

山地丘陵地区地震勘探轻便铝合金钻机 及配套机具的研究与开发

赵大军, 孙友宏, 计胜利, 薛 军

(吉林大学 建设工程学院, 吉林 长春 130026)

摘 要 :首先分析了我国山地丘陵地区地震勘探钻孔技术的现状和存在的问题,针对目前的问题,研究适合我国国情的可用于土层、岩层、土岩混合地层钻进的多功能轻便铝合金钻机,及配套用的铝合金钻杆、螺杆式泥浆泵、螺杆式空压机,研制开发出国内外直径最小耗风量最低的气动潜孔锤,该技术已成功用于生产。

关键词 :山地丘陵地区 地震勘探 轻便铝合金钻机 铝合金钻杆 配套机具

中图分类号 :P634.3⁺¹ 文献标识码 :A 文章编号 :1000-3746(2003)S1-0161-03

R&D on Portable Aluminum Alloy Rigs and Their Outfitting Tools for Seismic Exploration Used in Hill and Mountainous Region/ZHAO Da-jun, SUN You-hong, JI Sheng-li, XUE Jun (Jilin University, Changchun Jilin 130026, China)

Abstract :The current situation and existing problems of seismic exploration borehole drilling technology are analyzed. In allusion to the problems existing at present, the portable aluminum alloy multi-purpose rigs which are suitably used in soil and rock or their mixture formation, aluminum alloy drilling pipes, screw pump, screw air compressor and pneumatic hammer which consumes least air and whose diameter is least over China are researched and developed. The technology has been used successfully.

Key words :hill and mountainous region; seismic exploration; portable aluminum alloy rigs; aluminum alloy drilling pipes; outfitting tools

1 山地丘陵地区地震勘探钻孔施工技术现状

地震勘探是探明地下地质构造,寻找地下油气矿藏的一种有效的、主要的地球物理勘探方法。过去,地震勘探在我国油、气矿藏的勘探开发中起到了重要作用。而地震勘探的重要环节是爆破孔施工,爆破孔施工技术直接影响地震勘探的工作领域和效果。20 世纪 90 年代以前,我国地震勘探工作主要是在北方平原微丘地区进行,钻机主要采用车载形式,钻孔方法主要为泥浆正循环回转钻进。90 年代以来,随着国民经济的发展及国家对中西部地区的开发,我国地震勘探工作的重点转向丘陵、山地。丘陵、山地的地理及地层条件与平原微丘地区相差较大,以往的钻孔技术已无法满足地震勘探需要。

由于地震勘探测线工作要求尽可能直线布置,且垂直构造带,故测线不可避免地要通过河、沟和高山,钻孔遇到的地层则较多包括土层、砂土层、岩层及卵砾石层。

目前我国山区、丘陵地区地震勘探钻孔施工中

存在的主要问题是:

(1)需 2 种设备分别钻进土层和岩层,沿同一测线施工时,要闲置一套设备,造成设备和人员的浪费。目前钻进土层使用较多的设备是地勘单位自行研制的人力钻,钻进时加压和提升靠人力,该钻机只能钻进土层和砂土层。钻进岩层的代表机型为 GY、GP 系列的山地钻机,由于该设备质量大(550 kg),搬运费时费力,土层钻进不经济。

(2)土层钻进的人力钻对地层的适应性差,遇硬度较大地层无法钻进,故所成炮孔中,达到设计深度的(一般 12 m 孔深)仅占 70%,而另 30% 的炮孔只能采用组合孔(即 2~3 个 7~8 m 深的炮孔),这在一定程度上影响了地震勘探的效果。人力钻施工工艺方法为“正循环全面回转钻进”,正常施工时需 11 人,劳动强度大,费时费力。

(3)山地钻工艺方法单一,即“正循环回转钻进”。硬岩层、复杂地层成孔效率低,无水地区无法施工。因此硬岩层的钻孔施工应作为重点解决的技术。

收稿日期 2003-04-30

基金项目 国土资源部国际合作与科技司计划内项目(200432)

作者简介 赵大军(1964-),山东蓬莱人,吉林大学建设工程学院道桥工程系副主任、副教授,探矿工程专业,博士,主要从事岩土工程施工、钻孔技术的教学、科研及开发工作,吉林省长春市西民主大街 6 号(0431)8502290。

