



دانشگاه شیراز

انتشارات دانشگاه شیراز

۴۲۲

چاه نگاری به روش تشدید مغناطیسی هسته ای اصول و کاربردها

نوشته‌ی

کوتس، جورج آر

مترجمان

دکتر زهره کارگر

استادیار بخش فیزیک دانشگاه شیراز

حمیده مجرد

کارشناسی ارشد از واحد بین الملل دانشگاه شیراز

فاطمه خوش سیما

کارشناسی ارشد از بخش فیزیک دانشگاه شیراز

سرشناسه	کوتس، جورج آر
عنوان و نام پدیدآور	George R. Coates
مشخصات نشر	چهارنگاری به روش تشدید مغناطیسی هسته‌ای اصول و کاربردها/ نویسنده جورج آر کوتس، لیجی شیانو، مانفرد جی پرامر؛ زهره کارگر، حمیده مجرد، فاطمه خوش‌سیما.
مشخصات ظاهری	شیراز: دانشگاه شیراز، ۱۳۹۰.
شماره	۳۶۰ص: مصور، جدول، نمودار
شابک	978-964-462-427-8
وضعیت فهرست	فیا
نویس	
یادداشت	عنوان اصلی: NMR Logging Principles and Applications.
یادداشت	کتابنامه.
موضوع	چاه‌ها -- نمودارگیری ژئوفیزیکی
موضوع	تشدید مغناطیسی هسته‌ای
شناسه افزوده	شیانو، لیجی
شناسه افزوده	Xiao, Lizhi
شناسه افزوده	پرامر، مانفرد جی.
شناسه افزوده	Prammer, Manfred G
شناسه افزوده	کارگر، زهره، ۱۳۳۹ - مترجم
شناسه افزوده	مجرد، حمیده، ۱۳۶۲ - مترجم
شناسه افزوده	خوش‌سیما، فاطمه، ۱۳۵۸ - مترجم
شناسه افزوده	دانشگاه شیراز
رده بندی کنگره	۱۳۹۰ ۴/۷۷۱/۴۵۸۱
رده بندی دیویی	۶۲۲/۱۸۸۸
شماره کتلتیاسی ملی	۱۲۳۱۴۳

چهارنگاری به روش تشدید مغناطیسی هسته‌ای اصول و کاربردها

نویسنده: George R. Coates, Lizhi Xiao, and Manfred G. Prammer

مترجم: دکتر زهره کارگر، حمیده مجرد و فاطمه خوش‌سیما

مسئول چاپ و نشر: محمدحسن زارع

ناشر: انتشارات دانشگاه شیراز

ویراستار ادبی: خاتم حمیده مجرد

شمارگان: ۱۰۰۰

چاپ اول: ۱۳۹۰

بها: ۷۵۰۰۰ ریال

(حق چاپ برای مرکز نشر دانشگاه شیراز محفوظ می باشد.)

شورای انتشارات دانشگاه شیراز

معاون پژوهشی دانشگاه و رئیس شورای انتشارات

رئیس مرکز نشر دانشگاه

دانشکده هنر و معماری

دانشکده دامپزشکی

دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی

دانشکده ادبیات و علوم انسانی

دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی

دانشکده مهندسی

دانشکده کشاورزی

دانشکده علوم

دانشکده حقوق

دکتر مصطفی سعادت

دکتر محمدعلی رنجبر

دکتر حسن ایزدی -

دکتر مهدی محبی فانی

دکتر محمدعلی گودرزی

دکتر محمدجواد سلمان‌پور

دکتر نظام‌الدین فقیه

دکتر ایوب کریمی جسی

دکتر نجفعلی کریمی‌یان

دکتر مظفر اسدی

دکتر محمد امامی

فهرست

فصل ۱

خلاصه کاربردها و فواید نمودارگیری NMR

۱
۲
۳
۵
۵
۶
۶
۱۰
۱۲
۱۳
۱۶
۱۸
۲۲
۲۳
۲۶
۲۶
۲۶

تصویربرداری تشدید مغناطیسی پزشکی (MRI)

