
بسم الله الرحمن الرحيم

شرح جامع و نمونه سوالات

دروس مهندسی نفت (بهره برداری)

«مهندسی نفت»

مولف: نوید میرجردوی

انتشارات ارشد

پیشگفتار ناشر

خداوند بزرگ را شاکریم که فرصتی عنایت فرمود تا بتوانیم قدمی در جهت گسترش علم و فرهنگ کشور عزیزمان برداریم و مسیری هموار را در اختیار مخاطبان و داوطلبان علاقمند به ادامه تحصیل قرار دهیم. از آنجائی که درحوزه کتاب‌های درسی و کمک درسی کارشناسی ارشد کتاب‌های زیادی به رشته تحریر در آمده است با این حال وجود یک مجموعه جامع، دقیق، کامل و دارای رفرنس(منابع) مستند احساس می‌شود.

همیشه دغدغه داشتیم که ای کاش می‌شد تمامی منابع پراکنده و گاهاً دست نایافتنی کنکور در یک مجموعه به گونه‌ای جذاب و شیوا آماده می‌شد و همچنین سوالات دوره‌های قبل کنکور نیز به گونه‌ای تشریحی پاسخ داده می شدند، که خدشه‌ای بر آنها وارد نشود و خیال داوطلبان عزیز آنقدر آسوده باشد که اطلاعات مندرج در پاسخنامه‌ها را برای بهره‌گیری در آزمون خود بکار گیرند. این کار با یاری خداوند بزرگ و همکاری نخبه‌ترین دانشجویان و اساتید کشور در انتشارات ارشد هماهنگ گردید و در تمامی مقاطع تحصیلی از کاردانی به کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری در حوزهٔ آزمون‌های سراسری – آزاد و پیام نور بسته‌های آموزشی شامل کتاب‌های بانک سوالات و کتاب‌های شرح جامع درس آماده گردید. در تهیه مجموعه‌های فوق‌الذکر از فارغ‌التحصیلان کارشناسی ارشد و دکتری که حائز رتبه‌های تک رقمی کنکور می‌باشند، استفاده کرده‌ایم، تا شما عزیزان بتوانید در راستای افزایش توان علمی خود در جهت نیل به مقصود خویش نایل آیید. بدون تردید می‌توان گفت که برای اولین بار در نظام آموزشی کشور مجموعه‌ای به این سبک عرضه می‌شود که در کیفیت و کمیت بی‌نظیر بوده و تمامی نیازهای دانشجویان و داوطلبان عزیز را پوشش می‌دهد. امید است که استفاده از این مجموعه عزیزان را در جهت موفقیت در آزمون یاری رسانده باشد. در پایان لازم به ذکر است که بی نقصی محض از آن خداوند متعال می‌باشد، بنا براین از تمامی خوانندگان و داوطلبان عزیز خواهشمندیم نظرات سازنده خود را در مورد این کتاب به سایت انتشارات ارشد اعلام نمایند تا ما را در جهت هر چه بهتر آماده کردن این محصولات یاری رسانند.

با تشکر

ناشـــــر

www.arshadbook. ir

پیشگفتار مؤلف

امروزه با گسترش علم و تکنولوژی و همچنین رشد روزافزون جمعیت در سطح جهان، استفاده صحیح و بهینه از منابع انرژی امری ضروری به نظر می‌رسد. در این میان، سوخت‌های فسیلی به عنوان اصلی‌ترین منابع تأمین انرژی، بیش از ۹۰٪ نیاز بشر را در این زمینه پاسخ می‌دهند. لذا، با توجه به تجدید ناپذیر بودن مخازن نفت وگاز، اهمیت بهره برداری صحیح و دانش‌محور از این منابع مهم و کلیدی، بیش از پیش آشکار می‌گردد.

مطالعه دقیق و دسترسی به منابع مطالعاتی جامع، در کنار برنامه‌ریزی اصولی و مدون به منظور کسب آمادگی و موفقیت در آزمون کارشناسی ارشد امری ضروری است. اثر پیش‌رو، برگرفته از کتب مرجع مهندسی بهره‌برداری، جزوات کلیدی اساتید با تجربه دانشگاه‌های صنعت نفت، صنعتی شریف، تهران و صنعتی امیرکبیر و همچنین آموخته‌های شخصی مؤلف، ضمن تحصیل در رشته مهندسی نفت در دانشگاه‌های صنعت نفت و صنعتی شریف می‌باشد.

در چینش فصل‌های کتاب حاضر، تلاش شده است تا مطالب و مباحث درسی، براساس اولویت مبانی و اصول عملیاتی مهندسی بهره‌برداری در یازده فصل مجزا طبقه‌بندی گردند. در هرفصل علاوه بر شرح کامل مطالب، نکات مهم و برجسته که اغلب مورد توجه طراحان سؤالات کنکور بوده است، به صورت مشخص تأکید شده است. همچنین در پایان هر فصل به منظور سنجش دانشجویان عزیز، سؤالات تألیفی به همراه کلید سؤال و پاسخ تشریحی آورده شده است. در خاتمه نیز به منظور آماده‌سازی بیشتر داوطلبان گرامی، کلیه سئوالات مربوط به کنکورهای سراسری و آزمون‌های دانشگاه آزاد دوره‌های گذشته، به همراه پاسخ تشریحی گردآوری شده است. امید است، مطالب بیان شده مفید فایده واقع شود.

برخود واجب می‌دانم، مراتب تشکر و قدردانی را از کلیه دوستان، هم دانشگاهیان و اساتید گرامی که بنده را در تکمیل این کتاب یاری داده‌اند، به عمل آورم. بویژه از دوست عزیز و گرامی، جناب آقای مهندس محمد ضیغمی (دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی نفت- دانشگاه صنعت نفت) که در تألیف و تدوین این اثر با بنده همکاری داشته‌اند، کمال تشکر و قدردانی را دارم. قطعاً بدون همکاری ایشان به هیچ وجه کتاب حاضر، به این صورت جامع محقق نمی‌گشت.

