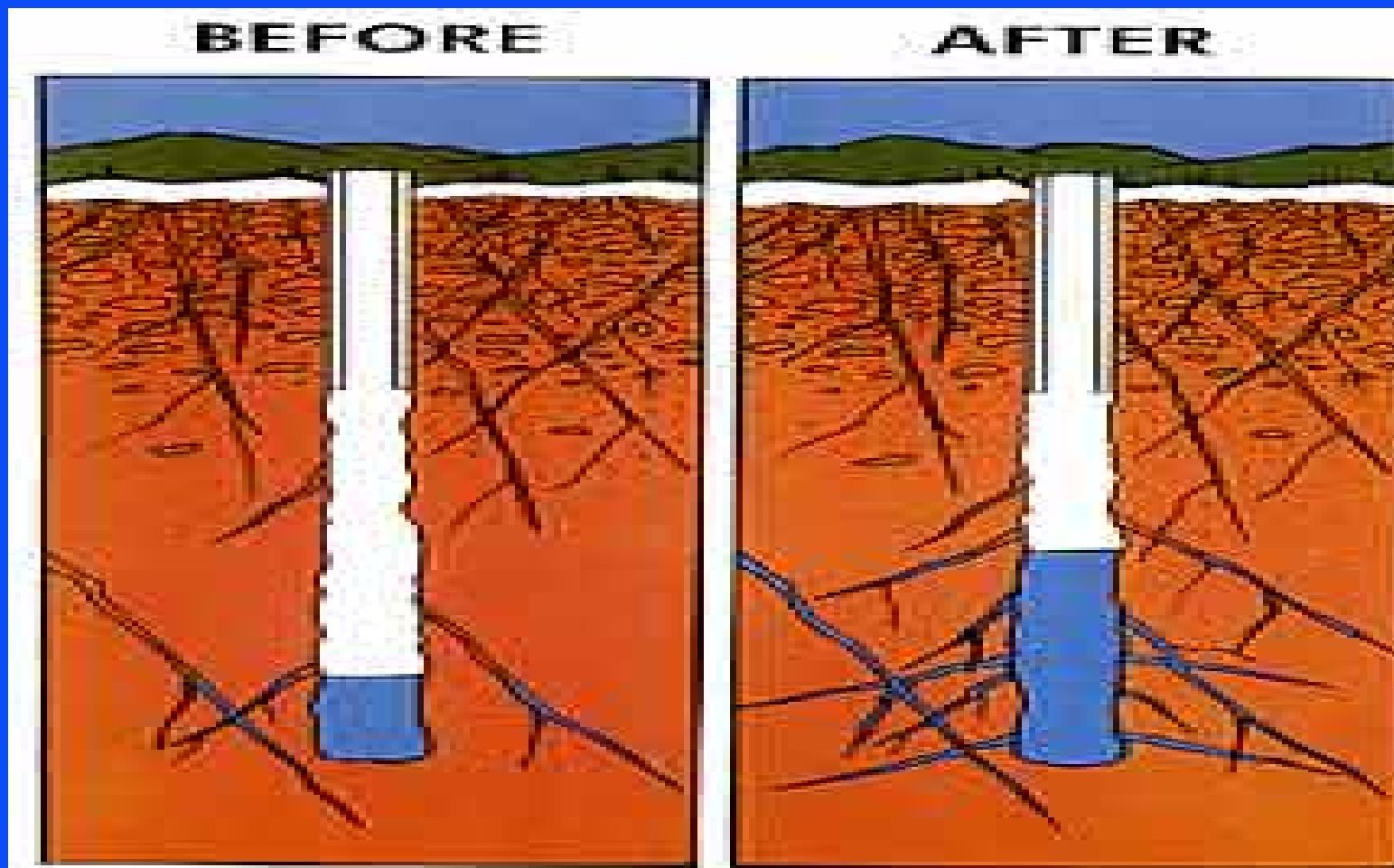
Các bước cơ bản:

- *Thả cột OKT + Paker chuyên dụng xuống độ sâu thiết kế, mở Paker*
- *Nối ống với hệ thống máy bơm, bơm thử để xác định độ tiếp nhận và các thông số khác*
- *Bơm ép chất lỏng NVTL*
- *Bơm ép chất lỏng mang vật liệu chèn*
- *Bơm ép chất lỏng đệm để đẩy vật liệu chèn*

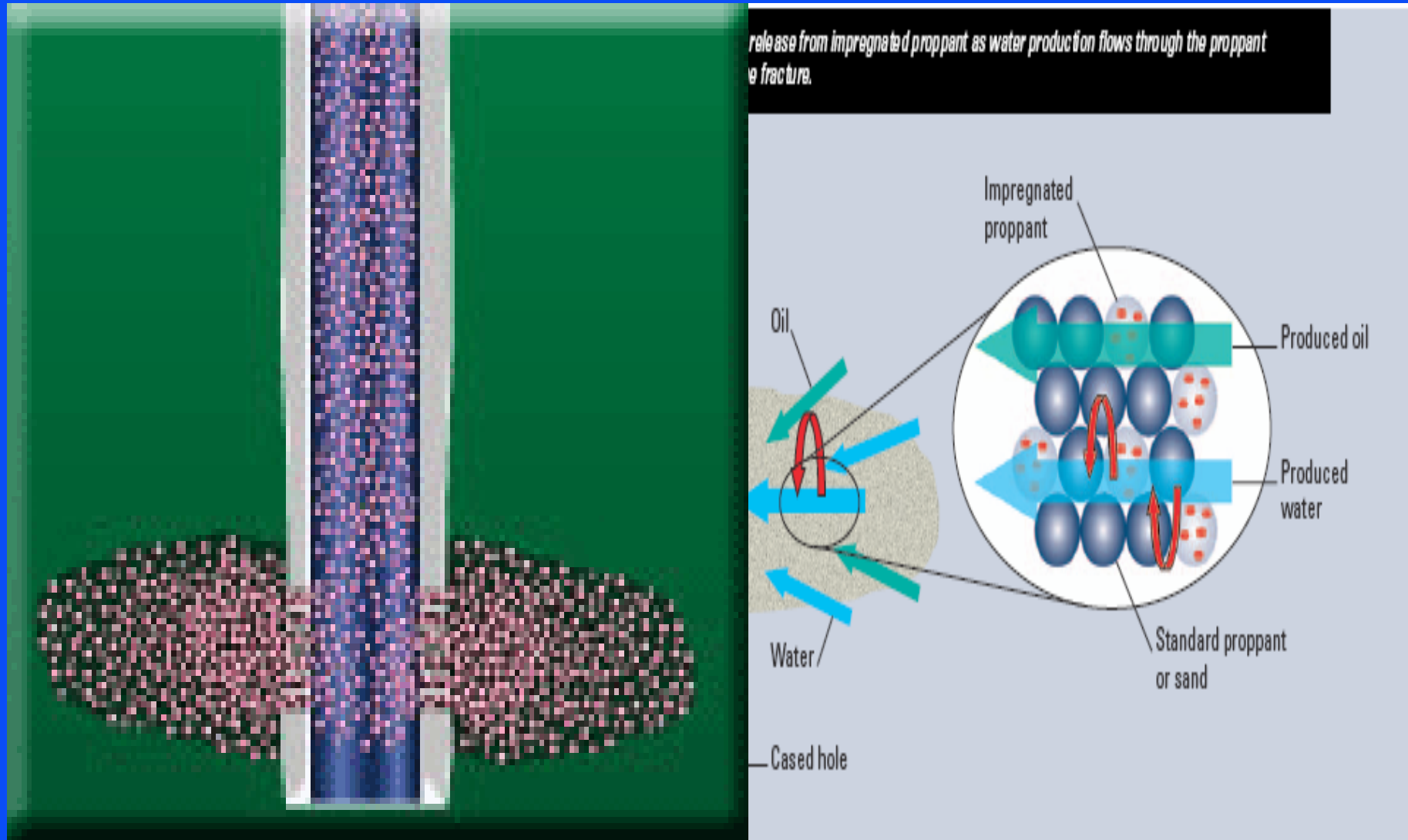
# Mô hình NVTL



## NVTL không có hạt chèn



# NVTL có hạt chèn



## Gọi dòng và đưa giếng vào làm việc

---

Đây là công đoạn cuối cùng để đưa giếng vào sử dụng. Phải bơm rửa sạch vật liệu chèn còn lại ở đáy giếng lên bề mặt , tiến hành gọi dòng hoặc bơm ép.





TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM  
**KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ**

BÀI GIẢNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ

***PHƯƠNG PHÁP TRÁI NỔ***

---

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo

Email : [lphao@hcmut.edu.vn](mailto:lphao@hcmut.edu.vn)

Tel : 84-8-8654086

- Mục đích
- Cơ sở lý thuyết
- Cách tiến hành và phạm vi áp dụng
- Ưu nhược điểm

## MỤC ĐÍCH

---

- Trong hoạt động khoan và khai thác dầu khí làm cho vùng lân cận đáy giếng bị nhiễm bẩn, bít nhét các khe nứt đứt gãy và kênh dẫn vào đáy giếng.
- Hậu quả của việc nhiễm bẩn là làm giảm lưu lượng khai thác và hiệu quả khai thác của vỉa.
- Với mục đích phục hồi hoặc làm tăng độ thấm đất đá vùng lân cận đáy giếng. Người ta có thể áp dụng phương pháp xử lý vùng lân cận đáy giếng bằng phương pháp rửa axit, nhiệt, trái nổ, nứt vỉa thủy lực.

## MỤC ĐÍCH

---

- Khi sử dụng các phương pháp rửa axit, nhiệt, nứt vỉa thủy lực không hiệu quả: tức là nó chỉ tập trung vào việc phục hồi độ thấm ban đầu của vùng cận đáy giếng.
- Phương pháp nứt vỉa bằng trái nổ làm tăng mối quan hệ thủy động lực học giữa vỉa và giếng nhờ mở rộng và tạo thêm mạng khe nứt mới trong đất đá ở vùng lân cận đáy giếng.
- Khi thành hệ chứa dầu khí với trữ lượng thương mại nhưng độ thấm của tầng chứa lại quá thấp không cho phép đạt lưu lượng khai thác và hệ số thu hồi cao người ta dùng phương pháp nứt vỉa bằng trái nổ rất có hiệu quả.

## CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA PHƯƠNG PHÁP

- Bản chất của phương pháp là kích nổ 1 lượng thuốc nổ đặt trong giếng tạo một áp suất tức thời (40-160MPa) tùy theo đặc điểm địa chất, độ sâu, đặc điểm thạch học, cấu tạo vỉa.
- Áp suất thuốc nổ phải lớn hơn áp suất vỡ vỉa của vùng lân cận đáy giếng.
- Quá trình tạo khe nứt và độ thấm cao.
- Khi nổ nó tạo ra 1 áp suất mạnh sinh ra nhiều sóng với vận tốc rất lớn với thời gian rất nhanh cỡ 0,01 đến 0,3 giây tạo nên sự chấn động dân lên toàn bộ chất lỏng trong giếng.
- Chất lỏng trong giếng không kịp chuyển động, nó đóng vai trò như 1 Packer lỏng cùng với khối lượng khí sinh ra đủ lớn để làm nứt vỡ đất đá vùng lân cận đáy giếng.

# CÁCH TIẾN HÀNH VÀ PHẠM VI ÁP DỤNG

---

- ❖ Cách tiến hành
- ❖ Xác định độ dài độ rộng của các khe nứt tạo thành
- ❖ Tính toán khối lượng thuốc nổ
- ❖ Phạm vi áp dụng

## CÁCH TIẾN HÀNH

---

- Việc đánh giá ảnh hưởng cơ học lên vùng lân cận đáy giếng dựa trên kết quả tính toán các khe nứt.
- Quá trình hình thành và phát triển các khe nứt đứt gãy phụ thuộc vào tính chất cơ học đất đá, chiều sâu của vỉa sản phẩm.
- Áp suất tạo ra trong đáy giếng.
- Lưu lượng chất và khí được ép vào trong khe nứt trong quá trình khoan và khai thác.

## XÁC ĐỊNH ĐỘ DÀI ĐỘ RỘNG CỦA KHE NỨT TẠO THÀNH

➤ Công thức xác định độ dài khe nứt:

$$L_n = \sqrt{\frac{E(v_{cl} - v_{kh})}{2,8.N(1 - v_0^2)(P_T - P_v - P_{đđ})h}}$$
$$W_n = \frac{4(1 - v_0^2)(P_T - P_{đđ})}{E} L_n$$

Trong đó:

- ✓  $L_n$ : độ dài khe nứt
- ✓  $W_n$ : độ rộng khe nứt
- ✓  $v_0$ : hệ số poisson của đất đá
- ✓  $E$ : mô đun đàn hồi của đất đá.
- ✓  $P_T$ : áp suất chất lỏng
- ✓  $P_{đđ}$ : áp suất đất đá
- ✓  $P_v$ : áp suất vỉa
- ✓  $V_{cl}, V_{kh}$ : thể tích chất lỏng và chất khí
- ✓  $h$ : chiều cao của khe nứt



## TÍNH TOÁN KHỐI LƯỢNG CHẤT NỔ

Mục đích của việc tính toán khối lượng chất nổ cho chính xác là tạo được 1 áp suất trong giếng  $\geq$  áp suất của đất đá.

Áp suất trong giếng này là áp suất tối ưu chúng ta cần tính toán, phải gấp 3 lần áp suất thủy tĩnh trong giếng  $P_0$

Ta có công thức:

$$H = \frac{P - (1 + \alpha_0)}{2k(1 - \alpha_0)f\rho_n} P_0$$

Với

H: độ dài của chùm trái nổ

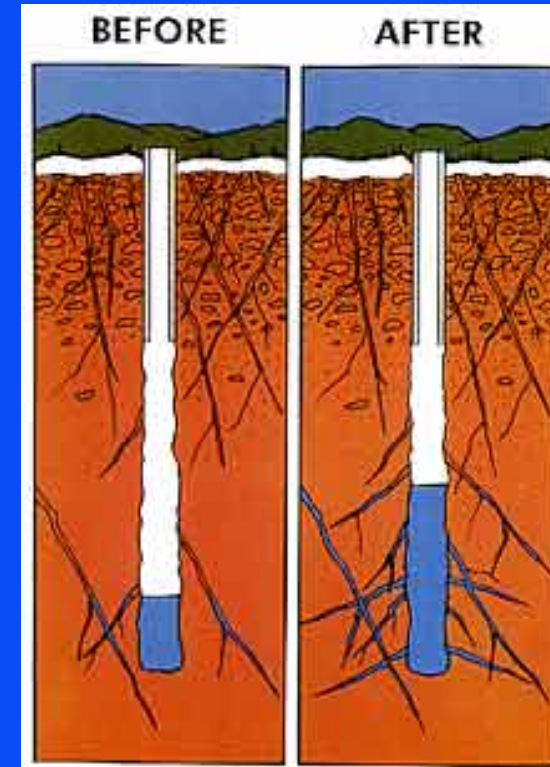
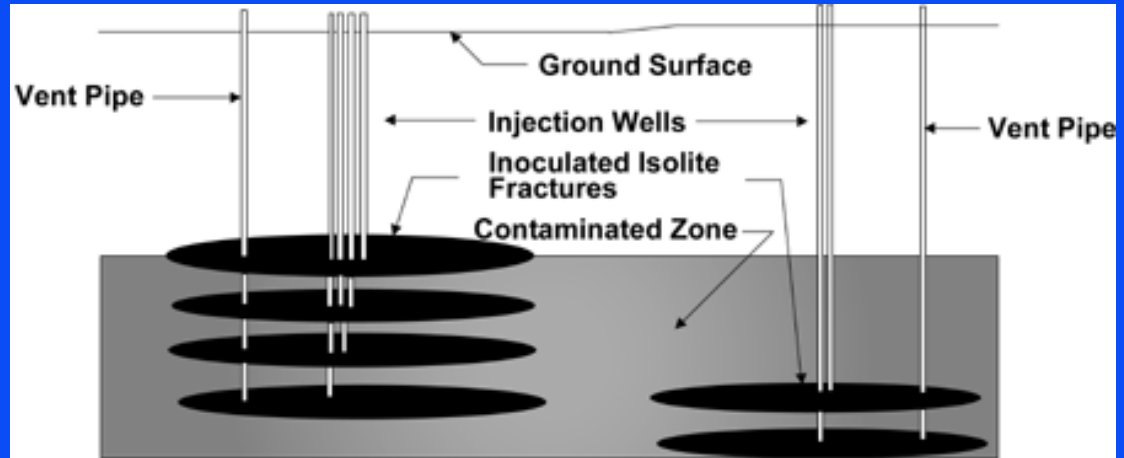
P: áp suất tối ưu

$P_0$ : áp suất thủy tĩnh

f.  $\rho_n$  : theo thực nghiệm là 1700MPa

$k = 2,28.10^{-3}$

# TÍNH TOÁN KHỐI LƯỢNG CHẤT NỔ



## PHẠM VI ÁP DỤNG

- ❖ Đất đá rắn chắc và lưu lượng giếng khai thác thấp
- ❖ Giếng chưa gọi được dòng
- ❖ Giếng có lưu lượng giảm nhanh do các khe nứt bị tắt nghẽn hoặc các nguyên nhân khác
- ❖ Giải phóng những ống còn kẹt trong giếng, phá hủy vật kim loại ở đáy giếng như bộ khoan cụ, ống chống bị tuột..
- ❖ Loại trái nổ thường dùng có khối lượng tùy theo đặc điểm địa chất của vỉa sản phẩm mà thông thường là 17 đến 19Kg để xử lý vỉa sản phẩm với chiều dày từ 10 đến 50m

Áp suất thủy tĩnh (MPa)	25 – 40	40 – 55
Số lượng trái nổ	3 – 4	5 – 6

## ƯU ĐIỂM

---

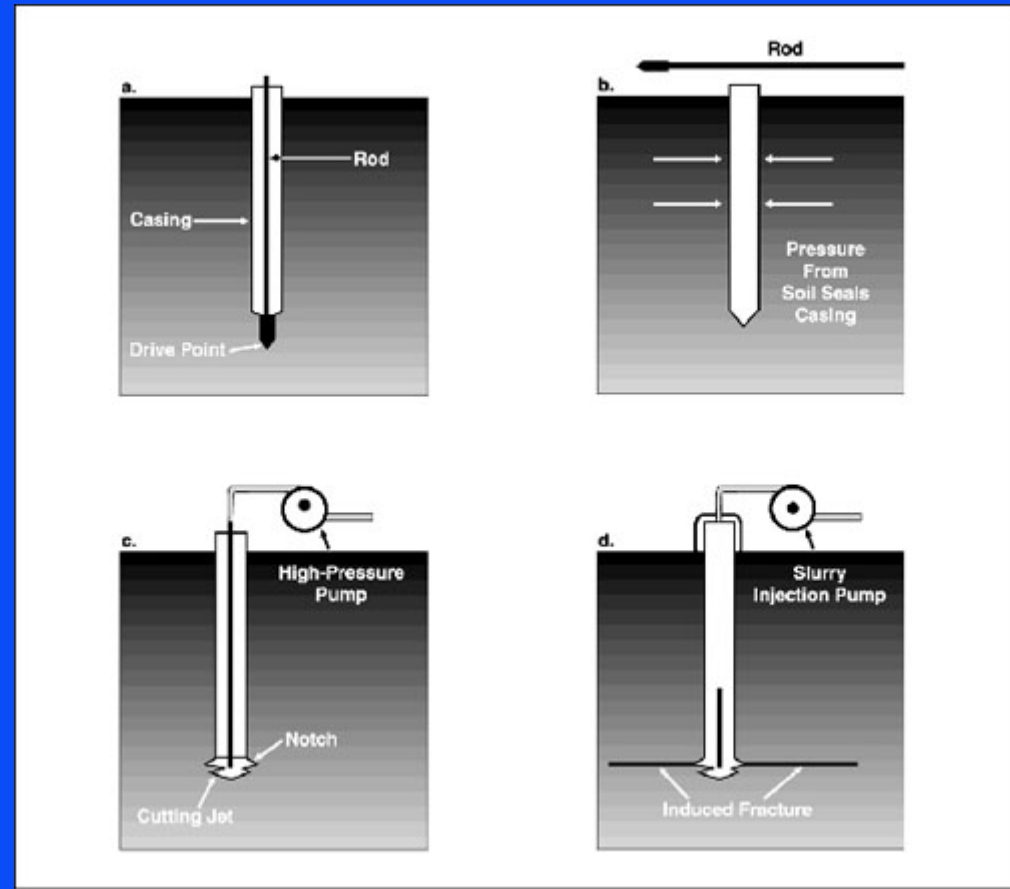
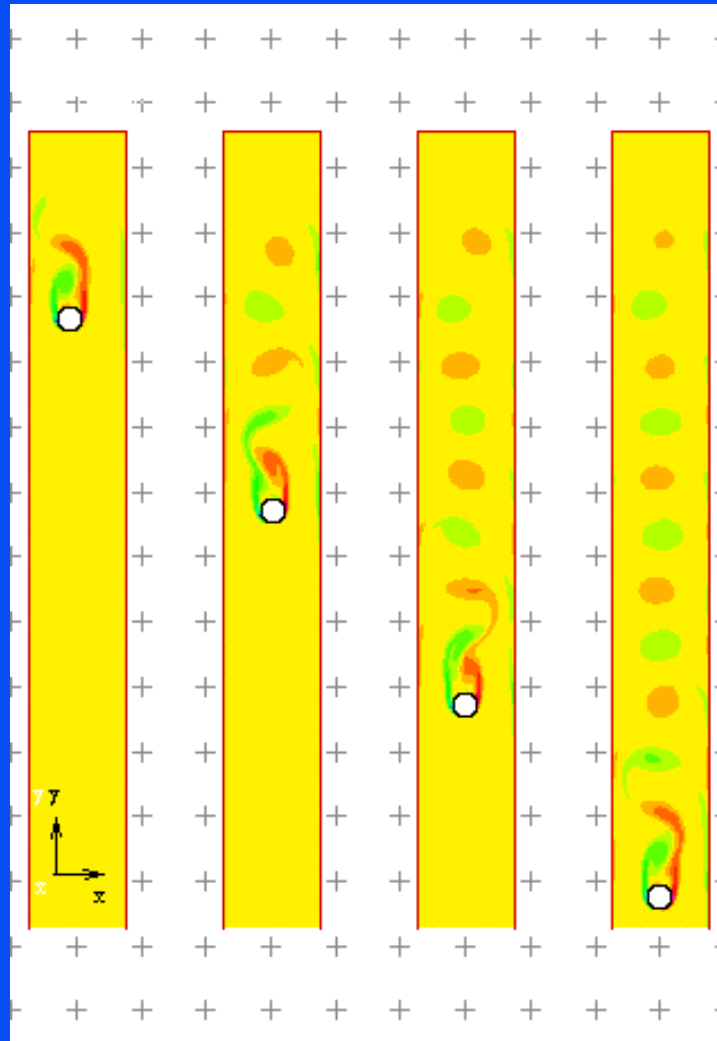
- ❖ Khi áp dụng phương pháp xử lý bằng trái nổ.
- ❖ Không cần đập giếng và kéo ống khai thác lên trước khi xử lý vì đạn nổ có kích thước bé, có thể thả qua thiết bị miệng giếng và ống khai thác xuống đáy giếng.
- ❖ Cho phép phân bố áp suất lên vùng cận đáy giếng tăng chiều dài và độ rộng các khe nứt.
- ❖ Nâng cao hiệu quả khai thác.
- ❖ Không tốn thời gian lâu, tiện ích trong kinh tế.
- ❖ Phương pháp này ít tốn kém hơn so với các phương pháp khác.

## NHUỘC ĐIỂM

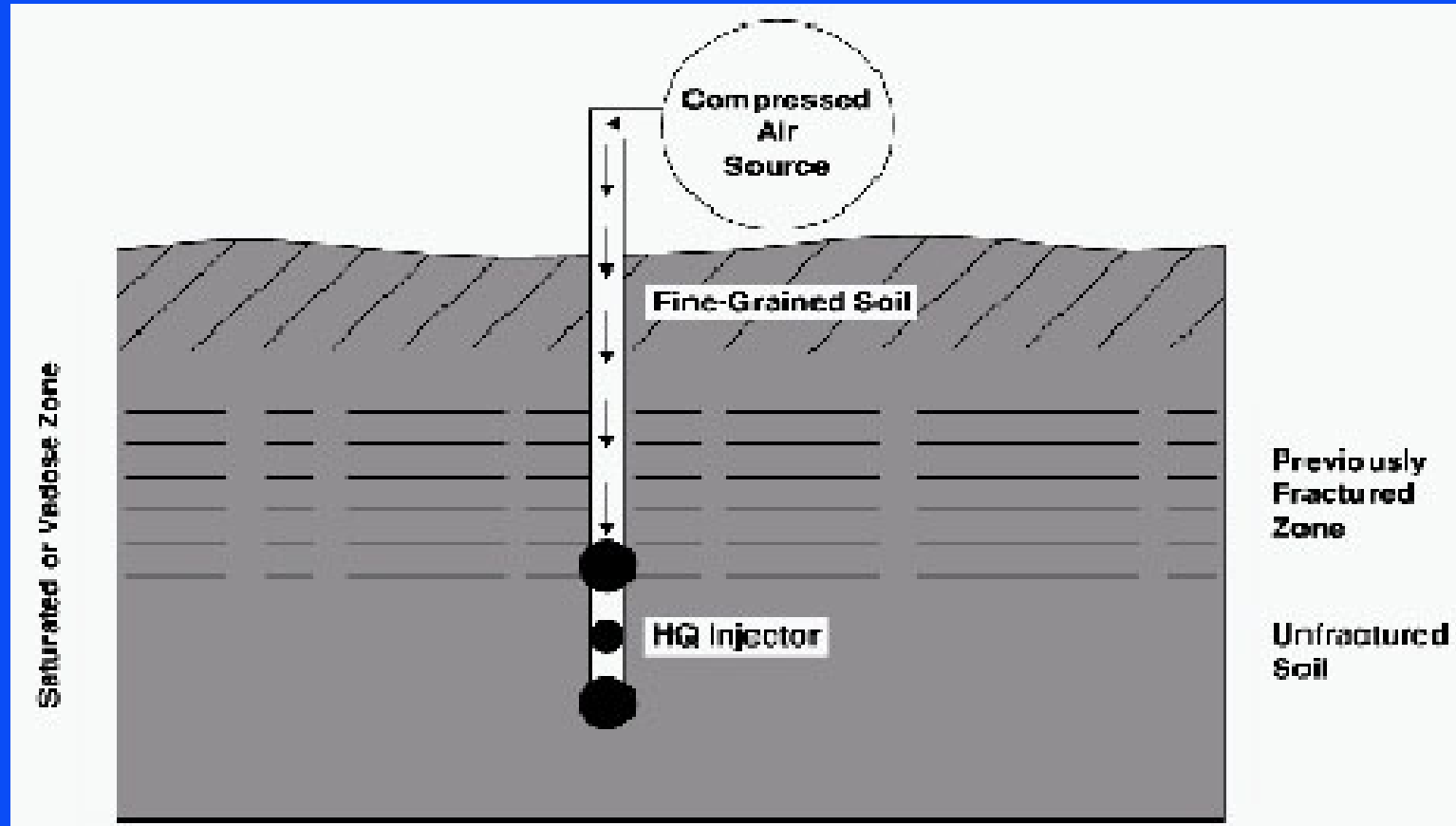
---

- ❖ Nhược điểm của phương pháp này là sau khi cho nổ và khai thác 6 – 12 tháng thì lưu lượng khai thác bị giảm hẳn.
- ❖ Nguyên nhân do tính chất đàn hồi của đất đá. Khi chúng ta cho nổ thì đất đá giãn nở ra tạo nên khe nứt rộng và khi trong 1 thời gian dài các khe nứt ấy sẽ bị khép lại do đất đá trở lại vị trí đàn hồi cũ.
- ❖ Các khe nứt đó không có hạt chèn trong khi nổ nên khi khai thác các khe nứt dễ bị khép lại.
- ❖ Tính toán khối lượng thuốc nổ quá mức cần thiết sẽ gây nên vỡ vĩa, sụp lở thành hệ chôn vùi tần sản phẩm.
- ❖ Nếu tính toán khối lượng thuốc nổ không đủ sẽ không tạo nên các khe nứt rộng mà chúng ta cần.

# Hình minh họa

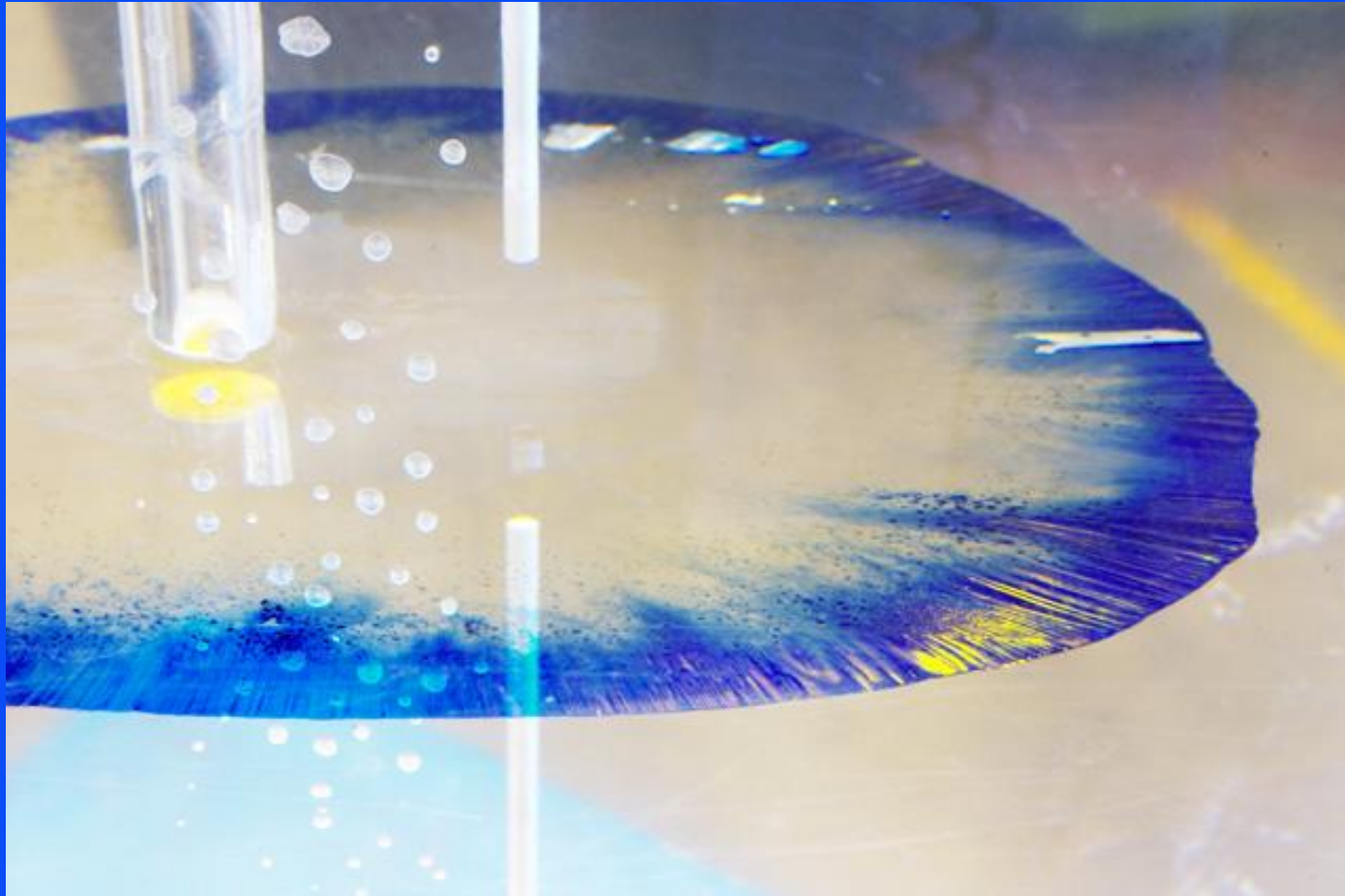


# Hình minh họa



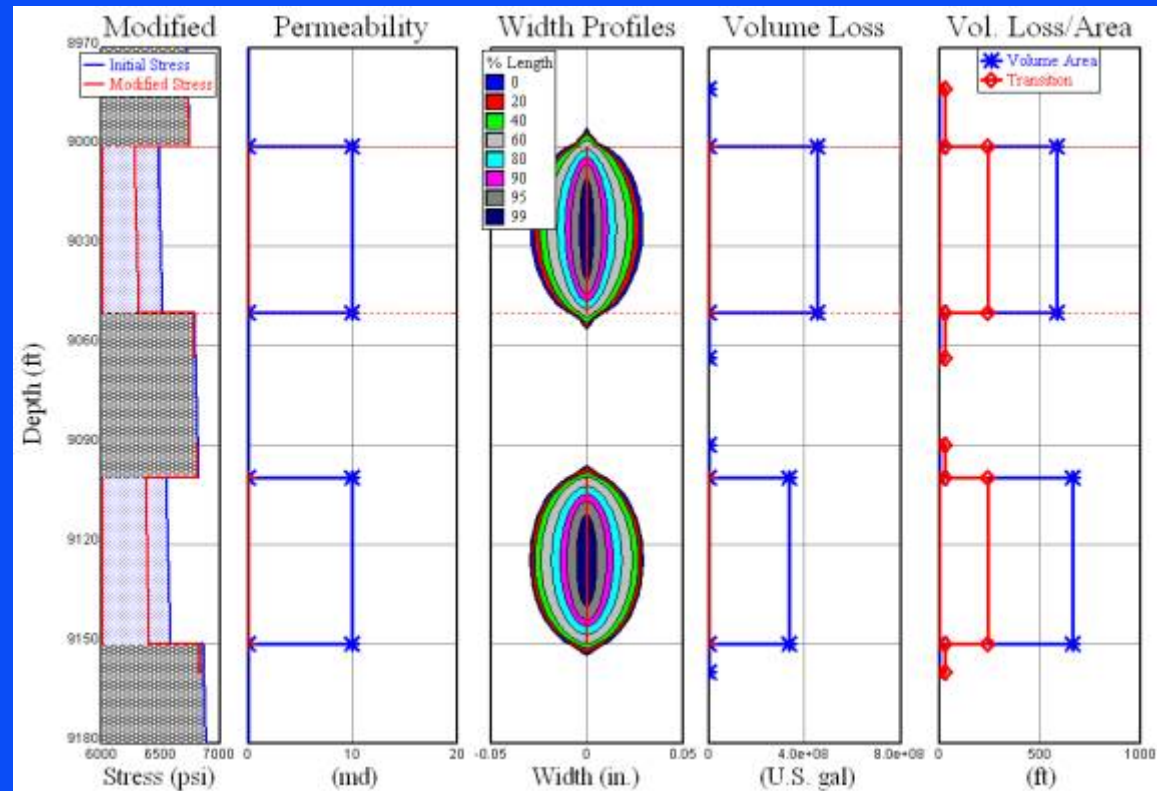
# Hình minh họa

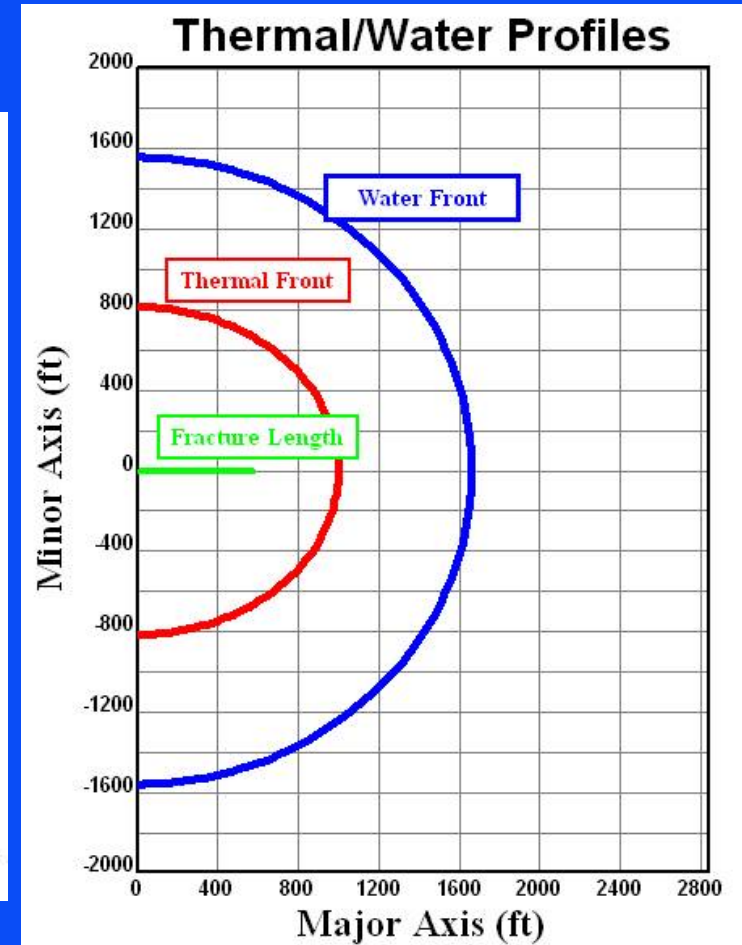
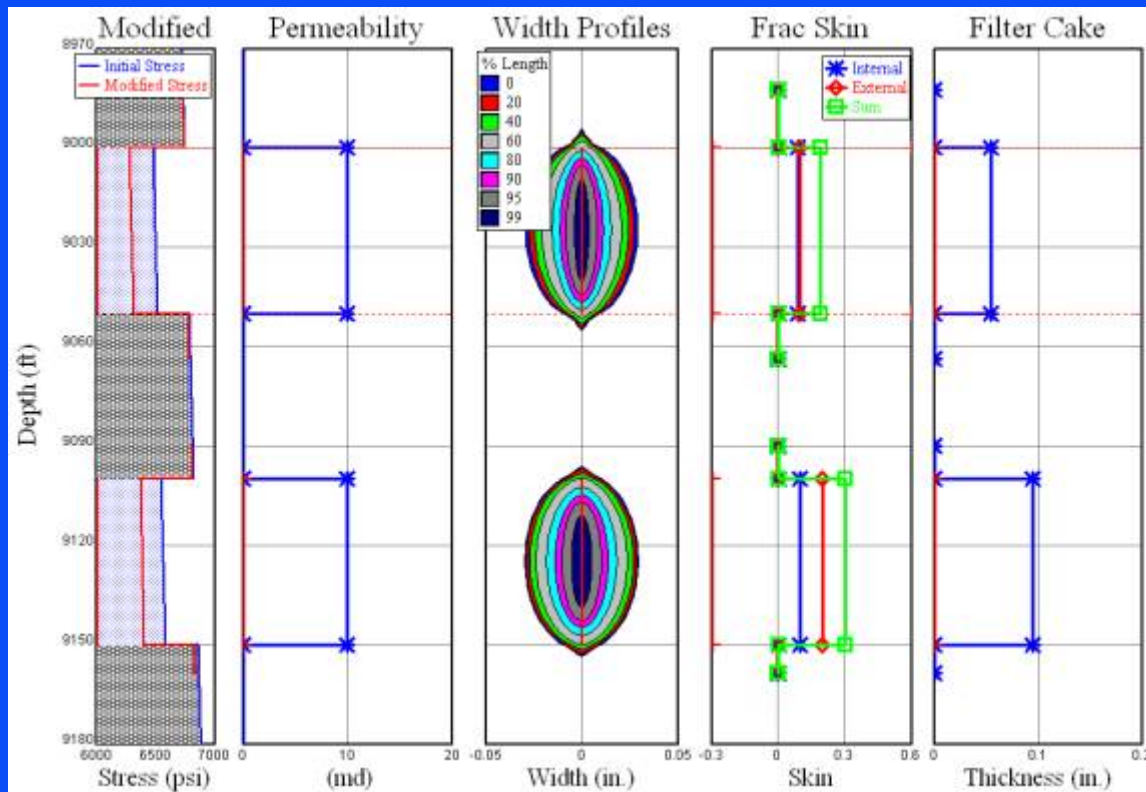
---





# Hình minh họa







TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM  
**KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ**

**BÀI GIẢNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ**

***LỰA CHỌN CÔNG NGHỆ XỬ LÝ  
VÙNG CẬN ĐÁY GIẾNG Ở MỎ BẠCH HỒ***

---

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo

Email : [lphao@hcmut.edu.vn](mailto:lphao@hcmut.edu.vn)

Tel : 84-8-8654086

## Nội dung trình bày

---

- ❖ Mở đầu
- ❖ Các nguyên nhân gây nhiễm bẩn thành hệ
- ❖ Các phương pháp xử lý
- ❖ Đánh giá hiệu quả kinh tế
- ❖ Kết luận

## Mở đầu

---

- Khai thác dầu khí ở Việt Nam hiện nay là một ngành công nghiệp mũi nhọn mang lại hiệu quả kinh tế cao nhất so với các ngành khác.
- Trong các quá trình khoan, hoàn thiện giếng, khai thác và sửa chữa giếng đều gây ra hiện tượng nhiễm bẩn thành hệ ở các mức độ khác nhau, làm giảm lưu lượng khai thác của giếng.
- Cần phải có các giải pháp công nghệ tối ưu tác động lên vùng cận đáy giếng để tăng hệ số thu hồi dầu khí của mỏ.
- XNLD Vietsovpetro đã tiến hành các giải pháp công nghệ tác động lên vùng cận đáy giếng và đã mang lại những hiệu quả kinh tế to lớn (thông qua việc lựa chọn các công nghệ xử lý giếng thích hợp và đánh giá hiệu quả các phương pháp này trong quá trình khai thác ở mỏ Bạch Hổ trong các năm 1991-2005)

## Các nguyên nhân gây nhiễm bẩn thành hệ

---

### Quá trình khoan

- Sự trương nở của các khoáng vật sét có mặt trong các tầng sản phẩm khi tiếp xúc với nước và dung dịch có độ kiềm cao (hệ Lignosunfonat) đã làm co thắt các lỗ rỗng trong tầng chứa.
- Quá trình thấm lọc của dung dịch khoan vào tầng chứa tạo thể nhũ tương nước - dầu bền vững, làm giảm độ thấm
- Sự xâm nhập của pha rắn trong dung dịch khoan vào thành hệ làm bít nhét các lỗ hổng và khe nứt của collector.

Mức độ nhiễm bẩn của tầng chứa càng nghiêm trọng hơn nếu sự chênh áp giữa cột dung dịch và vỉa càng lớn.

## Các nguyên nhân gây nhiễm bẩn thành hệ

---

### Quá trình chống ống & trám xi măng

- Sau khi chống ống và bơm trám xi măng, khu vực nhiễm xi măng có độ thấm bằng không. Việc khôi phục độ thấm tự nhiên của vỉa gặp khó khăn và làm giảm hệ số sản phẩm của giếng.
- Ngoài ra, các sản phẩm sinh ra do phản ứng giữa chất phụ gia và dung dịch đệm cũng gây nhiễm bẩn thành hệ.

## Các nguyên nhân gây nhiễm bẩn thành hệ

---

Công nghệ hoàn thiện giếng & mức độ mở vỉa

- Làm giảm độ thấm và khả năng khai thác của vỉa do sự bít nhét của các vật rắn và polime có trong dung dịch.
- Do sự trương nở và khuếch tán của sét, sự thấm lọc của khối nhũ tương và sự lắng đọng của các chất cặn bẩn
- Sự nhiễm bẩn do lớp xi măng, mảnh vụn, sự nén ép xung quanh lỗ bắn, lớp kim loại nóng chảy...sinh ra từ công nghệ bắn mở vỉa sau khi chống ống và trám xi măng



## Các nguyên nhân gây nhiễm bẩn thành hệ

---

### Quá trình khai thác

- Hiện tượng nhiễm bẩn dễ xảy ra khi khai thác với tốc độ cao hoặc gây ra hiện tượng giảm áp đột ngột.
- Sự lắng đọng của muối, parafin, chất rắn, quá trình sinh cát, sự tạo thành hydrat và nhũ tương trong quá trình khai thác cũng làm tăng đáng kể mức độ nhiễm bẩn thành hệ.

## Các nguyên nhân gây nhiễm bẩn thành hệ

---

### Quá trình sửa chữa & xử lý giếng

- Trong quá trình sửa chữa giếng cũng gây ra nhiễm bẩn thành hệ do dung dịch sửa chữa giếng, vật liệu tạo cầu xi măng, do vữa xi măng còn dư trong giếng...
- Dung dịch đập giếng (thường sử dụng là dung dịch gốc nước, nước biển đã xử lý bằng PAV và dung dịch sét), có tỷ trọng lớn nên dễ dàng xâm nhập sâu vào vỉa hơn dung dịch khoan và dung dịch mở vỉa và dễ tạo muối kết tủa.
- Thêm vào đó hiệu ứng pistông khi kéo thả bộ dụng cụ sửa chữa giếng, thiết bị đo trong giếng cũng làm trầm trọng hơn vấn đề.

## Các phương pháp xử lý

---

### Nứt vỉa thủy lực

- Phương pháp này có hiệu quả trong tầng Oligoxen.
- Công nghệ nứt vỉa hết sức phức tạp đòi hỏi nhiều thời gian, công sức và thiết bị cho quá trình xử lý.
- Không tiến hành nứt vỉa thủy lực ở những giếng có sự cố kỹ thuật như khoảng bần (phin lọc) của giếng bị phá vỡ, cột ống chống bị biến dạng, chất lượng xi măng bơm trám kém.

## Các phương pháp xử lý

---

### Đạn hơi tạo áp suất phối hợp xử lý axit

- Phương pháp này có hiệu quả trong tầng Oligocen.
- Ưu điểm : Mất ít thời gian và công sức, vừa tạo ra khe nứt mới vừa xử lý các chất cặn, các mảnh vụn, mở rộng khe nứt cũ.
- Nhược điểm : Khe nứt dễ bị khép lại, dễ làm biến dạng cột ống hay bị rơi cạp ảnh hưởng đến chất lượng của giếng.

# Các phương pháp xử lý

---

## Axít

- Dung dịch axit
  - Phương pháp xử lý này có thể áp dụng đối với vỉa có nhiệt độ thấp và có hiệu quả cao trong tầng Mioxen.
  - Ưu điểm : Đơn giản và thời gian xử lý nhanh.
  - Nhược điểm : Tốc độ ăn mòn cao, dung dịch axit không xâm nhập sâu vào vỉa, cần nhiều kinh nghiệm để chọn thời gian giữ axit hợp lý.

# Các phương pháp xử lý

---

## Axit

- **Bọt axit**
  - Phương pháp này xử lý hiệu quả trong tầng Oligocen.
  - Ưu điểm : Bọt axit có thể xâm nhập sâu vào vỉa, tăng sự bao bọc tác dụng lên toàn bộ chiều dày của tầng sản phẩm.  
Công tác gọi dòng sau xử lý dễ dàng.
  - Nhược điểm: Công nghệ xử lý tương đối phức tạp và cần đặc biệt chú ý đến công tác an toàn.

## Axit

- **Nhũ tương axit**

- Phương pháp này xử lý rất hiệu quả trong tầng Móng và Oligocen, đạt hiệu quả cao nhất trong các phương pháp xử lý axit.
- Ưu điểm: Công nghệ không phức tạp, áp suất làm việc không cao, tính ăn mòn thép thấp, khả năng xâm nhập sâu.
- Nhược điểm: Cần xác định một cách hợp lý thời gian đóng giếng sau mỗi chu kỳ bơm ép, nồng độ axit, tỷ lệ pha chế nhũ tương thích hợp với tính chất của đất đá tầng chứa.

## Hiệu quả kinh tế

---

Nghiên cứu các số liệu thực tế ở mỏ Bạch Hổ trong giai đoạn 1991-2005 cho thấy công tác xử lý giếng khai thác dầu không ngừng tăng về số lượng và hiệu quả xử lý: 290 lần xử lý bằng các phương pháp khác nhau với lượng dầu thu thêm được là 1.626.720 tấn.

Hiệu quả của phương pháp xử lý giếng được đánh giá dựa trên kết quả lượng dầu và số tiền thu thêm được trên một lần xử lý.

So sánh hiệu quả kinh tế của các phương pháp

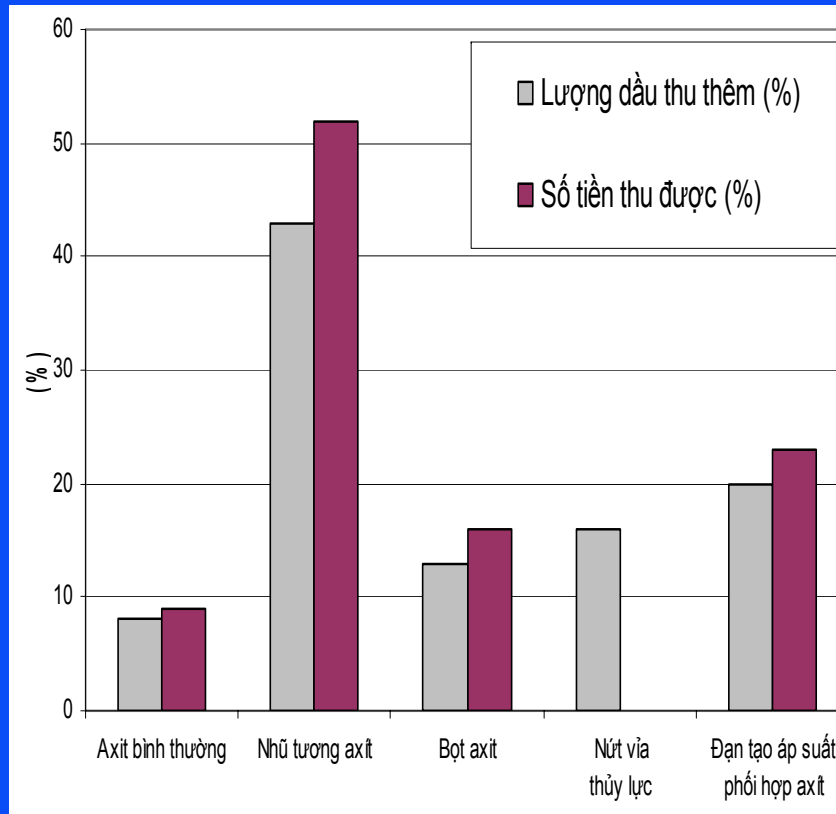


## Hiệu quả kinh tế

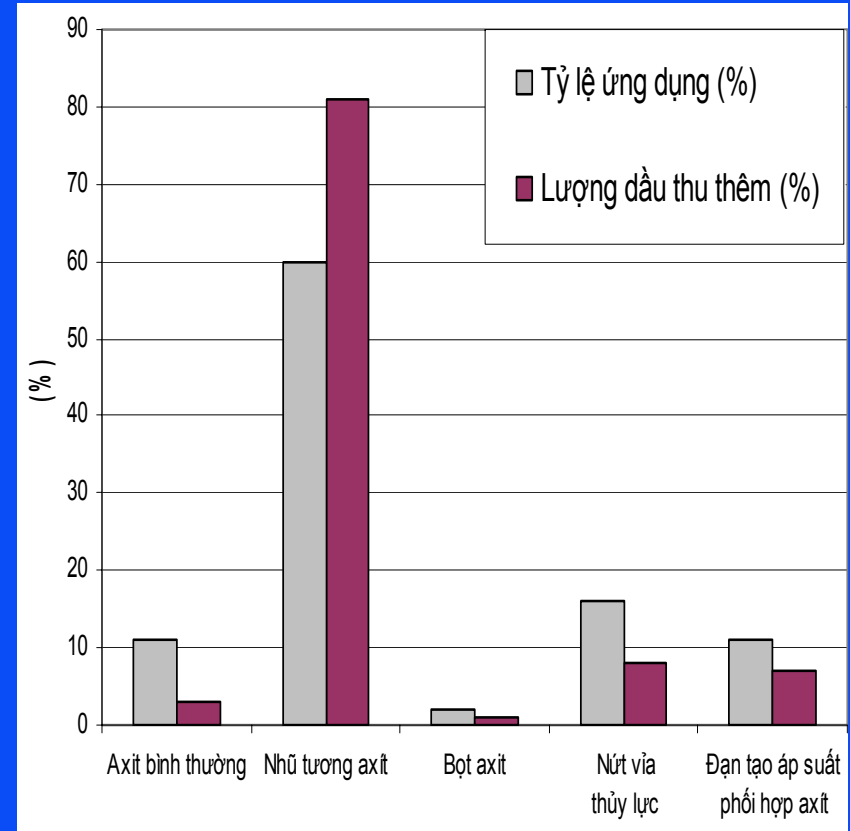
Hiệu quả kinh tế của các phương pháp xử lý vùng cận đáy giếng khai thác ở mỏ Bạch Hổ từ năm 1991 - 2005

Phương pháp xử lý	Tổng số lần xử lý (lần)	Tỷ lệ thành công (%)	Tổng lượng dầu thu thêm được (tấn)	Tổng số tiền thu thêm được (USD)	Lượng dầu thu thêm trên một lần xử lý (tấn/lần)	Số tiền thu được trên một lần xử lý (USD/lần)	Đánh giá hiệu quả kinh tế
Dung dịch axit	32	65,6	43 750	9 311 500	1 367,2	290 984,4	Khá cao
Nhũ tương axit	174	73	1 327 200	296 815 200	7 627,6	1 705834,5	Rất cao
Bột axit	5	60	11 700	2 554 200	2 340	510 840	T.Bình
Nứt vỉa thủy lực.	46	61	126 480	64 480	2 749,6	1 401,7	Thấp
Đạn tạo áp suất phối hợp với xử lý axit.	33	48,5	117 590	25 255 340	3 563,3	765 313	T.Bình

# Hiệu quả kinh tế



Hình 1: Mức độ áp dụng và hiệu quả xử lý vùng cận đáy giếng ở mỏ Bạch Hổ từ 1991-2005



Hình 2: Tỷ lệ lượng dầu và tiền thu thêm được trên một lần xử lý vùng cận đáy giếng ở mỏ Bạch Hổ từ 1991-2005

## Kết luận

---

Công tác xử lý vùng cận đáy giếng trong thời gian 1991 – 2005 ở mỏ Bạch Hổ đã đạt được hiệu quả kinh tế cao, góp phần duy trì và gia tăng sản lượng khai thác toàn mỏ. Trong các phương pháp xử lý, nhũ tương axit là phương pháp áp dụng rộng rãi nhất và đạt hiệu quả cao nhất.

Theo thời gian khai thác áp suất vỉa giảm dần, việc xử lý ngày càng gặp khó khăn, đặc biệt công tác gọi dòng sau sửa chữa và xử lý giếng. Do đó trong thời gian tới cần phải:

- Tiếp tục hoàn thiện công nghệ xử lý tăng sản lượng khai thác dầu trên cơ sở đúc kết kinh nghiệm trong những năm qua, đặc biệt chú trọng nâng cao hiệu quả xử lý của từng phương pháp.
- Tăng cường công tác xử lý giếng bằng hóa chất chủ yếu là là dung dịch axit và nhũ tương axit.
- Tìm kiếm các phương pháp xử lý giếng mới, đảm bảo có hiệu quả cao (gây xung rung ở vùng cận đáy, các phương pháp ngăn cách vỉa nước nhỏ trong các giếng khai thác dầu bằng hóa chất...)



TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM  
**KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ**

---

BÀI GIẢNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ

***XỬ LÝ VÙNG CẬN ĐÁY GIẾNG MỎ BẠCH HỔ  
BẰNG NHỮ TƯƠNG DẦU -AXÍT***

---

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo  
Email : [lphao@hcmut.edu.vn](mailto:lphao@hcmut.edu.vn)  
Tel : 84-8-8654086

# NỘI DUNG

---

- ❖ Giới thiệu
- ❖ Tổng quan mỏ bạch hổ
- ❖ Các phương pháp xử lý vùng cận đáy giếng ở mỏ bạch hổ
- ❖ Hoàn công nghệ xử lý axit ở mỏ bạch hổ
- ❖ Thiết kế xử lý nhũ tương dầu-axit ở mỏ bạch hổ

# GIỚI THIỆU

---

- ❖ Tại sao phải xử lý vùng cận đáy giếng
- ❖ Tại sao phải xử lý nhũ tương dầu-axít ở mỏ Bạch Hổ
- ❖ Vai trò phương pháp xử lý bằng nhũ tương dầu-axít
- ❖ Điều kiện áp dụng phương pháp xử lý bằng nhũ tương dầu-axít



## Hệ số skin

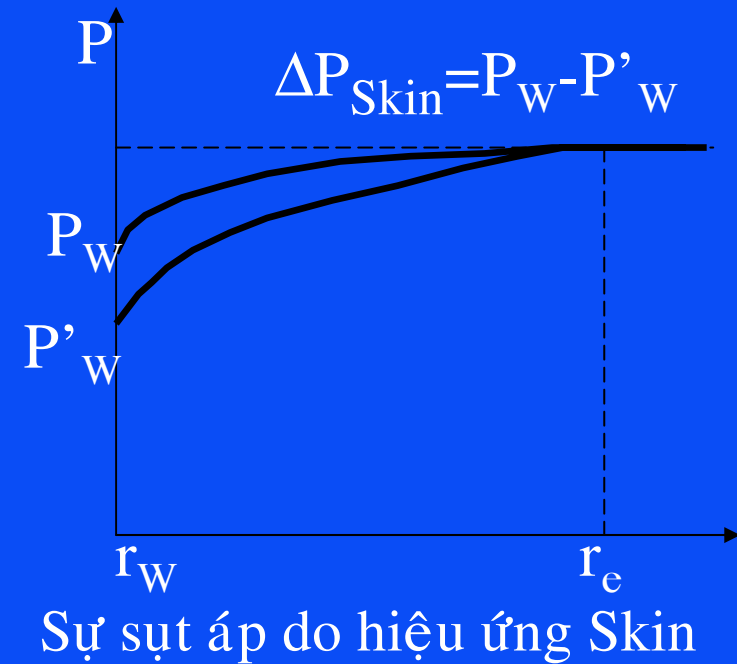
Theo định luật thấm Darxy, ta có :

$$Q = \frac{k.F.\Delta P}{\mu.L}$$

Do ảnh hưởng của hiệu ứng Skin

$$Q = \frac{2\pi.k.h.\Delta P_s}{\mu \left[ \lg \frac{r_s}{r_g} + S \right]}$$

Với  $S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4$



Do đó để không bị ảnh hưởng hiệu ứng Skin thì cần phải tăng độ chênh áp ( $P_v - P_d$ ) :

- ❖ Duy trì áp suất vỉa
- ❖ Xử lý vùng cận đáy giếng



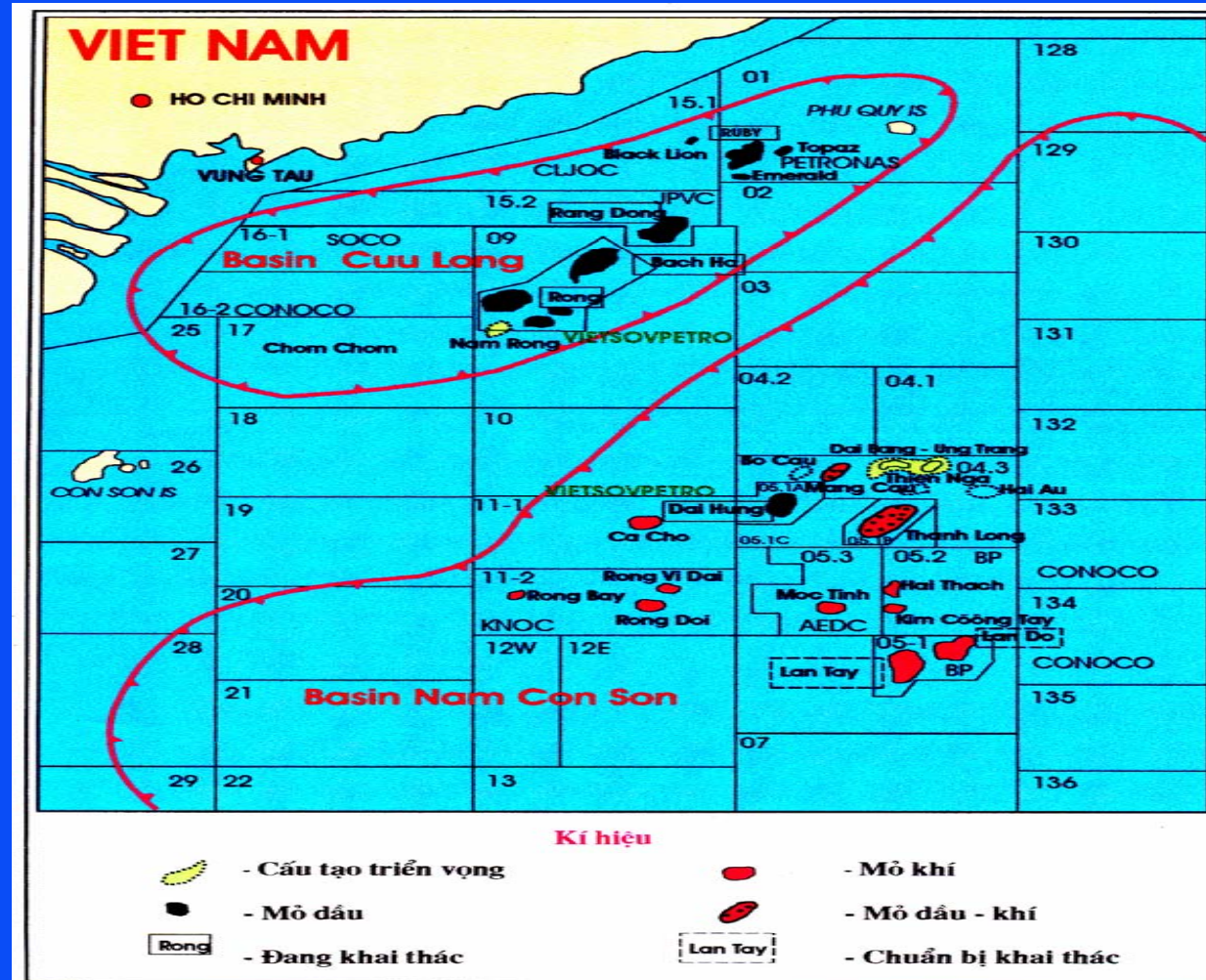
# TỔNG QUAN MỎ BẠCH HỔ

---

- ❖ Tổng quan mỏ Bạch Hổ và các đối tượng khai thác ở mỏ Bạch Hổ
- ❖ Trạng thái kỹ thuật của quỹ giếng khai thác và bơm ép tại mỏ Bạch Hổ

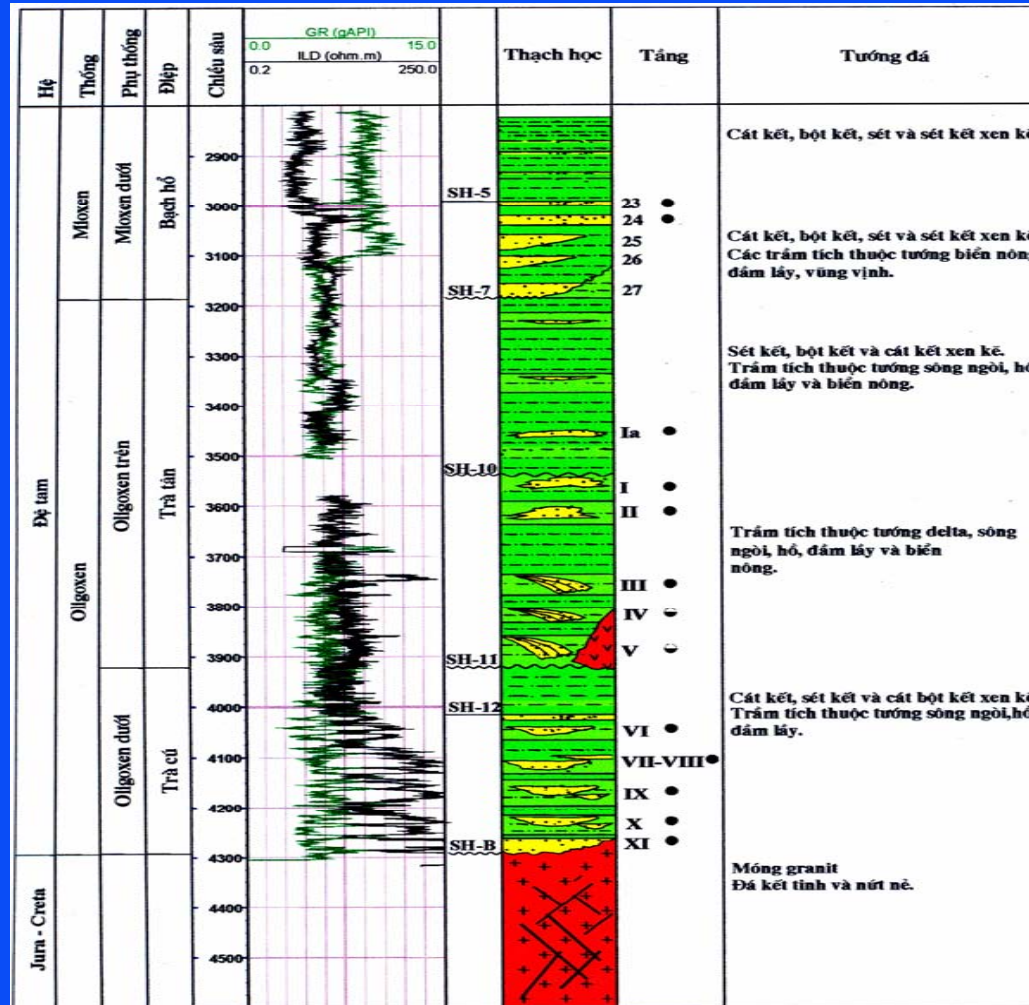


# Mỏ Bạch Hổ



# Mỏ Bạch Hổ

# Cột địa tầng mỏ Bạch Hổ



Cột địa tầng



## Vấn đề áp suất giữa các cột ống chống

Giếng	Khối lượng áp suất giữa các cột ống chống, % quỹ giếng								
	Áp suất giữa cột ống chống 6" x 9"					Áp suất giữa cột ống chống 9" x 12"			
	Tổng	<10 atn	10-30 atn	30-60 atn	>60 atn	Tổng	<10 atn	10-30 atn	30-60 atn
Giếng khai thác	68	19	20	20	9	30	18	11	1
Giếng bơm ép	9	7	1	1	0	3	3	0	0
Tổng số giếng	77	26	21	21	9	33	21	11	1

Thống kê quỹ giếng có áp suất giữa các cột ống chống



# Nguyên nhân nhiễm bẩn

Nguyên nhân	Khối lượng giếng		Ghi chú
	Giếng	+	
Dụng cụ đo không đi qua thành giếng cong và một số nguyên nhân không xác định.	35	38	Kế cả trong thân giếng trần ở tầng Móng
-Các áp kế, nhiệt kế đo sâu và các thiết bị thông cột ống khai thác để lại trên giếng.	18	19	-
-Các dụng cụ rơi khác	8	9	-
-Ống khai thác trên đáy giếng.	10	11	-
-Trong đó cùng với Parker	5	5	-
-Cột ống khai thác và thiết bị lồng giếng làm kẹt dụng cụ đo.	5	5	4 giếng thuộc quỹ giếng ngừng khai thác, có kế hoạch sửa chữa
-Cát nhàn tạo còn lại trên đáy giếng.	3	3	
Cột ống chống ống khai thác bị vỡ và có chứa các dụng cụ bị kẹt.	4	4	2 giếng thuộc quỹ giếng ngừng khai thác, có kế hoạch sửa chữa, 2 giếng bị bẫy bỏ (79, 504)
Các chi tiết cửa thiết bị bán vữa, dây cáp điện và vật liệu nổ, trong đó :	15	16	-Trong đó có 1 giếng (63) trong kế hoạch chuyển từ quỹ giếng ngừng hoạt động để khoan sâu thêm xuống tầng Móng.
-Các chi tiết cửa thiết bị bán vữa.	4	4	-Thiết bị bán vữa (TCP) sau khi xử lý giếng đặt trong rốn giếng.
-Bộ phận thiết bị không vỡ.	3	3	
-Bộ phận thiết bị có vỡ.	3	3	
-Cửa bằng Schlumberger.	4	4	
-Cửa đạn nổ tạo bởi cao áp.	1	1	
-Các dụng cụ địa - vật lý.	2	2	
-Trong đó, dụng cụ đo carota xạ.	1	1	
Dụng cụ kỹ thuật rời.	4	4	
-Lắng đọng paraffin.	3	3	
-Trong đó lắng đọng ở miệng giếng.	2	2	
Một số thiết bị, dụng cụ khác (đỡ tải, chondơ khoan, cần khoan $\phi 32$ mm, các chi tiết thiết bị lồng giếng, thiết bị cứu sự cố...)	14	15	1 giếng (62) bị bẫy bỏ và là quỹ giếng ngừng hoạt động giảm
Cát nhàn tạo còn lại trên đáy giếng.	3	3	

## Nguyên nhân gây nhiễm bẩn ở mỏ Bạch Hổ





## Các phương pháp xử lý vùng cận đáy giếng ở mỏ Bạch hổ

Đối tượng	Quỹ giếng	Khối lượng xử lý (%)	Tổng số lần xử lý
Miocen dưới	46	23	10,5
Oligocen trên	3	1	0,3
Oligocen dưới	56	56	53,0
Tầng Móng	112	59	36,2
Tổng cộng	217	139	100,0

Sự phân bố khối lượng công việc xử lý theo từng đối tượng

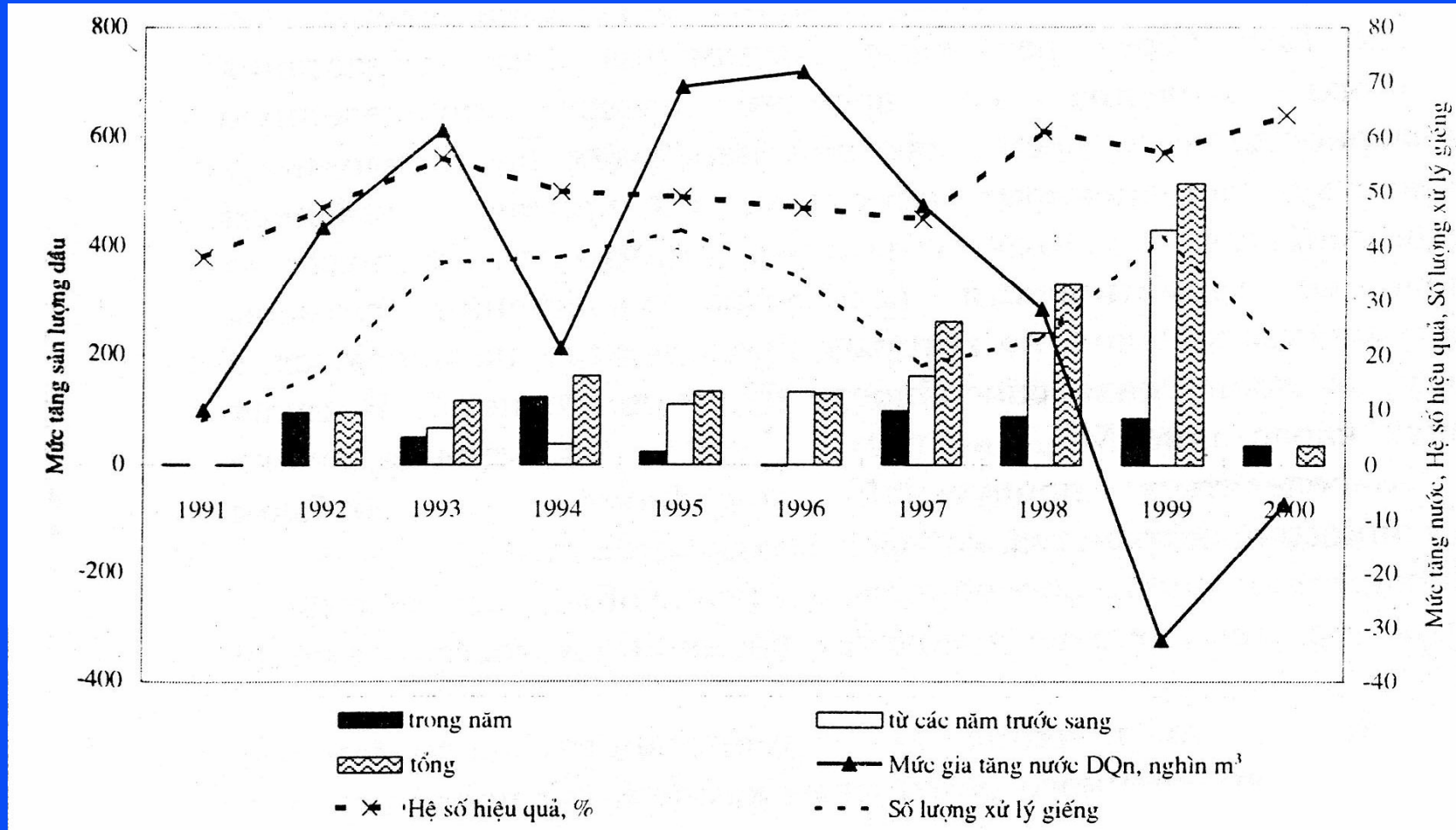
- Xử lý axit kết hợp chất hoạt tính bề mặt, xói rửa thuỷ lực và khơi thông vỉa.
- Nứt vỉa tổng hợp nhờ đạn nổ tạo khí cao áp PGD và chất lỏng hoạt tính.
- Tạo các khe rãnh thấm sâu nhờ tác động của hoá phẩm và chất hoạt tính bề mặt.
- Nứt vỉa thuỷ lực có chèn ép khe nứt tạo thành bằng cát nhân tạo.

