

ارزیابی چاه‌های چندشاخه‌ای و MRC

مورث کاظمی^۱، ربیع الله علمشاهی^۲، شرکت نفت فلات قاره

چکیده

در سال‌های اخیر رشد روز افزون مصرف انرژی و محدود بودن منابع انرژی به‌ویژه منابع هیدروکربنی که سهم عظیمی از انرژی مصرفی جهان را تشکیل می‌دهند، کشورهای تولیدکننده را به سمت تولید صیانتی و حداکثری حتی از مخازن محدود نفت و گاز سوق داده است. از این رو تولیدکنندگان نفت و گاز جهت بهبود راندمان تولید، بهینه‌سازی کل میدان و کاهش سرمایه‌گذاری و هزینه‌های عملیاتی به ایجاد میدان‌های هوشمند^۱ روی آورده‌اند که در توسعه آن‌ها حفاری چاه‌های افقی^۲، چاه‌های افقی توسعه یافته^۳، چندشاخه‌ای^۴ و MRC^۵ اجتناب‌ناپذیر است. [۱] این چاه‌ها نسبت به چاه‌های عمودی سطح تماس بیشتری با مخزن دارند. بنابراین، تولید از آن‌ها دارای راندمان بالاتری است (شکل-۱). به‌طور کلی چاه‌های MRC و چندشاخه‌ای از تولید بالاتر و اقتصادی‌تری نسبت به چاه‌های افقی و عمودی توسعه یافته برخوردارند زیرا در اثر تولید از آن‌ها، افت فشار کمتری ایجاد می‌شود و میزان تولید کلی چاه افزایش می‌یابد [۲].

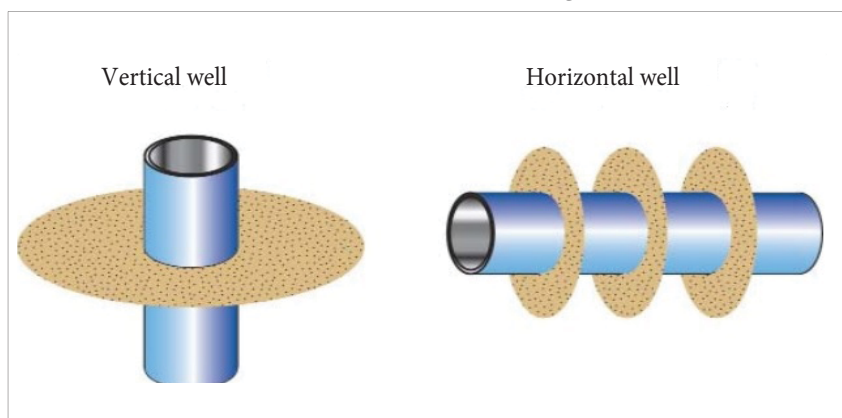
واژگان کلیدی | چاه افقی، چاه افقی توسعه یافته، چاه چندشاخه‌ای، چاه MRC

مقدمه

حفاری کرد که در مجموع ۶۷/۴ کیلومتر با مخزن سطح تماس داشتند. از سال ۲۰۰۴ تا به امروز، به‌جای حفاری چاه‌های جدید MRC، چاه‌های معمولی با این روش گسترش می‌یابند که کاهش تولید آب، کاهش نسبت گاز به نفت^۶ تولیدی و افزایش شاخص تولید^{۱۰} را

و شرکت نفت آرامکو پیش‌رو در صنعت حفاری چاه‌های MRC است. شرکت آرامکو در سال ۲۰۰۲، استراتژی حفاری خود را از چاه‌های افقی به چاه‌های پیچیده‌تر MRC تغییر داد و تا آوریل ۲۰۰۳ هشت حلقه چاه MRC در میدان شیبا^۸ با شکل‌های مختلف

اساس حفاری چاه‌های چندشاخه‌ای و یا ML در دهه ۵۰ میلادی شکل گرفت، اما به دلیل روش‌های ابتدایی حفاری و نبود تجهیزات تکمیل چاه پیشرفته، این نوع چاه‌ها فقط در بعضی از موارد قابل حفاری و کاربردی بودند [۳]. پیشرفت در فن آوری‌های حفاری و تکمیل چاه در دهه ۹۰ سبب افزایش حفاری چاه‌های چندشاخه‌ای شد به طوری که از سال ۱۹۹۲ تا ۱۹۹۶ بیش از ۳۵ حلقه چاه از این نوع در خاورمیانه حفاری گردید. از کشورهای فعال در این زمینه می‌توان به عربستان سعودی، امارات متحده عربی، عمان و قطر اشاره کرد. از پیشگامان حفاری چاه‌های چندشاخه‌ای، دو شرکت آرامکو^۷ و زادکو^۹ را می‌توان نام برد؛ شرکت زادکو پیش‌رو در زمینه حفاری چاه‌های بدون جدار چندشاخه‌ای



۱ | سطح تماس چاه‌های عمودی و افقی با مخزن [۲]

در پی دارد [۴].

