

JD15 型全液压钻机给进机构的方案设计

于彦江, 李波, 吴来杰, 蔡建平

(中国地质大学(武汉)机械电子工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 钻机给进机构性能的好坏直接影响钻探效率、钻孔质量的高低和钻机其他技术性能的发挥。通过对 JD15 型全液压钻机给进机构的几种设计方案的分析对比, 最终确定出满足设计要求的最佳方案, 即长行程单液压缸给进机构方案, 并完成了核心部件的设计与校核。

关键词: 全液压钻机; 给进机构; 方案设计; 长行程; 单液压缸

中图分类号: P634.3⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2007)08-0037-03

Design of Driving Mechanism of JD15 Fully Hydraulic Drilling Machine/YU Yan-jiang, LI Bo, WU Lai-jie, CAI Jian-ping (College of Mechanical and Electronic Engineering, China University of Geosciences (Wuhan), Wuhan Hubei 430074, China)

Abstract: The functions of the driving mechanism directly affect drilling efficiency, borehole quality and other technological performances of the drilling machine. In this paper, different types of driving mechanism of JD15 hydraulic drilling machine are compared and analyzed. At last, the best design project, driving mechanism of the single hydraulic cylinder with long stroke, was determined.

Key words: fully hydraulic drilling machine; driving mechanism; design; long stroke; single hydraulic cylinder

据统计,我国多数金属矿山的探采深度不到 500 m,在 10618 个主要金属矿山中,只有个别矿山开采深度 >1000 m。而埋深 500 m 以深的矿床,目前还很少勘查和评价。因此,加大找矿力度,需要开辟我国的第二找矿空间。科学、有效地勘查第二找矿空间,一方面必须系统规划并重点开展深部地质勘查方法综合研究;另一方面要加强勘查设备的研究,研制有利于深部探采的新型钻机^[1]。

JD15 型全液压钻机钻进深度可以达到 1500 m,该钻机的研制对于深部找矿具有重要的现实意义。本文主要介绍 JD15 型全液压钻机给进机构的设计。

1 JD15 型全液压钻机对给进机构的要求^[2,3]

给进机构是钻机的主要执行机构之一,其性能的好坏直接影响钻机技术性能的发挥、钻探效率及钻孔质量的高低。为保证给进机构具有良好的技术性能和完善的性能,它应满足下列要求:

- (1) 应具有足够的给进力和提拔力;
- (2) 可以无级且均匀地调节给进速度;
- (3) 能够无级调节给进力,实现减压钻进,并能在钻压调定后,孔内情况未发生变化的条件下,保持钻压基本稳定不变;

(4) 在条件许可的情况下,尽可能加大给进行程,实现长行程连续给进,以减少钻进中的辅助时间,提高效率,预防孔内事故发生;

(5) 拧卸钻杆时,液压缸处于浮动状态;

(6) 功能齐全,结构简单,工作性能可靠,便于制造和维修。

2 JD15 型全液压钻机给进机构的主要性能参数

最大提拔力 200 kN;最大给进力 94.5 kN;系统压力 16 MPa;给进行程 3.3 m;最大给进速度 50.7 m/min;最大倒杆速度 24.4 m/min。

3 JD15 型全液压钻机给进机构方案的确定^[4-7]

满足提拔力和给进力的性能要求是给进机构的首要设计任务。根据 JD15 型全液压钻机对提拔力和给进力的性能要求,确定该钻机采用液压驱动式给进机构。它具有给进力、提拔力大,可无级调速等优点。下面分别对几种液压驱动给进机构设计方案进行分析、比较,以期选择出符合钻机功能需要的最佳给进机构。

3.1 长行程单液压缸给进机构

这种机构如图 1 所示,它将液压缸与动力头联

收稿日期:2007-01-20; 改回日期:2007-07-06

作者简介:于彦江(1983-),男(汉族),河南驻马店人,中国地质大学(武汉)硕士研究生在读,机械设计及理论专业,研究方向为机械设计及理论,湖北省武汉市鲁磨路,yuyanjiang2004@tom.com。