术问题。目前,山区施工单孔完成时间平均为 19 h,效率很低,严重制约了地震勘探的工作进程。

(4)设备质量大、结构复杂、搬迁费时费力。设备总质量在 550 kg 以上,劳动强度大。据统计,丘陵地区施工钻孔时间占 45.6%,搬迁时间占 54.4%。

(5)目前使用的山地钻机多为小型立式岩心钻机,钻孔中的新技术难以实现,如开孔无法使用气动潜孔锤及螺旋钻进,复杂地层中无法使用跟管钻进。

因此,为满足地震勘探工作的要求,研制一种适合我国国情的丘陵、山地土层、砂土层、岩层及土岩混合地层地震勘探用的轻便式气、水两用多功能钻机和多工艺钻进方法已势在必行。

我们重点针对山地丘陵地区土层、岩层用轻便型的多功能钻机进行研制,并对配套的机具进行开发研究,保证一条勘探线上用 1 套设备完成全部钻孔施工。

2 JSWS-Ⅱ型轻便铝合金多功能山地钻机的研制

2.1 钻机的设计要求

(1)轻便、解体性强。山地丘陵地区施工地点极少有道路,施工设备的搬运主要靠人抬、肩扛。因此要求设备轻便,便于搬运,且要求部件间的装配精度低,拆装方便。

(2)多种钻进功能。可钻进土层、砂土层、岩层、土岩混合地层。轻便型钻机土层钻进最合理的工艺方法是泥浆钻进;岩层中最快的方法是潜孔锤钻进,结合西部缺水的具体环境,采用气动潜孔锤钻进。岩层上部覆盖土层或砂土层(厚度 $<3\sim 4\text{ m}$)则使用螺旋钻进,下部地层采用潜孔锤钻进。因此钻机应具有泥浆全面及取心钻进、气动潜孔锤钻进、短螺旋钻进功能。

(3)具有一定程度的自动化,减轻工人劳动强度,提高工效。岩层中潜孔锤钻进,相对土层钻进速度较慢,且粉尘量大,人工加压不合理,故钻具的回转、扭卸、提升、给进动力均应来自钻机,孔口应配空气密封装置。

2.2 钻机的主要性能指标及技术参数

钻孔直径 70~110 mm,钻孔深度 30 m,钻孔角度 90° ,转数 30 r/min,额定输出扭矩 650 N·m,提升能力 15 kN,给进能力 10 kN,给进行程 1.2 m,动力机功率 13 HP(9.5 kW)。

总质量 235 kg(包括各种油料),最大单件重 70 kg。 万方数据

各部分质量及外形尺寸:主机(动力头、桅杆、底盘):108 kg,1.3 m $\times$ 0.7 m $\times$ 2.2 m;泵站(动力机、油箱):70 kg,0.32 m $\times$ 0.24 m $\times$ 0.44 m;操纵台:57 kg,0.36 m $\times$ 0.25 m $\times$ 0.7 m。

