

# 煤矿井下轨道运输设施中气动控制装置的应用

王瑞光

焦作煤业(集团)新乡能源有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i8.7139

**[摘要]** 本文探讨了煤矿井下轨道运输安全设施的现状及气动控制装置在其中的应用。首先,详细介绍了安全设施的作用及其在井下环境中的特殊要求,包括结构坚固性、运行可靠性、维护简便性和紧急响应能力等。其次,分析了常见安全设施的类型及其局限性。接着,阐述了气动控制装置的设计原理、设备组成及工作原理,并具体描述了其在井下轨道运输中的应用场景和实际应用效果。最后,探讨了气动控制装置与其他安全设施的配合及其优势。

**[关键词]** 煤矿井下轨道运输、安全设施、气动控制装置、自动化控制

Application of pneumatic control device in underground rail transportation facilities of coal mine

Wang Ruiguang

Jiaozuo Coal Industry (Group) Xinxiang Energy Co., LTD

**[Abstract]** This paper discusses the current situation of underground rail transportation safety facilities and the application of pneumatic control device. Firstly, the functions of safety facilities and their special requirements in underground environment, including structural firmness, operation reliability, maintenance simplicity and emergency response capability. Secondly, the types of common safety facilities and their limitations are analyzed. Then, the design principle, equipment composition and working principle of the pneumatic control device are described, and its application scenario and practical application effect in underground rail transportation are described. Finally, the advantages of pneumatic control device and other safety facilities are discussed.

**[Key words]** coal mine underground rail transportation, safety facilities, pneumatic control device, automatic control

## 引言

煤矿井下轨道运输系统是煤矿生产的重要组成部分,负责人员、物料和设备的运输。由于井下环境复杂多变,对安全设施和控制装置提出了更高的要求。传统的机械传动方式在井下容易受到环境影响,维护成本高且故障频发,因此需要一种可靠性高、维护方便且适应性强的控制装置来保障运输安全和效率。气动控制装置因其结构简单、响应速度快、适应性强等特点,逐渐成为煤矿井下轨道运输系统中的重要组成部分。本文将详细探讨煤矿井下轨道运输安全设施的现状及气动控制装置的设计、应用和优势。

## 1 煤矿井下轨道运输安全设施现状

### 1.1 安全设施的作用和要求

煤矿井下轨道运输安全设施在矿井生产过程中扮演着至关重要的角色。首先,安全设施的主要作用是确保人员和物资在运输过程中的安全性,防止事故的发生。其要求包括结构坚固、运行可靠、维护简便和紧急情况下的迅速响应能力。轨道运输安全设施还需符合国家和行业标准,例如《煤矿安全规程》和《煤矿轨道运输安全技术规范》,这些标准规定了设施的设计、安装和使用要求,以确保其在各种工况下的可靠性和安全

性。

此外,煤矿井下环境复杂多变,温度、湿度、气体浓度等因素都会影响安全设施的性能。因此,这些设施还需具备较高的抗腐蚀、抗震动和抗高温能力,以保证在极端条件下的正常运行。同时,安全设施应当具备一定的智能化水平,例如自动报警、远程监控和自诊断功能,以便及时发现和处理潜在的安全隐患,减少事故的发生几率。

### 1.2 常见安全设施的类型和局限性

煤矿井下轨道运输常见的安全设施包括轨道防护装置、信号系统、制动系统和人员防护设施等。轨道防护装置主要用于防止轨道变形、滑坡等情况,常见的有轨道支护、轨道防护网和轨道检测仪。信号系统则用于指挥调度列车运行,确保运输过程中的顺畅和安全。制动系统是轨道运输安全的重要保障,包括紧急制动装置和常规制动系统,能够在紧急情况下迅速停止车辆,避免事故发生。人员防护设施如安全帽、安全带和防护服等则是保护工作人员在作业过程中免受伤害的基本装备。

