

حفاری چاه‌های افقی و چگونگی تأثیر آن در افزایش راندمان تولید گسترش و توسعه حفاری‌های افقی و بهبود ضریب بازیافت میادین

◀ مهدی تدینی °

ایران به منظور برخورد بیشتر با شکستگی‌های طبیعی مخازن و بالاخره افزایش تولید سیال در سال ۱۳۷۱ در چاه‌های میدان‌های گچساران (۱۴۲) و مارون (۱۹۹) مورد استفاده قرار گرفته است و امروزه در حال گسترش بوده و از پیشرفت چشمگیری برخوردار گشته است که به‌طور مثال می‌توان از طولانی‌ترین عملیات حفاری افقی در میدان خشکی به‌طول ۷۵۰ متر در بخش افقی در منطقه چشمه خوش و انجام ۷۳۷ مورد عملیات حفاری افقی / جهت دار / عبور از کنار مانده / حفاری سرعتی / باز کردن پنجره طی ۱۶ سال (۱۳۷۱ الی ۱۳۸۶) توسط شرکت ملی حفاری ایران نام برد.



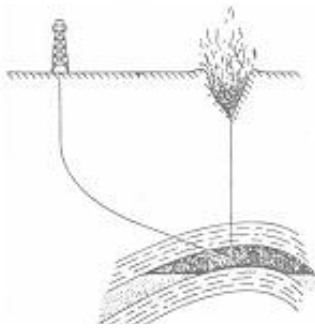
شکل-۱: حفاری افقی در میدان چشمه خوش

شایان ذکر است که به علت جوان بودن حفاری‌های افقی در ایران ارائه یک قضاوت درست و نهایی در خصوص عملکرد آن مستلزم بررسی فنی و اقتصادی و مقایسه صحیح و علمی با حفاری‌های عمودی است.

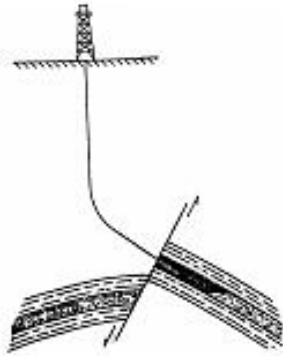
امروزه به منظور استخراج نفت از مخازنی که به دلایل مختلف دارای توجیه فنی و اقتصادی نمی‌باشند، از روش‌های جایگزین هرچند پرهزینه جهت افزایش تولید بهینه و مدیریت بهتر مخازن نفت و گاز استفاده می‌شود. روش‌هایی که استفاده از آنها نیازمند عوامل مختلفی از جمله برنامه‌ریزی صحیح و در نظر گرفتن پارامترهای مؤثر در طراحی، آگاهی کامل از نحوه استفاده، کارکرد و شناخت معایب و محاسن آنها می‌باشند که با توجه به رعایت نکات فوق می‌توان راندمان و کارایی اینگونه روش‌ها را به چالش کشید. یکی از این روش‌ها که این روزها در صنعت حفاری در سطح جهان به آن بیشتر پرداخته می‌شود، حفاری چاه‌های افقی است که در این مجال سعی به معرفی تاریخچه آن در دنیا و ایران و همچنین به کاربردها، ضرورت‌ها و عوامل تأثیرگذار در طراحی و اجرا پرداخته می‌شود.

۱- تاریخچه حفاری افقی در جهان و ایران

ابزار افقی با شعاع کوچک (۲۰ تا ۴۰ فوت) به‌طور گسترده در دهه ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰ مورد استفاده قرار گرفت و این ابزار در دهه ۱۹۵۰ با پیدایش شکاف هیدرولیکی (Hydraulic Fracture)، منسوخ گردید. علاقه به حفاری افقی در اواخر دهه ۱۹۷۰ دوباره از سر گرفته شد و در سال ۱۹۸۵ توسعه ابزارهای حفاری با شعاع متوسط (۲۰۰ تا ۶۰۰ فوت) توسط شرکت ATCO و افزایش ۳ تا ۱۰ برابری تولید با استفاده از حفر چاه‌ها منجر به پیشرفت حفاری افقی شد. تعداد چاه‌های افقی از ۵۰ حلقه در سال ۱۹۸۵ به بیش از ۱۰۰۰ حلقه در سال ۱۹۹۰ افزایش یافته و طبق برآوردهای انجام شده تا سال ۲۰۰۷ این مقدار از چاه‌های افقی به عنوان جایگزینی برای چاه‌های عمودی در اکثر مخازن جهان محسوب می‌شود. حفاری افقی در ایران اولین بار در جنوب باختری



