

水利水电工程施工中混凝土质量检测技术研究

李勋 郎超 孙伦

河北水科工程技术服务有限公司

摘要: 在水库大坝、水电站等水利水电工程中,混凝土是主要的建筑材料,其质量直接影响着建筑的安全性和可靠性,所以就要对混凝土质量进行检测。文章主要是基于水利水电工程混凝土质量检测的原则和内容,提出了采用超声波检测技术,检测混凝土缺陷;采用钻孔法,检测混凝土裂缝深度;对混凝土进行碳化检测;应用回弹法,检测混凝土强度;半电池电位检测混凝土腐蚀情况等质量检测技术要点,进而让混凝土质量得到有效控制。

关键词: 水利水电工程;混凝土;质量检测

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.17.081

引言: 对混凝土质量检测中,主要是对混凝土的缺陷、强度、配合比等进行检测,进而让混凝土的质量得到控制。通过严格的质量检测,可以确保混凝土具有足够的强度、密实性和耐久性,延长水利水电工程的使用寿命。而且也可以保证工程达到设计要求的质量标准,提高水利水电工程的整体质量,增强工程的竞争力和可信度。

一、水利水电工程混凝土质量检测原则及内容

(一) 水利水电工程混凝土质量检测原则

在进行水利水电工程混凝土质量检测的时候,应该符合全面性、科学性、规范性、实时性以及持续性的原则,这样才能让混凝土质量检测效果得到提升。其中全面性原则是指,在进行混凝土质量检测时,应该全面覆盖混凝土原材料、配合比设计、施工过程和最终构件的质量评估等各个环节,确保检测能够全面覆盖,保证其质量得到控制。科学性原则则是指,检测过程应基于科学的测试方法和标准,确保检测结果准确可靠,检测方法应符合国家或行业相关标准,确保检测数据的科学性和可比性^[1]。规范性原则中,在进行混凝土质量检测时,检测的过程应符合相关法律法规和标准要求,遵循工程建设的相关规范和规定,确保检测过程和结果的合法合规。实时性原则,混凝土质量检测应该及时进行,在施工中就对混凝土质量进行检测,这样才能避免问题扩大,影响工程安全和质量。最后,混凝土质量检测应该持续跟踪和监控,不断改进和优化检测方法,确保工程质量持续稳定的达到设计要求。

(二) 水利水电工程混凝土质量检测内容

1. 大坝主体混凝土病害

在对水利水电工程的混凝土质量进行检测的时候,其检测的内容主要是查看大坝主体混凝土是否存在缺陷、裂缝等病害。大坝主体是水利水电工程的主要组成部分,一旦大坝主体混凝土出现质量问题,那么就会影响其稳固性,如果发现洪水、地震等自然灾害,大坝主

体无法承受这样的外力作用,将会出现坍塌等现象,所以就要对大坝主体混凝土进行检测。检测人员主要是观察大坝的表面,查看其是否存在裂缝、孔洞、凹凸不平等表面缺陷。在对大坝主体内部的混凝土进行检测的时候,可以采用雷达检测技术,穿透混凝土并反射回来,通过分析反射波的强度和时间来识别混凝土内部的病害。当混凝土内部发生裂缝时,会产生微小的声波,通过监测这些声波的频率和幅度,就可以判断出混凝土的病害程度。

2. 大坝溢流面混凝土强度

在水利水电工程施工中,大坝的溢流面承受着水压和水流冲击等较大的力量,其混凝土的强度直接影响着大坝的安全性和稳定性。所以就要对大坝溢流面的混凝土强度进行检测,需要从溢流面混凝土中取样进行强度检测,取样点应该覆盖溢流面的不同位置和深度,以确保检测结果具有代表性。从取样的混凝土中制备试块,通常采用标准尺寸的立方体或圆柱体试块。对制备好的试块需要进行养护,采用水浸养护或湿布覆盖养护等方法,确保试块在养护期间保持适当的湿度和温度,以促进混凝土的强度发展,具体的试块尺寸如表1所示。

表1 大坝溢流面混凝土试块参数

混凝土试块类型	混凝土试块尺寸	混凝土试块温度	混凝土试块湿度
立方体	150mm×150mm×150mm	20℃±2℃	95%以上
圆柱体	直径100mm×200mm	20℃±2℃	95%以上

在混凝土试块参数养护过程中,就要对其强度进行测试,主要是采用压缩强度测试和拉伸强度测试的方法,通过对试块的破坏载荷和破坏形态进行分析,可以确定混凝土的抗压强度或抗拉强度。

