

日常道路基层材料的粒径分布检测技术

吕恒

广东交科检测有限公司, 广东 广州 510000

DOI:10.61369/ERA.2025080035

摘 要： 阐述了粒径分布对基层材料工程性能的影响，介绍了检测技术如筛分法等，强调智能筛分系统等结构设计的重要性，涉及工地检测流程、机器视觉检测等内容，还提及多源数据融合平台及相关应用，探讨了现有技术的不足与未来趋势。

关 键 词： 基层材料；粒径分布；检测技术

Particle Size Distribution Testing Technology of Daily Road Base Materials

Lv Heng

Guangdong Jiaokexi Testing Co.,LTD., Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： This paper expounds the influence of particle size distribution on the engineering performance of base materials, introduces testing techniques such as screening, emphasizes the importance of structural design such as intelligent screening system, involves site testing process, machine vision testing and other contents, also mentions multi-source data fusion platform and related applications, and discusses the shortcomings of existing technologies and future trends.

Keywords： basic materials; particle size distribution; detection technology

引言

道路基层材料的粒径分布对其工程性能影响重大，合理的粒径分布需符合级配要求，影响基层的力学强度、稳定性、孔隙率等多个方面。随着智能化检测技术的发展，如2020年发布的《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》所强调的推动智能化技术在建筑工程领域的应用，道路基层材料粒径分布检测技术不断丰富，包括筛分法、激光粒度法等。同时，智能筛分系统设计、工地检测标准化流程、基于机器视觉的在线检测等方面也不断发展，且在质量预警决策、集料采购验收、成本控制等多方面都有重要应用，未来还将朝着无人化检测方向发展。

一、道路基层材料粒径分布检测技术原理

（一）粒径分布对工程性能的影响机制

粒径分布对基层材料的工程性能具有重要影响。级配曲线反映了不同粒径颗粒的组成比例，合理的粒径分布应符合特定的级配要求，如连续级配或间断级配^[1]。连续级配的材料能使颗粒间相互填充更紧密，提高压实度，从而增强基层的力学强度和稳定性。骨架结构方面，粗集料形成的骨架对基层的承载能力起关键作用，合适的粒径分布可确保骨架结构稳定，避免在荷载作用下变形过大。同时，粒径分布影响材料的孔隙率，进而影响水稳性。合理的粒径搭配可减少孔隙，降低水分侵入的可能性，提高基层在潮湿环境下的耐久性。

（二）检测技术分类及适用场景

道路基层材料粒径分布检测技术主要包括筛分法、激光粒度法和数字图像处理法等。筛分法是通过不同孔径的筛子对材料进行筛分，根据筛余量确定粒径分布，适用于粒径较大的颗粒材

料，操作简单且成本较低^[2]。激光粒度法利用激光散射原理，测量颗粒对激光的散射光强分布来确定粒径，具有测量范围广、精度高的特点，适用于各种粒径的材料，但仪器较昂贵^[2]。数字图像处理法是对材料颗粒的图像进行处理分析来获取粒径信息，适用于不规则形状颗粒的检测，且能直观反映颗粒形态，但对图像质量要求较高^[2]。

二、施工现场常规检测方法优化

（一）改进型振动筛分装置研发

智能筛分系统的结构设计是提高道路基层材料粒径分布检测准确性的关键。该系统应具备合理的振动筛分结构，确保材料能够均匀分散并准确筛分。同时，自动称重功能需精确测量各粒径段材料的重量，其传感器的精度和稳定性至关重要^[3]。数据采集模块要能实时、准确地记录筛分过程中的各项数据，包括筛分时间、各粒径段重量等。在误差控制方面，要考虑系统的机械振

动、环境因素等对筛分结果的影响。通过优化结构设计和采用有效的误差控制方案,可提高智能筛分系统的可靠性和准确性,为道路基层材料粒径分布检测提供有力支持。

（二）现场快速检测工艺标准化

工地检测标准化作业流程对于道路基层材料粒径分布检测至关重要。在取样方法方面,应确保取样具有代表性,可采用分层取样、多点混合等方式,避免局部偏差影响结果^[4]。环境控制上,要注意温度、湿度对材料的影响,特别是一些对环境敏感的基层材料。合适的环境条件能保证检测结果的准确性和可靠性。对于数据修正,需考虑仪器误差、人为操作误差等因素。建立合理的数据修正模型,对原始数据进行校正,以得到更接近真实值的数据。通过对取样方法、环境控制和数据修正等要素的规范,实现工地检测标准化作业流程,提高道路基层材料粒径分布检测的质量和效率。