در ناحیه نفت شهر، دهلران و پایدار غرب و میدان گازی پارس جنوبی که با قطر مشترک است اشاره کرد که با انجام حفاری جهت‌دار در این مناطق و انجام یکی از بی نظیرترین حفاری‌های افقی در منطقه پایدار که نقش بسزایی در دسترسی به این مخازن سرشار را ایفاء کرده است، اشاره کرد.



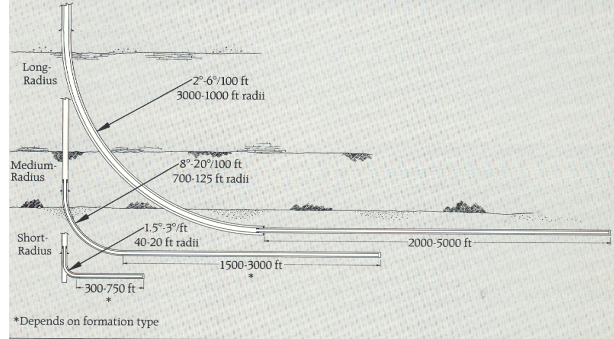
● **حفاری گسل‌ها و گنبدیهای نمکی و یا مکان‌هایی که از نظر زمین‌شناسی حادثه‌خیز است:** گاهی اوقات مخازن نفتی در کنار و یا زیر یک گسل زمین‌شناسی یا گنبدیهای نمکی یا لایه‌هایی است که حفاری عمودی در آنها باعث از دست رفتن چاه حفاری شده می‌شود (مانند ورود به شیل‌ها) یا از دست رفتن یا پاره شدن لوله‌های جداری در برخورد با گسل‌ها می‌گردد. حال با وجود قابلیت حفاری جهت‌دار و افقی، برنامه حفر چاه را به گونه‌ای می‌توان ارائه کرد که مسیر چاه برخوردی با خطرات یادشده نداشته باشد و این به معنای جلوگیری از دست رفتن فرصت‌های فراوان جهت دسترسی به مخازن نفتی می‌باشد.

● **استفاده بهینه از گنبدیهای نمکی جهت ذخیره‌سازی گاز:** یکی دیگر از قابلیت‌های حفاری جهت‌دار و افقی که دارای صرفه اقتصادی فراوانی است ایجاد مخازن ذخیره‌سازی گاز و نفت درون گنبدیهای نمکی است که به عنوان مثال می‌توان به حفر چاه‌های کوه نمک -۱ در منطقه قم و چندین چاه در منطقه ورامین اشاره کرد. این روش دارای ۳ مزیت جهت ذخیره‌سازی گاز طبیعی است که در زیر به آنها اشاره می‌شود:

- الف- ایمنی ذخیره‌سازی گاز
ب- امکان ذخیره‌سازی گاز در منابع حساس کشور از جمله پایتخت و غیره
ج- کاهش هزینه ذخیره‌سازی گاز
- مخازن ریفی و کانال‌های ماسه‌ای، مانند بیشتر تله‌ها چینه‌ای هستند که احتمال برخورد با آنها توسط چاه‌های قائم کمتر و مشکل‌تر است. چاه‌های افقی می‌توانند با کارایی بیشتری در پیدا کردن این مخازن و تولید نفت استفاده شوند.
- مشکل اصلی مخازن نفت خام سنگین با تراوایی کم، تولید کم نفت می‌باشد. چاه‌های افقی می‌توانند علاوه بر آسان کردن تزریق گاز یا بخار درون مخزن، سطح تراوایی مخزن را افزایش دهند. این چاه‌ها با افزایش سطح تماس بیشتر با مخزن مانند لوله‌ای، شعاع زه‌کشی مؤثر را افزایش داده و در نتیجه سبب افزایش تولید می‌شود.
- این چاه‌ها همچنین برای تولید «نفت اتیک» (ETHIC OIL) از چاه‌های تولیدی که به علت بالا آمدن سطح آب به وجود می‌آید، استفاده می‌شوند. «نفت اتیک» نفتی است که به صورت پاکت‌هایی از هیدروکربن در بالای تله‌های نفتی جدا می‌شود.

