

# 负载敏感技术在全液压动力头式坑道钻机上的应用

殷新胜, 田宏亮, 姚克, 凡东, 孙保山

(煤炭科学研究总院 西安研究院, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 液压系统是全液压钻机的核心, 对整机性能影响很大。为了提高全液压钻机的性能, 分析了国内全液压动力头式坑道钻机液压系统的现状, 研究了负载敏感技术的节能、流量稳定、操控简便等特性, 并将该技术应用在 ZDY6000L 型履带式全液压坑道钻机的回转回路上。结合钻探工艺及操作控制等方面分析该回转回路的节能、启动特性好以及保护钻头等优点, 经型式试验和工业性试验表明, 该技术完全满足钻机回转的性能要求, 在全液压钻机的回转回路上有良好的应用前景。

**关键词:** 负载敏感; 节能; 液压系统; 钻机

中图分类号: TD421

文献标志码: A

文章编号: 0253-2336(2008)01-0075-03

## Application of load sensitive technology to mine roadway hydraulic driving head drilling rig

YIN Xin-sheng, TIAN Hong-liang, YAO Ke, FAN Dong, SUN Bao-shan

(Xi'an Research Institute, China Coal Research Institute, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** The hydraulic system is the key part of the hydraulic drilling rig and has a great importance to the performances of the drilling rig. In order to improve the performances of the hydraulic drilling rig, the paper analyzed the present hydraulic system status of the mine roadway hydraulic driving head drilling rigs in China and researched the energy saving, flow stability, operation easy and other features of the load sensitive technology. The sensitive technology has been applied to the hydraulic returning way of the rotary part in the ZDY6000L caterpillar hydraulic drilling rig. In combined with the drilling technology and operation control, the paper analyzed the energy saving, good starting performance, drilling head protection and other advantages of the hydraulic returning way of the rotary part. The mode test and industrial test showed that the technology could fully meet the rotary performance requirements of the drilling rig. The technology has an excellent application prospect in the rotary hydraulic retuning way of the drilling rig.

**Key words:** load sensitivity; energy saving; hydraulic system; drilling rig

全液压动力头式坑道钻机在钻进近水平孔时, 具有起下钻速度快、可实现远距离操作、可实现无级调速、工艺适应性强、便于实现顺序动作和联动、工作效率高和劳动强度低等优点, 从 20 世纪 90 年代开始逐渐成为我国煤矿坑道钻机的主导机型。液压系统是全液压钻机的核心, 其性能优劣直接影响到钻机的整体性能和可操作性。因此在钻机的设计中应用先进的液压技术, 对提高钻机的整体技术水平和液压新技术的推广应用都有现实意义。

### 1 全液压坑道钻机液压系统现状

国内现有的全液压动力头式坑道钻机多采用定

量泵或手动变量泵, 并用液压阀来实现系统的压力、流量和方向的控制, 属于节流控制, 是典型的阀控系统, 具有动态响应快、控制精度高等优点, 但也存在能耗大、温升高等缺点。

与阀控系统相对应的是泵控系统, 属于容积控制, 具有负载刚度好、传动效率高、节能等优点。可分为恒压变量泵控系统、恒功率变量泵控系统和负载敏感泵控系统等。泵控系统在国外已经被广泛应用, 煤炭科学研究总院西安研究院对其进行了较为深入的研究, 并将负载敏感技术成功应用于 ZDY6000L 型履带式全液压坑道钻机的回转回路上, 研制出了具有负载敏感技术的坑道钻机。

## 2 回转回路分析

钻机的回转回路主要用于提供钻具回转的动力,目前主要有定量泵旁路节流调速回路(图1)、定量泵-变量马达容积调速回路、变量泵-定量马达容积调速回路和变量泵-变量马达调速回路。

定量泵旁路节流调速回路通过调节节流阀的开口量来调节经节流阀流回油箱的流量,从而达到调节回转速度的目的。泵的压力随负载而变,其效率较高,但还存在一定量的节流损失且系统的调速范围较小,因此这种系统仅在低压小功率的全液压坑道钻机的回转回路中采用。

定量泵-变量马达容积调速回路依靠改变变量马达的排量来调节回转速度,其调速范围较小。同时回转的转矩随之改变,可以达到恒功率输出,不便于根据钻进工艺的需要选择最佳的转速和转矩,因此一般不采用此种回路。而变量泵-定量马达容积调速回路通过调节泵的排量方式达到回转回路调速的目的,但不影响回转转矩,满足一定的钻进工艺的要求,具有一定的应用范围。

