

حفاری اکتشافی

مؤلفین:

دکتر پرویز معارف وند

مهندس حامد پوربافرانی

مهندس بهزاد حیدری

قراگاه سازندگی خاتم الانبیاء (ص) - قرب کربلا

معاونت طرح و برنامه و موسسه مهندسی مشاور طاهها

انتشارات جهاد دانشگاهی

دانشگاه امیر کبیر

- سرشناسه
عنوان و نام پدیدآور : معارف‌وند، پرویز، ۱۳۴۳ -
حفاری اکتشافی/مولفین پرویز معارف‌وند، حامد پوربافرانی، بهزاد حیدری؛ [برای]
قرارگاه سازندگی خاتم‌الانبیاء (ص)، قرب کربلا، معاونت طرح و برنامه و موسسه
مهندسين مشاور طاهما.
- مشخصات نشر : تهران: جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری : ۱۴، ۳۴۲ ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۲۱۰-۱۳۰-۶
وضعیت فهرست نویسی : فیبا یادداشت: کتابنامه: ص. ۳۲۷.
موضوع : حفاری : موضوع: حفاری — ماشین‌آلات
شناسه افزوده : پوربافرانی، حامد، ۱۳۶۵ - شناسه افزوده: حیدری، بهزاد، ۱۳۵۸ -
شناسه افزوده : سپاه پاسداران انقلاب اسلامی. قرارگاه سازندگی خاتم‌الانبیاء(ص). قرب کربلا.
معاونت طرح و برنامه
شناسه افزوده : سپاه پاسداران انقلاب اسلامی. قرارگاه سازندگی خاتم‌الانبیاء. قرب کربلا. موسسه
مهندسين مشاور طاهما
شناسه افزوده : جهاد دانشگاهی. دانشگاه صنعتی امیرکبیر
رده بندی کنگره : ۶۲۲/۲۴ رده بندی دیویی: ۶۲۲/۲۴
شماره کتابشناسی ملی : ۲۹۹۸۵۷

انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر

قرارگاه سازندگی خاتم‌الانبیاء (ص) قرب کربلا

- نام کتاب : حفاری اکتشافی
- تألیف : پرویز معارف‌وند- بهزاد حیدری- حامد پوربافرانی
- نوبت چاپ : اول
- سال چاپ : ۱۳۹۱
- شمارگان : ۱۰۰۰ نسخه
- قیمت : ۶۰۰۰۰ ریال
- چاپخانه : اصل
- شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۲۱۰-۱۳۰-۶ ISBN: 978-964-210-130-6
- آدرس مرکز پخش : میدان آرژانتین، خیابان شهید احمد قصبی، کوچه چهارم (شهید مقدس)، پلاک ۱۳

تلفن: ۸۸۵۳۳۷۵۴-۵ نمابر: ۸۸۷۳۱۰۰۰

پست الکترونیک: info@qorbkarbala.com

جهاد دانشگاهی صنعتی امیرکبیر ۸۸۸۹۵۹۶۹

کلیه حقوق مادی و معنوی اعم از چاپ و تکثیر، نسخه‌برداری و سایر موارد برای قرارگاه سازندگی خاتم‌الانبیاء (ص)، قرب کربلا، معاونت طرح و برنامه محفوظ می‌باشد. (نقل مطالب با ذکر مأخذ بلامانع است)

تقدیر و تشکر:

کتاب تهیه شده حاصل همکاری و راهنمایی‌های بی‌دریغ دوستان و همکارانی است که در بخش‌های مختلف و با مسئولیت‌های اجرایی و علمی گوناگون، با سعه صدر و توجهات فراوان ما را در گردآوری این مجموعه یاری نموده‌اند. بدینوسیله مجالی حاصل شد تا مراتب سپاس و قدردانی خود را از آنها اعلام نمائیم:

- مهندس عباد ا. عبداللہی، فرمانده محترم قرارگاه سازندگی کربلا

- نمایندگی محترم ولی فقیہ در قرب کربلا

- مهندس اسماعیل اسدا... زاده اقدم، معاون محترم فنی و مهندسی قرب کربلا

- مهندس جعفر صادق افخمی نیا مدیر عامل محترم موسسه مهندسين مشاور طاها

- مهندس محمد آقا علیخانی مدیریت محترم برنامه ریزی موسسه مهندسين مشاور طاها

- مهندس داریوش والی زاده دبیر کمیته پژوهش موسسه مهندسين مشاور طاها

- مهندس فرج ا. بدری فریمان، مدیریت دانش - معاونت طرح و برنامه قرب کربلا

- مهندس سعید عبداللہیان، کارشناس مدیریت دانش - معاونت طرح و برنامه قرب کربلا

و تمامی دوستانی که با حمایت‌های معنوی و راهنمایی‌های علمی خود ما را یاری نموده‌اند.

معاونت طرح و برنامه قرب کربلا

پیشگفتار

در عصری که دانشمندان و نظریه‌پردازان آن را عصر فناوری اطلاعات و ارتباطات نامیده‌اند، رشد دانش بشری آنچنان شتاب فزاینده‌ای گرفته است که لحظه‌ای غفلت، موجب عقب ماندگی جبران ناپذیری برای هر ملت خواهد شد. البته این موضوع قابل ذکر است که دانش همیشه برای افراد ارزشمند بوده است و فرهنگ‌های قوی و متمدن در جوامعی بوجود می‌آمدند که افراد در این جوامع به دانش بها داده‌اند و این اصل همچنان به عنوان کلید اصلی گنجینه ثروت‌های یک جامعه باقی مانده است. در دنیای امروز یا باید ملتی مصرفی و تحت سلطه بود و یا اینکه باید با تلاش و کوشش همه جانبه و فراگیر، قله‌های موفقیت را فتح کرد و با عزمی استوار با انحصارگران جهانی و نظام سلطه رقابت کرد.

قرارگاه سازندگی کربلا (قرب کربلا) وابسته به قرارگاه سازندگی خاتم الانبیاء (ص) افتخار دارد که از سال ۱۳۶۸ با بیش از دو دهه فعالیت مؤثر و مفید و در اختیار داشتن نیروی انسانی متعهد و توانمند و تجهیزات تخصصی و مدرن و با سرلوحه قرار دادن کیفیت، سرعت، کاهش قیمت تمام شده و رعایت استانداردهای ملی و بین‌المللی بیش از صدها پروژه مهم عمرانی و صنعتی را در سطح کشور اجرا و به اتمام رسانده است. این گروه مهندسی با تکیه بر موفقیت‌های چشمگیر خود در اجرای پروژه‌های عمرانی و صنعتی بر خود لازم می‌داند تا تجارب بدست آمده، سرمایه‌ها و داری‌های فکری و معنوی خود را جهت ارتقای سطح آگاهی مدیران اجرایی، کارشناسان و دانش‌پژوهان میهن اسلامی به صورت مدون تقدیم نماید.

در همین راستا و با توجه به ضرورت ثبت و انتشار دانش‌های حاصله از مدیریت و اجرای پروژه‌های متنوع مهندسی در اختیار و بنا به تدبیر و دستور فرماندهی محترم قرارگاه سازندگی کربلا، حوزه مدیریت دانش به عنوان یکی از زیر مجموعه‌های معاونت طرح و برنامه ایجاد و فعال گردید که تهیه کتب دانش فنی و اجرایی به عنوان بخشی از وظایف آن در حال پیگیری می‌باشد.