نمودارگیری MRI

مقایسه دستگاه MRIL با دیگر دستگاه های نمودارگیری

مقدار سیال

مشخصه های سیال

اندازه حفره و تخلخل

داده های خام نمودارگیری NMR

تخلخل NMR

توزیع T_2

شاخص سیال آزاد و حجم توده ای غیر قابل کاهش NMR

نفوذپذیری NMR

مشخصه های NMR سیالات مخزن

طبقه بندی هیدروکربن NMR

بهبود تخمین اشباع آب با NMR نسبت به نمودارهای مقاومت

مثال های کاربردی MRIL

نفوذپذیری و تخلخل MRIL

۳۲	ارزیابی مخازن با مقاومت کم
۳۶	برداشت مجموعه داده های MRIL
۳۷	پاسخ دستگاه MRIL در چاه هایی با دیواره مواج
۳۹	خلاصه کاربردهای نمودارگیری NMR
۴۱	مراجع

فصل ۲ فیزیک NMR

۴۷	مغناطش هسته ای
۴۹	قطبش
۵۲	واژگون سازی پالس و واپاشی القای آزاد
۵۶	ثابت پژواک - اسپین
۵۹	تنظیم اندازه گیری NMR
۶۱	مراجع

فصل ۳ اصول پتروفیزیکی NMR

۶۳	مکانیزم های آسایش NMR سیالات درون حفره های سنگ
۶۵	آسایش توده ای
۶۶	آسایش سطحی
۶۷	آسایش پخش القایی
۷۰	واپاشی نمایی - چندتایی
۷۳	برازش پژواک برای توزیع T_2
۷۵	توزیع اندازه حفره

۷۷	تعیین BVI
۷۸	حد برش BVI
۸۳	BVI طیفی
۸۹	مدل نفوذپذیری MRIL
۹۰	مدل سیال آزاد
۹۲	مدل T_2 میانگین
۹۲	مدل تداخل MRIL
۹۵	مراجع

۱۱۷ فصل ۴ اصول طبقه بندی هیدروکربن NMR

۱۱۷	مشخصه های NMR هیدروکربن ها
۱۱۹	طبقه بندی هیدروکربن ها
۱۱۹	توزیع T_2 سنگی که به طور جزئی اشباع شده
۱۲۲	کنتراست آسایش T_1
۱۲۴	کنتراست پخش شدگی
۱۲۶	شبیه سازی عددی
۱۲۶	اثرات نفت بر روی توزیع های T_2
۱۲۷	آب و نفت سبک
۱۲۹	آب و نفت چسبناک
۱۳۰	اثرات گرانیروی و ترشدگی بر سیگنال نفت در توزیع T_2
۱۳۳	اثرات گاز بر توزیع T_2 در شرایط مختلف

