

道路桥梁工程施工原材料试验检测技术

王 浩

山东省路桥集团有限公司 山东 济南 250014

摘要：道路桥梁工程施工原材料试验检测技术是保障工程质量的核心手段。通过科学规范的试验检测，可精准识别水泥强度、钢筋性能、砂石级配等关键指标缺陷，从源头规避结构失效风险。检测涵盖物理、化学、力学性能等多维度，采用标准化流程，结合无损检测、物联网等先进技术，实现材料质量动态监管，为优化施工参数、控制工程成本、延长工程寿命提供数据支撑。

关键词：道路桥梁工程；施工原材料；试验检测技术

引言：道路桥梁工程作为国家基础设施建设的核心领域，其质量直接关乎社会经济发展与公众安全。而原材料品质是工程质量的根基，从水泥的胶凝性能到钢筋的力学强度，从砂石的骨料级配到土料的压实特性，每一项指标都影响着结构的耐久性与安全性。因此，科学开展原材料试验检测技术，不仅是规避质量隐患的关键手段，更是实现工程全生命周期精细化管控的重要保障。本文将系统探讨检测技术分类、流程及优化策略。

1 道路桥梁工程施工原材料试验检测技术概述

1.1 原材料检测的核心作用

(1) 保障工程质量：原材料品质是工程质量的基础，通过科学规范的试验检测，可精准识别水泥强度不足、钢筋性能不达标等材料缺陷，从源头规避因材料问题引发的桥梁坍塌、路面破损等结构失效风险，筑牢工程质量第一道防线。(2) 延长工程寿命：经检测筛选的优质原材料，能有效抵御使用过程中的自然侵蚀与荷载作用，减少裂缝、锈蚀等病害产生，降低后期维修加固频率，显著延长道路桥梁服役年限，提升工程长期效益。(3) 动态监管施工：检测数据的实时反馈可及时反映材料质量波动，为施工参数调整提供科学依据。例如根据砂石含水率检测结果优化混凝土配合比，实现施工过程的精准管控，提升管理效率。(4) 控制工程成本：通过检测对比不同材料的性能与价格，可筛选性价比最优的原材料；同时避免不合格材料投入使用导致的返工浪费，实现材料资源的合理配置，有效控制工程总成本。

1.2 检测技术分类与流程

(1) 分类：检测技术可按两大维度划分，一是按材料类型分类，针对性覆盖水泥、钢筋、土料、砂石等道路桥梁工程核心原材料；二是按检测方法分类，包括物理性能检测、化学成分检测、力学性能检测等，全面覆盖材料质量评估维度。(2) 流程：遵循标准化流程推进，依次

为取样、预处理、试验操作、数据分析、结果判定、报告输出。取样需保证代表性，预处理去除干扰因素，试验操作严格遵循规范，最终通过数据分析判定材料合格与否并形成正式报告，为工程质量管控提供依据^[1]。

2 道路桥梁工程施工关键原材料试验检测技术分析

2.1 水泥检测技术

(1) 检测指标：水泥作为道路桥梁工程胶凝材料的核心，其检测指标直接决定混凝土结构性能，核心指标包括凝结时间、标准稠度用水量、胶砂强度及安定性。凝结时间关乎施工浇筑窗口期把控，过长易导致浇筑中断，过短则影响施工振捣密实；标准稠度用水量是确定混凝土配合比的基础参数，直接影响拌合物工作性；胶砂强度是水泥力学性能的核心，决定混凝土结构承载力；安定性不合格会导致水泥硬化后产生不均匀体积膨胀，引发结构裂缝甚至破坏。(2) 检测方法：1) 凝结时间：采用净浆穿透性试验，先按标准方法制备水泥净浆，通过维卡仪测定标准稠度用水量，再以该用水量制备净浆试件，置于标准养护环境中，定期用维卡仪测针检测净浆穿透阻力，当阻力达到规定值时，分别记录初凝和终凝时间。2) 胶砂强度：严格按水泥与标准砂1:3、水灰比0.5的比例制备胶砂拌合物，装入规定尺寸试模振捣成型，经24小时养护后脱模，再放入标准养护箱养护至3天、28天龄期，采用压力试验机分别测试试件的抗折强度和抗压强度。3) 安定性：常用雷氏法检测，将水泥净浆装入雷氏夹试模，养护后测量初始指针间距，再放入沸煮箱煮沸3小时，冷却后测量指针增量，当增量不超过5mm且两试件增量差不超过4mm时，判定安定性合格^[2]。

