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 Tuân, Lê Văn Nam Nguyễn Văn Hải

Nghiên cứu giảm thiểu tổn thất thủy lực trong công tác khoan thăm dò bằng ống mẫu luồn..... 101

Nguyễn Trần Tuân

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

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

Trương Văn Từ*, Nguyễn Khắc Long
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
*Email: truongvantuktd50@gmail.com

Tóm tắt: Bài báo đề cập đến việc sử dụng chất ức chế trong dung dịch khoan nhằm tăng tính ổn định của thành giếng khi khoan qua tầng đất đá chứa sét. Các yếu tố ảnh hưởng đến độ ổn định của thành giếng đã được phân tích trên cơ sở các lực gây ra sự mất ổn định, cụ thể là loại dung dịch khoan, áp suất thủy tĩnh, áp suất lỗ rỗng, tính chất cơ lý của đất đá chứa sét và sự tương tác giữa môi trường phân tán của dung dịch khoan và đất đá chứa sét. Các kết quả nghiên cứu trong phòng thí nghiệm để đánh giá độ ổn định của các mẫu đất sét trong dung dịch gốc nước chứa hóa phẩm ức chế cũng được trình bày. Ngoài ra, nhóm tác thực hiện nghiên cứu để làm rõ cơ chế tăng tính ổn định của đất đá chứa sét dẻo và không dẻo (giòn) khi chúng bị ức chế bởi chất ức chế polymer.

Từ khóa: Đất đá chứa sét, sự ổn định của thành giếng, dung dịch khoan, polymer, chất ức chế.

1. Giới thiệu chung

Khi khoan trong địa tầng chứa sét thường xuất hiện các phức tạp, sự cố làm ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả khoan. Các phức tạp này thường là như sập lở, mở rộng và bó hẹp thành giếng khoan, kẹt mút bộ dụng cụ khoan,... Tính ổn định của giếng khoan bị ảnh hưởng bởi các yếu tố như hướng của lỗ khoan trong không gian, giá trị ứng suất tác động lên thành giếng; loại dung dịch khoan, áp suất thủy tĩnh và lỗ rỗng; tính chất của địa tầng chứa sét; sự tương tác giữa môi trường phân tán của dung dịch khoan và tầng chứa sét. Các yếu tố này ảnh hưởng đến tính chất của địa tầng chứa sét theo những cách khác nhau: đá chứa sét dẻo bị ép vào lòng giếng, đá chứa sét không dẻo cứng giòn bị phá hủy dưới tác dụng của ứng suất kéo, vỡ vụn và sập lở. Tất cả các hiện tượng này đều dẫn đến đường kính giếng bị thu hẹp, hình thành các nút do đá trương nở hoặc sập lở, cuối cùng dẫn đến sự dính và kẹt mút của bộ dụng cụ khoan.

Như vậy, một trong những nguyên nhân chủ yếu gây mất ổn định thành giếng khoan là do các thành hệ sét bị trương nở mạnh khi tiếp xúc với dung dịch có tính ức chế không cao, dẫn đến bó thành, sập lở, gây kẹt bộ khoan và nhiều khó

khăn khác trong quá trình thi công khoan. Do đó nghiên cứu đặc tính của sét và những giải pháp ức chế chúng là rất cần thiết.

