فهرست مطالب

پیشگفتار ۲۸
تشکر و قدردانی ۳۰

فصل اول: اصول موضوعه پتروفیزیک ۳۱
۱-۱ پتروفیزیک چیست؟ ۳۱
۱-۲ روش‌های اندازه گیری خواص پتروفیزیکی ۳۳
۱-۲-۱ گل نگاری ۳۳
۱-۲-۲ آنالیز مغزه‌ها ۳۴
۱-۲-۳ نمودارگیری در چاه‌های باز ۳۸
۱-۲-۴ نمودارگیری در چاه‌ها با لوله جداری ۳۹
۱-۲-۵ بازبینی یا پایش مخزن ۴۰
۱-۲-۶ لرزه‌نگاری درون‌چاهی (VSP) برای توصیف دو و سه بعدی مخزن ۴۱
۱-۲-۷ کاربرد داده‌ها در تعیین خواص سنگ‌شناسی مخزن ۴۳

فصل دوم: مبانی پتروفیزیک ۴۵
۲-۱ تخلخل ۴۵
۲-۲ تراوایی ۴۸
۲-۳ درجه‌ی اشباع ۵۱
۲-۴ مقاومت ویژه‌ی آب سازندی ۵۳
۲-۴-۱ اطلاعات کلی مقاومت الکتریکی آب سازندی ۵۴
۲-۴-۲ مقاومت آب سازندی از طریق آنالیز شیمیایی نمونه آب مخزن ۵۶
۲-۴-۳ تعیین مقاومت ویژه الکتریکی آب سازندی از طریق نمودار SP ۵۷
۲-۴-۴ تعیین مقاومت الکتریکی آب سازندی از طریق Ro در ناحیه آبی ۶۳
۲-۴-۵ تعیین مقاومت الکتریکی آب سازندی با استفاده از مقاومت ظاهری آب R_{wa} ۶۳
۲-۵ مقاومت ویژه‌ی الکتریکی سازند ۶۴
۲-۶ روابط آرچی و کاربردهای آن ۶۴
۲-۶-۱ آزمایش اول آرچی ۶۴
۲-۶-۲ آزمایش دوم آرچی ۶۵
۲-۶-۳ آزمایش سوم آرچی ۶۶
۲-۶-۴ آزمایش چهارم آرچی ۶۶
۲-۶-۵ بسط معادله آرچی ۶۷
۲-۶-۶ تغییرات معادله آرچی ۶۸

setayeshpress

۲-۶-۷ فاکتور سازندی هامبل ۷۰
۲-۶-۸ معادله لگاریتمی آرچی ۷۲
۲-۶-۹ تعیین درجه اشباع آب از نمودارها ۷۳
۲-۶-۱۰ درجه اشباع آب در سازند آغشته به سیال حفاری ۷۳
۲-۷ مقاومت‌ویژه‌ی الکتریکی و دما ۷۴
۲-۷-۱ ارتباط دما و مقاومت ویژه الکتریکی ۷۵
۲-۷-۲ تخمین R_{mf} از R_{mc} ۷۹
۲-۸ مدل آب دوگانه در شیل‌ها ۸۰
۲-۸-۱ انواع توزیع شیل در سازندها ۸۱
۲-۸-۱-۱ شیل‌های لایه‌ای ۸۱
۲-۸-۱-۲ شیل‌های ساختمانی ۸۱
۲-۸-۱-۳ شیل‌های پراکنده ۸۲
۲-۸-۲ آب محبوس در شیل‌ها ۸۲
۲-۸-۳ آب آزاد ۸۲
۲-۸-۴ تفسیر تخلخل در سازندهای شیلی ۸۳
۲-۹ نفوذ گل حفاری به درون سازند ۸۴
۲-۹-۱ مدلهای نفوذ گل ۸۵
۲-۹-۱-۱ ناحیه آغشته ۸۵
۲-۹-۱-۲ ناحیه گذرا ۸۵
۲-۹-۱-۳ ناحیه بکر ۸۵
۲-۹-۲ نیمرخ‌های مقاومت اطراف دیواره‌ی چاه ۸۶
۲-۱۰ هیدروکربورهای درجای مخزن ۸۸
۲-۱۱ نتیجه‌گیری کلی از این فصل ۹۰
مسایل فصل دوم ۹۱

فصل سوم: ارتباط تخلخل و تراوایی ۹۳
۳-۱ تخلخل ۹۴
۳-۲ عوامل کنترل‌کننده بزرگی تخلخل ۹۵
۳-۳ طبقه‌بندی تخلخل ۹۷
۳-۴ زمین‌شناختی تخلخل ۹۷
۳-۴-۱ تخلخل اولیه ۹۸
۳-۴-۲ تخلخل ثانویه ۹۸
۳-۵ توصیف عینی تخلخل در سنگ‌ها ۱۰۰
۳-۶ درجه اشباع با سیال‌ها ۱۰۳
۳-۷ کمیت‌های مورد استفاده در تخلخل ۱۰۳
۳-۸ تراوایی ۱۰۵

setayeshpress

۳-۹ طبقه‌بندی تراوایی ۱۰۶
۳-۹-۱ فاکتورهای موثر بر تراوایی ۱۰۷
۳-۹-۲ فاکتورهای موثر بر میزان تراوایی در رسوبات ۱۰۸
۳-۱۰ ارتباط تخلخل و تراوایی ۱۱۰
۳-۱۱ رابطه‌ی کوزنی ۱۱۲
۳-۱۲ مفهوم واحدهای جریان ۱۱۷
۳-۱۳ نظریه ریاضی واحدهای جریان ۱۱۹
۳-۱۴ ناحیه سطح ویژه ۱۲۲
۳-۱۵ فاکتورهای ساختاری واحدهای جریان ۱۲۶
۱- اندیس کیفیت مخزن ۱۲۶
۲- شاخص زون جریان سیال ۱۲۷
۳- فاکتور ساختاری واحد جریان تیاب ۱۲۸
۴- اندیکس سیال آزاد ۱۲۹
۳-۱۶ تاثیر انباشتگی بر تراوایی ۱۳۷
۳-۱۷ تاثیر درجه اشباع آب بر تراوایی ۱۳۷
۳-۱۸ محاسبه تراوایی با استفاده از نمودار (NMR) ۱۳۹
۳-۱۹ رابطه تراوایی و تخلخل در سنگ‌های کربناته ۱۴۱
۳-۲۰ محاسبه تراوایی در سنگ‌های کربناته ۱۴۳
۳-۲۱ ناهمگنی مخزن ۱۶۲
۳-۲۱-۱ ناهمگنی میکروسکوپی ۱۶۲
۳-۲۱-۲ ناهمگنی ماکروسکوپی ۱۶۳
۳-۲۱-۳ ناهمگنی مزوسکوپی ۱۶۳
۳-۲۱-۴ ناهمگنی مگاسکوپی ۱۶۳
۳-۲۱-۵ ناهمگنی گیگاسکوپی ۱۶۴
۳-۲۲ توزیع خواص سنگ ۱۶۵
۳-۲۳ توزیع تخلخل و تراوایی ۱۶۶
۳-۲۴ روش‌های میانگین‌گیری ۱۶۹
۳-۲۵ تراوایی موثر از اطلاعات مغزه‌ها یا نمونه‌ها ۱۷۱
۳-۲۶ روش آمارسنجی موضعی ۱۷۸
۳-۲۷ مراحل زون‌بندی چاه‌های منفرد ۱۷۹
۳-۲۸ علائم اختصاری بکار گرفته شده در این فصل ۱۸۴
مسائل فصل سوم ۱۸۷

فصل چهارم: مقاومت ویژه سازند و تعیین درجه‌ی اشباع با آب ۱۹۱
۴-۱ مقدمه ۱۹۱
۴-۲ فاکتور مقاومت ویژه‌ی سازندی ۱۹۲
۴-۲-۱ اندازه گیری مقاومت ویژه الکتریکی ۱۹۲

setayeshpress

۴-۲-۲ تعیین مقاومت آب سازندی ۱۹۴
۴-۲-۲-۱ تحلیل شیمیایی آب‌ها ۱۹۵
۴-۲-۲-۲ معادله‌های مقاومت ویژه و غلظت آب سازندی ۱۹۹
۴-۲-۲-۳ روش محاسبه R_W در لایه‌های شیلی ۲۰۴
۴-۲-۳ همبستگی میان تخلخل و فاکتور سازند ۲۰۵
۴-۲-۴ همبستگی میان F_R وضریب پیچشی سنگ مخزن ۲۰۶
۴-۲-۵ همبستگی بین F_R و فاکتور سیمانی شدن m ۲۰۸
۴-۲-۶ نظریه‌های F_R ۲۱۱
۴-۲-۷ همبستگی میان F_R و درجه‌ی اشباع آب ۲۱۶
۴-۲-۸ همبستگی بین F_R و تراوایی ۲۲۶
۴-۳ مقاومت ویژه سنگ‌های مخازن شیل‌دار (رس‌دار) ۲۲۹
۴-۳-۱ اشباع آب در سنگ‌های مخازن شیلی ۲۲۹
۴-۳-۲ تأثیر فاکتور شیل در محاسبات اشباع آب ۲۳۶
۴-۳-۳ فاکتور شیل ۲۳۶
۴-۴ تعیین کانال‌های جریان در ماسه سنگ‌های شیل‌دار ۲۴۰
۴-۵ محاسبه مقدار شیل سنگ‌های مخازن از نتایج آزمایشگاهی ۲۴۴
۴-۶ مدل واکسمن-اسمیت ۲۵۳
۴-۶-۱ حل معادله‌ی واکسمن-اسمیت ۲۵۴
۴-۶-۲ درجه‌ی اشباع آب محبوس بر مبنای درجه شوری ۲۵۶
۴-۷ ارزشیابی سازند ۲۶۵
۴-۸ تفسیر داده‌های نمودارگیری چاه ۲۶۶
۴-۹ علائم اختصاری ۲۷۰
مسائل فصل چهارم ۲۷۳