۱- چاه‌های چندشاخه‌ای (ML)

به‌طور کلی به چاهی چندشاخه‌ای گفته می‌شود که در آن، بیش از یک شاخه افقی یا تقریباً افقی وجود دارد، به‌طوری که این شاخه‌ها از یک چاه مادر ایجاد شده‌اند و به یک دهانه چاه متصل می‌شوند. امروزه بیش از ۱۰ درصد از ۷۴۰۰۰ چاه جدیدی که سالانه در جهان حفاری می‌شوند، قابلیت حفاری به شکل ML را داراست [۳]. این چاه‌ها به دلیل سطح تماس بیشتر با مخزن نسبت به چاه‌های معمولی، میزان تولید بالاتری دارند. چاه‌های ML به اشکال مختلف حفاری می‌شوند. در شکل ۲- ساختارهای اساسی چاه‌های ML نشان داده شده است.

شرکت‌های عملیاتی اغلب جهت بهره‌برداری از چند سازند، مخزن و یا بخش‌های ایزوله شده‌ی یک مخزن، از چاه‌های ML استفاده می‌کنند. این چاه‌ها به‌طور خاص برای مرتبط کردن ویژگی‌های عمودی و افقی یک سازند از جمله شکستگی‌های طبیعی و مخازن لایه لایه مناسب هستند. مزایا و چالش‌های پیش‌روی چاه‌های ML در زیر آورده شده‌اند [۴]:

مزایا

- ۱- کاهش تأثیرات بر محیط زیست
- ۲- کاهش ریسک زمین‌شناسی
- ۳- صرفه‌جویی در وقت و هزینه

۴- تولید از مخازن غیراقتصادی (مخازن ایزوله یا نازک)

۵- کاهش احتمال تولید آب یا گاز

۶- افزایش دبی و برداشت نهایی از مخزن

۷- کنترل بهتر تزریق و تولید به کمک تجهیزات مناسب

۸- افزایش بازدهی روش‌های ازدیاد برداشت

چالش‌ها

۱- بالا بودن خطرات نصب یا تعویض ابزارها

در طی عملیات حفاری و یا بعد از تکمیل چاه

۲- مشکل بودن کنترل تولید ماسه از شاخه‌ها

۳- مشکل بودن مدل‌سازی و پیش‌بینی به‌دلیل سیستم پیچیده چاه‌های MRC

۴- پیچیدگی در ساختمان

۵- مشکل بودن تحریک^{۱۱} و پاک‌سازی^{۱۲} به‌دلیل وجود پیچیدگی در شاخه‌های چاه

۲- فن‌آوری حفاری چاه‌های ML در ایران

چاه‌های ML در ایران توسط شرکت‌های نفت فلات قاره و مناطق نفت‌خیز جنوب حفاری شده‌اند.

حفاری چاه‌های افقی و ML در میدان‌های عملیاتی شرکت نفت فلات قاره باعث افزایش میانگین تولیدی چاه از ۲۳۰۰ به ۳۴۰۰ بشکه در روز شده است. از جمله میدان‌هایی که این نوع حفاری در آن انجام شده است، میدان مشترک سلمان در خلیج فارس بوده که ۷۰ درصد این میدان متعلق به ایران و ۳۰ درصد آن متعلق به

امارات است. هر دو کشور از چاه‌های ML برای توسعه این میدان استفاده کرده‌اند.

شرکت نفت مناطق نفت‌خیز جنوب اولین چاه ML را در سال ۲۰۰۸ در میدان منصوری حفاری کرد. حفاری ML در این میدان که در ۵۰ کیلومتری جنوب‌شرقی شهر اهواز قرار دارد، سبب افزایش قابل ملاحظه تولید چاه شد.

