

小断面引水隧洞钻爆法施工关键技术

丁有恒

山西东山水务集团有限公司 山西 太原 030002

摘要: 小断面引水隧洞施工面临空间受限等挑战, 施工技术要求高。爆破参数需综合地质等因素优化, 实现精准爆破。开挖作业中, 钻孔要选小型设备、构建定位机制; 出渣选小型设备、规划路线、采用流水线模式; 工序衔接要构建高效机制、合理调配资源。支护加固分初期、二次衬砌及特殊地段, 分别采取相应措施。施工通风采用压入式, 建立维护制度; 排水依地下水情况构建系统, 选合适设备。同时, 通风与排水系统要协同优化, 合理规划布置、动态调整参数、加强联动管理, 保障施工安全高效推进。

关键词: 小断面引水隧洞; 钻爆法; 关键技术

引言: 小断面引水隧洞施工面临空间受限、地质条件复杂等诸多挑战, 施工技术的合理运用至关重要。爆破作业作为核心环节, 其参数优化关乎开挖质量与围岩稳定; 开挖作业控制中, 钻孔、出渣精度及工序衔接紧密性影响施工效率; 支护加固技术从初期支护、二次衬砌到特殊地段支护, 保障施工安全与隧洞长期稳定; 施工通风与排水技术则为施工人员营造安全健康环境, 且二者协同优化是营造良好施工环境的关键。以下将详细阐述各项施工技术要点。

1 爆破参数优化技术

在小断面引水隧洞钻爆法施工体系里, 爆破作业占据核心地位, 而爆破参数的合理性, 更是直接关乎开挖质量、围岩稳定性以及施工效率, 是整个施工过程中不容忽视的关键环节。(1) 小断面隧洞独特的空间特性, 使其断面尺寸相对狭小, 这给爆破作业带来了诸多棘手挑战。由于空间受限, 爆破产生的能量无法像在大断面隧洞中那样充分释放。在爆破瞬间, 能量在狭小空间内迅速积聚, 极易引发一系列不良后果。超欠挖现象便是其中之一, 超挖会使不必要的开挖工程量增加, 导致混凝土回填量上升, 进而提高工程成本; 欠挖则会影响隧洞的断面尺寸, 给后续的衬砌施工造成困难, 降低工程质量。此外, 围岩破碎问题也较为突出, 过度的爆破能量会过度扰动围岩, 破坏其完整性, 降低围岩的自稳能力, 增加支护难度和施工安全风险。(2) 针对小断面引水隧洞的这些特点, 对爆破参数进行针对性优化势在必行。优化过程需综合考量隧洞的地质条件、断面尺寸、周边环境等多种因素。通过理论计算, 为参数确定提供科学依据; 开展现场试验, 检验参数在实际施工中的适用性; 总结经验教训, 不断完善参数设置。精确确定炸药单耗、炮孔间距、排距、最小抵抗线等关键参

数。(3) 通过优化爆破参数, 能够实现精准爆破, 让爆破能量在隧洞开挖过程中得到合理分配与有效利用。如此一来, 在保证开挖质量的前提下, 可最大限度地减少对围岩的扰动, 提高施工效率, 确保小断面引水隧洞施工安全、顺利地推进, 为整个工程的成功实施奠定坚实基础^[1]。

2 开挖作业控制技术

2.1 钻孔作业控制

钻孔精度作为确保爆破效果的基础要素, 在小断面隧洞施工中尤为重要。(1) 小断面隧洞的作业空间极为狭小, 这给钻孔设备的移动与精准定位带来了极大困难, 极易引发钻孔偏斜、孔深不达标(不足或超标)等质量问题。(2) 为应对这些难题, 施工中应优先选用小型化且灵活性出众的钻孔设备, 像手持式凿岩机或者小型台车, 这类设备能更好地适应狭小空间的作业需求。同时, 构建一套完善的钻孔定位导向机制不可或缺, 可借助激光定位仪辅助确定钻孔方向与深度, 保证炮孔的位置、角度、深度严格契合设计要求。(3) 还需依据不同的围岩类别, 科学合理地调整钻孔间距和排距, 防止因钻孔偏差造成爆破能量分布不均。并且, 要强化钻孔过程中的质量巡检工作, 安排专业人员实时监督, 一旦发现钻孔偏差, 立即进行纠正, 保证每一个炮孔都能满足爆破设计标准, 为后续的爆破作业奠定坚实基础。

2.2 出渣作业优化

在小断面引水隧洞施工中, 出渣作业面临着空间受限的难题, 出渣设备的合理选型以及科学规范的作业流程, 对出渣效率有着至关重要的影响。(1) 考虑到小断面隧洞的特殊空间状况, 应优先选用小型化出渣设备, 像小型装载机、侧卸式矿车等。这类设备体积小, 能有效降低对作业空间的占用, 在狭小的隧洞内灵活作

