

HIỂN THỊ KẼ NÚT ĐƯỢC CHÈN BẰNG TRƯỜNG VI ĐỊA CHẤN VÀ SÓNG ĐIỆN TỪ

PGS.TS. Trần Ngọc Toàn

*Viện Nghiên cứu và Phát triển Công nghệ cao
Đại học Duy Tân Đà Nẵng*

Tóm tắt

Địa vật lý đóng vai trò quan trọng trong các hoạt động thượng nguồn dầu khí. Tuy nhiên, mỗi phương pháp địa vật lý chỉ phản ánh một tính chất của đối tượng nghiên cứu, không thể giải quyết tất cả các vấn đề do tính bất đồng nhất và đặc điểm địa chất của các bể dầu khí rất khác nhau. Carbo Ceramics Inc. đã nghiên cứu kỹ thuật hiển thị điện tích (đất đá) xung quanh lòng giếng khoan - nơi các kẽ nứt được chèn bằng chất chèn đặc biệt (có bọc lớp áo dẫn điện) và kích thích bằng năng lượng sóng điện từ. Công nghệ này có thể sử dụng kết hợp với công nghệ hiển thị vi địa chấn để bổ sung thông tin, xác định chính xác cấu trúc nứt nẻ và vị trí vật chèn trong các kẽ nứt, đặc biệt là đối tượng dầu khí phi truyền thống..

Từ khóa: Vi địa chấn, điện từ trường, chất chèn, kẽ nứt, dầu khí phi truyền thống.

Việc phát triển các dự án dầu khí phi truyền thống (môi trường đá chứa có độ rỗng tự nhiên rất thấp hoặc môi trường đá chứa rắn chắc nứt nẻ) như dầu khí trong đá chứa phiến sét hoặc đá cát, đá carbonate rắn, đá móng nứt nẻ... đang mang lại sức sống mới cho ngành kinh tế năng lượng có tính chiến lược toàn cầu. Lĩnh vực này đòi hỏi phải có công nghệ phi truyền thống hiện đại và khả năng thích nghi được với các điều kiện mới để giá sản phẩm sản xuất ra phù hợp với thị trường tiêu thụ.

Trong hoạt động phát triển - khai thác mỏ dầu khí, các phương pháp địa vật lý là công cụ rất hiệu quả cung cấp thông tin về đặc điểm cấu trúc địa chất và tính chất cơ lý tầng chứa, xác định vị trí phân bố các kẽ nứt được chèn bằng các chất chèn (proppants), góp phần nâng cao hiệu quả kinh tế thông qua việc rút ngắn thời gian phát triển mỏ và nâng cao sản lượng khai thác dầu khí, đặc biệt là đối tượng phi truyền thống. Chất chèn được sử dụng ở đây là một tập hợp vật chất cứng, gồm các hạt nhỏ, kích thước tương đối đồng đều, độ chọn lọc tốt, có dạng hạt hoặc hình cầu, có khả năng lơ lửng trong chất lỏng, được bơm xuống giếng trong quá trình nứt vỡ vỉa đá chứa. Bài báo này giới thiệu tổng quan phương pháp hiển thị vi địa chấn và hiển thị điện từ trường, là các công nghệ cao đang được nghiên cứu và thử nghiệm tại Mỹ [1 - 3].

Các phương pháp hiển thị định tính hoặc bán định lượng được sử dụng trong địa chất khoáng sản từ giữa thế kỷ 20 gồm: chiếu điện, đo vi trọng lực, vi từ trường đồng thời trong lòng 2 hoặc nhiều giếng khoan để phát hiện các ổ quặng nằm trong không gian giữa các giếng thăm dò khai thác, bổ sung các thông tin để xác định trữ

lượng khoáng sản có ích trong khu vực nghiên cứu, đã góp phần nâng cao độ tin cậy của số liệu địa chất chỉ dựa trên liên kết các giếng thăm dò. Trong địa chất dầu khí, phương pháp thăm dò địa chấn thẳng đứng khi được xử lý đặc biệt cũng có thể cung cấp các thông tin định lượng về sự xuất hiện của các thấu kính chứa hydrocarbon dạng thạch học - địa tầng, kích thước vừa phải, nằm trong không gian giữa các giếng thăm dò cách xa nhau, song nhìn chung chất lượng rất thấp. Các phương pháp hiển thị khác giúp quan sát rõ cấu trúc và tình trạng lòng giếng chỉ phục vụ chủ yếu trong hoạt động khoan. Các phương pháp trên đến nay vẫn được sử dụng với quy mô nhỏ vì không đủ khả năng trả lời các câu hỏi trong quá trình phát triển mỏ và khai thác, đặc biệt là trong công nghiệp dầu khí phi truyền thống.

