

风管变径及风机接力在小断面特长隧道钻爆法施工通风中的应用

徐正陶

中国南水北调集团江汉水网建设开发有限公司 湖北 武汉 430000

摘要: 本文针对小断面特长隧道钻爆法施工中的通风难题,详细介绍了风管变径及风机接力技术的应用措施。小断面特长隧道通风面临长距离送风导致的风压损耗、污浊空气排出困难等挑战时,本文提出的混合式通风方式结合特质拉链式软风管、接力风机以及小型轴流风机和除尘风机的配置,显著改善了通风效果,保障了洞内施工作业环境,实现了钻爆法隧道长达10KM的独头通风。研究成果为小断面特长隧道钻爆法施工中的通风技术应用提供了重要的实践指导。

关键词: 小断面特长隧道; 钻爆法施工; 风管变径; 风机接力; 通风技术

引言: 在现代交通基础设施建设中,小断面特长隧道的数量不断增加。钻爆法作为一种常用的隧道施工方法,其施工过程中的通风问题至关重要。良好的通风不仅能保障施工人员的身体健康,还能提高施工效率,确保施工安全。由于小断面特长隧道具有长度长、断面小等特点,传统的通风方式在长距离送风时往往面临诸多挑战,如风压损耗过大、通风效果不佳等。因此,研究和应用风管变径及风机接力技术在小断面特长隧道钻爆法施工通风中的应用具有重要的现实意义。

1 工程概况

1.1 工程概况

本工程主要是一条约20km的特长小断面隧道,采用TBM+钻爆法进行施工,TBM掘进任务为10km。由于地质复杂,在TBM掘进9km后,剩余的1km的任务改由钻爆法进行施工。钻爆法施工的通风方式为独头通风,在隧道洞口配置4台25kw轴流风机,需通过约9km的送风管路为钻爆法掌子面施工区域提供新鲜空气。

1.2 长距离通风问题分析

(1) 风压损耗问题凸显

进入钻爆法施工阶段后,隧道施工采用位于隧道洞口的4台25kw轴流风机进行送风,当送风管路延伸至大约9km的长距离后,根据流体力学原理,空气在风管内流动时与管壁产生的摩擦阻力以及各种局部阻力不断累积,造成了显著的风压损耗。原本依靠风机提供的风压来输送新鲜空气至掌子面施工区域的通风系统,此时已难以克服长距离产生的阻力,致使送达掌子面的新鲜风量锐减,无法满足现场钻爆法施工对通风量以及空气质量的要求。

(2) 污浊空气排出困难

与此同时,钻爆法施工过程中机车运输、电焊及爆破等作业频繁,产生了大量的烟渍、灰尘等污浊空气。由于通风不畅,这些污浊空气无法有效地排出隧道,在洞内不断积聚,不仅使得洞内能见度大大降低,影响施工人员对施工设备的操作精准度,增加了施工安全风险,而且长期处于这样恶劣的空气质量环境下,施工人员的身体健康受到严重威胁,呼吸道疾病等健康问题频发,施工效率也随之降低,严重阻碍了工程的顺利推进。

1.3 解决方案

针对本工程钻爆法通风面临的严峻挑战,采取了创新的混合式通风方式,对现有通风系统进行全面优化。具体而言,将洞口前2000m的风管全部替换为 $\phi 1000\text{mm}$ 的特质拉链式软风管,这种风管不仅柔韧性好、安装方便,而且风阻小,能够显著提高送风效率。同时,在距离洞口8000m的固定会车平台位置增设了两台接力风机,通过风管变径后连通 $\phi 900\text{mm}$ 的通风管路,将新鲜风直接送达掌子面施工区域。这一措施有效弥补了长距离送风过程中的风压损失,确保了掌子面得到充足的新鲜空气供应。另外,还在滞后掌子面约100m的位置及安装射流风机,用于向洞外方向排除污风,同时安装高效除尘风机,并通过将管路延伸至接力风机后端100m,对内部粉尘及污风进行高效抽排。这些措施不仅加快隧洞内部的回风速度,还有效改善施工区域的环境质量。

