



بررسی اصلاح طراحی لوله های جداری با استفاده از تحلیل داده های حفاری در چاه های بنگستانی یکی از میادین نفتی جنوب غرب ایران

کیومرث طاهری^{۱*}؛ علی نخعی^۲؛ حسین علیزاده^۳؛ محسن ناصری کریموند^۲

۱- بخش اکتشاف نفت، دانشکده مهندسی معدن و متالورژی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

۲- انستیتو مهندسی نفت، دانشکده مهندسی شیمی، پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳- طراحی و برنامه ریزی، معاونت زمین شناسی گسترشی، شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب، اهواز، ایران

دریافت دست نوشته: ۱۳۹۶/۰۸/۰۸ پذیرش دست نوشته: ۱۳۹۷/۰۳/۰۶

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22107/jpg.2018.102239.1043

واژگان کلیدی	چکیده
طراحی جداری، شکستگی ها، لوله جداری، مخزن بنگستان، تغییر طراحی	امروزه یکی از مهمترین روش های تولید حداکثری از مخازن هیدروکربوری، طراحی مناسب چاه ها و لوله های جداری برای داشتن یک عملیات حفاری ایمن در بخش های حساس سازندها می باشد، که خود کمک شایانی در تولید سریعتر و طولانی مدت از مخزن می کند. قرارگیری برخی از مخازن نفتی از جمله مخزن بنگستان در بخش های عمیق تر زمین، باعث شده است که طراحی دقیق تری در اجرای جداره گذاری چاه های این مخزن در میادین مختلف صورت گیرد. در میدان مورد مطالعه، ابتدا سعی شده است با تحلیل داده های نمودار تصویری و اطلاعات حفاری شامل داده های هرزروی و وزن گل، شکستگی های میدان بطور جامع مورد بررسی قرار گیرد تا علاوه بر درک بهتر و دقیق تر از گسترش شکستگی های موجود در مخزن، ارتباط آنها با مشکلات حفاری نیز بررسی شود و امکان تغییر طراحی لوله های جداری و محل قرارگیری هر چه صحیح تر آنها در چاه های بنگستانی مورد بررسی قرار گیرد. تاریخچه حفاری این چاه ها و حداکثر وزن گل مورد نیاز برای حفاری هر حفره و وضعیت لوله های جداری نصب شده در چاه های مختلف مورد بررسی قرار گرفت و چاه هایی که دارای مشکل بوده و در آنها طراحی متفاوتی از لوله های جداری بکار رفته است، تفکیک شدند. در این تحقیق رابطه بین مشکلات بوقوع پیوسته در چاه ها با سازندهایی که دارای بیشترین درصد مشکلات بودند، ارائه شد و نوع گل با وزن بکار برده شده برای حفاری سازندهای مشکل دار بررسی شده است. در نهایت با تعیین پراکندگی چاه های دارای مشکل در نواحی مختلف میدان، تراکم این چاه ها در هر ناحیه مشخص و مناطق مستعد از لحاظ بروز مشکل که منجر به تغییر طراحی لوله های جداری می شوند، مشخص و معرفی شده اند.

داده های زیاد مورد بررسی قرار گیرد و مراحل مختلف طراحی با در نظر گرفتن پارامترهای گوناگون شامل لایه شناسی، ژئوتکنیک، آب های زیرزمینی، فشار حفره ای و پارامترهای ژئومکانیکی لایه های مختلف، تخلخل و تراوایی سازندهای مختلف و احتمال هرزروی کلی و جزئی، احتمال گیر لوله، خزش و بارهای نقطه ای، آلاینده های محتمل در سازندهای مختلف، ملاحظات سیمانکاری، گازهای سطحی، وجود H_2S

مقدمه

با توجه به اینکه در حفاری سازندهای با فشارهای کم، زیاد و نرمال، عملیات طراحی و جداره گذاری از اهمیت بالایی برخوردار است، در دنیا مطالعاتی برای طراحی بهینه لوله های جداری انجام شده است، تا بتوانند با کنترل فشارهای سازندی، حفاری های ایمن و کم هزینه ای داشته باشند. برای تغییر کامل طراحی لوله های جداری در یک میدان، نیاز است که

کند (Wei et al., 2014). در سال ۲۰۱۶ وانگ و ساموئل تحقیقی را بر روی مدل ژئومکانیکی سه بعدی از رفتار خزنه نمک بر روی جداری دهانه چاه برای مخازن پیش فرض انجام دادند که یک مدل سه بعدی ژئومکانیکی با استفاده از داده‌های دما و فشار دهانه چاه، دما و تنش‌های سازند، خصوصیات سنگ، سیمان و جداری، برای پیش‌بینی اثر رفتار خزنه نمک در بارگذاری تنش بر روی جداری توسعه داده شد (Wang & Samuel, 2016). در سال ۲۰۱۶ چائو یانگ هو و همکاران مطالعه‌ای را برای بهینه‌سازی روش تکمیل چاه و پارامترهای طراحی جداری برای به تاخیر انداختن نقص جداری ناشی از لغزش سازند انجام دادند و نتایج نشان داد که سیمان درجه یک، با کیفیت خوب و با یک ضخامت مناسب در پشت جداری ایمنی لازم جهت نگهداری جداری را خواهد داشت. در این مطالعه یک طراحی جداری و روش تکمیل چاه برای جلوگیری از مچالگی جداری ناشی از لغزش سازند و تولید جداری‌های با آلیاژ جدید پیشنهاد شد، که می‌تواند به طور موثر آسیب یا خسارت به جداری را کاهش دهد (Hu et al., 2016). در سال ۲۰۱۷ نیز مطالعه‌ای دیگر توسط نگوین و همکاران بر روی بهینه‌سازی طراحی جداری با استفاده از تکنیک سطح گل کنترل شده و کارایی سیال حفاری انجام شد که نتایج نشان داد اگر خواص پیشگیری از تخریب و پارامترهای رئولوژیکی سیال کنترل شوند، تغییرات سطح سیال در لوله هادی سرچاهی^۱ و با استفاده از سیالات حفاری با دانسیته بالا، امکان دسترسی حفاری عمیق، چاه‌های دریایی به چالش کشیده خواهد شد و تعدادی از رشته‌های جداری می‌تواند با هدف رویکرد همگرا کاهش یابد (Nguyen et al., 2017).

میدان مورد مطالعه شامل مخازن آسماری، بنگستان و خامی است و ۲۲ حلقه چاه با هدف مخزن بنگستان در این میدان حفاری شده است. مخزن بنگستان این میدان در برگیرنده سازندهای ایلام و سروک است و زون یک دربرگیرنده سازند ایلام بوده و دیگر زون‌ها در سازند سروک قرار دارند. این مخزن در عمق حدود ۱۰۰۰ تا ۲۵۰۰ متر زیر سطح دریا قرار گرفته است. این مخزن ۷۲ کیلومتر طول و ۴/۵ کیلومتر عرض دارد و بر مبنای خواص سنگ مخزن، به ۹ زون مجزا تقسیم شده است. زون ۳ و ۶ از نظر تخلخل و کیفیت خوب مخزنی، بهترین زون بهره‌ده و زون ۱ ضعیف‌ترین زون تولیدی

و... مورد ملاحظه قرار گیرد (Taheri & Mohammad, 2017). در پژوهش حاضر، تمام مراحل فوق انجام نشده است بلکه به توجه به اطلاعات موجود، تاثیر آرایش لوله جداری بر هرزروی گل و گیر لوله مورد بررسی قرار گرفته است. در سال ۲۰۱۰ اموجووا و همکاران یک مطالعه ای با عنوان درک تاثیر تنش‌های سنگ بر روی دیواره چاه در سازندهای نمکی با رویکرد یک برنامه ریزی خوب را انجام دادند. مطالعه موردی این تحقیق، مدل سه بعدی ژئومکانیکی یک نمک دیاپیری از یک حوضه دریایی در جنوب استرالیا است که در معرض یک دوره طولانی از تغییر شکل است (Omojuwa et al., 2010).