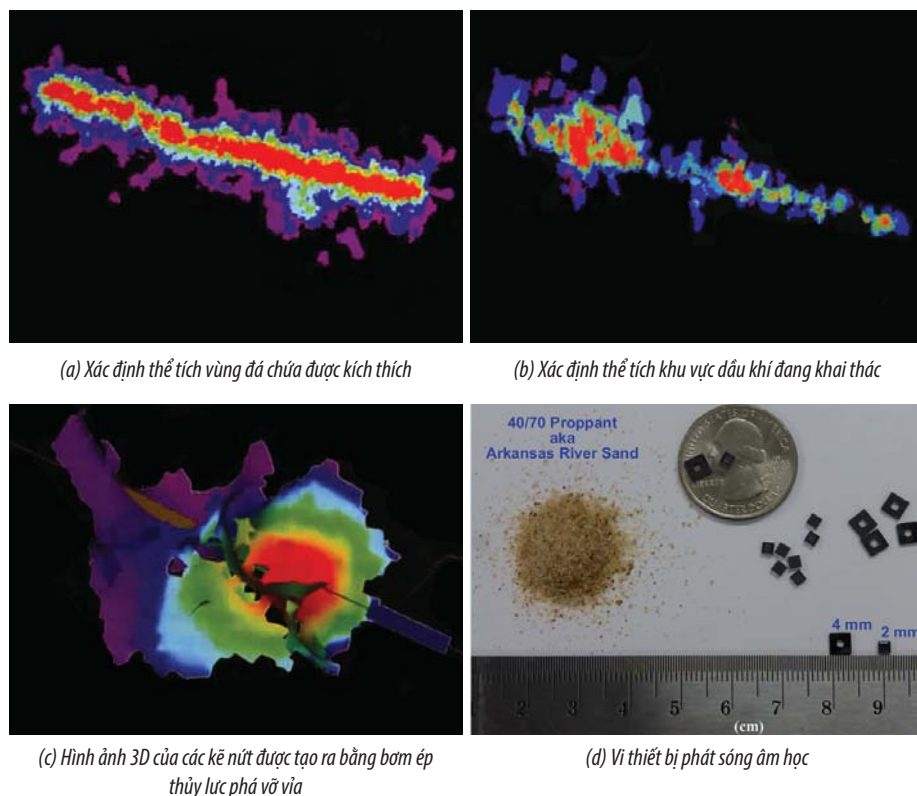
Các nghiên cứu tổng hợp cho biết 80% lượng dầu khai thác nằm trong 20% thể tích các kẽ nứt có trong tầng chứa. Nói cách khác, ngành dầu khí chỉ mới khai thác được một phần nhỏ tài nguyên. Tình trạng giá dầu thấp kéo dài đã khiến lợi nhuận của ngành dầu khí giảm mạnh, tạo ra áp lực lớn cần phải có công nghệ tầng chứa hiện đại. Trong đó, vấn đề quan trọng là hiển thị hệ thống kẽ nứt bao gồm cả kẽ nứt tự nhiên và nhân tạo, đặc biệt là các kẽ nứt được chèn để giữ ổn định công suất khai thác. Giải pháp này sẽ cung cấp thông tin tương đối chính xác về trữ lượng các cấp của các khoáng sản dầu khí, nhờ đó giúp giảm mạnh giá thành thăm dò, khai thác. Đây cũng là nhu cầu cấp thiết đối với Việt Nam do trữ lượng dầu thô chủ yếu nằm trong đá móng hoặc đá vôi nứt nẻ, chưa kể đến khả năng một lượng lớn dầu chứa trong tầng đá sét sinh dầu chưa di cư hết do độ rỗng, độ thấm rất thấp.

