

# 矿井综掘机自动控制系统研究

刁华冉（山西汾西正晖煤矿管理分公司，山西 汾阳 032200）

**摘要：**为增加巷道掘进进尺并提高综掘机运行效率，综合传感器检测技术、自动控制技术以及煤岩识别技术等提出一种掘进机自动控制系统。对控制系统功能、结构以及运行控制等进行详细阐述，该控制系统可实现煤岩识别、远程操作、自动截割等功能，而且可显著提高综掘机自动化水平、改善作业人员工作环境。研究成果可在一定程度上提高综掘机自动化控制水平。

**关键词：**巷道掘进；综掘机；控制方式；传感器；控制器

随着矿井综合机械化开采设备的应用推广，回采工作面推进速度不断增加，矿井生产过程中面临的采掘接替紧张局面更为突出。如何实现巷道快速掘进是矿井生产过程中需要重点解决的问题。综掘机由于具备掘进效率高、劳动强度低等优点在矿井井下应用逐渐广泛，在一定程度上提高了巷道掘进效率。但是由于矿井井下工作环境恶劣，存在有影响巷道安全掘进的各种不利因素（地质构造、粉尘、环境狭小、昏暗等），同时使用手动以及目测方式对掘进机运行进行控制，容易出现超挖问题。山西某煤矿巷掘进基本使用综掘机实现，月掘进进尺可达到 300m 以上，不仅提高了巷道掘进、支护效率而且有效解决矿井采掘接替紧张局面。但是综掘机现场应用过程中需要操作司机在掘进迎头控制掘进机运行，综掘司机长时间暴露在高浓度粉尘环境中，给作业人员身体健康带来一定威胁。随着信息技术、计算机技术的快速发展，各种先进且可靠的传感器监测技术在矿井不断应用，不仅提高了安全监控能力而且在一定程度上增加了矿井综合自动化水平。众多的研究学者对综掘机控制技术展开研究，取得丰硕研究成果。为此，文中基于传感器监测技术、实时控制技术提出一种掘进机自动化控制技术，综掘机可按照设计断面自动开挖，提高掘进效率以及安全保障能力。通过在综掘机上使用自动控制系统，在实现综掘机智能化控制同时可满足远程操作需要，从而在一定程度上提升综掘机应用效率。

## 1 掘进机自动控制系统结构及功能

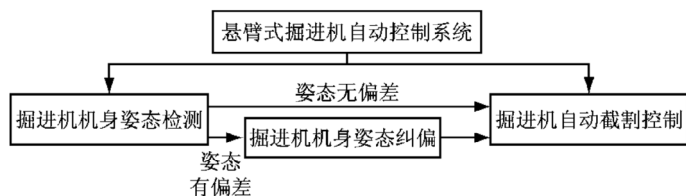


图 1 掘进机控制系统结构

巷道掘进使用的悬臂式综掘机具体破煤（岩）过程可细化为：通过水平、垂直以及伸缩油缸实现截割头水平回转、垂直升降以及伸缩控制等，截割掘进轮廓线内煤（岩）体；机载转载机上的行星轮、铲板综合作用将截割掉落的煤（岩）装入到带式输送机输送带上，并外运出掘进巷道；行走机构中液压马达带动悬臂式综掘机前移。通过分析综掘机破岩、运输以及前移过程，提出

的掘进机控制系统结构见图 1 所示，控制系统可满足下述功能需要。

### 1.1 掘进机运行姿态测量

掘进机运行姿态直接影响巷道掘进断面、掘进进尺以及运行控制。因此，实现掘进机运行姿态测定是实现综合自动化控制的基础条件之一。通过分析现阶段矿井常用的姿态测定方式，文中提出将惯性导航、地磁技术相融合，对掘进机运行姿态进行控制，满足控制系统对掘进机运行控制需要。

