

کاربرد لرزه نگاری در مدیریت مخزن

مهندسين و کارشناسان با استفاده از داده‌های لرزه‌نگاری با قدرت تفکیک بالا، همراه با اطلاعات مقاطع لرزه‌نگاری عمودی (VSP)، پتروفیزیک و تولید مخزن، در تلاش هستند که اکتشاف، توسعه و مدیریت مخازن را بهبود بخشند.

اطلاعات لرزه‌نگاری همراه با دیگر اطلاعات و نیز مدل‌سازی فیزیک سنگ، به تعیین ساختار و خواص مخزن کمک‌نموده و میزان ریسک و عدم اطمینان را در هر مرحله از طول عمر میادین هیدروکربوری (اکتشاف، تولید و توسعه) کاهش می‌دهد.

امروزه فن‌آوری مدرن لرزه‌نگاری سه‌بعدی، باعث کاهش هزینه اکتشاف و توسعه مخازن نفت و گاز شده است.

لرزه‌نگاری سه‌بعدی امکان اکتشاف در آب‌های عمیق، شناخت و تفسیر ساختارهای پیچیده زمین‌شناسی را مهیا ساخته است. همچنین استفاده از این روش، باعث شده که بتوان اعماق زیر نمک‌ها (Subsalt depth) را مطالعه نموده و در اکتشاف و توسعه میادین، تصمیم‌گیری سریع و دقیقی نمود.

اوایل از این روش به عنوان یک ابزار ابتدایی توصیفی-توسعه‌ای استفاده می‌شد، چون این روش جهت اکتشاف خیلی گران به نظر می‌رسید. اما با پیشرفت تکنیک‌های نمایان‌سازی، کاهش ریسک و عدم اطمینان، سریعاً این روش به یک ابزار استاندارد در کارهای اکتشافی مبدل شد.

در طول ۲۰ سال گذشته، فن‌آوری لرزه‌نگاری سه‌بعدی به کاهش عدم اطمینان در تخمین منابع هیدروکربوری کمک کرده است و کارشناسان را قادر ساخته است که محل مخازن را در تله‌های چینه‌ای و ساختمانی به دقت تشخیص دهند.

اکنون نقش لرزه‌نگاری بیشتر از قبل شده است. امروزه این روش به

کارشناسان در نمایان‌سازی مخزن، افزایش تولید و ضریب بازیافت و نیز بالا بردن ارزش اقتصادی مخزن در طول مدت عمر آن، کمک می‌کند.

روش‌های جدید مثل Q-Marine، تصویرسازی عمقی (Depth imaging)، برگردان لرزه‌ای، تجزیه و تحلیل شناسه‌های لرزه‌ای (Attributes Analysis)، توانایی و ارزش استفاده از لرزه‌نگاری را افزایش داده است.

فن‌آوری Q-Marine پیشرفت‌هایی را در زمینه شبکه مترامم موقعیت‌یابی صوتی، همزمانی و یکنواخت‌سازی خروجی چشمه‌ها (Source Signatures)، برداشت تک‌سنسوری و نیز کابل‌های قابل هدایت/هدایت‌شونده (Steerable Streamer) باعث شده است.

برداشت تک‌سنسوری، امکان ثبت بیشتر نویزها و سیگنال‌ها را می‌دهد که در مرحله پردازش با کاهش نویزها، میزان سیگنال‌ها را می‌توان افزایش داد. و این به نوبه خود، در موقع طراحی عملیات برداشت، امکان افزایش دامنه طیف فرکانس را می‌دهد (مثل کم‌کردن عمق استریمرها و اعمال فیلترهای برداشت دارای فرکانس پایین). از اطلاعات لرزه‌نگاری می‌توان در حفاری و بهره‌برداری استفاده‌های مفیدی کرد.

