

水利工程施工中混凝土浇筑技术的优化

黄 伟

丰县水利局欢口水利管理服务站 江苏 徐州 221000

摘 要：随着水利工程建设规模扩大，对施工质量的要求也在不断提升。本文聚焦水利工程施工中混凝土浇筑技术的优化。先阐述混凝土浇筑技术优化的理论基础，包括材料性能与工艺关联性、温度应力与裂缝控制原理、振捣密实度与强度关系。接着分析水利工程混凝土浇筑技术现状，指出配合比设计、温度控制、振捣工艺、浇筑方式及养护策略等方面存在的问题。因此提出一系列优化策略，涵盖配合比、温度控制、振捣工艺、浇筑方式、养护策略的优化，以及智能化技术的应用，旨在提升水利工程混凝土浇筑质量，保障水利工程建设的安全性与耐久性。

关键词：水利工程；混凝土浇筑技术；技术优化

引言：水利工程作为国家基础设施建设的关键部分，其质量直接关系到社会经济发展与人民生命财产安全。混凝土浇筑作为水利工程施工的核心环节，其技术水平高低对工程质量起着决定性作用。在水利工程建设规模不断扩大、结构日益复杂的背景下，传统混凝土浇筑技术面临诸多挑战，难以满足现代工程对质量、效率与环保的严苛要求。因此，对混凝土浇筑技术进行优化创新迫在眉睫。通过优化技术，不仅能提高混凝土结构的强度、耐久性与抗渗性，还能有效降低施工成本、缩短工期，推动水利工程行业朝着高质量、可持续方向发展。

1 混凝土浇筑技术优化的理论基础

1.1 混凝土材料性能与施工工艺的关联性

混凝土材料性能涵盖强度、耐久性、工作性等多方面，其与施工工艺紧密相连、相互影响。水泥的品种与活性决定着水化热释放速度和强度发展进程，不同水泥需搭配相应施工节奏。骨料的粒径、级配及表面特征，会影响混凝土的和易性与密实程度，施工时需合理振捣以保障骨料均匀分布。外加剂的种类和掺量能改善混凝土性能，如减水剂可提高流动性，但施工中对搅拌、浇筑时间等工艺参数要求更精准^[1]。

1.2 温度应力与裂缝控制原理

混凝土浇筑后，水泥水化反应释放大量热量，使内部温度急剧上升，而表面散热快，形成内外温差，进而产生温度应力。当温度应力超过混凝土自身的抗拉强度时，裂缝便随之产生。裂缝不仅影响结构外观，更会降低混凝土的耐久性和承载能力。控制温度应力是防止裂缝的关键，可通过优化配合比减少水泥用量、选用低热水泥、合理安排浇筑时段避开高温时段、设置冷却水管降低内部温度、加强表面保温保湿等措施，缩小内外温差，减小温度应力，有效预防裂缝的出现。

1.3 振捣密实度与混凝土强度的关系

振捣是混凝土浇筑过程中促使混凝土达到密实状态的关键工序，其密实程度与混凝土强度息息相关。振捣充分时，混凝土内部的空气被有效排出，骨料与水泥浆体充分融合，形成均匀、致密的结构，孔隙率降低，使得混凝土在受力时能更好地传递应力，从而提高强度。反之，若振捣不足，混凝土内部会存在较多孔隙和缺陷，这些薄弱部位在受力时容易引发应力集中，导致混凝土强度降低，还可能影响其耐久性。

2 水利工程混凝土浇筑技术现状分析

2.1 配合比设计问题

水利工程混凝土配合比设计存在多方面问题。部分设计未充分考虑工程实际需求，对混凝土强度、耐久性等指标设定不合理，导致混凝土性能无法满足工程长期运行要求。在材料选用上，对水泥、骨料、外加剂等原材料的品质把控不严，不同批次材料性能差异大，影响混凝土质量稳定性。而且，配合比设计时对水胶比的控制不够精准，水胶比过大，混凝土孔隙率增加，强度和耐久性降低；水胶比过小，混凝土工作性变差，难以浇筑密实，给水利工程建设质量埋下隐患。

2.2 温度控制不足

水利工程混凝土浇筑过程中，温度控制存在明显不足。水泥水化热释放集中，若未采取有效散热措施，混凝土内部温度会急剧升高，与表面温度形成较大温差，产生温度应力，易引发裂缝。在高温季节施工时，对环境温度影响考虑不周，未采取遮阳、降温等措施，进一步加剧混凝土内外温差。同时，缺乏对混凝土内部温度实时监测手段，不能及时掌握温度变化情况，难以根据温度变化调整温控措施，导致温度控制效果不佳，影响混凝土结构质量和耐久性。

