



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 ban 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
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.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- 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.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

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. Qui 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- Qui 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 nỏ

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
Tel : 84-8-8654086

NỘI DUNG

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

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

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

- Sấy khô mẫu ở 105°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 hoà dầu, khí và nước tương ứng”

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

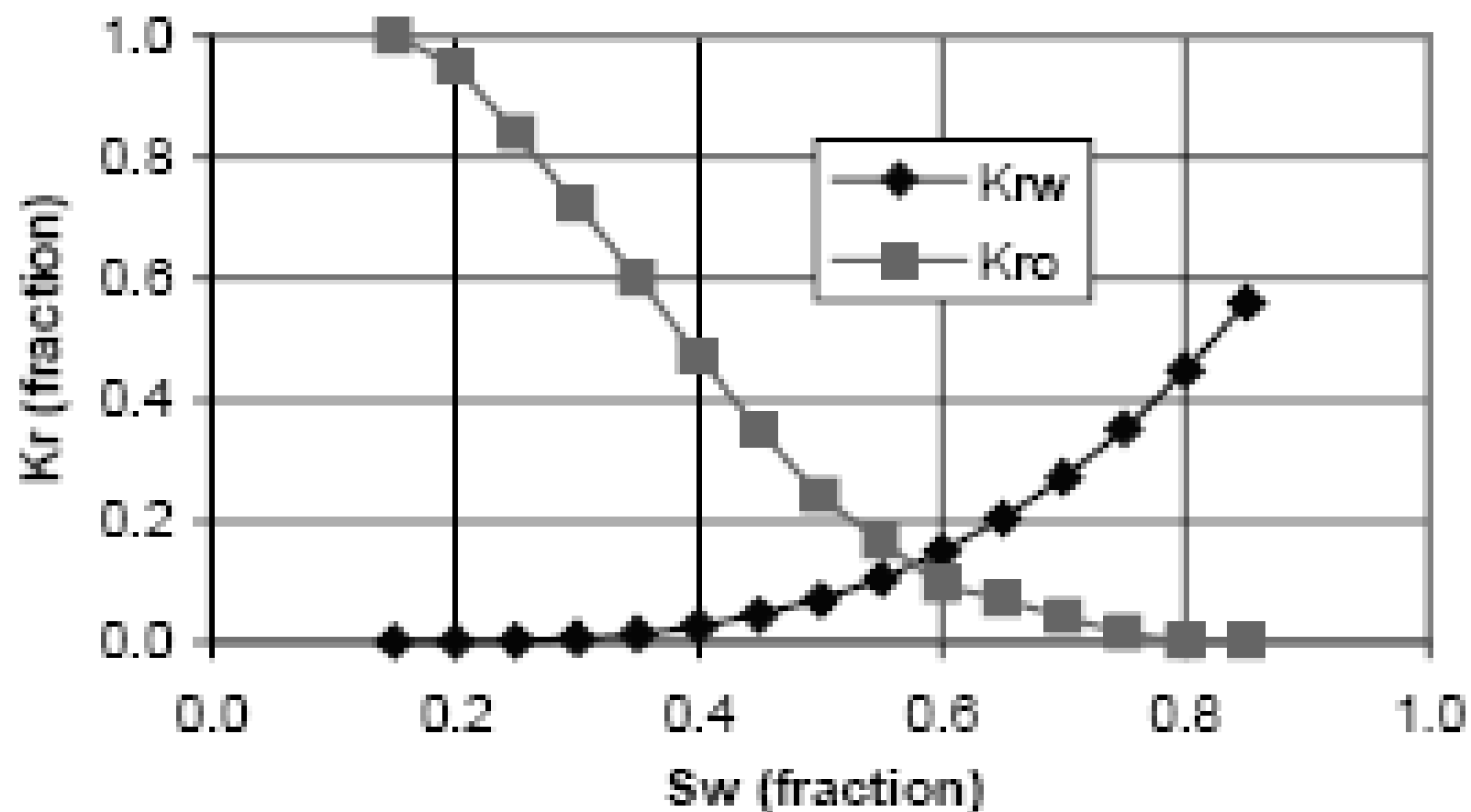
$$S_g = \frac{V_g}{V_r}$$

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

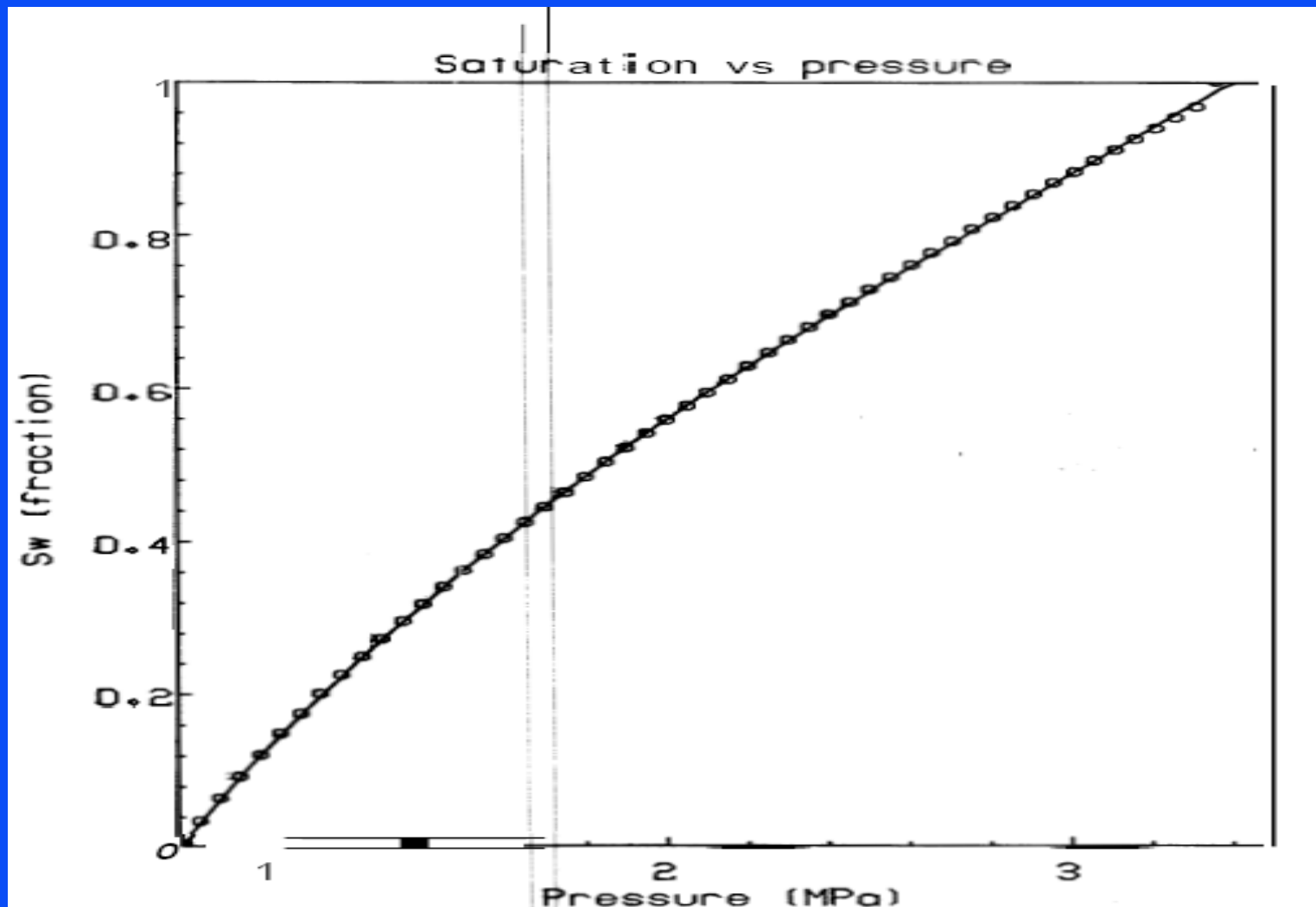
Và:

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

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

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

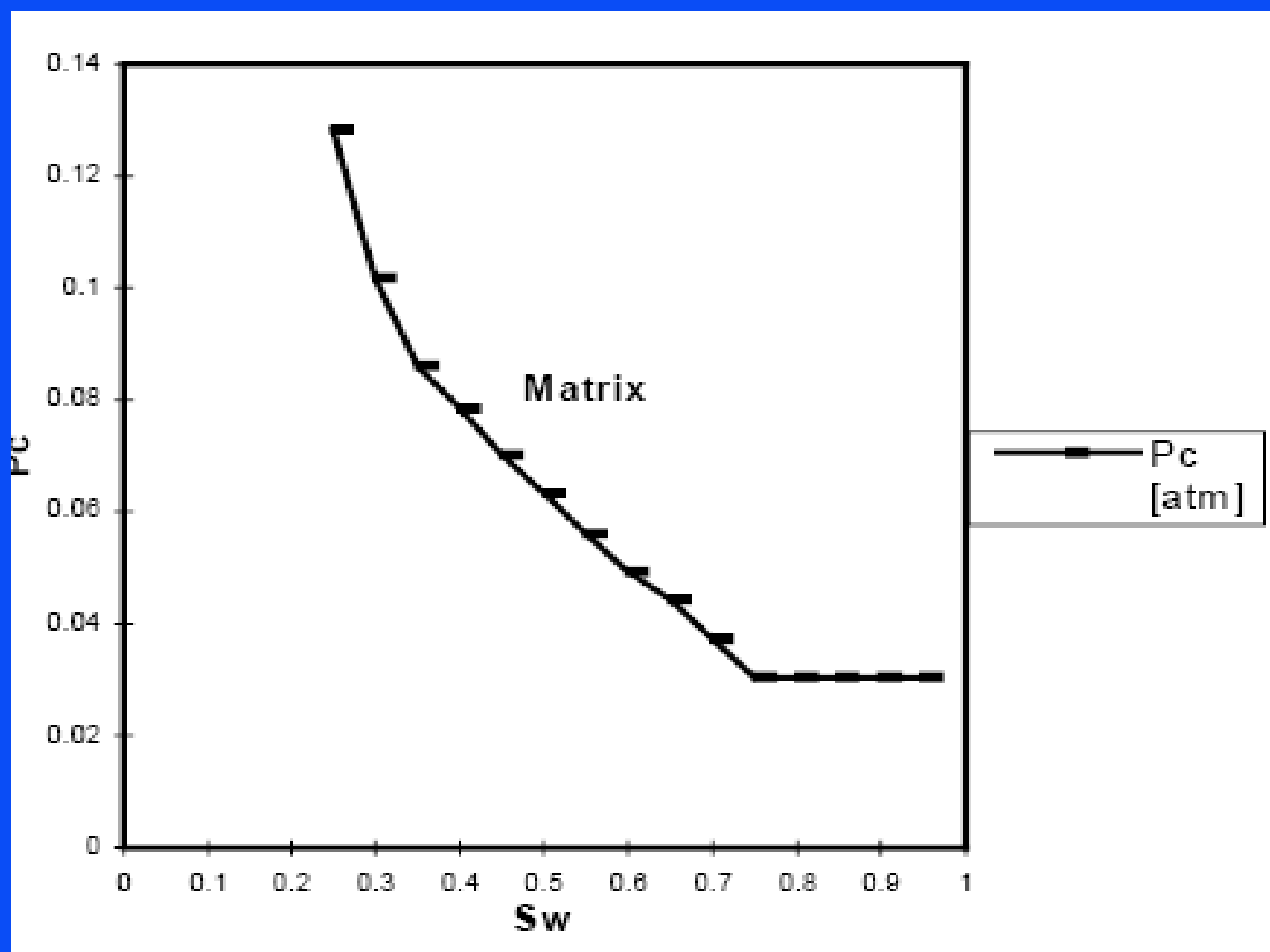
Tương tự, ta có áp suất mao dẫn giữa pha khí – pha nước là:

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

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:

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

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

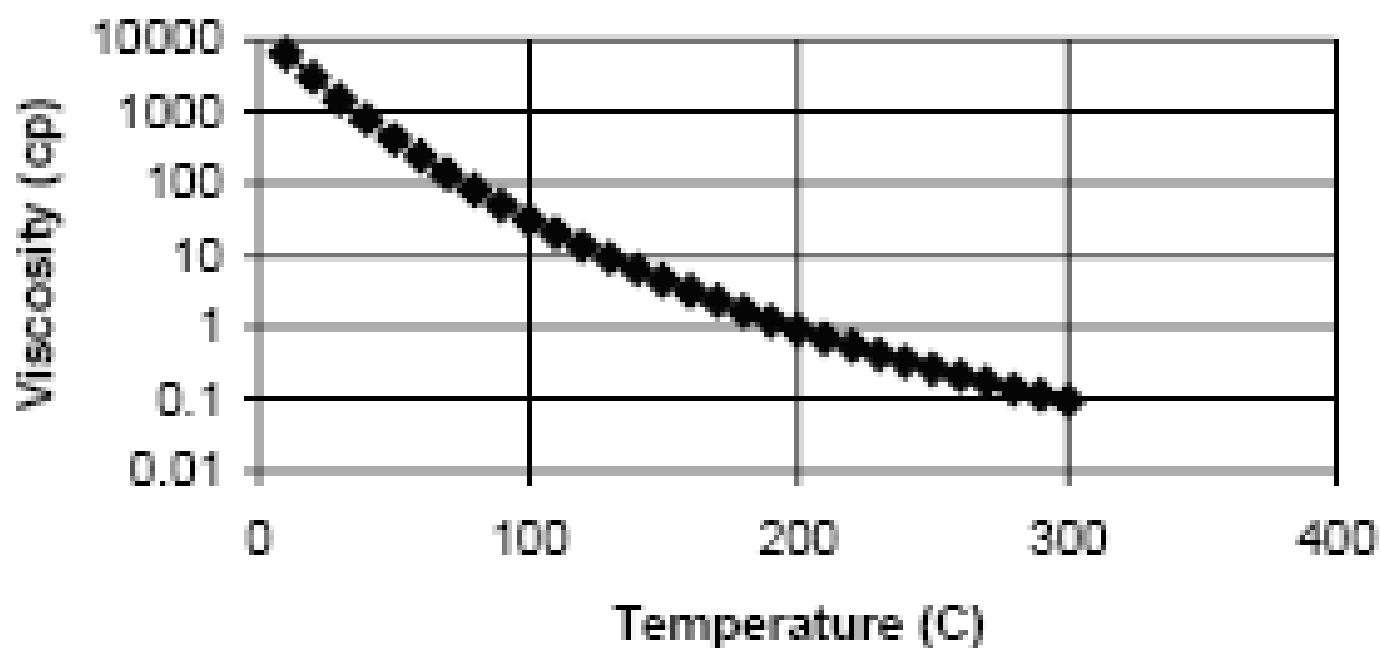
Khi áp suất thay đổi thì thể tích của khí sẽ thay đổi theo. Sự thay đổi này được đặc trưng bằng hệ số nén đẳng nhiệt của khí:

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

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 Egbogah):

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

+ Dầu mới (theo Beggs và Robinson):

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

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

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

$$m = 2,6P^{1,187} \exp(-11,513 - 8,98 \cdot 10^{-5} P)$$

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 ($Re < 10$)

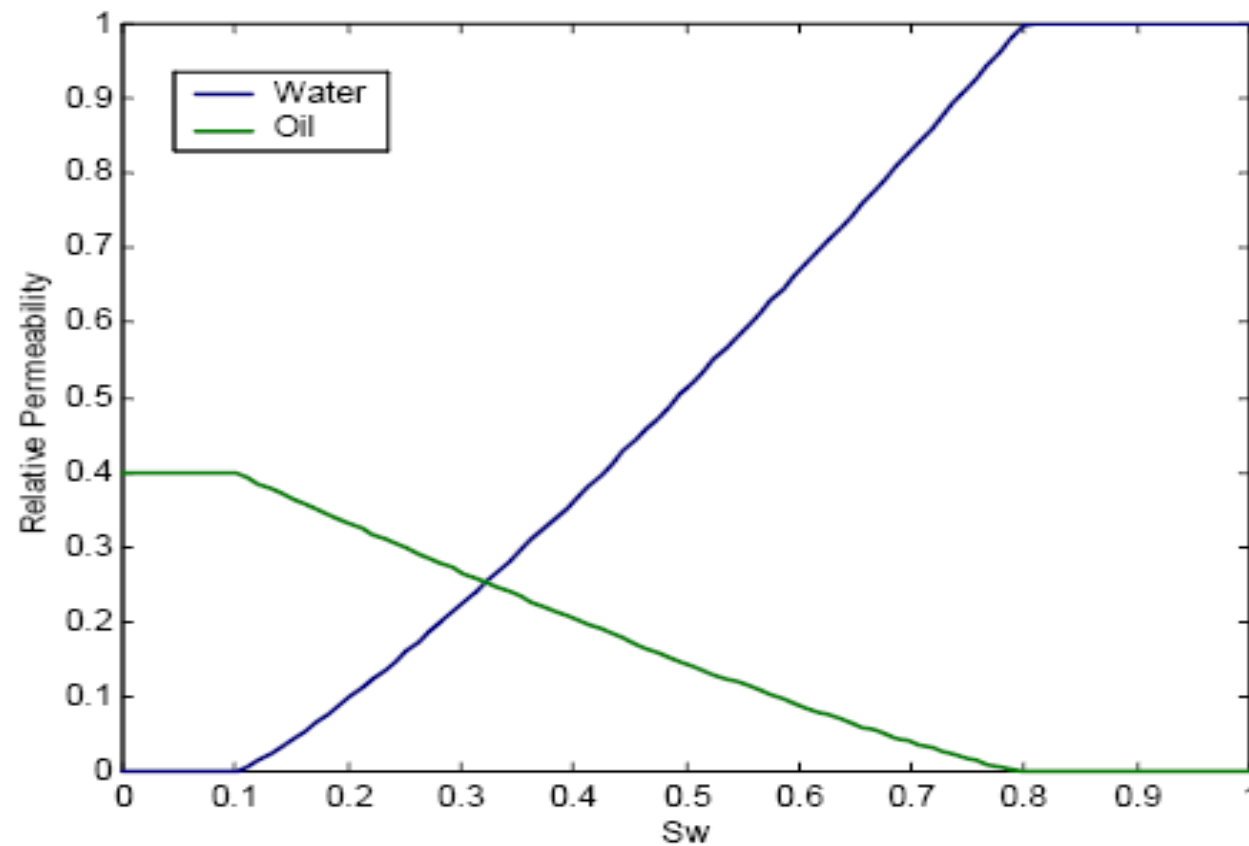
Dòng chảy trong vỉa

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

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

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

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:

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

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

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

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

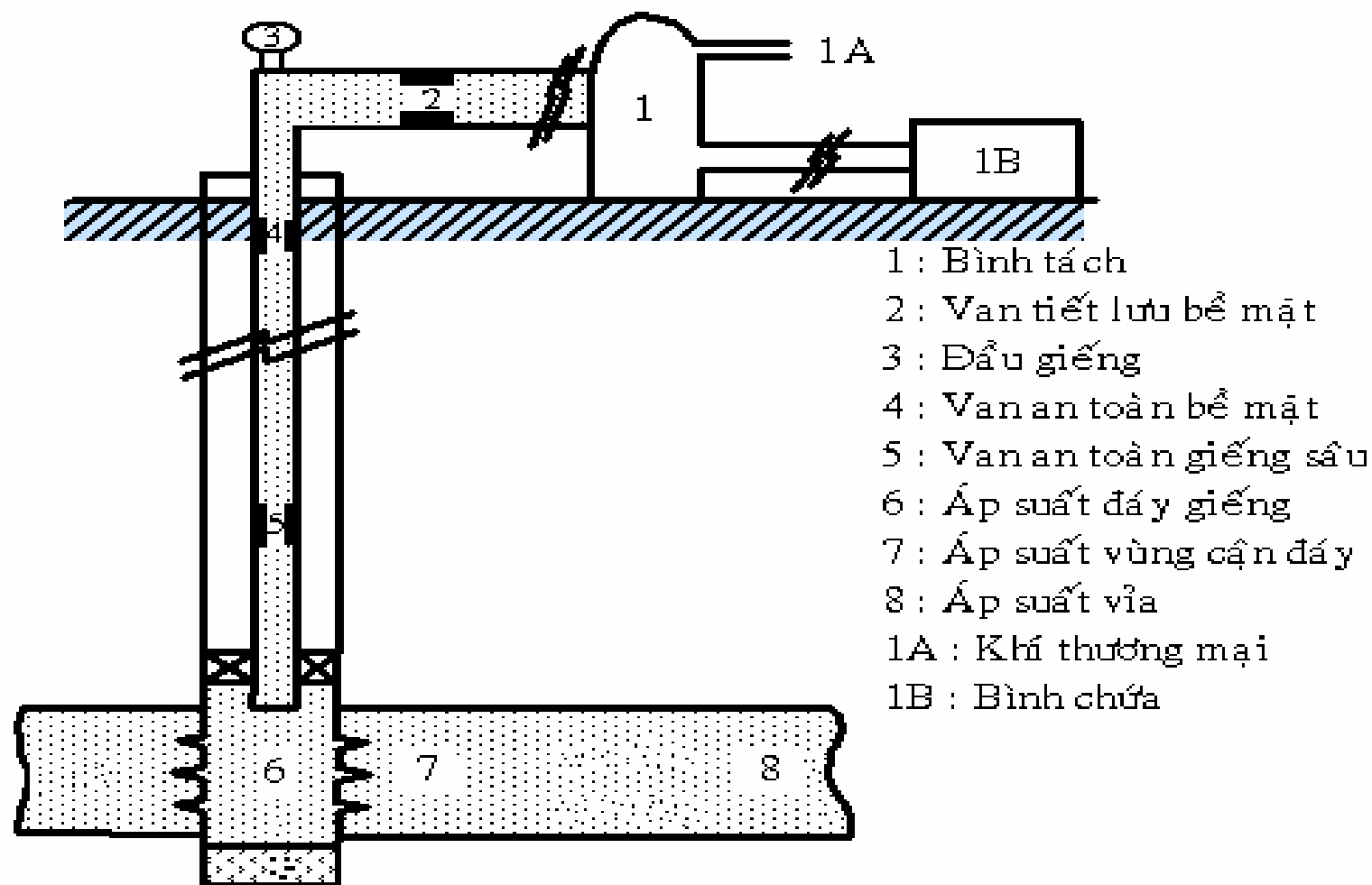
Tel : 84-8-8654086

❖ 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 cần 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.

