

建筑、公路、桥梁现场检测与工程材料检测 的协同策略研究

陈伟雄

广东 广州 516000

DOI:10.61369/ADA.2024040007

摘 要： 本文围绕建筑、公路、桥梁现场与工程材料检测的协同展开，探讨检测协同理论架构，分析现行体系瓶颈与技术缺口，提出建立定量关系模型、搭建交互平台等协同策略，并以多工程类型为例阐述实践应用，指出当前策略价值与待完善处，为检测协同发展提供方向。

关 键 词： 检测协同；定量关系模型；协同策略

Research on the Collaborative Strategy of Building, Highway, Bridge Site Detection and Engineering Material Detection

Chen Weixiong

Guangzhou, Guangdong 516000

Abstract： This paper focuses on the cooperation of building, highway, bridge site and engineering material detection, discusses the theoretical framework of detection cooperation, analyzes the bottleneck and technical gap of the current system, puts forward the collaborative strategies of establishing quantitative relationship model and building interactive platform, and expounds the practical application with multiple engineering types as examples, and points out the value of the current strategy and the areas to be improved, so as to provide the direction for the collaborative development of detection.

Keywords： detection collaboration; quantitative relationship model; collaborative strategy

引言

2023 年颁布的《建设工程质量检测管理办法》旨在加强建设工程质量检测管理，确保建设工程质量。在此政策背景下，建筑工程中核心建筑材料质量与各类检测技术对工程安全性与耐久性至关重要。当前检测体系在跨领域协同等方面存在瓶颈，且在智能检测设备集成与多源数据融合分析等方面存在技术缺口。因此，建立材料性能与结构力学响应的定量关系模型、构建检测信息交互平台等协同策略研究意义重大，能提升工程质量与检测效率，同时仍有智能传感技术集成与跨专业标准融合等方向有待进一步探索。

一、工程检测体系理论基础与协同机理

（一）工程材料检测基本理论

建筑工程中，水泥、沥青、钢材等核心建筑材料的质量直接关系到工程的安全性与耐久性。对于水泥，需检测其细度、凝结时间、安定性及强度等技术指标，依据相应国家标准严格把控质量，确保水泥性能满足工程需求^[1]。沥青则要检测针入度、延度、软化点等指标，这些指标反映其粘结性、塑性及温度稳定性，依据行业规范对其质量进行控制。钢材的检测重点在拉伸性能、弯曲性能及化学成分等方面，通过精确检测各项技术指标，按照质量控制标准体系筛选合格钢材，保证其在建筑、公路、桥梁等工程中能承受相应荷载。只有精准掌握这些核心建筑材料的技术指标检测方法 with 质量控制标准体系，才能为工程质量奠定坚实基础。

（二）现场检测技术原理

地基承载力试验通过特定的试验方法，如载荷试验，在现场对地基土施加荷载，模拟建筑物实际受力情况，根据地基土在荷载作用下的变形特征，如沉降量、稳定时间等，确定地基土所能承受的最大荷载，以评估地基的承载能力，其规范要求对试验场地、荷载分级、沉降观测等方面有明确规定^[2]。无损检测技术则是在不破坏被检测对象的前提下，利用声、光、电、磁等物理特性，如超声检测利用超声波在介质中的传播特性，通过分析接收信号的特征来检测结构内部缺陷；雷达检测通过发射和接收高频电磁波，根据反射波特性判断结构内部状况。结构健康监测借助传感器等设备实时采集结构的应力、应变、振动等数据，依据结构动力学、材料力学等理论，对数据进行分析处理，以评估结构当前的健康状态，及时发现潜在的损伤与病害。

（三）检测协同理论架构

检测协同理论架构旨在搭建材料性能参数与现场检测数据之间的紧密桥梁。通过对建筑、公路、桥梁的材料特性深入分析，结合现场实际检测环境及要求，构建对应关系模型。此模型并非简单的数据罗列，而是深度挖掘两者内在联系，探寻材料微观性能如何在宏观现场检测中体现^[3]。同时，为确保检测数据的全面性与准确性，需论证检测数据互补机制的理论可行性。不同检测手段各有优劣，现场检测注重整体结构状态，材料检测聚焦物质本质特性。只有通过合理互补，才能全面掌握工程质量状况。基于严谨的理论推导与实际案例分析，验证这种互补机制在理论层面是否可行，为后续协同策略的制定提供坚实的理论基石。

