

مبانی مهندسی در سیمان کاری
چاه‌های نفت و گاز

ترجمه و تالیف: مهندس حمید سلطانیان

مهندس سیدعلیرضا مرتضوی

مهندس سیدمحمدجواد مجتهدی





سرشناسه	: سلطانیان، حمید، ۱۳۵۰-
عنوان و نام پدیدآور	: مباحث مهندسی در سیمان کاری چاه‌های نفت و گاز/تألیف حمید سلطانیان، سیدعلیرضا مرتضوی، سیدمحمدجواد مجتهدی.
مشخصات نشر	: تهران: پژوهشگاه صنعت نفت، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری	: ۴۷۶ ص:، مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۵۹۶۱-۲۲-۵
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیا
موضوع	: چاه‌های نفت -- سیمان کاری
موضوع	: چاه‌های نفت -- حفاری
موضوع	: چاه‌های گاز -- حفاری
شناسه افزوده	: مرتضوی، سیدعلیرضا، ۱۳۳۸-
شناسه افزوده	: مجتهدی، سیدمحمدجواد، ۱۳۳۳-
شناسه افزوده	: پژوهشگاه صنعت نفت.
زمین‌بندی کنگره	: ۸ م ۲ ۱۳۹۰ : TN۸۷۱/۲/س
زمین‌بندی پی‌یو	: ۶۲۲۲/۳۳۸۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۵۵۹۱۴۸

جانب این کتاب، پس از داوری، در چهل و دومین جلسه شورای نشر پژوهشگاه صنعت نفت، مورخ ۱۳۸۹/۹/۳۰، به تصویب رسید.



تهران: بلوار غربی مجموعه ورزشی آزادی، پژوهشگاه صنعت نفت □ کد پستی: ۱۴۵۷۳۳۱۱۱، صندوق پستی: ۱۳۷-۱۴۶۶۵ □ تلفن مرکز نشر: ۴۸۴۵۲۰۴۸، دورنگار: ۴۴۷۳۹۶۸۶، وب سایت پژوهشگاه: www.ripi.ir ، E-mail: nashr@ripi.ir

مباحث مهندسی در سیمان کاری چاه‌های نفت و گاز
حمید سلطانیان
سیدمحمدجواد مجتهدی
سیدعلیرضا مرتضوی

ناشر: انتشارات پژوهشگاه صنعت نفت □ ویراستار ادبی: منیر قنبریان □ ناظر چاپ: مهدی شهریاری
طراح جلد: پرویز بیانی □ چاپ اول: پاییز ۱۳۹۰ □ شمارگان: ۳۰۰ نسخه
قیمت: ۱۲۵۰۰۰ ریال □ چاپ: سازمان چاپ و انتشارات اوقاف
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۵۹۶۱-۲۲-۵
ISBN: 978-600-5961-22-5

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
۹	پیشگفتار ناشر
۱۱	پیشگفتار مولفان
۱۳	فصل اول - مقدمه
۱۵	۱-۱- مقدمه
۱۸	۲-۲- کاربرد سیمان در حفاری
۲۱	فصل دوم - مروری بر کلاس های مختلف سیمان
۲۳	۱-۲- تاریخچه سیمان های حفاری
۲۴	۲-۲- ساخت سیمان
۲۴	۳-۲- شیمی سیمان
۲۵	۴-۲- کلاس بندی سیمان ها
۳۰	۵-۲- سیمان های ویژه
۳۷	فصل سوم - افزایش های سیمان حفاری و سازوکار عملشان
۳۹	۱-۳- مقدمه
۴۱	۲-۳- تندکننده های سیمان
۴۸	۳-۳- افزایش های سیک
۶۵	۴-۳- افزایش های سنگین
۶۷	۵-۳- کندگرهای سیمان
۷۱	۶-۳- افزایش های کنترل کننده هرزروی
۷۲	۷-۳- افزایش های کنترل فیلتراسیون سیمان
۷۴	۸-۳- پراکنده سازهای سیمان یا کاهنده های اصطکاک
۷۸	۹-۳- کاربردهای سیمان های نمکی
۸۱	۱۰-۳- افزایش های متفرقه سیمان
۹۳	فصل چهارم - افزایش های سنگین کننده دوغاب سیمان و خواص آنها
۹۵	۱-۴- وزن افزاها
۹۵	۱-۱-۴- باریت
۱۰۰	۲-۱-۴- هایدنس شماره دو (ایلمنیت)
۱۰۱	۳-۱-۴- هایدنس شماره سه و چهار (هماتیت)

