

SWD165 型全液压潜孔钻机推进与回转液压系统分析*

中南大学机电工程学院 赵宏强 高斌 李美香

摘要:详细介绍全液压 SWD165 型潜孔钻机推进及回转液压系统的组成及工作原理,通过对供油系统的选择及其工作特性的分析,说明了采用恒功率恒压控制的液压柱塞泵不仅适合潜孔钻机的工况特点,而且能在很大程度上降低能耗。阐述推进与回转液压系统的设计原理,总结系统采用的泵控马达系统设计方案的优点以及该系统其它各部分的功能。进一步说明该液压系统推进及回转回路之间具有反馈控制的特点,能减少卡钻现象的发生及当形成卡钻后具有自动处理卡钻现象的功能,具有较高的自动化水平,提高了工作效率,并能起到保护设备的作用。工程实际应用表明,使用全液压控制的推进及回转系统的潜孔钻机操作性能优良、能耗低、作业效率高、能较好地满足工程施工的需要。

关键词:全液压潜孔钻机 推进 回转 液压系统

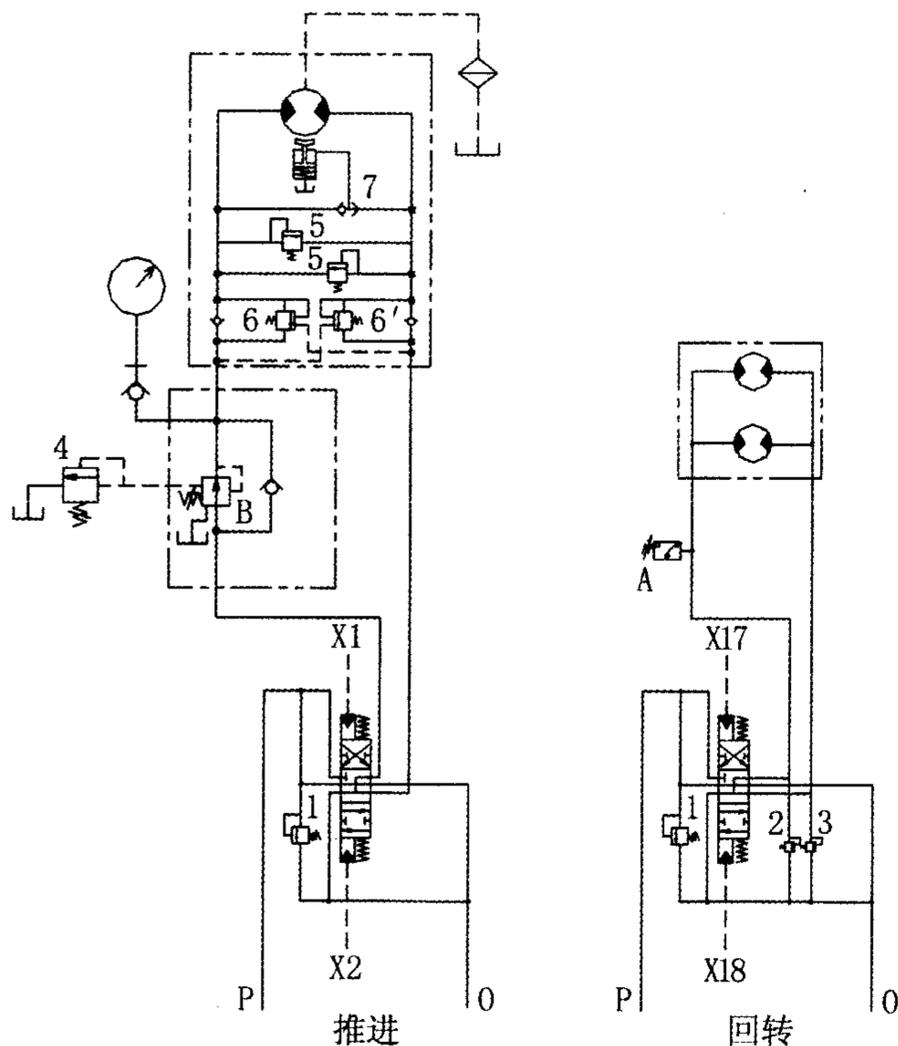
潜孔钻机是钻凿矿物或岩石的一种工程机械,上世纪 60 年代后期,国外一些新型钻机的推进、回转机构采用了液压马达传动,其传动效率可达到 80% 以上,且承载能力强,可以无级变速和无级调压,能获得最优的转速和合理的轴压力;此外,起落钻架、稳车、接送钻杆等机构均采用液压传动,全液压潜孔钻机还应用了液压冲击器和液压行走装置,提高了钻机的机械化和自动化程度,进而有利于提高钻机的作业效率。

