

CÁC TIẾN BỘ KỸ THUẬT - CÔNG NGHỆ MỚI SỬ DỤNG TRONG CÔNG NGHIỆP DẦU KHÍ BIỂN

Nhiều công trình nghiên cứu, sản phẩm công nghệ mới nhất đã được trình bày tại Hội thảo kỷ niệm 50 năm triển lãm các thành tựu công nghệ dầu khí biển tổ chức tại NRG Park, Houston, Mỹ từ ngày 6 - 9/5/2019. Trong đó, các tiến bộ trong công nghệ địa vật lý giếng khoan đã giúp chính xác hóa vị trí giếng khoan, đánh giá chất lượng các thành tạo liên kề, xác định các vỉa chứa mục tiêu... từ đó nâng cao hiệu quả công tác tìm kiếm, thăm dò dầu khí.

Công nghệ địa vật lý giếng khoan

Địa vật lý giếng khoan (logging, carota, diagraphy...) được sử dụng để nghiên cứu cấu trúc, trạng thái lòng giếng khoan; thành phần thạch học cũng như tính chất lý - hóa của các lớp đất đá giếng cắt ngang qua, các chất lưu chứa trong các lỗ hổng của đá... nằm lân cận lòng giếng; phục vụ công tác phát triển và khai thác mỏ dầu khí, gồm nhiều phương pháp thông qua phản ứng của môi trường địa chất đối với các trường vật lý đưa vào lòng giếng. Các phương pháp này được cải tiến liên tục để nâng cao độ chính xác của các phép đo.

Halliburton cho biết EarthStar™ có thể phát hiện, vẽ bản đồ tầng chứa và các biên của các chất lưu (dầu, khí, nước) nằm cách giếng khoan 225ft (68m), xa gấp đôi so với các hệ thống thiết bị đo log hiện có. Đây là một tổ hợp các phép đo điện trở suất vùng xa/sâu (deep-reading resistivity measurements), độ nhạy phương vị (azimuthal sensitivity) và xử lý ngược hiện đại giúp xác định hướng phát triển của các lớp trong thành tạo chứa dầu khí cùng thành phần và điện trở của các chất lưu trong thành tạo (formation) đó. Halliburton cũng cung cấp các hình ảnh 3D được dùng kết hợp với phần mềm geosteering (phần mềm khoan định hướng sử dụng cảm biến địa tầng) thời gian thực nhằm

tối ưu hóa vị trí đặt giếng thăm dò - khai thác tiếp theo. Thông tin điện trở suất vùng xa có thể dùng để vẽ bản đồ các túi dầu khí nằm dọc theo lòng giếng nhằm xác định các vùng chứa sản phẩm có giá trị lớn bị cô lập (bypassed pay), bỏ sót trong quá trình khai thác do bị nước vỉa bao vây. Công nghệ này giúp nâng cao hiệu quả đánh giá tầng chứa và công tác phát triển mỏ. Các phương pháp đo điện trở suất vùng xa còn giúp chính xác hóa các quyết định khi triển khai công tác (khoan) định hướng phải tiến hành theo thời gian thực. Các kỹ sư khoan được cảnh báo trước khi giếng sắp đi ra ngoài vùng chứa sản phẩm và/hoặc các nguy hiểm lớn xuất hiện, để quyết định dừng khoan trước khi xác định cần phải khoan lệch/xiên để loại bỏ đường đi của lòng giếng đã chọn. Với việc cải tiến các phép đo LWD, các kỹ sư khoan có thể chính xác hóa vị trí đặt giếng khoan phía trên giới hạn tiếp xúc dầu/nước để tối ưu hóa việc phát triển và khai thác mỏ.

Halliburton cho biết EarthStar™ đã áp dụng thành công công nghệ này tại các mỏ vùng nước sâu và các mỏ trường thành. Một giếng khoan ở Biển Bắc khoan qua thành tạo chứa carbonate bị ngập nước bán phần, đã áp dụng phương pháp log này và phát hiện chính xác vùng chứa sản phẩm bị bỏ sót giúp tăng đáng kể sản lượng của mỏ.

Khoan định hướng trong mỏ dầu khí phiến sét

Hệ thống LWD và phương pháp log Accusteer của Nabors Industries được áp dụng thành công để khoan định hướng (geosteering) trong mỏ dầu khí phiến sét ở bồn trũng Permian và các bồn trũng khác của Bắc Mỹ.

