

灌区工程引水隧洞施工技术研究

薛占云

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450001

摘要: 灌区工程是国家农业发展的基石,而引水隧洞作为其中的关键环节,对于确保灌溉水源的稳定供应具有重要意义。本文将从施工技术角度出发,深入探讨灌区工程引水隧洞的施工方法、关键技术难题及其解决方案,旨在为相关工程提供详尽的技术指导和参考。

关键词: 灌区工程; 引水隧洞; 施工技术; 质量控制; 安全管理

引言

随着我国农业现代化的推进,灌区工程在保障粮食安全、促进农业可持续发展方面发挥着越来越重要的作用。引水隧洞作为灌区工程中的核心组成部分,其施工技术的优劣直接关系到整个工程的稳定性和运行效率。因此,本文将针对引水隧洞施工技术展开深入研究,以期提升灌区工程质量贡献力量。

1 灌区工程引水隧洞施工技术概述

灌区工程引水隧洞施工技术,是指在水利工程建设中,为实现从一个地区向另一个地区有效引水而专门开挖隧洞所采用的一系列专业施工技术。这一技术不仅涉及传统的土木工程知识,还需综合地质勘探、水文学、结构力学等多个学科的理论与实践。在施工过程中,首先要对地质条件进行全面勘探,确保隧洞线路的合理性与安全性。随后,根据地质情况选择适宜的开挖方法,如钻爆法、盾构法、悬臂掘进法等,并配备相应的支护措施以防坍塌。此外,洞内衬砌技术也是关键,它关系到隧洞的使用寿命和水流的顺畅性。整个施工过程中,还需严格控制施工质量,确保每一道工序都符合设计要求,从而保障引水隧洞的安全稳定运行。

2 灌区工程引水隧洞关键施工技术深入研究

2.1 施工工艺流程

2.1.1 一般洞段机械全断面开挖

施工流程涵盖从测量放样精准定位,到掘进机高效掘进与自卸车无缝配合出渣,随后是通风除尘确保洞内空气质量,安全检查与及时处理隐患,接着进行初期支护稳固洞室结构,最终进入下一循环作业。每一步骤紧密相连,确保施工高效有序。

2.1.2 不良地质洞段开挖

面对断层破碎带等复杂地质,施工流程增设超前锚杆、注浆小导管等方式预支护,以短进尺、强支护为原则,掘进与出渣后紧跟通风除尘、安全检查与安全处

理,初期采用喷射混凝土快速封闭,随后设置钢支撑、系统锚杆、喷射混凝土加强支护,形成稳固支护体系,保障施工安全与质量,顺利推进至下一循环^[1]。

2.2 悬臂式掘进机开挖施工方法

2.2.1 开挖原则

采用自下而上开挖方式,结合自卸汽车高效运输,确保开挖进度与安全。及时封闭开挖面并施做初期支护,同时强化隧洞监控量测,保障施工安全与质量。针对不良地质,遵循“短进尺、强支护、早封闭、勤量测”原则,灵活调整循环进尺。掘进机电力由专用变压器及升压器稳定供给,确保设备高效稳定运行。

2.2.2 开挖方法

采用掘进机进行作业,主要包括电气操作和掘进作业。电气操作涉及电源开关、信号报警、油泵、截割电机和二运电机的启动与停止,需严格按顺序进行,并确保安全。掘进作业则包括油泵电机启动、运输机、星轮、截割头的操作等,通过精确控制手柄实现各种动作,如行走、铲板升降、运输机正反转、截割头进给和伸缩等。在截割过程中,根据岩石的硬度选择合适的截割方法,如左右循环向上截割或由下而上左右截割。遇到硬岩时,应谨慎处理,避免勉强截割。同时,掘进时应控制粉尘,通过开启截割头外喷雾和内喷雾阀门,实现内外喷雾同时使用,降低粉尘浓度。出渣过程由星形铲板和第一运输机完成,将石渣运至掘进机尾部,由自卸车运出洞外。开挖出渣完成后,安全人员进行安全检查,处理挂渣、险石等隐患,并及时报告和地质原因造成的塌方。对于围岩破碎的洞段,及时进行混凝土喷射、锚杆、挂网等支护施工,保证洞室稳定。开挖支护后,加强安全检查,进行岩石收敛观测,确保围岩稳定。对已开挖洞壁也进行安全检查,布设变形观测仪器,派专人监测和分析,发现异常立即发出警告并采取处理措施。如需加强支护,可采用钢支撑确保洞身、人

身及设备安全^[2]。

2.3 支护施工方法

2.3.1 洞脸及进出口段开挖支护施工方法

隧洞进出口段采用特定规格的锚杆进行锁口施工，锚杆选用 $\phi 25$ ，长度6m，外倾角设置为 $5\sim 10^\circ$ ，平行于洞轴线方向，并沿洞脸周边布置两排，排距与间距均为50cm。进出口20m范围内设为加强段，根据围岩稳定情况，顶拱 180° 范围内采用砂浆锚杆施工，锚杆规格为 $\phi 22$ ，长2m，间排距设置为 $1\times 1\text{m}$ 。洞脸锁口锚杆呈梅花形布置。具体如下图所示：

