

فهرست مطالب

مقدمه ۱۲

فصل اول: مقدمه‌ای بر حفاری جهت‌دار (حفاری افقی و حفاری چندشاخه‌ای) ۱۵

۱-۱ حفاری جهت‌دار (Directional drilling) ۱۵

۱-۱-۱ مقدمه ۱۵

۱-۱-۲ تاریخچه ۱۶

۱-۱-۳ انواع طرح‌های چاه‌های انحرافی ۱۶

۱-۱-۴ افزایش زاویه انحراف چاه (Build up angle) ۱۸

۱-۱-۵ سگ دست و جا کلیدی (Dag leg and Key seat) ۲۰

۱-۱-۶ اثر اصل پاندولی - نوسان (Pendulum principle) بر کاهش زاویه انحراف چاه ۲۳

۱-۱-۷ حفظ زاویه انحراف چاه (Hold angle) ۲۴

۱-۱-۸ انحراف طبیعی چاه‌ها (اثر سازند) ۲۴

۲-۱ حفاری افقی (Horizontal drilling) ۳۱

۱-۲-۱ تاریخچه حفاری افقی ۳۱

۲-۲-۱ طبقه‌بندی چاه‌های افقی ۳۳

۲-۲-۳ ابزار مورد نیاز حفاری افقی ۳۴

۳-۱ حفاری چاه‌های چند شاخه‌ای - خوشه‌ای (Multilateral Well) ۳۷

۱-۳-۱ مقدمه ۳۷

۲-۳-۱ تاریخچه ۳۷

۳-۳-۱ تقسیم‌بندی چاه‌ها با توجه به شکل کلی ۳۸

فصل دوم: حفاری جهت‌دار (Directional drilling) ۴۱

۱-۲ مقدمه ۴۱

۲-۲ دلایل حفاری چاه‌های انحرافی (Deviated well) ۴۱

۱-۲-۲ ایجاد انحراف جانبی یا کنار گذر در چاه‌ها (Side tracking existing wells) ۴۱

۲-۲-۲ چاه‌های چند گانه (Multiple well) از دکل‌های دریایی (Offshore rig) ۴۲

۳-۲-۲ چاه‌های کمکی یا پیش‌تاز (Relief wells) ۴۲

- ۴۳..... ۴-۲-۲ کنترل چاه‌های عمودی (Vertical wells)
- ۴۳..... ۵-۲-۲ مکان‌های خارج از دسترس (Inaccessible locations)
- ۴۴..... ۶-۲-۲ حفاری گسل (Fault drilling)
- ۴۴..... ۷-۲-۲ حفاری گنبد نمکی (Salt dome drilling)
- ۴۴..... ۸-۲-۲ حفاری خط ساحل (Shoreline drilling)
- ۴۵..... ۹-۲-۲ چاه‌های اکتشافی چندگانه (Multiple exploration well) از یک دهانه چاه
- ۴۵..... ۱۰-۲-۲ چاه‌های افقی (Horizontal wells)
- ۴۶..... ۱۱-۲-۲ چاه‌های دسترسی توسعه‌یافته (Extended Reach Wells)
- ۴۶..... ۱۲-۲-۲ چاه‌های چندجانبی (Multilateral wells)
- ۴۷..... ۳-۲ سیستم‌های مختصات (Coordinate systems)
- ۴۷..... ۱-۳-۲ مختصات جغرافیایی (Geographic coordinate)
- ۴۸..... ۲-۳-۲ شبه کره‌ها (Spheroids)
- ۴۹..... ۳-۳-۲ طراحی نقشه
- ۵۰..... ۱-۳-۳-۲ نقشه مخروطی لامبرت (Lambert conical projection)
- ۵۱..... ۲-۳-۳-۲ مرکاتور عرضی جهانی (UTM)
- ۵۳..... ۱-۲-۳-۳-۲ طراحی ناحیه شبکه
- ۵۳..... ۲-۲-۳-۳-۲ مختصات UTM
- ۵۶..... ۴-۲ سامانه و جهت‌های مرجع (Reference directions)
- ۵۶..... ۱-۴-۲ عمق مرجع (Depth reference)
- ۵۸..... ۲-۴-۲ مرجع انحراف (Inclination reference)
- ۵۸..... ۳-۴-۲ سامانه‌های مرجع سمت-آزیموت (Azimuth reference)
- ۵۸..... ۱-۳-۴-۲ شمال جغرافیایی-واقعی (Geographic north)
- ۵۸..... ۲-۳-۴-۲ شمال شبکه (Grid north)
- ۵۸..... ۳-۳-۴-۲ شمال مغناطیسی (Magnetic north)
- ۵۹..... ۴-۳-۴-۲ انحراف مغناطیسی (Magnetic declination)
- ۵۹..... ۵-۳-۴-۲ سمت آزیموت (Azimuth)
- ۶۱..... ۵-۲ طراحی چاه جهت‌دار (Directional well)
- ۶۲..... ۱-۵-۲ اهداف ته‌چاهی
- ۶۳..... ۲-۵-۲ برش عمودی چاه جهت‌دار (Directional Well profile)
- ۶۴..... ۱-۲-۵-۲ نقطه شروع مجدد یا انحراف حفاری (KOP)
- ۶۵..... ۲-۲-۵-۲ زاویه انحراف-انحراف چاه (Well inclination)
- ۶۵..... ۳-۲-۵-۲ انتهای بخش ساخت زاویه (EOP)
- ۶۶..... ۴-۲-۵-۲ زاویه حفظ (Hold angle)

