

水工隧洞衬砌混凝土质量通病原因分析和应对措施

徐凯

吐鲁番托克逊县白杨河水利建设管理有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i4.6691

[摘要] 在水库、水电站以及长距离引水工程等水利水电工程建设项目中，水工隧洞是不可或缺的重要结构，隧洞作为地下结构，承受的地下水压值较高，水工隧洞衬砌建设设计面临的首要问题便是解决隧洞高水压以及周围地下水压力。水工隧洞多为钢筋混凝土衬砌结构，常见的施工质量通病包括表面气泡和水痕问题、裂缝和面渗以及钢筋显影等，如若未能提前做好水文地质勘探工作，导致水工隧洞衬砌设计方案存在施工隐患，必将会加剧质量通病问题的产生出现，因此有必要在分析引发质量通病问题具体原因的基础上，寻求针对性的应对措施对威胁水工隧洞衬砌混凝土质量的问题隐患予以切实解决，为国家水网重大工程建设提供坚实助力，助力我国“十四五”规划建设目标的切实落地。近年来，我公司坚持问题导向、自主创新、指导实践的发展建设原则，推动质量标准化建设，引入了多项前沿的技术手段为保障水工隧洞衬砌混凝土施工质量创设了良好的施工条件，本文将新疆吐鲁番市托克逊县乌斯通沟水库建设工程为例，对水工隧洞衬砌混凝土质量通病原因及具体对策展开论述探讨。

[关键词] 水工隧洞；衬砌混凝土；质量通病

Analysis of Common Quality Problems in Concrete Lining of Hydraulic Tunnels and Corresponding Measures

Xu Kai

Turpan Toksun County Baiyanghe Water Conservancy Construction Management Co., Ltd

[Abstract] In water conservancy and hydropower construction projects such as reservoirs, hydropower stations, and long-distance water diversion projects, hydraulic tunnels are indispensable and important structures. As underground structures, tunnels bear high groundwater pressure values. The primary problem faced by the design of hydraulic tunnel lining is to solve the high water pressure in tunnels and the surrounding groundwater pressure. Hydraulic tunnels are mostly reinforced concrete lining structures, and common construction quality problems include surface bubbles and water marks, cracks and surface seepage, and steel reinforcement development. If hydrogeological exploration work is not carried out in advance, there will be construction hazards in the design scheme of hydraulic tunnel lining, which will inevitably exacerbate the occurrence of quality common problems. Therefore, it is necessary to analyze the specific causes of quality common problems and seek targeted measures to effectively solve the hidden dangers that threaten the quality of hydraulic tunnel lining concrete, providing solid support for the construction of major national water network projects and helping to effectively implement the construction goals of China's 14th Five Year Plan. In recent years, our company has adhered to the development and construction principles of problem orientation, independent innovation, and guiding practice, promoted quality standardization management, and introduced multiple cutting-edge technical means to create good construction conditions for ensuring the quality of hydraulic tunnel lining concrete construction. This article will take the construction project of Wusitonggou Reservoir in Toksun County, Turpan City, Xinjiang as an example to discuss the causes of common quality problems in hydraulic tunnel lining concrete and specific countermeasures.

[Key words] hydraulic tunnel; Concrete lining; Common quality issues

水利水电工程建设项目中衬砌混凝土技术同水工隧洞建设质量以及工程安全息息相关，《国家水网建设规划纲要》的印发，推动了我国水利基础设施建设提速发展，在水利工程建设如

茶开展的同时，对衬砌混凝土技术提出的质量要求也更为严苛。衬砌混凝土在水利工程中起到延长使用寿命、降低建设投入成本、保护水利设施等重要作用。然而水工隧洞实际施工现

状来看, 衬砌混凝土存在诸多质量通病, 对水利工程使用安全与运行年限带来了诸多隐患风险。因此, 对水工隧洞衬砌混凝土质量通病展开分析探讨具有重要意义, 有助于在保障施工质量的同时, 提高水利工程的经济效益与社会效益。本文论述的水工隧洞衬砌混凝土质量通病是通过新疆吐鲁番市托克逊县乌斯通沟水库工程进行总结归纳得出的, 对于降低隧洞混凝土衬砌质量问题具有一定的参考意义。