در پایان از مدیریت محترم و کارکنان پرتلاش انتشارات ارشد که با همکاری خود شرایط مساعدی را جهت آماده شدن کتاب پیش‌رو ایجاد کردند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

لازم به ذکر است، در تألیف این اثر سعی بر آن بوده است تا مطالب از لحاظ علمی، نگارشی و تایپی صحیح و بدون اشکال باشند، با این وجود خواهشمندم در صورت مشاهده هرگونه نقصانی، اینجانب را از نظرات علمی و دانشمندانه خود بهره‌مند گردانید تا ان‌شاء ا.... در چاپ‌های بعدی تصحیحات لازم اعمال گردد.

navid_mirjordavi@che.sharif.ir

با آرزوی توفیق روز افزون

نوید میر جردوی

تهران – تابستان ۱۳۸۹

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

پیشگفتار ناشر ۳
پیشگفتار ناشر ۴

فصل اول: عملیات تکمیل چاه

طراحی تکمیل چاه ۱۱
ابزار سر چاهی ۱۹

فصل دوم: عملیات مشبک کاری

مشبک‌کاری (PERFORATION) ۳۱
انواع مشبک‌کاری ۳۱
نکات مهم روش‌های مشبک‌کاری ۳۲
پارامترهای عملیات مشبک‌کاری ۳۳
تکنیک‌های مورد استفاده در مشبک‌کاری ۳۴
مقایسه صنعتی تکنیک‌های مشبک‌کاری ۳۵
آسیب و صدمه ناشی از مشبک‌کاری ۳۶
عوامل مؤثر بر ضریب پوسته مشبک‌کاری، S_P ۳۶
پارامترهای هندسی مشبک‌کاری ۳۶
عوامل مؤثر بر عمق مشبک‌ها ۳۷

فصل سوم: آسیب‌دیدگی سازند

آسیب سازند (FORMATION DAMAGE) ۴۵
آسیب سازند در اثر نفوذ ذرات جامد ۴۷
آسیب سازند در اثر مهاجرت ذرات ریز (FINE MIGRATION) ۴۸
آسیب سازند به علت تاثیر حضور یک فاز نامطلوب بر روی تراوایی نسبی ۴۹
آسیب سازند در اثر حضور توده آب ۴۹
آسیب سازند در اثر انباشته شدن میعانات گازی ۴۹
آسیب سازند در اثر آزاد شدن گاز ۵۰
آسیب های مکانیکی در زمان حفاری و مشبک کاری ۵۰

عنوان **صفحه**

آسیب سازند در اثر تورم رس (CLAY SWELLING) ۵۰
آسیب سازند در اثر جذب سطحی (ADSORPTION) ۵۱
آسیب سازند در اثر تشکیل رسوب (SCALE) ۵۱
رسوبات غیر آلی ۵۲
رسوبات آلی ۵۳
آسیب سازند دراثر تشکیل امولسیون آب و نفت ۵۴
آسیب سازند دراثر تغییر ترشوندگی ۵۴
آسیب سازند در اثر تکثیر باکتری ها ۵۴
آسیب سازند دراثر عوامل حرارتی ۵۵

فصل چهارم: عملیات تحریک چاه

اسیدکاری ۶۴
عوامل کاهش نفوذپذیری سازند ۶۴
انواع اسیدکاری ۶۵
انواع اسیدها ۶۶
خصوصیات اسید فرمیک ۶۶
واکنش‌های محتمل در اسیدکاری سازندهای کربناته ۶۸
افزودنی‌های اسید به منظور اسیدکاری مخازن ماسه سنگ ۷۰
آزمایشات لازم به منظور انجام اسیدکاری ۷۱

فصل پنجم: شکاف زنی هیدرولیکی

ایجاد شکاف هیدرولیکی (HYDRAULIC FRACTURING) ۸۵
انواع شکاف ۸۹

فصل ششم: نمودارهای عملکرد مخزن و چاه

روابط IPR ۹۹
نمای خطوط جریان در درون چوک ۱۰۳

فصل هفتم: روش‌های فرازآوری مصنوعی

فرازآوری مصنوعی ۱۱۵
انواع فرازآوری با گاز ۱۱۷
طراحی روش فراز آوری مصنوعی به کمک گاز ۱۱۸
تعیین نرخ بهینه تزریق برای یک دبی معین ۱۱۹
انواع پمپ‌های درون چاهی ۱۲۰
عوامل مؤثر بر بازدهی پمپ ۱۲۳

عنوان **صفحه**

مقایسه فرازآوری به کمک گاز و استفاده از پمپ‌های درن چاهی..... ۱۲۳

فصل هشتم: کنترل تولید شن

روش های کنترل مکانیکی تولید شن ۱۳۳
مراحل طراحی ونصب توری و بسته های گراولی..... ۱۳۵

فصل نهم: پدیده‌ی مخروطی شدن

مخروطی شدن آب و گاز(GAS AND WATER CONING)..... ۱۴۳
دبی تولید بحرانی(CRITICAL PRODUCTION RATE) ۱۴۴
زمان میان بر(BREAK THROUGH TIME)..... ۱۴۵