## Các phương pháp xử lý vùng cận đáy giếng ở mỏ Bạch Hổ

---

- ❖ Phương pháp xử lý axit
- ❖ Phương pháp trái nổ tạo khí cao áp
- ❖ Phương pháp nứt vỉa thủy lực
- ❖ Các phương pháp xử lý vùng cận đáy giếng khác
  - Công nghệ phân rã sét
  - Công nghệ xử lý bằng dung môi
  - Công nghệ xử lý bằng điện từ
  - Tác động siêu âm
  - Ngăn cách nước

# Thống kê



## Động thái xử lý vùng cận đáy giếng từ năm 1991-2000

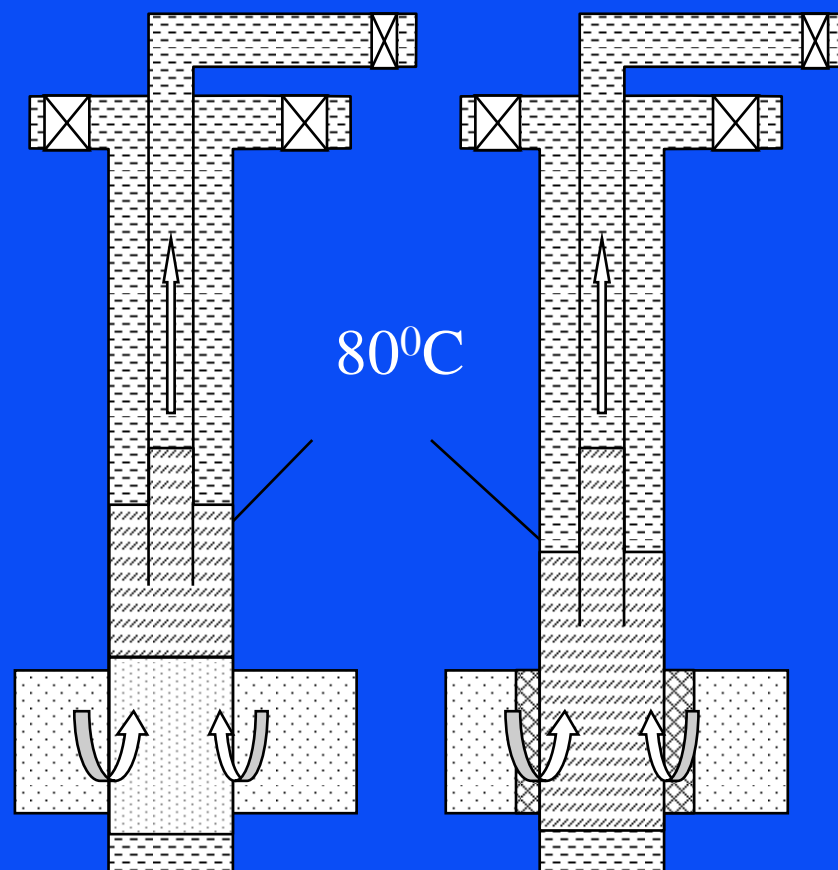
## HOÀN THIỆN CÔNG NGHỆ XỬ LÝ AXÍT Ở MỎ BẠCH HỔ

---

- ❖ Xử lý nhũ tương khí-dầu-axít
- ❖ Tháo rửa nhanh các sản phẩm phản ứng khi xử lý axít nhờ hỗn hợp hoá bị phân giải “DMC”
- ❖ Nứt vỉa thuỷ lực axít và nứt vỉa thuỷ lực axít kết hợp bơm khí  $N_2$
- ❖ Nứt vỉa thuỷ lực axít có chèn proppant với nồng độ thấp
- ❖ Xử lý axít dưới áp suất cao



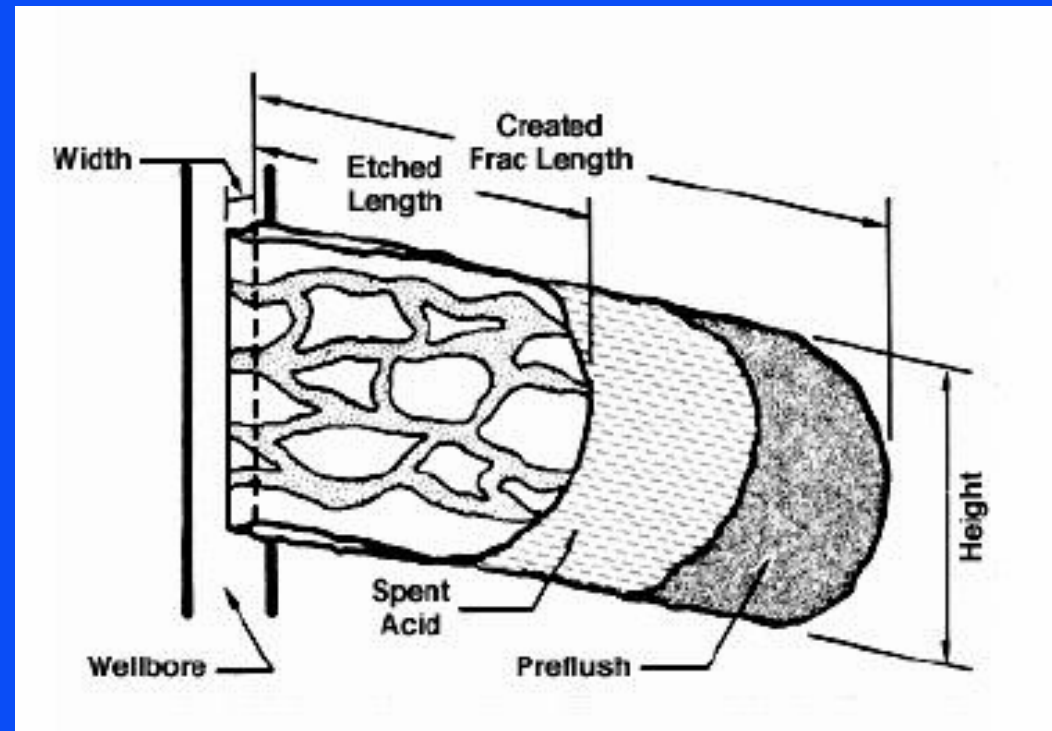
# Tháo rửa nhanh các sản phẩm phản ứng khi xử lý axit nhờ hỗn hợp hoá phẩm bị phân giải “DMC”



Sơ đồ công nghệ bơm hoá phẩm

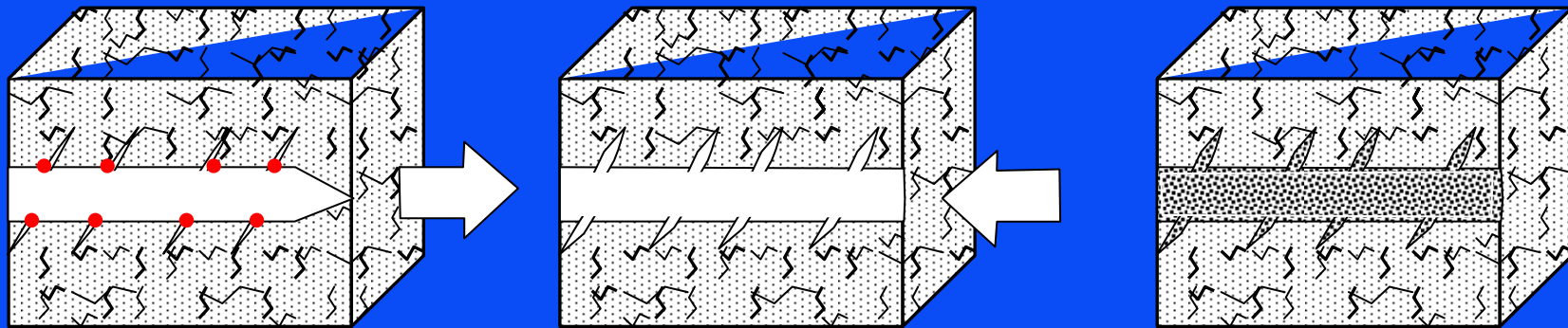
# Nứt vỉa thủy lực axit và nứt vỉa thủy lực axit kết hợp bơm khí N<sub>2</sub>

- Cơ chế tác dụng của muối-axít :



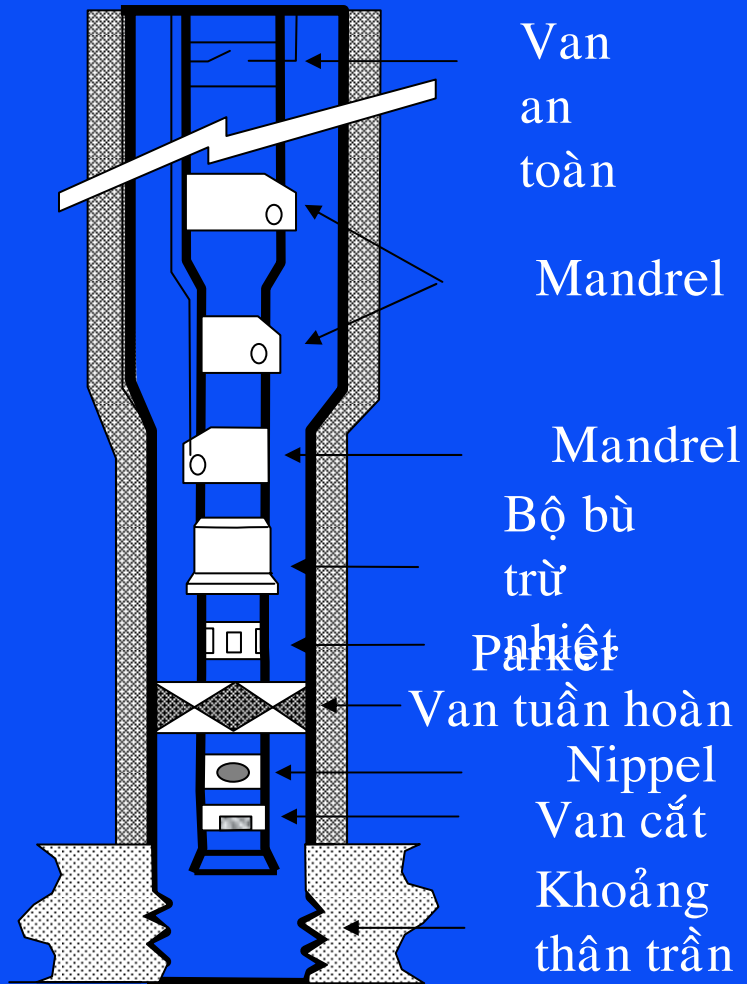
Mô hình nứt vỉa thủy lực axit

## Nứt vỉa thủy lực axit có proppant với nồng độ thấp



Mẫu đá trước, trong và sau quá trình nứt vỉa thủy lực axit có chèn proppant với nồng độ thấp

# Xử lý axit dưới áp suất



Cấu trúc giếng khai thác dầu

# THIẾT KẾ XỬ LÝ NHỮ TƯƠNG DẦU-AXÍT Ở MỎ BẠCH HỔ

---

- ❖ Thành phần dung dịch xử lý
- ❖ Cơ sở lập luận thiết kế
- ❖ Thiết kế xử lý nhũ tương dầu-axít ở mỏ Bạch Hổ

## Thành phần dung dịch xử lý

---

### Dung dịch muối-axít :

- ❖ HCl 10-15%
- ❖ CH<sub>3</sub>COOH 2-5%
- ❖ Chất ức chế ăn mòn 1-5%
- ❖ Chất hoạt tính bề mặt 0,5-1%
- ❖ Nước 74-86,5%

### Dung dịch sét-axít :

- ❖ HF 3-5%
- ❖ HCl 8-10%
- ❖ CH<sub>3</sub>COOH 2-5%
- ❖ Chất ức chế ăn mòn 1-5%
- ❖ Chất hoạt tính bề mặt 0,5-1%
- ❖ Nước 74-84,5%

## Cơ sở lập luận thiết kế

Phương án 1 : Không biết thông tin vùng xử lý

- ❖ Thể tích dung dịch sét-axít bơm ép lần 1 là  $60\% V_{HKT}$ .
- ❖ Thể tích nhũ tương dầu-axít bơm ép tiếp theo là  $V_{HKT}$ .

Phương án 2 : Biết nhiều thông tin vùng xử lý

- ❖ Dựa vào thể tích axit cần cho 1 m chiều dày vỉa mà tính toán được thể tích axit cần dùng.
- ❖ Lượng axit chia làm nhiều lần bơm ép tùy thuộc vào khả năng bơm ép.

### Lưu ý :

- Nếu độ tiếp nhận của vỉa lớn hơn  $0,3\text{m}^3/\text{phút}$  thì việc bơm ép axit tiến hành bằng dầu.
- Nếu độ tiếp nhận của vỉa nhỏ hơn  $0,3\text{m}^3/\text{phút}$  thì việc bơm ép axit tiến hành bằng nước được xử lý chất hoạt tính bề mặt.

## Thiết kế xử lý nhũ tương dầu-axít tại mỏ Bạch Hổ

### Tính chất thành hệ

- ❖ Nhiệt độ vỉa 149<sup>0</sup>C
- ❖ Tỷ trọng dầu 38,40<sup>0</sup>API
- ❖ Tỷ số khí/dầu 633 scf/bbl
- ❖ Áp suất điểm bọt khí 243at
- ❖ Áp suất vỉa 270 at
- ❖ Độ thấm 5 md
- ❖ Kh/Kv 5
- ❖ Độ rỗng 10 %
- ❖ Vùng nhiễm bẩn 15,3 cm
- ❖ Gradient nứt vỉa 0,21 at/m

### Đặc tính thạch học

- ❖ Quartz 37,5 %
- ❖ Mica 10 %
- ❖ Calcite 1%
- ❖ Dolomit 1%
- ❖ K-Feldspar 25 %
- ❖ Na- Feldspar 22 %
- ❖ Kaolinite 1 %
- ❖ Smetite 1 %
- ❖ Chlorite 0,5 %
- ❖ Zeolite 1 %



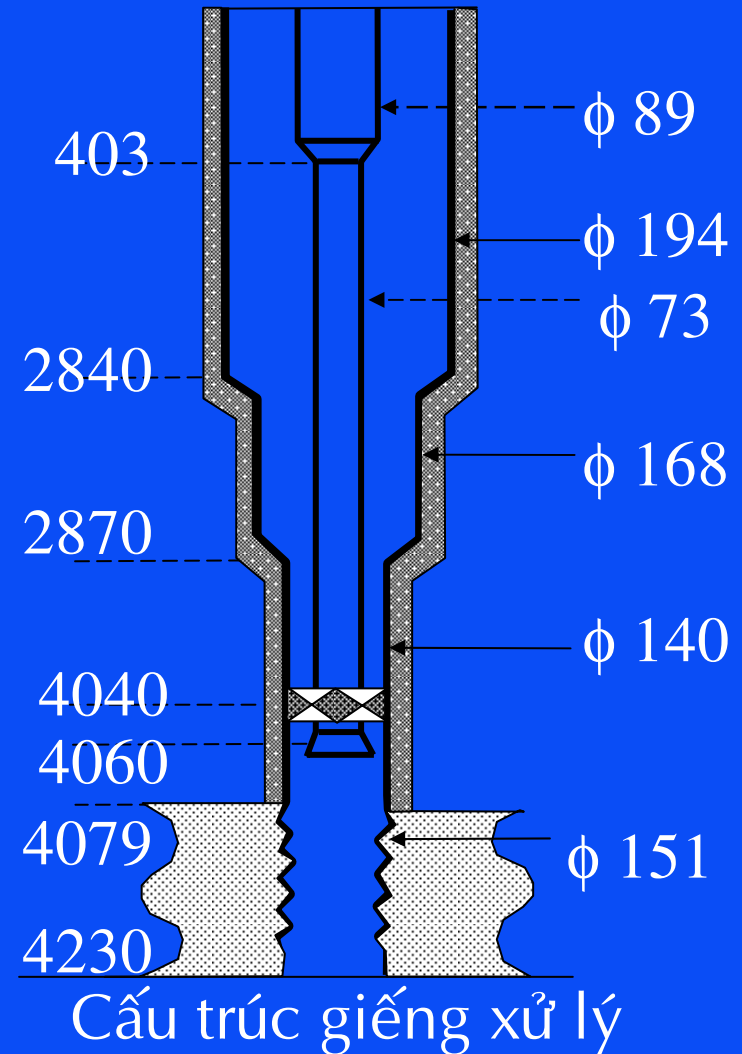
# Thiết kế xử lý nhũ tương dầu-axít tại mỏ Bạch Hổ

Tình trạng giếng trước khi xử lý

❖	Tổng sản lượng khai thác	920 STB/D
❖	Áp suất dòng chảy tại đáy giếng	252 at
❖	Hệ số Skin nhiễm bẩn	23,1
❖	Tầng xử lý	tầng Móng
❖	Kiểu nhiễm bẩn	chất rắn – bùn
❖	Độ sâu vùng xử lý	4079 m
❖	Độ đáy vùng xử lý	4230 m
❖	Đường xử lý	cột ống khai thác

# Thiết kế xử lý nhũ tương dầu-axít tại mỏ Bạch Hổ

- ❖ Thể tích cột ống khai thác  
 $V_{HKT} = 12,86 \text{ m}^3$
- ❖ Thể tích lòng giếng thiết lập bởi cấu trúc ống chống  
 $V_{lg} = 79,01 \text{ m}^3$
- ❖ Thể tích đáy giếng  
 $V_o = 2,93 \text{ m}^3$
- ❖ Thể tích axít cần thiết  
 $V = 75,5 \text{ m}^3$



# Thiết kế xử lý nhũ tương dầu-axít tại mỏ Bạch Hổ

Thể tích axit cần sử dụng được tính theo công thức :

$$V = \frac{10.a.\rho}{A}$$

Do cấu trúc tầng sản phẩm, quy trình xử lý được tiến hành theo :

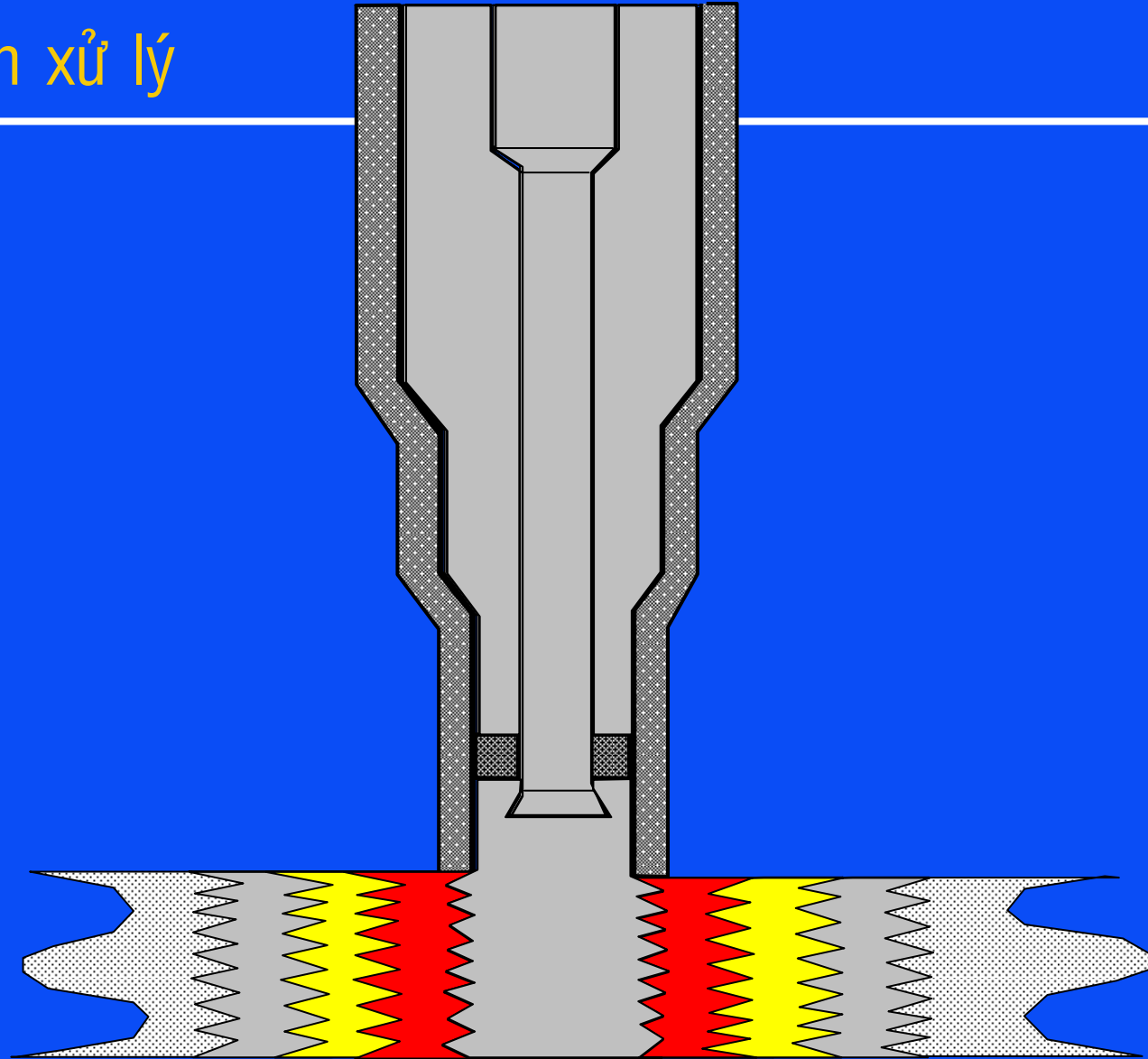
**Giai đoạn 1 : 12,86 m<sup>3</sup> dung dịch muối-axít với thành phần**

❖ HCl	12 %
❖ CH <sub>3</sub> COOH	2 %
❖ CI-25 và Hytemp	2%
❖ Hoạt tính bề mặt	0,2%

**Giai đoạn 2 : hỗn hợp nhũ tương gồm 62,64m<sup>3</sup> sét-axít và 25,1 m<sup>3</sup> dầu với thành phần**

❖ HF	3%
❖ HCl	10%
❖ CH <sub>3</sub> COOH	2 %
❖ CI-25 và Hytemp	2 %
❖ Hoạt tính bề mặt	0,2%

# Quy trình xử lý



## Đánh giá quy trình xử lý

---

- ❖ Hệ số hiệu quả xử lý khoảng 50-60%
  
- ❖ Cần nâng cao hiệu quả xử lý

## KẾT LUẬN

---

- ❖ Không ngừng hoàn thiện công nghệ xử lý axit
- ❖ Gia tăng thể tích axit xử lý
- ❖ Gia tăng tốc độ bơm ép
- ❖ Cần nhiều thông tin chi tiết hơn về thành hệ
- ❖ Đảm bảo tốt công tác gọi dòng sau khi xử lý



TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM  
**KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ**

---

BÀI GIẢNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ

**PHƯƠNG PHÁP KHAI THÁC TỰ PHUN**

---

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo

Email : [lphao@hcmut.edu.vn](mailto:lphao@hcmut.edu.vn)

Tel : 84-8-8654086

# NỘI DUNG TRÌNH BÀY

---

- ❑ Lý thuyết về sự tự phun
- ❑ Thành phần thiết bị giếng
- ❑ Các sự cố và các biện pháp phòng ngừa



## KHÁI NIỆM

Dòng chất lưu từ vỉa chảy vào giếng là do sự chênh áp giữa áp suất vỉa và áp suất đáy giếng, điều đó đòi hỏi cần 1 năng lượng dưới dạng chênh áp:

$$W_{TN} + W_{NT} \leq W_1 + W_2 + W_3 + W_4$$

Trong đó:

$W_{TN}$  : Năng lượng tự nhiên

$W_{NT}$  : Năng lượng nhân tạo

$W_1$  : Năng lượng tạo ra dòng chảy từ vỉa  $\rightarrow$  giếng

$W_2$  : Năng lượng nâng chất lưu từ đáy  $\rightarrow$  miệng giếng

$W_3$  : Năng lượng để chất lưu qua các thiết bị miệng giếng

$W_4$  : Năng lượng để chất lưu từ miệng giếng các hệ thống tích chứa

Điều kiện để khai thác tự phun là:  $W_{NT} = 0$

# ĐẶC TÍNH HỖN HỢP TRONG GIẾNG TỰ PHUN

Năng lượng khí hòa tan đóng vai trò rất quan trọng.

Năng lượng  $W$  của hỗn hợp lỏng – khí cần thiết để nâng chất lỏng từ đáy giếng ( $P_d$ ) → miệng giếng ( $P_m$ ):

$$W = 10^4 \left( \frac{P_d - P_m}{\gamma} + G_o \ln \frac{P_d}{P_m} + A_1 \right)$$

trong đó:

$G_o$  : Thể tích khí tự do ở đáy giếng

$A_1$  : Năng lượng khí giãn nở khi áp suất thay đổi từ  $P_d$  đến  $P_m$

## TỔN HAO DO MA SÁT

---

$$P_{FR} = \lambda \frac{H V^2 \gamma}{2.G.D.10}$$

trong đó:

- $\lambda$ : hệ số ma sát, phụ thuộc vào giá trị Reynold (Re)
- V : vận tốc chất lưu trong ống khai thác (m/s)
- D : đường kính ống khai thác (m)
- H : chiều cao tuyệt đối (m)

## SỐ REYNOLD (Re)

$$R e = \frac{v \cdot d}{\eta} < 2300$$

⇒

$$\lambda = \frac{64}{R e}$$

$$R e > 2300$$

⇒

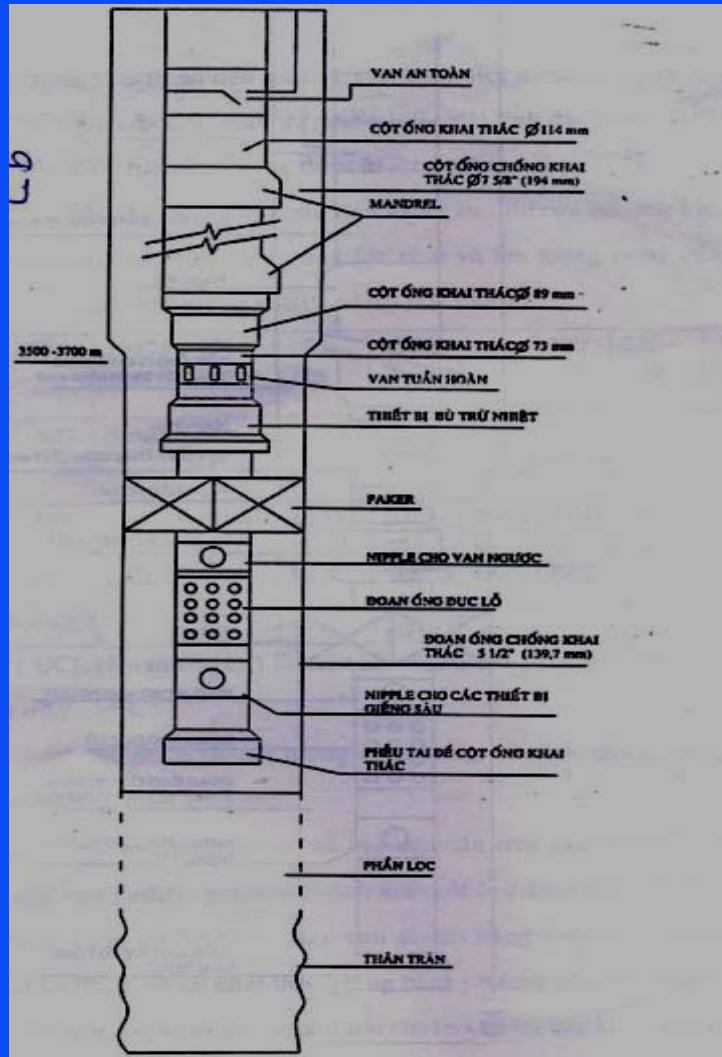
$$\lambda = \frac{0.3114}{\sqrt[4]{R e}}$$

## NHẬN XÉT

---

- ❖ Khi áp suất đáy  $P_d$  tăng  $\rightarrow$  lưu lượng khai thác tăng, nhưng do tổn thất ma sát tăng  $\rightarrow$  lưu lượng thực tế giảm.
- ❖ Hàm lượng nước trong sản phẩm khai thác tăng thì yếu tố khí sẽ giảm (với cùng điều kiện áp suất đáy  $P_d$ )  $\rightarrow$  cần khống chế hàm lượng nước trong sản phẩm khai thác để duy trì quá trình tự phun.
- ❖ Sự thay đổi đường kính cột ống nâng trong cùng 1 điều kiện như nhau (độ dài, áp suất miệng giếng  $P_m$ )  $\rightarrow$  sự thay đổi của áp suất đáy giếng và lưu lượng khai thác dầu (*tăng đường kính cột ống nâng  $\rightarrow$  áp suất đáy giếng  $P_d$  giảm và lưu lượng tăng lên*)
- ❖ Áp suất đáy giếng  $P_d$  có thể thay đổi bằng các biện pháp:
  - ❖ Thay đổi đường kính cột ống nâng
  - ❖ Tạo đối áp trên miệng giếng hoặc tạo ra độ chênh áp bằng cách đặt côn tiết lưu trên cột ống nâng.

# THÀNH PHẦN THIẾT BỊ LÒNG GIẾNG



Hình 2– Cấu trúc cột ống khai thác và thiết bị lòng giếng đối với các giếng thuộc tầng móng

# THIẾT BỊ MIỆNG GIẾNG

---

Thiết bị miệng giếng được dùng để:

- Treo và giữ các cột ống khai thác trên miệng giếng, hướng dòng chất lỏng và khí theo cột ống nâng lên bề mặt
- Hướng sản phẩm khai thác vào thiết bị đo và bình tách
- Tạo đối áp trên miệng giếng (thay đổi chế độ làm việc của giếng)
- Đo áp suất trong khoảng không vành xuyên giữa cột OKT và cột ống chống khai thác, đồng thời để đo áp suất tại các ống xả, thực hiện các thao tác khi gọi dòng, khai thác, khảo sát và sửa chữa giếng

# THIẾT BỊ MIỆNG GIẾNG

---

Những điều kiện để thiết bị miệng giếng khai thác tự phun làm việc được xác định bởi:

1. Áp suất làm việc trong giếng
2. Vận tốc chuyển động của dòng chất lưu
3. Đặc tính phun
4. Môi trường làm việc (ăn mòn?)

Điều kiện 1 ảnh hưởng chủ yếu tới sự lựa chọn loại thiết bị miệng giếng sử dụng



## PHÂN LOẠI

---

Tùy thuộc vào điều kiện phun, thiết bị miệng giếng được phân loại theo cấu trúc và độ bền của chúng:

- Theo áp suất làm việc
- Theo kiểu nối giữa các thiết bị
- Theo số lượng cột ống thả xuống giếng (một cột hoặc hai cột ống)
- Theo cấu trúc (sự phân bố của những đường ống xả)
- Theo kích thước tiết diện thông của ống (100mm hoặc 63mm)

# THIẾT BỊ ĐẦU GIẾNG

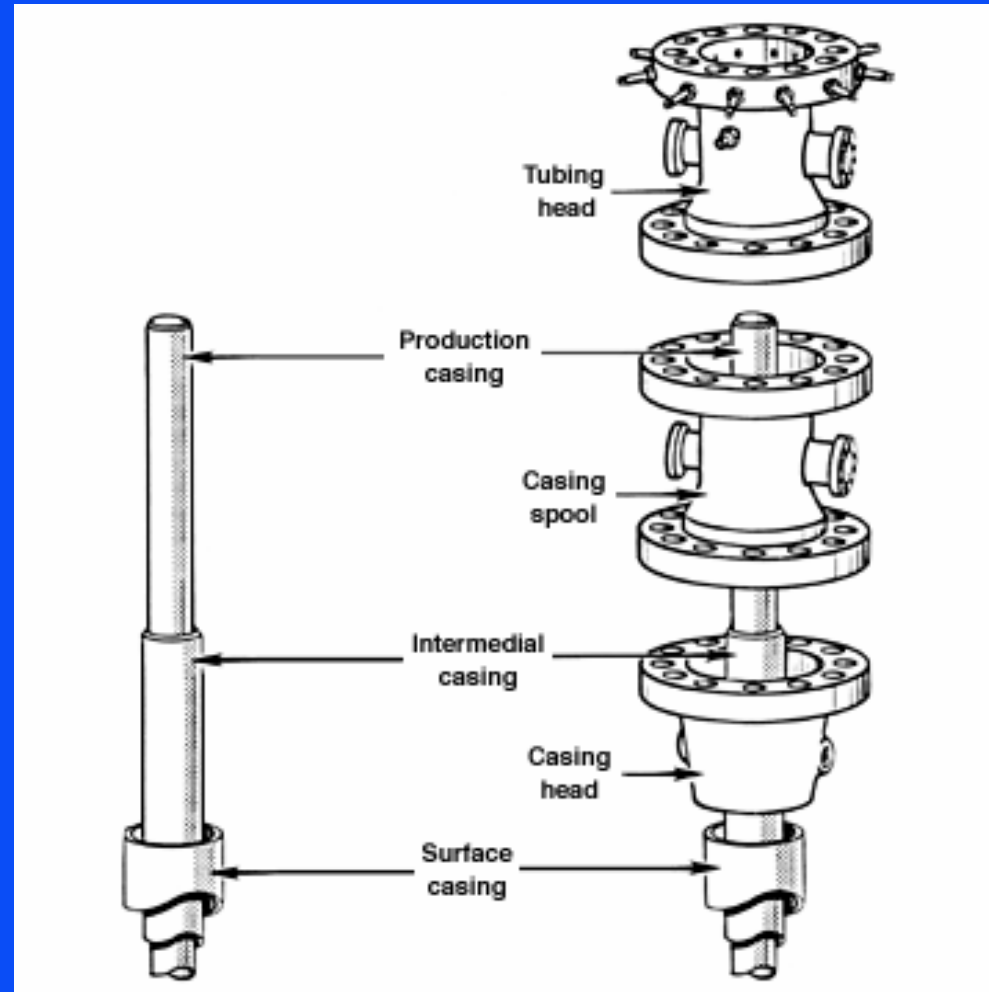
---

Đầu giếng là toàn bộ thiết bị trên mặt kết thúc cấu trúc giếng

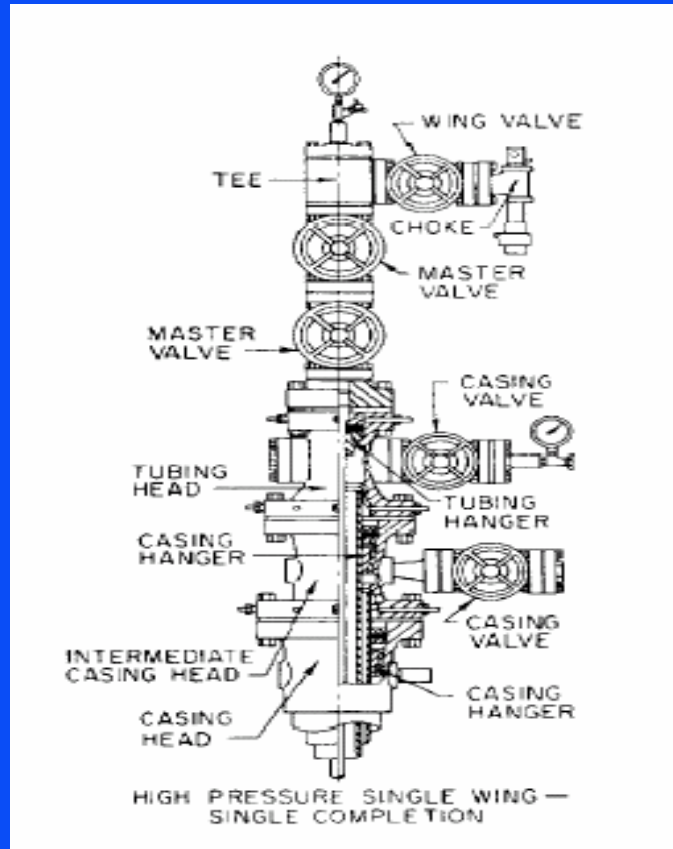
Hình dáng có thể khác nhau tùy thuộc vào giai đoạn tiến hành giếng và gồm các kiểu sau:

- Ở trên bề mặt: các thiết bị treo ống và cây thông khai thác
- Phần dưới (thường ở dưới mặt đất) có cấu tạo để treo cột ống chống và dụng cụ phụ trợ

# CÁC THIẾT BỊ ĐẦU GIẾNG



# CÂY THÔNG KHAI THÁC



## ĐẦU CỘT ỐNG CƠ SỞ (CASING HEAD HOUSING)

---

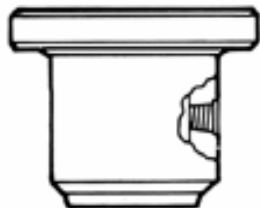
Đây là bộ phận đầu tiên được lắp ráp với cột ống chống trên bề mặt hoặc bằng đầu ren đực, nhưng thường bằng đầu ren cái hoặc hàn

Việc lắp ráp cần phải thực hiện rất cẩn thận, đảm bảo độ nằm ngang của mặt bích (vòng kẹp) trên. Các mối hàn bên ngoài và bên trong cần được thử nghiệm bằng bơm thông qua lỗ doa giữa 2 mối hàn

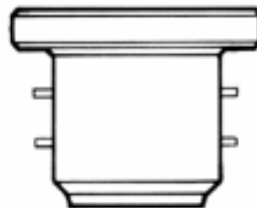
Chính cột ống chống trên mặt và đầu cột ống cơ sở đỡ tất cả cột ống dự kiến cũng như thiết bị BOP. Trong các giếng khoan sâu, trọng lượng cột ống rất lớn, do đó thường chọn đầu cột ống có tấm đế tròn

# CASING HEAD

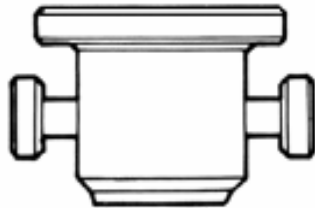
Casing heads (configurations)



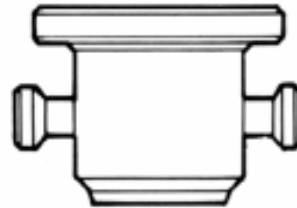
Screwed outlet



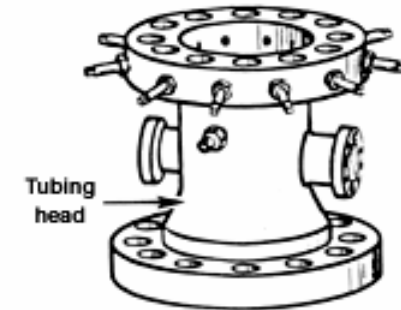
Studded outlet



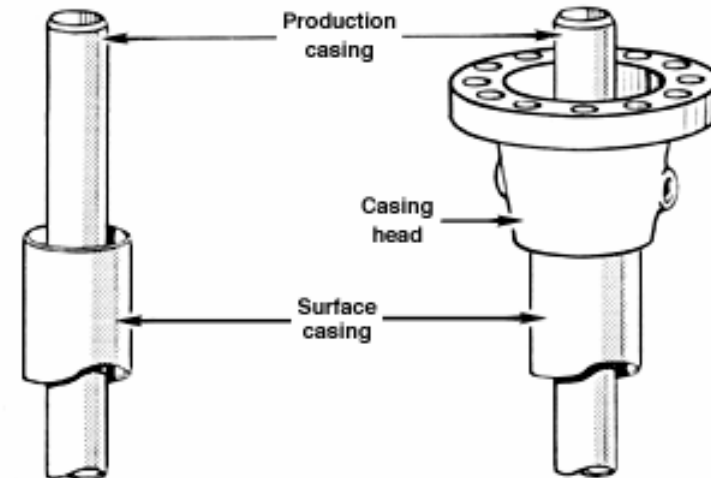
Flanged outlets



Clamp outlets



Tubing head



## CHÊM NEO (CASING HANGER)

---

Đây là thiết bị neo và treo cột ống vào đầu miệng ống. Thiết bị này gồm một bộ nêm mấu vào thành ống cần treo khi trượt trên phần côn của đầu cột ống. Nó được lắp thêm một bộ vòng cao su để làm kín

Đầu ống và chêm neo được thiết kế cho những yêu cầu khác nhau và do đó chúng được chọn tùy theo tải trọng phải chịu.

Có 3 nguyên lý công nghệ chế tạo các chêm neo như sau:

- » Chêm và đệm làm kín riêng biệt
- » Chêm và packer gộp liền
- » Chêm tự động

# ỐNG NỐI ĐAI KÉP TREO ỐNG CHỐNG

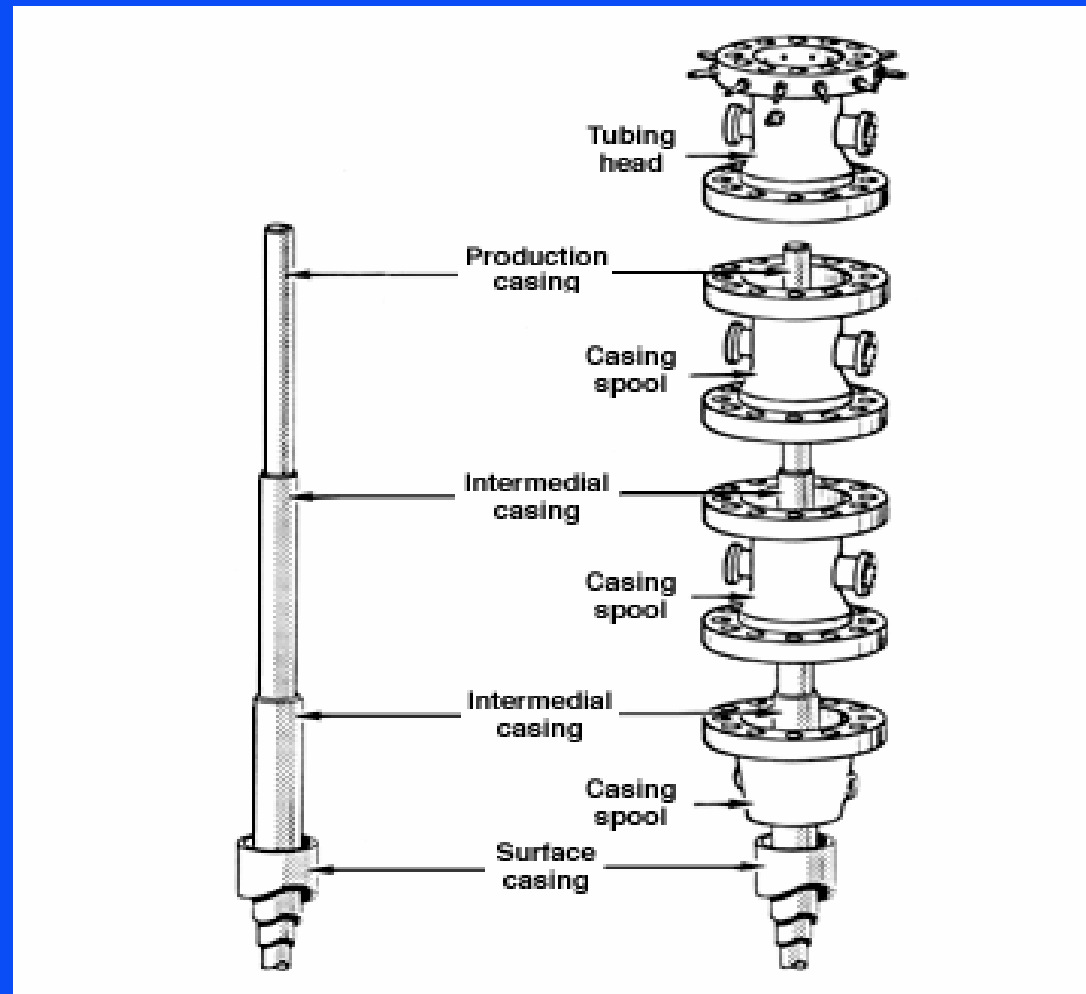
---

Bộ phận này cũng cần để đỡ cột ống chống gồm:

- Hai bích có thước và loại khác nhau: bích dưới phải có cùng kích thước và cùng loại với bích của đầu cột ống cơ sở để đảm bảo lắp nối được
- Một lỗ hình côn hay hình trụ ở phần trên để chứa được các chân neo của ống tiếp theo
- Một lỗ hình trụ ở phần dưới chứa bộ phận dẫn hướng dụng cụ và hệ thống làm kín

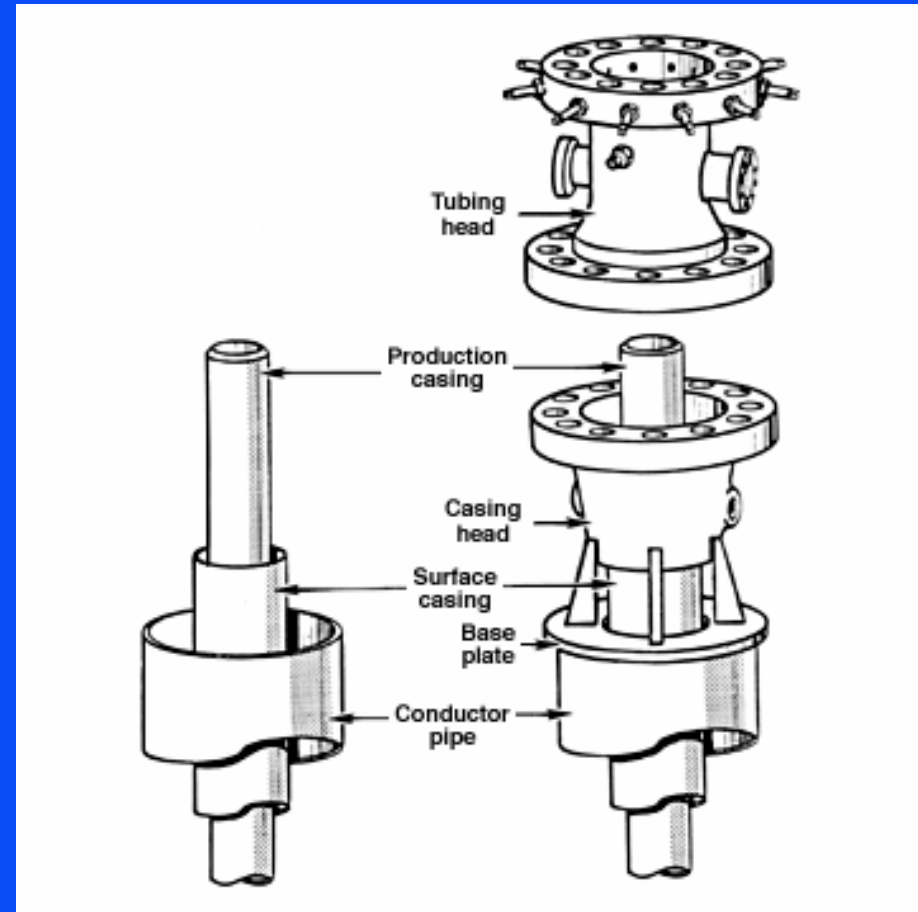


# CASING POOL



# ỐNG NỐI ĐAI KÉP TREO ỐNG KHAI THÁC

Đầu ống khai thác giống như đầu của ống hai bích. Sự khác biệt chủ yếu là ống khai thác treo có thể kéo lên để dàng khi cần thiết



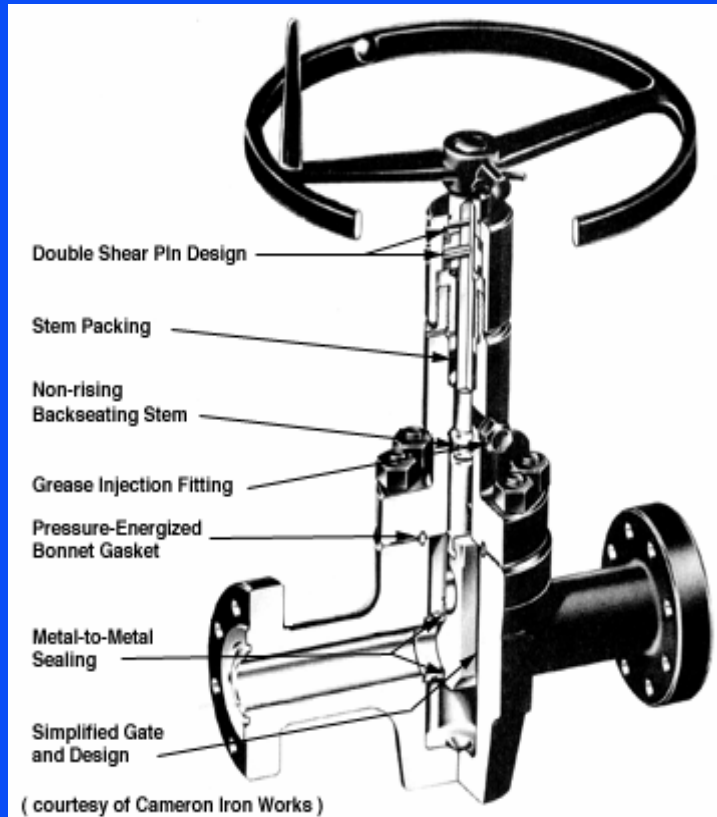
# THIẾT BỊ KIỂM SOÁT DÒNG CHẢY

---

Thiết bị kiểm soát dòng gồm các van tiết lưu sau:

- Van tiết lưu có kích thước cố định
- Van tiết lưu điều chỉnh bằng tay
- Van tiết lưu điều khiển bằng thủy lực

# THIẾT BỊ KIỂM SOÁT DÒNG CHẢY



# THIẾT BỊ KIỂM SOÁT DÒNG CHẢY





# THIẾT BỊ KIỂM SOÁT DÒNG CHẢY



# THIẾT BỊ KIỂM SOÁT DÒNG CHẢY

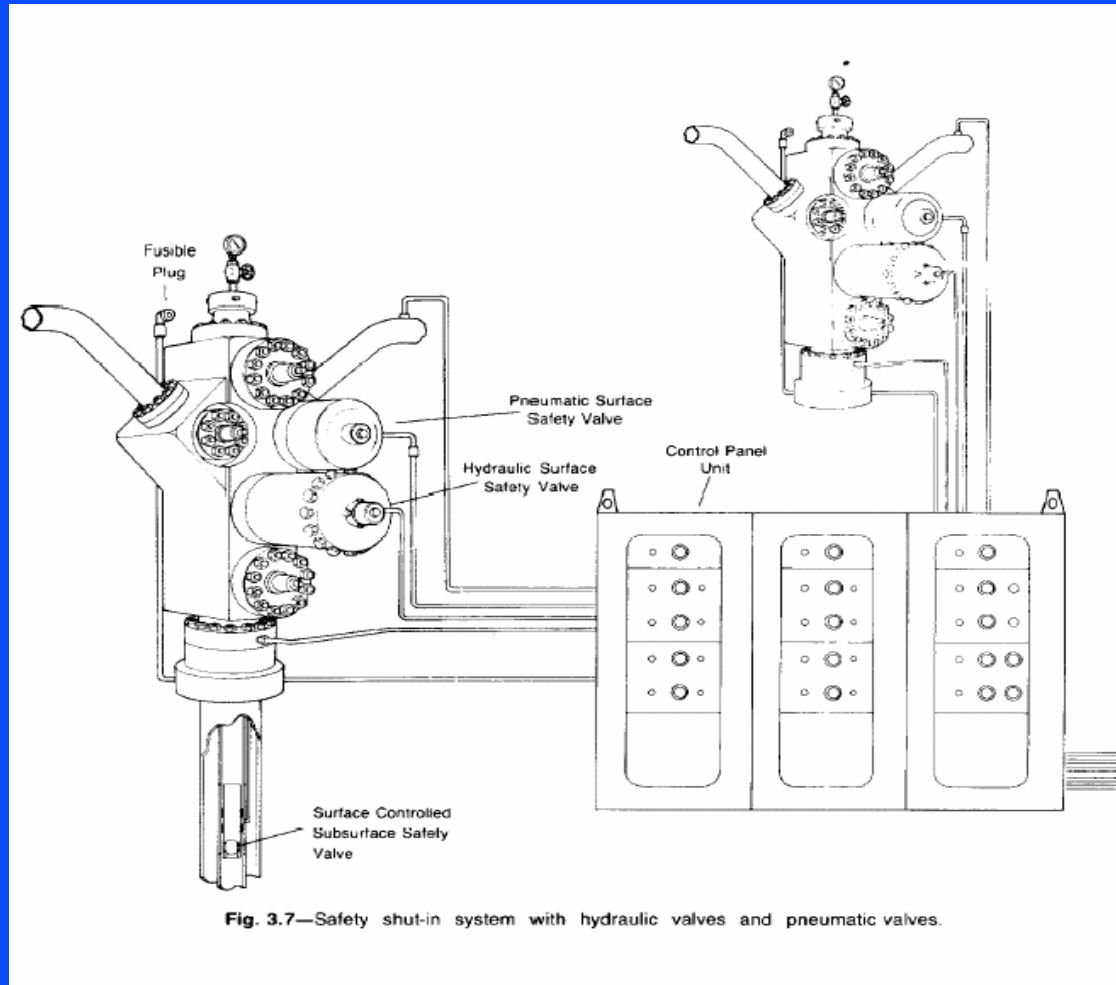


Fig. 3.7—Safety shut-in system with hydraulic valves and pneumatic valves.

- Tổn hao áp suất phụ thuộc vào đường kính cột ống khai thác
- Điều chỉnh vận tốc chuyển động của hỗn hợp chất lỏng – khí và tạo đối áp lên vỉa
- Phòng ngừa sự hình thành nút cát trên đáy giếng
- Kéo dài thời gian tự phun của giếng



# CÁC PHƯƠNG PHÁP LỰA CHỌN CỘT ỐNG KHAI THÁC

---

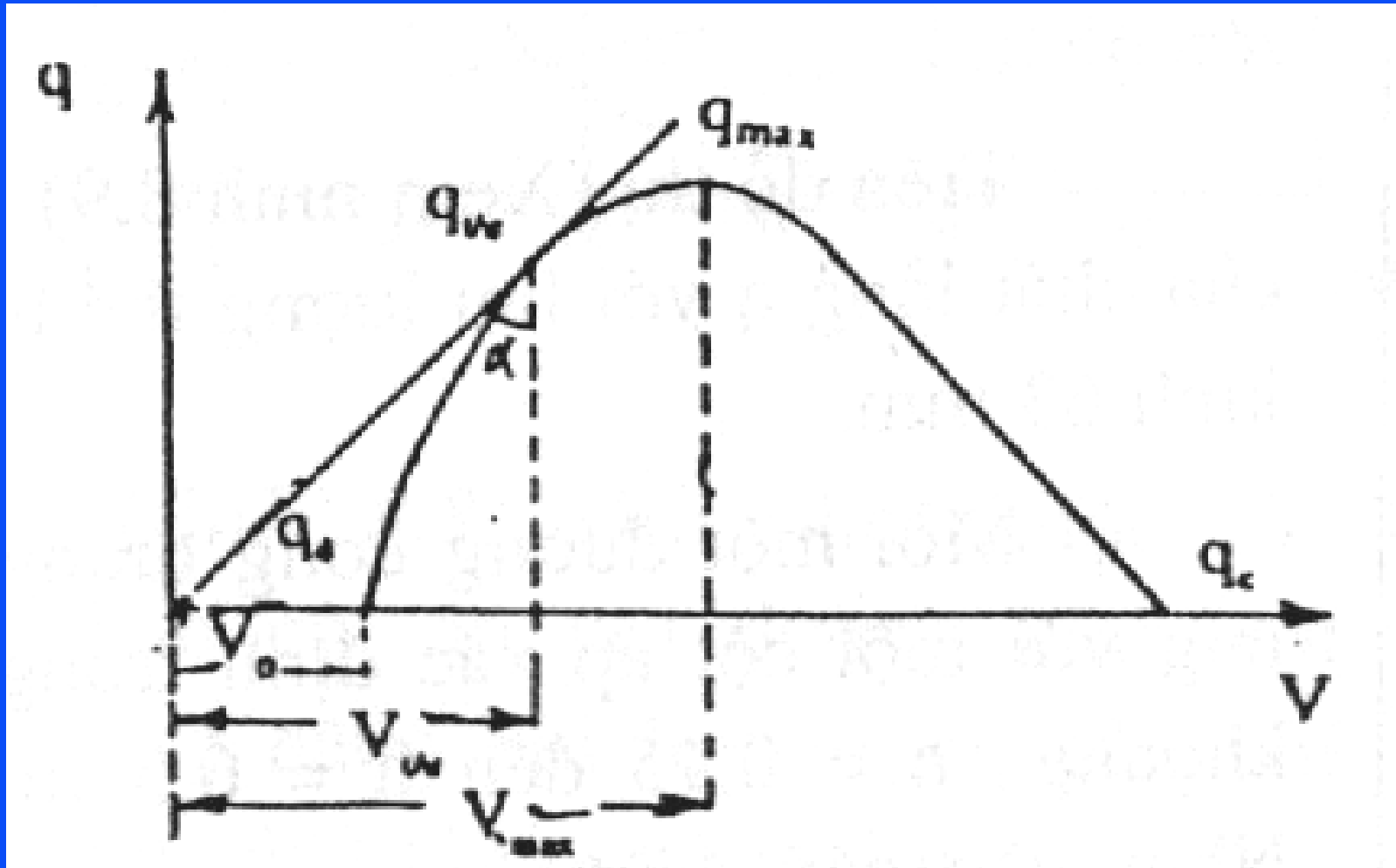
1. Phương pháp bán thực nghiệm
2. Phương pháp đồ thị

## Giai đoạn khai thác tự phun

- Giai đoạn đầu chọn chế độ khai thác tối đa  $Q_{\max}$
- Giai đoạn cuối là chế độ khai thác tối ưu  $Q_{\text{opt}}$ .

# PHƯƠNG PHÁP BÁN THỰC NGHIỆM

Đồ thị  $q = f(v)$  khi  $D = \text{const}$ ,  $\varepsilon = \text{const}$



# PHƯƠNG PHÁP BÁN THỰC NGHIỆM

Mỗi ống khai thác làm việc với một hệ số nhúng chìm cho trước và được tính theo công thức:

$$\varepsilon = \frac{P_d - P_m}{\rho g L}$$

Với:  $P_d$  – áp suất đáy ống khai thác ( $\text{N/m}^2$ )

$P_m$  – áp suất miệng giếng ( $\text{N/m}^2$ )

$L$  – chiều dài cột ống (m)

$\rho$  – Khối lượng riêng của dầu ( $\text{Tấn/m}^3$ )

$g$  – Gia tốc trọng trường ( $\text{m/s}^2$ )

# CHẾ ĐỘ KHAI THÁC TỐI ĐA $Q_{MAX}$

Đường kính ống khai thác được xác định theo công thức:

$$d = \sqrt{\frac{L}{P_d - P_m}} \sqrt[3]{\frac{Q_{max}^{0.5}}{1.8}}$$

Với:  $P_d$  – áp suất đáy ống khai thác ( $N/m^2$ )

$P_m$  – áp suất miệng giếng ( $N/m^2$ )

$L$  – chiều dài cột ống (m)

$d$  – đường kính ống khai thác (m)

$Q_{max}$  – Lưu lượng khai thác tối đa (tấn/d)

## CHẾ ĐỘ KHAI THÁC TỐI ƯU $Q_{opt}$

Đường kính ống khai thác được xác định theo công thức:

$$d = \sqrt{\frac{L\rho g}{P_d - P_m}} \sqrt[3]{\frac{Q_{opt}L}{1.8[L\rho g - (P_d - P_m)]}}$$

# PHƯƠNG PHÁP BÁN THỰC NGHIỆM

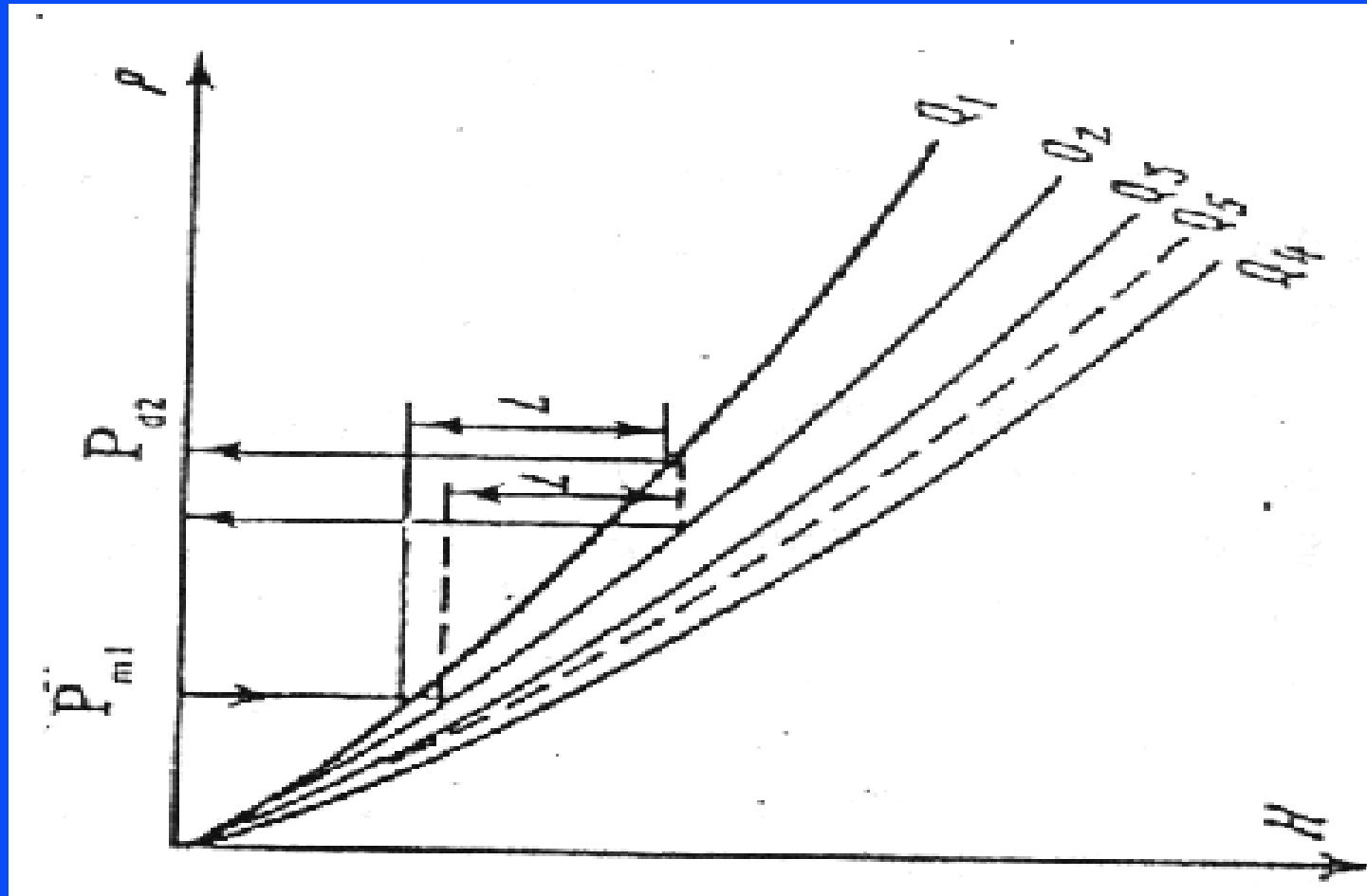
---

Lưu ý:

- Nếu đường kính cột ống nhận được bằng tính toán không trùng với đường kính chuẩn (48, 60, 73, 89, 102, 114mm) thì chọn ống có đường kính chuẩn gần với kết quả tính, hoặc chọn ống có hai cấp đường kính
- Việc chọn đường kính ống khai thác còn phụ thuộc vào các yếu tố và điều kiện kỹ thuật khác như: yếu tố khí ở cuối giai đoạn tự phun, các thiết bị khảo sát (đường kính ngoài khoảng 40mm) cần thả vào lòng giếng...

