

GJ-240L 型履带式工勘钻机的研制与应用

刘珂, 王圣君, 杨东河, 薛磊

(山东省第一地质矿产勘查院, 山东 济南 250014)

摘要:环境治理、地质调查、市政勘察等领域的钻探施工孔位多、分布散,为提高钻进施工效率、提升机台全要素生产率,专门设计了一款履带式工勘钻机。本文着重介绍了钻机设计方案、性能参数、结构特点及试验应用情况,通过分析对履带式工勘钻机研制工作进行了总结,为今后此类项目实施提供了参考。

关键词:履带式;工勘钻机;液压驱动

中图分类号:P634.3⁺1 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2018)03-0076-05

Development and Application of GJ-240L Crawler Type Engineering Geological Exploration Drilling Rig/LIU Ke, WANG Sheng-jun, YANG Dong-he, XUE Lei (No.1 Institute of Geology and Mineral Resources of Shandong Province, Jinan Shandong 250014, China)

Abstract: The hole-sites are distributed dispersedly in the environmental management, geological survey and municipal investigation fields, a crawler type engineering geological exploration drilling rig has been specially designed in order to improve drilling construction efficiency and enhance total machine factor productivity. This paper focuses on the rig design plan, performance parameters, structural features and test applications; summarizes the development of crawler type engineering geological exploration drilling rig through the analysis, which provides a reference for such projects in the future.

Key words: crawler; engineering geological exploration drilling rig; hydraulic drive

1 概述

在环境治理、城市勘察施工、区域地质调查等项目中,钻探工程孔分布较散,孔位也较多,尤其是市政道路勘察中,孔距较远,使用传统的滑橇式工勘钻机搬迁困难、搭建钻塔费事,再加上单孔施工时间较短,搬迁辅助时间占用了较大比例,施工效率不高,机台全要素生产率极低。为更好地解决施工中存在的问题,缩短工地转场时间,提高施工效率,保证施工质量,需要专门研制履带式工勘钻机,实现钻机自行移动,钻塔自行起落,泥浆泵和钻具随钻一同到位,提高钻机单机独立作业能力。

根据钻机研制的目的任务,确定钻机技术方案如下:

- (1)履带行走装置选用液压马达驱动钢履带底盘;
- (2)主机选用柴油机驱动立轴式工勘钻机;
- (3)钻机钻塔采用门式两节伸缩结构,液压起落;
- (4)钻机液压动力源采用柴油机驱动,钻机行

走、就位时驱动液压系统,工作时驱动泥浆泵;

(5)钻机行走设置快速及慢速两挡速度,采用遥控操作,确保行走作业安全。

山东省第一地质矿产勘查院根据以上要求,专门研制了 GJ-240L 型履带式工勘钻机。其整体结构如图 1 所示。



图 1 GJ-240L 型履带式工勘钻机整体结构

2 GJ-240L 型履带式工勘钻机技术参数

钻孔深度:240 m(Ø91 mm 口径)

回转速度:43~612 r/min

收稿日期:2018-02-05

作者简介:刘珂,男,汉族,1983 年生,工程师,主要从事探矿工程机械、地质装备产品的设计工作,山东省济南市章丘区创业路 2899 号,15054152084@163.com。

给进行程:460 mm
 最大扭矩:2960 N·m
 给进力:27 kN
 提升力:36 kN
 卷扬机最大提升力:20 kN
 立轴钻机功率:20 kW(柴油机)
 钻机动力机组功率:20 kW(柴油机)
 液压系统额定压力:20 MPa
 泥浆泵:BW250 型
 履带接地比压:0.055 MPa
 行走速度:一档 0.57 km/h,二档 1.5 km/h
 外形尺寸(长×宽×高):5470 mm×2100 mm
 ×2650 mm
 钻机质量:6 t

3 GJ-240L 型履带式工勘钻机结构及特点

GJ-240L 型履带式工勘钻机主要由工勘主机、钻塔、底盘、履带底盘、钻机动力机组、泥浆泵、液压系统、电气系统、随机附件等部分组成(参见图 1)。

3.1 工勘主机

工勘主机选用 GJ-240 型工勘钻机配套,满足钻机移动方便的要求,选择柴油机动力配置。在不改动原机动力配置及其他性能参数的基础上,为进一步优化钻机性能,增加修改了一些附属设计,如:卷扬机钢丝绳导向滑轮组、电启动柴油机装置等。卷扬机钢丝绳导向滑轮可杜绝钢丝绳挤进卷筒侧边,消除安全隐患。

