

NGHIÊN CỨU, CẢI TIẾN VÀ NÂNG CẤP THIẾT BỊ ĐO ĐỘ THẤM KHÍ THÀNH HỆ THIẾT BỊ ĐA NĂNG ĐỂ ĐO ĐỘ THẤM KHÍ VÀ ĐỘ THẤM ĐIỂM TRÊN MẪU LỖI

Nguyễn Văn Hiếu, Phan Ngọc Quốc, Ngô Hoàng Văn Anh

Viện Dầu khí Việt Nam

Email: hieunv@vpi.pvn.vn

<https://doi.org/10.47800/PVJ.2022.07-03>

Tóm tắt

Độ thấm là thông số quan trọng để đánh giá chất lượng đá chứa, quyết định khả năng cho dòng của vỉa. Giải pháp đo độ thấm điểm trên mẫu lõi được phát triển đã cung cấp kết quả nhanh chóng với mật độ điểm đo dày và phù hợp với các loại mẫu khác nhau. Do mẫu đo độ thấm điểm ở điều kiện bề mặt (không có áp suất nén hông) và trong mẫu còn tồn tại pha lỏng nên giá trị độ thấm điểm thường khác biệt so với giá trị độ thấm khí khi đo trên cùng vị trí mẫu.

Thiết bị đo độ thấm khí đã được Viện Dầu khí Việt Nam (VPI) nghiên cứu, cải tiến và nâng cấp thành hệ thiết bị đa năng để đo đồng thời độ thấm điểm và độ thấm khí ở cùng 1 vị trí đối với 3 nhóm mẫu khác nhau gồm: nhóm mẫu lõi có chất lượng tốt, nhóm mẫu lõi chặt sét và nhóm mẫu sườn có đường kính 1,5 inch. Kết quả đo sử dụng hệ thiết bị đo độ thấm cải tiến cho phép xác định được quy luật biến thiên giá trị đo độ thấm điểm, cụ thể là độ thấm điểm thường có giá trị thấp hơn so với độ thấm khí nhưng đường cong độ thấm điểm và thấm khí vẫn bám sát nhau. Sự khác biệt giữa 2 giá trị đo càng tăng khi giá trị đo độ thấm điểm càng thấp. Hiện tượng nút nẻ trong mẫu có thể làm cho độ thấm điểm cao hơn so với độ thấm khí.

Từ khóa: Độ thấm khí, độ thấm điểm, thiết bị đo độ thấm khí đa năng, dòng ổn định, mẫu lõi.

1. Giới thiệu

Độ thấm là thông số quan trọng để đánh giá chất lượng đá chứa, quyết định khả năng cho dòng của vỉa chứa. Tại phòng thí nghiệm, mẫu lõi được xẻ ra sau đó chọn các vị trí khoan mẫu và gia công thành các mẫu hình trụ có đường kính 1,5 inch; mẫu được chiết rửa sạch dầu và muối, sấy khô và tiến hành đo độ thấm khí [1]. Công đoạn chuẩn bị mẫu tốn nhiều thời gian, thường sau khoảng 1 tháng mới có mẫu để đo độ thấm khí. Hơn nữa, các điểm đo cách xa nhau do phải lựa chọn các vị trí để khoan và gia công mẫu. Một số trường hợp không có số liệu đo do mẫu bở rời hoặc nứt gãy.

Để có kết quả đo độ thấm nhanh với mật độ điểm đo dày (sau 3 - 4 ngày kể từ khi nhận mẫu), giải pháp đo độ thấm điểm (probe permeability) đã được áp dụng [2 - 4]. Đây là cách đo độ thấm theo từng điểm trên mẫu lõi ngay sau khi lấy mẫu với khoảng cách 2,5 - 5 cm/điểm đo, để

đánh giá nhanh và chi tiết về khả năng cho dòng của tầng chứa, cung cấp thông tin kịp thời cho hoạt động thử vỉa trên giàn. Giá trị độ thấm điểm có thể được sử dụng độc lập hoặc kết hợp với giá trị độ thấm khí để tối ưu hóa giá trị của dữ liệu trong đánh giá vỉa chứa [5 - 7].

Độ thấm điểm được đo theo từng điểm trên mẫu vật. Mẫu vật có thể là mẫu lõi nguyên trạng, mẫu lõi đã được chia thành 1/3, 2/3, mẫu sườn hay mẫu thực địa. Khác với phương pháp đo độ thấm khí trên mẫu trụ (Hình 1a), khi đo độ thấm điểm, dòng khí chảy từ đầu đo và đi xuyên vào mẫu vật theo dạng dòng chảy cầu (Hình 1b và 1c).