2.3 钻机的总体结构设计

基于钻机的设计要求,经过对钻机的驱动方案、装载形式、部件的设置与选配、总体布局及制造材料等方面的综合研究,确定为汽油机驱动全液压力头组合式铝合金钻机。

钻机的总体结构如图 1 所示。

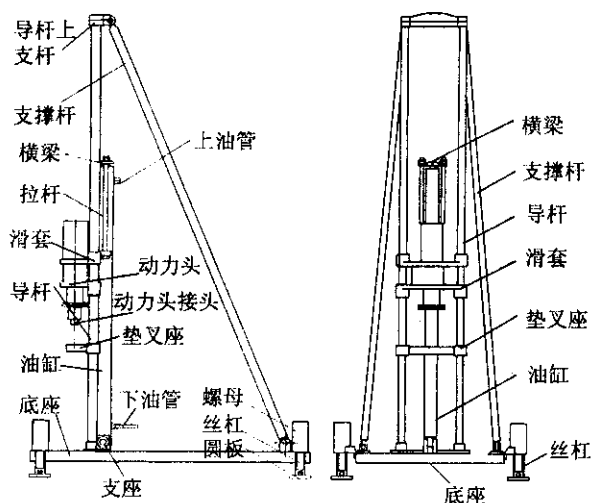


图 1 JSWS-Ⅱ型钻机总体结构示意图

钻机的液压系统原理图如图 2 所示。

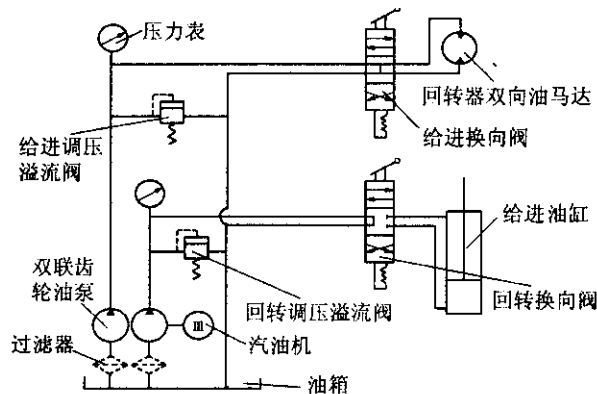


图 2 JSWS-Ⅱ型钻机液压系统原理图

2.4 钻机的特点

(1)全液压力头式钻机,由三大件组成,即主机、泵站、操纵台。钻机结构简单,施工现场布局方便。三大件之间由高压油管快速接头连接,动力头与导杆间用 4 个螺栓连接,导杆及支撑杆与底座间采用插接、销钉固定,拆、装、搬运方便。

(2)考虑山区流动作业,无动力电源,钻机动力采用日本 HONDA 公司生产的通用汽油机驱动,汽

油机型号为 GX390K1 ,功率 13 HP(9.5 kW) ,质量 31 kg。

(3)为使钻机轻便 ,采用单液压缸直接驱动动力头给进和升降钻具 ,升降钻具机械化 ,且效率高 ,减轻了工人的劳动强度。

(4)为减轻钻机质量 ,钻机回转器由油马达和传动箱组成 ,油马达直接驱动钻具回转 ,减化了回转器的结构。油马达型号为 ZK - 50。

(5)为避免回转运动和给进运动互相干扰 ,减少控制阀的数量 ,提高能量利用率 ,避免油温过高 ,采用双联齿轮油泵供油 ,油泵型号为 CBK1006/6 - B2FR。大泵用于回转 ,小泵用于给进。

(6)钻机制造材料的研究与开发。为减轻钻机质量 ,钻机导杆及钻机使用的钻杆采用标准超硬铝 (GB/T 4437. 1 - 2000)。规格为 $\varnothing 50\text{ mm} \times 5\text{ mm}$,其抗拉强度 540 MPa ,硬度 HB130 ,密度 $2.89\text{ g}/\text{m}^3$,钻机支承杆采用 $\varnothing 45\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ 超硬铝 ,动力头壳体采用铸铝 ,型号为 ZL105($\text{ZAlSi}_5\text{Cu}_1\text{Mg}$) ,动力站油箱采用铝板 ,型号为 L2 ,厚 3 mm ,动力站、操纵台支承架采用半硬铝 ,型号为 LF5 ,规格为 $\varnothing 25\text{ mm} \times 3\text{ mm}$ 。

(7)孔口设计有孔口密封装置 ,潜孔锤钻进的岩粉通过导尘装置排走 ,施工现场干净 ,无粉尘。

(8)钻机底座为薄壁方钢框架式结构。为在施工现场快速调平钻机 ,减少或避免土石方的挖填 ,在底座的前、后、左、右角共设有 4 个螺旋支腿 ,前支腿下的圆板上设有圆孔 ,可固定地锚。通过螺旋支腿和地锚 ,现场可方便调平和固定钻机。

(9)液压控制 ,操作方便 ,省时省力 ,2 个压力油表可随时反映孔内扭矩和钻压变化情况。通过调压溢流阀使钻机以最佳的钻进参数获得高效钻进 ,并能减少孔内事故发生 ,充分显示了全液压钻机的优越性。