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

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

Trong đó:

ΔP_{sep} : Áp suất bình tách

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

ΔP_{choke} : Độ giảm áp trong van tiết lưu bề mặt

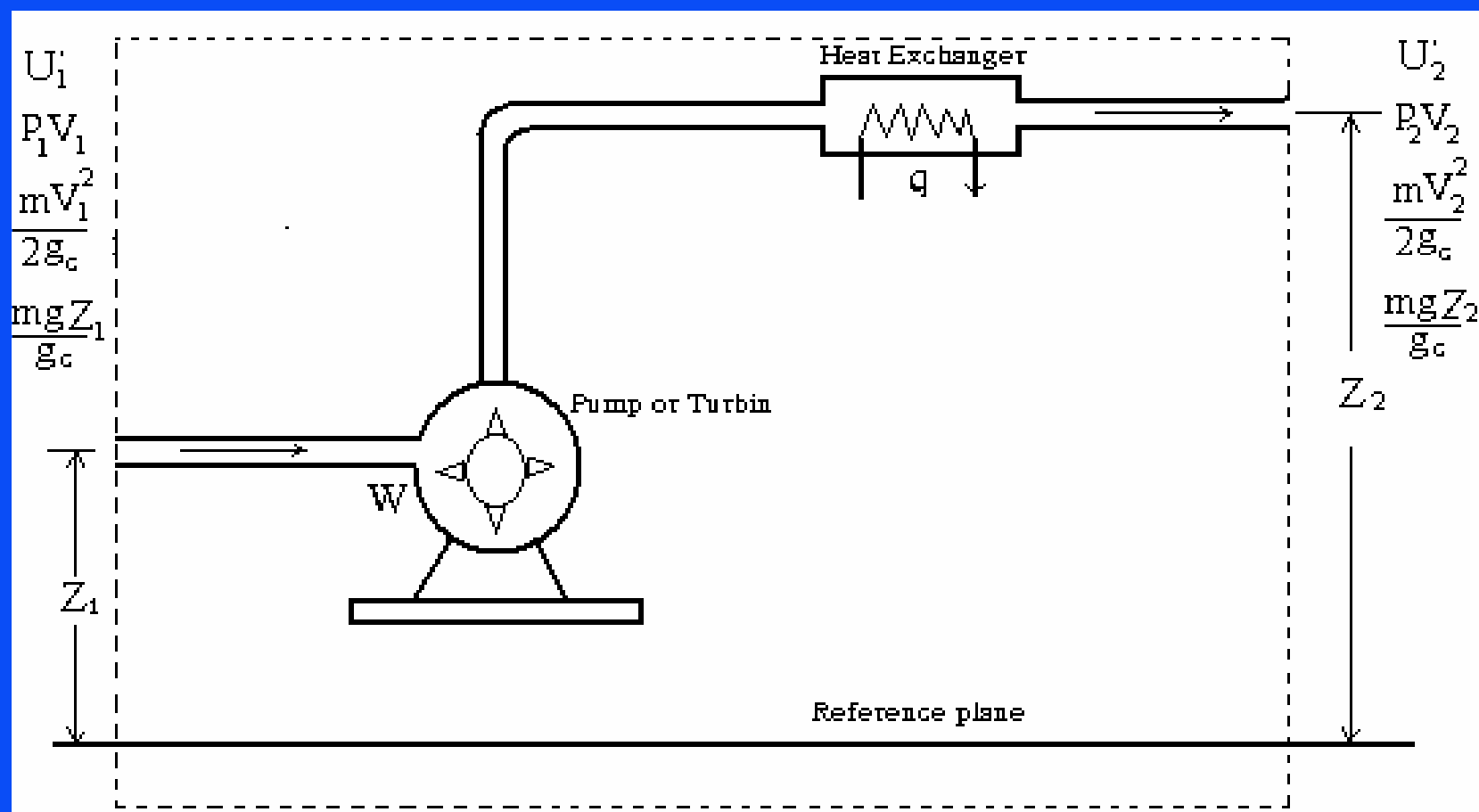
$\Delta P_{\text{ống KT}}$: Độ giảm áp trong ống khai thác

ΔP_{sssv} : Độ giảm áp trong van an toàn giếng sâu

ΔP_{rst} : Độ giảm áp trong bộ phận cản dòng khác

P_{wf} : Áp suất đáy giếng

PHƯƠNG TRÌNH NĂNG LƯỢNG TỔNG QUÁT



PHƯƠNG TRÌNH NĂNG LƯỢNG TỔNG QUÁT

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

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:

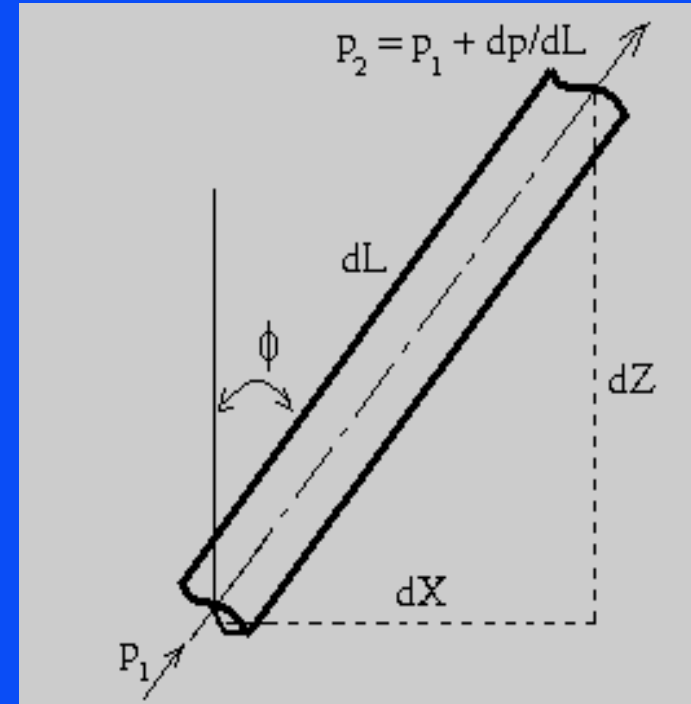
$$dS \geq -dq/T; dS = -dq/T + dL_w.$$

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 θ thì $dz = dL \sin \theta$ và nhân hai vế phương trình trên cho ρ/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:

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

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 $10^{-6} < \varepsilon/d < 10^{-2}$, áp dụng phương trình Jain:

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

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.

- **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 (ft³/scf)
- + $A = \pi d^2/4$: tiết diện của đường ống (ft²)
- + 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 (ft³/scf)
- + $A = \pi d^2/4$: tiết diện của đường ống (ft²)
- + 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 (ft³/scf)

+ A : tiết diện đường ống (ft²)

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

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

CÁC TÍNH CHẤT CƠ BẢN CỦA LƯU CHẤT

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 (ft²).

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:

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

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

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

CÁC TÍNH CHẤT CƠ BẢN CỦA LƯU CHẤT

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 khi có khí hoà tan trong dầu:

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

Trong đó:

+ ρ_0 : khối lượng riêng của dầu (lbm/ft³)

+ 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 (ft³/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:

- + ρ_0 : khối lượng riêng của dầu ở nhiệt độ T và áp suất p
- + ρ_{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:

+ ρ_w : khối lượng riêng của nước ở nhiệt độ T và áp suất p (lbm/ft³)

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

+ γ_w : tỷ trọng nước

+ B_w : hệ số thể tích thành hệ nước (ft³/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:

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

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 tối hạn và áp suất giả tối hạn theo phương trình sau:

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

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

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 ($^{\circ}\text{F}$)

+ C_1, C_2, C_3 : hằng số phụ thuộc vào $^{\circ}\text{API}$

+ γ_{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:

+ γ_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

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

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 (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.

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

- 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

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

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

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:

$$V_g = q_g / A H_g$$

Vận tốc lỏng biểu kiến:

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

Vận tốc thực của pha lỏng:

$$V_L = q_L / A H_l$$

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:

+ σ_0 : sức căng bề mặt của dầu và khí.

+ σ_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)	$70 \div 90$	$20 \div 50$
Ma sát	$10 \div 30$	$30 \div 60$
Động năng	$0 \div 10$	$0 \div 10$

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

+ ρ_{hh} : khối lượng riêng của hỗn hợp

+ θ : 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
- + ρ_{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:

$$f_1 = 0.11 \cdot N_{RE}^{-0.266}$$

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 σ 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:

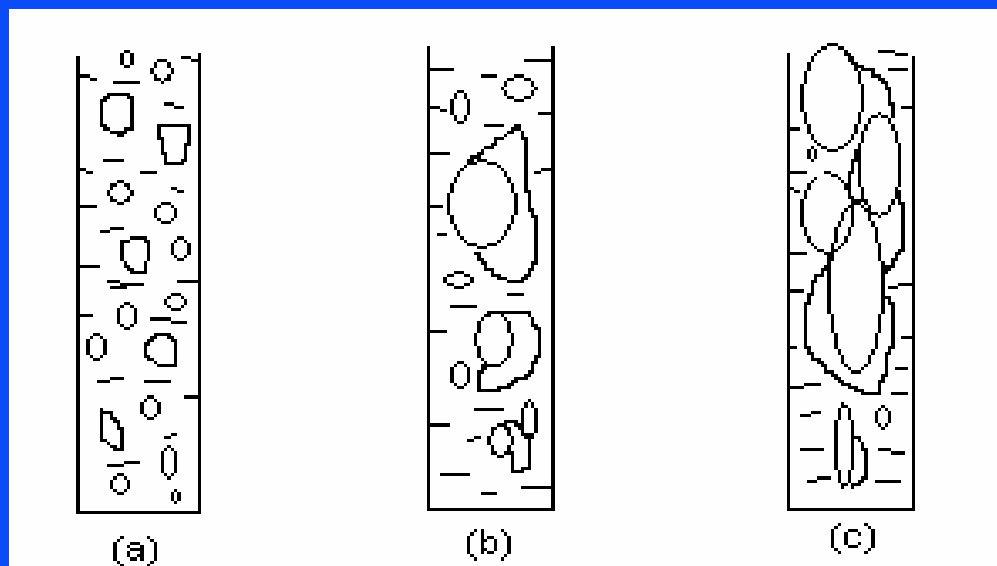
$$\frac{dp}{dL} = \frac{g}{g_c} \cdot \rho_{hh} \cdot \sin \theta + \frac{f_{hh} \cdot G_{hh} \cdot v_{hh}}{2 \cdot g_c \cdot d} - \frac{\rho_{hh} \cdot v_{hh} \cdot v_g}{g_c \cdot p} \cdot \frac{dp}{dL}$$

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 tối hạn và chưa tối 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
- + γ_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:

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

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

Trong đó:

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

+ 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)

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

+ ρ_n : Khối lượng riêng không trượt (lbm/ft³)

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

+ 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
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

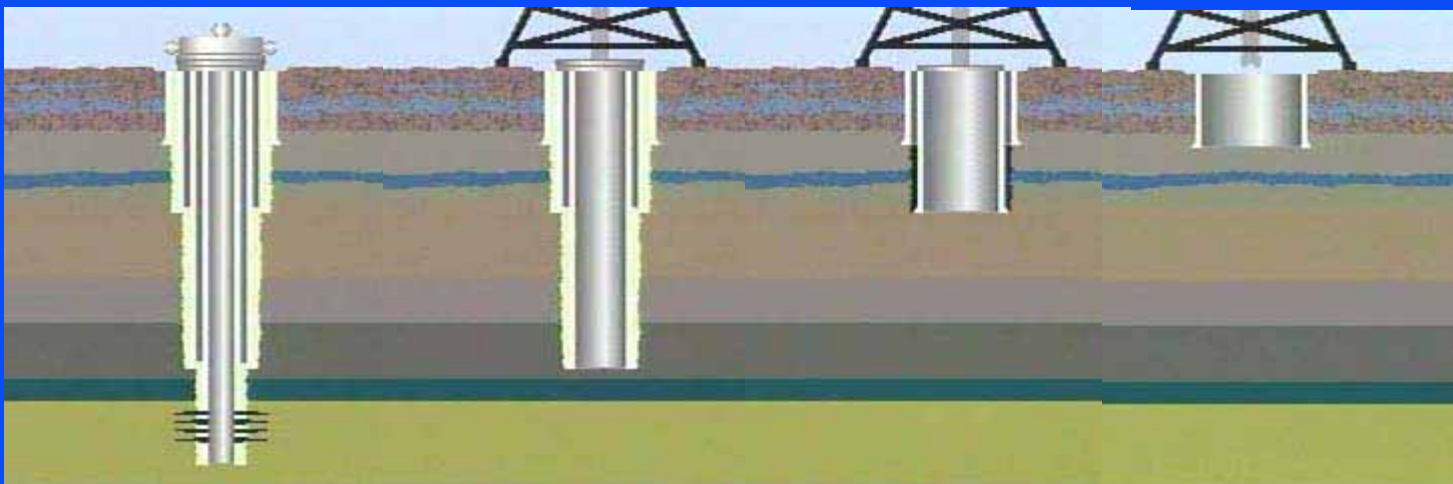
Các loại ống (Tubulars)

