

水利施工中混凝土施工技术的应用和管理分析

刘胜军

临城县水务局，河北邢台，054399；

摘要：本文以某县的抽水蓄能电站枢纽项目为例，对混凝土施工技术的应用要点及管理展开分析。在实际案例基础上，指出水利施工中混凝土施工技术的应用要重视材料、配合比设计、施工工艺的控制，确保施工技术满足施工要求。为保证水利施工中混凝土施工质量与效率，要做好设备、人员、施工过程、养护等各个环节的管理，实现管理的精细化，确保混凝土施工技术的应用效果。

关键词：水利施工；混凝土施工技术；施工管理；质量控制

DOI：10.69979/3060-8767.26.02.051

在我国社会经济发展过程中，水利工程发挥着不可替代的作用，为我国工农业发展提供了极大支持。水利工程的质量与安全关系着附近居民、农田等安全，以及附近居民与工业发展的用电保障，但是在项目施工过程中混凝土的施工会直接影响工程安全，因此必须做好混凝土施工的质量与安全控制，从材料、配合比、施工工艺等全过程进行控制，全面提升工程项目质量，满足水利工程的质量与安全需求。

1 工程概述

某县的抽水蓄能电站枢纽是当地的重要基础项目，项目建成后对当地的经济建设发挥着重要作用。该项目由上水库、水道系统等各个部分组成，项目装机容量为1200MW，装机为4台，单机容量为300MW。永久性主要建筑物与永久性次要建筑物分别为1级建筑物、3级建筑物。本项目中的混凝土总工程量大约为68万m³，本项目的工程量较大，具有较为复杂的结构，因此对混凝土施工技术与管理提出较高的要求。

2 水利施工中混凝土施工技术的应用

2.1 原材料选择与配合比设计

2.1.1 水泥的选择

为对大体积混凝土的水化热温升进行有效控制，满足项目的实际需求，要求选择P·MH 42.5中热硅酸盐水泥。现在该水泥的优点是较低的水化热与后期强度增长稳定，在完成混凝土施工后，可以降低发生温度裂缝的风险^[1]。在水泥的进场过程中，要对其进行检验，检验的内容有强度、凝结时间等，同时也要对水泥的水化热进行抽检，保证水泥质量符合要求。

2.1.2 骨料的质量控制

在混凝土体积中骨料占到了70%-80%，骨料会对混凝土的强度与耐久性等产生直接影响。选择质地坚硬的碎石作为粗骨料，保证碎石的洁净。粗骨料从构件的尺寸与钢筋间距出发，采取两级配或三级配组合，确保堆

积密度达到最优，减少水泥的使用量^[2]。对粗骨料的针片状颗粒含量与含泥量进行控制，要求分别满足 $\leq 15\%$ 、 $\leq 1.0\%$ 的要求。在细骨料的选择过程中，要求采用天然中粗砂或优质人工砂，保证材料的质地坚硬与级配良好。细骨料的细度模数保持在2.4~2.8之间，采用人工砂其中石粉含量要保持在6%~12%之间。

2.1.3 掺合料与外加剂

在本项目中选择的核心掺合料为粉煤灰（Ⅱ级或以上）和粒化高炉矿渣粉（S95级）。粉煤灰自身的优异性能，可以对混凝土拌合物的质量进行改善，提升混凝土在后期具有良好的抗渗性和抗硫酸盐侵蚀能力。矿渣粉的加入，能让混凝土在应用中保持长期强度与耐久性，在混凝土中粉煤灰与矿渣粉的掺入量分别为20%-30%、20%-30%。选择高效聚羧酸减水剂作为外加剂，高效聚羧酸减水剂的减水率可以在25%，即便在较低的水胶比下也可以发挥其性能^[3]。在外加剂的正式使用之前，要与水泥与掺合料进行适应性试验，确保在混凝土中具有良好的相容性。