Hiện nay, để giải quyết các vấn đề liên quan đến ổn định thành giếng, người ta ứng dụng nhiều công nghệ khác nhau nhằm giảm thiểu tối đa nguy cơ phức tạp sự cố. Một trong các giải pháp ổn định thành giếng khoan, có thể kể đến phương pháp sử dụng dung dịch có tính chất ức chế. Nhiều nhà nghiên cứu đã đề xuất sử dụng dung dịch polymer cao phân tử [1]. Các dung dịch này được tạo thành nhờ sự tác động qua lại của các phân tử không phân cực trong dung dịch gốc nước. Theo quan điểm của chúng tôi, các dung dịch cao phân tử này có khả năng tác động qua lại với các lớp tinh thể khoáng vật sét cùng với quá trình trao đổi cation. Các hệ dung dịch này có khả năng tạo màng bọc trong các lỗ rỗng và khe nứt, hạn chế quá trình xâm nhập của pha nước vào đá. Để giảm độ thải nước của dung dịch, có thể sử dụng các dung dịch polymer với các hóa phẩm khác nhau để làm giảm độ thải nước của dung dịch. Tuy nhiên, thực tế cho thấy ngay cả khi chúng ta giảm độ thải nước về giá trị nhỏ nhất có thể thì một phần pha nước trong dung dịch vẫn xâm nhập vào bên trong thành hệ sét do hiện tượng thẩm thấu dưới sự tác động của sự chênh lệch áp suất, nồng độ khoáng hóa giữa môi trường trong giếng và thành hệ giếng khoan.

Thực tế và lý thuyết nghiên cứu đã khẳng định hiệu quả khi sử dụng dung dịch polymer cao phân tử khi khoan trong tầng đá chứa sét [2, 5, 6, 7]. Dựa vào các kết quả phân tích lý thuyết trình bày ở trên, ta có thể rút ra một số kết luận: Nhằm tăng độ ổn định thành giếng khoan, cần xác định các thành phần hoạt tính của sét khi chúng tác động với pha nước của dung dịch. Mức độ ổn định của địa tầng chứa sét phụ thuộc vào giá trị tốc độ của dòng thẩm thấu do nếu nồng độ ban đầu của các hợp chất phân cực trong dung dịch khoan và trong địa tầng chứa sét không cân bằng. Từ các nghiên cứu này chúng ta có thể lựa chọn đơn pha chế dung dịch ức chế hợp lí cho điều kiện thực tế khoan.

2. Cơ sở lý thuyết

Các phức tạp sự cố liên quan đến mất ổn định thành giếng xảy ra do sự tương tác giữa các thành phần hoạt tính trong đá chứa sét với pha nước và các hóa phẩm trong dung dịch. Trong trường hợp áp suất vỉa lớn hơn áp suất thủy tĩnh quá trình xâm nhập của nước vào bên trong mạng lưới tinh thể sét được giải thích bởi 2 quá trình: Quá trình hydrat hóa trên bề mặt các phiến sét và quá trình thẩm thấu do có sự chênh lệch giữa nồng độ ion trong vỉa và trong giếng.

Theo nguyên lý Le Chatelier, nước trong lỗ rỗng đá chứa sét sẽ di chuyển từ vùng có nồng độ khoáng hóa cao sang vùng có nồng độ khoáng hóa thấp để giảm thiểu sự mất cân bằng, tức là dòng chảy sẽ được quan sát từ vùng có hàm lượng chất điện phân thấp hơn đến vùng có hàm lượng chất điện phân cao hơn.

Sự xâm nhập của nước từ dung dịch khoan gốc nước vào không gian lỗ rỗng của đá chứa sét ảnh hưởng đến độ dày của lớp khuếch tán và lớp điện tích kép theo lý thuyết của Le Chatelier [3]:

$$\vartheta = \sqrt{\frac{k' T}{C_c \ \nu^2}} \tag{1}$$

trong đó: k' - Hằng số điện môi của nước có thành phần khoáng hóa trong các lỗ rỗng; T- Nhiệt độ tuyệt đối, ^{0}K; C_c - Nồng độ của các ion, mol /L; ν - Hóa trị của các ion của nước có thành phần khoáng hóa trong các lỗ rỗng.

Nếu độ dày của lớp điện tích kép thay đổi ở mức độ lớn, thể tích nước liên kết trong lỗ hổng của đất đá chứa sét thay đổi, do đó ảnh hưởng đến các tính chất cơ lý của nó.