صفحه	عنوان
۱۰۵	۴-۱-۴- گالنا
۱۰۵	۴-۱-۵- میکروماکس
۱۰۹	فصل پنجم - افزاینده های سبک کننده دوغاب سیمان و خواص آنها
۱۱۱	۵-۱- بتنوایت
۱۱۶	۵-۲- دانه های سبک
۱۲۰	۵-۳- پومیس و پومیسیت
۱۲۱	۵-۴- پرلایت
۱۲۲	۵-۵- پوزولان ها
۱۲۵	۵-۶- دیاتومیت
۱۲۶	۵-۷- گیلسونایت
۱۲۹	۵-۸- لایت ویت
۱۳۰	۵-۹- لایت فیل
۱۳۲	۵-۱۰- سمنفیل
۱۳۳	۵-۱۱- کوبه های شیشه ای مقاومت بالا
۱۳۳	۵-۱۲- میکرو لایت
۱۳۴	۵-۱۳- میکرو بلاک
۱۳۸	۵-۱۴- میکرو سیلیکا
۱۴۲	۵-۱۵- سیلیکا لایت
۱۴۲	۵-۱۶- HSL نانو
۱۴۵	فصل ششم - افزاینده های منبسط کننده و الاستیک کننده سنگ سیمان
۱۴۷	مقدمه
۱۴۸	۶-۱- میکرو باند
۱۴۸	۶-۲- میکرو باند دمای متوسط
۱۴۸	۶-۳- میکرو باند دمای بالا
۱۴۹	۶-۴- فلکست
۱۴۹	۶-۵- افزاینده های منبسط شونده
۱۵۱	۶-۶- افزودنی کنترل افت صافی و جریان گاز
۱۵۱	۶-۷- سوسپانسیون پلیمر مایع
۱۵۲	۶-۸- تریکوزال ۱۸۱
۱۵۴	۶-۹- استیرین بوتادین لینکس
۱۵۴	۶-۱۰- پلیمرهای آروماتیک آنیونیک
۱۵۴	۶-۱۱- الاستومر
۱۵۵	۶-۱۲- آلومینو سیلیکات منیزیم - کلسیم
۱۶۲	۶-۱۳- آپرونایت
۱۶۳	۶-۱۴- انکورج
۱۶۳	۶-۱۵- پلی وینیل الکل
۱۶۴	۶-۱۶- متاکانولن
۱۶۴	۶-۱۷- ولاستونایت
۱۶۴	۶-۱۸- هیدرواکسی اتیل سلولز
۱۶۴	۶-۱۹- متا سیلیکات سدیم
۱۶۵	۶-۲۰- استفاده از سیمان های بدون نمک

