

矿井通风技术对采矿安全的作用及提升策略

王 雪

河北大白阳金矿有限公司 河北 张家口 075100

摘 要：本文全面探讨了矿井通风技术在采矿安全中的关键作用及提升策略，文章介绍了矿井通风技术的基础，涵盖通风系统构成、通风方式与技术特点，分析了金属非金属矿山通风技术存在的问题，如系统设计缺陷、设备与设施老化、管理与监测滞后。阐述了通风技术在提供新鲜空气、冲淡有害物、调节气候、预防事故等方面的作用，提出了完善管理制度、优化系统设计、强化设施维护、提升管理水平、加强安全监测等策略，旨在为提高采矿安全提供理论与实践指导。

关键词：矿井通风技术；采矿安全；金属非金属矿山；提升策略

引言：矿井通风技术作为采矿安全的重要支撑，其效能与安全性直接关系到矿工的生命安全和生产效率，随着采矿深度和规模的增加，矿井内部环境日益复杂，对通风技术的要求也越来越高。本文旨在全面探讨矿井通风技术在采矿安全中的关键作用及提升策略，深入分析当前金属非金属矿山通风技术存在的问题，并针对性地提出优化措施。通过本文的研究，以期为采矿企业提供理论与实践指导，推动矿井通风技术的创新与发展，为采矿安全提供更加可靠的保障。

1 矿井通风技术基础

1.1 矿井通风系统的构成

矿井通风系统是一个复杂且精密的系统，它主要由以下几部分构成：（1）主通风机，提供整体通风动力，分为抽出式和压入式两种，通常安装在矿井的入口或出口，确保空气流通，维持矿井内部的空气质量；（2）通风网络，包括由巷道形成的进风-用风-回风路径，以及风道、风门、风桥等通风设施，它们共同构成矿井通风的“血管”，确保空气能够到达每一个作业区域；（3）通风构筑物，如风门、风墙、密闭墙等，用于控制和调节矿井内的风流方向和流量，优化通风效果；（4）局部通风设备，针对特定区域，如掘进工作面，提供额外的空气流动，确保作业环境安全；（5）监测控制系统，通过气体分析仪、风速计、风量计等实时监测矿井内的空气质量和通风效率，确保作业安全；（6）防尘与瓦斯治理装置，如喷雾降尘装置与瓦斯抽采设备，针对性处理污染源，降低矿井内的粉尘和瓦斯浓度。

1.2 通风方式与技术特点

矿井通风方式主要分为自然通风和机械通风两大类，各自具有不同的技术特点：（1）自然通风。依赖于矿井内外的温差和风压差，通过矿井口和巷道实现空

气流通。自然通风具有经济环保的优点，但其稳定性较差，无法满足矿井生产的需要。根据相关研究，自然通风仅能满足开采深度小于100米、开采规模较小矿井的通风需求，在我国金属非金属矿山中，采用自然通风的矿井不足5%。因此，在《金属非金属矿山安全规程》中明确规定，地下矿山必须安装主要通风机，建立和完善机械通风系统，正常生产情况下，主要通风机应连续运转，以确保通风的稳定性和可靠性。（2）机械通风。利用通风机产生动力，强制空气在矿井中流动。根据通风机的安装位置和风流方向，机械通风又可分为抽出式通风和压入式通风两种方式。抽出式通风将通风机安装在出风井口，通过风机产生的负压将污浊空气抽出矿井；而压入式通风则是将通风机安装在进风井口，通过风机产生的正压将新鲜空气压入矿井。机械通风具有稳定性好、通风效率高等优点，但需要消耗一定的能源，且设备维护和管理相对复杂^[1]。随着科技的不断进步和矿业安全要求的提高，矿井通风技术也在不断创新和发展。例如，智能通风系统的应用，通过传感器和AI算法实时监测矿井内空气质量，自动调节风速和风向，提高了通风效率和安全性。据实际应用案例显示，某金属矿山引入智能通风系统后，通风能耗降低18%，有害气体浓度超标次数减少60%。

2 金属非金属矿山通风技术现存问题

2.1 通风系统设计缺陷

通风系统设计是矿山通风技术的核心环节，其合理性直接关系到通风效果和安全生产。然而，实际调查显示，约60%的金属非金属矿山存在通风系统设计缺陷（数据来源：某省金属非金属矿山安全评估报告，2022年）。一方面，部分矿山在设计通风系统时，未能充分考虑矿山的实际地质条件和开采情况，导致通风系统布

局不合理,风流路径不畅。例如,某金矿因通风系统设计缺陷,导致掘进工作面风速不足 0.15m/s (国家标准要求 $\geq 0.25\text{m/s}$),粉尘浓度超标3倍,直接威胁矿工健康。另一方面,一些矿山为节约成本,采用简化的通风系统设计方案,忽视了系统的稳定性和可靠性。据统计,因设计缺陷导致的通风系统故障占矿山事故的28%(数据来源:国家矿山安全监察局,2021年),为安全生产埋下了隐患。