۱۳۳ آب و گاز

۱۳۵ آب ، نفت سبک و گاز

۱۳۶ مراجع

فصل ۵ اصول دستگاه MRIL ۱۳۹

۱۳۹ قطبش

۱۴۰ واژگونی مغناطش و بدست آوردن پژواک اسپین

۱۴۲ سرعت نمودارگیری و تفکیک قائم

۱۴۶ عمق بررسی

۱۴۹ اندازه گیری با فرکانس چندتایی و پهنای باند پالس RF

۱۵۴ اثر لرزشی

۱۵۶ نسبت سیگنال به نویز و میانگین رانده شدگی

۱۵۶ فعال سازها

۱۶۱ پیکربندی دستگاه

۱۶۳ مراجع

فصل ۶ پاسخهای حاصل از آنالیز مستقل داده های MRIL ۱۶۹

۱۷۰ آنالیز حوزه زمانی

۱۷۰ مفاهیم

۱۷۰ اصول

۱۷۰ روش طیف تفاضلی

۱۷۰ آنالیز حوزه زمانی

۱۷۱	برداشت داده ها
۱۷۴	کاربردها
۱۷۴	مثال ۱
۱۷۴	مثال ۲
۱۷۸	مثال ۳
۱۸۲	آنالیز پخش
۱۸۲	مفاهیم
۱۸۲	برداشت داده ها
۱۸۶	روش طیف جابجا شده
۱۸۶	آنالیز کمی پخش: DIFAN
۱۸۹	روش پخش بهبود یافته
۱۹۴	پیوست : مدل ریاضی TDA
۱۹۸	مراجع

۲۰۱	فصل ۷ پاسخ های حاصله از ترکیب MRIL با دیگر نمودارها
۲۰۲	مفهوم MRIAN
۲۰۲	اصول MRIAN
۲۰۲	مدل آب دوتایی
۲۰۳	تعیین S_{wb} برای مدل آب دوتایی
۲۰۴	کنترل کیفی روی S_{wb} محاسبه شده
۲۰۶	تعیین توان W در MRIAN

۲۰۷	محاسبه S_{WT} در MRIAN
۲۰۷	پارامترهای تاثیر گذار بر محاسبات MRIAN
۲۰۸	برداشت داده های MRIL جهت MRIAN
۲۰۹	کاربردهای MRIAN
۲۰۹	مخزنی با مقاومت ویژه پایین ، شماره ۱
۲۱۱	مخزنی با مقاومت ویژه پایین ، شماره ۲
۲۱۶	مانیتورینگ نفوذ گاز توسط MRIL در کربنات های خلیج فارس
۲۱۹	ارزیابی سازند ماسه سنگی توفی ، شیلی حاوی نفت هایی با گرانروی متوسط
۲۲۳	MRIAN در چاه هیدروکربنی سبک
۲۲۵	تکمیل چاه با MRIL : StimMRIL
۲۲۸	مراجع
۲۳۹	فصل ۸ برنامه ریزی کاری MRIL
۲۴۰	تعیین مشخصه های NMR سیالات مخزن
۲۴۳	مثال ۱ : OBM ، گاز
۲۴۳	توصیف چاه
۲۴۳	مثال ۱ ، مرحله ۱: تعیین مشخصه های NMR سیال
۲۴۴	ارزیابی طیف واپاشی مورد انتظار سیالات مخزن در سازند
۲۴۵	مثال ۱ ، مرحله ۲ الف : ارزیابی پاسخ مورد انتظار (توزیع T_2)
۲۴۶	ارزیابی تخلخل ظاهری NMR مورد انتظار سازند
۲۴۸	مثال ۱، مرحله ۲ب: ارزیابی پاسخ های NMR مورد انتظار (تخلخل

ظاهری)

- ۲۴۸ انتخاب مجموعه فعال ساز
- ۲۵۰ فعال ساز T_2 استاندارد
- ۲۵۰ فعال ساز TW دوتایی
- ۲۵۱ فعال ساز TE دوتایی
- ۲۵۱ تعیین مجموعه فعال ساز و پارامترهای برداشت
- ۲۵۲ فعال سازهای T_2 استاندارد
- ۲۵۳ مثال ۱، مرحله ۳: تعیین پارامترهای فعال سازی مناسب (NE, TW, TE) برای فعال سازی T_2 استاندارد
- ۲۵۴ فعال سازهای TW دوتایی
- ۲۵۵ مثال ۱، مرحله ۳: تعیین پارامترهای مناسب فعال ساز (TW_L , TE , TW_S) برای فعال سازی TW دوتایی
- ۲۵۸ مثال ۲: OBM, TW دوتایی
- ۲۵۸ توصیف چاه
- ۲۵۸ مرحله ۱: تعیین ویژگی های NMR سیال
- ۲۵۸ مرحله ۲: ارزیابی پاسخ های NMR مورد انتظار
- ۲۵۹ مرحله ۳: تعیین پارامترهای فعال سازی مناسب (NE, TE, TW_S , TW_L) برای فعال سازی TW دوتایی
- ۲۶۱ فعال ساز های TE دوتایی
- ۲۶۱ مثال ۳: WBM, نفت چسبنده, TE دوتایی
- ۲۶۱ توصیف چاه
- ۲۶۱ مرحله ۱: تعیین مشخصه های NMR سیال

