

DR - 150 型全液压履带取样钻机的研究

王汉宝, 刘秀美, 梁 健

(中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000)

摘要:为解决区域地质、环境地质及农业地质填图工作,特别是在钻探验证工程中孔位浅,分布散等问题,设计一款新型的适合于工地常搬迁、快速迁移的集成化、模块化轻便取样钻机,其需具有能更好的解决工程施工中存在的问题、提高钻探施工质量和效率、实现钻探设备的整体搬迁和多种钻探工艺组合配套施工工艺等优点。

关键词:DR - 150 型全液压钻机;取样;履带式

中图分类号:P634.3⁺1 **文献标识码:**A **文章编号:**1672 - 7428(2010)01 - 0027 - 04

Development of DR - 15 Crawler Hydraulic Sampling Drilling Rig/WANG Han-bao, LIU Xiu-mei, LIANG Jian (The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: To meet the requirement of mapping for regional geology, environmental geology and rural geology, and according to the shallow hole and frequent transferring, a light sampling drilling rig with integration and modular was designed, which has the advantages in improving the quality and efficiency of drilling construction, and realizes the drilling integral transportation of equipments and combination of drilling technologies.

Key words: DR - 150 hydrolic drilling rig; sampling; crawler

1 概述

区域地质填图以及农业地质、环境地质填图工作在新一轮国土资源大调查中占有重要地位。在地质调查填图工作中,钻探验证工程孔深较浅、孔位分散,应用传统的钻探设备必然存在搬迁困难、拆卸运输不便等问题。为更好地解决工程施工中存在的问题,提高钻探工程施工质量和效率,需要研究开发车载(装)式多功能地质取样钻机系列,提高钻探装备的轻便化、集约化水平,实现钻探设备的整体快速运输和多种钻探工艺组合配套,提高地质调查钻探单机独立作业能力,优质、高效地完成地质钻探工作任务。

结合地质调查规划和工作部署,中国地质调查局将“车装全液压取样钻机研制及推广应用”作为地质调查的工作项目下达。由我所承担研究任务,与无锡探矿机械厂共同研制。

根据以上地质取样工作需要和调研中多数用户的建议,确定了钻机方案:

- (1) 采用液压马达驱动履带式底盘驱动;
- (2) 钻机钻架为施工 $0^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 顶角钻孔的可变角度钻架,可进行斜孔钻进;
- (3) 钻机液压动力站动力源分别采用电动机组、柴油机两种方式,供不同用户选择;
- (4) 作为多功能全液压地质取样钻机,要能够

满足 CSR 双壁钻杆反循环钻探。但因双壁钻具质量大,钻工拧卸移摆钻具费力费时,钻机须增加移摆钻具液压辅助机械手,以减轻工人劳动强度。

研制的 DR - 150 型全液压多功能钻机样机如图 1 所示。



图 1 DR - 150 型钻机

2 DR - 150 型钻机样机技术参数及特点

2.1 钻机技术参数

- 钻孔深度:150 ~ 300 m
 钻杆规格:Ø89 mm(推荐)
 钻孔直径:90 ~ 130 mm
 钻孔角度: $90^{\circ} \sim 45^{\circ}$

收稿日期:2009 - 10 - 29

基金项目:中国地质调查局“车装全液压取样钻机研制及推广应用”(项目编号:1212010660800)

作者简介:王汉宝(1983 -),男(汉族),宁夏银川人,中国地质科学院勘探技术研究所工程师,机械设计制造及其自动化专业,从事钻探机械的设计及研究工作,河北省廊坊市金光道 77 号,whb7910496@163.com。

