

大型水利工程中大体积混凝土施工技术应用分析

范超 李海生

中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司, 四川 成都 610000

[摘要]大型水利工程建设规模不断扩大, 大体积混凝土施工成为关键技术环节。混凝土体积增大导致水化热集中释放, 易引发温度应力及裂缝问题, 影响结构稳定性与工程质量。针对大型水利工程施工特点, 对大体积混凝土施工技术进行系统分析, 重点探讨原材料控制、温度控制措施及施工工艺优化等关键技术路径。通过合理控制浇筑工艺、加强温控管理及完善质量监测体系, 可有效降低温度裂缝发生概率, 提升混凝土结构整体稳定性。实践表明, 科学应用大体积混凝土施工技术能够显著提高大型水利工程施工质量, 并为相关工程建设提供技术参考。

[关键词]大型水利工程; 大体积混凝土; 温度控制; 施工技术; 质量控制

DOI: 10.64635/ja.2026.1146

中图分类号: TV544

文献标识码: A

Application Analysis of Mass Concrete Construction Technology in Large-Scale Water Conservancy Projects

Fan Chao, Li Haisheng

PowerChina Chengdu Engineering Corporation Limited, Chengdu 610000, Sichuan, China

Abstract: As the scale of large water conservancy projects continues to expand, mass concrete construction has become a critical technical component. The increase in concrete volume leads to the concentrated release of hydration heat, which easily causes temperature stress and cracking problems, thereby affecting structural stability and project quality. In view of the construction characteristics of large-scale water conservancy projects, this paper systematically analyzes mass concrete construction technology, with a focus on key technical approaches such as raw material control, temperature control measures, and optimization of construction processes. Through the rational control of pouring procedures, strengthened temperature management, and an improved quality monitoring system, the probability of temperature cracking can be effectively reduced and the overall stability of concrete structures can be enhanced. Engineering practice shows that the scientific application of mass concrete construction technology can significantly improve the construction quality of large-scale water conservancy projects and provide technical reference for related engineering practice.

Keywords: large-scale water conservancy project; mass concrete; temperature control; construction technology; quality control

引言

大型水利工程建设规模持续扩大, 混凝土结构体量不断增加, 大体积混凝土施工逐渐成为工程建设中的关键技术环节。混凝土浇筑过程中产生的水化热在内部不断积累, 结构内部温度升高明显, 若温度控制措施不足, 极易形成温度应力并诱发裂缝问题, 直接影响工程结构稳定性与耐久性能。复杂施工环境及较长施工周期进一步增加了技术控制难度, 使施工质量管理面临更高要求。在工程实践中, 施工技术、温度控制方法以及质量管理体系均对混凝土结构性能产生重要影响。针对大体积混凝土施工过程中的关键技术环节进行深入分析, 有助于提升施工质量控

制水平, 并为大型水利工程建设提供更加可靠的技术支撑。

1 大型水利工程大体积混凝土施工特点

1.1 结构体量大产生水化热集中问题

大型水利工程坝体、闸墩及基础结构通常采用大体积混凝土浇筑方式, 单次浇筑方量较大, 混凝土内部水泥水化反应持续释放热量, 结构内部热量难以及时散失, 容易形成明显的温度梯度。结构内部温度升高速度较快, 而表层受外部环境降温相对明显, 内外温差逐渐增大。在这种条件下, 混凝土内部会产生较大的温度应力, 对结构整体稳定性产生影响。工程实践中, 坝体基础、溢洪道底板等关键部位常出现内部温度升高集中的现象, 对施工阶

段温度控制提出更高要求。

1.2 温度应力引发裂缝风险

混凝土硬化过程中，温度变化会引起结构体积变形。当内部水化热不断积累而外部温度逐渐降低时，混凝土内部与表层之间产生明显温差，温度收缩变形受到约束后形成温度应力^[1]。当该应力超过混凝土早期抗拉强度时，结构表面或内部便可能出现裂缝。大型水利工程结构尺寸较大，基础约束条件较强，温度应力更容易在结构内部积聚。坝体、闸室底板及消力池等部位一旦产生裂缝，不仅影响混凝土整体性，还可能降低结构抗渗性能，对工程安全运行产生不利影响。

