

水利水电工程施工中混凝土质量检测技术探究

文 / 吴本飞 安徽建苑检测科技有限公司

摘要: 在新时代背景下, 我国的社会经济已逐渐步入到高质量发展阶段, 在此背景中水利水电工程取得突飞猛进的发展, 无论是工程施工规模还是施工数量皆出现增长。在水利水电工程施工过程中, 混凝土是被广泛应用的材料, 混凝土质量优劣与工程施工总体质量息息相关, 由此混凝土质量检测技术应运而生。本文以 A 市郊区某水利水电工程为实例, 分析混凝土质量检测内涵、在工程施工中应用混凝土质量检测技术的意义、混凝土质量检测技术应用要点, 并在此基础上总结混凝土质量控制方法, 以提升水利水电工程施工质量, 仅供业内人士探究分析。

关键词: 水利水电工程施工; 混凝土质量检测技术; 探究分析

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.16.074

引言

水利水电工程在国民经济发展进程中扮演着至关重要的角色, 由于在工程施工过程中混凝土是基础施工材料, 其质量关乎着水利水电工程的稳定运行, 因此混凝土质量检测俨然已成为工程中所重点关注的内容。但是仍然值得一提的是, 由于混凝土质量受多方面因素影响, 在工程施工中混凝土标号存在巨大差别, 所运用的混凝土质量检测技术也存在区别, 因此在实践中需结合施工现场实际情况选择科学的混凝土质量检测技术, 为混凝土质量评估提供技术支持, 保障工程施工质量。

一、工程实例

A 市郊区某水利水电工程属于大型工程, 大坝建设等级为 I 级, 发电厂房等级为 II 级。在水利水电工程施工过程中主体为混凝土重力坝, 大坝标准高度为 100m, 顶部高程为 200m, 轴线长度为 1150m, 应用混凝土总量约为 320 万 m^3 , 为保障工程施工质量, 避免出现混凝土结构问题而对工程主体产生影响, 需及时采取混凝土质量检测技术展开检测。

二、混凝土质量检测内涵

在开展混凝土质量检测过程中, 检测重点为所应用的原料、配比以及成品。通常而言, 在混凝土原料方面的检测主要是检测水泥、骨料、添加剂质量是否符合规定^[1]; 在配比方面则需对混凝土各组成材料之间比例进行检测, 只有科学、正确的配合比才可得到高质量混凝土; 而在成品方面的检测则主要是检测混凝土物理性能、力学性能等。目前混凝土质量检测聚焦于混凝土成品抗压性、钢筋锈蚀程度以及密实性检测等众多方面。

三、水利水电工程施工中应用混凝土质量检测技术的意义

(一) 有利于提升工程建设经济效益

在水利水电工程施工中应用混凝土质量检测技术可带来显著的工程建设经济效益。例如: 在经过采用钻孔法对混凝土质量进行检测后, 发现其所存在的质量问题, 之后重新调整混凝土的制备过程, 在其中融入高效外加剂以及新型掺和料, 在保障混凝土拥有一定耐久性与强度的基础上, 可减少水泥用量 10% ~ 20% 左右, 节约工程施工成本, 降低返工发生率, 并同步提升材料应用率 5% ~ 10% 左右。经对工程经济效益进行分析计算得出在 320 万 m^3 的水利工程建设过程中, 通过运用质量检测技术及时调整混凝土生产工艺可节省混凝土费用支出 1000 万元左右, 节约设

备费用支出 400 万元左右, 而节约人工费用支出可达 600 万元左右, 总计可提升 2000 万元的经济效益。

(二) 有利于提升工程建设应用寿命

混凝土质量直接决定了水利水电工程用寿命, 通过采取必要的混凝土质量检测技术可及时发现工程施工中混凝土质量缺陷, 在经过采取干预措施调整后可避免问题的进一步扩大, 进而有利于提升工程建设应用寿命。例如: 以本次水利水电工程建设为分析案例, 工程预期应用寿命为 80 年, 而经过有关专家评估, 在应用 C 50 以上高强度混凝土并融入 10% ~ 20% 粉煤灰与外加剂的基础上, 可有效延长混凝土结构应用寿命在 30 年左右, 最终使本工程建设寿命达到 120 年左右并降低运行期间的维修与维护次数, 在提升工程建设应用寿命的同时又降低了全周期成本。

