

南水北调建筑物混凝土质量缺陷处理分析

邵凤举

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450001

摘要：南水北调工程作为我国重大战略性基础设施，其建筑物广泛采用混凝土结构。然而，受材料特性、施工工艺及环境条件等多种因素影响，混凝土结构易出现质量缺陷。本文深入分析了这些缺陷的成因，涵盖了材料、施工和环境三大方面。针对存在的问题，提出了表面修补法、灌浆法、置换混凝土法、加固法以及裂缝处理法等多种有效处理方法。这些方法的应用旨在恢复和提升混凝土结构的质量，确保南水北调工程的安全稳定运行。本文为相关工程的质量控制和管理提供了有价值的参考和借鉴。

关键词：南水北调；建筑物混凝土；质量缺陷；处理方法

引言

南水北调工程，作为优化我国水资源配置、推动经济社会可持续发展的重大战略性基础设施，其建筑物混凝土结构的质量关乎工程成败。然而，在实际施工过程中，受材料特性、施工工艺及环境条件等多重因素影响，混凝土结构难免出现各类质量缺陷。这些缺陷不仅损害了建筑物的美观与性能，更可能对工程的安全稳定运行构成潜在威胁。鉴于此，本文将对南水北调建筑物混凝土质量缺陷的成因进行深入剖析，并探讨有效的处理方法，旨在为工程实践提供科学指导，确保南水北调工程的安全与可靠。

1 南水北调工程及混凝土结构概述

南水北调工程是一项规模宏大的战略性基础设施工程，旨在优化我国水资源配置，促进经济社会可持续发展。该工程分东、中、西三条线路，东线工程起点位于江苏扬州江都水利枢纽，供水区域为天津、济南、烟台、威海等地；中线工程起点位于汉江中上游丹江口水库，供水区域为河南、河北、北京、天津四个省（市）；西线工程尚未实施。在南水北调工程中，混凝土结构被广泛应用于各类建筑物，如渡槽、倒虹吸、渠道衬砌等。渡槽作为输水跨越障碍的重要建筑物，采用混凝土结构能够提供强大的支撑力和良好的防渗性能，确保水流顺利通过。倒虹吸则是利用压力差使水流从一处输送到另一处，混凝土结构的运用保证了其密封性和稳定性。渠道衬砌采用混凝土结构，不仅能减少渠道的粗糙度，提高输水效率，还能有效防止水流渗透到周边地层，避免水资源的浪费和对周边环境的影响。混凝土结构在南水北调工程中起着关键的支撑和防渗等作用，它能够承受巨大的水压力和建筑物自身的重量，为工程的安全运行提供坚实的基础。同时，混凝土结构的防渗

性能能够有效防止水的渗漏，避免水资源的损失和对工程设施的侵蚀。其质量直接关系到工程的安全和稳定运行，如果混凝土结构存在质量缺陷，如裂缝、孔洞等，可能会导致渗漏、结构失稳等问题，影响工程的正常运行，甚至可能造成严重的安全事故。于是，在南水北调工程中，必须高度重视混凝土结构的设计、施工和质量控制，确保其质量符合工程要求^[1]。

2 混凝土质量缺陷成因分析

2.1 材料因素

（1）原材料是混凝土质量的基础保障，其品质优劣直接影响混凝土性能。砂、石作为骨料，若含泥量超标，会阻碍水泥与骨料的粘结，降低混凝土强度与耐久性，如使用含泥量高的砂配制的混凝土，其抗压强度可能降低20%左右。石子级配不合理，会使混凝土孔隙率增大，影响密实性。水泥强度不足，则无法提供足够的胶结力支撑混凝土结构，导致强度下降。（2）混凝土配比是确保混凝土质量的关键环节。水灰比过大，会使混凝土中多余水分蒸发后留下孔隙，降低密实度和强度，同时增加收缩裂缝的风险。水泥用量不足，无法满足混凝土强度要求，且会导致和易性变差，易出现离析现象，使混凝土各组分分布不均，进一步影响其性能^[2]。

2.2 施工因素

（1）混凝土浇筑过程中，模板的安装质量至关重要。若上部支护模板与下部混凝土已成型面贴合不紧密，会造成漏浆，使混凝土表面出现蜂窝、麻面等缺陷，影响外观和质量。施工缝上下层模板定位偏差或涨模，会形成错台，破坏建筑物的外观和尺寸精度，给后续施工和使用带来不便。（2）振捣是混凝土施工中的关键工序。振捣不到位，混凝土内部气泡无法排出，会导致混凝土不密实，出现蜂窝、孔洞等质量问题，严重降

低混凝土的强度和耐久性。而拆模过早,混凝土尚未达到足够强度,易受外力损伤;养护不当,如养护时间不足、湿度不够,会使混凝土表面水分散失过快,产生干缩裂缝,影响混凝土的整体性和使用寿命。