2.1.4 配合比设计优化

为保证项目工程的混凝土施工质量，确保水利工程在后期运行中的安全，要求混凝土的配合比保持科学、经济、耐久与强度，可使用绝对体积法确定比例。本项目中的混凝土为C30W8F150，要求混凝土的各项指标符合要求。混凝土强度与耐久性的影响参数为水胶比（W/B），从强度与耐久性出发，采用的水胶比为0.40-0.45^[4]。为降低用水量需优选外加剂和砂率，要求用水量控制在155 kg/m³。最佳砂率宜控制在28%-35%，保证混凝土具有良好的密实性与流动性。

2.2 混凝土拌和、运输与浇筑

2.2.1 自动化拌和与精确计量

本项目进行自动化控制，通过全自动计算机控制拌和站对混凝土进行生产，确保混凝土的质量符合要求。使用电子传感器对材料进行计量，确保各项材料的添加

偏差不宜超过 $\pm 1\%$ ，如果是粗骨料与细骨料，要求其控制在 $\pm 2\%$ 以内。

从搅拌机类型、容量等要求出发，确定拌和时间。强制式搅拌机拌和时间要保持在 90s 以内，让拌合物具有均匀的色泽，且不会发生分层与离析。施工在炎热的夏季，且运输距离较长时，需在搅拌过程中加冰或冷水，出机口温度不宜超过 28°C ^[5]。每盘混凝土的配料数据可在拌和站控制室实时监控，并做好记录，确保混凝土的各项参数符合要求。

2.2.2 运输方式与过程控制

本项目所在区域地形复杂，浇筑点比较分散，因此运输方案需保持灵活。使用混凝土搅拌运输车在水平与上坡运输混凝土，在运输过程中使用 2-4 r/min 的速度低速搅拌，避免在运输途中出现离析。对于深基坑部位可使用混凝土泵配合布料杆入仓的方式，泵送混凝土要保证平顺、牢固的泵管铺设。避免出现离析与坍落，要求混凝土需连续出机、入仓，当存在轻微离析时，则要在混凝土入仓前进行二次快速拌和。

2.2.3 系统化浇筑

在混凝土浇筑前，需使用高压水枪清洗岩基或老混凝土面，要让基面保持干净。在浇筑前需洒水湿润岩基或老混凝土面，且要避免上面存在积水。对模板与钢筋进行合理检查，要模板与钢筋的各项参数符合要求。在混凝土浇筑时要求浇筑匀速进行，采取分层振捣，分层厚度为 30-50cm，每层之间的间隔时间不宜超过 2h。高导热性的冷却水管需在浇筑过程中同步埋设，采用直径为 $\Phi 25\text{-}32\text{mm}$ 的 HDPE 管为冷却水管，冷却水管的布置呈网格状，规格为 $1.0\text{m} \times 1.0\text{m} \sim 1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ 。本项目中施工缝属于薄弱环节，施工单位样控制施工工艺，在混凝土浇筑前需将表面浮浆清理干净，采取人工凿毛让表面保持粗糙。在浇筑前需对表面湿润 24h，将一层 20-30mm 厚的与混凝土同配比的水泥砂浆铺设在上面，提升混凝土与表面的结合力^[6]。

2.3 振捣与养护

2.3.1 振捣

振捣器的选择要符合项目需求，采用高频插入式振捣器，在振捣过程中遇到狭窄部位，需加入附着式振捣器。采用 $\Phi 30\text{mm}$ 、 $\Phi 50\text{mm}$ 、 $\Phi 70\text{mm}$ 的振捣棒，要求振捣棒的直径符合建筑要求。振捣棒的工作频率、每次插入振捣时间需分别控制在 $\geq 10000\text{ rpm}$ 、15-30s。振捣结束点要以混凝土表面不会出现浮浆与气泡冒出为标准。

