

沥青混合料级配检测误差来源及控制措施研究

苏金

广西交投科技有限公司 广西南宁 530000

DOI: 10.32629/ems.v8i2.18439

[摘要] 沥青混合料级配检测是路面工程质量控制体系的核心,其结果直接影响对配合比合理性、施工稳定性及路用性能的技术判断。在实际检测过程中,级配结果偏差并非单一因素导致,而是由试样获取、检测设备、操作行为以及制度方法等多重因素共同作用的结果。部分误差虽不显性,却在检测流程中逐级传递,最终放大为级配评价结论的不确定性。基于公路工程检测实践,对沥青混合料级配检测的技术特点进行梳理,从试样层面、设备与工具、检测操作及方法制度等维度系统分析误差来源,进一步剖析误差形成机理及其在检测流程中的传递特征,最后从流程优化、设备管理、人员与制度建设的维度针对性提出优化策略,以期为提升级配检测结果的稳定性与可靠性提供理论支撑。

[关键词] 沥青混合料; 级配检测; 检测误差; 形成机理; 误差控制

在长期检测实践中可以观察到,同一批次混合料在不同时间、不同检测人员或不同实验室条件下,级配结果往往存在一定离散性,这种差异并不总能用“偶然误差”加以解释。从检测流程本身来看,级配检测涉及取样、缩分、分离、筛分、称量及数据计算等多个环节,任何一个环节的微小偏差,都可能对最终结果产生叠加影响。部分检测误差并不直接体现在操作失误上,而是源于试样代表性不足、设备状态变化或标准理解差异,其隐蔽性使问题在常规质量管理中不易被识别^[1]。鉴于此,跳出单点问题视角,对级配检测误差进行结构化分析,厘清不同误差因素之间的内在关联,明确哪些环节是误差放大的关键节点。

1 沥青混合料级配检测概述

在沥青混合料级配检测实践中,级配并不只是筛孔通过率的简单组合,而是对骨料结构状态的一种间接反映。不同粒径骨料在混合料中所形成的嵌挤关系,决定了路面的稳定性和耐久性。正因为如此,级配检测结果往往被用作判断配合比是否合理、施工是否受控的重要依据。长期从事公路检测工作可以发现,一旦级配出现异常波动,往往意味着原材料变化、生产控制失衡或检测环节存在偏差,这些问题如果不能被及时识别,后续质量风险将逐步放大。

在技术流程角度,级配检测贯穿取样、分离、筛分和数据分析等多个环节,每一步都对结果产生实质性影响。表面上是一项操作成熟、方法固定的常规检测,但在实际操作中,试样代表性、筛具状态以及操作细节都会悄然改变检测结果。部分偏差并不会立刻显现,却可能在重复检测或对比分析中逐渐显露出来。

2 沥青混合料级配检测误差的主要来源分析

2.1 试样层面的误差来源

在级配检测中,试样问题往往是误差产生的起点。实际工程中,沥青混合料在运输、卸料和堆放过程中容易出现粒料分离,不同位置的混合料状态并不完全一致,如果取样位置选择不当,检测结果很难真实反映整体级配情况。试样数量不足或取样方式随意,会放大局部差异,使检测结果带有明显偶然性。进入实验室后,缩分过程同样关键,操作不规范时,大粒径骨料更容易被遗漏或集中,细料比例随之发生变化。这类误差在单次检测中并不容易察觉,却会在多次检测结果对比中逐渐显现。

2.2 检测设备与工具引起的误差

筛具在长期使用后容易出现筛孔变形或局部磨损,外观变化并不明显,却足以改变骨料通过情况,尤其对临界粒径的影响更为敏感。筛框装配不严、叠放不平,也会使筛分过程产生偏差。称量设备看似稳定,零点漂移和灵敏度下降却常在日常使用中忽略,细小质量误差在级配计算中会被放大。结合检测经验可以发现,同一试样在不同设备条件下得到的结果存在差异,并非偶然现象。设备精度不足或维护不到位,会在不知不觉中改变检测结果,使误差具有持续性和重复性。

2.3 检测操作过程中的人为因素

在实际检测中,不同人员对操作细节的理解存在差异,例如筛分时间的把握、振筛强度的控制以及残留骨料的处理方式,都会影响最终结果。有些操作偏差并非技术能力不足,而是习惯不同所致,短时间内难以被察觉。称量和记录环节

同样考验细心程度, 读数疏忽或数据抄录错误, 都会直接改变级配计算结果。从检测实践来看, 同一套设备、同一批试样, 由不同人员完成检测, 结果仍可能存在偏差, 这说明人为因素在级配检测中具有现实影响, 不能简单忽略。