جلوگیری از خطرات حفاری

حدود ۲۰ میلیارد دلار در سال هزینه حفاری‌ها در دنیا می‌باشد که حدود ۱۵ درصد از این مقدار (تقریباً ۳ میلیارد دلار) هزینه از دست دادن تجهیزات و زمان می‌باشد. سازندهای پرفشار که قدرت تخریبی بالا در مواقع حفاری دارند، دلیل اصلی این هزینه‌های اضافی می‌باشد. بررسی و مطالعه افق‌ها و سازندهای پرفشار به وسیله شناسه‌های لرزه‌نگاری (Seismic attributes) در حفر چاه‌های اکتشافی عمیق، یکی از مراحل اصلی طراحی چاه می‌باشد. در مقایسه با هزینه حفاری، هزینه پیش‌بینی

خطرات احتمالی در حین حفاری خیلی پایین می باشد و منافع این کار قابل توجه می باشد. در یک میدان تولیدی واقع در آب های عمیق خلیج مکزیک، استفاده از این روش باعث تشخیص محل گل فشان ها و هیدرات گاز شد که می توانستند موقع حفاری خطر آفرین باشند. در یک بررسی و مطالعه دیگر در خلیج مکزیک، استفاده از روش AVO باعث تشخیص افق های جریان آب کم عمق (Shallow water flow-SWF) با نسبت بالای V_p/V_s شد (شکل ۱).
 بالا بودن غیر معمول این نسبت، بیانگر وجود افق های پرفشار می باشد و رسوبات نزدیک سطح زمین، خطرات بالقوه برای عملیات حفاری محسوب می شوند.

کاهش ریسک توسعه میدان

ریسک توسعه در هر میدان، بالا می باشد. منتها این ریسک در آب های عمیق و حتی در میادین بهره برداری عمیق تر و نیز نواحی دارای آب کم عمق و زمین شناسی پیچیده، بیشتر به نظر می رسد. لرزه نگاری، میزان ریسک توسعه میدان را کاهش می دهد. مخصوصاً موقعی که این ریسک مربوط به ارزیابی زیر سطحی و تعیین موقعیت و محل چاه برای تولید بهینه نفت و گاز باشد.

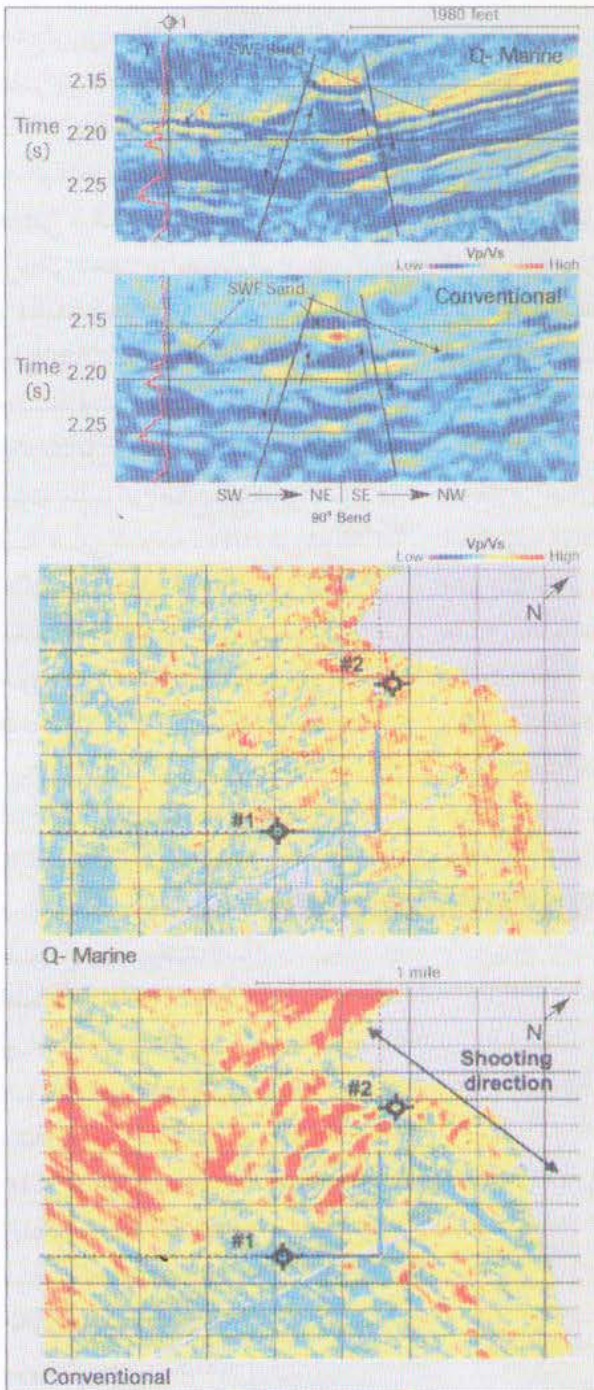
ارزیابی میدان، عموماً شامل حفر چندین چاه جهت شناخت ساختار زیر سطحی و سرشت نمایی پتانسیل جریان مخزن می باشد. در عملیات اکتشاف، تفسیر داده های لرزه نگاری سه بعدی، نقش اصلی را ایفا می کند. اما گاهی نبود جزئیات و عدم اطمینان، باعث می شود که در ارزیابی میدان حساسیت و دقت شدیدتری اعمال شود. این رویه را می توان با استفاده از داده های لرزه نگاری با قدرت تفکیک بالا تغییر داد، طوری که بتوان جزئیات ساختار مخزن و پیچیدگی های درونی