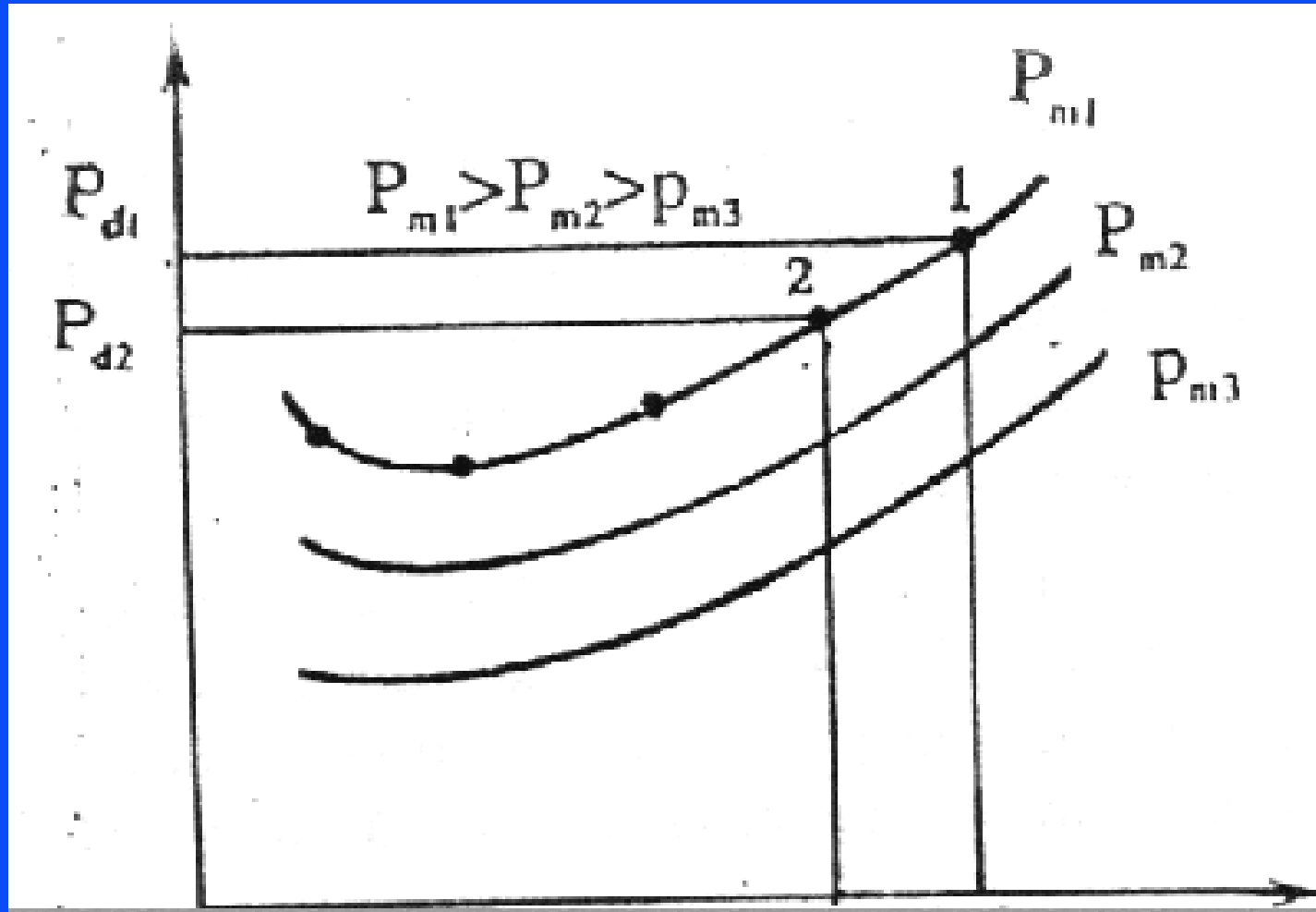
# PHƯƠNG PHÁP ĐỒ THỊ

Đồ thị phân bố áp suất dọc theo cột ống nâng theo lưu lượng khai thác





# PHƯƠNG PHÁP ĐỒ THỊ

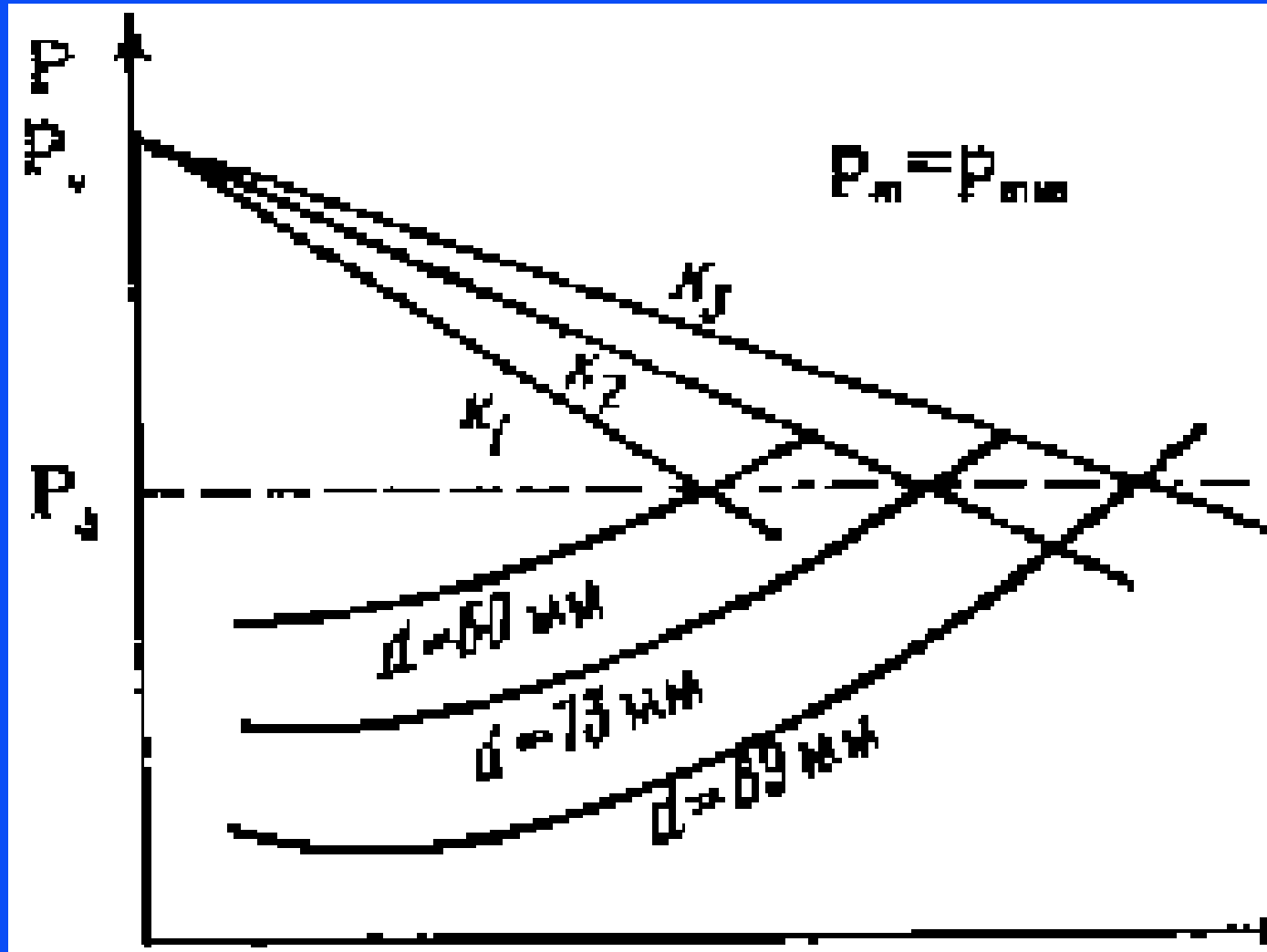


# PHƯƠNG PHÁP ĐỒ THỊ

---

- Sử dụng họ đường cong đặc trưng đối với đường kính cột ống khai thác khác nhau (ta gọi là các đường đặc tính nâng)
- Trên đồ thị cũng xây dựng đường đặc tính dòng vào của vỉa sản phẩm
- Giao điểm của đường đặc tính dòng vào (1) và họ đường cong đặc tính nâng của giếng (2) xác định điều kiện khai thác của giếng

# PHƯƠNG PHÁP ĐỒ THỊ



# Các sự cố thường gặp trong khai thác

---

- Tích tụ nước ở đáy
- Hiện tượng phun trào
- Hiện tượng cát chảy vào giếng
- Lắng đọng parafin
- Hiện tượng xung áp
- Các sự cố bề mặt

## Tích tụ nước ở đáy

---

- Để kéo dài thời gian khai thác tự phun thì phải khai thác với lưu lượng hợp lý.
- Vận tốc nâng chất lưu trong ống khai thác giảm làm xuất hiện nguy cơ tích nước ở đáy. Kết quả làm tăng áp suất ở đáy và làm giảm lưu lượng khai thác, chấm dứt sớm sự tự phun

### ➤ *Biện pháp khắc phục*

- Tăng vận tốc nâng chất lưu từ giếng
- Hạ ống nâng đến đáy

# Hiện tượng phun trào

---

## ➤ Nguyên nhân

Do thiết bị miệng giếng không bảo đảm

## ➤ Biện pháp khắc phục

Phải luôn thử đầu giếng và các van an toàn trước khi đưa vào hoạt động. Nếu áp suất và nhiệt độ thay đổi đột ngột vượt quá giá trị định mức thì van an toàn tự động đóng giếng.

# Hiện tượng cát chảy vào giếng

---

## ➤ Nguyên nhân

- Lưu lượng khai thác quá lớn
- Môi trường lân cận vùng cận đáy giếng có sự xói rửa của nước không ổn định
- Độ ngập nước của giếng tăng

# Hiện tượng cát chảy vào giếng

---

## ➤ *Hậu quả*

Tạo nút cát ở đáy giếng làm tăng áp suất đáy giếng, giảm lưu lượng khai thác

## ➤ *Biện pháp khắc phục*

- Khai thác với chế độ hợp lý sao cho vận tốc dòng thấm ở vùng cận đáy giếng không vượt quá giá trị tới hạn làm phá huỷ vỉa
- Lắp đặt các phin lọc đặc biệt nhằm ngăn cát
- Bơm rửa thường xuyên



# Lắng đọng parafin

---

## ➤ Điều kiện thành tạo

- Các hạt rắn parafin tách ra từ trạng thái hoà tan của dầu khi nhiệt độ giảm
- Dòng chảy trong đường ống có lẫn khí tự do
- Độ nhớt của dầu thấp

# Lắng đọng parafin

---

## ➤ Các biện pháp phòng ngừa lắng đọng parafin

- Duy trì nhiệt độ ổn định trong quá trình khai thác và vận chuyển dầu khí, giảm thiểu sự mất nhiệt nhờ chế độ bơm tối ưu.
- Duy trì áp suất vận chuyển trên toàn tuyến không thấp hơn áp suất điểm bọt khí.
- Tăng áp suất đầu vào làm vận tốc dòng chảy tăng lên và đạt chế độ chảy rối, làm cho các phân tử paraffin khó kết hợp lại với nhau.
- Làm giảm độ nhám bên trong đường ống bằng cách đánh bóng, dùng chất lỏng, thủy tinh thể bọc bên trong đường ống hoặc sử dụng các chất hoạt tính bề mặt, bôi trơn.

# Lắng đọng parafin

---

## ➤ Các biện pháp phòng ngừa lắng đọng parafin

- Tăng độ nhớt của dầu nhờ chất phụ gia tăng độ nhớt (bơm định kỳ).
- Dùng chất phụ gia: có tác dụng làm ức chế tinh thể, biến đổi tinh thể của một số thành phần paraffin, tăng sức căng bề mặt của dầu, tạo màng nước trên đường ống. Kết quả làm giảm được nhiệt độ kết tinh, giảm độ nhớt của dầu, giảm được độ nhám của thành ống.
- Dùng phương pháp bơm dầu xử lý nhiệt cho phép thu được dầu có cấu trúc paraffin kém bền vững.
- Xử lý dầu bằng từ trường.

# Lắng đọng parafin

---

## ➤ Các biện pháp khử lắng đọng paraffin

- Nhiệt: dùng dầu nóng, khí hoặc hơi mang nhiệt để phá vỡ các lớp parafin kết tủa.
- Cơ học: sử dụng các thoi nạo định kỳ phóng vào đường ống để thông đường ống.
- Hoá học: dùng dung môi hoà tan các hợp chất paraffin, ngâm và rửa đường ống

# Hiện tượng xung áp

---

## ➤ Nguyên nhân

Khi đế ống khai thác được đặt ở độ sâu có áp suất thấp hơn áp suất bão hoà, một phần chất khí sẽ tích ở khoảng không vành xuyên trong giếng. Do áp suất của khí trong khoảng không này tăng dần theo thời gian sẽ xảy ra sự dồn dầu và sự ộc khí vào ống khai thác. Sự ộc khí kèm với sự giảm áp suất đột ngột, làm cho giếng làm việc không ổn định, phá huỷ vùng cận đáy không bền vững, làm tăng khả năng tách khí từ dầu, làm nguội dòng dầu khí tạo nguy cơ cho sự lắng đọng parafin mạnh hơn.

## Hiện tượng xung áp

---

### ➤ Biện pháp khắc phục

- Thả ống khai thác sâu hơn
- Thu hồi khí theo chu kỳ từ khoảng không hình xuyên
- Ngăn cách khoảng không hình xuyên ở đáy ống khai thác tạo điều kiện cho khí tự do đi vào ống khai thác.
- Đặt phễu ở đầu ống khai thác cho phép sử dụng năng lượng dẫn nở của khí tự do để nâng hỗn hợp dầu- khí -nước lên.
- Lắp một van hình cầu cách đế ống khai thác từ 30 – 40 (m), cho phép khí qua van vào ống khai thác nâng hỗn hợp dầu – khí - nước đi lên.

## Các sự cố bề mặt

---

- Đường kính côn bị giảm: làm áp suất trên đường ống thu gom tăng nhưng lưu lượng khai thác giảm. Nguyên nhân có thể là do tiết diện côn giảm, hoặc do đường ống thu gom, các bình tách bị bẩn, lắng đọng parafin. Trường hợp này dùng ống dự phòng hoặc đóng giếng để tiến hành bơm rửa, hoặc xử lý parafin bằng phương pháp gia nhiệt.
- Đường kính côn tăng: làm áp suất giảm, lưu lượng tăng do đường kính côn bị mài mòn, thay côn khai thác với lưu lượng phù hợp
- Chỗ nối mặt bích thiết bị đầu giếng bị rò rỉ: phải tiến hành đóng giếng và thay những thiết bị đó.
- Rò rỉ dầu mặt bích cụm phân dòng: đóng đường làm việc chính, xả hết áp suất và tiến hành sửa chữa.



TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM  
**KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ**

BÀI GIẢNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ

# ***THIẾT BỊ LÒNG GIẾNG***

---

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo

Email : [lphao@hcmut.edu.vn](mailto:lphao@hcmut.edu.vn)

Tel : 84-8-8654086



- Mục đích
- Yêu cầu công nghệ - kỹ thuật
- Phân loại

## MỤC ĐÍCH

---

- Điều khiển dòng chảy, đưa chất lưu lên bề mặt
- Tiến hành sửa chữa, nghiên cứu giếng, điều khiển dòng trong suốt quá trình giếng khai thác mà không cần phải đóng giếng, đập giếng hay nâng thả cột ống khai thác

## YÊU CẦU CÔNG NGHỆ - KỸ THUẬT

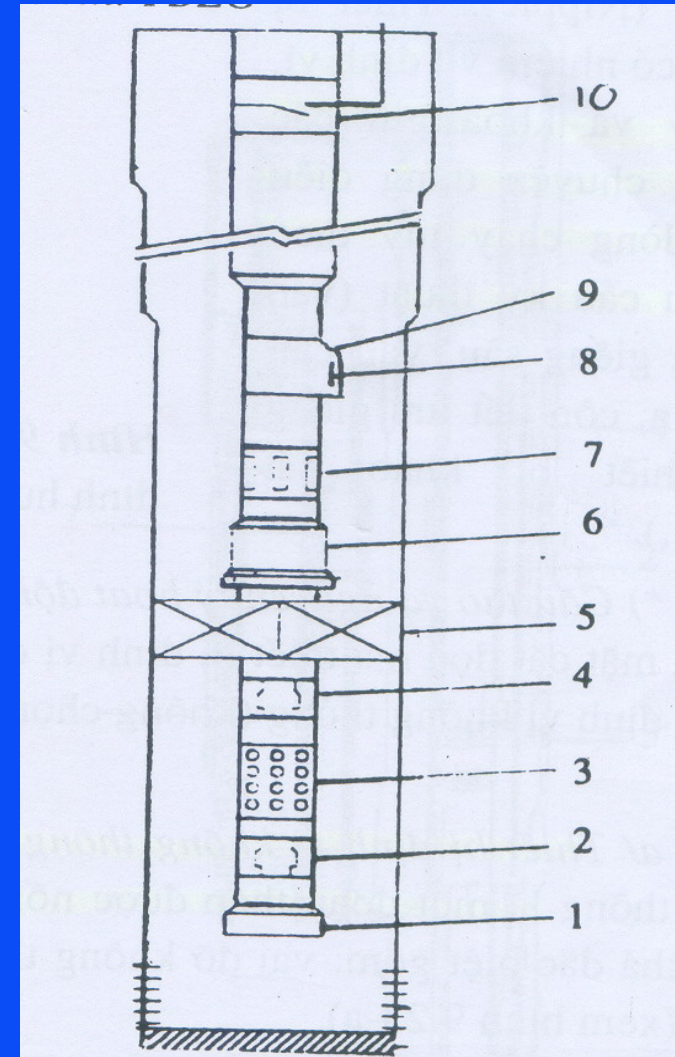
---

- Cách ly thân giếng tốt
- Có khả năng điều khiển các thông số làm việc của giếng theo chế độ tự động và bán tự động
- Tiến hành khảo sát giếng bằng thiết bị chuyên dụng
- Tiến hành sửa chữa giếng mà không cần đập giếng
- Tiến hành khảo sát giếng mà không ảnh hưởng đến quá trình khai thác

- TBLG trong phương pháp khai thác tự phun
  
- TBLG trong phương pháp khai thác cơ học:
  - 1) Truyền động cơ khí (cần truyền lực)
  - 2) Truyền động bằng thủy lực
  - 3) Truyền động bằng điện năng
  - 4) Truyền động bằng khí nén...

## TBLG trong phương pháp khai thác tự phun

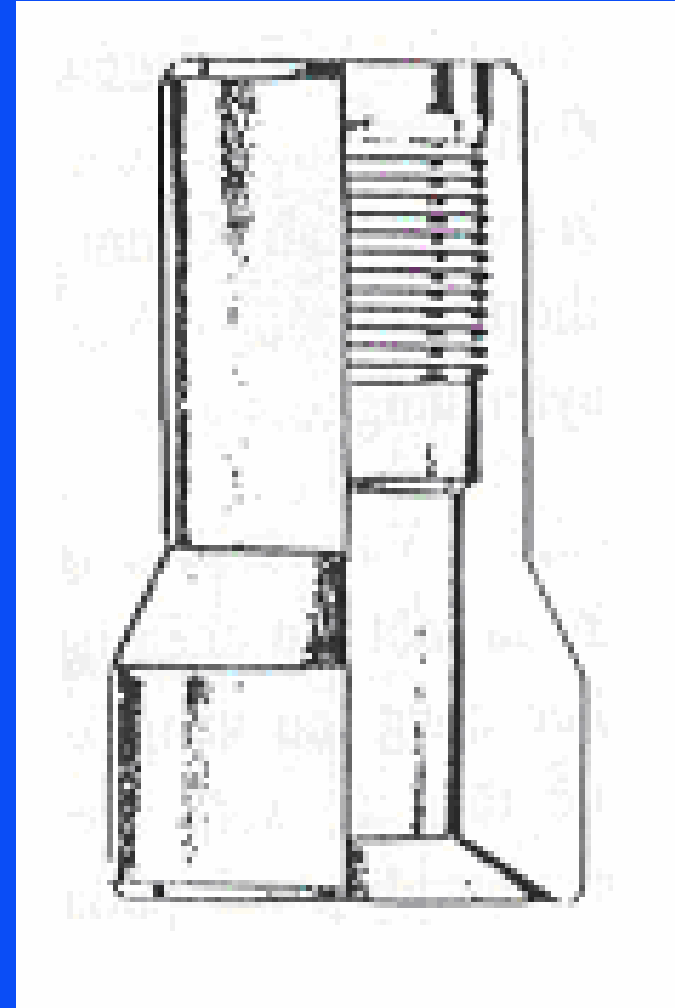
1. Phễu định hướng
2. Thiết bị định vị
3. Ống đục lỗ
4. Van cắt
5. Thiết bị chặn ếch ly (PACKER)
6. Thiết bị bố trừ gỉ nở nhiệt
7. Van tuần hoàn
8. Van dập giếng
9. Tỉ hơng (MANDREL)
10. Van an tồn



## PHẪU ĐỊNH HƯỚNG

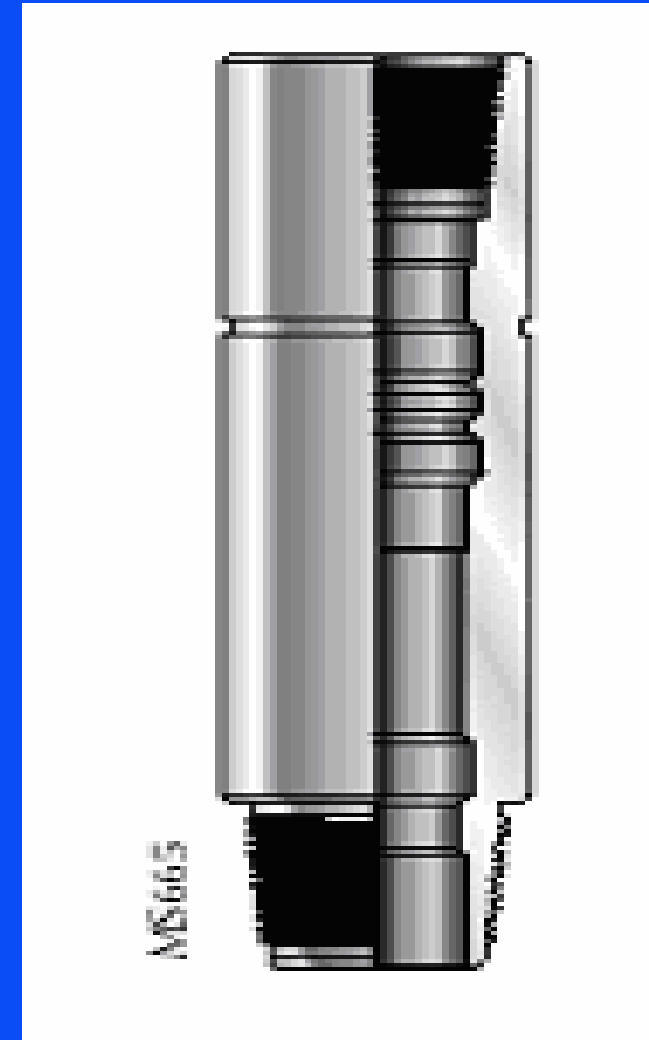
Phễu định hướng được lắp đặt ngay tại đáy cột ống khai thác

Nhiệm vụ: hướng các thiết bị tời chuyên dụng đi qua đáy cột ống khai thác khi khảo sát hay sửa chữa giếng một cách dễ dàng, không bị vướng.



## THIẾT BỊ ĐỊNH VỊ

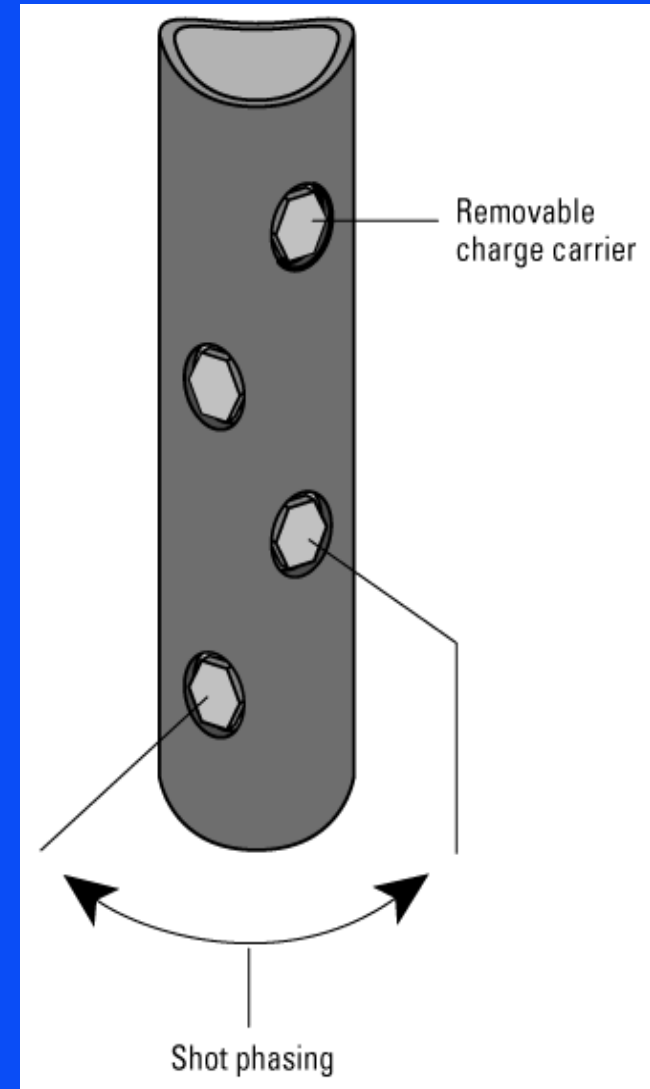
Thiết bị định vị có nhiệm vụ định vị, cách ly và khoá giữ các thiết bị chuyên dụng điều khiển dòng chảy tùy theo các yêu cầu kỹ thuật



## ỐNG ĐỤC LỖ

Cho phép dòng sản phẩm chảy liên tục vào ống khai thác trong khi tiến hành các quy trình công nghệ như khảo sát giếng bằng kỹ thuật tời

Được thiết kế tối ưu nhằm giảm thiểu tổn hao năng lượng của dòng sản phẩm chảy qua các lỗ vào ống khai thác





## VAN CẮT

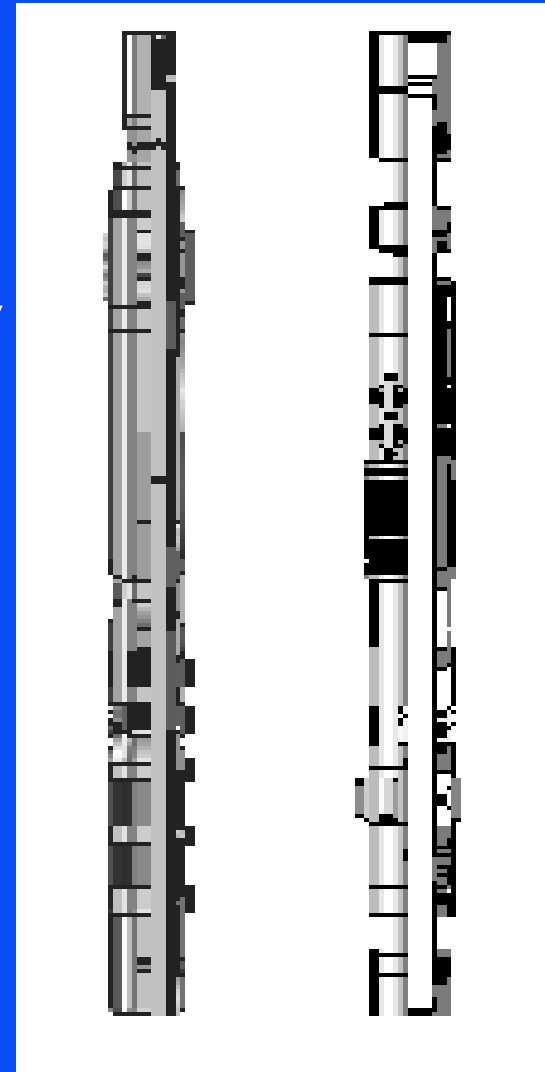
---

Là nút chặn tạm thời, có chức năng tạo vùng kín tạm thời để tăng áp suất trong ống khai thác nhằm mục đích mở packer và thiết bị bù trừ, đưa chúng vào trạng thái làm việc

Hầu hết các van cắt được nối trực tiếp ngay dưới packer

## PACKER

Packer là thiết bị chuyên dụng dùng để cách ly vùng không gian giữa cột ống khai thác và cột ống chống khai thác hay giữa các dây cột ống khai thác với nhau, sửa chữa giếng hay xử lý vùng cận đáy giếng bằng các phương pháp khác nhau



## THIẾT BỊ BÙ TRỪ GIÃN NỞ NHIỆT

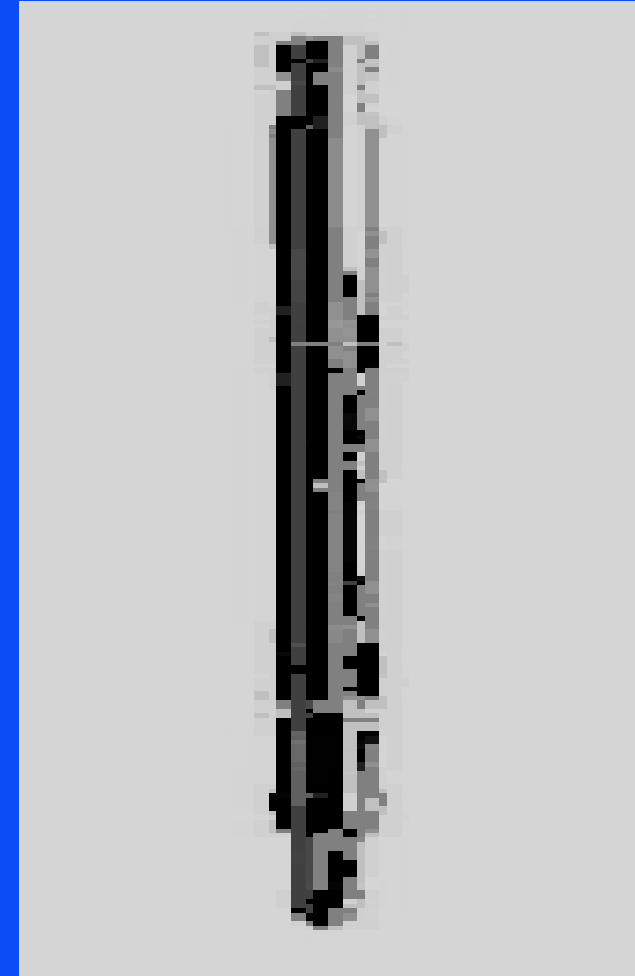
---

Thiết bị bù trừ giãn nở nhiệt có chức năng cân bằng sự thay đổi độ dài của cột ống khai thác dưới tác động của áp suất và nhiệt độ môi trường trong suốt quá trình khai thác

## VAN TUẦN HOÀN

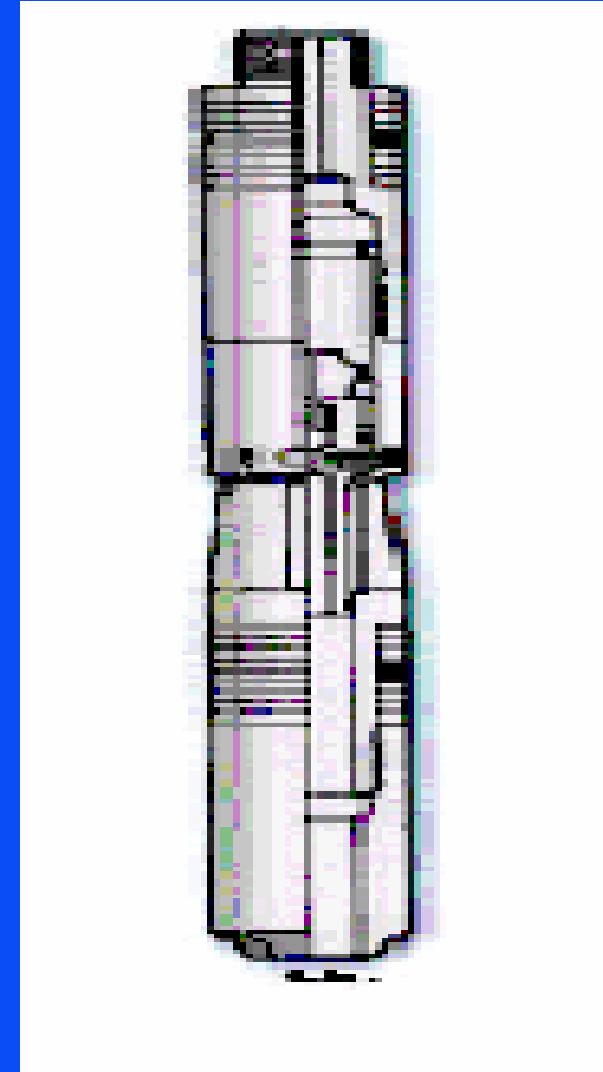
---

Van tuần hoàn dùng để tạo mối liên hệ tạm thời giữa vùng không gian vành xuyên và bên trong cột ống khai thác mà không cần phải tháo thiết bị đầu giếng hay kéo cột ống khai thác cùng với packer nhằm mục đích thay thế các chất lỏng nặng bằng các hỗn hợp nhẹ hơn khi gọi dòng hay đập giếng



## VAN DẬP GIẾNG

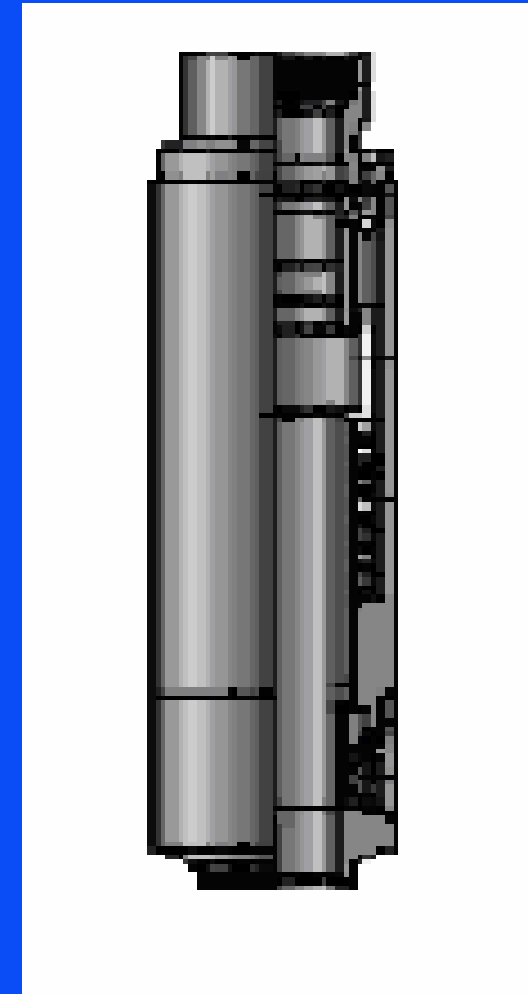
Van dập giếng có chức năng tạo mối liên hệ tuần hoàn giữa vùng trong ống khai thác và vùng không gian vành xuyên khi cần phải bơm ép khẩn cấp vào giếng chất lỏng nặng để dập giếng khi có sự cố kỹ thuật hay nhằm mục đích khống chế sự phun trào



## VAN AN TOÀN SÂU

---

Van an toàn sâu có nhiệm vụ ngăn dòng sản phẩm khai thác lên bề mặt khi có sự cố (áp suất đáy giếng tăng đột ngột, sự cố trên bề mặt, thời tiết không thuận lợi...)



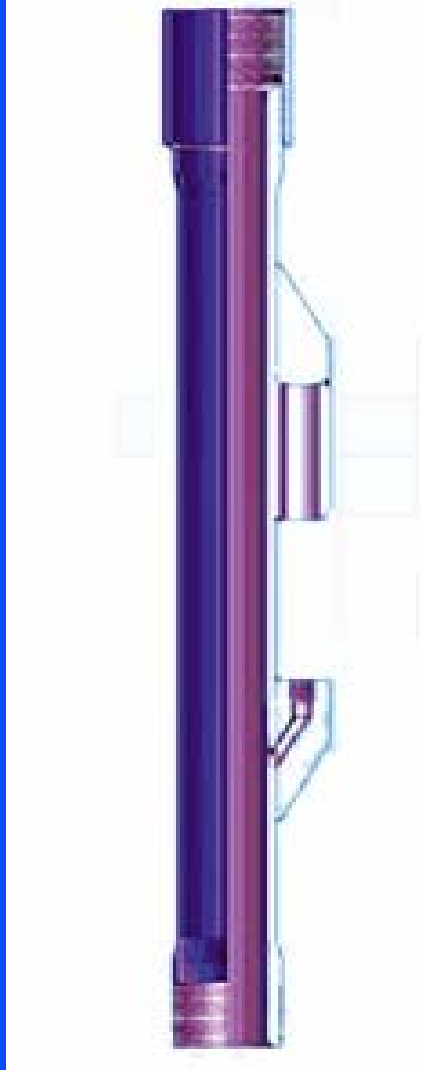
## MANDREL

---

Mandrel là một trong những thành phần chính của thiết bị lòng giếng bên cạnh van gaslift

Nó dùng để định vị, lắp đặt các loại van gaslift, van điều khiển, van tuần hoàn, van bơm ép hoá chất, van tiết lưu hay van dập giếng mà không làm ảnh hưởng đến tiết diện của cột ống khai thác, đồng thời cho phép các thiết bị kỹ thuật tời và các loại thiết bị chuyên dụng khác có thể chuyển động qua lại dễ dàng

# MANDREL





## VAN GASLIFT

---

Van gaslift được đặt vào trong Mandrel ở độ sâu thiết kế nhằm đưa khí vào dòng sản phẩm khai thác để khí hoá cột chất lỏng phía trên van

Van gaslift được phân loại phụ thuộc vào chế độ khai thác, chức năng sử dụng, nguyên lý hoạt động, cấu trúc hay nguyên lý lắp đặt

# VAN GASLIFT

---





TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM  
**KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ**

BÀI GIẢNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ

***CÁC HỆ THỐNG THIẾT BỊ  
KHAI THÁC DẦU***

---

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo

Email : [lphao@hcmut.edu.vn](mailto:lphao@hcmut.edu.vn)

Tel : 84-8-8654086

# Nội dung

---

- Tổng quan về phát triển mỏ ở thềm lục địa Việt Nam
- Hệ thống thiết bị phát triển mỏ

# TỔNG QUAN VỀ PHÁT TRIỂN MỎ

---

- ❖ Khái niệm về phát triển mỏ
- ❖ Phát triển mỏ ở Việt Nam

## Khái niệm về phát triển mỏ

---

- ❖ Cần dựa vào những yếu tố chính như trữ lượng, kích thước và tính chất của mỏ, điều kiện mỏ (độ sâu mỏ, vị trí mỏ, cơ sở hạ tầng...), công nghệ và kỹ thuật khai thác dầu khí hiện tại, giá dầu.
- ❖ Một mỏ cận biên thông thường được hiểu theo khái niệm kinh tế hơn là về mặt kỹ thuật.
- ❖ Một mỏ được xem là cận biên nếu nó không thể phát triển bằng công nghệ hiện tại với mức lợi nhuận hợp lý

# Tình hình phát triển mỏ ở Việt Nam

---

## Những thuận lợi:

- Địa hình ở Việt Nam không quá phức tạp
- Cơ sở hạ tầng có sẵn
- Mô hình khai thác đơn giản
- Vốn đầu tư ban đầu thấp
- Thời gian khai thác ngắn
- Nhà nước đang có những chính sách khuyến khích đầu tư vào các dự án phát triển mỏ cận biên
- Giá dầu thô tăng vọt và giữ ở mức cao nên kích thích các nhà đầu tư nước ngoài tham gia vào dự án này
- Trình độ khoa học – công nghệ thế giới phát triển nhanh, đủ sức giải quyết những khó khăn trong quá trình phát triển mỏ cận biên

# Tình hình phát triển mỏ ở Việt Nam (tt)

---

## Những khó khăn:

- Vấn đề tài chính luôn là thách thức lớn nhất đối với việc đầu tư phát triển các dự án dầu khí, đặc biệt là mỏ cận biên
- Khả năng thu hút các nhà thầu tham gia đầu tư vào dự án thấp
- Mức độ rủi ro cao trong hoạt động dầu khí
- Thiếu nguồn nhân lực có đủ trình độ để vận hành các công nghệ mới



# HỆ THỐNG THIẾT BỊ PHÁT TRIỂN MỎ

---

1. Hệ thống khai thác
2. Ống bao
3. Trang thiết bị ngầm dưới biển
4. Hệ thống cất chứa
5. Hệ thống xuất dầu ngoài khơi
6. Các trang thiết bị xử lý

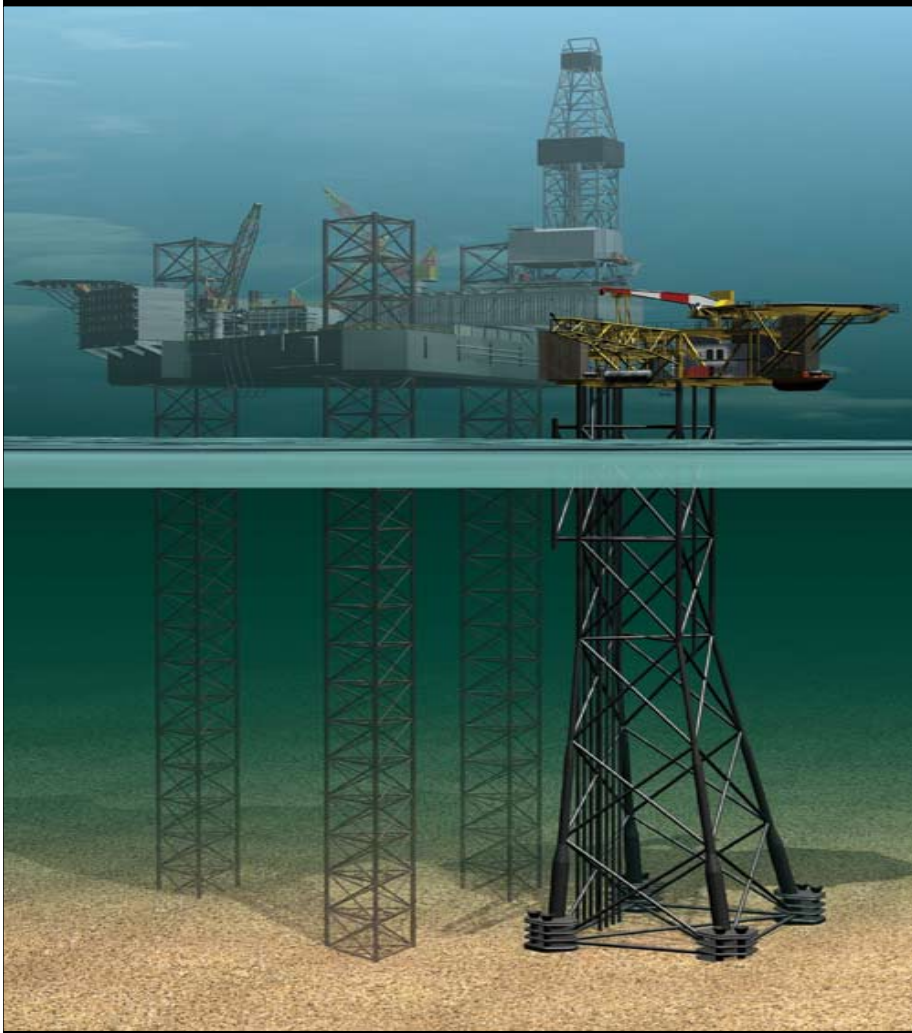
## Các giàn khai thác

---

- Giàn cố định
- Giàn tự nâng
- Giàn bán tiềm thủy
- Tàu chở dầu
- Tháp có khớp nối
- Giàn có đế căng bằng dây (TLP)

## Giàn tự nâng

---



Cấu trúc gồm một sàn, phần thân giống xà lan với các chân dạng thanh chống hoặc các ống lồng vào nhau có thể di chuyển được.

# Ưu & nhược điểm của giàn tự nâng

---

## Những ưu điểm

- Có khả năng di động cao, ổn định khi nâng
- Chi phí lắp đặt thấp
- Ở vùng nước nông không cần neo cố định
- Các giếng với các ống bao loại thông thường

## Những nhược điểm

- Việc lắp đặt giàn phụ thuộc vào thời tiết
- Bị hạn chế bởi chiều sâu hoạt động và trọng lượng của phần nổi
- Giới hạn trong những khu vực mà đáy biển tương đối ổn định
- Giới hạn về độ bền của kim loại làm giảm tuổi thọ giàn
- Không có khả năng tích chứa các sản phẩm khai thác

## Giàn bán tiềm thủy



- Giàn bán tiềm thủy được dùng ở vùng nước sâu
- Nhiều cấu hình khác nhau nhưng luôn có một boong lớn chiếm chỗ dưới nước và các chân để nối nó với sàn nổi một phần trên mặt biển
- Được neo bằng dây đến đáy biển nên có thể chịu được sóng lớn trong điều kiện khắc nghiệt

# Ưu & nhược điểm của giàn bán tiềm thủy

---

## Những ưu điểm

- Dùng được vùng nước trung bình đến sâu
- Có khả năng định vị động nên ít bị dịch chuyển dưới tác động của thời tiết
- Chi phí tháo dỡ thấp
- Dễ dàng lắp đặt các ống bao thông thường, cứng hoặc mềm
- Cho phép khoan và sửa chữa giếng khoan đồng thời

## Những nhược điểm

- Giới hạn trọng tải bởi các phao nổi và mức độ ổn định
- Khả năng tích trữ có giới hạn,
- Độ sâu hoạt động từ 70m đến 1000m
- Số giếng không quá 40

## Tàu chở dầu

---

- Chuyển đổi một tàu chở dầu cũ thành một giàn khai thác với chi phí thấp và có khả năng chứa dầu, đây là ưu điểm chính
- Trong điều kiện thời tiết phức tạp, việc xuất dầu sang các tàu chở dầu gặp khó khăn thì việc trang bị thêm một bồn chứa đệm để việc khai thác không bị gián đoạn mang ý nghĩa quan trọng

# Ưu & nhược điểm của tàu chở dầu

---

## Những ưu điểm

- Khả năng tích chứa lớn
- Có đủ diện tích để lắp đặt các trang thiết bị xử lý
- Giá mua rẻ trên thị trường
- Có khả năng chuyển đổi cao
- Dễ chuyển dầu từ tàu khai thác sang tàu chở dầu
- Duy trì khả năng khai thác trong điều kiện bão

## Nhược điểm

- Không có khả năng sửa chữa giếng
- Những tàu chở dầu được neo phải khắc phục việc dịch chuyển lớn, do đó hệ thống neo phải kết hợp chặt chẽ với cánh quạt
- Hệ thống neo phải kết hợp với hệ thống ống bao
- Hoạt động ở độ sâu từ 50-100m



## Tháp có khớp nối

---

- ❖ Tháp có khớp nối là một cấu trúc được nối với chân đế (kiểu kết móng trọng lực – gravity platform hoặc bằng cột) ở đáy biển bằng một khớp nối, thông thường là loại khớp cácđăng
- ❖ Vì liên kết bằng khớp nối, cột sẽ di chuyển theo sóng về mọi hướng
- ❖ Kể từ đáy biển, những thành phần của cột như sau: tấm đế, khớp nối, cột nổi, bồn nổi và đỉnh cột

# Ưu & nhược điểm của tháp có khớp nối

---

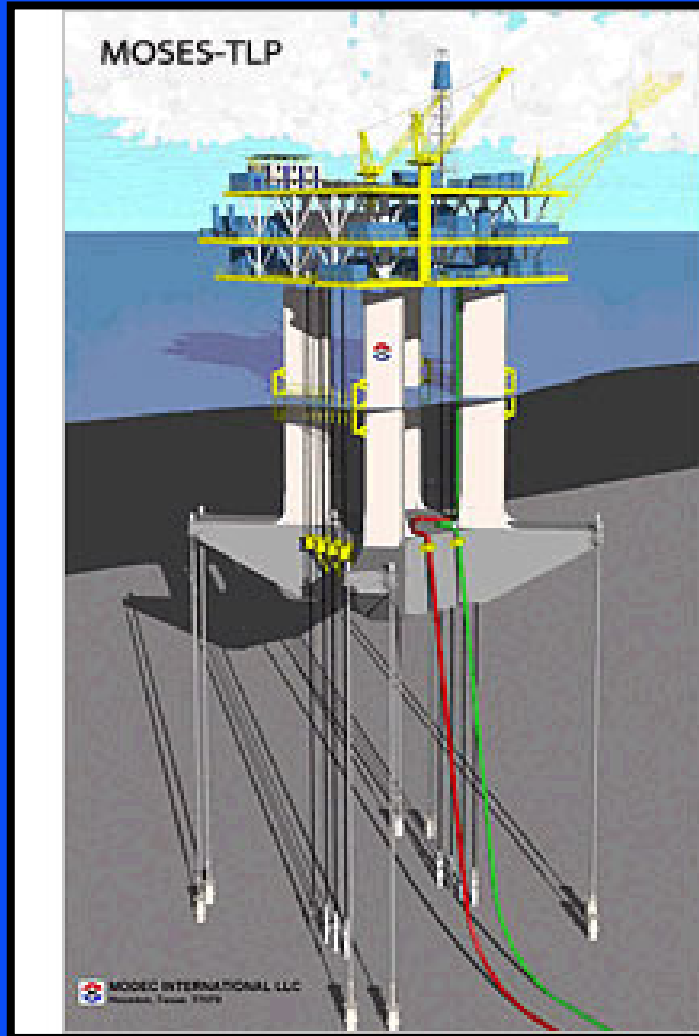
## Những ưu điểm

- Các cột là tháp kết cấu nhẹ nên giá thành sẽ không cao khi so với các cấu trúc ổn định
- Không ảnh hưởng nhiều bởi độ sâu
- Các giếng có thể được khoan trước
- Hệ thống neo sử dụng các bộ phận đã được kiểm chứng như khớp cácđăng
- Thỏa mãn sự chuyển động hưởng ứng
- Có khả năng tích trữ trong cấu trúc nền

## Những hạn chế

- Trọng tải nhỏ, một cột được nối bằng khớp nối khó có thể sử dụng đơn lẻ như một giàn khai thác
- Không có khả năng sửa chữa giếng
- Không có khả năng khai thác bằng gaslift hoặc bơm ép nước

## Giàn TLP



- Giàn có để được căng bằng dây là một cấu trúc thép nửa chìm nửa nổi liên kết với biển bằng những đường ống thép neo hình trụ.
- Tính nổi tự nhiên của giàn tạo nên một lực hướng lên giữ cho các chân được căng cố định.
- Tính ổn định được duy trì theo chiều thẳng đứng và cho phép di chuyển nhỏ theo phương ngang

# Ưu & nhược điểm của giàn TLP

---

## Những ưu điểm

- Chuyển động rất nhỏ theo phương ngang và không chuyển động theo phương thẳng đứng
- Cấu trúc các dây cho phép giảm hệ số chi phí theo chiều dài so với các giàn thông thường, nghĩa là hệ thống này sẽ rẻ hơn một hệ thống thông thường ở vùng nước sâu
- Hầu hết các trang thiết bị được lắp ráp theo môđun, có thể được lắp ráp gần bờ trước khi kéo đến vị trí khai thác
- Trọng tải lớn nhưng điều chỉnh trọng lượng là yếu tố quyết định then chốt
- Cấu trúc này có thể được xây dựng trong một xưởng đóng tàu
- Có thể cho phép sửa chữa giếng khoan

## Hạn chế

- Bị giới hạn với độ sâu trên 150m
- Không thể chuyển đổi từ một giàn bán tiềm thủy sang TLP

- Tiêu chuẩn thiết kế ống bao
- Ống bao mềm

## Tiêu chuẩn thiết kế ống bao

---

- Tiêu chuẩn thiết kế ống bao được dựa trên các đặc điểm của vùng mỏ và các yếu tố khác trong hệ thống khai thác, cụ thể như sau:
- Thể tích và số lượng các buồng khai thác
- Mức độ đa dạng của hệ thống ngầm dưới biển
- Những yêu cầu về khai thác thứ cấp (như bơm ép nước, gaslift...)
- Khả năng khoan và sửa chữa giếng của giàn khai thác
- Khả năng chịu đựng bão xấu nhất trong vòng 100 năm
- Các yêu cầu về xuất và bán dầu
- Khả năng mở rộng cho việc lắp đặt các thiết bị mới
- Các yêu cầu về lắp đặt, bảo trì và sửa chữa

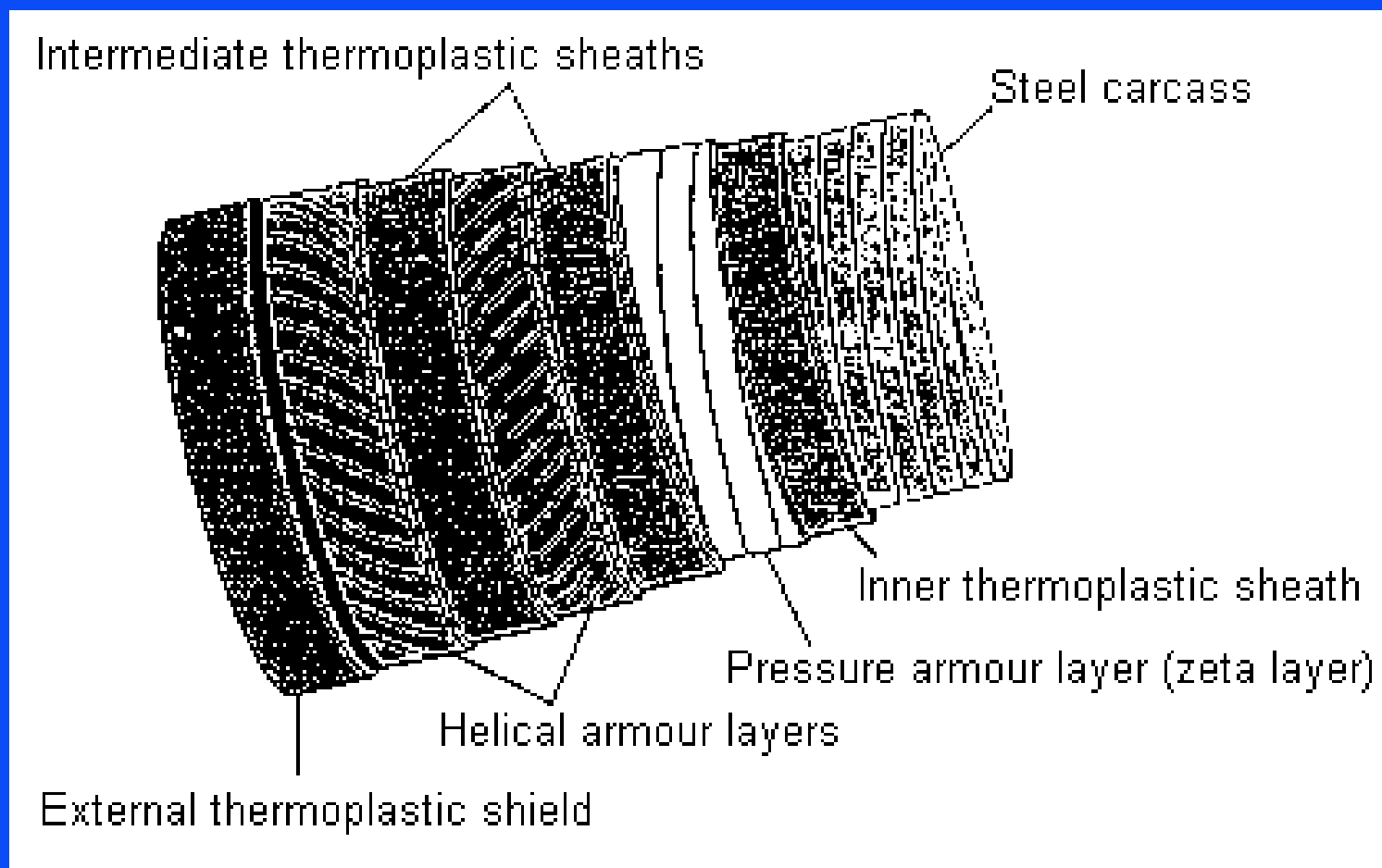
## Ống bao mềm

---

Những ưu điểm chính của ống bao mềm so với ống bao cứng:

- Chi phí đầu tư thấp
- Không cần phải thu hồi ống bao trong những điều kiện thời tiết khó khăn, nghĩa là giảm thời gian gián đoạn và khai thác tốt hơn
- Lắp đặt dễ dàng và nhanh chóng
- Dễ dàng mở rộng theo lưu lượng của hệ thống
- Ảnh hưởng nhỏ đến thiết kế giàn nổi
- Khả năng chịu ăn mòn tốt
- Chi phí bảo dưỡng thấp

## Cấu trúc của ống bao





# Một ứng dụng của ống bao



## 3- Trang thiết bị ngầm dưới biển

---

- Template
- Các giếng
- Cụm phân dòng
- Hệ thống điều khiển

# Subsea Template

---

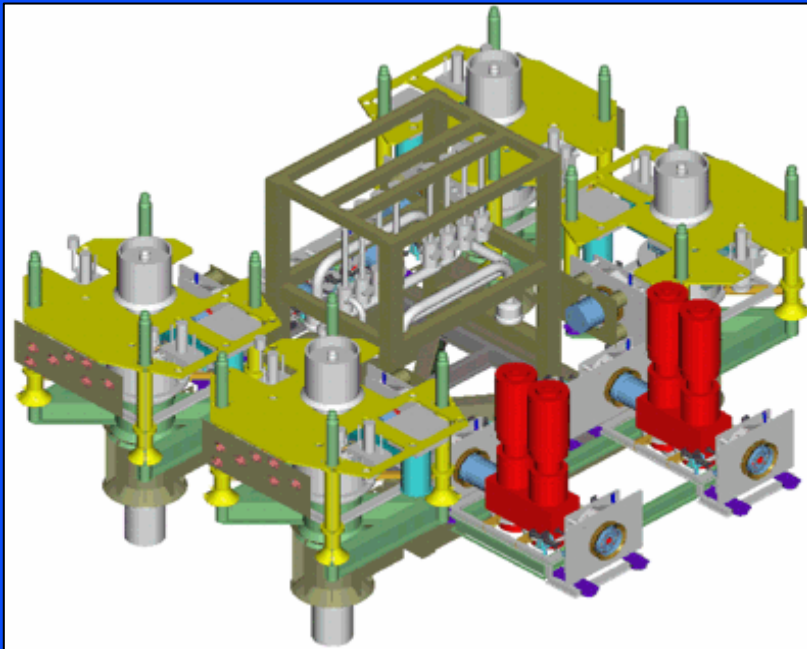
- Một subsea template đơn giản là một cấu trúc thép hình trụ lớn được thiết kế cho một số các đầu giếng lắp vào các cây thông cho các giếng, có thể là giếng khai thác hoặc giếng bơm ép. Mục đích của template là cung cấp một tấm đế mà qua đó các giếng được khoan; nó cũng đặt và sắp cho thẳng hàng các trang thiết bị đầu giếng
- Các template có thể xây dựng theo khối hoặc từng module. Một template khối thông thường được sử dụng khi cần khoan từ 6 giếng trở lên; template được hàn từ các bộ phận hình trụ lớn và kết hợp chặt chẽ chỗ chứa cho mỗi giếng và một hệ thống cân bằng 3 hoặc 4 điểm. Việc dẫn hướng cho các thiết bị khoan thường được thực hiện thông qua việc sử dụng những cột dẫn hướng hoặc những cấu trúc dẫn hướng có khả năng thu hồi

## Các đầu giếng ngầm

---

- Một yếu tố quan trọng được xem xét đến trong việc phát triển mỏ cận biên là chi phí thiết bị dùng cho hoạt động khai thác khi trữ lượng các mỏ này là không lớn. Do đó các đầu giếng được đặt ngầm dưới đáy biển được ưu tiên chọn lựa cho các giàn khai thác nổi hoặc nối kết với các giàn cố định sẵn có từ trước gần đó. Các giếng được đặt ngầm dưới đáy biển có thể là cụm giếng hoặc giếng vệ tinh. Đối với các giếng được gom thành cụm thông thường được khoan qua một khung định vị (template) đặt dưới đáy biển, trong khi các giếng vệ tinh được khoan riêng lẻ và được nối tới các cụm phân dòng có thể nằm cách đó 8-12 km.
- Một cách phân loại khác là giữa giếng ngầm dưới biển “ướt” hoặc “khô”. Các giếng ướt là những giếng có cây thông khai thác và các thiết bị liên quan được để hở trong môi trường biển, ngược lại các giếng khô - nằm trong môi trường áp suất khí quyển

## Cụm phân dòng ngầm dưới biển



- Cụm phân dòng ngầm dưới biển là chỗ giao nhau giữa trang thiết bị khai thác ngầm dưới biển và hệ thống ống bao khai thác.
- Cụm phân dòng hoạt động như một điểm ngầm dưới biển mà tại đó các đường ống khai thác/bơm ép và đường ống vận chuyển / xuất dầu được gom lại.
- Cụm phân dòng hay đế ống bao có thể là một bộ phận của template. Cụm phân dòng là một cấu trúc thép hình trụ được cố định bằng cách đóng vào đáy giếng; nó được thiết kế cho các ứng dụng cụ thể và khó có thể thích hợp cho những cấu hình phát triển khác

## Hệ thống kiểm soát ngầm dưới biển

---

- **Hệ thống điều khiển thủy lực:** có thể điều khiển trực tiếp, gián tiếp hoặc theo trình tự. Hệ thống này có ưu điểm là đơn giản, đáng tin cậy và chi phí thấp cho các thiết bị liên quan. Nhưng nhược điểm lớn là khả năng truyền tín hiệu tương đối chậm khi khoảng cách từ giàn khai thác đến các đầu giếng ngầm càng xa, nó phụ thuộc vào khoảng cách mà dung dịch thủy lực di chuyển. Thời gian đáp ứng chậm là khó chấp nhận được cho những hoạt động khẩn cấp.
- **Hệ thống điện** có ưu điểm là thời gian đáp ứng nhanh, thích hợp cho các hoạt động khẩn cấp, nhưng không đáng tin cậy trong thực tế do hay gặp phải những hư hỏng trong hệ thống điều khiển.
- **Hệ thống đa thành phần điện – thủy lực:** khắc phục được nhược điểm của các hệ thống trên. Hệ thống này được thiết kế để kiểm soát và giám sát các cây thông khai thác, cũng như hầu hết các cụm van được đặt trên template.

# Hệ thống cất chứa

---

- ❖ Cơ sở lựa chọn
- ❖ Hệ thống cất chứa nổi
- ❖ Hệ thống cất chứa bằng tháp có khớp nối
- ❖ Hệ thống cất chứa SPAR

## Cơ sở lựa chọn

---

Để lựa chọn một hệ thống lưu trữ đệm thích hợp cần chú ý một số vấn đề sau:

- Thời gian xảy ra bão và khoảng thời gian giữa các cơn bão
- Lưu lượng dầu khai thác và vận chuyển
- Khoảng cách từ mỏ đến cảng bốc hàng
- Tốc độ của các tàu chở dầu con thoi
- Số lượng và khả năng chứa của các tàu chở dầu con thoi
- Hiệu quả của trang thiết bị ở cảng bốc hàng
- Thời gian bảo dưỡng hệ thống bơm dầu (các đầu nối mềm, dây cáp,...)

Các nhân tố môi trường có liên quan đến việc chọn loại cấu trúc cất chứa nhưng những nhân tố liệt kê ở trên chi phối lượng chứa cần thiết



## Hệ thống cất chứa nổi (Floating Storage Unit – FSU)

---

- Hệ thống cất chứa FSU là phương pháp phổ biến nhất để cung cấp nơi chứa đệm cho vùng mỏ
- FSU là những tàu chở dầu được chuyển đổi hoặc chế tạo theo đơn đặt hàng riêng
- Hệ thống nổi để sản xuất - tích trữ - rót dầu (Floating Production Storage and Offloading) có nhiều đặc trưng của FSU nhưng có thêm các thiết bị xử lý trên boong

## Hệ thống cất chứa bằng tháp có khớp nối

---

- Các tháp có khớp nối được xem như một giàn khai thác và là một hệ thống cất chứa.
- Khả năng chứa của hệ thống là kết quả phụ của việc thiết kế dạng cột. Cột khớp nối có thể có một cấu trúc hình trụ rất lớn chìm dưới nước, vừa có tính nổi vừa có chức năng ổn định. Cấu trúc này là một khoang rỗng, có thể bố trí thành một dãy các ngăn chứa được sử dụng làm vùng chứa đệm nếu tàu chở dầu bị gián đoạn

# Hệ thống cất chứa SPAR

SPAR là một loại neo nổi đơn được Sell phát triển, kết hợp chặt chẽ khả năng chứa dầu, do đó ngay cả khi điều kiện thời tiết tạm thời ngăn cản việc bơm dầu lên tàu chở dầu, việc khai thác cũng không bị tạm ngưng. Ý tưởng SPAR được dựa trên một cấu trúc nổi lớn, với một bộ phận rất lớn chìm dưới nước, để bơm dầu ngoài khơi.

## Những ưu điểm của SPAR là:

- Cấu trúc ổn định
- Hoạt động tốt trong những điều kiện thời tiết và môi trường khắc nghiệt
- Có khả năng tích chứa lớn (300000 thùng dầu trong 6 bồn chứa riêng)
- Có khả năng hoạt động ở vùng nước sâu

## Những nhược điểm:

- Có sự dịch chuyển theo phương ngang
- Không có khả năng khoan/sửa chữa giếng

# Hệ thống xuất dầu

---

- ❖ Những hệ thống neo đơn bề mặt
- ❖ Những hệ thống chìm
- ❖ Hệ thống tích trữ và khai thác bề mặt

# Những hệ thống neo đơn bề mặt

---

## Đặc điểm chung:

- Hệ thống neo đơn bề mặt có các bộ phận bên trên nổi trên bề mặt và chỉ có một điểm dùng để rót dầu có thể xoay quanh làm cho tàu chứa có thể thay đổi hướng do những tác động của thời tiết
- Các thiết bị liên quan như ống mềm tải lưu, dây cáp neo được nối tới phần mũi của tàu rót dầu

## Hệ thống neo dẫn đơn bề mặt bao gồm 2 loại cơ bản:

- Giàn có khớp nối (Articulated Loading Platform – ALP): ALP bao gồm một tháp bằng thép, có cấu trúc trọng lực bên trên đáy biển. Đầu khớp xoay có thể chịu được tải trọng 350 tấn, cho phép nó xoay quanh bản lề theo trục x – y.
- Phao neo đơn (Subsea Bouy Mooring – SBM): đặc trưng cho hệ thống xuất dầu bằng phao neo đơn, gồm phao trên bề mặt nối với những sợi xích (6 hoặc 12) gắn chặt ở đáy biển

# Những hệ thống chìm

---

## Đặc điểm chung:

- Đặc điểm chính của hệ thống chìm là không có dây cáp
- Thiết bị chứa giữ nguyên dưới sâu cho tới khi được kéo lên bởi tàu chở dầu.
- Khi sử dụng những hệ thống này thì phải có những sự thay đổi thứ yếu từ phạm vi mũi tàu để chấp nhận dây xích neo và ống mềm dẫn lưu
- Sử dụng tàu chở dầu có hệ thống định vị động lực có nhiều ưu điểm hơn ở những hệ thống này

## 5 loại hệ thống chìm cơ bản sau:

- ❖ **Hệ thống chứa tải ngoài khơi (Offshore Loading System – OLS):** có một khung bằng thép đặt trên đáy biển. Khoảng hở bên trên mực của phao nâng phải đủ sâu để cho phép những tàu thuyền cỡ lớn có thể chạy qua. Thường có một khớp khuyên được lắp đặt trên phao hình tròn, cho phép chuyển động không bị cản trở đối với tác động của tàu thuyền và thời tiết. Ống mềm dẫn lưu được nối với phần mũi của tàu. Không có dây cáp và tàu chứa được định vị bởi hệ thống định vị động (Dynamic Positioning – DP)

## Những hệ thống chìm (tt)

---

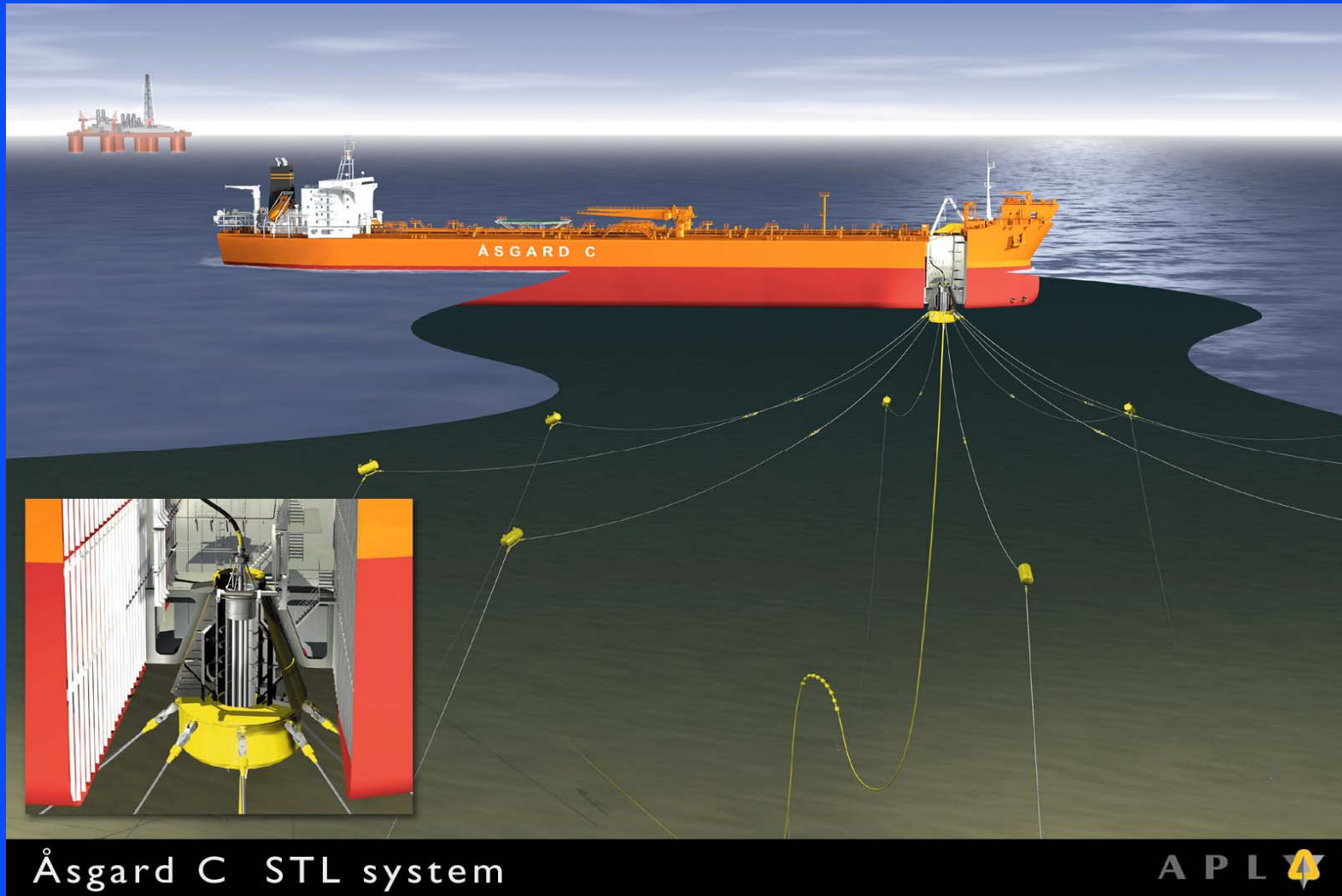
- ❖ **Hệ thống chứa tải chìm (Submerged Turret Loading – STL)**
  - Đây là sự cải tiến của hệ thống OLS. Phao chìm là điểm cao nhất của hệ thống được thiết kế để gắn khít vào khoang STL riêng biệt trong thân của tàu chứa, thông thường được đặt vào phần nửa trước của boong tàu
  - Khoang STL đặt vào khớp khuyên xoay áp lực cao. STL được sử dụng như bộ phận trung gian của sự định vị và vận chuyển dầu tới FPSO và FSU. Những tàu chứa thích hợp với hệ thống này có thể định vị động hay bằng chân vịt thông thường nhưng thiết kế phải có khoang STL.

