水利工程混凝土施工技术及质量控制策略

于向远 周若兰 邵呈彦 刘 遥 吕雪飞

内蒙古河套灌区水利发展中心 内蒙古 巴彦淖尔 015000

【摘 要】：水利工程混凝土常用于闸室、泵站、渠道衬砌和消能构筑物，露天浇筑、渗水扰动、基础约束和温度变化容易放大离析、冷缝、蜂窝及早龄期裂缝风险。本文分析水利混凝土施工条件、原材料配合比、仓面处理、分层浇筑振捣、保湿养护温控和过程检验之间的质量关系，提出人员交底、材料复核、现场检测与规范执行相衔接的控制策略。质量控制应把坍落度、含气量、试件强度、施工缝状态和外观缺陷检查纳入同一工序链，在硬化前削弱缺陷形成条件，在隐蔽前完成复核整改。

【关键词】：水利工程；混凝土施工；配合比；浇筑振捣；质量控制

DOI:10.12417/3041-0630.26.13.003

水利工程混凝土结构长期面对渗流、水位涨落、冻融或干湿循环，施工期形成的孔洞、夹浆和表层裂缝会在运行期转化为渗漏通道。闸墩、底板、渠道衬砌和泵站基础在同一浇筑季节内承受水压、冲刷、基础约束和温度变形，试件强度合格并不能自动排除仓面薄弱、施工缝渗水和表层收缩风险。拌合站、运输设备、仓面班组和试验检测之间若缺少及时反馈，骨料含水率变化、等待时间延长和养护延误会被带入隐蔽结构。原材料、配合比、仓面、入仓、振捣、养护和检测需要连续受控，每一道可检查指标都应指向结构密实性、抗渗性和耐久性。

1 水利工程混凝土施工条件概况

水利工程混凝土施工常伴随大断面、露天作业和多工作面穿插，仓面基础、模板止水、钢筋预埋件、排水降渗和运输道路都会影响入仓质量[1]。闸室底板、溢洪道边墙、渠道衬砌和泵站墩墙形态不同，薄壁部位易失水收缩，厚大部位易积累水化热。雨季会改变骨料含水率和仓面积水，低温或高温季节会改变凝结时间、表面蒸发和内外温差。本类工程的质量判断应前移到材料进场、试拌复核、仓面清理、浇筑振捣、养护保温和缺陷修整环节，使抗渗、抗冻、耐磨和整体密实性获得稳定施工条件。

2 水利工程混凝土关键施工技术

（1）混凝土原材料配合比现场动态调控技术：同一仓面使用的水泥与掺合料决定胶凝体系，骨料级配和吸水状态改变拌合物泌水，外加剂适应性则影响运输后坍落度保持[2]。水工混凝土的配合比要服从强度、抗渗、抗冻、抗冲磨和低收缩目标，强度等级只是其中一项约束。骨料含泥量、级配断档和含水率波动会改变实际水胶比，外加剂与胶凝材料的相容性还会影响坍落度保持能力。现场调控以试拌结果为起点，按砂石含水率折减用水量，复核坍落度、含气量、泌水和凝结时间，并把运输距离、泵送高度、入仓温度和振捣可达性纳入校正。仓面钢筋密集或薄壁衬砌要求较高流动性时，应通过级配优化和减水剂适配改善工作性，避免随意加水。

（2）水工仓面基础处理施工技术：仓面处理决定新浇混凝土与基础、老混凝土或先浇层之间的结合质量[3]。岩基、垫层、老混凝土面和模板内侧在浇筑前应清除浮浆、松动石渣、积水和油污，凿毛面保持粗糙洁净，止水带、预埋件和保护层位置同步复核。渠道衬砌、闸墩边墙等薄壁部位受仓面平整度和模板刚度影响较大，局部空鼓或漏浆会在水流冲刷后暴露。地下水、渗水和施工排水还可能把泥浆带入结合面，浇筑前应确认排水、集水和临时封堵有效。仓面验收应把清理、湿润、界面砂浆、止水固定和模板缝封堵转为可复核状态。

（3）混凝土分层浇筑和振捣密实控制方法：分层浇筑应根据构件厚度、入仓方式、钢筋间距和振捣半径确定层厚，保证上一层尚未失去塑性前完成覆盖，减少冷缝和夹浆。底板、闸墩和边墙下料时，应避免集中冲击模板、止水带和钢筋骨架，粗骨料堆积区通过二次布料和插入式振捣恢复均匀性。振捣控制的难点不是延长时间，而是让插点、深度、移动间距和拔出速度与混凝土流动状态匹配；欠振会留下蜂窝孔洞，过振会诱发离析泌水。班组应同步记录浇筑速度、振捣责任区、施工缝位置和模板观察点，发现泌水集中、胀模或止水带偏移时立即处理。各工序依次衔接后，密实性风险可在硬化前处理。浇筑振捣质量控制链条见图 1。



