



خواص سنگ و سیال مخازن هیدروکربوری

جلد اول: خواص سنگ

شامل فصل‌های اول تا نهم

Abhijit Y. Dandekar

۲۰۱۶۰۶۸

مترجمان

مهدی مهدوی‌آرا (کارشناس ارشد مهندسی نفت)

عباس هلالی‌زاده (عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شریف)



انتشارات ستایش

سرشناسه	: داندکار، آبهیجیت وای. Dandekar, Abhijit Y.
عنوان و نام پدیدآور	: خواص سنگ و سیال مخازن هیدروکربوری / [آبهیجیت وای داندکار] ؛ مترجمان مهدی مهدوی آرا، عباس هلالی زاده.
مشخصات نشر	: تهران : ستایش، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	: ۳۸۱ ص: مصور، جدول.
شابک	: 978-600-7445-91-4
وضعیت فهرست نویسی	: فیفا
یادداشت	: کتاب حاضر ترجمه بخشی از کتاب Petroleum reservoir rock and fluid properties, 2 nd ed است.
یادداشت	: کتابنامه.
عنوان دیگر	: خواص سنگ و سیال مخازن هیدروکربنی.
موضوع	: نفت -- ذخائر -- دینامیک سیالات؛ Petroleum reserves -- Fluid dynamics
موضوع	: نفت -- ذخائر -- خواص مکانیکی
موضوع	: Petroleum reserves -- Mechanical properties
موضوع	: نفت -- زمین شناسی؛ Petroleum -- Geology
موضوع	: مخازن های هیدروکربنی -- خواص مکانیکی
موضوع	: Hydrocarbon reservoirs -- Mechanical properties
موضوع	: نفت -- مهندسی مخازن زیرزمینی؛ Oil reservoir engineering
شناسه افزوده	: مهدی آ.، مهدی ۱۳۶۹ - مترجم
شناسه افزوده	: هلالی زاده، عباس ۱۳۸۰ - مترجم
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۷ ۲/۵۷/ ۱۱ TT
رده بندی دیویی	: ۵۵۳/۲۸۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۳۴۳۰۸۰

Co. ryesh
Publication
Institute
انتشارات ستایش



تهران - صندوق پستی: ۹۹۵-۱۳۱۴۵ تلفن: ۶۶۹۴۸۹۹۵-۰۲۱-۰۹۵-۰۹۱۲

خواص سنگ و سیال مخازن هیدروکربوری (جلد اول)

مترجمان: مهدی مهدوی آرا، عباس هلالی زاده

ناشر: انتشارات ستایش

نوبت چاپ: اول/ ۱۳۹۷

شمارگان: ۲۰۰۰ جلد

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۴۴۵-۹۱-۴

قیمت: ۳۶۰ ۰۰۰ ریال

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

فهرست مطالب

مقدمه مترجمان.....	۱۲
مقدمه مؤلف.....	۱۳
کتاب مصال: اول: مقدمه.....	۱۷
۱-۱ سنگ سیات خزن نفتی.....	۱۷
۲-۱ تشکیل مخازن نفتی.....	۱۸
۳-۱ ویژگی‌های مخزن مازن نفتی.....	۲۰
۴-۱ منابع نفت و گاز ایران.....	۲۳
۵-۱ اهمیت خواص سنگ و سیر مح این نفتی.....	۲۴
منابع و مراجع.....	۲۹
کتاب فصل دوم: مقدمه‌ای بر خواص سنگ خزن نفتی.....	۳۱
۱-۲ معرفی.....	۳۱
۲-۲ روش‌های مغزه‌گیری.....	۳۲
۱-۲-۲ روش دورانی.....	۳۳
۲-۲-۲ مغزه‌گیری دیواره جانبی.....	۳۳
۳-۲-۲ مغزه‌گیری تحت فشار بالا.....	۳۴
۳-۲ مسائل مهم مربوط به روش‌های مغزه‌گیری.....	۳۵
۴-۲ انواع مغزه‌ها.....	۳۵
۱-۴-۲ مغزه‌ی کامل.....	۳۵
۲-۴-۲ پلاگ مغزه.....	۳۶
۵-۲ تخصیص داده‌های مغزه برای اندازه‌گیری خواص سنگ مخزن.....	۳۷
۶-۲ نگهداری نمونه مغزه‌های سنگ مخزن.....	۳۸
۷-۲ انواع آزمون مغزه.....	۳۸
۱-۷-۲ آنالیز معمول یا متداول مغزه.....	۳۹
۲-۷-۲ آنالیز ویژه‌ی مغزه.....	۳۹
منابع و مراجع.....	۴۱