SWD165 型一体化高性能潜孔钻机是由中南大学机电工程学院智能机械研究所和湖南山河智能机械股份有限公司联合研究开发制造的以电动机或内燃机为动力的一体化全液压控制推进回转、高压冲击凿岩的新型潜孔钻机,履带行走、钻具回转推进、钻架顶升补偿、钻机调平都采用全液压驱动,性能已经达到世界先进水平。它广泛应用于冶金、矿山、建材、铁路、水电建设、国防施工及土石方等露天工程中钻凿爆破孔。因此,对于钻机的推进与回转系统的研究具有很现实的意义。

1 推进及回转工作液压系统

SWD165 型全液压潜孔钻机推进及回转机构工作液压系统原理图如图 1,系统采用三位六通电磁换向阀,电磁换向阀中位功能为卸荷,并可实现系统的低压启动,随着多路阀芯的移动,系统建立起压力。并配以先导控制,控制具有多种功能,并使得大流量的主回路得以简化。

1.1 供油系统



1、2、3、4、5.溢流阀 6、6'.顺序阀 7.梭阀 8.减压阀

图 1 潜孔钻机推进及回转部分工作液压原理图

SWD165 型全液压潜孔钻机工作液压系统可选动力源为柴油机或电机,带动 2 台由德国 Hydrauma 公司生产的恒功率恒压变量液压泵 A10VO45DFLR,其中推进与回转部分工作系统分别由一台泵供油,工作时动力源的转速保持不变,该泵的额定压力为 25 MPa,尖峰压力可达到 31.5 MPa。这种恒功率恒压变量泵是一种全新控制形式的变量泵,其内部机械伺服变量机构按三通阀控差动缸的

* 基金项目:湖南省重大科技专项项目(05GK1001)

原理设计^②(如图2),内部机构主要由流量控制阀 V_P 、恒功率控制阀 V_C 、恒压控制阀 V_L 及差动缸组成。该液压泵的特性曲线如图3,其工作特点是:在工作初期阶段恒流量阀工作,使泵工作在恒流量段,而泵的恒功率控制和恒压控制则分别由负载压力反馈控制实现,在达到设定压力之前恒功率阀起作用,相当于恒功率变量泵;达到设定压力之后,恒压阀开始起作用,相当于恒压变量泵。此特点与潜孔钻机的工况特点十分相似,在工作初期,系统建立压力,需要一定流量,泵工作在恒流量段,随着工作的进行,钻孔过程消耗的功率基本保持不变,泵工作在恒功率段,使得系统功率得到充分利用,当工作出现异常如卡钻时,系统压力急剧上升,反馈到泵使得变量泵工作在恒压段,输出流量降低同时系统产生溢流,保证了系统的安全与稳定。因此,系统选定的这种泵综合了恒压变量泵与恒功率变量泵的特点,具有装机功率小(最大功率曲线远低于 c 点)、系统发热小(达到最大压力 p_{max} 后,实现恒压变量泵的功能)、运行功率因数高、流量大、液压功率损失小等优点,在正常工作中甚至可省去系统的溢流阀,使系统在无溢流或少溢流的情况下运行,实现系统运行全过程的节能。

