

矿建工程中通风系统设计与优化研究

王 伟

中煤第三建设(集团)有限责任公司 安徽 宿州 234000

摘 要: 随着矿建工程规模持续扩大,安全需求日增,矿建通风系统设计优化成保障安全关键。本文聚焦矿建工程通风系统设计与优化。首先阐述通风系统设计需遵循安全第一、节能降耗、适应性等基本原则,接着介绍风量计算、风速与压力损失控制等关键技术。指出当前通风系统存在通风网络设计不合理、设备老化等问题。最后针对这些问题,提出优化通风网络布局、更新设备、加强维护管理、构建监测预警系统以及智能化自动化升级等优化策略,旨在提升通风系统性能。

关键词: 矿建工程;通风系统;设计优化;安全保障

引言:在矿建工程中,通风系统至关重要,其关乎作业人员的生命安全和矿井的高效生产。良好的通风系统能有效排出有害气体、降低粉尘浓度,为作业环境提供适宜条件。然而,当前部分矿建工程通风系统存在设计不合理、设备老化等问题,影响通风效果。因此,深入研究通风系统设计与优化,对提升矿建工程安全性、经济性与可持续性具有重大现实意义。

1 矿建工程通风系统设计的基本原则

1.1 安全第一原则

安全第一是矿建工程通风系统的核心原则。通风系统肩负着稀释和排出井下有毒有害气体、粉尘,调节井下气候条件等重任,直接关系到作业人员的生命安全。在设计时,要确保在任何工况下,通风系统都能稳定可靠运行,为井下各作业地点提供足够新鲜风流,保证氧气含量符合标准,有害气体浓度控制在安全范围。同时,要设置合理的通风构筑物,防止风流短路、逆流等情况发生,避免因通风问题引发瓦斯爆炸、煤尘爆炸等重大安全事故,切实保障矿井安全生产。

1.2 节能降耗原则

节能降耗原则在矿建工程通风系统设计中不容忽视。通风系统运行需消耗大量电能,合理设计可有效降低能耗。一方面,要根据矿井实际需求精准计算风量,避免过度通风造成能源浪费;另一方面,选用高效节能的通风设备,如高效风机,提高设备能效。此外,优化通风网络布局,减少通风阻力,降低风机运行压力,也能达到节能目的。通过贯彻节能降耗原则,不仅能降低矿井生产成本,还符合绿色可持续发展理念,减少对环境的影响。

1.3 适应性原则

适应性原则要求通风系统设计紧密结合矿井实际情

况。不同矿井的地质条件、开采方式、生产规模等存在差异,通风系统需与之相适应。例如,对于地质构造复杂、瓦斯涌出量大的矿井,通风系统要具备更强的稀释和排放能力;对于多水平开采的矿井,要合理规划各水平的通风关系,确保通风系统稳定。同时,通风系统设计还应考虑矿井未来的发展和变化,预留一定的调整空间,以便在开采布局、生产规模等改变时,能方便地对通风系统进行改造和优化^[1]。

2 矿建工程通风系统设计的关键技术

2.1 风量计算技术

矿建工程中风量计算需综合多因素。按井下同时工作最人数计算,每人每分钟供风量不小于 4m^3 ,若最多同时作业人数为200人,风量备用系数取1.1,则矿井总进风量 $Q = 4 \times 200 \times 1.1 = 880\text{m}^3/\text{min}$ 。按爆破后有害气体稀释计算,每千克炸药爆炸后需供给不小于 $25\text{m}^3/\text{min}$ 风量,若单次爆破最大炸药量为 50kg ,风流有效系数取0.8,则 $Q = 25 \times 50 \times 0.8 = 1000\text{m}^3/\text{min}$ 。按瓦斯涌出量计算,对于有瓦斯涌出的矿井,要保证回风流中瓦斯浓度不超过0.5%,若绝对瓦斯涌出量为 $10\text{m}^3/\text{min}$,瓦斯涌出不均衡系数取1.2,则 $Q = 100 \times 10 \times 1.2 = 1200\text{m}^3/\text{min}$ 。采煤工作面按气象条件计算, $Q_{\text{采}} = Q_{\text{基本}} \times K_{\text{采高}} \times K_{\text{采面长}} \times K_{\text{采温}}$,不同采煤方式工作面所需基本风量不同,采高、采面长、温度等调整系数依据实际情况选取。

2.2 风速与压力损失控制技术

风速控制方面,掘进工作面最低风速岩巷 $\geq 0.25\text{m/s}$ 、煤巷和半煤岩巷 $\geq 0.15\text{m/s}$,最高风速 $\leq 4\text{m/s}$;采场作业面风速 $0.15\text{--}4\text{m/s}$,人行巷道风速 $\leq 1.5\text{m/s}$ 。压力损失控制需考虑多因素,风筒直径与通风阻力呈反比,直径增大可显著降低阻力,如直径从 600mm 增大到 800mm ,阻力可降低约50%。风筒长度与通风压力损失成正比,长距

