

Construction technology and quality control measures of diversion tunnels in water conservancy projects

Zhigang Mu

China Water Resources and Hydropower Tenth Engineering Bureau Co., Ltd., Yangquan, Shanxi, 045200, China

Abstract

The construction of diversion tunnels in water conservancy projects is a complex and technically demanding engineering task. This study summarizes the main technical means and quality control measures for the construction of diversion tunnels, and the key construction technologies include preparation, tunnel excavation, support technology, lining, post-backfilling and consolidation grouting, and the quality control of each link is very important. The advanced blasting construction method can efficiently and safely advance the project progress in complex geological environments. In the construction process, real-time monitoring and evaluation, dynamic optimization of the construction plan, and strengthening process control and tracking are the keys to ensuring construction quality and safe operation.

Keywords

water conservancy engineering; diversion tunnel construction technology; Quality control measures

水利工程中引水隧洞施工技术与质量控制措施

穆志刚

中国水利水电第十工程局有限公司, 中国·山西 阳泉 045200

摘 要

水利工程中的引水隧洞施工, 是一项复杂且技术要求极高的工程任务。本研究总结了引水隧洞施工的主要技术手段及质量控制措施, 关键施工技术包括准备工作、隧道开挖、支护技术、衬砌、后期回填及固结灌浆等多个环节, 每个环节的质量控制都很重要。采用先进的爆破施工方法, 能够在复杂地质环境下高效、安全地推进工程进度。在施工过程中, 实时监测与评估、动态优化施工方案, 加强过程管控及跟踪, 这些都是保障施工质量和安全运行的关键。

关键词

水利工程; 引水隧洞施工技术; 质量控制措施

1 引言

在水利工程中, 引水隧洞是一种十分重要的组成部件, 其在保障水利工程进行时, 能够稳定水源、调整水位, 在引水隧洞的施工过程中, 由于工程施工难度大、环境多样, 要求在进行施工时能够充分做好施工地质勘探, 选择施工方案, 并要求在施工中应用施工技术、控制施工质量。文章结合具体的工程项目案例, 针对引水隧洞的施工技术进行重点讨论, 同时也提出了施工技术中的质量管理内容, 以期给引水隧洞工程施工带来一定的参考价值。

2 水利工程引水隧洞施工技术

项目案例介绍: 某引水隧洞总长 12.23km, 采用混凝土衬砌, 内径为 8.8m (衬砌完成后结构)。引水隧洞末端设

阻抗式调压井, 阻抗式调压井大井直径 25m, 高 130.0m。后接压力管道, 主、支管管径为 8.2m~2.5m。Ⅱ类、Ⅲ类围岩主要为凝灰岩, Ⅳ类、Ⅴ类围岩主要为蚀变花岗岩, Ⅳ类、Ⅴ类围岩较为破碎, 采用钢拱架系统支护, 衬砌厚度为 60cm, 双层钢筋, Ⅱ类、Ⅲ类围岩, 采用锚喷加钢筋网片及系统锚杆系统支护, 衬砌厚度为 40cm, 单层钢筋。共 6 条支洞, 同步进行开挖施工, 开挖主要采用爆破施工, 衬砌采用 12.1m 针梁台车, 开挖支护过程中采用多臂钻, 拱架台车等进行施工。

2.1 施工前的准备工作

对于水利工程引水隧洞的施工任务而言, 在实际进行施工准备阶段前就需要进行充分的准备工作, 这就涉及: ①地质勘查与设计依据。地质勘察为隧道设计方案提供了重要参考资料, 如隧道中各个岩层分布情况, 地下水位情况, 不同土壤的物理性质等等。对于施工来说, 需要通过地质勘察工作的成果对隧道施工过程中可能遇到的特殊地质现象 (例如软岩、断层带等) 提前做出分析, 从而为后期选定施

【作者简介】穆志刚 (1993-), 男, 中国山西阳泉人, 本科, 工程师, 从事水电站施工/质量管理研究。

工方案与施工支护措施提供有效的依据,这也是隧道工程施工内容得以正常开展的前提条件。勘察工作的科学性直接影响到隧道施工工作能否顺利完成。②施工方案选优优化。设计人员结合地质勘查工作提出的结果,还需选定合理的隧洞开挖方法(例如机械开挖、爆破开挖)以及隧洞支护措施(如喷射混凝土、钢支撑),进行隧洞通风排水措施的设计^[1]。对于施工方案的优化具有加快施工进度的作用,同时也可以起到规避隧道施工风险的目的。与此同时设计人员还需要尽可能全面地结合隧道施工环境、施工期限以及成本因素考虑隧道施工的施工方案,例如机械自动化施工方案的选用,这也将成为现阶段对施工方案进行优化的重要技术与方法途径。

