

HỘI CƠ HỌC ĐÁ VIỆT NAM
HỘI CÔNG NGHỆ KHOAN - KHAI THÁC VIỆT NAM
TRƯỜNG ĐẠI HỌC DẦU KHÍ VIỆT NAM

TUYỂN TẬP CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC
HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC
“CƠ HỌC ĐÁ - NHỮNG VẤN ĐỀ ĐƯƠNG ĐẠI”
VIETROCK2021

Hà Nội, 16/10/2021



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ

**VIETNAMESE SOCIETY FOR ROCK MECHANICS - VSRM
THE DRILING AND PRODUCTION TECHNOLOGY VIETNAM - VADPT
PETROVIETNAM UNIVERSITY - PVU**

**PROCEEDINGS
OF VIETROCK 2021
VIETNAMESE NATIONAL CONGRESS
OF ROCK MECHANICS & ENGINEERING**

HANOI, 16/10/2021

HANOI, 2021

CƠ HỌC ĐÁ ỨNG DỤNG TRONG KHOAN KHAI THÁC
ROCK MECHANICS & ENGINEERING
IN DRILLING ENGINEERING

Ảnh hưởng hóa, nhiệt và thủy lực đến sự ổn định thành giếng khi
khoan trong tầng đất đá chứa sét 69
*Nguyễn Khắc Long, Trương Văn Từ, Phạm Văn Hùng, Kiều Đức Thịnh,
Nguyễn Đình Huy, Đào Hiệp*

Phương pháp đánh giá ảnh hưởng của các thông số chế độ khoan tới
tốc độ cơ học khi khoan công đoạn đường kính 311 mm mỏ Cá Tầm 81
Nguyễn Tiến Hùng, Vũ Hồng Dương, Trương Văn Từ

Nghiên cứu áp dụng công nghệ khoan xoay bằng búa đập khí nén dẫn
theo ống chống để nâng cao hiệu quả thi công lỗ khoan thăm dò qua
bãi thải ở vùng Quảng Ninh..... 92
Nguyễn Trần Tuấn, Lê Văn Nam Nguyễn Văn Hải

Nghiên cứu giảm thiểu tổn thất thủy lực trong công tác khoan thăm dò
bằng ống mẫu luôn..... 101
Nguyễn Trần Tuấn

Nghiên cứu công nghệ trám xi măng khô phòng ngừa và xử lý mất
nước rửa ở các lỗ khoan thăm dò đường kính nhỏ ở mỏ than
Quảng Ninh..... 108

Nguyễn Xuân Thảo, Nguyễn Duy Tuấn

Cơ sở lựa chọn chất ức chế của dung dịch khoan để tăng độ ổn định
thành giếng khi khoan qua địa tầng chứa sét 119

Trương Văn Từ, Nguyễn Khắc Long

CƠ HỌC ĐÁ ỨNG DỤNG TRONG XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH VÀ MỎ
ROCK MECHANICS & ENGINEERING IN CIVIL ENGINEERING
AND MINING

Applications of Reinforced Earth® Technologies in mining industry ... 129

Dimitri Plantier, Le Thoi Huu

Về quá trình biến đổi cơ học xung quanh hầm lò trong khối đá có đứt
gãy địa chất 146

Nguyễn Quang Phích, Nguyễn Khắc Cường, Nguyễn Ngọc Huệ

Ảnh hưởng hóa, nhiệt và thủy lực đến sự ổn định thành giếng khi khoan trong tầng đất đá chứa sét

Nguyễn Khắc Long^{1,*}, Trương Văn Từ¹, Phạm Văn Hùng¹, Kiều Đức Thịnh¹
Nguyễn Đình Huy¹, Đào Hiệp²

¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất

² Trường Cao đẳng Công Thương Miền Trung

*Email: nguyengkhaclong@hmg.edu.vn

Tóm tắt: Việc ổn định thành giếng có vai trò quan trọng tới hiệu quả của công tác thi công giếng khoan. Khi khoan tầng đất đá chứa sét, thường xảy ra các hiện tượng phức tạp như sập lở, trương nở, kẹt mút... gây mất ổn định thành giếng nghiêm trọng. Các phức tạp này thường liên quan đến sự phá hủy cắt, phá hủy kéo và áp suất lỗ rỗng của thành hệ giếng. Trong quá trình khoan, sự thay đổi áp suất lỗ rỗng của thành hệ liên quan đến sự tác dụng tương tác lý-hóa của các chất hóa học có trong dung dịch khoan, áp suất thủy tĩnh trong giếng khoan và nhiệt độ của địa tầng. Sự thay đổi áp suất lỗ rỗng và nhiệt độ là một trong các nguyên nhân làm mất ổn định thành giếng do thay đổi sự tập trung ứng suất xung quanh thân giếng. Các yếu tố hóa học, thủy lực và nhiệt độ gây ra các ảnh hưởng tức thời và làm thay đổi độ bền kéo và cắt của đất đá. Do đó, cần thiết phải đưa ra một mô hình phù hợp để dự đoán sự ảnh hưởng tức thời của các yếu tố hóa học, nhiệt và thủy lực tới áp suất lỗ rỗng thành hệ. Trong phạm vi bài báo cáo, các tác giả đã sử dụng các mô hình tuyến tính đàn hồi để phân tích sự ảnh hưởng của các yếu tố hóa, nhiệt và thủy lực đến sự ổn định thành giếng khi khoan qua thành hệ sét.

Từ khoá: Ổn định thành giếng, tầng đất đá chứa sét, áp suất lỗ rỗng, thủy lực, nhiệt độ.