در سال ۲۰۱۰ وانگ و همکاران در مورد یک رویکرد ژئومکانیکی خوب برای بهبود طراحی چاه و افزایش عملکرد حفاری در میدان گازی سی چوان در کشور چین مطالعه‌ای را انجام دادند و نتایج نشان داد که استحکام وضعیت استرس و تعیین قدرت سنگ بر اساس مدل‌سازی وقوع شکستگی و شکستگی‌های کششی ناشی از حفاری است و همبستگی داده‌ها از منابع مختلف برای تأیید صحت مدل ژئومکانیک اهمیت بالایی دارد (Wang et al., 2010). در سال ۲۰۱۱ گانگ هان مطالعه‌ای را بر روی شکستگی‌های طبیعی در سنگ مخزن‌های غیر متعارف برای شناسایی و بررسی تاثیر این شکستگی‌ها بر روی طراحی‌های مهندسی چاه انجام داده است. نتایج نشان داد که برای طراحی و برنامه‌ریزی چاه، باید ورودی‌هایی از رشته‌های جداری چندگانه برای انتخاب بهترین زاویه و مسیر چاه در ارزیابی پایداری دیواره چاه و هرزروی‌های در حین حفاری، گسیختگی و انتشار شکستگی در طول تحریک و افزایش نفوذپذیری مخزن پس از شکاف هیدرولیکی استفاده شود (Han, 2011). در سال ۲۰۱۴ وان و همکاران ویژگی‌های فناوری حفاری تحت فشار و تاثیر فشار برگشتی سر چاهی در دهانه چاه را برای طراحی مناسب جداره گذاری مورد تحلیل قرار دادند و مشخص شد که کاربرد این فناوری، یک وضعیت مناسبی را برای طراحی و بهبود برنامه جداره‌گذاری فراهم می‌کند. با مقایسه و تحلیل نتایج برنامه طراحی جداری مشخص شد که در روش طراحی از بالا به پایین، هر لایه جداری می‌تواند به عمق بیشتری برسد و به صورت هوشمندانه از میان ساختمان پیچیده سازند عبور

¹ Riser

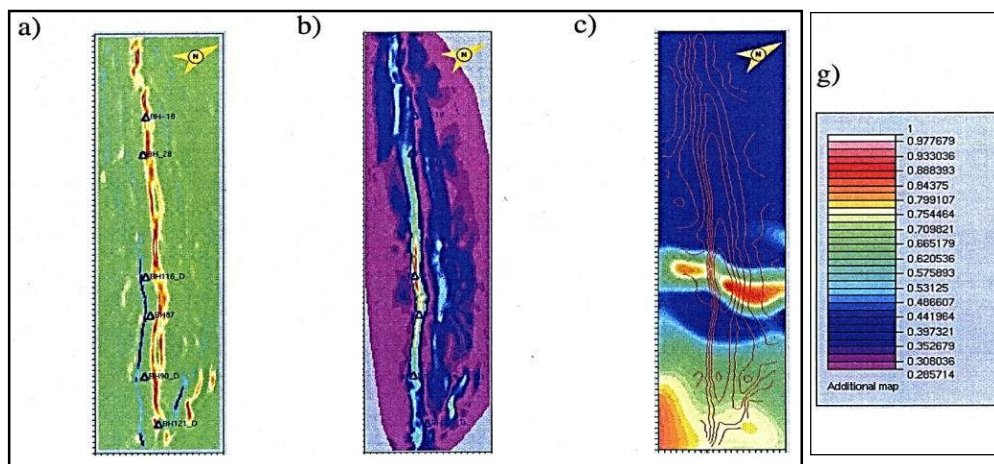
شده و در آنها آرایش متفاوتی از لوله‌های جداری بکار رفته است تفکیک شدند. همچنین مشکلات بوقوع پیوسته در چاه-ها شناسایی و رابطه آنها با سازندهایی که در آنها بیشترین درصد مشکلات بوقوع پیوسته ارائه شد. در نهایت با تعیین پراکندگی چاه‌های دارای مشکل در نواحی مختلف میدان، تراکم این چاه‌ها در هر ناحیه مشخص و مناطق مستعد از لحاظ بروز مشکل که منجر به تغییر طراحی لوله‌های جداری می‌شوند، مشخص و معرفی گردیده‌اند.

۲. روش مطالعه

۱.۲ بررسی نقشه‌های تراکم شکستگی‌ها

هدف اصلی از تهیه نقشه‌های تراکم شکستگی، کنترل توزیع شکستگی‌ها در مخزن آسماری و بنگستان این میدان است. نفوذپذیری ماتریکس در این میدان بطور کلی برای هر دو مخزن آسماری و بنگستان کمتر از ۱ میلی داری می‌باشد. این مقدار نفوذپذیری برای توجیه نرخ تولید اولیه بسیار بالای چاه‌ها و مقادیر اولیه شاخص بهره‌دهی همراه بسیار دور از انتظار است و در نتیجه مقادیر شاخص بهره‌دهی اولیه (شکل ۱) می‌تواند برای شناسایی شکستگی‌ها در میدان مورد استفاده قرار گیرد.

مخزن بنگستان را تشکیل می‌دهد. زون ۴ و ۳ بترتیب دارای بیشترین و کمترین میانگین ضخامت در حدود ۱۰۵ و ۳۴ متر است. زون ۱ و ۵ بترتیب دارای بیشترین و کمترین میانگین تخلخل در حدود ۸ و ۴/۳ درصد است. در چاه‌های بنگستانی، آرایش لوله‌های جداری بصورت "۲۰، ۱۸ ۵/۸، ۱۳ ۳/۸" و "۹ ۵/۸" و آستری ۷" می‌باشد، که لوله‌های جداری "۱۳ ۳/۸" در بخش ۶ سازند گچساران، جداری‌های "۹ ۵/۸" در بخش پوش سنگ^۲ و آستری ۷" در ابتدای سازند ایلام نصب می‌شوند. در برخی از چاه‌های میدان بنابر یکسری از مشکلات، این نوع آرایش تغییر کرده و منجر به راندن آستری ۵" به جای ۷" و متعاقباً تکمیل چاه با قطر کوچکتر شده است. هدف از این مطالعه بررسی امکان تغییر طراحی لوله‌های جداری در برخی از چاه‌های بنگستانی می‌باشد و سعی شده است با تحلیل داده‌های نمودار تصویری و داده‌های هرزروی و وزن گل، شکستگی‌های میدان، مورد بررسی قرار گیرد تا از این طریق، گسترش شکستگی‌های موجود در مخزن و ارتباط آنها با مشکلات حفاری نیز بررسی شود. تاریخچه حفاری این چاه‌ها با دقت مورد بررسی قرار گرفت و با بررسی وزن گل مورد نیاز برای حفاری در سازندهای مختلف، حداکثر وزن گل برای حفاری هر حفره، وضعیت لوله‌های جداری نصب شده در چاه‌های مختلف نیز مشخص شد و چاه‌هایی که دچار مشکل



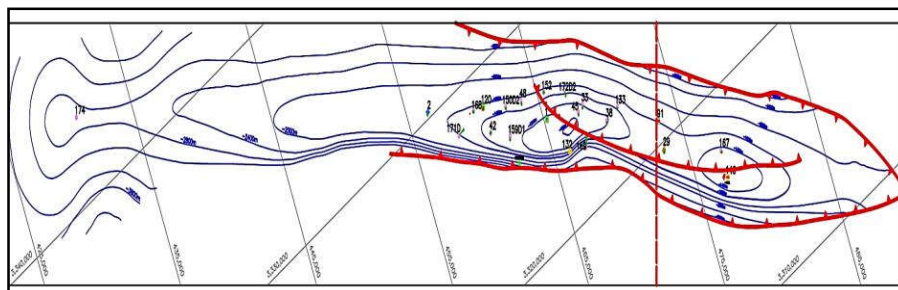
شکل ۱. نمایش تراکم شکستگی‌های مخزن بنگستان در میدان مورد مطالعه
(a) بر پایه انحناء ساختار (b) بر پایه شیب (c) بر پایه شاخص بهره‌دهی (g) راهنمای رنگی

² Cap rock

بررسی اصلاح طراحی لوله‌های جداری با استفاده از تحلیل داده‌های حفاری در چاه‌های بنگستانی یکی از میادین ...

