

市政道路基层压实度检测常见偏差及成因分析

陈嘉勉

广东省有色工业建筑质量检测站有限公司 广东 广州 510725

【摘要】市政道路基层压实度检测中常见偏差主要源于检测方法差异、仪器状态不稳定、施工过程控制不足及材料特性变化。不同检测手段对湿度、密实性及结构均匀性的敏感度不一致，易导致结果波动。施工现场的含水率偏离最佳区间、碾压遍数控制不精准及材料颗粒级配波动，也会放大检测误差。通过对偏差类型及形成机理的归纳，可为检测数据校准与施工质量提升提供更具针对性的技术依据。

【关键词】压实度；道路基层；检测偏差；成因分析；质量控制

DOI:10.12417/2705-0998.25.19.076

引言

市政道路基层的压实质量直接影响结构承载能力与使用寿命，而压实度检测结果常作为质量评价的核心依据。然而，实际工程中检测数据经常出现波动，甚至在同一作业面上呈现明显差异，引发对结果可靠性的关注。影响偏差的因素既包括检测技术本身的局限，也涉及材料属性、环境条件及现场操作方式。在复杂施工环境下，任何细微变化都可能放大为最终检测值的显著偏差。围绕这些影响路径展开分析，有助于准确识别问题来源，为后续质量控制方法的选择与数据解释奠定更清晰的技术基础。

1 压实度检测偏差的常见表现

市政道路基层在成型后的质量评定过程中，压实度检测值往往呈现出一定幅度的波动，个别区域甚至出现与设计要求明显偏离的情况。不同检测点之间的差异性较为突出，局部位置显示压实度偏高，而相邻区域却可能偏低，使得整体评价难以保持稳定性。产生这种分布不均的现象，与基层材料内部的密实程度变化、含水率不稳定、碾压能量传递差异以及基层厚度不一致等因素密切关联^[1]。部分施工面在强度尚未完全形成时即开展检测，数据受扰动影响明显，导致检测结果呈现阶段性差异。湿度变化造成的表层与深层密实状态不一致，也会在检测数据中反映为上下偏差，使得压实度表征的可靠性受到影响。

不同检测方法在同一施工段中输出的数据差异，也是压实度偏差的重要表现之一。采用灌砂法、环刀法、核子密度仪或轻便落锤设备等手段，其对材料密度、含水率和结构均匀性的敏感性各不相同。当基层内部的粗细料比例、孔隙结构或局部的级配状态发生变化时，仪器的响应方式不同，使得检测值偏向不同方向。灌砂法对细颗粒层较为敏感，核子密度仪对含水率变化非常明显，而环刀法对局部扰动的反应更强，这种差异性在施工现场条件复杂的情况下被进一步放大。再加上操作人员的取样方式、检测点布置位置以及仪器的状态不同，均会使同一段基层的压实度数据表现为明显的离散性，呈现多点不一

致或局部突变的特征。

部分施工路段在环境条件变化较大时，压实度检测值往往呈现周期性偏差。基层受温度、湿度、风速等外界因素影响，其水分蒸散速率会不断变化，导致短时间内材料内部结构发生微调。新近填筑区域由于含水率偏高，检测时表现为密度偏低；而经历较长时间风干的区域，含水率下降导致密实状态趋于稳定，检测数据反而更高。此外，机械碾压轨迹覆盖不均、局部压力过大或过小，也会形成压实带与非压实带，使得检测结果在空间分布上出现明显的带状差异。施工车辆频繁行驶区域往往出现二次压实，检测值高于实际设计状态，而无人作业或碾压次数不足的边部区域，则容易显示明显的压实度偏低现象。这些在施工实践中广泛存在的差异性，使得压实度检测数据在空间和时间上都呈现出复杂、多变且不容易完全规避的偏差特征。

2 检测数据偏差的多源成因解析

市政道路基层压实度检测中出现的数据偏差往往源于多重因素的叠加。影响最突出的原因来自基层材料自身特性的变化，特别是级配组成、颗粒形态及含水率波动带来的密实性差异。当材料的粗细料比例不稳定时，压实过程中孔隙结构难以保持一致，局部区域会因颗粒嵌挤不足或细料填充欠缺而表现出密度差异^[2]。此外，含水率偏离最佳含水状态会削弱颗粒间的润滑效应，使压实能量无法充分传递到基层深层，进而导致检测值不均匀。某些路段受运输方式、摊铺厚度或卸料方式的影响，材料分布呈现分层或离析现象，也会使压实后的结构密度产生空间差异，使检测数据呈现明显波动。

