

Study on key construction technology and optimization measures of water diversion project

Yongrun Zhu

Anhui Yinjiang Jihuai Group Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230000, China

Abstract

As an important means to optimize the allocation of water resources, water diversion engineering involves complex geological conditions, large-scale earthwork and construction of various structural forms, and has high technical difficulty. In this paper, the key technologies of water diversion engineering construction are studied, including tunnel excavation and support, aqueduct and pipeline construction, water source engineering and pumping station construction, etc., and measures to optimize construction organization, improve green environmental protection level and apply intelligent technology are discussed to improve construction efficiency and project quality. The research results can provide technical reference for similar projects and promote the development of water diversion projects in a more efficient, safe and sustainable direction.

Keywords

water diversion project; Construction technology; Tunnel excavation; Aqueduct construction; Optimization measure

引调水工程施工关键技术及其优化措施研究

朱永润

安徽省引江济淮集团有限公司, 中国·安徽 合肥 230000

摘要

引调水工程作为水资源优化配置的重要手段,其施工过程涉及复杂的地质条件、大规模土石方工程及多种结构形式的建造,技术难度较高。本文针对引调水工程施工的关键技术进行研究,涵盖隧洞开挖与支护、渡槽与管道施工、水源工程与泵站建设等核心环节,并探讨优化施工组织、提升绿色环保水平及应用智能化技术的措施,以提高施工效率和工程质量。研究结果可为类似工程提供技术参考,推动引调水工程向更加高效、安全、可持续发展的方向发展。

关键词

引调水工程; 施工技术; 隧洞开挖; 渡槽施工; 优化措施

1 引言

水资源的空间分布不均是影响区域经济发展和生态环境稳定的重要因素,引调水工程作为一种跨流域调配水资源的手段,已在全球范围内得到广泛应用。该类工程通常涉及长距离输水、高扬程提升及复杂地质条件施工,对工程技术水平、施工组织能力及环境保护要求较高。随着工程规模的扩大和施工环境的日益复杂,传统施工方法难以满足现代引调水工程的需求,迫切需要通过技术创新与优化管理来提高施工质量和效率。在此背景下,本文围绕引调水工程施工的关键技术展开分析,针对不同施工环节的技术难点,提出优化措施,以期工程实践提供借鉴,并推动引调水工程施工技术的持续发展。

2 引调水工程施工特点与技术要求

2.1 施工环境复杂多变

引调水工程通常跨越多个地质单元,沿线地质条件复杂,涉及软弱围岩、高地应力、岩溶发育及断层破碎带等不良地质问题。地形条件多变,工程需穿越山地、丘陵、河谷等多种地貌,对施工组织与技术提出较高要求。此外,部分工程区域气候条件恶劣,如高寒、高温或多雨环境,进一步增加施工难度。

2.2 施工工艺涉及多种技术

引调水工程包括隧洞、明渠、渡槽、管道及泵站等多种结构形式,不同结构对应的施工技术各异,涵盖爆破开挖、机械化掘进、预制装配、高精度管道焊接及大体积混凝土浇筑等多项工艺。各施工环节需合理衔接,保证工程整体施工进度,降低不同施工技术间的不匹配风险,提高工程质量与施工效率。

【作者简介】朱永润(1987-),男,中国安徽桐城人,本科,高级工程师,从事水利水电工程研究。

2.3 施工组织要求高效协调

引调水工程线路长、施工点多、工序繁杂，工程施工往往采取多工作面平行推进的方式，需要科学规划施工顺序，合理配置资源，提高设备利用率。工程调度涉及人员、设备、材料及技术保障，施工组织的合理性直接影响施工进度。施工过程中还需应对突发地质灾害、环境限制及气候变化等不确定因素，要求高效的施工管理与应急预案支持。

2.4 环保与生态保护要求严格

引调水工程施工过程中需严格控制水土流失、减少生态破坏，并采取有效的生态恢复措施，降低对周边环境的影响。施工期间可能涉及河流改道、地下水动态变化等问题，需制定科学的水资源保护方案。绿色施工技术的应用，如低碳施工、污水回收利用及植被恢复技术，有助于提高工程的可持续性，确保工程建设与生态保护协调发展。

3 隧洞开挖与支护技术

3.1 开挖方式的选择

隧洞开挖主要采用钻爆法、全断面掘进机（TBM）法或盾构法，不同方法适用于不同地质条件。钻爆法适用于坚硬岩层，施工灵活但爆破震动影响较大；TBM法适用于长距离、稳定围岩的隧洞施工，施工效率高但设备投资大；盾构法适用于软弱地层或高水压环境，能有效控制地层变形，减少坍塌风险。合理选择开挖方法是保证施工安全和效率的关键。

3.2 围岩稳定性控制

隧洞施工过程中，围岩稳定性直接影响施工安全及隧洞结构完整性。施工前需进行地质超前预报，准确判断围岩类别及地质风险。弱围岩或高地应力区域易出现变形、塌方或岩爆现象，需采取合理的施工方法，如分步开挖、超前支护及压力释放措施。对于断层破碎带，需加强围岩加固，如注浆、钢拱架支护或喷射混凝土封闭，以提高围岩稳定性。