فصل پنجم: نمودارهای تخلخل ۲۷۹
۵-۱ نمودار صوتی ۲۷۹
۵-۱-۱ تولید موج صوتی در محیط ۲۷۹
۵-۱-۲ نحوه گسترش امواج صوتی ۲۷۹
۵-۱-۳ نحوه انتشار امواج صوتی از ابزار صوتی ۲۸۰
۵-۱-۴ ابزارهای نمودارگیری صوتی ۲۸۱
۵-۱-۴-۱ ابزار صوتی با یک گیرنده و یک فرستنده ۲۸۱
۵-۱-۴-۲ ابزار با یک فرستنده و دو گیرنده ۲۸۱
۵-۱-۴-۳ ابزار با دو فرستنده و دو گیرنده ۲۸۲
۵-۱-۴-۴ ابزار صوتی با دو فرستنده و دو جفت گیرنده (BHC) ۲۸۳
۵-۱-۴-۵ ابزار تصحیح گر صوتی- عمقی (BHC-D) ۲۸۴
۵-۱-۴-۶ آرایه صوتی چند مؤلفه‌ای ۲۸۵

setayeshpress

۵-۱-۴-۷ ابزار تصویرگرصوتی- برشی دوقطبی ۲۸۷
۵-۱-۵ ابزار نمودارگیر صوتی حین حفاری ۲۸۹
۵-۱-۶ زمان کندی هم‌فازی ۲۹۰
۵-۱-۷ کاربردهای نمودار صوتی ۲۹۰
۵-۱-۸ خواص کشسانی مدول‌های سنگ ۲۹۲
۵-۱-۹ تعیین تخلخل با استفاده از نمودار صوتی ۲۹۲
۵-۱-۹-۱ تعیین تخلخل با نمودارهای صوتی در ناحیه‌ی شیلی ۲۹۳
۵-۱-۹-۲ تعیین تخلخل با استفاده از معادله ریمر – هانت ۲۹۴
۵-۱-۹-۳ محدودیت‌های ابزارهای صوتی ۲۹۵
۵-۱-۹-۴ تاثیر دهانه چاه روی نمودار صوتی ۲۹۵
۵-۱-۹-۵ محدودیت‌ها در شیل‌ها ۲۹۷
۵-۲ ابزار گاما در تعیین تخلخل ۲۹۸
۵-۲-۱ کاهیدگی و تعیین چگالی ۲۹۹
۵-۲-۲ رابطه بین چگالی الکترونی و چگالی حجمی سازند ۲۹۹
۵-۲-۳ نمودارگیری چگالی ۳۰۰
۵-۲-۳-۱ طیف انرژی اشعه‌ی گاما ۳۰۱
۵-۲-۳-۲ اصول کار نمودارگیری چگالی ۳۰۲
۵-۲-۴ ابزار نمودارگیری چگالی ۳۰۲
۵-۲-۴-۱ تنظیم ابزار چگالی ۳۰۲
۵-۲-۴-۲ کاربردهای نمودار چگالی- نوترون ۳۰۳
۵-۲-۵ تصحیحات محیطی روی نمودارهای چگالی ۳۰۵
۵-۲-۵-۱ تاثیر سنگ شناسی دیواره‌ی چاه ۳۰۵
۵-۲-۵-۲ تاثیر گل چسبیده به دیواره چاه ۳۰۶
۵-۲-۵-۳ تاثیر قطر دهانه چاه بر نمودار چگالی ۳۰۶
۵-۲-۶ اندازه گیری تخلخل با استفاده از نمودار چگالی ۳۰۷
۵-۲-۷ تاثیر ناهمواری دیواره چاه ۳۰۹
۵-۳ نمودار نوترون ۳۰۹
۵-۳-۱ جذب نوترونی ۳۰۹
۵-۳-۲ پراکندگی نوترون ۳۱۰
۵-۳-۳ دوره عمر نوترون ۳۱۰
۵-۳-۴ شاخص هیدروژن ۳۱۲
۵-۳-۵ نمودارگیری نوترون ۳۱۳
۵-۳-۵-۱ چشمه‌های نوترونی ۳۱۳
۵-۳-۵-۲ گیرنده های نوترون ۳۱۴
۵-۳-۵-۳ تاریخچه ابزارهای نوترونی ۳۱۶
۵-۳-۵-۴ تنظیم ابزار نمودارگیری نوترون ۳۱۷
۵-۳-۵-۵ الگوی یافتن تخلخل از نوترون ترمال ۳۱۸

setayeshpress

۵-۳-۵-۶ تطابق با عمق و دقت اندازه‌گیری ۳۱۸
۵-۳-۵-۷ ابزار نمودارگیری نوترون حین حفاری ۳۲۰
۵-۳-۶ تصحیحات لازم برای ابزار نمودارگیری نوترون ۳۲۰
۵-۳-۶-۱ تصحیحات چاه برای تخلخل حاصل از نوترون ترمال ۳۲۰
۵-۳-۶-۲ تصحیحات محیطی نمودارهای نوترونی ۳۲۲
۵-۳-۷ تعیین تخلخل از نمودار نوترون ترمال ۳۲۲
۵-۳-۸ محدودیت‌های ابزار نوترون گرمایی برای تعیین تخلخل ۳۲۳
۵-۴ محاسبه تخلخل به‌کمک گراف‌های عرضی ۳۲۴
۵-۴-۱ گراف عرضی سازند آبدار با یک کانی ۳۲۵
۵-۴-۲ استفاده از گراف‌های عرضی در تعیین تخلخل ۳۲۵
۵-۴-۲-۱ مدل کانی دوگانه ۳۲۷
۵-۴-۲-۲ تاثیر هیدروکربورها بر نمودار نوترون ۳۲۸
۵-۴-۲-۳ تاثیر شیل بر گراف‌های عرضی ۳۲۹
۵-۴-۲-۴ گراف عرضی برای تأثیر نوع شیل‌ها ۳۲۹
۵-۴-۲-۵ گراف عرضی صوتی- چگالی ۳۳۰
۵-۴-۲-۶ گراف عرضی صوتی- نوترون ۳۳۰
۵-۴-۲-۷ گراف عرضی m-n برای تشخیص نوع سنگ‌ها ۳۳۱
۵-۴-۳ معیار اندازه گیری نمودار نوترون – چگالی ۳۳۳
۵-۵ نمودار تشدید هسته‌ای مغناطیسی ۳۳۵
۵-۵-۱ ابزار نمودارگیری تشدید هسته‌ای مغناطیسی ۳۳۶
۵-۵-۱-۱ ابزار CMR ۳۳۶
۵-۵-۲ تکنولوژی NMR در قرن ۲۱ ۳۴۰
۵-۵-۲-۱ روش اندازه گیری زمان تبدیل موج اکو ۳۴۴
۵-۵-۳ مکانیسم‌های آرمیدگی ۳۴۵
۵-۵-۴ جمع آوری داده‌های T_2 ۳۴۶
۵-۵-۵ نتایج به دست آمده از نمودار NMR ۳۴۷
۵-۵-۵-۱ اندازه‌گیری موج اکو ۳۴۸
۵-۶ ابزارهای نمودارگیری NMR ۳۵۰
۵-۶-۱ ابزار CMR ۳۵۰
۵-۷ کاربردهای ابزار نمودارگیری NMR ۳۵۲
۵-۸ مؤلفه‌های تخلخل ۳۵۳
۵-۸-۱ مولفه‌های تخلخل و توزیع T_2 ۳۵۴
۵-۸-۱-۱ تخلخل سیال آزاد ۳۵۴
۵-۹ ارزیابی نمودارهای CMR ۳۵۵
۵-۹-۱ تعیین درجه‌ی اشباع آب غیر قابل استحصال توسط نمودار NMR ۳۵۶
۵-۹-۲ محدودیت‌های نمودار NMR ۳۵۸

setayeshpress

فصل ششم: تعیین درجه اشباع سیال‌ها به کمک نمودارها ۳۵۹
۶-۱ نمودارهای مقاومت ویژه الکتریکی ۳۵۹
۶-۲ مقاومت الکتریکی میکرو ۳۶۳
۶-۲-۱ اصول نمودارگیری میکرو ۳۶۳
۶-۲-۲ ابزارهای میکروبالشتکی ۳۶۳
۶-۲-۳ کاربردها ۳۶۶
۶-۲-۴ تصحیحات محیطی ۳۶۶
۶-۲-۵ روش‌های ارزیابی پارامترهای پتروفیزیکی ۳۶۷
۶-۳ نمودار مقاومت جانبی ۳۶۹
۶-۳-۱ اصول نمودارگیری ۳۶۹
۶-۳-۲ ابزارهای نمودارگیری مقاومت ویژه‌ی الکتریکی ۳۷۲
۶-۳-۳ کاربردهای ابزارهای عرضی ۳۷۷
۶-۳-۴ تصحیحات محیطی ۳۷۸
۶-۴ نمودارگیری القایی ۳۸۶
۶-۴-۱ مبانی نمودارهای القایی ۳۸۶
۶-۴-۲ ابزارهای مقاومت القایی ۳۸۸
۶-۴-۳ کاربردهای نمودار مقاومت القایی ۳۹۲
۶-۴-۴ تصحیحات محیطی ۳۹۲
۶-۴-۵ روش‌های ارزیابی سازند ۳۹۵
۶-۵ کاربرد ابزار مقاومت القایی در لوله‌های جداری ۴۰۰
۶-۵-۱ مبانی نمودارگیری ۴۰۰
۶-۵-۲ ابزارهای دومگاهرتزی ۴۰۲
۶-۵-۳ کاربرد ابزارهای حین حفاری ۴۰۷
۶-۵-۴ تصحیحات محیطی ۴۰۷
۶-۵-۵ روش‌های ارزیابی سازند ۴۰۸
۶-۵-۶ روش‌های ارزیابی نمودارها ۴۱۳