ان شاء الله که با این اقدامات بتوانیم نقشی مؤثر در خدمت به جامعه علمی و پژوهشی کشور عزیزمان ایفا نماییم و سهمی مفید در تولید انتشار دانش داشته باشیم.

معاونت طرح و برنامه قرب کربلا

جواد زارع پور

مقدمه

اطلاع از لایه های تحت الارضی برای تخمین میزان ذخایر معدنی از موارد مهمی است که متأسفانه در گذشته مورد غفلت واقع شده و بیشتر اکتشافات به صورت سطحی انجام شده است.

خوشبختانه در حال حاضر، کارفرمایان محترم و معدنکاران به انجام حفاری اکتشافی به عنوان مهمترین روش برای شناخت ذخایر در اعماق اقبال نشان داده اند، به طوری که در چند سال اخیر انجام حفاری اکتشافی در کشور سیر صعودی گرفته و به نتایج قابل قبولی نیز رسیده است.

مؤسسه مهندسين مشاور طاهرا از سال ۱۳۸۱ پا به عرصه حفاری اکتشافی نهاد و در معادن مختلف کشور اعم از سنگ آهن، مس، زغال سنگ، بوکسیت و اقدام به عملیات حفاری اکتشافی نمود. در سال ۱۳۸۳ با تدبیر مدیران قرارگاه و مؤسسه با ورود دستگاه های تمام هیدرولیک از خانواده CS تحولی در سیستم حفاری کشور اتفاق افتاد که این مهم باعث افزایش چشمگیر راندمان حفاری گردید.

هدف از این مجموعه که توسط گروه حفاری و اکتشاف این مؤسسه و با نظارت و راهنماییهای استاد ارجمند جناب آقای دکتر معارف و تدبیر تهیه شده است پاسخ به نیاز مجامع علمی و دانشگاهی کشور در این رشته می باشد که امید است مفید فایده واقع شود.

از تمامی کارشناسان و متخصصین گروه حفاری و اکتشاف خصوصاً از زحمات جناب آقای کبریایی مدیر گروه، آقای مهندس حیدری و مهندس پورباقرانی تقدیر و تشکر می نمایم. بر خود لازم می دانم سپاس صمیمانه خود را به فرمانده محترم قرب کربلا سردار عبدالمهی و معاونت محترم فنی و مهندسی آقای مهندس اقدام، همچنین مهندس شریف

آبادی، مهندس نیکزاد و مهندس دریجانی به عنوان مدیران عامل اسبق مؤسسه که در پایه‌گذاری این فعالیت ایفای نقش نمودند، تقدیم نمایم.

و همچنین از استاد گرانقدر جناب آقای دکتر معارف‌وند رییس دانشکده مهندسی معدن، مواد و متالورژی دانشگاه صنعتی امیرکبیر به دلیل ارائه نظرات سازنده قدردانی می‌نمایم.

جعفر صادق افخمی‌نیا

مدیر عامل مؤسسه مهندسین مشاور طاهها

www.ketab.ir

فهرست مطالب

فصل اول : مکانیزم حفاری و نفوذ در سنگ

۱-۱- چالخوری و نرخ نفوذ	۱
۱-۲- مطالعات صورت گرفته برای بررسی نرخ نفوذ	۱
۱-۳- مدل مور	۱۷
۱-۴- مدل گل و وودر	۱۸
۱-۵- مدل بورگوان و یانگ	۱۸
۱-۵-۱- تابع مقاومت سازند	۱۹
۱-۵-۲- تابع تراکم سازند	۲۰
۱-۵-۳- تابع اختلاف فشار به چاهی	۲۰
۱-۵-۴- تابع قطر و وزن مته	۲۰
۱-۵-۵- تابع سرعت چرخش	۲۱
۱-۵-۶- تابع سایش مته	۲۱
۱-۵-۷- تابع هیدرولیک	۲۲
۱-۶- روش‌های تعیین چالخوری سنگ‌ها	۲۲
۱-۶-۱- اندیس دگرگونی	۲۲
۱-۶-۲- انرژی مصرف شده برای حفاری	۲۲
۱-۶-۳- سختی بینگهام	۲۳
۱-۶-۴- روش نمایی	۲۳
۱-۶-۵- انرژی مخصوص	۲۴
۱-۶-۶- مقاومت در برابر حفاری سمرتن	۲۴
۱-۶-۷- انرژی مخصوص ارائه شده توسط ریا	۲۵
۱-۶-۸- شاخص نرخ حفاری	۲۵
۱-۶-۹- مقاومت فشاری تک محوره	۲۸

فصل دوم: روش‌های حفاری

۳۱	۱-۲- حفاری غیرمکانیکی
۳۲	۱-۱-۲- حفاری حرارتی
۳۳	۲-۱-۲- حفاری با جت سیال
۳۴	۳-۱-۲- حفاری لرزشی
۳۴	۴-۱-۲- حفاری به روش تشدید صوتی
۳۸	۶-۱-۲- حفاری الکتریکی
۳۸	۷-۱-۲- حفاری لیزری
۳۸	۲-۲- حفاری مکانیکی
۳۹	۱-۲-۲- حفاری کابلی (ضربه‌ای)
۴۲	۳-۲-۲- حفاری چرخشی
۴۴	۴-۲-۲- سیستم حفاری به کمک هوا
۴۶	۵-۲-۲- مغزه‌گیری
۴۷	۶-۲-۲- حفاری تزریقی
۴۸	۷-۲-۲- حفاری به روش لوله مغزی (CTD)
۵۰	۳-۲- حفاری کابلی (ضربه‌ای)
۶۱	۴-۲- حفاری دورانی
۶۲	۱-۴-۲- مکانیزم حفاری دورانی
۶۳	۲-۴-۲- بار روی مته
۶۴	۳-۴-۲- دور مته و تأثیر آن در حفاری
۶۵	۵-۲- حفاری کابلی مغزه‌گیری

فصل سوم: دستگاه‌های حفاری و دکل

۶۹	۱-۳- آشنایی با ساختمان یک دستگاه حفاری
۷۳	۱-۱-۳- شاسی
۷۵	۲-۱-۳- موتور
۷۷	۳-۱-۳- سیستم انتقال نیرو
۷۹	۴-۱-۳- دکل

۳-۱-۵- قسمت‌های تشکیل دهنده یک دکل حفاری	۸۴
۳-۱-۶- واحد کنترل دستگاه حفاری	۸۷
۳-۲- تجهیزات سطحی حفاری چرخشی	۸۸
۳-۲-۱- سیستم تولید نیرو	۸۸
۳-۲-۲- سیستم بالابر	۸۹
۳-۲-۳- محاسبه نیروهای وارد بردکل	۹۲
۳-۲-۴- سیستم دوران	۹۴

فصل چهارم : تجهیزات درون گمانه‌ای

۴-۱- تجهیزات حفاری مغزه‌گیری	۹۵
۴-۲- محفظه نگهدارنده مغزه	۹۶
۴-۲-۱- محفظه نگهدارنده معمول	۱۰۰
۴-۲-۲- محفظه نگهدارنده وایرلین	۱۰۷
۴-۳- بغل تراش	۱۱۱
۴-۴- لوله‌های حفاری	۱۱۳
۴-۴-۱- خصوصیات لوله‌های حفاری	۱۱۵
۴-۴-۲- رزوه کاری لوله‌های حفاری و کوپلینگ‌ها	۱۱۷
۴-۴-۳- وزنه	۱۲۰
۴-۴-۴- عملکرد لوله‌های حفاری در حفاری چرخشی	۱۲۰
۴-۵- تجهیزات کمکی برای جابجایی لوله حفاری	۱۳۰
۴-۶- لوله‌های جداره‌گذاری و تجهیزات کمکی جابجایی آنها	۱۳۱
۴-۷- تجهیزات حفاری مغزه‌گیری کابلی	۱۳۵

