

水利工程软岩隧洞混凝土浇筑质量影响因素及控制策略研究

王东

新疆昌吉市水利管理站(昌吉市三屯河流域管理处)

DOI:10.12238/hwr.v9i2.6127

[摘要] 本文研究了水利工程软岩隧洞混凝土浇筑质量的影响因素及控制策略。以努尔加水库工程为例,分析了原材料、配合比设计、施工工艺、施工环境及人员管理等对浇筑质量的影响。提出了通过严格原材料质量控制、优化配合比设计、改进施工工艺和加强施工环境控制等措施,确保软岩隧洞混凝土浇筑质量。研究对于提高水利工程软岩隧洞建设质量和安全性具有重要指导意义。

[关键词] 水利工程; 软岩隧洞; 混凝土浇筑; 质量控制; 影响因素

中图分类号: TV331 文献标识码: A

Research on the influencing factors and control strategies of concrete pouring quality in soft rock tunnels of hydraulic engineering

Dong Wang

Changji City Water Conservancy Management Station (Changji City Santun River Basin Management Office)

[Abstract] This article studies the influencing factors and control strategies of concrete pouring quality in soft rock tunnels of hydraulic engineering. Taking the Nurga Reservoir project as an example, the impact of raw materials, mix design, construction technology, construction environment, and personnel management on pouring quality was analyzed. Measures have been proposed to ensure the quality of concrete pouring in soft rock tunnels through strict control of raw material quality, optimization of mix design, improvement of construction processes, and strengthening of construction environment control. The research has important guiding significance for improving the quality and safety of soft rock tunnel construction in hydraulic engineering.

[Key words] water conservancy engineering; Soft rock tunnel; Concrete pouring; Quality Control; influence factor

引言

随着水利工程建设规模的日益扩大,软岩隧洞作为水利枢纽中的重要组成部分,其建设质量和安全性受到了越来越多的关注。特别是在昌吉市努尔加水库这样的重大工程中,导流兼泄洪排沙洞、表孔溢洪洞及放水洞等关键建筑物均需穿越地质条件复杂的软岩地层,使得混凝土浇筑质量成为决定隧洞稳定性和使用寿命的关键因素。

1 软岩隧洞特点

软岩地层通常具有较低的强度和稳定性,给隧洞开挖和支护带来较大挑战。努尔加水库的软岩隧洞地质岩土属于四类 and 五类胶结泥岩,稳定性较差,因此施工过程中需要采取特殊的开挖和支护措施。由于地质条件复杂,软岩隧洞的施工需要采用“短进尺、强支护、快封闭、勤量测”等特殊方法,以确保施工安全和质量。同时,隧洞开挖后的支护和衬砌工作也需高度重视,以防止围岩变形和坍塌。软岩隧洞的混凝土浇筑质量直接关系

到隧洞的稳定性和安全性。因此,在施工过程中需要严格控制原材料质量、配合比设计、施工工艺等各个环节,以确保混凝土衬砌的强度、耐久性和密实性达到设计要求。

2 软岩隧洞混凝土浇筑质量影响因素分析

在水利工程软岩隧洞施工过程中,混凝土浇筑质量受到多种因素的共同影响。这些因素可以归纳为原材料因素、配合比设计、施工工艺、施工环境四个方面。

2.1 原材料因素

原材料的质量是决定混凝土浇筑质量的基础。在软岩隧洞混凝土浇筑中,主要涉及的原材料包括水泥、水、骨料(细骨料和粗骨料)、矿物掺合料和外加剂等。水泥作为混凝土的胶凝材料,其强度等级、安定性、细度等性能指标直接影响混凝土的强度、耐久性和工作性。骨料的质量则关系到混凝土的密实性、抗渗性和强度。如果骨料中含有过多的泥土、杂质或粒径分布不合理,都会导致混凝土性能下降。矿物掺合料和外加剂的合理使