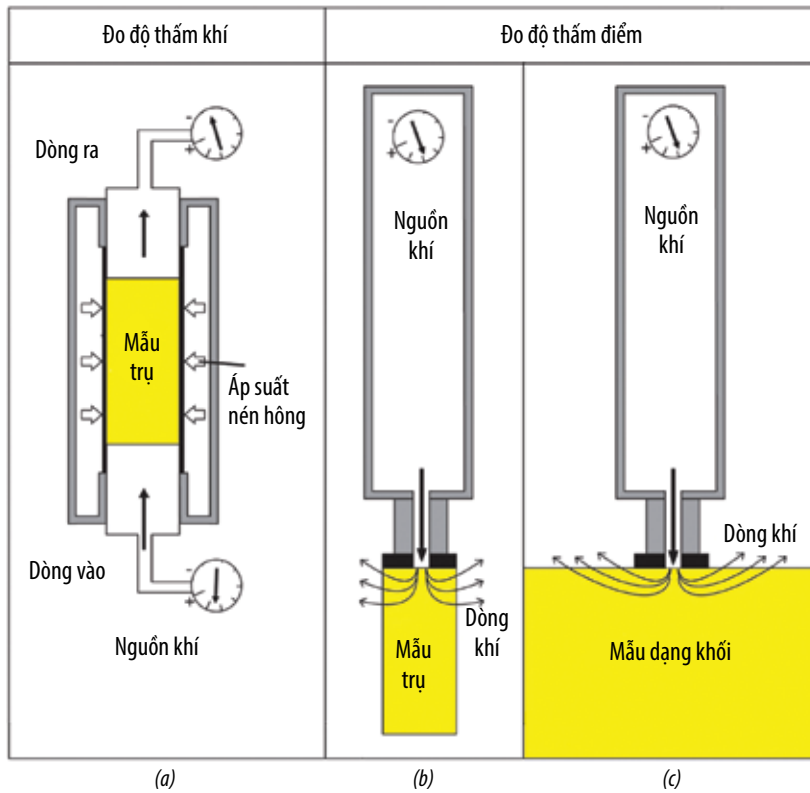
Mẫu lõi thường tồn tại các pha lỏng (dầu, nước), vì vậy giá trị đo độ thấm điểm phản ánh độ thấm khí hiệu dụng, khác với độ thấm khí thu được khi đo trên mẫu hình trụ (trong mẫu chỉ tồn tại 1 pha khí). Do đó, cần có đánh giá chi tiết về độ thấm điểm so với độ thấm khí để có thể sử dụng số liệu đo chính xác và hiệu quả nhất.

Trên thực tế, số liệu đo độ thấm điểm bằng hệ thiết bị truyền thống sẵn có thường cho kết quả rất khác nhau. Để giải quyết vấn đề này và cung cấp thông tin đáng tin cậy



Ngày nhận bài: 7/7/2022. Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 7 - 17/7/2022.

Ngày bài báo được duyệt đăng: 18/7/2022.



Hình 1. Mô hình dòng chảy qua mẫu khi đo độ thấm khí (a) và khi đo độ thấm điểm (b, c) [2].



Hình 2. Hệ thiết bị đo độ thấm khí đa năng.

cho việc dự báo lưu lượng dòng, VPI đã nghiên cứu, cải tiến và nâng cấp thiết bị đo độ thấm khí thành hệ thiết bị đo độ thấm khí đa năng để có thể thực hiện được đồng thời đo độ thấm điểm và độ thấm khí cho nhiều loại mẫu khác nhau, có cơ sở so sánh và đánh giá sai số.

2. Hệ thiết bị đo độ thấm khí đa năng

Hệ thiết bị đo độ thấm khí đa năng (Hình 2) là hệ thống bán tự động hoạt động ở điều kiện phòng thí nghiệm theo phương pháp dòng ổn định. Hệ thiết bị này được nâng cấp và phát triển từ máy đo độ thấm khí có sẵn bởi Bộ phận Mẫu lõi thuộc VPI, bằng cách tích hợp thêm module mới (ProbePerm) để máy có thể đo thêm được chỉ tiêu độ thấm điểm mà vẫn giữ được tính năng đo độ thấm khí.

Hệ thiết bị đo độ thấm khí đa năng có 3 dải cảm biến lưu lượng 0 - 20

cc/phút; 0 - 200 cc/phút và 0 - 2.000 cc/phút. Áp suất đầu vào từ 0 - 150 psi, có khả năng đo trên nhiều dạng mẫu khác nhau, cụ thể:

- Đo độ thấm khí: Áp dụng cho mẫu lõi hình trụ đường kính 1 inch hoặc 1,5 inch, chiều dài mẫu tối đa 3 inch. Trong quá trình đo, mẫu lõi được nén hông ở điều kiện yêu cầu, không quá 10.000 psi.

- Đo độ thấm điểm: Có thể đo trên mẫu lõi chưa xẻ hoặc đã xẻ 1/3, mẫu hình trụ đường kính 1,5 inch, mẫu thực địa. Trong quá trình đo, mẫu ở trạng thái không nén hông.

3. Thí nghiệm đo độ thấm khí và độ thấm điểm

3.1. Cơ sở lý thuyết

3.1.1. Cơ sở lý thuyết đo độ thấm khí

Độ thấm khí được đo bằng thiết bị đo độ thấm đa năng trên mẫu hình trụ. Mẫu được chiết rửa sạch dầu và muối, sau đó sấy khô và để nguội trong bình kín. Khi đo, mẫu được cho vào bộ giữ mẫu (Hình 3) và được nén tới điều kiện nén hông yêu cầu. Khí nitrogen chảy qua mẫu từ đầu đến cuối mẫu, áp suất đầu vào và lưu lượng dòng chảy được kiểm soát và để ổn định. Độ thấm khí được tính toán theo định luật Darcy như sau [8]:

$$K_{air} = \frac{1000\mu P_a Q_a L}{(P_1 - P_2) \left(\frac{P_1 + P_2}{2}\right) A} \quad (1)$$

Trong đó:

K_{air} : Độ thấm khí (mD);

μ : Độ nhớt khí nitrogen (cP);

P_a : Áp suất khí quyển (atm);