2.2 关键施工技术

2.2.1 隧洞开挖方法

开挖施工是引水隧洞施工中的关键部分,开挖方法应综合考虑地质条件、断面尺寸等因素。工程主要采用爆破施工,工程隧洞开挖直径为9.8m(Ⅱ类、Ⅲ类围岩)及10.3m(Ⅳ类、Ⅴ类围岩)。Ⅱ类、Ⅲ类围岩整体性较好,采用全断面钻爆破施工,Ⅳ类、Ⅴ类围岩根据现场地质条件及具体情况,采用全断面爆破施工或上下台阶开挖。开挖过程中根据不同围岩状态控制爆破药量,必要时采用机械开挖,避免塌方风险。开挖过程中每个循环及时进行地质编录,并根据现场实际情况,及时进行地质雷达探测进行地质预报,为现场开挖施工提供指导和依据。通过过程中的有效管理及开挖方式的合理选择,提升施工质量及施工进度,并采用多臂钻等施工机械进行施工,保证现场施工安全及施工效率。

2.2.2 隧道支护技术

隧道开挖后的及时支护至关重要,支护方式分为喷射混凝土支护及钢支撑支护。喷射混凝土支护是一种便捷而快速的支护措施,在对隧道开挖后可立即开始喷射,形成连续的支护面,加固隧道的稳定性。喷射混凝土具有很高的抗压抗裂性,可以撑起隧道的开挖围岩^[2]。本工程喷射混凝土为Ⅱ类、Ⅲ类围岩10cm,Ⅳ类、Ⅴ类围岩15cm,Ⅳ类、Ⅴ类围岩工字钢加钢筋网片,加系统锚杆。钢支撑支护多用于承受力更大的部分,钢支撑一般用到的材料有超前小导管、工字钢等,对隧道起到支撑的作用。钢支撑的结构较为坚固耐用,一般应用于较长的隧道或者复杂地质条件的隧道。对于隧道的支护材料和支撑结构的合理布置是影响隧道稳定的关键点^[3]。

2.2.3 隧道衬砌技术

衬砌功能包括支撑围岩、减少渗漏,提升隧洞承载能力及延长使用寿命。本工程衬砌厚度为,40cm~60cm。衬砌可分为初期支护和二次衬砌两部分,二者相辅相成,共同构成完整的隧道结构体系。初期支护主要采用喷射混凝土、锚杆支护及钢拱架等措施,以迅速稳定围岩,防止坍塌。喷射混凝土的厚度及锚杆布置,需根据围岩类别和应力分布优

化,以确保良好的承载能力。二次衬砌通常采用现浇混凝土衬砌,其作用在于提高隧道整体刚度、增强耐久性及降低渗透率。施工时需确保模板安装精确、混凝土振捣充分,并采取合理的养护措施,以防止裂缝产生^[4]。

2.2.4 后期回填及固结灌浆

在引水隧洞施工中,后期回填及固结灌浆,是确保隧洞结构稳定性、防渗性能及使用寿命的重要工序。该阶段主要包括围岩与衬砌间隙的回填、固结灌浆施工,旨在提高隧洞整体结构的密实性和抗渗能力。回填材料的选择至关重要,常用材料包括水泥砂浆、细粒混凝土或特殊灌浆材料,应根据围岩级别、渗透性及衬砌施工方式进行优化配置。回填施工通常采用重力流填充或低压灌注,以确保回填材料充分填充空隙,避免产生空腔影响结构稳定。固结灌浆作为增强围岩承载力和降低渗透率的重要措施,其工艺流程包括钻孔布设、浆液配置、注浆参数控制及注浆压力监测。灌浆材料一般选用水泥基浆液,并根据地层条件掺加膨润土、外加剂等,以提高浆液的可渗透性和固结效果。注浆过程需采用分序注浆法,由低压至高压逐步进行,以确保浆液均匀扩散,提高围岩的整体密实度和抗剪强度^[5]。

2.3 爆破施工方法的应用

爆破技术是引水隧洞掘进施工的核心工艺之一,主要用于硬岩段的开挖。合理的爆破设计,可提高施工效率,还能减少围岩扰动,降低塌方及渗漏风险。爆破施工前,需进行岩层勘察,根据岩石硬度、节理发育情况及隧洞断面尺寸优化爆破参数。合理确定钻孔布置、炸药种类及装药结构,确保爆破效果均匀、岩体破碎适中。

微爆是指进行爆破设计和控制,使用微小剂量的爆破药品来达到一定程度的爆破,控制爆破震动对周边的影响,同时使挖掘精度得到保证。微爆可在较小的爆破空间内实施,可避免传统爆破引发地层沉降及对建筑的影响等,该技术更适合岩石较硬、挖掘面积较小的情况^[6]。分步施工则是指将隧道的施工环节根据地势、地点等划成小节,进行施工,每个环节都控制好,施工精度也得到了保障。该施工技术多用于地质条件特殊、环境特殊的位置等,每个施工过程,技术人员根据不同位置的地质状况、工期安排及施工技术等进行调整,保证每个施工环节的质量,科学安排进度。分步施工能够根据具体的地质情况,快速进行调整,规避大规模施工中存在的隐患。

3 引水隧洞施工的质量控制措施

3.1 质量控制的关键环节

引水隧洞工程施工质量,是关系整个工程安全运行的重中之重。为保障工程施工质量,要严格控制施工过程中各个环节,主要包括以下几个方面:①勘察设计阶段施工质量控制。勘察的作用为各设计阶段提供可靠的依据,保证设计的正确性,根据地质情况选择合适隧洞开挖方法、支护结构^[7]。

