

# 水利水电工程施工中混凝土质量检测技术运用研究

吴若晨

中国水电建设集团十五工程局 陕西 西安 710000

**摘要:** 在水利水电工程中,混凝土面临复杂水力荷载与环境影响,对质量检测要求高。本文详细剖析了混凝土工作特性,确定强度、耐久性等关键指标,阐述了常用无损与半破损检测技术原理、适用场景及局限性。介绍了检测技术在施工各环节的运用,还提出人员、设备保障措施及优化方向,为保障水利水电工程混凝土质量提供全面参考。

**关键词:** 水利水电工程;混凝土质量检测;检测技术;施工环节;保障措施

引言:水利水电工程作为重要基础设施,混凝土质量关乎工程安全与稳定运行。面临复杂水力荷载,不同部位承受水压力大小方向不同,还有水流冲刷、环境侵蚀等问题,对混凝土强度、耐久性等提出严苛要求。在此背景下,科学运用混凝土质量检测技术至关重要。准确检测能及时发现质量问题,为施工调整和工程验收提供依据,确保工程长期稳定,保障人民生命财产安全。

## 1 水利水电工程混凝土特性与质量检测需求关联

### 1.1 水利水电工程混凝土工作特性剖析

在水利水电工程领域,混凝土面临着极为复杂且严苛的水力荷载状况。水压力作为常见且持续的作用力,对混凝土结构产生巨大挤压<sup>[1]</sup>。不同部位混凝土所承受水压力大小和方向各异,这就要求混凝土具备足够强度,以抵抗水压力引发的变形与破坏,确保结构稳定。水流冲刷力同样不可小觑,高速水流携带泥沙等颗粒,对混凝土表面进行持续冲刷磨损。这种冲磨作用会逐渐削弱混凝土表面层,降低结构整体强度与抗渗能力。混凝土需具备优良抗冲磨性能,才能在水流长期冲刷下保持性能稳定。工程所处环境对混凝土耐久性影响显著。高湿度环境加速混凝土内部水分迁移与化学反应,可能引发钢筋锈蚀,降低结构承载能力。强腐蚀环境里,水中的化学物质与混凝土成分发生反应,破坏混凝土微观结构,影响强度与耐久性。大温差条件下,混凝土热胀冷缩频繁,易产生温度裂缝,降低结构整体性与抗渗性。这些环境因素共同作用,要求混凝土在抗渗性、抗冻性、抗化学侵蚀性等方面达到较高标准,以适应复杂环境,保障工程长期稳定运行。

### 1.2 基于工程特性的质量检测关键指标确定

综合混凝土工作特性与环境影响,强度、耐久性、工作性成为质量检测关键指标。强度是混凝土抵抗外力破坏的能力体现,直接关系到工程结构安全与稳定,是保障工程正常运行的基础。一般水利水电工程中,混凝

土设计强度等级在C20-C50之间,重要部位甚至达到C60以上,对强度检测的准确性要求极高。耐久性决定混凝土在长期环境作用下的性能保持能力,影响工程使用寿命,良好的耐久性可减少后期维修成本与安全风险。工作性涵盖混凝土拌合物在搅拌、运输、浇筑等过程中的性能,良好的工作性确保混凝土均匀密实成型,对实现设计强度与耐久性至关重要。

### 1.3 质量检测需求与工程各阶段的对应关系

施工准备阶段,原材料质量与配合比设计是关键。对水泥、骨料、外加剂等原材料进行严格检测,确保性能指标符合要求。合理设计配合比,通过试验确定各成分比例,使混凝土具备所需工作性能与硬化后性能,为后续施工奠定基础。此阶段需对至少5-8组不同配合比的混凝土进行试验,以确定最优方案。浇筑阶段,重点关注混凝土浇筑质量。检测混凝土均匀性与密实性,通过观察、检测等手段及时发现浇筑过程中出现的离析、空洞等问题并解决,保证混凝土结构整体质量。养护阶段,混凝土强度发展与耐久性形成处于关键时期。对混凝土强度增长情况进行监测,同时检测抗渗性等耐久性指标发展情况,根据检测结果调整养护措施,确保养护效果,保障混凝土最终质量。养护阶段需每隔1-3天对混凝土强度进行一次检测,连续检测28天左右。

## 2 常用混凝土质量检测技术原理及适用性

### 2.1 无损检测技术原理与特点

超声波检测技术依托超声波在混凝土介质传播特性判断质量。超声波在均匀混凝土中传播,波速和振幅等参数稳定,遇内部缺陷传播路径改变,波速降低、振幅衰减。这些参数变化与混凝土密实度、强度及缺陷状况紧密相关,适合检测内部空洞、裂缝,辅助判断强度。回弹法检测技术借助回弹仪完成。回弹仪弹击杆撞混凝土表面,弹簧驱动重锤产生冲击动能,反弹距离成回弹值。回弹值反映表面硬度,与强度有关联<sup>[2]</sup>。通过测强曲