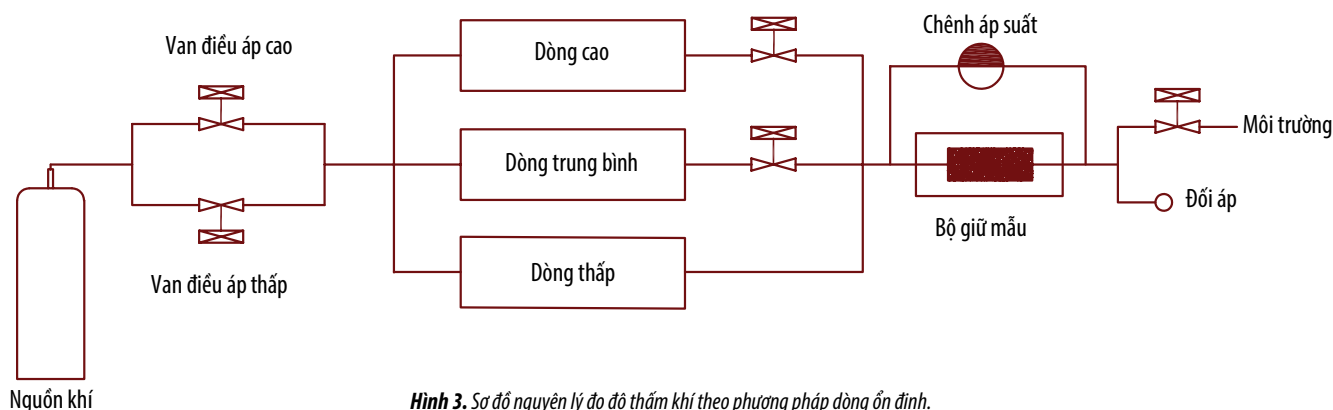
Q_a : Lưu lượng dòng chảy (cc/phút);

P_1 : Áp suất đầu vào (atm);

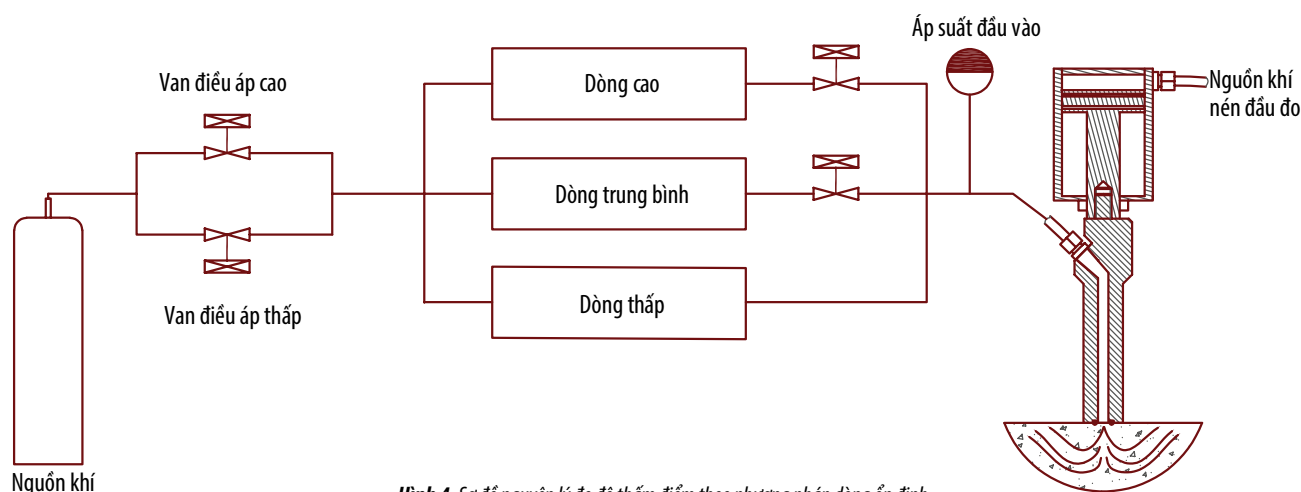
P_2 : Áp suất đầu ra (atm);

L: Chiều dài mẫu (cm);

A: Tiết diện mẫu (cm²).



Hình 3. Sơ đồ nguyên lý đo độ thấm khí theo phương pháp dòng ổn định.



Hình 4. Sơ đồ nguyên lý đo độ thấm điểm theo phương pháp dòng ổn định.

3.1.2. Cơ sở lý thuyết đo độ thấm điểm

Mẫu trước khi đo độ thấm điểm cần được làm nhẵn bề mặt bằng dung dịch dầu để bay hơi sau đó để khô tự nhiên ở điều kiện phòng trong 24 giờ [1, 3], trong quá trình đo mẫu ở trạng thái không có nén hông.

Đặt mẫu lõi vào khay giữ mẫu, nhập tọa độ vị trí điểm đo vào phần mềm để đầu đo tự động di chuyển tới vị trí cần đo sau đó ép chặt vào mặt mẫu. Dòng khí nitrogen từ bình khí đi qua van điều áp và đi qua các cảm biến lưu lượng phù hợp sau đó tới đầu đo và chảy xuyên vào trong mẫu (Hình 4). Khi đạt trạng thái ổn định, các dữ liệu đo sẽ được ghi nhận và tự động nạp vào phần mềm để tính toán kết quả, độ thấm điểm được tính theo công thức (2):

$$K_{air-p} = \frac{1000\mu P_a Q_{ap}}{(P_1 - P_2) \left(\frac{P_1 + P_2}{2}\right) aG} \quad (2)$$

Trong đó:

K_{air-p} : Độ thấm điểm (mD);

$\frac{1}{aG} = 0,04606$: Hệ số chuyển đổi, hằng số;

μ : Độ nhớt khí nitrogen (cP);

P_a : Áp suất khí quyển (atm);

Q_{ap} : Lưu lượng dòng chảy (cc/phút);

P_1 : Áp suất đầu vào (atm);

P_2 : Áp suất đầu ra (atm).

