

# 我国钻掘设备的发展趋势及几种最新机型

刘三意<sup>1,2</sup>, 孟庆鸿<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学(北京), 北京 100083; 2. 中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000)

**摘要:**概括地介绍了近年来我国钻掘设备的最新进展与应用情况, 主要从钻掘设备的基本性能和技术原理及基本结构等方面进行介绍。介绍的主要设备有全液压岩心钻机系列、轻便设备系列、地源热泵钻机、浅海及滩涂取样钻机、全套管钻机等。

**关键词:**钻掘设备; 全液压钻机; 岩心钻机; 取样钻机

**中图分类号:** P634.3<sup>+</sup>1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2007)06-0006-04

**Development Trend of Geo-drilling Equipment of China and Some Recent Versions/LIU San-yi<sup>1,2</sup>, MENG Qing-hong<sup>2</sup>** (1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

**Abstract:** The paper reviewed recent advances and applications of geo-drilling equipment of China with emphasis on basic functions, working principles and structures. The description covers full-hydraulic core drilling machines, portable drills, geo-thermal drills, offshore and beach sampling equipment, all-casing drilling rig, etc.

**Key words:** geo-drilling equipment; full-hydraulic drilling machine; core drilling machine; sampling drilling machine

## 1 国内外钻掘设备现状分析

国外矿产资源勘探用钻探机械装备的发展是伴随钻探技术在地质勘探工作中应用领域的拓展和钻探工艺方法的进步而发展的。钻探机械装备是为实现各种钻探工艺方法服务的, 其发展还受钻探作业环境(如地理位置、交通运输、气候、地质条件与供水等)的影响与制约。国外地质矿产勘查用钻机, 除了有一部分经改进的传统立轴式钻机外, 已大量采用全液压顶驱式(动力头)钻机, 其特点是回次进尺长, 自动化和机械化程度高。

除部分特殊用途钻机外, 目前国外多数钻探机械装备具备一机多能。如美国 Mobil 钻探公司制造的 B-47 型动力头钻机就被推荐可在 16 种不同领域中应用。越来越多的钻掘设备采用拼装式(模块化)设计, 便于变形设计派生产品, 便于采用集装箱和空吊运输。而且在驱动方式上以顶驱式(液力驱动、电驱动和压缩空气驱动)为主。

目前我国地质岩心钻探装备存在的问题主要有: 钻探机械装备的标准化、系列化、通用化程度不高, 系列产品少, 同档次产品多; 优质高效产品少, 低技术含量产品多; 行业布局不合理, 重复生产比较严重, 深孔及大型设备少, 中、小型普通设备多; 市场急需的设备生产周期长, 使用单位不得不花大量外汇

从国外进口; 钻机性能难以满足多种钻进工艺发展的需要; 整机传动的液压化程度和水平远低于国外同类型; 设备的控制系统、运行和工况的监测系统十分落后, 钻进参数监测仪表不够完善; 钻掘设备的装载型式落后, 难于适应施工的要求。

## 2 我国钻掘设备的发展趋势

按照国土资源部“十一五”计划纲要, 21 世纪钻掘工程技术将比以往服务领域更宽广。钻掘工程技术已向“三多”方向发展, 即多功能、多工艺、多领域, 并向高度机械化、轻便化、自动化、国际通用化发展。

钻掘技术方法的多工艺性。面对服务领域、施工地域、作业环境不同(如平原、高山、沙漠、严寒冰冻、水域、沼泽、热带雨林乃至城市等), 勘探施工要求各异, 钻探工程技术方法日益向多工艺方向发展。

服务领域进一步拓宽。矿产资源勘探开发对钻探工程技术的各项需求, 可广泛应用于地质、煤炭、冶金、有色、核工业等多领域; 包括国家公益性的, 也面对社会商业性的; 包括国内服务, 也包括走向海外。