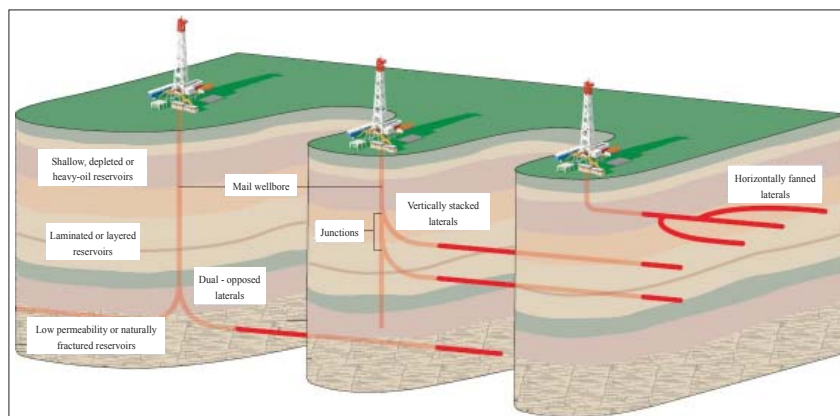
۳- MRC

چاه‌های پیشرفته MRC یک نوع جدید از چاه‌های چندشاخه‌ای هستند که هر روز توجه بیش‌تری به آن‌ها معطوف می‌شود و استفاده از آن‌ها به‌طور مشخص در خاورمیانه در حال رشد است. چاه‌های MRC با ترکیب حفاری چاه‌های ML و ERH ایجاد می‌شوند. همان‌طور که از نام آن مشخص است، هدف، ایجاد بیشترین سطح تماس با مخزن است به‌نحوی که یک چاه MRC بتواند با استفاده از شاخه‌هایش حجم عظیمی از مخزن را پوشش دهد [۳].

طبق تعریف، چاه MRC به چاهی یک‌شاخه یا چندشاخه گفته می‌شود که در مجموع، بیش از ۵ کیلومتر با مخزن تماس داشته باشد. این چاه‌ها نیز دارای مزیت‌ها و چالش‌های چاه‌های ML هستند. به‌طور کلی، ایده استفاده از این چاه‌ها دست‌یافتن به اهداف زیر است [۵]:

- ۱- بهبود تولید با ایجاد بیشترین سطح تماس با مخزن
- ۲- کاهش تعداد چاه‌ها و تجهیزات سطحی
- ۳- کاهش هزینه‌ی هر فوت حفاری (\$/ft) و تولید هر بشکه نفت (\$/bbl)
- ۴- تولید حداکثری از فضاهای محدود شده مخزن

انواع مختلف چاه‌های MRC از جمله شکل چنگالی^{۱۳} و استخوان‌ماهی^{۱۴} حفر شده‌اند که این چاه‌ها می‌توانند دارای جدار یا بدون جدار باشند. نوع چنگالی دارای یک چاه مادر که دو شاخه از آن حفاری شده و نوع استخوان‌ماهی دارای یک چاه مادر که شاخه‌هایی از آن حفاری شده است، می‌باشد. در یک مورد،



شکل ۲ | سه ساختار اساسی چاه‌های چند شاخه‌ای [۳]



انحراف^{۱۹} استفاده می‌شود [۶].

نتیجه‌گیری

■ چاه‌های ML و MRC به دلیل سطح تماس بیشتر با مخزن دارای راندمان تولیدی بالاتری هستند.

■ چاه‌های ML و MRC در اثر تولید، با افت فشار کمتری مواجه می‌شوند.

■ با به کارگیری تجهیزات هوشمند تکمیل چاه می‌توان تولید از شاخه‌های مختلف را کنترل و از تولید گاز و آب به جای نفت جلوگیری کرد.

■ با استفاده از چاه‌های ML و MRC می‌توان مخازن غیراقتصادی را نیز قابل بهره‌برداری کرد.

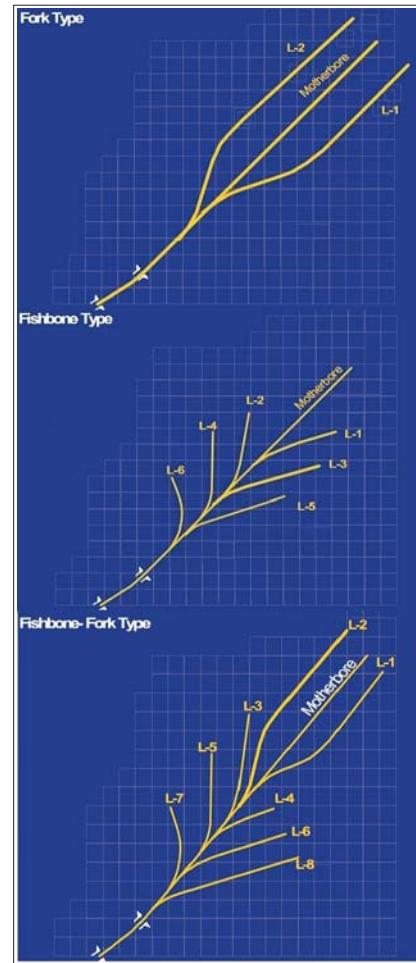
■ استفاده از چاه‌های MRC جهت تعمیر، بازیابی و تولید از چاه‌های قبلی مناسب است.