2.4 方法层面的系统性误差

不同检测方法在骨料分离方式、筛分条件和计算路径上存在差异, 即使严格按规程执行, 结果之间仍可能出现偏移。沥青抽提或燃烧过程中, 细料损失难以完全避免, 对细粒级配的影响尤为明显。部分技术标准对操作细节的表述较为原则, 给检测人员留下理解空间, 在执行过程中逐渐形成各自的“惯用做法”。从长期检测经验看, 这类误差具有稳定性, 一旦形成, 往往在多次检测中反复出现, 却不易被归类为异常值^[2]。方法层面的系统性误差如果缺乏统一认识, 会在检测结果比较和质量判定中带来隐性干扰。

3 级配检测误差的形成机理与传递特征

3.1 单一误差因素的作用机理

在级配检测中, 单一误差往往并非以明显失误的形式出现, 而是通过细微变化影响检测结果。例如筛孔尺寸略有偏差时, 临界粒径骨料的通过情况会发生改变, 筛余比例随之偏移, 这种变化在操作过程中并不直观。称量精度不足同样如此, 微小的质量误差在计算百分比时被放大, 最终反映在级配曲线的局部波动上。结合检测实践可以发现, 单一误差对整体结果的影响具有方向性, 一旦误差来源固定, 检测结果往往呈现出相对稳定的偏移趋势。

3.2 多因素叠加条件下的误差传递规律

实际检测中, 级配偏差很少由单一因素独立产生, 更多情况下是多种误差在不同环节相互叠加的结果。试样代表性不足时, 后续筛分和称量即便操作规范, 也只能在偏差基础

上进行放大或修正。设备状态变化与人为操作差异交织在一起, 会使误差呈现出累积特征, 在检测流程中逐步传递。部分误差在前期环节表现并不明显, 却在数据计算阶段集中显现, 导致级配曲线整体偏移。结合长期检测经验可以看出, 当多个误差方向一致时, 结果偏差往往超出预期; 而误差方向不一致时, 表面上看结果较为稳定, 实际却掩盖了真实问题。

3.3 误差对级配评价结论的影响方式

级配检测误差最终影响的是对混合料质量和施工控制的判断。微小偏差可能使部分粒径在曲线中表现异常, 造成曲线局部上移或下移, 表面看似细微变化, 实际可能改变对配合比合理性的评价。累积误差会使级配曲线整体偏移, 进而影响对混合料是否符合设计要求的判定, 甚至引发施工调整或责任认定上的争议。在长期检测和数据对比中, 系统性误差容易被误认为材料本身波动, 而非检测环节问题, 从而掩盖真实偏差来源。

4 沥青混合料级配检测误差优化

4.1 基于检测流程优化的控制路径

4.1.1 取样与缩分环节的标准化控制措施

不规范的取样位置或数量不足, 会导致局部骨料结构失真, 使后续筛分和称量结果偏离整体级配水平。为减小这种偏差, 应明确取样点分布、取样深度及数量标准, 同时保证样品在搬运和存储过程中保持完整和均匀。缩分过程中, 要严格执行分层和混合操作, 防止大颗粒集中或细料丢失, 使试样粒径比例尽可能接近原始混合料的分布状态。操作人员的规范性执行和步骤一致性对控制误差起到核心作用。通过标准化措施, 可以在源头上减少随机性误差, 提高后续检测数据的可靠性和可比性(如表1)。

表1 取样与缩分环节标准化控制措施

序号	误差类型	产生原因	标准化控制措施
1	试样代表性不足	取样点选择随意或数量不足	按施工规范布点取样, 保证数量和分布均匀
2	粒料偏析	缩分操作不规范	分层取样, 充分混合, 确保大粒与细料均匀
3	细料丢失	搬运、倾倒或筛分过程中流失	使用封闭容器搬运, 倾倒缓慢, 避免流散
4	样品损坏	存储堆放或操作不当	样品存放平稳, 避免压碎或混入外来杂质
5	人员操作差异	经验不同、操作习惯不一致	制定操作规程, 培训人员按标准执行

4.1.2 检测步骤程序化与可追溯性设计

在沥青混合料级配检测中, 流程程序化和数据可追溯性是保证结果稳定性和可靠性的关键。传统检测中, 操作人员

习惯和经验差异导致步骤执行不一致, 使误差在不同环节累积。通过对整个检测流程进行标准化设计, 可以明确每个环节的操作顺序、时间和方法, 减少人为随意性。数据记录

也需要系统化, 不仅包括每次筛分、称量和计算结果, 还应记录试样来源、操作人员和设备状态, 确保每一份结果都可以追溯到具体环节和条件。程序化操作便于发现异常偏差的来源, 可在早期环节进行干预。可追溯性设计还为质量管理和责任认定提供依据, 使误差分析不仅停留在结果层面, 而能溯源到具体操作环节。