额定转速(正反转):27、37、54、61、93、139 r/min

额定提升力:80 kN

额定给进力:41 kN

给进行程:3670 mm

额定功率:75 kW

质量:7000 kg

外形尺寸(长×宽×高):5500 mm×2200 mm×2700 mm

履带爬坡能力:30°

2.2 钻机设计方案特点

(1) 钻机采用工程履带底盘,移动方便,适合高原、丘陵、湿地等地貌环境。钻机底盘设有4个液压支腿,钻探施工中钻机振动小,稳定性好。

(2) 钻机为全液压型式(液压驱动+液压控制)。液压关键元件采用进口、合资产品,系统设有压力保护和报警装置,液压效率高,热平衡控制良好。

(3) 钻机所有执行机构的控制手柄、仪表集中在操作台上,操作、控制方便可靠。

(4) 钻机采用独创的伸缩钻架,钻架给进行程达到3300 mm,同时抗扭能力 $>4500 \text{ N}\cdot\text{m}$ 。伸缩钻架结构简单,维护方便,便于搬迁,孔口操作比较方便,并可施工大顶角钻孔。伸缩钻架的动架可作为液压起重千斤顶使用,比动力头提升力增加1倍,有利于孔口管、套管的起拔和孔内事故处理。

(5) 钻机采用具有抗大冲击功能的大扭矩双通道动力头,回转转速适合空气反循环钻探需要,提升力、扭矩等参数可满足300 m以浅, $\varnothing 110 \text{ mm}$ 钻孔直径要求(空气反循环潜孔锤钻探、空气潜孔锤钻探等)。同时可满足150 m深度, $\varnothing 150 \text{ mm}$ 钻孔直径要求(复杂地层取样、地源热泵钻井等)。

(6) 钻机设有加接钻杆的液压机械手,可在直孔及小顶角(不大于 13°)工况下使用。同时钻机还配有辅助液压绞车,可大大减轻机台工人的劳动强度,有利于机台安全施工、文明施工。

(7) 采用电动机动力的钻机噪声低、污染小、高效节能,适合城市地质、地源热泵等钻孔施工。采用内燃机动力的钻机配置75 kW康明斯高速柴油机,效率高,动力储备系数较大,主要适用于空气反循环钻探、野外地质调查取样、物探爆破孔等工程。

(8) 与进口全液压多功能钻机相比,该钻机具有整机质量轻、性价比高、维护保养费用低等优势。

3 关键技术的设计及研究

3.1 液压系统

3.1.1 加压提升油路设计思路

在该油路中的无杆腔中设计了一个平衡阀,主要是为满足钻机在施工过程中加压提升油缸在负载变化时仍能平稳运动,防止事故发生。

3.1.2 起塔油路的设计思路

因为桅杆质量大,在竖直过程中需缓慢匀速,在该起塔油缸的进油口设置了一个节流接头,使起塔时桅杆能匀速动作,同时控制其速度。

3.1.3 支腿油路的设计思路

在支腿油缸的进出油口设置了两个液控单向阀(又称双向液压锁)的锁紧回路。其作用是使液压缸能在任意位置上停留,且停留后不会因外力作用而移动位置。到了需要停留的位置,只要使换向阀处于中位,因两个液控单向阀均关闭,使油缸双向锁紧。该回路中由于液控单向阀的密封性好,泄漏极少,锁紧的精度主要取决于液压缸的泄漏。

3.1.4 主油路的设计思路

在操纵台内有六联操纵阀两组,三联操纵阀一组,单联操纵阀一组。单联阀与大双联泵连接,供给三联阀来实现液压变速系统。两组六联阀分别与小双联泵连接,来控制卡头油缸、机械手油缸、支腿油缸、行走马达、绞车马达、卸扣油缸、起塔油缸。

