

水利工程混凝土施工质量监理要点与缺陷防治研究

伍 振 段冬尹

江苏嘉源建设项目管理有限公司 江苏 宿迁 223800

摘 要：本文聚焦水利工程混凝土施工质量监理与缺陷防治。先阐述水利工程混凝土施工受自然环境影响大、规模大、技术综合且具季节性等特点，以及承载能力、抗渗抗冻和耐久性等质量核心要求。接着从施工前、中、后三个阶段说明质量监理要点，分析常见质量缺陷及成因。最后提出预防为主的技术措施、缺陷修补加固方法和全过程质量追溯体系，为提升水利工程混凝土施工质量提供参考。

关键词：水利工程；混凝土施工；质量监理；缺陷防治

引言：水利工程混凝土作为工程结构的主体，其施工质量直接决定着工程的安全性、稳定性和耐久性。鉴于水利工程运行环境的特殊性，混凝土施工面临技术复杂、影响因素众多、质量要求严苛等挑战。因此，对混凝土施工的全过程实施精细化质量监理，并构建有效的缺陷防治与追溯机制，已成为保障水利工程百年大计的核心课题。本文旨在系统探讨相关要点，为工程实践提供技术与管理参考。

1 水利工程混凝土施工特点与质量要求

1.1 施工特点

水利工程混凝土施工受自然环境影响显著，施工区域多位于江河湖库周边，地形复杂且水文条件多变，汛期、低温、暴雨等天气易干扰施工进度。施工规模普遍较大，混凝土浇筑量动辄数万甚至数十万立方米，需采用连续浇筑工艺，对施工组织协调要求极高。施工技术综合性强，涉及模板支护、钢筋绑扎、混凝土搅拌运输及浇筑振捣等多个环节，各环节衔接紧密且相互影响。水利工程混凝土施工具有明显的季节性，需根据不同季节采取针对性措施。同时，施工场地往往远离城市，原材料运输、设备维修及人员调配等后勤保障工作难度较大，这些因素共同构成了水利工程混凝土施工的显著特点。

1.2 质量核心要求

水利工程混凝土质量核心要求围绕承载能力、抗渗性能、抗冻性能及耐久性展开。承载能力是基础要求，混凝土强度需严格符合设计标准，通过精确控制配合比、确保搅拌均匀及充分振捣等措施，保证混凝土实体强度达标，满足工程结构承受水压、自重及外部荷载的需求^[1]。抗渗性能至关重要，水利工程长期与水接触，混凝土必须具备良好的抗渗性，防止水分渗透引发内部结构侵蚀，需通过优化骨料级配、添加抗渗剂及加强施工缝处理等方式实现。抗冻性能需适配工程所在区域气候，北方寒冷地

区混凝土需达到规定抗冻等级，通过掺入引气剂、控制水灰比等提升抗冻能力。耐久性为长期保障，要求混凝土在复杂环境下抵抗碳化、氯离子侵蚀及碱骨料反应等，需选用优质原材料、合理设计配合比并加强养护，确保工程使用寿命符合设计年限。

2 水利工程混凝土施工质量监理控制要点

2.1 施工前准备阶段监理要点

施工前准备阶段监理需全面把控前期基础工作，首先审核施工单位提交的施工组织设计，重点核查混凝土浇筑方案、季节性施工措施及质量保证体系等内容，确保方案具备可行性与针对性。原材料检验是关键环节，监理人员需对水泥、骨料、外加剂及掺合料等进行抽样送检，核查出厂合格证及检测报告，确保水泥强度等级、骨料级配及外加剂性能符合设计要求，不合格材料严禁进场。施工设备核查不可忽视，检查混凝土搅拌站、运输罐车、振捣设备及测温仪器等的性能状态与计量精度，搅拌站需进行计量标定，振捣设备需试运转正常^[2]。监理需参与施工图纸会审，提出图纸中关于混凝土施工的疑问并督促整改，同时检查施工单位人员资质，确保特种作业人员持证上岗，还需核查施工现场临时设施、原材料存储场地及混凝土试块制作养护条件，为后续施工筑牢基础。

2.2 施工过程中监理要点

施工过程中监理需全程跟踪把控关键环节，混凝土搅拌阶段需实时监督配合比执行情况，检查骨料含水率检测及施工配合比调整记录，确保搅拌时间充足且搅拌均匀，每台班至少进行两次混凝土坍落度检测。运输环节重点核查运输时间，根据气温及运输距离控制浇筑间隔，避免混凝土初凝，夏季需采取遮阳措施，冬季做好保温，同时检查运输罐车转动情况防止离析。浇筑振捣阶段监理需旁站监督，核查浇筑顺序是否符合方案要求，

振捣人员操作是否规范,确保振捣密实无漏振、过振现象,施工缝、沉降缝等特殊部位需按规范处理,做好凿毛、清理及接浆工作。养护阶段需检查养护措施落实情况,覆盖保湿材料是否到位,养护用水温度是否适宜,根据气温调整养护周期,同时定期检测混凝土强度发展情况,做好试块见证取样与送检工作,及时发现并处理施工中出现的质量问题。