图 1 水利工程混凝土施工质量控制链示意

图 1 显示仓面处理、浇筑振捣与养护温控依次衔接，离析

泌水和温度裂缝分别对应密实控制、保湿温控两类前置风险。

（4）保湿养护和温度裂缝防治方法：水利工程混凝土早期养护要同时处理水分散失和温度梯度。薄壁渠道衬砌、护坡板和溢洪道面层暴露面积大，风速、日照和低湿环境会加快表层蒸发，覆盖不及时容易形成塑性收缩裂缝。厚大底板、闸墩和坝体局部则要关注水化热集中，入仓温度、分层间歇、表面保温和降温速率应协同控制，避免内外温差放大拉应力。高温期可采用遮阳、喷雾、湿麻袋或保湿膜，低温期加强保温防冻，雨季防止冲刷新浇面和积水污染。裂缝防治的关键在于把低收缩配合比、连续浇筑、及时保湿和温度监测前置到施工组织中。

3 水利工程混凝土施工质量控制策略

3.1 提升现场施工人员工序操作能力

水利工程混凝土缺陷常发生在班组交接、隐蔽工序和短时天气变化中，施工人员对工序边界的理解直接影响控制效果[4]。技术交底应从图纸复述转向操作条件说明，明确不同结构部位的入仓顺序、振捣范围、止水保护、施工缝处理、养护开始时间和异常停浇办法。拌合站操作员、泵送人员、振捣工、模板工和试验员分别掌握岗位检查要点，使坍落度调整、含水率换算、振捣密实和试件留置不依赖个人经验。雨后复工、高温午后浇筑、夜间连续施工和设备故障恢复等情形应单独交底，由技术员旁站复核关键动作。

3.2 建立材料进场过程检验控制体系

质量检验体系应覆盖原材料进场、拌合生产、运输入仓、现场成型和养护验收。该试验规程的规程章节数量为 10 章，附录数量为 2 个，覆盖骨料、混凝土拌和物、现场混凝土质量检测、水工砂浆、水质分析和配合比设计方法等内容。水泥、掺合料、外加剂和骨料按批次查验并取样复验，砂石含水率和级配变化及时反馈到拌合站，避免实际用水量偏离配合比。拌合物出机和入仓前重点检查坍落度、含气量、温度、离析和泌水状态，试件留置与结构部位、浇筑日期、配合比编号对应，不能只追求试件数量齐全。过程检验还应把施工缝凿毛、止水带固定、模板变形、钢筋保护层、养护覆盖和外观缺陷纳入闭合整改。发现蜂窝、麻面、露筋或贯通裂缝时，先判定范围和成因，再选择修补或返工。

3.3 严格落实水利混凝土施工规范标准

规范执行是水利工程混凝土质量控制的底线，也是处理多单位协作的共同语言。施工前应把水工混凝土施工、试验检测、质量验收和大体积混凝土温控等要求转化为作业指导书，明确原材料复验、配合比调整、仓面验收、分层浇筑、振捣、养护、试件评定和缺陷处理的责任边界。监理、施工和试验检测单位在关键节点形成一致验收尺度，对隐蔽工程和重要结构部位坚持先检查后覆盖，避免用后期资料补录代替现场确认。高温、低温、雨季、长距离运输和连续浇筑均应设专项质量控制点。当检测结果、外观状态或施工记录矛盾时，应回到原材料批次、浇筑时段、仓面状态和养护条件逐项核对。

4 结语

水利工程混凝土施工质量由材料、仓面、浇筑、振捣、养护和检测共同决定。原材料和配合比控制能够稳定拌合物工作性与硬化性能，仓面基础处理能够减少结合面薄弱区，分层浇筑和振捣密实控制能够降低蜂窝、夹浆和冷缝风险，保湿养护与温控措施能够削弱早龄期收缩和温度裂缝。后续质量控制应把施工人员操作能力、材料进场检验、过程检测和规范执行连成闭合链条，使每项记录都能回到具体结构部位和工序条件。

参考文献：

[1] 缪成坤.水利工程渠道衬砌混凝土施工技术及其质量控制措施[J].四川水泥,2026,(6):171-173.

[2] 鲁霄菡,王迪.水利工程混凝土施工质量控制与全过程监理改进策略[J].中国水泥,2026,(5):134-136.

[3] 王征.水利工程混凝土施工技术及其设备质量控制措施研究[J].中国设备工程,2026,(5):217-219.

[4] 胡晓.水利工程混凝土施工质量控制技术要点分析[J].中国房地产业,2025,(34):210-213.