

خصوصیات مخازن کربناته

کار مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آنجا که بافت سنگ داده‌ای پتروفیزیکی به دست آمده از مغزه‌ها و لاگ‌های ژئوفیزیکی یک بعدی هستند، یک چهارچوب زمین‌شناختی برای توزیع داده‌ها در فضای سه بعدی فراهم می‌شود.

در گذشته مدل‌های زمین‌شناختی به وسیله مشخص کردن رخساره‌های رسوبی از مغزه‌ها و سپس توزیع آن رخساره‌ها به وسیله مدل‌های رسوبی براساس فرآیندهای رسوبی کربناته جدید صورت می‌گرفت. به هر حال مخازن توصیف شده در این روش جزئیات کافی برای نشان دادن ناهمگنی مخازن کربناته را ندارد و تطابق‌های رخساره از چاه به چاه اغلب مطمئن نیست. پیشرفت روش‌های چینه‌نگاری توالی‌ها (Sequence Stratigraphy) به مقدار زیادی دقت تطابق‌های چاه به چاه را افزایش می‌دهد و مقیاس‌های اساسی را برای ناهمگنی مخزن فراهم می‌کند.

چینه‌نگاری توالی‌ها روشی است که برای تعیین و تطابق سطوح زمان (سطوح زمان - چینه‌ای Chronostratigraphic Surfaces) از چاه به چاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آنجا که یک سطح ویژه زمان چینه‌ای ممکن است در هر چاهی در مخزن یافت شود این روش از اهمیت خاصی برخوردار است. چنین مسأله‌ای برای رخساره‌ها و لیتولوژی‌های رسوبی صدق نمی‌کند و فرض این که رخساره‌ها و لیتولوژی‌ها به طور پیوسته هستند ممکن است باعث ساختن مدل‌های مخزن اشتباه شود. شش رخساره‌ای (System tracts) و چرخه‌ها (Cycles). تطابق دسته‌های چینه - زمانی بزرگ مقیاس تر توالی (Sequence) نامیده می‌شود که به وسیله داده‌های لرزه‌نگاری می‌توان به آن دست یافت. تطابق دسته‌های کوچکتر (به طور مشخص ضخامت بین ۳۰-۳ ft) چرخه نامیده می‌شود که براساس مغزه و داده‌های لاگ‌های ژئوفیزیکی است. تمام این مقیاس‌ها در توسعه زمین‌شناختی مهم هستند. مهمترین مقیاس برای تعیین ناهمگنی مخزن مقیاس چرخه است. به طور مشخص یک چرخه از توالی عمودی بافت‌هایی تشکیل شده‌اند که از پایین عبارتند از بافت گل فزون (وکستون و پکستون گل فزون) که به سمت بالا ندریجا به بافت دانه فزون (پکستون دانه فزونی و گرین استون) تبدیل می‌شود. برای ایجاد یک مدل مخزن، بافت‌های سنگ به لایه‌های جریانی داخل یک چهارچوب چرخه‌ای از یک مدل زمین‌شناسی گروه‌بندی می‌شوند. به طور مشخص دو گروه لایه‌های جریانی بافت سنگ در هر چرخه‌ای وجود دارد (شکل ۱-). این لایه‌های جریانی عناصر اساسی مدل مخزنی هستند. روش‌های زمین‌آمار (Geostatistic) جدید برای تعیین کیفیت و مدل‌سازی تفاوت‌ها در ۳D،

در ۱۵ سال گذشته، روش‌ها و فن‌آوری‌ها در زمینه پیش‌بینی عملکرد مخازن کربناته، توسعه یافته است. این روش‌ها در پی آن است که چرا بیش از نیمی از نفتی که تحت تزریق آب قرار می‌گیرد در مخزن باقی می‌ماند. تلاش‌ها برای شبیه‌سازی این مسأله به دلیل ناهمگنی زیاد مخازن کربناته با شکست مواجه شد. ناهمگنی زمین‌شناختی و پتروفیزیکی مخازن کربناته از مشخصه‌هایی است که آن را از مخازن تخریبی جدایی می‌کند.

