

# 水利水电工程引水隧洞施工技术分析

王丽环

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 841100

**摘要:** 水利水电工程中的引水隧洞是水资源调度和输送的关键组成部分,其施工技术的好坏直接影响到工程的质量、安全性和经济性。本文从引水隧洞的施工特点出发,深入分析了施工过程中的关键技术,并提出了相应的施工建议和注意事项,旨在为相关工程提供理论支持和技术指导。

**关键词:** 水利水电工程;引水隧洞;施工技术

## 引言

随着水资源日益紧缺,水利水电工程在调节水资源分布、提高水资源利用效率方面发挥着越来越重要的作用。引水隧洞作为水利水电工程中的核心部分,其施工技术的优劣直接关系到整个工程的成败。因此,对引水隧洞施工技术进行深入分析,不仅有助于提升工程质量,还能为类似工程提供有益的参考。

### 1 引水隧洞施工特点分析

引水隧洞施工具有其独特性,主要表现在以下几个方面:首先,施工环境复杂多变,地质条件、水文条件等都会对施工产生直接影响;其次,施工过程中需要穿越多种地层,如岩石层、土层等,每种地层的物理力学性质不同,给施工带来了极大的挑战;最后,引水隧洞施工往往涉及大量的土方开挖和支护工作,对施工技术和管理要求较高。

### 2 引水隧洞施工关键技术

#### 2.1 地质勘探与预测技术

在水利水电工程引水隧洞施工前,地质勘探与预测技术扮演着至关重要的角色。地质勘探的主要目的是全面了解隧洞沿线的地层结构、岩土性质、地下水分布等关键信息。这些信息对于后续的施工设计、材料选择以及施工方法都起着决定性的作用。通过详细的地质勘探,工程师能够更准确地评估施工风险,并制定出相应的风险应对策略。在进行地质勘探时,通常会采用多种技术手段,其中地质雷达和声波探测是两种常用的方法。地质雷达通过发射高频电磁波并接收其反射信号,能够探测到地下不同介质的分布和性质。这种方法对于识别岩土层、断裂带、岩溶等地质构造特别有效。而声波探测则是利用声波在不同介质中传播速度的差异,来推断地下的地质情况。这两种技术手段相结合,能够提供更全面、更准确的地质信息。除了上述两种技术外,地质勘探还可能包括钻探、取样、室内试验等步骤。钻

探能够直接获取地下的岩土样本,为后续的室内试验提供材料。室内试验则可以对岩土的物理力学性质进行深入研究,如抗压强度、抗剪强度等,这些数据对于隧洞的结构设计和支护方式选择至关重要。地质勘探与预测技术的准确性直接关系到隧洞施工的成败。准确的地质数据能够帮助工程师制定出更为合理的施工方案,减少施工过程中的不确定性,从而提高工程的安全性和经济性<sup>[1]</sup>。因此,在施工前进行详细的地质勘探是必不可少的环节,也是确保水利水电工程引水隧洞施工质量和安全的重要保障。

#### 2.2 开挖技术

在水利水电工程的引水隧洞施工中,开挖方法的选择主要依据地质条件和工程要求。常见的开挖方法包括全断面开挖法和分步开挖法。全断面开挖法适用于地质条件较好、岩层稳定的情况。这种方法能够一次性完成整个断面的开挖,施工进度快,效率高。但在地质条件较差、岩层破碎或地下水丰富的情况下,全断面开挖可能会导致隧洞坍塌或涌水等安全问题。分步开挖法则是在地质条件复杂、岩层不稳定时更为适用的方法。它通过将隧洞断面划分为若干个小断面,分步进行开挖和支护,以确保施工过程中的稳定性和安全性。分步开挖法虽然施工进度相对较慢,但能够有效应对不良地质条件带来的风险。在开挖过程中,严格控制超挖和欠挖是关键。超挖会导致岩层松动,影响隧洞的稳定性;而欠挖则会使隧洞断面小于设计要求,影响水流通过能力。因此,开挖过程中需要密切监控断面尺寸,及时调整开挖方案,确保隧洞断面的准确性和稳定性。此外,开挖过程中的渣土处理也是一项重要工作。渣土的及时清理和合理处置能够保持施工现场的整洁,避免对周边环境造成污染。同时,渣土的合理利用还能降低工程成本,提高资源利用效率。