فصل پنجم : مته‌های حفاری و مغزه‌گیری

۵-۱- مته‌های مغزه‌گیری	۱۴۲
۵-۲- مته‌های مغزه‌گیری سایشی	۱۴۳
۵-۲-۱- مته‌های الماسه جایگذاری شده در سطح	۱۴۳

۱۴۸.....	۵-۲-۲- سرمته‌های الماسه آغشته	۱۴۸
۱۵۳.....	۵-۲-۳- مته‌های مغزه‌گیری پلی کریستال متراکم PDC	۱۵۳
۱۵۶.....	۵-۲-۴- سرمته‌های مغزه‌گیری تنگستن کاربید	۱۵۶
۱۵۸.....	۵-۳- مته‌های مغزه‌گیری کاجی	۱۵۸
۱۵۹.....	۵-۴- تاج (پیشانی) مته الماسه	۱۵۹
۱۵۹.....	۵-۴-۱- ابعاد هندسی	۱۵۹
۱۶۲.....	۵-۴-۲- مجموعه الماس‌های سطح سرمته	۱۶۲
۱۶۶.....	۵-۵- تفسیر الگوهای فرسایش	۱۶۶
۱۷۴.....	۵-۶- پارامترهای کاربردی	۱۷۴
۱۷۴.....	۵-۶-۱- سرعت دورانی برای سرمته‌های الماسه آغشته	۱۷۴
۱۷۶.....	۵-۶-۲- بار سرمته	۱۷۶
۱۸۱.....	۵-۶-۳- مقدار محلول حفاری	۱۸۱
۱۸۴.....	۵-۷- نگهداری مته الماسه	۱۸۴
۱۸۶.....	۵-۸- سرمته‌های غیرمغزه‌گیری	۱۸۶
۱۸۶.....	۵-۸-۱- مته‌های کاجی	۱۸۶
۱۸۸.....	۵-۸-۲- مته‌های سایشی غیر مغزه‌گیری	۱۸۸
۱۹۰.....	۵-۸-۳- ساختمان مته‌های کاجی (سه کاجی)	۱۹۰
۱۹۴.....	۵-۸-۴- کد گذاری و طبقه بندی مته‌های کاجی	۱۹۴
۱۹۸.....	۵-۹- فهرست شرکت‌های سازنده مته	۱۹۸
۱۹۹.....	۵-۱۰- انتخاب مته حفاری	۱۹۹
۲۰۲.....	۵-۱۰-۱- انتخاب مته‌های کاجی براساس مشخصات ژئومکانیکی سازند	۲۰۲
۲۱۲.....	۵-۱۰-۲- انتخاب سرمته‌های مغزه‌گیری براساس خصوصیات ژئومکانیکی سازند	۲۱۲
۲۱۵.....	۵-۱۰-۳- هزینه حفاری هر متر از چاه	۲۱۵
۲۱۸.....	۵-۱۰-۴- انرژی ویژه حفاری	۲۱۸
۲۱۹.....	۵-۱۱- پیش‌بینی هزینه حفاری	۲۱۹

فصل ششم : سیال حفاری

۱-۶- سیال حفاری	۲۲۱
۱-۱-۶- ترکیب گل حفاری (گل شیرین)	۲۲۳
۲-۶- مسیر چرخش سیال حفاری	۲۲۷
۳-۶- وظایف سیال حفاری	۲۲۹
۱-۳-۶- معلق نگهدارتن و خارج کردن کاتینگ‌ها از چاه	۲۳۰
۲-۳-۶- ایجاد غشای گلی و جلوگیری از ریزش دیواره چاه	۲۳۵
۳-۳-۶- کنترل فشار طبقات	۲۳۵
۴-۳-۶- خنک کردن و تمیز کردن سرشته	۲۳۶
۵-۳-۶- روان سازی و کاهش ساییدگی رشته ابزار حفاری	۲۳۶
۶-۳-۶- تحمل مقداری از وزن رشته ابزار حفاری	۲۳۶
۷-۳-۶- کمک به حفر سریعتر سازند	۲۳۷
۸-۳-۶- دادن اطلاعات زمین‌شناسی سازندهای حفاری شده	۲۳۷
۴-۶- کیفیت محلول گل	۲۳۸
۵-۶- محاسبات وزن مخصوص گل حفاری	۲۴۷
۶-۶- پمپ گل حفاری	۲۵۱
۱-۶-۶- محاسبه دبی پمپاژ برای یک پمپ پستونی گل حفاری (فاکتور پمپ)	۲۵۵
۲-۷-۶- فشار مورد نیاز گل حفاری	۲۵۷
۳-۶-۶- توان مورد نیاز برای بکار انداختن یک پمپ گل حفاری	۲۶۱
۸-۶- انواع پمپ‌ها	۲۶۱
۱-۸-۶- پمپ‌های پستونی	۲۶۱
۲-۸-۶- پمپ‌های دیافراگمی	۲۶۲
۳-۸-۶- پمپ‌های پلانتر	۲۶۳
۴-۸-۶- پمپ‌های سانتریفیوژ	۲۶۳
۹-۶- انتخاب پمپ‌ها	۲۶۳
۱-۹-۶- ملزومات حفاری	۲۶۳
۲-۹-۶- انتخاب موتور و سیستم انتقال نیرو	۲۶۴
۳-۹-۶- نصب و راه اندازی	۲۶۴

فصل هفتم : مانده یابی

۲۶۷.....	۱-۷- مقدمه
۲۶۷.....	۲-۷- مانده و مانده یابی
۲۷۰.....	۳-۷- اثرات اقتصادی عملیات مانده یابی
۲۷۲.....	۴-۷- قوانین اصلی در مانده یابی
۲۷۷.....	۵-۷- گیر کردن لوله
۲۷۸.....	۱-۵-۷- گیر کردن در ماسه
۲۷۸.....	۲-۵-۷- گیر کردن در گل حفاری
۲۷۹.....	۳-۵-۷- گیر کردن های مکانیکی
۲۸۰.....	۴-۵-۷- گیر کردن جاکلیدی
۲۸۱.....	۵-۵-۷- گیر کردن در سیمان
۲۸۲.....	۶-۵-۷- گیر در تنگ شدگی گمابه ها
۲۸۳.....	۷-۵-۷- گیر کردن ناشی از فوران
۲۸۴.....	۸-۵-۷- گیر کردن ناشی از هرزروی
۲۸۵.....	۹-۵-۷- گیر کردن در اثر لجنی شدن و پوسته پوسته شدن
۲۸۷.....	۶-۷- ابزار آلات مانده یابی
۲۹۴.....	۷-۷- دلایل ایجاد مانده و روش مقابله با آن
۲۹۸.....	۸-۷- آنالیز ریسک در عملیات مانده یابی
۳۰۰.....	۱-۸-۷- چگونه می توان EFT را در هر زمان تعیین کرد
۳۰۱.....	۲-۸-۷- تعیین EFT بعد یک روز از عملیات مانده یابی (EFT ₁)
۳۰۳.....	۳-۸-۷- تعیین منحنی توزیع احتمال
۳۰۷.....	۴-۸-۷- روش گرافیکی برای چک کردن عملیات مانده یابی

