自动化控制技术在煤矿井下皮带运输系统中的应用研究

●时　昊

[摘要]煤炭工业是我国能源供应的重要组成部分，煤矿开采作业的安全性和效率直接影响到整个能源供应链的稳定。煤矿井下皮带运输系统作为连接采煤面与地面输送的关键手段，其自动化程度的高低对矿井生产效率有着至关重要的影响。自动化控制技术的引入，不仅可以大幅提高运输系统的可靠性和稳定性，还可以有效减少人力需求，降低安全事故的发生概率。本文旨在通过探讨自动化控制技术在煤矿井下皮带运输系统中的具体应用，分析现有技术现状、关键技术突破、经济效益评估以及未来发展方向，为煤矿智能化改造提供理论指导和实践参考。

[关键词]自动化控制技术；井下皮带运输；煤矿安全；系统效率

煤矿井下作业环境恶劣，劳动强度大，安全风险高，传统的手工操作模式已难以满足现代矿山高效、安全的生产需求。自动化控制技术的兴起与发展，为煤矿井下皮带运输系统的革新提供了强大动力。通过集成传感器技术、通信技术、计算机技术、机械工程技术等多学科领域的最新研究成果，自动化控制能在无人值守的情况下，对皮带运输系统运行参数进行实时监测、自动调整、远程操控和智能决策，极大提升煤矿生产的自动化水平和安全保障能力。

煤矿井下皮带运输系统的概述

煤矿井下皮带运输系统是煤矿运输过程至关重要的组成部分，其承担着大量煤炭及其他物料的运输任务，煤矿井下皮带运输系统框架如图 1 所示。在煤矿生产中，将开采出的煤炭从井下运输到地面是一个复杂且具有挑战性的任务。皮带运输系统以其高效、连续和成本低廉的特点，成为煤矿井下运输的首选方式。

煤矿井下皮带运输系统主要由皮带输送机、传动装置、托辊、框架及电控系统等部分构成。皮带输送机的核心部件是宽大的输送带，其在托辊的支撑下沿着一定的路线持续运行。传动装置则负责驱动输送带，其动力足以保证大量煤炭的稳定输送。现代煤矿井下皮带运输系统还配备有先进的电控系统，用于监控整个运输系统的运行状态，确保运输安全高效。由于煤矿生产环境的特殊性，井下运输系统面临众多挑战，如环境恶劣、空间狭窄和安全风险高等。这些因素都对皮带运输系统的设计和运行提出了更高的要求。例如，系统的稳定性和可靠性需要合理的设计和严苛的标准来保障，避免因设备故障导致的生产中断甚至安全事故。诸如此类的挑战促使相关技术人员和工程师不断探索更先进的技术与解决方案，以提升系统的效率和安全性。自动化控制技术的融入，为煤矿井下皮带运输系统的优化升级提供了新的可能。实施自动化技术，不仅可以优化设备的运行状态，降低能耗、减少成本，还能在很大程度上提高生产安全性，确保人员的生命安全与健康。自动化控制的应用，则进一步推动了该系统向更高的标准发展。

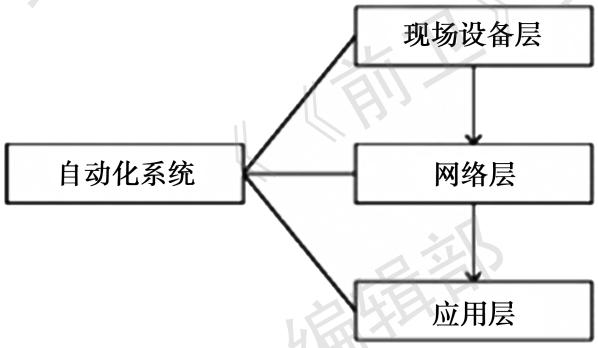

图 1　煤矿井下皮带运输系统框架

煤矿井下运输系统中自动化控制的功能

（一）皮带运输系统的控制功能

皮带运输系统的控制功能是煤矿井下运输系统中自动化控制的核心，其通过精准控制皮带运行速度、启动及停止操作，可以实现物料的高效运输。通过先进的传感器和控制算法，皮带运输系统可以监测皮带的运行状态，自动调整运行参数以适应不同的工作条件和载荷需求。通过实时数据分析，系统能够预测并避免潜在的故障，保障运输过程的连续性和安全性。该功能还包括能耗管理，其可以优化电力使用，减少能源浪费，做到环境友好和效率并重。

（二）监测功能

在煤矿井下运输系统中，自动化控制技术的监测功能至关重要。该功能主要通过先进的传感器和监测设备，实时收集井下环境和设备状态数据，如温度、湿度、瓦斯浓度和皮带速度等关键指标。数据通过网络实时传输至控制中心，实现对皮带运输系统的全面监控。监测系统能够自动分析数据，识别可能的异常和趋势，为其他自动化系统如调度、故障诊断提供数据支持，确保系统在安全且高效的状态下运行。