(10)主机质量较轻 ,为保证钻机工作稳定 ,主机需采用“配重”或“绷绳加紧绳器”稳定。2 种方法需根据现场条件选择使用。

3 配套机具的研究与开发

3.1 泥浆泵的开发研究

地震勘探震源孔土层、砂土层中钻进孔径 $\leq 100\text{ mm}$,孔深 $\geq 30\text{ m}$,属浅孔钻进 ,故泵的泵压不大 ,但泵量大。结合钻孔施工山区作业流动性强的特点 ,选用汽油机驱动的单螺杆泵 ,型号为 LGB130/10。泵的排量 $130\text{ L}/\text{min}$,压力 1 MPa ,总质量 30 kg。

3.2 钻具的开发研究

3.2.1 铝合金钻杆的研发

为保证钻具的轻便 ,钻杆体采用铝合金材料 (标准超硬铝) ,钻杆间螺纹经常拧卸 ,为保证钻杆的使用寿命 ,钻杆的公、母接手采用钢质材料 ,经调质处理 HRC35 ~ 40 ,其外径为 52 mm ,以避免岩石钻孔磨损钻杆体。

3.2.2 气动潜孔锤的开发研究

开发研究了岩层中钻进使用的小口径低风量 WC - 56 型气动潜孔锤 ,其规格参数 :缸体外径 56 mm ,钻头直径 65 ~ 70 mm ,风量 $1.0 \sim 1.5\text{ m}^3/\text{min}$,风压 0.5 ~ 0.6 MPa ,冲击功 50 J。这样可保证使用 1 台风量为 $1.5\text{ m}^3/\text{min}$ 的空压机供风 ,就可满足岩层中潜孔锤的钻进。

3.2.3 土层中全面钻头结构的研究

根据土的力学性质 ,钻头钻进的切削机理 ,为防止粘性土中钻头产生“泥包” ,确保硬塑粘土中高效钻进 ,设计了前导式三翼螺旋钻头。3 个螺旋叶片切削刃的切削角 45° 。前倾螺旋叶片确保粘土被片状切削 ,片状排出钻孔 ;钻头的前导部分 (螺旋状) 可充分改善钻头破碎孔底硬塑粘土的工作条件 ,钻进效率比常规三翼正锥钻头高 1 ~ 2 倍。

3.2.4 轻便空压机的开发

WC - 56 型潜孔锤所需风量 $1.0 \sim 1.5\text{ m}^3/\text{min}$,现有常规的活塞式 $1.5\text{ m}^3/\text{min}$ 空压机质量大 (400 kg) ,山区搬运不方便 ,经研究选用德国产 N60UF 喷油螺杆式空压机 ,其技术参数为 :风量 $1.7\text{ m}^3/\text{min}$,风压 0.76 MPa ,质量 84 kg ,配动力机 19 HP(14 kW)。

4 钻进试验

结合中石化胜利油田物探公司及河南省南阳油田地调处野外生产 ,该钻机及配套机具进行了野外钻进试验 ,共完成地震勘探孔 28 个。实验地层包括土层、砂土层、岩层及土层混合地层。试验结果见表 1。

表 1 野外实验结果

钻进方法	使用工具	总工作量/ m	时效 /m
气动潜孔锤钻进 (岩层)	WC - 56 风动潜孔锤	280	2.6 ~ 11.8
螺旋钻进 (土层)	$\varnothing 110\text{ mm}$ 螺旋钻杆	42.6	9.7

试验中 ,设备的拆、装时间平均 6 min。经统计在岩层中施工 ,搬迁时间占单孔循环时间的 6% ,大大降低了辅助时间 ,同时减轻了工人的劳动强度 ,受

(下转第 166 页)

现”、“智能数据库系统研究与实现”、“数据库技术在冶金物流中的应用”,中国矿业大学开发了“矿用组态软件中的数据库”、“基于 GIS 技术的石油勘探数据库应用与管理系统的设计和实现”。

我国钻掘工程在过去几十年在不同的矿区已经进行了上百万米的钻探、掘进工程量,对于不同的矿区,可以依据钻探、掘进工程量资料建立起详细的“矿区钻掘工程信息系统”,这个信息系统可以把全国在开采的、已经开采完的、待开采的矿山以信息化的形式表述出来,使储量、品位、开采状况、远景矿趋势以图表、2D/3D 演示,可以帮助决策者快速分析,做出决策,这种信息系统将大大推动综合分析、科学决策、经济有效地部署任务,实现真正的科学管理和决策。“矿区钻掘工程信息系统”急待开发使用。

