

معرفی پارامترهای موثر در انتخاب سیالات حفاری

مهدی عاقبتی، دانشجوی کارشناسی ارشد اکتشاف معدن
دانشگاه شهید باهنر کرمان

مقدمه

سیالات حفاری ۵ تا ۱۵٪ هزینه‌های حفاری را در برمی‌گیرند. اما ممکن است سبب ۱۰۰٪ مشکلات حین حفاری و بهره‌برداری شوند. انتخاب مناسب سیال حفاری فاکتور مهمی در موفقیت عملیات حفاری می‌باشد. معیار انتخاب سیال حفاری در چندسال اخیر تغییر کرده است. امروزه دیگر عملکرد سیال حفاری تنها معیار تعیین‌کننده سیال حفاری نیست بلکه پارامترهایی نظیر سنگ‌شناسی، هیدرولیک، دما، فشار، نوع چاه، پروفیل چاه، اندازه چاه و لوله‌گذاری، عمق چاه، محدودیت‌های تدارکاتی و زیست‌محیطی نیز در انتخاب سیال حفاری مهم هستند. تمام این ملاحظات نهایتاً باید با مخارج و هزینه‌های آن به تعادل برسند. در این مقاله به بررسی عوامل موثر در انتخاب صحیح سیالات حفاری می‌پردازیم.

نوع چاه

انتخاب مناسب یک سیال حفاری در نهایت براساس نوع، کیفیت و کمیت اطلاعات سنگ‌شناسی موجود صورت می‌گیرد و چاه‌های توسعه‌ای اطلاعات بیشتری نسبت به چاه‌های اکتشافی دارند. وجود یا فقدان اطلاعات مناسب و قابل اطمینان در انتخاب صحیح سیال حفاری بسیار موثر است.

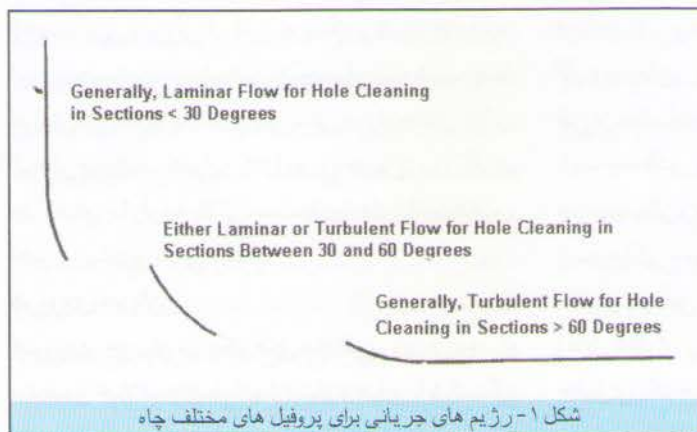
پروفیل چاه

پروفیل چاه تعیین می‌کند که کدام خاصیت یا خصوصیات سیستم سیالات حفاری بحرانی هستند و کدامشان کمترین اولویت را دارند. خصوصیات سیالات حفاری و مشخصات جریان‌ی مختلفی برای چاه‌های قائم نسبت به چاه‌های جهت‌دار یا افقی لازم می‌باشد (شکل ۱). پروفیل یا زاویه چاه، خواص جریان‌ی مورد نیاز را برای بهینه‌کردن تمیزکاری مشخص می‌کند. چاه‌های با زاویه بالا ممکن است به مواد چرب‌کننده بیشتری نیاز داشته باشند.

پارامترهای موثر در انتخاب سیالات حفاری

سنگ‌شناسی

ترکیب و نحوه قرارگیری مینرال‌ها در سازند و شیمی رس‌های سازند، ترکیب و شیمی گل را مشخص می‌کند. برای مثال در سازندهای با نفوذپذیری بالا از مواد کنترل‌کننده هدرروی سیال بیشتر استفاده می‌شود و در سازندهای دارای رس از موادی استفاده می‌شود که از تورم رس‌ها جلوگیری کند.



فشار سازند و مقاومت سنگ

فشار حفره‌ای سازند، مینیمم وزن گل لازم برای جلوگیری از فوران چاه را مشخص می‌کند. گرادیان مقاومت شکست سنگ نیز ماکزیمم وزنی را که چاه بدون شکست می‌تواند تحمل کند، نشان می‌دهد.

دانسیته

خاصیت اصلی سیال حفاری برای کنترل فشار سازند و پایداری چاه، دانسیته است. دانسیته‌های بالاتر سیالات حفاری به تمیزکاری چاه کمک می‌کند و تحت بعضی شرایط می‌تواند لایروبی رشته حفاری و گیرافتادن لوله را کاهش دهد. علاوه بر آن بالا بودن دانسیته سیالات حفاری می‌تواند سبب هرزروی جریان، گیرافتادن تفاضلی، افزایش نفوذ فیلترات به سازند و کاهش سرعت حفاری شود.

