

# XDQ - 1200 型全液压轻型岩心钻机电液 控制系统设计与应用

刘旭光, 盛海星, 王 敏

(陕西西探地质装备有限公司, 陕西 西安 710089)

**摘要:** XDQ - 1200 型全液压轻型岩心钻机采用了电液比例控制技术, 具有自动化水平高、效率高、易操作、可靠性高等优点。简要介绍了该钻机的性能特点, 重点阐述了动力头回转、给进系统的液压控制原理和钻机的整体电气原理设计。生产试验表明, 钻机运行良好, 工作稳定, 进尺速度快, 操作简单, 功能先进, 自动化程度高。

**关键词:** 岩心钻机; PLC; 全液压钻机; 轻型钻机; 电液控制

**中图分类号:** P634.3<sup>+</sup>1      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1672 - 7428(2015)09 - 0049 - 04

**Design of Electro-hydraulic Proportional Control System for XDQ - 1200 Light and Full Hydraulic Core Drill/LIU Xu-guang, SHENG Hai-xing, WANG Min** (Shaanxi Xitan Geological Equipment Co., Ltd., Xi'an Shaanxi 710089, China)

**Abstract:** Electro-hydraulic proportional control technology is used for XDQ - 1200 light full hydraulic core drill with the advantages of high automation level, high efficiency, easy operation and high reliability. The paper briefly introduces the performance characteristics of the drill, expounds the power head rotation, hydraulic control principles of feed system and overall electric principle design. Production test shows that the drilling operation is well with advanced drill functions of stable work, fast drilling speed, simple operation and high degree of automation.

**Key words:** core drill; PLC; full hydraulic drill; light rig; electro-hydraulic control

## 0 引言

20 世纪 70 年代, 随着液压技术的发展和液压元件水平的提高, 出现了全液压顶驱型动力头式钻机, 许多国家将全液压顶驱型动力头式的岩心钻机作为主要钻探设备, 来进行矿产勘查工作, 从浅孔(100 m)到深孔(3000 m)都能使用, 其使用范围很宽。随着电液比例控制技术的发展和, 发达国家的勘探设备制造公司将电液比例控制技术应用到了钻机开发当中。电液比例控制技术作为一种新型的液压传动控制技术, 在全液压钻机的液压传动系统中取得了比较好的使用效果。通过这项技术, 可以将液压系统的控制功能集成在电液比例控制器内, 简化液压系统的构成, 提高液压系统动作的稳定性和可靠性, 能够实现钻机复杂的控制功能, 提高钻机的自动化程度, 提高工作效率, 降低能耗和工人劳动强度。

XDQ - 1200 型全液压轻型岩心钻机是我厂在多年的设计、生产全液压岩心钻机的基础上研制出来的, 使用了电液比例控制技术和 PLC 控制技术,

具有很高的自动化水平和工作效率。

## 1 XDQ - 1200 型全液压轻型岩心钻机简介

XDQ - 1200 型全液压轻型岩心钻机(见图 1)专门针对山区丘陵地带固体矿藏地表取心作业而设计, 适用于金刚石绳索取心等多种钻探工艺, 适用于地质、冶金、煤炭、石油、天然气、地下水等行业。整机采用模块化设计, 拆卸、安装搬迁方便, 省时省力, 单个模块质量  $\geq 200$  kg, 完全适用于交通不便的山区丘陵环境。采用电控操作方式, 取代了以前的机械式手柄操作, 改善了工人的工作环境。具有恒压随钻控制系统, 根据工况, 设定压力, 自动恒压钻进, 提高钻进效率。动力头回转速度采用电液比例控制技术, 可以实现一定范围内的无级变速。采用传感器检测技术对动力头扭矩、回转速度、提升速度、液压系统压力及柴油机转速等重要参数进行采集并实时显示, 使机手能够及时掌握钻机和孔内的工作状况。