结在一起,直接驱动动力头移动,实现给进和提拔。活塞杆下端与机架横梁固定,空心的活塞杆内装有心管,心管内孔为液压缸无杆腔进油通道,心管与活塞杆间的环形腔为液压缸有杆腔进油通道,活塞杆下端设有2个通油口。

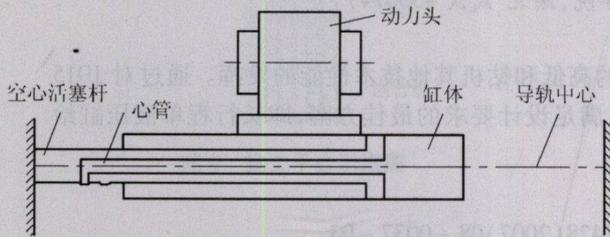


图1 长行程单液压缸给进机构

该结构的液压缸无杆腔通入压力油时为提升状态,能产生 200 kN 的提拔力。油管接在活塞杆下端的两个通油口上,因此可以缩短油管的长度,且能避免运动油管的重复折弯及堆积现象。该机构结构简单,工作可靠,制造成本较低。

针对该结构不利于长给进行程的缺点,本设计采用定制长行程液压缸,能满足 3.3 m 行程,并且能保证其稳定性。同时,采用液压缸中心和动力头滑块导轨中心重合的设计,进一步保证运行平稳。该结构缸体会移动到上塔,使得钻塔轴向尺寸加大。考虑到本设计钻机在野外工作,要求能一次提拔 2 根钻杆,钻塔轴向尺寸本身就需要加大,所以轴向尺寸并不受严格限制。虽然采用定制液压缸,但液压缸成本增加很少,同时由于采用 16 MPa 的低压缸就能满足设计要求,所以对于密封、油管等要求降低,整体设计成本也得到降低。该长行程液压缸型号为 HSGK125-90X3300-00,质量约为 303 kg。

3.2 液压缸-链条给进机构

这种机构如图 2 所示,由液压缸驱动,通过链轮-链条把作用力传递给动力头,可实现 2 倍于活塞行程的长行程给进和提升钻具。工作时,这种机构升降钻具和给进钻具的速度均为活塞运动速度的 2 倍,因此又称为倍速给进机构。

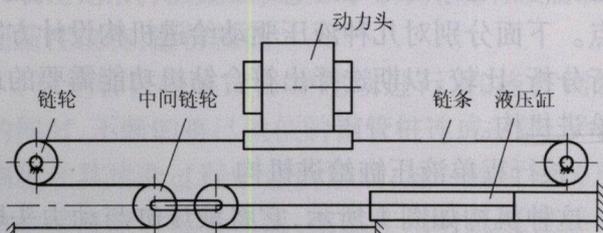


图2 液压缸-链条给进机构

该机构的液压缸行程减小 50%,从而使钻机轴向尺寸减小,主要用于轴向尺寸受严格限制的钻机

类型。但其结构复杂,中间传动环节较多,工作效率、稳定性和可靠性降低。由于液压缸的有效推力只利用了 50%,故需选用大直径的液压缸以满足给进力、提拔力的要求。液压缸选用型号为 GHFI-140/90,缸径 $D=140$ mm(速比 1.66),行程为 1.65 m,工作压力为 31.5 MPa,液压缸质量约 185 kg。单根链条要求能承受 100 kN 的拉力,选取 LH1088/BL588 型,节距 $p=15.875$,极限载荷 133.4 kN,单位质量 3.64 kg/m,链宽 42.57 mm,单条链质量约 16 kg。取导向轮 $D=120$ mm,轮厚 50 mm,单位质量约 4 kg,中间导轮机构(含 4 个链轮)质量约 25kg。该机构总质量(不含动力头和滑板)约为 $185 + 16 \times 4 + 4 \times 4 + 25 = 290$ kg。