在振捣过程中，振捣的原则为“快插慢拔、垂直插入、插点均匀、层层扣搭”。振捣棒与混凝土保持垂直，振捣过程中避免振捣棒与模板、预埋件接触。以梅花形

分布振捣点，在确定振捣间距时，要以振捣棒的有效作用半径为依据，大约为振捣棒作用半径的 1.5 倍以内^[7]。在对上层混凝土进行振捣过程中，要求插入下层已初凝的混凝土内 5-10cm，确保每层之间具有良好的结合性。为做好质量控制，预防缺陷，要求能控制好振捣速度与强度，避免发生过振、漏振。

2.3.2 养护

合理的养护工作是保证混凝土质量的关键所在，可以保证混凝土在后期运行过程中，减少出现开裂等各类问题。混凝土的养护在其终凝后开始，在遇到大风天气时，要在混凝土收光后及时覆盖。水工结构混凝土的湿润养护时间需控制在 28d 以上，当有抗冲磨、抗冻要求的混凝土部分时，要求养护时间要超过 60d。养护过程中需在混凝土上覆盖土工布、麻袋等，并能对其进行定期洒水，保证覆盖形成饱和状态。要对水库底板、消力池底板等进行蓄水养护，蓄水的深度能保持在 10-20cm。对于无法进行覆盖洒水的区域，可采用喷涂养护剂作业。对于大体积混凝土的养护过程中，混凝土内部与表面、表面与环境之间的温差是控制的要点，要求能将泡沫塑料板、多层草垫等覆盖在上面保温，当混凝土处于升温期时需在内部通水冷却降低核心温度。对不同深度点的温度进行自动监测，要求温度控制在 25°C 以内，当温度超过 25°C 时需进行内部冷却。

2.4 特殊气候条件施工与温控措施

在混凝土施工过程中当处于高温与低温季节时，要做好施工控制。在高温时期做好骨料降温工作，拌合时加冰冷却，浇筑可在夜间进行。在低温的环境下时需对骨料进行预热，养护使用蓄热法。

在对大体积混凝土进行温度控制时，需采取综合措施，为降低水化热需对配合比进行优化设计，将冷却水管预埋在混凝土内部，浇筑需分层进行，并加强表面保温保湿措施。混凝土内部与表面、表面与环境温差需合理控制，要求其温差控制在 25°C 以内，避免发生温度裂缝。

3 水利施工中混凝土施工管理措施

3.1 设备与人员管理

首先，施工设备的精细化管理。在对混凝土施工设备进行的管理过程中，要对其全生命周期进行管理，确保设备保持稳定的、良好的工作性能。从本项目的实际情况出发，合理确定设备选型与配置。对设备的状态做好监控与维护，在设备的使用前要制定班前检查制度，并能严格执行，在检查时保持规范与合理，并对检查内容进行记录。按照设备使用手册，对设备进行定期保养与维护，比如计量传感器需定期校准，每季度校准 1 次，确保其误差控制在合理范围内。通过物联网监控终端的

应用,可与对设备参数进行全面监控,能及时发现设备故障并进行预警。制定应急预案,针对设备的突发故障进行处理,保证混凝土施工的稳定进行。

其次,施工人员的系统化管理。对施工人员进行系统管理,提升人员的综合能力,确保施工人员可以规范操作。特种作业人员持证上岗制度,并做好安全技术交底工作。针对管理及技术人员开展分级培训与考核,保证这部分人员的综合能力。系统培训作业人员,确保作业人员可以标准化、规范化施工。明确岗位职责,保证全体人员都能明确自身职责,落实岗位标准。

最后,原材料的可追溯性管理。为对原材料进行全过程管理,可构建全链条材料追溯体系,对原材料从源头到仓面进行全面管理,保证原材料的质量与安全。每一批次的材料入场前,需赋予二维码或 RFID 标签,标识要包括材料的各项信息。通过全过程信息关联,可以对每批次的材料进行识别与查询。通过原材料的追溯,可以在出现质量问题后及时对材料的源头与责任进行界定,提升供应商的质量意识,确保原材料质量符合要求。