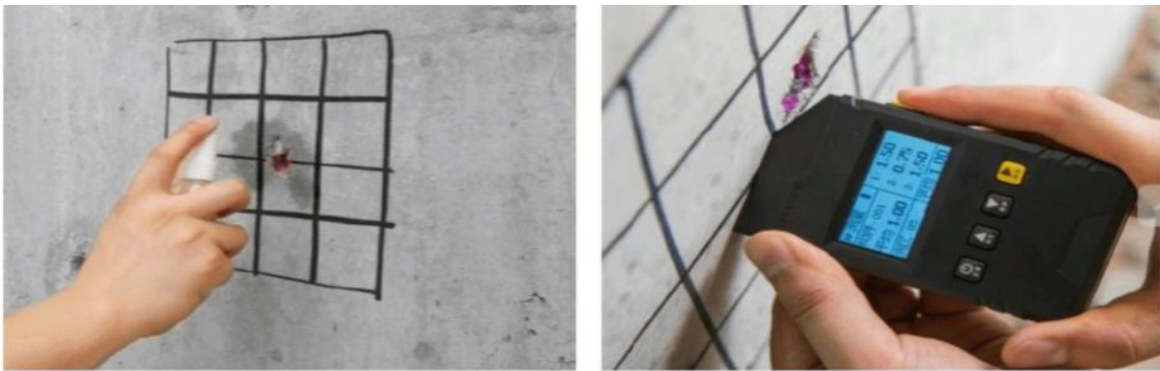
(三) 有利于保障工程建设顺利实施

在水利水电工程施工过程中, 混凝土质量检测技术的运用在工程建设中扮演着至关重要的角色, 有利于保障工程建设顺利实施。例如在原材料进场初期混凝土质量检测技术可对骨料、水泥掺合料各种材料质量进行把控, 对其物理性能粒径分布以及化学成分展开详细检测, 使其与工程实际建设需求相符合, 当经质量检测发现其水灰比在 0.25 之间时, 与工程建设需要不符合, 会对工程质量与工程顺利建设产生影响因此则将其水灰比调整到 0.35 ~ 0.45 之间, 满足工程建设需求。而当经回弹法检测混凝土抗压强度为 20MPa 时, 与本次建设需求不符合则及时对其调整通过融入不同材料使其让抗压强度维持在 55MPa, 最终保障工程建设的顺利实施。

四、水利水电工程施工中混凝土质量检测技术要点

(一) 回弹法检测技术

回弹法检测技术是混凝土质量检测应用较为普遍的技术, 该技术操作十分简便, 且成本支出较低, 检测效果较高。作用机理为凭借弹簧对重锤的驱动作用, 运用传递杆对混凝土表面进行弹击得出重锤回弹距离, 以弹簧初始长度和反弹距离之比作为回弹值最终确定混凝土强度, 多被应用于检测混凝土表层强度过程中。该技术应用要点为: 首先在准备环节, 应提前对施工中应用的混凝土表面密实度以及硬度展开确定; 其次在测试环节中需运用专业回弹仪检测混凝土表面, 并对混凝土表面不同点位的回弹值进行记录; 最后在数据分析环节中需以所得出的回弹值为基础, 比对混凝土碳化深度以及强度换算表, 推导出混凝土的抗压强度^[2]。



平均回弹值 RM	测区混凝土强度换算值 (MPa)												
	平均碳化深度值dm (mm)												
	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
18.6	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18.8	10.2	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19.0	10.4	10.2	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19.2	10.6	10.4	10.2	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19.4	10.9	10.7	10.4	10.2	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19.6	11.1	10.9	10.6	10.4	10.2	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19.8	11.3	11.1	10.9	10.6	10.4	10.2	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20.0	11.5	11.3	11.1	10.9	10.6	10.4	10.2	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20.2	11.8	11.5	11.3	11.1	10.9	10.6	10.4	10.2	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20.4	12.0	11.7	11.5	11.3	11.1	10.8	10.6	10.4	10.2	10.0	0.0	0.0	0.0
20.6	12.2	12.0	11.7	11.5	11.3	11.0	10.8	10.6	10.4	10.2	10.0	0.0	0.0
20.8	12.4	12.2	12.0	11.7	11.5	11.3	11.0	10.8	10.6	10.4	10.2	10.0	0.0
21.0	12.7	12.4	12.2	11.9	11.7	11.5	11.2	11.0	10.8	10.6	10.4	10.2	10.0

图1 回弹法检测技术示意图

由于在回弹法检测技术应用过程中，检测结果极易受到混凝土表面密实度以及硬度的影响，当检测梁、柱等关键区域时，应将检测点维持在16个以上，如图1所示将检测点位控制在16个以上，之后再运用专业回弹仪检测混凝土所选取点位回弹值并进行记录，并结合换算表进行分析推导抗压强度，保障检测结果的准确性，提升检测质量。