变量泵-变量马达容积调速回路兼有变量泵-定量马达容积调速回路和定量泵-变量马达容积调速回路的优点。当马达的排量不变时,通过调节泵的排量改变回转速度,其调速性能和工艺适应性与变量泵-定量马达调速回路相同。再通过调节马达的排量,也可以进行转速的调节,但工艺适应性较差,这种调速方式仅作为扩大钻机使用范围的一种辅助调速方式。因此变量泵-变量马达容积调速回路可使转速和转矩在较大范围内无级调节,功率利用率高,回路刚性好,易于满足多种钻进工艺的要求,因而得到了广泛的应用,特别在高压大功率钻机上应用效果良好。

在以上这些回转回路中,当孔内的地层情况比较复杂、负载变化剧烈频繁时,回转压力就会有相应的大幅度的快速波动,造成泵压的随之变化,泵的内泄量也不断变化,故其输出流量频繁波动,造成回转速度波动,减短马达寿命。其中定量泵旁路节流调速回路的系统流量变化更大,对回转速度影响也更大。在松软地层中,当发生抱钻、卡钻等事故时,会造成系统高压溢流,能量损失大、发热严重。当钻机不回转,进行辅助操作时,这些系统存在中位卸荷回油,也存在一定的能量损失。而且这

些变量泵都是手动变量的方式,回转速度的调节比较困难。

## 3 负载敏感技术

负载敏感液压系统的工作原理如图2所示,通过节流阀前后的压差控制负载敏感阀来调节泵的流量输出,而不仅受负载压力变化的影响;泵的出口压力,仅比负载压力高出一定值(该压差值通常为0.7~2.1 MPa),在最高限压范围内能自动适应负载的变化。液压泵只需提供与执行元件负载相匹配的压力、流量,液压系统中不再产生过剩压力和过剩流量,因而系统具有显著的节能效果(图3)。

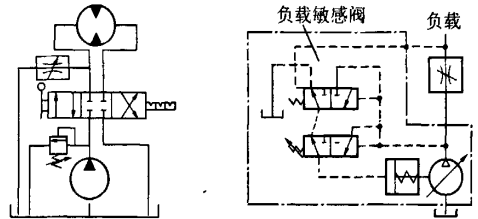


图1 旁路节流调速回路 图2 负载敏感液压系统

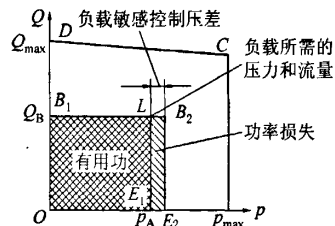


图3 负载敏感液压系统压力流量分析

该液压系统具有的特点为:①系统的压力与负载变化相适应,并始终高于负载压力一个小的固定值。②系统提供恒定流量,仅与节流阀开口量有关,不受负载变化影响。③系统提供流量可以方便地进行比例调节。④具有过载自动保护功能。

## 4 负载敏感回转回路

ZDY6000L型履带式全液压坑道钻机的回转回路采用了负载敏感技术,结合钻探工艺及操作分析具有以下优点:

1) 中位最小流量控制。当钻机进行辅助操作,不动作时,此时先导控制油使泵内油缸活塞杆推动配油盘摆角变小,实现最小流量输出(仅维持系统内泄漏量),同时此时系统压力仅为2 MPa

左右, 最大限度地减少了传统中位卸荷液压功率损耗和系统发热, 具有显著的节能效果。

2) 良好的启动特性。当电动机启动后, 泵为全排量, 当压力瞬时达到负载敏感泵设定的变量压力即 2 MPa 时, 先导油使泵内油缸活塞杆推动配油盘摆角变小, 实现最小流量输出, 降低了对电动机启动转矩的要求, 减少了冲击, 提高原动机的使用寿命。

3) 压力切断。液压系统最大工作压力的控制是通过泵上设置的压力切断阀来控制实现。当外载荷超过设定值时, 压力切断阀起作用, 保持主泵出口压力始终处于系统额定状态, 对系统起到保护作用。此时主泵几乎无压力油输出, 这就最大限度地减少了功率损耗和系统发热, 具有显著的节能效果。而以往的阀控系统的做法是通过主阀上的安全阀过载溢流来实现的, 此时的功率损耗和系统发热都较大。

4) 转速稳定、操控方便。系统提供一个恒定的流量, 其大小利用比例换向阀的开口量来控制。恒定的流量减少回转负载波动对钻机及钻具的冲击影响, 提高钻机及钻具的寿命, 在复杂多变或破碎地层中意义显著。系统提供的流量可以方便地实现比例调节, 可以实时根据工况改进工艺, 提高了钻机的工艺适应性和操作方便性。