用可以改善混凝土的工作性、强度和耐久性,但如果其品质不佳或掺量不当,也会对混凝土质量产生不利影响。

2.2 配合比设计

混凝土配合比设计是决定混凝土性能的关键因素之一。合理的配合比设计应根据工程要求、原材料性能及施工条件等因素综合考虑,确保混凝土具有良好的工作性、强度和耐久性。在软岩隧洞混凝土浇筑中,配合比设计不当会导致混凝土拌合物性能不稳定,出现泌水、离析等问题,从而影响混凝土浇筑质量。此外,配合比设计中还应考虑不同原材料的相容性问题,避免因原材料间化学反应导致混凝土性能劣化。

2.3 施工工艺

施工工艺是影响软岩隧洞混凝土浇筑质量的直接因素。在施工过程中,模板的架立、钢筋的绑扎、混凝土的浇筑与振捣等各个环节都直接关系到混凝土的质量。模板的架立应确保尺寸准确、稳定性好、密封性强,以防止漏浆和变形;钢筋的绑扎应符合设计要求,确保钢筋的位置和间距准确无误;混凝土的浇筑应分层进行,每层厚度不宜过厚,振捣应充分到位,确保混凝土密实无气泡。此外,施工过程中的温度控制、湿度控制以及养护措施等也都会对混凝土质量产生影响。

2.4 施工环境

施工环境对软岩隧洞混凝土浇筑质量的影响也不容忽视。施工环境包括温度、湿度、风速、地质条件等多个方面。温度的变化会影响混凝土的凝结时间和强度发展;湿度的变化则会影响混凝土的干燥收缩和裂缝产生;风速的大小会影响混凝土的表面水分蒸发速度;地质条件的好坏则直接关系到隧洞的稳定性和支护结构的受力情况。

3 混凝土浇筑质量控制策略

3.1 原材料质量控制

原材料的质量控制是提升混凝土浇筑质量的首要环节。首先,应建立严格的原材料采购和验收制度,确保所采购的原材料符合国家和行业的相关标准。对于水泥、骨料、矿物掺合料和外加剂等关键原材料,应进行严格的质量检验和复试,确保其性能指标稳定可靠。其次,在原材料储存过程中,应采取有效措施防止受潮、变质和污染,确保原材料在储存期间保持其原有性能。最后,在原材料使用过程中,应实施动态监控,及时发现并处理不合格原材料,避免其对混凝土浇筑质量造成不利影响。

3.2 配合比优化

配合比设计作为决定混凝土性能的关键因素,在混凝土工程中占据着举足轻重的地位。因此,在进行配合比设计时,必须全面考虑工程的具体要求、原材料的性能特点以及施工条件的实际情况,通过反复试验和验证,以确定出最优的配合比方案。在配合比优化的过程中,应着重关注以下几个方面:首先,要确保混凝土的强度、耐久性和工作性能够满足设计要求,确保工程的安全性;其次,要努力提高混凝土的抗裂性、抗渗性和抗冻融循环等性能,以延长工程的使用寿命;最后,还要注重优化

混凝土的成本效益,通过合理的配合比设计降低施工成本,提高经济效益。

3.3 施工工艺优化

施工工艺的优化对于提高软岩隧洞混凝土浇筑质量具有至关重要的作用。在浇筑过程中,需特别关注几个关键环节的优化。首先,模板的架立必须严格把控,确保其尺寸准确无误,稳定性良好,且密封性强,从而有效防止漏浆和变形现象的发生。其次,钢筋的绑扎工作需严格按照设计要求进行,确保钢筋的位置和间距都达到精确无误,以增强混凝土结构的整体稳定性和承载能力。再者,混凝土的浇筑过程应分层进行,每层厚度需控制在合理范围内,振捣操作需充分到位,以保证混凝土内部密实无气泡,提升其整体质量。此外,混凝土的养护工作同样重要,需加强养护措施,确保混凝土在硬化过程中能够保持适宜的温度和湿度条件。最后,还应积极采用先进的施工技术和设备,以提高施工效率和质量,进一步推动软岩隧洞混凝土浇筑工艺的优化与发展。