1. Đặt vấn đề

Mất ổn định thành giếng là một trong những phức tạp chính thường xảy ra trong quá trình khoan. Các hiện tượng mất ổn định thành giếng nghiêm trọng thường xảy ra như sập lở, trương nở, kẹt mút,... Theo thống kê, tầng đất đá chứa sét (thành hệ sét) chiếm tới 75 % các thành hệ đất đá được khoan qua và có tới 90 % hiện tượng mất ổn định thành giếng thường xảy ra khi khoan qua loại địa tầng này [6]. Sự mất ổn định thành trong địa tầng sét gây ra bởi sự phân bố lại ứng suất tại chỗ xung quanh thành giếng khi giá trị độ bền cắt hoặc độ bền kéo của đá giảm.

Sự phân bố ứng suất đàn hồi xung quanh thành giếng khoan được trình bày bởi Bradley [2]. Ảnh hưởng của trạng thái đàn hồi, áp suất lỗ rỗng và sự thay đổi ứng suất của đá được nghiên cứu trong điều kiện thoát nước và điều kiện không thoát

nước. Với thành hệ có độ thấm thấp như thành hệ sét, trạng thái không thoát nước xảy ra trong một khoảng thời gian ngắn. Dung dịch khoan sẽ thấm trong khoảng thời gian ngắn từ giếng khoan vào trong thành hệ. Giá trị áp suất lỗ rỗng tạm thời đạt được sẽ được sử dụng để đánh giá tình trạng phá hủy của thân giếng.

Mặt khác, độ bền của sét thay đổi theo thời gian xảy ra quá trình hydrat hóa hoặc dehydrat hóa. Nghiên cứu bởi Chenevert [5] chỉ ra rằng, áp suất thẩm đóng vai trò như một tác nhân thủy lực đẩy nước vào hoặc đi ra khỏi thành hệ sét. Sự tiếp xúc giữa dung dịch khoan và thành giếng khoan làm cho thành hệ chịu tác dụng của cả tác nhân thủy lực và yếu tố thấm.

Độ bền của sét cũng bị ảnh hưởng bởi sự khuếch tán nhiệt giữa dung dịch khoan và thành hệ [4]. Ảnh hưởng của nhiệt độ tới việc duy trì sự ổn định thành giếng là hướng tiếp cận ít khi được xem xét bởi vì việc kiểm soát nhiệt độ của thành giếng cũng như nhiệt độ của thành hệ không dễ dàng. Mô hình tuyến tính đàn hồi phân tích sự ảnh hưởng của các yếu tố hóa, nhiệt và thủy lực đến sự ổn định thành giếng khi khoan qua thành hệ sét sẽ được trình bày. Các giá trị khác nhau của áp suất lỗ rỗng và trạng thái phá hủy của đá sẽ được giới thiệu.

2. Mô hình ảnh hưởng hóa, nhiệt và thủy lực đến sự ổn định thành giếng

Bằng việc áp dụng hiện tượng truyền nhiệt vào lý thuyết đàn hồi Biot cho chất lưu trong môi trường rỗng, Chen và cộng sự [6] đã đề xuất phương trình biểu diễn sự phân bố của nhiệt độ T và áp suất lỗ rỗng p trong thành hệ sét theo hệ tọa độ hình trụ hướng tâm bởi phương trình:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = c_0 \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right) \quad (1)$$
$$\frac{\partial p}{\partial t} = c \left(\frac{\partial^2 p}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial r} \right) + c' \frac{\partial T}{\partial t}$$

trong đó: c - hệ số khuếch tán thủy lực của chất lưu trong lỗ rỗng; c_0 - hệ số khuếch tán nhiệt của môi trường rỗng; c' - hệ số kết hợp nhiệt; r - vị trí hướng tâm gần thành giếng; t - thời gian.

Xét điều kiện ban đầu và điều kiện biên của phương trình (1) :

$$\begin{aligned} p(r,0) &= p_0, & p(\infty,t) &= p_0 \\ p(r_w,t \geq 0) &= p_{nw} = p_w - p_\pi \\ p^f(r_w,t \geq 0) &= p_{nw} - p_0 = p_w - p_\pi - p_0 \\ T(r,0) &= T_0, & T(\infty,t) &= T_0 \\ T(r_w,t) &= T_w, & T^f(r_w,t) &= T_w - T_0 \end{aligned} \quad (2)$$

với p^f - biến thiên áp suất lỗ rỗng; T^f - biến thiên nhiệt độ; p_o - áp suất lỗ rỗng ban đầu; p_w - áp suất thủy tĩnh trong giếng; p_{nw} - áp suất lỗ rỗng vùng lân cận thành giếng; T_o - nhiệt độ ban đầu; T_w - nhiệt độ tại thành giếng; r_w - bán kính giếng khoan; p_π - áp suất thấm. Giá trị áp suất thấm với hệ dung dịch khoan/sét được xác định theo phương trình :

$$p_\pi = -I_m \frac{RT}{V} \ln \frac{a_{wm}}{a_{wsh}} \quad (3)$$

trong đó : R - hằng số khí ($R=8.314 \text{ m}^3 \cdot \text{Pa} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$); V - thể tích phân mol của nước ($V=1.8 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{g mol}$); a_{wm} - độ hoạt động của dung dịch khoan; a_{wsh} - độ hoạt động của sét; I_m - hiệu quả của màng thấm.