فصل دهم: جداکننده‌های سطحی سیالات تولیدی

فصل یازدهم: هیدرات‌های گازی

هیدرات های گازی (GAS HYDRATE)..... ۱۶۳
شرایط تشکیل هیدرات:..... ۱۶۳
راه های جلوگیری از تشکیل هیدرات..... ۱۶۴
روش های بررسی شرایط عملیاتی تشکیل هیدرات:..... ۱۶۵
سوالات بهره‌برداری سراسری سال ۱۳۷۹..... ۱۷۳
پاسخنامه بهره‌برداری سراسری سال ۱۳۷۹..... ۱۷۴
سوالات بهره‌برداری سراسری سال ۱۳۸۰..... ۱۷۵
پاسخنامه بهره‌برداری سراسری سال ۱۳۸۰..... ۱۷۶
سوالات بهره‌برداری سراسری سال ۱۳۸۱..... ۱۷۷
پاسخنامه بهره‌برداری سراسری سال ۱۳۸۱..... ۱۷۹
سوالات بهره‌برداری سراسری سال ۱۳۸۲..... ۱۸۱
پاسخنامه بهره‌برداری سراسری سال ۱۳۸۲..... ۱۸۲
سوالات بهره‌برداری سراسری سال ۱۳۸۳..... ۱۸۳
پاسخنامه بهره‌برداری سراسری سال ۱۳۸۳..... ۱۸۵
سوالات بهره‌برداری سراسری سال ۱۳۸۴..... ۱۸۷
پاسخنامه بهره‌برداری سراسری سال ۱۳۸۴..... ۱۸۹
سوالات بهره‌برداری سراسری سال ۱۳۸۵..... ۱۹۱
پاسخنامه بهره‌برداری سراسری سال ۱۳۸۵..... ۱۹۲
سوالات بهره‌برداری سراسری سال ۱۳۸۶..... ۱۹۴
پاسخنامه بهره‌برداری سراسری سال ۱۳۸۶..... ۱۹۵
سوالات بهره‌برداری سراسری سال ۱۳۸۷..... ۱۹۶
پاسخنامه بهره‌برداری سراسری سال ۱۳۸۷..... ۱۹۷

عنوان **صفحه**

سوالات بهره‌برداری سراسری سال ۱۳۸۸ ..... ۱۹۹
پاسخنامه بهره‌برداری سراسری سال ۱۳۸۸ ..... ۲۰۰
سوالات بهره‌برداری آزاد سال ۱۳۸۱ ..... ۲۰۳
پاسخنامه بهره‌برداری آزاد سال ۱۳۸۱ ..... ۲۰۴
سوالات بهره‌برداری آزاد سال ۱۳۸۲ ..... ۲۰۵
پاسخنامه بهره‌برداری آزاد سال ۱۳۸۲ ..... ۲۰۶
سوالات بهره‌برداری آزاد سال ۱۳۸۳ ..... ۲۰۷
پاسخنامه بهره‌برداری آزاد سال ۱۳۸۳ ..... ۲۰۸
سوالات بهره‌برداری آزاد سال ۱۳۸۴ ..... ۲۰۹
پاسخنامه بهره‌برداری آزاد سال ۱۳۸۴ ..... ۲۱۰
سوالات بهره‌برداری آزاد سال ۱۳۸۵ ..... ۲۱۱
پاسخنامه بهره‌برداری آزاد سال ۱۳۸۵ ..... ۲۱۲
سوالات بهره‌برداری آزاد سال ۱۳۸۷ ..... ۲۱۳
پاسخنامه بهره‌برداری آزاد سال ۱۳۸۷ ..... ۲۱۴
سوالات بهره‌برداری آزاد سال ۱۳۸۸ ..... ۲۱۵
پاسخنامه بهره‌برداری آزاد سال ۱۳۸۸ ..... ۲۱۶

فصل اول

عملیات تکمیل چاه

عناوین اصلی

- طراحی تکمیل چاه
- ابزار سر چاهی

فصل اول

عملیات تکمیل چاه

هنگامی که یک چاه حفر می‌شود، قبل از آنکه به بهره‌برداری برسد باید به طورصحیح تکمیل شود. لذا ابزار و روش‌های متعدد و بعضاً پیچیده‌ای در فرآیند تکمیل چاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. که در این بخش به آنها اشاره می‌کنیم.

- اساسی‌ترین ملزومات یک عملیات تکمیل چاه (Well Completion) عبارتند از:

۱- اطمینان از امنیت چاه

۲- کارآمدی چاه تکمیل شده

۳- رعایت مسائل اقتصادی.

- عواملی که در طراحی نوع و لوازم مورد نیاز یک پروسه تکمیل چاه مؤثر هستند، عبارتند از:

۱- نوع سیال مخزن (سیال مخزن گاز باشد یا نفت)

۲- عمق چاه حفر شده و دبی تولیدی از چاه

۳- مکانیزم تولید مخزن (تحت رانش گاز، رانش آب و یا رانش گاز محلول باشد)

۴- ناحیه‌ای از مخزن که چاه در آن حفر شده است (در قسمت کلاهک گازی (Gas cap)، ناحیه ستون نفتی (Oil zone) و یا سفره آبی مخزن (Aquifer) حفر شده باشد).

۵- نوع تولید از مخزن در ستون چاه که به صورت ۱- Natural flow و یا ۲- فرازآوری مصنوعی (Artificial lift) باشد.

۶- تعداد بخش‌های تولیدی مخزن (Production zones)؛ چاه فقط از یک بخش از مخزن تولید کند (Single production zone) و یا این که چاه از چند بخش مخزن در عمق‌های متفاوت تولید کند که Multiple production نامیده می‌شود.