آن را شناخت. با این اطلاعات، محل چاه های توصیفی (تحدیدی) را می توان به دقت تعیین کرد که این در نهایت منجر به حفر تعداد چاه کمتری می شود.

هزینه امکانات و تجهیزات مورد استفاده نظیر نوع و اندازه سکو، گنجایش خطوط لوله و مدیریت آب تولیدی (Water handling) و تعداد چاه و امکانات تزریق/تولید،

مهم ترین مرحله برآورد هزینه توسعه یک مخزن محسوب می شوند. در مناطق دریایی، فقط یک فرصت جهت تصمیم گیری در مورد موارد ذکر شده وجود دارد و آن هم قبل از شروع تولید و بهره برداری می باشد.

تصمیم گیری های ضعیف باعث ایجاد محدودیت هایی در تزریق/تولید می شود که میزان سقف تولید (plateau production rates) را نامعلوم می سازد و باعث ایجاد مشکلات اضافی و یا افزایش هزینه های غیر ضروری عملیاتی



شکل ۱- با استفاده از برگردان AVO افق های دارای نسبت بالای V_p/V_s مشخص گردیده است. این افقها دارای خطرات ناشی از جریان آب کم عمق در موقع حفاری می باشند.

و قرارداد‌های تولیدی می‌شود که امتیاز محسوب نمی‌شوند. اقدامات چاره‌ساز و یا عکس‌العمل‌های بعدی جهت جبران این تصمیم‌گیری‌های ضعیف علاج‌ناپذیر، گزاف و هزینه‌بردارتر از مواقعی است که قبلاً هزینه‌ای جهت جمع‌آوری اطلاعات مفید صرف شود. بنابراین داده‌های لرزه‌نگاری با کیفیت بالا که اطلاعاتی در مورد کیفیت بررسی حجم مخزن، سطح تماس سیالات و حتی مکانیسم رانش مخزن ارائه می‌دهند، در تصمیم‌گیری‌های اولیه و درست، سودمند می‌باشند. به علاوه، اطلاعات لرزه‌نگاری چهاربعدي (4D) جهت توسعه بهینه یک میدان به عنوان یک عامل اساسی و مهم شناخته شده است. بنابراین منابع آب‌های عمیق در فازهایی توسعه داده می‌شوند که اطلاعات اضافی لرزه‌نگاری و نیز کارایی مخزن اجازه دهند که تصمیم‌گیری در مورد توسعه کدام ساختارهای دایمی انجام گیرد.

با استفاده از بررسی داده‌های لرزه‌نگاری سه‌بعدي و چندمولفه‌ای، کارشناسان می‌توانند محل و مسیر چاه‌ها را طوری طراحی کنند که اطمینان حاصل شود، چاه‌های توصیفی و توسعه‌ای مخزن را بیشتر قطع می‌کنند. این عمل باعث کاهش ریسک و عدم اطمینان در طراحی توسعه مخزن می‌شود. یکی از بزرگ‌ترین ریسک‌ها این است که تولید مخزن آنقدر نباشد که انتظار می‌رود، که یکی از دلایل اصلی آن، ساختار داخلی مخازنی است که

به صورت تکه‌تکه باشند.

