

道路桥梁工程原材料试验检测技术研究

文 / 范健道 广东省有昇工程检测试验有限公司

摘要：交通安全以及国家基础设施的可持续发展，与道路桥梁工程质量有着直接关联。文章以探讨原材料试验检测技术在保障工程质量方面的关键作用为宗旨，运用系统分析法展开研究，对四大技术体系予以分类阐述，还借助实际工程案例来分析该检测技术在诸如水泥混凝土、钢材金属、砂石集料和沥青路面等不同材料当中的应用成效。研究所得结果显示，科学且完善的检测技术体系，乃是提升道路桥梁工程安全性、耐久性以及功能性的技术根基，有力地支撑了现代道路桥梁工程的高质量建设。

关键词：道路桥梁工程；原材料；试验检测技术；质量控制

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.21.043

引言

随着我国经济快速发展、城市化进程加快，道路桥梁等交通基础设施建设规模不断扩大，其作为交通网络重要组成部分，质量直接关系到交通安全与国民经济发展，且原材料作为工程基础，质量好坏直接影响工程整体安全性、耐久性及使用性能，如此一来，加强道路桥梁工程原材料的试验检测，对确保工程质量、提高建设水平、延长使用寿命意义重大。

一、道路桥梁工程原材料试验检测的重要性

道路桥梁工程原材料试验检测意义重大，作为工程质量与安全的基础保障，其涉及原材料的物理、化学和力学性能，该性能直接关联工程的安全性与耐久性，经科学检测能防止不合格材料进入工程以避免安全隐患^[1]。同时，材料性能检测可为工程设计提供如混凝土强度等级、钢材屈服强度和弹性模量等可靠参数，这些数据直接影响结构承载力计算，如图1所示。在施工过程中，材料工作性能检测能指导施工工艺选择，像混凝土坍落度检测指导振捣方式，沥青黏度检测决定摊铺温度。此外，检测技术发展促进材料本身创新与进步，通过对材料性能精确测量来发现其潜力与不足，为高性能混凝土、

纤维增强复合材料等新型材料研发应用提供方向，且经数据积累为材料科学理论发展奠定实证基础。

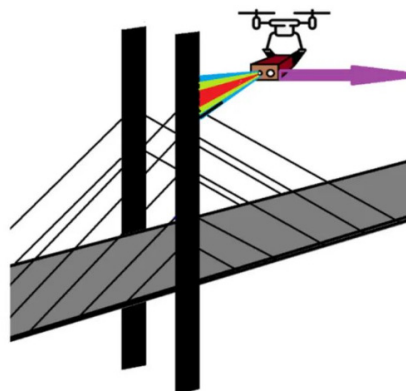


图1 道路桥梁工程原材料试验检测

二、道路桥梁工程原材料试验检测技术

道路桥梁工程原材料试验检测技术主要分为物理性能检测、化学性能检测、力学性能检测和无损检测四大类，如图2所示，其清晰的技术分类框架对各检测方法侧重点及在工程质量控制中的专业应用领域予以展示，为系统开展材料质量评估提供科学指导。

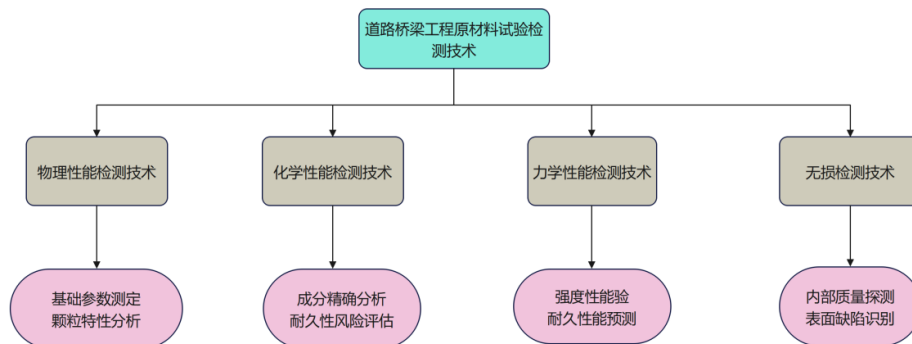


图2 道路桥梁工程原材料试验检测技术

(一) 物理性能检测技术

在道路桥梁工程原材料质量评估体系里，物理性能检测技术作为最基础且不可或缺的环节，凭借对材料基本特征的精确量化与系统分析，为工程实践提供可靠的数据支撑和科学的决策依据，还是判断材料是否符合标