业。同时,要对出渣路线进行精心规划,在隧洞内合理设置会车点和避让空间,防止出渣设备在作业过程中出现拥堵现象,保障出渣作业的顺畅进行。(2)采用“钻孔-爆破-出渣”流水线作业模式,明确每个环节的作业时间,实现爆破后迅速出渣,最大程度减少工序之间的间隔时间。此外,加强出渣设备的日常维护保养工作,确保设备始终处于稳定运行状态,提升出渣作业的连续性。在出渣过程中,还需对隧洞底板进行平整处理,降低设备行驶阻力,进而进一步提升出渣效率,保障整个施工进程的高效推进。

2.3 工序衔接协调

在小断面引水隧洞施工过程中,各工序之间的衔接极为紧密,犹如精密齿轮相互咬合,任何一个环节出现延误,都极有可能像多米诺骨牌效应一样,对整体施工进度产生连锁性的负面影响。(1)为保障施工高效推进,必须构建一套高效的工序衔接机制。要精准明确每一道工序的作业时间以及衔接节点,确保钻孔、爆破、出渣、支护等关键工序能够实现无缝对接。例如,在爆破作业圆满完成且完成通风排烟后,需迅速组织出渣作业,避免因等待而浪费时间;出渣至指定位置后,要立刻转入支护作业,防止围岩长时间暴露而降低稳定性。(2)要依据各工序的作业强度,合理调配施工人员与设备,实现资源的动态优化配置,保证各工序能够协同共进。此外,加强现场调度管理至关重要,建立详细的工序衔接台账,实时跟踪各工序的进展情况,一旦发现工序衔接过程中出现问题,及时采取有效措施加以解决,从而保障整个施工流程的顺畅无阻^[2]。

3 支护加固技术

3.1 初期支护技术

在小断面引水隧洞施工中,初期支护是保障围岩稳定、确保施工安全的关键环节,必须在开挖后迅速开展,及时封闭围岩,有效阻止围岩初期变形,防止其进一步劣化。针对小断面隧洞,常用的初期支护方式涵盖喷射混凝土、锚杆支护以及钢拱架支护等。在实际应用中,需依据围岩的稳定性状况,科学合理地选用单一支护形式或者组合支护形式。在喷射混凝土施工时,要精心挑选干喷或湿喷工艺,严格把控混凝土强度和密实度。喷射过程中,务必保证均匀连续,全面覆盖整个围岩表面,杜绝出现空洞和裂缝等质量缺陷。锚杆支护方面,要根据围岩具体情况,精准确定锚杆长度、间距以及布置方式,并且确保锚杆安装牢固,与围岩紧密贴合,充分发挥其锚固作用。对于稳定性欠佳的围岩,可采用钢拱架与喷射混凝土、锚杆组合支护,钢拱架需准

确就位,其与围岩之间的间隙要用混凝土填充密实,以此提升支护结构的整体承载能力。

3.2 二次衬砌加固

二次衬砌作为小断面引水隧洞实现长期稳定运行的关键保障,其施工时机把控至关重要,需在初期支护顺利完成且围岩变形基本趋于稳定之后方可开展。(1)二次衬砌材料通常选用性能优良的混凝土。在施工环节,要严格保证混凝土配合比的合理性,这是确保衬砌质量的基础。考虑到小断面隧洞的空间特点,选用小型模板台车进行衬砌施工,能有效提升衬砌表面的平整度,同时提高施工效率。模板台车安装时务必精准定位,保证衬砌厚度严格符合设计要求,模板接缝处要紧无缝,防止出现漏浆情况,影响衬砌质量。(2)混凝土浇筑过程中,应采用分层振捣的方式,确保混凝土内部密实度达标。浇筑完成后,要及时进行养护作业,精准控制养护的温度和湿度,防止混凝土因干缩等原因出现裂缝。对于围岩压力较大的特殊区段,可在二次衬砌中合理增设钢筋,增强衬砌结构的抗荷载能力,保障隧洞在长期使用过程中的安全性与稳定性。

3.3 特殊地段支护措施

在小断面引水隧洞施工过程中,不可避免地会遭遇破碎带、软弱夹层等特殊地段,这些地段的围岩稳定性差,极易引发坍塌等安全事故,因此必须采取针对性的强化支护措施。(1)在破碎带地段,超前小导管注浆加固技术是行之有效的手段。施工前,需提前对围岩进行注浆处理,以此提升围岩的整体性和稳定性。超前小导管的布置要科学合理,依据围岩实际情况确定间距、长度和角度。注浆材料一般选用水泥浆或水泥砂浆,注浆过程中要严格把控注浆压力和注浆量,确保浆液充分填充围岩孔隙,实现对破碎围岩的有效加固。(2)对于软弱夹层地段,应遵循“短开挖、快支护”的施工原则,缩短开挖循环进尺,减少围岩暴露时间。同时,增加支护结构的密度和强度,例如加密锚杆,使锚杆能更有效地锚固围岩;增设双层钢拱架,增强支护结构的整体承载能力,确保支护结构能够切实抵御围岩压力,保障隧洞施工安全^[3]。