صفحه	عنوان
۱۷۱	فصل هفتم - اصول سنگین کردن دوغاب سیمان
۱۷۳	۱-۷- سازندهای فشار و دمای بالا
۱۷۵	۲-۷- دوغاب‌های سنگین
۱۷۶	۳-۷- روش‌های سنگین کردن دوغاب‌های سیمان
۱۸۳	۴-۷- تکنولوژی‌های نوین در طراحی دوغاب‌های سنگین
۱۹۱	فصل هشتم - تکنولوژی دوغاب‌های سبک
۱۹۳	۱-۸- مقدمه
۱۹۳	۲-۸- عوامل موثر بر سیمان‌کاری
۱۹۴	۳-۸- محدودیت‌های تکنولوژی سیمان‌کاری معمولی
۱۹۵	۴-۸- بهینه کردن خواص دوغاب سیمان
۲۰۰	۵-۸- کاربرد تکنولوژی جدید دوغاب سیمان‌کاری
۲۰۲	۶-۸- دوغاب‌های سبک
۲۰۹	۷-۸- سیمان‌های فوق‌العاده سبک
۲۱۱	فصل نهم - ابزار و تجهیزات آزمایشگاهی
۲۱۳	۱-۹- دستگاه هم‌زن اتوماتیک سیمان
۲۱۴	۲-۹- ترازوی گل
۲۱۵	۳-۹- ویسکومتر
۲۱۷	۴-۹- دستگاه اندازه‌گیری خواص رئولوژیکی سیمان در شرایط دما و فشار بالا
۲۱۷	۵-۹- کانسیستومتر فشار اتمسفری
۲۲۰	۶-۹- تعیین مقدار آب آزاد دوغاب سیمان
۲۲۱	۷-۹- دستگاه اندازه‌گیری زمان نیم‌بندش دوغاب سیمان در شرایط چاه
۲۳۰	۸-۹- دستگاه فیلترپرس استاتیکی
۲۳۲	۹-۹- دستگاه اندازه‌گیری مقاومت تراکمی سیمان
۲۳۳	۱۰-۹- دستگاه اندازه‌گیری استحکام تراکمی تک‌محوره
۲۳۳	۱۱-۹- پیکنومتر
۲۳۵	فصل دهم - عوامل موثر بر طراحی دوغاب سیمان
۲۳۷	۱-۱۰- گران‌روی و آب موجود دوغاب‌های سیمانی
۲۳۹	۲-۱۰- زمان نیم‌بندش
۲۴۱	۳-۱۰- مکانیزم هیدراتاسیون سیمان
۲۴۲	۴-۱۰- استحکام سیمان برای نگهداری لوله‌ها
۲۴۵	۵-۱۰- روش انجام آزمایش استحکام
۲۴۷	۶-۱۰- آب‌های مخلوط
۲۴۹	۷-۱۰- حساسیت دوغاب سیمان به سیالات حفاری و افزایه‌های سیال حفاری
۲۵۱	۸-۱۰- دانسیته دوغاب سیمان
۲۵۳	۹-۱۰- اندازه‌گیری رئولوژی سیمان
۲۵۵	۱۰-۱۰- هرزروی
۲۵۵	۱۱-۱۰- دمای هیدراتاسیون
۲۵۷	۱۲-۱۰- قابلیت تراوایی
۲۵۸	۱۳-۱۰- کنترل فیلتراسیون
۲۶۰	۱۴-۱۰- مقاومت دوغاب به آب نمک درون چاه
۲۶۳	فصل یازدهم - اثرات سیمان‌کاری بر کارایی چاه

