

# 公路工程混凝土材料强度检测分析

应蒙婷

浙江润达检测科技有限公司 浙江 舟山 316000

**摘要:** 混凝土作为公路工程的核心材料,其强度直接关系到道路结构的承载能力、使用寿命及运营安全。本文围绕公路工程混凝土材料强度检测展开研究,阐述了其在保障工程结构安全、耐久性及满足质量验收标准中的重要性。介绍了回弹法、钻芯法、超声回弹综合法、拔出法和后锚固法等常用检测方法,分析了检测过程中存在的人员专业素养不足、设备性能不稳定、环境影响大等问题,并提出了加强人员培训、保障设备可靠、减少环境干扰及规范数据管理等改进措施,旨在为提升公路工程混凝土强度检测质量提供参考。

**关键词:** 公路工程;混凝土;材料强度;检测分析

## 引言

随着公路建设规模的扩大和技术要求的提高,精准检测混凝土强度成为工程质量管控的关键环节。当前,混凝土强度检测面临方法选择多样、实操影响因素复杂等挑战,部分工程因检测不规范导致质量隐患。文章基于公路工程实践,系统探讨混凝土强度检测的重要性、常用方法及现存问题,结合改进策略,为优化检测流程、提高数据准确性提供思路,助力公路工程质量提升与安全保障。

## 1 公路工程混凝土材料强度检测的重要性

### 1.1 确保工程结构的安全性

混凝土强度是公路结构承载能力的核心指标,直接决定工程能否抵御车辆荷载、自然沉降等外力作用。若强度不达标,可能引发路面裂缝、桥梁变形甚至结构坍塌,威胁通行安全。通过科学检测,可及时发现强度不足的区域,采取加固修补措施,避免安全事故发生。例如,在桥梁墩柱、路面基层等关键部位,强度检测能精准识别潜在风险,为结构安全提供数据支撑,是保障公路工程“生命线”的重要手段。

### 1.2 保障公路的耐久性

公路长期暴露在自然环境中,需承受雨水侵蚀、温度变化、化学腐蚀等多重考验,混凝土强度是抵抗这些破坏的基础。强度不足会加速材料老化,导致表层剥落、内部钢筋锈蚀,缩短公路使用寿命。强度检测能评估混凝土的抗劣化能力,为养护方案制定提供依据。如在多雨地区,通过检测可判断混凝土抗渗性是否达标,提前预防水害对结构的长期损害,从而延长公路的有效使用年限,降低后期维护成本。

### 1.3 满足工程质量验收标准

我国公路工程建设有严格的质量验收规范,混凝土强度是必检项目和核心指标之一。检测数据需符合《公路工程质量检验评定标准》等法规要求,否则工程将无法通过验收。规范的强度检测能确保工程建设全过程处于质量可控状态,避免不合格工程投入使用。同时,检测结果作为工程档案的重要组成部分,为后期责任追溯、改扩建提供依据,是保障工程建设合规性、维护行业质量秩序的关键环节<sup>[1]</sup>。

## 2 公路工程混凝土材料强度常用检测方法

### 2.1 回弹法

回弹法是公路工程中应用广泛的混凝土强度无损检测技术,其原理是利用回弹仪弹击混凝土表面,通过弹击锤反弹的距离(回弹值)与表面硬度的相关性,间接推算抗压强度。检测前需清理构件表面的浮浆、油污和疏松层,确保表面平整干燥。按照规范,单个构件需划分不少于10个测区,每个测区面积为200mm×200mm,且避开钢筋外露、预埋件及施工缝位置。每个测区弹击16点,剔除3个最大值和3个最小值后,取剩余10点的平均值作为该测区回弹值。该方法的优势显著,操作便捷且检测速度快,单测区检测仅需3-5分钟,适合大面积构件(如桥面、路面)的批量检测,同时对结构无损伤,不影响工程进度。但结果易受多种因素干扰:表面碳化深度超过6mm时,回弹值会偏高,需进行碳化修正;骨料为花岗岩等硬质岩石时,表面硬度与内部强度偏差较大,需采用专用校准曲线;若构件表面有蜂窝、麻面或修补层,需先处理再检测,否则会导致数据失真。因此,回弹法多作为初步筛查手段,对疑似强度不足的区域,需结合其他方法进一步验证。