3.3 液压马达-链条给进机构

这种机构如图 3 所示,用液压马达直接驱动给进链条,带动动力头移动,结构紧凑,钻机轴向尺寸较小;可采用较长的给进行程;可以获得较快的运动速度,有利于减少起下钻作业的时间和实现快速连续钻进。为保持平衡性,常选用 2 个马达置于塔架两侧。

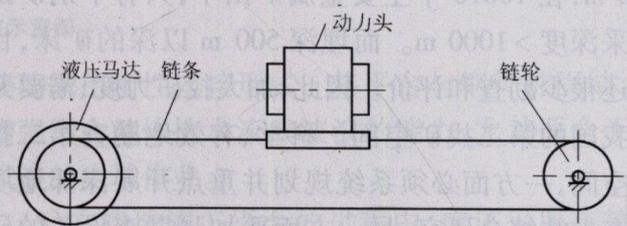


图3 液压马达-链条给进机构

该机构选用的链条每根必须能承受 100 kN 拉力,同时需选用低速大扭矩马达。同方案 2 相同,链条选取型号为 LH1088/BL588。取链轮 $R=94.15$ mm,轮厚 55 mm,单位质量约 12 kg。马达型号 2QJM52-5.0,额定转矩为 11280 N·m,质量为 180 kg。该机构总质量(不含动力头和滑板)约为 $(180 + 12 \times 2 + 29) \times 2 = 466$ kg。

3.4 液压马达倍力给进机构

这种机构如图 4 所示,同样采用驱动给进链条,带动动力头移动,并且增加了中间传递链轮。该方案的给进力、提拔力是液压马达作用力的 2 倍,但该机构给进速度、提拔速度是马达线速度的 50%。马达及链条受力均减小 50%,其结构尺寸及质量也相应减小。但液压马达的维护较液压缸困难,使用寿命也较液压缸短,工作可靠性和效率降低,不利于野外工作。

该方案仍需选择低速大扭矩液压马达,由于增

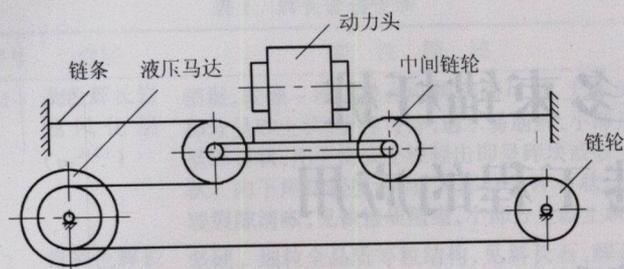


图4 液压马达倍力给进机构

加了中间传动环节,导致整体结构显得复杂。该方案链条选取 LH1066/BL566 型,节距 $p = 15.875$, 极限载荷 60.06 kN , 单位质量 2.65 kg/m , 单根链条质量约 24 kg , 链宽 32.69 mm 。取链轮 $R = 94.15 \text{ mm}$, 轮厚 40 mm , 单位质量约 9 kg , 中间导轮机构(含 4 个链轮)质量约 45 kg 。选取马达型号为 2QJM52-5.0, 额定转矩为 $11280 \text{ N} \cdot \text{m}$, 质量为 180 kg 。该机构总质量(不含动力头和滑板)约为 $180 + (24 + 9 \times 2) \times 2 + 45 = 309 \text{ kg}$ 。

3.5 各种给进机构的对比分析(见表 1)

表 1 各种给进机构方案的对比分析

方案	结构特点	制造成本	质量(不含动力头、滑板)/kg
长行程单液压缸给进机构	结构简单,工作可靠,稳定性强	定制低压缸,成本较低	303
液压缸-链条给进机构	结构复杂,工作效率和可靠性降低	选用高压缸、链传动结构,成本较高	290
液压马达-链条给进机构	结构紧凑简单,可靠性低	选用 2 个低速大扭矩马达,成本较高	466
液压马达倍力给进机构	结构复杂,可靠性低	增加链轮链条结构,成本较高	309