3. 坝体表面混凝土质量

在进行表面混凝土质量检测的时候,可以通过肉眼观察的方法,来直观的检测坝体表面混凝土的外观,包括颜色、平整度、表面平整度以及是否有裂缝、麻面、起壳等表面缺陷。检测人员应该仔细检查整个坝体表面,特别关注可能存在质量问题的区域。在进行坝体表面硬度检测时,则是利用硬度计等设备,来检测混凝土的密实程度以及抗压强度。此外,也可以采用预制混凝土模板的方法来对水下混凝土进行检测,其模板制作允许的偏差如表2所示。

表2 模板制作允许的偏差

项目	模板参数	允许偏差 (mm)	检测方法
预制混凝土模板	长度、宽度	±5	钢尺
	表面平整度	10	2米靠尺

在检测的时候，要把模板放置在水中，其在水中自由落下时，自由落差不能大于0.5米，而且水下的混凝土强度等级也不能低于C20，当水流速度大于3m/s的时候，那么为了保证坝体的稳定性，就要采用降速等方法。

二、水利水电施工中混凝土质量检测技术要点

(一) 采用超声波检测技术，检测混凝土缺陷

超声波检测技术是一种非破坏性检测方法，通过向混凝土中传播超声波并记录其传播速度和反射情况来识别混凝土内部的各种缺陷，如裂缝、空洞、包裹体等。选择适用于水利水电工程的超声波检测仪器，保证超声波振动频率要在20kHz以上，确保其性能稳定、精度高、操作简便，并具有合适的检测范围和分辨率。例如，在对水坝混凝土结构检测的时候，由于其坝高在52米，坝底板混凝土的高程为623.5米，坝顶高程为675.5米，那么在进行超声波检测的时候，就要重点关注大坝的连接处、拐角处、应力集中区等区域。在进行超声波检测前，需对混凝土表面进行清洁和处理，确保检测仪器能够准确传播和接收超声波信号。然后对检测的区域进行实测，将超声波传感器与混凝土表面贴合，并根据检测要求进行超声波信号的发射和接收，记录并分析信号的反射情况^[2]。

实测纵波的速度均值要控制在3009-4386m/s左右，动弹模量的均值范围则要控制在 $29.6 \times 10 - 34.2 \times 10$ MPa，静弹模量均值则要控制在 $13.9 \times 10 - 16.8 \times 10$ MPa范围内，经过这一测试可以保证整个坝基的整体更完整。在经过检测之后，需要对检测得到的超声波信号进行数据分析和处理，识别混凝土内部的缺陷类型、位置、大小及数量，并评估其对结构安全性和耐久性的影响。一旦在检测过程中发现了水坝混凝土表面存在多处裂缝和孔洞，部分裂缝已经向深部延伸，那么这就表明坝体存在一定的安全隐患，需要及时修复和加固，保证水利水电工程的质量得到提升。总之，通过采用超声波检测技术，可以及时准确的发现混凝土结构中的缺陷问题，为后续修复和加固提供科学依据，保障水利水电工程的安全可靠运行。

(二) 采用钻孔法，检测混凝土裂缝深度

在对水利水电工程混凝土质量进行检测的时候，也可以采用钻孔这一检测方法，及时了解混凝土裂缝的深度。钻孔法通过在混凝土结构中钻取孔洞，然后观察孔洞内的裂缝情况，来评估混凝土裂缝的深度和分布，通常采用手持钻或机械钻等工具进行钻孔，然后使用光源和放大镜等设备观察孔洞内的裂缝情况。需要根据水利水电工程的实际状况，选择混凝土可能存在裂缝的区域进行钻孔，如连接处、应力集中区等。如果混凝土的体积比较大，那么也可以采用裂缝两边钻孔的方法，具体的钻孔位置如图1所示。

