

CYG-300 型多功能全液压钻机的设计

李武初, 彭儒金, 邱 华, 戴圣海, 刘 志, 赵彦军

(长沙探矿机械厂, 湖南 长沙 410100)

摘要: 主要介绍了 CYG-300 型多功能全液压钻机的总体结构和液压系统的设计及其主要功能。该钻机采用负载反馈系统, 动力头双液压马达和两挡手动变速, 使之输出 4 挡不同无级变化的扭矩和转速; 在液压系统给进回路中设置相应的控制阀, 增加了钻机的旋喷功能, 使得钻机适用范围更广, 实现功能更多。野外试钻表明, 该钻机运行情况良好, 钻进能力强, 操作方便。

关键词: 多功能全液压钻机; 负载反馈; 双液压马达; 旋喷

中图分类号: P634.3⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2016)06-0060-04

Design of CYG-300 Type Multifunctional Full Hydraulic Drilling Machine/LI Wu-chu, PENG Ru-jin, QIU Hua, DAI Sheng-hai, LIU Zhi, ZHAO Yan-jun (Changsha Exploration Machinery Factory, Changsha Hunan 410100, China)

Abstract: The paper mainly introduces CYG-300 type multifunctional full hydraulic drilling machine about its overall structure design and hydraulic system design as well as main function. The load feedback system is adopted with dynamic head double hydraulic motors and two-gear manual transmission to output 4 different stepless torques and rotating speeds; related control valve is set for feeding circuit in hydraulic system to increase rotary spray function of the machine, all of these make the rig suitable for wider range with more functions. The field test drilling shows that this hydraulic system has good operation condition, strong drilling ability and convenient operation.

Key words: multifunctional full hydraulic drilling machine; load feedback; double hydraulic motor; rotary jet

1 研究背景

随着全球制造业向中国转移, 我国机械、电子、液压、电气等各个领域的技术水平都得到大幅提升, 各类液压元器件的价格也随之降低, 为我国钻探工程技术朝着全液压化方向发展提供了有利条件。同时, 近年来国内全液压动力头岩石钻机的蓬勃发展, 也给小型钻机的全液压化提供了很好的技术支撑。此外, 随着社会的进步, 劳动力价值的不断提高, 高施工效率及高自动化已成为各施工单位选择钻探设备时需要考虑的主要因素。经过调研发现, 目前我国, 性能稳定、价格相对低廉的小型全液压钻机有较大的市场需求, 另一方面有成熟的液压技术支撑和价位相对较低的国内液压元器件等优势, 因此, 我们研制了 CYG-300 型多功能全液压钻机。

2 指导思想

本项目研发的 CYG-300 型多功能全液压钻机, 其总体研发思路为: 借鉴国内外成熟技术和自主研发相结合, 充分利用市场同类产品的成熟技术和

经验, 同时结合市场调研中收集到的客户建议和多年的钻探设备研制经验, 进行优化设计, 通过大胆创新, 研制一款功能强大、性能稳定、节能降耗的多功能全液压钻机。钻机各受力结构件通过 Solidworks 三维软件进行受力分析, 液压系统在参考国内同类产品的基础上进行了优化和创新设计, 研制出这款布局科学合理、性能优越的多功能全液压钻机。与市场同类产品相比, 该钻机主要从以下几个方面突出自己的特点。

(1) 通过在钻进回路上增加调速阀和旋喷操作阀, 使动力头的给进和提升速度能通过分别操作这 2 个液压阀进行控制, 达到满足冲击回转钻进和旋喷工艺的速度要求。因此, 钻机具有回转钻进、空气潜孔锤钻进和旋喷等多种钻探功能。

(2) 采用先导阀。先导阀具有操作方便快捷、灵活自如的特点, 且体积小、重量轻的特点。该钻机采用先导阀并将其置于离孔口距离较近的钻进平台上, 便于操作者在操作先导阀手柄时进行孔口情况的观察。

收稿日期: 2015-03-20; 修回日期: 2016-02-24

作者简介: 李武初, 男, 汉族, 1968 年生, 高级工程师, 机械设计专业, 硕士, 从事技术管理工作, 湖南省长沙市星沙经济技术开发区盼盼路 5 号, liwuchu@163.com。