Production
Casing

Ống chống
Trung gian

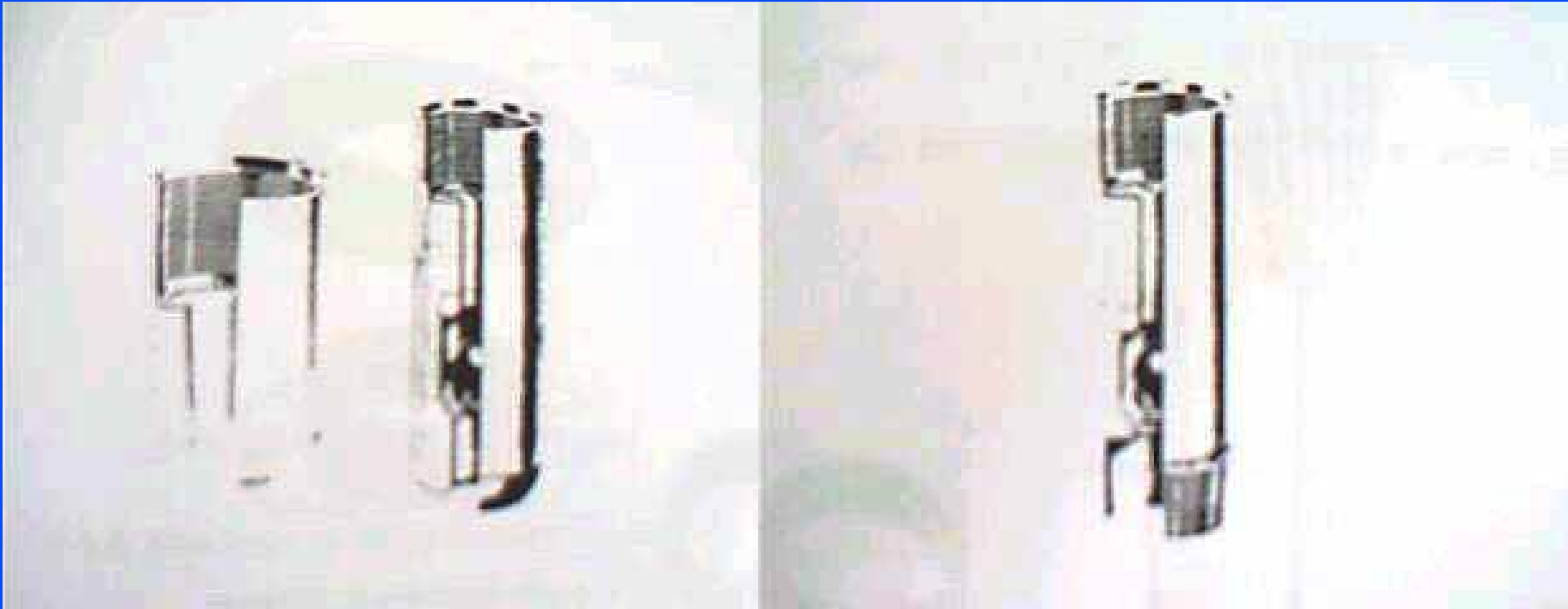
Ống chống
bề mặt

Ống chống
định hướng



CHỐNG ỐNG KHAI THÁC

Một số bộ phận của ống chống



Chân đế ống chống

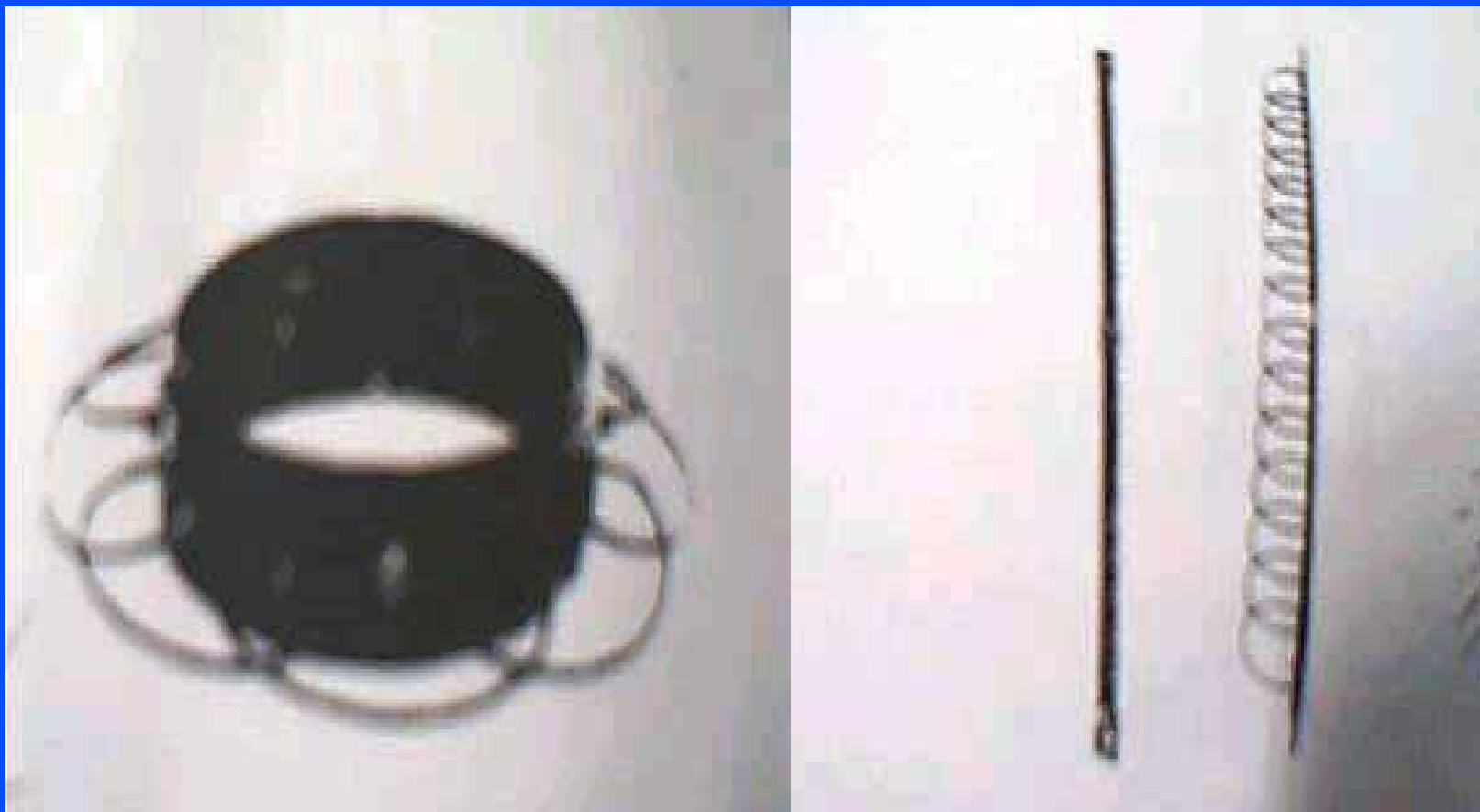
Vòng đỡ

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

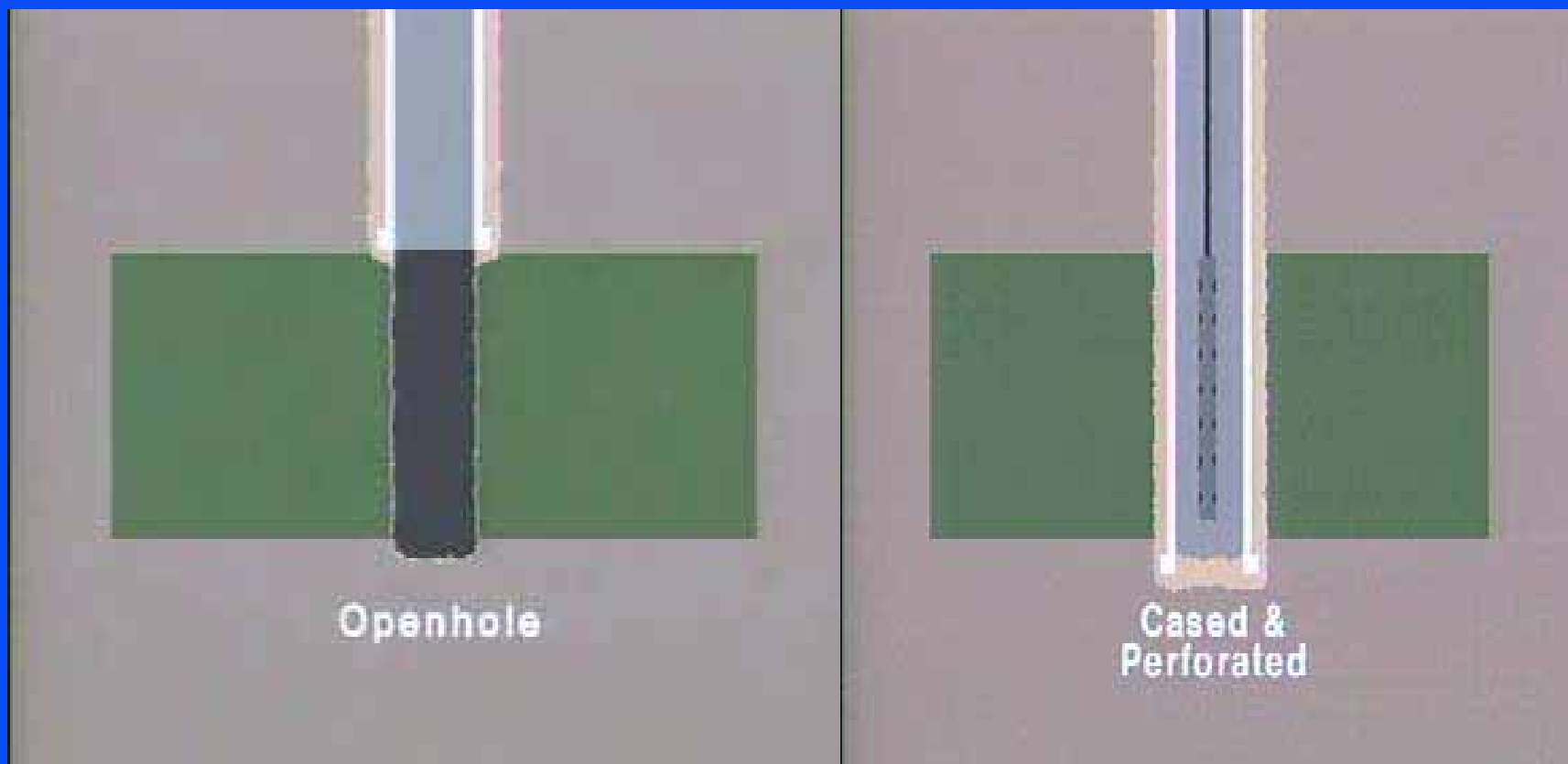
- Sau khi trám xi măng cột ống chống khai thác, tầng chứa bị cột ống chống và vành đá xi măng bít kín, nên phải tiến hành bắn mở vỉa.
- Phương pháp bắn mở vỉa phổ biến nhất là dùng đạn nổ tạo áp suất
- Có thể thả thiết bị bắn mở vỉa bằng cáp hoặc cần khoan trước khi lắp đặt thiết bị lòng giếng khai thác, 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 VỈA

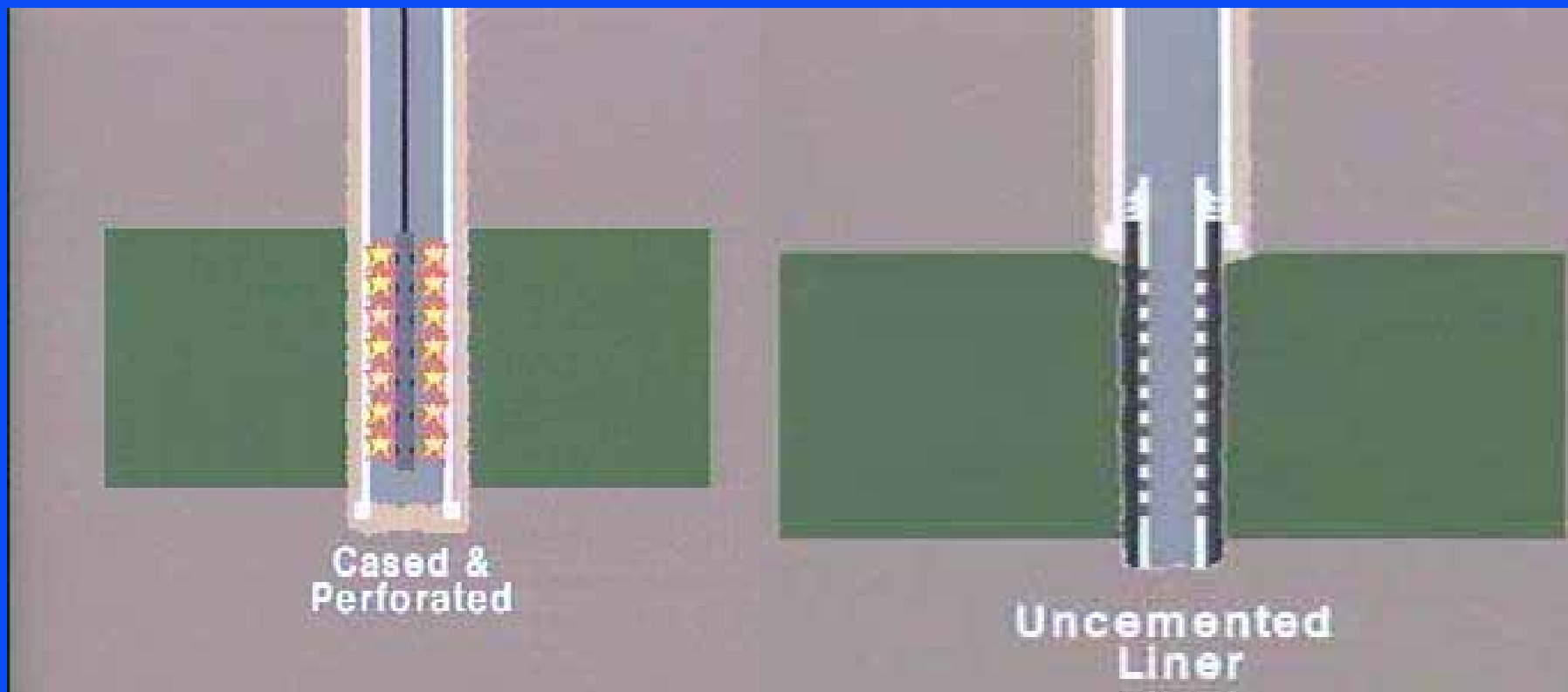
Gồm ba giai đoạn:

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

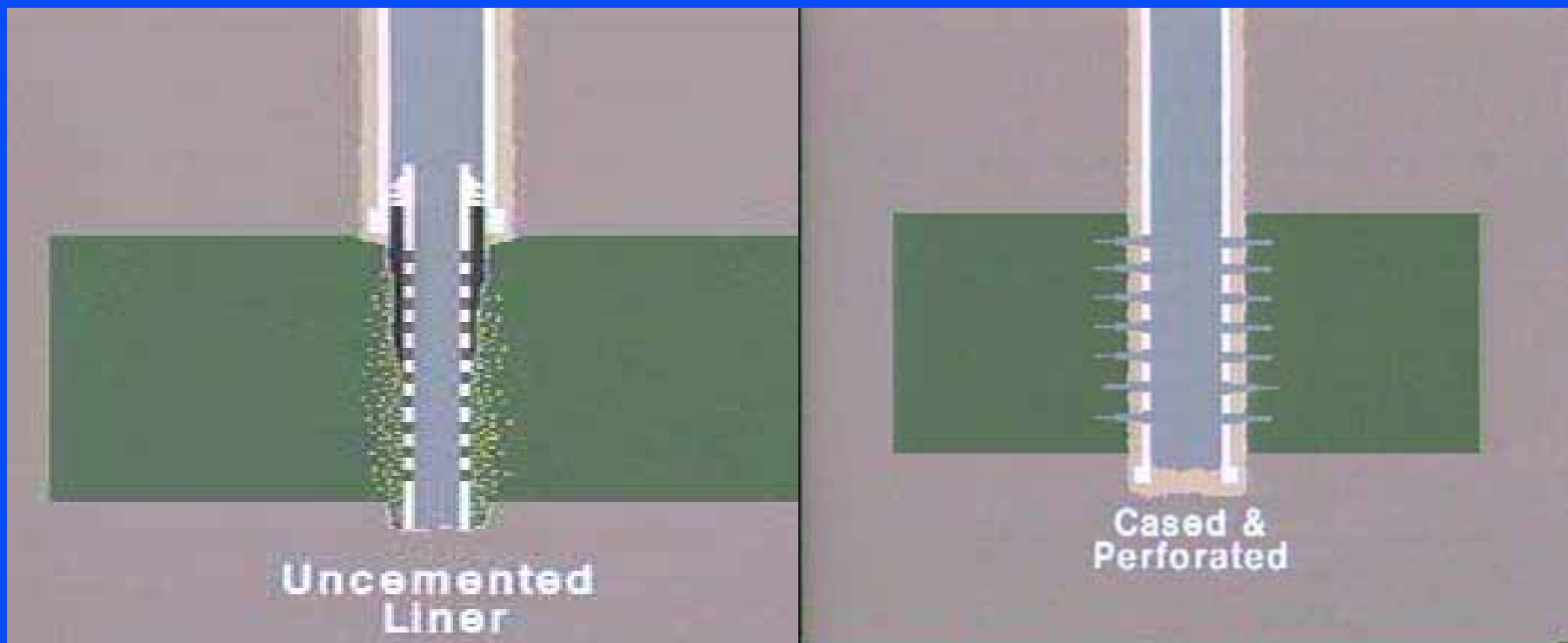
BẮN MỞ VỈA



BẮN MỜ VỈA



BẮN MỜ VỈA



VỊ TRÍ BẮN MỞ VỈA

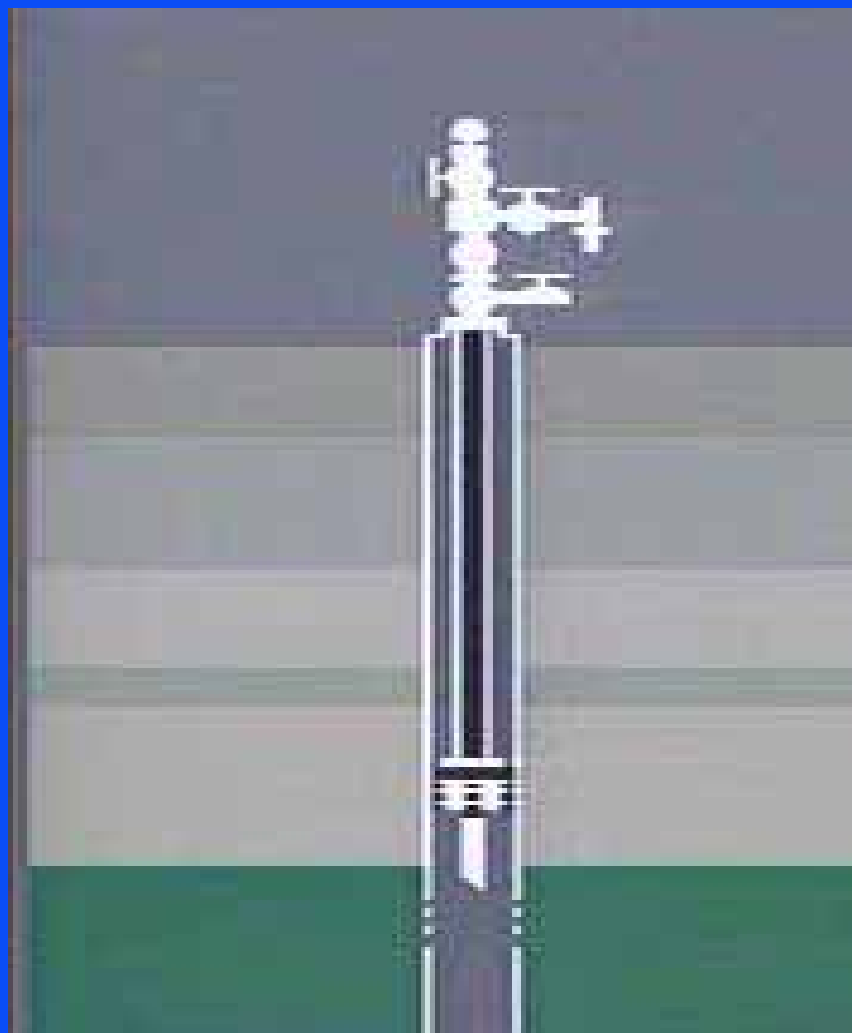
Vị trí bắn mở vỉa thường được xác định như sau:

- 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

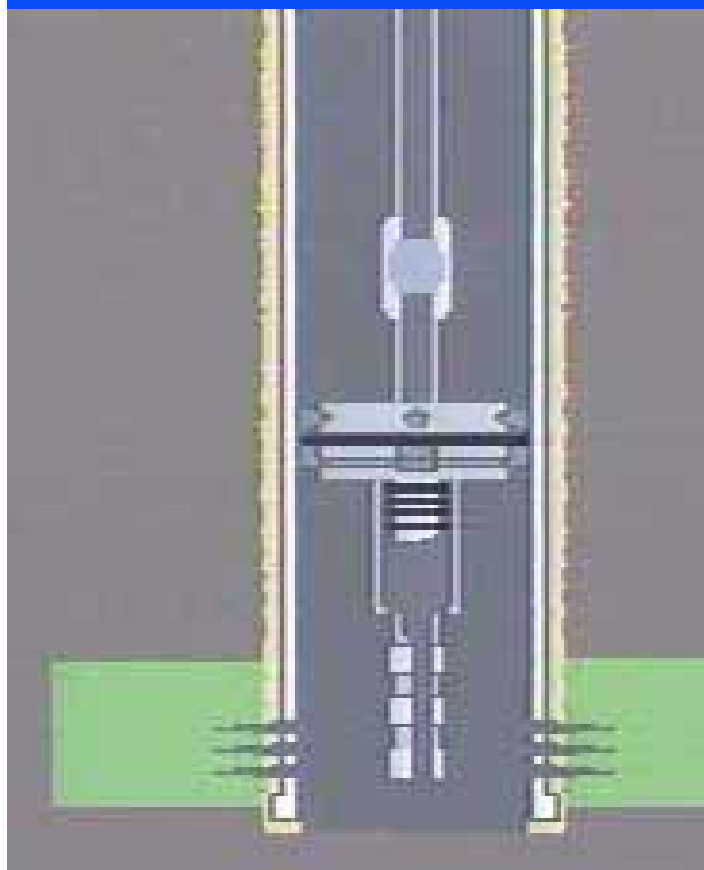
LẮP ĐẶT THIẾT BỊ KHAI THÁC

- 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



PACKER

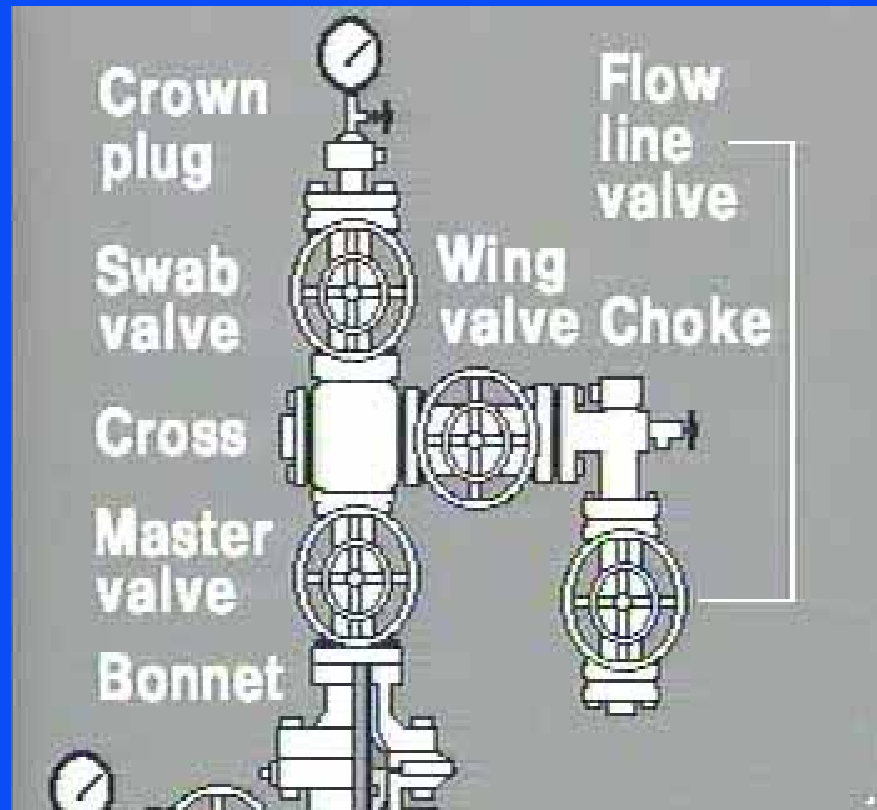


LẮP ĐẶT ĐẦU GIẾNG KHAI THÁC

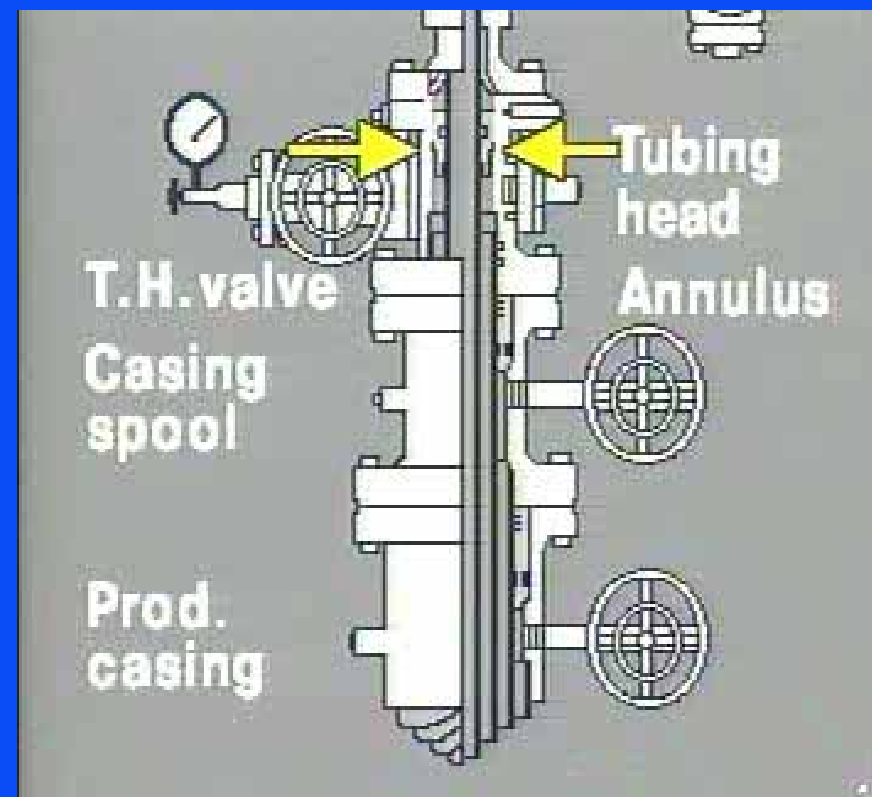
- Đầu giếng khai thác được lắp đặt phía trên bộ đầu ống chống. Cột ống khai thác trong giếng được treo từ cây thông khai thác sao cho sản phẩm khai thác chảy theo cột ống khai thác vào cây thông khai thác.
- Sản phẩm khai thác có thể được kiểm soát nhờ các van tiết lưu lắp trên cây thông khai thác

