

اکتشاف و تولید نفت در آب‌های عمیق

به زبان ساده

تألیف:

علیراصغری - غلامعلی رحیمی



انتشارات هزاره سوم

سرشناسه	: اصولی، علی، ۱۳۴۱ -
عنوان و نام پدیدآور	: اکتشاف و تولید نفت در آب‌های عمیق به زبان ساده/ تالیف علی اصولی، غلامعلی رحیمی.
مشخصات نشر	: تهران: هزاره سوم اندیشه، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	: ۳۲۸ ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۲۵۰۰۰ ریال ۳-۵۴-۷۳۰۶-۹۷۸-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
موضوع	: نفت -- میدان‌های دریایی
موضوع	: Petroleum in submerged lands
موضوع	: چاه‌های نفت -- حفاری دریایی
موضوع	: Offshore oil well drilling
موضوع	: نفت -- اکتشاف‌های زیرزمینی
موضوع	: Petroleum -- Prospecting
شناسه افزوده	: رحیمی، غلامعلی، ۱۳۵۷ -
رده‌بندی کنگره	: TN۸۷۴/۷۱۶۰۵
رده‌بندی دیوبی	: ۶۵۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۳۴۴۱۰



انتشارات هزاره سوم اندیشه

اکتشاف و تولید نفت در آب‌های عمیق به زبان ساده

تالیف: علی اصولی - غلامعلی رحیمی

ویراستار فنی: حمید مرآتی - مسعود فرازکیش

ویراستار: کیا مسعودی - فاطمه یوسفی

• صفحه‌آرایی: هزاره سوم اندیشه • طرح روی جلد: آروین رفیع‌زاده

• لیتوگرافی و چاپ: پارس گراف نوین • صحافی: نوین

• چاپ اول: تهران ۱۳۹۶ • شمارگان: ۱۰۰۰ • قیمت: ۲۵۰۰۰ تومان

شابک: ۳-۵۴-۷۳۰۶-۹۷۸-۶۰۰-۹۷۸

ناشر: هزاره سوم اندیشه

تلفن و نمابر: ۶۶۰۳۷۶۴۸ - همراه: ۰۹۱۲۷۱۷۳۹۲۴

آدرس سایت: www.hsap.ir الکترونیکی: hsapub@gmail.com

تلفن پخش: ۶۶۹۶۵۳۷۷-۶۶۹۷۲۷۹۲

کلیه حقوق این اثر برای ناشر محفوظ است.

فهرست

پیشگفتار.....	۱۳
۱. تاریخچه فعالیت‌های ارساحلی.....	۱۷
مقدمه.....	۱۷
پیشرفت در ساخت پایه‌های بنی سازه‌های حفاری.....	۲۰
روش‌های شرکت سوپریور.....	۲۳
زیر سازه‌ها و قالب‌ها.....	۲۶
نیمه شناورها.....	۲۶
شناورها.....	۳۰
غواص‌ها و وسایل نقلیه‌ی کنترل از راه دور (ROV).....	۳۷
زمین‌شناسی، ژئوفیزیک و دیگر علوم ناشناخته.....	۴۱
افول منحنی یادگیری.....	۴۵
۲. موج دوم پیشرفت در فعالیت‌های حفاری فراساحلی.....	۴۹
۳. زمین‌شناسی و ژئوفیزیک.....	۵۹
زمین‌شناسی آب عمیق.....	۵۹
بنیان‌های زمین‌شناسی.....	۵۹
منشأ یک میدان نفتی یا گازی.....	۶۳
خلیج مکزیک.....	۶۴
ترشیاری بالایی.....	۶۵
ترشیاری پایین ویلکاکس.....	۶۶
برزیل.....	۶۷

۶۷	اکتشاف فراساحلی
۶۸	سیستم نفتی قبل از رسوب‌گذاری نمک
۷۰	سیستم نفتی پس-نمکی (رسوب‌گذاری پس از رسوب نمک):
۷۳	غرب آفریقا
۷۳	تاریخچه اکتشاف فراساحلی
۷۴	تاریخچه زمین‌شناسی
۷۵	تجربه‌ی اکتشاف
۷۷	شمال غرب استرالیا
۷۸	داده‌های لرزه‌نگاری
۷۹	عملیات برداشت
۸۱	لرزه‌نگاری اریموتی
۸۲	پردازش
۸۴	نمایش (Display)
۸۵	تفسیر
۸۶	فناوری‌های مکمل
۸۶	الکترومغناطیس با چشمه‌ی کنترل شده
۸۸	تصویربرداری گرادئومتری گرانشی
۸۹	۴. اکتشاف در آب‌های عمیق
۸۹	توسعه یک میدان نفتی
۹۱	عملیات برداشت
۹۳	تعیین چشم‌انداز
۹۳	نقشه‌برداری
۹۵	تخمین حجم
۹۵	پذیرفتن خطر میدان
۹۶	چاه اکتشافی
۹۶	ارزیابی
۹۸	حوضه‌های نفتی آب‌های عمیق
۹۹	۵. دکل‌های حفاری
۹۹	ضروریات‌های دکل حفاری
۹۹	دکل یا برج حفاری
۱۰۰	تأسیسات میز دوار
۱۰۱	سیستم یا سامانه بالابر