فصل هفتم: تراوایی به کمک نمودارها ۴۱۷
۷-۱ مقدمه ۴۱۷
۷-۱-۱ مبانی ۴۱۷
۷-۱-۲ ابزارهای مربوط ۴۱۸
۷-۱-۳ کاربردهای مربوط ۴۱۹
۷-۱-۴ روش‌های ارزیابی ۴۲۱
۷-۲ تراوایی از نمودار NMR ۴۲۵
۷-۲-۱ مبانی نمودار ۴۲۵
۷-۲-۲ ابزارها ۴۲۸

setayeshpress

۷-۲-۳ کاربردها ۴۲۸
۷-۲-۴ روش‌های ارزیابی ۴۲۸

فصل هشتم: تعیین نوع هیدروکربورها در سازند به کمک نمودارها ... ۴۳۱
۸-۱ نمودارهای نوترون- چگالی ۴۳۱
۸-۱-۱ مبانی ۴۳۱
۸-۱-۲ ابزارهای اندازه گیری ۴۳۲
۸-۱-۳ کاربردها ۴۳۳
۸-۱-۴ روش‌های ارزیابی ۴۳۶
۸-۲ نمودار NMR ۴۳۸
۸-۲-۱ مبانی ۴۳۸
۸-۲-۲ ابزارها ۴۴۰
۸-۲-۳ کاربردها ۴۴۰
۸-۲-۴ روش‌های ارزیابی پارامترها ۴۴۰
۸-۳ ابزارهای آزمایش سازند ۴۴۳
۸-۳-۱ مبانی ۴۴۳
۸-۳-۲ ابزارها ۴۴۳
۸-۳-۳ کاربردهای ابزار MDT ۴۴۵
۸-۳-۴ روش‌های ارزیابی ۴۴۷

فصل نهم: ارزیابی سریع سازند به کمک نمودارها ۴۵۷
۹-۱ بررسی نمودارها ۴۵۷
۹-۲ تعیین نواحی مخزنی ۴۵۸
۹-۳ تشخیص نواحی هیدروکربوری ۴۶۱
۹-۴ شناسایی سیال نفتی و گازی ۴۶۳
۹-۵ تعیین تخلخل و درجه اشباع آب ۴۶۴
۹-۵-۱ محاسبه‌ی تخلخل سازند ۴۶۴
۹-۵-۲ محاسبه‌ی تخلخل سازند به کمک نمودارهای نوترون و چگالی ۴۶۵
۹-۵-۳ محاسبه R_W ۴۶۶
۹-۵-۴ نمودار پیکت (Pickett Plot) ۴۶۸
۹-۶ محاسبه درجه‌ی اشباع آب ۴۶۸
۹-۷ نتیجه‌گیری کلی ۴۷۱

واژه‌نامه ۴۷۳
مراجع انگلیسی ۴۹۰

setayeshpress

فهرست شکل‌ها

فصل اول: اصول موضوعه پتروفیزیک

شکل ۱-۱: انواع مختلف اندازه‌گیری‌های پتروفیزیکی ۳۲
شکل ۱-۲: داده‌ها در مقیاس‌های مخلف برای تعیین پارامترهای پتروفیزیکی ۳۲
شکل ۱-۳: نمودار گل‌نگاری و پارامترهای آن ۳۳
شکل ۱-٤: مقایسه انواع روش‌های مغزه‌گیری ۳۶
شکل ۱-۵: ابزارهای مغزه‌گیری درون چاهی ۳۶
شکل ۱-۶: نمونه مغزه گرفته شده سرچاهی ۳۷
شکل ۱-۷: ابزار نمودارگیری ساچمه‌ای و کاربرد آن ۳۷
شکل ۱-۸: ابزارهای مغزه‌گیری متداول ۳۸
شکل ۱-۹: ابزار نمودارگیری تصویری ۳۹
شکل ۱-۱۰: نمودارگیری به شیوه کابلی ۳۹
شکل ۱-۱۱: نمودارهای مختلف گرفته‌شده به شیوه کابلی ۳۹
شکل ۱-۱۲: نمودارگیری چاه‌ها با لوله جداری ٤۰
شکل ۱-۱۳: تغییر سطح تماس سیالات مختلف مخزن در اثر تولید با گذشت زمان ٤۰
شکل ۱-۱٤: نحوه جمع‌آوری داده‌های لرزه‌نگاری سه بعدی ٤۲
شکل ۱- ۱۵: تهیه داده‌های لرزه‌ای درون چاهی ٤۲
شکل ۱- ۱۶: روش‌های گوناگون تهیه داده‌های لرزه‌ای دو و سه بعدی ٤۳

فصل دوم: مبانی پتروفیزیک

شکل ۲-۱: درصد تخلخل ٤۶
شکل ۲-۲ : انواع تخلخل براساس منشاء ٤۶
شکل ۲-۳: a) تخلخل موثر، b) تخلخل کل (شامل تخلخل موثر و تخلخل غیر موثر) ٤۷
شکل ۲-٤: تاثیر نحوه قرارگیری ذرات نسبت به یکدیگر بر روی تخلخل ٤۷
شکل ۲-۵: a) مدل‌های تراوایی و تخلخل b) اثر سیمان شدگی سنگ بر تخلخل ٤۸
شکل ۲-۶: تراوایی و مسیر حرکت سیالات ٤۹
شکل ۲-۷: تاثیر تخلخل روی تراوایی در مدل کانالهای ٤۹
شکل ۲-۸: تاثیر درجه‌ی پیچشی فضاهای سنگ روی تراوایی ۵۰
شکل ۲-۹ : نمودار تجربی رابطه بین تراوایی و تخلخل ۵۰
شکل ۲-۱۰: تاثیر اندازه ذرات و دانه بندی آن‌ها روی تراوایی و تخلخل ۵۱
شکل ۲- ۱۱: تعیین تراوایی با استفاده از آنالیز مغزه‌ها ۵۱

setayeshpress

شکل ۲-۱۲: نمایش درجه‌ی اشباع سیالات دوفازی سنگ مخزن ۵۲
شکل ۲-۱۳: نمایش درجه اشباع سیالات سه فازی در سنگ ۵۲
شکل ۲-۱٤: آب بجای مانده در سنگ مخزن (یا آب غیر قابل کاهش) ۵۳
شکل ۲-۱۵: اندازه‌گیری مقاومت ویژه الکتریکی آب ۵۳
شکل ۲-۱۶: اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی آب سازندی ۵٤
شکل ۲-۱۷: یک نمونه از جداول مقاومت الکتریکی آب سازندی با فرمت اصلی ۵۵
شکل ۲-۱۸: نمودار تعیین غلظت یون‌های آب سازندی با فرمت اصلی ۵۶
شکل ۲-۱۹: نمودار دما، غلظت برای تعیین مقاومت ویژه الکتریکی آب سازندی ۵۷
شکل ۲-۲۰: نمودار SP-1 با فرمت اصلی ۵۸
شکل ۲-۲۱: نمودار SP-1 با فرمت اصلی ۵۹
شکل ۲-۲۲: نمودار SP-2 با فرمت اصلی ۶۰
شکل ۲-۲۳: مثال ۲- ۱، روابط آرچی ۶۲
شکل ۲-۲٤: مفاهیم مقاومت ویژه الکتریکی ۶۵
شکل ۲-۲۵: آزمایش سوم آرچی: تعیین S_w، S_h در سازند ۶۶
شکل ۲-۲۶: آزمایش چهارم آرچی با مقدار ثابت ϕ و S_w ۶۷
شکل ۲-۲۷: ارتباط بین فاکتور سازندی و تخلخل ۶۸
شکل ۲-۲۸: استفاده از داده‌ها در مدل‌های مختلف برای تعیین رابطه بین فاکتور سازندی و تخلخل ۶۹
شکل ۲-۲۹: داده‌های آرچی در آزمایش‌های سال ۱۹٤۲ ۶۹
شکل ۲-۳۰: معادله آرچی رابطه‌ی بین تخلخل و فاکتور سازند (F) ۷۰
شکل ۲-۳۱: ثابت سازندی وینسور (Winsauer) ۷۱
شکل ۲-۳۲: نمودار تخلخل بر مبنای فاکتور سازندی با فرمت اصلی ۷۱
شکل ۲-۳۳: معادله آرچی ۷۲
شکل ۲-۳٤: معادله آرچی - درجه اشباع آب ۷۲
شکل ۲-۳۵: تعیین درجه اشباع آب سازندی با استفاده از نمودارهای مقیاس شده ۷۳
شکل ۲-۳۶: نواحی مختلف اطراف دیواره چاه و تاثیر آن روی نمودارهای مقاومت ویژه الکتریکی ۷٤
شکل ۲-۳۷: چرخه گل برای تعیین مقاومت ویژه الکتریکی ۷۵
شکل ۲-۳۸: میانگین تغییرات دمای سالیانه سطح زمین در ایران (اقتباس از سید ابوالفضل مسعودیان) ۷۶
شکل ۲-۳۹: میانگین دمای سطح زمین در ایالات متحده آمریکا ۷۶
شکل ۲-٤۰: میانگین دمای سطح زمین در کانادا ۷۷
شکل ۲-٤۱: تخمین گرادیان گرمایی با استفاده از نمودارها ۷۷
شکل ۲-٤۲: تعیین گرادیان گرمایی برای مثال ۲-۲. ۷۸
شکل ۲-٤۳: تعیین مقاومت گل برای مثال ۲-۳ ۷۹
شکل ۲-٤٤: مدل آب دوگانه در شیل‌ها ۸۰
شکل ۲-٤۵: سازند ماسه ای- شیلی ۸۱
شکل ۲-٤۶: انواع توزیع شیل‌ها در سازندهای ماسه‌ای ۸۲
شکل ۲-٤۷: مدل آب دوگانه در ماسه‌های شیل‌دار ۸۳
شکل ۲-٤۸: تاثیر شیل بر تخلخل موثر ۸۳
شکل ۲-٤۹: نفوذ گل حفاری به درون سازند ۸٤
شکل ۲-۵۰: نواحی مختلف در اطراف دیواره چاه ۸۵
شکل ۲-۵۱: پارامترهای مختلف اطراف چاه براساس نواحی آغشته به گل ۸۶
setayeshpress