2.3 施工后验收阶段监理要点

施工后验收阶段,监理承担着确保工程质量达标的重要职责,需严格依规范标准细致核查。监理首先要认真审核施工单位提交的各类验收资料,包括混凝土施工记录,能反映施工操作细节;原材料检测报告,可证明材料质量;试块强度试验报告,体现混凝土强度性能;质量缺陷处理记录,记录问题及处理方式。要确保资料完整、真实且符合归档要求,为实体检测提供参考。实体质量检测是核心,监理人员运用回弹法、超声波法等对混凝土强度抽检,重点关注承重结构及关键部位,保障结构安全稳定。同时检查混凝土表面平整度、垂直度与外观质量,不放过裂缝、蜂窝、麻面等缺陷。对防水部位,开展闭水试验或抗渗检测,防止渗漏。若验收发现问题,监理立即下达整改通知,明确要求与期限,督促施工单位整改。整改完成后重新核查,各项指标合格才可签署验收意见。此外,监理要积极参与竣工验收,提交详细监理评估报告,明确给出混凝土施工质量评定结果,保证工程质量符合交付使用标准。

3 水利工程混凝土常见质量缺陷及成因分析

3.1 表面缺陷

水利工程混凝土表面缺陷主要表现为蜂窝、麻面、露筋、气泡密集等,蜂窝多因混凝土配合比中骨料级配不合理,粗骨料过多或砂浆不足,加之振捣不密实,导致砂浆无法填充骨料间隙形成空隙;浇筑时模板拼接不严出现缝隙,砂浆流失也会引发蜂窝。麻面成因包括模板表面未清理干净或未涂刷脱模剂,混凝土表面与模板粘连,拆模后表面出现麻点;振捣时气泡未充分排出,积聚在表面形成麻面;混凝土坍落度偏小,流动性差,无法充分填充模板表面。露筋主要是因为钢筋保护层垫块设置不足或移位,钢筋紧贴模板,浇筑后保护层厚度不够导致钢筋外露;振捣时钢筋被碰撞移位,未及时纠正也会造成露筋。气泡密集则与外加剂掺量不当、搅拌时间不足导致气泡产生过多,或振捣方法不当无法有效排出气泡有关,模板表面不光滑也会阻碍气泡溢出。

3.2 结构裂缝

水利工程混凝土结构裂缝按成因可分为温度裂缝、

收缩裂缝及荷载裂缝。温度裂缝主要因混凝土浇筑后水化热释放集中,内部温度急剧升高,而表面散热较快,内外温差超过 25°C 时,表面产生拉应力超过混凝土抗拉强度引发裂缝,尤其在大体积混凝土施工中较为常见;冬季施工时若保温措施不到位,混凝土表面受冻降温过快,也会产生温度裂缝。收缩裂缝源于混凝土硬化过程中水分蒸发产生体积收缩,若养护不及时或养护措施不当,表面水分流失过快,收缩受到约束产生拉应力导致裂缝,通常表现为表面细小网状或纵向裂缝。荷载裂缝则是由于结构实际承受荷载超过设计荷载,或施工中过早承受荷载,导致混凝土结构应力超过极限强度而开裂,地基不均匀沉降也会使结构产生附加应力引发裂缝^[3]。

3.3 耐久性不足

水利工程混凝土耐久性不足主要体现为抗渗性下降、抗冻性失效及碳化速度加快等。抗渗性下降成因包括混凝土配合比中水灰比过大,形成过多连通孔隙;骨料级配不合理,空隙率过高;施工中振捣不密实,存在内部空隙;施工缝、伸缩缝处理不当,形成渗漏通道。抗冻性失效多因混凝土中含气量不足,未掺入引气剂或掺量不足,无法形成均匀分布的封闭气泡缓解冻融破坏;水灰比过大导致孔隙率高,冻融循环中水分结冰膨胀引发结构破坏;养护不充分使混凝土强度发展不足,抗冻能力下降。碳化速度加快则是因为水泥用量不足或水泥强度等级偏低,混凝土碱性降低;混凝土表面保护层厚度不足,二氧化碳易渗入内部与氢氧化钙反应;施工中振捣不密实,表面存在缺陷,加剧二氧化碳渗透,导致钢筋锈蚀,进一步降低结构耐久性。

4 水利工程混凝土质量缺陷防治策略

4.1 预防为主的技术措施

水利工程混凝土质量缺陷预防是系统性工程,需从原材料控制、配合比优化、施工工艺改进等关键环节发力,构建全方位预防体系。原材料控制秉持严格筛选原则:水泥优先选用强度稳定、水化热低的品种,规避水化热过高引发的内部温度应力及裂缝;骨料采用级配良好、杂质含量低于3%的碎石或卵石,以保障混凝土密实性、降低孔隙率;外加剂选用符合标准的引气剂、减水剂,进场前按批次抽样检测,确保指标达标。配合比优化需适配工程特性:大体积混凝土采用低水化热配合比,掺入粉煤灰、矿渣粉等掺合料替代部分水泥,降低水化热与温度裂缝风险;抗渗要求高的部位,将水灰比控制在0.5以下,添加抗渗剂提升抗渗性能;寒冷地区掺入引气剂,使混凝土含气量保持4%-6%,增强抗冻性。施工工艺改进是质量保障关键:采用自动化搅拌站确保计量