۱۰۲	محل نگهداری لوله‌ها و تجهیزات کنترل آن‌ها
۱۰۳	تجهیزات گل
۱۰۳	تجهیزات منحصربه‌فرد دکل‌های آب عمیق
۱۰۴	دکل‌های حفاری نیمه - شناور
۱۰۶	کشتی‌های حفاری
۱۰۹	۶. حفاری و تکمیل چاه
۱۰۹	نقشه چاه
۱۱۲	انتخاب دکل
۱۱۵	حفاری
۱۱۷	گل حفاری
۱۱۸	فوران‌گیر
۱۲۰	ارزیابی چاه
۱۲۰	تکمیل چاه
۱۲۲	امور مکانیکی
۱۲۶	عملیات ته چاه
۱۲۶	فیلتر شنی
۱۲۶	روش فرک (شکاف هیدرولیکی)
۱۲۷	روش استفاده از الک سیمی
۱۲۸	مشکلات خاص در آب عمیق
۱۲۸	جریان‌های آبی حلقوی و گرداب‌ها
۱۳۰	خطرات آب‌های کم‌عمق
۱۳۰	جریانان آب‌های کم‌عمق
۱۳۱	پیچیدگی مخزن
۱۳۱	کارایی مخزن
۱۳۲	فشار گاز مورد بحث
۱۳۳	۷. سیستم‌های توسعه
۱۳۳	گزینه‌های سیستم توسعه
۱۳۴	سکوهای ثابت
۱۳۵	سامانه‌های شناور
۱۳۷	سیستم‌های زیر دریا
۱۳۷	انتخاب سامانه‌های توسعه میدان
۱۳۷	معیارها

انتخاب.....	۱۳۸
۸. سازه‌های ثابت.....	۱۴۵
سکوهای متداول.....	۱۴۵
سکوی بتونی.....	۱۴۷
سکوهای برجی.....	۱۴۸
ساخت.....	۱۴۹
سکوهای گرانشی (Gravity Platform).....	۱۵۱
شرایط طراحی زیر سازه و عرشه.....	۱۵۲
انتقال.....	۱۵۵
سکوهای ثابت و سکوهای برجی.....	۱۵۶
نصب سکوهای گرانشی.....	۱۶۰
نصب عرشه.....	۱۶۱
محافظت و مکانیک لرزه‌نگاری.....	۱۶۳
نصب لوله رایزر.....	۱۶۵
فصل ۹. سیستم‌های تولید شنور.....	۱۶۷
سکوهای پایه کششی Tension Leg Platforms.....	۱۷۳
نصب یک TLP متداول.....	۱۷۴
نصب TLP‌های تک‌ستون و TLP‌هایی با پایه‌های توبه‌باف.....	۱۷۹
تأسیسات شناور تولید، ذخیره‌سازی و تخلیه.....	۱۸۰
شناور تولیدی، ذخیره‌سازی و تخلیه استوانه‌ای (Cylindrical FPSO).....	۱۸۷
شناور حفاری، تولیدی، ذخیره‌سازی و تخلیه.....	۱۸۷
سیستم تولیدی شناور.....	۱۸۸
شناورهای استوانه‌ای دکل (اسپار) (Spars).....	۱۸۹
ساختمان.....	۱۹۱
بدنه‌های کشتی مانند.....	۱۹۱
بدنه‌های شناور ساز و پایه زیرآبی (Caisson & Pontoon hulls).....	۱۹۲
تیر دکل‌ها.....	۱۹۳
انتقال بدنه از محل ساخت به مقصد مورد نظر.....	۱۹۴
نصب FPS ها، FPSO ها و تیر دکل‌ها.....	۱۹۵
سوار کردن عرشه.....	۱۹۶
مهار یا لنگر به صورت گسترده.....	۱۹۷
رایزرها.....	۲۰۱

