

小断面长距离水工隧洞施工关键技术研究

冉 昱

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830011

摘 要: 随着国家水利事业的快速发展,小断面长距离水工隧洞施工成为水利工程中的一项重要内容。这类工程往往面临施工环境复杂、技术要求高、安全风险大等难题。本文以某引水工程为例,详细分析了小断面长距离水工隧洞的施工难点,并提出了关键的施工技术措施,旨在为同类工程的施工提供科学指导和技术支持。

关键词: 小断面;长距离;水工隧洞;施工技术;通风技术;光面爆破;锚杆支护

引言

水利工程作为国家基础设施建设的重要组成部分,其施工质量和效率直接关系到社会经济的发展和人民生活的改善。小断面长距离水工隧洞施工因其独特的工程特点,对施工技术和安全管理提出了更高要求。因此,研究此类工程的施工关键技术,对于提高水利工程建设质量和效益具有重要意义。

1 工程概况

本文以某引水工程为例,该工程坐落于地形错综复杂的山区地带,面临着极为严苛的施工环境。该工程由多个关键构筑物组成,其中,输水隧洞作为核心部分,其总长度达到了23.3公里,单个隧洞最长6公里,展现出相当规模的工程体量。隧洞的设计断面尺寸为4.15米宽乘以4.95米高,这样的空间尺度在水利工程中属于相对狭窄的范畴。隧洞穿越的围岩主要以凝灰熔岩为主,这种地质特性为施工带来了不小的挑战。更为复杂的是,隧洞路径穿越了多种地质构造区域,这使得施工过程中的地质条件变得极为复杂多变,施工难度陡增,成为了整个工程项目中最为棘手和关键的部分。

2 施工难点深度剖析

2.1 施工空间局限性显著

由于隧洞断面尺寸相对较小,直接导致了施工空间的极度受限。在这种狭小的空间内,大型机械化施工设备难以施展,无法有效进入洞内进行作业。因此,施工团队不得不依赖于人工操作和小型机械设备来完成各项施工任务。这种施工方式不仅效率低下,还大大增加了施工人员的劳动强度,对工程进度和成本控制构成了严峻挑战。

2.2 通风与排烟问题突出

长距离隧洞的施工过程中,通风与排烟问题成为了又一重大难题。随着隧洞的不断延伸,通风效果逐渐减弱,洞内空气质量迅速恶化。特别是在进行爆破作业或

产生大量粉尘的施工环节时,有害气体和粉尘的积聚会对施工人员的健康和生命安全构成严重威胁^[1]。因此,如何有效解决长距离隧洞施工中的通风与排烟问题,确保洞内空气流通,成为了施工团队必须面对并克服的难关。

2.3 地质条件复杂多变,安全风险高

隧洞穿越的地质构造复杂多样,围岩的稳定性极差,这极大地增加了施工过程中的不确定性和安全风险。在隧洞掘进过程中,随时可能遭遇坍塌、突水等严重的地质灾害,这些灾害不仅会对施工进度造成严重影响,更可能危及施工人员的生命安全。因此,如何准确判断地质条件,采取有效的支护和防护措施,确保施工安全,成为了施工团队必须高度重视并妥善解决的问题。

3 小断面长距离水工隧洞施工关键技术

3.1 通风技术

3.1.1 通风技术面临的挑战与难点

小断面长距离水工隧洞的施工环境极为特殊,其通风技术难点主要体现在以下几个方面:隧洞断面狭小,使得空气流通空间受限,通风量难以达到理想状态。同时,施工机械、运输车辆等设备的占位进一步压缩了有效通风空间,加剧了通风难度。长距离隧洞意味着空气在流动过程中需要克服更大的阻力,特别是在隧洞转弯、变径或存在障碍物的情况下,通风阻力更是显著增加。隧洞内的施工活动,如爆破、挖掘等,会产生大量粉尘和有害气体,对通风效果造成严重影响。同时,这些活动还可能破坏通风设施,增加维护成本。

3.1.2 通风方案设计

针对小断面长距离水工隧洞通风技术的难点,设计方案需充分考虑实际施工条件,确保通风效果的同时,也要兼顾经济性和可操作性。根据隧洞的长度和施工进度,将隧洞划分为若干个施工段,每个施工段实施单独的通风策划。这样不仅可以减少通风阻力,还能根据实际需要灵活调整通风量,提高通风效率。采用管道压入

式通风,即利用风机将新鲜空气通过管道压入隧洞内,形成正压通风。这种通风方式能够有效克服隧洞内的通风阻力,确保空气流通。在必要时,可增加局扇以增强通风效果,特别是在施工活动密集或通风条件较差的区域。在有限的空间内,风筒直径的选择至关重要。直径过大会增加风阻,降低通风效率;直径过小则无法满足通风量的需求。因此,应根据隧洞的断面尺寸、施工机械占位以及通风量需求等因素,综合考虑选择适当直径的风筒。对于长距离通风,单台风机往往难以满足通风量的需求。因此,应采用多台风机串联使用,以确保足够的通风量。同时,要根据风机的性能和隧洞的长度,合理布置风机的位置和数量,实现最优的通风效果。