一、衬砌混凝土技术概述及其应用重要性概述

(一) 衬砌混凝土技术概述

在水利工程中衬砌混凝土是一项极为重要的施工技术手段, 为提高工程结构的稳定性以及防水性能, 采用混凝土材料对结构进行衬砌和覆盖。衬砌混凝土技术的建设应用较为广泛, 包括水库、水电站、灌溉工程等。水利工程建设单位务必高度关注衬砌混凝土技术在提高水利工程施工质量中起到的重要作用, 首先, 衬砌混凝土能够在提高工程结构稳定性的同时, 能够以较高的抗渗性能提高水利工程使用寿命。其次, 衬砌混凝土也具有改善水流流速及流态的功能作用, 降低因水流冲刷而对水利工程质量造成的不利影响。不仅如此, 衬砌混凝土也有助于提升水利工程的水密性, 起到防渗防漏的作用。最后, 衬砌混凝土也为后续水利工程的养护维修工作打好了前提基础。

(二) 衬砌混凝土技术的应用重要性

水流状态、流速分布、水流摩擦力、水流阻力均会对水利工程产生较大的作用压力, 衬砌混凝土具备施工简单、抗渗性强、整体性好、耐久性高等技术特征, 能够承受外力对工程结构的作用影响, 在抵御腐蚀侵蚀的同时, 维持工程结构的稳定性, 维护水利工程运行安全。相较于普通混凝土, 衬砌混凝土无论是用途或是技术优势均表现出了显著提高, 雨水地下水等水源产生的巨大压力是影响水利工程结构稳定性的主要原因, 衬砌混凝土以其密度高抗压强度大的耐久性能, 能够适应多种地质条件, 解除各类水源对水利工程造成的冲刷与破坏问题, 延长水利工程的使用寿命。在水利工程项目建设施工过程中, 衬砌混凝土技术具有极强的可操作性, 能够在把控施工进度度的同时, 对施工建设成本进行控制。另外, 水利工程在竣工验收后投入使用运行的过程中, 必然会涉及养护维修工作, 衬砌混凝土技术的应用能够为后续维修作业提供极大便利。水利工程建设单位若想把握好“十四五”规划这一重大的历史发展时期, 务必对提高水工隧洞衬砌混凝土施工质量予以高度关注, 对初期质量检查、钢筋安装、混凝土浇筑等施工环节则予以监督把控, 确保能够精准把控衬砌混凝土施工质量状态, 为后续施工作业以及养护维修工作创设有利前提。

二、水工隧洞衬砌混凝土质量通病原因分析和应对措施

(一) 表面气泡和水痕问题

1. 原因分析

表面气泡是衬砌混凝土结构中最为常见的质量缺陷, 本文主要探讨的是内径大且成片集中的气泡, 衬砌混凝土气泡可细

分为有害气泡和无害气泡。水痕是指混凝土表面存在不平整出现波浪状痕迹, 混凝土水痕的成因较为复杂且影响范围较广。混凝土气泡能够通过相应的解决办法得到减少, 但无法彻底消除, 水痕则能通过提早预防等手段实现彻底消除。首先对混凝土气泡进行探讨, 原材料、温度变化、搅拌时间等因素均会导致混凝土气泡产生, 混凝土骨料级配不合理会导致原材料之间的缝隙不够紧密, 从而导致大量空气进入进而产生气泡。过量使用掺合料会使得混凝土的黏稠度加大, 从而导致混凝土内部产生的气泡无法正常排出, 从而在凝固后引起混凝土表面气泡。施工环境的出现冷热波动会导致混凝土出现膨胀收缩, 相较于因原材料因素产生的混凝土气泡, 温度变化引起的气泡会随着气温的升高降低而出现明显的合拢或扩张现象。除以上因素外, 过长的搅拌时间会导致混凝土中掺杂进大量空气, 从而加剧混凝土表面气泡的产生出现。混凝土水痕涉及的施工原因包括浇筑顺序不当、混凝土养护时间过长以及混凝土配比不当等因素。以新疆吐鲁番市托克逊县乌斯通沟水库建设工程为例, 气泡孔面积大是影响外观质量造成工程验收率低的根本原因, 通过对 10 个末端因素进行对比分析, 最终得出混凝土坍落度小、铺料厚度控制不严以及拆模后未进行收面是造成该问题出现的根本诱因, 因此应秉承具体问题具体解决的原则, 寻求应对措施。