2.1. Nhiệt độ thành hệ

Trong quá trình khoan, một trong những nguyên nhân chính ảnh hưởng tới ổn định thành giếng là sự thay đổi nhiệt độ trong thành hệ. Khi khoan, dung dịch khoan liên tục trao đổi nhiệt với thành hệ. Nếu xảy ra sự chênh lệch giữa nhiệt độ trong thành hệ và nhiệt độ của dung dịch khoan, nhiệt độ sẽ phân bố vào trong thành hệ và có thể gây ảnh hưởng tới áp suất gây phá hủy thành hệ.

Nhiệt độ tại thành giếng khoan có thể xem như cân bằng với nhiệt độ của dung dịch khoan trong khoảng không vành xuyên. Với giá trị nhiệt độ tại thành giếng không đổi, giá trị nhiệt độ trong thành hệ tại khoảng cách hướng tâm r bất kỳ ở thời điểm t bất kỳ được xác theo Carslaw & Jaeger [3]:

$$T(r, t) = T_o + (T_w - T_o) L^{-1} \left(\frac{1}{s} \frac{K_o(r\sqrt{s/c_o})}{K_o(r_w\sqrt{s/c_o})} \right) \quad (4)$$

với L^{-1} - nghịch đảo của phép biến đổi Laplace; K_o - loại hai của hàm Bessel bậc 0 hiệu chỉnh; s - hằng số phụ thuộc vào đặc tính của đá.

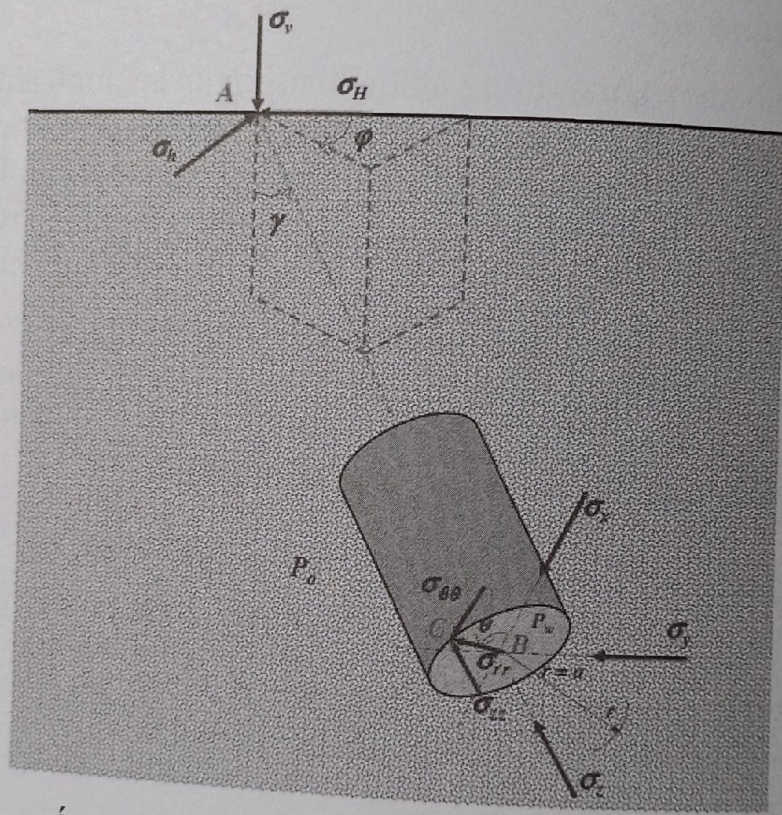
2.2. Áp suất lỗ rỗng trong thành hệ

Áp suất lỗ rỗng ảnh hưởng đáng kể tới việc kiểm soát độ ổn định thành giếng khoan và trạng thái ứng suất xung quanh thân giếng. Áp dụng điều kiện biên và điều kiện ban đầu ở phương trình (2), giá trị áp suất lỗ rỗng trong thành hệ sét theo khoảng cách r và thời gian t được biến đổi từ phương trình (1) trở thành [6]:

$$p(r, t) = p_o + \left[(p_{nw} - p_o) - \frac{c'(T_w - T_o)}{1 - c/c_o} \right] \times L^{-1} \left(\frac{1}{s} \frac{K_o(r\sqrt{s/c})}{K_o(r_w\sqrt{s/c})} \right) + \frac{c'(T_w - T_o)}{1 - c/c_o} \times L^{-1} \left(\frac{1}{s} \frac{K_o(r\sqrt{s/c_o})}{K_o(r_w\sqrt{s/c_o})} \right) \quad (5)$$

2.3. Ứng suất xung quanh thân giếng

Tại bất kỳ điểm nào bên dưới bề mặt Trái đất, đất đá phải chịu các ứng suất khác nhau. Các ứng suất này có thể rất cao khi ở sâu trong lòng đất và phụ thuộc vào hướng của chúng và cường độ của các nguồn tạo ra chúng. Trong điều kiện đất đá không bị xáo trộn, ở trạng thái ban đầu (trước khi có bất kỳ điều kiện nhân tạo nào như hoạt động khoan hoặc khai thác chất lưu), đất đá thường chịu ứng suất nén. Trạng thái này được gọi là trạng thái ứng suất tại chỗ. Khi khoan, các thành phần ứng suất tại chỗ tác dụng lên đất đá bị thay đổi. Khi khoan, trung ứng suất xung quanh thân giếng. Để xác định trạng thái ứng suất trong giếng khoan, cần phải chuyển đổi ứng suất tại chỗ sang hệ tọa độ Cartesian và hệ tọa độ hình trụ (Hình 1).



