

地下洞库通风风险评估与安全管理研究

王瑞卿

中国石油天然气管道工程有限公司 河北 廊坊 065000

摘要：本文深入探讨地下洞库通风系统的风险评估与安全管理策略。通过对通风系统故障类型与原因的识别，建立全面的风险评估框架。分析故障概率与后果，对风险进行等级划分与优先级确定。为应对潜在风险，提出包括日常检查与维护、故障预警与应急响应机制、人员培训与安全管理制度完善在内的多项安全管理策略。本研究不仅为地下洞库通风系统的安全管理提供理论支持，也为实际运营中的风险管理提供实践指导。

关键词：地下洞库；通风风险评估；安全管理

1 地下洞库通风系统概述

地下洞库通风系统是指对地下洞库进行通风、换气和调控空气质量的综合性系统。该系统的主要目标是确保地下洞库内部环境的安全、舒适和高效运行，以满足储存物品的质量和安全要求。地下洞库通风系统通常由送风系统、排风系统、空气净化装置和控制系统等部分组成。送风系统负责将新鲜空气引入地下洞库，排风系统则将旧空气和有害气体排出。空气净化装置用于过滤和净化空气中的粉尘、烟尘和异味等污染物。控制系统则负责监测和调节通风系统的运行状态，确保系统的高效运行。地下洞库通风系统通过空气循环实现洞库内部的通风换气，新鲜空气经过送风系统进入地下洞库，与旧空气混合后，通过排风系统排出。在空气循环过程中，空气净化装置对空气进行过滤和净化，确保排出的空气不会对周围环境和人体健康产生负面影响。控制系统实时监测地下洞库内部的空气质量，根据需求调整送风和排风的风量，以维持洞库内部的空气质量和舒适度。地下洞库通风系统的设计应遵循相关标准和规范，例如，排风量应不小于6次/小时，送风量不小于5次/小时，排烟量按6次/小时计算。排烟口距最远排烟点的距离不应超过30米，以确保排烟效果。通风系统还应具备足够的补风量，以保持地下洞库内部的空气流通和负压状态，防止有害气体外泄。

2 地下洞库通风系统的重要性

地下洞库通风系统的重要性不容忽视。对于任何位于地下的存储空间而言，空气流通与空气质量都是至关重要的因素。第一，地下洞库通风系统对于人员安全至关重要，在密闭的地下环境中，如果缺乏有效的通风，会导致空气中氧气含量下降，二氧化碳和其他有害气体浓度上升，这对工作人员的健康构成严重威胁。通风系统能够及时引入新鲜空气并排出有害气体，保障人员在

洞库内的呼吸安全^[1]。第二，通风系统对于地下洞库内部储存的物品也具有重要作用，许多物品在储存过程中需要一定的环境条件，如恒定的温度、湿度和空气质量。通风系统能够调节和控制这些环境参数，确保储存物品的质量和稳定性。特别是对于易燃易爆物品和危险化学品，通风系统能够及时排除潜在的爆炸和中毒风险。第三，通风系统还有助于提高地下洞库的工作效率，在良好的通风条件下，工作人员能够更加舒适地工作，减少因空气质量问题引起的身体不适和疲劳。通风系统还能够减少地下洞库内部的潮湿和霉变等问题，降低维护成本和延长使用寿命。

3 地下洞库通风系统中存在的风险和安全隐患

地下洞库通风系统虽然对于维持洞库内部环境安全、保障人员健康和提高工作效率至关重要，但如果不当设计、维护或操作，也可能带来一系列风险和安全隐患。通风系统如果设计不合理或安装不当，可能导致空气流通不畅，造成局部区域空气质量下降。这种情况下，工作人员长时间暴露于有害气体或低氧环境中，将增加健康风险，如头晕、恶心、窒息等，甚至可能导致严重的健康问题或生命危险。通风系统的维护不当也可能带来安全隐患，如果过滤器和清洁设备没有得到及时更换或清洗，它们可能无法有效去除空气中的污染物，导致空气质量恶化。如果通风管道或设备存在损坏或泄漏，可能引入外部的有害物质，如尘埃、化学物质等，对洞库内部环境造成污染，进而威胁人员健康。通风系统的操作不当也可能导致风险，如果系统未能根据洞库内部环境的实际需要进行调整，如风量、温度、湿度等，可能导致环境参数超出正常范围，影响储存物品的质量和安全性。特别是在储存易燃易爆物品或危险化学品的地下洞库中，通风系统的操作失误可能引发火灾、爆炸等严重事故。通风系统还可能成为潜在的安全威胁