根据图1显示的钻孔位置，然后就要使用适当大小的钻头在选定的位置进行钻孔，钻孔直径一般取决于裂缝的大小和深度，通常选择直径为25mm或更大的钻头。

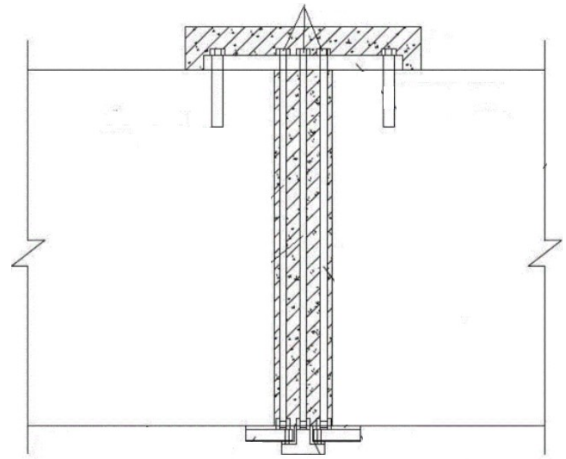


图1 混凝土钻孔检测位置

钻孔的深度应足够穿透混凝土表面并进入裂缝内部，以确保能够准确测量裂缝的深度。深度通常根据实际情况和设计要求确定，可以通过视察钻孔孔壁来确认是否到达裂缝位置。接下来就要使用如刻度尺或测深尺等测量工具，在钻孔中测量裂缝的深度，在测量的时候，需要保证其精准度，这样才能确保测量准确，并对测量出来的裂缝实际深度进行记录。最后，就要将数据按钻孔位置、深度大小等进行分类整理，以便后续分析和报告。通过钻孔法检测混凝土裂缝深度，可以及时发现混凝土结构中存在的裂缝问题，并据此制定相应的维修和加固方案，确保工程质量和安全性。

(三) 对混凝土进行碳化检测

在水利水电工程中，碳化是混凝土结构常见的一种病害，会导致混凝土表面的碳酸盐层被破坏，进而影响混凝土的力学性能和耐久性。通过对混凝土的碳化检测，可以评估混凝土结构的碳化程度，了解混凝土的健康状况。也能及时发现混凝土结构中存在的碳化问题，可以采取相应的维护和修复措施，防止碳化病害的进一步扩展和恶化，延长混凝土结构的使用寿命。在进行碳化检测的时候，首先，在需要检测的混凝土结构表面选取几个具有代表性的样品位置，通常选择混凝土表面离开水泥基体较近的位置，因为碳化多发生在混凝土表面向内数毫米的范围内。然后就要使用钻头或锤子等工具进行取样，这样就能确保取得的样品具有典型性和代表性，样品应该尽可能保持完整，尺寸可以控制在20-50mm的范围内，以确保检测结果的准确性和可靠性。在取样之前，应清除混凝土表面的杂物和污垢，以确保准确检测碳化深度。通常可以使用刷子、风扇或压缩空气进行清洁^[3]。

在取样之后，主要是使用酚酞等指示剂为混凝土表面染色，将酚酞粉末溶解在适量的乙醇或乙醚溶剂中，以得到一定浓度的酚酞溶液。将准备好的混凝土样品放入酚酞溶液中进行浸泡处理。浸泡时间通常在几小时至一天之间，以确保酚酞溶液能够渗透到混凝土内部并与碳化产物反应。浸泡温度一般在室温下进行，通常在20℃至25℃之间。较高的温度可能加速酚酞溶液的渗透

和反应,但需要注意避免过高的温度导致样品变形或其他不良影响。在浸泡处理过程中,可以观察溶液颜色的变化。酚酞溶液在与碳酸盐反应时会由无色变为紫红色,浸泡结束后,记录溶液颜色的变化情况以及浸泡时间和温度等处理参数。在浸泡结束后,将混凝土样品从酚酞溶液中取出,用清水洗涤去除残留的酚酞溶液,然后进行干燥,干燥后的样品可以用于后续的观察和分析。在观察的过程中,主要是使用显微镜或放大镜观察染色后的混凝土样品,测量和记录碳化深度,通常碳化深度可以通过观察染色剂渗入混凝土的深度来确定。最终要根据检测结果,制定相应的混凝土修复方案,如果发现混凝土碳化严重或钢筋锈蚀严重,可能需要进行混凝土修复、钢筋更换或防腐处理等措施。

(四) 应用回弹法,检测混凝土强度

回弹法主要是利用弹性原理,通过测量混凝土表面被击打后的回弹程度来间接评估混凝土的强度,这样的检测对于混凝土来说不会出现太大的损伤,当钢球或压条以标准能量撞击混凝土表面时,回弹的程度与混凝土的硬度和强度有关。进行回弹法测试通常需要使用回弹仪,它包括一个具有标准质量和弹性的撞击杆,以及一个指针或数字显示的测量装置。在进行回弹法测试前,需要对回弹仪进行标定,以确保测试结果的准确性和可比性,通常,使用已知强度的标准混凝土试件进行标定。然后就要在混凝土结构表面选择代表性的测试点,通常选择在距离混凝土表面边缘一定距离的位置,以避免边缘效应对测试结果的影响,并确保测试点分布均匀。在选择测试点附近清理混凝土表面,去除可能存在的杂物、灰尘或油污等,确保测试表面平整、干净,并且没有明显的损伤或凹陷。根据标准规程或相关要求,选择符合要求的撞击杆,并进行校准和标定,确保撞击杆的质量和能量符合标准要求,并且表面光滑、无损伤^[4]。