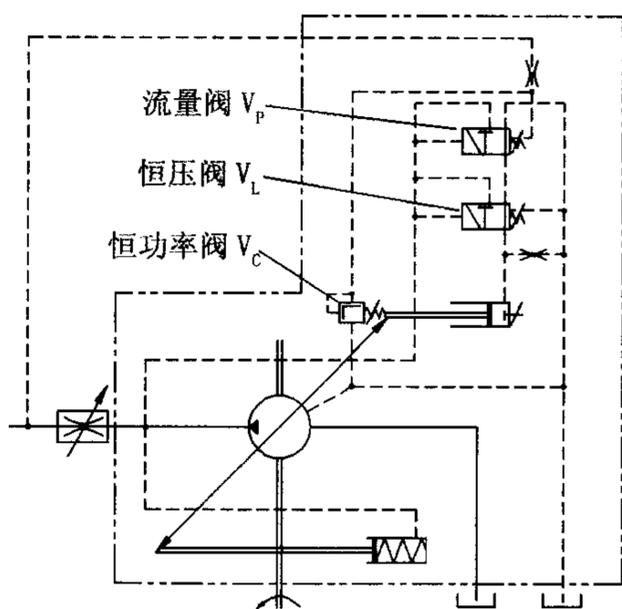


图2 恒功率恒压泵变量调节机构

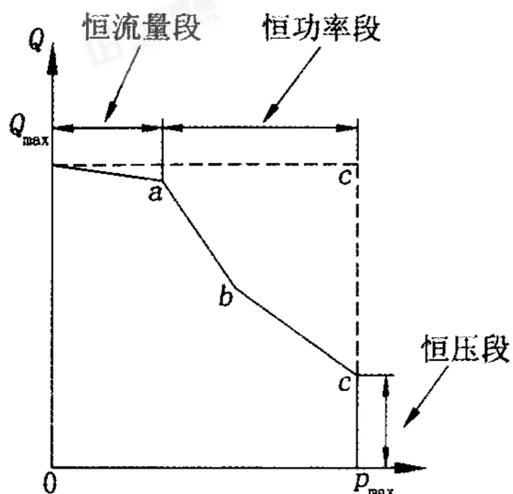


图3 恒功率恒压泵典型特性曲线

1.2 推进液压系统回路分析

当液压油进入推进系统工作油路时,初始状态为多路阀中路卸荷(如图1),溢流阀1作为安全阀,其设定压力为26.5 MPa。正常工作状态下,控制油路X2进高压油,多路阀工作在下位,油液经过减压阀B和单向阀进入推进马达的左腔,实现推进马达的正转推进,回油由马达右腔经顺序阀、多路阀下位到回油管路。推进力可在4~20 kN范围内变化。此推进回路具有以下几个特点:该系统采用泵控液压马达系统设计方案,在正常工作负载转矩基本保持不变的情况下,马达的输出转矩和回路工作压力 p 都恒定不变,马达的输出功率与转速 n_m 成正比,而用泵出口的节流阀可调整泵的最大排量,控制液压马达的转速,从而实现恒转矩调速:钻孔工作过程中推进速度较低,而钻杆提升回退时马达转速则较高;正常工作时,进油管道的压力由负载决定,为了保护液压元件不受压力冲击而损坏,在进回油管道之间对称跨接了两个高响应的安全阀5,其规格为允许系统过载时把泵的最大流量从高压管道注入低压管道,可防止气穴现象发生和防止系统遭受压力冲击;梭阀7两端连通马达的进出管道,起到了启动与停机时的缓冲作用;推进马达正转时,减压阀起调压稳压作用,保持工作回路的稳定,该减压阀同时外联一个远程溢流阀4,还可实现远程调压控制;两个对称连接的平衡阀6及6'可起到液压锁的作用,使回路在启动和停止时不受冲击并可起到锁止的作用。