شکل ۲-۵۲: نیمرخ مقاومت سازند آبدار با گل پایه آبی ۸۷
شکل ۲-۵۳: نیمرخ مقاومت سازند هیدروکربوری با گل پایه آبی ۸۷
شکل ۲-٥٤: نیمرخ مقاومت سازند آبدار با گل پایه روغنی ۸۷
شکل ۲-۵۵: نیمرخ مقاومت سازند هیدروکربوری با گل پایه روغنی ۸۸
شکل ۲-۵۶: واحد محاسبات حجمی مخزن ۸۹
شکل ۲-۵۷: رابطه‌ی هیدروکربورهای درجای مخزن..... ۸۹

فصل سوم: ارتباط تخلخل و تراوایی

شکل ۳-۱: مقایسه اندازه دانه‌ها و تاثیر آن در تخلخل ۹۵
شکل ۳-۲: توجیه رابطه‌ی تراوایی و تخلخل در بافت سنگ‌های کربناته ۱۰۰
شکل ۳-۳: تاثیر اندازه دانه در تخلخل در سنگ‌های ماسه‌ای..... ۱۰۱
شکل ۳-٤: دانه‌های متبلور شده بین برون‌ذره‌ای ۱۰۱
شکل ۳-۵: رابطه‌ی توزیع فشار درون دانه‌ای و تخلخل برای تراوایی بزرگتر از ۰/۱ میلی دارسی..... ۱۰۲
شکل ۳-۶: تاثیر رس بر رابطه‌ی تخلخل با تراوایی در ماسه سنگ‌ها ۱۰۷
شکل ۳-۷. تأثیر دانه‌های درشت و پهن بر تراوایی ۱۰۸
شکل ۳-۸. تأثیر دانه‌های درشت و گرد شده بر تراوایی ۱۰۹
شکل ۳-۹. تأثیر دانه‌های کوچک و غیر منظم بر تراوایی..... ۱۰۹
شکل ۳-۱۰: ارتباط تخلخل و تراوایی (درصد تخلخل به تراوایی) در یک لایه کربناته..... ۱۱۰
شکل ۳-۱۱: ارتباط تخلخل و تراوایی (درصد تخلخل به تراوایی) در لایه ماسه سنگی..... ۱۱۱
شکل ۳-۱۲: تاثیر اندازه‌ی دانه روی رابطه‌ی تخلخل و تراوایی در چند لایه ماسه سنگی ۱۱۱
شکل ۳-۱۳: رابطه‌ی کلی تخلخل و تراوایی برای انواع سنگ‌ها (داده‌های آزمایشگاهی و مغزه‌ها)..... ۱۱۲
شکل ۳-۱٤: رابطه‌ی تقریبی منحنی‌های $(k-\varphi)$ ۱۱۹
شکل ۳-۱۵: رابطه‌ی تقریبی از منحنی اصلاح شده چینه‌شناسی، (SMLP)..... ۱۱۹
شکل ۳-۱۶: تعیین K_T از نمودار J بر حسب S^*_W..... ۱۲۱
شکل ۳-۱۷: تعیین فاکتور تیاب K_T از نمودار J بر حسب S^*_W..... ۱۲۲
شکل ۳-۱۸: گردی برحسب کرویت اشکال مختلف..... ۱۲۳
شکل ۳-۱۹: درجه‌ی اشباع آب باقیمانده به عنوان تابعی از مساحت سطح ویژه S_{pv} در سازند ماسه سنگی..... ۱۲۵
شکل ۳-۲۰: درجه‌ی اشباع آب به عنوان تابعی از مساحت سطح ویژه در سازند ماسه سنگی.... ۱۲۶
شکل ۳-۲۱: نمودارجریانی اصلاح شده برای واحدهای جریان با استفاده از داده‌های مغزه و نمودارها..... ۱۳۲
شکل ۳-۲۲:.نمودار لگاریتمی (Log-Log): RQI برحسب $\varphi/(1-\Phi)$ بیانگر دو واحد جریانی است ۱۳۶
شکل ۳-۲۳: نمودار لگاریتمی (Log-Log): RQI برحسب درجه‌ی پیچشی بیانگر دو واحد جریانی است .. ۱۳۶
شکل ۳-۲٤: نمودار لگاریتمی (Log-Log): RQI برحسب ضریب سیال بیانگر دو واحد جریانی است ۱۳۶
شکل ۳-۲۵: .تراوایی به دست آمده از مغزه برحسب تراوایی نمودار NMR کالیبره شده ۱٤۰
شکل ۳-۲۶: تراوایی بدست آمده از نمودار NMR قبل و بعد از کالیبره کردن نمودار ۱٤۰
شکل ۳-۲۷: تاثیر اندازه ذرات بر روی رابطه تراوایی ـ تخلخل در سنگ‌های کربناته بدون منفذ و سیمان‌شده یکپارچه..... ۱٤۲
شکل ۳-۲۸: شبکه‌ی مدل کانال‌های سنگ مخزن ۱٤٤
شکل ۳-۲۹: تغییرات K_a و ϕ^m برای یک سیستم ایده آل کانالهای با r_p مختلف..... ۱٤۷

setayeshpress

شکل ۳-۳۰: شعاع مقطع کانال با تغییرات در اندازه کانال ۱۴۷
شکل ۳-۳۱: مقایسه حرکت سیال در دو سیستم متفاوت برحسب اندازه دانه‌ها و شعاع کانال ها ۱۴۹
شکل ۳-۳۲: تخمین ضریب داخلی فاکتور آرچی از فاکتور آرچی و اندیکس تخلخل ثانویه ۱۵۰
شکل ۳-۳۳: دیاگرام فشار و اختلاف فشار برحسب زمان برای تعیین جریان شعاعی
که از آن تراوایی عمودی بدست می آید ۱۵۱
شکل ۳-۳۴: تهیه مغزه از نمونه اصلی در دو جهت افقی و عمودی برای تعیین جهت تراوایی ۱۵۱
شکل ۳-۳۵: همبستگی بین میانگین شعاع هیدرولیکی و تراوایی عمودی در یک نمونه‌ی ماسه سنگی ۱۵۳
شکل ۳-۳۶: رابطه‌ی بین تراوایی عمودی از مغزه‌ها و تراوایی عمودی محاسبه شده ۱۵۳
شکل ۳-۳۷: رابطه‌ی بین تراوایی عمودی قطر دانه‌ها و میانگین قطر هیدرولیکی در ماسه سنگ نمونه .. ۱۵۵
شکل ۳-۳۸: تراوایی برحسب اندازه دانه‌ها در مدل‌های کائولینیت و ایلیت ۱۵۵
شکل ۳-۳۹: رابطه‌ی تراوایی افقی و عمودی در سازند نمونه برای مدل ۵۰ درصد کائولینیت و ۵۰ درصد ایلیت. ۱۵۶
شکل ۳-۴۰: رابطه‌ی بین تراوایی عمودی و میانگین شعاع هیدرولیکی در سازند نمونه
برای مدل‌های کائولینیت و ایلیت برحسب حجم شیل ۱۵۷
شکل ۳-۴۱: رابطه‌ی بین تراوایی عمودی و میانگین اندازه دانه‌ها در سازند
نمونه برای مدل‌های کائولینیت و ایلیت ۱۵۸
شکل ۳-۴۲: مقایسه‌ی تراوایی از مغزه‌ها و نمودارها برای یک سازند نمونه برای مدل‌های کائولینیت و ایلیت . ۱۵۹
شکل ۳-۴۳: تراوایی حاصله از مغزه‌ها و نمودارها در سازند نمونه ۱۵۹
شکل ۳-۴۴: مقیاس‌های ناهمگنی در سنگ‌های مخزن ۱۶۵
شکل ۳-۴۵: توزیع ظرفیت جریان در تعیین ناهمگنی مخزن ۱۶۶
شکل ۳-۴۶: لگاریتم نرمال توزیع تراوایی ۱۶۷
شکل ۳-۴۷: همبستگی ضریب لورنز و تغییرات تراوایی ۱۶۹
شکل ۳-۴۸: ضریب دایکسترا-پارسونز برای مثال چاه نمونه در مخزن ۱۷۵
شکل ۳-۴۹: نمودار نیمه لگاریتمی کاهش فشار برحسب زمان در مثال فوق ۱۷۶
شکل ۳-۵۰: نمودار لگاریتمی اختلاف فشار برحسب زمان در مثال فوق ۱۷۷
شکل ۳-۵۱: موقعیت چاه‌ها برای زون‌بندی مخزن ۱۸۰
شکل ۳-۵۲: نمایش عرضی زون بندی و همبستگی بین چاه‌ها در مثال فوق ۱۸۳