3.2 履带底盘的功率计算

3.2.1 附着力分析

履带行走机构的牵引力必须大于或等于各阻力之和,但应小于或等于履带对地面的附着力。

$$T_0 = \varphi G$$

式中: T_0 ——钻机的附着力; φ ——附着系数; G ——钻机的质量。

3.2.2 履带行走机构牵引力的计算确定

履带行走机构的最小牵引力应满足钻机在最大设计坡度上作业、爬坡和转弯等工况的要求,最大牵引力应小于在水平路面履带的附着力。钻机在最大设计爬坡能力时的牵引力为最大,而且移动速度低,空气阻力可以忽略不计,所以履带行走机构的牵引力的计算以下列公式为依据:

$$T_2 = T_f + T_i = fG + \sin\alpha G$$

式中: T_2 ——履带行走机构的牵引力; T_f ——履带行走机构的滚动阻力; T_i ——履带行走机构的坡道阻力; f ——履带行走机构的滚动阻力系数; α ——最大设计坡度角。

根据对履带行走原理的分析,要求:

$$T_0 \geq T_2$$

即: $\varphi G \geq fG + \sin\alpha G$

$$\varphi \geq f + \sin\alpha$$

所以当牵引力足够大的时候,钻机的最大爬坡角度只与路面的附着系数和滚动阻力系数有关,因此设计时只能按照最大爬坡角度设计,但该角度并不是在所有路面都可以的。根据钻机的当前使用情况,取:

$$\begin{aligned} f &= 0.15, \alpha = 30^\circ \\ T_2 &= T_f + T_i = fG + \sin\alpha G \\ &= (0.15 + \sin 30^\circ) \times 7000 \times 9.8 \\ &= 44.59 \text{ kN} \end{aligned}$$

则单条履带的牵引力 $T = 22.295 \text{ kN}$ 。

3.2.3 单条履带行走机构输入功率的确定

$$P = TV/\eta_i$$

式中: P ——履带行走机构的输入功率; V ——履带行走机构工作时的行走速度; η_i ——履带链的传动效率, $0.89 \sim 0.92$, 此处取 $\eta_i = 0.89$ 。

$$\begin{aligned} P &= TV/\eta_i \\ &= 22295(\text{N}) \times 0.29172(\text{m/s})/0.89 \\ &= 7307.67 \text{ W} \end{aligned}$$

3.3 操纵台的作用

钻机的液压操纵台安装在离孔口很近的机架上,主要是为了看清整个施工过程。操纵台内装有六联操纵阀两组,单联合流阀一组,三联操纵阀一组。高压油通过合流阀的工作油路再到三联阀负责钻机的快速钻进提升、回转及卷扬。一路负责钻机一边行走马达行走、支腿油缸、慢速和调速提升给进及其他辅助动作的工作;另一路负责钻机的另一边行走马达行走、支腿油缸、起塔及其他辅助动作的工作。通过操纵液压阀手把,来实现钻机的各种动作,操作人员可根据操纵手前方的4个压力表所显示的钻机工作时的实际压力值,及时地调整钻进参数,以便获得最佳的钻进效率。

3.4 机械手设计及技术参数

3.4.1 提取质量及长度

提取质量是用来表明机械手负荷能力的技术参数,根据钻机使用钻杆情况(双壁钻杆、加重钻杆等),机械手作业对象钻杆的直径 $89 \sim 108 \text{ mm}$, 长度为 3 m , 质量为 $45 \sim 90 \text{ kg}$ 。

3.4.2 自由度

机械手自由度越多,其动作越灵活,适应性也越广,但结构相应趋于复杂。机械手设计为3个自由度。

3.4.3 运动行程

运动行程(指直线距离或回转角度),即臂部、手部、整个机械手的变动量。钻杆可调倾角与钻架

保持一致,机械手伸缩行程设计为 600 mm 。

3.4.4 运动速度

运动速度是反映机械手性能的一项重要技术参数,它与机械手的提取质量、位置精度等参数有密切关系,同时亦影响着机械手的运动周期。为了缩短机械手整个运动的周期,提高生产效率,通常总是希望启动加速和减速制动阶段的时间尽可能的缩短,而运行速度尽可能的提高,即提高全运动过程的平均速度。但在这种情况下,惯性力也越大,容易使钻杆松拖。同时由于受到较大的动载荷而影响机械手工作的平稳性和位置精度。目前,国内外通用机械手的最大直线运行速度大部分在 1000 mm/s 以下;最大回转运行速度一般不超过 $120^\circ/\text{s}$ 。因此,钻机辅助机械手的直线速度设计为 300 mm/s 。

