

水利工程混凝土施工质量控制要点分析

吴冰磊

浙江富江建设集团有限公司 浙江 温州 325000

摘要：水利工程作为国家基础设施建设体系里的关键构成部分，其质量状况与人民群众的生命财产安全以及社会经济的平稳有序发展紧密相连。混凝土施工是水利工程中的关键环节，其质量的好坏对整个水利工程的质量和使用寿命有着决定性影响。本文深入探讨了水利工程混凝土施工质量控制要点，从原材料选择、配合比设计、施工过程控制以及质量检测与验收等多个方面进行了详细分析，旨在为提高水利工程混凝土施工质量提供有益的参考。

关键词：水利工程；混凝土施工；质量控制；要点分析

1 引言

水利工程于防洪、灌溉、发电、供水等诸多领域，均起着举足轻重的作用。随着国家对水利基础设施建设的不断投入，水利项目的数量和规模日益增加。混凝土作为水利工程中应用最为广泛的建筑材料之一，其施工质量直接影响到水利工程的安全性、耐久性和功能性。然而，在水利工程混凝土施工中，受原材料质量波动、施工工艺不规范及环境条件变化等多种因素影响，质量问题常有出现，给工程安全带来较大隐患。因此，深入研究并有效控制混凝土施工质量具有重要的现实意义。

2 水利工程混凝土施工质量控制的重要性

2.1 保障水利工程安全运行

水利工程通常承担着重要的防洪、灌溉等任务，其安全性至关重要。混凝土结构作为水利工程的主要承重和防护结构，如果施工质量不合格，可能会出现裂缝、渗漏、强度不足等问题，导致工程在运行过程中出现安全隐患，甚至引发严重的安全事故，威胁到人民群众的生命财产安全。

2.2 延长水利工程使用寿命

高质量的混凝土施工可以提高水利工程的耐久性，减少因材料老化、环境侵蚀等因素导致的结构损坏，从而延长水利工程的使用寿命，降低工程的维护和修复成本，提高工程的经济效益和社会效益。

2.3 确保水利工程功能实现

水利工程的功能实现依赖于其各个结构部分的正常运行。混凝土施工质量的优劣直接影响到水利工程的水流调控、水位保持等功能。只有保证混凝土施工质量，才能确保水利工程按照设计要求发挥其应有的功能。

3 水利工程混凝土施工原材料质量控制要点

3.1 水泥

作为主要胶凝材料，其质量影响混凝土强度、耐久

性。选型需结合工程需求与环境，如抗渗工程优先选抗硫酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，大体积混凝土工程用低热水泥（3d水化热 $\leq 251\text{kJ/kg}$ ，7d $\leq 293\text{kJ/kg}$ ）。进场要查出厂合格证、质量检验报告，抽检细度、凝结时间、安定性、强度等指标，应符合《通用硅酸盐水泥》（GB175-2007）。

3.2 骨料

分为粗、细骨料。粗骨料选质地硬、级配好、粒径规则的石子，最大粒径依结构尺寸和钢筋间距定（一般 \leq 结构最小尺寸 $1/4$ 且 \leq 钢筋最小净距 $3/4$ ），级配用连续或间断级配，含泥量 $\leq 1.0\%$ ，泥块含量 $\leq 0.5\%$ ，针片状颗粒含量 $\leq 15\%$ 。细骨料用质地硬、清洁、级配好的河砂或人工砂，细度模数2.3-3.0，含泥量 $\leq 3.0\%$ ，泥块含量 $\leq 1.0\%$ 。进场检验颗粒级配、含泥量等指标，不合格禁用。

3.3 外加剂

掺量 \leq 胶凝材料5%，能改善混凝土性能，如减水剂、引气剂等。选型结合性能要求和施工条件，做适配试验确定最佳掺量^[1]。如高效减水剂减水率15%-25%，可减水泥用量10%-20%；引气剂掺量0.005%-0.015%，气泡直径10-200 μm ，含气量3%-6%。进场查产品合格证等，质量应符合《混凝土外加剂》（GB8076-2008）。

3.4 水

拌合用水应符合《混凝土用水标准》（JGJ63-2006），优先选洁净饮用水，其他水源需水质检验，不得含影响水泥凝结、硬化及钢筋锈蚀的有害物质，如pH ≥ 4.5 ，不溶物 $\leq 2000\text{mg/L}$ 等。