Hệ thống OD Accusteer 4³/₄" là hệ thống/module cung cấp thông tin khoan thời gian thực, gồm thông tin về hướng khoan có giá trị Gamma Ray phương vị (azimuthal GR) quay 360° quanh thành giếng, góc nghiêng, áp suất vành xuyên giếng khoan, độ rung, sốc, độ dính - trượt, tải trọng lên choòng khoan. Các tính toán của góc được cập nhật liên tục giúp tăng cường khả năng nhận biết và kiểm soát quỹ đạo giếng khoan. Các phương pháp đo động lực (dynamics) khoan giếng (thường không được dùng trong giếng có đường kính nhỏ) được thiết kế để cung cấp dữ liệu thời gian thực về hiệu suất của động cơ bùn giúp giảm thiểu nguy cơ xảy ra sự cố kẹt. Các phương pháp đo Accusteer sử dụng ở các giếng khoan miền Tây Texas, giúp khoan ngang đạt chiều dài 125ft với 100% lỗ khoan nằm trong khu vực đối tượng khai thác trong thời gian 2 ngày. Các phép đo gamma phương vị giúp giữ giếng nằm trong lớp đá được khoan nhanh dài 4.000ft mà không phải

điều chỉnh độ nghiêng của quỹ đạo giếng. Tập đoàn Nabors cũng cho biết ở Oklahoma các phương pháp đo gamma phương vị giúp khoan thẳng đứng trên đất liền tới độ sâu thiết kế, sau đó khoan ngang 5.200ft với 100% lòng giếng nằm trong khu vực đối tượng thăm dò - khai thác.

LWD trong điều kiện nhiệt độ cao

Weatherford International mới đưa vào sử dụng hệ thiết bị log Heat - Wave Extreme (HEX) HPHT LWD ở điều kiện áp suất cao, nhiệt độ cao (Hình 1). Tiến hành đo trong điều kiện nhiệt độ 200°C và áp suất 30.000psi trong suốt 200 giờ làm việc, hệ thống log gồm tia gamma, điện trở suất, mật độ đá và neutron cũng như sensors đo áp suất trong khi khoan. Sau 9 tháng thực hiện đề án, Weatherford đã triển khai áp dụng phương pháp HEX này trên 22 giếng có nhiệt độ cao ở thềm lục địa vịnh Thái Lan để thu nhận các dữ liệu

theo thời gian thực với tổng số 1.650 giờ, đo log trong lòng giếng có tổng chiều dài 45.806m và nhiệt độ ở đáy giếng một số nơi vượt quá 175°C mà không phải dùng bất kỳ biện pháp gì để hạ nhiệt độ lòng giếng như giảm vòng quay khoan cụ, kiểm soát tốc độ xuyên/cắt đất đá hoặc tuần hoàn dung dịch khoan làm mát thiết bị đáy giếng (BHA - bottom hole assembly)...

Phương pháp LWD âm học

Weatherford đã đưa ra thị trường hệ thống LWD có độ phân giải hình ảnh cao, mang tên Ultrawave Ultra-Sonic Imager, thiết bị có thể làm việc trong hệ dung dịch bùn khoan gốc dầu hoặc nước (Hình 2). Máy đo có thể ghi biểu đồ biên độ sóng siêu âm phản xạ từ thành giếng quay 360° quanh tâm lòng giếng. Bức tranh biên độ phản xạ thể hiện các lớp đá, các kẽ nứt tự nhiên, độ rỗng thứ sinh, kẽ nứt nhân tạo và các chỗ sụp