根据不同应用领域和环境, 采用一机多用和多种动力源与装载形式。开发难进入地区、大深度、海

收稿日期: 2007-04-28

作者简介: 刘三意(1963-), 男(汉族), 河南新蔡人, 中国地质大学(北京)博士在读, 中国地质科学院勘探技术研究所副所长、教授级高级工程师, 地质工程专业, 硕士, 从事岩土钻掘工程设备及技术的研究与管理工作, 河北省廊坊市金光道 77 号。

洋底部和科学钻探等应用领域和作业环境用的技术装备与配套技术工艺愈益受到重视。

### 3 我国钻掘设备的几种新机型

为适应国内外钻掘技术的发展趋势,我国的钻掘设备也向着国际化方向发展,近期勘探技术研究所研制成功的几种先进的新型钻掘设备,充分体现了这一发展趋势。与北京天和众邦勘探设备开发有限公司联合开发出来 YDX-3(YDX-3A)型全液压地质钻机,在生产应用中使用效果良好;正在研发 600、1500、2000 m 等系列化全液压地质岩心钻机;研发的轻便化全液压 QK 系列钻机已问世,且逐步形成系列化;开发了用于坑道降水孔钻进的水平钻机、全套管钻机及用于开发地热的地源热泵钻机等;正研发用于浅海及滩涂取样钻机以及全液压水井(地热)钻机等新产品。

#### 3.1 勘探者一号 YDX-3(3A)型全液压地表取心钻机

YDX-3(3A)型全液压岩心钻机为科技部“十五”攻关、地质调查支持项目,该钻机为国内首台模块化拼装式全液压地表岩心钻机,总体设计先进,钻机的各个模块均为独立的单元,具有组装、分解、搬迁方便等特点。各模块之间联结符合通用化、标准化。通过不同的组合,可满足不同钻探工艺对设备的要求。液压控制系统性能先进,工作可靠。回转系统采用变量泵-双排量定量马达-四速变速箱负载反馈系统,可无级调速,操作简便;钻机给进系统与国外同类型钻机相比增加了称重、减压功能,深孔钻进安全,技术先进;主卷扬机通过液控系统可实现自动放绳、静液制动及下降控制,升降钻具安全可靠;泥浆泵、副卷扬机等辅助系统全部采用液压系统控制,实现了钻机的全液压化。高转速大通孔动力头的结构设计先进,为国内首创。动力头通孔直径大(117 mm),液压卡盘卡瓦结构设计独特,卡瓦更换便捷,径向位移大。

该钻机专门为固体矿藏地表取心作业而设计,适用于金刚石绳索取心、冲击回转、定向钻进、反循环连续取心(样)等多种高效钻探工艺方法。也可用于水井、锚固钻进、工程地质钻进工艺。主机包括拖车式底盘、柴油机、液压系统、操控系统、钻塔、主副卷扬、动力头及给进系统以及井口夹持器等。钻机的所有功能均为液压驱动,操控精准便捷,与传统的立轴式钻机相比,取心作业的效率及安全性大大增加。最大钻进深度为 1300 m,最大钻孔直径达

110 mm。

目前,该钻机已批量生产,分别应用于新疆、甘肃、江西、青海等地,应用于不同的地质条件、不同的地层,采用了不同的钻进方法等,完成钻探工作量数万米,取得了良好的效果。该钻机于 2006 年 6 月 25 日通过了由国土资源部国际合作与科技司组织的专家鉴定。专家组一致认为,该钻机是我国勘探岩心钻机更新换代的首台机型,钻机技术性能指标达到同类钻机国际先进水平。

#### 3.2 QK 系列轻便全液压钻机

QK 系列钻机吸收借鉴国外钻探装备设计理念,在全液压钻机动力匹配、液压系统热平衡、变量泵-定量马达之间的无级变速和恒功率输出以及伸缩钻架超长行程给进等方面进行了探索,取得专利 2 项。