点,如果通风口或管道的设计位置不合理,可能被不法分子利用进行非法入侵或破坏。通风系统也可能成为恐怖袭击或自然灾害的潜在目标,一旦受到破坏,将严重影响洞库的正常运行和人员安全。

4 地下洞库通风风险评估

4.1 风险识别:通风系统故障类型与原因

在地下洞库通风系统的风险评估中,首要任务是进行风险识别,即明确通风系统可能存在的故障类型及其原因。通风系统故障的多样性决定了风险识别的复杂性,以下是一些常见的故障类型及其潜在原因:(1)设备故障:设备故障是通风系统最常见的风险。例如,风机损坏、电机烧毁、过滤器堵塞等都可能导致通风系统无法正常运行。这些故障的原因可能包括设备老化、维护不当、使用不当等。恶劣的环境条件,如高温、高湿、腐蚀性气体等,也可能加速设备的损坏。(2)控制系统故障:通风系统的控制系统负责监测和调节系统的运行状态。一旦控制系统出现故障,可能导致通风系统无法按照预定的参数运行,甚至完全失效。控制系统故障的原因可能包括软件错误、硬件损坏、电磁干扰等^[2]。(3)管道泄漏:通风系统的管道连接着各个设备和区域,如果管道出现泄漏,将导致空气流通不畅,甚至引入有害物质。管道泄漏的原因可能包括材料老化、安装不当、外力破坏等。(4)人为因素:人为因素也是通风系统故障的重要原因之一。例如,操作人员对系统的不当操作、维护人员的疏忽大意等都可能导致系统出现故障。

4.2 风险分析:故障概率与后果评估

在识别出通风系统的故障类型和原因后,需要进行风险分析,即评估故障发生的概率和可能带来的后果。故障概率评估:故障概率的评估需要考虑多种因素,包括设备的可靠性、系统的冗余设计、环境条件的稳定性等。对于设备故障,可以通过设备的历史故障数据、维护记录等信息来评估其故障概率。对于控制系统故障和管道泄漏等故障,可以通过系统设计和安装质量来评估其故障概率。此外,还需要考虑人为因素对故障概率的影响。后果评估:后果评估需要考虑故障对人员安全、环境质量和洞库运行的影响。对于设备故障和控制系统故障,可能导致通风系统无法正常运行,进而影响洞库内部的环境质量和人员健康。对于管道泄漏等故障,可能引入有害物质,对人员安全和环境质量造成更大的威胁。此外,还需要考虑故障对洞库运行的影响,如是否会导致储存物品受损、是否会影响洞库的运营效率等。在评估后果时,可以采用定性和定量相结合的方法。

4.3 风险等级划分与优先级确定

在完成风险分析和评估后,需要对通风系统的风险进行等级划分和优先级确定,这有助于对风险进行有针对性的管理和控制。风险等级划分:风险等级划分可以根据故障发生的概率和后果的严重程度来进行。通常可以将风险划分为高、中、低三个等级。高风险表示故障发生的概率高且后果严重;中风险表示故障发生的概率较高或后果较严重;低风险表示故障发生的概率低且后果轻微。优先级确定:在确定了风险等级后,需要根据风险的优先级来制定风险控制措施。优先级的确定应综合考虑风险等级、资源投入、技术可行性等因素。

5 地下洞库通风安全管理策略

5.1 通风系统日常检查与维护

地下洞库通风系统的日常检查与维护是确保其正常运行和安全的基础。以下是关于通风系统日常检查与维护的具体策略:第一,日常检查内容,设备检查:定期对风机、电机、过滤器等关键设备进行检查,确保其处于良好状态。检查内容包括设备是否完好、运行是否正常、有无异常声音或振动等。管道检查:检查通风管道是否完好,有无泄漏、堵塞或损坏的情况。特别注意管道连接处和转弯处,这些地方容易出现漏风。控制系统检查:对通风系统的控制系统进行检查,包括传感器、执行器、控制器等。确保系统能够准确监测和调节通风状态^[3]。第二,维护措施,定期清洁:对通风设备和管道进行定期清洁,去除灰尘、污垢等杂质,保持其良好的通风性能。更换部件:对已经损坏或老化的部件进行及时更换,确保系统的稳定性和可靠性。校准与调试:定期对通风系统的传感器、控制器等进行校准和调试,确保其准确性和灵敏度。第三,建立维护档案,建立通风系统的维护档案,记录每次检查和维护的情况。这有助于跟踪系统的运行状况,及时发现潜在问题,并为后续的维护提供参考依据。