二、跨领域检测协同现状分析

（一）协同工作瓶颈识别

现行检测体系在跨领域检测协同方面存在诸多瓶颈。检测标准差异显著，建筑、公路、桥梁现场检测与工程材料检测各自执行不同标准，如建筑侧重于结构安全，公路桥梁更关注使用性能及耐久性，这导致同一材料或结构在不同领域检测时要求不同，增加协同难度^[4]。数据孤岛现象突出，各领域检测数据各自存储管理，缺乏共享平台与交互机制，难以综合分析利用，阻碍协同决策。资源配置冲突也较为严重，各领域检测在人力、设备、资金等资源分配上常出现竞争，难以做到科学合理的统筹调配，影响跨领域检测协同效率，限制了整体检测工作的质量与进度提升。

（二）协同技术需求分析

在建筑、公路、桥梁现场检测与工程材料检测的协同中，基于 BIM、物联网的智能检测设备集成需求与多源数据融合分析存在技术缺口。一方面，智能检测设备集成方面，不同领域的检测设备因标准差异，难以无缝对接，比如建筑检测设备与公路检测设备在数据接口、通信协议上不一致，无法有效集成，阻碍了协同工作开展。另一方面，多源数据融合分析存在困难，各领域数据在格式、精度、采集频率等方面不同，如桥梁结构数据与工程材料性能数据，难以高效融合处理，导致难以全面深入挖掘数据价值，无法为协同检测提供有力支持。这两方面技术缺口亟待填补，以提升跨领域检测协同效果^[5]。

三、全流程协同机制构建

（一）检测数据协同机制

1. 材料-结构数据映射模型

建立材料性能参数与结构力学响应的定量关系模型，是实现材料-结构数据映射的关键。不同的建筑、公路、桥梁工程对材料性能有特定要求，其结构力学响应也各有差异^[6]。需深入研究材料的基本性能参数，如强度、弹性模量等，通过实验、数值模拟等手段，探寻这些参数如何影响结构在不同荷载条件下的力学响应，如应力、应变分布。基于此，构建能准确反映材料性能与结构力学响应内在联系的定量关系模型。此模型不仅能将材料检测数据有效转化为结构性能的直观反映，帮助工程师快速判断结构状态，还为工程设计、施工及维护过程中的材料选择与结构优化提供科学依据，实现从材料检测到结构性能评估的无缝对接，

推动建筑、公路、桥梁现场检测与工程材料检测的深度协同。

2. 检测信息交互平台

在建筑、公路、桥梁现场检测与工程材料检测的协同策略研究中，检测信息交互平台起着关键作用。该平台应具备数据实时共享功能，能够整合建筑、公路、桥梁现场检测以及工程材料检测所产生的各类数据，让不同检测环节的人员都能及时获取所需信息，打破信息壁垒。通过建立标准化的数据接口，确保不同检测设备、系统的数据能够顺利接入平台，实现数据格式的统一和规范化^[7]。同时，平台要设置权限管理体系，保障数据的安全性与保密性，依据人员的职责和需求分配相应的访问权限。此外，还应具备数据可视化功能，以直观易懂的图表形式展示检测数据，方便相关人员快速掌握关键信息，助力高效决策，从而促进建筑、公路、桥梁与工程材料检测工作的深度协同。

（二）检测流程协同优化

1. 时序耦合检测方案

为实现建筑、公路、桥梁现场检测与工程材料检测的有效协同，需构建时序耦合检测方案。该方案注重设计材料进场检验与施工过程检测的动态衔接。在材料进场时，依据设计要求对材料的各项性能指标进行严格检验，确保入场材料满足工程质量标准^[8]。随着施工进度推进，将材料检测结果与现场施工过程检测紧密关联，依据材料特性调整施工过程检测重点与频率。例如，对于特殊性能的建筑材料，在相应施工部位和工序加强现场检测力度，确保施工质量与材料性能相匹配。通过这种时序耦合的方式，实现从材料进场到施工全程检测流程的紧密协同，及时发现并解决可能出现的质量隐患，保障建筑、公路、桥梁工程的整体质量。