فصل چهارم: مقاومت ویژه‌ی سازند و تعیین درجه‌ی اشباع آب

شکل ٤-۱: اندازه‌گیری مقاومت ویژه آب در واحد حجم ۱۹۳
شکل ٤-۲: اندازه‌گیری مقاومت ویژه‌ی سنگ متخلخل آبدار در واحد حجم ۱۹۳
شکل٤-۳: کاهش فاکتور سازندی در نتیجه افزایش ناخالصی‌ها در سنگ ۱۹٤
شکل ٤-٤: نمودار تعیین مقاومت ویژه آب سازندی بر حسب میزان ppm ودما ۱۹۵
شکل٤-۵ تعیین ضرایب یون‌های نمک‌های موجود در آب سازندی در واحد حجم ۱۹۶
شکل ٤-۶: ظرایب تبدیل همبستگی بین واحد ppm و mol/L ۲۰۱
شکل ٤-۷: ضرایب تبدیل همبستگی R_{w25} $(0.04 < R_{w25} < 0.1)$ ۲۰۳
شکل ٤-۸: فرض خطی بودن جریان سیال در n لوله موئینه برای یک محیط متخلخل همگن ۲۰۶
شکل ٤-۹: a)جریان سیال و درجه پیچشی b) مدل لوله‌های جریان مورب در محیط متخلخل در حالت همگن ۲۰۷
شکل ٤-۱۰: a) فاکتور سازند بر حسب تخلخل در محدوده‌ای از فاکتور سیمانی شدن،
b) برای فاکتور بافت سنگ a برحسب فاکتور سیمانی شدن ۲۰۹
شکل ٤-۱۱: بررسی تاثیر فشار لایه‌های فوقانی روی فاکتور سازند (نتایج از نمونه‌های مغزه). ۲۱۱

setayeshpress

شکل ٤-١٢: a) بخشی از محیط متخلخل دارای ناحیه‌ی بسته،
b) بخشی از محیط متخلخل دارای ناحیه‌ی باز متقارن ٢١٢
شکل ٤-١٣: مقایسه روابط تجربی: هامبل (A)، روسلز (B) و تایمور (C) ٢١٤
شکل ٤-١٤: a) تاثیر شیل بر مقاومت ویژه برحسب درجه‌ی اشباع با آب
b) رابطه‌ی s_w با اندیکس مقاومت ویژه الکتریکی و تعیین فاکتور اشباع (S_W) ٢١٨
شکل ٤-١٥: تاثیر ماسه بدون شیل بر روی فاکتور اشباع(n)..... ٢٢٠
شکل ٤-١٦: اندیکس مقاومت ویژه الکتریکی بر حسب درجه اشباع با آب در مغزه‌های کربناته ٢٢١
شکل ٤-١٧: اندیکس مقاومت ویژه الکتریکی بر حسب اشباع با آب نمکدار در ماسه‌ها برای حالت کم تنش..... ٢٢١
شکل ٤-١٨: تاثیر تنش روی اندیکس مقاومت ویژه الکتریکی (منحنی‌های تخلیه سیال)..... ٢٢٢
شکل ٤-١٩: تأثیر تنش روی فاکتور اشباع در نمونه‌های آب‌تر شده در دوره آشام و تخلیه.... ٢٢٢
شکل ٤-٢٠: تخلخل کل برحسب مقاومت ویژه برای درجه اشباع ١٠٠درصد..... ٢٢٣
شکل ٤-٢١: اندیکس مقاومت ویژه بر حسب درجه اشباع با آب در آزمایش نمونه. ٢٢٥
شکل ٤-٢٢: همبستگی تراوایی با میانگین هندسی قطر دانه و فاکتور سازند ٢٢٧
شکل٤-٢٣: همبستگی تخلخل با میانگین هندسی قطر دانه و فاکتور سازند..... ٢٢٨
شکل ٤-٢٤: a) انواع شیل‌ها و تأثیر آن‌ها روی پارامتر تخلخل، b) شیل‌های ورقه‌ای
ممکن است حجم زیادی از سنگ‌های ماسه‌ای را اشغال نماید..... ٢٣٠
شکل ٤-٢٥: انواع شیل‌های پراکنده درماسه سنگ‌ها ٢٣٢
شکل ٤-٢٦: رابطه تخلخل و تراوایی برحسب نوع، اندازه وجورشدگی دانه‌های ماسه و نوع کانی‌های رسی..... ٢٣٥
شکل ٤-٢٧: اندیکس کیفیت مخزن برحسب تخلخل ٢٤١
شکل ٤-٢٨: هدایت الکتریکی مغزه برحسب محلول معادل نمک طعام (NaCl) ٢٤٥
شکل ٤-٢٩: رسانایی الکتریکی ماسه‌ی شیلی برحسب رسانایی آب شور معادل NaCl در دماهای مختلف..... ٢٥٠
شکل ٤-٣٠: رسانایی یونی هم ارز برحسب مقاومت ویژه‌ی آب شور معادل NaCl در دماهای مختلف..... ٢٥٠
شکل ٤-٣١: وابستگی I با تابع S_w نسبت به دما ٢٥١
شکل ٤-٣٢: ضریب سازند برحسب زمان ٢٥٢
شکل ٤-٣٣: نمودار پیکت برای معادله واکسمن-اسمیت..... ٢٥٤
شکل٤-٣٤: تعیین Q_v با استفاده از نمودار پیکت..... ٢٥٥
شکل ٤-٣٥: روش واکسمن-اسمیت برای به دست آوردن درجه‌ی اشباع آب..... ٢٥٦
شکل ٤-٣٦: نمودار رابطه‌ی هیل-شرلی-کلین..... ٢٥٧
شکل٤-٣٧: ظرفیت تبادل کاتیونی نسبت به تخلخل در ماسه سنگ‌های شیل‌دار ٢٥٩
شکل٤-٣٨: محاسبه Qv و F^* در مخزن ماسه سنگی مثال میدانی..... ٢٦٢
شکل ٤-٣٩: اندیکس مقاومت ویژه بر حسب درجه اشباع در یک سازند نمونه در مثال میدانی..... ٢٦٣
شکل ٤-٤٠: مقادیر n و n^* برای نمونه‌های ماسه سنگی در مثال میدانی برحسب تخلخل..... ٢٦٤
شکل ٤-٤١: رابطه‌ی تخلخل با آب غیرقابل کاهش در یک سازند نمونه..... ٢٦٦
شکل ٤-٤٢: مقایسه تخلخل محاسبه‌شده با برنامه دو-سه ابزاره و تخلخل بدست آمده
از آنالیز مغزه‌ها. نمودار گاما برای مشخص کردن زون‌های شیلی..... ٢٦٨
شکل ٤-٤٣: مقایسه تراوایی محاسبه شده با برنامه دو-سه ابزاره و تراوایی بدست آمده از آنالیز مغزه‌ها..... ٢٦٨

فصل پنجم: نمودارهای تخلخل

شکل ٥-١: نحوه انتشار امواج صوتی..... ٢٨٠

setayeshpress

شکل ۵-۲: مدل تولید امواج صوتی ۲۸۰
شکل ۵-۳: نحوه انتشار موج صوتی در چاه و پاسخ‌های ثبت شده ۲۸۰
شکل ۵-٤: پاسخ ابزار صوتی با یک گیرنده و یک فرستنده ۲۸۱
شکل ۵-۵: ابزار صوتی با دو گیرنده و یک فرستنده ۲۸۲
شکل ۵-۶: ابزار صوتی با دوگیرنده و دو فرستنده ۲۸۳
شکل ۵-۷: روش کار ابزار تصحیح گر صوتی BHC ۲۸۳
شکل ۵-۸: موقعیت ابزار صوتی BHC در حین نمونه‌برداری ۲۸٤
شکل ۵-۹: ابزار تصحیح گر صوتی – عمقی ۲۸٤
شکل ۵-۱۰: ابزار تصحیح گر صوتی - عمقی که در آن فاصله فرستنده تا گیرنده زیاد است. ۲۸۵
شکل ۵-۱۱: آرایه امواج صوتی هشت گیرنده‌ای ۲۸۵
شکل ۵-۱۲: ابزار آرایه صوتی بلند ۲۸۶
شکل ۵-۱۳: نحوه عملکرد ابزار آرایه صوتی بلند با فرمت اصلی ۲۸۷
شکل ۵-۱٤: ابزار تصویر گرصوتی- برشی دوقطبی ۲۸۸
شکل ۵-۱۵: ابزار نمودارگیری حین حفاری (ISONIC) ۲۸۹
شکل ۵-۱۶: مقایسه بین نمودارهای صوتی حاصل از ابزارهای حین حفاری و کابلی ۲۸۹
شکل ۵-۱۷: نمودار زمان گذر هم‌فازی ۲۹۰
شکل ۵-۱۸: تعیین تخلخل با استفاده از معادله ویلی با فرمت اصلی ۲۹۳
شکل ۵-۱۹: تعیین تخلخل با استفاده از نمودارهای صوتی ۲۹٤
شکل ۵-۲۰: تاثیرات عوامل محیطی بر روی موج صوتی ۲۹۶
شکل ۵-۲۱: حداکثر مدت زمان موج دریافت شده توسط ابزار صوتی در سازند ۲۹۷
شکل ۵-۲۲: اثر شیل‌ها بر داده‌های صوتی ۲۹۷
شکل ۵-۲۳: برهم کنش اشعه گاما در سازند ۲۹۸
شکل ۵-۲٤: ساختمان اتم ۲۹۹
شکل ۵-۲۵: ابزار اندازه‌گیری چگالی ۳۰۰
شکل ۵-۲۶: آشکارگر اشعه گاما و سطوح انرژی مربوط به آن ۳۰۰
شکل ۵-۲۷: طیف انرژی اشعه گاما، محدوده‌های انرژی مربوط به نمودار گاما ۳۰۱
شکل ۵-۲۸: تاثیر چگالی روی انرژی اشعه‌های گامای شمارش شده ۳۰۱
شکل ۵-۲۹: قالب‌های تنظیم ابزارهای نمودارگیری چگالی ۳۰۲
شکل ۵-۳۰: مقایسه بین نمودارگیری چگالی در حین حفاری و نمودارهای کابلی ۳۰۳
شکل ۵-۳۱: تصحیحات لازم برای ابزار نمودارگیری چگالی ۳۰۵
شکل ۵-۳۲: تاثیر گل حفاری چسبیده به دیواره چاه بر نمودار چگالی ۳۰۶
شکل ۵-۳۳: تاثیر قطر دهانه چاه بر اندازه‌گیری چگالی ۳۰۷
شکل ۵-۳٤: اندازه‌گیری تخلخل با استفاده از ابزار چگالی ۳۰۷
شکل ۵-۳۵: رابطه چگالی حجمی با سیالات اشباع کننده سازند ۳۰۷
شکل ۵-۳۶: رابطه تبدیلی چگالی و تخلخل با فرمت اصلی ۳۰۸
شکل ۵-۳۷: تاثیر ناهمواریهای دیواره چاه بر ابزار نمودارگیری چگالی ۳۰۹
شکل ۵-۳۸: پدیده جذب نوترونی ۳۱۰
شکل ۵-۳۹: پدیده پراکندگی نوترون ۳۱۰
شکل ۵-٤۰: دوره عمر نوترون با انتشار نوترونی ۳۱۰
شکل ۵-٤۱: برخوردهای مختلف نوترون با هسته اتم‌ها ۳۱۱