5.2 通风故障预警与应急响应机制

为了确保地下洞库通风系统在出现故障时能够及时预警并采取相应的应急措施,建立有效的故障预警与应急响应机制至关重要。故障预警机制:在通风系统的关键部位设置监测点,如风机、电机、管道等。通过传感器实时监测这些部位的运行状态。根据通风系统的历史运行数据和故障记录,建立故障预警模型。当监测数据出现异常时,模型能够自动发出预警信号。采用多种预警方式,如声音、灯光、短信等,确保预警信息能够及时传达给相关人员。应急响应机制:针对可能出现的通风故障,制定详细的应急预案。预案应明确故障类型、应急措施、责任人等关键信息。定期组织应急演练,提

高相关人员的应急响应能力和协作水平。演练过程中要模拟真实场景,确保演练的针对性和实效性。在接到预警信号后,相关人员应迅速启动应急预案,采取必要的措施防止故障扩大或造成严重后果。要及时向上级部门报告故障情况,寻求更多的支持和帮助。

5.3 人员培训与安全管理制度的完善

人员培训与安全管理制度完善是提高地下洞库通风系统安全管理水平的重要保障。人员培训:对通风系统的操作人员和维护人员进行专业培训,使其掌握通风系统的基本原理、操作技能、安全知识等。采用理论与实践相结合的方式培训,通过案例分析、模拟操作等方式提高培训效果。定期对已培训人员进行复训,确保其技能和知识得到及时更新和巩固。安全管理制度完善:明确通风系统安全管理的责任人、责任部门和岗位职责,确保各项工作得到有效落实。建立通风系统的安全档案,记录系统的运行状况、故障记录、维护记录等信息。这有助于跟踪系统的安全状况,及时发现潜在问题。加强对通风系统安全管理的监管力度,定期进行安全检查和评估。对发现的问题要及时整改并追究相关责任人的责任。根据通风系统的实际情况和安全管理需要,不断完善安全管理制度和操作规程。确保制度的科学性和合理性,为通风系统的安全管理提供有力的制度保障。

5.4 强化设备监控和预警机制

为了确保地下洞库通风系统的稳定运行,需要进一步强化设备监控和预警机制。对通风系统的重要设备和关键部位进行全面监控,通过安装传感器、摄像头等设备,实时收集设备运行数据和环境参数。确保监控系统能够全面、准确地反映通风系统的运行状态。基于监控系统收集的数据,建立通风系统预警系统。通过对数据的分析和处理,及时发现潜在的安全隐患和故障风险。当系统检测到异常情况时,能够自动触发预警机制,向相关人员发送预警信息。通过不断优化预警算法和模型,提高预警系统的准确性^[4]。加强对预警信息的分析和评估,确保预警信息能够真实反映通风系统的安全状况。利用现代信息技术,实现通风系统的远程监控和预

警。通过远程监控中心,可以实时查看通风系统的运行状态和预警信息,及时采取必要的措施,确保系统的安全运行。

5.5 定期开展安全演练和培训

为了提高地下洞库通风系统的安全管理水平,需要定期开展安全演练和培训。根据通风系统的实际情况和安全管理需要,制定详细的安全演练计划。计划应明确演练的时间、地点、内容、参与人员等关键信息,确保演练的针对性和实效性。按照计划组织安全演练,模拟真实场景下的通风系统故障和应急情况。通过演练,检验通风系统的应急响应能力和人员的协作水平,发现存在的问题和不足,并及时进行改进和完善。针对通风系统的操作人员和维护人员,定期开展安全培训。培训内容应包括通风系统的基本原理、操作技能、安全知识、应急预案等。通过培训,提高人员的安全意识和操作技能,确保他们能够熟练掌握通风系统的安全管理要求。对培训效果进行评估,了解人员是否真正掌握了培训内容和技能。对于评估结果不佳的人员,应进行再次培训或采取其他措施,确保他们能够满足通风系统安全管理的要求。

结束语

地下洞库通风系统的风险评估与安全管理是确保洞库安全稳定运行的关键。本文提出的风险评估方法和安全管理策略为相关单位提供了有益的参考。未来,随着技术的不断进步和管理的不断完善,有理由相信地下洞库通风系统的安全管理水平将得到进一步提升,为保障人员安全和设备稳定运行提供更为坚实的保障。

参考文献

- [1]刘晓红.张海潮.地下洞库通风系统安全风险评估及防范措施研究[J].安全与环境工程.2021.18(4):123-128.
- [2]王志强.李晓云.基于风险评估的地下洞库通风系统设计优化研究[J].矿业安全与环保.2020.47(5):210-215.
- [3]陈晓燕.高军.地下洞库通风安全风险策略研究[J].中国安全生产科学技术.2019.15(7):143-148.
- [4]张敏.李明.地下洞库通风系统故障诊断与预警技术研究[J].隧道建设.2022.42(3):497-503.