Hiển thị vi địa chấn

Hiển thị vi địa chấn tạo ra một bức tranh 3D thể hiện các vị trí chất chèn tồn tại ổn định. Tuy nhiên, điều này đòi hỏi phải có thời gian đủ dài (vài năm) để nhà cung cấp thiết bị sóng âm mini sản xuất số lượng lớn, đủ đặt trong tầng chứa nứt nẻ, phù hợp với từng môi trường địa chất mỏ cụ thể, cung cấp cho nhà khai thác tiến hành thử nghiệm trước khi chính thức đưa vào sử dụng đại trà.

Hình ảnh hiển thị vi địa chấn (microseismic images) được sử dụng để trình bày các kết quả của hoạt động phá vỡ vỉa (thường là phá vỡ vỉa thủy lực) dựa trên sóng âm sinh ra khi đá bị đập vỡ tạo thành các kẽ nứt hở và chạm vào nhau. Tuy nhiên, bức tranh vi địa chấn không cho biết sự di chuyển của chất chèn theo thời gian phá vỡ, mà chỉ cho biết kẽ nứt đang được tạo ra. Trong các loại đá chứa, kẽ nứt được chèn là vị trí góp phần chủ yếu cho năng suất của giếng khai thác. Do đó nếu biết được khu vực kẽ nứt được chèn sẽ giúp xác định chính xác phạm vi phân bố của đá chứa cung cấp nhiều dầu khí nhất. Đây là điểm khởi đầu cho quyết định lựa chọn phương thức khai thác để có thể thu hồi được cao hơn 10% trữ lượng tại chỗ của tầng chứa dầu khí phi truyền thống (Hình 1a, b, c). Nếu biết được độ rộng và chiều dài của kẽ nứt liên thông thể hiện qua vị trí kẽ nứt được chèn, sẽ có số liệu chính xác hơn về thông số độ rỗng hiệu dụng dùng cho mô hình hóa/mô phỏng hóa cấu trúc mỏ, giúp thiết kế khoảng cách giữa các giếng bơm ép nước, các giếng khai thác một cách hợp lý và xây dựng sơ đồ khai thác tối ưu.

Vấn đề xử lý và giải thích dữ liệu vi địa chấn nhằm hiển thị vi địa chấn hiện nay chưa được các công ty địa vật lý hoàn thiện.



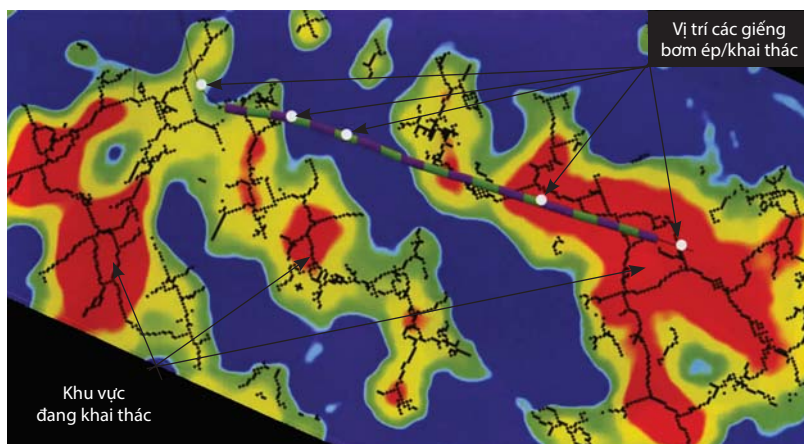
Hình 1. Môi trường địa chấn thu được phản ánh qua cường độ tác động âm học cho phép xác định khu vực có kẽ nứt tự nhiên hoặc do hoạt động phá vỡ âm học, kích thích vỉa bằng thủy lực được chèn bằng các vật liệu chèn đặc biệt

Một hướng nghiên cứu mới đang được các nhà kỹ thuật Pháp tiến hành là sáng chế công nghệ gắn với chất chèn trong quá trình bơm vào mỏ để tạo ra nguồn phát sóng âm tách biệt, rõ ràng khi cấu trúc hạt chất chèn co lại dưới tác dụng của áp suất cao phát ra sau khi đến được vị trí chèn. Thiết bị vi cấu trúc nói trên sẽ được sản xuất đại trà, sử dụng kỹ thuật in vi tính khổ rộng, sau đó cắt ra thành các bits li ti để đặt vào chất chèn.