3.2 钻塔

按照钻机设计目的,本着搭建钻塔方便快捷、在满足有效钻塔高度的基础上减小运输尺寸、结构简单、负载大的要求。设计了可以液压油缸起落、上下两节伸缩形式的门式钻塔(见图 2)。



图 2 可伸缩式钻塔

钻塔主要由天车、上塔、主塔、塔座等部件组成。为使钻塔工作时稳定、起下钻具时不易晃动,在设计时采用以下 3 种解决方式:(1)采用塔座与钻机底盘一体结构,塔座采用矩形方管焊接,下部直接焊接在

钻机底盘上;(2)工作时主塔和塔座螺栓紧固,主塔在液压油缸控制下竖直于塔座后,通过螺栓将两者紧固,提高钻塔整体稳定性;(3)油缸辅助塔撑作用,油缸活塞到位后,靠平衡阀背压作用自动锁止,钻塔、底盘与油缸形成稳定的三角形结构。

为缩小钻机运输尺寸,同时满足钻塔有效高度,设计了两节伸缩结构的钻塔,通过钢丝绳滑轮机构实现上塔和主塔之间的伸缩,节省了人力,完全伸出或完全收起后通过 4 个销轴固定,保证钻塔整体性。钻塔高 8.4 m,有效高度 6 m。

天车配置了 2 个滑轮组,在钻机钻进和移位时,保证钢丝绳受力合理,提高钢丝绳使用寿命。

3.3 底盘

底盘上部主要安装钻塔、主机、动力机组、泥浆泵、液压系统等部件,下部连接履带底盘。为增强底盘抗挠曲变形能力,底盘左右两侧设计两组共 4 根 18 号槽钢对焊作为纵梁,将钻塔、主机、履带底盘等主要施力部件连接点作用在纵梁上,底盘受力均衡。

为满足钻机多工艺施工的要求,底盘设计双层孔口装置,工勘施工时使用 $\varnothing 100$ mm 孔口;在进行给水孔、基础工程等大口径施工时,使用下层孔口,最大通径 600 mm。

底盘四角设计了 4 个液压油缸支腿,通过调节 4 个支腿高度可以调节钻塔的垂直度,整个钻机质量通过 4 个支腿承载,也增加了钻机的稳定性。

3.4 履带底盘

钢制履带底盘特有的通过性好、稳定性高、转弯半径小等优点可以提高工程机械设备爬坡越野性能,因此,采用钢制履带底盘解决钻机自行移动问题,能够满足钻机机动性和场地适应性。

履带底盘是钻机的主要承载基础,要有足够的强度,又要运行可靠,容易维修。履带行走装置由驱动轮、导向轮、支重轮、张紧装置、H 架、液压马达等部件组成。通过控制左右两侧马达前后转动,可以实现钻机前进、后退、左右转弯、原地转弯的功能。

3.4.1 履带底盘初选

经初步理论计算,钻机质量约为 5.7 t,据此,选型时选择 6 t 的履带底盘,据厂家样本该型履带底盘驱动马达最小排量 $q_{M\min} = 1.219$ L/r,最大排量 $q_{M\max} = 1.874$ L/r,驱动轮节圆直径 377 mm。

3.4.2 钻机行驶速度计算

根据设计要求,钻机低速挡速度不宜过快,控制

在 0.5 km/h 左右,同时考虑到钻机功率匹配适宜,燃料消耗水平低的要求,初步选择排量 20 mL/r 的小齿轮泵作为钻机基本功能及低速行走的动力源。根据下式验算钻机的行驶速度。

$$V = \frac{Dn}{2q_{Mmax}I} \times \pi R \times 60$$

式中: V ——钻机行走速度,km/h; D ——泵排量,20 mL/r; n ——驱动泵的动力机转速,1000 r/min; q_{Mmax} ——履带马达最大排量,1.874 L/r; I ——马达传动比,取值 1; R ——驱动轮节圆直径,377 mm。