است تقریباً از میانه نیمه شرقی میدان عبور کرده است و تاقدیس این میدان در مسیر گذر پهنه گسلی خارگ-میش قرار دارد (شکل ۲).

تاقدیس میدان مورد مطالعه از جمله تاقدیس‌های فروافتادگی دزفول می‌باشد که دگرشکلی قابل ملاحظه‌ای را تحمل نموده، بگونه‌ای که شیب یال جنوبی آن به بیش از درجه هم می‌رسد و گسل پی سنگی خارگ-میش-سی سخت



شکل ۲. تصویر گسل‌های تراستی موجود در مخزن بنگستان میدان مورد مطالعه بر روی نقشه خطوط هم تراز زیرزمینی افق بنگستان

هدف، بررسی داده‌های وزن گل در چاه‌های حفاری شده می‌توانند بسیار راهگشا باشند (Taheri, 2016). در این بخش اطلاعات مفیدی از وزن گل لازم برای حفاری سازندهای مخزنی میدان گردآوری شده است. مخزن آسماری این میدان به ۴ زون اصلی تقسیم شده است. در مجموع در ۳۶ درصد از چاه‌ها این سازند با وزن گل بین ۵۸-۶۷ پوند بر فوت مکعب^۴، در ۱۸ درصد از چاه‌ها با وزن گل ۷۰-۷۴ پوند بر فوت مکعب، در ۲۳ درصد از چاه‌ها با وزن گل ۸۰-۹۰ پوند بر فوت مکعب و نهایتاً در ۲۳ درصد از چاه‌ها نیز با وزن گل ۹۹-۱۱۶ پوند بر فوت مکعب حفاری شده است (شکل ۳).

ساختار این میدان در افق بنگستان بین دو گسل رورانده که یال‌های شمالی و جنوبی را قطع می‌کنند محدود شده است. عملکرد این دو گسل سبب بالا آمدن ساختار میدان مورد بررسی بصورت یک ساختار برجسته^۳ است. علاوه بر این دو گسل، گسل معکوس دیگری در ناحیه مرکزی میدان در مخزن بنگستان و در امتداد محور ساختار بر روی نقشه‌های ژئوفیزیکی مشاهده می‌شود که تا افق خامی نیز ادامه دارد و همانند گسل یال جنوبی به سوی شمال شرق شیب دارد (Taheri & Morshedy, 2017).

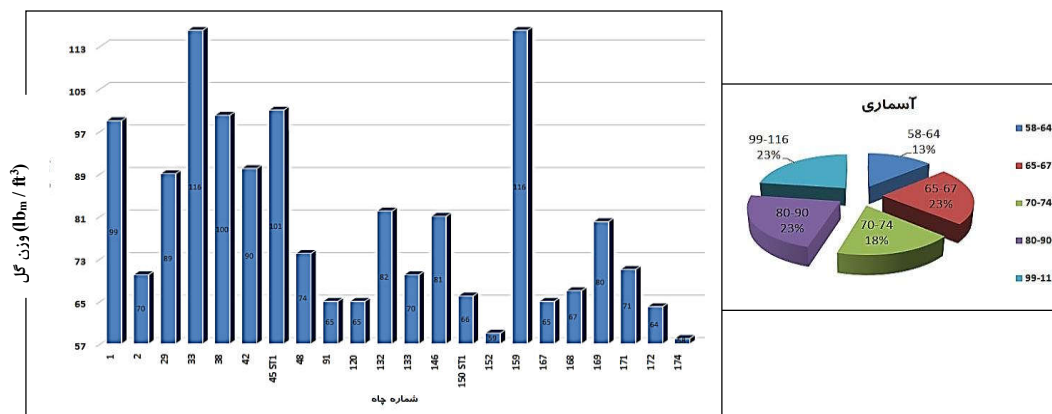
۲.۲ بررسی داده‌های وزن گل حفاری در میدان مورد مطالعه

شناسایی فشارهای سازندی و تفکیک آنها جهت حفاری ایمن چاه‌های نفت و گاز بسیار ضروری است. برای نیل به این

³ Pop-Up Structure

⁴ lb_m/ft³ (PCF)

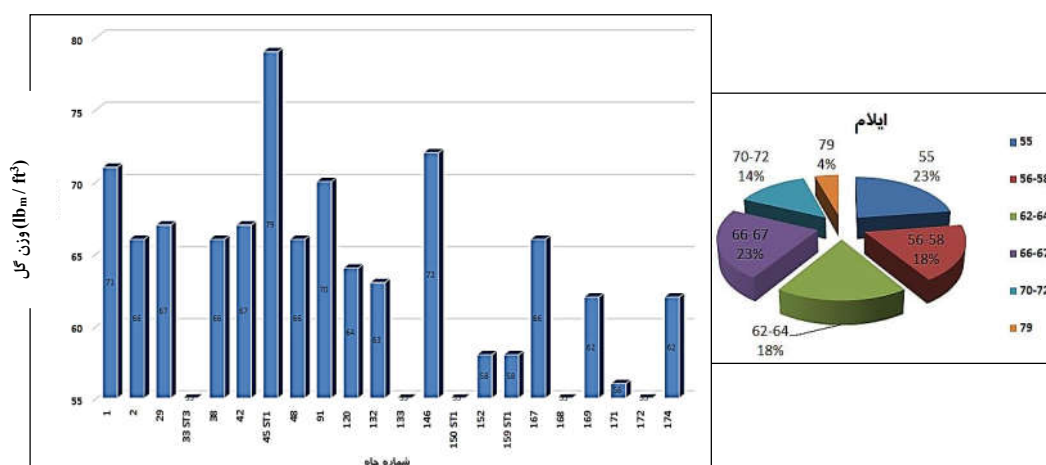
بررسی اصلاح طراحی لوله‌های جداری با استفاده از تحلیل داده‌های حفاری در چاه‌های بنگستانی یکی از میادین ...



شکل ۳. مقدار و درصد وزن گل مورد استفاده در حفاری سازند آسامری در چاه‌های بنگستانی میدان مورد بررسی

پوند بر فوت مکعب، در ۲۳ درصد از چاهها با وزن گل ۶۶-
۶۷ پوند بر فوت مکعب و در سایر چاه ها با وزن گل ۷۰-۷۹
پوند بر فوت مکعب حفاری شده است (شکل ۴).