فصل هشتم : طراحی عملیات حفاری

۳۱۴.....	۱-۸- بررسی سایت قبل از شروع عملیات حفاری
۳۱۴.....	۲-۸- تجهیز گارگاه
۳۱۷.....	۳-۸- تحویل نقاط

۳۱۷.....	۴-۸- ایجاد راه دسترسی
۳۱۸.....	۵-۸- تجهیز سایت حفاری
۳۲۲.....	۶-۸- اجرای عملیات حفاری
۳۲۴.....	۷-۸- لوله گذاری
۳۲۴.....	۸-۸- پیمان کردن گمانه
۳۲۶.....	۹-۸- آرشیو مغزه ها و ثبت اطلاعات
۳۲۷.....	۱۰-۸- انحراف سنجی
۳۲۸.....	۱۱-۸- تحویل گمانه
۳۳۰.....	۱۲-۸- گزارشات حفاری
۳۳۰.....	۱-۱۲-۸- فرم گزارشات روزانه
۳۳۱.....	۲-۱۲-۸- فرم گزارشات تجمعی ماهانه
۳۳۲.....	۳-۱۲-۸- فرم تجهیزات مصرفی حفاری
۳۳۷.....	منابع

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱: نرخ نفوذ برحسب پارامترهای مختلف ۵
- شکل ۲-۱: اثر پارامترهای مختلف در نرخ نفوذ ۶
- شکل ۳-۱: اثر پارامترهای تحقیق یاسار بر نرخ نفوذ ۹
- شکل ۴-۱: روند آزمایش تردی ۲۷
- شکل ۵-۱: روند آزمایش دریل مینیاتوری ۲۸
- شکل ۶-۱: محاسبه شاخص نرخ حفاری ۲۹
- شکل ۱-۲: دستگاه حفاری به روش تشدید صوتی ۳۵
- شکل ۲-۲: نوسانگر تولید کننده لرزش رشته حفاری ۳۷
- شکل ۳-۲: سیستم حفاری کابلی (ضربه‌ای) ۴۰
- شکل ۴-۲: مته حفاری مارپیچ دار توخالی ۴۱
- شکل ۵-۲: اجزا سایت حفاری چرخشی در حفاری چاه‌های نفت ۴۴
- شکل ۶-۲: حفاری چرخشی دوجداره با جریان معکوس گل حفاری ۴۷
- شکل ۷-۲: تجهیزات حفاری به روش لوله مغزی ۵۰
- شکل ۸-۲: نمایش شماتیک حفاری ضربه‌ای ۵۱
- شکل ۹-۲: دستگاه حفاری ضربه‌ای ساده ۵۲
- شکل ۱۰-۲: دستگاه حفاری ضربه‌ای جدید ۵۳
- شکل ۱۱-۲: اجزای مختلف دستگاه حفاری ضربه‌ای ۵۴
- شکل ۱۲-۲: یک نمونه وینچ مته و متعلقات درون چاهی ۵۵
- شکل ۱۳-۲: مته حفاری ضربه‌ای ۵۷
- شکل ۱۴-۲: نمای شماتیک جاز ۵۸
- شکل ۱۵-۲: ترسیمه شماتیک گلکش دستگاه حفاری ضربه‌ای ۶۰
- شکل ۱۶-۲: چنگک مغزه‌گیر ۶۷
- شکل ۱-۳: اجزاء دستگاه حفاری ۷۱
- شکل ۲-۳: سوار بر کامیون خود کشنده (اینگراسولند TF) ۷۳
- شکل ۳-۳: سوار بر تریلر ۷۴
- شکل ۴-۳: سکوی ثابت ۷۴
- شکل ۵-۳: چرخ زنجیر ۷۴
- شکل ۶-۳: یک موتور مولد نیروی دستگاه حفاری ۷۵

شکل ۳-۷: دکل جعبه‌ای	۸۰
شکل ۳-۸: دکل حفاری نردبانی	۸۰
شکل ۳-۹: دکل لولایی	۸۰
شکل ۳-۱۰: حفاری بدون دکل در گالری زیرزمینی	۸۰
شکل ۳-۱۱: دکل تلسکوپی	۸۱
شکل ۳-۱۲: واحد کنترل دستگاه حفاری CS-14	۸۷
شکل ۳-۱۳: سیستم تولید نیرو مرکب از دو دیزل ژنراتور	۸۹
شکل ۳-۱۴: سیستم بالا بری یک دستگاه حفاری	۸۹
شکل ۳-۱۵: وینچ دستگاه حفاری	۹۰
شکل ۳-۱۶: مقطع افقی دکل و نیروهای وارده	۹۳
شکل ۴-۱: تجهیزات درون گمانه‌ای اصلی و کمکی	۹۷
شکل ۴-۲: کرپارل یک جداره معمول	۱۰۱
شکل ۴-۳: کرپارل دوجداره صلب	۱۰۳
شکل ۴-۴: کرپارل دوجداره هرزه کرد	۱۰۵
شکل ۴-۵: قطعات کرپارل وایرلاین	۱۰۹
شکل ۴-۶: پایدارکننده	۱۰۹
شکل ۴-۷: اجزاء فنر مغزه‌گیر	۱۰۹
شکل ۴-۸: انواع بغل تراش	۱۱۱
شکل ۴-۹: انواع مختلف رزوه‌ها	۱۱۵
شکل ۴-۱۰: قفل ایمنی	۱۳۲
شکل ۴-۱۱: انواع اتصالات لوله‌های جداري	۱۳۴
شکل ۴-۱۲: ابعاد سرمت مغزه‌گیری کابلی	۱۳۵
شکل ۴-۱۳: ابعاد بغل تراش مغزه‌گیری کابلی	۱۳۷
شکل ۵-۱: متغره‌گیری سایشی	۱۴۴
شکل ۵-۲: متغره‌گیری جابجایی شده در سطح	۱۴۵
شکل ۵-۳: شکل سطح مقطع برش‌دهنده متغره‌های الماسه‌گیری جابجایی شده در سطح	۱۴۷
شکل ۵-۴: سرمت‌های آغشته	۱۴۹
شکل ۵-۵: آبراهه‌های تخلیه تمام مقطع	۱۵۲
شکل ۵-۶: انواع سرمت‌های PDC	۱۵۵