钻机的主要技术参数如下。

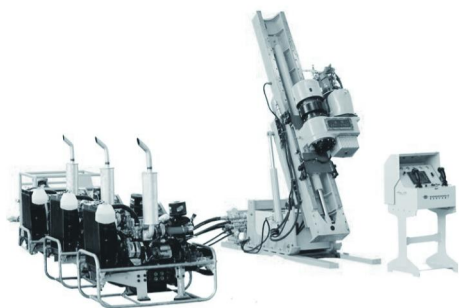


图1 XDQ-1200型全液压轻型钻机

(1) 钻探能力:  $\varnothing 55.6$  mm/1200 m;  $\varnothing 71$  mm/900 m;  $\varnothing 89$  mm/600 m。

(2) 主卷扬: 空鼓提拔力 75 kN; 速度(空鼓) 50 m/min; 装绳量 60 m/ $\varnothing 22$  mm。

(3) 副卷扬: 空鼓提拔力 12 kN; 满鼓提拔力 4.5 kN; 速度(空鼓) 100 m/min; 速度(满鼓) 270 m/min; 装绳量 1200 m/ $\varnothing 5$  mm。

(4) 桅杆/给进: 行程 1.7 m; 给进速度为快—慢无级变速; 给进力 60 kN; 提拔力 120 kN; 钻进角度  $0^\circ \sim 90^\circ$ 。

(5) 发动机: 品牌 Perkins; 型号 403D-15T; 输出功率 30 kW  $\times 3$ ; 转速 2600 r/min; 涡轮增压后冷式柴油发动机。

(6) 动力头: 最大通径 94 mm; 转速范围 0 ~ 900 r/min。

(7) 卡盘: 弹簧夹紧液压型; 打开夹持力 392 kN。

## 2 主要功能电液控设计

### 2.1 动力头回转系统的设计

#### 2.1.1 动力头回转液压系统设计

图2为动力头回转系统的液压原理图,动力头采用大扭矩的变量马达驱动,使用变量泵—比例换向阀—变量马达调速回路,具有很大的转速调节范围。其中比例换向阀和变量马达使用电液比例控制,通过控制电流的大小,控制阀和马达的流量从而调节动力头转速,实现动力头回转转速的无级调速。该动力头回转系统的变量泵采用的是负载敏感系统,泵可以根据动力的负载情况调节排量,降低钻机能耗。

