

煤矿掘进机主动式截割控制系统设计

吴 正

(廊坊景隆重工机械有限公司,河北 廊坊 065300)

摘 要:本文对煤矿掘进机截割工作原理进行了介绍,对煤矿掘进机截割控制系统自动化控制原理进行了深入分析,并对煤矿掘进机截割自动控制系统进行了硬件设计和软件设计。煤矿掘进机主动式截割控制系统设计成功,提高了煤矿掘进机截割作业的工作效率,提升了煤矿掘进机的自动化水平。

关键词:掘进机;截割系统;主动控制;PLC控制

【DOI】10.12231/j.issn.1000-8772.2021.01.193

随着技术的发展,用户对工程设备的自动化和智能化水平要求越来越高,对煤矿掘进机的要求也是如此。对煤矿掘进机进行主动式截割控制系统设计,可实现截割作业的自动化。只要操作人员事先在控制系统内输入巷道的断面尺寸和截割路径等参数,掘进机就会按照设定参数控制掘进机的截割臂自动进行回转和升降工作,自动完成截割作业,而无需人为操作。

1 掘进机截割工作原理介绍

掘进机的截割机构是掘进机用来对巷道岩壁进行切割的,截割作业时的路径决定着截割面的形状以及是否需要重复进行截割作业。掘进机的截割机构一般由截割头、截割臂、电机和液压装置等组成。截割机构通过执行油缸与掘进机机身相连,由两套相互独立的液压控制系统分别控制截割机构的上下和左右移动,来完成截割作业,也可以同时使用两套液压控制系统共同操控截割机构进行复合运动,用于在各种不同形状的巷道内完成截割作业。

2 煤矿掘进机截割系统自动化控制原理分析

煤矿掘进机截割系统自动化控制是在模拟人工手动操作掘进机截割机构的基础上,把手动操作时的各种相关参数与各种巷道参

数相结合,由操作人员根据实际情况选择输入控制参数,掘进机截割机构就会受截割系统控制自动进行截割作业。自动化控制系统通过对操作平台手柄的调控制来控制两个电液比例阀的开口角度,其中一个电液比例阀用于控制垂直升降液压缸,另一个用于控制水平回转液压缸。垂直升降液压缸调节截割头的垂直升降运动,水平回转液压缸调节截割头的水平回转运动,两者共同作用决定了截割头的运动。采用 PLC 控制技术可精确控制截割头进行方向变换和移动速度调节,能够让掘进机在井下复杂作业环境中精准进行截割作业,极大提高掘进机截割作业工作效率。PLC 装置通过传感器收集数据,并进行汇总分析,就会对全面掌握掘进机截割机构的运行状态,根据运行状态发出操控指令,在激光定位系统的配合下实现对掘进机截割机构的精准操控。

自动控制系统中除了摆动速度参数外,还应设置慢启动和慢停止选项,慢启动和慢停止功能是为了保证掘进巷道的截面精确有效成型,又防止截割机构在急速启动或急速停止过程中因为出现剧烈震动而损坏,还可延长控制电机的使用寿命。

3 煤矿掘进机自动截割系统控制电路设计

PLC 作为一个集成控制模块,是煤矿机械主动截割系统的控制中枢,通过布置于不同位置的传感器和行程开关,实时采集各液压缸位置数据,构建截割系统各组成零部件的动力学模型,经过预制的分析软件处理,计算出煤矿掘进机截割机构的状态。PLC 是自动截割控制系统的核心,为保证足够的数据处理能力和运算效率,一般选用 32 位及以上的控制单位,支持常规数据和浮点数处理,以及反三角函数运算。实时采集各传感器上传数据、进行控制逻辑及算法运算,输出电磁阀控制指令、进行不同接口间数据通信,是控制器的主要功能模块。

油缸行程传感器采用矿用本安型位移传感器,原理为磁致伸缩原理。测量方式为非接触式,整体固定于液压缸内部,密闭、可靠,低摩擦系数延长了位移传感器的使用寿命,位移传感器测量精度达到 0.2 mm。掘进机主动截割控制系统包含 9 个高精度位移传感器,分别布置在不同液压缸内部。位置如下:升降油缸中 2 个、回转油缸中 2 个、铲板油缸中 2 个、后支撑油缸中 2 个、伸缩油缸中 1 个。考虑到系统可靠性,左右油缸均安装了油缸行程传感器。

掘进机还设有机身倾角传感器,因为系统默认是在机身水平状态下掘进机主动截割作业由预制参数设定完成。在作业现场,掘进机位置随时发生变化,机身的绝对水平状态难以维持,存在小角度的倾斜误差。为此,需要在掘进机上安装机身倾角传感器,用于掘进机水平轴线俯仰角和滚动角的实时监测。

自动截割控制系统配置显示屏,用于输入截割作业的控制参数、实时显示截割机构的运行状态及各系统的状态参数和对故障进行记录等。

自动截割控制系统支持就地和远程两种控制模式,实现掘进机械的远程值守。启动远程控制模式时,操作人员可以对截割作业进行手动干预,也能实现在遥控器显示屏上远程输入参数,掘进机设定为主动截割作业模式。远程遥控器配置一块 9 寸 LCD 显示屏,显示各状态参数;同时支持手写输入,及时变更各截割控制参数。