LẮP ĐẶT ĐẦU GIẾNG KHAI THÁC

Cây thông khai thác (Christmas Trees)

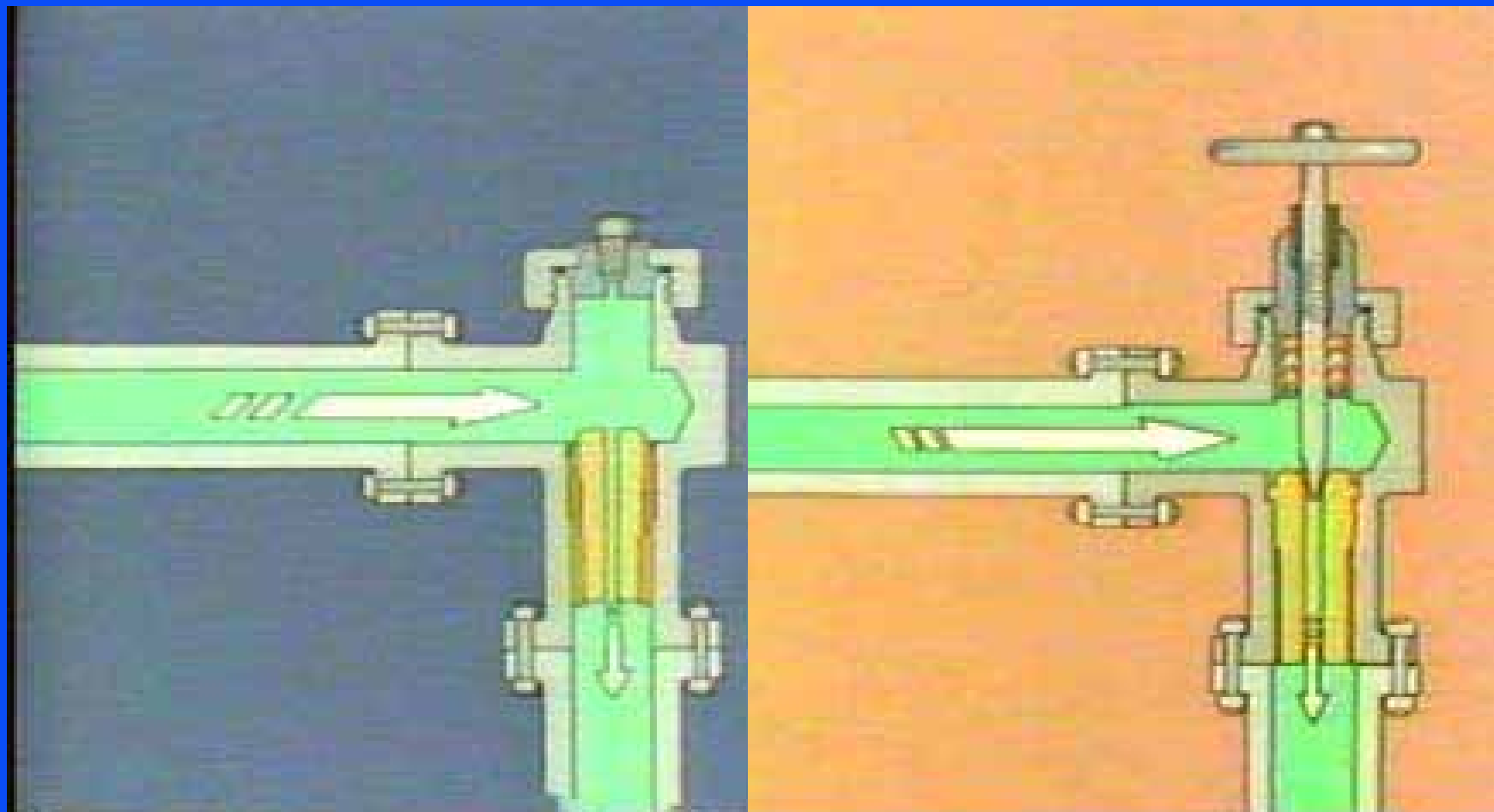


Đầu ống khai thác và thiết bị treo (Tubing Heads and Hangers)



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

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

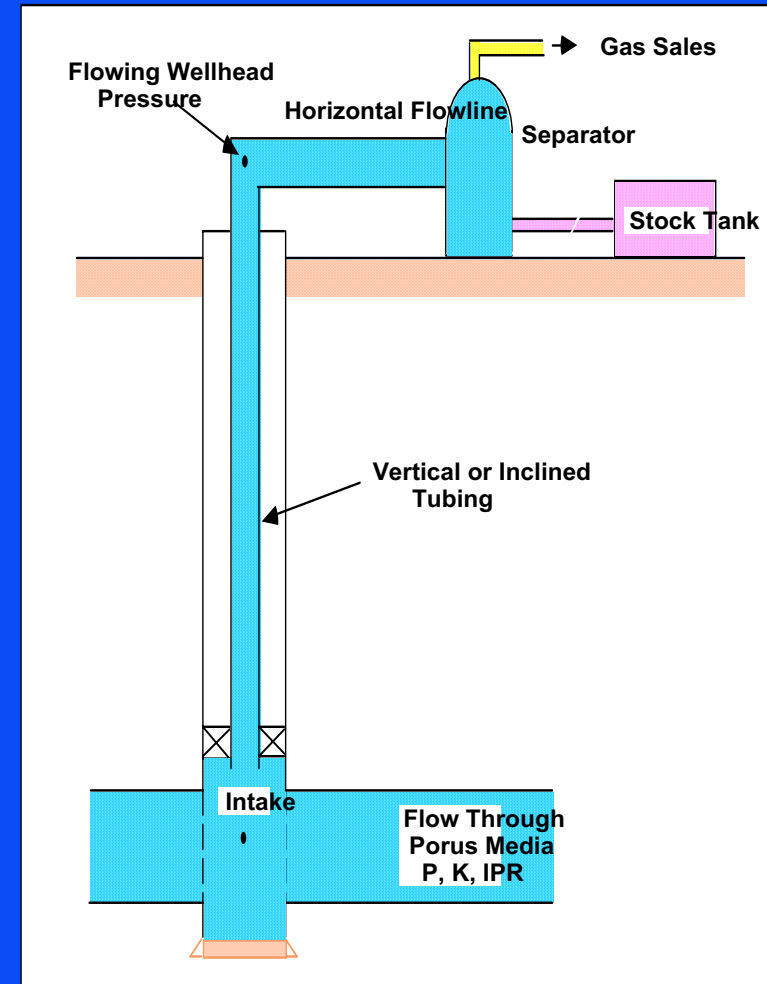
- + Theo số tầng khai thác: đơn tầng, đa tầng
- + Theo số cần khai thác: Cần đơn, cần đôi, cần ba
- + Theo bề mặt phân cách giữa đáy giếng và tầng sản phẩm:
 - . Hoàn thiện giếng thân trần
 - . Hoàn thiện giếng với ống lọc và chèn sỏi
 - . Hoàn thiện giếng với ống chống, trám xi măng và bắn mở vỉa
- + 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

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

$$q_{sc} = \frac{703.10^{-6} \ k_g . h (p_r^2 - p_{wf}^2)}{\mu_g . Z . T [\ln(0.472 r_e / r_w) + S']}$$

- 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

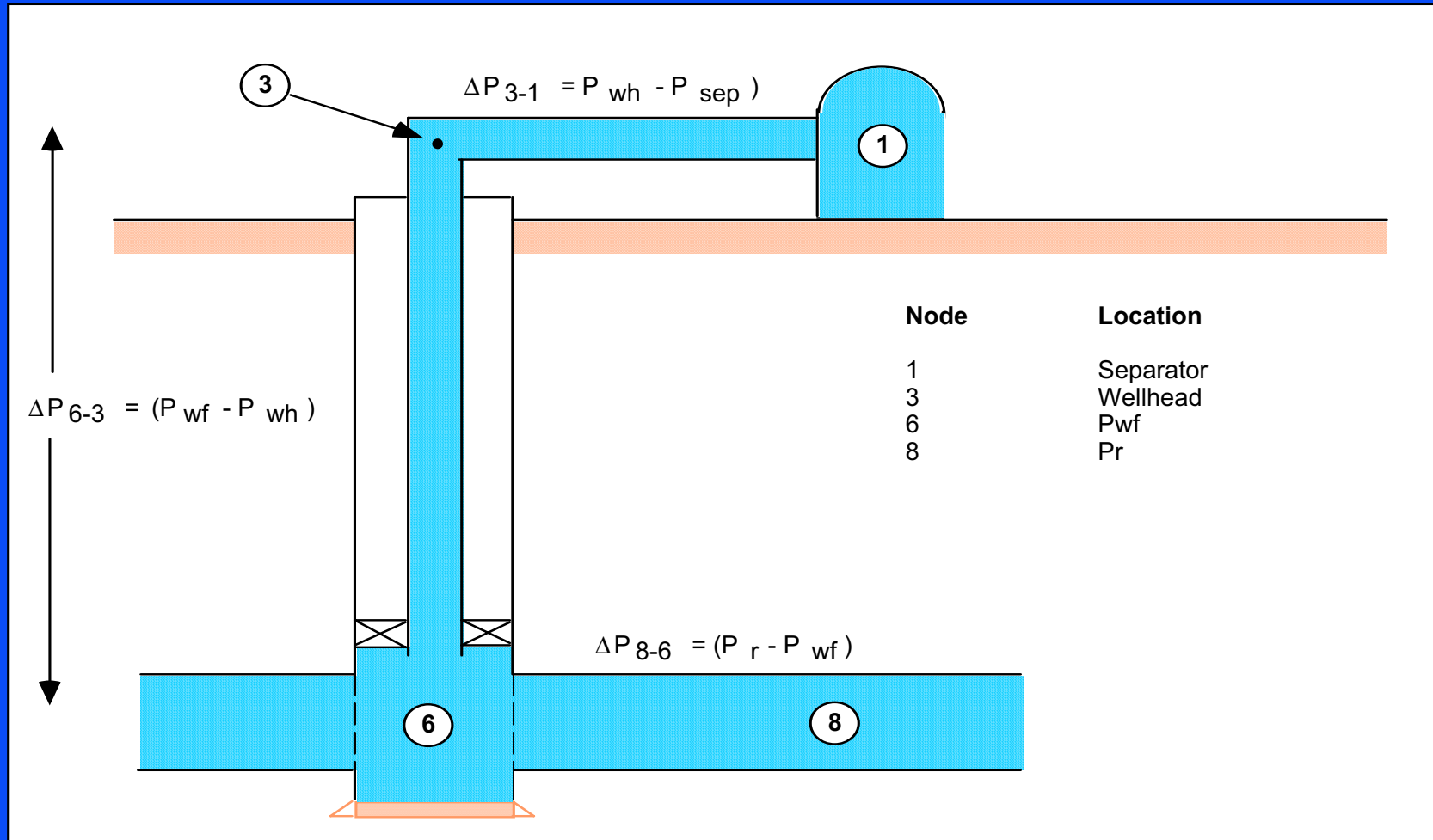
A_P, B_P : các thành phần chảy tầng và rối trong lỗ bắn

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

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

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

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:

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

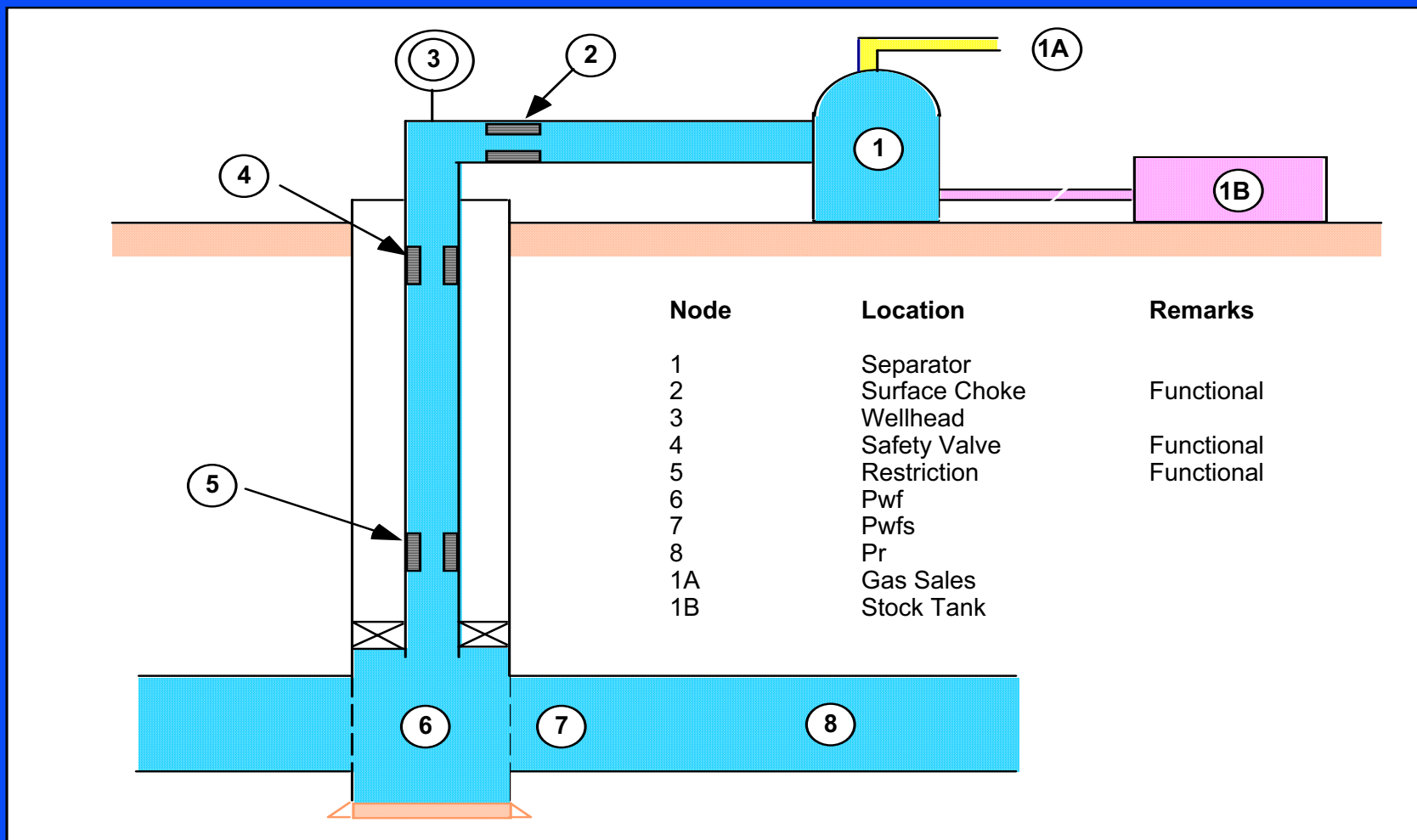
Đối với khí: $B_R = \frac{3.161 \times 10^{-12} \beta_R \cdot \gamma_g \cdot Z \cdot T}{h^2 \cdot r_w}$

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 bắn $B_G = \frac{1.263 \times 10^{-11} \beta_G \gamma_g . Z . T . L}{N^2 . r_p^4}$

k_G : độ thấm của sỏi lèn

L: chiều dài kênh dẫn của lỗ bắn

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

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

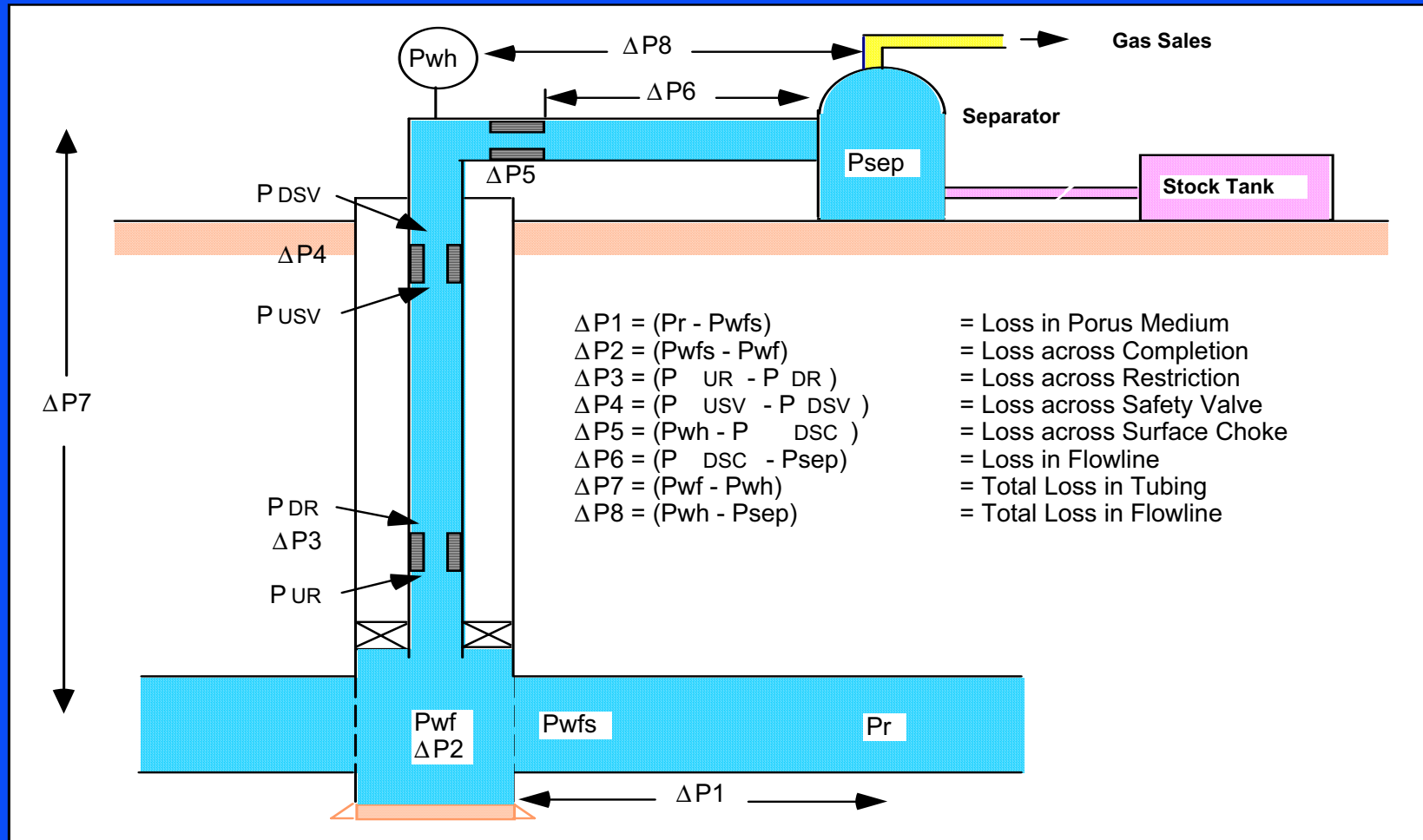
$$P_R - P_{wf} = (A_R + A_P) + (B_R + B_P)q_0^2$$