فن آوری لرزه‌نگاری با کیفیت بالا، به طور روزافزون تصاویر و شاخص‌هایی را ارائه می‌دهد که می‌توان گسل‌ها، درز و شکاف‌هایی را که حرکت سیالات را کنترل می‌کنند، تخصیص داد. حتی می‌توان حرکت خود سیال را با مطالعات لرزه‌نگاری چهاربعدي تشخیص داد. این آگاهی از ساختار مخزن و سیال، ریسک ترک یک مخزن قابل بازیافت را کاهش داده و به کارشناسان اجازه می‌دهد که در طول عمر یک مخزن طرح‌های اقتصادی قابل قبولی را اجرا کنند.

شناخت جریان سیالات مخزن

لرزه‌نگاری چهاربعدي، یک تکنیک موفق در حال رشد می‌باشد که نقش اساسی و موثری در تصمیم‌گیری‌های مدیریت مخزن ایفا می‌کند. به عنوان مثال، شرکت Statoil اخیراً مطالعه Q-on-Q 4D را در میدان Nome دریای شمال انجام داده است (شکل ۲). نتایج برداشت لرزه‌نگاری سه‌بعدي که بعد از کمتر از دو سال از برداشت سه‌بعدي

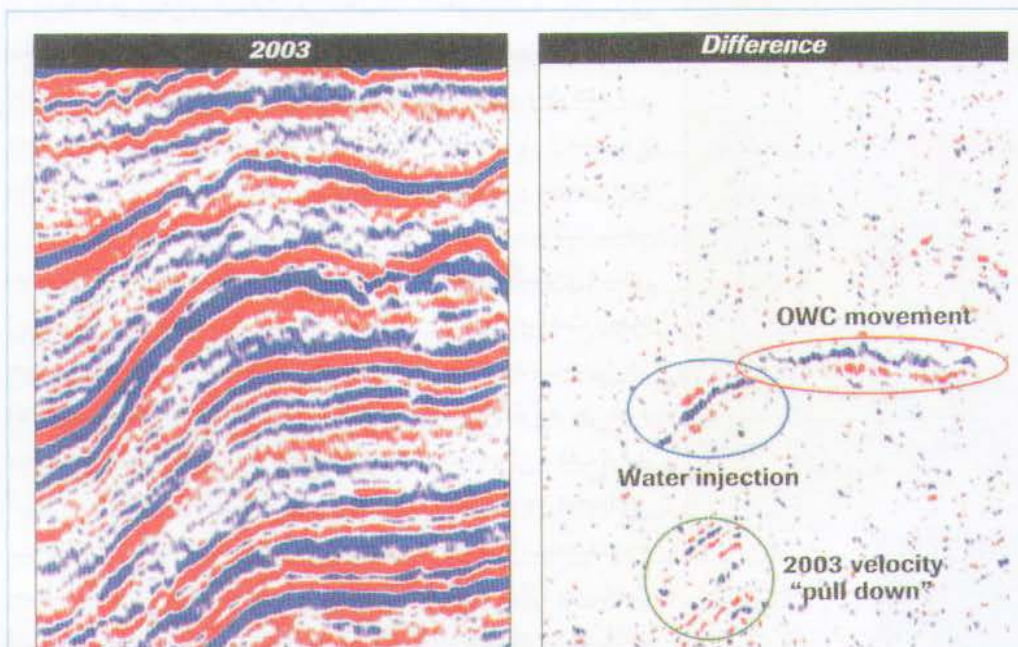
اولیه انجام گرفت، باعث شد که مهندسين، برنامه حفاری را در کمتر از یک ماه بعد از اتمام مطالعه 4D تغییر دهند.

رسیدن به اهداف اجرایی ویژه و کاهش زمان برداشت، پردازش و تفسیر داده‌ها، باعث شده است که 4D از یک تجربه فنی موفق به یک ابزار کاری موفق تبدیل شود.