#### 2.1.2 电比例变量马达的特性

电比例变量马达可以按照程序给出的 PWM 量无级控制马达排量,实现马达的无级调速功能。

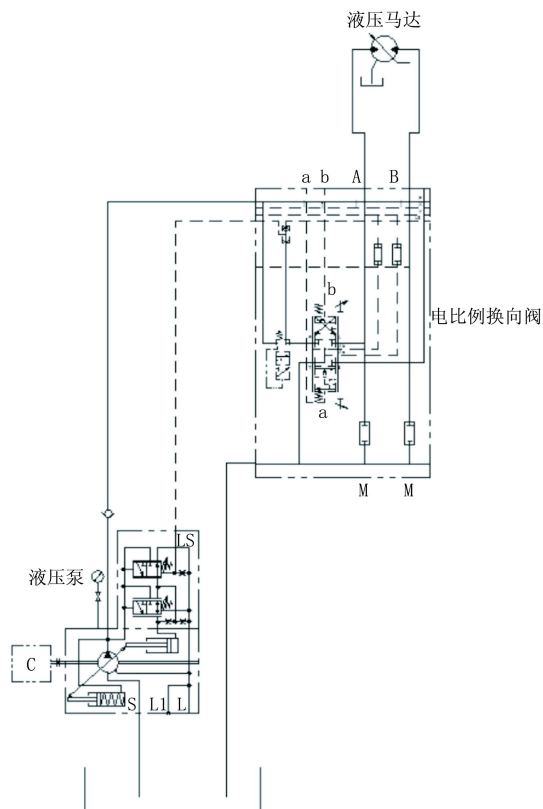


图2 动力头回转系统液压原理图

马达排量与电磁铁吸力成正比,即与控制电流的大小成正比。变量活塞的控制力由比例电磁铁产生。变量马达液压原理见图3。

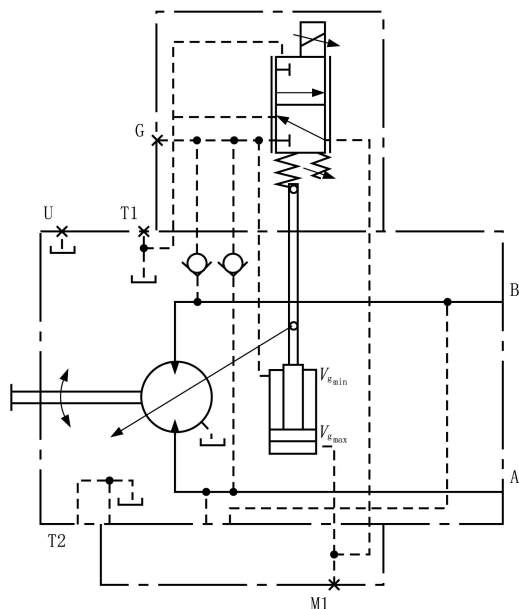


图3 变量马达液压原理图

整个系统的供电电压为 24 V,由图4看出控制比例电磁铁的电流范围为 200 ~ 600 mA。变量的起

点为 200 mA,此时变量马达为最大排量;变量的终点为 600 mA,此时变量马达为最小排量。

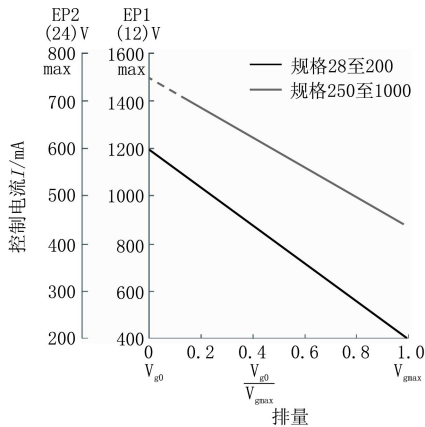


图 4 流量与电流控制图

### 2.1.3 电液比例换向阀特性

电液比例换向阀与电比例变量马达控制相似,电液比例换向阀每一油路的阀的开口大小通过一个电液恒压比例减压阀控制,电流通过控制恒压比例减压阀的电磁铁,产生一个成比例的压力,从而控制阀心的开口大小,调节阀的流量。

整个系统的供电电压为 24 V,由图 5 看出控制比例电磁铁的电流范围为 425 ~ 800 mA。变量的起点为 425 mA,此时变量阀为最小排量;变量的终点为 800 mA,此时变量阀为最大排量。

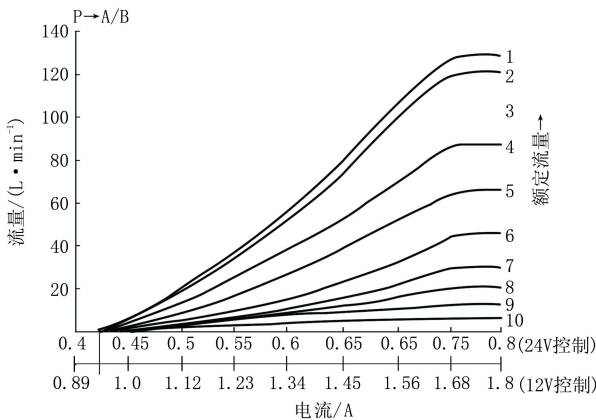


图 5 流量与电流关系

### 2.2 动力头给进系统的设计

图 6 为给进系统的液压原理图,给进系统分快速提升给进和慢速提升给进,在提钻或下钻的时候使用快速提升给进,这样可以提高提钻和下钻的速度,提高工作效率。当液压油通过 A1 和 B1 口来接通驱动给进油缸时,这时候为快速提升和给进的工作状态。