شکل ۵-۷: سرمته کاربید تنگستن دندان‌اره‌ای	۱۵۷
شکل ۵-۸: پروفایل تاج سرمته‌های خرده کاربیدی	۱۵۸
شکل ۵-۹: سرمته‌های کاجی مغزه‌گیری	۱۵۹
شکل ۵-۱۰: تمرکز الماس‌ها روی مته	۱۶۵
شکل ۵-۱۱: سرمته الماسه آغشته نو	۱۶۷
شکل ۵-۱۲: الکوی فرسایش ایده‌آل	۱۶۷
شکل ۵-۱۳: کاملاً استفاده شده	۱۶۷
شکل ۵-۱۴: کاهش اندازه‌گیری قطر خارجی	۱۶۹
شکل ۵-۱۵: کاهش اندازه قطر داخلی	۱۶۹
شکل ۵-۱۶: ترک خوردن آبراه	۱۷۰
شکل ۵-۱۷: مقعر شدن تاج	۱۷۰
شکل ۵-۱۸: محدب شدن تاج	۱۷۱
شکل ۵-۱۹: خروج بیش از اندازه الماس‌ها	۱۷۲
شکل ۵-۲۰: صیقلی شدن سطح سرمته	۱۷۳
شکل ۵-۲۱: سوختن تاج سرمته	۱۷۳
شکل ۵-۲۲: انواع مختلف مته‌های کاجی	۱۸۷
شکل ۵-۲۳: مته‌های اسکنه‌ای	۱۹۰
شکل ۵-۲۴: اجزای بیرونی مته کاجی سه کاجی	۱۹۱
شکل ۵-۲۵: مقطع بیرینگ R.B.R	۱۹۱
شکل ۵-۲۶: بیرینگ F.F.F	۱۹۳
شکل ۵-۲۷: مقطع عرضی یک بیرینگ	۱۹۴
شکل ۶-۱: انواع سیالات مورد استفاده به عنوان گل حفاری	۲۲۳
شکل ۶-۲: مسیر چرخش گل حفاری	۲۲۸
شکل ۶-۳: محاسبه سرعت‌های گل حفاری در فضای حلقوی و داخل رشته لوله‌های حفاری	۲۳۲
شکل ۶-۴: ترازوی گل حفاری	۲۳۴
شکل ۶-۵: پمپ گل حفاری مورد استفاده در حفاری چاه‌های نفت	۲۵۲
شکل ۶-۷: پمپ گل حفاری مورد استفاده در حفاری‌های اکتشافی	۲۵۲
شکل ۶-۸: پمپ گل حفاری مورد استفاده در حفاری‌های ژئوتکنیک	۲۵۳
شکل ۶-۹: نمای داخلی و اجزای یک پمپ گل با سه لاینر	۲۵۴

شکل ۶-۱۰: اجزای اصلی و قابل تعویض در پمپ‌های گل حفاری.....	۲۵۴
شکل ۶-۱۱: نمای شماتیک چگونگی عملکرد یک لاینر پمپ گل دو طرفه.....	۲۵۵
شکل ۶-۱۳: افت فشار در دستگاه حفاری.....	۲۵۷
شکل ۷-۱: گیرکردن در گل حفاری.....	۲۷۹
شکل ۷-۲: گیر کردن مکانیکی.....	۲۸۰
شکل ۷-۳: گیر کردن جاکلیدی.....	۲۸۱
شکل ۷-۴: گیر کردن در سیمان.....	۲۸۲
شکل ۷-۵: گیر کردن در تنگ‌شدگی گمانه‌ها.....	۲۸۲
شکل ۷-۶: گیر کردن ناشی از فوان.....	۲۸۴
شکل ۷-۷: گیر کردن ناشی از هرزروی گل.....	۲۸۵
شکل ۷-۸: گیر ناشی از لجنی شدن یا پوسته پوسته شدن.....	۲۸۷
شکل ۷-۹: قلاويزهای درون‌گیر و بیرون‌گیر.....	۲۸۹
شکل ۷-۱۰: انواع قلاويزهای زنگوله‌ای و پینی.....	۲۹۰
شکل ۷-۱۱: ابزار بازیابی لوله‌های جداری.....	۲۹۱
شکل ۷-۱۲: انواع ابزارآلات مانده‌یابی.....	۲۹۲
شکل ۷-۱۳: انواع آسیا کننده‌ها.....	۲۹۳
شکل ۷-۱۴: احتمال موفقیت عملیات مانده‌یابی.....	۲۹۹
شکل ۷-۱۵: EFT در هنگام وقوع مشکل.....	۳۰۱
شکل ۷-۱۶: EFT در زمان $t = 1 \text{ day}$	۳۰۲
شکل ۷-۱۷: EFT در زمان $t = 2 \text{ day}$	۳۰۲
شکل ۷-۱۸: EFT در زمان $t = n \text{ day}$	۳۰۳
شکل ۷-۱۹: درخت تصمیم گیری برای $EFT = 1 \text{ day}$	۳۰۵
شکل ۷-۲۰: درخت تصمیم گیری برای $EFT = 2 \text{ day}$	۳۰۵
شکل ۷-۲۱: عامل احتمال چگالی.....	۳۰۶
شکل ۷-۲۲: درخت تصمیم گیری در حالت کلی.....	۳۰۶
شکل ۷-۲۳: احتمال موفقیت برای دو نمونه فرضی.....	۳۱۰
شکل ۷-۲۴: شکل گرافیکی نمونه به‌کارگیری شده.....	۳۱۱
شکل ۸-۱: فلوچارت مراحل اجرایی عملیات حفاری.....	۳۱۵
شکل ۸-۲: ایجاد راه دسترسی بوسیله لودر.....	۳۱۸

شکل ۸-۳: محدوده آماده سازی شده برای حفاری یک گمانه.....	۳۱۹
شکل ۸-۴: ساخت سکو بوسیله شابلون.....	۳۲۱
شکل ۸-۵: نصب تابلوهای هشدار دهنده.....	۳۲۲
شکل ۸-۶: خروج مغزه از جداره داخلی.....	۳۲۳
شکل ۸-۷: طرح شماتیک جداره گذاری.....	۳۲۵
شکل ۸-۸: آرشیر مغزه ها در جعبه.....	۳۲۷
شکل ۸-۹: دستگاه انحراف سنجی.....	۳۲۸
شکل ۸-۱۰: بستن گمانه.....	۳۲۹
شکل ۸-۱۱: فرم گزارشات روزانه.....	۳۳۱
شکل ۸-۱۲: فرم گزارشات ماهانه.....	۳۳۳
شکل ۸-۱۳: جدول مواد مصرفی هر دستگاه.....	۳۳۴
شکل ۸-۱۴: لیست تجهیزات.....	۳۳۵

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱: مشخصات فنی دستگاه مورد استفاده در آزمایش لاند و همکاران	۱۰
جدول ۱-۲: تعیین قابلیت حفاری سنگ به طور توصیفی	۲۹
جدول ۱-۳: بازدهی با توجه به تعداد خطوط عبوری	۹۲
جدول ۲-۳: نیروهای وارد بر پایه‌های دکل	۹۴
جدول ۱-۴: ابعاد لوله‌های حفاری در استاندارد روسیه	۱۱۷
جدول ۲-۴: ابعاد و وزن لوله‌های حفاری براساس استاندارد DCDMA	۱۱۹
جدول ۳-۴: سرعت بحرانی لوله‌های حفاری	۱۲۹
جدول ۴-۴: اندازه استاندارد لوله‌های جداری نوع flush-coupling	۱۳۳
جدول ۵-۴: اندازه استاندارد لوله‌های جداری نوع flush-joints	۱۳۳
جدول ۶-۴: مشخصات ابعادی سرمه مغزه‌گیری کابلی	۱۳۶
جدول ۷-۴: مشخصات ابعادی بغل تراش مغزه‌گیری کابلی	۱۳۸
جدول ۸-۴: راهنمای وزن پشت مته و سرعت چرخش سرمه مغزه‌گیری کابلی	۱۳۹
جدول ۱-۵: اندازه سرمه‌ها در استاندارد افریقای جنوبی	۱۶۰
جدول ۲-۵: اندازه سرمه‌ها در استاندارد DCDMA	۱۶۱
جدول ۳-۵: تعداد الماس‌ها در یک قیراط SPC	۱۶۳
جدول ۴-۵: طبقه‌بندی کیفیت الماس شرکت‌های سازنده	۱۶۴
جدول ۵-۵: دلایل و راه‌حل کاهش قطر خارجی	۱۶۸
جدول ۶-۵: دلایل و راه‌حل کاهش قطر داخلی	۱۶۹
جدول ۷-۵: دلایل و راه‌حل مقعر شدن تاج	۱۷۰
جدول ۸-۵: دلایل و راه‌حل محدب شدن تاج	۱۷۱
جدول ۹-۵: دلایل و راه‌حل خروج بیش از اندازه دانه‌های الماس	۱۷۲
جدول ۱۰-۵: دلایل و راه‌حل صیقلی شدن سطح سرمه	۱۷۳
جدول ۱۱-۵: سرعت دورانی توصیه شده برای سرمه‌های الماسه	۱۷۷
جدول ۱۲-۵: حداکثر و حداقل میزان بار برای سرمه‌های آغشته	۱۷۹
جدول ۱۳-۵: حداکثر بار برای سرمه‌های مغزه‌گیری جایگذاری شده در سطح	۱۸۰
جدول ۱۴-۵: حداکثر بار سرمه‌های کاربرد تنگستن	۱۸۱
جدول ۱۵-۵: میزان سیال حفاری برای سرمه	۱۸۳
جدول ۱۶-۵: راهنمای نرخ جریان سیال سرمه‌های الماسه	۱۸۳