افزایش ضریب بازیافت

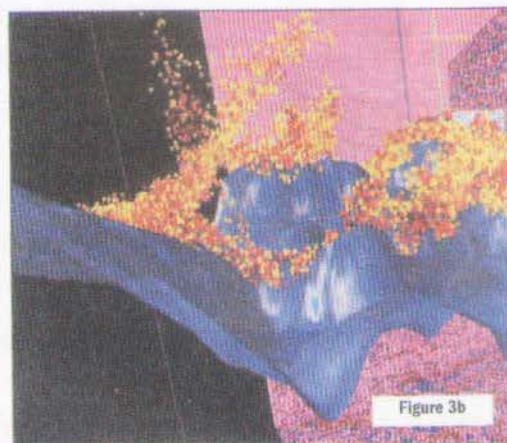
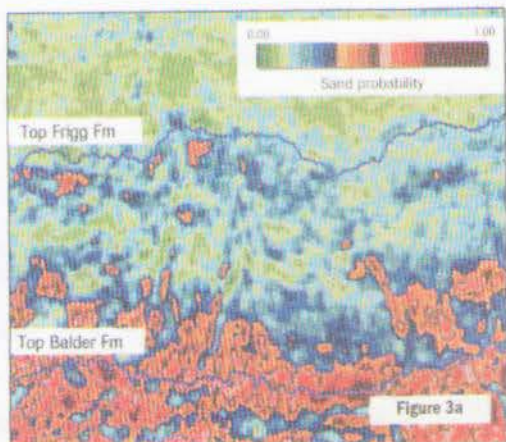
کارشناسان دریافته‌اند که با وجود هزینه زیاد توسعه یک میدان، غالباً افزایش ضریب بازیافت میدان‌های موجود، از ترک میدان و دنبال یک میدان دیگر بودن، اقتصادی‌تر است، سرشت‌نمایی مخزن، شبیه‌سازی و مدل‌سازی آن هسته اصلی مدیریت پیشرفته مخزن می‌باشد. و کیفیت خوب این مدل‌سازی‌ها، باعث موفقیت عملیات حفاری و توسعه میدان و در نتیجه افزایش بازیافت می‌شود.

موقعی که میدان توسعه می‌یابد، هرچاه جدید یک نقطه سنجش اضافی (Calibration point) بوده و اطلاعات با



شکل ۲- در این شکل با استفاده از لرزه‌نگاری 4D تغییرات ایجاد شده در مخزن که ناشی از تولید نفت و تزریق آب می‌باشد به طور واضح دیده می‌شود. این تغییرات دارای نویز نبوده و شامل درجه بالای تکرار پذیری است و اطمینان حاصل می‌شود که این تغییرات در اثر تولید سیال از مخزن ایجاد گردیده است.

علاوه بر آن، افزایش میزان تفکیک زمانی و فاصله‌ای، امکان تهیه نقشه زمین‌شناسی مخزن با جزئیات بیشتر را میسر ساخت و برای اولین بار نقشه توده‌های ماسه‌ای منحصراً به فرد در این



شکل ۳- با استفاده از داده‌های لرزه‌نگاری و نمودارهای چاه پیمایی و ایجاد رابطه بین شاخصه‌های لرزه‌ای و سنگ‌شناسی، در شکل 3a مقطع میزان احتمال وجود ماسه تهیه گردیده است. در شکل 3b که بصورت سه بعدی می باشد، پیچیدگی احتمالی توده‌های ماسه‌ای تزریقی مشهود است.

مخزن تهیه شد. این کار میزان اطمینان طراحی چاه‌ها را به مقدار زیاد افزایش داده و ممکن است که عمر اقتصادی میدان را طولانی کند.

