

广东陆河抽水蓄能电站输水隧洞开挖支护施工技术

宁谦

中国水利水电第六工程局有限公司

DOI:10.32629/hwr.v9i12.6719

[摘要] 广东陆河抽水蓄能电站属于该区域能源保障体系中的关键工程,输水隧洞施工质量及安全关系到整个电站的运行。本文以该电站输水隧洞开挖支护施工为研究对象,结合工程创优目标要求,从输水隧洞工程概述、施工技术应用意义、开挖工艺选型、支护结构设计与施工、质量控制及安全保障等几个方面展开论述。通过科学规划施工流程、创新技术应用、严格实施创优管控措施,实现了隧洞施工安全零事故、工程质量优良率达标等目标,为类似抽水蓄能电站输水隧洞工程施工提供技术参考和实践借鉴,助力工程达到电力优质工程奖申报条件,争创国家优质工程奖。

[关键词] 广东陆河; 抽水蓄能电站; 输水隧洞; 开挖支护施工技术

中图分类号: TV543+.3 **文献标识码:** A

Construction Technology of Excavation and Support for the Water Conveyance Tunnel of Guangdong Luhe Pumped Storage Power Station

Qian Ning

China Sixth Water Resources and Hydropower Engineering Bureau Co., Ltd.

[Abstract] The Luhe Pumped Storage Power Station in Guangdong is a key project within the regional energy security system, where the construction quality and safety of the water conveyance tunnel are crucial to the overall operation of the power station. This paper takes the excavation and support construction of the water conveyance tunnel as the research focus, aligning with the excellence-oriented engineering objectives. It elaborates on several aspects, including an overview of the tunnel project, the significance of construction technology application, excavation process selection, support structure design and implementation, quality control, and safety assurance. Through scientific planning of the construction process, innovative technology application, and strict implementation of excellence management measures, the project achieved zero safety incidents during tunnel construction and met the target for high-quality engineering performance. The findings provide technical references and practical insights for similar pumped storage power station water conveyance tunnel projects, helping the project meet the criteria for the Power Industry Quality Project Award and strive for the National Quality Engineering Award.

[Key words] Luhe, Guangdong; Pumped storage power station; Water conveyance tunnel; Excavation and support construction technology

引言

在能源结构转型升级的大背景下,抽水蓄能电站因为具备调峰填谷、储能备用等主要功能,成为保证电力系统安全稳定运行的重要基础设施。广东陆河抽水蓄能电站位于复杂的地质环境区域,输水隧洞是连接上下水库的核心枢纽,洞线长、埋深大、地质条件复杂,开挖支护施工难度非常大。输水隧洞的施工质量直接决定着电站的输水效率、运行安全及使用寿命,所以研究并应用科学合理的开挖支护施工技术很重要。本工程以获得电力优质工程奖、争创国家优质工程奖为创优目标,严格按照安全文

明施工、质量控制、档案管理等各方面的创优要求进行落实。本文从对工程输水隧洞开挖支护施工技术的探究入手,对施工中的主要技术难点及解决方案进行梳理,为工程顺利推进和创优目标的实现提供技术支撑,也给国内类似工程施工积累了宝贵经验。

1 广东陆河抽水蓄能电站输水隧洞工程概述

1.1 工程基本概况

广东陆河抽水蓄能电站位于广东省汕尾市陆河县境内,电站总装机容量1200MW,装机4台300MW可逆式水轮发电机组。工程

由上水库、下水库、输水系统、地下厂房和开关站等建筑物组成,输水系统采用“一洞两机”布置方式,输水隧洞总长约为18km,包括引水隧洞、尾水隧洞及相关支洞等。隧洞穿越的地层主要是花岗岩、片麻岩等硬质岩,局部地段有断层破碎带、节理发育带等不良地质体,最大埋深大于800m,施工时存在高地应力、岩爆、渗水等危险。工程总工期为6年,输水隧洞开挖支护施工工期占总工期的40%以上,为工程的关键线路之一^[1]。

1.2 输水隧洞工程特征

本工程输水隧洞断面形式主要为圆形和马蹄形,引水隧洞直径8.5m,尾水隧洞直径9.0m,支洞直径5.0-6.0m。隧洞开挖精度要求高,轴线偏差不能大于5cm,断面尺寸偏差不能大于±3cm。由于隧洞穿过不良地质体区域,岩体稳定性差,应采用“先支护、后开挖”或者“边开挖、边支护”的施工原则,支护结构要具有足够的承载能力、抗渗能力和变形协调能力。工程所在区域生态敏感,施工时施工扬尘、噪声、废水排放等必须严格控制,满足绿色施工及环保创优的要求^[2]。

1.3 施工环境条件

工程区域气候属于亚热带季风气候,年平均降雨量1800mm,雨季主要集中在4到9月,降雨量大且强度高,容易造成山体滑坡、泥石流等地质灾害,给隧洞洞口施工以及边坡稳定带来不良影响。地形地貌上工程区域山高谷深,交通不便,施工材料运输、设备进场难度大。水文地质条件较复杂,地下水位较高,存在承压水的地方会大规模渗水、突水。同时工程周边有村庄、农田等,施工时要减少对周边居民生产生活及生态环境的影响,落实安全文明施工有关要求。