2.3 环境因素

(1) 自然环境因素对南水北调建筑物混凝土质量影响显著。气温骤变会使混凝土产生热胀冷缩变形,当变形受到约束时,易产生裂缝。降雨的冲刷会侵蚀混凝土表面,降低其耐久性。地质条件的差异,如地基不均匀沉降,会使混凝土结构产生附加应力,导致裂缝的产生。(2) 对于大体积混凝土基础,水泥水化热的释放会使混凝土内部温度急剧升高,而外部温度相对较低,由此产生较大的温度应力。若温控措施不当,如未采取有效的降温措施或保温措施,温度应力超过混凝土的抗拉强度时,极易导致裂缝产生,影响结构的安全性和稳定性^[3]。

3 南水北调建筑物混凝土质量缺陷处理方法

3.1 表面修补法

对于南水北调建筑物混凝土表面的蜂窝、麻面、错台等缺陷,表面修补法是一种常用且有效的处理方式。

(1) 对于较轻微的蜂窝麻面,首先要将缺陷部位清理干净,去除表面的浮浆、松散颗粒和灰尘等杂质,可以使用钢丝刷、高压水枪等工具进行清理,确保修补材料与原混凝土能够牢固粘结。然后,选用合适的修补材料,如水泥砂浆或聚合物砂浆进行抹面处理。水泥砂浆应选用强度等级不低于原混凝土的水泥,并严格控制配合比,确保其具有良好的和易性和粘结性。聚合物砂浆则是在水泥砂浆的基础上添加了聚合物乳液等添加剂,能够提高砂浆的柔韧性、粘结强度和耐久性。在抹面时,应分层涂抹,每层厚度不宜过厚,以免出现开裂、脱落等问题。涂抹完成后,要及时进行养护,保持修补部位的湿润,养护时间一般不少于7天。(2) 对于错台缺陷,若错台程度较轻,可采用打磨的方法进行处理,使用角磨机等工具将错台部位打磨平整,但要注意打磨的力度和深度,避免对原混凝土结构造成损伤。若错台程度较重,可先将错台部位的混凝土进行局部凿除,然后重新支设模板,浇筑与原混凝土强度等级相同的混凝土进行修补,修补完成后同样要进行养护。

3.2 灌浆法

对于混凝土内部的裂缝、孔洞等缺陷,灌浆法是南水北调建筑物混凝土质量缺陷处理的常用方法之一。其原理是借助压力将水泥浆或化学浆液灌入缺陷部位,以填充孔隙,进而增强结构的整体性和密实性。(1) 在灌浆材料的选择上,需依据缺陷的具体状况和工程要求

来确定。对于较小的裂缝和孔隙,可选用水泥浆,其成本较低且具有一定的强度。而对于较宽的裂缝、较深的孔洞或对防渗要求较高的部位,则常使用化学浆液,如环氧树脂浆液等,其具有良好的粘结性和渗透性,能够更好地填充和密封缺陷。(2) 灌浆过程中,严格控制灌浆压力和灌浆量至关重要。灌浆压力过小,浆液难以充分灌入缺陷部位,无法达到预期的填充效果;而压力过大,则可能导致混凝土结构产生新的裂缝或破坏。一般来说,应根据混凝土的强度、缺陷的位置和大小等因素,通过试验或依据以往经验确定合适的灌浆压力范围,并在灌浆过程中密切监测压力变化,适时进行调整。(3) 灌浆量也需精确控制。既要保证有足够的浆液填充缺陷,又不能过度灌注造成浪费和对结构产生不利影响。通常会根据缺陷的体积估算所需的灌浆量,并在灌浆过程中结合实际情况进行动态调整,以确保灌浆效果达到最佳,使南水北调建筑物的混凝土结构质量得到有效保障^[4]。

3.3 置换混凝土法

当南水北调建筑物混凝土出现局部强度严重不足、存在较大面积的疏松或孔洞等较为严重的缺陷时,可采用置换混凝土法。该方法是将缺陷部位的混凝土全部或部分剔除后,重新浇筑符合设计要求的混凝土。(1) 在实施置换混凝土法前,需对结构进行详细评估和支撑卸荷,根据检测及验算结果确定置换的范围和深度,并制定科学合理的施工方案。剔除缺陷混凝土时,要注意避免损伤钢筋及无需置换的混凝土,且需在到达缺陷边缘后,再向外清理不小于100mm,对于范围较小的构件,应从中心向四周扩展清理。(2) 新老混凝土的结合面处理是置换混凝土法的关键。需将结合面凿毛、冲洗干净,刷界面处理剂,必要时还应设置锚筋,以增强结合力。同时,置换的混凝土强度等级应比原混凝土提高一级,且不低于C25,还可采用膨胀混凝土或添加微膨胀剂,防止出现收缩裂缝。(3) 浇筑新混凝土时,要严格控制配合比和浇筑质量,确保其密实性和强度达到设计要求。拆模后,需及时进行养护,养护时间和条件应符合相关规范,以保证新混凝土的性能和质量。只有这样,才能确保新老混凝土结合良好,使南水北调建筑物的混凝土结构质量得到有效恢复和提升,保障工程的安全和稳定运行。

