

# 掘进机自动掘进控制系统的应用

赵团结 许朝阳

河南能源新疆公司榆树岭煤矿 新疆 库车 842000

**摘要:** 当今的采矿机械正朝着智能化、现代化和个性化发展,但掘进工作面工作人员工作强度依然很大,工作环境极差,容易发生安全事故。为了改善矿工的工作环境,改善煤炭开采,自动掘进技术至关重要。为提高煤矿开挖作业的自动化程度,必须保证煤矿工作面质量,逐步提高煤矿井下隧道水平,为煤炭的顺利开发打下坚实的基础。

**关键词:** 掘进机; 自动; 控制系统; 应用

引言: 由于煤矿井下环境复杂,煤矿工作面掘进工作中经常会出现一些问题。它不仅会影响井下工作面的稳定性和采煤效果,还会对煤炭工业的综合发展水平产生很大影响。智能控制与煤矿掘进机相结合,可以避免掘进机在运行中出现的问题。提高煤矿工作面掘进效果,确保掘进机在煤矿工作面掘进中发挥最大作用。

## 1 掘进机智能型控制的总体概述

掘进机的智能控制对于煤矿掘进工作面具有明显的现实意义,主要表现在以下几个方面:

1.1 虽然掘进机在煤矿掘进工作面的各项工作中发挥着极其重要的作用,但不可否认的是,掘进机在长期的运行过程中,可能会由于外界因素的干扰而出现问题。如果问题得不到有效改善,势必影响煤矿井下掘进工作面各项工作的开展效果。掘进机的智能控制可以帮助相关人员在短时间内理清掘进机在长期运行过程中出现的问题,同时加强掘进机在煤矿井下工作面各种掘进工作中的作用,保证掘进机的优良性能得到充分发挥。

1.2 通过智能控制,还可以提高工作人员对掘进机现有运行模式的掌握,鼓励相关人员灵活应用掘进机在煤矿井下开展工作。充分发挥掘进机在煤矿井下工作中的实际作用,更有效地降低煤矿井下工作的难度。

1.3 在深入学习智能控制的过程中,我了解到智能控制本身就是一种现代技术。将其应用到煤矿掘进机上,不仅可以保持掘进机设备的稳定运行,还可以以数据信息的形式表达煤矿掘进工作面的实际情况和掘进机在不同条件下的运行状态。还可以将掘进机运行过程中的所有信息上传到计算机系统。也就是说,相关人员可以通过计算机中的各种信息来判断掘进机的现有运行状态,从而帮助相关人员更及时地调整掘进机在煤矿掘进工作面运行过程中出现的问题。

## 2 掘进机组成及工作原理

### 2.1 掘进机的组成

悬臂型掘进机,主要由机构、行走机构、装运机和转载机,及其配套的电气控制部分、液压传动部分等构成。掘进施工中,主要采用控制部分操作的截割机在巷道平面的上、下、左、右的不同方位运动,使截割头可以截割成任何形式不同截面的巷道。根据截割头和驱动主轴方向的差异,可划分为偏航操纵式和横轴式两种掘入法。由于悬臂型的部分断面掘进法结构紧凑、工艺先进,可以满足各种煤层的赋存条件,并能完成连续掘进,采煤效率较高、运行安全、稳定,大大提高了煤矿工人的生产素质,在全国矿山上获得了普遍的使用。

### 2.2 掘进机的工作原理

电动掘进机工作原理: 利用液压系统为动力源,利用液压电机带动截割机的主轴回转,并推动截割部刀盘旋转,再利用推进油缸带动掘进机行走的机构,将掘进过程不断地往前推移,不断进行,把井下岩层全部切割下来,并利用装载机和转载机,把瓦砾运到井下<sup>[1]</sup>。

掘进机作为巷道内机械掘进作业的一个主要工具,是指装上掘进机的一种零点五自动机器人设备。这种机器设备可以根据自动识别系统的预先设计好的三维运行曲线,在操作过程中,对掘进机推进状态和掘进机大臂的截割情况分别实施跟踪管理和截割管理,它通过收集到的现场情况数据和控制系统接受到的操作命令,实现自动计算与对比,自动修正偏差,从而完成施工目标,完成掘进机对巷道的机械化开挖。这种自动掘进机的最大优点,就是掘进机可以根据现场人员所提供的操作指令,自动完成一定的工序,从而实现了巷道挖掘的无人化,也就大大增加了巷道开挖的安全系数。