4.2 基于设备与工具管理的控制措施

4.2.1 筛具与称量设备的校准与维护机制

表2 筛具与称量设备校准与维护

序号	设备类型	常见问题	校准与维护措施
1	筛具	筛孔磨损、变形	定期检测筛孔尺寸, 必要时更换或修复
2	筛具	筛框松动、装配不平	检查框架稳固性, 调整并固定装配位置
3	称量设备	零点漂移、灵敏度下降	定期校准, 使用标准砝码进行验证
4	称量设备	读数误差或记录错误	建立操作记录制度, 操作后复核
5	设备整体	清洁不足或杂质影响	每次使用前清理, 保持设备清洁, 防止堵塞

4.2.2 检测环境条件对误差控制的影响与对策

温度变化会改变材料的湿度和粘附性, 尤其是细料和矿粉, 在潮湿或高温环境下容易聚集或附着在筛孔上, 导致筛余量偏高或偏低。振筛设备在不平稳的台面上运行时, 筛分效率会受影响, 粒料通过情况与理想状态存在差异。实验室通风、照明及操作空间也会影响人员操作规范性, 从而间接改变检测结果。为控制环境引起的误差, 应保持恒定的温湿条件, 对易受潮试样采取防护措施, 同时确保振筛台面平整稳固, 减少外界干扰。操作空间布局应便于操作人员准确完成每一步, 减少人为调整动作。定期监测环境参数并将其记录, 与检测结果结合分析, 有助于识别异常波动来源, 确保级配数据的可比性和真实性。

4.3 基于人员与制度的控制策略

检测过程中, 操作习惯、经验差异以及对规程理解的不一致, 都会在无形中引入误差。为此, 需要通过系统培训和考核, 提升操作人员对每个环节要求的理解与执行能力, 使每一次取样、筛分、称量和记录都严格按照标准进行。同时, 应建立明确的操作规程和管理制度, 将关键步骤、注意事项及责任分工落实到具体岗位, 确保操作可追溯、结果可复核。制度不仅约束操作行为, 也为误差分析提供依据, 当检测结果出现异常时, 可以快速定位问题环节, 区分设备、试样或人员因素的影响。长期实践表明, 人员与制度的协同管理能够将人为因素的不确定性降至最低, 使检测结果更稳定, 也

在沥青混合料级配检测中, 设备和工具状态直接影响检测精度, 筛具磨损、称量设备漂移等问题往往是误差的重要来源^[3]。长期使用的筛具可能出现筛孔变形、网孔堵塞或筛框松动, 虽不易被直观察觉, 却能改变粒料通过情况, 特别是对中粒和临界粒径骨料影响显著。称量设备零点漂移或灵敏度下降, 也会在级配计算中放大微小误差, 导致结果偏离真实分布。针对这些问题, 建立系统的校准与维护机制显得尤为重要(如表2)。

为级配数据的质量控制和工程决策提供可靠支撑。

5 结论

沥青混合料级配检测的准确性直接关系到路面工程质量和施工控制的可靠性, 误差来源复杂且环环相扣。从试样获取、缩分操作, 到设备状态、环境条件, 再到人员操作和制度执行, 每个环节都可能引入不同类型的偏差。单一误差虽微小, 但在检测流程中容易被放大, 多因素叠加时又呈现出累积性和传递性特征, 直接影响级配曲线的形态和工程判定结果。通过系统化分析, 可以发现控制误差的关键在于源头把控和流程管理: 试样代表性、设备校准、操作规范和环境稳定性缺一不可。同时, 人员培训和制度建设能够将人为因素的不确定性降到最低, 使检测操作可复核、结果可追溯。综上所述, 误差优化不仅是技术手段的改进, 更是管理体系和执行规范的统一体现。

[参考文献]

- [1] 宫兴, 英红, 姜鹏. 基于BP神经网络的沥青混合料级配检测研究[J]. 河南理工大学学报(自然科学版), 2022, 41(3): 165-171.
- [2] 颀坤. 抽提法和燃烧法检测再生沥青混合料级配及沥青含量的比较研究[J]. 交通世界, 2024(24): 25-27.
- [3] 仲昊. 公路混凝土路面沥青混合料配合比设计、性能评估与试验检测[J]. 运输经理世界, 2025(20): 144-146.