3.4 加固法

对于因混凝土质量缺陷导致结构承载能力不足的情况,加固法是一种有效的处理方法。(1) 粘贴碳纤维布是加固法中的常用手段之一。碳纤维布具有高强度、高

弹性模量、重量轻、耐腐蚀等优点。在施工时,首先要对混凝土表面进行处理,清除表面的油污、灰尘、松散层等,使其达到平整、干燥的状态。然后,根据设计要求裁剪碳纤维布,并均匀地涂抹粘结剂在混凝土表面和碳纤维布上,将碳纤维布准确地粘贴在预定位置,用专用工具压实,确保碳纤维布与混凝土表面紧密贴合,无气泡、空鼓等现象。粘结剂固化后,碳纤维布就能与混凝土结构形成一个整体,共同承受荷载,从而提高结构的强度和刚度。(2) 粘贴钢板加固也是常见的方法。先对混凝土表面和钢板进行打磨处理,以增加粘结力。在混凝土表面涂抹粘结剂,将经过处理的钢板粘贴在上面,并用螺栓或锚固钉等进行固定,使钢板与混凝土紧密结合。钢板能够有效地分担混凝土结构所承受的荷载,提高结构的承载能力。(3) 除了粘贴碳纤维布和钢板,还有其他一些加固方法。例如,加大截面加固法,通过增加混凝土结构的截面尺寸,提高结构的承载能力和刚度;外包钢加固法,在混凝土构件外部包裹型钢,形成钢与混凝土的组合结构,共同承担荷载;体外预应力加固法,通过在混凝土结构外部施加预应力,改善结构的受力状态,提高结构的承载能力和抗裂性能。在实际应用中,需要根据混凝土结构的具体情况、缺陷程度以及工程要求等因素,选择合适的加固方法^[5]。

3.5 裂缝处理法

在南水北调建筑物混凝土质量缺陷处理方法中,裂缝处理法需依据裂缝的宽度、深度、长度及是否贯穿等因素,来选择适宜的处理方式。(1) 对于宽度较小的裂缝,表面封闭法是常用的处理手段。像涂刷环氧树脂胶泥等防渗材料,能够有效封闭裂缝,防止水汽、化学物质等侵入,避免裂缝进一步扩展。施工时,需先将裂缝表面清理干净,确保无灰尘、油污等杂质,然后均匀地涂刷环氧树脂胶泥,使其充分填充裂缝并形成一层密封保护膜。这种方法操作简单,成本较低,适用于对结构承载能力影响较小的静止裂缝。(2) 而对于宽度较大或贯穿性裂缝,则可采用凿槽嵌缝法。先使用专业工具沿

裂缝凿出合适的槽,槽的形状和尺寸应根据裂缝的具体情况确定,一般可为“V”形或“U”形槽等。如南水北调中线渠道混凝土裂缝处理时,会沿裂缝方向凿成一个25mm×38mm的U槽沟,槽深为槽宽的1.5倍。接着,将槽内的杂物、灰尘等清理干净,并用压力水冲洗,确保槽内干净湿润。之后,选择合适的聚硫密封胶等嵌缝材料,按照规定的配合比进行搅拌混合,再将其填入槽内并压实,使其与槽壁紧密结合,达到填充裂缝、增强结构整体性和防水性能的目的。

结语

本文通过对南水北调建筑物混凝土质量缺陷的深入剖析,揭示了缺陷产生的多方面原因,并针对性地提出了多种有效的处理方法。这些方法的实施将显著提升混凝土结构的质量,为南水北调工程的安全稳定运行提供坚实保障。同时,本文的研究成果也为其他水利工程的质量控制和管理提供了宝贵的经验和参考。展望未来,我们将持续关注南水北调工程及水利领域的质量问题,不断探索和创新,为我国水利事业的持续健康发展贡献更多的智慧和力量。

参考文献

- [1]陈晓楠,白一墨,胡羽蝶,等.南水北调中线工程输水建筑物整流累积效应研究[J].水利水电科技进展,2024,44(2):61-65,98.
- [2]李宝,李庆义.南水北调东线一期山东段工程建筑物室外电缆沟修复处理技术与应用[J].自动化应用,2024,65(6):110-111,114.
- [3]武圈怀.南水北调中线京石段左排建筑物渗漏处理措施分析[J].建筑工程技术与设计,2020(20):4180-4181.
- [4]陈润.南水北调中线工程某河建筑物透水防冲墙防护施工技术[J].水利科技与经济,2023,29(8):140-145.
- [5]郭政宇,袁源,陈宁,等.基于贝叶斯网络的南水北调中线工程大型河渠交叉建筑物风险评估[J].居业,2022(2):168-170.