### 2.2 钻芯法

钻芯法是通过专用金刚石钻机从混凝土构件中钻取

圆柱形芯样，经加工后直接进行抗压试验的半破损检测方法，因能直观反映混凝土实体强度，被视为强度检测的“仲裁性手段”。操作时需根据构件厚度选择芯样直径，常用100mm或150mm，且直径与高度比控制在1:1-1:2之间。确定钻取位置时，需避开钢筋密集区、预应力孔道及受力薄弱部位，必要时用钢筋探测仪定位，钻孔过程中保持钻机垂直于构件表面，转速控制在800-1200r/min，同时持续供应冷却水，避免芯样因过热受损。钻取的芯样需经切割、打磨处理，确保两端面平行且与轴线垂直，平整度误差不超过0.05mm。试验时将芯样置于压力机，以0.5-1.0MPa/s的速率加载至破坏，根据破坏荷载计算抗压强度。该方法结果可靠，适用于对回弹法等检测结果存疑时的验证，或桥梁承重梁、隧道衬砌等关键部位的强度复核。但钻芯会对构件造成局部损伤，单个芯样孔洞需用高一等级微膨胀混凝土修补，且芯样数量需严格控制（单个构件通常不超过3个）。若芯样包含蜂窝、气孔等缺陷，需重新取样，因此对操作人员的经验和判断能力要求较高。

### 2.3 超声回弹综合法

超声回弹综合法是将超声波检测与回弹法相结合的无损检测技术，通过协同分析混凝土的回弹值与声波传播速度，实现对强度的精准评估。其核心逻辑在于：回弹值主要反映混凝土表层硬度，而超声波在材料内部的传播速度则与密度、均匀性密切相关，两者结合可弥补单一方法的局限性。检测时，先在构件表面划分200mm×200mm的标准测区，每个测区需完成两项操作：一是按回弹法规范弹击16点，获取修正后的回弹平均值；二是布置3对超声换能器测点，使用耦合剂确保良好贴合，测量声波传播时间并计算声速。将两组数据代入地区或工程专用校准曲线，即可换算出混凝土抗压强度。该方法适用于因表面碳化、龄期过长或骨料差异导致回弹法误差较大的场景，相对误差可控制在±10%以内，显著优于单一回弹法。操作中需注意：超声测点间距测量误差不得超过1%，检测前需对回弹仪率定、超声波仪声时修正；避开钢筋密集区，防止声波沿钢筋传播造成声速虚高，确保数据真实性。

### 2.4 拔出法

拔出法是通过测量锚固件从混凝土中被拔出时的极限拉力，间接推算混凝土抗压强度的半破损检测方法，在公路工程中多采用后装式操作。其原理基于混凝土抗拉强度与抗压强度的相关性，当锚固件被匀速拔出时，极限拉力值能反映混凝土表层一定深度内的实际强度。操作流程包含关键步骤：先在检测部位钻孔，直径通常

为18-25mm，深度依锚固件规格设定为50-100mm；清理孔内碎屑后植入膨胀型锚固件，确保与孔壁紧密结合；使用专用拔出仪以0.5kN/s的速率施加拉力，直至锚固件被拔出，记录最大拉力值。该方法适用于路面基层、护栏基础等部位的强度检测，尤其适合评估表层50-100mm深度的混凝土质量，对结构损伤较小且结果受表面状态影响小。需注意：锚固件埋深偏差需控制在±2mm内，否则会导致误差；混凝土龄期需达28天以上，避免因强度未稳定造成误判；试验后需用环氧砂浆修补孔洞，防止水分侵入影响结构耐久性。

### 2.5 后锚固法

拔出法是通过测量锚固件从混凝土中被拔出时的极限拉力，间接推算混凝土抗压强度的半破损检测方法，在公路工程中多采用后装式操作。其原理基于混凝土抗拉强度与抗压强度的相关性，当锚固件被匀速拔出时，极限拉力值能反映混凝土表层一定深度内的实际强度。操作流程包含关键步骤：先在检测部位钻孔，直径通常为18-25mm，深度依锚固件规格设定为50-100mm；清理孔内碎屑后植入膨胀型锚固件，确保与孔壁紧密结合；使用专用拔出仪以0.5kN/s的速率施加拉力，直至锚固件被拔出，记录最大拉力值。该方法适用于路面基层、护栏基础等部位的强度检测，尤其适合评估表层50-100mm深度的混凝土质量，对结构损伤较小且结果受表面状态影响小。需注意：锚固件埋深偏差需控制在±2mm内，否则会导致误差；混凝土龄期需达28天以上，避免因强度未稳定造成误判；试验后需用环氧砂浆修补孔洞，防止水分侵入影响结构耐久性。

### 2.6 立方体试块抗压试验法

立方体试块抗压试验法是评定混凝土强度等级的经典方法，在公路工程质量控制中不可或缺。其原理是通过标准立方体试块施加压力，依据破坏荷载计算抗压强度，直接反映混凝土实际性能。操作需严格遵循规范：在浇筑现场制作150mm边长试块，确保振捣密实；置于温度(20±2)℃、相对湿度≥95%的环境中养护28天；试验前擦干试块，放置于压力机中心，按强度等级控制加荷速度（C30以下0.3-0.5MPa/s，C30-C60为0.5-0.8MPa/s，C60以上0.8-1.0MPa/s），直至破坏并记录极限荷载，通过 $f_{cc}=F/A$ 公式计算强度（精确至0.1MPa）。该方法适用于配合比验证、重要结构验收等场景，结果直观准确，是强度评定的基准。但局限性明显：试块制作与养护要求严苛，任何偏差都会影响数据；仅代表抽样部位强度，难反映结构整体均匀性；若现场与试块制作条件差异大，易导致实际强度与试块强度偏差<sup>[2]</sup>。