线转化回弹值为强度数据,适合快速检测表面强度,操作简便效率高。雷达检测技术利用电磁波传播反射规律检测。雷达发射的电磁波穿透混凝土表层,遇不同介质界面产生反射信号。反射波特征反映介质差异,据此判断钢筋分布、空洞大小深度等信息,适合探测内部结构及隐藏缺陷。红外热成像检测技术基于红外热成像仪温度感知原理。混凝土内部质量有差异,热量传导和分布不同,致表面温度不均。红外热成像仪捕捉温度差异成热成像图,分析可识别表面裂缝、内部脱空等缺陷,检测无需接触表层。

### 2.2 半破损检测技术原理与特点

钻芯法检测技术通过钻芯机在混凝土结构上钻取柱状芯样。钻取过程需控制转速和进给速度,避免芯样受损。获取芯样后,先观察芯样外观是否存在裂缝、孔洞等缺陷,再对芯样进行抗压强度试验,通过试验数据直接获取混凝土实际强度。钻取的芯样直径一般为75-150毫米,高度与直径比在1-2之间。该技术适合在无损伤检测结果存在争议或需要精准验证混凝土质量时使用。拔出法检测技术借助拔出仪实现检测。检测时将锚固件植入混凝土表层一定深度,通过拔出仪施加拉力将锚固件拔出,拔出过程中记录最大拔出力。拔出力大小与混凝土粘结强度、抗压强度存在对应关系,利用这种关系可推算出混凝土强度。一般锚固件植入深度在25-50毫米之间,拔出力在5-20千牛范围内。该技术适合用于早期混凝土强度检测,能及时反馈混凝土早期强度发展情况。

### 2.3 不同检测技术的适用场景与局限性分析

无损检测技术和半破损检测技术的适用场景存在明显差异。无损检测技术操作简便、检测效率高,不会对混凝土结构造成损伤,适合大面积快速筛查混凝土质量,尤其适用于对结构完整性有严格要求的场景。半破损检测技术能够直接获取混凝土内部质量和实际强度数据,检测结果精准度更高,适合需要深入掌握混凝土质量细节、精准评估结构承载力的场景。各类检测技术均存在一定局限性。无损检测技术的检测结果易受多种因素干扰,混凝土内部骨料级配、分布状态、含水率等都会影响检测参数的准确性,导致检测结果出现偏差。半破损检测技术因需要钻取芯样或植入锚固件,会对混凝土结构造成局部损伤,检测后需对损伤部位进行修补处理,且检测效率较低,难以实现大面积检测。

## 3 混凝土质量检测技术在施工各环节的具体运用

### 3.1 施工准备阶段检测技术运用

原材料质量检测需采用化学分析、物理试验等多种方法,全面核查水泥、砂石、外加剂等各类原材料的关

键质量指标<sup>[3]</sup>。检测内容涵盖水泥的强度、安定性,砂石的级配、含泥量,外加剂的减水率、凝结时间调节效果等,通过系统检测确保所有原材料符合工程设计与质量标准要求。配合比验证检测需按照设计配合比进行混凝土试配,随后对试配混凝土的工作性能和强度性能开展系统检测。工作性能检测重点关注流动性、粘聚性和保水性,强度性能检测则通过标准养护条件下的抗压强度试验完成。根据检测结果调整优化配合比参数,包括胶凝材料用量、水胶比、外加剂掺量等,最终确定的配合比需同时满足工程施工对工作性能的要求和结构使用对强度性能的需求。

### 3.2 混凝土浇筑阶段检测技术运用

浇筑过程质量监控需实时开展,通过坍落度检测、含气量检测等手段动态掌握混凝土工作性能变化。坍落度检测直观反映混凝土流动性,含气量检测则关系到混凝土抗冻性和耐久性,同时需观察混凝土粘聚性和保水性,避免出现离析、泌水等问题。一旦检测发现工作性能偏离要求,及时采取调整措施,确保浇筑过程连续稳定,浇筑质量符合标准。坍落度检测一般每隔1-2小时进行一次,每次检测需取样1-2次;含气量检测可每隔2-3小时进行一次。新浇筑混凝土强度发展监测需运用无损检测技术定期实施,超声波检测和回弹法检测是常用手段。超声波检测通过监测波速变化反映混凝土内部密实度和强度发展,回弹法检测通过表层硬度变化间接判断强度增长情况。定期检测频次根据混凝土强度发展阶段合理确定,通过持续监测及时掌握混凝土硬化进程,为后续施工工序安排提供依据。在混凝土浇筑后的前7天,可每天进行1-2次检测;7-28天可每隔2-3天进行一次检测。

