

# 煤矿机电设备自动化控制系统设计与应用

方忠勇

国家能源集团榆林能源有限责任公司，陕西榆林，719000；

**摘要：**在工业生产中，煤矿作为能源生产的关键，面临着复杂的生产环境、较高的安全风险。新时期，在煤矿机电设备中应用自动化控制系统可以提高煤矿生产的安全性，提高生产效率。为此，文章说明了煤矿自动化控制系统的定义，探讨了煤矿机电设备自动化控制系统设计方法，研究了智能机电设备自动化自适应跟随控制措施，希望可以为煤矿机电设备自动化控制系统的应用提供支持。

**关键词：**煤矿；机电设备；自动化控制系统

**DOI：**10.69979/3029-2727.26.02.047

## 引言

近些年，科技信息不断发展，采矿行业不断进步，煤矿逐渐朝着自动化、智能化方向发展。在煤矿生产中，机电自动化控制系统的应用可以满足煤矿恶劣工作环境的要求，提高煤矿生产的安全性。相关工作者应积极探索煤矿机电设备自动化控制系统设计和应用措施，从而推动煤矿行业的持续发展。

## 1 煤矿自动化控制系统

煤矿自动化控制系统是指在煤矿生产中综合应用现代控制理论、信息技术、计算机技术等现代技术，加强机电设备、传感器、执行器等构件的综合应用，达到自动化、智能化管理煤矿全过程的效果。煤矿机电自动化控制系统可以应用于多个方面，比如矿井采煤、电力系统、运输系统、通风系统等。自动化控制系统在各个环节机电设备中的应用，可以提高机电设备运行稳定性，提高煤矿企业应对突发事件的能力，将人为操作方面的影响降低。煤矿机电自动化控制系统还可以达到共享数据信息、优化设备资源配置、部门协调等目的，实现整个煤矿生产系统运行安全性、协调性的优化。由此可见，自动化控制技术在煤矿机电设备中的应用有助于推动煤矿产业朝着现代化、智能化方向发展。

## 2 煤矿机电设备自动化控制系统设计方法

### 2.1 需求分析

在自动化控制系统设计中，技术人员首先要分析煤矿机电设备的应用需求，从而科学地确定自动化控制系统的关键指标、主要功能，保证该技术在机电设备中的应用可以提高其实用性和有效性。具体而言，在需求分

析阶段，一是要对操作人员、管理人员、维护人员等不同的用户群体的需求进行全面分析，从而保证后续的系统设计能够满足各个工作人员的需求，提高自动化控制系统的适用性。二是详细调查分析煤矿生产流程和煤矿生产实际情况，对当前煤矿机电设备运行中存在的问题进行精准分析。例如，有的煤矿缺乏自动化监控系统、故障监测系统，导致管理层难以及时获取精确的数据信息，无法及时处理出现的异常情况。针对此类问题，煤矿企业应当构建实时监控系统，提高煤矿生产管理效率。三是在需求分析中对自动化控制系统的灵活性和可扩展性进行深入分析。技术人员要坚持前瞻性原则，提高系统的可扩展性，保证系统在未来能够满足软硬件升级的要求。同时，自动化控制系统要有足够的功能，可以满足煤矿生产灵活调整的要求。四是在需求分析中合理进行技术选型。合理的技术选型为后续系统架构设计奠定了基础，为此，技术人员在技术选型中，要从硬件设备、软件架构、通信系统、控制算法等方面进行分析，尽量提高系统的最终性能，保证满足煤矿生产需求。

### 2.2 系统架构设计

在煤矿机电设备自动化控制系统中，架构设计可以增强系统功能性及可靠性，能方便后续管理以及维护。煤矿自动化控制系统一般由感知层、网络层、应用层三大部分组成。一是在感知层中，系统通过多种传感器来实现矿井环境和设备状态实时监控<sup>[1]</sup>。系统传感器可以对包括温度、湿度、压力、气体浓度以及设备运行情况在内的各种数据进行采集并转换成数字信号，方便后续数据处理与分析。该层设计需保证传感器选择与布置能覆盖矿井关键区域，且抗干扰能力强、精确度高。二是

