

水利水电施工中混凝土裂缝成因及预防措施研究

黄 尧

江苏江淮水利集团有限公司 江苏 宿迁 223600

摘 要：混凝土裂缝是水利水电工程施工常见质量病害，直接影响工程结构安全与服役寿命。本文梳理水利水电施工混凝土裂缝的分类与危害，从材料、施工、环境、设计四方面系统剖析裂缝产生的核心成因，针对各类影响因素，对应提出材料配比优化、施工过程管控、环境工况调控、结构设计改进等针对性预防措施，旨在有效防控混凝土裂缝病害，保障水利水电工程结构完整性、防渗性能与运行稳定性，提升工程施工质量和使用寿命。

关键词：水利水电施工；混凝土；裂缝成因；预防措施

引言：混凝土裂缝是水利水电施工中常见的质量缺陷，会降低工程结构承载力与抗渗性，缩短工程使用寿命，威胁工程运行安全。为有效解决混凝土开裂问题，减少施工质量隐患，保障水利水电工程施工及运营稳定性。本文结合水利水电工程施工实际，阐述混凝土裂缝的类型与危害，系统分析材料、施工、环境、设计四大维度裂缝成因，并提出对应的防控措施，为同类工程裂缝防治提供参考。

1 水利水电施工中混凝土裂缝的主要类型及危害

1.1 混凝土裂缝的主要类型

按裂缝深度可分为三种，表面裂缝深度小于钢筋保护层厚度，主要由表层水分蒸发过快、温差变化及养护不到位造成。深层裂缝延伸至结构内部但未贯通整体，多由内部应力集中、地基沉降不均、温度应力失衡导致。贯穿裂缝贯通整个混凝土结构，成因包括荷载超标、地基不均匀沉降、温度变形过大，会直接破坏结构整体性能。按成型成因可分为四类，塑性收缩裂缝出现在混凝土未硬化阶段，表层水分快速流失引发体积收缩，仅存在于结构表层。干缩裂缝形成于混凝土硬化阶段，由内部水分持续蒸发收缩所致，裂缝细小、分布范围较广。温度裂缝由混凝土内外温差产生的应力引发，裂缝尺寸更大，走向与温度梯度一致。沉降裂缝源于地基不均匀沉降和模板支撑不稳，结构变形开裂后多呈竖向或斜向，裂缝宽度普遍较大。各类裂缝若不及时处置，会持续损坏混凝土结构完整性，削弱结构防渗和承载性能，缩减工程使用年限，遗留持续性安全隐患，干扰水利水电工程施工质量和长期稳定运行。

1.2 混凝土裂缝的危害

混凝土产生裂缝后会从多个维度影响建筑工程整体

质量与使用状态，首先会直接影响结构整体安全性能，裂缝会削弱混凝土结构原有承载能力，贯穿性裂缝会大幅破坏结构受力体系，引发结构损伤甚至整体损坏，直接干扰工程项目长期安全稳定运行。裂缝还会大幅降低混凝土结构的耐久性能，外部水分、空气及各类有害介质可通过裂缝渗入混凝土内部，加快混凝土碳化速度，同时造成内部钢筋锈蚀，持续破坏结构内部构件，缩减混凝土工程整体使用年限^[1]。结构抗渗性能也会因裂缝出现明显下降，混凝土整体防水防渗体系被破坏，出现渗水漏水问题，阻碍工程正常使用，水利水电类水工建筑出现裂缝，会加剧渗漏隐患，进一步危及工程整体运行安全。除此之外，混凝土表层出现的裂缝会破坏结构表面完整性，拉低工程外观质量，在外观管控标准严格的工程项目中，这类表层裂缝的质量缺陷问题会更加明显。

2 水利水电施工中混凝土裂缝的成因分析

2.1 材料因素

（1）水泥质量：水泥的品种、强度等级、安定性等核心指标直接决定混凝土成型质量，安定性不达标的水泥，会让混凝土硬化阶段出现体积变形不均的情况，直接产生裂缝。同时水泥细度、水化热等参数异常，会改变混凝土温度应力与收缩特性，进一步增大裂缝出现概率。（2）骨料质量：骨料粒径、级配、含泥量及有害杂质含量，直接影响混凝土强度和收缩效果。骨料含泥量超标，会削弱水泥浆与骨料的黏结效果，造成混凝土强度下降，诱发开裂，具备碱活性的骨料还会发生碱骨料反应，造成混凝土体积膨胀，产生结构性裂缝。（3）外加剂质量：外加剂品类、掺加剂量和施工用法不符合规范，会造成混凝土凝结时间紊乱，同时出现泌水、离析等施工问题，破坏混凝土整体均匀性和密实度，提升裂

缝发生风险。(4)水灰比:水灰比是把控混凝土性能的关键参数,水灰比过大时,混凝土内部孔隙会大幅增多,整体强度、抗渗性和耐久性随之下降,混凝土收缩变形量加大,最终导致裂缝频繁产生。

