



مبانی نظری و کاربردی عملیات

چاه آزمایی

با آموزش نرم افزارهای

Pan System & FAST Well Test

ترجمه و تدوین:

مهندس وحید سبزواری

با همکاری:

دکتر شهاب گرامی و مهندس حسین قبادی



انتشارات نگاه

سرشناسه	: سبزواری، وحید، ۱۳۶۱ -
عنوان و نام پدیدآور	: مبانی نظری و کاربردی عملیات چاه‌آزمایی با آموزش نرم‌افزارهای Pan System & Fast Well Test / ترجمه و تدوین وحید سبزواری، با همکاری شهاب گرامی، حسین قبادی.
مشخصات نشر	: تهران: ستایش، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	: ۴۵۰ ص.: مصور، جدول، نمودار + یک لوح فشرده.
شابک	: 978-600-7445-16-7
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیا
موضوع	: چاه‌های نفت — آزمایش‌ها — نرم‌افزار
موضوع	: چاه‌های نفت — — — آزمایش‌ها — داده‌پردازی
شناسه افزوده	: گرامی، شهاب، ۱۳۴۷ -
شناسه افزوده	: قبادی، حسین، ۱۳۴۴ -
رده‌بندی کنگره	: TN۸۷۱/س۲م۲ ۱۳۹۳
رده‌بندی دیویی	: ۶۲۲/۳۳۰۰۸۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۷۵۰۶۸۶

Setayesh
Publication
Institute



مؤسسه انتشارات ستایش

تهران - صندوق پستی: ۹۹۵-۱۳۱۴۵ تلفن: ۶۶۹۴۸۹۹۵-۰۲۱ - ۶۹۴۸۹۹۵-۹۱

مبانی نظری و کاربردی عملیات چاه‌آزمایی

Pan System & FAST Well Test نرم‌افزارهای

ترجمه و تدوین: وحید سبزواری

ناشر: انتشارات ستایش

نوبت چاپ: اول / ۱۳۹۳

شمارگان: ۲۰۰۰ جلد

شابک: ۷-۱۶-۷۴۴۵-۶۰۰-۹۷۸

قیمت (با CD): ۳۲۰۰۰۰ ریال

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

سخن ناشر

ستایش خداوند جان و جهان که بخشید لطف و کرم بی کران

به حمد و قه‌ی الهی مؤسسه‌ی انتشارات ستایش با اهداف علمی- فرهنگی و انگیزش الهی خدمات، جهت ارتقاء آگاهی، سطح معلومات، دانش عموم، به‌ویژه ترویج کتاب و کتاب‌خوانی اقدام به چاپ و انتشار کتاب‌های گوناگون نموده؛ امید است بتوانیم رابطی دیر بین - یدآورندگان و مخاطبان باشیم... انشاءالله.

لذا از خوانندگان محققان، دانشمندان و صاحب‌نظران در زمینه‌های گوناگون علمی، کامپیوتری، فنی و مهندسی، به‌ویژه مهندسی صنایع نفت دعوت می‌نماییم تا ما را در ارائه و گسترش اهداف موردنظر یاری نمایند.

شایان ذکر است جهت آگاهی و آشنایی از آثار این انتشارات می‌توانید به سایت www.setayeshpress.com مراجعه نموده یا در صورت تمایل به همکاری یا هر نوع انتقاد و پیشنهادی به نشانی پست الکترونیک setayeshpress@yahoo.com یا

تهران صندوق پستی ۱۶۱۸-۱۳۴۴۵ مکاتبه نمایید.

لطف شما مایه‌ی افتخار است.

فهرست

مقدمه ۱۱

بخش اول: آشنایی با مبانی چاه آزمایی

۱۵	ک فصل اول مبانی چاه آزمایی
۱۵	۱-۱ پیشگفتار
۱۵	۲-۱ اهداف آزمایش یک چاه
۱۶	۱-۲-۱ آریایی مخزن
۱۶	۲-۲-۱ مدیریت مخزن
۱۶	۳-۲-۱ توصیف حزن
۱۷	۳-۱ متدلوژی یا روش علمی
۱۷	۴-۱ مفاهیم پایه‌ای چاه آزمایی
۱۷	۱-۴-۱ انواع سیالات مخزن
۱۸	۲-۴-۱ انواع رژیم‌های جریانی
۱۹	۳-۴-۱ انواع شکل‌های جریانی