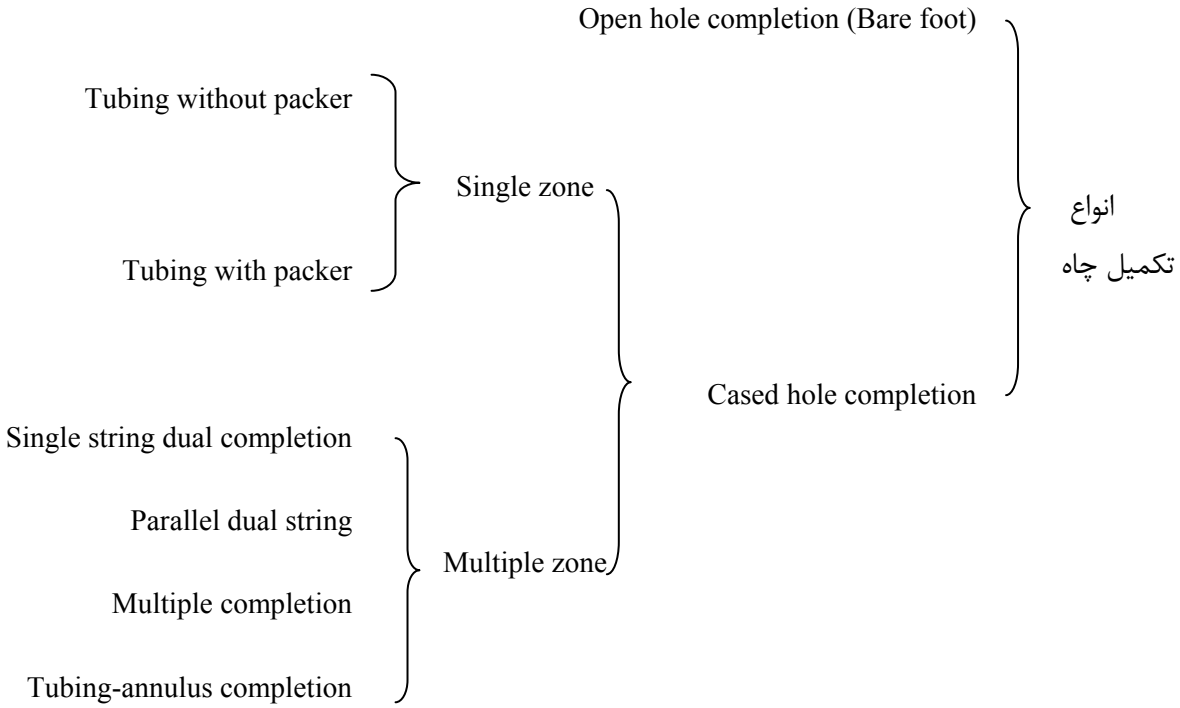
طراحی تکمیل چاه

طراحی پروسه تکمیل چاه شامل دو قسمت می‌شود:

۱- تعیین نوع تکمیل چاه؛

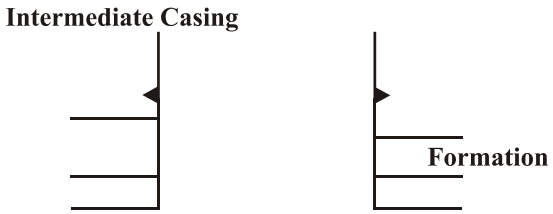
۲- تعیین ابزار و بخش‌های لوله مغزی (Tubing).

الف) تعیین نوع تکمیل چاه:



الف-۱) Open hole completion (Bare foot)

در این نوع تکمیل چاه، پس از اتمام حفاری لایه‌های مربوط به سنگ مخزن و پس از انجام آنالیزهای لازم و تشخیص استحکام سنگ مخزن و سازند Pay zone برای صرفه‌جویی در هزینه تکمیل چاه از راندن لوله جداری تولیدی (Production casing) خودداری می‌شود. به این ترتیب چاه تا انتهای پوش سنگ (Cap rock) توسط لوله جداری (Casing) پوشانده می‌شود و دیگر دیواره چاه در مخزن توسط لوله جداری پوشانده نمی‌شود.



تکمیل چاه حفره باز (Open hole Completion)

موارد استفاده:

۱) این نوع تکمیل چاه بیشتر در مخازن کربناته کم فشار که مشکل شیل (Shale) ندارند انجام می‌شود. اصولاً سنگ‌های کربناته به دلیل داشتن ساختاری محکم نیازی به لوله جداری ندارند.

۲) چاه‌های گازی که مشکل تولید آب ندارند نیز معمولاً به صورت Open hole تکمیل می‌شوند مانند مخازن گازی خانگیران در شمال شرقی ایران در منطقه سرخس.

مزایای Open hole completion

۱) سطح تماس چاه و مخزن به حداکثر مقدار می‌رسد که مشکلات وقوع جریان ناآرام در اطراف چاه و نتیجتاً آسیب‌دیدگی اطراف دهانه چاه را کاهش می‌دهد.

۲) این نوع تکمیل چاه به دلیل عدم نیاز به نصب لوله جداری و انجام عملیات مشبک‌کاری بسیار کم هزینه‌تر از Cased hole completion می‌باشد.

۳) امکان هرگونه عملیات تعمیق چاه و تعمیر یا تجدید Completion وجود دارد.

معایب Open hole completion

۱- کاربرد محدودی دارد. امروزه به جز مخازن کربناته کم فشار، در اکثر موارد تکمیل چاه از Cased hole completion استفاده می‌شود.

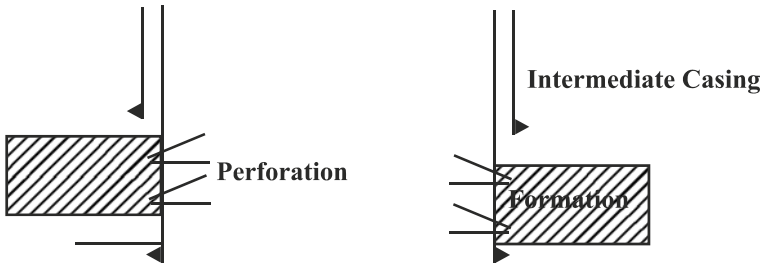
۲- احتمال ریزش دیواره داخلی چاه با گذشت زمان و همچنین شسته شدن دیواره داخلی چاه توسط اسیدهای آلی موجود در مخزن وجود دارد.

۳- در مخازن نفتی که دارای کلاهک گازی (Gas cap) و یا سفره آبی (Aquifer) هستند، کنترلی برای جلوگیری از ورود گاز و یا آب به درون چاه وجود ندارد.