3.3 支护结构的优化

隧洞支护包括初期支护和二次衬砌，支护方式需根据围岩条件及施工进度合理选择。初期支护常采用喷射混凝土、锚杆及钢拱架联合支护，提高隧洞围岩的自稳能力；二次衬砌主要采用钢筋混凝土结构，提升隧洞的长期稳定性和耐久性。针对软弱围岩或水文地质复杂区域，需优化支护参数，如调整衬砌厚度、加强防水层设计，以提高支护效果。

3.4 施工安全监测与控制

隧洞开挖过程中，需建立完善的监测系统，对围岩变形、支护受力及地下水渗流情况进行实时监测。采用光纤传感器、位移计、应力计等设备，对隧洞稳定性进行动态评估，确保施工安全。对于高风险区域，可采用超前地质预报、地应力测试及数值模拟分析，提前预测可能出现的地质问题，并采取针对性工程措施，提高施工安全性和可靠性。

4 渡槽与管道施工技术

4.1 渡槽结构形式与施工工艺

渡槽作为引调水工程的重要输水结构，通常采用预应力混凝土结构、钢结构或钢筋混凝土结构，需具备足够的承载能力和抗震性能。渡槽施工主要包括基础施工、槽身施工及支座安装等环节，采用现浇、预制装配或组合施工工艺。现浇施工适用于大跨度或复杂地形区域，保证结构完整性；预制装配施工提高施工效率，减少现场作业时间；组合施工方式结合两者优势，兼顾结构质量与施工进度。

4.2 渡槽基础与支座施工技术

渡槽基础类型包括桩基础、扩大基础及岩基基础，施工时需考虑地基承载力与不均匀沉降控制。桩基础适用于软弱地基，采用钻孔灌注桩或钢管桩加固；扩大基础适用于承载力较高的地基，降低地基处理成本。支座作为渡槽连接结构，分为固定支座、滑动支座及滚动支座，需合理选择以适应温度变形和结构受力。施工过程中需精确控制支座位置与高程，确保渡槽运行稳定。

4.3 管道敷设方式与连接技术

引调水管道采用埋设或架空方式敷设，埋设管道适用于稳定地质条件，可降低环境影响，提高抗风能力；架空管道适用于地势陡峭或跨越河流区域，施工难度较大，但维护便利。管道连接方式包括焊接、法兰连接及承插连接，焊接方式适用于钢管，保证接口强度；法兰连接便于拆装，适用于高压输水管道；承插连接主要用于柔性接口管道，增强抗震能力。施工过程中需严格控制接口质量，防止泄漏，提高管道密封性能。

4.4 防腐防渗与管道稳定性控制

管道长期运行过程中需面临腐蚀、水流冲刷及地基沉降等影响，防腐防渗技术是确保输水管道安全的重要措施。钢管常采用外防腐涂层与阴极保护技术，混凝土管道采用内衬防渗层或外包防护层，以提高抗腐蚀能力。地基沉降会导致管道变形甚至破裂，需采取软基加固、分段沉降控制及伸缩节设计，减少地质变化对管道结构的影响，提高管道运行的安全性和耐久性。

5 水源工程与泵站施工技术

5.1 取水口与进水构筑物施工

取水口设计需满足稳定供水、减少泥沙淤积及防止冰冻等要求，施工前需进行水文分析，选择合理的取水位置与方式。河道取水采用沉砂池、格栅及调蓄池，以减少杂质进入输水系统。进水构筑物包括进水闸、压力井及调压塔等，其施工需考虑水流稳定性及结构耐久性，采用围堰施工、沉箱基础及钢筋混凝土结构，确保进水口在不同流量工况下稳定运行。

5.2 泵站基础与主体施工技术

泵站基础类型包括浅基础、桩基础及沉井基础，需根

据地质条件选择合理施工方式。浅基础适用于地质稳定区域,施工简便;桩基础适用于软弱地基,提高承载力,防止不均匀沉降;沉井基础用于高水位地区,施工时需防止渗漏与基坑坍塌。主体结构施工采用现浇钢筋混凝土方式,施工过程中需控制结构防渗性能,确保水泵机组安装位置精准,提高泵站运行效率。

5.3 水泵与管道安装技术

水泵安装精度对泵站运行效率及设备寿命影响较大,施工过程中需严格控制基础标高、水平度及同轴度。水泵安装包括预埋件安装、基础浇筑、设备吊装及调试等环节,采用高精度测量技术,确保安装质量。泵站管道采用压力管道,连接方式包括焊接、法兰及柔性接头,需保证接口密封性,减少水锤效应影响,提高输水系统稳定性。