网络层负责数据传输。这一层需要选择适当的通信协议与网络架构,从而保证感知层数据实时传输。不论有线网络或无线传输,其安全性与稳定性是网络层设计中的关键。为了确保不同设备之间的信息能够高效地交流,技术人员要选择合适的网络拓扑结构,如星型或环形网络,从而提升系统的总体性能。三是应用层主要负责对系统所收集到的数据进行处理与分析,并给出决策支持。这一层既要具有灵活的人机交互界面,又要整合监控、报警与控制软件模块以使操作者能方便、快捷地了解并控制设备状态。该层是针对多元化应用场景而设计,可以灵活自定义不同功能来适应具体业务需求<sup>[2]</sup>。

### 2.3 控制算法设计

控制算法设计的好坏直接影响着系统响应设备与环境的能力与安全。高效的控制算法不仅能确保生产过程平稳进行,还能处理复杂矿井环境下的各种挑战。在设计控制算法时,技术人员需要先确定控制目标,其中包括对设备状态的实时监控、工作参数的自动整定和应急处理。当前常见的控制算法有PID控制(如图1)、模糊控制、数据驱动控制和神经网络控制。PID控制由于具有简便易行、适用范围广等特点,在很多矿山自动化控制系统中作为基本选择。通过调整比例、积分及微分系数可使系统动态响应特性达到最优,从而达到较高精度控制的目的。

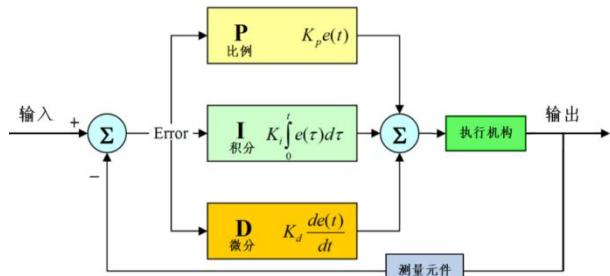


图1 PID控制原理图

和传统的控制方法不同,模糊控制技术主要借助的是数学模型,其根据专家经验和人类决策过程进行自动化控制。煤矿生产中往往面临着复杂的环境,传统的控制系统难以应对瞬息万变的情况,此时,模糊控制系统可以模拟人类决策过程,对各类情况进行分析和控制。同时,大数据技术的融合应用可以提高煤矿自动化控制系统的灵活性,通过融合应用模糊控制方法、大数据技术、机器学习技术等,能够提高自动化控制系统的自适应性。此外,在煤矿机电自动化控制系统中,技术人员

在设计控制算法时还要提高系统的安全性,做好冗余设计,通过组合和优化各类控制方法提高煤矿机电的综合控制效果,进而推动煤矿机电设备控制系统更加稳定、可靠。

### 2.4 EPEC控制器与无线遥控器设计

电动机位置控制器(EPEC)是煤矿机电设备自动化控制系统设计中的关键,其中控制器和无线遥控器是保证机电设备能否高效运行和实时控制的基础,二者共同协作、相辅相成。电动机位置控制器的主要功能包括机电设备的位置控制、速度调节等,在具体设计中,技术人员要充分考虑煤矿复杂的生产环境,尽可能提高电动机位置控制器的稳定性和安全性。电动机位置控制器通常使用了先进的控制算法,可以对机电设备中电机的运行状态进行实时监控,保证在不同条件下可以高效运转。在具体设计过程中,技术人员要提高元器件的适应性和抗干扰能力,保证元器件能够在恶劣的环境下稳定运行。同时,电动机位置控制器还要具有故障自诊断、数据反馈等多项功能,保证操作人员可以对设备运行状态有实时了解,可以在机电设备发生故障时及时报警。

无线遥控设备的设计可以为操作员提供更灵活性和便利的操作方式。技术人员可以利用无线技术实现设备的遥控,比如在煤矿井下作业过程中,技术人员不需要直接靠近就可以利用无线遥控器对设备实施遥控,减少生产中的安全风险。在设计无线遥控器时,技术人员需要注意信号稳定性及覆盖范围等问题,确保即使处于复杂矿井环境下也能保证控制信号稳定、可靠。另外,遥控器要有很好的抗干扰性,避免高噪声、坑道环境下失控。技术人员可以将EPEC控制器和无线遥控器相结合,从而有效地提升煤矿机电设备自动化程度,使生产过程运行更安全、效率更高,促进煤矿行业朝着现代化方向发展<sup>[3]</sup>。

