

水利水电施工中混凝土施工技术的应用

师明明

河南水建集团有限公司 河南 郑州 450000

摘要：混凝土施工技术是水利水电工程建设的核心支撑，其应用成效直接影响工程结构安全与使用寿命。通过科学设计混凝土配合比，优化搅拌、运输、浇筑、振捣工艺，并强化养护与温控措施，可有效保障施工质量。针对大体积混凝土温控难题、复杂施工环境挑战及高标准质量要求，需综合运用先进技术与管理手段。实践表明，创新温控技术、因地制宜施工方案及全过程质量管控，显著提升了水利水电工程混凝土施工的可靠性与耐久性。

关键词：水利水电施工；混凝土施工技术；应用

引言

在水利水电工程建设中，混凝土作为主要建筑材料，其施工技术的优劣关乎工程整体性能。随着水利水电项目规模不断扩大，对混凝土施工的精准度、稳定性要求日益严苛。大体积混凝土的温度控制、复杂地质水文条件下的施工实施，以及全流程质量把控，均成为行业关注焦点。本文围绕混凝土施工技术在水利水电工程中的应用，深入剖析关键技术环节、现存难点，并提出针对性解决策略，旨在为提升工程建设质量提供理论与实践参考。

1 混凝土施工技术在水利水电施工中的重要性

混凝土作为水利水电工程的核心建筑材料，其施工技术的优劣直接关系到工程结构的稳定性与耐久性。水利水电工程中混凝土结构需长期承受水流冲刷、水位变化、温度应力等复杂荷载作用，这对混凝土的强度、抗渗性、抗冻性等性能提出了严苛要求。高质量的混凝土施工技术能够确保混凝土拌和物具备良好的和易性，使浇筑过程中混凝土能够均匀填充模板，避免蜂窝、麻面等缺陷，从而形成密实且连续的结构体，保障工程的承载能力。在大坝等关键水利水电建筑物中，混凝土施工需精准控制分层浇筑厚度与速度，防止因浇筑速度过快导致底层混凝土未充分振捣而出现空洞，或因分层过厚产生温度裂缝。温控技术在混凝土施工中不可或缺，通过优化配合比、预埋冷却水管、覆盖保温材料等措施，有效降低混凝土内部水化热温升，减小内外温差，抑制温度裂缝的产生与扩展，确保混凝土结构在温度应力作用下的完整性。混凝土的养护工艺对其后期强度增长和耐久性提升起着决定性作用。科学合理的养护能够维持混凝土表面湿度，保证水泥充分水化，增强混凝土的密实度和抗侵蚀能力。在水利水电工程的特殊环境下，长期处于水浸泡或干湿交替状态，混凝土的抗渗和抗侵蚀

性能尤为重要，良好的养护可显著提高混凝土抵抗水和有害介质侵入的能力，延长工程使用寿命。从本质上说，混凝土施工技术贯穿水利水电工程建设全周期，是保障工程安全运行、发挥工程效益的关键所在，其重要性渗透于工程结构的每一个细节，关乎整个水利水电系统的功能实现与长期稳定。

2 混凝土施工技术在水利水电施工中的具体应用

2.1 混凝土配合比设计

(1) 混凝土配合比设计需以水利水电工程结构特性与服役环境为基础，综合考虑强度、耐久性、抗渗性等性能要求。针对大坝等大体积混凝土结构，要降低水泥用量，掺入粉煤灰或矿渣粉等矿物掺合料优化胶凝材料体系，减少水化热以避免温度裂缝。根据骨料级配曲线精准选择粗细骨料，调整砂率与骨料粒径分布，构建紧密堆积结构，提升混凝土密实度与工作性能。(2) 水胶比作为配合比设计核心参数，直接影响混凝土强度与耐久性。在满足施工和易性前提下，需尽可能降低水胶比，通过掺加减水剂等化学外加剂改善混凝土流动性。对于水工建筑物水下部分，还需考虑抗冻、抗侵蚀性能，合理选择水泥品种与外加剂，如采用抗硫酸盐水泥、引气剂等，提升混凝土抵抗环境介质侵蚀能力。(3) 配合比设计需经过理论计算、试配调整与性能验证多阶段流程。通过试配试验，测试混凝土坍落度、扩展度、凝结时间等工作性能指标，同时进行抗压强度、抗渗性、抗冻性等力学与耐久性能试验，根据试验结果对配合比进行优化调整，确保混凝土性能满足工程实际需求，为水利水电工程高质量建设奠定基础^[1]。

