

水利工程大体积混凝土施工技术应用探析

许修语

河南省水利第一工程局集团有限公司 河南 郑州 450000

摘要：大体积混凝土是水利工程核心施工材料，施工阶段产生的水化热极易引发温度变形，滋生开裂、渗漏等结构病害，直接影响水工构筑物的施工质量与服役年限。本文结合水利施工现场实际工况，系统梳理大体积混凝土各项核心施工工艺，总结材料选配、浇筑作业、养护管控的实操要点，细化温度调控、缝隙处理及裂缝防控等质控举措，可为同类水利工程混凝土施工提质提供可靠技术参考。

关键词：水利工程；大体积混凝土；施工技术

引言：大体积混凝土是现代水利基础设施建设的核心用材，广泛应用于坝体、闸室等关键承重挡水结构。这类结构施工极易受水化热作用产生温度变形，引发开裂、渗漏等常见质量问题，直接影响水工建筑的服役年限。结合施工现场实际工况优化施工工艺、完善质量管控体系，成为保障水利工程结构稳定性的重要工作。

1 水利工程大体积混凝土施工技术概述

坝体基座、工程承台、闸室主体水利核心承重挡水结构，普遍采用大体积混凝土施工工艺，这类构件截面厚度大、浇筑体量高，施工过程胶凝材料水化反应释放大热量，结构内部产生明显温变梯度，后续温度回落引发收缩变形产生不均匀应力，造成结构开裂，损害水工建筑整体稳固性与长期使用性能。常规建筑混凝土施工工艺相比，水利大体积混凝土施工管控标准更严，体现在温度调控、材料配比、现场浇筑及后期养护关键环节。施工筹备阶段，工作人员结合构筑物特点与现场环境，筛选原材料优化配合比，添加矿物掺合料，放缓水泥水化放热速度，改善热量集中释放问题。现场浇筑作业，规划分层分仓施工节奏，把控混凝土入仓振捣、界面处理关键工序，杜绝浇筑疏松、层间粘结不佳质量问题。预处理骨料、严控浇筑温度、通水降温、表层保温多重温控手段，协调结构内外温差，规避温度应力导致结构开裂^[1]。施工工艺以控温、防裂、提质为核心导向，工序紧密衔接协同，为大型水利构筑物施工品质与耐久性能提供技术保障，也是水利基础工程优质建设重要工艺基础。

2 水利工程大体积混凝土核心施工技术应用

2.1 原材料优选与配比调控技术

对原材料进行科学挑选、对配合比开展精细调整，是把控大体积混凝土施工质量的关键前提，材料自身的适配程度直接影响水工构筑物的抗裂性能与长期使用

稳定性。工程施工过程中优先采用中热硅酸盐水泥、低热矿渣硅酸盐水泥等低热水泥品类，这类材料的热量释放过程更为温和，可有效避免结构内部热量堆积，从根源减少温度应力带来的结构损伤。骨料挑选工作需重点考量材质均匀性与结构稳定性，严格控制含泥量不大于1%，为混凝土成型后的密实度与力学强度提供坚实基础支撑。在混凝土拌合环节掺入20%-40%的优质粉煤灰或矿渣粉等矿物辅料，置换部分水泥基材，能够有效减缓水化反应速度，优化混凝土内部的微观结构构造。匹配水工施工场景的专用外加剂，可显著改善物料的拌合状态，提升混合料的和易性与流动性能，合理控制整体拌合用水量。实际施工过程中需依据结构设计的性能要求调整配比参数，精准控制水胶比一般不大于0.55，砂率控制在35%-45%之间，协调混凝土前期强度提升与后期体积稳定的平衡关系。科学完善的选材与配比优化方式，可有效提升混凝土的温控抗裂水平，减少结构变形问题，为后续各项施工工序夯实坚实的质量根基。

2.2 混凝土拌制与运输施工技术

大体积混凝土的成品优劣很大程度取决于拌合、输送两道工序，现场操作的规范性能直接左右物料均匀性，对后续浇筑成型质量与结构完整度有着直观影响。现场拌合工作需依托专业机械设备实施，严格按照预设用料配比依次投入原材料，通过合理把控拌合时长，让各类物料充分交融，产出性能均衡、和易性达标的混凝土物料。操作人员全程跟进拌合作业状态，根据实际工况灵活调整操作模式，妥善规避物料混合不均、料体分离等常见问题，确保每一批次拌合物料性能保持一致。物料拌合工序完成后，选用适配的运输设备完成场内转运，结合施工现场距离远近、场地作业条件敲定运输方案，让输送作业保持连贯平稳。运输途中保持设备低速运转并做好防护处理，持续维持物料均匀状态，防止路