Tác dụng chính của các ion (cation hay anion) hòa tan từ chất điện phân là ảnh hưởng của chúng đến áp suất thẩm thấu. Các giá trị nhất định của áp suất thẩm thấu đạt được bằng cách thay đổi nồng độ của các ion, theo biểu thức [3]:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} = C_c[\nabla(K.\nabla\Phi)] \tag{2}$$

trong đó: Φ: Thế năng của nước trong đá chứa sét, Pa; t- Thời gian, s; K: Hệ số thấm của đá chứa sét; C_c -Nồng độ của các ion tính bằng mol /L.

$$C_c = \frac{\partial \Phi}{\partial \theta_w} = \frac{1}{(M_\nu + \frac{\emptyset}{K_w})} \tag{3}$$

$$M_\nu = \frac{1}{(K_r + {}^4/_3 G_r)} \tag{4}$$

trong đó: θ_w- Thể tích của nước trong lỗ hổng đất đá chứa sét; M_ν - Hệ số thay đổi thể tích của đất đá chứa sét; $\emptyset$ - Độ rỗng của đất đá chứa sét; K_w - Môđun đàn hồi thể tích của nước; K_r - Môđun đàn hồi thể tích của đá chứa sét; G_r - Môđun đàn hồi ngang, Pa.

Ảnh hưởng của áp suất thẩm thấu lên dòng chảy của nước có thành phần khoáng hóa trong các lỗ rỗng được tính đến bằng cách đưa vào biểu thức gradient không gian của thế năng nước có thành phần khoáng hóa trong các lỗ rỗng của đá chứa sét như động lực của chất lỏng trong lỗ rỗng.

Sự tương tác giữa dung dịch khoan và nước có thành phần khoáng hóa trong các lỗ rỗng, với thành phần dung dịch khoan là: Nước, polymer và chất điện phân có thể được mô tả bằng phương trình sau [3]:

$$\frac{\partial \emptyset C}{\partial t} = -\nabla(Cq - \theta_w D_S \nabla C - \theta_w D \nabla C)(1 - \alpha_t) \quad (5)$$

trong đó: C - Nồng độ của chất lỏng lỗ rỗng trong dung dịch, mol/L; q: Trọng lượng riêng của nước trong lỗ rỗng, g/cm^3; D_S: Hệ số phân tán; D: Hệ số khuếch tán của các phân tử; α_t: Hệ số thấm lọc qua màng bán thấm của dung dịch khoan.

Sự tương tác của dung dịch khoan và đá chứa sét có ảnh hưởng đáng kể đến độ ổn định của thành giếng và dẫn đến sự thay đổi áp suất lỗ rỗng, trạng thái ứng suất của đá xung quanh thành giếng do sự phân bố lại các hợp chất phân cực và sự khác biệt nồng độ của chúng trong dung dịch khoan và đá [3].

Chúng ta thấy rằng nếu nồng độ ban đầu của các hợp chất phân cực trong dung dịch khoan (C) và trong đá (Cc) không cân bằng, thì khi thời gian tương tác giữa chúng tăng lên, áp suất lỗ rỗng thay đổi và kết quả là sự ổn định đá chứa sét thành giếng khoan giảm.

3. Kết quả thí nghiệm và thảo luận

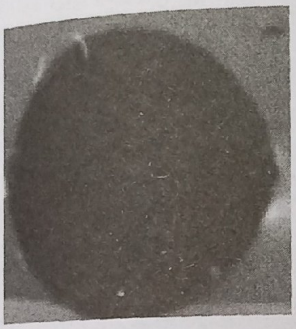
Trong thí nghiệm này, nhóm tác giả trình bày kết quả nghiên cứu nhằm giảm hoạt tính của nước và từ đó đảm bảo độ ổn định của các mẫu sét. Các mẫu sét được gia công từ bột đất sét bentonite từ Phòng thí nghiệm Dung dịch khoan - Viện NIPI, Liên doanh Dầu khí Việt - Nga bằng cách ép dưới áp suất 6 Mpa; sau đó được làm khô đến độ ẩm cần thiết. Mẫu được ngâm trong dung dịch sau 72 giờ kể từ lúc bắt đầu thí nghiệm ở điều kiện nhiệt độ phòng thí nghiệm.