setayeshpress

شکل ۵-۴۲: سطوح مختلف انرژی نوترونی ۳۱۲
شکل ۵-۴۳: شاخص هیدروژن در سیال ۳۱۲
شکل ۵-۴۴: ابزار نمودارگیری نوترون ۳۱۳
شکل ۵-۴۵: یک چشمه شیمیایی نوترونی ۳۱۳
شکل ۵-۴۶: یک چشمه الکتریکی نوترونی (Minitron) ۳۱۴
شکل ۵-۴۷: آشکارگر نوترونی ۳۱۴
شکل ۵-۴۸: پاسخ گیرنده‌های دور و نزدیک در ابزار نوترون ۳۱۵
شکل ۵-۴۹: الگوی نسبی تخلخل برای سازندهای آهکی ۳۱۵
شکل ۵-۵۰: ابزارهای مختلف نمودارگیری نوترون با فرمت اصلی ۳۱۶
شکل ۵-۵۱: تنظیم ابزار نمودارگیری نوترون ۳۱۷
شکل ۵-۵۲: الگوی یافتن تخلخل از نمودار نوترون ۳۱۸
شکل ۵-۵۳: a) تطابق عمق و دقت ابزار نوترون، b) نمودار تخلخل نوترون گرمایی و نوترون تخلخل با فرمت اصلی ۳۱۹
شکل ۵-۵۴: تصحیحات اعمال شده چاه بر نمودار نوترون ۳۲۰
شکل ۵-۵۵: نمونه سر برگ نمودار نوترون با فرمت اصلی ۳۲۱
شکل ۵-۵۶: تصحیحات لازم برای نمودار نوترون با فرمت اصلی ۳۲۲
شکل ۵-۵۷: یافتن تخلخل حقیقی سازند با استفاده از گراف عرضی ۳۲۳
شکل ۵-۵۸: تعیین سنگ‌شناسی و تخلخل سازند با استفاده از نمودارهای صوتی، چگالی و نوترون ۳۲۴
شکل ۵-۵۹: سازند آبدار (تشکیل شده از یک کانی با فرمت اصلی) ۳۲۵
شکل ۵-۶۰: گراف عرضی بین تخلخل نوترون-تخلخل چگالی ۳۲۶
شکل ۵-۶۱: تعیین تخلخل با استفاده از گراف عرضی تخلخل نوترون و چگالی حجمی ۳۲۶
شکل ۵-۶۲: مدل سازند با دو کانی ۳۲۷
شکل ۵-۶۳: گراف عرضی بین تخلخل نوترون-چگالی حجمی برای دو کانی ۳۲۸
شکل ۵-۶۴: تعیین هیدروکربورها با نمودار نوترون ۳۲۸
شکل ۵-۶۵: تاثیر شیل‌ها بر گراف‌های عرضی با فرمت اصلی ۳۲۹
شکل ۵-۶۶: تاثیر انواع مختلف شیل‌ها روی گراف عرضی نوترون-چگالی ۳۲۹
شکل ۵-۶۷: گراف عرضی صوتی و چگالی با فرمت اصلی ۳۳۰
شکل ۵-۶۸: گراف عرضی صوتی-نوترون با فرمت اصلی ۳۳۱
شکل ۵-۶۹: گراف عرضی m-n برای تعیین نوع سازند با فرمت اصلی ۳۳۲
شکل ۵-۷۰: گراف عرضی m-n با احتساب فراوانی بیشتر ۳۳۳
شکل ۵-۷۱: مقیاس‌های مختلف اندازه‌گیری در نمودارهای نوترون – چگالی با فرمت اصلی ۳۳۴
شکل ۵-۷۲: نمونه‌ای از نمودارهای نوترون- چگالی ۳۳۴
شکل ۵-۷۳: نمودارگیری با تشدید مغناطیسی ۳۳۵
شکل ۵-۷۴: مقایسه‌ی ابزارهای نمودارگیری تشدید هسته ای ۳۳۶
شکل ۵-۷۵: فتوگراف ابزار CMR ۳۳۷
شکل ۵-۷۶: آهن ربا و آنتن CMR ۳۳۷
شکل ۵-۷۷: جابجایی اتم‌های هیدروژن در سازند در میدان مغناطیسی ضمن حرکت ابزار در چاه ۳۳۷
شکل ۵-۷۸: توزیع و اندازه‌ی فضاهای سنگ مخزن و خروجی CMR ۳۳۸
شکل ۵-۷۹: داده‌های به دست آمده از تفسیر نمودار CMR ۳۳۸
شکل ۵-۸۰: نمودار CMR با فرمت اصلی ۳۳۹
شکل ۵-۸۱: پروتون که نقش آهن ربا را دارد ۳۴۰

setayeshpress

شکل ۵-۸۲: میدان مغناطیسی ثابت B_0 ..... ۳۴۱
شکل ۵-۸۳: قطبی شدن هسته اتم $(1 - e^{-t/T1})$ ۳۴۱
شکل ۵-۸۴: انحرافات و منظم شدن پروتون‌ها ۳۴۲
شکل ۵-۸۵: میرایی القایی امواج مغناطیسی ۳۴۳
شکل ۵-۸۶: تغییر فاز پروتون ها در میدان مغناطیسی با فرمت اصلی ۳۴۳
شکل ۵-۸۷: نحوه اندازه‌گیری زمان اکو با نمایش آدمک ها ۳۴۴
شکل ۵-۸۸: فاصله زمانی تبدیل سیگنال، TE ۳۴۵
شکل ۵-۸۹: مکانیسم‌های مختلف آرمیدگی با فرمت اصلی ۳۴۶
شکل ۵-۹۰: منحنی توزیع آرمیدگی T_2 با فرمت اصلی ۳۴۷
شکل ۵-۹۱: نتایج نمودارگیری NMR برای یک فضای خالی ۳۴۸
شکل ۵-۹۲: نتایج نمودارگیری NMR برای سازندی با چهار فضای خالی با فرمت اصلی ۳۴۸
شکل ۵-۹۳: اندازه‌گیری موج تبدیل سیگنال با فرمت اصلی برای نمایش اندازه ی فضاهای سازند ۳۴۹
شکل ۵-۹۴: منحنی توزیع زمان آرمیدگی T_2 ..... ۳۴۹
شکل ۵-۹۵: مقایسه ابزارهای نمودارگیری NMR ۳۵۰
شکل ۵-۹۶: نمایش ابزار نمودارگیری CMR با فرمت اصلی ۳۵۱
شکل ۵-۹۷: مقطع عرضی ابزار CMR با جزئیات مربوط به آن ۳۵۲
شکل ۵-۹۸: مولفه‌های تخلخل و سهم هر کدام در تراوایی سازند ۳۵۴
شکل ۵-۹۹: مولفه‌های تخلخل و منحنی توزیع T_2 ..... ۳۵۴
شکل ۵-۱۰۰: حدود اندازه ی فضاها برای خروج سیالات از سنگ مخزن ۳۵۵
شکل ۵-۱۰۱: تخلخل سیال آزاد بر مبنای تخلخل گریز از مرکز ۳۵۶
شکل ۵-۱۰۲: روش‌های مختلف اندازه‌گیری NMR ۳۵۶
شکل ۵-۱۰۳: مثالی از نمودار NMR در تعیین سنگ های متخلخل با فرمت اصلی ۳۵۷
شکل ۵-۱۰۴: تعیین آب غیر قابل استحصال از نمودار NMR ۳۵۸

فصل ششم: تعیین درجه اشباع سیالات به کمک نمودارها

شکل ۶-۱: درجه اشباع آب سازند با استفاده از معادله آرچی ۳۵۹
شکل ۶-۲: حدود گسترش نواحی مختلف اطراف دیواره چاه ۳۶۰
شکل ۶-۳: تعیین مقاومت ویژه ی الکتریکی سازند برحسب عمق نفوذ میدان ۳۶۱
شکل ۶-۴: مقاومت ویژه الکتریکی ناحیه آغشته به گل ۳۶۳
شکل ۶-۵: ابزار نمودارگیری مقاومت میکرو بالشتکی ۳۶۴
شکل ۶-۶: ابزار نمودارگیری MSFL ۳۶۵
شکل ۶-۷: ابزار نمودارگیری MCFL ۳۶۵
شکل ۶-۸: تصحیحات محیطی روی نمودار MSFL ۳۶۶
شکل ۶-۹: درجه ی اشباع آب ناحیه آغشته به گل ۳۶۷
شکل ۶-۱۰: اندازه‌گیری مقاومت ویژه‌ی الکتریکی سازند ۳۶۸
شکل ۶-۱۱: اندازه‌گیری مقاومت ناحیه‌ی دست‌نخورده سازند ۳۶۹
شکل ۶-۱۲: ابزارهای مقاومت الکتریکی اولیه (نرمال و جانبی) و مقایسه‌ی آن‌ها ۳۶۹
شکل ۶-۱۳: پاسخ مقاومت جانبی و نرمال در اطراف سازند و مقایسه‌ی آن‌ها ۳۷۰
شکل ۶-۱۴: مدل اندازه‌گیری مقاومت ویژه الکتریکی دیواره ی چاه ۳۷۱