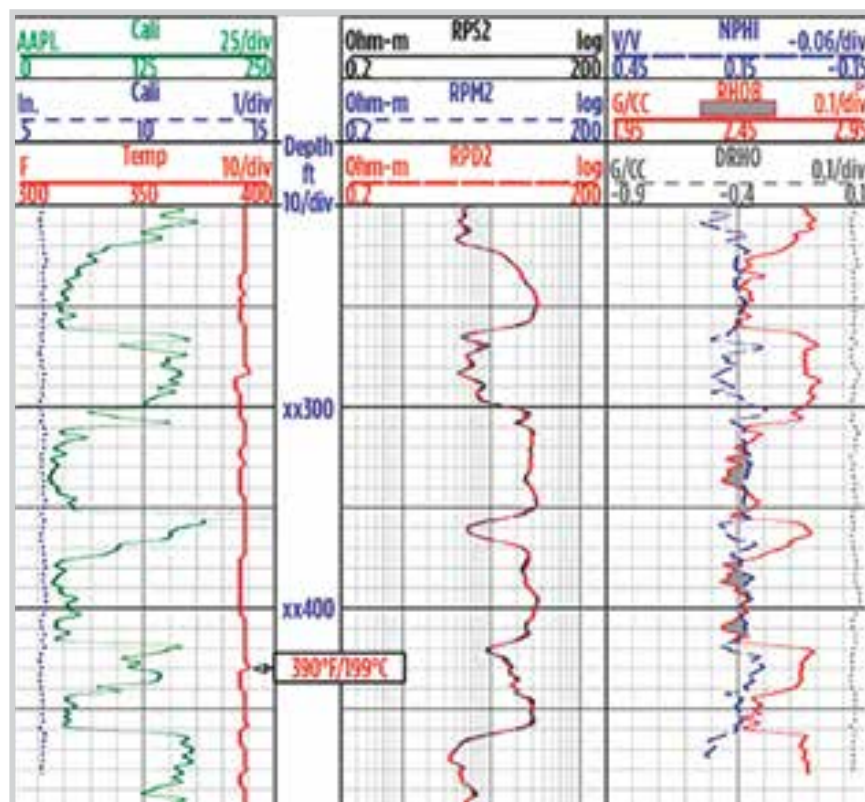
lở thành giếng. Hình ảnh thời gian truyền sóng thể hiện nguyên nhân gây ra nứt nẻ và biểu đồ biến thiên đường kính giếng giúp nghiên cứu độ ổn định của trạng thái giếng nhằm tối ưu hóa vị trí đặt giếng trong quá trình khoan tại các tầng chứa dầu khí phi truyền thống. Phương pháp log này giúp xác định tính liên thông của mạng lưới kẽ nứt nhân tạo nhằm xử lý kẽ nứt dính kết nhau trong khu vực lân cận các giếng khoan khi xuyên qua các lớp sét, giúp các nhà điều hành có phương pháp tối ưu để xử lý các kẽ nứt cũng như phương án hoàn thiện giếng hợp lý nhất.

Phương pháp điện môi đa tần số

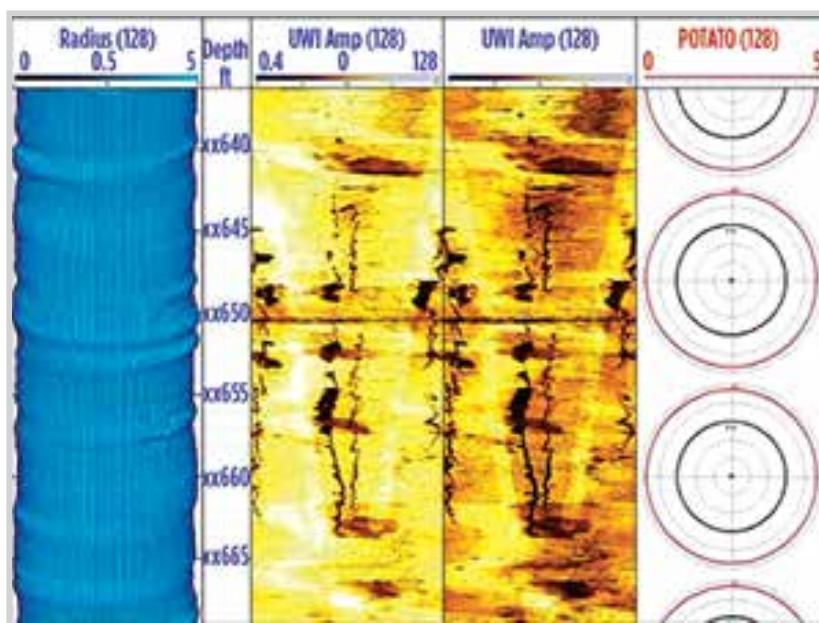
Công nghệ log bằng dây cáp trong giếng hồ tiếp tục được cải tiến và ngày càng phức tạp hơn với nhiều phương pháp đo mới thông qua lắp đặt thêm một chuỗi các sensors chuyên dụng.