### 1.2 截割头姿态测量

截割头是实现掘进巷道破煤（岩）的主要设备，实现掘进机自动化控制需要对截割头实时姿态、位置等进行测定，截割头运行位置、姿态与水平、垂直以及伸缩液压油缸等工作状态有密切关联。文中所提控制系统采用倾角仪、位移传感器等测定截割头运行参数，并通过相关控制算法确定截割头姿态、位置。

### 1.3 煤岩识别

实现掘进机运行自动控制需要对精准识别空转、破煤、破岩等。文中所提控制系统采用多传感器对液压油缸压力、电动机输入电流以及转速等进行采集，后通过综合分析判定截割头截割状态，从而有效区分掘进机破煤、破岩以及空转状态。

### 1.4 截割控制自动生产

将截割电动机、液压油缸等设备工作参数进行采集，并以此为反馈量对截割头转速、进尺量等进行控制，从而自动形成掘进断面。

### 1.5 运行远程控制

控制系统内控制器通过 CAN 总线将采集各监测数据，并通过工业以太网将运行控制参数传输给远程计算机。掘进机控制系统使用远程通信结构收到控制中心指令，并实现远程控制。

## 2 控制系统硬件及软件

### 2.1 控制系统硬件

自动控制系统使用传感器模块、DSP 和 CPLD 控制模块、执行机构、比例液压阀、远程数据库以及上位机等构成，具体硬件结构见图 2 所示。传感器模块中的惯导、激光以及超声波等传感器使用 RS485 与数据采集模块进行通信；电流、温度、流量、压力以及位移等传感

器使用 A/D 模块与数据采集模块进行通信。数据采集模块对检测获取到的传感器数据进行处理,并根据预先设定策略发出响应的控制信号,通过 D/A 模块控制比例液压阀动作或者通过 I/O 模块控制掘进机执行机构;同时数据采集模块通与上位机进行数据传输,并将相关信息存储在数据库内,远程计算机通过 TCP 协议访问数据库。

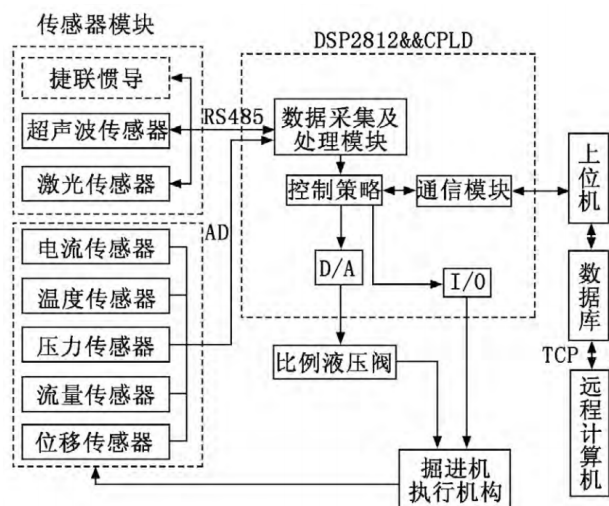


图2 控制系统硬件结构

控制器实现对掘进机自动控制系统检测参数分析以及控制指令发出,控制系统选用具有处理能力强、运算速度快的 DSP 控制器(主控芯片为 TMS320 F2812);选用的 CPLD 控制模块选用编程灵活、I/O 接口丰富等优点。

## 2.2 控制系统软件

控制系统软件分为自动截割软件、上位机以及下位机控制软件等。自动截割软件是实现综掘机自动控制核心组件,针对不同的截割断面掘进机工作流程、截割路径等存在显著差异。矿井掘进巷道常见的断面有矩形、半圆拱形以及梯形,依据断面不同设计不同截割路径。依巷道截割路径后,控制系统自动生产截割程序,具体控制流程见图3所示。控制系统运行时首先依据截割断面调整截割壁位置并调用断面自动形成子程序,控制水平、垂直以及伸缩液压油缸以及截割电机动作,当截割头运行至工艺流程设定终点位置后控制子程序自动停止运行。