setayeshpress

شکل ۶-۱۵: سیستم متمرکز و غیرمتمرکز ۳۷۱
شکل ۶-۱۶: ابزار اندازه‌گیری مقاومت جانبی ۳۷۲
شکل ۶-۱۷: ابزار مقاومت جانبی دوتایی، DLL ۳۷۳
شکل ۶-۱۸: نمونه‌ای از نمودار ابزار DLL ۳۷۴
شکل ۶-۱۹: ابزار نمودارگیری ARI ۳۷۴
شکل ۶-۲۰: نمونه‌ای ازنمودار ARI ۳۷۵
شکل ۶-۲۱: نمودارهای ابزار (HRLS) ۳۷۵
شکل ۶-۲۲: نمونه‌هایی از ابزار HRLS ۳۷۵
شکل ۶-۲۳: حدود تغییرات مقاومت ابزار HRLA ۳۷۶
شکل ۶-۲۴: ابزار اندازه‌گیری مقاومت جانبی حین حفاری (RAB) ۳۷۷
شکل ۶-۲۵: مقطع عرضی دیواره چاه با نمودار مقاومت جانبی هر ناحیه ۳۷۹
شکل ۶-۲۶: تصحیحات مربوط به اندازه قطر چاه و گل حفاری ۳۷۹
شکل ۶-۲۷: تصحیحات مربوط به ضخامت لایه‌ها ۳۸۰
شکل ۶-۲۸: تصحیحات مربوط به طول رشته نمودارگیری ۳۸۱
شکل ۶-۲۹: تصحیحات نمودارگیری مقاومت ویژه در شرایط سخت ۳۸۲
شکل ۶-۳۰: مدل نفوذ گل به درون سازند ۳۸۳
شکل ۶-۳۱: نمودار تورنادو برای مقاومت ویژه جانبی ۳۸۴
شکل ۶-۳۲: جریان‌های الکتریکی در اطراف سوند نمودارگیری جانبی ۳۸۵
شکل ۶-۳۳: اثر گرونینگن بر ابزار نمودارگیری مقاومت ویژه جانبی ۳۸۵
شکل ۶-۳۴: اثر گرونینگن در حضور هیدروکربورها ۳۸۶
شکل ۶-۳۵: اصول کار ابزار مقاومت القایی ۳۸۷
شکل ۶-۳۶: امواج مختلف ایجاد شده در اطراف ابزار القایی ۳۸۷
شکل ۶-۳۷: عوامل موثربراندازه‌گیری مقاومت به شیوه القایی ۳۸۷
شکل ۶-۳۸: پاسخ ابزار نمودارگیری مقاومت القایی ۳۸۸
شکل ۶-۳۹: ابزارهای نمودارگیری القایی ۳۸۹
شکل ۶-۴۰: تابع پاسخ نمودار القایی دوگانه، DIT ۳۹۰
شکل ۶-۴۱: نمونه‌ای از نمودار القایی فازی ۳۹۰
شکل ۶-۴۲: آرایه‌ای از فرستنده و گیرنده‌های چندگانه ۳۹۱
شکل ۶-۴۳: نمونه‌ای از نمودار AIT همراه با تصویر حاصل از ابزار ۳۹۱
شکل ۶-۴۴: محیط درون چاهی که توسط ابزار مقاومت القایی ثبت می گردد ۳۹۳
شکل ۶-۴۵: تصحیحات ضخامت لایه‌ها در نمودار القایی ۳۹۳
شکل ۶-۴۶: تصحیحات اعمال شده در نمودار AIT ۳۹۴
شکل ۶-۴۷: نمودار تورنادو برای تعیین مقاومت القایی سازند ۳۹۵
شکل ۶-۴۸: مقطع عرضی ناحیه آغشته به گل در اطراف چاه ۳۹۶
شکل ۶-۴۹: تعیین مقاومت Rt از نمودار AIT ۳۹۶
شکل ۶-۵۰: آغشتگی حلقوی و محدودیت‌های مربوط به آن ۳۹۷
شکل ۶-۵۱: مقایسه بین پاسخ های مقاومت ویژه ی الکتریکی در ابزارهای DLT،AIT و MSFL ۳۹۸
شکل ۶-۵۲: اندازه‌گیری مقاومت ویژه ی الکتریکی در چاه‌ها ۳۹۹
شکل ۶-۵۳: مدل‌سازی و وارون سازی برای لایه‌های تعریف شده ۳۹۹
شکل ۶-۵۴: مدل‌سازی و پاسخ‌های ابزارهای نمودارگیری در سه حالت مختلف ۴۰۰

setayeshpress

شکل ۶-۵۵: اندازه‌گیری مقاومت در لوله ی جداری توسط ابزار دو مگاهرتزی ٤٠١
شکل ۶-۵۶: توابع پاسخ فاز و کاهیدگی ٤٠١
شکل ۶-۵۷: توابع تبدیل فاز و کاهیدگی برای مقاومت کم عمق و عمیق ٤٠٢
شکل ۶-۵۸: اندازه‌گیری مقاومت توسط ابزار دو مگاهرتزی متداول ٤٠٢
شکل ۶-۵۹: ابزار نمودارگیری CDR با فرمت اصلی ٤٠٣
شکل ۶-۶۰: ابزار نمودارگیری CDR و تصحیحات درون چاهی ٤٠٤
شکل ۶-۶۱: عمق نفوذ ابزار نمودارگیری CDR ٤٠٤
شکل ۶-۶۲: دقت عمودی ابزار مقاومت ویژه ی الکتریکی القایی ٤٠٥
شکل ۶-۶۳: پاسخ های مختلف آرایه های ابزار ARC5 ..... ٤٠٥
شکل ۶-۶٤: تصحیحات درون چاهی برای ابزار ARC5 ..... ٤٠٦
شکل ۶-۶۵: عمق مورد بررسی با ابزار ARC5 در ۵۰ درصدی فاکتور هندسی سازند ٤٠٦
شکل ۶-۶۶: عوامل محیطی تاثیرگذار بر روی ابزارهای مقاومت القایی ٤٠٧
شکل ۶-۶۷: تصحیحات درون چاهی روی ARC5 برحسب قطر گل ٤٠٨
شکل ۶-۶۸: تاثیر نفوذ گل بر روی نمودار ARC5 ..... ٤٠٩
شکل ۶-۶۹: تاثیر ضخامت لایه‌ها بر روی نمودار ARC5 برحسب فاصله از ابزار ٤٠٩
شکل ۶-۷۰: تاثیر شکل هندسی لایه‌ها روی ابزار نمودارگیری ٤١٠
شکل ۶-۷۱: مقاومت به صورت زین‌های قطبیده در پاسخ ابزارهای القایی ٤١١
شکل ۶-۷۲: مدل‌های ناهمسانگردی در مقاومت ویژه‌ی الکتریکی برحسب ساختمان ٤١٢
شکل ۶-۷۳: توصیف ناهمسانگردی در مقاومت ویژه‌ی الکتریکی ٤١٢
شکل ۶-۷٤: اندازه‌گیری مقاومت به صورت افقی و عمودی ٤١٣
شکل ۶-۷۵: اثر ناهمسانگردی بر روی مقاومت ویژه الکتریکی ٤١٣
شکل ۶-۷۶: تفسیر نمودارهای مقاومت با استفاده از جدایش منحنی‌ها ٤١٤
شکل ۶-۷۷: تفسیر نمودارهای مقاومت ویژه با استفاده از جدایش منحنی‌ها ٤١٥
شکل ۶-۷۸: مقاومت‌های افقی وعمودی و مقایسه ی آن‌ها ٤١٥
شکل ۶-۷۹: مقایسه مقاومت‌های افقی و عمودی (موقعیت و خصوصیات لایه‌ها) ٤١٦
شکل ۶-۸۰: یک نمونه از مدل‌سازی و وارون سازی داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی با تفسیرهای مربوط ٤١٦

فصل هفتم: تعیین تراوایی به کمک نمودارها

شکل ۷-۱: تاثیر تراوایی بر موج استونلی ٤١٨
شکل ۷-۲: مشخصات ابزار تصویرگر صوتی – برشی دوقطبی ٤١٩
شکل ۷-۳: نمودار تحرک‌پذیری سیال بر حسب زمان گذر امواج استونلی ٤٢١
شکل ۷-٤: تاثیر گل چسبیده به دیواره چاه روی زمان گذر موج استونلی ٤٢٢
شکل ۷-۵: تحرک‌پذیری سیال برحسب امواج استونلی ٤٢٣
شکل ۷-۶: مدل‌سازی گل چسبیده به دیواره چاه با روش امپدانس غشایی ٤٢٣
شکل ۷-۷: روش وارون‌سازی تحریک پذیری سیال به کمک امواج استونلی ٤٢٤
شکل ۷-۸: نتایج موج استونلی در مورد تحرک‌پذیری سیال ٤٢٥
شکل ۷-۹: منحنی توزیع T_2 برحسب پارامترهای فیزیکی ٤٢٦
شکل ۷-۱۰: توزیع اندازه فضاها و توزیع زمان T_2 ..... ٤٢٦
شکل ۷-۱۱: رابطه توزیع T_2 با تراوایی سنگ ٤٢٧

setayeshpress

شکل ۷-۱۲: داده‌های نمودار CMR بر حسب تراوایی مغزه‌ها ٤٢٩
شکل ۷-۱۳: مقایسه نمودار CMR و تراوایی بدست آمده از مغزه‌ها ٤٣٠