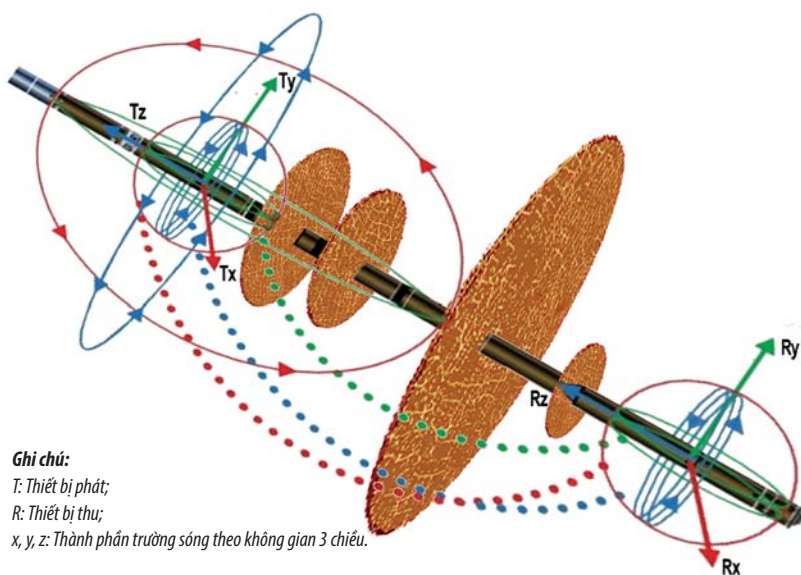
Một sáng chế khác ở California đã nghiên cứu chế tạo thiết bị cực nhạy dành cho cấu hình máy thu phát sóng địa chấn trong lòng giếng khoan, vừa ghi sóng vừa ghi tọa độ vị trí di động của chất chèn. Cấu tử phát vi sóng âm học (acoustic microemitters) có hình vuông rỗng ruột, có kích cỡ: 2mm và 4mm (Hình 1d), mỗi loại phát ra âm thanh riêng khi cấu tử co lại dưới tác động của áp suất tầng chứa gây ra tiếng nổ giống như tiếng nổ nhỏ của các bong bóng hơi chứa trong chiếc khăn quàng khi bị vặn (Hình 3). Tín hiệu âm học đặc biệt này có thể theo dõi, kiểm tra được để xác định kích thước kẽ nứt, hướng phát triển và vẽ lại quỹ đạo di chuyển của vật chất chèn trong kẽ nứt của đá chứa (Hình 2).

Hiển thị điện từ trường

Phương pháp hiển thị kẽ nứt và vật chèn sử dụng năng lượng sóng điện từ có ưu thế hơn phương pháp hiển thị bằng sóng vi địa chấn do cung cấp kết quả rõ ràng, nhanh chóng với chi phí thấp hơn. Hai phương pháp có thể sử dụng đồng thời để bổ sung thông tin,



Hình 2. Hình ảnh các kẽ nứt trên lát cắt ngang



Ghi chú:
T: Thiết bị phát;
R: Thiết bị thu;
x, y, z: Thành phần trường sóng theo không gian 3 chiều.

Hình 3. Sơ đồ thiết bị logging (carota) cảm ứng âm học của Gearhart

xác định chính xác cấu trúc nứt nẻ và vị trí vật chèn trong các kẽ nứt (Hình 3).