۲۳	ک فصل دوم: معادلات جریان سیال
۲۳	۱-۲ پیشگفتار
۲۳	۲-۲ قانون دارسی
۲۴	۳-۲ معادله پایه‌ای جریان گذرا
۳۰	۱-۳-۲ روش تابع
۳۴	۲-۳-۲ روش فشار بدون بعد
۳۶	۱-۲-۳-۲ مخازن با عملکرد نامحدود
۳۷	۲-۳-۳-۲ مخازن شعاعی محدود

۴۱	ک فصل سوم: انواع متداول چاه آزمایی
۴۱	۱-۳ پیشگفتار
۴۱	۲-۳ انواع آزمایش‌های متداول در چاه‌های نفتی
۴۱	۱-۲-۳ آزمایش کاهش فشار
۴۲	۲-۲-۳ آزمایش رشد فشار
۴۳	۳-۲-۳ چاه آزمایی با دبی دوگانه
۴۳	۴-۲-۳ چاه آزمایی با دبی چندگانه
۴۴	۵-۲-۳ آزمایش ساق مته

۴۵.....	۶-۲-۳ آزمایش تزریق و آزمایش برگشت فشار
۴۶.....	۷-۲-۳ آزمایش تداخل و آزمایش پالس
۴۶.....	۳-۳ انواع آزمایش‌های متداول در چاه‌های گازی
۴۷.....	۱-۳-۳ آزمایش پس فشار
۴۷.....	۲-۳-۳ آزمایش متقارن
۴۸.....	۳-۳-۳ آزمایش متقارن تصحیح شده

۴۹..... فصل چهارم: چاه آزمایی گذرا

۴۹.....	۱-۴ پیشگفتار
۵۰.....	۲-۴ تحلیل آزمایش ناهش فشار
۵۷.....	۱-۲-۴ آنالیز چاه
۶۱.....	۲-۲-۴ شعاع ریزش یا تحفه
۶۲.....	۳-۲-۴ آزمایش کرمش فشار در چاه‌های گازی
۶۵.....	۳-۴ تحلیل آزمایش رشد فشار
۶۷.....	۱-۳-۴ روش ترسیمی Horner
۷۲.....	۲-۳-۴ روش MDH
۷۴.....	۳-۳-۴ فشار متوسط مخزن
۷۵.....	۱-۳-۳-۴ روش MBH
۸۲.....	۲-۳-۳-۴ روش Ramey- Cobb
۸۳.....	۳-۳-۳-۴ روش Dietz

۸۵..... فصل پنجم: نمودارهای الگو

۸۵.....	۱-۵ پیشگفتار
۸۵.....	۲-۵ تحلیل داده‌ها با استفاده از نمودارهای الگو
۸۹.....	۱-۲-۵ نمودارهای الگو Gringarten

۱۰۱..... فصل ششم: مشتق فشار

۱۰۱.....	۱-۶ پیشگفتار
۱۰۱.....	۲-۶ تحلیل داده‌ها با استفاده از روش مشتق فشار
۱۱۴.....	۳-۶ شناسایی مدل
۱۱۵.....	۴-۶ آنالیز داده‌های اولیه چاه آزمایی
۱۱۵.....	۱-۴-۶ آنبارش چاه و پوسته
۱۱۶.....	۲-۴-۶ جدایش فازی در لوله مغزی
۱۱۷.....	۳-۴-۶ اثر نفوذ جزئی
۱۱۸.....	۵-۶ آنالیز داده‌های میانی چاه آزمایی
۱۱۸.....	۱-۵-۶ مخازن شکافدار طبیعی (تخلخل دوگانه)
۱۲۸.....	۱-۱-۵-۶ مجموعه نمودارهای الگو سیستم تخلخل دوگانه (جریان شبه پایدار در دوره انتقال)
۱۲۹.....	۲-۱-۵-۶ مجموعه نمودارهای الگو سیستم تخلخل دوگانه (جریان گذرا در دوره انتقال)

۱۳۷	۲-۵-۶ مخازن لایه‌ای
۱۳۸	۶-۶ آنالیز داده‌های پایانی چاه‌آزمایی
۱۳۹	۱-۶-۶ گسل یا مانع نفوذناپذیر
۱۴۴	۲-۶-۶ گسل متقاطع
۱۴۵	۳-۶-۶ دو گسل موازی (کانال)
۱۴۷	۴-۶-۶ مرز با فشار ثابت
۱۴۸	۵-۶-۶ مخزن بسته (مرز بدون جریان)
۱۵۰	۶-۶-۶ مقایسه مرز فشار ثابت با مخزن بسته
۱۵۱	۷-۶ تغییر کیفی نمودارهای آزمایش رشد فشار