3.2. Thí nghiệm

Thí nghiệm đo độ thấm khí và độ thấm điểm được tiến hành trên 3 nhóm mẫu (Bảng 1), các phép đo được tiến hành ở cùng 1 vị trí độ sâu hoặc trên cùng 1 mẫu.

Nhóm mẫu lõi 1: Gồm 5 m mẫu lõi lấy ở độ sâu 3.653 - 3.658 m trong giếng khoan sử dụng dung dịch khoan gốc dầu, mẫu chủ yếu là cát kết hạt mịn có độ chọn lọc tốt, kiểm tra bằng mắt thường cho thấy mẫu có khả năng có độ thấm tốt. Mẫu lõi được chia thành 2 phần: 1/3 (được dùng để đo độ thấm điểm), 2/3 (được dùng để khoan các mẫu hình trụ sau đó chiết rửa sạch dầu và muối, sấy khô mẫu để đo độ thấm khí). Tổng cộng có 22 vị trí được tiến hành đo đồng thời độ thấm điểm và độ thấm khí, trong đó có 6 vị trí được xác định độ bão hòa nước theo phương pháp Dean Stark [1].

Nhóm mẫu lõi 2: Gồm 10 m mẫu lõi được lấy ở độ sâu 4.128 - 4.138 m trong giếng khoan sử dụng dung dịch khoan gốc dầu. Nhóm mẫu lõi 2 được lấy ở độ sâu lớn hơn

Bảng 1. Tổng hợp số mẫu thí nghiệm

Nhóm mẫu	Độ sâu (m)	Số điểm đo đồng thời	Số điểm xác định độ bão hòa nước
Mẫu lõi 1	3.653 - 3.658	22	6
Mẫu lõi 2	4.128 - 4.138	10	-
Mẫu sườn	3.761 - 3.774	10	-

Bảng 2. Kết quả đo trên nhóm mẫu lõi 1

Mẫu số	Độ sâu (m)	Áp suất nén hông (psi)	Độ thấm khí (mD)	Độ thấm điểm (mD)	Chênh lệch so với độ thấm khí (%)	Độ bão hòa nước (%)	Mô tả sơ bộ
1H	3.653,73	2.227	0,95	0,54	-42,6	45,6	Cát kết hạt rất mịn, màu xám nhạt, độ chọn lọc tốt
2H	3.653,90	2.227	1,25	0,51	-59,0	-	Cát kết hạt rất mịn, màu xám nhạt, độ chọn lọc tốt
3H	3.654,25	2.228	2,02	1,31	-35,4	-	Cát kết hạt rất mịn, màu xám nhạt, độ chọn lọc tốt
4H	3.654,42	2.228	11,82	11,70	-1,0	-	Cát kết hạt rất mịn đến mịn, màu xám nhạt, độ chọn lọc tốt
5H	3.654,48	2.228	14,06	13,79	-1,9	30,5	Cát kết hạt rất mịn đến mịn, màu xám nhạt, độ chọn lọc tốt
6H	3.654,88	2.229	17,50	11,10	-36,6	-	Cát kết hạt rất mịn đến mịn, màu xám nhạt, độ chọn lọc tốt
7H	3.655,04	2.229	10,75	6,73	-37,4	-	Cát kết hạt rất mịn đến mịn, màu xám nhạt, độ chọn lọc tốt
8H	3.655,32	2.230	9,91	6,07	-38,8	-	Cát kết hạt rất mịn đến mịn, màu xám nhạt, độ chọn lọc tốt
9H	3.655,36	2.230	10,79	11,65	8,0	-	Cát kết hạt rất mịn đến mịn, màu xám nhạt, độ chọn lọc tốt
10H	3.655,48	2.230	14,59	10,79	-26,0	31,4	Cát kết hạt rất mịn đến mịn, màu xám nhạt, độ chọn lọc tốt
11H	3.655,71	2.231	15,75	15,96	1,4	35,8	Cát kết hạt rất mịn đến mịn, màu xám nhạt, độ chọn lọc tốt
12H	3.656,22	2.232	7,90	4,47	-43,4	-	Cát kết hạt rất mịn đến mịn, màu xám nhạt, độ chọn lọc tốt
15H	3.656,34	2.232	12,85	7,37	-42,6	35,2	Cát kết hạt rất mịn đến mịn, màu xám nhạt, độ chọn lọc tốt
16H	3.656,73	2.233	29,23	21,18	-27,5	-	Cát kết hạt rất mịn đến mịn, màu xám nâu, độ chọn lọc tốt
17H	3.656,90	2.233	32,97	20,64	-37,4	-	Cát kết hạt rất mịn đến mịn, màu xám nâu, độ chọn lọc tốt
18H	3.656,94	2.233	27,43	16,26	-40,7	-	Cát kết hạt rất mịn đến mịn, màu xám nâu, độ chọn lọc tốt
19H	3.657,16	2.234	15,89	9,55	-39,9	33,6	Cát kết hạt rất mịn đến mịn, màu xám nhạt, độ chọn lọc tốt
20H	3.657,38	2.234	15,08	15,43	2,3	-	Cát kết hạt rất mịn đến mịn, màu xám nhạt, độ chọn lọc tốt
21H	3.657,51	2.235	7,61	6,87	-9,7	-	Cát kết hạt rất mịn đến mịn, màu xám nhạt, độ chọn lọc tốt
22H	3.657,77	2.235	3,37	2,22	-34,1	-	Cát kết hạt rất mịn đến mịn, màu xám nhạt, độ chọn lọc tốt

và chặt sít hơn so với nhóm mẫu lõi 1, chủ yếu là cát kết hạt mịn có độ chọn lọc tốt, trong đó có 10 vị trí được đo đồng thời độ thấm điểm và độ thấm khí.