Hình 1. Ứng suất xung quanh thân giếng theo các hệ tọa độ khác nhau [1]

Với σ_v , σ_H , σ_h - các giá trị ứng suất tại chỗ tác dụng lên khối đá, tương ứng với ứng suất thẳng đứng, ứng suất ngang lớn nhất và ứng suất ngang nhỏ nhất; σ_y , σ_z - các giá trị ứng suất theo các trục tọa độ tương ứng trong hệ Cartesian; σ_{rr} , $\sigma_{\theta\theta}$, σ_{zz} - tương ứng với ứng suất hướng tâm; ứng suất tiếp tuyến và ứng suất dọc trục trong hệ tọa độ trụ; ϕ , γ , θ tương ứng với góc phương vị địa lý, góc nghiêng của giếng và góc phương vị theo hướng có ứng suất ngang lớn nhất.

Các giá trị ứng suất hướng tâm (σ_{rr}), ứng suất tiếp tuyến ($\sigma_{\theta\theta}$) và ứng suất dọc trục (σ_{zz}) do ảnh hưởng cơ học tại vị trí bất kỳ xung quanh thân giếng được xác định bởi các phương trình Kirsch tổng quát [1]:

Ảnh hưởng hóa, nhiệt và thủy lực đến sự ổn định thành giếng khi khoan trong tầng đất đá chứa sét

$$\sigma_{rr} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \left[1 - \frac{r_w^2}{r^2} \right] + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \left[1 - 4 \frac{r_w^2}{r^2} + 3 \frac{r_w^4}{r^4} \right] \cos(2\theta) + \tau_{xy} \left[1 - 4 \frac{r_w^2}{r^2} + 3 \frac{r_w^4}{r^4} \right] \sin(2\theta) + \frac{r_w^2}{r^2} p_w \quad (6)$$

$$\sigma_{\theta\theta} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \left[1 + \frac{r_w^2}{r^2} \right] - \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \left[1 + 3 \frac{r_w^4}{r^4} \right] \cos(2\theta) - \tau_{xy} \left[1 + 3 \frac{r_w^4}{r^4} \right] \sin(2\theta) - \frac{r_w^2}{r^2} p_w \quad (7)$$

$$\sigma_{zz} = \sigma_z - \frac{2\nu(\sigma_x - \sigma_y)r_w^2}{r^2} \cos(2\theta) - \frac{4\nu\tau_{xy}r_w^2}{r^2} \sin(2\theta) \quad (8)$$

Trong hệ tọa độ trụ, giá trị ứng suất thành hệ gây ra bởi sự khuếch tán thủy lực và khuếch tán nhiệt theo các phương khác nhau lần lượt được xác định bởi các phương trình [6]:

$$\sigma_{rr} = \frac{\alpha(1-2\nu)}{1-\nu} \frac{1}{r^2} \int_{r_w}^r p^f(r,t) r dr + \frac{E\alpha_m}{3(1-\nu)} \frac{1}{r^2} \int_{r_w}^r T^f(r,t) r dr + \frac{r_w^2}{r^2} p_w \quad (9)$$

$$\sigma_{\theta\theta} = -\frac{\alpha(1-2\nu)}{1-\nu} \left[\frac{1}{r^2} \int_{r_w}^r p^f(r,t) r dr - p^f(r,t) \right] - \frac{E\alpha_m}{3(1-\nu)} \left[\frac{1}{r^2} \int_{r_w}^r T^f(r,t) r dr - T^f(r,t) \right] - \frac{r_w^2}{r^2} p_w \quad (10)$$

$$\sigma_{zz} = \frac{\alpha(1-2\nu)}{1-\nu} p^f(r,t) + \frac{E\alpha_m}{3(1-\nu)} T^f(r,t) \quad (11)$$

trong đó: α - thông số Biot; ν - hệ số Poisson; α_m - hệ số giãn nở nhiệt thể tích của bề mặt đá; E - Modul Young đàn hồi; $p^f(r_w,t) = p(r,t) - p_0$ và $T^f(r_w,t) = T(r,t) - T_0$. Số hạng thứ nhất trong các phương trình (9), (10), (11) liên quan đến sự ảnh hưởng thủy lực tới ứng suất và số hạng thứ hai liên quan tới sự khuếch tán nhiệt. Số hạng thứ ba trong phương trình (9) và (10) biểu diễn sự phụ thuộc của ứng suất vào áp suất thủy tĩnh trong giếng khoan.

Giá trị ứng suất tổng của thành hệ được xác định bằng cách kết hợp các giá trị ứng suất đàn hồi ở các phương trình Kirsch (6), (7), (8) tương ứng với các phương trình ứng suất (9), (10), (11) do sự khuếch tán nhiệt và khuếch tán thủy lực gây ra. Sự phá hủy trong vùng xung quanh thân giếng được nhận biết thông qua việc so sánh trạng thái ứng suất trong thành hệ với tiêu chuẩn phá hủy cụ thể.