2. 资源统筹配置模型

为实现建筑、公路、桥梁现场检测与工程材料检测的高效协同，需构建资源统筹配置模型。在检测设备方面，考虑不同检测场景对设备的需求特性，如精度、量程等，结合设备的购置成本、维护成本及使用频率等因素，以设备共享最大化、成本最小化等为目标，构建设备共享优化模型^[9]。同时，针对人员调度，依据检测人员的专业技能、经验水平及工作负荷，以人员利用率最高、项目完成时间最短为目标，建立人员协同调度模型。这两个模型相互关联，设备的可用情况会影响人员调度，人员的专业技能又决定设备的操作可行性。通过求解此多目标优化模型，实现检测设备与人员资源在建筑、公路、桥梁及工程材料检测流程中的科学统筹配置，提升整体检测效率与质量。

四、协同检测实施路径

（一）建筑工程协同检测

1. 装配式建筑检测案例

在装配式建筑检测中，构件厂材料试验与现场吊装监测数据的联合分析至关重要。构件厂对工程材料进行全面试验，获取材料诸如强度、耐久性等关键性能参数，为后续的装配施工提供基础数据支撑。现场吊装监测则聚焦于构件在吊装过程中的应力、变形等实时数据。将两者数据联合分析，通过对比材料试验预期性能与现场吊装实际表现，可精准判断构件在实际工况下是否满足设计要求。例如，若材料试验表明某构件理论承载能力达标，但现场吊装监测发现其变形过大，通过联合分析可深入探究原

因，如吊装工艺是否存在问题等。这种联合分析模式，能有效提升装配式建筑检测的准确性与全面性，为工程质量保驾护航^[10]。

2. 检测时序优化验证

在建筑工程协同检测的检测时序优化验证方面，以基于关键路径法的混凝土强度检测节点优化为例。针对建筑项目，先详细分析工程整体流程，确定混凝土施工各环节在整个工程进度中的位置及相互关系。借助关键路径法，精准识别影响混凝土强度检测时间安排的关键工序。例如，明确混凝土浇筑、养护周期与后续检测时间的衔接点。通过模拟不同检测时间安排对工程进度及成本的影响，验证优化后的检测时序。对比传统检测时序，分析新方案在保障检测结果准确性前提下，是否有效缩短工期、降低成本，实现建筑工程中混凝土强度检测与其他工程环节的高效协同，为实际工程协同检测提供科学依据与实践指导。

（二）道路工程协同检测

1. 路面材料 - 结构联合评估

在道路工程协同检测的路面材料 - 结构联合评估中，将沥青混合料试验与FWD弯沉检测相结合。沥青混合料试验涵盖其配合比设计、性能指标测试等，明确材料自身特性，诸如高温稳定性、水稳定性等，这些指标影响路面长期使用性能。FWD弯沉检测可快速获取路面结构的动态弯沉盆数据，反映路面结构整体承载能力。通过对二者数据的协同分析，一方面依据沥青混合料性能，深入理解弯沉检测结果产生的内在原因，如材料特性如何影响路面的变形；另一方面借助弯沉数据，反向验证和优化沥青混合料设计，比如发现弯沉异常时，可重新审视材料性能是否达标。以此实现对路面材料与结构更为精准、全面的联合评估，为道路工程质量提升与长期性能保障提供有力支撑。

2. 全寿命周期检测框架

在道路工程协同检测全寿命周期检测框架下，实施协同检测需整合多源数据。收集建筑、公路、桥梁现场检测数据，涵盖结构参数、病害情况等，同时获取工程材料的性能指标、老化数据等。构建统一的数据管理平台，将各类数据集中存储与管理，便于关联分析。基于此，开发能融合材料老化与道路技术状况评定的决策模型，该模型依据材料性能变化对道路结构性能的影响，综合考虑不同检测维度数据，为道路养护、维修等决策提供科学依据。利用该决策模型，结合现场实时检测与材料动态性能数据，实现对道路工程全寿命周期内状态的精准评估与合理干预，确保道路工程在不同阶段都能保持良好性能，提升工程整体质量与耐久性。