۲- حفاری چاه‌های افقی از نظر شعاع انحراف به سه دسته تقسیم‌بندی می‌گردند:

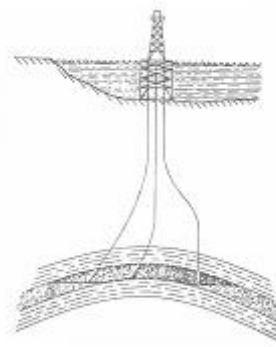
۱. شعاع کوتاه: ۱/۵ تا ۳ درجه جهت‌دار در یک فوت
 ۲. شعاع متوسط: ۸ تا ۲۰ درجه جهت‌دار در ۱۰۰ فوت
 ۳. شعاع بلند: ۲ تا ۶ درجه جهت‌دار در یک ۱۰۰ فوت
- عمده‌ترین چاه‌های حفاری شده در میدان نفتی ایران دارای شعاع جهت‌دار متوسط و بلند بوده‌اند



شکل ۲- طبقه‌بندی حفاری‌های افقی از لحاظ شعاع انحراف

۳- کاربرد چاه‌های افقی

کاربرد اصلی چاه‌های افقی کم کردن و به تأخیر انداختن پدیده مخروطی شدن گاز و آب (پایین آمدن سطح گاز و بالا رفتن سطح آب) بوده که این امر باعث تولید بیشتر از چاه‌ها می‌شود. چاه‌های افقی بیشتر در محیط مخزن قرار می‌گیرند و اجازه سرعت تولید بیشتر را در افت فشارهای پایین‌تر می‌دهند (کاهش افت فشار جریان و ایجاد سطح تماس بیشتر چاه و مخزن)

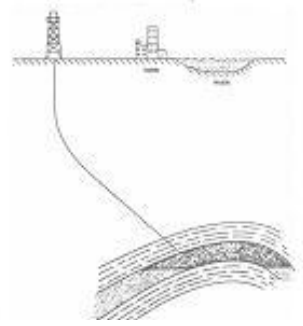


● حفاری چاه‌های متعدد از روی یک دکل دریایی (from offshore Multiple wells structure):

عمده کاربرد حفاری جهت‌دار و افقی، امروزه در درون دریا می‌باشد قابل توجه است که بخش عظیمی از مخازن گازی و نفتی کشورمان در جایی مانند خلیج فارس واقع است (پروژه پارس جنوبی). ساخت Plat form برای هر حلقه در دریا، کاری غیرعملی و غیراقتصادی است. در این روش با ثابت کردن یک plat form روی بستر دریا تعداد زیادی چاه‌های جهت‌دار و در ادامه افقی در مسیرهای گوناگون از روی یک plat form حفاری می‌شوند و یکی دیگر از مزایای روش فوق استفاده بهینه از دکل دریایی می‌باشد. به‌طور مثال می‌توان به چاه‌های متعددی که در منطقه ابودر و روی دکل مورب تاکنون توسط شرکت ملی حفاری ایران، حفاری شده است و همچنین فازهای ۹ و ۱۰ میدان گازی پارس جنوبی، اشاره کرد.

● **چاه‌های امدادی Relief wells:** حفر این چاه‌ها باعث جلوگیری از هدر رفتن مقادیر سرسام آور نفت و گاز از چاه فوران شده می‌گردد. به‌عنوان مثال می‌توان به مهار چاه کنگان ۲۳ اشاره کرد.