1.3 施工周期长技术控制难度增加

大型水利工程施工规模大、结构复杂，大体积混凝土浇筑通常需要分区、分层持续进行，施工周期相对较长。在长期施工过程中，外界气温变化、施工组织安排以及材料供应情况都会对混凝土浇筑质量产生影响。不同施工阶段温度条件差异明显，若温控措施不够稳定，混凝土内部温度变化幅度容易增大。坝体施工往往跨越多个季节，环境温度波动明显，对浇筑工艺、养护措施以及温度监测提出更严格要求，增加了施工技术管理与质量控制的复杂程度。

2 大体积混凝土施工关键技术环节

2.1 原材料配合比控制

大体积混凝土施工对原材料性能要求较高，合理的配合比设计直接影响混凝土水化热释放速度及结构耐久性。在配合比设计阶段，需要结合工程结构尺寸、施工环境温度及强度等级要求，对水泥品种、矿物掺合料及骨料级配进行综合优化。通常选用低水化热水泥或中热水泥，并掺入粉煤灰、矿渣粉等活性矿物材料，以降低水泥用量并延缓水化热释放过程。粗细骨料级配应保持连续稳定，减少空隙率，从而降低单位用水量。通过控制水胶比、外加剂掺量及砂率参数，可以改善混凝土拌合物流动性和抗裂性能，保证浇筑过程中具有良好的可泵性与密实度，为后续施工质量控制奠定技术基础。

2.2 分层分块浇筑技术

大体积混凝土结构在浇筑过程中通常采用分层分块施工方式，通过合理划分浇筑区域，减少一次性浇筑体积过大带来的温度积聚问题^[2]。施工组织阶段需根据坝体结构尺寸、浇筑设备能力及混凝土初凝时间，对浇筑仓面进行科学划分，并控制每层混凝土厚度，一般保持在合理范围内，以便振捣密实及热量逐步释放。浇筑过程中保持连

续作业状态，减少施工间歇，避免形成施工冷缝。振捣作业需均匀布置振捣点，控制振捣时间及振捣间距，保证混凝土内部结构密实。通过分块浇筑与施工缝合理布置，可以有效降低内部温度应力集中现象，同时提高整体施工效率。

2.3 施工过程温度调控方法

大体积混凝土施工过程中温度控制属于核心技术环节，需要从材料温度、浇筑环境以及结构内部散热条件等多个方面进行综合调控。混凝土拌制阶段可通过降低拌合水温度、骨料预冷等方式控制入仓温度，使混凝土初始温度保持在合理范围。浇筑完成后应根据结构厚度及外界气温变化采取保温措施，通过覆盖保温材料减少表层温度骤降。部分大型水利工程结构内部还会布设冷却水管，通过循环冷却水带走内部热量，降低温度峰值。施工期间需要建立温度监测系统，在关键位置埋设测温元件，实时掌握温度变化情况，并根据监测数据及时调整降温或保温措施，确保混凝土温度变化保持稳定。

3 大体积混凝土温度控制技术措施

3.1 降低入仓温度技术

大体积混凝土浇筑前控制入仓温度是降低温度峰值的重要技术环节。施工阶段需要通过多种技术手段减少混凝土拌合物初始温度，以减缓水化热集中释放带来的温度上升问题。在原材料管理方面，可对骨料进行遮阳堆放或喷淋降温处理，减少高温环境对骨料温度的影响。拌合用水温度同样需要严格控制，可通过冷却水或冰水参与拌合方式降低整体温度水平。部分工程还会在拌合站设置骨料预冷系统，通过冷风循环或冷水降温使骨料温度保持稳定。混凝土运输环节需缩短运输时间，并对运输设备进行遮阳处理，避免高温条件下拌合物温度持续上升。通过控制材料温度、拌合温度及运输条件，可有效降低混凝土入仓温度，为后续温度控制提供稳定基础。