۲۶۳	مرحله ۲: ارزیابی پاسخ NMR مورد انتظار
۲۶۳	مرحله ۳: تعیین پارامترهای فعال ساز مناسب (NE , TW , TE_S , TE_L) برای فعال سازی TE دوتایی
۲۶۵	TW دوتایی / TE دوتایی (نمودارگیری ناحیه بکر)
۲۶۶	مرحله ۱: تعیین مشخصه های NMR سیال
۲۶۷	مرحله ۲: ارزیابی پاسخ NMR مورد انتظار
۲۶۷	مرحله ۳: تعیین پارامترهای فعال ساز مناسب (TW_S , TW_L , TE_S , TE_L و NE)
۲۶۷	مثال ۴: OBM، گاز، TW دوتایی و TE دوتایی
۲۶۷	توصیف چاه
۲۶۸	مرحله ۱: تعیین ویژگی های NMR سیال
۲۶۹	مرحله ۲: ارزیابی پاسخ NMR مورد انتظار
۲۷۰	مرحله ۳: تعیین پارامترهای فعال سازی مناسب (NE , TE , TW)
۲۷۲	ملاحظات دیگر برای برنامه کاری MRIL
۲۷۲	نوع سازند (ماسه سنگ، کربنات، گل سفید، دیاتومیت)
۲۷۳	ترشدگی
۲۷۳	نوع گل (پایه آب، پایه نفت)
۲۷۵	مبادله سرعت نمودارگیری $\Leftrightarrow$ دقت (S/N)، میزان نمونه گیری $\Leftrightarrow$ نوع و جزئیات اطلاعات
۲۷۶	مراجع
۲۷۹	فصل ۹ کنترل کیفی نمودار MRIL
۲۷۹	مفاهیم و تعاریف

۲۷۹	بهره تقویت و سطح Q
۲۸۱	B_{1mod} و B_1
۲۸۱	Chi
۲۸۲	اندیکاتورهای نویز: آفست ، نویز ، لرزش و IENoise
۲۸۳	حسگرهای ولتاژ پایین
۲۸۳	حسگرهای ولتاژ بالا
۲۸۵	اطلاعات تصحیح فاز: PHER ، PHNO و PHCO
۲۹۰	دما
۲۹۰	کالیبراسیون و بازبینی پیش از نمودارگیری
۲۹۱	مراحل کالیبراسیون
۲۹۱	رویش فرکانس
۲۹۳	کالیبراسیون اصلی
۲۹۵	بازرسی آماری مخزن
۲۹۶	بازبینی الکترونیک
۲۹۷	کنترل کیفی طی نمودارگیری
۲۹۷	فرکانس عامل
۳۰۰	سرعت نمودارگیری و میانگین رانده شدگی
۳۰۲	تنظیم B_1 برای شرایط ته چاه
۳۰۲	مانیتورینگ کیفی طی برداشت داده ها
۳۰۳	نمایش کیفیت نمودار

- ۳۰۸ بررسی کیفی نمودارگیری ارسالی
- ۳۱۰ ارتباط MPHI با MSIG در نمودارهای تخلخل مطلق
- ۳۱۰ ارتباط $MPHI\ TW_s$ با $MPHI\ TW_L$ در نمودارهای TW دوتایی
- ۳۱۰ ارتباط $MPHI\ TE_s$ با $MPHI\ TE_L$ در نمودارهای TE دوتایی
- ۳۱۱ توافق بین تخلخل MPHI و تخلخل کراس پلات نوترون - جرم
مخصوص
- ۳۱۱ اثرات شاخص هیدروژنی و زمان قطبش بر MPHI
- ۳۱۱ مرجع