جدول ۵-۱۷: توصیه‌های ایمنی حمل سرمته‌های الماسه	۱۸۴
جدول ۵-۱۸: توصیه‌های ایمنی استفاده از سرمته‌های الماسه	۱۸۵
جدول ۵-۱۹: کدگذاری و طبقه‌بندی چهارتایی مته‌های کاجی	۱۹۵
جدول ۵-۲۰: شرکت‌های تولید کننده سرمته	۱۹۸
جدول ۵-۲۱: گروه‌های سازندی بر طبق IADC	۲۰۴
جدول ۵-۲۲: انتخاب سرمته مناسب برای سازند نرم و چسبنده	۲۰۶
جدول ۵-۲۳: انتخاب سرمته مناسب برای سازند نرم تا متوسط	۲۰۷
جدول ۵-۲۴: انتخاب سرمته مناسب برای سازند متوسط	۲۰۸
جدول ۵-۲۵: انتخاب سرمته مناسب برای سازند متوسط تا سخت	۲۰۹
جدول ۵-۲۶: انتخاب سرمته مناسب برای سازند سخت	۲۱۰
جدول ۵-۲۷: انتخاب سرمته مناسب برای سازند بسیار سخت	۲۱۱
جدول ۵-۲۸: انتخاب سرمته مغزه‌گیری	۲۱۲
جدول ۵-۲۹: طبقه‌بندی سختی موهس	۲۱۳
جدول ۵-۳۰: راهنمای سرمته‌های الماسه	۲۱۴
جدول ۵-۳۱: اطلاعات سرمته پیشنهادی	۲۱۶
جدول ۶-۱: انواع و خصوصیات افزودنی‌های مورد استفاده در حفاری‌های اکتشافی	۲۴۶
جدول ۶-۲: افت فشار در رشته حفاری	۲۵۸
جدول ۶-۳: افت فشار در فضای آنولوس اطراف رشته حفاری	۲۶۰

حفاری اکتشافی

حفاری، مهم‌ترین روش اکتشاف ذخایر معدنی می‌باشد. عملیات مختلفی که برای حفر یک سوراخ استوانه‌ای شکل در زمین انجام می‌گیرد موسوم به گمانه‌زنی یا حفاری است که امتداد گمانه‌ها معمولاً قائم است. طول گمانه می‌تواند از چند سانتیمتر تا چند کیلومتر تغییر نماید. این روش علاوه بر اکتشاف ذخایر زیرزمینی، در مهندسی زمین‌شناسی و هیدروژئولوژی نیز به کار گرفته می‌شود. همچنین در اکتشاف نفت و گاز گذشته از روش‌های غیرمستقیم همانند لرزه‌نگاری و ژئوفیزیک این روش تنها روش مستقیم ارزیابی این ذخایر است. علاوه بر موارد ذکر شده، حفاری برای اهداف مهندسی مختلف و حفر شفت‌ها نیز کاربرد دارد.

عمومیت استفاده از حفاری مغزه‌گیری به دلایل زیر است:

- ۱- امکان بدست آوردن ستون سنگی (مغزه) به منظور تهیه مقطع زمین‌شناسی محل حفاری و نمونه‌برداری برای تعیین عیار ماده معدنی، داده‌های ژئوشیمیایی، ژئوفیزیکی و ژئوتکنیکی
- ۲- توانایی حفر گمانه در راستاها و با شیب‌های مختلف در همه انواع تشکیلات سنگی با استفاده از مته‌های مناسب و همچنین امکان حفاری به سمت بالا از داخل فضاها یا زیرزمینی
- ۳- توانایی حفر گمانه‌های کم قطر تا اعماق بسیار زیاد با تجهیزات نسبتاً سبک

حفاری مغزه‌گیری در سنگ‌های سخت با مته‌های الماسه مغزه‌گیر انجام می‌شود. حفاری چرخشی-ضربه‌ای با چکش داخل گمانه هیدرولیک یا پنوماتیک با کارایی خوبی در سنگ‌های سخت و شکننده کاربرد دارد هرچند توان گرفتن مغزه و نمونه دست‌نخورده را ندارد. سنگ‌های نیمه‌سخت و نرم با روش چرخشی حفاری می‌گردد که از مته‌های مغزه‌گیری تنگستن کاربیدی استفاده می‌شود. در صورتی‌که حفاری در محلی صورت گیرد که بر اساس مطالعات قبلی، مرز

ماده معدنی و باطله مشخص باشد، امکان تغییر حفاری مغزه‌گیری به حفاری غیر مغزه‌گیری در طول باطله وجود دارد که با این کار، می‌توان سرعت نفوذ و راندمان حفاری را افزایش داد.

عمق گمانه‌های مغزه‌گیری در محدوده وسیعی از چندین متر تا چندین هزار متر متغیر است. بیشترین عمق گمانه حفاری شده در حدود ۴۵۰۰ متر است که در آفریقای جنوبی و با استفاده از مته الماسه به قطرهای ۵۹ و ۴۸ میلیمتر حفاری شده است.

قطر گمانه مغزه‌گیری به هدف و نوع مته مورد استفاده بستگی دارد. معمولاً حفاری الماسه با قطرهای ۵۹، ۷۶ و ۴۶ میلیمتر صورت می‌گیرد. درحالی‌که حفاری با مته تنگستن کاربیدی در گمانه‌های اکتشافی با قطرهای ۹۲، ۷۶ و ۵۹ میلیمتر و در مهندسی زمین‌شناسی و گمانه‌های هیدروژئولوژیکی با قطر مته‌ها ۱۹۰، ۱۳۲ و ۱۱۲ میلیمتر کاربرد بیشتری دارد. چال‌های انفجاری دارای قطر بزرگتر ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ میلیمتر هستند که در کارهای معدنی و راه‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۱].

در آینده نزدیک، حفاری مغزه‌گیری به سرعت توسعه خواهد یافت. این مطلب بویژه در مورد حفاری الماسه و چکش‌های هیدرولیک داخل چال صادق است. بیشترین کاربرد را سیستم مغزه‌گیری کابلی و مته‌های سخت خواهند داشت. استفاده از روش حفاری مغزه‌گیری کابلی زمان خارج کردن مغزه را کاهش می‌دهد زیرا کربارل و مغزه بوسیله کابل‌هایی با بالابرهای ویژه به سطح زمین انتقال می‌یابند. درحالی‌که رشته حفاری در داخل گمانه باقی می‌ماند و تنها در هنگام جایگزینی مته و یا پایان حفر گمانه بعد از چندین صد متر حفاری رشته حفاری خارج می‌گردد.