# Mặt cắt của phao STL





# Liên kết tàu dầu với STL

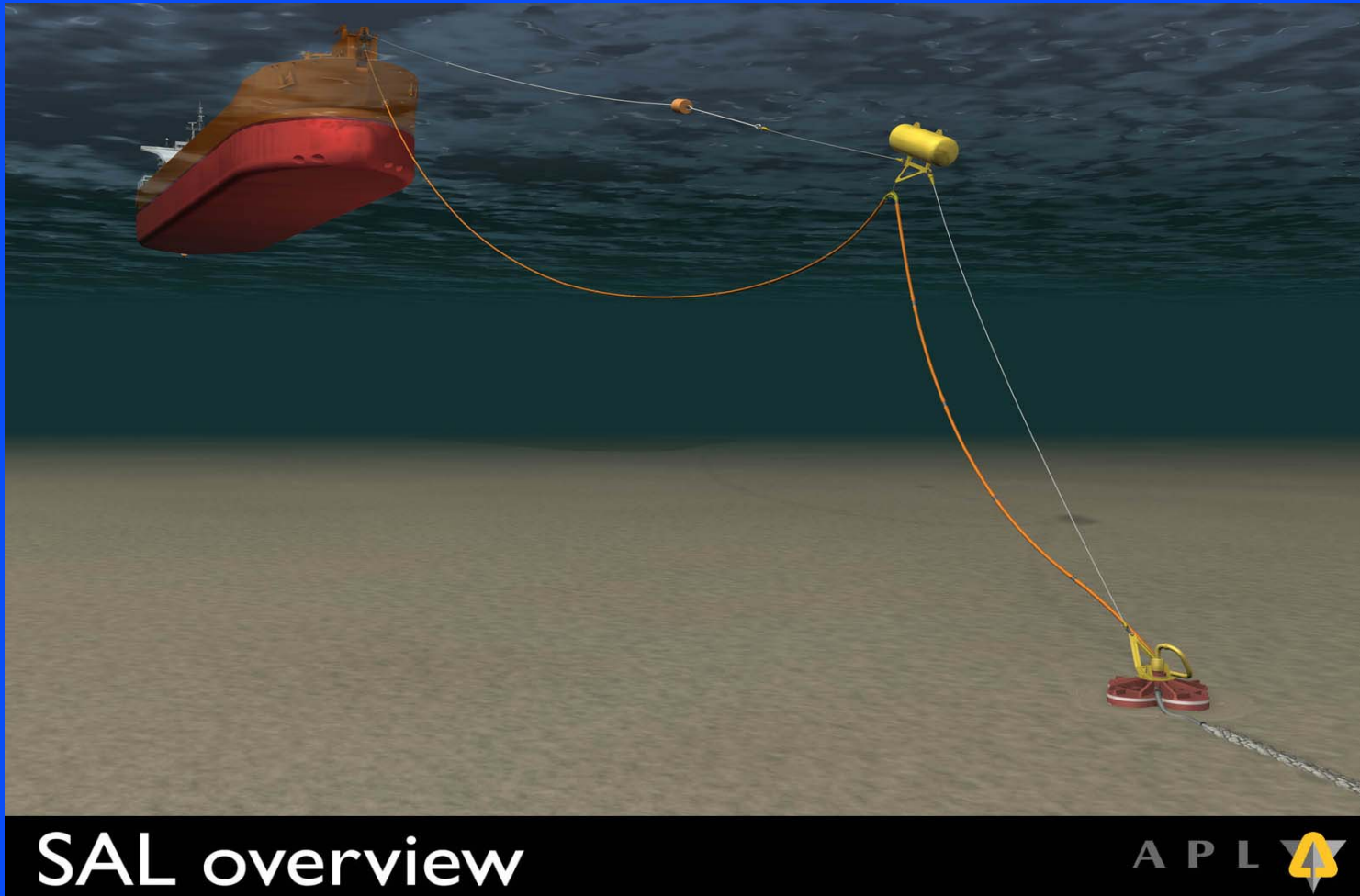


## Những hệ thống chìm (tt)

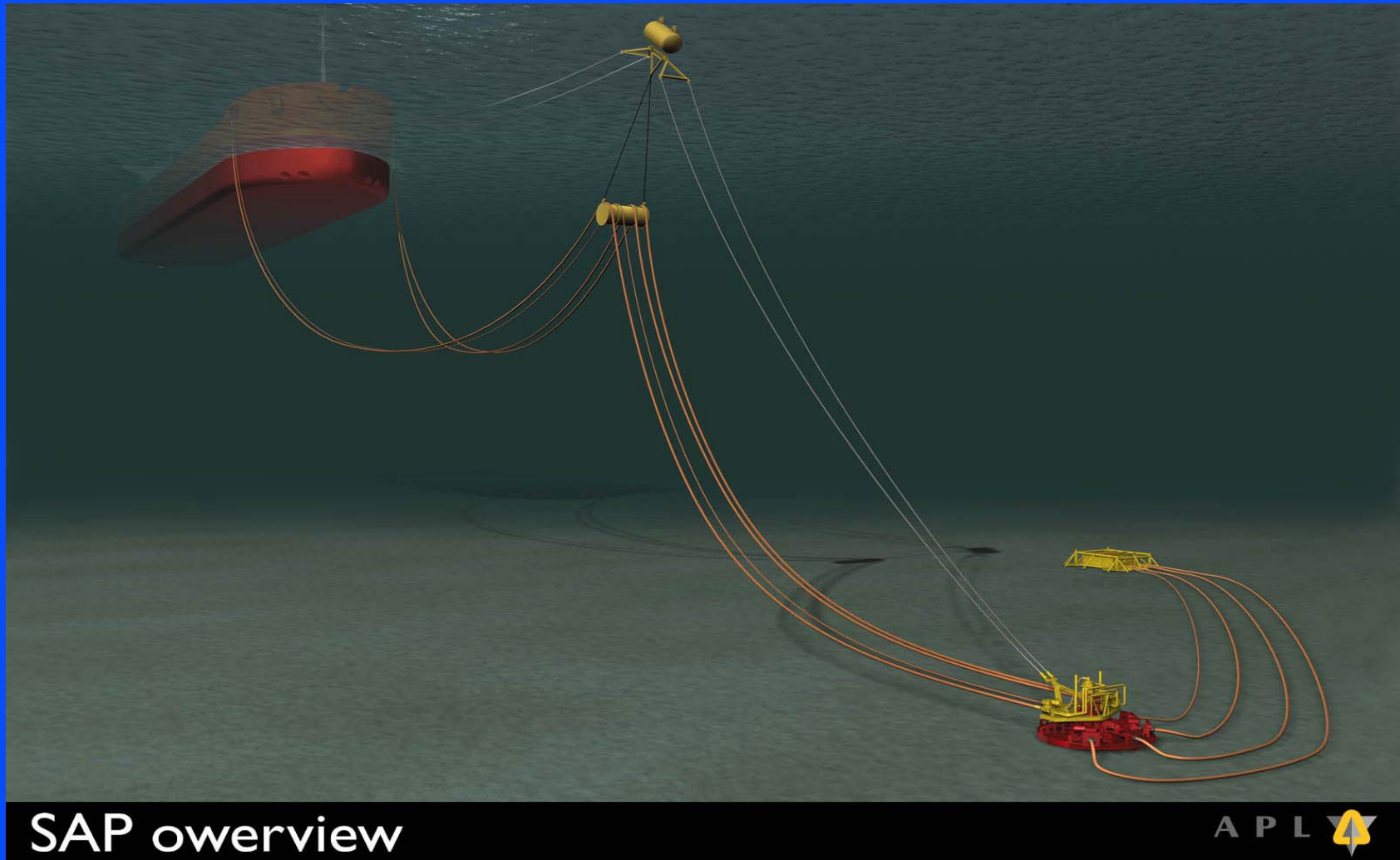
---

- ❖ **Hệ thống neo bằng xích ba chân (Tripod Catenary Mooring System – TCMS):** hệ thống này được phát triển đầu tiên dùng để khảo sát giếng. Hiện nay được cải tiến và dùng để khai thác sớm khi phát triển mỏ cận biên và được xem xét như một giải pháp nhiều tiềm năng. Hệ thống neo gồm có bộ phận mỏ neo ba chân. Tàu chứa chỉ đòi hỏi có những sửa đổi tối thiểu về hình dạng hướng nghiêng của ống dẫn lưu và được gắn khít vào phần mũi của tàu chứa. Hệ thống neo này có thể sử dụng cho tàu chở dầu con thoi hay cho tàu chứa xuất dầu thô (tàu chứa có bộ phận tháo sau – Stern Discharge System – SDS)
- ❖ **Hệ thống khai thác neo đơn (Single Anchor Production – SAP) và hệ thống chứa tải neo đơn (Single Ancho Loading – SAL):** hai hệ thống này thích hợp đối với sự mở rộng những giếng khảo sát, những giai đoạn phát triển sớm và cũng dùng để hỗ trợ chịu tải ngoài khơi. Nguyên lý bỏ neo dựa trên sức hút của mỏ neo cùng kết hợp với khớp khuyên nhiều lỗ áp lực cao và khớp khuyên dây neo. Khớp khuyên dây neo chịu hầu hết những lực từ những dây neo và dây được nối tới tàu chứa thông qua phao nổi.

# Hệ thống SAL



# Hệ thống SAP



SAP overview



## Hệ thống tích trữ và khai thác bề mặt

---

- ❖ Bao gồm hai hệ thống chính FPSO và FSU, là chỗ chứa đệm bảo đảm cho việc khai thác liên tục ở trong những điều kiện thời tiết phức tạp và xuất dầu.
- ❖ Các hệ thống này sẽ được xem xét chi tiết ở phần “Các loại tàu ứng dụng trong khoan và khai thác dầu khí”

## Trang thiết bị xử lý

---

- ❖ Hệ thống thu gom
- ❖ Hệ thống tách
- ❖ Hệ thống xử lý và bán khí

## Hệ thống thu gom

---

- ❖ Sản phẩm khai thác từ nhiều giếng được dẫn chung đến các thiết bị xử lý bằng đường ống khai thác chính
- ❖ Mỗi đường ống khai thác chính sau đó được vận chuyển toàn bộ hay một phần sản phẩm đến một trong những separation trains, là những bộ phận đầu tiên của hệ thống tách.
- ❖ Mỗi giếng khai thác được kiểm tra định kì (dẫn dòng chảy vào một hệ thống kiểm tra), do đó mỗi giếng cũng được nối với một đường ống kiểm tra.
- ❖ Nếu mỏ gồm những giếng có dòng chảy ở áp suất khác nhau, một vài giếng có thể không đủ áp suất để chảy vào cấp đầu tiên của hệ thống tách. Trong trường hợp này một đường ống dẫn có áp suất thấp được cung cấp cho những giếng đó, bo qua bình tách đầu tiên hay bình tách áp suất cao và chảy trực tiếp vào bình tách hoạt động ở áp suất thấp hơn.



## Hệ thống thu gom (tt)

---

- Cum phân dòng có thể được đặt ngầm dưới biển hay đặt trên giàn khai thác
- Việc phân dòng ở đáy biển có ưu điểm là có cấu hình ống bao đơn giản và liên quan đến việc lắp đơn giản một khớp khuyên áp suất cao
- Việc phân dòng trên bề mặt có ưu điểm là dễ dàng tiếp cận tất cả các van và đường ống hoạt động và loại bỏ được chi phí đáng kể liên quan đến thợ lặn. Tải trọng phía trên liên quan đến việc phân dòng trên bề mặt là đáng kể cho hệ thống khai thác bán tiềm thủy



# Hệ thống tách

---

- Mỗi giếng có tỷ lệ dầu-khí-nước khác nhau. Một trong những chức năng chính của hệ thống khai thác là tách các chất lưu từ giếng thành những pha riêng. Việc tách chủ yếu dựa vào tỷ trọng của dầu-khí-nước
- Máy tách phải được thiết kế để làm giảm tối thiểu tác động của sự lắng lư, va đập và nhồi sóng trong hoạt động nhờ lắp đặt các màng ngăn, tấm chắn dạng cong ở mặt tiếp xúc dầu/nước ở các bình tách

## Hệ thống tách (tt)

---

- Trong điều kiện thời tiết ôn hòa, các chuyển động lắc lư có khuynh hướng giảm đáng kể. Do đó, các dịch chuyển lắc lư là vấn đề có thể khắc phục được cho các bình tách nổi
- Các nghiên cứu ảnh hưởng của những dịch chuyển của các tàu trong hoạt động của các tháp chưng cất cũng được tiến hành cho thấy, trong khi góc nghiêng có tác động bất lợi lên hiệu quả của các bình, thì những chuyển động ngẫu nhiên do biển sẽ chỉ có tác động không đáng kể nếu có những điều chỉnh thích hợp cho các khay bên trong

# Hệ thống xử lý và bán khí

---

- Các khí đồng hành thông thường được đốt trên các giàn khai thác. Tuy nhiên, những khí này có thể được sử dụng:
  - Khí nhiên liệu cho máy phát điện
  - Bơm ép duy trì áp suất vỉa
  - Bán chúng nếu có đường ống dẫn vào đất liền
  - Hệ thống kiểm soát và quản lý toàn bộ khí khai thác cần được lắp đặt
- Các tay đuốc thông thường được sử dụng trên giàn cố định cũng như các giàn bán tiềm thủy.

## Tàu cất chứa và rót dầu

---

- ❖ Thiết bị chứa nổi
- ❖ Hệ thống nổi khai thác – tích chứa – rót dầu (FPSO)

## Thiết bị chứa nổi

---

- FSU là một trong những cách để bảo vệ các thiết bị dưới đáy biển, như hệ thống STL nằm trong khoang STL ở thân của FSU
- Dầu thô được bơm bằng đường ống ngầm tới thiết bị FSU ở khoảng cách từ 1,5 đến 2 km
- Thiết bị FSU bơm dầu thô trực tiếp vào trong những thùng chứa (Cargo Tanks) và khi gần hoàn thành, tàu chở dầu tới để tiến hành rót dầu nối tiếp sử dụng hệ thống tháo sau (SDS)
- FSU không có thiết bị xử lý trên boong, chỉ tích trữ

# Hệ thống FPSO

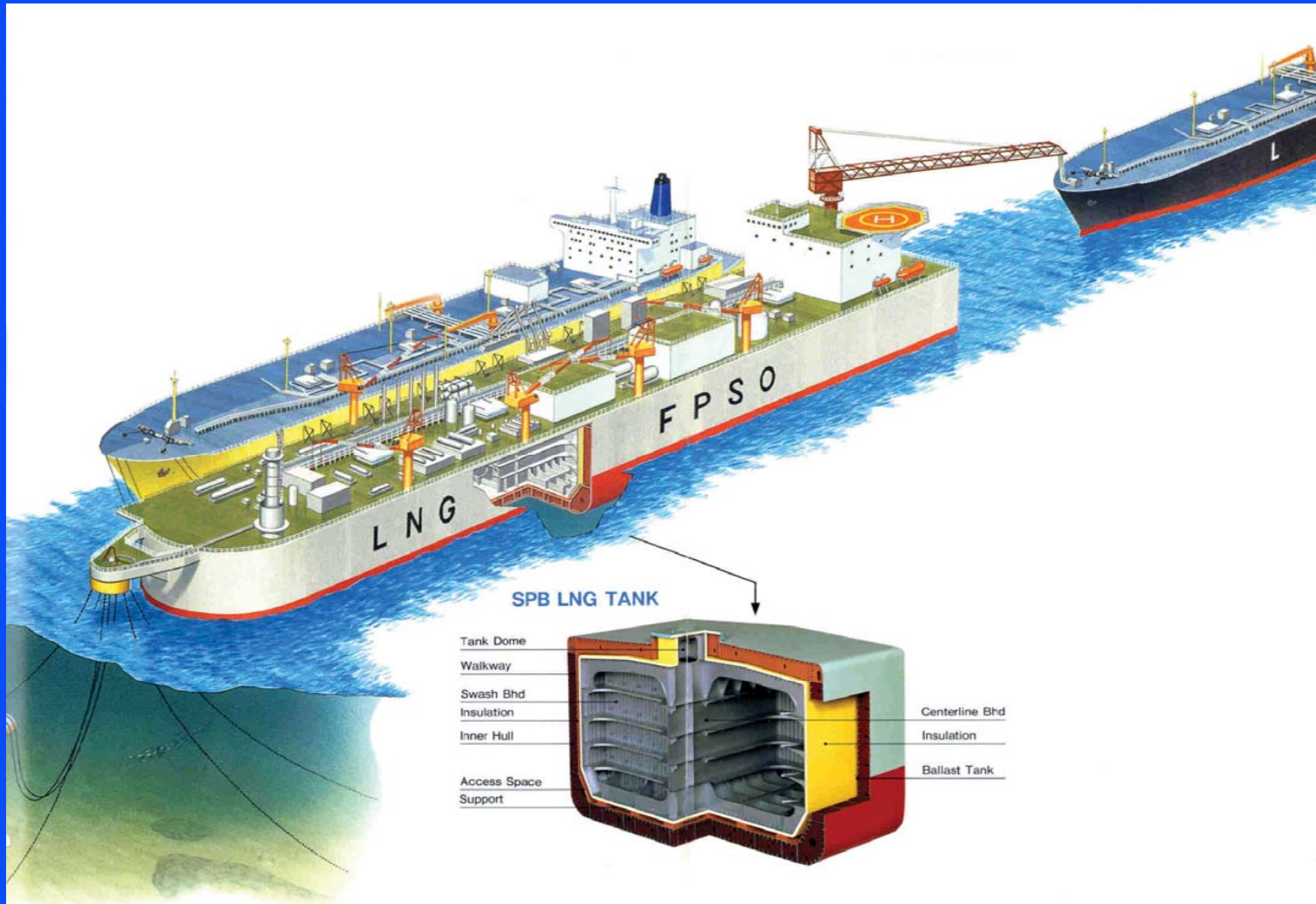
---

Hệ thống này được lắp đặt mới hoặc chuyển đổi từ các tàu chứa. Để neo FPSO với đáy biển người ta dùng neo chìm, việc xuất dầu thô được thực hiện bởi cơ cấu tháo sau tới tàu chở dầu.

Cấu trúc của FPSO bao gồm:

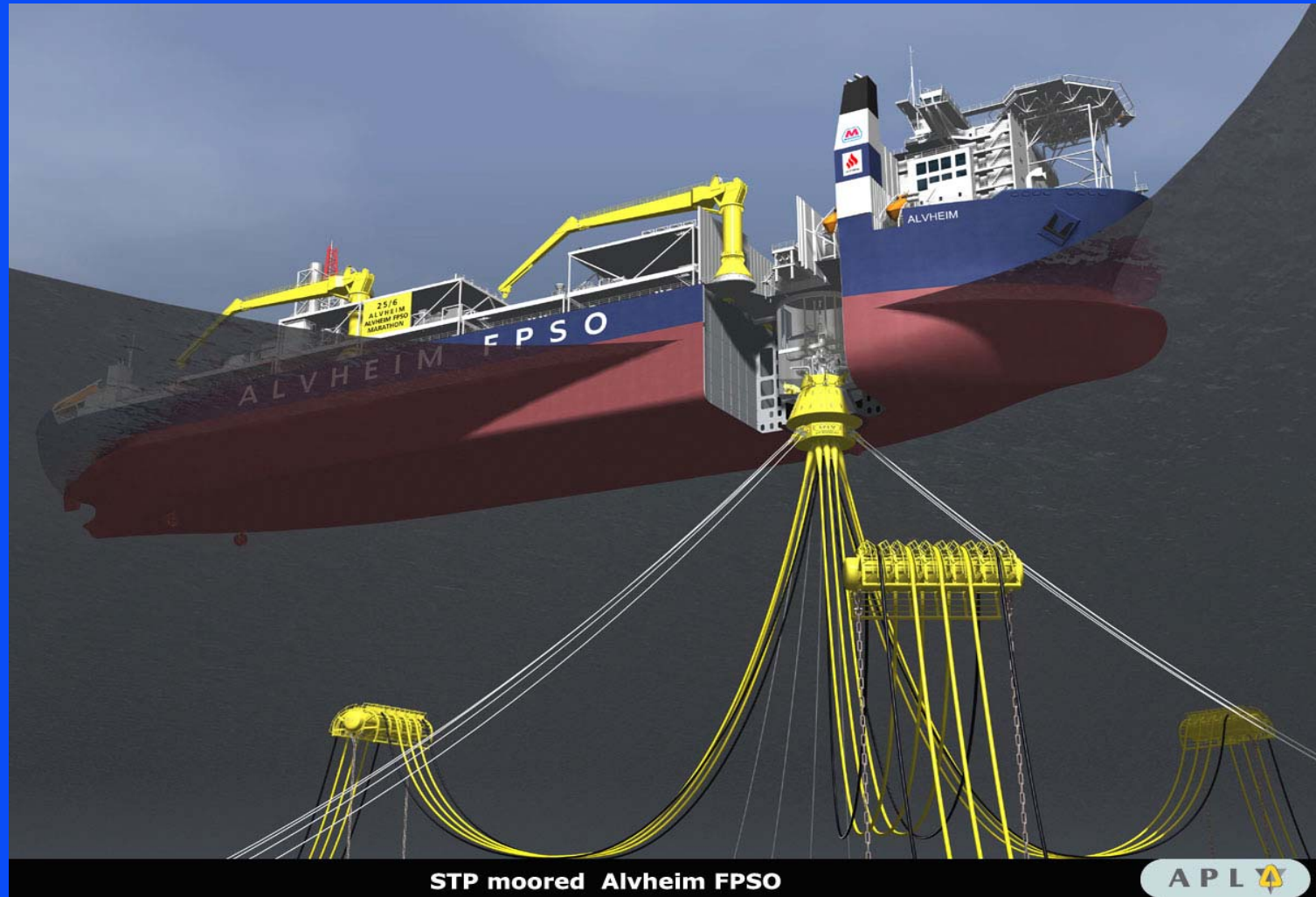
- Khu vực xử lý trên boong gồm các bình tách, thiết bị nén khí, đuốc đốt khí đồng hành, hệ thống thoát khí và cơ cấu bơm ép hóa chất
- Khu vực nhà ở và các phòng điều hành
- Khu vực dỡ tải ở đuôi tàu gồm các ống rót dầu nối từ khu vực dỡ tải sang tàu chở dầu
- Các bồn chứa
- Hệ thống chân vịt trước và sau tàu
- Dây neo để neo tàu xuống đáy biển
- Các ống bao mềm khai thác

# Hệ thống FPSO





# Hệ thống FPSO liên kết với neo STL





## Các loại tàu chở dầu con thoi

---

- ❖ Các tàu chở dầu con thoi được sử dụng để vận chuyển dầu từ nơi khai thác đến các vị trí thu mua và chế biến.
- ❖ Tàu chở dầu phải được neo lại an toàn trong thời gian chờ rót dầu
- ❖ Tàu chở dầu có thể được neo và rót dầu trực tiếp hoặc thông qua hệ thống SDS với FPSO. Đây là giai đoạn rất quan trọng trong toàn bộ hoạt động của tàu chở dầu con thoi nên cần phải tìm hiểu sự vận hành của tàu chở dầu khi liên kết với các thiết bị xuất dầu khác nhau:
  - Liên kết với các hệ thống nổi neo đơn bề mặt
  - Liên kết với các hệ thống chìm
  - Liên kết với hệ thống tích trữ khai thác bề mặt

## Liên kết với các hệ thống nổi neo đơn bề mặt

- Thông thường tàu chở dầu tiếp cận hệ thống nổi neo đơn bề mặt (ALP, SBM) theo hướng gió hoặc theo hướng dòng nước; đường tiếp cận của tàu theo hướng gần như thuận nghịch với góc của tay cầu dẫn lưu (loading boom); thường xuôi dòng tín hiệu; ống mềm xuất dầu được neo bề mặt
- Hướng tiếp cận của tàu dầu bị hạn chế nếu gặp các vật cản kể cận (giàn khai thác, giàn khoan di động hoặc đường ống dẫn). Một vài góc tiếp cận là không thể thực hiện được, trừ khi đầu của tay cầu dẫn lưu có thể xoay bởi những lực được tác dụng từ bên ngoài, việc này phải có sự giúp đỡ của các tàu hỗ trợ (support vessel)
- Bộ phận neo của tàu và hệ thống định vị bằng cáp hoặc bằng định vị động lực. Khi thả neo, ống mềm dẫn lưu được kéo bằng tời lên boong tàu chở dầu và được gắn với cụm ống phân dòng dẫn lưu

# Liên kết với các hệ thống chìm

---

Các hệ thống chìm bao gồm 5 hệ thống:

- Hệ thống OLS: liên kết với tàu chở dầu con thoi, tàu định vị bằng DP
- Hệ thống STL: làm trung gian để định vị, vận chuyển dầu tới FPSO và FSU. Tàu chở dầu không liên kết trực tiếp với hệ thống này mà qua hệ thống SDS của FPSO và FSU
- Hệ thống TCMS: sử dụng để liên kết trực tiếp tàu chở dầu con thoi hay liên kết với tàu chứa
- Hệ thống SAP và SAL.

## Liên kết với hệ thống khai thác và tích trữ bề mặt

---

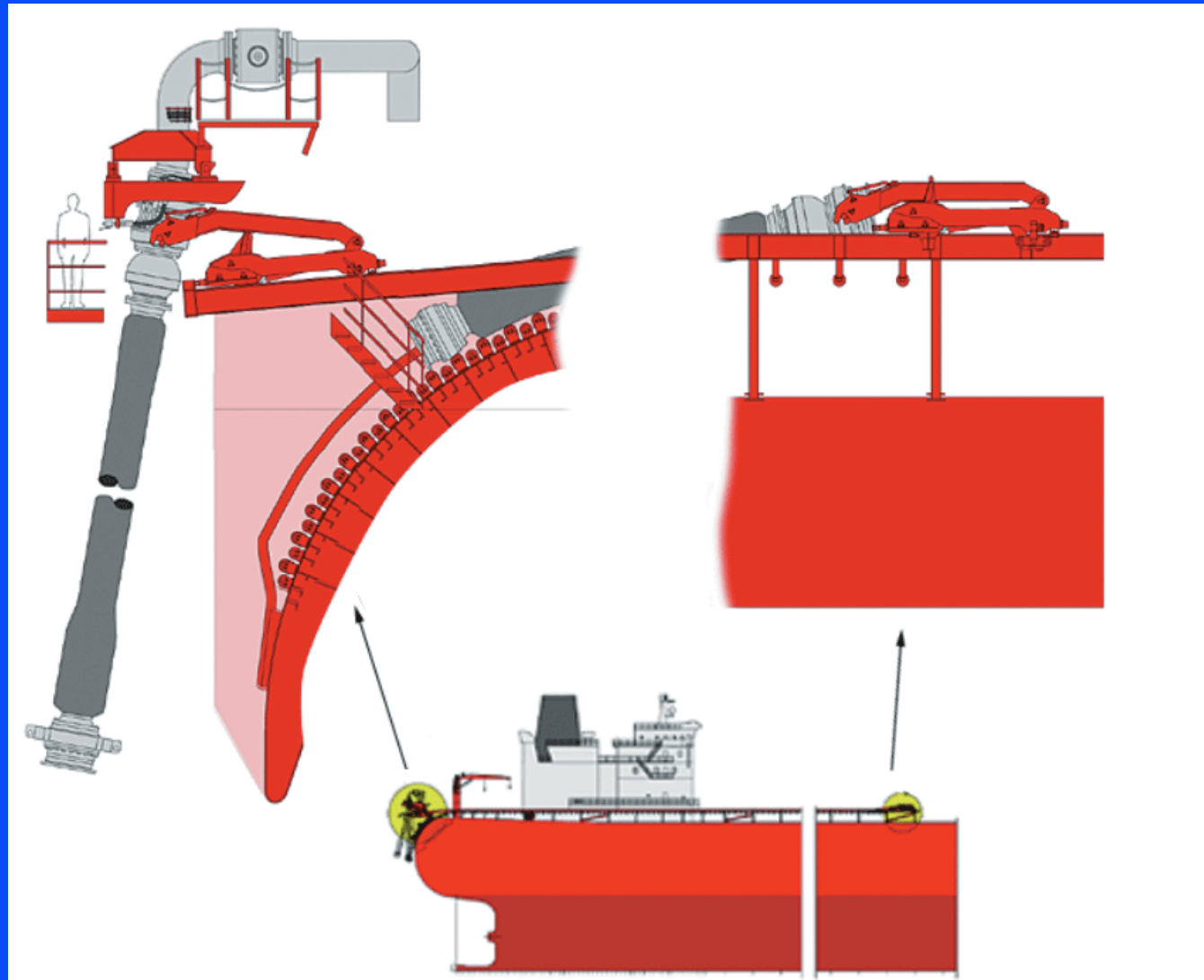
- Bao gồm hai hệ thống FSU và FPSO (tạm gọi chung là tàu chứa). Tàu chở dầu tiếp cận theo hướng song song với hệ thống tàu chứa. Tàu chứa nằm đằng trước tàu chở dầu để thắng lực của môi trường. Sự bố neo và móc nối thiết bị được thực hiện có sự giúp đỡ của tàu hỗ trợ. Cần phải sự dụng tàu chở dầu định vị bằng động lực, nhằm ngăn ngừa khả năng trôi dạt do sóng và dòng hải lưu. Tàu chở dầu liên kết để rót dầu với tàu chứa thông qua hệ thống SDS.

## Hệ thống SDS

---

- Hệ thống SDS cung cấp phương tiện để rót dầu qua tàu chở dầu con thoi hay tàu chở dầu thương mại, phù hợp với hệ thống chứa tải nổi (Blow loading system – BLS) thông qua ống dỡ tải (discharge hose) khi các tải chở dầu được neo với tàu chứa
- SDS bao gồm một hệ thống neo và một hệ thống vận chuyển được bố trí ở phần đuôi của tàu chứa dầu. Để có đủ không gian cho hệ thống SDS và hệ thống neo thì tàu chở dầu cần có thêm một boong giàn được bố trí ở phía trên boong chính khi cần thiết. Để đơn giản và hiệu quả trong việc sửa chữa, bảo trì trong quá trình hoạt động bình thường của SDS thì các thiết bị động phải được bố trí ngay ở phía ngoài của tàu
- Sự phân loại SDS theo phương thức bố trí cất giữ các ống dỡ tải. Có ba loại: SDS guồng (Reel storage), SDS ngang (Horizontal storage – chute), SDS ống nổi tự do (free floating hose)

# Hệ thống SDS trên tàu





# Các dạng SDS



SDS (reel, chute và free floating)

## Quá trình rót dầu

---

- SDS là một hệ thống bị động khi rót dầu từ tàu chứa sang một tàu khác, tàu chở dầu hoàn toàn chủ động trong việc liên kết/ngắt liên kết và rót dầu. trong suốt quá trình rót dầu thì tàu chở được neo với tàu chứa
- Trong quá trình rót dầu thì ống dỡ tải được treo tự do vào liên kết cầu (ball joint) ở guồng ống dỡ tải (discharge hose reel) vì thế ống dỡ tải có thể chuyển động tự do theo cả phương ngang và dọc nên tránh được moment uốn cho ống dỡ tải. Ở phía tàu chở cũng vậy, ống dỡ tải được treo tự do nên tránh được các sự mài mòn do va chạm



## Quá trình rót dầu (tt)

---

Quá trình bình thường khi kết nối với tàu chở dầu con thoi:

- Tàu chở dầu tiếp cận tàu chứa ở khoảng cách khoảng 50 m.
- Một đường dây có sắt bịt ở đầu được chuyển từ tàu chứa qua tàu chở dầu
- Đường dây dầu bọc sắt và đường dây thông tin kết nối ở SDS. Sau đó đường dây thông tin được chuyển đến tàu chở dầu và kết nối với thiết bị tời của tàu chở dầu
- Thiết bị tời điều khiển dây cáp (Hawser Handling Winch) của SDS nhả dây cho đến chuỗi xích, trong khi tàu chở dầu kéo bằng tời kéo. Phần đuôi của ống dẫn được nối vào chuỗi xích bằng một dây lừng.
- Thiết bị tời điều khiển dây cáp và guồng ống (Hosereel) sẽ nhả dây cáp và ống khoảng 40 m xuống nước trước khi tàu chứa bắt đầu kéo dây cáp và ống lên. Tời kéo của tàu chở (Traction Winch) tiếp tục kéo dây và ống về phía mình trong khi thiết bị tời điều khiển dây cáp và guồng ống của SDS điều khiển sự di chuyển của dây và ống.
- Khi toàn bộ dây cáp được kéo thì dây xích được khóa vào tàu chở dầu, tàu chở dầu đã được neo an toàn vào thiết bị SDS.
- Lúc này ống đỡ tải cũng được gắn kết vào đúng vị trí trên tàu chở dầu. Quá trình kết nối hoàn tất.

## Quá trình rót dầu (tt)

---

Quá trình tháo kết nối của tàu chở dầu với SDS

- Dây cáp và ống được tháo khỏi tàu chở và được hạ thấp xuống
- Tàu chứa sử dụng thiết bị tời điều khiển dây cáp và guồng ống để kéo dây và ống về
- Ống dỡ tải sẽ được làm khô và làm sạch bằng khí trơ



TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM  
**KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ**

---

BÀI GIẢNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ

*TỔNG QUAN CÁC PHƯƠNG  
PHÁP KHAI THÁC CƠ HỌC VÀ  
LỰA CHỌN TỐI ƯU*

---

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo

Email : [lphao@hcmut.edu.vn](mailto:lphao@hcmut.edu.vn)

Tel : 84-8-8654086

## CÁC PHƯƠNG PHÁP KHAI THÁC CƠ HỌC

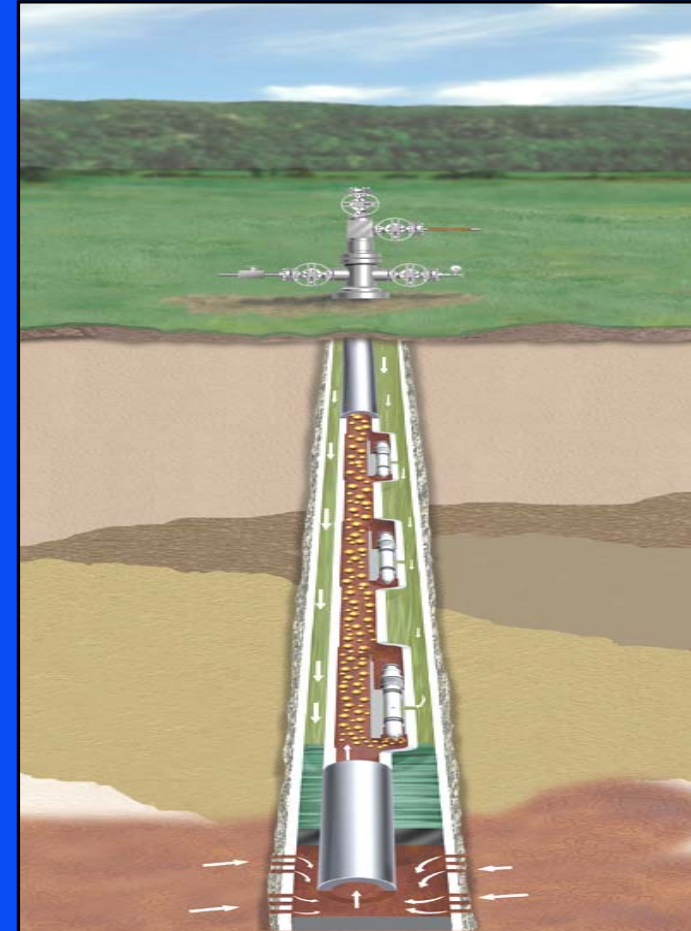
---

1. Gas lift
2. Bơm li tâm điện chìm (Electric Submersible Pumping)
3. Bơm phun tia (Hydraulic Jet Pump)
4. Bơm cần hút (Rod Pump)

## PHƯƠNG PHÁP KHAI THÁC BẰNG GASLIFT

Định nghĩa:

- Phương pháp bơm khí cao áp (khí đồng hành, khí mỏ) vào giếng hoà trộn với chất lỏng trong giếng để giảm tỷ trọng và đưa chúng lên bề mặt có tên chung là phương pháp GASLIFT



# PHƯƠNG PHÁP KHAI THÁC LIÊN TỤC

## Nguyên lí hoạt động

- Khí nén được đưa vào giếng một cách liên tục và dòng sản phẩm khai thác cũng được đưa lên bề mặt một cách liên tục.
- Khí nén có thể được đưa vào giếng theo khoảng không vành xuyên giữa cột ống chống khai thác và ống khai thác (ống nâng), còn hỗn hợp sản phẩm khai thác theo ống khai thác lên bề mặt (hoặc ngược lại).



## PHƯƠNG PHÁP KHAI THÁC GASLIFT ĐỊNH KÌ

### Nguyên lý làm việc:

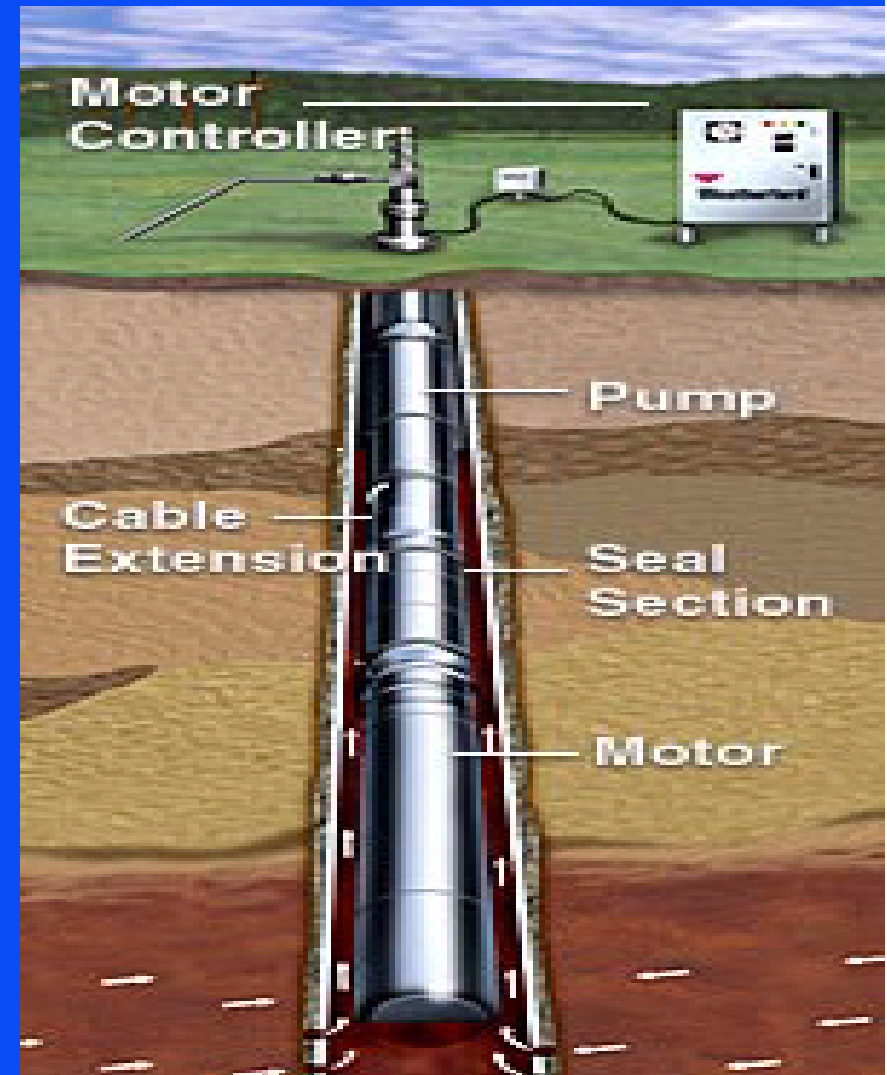
- Dựa trên sự vận chuyển các nút chất lỏng, thường là kết hợp quá trình dịch chuyển và khí hoá các nút chất lỏng từ đáy giếng lên bề mặt bằng khí nén cao áp diễn ra không liên tục mà theo một chu kỳ nhất định.
- Khí nén từ khoảng không vành xuyên đi vào ống nâng, qua một hay nhiều van gaslift với một lưu lượng đủ lớn để duy trì vận tốc đi lên của các nút chất lỏng và giảm thiểu lượng chất lỏng rơi xuống. Nguyên lý hoạt động theo 3 giai đoạn chính:



# PHƯƠNG PHÁP KHAI THÁC BẰNG BƠM LI TÂM ĐIÊN NGẦM

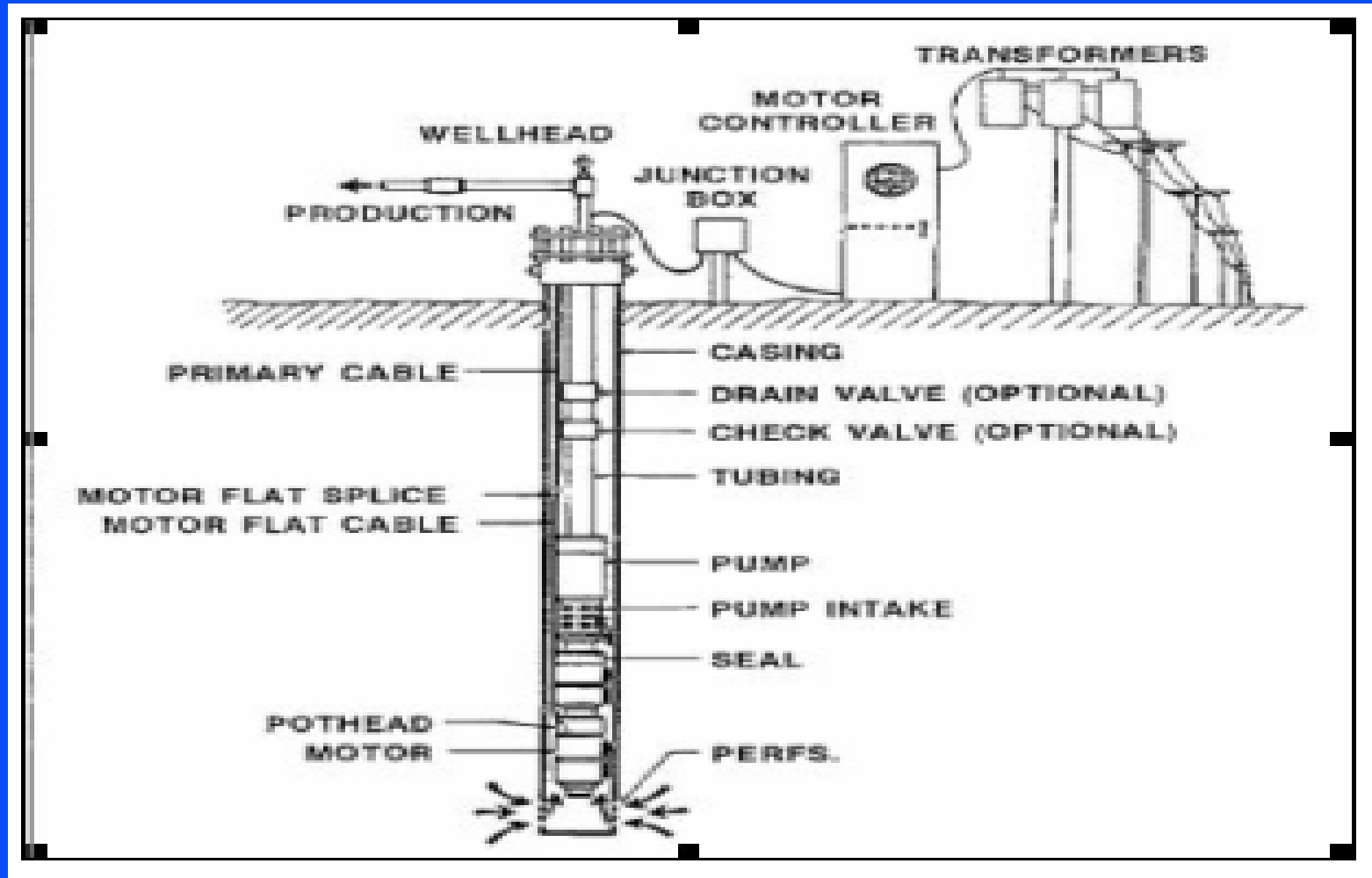
## Nguyên tắc hoạt động

- Năng lượng bổ sung dưới dạng điện năng được cung cấp từ bề mặt theo hệ thống cáp điện 3 pha làm quay động cơ điện gắn ở phần dưới của bơm đặt trong giếng.
- Nguyên lý hoạt động của tổ hợp máy bơm điện ngầm dựa trên sự biến đổi các dạng năng lượng trong quá trình chất lỏng qua nhanh một trục. Động cơ điện quay làm cho các cánh dẫn của máy bơm quay theo, lực ly tâm xuất hiện và xảy ra quá trình chuyển hóa năng lượng có vận tốc lớn sang dạng năng lượng có áp suất cao. Nhờ vậy mà sản phẩm từ đáy giếng đi vào miệng máy bơm và đẩy lên bề mặt đến hệ thống thu gom và xử lý.





# PHƯƠNG PHÁP KHAI THÁC BẰNG BƠM LI TÂM ĐIỆN NGẦM



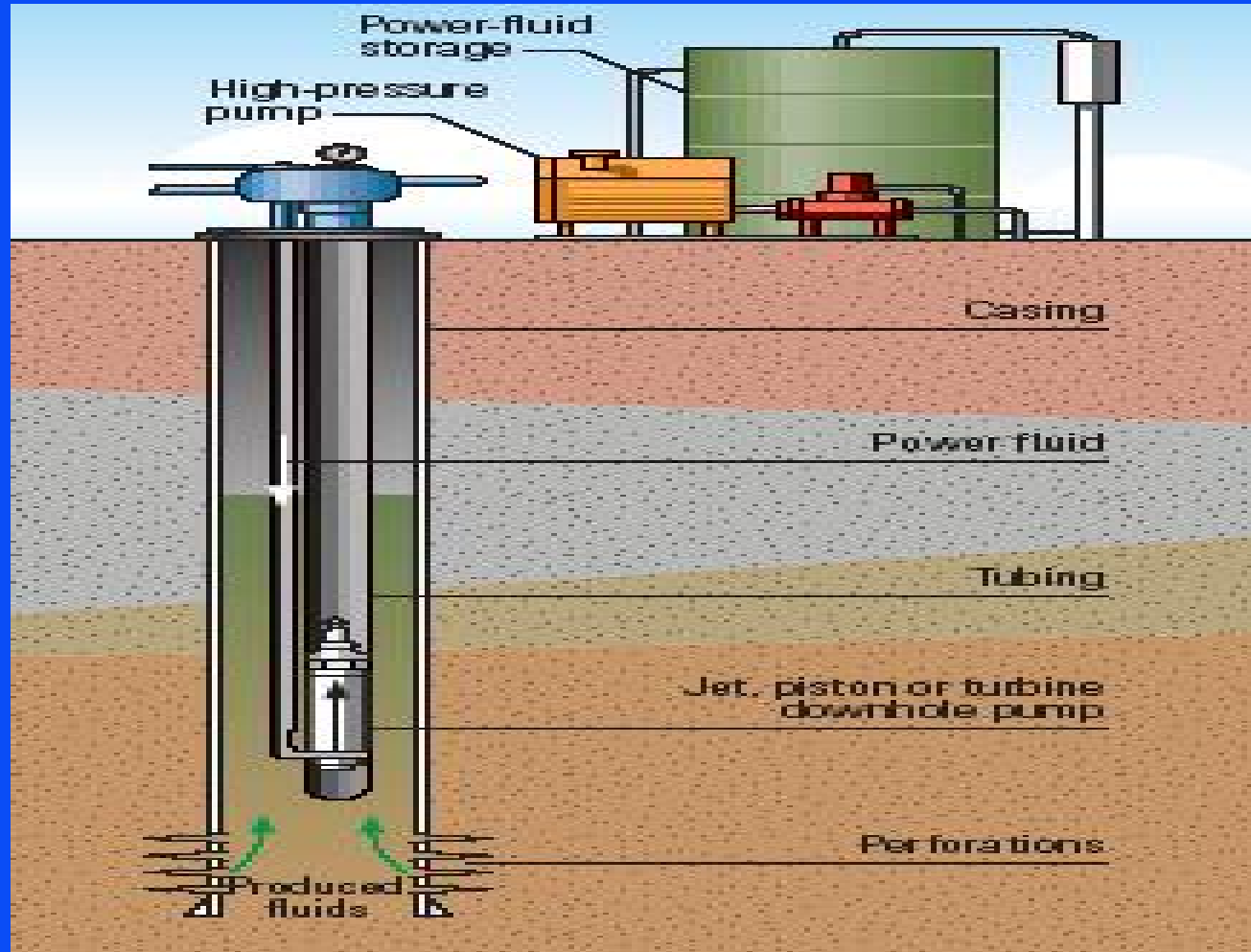
## PHƯƠNG PHÁP KHAI THÁC BẰNG BƠM PHUN TIA

Tổ hợp máy bơm phun tia dựa trên sự biến đổi các dạng năng lượng: từ áp suất cao ( thế năng) sang vận tốc cao ( động năng) và ngược lại.

Dòng chất lỏng công tác ( áp suất cao khoảng  $200 \text{ atm} = 2940 \text{ psi}$  ) được bơm xuống từ miệng giếng theo cột ống khai thác đi qua rãnh dẫn đến đầu phun tia



# PHƯƠNG PHÁP KHAI THÁC BẰNG BƠM PHUN TIA



*Hệ thống khai thác dầu bằng bơm phun tia*

## Phương pháp khai thác bằng bơm cần hút

---

Nguyên lý hoạt động: theo hai pha

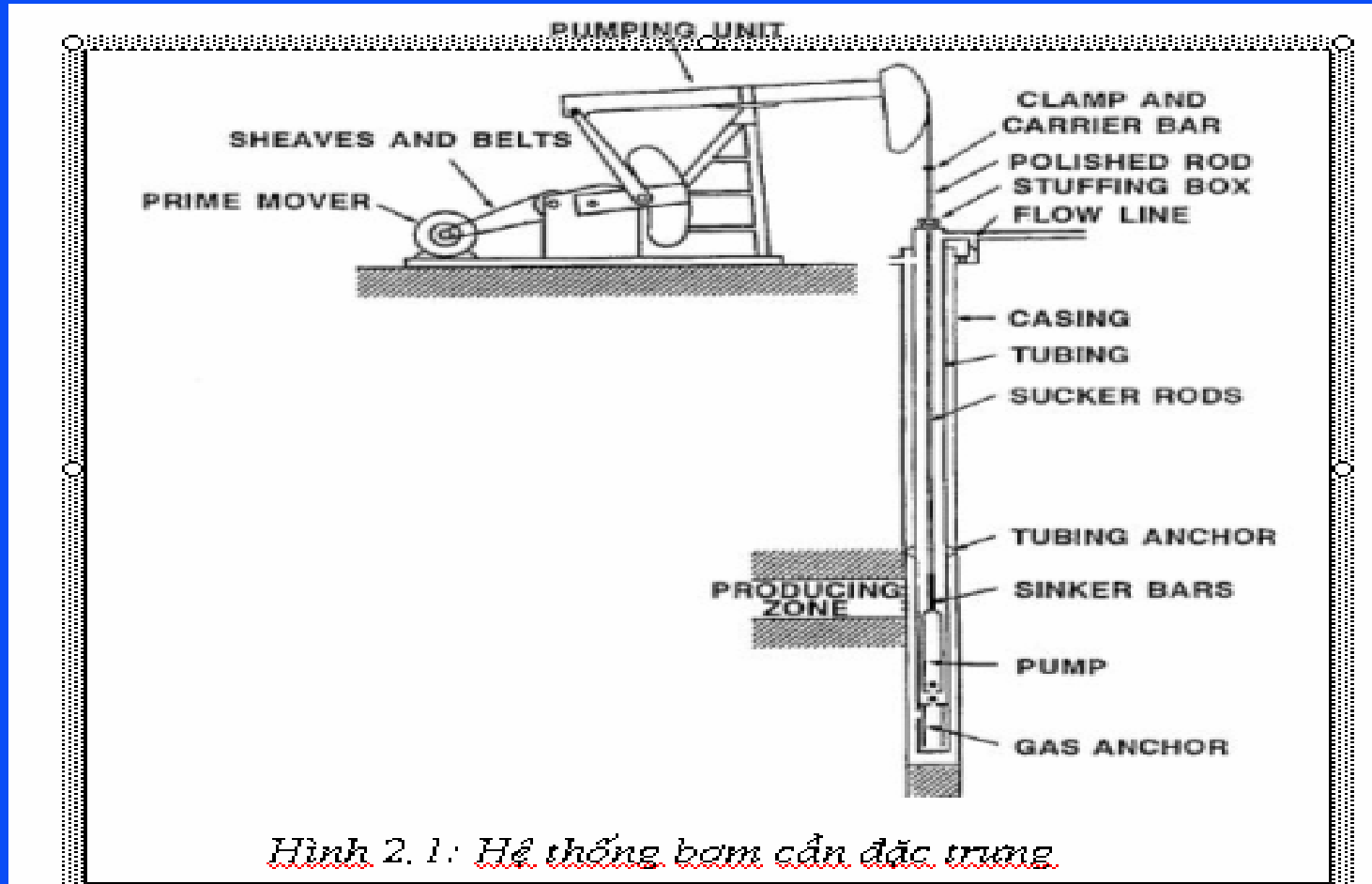
- **Pha đi lên : năng lượng truyền lên mặt đất thông qua hệ thống truyền xung lực kéo pittông đi lên, áp suất dưới pittông giảm và lúc này do áp suất của cột chất lỏng ngoài vành xuyên đẩy vào nên van hút mở, sự xuất hiện chênh lệch áp suất làm chất lỏng khai thác từ ngoài sẽ chảy vào máy bơm. Trong khi đó van đẩy sẽ đóng lại do ứng suất của cột chất lỏng nằm trên pittông.**
- **Pha đi xuống: Năng lượng lúc này là do năng lượng của chính toàn bộ hệ thống cần truyền và chất lỏng chứa trong cột ống khai thác đẩy pittông chuyển động đến điểm cuối cùng của xi lanh máy bơm. Lúc này thì van hút đóng và van đẩy mở.**

## Phương pháp khai thác bằng bơm cần hút

---



# Phương pháp khai thác bằng bơm cần hút



## Phương pháp khai thác bằng bơm cần hút

---

### Ưu điểm:

- Hệ thống hoạt động đáng tin cậy, vận hành đơn giản, ít gặp sự cố
- Cấu tạo tương đối đơn giản, dễ tháo lắp

### Nhược điểm:

- Phải lắp đặt ở trung tâm giếng
- Xuất hiện lực ma sát trong giếng nghiêng
- Rất nhạy với dầu có nhiều parafin

## Lựa chọn phương pháp khai thác cơ học tối ưu

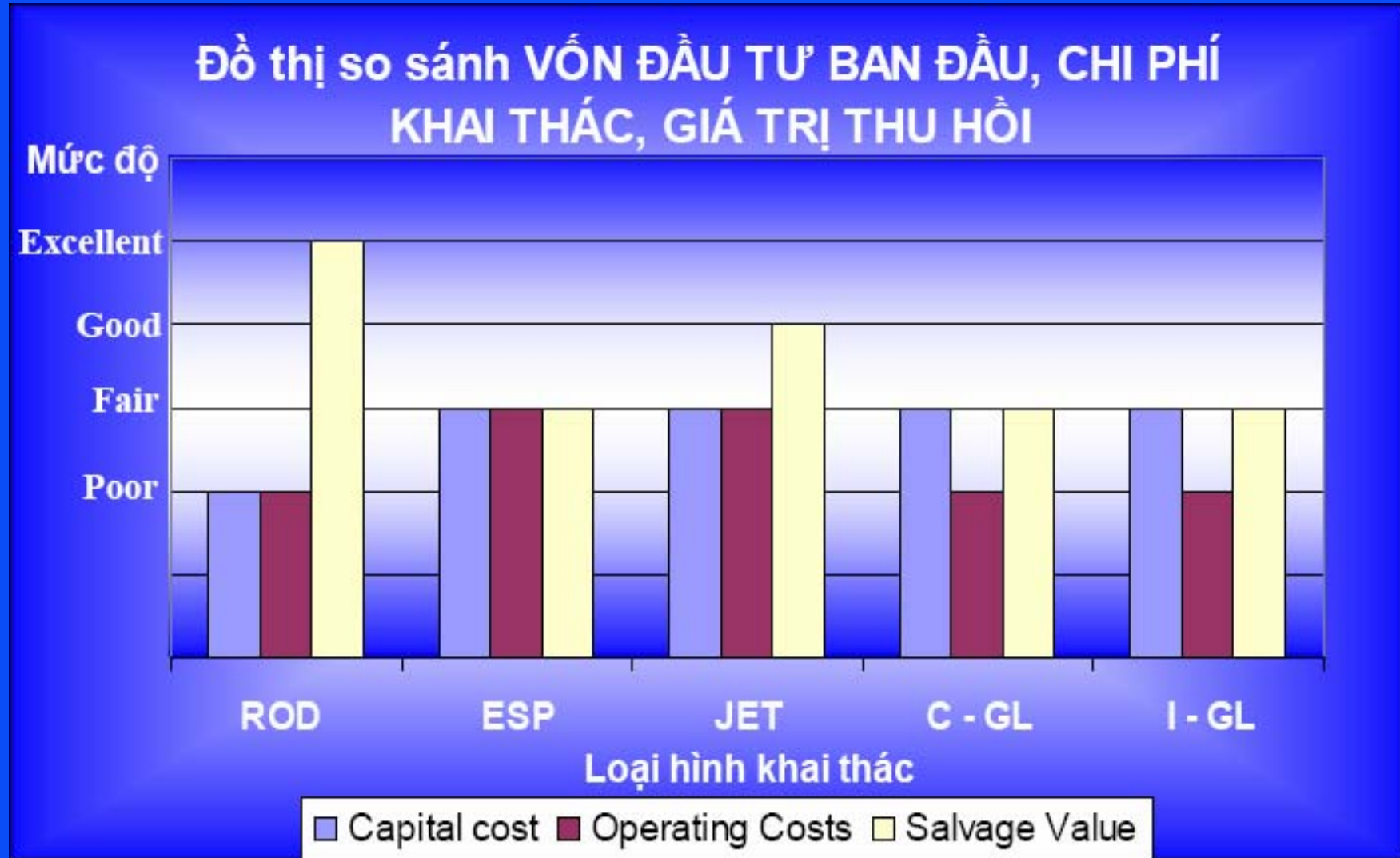
---

Các yếu tố cần quan tâm:

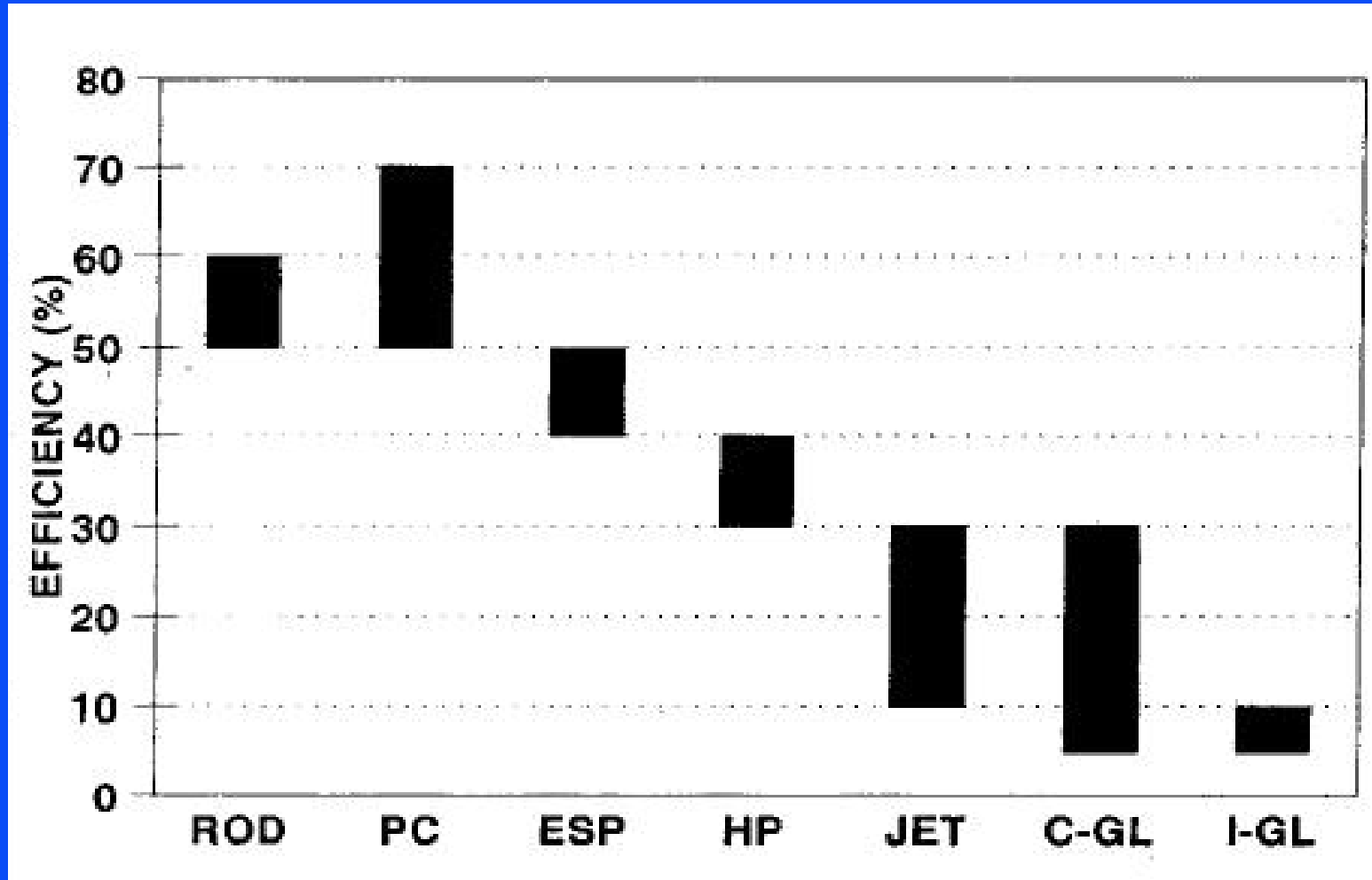
- ❖ Yếu tố về kinh tế (vốn đầu tư ban đầu, chi phí khai thác, giá trị thu hồi sau khi khai thác)
- ❖ Yếu tố về kỹ thuật
  - Khả năng kiểm soát khí
  - Chỉ số khai thác
  - Áp suất đáy giếng
  - Thể tích cần khai thác