当正常钻进需要慢速给进,并且此时需要控制给进油缸的给进力,实现孔底恒压钻进的功能。当 P 口和 T 口为进出口来驱动给进油缸时为慢速给进工作状态,通过控制恒压比例减压阀,可以控制给进油缸的给进力。恒压比例减压阀是电液比例控制阀,根据控制电流的大小来控制恒压比例减压阀的压力,从而控制给进系统的给进压力,实现恒压钻进。

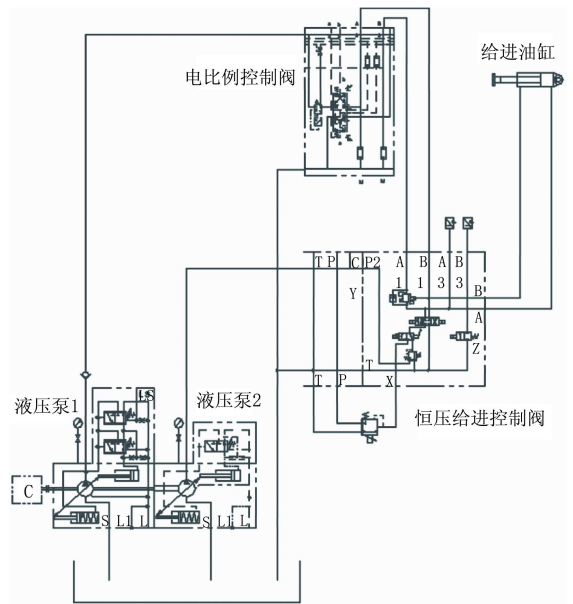


图 6 动力头给进系统液压原理图

### 2.3 电气控制系统设计

由于 PLC 控制器具有可靠性高、灵活性强、易于扩展、通用性和抗干扰能力强等优点,被广泛用于机械、冶金、汽车、航空航天等领域。本系统选用派芬公司的 HE202 和 TTC 公司的 TTC60 控制器作为系统的控制运算中心。整个电气系统设计方案如图 7 所示。

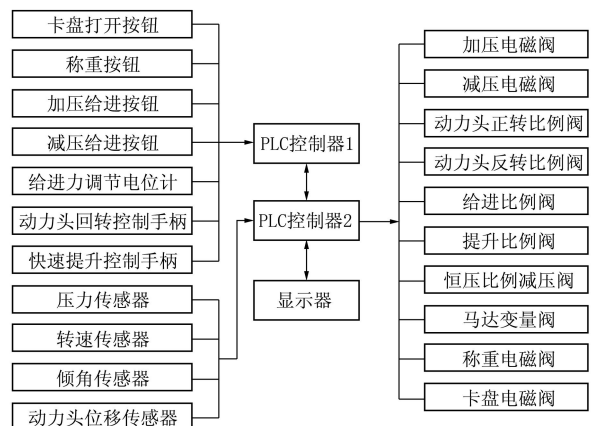


图 7 钻机整体电气控制系统

由于XDQ-1200型钻机采用的是模块化设计,钻机的操作台和钻机主体部分是分离的。为了减少两模块之间的连接线路,分别在每个模块上装有一个PLC控制器,通过CANopen总线连接通信。由于CANopen具有很高的可靠性、实时性、低成本、抗干扰性、兼容能力等方面的优势,CANopen广泛用于工业控制中。PLC控制器1(HE202)安装在操作台位置,采集工人发出的操作指令。PLC控制器2(TTC60)安装在钻机的主体部分上,采集钻机的各种参数,例如液压泵的实时压力、动力头的实时转速、动力头的进尺速度,同时根据PLC控制器1传递过来的操作指令和PLC控制2采集的各种参数,经过PLC控制器2计算,控制相应的比例阀和电磁阀做出相应的动作。