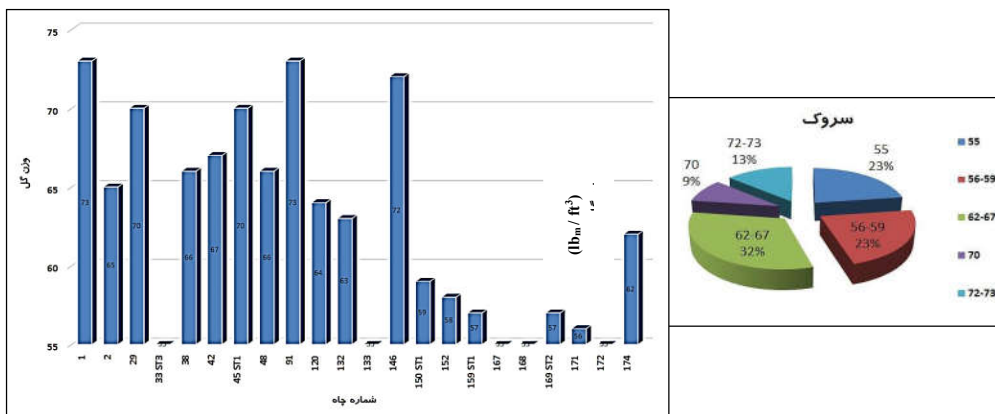
ضخامت سازند ایلام از غرب به شرق رو به کاهش است،
بطوری که در چاه های مورد بررسی ضخامتی در حدود ۰ تا
۷۵ متر دارد. ۴۱ درصد از چاه‌های این سازند با وزن گل
۶۲-۵۵ پوند بر فوت مکعب، ۱۸ درصد آنها با وزن گل ۶۲-۶۴



شکل ۴. مقدار و درصد وزن گل های مورد استفاده در حفاری سازند آسامری در چاه‌های بنگستانی میدان مورد مطالعه

گل ۶۲-۶۷ پوند بر فوت مکعب و در ۲۳ درصد از چاه ها با
وزن گل ۵۵ پوند بر فوت مکعب حفاری شده است (شکل ۵).

ضخامت سازند آهکی سروک در میدان مورد مطالعه حدود
۵۷۰ متر می باشد. این سازند در ۳۲ درصد از چاه ها با وزن



شکل ۵. نمودار نسبی میزان و درصد وزن گل مورد استفاده برای حفاری سازند سروک

۳.۲ بررسی وضعیت حفاری و لوله‌های جداری

در چاه‌های بنگستانی

در چاه‌های بنگستانی میدان مورد مطالعه از سطح تا مخزن بنگستان، طراحی لوله‌های جداری بصورت "۲۰، ۱۸ ۵/۸" و "۱۳ ۳/۸" و "۹ ۵/۸" و آستری "۷" است که در برخی چاه‌ها بسته به هدف، شرایط حفاری و زمین شناسی آرایش متفاوتی بکار رفته است، که در جدول ۱ مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است. در چاه‌های ۱۳۲ و ۱۴۶ بدلیل شروع حفاری با اندازه حفزه بزرگتر لوله‌های جداری "۲۰" در بخش ۷ گچساران نصب شده اند و لوله‌های جداری با اندازه "۵/۸" ۱۸ بکار برده نشده‌اند. لوله‌های جداری "۱۸ ۵/۸" در چاه‌های ۳۳، ۴۲، ۴۵، ۹۱ در بخش ۶ سازند گچساران نصب شده‌اند و در چاه ۳۸ به دلیل ضخامت کم سازند آغاچاری (۳۱ متر) این لوله‌های جداری در سازند میشان سیمان گردیده اند.

لوله‌های جداری "۱۳ ۳/۸" در چاه‌های ۱ و ۲ به ترتیب در میانه و انتهای بخش ۷ گچساران و در چاه‌های شماره ۳۳، ۴۲، *STI*، ۴۵، ۹۱، ۱۳۲، و ۱۴۶ بدلیل شروع حفاری با اندازه حفزه بزرگتر، این لوله‌های جداری در پوش سنگ سیمان گردیده‌اند. در چاه ۱۷۲ بدلیل هرزروی شدید، لوله‌های جداری "۱۳ ۳/۸" در میانه سازند میشان نصب شدند. در سایر چاه‌ها این لوله‌های جداری بطور معمول در ابتدای بخش ۶ سازند گچساران نصب و سیمان شده اند (جدول ۱). لوله‌های جداری "۹ ۵/۸" در ۱۶ حلقه چاه بطور معمول در ابتدای بخش پوش سنگ نصب شده‌اند ولی در ۶ حلقه از چاه‌ها به دلایل مختلف در محلی غیر از پوش سنگ سیمان

شده اند. در چاه شماره ۳۳ این لوله‌های جداری به دلیل مشکلات حفاری در سازند آسماری نصب و سیمان شده‌اند. در چاه *STI* ۴۵ لوله‌های جداری "۹ ۵/۸" در ابتدای سازند پایده طراحی شده بودند که به دلیل مشکلات هرزروی در انتهای سازند آسماری نصب شدند. در چاه شماره ۲۹ این لوله‌های جداری در ابتدای سازند پایده نصب شده‌اند بدون اینکه لوله جداری در پوش سنگ نصب شود. چاه‌های ۹۱ و ۱۴۶ لوله‌های جداری "۹ ۵/۸" را طبق برنامه طراحی لوله‌های جداری، به ترتیب در سازندهای ایلام و سروک نصب و سیمان نموده اند (جدول ۱). طبق بررسی‌های انجام شده آستری "۷" در دو چاه ۱۳۲ و ۱۶۹ بدلیل هرزروی‌های شدید و مشکلات حفاری در سازند آسماری نصب شده است. در چاه ۳۳ حفاری تا محل نصب آستری "۷" انجام شد اما بدلیل گیر و پایین نرفتن آستری، در انتهای سازند گورپی نصب و سیمان شده است. در چاه *STI* ۴۵ طبق برنامه آستری "۷" بایستی در ابتدای سازند کژدمی نصب می‌گردید که بدلیل جریان گاز به چاه و مشکلات حفاری تصمیم گرفته شد آستری "۷" در ابتدای سازند ایلام سیمان شود. در چاه‌های شماره ۴۲ و ۱۲۰ طبق برنامه آستری "۷" در سازند سروک نصب شده و در چاه‌های ۹۱ و ۱۴۶ نیز طبق برنامه در سازند فهلیان سیمان شده است. در ۱۰ حلقه چاه دیگر، به استثناء چاه ۱۳۳ که طبق برنامه آستری "۷" در سازند پایده سیمان شده است، سایر چاه‌ها به دلیل مشکلات حفاری شامل هرزروی شدید و گیر لوله‌ها، مجبور به نصب و سیمان این آستری در سازند پایده شده اند (جدول ۱).

بررسی اصلاح طراحی لوله‌های جداری با استفاده از تحلیل داده‌های حفاری در چاه‌های بنگستانی یکی از میداین ...

جدول شماره ۱. محل نصب لوله های جداری با قطرهای متفاوت در چاه‌های بنگستانی میدان مورد مطالعه

شماره چاه	جداری ۲۰" یا ۱۸ ۵/۸"	جداری ۱۳ ۳/۸"	جداری ۹ ۵/۸"	آستری ۷"	آستری ۵" یا ۴ ۱/۲"
۱	۲۰" تاپ میشان	میانه بخش ۷	پوش سنگ	پایده	سروک
۲	۲۰" آغاجاری	ابتدای بخش ۷	پوش سنگ	ایلام	سروک
۲۹	۲۰" آغاجاری	ابتدای بخش ۲-۶	ابتدای پایده	ابتدای ایلام	سروک
۳۳	انتهای بخش ۷	پوش سنگ	-	-	-
۳۳ ST۳	-	-	آسماری	انتهای گورپی	سروک
۳۸	ابتدای میشان	ابتدای بخش ۲-۶	پوش سنگ	پایده	سروک
۴۲	ابتدای بخش ۲-۶	پوش سنگ	پایده	ابتدای سروک	-
۴۵ ST۱	ابتدای بخش ۲-۶	۲۰" آغاجاری	ابتدای بخش ۲-۶	ابتدای ایلام	سروک
۴۸	-	۲۰" گچساران	پوش سنگ	ابتدای پایده	ایلام
۹۱	-	۲۰" آغاجاری	گچساران	فهلپیان	-
۱۲۰	-	-	پوش سنگ	سروک	کژدمی
۱۳۲	۲۰" ابتدای بخش ۷	پوش سنگ	پوش سنگ	انتهای آسماری	سروک
۱۳۳	آغاجاری	ابتدای بخش ۲-۶	پوش سنگ	انتهای پایده	سروک
۱۴۶	۲۰" میانه بخش ۷	پوش سنگ	بنگستان	فهلپیان	-
۱۵۰ ST۱	آغاجاری	ابتدای بخش ۲-۶	پوش سنگ	ایلام	-
۱۵۲	آغاجاری	ابتدای بخش ۲-۶	پوش سنگ	پایده	سروک
۱۵۹	آغاجاری	ابتدای بخش ۲-۶	پوش سنگ	-	-
۱۵۹ ST۱	-	-	-	پایده	سروک
۱۶۷	آغاجاری	ابتدای بخش ۲-۶	پوش سنگ	ابتدای ایلام	سروک
۱۶۸	آغاجاری	ابتدای بخش ۲-۶	پوش سنگ	پایده	سروک
۱۶۹	آغاجاری	ابتدای بخش ۲-۶	پوش سنگ	آسماری	سروک
۱۷۱	آغاجاری	ابتدای بخش ۲-۶	پوش سنگ	ابتدای پایده	سروک
۱۷۲	آغاجاری	میانه میشان	پوش سنگ	ابتدای پایده	سروک