کتاب پنجم: چاه‌آزمایی در چاه‌های تحریک‌شده توسط شکاف هیدرولیکی

۱۵۷	۱-۷ پیشگفتار
۱۵۸	۲-۷ مدل‌های چاه‌های تحریک‌شده توسط شکاف هیدرولیکی
۱۵۸	۱-۲-۷ شکاف‌های عمیق دارای هدایت‌پذیری نامحدود
۱۵۸	۲-۲-۷ شکاف‌های عمیق دارای هدایت‌پذیری محدود
۱۵۹	۳-۲-۷ شکاف‌های دراز، شار، شناخت
۱۶۰	۳-۷ رژیم‌های جریانی در چاه‌های تحریک‌شده توسط شکاف هیدرولیکی
۱۶۱	۱-۳-۷ جریان خطی شکاف
۱۶۲	۲-۳-۷ جریان دو-خطی
۱۶۸	۳-۳-۷ جریان خطی سازند
۱۷۱	۴-۳-۷ جریان شبه شعاعی با عملکرد نامحدر
۱۷۶	۴-۷ ضریب پوسته در چاه‌های تحریک‌شده توسط شکاف هیدرولیکی
۱۷۸	۵-۷ تفسیر داده‌های چاه‌آزمایی در چاه‌های تحریک‌شده توسط شکاف هیدرولیکی با استفاده از نمودارهای الگو
۱۸۹	۶-۷ تفسیر داده‌های چاه‌آزمایی در چاه‌های تحریک‌شده توسط شکاف هیدرولیکی با استفاده از مشتق فشار
۱۹۰	۷-۷ تفسیر داده‌های چاه‌آزمایی در چاه‌های تحریک‌شده توسط شکاف هیدرولیکی در حالت فشار ثابت

کتاب فصل هشتم: آزمایش‌های تداخل و پالس

۱۹۷	۱-۸ پیشگفتار
۱۹۸	۲-۸ آزمایش تداخل
۱۹۹	۱-۲-۸ آزمایش تداخل در مخازن همگن و همسانگرد
۲۰۴	۲-۲-۸ آزمایش تداخل در مخازن همگن و ناهمسانگرد
۲۱۲	۳-۸ آزمایش پالس
۲۱۲	۱-۳-۸ آزمایش پالس در مخازن همگن و همسانگرد
۲۲۷	۲-۳-۸ آزمایش پالس در مخازن همگن و ناهمسانگرد
۲۲۷	۳-۳-۸ روش طراحی آزمایش پالس

۲۳۱	فصل نهم: آزمایش تزریق
۲۳۱	۱-۹ پیشگفتار
۲۳۲	۲-۹ آزمایش تزریق پذیری
۲۳۶	۳-۹ آزمایش برگشت فشار
۲۴۲	۳-۹ آنالیز آزمایش برگشت فشار در سیستم‌هایی با نسبت تحرک پذیری غیر واحد
۲۴۹	۴-۹ آزمایش تزریق دبی بلکانی

بخش دوم: آشنایی با نرم‌افزارهای Pan System & FAST Well Test

۲۵۷	فصل اول: آشنایی با نرم‌افزار Pan System
۲۵۷	۱-۱ پیشگفتار
۲۵۸	۲-۱ آماده سازی و ویرایش اطلاعات چاه آزمایشی
۲۶۵	۳-۱ آنالیز داده‌های چاه آزمایشی
۲۶۵	۱-۳-۱ رسم اطلاعات
۲۶۷	۲-۳-۱ انتخاب مدل مخزن و مرزها
۲۶۷	۳-۳-۱ انتخاب روش آنالیز
۲۶۸	۱-۳-۳-۱ آنالیز اطلاعات توسط تکنیک ای خط راست
۲۶۸	۲-۳-۳-۱ آنالیز اطلاعات توسط منحنی لگاریتمی
۲۶۹	۳-۳-۱ آنالیز اطلاعات توسط شبیه سازی سریع و شبیه سازی اتوماتیک
۲۷۰	۴-۳-۱ آنالیز اطلاعات توسط شبیه ساز پیشرفته و Pan flow
۲۷۰	۵-۳-۱ آنالیز اطلاعات با استفاده از شبیه ساز عددی Pan mesh
۲۷۰	۴-۱ محاسبه توان بهره دهی و تولید آینده چاه
۲۷۰	۵-۱ طراحی آزمایش چاه
۲۷۱	۶-۱ خلاصه ویژگی‌ها
۲۷۱	۷-۱ آموزش گام به گام تفسیر داده‌های واقعی یک آزمایش با نرم‌افزار Pan System
۳۰۹	فصل دوم: آشنایی با نرم‌افزار FAST Well Test
۳۰۹	۱-۲ پیشگفتار
۳۰۹	۲-۲ بارگذاری داده‌ها
۳۱۰	۳-۲ ویرایش داده‌ها
۳۱۱	۴-۲ فیلتر کردن داده‌ها
۳۱۱	۵-۲ وارد کردن خواص سیالات
۳۱۲	۱-۵-۲ خواص گاز
۳۱۲	۲-۵-۲ خواص نفت
۳۱۳	۳-۵-۲ روابط تجربی نفت
۳۱۳	۴-۵-۲ بهینه سازی روابط تجربی