勘察过程中要重视勘察岩层构造、地下水、土质、气候条件、地质灾害风险评价等,并确定灾害类型、分布空间等,编制详细的风险评估报告及预防对策措施;设计方案时,依据岩土勘察报告合理选取隧道开挖方式及施工支护结构,做好可行性分析,避免施工中的不安全性、操作困难问题。设计方案过程除确保经济效益外,需侧重对施工质量的控制,同时重视对施工流程的优化,便于后续环节顺利进行。②工程施工材料质量控制。如水泥、钢筋,粉煤灰,外加剂等必须严格执行图纸及施工合同技术及相关规范标准,经检测、验收合格后方可用于工程施工。在实际施工中,要针对材料使用情况进行抽样检查,必须确保每一材料批次合格,对于一些关键性施工如衬砌施工,所涉及的材料质量更是重要,要针对这些施工进行抽检与验收,确保每一施工环节的质量合格^[8]。③对设备以及工艺的控制,设备的定期检查和维护是工程保证施工质量的基础。在隧道开挖支护施工中所用的多臂钻孔设备、湿喷台车设备,在浇筑过程中的针梁台车及地泵设备,在施工中要保持性能良好,定期维护保养,不能因为设备出现故障而影响施工安全质量和施工进度。现场施工过程中应加强及落实每一道工序的施工质量控制,如开挖过程中的超欠挖控制、支护过程中的工字钢安装及喷混厚度质量控制、衬砌过程中的钢筋制安质量及混凝土坍落度及振捣质量控制等。在具体施工过程中,要对每一项施工的具体工艺进行监控管理,保证每一个施工环节在具体的施工过程中都要严格按照施工标准执行,针对实际施工中存在的任何偏差要进行施工纠偏^[9]。

3.2 质量检测与验收

质量检测与验收是隧道持续安全服役的基础保障。其中主要有:①对施工过程的控制与评估。采用先进的检测技术与手段,从而对施工隧道施工整体过程进行动态的监控,对隧道整体的沉降、位移、变形等参数进行测量与检测,及时掌握隧道的结构变化,消除地质或施工所带来的安全隐患,若隧道开挖过程中,出现过大的变形或者沉降,即刻围岩及支护系统进行加固,使其变形量不至于进一步扩大。为确保回填及固结灌浆的施工质量,需开展超声波检测、压水试验及钻芯取样等手段,评估灌浆饱满度、密实性及抗渗性能,进而优化施工参数,提高隧洞工程质量和安全性。同时,对隧洞周围环境进行检测(如地下水、周围建筑物沉降等),从而掌握施工给周围环境所带来的影响,以避免地质或水文所造成的施工事故的发生^[10]。②对衬砌的完整性检测。衬

砌施工完成后,要求必须做好整体的检查工作,符合设计要求,其中较为常见的方法包括目视、超声波检测。目视检查主要适用于衬砌表面的平整与裂缝等存在的肉眼可见的缺陷,超声波检测能够检测衬砌内部情况,从而发现衬砌内部的空洞与裂缝等情况;衬砌的抗压强度以及耐久性同样可以对其进行质量的检测,通常采用的是在衬砌取样,将混凝土样本进行抗压试验的方法,从而保证衬砌的混凝土强度达标;对于大规模工程来讲,采用的是对衬砌无损检测的方式,如利用雷达进行检测,从而检测出衬砌厚度以及密实程度,消除隐患。

4 结语

综上所述,引水隧洞施工的难度较大,过程中需做好质量把控工作,保障隧洞工程施工安全、可靠,地质勘察、材料检验、施工过程中的监控管理等工作能有效消除施工过程中存在的一些安全施工问题,促进隧洞完成施工。随着新技术的不断发展,隧道施工工作效率和质量也会相应提升,有效地为水利工程安全运行提供保障。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 孙露,丁继辉,王宇宁.小断面引水隧洞混凝土衬砌施工关键技术研究[J].水利水电快报,2023,44(09):57-61.
- [4] 赵思博,李兴朝,曹虎.中小型引水隧洞施工的技术应用与研究[J].人民黄河,2023,45(S1):161-162.
- [5] 杨周.水利工程中引水隧洞的施工技术及质量保证[J].居业,2022,(08):56-58.
- [6] 朱艳.水利工程中引水隧洞施工技术与质量控制[J].居业,2019,(11): 127+129.
- [7] 王玉琦.水利工程中引水隧洞的施工技术与质量控制分析[J].城市建筑,2019,16(29): 147-148.
- [8] 张磊.水利工程中引水隧洞施工技术与质量控制措施[J].农业科技与信息,2019,(15): 119-120.
- [9] 侯晓斌.水利工程中引水隧洞施工技术与质量控制措施[J].城市建设理论研究(电子版),2019,(15): 186.
- [10] 白拥军.水利工程中引水隧洞的施工技术与质量控制[J].河南水利与南水北调,2016,(05): 54-55.