综合对比上述各种设计方案,在满足给进机构设计要求的前提下,从钻机的总体结构、制造成本、工作可靠性和质量大小等方面全面考虑,确定长行程单液压缸给进机构为 JD15 型全液压钻机给进机构的最终设计方案。

4 JD15 型全液压钻机给进机构重要部件的设计^[3]

长行程液压缸是长行程单液压缸给进机构方案中的重点设计内容。下面主要介绍该液压缸设计。

4.1 给进液压缸最大工作载荷的确定

给进液压缸在不同的钻进工作状态下,工作载荷不同,最大工作载荷为最大提拔力 $P_{\max} = 200 \text{ kN}$ 。

4.2 给进液压缸的主要结构尺寸

根据最大工作载荷和液压缸额定工作压力,设计液压缸内径为 $D = 125 \text{ mm}$;空心活塞杆外径为 $d = 90 \text{ mm}$,内径为 $d_1 = 40 \text{ mm}$;心管外径为 $d_2 = 30$

mm ,内径为 $d_3 = 25 \text{ mm}$;活塞杆长度为 $l = 3.6 \text{ m}$,其主要结构尺寸如图 5 所示。

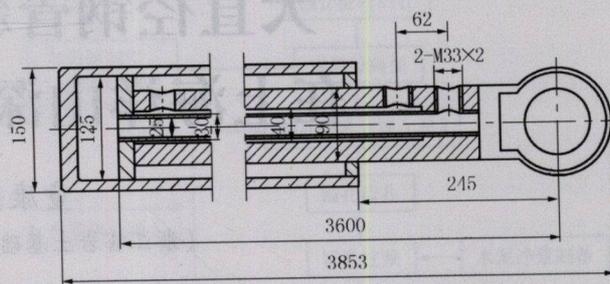


图5 液压缸主要结构尺寸示意图

4.3 给进液压缸活塞杆的稳定性校核

活塞杆的抗拉及抗压强度均满足强度要求,这里主要对活塞杆进行稳定性校核:

因为细长比

$$l/r = 146.3 < m\sqrt{n} = 147.2$$

所以活塞杆极限承载能力

$$P_K = fA/[1 + (a/n)(l/r)^2] = 1047.4 \text{ kN}$$

$$P_{\max} = 200 \text{ kN} < P_K/n = 349 \text{ kN}$$

故满足活塞杆稳定性的条件。

式中, r ——活塞杆横截面回转半径, $r = \sqrt{J/A}$; J ——活塞杆横截面转动惯量, $J = (\pi/64)(d^4 - d_1^4)$; A ——活塞杆横截面积, $A = \pi/4(d^2 - d_1^2)$; m ——钢的柔性系数, $m = 85$; n ——安全系数,取 $n = 3$; f ——钢材料强度实验值, $f = 490 \text{ MPa}$; a ——钢系数,取 $a = 1/5000$ 。

5 结语

在对各种设计方案进行了综合分析对比之后,JD15 型全液压钻机的给进机构最终确定采用长行程单液压缸给进机构。设计表明,采用该设计方案,钻机结构简单,总体质量较小,能产生较大的提拔力,同时工作平稳可靠,便于维修,且制造成本较低。

参考文献:

- [1] 我国深部找矿潜力大,但需过科技坎[EB/OL]. <http://www.cnr.cn>, 2006-07-11.
- [2] 杨惠民. 钻探设备[M]. 北京:地质出版社,1988.
- [3] 冯德强. 钻机设计[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1992.
- [4] 吉林工业大学链传动所. 中国链条、链轮产品样本[M]. 北京:机械工业出版社,2000.
- [5] 范存德. 液压技术手册[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,2004.
- [6] 吴晓军,马新,郑午. DX300 型非开挖异向钻机给进机构的设计[J]. 世界地质,2001,1(20).
- [7] 沙永柏,孙友宏,于萍,薛军. JFK-150 型非开挖导向钻机给进机构的设计[J]. 机械设计与制造,2006,(4).