### 3 混凝土材料强度检测中存在的问题及改进措施

#### 3.1 存在的问题

##### 3.1.1 检测人员专业素养不足

部分检测人员缺乏系统的理论知识和实操培训,对检测标准理解不透彻,易出现操作不规范的情况。例如,使用回弹法时未按规定选取测区或角度偏差过大,导致数据失真;对不同检测方法的适用场景判断失误,盲目套用标准流程。此外,部分人员责任意识薄弱,存在数据记录潦草、随意修改结果等现象,严重影响检测的客观性和准确性,为工程质量埋下隐患。

##### 3.1.2 检测设备性能不稳定

部分工程使用的检测设备老化严重或未定期校准,导致测量精度下降。如回弹仪弹击杆磨损会使回弹值偏低,超声波检测仪探头耦合不良会影响声速传播数据的准确性。同时,设备采购环节存在质量把控不严的问题,部分低价设备未达到行业技术标准,在复杂工况下易出现故障。设备性能的不稳定性直接导致检测数据重复性差,难以反映混凝土强度的真实情况。

##### 3.1.3 检测环境影响较大

自然环境因素对检测结果干扰显著。高温或低温环境会改变混凝土表面硬度,影响回弹法的测量值;雨天或高湿度条件下,超声检测中声波传播速度会因介质变化出现偏差。此外,施工现场的振动、粉尘及电磁干扰,可能导致设备读数异常。若检测时未对环境因素进行记录和修正,或未采取有效的防护措施,会使不同批次的检测数据缺乏可比性,降低结果的可靠性。

#### 3.2 改进措施

##### 3.2.1 加强检测人员培训与管理

建立系统化培训体系,结合理论授课与实操演练,重点讲解检测标准、仪器操作及数据处理规范,考核合格后方可上岗。定期组织技能竞赛和案例研讨,提升人员对复杂工况的应对能力。同时,完善岗位责任制,明确检测流程中的责任节点,对数据造假、操作违规等行为实行追责机制,通过培训与管理双管齐下,全面提升检测人员的专业素养和责任意识。

##### 3.2.2 确保检测设备性能可靠

严格执行设备采购标准,优先选择符合行业认证的

仪器,并建立设备台账,记录采购、使用及维修信息。制定定期校准制度,由专业机构按规范对回弹仪、超声波检测仪等设备进行精度校验,确保误差在允许范围内。对老化设备及时更新换代,日常使用中落实保养责任,避免因部件磨损影响检测数据,从设备全生命周期管理入手,保障其性能稳定性。

##### 3.2.3 减少检测环境影响

检测前需评估环境条件,避开极端天气(如高温、暴雨)及强振动、强电磁干扰时段。对温度、湿度等关键参数进行实时监测,记录在检测报告中以便后期修正。针对特殊环境采取防护措施,如高温时对混凝土表面降温处理,潮湿环境下使用防水耦合剂,通过提前预判和针对性防护,最大限度降低环境因素对检测结果的干扰。

##### 3.2.4 规范检测数据管理与分析

建立数字化数据管理系统,要求检测人员实时录入原始数据,系统自动生成编号和时间戳,避免人为修改。数据需经双人复核确认,确保记录完整、准确。采用专业分析软件对数据进行统计处理,结合工程背景评估强度达标情况,形成可视化报告。同时,归档检测数据及分析结果,为后续质量追溯和工程评估提供可追溯的依据,提升数据的科学性和利用价值<sup>[9]</sup>。

#### 结束语

公路工程混凝土材料强度检测是保障道路安全与耐久性的核心环节。从回弹法、钻芯法到超声回弹综合法等多元技术的应用,再到立方体试块抗压试验的基准作用,检测方法的科学选择与规范操作直接决定数据可靠性。尽管当前存在人员素养、设备性能及环境干扰等问题,但通过强化培训、设备管控、环境优化及数据规范等措施,可有效提升检测质量。

#### 参考文献

- [1]李景顺,刘亚斌,姜诚.公路工程施工中的水泥混凝土强度检测及评定[J].价值工程,2019,38(26):172-173.
- [2]邹文刚,敖文飞.公路水泥混凝土结构强度检测中无损技术的应用[J].黑龙江交通科技,2019,42(1):140-141.
- [3]艾尼·热合曼.无损技术在公路水泥混凝土结构强度检测中的应用[J].西部交通科技,2017(8):129-131.