(3) 钻机动力头采用双马达。结合动力头2挡手动变速,双马达在串联和并联2种状态下分别输出2挡不同扭矩和速度,因此钻机共可输出4挡不同的无级调速速度和扭矩,能满足多种钻探工艺的需求。

(4) 液压系统主阀采用负载敏感多路阀。其特点是,随着所需速度的变化,负载敏感多路阀会与变量柱塞泵上的控制阀一起,自动调节整个系统主回路的流量,达到节能降耗的效果;同时,由于其具有精确的微动控制功能,因此无论负载如何变化,也能保持履带行走的稳定性。

3 主要结构特点

钻机主要由动力头、桅杆、滑架、转臂、夹持器、动力系统、液压系统和底架等8部分组成。下面对该钻机中比较重要的部件及液压原理设计进行介绍。

3.1 动力头

为达到输出较大转速和扭矩的目的,动力头设计成两轴双马达四挡变速机构。机械变速由2对齿数分别为21和43的齿轮来实现,其中一对齿数为21及43齿的齿轮作成双联齿轮,通过换挡手柄拨动其在主轴上滑动,分别与主动轴上齿轮啮合实现0.49和2.05的传动比;液压变速是通过马达的串并联来实现:双马达串联时,输出速度提高1倍。动力头马达串联时,输出高转速、低扭矩;动力头马达并联时,输出低转速、大扭矩。主动轴在马达串并联时的最大输出速度可通过以下步骤计算得出。

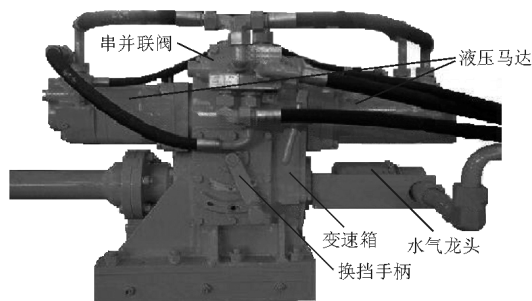


图1 动力头

3.1.1 液压柱塞泵的输出流量

$$\begin{aligned} Q &= n_{\text{柴}} V_{\text{g泵}} \eta_{\text{v泵}} \\ &= 1500 \times 65 \times 0.95 \\ &= 92625 \text{ mL/min} \end{aligned}$$

式中: Q ——泵的输出流量; $n_{\text{柴}}$ ——柴油机转速,取 1500 r/min; $V_{\text{g泵}}$ ——泵的最大排量,取 65 mL/r; $\eta_{\text{v泵}}$ ——泵的容积效率,取 0.95。

3.1.2 主动轴转速

$$n = \frac{Q_{\text{马}} \eta_{\text{v}}}{V_{\text{g}}}$$

式中: n ——主动轴转速; $Q_{\text{马}}$ ——马达的输入流量; η_{v} ——马达容积效率,取 0.9; V_{g} ——马达最大排量,取 245 mL/r。

$$\begin{aligned} n_{\text{并}} &= \frac{Q_{\text{马}}}{2V_{\text{g}}} \\ &= \frac{(92625 - 8000) \times 0.9}{2 \times 245} \\ &= 155.4 \text{ r/min} \\ n_{\text{串}} &= \frac{Q_{\text{马}}}{V_{\text{g}}} \\ &= \frac{(92625 - 8000) \times 0.9}{245} \\ &= 310.8 \text{ r/min} \end{aligned}$$

式中: $n_{\text{并}}$ ——马达并联时主动轴转速; $n_{\text{串}}$ ——马达串联时主动轴转速。

上面2个公式中的8000 mL是先导阀所需流量。

3.1.3 动力头输出转速及扭矩

(1) 高速挡

马达并联时的最大输出速度为:

$$\begin{aligned} n_{\text{max并}} &= 2.05 n_{\text{并}} \\ &= 2.05 \times 155.4 \\ &= 318.6 \text{ r/min} \end{aligned}$$