صفحه	عنوان
۲۶۵	مقدمه
۲۶۶	۱-۱۱- جدا کردن زون‌ها
۲۷۱	۲-۱۱- شاخص جداسازی زون‌ها
۲۷۴	۳-۱۱- پیوستگی سیمان به لوله جداری و شکست هیدرولیکی
۲۷۷	فصل دوازدهم - علل مهاجرت گاز در سیمان و راه حل آن
۲۷۹	۱-۱۲- کنترل خصوصیات دوغاب سیمان برای جلوگیری از مهاجرت سیال
۲۸۲	۲-۱۲- فرایند انتقال سیمان از سیالیت به حالت بندش
۲۸۳	۳-۱۲- بررسی و اندازه‌گیری زمان انتقال دوغاب‌های سیمان از حالت سیالیت به حالت بندش
۲۸۵	۴-۱۲- تکنیک‌های جدید برای جلوگیری از نفوذ گاز به سیمان
۲۸۹	فصل سیزدهم - نانوتکنولوژی در سیمان حفاری
۲۹۱	مقدمه
۲۹۳	۱-۱۳- تأثیر نانو به مواد ساختمانی
۲۹۳	۲-۱۳- سیمان حاوی نانوذرات
۲۹۴	۳-۱۳- کاربرد نانوذرات در دوغاب‌های سیمان
۳۲۱	فصل چهاردهم - محاسبات عملیات سیمان‌کاری
۳۲۳	۱-۱۴- وزن حجمی
۳۲۶	۲-۱۴- PPG چیست؟
۳۲۷	۳-۱۴- وزن مخصوص
۳۲۸	۴-۱۴- حجم غیرواقعی و حجم واقعی
۳۳۰	۵-۱۴- بیلد چیست؟
۳۳۳	۶-۱۴- محاسبات لازم برای سیمان‌های مخلوط
۳۳۵	۷-۱۴- سیمان‌کاری پشت لوله جداری $\frac{9}{8}$ اینچ
۳۴۰	۸-۱۴- سیمان‌کاری پشت لوله جداری $\frac{13}{8}$ اینچ
۳۵۴	۹-۱۴- سیمان‌کاری پشت لوله جداری $\frac{9}{8}$ اینچ
۳۶۲	۱۰-۱۴- سیمان‌کاری لوله‌های آستری
۳۷۳	۱۱-۱۴- راندمان مکانیکی
۳۷۴	۱۲-۱۴- پمپ‌های دویستونه دوهنگامه
۳۷۷	۱۳-۱۴- شیب شکست سازند
۳۷۷	۱۴-۱۴- شیب سازند
۳۷۹	فصل پانزدهم - ارزیابی عملیات سیمان‌کاری
۳۸۱	۱-۱۵- مقدمه
۳۸۲	۲-۱۵- آزمایش هیدرولیکی
۳۸۵	۳-۱۵- اندازه‌گیری با لاگ‌های حرارتی، هسته‌ای و صوتی
۳۹۲	۴-۱۵- اندازه‌گیری دو نمودارگیری صوتی
۴۷۱	علائم اختصاری

پیشگفتار ناشر

از زمان فوران اولین چاه نفت ایران و خاورمیانه در مسجد سلیمان و تولد صنعت نفت ایران صد سال می‌گذرد. از آن زمان که مردم تنها برای روشنایی از نفت خام استفاده می‌کردند تاکنون، که تقریباً در هر صنعتی ردپایی از نفت خام و فرآورده‌هایش دیده می‌شود، پژوهشگران مختلف در تمام زمینه‌ها و کاربردهای مربوط به نفت خام تحقیقاتی فراوان انجام داده‌اند که پیشرفت‌های فناوری وسیع را در زمینه صنایع نفت، گاز و پتروشیمی در پی داشته‌اند. چگونگی ظهور و بروز فناوری و نحوه به‌کارگیری آن مقدار تولید صنعت نفت را در آینده تعیین خواهد کرد.

تحقیق و پژوهش، در صد سالگی صنعت نفت ایران، بسیار جوان‌تر از این صنعت است و ما هنوز در گام‌های اولیه فعالیت‌های علمی در این صنعت هستیم. واضح است که پژوهش در صنعت نفت با بازدهی متناسب با تجربه و قدمت تاریخی آن حرکت نکرده است و صد افسوس که مشکلات و ویژگی‌های آن به خوبی شناخته نشده‌اند. خصلت‌های زمان‌بر بودن، ریسک‌پذیری، کیفیت نه چندان مطلوب، مشکلات عدم تأمین مالی به‌موقع و عدم وجود ضمانت‌های لازم و هم‌چنین هزینه بر بودن آن از مولفه‌های ذاتی نهفته در پژوهش‌اند. به رغم وجود این چالش‌های سنگین، تعامل مستقیم پژوهش و فناوری می‌تواند اقتدار و توسعه واقعی فناوری و مدیریت دانش را در صنعت نفت به همراه داشته باشد. به این خاطر مرکز نشر پژوهشگاه صنعت نفت، با بهره‌گیری از خرد جمعی نخبگان علمی و فنی کشور در بخش پژوهش و فناوری و نیز توسعه ارتباط با مراکز علمی، پژوهشی و صنعتی معتبر داخلی و خارجی و مشارکت با آنان برای توسعه رشته‌ها و علوم و فنون وابسته به صنعت نفت و در پی آن انجام پروژه‌ها و طرح‌های توسعه‌ای و انتشار کتب علمی - آموزشی و پژوهشی، گامی بلند در رسیدن به این هدف برمی‌دارد.