计算得: $V=0.57$ km/h。根据计算所选液压泵可以满足钻机行驶速度的要求。

3.4.3 履带行走牵引力计算

履带行走时,在爬坡工况下所需的牵引力最大,我们以爬坡工况计算履带行走牵引力。该牵引力 F_T 需克服坡度阻力 F_s 、履带运行内阻力 F_n 、土壤变形阻力 F_d 、风载阻力 F_w 、惯性阻力 F_i 。

其中坡度阻力:

$$F_s = M \times 9.8 \times \sin(\delta\pi/180) = 29386 \text{ N}$$

式中: M ——钻机质量,取值 6000 kg; δ ——爬坡能力,取值 25°。

土壤变形阻力:

$$F_d = (M \times 9.8/10) = 5880 \text{ N}$$

惯性阻力:

$$F_i = 0.015 \times M \times 9.8 = 882 \text{ N}$$

查选型手册,履带运行内阻力 $F_n = 7600$ N,风载阻力 $F_w = 1500$ N。

则 30°爬坡工况下,履带行走牵引力 $F_T = F_d + F_s + F_w + F_i + F_n = 45248$ N,液压马达输出扭矩大于该值则钻机可以爬坡。

3.4.4 功率计算

根据 30°爬坡工况下,履带行走牵引力计算驱动履带马达的液压泵需要达到的最小压力 p 可按下式进行计算:

$$p = \frac{\pi F_T \times R \times 9.8}{\eta q_{Mmax}} \times 10^{-7} = 16.5 \text{ MPa}$$

式中: η ——液压马达机械效率,取 0.85。

钻机 30°爬坡工况下所需功率 P :

$$P = \frac{Dn}{1000\eta} \times \frac{p}{60} = 9.71 \text{ kW}$$

经上述计算验证,该 6 t 履带底盘及选配的 20

mL/r 液压泵可以满足钻机行驶速度、牵引能力等设计使用要求。

3.5 钻机动力机组

为满足钻机自行移动的要求,钻机动力机组选用柴油机动力配置。动力机组为钻机液压系统、泥浆泵提供动力(见图 3)。液压系统主要有钻塔起落、履带行走、底盘支腿 3 种功能,这几种功能均是钻机移机运输等工况下使用,这些功能与泥浆泵的使用互不冲突,因此动力机组功率计算以满足液压系统和泥浆泵两者最大功率为准。通过计算最大负荷工况下履带底盘理论功率为 9.7 kW,泥浆泵功率为 12 kW,考虑柴油机功率转速曲线及功率因数,选用最大功率 20 kW 的柴油机。

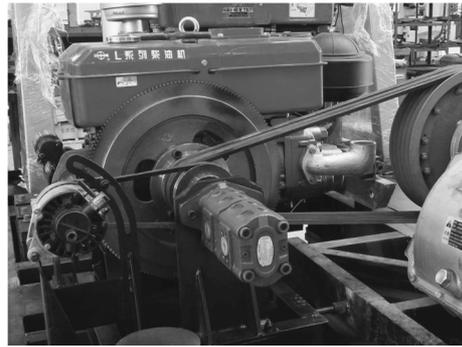


图 3 动力机组

柴油机飞轮端固定皮带轮,皮带轮端通过联轴器直接驱动液压泵组,皮带轮用来驱动泥浆泵和发电机。柴油机启动后,液压泵组和泥浆泵带轮同时运转,通过结合离合器手柄即可开启泥浆泵。由于液压系统无工作时压力为 0,功率消耗非常小,不影响泥浆泵的工作。液压系统工作时,泥浆泵离合松开,皮带轮空转,同样不影响液压系统的正常工作。

发电机为蓄电池充电的同时提供钻机电气系统的电能。

3.6 液压系统

钻机液压系统(见图 4)主要满足钻塔起落、底盘调平、履带行走 3 个功能。履带行走需要满足左右两侧履带分别能实现前后行走功能,履带行走速度设置两挡速度,远距离行走时使用快速挡,近距离移位、爬坡等工况下使用低速挡。根据以上设计要求,液压系统采用双联泵配置,排量较大的主泵仅在远距离行走时开启使用,排量相对小的副泵作为日常工作使用泵,不设计单独控制的开关。