2.2 施工因素

一是混凝土浇筑施工不当,现场浇筑作业中,振捣操作不到位、不密实,会让混凝土内部形成空隙、蜂窝和麻面缺陷,直接降低混凝土整体强度与密实度,诱发结构裂缝。同时浇筑过程中出现的混凝土离析问题,会破坏物料整体均匀性,大幅提升裂缝出现的概率。二是混凝土养护工作不到位,养护是保障混凝土强度成型、防控裂缝的关键工序,施工中养护滞后、养护时长不足、洒水保湿不到位,会加速混凝土表面水分流失,产生塑性收缩裂缝和干缩裂缝。养护环境的温湿度管控不达标,会干扰混凝土正常水化反应,影响强度增长,加剧裂缝产生问题^[2]。三是模板工程施工存在隐患,模板自身强度、刚度及稳定性不达标,浇筑混凝土时易出现变形、偏移情况,造成混凝土结构开裂,且模板拆除时间把控不合理,会对未成型的混凝土结构造成损伤,引发裂缝病害。四是钢筋工程施工不符合规范,钢筋的材质规格、数量和间距不满足设计标准,绑扎、焊接施工质量不合格,会削弱钢筋与混凝土的黏结性能,降低结构承载力,引发裂缝。另外钢筋保护层厚度不足,会造成钢筋锈蚀膨胀,最终导致混凝土结构开裂。

2.3 环境因素

(1)温度变化:水利水电工程多露天建设,长期暴露在自然环境中,环境温度波动幅度大。混凝土硬化阶段会产生水化热,使构件内部温度持续上升,构件表面温度随外界环境降低,形成明显的内外温度梯度,进而产生温度应力,应力数值超出混凝土抗拉强度时就会出现温度裂缝。同时,一年四季的温度更替、昼夜温差波动,都会持续对混凝土结构产生温度作用,诱发裂缝问题。(2)湿度变化:外界环境湿度的浮动会直接改变混凝土收缩状态,环境湿度下降时,混凝土表层水分快速流失蒸发,产生干缩应力,最终造成结构开裂。干旱区域或者干燥时节,空气湿度偏低,这类湿度引发的开裂问题会更加突出。(3)地基变形:水利工程地基地质条件普遍复杂,地基出现不均匀沉降、存在软弱土层等情况时,会带动上部混凝土结构发生形变,产生裂缝。除此之外,地基土体冬季冻胀、春季融沉的循环变化,也会破坏混凝土结构完整性,造成开裂损坏。

2.4 设计因素

结构设计参数不合理是常见问题,施工前期结构尺

寸规划、外形设计以及钢筋配置等核心参数若不符合工程规范,会直接造成结构内部受力分布不均,局部位置出现应力集中现象,最终引发墙体、构件开裂问题。工程实际中,结构截面尺寸突然变化、墙体预留设备孔洞、构件交接位置等特殊部位,是应力集中的高发区域,也是混凝土裂缝出现的主要位置。除此之外,结构抗裂设计不完善也会引发裂缝病害。混凝土成型及后续使用阶段,会持续产生温度变化应力和自身收缩应力,部分设计工作未全面考量两类应力带来的影响,也未配套落实对应的抗裂处理手段,没有根据施工规范合理设置伸缩缝、后浇带,也未通过优化配筋方式强化结构抗裂性能^[3]。这类设计疏漏无法抵消混凝土产生的各类应力,无法约束结构形变,使得混凝土构件在现场施工阶段或后期投入使用的过程中,极易出现不同程度的裂缝,直接影响混凝土结构的成型质量和使用稳定性。

3 水利水电施工中混凝土裂缝的预防措施

3.1 材料选择与配比优化

(1)水泥品种选择需贴合工程实际工况与现场环境,大体积混凝土施工需优先采用低热水泥,以此控制水泥水化热释放,减小结构内部温度应力,同时进场水泥需完成质量核验,保证安定性、强度等关键指标满足规范及施工要求。(2)骨料选用需落实质量管控标准,选用级配连续、粒径合规、含泥量及有害杂质含量达标的骨料,通过调整粗细骨料配比优化整体级配,有效降低混凝土内部孔隙率,提升结构密实度与整体强度,控制混凝土收缩形变,从原料层面减少裂缝病害。(3)外加剂需根据混凝土设计性能需求选型并确定掺量,选用质量稳定、性能达标的外加剂产品,正式施工前需开展适配试验,验证外加剂与水泥、骨料的相容性,施工中严格按照产品说明书控制掺加用量,保障外加剂使用效果。(4)水灰比需通过现场试验确定最优参数,在满足施工和易性的基础上尽可能减小水灰比,严格管控拌合用水量,杜绝水灰比超标问题,可搭配高效减水剂优化混凝土施工性能,进一步减少拌合用水,提升混凝土成型质量。