حفاری افقی در مخازن نفتی مشترک: بخش زیادی از مخازن نفتی کشورمان با کشورهای همسایه مشترک است و یا در نزدیکی مرزها قرار دارد. روش فوق، باعث بهره‌برداری بهینه و صیانت از مخازن نفت/گاز مشترک میهن اسلامی و جلوگیری از هدر رفتن سرمایه ملی خواهد شد. به‌عنوان مثال می‌توان به مخازن مشترک با کشور عراق از جمله



• مناطق غیرقابل دسترس:

همواره بخشی از مخازن نفتی در زیر شهرهای از پیش ساخته شده (مانند ناحیه کیان آباد و کورش و ملسی راه اهواز) و یا در زیر کوهها قرار دارند که نمی‌توان با استفاده از حفاری عمودی به این مخازن دسترسی داشت ولیکن با استفاده از حفاری جهت‌دار/ افقی می‌توان این امر را انجام داد و حداکثر بهره‌برداری را از مخازن موجود

فراهم آورد.

چاه‌های افقی می‌توانند برای حفاری در مناطق با سطح محدود، مانند جزایر یخی یا شنی مورد استفاده قرار گیرند. 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. در مناطقی که چاه‌های اکتشافی قائم بسیار گران هستند، چاه‌های افقی فرعی متقاطع می‌توانند برای ارزیابی بهتر یک ناحیه حفر شوند. اگر چاه‌های قائم بتوانند وجود نفت را به اثبات برسانند، چاه‌های افقی فرعی می‌توانند برای مشخص کردن وسعت مخزن و اصلاح خصوصیات مخزن به کار گرفته شوند. در مخازنی که ستون نفتی دارای ضخامت کمی باشد، حفاری افقی این ستون نازک، باعث افزایش تولید چاه در سطح قابل ملاحظه‌ای خواهد شد.

۴- عوامل مهم و تأثیرگذار در حفاری چاه‌های افقی

یکی دیگر از عوامل تأثیرگذار در بهینه‌سازی مراحل اجرایی حفاری چاه‌های افقی، برنامه‌ریزی صحیح و طراحی هر چه دقیق‌تر اینگونه چاه‌ها است، که باید موارد ذیل حتی‌المقدور رعایت شود:

- طراحی چاه‌های افقی در برابر مسیرهای برنامه‌ریزی نشده و تغییرات مخزن باید دارای انعطاف باشد.
- استراتژی اهداف تولید طبق توانمندی‌های حفاری و عملیات تکمیل چاه‌های افقی مدنظر قرار گیرد.
- از مهندسی و متخصصین با تجربه که از لحاظ زمین‌شناسی و مرفولوژی با منطقه آشنایی کامل دارند، استفاده شود.
- الزامات حفاری، زمین‌شناسی و تولید در نظر گرفته شود و بتوان بین آنها رابطه و تعادل ایجاد نمود.

بدیهی است که حفاری تمام چاه‌ها بستگی به نوع آن، نفتی یا گازی بودن میدان، شرایط زمین‌شناسی، شرایط آب و هوایی و غیره دارد و متناسب با تغییر هر یک از عوامل فوق برنامه‌ریزی و طراحی حفاری چاه‌ها اعم از خشکی یا دریایی و عمودی یا افقی باید تغییر کند، که در صورت نبود انعطاف‌پذیری و تغییرپذیری لازم در برنامه چاه‌ها، مخصوصاً چاه‌های افقی، راندمان اینگونه چاه‌ها به شدت کاهش یافته و تنها باعث افزایش هزینه‌ها می‌گردد. بنابراین بدین منظور پارامترهای مهمی که می‌توانند تأثیر بسزایی در افزایش راندمان و کارایی حفاری چاه‌های افقی ایجاد کنند را می‌توان به صورت ذیل اشاره کرد:

۴-۱ چگونگی شروع حفاری افقی

در کل حفاری‌های افقی جهت آزیموت، آسانتر از شیب (Inclination) کنترل می‌گردد و به طور عموم دقت اندازه‌گیری آزیموت می‌تواند ۵+ تا ۱۰+ می‌باشد.

انحراف چاه در نقطه KICK OFF باید به طور دقیق بررسی و اندازه‌گیری شود، به دلیل خطای انحراف در نقطه KICK OFF می‌توان تصحیحات مسیر اصلی را در همان لحظه یا بلافاصله بعد از عملیات

انحراف از نقطه KICK OFF حذف کرد.