1.4 工程创优目标概述

本工程的创优目标是保证获得电力优质工程奖,争取国家优质工程奖。为了达到上述目的,提出了多方面的具体创优要求,其中安全文明施工、环保创优方面规定不发生一般及以上安全事故、火灾事故、环境事件等,实现安全管理制度化、设施标准化等“六化”目标,安全文明施工设施达标率100%;质量创优方面,杜绝工程质量事故和较大质量缺陷,建筑工程单元工程优良率达到90%以上,机电设备安装工程单元工程优良率达到93%以上,强条计划执行率100%;工程档案管理创优方面,保证档案归档“三率”达到100%,实现档案信息化管理;绿色施工与新技术应用方面,推广应用国家重点节能低碳技术不少于10项、建筑业十项新技术不少于7项、电力建设五新技术不少于2项;技术成果与创新方面,计划完成省部级及以上工法不少于2项、QC小组成果奖不少于5项、发明专利不少于3项等,相关成果与发包人共享^[3]。

2 输水隧洞开挖支护施工技术应用意义

2.1 保障工程建设安全与质量的核心意义

输水隧洞开挖支护施工技术是否科学合理,直接关系到工程建设安全质量的好坏。本工程地质条件比较复杂,存在高地应力、岩爆、渗水等风险因素,采用先进的开挖支护技术能较好地控制岩石变位,防止岩爆、垮塌事故的发生,保证施工人员的生

命财产安全。并且改善支护结构的设计与施工工艺能够提升隧洞工程的质量,保证隧洞具备足够的承载能力以及抗渗性,从而符合电站长期安全运行的需求。落实质量创优目标,保证单元工程合格率100%、优良率达标等要求,为工程创优打下坚实的基础。合理采用开挖支护技术可以减少施工过程中返工、修补等工作,提高施工效率,降低工程成本^[4]。

2.2 推动抽水蓄能工程技术创新的重要价值

广东陆河抽水蓄能电站输水隧洞施工难度大、技术要求高,其开挖支护施工技术的研究与应用,可以促进抽水蓄能工程领域技术创新。施工过程中对不良地质体处理、高地应力岩爆防治、大断面隧洞开挖等技术难点进行技术攻关,创新施工工艺和支护形式,可以形成一系列具有自主知识产权的核心技术。同时结合工程创优目标中的技术成果与创新要求,积极申报工法、专利、QC成果等,可以提高我国抽水蓄能工程施工技术水平,增强行业核心竞争力,为以后同类工程提供技术借鉴^[5]。

2.3 提升工程经济效益与社会效益的现实意义

从经济效益上讲,优化输水隧洞开挖支护施工技术可以提高施工效率、缩短施工工期、降低施工成本。采用先进的开挖设备和工艺可以提高开挖效率,缩短开挖时间;合理的支护结构设计可以减少材料消耗,降低支护成本。同时严格实施质量创优要求,可以降低工程质量问题引起的维修成本,提高工程使用寿命,提高电站的运营效益。从社会效益的角度来说,工程项目建设可以促进地区经济发展、增加就业岗位数量、改善当地的交通状况。另外,实施绿色施工、环保创优,减小施工给生态环境带来的影响,达成工程建设同生态保护的协调统一,改善工程的社会评价。

3 广东陆河抽水蓄能电站输水隧洞开挖支护施工技术

3.1 隧洞开挖施工技术选型与应用

根据本工程地质条件、隧洞断面尺寸及创优要求,隧洞开挖施工采用钻爆法为主、机械开挖为辅的施工方式。硬质岩区用光面爆破,改善爆破参数(炮孔间距、深度、装药量等),减小爆破对围岩的扰动,提高开挖断面的平整度,减少超欠挖。爆破施工前采用地质雷达、超前钻探等手段对前方地质条件进行超前探测,预判不良地质体位置、规模,制定相应的爆破方案。对于不良地质体区域,采用控制爆破技术,减小爆破威力,必要时用静态破碎剂进行破碎,防止岩体坍塌。机械开挖主要用于隧洞洞口段、浅埋段和不良地质体地段,使用悬臂式掘进机、挖掘机等设备进行开挖,具有施工速度快、对围岩扰动小、施工环境好等优点。机械开挖时配全监测设备,对围岩变形进行检测,并按检测数据调整开挖速度和支护时机。严格控制开挖断面尺寸,使之符合设计要求,避免二次处理。为达到绿色施工创优的要求,在开挖施工过程中设置降尘设备(喷雾机、除尘器等),减少施工扬尘;设置废水处理系统,对施工废水进行处理达标后排放。