2.3 振捣工艺缺陷

水利工程混凝土振捣工艺存在诸多缺陷。振捣设备选择不当,功率过小无法使混凝土充分密实,功率过大则可能造成混凝土离析。振捣时间把控不精准,时间过短,混凝土内部空气和水分无法有效排出,存在孔隙和缺陷;时间过长,会使粗骨料下沉,水泥浆上浮,导致混凝土分层。振捣棒插入深度和间距不合理,插入过浅或间距过大,部分区域无法振捣到位;插入过深或间距过小,则可能对已振捣密实的混凝土造成过度扰动,影响混凝土整体质量和强度^[2]。

2.4 浇筑方式不合理

水利工程混凝土浇筑方式不合理现象较为常见。在分层浇筑时,分层厚度控制不当,过厚会使下层混凝土承受过大压力,且不易振捣密实;过薄则增加施工工序,降低施工效率。浇筑顺序安排不合理,未按照结构特点和受力要求进行有序浇筑,可能导致混凝土结构受力不均,产生应力集中。对于大面积或大体积混凝土浇筑,未采用分段、跳仓等合理浇筑方式,易引发裂缝等质量问题。

2.5 养护策略缺失

水利工程混凝土养护策略严重缺失。养护时间不足,未按照规范要求进行足够时长的养护,混凝土早期强度发展不充分,影响其最终强度和耐久性。养护方式单一,多采用自然养护,在干燥、大风或高温天气下,混凝土表面水分蒸发过快,易产生干缩裂缝,未根据不同环境条件采取覆盖、洒水、喷养护剂等综合养护措施。缺乏对养护效果的监测和评估,不能及时发现养护过程中存在的问题并调整养护策略,导致混凝土因养护不当出现质量缺陷,降低水利工程的使用寿命和安全性。

3 水利工程混凝土浇筑技术优化策略

3.1 配合比优化设计

(1) 原材料选择与性能控制。水泥应依据工程需求,挑选强度等级合适、性能稳定的产品,严格把控其安定性、凝结时间等指标。骨料要保证质地坚硬、级配良好,粗骨料最大粒径需符合结构截面尺寸与钢筋间距要求,细骨料细度模数适宜,含泥量、泥块含量控制在规定范围内。外加剂要结合混凝土性能要求精准选用,如减水剂可改善工作性,引气剂能提高抗冻性,且要确保其与水泥适应性好。(2) 配合比参数优化。水胶比直接影响混凝土强度与耐久性,要根据工程环境、结构受力等条件,通过试验确定合理水胶比,在满足强度要求下尽量取较小值。砂率影响混凝土和易性与密实性,需综合考虑骨料种类、粒径及水胶比等因素,经试验调整

确定最佳砂率。单位用水量要兼顾工作性与强度,在保证施工顺利前提下,尽量降低用水量以减少收缩。通过正交试验等方法,对各参数进行多组对比分析,找出最优组合,实现混凝土性能与经济性的最佳平衡。

3.2 温度控制技术优化

(1) 分层浇筑与间歇时间控制。依据混凝土初凝时间、浇筑能力及结构特性,合理确定每层浇筑厚度。严格控制间歇时间,过短易形成冷缝,过长则下层混凝土受上层荷载可能开裂。需结合现场试验与计算,精准把控,让上下层混凝土良好粘结,降低温度应力对结构完整性的影响,保障混凝土质量。(2) 冷却水管通水冷却。在大体积混凝土内预埋冷却水管能有效降温。水管材质要导热好且耐用,按混凝土温度场分布合理布置。浇筑后及时通入低温冷却水,通过热交换带走内部热量。根据实时监测的温度数据,动态调整水流速度、水温与通水时长,使混凝土内外温差在合理范围,防止因温度应力引发裂缝。(3) 表面保温与养护。混凝土表面保温能减少热量散失。浇筑完成后,迅速覆盖塑料薄膜、草袋等保温材料,降低内外温差。同时按规范养护,定期洒水保持湿润,为水泥水化提供水分,促进强度增长。养护时间要充足,在恶劣天气适当延长并增加洒水次数,防止表面干缩裂缝,提升混凝土耐久性^[3]。

3.3 振捣工艺优化

(1) 振捣设备选择与参数控制。振捣设备的合理选择是保障混凝土振捣质量的前提。对于流动性较大的混凝土,宜选用高频振捣棒,其高频振动能使混凝土迅速密实;大体积混凝土施工时,插入式振捣器与平板振捣器配合使用,可实现全面振捣。参数控制方面,振捣频率要适中,过小难以排出混凝土内气泡,过大则易造成离析。振捣时间根据混凝土坍落度和振捣部位确定,以混凝土表面泛浆、不再显著下沉为准。(2) 振捣工艺创新。通过在振捣设备上安装传感器,实时监测混凝土的密实度、振动频率等参数,并将数据反馈至控制系统,自动调整振捣参数,实现精准振捣。采用附着式振捣与插入式振捣相结合的方式,对于钢筋密集或结构复杂的部位,附着式振捣提供基础振动,插入式振捣进行局部细化处理。