فصل سوم: تخلخل.....	۴۳
۱-۳ اهمیت و تعریف.....	۴۳
۲-۳ انواع تخلخل.....	۴۵
۱-۲-۳ تخلخل کل یا مطلق.....	۴۵
۲-۲-۳ تخلخل مؤثر.....	۴۶
۳-۲-۳ تخلخل غیر مؤثر.....	۴۶
۳-۳ دسته‌بندی تخلخل.....	۴۷
۴-۳ پارامترهایی که بر تخلخل تأثیر می‌گذارند.....	۴۷
۵-۳ اندازه‌گیری آزمایشگاهی تخلخل.....	۴۹
۱-۵-۳ اندازه‌گیری تخلخل با استفاده از آنالیز متداول مغزه.....	۵۰
۱-۱-۵-۳ اندازه‌گیری حجم توده.....	۵۰
۱-۵-۳ اندازه‌گیری حجم منفذی.....	۵۱
۱-۲-۵-۳ تخلخل اسنج هلیومی.....	۵۲
۲-۲-۱-۵-۳ اسنج خلاء.....	۵۴
۳-۲-۱-۵-۳ اسنج مایع به وسیله روش‌های دیگر.....	۵۴
۳-۱-۵-۳ اندازه‌گیری حجم دانه.....	۵۵
۶-۳ روش‌های غیرمرسوم اندازه‌گیری تخلخل.....	۵۶
۷-۳ میانگین‌گیری از تخلخل.....	۵۹
۸-۳ مثال‌هایی از تخلخل‌های معمول.....	۶۰
مسائل.....	۶۲
منابع و مراجع.....	۶۵
فصل چهارم: تراوایی مطلق.....	۶۷
۱-۴ اهمیت و تعریف.....	۶۷
۲-۴ عبارت ریاضی تراوایی: قانون دارسی.....	۶۸
۳-۴ آنالیز ابعادی تراوایی و تعریف یک دارسی.....	۷۱
۴-۴ کاربرد قانون دارسی در جریان شیب‌دار و جریان شعاعی.....	۷۳
۵-۴ میانگین‌گیری از تراوایی مطلق.....	۷۵
۱-۵-۴ جریان موازی.....	۷۶
۲-۵-۴ جریان سری.....	۷۸
۶-۴ تراوایی شکاف‌ها و کانال‌ها.....	۸۰
۷-۴ قانون دارسی در واحدهای نفتی.....	۸۳
۸-۴ اندازه‌گیری آزمایشگاهی تراوایی مطلق.....	۸۴

۸۵.....	۱-۸-۴ اندازه گیری تراوایی مطلق با استفاده از مایعات
۸۸.....	۲-۸-۴ اندازه گیری تراوایی مطلق با استفاده از گازها
۹۳.....	۹-۴ عوامل تأثیرگذار بر تراوایی مطلق
۹۳.....	۱-۹-۴ عوامل مرتبط با سنگ
۹۵.....	۲-۹-۴ عوامل مرتبط با فاز سیال
۹۷.....	۳-۹-۴ عوامل ترمودینامیکی
۹۸.....	۴-۹-۴ عوامل مکانیکی
۹۸.....	۱۰-۴ روابط بین تخلخل و تراوایی
۱۰۱.....	۱۱-۴ تراوایی انواع مختلف سنگ ها
۱۰۲.....	مسائل
۱۰۵.....	منابع و مراجع