Việc lựa chọn hóa phẩm được thực hiện trên cơ sở các nghiên cứu và kinh nghiệm sử dụng thương mại chất ức chế trương nở sét. Các tổ hợp được lựa chọn dựa trên giả định rằng các hợp chất có trọng lượng phân tử khác nhau có thể tạo thành cấu trúc (mức độ thủy phân khác nhau) trong nước. Các hợp chất phân tử cao (polymer) được sử dụng làm hóa phẩm có khả năng tạo dung dịch xen kẽ kết hợp với chất điện phân. Việc lựa chọn các chất điện phân dựa trên giả định rằng việc lấp đầy các lỗ hổng, hang hốc nước bằng các loại ion khác nhau sẽ ảnh hưởng đến hiệu quả ức chế.

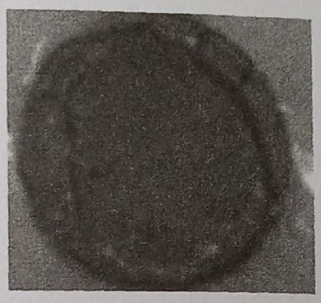
Các mẫu sét được ngâm trong dung dịch 3 % NaCl + 2 % KCl + 5 % PVP và kết quả sau 72 giờ kể từ lúc bắt đầu thí nghiệm được thể hiện trong (Hình 1a). Ta thấy mẫu sét vẫn giữ được tính toàn vẹn và độ bền của mẫu về thể tích. Tuy nhiên, xuất hiện các vết nứt hình thành ở lớp ngoài. Điều này có thể lý giải rằng

hoạt độ của pha nước khá cao và quá trình hydrat hóa diễn ra với tốc độ đủ lớn mà tại đó các phân tử PVP và các hợp chất phân cực không có đủ thời gian để tạo ra cấu trúc trong dung dịch tạo màng bao bọc xung quanh mẫu sét. Một quá trình tương tự đã được quan sát thấy trong các mẫu sét được xử lý bằng dung dịch của các hợp chất phân cực với PHPA trong Hình 1b và PAC LV + HV trong Hình 1c; tuy nhiên, trong dung dịch với PAC LV + HV, cường độ nứt là nhỏ nhất.

Các mẫu sét được ngâm trong dung dịch 3 % NaCl + 2 % KCl + 5 % trietanolamin (Hình 1d), 3 % NaCl + 2 % KCl + 0,5 % xanthan gum polymer (Hình 1e) không giữ được tính toàn vẹn của chúng, đồng thời chúng bị trương nở và mềm đi.

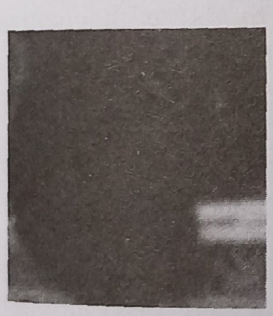


a. 3 % NaCl + 2 % KCl + 5 % PVP



b. 3 % NaCl + 2 % KCl + 0,5 % PHPA

c. 3 % NaCl + 2 % KCl + 1% PAC



d. 3 % NaCl + 2% KCl + 5 % triethanolamine

e. 3 % NaCl + 2 % KCl + 0,5 % xanthan gum polymer

Hình 1. Hình ảnh các mẫu sét được ngâm trong dung dịch với thành phần là: Nước, polymer và chất điện phân sau 72 giờ

Dựa trên kết quả thí nghiệm thu được, có thể kết luận rằng để đảm bảo hiệu quả ức chế cần thiết, nên tăng nồng độ hóa phẩm được sử dụng hoặc thay đổi sự kết hợp của hóa phẩm trong dung dịch để đẩy nhanh quá trình hình thành cấu trúc.