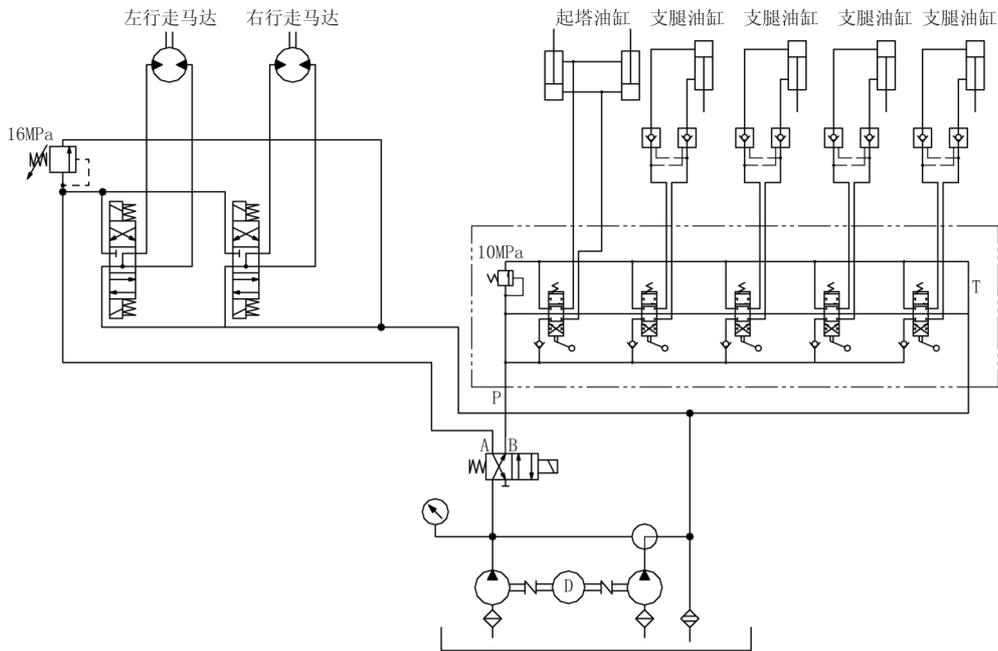


图 4 液压系统

在主油路设计上主要将系统分成两个功能组,一个是履带行走功能,另一个就是支腿和钻塔起落功能。两个功能组互不影响。操作履带行走功能时,支腿功能切断。主油路安装两位的电磁阀,出口分别接液压系统的两个功能组。履带行走马达通过电磁阀控制,在接通任意履带电磁阀时同时接通主油路的两位电磁阀,实现通电时油路仅通向履带行走功能区。同样,主油路电磁阀不通电时(不触按履带行走按钮),油路通向支腿油缸功能区。通过电磁阀控制了钻机功能使用的安全性,防止在行走时伸缩支腿油缸,造成钻机接近角减小碰坏支腿油缸,或避免行走时进行起落钻塔等危险操作。

履带行走采用遥控操作,电磁阀组实现左右履带两个方向的油路控制,钻塔起落及 4 个底盘调平支腿升降采用手控液压阀控制。

整机液压系统设计安全阀及调整系统压力的溢流阀。为保证钻塔起落安全性,保证其在起塔或落塔过程中动作均匀无冲击,起塔油缸安装平衡阀。

为使钻机工作时稳固,支腿油缸设计双向液压锁锁紧回路,该回路可使液压油缸在任意位置锁止。油缸就位后操作换向阀手柄回到中位,油缸的液控单向阀关闭,油缸两个油腔封闭,油缸则锁止。油缸需要移动时,操作换向阀手柄,在油压作用下,液控单向阀打开,油缸两腔油液可以流动,油缸实现伸缩功能。

液压油使用 32 号低凝抗磨液压油,油箱内有回油过滤器和吸油过滤器,用以过滤液压油中的杂质。

3.7 其他部件

钻机电气系统主要由蓄电池组、发电机、控制柜等组成。钻机配置钻杆架、工具箱等其他附属装置。

4 试验情况

GJ-240L 型履带式工勘钻机样机试制完成后,在山西吕梁某铝土矿工地进行了生产试验,17 d 时间,施工深度为 80 m 的钻孔 3 个。试验期间主要验证钻机转场效率、履带行走装置通过性、钻塔起落底盘调平等功能。