- ۳۱۳..... ۵-۵-۲ خواص آب
- ۳۱۴..... ۶-۲ آنالیز داده ها
- ۳۱۵..... ۷-۲ مدل های موجود در نرم افزار
- ۳۱۶..... ۸-۲ ابزار و ویژگی های خاص نرم افزار
- ۳۱۶..... ۹-۲ گزارش گیری از نرم افزار
- ۳۱۷..... ۱۰-۲ آموزش گام به گام تفسیر داده های واقعی یک آزمایش با نرم افزار FAST Well Test

بخش سوم: آشنایی با عملیات چاه آزمایی در صنعت نفت

- ۳۴۳..... فصل اول: عملیات چاه آزمایی
- ۳۴۳..... ۱- پیشگفتار
- ۳۴۳..... ۲-۱ ابزارهای مورد استفاده در عملیات چاه آزمایی
- ۳۴۳..... ۱-۲-۱ ابزارهای سطح الارضی عملیات چاه آزمایی
- ۳۴۴..... ۱-۲-۱-۱ بوله جریان
- ۳۴۵..... ۱-۲-۱-۱ شیر منی منی
- ۳۴۶..... ۱-۲-۱-۳ سیستم بریدند چاه
- ۳۴۷..... ۱-۲-۱-۴ ماسوره اخذ داده ها
- ۳۴۷..... ۱-۲-۱-۵ ابزار جلوگیری از تولید شن
- ۳۴۸..... ۱-۲-۱-۵-۱ فیلتر سنر محافظه ای
- ۳۴۹..... ۱-۲-۱-۵-۲ دستگاه تفکیک کننده شن
- ۳۴۹..... ۱-۲-۱-۵-۳ شن گیر سیکلونی
- ۳۵۰..... ۱-۲-۱-۶ چندراهه کاهنده
- ۳۵۱..... ۱-۲-۱-۷-۱ مدل حرارتی
- ۳۵۱..... ۱-۲-۱-۷-۱ انواع گرم کننده ها و کاربرد آنها
- ۳۵۲..... ۱-۲-۱-۷-۲ جلوگیری از تشکیل هیدرات
- ۳۵۲..... ۱-۲-۱-۷-۳ کاهش ویسکوزیته سیال
- ۳۵۲..... ۱-۲-۱-۷-۴ در هم شکستن امولسیون
- ۳۵۲..... ۱-۲-۱-۷-۵ مدل حرارتی بخار
- ۳۵۳..... ۱-۲-۱-۸-۱ دستگاه تفکیک گر
- ۳۵۴..... ۱-۲-۱-۸-۱-۱ محافظه تفکیک گر
- ۳۵۹..... ۱-۲-۱-۸-۲-۱ محاسبات مربوط به کاهنده در چاه های نفتی
- ۳۶۰..... ۱-۲-۱-۸-۳-۱ محاسبات مربوط به کاهنده در چاه های گازی
- ۳۶۲..... ۱-۲-۱-۸-۴-۱ جریان چند فاز از درون کاهنده
- ۳۶۲..... ۱-۲-۱-۸-۵-۱ روش محاسبه دبی گاز خروجی از تفکیک گر
- ۳۶۶..... ۱-۲-۱-۹-۱ مخازن انداز گیری نفت
- ۳۶۶..... ۱-۲-۱-۹-۱-۱ مخزن نوسان گیر