2 风管变径及风机接力通风技术应用措施

2.1 混合式通风方式的选择

为解决钻爆法施工阶段面临的通风难题,综合考虑施工环境、通风要求以及经济成本等多方面因素后,决定采用混合式通风方式。这种通风方式结合了压入式通

风能将新鲜空气送至掌子面和抽出式通风可排出污浊空气的优势,能够更有效地改善洞内整体通风状况,实现新鲜空气的充分供应以及污浊空气的及时排出,满足钻爆法施工复杂工况下的通风需求。

2.2 特质拉链式软风管的应用

在现有通风基础上,将洞口前2000m的风管全部替换为 $\phi 1000\text{mm}$ 的特质拉链式软风管。该软风管的特质体现在其具备良好的柔韧性和密封性,一方面,柔韧性使得风管在安装过程中能够更好地适应隧道的复杂空间走向,减少因风管弯折、扭曲等造成的局部阻力增加,降低风压额外损耗;另一方面,密封性有效避免了空气泄漏现象,相较于传统风管,能显著提高通风效率,确保更多的新鲜空气可以沿着风管顺利输送,为后续接力风机接力送风创造有利条件^[1]。

2.3 接力风机的设置

利用现安装固定会车平台位置(距离洞口8000m)处安装2台接力风机,并且通过风管变径后连通 $\phi 900\text{mm}$ 的通风管路将新鲜风送达至掌子面施工区域。接力风机的设置旨在弥补长距离送风过程中因风压损耗而导致的新鲜风输送动力不足问题。通过接力风机的二次增压作用,当洞口风机输送过来的新鲜风风压在经过长距离管路后有所下降时,接力风机能够及时介入,再次提升风压,保证足够的风量和合适的风压能持续稳定地将新鲜空气输送到掌子面,满足钻爆法施工中诸如爆破后有害气体快速排出、施工人员正常呼吸等对通风的严格要求。

2.4 小型射流风机的布置

在滞后掌子面100m位置安装1台射流风机,用于向洞外进行污风排除。掌子面附近施工产生的污浊空气在射流风机的作用下被及时抽出,并向洞外排放,防止其在洞内扩散和倒流,从而保持掌子面区域相对良好的空气质量。

2.5 除尘风机的安装

在软岩扩大洞内安装除尘风机,并通过将管路延伸至接力风机后端,对内部粉尘及污风进行抽排。由于施工工艺特点,往往会产生大量粉尘,除尘风机利用自身产生的负压,将含尘空气吸入,经过内部的过滤、分离等处理机制,将清洁空气排出,粉尘则被收集起来,从而有效降低洞内粉尘浓度,减少粉尘对施工人员身体健康的损害以及对施工设备的磨损,同时也有助于增加隧洞内部的回风速度,进一步改善施工区域环境,保障施工的安全与高效进行。

3 通风技术应用中的相关计算与参数分析

3.1 风管沿程阻力计算

风管沿程阻力是评估通风系统性能的重要指标之一。在采用特质拉链式软风管后,其实际粗糙度、管径以及风速等参数均会对沿程阻力产生影响。因此,需要运用流体力学中的相关公式,如达西-魏斯巴赫公式或莫迪公式,对风管的沿程阻力进行重新计算评估。在计算过程中,考虑风管的材质、长度、直径、风速以及空气密度等因素,通过迭代计算得出了风管在不同风速下的沿程阻力损失。这些计算结果为合理确定接力风机的安装位置和接力风压需求提供了重要依据^[2]。

3.2 接力风机参数确定

接力风机的设置旨在弥补长距离送风过程中因风压损耗而导致的新鲜风输送动力不足问题。在确定接力风机的参数时,需要综合考虑风管的沿程阻力、掌子面所需风量以及风机的性能曲线等因素。通过对比不同型号风机的性能曲线,选择了能够满足掌子面风量需求且风压损失较小的风机型号。同时,根据风管的沿程阻力计算结果,合理确定了接力风机的安装位置和数量,以确保新鲜空气能够持续稳定地输送到掌子面。