4 掘进机主动控制模块的程序开发

控制程序是主动控制模块的逻辑核心。程序架构包含五大部分:信号采集与处理单元、液压缸行程控制单元、液压缸与截割机械臂数学模型算法单元、人机交互显示单元、远程控制通信单元,其中液压缸行程控制和液压缸与截割机械臂数学模型算法单元负责逻辑控制和机械执行功能,是程序开发的重点。

(1) 液压缸与截割机械臂数学模型算法单元。主动截割控制程序对机械手臂的控制是间接完成的,即通过回转液压缸伸出长度的控制,实现对截割机械手臂水平位置调节,通过控制升降油缸的伸出长度间接控制截割臂的垂直位置。为此,需要找出截割机械手臂位置与液压缸伸出长度间的数学关系式,建立数学模型。升降油缸伸出长度变长时,截割臂向上升高;升降油缸伸出长度变短时,截割臂向下降低。左回转油缸伸出长度变长同时右回转油缸伸出长度变短时,截割臂向右侧摆动;左回转油缸伸出长度变短同时右回转油缸伸出长度变长时,截割臂向左侧摆动。若只观察左回转油缸动作,截割臂左右摆动与左(或右)回转油缸伸出长度之间的数学模型和截割臂升降与升降油缸伸出长度之间的数学模型是相似的。

根据左(或右)回转油缸和升降油缸的伸出长度可以计算出截割机械手臂的旋转角度,代入与截割机械臂长度参数的数学关系式,便可求得截割臂端部的水平和垂直位置。

(2) 液压缸行程控制单元。采矿作业现场的巷道断面有多种形式,归类为梯形巷道、拱形巷道、矩形巷道,其中以矩形巷道应用最多。矩形巷道液压缸控制逻辑简单,回转液压缸控制截割机械手臂的左右摆动,升降液压缸实现截割臂的竖直位移;梯形巷道和拱形巷道,运动路径的完成需要回转液压缸和升降液压缸配合作业,控

制逻辑相对复杂。

在 PLC 控制系统中,截割机械手臂运动速度的控制,通过电磁阀开口角度调节来完成。为了提高截割工作效率和截割精度,还设计了 PD 控制算法功能模块,见图 1。

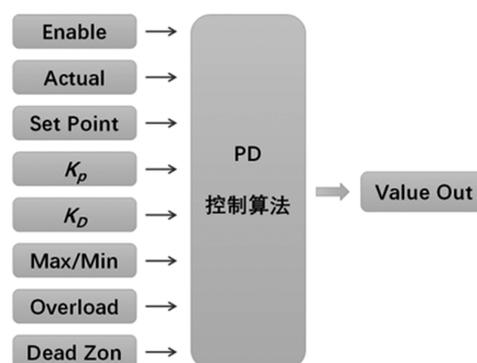


图 1 PD 控制算法功能模块

在 PD 控制算法中,比对液压缸实际伸出长度与预定伸出长度间的差值,作为控制变量,该差值越大,与预定位置偏移量越大,目标值未达到时,输出控制电磁阀开口角度数值也较大。反之差值越小,说明距离目标位置越近,输出值越小。

由于油缸的伸缩速度有一定范围要求,程序中需设置输出参数的上限值和下限值,即 Max/Min 值。如果上限值过大,当行程较短时,由于惯性作用,导致大于预定位置的“超控”现象。当下限值设定过小时,由于液压缸的粘性阻滞作用,液压缸会停止于目标位置之前。因此,输出参数限制的选定至关重要,由理论计算值和实践数据共同确定。

掘进机截割工作效率直接影响采矿量,当截割电机工作于未过裁状态时,输出值的大小由参数 KP 和 KD 决定。而当截割电机过裁时,PD 控制算法功能模块会对输出值进行分段控制,实现分段降速,以保护截割电机。

当油缸伸出长度达到极限时,截割头也到达极限位置。此时 PD 功能模块中 Enable 值为 False,输出值为 0,油缸会暂时停止工作。根据新的指令再进行下一段动作。

5 结束语

煤矿掘进机主动式截割控制系统的成功设计,并完成井下煤岩巷道实际生产工作,通过对比可知,PLC 自动控制系统在完成巷道横截面成形后,两帮误差均值明显小于人工操作误差均值,截割工作效率也明显高于人工操作。实现掘进机截割自动控制,提高掘进机的自动化水平,提高掘进机的工作效率是掘进机的重要的发展方面。

参考文献

- [1]胡忠利.掘进机自动截割控制系统的设计[J].煤矿机械,2021,42(01):5-7.
- [2]尚立强.掘进机控制系统研究[J].凿岩机械气动工具,2020,46(04):25-28+58.
- [3]吕琨.基于 PLC 环式天井掘进机的电气控制系统设计探讨[J].矿业装备,2020(05):80-81.