- ۶۷..... (Tangent section) ۵-۲-۵-۲ بخش مماس
- ۶۷..... (Start of drop) ۶-۲-۵-۲ شروع کاهش زاویه
- ۶۷..... (EOD) ۷-۲-۵-۲ انتهای کاهش زاویه
- ۶۷..... (Target displacement) ۸-۲-۵-۲ جابه جایی هدف
- ۶۸..... (Target location) ۹-۲-۵-۲ مکان هدف
- ۶۹..... (DOR) ۱۰-۲-۵-۲ میزان کاهش
- ۶۹..... (Measured depth) ۱۱-۲-۵-۲ عمق اندازه گیری شده
- ۶۹..... (Build up and drop off rate) ۱۲-۲-۵-۲ میزان افزایش و کاهش زاویه
- ۶۹..... (Well profile) ۶-۲-۵-۲ انواع برش عمودی چاه
- ۷۱..... (build and hold) ۱-۶-۲ طرح ساخت و حفظ زاویه
- ۷۳..... ۱-۱-۶-۲ طرح چاه نوع S
- ۷۸..... ۲-۱-۶-۲ مسیر نوع سوم
- ۸۱..... (Mud motors) ۷-۲ موتورهای گل
- ۸۱..... (PDM) ۱-۷-۲ موتورهای با جابجایی مثبت
- ۸۲..... (Power section) ۱-۱-۷-۲ بخش قدرت
- ۸۴..... (By- pass valve) ۲-۱-۷-۲ شیر کنار گذر
- ۸۴..... (Universal joint) ۳-۱-۷-۲ اتصالات کلی - چهارشاخه گردان
- ۸۵..... (Bearing assembly) ۴-۱-۷-۲ بخش یاتاقان
- ۹۱..... (Turbines) ۲-۷-۲ توربین ها
- ۹۱..... (Drive section) ۱-۲-۷-۲ بخش محرک
- ۹۲..... (Bearing section) ۲-۲-۷-۲ بخش یاتاقان
- ۹۲..... (Directional turbines) ۳-۲-۷-۲ توربین های جهت دار
- ۹۴..... (Deflection tools) ۸-۲ ابزار انحراف
- ۹۴..... (Whipstock) ۱-۸-۲ گوه گیره دار
- ۹۵..... (Standard removable whipstock) ۱-۸-۲ گوه گیره دار قابل حمل استاندارد
- ۹۷..... Circulating whipstock ۲-۱-۸-۲
- ۹۷..... (Permanent casing whipstock) ۳-۱-۸-۲ گوه گیره دار ثابت لوله جداری
- ۹۹..... (Jetting) ۲-۸-۲ عمل فواره ای یا گل پاشی
- ۱۰۳..... (Bent sub) ۳-۸-۲ موتورهای ته چاهی و ساب خمیده
- ۱۰۳..... (Rotary steerable) ۴-۸-۲ موتورهای قابل هدایت چرخشی
- ۱۰۴..... (Tool face orientation) ۹-۲ جهت یابی سطح ابزار
- ۱۰۴..... (Magnetic or gyro tool face) ۱-۹-۲ رویه ابزار گردش نما یا مغناطیسی
- ۱۰۵..... High side tool face ۲-۹-۲