تاریخچه حفاری مغزه‌گیری

تاریخچه حفاری مغزه‌گیری به زمان‌های کهن باز می‌گردد. به نظر می‌رسد قدمت حفر کردن زمین به همان کهنسالی تاریخ اجتماعی انسان باشد. در ابتدا به منظور یافتن آب با دست و ابزار ساخته دست خود زمین را حفر می‌کردند. چینی‌ها در سال ۲۵۶ قبل از میلاد توانستند نوعی ساده از حفاری ضربه‌ای را ابداع نمایند که تا ۲۰ قرن یعنی تا حدود سال‌های ۱۸۰۰

میلادی با تغییرات جزئی مورد استفاده قرار می‌گرفت. آنها با این روش توانسته بودند تا عمق ۶۰۰ متری حفاری نمایند. تجربیات چینی‌ها بعدها به غرب منتقل شد [۲].

برطبق نظر پتریس^۱، ساخت اهرام و پرستشگاه‌های مصریان باستان با استفاده از حفاری با لوله‌های الماس دار یا مته‌های حفاری دایره‌ای که در ته آن پودر ساینده‌ای وجود داشت انجام گرفته است.

پیشرفت سریع صنایع و تقاضای روزافزون برای حفاری باعث شد که دگرگونی و تحول حفاری ضربه‌ای که از سال ۱۸۰۰ آغاز شده بود به تدریج آهنگ سریع‌تری یابد. نیروی بخار به کار گرفته شد و مهارت فنی حفران افزایش یافت.

ابداع روش حفاری دورانی چینی در صنعت حفاری به وجود آورد. در اواخر قرن نوزدهم شکل ساده این روش بکار گرفته شد و با طی روند تکاملی و با پیشرفت سریع در ساخت دکل‌ها، مته‌ها و پمپ‌ها در سال ۱۹۳۰ تقریباً به طور کامل جانشین حفاری ضربه‌ای شد. این روش در مقاسیه با حفاری ضربه‌ای توانایی نفوذ به اعماق بیشتری را داراست.

حفاری مغزه‌گیری مدرن، توسط یک مهندس سوئسی به نام لزور^۲ شکل گرفته است. او برای اولین بار در سال ۱۸۶۲، استفاده از مجموعه الماس‌هایی تعبیه شده بر روی یک مته دایره‌ای شکل را پیشنهاد داد. او همچنین به همراه یک مکانیک به نام پیگوت^۳ اولین ماشین حفاری الماسه را برای حفر چال‌های انفجاری کم عمق ابداع نمود.

در سال ۱۸۶۴، در احداث تونل راه‌آهن از بین ایتالیا و فرانسه^۴، از یک دستگاه حفاری با موتور بخار کوچک استفاده شد که مته‌ای به قطر ۴۳ میلیمتر را با سرعت ۳۰ دور در دقیقه^۵ می‌چرخاند. در سنگ‌های سخت (گرانیت) این ماشین چال‌هایی به طول ۲۵ تا ۳۰ سانتیمتر را در هر ساعت حفر کرد. قطر مغزه این دستگاه ۳۰ سانتیمتر بود. پس از آن، استفاده از حفاری

^۱ Sir Flinders Petris

^۲ G. R. Lesueur

^۳ Pigott

^۴ Mount Cenis

^۵ rpm

مغزه‌گیری در گستره وسیعی از اکتشاف در سنگ‌های سخت آغاز گردید. با توجه به اینکه در آن زمان سرمته‌ها تنها از الماس ساخته می‌شد، حفاری مغزه‌گیری با نام حفاری الماسه شناخته شد.

در سال ۱۸۶۷، بول‌لوک^۱ امتیاز (پتنت) ماشین بخار حفاری الماسه را ثبت کرد.

در سال ۱۸۷۲، شرکت میچور بومونت^۲ انگلستان، حفاری الماسه مغزه‌گیری را اختراع کرد و در سال ۱۸۷۵ این روش قادر به حفر گمانه‌ای با قطر ۱۳۰ میلیمتر با عمق ۷۰۰ متر بود. در سال ۱۸۷۲، آلبرت هال^۳ از کارخانه سولیوان^۴ ماشین حفاری هیدرولیکی را طراحی کرد. در دهه ۱۸۸۰، یک مهندس سوئدی به نام کرلیوس^۵، دستگاه حفاری را اختراع کرد و نمونه اولیه KAM، BNPT و دیگر مدل‌ها را طراحی کرد و در سال ۱۸۸۶، شرکت حفاری الماسه سوئد^۶، مدل کرلیوس با تغذیه مستقیم^۷ را تولید نمود.

توسعه حفاری الماسه در روسیه از اواخر قرن هیجدهم شروع شد. پروفیسور ویسوف^۸ تعدادی ماشین حفاری الماسه ابداع کرد و برای اولین بار در سال ۱۸۹۹، آینده روشنی برای سرمته‌های الماسه پیش‌بینی کرد.

در سال ۱۸۹۹، دیویس^۹ (مهندس امریکایی) از مته‌های ساچمه‌ای به جای مته الماسه برای ایجاد چال‌های قطور در سنگ‌های سخت و پردرزه استفاده کرد.

در طول جنگ جهانی اول (۱۹۱۵)، یک مهندس آلمانی به نام لومان^{۱۰} استفاده از ولومیت^{۱۱} و آلیاژ سخت کربید تنگستن را پیشنهاد داد.

1 M. Bullock

2 Major Beaumont

3 Albert Hall

4 Sullivan

5 R. A. Craelius

6 Swedish Diamond Drill Company

7 Craelius Lever-feed

8 S. G. Voislav

9 Davis

10 Lohmann

11 wolomite

در روسیه به منظور پی جویی ذخایر کانی مفید، به ندرت از حفاری مغزه‌گیری استفاده می‌شد. حفاری به منظور پی‌جویی مواد معدنی به طور عمده با دست انجام می‌شد و حفاری برای اکتشاف نفت با روش حفاری ضربه‌ای صورت می‌گرفت. تنها از انقلاب بزرگ اکتبر بود که حفاری اکتشافی در این کشور واقعاً شروع به پیشرفت کرد [۱].

در سال ۱۹۲۷، کمبود الماس‌های مصنوعی^۱ بدلیل الماس‌ها که نتیجه افزایش مصرف این ماده در صنایع بود، احساس شد. از سال ۱۹۲۷، با پیشنهاد پروفیسور کریتر^۲ استفاده از حفاری ساچمه‌ای^۳ برای حفاری در سنگ‌های خرد شده، سخت و ساینده در کشور روسیه آغاز شد (مصرف مته‌های الماسه در حفاری چنین سنگ‌هایی بسیار بالا بود). در همان سال تولید انبوه پوبدیت^۴ (آلیاز تنگستن-کبالت-کربن-تیتانیوم) شروع شد که برای تولید مته‌های ساچمه‌ای از آن استفاده شد. کاربرد این آلیاز در حفاری زغالسنگ، کانی‌های نمک و ماده معدنی منگنز به سرعت گسترش یافت.

از سال ۱۹۲۹، پی‌جویی‌های زمین‌شناسی با سرعت بی‌سابقه‌ای توسعه یافت. حفار مغزه‌گیری بزرگ مقیاس برای پی‌جویی مواد معدنی غیرآهنی در منطقه اورال، سبیری و قزاقستان در حال اجرا بود.