该矿区地表碎石、坑洼较多,钻机履带正常行走时泵压平均在 5 MPa,在通过坑洼碎石地面时,瞬时压力可达 11 MPa,钻机顺利通过,履带底盘驱动力满足野外工况下的钻机行走需要,通过性良好。

我们以该工地没有履带行走装置的普通工勘钻机(以下简称普通钻机)为例,对比了两种钻机转场施工效率情况。

普通钻机采用人工现场搭建的钻塔,塔高 9 m。从第一个孔就位开始统计,由于两钻机钻进机械部分相同,地层情况也相近,同样设计 80 m 深的钻孔,12 h/d 的工作时间,两钻机进度相似,普通钻机用时 63.5 h,GJ-240L 型钻机用时 65.5 h。终孔后需要转场时,我们将两台钻机转场时每个步骤用时

分别进行记录,并制作了表格进行统计(见表1)。

表1 GJ-240L型履带式工勘钻机同普通钻机移机时间对比

钻机类型	普通工勘钻机	GJ-240L型履带式工勘钻机
落塔	人工拆卸 2.5 h	液压落塔 5 min
500 m 移孔	卷扬地锚拖动 4 h	履带自行 42 min
附件搬运	人工搬运 2 h	随机自行
定孔	人工撬动 0.5 h	履带移动 10 min
起塔	人工安装 2 h	液压起塔 5 min
总计	9.5 h	1.03 h

经过统计,普通钻机移机用时 9.5 h,GJ-240L型钻机仅用 1 h。经过一个月时间使用统计,GJ-240L型钻机施工 6 个孔用时 383 h,普通钻机此时刚施工第 6 个孔至 3.7 m。在该工地,GJ-240L型钻机比普通钻机一个月几乎多施工一个钻孔。使用 GJ-240L 型履带式工勘钻机,转场移孔时钻机自行移动,泥浆泵和钻具随钻机移动,钻塔在油缸作用下竖直固定,安装就位方便,移孔时间缩减了约 8.5 h,若孔距>1 km,转场效率优势将更显著。

5 结语

GJ-240L型履带式工勘钻机可以履带行走、钻塔安装就位方便、随机自带泥浆泵几个优点解决了普通工勘钻机难以移动,移孔安装就位繁琐等难题,提高了机台全要素生产率。

GJ-240L型履带式工勘钻机将机械、液压、电气高度一体化,具有结构紧凑、动力大、操作简单轻巧、液压系统设计简洁高效、整机故障率低等优点,施工配套齐全,是移动的机台,对环境破坏小,是一款绿色高效的新型钻机产品。可以广泛用于冶金、地质探矿、水力、水电、建筑、铁路、桥梁、公路、隧道及其他基础性建设等领域,满足基础工程勘察,水井钻进,监测检测孔、探矿等多种工艺的施工要求,实现一机多用,施工领域广泛。

参考文献:

- [1] 刘延俊. 液压与气压传动[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [2] 冯德强. 钻机设计[M]. 湖北武汉: 中国地质大学出版社, 1993.
- [3] 王汉宝, 刘秀美, 梁健, 等. DR-150型全液压履带取样钻机的研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(1): 27-30.
- [4] 侯庆国, 冯少春, 王玉吉, 等. DZ-200型多功能钻机研制及其在浅层地理管孔施工中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(9): 33-36.
- [5] 侯庆国. XD-3型全液压力头式岩心钻机的研制与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 35(8): 27-30.
- [6] 殷新胜, 姚宁平, 陈跟马, 等. ZDY6000L型履带式全液压坑道钻机液压系统设计[J]. 煤田地质与勘探, 2007, 35(6): 77-80.
- [7] 谭禾丰, 赵玉玺, 应忠卿, 等. 工程钻机用履带行走装置的研制[J]. 地质装备, 2009, (2): 11-15.
- [8] 卢春阳, 欧阳志强, 李明星. XY-4L型岩心钻机的研制与应用[J]. 地质装备, 2010, (2): 11-12.