三、智能化检测技术创新

（一）基于机器视觉的在线检测系统

1. 图像采集与预处理技术

在基于机器视觉的在线检测系统中,图像采集与预处理技术至关重要。对于物料输送带动态成像,光照补偿是关键环节之一。由于输送带环境复杂,光照不均匀现象普遍存在,这会影响图像质量,进而干扰后续的检测分析。因此,需要采用有效的光照补偿算法来解决此问题^[5]。同时,颗粒分割算法的优化也不可或缺。准确地分割颗粒是获取其粒径等信息的基础,通过优化算法,可以提高颗粒分割的准确性和效率,更好地适应不同物料和输送带运行状态下的颗粒特征,为道路基层材料粒径分布的精确检测提供有力保障。

2. 三维形态学参数提取

在三维形态学参数提取中,需建立多视角图像融合的颗粒体积计算模型与级配预测算法^[6]。多视角图像融合是关键步骤,通过从不同角度获取颗粒的图像信息,能够更全面地了解颗粒的形态特征。在此基础上,构建颗粒体积计算模型,利用数学算法准确计算颗粒体积。同时,级配预测算法依据颗粒体积以及其他相关参数,对材料的级配情况进行预测。这一过程需要综合考虑多种因素,如颗粒的形状、大小分布等,以确保模型和算法的准确性和可靠性,从而为道路基层材料的粒径分布检测提供有效的技术支持。

（二）多源数据融合分析平台

1. 检测数据云端管理系统

随着智能化检测技术的发展,设计支持移动终端接入的检测数据实时上传与可视化分析平台至关重要。该平台可实现多源数据融合,移动终端能便捷地将采集到的日常道路基层材料粒径分布等检测数据实时上传至云端。通过云端管理系统,对数据进行整合与分析,利用先进算法挖掘数据价值,为道路基层材料的质量评估提供准确依据。同时,可视化分析功能可将复杂的数据以直观的图表等形式呈现,便于相关人员快速理解和决策,提高检

测效率和准确性,促进道路工程质量的提升^[7]。

2. 质量预警决策模型

随着智能化检测技术的发展,多源数据融合分析平台为质量预警决策模型提供了有力支持。基于该平台,可构建针对日常道路基层材料粒径分布的质量预警决策模型。通过对大量历史数据和实时检测数据的融合分析,挖掘数据中隐藏的规律和特征,确定级配异常的关键指标和阈值^[8]。当检测数据超出阈值范围时,及时触发预警机制,为工程质量控制提供及时准确的反馈。同时,利用数据的可追溯性,建立质量追溯机制,能够快速定位问题产生的源头,为后续的质量改进和责任认定提供依据。

四、检测技术在施工管理中的应用

（一）全过程质量控制体系

1. 原材料进场验收标准

基于级配检测的集料采购技术指标与验收规程在原材料进场验收标准中至关重要。对于日常道路基层材料,应明确其粒径分布相关的采购技术指标。通过科学的检测技术,确定合适的粒径范围及各级配比例要求,确保集料质量符合道路基层施工需求^[9]。在验收规程方面,要严格按照既定的技术指标进行操作。对进场集料进行抽样检测,采用先进的粒径分析仪器和方法,准确测定其粒径分布情况。只有当检测结果满足采购技术指标时,集料方可验收合格进入施工场地,从而为道路基层施工质量提供有力保障。

2. 拌和站生产监控方案

建立级配在线检测与拌和参数联动控制的实时调控系统,可实现对道路基层材料粒径分布的精准控制。该系统利用先进的检测技术,实时监测材料的粒径情况,并将数据反馈至控制系统。控制系统根据反馈信息,自动调整拌和参数,如搅拌时间、搅拌速度等,确保材料的级配符合设计要求。通过这种联动控制方式,不仅提高了生产效率,减少了人工干预带来的误差,还能有效保证道路基层材料的质量稳定性,为道路施工质量提供了有力保障^[10]。

（二）施工成本控制策略

1. 级配优化与材料节约

检测技术有助于实现级配优化与材料节约,从而控制施工成本。在施工管理中,对于道路基层材料如水泥稳定碎石,可利用粒径分布检测技术。通过精确检测材料的粒径分布情况,能够更好地确定其级配。合理的级配可使材料在满足工程质量要求的前提下,达到最佳的密实度和强度。这样不仅能提高道路基层的性能,还能避免因材料级配不合理导致的浪费。例如,避免使用过多的细集料,减少水泥用量,从而节约材料成本。同时,优化后的级配可减少施工过程中的压实次数等操作,降低人工和机械成本,提高施工效率,实现施工成本的有效控制。