1.3 回转液压系统回路分析

如图1,在工作初始状态,回转回路多路阀处于中位卸荷状态,当正常工作时,多路阀在控制油路X18的作用下下位工作,回转马达左路进油,右路回油,实现正转,而多路阀下位时反转则用于接卸钻杆。在正常回转工作状态下,回转压力一般保持在10 MPa左右。回转动力系统由两台排量为195 mL/r的OMSS160液压马达做动力,通过一级直齿圆柱齿轮减速后,可输出0~50 r/min的连续可调转速,提供约2500 N·m的正常工作转矩。溢流阀2、3作为系统的背压阀,调定压力为16.5 MPa。该回路充分利用泵控液压马达系统的优点,通过改变泵的排量来控制传送给负载的动力,功率损失小,效率高,改善了整机性能。

2 推进及回转控制液压系统

全液压潜孔钻机的液压控制系统由一台定量泵独立供油,保证了控制系统的稳定工作。如图4所示,当钻机处于工作状态时,通过操作使5DT工作在右位,推进控制压力油经4DT下位到X2,使推进工作回路多路阀(图1)工作在下位,回转控制压力油通过X18使得回转工作回路多路阀工作在下位,保证了正常钻孔的进行。当钻孔过程中出现卡钻情况时,回转工作回路压力上升,在回油路上接压力继电器A,如图1所示,调定该继电器的压力为16 MPa,当回转压力上升到大于此设定值时,压力继电器动作接通二位四通电磁换向阀4DT换向,如图4中,此时X1端接通压力油,使得推进回路多路阀换向到上位工作,从而实现推进马达的反转提升钻杆,冲击器处于强吹排渣状态以消除卡钻,当回转压力下降到设定的卡钻临界压力后,推进控制回路再次回到正常工作状态,推进器恢复正常推进,钻头重新接触到孔底继续作业^[5],因此,这种控制方案自动化程度高,不仅能防止卡钻对钻孔作业的影响,还可以自动处理并解决卡钻现象。