# Chi phí đầu tư ban đầu

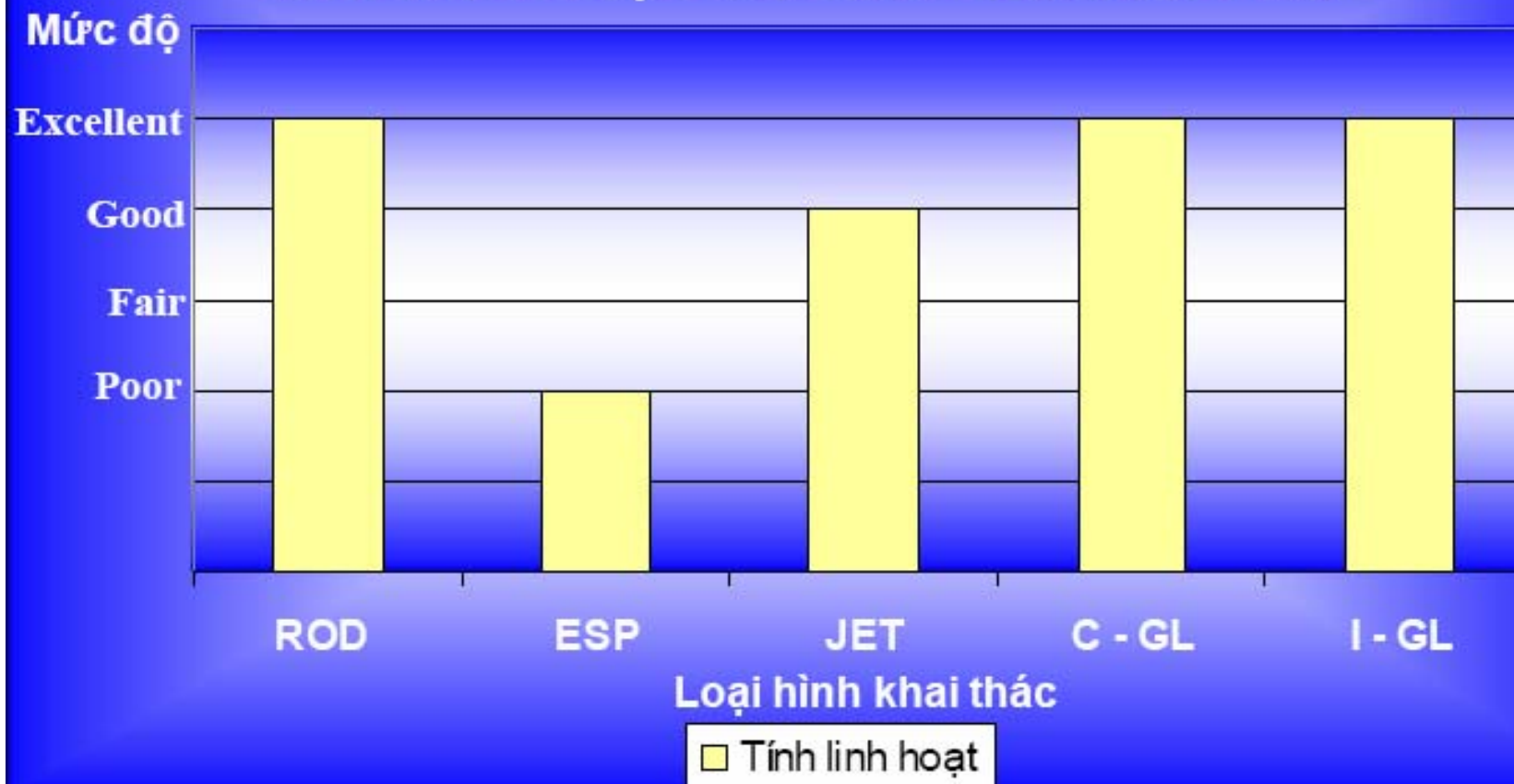


## Hiệu suất của các phương pháp

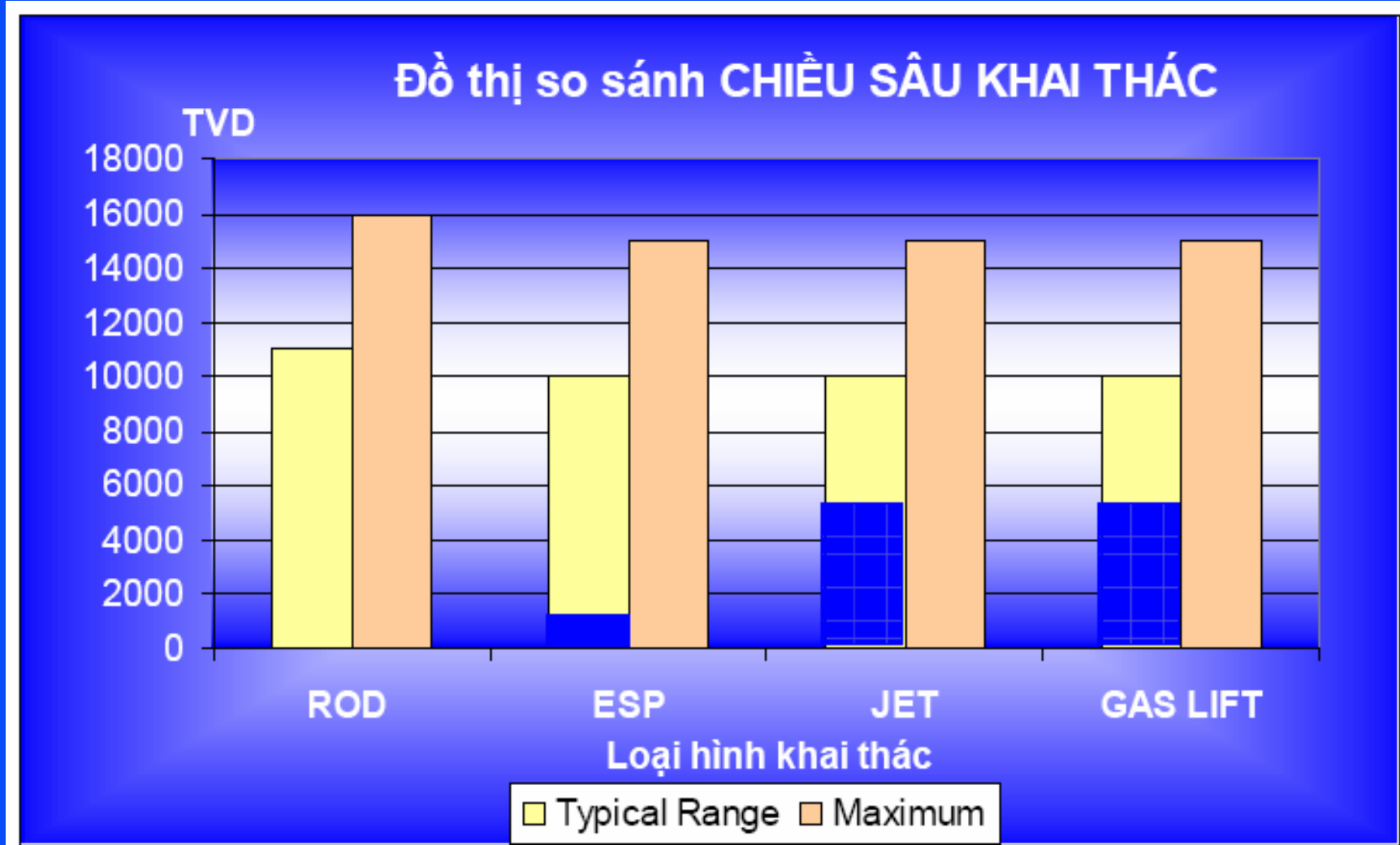


# Tính linh hoạt của các phương pháp

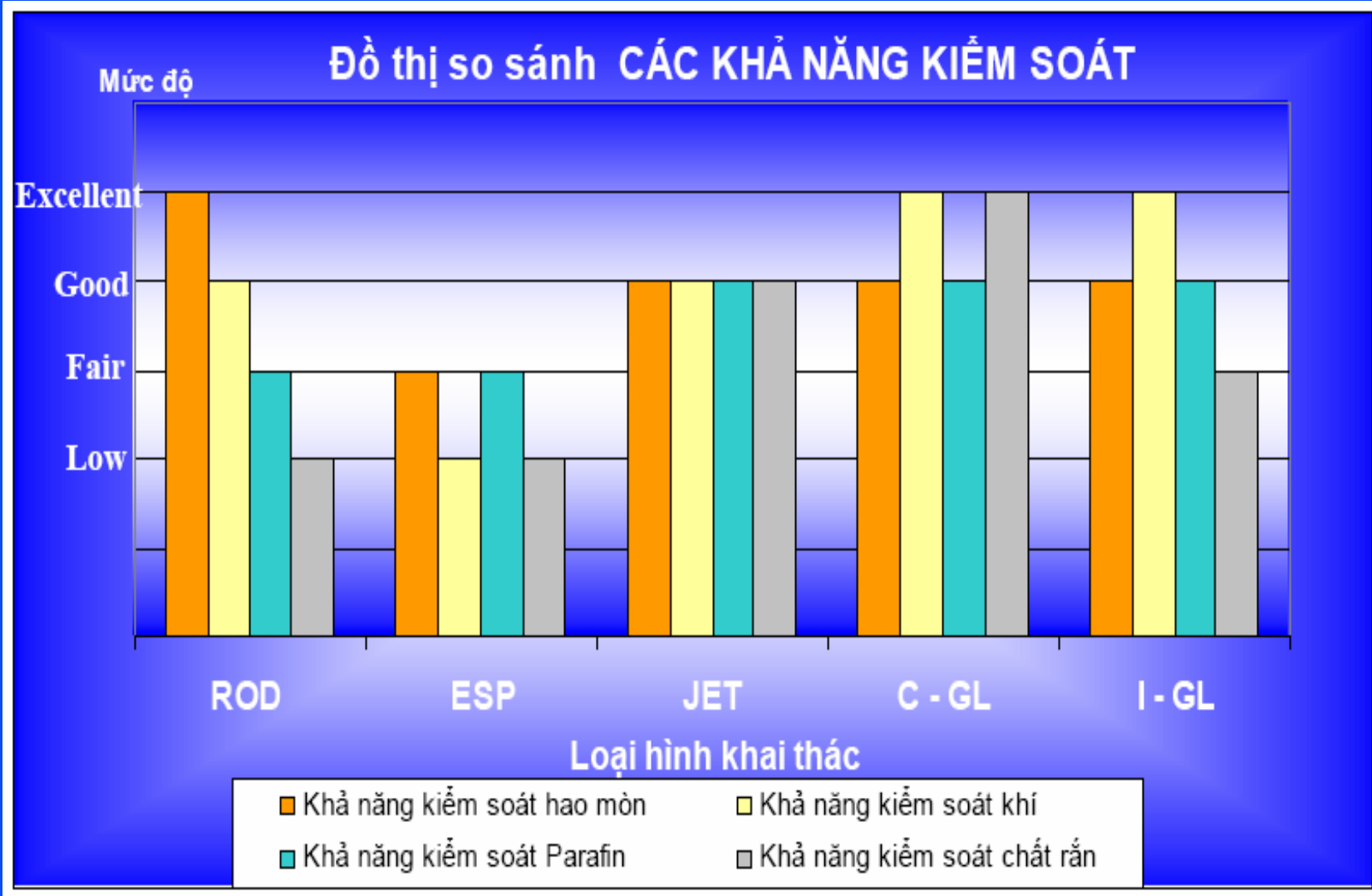
## Đồ thị so sánh TÍNH LINH HOẠT CỦA CÁC PHƯƠNG PHÁP



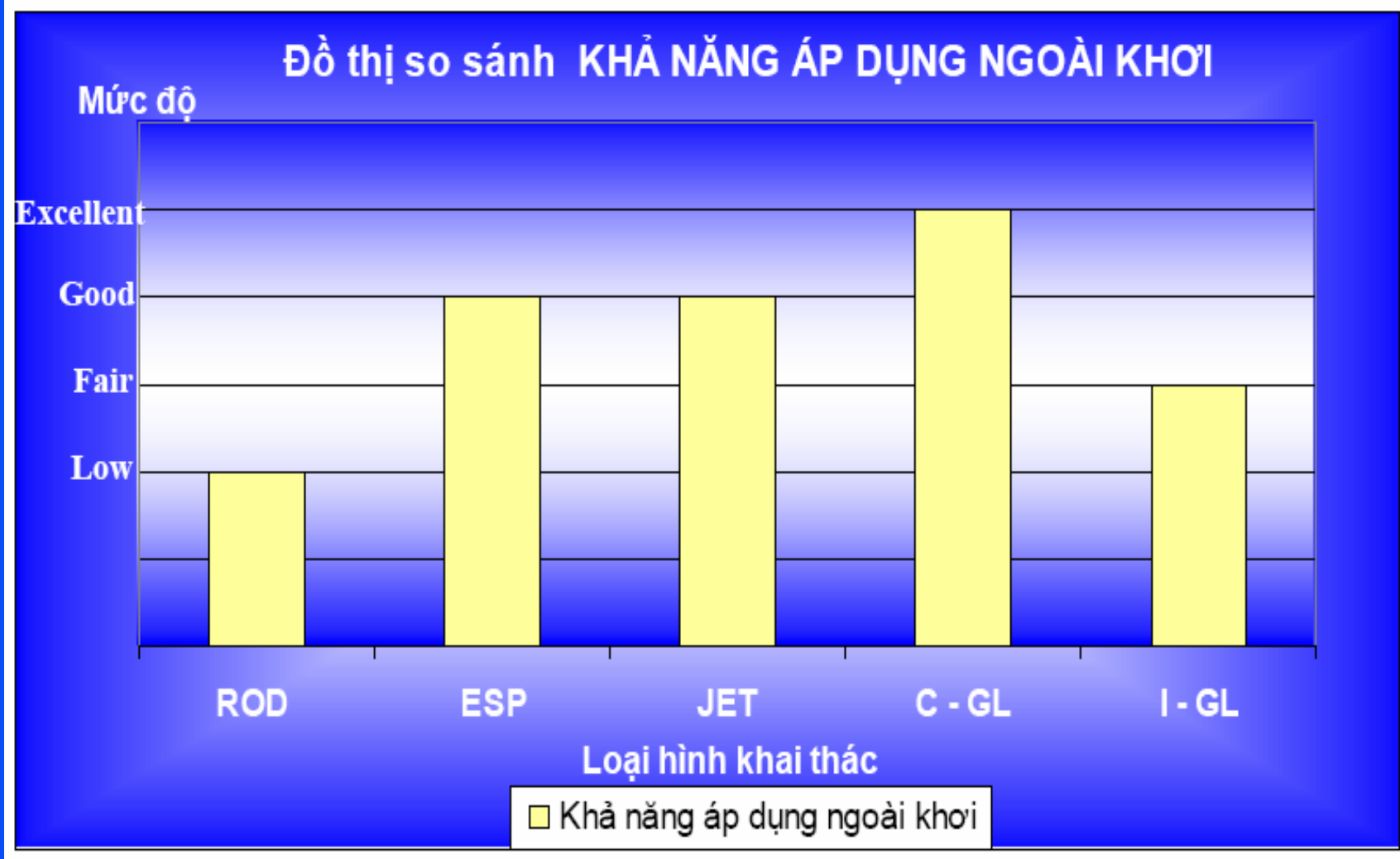
# Chiều sâu khai thác



# Khả năng kiểm soát



## Khả năng áp dụng ngoài khơi





TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM  
**KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ**

BÀI GIẢNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ

## *PHƯƠNG PHÁP GASLIFT*

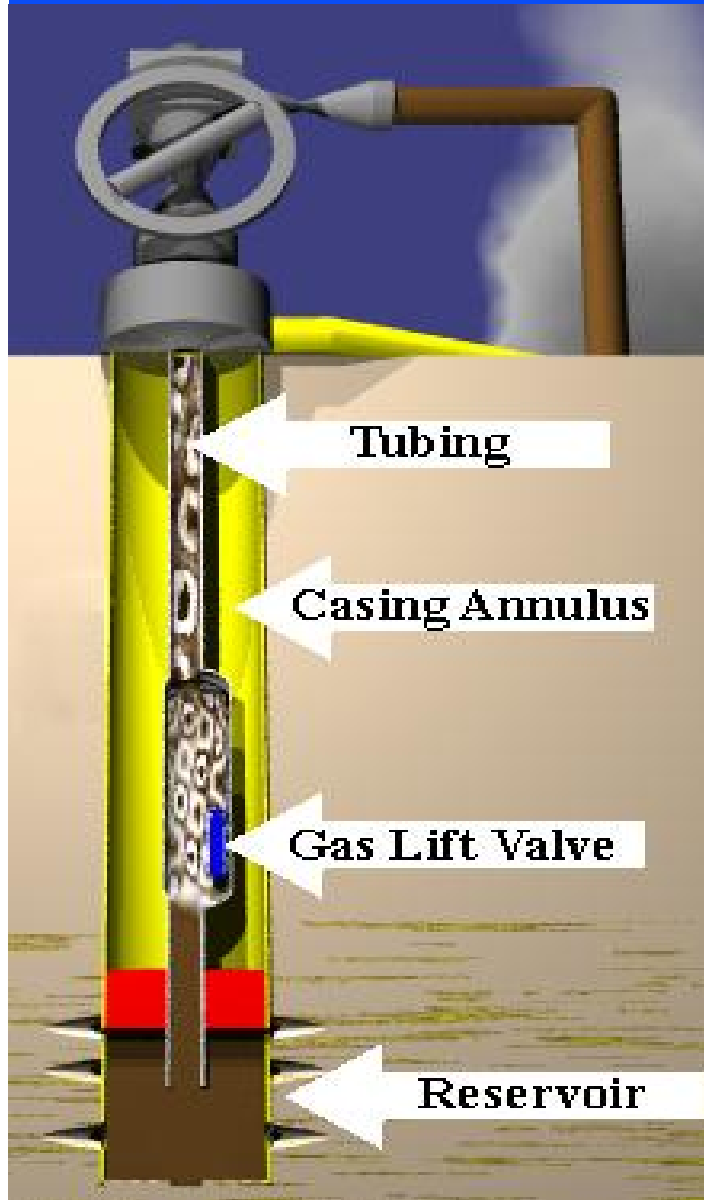
---

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo

Email : [lphao@hcmut.edu.vn](mailto:lphao@hcmut.edu.vn)

Tel : 84-8-8654086

# TỔNG QUAN VỀ PHƯƠNG PHÁP GASLIFT



Là phương pháp khai thác cơ học

Áp dụng khi giếng không thực hiện được quá trình tự phun

Bản chất của phương pháp:

- Bơm khí nén vào ống bơm ép làm cho chất lỏng trong ống bơm ép di chuyển xuống đến ống nâng.
- Khi mực chất lỏng đến đến ống nâng, áp suất nén khí đạt giá trị cực đại, khí nén tiếp tục đi vào ống nâng hòa trộn với chất lỏng làm cho tỉ trọng dung dịch giảm dẫn đến  $P$  giảm  $\rightarrow \Delta P$  tăng  $\rightarrow$  chất lỏng đi từ vỉa vào đáy giếng và đi lên miệng giếng.



## Vài nét về lịch sử của phương pháp khai thác bằng gaslift:

- Vào cuối thế kỷ 19, người ta nén không khí vào khoảng không vành xuyên hoặc trong cần để nâng lưu chất từ giếng và phương pháp này có tên gọi là Airlift. Tuy nhiên khi sử dụng không khí để bơm ép đã nảy sinh nhiều vấn đề nan giải như gia tăng mức độ ăn mòn và dễ tạo hỗn hợp cháy nổ.
- Năm 1920 bắt đầu dùng khí đồng hành thu được từ quá trình khai thác dầu (hoặc khí mỏ) để ép trở lại xuống giếng và đã khắc phục được những hạn chế khi dùng không khí bơm ép.
- Phương pháp bơm khí cao áp (khí đồng hành, khí mỏ) vào giếng hoà trộn với chất lỏng trong giếng để giảm tỷ trọng và đưa chúng lên bề mặt có tên chung là phương pháp gaslift.

## Ưu – nhược điểm của phương pháp

---

### *Ưu điểm:*

- Có thể khai thác sản phẩm có chứa cát hay tạp chất, nhiệt độ vỉa cao, yếu tố khí dầu lớn, dầu chứa parafin
- Khai thác với lưu lượng lớn (50.000 thùng/ng.đ ở chế độ gaslift liên tục) và độ sâu lớn
- Ít bị ảnh hưởng của các chất ăn mòn đến sự hoạt động của các thiết bị so với các phương pháp khai thác cơ học khác
- Độ nghiêng và độ sâu của giếng ít bị ảnh hưởng đến hiệu quả khai thác
- Dễ dàng truyền áp xuống đáy giếng nhờ các van gaslift
- Có thể tiến hành đồng bộ quá trình khảo sát nghiên cứu giếng, đo địa vật lý, làm sạch lắng đọng parafin
- Không đòi hỏi thêm nguồn năng lượng bổ sung (điện) trong quá trình khai thác dầu
- Có thể chuyển đổi linh hoạt giữa các chế độ khai thác (từ chế độ liên tục sang định kỳ) khi áp suất vỉa và lưu lượng khai thác giảm
- Có thể khai thác và điều hành nhiều giếng nhờ hệ thống gaslift trung tâm
- Chi phí vận hành giếng thấp
- Có thể sử dụng kỹ thuật cáp tời trong việc sửa chữa các thiết bị lòng giếng nên tiết kiệm được thời gian và chi phí sửa chữa (vì không cần đến tháp khoan)

## Ưu – nhược điểm của phương pháp

---

### *Nhược điểm:*

- Chi phí đầu tư ban đầu cho việc lắp đặt các thiết bị gaslift lớn hơn so với các phương pháp khai thác cơ học khác, đặc biệt là cho những giếng sâu
- Hiện tượng áp suất ngược (áp suất do cột thủy tác động lên đáy giếng) nên có thể làm giảm lưu lượng khai thác nếu độ sâu giếng quá lớn và áp suất vỉa giảm mạnh
- Hiệu suất của phương pháp thấp, dễ bị hiện tượng hydrat
- Chỉ áp dụng được khi nguồn khí cung cấp đủ cho toàn bộ đời mỏ
- Mức độ nguy hiểm cao vì sử dụng khí nén cao áp, đòi hỏi độ kín và độ bền của đường ống cao
- Ống chống khai thác cần phải chịu được áp suất nén cao

# CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA PHƯƠNG PHÁP GASLIFT

---

## Nguyên lý làm việc

- Yêu cầu*: khi giếng dầu không thể tự phun theo lưu lượng yêu cầu
- Nguyên tắc*: bơm nén khí cao áp vào vùng không gian vành xuyên (hay ngược lại) nhằm đưa khí cao áp vào trong ống khai thác qua van gaslift với mục đích làm giảm mật độ cột chất lỏng trên van (tăng yếu tố khí, giảm áp suất đáy).
- Áp suất đáy giảm dần nhờ lượng khí nén từ bề mặt kết hợp với khí đồng hành cùng khí hoá cột chất lỏng. Quá trình này xảy ra đến lúc năng lượng định chảy ở đáy giếng đủ lớn để thắng tổn hao áp suất dọc theo cột ống khai thác và đẩy toàn bộ cột chất lỏng đã khí hoá lên bề mặt, vận chuyển đến hệ thống thu gom và xử lý.

# PHÂN LOẠI THEO ĐẶC TÍNH NÂNG

## 1 Phân loại theo chế độ nén khí cao áp vào giếng (phân loại theo đặc tính nâng)

Dựa vào chế độ nén khí cao áp vào giếng là liên tục hay định kỳ (chu kỳ), có thể chia phương pháp khai thác dầu bằng gaslift thành chế độ khai thác gaslift liên tục và chế độ khai thác gaslift định kỳ



791



PGS. TS. Lê Phước Hào

# PHÂN LOẠI THEO CẤU TRÚC LÒNG GIẾNG

---

## Phân loại theo cấu trúc lòng giếng

### A. Giếng gaslift khai thác theo chế độ vành xuyên (vành khuyên)

Trong hệ thống khai thác vành xuyên, khí nén đi theo khoảng không vành xuyên giữa ống ép khí (ống ngoài) còn sản phẩm khai thác đi theo ống nâng (ống trong) lên bề mặt

Hệ thống khai thác vành xuyên phổ biến hơn do có thể sử dụng phương pháp cơ học để nạo vét parafin tích tụ trên ống nâng và không mài mòn các đầu nối ống chống. Nhược điểm chính của hệ thống này là áp suất khởi động giếng lớn, do vậy cần sử dụng các van gaslift khởi động.

Hệ thống khai thác vành xuyên có cấu trúc một dây ống và hai dây ống.

## *B. Giếng khai thác theo chế độ trung tâm*

Nguyên lý làm việc:

- Khí nén được bơm ép vào cột ống khai thác (cột ống trung tâm), còn dòng hỗn hợp sản phẩm khai thác theo khoảng không vành xuyên đi lên bề mặt đến hệ thống thu gom và xử lý.
- Ống trung tâm được gọi là ống ép khí, còn ống ngoài là ống nâng.
- Hệ thống khai thác trung tâm có cấu trúc một dãy ống và hai dãy ống.

# Hiệu quả của phương pháp gaslift

---

Hiệu quả của phương pháp gaslift phụ thuộc vào:

- ❖ Độ sâu dẫn khí (chiều sâu nhúng chìm của ống nâng)
- ❖ Lưu lượng khí ( $Q_k$ )
- ❖ Áp suất trên nhánh xả
- ❖ Hệ số sản phẩm (độ cho dầu của vỉa)
- ❖ Lượng khí tách ra khỏi dầu ( $G_{hd}$ )
- ❖ Tính chất của dầu ( $\mu$ ,  $\rho$  ...)
- ❖ Cấu trúc ống khai thác



## Phân loại

---

Tùy theo phương pháp bơm ép khí nén và lưu lượng khai thác mà người ta chia ra 2 phương pháp khai thác gaslift:

- Gaslift liên tục
- Gaslift định kỳ

## Phương pháp gaslift liên tục

Là phương pháp đưa khí nén vào giếng một cách liên tục và sản phẩm theo ống nâng lên mặt đất cũng liên tục

Phạm vi ứng dụng: áp dụng với các giếng sau đây

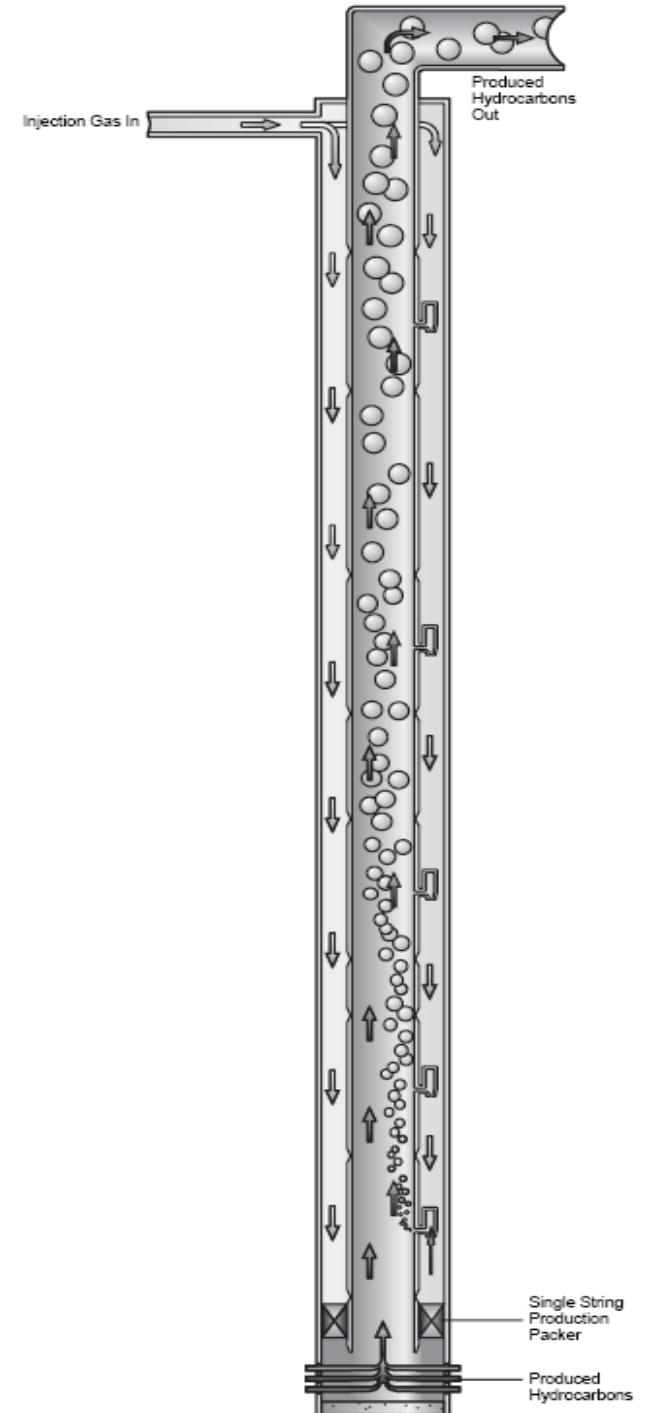
- Có lưu lượng  $Q_{kt}$  lớn
- Sản phẩm có cát hay bị ngậm nước
- Sản phẩm có  $\mu$  cao, dòng chảy có  $t^\circ$  lớn
- Có tỷ suất khí cao ( sản lượng giếng có thể bé )

Ưu điểm:

- Năng lượng khí nén và khí đồng hành ở miệng giếng được tận dụng để đưa sản phẩm đến hệ thống thu gom xử lý
- Lưu lượng khai thác tương đối ổn định ( hạn chế được nhiều phức tạp trong hệ thống gaslift)
- Điều chỉnh lưu lượng khí nén thuận lợi bằng côn điều khiển

Nhược điểm:

- Không hiệu quả đối với giếng có mực nước động thấp ( mặc dù  $Q$  giếng lớn)
- Không áp dụng được với những giếng có áp suất vỉa thấp



# Phương pháp gaslift định kỳ

Là phương pháp đưa khí nén vào giếng theo chu kỳ và sản phẩm khai thác theo ống nâng lên mặt đất không liên tục mà định kỳ.

Phạm vi ứng dụng: áp dụng đối với các giếng sau:

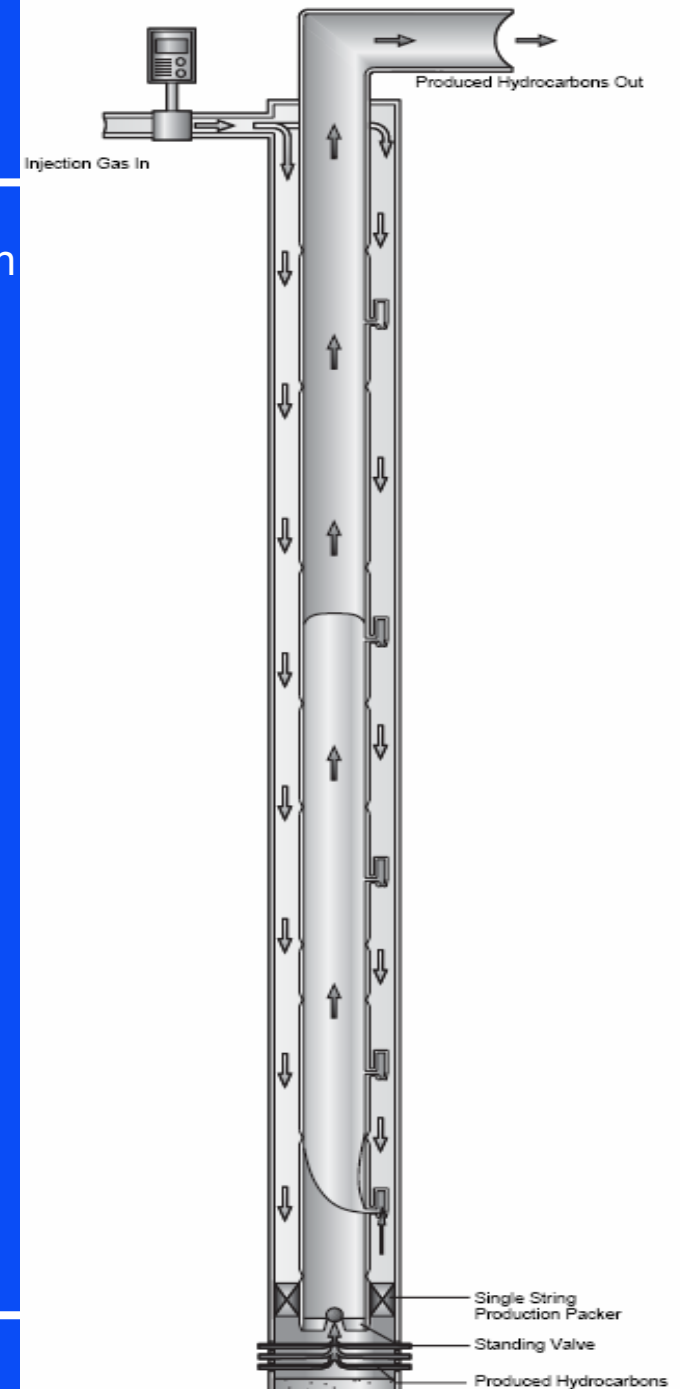
- Có  $P_d$  thấp nhưng hệ số sản phẩm cao
- Hệ số sản phẩm K thấp
- Mục chất lỏng thấp, giếng sâu
- Có  $Q_{kt}$  nhỏ

Ưu điểm:

- Giá thành khai thác thấp so với các phương pháp khai thác cơ học khác khi giếng sâu và mục chất lỏng thấp.
- Linh hoạt trên diện rộng cả về Q và chiều sâu giếng

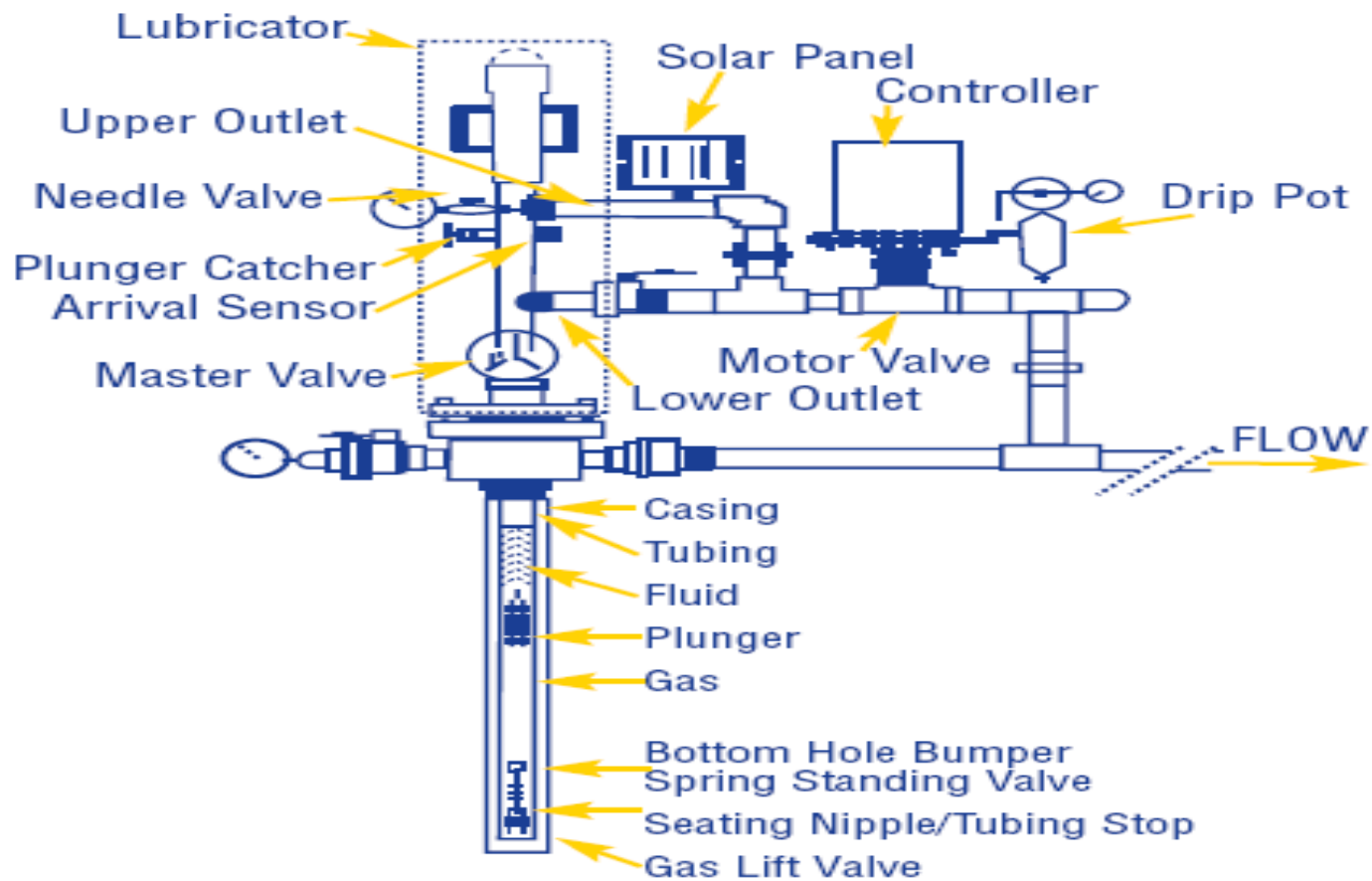
Nhược điểm:

- $Q_{kt}$  bị giới hạn (khó đạt giá trị max)
- Không thích hợp với giếng sâu, ống nâng nhỏ
- Áp suất dao động mạnh dẫn đến phá hủy vùng đáy giếng
- Khó điều khiển trong hệ thống gaslift khép kín và nhỏ



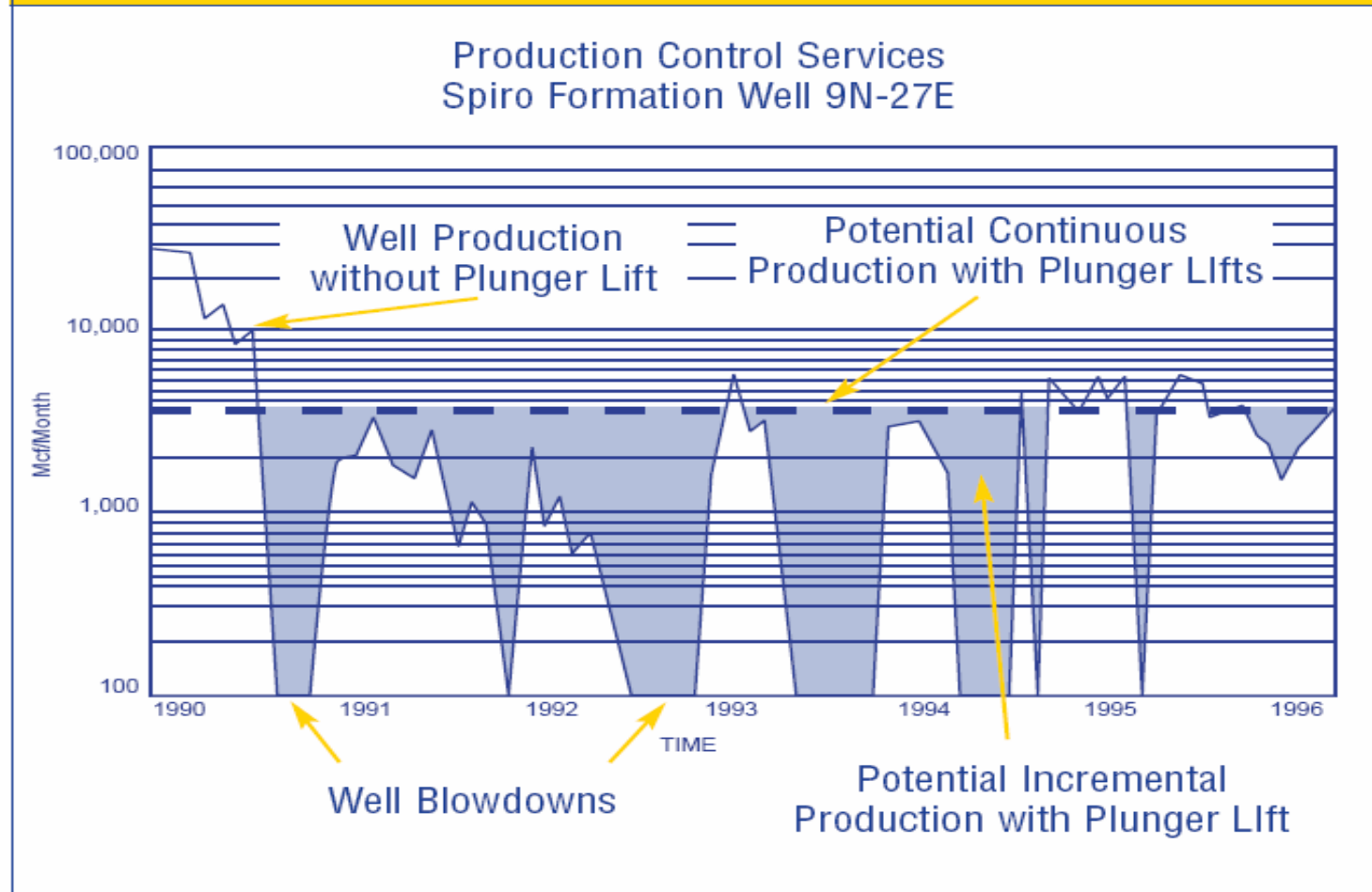
# Plunger lift

**Exhibit 1: Plunger Lifts**

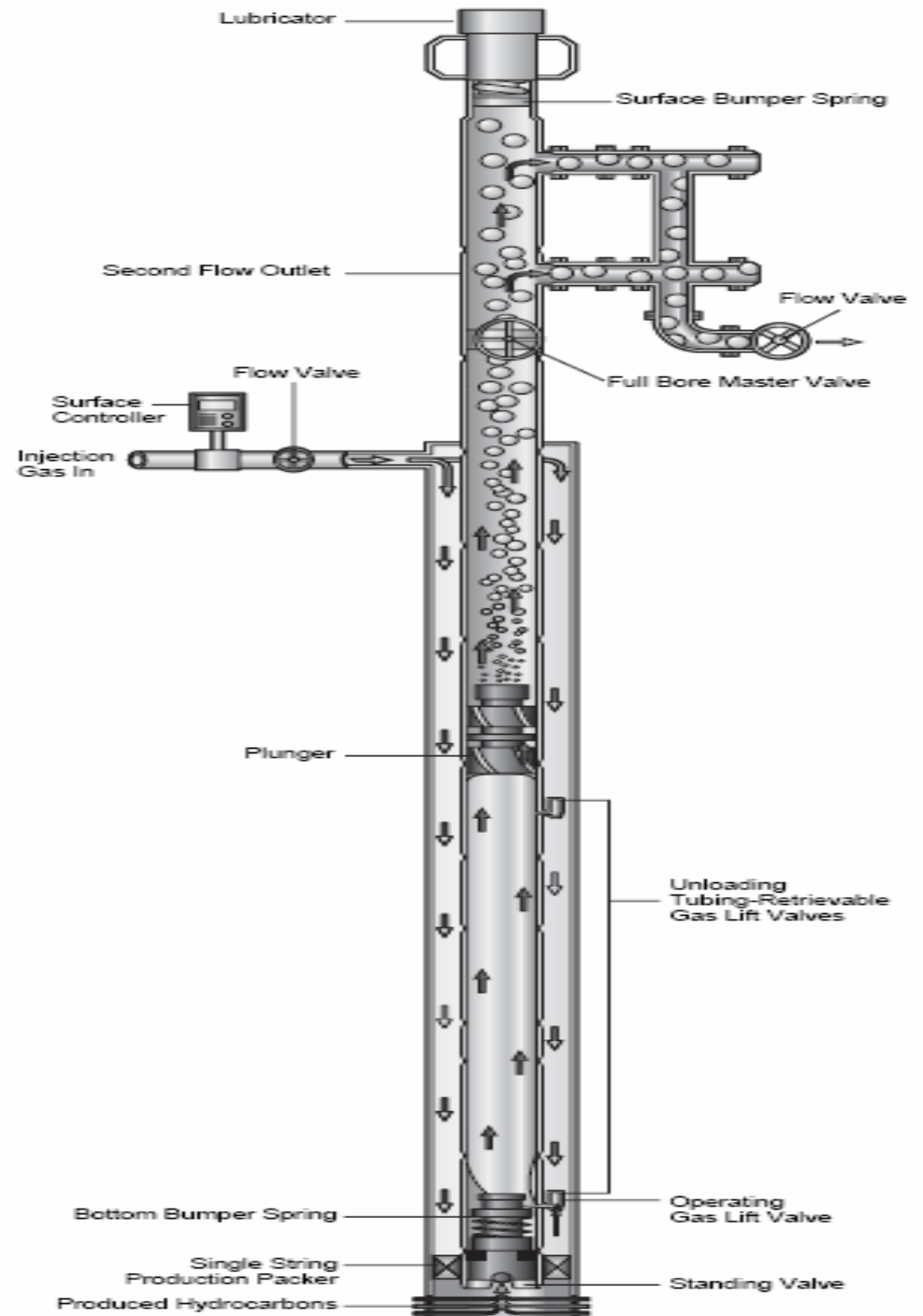


# Plunger lift

**Exhibit 3: Incremental Production for Non-Declining Wells**



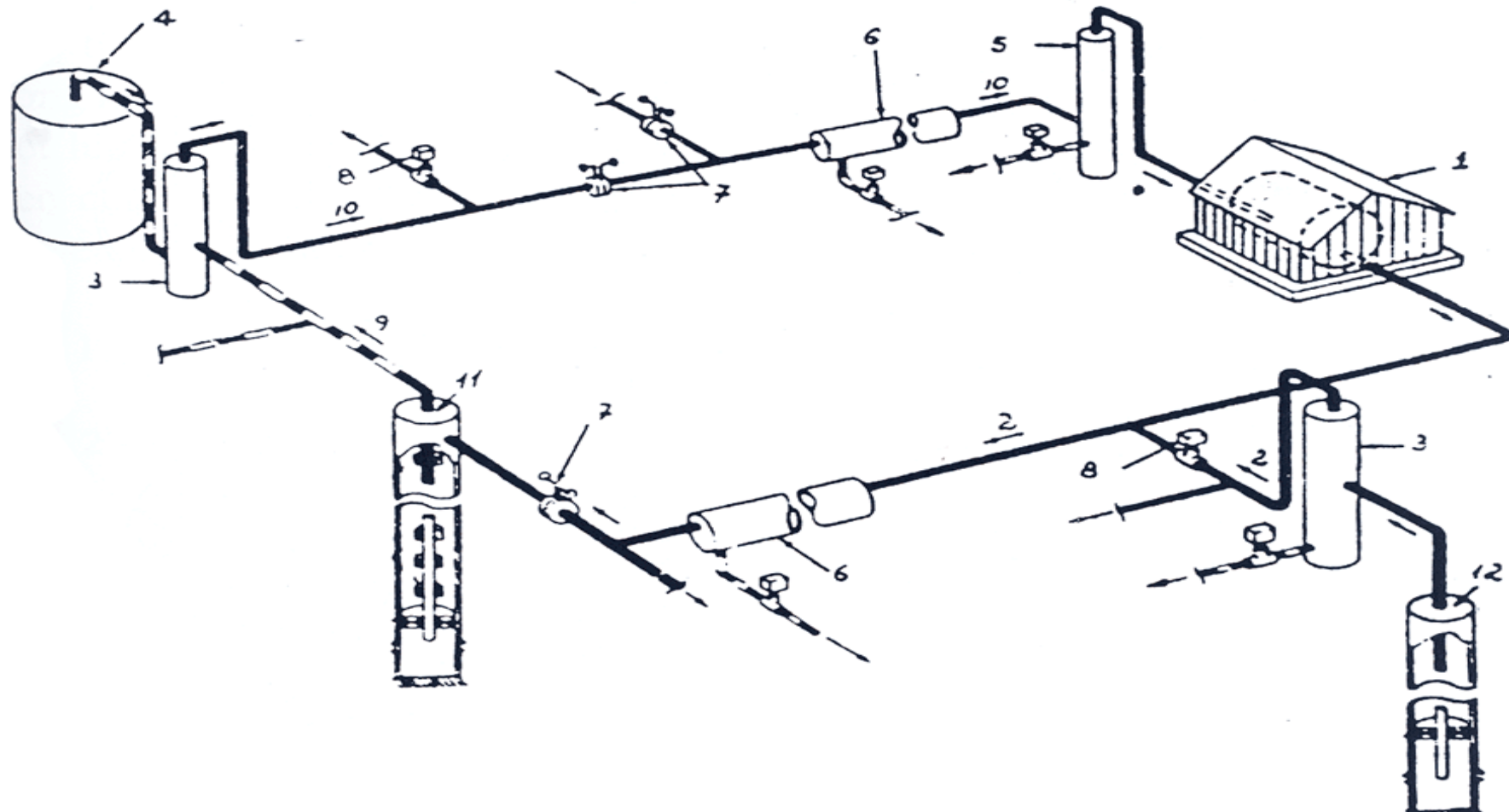
# Plunger lift



# Thiết bị khai thác bằng gaslift

---

- ❖ Thiết bị bề mặt
- ❖ Thiết bị lòng giếng



1-Máy nén khí  
 3-Bình tách 2 hoặc 3 pha  
 5- Bình tách sấy khô khí  
 7- Van đo lưu lượng khí  
 9- Ống thu gom sản phẩm khai thác  
 11- Giếng khai thác dầu bằng gaslift

2-Ống dẫn khí cao áp  
 4- Bình chứa chất lỏng khai thác  
 6- Bình tách condensate  
 8- Van điều khiển  
 10- Ống dẫn khí thấp áp  
 12- Giếng khai thác khí cao áp



# Thiết bị bề mặt

---

Các thiết bị bề mặt bao gồm:

- Hệ thống máy nén khí
- Hệ thống dẫn khí cao áp
- Hệ thống bình tách 2 hoặc 3 pha
- Bình chứa chất lỏng khai thác để xử lý tiếp
- Hệ thống bình tách sấy khô khí
- Hệ thống bình tách condensate
- Hệ thống van đo lưu lượng khí
- Hệ thống van điều khiển
- Hệ thống đường ống thu gom sản phẩm khai thác
- Hệ thống ống dẫn khí thấp áp
- Hệ thống đầu miệng giếng khai thác
- Giếng khai thác khí cao áp

Toàn bộ các thiết bị này tạo thành một hệ thống phân phối khí khép kín

## Thiết bị bề mặt

---

- **Hệ thống bình tách 2 hay 3 pha:** Có chức năng tách sơ bộ sản phẩm khai thác, chuyển chất lỏng và lượng khí đồng hành khai thác đến các hệ thống thu gom, xử lý tiếp theo
- **Hệ thống bình chứa chất lỏng khai thác:** Dùng để tiếp nhận chất lỏng được tách ra từ các bình tách để tiếp tục xử lý hay là trạm trung chuyển để bơm dầu đến các hệ thống thu gom xử lý tính cho đến dầu thương mại
- **Hệ thống bình tách condensate:** Có chức năng tách các thành phần condensate khỏi khí đồng hành
- **Hệ thống bình tách sấy khô khí:** Dùng để tách toàn bộ các thành phần pha lỏng còn lại khỏi khí đồng hành trước khi đi vào máy nén
- **Đầu miệng giếng:** Có nhiệm vụ treo toàn bộ cần OKT và hệ thống chèn cách ly để làm kín miệng giếng

## Thiết bị lòng giếng

---

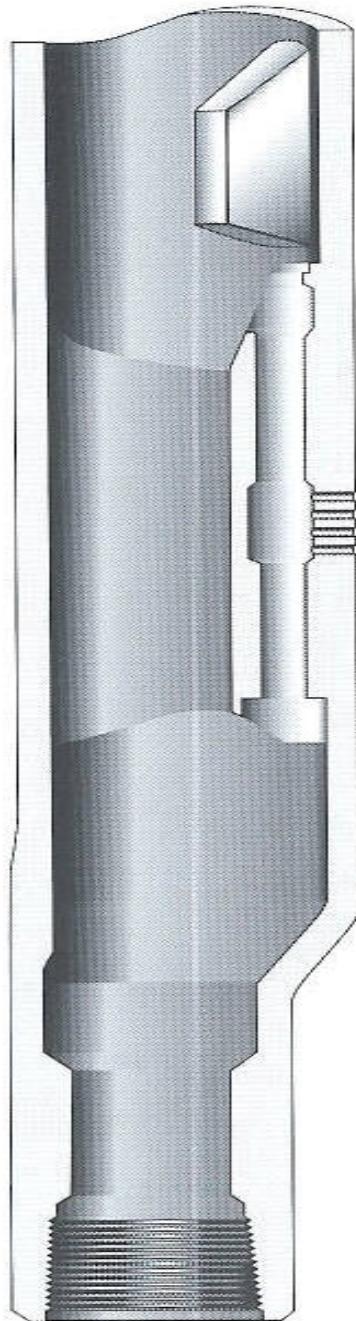
- Túi chứa chuyên dụng (mandrel)
- Van gaslift

## Hệ thống túi chuyên dụng (mandrel)

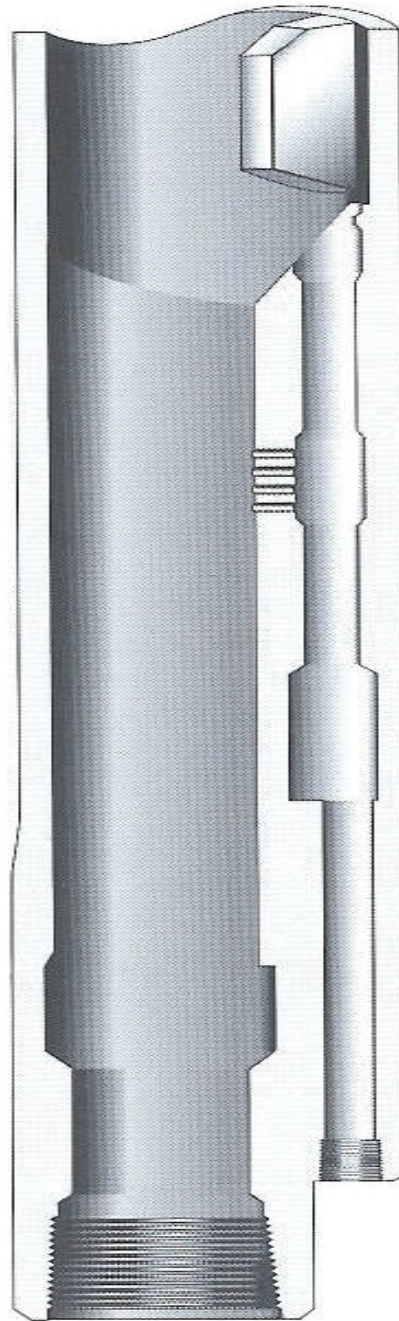
---

- ❖ Có nhiệm vụ lắp đặt các van chuyên dụng:
  - Van tuần hoàn
  - Van Gaslift
  - Van bơm hoá chất vào trong túi
  
- ❖ Có chức năng định hướng thiết bị lắp đặt và tháo dỡ các loại van chuyên dụng một cách chính xác và dễ dàng nhờ kỹ thuật cáp tời
  
- ❖ Do có cấu tạo không đồng tâm với OKT nên không ảnh hưởng đến dòng sản phẩm chuyển động lên.
  
- ❖ Cho phép các thiết bị kỹ thuật cáp tời và thiết bị nghiên cứu giếng sâu di chuyển lên xuống dễ dàng

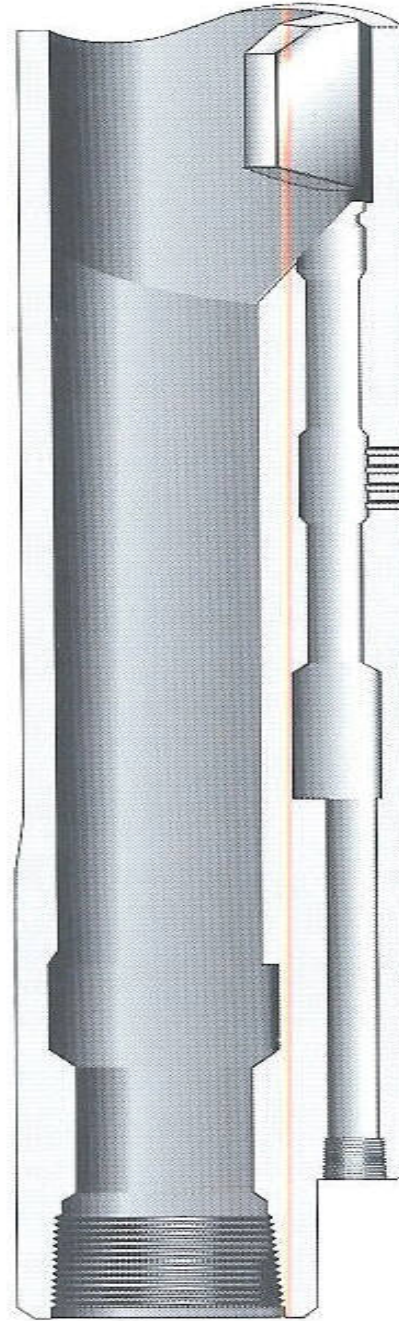




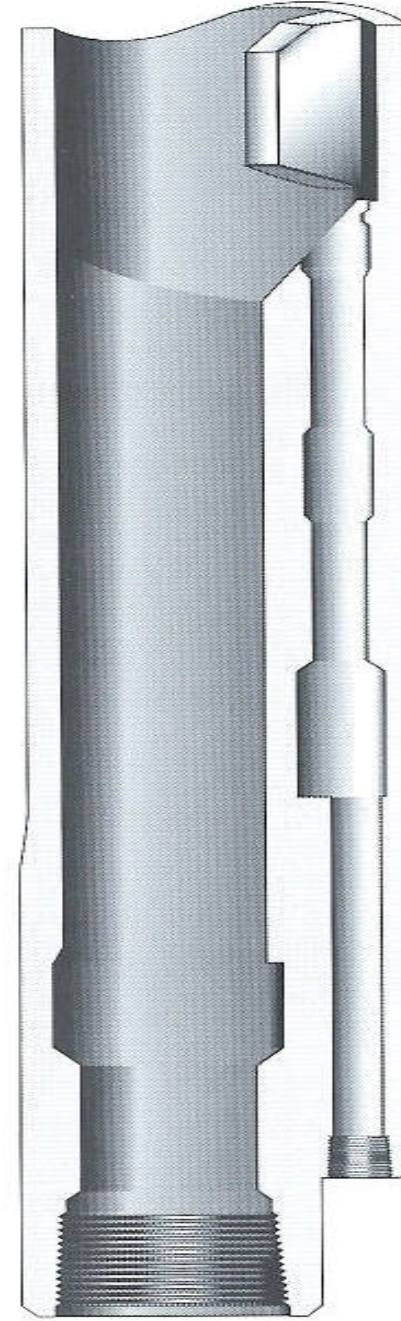
**Tubing Flow  
(Standard Configuration)**



**Casing Flow  
(EC Configuration)**

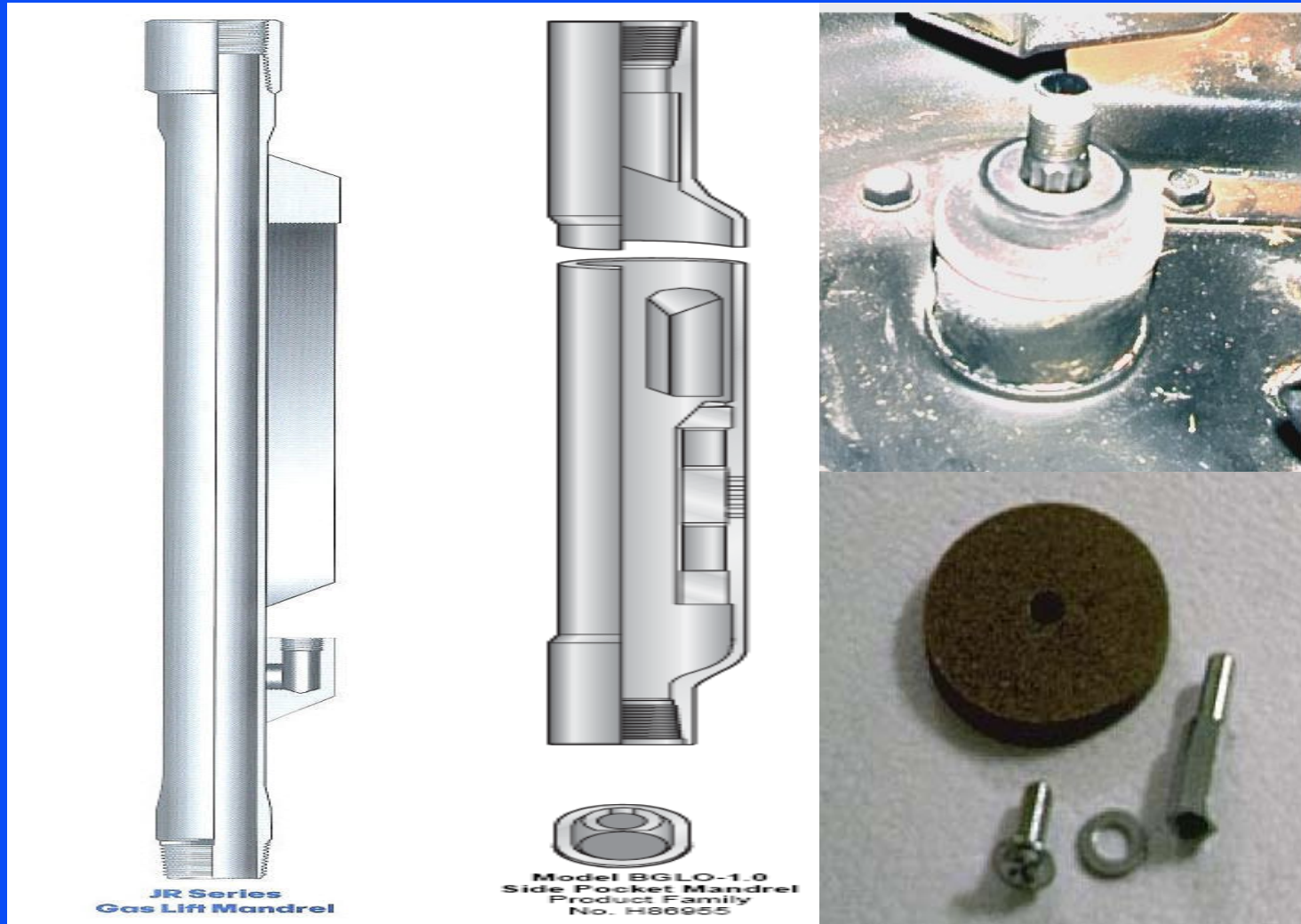


**Chamber Lift  
(E Configuration)**



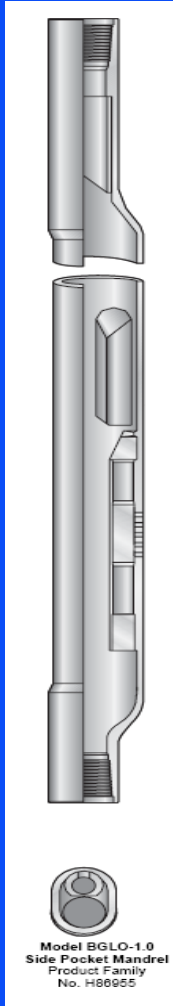
**Waterflood Injection  
(W Configuration)**

# Mandrel





## Loại có mặt cắt hình ovan (Oval body side pocket mandrel)



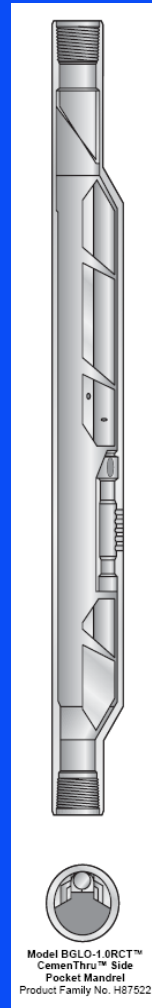
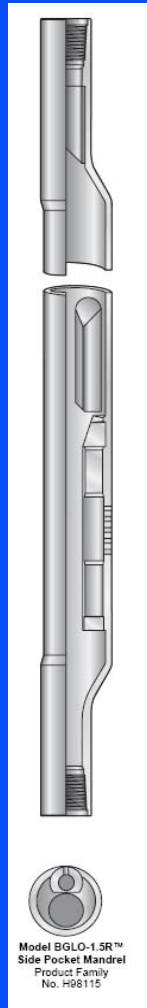
### Áp dụng:

- Là thiết bị điều khiển dòng chảy được lắp đặt và tháo dỡ dưới áp suất phương pháp địa vật lý chuẩn.
- Dùng trong giếng khoan thẳng hoặc nghiêng tùy thuộc loại mandrel.

### Lợi ích:

- Chiếm ít không gian hơn so với mặt cắt tròn nên có thể thả vào giếng có đường kính ống chống khai thác nhỏ hơn
- Không hiệu quả trong trường hợp khai thác với áp suất cao

## Loại có mặt cắt tròn (Round body side pocket mandrel)



### Áp dụng:

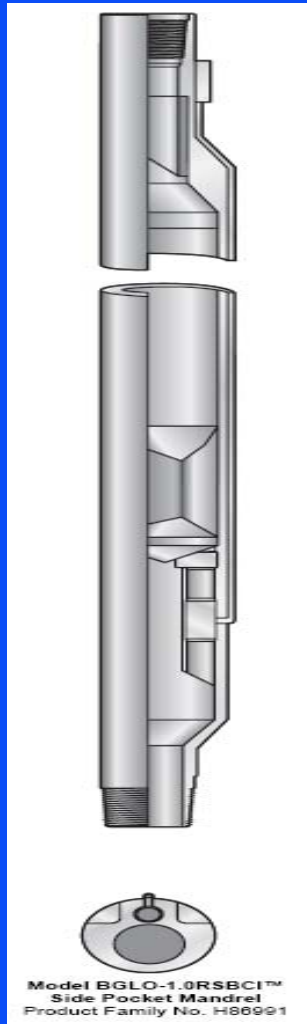
- Là thiết bị điều khiển dòng chảy được lắp đặt và tháo dỡ dưới áp suất phương pháp địa vật lý chuẩn.
- Dùng trong giếng khoan thẳng hoặc nghiêng tùy thuộc loại mandrel.

### Lợi ích:

- Có nhiều ưu điểm khi khai thác với áp suất cao
- Bị hạn chế trong việc khai thác với đường kính ống chống khai thác nhỏ



## Round solid body side pocket mandrel



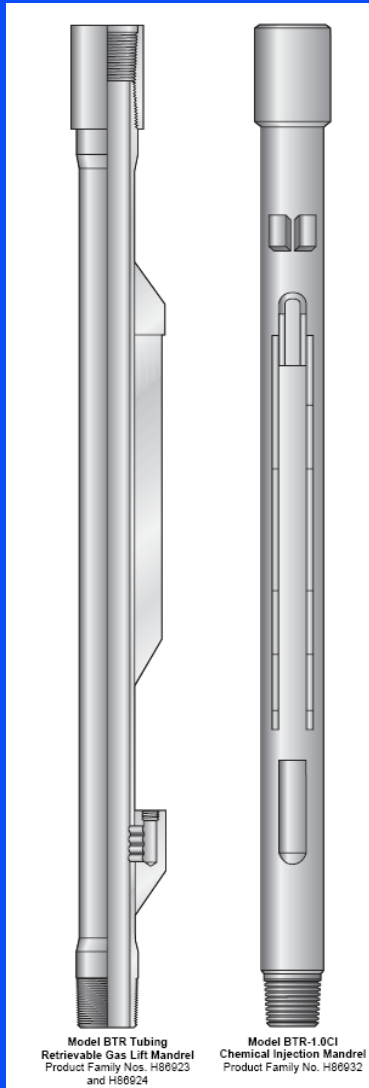
### Áp dụng:

- Là thiết bị điều khiển dòng chảy được lắp đặt và tháo dỡ dưới áp suất phương pháp địa vật lý chuẩn.
- Dùng trong giếng khoan thẳng hoặc nghiêng tùy thuộc loại mandrel.

### Lợi ích:

- Ống bọc định hướng mà ống này được nối phần cuối trên, cho phép xác định vị trí các thiết bị Kickover được canh hàng thẳng với túi của các thiết bị điều khiển dòng chảy đang hoạt động và đang kéo trong các giếng khoan có góc nghiêng lớn.
- Tương thích với các thiết bị điều khiển dòng chảy của các nhà sản xuất khác.

## TUBING RETRIEVABLE CONVENTIONAL MANDRELS



### Áp dụng:

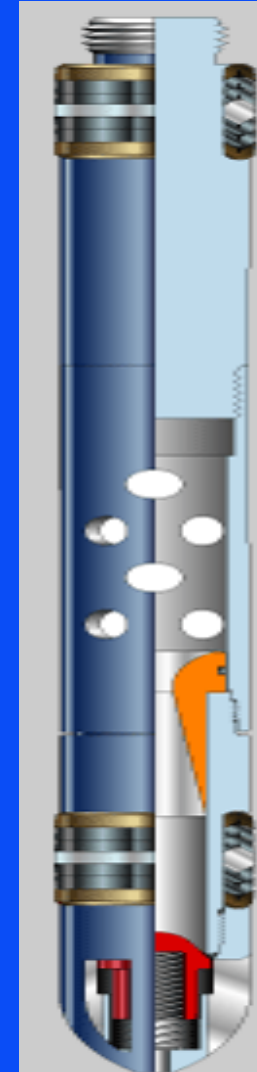
- Thiết bị điều khiển được cài đặt bằng việc vít mỏng nó gắn trong giá đỡ áp suất dọc NPT có kích thước 12.7 mm, nó được gắn tại đáy của mandrel.
- Với quá trình hoạt động dòng chảy trong ống khai thác, dòng chảy đi vào lỗ thông của thiết bị điều khiển dòng chảy, xuống giá đỡ áp suất và vào mandrel thông qua các lỗ thông của nó (lỗ thông giao tiếp với ống khai thác).

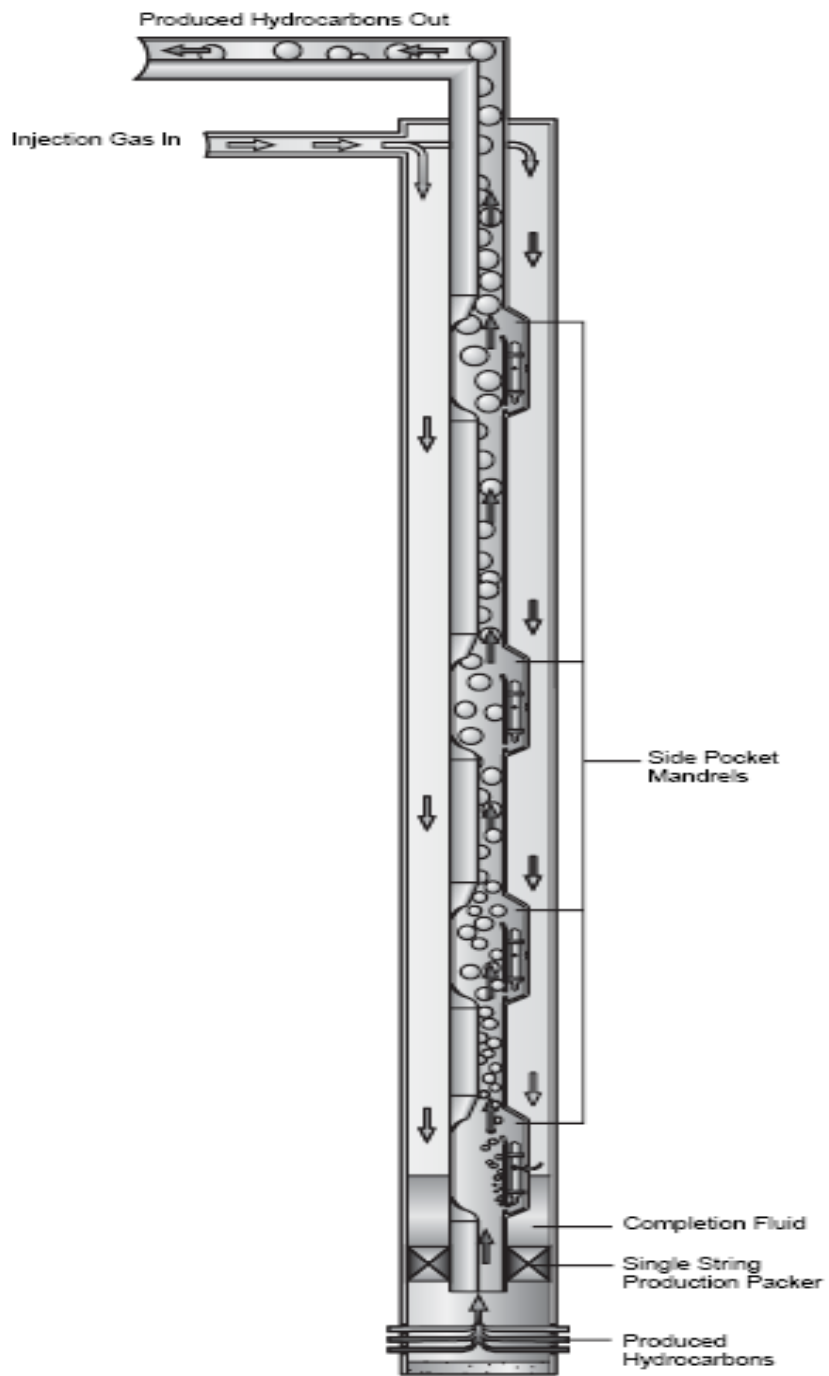
### Lợi ích:

- Làm giảm vận tốc va đập của khí với thành mandrel.
- Việc tự bảo vệ kích cỡ quá nặng là bọc kim loại bên ngoài của mandrel chống sự phá hủy khi cài đặt trong quá trình hoàn thiện giếng.
- Tương thích với các thiết bị điều khiển dòng chảy của các nhà sản xuất khác.