途输送过程中出现物料分层、坍落度流失等不良现象。作业人员合理把控运输周期,适配现场浇筑进度,确保物料在最优状态下投入施工^[2]。严谨的拌合与运输操作规范,可稳定混凝土物料综合性能,为后续施工工序提供可靠物料支撑,切实提升水工混凝土结构的成型效果与整体稳固程度。

2.3 分层分块浇筑施工技术

直接对大型水工混凝土结构整体浇筑存在诸多施工弊端,一次性浇筑成型内部水化热量无法正常散出,持续积聚热量容易诱发温度变形及结构损伤,分层分块浇筑工艺在大体积水工施工中得到广泛应用。这种施工方式对整体结构合理拆分,把大面积厚重结构体划分为若干独立浇筑区块,按照逐层逐块分步施工,有效分散热量释放节奏,缓解结构内部温度应力集中。正式施工前,工作人员需结合建筑形体规格、仓面施工条件和现场作业水平,制定分区分层施工方案,明确分层厚度与施工先后顺序,各区块施工衔接规整。实际作业中施工方式涵盖全面分层、分段分层以及斜面分层,根据场地实际施工条件挑选施工形式。各个区块浇筑需保持连贯推进,确保后层混凝土浇筑在前层初凝前完成,杜绝冷缝出现。浇筑期间同步平仓与振捣,各结构层密实程度保持一致,增强层间粘结结合性能。分层分块施工模式有效解决大体积混凝土温控防裂难题,改善结构成型效果,提升水工建筑完整度与承载能力,保障水利构筑物长期保持运行状态。

2.4 振捣密实成型施工技术

水工混凝土成型质量好坏,取决于密实度水平,振捣工序规范落实,消除结构内部空洞与表层气泡,改善构筑物防渗抗压综合性能。大体积混凝土施工覆盖面积广、浇筑厚度大,依靠摊铺处理无法解决物料松散问题,依靠振捣工艺压实内部物料排布,让整体结构受力均衡。施工现场依托插入式振捣设备,操作人员控制设备运作方式与振捣点位,保证施工点位排布均匀,避免局部振捣不到位或漏振问题出现。振捣施工需把控插入深度与作业时长,保证设备贯穿上下浇筑层,消除层间衔接缝隙,提升结构整体粘结强度。施工过程中严格把控振捣力度与时长,避免操作过量造成物料离析、骨料沉降,防止结构出现性能差异。对于钢筋排布密集、构件边角等施工难度较高的区域,可采用精细化振捣手段处理施工死角,保障细部成型效果符合施工标准。振捣工序结束后及时处理表层板面,做好收面整平工作,减少表面孔隙问题^[3]。合理的振捣成型作业模式可持续优化混凝土内部构造,提升整体密实度与结构可靠性,增强

水工建筑物防渗抗裂特性,保障构筑物在长期服役过程中保持良好的工作状态。

3 水利工程大体积混凝土施工关键管控要点

3.1 施工温度动态管控要点

水化热引发的结构温度失衡是大体积混凝土开裂的主要原因,温度把控是施工质量管控的核心。温度调控需覆盖施工全周期,通过前期预防、中期调节与后期养护的全方位措施,减轻温度应力对结构的不良影响。施工准备阶段可对原材料进行预处理,夏季将骨料预冷至25℃以下,从根源缓解水化热集中释放的升温问题。浇筑期间持续监测结构内部与表面温度,结合现场环境调整施工进度,防止温度短时间剧烈波动。一般要求混凝土内部最高温度不超过65℃,内外温差不大于25℃,表面与环境温差不大于20℃,降温速率控制在1.5-2℃/d。内部可采用通水散热,冷却水温与混凝土内部温差不宜大于20℃,水流速度0.5-1.0m/s,及时疏导内部积热。外部重点做好表层保温防护,选用土工布、保温被等材料,缩小表层与环境的温差,放缓降温速度。温度调节需稳步推进,避免骤冷骤热造成结构变形。全程跟踪温度变化并动态调整调控方式,能有效抑制温度裂缝产生,保护水工混凝土结构完整性。