## 3 系统硬件结构与掘进流程

### 3.1 系统硬件结构

智能化掘进机系统的总体设计按照位置划分,智能化掘进机系统可区分为本机系统、远程操作台和现场控制台三个部分。(1)本型机械控制器为掘进机自动控制

的基础,主要完成掘进机的定位测量、机动截割、机动行驶、巷道扫描等工作;(2)遥控操作台是整个控制系统的主要节点,一般在掘进机后200m左右。人员使用地面遥控操作台时,可对掘进机实施远距离控制和工作状况监控;(3)地面监控工作站是远程智能化的显示窗口,可完成地面工作人员对掘进机的控制功能。

### 3.2 掘进流程

一个完整的自动挖掘操作过程如下:先完成对各系统的自检,在自检完成后进行等待,当开始按钮启动后,将由工控机下发的预置挖掘轨道下发至嵌入式计算机上,并确定了此时的掘进机位置是否达到了预设的开挖轨迹,如未达到则在工作人员刚完成了对掘进机的定位时,当掘进机位置超过预设开挖轨迹时发出了对支架的安放指令,在支架安放完成后,铲斗机头就完成了对断面所做的截割作业,在工作完成时发送了对支架收起的命令,当支架收起时由集态机产生了应答,由组态计算机接收并下发下一次挖掘工作的轨迹信息。

### 4 掘进机硬件设计

由计算机、自动控制 and 通信、cp 570 b& amp型号三个组件组成;R2000系列安装速度快、体积小且容易。机床:型号为PP480,应用于多任务任务,可将复杂工作分成简单、小工作,可为人员交流创造友好的界面,以管理完整工作,减少项目过程中的问题解决。位置感应器:可选guc1000气缸位移传感器的输出功率范围是0~0~20ma,范围广,使用寿命长,准确性好。比例放大器:可选E22K2-12/24比例放大器,输入电流 < 20mA,输出电流270~630ma。循环比例反转臂:可选的270~630ma输入电流的PSL-循环刻度阀,用于切割臂的无限摆动速度。电流互感器:可选CS30-800AA。c电源传感器将0-800mA电流信号转换为1-5V电压信号。

### 5 掘进机控制系统软件

#### 5.1 控制基础

根据在掘进机作业中截割头的水平赤纬和移动、纵向赤纬和移动、后部赤纬等对其位置和姿势加以分析,准确纠正掘进机位置和姿势是实现掘进机自动控制的理论基础。在掘进机的掘进巷道中形成了三个直角坐标系,其中X轴方向为沿着巷道的竖直走向,Y轴向为沿着巷道的水平平面走向,Z轴走向则是沿着掘进机的水平方向掘进路径。通过对掘进机机身定位和状态信号的三向分析后,根据已获取的掘进机定位和状态信号,对机体位置和状态信号进行分析修正,从而达到了保证掘进机达到最精确定位和状态的目的。

#### 5.2 自动截割功能

掘进机的提升、旋转后的油缸均配备有位移传感器,通过位移传感器可现场测量油缸位置。处理系统将位移传感器的电压数据转换成CAN总线数据,并发送给传感器。传感器中通过掘入法的数学模型,可以测算出油缸长度和截割头位置坐标之间的相对位置。如果传感器内存中储有设定的截割路径,则可以通过设置参数实现自动截割。另外,自动截割会受掘进机速度与状态的干扰。自动截割起步后,若起始位置与中心线发生偏离,控制器程序会自行纠偏;自动截割过程中,一旦机身倾角或航向角改变,控制算法将针对机器状态作出手动调整<sup>[2]</sup>。

#### 5.3 改进PID控制算法

PID控制是一种传统的、广泛使用的控制算法,但其参数在很大程度上取决于控制对象数学模型的精度。因此,简单PID控制不再满足实时控制的要求。神经网络算法能够逼近所有非线性函数,使其自学习和自适应。将神经网络算法与传统PID控制相结合,提高了自动挖掘控制。

#### 5.4 显示屏程序编制

控制系统选用的显示屏型号为UG221H-SR4,屏幕尺寸为5.7英尺,彩色显示,通用性好。该系统设置有四屏显示界面,采用自动翻页可以实现不同屏幕界面的转换。屏幕上的信号指示灯中显示蓝色表示运行正常,以及显示粉色表示运行异常的显示屏主页面,其中掘进机自动截割过程中指示灯能够显示掘进机截割头上、下、左、右的移动极限位置。可以即时读取截割头的宽度H与长度W的位置,同时屏幕还可以即时指示截割电压的高低和截割电机的中、低速情况。控制参数设定屏幕上可以进行截割头的高度、宽度、截割步距等控制参数的设定。考虑到在掘入法作业流程中的稳定性问题,将截割断面的截割范围设定在长度H为1600~4100mm,长度B为2200~4700mm,截割距d为200~1000mm。