尽管这些设施在一定程度上提高了煤矿井下轨道运输的安全性,但它们也存在一些局限性。例如,轨道防护装置的安装和维护成本较高,且在复杂地质条件下可能难以达到预期效

果。信号系统受限于井下环境,信号传输可能受到干扰,导致信息传递不及时或错误。制动系统需要定期维护和检查,否则容易出现故障,影响安全性能。人员防护设施虽然能在一定程度上减少伤害,但不能完全避免事故的发生,尤其是在突发性灾害面前。

## 2 气动控制装置的设计

### 2.1 设计原理及要求

气动控制装置利用压缩空气作为动力源,通过控制气流的方向、压力和流量,实现对机械设备的控制和驱动。其设计原理基于流体力学和控制理论,核心在于通过阀门和管道系统精确控制气体的流动,从而驱动执行机构完成预定的动作。气动控制装置通常具有响应速度快、工作可靠、结构简单和维护方便的特点,广泛应用于工业自动化领域。

设计气动控制装置时,需要满足以下要求:

#### (1) 高效性和稳定性

装置应能够在各种工况下高效稳定地工作,保证输出功率稳定,避免因气源波动导致的性能不稳定。

#### (2) 精确控制

需要具备良好的控制精度,能够对气流的方向、压力和流量进行精确调节,确保执行机构动作的准确性。

#### (3) 安全性和可靠性

设计中需考虑安全因素,设置必要的安全阀和压力释放装置,防止过压和气体泄漏。同时,装置应具备较高的可靠性,能够长期稳定运行。

#### (4) 易于维护

结构设计应简洁明了,便于日常检查和维修,减少停机时间和维护成本。

#### (5) 环境适应性

考虑到应用环境的多样性,装置应具备良好的抗腐蚀、抗震动和耐高温性能,适应各种恶劣工况。

### 2.2 设备组成和结构

气动控制装置的组成包括压缩空气源、气动执行元件、控制阀组、传感器和管道系统等部分。每个部分在整个控制系统中扮演着不同的角色,共同实现对机械设备的精确控制。

#### (1) 压缩空气源

这是气动系统的动力来源,通常包括空气压缩机、储气罐和空气处理设备。压缩机将空气压缩后储存在储气罐中,经过过滤、干燥和调压处理,提供洁净、稳定的压缩空气。

#### (2) 气动执行元件

主要包括气缸、气动马达等,这些元件将气体的压力能转化为机械能,驱动机械设备进行相应的动作。气缸通过活塞的往复运动实现直线位移,而气动马达则用于旋转运动的控制。

#### (3) 控制阀组

包括各种类型的阀门,如单向阀、减压阀、电磁阀和比例阀等。这些阀门通过控制气流的方向、压力和流量,实现对执行元件的精准控制。电磁阀通常与电控系统连接,通过电信号控制气体的流动,实现自动化控制。

#### (4) 传感器

用于监测系统的运行状态,如压力传感器、流量传感器和位置传感器等。这些传感器将检测到的信息反馈给控制系统,实时调整气动装置的工作参数,确保系统的稳定性和精确性。

#### (5) 管道系统

用于连接各个元件,传输压缩空气。管道系统需要具备良好的密封性和耐压性,防止气体泄漏和压力损失。同时,合理的管道布局和尺寸设计也有助于提高系统的响应速度和效率。

## 3 气动控制装置的工作原理

### 3.1 控制系统

气动控制装置的控制系统是整个装置的核心部分,它负责接收和处理控制信号,调节气动执行元件的动作。控制系统通常由控制阀、传感器、控制器和辅助设备组成。控制阀包括电磁阀、比例阀和方向控制阀等,通过这些阀门调节气流的方向、压力和流量,从而控制执行元件的运动。

控制系统的工作原理是基于反馈控制理论,通过传感器实时监测系统的运行状态,如压力、流量和位置等,将这些信息反馈给控制器。控制器根据预设的控制策略,比较实际值和设定值之间的偏差,输出相应的控制信号,调整控制阀的开度或状态,以达到精确控制的目的。电磁阀是最常见的控制阀,其工作原理是利用电磁线圈通电或断电来控制阀芯的位置,从而打开或关闭气路。