3.4 浇筑方式优化

(1) 大体积混凝土浇筑。大体积混凝土浇筑需着重解决水化热问题与结构整体性。采用全面分层浇筑时,从短边开始沿长边推进,逐层浇筑,每层厚度控制在合理范围,保证下层混凝土初凝前完成上层浇筑,避免出现冷缝。也可用分段分层浇筑,适用于厚度不大而面

积或长度较大的结构,将结构分成若干段,逐段分层浇筑。还有斜面分层浇筑,适用于长度较大的结构,混凝土一次浇筑到顶,让混凝土自然流淌形成斜面,振捣工作从浇筑层下端开始逐渐上移,确保混凝土密实,减少温度裂缝。(2)薄壁结构浇筑。薄壁结构浇筑对混凝土工作性与浇筑工艺要求高。由于结构厚度小,混凝土易出现离析、蜂窝麻面等缺陷。浇筑前,要严格检查模板刚度与平整度,防止浇筑时变形影响结构尺寸。采用分层分段浇筑,每层厚度不宜过大,控制混凝土自由倾落高度,超过2米时用串筒、溜槽等下料,避免混凝土离析。振捣时选用小型振捣棒,振捣间距和插入深度要合适,确保振捣密实且不破坏薄壁结构。同时,加强养护,防止因水分蒸发过快导致表面干缩裂缝。

3.5 养护策略优化

(3)保湿养护。在混凝土浇筑完成后,及时覆盖塑料薄膜、土工布等保湿材料,阻止水分过快散失。对于竖向结构,可采用喷洒养护剂的方式,形成致密保护膜。根据环境湿度与混凝土表面情况,定期洒水保持湿润,确保混凝土始终处于适宜的湿度环境,促进水泥充分水化,减少干缩裂缝的产生,提升混凝土质量。(2)温度控制养护。温度控制养护能有效降低混凝土内外温差,防止温度裂缝。在高温季节,采取遮阳、洒水降温措施,避免混凝土表面温度过高;低温时,采用覆盖保温材料,如棉被、岩棉被等,减少热量散失。还可通过预埋冷却水管通水冷却或加热管升温的方式,调节混凝土内部温度,使温度变化在合理范围内,保障混凝土结构性能。(3)养护时间控制。一般普通混凝土养护时间不少于7天,对有抗渗、抗冻等特殊要求的混凝土,养护时间应延长至14天及以上。在大体积混凝土或环境恶劣条件下,适当增加养护时间。严格按照规范要求控制养护时长,确保水泥水化充分,使混凝土达到设计强度与耐久性标准,延长工程使用寿命。

3.6 智能化技术应用

(1) BIM技术。BIM技术通过创建水利工程三维模型,实现可视化仿真与多方案比选。设计阶段可直观展示工程整体,辅助决策人员优化枢纽布置;施工阶段能

模拟施工进度与工艺,强化质量控制;运维阶段关联传感器数据,实时监测结构健康。如乌东德水电站利用BIM生成毫米级三维模型,精准指导施工与运维,提升工程安全性与效率。(2)物联网技术。物联网技术构建“感知-传输-平台-应用”四层架构,实现水利要素全感知。通过部署水位计、渗压计等传感器,实时采集水情、工情数据,经5G/4G网络传输至云平台,运用大数据分析模型预测风险。例如淮河入海水道二期工程采用物联网技术,实时监测位移、渗流等参数,提前预警隐患,降低安全风险。(3)无人机巡检。无人机搭载高清相机与AI算法,实现水利巡检自动化。在河道巡查中,可快速识别“四乱”问题并精准定位;水库巡检时,24小时动态监测坝体、水面,AI识别非法垂钓、垃圾倾倒等行为,效率提升70%以上。防汛期间,无人机实时回传汛情影像,辅助指挥决策,如黄河防凌监测中,大疆无人机通过高空态势感知,为抢险提供数据支撑^[4]。

结束语

在水利工程施工领域,混凝土浇筑技术的优化是一项意义深远且任重道远的工作。通过对配合比设计、温度控制、振捣工艺、浇筑方式、养护策略等环节的精细化改进,以及智能化技术的深度融合,我们显著提升了混凝土浇筑的质量与效率,增强了水利工程结构的稳定性与耐久性。这不仅为工程的长期安全运行筑牢了根基,更推动了水利行业向智能化、精细化方向迈进。未来,我们仍需持续探索创新,紧跟技术发展潮流,不断优化混凝土浇筑技术,以更好地应对复杂多变的施工挑战,助力水利事业高质量发展。

参考文献

- [1]林森森.水利工程施工过程中混凝土浇筑技术分析[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(26):208-210.
- [2]李国强.水利工程施工中控制混凝土裂缝技术分析[J].珠江水运,2024,(14):66-68
- [3]李凤梅.小型农田水利中渠道施工技术分析[J].工程建设与设计,2024,(02):120-122.
- [4]张健.混凝土施工技术在水利施工中的应用探讨[J].建材发展导向,2023,21(16):140-142.