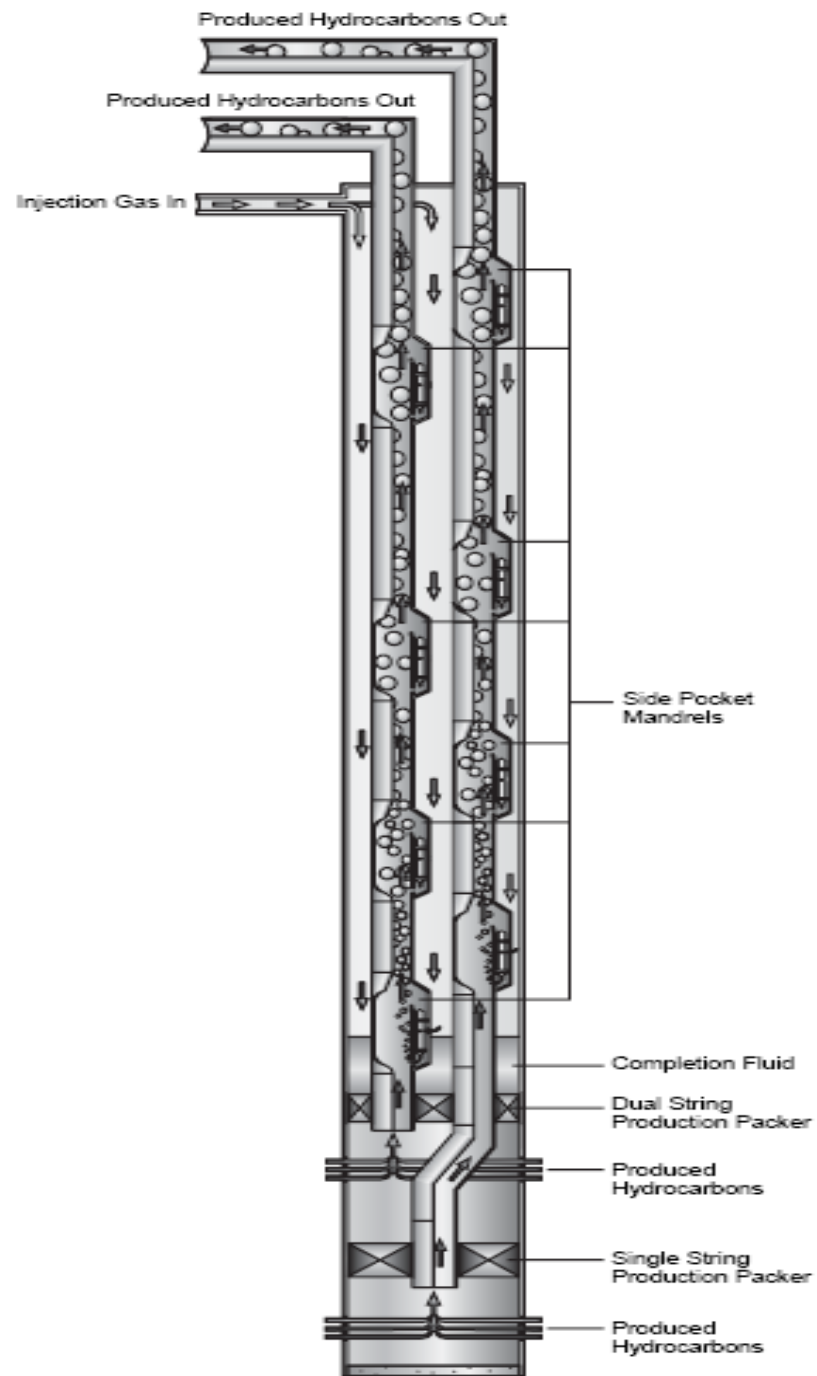
## Van gaslift

- Được đặt trong mandrel ở độ sâu thiết kế nhằm khí hoá cột chất lỏng phía trên van
- Van có cấu tạo đặc biệt cho phép điều khiển quá trình đóng mở van một cách dễ dàng nhờ áp suất khí nén hay bằng áp suất cột chất lỏng khai thác





**Single Gas Lift Installation**



**Dual Gas Lift Installation**

## Cấu tạo của van gaslift

---

Van gaslift được cấu tạo chủ yếu từ những bộ phận sau:

- Thân van
- Buồng chứa khí nitơ
- Ti van
- Lỗ dẫn khí

# Van gaslift

---

## Chức năng của van gaslift

- Tự động đóng mở, cách ly hoặc khai thông vùng không gian bên ngoài và bên trong ống nâng
- Giảm áp suất khởi động → tăng hiệu quả sử dụng năng lượng của thiết bị nén khí (cùng công suất máy nén khí, chiều sâu khí nén vào ống nâng tăng lên)

# Phân loại van gaslift

---

Theo chế độ làm việc chia ra:

- Van gaslift định kỳ
- Van gaslift liên tục
- Theo chức năng chia ra:
  - Van gaslift khởi động
  - Van gaslift làm việc
- Theo nguyên lý làm việc chia ra:
  - Van gaslift điều khiển bằng áp suất
  - Van gaslift đóng mở nhờ sự chênh áp
  - Van gaslift đóng mở bằng cơ học
- Theo cấu trúc chia ra:
  - Van gaslift dạng buồng khí
  - Van gaslift dạng lò xo
  - Van gaslift dạng kết hợp
- Theo phương pháp lắp đặt chia ra:
  - Loại cố định
  - Loại có thể tháo mở
- Theo thiết bị lắp đặt chia ra:
  - Loại lắp đặt nhờ dụng cụ cáp tời
  - Loại lắp đặt nhờ thủy lợi

## Phân loại theo chức năng

---

### Van gaslift khởi động:

- Dùng để tăng độ sâu dẫn khí vào cột OKT bằng cách lần lượt khí hoá cột chất lỏng bắt đầu từ van trên cùng
- Các van gaslift khởi động sẽ lần lượt đóng cho đến khi khí đi vào van gaslift làm việc
- Khi đưa giếng vào hoạt động ổn định, tất cả các van gaslift khởi động phải đóng kín
- Có thể dùng cho cả giếng khai thác liên tục và giếng khai thác định kì

### Van gaslift làm việc:

- Dẫn khí vào cột OKT, duy trì quá trình khí hóa cột chất lỏng liên tục
- Phụ thuộc vào độ chênh lệch áp suất của khí nén và của cột chất lỏng tại nơi đặt van mà van gaslift làm việc có thể tự điều chỉnh lượng khí nén theo yêu cầu



## Phân loại theo nguyên lý hoạt động

---

- ❖ Van gaslift điều khiển bằng áp suất: quá trình đóng mở van được điều khiển bằng áp suất của khí nén hay áp suất của cột chất lỏng khai thác
- ❖ Van gaslift điều khiển bằng chênh áp: quá trình đóng mở van được điều khiển bằng độ chênh áp của cột chất lỏng khai thác và khí nén
- ❖ Van gaslift cơ học: ít được sử dụng do chưa hoàn thiện về cấu tạo và bất tiện về điều khiển. Quá trình đóng mở phụ thuộc vào tác động cơ học từ trên bề mặt

## Phân loại theo cấu trúc

---

- ❖ Van gaslift dạng buồng chứa khí Nitơ: Tác nhân để đóng loại van này là do lực áp suất của khí Nitơ nén trong buồng chứa khí
- ❖ Van Gaslift dạng lò xo: Tác nhân để đóng loại van này là do lực đàn hồi của lò xo thay vì khí Nitơ nén trong buồng chứa khí
- ❖ Van gaslift dạng kết hợp: Tác nhân đóng van của loại van này là do tổng hợp lực đàn hồi của lò xo và lực áp suất nén của khí Nitơ trong buồng chứa khí

# Phân loại theo phương pháp lắp đặt

---

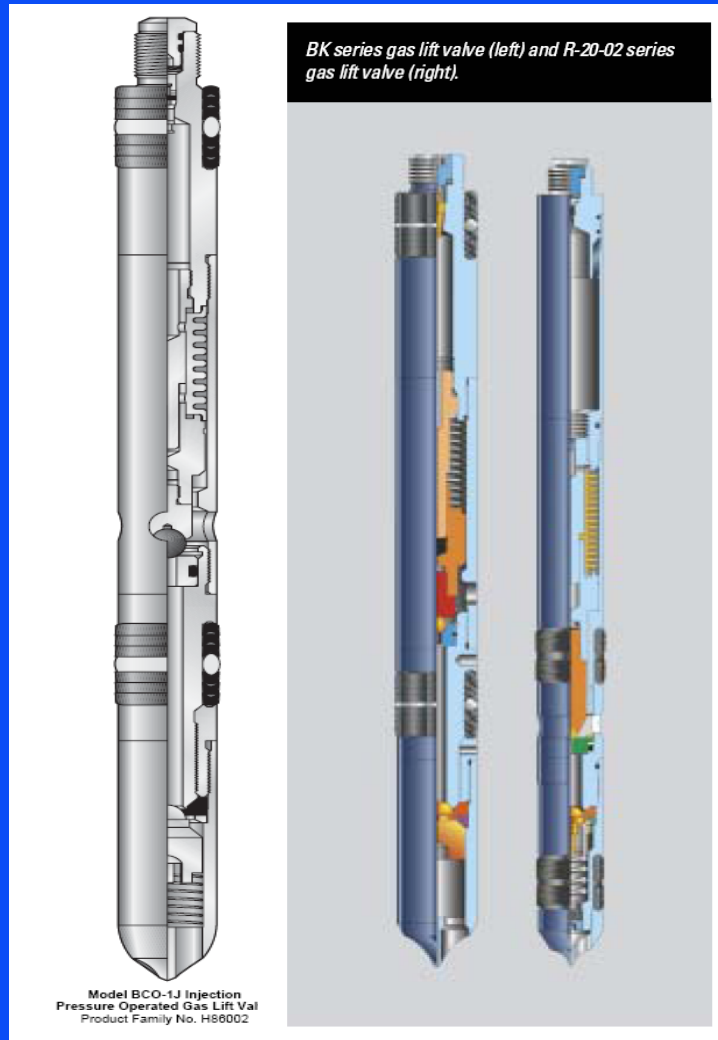
## Van gaslift cố định:

- Được lắp đặt ngay trên cột OKT và thả cùng với cột OKT vào giếng
- Hiện nay hầu như không được sử dụng vì tính bất tiện do phải tiến hành quá trình kéo-thả toàn bộ cột OKT để tháo dỡ van

## Van gaslift có thể tháo dỡ:

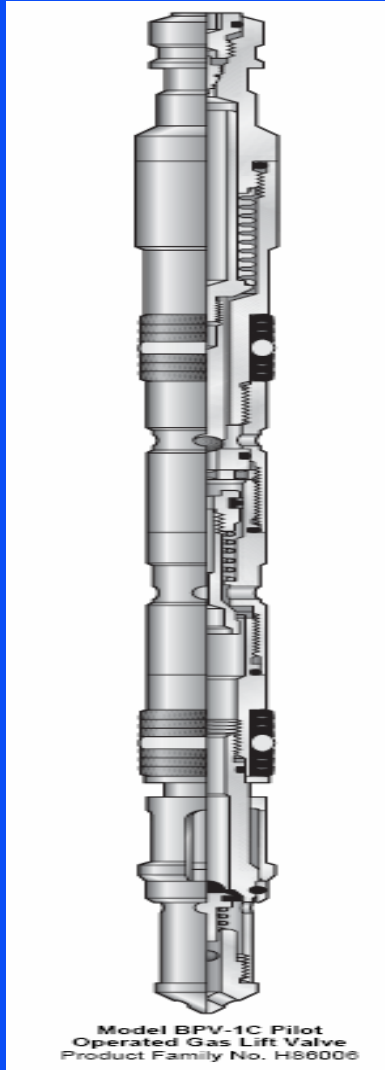
- Được lắp đặt vào mandrel nhờ kỹ thuật cáp tời
- Túi chứa được nối và thả cùng cột OKT vào giếng theo chiều sâu thiết kế. Sau đó van gaslift được lắp đặt hay tháo dỡ để thay thế nhờ kỹ thuật cáp tời mà không cần phải kéo thả toàn bộ cột OKT

# INJECTION PRESSURE OPERATED GASLIFT VALVES



- Dùng trong giếng khai thác gaslift liên tục hoặc định kì
- Được điều khiển bằng áp suất khí nén
- Lắp vào bên trong mandrel, dùng để kiểm soát khí nén và dòng chảy từ KKVX vào cột OKT
- Gồm 1 buồng kín, với 3 lớp ống xếp chứa khí  $N_2$  được nạp trước-cung cấp lực đóng cho van, khi áp suất khí nén vượt quá lực đóng của van, ống xếp bị nén lại, cho phép khí đẩy qua van
- Được chế tạo bằng thép không gỉ hoặc hợp kim Nikel để chống lại sự ăn mòn của  $CO_2$  và  $H_2S$  trong giếng

# PILOT OPERATED GAS LIFT VALVES



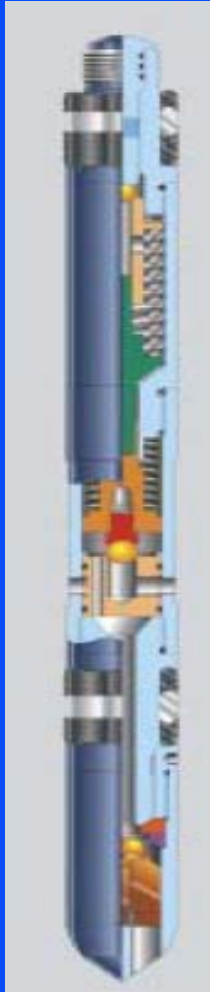
- Dùng trong giếng khai thác gaslift định kỳ
- Được điều khiển bằng áp suất khí bơm ép
- Dùng để điều khiển dòng khí vào cột OKT trong suốt quá trình khai thác gaslift định kỳ
- Van được thiết kế với 1 khoang kín, gồm 3 lớp, chứa khí  $N_2$  được nạp trước – cung cấp lực đóng cho van, khi áp suất khí bơm ép vượt quá lực đóng van, ống xếp bị nén lại, khí sau khi qua vị trí này, bị nén bởi piston, nên sẽ cho phép 1 lượng lớn khí bơm ép nhanh vào cột OKT
- Được chế tạo bằng thép không gỉ hoặc hợp kim Nikel để chống lại sự ăn mòn của  $CO_2$  và  $H_2S$  trong giếng



Model BOF-1.5H Wireline  
Retrievable Orifice Valve  
Product Family No. H86009

- Dùng để điều khiển khí nén hoặc chất lưu từ khoảng không vành xuyên vào cột OKT
- Được dùng ở những nơi có áp suất điều khiển không được như mong muốn và được thiết kế khi áp suất cột ống chống và OKT đã xác định.
- 1 thiết bị van kiểm tra sẽ ngăn không cho dòng chảy ngược qua van
- Được chế tạo bằng thép không gỉ hoặc hợp kim Nikel để chống lại sự ăn mòn của  $\text{CO}_2$  và  $\text{H}_2\text{S}$  trong giếng

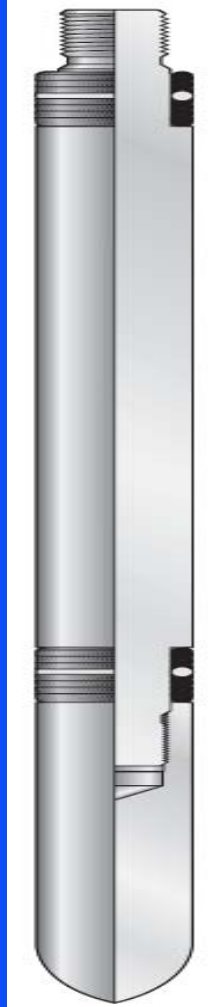
## Production-Pressure-Operated Gas Lift Valves



- Dùng trong khai thác gaslift liên tục hoặc định kì. Là lựa chọn tuyệt vời cho những nơi áp suất khí bơm ép thấp hoặc không ổn định
- Được điều khiển chính bằng áp suất của dòng chất lưu khai thác
- Được lắp vào mandrel và dùng để kiểm soát khi dòng khí đi vào chất lưu khai thác
- Được thiết kế với 1 ống xếp chứa 1 lò xo nén – cung cấp lực đóng cho van. Khi áp suất vượt quá lực đóng của lò xo, ống xếp bị nén lại và cho phép khí đi qua van
- Không bị ảnh hưởng bởi  $t^0$  ở đáy lỗ khoan và thiết bị chống chảy ngược sẽ kiểm soát không cho chất lưu khai thác chảy ngược qua van
- Được chế tạo bằng thép không gỉ hoặc hợp kim Nikel để chống lại sự ăn mòn của  $CO_2$  và  $H_2S$  trong giếng

## DUMMY VALVES

---



- Được lắp vào bên trong của mandrel như 1 thiết bị cô lập, giữ cho mandrel bịt kín lỗ khoan từ lưu chất khai thác cho đến khi chúng di chuyển xong
- Được chế tạo bằng thép không gỉ hoặc hợp kim Nikel để chống lại sự ăn mòn của  $\text{CO}_2$  và  $\text{H}_2\text{S}$  trong giếng

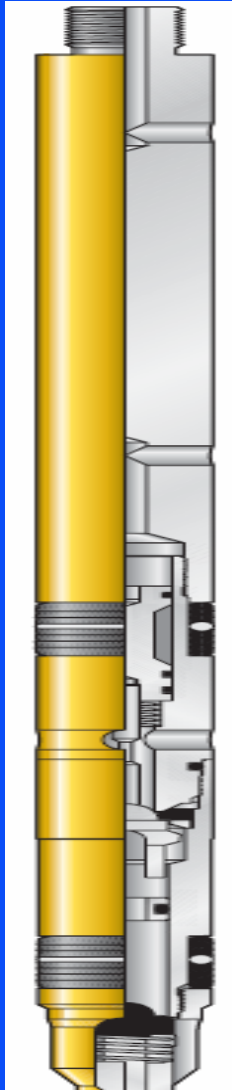


## EQUALIZING DUMMY VALVES



- ❖ Được lắp vào bên trong mandrel như là 1 thiết bị tách cân bằng
- ❖ Được sử dụng khi tồn tại sự chênh lệch áp suất lớn giữa cột OKT và KKVX, nếu sự chênh lệch áp suất ở cửa của mandrel gây ra sự mất cân bằng đột ngột của lưu chất có thể gây nguy hiểm cho các thiết bị trong giếng
- ❖ Được chế tạo bằng thép không gỉ hoặc hợp kim Nikel để chống lại sự ăn mòn của  $\text{CO}_2$  và  $\text{H}_2\text{S}$  trong giếng

## SHEAR ORIFICE VALVES



- Dùng để điều khiển dòng khí hoặc chất lưu từ KKVX vào cột OKT, và hoạt động như 1 dummy valve trước khi nó hoạt động
- Được sử dụng khi cần đạt được sự chênh lệch áp suất giữa KKVX và cột OKT, van chỉ mở ra khi áp suất của KKVX tăng lên và lớn hơn áp suất cột OKT
- Được chế tạo bằng thép không gỉ hoặc hợp kim Nikel để chống lại sự ăn mòn của CO<sub>2</sub> và H<sub>2</sub>S trong giếng

## CIRCULATING VALVES



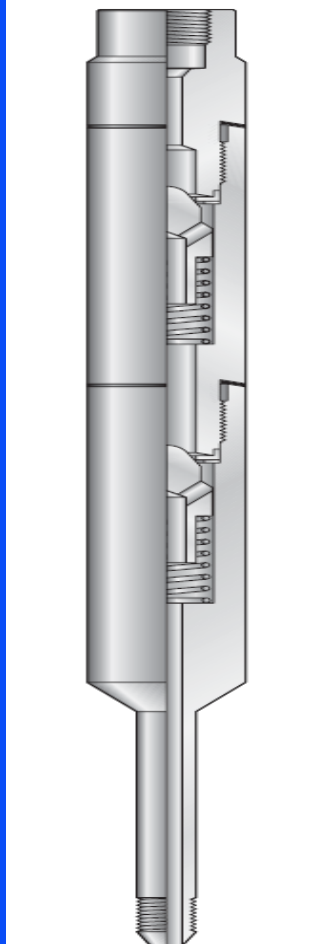
- Sử dụng nhằm tạo sự liên hệ giữa vùng KKVX và bên trong cột OKT
- Được lắp đặt vào bên trong của mandrel để ngăn cản dòng khí hoặc chất lưu gây hại cho mandrel trong suốt quá trình tuần hoàn với tốc độ cao
- Được chế tạo bằng thép không gỉ hoặc hợp kim Nikel để chống lại sự ăn mòn của CO<sub>2</sub> và H<sub>2</sub>S trong giếng

# CHEMICAL INJECTION VALVES



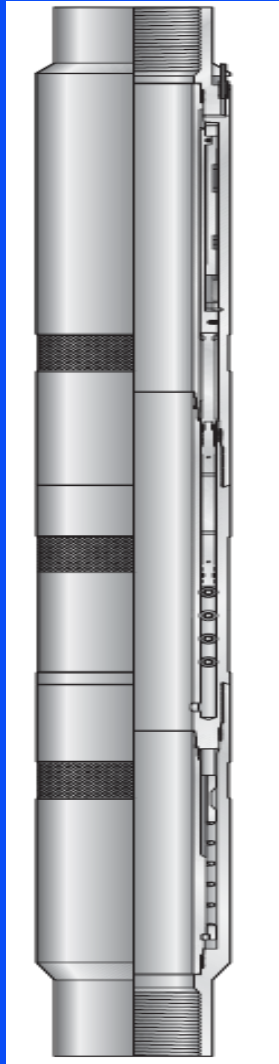
- Dùng để kiểm soát chất lưu chảy vào trong cột OKT, để kiểm soát sự ăn mòn trong giếng, xử lý parafin, muối hoà tan và ngăn cản quá trình hydrate trong giếng
- Được thiết kế với 1 lò xo làm bằng hợp kim Nikel – cung cấp lực đóng cho van
- Lò xo nén cho phép thay đổi áp suất làm việc từ 500 – 4000 psi
- Được chế tạo bằng thép không gỉ hoặc hợp kim Nikel để chống lại sự ăn mòn của CO<sub>2</sub> và H<sub>2</sub>S trong giếng

## CHEMICAL INJECTION CHECK VALVES



- Ngăn cản không cho dòng khí hoặc chất lưu chảy ngược từ cột OKT vào không vành xuyên, được lắp đặt ở bên ngoài mandrel
- Có thể sử dụng một mình hoặc liên kết với 1 van cơ học tăng khả năng bảo vệ
- Được chế tạo bằng thép không gỉ hoặc hợp kim Nikel để chống lại sự ăn mòn của CO<sub>2</sub> và H<sub>2</sub>S trong giếng

## HYDRAULIC MULTI-POSITION GAS LIFT VALVE



- Dùng để kiểm soát thể tích khí hoặc chất lưu từ khoảng không vành xuyên vào cột OKT
- HMPGLV cần 1 đường điều khiển nước đơn. Loại van này có thể chạy được cả ở vị trí đóng hoặc mở

## REVERSE FLOW CHECK VALVES



- Là loại van dùng để ngăn cách không cho dòng khí hoặc chất lưu đi ngược trở lại khoảng không vành xuyên và được lắp đặt bên ngoài mandrel
- Được chế tạo bằng thép không gỉ hoặc hợp kim Nikel để chống lại sự ăn mòn của CO<sub>2</sub> và H<sub>2</sub>S trong giếng

## WIRELINE RETRIEVABLE GAS LIFT VALVES

Equipment Category	Valve Size		Valve Model	Compatible Latch	Product Family No.	Continuous Lift or Injection	Intermittent Lift or Injection	Injection Pressure Operated	Production Pressure Operated	Pilot Valve	High Volume Throughput	Integral Reverse Flow Check	Isolation		
	in.	mm													
Gas Lift Valves	1.00	25.4	BCO-1	BK-2	H86002	✓	✓	✓				✓			
			BCO-1C	Integral Bottom Collet		✓	✓	✓				✓			
			BFO-1	BK-2	H86004	✓	✓		✓				✓		
			BPV-1C	Integral Bottom Collet	H86006		✓	✓		✓					
	1.50	38.1	BCO-1.5	RA, RK	H86003	✓	✓	✓					✓		
			BPV-1.5	RA, RK	H86007		✓	✓		✓					
Gas Lift Orifice Valves	1.00	25.4	BOF-1	BK-2	H86008	✓							✓		
			BOF-1C	Integral Bottom Collet		✓								✓	
			BOF-1H	BK-2		✓						✓	✓		
	1.50	38.1	BOF-1.5	RA, RK	H86009	✓							✓	✓	
			BOF-1.5H	RA, RK		✓						✓	✓		
Dummy Valves	1.00	25.4	BDY-1	BK-2	H86010									✓	
			BDY-1C	Integral Bottom Collet											✓
	1.50	38.1	BDY-1.5	RA, RK	H86011									✓	
Equalizing Dummy Valves	1.00	25.4	BED-1	Integral	H86012									✓	
	1.50	38.1	BED-1.5	Integral	H86013									✓	
Shear Orifice Valves	1.00	25.4	BSO-1	BEK-2	H86014	✓		✓					✓	✓	
	1.50	38.1	BSO-1.5	RKP	H86015	✓		✓					✓	✓	
Circulating Valves	1.00	25.4	BCV-1	BEK-2	H86016	✓									
			BCV-1DC	BEK-2		✓							✓		
	1.50	38.1	BCV-1.5	RKP	H86017	✓									
			BCV-1.5DC	RKP		✓							✓		
Chemical Injection Valves	1.00	25.4	BCI-1	BK-2	H86018	✓		✓					✓		
	1.50	38.1	BCI-1.5	RA, RK	H86019	✓		✓					✓		



## TUBING RETRIEVABLE GAS LIFT VALVES

Equipment Category	Valve Size		Valve Model	Product Family No.	Continuous Lift or Injection	Intermittent Lift or Injection	Injection Pressure Operated	Production Pressure Operated	Pilot Valve	High Volume Throughput	Integral Reverse Flow Check
	in.	mm									
Gas Lift Valves	1.00	25.4	BCCO-1	H86101	✓	✓	✓				
	1.50	38.1	BCCO-1.5	H86102	✓	✓	✓				
Gas Lift Check Valves	1.00	25.4	BCCK-1	H86122	✓					✓	✓
	1.50	38.1	BCCK-1.5	H86123	✓					✓	✓
Chemical Injection Valves	1.00	25.4	BCCI-1	H86103	✓						✓
Chemical Injection Check Valves	1.00	25.4	BCCICK-1	H86120	✓						✓
			BCCICK-1DC		✓						✓
			BCCICK-1HP		✓						✓
			BCCICK-1DCHP		✓						✓

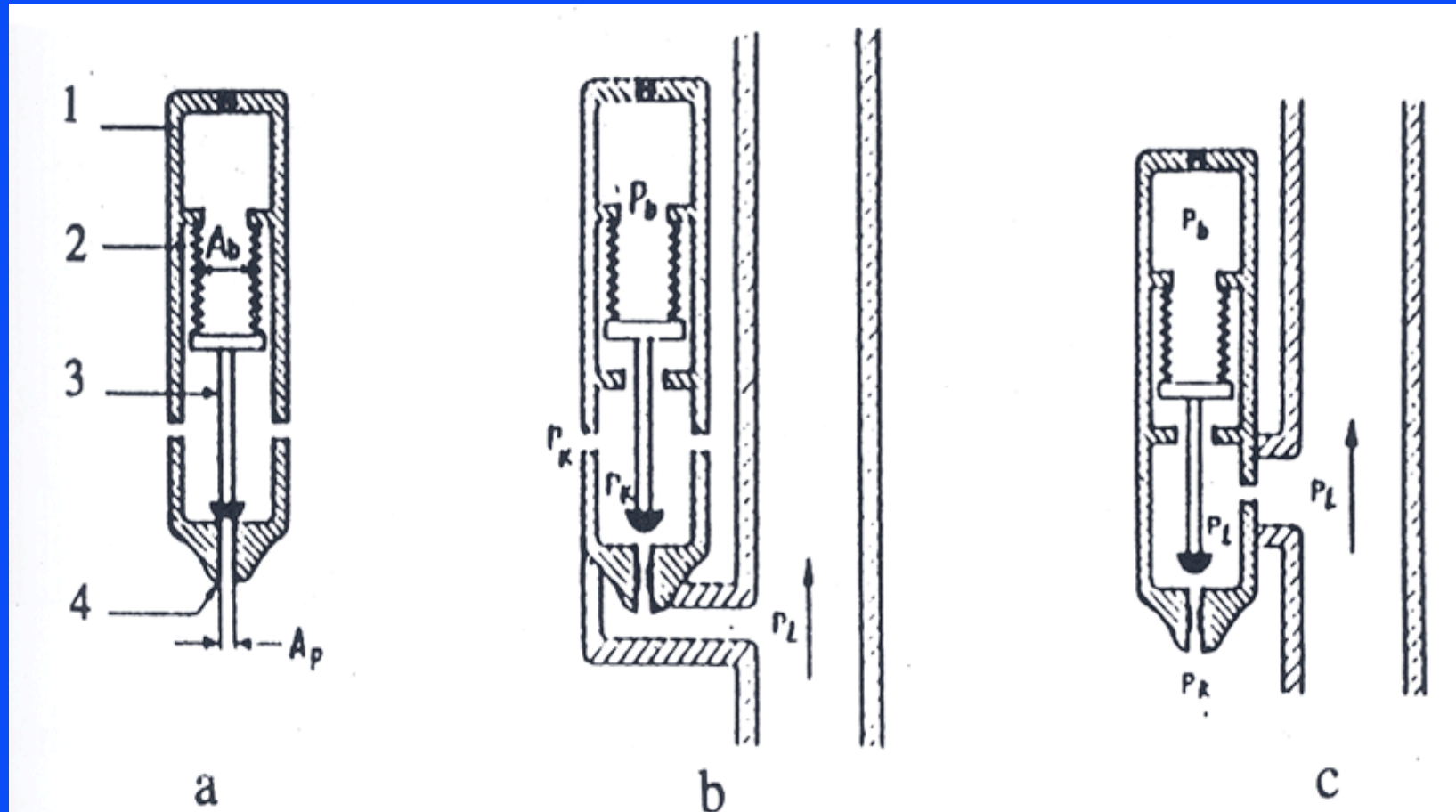
# Nguyên tắc hoạt động của van gaslift

---

## Khái niệm chung

- Thường sử dụng van gaslift dạng buồng khí nén
- Buồng khí nén là bộ phận quan trọng nhất của van
- Van gaslift dạng buồng khí nén có 3 chi tiết quan trọng sau:
  - Tiết diện buồng khí nén  $A_b$
  - Tiết diện của lỗ dẫn khí  $A_p$
  - Tiết diện hiệu dụng của buồng khí nén  $A_b - A_p$
- Trên cơ sở các tiết diện trên ta có các khái niệm:
  - Yếu tố buồng khí nén:  $F_b = A_b / (A_b - A_p)$
  - Yếu tố lỗ dẫn khí:  $F_p = A_p / (A_b - A_p)$

# Nguyên tắc hoạt động của van gaslift



1- Thân van

2- Buồng chứa khí nitơ

3- Ti van

4- Lỗ dẫn khí

## Nguyên tắc hoạt động của van gaslift kiểu buồng chứa khí nitơ điều khiển bằng áp suất khí nén

---

Phương trình cân bằng áp suất khi mở van: khi van chuẩn bị mở ta có phương trình cân bằng lực:

$$P_{km}(A_b - A_p) + P_{lm} A_p = P_b A_b \quad (1)$$

m: chỉ trạng thái van khi chuẩn bị mở

Nếu van gaslift kiểu kết hợp (có lò xo hỗ trợ lực đóng van) thì phương trình trở thành:

$$P_{km}(A_b - A_p) + P_{lm} A_p = P_b A_b + P_{lx}(A_b - A_p) \quad (2)$$

$P_{lx}$ : áp suất đàn hồi của lò xo

## Nguyên tắc hoạt động của van gaslift kiểu buồng chứa khí nitơ điều khiển bằng áp suất khí nén

Chia (1) và (2) cho  $(A_b - A_p)$ , đồng thời thay các yếu tố buồng chứa khí nitơ  $F_b = A_b / (A_b - A_p)$  và yếu tố lỗ dẫn khí  $F_p = A_p / (A_b - A_p)$  ta có pt:

$$P_{km} + P_{lm} F_p = P_b F_b$$

$$P_{km} + P_{lm} F_p = P_b F_b + P_{lx}$$

Khi biết áp suất  $P_{km}$ ,  $P_{lm}$ , áp suất cần nạp vào buồng khí nén có dạng:

$$P_b = (P_{km} + P_{lm} F_p - P_{lx}) / F_b$$

Hoặc từ (1) ta có:

$$P_b = P_{km} - (P_{km} - P_{lm}) A_p / A_b$$

## Phương trình cân bằng áp suất khi đóng van

---

Khi van chuẩn bị đóng ta có pt cân bằng lực:

$$P_{kd}(A_b - A_p) + P_{kd}A_p = P_b A_b$$

Ký hiệu d chỉ trạng thái van chuẩn bị đóng

Nếu van Gaslift kiểu kết hợp thì:

$$P_{kd}(A_b - A_p) + P_{kd}A_p = P_b A_b + P_{lx} (A_b - A_p)$$

Có thể đưa ra công thức xác định áp suất đóng theo công thức mở hay ngược lại:

$$P_{kd} = P_{km} - (P_{km} - P_{lm})A_p/A_b$$

## Nguyên tắc của van gaslift kiểu buồng chứa khí nitơ điều khiển bằng áp suất cột chất lỏng

---

Phương trình cân bằng áp suất khi mở van:

$$P_{lm}(A_b - A_p) + P_{km}A_p = P_bA_b \quad (*)$$

Trong đó m chỉ trạng thái van chuẩn bị mở

Nếu van gaslift kiểu kết hợp thì ta có:

$$P_{lm}(A_b - A_p) + P_{km}A_p = P_bA_b + P_{lx}(A_b - A_p) \quad (**)$$

## Nguyên tắc của van gaslift kiểu buồng chứa khí nitơ điều khiển bằng áp suất cột chất lỏng

---

Chia (\*) và (\*\*) cho  $(A_b - A_p)$ , đồng thời thay yếu tố buồng chứa khí nitơ  $F_b = A_b / (A_b - A_p)$  và yếu tố lỗ dẫn khí  $F_p = (A_b - A_p)$  ta có:

$$P_{lm} + P_{km} F_b = P_b F_b$$

$$P_{lm} + P_{km} F_b = P_b F_b + P_{lx}$$

Khi biết áp suất  $P_{km}$  và  $P_{lm}$ , áp suất cần nạp vào buồng khí nén có dạng:

$$P_b = (P_{lm} + P_{km} F_p - P_{lx})$$



## Phương trình cân bằng áp suất khi đóng van

---

Khi van chuẩn bị đóng thì pt cân bằng lực:

$$P_{ld}(A_b - A_p) + P_{ld}A_p = P_b A_b$$

Ký hiệu d chỉ trạng thái van khi chuẩn bị đóng

Nếu van gaslift kiểu kết hợp ta có:

$$P_{ld}(A_b - A_p) + P_{ld}A_p = P_b A_b + P_{lx}(A_b - A_p)$$

Ta có các phương trình tương đương:

$$P_{ld} = P_b$$

$$P_{ld} = P_b + P_{lx} / F_b$$

Kết hợp hai công thức tính áp suất đóng và áp suất mở van ta có:

$$P_{ld} = P_{lm} - (P_{lm} - P_{km}) A_p / A_b$$

## Nhận xét

---

- Van chỉ đóng lại khi áp suất cột chất lỏng cao hơn giá trị cần thiết để mở van
- Trong thực tế khai thác dầu bằng gaslift, van gaslift loại buồng chứa khí nitơ điều khiển bằng cột áp suất chất lỏng thường được sử dụng kiểu kết hợp

## Nguyên tắc nạp khí cho van gaslift kiểu buồng chứa khí nitơ

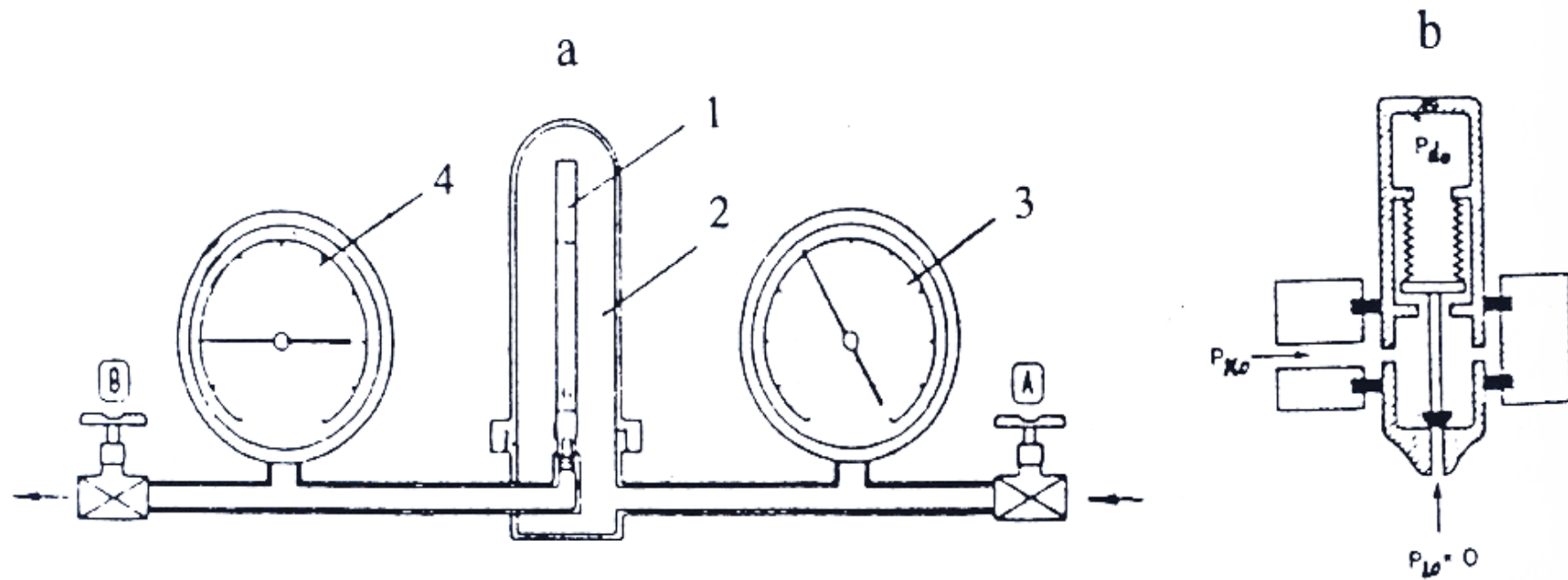
---

- Quá trình nạp khí và hiệu chỉnh cho đúng với giá trị thiết kế được tiến hành ở trạm nạp khí và thử van gaslift
- Áp suất nạp cho buồng chứa khí nitơ thường được hiệu chỉnh nhờ giá trị áp suất nạp biểu kiến
- Trên cơ sở công thức xác định áp suất mở van ta có:

$$P_{ko}(A_b - A_p) + 0 = P_{bo}A_b + P_{lx}(A_b - A_p)$$

$$P_{ko} = F_b P_{bo} + P_{lx}$$

$P_{bo}$  - áp suất cần nạp vào buồng khí nitơ ở 15.5°C



## Sơ đồ nguyên lý cấu tạo của trạm nạp khí và thử van gaslift

1- Van gaslift

2- Buồng thử áp suất

3-4 Áp kế

## Nguyên tắc nạp khí cho van gaslift kiểu buồng chứa khí nitơ

---

- Đối với van gaslift loại buồng chứa khí nitơ điều khiển bằng áp suất cột chất lỏng,  $P_{bo} = 0$  nên:  $P_{ko} = P_{lx}$
- Do lực đàn hồi không bị ảnh hưởng bởi yếu tố nhiệt độ của các giếng khai thác nên:  $P_{ko} = P_{lm} + P_{km} F_b$

## Nguyên tắc nạp khí cho van gaslift kiểu buồng chứa khí nitơ

Đối với van gaslift có nạp khí nitơ vào buồng khí, nghĩa là  $P_{bo}$  khác không:

Hệ số điều chỉnh nhiệt độ  $C_t = P_b / P_{bo}$

$$C_t = [460 + (1.8t + 32)]z_1 / 520z_{15}$$

t- nhiệt độ tại độ sâu đặt van

$z_1$  và  $z_{15}$ - hệ số nén của nitơ ở điều kiện nhiệt độ t và ở 15.5°C

Lúc này giá trị áp suất nạp biểu kiến:

$$P_{ko} = (P_{km} + P_{lm} F_b) / C_t$$

## Ảnh hưởng của nhiệt độ tới các thông số làm việc của van gaslift

---

Thể hiện qua thông số hiệu chỉnh nhiệt độ  $C_t$

Tồn tại 2 chế độ nhiệt khác nhau phụ thuộc vào giếng làm việc hay ngừng:

- Nếu giếng không hoạt động thì đường phân bố nhiệt độ dọc theo thân giếng tương tự như đường phân bố địa nhiệt
- Nếu giếng tự phun thì đường phân bố địa nhiệt phụ thuộc vào: trường địa nhiệt, lưu lượng khai thác, kích thước ống khai thác, độ ngậm nước....
- Tương tự đối với giếng khai thác bằng gaslift

Đối với giếng khai thác bằng gaslift, van gaslift còn chịu ảnh hưởng bởi hiệu ứng làm lạnh do khí nén giãn nở ra khi đi qua van.

---

## Ảnh hưởng của đường kính lỗ van gaslift lên lượng khí nén

Lưu lượng khí nén qua van gaslift được xác định:

$$q_k = \frac{438.3d^2 P_1}{\sqrt{\rho_{kr}(273+t)}} \sqrt{\frac{k}{k-1} \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{2}{k}} - \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}$$

k- hệ số nở đoạn nhiệt của khí được xác định  $k = C_v/C_p$

$C_v$  và  $C_p$  là nhiệt dung riêng của khí khi thể tích và áp suất không thay đổi tương ứng:

- $P_1$  và  $P_2$  – áp suất trước và sau lỗ dẫn khí
- d- đường kính lỗ dẫn khí



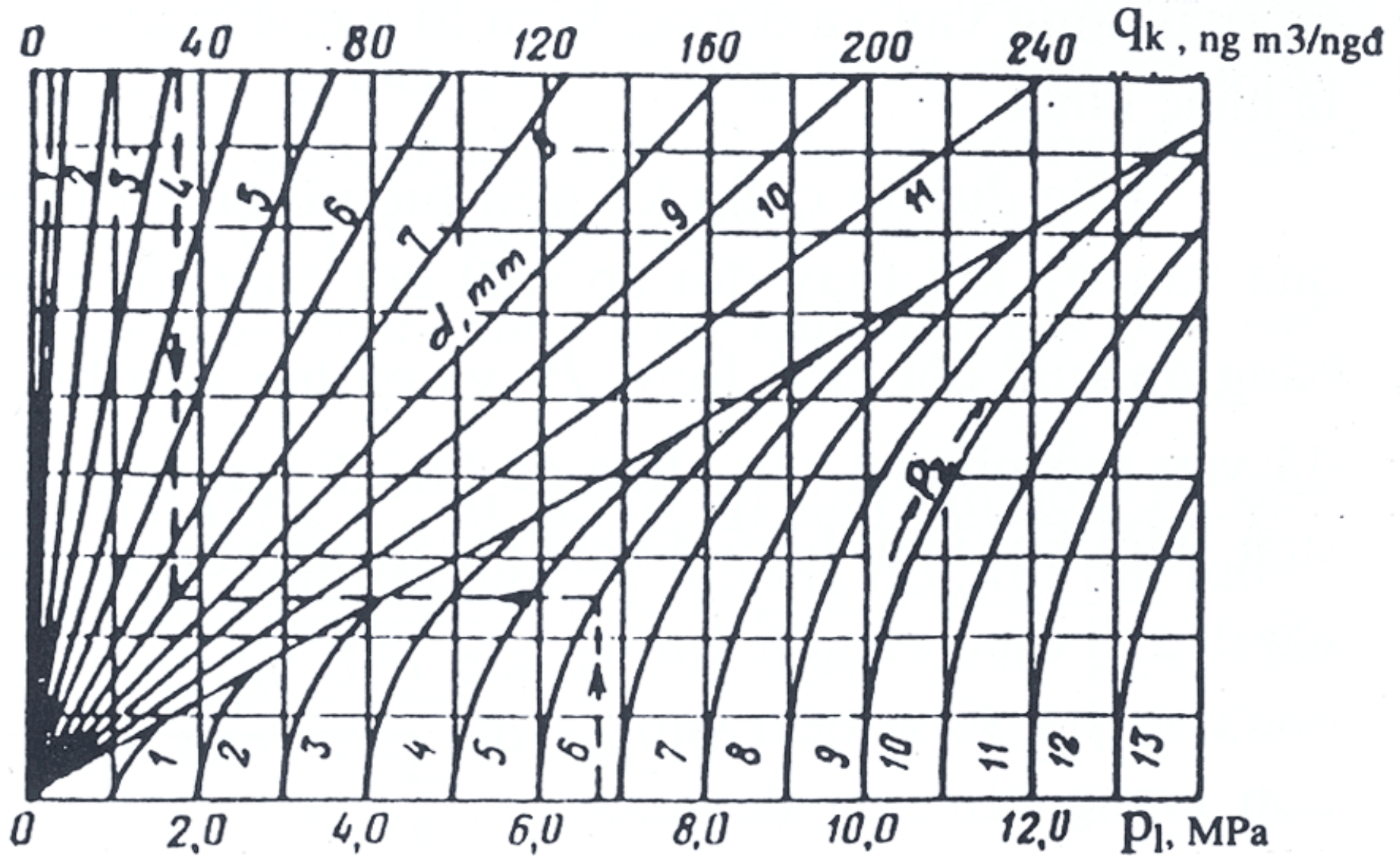
## Ảnh hưởng của đường kính lỗ van gaslift lên lượng khí nén

- Ngoài ra có thể xác định  $q_k$  bằng biểu đồ đã được xây dựng sẵn theo  $P_1$  và  $P_2$ , đường kính lỗ dẫn  $d$  và mật độ khí nén  $\rho_{kr}$
- Giá trị lưu lượng khí nén qua van gaslift được xác định bằng biểu đồ phải chia cho hệ số hiệu chỉnh  $K_{hc}$

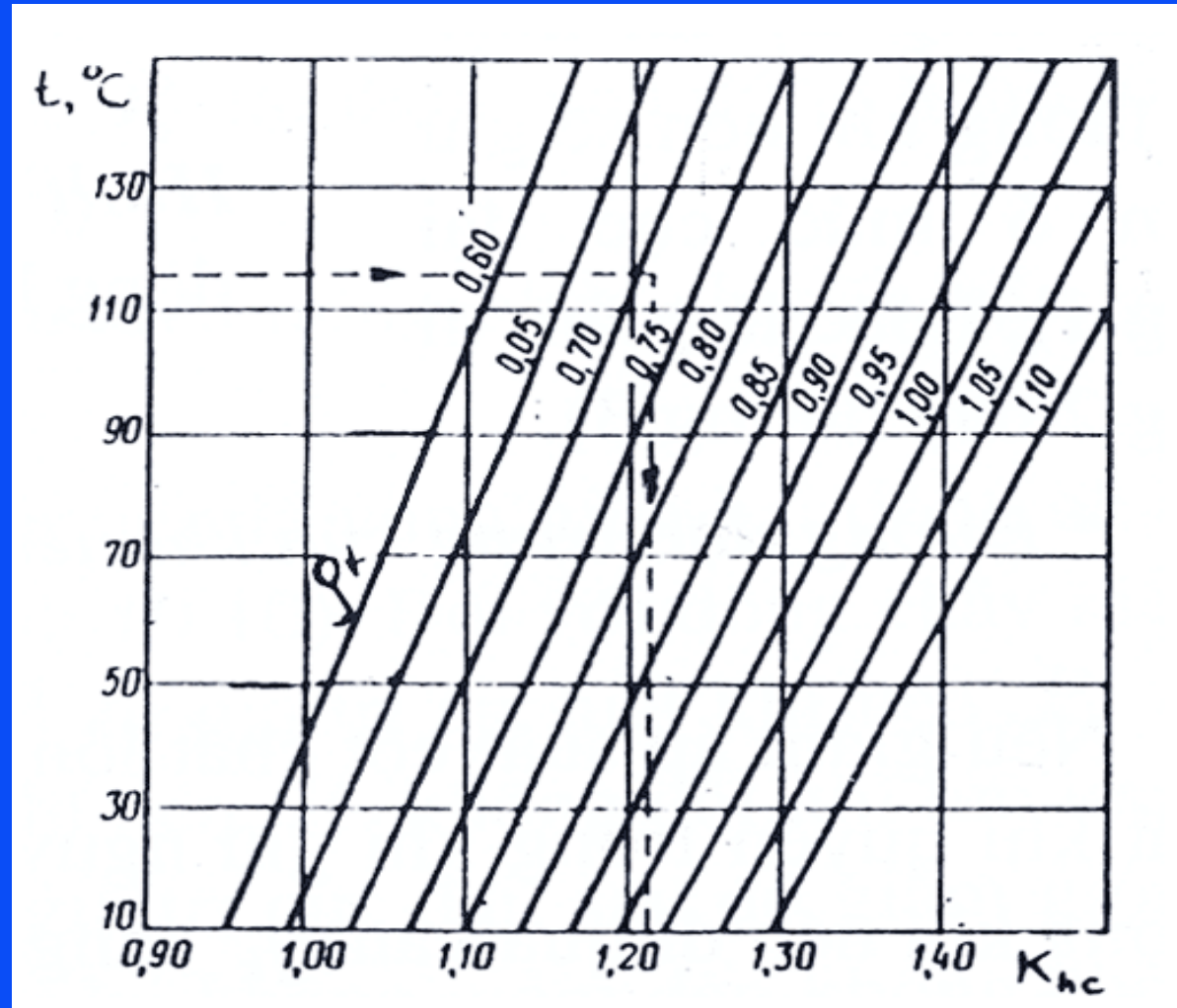
$$K_{hc} = 0.0544 \sqrt{\rho_{kr} (492 + 1.8t)}$$

- Hệ số hiệu chỉnh  $K_{hc}$  cũng có thể xác định bằng biểu đồ xây dựng theo các giá trị nhiệt độ  $t$  và mật độ riêng của hỗn hợp khí nén  $\rho_{kr}$

## Biểu đồ xác định đường kính lỗ van gaslift khi biết trước áp suất và lưu lượng khí nén



# Biểu đồ xác định hệ số hiệu chỉnh phụ thuộc vào mật độ và nhiệt độ khí nén



## Các đường đặc trưng của van gaslift

---

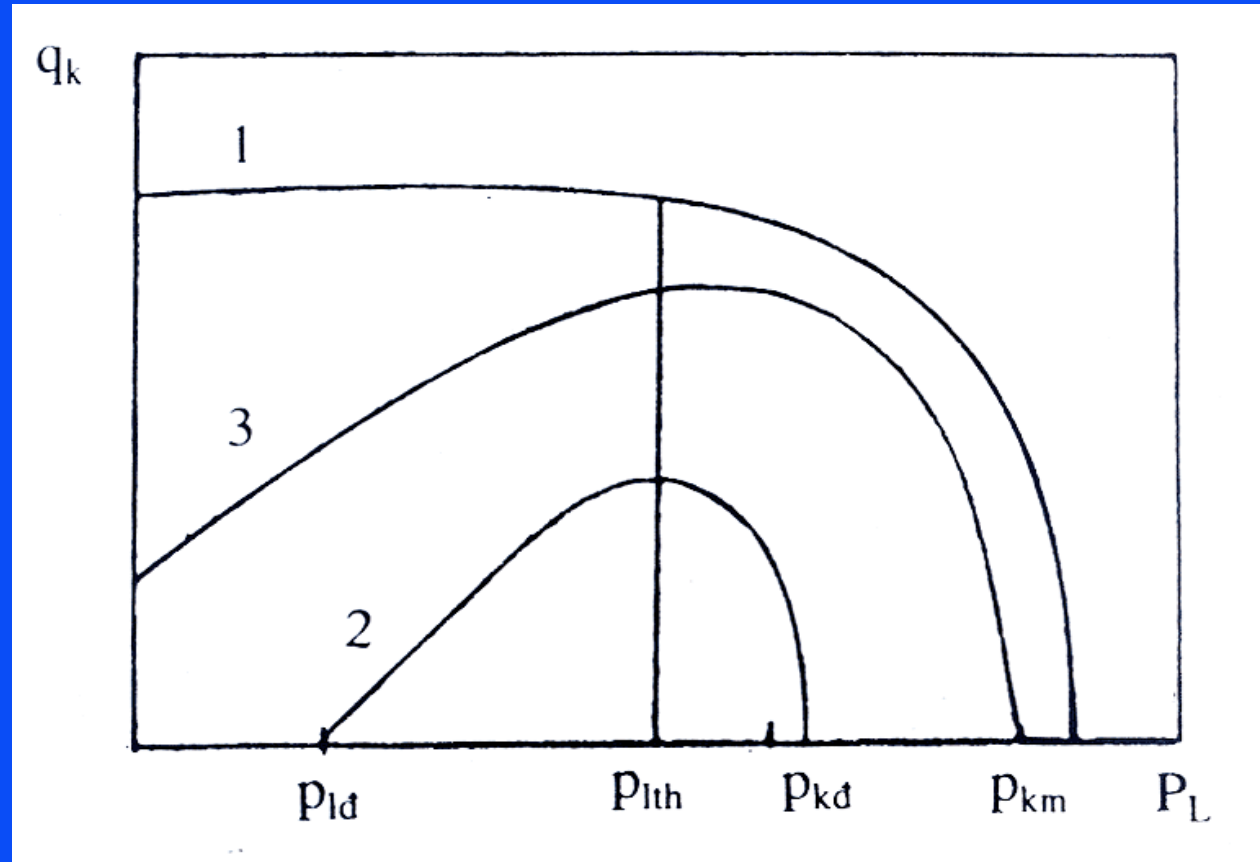
Các đường cong trên biểu diễn sự thay đổi lưu lượng khí nén đi qua van  $q_k$  khi thay đổi cột áp suất chất lỏng  $P_1$ :

- Khi  $P_k = P_1$  và lớn hơn  $P_{kd}$  thì van mở nhưng chưa có khí đi qua
- Khi  $P_k - P_1 > 0$  khí bắt đầu qua van để khí hóa cột chất lỏng qua van

Lưu lượng qua van tăng dần và tỉ lệ thuận với độ chênh áp và đạt đến giá trị cực đại

Nếu tiếp tục giảm  $P_1$  thì lưu lượng sẽ giữ nguyên ở mức cực đại (đường 1), hoặc là giảm (đường 2 hay đường 3)

## Các đường cong đặc trưng dòng khí chảy qua lỗ của van gaslift



1- Lưu lượng khí nén giữ nguyên ở mức cực đại

2-3- Lưu lượng khí nén giảm đi

## Đường đặc trưng của khí nén kiểu dòng chảy qua lỗ cố định ở van gaslift

Dòng chảy kiểu qua lỗ: khi giảm  $P_1$  từ giá trị  $P_k$  đến giá trị áp suất  $P_k$  không đổi thì lưu lượng khí tăng dần, đạt giá trị cực đại, sau đó giữ không đổi (đường 1)

Dòng chảy kiểu qua lỗ chia làm 2 phần:

- **Dòng chảy dưới tới hạn:**
  - Lưu lượng  $q_k$  tăng dần khi  $P_1$  giảm trong khi giữ  $P_k$  không đổi
  - Khi lưu lượng  $q_k$  cực đại,  $P_1$  gọi là áp suất tới hạn  $P_{lth}$
- **Dòng chảy tới hạn:**
  - Khi áp suất  $P_1$  giảm thấp hơn  $P_{lth}$
  - Đây là vùng áp suất khí nén  $P_k$  đủ khả năng giữ van mở hoàn toàn mà không cần sự hỗ trợ của áp suất cột chất lỏng  $P_1$

# Đặc trưng của khí nén kiểu dòng chảy tiết lưu qua van gaslift

---

Dòng chảy kiểu tiết lưu (đường 2):

- Giảm  $P_1$  từ giá trị  $P_k$  đến áp suất khí quyển trong khi  $P_k$  không đổi thì lưu lượng  $q_k$  tăng dần, đạt cực đại sau đó giảm đến 0 tại 1 giá trị  $P_1$  nào đó
- Khi  $P_1$  còn đủ lớn thì tổng áp lực của khí nén và cột chất lỏng thắng được áp lực của buồng chứa khí Nitơ  $\rightarrow$  van mở
- Khi  $q_k$  đạt giá trị cực đại nếu tiếp tục giảm giá trị  $P_1$  thì tổng áp lực không còn đủ để thắng được áp lực của buồng chứa khí nitơ  $\rightarrow$  diện tích lỗ van giảm, lượng khí nén qua van giảm dần theo kiểu tiết lưu. Dù tăng độ chênh áp suất qua van, lượng khí nén qua van tiếp tục giảm đến bằng 0
- Giá trị áp suất  $P_1$  tại thời điểm van đóng gọi là áp suất đóng van của cột chất lỏng  $P_{1d}$



## Đặc trưng của khí nén kiểu dòng chảy chuyển tiếp qua van gaslift

---

Vùng tồn tại dòng chảy chuyển tiếp là vùng giữa 2 dòng chảy kiểu lỗ và dòng chảy tiết lưu

Khi giảm  $P_1$  từ giá trị  $P_k$  đến áp suất khí quyển trong khi giữ  $P_k$  không đổi thì lưu lượng  $q_k$  tăng dần, đạt giá trị cực đại, sau đó giảm dần như kiểu tiết lưu nhưng không giảm đến 0 (đường 3)

Như vậy:

- Nếu  $P_{kd} < P_k < P_{km}$  : dòng khí nén qua van theo kiểu tiết lưu
- Nếu  $P_{km} < P_k$  : dòng khí nén qua van gaslift theo kiểu dòng qua lỗ cố định



## **Nguyên lý hoạt động của van gaslift**

Có hai loại van gaslift: van dạng buồng khí và van lò xo

### ***1. Nguyên lý hoạt động của van gaslift dạng buồng khí***

- Van chịu tác động của hai lực ngược chiều nhau: áp suất nạp sẵn ban đầu trong buồng khí tạo một lực giữ van ở trạng thái đóng và lực đóng van do các áp suất trong ống khai thác và ống chống gây ra

### ***2. Nguyên lý hoạt động của van chịu tải lò xo***

- Van chịu tải lò xo không duy trì áp suất nạp sẵn ban đầu mà dùng lực lò xo để đóng van. Lực ngược chiều có xu hướng mở van là áp suất ống chống và áp suất ống khai thác

### ***3. Nguyên lý làm việc của van có cơ cấu đóng mở (pilot operated valve)***

- Đây là loại van trích dung dịch cung cấp thủy lực để điều khiển sự đóng mở của van. Van có cơ cấu đóng mở tương tự như van chịu tải lò xo dạng đơn nhưng có gắn thêm phần van chính

## TÍNH TOÁN ĐỘ SÂU ĐẶT VAN KHỞI ĐỘNG

---

- Để tính toán độ sâu đặt van khởi động, cần biết các thông số sau:
  - Độ sâu của giếng :  $H$  (m)
  - Đường kính ống :  $D$  (mm)
  - Đường kính cột ống nâng :  $d$  (mm)
  - Độ dài cột ống nâng :  $L$  (m)
  - Mức thủy tĩnh :  $H_{tt}$  (m)
  - Tỷ trọng của chất lỏng :  $\gamma_l$  (m<sup>-3</sup>/T)
  - Thể tích khí khởi động :  $V_0$  (m<sup>3</sup>)
  - Áp suất trên đường ống khởi động ở miệng giếng:  $p_{khd}$  (at)
  - Áp suất ở đế cột ống nâng khi giếng làm việc bình thường:  $p_{lv}$  (at)
- Để hiểu phương pháp tính toán độ sâu đặt van khởi động cần phải biết quá trình đưa giếng có trang bị thiết bị khởi động vào hoạt động.

Đối với giếng khai thác theo chế độ vành khuyên, khí được bơm vào giếng sẽ đẩy chất lỏng từ không gian ngoài cần vào trong ống nâng qua các van gaslift đang mở. Như vậy mực chất lỏng trong khoảng không vành xuyên từ từ giảm dần. Khi mực chất lỏng đạt đến độ sâu L1 của van khởi động thứ nhất, khí sẽ đi vào ống nâng qua van và làm cho mật độ cột chất lỏng trở lên giảm nhẹ đi và đồng thời làm cho áp suất ống nâng giảm theo. Chất lỏng tiếp tục đi qua các van khởi động đặt phía dưới. Do đó mực chất lỏng ở ngoài cần cũng giảm để cho cân bằng với áp suất trong ống nâng. Sau một thời gian khí nén đi qua van khởi động thứ nhất thì áp suất tại đây sẽ ổn định và mực chất lỏng ở ngoài cần cũng giảm đến độ sâu L1 tương ứng. Như vậy van khởi động thứ hai phải đặt ở độ sâu cao hơn độ sâu đặt van khởi động thứ nhất một ít nhằm mục đích tạo ra độ chênh lệch áp suất để khí nén có thể đi qua van thứ hai. Khí nén lúc này sẽ đi qua đồng thời cả hai van. Nếu như thể tích khí nén vào vùng ngoài cần nhỏ hơn tổng lượng khí đi qua hai van khởi động thì áp suất ngoài cần sẽ giảm đi, khi nó đạt đến giá trị đóng của van thứ nhất thì van này sẽ đóng lại. Như vậy lúc này khí nén chỉ đi vào van thứ hai mà thôi. Cứ như thế mực chất lỏng ở ngoài cần tiếp tục giảm đến độ sâu của van khởi động thứ ba và quá trình trên cứ lặp lại cho đến khi nào mực chất lỏng đạt đến độ sâu của van làm việc.



TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM  
**KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ**

---

BÀI GIẢNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ

*BƠM LY TÂM ĐIỆN CHÌM*

---

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo

Email : [lphao@hcmut.edu.vn](mailto:lphao@hcmut.edu.vn)

Tel : 84-8-8654086

## BƠM LY TÂM ĐIỆN CHÌM

- ❖ Ưu và nhược điểm của phương pháp
- ❖ Thiết bị:
  - ✓ Thiết bị lòng giếng
  - ✓ Thiết bị bề mặt
- ❖ Thiết bị khai thác bằng bơm ly tâm điện chìm
- ❖ Một số hỏng hóc của bơm ly tâm điện chìm



# ƯU ĐIỂM CỦA PHƯƠNG PHÁP BƠM LY TÂM

---

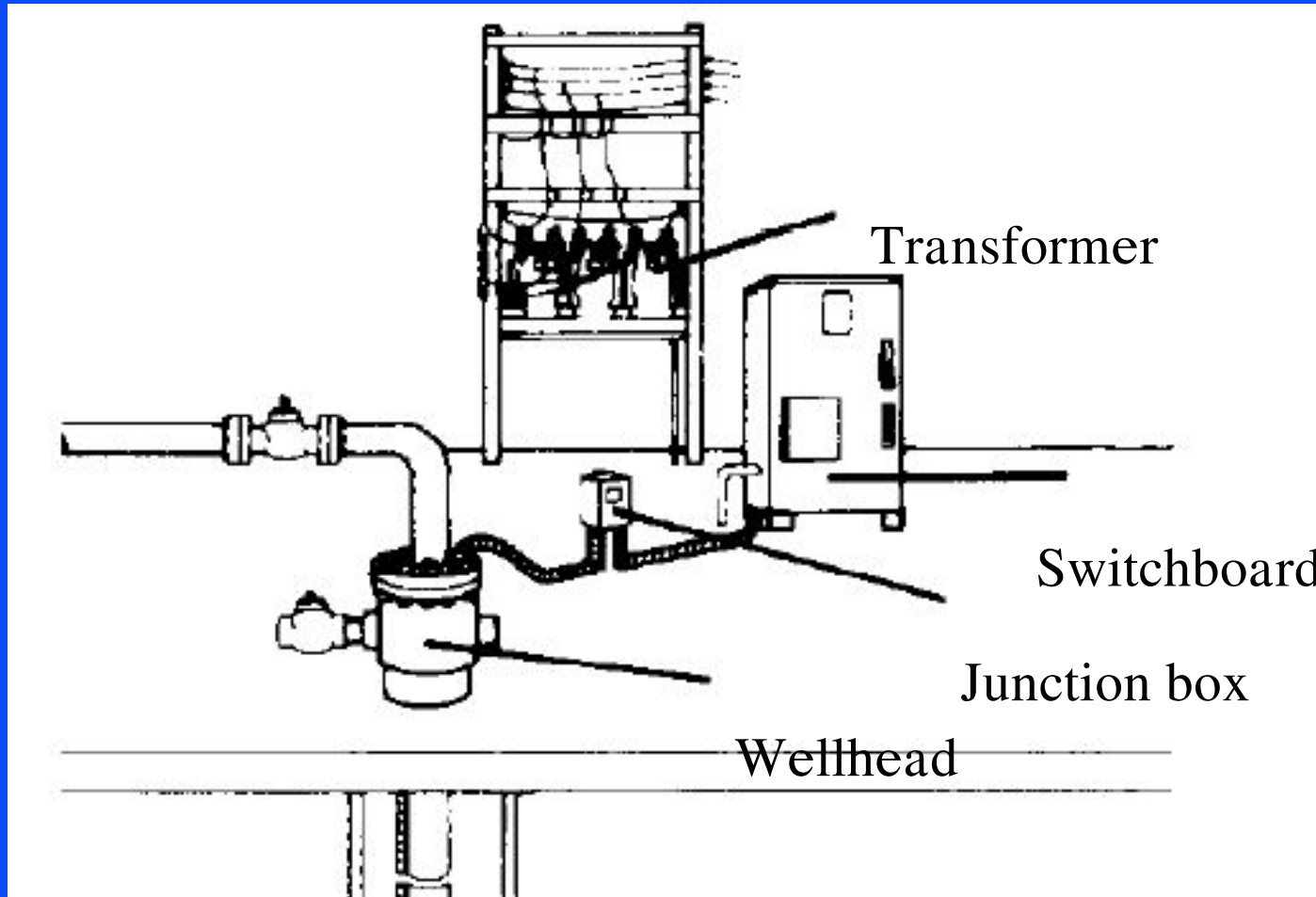
- Khai thác giếng với lưu lượng rất lớn
- Ở môi trường bị nhiễm bẩn và nhiều hóa chất.
- Giếng có độ sâu lớn và độ ngậm nước của sản phẩm cao.
- Hiệu suất toàn bộ hệ thống cao (70%).
- Có thể khai thác với lưu lượng cao và không cần lắp đặt tại vị trí trung tâm giếng.
- Đo được P và  $t^0$  ở đáy nhờ cảm biến.
- Dễ phát hiện và xử lý trường hợp ăn mòn và rỉ sét.
- Bơm có nhiều kích cỡ khác nhau → đáp ứng mọi yêu cầu.
- Giá thành khai thác trên 1 đơn vị sản phẩm thấp đối với giếng có lưu lượng lớn.

# NHƯỢC ĐIỂM CỦA PHƯƠNG PHÁP BƠM LY TÂM

---

- Chỉ sử dụng năng lượng điện.
- Tuổi thọ của hệ thống giảm đáng kể nếu hàm lượng pha rắn trong sản phẩm cao.
- $t^0$  dễ làm hư cáp điện.
- Khả năng hư hỏng cao và mất nhiều thời gian sửa chữa và lắp đặt.
- Chú ý an toàn điện vì điện áp cao.
- Hiệu quả thấp đối với giếng nông có sản lượng thấp, đặc biệt sản phẩm chứa nhiều khí.
- Khó điều chỉnh tốc độ phù hợp với lưu lượng của giếng.
- Chi phí cao khi cần thay đổi lưu lượng khai thác (phải thay đổi thiết bị).
- Hệ thống bị giới hạn bởi độ sâu của giếng (do giá thành cáp quá cao và kích thích ống chống).

