

کاربردهای تکنولوژی حفاری افقی

نویسنده: مهدی عاقبتی - دانشگاه شهیدباهنر کرمان



مقدمه

فکر استفاده از چاه‌های افقی یا جانبی برای افزایش بازدهی و زهکشی سیالات زیرسطحی، جدید نیست. در اوایل دهه ۱۹۲۰ امتیازنامه‌هایی روی وسایل و شیوه‌های حفاری جانبی ثبت شده است. این ابزار پیچیده بوده و هرگز پیشرفت نکردند به طوری که مبنای روش‌های حفاری متداول امروزی نیستند.

ابزار حفاری افقی با شعاع کوچک (۲۰ تا ۴ فوت) به طور گسترده‌ای در دهه ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰ مورد استفاده قرار گرفتند و در دهه ۱۹۵۰ با توسعه «شکست هیدرولیکی» منسوخ شدند.

علاقه به حفاری افقی در اواخر دهه ۱۹۷۰ دوباره از سر گرفته شد. در سال ۱۹۸۵ توسعه ابزارهای حفاری با شعاع متوسط (۲۰۰ تا ۶۰۰ فوت) توسط ARCO و افزایش ۳ تا ۱۰ برابری تولید با استفاده از حفر چاه‌های افقی منجر شد که حفاری افقی پیشرفت کند. تعداد چاه‌های افقی از ۵۰ حلقه در سال ۱۹۸۵ به بیش از ۱۰۰۰ حلقه در سال ۱۹۹۰ رسید. طبق برآوردهای انجام شده تا سال ۲۰۰۰ این مقدار به ۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ رسیده است. امروزه چاه‌های افقی به عنوان جایگزینی

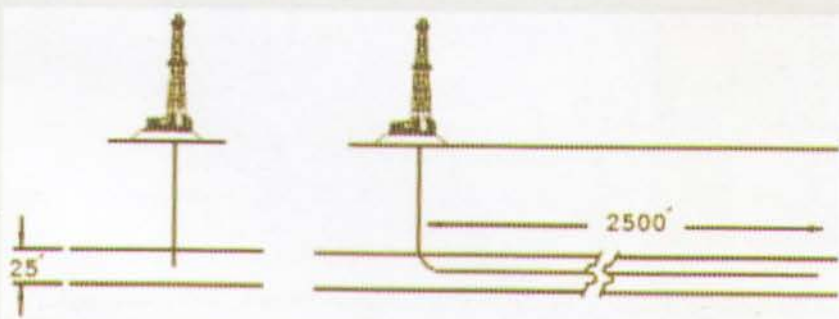
مناسب برای چاه‌های قائم در تمامی مخازن جدید مطرح شده‌اند.

بیشترین تفاوت چاه‌های افقی نسبت به چاه‌های قائم این است که تاثیر عملیات‌های حفاری و تکمیلی را به مقدار قابل توجهی افزایش می‌دهند، قرارگیری بخش افقی چاه یک عنصر اصلی از طراحی تکمیل و استراتژی تولید است. در چاه‌های قائم، تکمیل به طور مشخص ۱ تا ۳٪ کل طول چاه را پوشش می‌دهد و هزینه‌های تکمیل نماینده بخش کوچکی از هزینه‌های چاه است. در چاه‌های افقی، بخش افقی ممکن است نماینده ۸۰٪ کل طول چاه باشد (شکل ۱) و تکمیل حاصله ممکن است بزرگ‌ترین بخش هزینه‌ها را به خود اختصاص دهد.