QK 系列钻机是以满足浅覆盖区地质填图取样、化探取样以及城市地质、农业地质需要为主,同时兼顾基岩浅孔岩心钻探、石油物探爆破孔钻进、工程地质钻探等需要的多功能轻便钻机,可适应空气泡沫、空气潜孔锤、多介质反循环、泥浆正循环、长螺旋无循环、钢绳冲击钻进等多种钻探工艺方法。

其中,研制的 QK-50 型车载化钻机解决了车载化总体结构和工艺配套方面的关键技术问题,实现了从零到 1100 r/min 以上的大速比无级变速和恒功率输出,能够适应空气泡沫钻进、空气潜孔锤钻进、多介质反循环钻进、泥浆正循环钻进、长螺旋无循环钻进、高速金刚石钻进等多种钻探工艺方法。钻机稳定性与抗震性好,备钻快捷、操作方便,十分有利于野外单机施工作业。在无法通行汽车的难进入地区等特殊地形地理条件下,车载化钻机亦可分拆成为一台散装式钻机和一台汽车,能够分别完成钻探施工与交通运输任务。研制车载化钻机周期短、成本低,无需通过公安交管部门的检测、审批。该钻机已通过专家鉴定,专家认为:在我国当前的技术经济条件下,车载化钻机研制成本低、周期短,符合国情和地质调查取样实际需要。

该系列钻机具有以下特点:

(1) 钻机由液压动力站、控制台、钻机本体、动力头及液压冲击绞车等部分组成,长行程油缸给进,液压驱动及控制;

(2) 液压系统采用斜轴式轴向柱塞变量泵,与该泵相配的手动无级变速恒功率输出机构设计独特,无需变速箱即可实现大速比、大扭矩调节功能;

(3) 采用的长行程伸缩式油缸给进装置,配有

行程倍增机构,实现加减压、起下钻,有效降低了钻机桅杆高度,增强了钻机稳定性;

(4) 钻机可以采用车载和车装模式,亦可为模块化结构(散装式)。

2005年QK-50型车载化钻机在内蒙古四子王旗进行地质调查填图钻探取样中取得了良好的地质效果。50 m以浅的钻孔实现了上午开孔、下午终孔的高效率记录,成本大大低于浅井和槽探施工,对草原植被、生态环境的破坏降低到了最小限度。同时采用先进钻探技术取出的新鲜基岩污染小,磨损轻微,一些岩心的水渍、化石等地质观察现象清晰可见。

### 3.3 浅海及滩涂取样钻机

#### 3.3.1 地质调查钻探取样船

根据海洋地质调查的相关要求,浅海及滩涂地质调查钻探取样船有如下特点:

(1) 结构质量轻、吃水浅,不管水下地形多复杂,只要有0.30 m深水源就可行走和作业;

(2) 适应水面广,特别适用浅水型(水深0.30 m左右)湖泊、沼泽地、芦苇区的科学考察、水面环境监测,并可配GPS卫星导航;

(3) 在特殊浅水型沿海,水下礁石较多、地形复杂,只要水深超过0.30 m就可航行;

(4) 如在浅水性水域进行各类勘察,可以改成设备工作平台,为不同业务部门服务,可按照特殊要求进行设计改装成各类工作用船;

(5) 进口环保发动机,利用空气动力浆为动力,不污染水源,特别适合饮用水的水库监测用船;

(6) 可外挂汽油发动机带动的螺旋桨,在水深达到0.4 m时使用;

(7) 全船采用进口铝合金板,质量轻,强度高,不怕海水腐蚀。

钻探取样船主要技术参数:总长3.8 m,型宽1.8 m,型深0.4 m,设计吃水0.15 m,设计满载排水量0.65 t,载客(含驾驶员)4~6人,最大航速20 km/h,动力采用美国四冲程发动机(75HP),总质量不超过800 kg。

#### 3.3.2 水陆两用钻机

该设备具有水陆两用性能,能自行出入水域、滩涂、沼泽以及硬地面,设备的机动性好,越野性能强,适合于复杂地形中使用。该设备采用新结构、新材料、新工艺和新的设计方法,提高了设备工作可靠性,钻进工艺能满足盐湖、滩涂钻进取心要求。设备操作简单、自动化程度高。