۴- به هیچ وجه امکان تولید انتخابی از لایه‌های نفتی مورد نظر مهندسی بهره‌برداری که معمولاً به دلیل تخلخل و تراوایی مناسب‌تر این لایه‌ها انتخاب می‌شوند، وجود ندارد.

الف-۲) Cased hole completion

در این روش تکمیل چاه، پس از اتمام حفاری ستون هیدروکربوری در مخزن، دیواره سنگ مخزن توسط Production casing و یا Production liner پوشانده شده و سیمانکاری می‌شود. به این ترتیب دیواره داخلی چاه تحت هیچ شرایطی فرو نمی‌ریزد. پس از اتمام عملیات سیمانکاری و محکم شدن Casing یا Liner در چاه، عملیات مشبک‌کاری (Perforation operation) انجام می‌شود. به کمک عملیات مشبک‌کاری ارتباط قطع شده چاه و مخزن دوباره برقرار می‌شود.



تکمیل چاه حفره بسته(Cased hole completion)

نکته مهم: تفاوت Production casing و Production liner تنها در امتداد آنها است. به این صورت که Casing تا سطح زمین کشیده می‌شود ولی Liner به انتهای Intermediate casing وصل می‌شود. اما توجه شود که کاربرد و نحوه سیمانکاری هر دو یکسان و مشابه است.

📖 **نکته مهم:** تکمیل چاه به روش **Cased hole** رایج‌ترین نوع تکمیل چاه است.

موارد استفاده:

۱- هنگامی که جریانات چند فازی در مخزن داشته باشیم و یا ستون نفتی مخزن (Pay zone) از بالا توسط کلاهک گازی (Gase cap) و از پایین توسط سفره آبی (Aquifer) احاطه شده باشد.

۲- سازند ساختار محکمی نداشته باشد. مانند اکثر سنگ‌های شنی و ماسه‌ای (Sandstone) و همچنین سازندهای حاوی رس که در اثر تماس با آب افزایش حجم پیدا می‌کنند و به درون چاه می‌ریزند.

۳- هنگامی که مخزن از چند لایه با خصوصیات پتروفیزیکی (تراوایی، تخلخل و ...) متفاوت و یا از لایه‌هایی با فشارهای مختلف تشکیل شده باشد که به این ترتیب تولید از هر لایه می‌تواند به صورت انتخابی و مجزا انجام شود.

📖 **نکته** مهم: معمولاً در **Cased hole completion**، هیدروکربن به وسیله‌ای لوله مغزی (**Tubing**) استخراج می‌شود. ویژگی اصلی لوله مغزی این است که درون لوله جداری قرار می‌گیرد و سیمانکاری نمی‌شود و به همین خاطر به راحتی قابل جایگزینی است.

مزایای Cased hole completion

۱- کاربرد گسترده در شرایط مختلف تولید و انواع مختلف مخزن.

۲- فراهم آمدن شرایط تولید انتخابی و کنترل شده از لایه‌های مختلف مخزن

۳- فراهم آمدن شرایط جلوگیری و برطرف کردن مشکلات مخروطی شدن آب و یا گاز به درون چاه.

معایب Cased hole completion:

۱- در مقایسه با Open hole completion بسیار گران‌تر است.

۲- تشکیل پوسته (Skin) در اطراف چاه به دلیل سیمانکاری در ناحیه مخزن.

۳- ایجاد جریان ناآرام در اطراف مشبک‌ها به دلیل کاهش سطح مقطع جریان ورودی به چاه.

نکات مهم در مورد تکمیل چاه به روش Cased hole

- از انواع روش‌های تکمیل چاه به روش Cased hole می‌توان به Single string- Dual completion اشاره کرد که از دو ناحیه مختلف بوسیله چاه، هم از قسمت بالای Packer و هم از قسمت پایین Packer بدون آنکه دو لایه با یکدیگر ارتباطی پیدا کنند تولید انجام می‌شود. این روش در مقایسه با دیگر روش‌ها به صرفه‌ترین نوع تکمیل چاه از نقطه نظر اقتصادی می‌باشد. کمترین تأسیسات درون چاهی را به نسبت عملیات پیچیده تولیدی که انجام می‌دهد نیاز دارد. در روش Single string-Dual completion هم Production casing و هم Tubing دارای مشبک می‌باشند.

- در هنگامی که اختلاف فشار میان دو لایه بالا باشد، از روش Tubing- Annulus completion به جای Single string-Dual completion استفاده می‌شود. در روش Tubing-Annulus completion تولید علاوه بر لوله مغزی از طریق فضای حلقوی نیز انجام می‌شود.

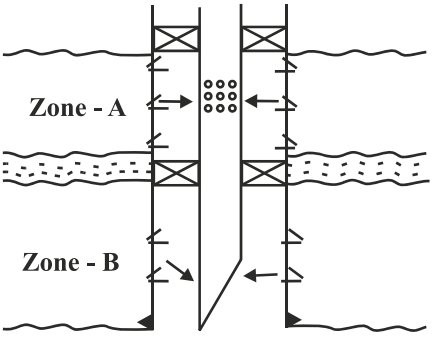
- در روش Tubing-Annulus Completion هیچ گونه تماسی بین نفت‌های تولیدی از دو لایه مختلف در ستون چاه اتفاق نمی‌افتد.

- روش Parallel Dual string کاربردی مشابه روش Tubing-Annulus completion دارد با این تفاوت که از لحاظ هزینه به دلیل استفاده از دو لوله مغزی به صورت همزمان گرانتر تمام می‌شود.