3.2 内部冷却管降温技术

内部冷却管降温技术是大型水利工程大体积混凝土施工中常用的温控措施，通过在混凝土内部布设循环冷却管道，将混凝土水化过程中产生的热量及时带出结构内部，从而降低温度峰值并减小温度梯度。冷却管道通常采用耐腐蚀金属管或高密度聚乙烯管，在浇筑前按照设计要求进行分层布置，并与结构钢筋系统保持合理间距。混凝土浇筑完成并达到一定强度后，通过循环系统向管道内通入低温冷却水，利用水体流动带走内部积聚热量^[3]。冷却水流量、循环时间及冷却阶段需要根据混凝土温度监测数

据进行调节,确保降温过程保持稳定。施工过程中还需对管道密封性和运行状态进行检测,避免渗漏或堵塞影响降温效果,使结构内部温度保持在合理范围。

3.3 保温养护技术应用

大体积混凝土在硬化阶段若表面降温速度过快,容易形成较大的内外温差,因此保温养护技术成为温度控制体系中的重要环节。浇筑完成后需要及时对混凝土表面进行覆盖处理,通过铺设保温毯、岩棉板或其他保温材料,减少表层热量散失速度,使结构表面温度下降过程更加平缓。对于坝体表面及大面积结构,还可结合洒水养护措施保持混凝土表面湿润状态,降低干缩现象发生概率。养护期间需持续监测表层与内部温度变化,根据气温条件调整保温材料厚度或覆盖范围。在气温较低阶段,还需采取防寒措施,避免表层温度过低导致温差扩大。通过科学实施保温与养护技术,可有效控制温度梯度变化,维持混凝土结构稳定硬化环境。

4 施工质量控制与技术管理

4.1 施工过程监测管理

大型水利工程大体积混凝土施工阶段需要建立系统化监测管理机制,通过实时监测手段掌握结构内部温度变化、应力发展情况以及混凝土硬化状态。施工现场通常在关键结构部位预埋温度传感器和应变监测装置,对混凝土内部温度场进行连续采集,并通过数据采集系统进行集中记录与分析。技术人员依据监测结果对温度变化趋势进行判断,及时调整降温或保温措施。混凝土浇筑阶段还需要对坍落度、入仓温度及振捣质量进行现场检测,确保施工参数符合技术规范要求。施工管理人员通过建立监测台账,对不同施工阶段数据进行整理与比对,使温控管理和施工质量控制保持可追溯状态,从而提升施工阶段技术管理的精细化水平。

4.2 裂缝预防控制措施

裂缝控制是大体积混凝土施工质量管理的重要内容,需要在材料选择、施工组织及结构约束条件等方面进行系统控制。施工阶段应合理控制混凝土配合比参数,降低水泥用量并提高矿物掺合料比例,从材料性能角度减少水化热集中释放带来的温度应力。浇筑过程中保持均匀连续作业状态,避免因施工停歇产生结构弱界面^[4]。振捣作业应保证混凝土内部密实度,减少孔隙结构对抗裂性能的不利影响。对于结构受约束较强部位,需要通过设置施工缝或合理划分浇筑区域减小应力集中。养护阶段保持稳定湿度环境,有利于混凝土强度均匀发展,从而降低早期收缩变