سال ۱۹۴۴، شروع مدرنیزه کردن تجهیزات حفاری بود. توصیه‌های تکنیکی برای استاندارد جدید کیسنگ و لوله‌های حفاری، کرپارل و سرمته تهیه شد و اندازه‌های استاندارد حفاری مغزه‌گیری اکتشافی ارائه شد. این استانداردها شامل چاه‌های با اعماق ۷۵، ۱۵۰، ۳۰۰، ۶۰۰ و ۱۲۰۰ متر بود.

امروزه با استفاده از دستگاه‌های حفاری بسیار مدرن و پیشرفته شاهد تحولات خیره‌کننده در تکنیک‌های حفاری هستیم.

1 carbonados, black diamond or simply carbons

2 V. M. Kreiter

3 Shot drilling

4 Pobedit

معرفی کتاب

وجود ذخایر معدنی متعدد در کشور مستلزم یافتن راهکاری جهت شناسایی و استفاده بهینه از آنها می‌باشد. از جمله روش‌های تعیین ذخیره و ارزیابی ذخایر معدنی، روش حفاری اکتشافی است که خوشبختانه در سال‌های اخیر با اقبال خوبی از طرف مهندسين جامعه معدنکاری مواجهه شده است. با این حال، مساله مهمی که جای تأمل دارد این است که درصد بالایی از این کار به صورت تجربی و بدون اتکا به مراجع علمی مناسب در حال انجام بوده و بیشتر ماهیت سعی و خطا دارد.

با توجه به پتانسیل بالای کشور و وجود ذخایر عظیم نفت و گاز، در زمینه حفاری مخازن هیدروکربوری قبلاً کتاب‌هایی منتشر شده است و تا حدودی نیاز این صنعت برطرف گردیده است. ولی در زمینه حفاری اکتشافی و روش‌ها مرسوم در آن، تاکنون کتاب جامعی در اختیار جامعه معدنی کشور قرار نگرفته است. این نیاز، مؤلفین را بر آن داشت تا با هدف ارائه مطالب علمی، ساده و کاربردی به منظور بالا بردن سطح دانش حفاران کشور و همچنین ارائه منبع مناسب به عنوان بخشی از درس «حفاری اکتشافی» برای دانشجویان رشته مهندسی معدن کتاب حاضر را تألیف نمایند.

کتاب «حفاری اکتشافی» با تکیه بر حفاری اکتشافی معرزه‌گیری به گونه‌ای تنظیم شده است که خواننده بتواند اطلاعات مورد نیاز خود را در این زمینه به سهولت کسب نماید. مطالب کتاب در ۸ فصل ارائه شده است.

پیش‌بینی نرخ نفوذ برای برنامه‌ریزی بسیار مهم است زیرا می‌توان بر اساس آن هزینه عملیات را محاسبه کرد. علاوه بر این با استفاده از این پیش‌بینی می‌توان نوع دستگاه حفاری برای شرایط خاص را تعیین کرد. مدل‌های مختلفی برای نرخ نفوذ ارائه شده‌اند. این مدل‌ها و مطالعات انجام شده در فصل اول مورد بررسی قرار گرفته است.

امروزه حفاری به دو روش کلی حفاری مکانیکی و غیرمکانیکی تقسیم می‌شود. فصل دوم به معرفی روش‌های متداول حفاری می‌پردازد. از جمله این روش‌ها می‌توان به حفاری لرزشی،

شیمیایی، حرارتی، چرخشی، کابلی و وایرلاین اشاره کرد. با توجه به اهمیت و وسعت استفاده از روش‌های حفاری مکانیکی، این روش‌ها به تفصیل در این فصل تشریح شده است.

در فصل سوم به معرفی تجهیزات سطحی مورد استفاده در این صنعت پرداخته می‌شود. شرح قسمت‌ها مختلف یک دستگاه حفاری از جمله دکل، سیستم تولید و انتقال نیرو و شاسی، بخش‌های مختلف این فصل را تشکیل می‌دهند.

نیرو و بار ایجاد شده توسط تجهیزات سطحی دستگاه حفاری بوسیله رشته حفاری به سرمته منتقل شده و در نهایت برای برش سنگ از آن استفاده می‌گردد. رشته حفاری از قطعات مجزای لوله حفاری، مجموعه کربارل و بغل‌تراش تشکیل شده است که در فصل چهارم به معرفی این تجهیزات پرداخته می‌شود. هدف از حفاری اکتشافی بدست آوردن نمونه‌ای است که تا حد امکان معرف خصوصیات سنگ در عمق حفاری باشد. با توجه به اینکه کربارل مهمترین عامل در تعیین کیفیت مغزه‌ها می‌باشد، طراحی‌های مختلفی که برای آن در طول سال‌ها انجام شده است و خصوصیات آنها در این فصل آمده است.

در بخش انتهایی رشته حفاری سرمته نصب می‌شود. سرمته ابزار برش سنگ است و اولین ابزاری است که در حفاری‌های اکتشافی در تماس مستقیم با سنگ است. بدلیل اهمیت فوق العاده عملکرد سرمته در کارایی عملیات حفاری و افزایش نرخ نفوذ و سرعت حفاری، انواع مختلف سرمته با شکل‌ها، طراحی‌ها و جنس‌های مختلف، روانه بازار مصرف شده است. در فصل پنجم به تفصیل، معرفی سرمته‌ها و نحوه انتخاب سرمته برای شکلات خاص مطرح شده است. انواع مختلف مته‌های مغزه‌گیری و غیر مغزه‌گیری، تفسیر الگوهای فرمایش، مشخصات سرمته، پارامترهای کاربردی و نحوه انتخاب سرمته در این فصل تشریح شده است.

به منظور افزایش بازدهی حفاری و جلوگیری از کاهش عمر سرمته، ذرات خرد شده سنگ، باید با سرعت از ته گمانه به سطح زمین منتقل شوند. این عمل از طریق سیال حفاری امکان‌پذیر است که در فصل ششم تشریح می‌گردد. کیفیت سیال حفاری و روش اندازه‌گیری خصوصیات آن، انواع سیال و اجزا تشکیل‌دهنده آن و همچنین مواد شیمیایی که به محلول گل اضافه می‌شود در این فصل معرفی و تشریح می‌گردد.

در فصل هفتم مبحث مانده‌یابی مطرح می‌شود. این فصل شامل معرفی عملیات مانده‌یابی، روش‌های مانده‌یابی، دلایل ایجاد مانده در گمانه و تجهیزات مورد استفاده در مانده‌یابی می‌باشد. با توجه به اینکه در مورد عملیات مانده‌یابی در چاه‌های نفت و گاز نیز منبع مناسب در اختیار نیست، در این فصل جنبه‌های عملیات مانده‌یابی مرتبط با چاه‌های نفت و گاز نیز آورده شده است که می‌تواند راهگشای صنعتگران این عرصه نیز باشد.

انجام عملیات حفاری شامل مراحل گوناگونی است که شامل بررسی‌های اولیه محل حفاری تا پایان حفاری و تحویل گمانه حفاری شده می‌باشد که بیشتر جنبه عملیاتی و تجربی دارد. فصل هشتم به تشریح این مراحل می‌پردازد. با توجه به اینکه موسسه مهندسين مشاور طاهيا از جمله موسسات تابعه قرارگاه سازندگی خاتم الانبياء است که در زمینه حفاری اکتشافی فعال بوده و پروژه‌های بزرگی را در معادن مس، آهن، زغالسنگ و... تجربه نموده است سعی شده بخشی از این تجارب در فصل هفتم منعکس گردد.