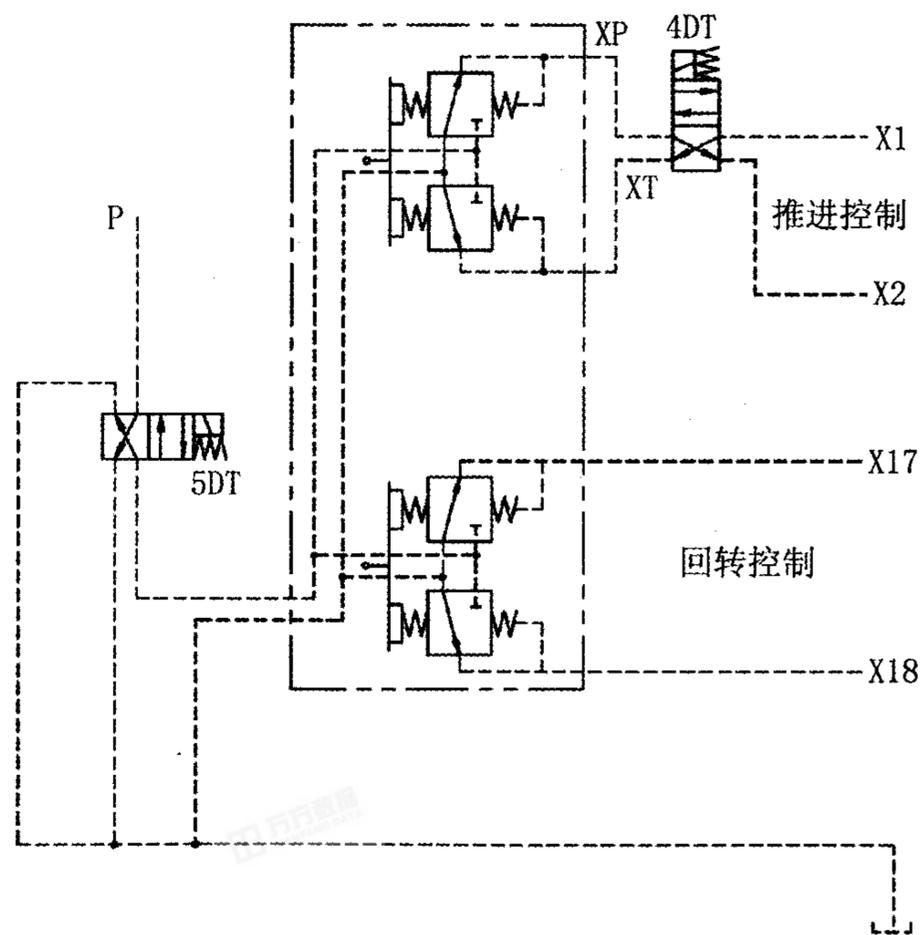


图4 推进及回转控制部分液压原理图

3 结论

本文通过对湖南山河智能股份有限公司生产的SWD165现代全液压潜孔钻机推进及回转液压系统的分析,并通过在实际生产中的表现验证^[5],表明使

用全液压控制的推进及回转系统与其它产品相比较,具有以下特点:

(1) 系统选用了先进的全新控制形式的恒功率恒压变量泵作为供油系统,该泵利用三通阀控制液压缸的原理,内部采用机械伺服变量机构,能充分利用恒功率泵和恒压泵的优势,最大程度上降低了供油系统的能耗损失,使得它比任何一种节能泵都具有更好的节能效果,并能很好的适应潜孔钻机的工况特点,说明在潜孔钻机上选用恒功率恒压变量泵具有很大的现实意义。

(2) 推进及回转工作液压系统采用泵控液压马达的方案,通过改变泵的排量来控制传送给负载的动力,功率损失小、效率高、改善了整机性能,利用正常工作及提升钻杆时潜孔钻机推进马达负载基本保持不变的特点,用泵出口的节流阀调整泵的排量,控制液压马达的转速,实现了不同工作情况下的调速。

(3) 全液压控制的推进及回转系统广泛使用多路阀配以先导控制,具有控制的多功能化,使得大流量的主回路得到了简化,并通过液压控制的举升液压系统、补偿液压系统、接卸杆装置(卸杆器可起到钻孔导向作用)等联合工作,使得操作变得简易,大大提高了工作效率,实现了大孔径、高精度、高效率的深孔钻凿。

(4) 通过回转回路的压力变化自动控制推进回路的换向,可防止卡钻对钻孔作业的影响,还可以自动处理并解决卡钻现象,防止了钻杆出现卡死停工现象,提高了工作效率,并能起到自动保护设备的作用。

参考文献

- [1] 赵宏强,林宏武. SWD165一体化高性能潜孔钻机[J]. 凿岩机械气动工具, 2004(2):1-6.
- [2] 莫波,雷明,曹泛. 恒功率恒压泵变量机构的调节原理[J]. 液压与气动, 2002(6):5-6.
- [3] 林宏武,何清华,陈欠根. 新型一体化液压潜孔钻机[J]. 建筑机械, 2004(5):46-47.
- [4] 吴万荣,邱敏秀,魏建华. 潜孔钻机凿岩过程自动防卡钻控制[J]. 中国机械工程, 2002(6):455-457.
- [5] 赵宏强,林宏武,何清华. 一体化液压潜孔钻机在水泥矿山的应用[J]. 中国水泥, 2005(7):88-91.
- [6] 关景泰,温济全. 机电液控制技术[M]. 上海:同济大学出版社, 2003.

通信地址:长沙麓山南路中南大学机电工程学院(410083)

(收稿日期:2007-05-21)