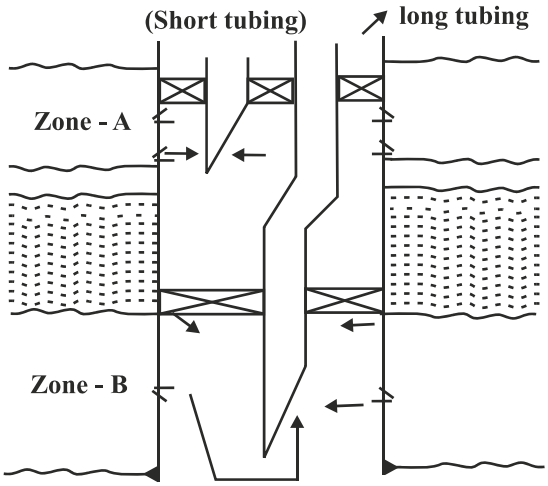
- هنگامی که نفت سنگین در چاه داشته باشیم به منظور افزایش سرعت باید جریان سیال تولیدی از لوله مغزی‌های کوچکتر در تکمیل چاه استفاده کنیم. چرا که جریان با سرعت بالاتر، راحت‌تر ستون نفت سنگین درون لوله مغزی را جابجا می‌کند.

- معمولاً تکمیل‌های چند گانه در سکوهای دریایی که هزینه حفاری بسیار بالاست انجام می‌شود، به این ترتیب از طریق یک چاه می‌توان از لایه‌های مختلف مخزن و از قسمت‌های مختلف آن تولید کرد.

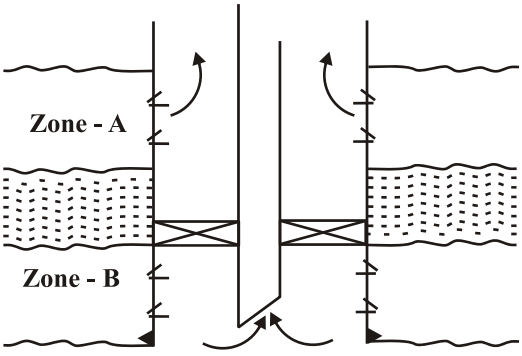
- تعمیر و نگهداری Multi-String Completion بسیار گران است. بعضاً هزینه تکمیل یک چاه به روش چند گانه از هزینه حفر یک چاه گران‌تر تمام می‌شود.



(Single String Dual Completion)



(Parallel Dual String Completion)



(Tubing - Annulus Completion)

ب) تعیین ابزار و بخش‌های لوله مغزی (Tubing):

- اصولاً استفاده از لوله مغزی به دو دلیل عمده صورت می‌پذیرد:

۱- افزایش سرعت سیال به دلیل کاهش سطح مقطع جریان به منظور تولید نفت‌های سنگین.

۲- کاهش صدمه و آسیب دیدن لوله جداری (Casing) به دلیل عبور جریان سیال از لوله مغزی و عدم تماس سیالات نفتی با دیواره داخلی لوله‌های جداری.

۳- از آنجا که لوله مغزی (Tubing) درون لوله جداری (Casing) قرار می‌گیرد، اندازه لوله مغزی وابسته به اندازه لوله جداری خواهد بود. معمولاً در ایران هنگامی که از Production casing به اندازه $۹\frac{۵}{۸}$inches استفاده شود لوله مغزی ۷inches انتخاب می‌شود و برای Production casing به اندازه ۷inches لوله مغزی $۴\frac{۱}{۲}$inches مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- هنگام قرار دادن لوله مغزی درون چاه همیشه از پایین‌ترین جزء لوله‌گذاری انجام می‌شود، لذا در این قسمت اجزائ رشته لوله مغزی از پایین به بالا بر اساس ترتیب قرارگیری آنها در چاه معرفی و توضیح داده می‌شوند.

۱- کفشک قاطری (Mule shoe)

این وسیله که به عنوان پایین‌ترین جزء رشته لوله مغزی از آن یاد می‌شود، دارای نوک مورب است که صرفاً جهت هدایت و حرکت آسان‌تر لوله مغزی درون لوله جداری استفاده می‌شود.

۲- Bottom no-go landing nipple

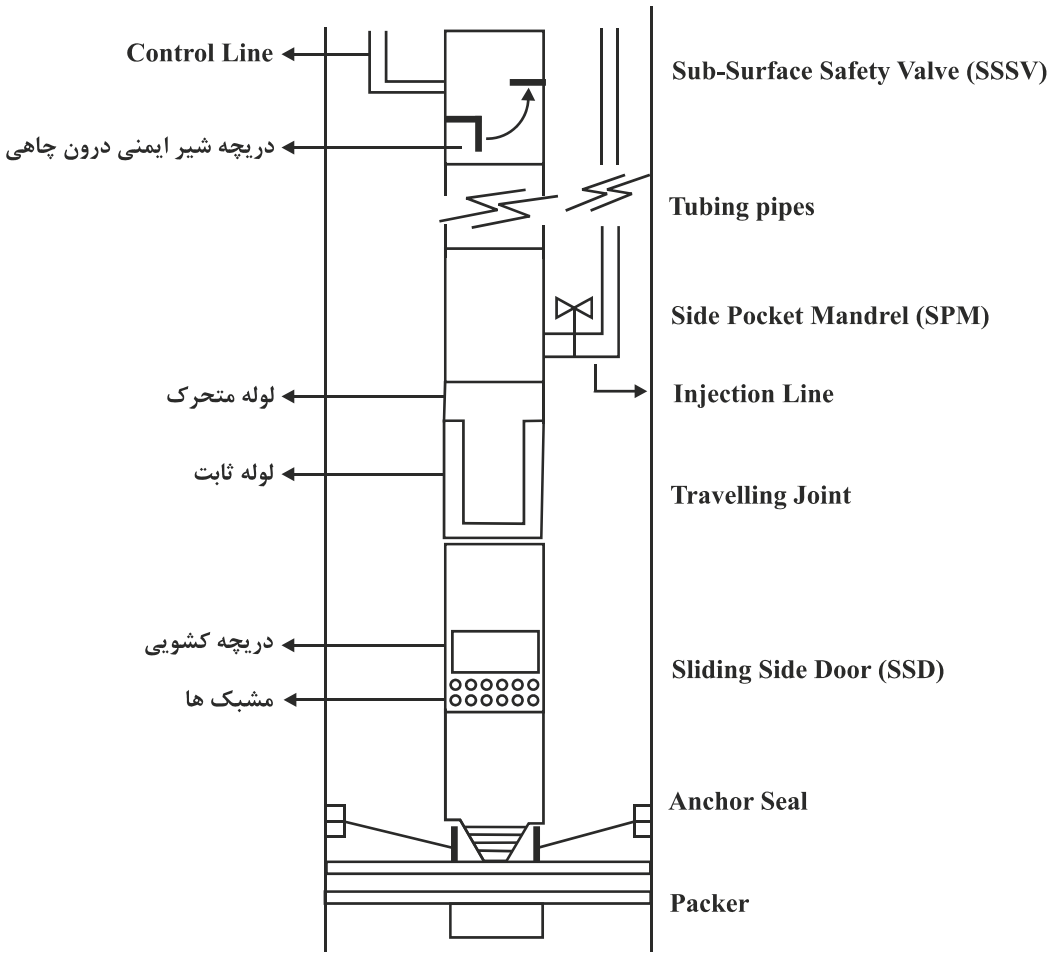
یک استوانه ۲ فوتی است که درون آن جایگاه قرارگیری Plug جهت مسدود کردن ورودی پایین لوله مغزی (Bottom re-entry) می‌باشد.