离通风需更高初始压力。风筒材质影响摩擦系数，PVC、玻璃钢等不同材质风筒具有不同摩擦阻力特性。风筒连接处密封性和平直度影响压力损失，拉链式、法兰式、插接式等连接方式有特定压力损失系数，漏风率一般要求控制在3%以下。巷道断面形状和大小影响风筒布置方式，弯曲巷道会增加局部阻力，需额外压力补偿，温度、湿度等环境因素也会改变空气密度，间接影响通风压力需求。

2.3 通风阻力平衡技术

通风阻力平衡旨在实现矿井风量按需分配。通风网络结构限制下，按作业面需风量分配矿井风量时，常不满足风压平衡定律，各通风通路存在通风阻力差异。存在一条通风阻力最大的通路和通风阻力最小的通路，为实现风量按需分配，需调节各通风通路的通风阻力使其相等。调节方法是在某些通风分支中增风阻或降低风阻，或用辅助风机克服部分通风阻力。计算矿井通风总阻力时，一般先完成矿井风量分配，从进风井口到回风井口之间的各通风通路中，存在最大阻力路线和最小阻力路线。计算最大阻力路线通风阻力时，从入风井口开始，将通过风量较大、并巷断面较小的分支选作最大阻力路线的分支，逐分支累加通风阻力直到回风井口；计算最小阻力路线通风阻力方法类似。

2.4 通风设备选型与配置技术

通风设备选型与配置需综合多方面因素。风机选型时，要根据矿井通风系统阻力计算选择合适的风机工作点，考虑气体流量、压力、温度、密度等参数。气体流量方面，要根据矿井所需风量确定，如某矿井总需风量为 $2000\text{m}^3/\text{min}$ ，风机流量要满足该需求。压力方面，风机需克服矿井通风阻力，包括井口负压、风道损失、风机本体损失等，如某煤矿井口负压为 3214Pa ，经计算各项损失后，风机静压升需达到 3704Pa 。通风构筑物方面，风门需设置两道，间距 $\geq 4\text{m}$ ，门框与墙体接触处用水泥砂浆填实，缝隙 $\leq 5\text{mm}$ ，门轴安装垂直偏差 $\leq \pm 3\text{mm}$ ，门扇与门框间隙 $\leq 3\text{mm}$ ，漏风率 $\leq 1\%$ ，开启方向顺风；风桥用不燃材料砌筑，断面面积不小于原巷道的80%，坡度 $\leq 30^\circ$ ，两侧墙体与围岩接触处掏槽深度 $\geq 300\text{mm}$ 并充填密实；密闭墙用于封闭采空区或废弃巷道，墙体厚度根据材质不同有要求，周边嵌入围岩，墙面用水泥砂浆抹面无裂缝、漏风点。局部通风机选型要根据掘进工作面需求，考虑吸风量、台数等因素，首次安装的局部通风机实际吸风量取吸风量范围的最大值^[2]。

3 当前矿建工程通风系统存在的问题

3.1 通风网络设计不合理

部分矿建工程通风网络设计存在明显缺陷。一些通

风线路规划混乱，风流方向不合理，导致部分区域出现通风死角，新鲜风流无法有效到达，有害气体积聚，威胁作业人员安全。同时，通风网络中分支风路的风量分配不均衡，有的区域风量过大造成能源浪费，有的区域风量不足难以满足通风需求。此外，通风网络与矿井开拓布局不匹配，随着开采的推进，未能及时调整通风网络，使得通风系统难以适应矿井生产变化，降低了通风系统的整体效能。

3.2 通风设备老化

在矿建工程中，通风设备老化问题较为突出。一些通风机、局部通风机等设备使用年限过长，零部件磨损严重，性能大幅下降，无法达到设计要求的风量和风压，影响通风效果。风门、风桥等通风构筑物也因长期受矿井潮湿、腐蚀等环境影响，出现变形、损坏等情况，导致漏风严重，通风系统稳定性变差。

3.3 系统维护不及时

矿建工程通风系统维护不及时的现象较为普遍。由于矿井生产任务繁重，对通风系统维护重视不足，缺乏定期的全面检查和维修计划。通风设备得不到及时保养，灰尘堆积、润滑不足等问题影响设备正常运行，缩短了设备使用寿命。通风构筑物损坏后不能及时修复，导致漏风量增大，通风效率降低。

3.4 缺乏有效的监测与预警系统

当前许多矿建工程通风系统缺乏有效的监测与预警系统。对井下通风参数如风速、风量、瓦斯浓度等的监测手段落后，监测点布置不合理，不能全面、准确地反映通风系统的实际运行状况。数据采集和传输不及时、不准确，导致管理人员无法实时掌握通风动态。而且，缺乏完善的预警机制，当通风参数出现异常时，不能及时发出警报，无法提前采取措施预防事故发生^[3]。