准规范的重要前提^[2]。其中，密度测定技术运用比重瓶法、天平法和容积法等多种方法准确测量不同材料的密度特性，该参数对于评估混凝土密实度、判断钢材成分是否达标以及预测沥青在不同温度下的工作性能意义重大。含水率检测借助烘干法、酒精燃烧法和电阻法等方式精

准确测定砂石和土工材料中的水分含量，有效避免因含水率过高致使材料强度降低和稳定性不足的问题。颗粒分析技术主要应用于砂石材料的级配检测，通过筛分析或激光粒度分析方法全面掌握材料颗粒大小分布情况，以保证混凝土具有理想的强度和工作性能。

（二）化学性能检测技术

随着环境条件日益复杂及道路桥梁服役期要求不断提高，化学性能检测技术在原材料质量评估中的重要性愈发凸显，其通过揭示材料内在化学组成及潜在反应机理为工程长期耐久性提供关键保障且作为预防各类化学腐蚀与劣化现象的重要手段^[3]；以化学成分分析为核心检测方法，借助X射线荧光分析、原子吸收光谱和电感耦合等离子体质谱等现代分析技术可精确测定水泥中三氧化硫、氧化镁含量或钢材中碳、硫、磷等元素比例，这些元素含量直接决定材料性能上限与适用范围；工程实践表明，水泥中过高的三氧化硫含量会致使混凝土体积不稳定，钢材中过高的碳含量会让材料变脆并降低其韧性；pH值检测借电位法或指示剂法能快速获取材料酸碱度信息，此参数对评估混凝土结构中钢筋腐蚀风险有直接意义，尤其在受酸雨侵蚀地区，混凝土碱性环境是保护钢筋不被腐蚀的天然屏障；氯离子含量测定乃沿海地区和冬季使用除冰盐区域桥梁工程必检项目，过高氯离子浓度会加速钢筋锈蚀并显著缩短结构使用寿命。

（三）力学性能检测技术

作为承载车辆荷载以及抵抗自然环境变化的重要设施，道路桥梁工程在工程质量控制方面，其原材料的力学性能检测已占据关键环节地位。通过对材料承受外力能力展开系统评估，此检测为结构安全给予了基础保障，并且还是验证设计参数、预测服役表现的重要途径。在力学性能评价方法里，强度测试属于最基本的一种，针对不同材料会采用与之相应的测试标准和设备，例如针对混凝土，会进行抗压强度、抗折强度以及抗拉强度的测试；对于钢材，则开展屈服强度、抗拉强度和伸长率的测定；而对沥青混合料，要测试其马歇尔稳定度和流值。这些参数能够直接将材料在实际荷载作用下的承载能力与变形特性反映出来。借助对这些数据的分析，工程师们可确保桥梁各个部位所使用的材料具备足够的强度裕度。在金属材料的快速质量评估方面，硬度测试起到主要应用作用，通过布氏硬度、洛氏硬度或者维氏硬度等方法，对材料抵抗局部变形的能力予以测定。实践情况表明，硬度和材料的强度、耐磨性等性能之间存在良好的相关性，所以它成了现场快速检测的有效方式。关于材料的韧性检测，其重点聚焦在对材料吸收能量以及抵抗冲击能力的评估上，这一点对于承受动态荷载以及地震作用的桥梁结构来讲，显得尤为重要。夏比冲击试验和落锤试验已经成为评估材料韧性的标准方式。

