

水利工程施工中混凝土裂缝防治技术应用研究

文 / 傅 毅 深圳市深水水务咨询有限公司

摘要：在社会经济稳定发展历程中，水利工程发挥着重要作用，为农业灌溉、防洪抗涝、水资源利用等事业做出了重要贡献，推动着水利工程建设规模的持续扩大、施工复杂性进一步提高，这为水利工程项目施工提出更高技术挑战。在实际水利工程项目建设施工中，裂缝病害屡见不鲜，仍旧沿用传统混凝土裂缝防治方法，无法从根本上避免裂缝病害的生成，相关工作人员需引入更多新型裂缝防治技术方法，逐步总结水利工程混凝土施工中材料配置比例不够恰当、施工温度变化系数较大、养护工作不够及时、结构设计不够合理等问题，进而制定更为科学恰当的针对性处理措施，提升混凝土裂缝综合防治水平，为技术人员提供参考与借鉴。

关键词：水利工程；混凝土裂缝；防治技术；应用方法

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.24.080

引言

为满足现代社会多方面发展需求，水利工程项目建设愈发复杂烦琐，并且在现代科学技术高速发展的推动下，水利工程主体结构功能设计愈发丰富多样。在实际水利工程项目建设施工中，混凝土始终是基础建筑材料，其材料性能水平直接关乎着工程项目运营寿命以及施工质量，工作人员需有效提升混凝土结构耐候性，确保混凝土结构保持稳定状态，切实开展技术研究工作，制定更加详细完善的混凝土裂缝防治策略，有效延长治理工程项目运营寿命，为同类型施工工作有效开展带来支持与参考。

一、水利工程混凝土裂缝防治技术概述

在现代化水利工程建设项目中，往往会应用大量混凝土材料。混凝土材料主要由水泥、水、骨料以及添加剂共同组成，依照特定比例进行调配与应用。在混凝土硬化处理过程中，若水化热反应过于激烈，结构内外温差过大，便会导致混凝土结构出现大量应力积累，最终造成混凝土结构裂缝病害，与此同时原材料当中的骨料粒径分布、水灰比例以及外加剂应用量，也会对混凝土应用性能产生巨大影响。由此看来，在水利工程混凝土原材料选用过程中，工作人员就要做出针对性规划，严格把控原材料参数与品质，依据工程项目建设需求调整材料配置比例，最大程度降低水利工程混凝土裂缝风险发生概率。与此同时，水利工程混凝土施工过程中，管理人员还要针对浇筑速率、振捣方法、浇筑时间以及模板支撑结构进行把控，避免由于现场操作问题导致混凝土硬化之后出现表面或内部裂缝。除此之外，水利工程混凝土施工过程中外部环境也会带来较大影响，周围环境温差过大、温湿度波动系数较高、风速过快等^[1]，都会让混凝土结构在养护过程中频繁收缩与膨胀，外界温度快速下降时，浇筑完毕混凝土表面会快速冷却，而内部热量却未能

及时散发，其内外部过大温差便会引发表面拉应力增大，致使混凝土结构出现裂缝病害，结构周围风速过快会让水分蒸发问题愈发严重，让混凝土结构表面干燥程度进一步增加。在实际水利工程混凝土施工过程中，现场工作人员需正确覆盖保温材料、及时进行喷水养护、切实安排季节性施工措施等等，有效规避周围环境所造成的裂缝病害。进一步完善结构设计方案，也能在较大程度上降低裂缝病害发生概率，工作人员需充分考量混凝土结构荷载分布、结构形态以及规格尺寸，避免出现应力过于集中的状况。特别是某些区域应力承受系数过大，在拉应力作用下出现过多裂纹，以专业工具对其进行详细分析，调整当前构件截面尺寸，制定较为完善的配筋方案，科学设置伸缩缝，最大程度上抵御结构变形压力。