马达串联时的最大输出速度为:

$$\begin{aligned} n_{\text{max串}} &= 2.05 n_{\text{串}} \\ &= 2.05 \times 310.8 \\ &= 637.1 \text{ r/min} \end{aligned}$$

(2) 低速挡

马达并联时的最大输出速度为:

$$\begin{aligned} n_{\text{max并}} &= 0.49 n_{\text{并}} \\ &= 0.49 \times 155.4 \\ &= 76.1 \text{ r/min} \end{aligned}$$

马达串联时的最大输出速度为:

$$\begin{aligned} n_{\text{max串}} &= 0.49 n_{\text{串}} \\ &= 0.49 \times 310.8 \\ &= 152.3 \text{ r/min} \end{aligned}$$

马达在系统工作压力 $P = 18 \text{ MPa}$ 下的输出扭

矩 T 为:

$$\begin{aligned} T &= 0.159 V_g P \eta_m \\ &= 0.159 \times 245 \times 18 \times 0.88 \\ &= 617 \text{ N} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

式中: η_m ——液压马达的机械效率,取 0.88。

因此,传动比 $i = 2.05$ 时,动力头的最大输出扭矩为:

$$\begin{aligned} T_{\text{max串}} &= 2.05 \times 1 T \eta \\ &= 2.05 \times 1 \times 617 \times 0.96 \\ &= 1214 \text{ N} \cdot \text{m} \\ T_{\text{max并}} &= 2.05 \times 2 T \\ &= 2.05 \times 2 \times 617 \times 0.96 \\ &= 2428 \text{ N} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

传动比 $i = 0.49$ 时,动力头的最大输出扭矩为:

$$\begin{aligned} T_{\text{max串}} &= 0.49 \times 1 T \\ &= 0.49 \times 1 \times 617 \times 0.96 \\ &= 290 \text{ N} \cdot \text{m} \\ T_{\text{max并}} &= 0.49 \times 2 T \\ &= 0.49 \times 2 \times 617 \times 0.96 \\ &= 580 \text{ N} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

式中: $T_{\text{max串}}$ ——马达串联时动力头的最大输出扭矩; $T_{\text{max并}}$ ——马达并联时动力头的最大输出扭矩; η ——动力头机械效率,取 0.96。

综上所述,动力头输出转速及扭矩见表 1。

表 1 动力头输出转速和扭矩

马达连 接方式	动力头 手柄位置	发动机转速/ ($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$)	动力头输出速 度/($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$)	动力头输出扭 矩/($\text{N} \cdot \text{m}$)
并联	低速挡	1500	76.1	2428
	高速挡	1500	152.3	1214
串联	低速挡	1500	318.6	580
	高速挡	1500	637.1	290

3.2 桅杆

如图 2 所示,游动滚轮相当于一个动滑轮组,当行程为 1850 mm 的油缸伸长时,动力头行程即可达到 3700 mm。因动力头所需给进力远小于提升力,为节省成本,因此所选链条 1 比链条 2 型号小。其中链条 1 为 LH1066-294 型板式链,链条 2 为 LH1266-321 型板式链。这种结构用较短的油缸行程达到了较大的动力头行程的目的,因此钻机结构较为紧凑。

3.3 液压系统

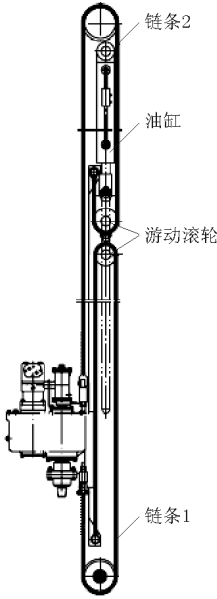


图 2 桅杆倍速机构

钻机液压系统采用变量柱塞泵及一个双联齿轮泵,其中变量柱塞泵连接负载敏感多路阀,实现负载反馈功能,并通过先导阀分别控制钻机的履带行走,动力头旋转、给进和提升等动作;双联齿轮泵连接普通换向阀,分别控制泥浆泵及夹持器、变幅油缸、调平油缸、支腿油缸。系统流量按动力机转速 1500 r/min 进行计算,因此用户可按自己的需求进行柴油机或电动机的选择。