- ۱۰-۲ کنترل جهت با ادوات چرخشی ته‌چاهی (Rotary BHA)..... ۱۰۵
- ۱۰-۲-۱ نیروهای جانبی و زاویه انحراف (Side force and tilt angle) ۱۰۶
- ۱۰-۲-۲ اصول پایه‌ای کنترل جهت به‌وسیله BHA ۱۰۷
- ۱۰-۲-۱-۲ اصل نقطه اتکاء (Fulcrum principle) ۱۰۷
- ۱۰-۲-۲-۱ اصل نوسان (Pendulum principle) ۱۱۰
- ۱۰-۲-۳-۱ اصل پایداری چیده شده (Packed hole stabilization) ۱۱۴
- ۱۰-۳-۱ ترکیب BHA استاندارد ۱۱۷
- ۱۰-۳-۱-۲ ادوات نوسان (Pendulum assembly) ۱۱۸
- ۱۰-۳-۱-۲-۲ ادوات ته‌چاهی چیده شده (Packed bottom hole assembly) ۱۱۸
- ۱۰-۳-۱-۳-۱ ابزار چرخشی ساخت زاویه (Rotary build assembly) ۱۱۹
- ۱۰-۳-۱-۳-۲ ابزار کاهش زاویه (Drop assembl) ۱۲۰
- ۱۰-۳-۱-۳-۲-۵ ابزارهای قابل هدایت (Steerable assembly) ۱۲۰
- ۱۰-۴-۱ اثرات نوع مته بر ابزار چرخشی (Rotary assemblies) ۱۲۰
- ۱۰-۴-۵-۱ صلبیت یا سختی لوله‌های وزنه (Stiffness of drill collars) ۱۲۰
- ۱۰-۴-۵-۱-۲ تاثیرات قطر بیرونی لوله وزنه ۱۲۳
- ۱۰-۴-۵-۲ اثرات سازند روی مسیر مته (Bit trajectory) ۱۲۳
- ۱۰-۴-۶-۱ صلبیت یا سختی سازند (Formation hardness) ۱۲۸
- ۱۰-۴-۷-۱ سامانه‌های حفاری جهت‌دار (NDS) ۱۲۹
- ۱۰-۴-۷-۱-۲ سامانه حفاری انحرافی DTU ۱۳۱
- ۱۱-۲ ابزار بررسی یا ارزیابی (Survey tools) ۱۳۲
- ۱۱-۲-۱ ابزار انحراف زاویه (Inclination angle tool) ۱۳۳
- ۱۱-۲-۲ ابزار ارزیابی مغناطیسی (Magnetic survey tool) ۱۳۳
- ۱۱-۲-۱۱-۲ تک انفجاری مغناطیسی (MSS) ۱۳۴
- ۱۱-۲-۱۱-۲-۱ ابزار تک انفجاری نوع R ۱۳۵
- ۱۱-۲-۱۱-۲-۲ ابزار تک انفجاری E ۱۳۷
- ۱۱-۲-۱۱-۲-۲ چند انفجاری مغناطیسی (MMS) ۱۳۸
- ۱۱-۲-۱۱-۳ اندازه‌گیری در حین حفاری MWD ۱۳۹
- ۱۱-۲-۳-۱ ابزار ارزیابی گردش‌نما (Gyroscope) ۱۴۲
- ۱۱-۲-۳-۱-۲ گردش نمای معمولی (Conventional Gyroscope) ۱۴۳
- ۱۱-۲-۳-۲ گردش نمای یابنده شمال (NSG) ۱۴۶
- ۱۲-۲ انتخاب ابزار ارزیابی (Survey tool): ۱۴۷
- ۱۲-۲-۱ کمترین برنامه ارزیابی (Minimum survey programme) ۱۴۸
- ۱۳-۲ محاسبه مسیر چاه (Trajectory) ۱۴۸