۳۱۳

واژه نامه

مقدمه نویسنده

چاه نگاری ، روش اقتصادی برگزیده در ارزیابی سازند های حفاری شده ، به تدریج نحوه تعیین تخلخل و کسر اشباع سیال را بهبود بخشیده ، اما نتوانسته است تخمین سیستماتیکی را از نفوذپذیری ارائه کند. این نقص باعث شد که تشدید مغناطیسی هسته ای زمانی که نتایج منتشر شده توسط محققان در دهه ۱۹۶۰ نفوذپذیری را به طور صحیح نشان داد ، صنعت نفت را تسخیر کند.

متأسفانه این تمایل صنعت برای اندازه گیری قابل اعتماد از آسایش NMR نزدیک به ۳۰ سال مسکوت ماند. در سال ۱۹۹۲ ، هنگامی که NUMAR سرویس نمودارگیری MRIL خودش را معرفی نمود این انتظار به پایان رسید ؛ و به زودی نشان داده شد که امید طولانی برای تعیین نفوذپذیری می تواند به طور سیستماتیک به ویژه در سازند های ماسه شیلی محقق شود. با این حال ، نفوذپذیری تنها مزیتی نبود که توسط نمودار پالس - پژواک NMR ارائه شود. بسیاری از پارامترهای دیگر پتروفیزیکی - تخلخل مطلق مستقل از سنگ شناسی ؛ اشباع آب، گاز و نفت مستقل از نمودارهای دیگر ؛ چسبندگی نفت - همه قابل دستیابی شده اند. پارامترهای مختلف دیگری در این حیطه آشکار می شوند، بنابراین مطمئناً اندازه گیری های نوین نمودارگیری NMR با گرادیان یکنواخت، به عنوان غنی ترین منبع یگانه از پتروفیزیک سازند که تا کنون توسط صنعت چاه نگاری ابداع شده ، خواهد بود.

این کتاب به عنوان ابزاری جهت سهیم کردن افراد علاقمند به تکنولوژی ارزیابی سازند در تحولات بسیار مهیج آن و کمک به آنان تهیه شده است.

مقدمه مترجم

با پیشرفت های شایان توجه تشدید مغناطیسی هسته ای (NMR) در ارزیابی خواص پتروفیزیکی سازندها ، چاه نگاری به این روش در بسیاری از میدان های نفتی در نقاط مختلف جهان توسط شرکت های نفتی اجرا می شود. نقش صنعت نفت در کشورمان و توجه متخصصان و دست اندرکاران این صنعت به بکار بستن روشهای جدید که بتواند ارزیابی دقیق و قابل اعتمادی از سازند بدست دهد و نتیجتاً تصمیمات بهتری بتواند در توسعه این صنعت و کاهش هزینه های تمام شده اتخاذ گردد همواره مورد توجه بوده است. لذا هدف مترجمین آشنایی سهل تر و سریع تر محققان و علاقمندان به اصول فیزیکی NMR و کاربرد تکنولوژی آن در چاه نگاری می باشد. به این امید که ترجمه این کتاب در این راستا سودمند واقع گردد.

قابل توجه خوانندگان محترم

در صورت تمایل به ارسال نظرات خود در مورد کتاب و یا دریافت متن اصلی کتاب جهت رؤیت شکل ها و نمودارها بصورت رنگی پیامی با موضوع NMR Logging-suggestions و یا پیام بدون متنی با موضوع NMR Logging.pdf به آدرس Kargar@susc.ac.ir ارسال فرمائید.

دکتر زهره کارگر

استادیار بخش فیزیک دانشگاه شیراز