3.4.5 位置精度

位置精度的高低取决于位置控制方式以及机械手运动部件本身的精度和刚度,而与提取质量、运行速度等也有密切关系。设计机械手为点位控制,位置精度应达到 $\pm 0.5 \sim 1 \text{ mm}$ 。

4 野外生产试验

4.1 试验区地理及地层概况

2008年3月28日~4月18日,在北京中资环钻探有限公司的配合下,项目研制的柴油机驱动的 150 m 全液压多功能钻机在内蒙古自治区赤峰市张家沟铅锌矿进行了野外生产试验。

试验矿区地势西高东低,地面由西向东缓慢倾斜。西部为中山熔岩台地区,海拔 $1000 \sim 2000 \text{ m}$, 山体中、上部为坡积、残积物,中、下部为第四系黄土,并有小部分侵蚀地貌。中部为低山丘陵侵蚀区,海拔 $500 \sim 1000 \text{ m}$, 区内山川交错,丘陵起伏,山体除上部有坡积、残积物出露外,下部均由厚度 $10 \sim 50 \text{ m}$ 的黄土所覆盖,地表被流水切割得支离破碎。靠近东部沙区的边缘地带,风蚀较重,形成了一部分风蚀沙化地貌。东部为坳甸相间沙丘地区,海拔 $300 \sim 500 \text{ m}$ 。在广阔的冲积平原上,遍布连绵起伏的沙丘,丘间零星分布着草甸和沼泽地。

地层主要有上太古界乌拉山群、下元古界二道凹群、中元古界渣尔泰群、上元古界什那干群、古生界石炭系拴马桩组、中生界侏罗系中下统石拐群、上统大青山组、白垩系下统固阳组及新生界第三系、第四系等。

4.2 试验使用的配套机具

4RHP750型移动式螺杆空压机; $\varnothing 89 \text{ mm}$ 空气

反循环双壁钻杆 300 m,定尺 3 m,每根重 55 kg;阿特拉斯高风压潜孔锤(型号 CIR110)2套,Ø110 mm 锤头 4只;Ø130 mm 硬质合金反循环取心钻头 3只;Ø127 mm 套管 22 m,套管靴 2个,套管夹板 1副;转换接头:套管-钻杆,潜孔锤-钻杆,双管-钻杆等;高压送风胶管 2根,每根 12 m;低压排样管 2根,每根 15 m;反循环岩样旋流收集器 1个。

4.3 野外试验情况

根据地质工作需要,并结合钻机野外试验要求,矿区地质部门布置了空气反循环连续取样钻孔 4个,孔深 100~260 m,倾角 35°~45°,方位角 165°。

野外钻探试验历时 11天,施工台时 66 h,完成试验孔 4个,最大终孔深度 186 m,累计钻探工作量 485 m,见表 1。主要钻进工艺参数为:给进压力 7~10 kN,回转转速 34~56 r/min,空压机风量 18~20 m³/min,空压机压力 1.6~1.8 MPa。在通常情况下(钻孔孔内无水或水量很小,空气潜孔锤工作正常),钻进时效 15~22 m,岩心采取率 90%~100%。在钻进深度 >150 m,或出水量较大时,钻进时效明显下降。

正常情况下,因空压机能力不足(钻孔深度大、水量大),钻进效率 <5 m/h 时,认为已经不适合空气反循环钻探(因空气反循环钻探油耗很大,在时效明显降低而无法采取措施提高时,建议终孔或改用绳索取心钻进)。