检测方法和设备条件带来的影响同样显著。不同检测仪器依据的物理原理不同，在复杂工况下产生的响应偏差也各不相同。核子密度仪对含水率和氢原子分布极为敏感，基层内部水分不均会直接导致计数值偏离标准区间；环刀法的取样过程容易扰动试样，使松动效应放大密度误差；灌砂法在粗颗粒含量较高的基层中易出现砂体填充不足或砂锥受阻，从而造成测量偏差。此外，检测前的仪器校准不充分、传感器老化、操作步

骤不规范等,都可能使同一区域的检测结果在不同时间呈现差异性。检测人员对工具使用熟练度不同、取样深度不一致、测点布设位置偏离典型区域等,也会使偏差来源更加复杂,使数据难以完全反映真实密实状态。

施工工序与现场环境变化构成偏差形成的另一重要来源。基层碾压工序若存在能量不足、碾压轨迹重叠不合理或振动模式选择不当,会在结构内部形成“强压区”和“弱压区”,检测时便表现为高低值不一致。含水率调整不及时、厚度控制偏差、摊铺机械速度波动或施工间歇过长等情况,也会使材料在受压过程中形成不同程度的再分布,使结构密度出现差异。此外,温度变化导致水分蒸散速率改变,风力影响材料表层水分平衡,施工车辆频繁通过使局部产生二次压实,这些动态因素不断影响基层状态,使检测数据呈现多源、多点、多时间的波动特征,难以保持统一性。

3 减少偏差的检测技术改进途径

压实度检测的准确性依赖于稳定可靠的技术体系,对检测方法的改进需从源头减少数据波动。在现场条件复杂、材料性质变化频繁的情况下,建立适用性更强的检测流程显得尤为关键。检测前对仪器进行系统校准,可通过比对标准试样、核查敏感元件状态和修正漂移值来提升设备稳定性。针对不同材料级配和湿度特征,选择匹配度更高的检测手段能够显著降低结果偏离,例如在含水率波动较大的基层中加强含水率同步测定或采用对水分敏感性较低的密度检测方式,可削弱环境和材料变化带来的干扰^[3]。此外,测点布设方式需要根据路段结构规律进行优化,避开局部扰动区、车辆碾压带或材料堆积点,使采集数据更具有代表性,从而使整体检测体系保持一致性。

检测过程中对操作步骤的规范化是降低偏差的另一关键环节。不同方法的测试流程虽各有差异,但对取样深度、试坑尺寸、探头接触面、回填材料数量等均有严格要求。对这些环节的控制应通过标准化模板、统一量具和固定操作路径来减少人为因素造成的误差。部分方法在强度尚未稳定时开展检测容易形成扰动,应在基层结构初步固结后再进行测试,以避免结构松动带来的密度偏差。对于容易受到环境影响的设备,检测时可通过设置遮挡、防风措施或控制监测时间间隔,降低温度与湿度波动的影响。通过提升现场检测的精细化程度,检测结果更能反映真实密实状态,从而稳定测量输出。

在传统方法基础上引入数字化与过程监测技术,可进一步减少偏差的产生。将GPS定位、数据自动记录与实时分析系统应用于压实度检测,可使测点位置、检测时间、材料状态等信息自动化同步,避免人工记录误差。结合智能碾压系统获取的压实轨迹、振动频率、碾压次数等数据,可与检测结果进行交叉校核,分析结构内部密实度变化趋势。通过构建检测数据与施工参数之间的关联模型,可在压实效果偏离预期时及时调整

检测策略,减少无效测点数量,使检测过程具备预测性与反馈性。在实际工程中,这类技术的应用能显著降低不同检测方法之间的离散值,使压实度评价更为稳定一致,为市政道路基层质量控制提供更加可靠的检测数据支持。

4 基于施工环节的压实质量稳定策略

施工过程中的各项环节对基层密实状态具有直接影响,压实质量能否保持稳定,与材料进场、摊铺方式和含水率调控紧密相关。材料的均匀性是形成稳定密度结构的基础,进场前对级配、含泥量和颗粒形态进行严格筛查,可减少后期因离析造成的密实度差异^[4]。在摊铺过程中,通过控制摊铺厚度、摊铺机行进速度与螺旋布料装置的工作节奏,使材料分布更加均匀,避免局部堆积或稀疏现象,从而为后续碾压提供一致的结构条件。基层含水率的稳定调控对压实效果影响显著,在湿度变化频繁的路段,可通过洒水、晾晒和湿度监测装置的联合作用,使材料始终保持在最佳含水状态附近,以便压实能量有效传递到结构深层。