Nhóm mẫu sườn: 10 mẫu sườn hình trụ đường kính 1,5 inch được lấy trong khoảng độ sâu từ 3.761 - 3.774 m trong giếng khoan, chủ yếu là cát kết hạt rất mịn có độ chọn lọc tốt. Mẫu được khoan sử dụng dung dịch khoan gốc dầu. Sau khi nhận mẫu về phòng thí nghiệm, mẫu được cắt đầu mẫu để có được hình trụ tiêu chuẩn. Độ thấm điểm được tiến hành đo trên cả 10 mẫu sườn này, sau khi đo xong độ thấm điểm, mẫu được đưa đi chiết rửa sạch dầu, muối và sấy khô để phục vụ việc đo độ thấm khí.

4. Kết quả và thảo luận

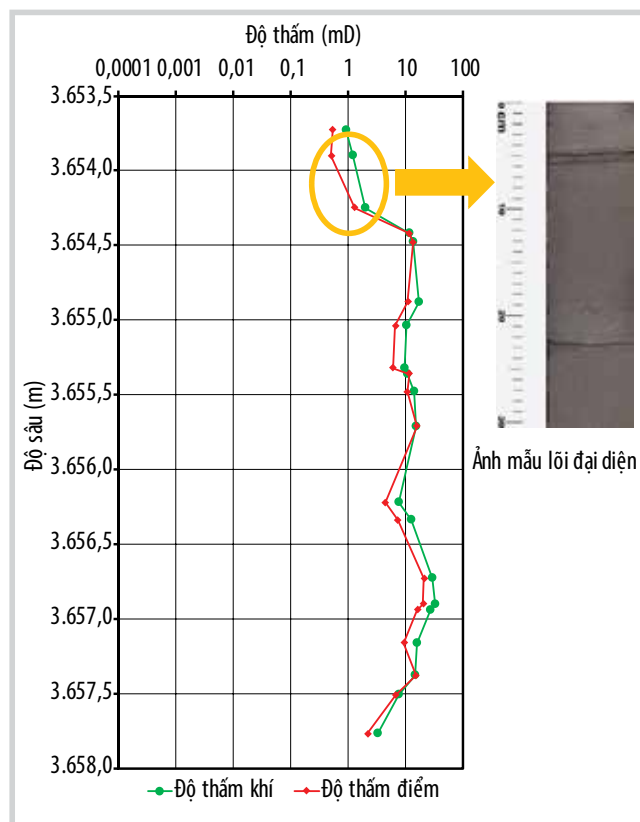
Bảng 2 cho thấy nhóm mẫu lõi 1 có độ thấm khí nằm trong khoảng 0,95 - 32,97 mD, độ thấm điểm nằm trong khoảng 0,51 - 21,18 mD. Chênh lệch giữa độ thấm điểm so với độ thấm khí nằm trong khoảng -59% đến 8%, trong đó độ thấm điểm chủ yếu bằng hoặc nhỏ hơn so với độ thấm

khí. Giá trị độ bão hòa nước ở thời điểm đo độ thấm điểm dao động trong khoảng 30,5 - 45,6%.

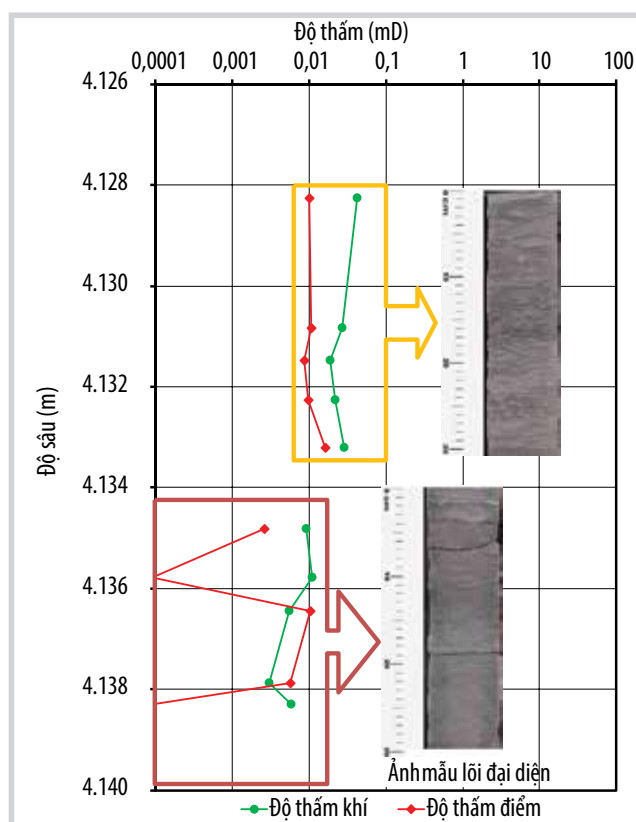
Biểu đồ độ thấm khí và độ thấm điểm theo chiều sâu (Hình 5) thể hiện rõ đường cong độ thấm điểm bám rất sát và thường nằm dưới đường cong độ thấm khí, giá trị chênh lệch tập trung chủ yếu ở mức -35,4% đến -43,4%.

Bảng 3 cho thấy nhóm mẫu lõi 2 chặt sít, độ thấm khí nằm trong khoảng 0,003 - 0,042 mD, độ thấm điểm nằm trong khoảng 0,0001 - 0,0164 mD. Chênh lệch giữa độ thấm điểm so với độ thấm khí rất lớn, biên độ biến động mạnh từ -99,2% đến 87,6%.