۳- لوله مشبک (Perforation joint)

لوله‌ای ۲۰ فوتی که دارای مشبک‌های از پیش طراحی شده است که جهت افزایش سطح ورودی نفت به لوله مغزی و همچنین تولید نفت موجود درون فضای حلقوی (Annulus) استفاده می‌شود.

۴- Tope no-go landing nipple

دقیقاً مشابه Bottom no-go landing nipple است با این تفاوت که هنگامی که Plug در آن قرار می‌گیرد به طور کامل لوله مغزی بسته می‌شود و دیگر هیچ تولیدی نخواهیم داشت. معمولاً جهت تعویض شیر ایمنی درون چاهی SSSV، تزریق مواد محافظ (Inhibitors) دیواره داخلی لوله مغزی و همچنین انجام آزمایشات مختلف روی چاه، انسداد چاه از این قسمت انجام می‌شود.



اجزا ی لوله مغزی که در بالای Pecker قرار می گیرند

۵- Packer

به طور قطع اصلی‌ترین و پر کاربردترین جزء رشته لوله مغزی Packer می‌باشد. این جزء شامل قطعات بزرگ حلقوی پلاستیکی و پایه‌های فلزی می‌باشد و هنگامی که در عمق مناسب در درون چاه قرار می‌گیرد، Packer محکم و ثابت به دیواره چاه و لوله جداری متصل می‌شود. هنگام نصب Packer توجه بسیار لازم است چرا که Packer نصب شده از دیواره لوله جداری جدا نمی‌شود.

- کاربردهای Packer عبارتند از:

۱- مسدود کردن فضای حلقوی و جلوگیری‌کردن از حرکت نفت به پشت لوله مغزی

۲- محافظت‌کننده لوله جداری از خوردگی ناشی از تماس با سیالات تولیدی

۳- تحمل بخش زیادی از وزن لوله مغزی به کمک پایه‌هایی که به دیواره لوله جداری متصل می‌شوند.

۴- در مرکز قرار دادن لوله مغزی درون لوله جداری

۵- جلوگیری از تکان خوردن لوله مغزی هنگام تولید در اثر حرکت سیالات چند فازی

۶- Anchor seal

همان طور که گفته شد، هنگامی که Packer درون چاه نصب می‌شود، دیگر قابل جابجایی نیست و برای جلوگیری از ضرر به جای ماندن رشته لوله مغزی در درون چاه و از دست دادن آن چاه، از Anchor seal استفاده می‌کنند و هنگامی که در جهت سفت شدن لوله‌های مغزی چرخانده شود، باز می‌شود و اجزاء بالایی Packer قابل بازیابی و امکان خروج آنها از چاه فراهم می‌آید.

۷- Sliding Side Door (SSD)

یک لوله ۲۰ فوتی است، بر روی بدنه دارای یک دریچه کشویی است که مقابل چند مشبک قرار گرفته‌اند و به منظور ایجاد ارتباط بین فضای حلقوی (Annulus) و درون لوله مغزی (Tubing) طراحی شده است. اصولاً تزریق سیال محافظ دیواره داخلی لوله جداری از طریق SSD صورت می‌پذیرد.

۸- لوله‌های مغزی (Tubing pipes)

لوله‌های آلیاژی ۳۰ فوتی و بسیار مقاومی هستند، که جهت رابطه بین اجزاء مختلف رشته لوله مغزی و انتقال سیال هیدروکربوری به سطح استفاده می‌شوند.

۹- Travelling joint

شامل دو استوانه متداخل و متحرک است که در هنگام انبساط و انقباض رشته لوله مغزی بر اثر تماس با سیالات تولیدی، با جابجایی درون یکدیگر، اختلافات طول ناشی از این انبساط و انقباض را تعدیل می‌کند.

۱۰- Side Pocket Mandrel (SPM)

این وسیله مخصوص چاه‌های نفتی می‌باشد. SPM جهت تزریق گاز به هنگام فرازآوری مصنوعی (Artificial lift) از طریق Injection line به درون لوله مغزی استفاده می‌شود.