برای چنین سازندهایی یک رنج عملیاتی اطمینان بخش از دانسیته سیال حفاری وجود دارد. اگر دانسیته گل زیر این محدوده باشد ممکن است چاه فروبریزد یا سیالات سازند به درون چاه وارد شوند. اگر دانسیته از این حد فراتر رود ممکن است سازند چاه به طور هیدرولیکی شکسته شود و هرزروی جریان روی دهد (شکل ۲).



محدوده دانسیته گل مطلوب بستگی به وضعیت تنش (جهت‌گیری و بزرگی) مقاومت سنگ و شیب چاه دارد. این محدوده عملیاتی همچنان که شیب چاه افزایش می‌یابد به علت افزایش تنش در زاویه‌های بالاتر، کاهش می‌یابد. بنابراین کنترل و برنامه‌ریزی وزن گل در چاه‌های با زاویه بالاتر نسبت به چاه‌های قائم، دقت و اهمیت بیشتری را می‌طلبد.

هرزروی جریان

هرزروی جریان در مکان‌های مختلفی روی می‌دهد که به طور خلاصه عبارتند از: سازندهای با شکستگی طبیعی، سازندهای غیرتراکم، سازندهای با

نفوذپذیری بالا، سازندهای حفره‌ای و غارهای زیرزمینی، سازندهای با شکستگی‌های القاء شده. با شناخت نوع سازند مورد حفر و مکان هرزروی انتخاب افزودنی‌های مختلف برای کنترل هرزروی جریان به راحتی صورت می‌گیرد. نکاتی را که می‌توان برای کنترل هرزروی مورد توجه قرارداد عبارتند از:

۱. نگاه داشتن فشار ته چاهی در زیر فشار سازند
۲. پایین آوردن دانسیته گل
۳. تولید یک فیلتر کیک نازک بر روی دیواره چاه
۴. کنترل سرعت چرخش گل
۵. کنترل سرعت رشته حفاری حین ورود و خروج

تراکم پذیری یا تراکم ناپذیری

سیالات حفاری می‌توانند تراکم‌ناپذیر (آب یا روغن) یا تراکم‌پذیر (هوا، کف و مه) باشند. سیالات به دو دسته نیوتنی و غیرنیوتنی تقسیم می‌شوند. سیالات نیوتنی (مانند آب، آب شور، گلیسرین، روغن‌های سبک، اسیدها و ترکیبات بیوپلیمری رقیق) در درون رشته حفاری و فضای حلقوی معمولاً جریانی متلاطم دارند. سیالات غیرنیوتنی (گل حفاری، ژل‌های چگال و ژل‌های مختلط) که به طور شاخص ظرفیت حمل جامدات بهتری دارند، معمولاً در درون رشته حفاری جریانی متلاطم و در فضای حلقوی جریانی آرام دارند. سیالات تراکم‌ناپذیر در عملیات‌هایی استفاده می‌شوند که نیترورژن، هوا، کف یا غبار حضور دارد. نیترورژن غالباً گزینه مناسبی است زیرا غیرفعال، غیرسمی، ساکن و نسبتاً غیرمحلوس است. نیترورژن به طور شاخص برای بالا آوردن جامدات از چاه‌های کم‌فشار و حساس به مایعات استفاده می‌شود. کف‌ها شامل فازگازی و مایع می‌باشند و قابلیت معلق‌سازی جامدات خوبی دارند (حدود ۱۰ برابر مایعات یا ژل‌ها).

گل و سیمان

قبل از عملیات سیمان‌کاری خصوصیات سیال حفاری باید به منظور سازگاری و مینیمم کردن اختلاف دانسیته بین سیمان و سیال حفاری تنظیم شود. درجایی که پیوستگی سیمان مناسب نیست، استفاده از سیال حفاری پایه آبی شور و کم‌چامد پیشنهاد شده است.

زمان حفاری

حفاری یک چاه افقی نیاز به معیارهای انتخاب سیال حفاری مختلفی نسبت به یک چاه قائم دارد. مهمترین

۴. فیلتر کیک‌های عادی و معکوس: حرکت ذرات کوچک موجود در فیلترات گل و یا سیالات سازند، پل‌هایی را بر روی حفرات ایجاد می‌کنند که باعث کاهش نفوذپذیری می‌شوند.

۵. هیدراسیون رس: هیدراسیون رس‌ها باعث تورم رس‌ها و سیلت‌ها در ماتریکس سنگ می‌شود که از نفوذپذیری و پایداری چاه می‌کاهد.

۶. نفوذ جامدات: با نفوذ جامدات به حفرات، تخلخل سنگ پرمی‌شود و در نتیجه نفوذپذیری کاهش می‌یابد.