Biểu đồ độ thấm khí và độ thấm điểm theo chiều sâu (Hình 6) cho thấy, đối với các mẫu từ 23H - 27H thì độ thấm điểm vẫn tuân theo xu hướng nhỏ hơn độ thấm khí, tuy nhiên độ lệch lớn hơn so với nhóm mẫu lõi 1, ở mức -43,4% đến -76,2%. Ngược lại, đối với 5 vị trí đo bên dưới (từ mẫu 28H - 32H) ứng với độ thấm thấp hơn so với khoảng trên, độ thấm điểm và độ thấm khí chênh lệch lớn (~100%) và không theo quy luật. Ngoài ra, mẫu ở khoảng



Hình 5. Độ thấm điểm và độ thấm khí theo độ sâu đối với nhóm mẫu lõi 1.



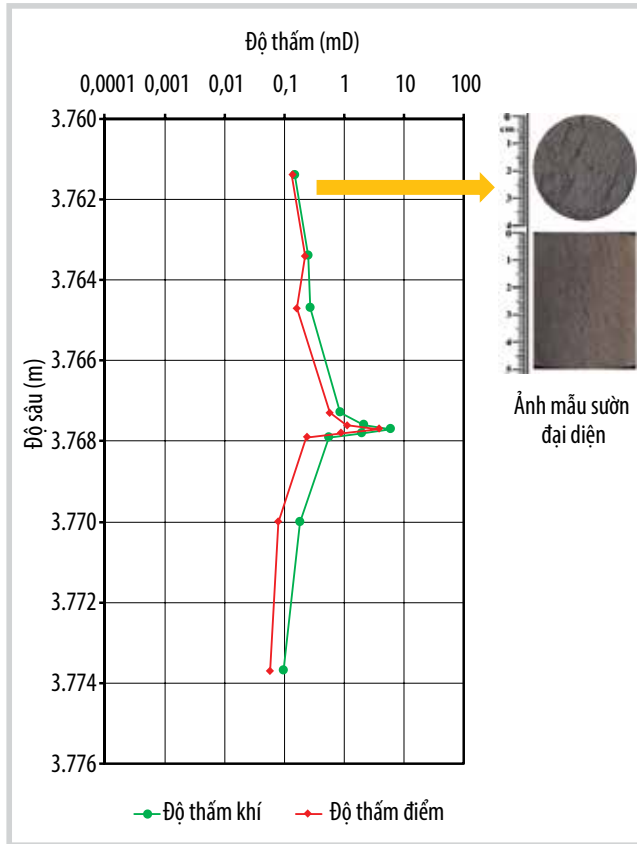
Hình 6. Độ thấm điểm và độ thấm khí theo độ sâu đối với nhóm mẫu lõi 2.

Bảng 3. Kết quả đo trên nhóm mẫu lõi 2

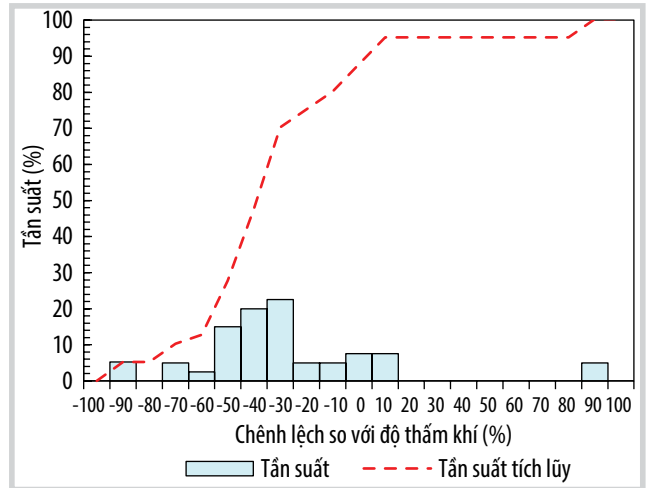
Mẫu số	Độ sâu (m)	Áp suất nén hông (psi)	Độ thấm khí (mD)	Độ thấm điểm (mD)	Chênh lệch so với độ thấm khí (%)	Mô tả sơ bộ
23H	4.128,26	2.265	0,042	0,0100	-76,2	Cát kết hạt rất mịn đến mịn, màu xám vừa, độ chọn lọc tốt
24H	4.130,84	2.276	0,027	0,0107	-60,8	Cát kết hạt rất mịn đến mịn, màu xám đen, độ chọn lọc tốt
25H	4.131,48	2.279	0,019	0,0087	-53,6	Cát kết hạt rất mịn đến mịn, màu xám vừa, độ chọn lọc tốt
26H	4.132,26	2.282	0,022	0,0096	-56,5	Cát kết hạt rất mịn đến mịn, màu xám đen, độ chọn lọc tốt
27H	4.133,20	2.286	0,029	0,0164	-43,4	Cát kết hạt rất mịn đến mịn, màu xám vừa, độ chọn lọc tốt
28H	4.134,81	2.293	0,009	0,0026	-71,8	Cát kết hạt rất mịn đến mịn, màu xám vừa, độ chọn lọc tốt
29H	4.135,78	2.297	0,011	0,0001	-99,2	Cát kết hạt rất mịn đến mịn, màu xám vừa, độ chọn lọc tốt
30H	4.136,45	2.300	0,006	0,0103	87,6	Cát kết hạt rất mịn đến mịn, màu xám vừa, độ chọn lọc tốt
31H	4.137,88	2.307	0,003	0,0056	85,3	Cát kết hạt rất mịn đến mịn, màu xám vừa, độ chọn lọc tốt
32H	4.138,29	2.309	0,006	0,0001	-98,4	Cát kết hạt rất mịn đến mịn, màu xám vừa, độ chọn lọc tốt