（三）保护功能

保护功能在煤矿井下运输系统自动化控制环境下显得尤为重要。该功能主要通过实时监控运输系统的运行状态，防止设备过载、速度异常等问题的发生。在皮带运输系统中，保护功能涵盖了电机温度监控、皮带跑偏检测、传动轴扭矩监测等。一旦检测到异常情况，系统会立即采取措施，如自动停机，以保护设备不受损害，确保井下作业的安全。这种智能化的保护措施，可以大大降低事故发生的风险，提升整体的运行安全性。

Q 自动化控制技术在煤矿井下皮带运输系统中的具体应用

（一）自动监测与报警

自动监测与报警系统，能在煤矿井下皮带运输系统进行物料搬运时，提高运输的安全与效率。传统监测方法依靠人工定期检查，存在效率低下、漏检率高和反应迟缓等问题。引入自动化监测技术后，各类传感器成为系统不可或缺的组成部分。

安置在键点位置的传感器能够实时采集皮带速度、承载重量、电机功率、温度及烟雾等数据。并将这些数据通过网络实时传输至中央控制室，由自动化控制系统通过预设的算法实时分析，及时发现异常情况。例如，温度传感器可监测摩擦产生的热量，若超出安全阈值，则立刻触发报警并采取相应措施，防止火灾的发生。同样，烟雾传感器对于早期火灾探测尤为关键，一旦烟雾超标，系统会迅速启动报警并采取切断电源、启动灭火系统等紧急措施。负载传感器确保皮带在安全载重范围内运行，一旦检测到超负荷运行，系统会自动减速或停机，防止超负荷引起的设备损坏或意外事故。电机功率的监测也意在预防过负荷导致的电机烧毁的风险。通过这些自动监测装置，井下作业人员的工作负担显著减轻，对潜在风险的响应速度大大提高。在实际运营中，自动监测与报警系统是提升煤矿井下皮带运输安全性和效率的有效措施。这种智能化的监控保护对常见的负荷问题和设备故障，以及煤尘爆炸等灾害性事件皆具有重要的预防作用。

（二）智能调度与优化

煤矿井下皮带运输系统在实际操作过程中面临诸多挑战，如系统效率低下、资源配置不合理等。随着自动化控制技术的发展，智能调度与优化技术被广泛应用于井下皮带运输系统中，以实现运输效率的最大化和资源利用的优化。

智能调度与优化主要依赖于先进的控制算法和大数据分析技术。通过对皮带运输系统的实时监控和对历史数据的分析，自动化控制系统能够准确预测运输需求并作出相应的调度决策。例如，通过分析矿井开采进度和运输量数据，智能调度系统可以自动调整运输皮带的运行速度和装载量，确保矿石高效且连续地被运输到地面。在系统优化方面，自动化控制技术通过对多条运输线路进行合理配置和实时调整，可以实现对资源的最优分配。其不仅包括对皮带运输线路的选择，还涉及运输任务的优先级调整以及设备最佳运行状态的确认。借助模糊逻辑和人工智能等算法，自动化系统能够处理复杂的决策环境，为运输任务的执行提供科学依据。智能调度与优化技术的应用显著提升了煤矿井下皮带运输系统的运行效率和可靠性，减少了因人为调度失误或资源配置不当导致的运输延迟和资源浪费。通过优化运输线路和提高设备利用效率，可以降低系统的运行成本，提升经济效益。值得一提的是，智能调度与优化技术还提高了系统的安全性能。系统能够实时监控皮带运输的状态，一旦检测到异常情况，如皮带跑偏或载荷过重等，可自动采取紧急措施，避免事故发生。系统还能自动记录所有运输活动的数据，为安全管理和事故调查提供可靠的数据支持。

（三）故障诊断与修复

在煤矿井下皮带运输系统的故障诊断与修复领域，自动化控制技术的应用显著提升了整个运输系统的稳定性和故障处理效率。基于高级算法和传感技术的自动化控制系统，能够实时监测皮带运输设备的状态，对异常情况做出快速反应。故障诊断模块主要利用多种传感器收集设备运行数据，包括温度、速度、振动等。通过实时数据分析，系统能够及时识别出正常运行范围之外的数据波动，并根据预设的故障模型，快速准确地判断出具体的故障类型。配合机器学习算法的持续学习与优化，故障诊断的准确率和反应速度都有显著提高。一旦诊断出故障，修复模块将立即启动。

该模块会根据故障的类型和严重程度进行分类处理。对于一些常见小故障，如轻微磨损或者异物堵塞，系统可自动调整参数或启动清理程序来解决问题。对于复杂或严重故障，系统会自动停机，并通过无线通信模块将故障信息发送到控制中心，通知维修人员及时处理。系统还具备自我学习能力，可通过对历史故障数据的分析，持续优化故障诊断和处理策略，提高预防性维护的能力。

