

# 煤矿井下瓦斯抽放泵站集中控制系统研发与应用

李 涛

天地(常州)自动化股份有限公司 江苏 常州 213015

**摘 要:** 煤矿井下瓦斯抽放泵站集中控制系统研发旨在通过集成自动化控制、智能监测与数据分析技术,实现对瓦斯抽放过程的全面监控与智能调度。该系统能够实时监测瓦斯浓度、流量等关键参数,自动调整抽放策略,提高抽放效率,同时降低安全隐患与能源消耗。本文详细介绍了系统的研发背景、技术架构、功能特点及应用效果,为煤矿安全生产与节能减排提供有力支持。

**关键词:** 煤矿井下; 瓦斯抽放泵站; 集中控制系统; 应用

## 1 煤矿瓦斯抽放的重要性

煤矿瓦斯抽放是煤矿安全生产中至关重要的一环,其重要性不容忽视。瓦斯,作为煤矿开采过程中常见的一种有害气体,其主要成分为甲烷( $\text{CH}_4$ ),具有易燃易爆的特性,对煤矿作业人员的生命安全构成严重威胁。实施有效的瓦斯抽放措施,对于预防瓦斯爆炸事故、保障矿井安全生产、维护作业人员健康以及促进煤炭行业的可持续发展具有深远的意义。第一,从安全角度来看,瓦斯抽放能够显著降低矿井内的瓦斯浓度,有效预防瓦斯超限和积聚现象的发生。在煤矿开采过程中,随着煤层的开采,煤层中的瓦斯会逐渐释放到巷道和采空区中,若不及时抽放,瓦斯浓度一旦达到爆炸极限,遇到火源就可能引发灾难性的瓦斯爆炸事故。通过科学的瓦斯抽放系统,可以将矿井内的瓦斯预先抽出并安全排放或利用,从而大大降低爆炸风险,为矿井作业创造一个相对安全的环境。第二,瓦斯抽放对于保护作业人员的身体健康也至关重要,长期暴露在高浓度瓦斯环境中,作业人员可能会出现头痛、眩晕、胸闷等症状,严重时甚至会导致窒息或中毒。有效的瓦斯抽放能够减少作业区域的瓦斯浓度,改善矿井空气质量,保障作业人员的呼吸健康<sup>[1]</sup>。第三,瓦斯抽放还具有显著的经济和环境效益,抽出的瓦斯是一种清洁、高效的能源资源,经过净化处理后,可作为民用燃气、发电燃料或化工原料等,实现资源的再利用,促进能源结构的优化和节能减排。减少瓦斯直接向大气排放,有助于缓解温室效应,对保护全球气候环境具有积极意义。

## 2 煤矿井下瓦斯抽放泵站存在的问题

### 2.1 设备故障率高

煤矿井下瓦斯抽放泵站设备故障率高,是当前面临的一大挑战。由于井下环境复杂,湿度大、温度高,且常伴有煤尘、腐蚀性气体等恶劣因素,这对泵站的机械

设备构成了严峻考验。长时间在这样的环境下运行,容易导致电机过热、轴承磨损、密封件老化等问题,进而引发设备故障,部分泵站设备因设计或制造缺陷,在复杂工况下更易出现故障,影响抽放效率。高故障率不仅增加了维修成本,还可能因设备停机导致瓦斯积聚,威胁矿井安全。

### 2.2 安全隐患大

煤矿井下瓦斯抽放泵站存在的另一大问题是安全隐患大。泵站作为瓦斯处理的核心设施,其运行状态直接关系到矿井的通风安全和作业人员的生命安全。由于泵站位置通常较为隐蔽,监控难度大,加之部分操作人员安全意识薄弱,违规操作时有发生,增加事故风险。泵站内部电气系统复杂,若防护措施不到位,易发生电气火灾或触电事故。瓦斯抽放管道的连接处若密封不严,也存在瓦斯泄漏的风险,一旦泄漏量达到一定程度,将直接威胁矿井安全。

## 3 煤矿井下瓦斯抽放泵站集中控制系统设计

### 3.1 系统总体架构与功能需求

煤矿井下瓦斯抽放泵站集中控制系统旨在通过先进的自动化技术和信息技术,实现对瓦斯抽放过程的全面监控、智能调度和远程控制,以提高抽放效率,保障矿井安全。(1)数据采集层:该层主要负责收集井下瓦斯抽放泵站各类设备的运行数据,包括瓦斯浓度、流量、压力、温度等关键参数,以及设备的运行状态信息。数据采集通过高精度传感器和智能仪表实现,确保数据的准确性和实时性。传感器和仪表布置在泵站的关键位置,如抽放管道、真空泵、水泵、电动阀门等,以全面覆盖泵站的运行状况。(2)传输层:传输层负责将数据采集层收集到的信息实时传输到应用层进行分析和