6 基于 CAD 软件的二次开发

北京科技大学开发的“地下矿山设计计算机辅助绘图系统 UM-CAD 的研究”、“用 CAD 绘图系统优选采矿方案”、“地下矿山设计计算机辅助绘图系统 UM-CAD 的研究”、“结构设计知识库与 CAD 一体化的研究”、“用 CAD 绘图系统优选采矿方案”、“三维集成化采矿方法 CAD 系统的研究”、“计算机辅助设计计算全息系统 CGH-CAD 的研制”等。

随着现代科学的飞速发展,从事地下工程研究的研究人员和设计工程师已经愈来愈认识到:地下

.....

(上接第 163 页)

到了使用者的好评。

4 结论

JSWS-II 型钻机及配套机具与国内外同类钻机在性能参数、使用特点上进行综合比较,其特点如下:

(1)在钻机的材质上,部分部件选用铝合金或铸铝,在国内外山地地震勘探钻机研制中具有了先进性,钻机的双导杆单油缸给进机构使钻机结构简单,质量轻便。

(2)采用铝合金钻杆,与同规格的普通地质钻杆比质量减轻了 46.7%,30 m 长钻杆质量减轻 85.5 kg。国内外山地地震勘探领域首次使用铝合金钻杆。

(3)钻机的工艺方法多样(螺旋钻进、泥浆钻进、气动潜孔锤钻进),可钻多种地层(土层、岩层、土岩混合层),钻机的适用范围广。

工程是一个非常复杂的巨系统工程,仅凭经验和单一的计算分析手段作定论是远远不够的,应当把地质学、岩石力学、计算力学、现代数学、工程学和计算机科学等结合起来进行综合分析,并形成相应的计算机软件作为辅助工具,这样对地下工程发展才能进行很好的设计施工,上述分析有利于开发软件者了解未来软件开发趋势,也便于掌握地下工程软件目前开发状况。

参考文献:

- [1] 李世辉,等.隧道支护设计新论——典型类比分析法应用和理论[M].北京:科学出版社,1999.
- [2] 康红普.回采巷道锚杆支护影响因素的 FLAC 分析[J].岩石力学与工程学报,1999,18(5).
- [3] Coetzee M J. FLAC Basics. Itasca Consulting Group Inc., 1993 [J].康红普译.岩石力学与工程学报,1999,18(5).
- [4] 康红普. FLAC3.3 Users Manual. Itasca Consulting Group Inc., 1995 [J].岩石力学与工程学报,1999,18(5).
- [5] Canada Rocscience Inc. rocscience contact information[EB/OL].rocscience.com.
- [6] 郑秀华.低密度气体型欠平衡钻井流体智能化设计系统的研制[D].北京:中国地质大学,2001.

致谢:本文在编写过程中参考了同济大学朱合华、丁文其的“同济曙光——岩土及地下工程设计与施工分析软件资料”,1980~2002 年北京科技大学硕士、博士论文,1994~1996 年中国矿业大学硕士、博士论文,1982~2001 年北方交通大学硕士、博士论文等,在此一并致谢。

(4)配套机具工艺参数合理。配套空压机及动力机数量少,全套设备(所有机具)质量轻,质量为国产钻机的 41.4%、国外钻机的 55.4%。

(5)全套设备功率小,总功率为国产钻机的 54.5%、国外钻机的 47.4%。

(6)钻机的操纵台远离主机,操作人员远离孔口,符合 HSE(Heath、Safety、Environment)要求。

(7)与同类钻孔设备比,每米钻孔成本降低 30%。

参考文献:

- [1] 刘广志.中国钻探科学技术史[J].北京:地质出版社,1998.
- [2] 张永勤,刘辉,陈修星.复杂地层钻进技术的研究与应用[J].探矿工程,2001(增刊).
- [3] 冯德强.钻机设计[M].武汉:中国地质大学出版社,1993.
- [4] 何樵登,等.应用地球物理教程[M].北京:地质出版社,1985.
- [5] 杨宝俊,等.勘探地震学资料解释的基础与应用[M].北京:地质出版社,1996.
- [6] 张祖培.勘探孔空气钻机[M].北京:地质出版社,1988.