5.4 水力调控与运行优化

泵站运行过程中需对水流量、水压及水头损失进行精准调控,以提高能效比并减少输水损耗。调控措施包括调速泵应用、变频控制及智能调度系统,优化运行参数,降低能耗,提高供水稳定性。水锤防护是泵站安全运行的重要技术手段,常采用空气阀、缓闭阀及调压室,减少管道水击压力,提高系统安全性,确保引调水工程长期稳定运行。

6 引调水工程施工优化措施

6.1 施工组织与调度优化

引调水工程施工涉及多个作业面、多种施工工艺及大量设备物资,施工组织与调度的优化对于提高施工效率、降低成本及确保工程质量具有重要意义。合理编制施工进度计划,结合工程实际情况划分施工阶段,优化资源配置,确保各施工环节有序衔接,减少等待时间,提高作业连续性。施工调度采用动态调整模式,结合实时监测数据与现场反馈,合理调配人员、机械及材料,增强施工现场的应变能力,避免资源闲置或浪费。施工网络计划技术的应用,通过关键路径法、资源优化调整及信息化调度系统,提高施工进度管理的科学性,减少工期延误风险。设备管理方面,采用集中调度模式,统筹安排机械使用,提高设备利用率,减少重复投入与闲置成本。施工区域广泛的引调水工程采用分区作业模式,设立现场指挥中心,运用远程调度与通信系统,确保各施工点协同作业,提升整体施工效率。

6.2 绿色施工与生态保护措施

引调水工程施工涉及大规模土石方作业及水环境变化,科学实施绿色施工与生态保护措施对于降低环境影响、保护水资源及维持生态平衡至关重要。施工过程中减少水土流失,优化开挖方式,采取临时挡水措施,减少施工废水对周边水体的污染。施工弃渣合理处置,采用回填利用、分类堆存及植被覆盖等方式,减少生态破坏,避免水源地污染。施工机械选用低能耗、低排放设备,减少碳排放,优化施工用能结构,提高新能源设备应用比例。施工用水循环利用,采

用泥浆沉淀回收、混凝土养护水重复利用及喷洒降尘系统,减少水资源浪费。施工道路及临时设施合理规划,减少对植被的破坏,施工结束后及时进行生态恢复,采用本土植被回植、生态护坡及水生植物修复技术,提高生态恢复能力,减少工程对周边环境的不利影响,确保水源地生态环境的长期稳定。

6.3 智能化施工技术应用

智能化施工技术的应用可提高引调水工程施工的精度、安全性及管理效率,在施工组织、质量控制及安全监测方面发挥重要作用。基于 BIM 技术的施工管理可实现工程全生命周期的数据整合,提高设计与施工的协调性,减少施工误差。隧洞开挖采用智能化监测系统,结合激光扫描与地质雷达技术,对围岩稳定性进行实时分析,优化支护参数,提高施工安全性。渡槽与管道施工采用数字化测控技术,应用无人机巡检、高精度 GPS 定位及三维建模,实现高精度放样,提高施工质量。施工机械智能化升级,采用无人驾驶推土机、智能混凝土泵车及自动化焊接设备,提高施工效率,减少人工干预,提高施工一致性。智能监测系统对水泵站及输水管道运行状态进行实时监控,结合大数据分析优化水力调控,提高泵站运行效率,减少能耗,确保输水系统长期稳定运行。

7 结语

引调水工程作为水资源优化配置的重要基础设施,其施工涉及复杂的地质条件、多样化的结构形式及严格的环保要求。合理的施工技术选择与优化措施对于提高工程质量、缩短工期及降低成本具有重要意义。隧洞开挖与支护需结合地质特点,优化开挖方式,采用先进的支护技术提高围岩稳定性。渡槽与管道施工需确保结构安全,优化基础处理与连接技术,提高耐久性和抗震性能。水源工程与泵站施工需严格控制取水口建设质量,优化水泵及管道安装,提高输水系统的稳定性。施工优化措施的实施提高了工程效率,绿色施工与生态保护降低了环境影响,智能化施工技术的应用增强了施工精度和管理能力。通过科学合理的施工组织,结合现代化施工技术,引调水工程建设可更加高效、安全、环保,为水资源的合理配置和可持续利用提供有力支撑。

参考文献

- [1] 王申芳,罗昊.引调水工程受水区纳污能力和限排总量研究[J].水利规划与设计,2025,(04):50-54.
- [2] 焦展,潘睿,芦钰冰.东鱼河北支引调水工程中险工段护砌施工技术研究[J].中华建设,2025,(03):127-129.
- [3] 方辉.综合物探法在引调水工程勘察中探明岩体构造的应用[J].水利科学与寒区工程,2025,8(02):130-133.
- [4] 丁宏远,伍鹤皋,刘贤才,汤怀萱,黄巍.引调水工程贴边岔管塞焊孔设置影响分析[J].水电与新能源,2025,39(02):48-51.
- [5] 王帅奇.滨州市徒骇河引调水工程必要性及可行性分析[J].海河水利,2025,(02):4-7.