Bảng 4. Kết quả đo trên nhóm mẫu sườn

Mẫu số	Độ sâu (m)	Áp suất nén hông (psi)	Độ thấm khí (mD)	Độ thấm điểm (mD)	Chênh lệch so với độ thấm khí (%)	Mô tả sơ bộ
1	3.761,4	2.273	0,15	0,13	-12,5	Cát kết hạt rất mịn, màu xám nhạt, độ chọn lọc tốt
2	3.763,4	2.274	0,25	0,22	-11,6	Cát kết hạt rất mịn, màu xám nhạt, độ chọn lọc tốt
3	3.764,7	2.274	0,27	0,16	-41,9	Cát kết hạt rất mịn, màu xám nhạt, độ chọn lọc tốt
4	3.767,3	2.273	0,86	0,57	-33,3	Cát kết hạt rất mịn, màu xám nhạt, độ chọn lọc tốt
5	3.767,6	2.273	2,09	1,08	-48,2	Cát kết hạt rất mịn, màu xám nhạt, độ chọn lọc tốt
6	3.767,7	2.273	6,02	3,75	-37,7	Cát kết hạt rất mịn, màu xám nhạt, độ chọn lọc tốt
7	3.767,8	2.273	1,98	0,88	-55,4	Cát kết hạt rất mịn, màu xám nhạt, độ chọn lọc tốt
8	3.767,9	2.273	0,56	0,23	-58,6	Cát kết hạt rất mịn, màu xám nhạt, độ chọn lọc tốt
9	3.770,0	2.272	0,18	0,08	-57,4	Cát kết hạt rất mịn, màu xám nhạt, độ chọn lọc tốt
10	3.773,7	2.270	0,10	0,06	-41,4	Cát kết hạt rất mịn, màu xám nhạt, độ chọn lọc tốt



Hình 7. Độ thấm điểm và độ thấm khí theo độ sâu đối với nhóm mẫu sườn.



Hình 8. Biểu đồ tần suất chênh lệch độ thấm điểm so với độ thấm khí.

đo này có nhiều khe nứt (Hình 6) nên có thể ảnh hưởng đến kết quả đo. Ở một số điểm đo, độ thấm điểm cao gần gấp 2 lần so với độ thấm khí.

Nhóm mẫu sườn gồm các mẫu có độ thấm khí lớn hơn 0,1 mD, độ thấm điểm lớn hơn 0,06 mD cho thấy xu hướng rõ ràng giữa độ thấm khí và độ thấm điểm (Hình 7 và Bảng 4). Các mẫu đo đều cho giá trị độ thấm điểm nhỏ hơn so với độ thấm khí từ -11,6% đến -58,6%. Xu hướng này tương đồng so với nhóm mẫu lõi 1.

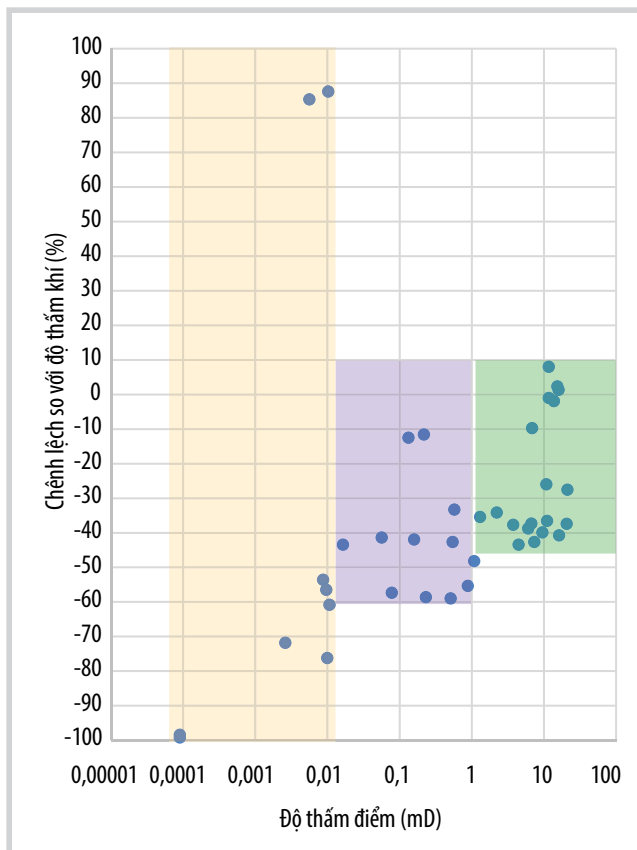
Tổng hợp kết quả đo của 42 điểm đo từ 3 nhóm mẫu ở trên cho thấy độ thấm điểm thường nhỏ hơn so với độ thấm khí khoảng dưới 60% (Hình 8). Trong đó, có tới 57,5% số mẫu có giá độ thấm điểm nhỏ hơn độ thấm khí ở mức 30% đến dưới 60%.