精准,搅拌时间控制在90-120秒保证混凝土均匀性;浇筑时分层浇筑、分层振捣,以表面泛浆无气泡逸出为振捣标准;大体积混凝土实施测温监控,通过循环水降温或覆盖保温控制内外温差;浇筑后12小时内覆盖保湿材料,养护时间不低于14天,为混凝土强度及耐久性发展提供保障。

4.2 缺陷修补与加固方法

针对水利工程混凝土不同类型的质量缺陷,需采取针对性的修补与加固方法,以恢复混凝土结构的性能和安全性。在表面缺陷修补中,对于蜂窝、麻面部位,要先剔除松散混凝土,用高压水冲洗干净,确保表面无杂质和浮尘。然后采用比原混凝土强度高一个等级的水泥砂浆或细石混凝土填补,填补过程中要振捣密实,避免出现空洞,最后加强养护,保证修补部位与原混凝土良好结合。露筋部位需先清除锈蚀钢筋,采用钢丝刷除锈后涂抹防锈剂,防止钢筋进一步锈蚀,再用高标号水泥砂浆包裹修复,恢复结构的完整性。气泡密集区域可采用环氧砂浆刮涂封闭,提高表面的平整度和耐久性。结构裂缝处理要根据裂缝宽度选择合适的方案。宽度小于0.2mm的微裂缝采用环氧胶泥封闭,防止水分和有害物质侵入。宽度0.2-0.5mm的裂缝采用压力注浆法,注入环氧砂浆或水泥浆填充缝隙,增强裂缝部位的强度。宽度大于0.5mm的裂缝需剔除裂缝两侧混凝土形成V型槽,清理后采用细石混凝土或环氧混凝土填补,必要时增设钢筋网加固,提高结构的承载能力。耐久性不足的加固措施包括表面涂刷渗透型结晶型防水涂料提升抗渗性;对碳化深度较大部位采用外包混凝土或粘贴碳纤维布加固,增强保护层厚度;严重破损结构可采用植筋技术增大截面,提升承载能力与耐久性,确保水利工程混凝土结构长期稳定运行。

4.3 全过程质量追溯体系

构建水利工程混凝土全过程质量追溯体系是提升质量管控水平的重要举措,需要明确各环节责任主体与追溯节点,形成完整、有效的追溯链条。在原材料环节,要建立详细的进场台账,记录供应商信息、批次、数量及检测结果等关键信息。每批次原材料需粘贴唯一二维码,

将二维码与检测报告、使用部位进行关联,实现原材料信息的快速查询和追溯。施工过程中采用信息化手段实时记录关键信息。搅拌环节要记录配合比调整情况、搅拌时间以及操作人员等信息,确保混凝土配合比的准确性和搅拌质量。浇筑环节通过视频监控与旁站记录相结合的方式,标注浇筑部位、时间、振捣人员及试块编号等,为后续质量检测和追溯提供依据^[4]。养护环节记录养护措施、温度数据及养护人员,保证养护过程符合规范要求。试块管理实行唯一性标识,将试块与浇筑部位、检测结果进行关联,建立试块全生命周期台账,方便对混凝土强度等性能进行跟踪和分析。质量检测环节将检测数据录入追溯系统,包括实体强度、抗渗性及外观质量检测结果等。一旦发现问题,可快速定位至原材料批次、施工班组及施工时间,实现精准追溯。同时建立责任追溯制度,明确建设、施工、监理及检测单位责任,对质量问题实行倒查机制,确保追溯体系有效运行,促使各责任主体严格履行职责,提升水利工程混凝土质量管控的整体水平。

结束语

水利工程混凝土施工质量关乎工程整体安全与耐久性。质量监理贯穿施工全过程,从前期的严格审核,到施工中的全程跟踪,再到后期的细致验收,每个环节都容不得半点马虎。对于常见质量缺陷,需精准分析成因,采取针对性防治策略。通过构建全过程质量追溯体系,明确各方责任,实现精准追溯。只有各方协同合作,严格把控质量,才能确保水利工程混凝土施工质量达标,保障工程长期稳定运行。

参考文献

- [1]普荣才.水库大坝施工中混凝土施工技术分析[J].建材发展导向,2023,21(04):172-174.
- [2]李献斌.水利工程水库大坝碾压混凝土加固施工技术研究[J].水利科技与经济,2022,28(12):148-152.
- [3]燕宝红,王彩宁.水利工程质量监督信息化管理模式的应用研究[J].珠江水运,2025,(04):124-126.
- [4]袁吉柱.水利工程监理施工阶段的质量控制策略研究[J].水上安全,2024,(20):133-135.