本系统可以同时将采集到的指令、参数、发出的动作指令实时的显示在显示屏上,使操作工人能够时刻监测钻机的运行状态和监测动作的正确与否。

### 3 全液压轻型岩心钻机的生产试验

2014年7月XDQ-1200型岩心钻机在陕西省安康市紫阳山区进行生产试验。紫阳县地区属于秦岭南麓山区,孔位定在山顶位置,山高大约在1000m。上山的路基本上是一条弯弯曲曲的羊肠小路,徒步上山大约要4h。

试验孔的设计倾角为 $75^\circ$ ,设计深度为600m,钻进方向主要是沿着山体的地表钻进。采用 $\varnothing 89$ mm钻头开孔,钻进20m后,下 $\varnothing 89$ mm的套管。冲洗液使用清水。此时动力头转速为200~500r/min,给进压力为5kN,柴油机运转台数为1台,柴油机运转速度为2000r/min。此阶段钻机无故障。下完套管之后,采用 $\varnothing 73$ mm钻杆、 $\varnothing 75$ mm金刚石钻头进行钻进,最终成孔深度为531.3m。冲洗液使用清水,由于钻进方向是沿着地表钻进,地层的裂隙比较多,整个钻进过程中基本上是全孔漏水。在此阶段,动力头转速为500~700r/min,给进压力在8~15kN,柴油机运转台数为2台,柴油机转速为2000r/min。

最终终孔的原因是已经穿过矿层,按照相关规定要求进行终孔。并且基本完成了对钻机的各项性

能参数进行地全面检测。

该钻机顺利完成了野外生产性试验。通过试验,验证了钻机的各项性能参数可以用于生产。同时,也发现了不足:(1)主卷扬固定板薄弱,在生产中被拉变形;(2)主卷扬提升和下方速度比较慢,提下钻效率偏低;(3)柴油机仪表安装板薄弱,由于柴油机工作时的震动频率很高,使得仪表安装板撕裂。

### 4 结语

钻机采用全液压动力头式设计,钻进效率高。钻机采用模块化设计,无论是液压油管还是电器的连接线路,都是即插即用,方便快捷,便于钻机的拆卸安装,便于在山区搬迁。动力头旋转和主卷扬控制采用电手柄控制,省去了机械式的手柄控制方式,可以大大降低操作工人的劳动强度,也可以严格精确地控制动力头旋转速度和主卷扬的提升下放速度。恒压钻进过程中,操作者可以通过调节压力调节旋钮,可以精确地控制孔底的给进压力,防止压力过高发生事故或者压力过低浪费资源,提高钻进效率和可靠性。钻机的显示器可以显示钻机的性能参数,是操作者直观精确地掌握钻机和钻进的工作状况。

### 参考文献:

- [1] 李松晶,王清岩,等. 液压系统经典设计实例[M]. 北京:化学工业出版社,2012.
- [2] 武汉地质学院. 岩心钻探设备及设计原理[M]. 北京:地质出版社,1980.
- [3] 王恒. 基于SK录井仪的钻参数数据库研究及其用于钻进过程监测的初步实践[D]. 湖北武汉:中国地质大学,2004.
- [4] 朱迪斯. 钻进过程监测与控制系统的软件设计[D]. 北京:中国地质大学,2007.
- [5] 鄢泰宁,胡郁乐,张涛. 检测技术及勘察工程仪表[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,2002.
- [6] 高子渝,王欣,焦生杰. 水平定向钻机智能化控制系统方案设计[J]. 筑路机械与施工机械化,2006,23(6):46-48.
- [7] 王繁荣. XD系列全液压力头岩心钻机的研制和应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(12):43-46.
- [8] 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),2007,34(8):27-30.
- [9] 孙友宏,于萍,赵大军,等. JDY-1500型全液压力头岩心钻机的研制[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(S1):43-45.