۳. بحث و بررسی

در چاه‌های مختلف، آماری از سازندهایی که در آنها بیشترین مشکلات حین حفاری بوقوع پیوسته ارائه شده است. در نواحی از میدان که احتمال وقوع مشکلات وجود دارد، برای بررسی بهتر ناحیه‌های دارای مشکل، از قطاع بندی سازند آسماری استفاده شده است، بدین صورت که چاه های دارای

در این مطالعه برای بررسی چاه‌های دارای مشکل در حین حفاری و طراحی بهینه جداری آنها، در ابتدا انواع مشکلات ایجاد شده در چاه‌های بنگستانی میدان را شناسایی و وزن و نوع گل بکار برده شده برای حفاری سازندهای مختلف بررسی و تحلیل شده است. با بررسی محل های وقوع مشکل



شکل ۶. انواع طراحی لوله‌های جداری در چاه‌های بنگستانی میدان مورد مطالعه

چاه‌هایی که در آنها لوله‌های جداری ۲۰" یا ۱۸ ۵/۸" به عنوان جداری سطحی رانده شده است و چاه‌هایی که در آنها لوله‌های جداری سطحی بزرگتر از ۲۰" یا ۱۸ ۵/۸" بکار برده شده است. مطابق جدول شماره ۱ تعداد ۱۱ حلقه چاه دارای طراحی نوع سوم-A می‌باشند. در این چاه‌ها لوله‌های جداری ۲۰" به عنوان جداری‌های سطحی رانده شده و متعاقباً جداری‌های ۱۳ ۳/۸" و ۹ ۵/۸" به ترتیب در بخش ۶ سازند گچساران و پوش سنگ نصب گردیده‌اند، ولی در ادامه موفق به حفاری تا ابتدای بنگستان به منظور نصب آستری ۷" در آن نشده‌اند و ناچاراً این آستری‌ها در محل دیگری نصب گردیده و حفاری با قطر چاه کوچکتر ادامه یافته است.

جدول شماره ۲. تفکیک چاه‌های بنگستانی میدان مورد مطالعه بر اساس نوع طراحی لوله‌های جداری

شماره چاه	نوع آرایش
۱۶۷، ۱۵۰ ST1، ۱۲۰، ۲	آرایش نوع اول
۱۴۶، ۹۱، ۴۲	آرایش نوع دوم
۱۵۹، ۱۵۲، ۱۳۳، ۴۸، ۳۸، ۱	A آرایش نوع سوم
۱۷۴، ۱۷۲، ۱۷۱، ۱۶۹، ۱۶۸	
۱۳۲، ۴۵ ST1، ۳۳، ۲۹	B

مشکل در هر قطاع مشخص و درصد آنها نسبت به کل چاه-های حفاری شده در آن قطاع محاسبه شده است. در نهایت با تعیین موقعیت چاه‌های دارای مشکل حفاری در نواحی مربوط، تراکم این چاه‌ها برای هر بخش مشخص و مناطق پرخطر مشخص شده‌اند. با تعیین مناطق پرخطر و موقعیت قرارگیری چاه‌ها، طراحی مناسبی از لوله‌های جداری برای آنها ارائه شده است.

۱.۳ مقایسه آرایش لوله‌های جداری

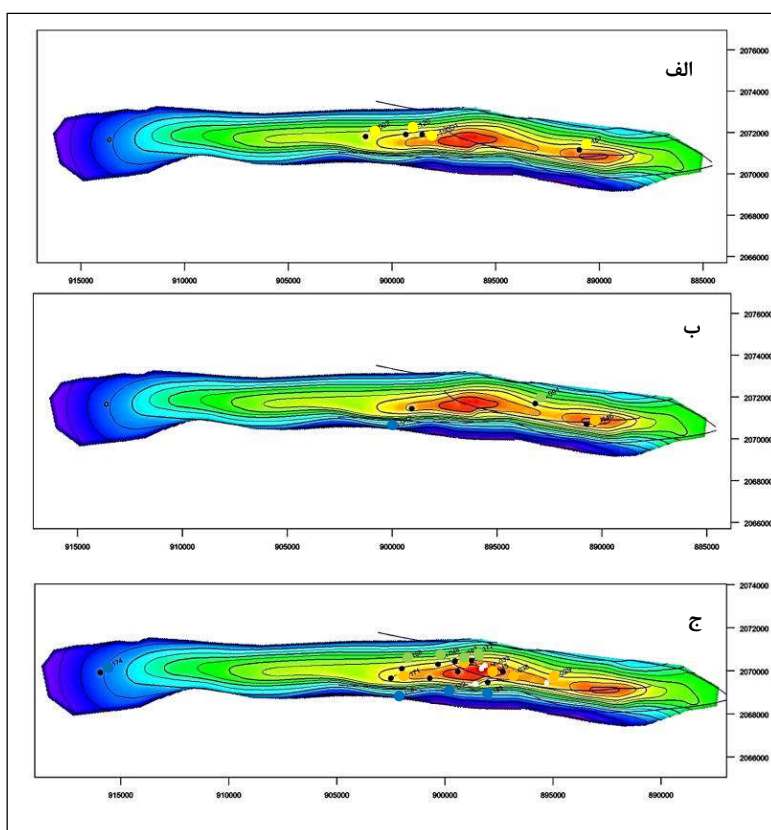
جهت مقایسه و بررسی بهتر سه نوع آرایش لوله‌های جداری به تفکیک چاه‌ها، بصورت شماتیک در شکل ۶ نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود محل قرارگیری هر لوله جداری در سازندهای مختلف مبنای تفکیک این نوع طراحی‌ها می‌باشد. با بررسی گزارشات نهایی تمامی چاه‌ها، طراحی لوله‌های جداری در هر چاه استخراج شد و برای اینکه مقایسه طراحی‌ها و تفکیک آنها از یکدیگر انجام شود، شکل ۶ ارائه گردید. در نهایت به این نتیجه حاصل شد که بر مبنای شروع حفاری چاه با لوله‌های جداری ۲۰" یا بزرگتر و در ادامه استفاده از طراحی معمول و یا طراحی غیر از آن، سه نوع آرایش لوله‌های جداری شناسایی شده در چاه‌های بنگستانی میدان مورد بررسی استفاده شده است. در آرایش نوع اول طراحی لوله‌های جداری همان طرح معمول لوله‌های جداری در چاه‌های بنگستانی میدان مورد بررسی می‌باشد.