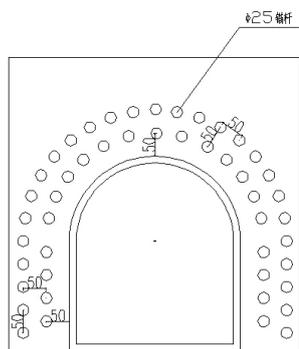


图1 洞脸锁口锚杆立面示意图

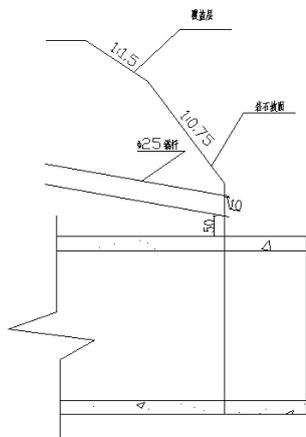


图2 洞脸锁口锚杆剖面示意图

2.3.2 洞身段支护施工方法

①锚杆施工。洞身段支护主要采用砂浆锚杆进行施工，锚杆长度为2.0m，直径为 $\Phi 22$ 。施工工艺为先注浆后插锚杆，具体流程包括岩面清理、测量布孔、钻孔、清孔、材料设备就位以及锚杆安装等步骤。在施工前，需先用撬棍或高压风枪清理岩壁上的松动石块和浮渣，确保施工安全。随后，根据设计开挖支护图，由测量人员在现场标出每个系统锚杆的孔位。钻孔时，根据设计图纸要求的孔径选用相应的钻头，采用YT28型手风钻或锚杆钻机进行，同时确保锚杆孔距和孔深的允许偏差均在规定的范围内，锚杆孔轴线与设计轴线的偏差不应大于

3%。钻孔结束后，用高压风清理干净孔壁，孔内不得残留废渣、岩粉，并经过现场监理工程师验收合格后方可进入下一道工序。随后，将锚杆、砂浆等材料与设备运至施工作业面并具备作业条件。在锚杆安装过程中，采用“先注浆后插杆”工艺，注浆完成后应立即将锚杆杆体插入孔内，并在砂浆终凝前不得进行敲击、碰撞或拉拔等操作。

②喷混凝土施工。喷混凝土施工时，需先将混凝土骨料在拌合系统中均匀拌合，然后利用自卸汽车运至受喷面附近，再通过混凝土喷射机进行喷射。施工前需通过室内和现场试验选定符合图纸要求的喷射混凝土配合比，并报送监理工程师审批。施工前，需对受喷面进行充分准备，包括清除浮石、石渣等杂物，处理光滑岩面，搭设稳定工作平台，用高压风枪清理受喷面等。同时，还需在受喷岩石表面预埋控制喷射混凝土厚度的标志，对有较大山体裂隙渗水的开挖边坡面，应提前安装排水管进行引排。喷射混凝土作业应分段分片依次进行，自下而上采取螺旋形轨迹进行喷射。一次喷射厚度一般控制在5cm左右，且后一层应在前一层混凝土终凝后进行。为了减少回弹量，提高喷射质量，需保持喷头与受喷面垂直，喷距控制在0.6m~1.0m范围内。施工完成后，需进行喷水养护，养护时间不得少于7天。最后，需及时拆除设施、封闭金属露头并彻底清理回弹材料，做到“工完、料净、场地清”。

③挂网施工。挂网施工主要利用锚杆或插筋来固定钢筋网。钢筋网需按照开挖面的形状进行铺设，并在岩面先喷射一层混凝土后再进行安装。安装时，需确保钢筋网与壁面保持3~5cm的距离。在有锚杆的部位，挂网应通过焊接或使用钢垫片、螺母（此时锚杆尾部需加工成25cm长的螺纹）的方式固定在锚杆尾部。之后，人工进行整理平整，使其紧贴初喷层，再采用喷射混凝土进行覆盖，确保钢筋网混凝土保护层厚度不小于20mm。钢筋网片在加工厂制作后，运至洞口并进行洞内运输与安装^[1]。

④钢支撑施工。钢支撑由工14的工字钢在加工场分节冷弯或割、焊接而成，每节两端焊接连接钢板，并编号堆放。主要针对V类围岩采取钢拱架支护，根据现场实际围岩地质情况确定安装间距。安装时，其底部必须放置于坚硬岩石上并设支撑钢板，节间连接钢板采用螺栓连接并焊接牢固。纵向连接钢筋与钢拱架满焊，并与固定锚杆点焊连接。喷砼时，需确保拱架间达到设计厚度并完全覆盖纵向连接筋和拱架。钢支撑附件均应采用钢板或型钢制成，并与钢支撑焊牢。钢支撑之间应采用钢筋网（或钢丝网）制成挡网，牢固连接以防止岩石掉块。钢支撑在加工场按1:1比例放样制作，经预拼装、