## 3 智能机电设备自动化自适应跟随控制

### 3.1 位置闭环控制系统组成

位置闭环控制系统由传感器、控制器、执行器三大部分组成,每一部分都对系统起着独特的关键作用。一是利用传感器对设备位置及状态进行实时监控。常用传感器有编码器、激光位移传感器、超声波传感器,这些传感器可将装置的真实位置回馈到控制器中,有助于系统确定当前位置和目标位置是否存在错误。这种反馈机

制在闭环控制系统中处于核心地位，保证了系统自我调节能力。

二是控制器主要负责对比分析传感器接收的信息以及预设的目标，并根据 PID 控制、模糊控制等算法计算控制指令，并且发出指令，通过调节促使煤矿机电设备的运行状态尽可能地接近目标状态。该过程中包括数据处理、模糊控制等多项内容，有助于提高系统控制的精确性。三是执行器设计中，可以选用电机、液压缸、伺服系统作为执行控制指令元件。在得到控制器下发的指令后，执行器按照命令完成机电设备的调节，保证机电设备达到设定的位置并且稳定运转。位置闭环控制系统的整体运行效果从很大程度上受到执行器响应速度和精度的影响，为此，设计师要对执行器的负载能力、动态特性等进行分析。

### 3.2 位置反馈函数

位置反馈是否准确直接关系着系统控制是否有效，关系着煤矿生产效率与安全。位置反馈函数一般包括各种传感器，其中有编码器、激光测距仪及超声波传感器，这些传感器能把真实的位置信息转换成可利用的电信号并反馈给控制系统。在位置反馈函数设计中，需要选择适用于具体应用场景的传感器，保证传感器在噪音、振动、尘埃等苛刻环境中仍然能够可靠地运行<sup>[4]</sup>。在反馈系统设计中，可以将位置反馈函数用于反馈系统。位置反馈函数的作用是把实际位置和既定目标相对照，输出位置偏差值。控制器基于该偏差进行控制算法运算，产生新控制指令来调节装置运动状态。具体地说，执行器把收到的控制指令变成机械运动以达到精确控制装置的目的。为了提高反馈系统响应速度，一般采用多通道反馈策略，使系统动态变化时更具有适应性和灵活性。位置反馈函数要有故障检测与自诊断功能，以便当设备出现异常时能报警或紧急处理。该智能化反馈机制可进一步提高自动化控制系统鲁棒性，保障煤矿设备在高风险环境下稳定运行。

### 3.3 脉宽调制输出模块的传递函数

脉宽调制输出模块传递函数是煤矿机电设备自动化控制系统控制算法分析和设计的重要方法。传递函数的核心功能在于阐述输入与输出的相互关系，有助于设计人员更好地理解系统的动态行为和响应模式，进而构建出性能出色的控制系统。在脉宽调制输出模块里，输入通常是控制信号，也就是预期的输出频率和占空比，输出则是实际的电压或电流信号，用于驱动执行器，例如电动机或液压设备。传递函数可由线性化方法得到，线性化方法一般取决于系统数学模型。通过脉宽调制信号周期分析可以得到频率域特殊周期信号转换。设计适当的传递函数对于保证 PWM 输出模块在实践中的良好应用具有重要意义。例如，在煤矿运输时，适当的传递函数能使输出信号很快地跟踪输入信号变化，保证装置能对这些变化作出快速反应，降低延迟与误差<sup>[5]</sup>。

## 4 结语

总之，煤矿机电设备自动化控制系统的应用对于提高全行业技术水平具有借鉴经验作用，可以为今后煤矿生产现代化进程提供支持。技术人员要加强探索，促进煤矿行业朝着自动化控制方向发展，提高煤矿生产的安全性、经济性。

## 参考文献

- [1] 孙德福, 甘强. 煤矿机电设备自动化控制策略研究 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2024, (18): 148-150.
- [2] 李和平. 煤矿机电设备自动化控制系统设计与应用 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2024, (06): 157-159.
- [3] 田勇. 煤矿机电设备自动化控制的优势与技术分析 [J]. 电子技术与软件工程, 2023, (06): 103-106.
- [4] 贺瑞强. 煤矿机电设备自动化控制优势和应用 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2022, (18): 127-129.
- [5] 陈文清. 自动化技术在煤矿机电设备控制的应用 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2022, (11): 127-129.