4 水利工程混凝土配合比设计质量控制要点

4.1 满足设计要求

混凝土配合比的设计应依据水利工程的设计强度等级、耐久性要求以及工作性能需求等方面综合确定。

设计强度等级是确定混凝土配合比的关键依据之一，必须保证混凝土在规定养护条件下能够达到所需的强度水平。按照《普通混凝土配合比设计规程》（JGJ55-2011），混凝土的配制强度应按以下公式进行计算：

$$f_{cu,o} = f_{cu,k} + 1.645\sigma$$

式中： $f_{cu,o}$ 为混凝土配制强度（MPa）； $f_{cu,k}$ 为混凝土立方体抗压强度标准值（MPa），即设计强度等级值； σ 为混凝土强度标准差（MPa），可依据施工单位的统计资料确定。此外，应结合水利工程所处的具体环境条件，如冻融或化学侵蚀环境等，明确混凝土的耐久性要求，如抗渗等级、抗冻等级等，并通过配合比设计确保满足这些性能指标^[2]。例如，对于有抗渗要求的混凝土，其水胶比不宜大于0.50，胶凝材料用量不宜小于320kg/m³；对于有抗冻要求的混凝土，其含气量应符合下表的规定。

表1 混凝土配制强度标准值

最大水胶比	0.45	0.50	0.55	0.60
引气混凝土含气量（%）	≥ 4.5	≥ 4.0	≥ 3.5	≥ 3.0

此外，还要考虑混凝土的工作性能，如坍落度、扩展度等，以确保混凝土在施工过程中具有良好的可泵性、浇筑性和振捣性。例如，对于泵送混凝土，其坍落度宜控制在100-220mm之间，扩展度不宜小于500mm。

4.2 经济合理性

在满足设计要求的前提下，应尽量降低混凝土的成本。通过合理选择原材料、优化配合比参数等方式，减少水泥等昂贵材料的用量，提高骨料的利用率，从而降低混凝土的单方造价。但要注意，不能为了降低成本而牺牲混凝土的质量。

4.3 适配试验与调整

混凝土配合比设计完成后，应进行适配试验。按照设计的配合比制作混凝土试件，进行强度、耐久性等性能试验。根据试验结果，对配合比进行调整，直至混凝土的各项性能指标满足设计要求。在实际施工中，还应根据原材料的变化、施工条件的改变等因素，及时对配合比进行调整，确保混凝土质量的稳定性。

5 水利工程混凝土施工过程质量控制要点

5.1 模板工程

模板是确保混凝土成型质量的关键施工工具，其性能直接影响混凝土结构的外观效果与尺寸精度。模板必须具备足够的强度、刚度及稳定性，以承受混凝土浇筑时的侧向压力和施工过程中的各类荷载。在安装前，应对模板进行仔细检查与清洁，保证表面平整、光洁，无残留杂物或油渍。模板的安装应稳固、位置准确，接缝紧密，防止浇筑过程中出现漏浆现象。对于大体积混

凝土结构，还需采取适当的散热措施，控制内外温差，避免因温度变化引发裂缝。混凝土浇筑期间，应安排专人对模板系统进行监控与维护，一旦发现模板变形或位移等问题，须立即采取措施处理。

5.2 钢筋工程

钢筋作为混凝土结构中的主要受力骨架，其质量直接影响结构的承载性能。钢筋的型号、规格、数量及间距等必须满足设计要求。在加工前应对钢筋进行进场检验，核查质量证明资料，并按相关规定取样复检。钢筋加工应严格依照设计图纸和施工规范执行，加工后的钢筋应保持顺直，不得有明显弯折，表面不得存在油污或严重锈蚀。钢筋的连接方式应根据直径和受力特性确定，可选用绑扎、焊接或机械连接等形式，且必须保证连接质量达标。安装过程中，应确保钢筋定位准确、间距均匀、绑扎牢固。混凝土浇筑前，须对钢筋工程进行隐蔽验收，检查钢筋规格、数量、间距、锚固长度等内容是否符合设计要求，并留存验收记录。

5.3 混凝土搅拌与运输

混凝土的拌制必须严格按配合比执行，确保各类材料计量精确。搅拌时间应结合混凝土坍落度、搅拌机型等因素确定，通常不得低于规定的最低搅拌时间，以确保拌合均匀。搅拌过程中应随时检测混凝土的坍落度等性能指标，发现偏差应及时调整。混凝土运输应选用适当的设备，如搅拌运输车，防止在运输途中出现离析或泌水现象。运输时间应根据初凝时间和施工工艺合理安排，尽量减少运输时长，确保混凝土在初凝前完成浇筑^[3]。在高温或寒冷天气施工时，还需采取相应的保温或降温措施，避免温度异常影响混凝土质量。

5.4 混凝土浇筑与振捣

混凝土浇筑是施工中的关键工序，应按层、按段有序进行。分层厚度应根据浇筑能力与振捣设备性能确定，一般不宜大于500mm。浇筑时应控制混凝土自由下落高度不超过2m，超过时应使用串筒或溜槽等辅助工具，防止出现离析现象。振捣应选用合适类型的振捣器，如插入式或平板式振捣器。操作时应做到快插慢拔，布点均匀，依次移动，避免遗漏，确保全面振实。振捣时间以混凝土表面泛浆、不再下沉且无气泡溢出为宜，防止欠振或过振。在钢筋密集区或预留孔洞周围等部位，应加强振捣，确保混凝土密实度。