3.1.3 通风设备的安装、维护与管理

风管作为通风的主要通道,其安装质量直接影响通风效果。风管应保持平顺,截面一致性良好,避免出现弯曲、破损等情况。对于破损处,应使用专用胶水进行粘结,确保风管的密封性。同时,要定期检查风管的完好情况,及时更换损坏的风管。送风口的位置和距离对通风效果有着重要影响。一般来说,送风口应设置在离掌子面一定距离的位置(大于15m),以确保施工人员能够呼吸到新鲜空气。在接力通风时,后面的风机供风量应大于前面的风机供风量,以确保空气能够持续流动。同时,送风口之间的间隔距离也应合理设置(以30~50m为佳),避免出现过大的通风盲区。风机作为通风系统的核心设备,其运行状态直接影响通风效果^[2]。因此,要定期对风机进行检查和维护,包括清理风机叶片上的灰尘、检查电机运转情况、更换损坏的部件等。同时,要建立风机运行记录制度,及时发现并处理风机运行过程中的异常情况。在通风设备安装和使用过程中,要严格遵守安全操作规程,确保施工人员的安全。特别是在进行爆破作业时,应取下最端头的一节风管以防止被炸坏,并采取相应的防护措施保护风机和其他通风设备。同时,要加强施工人员的安全教育和培训,提高他们的安全意识和操作技能。

3.2 光面爆破技术

3.2.1 钻孔与装药

在光面爆破技术中,钻孔与装药是至关重要的两个环节。钻孔的质量直接影响爆破效果,因此必须根据围岩的岩性、地下水活动以及节理裂隙发育情况等因素,综合考虑确定周边眼的间距和最小抵抗线。一般来说,在小断面长距离水工隧洞施工中,周边眼的间距和最小抵抗线均设定为60cm,这一数值既保证了爆破的威力,又避免了过度破坏围岩。钻孔完成后,装药环节同样不

容忽视。为了确保爆破的均匀性和效果,应采用空气间隔装药结构。这种结构通过在药卷之间设置空气间隔,使得爆炸能量能够更均匀地分布在围岩中,避免局部能量过大导致围岩破裂或飞散。同时,药卷之间采用导爆连接,确保爆炸波能够顺序传递,形成连续的爆破效果。在实际施工中,为了提高装药效率,通常采取集中装药的方法,即先将所有药卷装配好,再一次性送入炮眼内。

3.2.2 炮眼布置与爆破顺序

炮眼的布置是光面爆破技术中的另一关键环节。合理的炮眼布置能够确保爆破能量在围岩中的均匀分布,减少不必要的能量损失和围岩损伤。在布置炮眼时,应遵循以下原则:周边眼应沿开挖轮廓线布置,以确保爆破后隧洞轮廓的平整度和光滑度。掏槽眼应位于断面中央,这是爆破的起点,也是爆破能量释放的关键位置。通过合理布置掏槽眼,可以引导爆破能量向四周均匀扩散。辅助眼应均匀分布在掏槽眼和周边眼之间,起到补充和传递爆破能量的作用。通过合理布置辅助眼,可以进一步优化爆破效果,减少围岩损伤。此外,在布置炮眼时还需注意炮眼方向的选择。为了避免爆破能量沿岩层走向传播导致岩层剥落或滑坡等安全隐患,炮眼方向应确保不与岩层走向平行。在确定了炮眼布置后,爆破顺序的制定同样重要。一般来说,爆破顺序应遵循先中心掏槽眼后周边眼的原则。通过先引爆掏槽眼,可以形成初步的爆破空间,为后续爆破提供有利的条件^[3]。随后引爆周边眼和辅助眼,使爆破能量在围岩中均匀分布,达到预期的爆破效果。为了确保爆破的顺利进行和效果的最优化,上下炮眼应均匀分布,避免出现局部能量过大或过小的情况。同时,在爆破后应及时检查爆破效果,根据监测数据调整爆破参数。通过不断总结经验教训和优化爆破方案,可以进一步提高光面爆破技术的施工效率和质量水平。

3.3 砂浆锚杆施工技术

3.3.1 钻孔与注浆

钻孔是砂浆锚杆施工的第一步,也是至关重要的一步。在小断面长距离水工隧洞中,由于空间狭小、地质条件复杂,钻孔作业面临着诸多挑战。为了确保钻孔的准确性和效率,通常采用YT28凿岩机进行钻孔施工。这种凿岩机具有功率大、钻孔速度快、操作简便等优点,能够满足隧洞施工中的各种钻孔需求。在钻孔过程中,应根据设计要求和地质条件,合理选择钻孔直径和深度。一般来说,砂浆锚杆的钻孔直径应略大于锚杆的直径,以确保锚杆能够顺利插入孔内。同时,钻孔深度也