4 矿建工程通风系统优化策略

4.1 优化通风网络布局

通风网络布局优化是提升通风效能的关键。首先，依据矿井开拓布局与开采计划，重新规划通风线路，确保风流路径合理，减少不必要的通风分支，降低通风阻力。例如，对存在通风死角的区域，增设专用通风巷道或调整通风构筑物位置，引导新鲜风流有效到达。其次，合理分配各作业区域风量，通过调整风门、风窗等通风构筑物的开度，实现按需供风，避免部分区域风量过剩或不足。再者，优化通风网络结构，采用并联通风方式替代串联通风，降低总通风阻力，提高通风系统稳定性。同时，定期对通风网络进行模拟分析，根据分析结果及时调整布局，以适应矿井生产变化，确保通风系统始终处

于最优运行状态，为矿井安全生产提供可靠保障。

4.2 更新通风设备

更新通风设备是提升通风系统性能的重要举措。随着技术发展，新型通风设备在效率、能耗、可靠性等方面具有显著优势。应逐步淘汰老旧、低效的通风机，选用高效节能型通风机，其效率可比传统通风机提高10%~20%，能有效降低能耗。对于局部通风机，采用对旋式局部通风机，可提高风压和风量，满足长距离通风需求。同时，更新风门、风桥等通风构筑物，采用新型材料和先进工艺制作，提高其密封性和耐久性，减少漏风。此外，配备先进的通风设备控制系统，实现设备的远程监控和自动调节，根据通风需求实时调整设备运行参数，提高通风系统的智能化水平，确保通风设备始终处于最佳运行工况。

4.3 加强系统维护管理

加强系统维护管理是保障通风系统稳定运行的基础。建立完善的通风系统维护管理制度，明确维护责任和周期，确保各项维护工作落实到位。定期对通风设备进行全面检查、保养和维修，及时更换磨损零部件，保证设备正常运行。对通风构筑物，定期检查其完整性和密封性，发现损坏及时修复，防止漏风。加强通风管道的清理，定期清除管道内积尘和杂物，降低通风阻力。同时，加强对维护人员的培训，提高其专业技能和责任意识，确保维护工作质量。建立通风系统维护档案，记录设备运行状况和维护情况，为通风系统的优化和管理提供数据支持，延长通风系统使用寿命，提高通风系统可靠性。

4.4 构建监测与预警系统

构建监测与预警系统是保障通风系统安全运行的重要手段。利用先进的传感器技术，在井下关键位置布置风速、风压、瓦斯浓度、温度等监测点，实时采集通风参数数据。通过数据传输网络将监测数据传输至地面监控中心，利用专业软件对数据进行实时分析和处理，直观展示通风系统运行状态。建立通风参数预警阈值体系，当监测数据超过阈值时，系统自动发出警报，提醒管理人员及时采取措施。同时，利用大数据和人工智能技术，对通风系统运行数据进行深度挖掘和分析，预测通风系统

可能出现的故障和问题，提前进行预防和处理。通过构建监测与预警系统，实现对通风系统的实时监控和动态管理，有效预防通风事故发生，保障矿井安全生产。

4.5 智能化与自动化升级

智能化与自动化升级是通风系统发展的必然趋势。引入先进的自动化控制技术，实现通风设备的自动启停、风量自动调节等功能。通过与监测与预警系统联动，根据实时监测数据自动调整通风设备运行参数，确保通风系统始终处于最佳运行状态。利用物联网技术，实现通风设备之间的互联互通和信息共享，提高通风系统整体协同性。同时，开发通风系统智能化管理平台，集成通风系统设计、运行、维护、监测等功能，实现对通风系统的全生命周期管理。通过智能化与自动化升级，减少人工干预，提高通风系统运行效率和可靠性，降低运行成本，提升矿井通风安全管理水平，推动矿建工程通风系统向智能化、自动化方向发展^[4]。

结束语

在矿建工程里，通风系统设计与优化研究意义重大且任重道远。合理设计通风系统是保障矿井安全生产、改善作业环境的基础，而持续优化则是适应矿井动态变化、提升通风效能的关键。通过对通风网络布局、设备选型、维护管理等多方面的深入研究与改进，能有效降低通风事故风险，提高资源利用效率。未来，随着科技进步，智能化、自动化技术将深度融入通风系统。我们需紧跟时代步伐，不断探索创新，持续完善通风系统设计与优化理论与方法，为矿建工程的安全高效生产筑牢坚实防线。

参考文献

- [1]王军.矿井通风系统节能技术研究[J].煤炭技术,2020(6):112-114.
- [2]李建刚.矿井通风系统优化设计研究[J].矿业装备与技术,2021(12):58-60.
- [3]王东升.矿山通风系统智能化控制研究[J].矿业安全与环保,2023(08):22-24.
- [4]郭双富.浅谈高瓦斯煤矿采掘地带通风技术的改进策略[J].能源与节能,2022(6):187-188.