主要技术参数为:钻孔深度30~50/100 m,陆地最高行驶速度9 km/h,水中最高行驶速度3 km/h,最大爬坡度30°,动力头扭矩1400/1800 N·m,动力头转速0~250 r/min,提升能力25/31 kN,加压力17/23 kN,整机质量6000 kg,外形尺寸(长×宽×高)为5100 mm×3200 mm×3200 mm。

该设备主要用于沼泽、滩涂、水域等复杂地区进行科学探险、考察、勘探,尤其适合浅海及滩涂、高原盐湖地区使用。从2001年至今在西藏羌北无人区的科学探险,即“青藏高原盐湖综合资源调查”的科考工作就是利用“水陆两用盐湖钻机”完成的,利用该钻机完成了大量的钻探取心取样工作,可应对未来地质找矿向高山、湖泊、近海海域等难进入地区发展。

### 3.4 RB-150型地源热泵钻机

该钻机具有结构简单、操作维修方便、节能环保、价格低廉等特点;能够满足空气潜孔锤、气举反循环等多种工艺钻进要求,解决施工难题;该钻机的设计在满足地源热泵水源井施工的同时,可兼顾水文水井勘查施工。

主要技术参数:钻孔深度150~200 m,最大钻孔直径300 mm,转盘通孔直径180 mm,转盘转速22、40、69、106、151 r/min(正转)、24 r/min(反转),转盘额定输出扭矩3.7 kN·m,卷扬提升能力(单绳)15 kN,钻杆直径50、60、73 mm。

### 3.5 全套管钻机

全套管钻机(又称磨桩机)是利用搓管机将带有套管钻头的套管,逐节小角度往复搓动并压入地层的同时,利用冲击钻头或冲抓斗等凿岩器具,将套管内的岩土冲凿抓取出地面,搓管和冲抓交替进行,直至套管下到桩端持力层为止。挖掘完毕后测定孔深,并确认桩端持力层,然后清除孔底虚土。成孔后放入钢筋笼,放置灌浆导管,边灌注混凝土边起拔套管,最后成桩。

全套管钻机吸收国内外同类钻机的诸多优点,勘探所研发的CGJ-1200、CGJ-1500型全套管钻机和配套设备,是精心打造的新型大型岩土钻掘施工设备之一,集全液压力和传动、机电液联合控制于一体,施工口径800~1500 mm。可应用于城市建筑、高架路桥、各种桥梁基础桩、地下连续墙咬合桩、城市改造桩基拔除和置换桩、水电基础桩和竖井施工等,已成功应用于青藏铁路、浙江广发大厦桩基等施工中,并已出口。

大直径全套管冲抓成孔桩基施工法是一种环

保、安全和广谱型大口径岩土钻掘施工法,成孔和灌注一次完成,具有无泥浆干式施工、低噪声、适用地层广、基桩孔质量易于检测等特点。采用该工法施工的灌注桩承载力较普通钻孔灌注桩提高30%~50%,施工过程机械化程度高,安全、可靠、高效,可以与旋挖钻机配套使用。

该产品已批量生产。专家认为:该设备在松散、卵砾石层等复杂条件下,为施工基桩孔提供了一种无冲洗液、无污染、符合环保要求的新型技术装备,填补了我国在该技术领域的一项空白,具有创新性。

CGJ-1500型全套管钻机主要技术参数为:施工口径800~1500 mm,摇管扭矩1900 kN·m,摇管角度20°,夹持力2100 kN,拔管力2120 kN,拔管行程500 mm,外形尺寸(长×宽×高)2500 mm×6550 mm×1850 mm,整机质量22000 kg。