## 5 应用效果及前景

ZDY6000L 型履带式全液压坑道钻机于 2006

年 5 月在国家安全生产西安钻机检测检验中心进行了型式试验, 2006 年 8 月在山西省晋城煤业集团寺河煤矿进行工业性试验, 试验结果表明: ① 钻机的回转速度调节方便, 可以根据地层差异迅速改变回转速度; ② 速度稳定, 特别是在复杂地层中对钻机和钻具有很好的保护功能; ③ 节能效果好, 系统发热量减小; ④ 电机启动平稳。

经过理论分析和实践应用, 认为负载敏感技术在坑道钻机的回转回路上应用效果良好, 具有广泛推广和应用价值。

### 参考文献:

- [1] 雷天觉. 液压工程手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1990.
- [2] 路甬祥. 液压气动技术手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [3] 徐绳武. 从节能看液压传动控制系统发展的三个阶段 [J]. 液压气动与密封, 2005 (5).
- [4] 冯德强. 钻机设计 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1993.
- [5] 韩广德. 中国煤炭工业钻探工程学 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2000.

作者简介: 殷新胜 (1958 -), 男, 陕西杨凌人, 研究员、硕士生导师, 现在煤炭科学研究总院西安研究院, 主要从事钻探机具的研制与应用推广工作。Tel: 029 - 81881655, E-mail: yinxinsheng@sohu.com

收稿日期: 2007 - 09 - 25; 责任编辑: 王宗禹

(上接第 61 页)

### 参考文献:

- [1] 邓军, 徐精彩, 阮国强, 等. 国内外煤炭自然发火预测预报技术综述 [J]. 西安矿业学院学报, 1999 (4).
- [2] 赵耀江, 邹剑明. 测氧探火机理的研究 [J]. 煤炭学报, 2003 (3).
- [3] DENG Jun, XU Tong-mo, XU Jin-cai. Analysis of the danger zone liable to spontaneous ignition around coal roadway at fully mechanized long wall top-coal caving face [J]. Journal of Coal Science & Engineering, 2002 (2).
- [4] Rosema A, Guan H, Veld H. Simulation of spontaneous combustion, to study the causes of coal fires in the Rujigou Basin [J]. Fuel, 2001.
- [5] Wang H, Dlugogorski B Z, Kennedy E M. Analysis of the

mechanism of the low-temperature oxidation of coal [J]. Combustion and Flame, 2003.

- [6] 文虎, 徐精彩. 煤自燃过程的动态数学模型及数值分析 [J]. 北京科技大学学报, 2003 (5).
- [7] 王惠宾, 胡卫民, 李湖生. 矿井通风网络理论与算法 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1996.
- [8] 兰泽全. 多源多汇采空区速度场、瓦斯浓度场和温度场计算机模拟 [D]. 淮南工业学院, 2001.

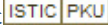
作者简介: 兰泽全 (1972 -), 男, 四川广安人, 副教授, 博士, 现主要从事煤矿安全方面的教学与科研工作。Tel: 010 - 61591481 - 3, E-mail: lanzequan@126.com

收稿日期: 2007 - 07 - 05; 责任编辑: 王晓珍

# 负载敏感技术在全液压动力头式坑道钻机上的应用

作者: [殷新胜](#), [田宏亮](#), [姚克](#), [凡东](#), [孙保山](#), [YIN Xin-sheng](#), [TIAN Hong-liang](#), [YAO Ke](#), [FAN Dong](#), [SUN Bao-shan](#)

作者单位: [煤炭科学研究总院西安研究院, 陕西, 西安, 710054](#)

刊名: [煤炭科学技术](#) 

英文刊名: [COAL SCIENCE AND TECHNOLOGY](#)

年, 卷(期): 2008, 36(1)

被引用次数: 2次

## 参考文献(5条)

1. [韩广德](#) [中国煤炭工业钻探工程学](#) 2000
2. [冯德强](#) [钻机设计](#) 1993
3. [徐绳武](#) [从节能看液压传动控制系统发展的三个阶段](#)[期刊论文]-[液压气动与密封](#) 2005(05)
4. [路甬祥](#) [液压气动技术手册](#) 2002
5. [雷天觉](#) [液压工程手册](#) 1990

## 引证文献(2条)

1. [田宏亮](#) [瓦斯抽采履带式坑道钻机的研制与应用](#)[期刊论文]-[煤田地质与勘探](#) 2008(5)
2. [田宏亮](#) [瓦斯抽采钻机液压系统设计探讨](#)[期刊论文]-[煤矿机电](#) 2008(6)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_mtkxjs200801022.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_mtkxjs200801022.aspx)