شکل و نحوه قرارگیری بخش افقی در درون مخزن و همچنین روش‌های استفاده شده، اثر عمده‌ای را بر قدرت تولید چاه در سرتاسر عمر آن دارد. برعکس چاه‌های حفاری قائم استاندارد، در عملیات حفاری یک فاکتور مهم این است که آیا یک چاه افقی به تولید و اهداف بازیابی خود می‌رسد یا نه؟

نیم‌رخ‌های چاه‌های افقی

به طور معمول چاه‌های قائم در فواصل مساوی درون مخازن برای زهکشی بخشی از سیال زیرزمین حفر می‌شوند. اوایل بیشتر توجهات به خصوصیات قائم



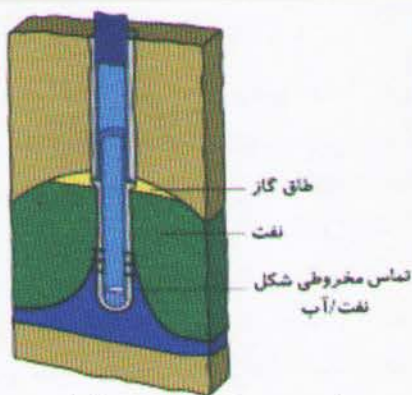
شکل ۱ - قرارگیری بخش بیشتری از یک چاه افقی در مخزن در مقایسه با یک چاه قائم.

مخزن معطوف و دانش کمتری از خصوصیات جانبی مخزن در دسترس بود. بعدها شناخت و اثبات تغییرات جانبی مخازن توسط عملیات تحریک (اسیدکاری، شکست و غیره) یا حفاری های اضافی آشکار شد. همچنین که تغییرات جانبی مخزن بیشتر از تغییرات قائم باعث کاهش تولید چاه می شود. تکنولوژی حفاری افقی از قابلیت جابه جایی چاه درون مخزن به منظور بهره گرفتن از مشخصات سودمند مخزن استفاده می کند. یک جنبه منحصر به فرد تکنولوژی حفاری افقی،

چاه های صاف

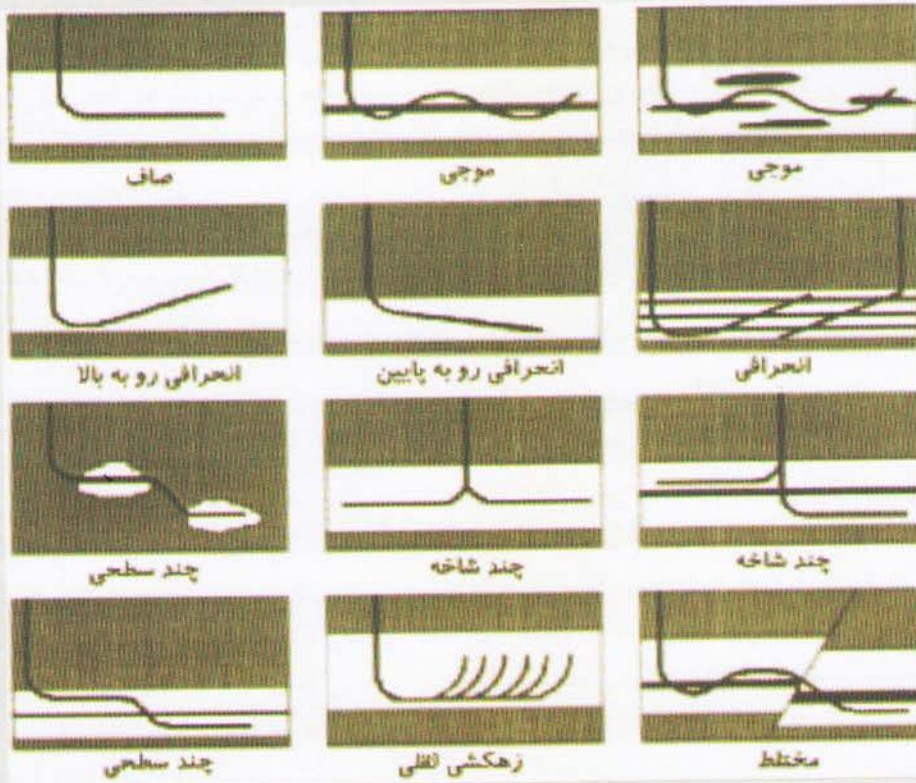
چاه های صاف در مخازن همگن برای از بین بردن مشکل مخروطی شدن گاز و آب حفر می شوند. این نیمرخ ساده ترین مقطع برای طراحی می باشد. تجربه نشان داده است که به دست آوردن یک پروفیل واقعاً صاف تقریباً غیر ممکن است، زیرا مکانیزم حفاری سبب نوسانات و پرش های بلندی در مسیر می شود. تغییر در تماس نیمرخ های آب / نفت یا نفت / گاز در نتیجه پایین آمدن فشار هنگام تولید باعث