二、水利工程施工中引发混凝土裂缝各类因素

（一）混凝土材质配置比例不够科学合理

在水利工程混凝土材料配制过程中，针对其水灰比例作出科学设计至关重要，若水灰比过高，便会让水利工程混凝土结构强度严重下滑，内部结构水分蒸发之后，会出现大量孔隙结构，混凝土主体结构无法具备强大承载能力，其抗压系数也会直线下滑，让混凝土极易受到冻融循环与化学侵蚀危害（温度区间 $10^{\circ}\text{C}\sim-40^{\circ}\text{C}$ 时混凝土单次冻融循环作用损伤指标变化规律如图1所示）。与此同时，若水灰比过高还会导致混凝土结构出现过大收缩变形，初期干燥期间，收缩应力会超过混凝土材料自身拉伸强度水平，出现明显裂缝病害。工作人员在骨料配制过程中，细骨料添加量过多，会让混凝土呈现出较强的黏稠状态^[2]，混合物无法得到充分振捣，混凝土内部结构会出现大量气泡与孔隙。而粗骨料添加过量，会让混凝土出现离析问题，混凝土浆体无法呈现均匀分布状态，使混凝土结构的密实度大打折扣，大幅提升裂缝病害发生概率。

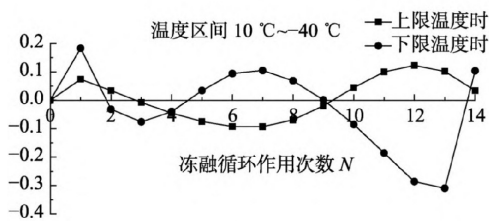


图1 单次冻融循环损伤指标变化

（二）施工环境温度变化过大

我国部分地区昼夜温差过大，不同季节也会存在明显温度变化，该种较为明显的高低温差问题，致使混凝土表层以及内部呈现出不同收缩速率，混凝土体积无法保持均匀状态，也会让混凝土表面出现较大裂纹，在持续扩展过程中形成较为明显的裂缝。冬季施工期间，由在低温环境下水泥水化速度大幅度减慢，初期强度增加速度不够理想，若周围环境温度快速下降，便会导致混凝土结构出现冻害现象，未能达到预期强度的混凝土结构会受到严重损害。而夏季高温施工环境中，混凝土材料表面蒸发速率过快，也会让混凝土结构出现塑性收缩裂缝。若水利工程施工单位未能针对高温差环境制定较为详细的混凝土结构养护方案，失水速度过快会进一步提升混凝土结构干缩裂缝病害发生概率。在大型混凝土结构当中，核心部位热量往往无法及时散发，与表面相比往往呈现出更高的内部热量聚集，若在此环节中外部结构温度快速下降，其内部结构不同点位便会形成明显温差梯度，在中间位置出现膨胀表面收缩，过大拉应力使其深层开裂问题出现。

（三）养护工作未能高效及时开展

在水利工程项目建设施工中，养护工作未能切实有序开展，其混凝土结构内部水分便会大量蒸发，其表面失水量过大，便会造成混凝土结构的收缩裂缝。在水利工程混凝土硬化初期阶段，环节抗拉强度水平不佳，无法通过体积控制合理把控其内应力。再加上施工单位未能及时开展保养工作，使混凝土结构温度梯度出现较大温差，结构缓步固化过程中会释放大量的热量，此时混凝土结构表面降温速度够快，而内部温度却迟迟未能下降，其内外便会形成过大温差，让结构内部出现过大应力聚集，引发表面裂缝病害^[3]。该种问题在大体积混凝土结构当中较为常见，这是由于混凝土体积持续扩大过程中，其中心部位热量散发速度便较为缓慢，也无法及时与外界交换热能。除此之外，混凝土施工区域环境过于干燥，而施工单位却未能提供较为充足的湿润条件，导致混凝土结构往往会快速失水，让混凝土当中各材料无法保持良好黏结状态，提升混凝土结构孔隙率，造成混凝土结构密实度与耐久性严重下滑。硅酸盐类材料与水发生反应，会生成氢氧化钙以及硅酸钙等物质，其化