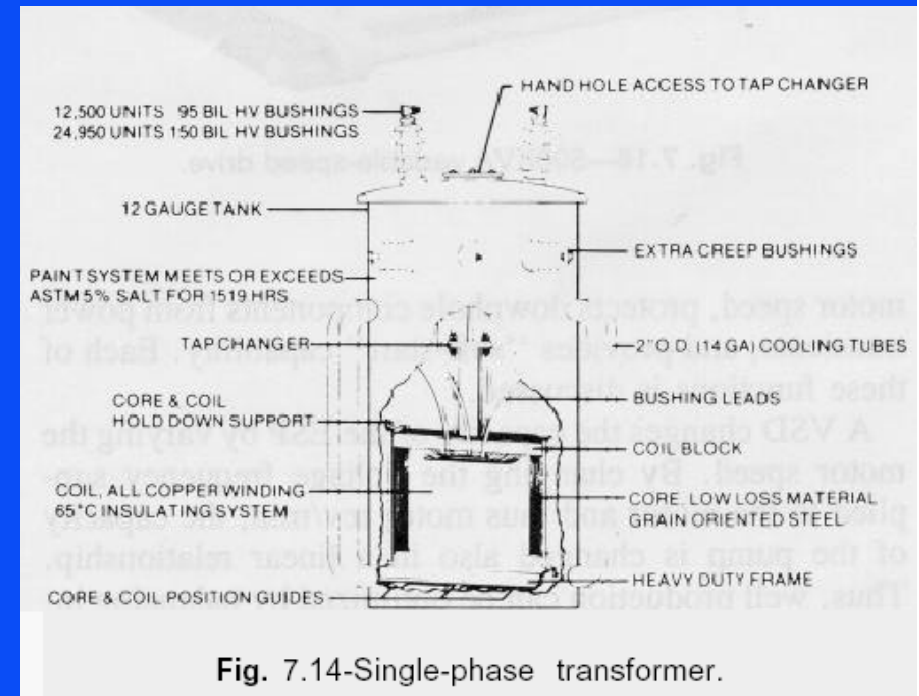
# THIẾT BỊ BỀ MẶT





## Hệ thống máy biến thế (transformer)

- Gồm 3 dạng máy biến thế khác nhau: single-phase transformer, standard transformer, autotransformer.
- Những biến thế sử dụng trên đất liền dùng dầu để làm mát.
- Máy biến thế không được làm mát bằng dầu đôi khi được dùng trên biển vì ngăn chặn dầu tràn.



## Trạm điều khiển (Switchboard)

- ❖ Switchboard là 1 thiết bị cơ bản điều khiển động cơ.
- ❖ Chuẩn điện thế làm việc trong khoảng từ 600 đến 4900V.
- ❖ Có 2 kiểu cấu tạo quan trọng là electromechanical và solid state.



Fig. 7.13—Switchboard.

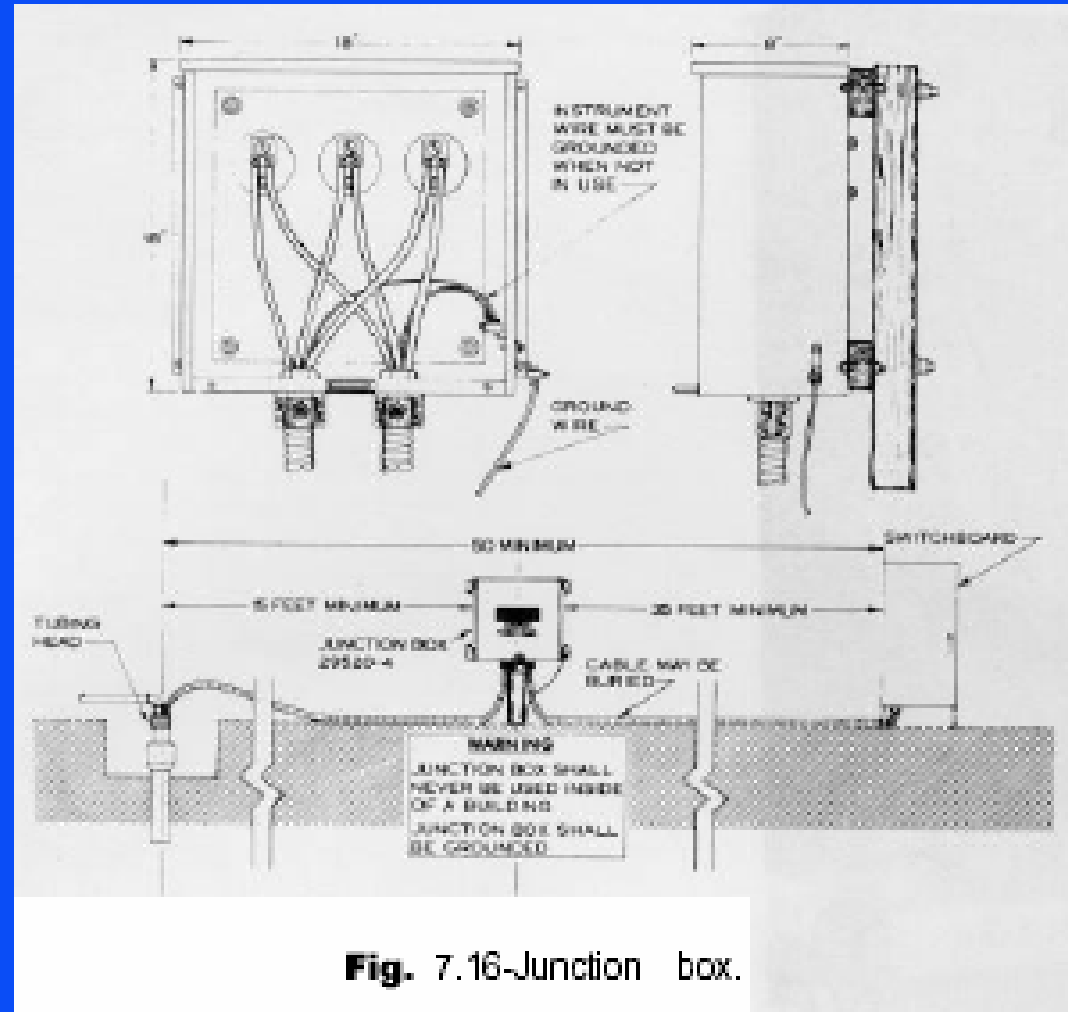
## Trạm điều khiển (tt)

---

- ❖ Loại Electromechanical hỗ trợ bảo vệ quá dòng/quá tải thông qua nút nhấn công tắc rời le và khởi động bằng tay. Ngoài ra có những ưu điểm về xử lý những thiệt hại gặp trong thiết bị dưới lỗ khoan (downhole) như bơm quá mức, gas lock, tubing rò rỉ (do cách điện không tốt) và quá trình vận hành bị trục trặc.
- ❖ Loại Solid state luôn đồng nhất với người điều khiển động cơ. Người điều khiển với mục đích là bảo vệ thiết bị dưới lỗ khoan (downhole) nhờ cảm biến nguồn dị thường và tắt nguồn điện nếu dòng vượt quá hoặc hạ thấp dưới mức cho phép.

## Hộp chống nổ (Junction Box)

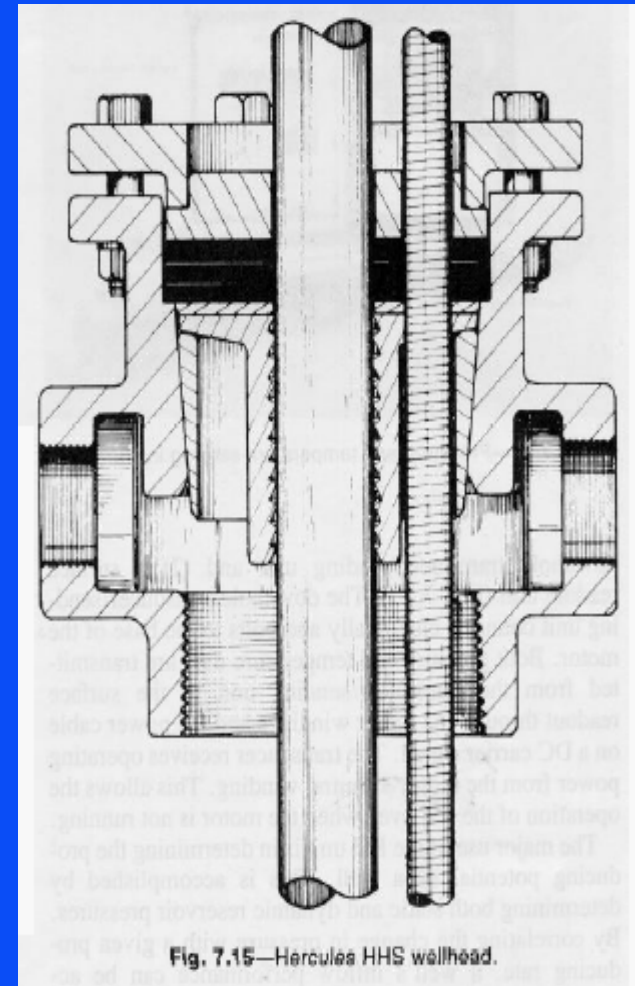
- Kết nối dây cáp nguồn từ trạm điều khiển đến dây cáp nguồn của giếng.
- Chống hiện tượng cháy nổ khi khí đồng hành ngưng tụ trong dây cáp nguồn (đi từ đáy giếng lên) thoát ra ngoài không khí.



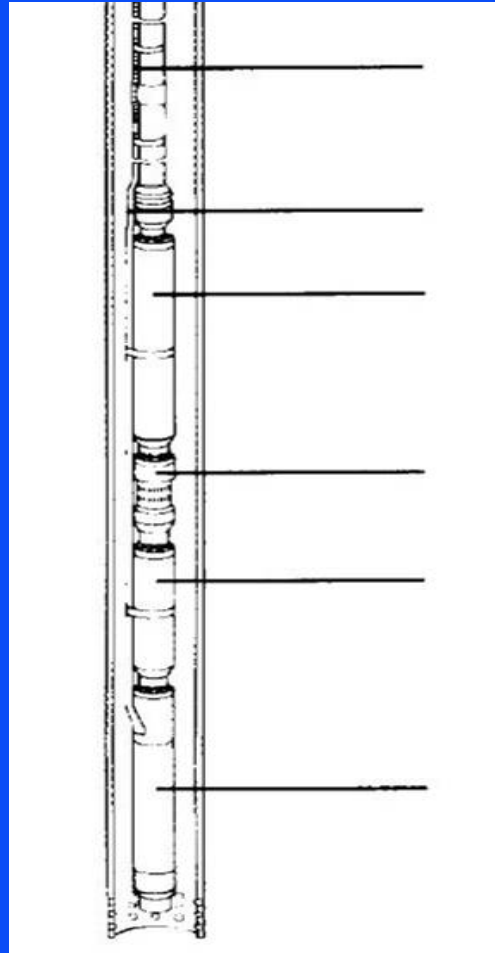
**Fig. 7.16**-Junction box.

## Đầu giếng (Wellhead)

- Treo toàn bộ hệ thống ống khai thác cùng với thiết bị lòng giếng.
- Cung cấp 1 áp suất đóng kín quanh ống khai thác và dây cáp nguồn.
- Với hệ thống thiết bị chèn bảo đảm độ kín miệng giếng → ngăn cản sự di chuyển của khí xuyên qua dây cáp lên miệng giếng khi áp suất miệng giếng cao lên tới 3000 psi.



# THIẾT BỊ LÒNG GIẾNG



Power cable

Motor Flat Cable

Pump

Standard intake

Protector

Motor

# Hệ thống cáp tải điện năng (Power cable)

Đóng vai trò tải năng lượng điện 3 pha từ bề mặt → động cơ điện.

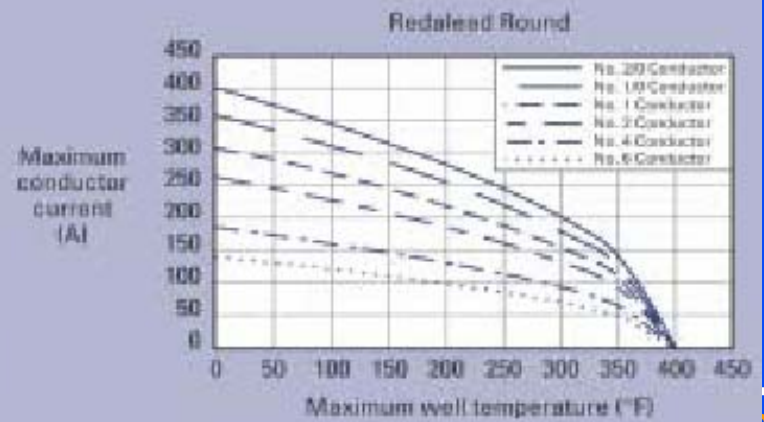
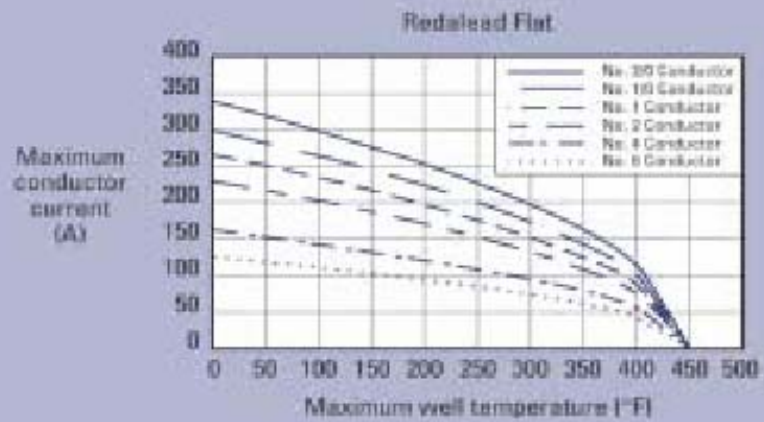
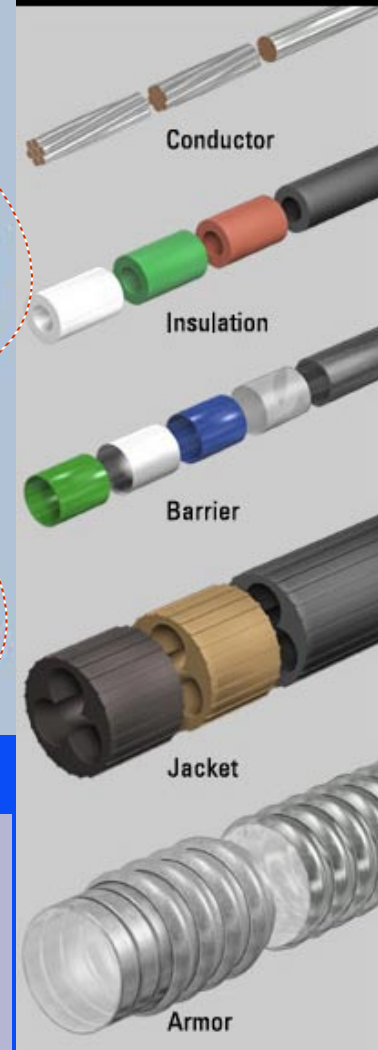
Có 2 loại cáp: dẹp và tròn

Cáp tải điện phải thỏa mãn: đường kính nhỏ, dẫn điện và có lớp cách điện tốt, vỏ bọc bền vững.

Common cable designs in the Redalead family are ELB (top) and ELBE (bottom).



Common cable designs in the Redalene family are shown from top to bottom: POTB, POF and PPEO.



## Hệ thống cáp tải điện năng (Power cable)

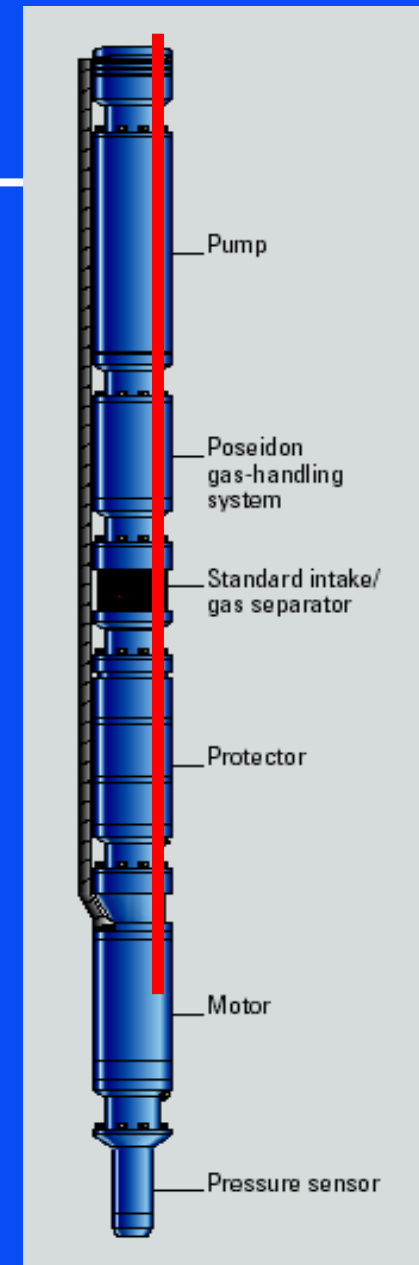
- ❖ Dây cáp không có vỏ bọc cách điện chỉ dùng cho giếng <math> < 180^{\circ}\text{F}</math>. Với BHP tĩnh <math> < 1500\text{psi}</math>.
- ❖ Dây cáp có dùng vỏ cách điện đặc biệt có thể vận hành >math> > 400^{\circ}\text{F}</math> tại 1500psi.

Description	Conductor Size (AWG no.)	Conductor Diameter (in. [mm])	Insulation Diameter (in. [mm])	Jacket Diameter (in. [mm])	Overall Dimension (in. [mm])	Unit Weight (lbm/ft)
(ELB) G4F	1 stranded	0.328 [8.3]	0.464 [11.8]	0.544 [13.8]	0.669 × 1.757 [17.0 × 44.6]	2.37
	2 stranded	0.292 [7.4]	0.428 [10.9]	0.508 [12.9]	0.633 × 1.649 [16.1 × 41.9]	2.09
	4 solid	0.204 [5.2]	0.320 [8.1]	0.400 [10.2]	0.525 × 1.325 [13.3 × 33.7]	1.50
	6 solid	0.162 [4.1]	0.278 [7.1]	0.358 [9.1]	0.483 × 1.199 [12.3 × 30.5]	1.24
(ELB) G5F	1 compacted	0.297 [7.5]	0.447 [11.4]	0.527 [13.4]	0.652 × 1.706 [16.6 × 43.3]	2.39
	2 compacted	0.268 [6.8]	0.418 [10.6]	0.498 [12.6]	0.623 × 1.619 [15.8 × 41.1]	2.02
	4 solid	0.204 [5.2]	0.354 [9.0]	0.434 [11.0]	0.559 × 1.427 [14.2 × 36.2]	1.62
	Tolerances			Insulation: ±0.012	Jacket: ±0.015	Overall: minor: ± 0.020 major: ± 0.045
(ELBE) G4R	1 stranded	0.328 [8.3]	0.464 [11.8]	1.345 [34.2]	1.515 [38.5]	2.85



## Đầu cáp điện (Motor flat cable)

- ❖ Còn gọi là Pothead, cáp dẹt có đầu đặc biệt dùng để dẫn điện năng tới bơm điện chìm và cách ly chất lưu.



## Bơm (pump)

Máy bơm có nhiều cấp hoạt động theo nguyên tắc ly tâm

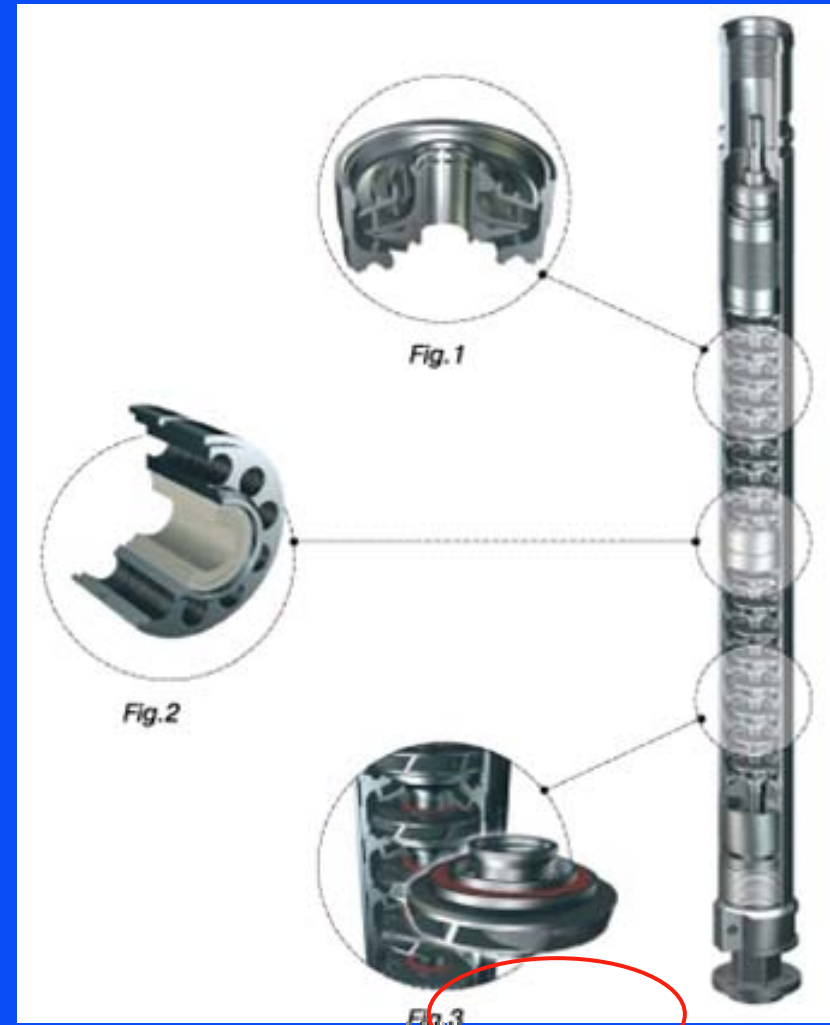
Mỗi cấp gồm 2 phần chính:

- ✓ Cánh dẫn (Impeller)
- ✓ Bộ phận hướng và góp dòng (Diffuser)



## Bơm (pump)

Cánh dẫn (Impeller): dùng để khuấy trộn 1 chất lỏng hoặc để hút chất lỏng vào bơm. Cánh dẫn quay gồm 2 thành phần: chuyển động quay ly tâm và chuyển động tiếp tuyến.



## Bơm (pump)

Bộ phận hướng và góp dòng (Diffuser): chuyển hóa năng lượng vận tốc sang năng lượng áp suất thủy tĩnh. Ngoài ra nó định hướng dòng chảy đi vào cánh dẫn của cấp tiếp theo nhằm tăng thêm áp suất để nâng chất lỏng lên bề mặt.

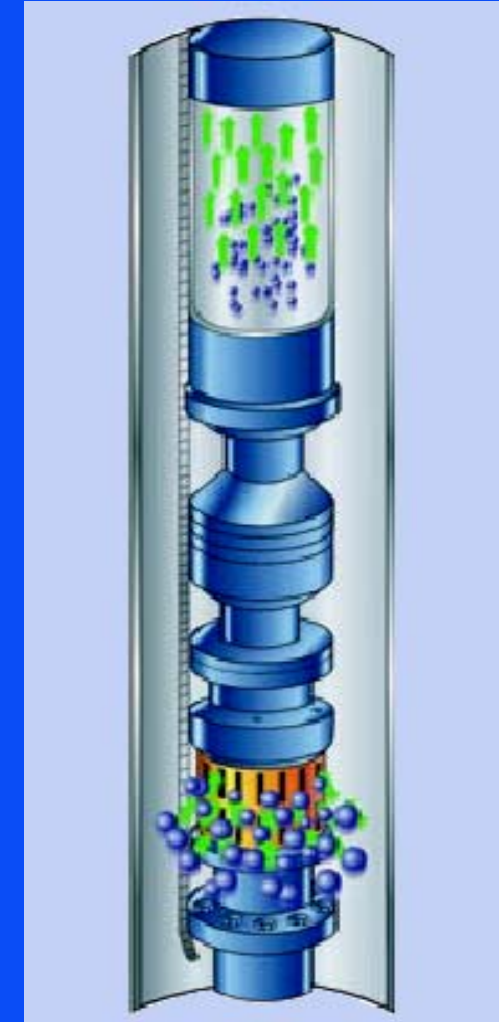
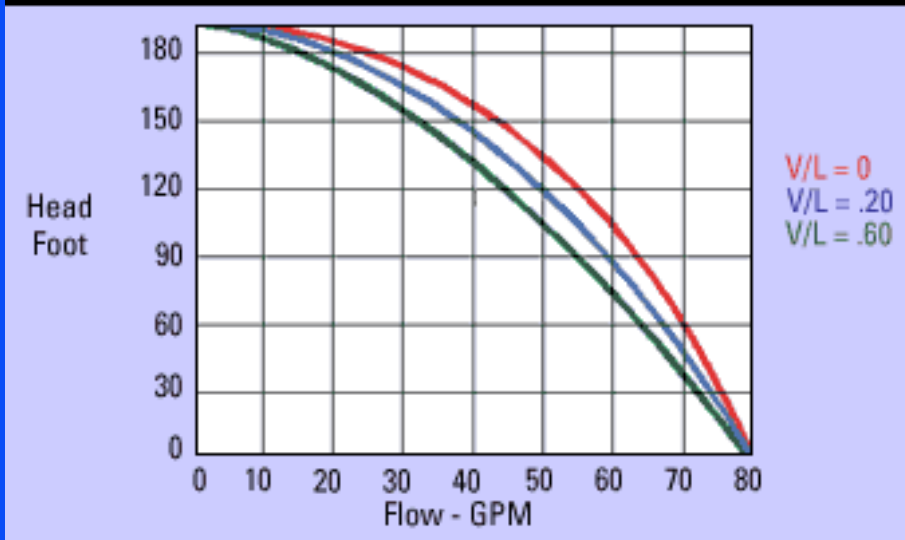


## Standard Intake

Có 2 kiểu tách khí là:

- ❖ The static type
- ❖ The rotary type

*This performance chart shows actual laboratory test results of the rotary separator. As shown, the efficiency of the separator decreases very slightly even when high vapor/liquid ratios are present.*



## The static type

Kiểu tách khí tĩnh bằng cách đảo ngược hướng chảy của dòng chất lưu. Tại cửa vào của chất lưu hướng dòng chảy tạo áp suất thấp cho phép tách khí. Khí được tách di chuyển lên vành giếng khoan và thoát ra tại đầu giếng. Chất lưu còn khí đi vào bình tách và di chuyển vào ống đứng. Chất lưu được đưa lên nhờ bộ cánh trộn. Bộ cánh trộn tạo chuyển động xoay tròn, nhờ nguyên lý trọng lực mà chất lưu không có khí bị văng ra ngoài và khí thì bị tách ra để di chuyển lên đường thông hơi.





## The rotary type

- ✓ Kiểu quay tách khí trong hình bao gồm 1 thiết bị ly tâm để tách khí và sản sinh chất lỏng (chất lỏng được sinh ra từ giếng).
- ✓ Chất lưu từ giếng đi vào cổng hút và đến inducer.
- ✓ Thiết bị inducer giảm áp suất chất lưu ở ngõ ra và đi vào thiết bị ly tâm. Khí bốc lên từ tâm quay của thiết bị rồi đi xuyên vật ngăn chất lưu, sau đó đi vào tiết diện đoạn nối chéo nơi đó khí thoát qua vành xuyên và chất lưu thì được hướng đi đến miệng vào của máy bơm.



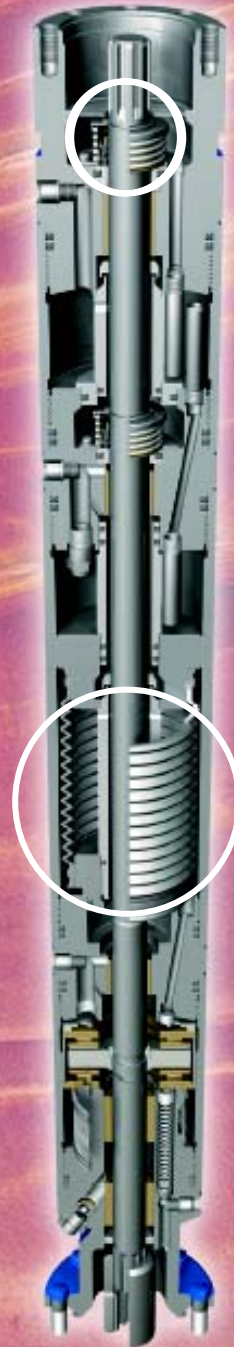
## Thiết bị bảo vệ (Protector)

Có 2 kiểu bảo vệ:

- ✓ The positive seal
- ✓ The labyrinth path

Thiết bị bảo vệ thực hiện 4 chức năng:

- ✓ Kết nối máy bơm đến động cơ nhờ vào vỏ bọc cứng bảo vệ máy móc (housing) và trục dẫn động (drive-shaft).
- ✓ Houses a thrust bearing to absorb pump shaft axial thrust.
- ✓ Cô lập động cơ từ chất lưu giếng trong quá trình cân bằng áp suất giữa động cơ và thân giếng.
- ✓ Cho phép sự giãn nở nhiệt từ động cơ do hậu quả của quá trình tăng và giảm nhiệt độ sau khi Shutdown.





## The positive seal

Thiết kế dựa vào tính chất đàn hồi.  
Túi cản trở chất lưu cho phép sự giãn nở nhiệt của động cơ trong quá trình vận hành. Tuy nhiên vẫn cô lập chất lưu giếng đi vào động cơ dầu

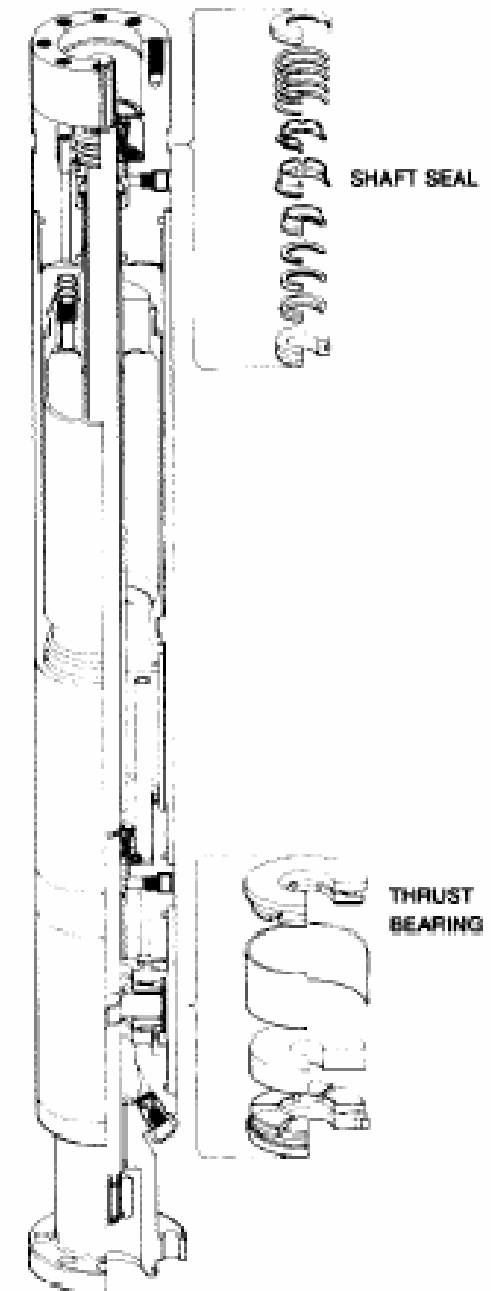


Fig. 7.8—Positive seal protector.

## The labyrinth path

Thiết kế dùng cho sự chênh lệch trọng lực đặc biệt của chất lưu giếng và động cơ. Để ngăn cản chất lưu giếng đi vào động cơ

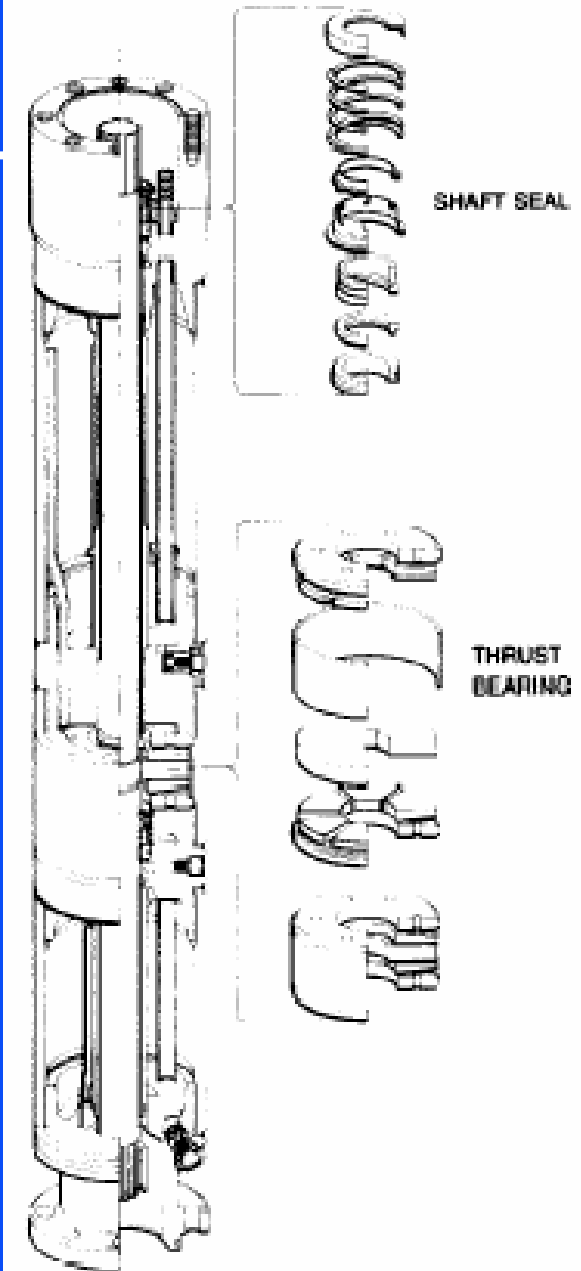
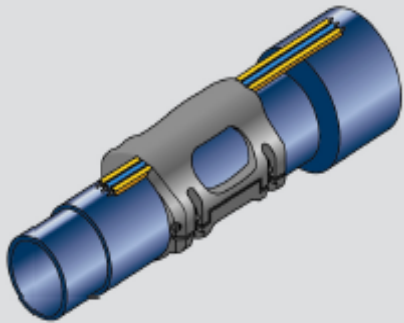


Fig. 7.9—Labyrinth path protector.

# Thiết bị bảo vệ cable

*Typical safety valve design.*



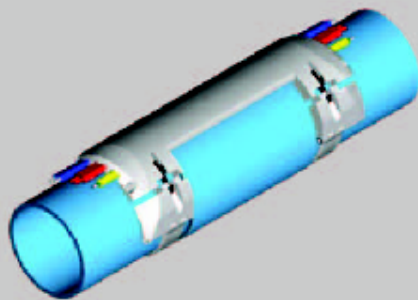
*The protectors clamp securely across tubing couplings to protect cable.*



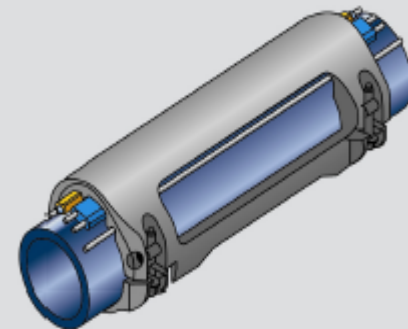
*Field-proven design effectively protects multiple control lines and cables.*



*Slimline protectors can be deployed in wells with restricted tubing or casing clearance.*



*Typical all-cast design.*



# Động cơ điện (motor)

- Động cơ của máy bơm ly tâm là loại 3 pha 2 cực kiểu lồng sóc. Động cơ chạy ở tốc độ chỉ định vận hành là 3500vòng/phút với tần số 60Hz.
- Động cơ được chứa trong dầu cách điện có tính dẫn nhiệt và bôi trơn.
- Động cơ được sản xuất theo 4 đường kính khác nhau: 3.75; 4.56; 5.40 và 7.38in. Khả năng hoạt động 7.5hp (3.75in) đến 1000hp (7.38in).
- Cấu trúc động cơ có thể là 1 hoặc nhiều động cơ nối tiếp nhau được bắt ốc với nhau để đạt tới mã lực yêu cầu.

## Horsepower Capacity Ranges

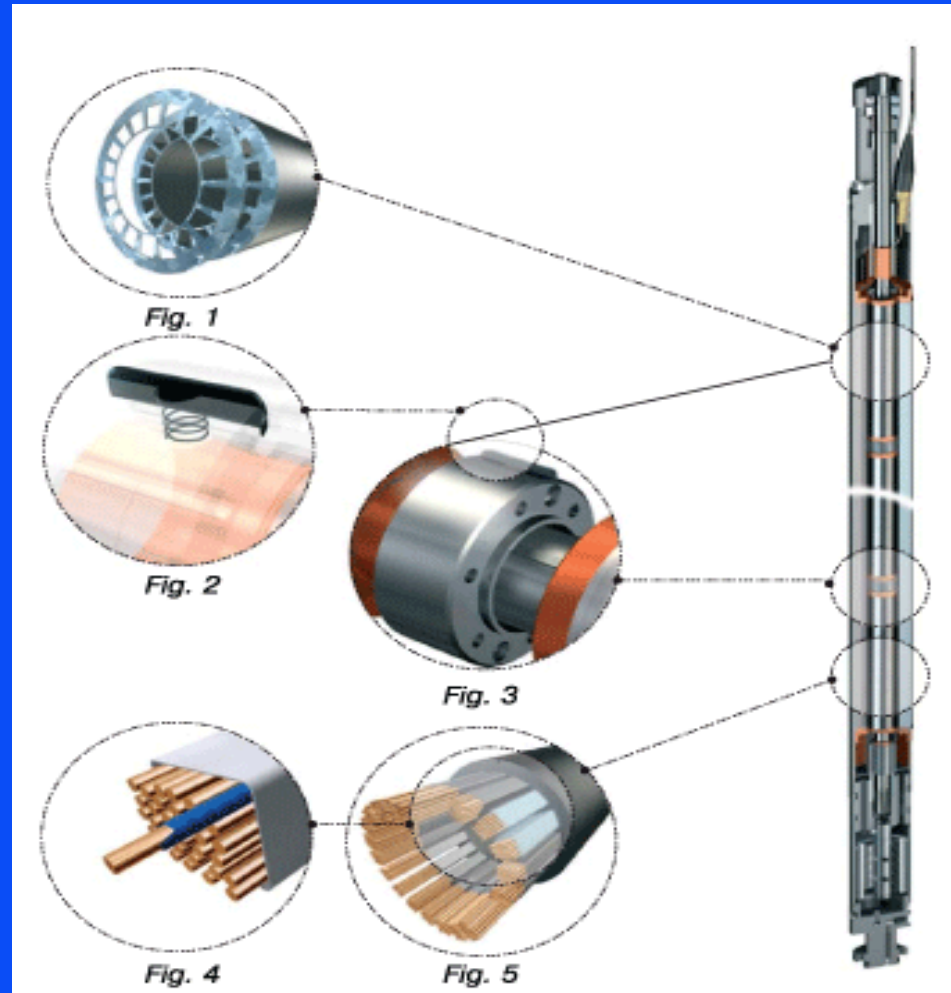
Casing OD, in [mm]	Motor Series	Type	Power, hp at 60 Hz	Power, hp at 50 Hz
5½ [139.7]	456	RX,† RK†	24–216	20–180
7 [177.8]	562	RK-XD, RX-XD	30–450	25–375
		350 HX-XD†	21–321	18–268
		425 HX-XD†	43–321	36–268
8½ [219.1]	738	RK, RX†	250–900	208–750

† With or without integral adapter for Phoenix® gauge.

‡ For REDA® Hotline® series



# Động cơ điện (motor)



## Thiết bị cảm ứng đo áp suất và nhiệt độ (pressure and temperature sensing instrument)

Gồm 2 thành phần:

- ✓ Bộ chuyển đổi
- ✓ Dụng cụ đo mũi khoan: xác định rõ phương vị và độ nghiêng của mũi khoan ở trong giếng

Bộ chuyển đổi kết nối điện và động cơ. Dữ liệu nhiệt độ và áp suất được truyền từ bộ chuyển đổi đến dụng cụ đo mũi khoan thông qua động cơ và tín hiệu mang 1 chiều trên dây cáp.

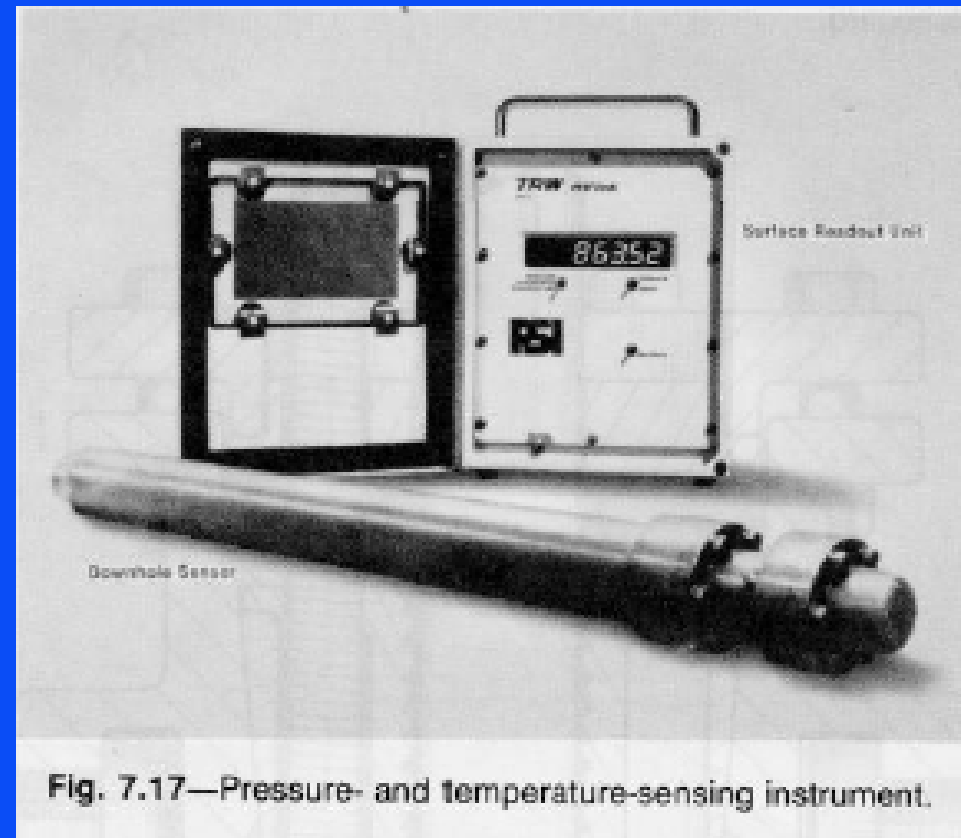


Fig. 7.17—Pressure- and temperature-sensing instrument.

## Chức năng của thiết bị cảm biến đo áp suất và nhiệt độ

---

- Đo truyền liên tục lên bề mặt các thông số về nhiệt độ và áp suất của dòng sản phẩm tại vị trí đặt tổ hợp máy bơm ly tâm điện ngầm.
- Kiểm tra trạng thái làm việc của các thiết bị điện, phát hiện các hiện tượng hư hỏng của các thiết bị này.
- Có thể kết hợp với hệ thống kiểm soát và thay đổi tốc độ trên bề mặt để thay đổi tốc độ của tổ hợp máy bơm ly tâm điện ngầm.

# THIẾT KẾ KHAI THÁC BẰNG BƠM LÝ TÂM

---

- Tính các thông số cần thiết
- Tính áp suất miệng vào của bơm
- Xác định lưu lượng khai thác hợp lý
- Xác định chiều sâu đặt bơm
- Xác định chất lưu đi vào bơm
- Xác định loại bơm và số cấp bơm



# CÁC THÔNG SỐ CẦN THIẾT

---

- ❖ Tỷ trọng trung bình của chất lỏng:

$$\gamma_{hh} = \gamma_w N_w + \gamma_o (1 - N_w)$$

- ❖ Tỷ trọng dầu theo độ API:

$$API = \frac{141,5}{\gamma_o} - 131,5$$

- ❖ Chiều sâu giếng:

$$L = \frac{L_{mv2} - L_{mv1}}{2} + L_{mv1}$$

# ÁP SUẤT MIỆNG VÀO CỦA BƠM

---

$$P_{mv} = \frac{GOR(1-N_w).(1-K_s)}{0.25+GOR(1-N_w).(1-K_s) / P_{bh}}$$

- ❖  $P_{mv}$ : áp suất miệng vào bơm (atm)
- ❖  $N_w$ : độ ngậm nước của sản phẩm (%)
- ❖  $K_s$ : hệ số tách khí của thiết bị
- ❖  $P_{bh}$ : áp suất bão hòa
- ❖  $GOR$ : tỷ số dầu khí

# LƯU LƯỢNG KHAI THÁC HỢP LÝ

---

CHỈ SỐ KHAI THÁC:

$$PI = \frac{Q_{test}}{P_v - P_d}$$

- ❖  $Q_{test}$ : lưu lượng khai thác thử (b/d)
- ❖  $P_v$ : áp suất vỉa (psi)
- ❖  $P_d$ : áp suất đáy

## LƯU LƯỢNG KHAI THÁC HỢP LÝ

---

Áp suất đáy giếng ứng với  $Q_d$ :

$$P_{wf} = P_v - \left( \frac{Q_d}{PI} \right)$$

# LƯU LƯỢNG KHAI THÁC HỢP LÝ

- ❖  $P_{wf} > P_{bh}$ : lưu lượng yêu cầu  $Q_d$  thỏa mãn
- ❖  $P_{wf} < P_{bh}$ : tính  $Q_{new}$

$$\begin{aligned}
 Q_{max} &= \frac{Q_{test}}{1 - 0.2 \times \left(\frac{P_d}{P_v}\right) - 0.8 \times \left(\frac{P_d}{P_v}\right)^2} \\
 &= \frac{21.56}{1 - 0.2 \times \left(\frac{2600}{2675}\right) - 0.8 \times \left(\frac{2600}{2675}\right)^2} \\
 &= \frac{21.56}{0.05} = 432.6 (bbl / d)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{dnew} &= Q_{max} \cdot \left[ 1 - 0.2 \cdot \left(\frac{P_{wf}}{P_v}\right) - 0.8 \cdot \left(\frac{P_{wf}}{P_v}\right)^2 \right] \\
 &= 432.6 \cdot \left[ 1 - 0.2 \cdot \left(\frac{1269}{2675}\right) - 0.8 \cdot \left(\frac{1269}{2675}\right)^2 \right] \\
 &= 313.6 (bbl / d)
 \end{aligned}$$

## XÁC ĐỊNH CHIỀU SÂU ĐẶT BƠM

$$TUP = \frac{P_{wf} \times 2.31}{\gamma_{hh}} = \frac{1269 \times 2.31}{0.8955} = 3273.46 \text{ (ft)}$$

$$H_t = \frac{P_{mva} \times 2.31}{\gamma_{hh}} = \frac{925.962 \times 2.31}{0.8955} = 2388.578 \text{ (ft)}$$

**Cột áp dưới bơm:**

$$H_d = TUP - H_t = 3273.5 - 2388.6 = 885 \text{ (ft)}$$

**Chiều sâu đặt bơm:**

$$L_p = L - H_d = 10814 - 885 = 9929 \text{ (ft)}$$

## XÁC ĐỊNH LƯỢNG LƯU CHẤT ĐI VÀO BƠM

Tính toán hệ số dầu khí hòa tan tại lối vào bơm:

$$\begin{aligned} R_s &= \gamma_g \cdot \left( \frac{P_{mv}}{18} \cdot \frac{10^{0.0125 \cdot API}}{10^{0.00091 \cdot T_d}} \right) \cdot 2048 \\ &= 0.82 \left( \frac{925.962}{18} \cdot \frac{10^{0.0125 \cdot 31.14}}{10^{0.00091 \cdot 185}} \right) \cdot 2048 \\ &= 174.5 (SCF / STB) \end{aligned}$$

## XÁC ĐỊNH LƯỢNG LƯU CHẤT ĐI VÀO BƠM

Tính toán hệ số thể tích thành hệ dầu tại lối vào bơm :

$$\begin{aligned}
 B_o &= 0.972 + 0.000147 \cdot \left[ R_s \cdot \left( \frac{y_g}{y_o} \right)^{0.5} + 1.25 \cdot T_d \right]^{1.175} \\
 &= 0.972 + 0.000147 \cdot \left[ 174.5 \cdot \left( \frac{0.82}{0.87} \right)^{0.5} + 1.25 \cdot 185 \right]^{1.175} \\
 &= 1.14 (BBL/STB)
 \end{aligned}$$

Hệ số thể tích thành hệ khí tại lối vào bơm :

$$B_g = 5.04 \times \frac{z \cdot T}{P_{mv}} = 5.04 \cdot \frac{0.85 \cdot (185 + 460)}{925.962 + 14.7} = 2.94 (B/MCF)$$



## XÁC ĐỊNH LƯỢNG LƯU CHẤT ĐI VÀO BƠM

Tổng thể tích khí:

$$\begin{aligned}T_g &= GOR.Q.(1-N_w) \\ &= 437.3 \cdot 13.6.(1-0.15) \\ &= 116.5 \text{ (MCF)}\end{aligned}$$

Thể tích khí hòa tan trong dầu:

$$\begin{aligned}V_{sg} &= R_s.Q.(1-N_w) \\ &= 174.5 \times 13.6 \times 0.85 \\ &= 46.5 \text{ (MCF)}\end{aligned}$$

Thể tích khí tự do:

$$\begin{aligned}V_{fg} &= T_g - V_{sg} \\ &= 116.5 - 46.5 \\ &= 70 \text{ (MCF)}\end{aligned}$$

## TỔNG LƯU LƯỢNG CHẤT LƯU ĐI VÀO BƠM

**Lưu lượng dầu đi vào bơm:**

$$\begin{aligned}V_o &= B_o \cdot (1 - N_w) \cdot Q \\ &= 1.14 \times (1 - 0.15) \times 313.6 \\ &= 303.87 \text{ (B/D)}\end{aligned}$$

**Lưu lượng nước đi vào bơm:**

$$\begin{aligned}V_w &= N_w \cdot Q \\ &= 0.15 \times 313.6 \\ &= 47.04 \text{ (B/D)}\end{aligned}$$

**Lưu lượng khí đi vào bơm:**

$$\begin{aligned}V_g &= V_{fg} \cdot B_g \\ &= 70 \times 2.94 \\ &= 205.7 \text{ (B/D)}\end{aligned}$$

## TỔNG LƯU LƯỢNG CHẤT LƯU ĐI VÀO BƠM

$$\begin{aligned}V_t &= V_o + V_w + V_g \\ &= 303.87 + 47.04 + 205.7 \\ &= 556.64 \text{ (B/D)}\end{aligned}$$

Phần trăm lượng khí tự do trong tổng lưu lượng chất lưu đi vào bơm:

$$\%FG = \frac{V_g}{V_t} = \frac{205.7}{556.6} \times 100 = 37\%$$

Giá trị này lớn hơn giới hạn cho phép (15%)  $\rightarrow$  ta gắn vào thiết bị tách khí:

$$K_s = 0.6$$

$$\begin{aligned} V_{g1} &= (1 - K_s) \cdot V_g \\ &= (1 - 0.62) \cdot 205.7 \\ &= 78.17 \text{ (B/D)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{t1} &= V_o + V_w + V_{g1} \\ &= 303.87 + 47.04 + 78.17 \\ &= 429.1 \text{ (B/D)} \end{aligned}$$

$$\%FG = \frac{V_{g1}}{V_{t1}} = \frac{78.17}{429.1} \cdot 100 = 18.22\%$$

# XÁC ĐỊNH LƯU CHẤT ĐI VÀO BƠM

Nếu %FG còn lớn hơn giá trị cho phép, ta phải tăng chiều sâu đặt bơm lên:  
 $L_{p1} = 10500$  (ft)

Tính lại  $P_{mv}$ .

Cột áp dưới bơm:

$$H_{d1} = L - L_{p1} = 10814 - 10500 = 314 \text{ (ft)}$$

Cột áp trên bơm:

$$H_{t1} = TUP - H_{d1} = 3273 - 314 = 2959 \text{ (ft)}$$

Áp suất miệng vào:

$$P_{mv2} = \frac{H_{t1} \cdot 0.88}{2.31} = \frac{2959 \times 0.88}{2.31} = 1127.2 \text{ (psi)}$$

## XÁC ĐỊNH LƯU CHẤT ĐI VÀO BƠM

Nếu sau khi tăng chiều sâu đặt bơm lên mà %FG còn lớn hơn giá trị cho phép, ta sẽ lắp vào thiết bị tách khí

*Lần lượt ta tính lại các giá trị sau:*

$$R_{s2} = 221.13 \text{ (SCF/STB)}$$

$$B_{o2} = 1.163 \text{ (BBL/MCF)}$$

$$B_{g2} = 2.42 \text{ (B/MCF)}$$

$$T_{g2} = 116.5 \text{ (MCF)}$$

$$V_{sg2} = 58.95 \text{ (MCF)}$$

$$V_{fx2} = 57.55 \text{ (MCF)}$$

$$V_{o2} = 310 \text{ (B/D)}$$

$$V_{w2} = 47.04 \text{ (B/D)}$$

$$V_{g2} = 139.271 \text{ (B/D)}$$

$$V_{t2} = 496.3 \text{ (B/D)}$$

$$\%FG = \frac{V_{g2}}{V_t} = \frac{139.271}{496.34} \times 100 = 28\%$$

Giá trị này vẫn lớn hơn giá trị giới hạn cho phép, để khắc phục tình trạng này ta gắn vào thiết bị tách khí:

$$K_s = 0.6$$

$$\begin{aligned} V_{g3} &= (1 - K_s) \cdot V_{g2} \\ &= (1 - 0.6) \cdot 139.271 \\ &= 55.71 \text{ (B/D)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{t3} &= V_{o2} + V_{v2} + V_{g3} \\ &= 412.75 \text{ (B/D)} \end{aligned}$$

$$\%FG = \frac{V_{g2}}{V_t} = \frac{55.71}{412.75} \times 100 = 13.5\%$$

## TÍNH CỘT ÁP NÂNG

$$\text{Ta có: } \begin{cases} \gamma_o = 0.87 \\ \gamma_w = 1.04 \\ \rho_{\text{air}} = 1.205(\text{kg}/\text{m}^3) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \rho_o = 870(\text{kg}/\text{m}^3) \\ \rho_w = 1040(\text{kg}/\text{m}^3) \\ \rho_g = 0.82 \times 1.205 = 0.988(\text{kg}/\text{m}^3) \end{cases}$$

$$V_{\text{t3}} = Q_p = 412.75 \text{ (B/D)}$$

$$1 \text{ (m}^3/\text{d)} = 6.3 \text{ (bbl/d)}$$

$$M_o = \rho_o \cdot Q_o = 870 \times 313.6 \times (1-0.15)/6.3 = 36810.66 \text{ (kg/d)}$$

$$M_w = \rho_w \cdot Q_w = 1040 \times 313.6 \times 0.15/6.3 = 7765.33 \text{ (kg/d)}$$

$$M_g = \rho_g \cdot Q_o \cdot \text{GOR} = 0.988 \times 78 \times 313.6 \times (1-0.15)/6.3 = 3260.66 \text{ (kg/d)}$$



## TÍNH CỘT ÁP NÂNG

+ Khối lượng hỗn hợp:

$$\begin{aligned} M_m &= M_o + M_w + M_g \\ &= 47836.66 \text{ (kg/d)} \end{aligned}$$

+ Thể tích hỗn hợp:

$$V_m = \frac{Q_p}{6.3} = \frac{41275}{6.3} = 65.5 \text{ (m}^3 \text{ / d)}$$

+ Mật độ hỗn hợp:

$$\rho_m = \frac{M_m}{V_m} = \frac{47836.66}{65.5} = 730 \text{ (kg / m}^3 \text{)}$$

$$\text{---> } \gamma_m = 0.73$$

## TÍNH CỘT ÁP NÂNG

H<sub>1</sub>: chiều cao thẳng đứng tính từ mực chất lỏng khai thác đến dầu giếng

$$\begin{aligned} H_1 &= L_{p1} - \left( \frac{P_{MV} \times 2.31}{\gamma_m} \right) \\ &= 10500 - \left( \frac{1127.2 \times 2.31}{0.73} \right) \\ &= 6934 \text{ (ft)} \end{aligned}$$

## TÍNH CỘT ÁP NÂNG

H2: tổn thất cột áp do ma sát dọc thành ống

Tra biểu đồ Friction Loss với 
$$\begin{cases} Q_p = 412.75(b/d) \\ TID = 2 \frac{1}{2}. \end{cases} \Rightarrow H_2 = 0$$

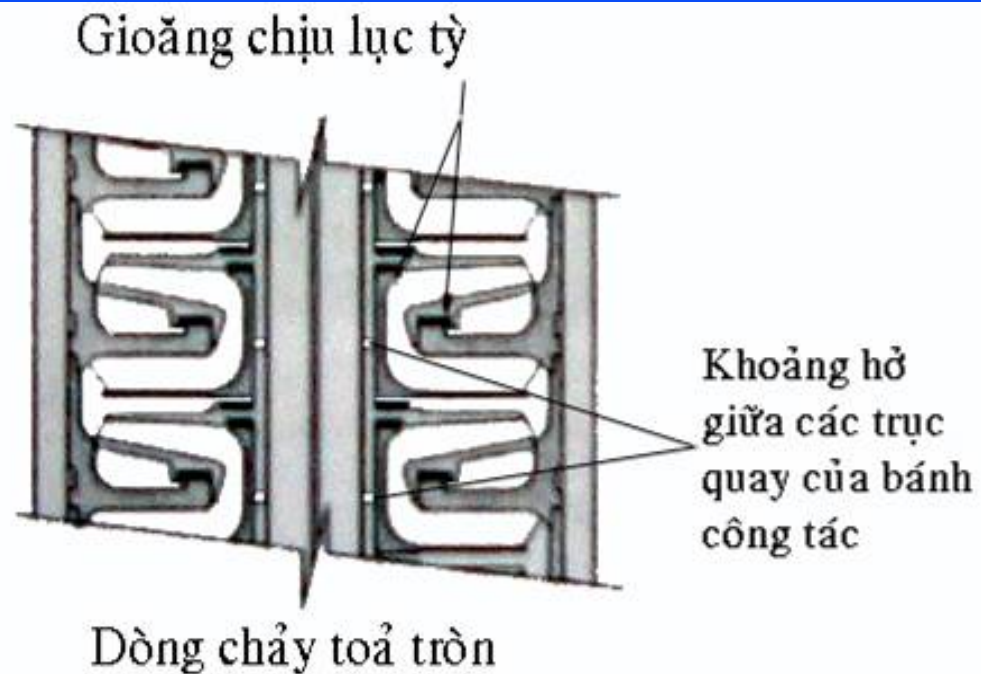
H3: cột áp cần thiết của hệ thống:

$$H_3 = \frac{(220.5 \times 2.31)}{0.73} = 697.78(ft)$$

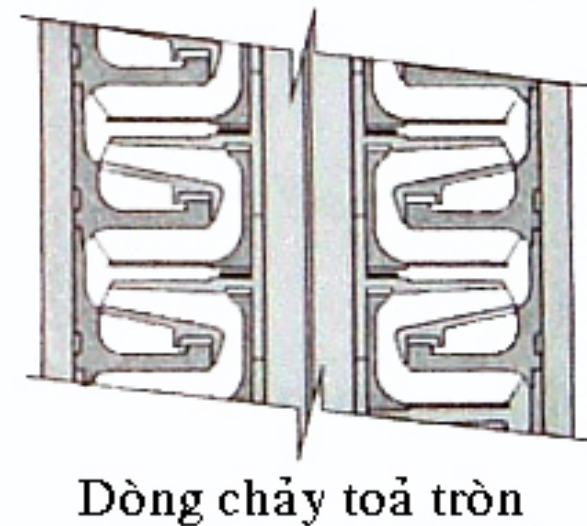
----->  $H_b = 7631.75 (ft)$

## CÁC CẤU TRÚC BƠM CƠ BẢN

Tăng tuổi thọ (đặc biệt khả năng chịu mài mòn do sét)



Chú ý:  
Không có gioăng chịu tỳ xuống  
Các trục bánh công tác xếp chụm lại



BƠM CẤU TRÚC NỒI

BƠM CẤU TRÚC NÉN

# CÁC SỰ CỐ HỎNG HÓC Ở BƠM LY TÂM ĐIỆN CHÌM

**Bảng:** Tỷ lệ hỏng hóc của các thiết bị

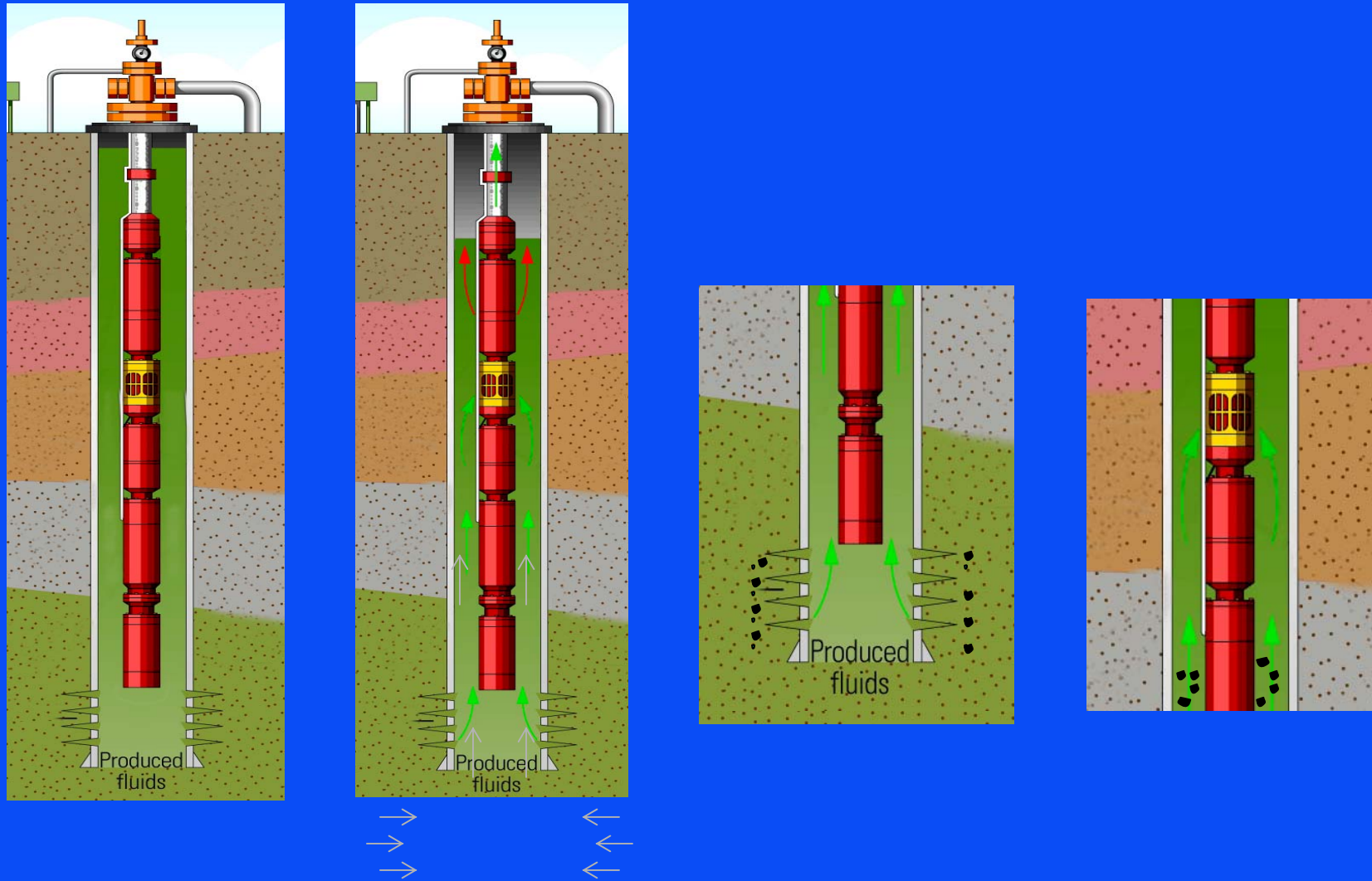
Thiết bị hỏng hóc	Tỷ lệ hư hỏng %
Động cơ và protector	60 – 70
Thiết bị tách khí và bơm	15 – 20
Sự cố khác	5 – 10

Nhận xét:

Có nhiều nguyên nhân gây ra các sự cố hỏng hóc ở bơm ly tâm điện chìm.

Cát xâm nhập vào và phá hủy bơm là nguyên nhân chủ yếu.

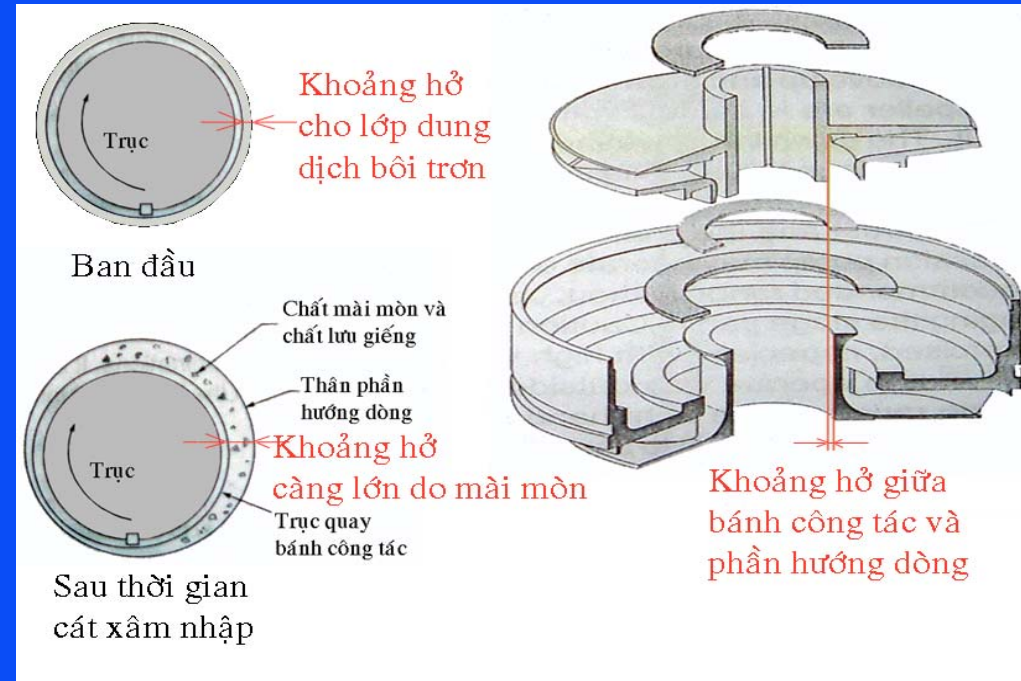
# QUÁ TRÌNH CÁT XÂM NHẬP VÀO BƠM KHI KHAI THÁC



# CÁC HỔNG HÓC DO CÁT XÂM NHẬP

Sự mài mòn xuyên tâm.

- Làm mòn quanh trục, trục quay lệch tâm, phá huỷ các bộ phận khác
- Làm mòn các niêm làm kín, nhất là niêm làm kín ở thiết bị bảo vệ động cơ, làm chất lỵu trong giếng cát xâm nhập vào động cơ



## CÁC HỒNG HỌC DO CÁT XÂM NHẬP

### Sự xói mòn



- ❖ Các hạt sắc cạnh dễ phá huỷ bề mặt trong phần hướng dòng.
- ❖ Các hạt kẹt lại trong hốc, kết hợp lại, gây kẹt bánh công tác, cháy đ/c.



# CÁC GIẢI PHÁP TĂNG TUỔI THỌ BƠM LY TÂM ĐIỆN CHÌM.

---

- ❖ Chọn cấu trúc bơm theo chỉ số ai.
- ❖ Lắp đặt phin lọc, giảm lượng cát.
- ❖ Khống chế lưu lượng khai thác.
- ❖ Phương pháp kết hợp.