（四）无损检测技术

在现代道路桥梁工程建设和维护过程中，无损检测技术凭借其独特非破坏性优势与全面质量评估能力逐渐成为工程质量控制重要手段，既能在不影响结构完整性前提下发现内部缺陷、对既有结构进行安全性评估以给桥梁维护决策提供科学依据，又大大提高检测效率与经济性；超声波检测技术借助发射高频声波并接收其在材料中传播后的回波信号，精确捕捉材料内部诸如空洞、裂缝等不连续区域，当超声波遇这些缺陷时波传播特性发生变化，检测人员可通过分析这些变化确定缺陷位置、大小和形状，该技术在混凝土质量评估中应用广泛尤其适用于检测桥墩和桥台内部缺陷；射线检测利用X射线或γ射线穿透能力强的特点，通过底片成像或数字成像方式直观显示材料内部结构，因不同密度材料对射线吸收程度不同而在底片上形成不同灰度图像，让检测人员能清晰识别金属构件焊缝缺陷和内部气孔；磁粉检测作为简便高效表面检测方法，通过磁化铁磁性材料并撒布磁粉，依据漏磁场原理显示表面及近表面裂缝和缺陷^[4]。

三、原材料试验检测技术在不同材料中的应用

（一）水泥与混凝土材料检测应用

作为在道路桥梁工程里最为基础且应用极为广泛的胶凝材料与结构材料，水泥和混凝土的质量检测贯穿整个工程建设全程，涵盖从原材料进场到结构验收各环节，其检测结果与工程的安全性、耐久性及使用功能直接相关^[5]。通过比表面积法和筛析法两种方式进行的水泥细度检测，可系统评估水泥颗粒细度水平，有研究表明细度每提高100m²/kg，水泥28天抗压强度约能提高3MPa，此参数对特殊工程如桥梁主墩基础混凝土的早强需求极为关键。利用维卡仪精确记录水泥从塑性向硬化状态转变全过程的水泥凝结时间测定，经工程实践证明，适宜的初凝时间（不少于45分钟）和终凝时间（不大于10小时）能确保混凝土有足够运输和浇筑时间且不会过度延缓施工进度。作为最核心性能评价指标的混凝土强度测试，通过制作标准试件并在标准养护条件下开展破坏性试验，可为工程提供可靠质量控制数据，经验丰富的检测人员能通过观察混凝土破坏形态判断其内部结构均匀性与潜在缺陷。针对混凝土面临冻融循环、碳化、氯离子渗透等各种环境侵蚀因素的耐久性检测，采用针对性试验方法可评估其长期使用性能。

（二）钢材与金属材料检测应用

在现代桥梁朝着大跨度、轻量化方向不断发展的进程中，钢材与金属材料于道路桥梁工程里的应用变得越发广泛起来。对于其而言，质量检测所起的作用极为关键，这一检测可不仅仅与结构当下的承载能力紧密相关，更是对桥梁能够长期服役的性能以及安全可靠的程度起到了决定性作用。所以，将完善的钢材检测体系建立起来，已然成为工程质量控制环节中相当重要的一部分。

借助先进的火花直读光谱仪以及 X 射线荧光分析仪来开展钢材成分分析工作，能够在短短几分钟的时间内，就对钢材里诸如碳、硫、磷、锰、硅等这些关键元素的含量予以准确测定。从实际案例当中可以看到，在针对某悬索桥主缆钢丝所进行的检测活动里，通过把碳含量精准控制在 0.75% - 0.85% 这样的范围之内，同时让硫、磷含量都处于低于 0.025% 的水平，有力地确保了钢丝具备高强度以及良好的韧性特点。而力学性能测试方面，则是采用由计算机进行控制的电子万能试验机，对钢材的屈服强度、抗拉强度、伸长率以及断面收缩率等这些处于核心地位的参数展开全面测定工作。

（三）砂石与集料材料检测应用

在道路桥梁工程混凝土和沥青混合料制备过程中，以体积占比最大作为组成部分特点的砂石与集料材料，其物理特性、化学性质和力学性能对最终成品质量和耐久性有着直接决定作用，从而使得建立科学的砂石材料检测评价体系在保障工程整体质量方面具有基础性作用；通过标准筛组和机械振荡仪进行的颗粒级配分析，实现了对砂石材料粒径分布情况的精确测定，且工程实践证明合理的级配曲线可显著提高混凝土的密实度和强度，就如在某高速公路桥面铺装工程中，经优化集料的级配曲线，让混凝土的强度提高了 15% 同时减少了水泥用量；借助洗筛法或瓶试法开展的含泥量测定，达成了对砂石材料中泥土杂质含量的准确评估，且研究表明当细骨料中的泥粉含量超 3% 时，会明显降低混凝土的黏结强度和耐久性，像某大型桥梁基础工程中，检测人员通过严格控制砂石含泥量，成功避免