2.4. Ứng suất gây phá hủy thành hệ

Ứng suất gây phá hủy thành hệ ứng với giá trị ứng suất lớn hơn độ bền của thành hệ, ứng suất gây phá hủy thành hệ có giá trị âm biểu hiện thành hệ bị mất ổn định. Với tiêu chuẩn phá hủy Drucker-Prager; giá trị ứng suất gây mất ổn định thành hệ σ_{cl} được xác định bởi phương trình [7]:

$$\sigma_{cl} = -\sqrt{J_2} + AJ_1^{ef} + B \quad (12)$$

trong đó: $J_1^{ef} = \frac{\sigma_{rr} + \sigma_{\theta\theta} + \sigma_{zz}}{3} - p^f(r, t)$

$$J_2 = \frac{1}{6} ((\sigma_{rr} - \sigma_{\theta\theta})^2 + (\sigma_{rr} - \sigma_{zz})^2 + (\sigma_{zz} - \sigma_{\theta\theta})^2) + \sigma_{rz}^2 + \sigma_{r\theta}^2 + \sigma_{\theta z}^2$$

$$A = \frac{2\sqrt{2}\sin\phi}{3-\sin\phi}, B = \frac{2\sqrt{2}C\cos\phi}{3-\sin\phi},$$

$$C = (C_o - C_e)\exp(a^*t) + C_o$$

3. Kết quả mô phỏng và thảo luận

3.1. Thông số đầu vào cho mô hình

Bảng 1 thể hiện các thông số đầu vào của mô hình phân tích độ ổn định thành giếng. Các giá trị nhiệt độ, áp suất và ứng suất được tính toán phụ thuộc vào thời gian, giá trị khoảng cách thành hệ xét lớn nhất được chọn bằng 5 lần bán kính giếng khoan.

Bảng 1. Các thông số đầu vào cho mô hình [6]

STT	Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Độ hoạt động của sét	a_{swh}	0,915	không thứ nguyên
2	Độ hoạt động của dung dịch khoan	a_m	0,78	không thứ nguyên
3	Hiệu quả của màng thấm	I_m	0,1	không thứ nguyên
4	Gradient địa nhiệt	G_g	2	K/100 m
5	Gradient lớp phủ	σ_v	0,01945	MPa/m
6	Gradient ứng suất ngang nhỏ nhất	σ_h	0,01877	MPa/m
7	Gradient ứng suất ngang lớn nhất	σ_H	0,01877	MPa/m
8	Gradient dung dịch	M_w	0,01538	MPa/m
9	Gradient áp suất lỗ rỗng	p_o	0,01538	MPa/m
10	Chiều sâu giếng TVD	D	4352,5	m
11	Góc phương vị	φ	30	$^\circ$

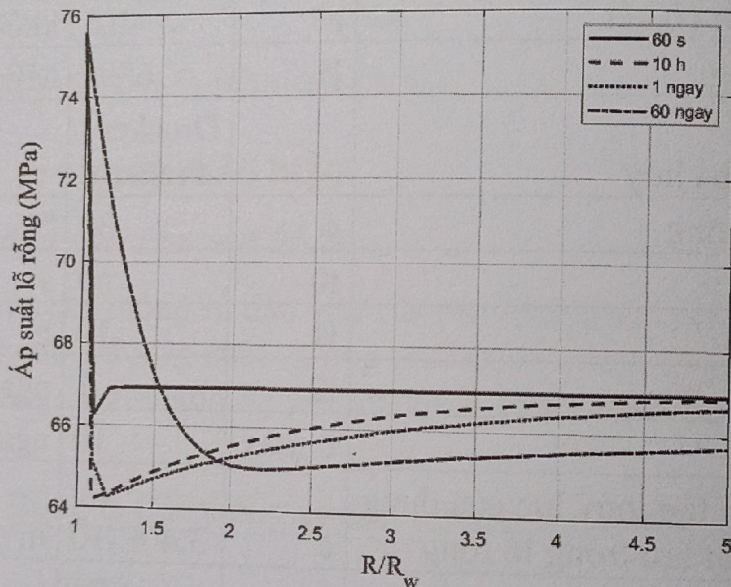
Ảnh hưởng hóa, nhiệt và thủy lực đến sự ổn định thành giếng khoan trong tầng đất đá chứa sét

STT	Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
12	Góc nghiêng	γ	0	$^{\circ}$
13	Bán kính giếng	r_w	0,127	m
14	Khoảng cách ảnh hưởng lớn nhất của áp suất	r/r_w	5	không thứ nguyên
15	Hệ số Poisson	ν	0,22	không thứ nguyên
16	Thông số Biot	α	0,8	không thứ nguyên
17	Độ bền kéo của sét	σ_t	0,689	MPa
18	Độ bền cố kết ban đầu	C_o	8,736	MPa
19	Độ bền cố kết cân bằng	C_e	5,192	MPa
20	Hệ số thay đổi cố kết	a^*	-0,5	không thứ nguyên
21	Modun Young	E	6895	MPa
22	Tiêu chuẩn phá hủy		Drucker-Prager	
23	Góc ma sát trong	ϕ	30	$^{\circ}$
24	Thời gian đo	t_0	60	s
25	Thời gian đo	t_1	10	h
26	Thời gian đo	t_2	1	ngày
27	Thời gian đo	t_{max}	10	ngày
28	Hệ số khuếch tán thủy lực của dung dịch hoặc chất lưu trong lỗ rỗng	c	3,40E-10	m^2/s
29	Hệ số khuếch tán nhiệt của môi trường rỗng	c_o	9,54E-07	m^2/s
30	Hệ số kết hợp nhiệt	c'	0,124	Mpa/ $^{\circ}K$
31	Hệ số giãn nở nhiệt thể tích của chất lưu trong lỗ rỗng	α_f	5,00E-04	$^{\circ}K^{-1}$
32	Hệ số giãn nở nhiệt thể tích của bề mặt đá	α_m	2,59E-05	$^{\circ}K^{-1}$
33	Nhiệt độ thành giếng	T_w	350,7	$^{\circ}K$
34	Nhiệt độ ban đầu của thành hệ sét	T_o	375,7	$^{\circ}K$

3.2. Ảnh hưởng của hóa, nhiệt, thủy lực tới sự ổn định thành giếng

Áp dụng tiêu chuẩn phá hủy Drucker-Prager từ phương trình (12) để nghiên cứu ảnh hưởng của hóa, nhiệt, thủy lực tới sự ổn định thành giếng. Các thông số để mô phỏng được sử dụng từ Bảng 1.