ک فصل پنجم: خواص مکانیکی و الکتریکی سنگ های مخزن..... ۱۰۷

۱۰۷.....	۱-۵ معرفی
۱۰۹.....	۲-۵ خواص مکانیکی
۱۰۹.....	۱-۲-۵ تنش
۱۱۰.....	۲-۲-۵ کرنش
۱۱۱.....	۳-۲-۵ ارتباط بین تنش و کرنش
۱۱۲.....	۱-۳-۲-۵ عوامل تأثیرگذار بر رابطه ی تنش - کرنش
۱۱۳.....	۴-۲-۵ استحکام سنگ
۱۱۳.....	۵-۲-۵ پارامترهای مکانیک سنگ
۱۱۳.....	۱-۵-۲-۵ نسبت پواسون
۱۱۵.....	۲-۵-۲-۵ ضریب یانگ
۱۱۵.....	۳-۵-۲-۵ ضریب سختی
۱۱۵.....	۴-۵-۲-۵ ضریب توده
۱۱۵.....	۶-۲-۵ اندازه گیری آزمایشگاهی استحکام سنگ
۱۱۶.....	۱-۶-۲-۵ سل سه محوری
۱۲۰.....	۷-۲-۵ تراکم پذیری سنگ مخزن
۱۲۲.....	۱-۷-۲-۵ روابط تجربی تراکم پذیری سازند
۱۲۳.....	۳-۵ خواص الکتریکی
۱۲۳.....	۱-۳-۵ مفاهیم اساسی و رابطه ی آرچی
۱۲۴.....	۱-۱-۳-۵ ضریب سازند
۱۲۵.....	۲-۱-۳-۵ پیچش (Tortuosity)
۱۲۵.....	۳-۱-۳-۵ ضریب سیمانی شدن

۱۲۶..... ۴-۳-۵ شاخص مقاومت ویژه

۱۲۸..... ۲-۳-۵ تأثیر ترشوندگی بر خواص الکتریکی

۱۳۲..... ۳-۳-۵ اثر رس بر خواص الکتریکی

۱۳۴..... مسائل

۱۳۷..... منابع و مراجع

۱۳۹..... فصل ششم: اشباع سیال

۱۳۹..... ۱-۶ اهمیت و تعریف

۱۴۱..... ۲-۶ توزیع اشباع سیال در یک مخزن نفتی

۱۴۱..... ۳-۶ تعریف و عبارتهای ریاضی اشباع سیال

۱۴۳..... ۴-۶ نمونه سنگهای مخزن مورد استفاده برای اندازه گیری اشباع

۱۴۵..... ۵-۶ اندازه گیری آزمایشگاهی اشباع سیال

۱۴۶..... ۱-۵-۶ طیر بازگشتی

۱۴۹..... ۵-۶ استخرج Dean-Stark

۱۵۲..... ۶-۶ ارزیابی صحت داده های اشباع سیال اندازه گیری شده توسط تراشه ای

۱۵۳..... ۷-۶ انواع خاص از اشباع سیالات

۱۵۴..... ۱-۷-۶ اشباع بحرانی گاز

۱۵۵..... ۲-۷-۶ اشباع نفت باقیمانده

۱۵۷..... ۳-۷-۶ اشباع آب کاهش نیافتنی

۱۶۰..... ۸-۶ میانگین گیری از اشباع

۱۶۰..... ۹-۶ عوامل تأثیرگذار بر اندازه گیری اشباع سیال

۱۶۱..... ۱-۹-۶ اثر گل های حفاری بر اشباع سیال

۱۶۳..... ۱-۱-۹-۶ اثر پوسته

۱۶۵..... ۲-۹-۶ اثر انبساط سیال بر اشباع سیال

۱۶۶..... ۳-۹-۶ اثرات ترکیبی هجوم فیلترات گل و انبساط سیال بر اشباع سیال

۱۷۰..... ۴-۹-۶ کاهش اثرات هجوم فیلترات گل و انبساط سیال بر اشباع سیال

۱۷۱..... ۱-۴-۹-۶ تدابیری که از هجوم فیلترات گل جلوگیری کرده یا آن را به شمار می آورند

۱۷۴..... ۲-۴-۹-۶ تدابیری که از انبساط سیال جلوگیری کرده یا اثر آن را در نظر می گیرند