Trong báo cáo kỹ thuật trình bày tại SPE Hydraulic Fracturing Technology Conference năm 2016 [2], Terry Palish và nnk cho biết phương pháp hiển thị điện từ trường được thử nghiệm trong một giếng khai thác đã sử dụng 230.000lb chất chèn được bọc áo dẫn điện. Lớp áo bọc này giúp phát hiện chất chèn khi bị kích thích bằng sóng điện từ truyền tới từ một nguồn phát đặt ở ống chống tại chiều sâu 8000ft trong lòng giếng. Các công nghệ mới sử dụng trong phương pháp hiển thị điện từ trường gồm: chọn chất chèn (cát, gốm đặc biệt...), sản xuất chất làm áo bọc chất chèn, sử dụng ống chống bằng thép để truyền trường điện từ mạnh ra ngoài và các thuật toán (algorithm) mới để minh giải dữ liệu...

Khi tiến hành thử nghiệm phương pháp này trong giếng khai thác của ConocoPhillips tại bốn trũng Delaware, Carbo Ceramics Inc. không biết chắc chắn sẽ thu được thông tin gì. Terry Palish cho biết: "Khi đó mục tiêu số 1 là làm sao có thể tách một tín hiệu điện từ ra khỏi vô vàn tiếng ồn (nhiều)". Thử nghiệm này là kết quả nghiên cứu để tạo ra một tín hiệu

điện từ cực mạnh và tìm ra giải pháp hiệu nghiệm nhất để thu và xử lý, minh giải số liệu. Một thách thức lớn đối với Carbo Ceramics Inc. là thuyết phục các công ty dầu khí rằng công nghệ này có chất lượng cao, dễ sử dụng và chi phí thấp; hình ảnh thu được là hình ảnh thật của tự nhiên, không phải kỹ xảo vật lý và toán học. Nghiên cứu, thử nghiệm phương pháp hiển thị điện từ đang được tiếp tục triển khai nhờ sự quan tâm lớn của: Advanced Energy Consortium (AEC), Multi-phase Technologies, Đại học Tổng hợp Texas, Bộ Năng lượng Mỹ, Cơ quan nghiên cứu truyền sóng điện từ trong lòng đất của quân đội Mỹ...

Việc hiển thị nước bơm ép nhất là nước biển, nước lợ hoặc chất chèn với bề mặt có tính dẫn điện đòi hỏi các vật chất này phải có sự tương phản cao về tính chất lý - hóa so với đá cũng như với nước mặn trong môi trường vây quanh kẽ nứt.

Các phản ứng điện và từ rất đa dạng sẽ xảy ra khi trường điện từ kích thích vật chèn có tính dẫn điện. Nhóm nghiên cứu có nhiệm vụ tìm kiếm trong các phản ứng đó cái nào cho tín hiệu thu tốt nhất để hiển thị vật chèn. Cát và gốm thường được sử dụng làm chất chèn có tính dẫn điện kém, do đó cần phải được thay thế bằng chất khác bền vững, dễ tìm, chi phí thấp và tạo được tín hiệu đáp (thu) đủ mạnh khi bị kích thích để có thể phát hiện từ xa.

Kết quả nghiên cứu trong lĩnh vực khoa học vật liệu đều được giữ bí mật, duy chỉ có một cơ quan nghiên cứu đã công bố chất chèn là các hạt thép đặc biệt và hạt carbon dẫn điện được biết dưới tên gọi than cốc cám (coke) Loresco, giá cao hơn cát nhưng rẻ hơn bauxite dùng sản xuất hạt gốm. Vấn đề giá thành chất chèn rất quan trọng, do chiếm tỷ trọng cao trong khai thác dầu phi truyền thống, nên ảnh hưởng trực tiếp đến tính khả thi của phương pháp hiển thị điện từ trường.

Ground Metrics Inc. đã sử dụng thành công sóng điện từ để theo dõi dòng CO₂ bơm vào mỏ để tăng cường thu hồi dầu

(EOR), giảm chi phí và thời gian thực hiện quan trắc đến 50%. Đến nay, để án hiển thị kẻ nứt bằng sóng điện từ đã mang lại kết quả ban đầu rất tốt, trong tương lai gần giá thành có thể so sánh được với phương pháp lấy mẫu trực tiếp hoặc carota (logging).

Ý tưởng dùng điện trường và điện từ trường để tìm dầu mỏ đã có từ thế kỷ trước. Điểm mới ở đây là tìm cách để đưa năng lượng điện từ trường vào tầng chứa và công nghệ thu nhận tác động của các phản ứng này trong thăm dò, phát triển mỏ và khai thác dầu ở môi trường phi truyền thống.