۷. مکانیکی: اثر متقابل رشته حفاری با دیواره چاه سبب خردشدن چاه می‌شود و در نتیجه نفوذپذیری منطقه اطراف چاه کاهش می‌یابد و از پایداری چاه کاسته می‌شود.

۸. فرسایش چاه: فرسایش چاه باعث بزرگ شدن چاه می‌شود، در نتیجه به‌طور موثری ظرفیت تمیزکاری چاه به‌علت تجمع خرده‌ها کاهش می‌یابد.

۹. اثرات شوری: اختلاف شوری بین فیلترات سیال حفاری و سیال سازند، فشار موئین و نیروهای اسمزی را تغییر می‌دهد.

۱۰. خسارت بیولوژیکی: باکتری‌ها می‌توانند به خلل و فرج سنگ وارد شوند و پس از مرگ تخلل سنگ را ببندند که در نتیجه نفوذپذیری سنگ را کاهش می‌دهند.

بعضی از این مکانیزم‌های خسارت به سختی قابل کنترل هستند. کنترل یک خصوصیت سیال حفاری می‌تواند یک نوع مکانیزم خسارت را مینیمم کند و ممکن است به‌طور معکوس دیگر خواص را تحت تاثیر قرار دهد. برپایه سنگ‌شناسی سازند و مکانیزم تولید، کنترل مکانیزم‌های مختلف خسارت تعیین می‌شود. در نهایت تست سازگاری سیال و سازند به منظور فرمول‌بندی مناسب سیال حفاری، انتخاب افزودنی و طراحی برنامه هیدرولیکی لازم است.

کاهش خسارت سازند می‌تواند با استفاده مناسب از افزودنی‌های گل (جامدات یا مواد شیمیایی) به‌دست‌آید. افزودنی‌های جامد می‌بایستی محلول یا قابل زدودن باشند. افزودنی‌های شیمیایی باید نسبت به ترکیبات مختلف سازند نظیر سیالات سازند غیرفعال

نکته این است که برای چاه‌های افقی بخش بیشتری از چاه در مخزن قرار دارد در صورتی که تنها بخش کوتاهی (ضخامت مخزن) از چاه‌های قائم در مخزن حفاری می‌شود. بنابراین در چاه‌های افقی بخش تولیدی مخزن در مجاورت سیالات حفاری قرار می‌گیرد و دانسته چرخشی گل (ECD) با طول‌های افقی بلندتر، افزایش می‌یابند. بنابراین چاه‌های افقی، معمولی و با قطر کم باید با یک سیال تکمیل‌کننده به‌منظور مینیمم کردن احتمال اثرات ناسازگار افزودنی‌ها حفار شوند.

مینیمم کردن خسارت به سازند

برای ساختن یک چاه قابل استفاده، خسارت به سازند باید در حد مینیمم نگه‌داشته شود. فیلترات گل و جامدات موجود در فیلترات و سیالات سازند می‌توانند سبب خسارت شوند. جامدات خسارت‌زن می‌توانند مواد موجود در گل و کنده‌های حفاری باشند. مطالعات آزمایشگاهی و صحرایی بسیاری برای تعیین انواع و علل مختلف خسارت انجام شده است. این مطالعات نشان داده است که فعالیت‌های مرتبط با حفاری، تکمیل، برانگیختن و تولید می‌توانند سبب خسارت دیدن سازند شوند. بعضی از انواع خسارت می‌توانند قابل کنترل باشند (مانند نفوذ امولسیون‌های جامد محلول) در حالی که دیگر انواع آن پایدار و ماندنی هستند و نمی‌توانند کنترل شوند (مانند واکنش‌های شیمیایی و نفوذ جامدات نامحلول مثل باریت). برخی از انواع خسارت به سازند که با سیالات حفاری مرتبط می‌باشند عبارتند از:

۱. اثرات دما: تغییر دما فعالیت شیمیایی را تغییر می‌دهد که می‌تواند سبب تجزیه مینرالیزاسیون سیمان، ماتریکس، ته‌نشست رسوبات، مینرال‌ها و دیگر ترکیبات موجود در سازند شود. این مساله می‌تواند نفوذپذیری و پایداری چاه را کاهش دهد.

۲. ترشوندگی سازند: ترشوندگی سنگ مخزن از حالت آب‌تر به نفت‌تر از نفوذپذیری نسبی نفت می‌کاهد.

۳. رسوب خرده‌های حفاری: رسوب خرده‌های حفاری می‌تواند ناحیه جریان را ببندد و از نفوذپذیری سنگ بکاهد.

باشند.

انتخاب خواص گل

انتخاب خواص جریانی و فیزیکی سیالات حفاری ضروری است ولی بایستی مشکلات زیر را مدنظر قرارداد:

۱. فرسایش چاه: سیال حفاری باید سرعت سیال نزدیک چاه و تنش برشی روی دیواره سازند را به منظور مینیمم کردن ساییدگی حفره چاه، محدود کند.