۱۷۹..... مسائل

۱۸۱..... منابع و مراجع

۱۸۵..... فصل هفتم: کشش بین سطحی و ترشوندگی

۱۸۵..... ۱-۷ معرفی و مفاهیم اساسی

۱۸۷	۲-۷ کشش بین سطحی و سطحی
۱۸۹	۱-۲-۷ اثر فشار و دما بر کشش بین سطحی و کشش سطحی
۱۹۲	۲-۲-۷ اندازه‌گیری آزمایشگاهی کشش بین سطحی
۱۹۵	۳-۷ ترشوندگی
۱۹۶	۴-۷ مفاهیم اساسی ترشوندگی
۲۰۰	۵-۷ بحث در مورد جنبه‌های عملی ترشوندگی
۲۰۲	۱-۵-۷ دسته‌بندی / انواع ترشوندگی
۲۰۳	۱-۱-۵-۷ آب دوست
۲۰۳	۲-۱-۵-۷ نفت دوست
۲۰۳	۳-۱-۵-۷ ترشوندگی متوسط (Intermediate Wet)
۲۰۳	۴-۱-۵-۷ ترشوندگی کسری (Fractional wettability)
۲۰۴	۵-۱-۵-۷ ترشوندگی مخلوط (Mixed wettability)
۲۰۴	۶-۷ اندازه‌گیری ترشوندگی سنگ مخزن
۲۰۵	۱-۶-۷ اندازه‌گیری زاویه تماس
۲۰۷	۱-۱-۶-۷ اثر فشار و دما بر زوایای تماس
۲۰۸	۲-۶-۷ نمونه مغزه‌های مورد استفاده برای روش‌های آزمون Amott و USBM
۲۱۱	۳-۶-۷ آزمون Amott
۲۱۴	۱-۳-۶-۷ اصلاح آزمون Amott - رمون (Amott-Harvey)
۲۱۵	۴-۶-۷ روش USBM
۲۱۷	۷-۷ عوامل مؤثر بر ترشوندگی
۲۱۸	۱-۷-۷ ترکیب نفت مخزن
۲۱۹	۲-۷-۷ ترکیب آب نمک
۲۲۰	۳-۷-۷ فشار و دمای مخزن
۲۲۱	۴-۷-۷ عمق ساختار مخزن
۲۲۲	۸-۷ ارتباط بین ترشوندگی و اشباع آب کاهش نیافتنی و اشباع نفت باقیمانده
۲۲۳	۱-۸-۷ ترشوندگی و اشباع آب کاهش نیافتنی
۲۲۳	۲-۸-۷ ترشوندگی و اشباع نفت باقیمانده
۲۲۷	۱-۲-۸-۷ سیالزنی با آب دارای شوری کم - ترشوندگی - اشباع نفت باقیمانده
۲۲۹	مسائل
۲۳۱	منابع و مراجع
۲۳۹	که فصل هشتم: فشار موینگی
۲۳۹	۱-۸ معرفی
۲۴۱	۲-۸ عبارت ریاضی اساسی فشار موینگی