بدین صورت که، لوله‌های جداری ۲۰" به عنوان لوله جداری سطحی و لوله‌های جداری ۱۳ ۳/۸" در ابتدای بخش ۶ سازند گچساران و جداری‌های ۹ ۵/۸" در پوش سنگ و نهایتاً آستری ۷" در ابتدای بنگستان نصب شده‌اند، که مطابق جدول ۷ تعداد ۴ حلقه چاه دارای این نوع طراحی لوله جداری می‌باشند. در آرایش نوع دوم، لوله‌های جداری بزرگتر از ۲۰" به عنوان لوله جداری سطحی بکار برده شده در نتیجه لوله‌های جداری ۱۳ ۳/۸" در پوش سنگ رانده و سیمان شده‌اند. معمولاً هدف از حفاری این چاه‌ها، دستیابی به افق‌های مخزنی عمیق (خامی) و یا توصیف ساختار بوده است. طبق بررسی‌ها ۳ حلقه چاه در میدان دارای این نوع طراحی می‌باشند. در طراحی نوع سوم، بر مبنای شروع حفاری با قطر ۲۰" و یا بزرگتر به دو دسته تقسیم می‌شوند.

بررسی اصلاح طراحی لوله‌های جداری با استفاده از تحلیل داده‌های حفاری در چاه‌های بنگستانی یکی از مباحث ...

شکل ۷ نمایش داده شده است. شکل ۷ الف، پراکندگی چاه‌های دارای طراحی نوع اول را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود کلیه چاه‌های دارای طراحی نوع اول بر روی ستیغ ساختار مخزن بنگستان و تقریباً موازی محور طولی ساختار حفاری شده‌اند. شکل ۷ ج، پراکندگی چاه‌های دارای طراحی نوع سوم را نشان می‌دهد. این چاه‌ها که در شکل مشخص شده است تماماً بر روی کوهانک اصلی ساختار مخزن بنگستان واقع شده‌اند.

با استفاده از نرم افزار RMS^5 ، داده‌هایی نظیر مختصات چاه ها، عمق ورود به افق مخزن و اطلاعات چاه ها، نقشه همتراز زیرزمینی میدان قبل رسم است (*Taheri & Torab, 2017*)، همانطور که در شکل ۷ این پارامترها تهیه شده است. موقعیت چاه‌های دارای طراحی نوع اول تا سوم به تفکیک با رنگ مشکی در بخش های مختلف تناقدیس بنگستان و بر روی نقشه خطوط هم تراز زیرزمینی آن در



شکل ۷. الف) پراکندگی چاه‌های با طراحی نوع اول بر روی نقشه خطوط هم تراز زیرزمینی افق بنگستان ب) پراکندگی چاه‌های دارای طراحی نوع دوم ج) پراکندگی چاه‌های دارای طراحی نوع سوم A و سوم B، که با رنگ خاکستری نمایش داده شده اند.

⁵ Reservoir modeling software

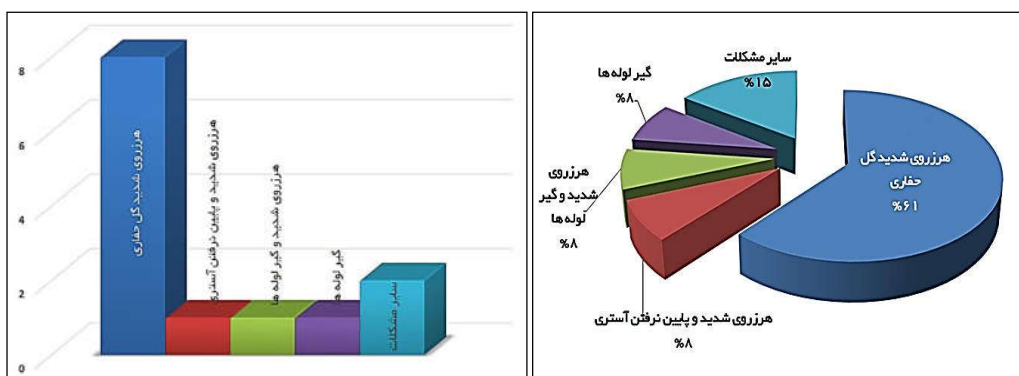
⁶ Coordinates of wells

بررسی اصلاح طراحی لوله‌های جداری با استفاده از تحلیل داده‌های حفاری در چاه‌های بنگستانی یکی از میادین ...

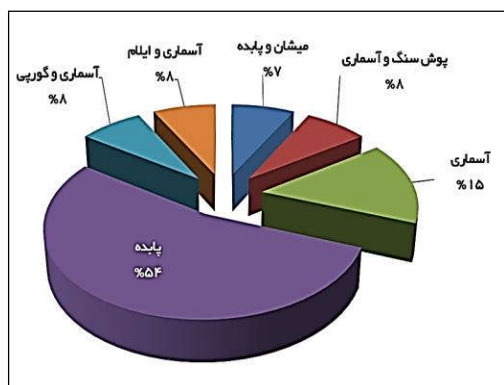
محل‌ی غیر از محل تعیین شده، بعنوان بهترین راهکار ممکن در دستور کار قرار گرفته است. تعداد چاه‌های دارای مشکل مشابه و درصد مشکلات ایجاد شده بصورت نمودار در شکل ۸ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود عمده‌ترین مشکل در حفاری چاه‌های بنگستانی، هرزروی شدید گل حفاری می‌باشد که در ۶۱ درصد از چاه‌ها بوقوع پیوسته است. پس از آن گیر لوله‌ها بیشترین مشکل را در حفاری چاه‌ها ایجاد نموده، که در مواردی نیز گیر لوله‌ها بدلیل هرزروی شدید گل حفاری بوده است.

۲.۳ بررسی چاه‌های دارای مشکل حفاری در سازندهای مختلف

با مطالعه و بررسی تاریخچه حفاری چاه‌های بنگستانی مشخص شده است که، تعداد زیادی از این چاه‌ها به دلایل مختلف در حین حفاری دچار مشکل شده‌اند و دو اقدام در دستور کار حفاری چاه قرار گرفته است. در حالت اول با گذاشتن پلاگ سیمانی در ته چاه و ادامه حفاری در حفره جدید و در حالت دوم، راندن لوله جداری و یا آستری در



شکل ۸. تعداد چاه‌های دارای مشکل مشابه و درصد مشکلات ایجاد شده در چاه‌های بنگستانی مورد مطالعه