除实现钻机的基本功能外,该液压系统还实现了负载反馈及提升速度调节控制功能。负载反馈功能由变量柱塞泵及负载敏感多路阀组合实现,油泵输出流量可根据动力头转速所需流量进行自动调节,达到节能降耗的作用;提升速度调节功能由钻进回路的旋喷操作阀实现(如图 3 所示)。通过调节旋喷操作阀手柄调节桅杆提升速度,达到旋喷工艺所需的速率要求。

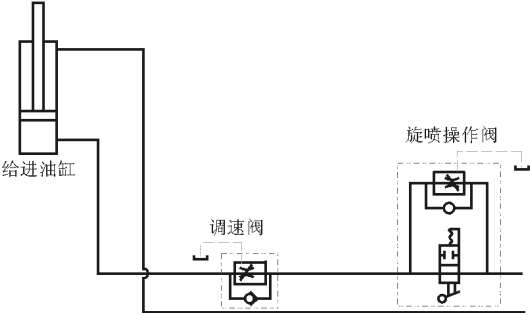


图 3 钻进回路工作原理

4 野外生产试验及效果

该钻机于2014年7月组装成功,经过厂内调试、检测后,于2014年8月运往湖南省吉首市一工地进行工程勘察孔的生产试验。该地层为土和大小不一的石灰岩碎石组成的混合层,俗称回填层,厚度为10~25 m不等。其勘察孔的施工要求是在回填层下的原始地层进行取心作业。回填层松散复杂,必须采用套管全面钻进的施工工艺,钻穿回填层后,进行套管护壁,再采用普通回转钻进工艺进行取心作业,因此传统的立轴式钻机根本满足不了这种施工要求。

根据该地层特点,首先采用 $\varnothing 110$ mm 套管配 $\varnothing 110$ mm 金刚石复合片钻头的清水钻进工艺,进尺速度约5 m/h,待套管穿过填埋层后,将套管留在孔内护壁;然后采用 $\varnothing 50$ mm 钻杆配 $\varnothing 75$ mm 岩心管和电镀金刚石钻头进行取心作业,进尺速度约3 m/h。钻进过程基本使用高速串联挡,动力头转速为400~600 r/min。

图4为施工现场照片。



图4 普通回转钻进工艺

2015年3月,菲律宾某公司购买该钻机2台,用于安装电线杆的基桩孔施工。钻孔直径为300 mm,地层以鹅卵石与碎石为主,较为复杂。用普通回转钻进工艺钻进效率极低,通过对地层的分析及与我厂设计部门相关人员沟通,决定采用空气潜孔锤钻进工艺(见图5)。采用新的钻进工艺后,不但解决了复杂地层钻进问题,而且取得了较高的钻进效率。



图5 空气潜孔锤钻进工艺

5 结语

通过液压系统的优化设计,CYG-300型多功能全液压钻机可实现回转钻进、空气潜孔锤钻进和旋喷钻进等多种钻进功能,同时,其输出转速范围广,输出扭矩大,工艺适应性强。实际使用表明,该钻机操作简单,实用性强,施工效率高,值得在回填层工勘施工领域推广应用。

参考文献:

- [1] 奎中,何磊,林下斌,等. GDZ-300L型履带式全液压多功能钻机的设计[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(7):88-92.
- [2] 李社育,姚爱盈. GL-4000型钻机的研制[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(8):29-32.
- [3] 靳益民,高淑芳. GYD-300型全液压力头工程钻机的研制[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(12):23-25,34.
- [4] 郑俊华,赵大军,宋朝晖. 液压与气动[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,1993.
- [5] 冯德强. 钻机设计[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,1993.
- [6] 夏祖印,张能武. 机械加工实用手册[M]. 安徽合肥:安徽科学技术出版社,2008.
- [7] 成大先. 机械设计手册[M]. 北京:化学工业出版社,2007.
- [8] 雷天觉. 新编液压工程手册[M]. 北京:机械工业出版社,1998.