（三）桥梁工程协同检测

1. 缆索材料退化监测

在桥梁工程协同检测中，缆索材料退化监测需结合多种方法。对于钢丝锈蚀，可通过采集缆索不同部位钢丝样本，进行实验室锈蚀试验，分析锈蚀程度、速率等指标，了解锈蚀对钢丝力学性能的影响。同时，利用传感器实时监测索力数据，因索力变化能间接反映缆索内部材料状况。将钢丝锈蚀试验结果与索力监测数据深度融合，建立数学模型，分析两者之间的关联。基于此模型，综合考虑环境因素、使用年限等，评估缆索材料的退化趋势，进而准确预测其剩余寿命，为桥梁维护、更换缆索等决策提供科学依据，保障桥梁结构的安全与稳定。

2. 协同预警机制构建

在桥梁工程协同检测的协同预警机制构建方面，首先要基于材料性能阈值对结构健康监测预警参数进行精准标定。全面收集桥梁工程材料的各类性能数据，通过大量实验与理论分析，确定不同材料在不同环境及荷载条件下的性能阈值。以此为基础，结合桥梁结构特点与力学模型，科学设定结构健康监测的预警参数，如应力应变、振动频率等关键指标的上下限。同时，利用先进的传感器技术和数据采集系统，实时获取桥梁结构状态信息，并将数据传输至协同检测平台。平台运用数据分析算法对实时数据与标定的预警参数进行对比分析，一旦数据超出阈值，立即触发预警，及时通知相关人员采取措施，确保桥梁结构安全。

五、总结

建筑、公路、桥梁现场检测与工程材料检测的协同策略在实际工程中展现出显著价值。通过协同策略，工程质量管理效能得以提升，能够更全面、精准地发现潜在问题，确保工程整体质量达标。同时，有效降低了重复检测成本，避免资源浪费，提高检测效率。然而，目前仍存在一些待完善之处。在智能传感技术集成方面，应进一步探索如何更高效地将智能传感设备融入检测流程，实现实时、精准的数据采集与分析。跨专业标准融合领域也需深入研究，以消除不同专业标准之间的差异与矛盾，构建统一、科学的检测标准体系。后续研究可围绕这些方向展开，推动建筑、公路、桥梁检测领域协同策略不断优化与完善。

参考文献

- [1] 李宗活. 基于优惠券投放的零售企业全渠道协同策略研究 [D]. 南京理工大学, 2021.
- [2] 胡培培. 非首都功能产业集群式转移承接协同策略演化研究 [D]. 天津理工大学, 2022.
- [3] 叶惠琴. 基于缺陷 / 协同策略调控光阳极光生电荷分离的研究 [D]. 西北师范大学, 2023.
- [4] 李欢. 基于深度强化学习的多智能体协同策略研究 [D]. 电子科技大学, 2022.
- [5] 王惠. 基于超疏水 - 光学疗法协同抗菌材料的制备及性能研究 [D]. 吉林大学, 2021.
- [6] 樊磊. 公路桥梁工程建筑材料检测质量的控制探讨 [J]. 居业, 2021(6): 51-52.
- [7] 郭恩泽, 吴乐华, 杨雷, 等. 基于延迟自相关和双门限检测的分布式协同干扰策略研究 [J]. 舰船电子对抗, 2022, 45(5): 14-20.
- [8] 宋贤喆. 公路桥梁工程质量检测监理策略 [J]. 交通世界 (下旬刊), 2021(11): 33-34.
- [9] 赵竹平. 公路市政道路桥梁工程材料质量检测控制优化策略 [J]. 建材发展导向, 2023, 21(6): 25-27.
- [10] 罗春海. 公路桥梁工程材料检测质量控制分析 [J]. 科技创新导报, 2022, 19(4): 123-125.