خلاصه

هر حوضه تولیدی هیدروکربوری، فرصت‌ها و چالش‌های مخصوص به خود را دارد. استفاده از روش‌های لرزه‌نگاری مدرن باعث افزایش ارزش خالص فعلی میدان شده و می‌تواند در حل مشکلاتی همچون تعیین مقدار صحیح تجهیزات و امکانات، بهینه‌سازی حفاری‌های تکمیلی و شناسایی مناطق انشعابی کمک کنند. تکنیک‌های لرزه‌نگاری که کارشناسان انتخاب نموده و مورد استفاده قرار می‌دهند، در واقع بیانگر نیاز آنها و خصوصیات میدان می‌باشد. در مناطقی که هنوز مورد اکتشاف واقع نشده‌اند، لرزه‌نگاری یک ابزار اجتناب‌ناپذیر برای اکتشاف و شناسایی می‌باشد. اما در میادین نفتی در حال تولید و توسعه، فن‌آوری‌های لرزه‌نگاری نوین مطرح‌شده و به‌عنوان یک ابزار انعطاف‌پذیر برای بهینه‌سازی و مدیریت مخزن به کار می‌روند.

John Waggoner,
Senior Reservoir Engineer, WesternGeco
Steve Pickerng,
Reservoir Services, WesternGeco
منبع: Hart's E&P Magazine, January 2004

مخزن توسط مطالعات لرزه‌نگاری سه بعدی دقیق، می‌توان آخرین مراحل برنامه‌های توسعه را شتاب بخشید. به کمک اطلاعات لرزه‌نگاری مخزن، گروه‌های بررسی قادر به شناسایی نقاط کوچک تجمع هیدروکربن در مخزن می‌باشند که با هزینه‌های جانبی کمتر قابل بازیافت می‌باشند. همچنین، با استفاده از همان اطلاعات لرزه‌نگاری، می‌توان جهت اکتشاف مناطق نزدیک مخزن و پیدا کردن هیدروکربن در یال‌ها، دامنه‌ها، و لایه‌های بالا و پایین مخزن با کمترین هزینه اقدام کرد. این گونه بررسی‌ها، طول عمر مخزن را افزایش داده و امکان استفاده کامل از تجهیزات تولیدی موجود را می‌دهد و نیز هزینه‌های ترک مخزن را کاهش داده و باعث افزایش درآمدها می‌شود.

در یکی از میادین واقع در ناحیه برنت دریای شمال، یک پروژه جهت توسعه مطالعات سرشت‌نمایی ناحیه درون چاه و نهایتاً ردیابی هیدروکربن‌های انشعابی اجرا شد، که در صورت موفقیت‌آمیز بودن، به افزایش بازیافت مخزن و طول عمر اقتصادی میدان کمک می‌کند. نتایج پردازش و برگردان لرزه‌ای با داده‌های چاه موجود کاملاً همخوانی داشته و باعث اطمینان بیشتر به نتایج برگردان لرزه‌ای شد.

ارزش در مورد مشخصات تولید آن میدان ارایه می‌دهد.

در شکل‌های 3a و 3b با استفاده از اطلاعات لرزه‌نگاری و نمودارهای پتروفیزیکی، ارتباط بین شاخص‌های لرزه‌نگاری و سنگ‌شناسی ایجاد شده است که شکل 3a، مقطع میزان احتمال وجود ماسه را نشان می‌دهد. در شکل 3b که به صورت سه بعدی می‌باشد، پیچیدگی احتمالی توده‌های ماسه‌ای تزریقی مشهود می‌باشد و نشان می‌دهد که برای تهیه و نمایش این گونه حالت‌ها، نیاز به داده‌های لرزه‌نگاری با کیفیت بالا می‌باشد. اینچنین وضعیت‌هایی به نظر می‌رسد که به محل اصلی مخزن ارتباط داشته باشد، ولی ممکن است که با الگوی چاه‌های موجود این حالت‌ها دیده نشوند. بنابراین، جهت افزایش ضریب بازیافت در این میدان، ممکن است تغییر استراتژی توسعه میدان لازم باشد که این امر شاید شامل حفاری یک چاه جدید یا چاه انحرافی باشد. این گونه تصمیم‌گیری، فقط با اطمینان کردن به سرشت‌نمایی امکان‌پذیر می‌باشد.

به تاخیر انداختن هزینه‌های ترک مخزن

در دوره‌های پایانی عمر یک مخزن، با تعیین خصوصیات سنگ و سیالات