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

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 bắn 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 vữa ăn mòn, nhiệt độ cao)
- Vữa sử dụng chủ yếu gồm xi măng và nước, có thêm một số chất phụ gia
 - Chung 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 vữa 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

- 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 NaOH , Na_2CO_3 , Na_2SiO_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 ỔNG 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/cm² và ở nhiệt độ làm việc là 127°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/cm²
 - 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/cm²
- 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 mức

+ 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
Tel : 84-8-8654086

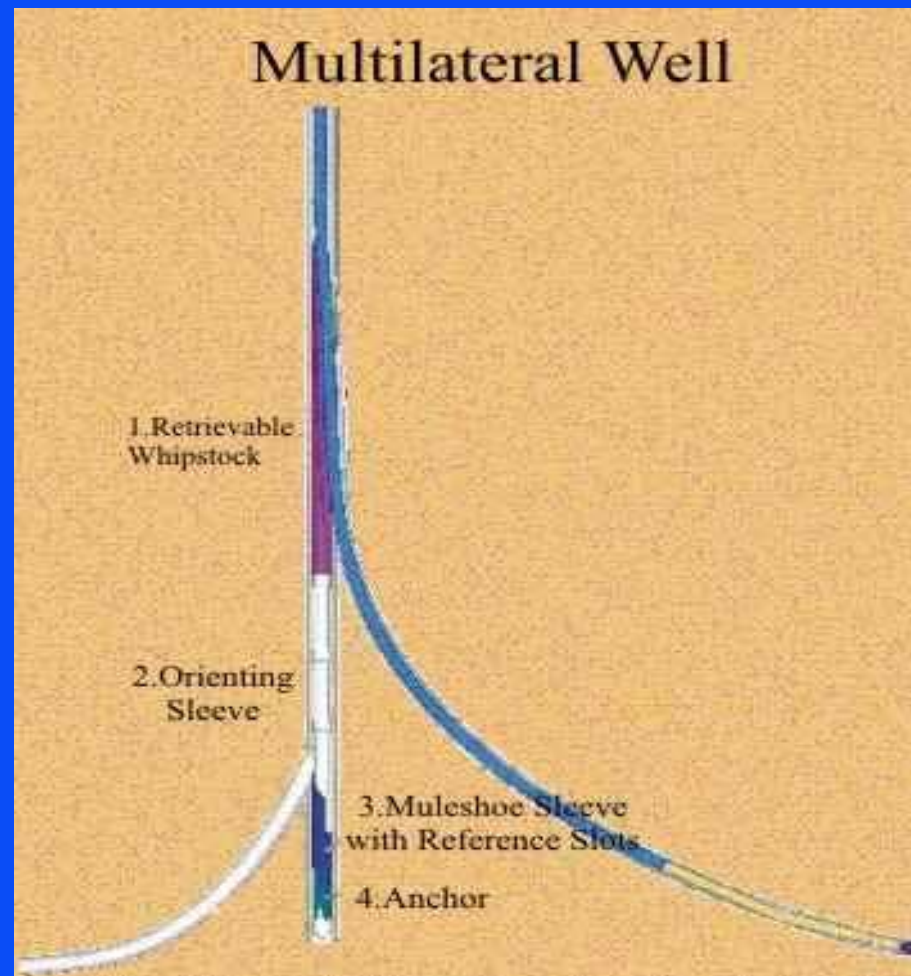
NỘI DUNG

- ❖ 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

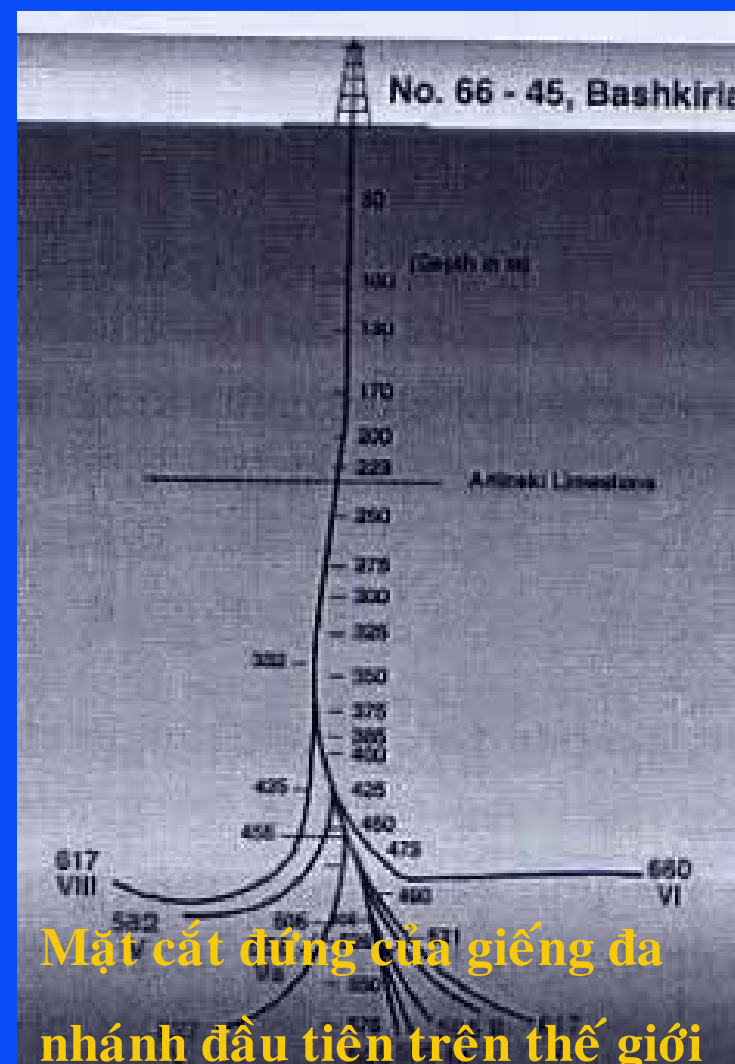
Minh họa của giếng đa nhánh



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.



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 thuỷ 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 nổi** - 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)

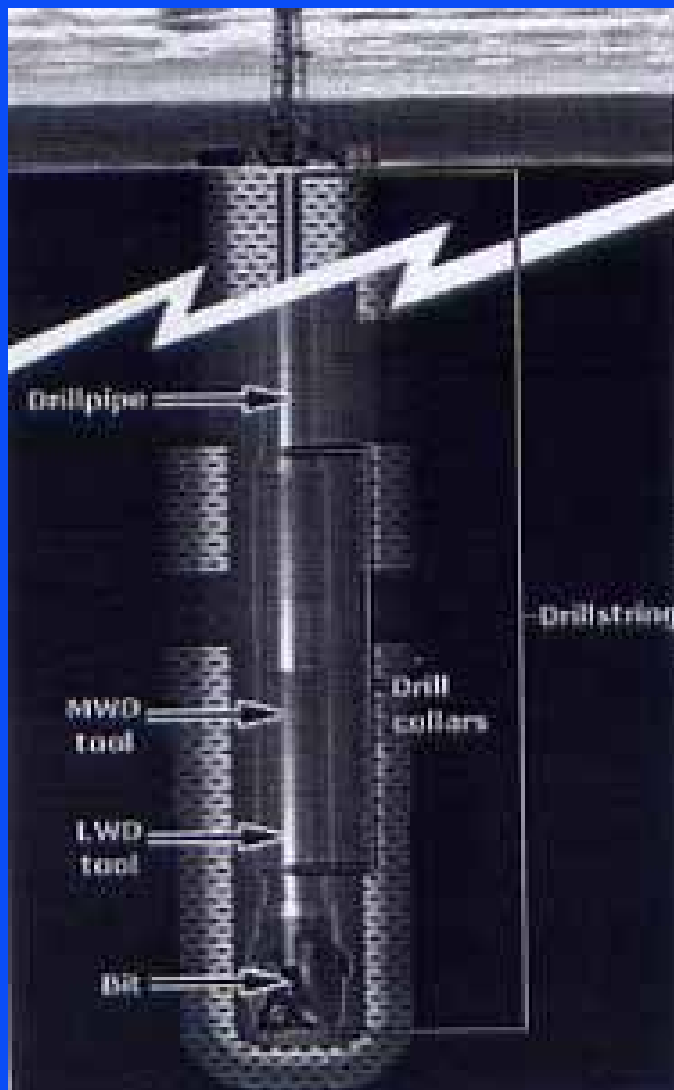
Thiết bị này đo các thông số về địa chất, đặc tính vật lý của đất đá thành hệ đang khoan qua (độ bão hòa hydrocacbon, thành phần thạch học)

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 choòng 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
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

EXPressTM Expandable Screen^S

Hệ thống thiết bị của Baker Hughes giúp tiết kiệm chi phí hoàn thiện giếng đa nhánh. ExpressTM 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

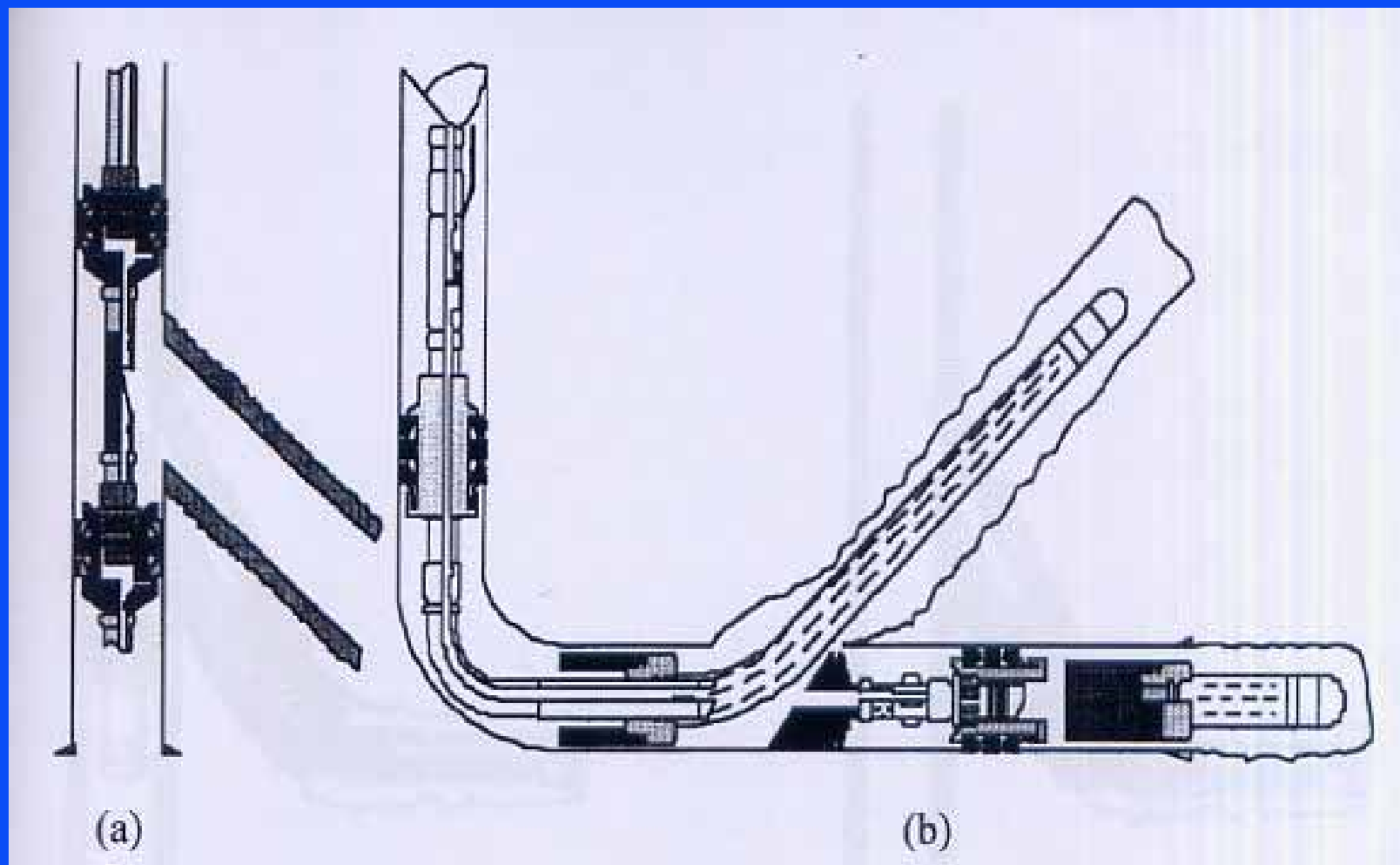
Giếng cấp 1: vào những năm 1980, khi công nghệ khoan ngang phát triển thì kiểu hoàn thiện giếng đa nhánh cấp 1 trở nên phổ biến. Không cần các thiết bị mở cửa sổ ống chống, ống lửng, các thiết bị kiểm soát dòng chảy khai thác và cũng không được trám xi măng.

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).

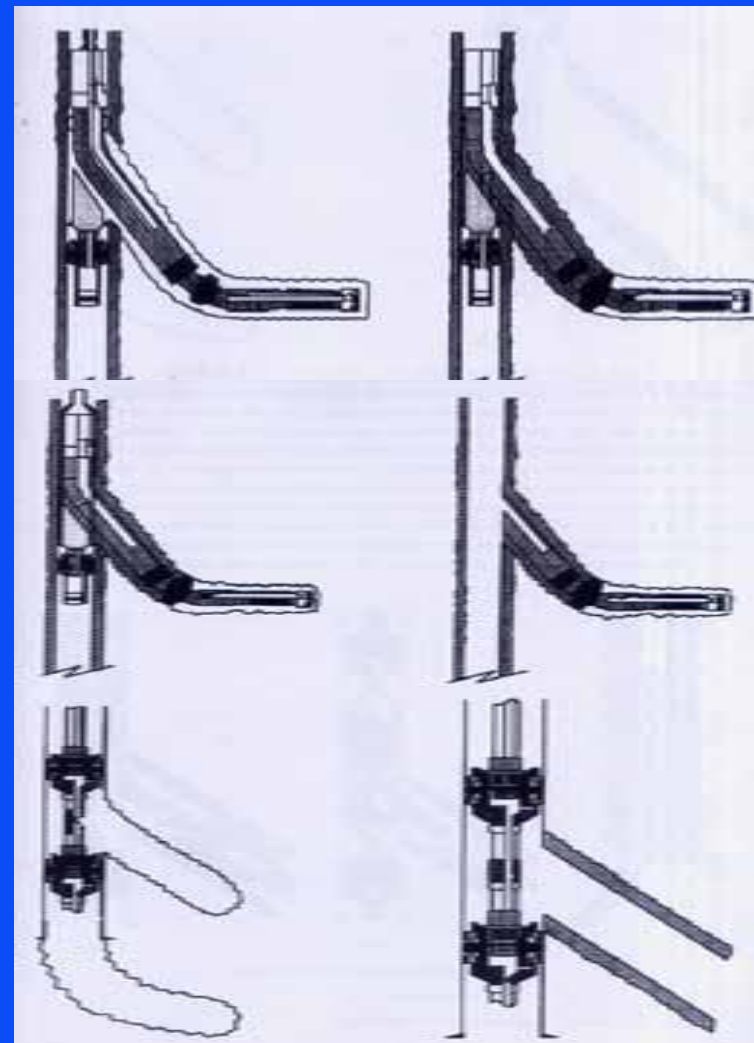
Hoàn thiện giếng cấp 2



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 lủng của thân nhánh

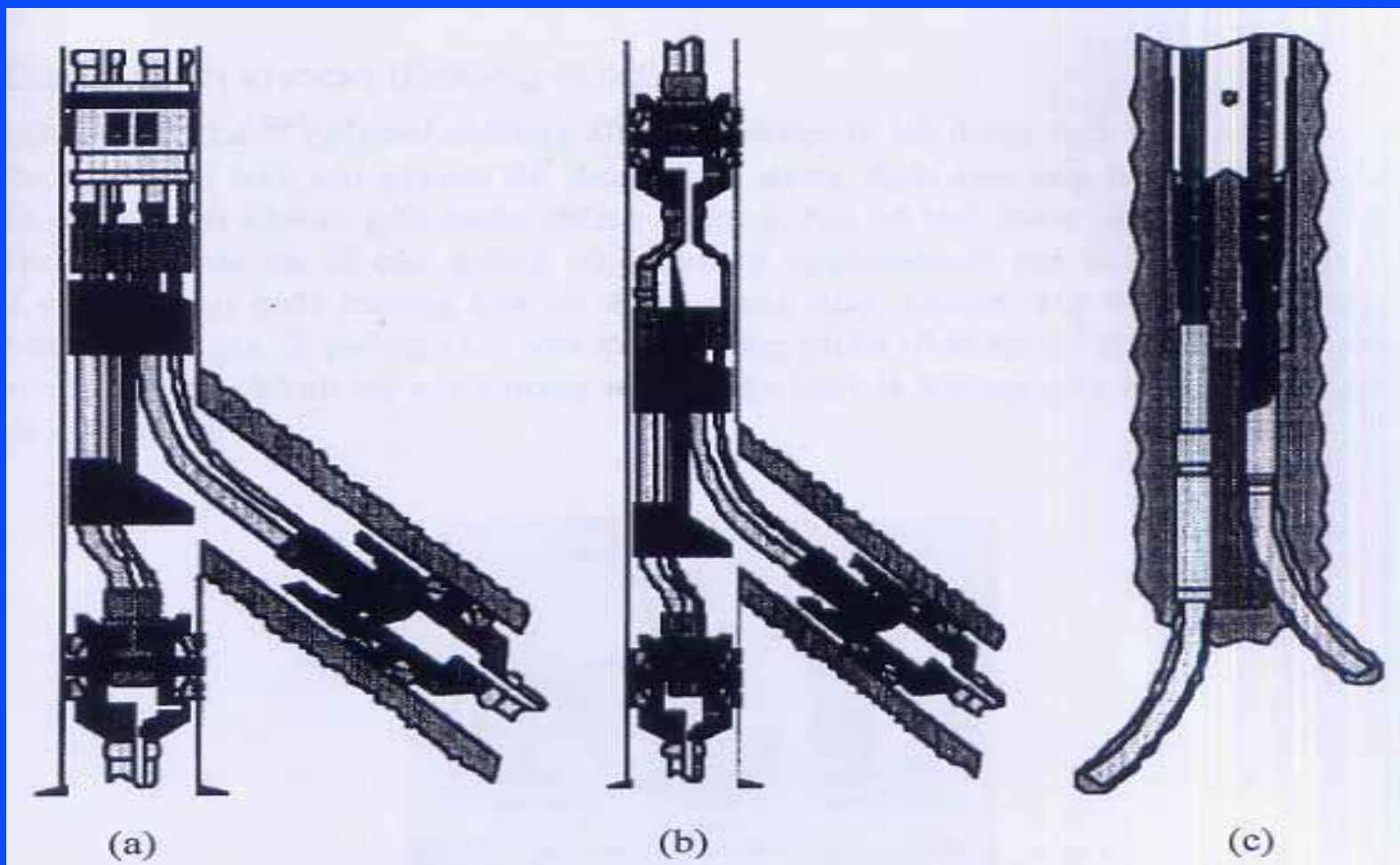
- Thiết bị hoàn thiện rẽ nhánh 2 thân kép (dual-bore diverter tool) được đặt trên packer định hướng

- 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 SplitterTM

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 để 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
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