3.2 混凝土常态化养护要点

混凝土浇筑施工结束后养护操作,是锁定结构强度、减少后期收缩开裂重要手段,对改善水工构筑物耐久表现有重要意义。大体积混凝土体量,结构硬化阶段环境温湿度敏感,养护流程规范程度直接决定成型效果。养护操作需浇筑施工结束后12小时内开展,结构外露表层做好封闭防护,减缓表层水分散失速度,抑制干燥收缩引发表面裂缝。施工现场结合环境条件选用覆盖保湿、人工洒水或专用养护剂喷涂等方式,维持构件表层长期湿润。普通硅酸盐水泥拌制混凝土养护时间不少于14天,掺加粉煤灰等矿物掺合料混凝土养护时间应延长21天以上,保湿养护期间混凝土表面相对湿度保持90%以上。整个养护阶段保持作业连贯,防止养护停顿造成构件干湿失衡。养护实施期间贴合前期温控标准开展配合作业,稳定结构内部硬化条件,缓解内外温差产生结构应力。作业人员落实日常巡查,针对养护薄弱区域补做处理,确保养护效果均匀一致^[4]。规范长效养护作业保障混凝土水化反应平稳进行,结构强度增长,优化水工结构抗渗抗裂能力,维持构筑物长期稳定状态。

3.3 施工缝隙规范处理要点

大体积混凝土采用分层分段浇筑的施工方式,会自然形成多处施工接缝,这类接缝的处理质量,对主体结

构的完整度和防渗水平有着直接影响,是施工质量管控的重要环节。接缝部位整体结构强度偏弱,处理工艺不规范会引发渗漏、粘结度不足以及结构错位等问题,削弱水工建筑的整体使用性能。新旧混凝土接续施工前,工作人员需完成基面预处理工作,清理原有结构表面的浮浆、松散骨料及各类杂物,通过凿毛工艺处理硬化表层,使内部密实骨料充分外露。基面清理完毕后对结构表层进行充分湿润,提升新旧混凝土的结合紧密性,规避夹层、空洞等质量问题。施工中需依据接缝实际形态选用对应处理工艺,水平接缝铺设专用砂浆过渡层,垂直接缝涂刷水泥净浆优化粘结效果。后续浇筑作业严控振捣工艺,提高接缝位置混凝土密实程度,消除各类衔接隐患。施工完成后重点核查接缝成型效果,对局部瑕疵及时修整,保证接缝位置平整牢固。科学规范的接缝处理工艺,可有效弥补分段浇筑带来的结构短板,提升混凝土结构防渗能力与整体强度,保障水工建筑整体受力体系均匀可靠。

3.4 施工裂缝有效防控要点

水工大体积混凝土在浇筑成型与固化硬化过程中,时常出现不同程度的细微裂隙,这类结构缺陷会损害构件整体性与防渗性能,科学的防控手段是把控整体施工质量的重要环节。裂隙生成主要受温度应力、水分蒸发以及现场施工操作偏差等因素影响,防控工作需覆盖整个施工周期,落实全方位的防控手段。施工选材与配比设计的合理优化,能够放缓水化热释放节奏,从根源减轻温度应力对结构的破坏作用。现场浇筑过程中采用分层分块施工方式,改善结构散热条件,配合标准振捣作业提升结构密实程度,减少内部空隙诱发的开裂问题。做好表层防护处理,可有效延缓水分蒸发,抑制干缩裂隙生成,保持构件表层结构稳定。硬化期间的保温

保湿养护能够协调结构内外温湿度,缓解不均匀形变造成的结构损伤。施工人员需常态化检查构件整体状态,及时处理早期出现的细微裂隙,阻止缺陷进一步发展扩散^[5]。全方位的裂缝防控体系结合材料优化、工艺管控和后期养护于一体,可有效控制裂隙产生与拓展,维护水工混凝土结构的完整性,保障构筑物长期服役的安全与稳定。

结束语:未来,水利工程建设会朝着高标准、高耐久的方向持续推进,大体积混凝土施工工艺也需不断优化升级。施工环节需持续细化温控防护、精细化浇筑、常态化养护等管控细节,持续完善裂缝与接缝处理体系。通过工艺革新与精细化管理结合,持续提升水工混凝土结构施工品质,适配各类大型水利工程的长期建设需求,为水利基建工程的高质量落地提供坚实的技术支撑。

参考文献

- [1]杜春呈.水利工程施工中的大体积混凝土技术的应用研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(3):158-161.
- [2]王延昌,王洪建.大型水利工程中大体积混凝土施工技术应用分析[J].水上安全,2025(11):179-181.
- [3]杨亮.水利工程中的大体积混凝土施工技术应用分析[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(3):195-198.
- [4]李洋.浅谈大体积混凝土施工技术在水利工程中的应用[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(5):142-145.
- [5]李光.水利工程大体积混凝土施工技术应用分析[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(3):090-093.