2. 应对措施

(1) 模板处理

模板表面应保持光滑整洁, 均匀涂抹脱模剂, 为减少混凝土脱模过程中的磨损损伤是将适量滑石粉掺杂到脱模剂中。

(2) 正确振捣

混凝土振捣的目的在于消除蜂窝麻面排除气泡, 使混凝土表面平整。因此有必要结合水利工程建设情况展开具体实验, 以此确定振捣时间、振捣间距、振捣深度等各项技术参数。混凝土振捣应遵循掺和拌匀、浇筑及时、振捣密实、养护到位的振捣原则, 为避免混凝土出现较大空隙要留意快插慢拔, 此外, 振捣棒的选择也极为重要, 具体应参考混凝土密度强度以及水利工程施工环境进行选择, 将振捣幅度控制在 0.5—1.5 厘米之间为宜。施工过程中在做好前期准备工作的前提下应留意不要过分振捣、保持振捣均匀以及严格把控混凝土浇筑速度。

(3) 外加剂使用

结合公司多个项目部实际案例来看, 外加剂的不合理使用无疑是造成拌和后的混凝土出现大量气泡的主要原因, 正确使用外加剂能够提高混凝土性能, 保障衬砌混凝土施工质量, 为控制混凝土气泡问题的产生出现, 应结合水利工程设计方案以及具体的施工要求参考水泥类型, 在考虑材料相容性的基础上, 选择最为恰当的外加剂品种。

(4) 合理的水灰比

执行混凝土拌和作业时应严格遵循科学配比原则, 对用水量进行把控, 若流动性未能确保泵送顺畅, 需依照相应的细则要求对配合比进行调整, 以能够持续泵送为宜, 混凝土浇筑过程中切勿加水, 对已经浇筑好的混凝土应借助平板振

捣器对未凝固的混凝土进行二次振捣,振捣时间不宜过长,以5分钟左右最佳,二次振捣的目的在于排除原材料间存在的空隙,在消除气泡的同时提高混凝土强度。施工单位应选派专业技术人员对施工人员加以帮助指导,在加大监督约束力度的同时,以便及时采取改进对策避免出现通病问题。

(5) 表面修补

细小的气泡或不易被察觉的水痕无需动用大量的人力耗时间成本进行处理,连片的混凝土气泡或水痕需要及时进行处理养护。

(二) 裂缝和面渗

1. 原因分析

造成衬砌混凝土出现裂缝的因素较为多样,具体可细化为施工问题、环境因素、地基问题以及材料问题等,水泥水灰比例不科学、模板刚度不足、施工现场环境过于极端、地基不均匀沉降、材料质量不合格都会加剧衬砌混凝土裂缝的产生出现。衬砌混凝土裂缝一旦产生会降低水工隧洞结构的承载能力,造成洞内设施出现锈蚀或导致地下水渗漏,对水工隧洞衬砌混凝土结构外观以及质量安全造成不利影响。衬砌混凝土裂缝可依据形态、宽度以及产生原因进行分类,以裂缝形态为例,具体可细化为线形裂缝、网状裂缝以及斜形或弧形裂缝。混凝土结构受到外部压力的作用影响产生弯曲或拉伸力从而出现线形裂缝,大都呈平行状分布,初期裂缝宽度较浅,如若未及时加以处理极易发展成为贯穿性裂缝;网状裂缝多见于混凝土表面,施工现场温度出现波动是造成网状裂缝的常见诱因;斜向或弧形裂纹主要因地基不均匀沉降产生,这一类型裂缝的产生出现会大幅削弱水利工程结构的承载能力,甚至诱发难以预估的危机后果。衬砌混凝土一旦出现裂缝危害,应采取相应的修补维护措施,裂缝修复以及预防的及时性关乎水利工程的安全性,决定着水利工程竣工验收后能否稳定运行。运用衬砌混凝土技术开展水工隧洞作业施工过程中极易出现因工艺处理不当而引发的面渗问题。通常来讲,最为常见的诱因是混凝土原材料质量出现问题,结合相关施工案例来看,部分施工项目未对进场材料质量予以严格把控,混凝土骨料尺寸不合适、材料性能未能满足水利工程建设要求均会导致面渗问题产生出现。加之水工隧洞内水系较为发达,如若未能在衬砌混凝土施工前期做好相应的防渗处理,必然会加剧后期隧洞出现面渗问题的隐患概率。面渗问题一旦产生会导致水工隧洞出现变形或破坏,以新疆吐鲁番市托克逊县乌斯通沟水库工程为例,面渗会导致水库损失蓄水量,对水库坝体稳定性造成威胁,如若未能及时对面渗问题进行处理极易产生集中渗漏,甚至造成水库失事。除此之外,由于水利工程极易受施工位置所处的水气气候以及地质地形等环境条件所影响,而且水工隧洞建设难度同当地地质条件密切相关,如若未能提前制定好衬砌混凝土施工设计方案或做好相应的防渗措施,极易引发一系列的质量问题,对水工隧洞结构安全造成威胁,造成水工结构失稳。