(二) 超声波法检测技术

超声波法检测技术具有应用范围广泛、分辨率较高以及非破坏性的优势，检测效果优良。主要是利用超声波在混凝土介质中进行传播，当超声波在质地均匀的混凝土中进行传播时，传播速度较快，而在骨料分布不均匀、孔隙裂缝较多的混凝土中进行传播时速度较慢的特性鉴别混凝土性能、内部损伤程度以及物理性质。在应用中其一与结合水利水电工程施工现场实际情况，选择科学的超声波发射器以及超声波接收器，将其安放于被检测混凝土上，之后启动发射器向混凝土内部发射超声波；其二，应用专业超声波接收器捕捉并记录超声波信号；其三，检测人员根据信号特点测定混凝土质量，判断其是否存在质量缺陷。

如图2所示，通过应用超声波仪器向混凝土发射信号，由接收器接收信号，而在超声波仪器内部含有计时器，通过捕捉信号结合信号特点判断混凝土质量。除此之外，由于超声波在传播过程中可能会存在能量损耗而导致信号传输效率降低，检测结果不准确，因此在实际应用过程中需结合实际情况选择其他方法联合鉴别，保障混凝土质量检测结果的可靠性。

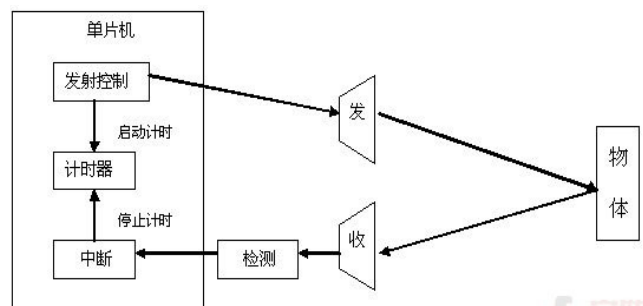


图2 超声波法检测技术示意图

(三) 表面裂缝检测技术

工程施工过程中，受外界多方因素影响混凝土表面极易出现裂缝，因此还需运用混凝土表面裂缝检测技术，避免对混凝土结构产生影响而导致质量下降。首先检测人员需从混凝土伸缩缝、应力集中区域等关键部位选取检测点，以所选取的检测点为后续检测评估重点。之后在检测点选取完成后对混凝土表面杂质进行清理，使其无任何副作用。其次，借助标识笔与细线标记肉眼可见裂缝，对不明显裂缝则采取放大镜与高清相机进行检查并采取专业的测距仪测量裂缝深度、长度与宽度。最后将所有混凝土表面裂缝的检测数据生成检测报告，以此为依据分析混凝土整体质量。

(四) 钻孔法检测技术

钻孔法具有耐久性与力学参数指标准确、适用范围较广的优势，常被应用于混凝土耐久性、力学性能以及内部缺陷的检测过程中。首先需选取典型性且具有代表特征的区域进行钻孔取样。其次，在钻孔取样过程中结合水利水

电工程施工情况以及设计需求对钻孔取样深度进行确定,使其能够充分反映出混凝土质量。最后,在钻孔过程中还需结合水利水电工程所应用混凝土的结构以及强度选择钻孔工具与钻头,保障顺利钻孔取样,且在钻孔过程中对钻孔速度进行有效控制,降低因过快而造成钻心破坏现象的发生。与此同时还需使钻头具有一定垂直度最终使所提取的芯样可有效反映混凝土质量。另外在钻孔完成后应及时清理孔洞、修复孔洞,避免对混凝土整体结构产生影响。

(五) 密实性检测技术

密实性检测结果常被用于判断混凝土耐久性以及整体质量中,该技术要点包括三方面。其一,在工程施工现场进行取样并在此基础之上制作出混凝土试块,之后结合检测要求组装检测仪器与设备,同步展开校准调试工作。其二,将混凝土试块放置于检测装置上并遵循特定流程对混凝土试块进行检测。与此同时及时记录传感器读数以及检测过程中出现的参数并整理数据展开分析。其三,结合分析结果获得所选取混凝土的孔隙率、波速等众多密实性指标,将其与国际标准及工程建设标准进行比较,以判断混凝土密实性与工程建设需求是否相匹配,揭示出混凝土检测质量。

(六) 抗渗检测技术

在混凝土抗渗检测技术应用中首先检测人员需在工程施工现场选取混凝土样品并根据施工标准条件,将其制作成抗渗检测试件,保障抗渗检测试件平整度、几何尺寸与标准相符合。同时,在检测前需对试件两端展开密封操作,降低渗漏概率。其次,装配抗渗检测设备,包括流量计、加压泵以及压力表等设备,及时展开调试与校准工作,提升设备工作精准度,之后结合预定流程提升系统压力,及时观察检测试件表面所存在的渗漏情况并展开压力记录以及流量数据记录。最后,结合所得出的数据与国际标准及工程施工相关数据对比,判断所选取混凝土试件抗渗性能,最终借此判断混凝土质量。