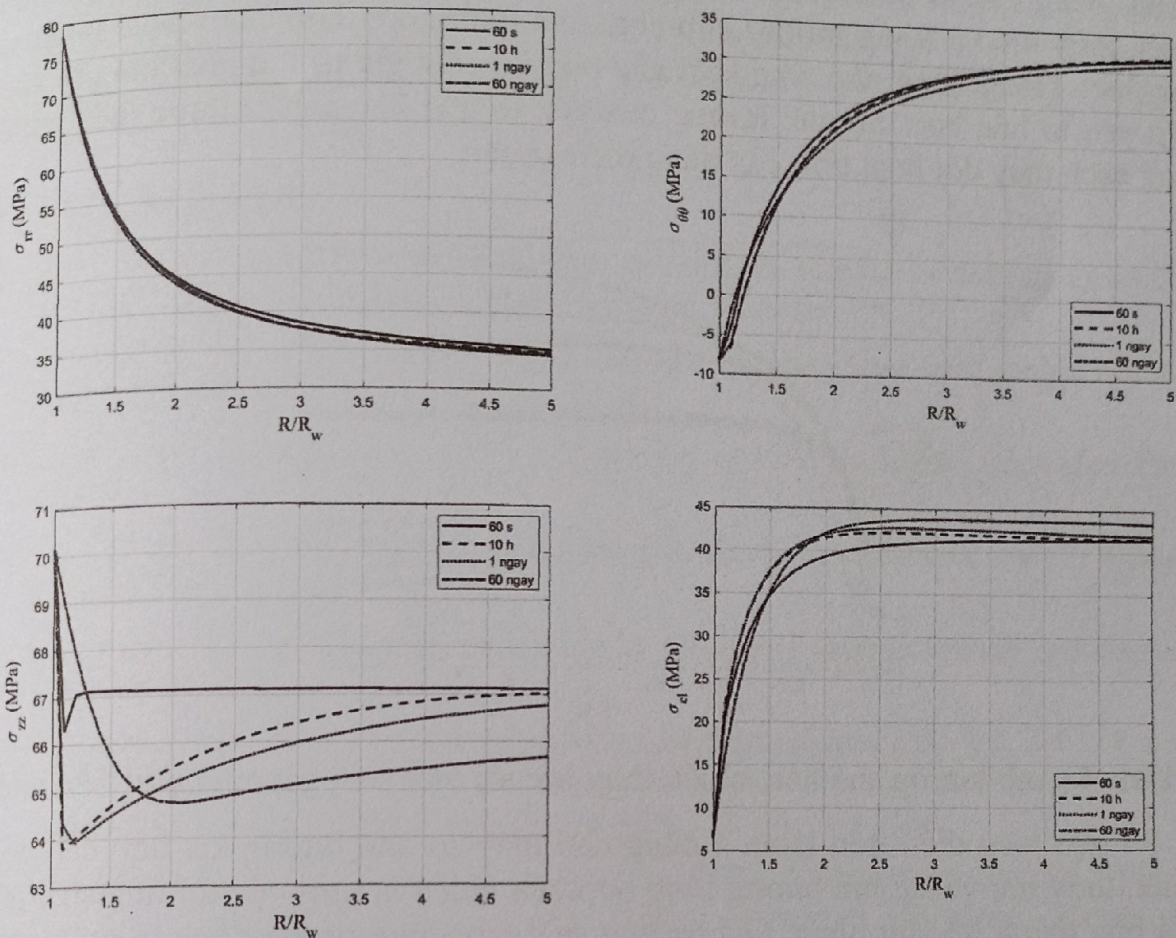
Profile giá trị áp suất lỗ rỗng sau bốn thời điểm 60s, 10h, 1 ngày và 10 ngày tại các vị trí khác nhau được mô phỏng thông qua ứng dụng phần mềm Matlab dựa trên các phương trình đã cung cấp. Kết quả mô phỏng ảnh hưởng của hóa, nhiệt và thủy lực tới áp suất lỗ rỗng theo thời gian được thể hiện trên Hình 2. Kết quả mô phỏng cho thấy, giá trị áp suất lỗ rỗng suy giảm ở vùng lân cận thành giếng, càng xa thành giếng áp suất lỗ rỗng càng trở nên ổn định. Áp suất lỗ rỗng giảm dần theo thời gian. Tại thời điểm 60s, sự ảnh hưởng của hóa, nhiệt và thủy lực tới áp suất lỗ rỗng chỉ được nhìn thấy ở vùng lân cận thành giếng và tiệm cận trạng thái ổn định khi xa thành giếng khoan. Khi độ hoạt động của thành hệ lớn hơn độ hoạt động của dung dịch, tồn tại dòng chảy của chất lỏng ra khỏi thành hệ gây giảm áp suất lỗ rỗng. Khi độ hoạt động của thành hệ và của dung dịch khoan tiến dần tới trạng thái cân bằng, áp suất lỗ rỗng cũng trở nên ổn định.