Các phép đo log điện trở suất chuẩn dựa trên sự khác nhau về độ dẫn điện của dầu và nước vỉa (mặn) để phát hiện hydrocarbon nằm gần với lòng giếng. Khi nước vỉa ngọt và không dẫn điện thì các phương pháp logs không cho kết quả đáng tin cậy. Vì vậy khi dùng công nghệ điện môi đa tần số (multi-frequency dielectric) để đo hằng số điện môi (electric permittivity) có thể xác định được độ bão hòa dầu/khí với bất kỳ độ mặn nào của nước vỉa có trong lớp chứa sản phẩm.

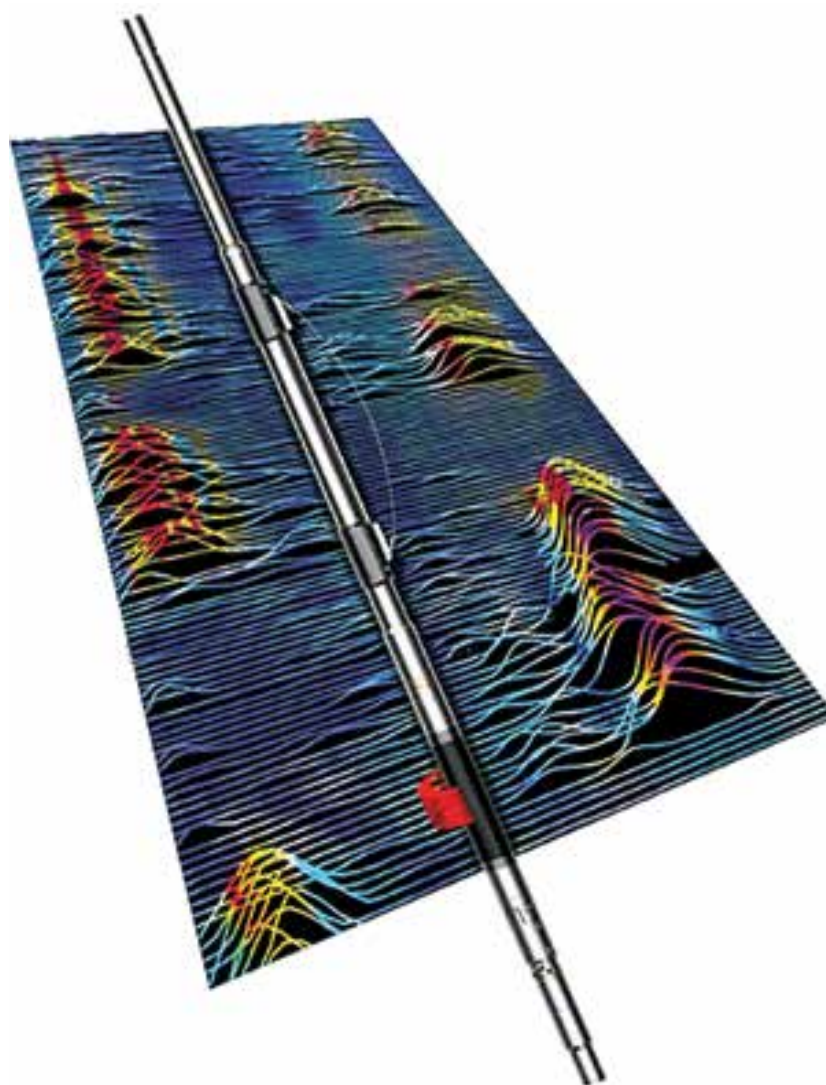
Một tiến bộ kỹ thuật nổi trội của thiết bị log Array Dielectric Explorer (ADX) của Baker Hughes trong lĩnh vực dầu khí so với các thiết bị dùng cho các ngành công nghiệp khác là có 4 thiết bị nhận tín hiệu đặt cách nhau 1" với 3 cặp thiết bị phát tín hiệu đối xứng với nhau ở phía trên và phía dưới tổ hợp thiết bị log. Thiết bị phát truyền sóng điện từ hoạt động



Hình 1. Log Heat Wave Extreme LWD đo ở môi trường có nhiệt độ 200°C (390°F)