■ بهره‌برداری از مخازن مشترک و فراساحل به وسیله‌ی چاه‌های ML و MRC امکان‌پذیر است.

■ به کارگیری روش‌های ازدیاد برداشت در چاه‌های ML و MRC بعد از برداشت اولیه می‌تواند ضریب بازیافت نهایی را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش دهد.

شرکت آرامکو از ترکیب شکل چنگالی و استخوان‌ماهی^{۱۵} استفاده و طولانی‌ترین سطح تماس با مخزن را به طول ۱۲/۳ کیلومتر حفاری کرد. این ساختارها در شکل ۳- نشان داده شده است. چگونگی به کار بردن اشکال مختلف چاه‌های MRC بستگی به تأثیر آن‌ها بر عملکرد مخزن دارد [۵]. برای مثال چاه‌های MRC در نواحی با تراوایی کم جهت به حداقل رساندن افت فشار و به حداکثر رساندن ضریب جاروب^{۱۶} لازم است.

حفاری هر شاخه از چاه MRC باید به گونه‌ای باشد که شاخه‌های حفاری شده‌ی قبلی توسط خرده‌های حفاری بسته نشوند. همچنین، فاصله این شاخه‌ها و نواحی مشبک کاری شده باید به نحوی انتخاب شود که از تداخل تولید جلوگیری شود. در این چاه‌ها به دلیل سطح تماس طولانی با مخزن، تخلخل و تراوایی ممکن است تغییر کند و در بعضی قسمت‌ها آب یا گاز به جای نفت به دهانه چاه وارد شود، به همین دلیل چاه باید به گونه‌ای حفاری و تکمیل شود که بتوان تولید از هر شاخه را در آینده کنترل کرد. در این چاه‌ها جهت کنترل میزان تولید از هر شاخه، از شیرها و پکرهای هوشمند^{۱۷}، انواع مختلف کاهنده^{۱۸} و زانوی



شکل ۳ | سه ساختار اساسی چاه‌های MRC [۵]

پانویس‌ها

¹ Intelligent Fields

² Horizontal Wells

³ Extended Reach Horizontal Wells

⁴ Multi Lateral Wells

⁵ Maximum Reservoir Contact Wells

⁶ Aramco

⁷ ZADCO

⁸ Shaybah

⁹ Gas Oil Ratio

¹⁰ Productivity Index

¹¹ Stimulation

¹² Clean-up

¹³ Fork

¹⁴ Fishbone

¹⁵ Fishbone-Fork

¹⁶ Sweep Efficiency

¹⁷ Intelligent Packers

¹⁸ Choke

¹⁹ Whipstoks

منابع

[1] Khaled O. Al-Subai, Saudi Aramco's I-Field Initiative: from Concept to Implementation, Oil Field Review, Schlumberger, winter 2007/2008.

[2] Chariag, B., Maximize reservoir contact, Management Report, EXPLORATION & PRODUCTION NEWS, January 2007.

[3] Fraija, J., Ohmer, H., Pulick, T., New Aspects of Multilateral Well Construction, Oil Field Review, Schlumberger, P 52-69, autumn 2002,

[4] Mirzaei Paيمان, A., Moghadasi, J., An Overview to Applicability of Multilateral Drilling in the Middle East Fields, SPE paper 123955, 2009.

[5] Dossary, A. S., Mahgoub, A. A., Challenges and Achievements of Drilling Maximum Reservoir (MRC) Wells in Shaybah Field, SPE 85307, 2003.

[6] Mubarak, S. M., Pham, T. R., Al-Shamrani, S. S., Shafiq, M., Using Downhole Control Valves to Sustain Oil Production from the First Maximum Reservoir Contact, Multilateral and Smart Well in Ghawar Field: Case Study, THE SAUDI ARAMCO JOURNAL OF TECHNOLOGY, spring 2009.