4. Kết luận và kiến nghị

Độ ổn định của thành giếng khi khoan trong tầng đá chứa sét có thể được tăng lên nếu sử dụng chất lỏng có đặc tính phân tử ion thấp hoặc chất lỏng không phân cực làm môi trường phân tán của dung dịch khoan.

Khi gia công dung dịch khoan gốc nước bằng các hóa phẩm polymer và các chất điện phân có trọng lượng phân tử khác nhau sẽ giảm hoạt tính môi trường phân tán (cụ thể ở đây là nước) của dung dịch; hạn chế sự phát triển biến dạng trên thành giếng khoan, do đó làm tăng độ ổn định của thành giếng khoan khi khoan trong địa tầng chứa sét.

Trong các nghiên cứu tiếp theo, cần phải xác định nồng độ tối ưu của các hợp chất và sự kết hợp của các hóa phẩm nhằm bảo toàn mẫu trong quá trình tương tác lâu dài của pha phân tán của dung dịch với mẫu đá chứa sét.

Tài liệu tham khảo

[1]. Chudinova I. V., Nikolaev N. I., 2017. The rationale for the selection of inhibitory reagents to enhance the stability of clay rocks. *Inzhener neftyanik, Moscow: LLC "IDS drilling"*, No.2, pp. 35-41.

[2]. Koshelev N. V., Rastegaev B. A., Dobrosmyslov A. S., 2008. Study of complex - inhibited drilling fluids for well construction. *Drilling and oil, Moscow: LLC "Burneft"*, No.12, pp. 35-37.

[3]. Ma, T., Chen, P., 2015. "A wellbore stability analysis model with chemical - mechanical coupling for shale gas reservoirs", *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, Vol. 26, pp. 72-98.

[4]. Sharafutdinova R. Z., Inebaev G. G., 2012. Drilling fluids in the construction of wells in clay rocks. *Moscow: JSC "VNIIOENG"*, 192 p.

[5]. Solovyov N. V., Stepanov K. V., 2007. Membrane forming ability of polymeric washing liquids at swelling of clay containing rocks. *Mining information and analytical Bulletin, Moscow: LLC "Gornaya kniga"*, No.10, pp. 84-93.

[6]. Solovyov N. V., Truong Van Tu, Nguyen Tien Hung, Tran Xuan Dao, 2016. Analysis of rational conditions for the use of inhibited drilling fluids during oil well drilling in the Cuu Long basin (Vietnam). *Inzhener neftyanik, Moscow: LLC "IDS drilling"*, No.1, pp. 16-23.

[7]. Trương Văn Từ, Trần Đình Kiên, Nguyễn Tiến Hùng, 2018. Cơ chế ức chế của dung dịch polymer và các yếu tố ảnh hưởng khi khoan trong đất đá chứa sét. Hội nghị toàn quốc khoa học Trái đất và tài nguyên với phát triển bền vững: Kỹ thuật dầu khí tích hợp, tr. 136-142.

Abstract

The rationale for the selection of inhibitory reagents to enhance the stability of clay rocks

Truong Van Tu, Nguyen Khac Long
Hanoi University of Mining and Geology

The article deals with aspects of using inhibitors for increasing the stability of borehole in shale rocks. According to the article, the authors analyze forces causing borehole instability, such as type of drilling fluid, hydrostatic and pore pressure, geomechanical properties of shales, and interaction between the dispersive phase of drilling fluid and shale rocks. Laboratory tests results of the definition of shales samples stability on treatment with water solution of the inhibitor are reported. The assumed mechanism of enhancement of shale rocks competence on treatment with multifunctional inhibitors is described.

Keywords: Shale rocks, stability of borehole, drilling fluid, polymeric agents, inhibitor.

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/KHTNVCN.
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.