۳-۸	صعود مایع از لوله‌های مویینه و رابطه‌ی Plateau	۲۴۲
۴-۸	وابستگی فشار مویینی به خصوصیات سنگ و سیال	۲۴۵
۵-۸	فشار مویینی و تاریخچه‌ی اشباع	۲۴۶
۶-۸	اندازه‌گیری آزمایشگاهی فشار مویینی	۲۴۹
۶-۸-۱	آزمایشات فشار مویینی Leverett	۲۵۰
۶-۸-۲	روش دیافراگم متخلخل	۲۵۲
۶-۸-۳	روش تزریق جیوه	۲۵۴
۶-۸-۴	روش سانتیفیوژ	۲۵۷
۷-۸	خصوصیات منحنی‌های فشار مویینی	۲۵۹
۷-۱-۱	مقیاس اشباع	۲۵۹
۷-۱-۲	مقیاس فشار	۲۶۰
۷-۳-۳	هیسترسیس مویینی	۲۶۱
۷-۴-۴	فشار مویینی و تراوایی	۲۶۲
۸-۸	تبدیل داده‌های آزمایشگاهی فشار مویینی به شرایط مخزن	۲۶۳
۹-۸	میانگین‌گیری از فشار مویینی: تابع J	۲۶۶
۱۰-۸	محاسبه‌ی تراوایی از فشار مویینی	۲۶۸
۱۱-۸	اثر ترشوندگی بر فشار مویینی	۲۷۲
۱۲-۸	کاربرد عملی فشار مویینی	۲۷۵
۱۲-۱-۱	توزیع اندازه‌ی حفره	۲۷۵
۱۲-۲-۲	جورشده‌گی گلوگاه حفره (Pore throat sorting)	۲۷۹
۱۲-۳-۳	اشباع آب هم زاد	۲۷۹
۱۲-۴-۴	ناحیه بندی، تماس سیالات، و توزیع اولیه‌ی اشباع در یک مخزن	۲۸۰
۱۲-۴-۱	سطح آزاد آب	۲۸۲
۱۲-۴-۲	سطح تماس نفت-آب	۲۸۳
۱۲-۴-۳	ناحیه‌ی انتقال	۲۸۴
۱۲-۴-۴	ناحیه‌ی بهره‌ده نفتی یا ناحیه‌ی کاملاً نفتی	۲۸۵
۱۲-۴-۵	اشباع سیال در ناحیه‌ی گازی	۲۸۵
	مسائل	۲۸۷
	منابع و مراجع	۲۹۱

فصل نهم: تراوایی نسبی

۱-۹	مفاهیم اساسی تراوایی نسبی	۲۹۵
۲-۹	عبارات ریاضی برای تراوایی نسبی	۲۹۶
۳-۹	ویژگی‌های برجسته‌ی منحنی‌های تراوایی نسبی گاز-نفت و آب-نفت	۲۹۸

- ۲۹۹..... ۱-۳-۹ اشباع‌های نقطه انتهایی سیال
- ۳۰۰..... ۲-۳-۹ تراوایی‌های پایه
- ۳۰۱..... ۳-۳-۹ تراوایی‌های نقطه‌ی انتهایی و منحنی‌های تراوایی نسبی
- ۳۰۱..... ۱-۳-۳-۹ منحنی‌های تراوایی نسبی گاز- نفت
- ۳۰۲..... ۲-۳-۳-۹ منحنی‌های تراوایی نسبی نفت- آب
- ۳۰۳..... ۴-۳-۹ جهت منحنی‌های تراوایی نسبی
- ۳۰۴..... ۴-۹ اندازه‌گیری آزمایشگاهی تراوایی نسبی
- ۳۰۵..... ۱-۴-۹ نمودار جریان کار (فلوچارت) اندازه‌گیری‌های تراوایی نسبی
- ۳۰۷..... ۲-۴-۹ نمونه پلاگ‌های مغزه‌ی مورد استفاده در اندازه‌گیری‌های تراوایی نسبی
- ۳۰۸..... ۳-۴-۹ سیالات جابه‌جایی و شرایط آزمون
- ۳۰۹..... ۱-۳-۴-۹ آزمون در شرایط اتاق
- ۳۰۹..... ۴-۹ آزمون در پارامای از شرایط مخزن
- ۳۰۹..... ۳-۳-۴-۹ آزمون در شرایط مخزن
- ۳۱۰..... ۴-۴-۹ برقرار کردن سطح اولیه‌ی آب
- ۳۱۰..... ۱-۴-۴-۹ پلاگ‌های دست نخورده‌ی مغزه
- ۳۱۱..... ۲-۴-۴-۹ نمونه پلاگ‌های نریخته‌ی مغزه
- ۳۱۱..... ۵-۴-۹ اندازه‌گیری تراوایی پایه
- ۳۱۳..... ۶-۴-۹ دستگاه جابه‌جایی برای تراوایی نسبی
- ۳۱۵..... ۷-۴-۹ روش حالت پایدار
- ۳۱۸..... ۸-۴-۹ روش حالت ناپایدار
- ۳۱۸..... ۱-۸-۴-۹ روش‌های Buckley-Leverett و Welge
- ۳۲۱..... Johnson-Bossler-Naumann
- ۳۲۲..... Buckley-Leverett ۱-۱-۸-۴-۹ تئوری
- ۳۲۷..... Welge ۲-۱-۸-۴-۹ راه‌حل بسط
- ۳۳۱..... Johnson-Bossler-Naumann ۳-۱-۸-۴-۹ روش
- ۳۳۴..... ۲-۸-۴-۹ تراوایی‌های نسبی حاصل از روش جانشین
- ۳۳۵..... ۹-۴-۹ اثر انتهای مویینگی
- ۳۳۷..... ۵-۹ اندازه‌گیری تراوایی نسبی از داده‌های فشار مویینگی
- ۳۳۹..... ۶-۹ عوامل تأثیرگذار بر اندازه‌گیری‌های تراوایی نسبی
- ۳۴۰..... ۱-۶-۹ اثر اشباع سیال، تاریخچه‌ی اشباع، و اشباع آب اولیه
- ۳۴۳..... ۲-۶-۹ اثر ترشوندگی بر تراوایی نسبی
- ۳۴۵..... ۳-۶-۹ اثر ساختار حفره‌ی سنگ
- ۳۴۶..... ۴-۶-۹ اثر تنش بالاسری (تنش محصورکننده)