مخروطی شدن نیمرخ ها می شود. مخروطی شدن در چاه های قائم با کمی انحراف روی می دهد و توسط خصوصیات سیالات موجود و نسبت نفوذ پذیری افقی به قائم تحت تاثیر قرار می گیرد (شکل ۳)



شکل ۳- مخروطی شدن سطح تماس آب / نفت

قابلیت جای دادن بهینه چاه در درون مخزن برای کم کردن تاثیر خصوصیات افقی و جانبی مخزن است. این موضوع نیاز به شناخت خصوصیات زمین شناسی و مخزن دارد که ویژگی های قائم و جانبی و هدف حفاری چاه را در بر می گیرد. شکل ۲ بعضی از نیمرخ های موجود برای چاه های افقی را نشان می دهد:



شکل ۲- نیمرخ های مورد استفاده برای چاه های افقی

چاه‌های موجی

چاه‌های موجی یا با حرکت نوسانی در مخازن دارای موانع غیر قابل نفوذ که مخزن را به دو یا چند قسمت قائم جدا می‌کنند، حفر می‌شوند. تجربه نشان داده است که چاه‌های موجی می‌توانند در مخازن دارای رگه‌های نفوذناپذیر منفصل یا عدسی شکل مورد استفاده قرار گیرند.

چاه‌های انحرافی روبه بالا

چاه‌های انحرافی روبه بالا در مخازن «کنیف» جایی که مخروطی شدن گاز مشکل عمده است، حفر می‌شوند. همچنین که سطح گاز به سوی پایین حرکت می‌کند و داخل پنجه یا انتهای چاه افقی می‌شود، انتهای چاه می‌تواند بسته شود و تولید خسارت ببیند. این نیمرخ این مزیت را دارد که با تمامی سیالات تماس پیدا می‌کند و اختیار بستن تمام بخش افقی را می‌دهد و در نتیجه چاه از بخش قائم تولید می‌کند. از این پروفیل همچنین در مخازن چند لایه‌ای دارای رگه‌های نفوذناپذیر به منظور دست‌یابی به همه اجزای مخزن استفاده می‌شود. حفاری این پروفیل از نیمرخ موجی راحت‌تر است.

چاه‌های انحرافی روبه پایین

چاه‌های انحرافی روبه پایین در مخازن «کنیف»، جایی که مخروطی شدن آب مشکل عمده است، حفر می‌شوند. همچنین که سطح آب به سوی بالا حرکت می‌کند و وارد پنجه یا انتهای چاه افقی می‌شود، انتهای چاه افقی می‌تواند بسته شود و تولید دچار خسارت شود.

چاه‌های چند سطحی

این چاه‌ها در عدسی‌های ماسه‌ای یا مخازن دارای سدهای نفوذناپذیر استفاده می‌شوند. کنترل مسیر این پروفیل بسیار مشکل است. در این پروفیل هر سطح می‌تواند همچنان که تولید نامطلوب گاز یا آب رخ دهد، بسته شود.

چاه‌های چند شاخه

چاه‌های چند شاخه در مخازنی استفاده می‌شوند که یک بخش افقی بلند مدنظر باشد، اما ممکن است از لحاظ اقتصادی یا فنی رسیدن به آن یا تکمیل دوباره چاه‌های موجود مشکل باشد. این پروفیل طول افقی را به دو بخش قابل دسترس تقسیم می‌کند. شاخه‌ها لزوماً نایستی از لحاظ هیدرولیکی از یکدیگر جدا باشند. قابلیت اجرای آن در بعضی مخازن توسط شعاع ساختمان مورد استفاده دیکته می‌شود. چاه‌های با شعاع کم می‌توانند برش منحنی شکل کاملی را در مخزن یا در زیر طاق گاز داشته باشند. ساختمان‌های با شعاع بزرگ‌تر می‌توانند چند بخش منحنی در بالای مخزن یا در طاق گازی داشته باشند که می‌تواند قابلیت جداسازی را پیچیده کند.