#### 2.3 支护技术

由于隧洞穿越的地层条件各异,因此,必须针对不同地层条件选择合适的支护方式。喷射混凝土支护是一种常用的支护方法,特别适用于软岩或破碎地层。喷射混凝土能够快速固化并形成一层坚硬的保护层,有效防止地层松动和岩石掉落。在实施喷射混凝土支护时,需要严格控制混凝土的配比和喷射工艺,确保混凝土与岩壁紧密结合,形成稳固的支护结构。锚杆支护则适用于较硬且完整的岩层。锚杆能够深入岩层,提供强大的锚固力,将岩层与支护结构紧密连接在一起。锚杆支护的设计和施工要考虑到锚杆的长度、直径、材质以及锚固深度等因素,确保其满足强度和稳定性要求。对于特别复杂或脆弱的地层,可能需要采用钢拱架支护。钢拱架具有强大的承载能力和稳定性,能够有效支撑地层,防止塌方和变形<sup>[2]</sup>。钢拱架支护的设计和施工需要考虑到拱架的跨度、截面尺寸、连接方式等因素,确保其能够承受地层的压力和变形。在选择支护方式时,除了考虑地层条件外,还需要综合考虑工程要求、施工成本、施工进度等因素。同时,支护结构的设计和施工必须满足强度和稳定性要求,确保在隧洞施工过程中不会发生安全事故。此外,支护技术的实施还需要与开挖技术紧密配合。在开挖过程中,要及时进行支护结构的施工,确保地层的稳定性和施工人员的安全。同时,支护结构的施工质量也需要进行严格监控,确保其满足设计要求和使用寿命。

#### 2.4 防水与排水技术

防水技术是防止地下水或其他水源渗入隧洞内部的关键措施。首先,合理的防水层设计是必不可少的。在隧洞的内壁和顶部涂抹防水涂料或铺设防水材料,如高分子防水卷材,能够有效隔离水源,防止水分通过岩壁渗透进入隧洞。同时,对于隧洞接缝处的处理也至关重要,采用专用的接缝密封材料,确保接缝处的防水性能。除了防水层设计,排水技术的运用也是关键。隧洞内应设置合理的排水系统,包括排水沟和集水井等。排水沟应沿隧洞底部设置,用于收集和引导地下水及渗水,确保其顺利排出隧洞,防止积水对隧洞结构和施工造成不利影响。同时,集水井的设置能够有效收集并排出隧洞内的渗水,保持隧洞内部的干燥。在实际施工中,防水与排水技术的运用需要结合具体工程情况和地质条件进行灵活调整。例如,在地质条件复杂、地下水丰富的区域,可能需要增加防水层的厚度或采用更高效的排水系统。此外,定期的维护和检查也是确保防水与排水系统有效性的重要环节。施工期间和工程完工后,都需要对防水层和排水系统进行定期检查,及时发现并

处理潜在的问题,确保隧洞内部的干燥和稳定。

### 3 施工建议与注意事项

#### 3.1 加强施工前的准备工作

在水利水电工程引水隧洞施工前,充分的准备工作是至关重要的。首先,要对施工现场的地质条件进行深入的了解和研究。地质条件是引水隧洞施工的基础,不同的地质构造、岩性和地下水条件都会对施工方法、支护方式和防水材料的选择产生影响。因此,应组织专业的地质勘探队伍,对施工现场进行详细的地质勘探,获取准确的地质资料。其次,水文条件的调查也是必不可少的。需要了解地下水的分布、水位、水质等情况,以便合理设计排水系统和选择防水材料。同时,还要考虑地表水对施工的影响,如降雨、洪水等自然因素可能带来的风险。在充分了解地质和水文条件的基础上,应制定合理的施工方案。施工方案应明确施工的顺序、方法、时间等要素,确保施工过程的科学性和合理性。同时,施工方案还应考虑施工现场的实际情况,充分利用现有资源,提高施工效率<sup>[3]</sup>。此外,为了应对施工过程中可能出现的突发事件,还应制定完善的应急预案。应急预案应包括人员疏散、医疗救护、现场处置等方面的内容,确保在紧急情况下能够迅速、有效地应对。最后,施工前的准备工作还包括对施工人员的培训和教育。应组织专业的培训课程,提高施工人员的技能水平和安全意识,确保他们在施工过程中能够严格按照施工方案进行操作,保障施工的质量和安全。

#### 3.2 严格控制施工质量

在水利水电工程引水隧洞的施工过程中,严格控制施工质量是确保工程安全、有效、长久运行的核心环节。第一,要加强对各项技术指标的控制。这包括但不限于隧洞的开挖精度、支护结构的强度和稳定性、防水和排水系统的有效性等。每一项技术指标都应有明确的标准和要求,并通过严格的检测和验收程序来确保其达标。第二,要确保每一道工序都符合设计要求。从开挖、支护到防水排水,每一道工序都应按照既定的施工方案和规范进行操作。任何一道工序的失误都可能对整个工程的质量造成不可逆转的影响。因此,施工过程中应设置多个质量控制点,对每个关键步骤进行严格把关<sup>[4]</sup>。第三,建立并落实质量管理体系也是至关重要的。这包括明确质量责任、制定质量管理计划、实施质量监督检查等。通过定期的质量评估和改进措施,可以及时发现并纠正施工中存在的问题,从而确保整个施工过程始终处于受控状态。第四,施工人员的技术水平和质量意识也是影响施工质量的关键因素。因此,应加强对施工人员的培