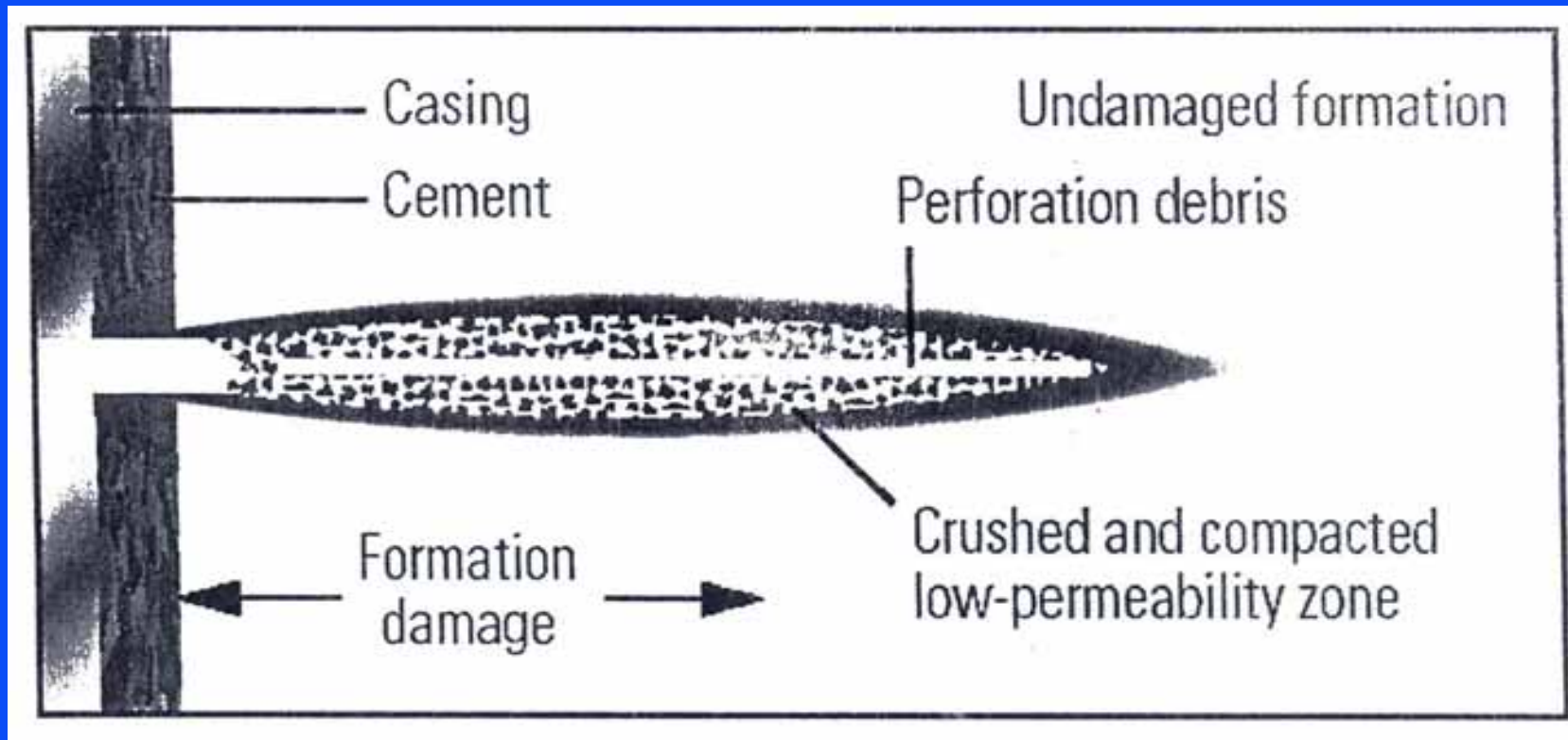
KHÁI NIỆM BẮN MỞ VỈA

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 trámximăng 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 MỞ 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 VỈA

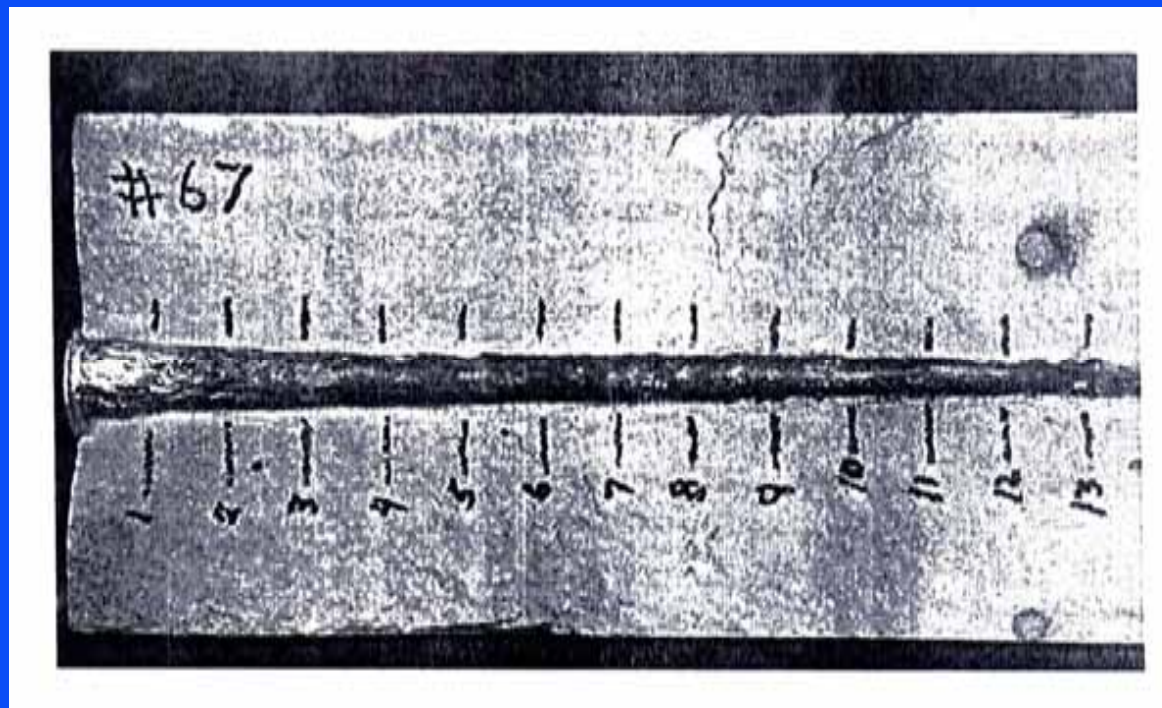
1. Mật độ lỗ bắn
2. Chiều sâu xâm nhập
3. Đường kính lỗ bắn
4. Góc pha

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

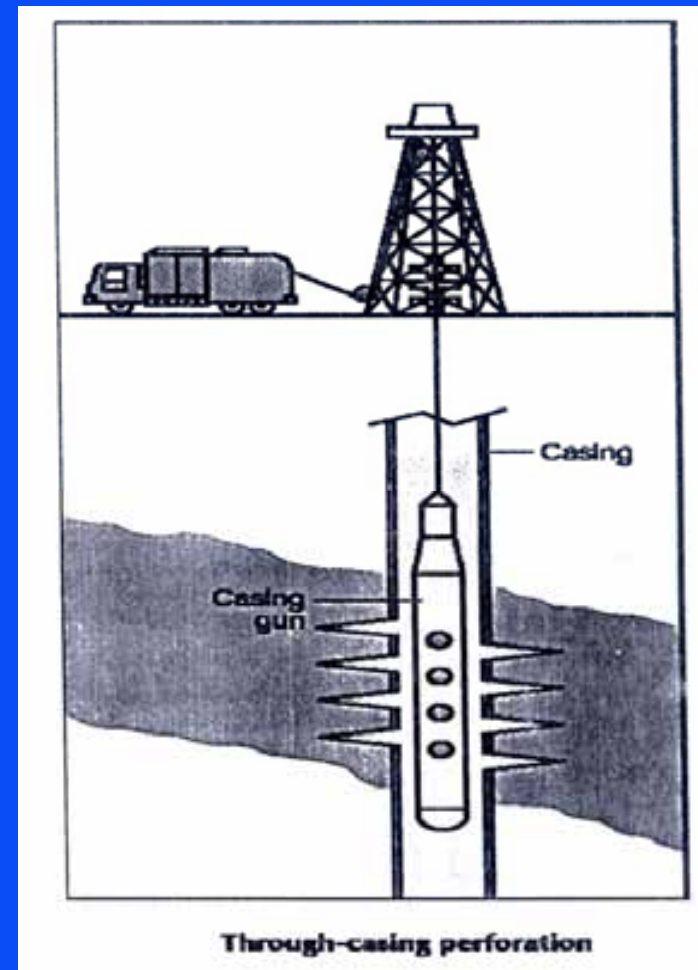
QUI TRÌNH BẮN MỞ VỈA

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 vĩa 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

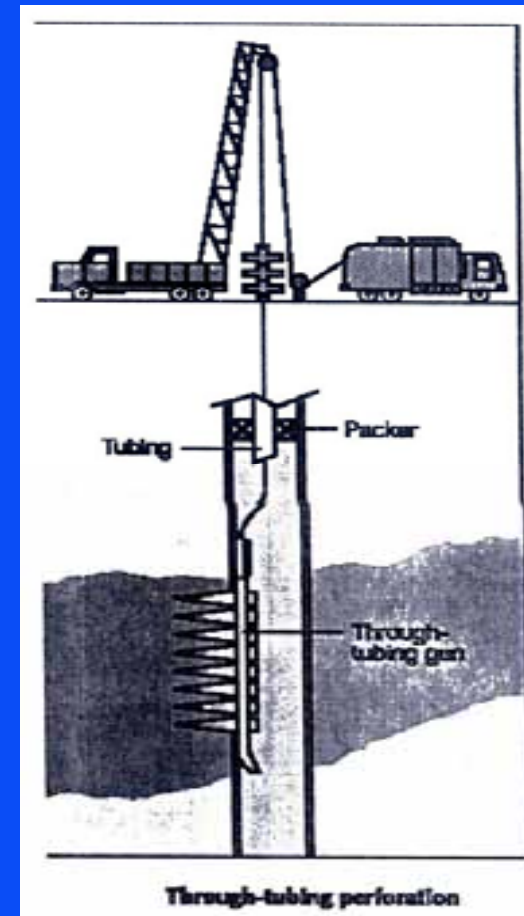
- Súng được thả vào trong cột ống khai thác.
Sau đó lắp đặt một paker ở trên vùng bắn
mở vỉa.

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.

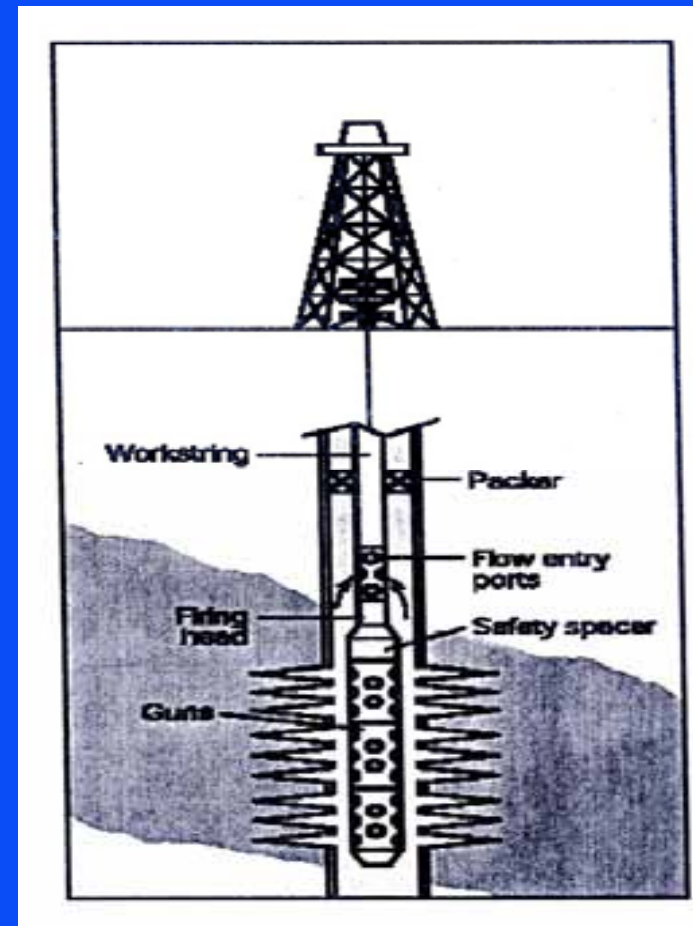


Kéo thả bằng ống khai thác

- 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 rơi xuống phần rốn giếng.

Ưu điểm: thuận lợi trong giếng khoan định hướng

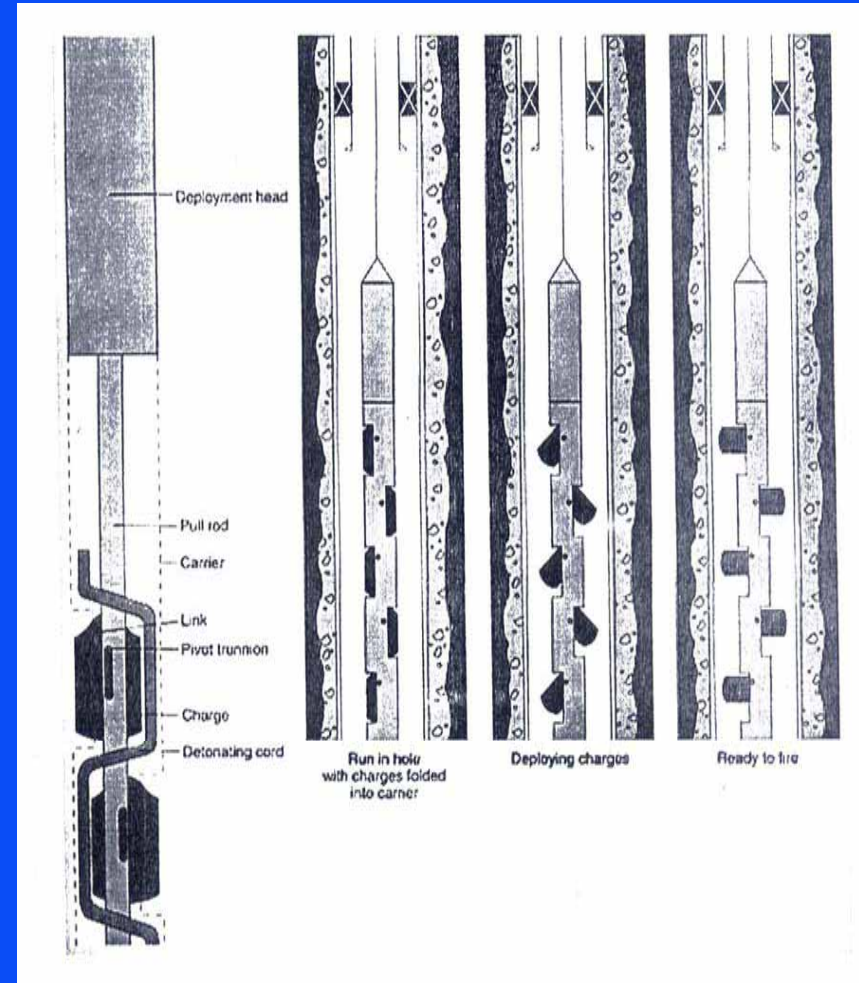
Hạn chế: chi phí cao



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 kg/cm^3 và ở nhiệt độ làm việc gần 127°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/cm².
- 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.

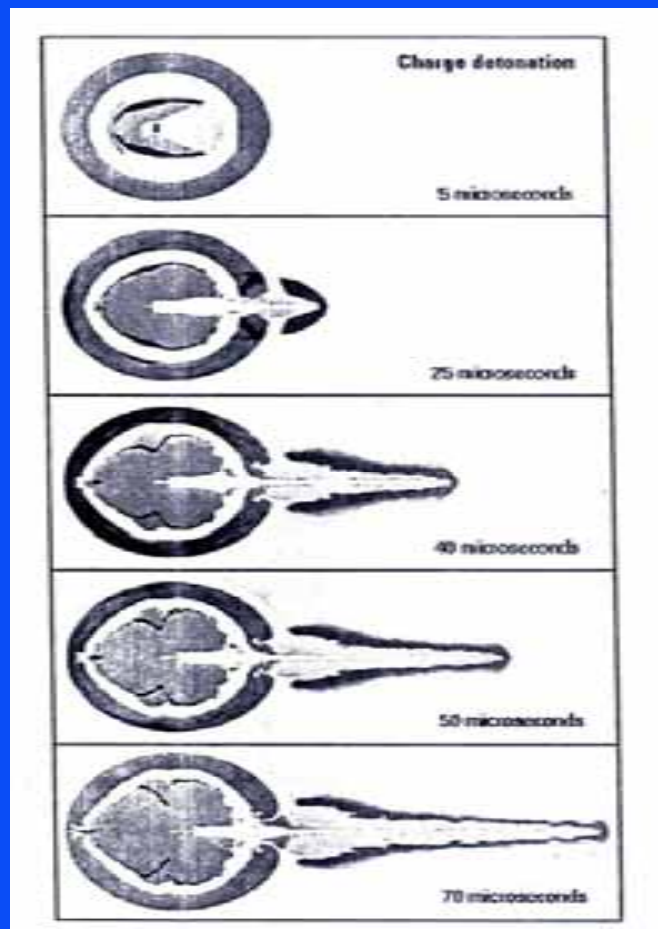
Vận tốc của những tia nổ này khoảng 8000-10000 m/s. Với áp lực khi tia tác dụng lên chướng ngại vật là 300 triệu kg/cm³. Như vậy tia này có độ xuyên vô cùng lớn.

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.

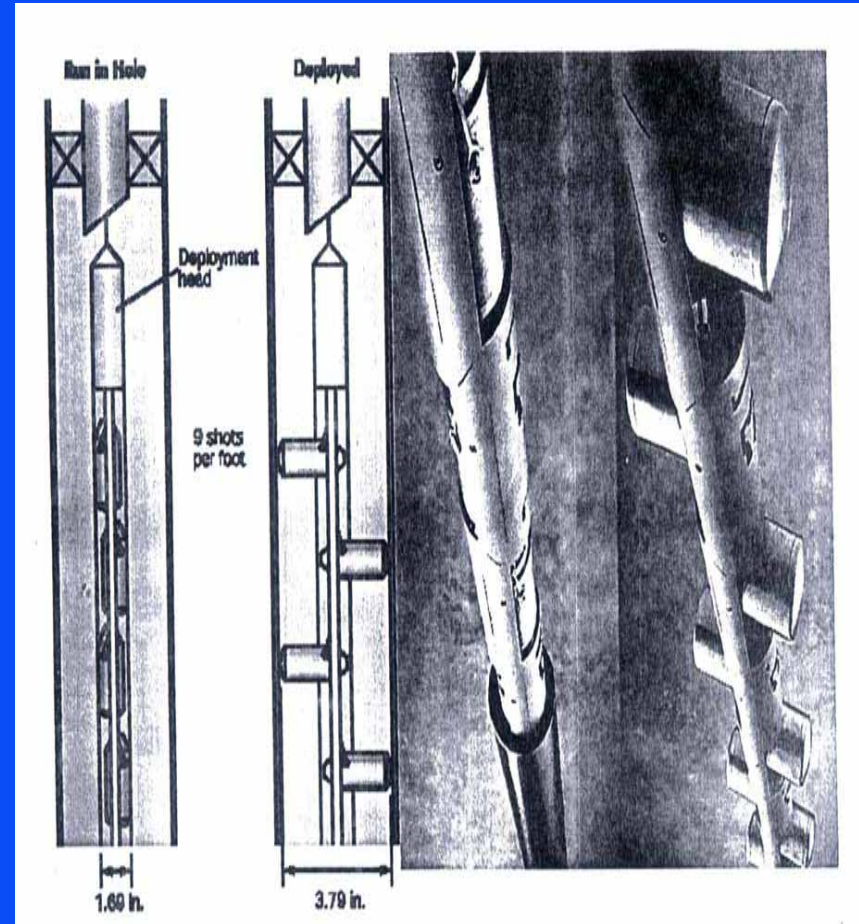
Đục lỗ bằng tia xuyên được sử dụng hợp lý ở những lớp đất đá cứng trong điều kiện khơi thông giếng và vỉa gặp nhiều khó khăn.

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/cm².
 - 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 vôi của thiết bị phun với áp suất từ 1500-3000kg/cm³.