业以太网,实现高速、稳定的数据传输;无线传输则利用4G/5G网络或矿井专用的无线通信系统,确保在偏远或复杂环境下也能实现数据的实时传输。(3)应用层:应用层是系统的核心,包括数据处理与分析模块、预警模块、智能调度模块和远程控制模块。数据处理与分析模块对收集到的数据进行处理、分析和存储,生成各种报表和趋势图,为管理人员提供决策支持。预警模块根据预设的阈值,实时监测设备运行状态,一旦发现异常立即发出预警信息,通知相关人员及时处理<sup>[2]</sup>。智能调度模块根据瓦斯抽放需求和设备状态,自动调整抽放策略,优化抽放效率。远程控制模块则允许管理人员在远离泵站的地方,通过用户交互层实现对泵站设备的远程控制和操作。(4)用户交互层:用户交互层是系统与用户进行信息交互的窗口,包括监控中心的操作界面和移动设备上的APP等。界面设计直观、友好,易于使用,能够实时显示泵站设备的运行状态、预警信息和调度策略等关键信息。用户交互层还支持历史数据查询、报表打印等功能,方便管理人员对泵站运行情况进行全面了解和评估。功能需求方面,系统需具备实时监控、预警通知、数据分析、远程控制、智能调度等核心功能。实时监控功能能够实时显示泵站设备的运行参数和状态,预警通知功能能够在设备出现异常时及时发出预警信息,数据分析功能能够对收集到的数据进行处理和分析,生成各种报表和趋势图,远程控制功能允许管理人员在远离泵站的地方对设备进行远程控制和操作,智能调度功能则能够根据瓦斯抽放需求和设备状态自动调整抽放策略。

### 3.2 数据采集与处理技术

数据采集与处理技术是煤矿井下瓦斯抽放泵站集中控制系统的关键组成部分。数据采集主要通过高精度传感器和智能仪表实现,这些传感器和仪表布置在泵站的关键位置,能够实时收集瓦斯浓度、流量、压力、温度等关键参数以及设备的运行状态信息。在数据采集过程中,系统采用多种数据采集方法,包括模拟信号采集和数字信号采集。模拟信号采集通过传感器将物理量转换为电信号,再通过数据采集卡进行A/D转换,将模拟信号转换为数字信号进行处理。数字信号采集则直接通过智能仪表等数字设备获取数据。数据处理技术主要包括数据预处理、数据分析和数据存储。数据预处理是对原始数据进行清洗、去噪和校准,以提高数据的准确性和可靠性。数据分析则是对处理后的数据进行统计、分析和挖掘,提取出有用的信息和规律,为管理人员提供决策支持。数据存储则是将处理后的数据存储在数据库中,方便后续查询和分析。在数据处理过程中,系统采用先

进的算法和技术,如数据融合、数据挖掘和机器学习等,以提高数据处理的效率和准确性。数据融合技术能够将来自不同传感器和仪表的数据进行融合和整合,提高数据的完整性和一致性。数据挖掘技术则能够从大量数据中挖掘出有用的信息和规律,为管理人员提供有价值的参考。机器学习技术则能够通过历史数据的学习和分析,预测未来的趋势和变化,为智能调度和远程控制提供支持。

### 3.3 设备状态监测与故障诊断算法

设备状态监测与故障诊断算法是煤矿井下瓦斯抽放泵站集中控制系统的重要组成部分。设备状态监测主要通过传感器和智能仪表实现,这些传感器和仪表能够实时监测设备的运行参数和状态信息,如振动、温度、压力等。系统将这些信息传输到应用层进行处理和分析,以判断设备的运行状态是否正常。故障诊断算法则是对设备状态监测数据的进一步分析和处理,系统采用多种故障诊断算法,包括基于规则的故障诊断、基于模型的故障诊断和基于数据驱动的故障诊断等。基于规则的故障诊断算法通过预设的规则和阈值,对设备的运行状态进行判断和诊断。基于模型的故障诊断算法则通过建立设备的数学模型,对设备的运行状态进行模拟和预测,以发现潜在的故障。基于数据驱动的故障诊断算法则通过对历史数据的分析和挖掘,提取出设备的故障特征和规律,以实现设备故障的准确诊断。在故障诊断过程中,系统还采用多种技术来提高诊断的准确性和可靠性<sup>[3]</sup>。

### 3.4 智能调度与远程控制策略

智能调度与远程控制策略是煤矿井下瓦斯抽放泵站集中控制系统的核心功能之一。智能调度策略主要基于瓦斯抽放需求和设备状态的实时监测数据,系统根据瓦斯浓度、流量等关键参数以及设备的运行状态信息,自动调整抽放泵的功率和阀门的开度等参数,以实现最佳的抽放效果。系统还能够根据矿井的通风需求和安全生产要求,自动调整抽放策略,确保矿井的通风安全和作业人员的生命安全。远程控制策略则允许管理人员在远离泵站的地方对设备进行远程控制和操作。系统通过用户交互层提供远程控制界面,管理人员可以通过该界面实现对泵站设备的远程启动、停止、调节等操作。系统还支持远程故障诊断和远程维护功能,管理人员可以通过远程访问系统,对设备进行故障诊断和维护操作,以提高设备的可靠性和稳定性。在智能调度和远程控制过程中,系统还采用多种技术和策略来提高调度和控制的准确性和效率。