形带来的裂缝风险,维持结构整体稳定状态。

4.3 施工工艺标准化管理

施工工艺标准化管理能够有效提升大体积混凝土施工质量稳定性,通过统一技术流程和作业标准,使施工各环节保持协调运行。施工前期需根据工程结构特点制定详细施工技术方案,对原材料检验、配合比调整、拌合生产、运输组织及浇筑工序进行系统规划。现场施工阶段严格执行作业流程,对浇筑顺序、振捣方法、分层厚度以及施工间隔时间进行规范控制。技术管理人员需要对关键工序实施全过程监督,并通过技术交底和岗位培训提高施工人员操作规范性。施工记录与质量检查资料同步完善,使各项施工参数保持完整记录。通过形成稳定的工艺管理体系,保证大体积混凝土施工质量保持一致性,并减少施工过程中的技术偏差。

5 大体积混凝土施工技术应用成效

5.1 结构稳定性提升

在大型水利工程施工过程中,大体积混凝土施工技术的合理应用能够有效改善结构受力状态,使混凝土结构整体稳定性得到明显提升。通过对配合比设计、浇筑方式及温度控制技术进行系统优化,混凝土内部温度变化趋于均衡,结构内部温度应力逐渐降低。施工阶段通过分层浇筑及科学振捣方式,使混凝土内部结构更加密实,减少孔隙与离析现象,对提升整体结构完整性具有积极作用。坝体、闸室基础以及消能结构等关键部位在稳定施工工艺控制下,内部结构强度分布更加均匀,能够更好地抵抗水压力及环境荷载作用。稳定的结构体系有利于提高工程整体抗渗性能及耐久性能,使水工建筑物在长期运行过程中保持良好的结构状态。

5.2 工程质量水平提高

大体积混凝土施工技术在工程实践中的规范应用,使大型水利工程施工质量得到显著提升。通过对原材料质量、配合比参数及施工工艺进行严格的控制,混凝土拌合物性能更加稳定,浇筑后的结构密实度和强度发展更加均衡。施工阶段实施全过程技术管理,对入仓温度、振捣质量及养护措施进行持续监控,使各施工环节保持稳定运行^[5]。温度控制技术的应用能够减少混凝土内部裂缝产生概率,降低结构缺陷对工程质量的不良影响。混凝土结构表面平整度、密实度以及抗渗性能均得到明显改善,工程实体质量保持稳定状态。通过系统化技术管理与施工控制,大型水利工程混凝土结构整体的质量水平得到持续提升。

5.3 施工安全保障增强

在大体积混凝土施工过程中,通过科学组织施工技术及管理完善体系,工程施工安全水平得到有效保障。施工阶段通过合理划分浇筑区域及控制施工节奏,使混凝土浇筑过程保持连续稳定状态,减少施工组织混乱带来的安全风险。温度监测系统与施工监测设备的应用,使技术人员能够及时掌握结构内部温度变化情况,并对施工方案进行动态调整,从而避免因温度应力过大导致结构异常。规范的施工工艺管理能够减少设备运行故障及人为操作失误,提高施工现场管理水平。施工安全管理制度与技术措施同步落实,使施工人员在规范环境中开展作业,保障工程建设过程安全有序运行。

6 结语

大型水利工程建设对混凝土结构质量与稳定性提出较高要求,大体积混凝土施工技术在工程实践中占据重要地位。材料控制、分层浇筑、温度调控及施工管理等措施

协同实施,可有效降低温度应力影响,减少裂缝产生概率,保障结构整体稳定状态。科学施工技术体系能够促进工程质量稳定提升,同时强化施工安全管理水平。

[参考文献]

- [1]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.
- [2]杨逸江.高温环境下水利工程大坝混凝土温控与裂缝控制技术研究[J].水泥,2026(1):96-98.
- [3]朱盈.水利工程大体积混凝土施工技术要点分析[J].水上安全,2025(3):44-46.
- [4]何晓阳.水利水电工程大体积混凝土的施工技术探究[J].全面腐蚀控制,2025,39(6):33-35.
- [5]韩文斌.大型水利工程施工中混凝土大坝活动裂纹检测方法[J].水上安全,2025(1):103-105.

作者简介:范超(1989.10—),男,汉族,四川成都人,本科,工程师,研究方向:水利工程施工。