2.2 钢筋检测技术

(1) 检测指标：钢筋是道路桥梁结构的主要受力构件，检测指标聚焦力学性能与加工性能，包括抗拉强度、屈服强度、伸长率及弯曲性能。抗拉强度和屈服强度决

定钢筋的承载极限,直接影响结构安全储备;伸长率反映钢筋塑性变形能力,避免结构受载时脆性断裂;弯曲性能保障钢筋在施工弯折过程中不产生裂纹,确保加工质量。(2)检测方法:1)拉伸试验:选取标准尺寸钢筋试件,安装于万能试验机上,施加轴向拉力直至试件断裂,通过试验机数据系统自动记录屈服荷载、最大荷载及断裂后标距长度,计算得出屈服强度、抗拉强度及伸长率,需满足规范规定的最低限值要求^[3]。2)弯曲试验:根据钢筋直径选取合适的弯心直径,将钢筋试件置于弯曲试验机上,按规定角度缓慢弯曲,弯曲后观察试件表面是否出现裂纹、断裂或分层现象,无明显缺陷则判定弯曲性能合格,确保钢筋能适应施工中的弯折加工需求。

2.3 砂石料检测技术

(1)检测指标:砂石料是混凝土和路基填筑的主要骨料,检测指标包括颗粒级配、含泥量、压碎值及坚固性。颗粒级配影响混凝土拌合物的密实度和工作性,合理级配可减少胶凝材料用量;含泥量过高会降低骨料与水泥浆的粘结力,影响混凝土强度;压碎值反映骨料抵抗破碎的能力,关乎结构承载稳定性;坚固性体现骨料抗冻、抗风化能力,保障工程长期服役性能。(2)检测方法:1)筛分法:采用标准套筛对砂石料进行分级筛分,称量各筛孔筛余质量,计算累计筛余率和分计筛余率,绘制颗粒级配曲线,对比规范要求判定级配是否合格,据此优化混凝土配合比,提升拌合物工作性和密实度。2)压碎值试验:将碎石试样装入标准圆模,施加规定压力,测量受压后小于2.36mm颗粒的质量占比,即为压碎值,该值越低说明骨料承载能力越强,确保用于路基或混凝土结构的砂石料满足强度要求。

2.4 土料检测技术

(1)检测指标:土料是路基填筑的核心材料,其性能直接影响路基稳定性,检测指标包括含水量、干密度、击实特性及液塑限。含水量与干密度决定路基压实质量,过高或过低均会导致压实度不达标;击实特性用于确定最佳含水量和最大干密度,是压实控制的关键参数;液塑限反映土料塑性和稳定性,指导筛选适宜的路基填筑土料。(2)检测方法:1)击实试验:选取不同含水量的土料试样,放入击实筒中用标准落锤分层击实,测定各含水量对应的干密度,绘制含水量-干密度关系曲线,曲线峰值对应的即为最佳含水量和最大干密度,以此作为路基压实的控制标准,确保压实度达标。2)液塑限试验:采用液塑限联合测定仪或滚条法,测定土料的液限(流动状态与塑性状态分界含水量)和塑限(塑性状态与半固体状态分界含水量),计算塑性指数,塑性指数过高的土料易

产生不均匀沉降,需排除或改良后再用于路基填筑^[4]。

3 道路桥梁工程常见病害与检测技术关联分析

3.1 路面裂缝

(1)成因:路面裂缝是道路工程最常见病害之一,核心成因包括三类。一是荷载超限,车辆长期重载或超载会超出路面结构承载极限,导致基层与面层应力集中开裂;二是温度应力,昼夜温差或季节交替引发沥青混合料热胀冷缩,反复变形后产生温度裂缝;三是材料收缩,沥青或水泥混凝土材料在凝结硬化过程中收缩不均,形成收缩裂缝。(2)检测技术:病害防控的关键在于前期材料性能检测,通过沥青针入度、软化点检测可精准评估材料抗裂性能。针入度检测反映沥青稠度与塑性,指标过低则沥青偏硬,低温抗裂性差;软化点检测体现沥青耐高温性能,指标不足易导致高温流淌开裂。结合两项检测结果筛选适配材料,从源头降低裂缝产生概率。

3.2 钢筋锈蚀与混凝土碳化

(1)成因:二者存在协同破坏效应,核心成因包括氯离子侵蚀和碳化深度超标。氯离子易通过混凝土孔隙渗透,破坏钢筋钝化膜,引发锈蚀并产生体积膨胀,导致混凝土开裂;混凝土碳化会降低内部碱度,同样破坏钢筋钝化环境,且碳化深度超标会加速锈蚀进程,严重影响结构承载力。(2)检测技术:采用针对性技术实现精准监测,电位法可检测钢筋锈蚀概率,通过测定钢筋与混凝土表面的电位差,判断锈蚀活跃度,电位值越低锈蚀风险越高;酚酞试剂法可快速测定碳化深度,向混凝土钻孔中喷洒酚酞试剂,未碳化部分呈红色,碳化部分无色,通过测量无色区域长度确定碳化深度,为锈蚀防控提供数据支撑。