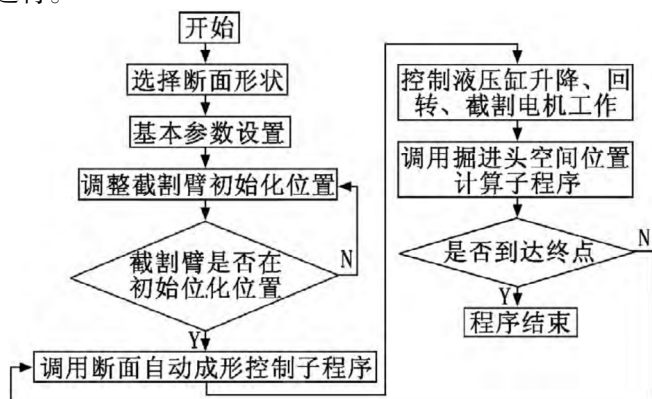


图3 综掘机截割控制流程

下位机软件包括有数据采集及处理程序、通讯程

序以及输入输出程序等,主要用以控制器与传感器、机载计算机间的数据通信、采集等;上位机软件通过 VS、QT 开发,可实现掘进机各项控制参数的采集、存储以及显示,并通过多线程技术提高上位机软件响应速度。

## 3 总结

综掘机是实现矿井巷道快速掘进的主要设备,采用先进的控制系统不仅可提高巷道掘进效率、自动化水平而且可降低作业人员劳动强度。为此提高综掘机工作效率,文中提出一种综合自动化控制系统,该系统可实现综掘机、截割头姿态及位置测定,煤岩识别,自动截割以及远程监控等功能。采用 DSP 和 CPLD 控制模块可充分发挥 DSP、CPLD 模块优势,提高控制系统运行可靠性并丰富控制功能化。文中所提自动化控制技术综合传感器检测技术、自动控制技术以及煤岩识别技术,在综掘机上应用后可大幅提高掘进机掘进效率而且可有效避免超挖问题,综掘司机在远离掘进迎头位置即可操作综掘机运行,工作环境更为安全而且劳动效率更高。

## 参考文献:

- [1] 刘义平.井下悬臂式掘进机电控系统改进分析[J].能源与节能,2021(03):140-141.
- [2] 许连丙.基于神经反应的矿用掘进机电控系统的设计研究[J].煤炭技术,2021,40(03):131-133.
- [3] 毛凯凯.掘进机简易自适应截割控制系统的研究[J].机械管理开发,2021,36(02):209-210+231.
- [4] 黄强.井下掘进机自动成形截割控制系统设计与应用[J].机械管理开发,2021,36(02):214-216.
- [5] 郭鑫彤.矿井掘进机在线监测监控系统的设计与应用[J].机械工程与自动化,2021(01):172-173+176.
- [6] 郭海明.四明山煤矿9104运输巷综掘施工工艺研究[J].中国矿山工程,2020,49(02):29-31+34.
- [7] 张彦宏.厚煤层大断面巷道快速掘进应用实践[J].中国矿山工程,2020,49(01):42-44+48.
- [8] 代攀攀.综掘机机载锚杆钻机液压系统设计[J].自动化应用,2021(01):141-143.
- [9] 孙谦,崔玉攀,韩老虎.糯东煤矿岩巷快速掘进技术研究与应[J].中国煤炭工业,2020(09):62-63.
- [10] 刘延生.唐口煤矿综掘机智能远程控制技术[J].工矿自动化,2020,46(09):27-32.
- [11] 岳东旭.悬臂式掘进机综合自动控制系统研究[J].机械工程与自动化,2020,23(06):165-166+168.
- [12] 赵东升.悬臂掘进机工作机构自动控制系统的研究[D].西安:西安科技大学,2005.
- [13] 柴怀玉.悬臂式掘进机截割控制系统的研究[J].机械管理开发,2018,33(10):232-233.

## 作者简介:

刁华冉(1973-),男,辽宁北票人,2009年1月毕业于北京航空航天大学,计算机科学与技术专业,工学学士,现为助理工程师。