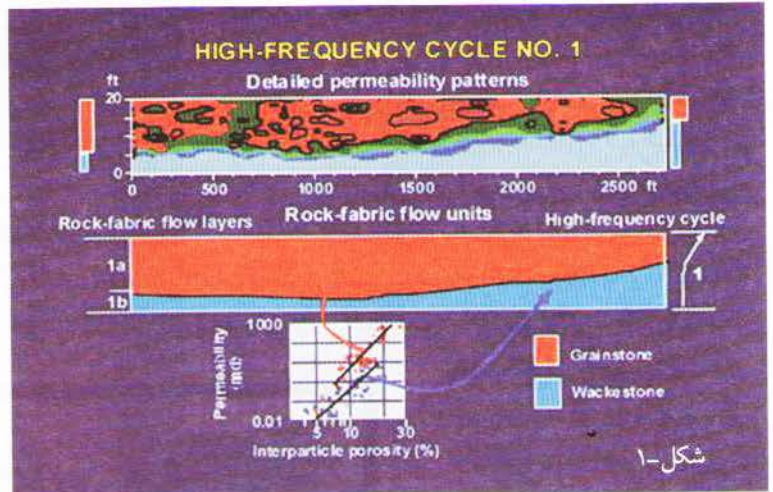
ایجاد مدل‌های سه بعدی برای پیش‌بینی عملکرد مخزن نیاز به مهارت‌هایی در زمین‌شناسی، ژئوفیزیک، پتروفیزیک، نمودارهای ژئوفیزیکی، زمین‌آمار و مهندسی مخزن دارد. تصاویر سه بعدی زمین‌شناسی به وسیله مغزه، لاگ‌ها و داده‌های ژئوفیزیکی ایجاد می‌شوند. خصوصیات پتروفیزیکی به دست آمده از مغزه، لاگ‌های ژئوفیزیکی و داده‌های تولید وارد مدل زمین‌شناسی می‌شوند و به همراه خصوصیات پتروفیزیکی و اطلاعات زمین‌آمار پیشرفته و روش‌های ژئوفیزیکی، این مدل در یک شبیه‌سازی عددی قرار می‌گیرد و برای آزمایش و پیش‌بینی عملکرد آینده مخزن استفاده می‌شود.

ناهمگنی شدید پتروفیزیکی در مخازن کربناته به طور واضح در آنالیز داده‌های مغزه به صورت منحنی مقاطع تخلخل تراوایی مشخص است. تحقیقات نشان داده است که بافت سنگ، ناهمگنی پتروفیزیکی را کنترل می‌کند. در رخساره‌های بافت سنگ تخلخل و تراوایی تطابق فضایی کمی دارند و دارای محدوده وسیعی است. بنابراین رخساره‌های فابریک سنگ از عناصر اساسی برای تعیین خصوصیات مخزن کربناته است. بافت‌های سنگ توصیف‌کننده‌های زمین‌شناختی هستند که اندازه فضای خالی را براساس اندازه ذرات و جورشدگی، تخلخل بین دانه‌ای و انواع تخلخل واگی مشخص می‌کند. فابریک‌های اصلی سنگ آهک عبارتند از گرین استون، پکستون دانه فزون و فابریک‌های گل فزون.

رخساره‌های سنگی دولستون به هم شبیه هستند ولی اندازه کریستال‌های دولومیت که عامل اضافه‌کننده تخلخل است نیاز به توصیف دارد. ساختن مدل‌های مخزنی که شامل فابریک‌های پیچیده‌ای مثل شکستگی و فابریک‌های کارستی شکل است، موضوع این بحث خواهد بود. بافت سنگ خود دارای تخلخل و تراوایی ویژه‌ای است که قرار گرفتن عمودی رخساره‌های بافت‌های سنگ به همراه تخلخل بین دانه‌ای، پارمترهایی هستند که به وسیله آنها تراوایی را در چاه‌های بدون مغزه می‌توان تخمین زد. مشکل لاگ‌های ژئوفیزیکی، تعیین تخلخل بین دانه‌ای و تعیین بافت سنگ است که به عنوان داده برای محاسبات تخلخل و تراوایی لازم است. لاگ‌های تخلخل، صوتی، مقاومتی و اشباع برای این

واریوگرافی (Variography) و شبیه‌سازی اتفاقی (Stochastic) نامیده می‌شود که به ترتیب برای این هدف استفاده می‌شوند.

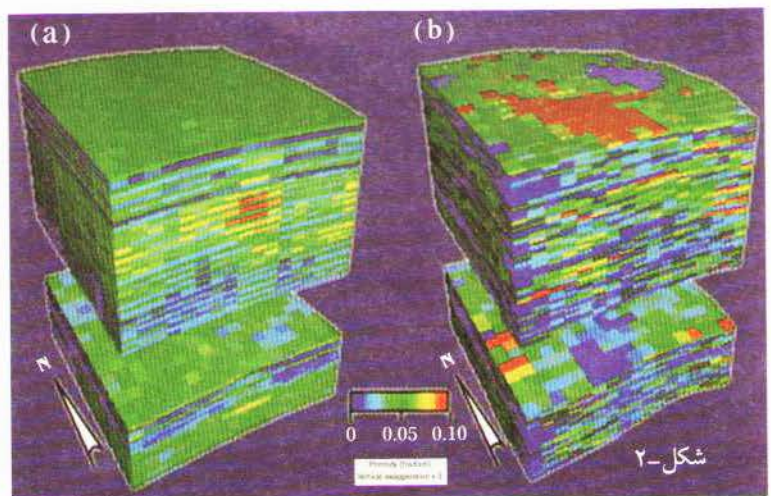
شکل ۱- نقشه تراوایی یک چرخه فراوان که تنوع زیاد تراوایی را در گرین استون و تراوایی کم را در وکستون نشان می‌دهد. تراوایی تطابق فضایی کمی را در واحدهای بافت‌های سنگ نشان می‌دهد. این چرخه به دو دسته لایه‌های جریان تقسیم می‌شود. یک لایه جریانی گرین استون بالایی و یک لایه جریانی وکستون پایینی برای ایجاد مقادیر تراوایی زیاد و کم.