۱۳-۲-۱	روش‌های محاسبه مسیر انحراف چاه	۱۴۹
۱۳-۲-۱-۱	روش شعاع انحنا (Radius of curvature)	۱۵۰
۱۳-۲-۱-۲	روش حد اقل انحنا (Minimum of curvature)	۱۵۱
۱۳-۲-۱-۲-۱	بخش عمودی (Vertical section)	۱۵۲
۱۳-۲-۱-۲-۲	شدت سگ دست (Dog- leg severity)	۱۵۳
۱۳-۲-۱-۳	روش میانگین زاویه (Average angle)	۱۵۵
۱۳-۲-۱-۴	روش تعادل مماسی (Balanced Tangential)	۱۵۶
۱۳-۲-۱-۵	روش مماسی (Tangential)	۱۵۶
۱۳-۲-۱-۶	روش مرکوری (Mercuri)	۱۵۷
۱۴-۲-۱	پیشرفت پروژه (Projection ahead)	۱۶۱
۱۵-۲-۱	طراحی جلوگیری از برخورد (Anti- collision)	۱۶۴
۱۵-۲-۱	محاسبات موقعیت نامشخص (Positional uncertainty)	۱۶۵
۱۵-۲-۲	معرفی منبع خطا	۱۶۶
۱۵-۲-۳	معادلات توصیفی بیضوی	۱۶۷
فصل سوم: حفاری افقی (Horizontal drilling)		
۱-۳-۱	مقدمه	۱۷۱
۲-۳-۱	تعریف چاه‌های افقی (Horizontal wells)	۱۷۲
۱-۲-۳-۱	انواع چاه‌های افقی	۱۷۲
۱-۲-۳-۱-۱	چاه‌های شعاع کوتاه (SRW)	۱۷۲
۱-۲-۳-۱-۲	چاه‌های شعاع متوسط (MRW)	۱۷۴
۱-۲-۳-۱-۳	چاه‌های شعاع بلند (LRW)	۱۷۴
۳-۳-۱	ملاحظات طراحی پروفایل چاه	۱۷۶
۱-۳-۳-۱	تعریف هدف (Target)	۱۷۶
۲-۳-۳-۱	طرح تک منحنی ساخت (Singe curve)	۱۷۷
۳-۳-۳-۱	طرح دو منحنی ساخت (Double build curve)	۱۷۸
۴-۳-۱	چرخش (گشتاور) و کشش (Torque and drag)	۱۸۱
۱-۴-۳-۱	چرخش - گشتاور (Torque)	۱۸۱
۲-۴-۳-۱	نیروهای کششی (Drag forces)	۱۸۲
۳-۴-۳-۱	نیروهای کششی در مدت Motor drilling	۱۸۳
۵-۳-۱	پایداری دهانه چاه افقی	۱۸۶
۶-۳-۱	چاه‌های دسترسی توسعه‌یافته (Extended reach wells)	۱۸۷
۱-۶-۳-۱	محاسبات وزن در چاه‌های دسترسی توسعه‌یافته (ERW)	۱۸۸
۲-۶-۳-۱	خمش (Buckling) لوله حفاری و BHA	۱۸۹

۱۸۹.....	۳-۶-۳ نیروی خمش بحرانی (Critical buckling)
۱۹۰.....	۳-۶-۴ تعیین خمش در چاه‌های دسترسی توسعه‌یافته (ERW)
۱۹۰.....	۳-۶-۴-۱ خمش بالای KOP
۱۹۱.....	۳-۶-۴-۲ خمش در بخش ساخت (Build up)
۱۹۱.....	۳-۶-۴-۳ خمش در بخش مماس (Tangent)
۱۹۴.....	۳-۶-۵ کاهش شکست ناشی از خستگی (Fatigue failure)
۱۹۵.....	۳-۶-۶ لوله جداري شناور (Floating casing)