### 3.3 混凝土养护阶段检测技术运用

养护效果检测需同步监测混凝土内部湿度和温度参数,结合不同龄期的强度检测结果,综合评估养护措施的有效性。湿度监测确保混凝土表层不会因失水过快产生裂缝,温度监测则避免内外温差过大引发温度应力裂缝。根据监测数据判断养护措施是否满足混凝土强度发展和耐久性形成的需求,若发现养护效果不佳,及时调整养护方案,包括补充洒水、覆盖保温保湿材料、调整养护周期等。湿度监测可每隔3-6小时进行一次,温度监测可每隔1-2小时进行一次。

### 3.4 竣工验收阶段检测技术运用

综合质量检测需整合多种检测技术优势,采用无损检测与半破损检测相结合的方式对混凝土结构进行全面核查。无损检测技术用于大面积筛查结构内部缺陷和表

层质量,包括超声波检测内部空洞、裂缝,雷达检测钢筋分布,红外热成像检测表层脱空等;半破损检测技术则用于精准验证关键部位强度,如钻芯法检测核心区混凝土强度。通过综合检测全面评估混凝土结构的强度达标情况、耐久性保障能力和内部缺陷分布状况,最终确认工程质量符合设计要求和相关质量标准,为工程竣工验收提供核心依据<sup>[4]</sup>。综合检测时,无损检测点数不少于50-100个,半破损检测点数不少于10-20个。

#### 4 混凝土质量检测技术运用保障措施与优化方向

##### 4.1 检测技术运用的人员保障措施

在混凝土质量检测工作中,检测人员专业素养与能力对检测结果准确性起着决定性作用。为保障检测技术有效运用,需制定全面系统的培训计划。针对检测人员开展专业知识与技能培训,涵盖检测技术原理、操作方法以及数据分析等关键内容。通过深入讲解理论知识,让检测人员明晰不同检测技术背后的科学依据,掌握各类检测设备的操作规范,学会对检测数据进行精准分析解读。定期组织考核,检验检测人员学习成果,确保每位检测人员都具备相应资质与能力,能够独立且准确地完成检测任务。除专业培训外,还应注重检测人员素质提升与团队建设。鼓励检测人员积极参与学术交流活动,拓宽视野,及时了解行业最新动态与前沿技术发展。在交流过程中,学习借鉴先进经验与创新方法,将其融入到日常检测工作中。同时,加强团队协作,营造良好工作氛围。面对复杂检测任务时,团队成员相互配合、共同探讨,充分发挥各自优势,提高整体检测水平与问题解决能力,高效完成检测工作。

##### 4.2 检测技术运用的设备保障措施

检测仪器设备是开展混凝土质量检测工作的物质基础,设备性能直接影响检测结果可靠性。依据工程实际需求与检测技术要求,科学合理选型与配置检测仪器设备。挑选精度高、可靠性强的设备,确保能满足不同检测场景需求,保证检测数据准确有效。建立完善设备维护管理制度至关重要。安排专业人员定期对设备进行校

准,消除设备误差,保证测量精度。做好设备日常保养工作,定期清洁、润滑设备关键部位,延长设备使用寿命。当设备出现故障时,及时进行维修,确保设备尽快恢复正常运行。通过严格设备维护管理,保证设备始终处于良好运行状态,为检测工作提供稳定可靠支持,提高检测数据准确性。

##### 4.3 检测技术运用的优化方向

随着科技不断进步,混凝土质量检测技术需紧跟时代步伐。关注行业前沿技术发展动态,积极开展新技术、新方法研究与应用<sup>[5]</sup>。探索人工智能、大数据分析在混凝土质量检测领域应用潜力,借助人工智能算法对海量检测数据进行深度挖掘分析,提高检测效率与准确性。推动混凝土质量检测技术标准化与规范化建设,制定统一检测标准与操作规程,规范检测流程,减少检测过程中主观因素影响,提升检测结果可比性与可靠性。

#### 结束语

水利水电工程混凝土质量检测技术运用是一项系统工程,涉及多环节与多方面。从施工准备到竣工验收,各阶段检测技术运用各有侧重又紧密关联。人员专业素养、设备性能保障是基础,新技术探索与标准化建设是方向。只有全面做好这些工作,才能精准掌握混凝土质量状况,为水利水电工程建设与运行筑牢质量防线,推动行业持续健康发展。

#### 参考文献

- [1]唐文富.水利水电工程施工中混凝土质量检测技术分析[J].低碳世界,2025,15(2):55-57.
- [2]江伟,殷仕.水利水电工程施工中混凝土质量检测技术运用研究[J].砖瓦世界,2024(13):94-96.
- [3]张涛.水利水电工程施工中混凝土质量检测技术应用[J].建筑·建材·装饰,2022(3):182-184.
- [4]吴本飞.水利水电工程施工中混凝土质量检测技术探究[J].城镇建设,2025(16):220-222.
- [5]李勋,郎超,孙伦.水利水电工程施工中混凝土质量检测技术研究[J].城镇建设,2024(17):241-243.