3.4 施工环境控制

施工环境对混凝土浇筑质量具有重要影响。在软岩隧洞混凝土浇筑过程中,应密切关注施工环境的变化情况,并采取相应的措施进行调整和控制。首先,应合理安排施工时间,避免在高温、大风等恶劣天气条件下进行施工;其次,应采取有效措施控制施工现场的温度和湿度条件,确保混凝土在浇筑和硬化过程中能够保持适宜的环境条件;最后,应加强地质勘察和监测工作,及时发现并处理潜在的地质灾害隐患,确保隧洞的稳定性和安全性。

4 案例分析

努尔加水库工程作为水利工程中的一项重要案例,其软岩隧洞混凝土浇筑质量控制的实践经验和教训对于类似工程具有重要的借鉴意义。以下将结合该工程的实际情况,详细分析软岩隧洞混凝土浇筑质量控制的具体实践。

4.1 工程概况

努尔加水库位于特定区域,是一座集拦河蓄水、导流泄洪、排沙及放水等多种功能于一体的大型水利工程。该工程主要由拦河坝、导流兼泄洪排沙洞、表孔溢洪洞及放水洞等建筑物组成。其中,导流兼泄洪排沙洞和表孔溢洪洞作为工程的核心部分,其设计和施工均达到了较高的技术水平。

导流兼泄洪排沙洞:此隧洞全长约700米,由进口段、闸井段、洞身段和泄槽段组成。其设计泄量最大可达361.9 m³/s,主要用于前期导流和后期泄洪排沙。洞身段采用无压隧洞形式,洞径较大,且边墙和底板分别采用C25和C40钢筋混凝土进行衬砌,确保了隧洞的结构强度和耐久性。

表孔溢洪洞:作为枢纽的主要泄洪建筑物,表孔溢洪洞布置在左坝肩,设计泄洪量高达819.7 m³/s。其洞身段长197米,断面尺寸较大,并采用C25钢筋混凝土衬砌,体现了高标准的施工要求。

放水洞:该洞设计流量为30.36 m³/s,全长573.342米,由多

个段落组成。其进口隧洞段、有压洞身段等关键部位同样采用了钢筋混凝土衬砌,以确保放水过程中的安全性和稳定性。

4.2 混凝土浇筑质量控制实践

原材料质量控制:在努尔加水库软岩隧洞混凝土浇筑过程中,原材料的质量控制得到了高度重视。工程采用了符合国家标准普通硅酸盐水泥、坚硬耐久的粗中砂以及符合设计要求的外加剂等原材料,并在储存和使用过程中采取了有效措施防止受潮、变质和污染。

配合比优化:为了确保混凝土的强度、耐久性和工作性满足设计要求,努尔加水库工程在配合比设计方面进行了多次试验验证。通过优化配合比设计,提高了混凝土的抗裂性、抗渗性和抗冻融循环等性能,同时降低了施工成本。在施工过程中,技术人员还根据实际情况对配合比进行了动态调整,确保了混凝土性能的稳定性和可靠性。

施工工艺优化:在施工工艺方面,努尔加水库工程注重模板的架立、钢筋的绑扎、混凝土的浇筑与振捣等关键环节的优化。模板架立时确保了尺寸准确、稳定性好、密封性强;钢筋绑扎符合设计要求;混凝土浇筑分层进行且每层厚度适中;振捣充分到位且无气泡产生。此外,工程还采用了先进的施工技术和设备,如钢模台车等,提高了施工效率和质量。

施工环境控制:为了减小施工环境对混凝土浇筑质量的影响,努尔加水库工程在施工过程中密切关注施工环境的变化情况,并采取了相应的措施进行调整和控制。在高温天气下采取了遮阳、洒水等措施降低施工现场温度;在风大天气下加强了模板的固定和检查以防止变形;同时加强了对地质条件的监测和处理以确保隧洞的稳定性和安全性。