4 施工通风与排水技术

4.1 施工通风技术

施工通风对于小断面引水隧洞施工而言至关重要,其核心任务在于及时有效地排出爆破产生的炮烟以及施工过程中产生的粉尘,同时引入新鲜空气,为施工人员创造安全、健康的作业环境。(1)鉴于小断面隧洞的空间特点,通常采用压入式通风方式。选用小型轴流风

机,借助风管将新鲜空气精准输送至隧洞作业面,同时把炮烟和粉尘排出洞外。风机的选型需综合考量隧洞长度、断面尺寸以及作业人员数量等因素,确保通风量能够满足实际需求。风管的布置也需科学合理,尽可能减少弯曲次数,降低通风阻力,提升通风效率。(2)通风系统要建立定期检查和维修制度,及时清理风管内积聚的粉尘,保证风管畅通无阻。在爆破作业完成后,要适当延长通风时间,待隧洞内空气质量经检测达标后,施工人员方可进入作业面。此外,在作业面附近设置粉尘监测设备,实时动态监测粉尘浓度,确保施工环境始终符合安全标准。

4.2 施工排水技术

在小断面引水隧洞施工中,施工排水是保障工程顺利推进的关键环节。需依据隧洞所处区域的地下水实际情况,精心构建科学合理的排水系统,及时有效地排出洞内外地下水,防止其积聚对施工造成不利影响。(1)针对小断面隧洞的特点,可采用集水明排与井点降水相结合的排水方式。在隧洞内合理设置排水沟,使地下水能够顺畅地汇集至集水井,再借助小型潜水泵等抽水设备,将积水排出洞外。对于地下水较为丰富的地段,可在隧洞开挖前沿预先设置井点降水设施,提前降低地下水位,大幅减少开挖过程中的涌水量。(2)抽水设备的选型至关重要,必须确保其排水能力能够满足实际涌水量的要求。排水系统建成后,要建立定期检查和维修制度,及时清理排水沟和集水井内的淤泥,保证排水畅通无阻。同时,加强地下水监测工作,实时掌握地下水位的变化情况,以便根据实际情况及时调整排水方案,确保施工安全与进度。

4.3 通风与排水系统协同优化

在小断面引水隧洞施工过程中,通风与排水系统的协同高效运作,是营造优质施工环境、保障工程顺利推进的核心要点。(1)科学合理的布局规划是二者协同的基础。为防止通风风管和排水管道相互干扰,需依据隧洞的实际结构与施工需求,精准规划其布置位置。例

如,将风管和排水管道分别安置于隧洞的两侧,最大程度降低管道交叉的可能性,减少空间占用,使通风和排水系统都能在最优状态下独立运行,避免因布局不当导致的效率降低或故障频发。(2)依据施工进度动态调整运行参数是关键。在开挖循环高峰期,围岩受到较大扰动,产尘量显著增多,涌水量也可能增大。此时,需及时增加通风量,利用高效通风设备快速排出炮烟和粉尘,改善空气质量;同时,提高排水功率,确保积水能够及时排出,维持施工环境的干燥与稳定。(3)加强联动管理不可或缺。建立完善的设备运行台账,详细记录通风与排水设备的运行状况。借助实时监测和数据分析技术,及时发现系统运行中的故障与问题,并迅速采取措施解决,保证通风与排水系统始终紧密协同,为小断面隧洞施工提供可靠保障^[4]。

结束语

小断面引水隧洞施工涵盖爆破参数优化、开挖作业控制、支护加固、通风与排水等多方面技术。从精准爆破实现高效开挖,到钻孔、出渣及工序衔接的精细把控;从初期、二次衬砌及特殊地段支护保障围岩稳定,到通风排水系统营造安全施工环境,再到二者协同优化确保运行高效。这些技术相互关联、协同作用,共同构建起小断面引水隧洞施工的完整技术体系。在实际施工中,需严格遵循各项技术要求,依据实际情况灵活调整,如此方能确保施工安全、质量与进度,实现小断面引水隧洞工程的高质量建设与稳定运行。

参考文献

- [1]姬二通,刘莹.秦岭山脉小断面长距离引水隧洞独头掘进施工技术[J].地下水,2024,46(05):343-345.
- [2]刘海波.山区长距离小断面引水隧洞施工技术研究[J].工程建设与设计,2023,(15):168-171.
- [3]苏兴彬,李艳梅,蓝天缘,等.长距离小断面引水隧洞施工技术[J].广西水利水电,2022,(06):51-53+67.
- [4]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(8):124-125,128.