Trong thử nghiệm của Carbo Ceramics Inc., điện được truyền xuống đáy giếng bằng dây cáp tới ống khuỷu (nơi bắt đầu khoan ngang), ở đây điện được tiếp xúc với ống chống bằng thép, trở thành nguồn của trường điện và trường từ. Trường điện từ kích thích chất chèn được chế tạo đặc biệt. Ground Metrics Inc. sử dụng ống chống như một anten cho trường điện từ xuất hiện và được Carbo Ceramics Inc. thuê để triển khai 20 thiết bị thu sóng điện từ để thu dữ liệu từ vật chèn trong kẻ nứt được kích thích. Hình ảnh được tạo ra qua so sánh sự khác nhau giữa số liệu thu được trong các chu kỳ 30 phút trước và sau khi phá vỉa thủy lực.

Các thiết bị thu sóng điện từ thế hệ mới được phát triển với sự hỗ trợ của cơ quan nghiên cứu trong quân đội Mỹ, giúp đo sự biến thiên điện thế trong lòng đất. Các thiết bị này có độ tin cậy cao hơn so với các thiết bị galvanic vì số liệu đọc ít bị dao động hơn và lắp đặt, bảo dưỡng các thiết bị thu theo thiết kế cũ khó khăn hơn. Đến nay, chưa có đơn vị nào thiết kế bộ phận phát và thu tích hợp với nhau trong một thiết bị. Chương trình công nghệ

phá vỡ vỉa của UT Fracturing JIP do Bộ Năng lượng Mỹ cấp vốn đang nghiên cứu sáng chế thiết bị log (carota) cảm ứng tần số thấp dùng cho công tác hoàn thiện giếng khoan hở và thiết bị sử dụng các điện cực tiếp xúc cố định, như các máy phát và thu sóng điện từ cho các giếng được chống ống.

Vấn đề cần tiếp tục nghiên cứu là tạo ra phần mềm minh giải số liệu sóng điện từ cho các trường hợp giếng khoan ngang dài, xuyên qua các môi trường địa chất khác nhau, không thuận lợi và không được dự kiến trước, khi đó tín hiệu sẽ bị biến dạng, dẫn đến cách giải thích không đơn nhất. Carbo Ceramics Inc. cho biết công nghệ hiển thị này sẽ có mặt trên thị trường trong vòng 3 năm tới và sẽ đóng góp tích cực cho công nghiệp dầu khí phi truyền thống, giảm giá thành thăm dò khai thác để bảo đảm các công ty dầu khí đạt mức lợi nhuận mong muốn ngay khi tình trạng giá dầu thấp tiếp tục kéo dài [2, 3].

Tài liệu tham khảo

1. Stephen Rassenfoss. *Electromagnetic imaging offers first look at the propped rock*. Journal of Petroleum Technology (JPT). 3/2016.
2. Terry Palisch, Wadhah Al-Tailji, Lew Bartel, Chad Cannan, Matt Czapski, Keith Lynch. *Recent advancements in far-field proppant detection*. SPE Hydraulic Fracturing Technology Conference, Texas, USA. 9 - 11 February, 2016.
3. U.S. DOE National Energy Technology Laboratory (NETL). *Injection and tracking of micro-seismic emitters to optimize unconventional oil and gas (UOG) development*. DE-FE0024360. 2015.

Imaging of propped fractures using microseismic fields and electromagnetic energy

Tran Ngoc Toan

Institute of Research and Development Duy Tan University

Summary

Geophysics plays an important role in oil and gas upstream activities. However, each single geophysical method only addresses one property of the studied object, and is not capable to solve all issues due to the heterogeneity and different geological features of petroleum basins. Carbo Ceramics Inc. has studied the technique of imaging the area around the wellbore where fractures have been propped open using specially coated proppants stimulated by electromagnetic energy. This technology can be used in combination with the microseismic imaging technology to provide additional information, more accurately defining the structure of the fractures and locating proppants in the fractures, specially in the unconventional oil and gas industry.

Key words: Microseismic, electromagnetic, proppant, fracture, unconventional oil and gas.