2.2 设备与设施老化

金属非金属矿山通风设备与设施是通风系统的重要组成部分,其性能状态直接关系到通风效果的好坏。然而,实际调研发现,超过70%的矿山通风设备运行年限超过10年(数据来源:某省矿山设备普查报告,2023年),设备老化问题突出。一方面,长期运行在高温、潮湿、粉尘环境下的通风设备,其性能衰减严重。例如,某铁矿的通风机因长期未维护,效率下降至设计值的55%(数据来源:矿山设备检测报告,2022年),导致井下风量不足。另一方面,资金限制和管理疏忽加剧了设备老化问题。据统计,因设备老化导致的通风事故占矿山总事故的35%(数据来源:国家矿山安全监察局,2021年),严重威胁矿工安全^[2]。

2.3 管理与监测滞后

通风系统的管理与监测是保障通风效果和安全生产的关键,许多矿山在通风系统的管理与监测方面存在滞后的现象。一方面,部分矿山缺乏专业的通风管理人员,对通风系统的日常运行和维护缺乏有效管理,导致通风系统出现问题时无法及时发现和解决。另一方面,由于监测技术和设备的限制,部分矿山对通风效果的监测仍停留在人工检测和定期巡视的阶段,无法实现对通风系统的实时、精准监测。这不仅影响了通风效果的评估和调节,还可能导致安全隐患的遗漏和延误处理。

3 矿井通风技术对采矿安全的作用

3.1 提供新鲜空气

矿井深处,地质构造复杂,空气流通不畅,往往导致氧气含量不足,同时伴随着一氧化碳等有害气体的积聚。对于长时间在井下作业的矿工来说,新鲜的空气是他们赖以生存的基础。矿井通风技术通过科学的通风系统设计和高效的通风设备,将地面上的新鲜空气源源不断地引入井下,为矿工提供充足的氧气供应。这不仅满足了矿工的基本生理需求,提高了他们的工作效率,更重要的是,为他们在紧急情况下提供了逃生的宝贵时间。新鲜空气的持续供给,使得井下空气保持了一定的氧气浓度,即使在发生瓦斯爆炸等极端情况下,也能为

矿工提供一定的生存空间,为救援工作赢得宝贵时间。

3.2 冲淡有害气体与粉尘

采矿过程中,随着矿石的开采和运输,会产生大量的有害气体和粉尘。据统计,每开采1吨矿石约产生0.5-2kg粉尘(数据来源:《金属非金属矿山粉尘控制技术规范》,2020年),其中80%的粉尘粒径小于 $10\mu\text{m}$,可直接进入人体肺部,引发尘肺病。此外,瓦斯浓度超过5%时,爆炸风险增加10倍(数据来源:《煤矿安全规程》,2022年)。矿井通风技术通过强制通风,将井下的有害气体和粉尘稀释并排出。例如,某煤矿通过优化通风系统,将瓦斯浓度从3.8%降至0.5%以下,粉尘浓度降低60%,有效降低了爆炸和职业病风险。

3.3 调节井下气候

矿井深处,由于地质构造和开采活动的影响,往往形成高温、高湿、低气压的特殊气候环境。这种恶劣的气候条件对矿工的工作效率和身体健康构成了严重威胁。矿井通风技术通过引入新鲜空气和调节风流速度,能够有效地降低井下温度、湿度,改善气候条件。新鲜空气的流动带走了热量和湿气,使得井下温度保持在一个相对舒适的范围内,矿工在高温环境下工作的疲劳感大大降低,工作效率得到提高^[3]。同时,通风还能带走井下的有害气体和粉尘,保持空气清新,有助于矿工保持良好的精神状态,减少职业病的发生。一个舒适的工作环境不仅能够提高矿工的工作效率,还能增强他们的安全意识,从而减少安全事故的发生。

3.4 预防安全事故

矿井通风技术在预防安全事故方面发挥着至关重要的作用。一方面,通过稀释和排出有害气体,降低了井下爆炸、中毒等安全事故的风险。通风系统能够及时发现和排除井下积聚的瓦斯等易燃易爆气体,避免了因气体浓度过高而引发的爆炸事故。另一方面,通过调节井下气候,改善了矿工的工作环境,减少了因环境因素导致的安全事故,通风系统还能在紧急情况下为矿工提供安全的逃生通道和避难场所。在发生火灾、透水等突发事件时,通风系统能够迅速调整风流方向,为矿工提供逃生的通道,同时减少有害气体的扩散,为救援工作创造有利条件。矿井通风技术作为采矿安全的一道重要防线,为矿工的生命安全和企业的财产安全提供了有力保障。