## 4 煤矿井下瓦斯抽放泵站集中控制系统的实际应用

### 4.1 系统运行稳定性与可靠性评估

煤矿井下瓦斯抽放泵站集中控制系统在实际应用中,其运行稳定性和可靠性是衡量系统性能的重要指标。该系统通过集成先进的自动化控制技术和智能监测功能,显著提升了泵站的运行稳定性和可靠性。在实际运行过程中,系统能够实时监测瓦斯抽放泵站的各项运行参数,如瓦斯浓度、流量、压力等,确保设备在最佳状态下运行。系统通过高精度传感器和智能仪表,对泵站设备的工作状态进行精确监测,一旦发现异常,立即触发预警机制,通知相关人员进行处理。这种实时监测和预警功能有效避免因设备故障导致的瓦斯积聚和安全事故,确保泵站的稳定运行。系统采用冗余设计和容错机制,提高系统的可靠性和容错能力。在关键设备或通信链路出现故障时,系统能够自动切换至备用设备或链路,确保数据采集、传输和处理不受影响。这种设计不仅提高系统的可靠性,还降低因设备故障导致的停机时间和维修成本。经过实际运行评估,煤矿井下瓦斯抽放泵站集中控制系统的稳定性和可靠性得到充分验证。系统能够在恶劣的井下环境中持续稳定运行,为瓦斯抽放工作提供可靠的技术保障。

#### 4.2 瓦斯抽放效率提升情况

煤矿井下瓦斯抽放泵站集中控制系统的应用,显著提升了瓦斯抽放效率。系统通过智能调度和远程控制功能,实现了对瓦斯抽放过程的精确控制,提高抽放泵的利用率和抽放效率。在实际应用中,系统根据瓦斯浓度和抽放需求,自动调整抽放泵的功率和阀门的开度,确保瓦斯以最佳流量和压力被抽出。这种智能调度功能不仅提高抽放效率,还减少能源的浪费。系统通过实时监测瓦斯浓度和流量等参数,能够及时发现瓦斯积聚区域,并采取相应的抽放措施。这种实时监测和精确控制功能,使得瓦斯抽放过程更加高效、准确,有效降低瓦斯积聚的风险。系统还具备数据分析功能,能够对历史数据进行挖掘和分析,提取出瓦斯抽放的规律和趋势。这些数据为管理人员提供有价值的参考,帮助他们制定更加科学的抽放策略,进一步提高瓦斯抽放效率。经过实际应用验证,煤矿井下瓦斯抽放泵站集中控制系统显著提升了瓦斯抽放效率,降低瓦斯积聚的风险,为煤矿的

安全生产提供有力保障。

#### 4.3 安全隐患降低与节能降耗效果

煤矿井下瓦斯抽放泵站集中控制系统的应用,不仅提升了瓦斯抽放效率,还显著降低了安全隐患和节能降耗效果。系统通过实时监测和预警功能,能够及时发现设备故障和异常情况,并采取相应的处理措施。这种实时监测和预警功能有效避免因设备故障导致的瓦斯积聚和安全隐患,降低安全隐患。系统通过智能调度和远程控制功能,实现对瓦斯抽放过程的精确控制,减少能源的浪费<sup>[4]</sup>。系统根据瓦斯浓度和抽放需求,自动调整抽放泵的功率和阀门的开度,确保瓦斯以最佳流量和压力被抽出,从而提高能源利用效率。系统还具备数据分析功能,能够对历史数据进行挖掘和分析,找出能源浪费的根源和节能降耗的潜力。这些数据为管理人员提供了有价值的参考,帮助他们制定更加科学的节能降耗措施。经过实际应用验证,煤矿井下瓦斯抽放泵站集中控制系统在降低安全隐患和节能降耗方面取得显著成效。系统的应用不仅提高瓦斯抽放效率,还降低能源消耗和安全隐患,为煤矿的安全生产和可持续发展做出重要贡献。

#### 结束语

煤矿井下瓦斯抽放泵站集中控制系统的研发与应用,标志着煤矿瓦斯抽放技术向智能化、自动化方向迈出重要一步。系统的成功应用不仅显著提升瓦斯抽放效率,降低安全隐患,还为煤矿行业的可持续发展注入新的活力。未来,将继续优化系统功能,拓展应用范围,为煤矿安全生产与节能减排做出更大贡献。

#### 参考文献

- [1]刘强.张华.基于PLC的煤矿瓦斯抽放泵站控制系统研究[J].煤矿安全,2023,55(3):45-50.
- [2]赵丽.李明.煤矿瓦斯抽放泵站自动化控制技术进展[J].矿山机械,2022,40(7):56-60.
- [3]王磊.孙伟.煤矿瓦斯抽放泵站智能控制策略研究[J].煤炭科学技术,2021,49(8):75-80.
- [4]蔡润.煤矿带式输送机集中控制系统的设计及应用分析[J].石化技术,2020,27(01):216-217.