(七) 锈蚀检测技术

水利水电工程施工过程中,混凝土中钢筋极易发生生锈现象,因此还需运用锈蚀检测技术对混凝土质量进行检测。该技术应用要点为首先采取半电池电位法对混凝土质量进行检测。借助于电位设备所发生的变化及时确定混凝土自身力学参数,并计算出相关指标,判断混凝土中钢筋是否出现锈蚀。其次,由于当混凝土碳化程度相对较大时则表明混凝土中钢筋出现锈蚀现象,因此还需应用前沿设备精准制作出混凝土质量检测图,结合所测定的数据对混凝土性能变化进行鉴别,尤其是需对碳化层的变化进行明确。同时采取有效措施对已发生锈蚀的混凝土部位实行修补作业,降低混凝土结构产生脱落现象的发生概率,及时发现混凝土所存在的质量问题。

五、水利水电工程施工中混凝土质量控制方法

(一) 构建智能混凝土

科学技术的快速发展,使得各种各样的智能材料应运而生,在水利水电工程施工中,优选智能材料构建智能混凝土可从根本上保障混凝土质量。例如在混凝土中融入光纤传感器材料,实时监测混凝土内部结构所出现的裂缝以及变形现象,为工程建设提供支持,掌控混凝土状态信息,便于工作人员对混凝土应用寿命进行预测并为维护提供便利。

(二) 大数据技术与人工智能技术的应用

水利水电工程行业的繁荣发展使混凝土质量控制正走向全新发展阶段,而其重要标志便是先进技术的应用,可通过应用大数据技术以及人工智能技术实现对混凝土质量的控制。例如:借助于大数据技术可对海量混凝土质量检测数据展开收集、存储,同步建立起数据库对检测数据比对分析,高效控制混凝土质量。同时还可应用数据处理技术提取出有利信息,为工程质量评估提供依据;而人工智能技术的应用则可实现对数据的精准分析与挖掘,发现在混凝土结构中所存在的安全隐患,助推工作人员评估混凝土整体性能,实现对混凝土质量的控制。

(三) 严格掌握混凝土运输与浇筑流程

在工程施工中,混凝土运输与浇筑流程是重点环节,施工人员可从如下三方面着手控制混凝土质量。首先根据施工现场情况选择合理的运输方式,其中泵车常被应用于长距离混凝土输送中,可确保混凝土稳定性。而搅拌机则适用于中长距离混凝土的运输,可保障混凝土均匀性,在运输中需控制搅拌机转速,降低混凝土凝固及分离现象发生。其次,在水利水电工程施工中应科学选择浇注方式,其中分段浇筑常被应用于复杂的混凝土结构施工中,且在分段浇筑过程中需对接缝质量展开控制^[3]。而振捣浇筑则适用于厚度较大的混凝土结构中,在振捣过程中需对振捣强度与时间进行掌控,以提升混凝土浇筑质量。其三,结合水利水电工程施工季节对浇注温度与湿度进行控制,如在夏季应用低温水泥,而在冬季采取保温措施。在湿度控制上,则需定期对混凝土实行洒水作业,以全方位保障混凝土质量。

(四) 落实混凝土养护举措

混凝土的养护工作是控制混凝土质量的重要举措,对提升混凝土强度、耐久性,降低混凝土开裂、破损现象具有重要作用。一方面,在水利水电工程施工混凝土浇筑后,定期展开混凝土养护,对混凝土结构进行补水作业并控制养护时间,通常应将时间维持在7天之内。另一方面,做好混凝土的保护工作,避免重物压迫及外力冲击而对混凝土质量产生影响。

结语

总而言之,在水利水电工程施工中应用混凝土质量检测技术不可忽视,其有利于提升工程建设经济效益、有利于提升工程建设应用寿命、有利于保障工程建设顺利实施。在实践中需掌握回弹法检测技术、超声波法检测技术、表面裂缝检测技术、钻孔法检测技术、密实性检测技术、抗渗检测技术、锈蚀检测技术一系列混凝土质量检测技术要点,并采取构建智能混凝土、大数据技术与人工智能技术的应用、严格掌控混凝土运输与浇筑流程、落实混凝土养护举措众多混凝土质量控制方法,全方位保障混凝土质量,促进水利水电工程的可持续性发展。

参考文献

- [1] 易恩泽. 提高水利建筑工程中混凝土施工质量控制探讨[J]. 工程管理与技术探讨, 2024, 6(20).
- [2] 音正兵. 水利工程混凝土施工技术及其质量控制措施[J]. 建材与装饰, 2023, 19(22): 145-147.
- [3] 李建辉. 新时期混凝土施工技术在水利施工中的应用分析[J]. 水上安全, 2024(17): 190-192.