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 10m³ 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 1m³ 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 ximăng. Lúc này, chất lưu bị ngăn cách với giếng khai thác bởi vành trám ximăng 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

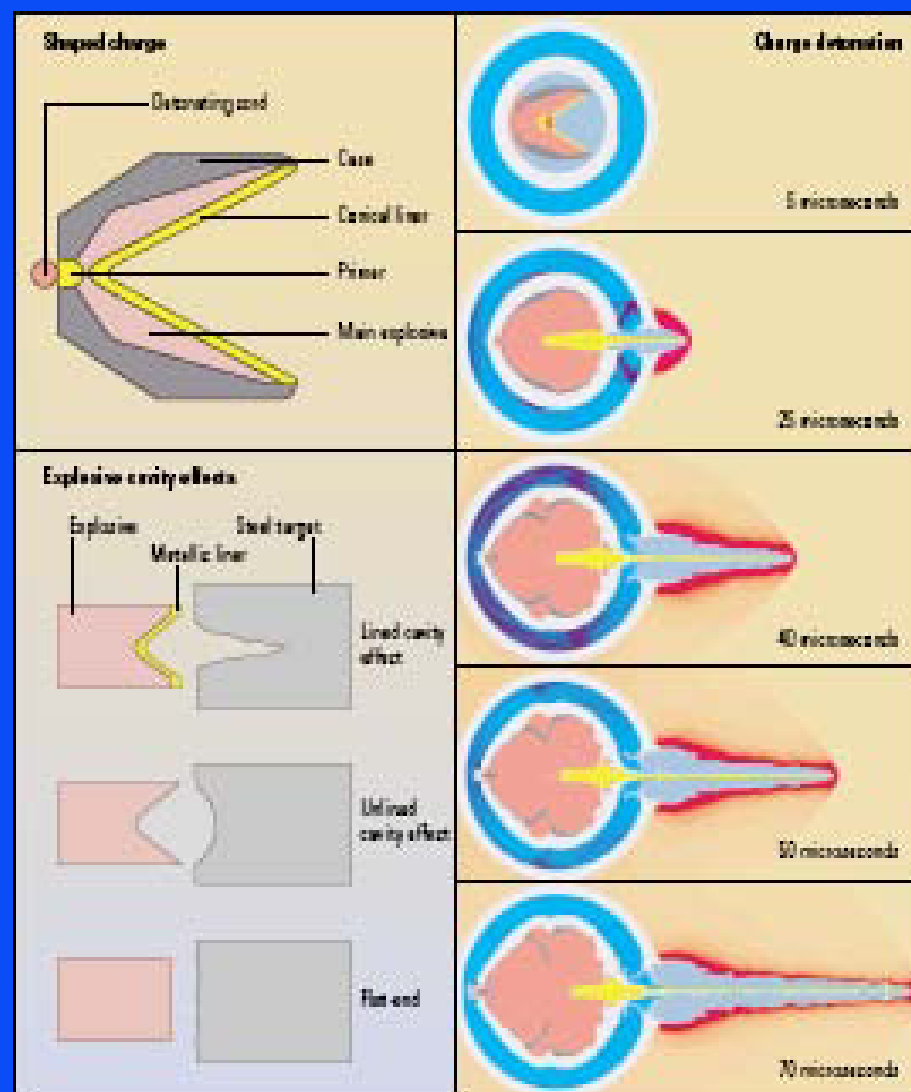
KHẢO SÁT ĐỘ NHẠY CỦA CÁC THÔNG SỐ BẮN MỞ VỈA NHỜ PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH ĐIỂM NÚT

Giảng viên : PGS.TS. Lê Phước Hảo

Email : lphao@hcmut.edu.vn

Tel : 84-8-8654086

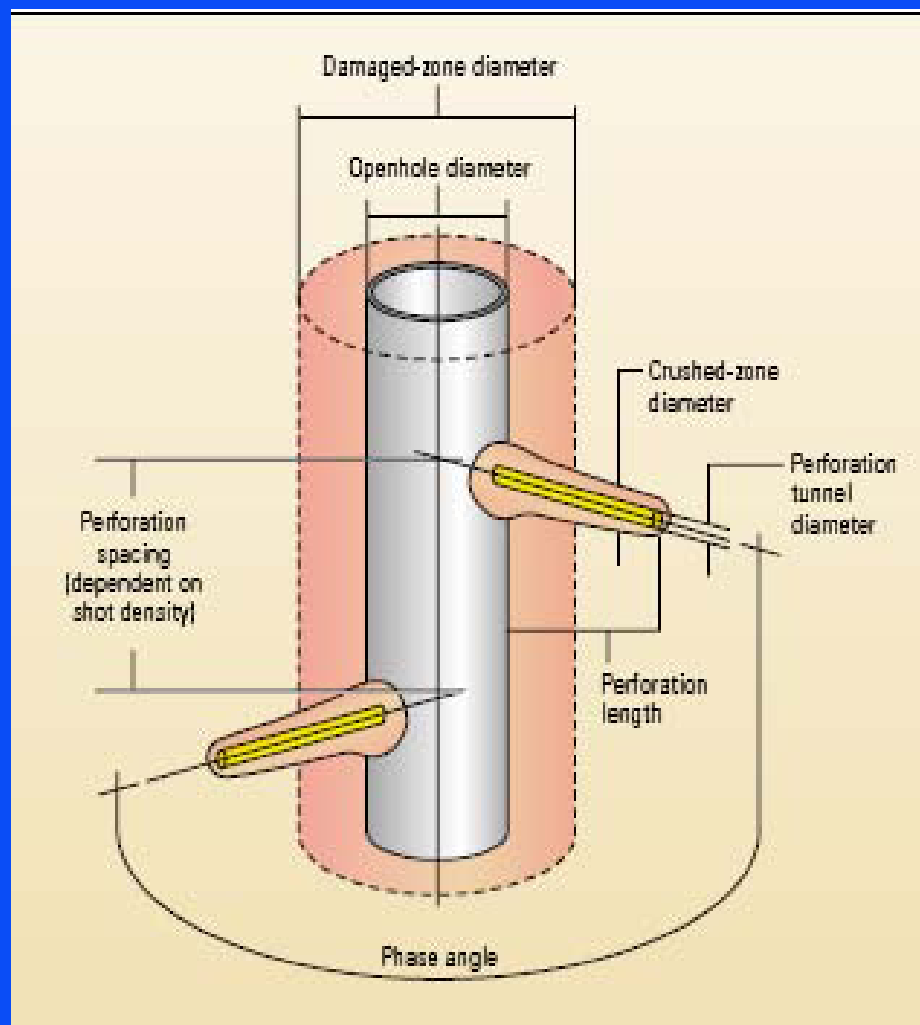
Mơ hình bắn mìn vĩa



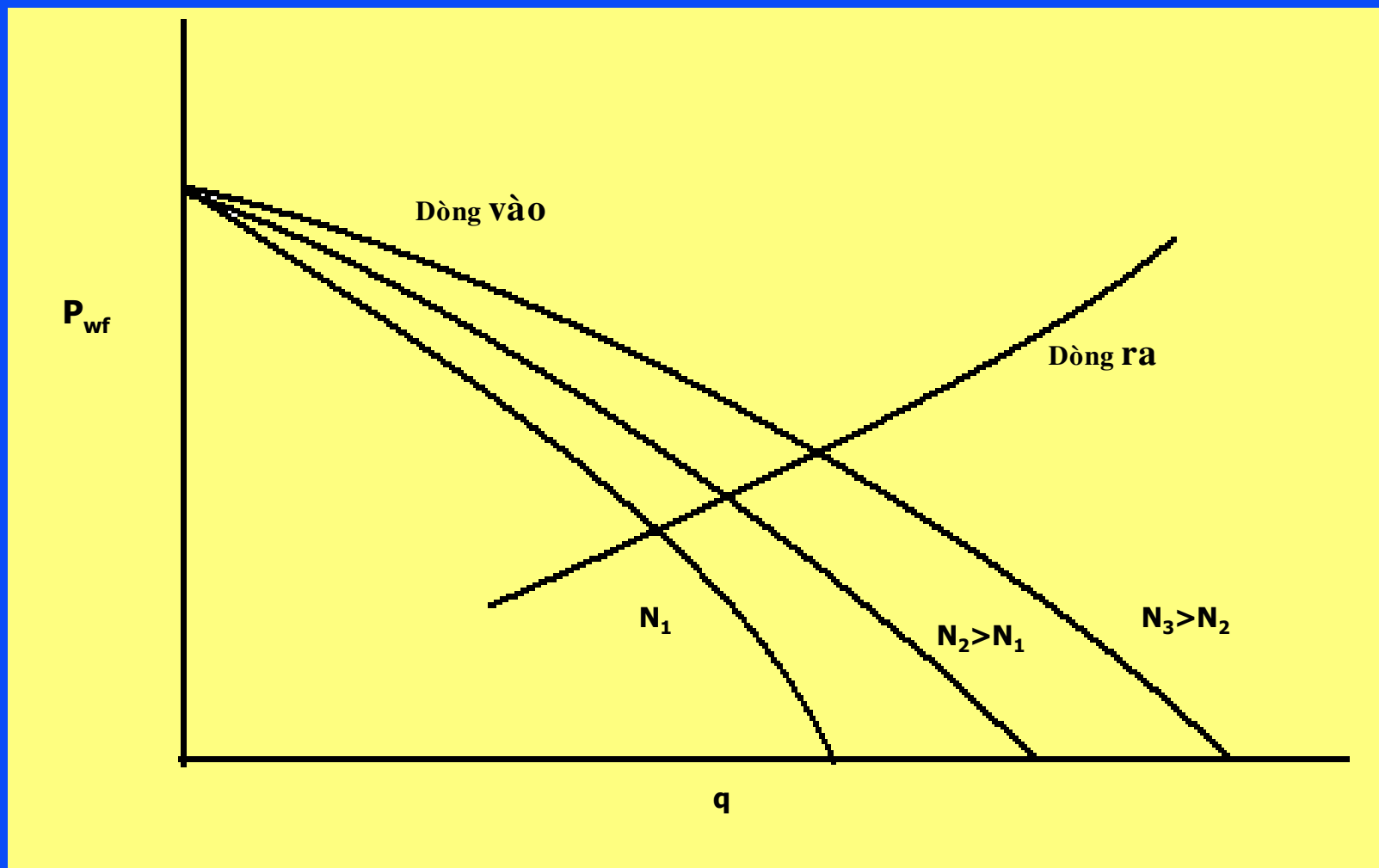
Mục đích bắn mở vỉa

- 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

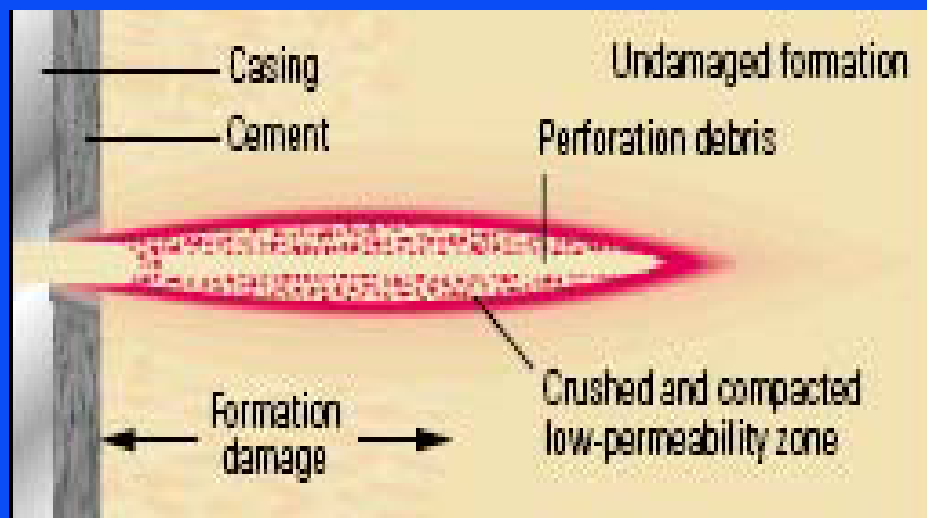
Mật độ lỗ bắn



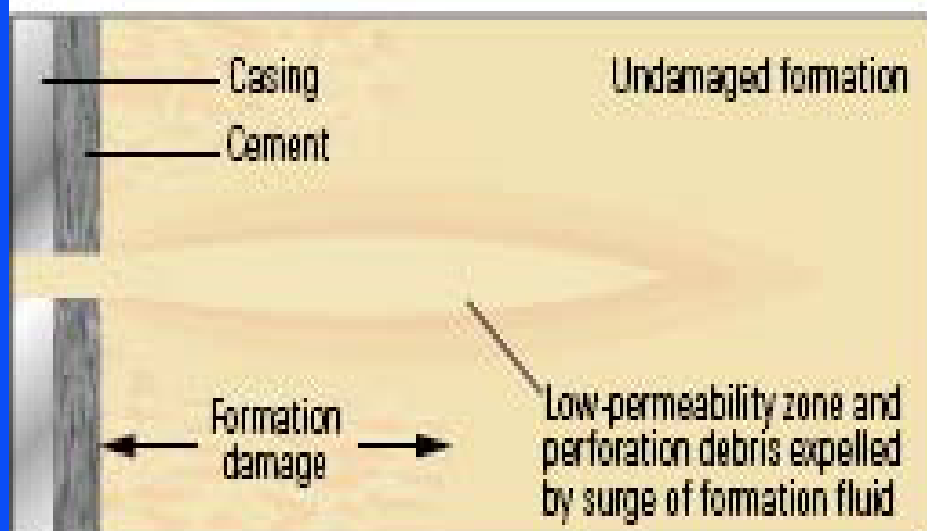
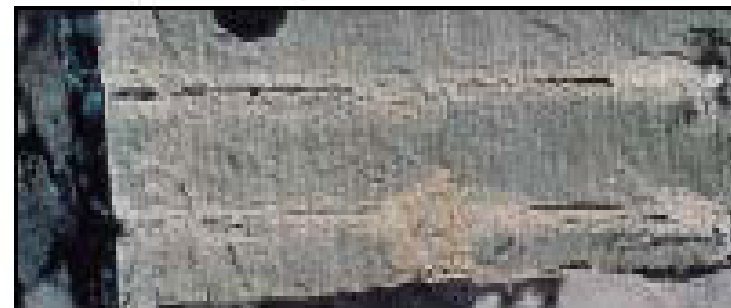
Các đường đặc tính