控制系统还可以与其他自动化系统进行集成,通过 PLC(可编程逻辑控制器)或 DCS(分布式控制系统)进行集中控制和监控。现代气动控制系统还采用了先进的传感和通信技术,如压力传感器、流量传感器和位置传感器等,这些传感器将检测到的参数通过现场总线或无线通信技术传输给控制器,实现高精度、高可靠性的控制。

### 3.2 执行系统

气动控制装置的执行系统是将控制系统的指令转化为实际动作的部分,主要包括气缸、气动马达和其他执行元件。气缸通过压缩空气的压力推动活塞,产生直线位移或旋转运动,用于驱动机械设备或完成特定的工作任务。气动马达则将压缩空气的压力能转化为旋转运动,常用于需要连续旋转或较大扭矩的应用场合。

气缸的工作原理是利用压缩空气进入气缸内的不同腔室,通过控制进气和排气口的开启或关闭,推动活塞杆做直线往复运动。气缸的类型多样,包括单作用气缸、双作用气缸、摆动气缸等。单作用气缸只有一个工作腔,通过压缩空气驱动活塞运动,回程则依靠弹簧力或外力;双作用气缸则有两个工作腔,分别通过进排气实现活塞的往复运动,具有更大的输出力和更高的工作效率。

气动马达的工作原理类似于气缸,通过控制进气和排气来产生旋转运动。气动马达通常分为叶片式、活塞式和齿轮式等类型。叶片式气动马达利用压缩空气推动叶片旋转,产生扭矩和旋转运动,具有结构简单、体积小、响应快等优点;活塞式气动马达则通过多个活塞的往复运动驱动输出轴旋转,适用于

需要高扭矩的场合。

执行系统的设计还需考虑安装和维护的便捷性，确保设备在运行过程中稳定可靠。气动执行元件通常具有较高的耐用性和较长的使用寿命，但仍需定期检查和保养，确保密封件的完好和系统的正常运行。此外，执行系统还可以与控制系统进行协同工作，通过传感器实时监测执行元件的状态，反馈给控制器进行闭环控制，提高系统的精度和可靠性。

#### 4 气动控制装置在井下轨道运输中的应用

##### 4.1 应用场景与范围

气动控制装置在井下轨道运输中的应用场景主要包括矿井下的物料运输、人员运输以及设备搬运等。井下环境复杂多变，空间狭小且多尘，传统的机械传动方式容易受到环境影响，导致维护成本高且故障频发。气动控制装置因其可靠性高、维护方便、适应性强的特点，成为井下轨道运输系统中不可或缺的一部分。

首先，在物料运输方面，井下轨道运输系统负责将矿石、煤炭等物料从采掘地点运送到地面。这些运输任务通常需要高效、稳定的运输设备，气动控制装置通过控制轨道车的启动、停止、加速和减速，确保物料在运输过程中的平稳和高效。其次，人员运输也是气动控制装置的一个重要应用场景。矿井下的工作人员需要频繁在不同工作地点之间移动，使用气动控制的轨道车可以大大提高人员运输的效率和安全性。此外，气动控制装置还可以用于设备的搬运和安装，如大型设备的移动和井下设备的定位和固定。

气动控制装置的应用范围还包括自动化控制和远程监控。现代矿井通常采用自动化和智能化技术，通过气动控制装置与自动化控制系统的结合，实现对轨道运输系统的自动化控制。例如，利用 PLC（可编程逻辑控制器）和 SCADA（数据采集与监视控制系统），可以实现对轨道车的自动调度、路径规划和运行状态监控。这不仅提高了运输系统的效率和安全性，还减少了人工干预，降低了操作人员的劳动强度和安全风险。