应满足设计要求,以确保锚杆能够深入围岩,提供足够的支护力。注浆是砂浆锚杆施工中的另一关键环节。注浆工艺的选择应根据锚杆布置位置的不同而有所区别。在拱部位置,由于空间较为开阔,且需要承受较大的压力,因此采用双管排气注浆法。这种方法通过两根注浆管同时注浆,一根管用于注入砂浆,另一根管用于排气,确保砂浆能够充满整个锚杆孔,并排出孔内的空气和杂质。在侧墙位置,由于空间相对狭小,且注浆量相对较小,因此采用单管注浆法。这种方法只使用一根注浆管进行注浆,操作简便,效率较高。注浆设备的选择也至关重要。为了确保注浆的质量和效率,通常采用专用高压注浆泵进行注浆。这种注浆泵具有压力大、流量稳定、操作简便等优点,能够满足隧洞施工中的各种注浆需求。在注浆前,还应对锚杆孔进行高压风清洗,以确保孔内无石粉、杂质等干扰注浆效果的因素。在注浆过程中,应严格控制注浆压力和注浆量。注浆压力应适中,既要确保砂浆能够充分渗入围岩裂隙中,又要避免压力过大导致围岩破裂或锚杆弯曲。注浆量也应根据设计要求进行严格控制,确保每一根锚杆都能够得到充足的砂浆灌注。

3.3.2 锚杆安装与固定

锚杆的安装与固定是砂浆锚杆施工中的最后一步,也是至关重要的一步。在安装锚杆前,应首先检查锚杆的材质、规格等是否符合设计要求。同时,还应对锚杆进行外观检查,确保无裂纹、锈蚀等缺陷。安装锚杆时,应使用比浆塞进行塞入。比浆塞是一种专用的锚杆安装工具,它能够确保锚杆在插入孔内的过程中保持垂直和稳定。在塞入比浆塞时,应轻轻敲打比浆塞的端部,使其逐渐深入孔内。同时,还应注意控制敲打的力度和频率,避免对比浆塞或锚杆造成损伤。在锚杆安装完成后,应及时进行注浆固定。注浆时,应确保排气管插入锚杆孔底,以便排出孔内的空气和杂质。注浆过程中应持续进行,直到砂浆从排气管中溢出为止。这表示砂浆已经充满了整个锚杆孔,并且已经将锚杆牢固地固

定在围岩中。在注浆未出浆前,不得停止注浆,以确保注浆的连续性和完整性。待砂浆达到一定强度后,可以从后方拔出比浆塞。拔出比浆塞时应轻轻旋转并缓慢拔出,避免对比浆塞或锚杆造成振动或损伤。拔出比浆塞后,还应检查锚杆的牢固程度^[4]。如果发现锚杆有松动或位移等现象,应及时进行处理,确保锚杆的稳定性和支护效果。除了上述基本操作外,还应注意以下几点细节问题:首先,在注浆过程中应定期检查注浆设备的运转情况,确保设备处于良好状态;其次,在锚杆安装和固定过程中应严格遵守安全操作规程,确保施工人员的安全;最后,在施工完成后还应对砂浆锚杆进行质量检查和验收,确保其符合设计要求和相关标准。

结语

小断面长距离水工隧洞施工环境复杂,技术挑战颇多。然而,通过深入探索与实践,合理的通风方案,可以有效解决隧洞通风难题;同时,光面爆破技术的精准应用,大幅提升了施工效率与围岩稳定性;此外,砂浆锚杆施工技术的不断优化,为隧洞提供了坚实的支护保障。本研究通过探讨关键技术,为同类工程积累了宝贵经验,对施工效率、质量及工程安全的提升均具有重要指导意义,为未来水工隧洞建设奠定了坚实基础。

参考文献

- [1]李龙.小断面长距离水工隧洞施工技术分析[J].农业科技与信息,2021,(08):124-125+128.
- [2]徐贺彪,岩溶富水地质小断面长距离隧洞施工关键技术研究.浙江省,中交水利水电建设有限公司,2022-09-15.
- [3]肖广,李晨俊,白磊,等.中小断面长距离水工隧洞施工通风关键技术研究[C]//《施工技术(中英文)》杂志社,亚太建设科技信息研究院有限公司.2022年全国工程建设行业施工技术交流会论文集(中册).云南建投第一水利水电建设有限公司;,2022:3.
- [4]范志峰.小型水工隧洞开挖施工技术要点浅析[J].四川水泥,2023,(07):198-200.