۲. پایداری چاه: سیال حفاری باید اثرات ناسازگار شیمیایی و فشار را بر روی سازند به منظور مینیمم کردن ناپایداری چاه، محدود کند.

۳. سیمانکاری: سیال حفاری باید ساختار فیلتر کیک، خواص شیمیایی و دانسیته سیال را برای بالا بردن کارایی جابه جایی گل، مقاومت و پیوند سیمان، کنترل کند.

۴. انتقال کننده ها: سیال حفاری باید دانسیته و ویسکوزیته گل را به منظور دفع خرده های حفاری از زیر سرمه و خارج از چاه، کنترل کند.

۵. گیر کردن تفاضلی: سیال حفاری باید ساختار فیلتر کیک و فشار تفاضلی را برای مینیمم کردن گیر افتادن تفاضلی کنترل کند.

۶. سرعت حفاری: سیال حفاری باید دفع خرده ها را از جلوی سرمه ماکزیمم کند، هد هیدرواستاتیک بیش از اندازه را بر روی سازند مینیمم کند و باعث ایجاد قدرت هیدرولیک مناسبی برای موتورهای ته چاهی شود.

۷. کنترل فیلتراسیون: سیال حفاری باید یک فیلتر کیک نازک، محکم و موثر را برای مینیمم کردن هدرروی فیلترت سیال به زون های نفوذپذیر، به وجود آورد و ترکیب شیمیایی فیلترت را به منظور مینیمم کردن واکنش های شیمیایی ناسازگار با سیالات سازند، کنترل کند.

۸. خسارت سازند: سیال حفاری باید واکنش های شیمیایی مغایر با سیالات سازند، مینرالیزاسیون و هجوم جامدات به درون سازند را محدود کند.

۹. چرب بودن: سیال حفاری باید ضریب اصطکاک بین رشته جداری و سازند یا لوله جداری را مینیمم کند.

۱۰. کنترل فشار: سیال حفاری باید دانسیته گل و فشار هیدرواستاتیک مناسب را برای کنترل فشار حفره ای حفظ کند و استحکام ژلاتینی را به منظور کاهش موج های فشاری (مثبت، منفی) حین راندن یا بیرون آوردن لوله ها در حد مینیمم نگه دارد.

۱۱. نگهداری جامدات: سیال حفاری باید استحکام ژلاتینی و ویسکوزیته را برای معلق سازی خرده های حفر شده و افزودنی ها در زمان ایست جریان گل، کنترل کند.

ملاحظات زیست محیطی

انتخاب نوع سیال حفاری و افزودنی های آن می بایستی هزینه های اقتصادی و ملزومات دفع خرده های حفاری را مدنظر قرار دهد. این ملاحظات باید قبل از همه معیارهای انتخاب مورد توجه قرار گیرد. ملاحظات زیست محیطی بسته به موقعیت چاه بسیار و متنوع هستند. این محدودیت ها منجر به اجتناب از استفاده گل های پایه روغنی، گل های نمکی، گل های با PH بالا یا عمل آمده با کروم در بعضی مناطق می شوند. افزودنی های جدید و انواع ترکیبات روغنی برای مینیمم کردن اثرات زیست محیطی توسعه یافته اند.

هزینه ها

هزینه تکنولوژی گل های حفاری شامل هزینه سیال حفاری، افزودنی ها، هزینه های ساخت و نگهداری و هزینه های دفع گل می باشد.

نباید استنباط کرد که گران ترین و ماهرانه ترین برنامه سیالات حفاری مطلوب ترین است. بسیاری از چاه ها به گل های پیچیده و گران قیمت نیاز ندارند. مثال هایی از گل های کم هزینه را برای مناطق بدون مشکل می توان نام برد: گل های ژلاتینی آب شیرین سبک، گل های لیگنیتی، گل های سبک عمل آمده با لیگنوسولفونات و گل های نشاسته ای آب شور. ■

منابع

1. George R.Gray, H.C.H.Darley, "Composition and Properties of Oil-WellDrillingFluids", 1980.
2. A.A.England, N.Davisll, "The Characterization of a Drilling Fluid Additive", IDAC/SPEDrillingConference, Texas, 1988.
3. Roger Bleier, "Selecting a Drilling Fluid", M-1 Drilling Fluids Co., SPE20986, 1990.
4. B.Bloys, N.Davis, B.Smolen, L.Bailey, L.Fraster, M.Hodder, "DesigningandManagingDrillingFluid", April 1994.
5. "AdvancedExolpatriation Technology Manual", MaurerEngineering INC., 2916 West TC Jester, Houston, Texas 77018-7098, January 2000.