در نقطه‌ای که انحراف چاه آغاز می‌شود بهتر است که حداکثر زاویه انحراف منظور گردد (زیرا بعد از نقطه انحراف کاهش زاویه آسان‌تر از افزایش زاویه انحراف بوده و خطای حفاری را به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد).

حفاری افقی در لایه‌بندی‌های متناوب و لایه‌هایی که دارای شکستگی‌های فراوان می‌باشد، دشوار بوده و آن را بیش از پیش مشکل می‌سازد.

تغییر سرته‌ها یا طراحی BHA (BOTTOM HOLE ASSEMBLY) هیدرولیک یا روش‌های حفاری در سرعت BHA تأثیر قابل ملاحظه‌ای دارند.

سطح مشترک بین سازند مخزنی و سطح حفاری شده در چاه‌های افقی از اهمیت زیادی برخوردار است.

۴-۲ تکمیل چاه‌های افقی

در استفاده از آستری‌های سیمانی یا دیگر عملیات تکمیل، هزینه تکمیل می‌تواند فاکتوری مهم در تعیین طول بهینه یک چاه افقی باشد در صورتی که با استفاده از آستری‌های شکاف‌دار (slotted liner) یا چاه باز (open hole) هزینه‌های تکمیل غالباً اثر کمتری در کل هزینه چاه دارد. نحوه تکمیل چاه‌های افقی یکی از عوامل مهم دیگر در طراحی این چاه‌ها است که شامل مراحل چاه باز، لاینرها، لوله‌های جداری، سوراخ کردن و (gravel-packing) می‌باشد.

انتخاب نحوه تکمیل در چاه‌های افقی به شرایط خاص منطقه و موقعیت چاه بستگی دارد که شامل موارد زیر است:

هزینه، نوع تکمیل چاه، تولید سیالات، ظرفیت و توانایی تأسیسات، شرایط لازم برای تحریک، شرایط لازم برای عملیات تولید، عملیات سرویس‌کاری و workover

وقتی اطلاعات مربوط به عوامل تأثیرگذار در نحوه تکمیل چاه حداقل باشد استراتژی چاه برای تیم طراحی مشکل و پیچیده می‌شود که در این شرایط تیم طراحی باید موارد زیر را رعایت کند:

- شناخت اهداف چاه
- در نظر گرفتن نیازمندی‌های لازم در عملیات تولید
- در نظر گرفتن تمام شرایط خاص منطقه و موقعیت چاه
- استفاده از ساده‌ترین نحوه تکمیل در حد امکان

۵- نتیجه‌گیری

باتوجه به کاربردهای مثبت حفاری چاه‌های افقی و عوامل مهم و تأثیرگذار در افزایش راندمان و کاهش هزینه‌ها و همچنین سابقه بهره‌گیری از این چاه‌ها در دنیای امروز، استفاده از حفاری چاه‌های افقی یک امر لازم و مقرون به صرفه منظور شده است. البته اینکه از لحاظ اقتصادی و کاهش هزینه‌های حفاری به چه میزان نسبت به حفاری چاه‌های عمودی دارای برتری می‌باشد بستگی به عوامل مختلفی از قبیل برنامه‌ریزی و طراحی صحیح مسیر حفاری، محل شروع حفاری، تکمیل چاه‌های افقی و غیره دارد که به تفصیل به آن اشاره شد، لازم به ذکر است در مورد استفاده و یا چگونگی استفاده از روش‌های حفاری انحرافی/ افقی نظریات متعددی وجود دارد که تصمیم‌گیری راجع به آنها نیازمند انجام آزمایشات موردی و بررسی‌های تطبیقی و مقایسه با روش‌های دیگر است. برخی از کارشناسان استفاده از روش‌های انحرافی/ افقی را موجب افت شدید فشار مخزن و در نهایت آسیب به آن مخزن می‌دانند. البته فضاوت نهایی را در این مورد باید بعد از انجام مطالعات فنی و اقتصادی و نیز مقایسه آن با روش‌های حفاری عمودی (Vertical) به عمل آورد.

منبع:

کتاب اصول مهندسی حفاری، مهندس محمدرضا عادل زاده