Hình 2. Profile áp suất lỗ rỗng tại các thời điểm khác nhau

Dưới sự ảnh hưởng tổng hợp của các yếu tố hóa, nhiệt và thủy lực, giá trị ứng suất thành hệ theo các phương r , θ , z và ứng suất gây phá hủy thành hệ tại các vị trí khác nhau, ở các khoảng thời gian khác nhau được biểu diễn trên Hình 3. Ứng suất theo các phương khác nhau có sự thay đổi không giống nhau; ứng suất theo phương r và z giảm dần sau đó tiến dần tới trạng thái ổn định khi ở xa giếng. Trong khi đó ứng suất theo phương θ và ứng suất gây phá hủy thành hệ có xu hướng tăng dần và ổn định khi ở xa giếng khoan. Tại thành giếng khoan giá trị ứng suất gây phá hủy thành hệ có giá trị nhỏ nhất do tại đây áp suất lỗ rỗng có giá trị lớn nhất. Ở gần thành giếng khoan, áp suất lỗ rỗng giảm dần làm cho ứng suất gây phá hủy thành hệ tăng dần. Khi xa thành giếng khoan, áp suất lỗ rỗng có xu hướng ổn định giúp giá trị ứng suất gây phá hủy thành hệ tiệm cận giá trị cân bằng.

Ảnh hưởng hóa, nhiệt và thủy lực đến sự ổn định thành giếng khi khoan trong tầng đất đã chứa sét

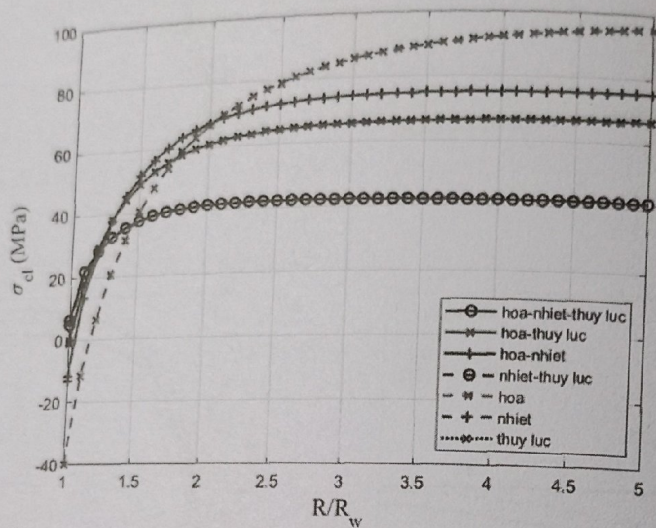


Hình 3. Profile giá trị ứng suất thành hệ theo các phương r , θ , z và ứng suất gây phá hủy thành hệ σ_{cl}

Khi luận phiên không xét sự liên quan của các thông số I_m , c' , α_m và α ở các phương trình (3), (5), (9), (10) và (11) tới ứng suất gây phá hủy thành hệ, ta được sự phụ thuộc của giá trị ứng suất gây phá hủy thành hệ vào từng yếu tố hóa, nhiệt và thủy lực riêng biệt. Giá trị ứng suất gây phá hủy thành hệ tại thời điểm 10h dưới sự ảnh hưởng của từng yếu tố hóa, nhiệt và thủy lực cũng như sự ảnh hưởng kết hợp của các yếu tố này được thể hiện trên Hình 4.

Kết quả trên Hình 4 cho thấy tại thành giếng khoan, ứng suất gây phá hủy thành hệ có giá trị âm đồng nghĩa với việc xảy ra hiện tượng mất ổn định khi thành hệ chịu ảnh hưởng của yếu tố hóa học, yếu tố nhiệt độ và trường hợp chịu sự chi phối kết hợp của yếu tố hóa học và nhiệt độ. Khi xuất hiện yếu tố thủy lực, giá trị ứng suất gây phá hủy lớn hơn; thành giếng khoan trở nên ổn định hơn. Giá trị ứng suất ảnh hưởng do yếu tố thủy lực có thể điều chỉnh thông qua áp suất thủy tĩnh trong giếng khoan. Ở vị trí càng xa thành giếng khoan, ứng suất gây phá hủy thành hệ có giá trị càng lớn hay nói một cách khác thành giếng khoan càng ổn định. Giá trị ứng suất gây phá hủy thành giếng ở vùng ngoài

thành giếng khoan thấp nhất khi chịu sự chi phối kết hợp của các yếu tố hóa, nhiệt, thủy lực và trong trường hợp chịu ảnh hưởng kết hợp của yếu tố nhiệt và thủy lực. Trong vùng này, ứng suất gây phá hủy đạt giá trị lớn nhất khi chỉ xuất hiện yếu tố hóa học. Sự ảnh hưởng của yếu tố hóa học có thể được điều chỉnh bằng cách thay đổi hoạt tính của dung dịch khoan.



Hình 4. Ảnh hưởng của hóa, nhiệt, thủy lực tới ứng suất gây phá hủy thành hệ

Số liệu biểu diễn trên Hình 4 cũng cho thấy sự ảnh hưởng kết hợp của hóa, nhiệt, thủy lực và sự ảnh hưởng tổng hợp của nhiệt và thủy lực tới ứng suất gây phá hủy thành hệ như nhau. Giá trị ứng suất này cũng tương đồng trong trường hợp chịu sự ảnh hưởng kết hợp của các yếu tố hóa học và thủy lực và trường hợp chỉ có yếu tố thủy lực. Sự tương đồng về giá trị ứng suất gây phá hủy thành hệ còn được biểu hiện khi chịu sự chi phối bởi yếu tố hóa và nhiệt và trường hợp chỉ chịu tác động của yếu tố nhiệt độ. Điều đó cho thấy rằng, khi xuất hiện yếu tố nhiệt, thủy lực hoặc nhiệt kết hợp thủy lực thì yếu tố hóa học không ảnh hưởng tới giá trị ứng suất gây phá hủy thành hệ.