3.2 全过程质量控制

首先,生产环节的精确控制。混凝土控制的源头是生产环节,也可以为后期混凝土施工与项目的运行提供保障。在拌合站要对混凝土中的各项材料进行精准计量,要求胶凝材料、粗与细骨料、外加剂的误差分别控制在 $\leq \pm 1\%$ 、 $\leq \pm 2\%$ 与 $\leq \pm 0.5\%$ 。出机口混凝土的坍落度、温度和含气量等参数,要求每 2h 对其检测 1 次,在检测过程中当发现坍落度超过标准后,需对用水量与外加剂掺量进行合理调整。

其次,输送与浇筑环节的连续性控制。对混凝土的运输过程进行监控,对混凝土运输过程中的时间、卸料时间等进行记录。混凝土开盘前需开展联合验收,确保模板支护稳定性、钢筋绑扎准确性。下料与平仓需有序稳定进行,下料高度要控制在 2m 以内,平仓人员需保持足够,均匀对混凝土进行摊铺,避免出现骨料堆积情况。

最后,振捣与成型环节的密实性控制。在保障混凝土结构密实性中振捣是关键所在,因此要防止发生漏振、过振的情况。振捣作业需保持标准化,明确振捣手负责的区域,并能做好振捣检查。混凝土表面不再显著下沉、出现均匀浮浆等是振捣质量评定的标准,同时要记录好振捣时间、责任人等。

3.3 精细化养护与智能化管理

混凝土施工的收官环节是养护,也是保障水利工程

质量的关键所在。在水利工程建好之后会承受水压、冲刷等影响,所以必须对混凝土进行精细化管理,确保混凝土的安全与质量。在标准化养护制度下,确保混凝土养护的规范性与可靠性。在对混凝土进行养护过程中,需针对项目具体情况确定养护时长,不能机械定位 28d。在养护过程中,需做好防雨、防风与保温措施,避免混凝土出现裂缝。针对大体积混凝土、薄壁结构与复杂部位采取差异化的养护策略,保证养护的针对性。为对养护全过程进行监控与管理,要利用好传感器技术、物联网技术等,实现养护方案的动态化、精准化调整。完善养护管理方案,明确养护人员的职责,做好巡查与记录工作,并对养护记录情况进行存档。

4 结束语

综上所述,水利工程项目具有较强的综合性,涉及了材料科学、施工工艺等项目,属于复杂的、系统性工程。为保证水利施工混凝土质量,要求能控制好施工工艺流程,保证混凝土的耐久性与质量。同时,也要做好施工全过程的管理,确保施工各个环节的质量,确保混凝土施工各环节达到标准,让水利工程项目在建成之后可以发挥其作用,并能保证其安全性与质量。

参考文献

- [1]周轶. 水利水电工程管理中混凝土施工的应用解析[J]. 建筑结构,2022,7(4):7.
- [2]秦松林. 水利工程施工中混凝土裂缝控制技术及案例分析[J]. 数字农业与智能农机,2025(1):70-73.
- [3]钱桂花. 水利施工中混凝土防裂缝施工技术应用分析[J]. 散装水泥,2024(5):85-87.
- [4]王钊. 水利水电工程中混凝土的应用与施工技术分析[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(1):4.
- [5]陈安英刘西洋完海鹰邓松邓满宇. 在建高层建筑混凝土剪力墙置换加固设计与施工控制技术[J]. 四川建筑科学研究,2022,48(6):48-53.
- [6]李孝忠. 水利水电施工中混凝土施工技术的应用[J]. 中国科技纵横,2023(13):112-114.
- [7]汪政权. 水利水电施工中混凝土施工技术的应用分析[J]. 中州建设,2023(3):40-41.

作者简介:刘胜军,男,(1976.10-),毕业院校:河北水利电力学院,水利水电专业,工作单位:临城县水务局,农村饮水办公室副主任,当前职称:工程师,专技十级。