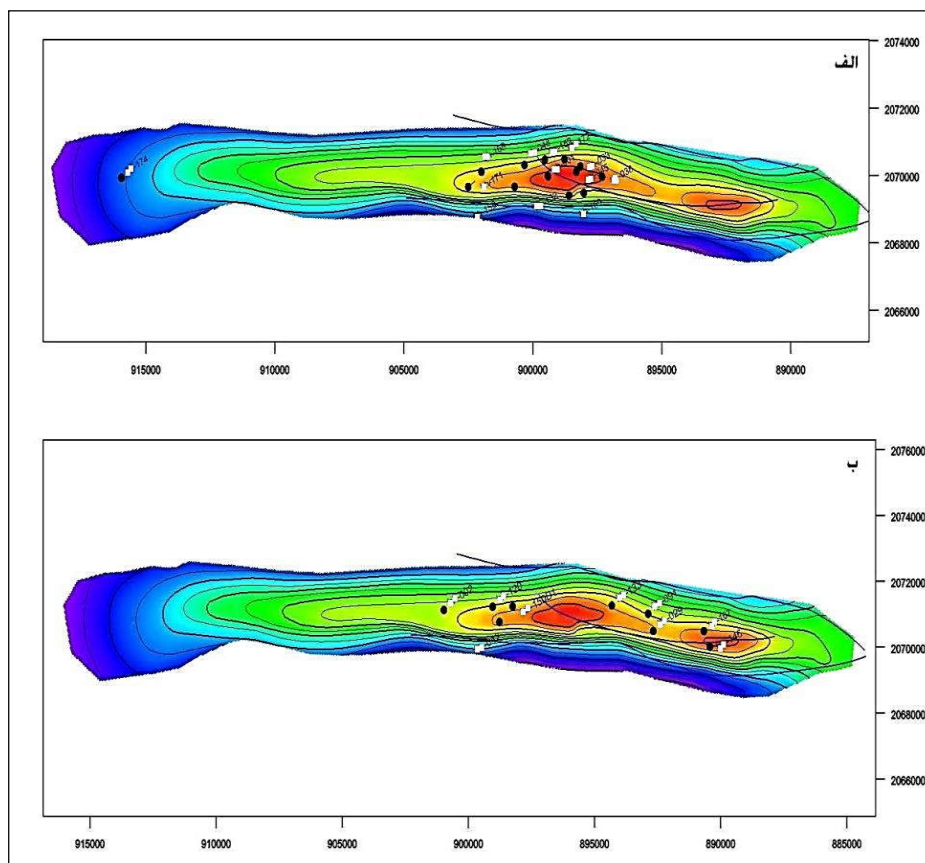


شکل ۹. درصد وقوع مشکلات حفاری در سازندهای مختلف در چاه‌های بنگستانی

مشکلات حفاری ایجاد شده در چاه‌های بنگستانی میدان ممکن است هنگام حفاری هر سازندی مشاهده شوند. بدین منظور ارتباط بین مشکلات حفاری با سازندهای مختلف در چاه‌های دارای مشکل مورد بررسی قرار گرفت که نتیجه آن بصورت نمودار در شکل ۹ آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد مشکلات حین حفاری در سازندهای مختلفی از جمله سازند میشان، پوش سنگ، آسماری، گورپی و ایلام بوقوع پیوسته است که در بین آنها، سازند پایده در ۵۴ درصد از چاه‌ها و سازند آسماری در ۱۵ درصد از چاه‌ها بترتیب بیشترین مشکلات را در حین حفاری ایجاد نموده‌اند. چاه‌های شماره ۱، ۳۸، ۱۵۲، ۱۵۹، ۱۶۸، ۱۷۱، و ۱۷۴ در سازند پایده و چاه‌های شماره ۴۸، ۱۶۹ در سازند آسماری دچار مشکل شده‌اند.

شمالی ضخامت کمتری از سازند گچساران را نسبت به چاه‌های واقع در یال جنوبی حفاری می‌کنند اما بررسی‌ها نشان می‌دهند که نمی‌توان ارتباط معناداری بین پراکندگی چاه‌های دارای مشکل و ضخامت سازند گچساران در این میدان برقرار نمود. اینطور بنظر می‌رسد پراکندگی چاه‌های دارای مشکل، انطباق خوبی با ناحیه خمش میدان مورد بررسی دارد. چاه‌های بدون مشکل نیز در کوهانک شرقی ساختار بی‌بی‌حکمی و ناحیه شمال غربی این ساختار قرار گرفته‌اند. البته لازم به ذکر است در ناحیه شمال غربی میدان مورد مطالعه چاه‌های بنگستانی کمتری حفر شده است و بنابراین کمبود اطلاعات در این ناحیه بخوبی مشهود است.

بررسی انواع آرایش لوله‌های جداری در در چاه‌های دارای مشکل و بدون مشکل مورد مقایسه قرار گرفت (شکل ۹). بررسی‌ها نشان می‌دهند که از نظر پراکندگی، تعداد چاه‌های بنگستانی دارای مشکل در ناحیه مرکزی میدان بیشتر است. در شکل ۱۰ پراکندگی چاه‌های دارای مشکل بر روی نقشه خطوط هم‌تراز زیرزمینی افق آسماری نمایش داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود اکثر چاه‌های دارای مشکل در ناحیه مرکزی تاقدیس این میدان واقع گردیده‌اند و چاه‌های واقع در فاصله بیشتر نسبت به این ناحیه تقریباً بدون مشکل حفاری شده‌اند. از آنجایی که بطور کلی در میدان مورد بررسی چاه‌های واقع بر روی ستیغ میدان و یال



شکل ۱۰. الف) نمایش پراکندگی چاه‌های مشکل دار بر روی نقشه هم‌تراز زیرزمینی افق بنگستان ب) پراکندگی چاه‌های بنگستانی بدون مشکل

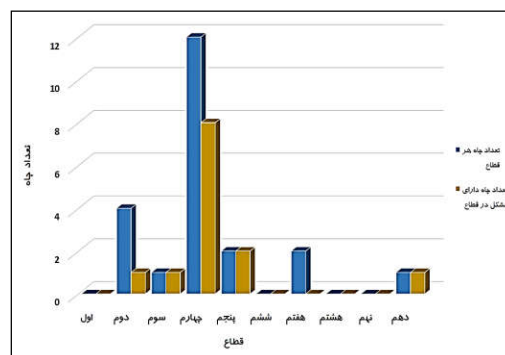
بررسی اصلاح طراحی لوله‌های جداری با استفاده از تحلیل داده‌های حفاری در چاه‌های بنگستانی یکی از مباحث ...

۳. ۵. بررسی و مقایسه محل قرارگیری آستری "۷" در چاه‌های دارای مشکل

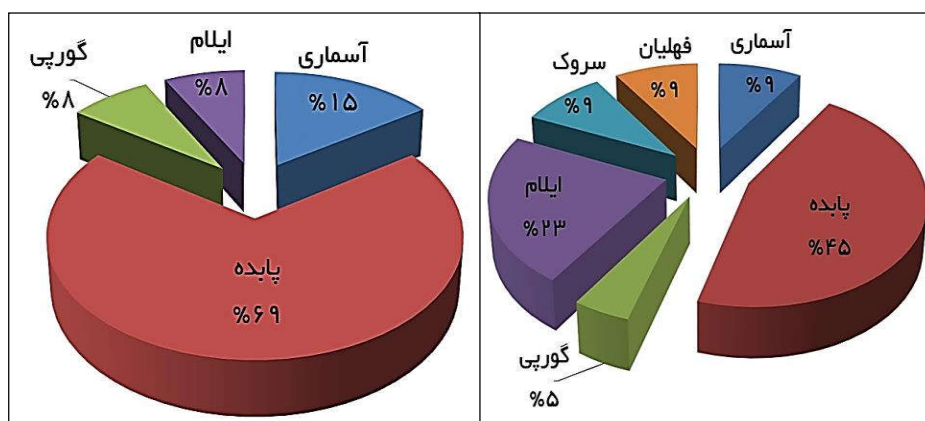
محل نصب آستری "۷" در چاه‌های بنگستانی در ابتدای سازند ایلام در نظر گرفته می‌شود تا بتوان چاه را با حفره "۵" تکمیل نمود. به همین منظور بررسی محل نصب آستری "۷" در سازندهای مختلف انجام شد که نتایج آن بصورت نمودار در زیر آورده شده است. آستری "۷" در چاه‌های بنگستانی میدان مورد مطالعه بسته به شرایط، در اعماق و سازندهای متفاوتی نصب و سیمان شده است. فراوانی محل نصب آستری "۷" در سازندهای مختلف برای چاه‌های بنگستانی میدان مورد بررسی در شکل ۱۲ نمایش داده شده است. بیشترین فراوانی محل نصب، مربوط به سازند پایده می‌باشد، بطوریکه در ۴۵ درصد از چاه‌ها آستری "۷" در این سازند نصب و سیمان شده است. پس از آن سازند ایلام از نظر فراوانی محل نصب آستری "۷" در رتبه بعدی قرار می‌گیرد، بطوری که در ۲۳ درصد از چاه‌ها آستری "۷" در ابتدای سازند ایلام نصب گردیده است. لازم به ذکر است که محل نصب آستری در سازندهای سروک و فهلیان و در یک مورد در سازند پایده طبق برنامه بوده و حفاری چاه و نصب آستری بدون مشکل انجام شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در ۸۴ درصد از چاه‌های دارای مشکل، آستری "۷" در سازندهای آسماری و پایده نصب و سیمان شده که این موضوع نیز مربوط به مشکلات حفاری است که در سازندهای آسماری و پایده بوقوع پیوسته است.