验收合格后备用。由平板车运到工作面，人工安装，采用锚杆或锚筋进行固定，并确保钢支撑与岩面之间楔紧、连接牢固，空隙需喷混凝土充填密实。

3 灌区工程引水隧洞施工技术的应用策略

3.1 制定详细的施工计划和质量控制标准

在灌区工程引水隧洞施工中，制定详尽的施工计划和严格的质量控制标准是至关重要的。这涉及对整个施工流程的细致规划，包括洞口开挖、洞身掘进、洞内支护以及洞内衬砌等核心环节。施工计划应明确各阶段的施工顺序、时间节点以及所需资源，确保工程能够高效、有序地进行。同时，质量控制标准的制定是保障工程质量的关键。这包括对各施工环节的质量要求和验收标准的明确规定。例如，在洞口开挖阶段，应设定开挖精度和稳定性的具体要求；在洞身掘进过程中，需明确掘进方向、坡度控制以及掘进设备的维护保养标准；对于洞内支护和衬砌，应规定材料选择、施工工艺和最终验收的详细准则。通过这些细化的质量控制标准，可以有效确保每一个施工环节都符合预期的质量要求，从而提升整个引水隧洞工程的可靠性和耐久性。

3.2 定期对施工现场进行检查和抽样检测

为确保灌区工程引水隧洞施工的质量，必须定期对施工现场进行全面细致地检查和抽样检测。这一措施旨在及时发现潜在的质量问题，并迅速采取纠正措施，从而保障工程的整体质量。在检查过程中，应重点关注施工现场的安全管理、施工工艺的执行情况、材料的质量控制以及工程进度的符合性等方面。通过实地查看、记录分析与与施工人员的沟通交流，可以深入了解施工现状，并发现可能存在的问题。此外，抽样检测是评估工程质量的重要手段。它涉及对施工材料、构件以及已完成工程部分的性能进行测试和评估。例如，可以对混凝土强度、钢筋质量、支护结构的稳定性等进行抽样检测，以确保这些关键要素符合设计要求和质量标准。通过定期的检查和抽样检测，不仅可以及时识别并纠正施工中的质量问题，还能为后续的工程验收和维护提供有力的数据支持。这一环节对于保障引水隧洞施工的质量至关重要，必须严格执行，确保每一个细节都符合专业标准和工程要求。

3.3 加强对施工人员的技能培训和安全教育

技能培训方面，应针对引水隧洞施工的特点和难点，制定详细的培训计划。培训内容应包括洞口开挖、洞身掘进、洞内支护、洞内衬砌等关键技术环节的操作方法和注意事项。通过理论讲解、现场演示、实操练习等多种方式，确保施工人员能够熟练掌握各项技能，提

高施工效率和质量。安全教育方面，应重点强调施工现场的安全规范和操作规程。施工人员必须了解并遵守各项安全制度，如佩戴安全防护用品、正确使用施工设备、遵守作业程序等。同时，应定期组织安全知识讲座和应急演练，提高施工人员在紧急情况下的自救互救能力。此外，还应建立施工人员技能和安全知识的考核机制，对不合格者进行再培训，直至达到要求。通过持续不断的技能提升和安全意识强化，可以显著降低施工过程中的安全风险，提高工程质量，确保引水隧洞施工的顺利进行。

3.4 配备完善的安全设施和应急救援设备

在灌区工程引水隧洞施工中，安全始终是首要考虑的因素。为了确保施工现场的安全以及应对可能发生的紧急情况，必须配备完善的安全设施和应急救援设备。首先，安全设施的设置至关重要。这包括但不限于安全警示标识、防护栏杆、安全网等。安全警示标识应醒目、清晰，用以提醒施工人员注意安全风险和操作规程。防护栏杆和安全网则能有效防止人员跌落或物体坠落，保障施工人员的人身安全。其次，应急救援设备的准备同样重要。施工现场应配备急救箱、担架、灭火器等基本救援设备，并确保所有施工人员都了解其使用方法。此外，考虑到隧洞施工的特殊性，还应准备呼吸器、照明设备等，以应对可能的紧急情况。除了基本的安全设施和应急救援设备，还应建立一套完善的应急救援机制。这包括定期的应急演练，以确保在真实紧急情况下，施工人员能够迅速、准确地使用救援设备，进行有效地自救和互救。最后，所有安全设施和应急救援设备都应定期进行检查和维护，确保其处于良好的工作状态。

结语

本文通过对灌区工程引水隧洞施工技术的深入研究，总结了各环节的关键技术要点和质量控制策略。通过加强施工质量控制和安全管理，可以提高引水隧洞的施工质量和效率，为灌区工程的稳定运行提供有力保障。展望未来，随着科技的不断进步和新材料、新技术的应用，引水隧洞施工技术将迎来更多的创新和发展机遇。我们将继续关注这一领域的最新动态，为灌区工程建设贡献更多的智慧和力量。

参考文献

- [1]梁秋.水利工程引水隧洞施工技术探析[J].江西建材,2021(11):194-195.
- [2]杨周.水利工程中引水隧洞的施工技术及质量保证[J].农业,2022(8):56-58.
- [3]罗立铁.水利工程中引水隧洞的施工技术及质量保证[J].清洗世界,2020,36(8):90-91.