Hình 2. Kết quả đo LWD âm học



Hình 3. XMR cung cấp các giá trị đo thể tích chất lỏng, độ rỗng và độ thấm

trên 5 tần số từ 10MHz đến 1GHz với các khoảng xuyên sâu vào lòng đất quanh giếng dài ngắn khác nhau. Dựa trên tổ hợp thu phát tín hiệu điện từ, hệ thống đo có 6 mức khoảng cách. Dữ liệu thu được từ mỗi khoảng đo theo 5 tần số sẽ cung cấp giá trị điện trở suất biểu kiến và hằng số điện môi được hiệu chỉnh của các lớp đất đá xung quanh giếng. Tính chất cơ lý đá được rút ra từ điện trở của khu vực bùn khoan xâm nhập vào môi trường cũng như độ rỗng ngậm nước, độ mặn của nước vỉa và các tham số cấu - kiến tạo của đất đá quanh lòng giếng. Công nghệ mới này cho phép đo log với tốc độ cao hơn các công nghệ truyền thống và được kết hợp với các phương pháp log dùng dây cáp thả máy đo vào lòng giếng khác như FLeX thạch/khoáng vật học, MReX cộng hưởng từ... giúp hiểu và thu thập đầy đủ thông tin thạch học và các loại độ rỗng của tầng chứa.

Phương pháp Array Dielectric Explorer đã được đưa vào ứng dụng thành công tại Mỹ, Trung Đông, châu Phi sau hơn 2 năm triển khai thực hiện để án.

Phương pháp cộng hưởng từ hạt nhân

Halliburton đã đưa công nghệ log cộng hưởng từ hạt nhân (NMR) hiện đại vào dịch vụ Xaminer Magnetic Resonance Service (XMR) (Hình 3). Thay vì đánh giá thành phần đá tầng chứa, NMR phát hiện các chất lỏng trong không gian rỗng, cung cấp các giá trị đo về thể tích chất lỏng, độ rỗng và độ thấm.

Các báo cáo của Halliburton cho thấy XMR cung cấp độ phân giải được nâng cấp của các lớp/beds mỏng, giúp đánh giá đá phiến sét chứa vật chất hữu cơ, carbonate, turbidites và các tầng chứa khí đốt trong đá chặt sít. XMR có thể phát hiện và định lượng hóa trữ lượng khí đốt, condensate, nước và dầu nặng hoặc dầu nhẹ trong thành tạo chứa dầu khí.

XMR nhận được số lượng dữ liệu cao hơn gấp 8 lần và mức tiêu thụ năng

lượng chỉ bằng 1/2 với các NMR sensors truyền thống. Ngoài ra, XMR còn cung cấp hình ảnh 2D và 3D và số liệu phân tích đủ để phân biệt các chất lỏng có thể dịch chuyển từ các ống mao dẫn và độ rỗng vi mô có chứa các lưu thể.

XMR thu được dữ liệu chỉ qua một lần đo và có thể kết hợp với kết quả đo của các sensors logging khác để có được sự đánh giá đúng thành tạo đang nghiên cứu. Qua đó, giúp cho các nhà điều hành xác định trữ lượng dầu khí chưa thu hồi trước khi quyết định đầu tư phát triển về sau. Halliburton cho biết log XMR đã giúp cho các nhà điều hành ở West Texas đánh giá các tầng chứa carbonate, phát hiện trữ lượng dầu khí chưa thu hồi và khu vực chứa nước vỉa (mặn), giảm giá thành khai thác thử.

Thử áp suất và phân tích mẫu chất lỏng

BHGE đang tiếp tục phát triển các phương pháp kỹ thuật tiến bộ dùng cho thử áp suất của các thành tạo chứa sản phẩm, sử dụng log thả vào lòng giếng bằng dây cáp cũng như lấy mẫu và phân tích chất lưu. Bộ phận dịch vụ thử áp suất của thành tạo chứa sản phẩm sử dụng công nghệ log FTeX để thu thập dữ liệu, cung cấp thông tin áp suất thông qua kết hợp tự động hóa ở mức rất cao các thiết bị đo log tích hợp được thiết kế thu gọn kích thước tối đa cũng như sử dụng công nghệ trí tuệ nhân tạo. Thiết bị log được đưa vào trong lỗ khoan, hoạt động ngay tại đối tượng nghiên cứu trong điều kiện tự nhiên tại chỗ. BHGE cho biết công nghệ mới này có thể cung cấp ngay các lát cắt áp suất, vị trí mặt tiếp xúc dầu - khí - nước, thông tin về động tính (mobility) của chất lưu sớm nhất trong quá trình đo log vì các thông tin này được trình bày dưới dạng tổng hợp với các kết quả đánh giá tầng chứa sẵn có.