۳۶۷	 مخزن اندازه گیری اتمسفری ۲-۹-۱-۲-۱
۳۶۹	 چنדרاوه نفت و گاز ۱۰-۱-۲-۱
۳۷۰	 پمپ انتقال سیال ۱۱-۱-۲-۱
۳۷۱	 مشعل و بازوی متحرک ۱۲-۱-۲-۱
۳۷۳	 بازوی مشعل ۱-۱۲-۱-۲-۱
۳۷۴	 سیستم پیشرفته پردازش اطلاعات ۱۳-۱-۲-۱
۳۷۵	 رعایت ایمنی ۲-۲-۱
۳۷۶	 مناطق طبقه بندی شده ۱-۲-۲-۱
۳۷۶	 منطقه صفر ۱-۱-۲-۲
۳۷۶	 منطقه یک ۲-۱-۲-۲
۳۷۶	 منطقه دو ۳-۱-۲-۲
۳۷۶	 منطقه تمیز ۴-۱-۲-۲
۳۷۷	 روش های ارزیابی در ترتیب آرایش ابزارهای سطحی عملیات چاه آزمایی ۱-۲-۲-۱
۳۸۰	 ابزارهای درون پایی عملیات چاه آزمایی ۳-۲-۱
۳۸۱	 فشارسنج های رزونانسی ۱-۳-۲-۱
۳۸۲	 فشارسنج های مخدوم ۱-۱-۳-۲-۱
۳۸۴	 فشارسنج های الکتریکی ۲-۱-۳-۲-۱
۳۸۸	 ویژگی های فشارسنج های الکترونیکی ۳-۱-۳-۲-۱
۳۹۵	 مقایسه ویژگی های فشارسنج های الکترونیکی ۴-۱-۳-۲-۱
۳۹۸	 روش انجام عملیات چاه آزمایی ۴-۲-۱

فصل دوم: ارزیابی داده ها، خطاها و موارد غیرمتعارف ۴۰۳

۴۰۳	 مقدمه ۱-۲
۴۰۳	 خطای ناشی از عملیات ۲-۲
۴۰۴	 خطای ناشی از فشارسنج ۳-۲
۴۰۵	 خطای ناشی از تأثیرات دهانه چاه ۴-۲
۴۱۰	 خطای ناشی از تأثیرات اطراف دهانه چاه ۵-۲
۴۱۱	 خطاهای رایج ۶-۲
۴۱۳	 مشتق اول فشار (PPD) ۷-۲

پیوست ۴۱۷

منابع ۴۵۰

مقدمه

بی شک مبحث چاه‌آزمایی یکی از مباحث بسیار مهم در مهندسی نفت است. از طراحی آزمایش گرفته تا انتخاب ابزار مناسب جهت جمع‌آوری و آنالیز داده‌ها و تفسیر نتایج همه و همه نقش کلیدی در انجام یک چاه‌آزمایی مطلوب دارند. نتایج حاصل از چاه‌آزمایی نقش مهمی در تصمیم‌گیری در مورد عملکرد حال و آینده مخزن دارند. در واقع نتایج آزمایش چاه‌ها به عنوان ورودی در شبیه‌سازهای مخزن محسوب شده و در دستی و به دست نتایج آن تأثیر بسزایی در سناریوهای پیش روی مخزن دارد.

اهمیت موضوع چاه‌آزمایی ما را بر آن داشت تا کتبی مفید و مختصر به زبان ساده در این زمینه تهیه نماییم. کتاب پیش رو حاصل تجربیات چندین ساله در زمینه نظارت بر انواع عملیات‌های چاه‌آزمایی در شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب است. این کتاب در سه بخش: آشنایی با مبانی چاه‌آزمایی، آشنایی با نرم‌افزارهای Pan System و FAST Well Test با آموزش گام به گام و آشنایی با عملیات چاه‌آزمایی در صنعت نفت تهیه شده است.

بر خود لازم می‌دانیم از تمامی مسئولانی که ما را در تهیه این مجموعه یاری نمودند، خانواده‌های مهربان و دلسوزان، همکاران اداره مهندسی بهره‌برداری مناطق نفت‌خیز جنوب و دیگر دوستان تقدیر و تشکر و عمل آوریم.

در پایان از اساتید گرانقدر، دانشجویان و دانشمندان عزیز خواهشمندیم پیشنهادات و انتقادات خود را از طریق ناشر یا ما در میان بگذارند تا انشاء... در چاپ‌های بعدی بتوانیم مجموعه‌ای کامل‌تر در اختیار شما عزیزان قرار دهیم.