2. 返工预防经济效益分析

检测技术在施工管理中的应用可有效控制施工成本,预防返工,带来显著经济效益。通过对日常道路基层材料粒径分布等关

键指标的精准检测，能确保施工材料质量符合标准，避免因材料不合格导致的基层病害及后续返工。例如，准确检测可及时发现粒径不符合要求的材料，防止其用于施工，减少因基层强度不足等问题引发的返修。返工不仅增加材料和人工成本，还会延误工期，带来间接经济损失。而检测技术的应用从源头上把控质量，降低返工风险，提高施工效率，综合减少经济支出，提升项目的经济效益。

（三）检测人员能力建设

1. 新型检测设备操作培训

随着科技的发展，智能化检测设备在道路基层材料粒径分布检测中应用日益广泛。为确保检测的准确性和可靠性，需制定标准化操作手册。该手册应详细涵盖设备的启动、校准、样本放置、检测参数设置以及结果读取等各个环节的操作规范。同时，建立考核认证体系至关重要。通过理论考核，检测人员需深入理解设备的工作原理、检测方法的理论基础以及相关标准规范。实践考核则要求操作人员熟练、准确地按照操作手册完成检测任务，并能对常见问题进行及时处理。只有这样，才能提升检测人员对新型检测设备的操作能力，保证检测技术在施工管理中更好地应用。

2. 数据分析能力提升路径

构建检测数据解读与质量诊断的专项培训课程体系是提升检

测人员数据分析能力的关键路径。该课程体系应涵盖多方面内容，包括但不限于对道路基层材料粒径分布检测数据的详细解读方法，如不同粒径范围所代表的材料特性及其对道路基层质量的影响。同时，要教授质量诊断的技巧，使检测人员能够依据数据准确判断施工过程中可能存在的问题，例如粒径分布不均可能导致的基层压实度不足等。通过实际案例分析，让检测人员深入理解数据与质量之间的紧密联系，从而提高他们在施工管理中运用检测数据进行有效决策的能力。

五、总结

智能检测技术为道路基层材料粒径分布检测带来创新价值，通过精确测量和实时反馈，有效提升了施工质量。然而，目前该技术在复杂工况适应性及检测效率方面存在不足。复杂工况下，如恶劣天气或特殊地形，检测结果可能受干扰，准确性降低；同时，检测过程可能较为繁琐，耗时较长，影响工程进度。展望未来，随着5G 传输和边缘计算技术的发展，无人化检测有望成为趋势。5G 的高速传输可实现检测数据的实时上传与分析，边缘计算能在本地快速处理数据，减少延迟。无人化检测不仅能提高检测效率，还可降低人工成本，进一步提升道路基层施工质量。

参考文献

[1] 牛斌. 燃煤粒径分布和流动性检测装置的研发与实验 [D]. 山西：山西大学，2022.

[2] 张思琦. 牛乳脂肪粒径分布影响成分检测的研究 [D]. 黑龙江：哈尔滨理工大学，2016.

[3] 王苗. 微混合技术制备窄粒径分布 CL-20[D]. 山西：中北大学，2021.

[4] 张灏. 土壤粒径分布曲线模型研究 [D]. 甘肃：兰州大学，2023.

[5] 樊东昊. 射流式直接接触蓄热材料的相变特性与粒径分布规律研究 [D]. 内蒙古：内蒙古科技大学，2021.

[6] 王海洋. 改性煤矸石在矿区重载道路中的应用研究 [D]. 江苏：中国矿业大学，2015.

[7] 夏政. 水泥稳定水洗煤矸石材料的基层应用研究 [D]. 江苏省：东南大学，2017.

[8] 赵迪，李进. BIM 技术在施工项目管理中的应用研究 [J]. 项目管理技术，2021，19(7):4.

[9] 刘军，李健超，毛新亚，等. 锌矿渣在道路基层材料中的应用 [J]. 建材世界，2023，44(3):8-11.

[10] 王颖，马红全，陈铁林. 砌灰土应用于道路底基层的力学强度试验分析 [J]. 交通科技与经济，2013，15(04):57-58+70.