了因杂质过多致使混凝土质量波动的问题；采用容量瓶法或天平法实施的表现密度与吸水率测定，完成了对砂石材料物理性能的全面评价，这些数据为混凝土配合比设计提供了必要依据，尤其在轻质混凝土应用中，通过筛选表现密度较低的骨料，成功实现了结构自重的降低以及桥梁跨越能力的提高；以硫酸钠溶液浸泡或冻融循环方式进行的坚固性测试，模拟了砂石材料在恶劣环境下的老化过程，在寒冷地区的桥梁工程中，选用质量损失率小于 8% 的高质量骨料，有效提升了混凝土结构的抗冻融性能并延长了使用寿命。

（四）沥青与路面材料检测应用

随着现代交通荷载不断增加且气候条件复杂多变的情况，沥青与路面材料性能检测已成道路桥梁工程质量控制重要环节，其通过对材料温度敏感性、抗变形能力及耐久性的系统评估，为工程设计和施工提供科学依据且作为预防路面早期病害及延长使用寿命的关键保障。采用标准针在规定条件下（25℃，100g，5s）刺入沥青样品的沥青针入度测试，精确测量沥青软硬程度。实践证明，针入度处于 60 - 80 之间的沥青材料，可在夏季高温条件下保持足够刚度抵抗车辙且在冬季低温环境中保持必要柔韧性防止开裂。通过环球法记录沥青在逐渐升温过程中开始软化温度点的软化点测定，其参数与路面高温稳定性密切相关。在某高速公路桥面沥青铺装工程里，选用软化点高于 48℃ 的改性沥青，显著提高路面抗车辙能力，使得即便在 40℃ 以上高温环境中，车辙深度也控制在规范允许范围内，如表 1 所示。

表 1 不同材料主要检测项目及核心指标

材料类别	主要检测项目	核心指标示例
水泥与混凝土	水泥细度、凝结时间、混凝土强度、耐久性	水泥 28 天抗压强度（细度每提高 100m ² /kg 约增 3MPa）、混凝土氯离子渗透系数（≤ 1000 库仑）
钢材与金属材料	成分分析、力学性能、焊接性能	主缆钢丝碳含量（0.75%-0.85%）、硫磷含量（≤ 0.025%）、Q345qD/Q420qE 钢材等级
砂石与集料材料	颗粒级配、含泥量、表现密度与吸水率、坚固性	细骨料泥粉含量（≤ 3%）、骨料坚固性质量损失率（≤ 8%）
沥青与路面材料	针入度、软化点、延度	沥青针入度（60-80）、软化点（≥ 48℃）、5℃/15℃延度（拉伸断裂长度）

结语

综上所述，道路桥梁工程原材料试验检测技术在工程质量保障体系所发挥作用不可替代，伴随科技进步，其检测手段愈发智能化、精确化，由传统破坏性试验朝着无损检测方向发展，进而为工程提供更全面且便捷之质量评估方案。未来，随着大数据、人工智能等技术深入应用，原材料检测会实现自动化与智能化，检测数据之分析与应用价值亦将进一步提升。而加强检测技术研究及标准完善，推动新材料、新工艺应用与创新之举，定能持续提高道路桥梁工程质量，为交通基础设施建设给予有力支撑。

参考文献

[1] 张仲涛, 马驰. 现代化道路桥梁工程施工原材料

料试验检测工艺探究 [J]. 时代汽车, 2025, (15): 181-183.

[2] 侯璐. 道路桥梁工程原材料试验检测技术探究 [J]. 交通科技与管理, 2025, 6(14): 82-84.

[3] 王贵琴. 公路工程水泥混凝土原材料试验检测技术 [J]. 江苏建材, 2025, (03): 49-51.

[4] 张金金. 公路沥青路面施工现场试验检测技术的实践探讨 [J]. 建材发展导向, 2024, 22(08): 25-27.

[5] 刘裕春. 分析道路桥梁工程原材料试验检测技术 [J]. 中华建设, 2023, (06): 116-118.

作者简介：范健道（1977 年 12 月一），男，汉族，本科，广东省阳春市，工程师，研究方向：工程建筑道路检测。