2.2 混凝土搅拌与运输

(1) 混凝土搅拌过程需严格控制搅拌时间、投料顺序与搅拌设备性能。采用强制式搅拌机可实现骨料、胶凝材料、水及外加剂的高效均匀混合，确保混凝土各组

分分散均匀。合理的投料顺序,如先投入粗细骨料预拌,再加入胶凝材料与部分水搅拌,最后添加外加剂与剩余水,有助于提升搅拌效果,避免外加剂局部浓度过高影响混凝土性能。(2)运输环节对混凝土工作性能保持至关重要。采用搅拌运输车运输时,需根据运输距离与时间调整搅拌转速与运输路线,防止混凝土在运输过程中发生离析、坍落度损失过大等问题。对于长距离运输或高温环境下施工,可通过添加缓凝型外加剂、对罐体进行降温处理等措施,延长混凝土凝结时间,维持其和易性。(3)混凝土从搅拌机卸出至浇筑入模的时间间隔需严格控制,避免因时间过长导致混凝土初凝结硬。在运输过程中,应定期检查混凝土状态,如发现离析现象,需进行二次搅拌恢复其均匀性。合理规划运输车辆数量与调度方案,保证混凝土连续供应,避免浇筑过程中断,影响施工质量与效率。

2.3 混凝土浇筑与振捣

(1)混凝土浇筑需根据工程结构特点与施工条件选择合适的浇筑方法与工艺。对于大体积混凝土,常采用分层分段浇筑法,通过控制每层浇筑厚度与浇筑速度,避免水化热过度积聚。在分层浇筑时,需保证上下层混凝土在初凝前结合良好,防止出现冷缝。采用斜层浇筑法可利用混凝土自身流动性实现均匀铺展,减少振捣工作量,提高施工效率。(2)振捣是保证混凝土密实度的关键工序。采用插入式振捣棒振捣时,需控制振捣时间与插入深度,避免过振导致混凝土离析、分层,或漏振造成蜂窝、麻面等质量缺陷。振捣棒应快插慢拔,使混凝土内部空气充分排出,同时保证振捣范围相互搭接,确保混凝土均匀密实。对于钢筋密集区或薄壁结构,可采用附着式振捣器或小型振捣棒进行辅助振捣。(3)浇筑过程中需严格控制混凝土自由下落高度,避免因高度过高导致骨料分离。当高度超过2m时,应采用串筒、溜槽等辅助设备引导混凝土下落。在浇筑过程中实时监测混凝土表面平整度与标高,及时进行调整,确保混凝土构件尺寸精度与外观质量。浇筑完成后,需对混凝土表面进行抹压处理,防止表面失水产生干缩裂缝^[2]。

2.4 混凝土养护与温控

(1)混凝土养护是保证其强度增长与耐久性的重要环节。采用洒水养护时,需根据环境温度与湿度条件,控制洒水频率与养护时间,保持混凝土表面持续湿润状态。对于大体积混凝土,可采用覆盖塑料薄膜、土工布等保水材料,减少水分蒸发,同时在薄膜或土工布上覆盖保温被,降低混凝土表面散热速度,减小内外温差。(2)温控措施在大体积混凝土施工中尤为关键。通过预

埋冷却水管,通入低温循环水带走混凝土内部水化热,降低混凝土内部温升。监测混凝土内部与表面温度,根据温度差值调整冷却水流量与水温,将温差控制在合理范围内。选择夜间低温时段进行混凝土浇筑,可降低混凝土入模温度,减少温控难度。(3)养护与温控需持续至混凝土强度达到设计要求且内部温度趋于稳定。在养护过程中,需定期检查养护措施有效性,如发现保温保湿材料破损或冷却水循环异常,及时进行修复与调整。通过科学合理的养护与温控措施,可有效减少混凝土温度裂缝与干缩裂缝产生,提升水利水电工程混凝土结构的耐久性与安全性,保障工程长期稳定运行。

3 水利水电施工中混凝土施工技术应用难点及解决策略

3.1 应用难点

3.1.1 大体积混凝土温度控制难度大

水利水电工程中的大体积混凝土结构,如大坝、闸墩等,因其尺寸庞大,水泥水化过程中产生的热量难以快速散发,易形成显著的温度梯度。内部高温致使混凝土膨胀,而外部相对低温则引发收缩,这种不均匀的变形在混凝土内部产生拉应力。当拉应力超过混凝土的抗拉强度时,便会产生裂缝,严重影响结构的整体性与耐久性。混凝土的热传导特性及散热边界条件复杂,环境温度的昼夜波动和季节变化进一步加剧了温控的复杂性。加之不同水泥品种、骨料特性及配合比设计对水化热释放速率和总量的影响差异显著,难以精准预估和控制混凝土内部温度发展趋势,给大体积混凝土的温度控制带来极大挑战。