چاه‌های زهکشی ثقیلی

این چاه‌ها در مخازن به اتمام رسیده استفاده می‌شوند. این چاه‌ها در نزدیکی بخش تحتانی مخزن به منظور ماکزیمم باز یابی حفر می‌گردند. شاخه‌های عمودی یا شعاعی می‌توانند برای کمک به زهکشی در مخازن روی هم قرار گرفته یا مخازن با نفوذپذیری پایین استفاده شوند.

چاه‌های مختلط

این چاه‌ها بیش از یک شکل چاه را با هم ترکیب می‌کنند و در مخازن با زمین‌شناسی پیچیده استفاده می‌شوند که طول آنها ممکن است به طور قابل توجهی نسبت به طول طرح ریزی شده چاه تغییر کنند. چاه‌های مختلط برای موقعیت‌های بهینه چاه در مخزن لازم هستند. به هر حال با افزایش پیچیدگی چاه، خطر و هزینه نیز افزایش می‌یابد.

شکل چاه یک عنصر طراحی مهم در چاه‌های افقی است و می‌بایستی با بالابری مصنوعی، تکمیل و افزایش بازدهی نفت (EOR) تطابق داشته باشد. شکل‌های پیچیده چاه ریسک و هزینه را زیاد می‌کند، در نتیجه استفاده از طرح‌های ساده در یک میدان، قبل از تلاش بیشتر برای اشکال سنتی مقرون به صرفه است.

کاربرد چاه‌های افقی

۱. کاربرد اصلی چاه‌های افقی کم کردن و به تاخیر انداختن پدیده مخروطی شدن گاز و آب و در نتیجه از بین بردن اثرات مغایر با تولید و اقتصاد است. چاه‌های افقی بیشتر در محیط مخزن قرار می‌گیرند و اجازه سرعت تولید بیشتر را در افت فشارهای پایین‌تر می‌دهند.

۲. چاه‌های افقی در تقسیم شکستگی‌های قائم موجود در مخازن شکسته شده کاربرد گسترده‌ای دارند. با دانش اندکی از جهت‌یابی شکستگی‌ها، چاه‌های افقی می‌توانند برای تقسیم شکستگی‌های متقاطع که معمولاً نمی‌توانند با چاه‌های قائم حفر شوند، استفاده شوند.

۳. مخازن ریفی و کانال‌های ماسه‌ای مانند بیشتر تله‌های چینه‌شناسی، کوچک

هستند و احتمال برخورد با آنها توسط چاه‌های قائم کمتر و مشکل تر است. چاه‌های افقی می‌توانند با کارایی بیشتری در پیدا کردن این مخازن و تولید نفت استفاده شوند.

۴. مشکل اصلی مخازن دارای نفت خام سنگین با نفوذپذیری کم، تولید کم نفت می‌باشد. چاه‌های افقی می‌توانند تولید را با افزایش قرارگیری چاه در مخزن و عمل کردن مانند یک لوله، شعاع زهکشی موثر را افزایش و در نتیجه تولید را زیاد کنند.

۵. چاه‌های افقی می‌توانند برای تولید نفت از سازندهای گسلی مورد استفاده قرار گیرند. این مخازن ساختار زمین‌شناسی خوبی ندارند و باعث گم کردن هدف، هنگام حفاری می‌شوند.