۲۰۳	۱۰. سیستم‌های زیر دریا
۲۰۶	طراحی زیر دریا
۲۰۶	عمق سنجی
۲۰۷	تضمین جریان
۲۰۷	اتصال به میزبان
۲۰۸	فرایند معماری میدان و طراحی سیستم
۲۰۹	اجزاء زیر دریا
۲۱۰	چاه‌ها
۲۱۱	درخت‌ها (Tree)
۲۱۲	چندراه‌ها و ورتمه‌ها
۲۱۳	خطوط جریان، جامپر ها و خطوط تجمع
۲۱۵	شریان‌ها و رسانای شاه
۲۱۷	سیستم کنترل
۲۱۸	تضمین جریان
۲۲۰	راه‌های دیگر کنترل دما
۲۲۳	نصب کردن سازه‌های سیستم
۲۲۳	مترولولوی زیر دریا
۲۲۴	متصل کنندگان زیر دریا
۲۲۵	چندراهه‌ها
۲۲۶	شریان‌ها
۲۲۷	کوریوگرافی
۲۲۷	تضمین تجهیزات سیستم
۲۲۸	فرآوری، پمپاژ، متراکم سازی و اندازه‌گیری زیر دریا
۲۳۰	پمپاژ زیر دریا
۲۳۰	جداسازی زیر دریا
۲۳۱	متراکم سازی در بستر دریا
۲۳۲	اندازه‌گیری چند فازي زیر دریا
۲۳۳	منبع انرژی
۲۳۳	نفوذ در زیر دریا
۲۳۵	مطالعه‌ی موردی
۲۳۹	۱۱. عرشه‌ها
۲۴۲	پالایش نفت

۲۴۳	تفکیک
۲۴۶	تصفیه‌کننده‌ها
۲۴۶	تصفیه آب
۲۴۸	پالایش گاز
۲۴۸	حرارت دهی
۲۴۸	تفکیک
۲۴۹	تثبیت سازی
۲۵۰	آب‌زدایی گاز
۲۵۱	آزمایش چاه
۲۵۲	اندازه‌گیر
۲۵۴	انتخاب‌های سازه عرشه
۲۵۷	سره‌بندی و راه‌اندازی
۲۵۸	نفرات و اقامتگاه‌های ازمایشی
۲۵۸	نفرات سازمانی
۲۵۸	نوبت‌کارها
۲۵۸	اقامتگاه‌ها
۲۶۰	حمل و نقل نفرات
۲۶۰	سیستم‌های ایمنی
۲۶۲	سیستم‌های کمکی
۲۶۳	تجهیزات کمکی
۲۶۳	تجهیزات کمکی اصلی
۲۶۳	تجهیزات کمکی ثانویه
۲۶۴	تولید الکتریسیته
۲۶۵	پمپ‌ها
۲۶۵	بالابرها
۲۶۵	مشعل‌ها
۲۶۶	تزریق آب تولیدی
۲۶۶	سیستم کنترل فرایند
۲۶۶	سیستم خاموشی اضطراری
۲۶۷	سیستم‌های سوخت‌گازی
۲۶۷	بازیافت حرارت هدررفته
۲۶۸	آب شرب
۲۶۸	جمع‌آوری آب باران

۲۶۸	حفاظت از حریق
۲۶۸	اتصالات صادرات
۲۶۹	مطالعه موردی
۲۶۹	سلسله بالابرهای سنگین
۲۷۳	۱۲. خطوط لوله، خطوط جریان و رایزرها
۲۷۴	معماری سیستم خط لوله
۲۷۵	هیدرولیک
۲۷۶	مکانیکی
۲۷۷	نصب
۲۷۷	لوله‌گذاری S مانند
۲۷۹	لوله‌گذاری I- مانند
۲۸۰	فشار اعمالی بر روی خط لوله
۲۸۱	روش قرقه‌های (Reel-lay)
۲۸۴	مزایا و معایب شناوری
۲۸۵	روش بکسلی
۲۸۶	بارهای اعمال شده به هنگام نصب و عملیات
۲۸۷	لوله‌ی منعطف
۲۸۸	روکش دهی و حفاظت از خوردگی
۲۸۹	لحاظ کردن شرایط بستر دریا
۲۹۰	دفن کردن (Burial)
۲۹۱	سیستم‌های کنترل و ایمنی
۲۹۲	رایزرها (Risers)
۲۹۲	رایزهای متصل شده (Attached risers)
۲۹۲	مجراهای کشنده (Pull tubes)
۲۹۳	رایزهای زنجیروار فولادی (Steel Catenary risers)
۲۹۳	رایزهای تحت تنش فوقانی (Top tensional risers)
۲۹۴	دکل رایزر (Riser tower)
۲۹۶	رایزهای منعطف (Flexible risers)
۲۹۷	انتخاب یک سیستم رایزر
۲۹۸	عملیات سیستم خط لوله
۳۰۰	پیگ‌ها ^۴
۳۰۳	۱۳. شناورهای فراساحلی پشتیبانی