5 混凝土浇筑质量检测技术

混凝土浇筑质量检测技术主要包括非破坏性检测技术、破坏性检测技术。其中非破坏性检测技术是指在不对混凝土结构造成损伤的情况下,通过物理或化学手段检测其内部质量的方法。这类技术具有操作简便、检测速度快、对结构无损伤等优点,广泛应用于水利工程软岩隧洞的混凝土浇筑质量检测中;并且常用的非破坏性检测技术包括超声波检测、回弹法检测等。破坏性检测技术是指通过取样或局部破坏混凝土结构来检测其内部质量的方法。这类技术虽然会对结构造成一定损伤,但能够直接获取混凝土内部的物理力学性能参数,检测结果更为准确可靠。常用的破坏性检测技术包括钻芯取样检测、拔出试验等。

5.1 案例分析

在某大型水利工程中,一条软岩隧洞需要进行混凝土浇筑。为确保隧洞结构的稳定性和安全性,施工团队决定对浇筑的混凝土质量进行全面检测。考虑到隧洞的特殊环境和施工要求,检测方案结合了非破坏性检测技术和破坏性检测技术。

5.2 非破坏性检测

超声波检测:在混凝土浇筑完成后,使用超声波检测设备对隧洞壁进行扫描。通过测量超声波在混凝土中的传播速度和衰

减情况,评估混凝土的密实度和是否存在内部缺陷,如空洞或不密实区。

回弹法检测:利用回弹仪在隧洞壁表面进行多点测量,记录回弹值,并根据预先建立的回弹值与混凝土抗压强度的关系曲线,推算出混凝土的表面硬度及抗压强度分布。

5.3 破坏性检测

钻芯取样检测:在隧洞壁的关键位置,如受力集中区或疑似质量问题区域,进行钻芯取样。取得的芯样经过加工后,进行抗压强度和抗渗性试验,以获取混凝土内部的真实物理力学性能数据。

拔出试验:在混凝土浇筑前,预先在特定位置埋设拔出件。待混凝土达到一定龄期后,进行拔出试验,通过测量拔出力 and 粘结力的变化,评估混凝土与钢筋之间的粘结性能以及混凝土的抗拉强度。

5.4 实施过程

施工团队在混凝土浇筑前制定了详细的检测计划,并准备了相应的检测设备和人员。混凝土浇筑完成后,按照计划先进行非破坏性检测,快速获取隧洞壁混凝土的整体质量情况。根据非破坏性检测的结果,选定关键位置进行破坏性检测,以获取更为准确和深入的内部质量数据。所有检测数据均被详细记录和分析,用于评估隧洞混凝土的质量状况,并为后续施工和维护提供决策依据。

6 结论

本文全面探讨了水利工程软岩隧洞混凝土浇筑质量的影响因素,并深入研究了相应的控制策略。通过对努尔加水库工程实例的分析,揭示了原材料质量、配合比设计、施工工艺、施工环境及人员管理等关键因素对浇筑质量的深刻影响。针对这些问题,本文提出了系统的解决方案,包括严格原材料质量控制、优化配合比设计、施工工艺改进以及施工环境的有效控制等,旨在全面提升软岩隧洞混凝土浇筑的质量水平。本文的研究成果对于水利工程软岩隧洞建设领域的质量控制具有重要指导意义,为类似工程提供了宝贵的参考和借鉴。

[参考文献]

- [1]许建述.软岩输水隧洞大变形机理及支护结构研究[J].地下水,2024,46(02):295-297.
- [2]唐亚森,农江平,胥旭波.早高强喷射混凝土在软岩大变形隧道中的应用研究[J].西部交通科技,2024,(02):148-151.
- [3]唐梓豪.龙潭隧洞侏罗系软岩的工程地质特性研究及对隧洞工程的影响分析[D].成都理工大学,2020.
- [4]兰俊.深部高地应力软岩隧洞流质充填衬砌支护技术研究[D].三峡大学,2019.
- [5]李云霞.高地温软岩隧洞混凝土衬砌施工技术[J].工程技术研究,2019,4(04):34-35.

作者简介:

王东(1973—),男,汉族,新疆昌吉人,本科,副高级,研究方向:水利工程建设与管理。