۶. این چاه‌ها همچنین برای تولید «نفت اتیک» از چاه‌های تولیدی که به علت بالا آمدن سطح آب به وجود می‌آیند، استفاده می‌شوند. «نفت اتیک» نفتی است که به صورت پاکت‌هایی از هیدروکربن در بالای تله‌های نفتی جدامی شود. غالباً چاه قائمی برای این کار و به منظور بالا بردن صرفه اقتصادی نیز وارد می‌شود.

۷. چون اطلاعات لرزه‌نگاری اثر معکوسی را بر روی نمک دارند، چاه‌های قائم می‌توانند در پیدا کردن اهداف اطراف گنبد‌های نمکی دچار خطا شوند. در بسیاری موارد از چاه‌های افقی می‌توان برای تایید تفاسیر زمین‌شناسی و اطلاعات لرزه‌ای استفاده کرد.

۸. کاربرد چاه‌های افقی برای ناپیوستگی‌ها شبیه مخازن گسلی است. از این چاه‌ها می‌توان به منظور کاهش تعداد چاه‌های مورد نیاز، برای زهکشی موثر قسمت‌های مختلف مخزن، استفاده کرد.

۹. چاه‌های افقی می‌توانند برای گسترش مخازن در مناطق دور از دسترس، مانند زیر شهرها، زیر آب یا زمین‌های ناهموار، به کار روند.

۱۰. چاه‌های افقی می‌توانند برای حفاری در مناطق با سطح محدود، مانند جزایر یخی یا شنی مورد استفاده قرار گیرند.

۱۱. در مناطق با فوران‌های سطحی دکل نمی‌تواند به اندازه کافی نزدیک چاه فوران‌کننده قرار گیرد. بنابراین این چاه‌ها می‌توانند به عنوان چاه‌های کمکی در فوران‌های سطحی به کار روند.

۱۲. همان‌طور که قبلاً ذکر شد چاه‌های افقی می‌توانند درون مخازن به منظور تولید بهینه قرار گیرند. همچنین می‌توانند برای توسعه بیشتر فرایندهای EOR مورد استفاده قرار گیرند. بسیاری اپراتورها از چاه‌های افقی برای تکمیل و جایگزینی فرایند EOR متداول آنها استفاده می‌کنند.

۱۳. چاه‌های افقی می‌توانند به منظور جبران اثرات زیست‌محیطی خاک‌ها، آب‌ها و غیره، در نزدیکی و یا زیر تصفیه‌خانه‌ها و دیگر امکانات حفار شوند. این چاه‌ها همچنین می‌توانند در انبارهای آشغال برای بازیافت متان تولید شده به وسیله تجزیه این مواد حفار شوند.

۱۴. به منظور ایمنی بیشتر و گسترش

اقتصاد لایه‌های زغال، از چاه‌های افقی به طور موفقیت‌آمیزی برای خارج کردن آب و گاز قبل از معدن‌کاری استفاده می‌شود. به علت این که زغال نفوذپذیری پایینی دارد و بسیار شکسته است، چاه‌های قائم حفر شده برای این اهداف در گذشته موفقیت‌آمیز نبوده است.

۱۵. در مناطقی که چاه‌های اکتشافی قائم بسیار گران هستند، چاه‌های افقی فرعی متقاطع یا دنباله‌ها می‌توانند برای ارزیابی بهتر یک ناحیه حفر شوند. اگر چاه‌های قائم نفت را کشف کنند، چاه‌های افقی فرعی می‌توانند برای مشخص کردن وسعت مخزن و اصلاح خصوصیات مخزن به کار گرفته شوند. □



منابع

1-"ADVANCED EXPLOITATION TECHNOLOGY MANUAL", MAURER ENGINEERING INC., 2916 West TC Jester, Houston, Texas 77018-7098, January 2000.

2- Knoll, R.G. "Optimizing Horizontal Technology" Saskatchewan Section of CIM-Annual Technical Conference, Regina, Saskatchewan, 1988.

3- Adam T. Bourgoyne Jr., Keith K. Millheim, March E. Chenevert, F.S. Young Jr., "Applied Drilling Engineering", 1991.

4-www.Glossary.Oilfield.Slb.Com.