۳۰۴	 ناوگان
۳۰۵	 شناورهای تأمین سکویی
۳۰۶	 شناورهای تأمین بکسل‌کننده و حامل لنگر
۳۰۷	 فایق‌های خدمه
۳۰۷	 شناورهای ترابری
۳۰۹	 شناورهای مخصوص
۳۱۰	 جزر
۳۱۳	 ROV
۳۱۵	 مانوردهی
۳۱۷	 شریان‌ها و کندها
۳۱۸	 اپراتورها
۳۱۹	 مطالعه‌ی موردی
۳۲۳	 ۱۴. تکنولوژی و موج سوم
۳۲۶	 چشم‌انداز
۳۲۸	 سرانجام

پیشگفتار

از ۱۰۰ سال گذشته تاکنون حالت مراکز علمی و تخصصی و همچنین ظهور گرایش‌های مختلف در عرصه اکتشاف و تولید از منابع هیدروکربنی سهم بسزایی را در این رابطه ایفا نموده‌اند به گونه‌ای که امروزه مراکز دانش‌بنیان و علمی گوی سبقت را در تولید ابزارها و تکنولوژی‌های خاص و همچنین نرم‌افزارها و سخت‌افزارهای مرتبط از همدیگر می‌ربایند و بشر امروزی با فراگیری علوم جدید توسعه‌طلبی خود را در زمینه کشف این منابع خدادادی استمرار بخشیده است. در این عرصه، پدیده وجود منابع هیدروکربنی در آب‌هایی با عمق بیش از ۱۰۰۰ متر و حتی بیشتر از آن تا ۳۵۰۰ متر مورد توجه جستجوگران و کاوشگران نفتی قرار گرفته است.

موضوع Deepwater یا «آب عمیق» موضوعی است جدید و بسیار پویا که طی سال‌های گذشته در صفحات کتب و مجلات تخصصی نفت و گاز به چشم می‌خورد.

کارشناسان و متخصصان تعاریف متفاوتی را از آب عمیق ارائه داده‌اند اما آنچه مشهور و مورد اجماع بیشتر آنان است، این است که فعالیت‌های مربوط به نفت و گاز در دریاهایی با عمق کمتر از ۳۰۰ متر را فعالیت در آب کم‌عمق^۱، بین ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ متر را فعالیت در آب عمیق^۲ و بالاتر از ۱۵۰۰ متر را آب‌های فوق عمیق^۳ می‌نامند.

در حال حاضر در پنج نقطه از جهان شاهد فعالیت‌های عملیاتی در بخش آب

1. shallow water

2. deep water

3. Ultra deep water

عمیق هستیم. آمریکای شمالی (خلیج مکزیک)، آمریکای لاتین (اقیانوس اطلس/ برزیل)، قاره آفریقا (آنگولا و نیجریه)، دریای شمال در قاره اروپا و دریای خزر در قاره آسیا از حوزه‌های منابع هیدروکربنی آب عمیق در دنیا هستند. از عوامل مؤثری که صنایع نفت و گاز دنیا را به سمت بهره‌برداری از منابع هیدروکربنی آب عمیق ترغیب می‌نماید می‌توان به افزایش جمعیت جهان، افزایش قیمت جهانی نفت، افزایش تقاضای جهانی، کاهش ذخایر هیدروکربنی جهان، پیشرفت و توسعه فناوری‌های جدید در زمینه اکتشاف و تولید از حوزه‌های آب عمیق و تحولات سیاسی کشورهای تولیدکننده نفت و گاز اشاره کرد.

به‌رغم جوان بودن موضوع تولید نفت از منابع هیدروکربنی آب عمیق و فوق عمیق، به دلیل به‌کارگیری دانش و تکنولوژی‌های خاص بشر امروزی از پیچیدگی‌ها و مشکلات فراوانی این مسئله عبور جهشی داشته است؛ به‌گونه‌ای که طبق آمارهای اعلام‌شده در سال ۲۰۱۵ میلادی توانسته است حداقل سهم ۱۱ درصدی از تولید کل منابع هیدروکربنی در جهان را به خود اختصاص دهد.