۳. ۴. ارتباط بین چاه‌های حفاری شده در هر قطاع نسبت به تعداد چاه‌های دارای مشکل

بررسی تعداد چاه‌های حفاری شده در هر قطاع نسبت به چاه‌های دارای مشکل در همان قطاع، مطابق شکل ۱۱ نشان می‌دهد که ناحیه مرکزی میدان (شامل قطاع ۴ و ۵) دارای درصد بیشتری از لحاظ چاه‌های دارای مشکل می‌باشند. همچنین قطاع ۲ و ۷ که در بخش غربی و شرقی میدان قرار دارند علیرغم تعداد بالای چاه‌های حفاری شده دارای کمترین تعداد چاه‌های مشکل‌دار در میدان می‌باشند. لازم بذکر است که در قطاع‌های ۱، ۶، ۸، و ۹ تا کنون هیچ چاه بنگستانی حفاری نشده است.



شکل ۱۱. تعداد چاه‌های حفاری شده در هر قطاع نسبت به چاه‌های دارای مشکل



شکل ۱۲. فراوانی محل نصب آستری "۷" اینچ در سازندهای مختلف میدان مورد مطالعه (الف) برای چاه‌های بنگستانی (ب) برای چاه‌های بنگستانی دارای مشکل

۴. نتیجه گیری

- در مخزن بنگستان میدان مورد مطالعه، طراحی لوله‌های جداری بر مبنای اندازه جداری سطحی و به تبع آن اندازه جداری نصب شده در بخش ۶ گچساران، پوش سنگ و بنگستان، بررسی و مقایسه شدند که در نتیجه آن، سه نوع آرایش لوله جداری برای چاه‌های بنگستانی این میدان شناسایی گردید، که در طراحی نوع اول، جداری "۳/۸ ۱۳" در بخش ۷ یا ۶ سازند گچساران و جداری "۵/۸ ۹" در پوش سنگ نصب می شود ولی در طراحی نوع دوم، لوله‌های جداری "۵/۸ ۱۸" در بخش ۷ یا ۶ سازند گچساران و جداری "۳/۸ ۱۳" در پوش سنگ سیمان می‌شود و طراحی نوع سوم که بر مبنای شروع حفاری با حفره "۲۰" یا بزرگتر از آن است.
- نتایج نشان داده است که از نظر پراکندگی، چاه‌های دارای آرایش نوع سوم، بر روی کوهانک اصلی میدان واقع شده‌اند و از مجموع ۲۲ حلقه چاه حفاری شده تا مخزن بنگستان، ۱۳ حلقه چاه (۶۱ درصد) به دلایل مختلف از قبیل مشکلات ناشی از حفاری، باقی ماندن مانده درون چاه و وضعیت نامساعد هرزروی در چاه، مجبور به تغییر آرایش لوله‌های جداری شده‌اند.
- بررسی‌ها نشان می‌دهد در تمام چاه‌های بنگستانی دارای مشکل، آستری "۷" در محلی غیر از محل تعیین شده، نصب و سیمان شده است و فراوانی محل نصب آستری "۷" در سازندهای مختلف نشان می‌دهد که در ۶۹ درصد از چاه‌های دارای مشکل، این آستری در سازند پایده و در ۱۵ درصد از چاه‌ها نیز در سازند آسماری نصب شده است.
- با توجه به بررسی‌های فنی حفاری و نتایج بدست آمده برای حفاری چاه جدید بنگستانی در قطاع‌های ۴ و ۵ این میدان، آرایش لوله‌های جداری می‌بایست بگونه‌ای باشد که لوله‌های جداری "۳/۸ ۱۳" در پوش سنگ و لوله‌های جداری "۵/۸ ۹" در سازند پایده نصب و سیمان شوند تا بدین ترتیب بتوان ضمن غلبه بر هرزروی و یا سایر مشکلات ایجاد شده در حین حفاری سازندهای آسماری و پایده، آستری "۷" نیز در ابتدای سازند ایلام نصب گردد.
- نتایج نشان داده است که، یکی از راهکارهای مهم برای تکمیل چاه بنگستانی با قطر بزرگتر در قطاع‌هایی که پتانسیل بیشتری از لحاظ بروز مشکل دارند، شروع حفاری چاه با سایز بزرگتر می‌باشد که این مسئله برای حفاری چاه جدید در قطاع‌های ۱، ۶، و ۹ می‌بایست در دستور کار قرار گیرد.

سپاس و قدردانی

نویسندگان مقاله از معاونت زمین‌شناسی گسترشی و اداره کل حفاری مناطق نفتخیز جنوب به واسطه حمایت‌های معنوی در تالیف این مقاله تشکر و قدردانی می‌نمایند.

مراجع

- Han, G. (2011). Natural Fractures In Unconventional Reservoir Rocks: Identification, Characterization, And Its Impact to Engineering Design. 45th U.S. Rock Mechanics / Geomechanics Symposium,
- Hu, C., Ai, C., Tao, F., Wang, F., & Yan, M. (2016). Optimization of Well Completion Method and Casing Design Parameters to Delay Casing Impairment Caused by Formation Slippage. SPE/IADC Middle East Drilling Technology Conference and Exhibition,
- Nguyen, T. C., de Oliveira, R., Al-Safran, E., & Saasen, A. (2017). Casing-Design Optimization With CAML Technique and Drilling-Fluid Performance. *SPE Drilling & Completion*, 32(03), 208-212. <https://doi.org/10.2118/185951-pa>
- Omojuwa, E., Okoye, E., Oussen, A., Odunuga, A., Osisanya, S., & Ahmed, R. (2010). Understanding the Influence of Rock Stresses on Wellbore Inclination in Salt Formations: A Well Planning Approach. Nigeria Annual International Conference and Exhibition,
- Taheri, K. (2016). *Prediction & Modeling of Mud Circulation Loss Using Geostatistical Methods In Asmari Reservoir, Gachsaran Oil Field* Yazd University].
- Taheri, K., & Mohammad Torab, F. (2017). Applying Indicator Kriging in Modeling of Regions with Critical Drilling Fluid Loss in Asmari Reservoir in an Oil Field in Southwestern Iran. *Journal of Petroleum Research*, 27(96-4), 91-104. <https://doi.org/10.22078/pr.2017.2462.2140>
- Taheri, K., & Morshedy, A. H. (2017). Three-dimensional Modeling of Mud Loss Zones Using the Improved Gustafson-Kessel Fuzzy Clustering Algorithm (Case Study: One of the South-western Oil Fields). *Journal of Petroleum Research*, 27(96-5), 82-97. <https://doi.org/10.22078/pr.2017.2615.2208>
- Taheri, K., & Torab, F. M. (2017). Modeling Mud Loss in Asmari Formation Using Geostatistics in RMS Software Environment in an Oil Field in Southwestern Iran. *Iranian Journal of Petroleum Geology*, 11(6), 1-10. <http://rimag.ricest.ac.ir/fa/Article/33820>
- Wang, H., & Samuel, R. (2016). 3D Geomechanical Modeling of Salt-Creep Behavior on Wellbore Casing for Presalt Reservoirs. *SPE Drilling & Completion*, 31(04), 261-272. <https://doi.org/10.2118/166144-pa>
- Wang, S., Guo, X., Li, Y., Zhong, J., Hu, Y., Yang, Z., Guo, Y., Angelo, L. D., & Zhou, Y. (2010). A Geomechanical Approach to Enhancing Well Design And Increasing Drilling Performance In the Sichuan Xinchang Gas Field, China. 44th U.S. Rock Mechanics Symposium and 5th U.S.-Canada Rock Mechanics Symposium,
- Wei, K., Zhang, H., Zhang, H., Guan, Z., & Xu, Y. (2014). Analysis of the Impact of Managed Pressure Drilling Technology on Current Casing Program Design Methods (TECHNICAL NOTE). *International Journal of Engineering*, 27(4), 659-666. https://www.ije.ir/article_72296_1cb22b76a80f025681ae69953ec6640c.pdf