##### 4.2 实际应用效果分析

气动控制装置在井下轨道运输中的实际应用效果显著。在提高运输效率、降低故障率和维护成本等方面，气动控制装置展现出了明显的优势。

首先，气动控制装置通过精准的气流控制，实现了对轨道车的平稳启动和停止，避免了因机械传动产生的冲击和磨损，从而延长了设备的使用寿命。其次，气动控制系统的响应速度快，能够迅速调整轨道车的运行状态，提高了运输效率。例如，在矿石运输过程中，气动控制装置能够实现快速装载和卸载，提高了物料的运输效率。

在安全性方面，气动控制装置具有较高的可靠性和稳定性，能够在极端环境下正常工作。井下环境复杂多变，传统机械装置容易受到尘土、水分和温度变化的影响，而气动控制装置由于结构简单、密封性好，能够在高温、高湿和多尘环境下长期稳定运行。此外，气动控制装置具有自动报警和紧急停机功能，当系统检测到异常情况时，能够迅速采取措施，避免事

故的发生，确保人员和设备的安全。

在维护方面，气动控制装置的结构简单，零部件少，维护工作量小，维修成本低。相比于传统的机械传动装置，气动控制装置的故障率较低，维护周期长，减少了设备的停机时间，提高了系统的运行效率。此外，气动控制装置的维护操作简单，维护人员经过短期培训即可掌握基本的维护技能，进一步降低了维护成本。

##### 4.3 与其他安全设施的配合与优势

气动控制装置在井下轨道运输系统中的应用不仅提升了系统的整体效率和安全性，还与其他安全设施形成了良好的配合，发挥出了更大的综合优势。

首先，气动控制装置可以与井下轨道运输系统中的信号系统和监控系统进行集成，通过 PLC 和 SCADA 等自动化控制系统，实现对整个运输系统的实时监控和智能调度。例如，当轨道车在运行过程中遇到障碍物或紧急情况时，气动控制装置可以与信号系统和监控系统联动，及时发出报警信号，并迅速采取紧急制动措施，确保人员和设备的安全。

其次，气动控制装置与防护装置的配合也十分重要。在井下轨道运输系统中，防护装置主要包括轨道防护网、支护结构和防爆装置等。气动控制装置可以通过与这些防护装置的联动，实现对轨道车运行状态的实时监控和调节。例如，当检测到轨道车运行轨迹偏离或轨道结构发生变形时，气动控制装置可以迅速调整轨道车的运行状态，避免因轨道损坏导致的事故发生。

此外，气动控制装置在提高系统可靠性和降低维护成本方面也具有明显优势。与传统的电动或液压控制装置相比，气动控制装置具有更高的抗干扰能力和环境适应性。在井下复杂多变的环境中，气动控制装置能够保持稳定的工作性能，减少了因环境因素导致的故障和维修工作。同时，气动控制装置的结构简单，维护工作量小，零部件更换方便，大大降低了系统的维护成本。

## 5 结束语

综上所述，煤矿井下轨道运输安全设施在保障矿井生产安全中起着至关重要的作用。气动控制装置以其高效性、可靠性和低维护成本的特点，显著提升了井下轨道运输系统的效率和安全性。通过与其他安全设施的配合，气动控制装置形成了更为完善的安全保障体系，满足了现代矿井对自动化和智能化的要求。在未来，随着技术的不断进步和创新，气动控制装置将在煤矿井下轨道运输中发挥更大的作用，为矿井生产提供更安全、高效和可靠的保障。

### [参考文献]

- [1]雷月全.煤矿井下轨道运输设施中气动控制装置的应用[J].能源与节能, 2024, (04): 240-242.DOI: 10.16643/j.cnki.14-1360/td.2024.04.059.
- [2]胡福丽.煤矿风门自动闭锁气动控制装置的设计与应用[J].山东煤炭科技, 2021, 39(04): 151-152+161.
- [3]李剑峰.煤矿井下轨道运输设施的气动控制装置[J].凿岩机械气动工具, 2015, (03): 58-59.