表 1 试验钻孔一览表

孔号	设计孔深 /m	设计顶角 /(°)	设计方位角 /(°)	终孔直径 /mm	实际终孔 深度/m
ZK-1	200	45	165	110	132
ZK-2	200	40	165	110	186
ZK-3	270	35	165	110	113
ZK-4	50	0		110	54

注:(1)ZK-4孔主要试验钻机辅助机械手的效果;(2)ZK-1、ZK-3孔提前终孔是因为钻孔深度超过矿体深度 10 m 以上;(3)ZK-2孔因出水量大、风压接近空压机额定指标,钻进时效低于 5 m 而终孔。

钻机辅助机械手在赤峰和贵州两个施工现场进行了试验。机械手可顺利完成加接及移卸钻杆的动作程序,在基本熟练操作的情况下加接与拆卸钻杆时间为 3~5 min。

钻机辅助机械手基本上替代了人工加接与拆卸钻杆,操作人员只需将钻杆扶住即可,减轻了现场工人体能消耗,有利于安全生产和文明生产。

机械手的使用并没有缩短钻探辅助时间,即省力不省时。同时,在斜孔施工时,现场钻探人员需上

前站在孔口部位扶住钻杆,比较费力。且在斜孔情况下因孔口座(补心)与钻机工作台有相对的松动(间隙),而辅助机械手油缸自由活动余量较小,动作时常受到干涉。

5 结论

(1)DR-150型履带式全液压多功能钻机为全液压型式,液压关键元件采用进口、合资产品,系统设有压力保护和报警装置,液压效率高,热平衡控制良好。执行机构的控制手柄、仪表集中在操作台上,操作、控制方便可靠。

(2)钻机采用独创的伸缩钻架,钻架给进行程达到 3300 mm,同时抗扭能力 >4500 N·m。伸缩钻架结构简单,维护方便,便于搬迁,孔口操作比较方便,并可施工大顶角钻孔。伸缩钻架的动架可作为液压起重千斤顶使用,提升力增加 1 倍,有利于孔口管、套管的起拔和孔内事故处理。

(3)钻机采用具有抗大冲击功能的大扭矩双通道动力头,回转转速适合空气反循环钻探需要,提升力、扭矩等参数可满足 300 m 以浅空气反循环潜孔锤钻探、空气潜孔锤钻探等多工艺要求。

(4)钻机设有加接钻杆的液压机械手,可在直孔及小顶角(不大于 13°)工况下使用。同时钻机还配有辅助液压绞车,可大大减轻机台工人的劳动强度,有利于机台安全施工、文明施工。

DR-150型钻机经过课题组的严谨设计,得到无锡钻探机械厂的精密加工,经受了用户苛刻的地理及地层的严格考验,验证了 DR-150型钻机是一款多功能,多地形,完全满足于当代地质要求的新型钻机,现在已经定型推广。

参考文献:

- [1] 孙友宏,胡志坚,等. JQW-30型钻机液压系统设计[J]. 工程机械,2006,(9):41-45.
- [2] 黎毅力,孙建华,等. QK-100型多功能全液压取样钻机的研制[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(1):43-45.
- [3] 张壮志. 对全液压钻机供油方式有关问题的探讨[J]. 矿业安全与环保,2004,(4):50-51.
- [4] 张红彦,郑午,尚涛,等. 国内外全液压钻机节能控制系统发展趋势[J]. 矿业工程,2004,(6):43-45.
- [5] 蔡自兴. 机器人学[M]. 北京:清华大学出版社,2000.

致谢:在本项目的立项、设计、研究及试验过程中,得到了中国地质调查局领导及专家,无锡探矿机械总厂有限公司、北京中资环钻探有限公司、黑龙江省有色地质调查局 707 地质队、北京市地勘局 101 地质队等单位协作人员的大力支持,为本项目工作的顺利完成奠定了基础。在此表示衷心的感谢!在论文编写中,感谢孙建华、张永勤、李振亚、相重琨等专家提供的支持和帮助。