5.5 混凝土养护

混凝土养护是确保其强度发展和耐久性能的关键环节。浇筑完成后，应及时开展养护工作。养护方式应结合混凝土种类及环境条件选择，常见方法包括自然养护

和蒸汽养护等。自然养护一般在浇筑后12小时内对混凝土进行覆盖并保持湿润，洒水养护时间通常不应少于14天。针对大体积混凝土，还应采取温度控制措施，如布置冷却水管或覆盖保温材料，以减小内外温差，防止出现温度裂缝。养护期间应始终保持混凝土表面湿润，避免因水分快速蒸发导致干缩开裂。

6 水利工程混凝土质量检测与验收质量控制要点

6.1 质量检测

混凝土质量检测是确保混凝土施工质量的重要手段。在施工过程中，应定期对混凝土的原材料、配合比、坍落度、强度等进行检测。原材料检测应按照规定的频率进行抽样检验，确保原材料质量符合要求。配合比检测应检查实际使用的配合比是否与设计配合比一致，如有偏差应及时调整。坍落度检测应在混凝土浇筑前进行，确保混凝土的坍落度符合施工要求。混凝土强度检测应采用标准试件制作和养护，在规定的龄期进行抗压强度试验^[4]。对于重要结构部位，还应采用无损检测等方法对混凝土强度进行检测，如回弹法、超声回弹综合法等。此外，还应根据需要对混凝土的耐久性指标，如抗渗性、抗冻性等进行检测。

6.2 质量验收

混凝土工程完成后，应按照相关标准和规范进行质量验收。验收内容包括外观质量、尺寸偏差、强度等。外观质量检查应检查混凝土表面是否平整、光滑，有无蜂窝、麻面、孔洞、裂缝等缺陷。尺寸偏差检查应检查混凝土结构的尺寸是否符合设计要求。强度验收应根据混凝土试件的强度试验结果进行评定，当混凝土强度评定合格后，方可进行下一道工序施工。对于验收中发现的质量问题，应及时进行处理，直至达到质量要求。

7 影响水利工程混凝土施工质量的因素及应对措施

7.1 环境因素

环境因素如温度、湿度、风雨等对混凝土施工质量有较大影响。在高温天气施工时，混凝土水分蒸发快，易产生干缩裂缝，且水泥水化反应加快，可能导致混凝土温度过高。应对措施包括采用低热水泥、降低混凝土入模温度、加强养护等。在低温天气施工时，混凝土易受冻，影响强度增长。可采取加热原材料、覆盖保温材

料等措施。风雨天气会影响混凝土的浇筑和养护，应采取防雨、防风措施，如搭建防雨棚、覆盖塑料薄膜等。

7.2 人员因素

施工人员的素质和操作技能直接影响混凝土施工质量。部分施工人员可能缺乏专业知识和操作经验，导致施工不规范。应对措施包括加强施工人员培训，提高其质量意识和操作技能；建立健全质量管理体系，明确各岗位人员的职责，加强质量监督和检查。

7.3 机械设备因素

搅拌设备、运输设备、振捣设备等机械设备的性能和运行状况对混凝土施工质量也有影响。如搅拌设备计量不准确，会导致混凝土配合比偏差；运输设备故障，会影响混凝土的运输时间和质量。应对措施包括定期对机械设备进行维护和保养，确保其性能良好；加强对机械设备的操作人员培训，规范操作流程。

结语

水利工程中混凝土施工的质量控制涵盖原材料选用、配合比设计、施工操作及检测验收等多个环节，应实施全过程管理，突出重点环节的管控，确保工程质量符合标准要求。实际中应综合考虑影响因素，采取有效措施提升施工质量，保障工程安全运行与长期效益。同时，应积极引入新技术、新材料、新工艺，推动质量水平提升，促进水利可持续发展。各方应协同合作，加强质量管理，打造优质工程，服务国家和人民需求。

参考文献

- [1]宋乐然,吴书培.混凝土施工技术在水利施工中的应用探讨[J].治淮,2025,(03):31-32+53.
- [2]王宜超.水利工程混凝土施工技术及其质量控制分析[J].价值工程,2022,41(07):64-66.
- [3]陈宇威.水利工程中混凝土施工质量控制要点[J].治淮,2022,(01):42-43.
- [4]赵伟.水利工程施工过程中混凝土浇筑技术分析研究[C]//重庆市大数据和人工智能产业协会,西南大学,重庆工商大学,重庆建筑编辑部.人工智能与经济工程发展学术研讨会论文集.内蒙古河套灌区水利发展中心解放闸分中心大发公渠供水所,2025:918-921.