#### 5.5 通信功能

远程操作台与本机控制器之间利用基地平台实现数据传输。在基地平台内还设有无线LORA模块和无线WiFi模块。LORA模块用于传送控制器消息和装置的工作情况数据,该模块与控制台通讯;WiFi模块用于传送视频数据,该模块与电脑通讯。通过采用将控制器消息和视频信号隔离的通信技术,可以提高控制器命令的实时性和可靠性。远程控制站与本地控制站利用通讯模块实现信息交换。通信模块将信息上传给地面,也可以接受地面的控制指令。针对客户的情况,通讯模块可选择5G、4G等无线通信方案,也可选择光缆或网线的以太网有线通讯。

## 5.6 电气操作箱

为方便掘进机的运行,为其配备电气操纵箱和操纵按钮,操纵箱采用隔爆和本质安全的电气设计,其防爆外壳选用高强度钢材,采用焊接工艺制作而成。显示屏设置在隔爆室中,通过七芯排线和操作的控制器连接,供电电压为DC24V,通过显示屏可以观察掘进机的工作情况、电器数据等。它的控制按键设计通过19芯的排线和控制箱相连,供电电压则是DC12V。

## 6 掘进机自动掘进中的应用

### 6.1 智能控制需求

为了适应现场作业要求,掘进机必须能够满足各类不同条件下的自动挖掘任务,并且能够尽可能优质、高速度的完成指定任务。所以,掘进机必须符合下列要求。

6.1.1 为满足巷道截面成形的需要。通常的掘进机能够对巷道的小部分断面类型进行截割,而在现场安装时就要求了掘进机需要同时能够运用于各种截面类型的隧道中。所以,掘进机必须能够同时多次地进行上、下、左、右方向的移动截割作业,以满足不同的巷道要求。

6.1.2 自动掘进机必须能够对位置进行精确测量。在掘进机上应配备各种感应器,以使掘进机自动对自身进行定向或改变位置,达到施工精度的要求。

6.1.3 掘进机应当能够对整个挖掘流程实现自动控制。通过构建用于掘进机控制系统的数学模型,对运动学过程与动力学过程给出正解和逆解,以便获取准确的截割头位移与姿态控制数据,确保挖掘工作可以掌控自如进行。

6.1.4 自动掘进机的控制方式应当灵活。根据情况,掘进机也需要实施现地作业或是遥控操纵,以便于减轻现场作业的压力。

6.1.5 自动掘进机应当具有较高的可靠性。掘进机首先要能够对自己的关键部件实施有效监控,并可以对出现的问题做出评估,以便防止带病运行,确保问题出现后能够第一时间向有关部门反映。

### 6.2 智能控制关键技术

掘进机在巷道中自动掘进必须依赖于以下智能控制关键技术。

6.2.1 自主定位技术。这个技术主要是用来让掘进机能够比较准确的判别机体的定位和走向。而这个技术主要包括了:①以激光测距为核心的定向技术。在巷道上架设了激光技术发射机或激光接收机后,经过计算二者距离,便能够对掘进机进行定位。②以全站仪观测的结果为基础的定位方法。运用全站仪观测方法的基本原理与坐标体系,根据靶位之间的位置加以计算来确定掘进机的最准确长度。③以超宽带测距法为基本的距离确定技术。主要是根据三角距基本定理,对确定节点之间的距离加以定义。④以惯性导航方法为核心的定位方法。通过对罗盘和加速度感应仪的检测,从而得到了掘进机的三轴角速度和三轴加速度<sup>[3]</sup>。

6.2.2 智能控制技术。该技术主要用于对掘进机的方向进行追踪与监控,这项研究仍在继续的开发中。

6.2.3 远程监控技术。因为掘进机的作业条件一般较为严酷,要尽可能减少安全隐患,减轻严酷工作条件对人身带来的危害,掘进作业场所要减少人员,甚至做到无人化作业,所以采用远距离控制对掘进机实施远距离控制是非常重要的。

6.2.4 状态监视和故障诊断技术。这种方法主要解决了掘进法的监视、找错以及识别异常问题的需求。

结语:掘进机的智能化水平有待进一步提升。只有掘进机的智能化水平适应了实际工作的需要,巷道进行挖掘的准确度和安全性才有所保证,挖掘工序的产品质量、效益和管理水平才能实现更大的飞跃。

### 参考文献

- [1]申洋.基于CAN通信的掘进机自动控制系统设计[J].自动化应用,2019(12):15-16.
- [2]任惠东.掘进机自动截割控制的关键技术研究[J].中国石油和化工标准与质量,2019,39(23):220-221.
- [3]段广全.悬臂式掘进机自动截割控制技术及工程应用[D].西安科技大学,2019.