کتاب پیش رو، که با تلاش مشترک آقایان مهندس حمید سلطانیان، مهندس سیدعلیرضا مرتضوی و مهندس سیدمحمدجواد مجتهدی فراهم آمده است، یکی دیگر از مجموعه انتشارات جدید پژوهشگاه است که با هدف توسعه دانش در صنعت نفت منتشر می‌شود و امید است نظر پژوهشگران و دانشجویان محترم را جلب کند.

پیشگفتار مولفان

صنعت نفت ایران در طول بیش از یک صد سال حیات خود همواره اصلی‌ترین منبع درآمد کشور بوده و اهمیتی بسیار داشته است. استفاده صحیح و صیانت از منابع هیدروکربوری به عنوان میراث نسل‌های آتی وظیفه یکایک هموطنان است.

تا قبل از پیروزی شکوهمند انقلاب اسلامی ایران، این صنعت در انحصار کشورهای پیشرفته جهان و تقریباً کلیه فعالیت‌های کلیدی آن در اختیار کارشناسان خارجی بود. خوشبختانه در طول سه دهه تلاش و مدیریت صحیح منابع انسانی و به کارگیری دیگر عوامل تاثیرگذار، هم‌اکنون کشور ما یکی از قطب‌های صاحب تکنولوژی در جهان و اولین قدرت فنی و علمی در سطح منطقه به شمار می‌رود.

با رشد روزافزون دانش و فناوری نفت در جهان باقی ماندن در میدان رقابت مستلزم کسب مهارت‌ها و تکنیک‌های جدیدتر و کارآمدتر است و متخصصان صنعت نفت در جایگاه تاریخی خود موظف به حفظ و باروری دانش فراگرفته و انتقال آن به نسل‌های جدیداند.

با توجه به کمبود شدید منابع فارسی در زمینه صنعت نفت، بالاخص حفاری، مولفان کتاب حاضر وظیفه خود دانستند به نوبه خود در راه اعتلای این صنعت عظیم و تاثیرگذار گامی هرچند ناچیز بردارند.

با انتشار این کتاب امید می‌رود دانشجویان عزیز و دیگر علاقمندان بتوانند بیش از پیش با مباحث جدید و روز سیمان‌کاری آشنا شوند و بتوانند سطح علمی خود را ارتقا دهند.

در خاتمه لازم است از کلیه همکاران پژوهشگاه، بالاخص کارشناسان واحد پژوهش حفاری، که با اظهارنظرهای سودمند خود ما را در این راه یاری دادند و همچنین از زحمات مرکز نشر پژوهشگاه صنعت نفت که دست‌نوشته‌های مولفان را با کمال حوصله و دقت به صورتی کاملاً مطلوب و با کیفیت خوب برای استفاده علاقه‌مندان عرضه داشتند سپاسگزاری کنیم.

مسئله چنین مجموعه‌ای با طیفی وسیع از موضوعات مختلف نمی‌تواند خالی از خطا باشد از این رو مشتاقانه چشم‌انتظار نظرها و پیشنهادهای شما عزیزان هستیم.

حمید سلطانیان

سیدعلیرضا مرتضوی

سیدمحمدجواد مجتهدی