Các công nghệ thử vỉa truyền thống đang được sử dụng tại các công ty dầu khí thượng nguồn chủ yếu kiểm tra thử công và tốn thời gian, đồng nghĩa với khả



Hình 4. Thiết bị log FTeX của BHGE

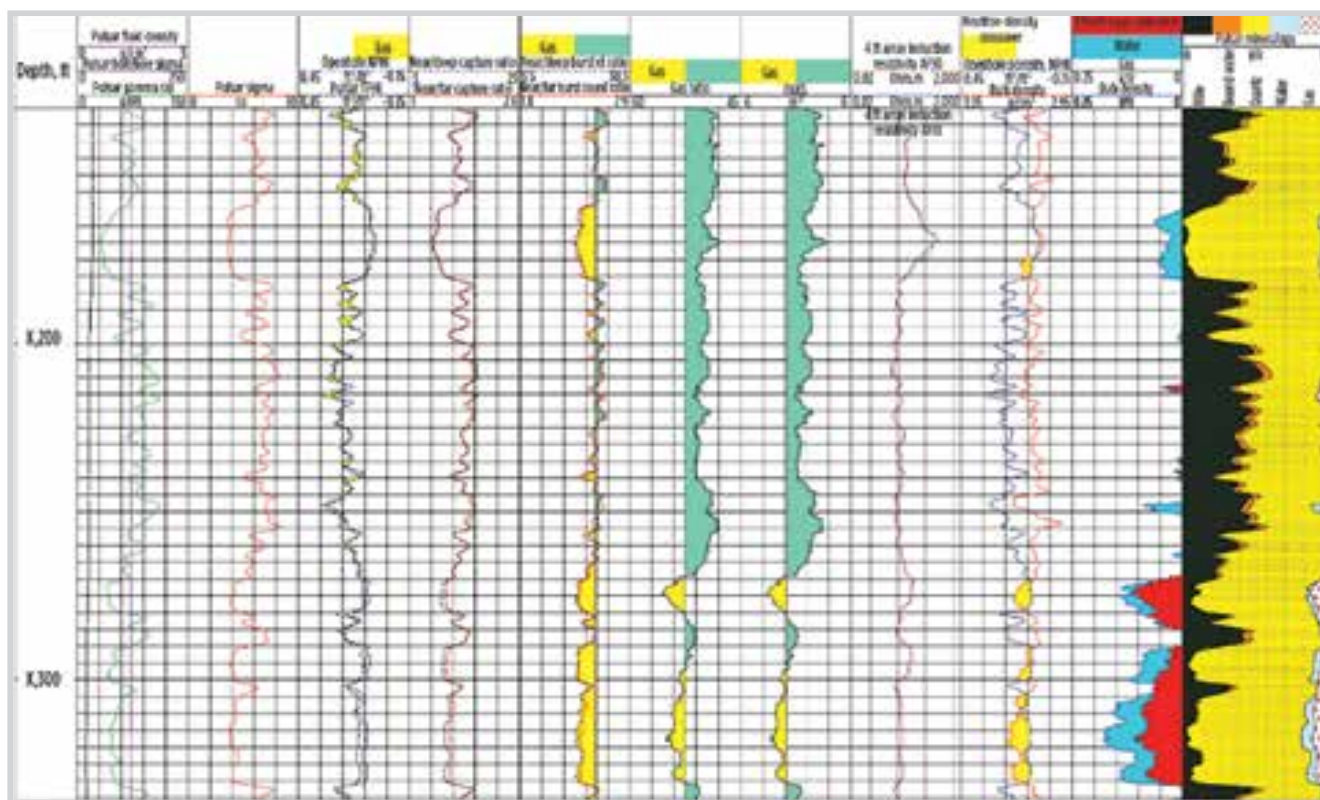


Hình 5. Thiết bị RCX eXcel lấy mẫu trong các thành tạo có độ thấm thấp và trong điều kiện áp suất - nhiệt độ cao mà không cần dùng packers trương nở

năng gia tăng rủi ro, giảm độ chính xác. Công nghệ mới của BHGE khắc phục được phần lớn nhược điểm trên và đã được áp dụng trong hoạt động thượng nguồn tại các mỏ ở Bắc Mỹ, Nam Mỹ, châu Á - Thái Bình Dương (trong đó có Việt Nam), Trung Đông, châu Phi, Bắc Cực, thời gian đo tại một điểm chỉ mất 6 phút, với động tính của lưu thể (mobility) trong tầng chứa dao động từ 0,1 - 1mD/cp.