碾压工序是决定最终密实度水平的关键环节,通过合理组织碾压机械的行驶路线、振动模式和速度,可显著提升密度稳定性。振动碾在不同分层厚度下具有不同的能量穿透深度,采用分阶段调节振幅与频率的方式,使基层表层与深层均能获得适宜的能量输入。在行驶轨迹上,形成交叉式、重叠式或“棋盘式”碾压路线,可减少未压区的出现,使各区域的受压面积保持一致状态。碾压速度的变化会直接影响振动频率与土体响应速度,采用自动调速装置保持匀速运行,可使压实能量持续稳定输入,减少因速度波动造成的局部密实度差异。此外,对边部、转弯区和接缝处的补充压实,也能避免弱压区的形成,使整体结构的密实性更加均衡。

施工现场的动态环境对压实质量稳定性同样具有影响,通过设置监控机制和协调措施可增强压实过程的可控性。温度过高或风速过大时,材料湿度蒸散加快,不利于密实形成;在这种情况下,通过调整施工时间、加强遮挡或设置临时保湿措施,可降低环境扰动对压实效果的影响。施工车辆在未形成稳定结构前频繁通过,会造成材料扰动并破坏初步密实状态,通过设置临时交通管控或改变运输路线可避免不必要的二次压实。施工间歇时间过长也会导致结构松散或含水率变化,通过合理安排工序衔接和缩短等待时间,可保持基层处于适宜的压实窗口期。通过这些环节的协同管理,可使市政道路基层在施工过程中保持更高的密度一致性,为检测数据的稳定性提供可靠基础。

5 压实度检测偏差控制的综合归纳

压实度检测的偏差来源具有多重性和交互性,需要将材料特性、检测手段及施工状态共同纳入控制体系中。基层材料的均匀性、含水率稳定性和颗粒级配的合理性,是形成稳定密实结构的基础,在材料进入施工面之前,通过严格筛查和抽检程

序可减少后续偏差隐患^[5]。检测环节的准确性依赖方法与设备的适宜性,通过匹配材料特征选择检测手段、完善仪器校准流程和规范取样方式,可削弱方法差异带来的离散值。同时,将施工信息与检测过程同步记录,可对密实度变化路径进行追溯,使检测数据更能反映真实情况,从而在整体流程中形成连贯的数据链条,减少孤立检测值的偏移风险。

偏差控制还需要在检测执行阶段构建稳定的操作体系,通过统一测点布设原则、控制检测深度、减少局部扰动和优化检测时间节点,使同一方法在不同区域保持一致的输出特征。检测人员的熟练度对数据可靠性影响明显,通过规范化培训、统一操作细则及质量抽检制度,可减少人为因素造成的波动。针对不同环境条件的敏感性,可通过设置遮挡、控制检测节奏或调整监测时段,降低温湿变化对仪器响应的影响,使外部扰动的影响降到更低水平。在复杂路段中,通过加密测点或进行重复检测,可更准确捕捉结构密实规律,避免单点异常值主导评价结果,使偏差控制具有冗余性与稳健性。

压实度偏差的控制效果依赖于施工过程与检测过程的协

调,通过将压实轨迹、碾压能量输入、含水率调控等参数与检测数据进行关联分析,可形成对基层密实状态的动态识别。将数字化监测、智能碾压系统和实时评价模型融入检测体系,可使偏差变化呈现可预判性,从而在偏差产生之前进行调节。施工与检测的联动可使数据具有连续性,使压实质量稳定趋势更加清晰。偏差控制不仅依靠单一环节,而是通过材料、设备、方法及施工组织的综合策略,使压实度检测在复杂条件下保持更高一致性,为市政道路基层质量评价提供稳定的数据基础。

6 结语

压实度检测的可靠性建立在材料均匀性、施工组织和检测技术协同作用的基础上,各环节任何细微波动都会形成不同程度的偏差。对偏差表现、成因及控制路径的系统分析,使压实质量评价具备更明确的技术指向。随着检测方法的改进与施工管理的细化,基层密实状态的稳定性将得到更强保障。施工信息化和检测智能化的发展,使偏差识别与调控具备更高效率,为市政道路基层质量提供更坚实的技术支撑。

参考文献:

- [1] 黄超林.基于固废基胶凝材料的道路基层施工性能与长期耐久性研究[J].城市建设,2025,(25):38-40.
- [2] 戚徐峰.市政道路工程中水泥稳定碎石基层施工技术运用分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(31):145-147.
- [3] 郭承峯,朱志武,徐硕艺,等.压实度对冻土冲击力学性能影响及其动态本构模型[J/OL].兵工学报,1-10[2025-12-02].
- [4] 唐世禄.公路工程路基压实度控制关键技术与影响因素[J].大众标准化,2025,(20):37-39.
- [5] 孙星辰,王琨,李强飞,等.水泥改性黄金尾矿渣及其在道路底基层中的性能[J/OL].山东交通学院学报,1-7[2025-12-02].