学反应不够充分，其强度水平不够理想，其内部还会存在多种隐蔽式裂缝，对后续混凝土结构大规模开裂造成风险隐患。

（四）主体结构设计不够恰当合理

现代化水利工程建设事业中，针对主体结构进行设计至关重要，而连接节点设计往往属于薄弱环节，在几何形状变化以及材料差异因素影响下，时常出现变形问题，致使结构应力过度集中。工作人员在结构设计过程中，未能针对特殊区域作出优化处理，便会导致水利工程持续运行过程中出现裂缝病害。一部分设计人员过度追求经济效益，盲目减少材料应用量，针对主体结构进行简化设计，虽然在一定程度上缩减成本支出，但从水利工程长远运行来看会大大增加裂缝病害发生率。事实上，基于设计层面的理想状态计算结果，与现场复杂施工环境往往会出现极大差别，工作人员未能结合施工现场具体状况进行综合考量与持续性调整，这样会导致施工完成之后主体结构与预期标准出现过大偏差，让裂缝病害发生概率大幅度增高。特别是一部分本土与高地下水地质条件中，工作人员未能作出针对性处理，那么混凝土结构便会在外部环境因素影响下出现病害风险。

三、水利工程施工中混凝土裂缝防治措施

（一）科学调整混凝土配置比例，缓解结构内部应力

在水利工程项目建设施工中，工作人员科学恰当选择细骨料与粗骨料至关重要，其配比过程中需选用连续级配骨料，让混凝土密度更为理想，有效把控混凝土结构孔隙率同时，避免结构出现严重干缩与变形；粗骨料选用过程中，工作人员需主动选用大粒径石子，这类材料能有效缓解混凝土结构收缩变形。与此同时，工作人员需添加超塑化剂，对混凝土拌合料含水量进行控制，让混凝土材料保持良好流动性，施工过程中展现出优质性能，避免水量减少过程中出现干燥收缩。与此同时，适当增加填砂率，可优化混凝土拌和物的粘聚性，但不宜添加过多，否则便会造成收缩增大状况，提前开展试验，对其添加比例进行有效调整。在确保其初期强度水平之上，有效延长混凝土养护周期，充分发挥掺合料在提升混凝土结构强度方面的作用。在精准把控拌合时间与投放顺序过程中，让混凝土组合比例能够更加均匀完整，展现出良好应用成效。

（二）严格把控施工温度，防范热胀冷缩病害

在水利工程大体积混凝土施工过程中，施工单位往往会采取分层分段浇筑施工法，通过分层与分段浇筑设计，能够让混凝土结构内部热量及时散发，避免单次过量浇筑致使局部温度过高。工作人员在实际操作过程中，可对浇注顺序进行有效调节，相邻区域浇筑可布置合理

时间间隔,提升结构内部热量分散均匀性,若周围环境温度过高,还可结合施工条件的具体状况,组织开展夜间与低气温环境下浇筑作业,在自然环境支持下达到降温目的。

浇筑施工完毕之后,工作人员还要实施保温遮盖措施,避免外部环境对混凝土主体结构造成不良影响。当前较为常用的保温覆盖方法是,可选用保湿毯、薄膜塑料等材料对浇筑表面进行保护,使混凝土结构表面处于湿润状态,同时避免结构内部热量快速散发。在严寒以及较为炎热的地带,工作人员还要在混凝土结构周围布

置围护结构,布置多个暖风机或喷雾装置^[4],让现场环境温湿度得到有效调节,使新浇筑的混凝土结构具备充足的硬化条件。除此之外,工作人员可引入多种新型传感器设备,通过专业传感器对混凝土内部、外部和表面各点位的具体温度状况进行监测(常见的大体积混凝土智能温控系统示意图如图2),结合数据信息和详细的外部气象数据,对混凝土结构的当前状态进行详细分析,及时发现温度控制过程中的开裂风险,有效调整施工策略,防范因热胀冷缩造成的结构开裂,为企业节约不必要的资源成本开支。