3.3 路基沉降

(1)成因:路基沉降直接影响道路平整度与稳定性,主要成因有两点。一是填筑材料压实度不足,土料颗粒间空隙未充分压实,后期受荷载作用易发生固结沉降;二是土料液限过高,此类土料含水量敏感,遇水易软化、体积膨胀,干燥后收缩,反复变形引发不均匀沉降。(2)检测技术:通过关键指标检测可有效规避沉降风险,灌砂法是检测压实度的常用方法,利用标准砂置换路基压实土体积,计算实际干密度与最大干密度的比值,判定压实度是否达标;液塑限试验通过测定土料液限、塑性指数,评估土料稳定性,杜绝液限过高的不适宜土料用于路基填筑。

4 道路桥梁工程原材料试验检测技术优化策略

4.1 科学取样与标准化操作

(1)制定取样规范,确保样品代表性。结合道路桥

梁工程不同原材料特性,明确取样地点、数量、频率及方法,例如钢筋取样需覆盖不同批次、不同炉号,砂石料取样需在料堆不同部位多点采集并混合均匀。同时建立取样溯源机制,对样品编号、采集时间、送检信息全程记录,避免样品混淆或替换,从源头保障检测数据的可靠性。(2)培训检测人员,统一操作流程,减少人为误差。定期开展专业技能培训,内容涵盖检测标准、设备操作、数据记录等核心环节,邀请行业专家讲解实操难点与易错点。建立操作考核机制,考核合格后方可上岗,同时推行标准化操作手册,对各检测项目的操作步骤、参数设置、结果判定进行统一规范,降低人为操作差异对检测结果的影响。

4.2 引入先进检测技术

(1)无损检测:积极应用超声波、红外成像等无损检测技术,弥补传统破损检测的局限性。超声波技术可穿透混凝土、钢材等材料,检测内部空洞、裂纹等缺陷;红外成像技术通过捕捉材料温度场差异,快速识别路基含水量异常、桥面铺装层脱空等问题,实现对原材料及结构内部质量的精准评估,且不破坏构件完整性。(2)物联网技术:构建基于物联网的检测数据采集与传输系统,在检测设备上加装智能传感器,实时采集试验过程中的温度、压力、湿度等关键数据,通过无线传输至云端平台,避免人工记录误差,同时实现数据的实时共享与动态监管,提升检测效率。(3)小波分析:运用小波分析技术对检测过程中产生的信号进行处理,精准识别材料内部的损伤信号与噪声信号,通过信号特征提取与分析,科学评估材料及结构的健康状态,为工程质量预判提供技术支持,提前规避质量隐患^[5]。

4.3 完善检测标准与指标体系

(1)结合工程实际修订标准,提高指标适用性。针对不同地域气候、地质条件及工程类型的差异,对现有检测标准进行差异化修订,例如寒冷地区重点强化混凝土抗冻性检测指标,山区道路侧重路基土料抗滑移性能指标,使检测标准更贴合工程实际需求。(2)建立材料性能数据库,为检测提供参考依据。整合不同供应商、不同批次原材料的检测数据,构建涵盖水泥、钢筋、砂石料

等核心原材料的性能数据库,记录材料的各项检测指标、使用场景及工程服役效果,通过大数据分析挖掘材料性能与工程质量的关联规律,为检测指标优化、材料选择提供数据支撑。

4.4 强化第三方检测机构监管

(1)推行资质认证,确保检测机构独立性。严格落实第三方检测机构资质审批制度,对机构的检测设备、人员资质、试验环境等进行全面审核,明确检测机构的独立法律责任,禁止建设单位、施工单位干预检测过程,保障检测结果的客观性与公正性。(2)建立黑名单制度,严惩违规操作。构建第三方检测机构信用评价体系,对检测过程中存在数据造假、操作不规范、出具虚假报告等违规行为的机构,纳入行业黑名单,限制其参与工程检测业务,并依法追究相关责任,形成有效的监管震慑,规范检测行业秩序。

结束语

道路桥梁工程原材料试验检测技术是确保工程质量、延长使用寿命的核心防线。面对复杂多变的施工环境与材料性能挑战,唯有持续优化检测流程、引入智能技术、强化标准执行,才能实现从源头把控到过程监管的精准闭环。未来,需进一步推动检测技术与数字化、绿色化理念的深度融合,构建科学、高效、透明的质量管控体系,为道路桥梁工程的高质量发展筑牢根基,助力交通强国建设稳步前行。

参考文献

- [1]王智谋.公路工程水泥混凝土原材料试验检测技术研究[J].建材发展导向,2023,21(24):36-38.
- [2]胡玥.公路工程水泥混凝土原材料试验检测技术探讨[J].汽车周刊,2024(08):130-132.
- [3]杨迎春.公路工程水泥混凝土原材料的试验检测及质量控制[J].工程技术研究,2020,5(22):107-108.
- [4]崔新海.公路施工中混凝土搅拌设备配料误差控制方法[J].工程机械与维修,2024(01):41-43.
- [5]李文泉.公路工程水泥混凝土原材料试验检测技术研究[J].运输经理世界,2022(33):142-144.