## CHỌN CẤU TRÚC BƠM THEO CHỈ SỐ AI

---

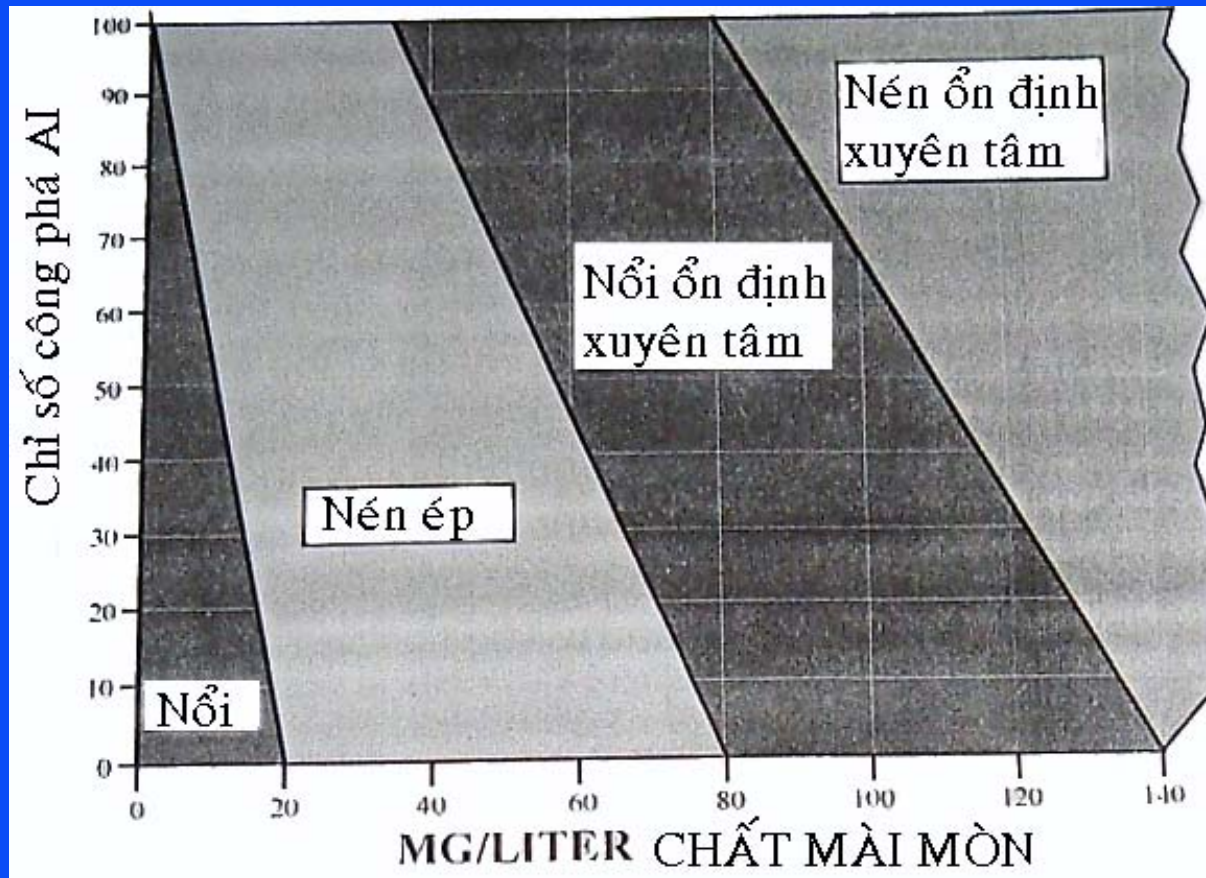
❖ Chỉ số AI: biểu thị khả năng phá hủy của cát.

$AI = 0,3 * \% \text{ hạt} (< \text{lưới } 60) + 0,1 * (1 - \text{hạt tròn cạnh}) + 0,1 * (1 - \text{hạt hình cầu}) + 0,25 * \% \text{ hạt (không tan trong axit)} + 0,25 * \% \text{ Thạch anh.}$

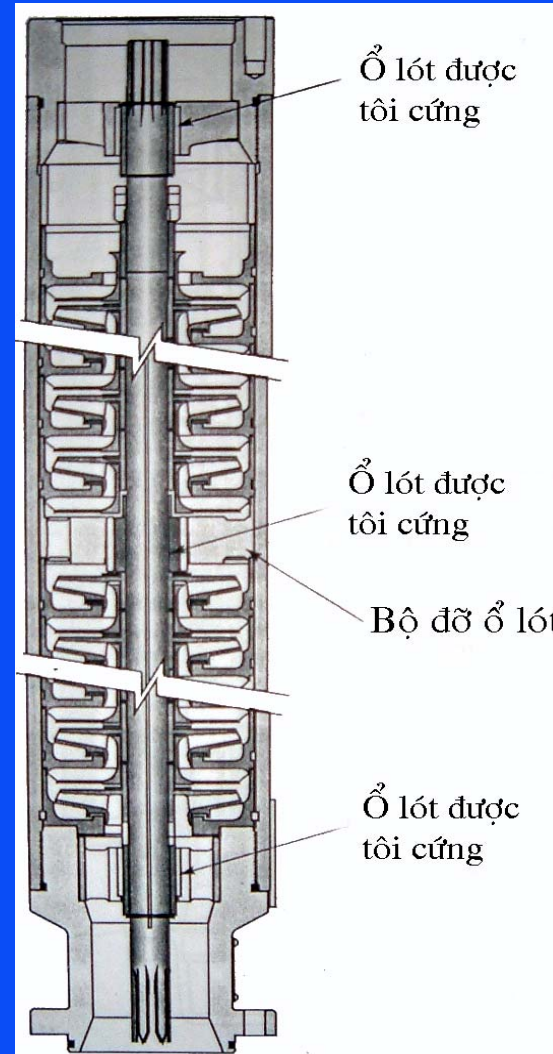
❖ Chọn cấu trúc bơm chịu mài mòn dựa theo lượng chất mài mòn và chỉ số AI.

# CHỌN CẤU TRÚC BƠM THEO CHỈ SỐ AI

## BIỂU ĐỒ ĐỂ CHỌN CẤU TRÚC BƠM

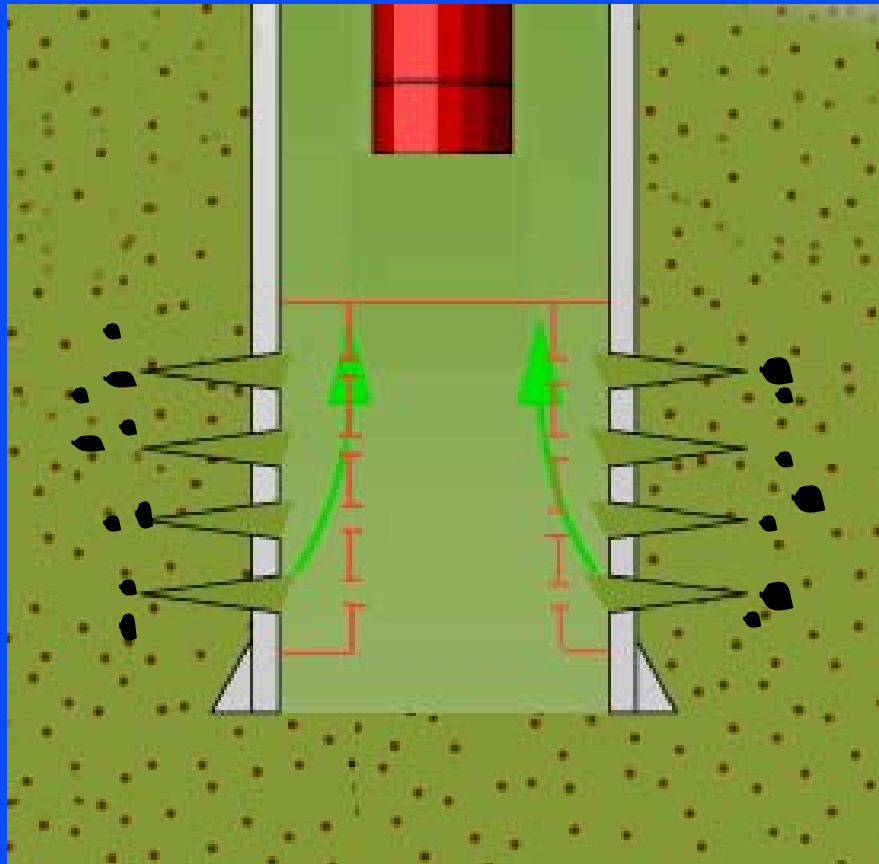


# CHỌN CẤU TRÚC BƠM THEO CHỈ SỐ AI



Như các bơm cấu trúc nổi hay nén thông thường nhưng có lắp thêm ổ lót xuyên tâm, bằng cacbua-vônfram hay zirconia, xen lẫn trong cánh bơm

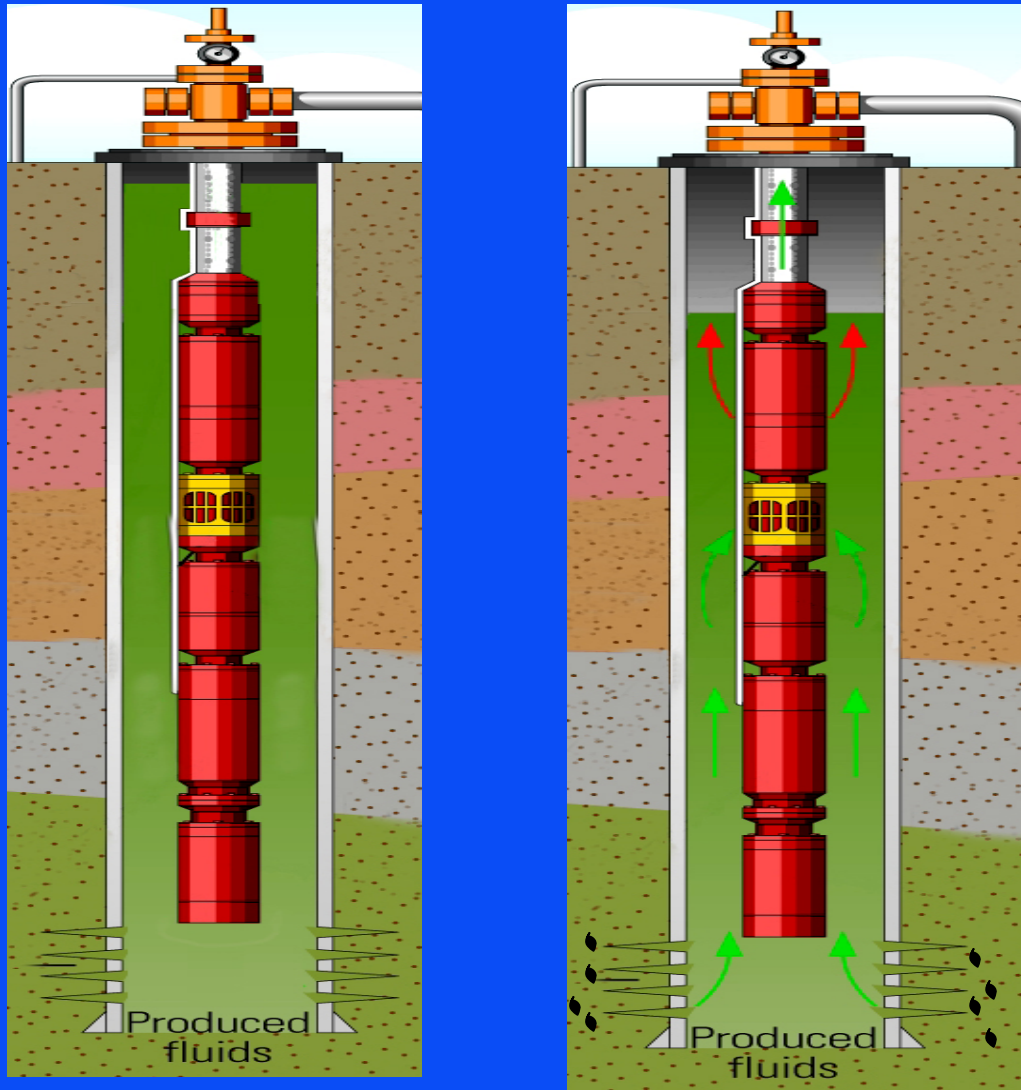
## LẮP ĐẶT PHIN LỌC



Lắp đặt phin lọc, lược được phần cát có kích thước lớn tránh được sự “bắn phá” bề mặt trong của bơm.

Là một phương pháp đơn giản hiệu quả

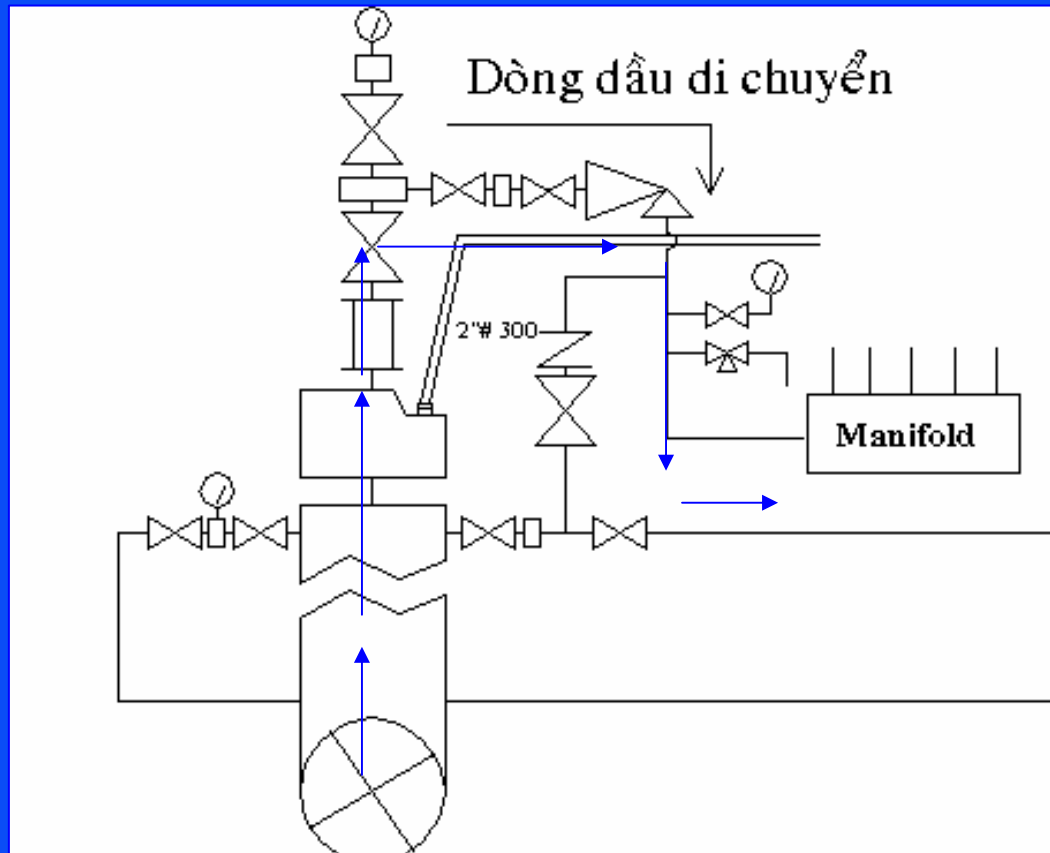
# KHỔNG CHẾ LƯU LƯỢNG KHAI THÁC



- ❖ Khổng chế lưu lượng khai thác vừa phải để khả năng cát từ vỉa vào giếng giảm. (Giữ mực chất lưu khai thác phù hợp).

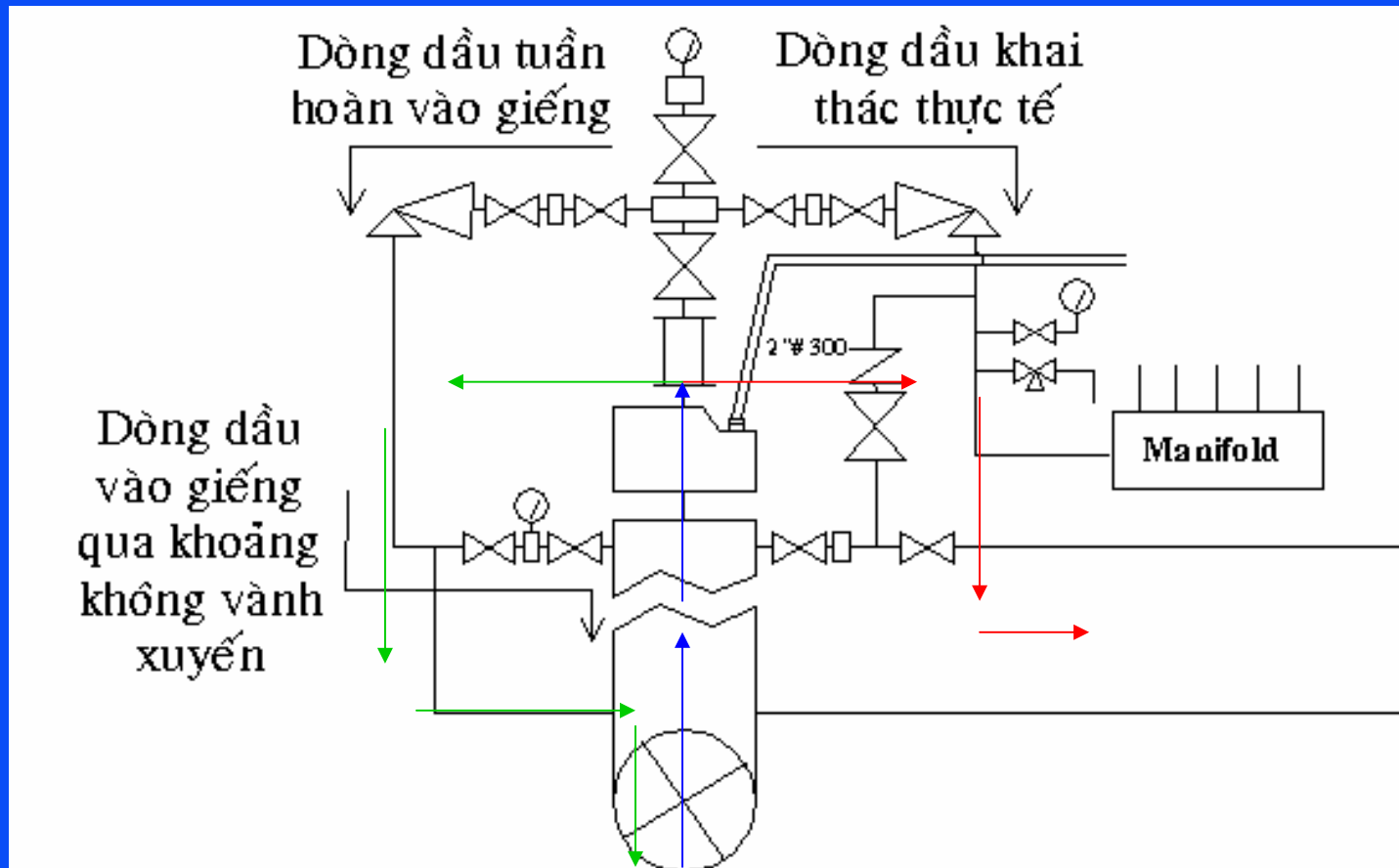
# KHÔNG CHẾ LƯU LƯỢNG KHAI THÁC

## KHÔNG CHẾ LƯU LƯỢNG KHAI THÁC BẰNG KHÓA.



# KHỐNG CHẾ LƯU LƯỢNG KHAI THÁC

## KHỐNG CHẾ LƯU LƯỢNG KHAI THÁC BẰNG CÁCH BƠM TUẦN HOÀN





## PHƯƠNG PHÁP KẾT HỢP

---

- ❖ Phương pháp kết hợp là kết hợp tất cả các phương pháp trên.
- ❖ Do việc sử dụng tất cả các phương pháp trên nên hiệu quả kỹ thuật cao.
- ❖ Tuy nhiên phải lựa chọn các phương pháp kết hợp phù hợp để đạt được hiệu quả kinh tế cao nhất



TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM  
**KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ**

BÀI GIẢNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU KHÍ

***CÁC PHƯƠNG PHÁP THU HỒI DẦU  
TĂNG CƯỜNG  
(Enhanced Oil Recovery\_EOR)***

---

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo

Email : [lphao@hcmut.edu.vn](mailto:lphao@hcmut.edu.vn)

Tel : 84-8-8654086

## Nội dung

---

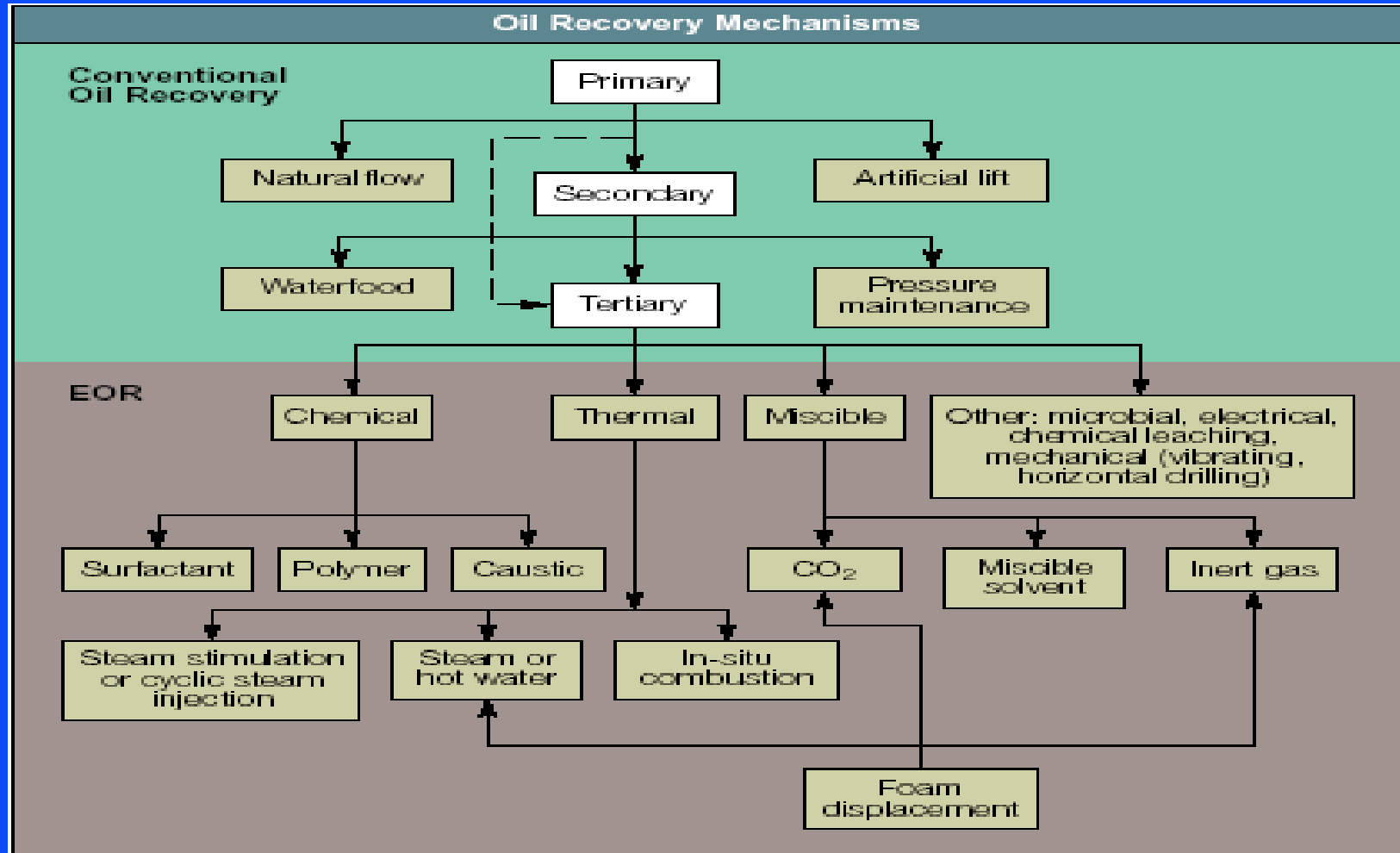
- ❖ Các giai đoạn khai thác
- ❖ Các phương pháp thu hồi dầu tăng cường
  - Phương pháp hóa học
  - Phương pháp trộn lẫn bằng CO<sub>2</sub>
  - Phương pháp nhiệt

## Các giai đoạn khai thác

---

- ❖ Giai đoạn sơ cấp
- ❖ Giai đoạn thứ cấp
- ❖ Giai đoạn tăng cường

# Giai đoạn khai thác



## Giai đoạn sơ cấp

---

- ❖ Các nguồn năng lượng vĩa
  - Năng lượng chuyển dịch
  - Năng lượng cạn kiệt
  
- ❖ Hệ số thu hồi dầu thấp (10%-30%)

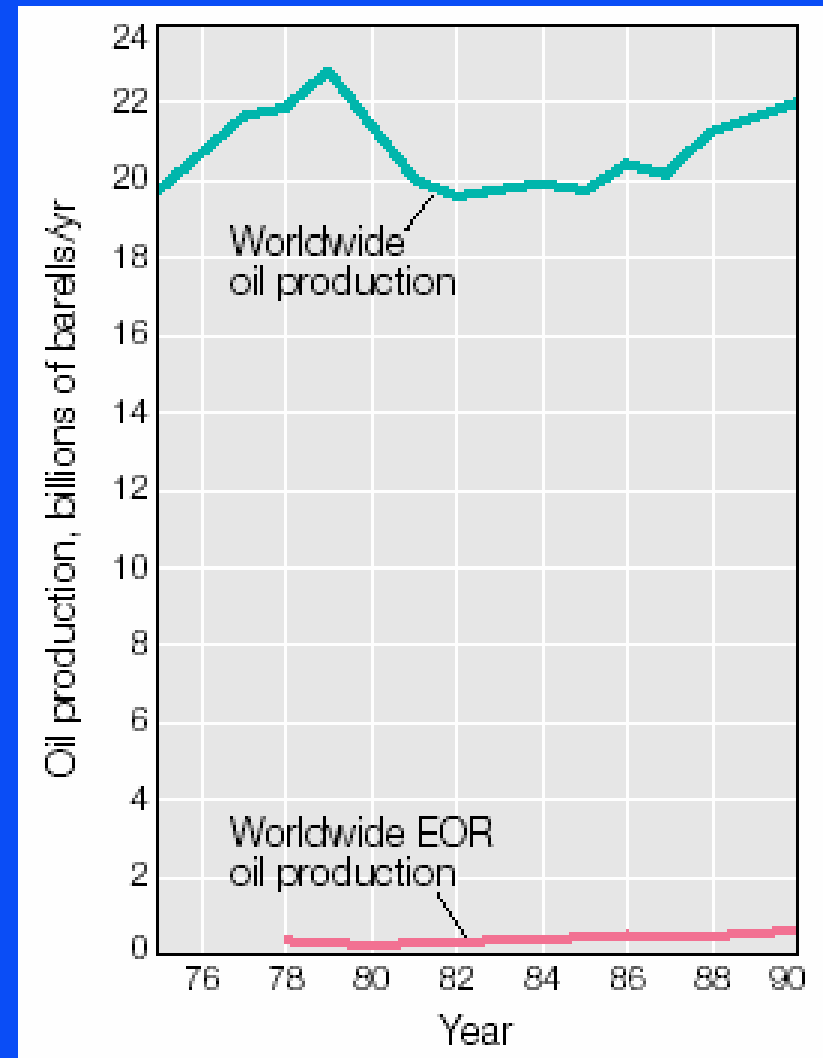
## Giai đoạn thứ cấp

---

- Sau quá trình khai thác sơ cấp, các nguồn năng lượng tự nhiên dần cạn kiệt nhưng lượng dầu trong vỉa còn tương đối lớn (2/3 đến 3/4)
- Tiến hành duy trì áp suất vỉa bằng bơm ép nước hoặc khí

## Khả năng ứng dụng EOR trên thế giới

- Phương pháp thu hồi tăng cường được ứng dụng ngày càng nhiều
- Năm 1982, sản lượng dầu khai thác bằng phương pháp này chiếm 0.9% toàn lượng dầu thế giới. Và năm 1990 tăng lên 2%





## Giai đoạn thu hồi dầu tăng cường

---

### Đặc trưng

- Tăng hiệu suất quét
- Tăng hiệu suất đẩy
- Tăng cả hai

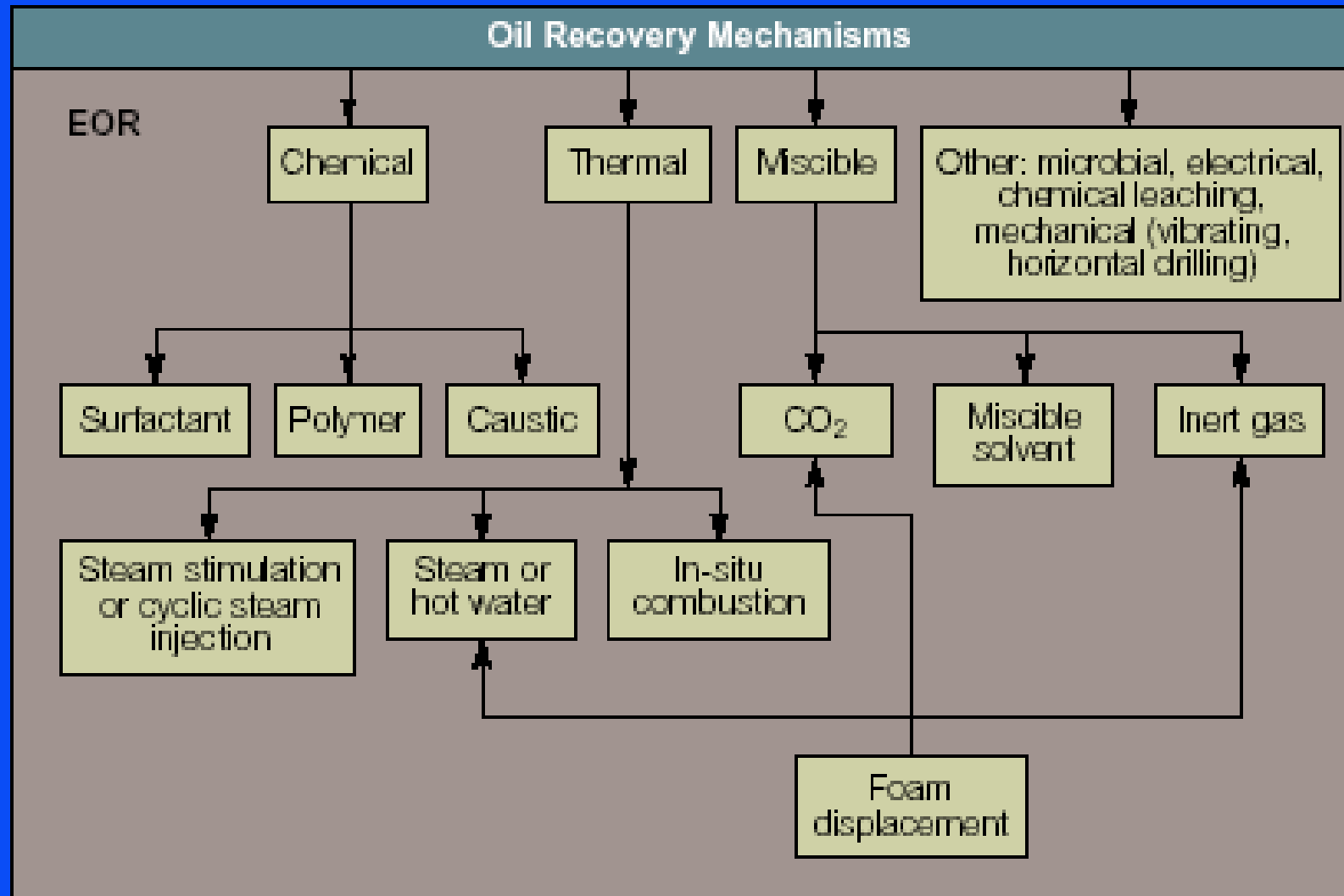
### Mục đích

- Bổ sung năng lượng vỉa
- Tăng điều kiện thu hồi dầu nhờ sự tương tác của dầu

# Phương pháp thu hồi dầu tăng cường



# Cơ chế thu hồi dầu tăng cường



## Phương pháp thu hồi dầu tăng cường

---

- Phương pháp hóa học
- Phương pháp trộn lẫn bằng CO<sub>2</sub>
- Phương pháp nhiệt

## Phương pháp hóa học

---

- Sử dụng chất hoạt tính bề mặt
- Bơm ép hóa chất (polimer)
- Phương pháp bơm ép chất kiềm (caustic)

## Phương sử dụng chất hoạt tính bề mặt

---

### Các loại chất hoạt tính bề mặt

- Chất cực anion
- Chất cực cation

### Công dụng

- Làm giảm sức căng bề mặt -> tăng tính linh động của dầu
- Giảm mức chênh áp cần thiết
- Tăng hệ số thu hồi 15 – 16 %

# Phương sử dụng chất hoạt tính bề mặt

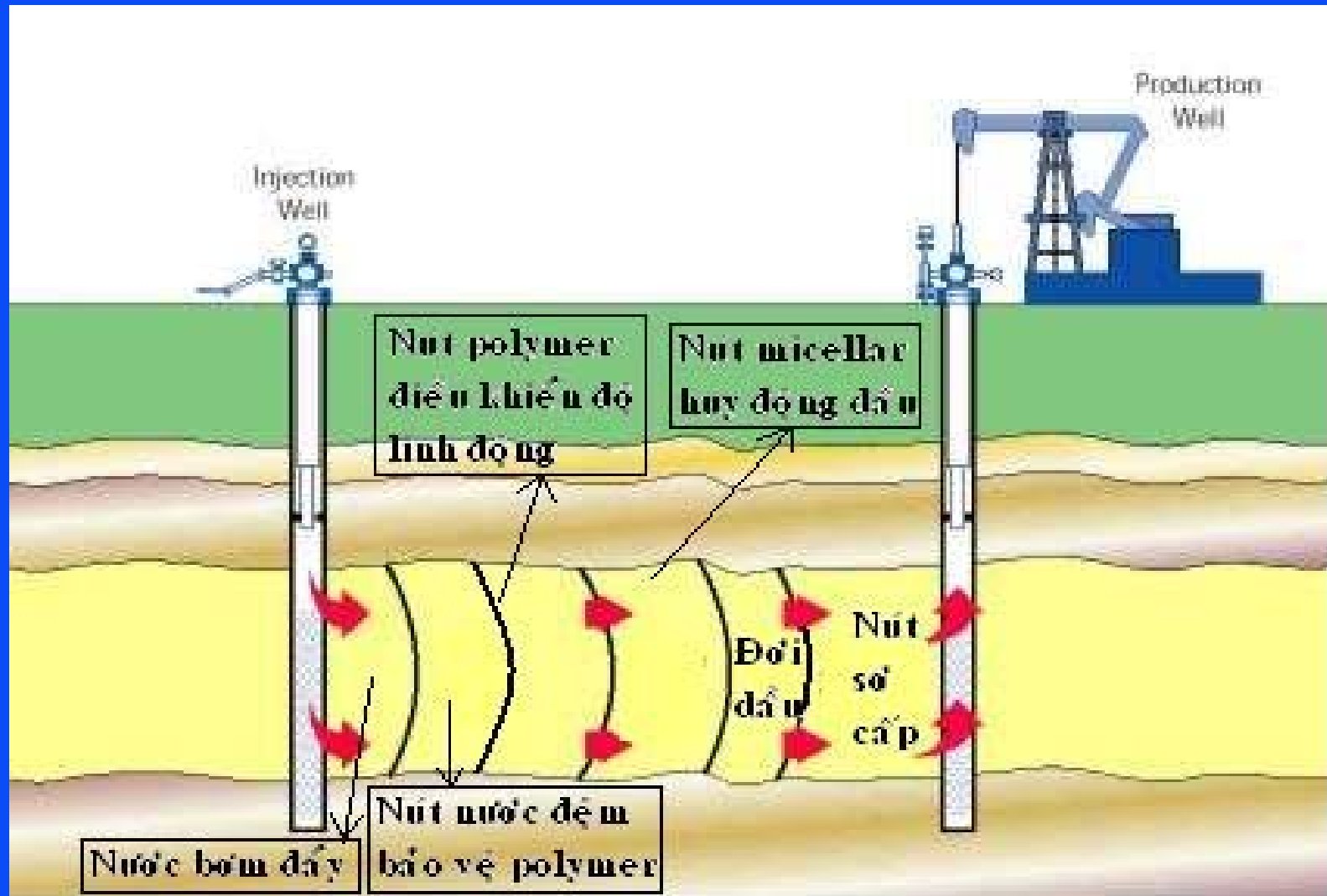
---

## Nhược điểm

- Phức tạp
- Không ổn định
- Bị hấp thụ mạnh
- Chất hoạt tính bề mặt rất đắt tiền

## Cơ chế

# Bơm ép polimer





## Bơm polimer

---

### Ưu điểm

- Hòa tan với nước đẩy các nút sơ cấp hiệu quả
- Quá trình đẩy dịch chuyển không trộn lẫn

### Nhược điểm:

- Nút sơ cấp (dung dịch mecella) phải có tỷ số linh động thích hợp mới tăng hiệu suất đẩy

## Bơm ép chất kiềm (caustic)

---

Các loại chất kiềm:  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ...

- Tạo điều kiện đá chứa thay đổi từ dính ướt dầu sang tính dính ướt nước
- Hòa tan với nước bơm ép và tạo hỗn hợp với dầu dư trong vỉa làm giảm sức căng bề mặt
- Phản ứng với các axit hữu cơ tạo ra các chất hoạt tính bề mặt tại bề mặt phân cách dầu nước.

## Phương pháp trộn lẫn CO<sub>2</sub>

---

### Các tính chất CO<sub>2</sub>

- Khối lượng  $\rho$
- Độ nhớt  $\mu$

### Tác dụng của phương pháp trộn lẫn CO<sub>2</sub>

- Độ nhớt dầu và nước thay đổi
- Hòa vào dầu  $\rightarrow$   $\mu$  của dầu giảm  $\rightarrow$  ứng suất bề mặt ranh giới dầu nước giảm
- Hòa vào nước  $\rightarrow$   $\mu$  của nước tăng  $\rightarrow$  tăng khả năng đẩy dầu

## Các phương pháp bơm ép CO<sub>2</sub>

---

- Bơm ép liên tục
- CO<sub>2</sub> ngậm H<sub>2</sub>O
- Nút CO<sub>2</sub> khí hay lỏng theo sau bởi nước
- Đồng thời CO<sub>2</sub> & H<sub>2</sub>O

## Bơm ép CO<sub>2</sub> liên tục

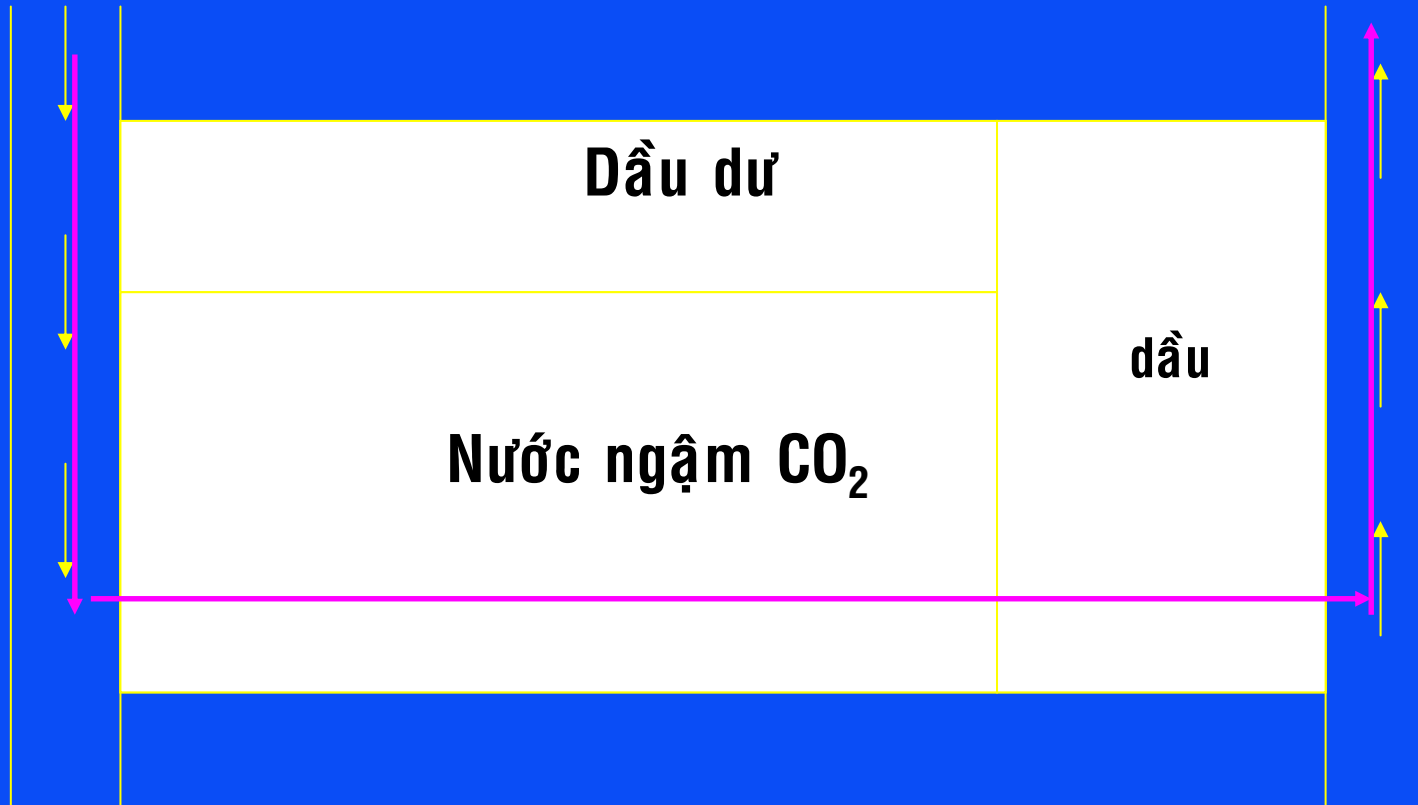
---

Đây là phương pháp quan trọng nhưng hiệu quả kinh tế thấp do:

- Đòi hỏi lượng CO<sub>2</sub> rất nhiều
- Đạt hiệu quả khi có kỹ thuật tái sinh CO<sub>2</sub>

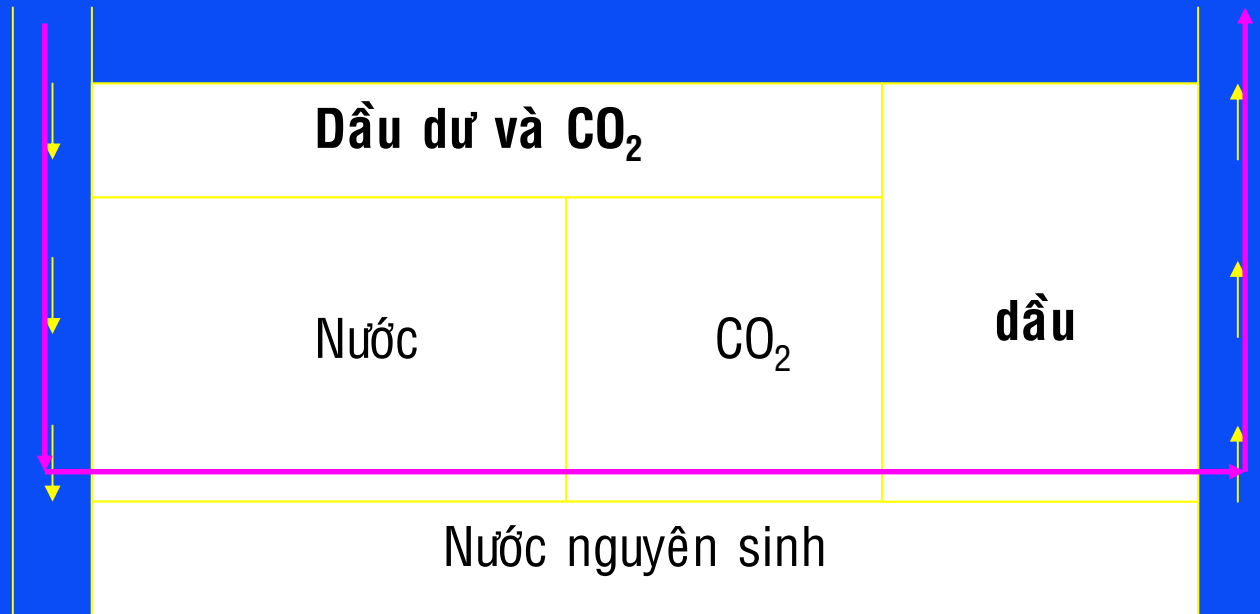
Thu hồi: 20 %

## Bơm ép nước ngậm CO<sub>2</sub>



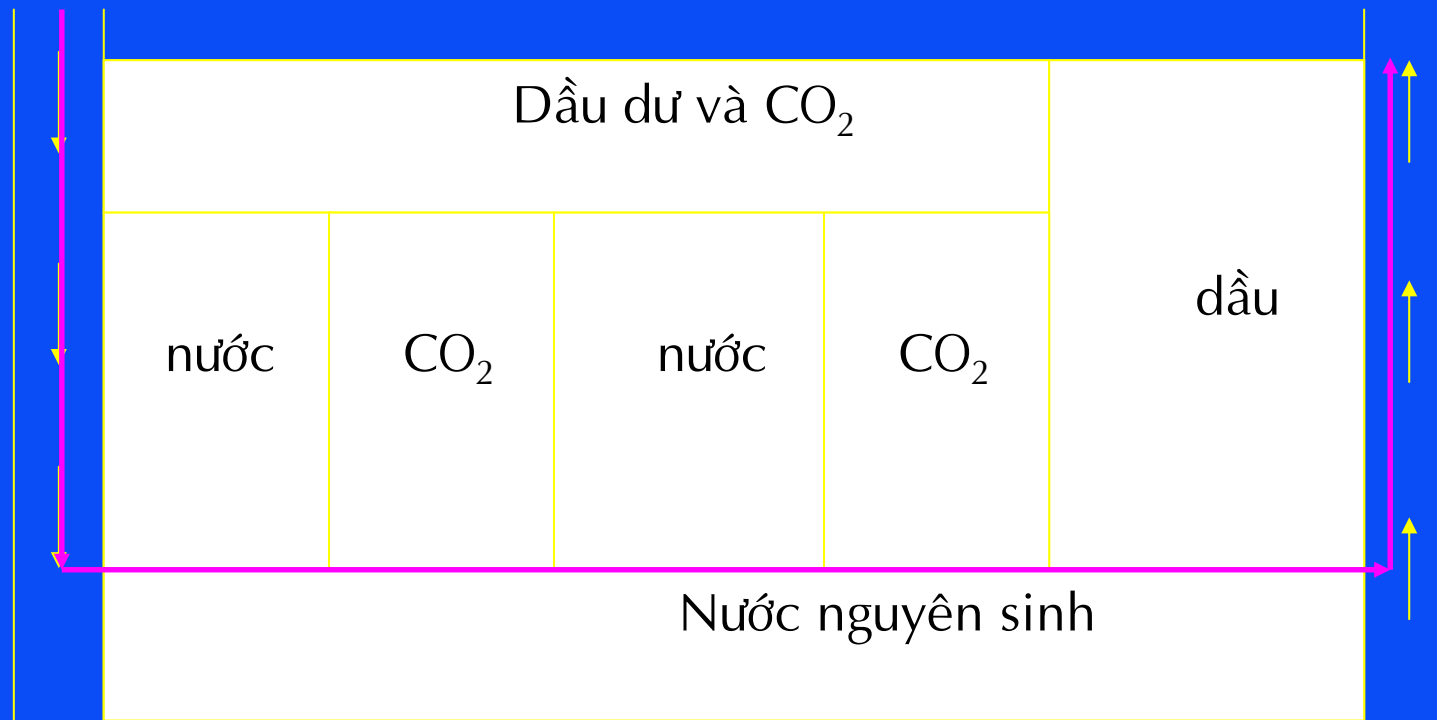
Hạn chế: Sự khuếch tán CO<sub>2</sub> chậm -> hiệu quả thu hồi dầu không cao

## Bơm ép nút CO<sub>2</sub> lỏng hay khí theo sau bởi nước



- Nước được bơm ép liên tục để đẩy nút CO<sub>2</sub>
- Để tăng hiệu quả ta dùng phương pháp WAG

# Phương pháp WAG (Water – Alternating – Gas process)





# Phương pháp WAG (Water – Alternating – Gas process)

---

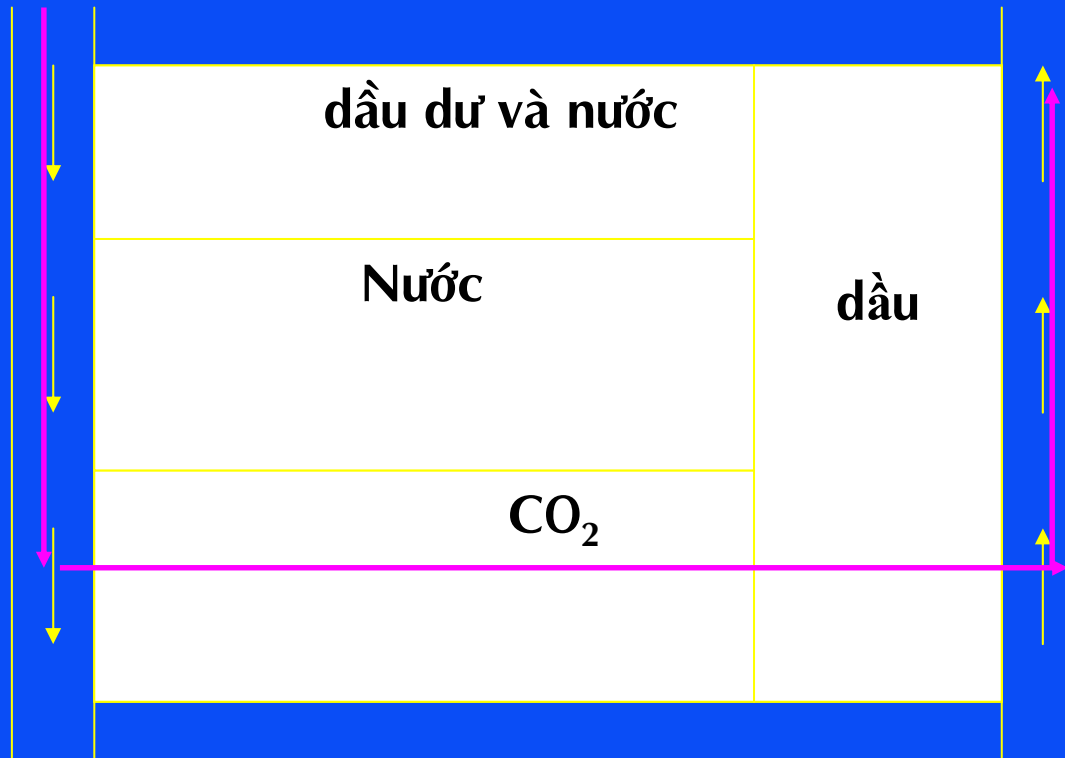
## Mục đích

- Giảm độ linh động  $\text{CO}_2$
- Kinh tế hơn các phương pháp khác

## Ưu việt hơn so với các phương pháp khác

- Thu hồi dầu cao 38%
- Kéo dài khả năng sử dụng  $\text{CO}_2$

# Bơm ép đồng thời CO<sub>2</sub> và nước



# Tính ưu việt của phương pháp CO<sub>2</sub> so với phương pháp khác

---

- ❖ Khả năng trộn lẫn ở áp suất thấp
- ❖ Hiệu suất đẩy cao trong trường hợp trộn lẫn xảy ra
- ❖ CO<sub>2</sub> xuyên qua các màng nước bao quanh dầu để tương tác với dầu
- ❖ Tăng hiệu suất quét
- ❖ Chi phí thấp đặc biệt khi có CO<sub>2</sub> gần mỏ
- ❖ Giảm độ linh động của nước vỉa, tăng độ thấm do H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> làm giảm nở dầu, giảm độ nhớt của dầu

## Hoạt động thu hồi dầu tăng cường bằng CO<sub>2</sub> trên thế giới

Quốc gia.	Số dự án.	Sản lượng dầu thu hồi tăng cường bằng phương pháp bơm ép CO <sub>2</sub> .	
		Thùng/ngày.	m <sup>3</sup> /ngày.
Mỹ	74	196411	31276
Thổ nhĩ kỳ	1	13500	2150
Trinidad	2	500	80
Canada	2	250	40
Tổng	79	210661	33546

## CO<sub>2</sub> sử dụng tốt khi

- API: 22 – 36
- $\mu$ : 10cp trở xuống
- Thành hệ: cát kết, cacbonat
- Độ sâu: > 2500ft

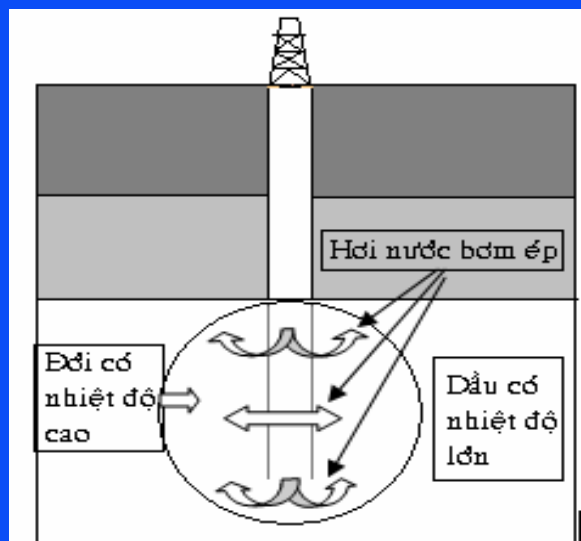
## Các phương pháp nhiệt

---

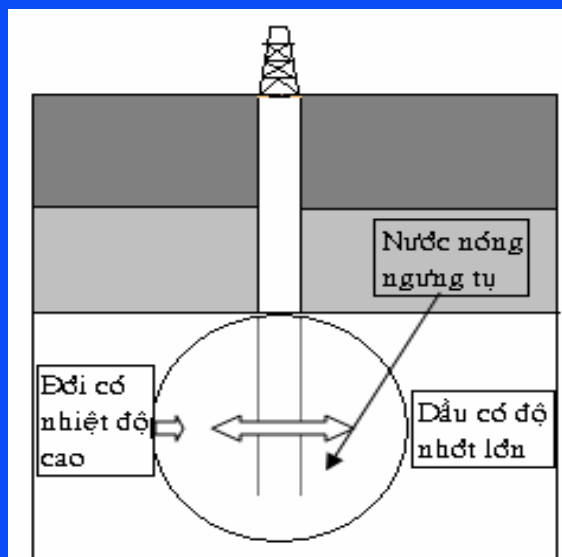
- Dùng để thu hồi dầu nặng nhỏ hơn  $20^0$  API ứng với độ nhớt từ 200 đến 2000 cp, bao gồm:
- Bơm ép chất lưu nóng
- Đốt tại chỗ

# Bơm ép chất lưu nóng

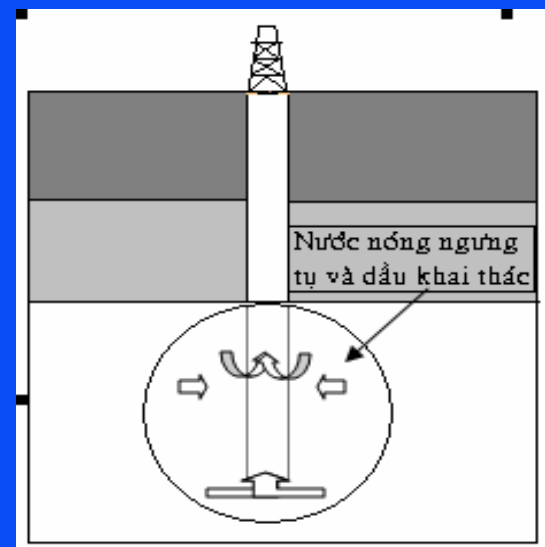
Giai đoạn bơm ép



Giai đoạn ngưng



Giai đoạn khai thác



## Bơm ép chất lưu nóng

---

- ❖ Bơm ép hơi nước nóng và nước nóng (ít hiệu quả)
- ❖ Bơm ép hơi nước theo chu kì nhằm: giảm  $\mu_0$ , thoát hơi nước vỉa, giảm nở dầu, bay hơi nước bay quanh dầu
- ❖ Thuận lợi: hiệu quả về thời gian (tương tác kích hơi ngắn)
- ❖ Khó khăn:
  - Vỉa gần giếng mới kích thích được
  - Hạn chế về mặt kỹ thuật

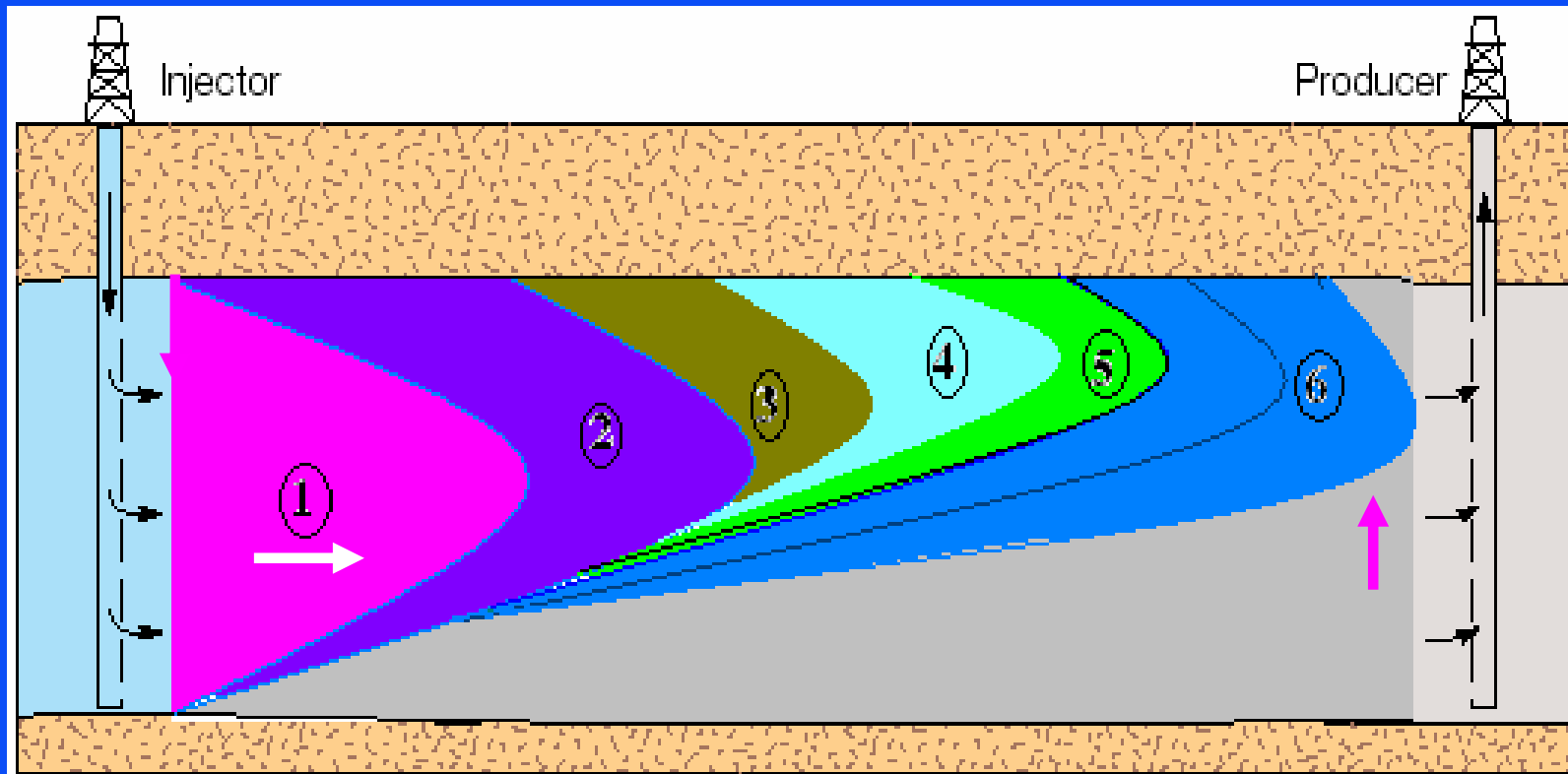


## Phương pháp đốt tại chỗ

---

- ❖ Năng lượng nhiệt tạo ra do đốt cháy một phần dầu trong vỉa
- ❖ Nguồn cháy kích thích bằng điện, khí nổ hay tự động
- ❖ Cơ chế: dựa vào tác động làm giảm  $\mu$ , bay hơi chất lưu, cracking
- ❖ Sử dụng 30% dầu trong vỉa làm nhiên liệu cháy

# Phương pháp đốt tại chỗ



## Phương pháp đốt tại chỗ

---

Hiệu suất phụ thuộc:

- Thành phần và độ bão hòa dầu
- Điều kiện cháy
- Đặc tính đặc tính tầng chứa

Phương pháp này hiệu quả hơn hơi nóng và có các hạn chế sau:

- Không đơn giản, chi phí cao
- Khó kiểm soát nhiệt, gây hư hỏng ximăng, thành hệ giếng

## BƠM ÉP KHÍ TRỘN LẮN

---

Bơm ép các chất trộn lẫn ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ , LPG, ...) được áp dụng nhiều bởi những tính năng ưu việt, đặc biệt là bơm ép  $\text{CO}_2$ .

- Do vai trò tương tác giữa  $\text{CO}_2$  và dầu,  $\text{CO}_2$  và nước vỉa.
- Nếu quá trình bơm ép là trộn lẫn thì áp suất tối thiểu có khả năng trộn lẫn là nhỏ nhất
- $\text{CO}_2$  hoà tan trong nước, tăng độ nhớt của nước, di chuyển qua các màng nước bao bọc xung quanh giọt dầu để tương tác với dầu

## BƠM ÉP KHÍ TRỘN LẦN

---

- CO<sub>2</sub> hoà tan trong dầu làm giãn nở dầu, giảm độ nhớt dầu.
- Sự hoà tan của CO<sub>2</sub> trong nước và dầu làm giảm sức căng bề mặt dầu/nước, dầu/đá, nước/đá
- CO<sub>2</sub> là tác nhân làm tác động dầu dư trong lỗ rỗng giúp giọt dầu liên kết và chảy đến giếng khai thác.

## CÁC PHƯƠNG PHÁP

---

- Phương pháp trộn lẫn hỗn hợp tiếp xúc một lần.
- Phương pháp trộn lẫn hỗn hợp tiếp xúc nhiều lần.
  - Phương pháp trộn lẫn CO<sub>2</sub>
  - Phương pháp bơm xen kẽ nút CO<sub>2</sub> và nút nước
  - Phương pháp bơm bằng khí khác

## Phương pháp FCM (First - Contact - Miscible Process)

- Chất lưu được bơm vào trộn lẫn trực tiếp với dầu trong vỉa ở điều kiện nhiệt độ và áp suất vỉa
- Một nút nhỏ hydrocarbon (khí hoá lỏng LPG) được gọi là nút sơ cấp chiếm khoảng 10 - 15% thể tích rỗng được bơm vào để đẩy dầu
- Nút LPG này được đẩy bởi một thể tích lớn của khí rẻ tiền hơn và có nồng độ mêtan cao như khí khô.

## PHƯƠNG PHÁP TRỘN LẦN HỖN HỢP TIẾP XÚC NHIỀU LẦN

---

### Phương pháp MCM (Multiple - Contact - Miscible Process)

- Chất lưu được bơm ép không trộn lẫn với dầu trong vỉa ở lần tiếp xúc đầu tiên, mà phụ thuộc vào hợp phần pha được bơm vào hay pha dầu qua nhiều mặt tiếp xúc giữa các pha bên trong vỉa, và thay đổi khối lượng của chúng
- Dưới điều kiện thuận lợi về nhiệt độ, áp suất và thành phần sẽ tạo khả năng trộn lẫn giữa pha đẩy và pha được đẩy tại chỗ



## PHƯƠNG PHÁP TRỘN LẤN CO<sub>2</sub>

---

- CO<sub>2</sub> nguyên chất được bơm vào để huy động và đẩy dầu trong vỉa.
- Qua nhiều bề mặt tiếp xúc giữa CO<sub>2</sub> và pha dầu, các hydrocarbon có khối lượng phân tử trung bình và cao bị tách vào pha khí giàu CO<sub>2</sub>.
- Pha khí này sẽ đạt tới một thành phần mà có thể trộn lẫn với dầu nguyên thủy trong vỉa.
- Tại thời điểm khởi đầu này, khả năng trộn lẫn sẽ đạt nhanh ở bề mặt đẩy.
- Độ nhớt của CO<sub>2</sub> lúc này là nhỏ, 0.06 - 0.1 cp.
- Phụ thuộc vào nhiệt độ và áp suất vỉa thì dầu sẽ được đẩy bởi CO<sub>2</sub>.

# BƠM XEN KẼ NÚT CO<sub>2</sub> VÀ NÚT NƯỚC

---

## Bơm khí xen kẽ nước WAG (Water - Alternating - Gas Process)

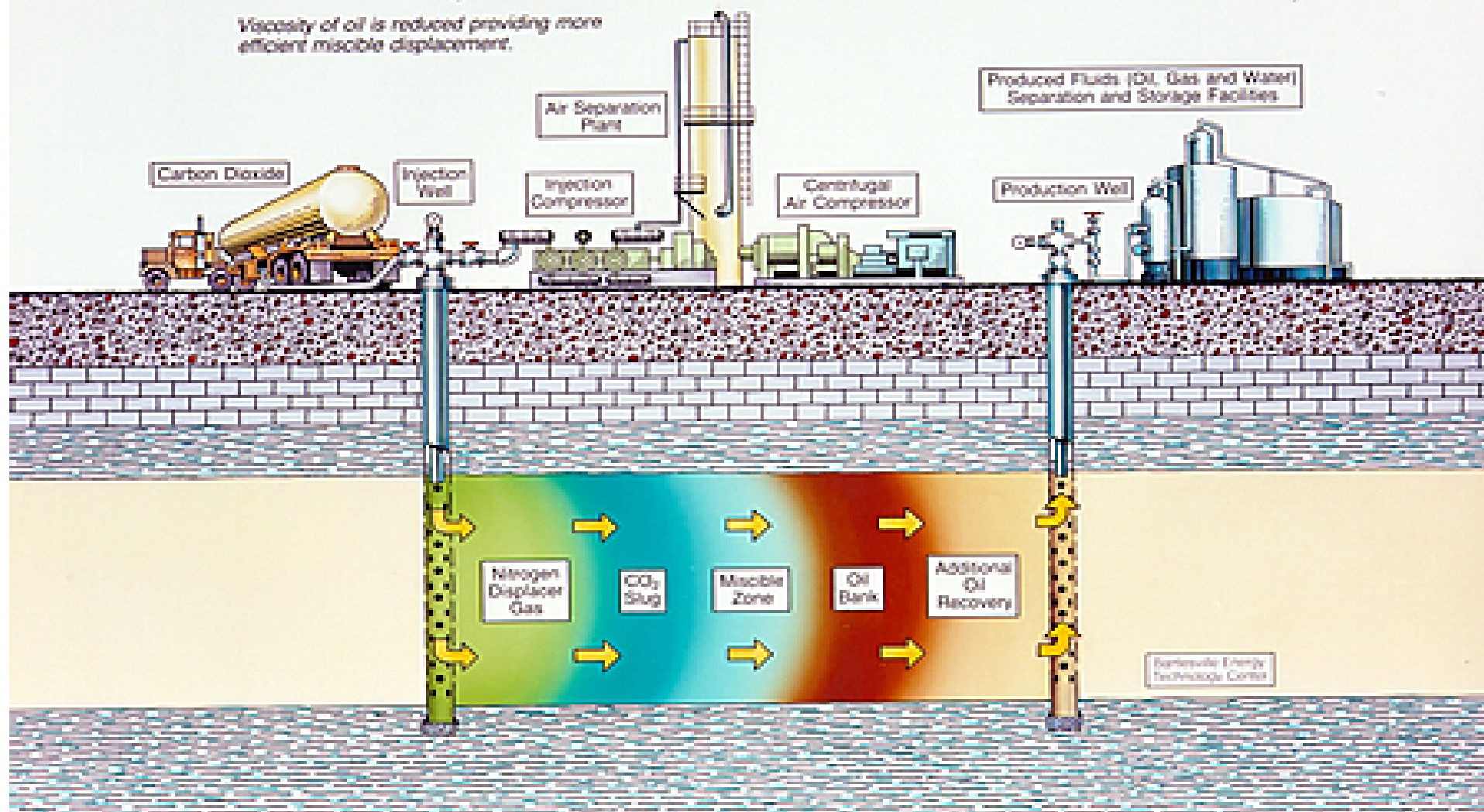
- Bơm nước vào để giảm độ nhớt tương đối của CO<sub>2</sub> và kết quả là giảm độ linh động của nó
- Phương pháp WAG là phương pháp kéo dài nhu cầu CO<sub>2</sub> theo thời gian

# BƠM XEN KẼ NÚT CO<sub>2</sub> VÀ NÚT NƯỚC

## NITROGEN — CO<sub>2</sub> FLOODING

In a CO<sub>2</sub> flood, the use of nitrogen to displace the CO<sub>2</sub> slug and its miscible oil bank might be desirable due to the lower cost of the nitrogen.

*Viscosity of oil is reduced providing more efficient miscible displacement.*



## PHƯƠNG PHÁP TRỘN LẦN HỖN HỢP TIẾP XÚC NHIỀU LẦN

---

Phương pháp MCM (Multiple - Contact - Miscible Process) sử dụng những khí  $N_2$ , khí khô, khí gầy (flue gas) (tương tự như  $CO_2$ )

- Phải có áp suất trộn lẫn lớn hơn khi dùng  $CO_2$
- Thích hợp vỉa sâu nơi cần áp suất cao cần thiết có thể đạt tới để trộn lẫn mà không làm vỡ vỉa.

## VAI TRÒ CỦA CO<sub>2</sub>

---

- **Làm giãn nở dầu.** Khi dầu giãn nở sẽ đẩy nước ra khỏi không gian rỗng, làm thành dòng chảy mạnh, kết quả là làm hút nước trong các hệ có tính dính ướt nước
- **Làm giảm độ nhớt dầu.** Giảm chỉ còn 1/10 đến 1/100 độ nhớt ban đầu. Dầu có độ nhớt càng lớn thì tỉ lệ giảm độ nhớt càng tăng
- **Bổ sung vào nguồn năng lượng khí hoà tan**
- **Tăng hệ số thu hồi dầu.**