### 3.6 GBS-100型非开挖铺管钻机

勘探所率先研制出我国第一台非开挖导向钻进铺管钻机以来,已研发出GBS系列非开挖钻机、H型气动夯管锤等系列产品,2002年度被国家科技部等五部委列入国家重点新产品计划,并获部二等奖及其他多个荣誉称号。目前研发出1000 kN级的非开挖铺管钻机,这是国内自主研发的大吨位的非开挖铺管钻机之一。

GBS-100型非开挖铺管钻机为钢履带全液压钻机,动力机为康明斯柴油机。液压泵和主要液压元件采用国外产品及国内知名品牌产品。性能可靠、效率高。动力头为3档电液比例无级调速。采用齿轮齿条2档电液无级调速给进形式,使用 $\varnothing 127$  mm×9500 mm钻杆。钻架为整体型钢结构,可前后滑移,入射角11°~18°,控制系统先进可靠,每个动作均为电控。所有操控手柄、开关、柴油机油门、仪表集中安装在控制台上。控制台与钻机之间通过带有插头的电缆连接。控制台在施工中安放在单独配备的操作间内。

### 3.7 PD-50A型水平钻机

PD-50A型钻机是根据北京地铁建设中竖井降水工程的需要而设计的水平钻孔钻机。用于内径>2700 mm的竖井内施工,钻进工艺可采用双壁钻杆的水力反循环钻进工艺和单壁钻杆的正循环钻进工艺。

该钻机具有以下结构特点。

(1)全液压力头型:可实现无级调速;油缸给进机构分为4档速度,全行程给进;两端配有螺旋千斤顶,适用于内径>2700 mm的竖井之内的狭小空

间进行水平钻孔施工。

(2)解体性强:泵站和工作机构(钻进部分)为分体式设计,适当调整可以用于隧道、涵洞等更狭小的空间施工任意角度的水平钻孔,对于施工现场具有较强的适应性。

(3)工艺适应性强:除适应水力反循环钻进工艺外,还可适用于空气反循环、空气正循环、泥浆正循环、空气潜孔锤等钻进工艺,工艺适应性较为广泛,可适用各种地层的钻进需要。

(4)用途范围广:可采用先进的双壁钻杆水力反循环钻进工艺,小于钻杆内管内径的砂、卵、砾石不经破碎即可排出孔外,钻进效率高,而且还可以避免由于冲洗液对于井壁的冲刷而造成扩径现象。特别适用于砂土、粉砂土地层降水、疏干工程的需要。亦可用于大口径集水井、回灌井中水平钻孔或其它水平钻孔的施工。

该设备适合于在砂层、粘土层及小砾径砾石层(砾径<50 mm)条件下钻进。可采用水力反循环钻进工艺,具有对地层的扰动小的特点,有效地减少钻进过程中由于扩径、坍塌、涌沙形成的洞穴对地表建筑基础造成的严重威胁,这一点对于城市地下建设工程是非常必要的。该钻机在北京地铁5号线竖井水平降水工程中发挥了重要作用。该设备可应用于辐射水平集水井、大型露天矿疏干井、尾矿坝水平排水井、高层建筑的地基降水、深基坑边坡锚固、涵洞管棚施工以及非开挖敷设管道等工程。

## 4 结语

随着钻掘技术和工艺不断发展,应用领域的不断拓宽,钻掘技术装备的性能将更趋完善,液压控制程度将进一步提高,钻掘技术装备的机动性和操作性将更加方便。由于国家对矿产资源的需求不断的增加和新一轮地质大调查的开展,新的钻掘技术装备将会有更大的发展空间。

## 参考文献:

- [1] 王达.探矿工程(地质工程)未来20年科技发展战略研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(1).
- [2] 张伟.地质钻探技术发展有关问题的思考[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,4(1).
- [3] 宋志彬,等.大直径全套管冲抓成孔设备、器具及施工工艺研究[A].刘金砺.桩基工程技术发展与应用[C].北京:中国建筑工业出版社,2003.
- [4] 李建华,等.PD-50A型水平钻机的研制与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(增刊).