4. Kết luận

Sự ảnh hưởng của các yếu tố hóa học, nhiệt độ và thủy lực đến sự ổn định thành giếng khi khoan qua thành hệ sét đã được xây dựng thông qua các phương trình toán học phụ thuộc vào khoảng cách và thời gian. Kết quả mô phỏng bằng phần mềm Matlab cho thấy giá trị áp suất lỗ rỗng suy giảm ở vùng lân cận thành giếng, càng xa thành giếng áp suất lỗ rỗng càng trở nên ổn định. Khi thời gian xem xét tăng dần giá trị áp suất lỗ rỗng có xu hướng giảm dần.

Ứng suất theo các phương khác nhau có sự biến thiên không giống nhau. Ứng suất gây phá hủy thành hệ có xu hướng tăng dần và ổn định khi ở xa giếng khoan. Khi xuất hiện yếu tố thủy lực, giá trị ứng suất gây phá hủy thành lớn hơn.

thành giếng khoan trở nên ổn định hơn. Khi xuất hiện yếu tố nhiệt, thủy lực hoặc nhiệt kết hợp thủy lực thì yếu tố hóa học không ảnh hưởng tới giá trị ứng suất gây phá hủy thành hệ. Trong trường hợp chỉ tồn tại yếu tố hóa học thì thành giếng khoan trở nên mất ổn định.

Tài liệu tham khảo

- [1] Bernt Aadnoy, Reza Looyeh, 2019. Petroleum Rock Mechanics Drilling Operations and Well Design, Gulf Professional Publishing, Elsevier.
- [2] Bradley W. B., 1979. Mathematical concept - stress cloud can predict borehole failure. *Oil & Gas Journal*, 83(4), pp. 92-102.
- [3] Carslaw H. S., Jaeger J.C, 1959. Conduction of Heat in Solids. Clarendon Press, Oxford.
- [4] Charlez Ph. A., 1997. Rock Mechanics: Petroleum Applications, vol. 2. Editions Technip, Paris, France.
- [5] Chenevert M. E., 1970. Shale alteration by water adsorption. *Journal of Petroleum Technology*, 22, pp. 1141- 1148.
- [6] Guizhong Chen, Martin E.Chenevert, Mukul M.Sharma, Mengjiao Yu, 2003. A study of wellbore stability in shales including poroelastic, chemical, and thermal effects. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 38, pp. 167-176
- [7] Mengjiao Yu, M. E. C., Mukul M. Sharma, 2003. Chemical-mechanical wellbore instability model instability model for shales. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 38, pp. 131-143.

Abstract

Chemical, thermal and hydraulic effects on wellbore stability during drilling process through shale formations

**Nguyen Khac Long^{1,*}, Truong Van Tu¹, Pham Van Hung¹,
Kieu Duc Thinh¹, Nguyen Dinh Huy¹, Dao Hiep²**

¹ Hanoi University of Mining and Geology

² Mientrung Industry and Trade College

*Email: nguyengkhaclong@humg.edu.vn

The wellbore stability plays an important role in the efficiency of the well construction. When drilling through shale formations, some complicated phenomena such as collapse, swelling, pipe sticking, etc., cause serious instability of the wellbore. These complications are often related to shear failure, tensile failure and pore pressure of the formation. During the drilling operation, the change in pore pressure of the formation is related to the physico-chemical of the chemicals in the drilling fluid, the hydrostatic pressure in the well and the

temperature of the stratigraphy. The change in pore pressure and temperature is one of the causes of wellbore instability due to the change in stress concentration around the wellbore. Chemical, hydraulic and thermal factors cause spontaneous effects and adjust the tensile and shear strength properties of rock. Therefore, it is necessary to build a suitable model to predict the instantaneous influences of chemical, thermal and hydraulic factors on the formation pore pressure. In this paper, the authors used linear elastic models to analyze the influence of chemical, thermal and hydraulic factors on the wellbore stability when drilling through shale formations.

Keywords: Wellbore stability, shale formation, pore pressure, hydraulics, temperature.

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ
Nhà A16 - Số 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội
Điện thoại: Phòng Phát hành: 024.22149040;
Phòng Biên tập: 024.37917148;
Phòng Quản lý Tổng hợp: 024.22149041;
Fax: 024.37910147; Email: nxb@vap.ac.vn;
Website: www.vap.ac.vn

TUYỂN TẬP
CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC HỘI NGHỊ
KHOA HỌC TOÀN QUỐC
“CƠ HỌC ĐÁ - NHỮNG VẤN ĐỀ ĐƯƠNG ĐẠI”
VIETROCK2021

Chịu trách nhiệm xuất bản
Giám đốc, Tổng biên tập
PHẠM THỊ HIẾU

Biên tập: Nguyễn Thị Chiên, Lê Phi Loan
Trình bày kỹ thuật: Đỗ Hồng Ngân
Trình bày bìa: Đỗ Hồng Ngân

Liên kết xuất bản:

Hội Cơ học đá Việt Nam
Địa chỉ: Viện Địa chất - Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam
Ngõ 84 phố Chùa Láng, Đống Đa, Hà Nội

ISBN: 978-604-9988-55-4

In 150 cuốn, khổ 16×24 cm, tại Công ty CP Khoa học và Công nghệ Hoàng Quốc Việt. Địa chỉ: Số 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội.
Số xác nhận đăng ký xuất bản: 3216-2021/CXBIPH/05-40/KHTNVN.
Số quyết định xuất bản: 65/QĐ-KHTNCN, cấp ngày 07 tháng 10 năm 2021.
In xong và nộp lưu chiểu quý IV năm 2021.