۳۴۷.....	۵-۶-۹ اثر محتوای رس و حرکت ذرات ریز
۳۴۸.....	۶-۶-۹ اثر دما
۳۴۸.....	۷-۶-۹ اثر کشش بین سطحی، سرعت، و سرعت جریان
۳۵۱.....	۷-۹ ویژگی‌های داده‌های تراوایی نسبی
۳۵۳.....	۸-۹ ارزیابی اعتبار داده‌های تراوایی نسبی و اندازه‌گیری توان‌های Corey
۳۵۶.....	۹-۹ اهمیت داده‌های تراوایی نسبی
۳۵۶.....	۹-۹-۱ مثالی از کاربرد عملی داده‌های تراوایی نسبی
۳۵۹.....	۹-۱۰ تراوایی نسبی سه فازی
۳۶۰.....	۹-۱۰-۱ نمایش داده‌های تراوایی نسبی سه فازی
۳۶۲.....	۹-۱۰-۲ مدل‌های تجربی برای تراوایی نسبی سه فازی
۳۶۵.....	منابع و مراجع
۳۷۱.....	

مقدمه مترجمان

با گسترش شاخه‌های مختلف علمی در عصر جدید، نیاز به ترجمه‌ی تخصصی متون و آثار هر شاخه از زبان مبدأ امری ضروری است. رشته‌ی مهندسی نفت نیز از این قاعده مستثنی نبوده و فراگیری اصول و مبانی اولیه‌ی آن نیازمند دسترسی به آثار و منابع منتشرشده در این حوزه است.

کتاب خواص سنگ و سیالات مخزن نفتی تألیف دندکار از منابع ارزشمند مهندسی نفت است که به‌طور کاملاً مجزا، دو بحث خواص سنگ‌های مخزن و خواص سیالات مخزن می‌پردازد. این کتاب سال‌هاست که به‌عنوان یکی از منابع به‌ویژه در بحث خواص سنگ‌های مخزن، توسط دانشجویان و مهندسی نفت مورد استفاده قرار می‌گیرد. لذا در اینجا به ترجمه‌ی بخش‌های مرتبط با خواص سنگ این اثر (ویرایش دوم) پرداخته شده است.

در ترجمه‌ی این کتاب نهایت دقت به کار برد شده است تا ضمن رعایت اصل امانت‌داری، تمامی مطالب موردنظر مؤلف به گونه‌ای شیوا و روان انتقال داده شوند. لذا برای بسیاری از اصطلاحات، معادل‌سازی فارسی صورت گرفته است.

از آنجایی که هیچ اثری خالی از اشکال نیست، از مطالعه‌ی شما در رجمند، اساتید فن و دانشجویان عزیز خواهشمند است با راهنمایی‌های خود ما را در جهت رفع نقایص احتمالی یاری دهند.

مهدی مهدوی‌آرا

دکتر عباس هلالی‌زاده