شکل ۱-

همان‌طور که شکل ۲ نشان می‌دهد مدل مخزن (South Wasen Clear Fork-SWCF) از یک سری لایه‌های جریانی تشکیل شده که به وسیله خصوصیات پتروفیزیکی مشتق از لاگ‌های ژئوفیزیکی و چارچوب چینه‌نگاری توالی‌ها به وجود آمده است. مزیت این مدل بر مدل‌های دیگر این است که لایه‌ها به‌طور اختیاری تعریف می‌شود و لایه‌هایی هستند که طبیعت و ساختار زمین‌شناختی در آن حفظ می‌شود.

شکل ۲- شبیه‌سازی اتفاقی شرطی (Conditional Stochastic) از



شکل ۲-

a میانگین تخلخل شبکه بلوکی SWCF و b شبیه‌سازی زمین آماری سنتی تخلخل SWCF. لایه‌های مدل در a، لایه‌های بافت سنگ کاملاً می‌تواند چینه‌نگاری را دوباره ایجاد کند. لایه‌های مدل در b دلخواه است و این مدل کمتر سازمان‌یافته است اما به‌طور آماری دارای تنوع همگن‌تری است.

آخرین تست مربوط به مدل مخزنی مقایسه بارخمون است چون یک تصویر واقعی از فضای بین چاهی فقط در رخنمون مشخص می‌شود. مدل مخزن با نرم‌افزارهای کارآمدی ساخته می‌شود که می‌تواند تصویر 3D ارائه کند. این تصاویر برای تصمیمات مدیریت مخزن و ورود اطلاعات به شبیه‌ساز استفاده می‌شوند.

از آنجایی که این مدل‌ها به‌طور نرمال برای ورود به شبیه‌ساز خیلی جزئی هستند، روش‌های بزرگ و کوچک کردن مقیاس برای کاهش پیچیدگی این روش‌ها باید صورت بگیرد. یک نیمرخ از تولید میدان شبیه‌سازی می‌شود و نتایج با تاریخچه آن میدان مقایسه می‌شود. وقتی تاریخچه رضایت بخشی از آن به دست آمد و با نتایج آن جور شد آن مدل می‌تواند برای پیش‌بینی عملکرد آینده مخزن و تصمیم‌گیری‌های اقتصادی آن استفاده شود. برای احراز موفقیت در تعیین خصوصیات مخزن زمین‌شناسان ژئوفیزیک‌ها، پتروفیزیک‌ها، متخصصین زمین‌آمار و مهندسين مخزن باید در تمام مراحل کار همکاری کنند. وظیفه زمین‌شناس این است که یک

چارچوب چینه‌نگاری توالی‌ها بسازد که در آینده داده‌های پتروفیزیکی نیز به آن اضافه شود. مهندس مخزن باید با زمین‌شناس در مورد انواع داده‌های ضروری و غیر ضروری در مورد شبیه‌سازی عددی مشورت کند. وظیفه پتروفیزیک این است که داده‌های پتروفیزیکی صحیح را جمع‌آوری کند و به‌طور سیستماتیک در چارچوب چینه‌نگاری بگنجانند. مهندسين مخزن، لایه‌ها و واحدهای جریان را بر اساس رخساره‌های بافت سنگ که زمین‌شناس و پتروفیزیک تهیه کرده‌اند تعریف می‌کنند. زمین‌شناس و پتروفیزیک به‌هر حال باید با زنجیره‌های زمین‌شناختی در منطقه لایه‌های جریان سروکار داشته باشند. وظیفه پتروفیزیک تبدیل داده‌های لرزه‌ای به تخلخل است که با استفاده از اطلاعات چینه‌نگاری (توسط زمین‌شناس) و داده‌های پتروفیزیکی (تهیه شده توسط پتروفیزیک) انجام می‌گیرد. وظیفه متخصص زمین‌آمار و مهندس مخزن پر کردن فضای بین چاهی با خصوصیات پتروفیزیکی است که از داده‌های زمین‌شناختی، پتروفیزیکی و لرزه‌ای استفاده می‌شود. سپس مهندسی مخزن مدل مخزن نهایی را که توزیع سه‌بعدی خصوصیات پتروفیزیکی را نشان بدهد بنامی کند.

اگر به‌طور فنی نظم و ترتیب در هر مرحله رعایت شود محصول نهایی، یک تصویر سه‌بعدی از مخزن است که برای پیش‌بینی

دقیق آن مناسب است. ■