Chiều sâu xâm nhập



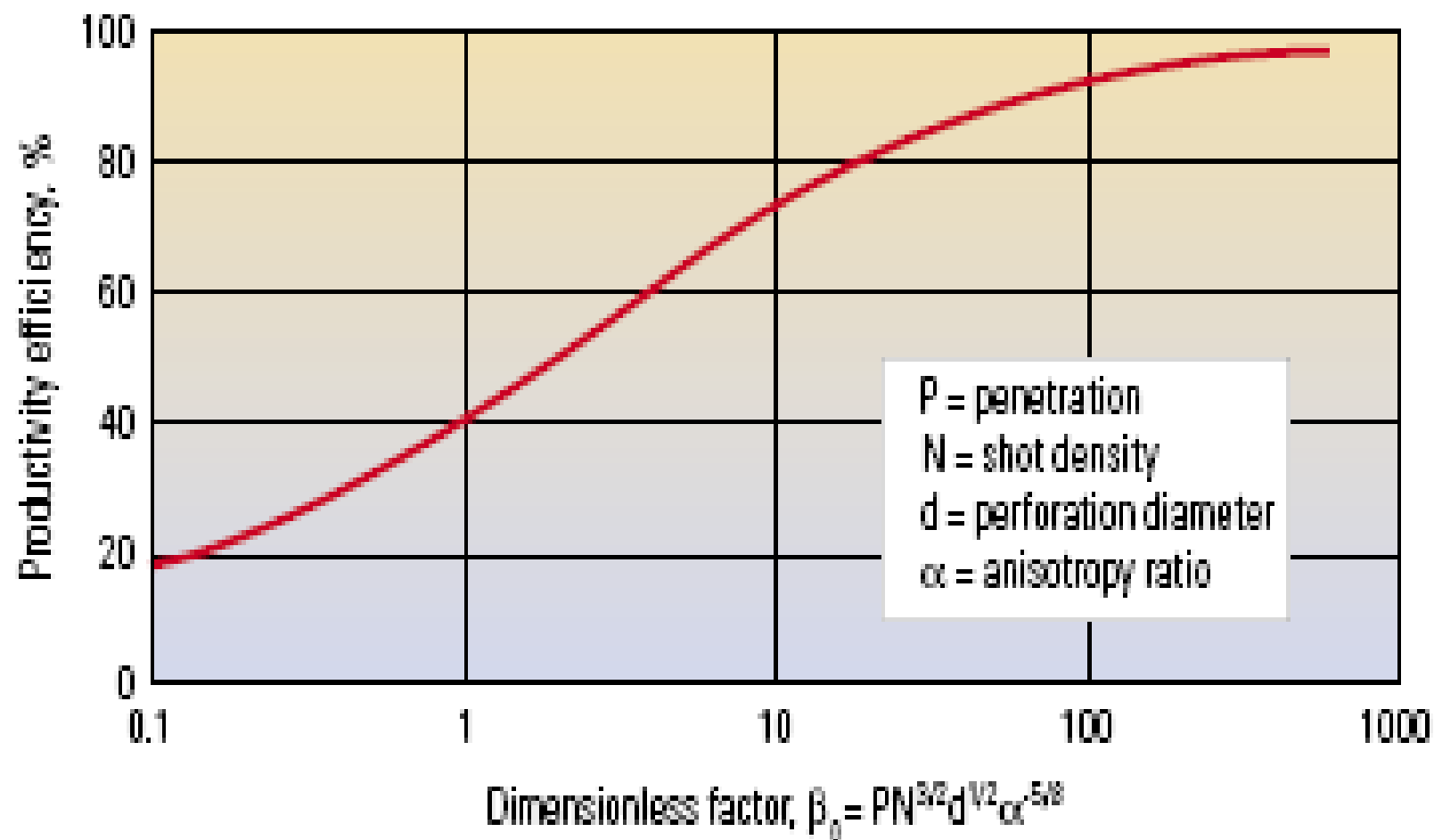
Balanced perforating



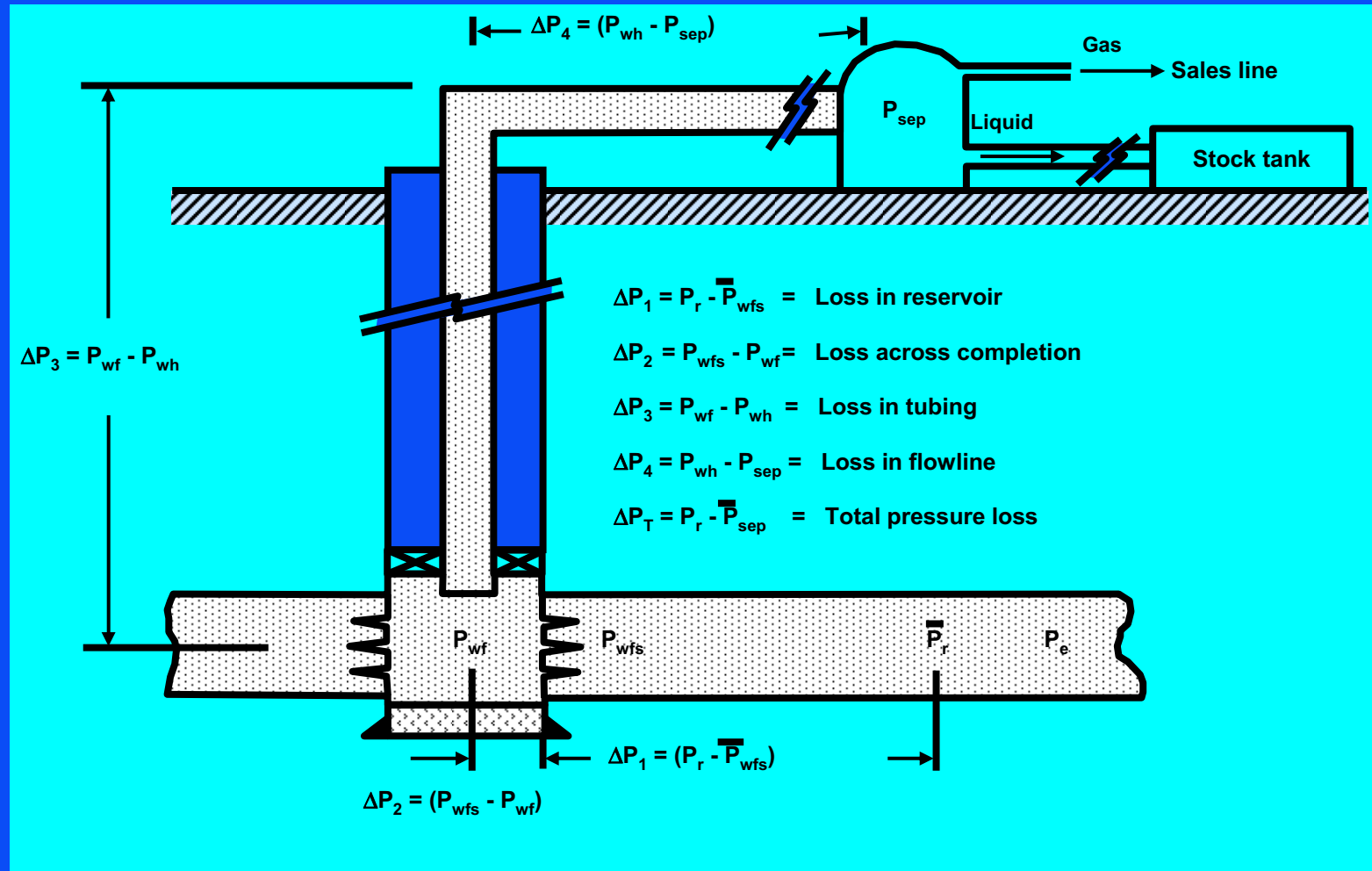
3000-psi underbalance perforating



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

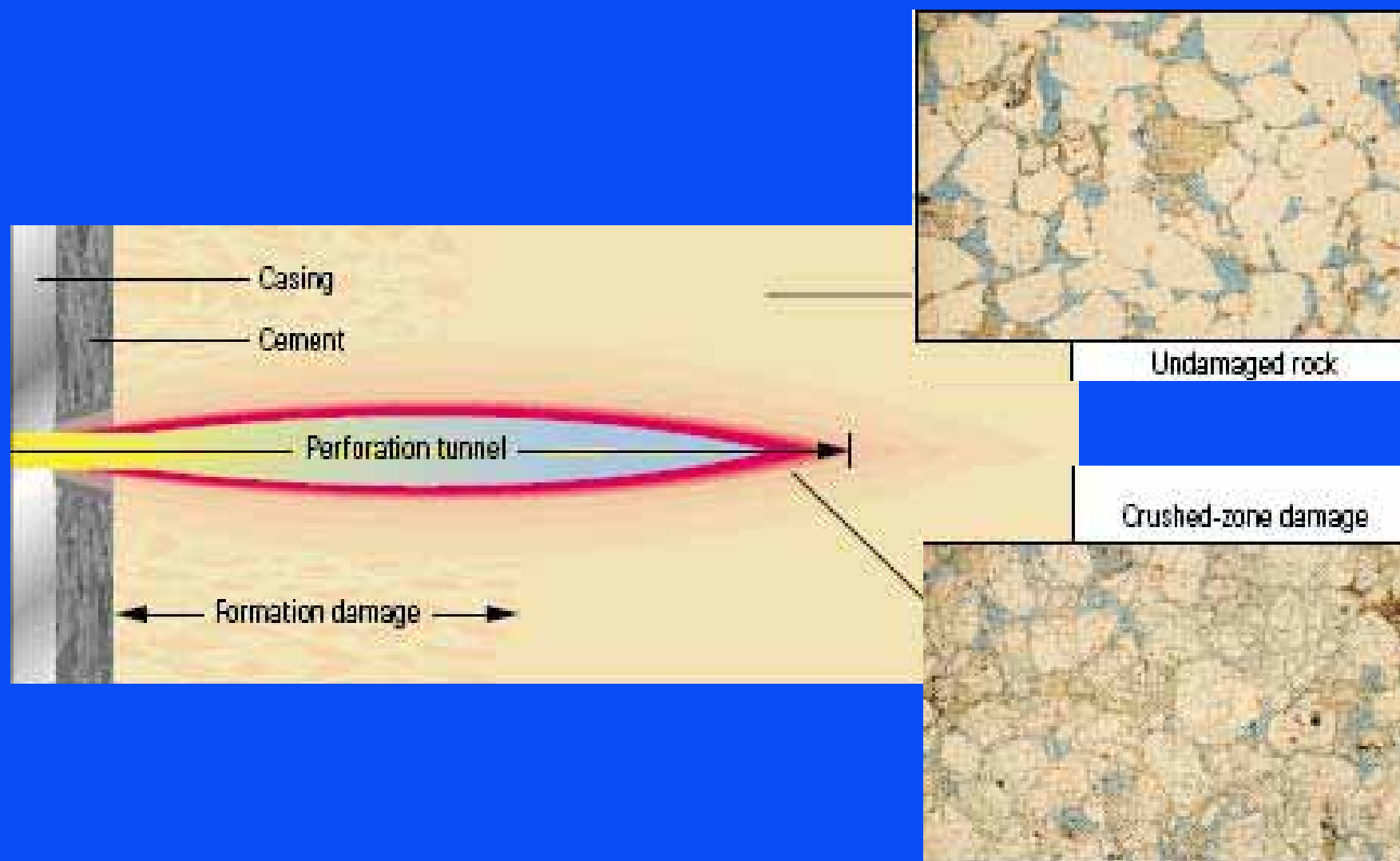
1- Ảnh hưởng của đới nén ép (Crushed-zone)

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

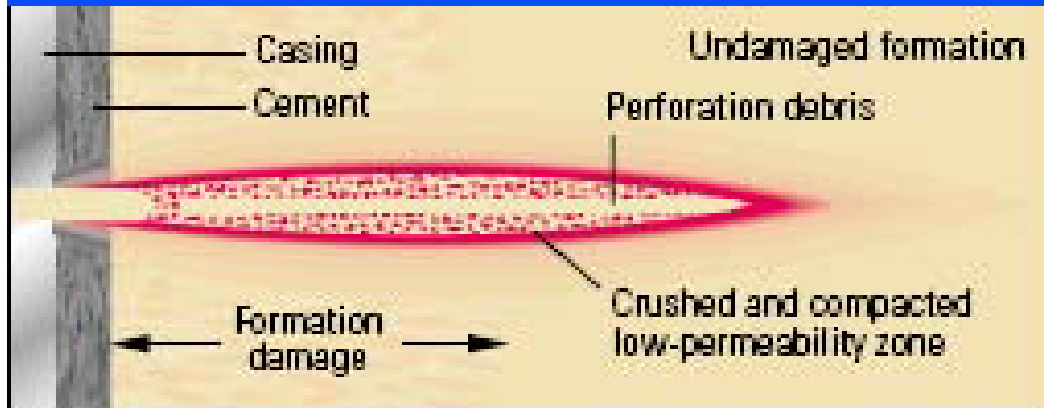
Sử dụng phương pháp điểm nút để khảo sát các thông số trong tính toán hoàn thiện giếng bằng ống chống (suốt hoặc lửng), trám xi măng và bắn mở vỉa

Hiệu suất bắn mở vỉa

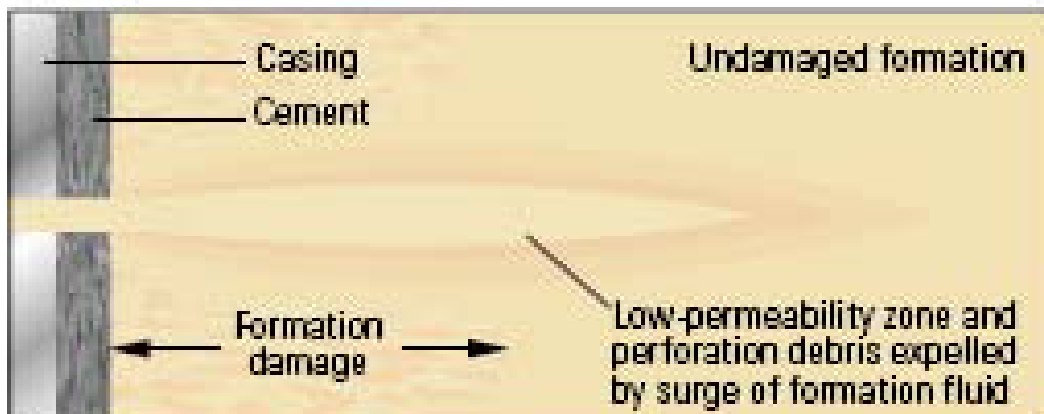
- Trong thiết kế hoàn thiện giếng bằng bắn mở vỉa, vấn đề quan trọng nhất là xác định hiệu suất bắn mở vỉa
- Hiệu suất bắn mở vỉa là khả năng dẫn lưu chất từ vỉa vào giếng sau khi hoàn thiện
- Hiệu suất này phụ thuộc vào mật độ lỗ bắn, đường kính lỗ bắn, độ sâu xâm nhập của lỗ bắn, mức độ nhiễm bẩn xung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

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

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 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)

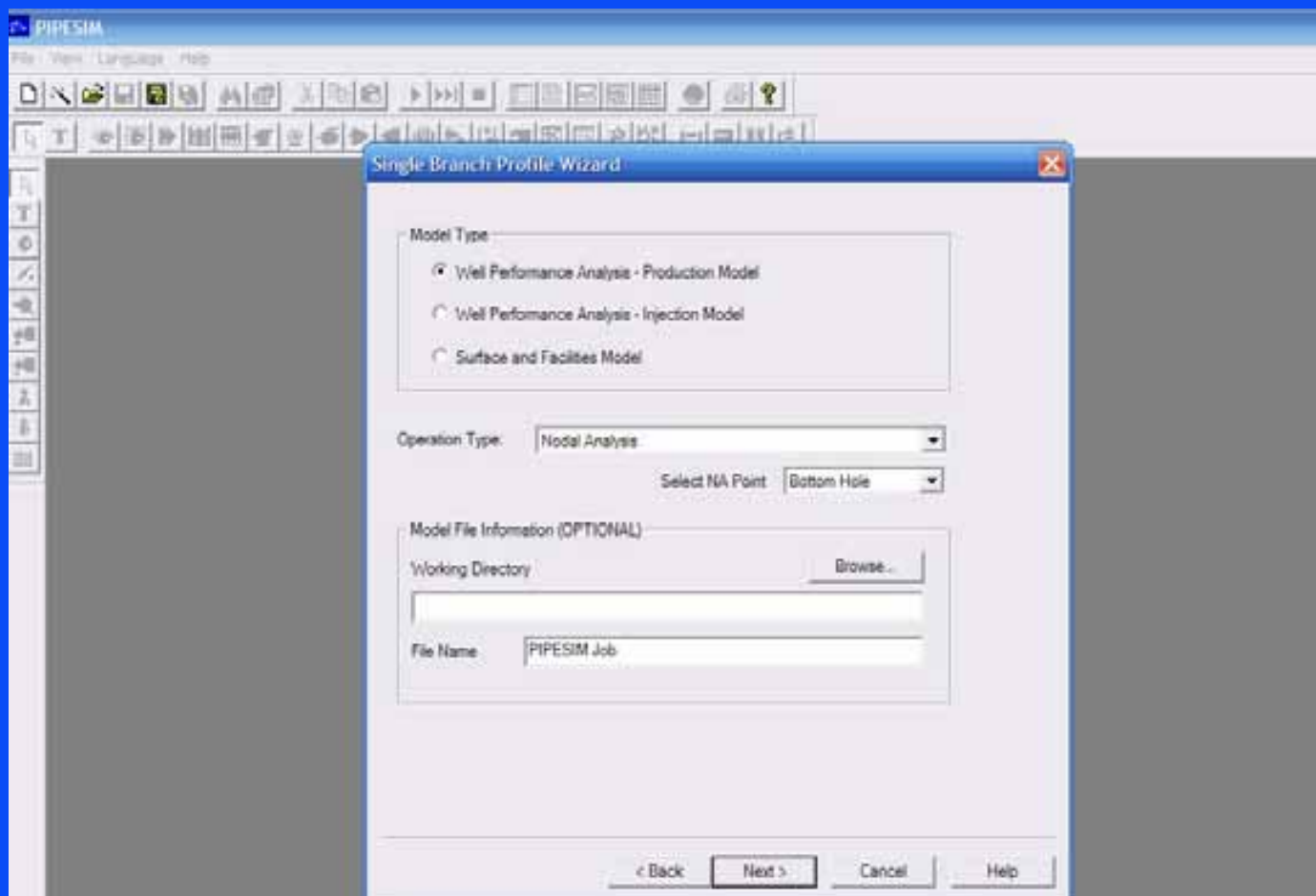
Giới thiệu phần mềm Pipesim



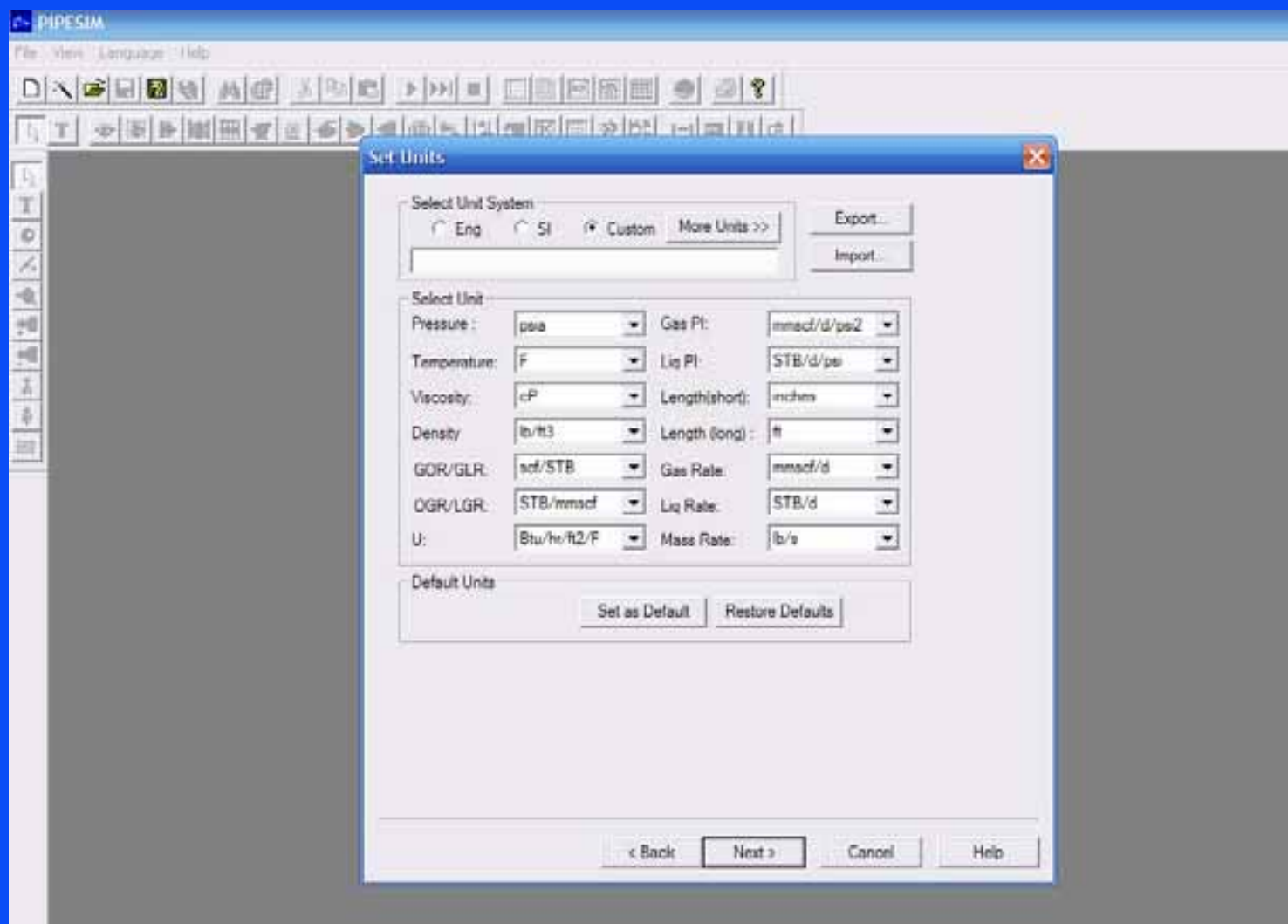
Mục đích

- 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,...

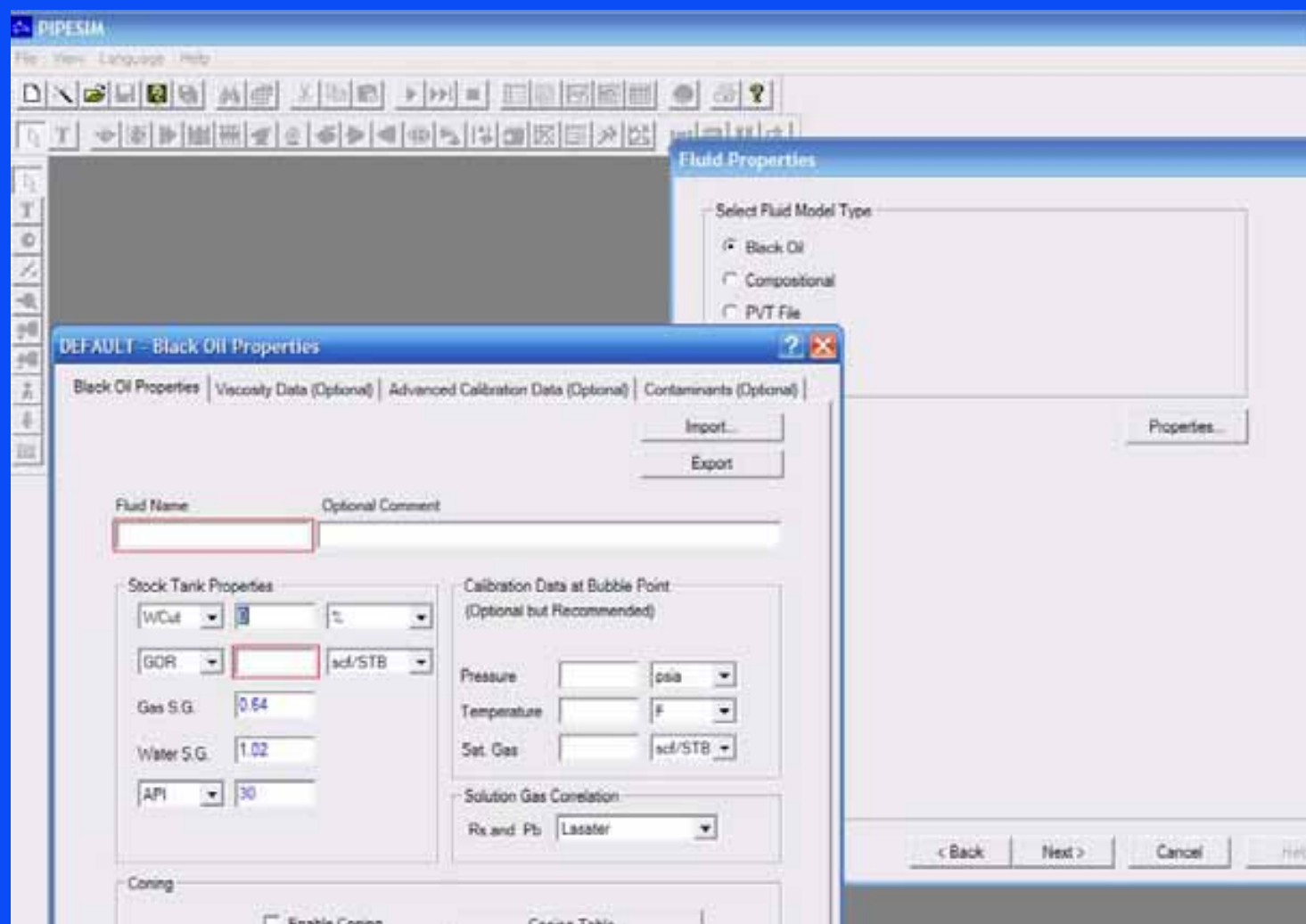
Cửa sổ nhập dữ liệu



Cửa sổ nhập dữ liệu



Cửa sổ nhập dữ liệu



PIPESIM

File View Language Help

Fluid Properties

Select Fluid Model Type

☒ Black Oil

☐ Compositional

☐ PVT File

Properties...

DEFAULT - Black Oil Properties

Black Oil Properties | Viscosity Data (Optional) | Advanced Calibration Data (Optional) | Contaminants (Optional)

Import...

Export

Fluid Name:

Optional Comment:

Stock Tank Properties

W/Cut: %

GOR: scf/STB

Gas S.G.: 0.64

Water S.G.: 1.02

API: 30

Calibration Data at Bubble Point (Optional but Recommended)

Pressure: psia

Temperature: F

Sat. Gas: scf/STB

Solution Gas Correlation

Re and Pb: Lasater

Coning

☐ Enable Coning

Coning Table

< Back Next > Cancel Help

Cửa sổ nhập dữ liệu

Well Completion Options [?] [X]

Completion Type

☐ None
☐ Open Hole
☐ Open Hole Gravel Pack
☒ Perforated
☐ Gravel Packed and Perforated

Damaged Zone

Diameter: [] inches
 Permeability: [] md

Compacted Zone

Diameter: [] inches
 Permeability: [] md

Completion

Interval: [] ft

Vertical Permeability: [] md

Perforation

Diameter: [] inches
 Length: [] inches
 Shot Density: [] shots/ft

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: ft²

Mechanical Skin

☐ Enter Skin

☒ Calculate [Completion Options...](#)

Rate Dependent Skin

☐ Enter Skin

☒ Calculate

OK Cancel Help

Mô hình Pseudo Steady State