Trong thời gian gần đây, công nghệ FTeX được cải tiến sử dụng ngay trên giàn khoan cố định đo

áp suất tầng chứa cũng như thu nhận nhiều loại mẫu chất lỏng sạch trong các loại đá chứa. Dịch vụ RCX gồm cả một packer section để có thể kiểm tra từ trên mặt giàn khoan mức độ thay đổi thể tích và hệ số giảm áp biến thiên, đánh giá chất lưu ngay trong lòng giếng để bảo đảm độ sạch của mẫu (dầu khí, nước) và đánh giá mức độ xê dịch của các thiết bị bơm. Một hệ thống có thể chứa được 52 mẫu trong một lần chạy máy log. Thiết bị RCX eXcel (Hình 5) đã mở rộng khả năng lấy mẫu trên RCX platform trong các thành tạo có độ



Hình 6. Kết quả đo log bằng công nghệ FNXS được hiệu chỉnh các yếu tố môi trường trong giếng trám xi măng nhẹ ở các độ sâu khác nhau từ 200ft đến trên 330ft trong vành khuyên ống chống để xác định khu vực đá chất sét không chứa sản phẩm và các khu vực có độ rỗng chứa khí

thấm thấp và trong điều kiện áp suất - nhiệt độ cao mà không cần dùng packers trương nở như hiện nay.

Log neutron trong giếng có chống ống

Đo log trong giếng có chống ống có thể là một giải pháp để đánh giá thành tạo chứa phía sau thành ống chống cũng như để phát hiện khu vực chứa dầu khí bị nước bơm ép cô lập, có thể bị bỏ sót trong quá trình khai thác mỏ.

Schlumberger mới đây đã cung cấp dịch vụ log neutron (pulsed neutron service) mới để đánh giá và kiểm soát các thành tạo có các giếng chống ống. Thiết bị quang phổ kế đa chức năng dạng xung Pulsar kết hợp các detector đa cấp với nguồn neutron xung rất mạnh, đáp ứng các yêu cầu này. Kết quả thu được tương đồng với các phương pháp log neutron dùng trong các giếng

không có ống chống nền công nghệ này được sử dụng để tối ưu hóa thiết kế hoàn thiện giếng và trong các đề án gia tăng sản lượng.

Khác với công nghệ log neutron truyền thống, Pulsar không dựa trên dữ liệu đầu vào của giếng không chống ống để minh giải thạch học có độ phân giải cao và có thể tiến hành không phải ngừng khoan. Việc đo log sau khi giếng được chống ống cũng loại trừ được rủi ro giếng không ổn định thường gặp trong các giếng ngang và trong tầng chứa đá phiến sét. Chùm neutron phát ra và độ tinh/hiện đại của thiết bị nhận tín hiệu phản hồi làm tăng tốc độ đo log cũng như tăng độ chính xác của phép đo. Hệ thống này giúp thu được một chuỗi giá trị đo trong giếng truyền thống được tự bù sai số của các tham số đo như: sigma, độ rỗng, tỷ số carbon/oxygen và phát hiện hàng loạt các nguyên tố

hóa học chứa trong đá, gồm cả tổng hàm lượng carbon hữu cơ (TOC). Ngoài ra, phép đo lát cắt/tiết diện ngang của neutron nhanh (fast neutron cross section - FNXS) giúp phân loại và định lượng hóa các dạng lỗ hổng chứa khí cũng như xác định các khu vực đá đặc sít, rắn chắc. Bởi vì Pulsar không phụ thuộc vào cách tiếp cận dựa trên điện trở suất quy ước trong việc xác định loại đá cũng như chất lưu nên công nghệ này có thể xác định chính xác độ bão hòa dầu khí trong bất kỳ độ mặn nào của nước vỉa.

Pulsar có thể cung cấp thông tin thạch học, khoáng vật học các loại chất lưu trong các loại giếng thăm dò - khai thác thẳng đứng, khoan xiên, khoan ngang, nhất là thông tin về dầu khí trong đá chứa điện trở thấp giúp đánh giá tốt nhất những thành tạo chứa dầu khí, dự báo các khu vực chứa sản phẩm bị cô lập, các mỏ đã