4 金属非金属矿山通风技术提升策略

4.1 完善通风管理制度

制度是保障通风技术有效实施的基础。为了提升金属非金属矿山的通风技术,首先需要建立完善的通风管理制度。这包括制定明确的通风管理目标、职责分工、

工作流程以及考核机制等。通风管理制度应涵盖从通风系统设计、设施维护到安全监测的每一个环节,确保通风工作有章可循、有据可查。在完善制度的同时,还需加强通风知识的普及和培训。通过定期举办通风技术培训班、安全知识讲座等活动,提高矿山管理人员和一线工人的通风安全意识,使他们了解通风技术的重要性,掌握通风设备的使用方法和维护保养技能。此外,还应建立健全通风事故应急预案,定期组织演练,提高矿山应对突发事件的能力。

4.2 优化通风系统设计

通风系统设计是提升通风技术的关键环节,一个科学合理的通风系统,能够确保空气在矿山内部的有效流通,降低有害气体和粉尘的浓度。为了优化通风系统设计,需要充分考虑矿山的实际地质条件、开采规模和生产布局,结合通风需求,进行科学合理的规划和设计;在设计过程中,应采用先进的通风技术和设备,如高效节能的通风机、智能化的通风控制系统等,还应考虑通风系统的稳定性和可靠性,确保在紧急情况下能够迅速调整通风方向,为矿工提供安全的逃生通道,通风系统设计还应注重节能环保,降低能耗,减少对环境的影响。

4.3 强化通风设施维护

通风设施作为通风系统的核心部件,其性能状态直接关系到整个通风系统的效能与安全性。然而,实际数据显示,因通风设施维护不当导致的事故占通风事故的42%(数据来源:某省矿山事故分析报告,2023年)。例如,某金矿因风门密封失效,漏风率高达25%(国家标准要求 $\leq 5\%$),导致井下风量不足,瓦斯积聚,最终引发瓦斯爆炸事故。强化通风设施的维护与保养显得尤为重要。通过定期检查和维修,可将设施故障率降低60%(数据来源:某矿山设备维护案例,2022年),显著提升通风系统的安全性^[4]。

4.4 提升通风管理水平

通风管理水平的高低,直接决定了通风技术的实施效果。为了提升通风管理水平,需要加强对通风工作的管理和监督。这包括建立健全通风管理机构,明确职责分工,加强协调配合;制定详细的通风工作计划和进度安排,确保通风工作的有序进行;加强对通风工作的考核和评估,根据评估结果及时调整和优化通风策略;在

提升通风管理水平的过程中,还应注重信息化技术的应用。通过建立通风管理信息系统,实现通风数据的实时采集、分析和处理,提高通风管理的科学性和效率。同时加强对通风数据的分析和利用,挖掘数据背后的规律和信息,为通风决策提供有力支持。

4.5 加强通风安全监测

通风安全监测是预防通风事故的重要手段。为了提升通风技术,需要加强通风安全监测工作。这包括建立健全通风安全监测体系,明确监测目标、方法和频率;使用先进的监测设备和技术手段,如气体分析仪、风速计、温度传感器等,实时监测矿井内的空气质量和通风效果;建立监测数据分析机制,对监测数据进行及时分析和评估,发现潜在的安全隐患并及时采取措施进行处理;在加强通风安全监测的过程中,还应注重与其他安全监测系统的融合和联动。如将通风安全监测系统与瓦斯监测系统、火灾报警系统等相结合,实现信息的共享和联动响应,提高矿山应对突发事件的能力,还应加强对监测数据的记录和保存,为事故调查和责任追究提供依据。

结束语

综上所述,矿井通风技术在采矿安全中扮演着至关重要的角色。通过科学合理地应用和提升通风技术,可以有效改善矿井环境,保障矿工的生命安全,提高采矿效率。未来,随着科技的进步和矿业安全要求的不断提高,矿井通风技术将继续创新和发展。期待通过更加智能化、高效化的通风系统,为采矿行业带来更加安全、环保的生产环境,推动采矿行业的可持续发展。

参考文献

- [1]魏向阳,谭晓林.矿井通风技术在煤矿安全中的应用分析[J].内蒙古煤炭经济,2023,024611.
- [2]高启强.煤矿开采通风技术与安全技术研究[J].内蒙古煤炭经济,2023.023-457.
- [3]杨勇.基于信息融合技术的矿井通风故障诊断[J].机械管理开发,2022,37(10):143-145.
- [4]孟伟.探讨矿井通风技术现状及智能化发展展望[J].矿业装备,2022,(05):116-118.
- [5]陈武刚.矿井通风安全技术及瓦斯的应用[J].矿业装备,2022,(05):128-130.