کشف شیل‌های نفتی و گاز، در دهه‌های اخیر نیز نتوانسته است مانع از توقف فعالیت‌های اکتشافی، توسعه‌ای و تولیدی در حوزه‌های آب عمیق گردد. بالا بودن هزینه و ریسک‌های عملیاتی، سهل‌الوصول نبودن، عدم تجربه نیروی انسانی نیز نتوانسته است مانع از رشد و توسعه این صنعت شود. شرکت‌های صاحب تکنولوژی و فناوری‌های نوین در حوزه آب عمیق به‌طور موشکافانه به جستجوی مناطق موردنظر و سرمایه‌گذاری در آن بوده‌اند به‌گونه‌ای که از محدوده‌های مثال‌ثلاطلایی آب‌های عمیق آمریکای شمالی و مرکزی عبور نموده و وارد قاره‌های اروپا، آفریقا و در ۵ سال گذشته آسیا نیز شده‌اند.

جمهوری اسلامی ایران نیز به‌رغم وجود منابع عظیم نفت و گاز در خشکی و آب‌های کم‌عمق خلیج فارس از این موضوع غفلت ننموده و مطالعات بسیار عمیقی از ۱۵ سال گذشته شروع و خوشبختانه موفق به شناسایی نشانه‌های قابل‌توجهی از وجود هیدروکربن در بخش جنوبی (بخش عمیق) دریای خزر گردیده است. با وجود مشکلات خاص عملیات در دریای خزر به‌واسطه شرایط فیزیکی و جغرافیایی و نبود زیرساخت‌های لازم در آن دریا علاوه بر مشکلات عام در آب‌های عمیق، با همت و توان متخصصان و همکاری همه مجاهدان علمی و عملیاتی صنعت نفت جمهوری اسلامی ایران و بهره‌گیری از تجارب شرکت‌های خارجی توانسته است، نوید وجود منابع هیدروکربن را در لایه‌های زیرین دریای کاسپین به مردم ایران هدیه نماید.

شرکت نفت خزر به نمایندگی از شرکت ملی نفت ایران و با مساعدت و همراهی تمامی سازمان‌ها و مراکز دولتی، خصوصی، علمی و دانشگاهی و همراهی ویژه وزارت نفت جمهوری اسلامی ایران توانست موفق به کشف نفت در بخش عمیق دریای خزر شود. در این مسیر به جزء توکل به خداوند متعال، بهره‌گیری از تجربیات و استفاده حداکثری از یافته‌های علمی، همراه با ریسک‌پذیری در دستور کار بوده است. با علم به این مهم که عملیات اکتشاف، توسعه و تولید در آب‌های عمیق دریای خزر مستلزم دانش‌اندوزی، انباشت دانش و تجزیه و تحلیل یافته‌های مختلف است درصدد هستیم تا حاصل تلاش‌ها و فعالیت‌های عملیاتی همه افراد ذی‌مدخل در این رویداد مهم را مکتوب و نسلی آینده منتقل نماییم.

این سیاست همراه با استمرار جذب و به‌کارگیری یافته‌های دیگران توأمان گشته و کتاب‌های «زمین‌شناسی حوضه جنوب دریای خزر» و «اکتشاف و تولید نفت در آب‌های عمیق به زبان ساده» به رشته تحریر درآورده است.

آنچه در پیش‌رو و در فصل‌های آینده در معرض دید همگان قرار خواهد گرفت، در ادامه جمع‌آوری یافته‌ها، مطالب علمی و مستندات مختص کشف، توسعه و تولید نفت در آب‌های عمیق هست که امید است مورد توجه خوانندگان گرامی قرار گیرد. بدیهی است ما خود را در انتهای مسیر علم و دانش بی‌کران آب‌های عمیق نمی‌دانیم بلکه انتظار داریم که با باز نمودن دریچه‌های در دریچه‌های دانش و فناوری در این حوزه راه را برای نسل‌های بعدی باز نموده تا بتوانیم از ظرفیت‌های خدادادی منابع هیدروکربنی در خشکی، دریاهای کم‌عمق و عمیق حاکم استفاده را ببریم. در خاتمه بر خود لازم می‌دانم از کلیه همکاران مدیریت‌های ملی شرکت نفت خزر که در مرحله ویرایش فنی این کتاب ما را یاری نمودند، قدردانی نمایم.

عالی‌اصولی

بهار ۱۳۹۶