2. 应对措施

混凝土浇筑到混凝土拆模之间的间隔时间应以3—7天为宜,最好应提前通过试验对衬砌混凝土强度进行测试,待其符合水利工程建设要求后再执行后续拆模作业。清理两侧底脚建基面,彻底清理软弱层,确保基面干净平整;借助土工膜技术、土工布技术、防渗墙技术等工程设计手段提高混凝土的密实度与抗渗漏性能,降低水工隧洞出现渗漏风险的危机概率。施工过程中应严格遵循既定的设计方案与设计的要求,同时施工管理人员还应加大监督审查力度,切实规避原材料不合格、施工工艺不合理等问题,及时排查潜在的危机隐患,最大限度上保障水工隧洞衬砌混凝土施工质量。

(三) 钢筋显影

1. 原因分析

20世纪90年代,钢筋显影问题在水利工程建设中极为常见,钢筋显影并非针对衬砌混凝土质量问题提出的专业术语,而是对水泥浆料渗透进钢筋表面造成钢筋表面与水泥颜色出现色差的工程现象的直观描述,引发这一质量通病的诱因有衬砌混凝土施工过程中钢筋加工作业不规范、钢筋表面存在锈蚀或其他杂质、水泥浇筑过程中未严格把控温度湿度等,导致钢筋同空气接触发生氧化,从而出现钢筋显影。为提高水工隧洞结构的耐久性能,保障水利工程建设质量。

2. 应对措施

解决钢筋显影问题需要使用到振捣工具、加工钢模板、固定拉丝、砂浆垫块等工具设备,施工过程中应留意不要破坏混凝土中钢筋保护层厚度,振捣作业时应留意振捣深度以及振捣频率,避免振捣到钢筋,为后期水库安全运行奠定了坚实的基础。

结束语:

导致水工隧洞衬砌混凝土出现质量通病的因素较为复杂多样,本文不予以详细列举。衬砌混凝土作为水利工程建设中不可或缺的施工技术手段,起着提高防水工程质量、预防大面积渗水、延长工程使用年限等作用价值。但在水工隧洞衬砌混凝土施工过程中,仍暴露出了诸多通病问题,对水利工程的稳定性造成了波及影响。因此,在具体施工实践中,应结合诱发质量通病问题的具体原因寻求科学可行的改进对策,加大对施工现场的监督管理力度,确保衬砌混凝土技术能够最大限度上发挥出作用价值,为水利工程运行安全以及水利建设单位运作发展积蓄坚实力量。

[参考文献]

- [1]陈仲达.基于早期抗裂隧道衬砌混凝土现场试验研究[J].建筑机械,2023,(12):132-135.
- [2]李立功,张立勃.隧道衬砌中高流动性混凝土施工技术及应用[J].建筑结构,2023,53(S1):2319-2326.
- [3]陈蔚.基于隧道结构检测的安全评价研究[J].江西建材,2023,(05):99-100.
- [4]李永德.隧道混凝土衬砌常见裂缝分析和防治措施[J].四川水泥,2022,(08):216-217+221.