采用自动化控制技术在煤矿井下皮带运输系统中进行故障诊断与修复，不仅提升了系统运行的稳定性和安全性，还为设备故障的快速处理提供了有效的技术支持，降低了设备的维护成本和意外停工的风险。且为长期运营管理和安全生产提供了数据支撑，为煤矿领域的自动化控制技术进步做出了实质性贡献。

（四）安全防护与紧急响应

在煤矿井下皮带运输系统的运营中，安全防护与紧急响应机制的建立是保障矿工安全与生产连续性的关键。自动化控制技术的应用显著提升了这一机制的效能和智能化水平。本部分重点探讨了自动化控制技术在安全防护与紧急响应方面的具体应用与实施效果。

井下皮带运输系统在运行过程中，可能会遇到多种意外情况，如皮带偏移、电机过热、物料堆积等，这些情况若不及时处理，可能导致事故。因此，安装先进的传感器，对运输系统中的关键部位进行实时监控尤为重要。自动化系统会对传感器收集的数据进行实时分析，一旦发生异常，立即启动预警程序，通过声光警报提醒现场人员，并自动调整运输系统的运行参数或选择停机，防止事故的发生。紧急响应机制是自动化控制技术的另一重要应用。在遇到如火灾、瓦斯泄漏等严重事故情况时，自动化系统能迅速做出判断，启动紧急预案。系统能自动切断电源，启动喷水灭火装置，开启通风系统，降低有害气体浓度。还会自动发送紧急信号到地面控制中心，确保救援工作能够即时启动。安全防护与紧急响应的自动化系统还具有设备故障自动诊断与处理功能。通过对故障数据的收集与分析，自动化系统能预测设备潜在的故障风险，并提前进行维修或更换，避免因设备故障导致的安全事故。

自动化控制技术在煤矿井下皮带运输系统的安全防护与紧急响应中的应用，不仅提高了事故预防与处理的智能化水平，还有效提升了安全管理的效率和响应速度。这一技术的推广应用，对提升煤矿整体安全生产水平、保障矿工生命安全具有重大意义。

自动化控制技术在煤矿井下皮带运输系统中的效益评估

（一）效率与可靠性的提升

在自动化控制技术应用于煤矿井下皮带运输系统后，后者的效率与可靠性得到显著提升。通过应用自动化监测与智能调度系统，运输流程中的空载率得以降低，提高了皮带利用率，直接促进了生产效率的增加。皮带运输速度和装载量得到优化调整，确保了运输效率最大化。引入的自动化控制系统包含了故障诊断与修复机能，大幅降低了设备故障导致的停工次数，保障了生产流程的连续性和系统的高可靠性。有数据显示，自动化技术的应用减少了设备的维修频率和成本，延长了设备的使用寿命。在安全性方面，自动化技术的运用也大幅减少了人为因素导致的事故和损失，进一步保障了生产的连续性和安全性。整体来看，自动化控制技术的引入不仅提高了煤矿井下皮带运输系统的效率和可靠性，也为煤矿企业带来了显著的经济效益和社会效益。

（二）安全性能的加强

自动化控制技术的引入极大地提升了煤矿井下皮带运输系统的安全性能。通过安装传感器和监控设备，整个运输系统能够实时监测到可能出现的异常状态，如过载、滑带等，以便在初期阶段预防事故的发生。自动化系统还集成了紧急停止功能，当检测到严重的安全隐患时，其能够迅速对皮带运输系统进行停机处理，有效避免更大的安全事故发生。系统对历史数据的记录和分析，进一步加强了事故预防和风险评估的能力，确保了矿工人员的生命安全和健康。自动化控制不仅优化了系统操作流程，更在根本上增强了煤矿井下工作的安全保障。

结束语

综上所述，自动化控制技术在煤矿井下电气设备中的应用，不仅推动了煤矿行业的科技进步，也为保障能源安全作出了重要贡献。未来，研究者既要看到技术发展的光明前景，也要清醒认识到前进道路上的重重困难。唯有坚持科技创新，加强行业合作，才能克服挑战，推动煤矿自动化走向更高水平。

参考文献

[1]惠建勇.自动化控制在煤矿井下皮带运输系统中的应用[J].产城:上半月,2022(02):79-80.

[2]阚玉华.煤矿井下皮带运输系统中自动化控制的应用分析[J].内蒙古煤炭经济,2022(21):48-50.

[3]雷永强,李东东.自动化控制技术在煤矿井下皮带运输中的应用[J].中国科技纵横,2020(04):167-168.

作者简介：

时昊(1990—),男,满族,河北石家庄人,本科,工程师,冀中能源峰峰集团邯郸宝峰矿业有限公司九龙矿,研究方向:电气工程及其自动化。