3.2 支护结构设计与施工技术

结合工程地质条件以及创优目标要求,本工程支护结构采

用喷锚支护、钢拱架支护和二次衬砌相结合的复合支护体系。喷锚支护为初期支护的主要部分,用C25喷射混凝土和Φ25中空注浆锚杆,喷射混凝土厚度为10cm到15cm,锚杆长度为3m到5m,间距为1m到1.5m。喷射混凝土施工前要对开挖断面进行清理,保证岩面平整、干净;锚杆施工采用钻孔、注浆、安装一体化工艺,保证锚杆和围岩紧密结合,提高支护效果。高地应力、岩爆风险较高的地方,在喷锚支护的基础上增设钢拱架支护,钢拱架用I20a工字钢,间距为0.8~1.0m,钢拱架与锚杆、喷射混凝土紧密连接,形成整体支护结构,提高围岩稳定性。二次衬砌采用C30钢筋混凝土,厚度30~50cm,在初期支护完成后,围岩变形稳定后施工。二次衬砌施工用模板台车保证混凝土浇筑质量及断面尺寸精度。施工期间,对混凝土原材料质量、配合比以及浇筑振捣工艺加以严格把控,践行质量创优的要求,保证混凝土强度、抗渗性能等各项指标达到设计标准。在不良地质体地段设置超前支护,超前小导管注浆、管棚支护等,提前加固围岩,保证开挖施工安全。支护施工完成后,对支护结构进行质量检测,包括喷射混凝土厚度检测、锚杆拉拔试验、混凝土强度检测等,检测合格后方可进入下道工序^[6]。

表1 支护类型

支护类型	材料规格	关键参数
喷锚支护	C25喷射混凝土、Φ25中空注浆锚杆	混凝土厚度10-15cm; 锚杆长度3-5m, 间距1.0-1.5m
钢拱架支护	I20a工字钢	间距0.8-1.0m, 与喷锚结构紧密连接
二次衬砌	C30钢筋混凝土	厚度30-50cm, 围岩变形稳定后施工

3.3 施工质量控制技术

为了达到工程质量创优的目标,建立了完善的施工质量控制体系,实行“三检制”即自检、互检、专检,使施工质量全程可控。在原材料的质量控制上严格执行材料进场检验制度,对钢材、水泥、砂石料、外加剂等原材料做抽样检测,检测合格才可以使用;建立原材料质量追溯体系,使原材料来源可查、质量可控。在施工工艺质量控制上,对隧洞开挖、支护、混凝土浇筑等重要工序制订详细的施工工艺标准及作业指导书,明确施工流程、技术要求、质量控制要点,加强施工过程中的技术交底和现场指导,保证施工人员按工艺标准施工。

在质量检测和验收上使用先进的检测技术和设备,对隧洞

开挖断面尺寸、支护结构质量、混凝土强度、抗渗性能等各方面进行检测。开挖断面尺寸用激光断面仪检测,支护结构质量用地质雷达、锚杆拉拔仪等设备检测,混凝土强度用回弹法、钻芯法检测,抗渗性能用抗渗试验检测。并且严格按照强条计划执行率100%、标准工艺计划执行率90%的要求落实强条,对违反强条的行为实行零容忍,及时整改质量隐患。工程档案管理上,保证质量检测资料、施工记录等档案资料齐全、真实、规范,档案归档“三率”100%,为工程创优验收做好准备。

4 结束语

综上所述,广东陆河抽水蓄能电站输水隧洞开挖支护施工技术的应用,较好地解决了工程复杂地质条件下施工的难题,保证了工程的安全、质量、进度。通过科学的开挖工艺、合理的支护结构设计、严格的质量控制、完善的安全保障措施,工程实现了安全文明施工设施达标率100%、单元工程合格率100%、优良率达标等创优目标,为工程申报电力优质工程奖、争创国家优质工程奖打下了坚实的基础。施工过程中进行的技术创新及成果积累,给我国抽水蓄能电站输水隧洞工程施工积累技术经验、提供借鉴。

【参考文献】

- [1]刘勇.抽水蓄能电站施工测量平面控制网的建立方法研究[J].水电站设计,2024,40(04):13-16.
- [2]张腾,房恩泽.大雅河抽水蓄能电站压力管道衬砌型式设计与应用[J].黑龙江水利科技,2024,52(10):118-120+124.
- [3]姚唐春,项春,马以超.综合利用抽水蓄能电站水利与动能规划方法探讨[J].浙江水利水电学院学报,2024,36(5):31-35.
- [4]姚建国,王秀花.云南富民、泸西、禄丰抽水蓄能电站水泵水轮机主要参数[J].云南水力发电,2024,40(09):147-150.
- [5]柴建峰,闵丽,闫宾,等.影响抽水蓄能电站高压水道衬砌形式选择多因素分析[J].水电与抽水蓄能,2024,10(4):101-105.
- [6]刘艳领,张文栋,程岩,等.抽水蓄能电站建设及运营对地下水环境影响研究——以陕西大庄里抽水蓄能电站为例[J].西北水电,2024,(03):26-34.

作者简介:

宁谦(1980—),男,汉族,山西省临猗县人,本科,高级工程师,研究方向:抽水蓄能施工。