训和教育,提高他们的技能水平和质量意识,使他们能够充分理解和执行施工方案和质量要求。第五,施工质量的控制还需要与工程进度和成本相协调。在确保施工质量的前提下,应合理安排工程进度,避免因赶工而影响工程质量。同时,也要注重成本控制,通过优化施工方案和提高施工效率来降低工程成本。

### 3.3 注重安全生产

由于隧洞施工的特殊性,如环境封闭、作业空间有限、可能遭遇不良地质条件等,使得施工过程中存在较高的安全风险。因此,建立完善的安全管理制度并加强现场安全管理至关重要。一方面,施工单位必须建立完善的安全管理制度。这包括明确各级安全管理职责、制定详细的安全操作规程、设立安全检查与隐患排查制度,以及建立应急预案等。每一项安全制度都应针对引水隧洞施工的特点进行量身定制,确保其具有针对性和可操作性。另一方面,加强现场安全管理是确保安全生产的关键。施工现场应设置明显的安全警示标志,并配备必要的安全设施,如通风设备、照明系统、逃生通道等。同时,要定期对施工人员进行安全教育和培训,提高他们的安全意识和自救互救能力。在引水隧洞施工过程中,特别要注意防范岩爆、坍塌、涌水等常见风险。为此,施工单位应密切关注地质条件的变化,及时采取相应的安全措施。例如,在地质条件较差的区域加强支护结构,确保隧洞的稳定性;在涌水风险较高的区域设置排水系统,防止因地下水涌入而造成的安全事故。此外,施工单位还应注重对施工机械和设备的安全管理。所有设备都应定期进行安全检查和维修,确保其处于良好的工作状态。对于特种作业人员,如挖掘机操作员、电工等,必须进行专业的安全培训和考核,确保他们具备相应的安全操作技能。最后,建立并落实事故报告和应急响应机制也是安全生产的重要环节。一旦发生安全事故,施工单位应迅速启动应急预案,组织救援力量进行现场处置,并及时向上级主管部门报告事故情况。

### 3.4 优化资源配置

在水利水电工程引水隧洞施工中,优化资源配置是提升施工效率和质量的关键因素。首先,施工人员的合理配置至关重要。应根据工程的规模、进度和技术要求,确定所需人员的数量和专业结构。对于关键技术岗

位,应选拔经验丰富、技术过硬的专业人员,确保施工过程中的技术难题能够得到有效解决。同时,要注重施工人员的培训和技能提升,通过定期组织技术交流和培训活动,不断提高施工队伍的整体素质。其次,机械设备的合理配置也是提高施工效率的关键。应根据施工工序和工程特点,选择适合的机械设备,并确保其性能良好、安全可靠。在施工过程中,要合理安排机械设备的使用计划,避免设备闲置或过度使用,从而提高设备的使用效率<sup>[5]</sup>。此外,还应加强设备的维护和保养工作,延长设备的使用寿命,降低维修成本。再者,材料的合理配置对于保证工程质量和进度也具有重要意义。应根据施工图纸和预算,准确计算出所需材料的种类和数量,并制定详细的材料采购计划。在材料采购过程中,要注重材料的质量和价格比较,选择性价比高的材料供应商。同时,要加强材料的储存和保管工作,防止材料损坏或浪费。最后,优化资源配置还需要注重信息技术的应用。通过引入先进的施工管理软件和信息系统,实现施工资源的实时监控和调度,提高资源管理的效率和准确性。这不仅及时发现和解决资源配置中的问题,还能为施工决策提供有力的数据支持。

### 结语

水利水电工程引水隧洞施工技术是一个复杂而系统的工程,需要综合考虑多种因素。本文从施工特点、关键技术、施工建议和注意事项等方面进行了深入分析,旨在为相关工程提供有益的参考。在未来的水利水电工程建设中,我们应继续加强技术创新和管理创新,不断提高引水隧洞施工技术的水平 and 质量。

### 参考文献

- [1]何巧清.引水隧洞的支护方法与施工技术[J].珠江水运,2023(14):42-44.
- [2]刘敬.水利工程中引水隧洞的施工技术[J].水上安全,2023(10):178-180.
- [3]陈国祥.水利工程中引水隧洞施工技术分析[J].河南建材,2021:2(41-42).
- [4]王力平.水电站引水隧洞开挖及支护施工技术分析[J].工程技术研究,2020:2.
- [5]张生林.水利水电工程引水隧洞洞挖施工方法[J].农业科技与信息,2021:4(118-120,125).