3.1.2 混凝土施工环境复杂

水利水电工程多依水而建,施工场地常处于河流、峡谷等特殊地理环境中。复杂的地形地貌使得混凝土运输和浇筑作业面临诸多困难,狭窄的施工通道限制了大型机械设备的通行与操作,增加了施工难度和安全风险。多变的气候条件,如强风、暴雨、高温、严寒等,直接影响混凝土的施工质量和进度。强风会加速混凝土表面水分蒸发,导致塑性收缩裂缝;暴雨可能冲刷未凝结的混凝土,破坏其结构;高温会加快水泥水化速度,缩短混凝土凝结时间,影响施工操作;严寒则使混凝土遭受冻害,降低强度和耐久性。地下水位高、地质条件不稳定等因素,也会对混凝土基础施工产生不利影响^[3]。

3.1.3 混凝土质量控制要求高

水利水电工程的混凝土结构承担着挡水、泄水、输水等重要功能,长期承受水压力、水流冲刷、冻融循环等复杂荷载作用,对混凝土质量提出了极高要求。混凝

土的强度、抗渗性、抗冻性、抗冲磨性等性能指标必须满足工程设计标准,任何一项性能不达标都可能引发结构安全隐患。混凝土生产过程中,原材料质量波动、配合比不准确、搅拌不均匀、运输时间过长等因素,都会影响混凝土的性能。在浇筑和养护环节,振捣不密实、养护措施不到位等问题,也会导致混凝土内部出现蜂窝、麻面、孔洞等缺陷,降低混凝土的耐久性和承载能力。混凝土质量问题往往具有隐蔽性,后期修复难度大、成本高,因此必须在施工全过程进行严格的质量控制。

3.2 解决策略

3.2.1 优化大体积混凝土温控技术

针对大体积混凝土温度控制难题,可采用多种技术手段协同优化。在混凝土原材料选择上,优先采用水化热较低的水泥品种,并合理掺加粉煤灰、矿渣粉等掺合料,降低水泥用量,延缓水化热释放峰值。通过优化骨料级配,减少水泥浆体体积,降低水化热总量。在施工过程中,采用分层分块浇筑方式,减小单次浇筑厚度,增加散热面积,延缓内部温度上升速度。预埋冷却水管,通过循环冷却水带走混凝土内部热量,有效控制温度升高。加强温度监测,在混凝土内部不同部位布置温度传感器,实时掌握温度变化情况,根据监测数据及时调整温控措施,确保混凝土内部与表面温差、表面与环境温差控制在合理范围内,避免温度裂缝产生。

3.2.2 应对复杂施工环境

为应对复杂的施工环境,需在施工前进行充分的勘察和规划。根据地形地貌特点,合理设计混凝土运输路线和施工方案,采用适宜的运输设备和浇筑方式,如在狭窄场地可采用溜槽、泵车等设备进行混凝土输送和浇筑。针对气候条件的影响,制定专项施工措施。在高温季节,采取降低原材料温度、调整混凝土配合比、避开高温时段施工等措施,防止混凝土因高温失水过快而产生裂缝;在严寒季节,对原材料加热、混凝土运输和浇筑设备保温、浇筑后及时覆盖保温材料等,确保混凝土在正温环境下硬化。在雨季施工时,做好场地排水和防雨措施,防止雨水冲刷混凝土。对于地下水位高、地质

条件差的区域,通过降水、地基处理等措施,改善施工条件,保证混凝土基础施工质量。

3.2.3 强化混凝土质量全过程控制

强化混凝土质量全过程控制需从原材料管理、生产过程控制、施工工艺把控和养护管理等多个环节入手。严格控制原材料质量,对水泥、骨料、外加剂等原材料进行进场检验,确保其各项性能指标符合设计要求。在混凝土生产过程中,精确计量原材料用量,严格控制搅拌时间和搅拌速度,保证混凝土拌合物均匀性和工作性。在浇筑过程中,根据混凝土特性和结构特点,选择合适的振捣方式和振捣时间,确保混凝土振捣密实,避免出现蜂窝、麻面等缺陷。浇筑完成后,及时采取有效的养护措施,根据环境温度和湿度条件,采用洒水、覆盖塑料薄膜、喷涂养护剂等方式,保持混凝土表面湿润,为混凝土强度增长创造良好的环境。加强施工过程中的质量检测,通过现场取样试验、无损检测等手段,及时发现和处理质量问题,确保混凝土质量满足水利水电工程的设计和使用要求^[4]。

结语

综上所述,混凝土施工技术在水利水电工程中占据着举足轻重的地位。通过对配合比设计、施工工艺及养护温控等环节的精细化管理,有效克服了大体积混凝土温控、复杂环境施工及质量控制等难题。然而,面对水利水电工程建设的新需求与新挑战,仍需持续探索创新混凝土施工技术,加强技术研发与经验总结,推动水利水电工程建设向更高质量、更安全可靠的方向迈进。

参考文献

- [1] 仝悦成.水利水电施工中混凝土施工技术的应用[J]. 水上安全,2024(11):187-189.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 张全.水利水电施工中混凝土施工技术的应用[J]. 世界家苑,2024(20):150-152.