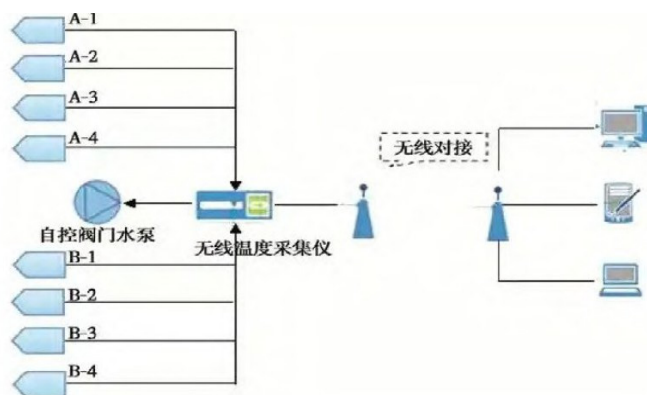


图2 大体积混凝土智能温控系统示意图

(三) 加大养护管理力度,提升结构抗拉强度

不同地区与不同环境水利工程项目施工,混凝土养护方法科学恰当设计。例如,严寒地带混凝土浇筑施工,其冬季施工时节必须在其表面覆盖保温毯、布置临时保暖棚,避免低温环境对混凝土结构初期强度所带来的不利影响。而炎热地区则要增加洒水密度,在混凝土结构表面布置充足遮阳设施,避免太阳辐射对混凝土的不良影响。工作人员通过混凝土材料配制比例优化,提升其结构抗拉性能,还要选用一部分优质骨料,在其内部添加凝胶材料^[5],补充一部分聚丙烯纤维以及钢纤维等等,进而在混凝土内部构建网状结构,避免微型裂缝的进一步延伸,使其韧性以及抗拉能力大幅度提高。与此同时,针对水灰比进行控制,大幅度强化其抗拉强度水平,还可添加一部分硅灰以及粉煤灰等矿物掺合料,使混凝土施工性能以及结构硬化机械性能进一步提高,让混凝土结构处于更加致密坚固状态。

(四) 科学设定伸缩缝,有效释放变形应力

工作人员在水利工程混凝土施工过程中,需结合地区温度差异以及湿度变化数据,精准布置伸缩缝。这是由于不同温度与湿度环境下,其混凝土膨胀率与收缩率会出现明显变化,这就需要在施工工作开展之前,依据当地气候具体状况与温差,有效调整伸缩缝间距。常规施工作业环境中,每间隔30~50米布置伸缩缝,并对主体结构几何形态、规格尺寸以及材料特性进行考量,让伸缩缝布置成果达到预期目标,发挥填充材料弹性与

耐久性良好优势,赋予伸缩缝更为丰富的实用功能,避免出现相位位移问题。

结语

在现代化水利工程建设事业中,混凝土裂缝防治技术应用具有重要意义,工作人员需逐步总结以往混凝土施工中材料配置比例不够合理、施工温差过大、养护工作不科学、结构设计不够完善等问题,结合引发混凝土裂缝的具体因素,制定更为科学恰当的改善优化措施,提升水利工程混凝土裂缝防治水平,为同类型水利工程施工提供参考与借鉴,提升水利工程综合建设质量,为社会经济持续发展带来支持与保障。

参考文献

- [1] 秦松林. 水利工程施工中混凝土裂缝控制技术及应用案例分析[J]. 数字农业与智能农机, 2025(01): 70-73.
- [2] 时旭东, 李亚强, 李俊林, 等. 不同超低温温度区间冻融循环作用混凝土受压强度试验研究[J]. 工程力学, 2020, 37(04): 153-164.
- [3] 孟翔. 水利工程施工中混凝土裂缝防治技术分析[J]. 水上安全, 2025(01): 183-185.
- [4] 李玉部. 水利工程施工中混凝土裂缝防治技术研究[J]. 科技创新与应用, 2024, 14(35): 171-174.
- [5] 刘继红. 农业水利工程施工中混凝土裂缝的防治技术研究[J]. 农业机械, 2024(12): 98-100.

作者简介: 傅毅, 1992年2月, 男, 湖南省常德市澧县人, 本科, 研究方向工程管理。