3.2 施工过程控制

一是强化混凝土浇筑管理,正式浇筑作业前,全面检查、清理模板与钢筋,清除表面杂物,保障施工基底达标,浇筑作业采用分层分段施工模式,严格把控每层浇筑厚度与施工速度,落实混凝土振捣作业,保证振捣密实,全程规避混凝土离析问题,保障浇筑后混凝土材质均匀^[4]。二是落实混凝土养护工作,混凝土浇筑施工结束后,第一时间开展养护作业,结合施工现场环境条件及混凝土自身性能,选用洒水、覆盖、喷涂养护剂等

适配养护方式,养护阶段持续保持构件表面湿润,管控现场温湿度,杜绝混凝土表面水分快速蒸发,严格依据混凝土强度等级及工程使用需求,落实合规养护时长。三是严控模板工程质量,施工所用模板需满足强度、刚度及稳定性标准,可有效承载混凝土浇筑压力与侧压力,模板安装保证拼接严实,杜绝漏浆问题,结合混凝土实际强度增长情况确定拆模时间,严禁提前拆模损坏结构。四是规范钢筋工程施工,严格依照设计标准加工、安装钢筋,保证钢筋品种、规格、数量、间距符合要求,钢筋绑扎、焊接作业牢固,保障钢筋与混凝土黏结性能达标,精准控制钢筋保护层厚度,防止后期钢筋出现锈蚀问题。

3.3 环境应对措施

第一,落实大体积混凝土温度管控工作,混凝土浇筑施工阶段可通过预埋冷却水管、循环通水的方式,控制结构内部温度,缩小混凝土内外温度差值。夏季高温施工时,需做好现场遮阳、降温处理,严控混凝土入模温度;冬季低温施工期间,必须落实保温、加热防护手段,杜绝混凝土受冻受损,保障施工质量。第二,做好施工湿度管控,干燥区域及干燥季节开展混凝土施工时,需通过覆盖塑料薄膜、定时洒水的方式开展养护作业,持续保持混凝土表面湿润状态,规避干缩应力引发的结构问题。同时规避高温、大风等恶劣天气施工,有效减缓混凝土表面水分蒸发速度,避免表面开裂等质量缺陷。第三,规范地基处理施工,项目开工前必须完成全面的地基勘察与性能检测,明确场地地质概况和地基承载力参数。针对不均匀地基、软弱地基等不良地基条件,采用换填、夯实、桩基施工等常规处理方式,提升地基整体承载力与结构稳定性,最大限度降低地基不均匀变形对混凝土结构造成的不利影响,从基础层面保障工程施工质量达标。

3.4 设计改进

混凝土结构设计阶段需结合结构受力特性与实际应力分布状态,精准确定构件尺寸、外形及配筋参数,严

控结构细节缺陷。施工设计中需规避构件截面突变、大范围预留孔洞等易产生应力集中的构造问题,针对无法规避的应力集中部位,必须落实专项结构加固处理措施,保障结构受力均匀稳定。同时需结合工程场地环境、施工条件及结构使用需求,落实针对性抗裂设计工作^[5]。通过合理布设伸缩缝、后浇带,将整体混凝土结构划分成多个独立小型结构单元,有效分散、释放混凝土凝结收缩及温度变化产生的应力,避免应力堆积引发结构开裂。优化结构配筋方案,适度提升配筋率,增强混凝土结构整体抗拉性能,还可结合工程需求应用预应力施工技术,通过提前施加预应力抵消结构运营及成型过程中产生的拉应力,全方位提升混凝土结构的抗裂性能与整体稳定性。

结语

综上所述,混凝土裂缝是水利水电施工中常见的质量病害,类型多样且危害突出,会损害结构安全、耐久与抗渗性能,影响工程正常运行。裂缝产生贯穿材料、施工、环境、设计多个环节,各因素相互作用引发结构变形开裂。把控原材料质量、优化施工工艺、适配环境管控、完善结构设计,可有效规避裂缝问题。落实全方位防控手段,切实提升混凝土施工质量,保障水利水电工程结构稳定与长期安全运行。

参考文献

- [1] 林飞. 水利施工中混凝土裂缝的预防措施研究 [J]. 现代工业工程,2025,(2):91-93.
- [2] 王立杰. 混凝土施工中裂缝成因及控制措施研究 [J]. 城市开发,2025,(8):141-143.
- [3] 华意,付世东. 水利工程施工中混凝土裂缝控制技术 [J]. 大众科学,2025,46(16):170-172.
- [4] 朗正泽. 水利工程施工中混凝土抗裂性能优化措施分析 [J]. 工程技术研究,2025,10(9):109-111.
- [5] 宋正芬,柳黎丽. 水利水电工程施工中混凝土温控与裂缝防治研究 [J]. 行车指南,2024,(6):0054-0055.