۱۹۷.....	فصل چهارم: حفاری چند شاخه‌ای (Multilateral drilling)
۱۹۷.....	۴-۱ مقدمه
۱۹۷.....	۴-۲ تعاریف
۱۹۸.....	۴-۳ تاریخچه
۱۹۹.....	۴-۴ ساختار کلی چاه
۲۰۱.....	۴-۵ فواید چاه‌های چند شاخه‌ای
۲۰۱.....	۴-۶ کاربردهای اصلی چاه‌های چند شاخه‌ای
۲۰۲.....	۴-۷ ملاحظات طراحی چاه‌های چند شاخه‌ای
۲۰۲.....	۴-۸ روش‌های اصلی حفاری چند شاخه‌ای
۲۰۲.....	۴-۹ روش‌های Kick off
۲۰۳.....	۴-۹-۱ Kick off حفره باز
۲۰۴.....	۴-۹-۲ Kick off چاه جداره‌دار (Cased hole)
۲۰۴.....	۴-۹-۳ Kick off گوه گیره‌دار
۲۰۵.....	۴-۹-۴ Kick off لوله جداري مرکب (Composite casing)
۲۰۶.....	۴-۱۰ فاکتورهایی که طراحی اتصال (Junction) را تحت تاثیر قرار می‌دهند
۲۰۷.....	۴-۱۱ تجربه‌های گذشته
۲۱۰.....	۴-۱۲ تکنولوژی پیشرفته چاه‌های چند شاخه‌ای (TAML)
۲۱۳.....	۴-۱۳ سیمانکاری (Cements)
۲۱۳.....	۴-۱۴ کنترل مواد زائد (Debris control)
۲۱۳.....	۴-۱۵ کنترل جریان و تفکیک شاخه
۲۱۴.....	۴-۱۵-۱ مسدود کننده‌های بیرونی لوله جداري (ECP)
۲۱۵.....	۴-۱۶ مزایای استفاده از چاه‌های شاخه‌ای - خوشه‌ای
۲۱۵.....	۴-۱۶-۱ مزایای تکنیکی
۲۱۶.....	۴-۱۶-۲ مزایای اقتصادی
۲۱۶.....	۴-۱۷ خطرات و معایب
۲۱۶.....	۴-۱۷-۱ معایب اقتصادی

۲۱۶.....	۲-۱۷-۴ معایب تکنیکی
۲۱۷.....	۱۸-۴ کاربردهای چاه‌های چند جانبی (خوشه‌ای)
۲۱۷.....	۱-۱۸-۴ مخازن نفت سنگین (Heavy oil reservoirs)
۲۱۷.....	۲-۱۸-۴ مخازن لایه‌ای (Layered reservoirs)
۲۱۷.....	۳-۱۸-۴ مخازن گسل خورده- جدا شده (Faulted reservoirs)
۲۱۸.....	۴-۱۸-۴ توسعه مخازن تهی شده و فرسوده (Depleted and Matured Reservoirs)
۲۱۸.....	۵-۱۸-۴ مخازن شکافدار طبیعی (Natural Fractured reservoirs) و مخازن فشرده
۲۱۸.....	۱۹-۴ روشهای انتخاب چاه در حفاری چاه‌های خوشه‌ای- شاخه‌ای
۲۱۸.....	۱-۱۹-۴ بررسی چاه‌های خوشه‌ای- شاخه‌ای
۲۲۰.....	۱-۱-۱۹-۴ پارامترهای اصلی بررسی
۲۲۴.....	۱-۱-۱-۱۹-۴ خصوصیات مخزن و انواع چاه
۲۲۵.....	۲-۱-۱-۱۹-۴ عملکرد چاه‌های خوشه‌ای- شاخه‌ای
۲۲۵.....	۳-۱-۱-۱۹-۴ اقتصاد چاه‌های خوشه‌ای- شاخه‌ای
۲۲۶.....	۲۰-۴ سامانه تکمیل (Completion System)
۲۲۶.....	۱-۲۰-۴ ملزومات تکمیل
۲۲۶.....	۲-۲۰-۴ انتخاب‌های تکمیل
۲۲۷.....	۳-۲۰-۴ پارامترهای انتخاب تکمیل
۲۲۷.....	۱-۳-۲۰-۴ سطح تماس دهانه چاه و مخزن
۲۲۷.....	۲-۳-۲۰-۴ درجه یکنواختی تولید
۲۲۷.....	۳-۳-۲۰-۴ طراحی تکمیل (Completion design)
۲۲۸.....	۲۱-۴ بهره‌برداری از چاه‌های افقی و خوشه‌ای
۲۲۸.....	۲۲-۴ معیارهای هندسی برای بهره‌برداری
۲۲۹.....	۲۳-۴ خطرهای مرتبط با تعیین مسیر چاه
۲۳۱.....	۲۴-۴ ورود مجدد (Re-entry) در دهانه چاه موجود
۲۳۳.....	۲۵-۴ موارد استفاده حفاری ورود مجدد (Re-entry Drilling)
۲۳۷.....	فهرست علائم اختصاری (Nomenclature)
۲۴۱.....	واژه‌نامه تخصصی
۲۵۷.....	منابع