3.3 除尘风机参数计算

在软岩扩大洞内安装除尘风机时,需要根据洞内的粉尘产生量、期望的除尘效率以及风机的性能参数等因素,计算除尘风机所需的风量、风压等运行参数。通过现场观测和实验测量得出了洞内的粉尘产生量。然后,根据除尘风机的性能曲线和除尘效率要求,计算出了除尘风机所需的风量和风压。这些计算结果为选择合适的除尘风机型号和确定其运行参数提供了重要依据;还考虑了除尘风机的能耗、噪音以及维护成本等因素,以确保所选除尘风机在满足除尘需求的同时,也具有较好的经济性和实用性。

3.4 通风系统整体优化

在确定了风管、接力风机和除尘风机的参数后,还需要对整个通风系统进行整体优化。这包括调整风管的布局和走向、优化风机的安装位置和数量、以及调整风机的运行参数等。通过整体优化,可以进一步提高通风系统的效率和性能,确保新鲜空气能够及时送达掌子面,污浊空气能够快速排出洞外。同时,还可以降低通风系统的能耗和噪音,提高施工人员的舒适度和工作效率。

4 通风效果评估与优化建议

4.1 空气质量监测与分析

为评估通风技术应用后的实际效果,采用了专业的空气质量监测设备对洞内不同位置进行了长期监测。监测指标主要包括氧气含量、二氧化碳含量、粉尘浓度以及有害气体浓度等。监测结果显示,在采取改进措施

后,洞内空气质量得到了显著改善。掌子面施工区域的氧气含量稳定维持在满足施工人员正常呼吸及施工安全要求的水平;二氧化碳含量大幅降低,已处于合理范围之内;粉尘浓度得到了有效控制,从之前的严重超标状态降低至符合施工健康标准的范围;有害气体浓度也显著降低,对施工人员健康的影响得到了有效缓解。

4.2 通风效率与能耗评估

通过观察洞内空气流动情况以及使用风速仪等设备进行风速测量,发现隧洞内部的回风速度明显增加,空气循环更加顺畅。新鲜空气能够及时送达掌子面,污浊空气也能快速排出洞外。这不仅提高洞内的能见度,为施工人员准确操作施工设备提供良好条件,还减少施工安全隐患^[1]。同时,还对通风系统的能耗进行了评估。通过对比改进前后的能耗数据,发现通风系统的能耗有所降低。这主要是由于我们采用更加高效的通风方式和设备,以及通过整体优化降低了风阻和能耗。

4.3 优化建议与未来展望

尽管通风技术应用取得了显著成效,但在实际应用过程中仍存在一些问题和挑战。例如,风管连接处的密封性需要进一步提高,以减少空气泄漏和能耗;接力风机的运行参数需要根据实际情况进行微调,以确保其始终处于最佳工作状态;除尘风机的除尘效率仍有提升空间,需要进一步优化其结构和性能等。

针对这些问题和挑战,提出了以下优化建议:一是加强风管连接处的密封性检查和维护,确保风管系统的完整性和稳定性;二是定期对接力风机进行性能检测和调试,确保其始终处于最佳工作状态;三是加强对除尘

风机的研究和开发,提高其除尘效率和性能稳定性;四是加强对通风系统的监测和管理,及时发现和解决潜在问题,确保通风系统的安全、高效运行。

未来,随着隧道施工技术的不断发展和进步,将继续探索和应用更加高效、环保的通风技术和设备,为特长隧道施工提供更加安全、可靠、高效的通风保障。同时,还将加强对通风系统的研究和开发,推动通风技术的不断创新和升级,为隧道施工行业的可持续发展做出更大的贡献。

结束语

通风效果评估显示,通过应用风管变径及风机接力技术,隧道内空气质量明显改善,为施工人员提供了更为安全和健康的施工环境。同时,优化后的通风系统还提高了施工效率,降低了能耗。随着施工技术的不断进步,未来还需进一步优化通风技术和设备,提高系统的可靠性和稳定性。期待相关领域的研究和实践能够为钻爆法特长隧道通风技术的持续改进贡献力量,促进隧道建设行业的健康、绿色发展。

参考文献

- [1]张骞.公路特长隧道巷道式通风应用[J].交通世界,2017(24):98-99.
- [2]彭林.特长公路隧道通风系统交岔口风流特性研究[J].建材发展导向(上),2019,17(7):219.
- [3]姜学鹏,毛杨苏宜,谢智云.特长城市复杂隧道通风系统运营优化研究[J].隧道建设(中英文),2018,38(9):1471-1479.