Chênh lệch giữa độ thấm điểm và độ thấm khí thường thấp đối với những mẫu có độ thấm cao (Hình 9), cụ thể đối với nhóm mẫu có độ thấm điểm lớn hơn 1 mD thì mức độ chênh lệch nằm trong khoảng -43,4% đến 8%. Nếu độ thấm điểm giảm xuống ngưỡng 0,1 mD thì độ chênh lệch cũng mở rộng tới khoảng -60%. Các mẫu có độ thấm điểm nhỏ hơn 0,01 mD thường cho kết quả chênh lệch nhiều so với độ thấm khí, biên chênh lệch rộng. Hiện tượng độ thấm điểm cao hơn đột biến so với độ thấm khí ở một số mẫu chặt sít trong nhóm mẫu lõi 2 được cho là do các mẫu bị nứt nẻ (Hình 6), khi đưa lên bề mặt, ở điều kiện áp suất bình thường đã làm cho độ mở của các vi khe nứt tăng và vì vậy làm cho độ thấm điểm tăng cao hơn.

5. Kết luận

Trên cơ sở phân tích kết quả thí nghiệm sử dụng hệ thiết bị đo độ thấm khí đa năng, nhóm tác giả rút ra một số kết luận sau:

Độ thấm điểm thường nhỏ hơn so với độ thấm khí,



Hình 9. Chênh lệch độ thấm điểm so với độ thấm khí theo khoảng độ thấm.

mức độ chênh lệch phụ thuộc vào tính thấm, hiện trạng mẫu và các khe nứt, vi khe nứt trong mẫu. Trong nghiên cứu, chủ yếu số mẫu lõi (57,5%) có độ thấm điểm nhỏ hơn độ thấm khí ở mức 30% đến dưới 60%.

Đối với các mẫu lõi có độ thấm điểm lớn hơn 1 mD, độ thấm điểm chênh lệch từ -43,4% đến 8% so với độ thấm khí, mức độ chênh lệch ít và ổn định, đường cong độ thấm điểm và độ thấm khí theo chiều sâu bám rất sát nhau.

Khi giá trị đo độ thấm điểm mở rộng xuống ngưỡng 0,1 mD, mức độ chênh lệch so với độ thấm khí cũng tăng lên tới -60%, tuy nhiên giá trị đo vẫn thể hiện độ chụm và xu hướng nhỏ hơn rõ ràng.

Đối với các mẫu lõi có độ thấm điểm dưới mức 0,01 mD, giá trị độ thấm điểm có thể lệch tới 100% so với giá trị độ thấm khí, kết quả phân tán theo chiều lớn hơn hoặc nhỏ hơn, giá trị đo ở khoảng này cần được đánh giá kỹ trước khi sử dụng.

Tài liệu tham khảo

[1] Colin McPhee, Jules Reed, and Izaskun Zubizarreta, *Developments in petroleum science*. Elsevier, 2015.

[2] C.M. Filomena, J. Hornung, and H. Stollhofen, "Assessing accuracy of gas-driven permeability measurements: a comparative study of diverse Hassler-cell and probe permeameter devices", *Solid Earth*, Vol. 5, No. 1, pp. 1 - 11, 2014. DOI: 10.5194/se-5-1-2014.

[3] American Petroleum Institute (API), *Recommended practices for core analysis*, 1998.

[4] William J. Sutherland, Christian Halvorsen, Andrew Hurst, Colin A. McPhee, Graham Robertson, Peter R. Whattler, and Paul F. Worthington, "Recommended practice for probe permeametry", *Marine and Petroleum Geology*, Vol. 10, No. 4, pp. 309 - 317, 1993. DOI: 10.1016/0264-8172(93)90075-4.

[5] Otosigbo Gloria Ogochukwu, Nzekwe Kenneth Emeka, and Eluwa Ndidiama Nchedo, "A comparative study of profile permeability and air permeability in reservoir characterization: The case of GX 2 well in western Niger delta basin", *FUNAI Journal of Science and Technology*, Vol. 3, No. 1, pp. 110 - 123, 2017.

[6] David Klein Weibust Grover, "Surface gas permeability of porous building materials: Measurement, analysis and application", Graduate College Dissertations and Theses, University of Vermont, 2014.

[7] Timothy Yakubu Woma, Inusa I. Ewa, and Amaitem J. Iseh, "Environmental sustainability through non-destructive core testing for petroleum reservoir characterisation", *Journal of Environment and Earth Science*, Vol. 3, No. 11, pp. 66 - 72, 2013.

[8] Vinci Technologies, Operating manual and maintenance manual of gasperm, 2011.

EVALUATION OF PROBE PERMEABILITY MEASUREMENT ON CORE SAMPLES WITH THE MULTI-PURPOSE GAS PERMEAMETER UPGRADED BY VPI

Nguyen Van Hieu, Phan Ngoc Quoc, Ngo Hoang Van Anh

Vietnam Petroleum Institute

Email: hieunv@vpi.pvn.vn

Summary

Permeability is an important parameter to evaluate reservoir rock quality, which determines the flow capacity of the reservoir. Probe permeametry has been conducted on core samples as a technique to obtain quick permeability data at a thick density of measurement points and is suitable for various rock types. Since the test method is performed on core samples containing liquid phase at ambient condition, the probe permeability values are usually different from gas/air permeability values at the same measuring points.

In this study, a multi-purpose gas permeameter upgraded by the Vietnam Petroleum Institute (VPI) was used to measure probe permeability and gas permeability for 3 different sample groups (the good quality core sample, tight core sample and sidewall core sample with 1.5 inch diameter). The results allowed us to determine the probe permeability variability, namely that the probe permeability values were usually lower than the air permeability but the gas permeability and the probe permeability profiles were still close to each other. The difference between the two increased at low probe permeability. Fracturing in the samples likely caused the probe permeability to be higher than the gas permeability.

Key words: Air permeability, probe permeability, multi-purpose gas permeameter, steady-state flow, core sample.