根据标准要求,调整撞击杆的力度,使其能量符合指定的范围,需要根据材料的硬度和密度进行微调,以确保撞击效果符合要求。将调整好的撞击杆垂直于混凝土表面,以一定的力度和速度进行击打。例如,在水利水电工程的混凝土检测中,建议使用的撞击杆能量为 $2.207 \pm 0.068 \text{ Nm}$,大约为 0.735 ± 0.023 焦耳。其中需要注意的是,要确保击打的位置和方式尽量一致,避免因不同操作而引起的误差。根据测试仪器上的指示或数字显示,记录每个测试点的回弹值,确保记录准确,并注意标记每个测试点的位置和测试顺序。回弹值与混凝土的强度之间存在一定的相关性,可以使用回归分析或经验公式,将回弹值转换为混凝土的抗压强度,其具体公式如下。

$$f_c = a \times R^b$$

在上述的公式中, f_c 是混凝土的抗压强度, R 是回弹值, a 和 b 则是经验系数,它们的值取决于混凝土的配合比、龄期、试件尺寸等因素。在采用回弹法进行测试的时候,其结果受到多种因素的影响,因此,在进行测试

时需要注意控制这些影响因素,以提高测试的准确性和可靠性。

(五) 半电池电位检测混凝土腐蚀情况

半电池电位法是利用钢筋与混凝土形成的电池,在外加电流的作用下产生的电位差来评估钢筋、混凝土的腐蚀情况。当钢筋腐蚀时,钢筋表面的电位会发生变化,也会使混凝土质量发生了变化,所以通过测量电位差可以间接的判断混凝土腐蚀的程度。进行半电池电位检测通常需要使用电位计、参比电极、导电涂层等设备,电位计用于测量混凝土表面和钢筋表面的电位差,参比电极用于校准和比较电位差的测量值,导电涂层用于确保电流的均匀分布和有效传导。在进行半电池电位检测时,首先在混凝土表面选择代表性的测试点,并清理表面以确保良好的电极接触。然后将参比电极和测量电极(通常是钢筋)安装在测试点上,通过电位计测量它们之间的电位差,在一定的电流密度下施加电流,观察并记录电位差的变化,进而来评估钢筋腐蚀、混凝土质量的情况^[5]。

通过测量得到的电位差数据,可以根据经验公式或标准曲线,将其转换为腐蚀的深度或程度。通常,电位差的变化与钢筋、混凝土腐蚀的程度呈正相关关系。在进行半电池电位检测的时候,其结果会受到多种因素的影响,包括混凝土的湿度、温度、盐度等环境因素,以及电流密度、电极位置等测试条件。因此,在进行测试时需要注意控制这些影响因素,以提高测试的准确性和可靠性。总之,对于半电池电位检测技术来说,它是一种有效的混凝土质量检测技术,在水利水电施工中得到了广泛应用。通过正确使用该技术,并结合其他质量检测方法,可以全面评估混凝土结构的腐蚀情况,为工程的质量控制提供重要依据。

结论:综上所述,对水利水电工程施工的混凝土质量检测技术进行分析,不仅可以提升工程的安全性和耐久性,还能减少混凝土材料的浪费,提升资源的利用效率。在进行检测的时候,主要是利用钻孔法、回弹法、碳化检测等方法,对混凝土的裂缝、强度、腐蚀等现象进行检测,通过检测可以提升混凝土质量,保证水利水电工程的安全。

参考文献

- [1] 纪皖成. 建筑工程质量检测中的混凝土检测技术分析[J]. 安徽建筑, 2024, 31(02): 167-168.
- [2] 王雪. 水利水电工程中混凝土质量检测及控制分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023, (06): 43-45.
- [3] 周建兴. 水利水电工程冬季施工混凝土技术标准及质量控制[J]. 大众标准化, 2022, (12): 7-9.
- [4] 张侨. 无损检测技术在水利水电工程质量检测中的应用[J]. 黑龙江水利科技, 2020, 48(06): 129-131.
- [5] 马莉莉. 水利水电工程混凝土施工技术及其质量控制措施[J]. 珠江水运, 2020, (07): 45-46.