فصل هشتم: تعیین نوع هیدروکربورها در سازند به کمک نمودارها

شکل ۸-۱: نمودارهای نوترون – چگالی ٤٣٢
شکل ۸-۲: ابزار نمودارگیری چگالی در چاه ٤٣٣
شکل ۸-۳: ابزار نمودارگیری نوترون در چاه ٤٣٣
شکل ۸-٤: جدایش بین نمودارهای نوترون و چگالی و الگوهای مربوط ٤٣٤
شکل ۸-۵ : نمودارهای نوترون-چگالی و تاثیر ماسه های شیلی گازدار ٤٣۵
شکل ۸-۶: جدایش نمودارهای نوترون - چگالی ٤٣۶
شکل ۸-۷: تعیین میزان چگالی هیدروکربورها به کمک نمودارهای نوترون-چگالی ٤٣٧
شکل ۸-۸ : برهمکنش ذرات سنگ و سیال در مخزن ٤٣٨
شکل ۸-۹: منحنی توزیع T_2 با سیالات مختلف ٤٣٩
شکل ۸-۱۰: منحنی توزیع T_2 با سیالها برحسب گرانروی ٤٣٩
شکل ۸-۱۱: مقایسه‌ی نوع هیدروکربورها به کمک NMR ٤٤٠
شکل ۸-۱۲: تشخیص نوع هیدروکربورها به کمک NMR ٤٤١
شکل ۸-۱۳: نمونه‌ای از نمودار NMR دارای نفت سبک ٤٤١
شکل ۸-۱٤: نمونه‌ای از نمودار NMR دارای نفت سنگین ٤٤٢
شکل ۸-۱۵: تعیین تخلخل به کمک نمودار CMR ٤٤٣
شکل ۸-۱۶: فتوگراف ابزار MDT ٤٤٤
شکل ۸-۱۷: قسمت‌های تشکیل دهنده‌ی ابزار MDT ٤٤٤
شکل ۸-۱۸: ابزار و ماجول اصلی MDT (با فرمت اصلی) ٤٤۵
شکل ۸-۱۹: انواع مختلف ابزارهای MDT با فرمت اصلی ٤٤۶
شکل ۸-۲۰: اندازه‌گیری افزایش و افت فشار ٤٤٧
شکل ۸-۲۱: تعیین گرادیان فشار و سطوح تماس سیالات در مخزن ٤٤٨
شکل ۸-۲۲: تعیین محل تماس آب - گاز در سازند ٤٤٩
شکل ۸-۲۳: پدیده‌ی ذخیره‌سازی فشار ٤۵٠
شکل ۸-۲٤: ابزار نمونه‌گیری MDT ٤۵١
شکل ۸-۲۵: قسمت پمپ خروجی ابزار نمونه گیری ٤۵١
شکل ۸-۲۶: قسمت OFA ابزار MDT ٤۵٢
شکل ۸-۲۷: قسمت نمونه گیر دوگانه‌ی ابزار MDT با فرمت اصلی ٤۵٤
شکل ۸-۲۸: خط کاناله های جریانی MDT با فرمت اصلی ٤۵٤
شکل ۸-۲۹: قسمت نمونه گیر دوگانه و فشار سنج های مربوط به MDT ٤۵۵

فصل نهم: ارزیابی سریع سازند به کمک نمودارها

شکل ۹-۱: مراحل مختلف ارزیابی نمودارها ٤۵٧
شکل ۹-۲: محاسبه‌ی حجم شیل به کمک نمودار گاما ٤۵٨

setayeshpress

شکل ۹-۳: محاسبه‌ی حجم شیل به کمک نمودار SP در مناطق ماسه ای-شیلی ٤٥٩
شکل ۹-٤: ارزیابی نمودارهای گاما برای تعیین زون های مخزنی و غیرمخزنی ٤٦٠
شکل ۹-٥: ارزیابی سریع نمودار گاما برای تعیین نواحی شیلی ٤٦٠
شکل ۹-٦: شماتیک تشخیص نواحی مخزنی در ماسه سنگ های بدون شیل ٤٦١
شکل ۹-۷: تاثیر هیدروکربور بر نمودارهای مقاومت ویژه و چگالی ٤٦٢
شکل ۹-۸: شناسایی نواحی هیدروکربوری به کمک نمودارها و مقایسه‌ی آنها با یکدیگر ٤٦٢
شکل ۹-۹: الگوی تمایز نفت و گاز در سازند به کمک نمودارهای نوترون ـ چگالی ٤٦٣
شکل ۹-۱۰: تمایز نفت و گاز در سازند به کمک نمودارهای نوترون ـ چگالی ٤٦٤
شکل ۹-۱۱: محاسبه‌ی تخلخل سازند در نواحی هیدروکربوری و آبدار مخزن ٤٦٦
شکل ۹-۱۲: محاسبه‌ی R_W به کمک نمودار مقاومت ویژه‌ی الکتریکی ٤٦٧
شکل ۹-۱۳: تعیین مقاومت اب سازندی به کمک نمودار پیکت ٤٦٩
شکل ۹-۱٤: تعیین درجه‌ی اشباع آب به کمک معادله آرچی از نمودارها ٤٦٩
شکل ۹-۱٥: پارامترهای پتروفیزیکی اصلاح‌شده و سنگ‌شناسی دیواره چاه برای یکی از چاه‌های میدان مورد مطالعه جنوب ایران ٤٧٠

setayeshpress

فهرست جدول‌ها

فصل دوم

جدول ۲-۱: ارزیابی کیفی مخزن براساس میزان تخلخل ٤٨
جدول ۲-۲: مقادیر مختلف m و n در معادله های تجربی ۷۰

فصل سوم

جدول۳-۱: چند نمونه از رابطه‌ی تراوایی و تخلخل در ماسه‌های آغشته به نفت ۱۰۸
جدول ۳-۲: مقادیر J_1 و K_T برای چند سازند نمونه ۱۲۱
جدول ۳-۳: ضرایب شکل منفذ در مقیاس دو بعدی ۱۲٤
جدول ۳-٤: داده های تراوایی و تخلخل در مثال کاربردی ۱۳٤
جدول ۳-۵: نتایج به دست آمده از مثال کاربردی ۱۳۵
جدول۳-۶: خلاصه نتایج محاسبات تراوایی در دو جهت عمود بر هم ۱۶۲
جدول ۳-۷: داده‌های تراوایی برای چاه آزمایشی ۱۷۲
جدول ۳-۸: نتایج برای محاسبه واریانس چاه آزمایشی ۱۷۳
جدول ۳-۹: توزیع فروانی تراوایی برای مثال فوق ۱۷٤
جدول ۳-۱۰: آزمایش کاهش فشار برحسب زمان ۱۷۶
جدول ۳-۱۱: داده های تراوایی یک مخزن در مثال کاربردی ۱۸۰
جدول ۳-۱۲: داده های زون‌بندی شده چاه شماره ۱۱ در دو زون ۱۸۱
جدول ۳-۱۳: داده های زون‌بندی شده چاه شماره ۱۱ در سه زون ۱۸۲
جدول ۳-۱٤: زون بندی نهایی داده های تراوایی سنگ مخزن ۱۸۲

فصل چهارم

جدول ٤-۱: رابطه‌ی ضرایب یونی نمک‌های آب سازندی برحسب تراکم حجمی (C_{st}) ۱۹۷
جدول ٤-۲: ضرایب وزنی (Mi) بعنوان تابع C_{St} برحسب (ppm) ۱۹۷
جدول ٤-۳: ثابت های همبستگی املاح در محلول آب نمکدار ۲۰۱
جدول ٤-٤: ضرایب ثابت همبستگی در رابطه‌ی (٤-۲۰) ۲۰۲
جدول ٤-۵: فاکتور اشباع آرچی برحسب درصد اشباع آب شور برای فازهای رسانا ۲۲۰
جدول ٤-۶: رابطه درجه‌ی اشباع و مقاومت برای نمونه‌ای که مقاومت آن برحسب درجه اشباع کاهش یافته است ۲۲٤
جدول ٤-۷: نتایج محاسبات در مثال (٤-٤) ۲۲۵
جدول ٤-۸: داده‌های رسانایی برای نمونه‌های ماسه سنگی ۲٤۸
جدول ٤-۹: پارامترهای محاسبه شده از نمونه‌های آزمایشگاهی (مثال میدانی) ۲۵۹

setayeshpress

جدول ٤-١٠: مقادیر آزمایشگاهی S_Wو I_{RL} ۲۶۰
جدول ٤-١١: مقادیر Q_V و F^* در تحلیل میدان شانون نمونه‌های ماسه سنگی ۲۶۱
جدول ٤-١٢: خلاصه محاسبات I_R^*, n^*, IR ۲۶۵
جدول ٤-١٣: مقایسه برنامه‌های محاسباتی دو ابزاره و سه ابزاره ۲۶۷
جدول ٤-١٤: خلاصه‌ای از نتایج بدست آمده برای تحلیل و تفسیر داده‌های مثال میدانی ۲۶۹

فصل پنجم

جدول ٥-١: مشخصات ابزار تصویرگرصوتی ـ برشی دوقطبی ۲۸۸
جدول ٥-٢: کاربردهای نمودارهای صوتی درون چاهی ۲۹۱
جدول ٥-٣: تعیین خواص کشسانی و دینامیکی سنگ‌ها ۲۹۲
جدول ٥-٤: مراحل اثبات رابطه بین چگالی الکترون و چگالی حجمی سازند ۲۹۹
جدول ٥-٥: رابطه بین چگالی الکترون، چگالی سازند و چگالی اندازه‌گیری شده توسط ابزار با فرمت اصلی ۳۰٤
جدول ٥-٦: خصوصیات ابزارهای نمودارگیری چگالی ۳۰٥
جدول ٥-٧: توسعه ابزارهای نمودارگیری نوترون ۳۱۶
جدول ٥-٨: مشخصات ابزارهای نوترونی و مقایسه‌ی آن‌ها ۳۱۷
جدول ٥-٩: مشخصات ابزار نمودارگیری CMR ۳٥۱

فصل ششم

جدول ۶-۱: مشخصات ابزارهای نمودارگیریMSFL و MCFL و مقایسه‌ی آنها ۳۶۶
جدول ۶-۲: مقایسه انواع ابزارهای نمودارگیری جانبی ۳۷۳
جدول ۶-۳: مقایسه‌ی ابزارهای نمودارگیری جانبی ۳۷۶
جدول ۶-٤: خصوصیات ابزار مقاومت ویژه الکتریکی جانبی حین حفاری ۳۷۷
جدول ۶-٥: کاربردهای ابزار نمودارگیری جانبی ۳۷۸
جدول ۶-۶: مشخصات ابزارهای نمودارگیری القایی ۳۹۲
جدول ۶-۷: تعیین R_t با استفاده از نمودارهای القایی و جانبی ۳۹۸

فصل هفتم

جدول ۷-۱: روش‌های مختلف اندازه‌گیری تراوایی ٤۱۷
جدول ۷-۲: عوامل مختلف عملکرد ابزار تصویرگر صوتی ـ برشی دوقطبی ٤۱۸
جدول ۷-۳: کاربردهای ابزارهای نمودارگیری صوتی ٤۲۰
جدول ۷-٤: پارامترهای تاثیرگذار بر امواج استونلی ٤۲۰
جدول ۷-٥: توزیع اندازه‌ی فضاها و توزیع زمان $T_۲$ ٤۲۷

setayeshpress