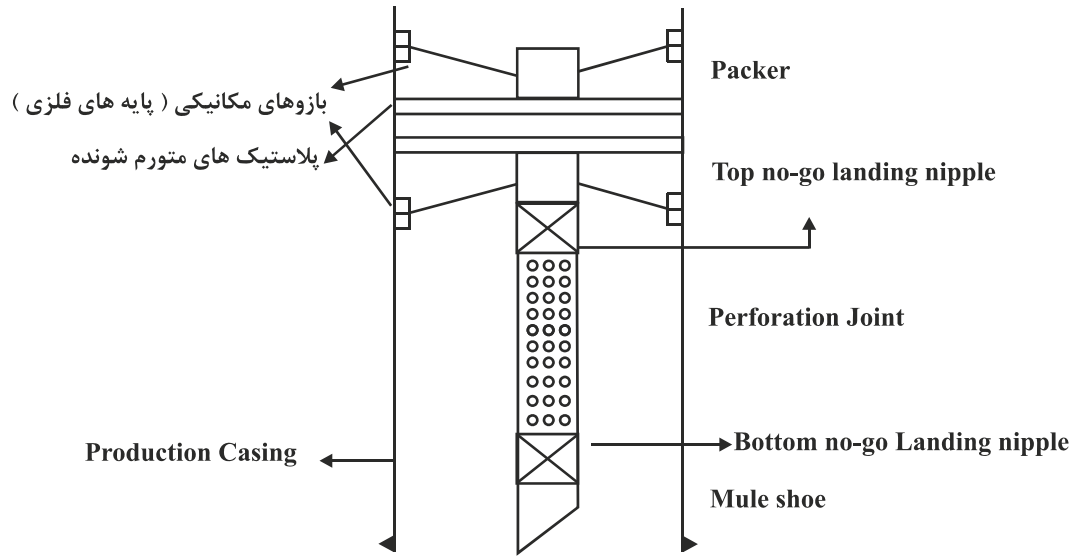
۱۱- شیر ایمنی درون چاهی (SSSV)

شیر ایمنی دارای یک دریچه باز و بسته‌شو است که توسط فشار روغن اعمالی از سطح (Well head) باز نگه داشته می‌شود.در هنگام آتش گرفتن و یا فوران چاه به طور خودکار این فشار روغن قطع و شیر بسته می‌شود و از خطرات احتمالی جلوگیری می‌کند. این شیر در عمق ۳۰۰-۲۰۰ فوتی از سطح زمین نصب می‌شود.

۱۲- Tubing hanger

به عنوان بالاترین جزء لوله مغزی از آن یاد می‌شود که درون Tubing flange درون تاج شاه (Well head Christmas tree) قرار می‌گیرد. در حقیقت بیشتر وزن رشته لوله مغزی به Tubing hanger وارد می‌شود و این جزء به گونه‌ای طراحی و ساخته می‌شود که تحمل وزن رشته لوله مغزی را داشته باشد.

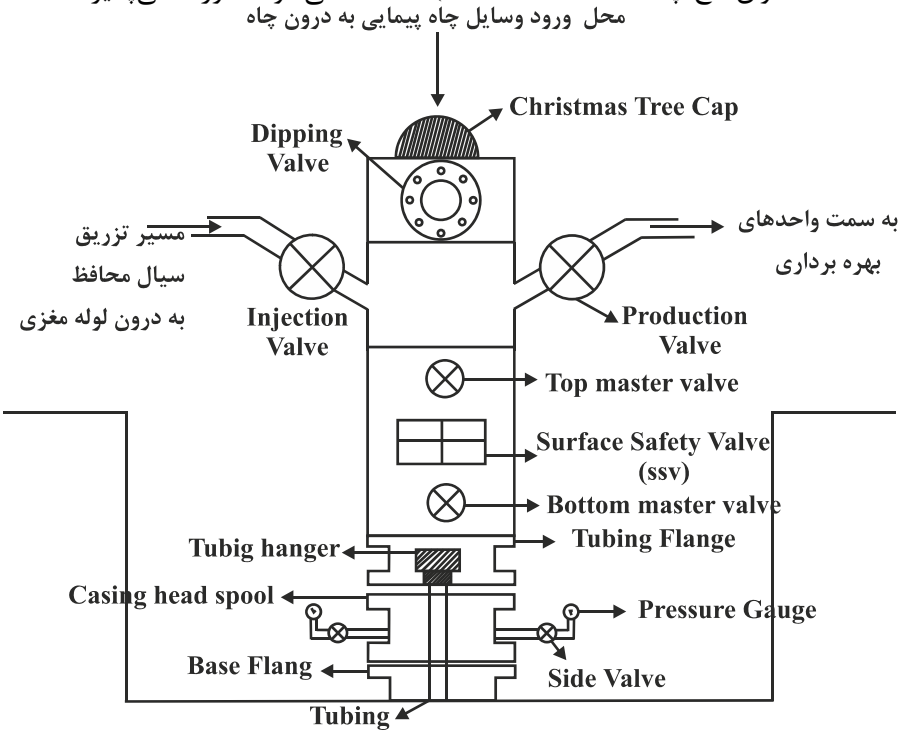
📖 **تذکر** برای جلوگیری از خوردگی لوله جداری **(Casing)**، فضای حلقوی **(Annulus)** را به کمک سیال خنثی مثل گازوئیل پر می‌کنند که در حقیقت محافظ جداره داخلی لوله و جداره خارجی لوله مغزی خواهد بود.



اجزاي لوله مغزي كه زير Packer قرار مي گيرند

ابزار سر چاهی

هنگامی که یک چاه حفر شده تکمیل می‌شود، قدم بعدی در فرآیند بهره‌برداری و استفاده از آن چاه ایجاد ارتباط مناسب بین لوازم درون چاهی و خطوط انتقال سیال به واحدهای بهره‌برداری (Production unit) می‌باشد. این ارتباط به کمک ابزارهای سر چاهی که تحت عنوان تاج چاه (Christmas Tree) شناخته می‌شود، صورت می‌پذیرد.



وسایل تاج شاه (Christmas Tree)

تاج چاه (Christmas Tree)شامل بخش‌های متفاوتی است که مجموعه این لوازم فرآیند ارتباط بین سطح و درون چاه و همچنین کنترل تولید و تزریق را از چاه فراهم می‌آورد.

بخش‌های اصلی تاج چاه (Christmas Tree) عبارتند از: