

道路沥青路面压实度的现场检测与控制方法

杨运翔

重庆交大建设工程质量检测中心有限公司 重庆 400000

【摘要】：道路沥青路面压实度不足会放大面层空隙连通、水损害和轮迹变形风险，终验取芯难以及时纠正温度衰减、接缝欠压和碾压路径偏差。本文分析沥青路面结构层位和现场检测要求，梳理标准密度、碾压过程和组合检测方法，进一步提出检测数据协同与压实参数反馈控制思路。现场检测应把标准密度、芯样密度、无损筛查和施工日志连成同一质量链，使检测结论能够回到复压、终压和接缝处置环节。

【关键词】：道路沥青路面；压实度；现场检测；抽芯法；施工控制

DOI:10.12417/2811-0528.26.19.026

引言

沥青路面压实度不是单纯的终验数字。混合料压实不足时，连通空隙会沿轮迹带和接缝区扩展，雨水进入后削弱沥青膜黏附，车辆荷载反复作用又会推动松散和车辙发展；压实过度则可能挤出沥青膜并破坏集料骨架。现场检测要把读数放回标准密度、层位、测点位置、温度窗口和碾压记录中解释，异常结果及时返回复压路径和接缝处理，才能把检测转化为施工调整依据。

1 道路沥青路面压实度现场检测背景

1.1 沥青路面结构层位现场检测概况

道路沥青路面由不同结构层共同承担荷载扩散，压实度测点必须先对应到清楚的层位和施工带。上面层厚度较薄、温度散失快，边缘和纵向接缝处容易受离析、搭接不足和表面构造影响；中下面层更受摊铺均匀性、压实能量传递和层间温差约束^[1]。现场记录应同时包含桩号、车道、层位、成型时间、表面温度和压路机组合，使芯样点、轮迹带、接缝区和停机区能够被分区解释，而不是用少量中心线取样代表整幅路面状态。

1.2 现场压实度检测需求识别依据

现场压实度检测要求来自耐久性控制和施工纠偏。检测人员既要判断成型路面是否达到同批混合料的评价基准，也要识别低密度带是否仍处在可补碾窗口；前者依赖标准密度和芯样密度，后者更依赖快速无损读数、温度记录和碾压日志。摊铺机两侧、换车位置、纵向接缝和压路机掉头区是密度波动常见位置，测点布设应覆盖中心稳定区、边缘过渡区和温度敏感区。图1用于识别现场压实度检测要求中的测点布设依据。

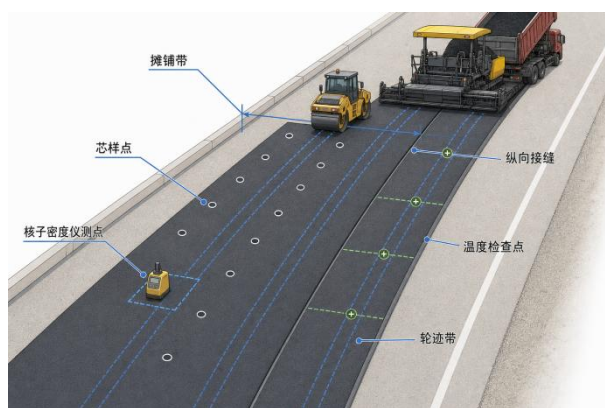


图1 沥青路面压实度现场测点布设示意

图1中，芯样点位于摊铺带内部，核子密度仪测点靠近轮迹带，温度检查点沿纵向接缝一侧布设，说明压实度检测应覆盖中心稳定区、边缘过渡区和温度敏感区。

2 压实度质量控制关键环节与检测方法

2.1 标准密度确定阶段质量控制

标准密度是现场压实度判定的基准，生产配合比、级配、沥青用量或再生料比例变化后不能沿用旧批次。标准密度确定应衔接拌和楼取样、室内成型、最大理论相对密度试验和现场芯样密度口径，并说明采用试验室标准密度、最大理论密度或同批芯样代表值的条件^[2]。单个芯样的现场压实度 K_i 可由质量、直径、高度和标准密度换算得到， K_i 只在同一混合料、同一层位和同一评价口径下具有可比性。式(1)给出单点现场压实度的换算关系。

$$K_i = \frac{4m_i}{\pi d_i^2 h_i \rho_s} \quad (1)$$

式(1)中， K_i 为第 i 个测点现场压实度，属于无量纲量； m_i 为芯样质量，单位为千克； d_i 和 h_i 分别为芯样直径和高度，单位为米； ρ_s 为同批混合料标准密度，单位为千克每立方米。

分母中圆柱体积与标准密度相乘得到标准质量尺度, K_i 随芯样质量增大而升高。

2.2 施工碾压全过程质量控制要点

施工碾压控制围绕温度、速度、遍数和搭接宽度展开。初压稳定摊铺层形态, 复压提供主要压实能量, 终压消除轮迹并稳定表面构造; 当混合料温度处于可压实区间时, 增加有效遍数有助于颗粒重排和沥青膜黏结, 温度过低后继续振压则可能出现表层微裂或集料破碎。现场检测应在低温区、接缝区和停机区形成快速反馈, 低密度结果先回到复压路径、振动模式和行走速度, 再决定补碾或局部返修^[3]。控制优先级把低压实度和低温窗口叠加, 现场可据此安排补碾顺序。现场压实度控制优先级 R_i 用于比较低密度测点的补碾先后。式(2)给出压实参数反馈的控制优先级关系。

$$R_i = \max(0, K_t - K_i) e^{-\lambda(T_i - T_c)} \quad (2)$$

式(2)中, R_i 为第 i 个测点控制优先级, 单位为归一化量; K_t 为目标压实度控制值, K_i 为现场压实度, 二者为无量纲量; λ 为温度衰减敏感系数, 单位为每摄氏度; T_i 为检测时表面温度, T_c 为可补碾控制温度基准, 单位均为摄氏度。当 K_i 达到或超过 K_t 时, $\max$ 项为 0, 测点不再因压实度缺口进入优先补碾序列。

2.3 压实度现场组合检测方法体系

抽芯法可直接测定芯样质量和体积, 适合作为验收与无损设备校准依据, 但其破坏路面、效率较低, 单点数量不足时难以揭示连续低密度带。核子密度仪、电磁密度仪和探地雷达可提高覆盖率, 适合快速筛查摊铺带、接缝带和异常温度区, 但读数会受材料介电特性、含水状态、层厚和仪器校准影响。组合检测应按“快速筛查、异常定位、钻芯确认、偏差统计”的顺序运行, 现场压实度均方误差用于判断同层测点是否存在带状波动。现场压实度均方误差升高时, 现场不宜只追加取芯数量, 而应沿摊铺宽度和碾压方向复查无损读数, 判断偏差是局部破损、仪器接触异常还是连续欠压带。现场压实度均方误差 E_K 用于比较同层测点偏离目标值的程度。式(3)用于评价同层测点与目标压实度的误差水平。

$$E_K = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_l} (K_i - K_t)^2}{n_l}} \quad (3)$$

式(3)中, E_K 为现场压实度均方误差, 属于无量纲量; K_i 为第 i 个测点现场压实度; K_t 为目标压实度控制值; n_l 为第 l 个检测层位测点数量, 单位为计数; i 为测点序号, 单位为索引; l 为检测层位序号, 单位为索引。当各测点 K_i 均接近 K_t 时, E_K 趋近于 0。

3 压实度检测技术优化与控制启示

3.1 多方法压实度检测数据协同逻辑

多方法协同的重点是让不同证据处在合适位置: 芯样给出局部真实密度, 无损读数提供连续筛查, 温度记录解释可压实窗口, 碾压日志说明能量输入。若四类信息分散保存, 低密度结果只能成为验收问题; 若按桩号、车道、层位和时间统一匹配, 欠压部位就能回溯到运输间隔、摊铺速度、压路机组合或接缝压实路径^[4]。K 值和温度状态共同决定控制优先级 R , 低温且 K 值偏低的区域应优先复查。图 2 给出了 K 值和温度窗口共同影响 R 值的情景关系。

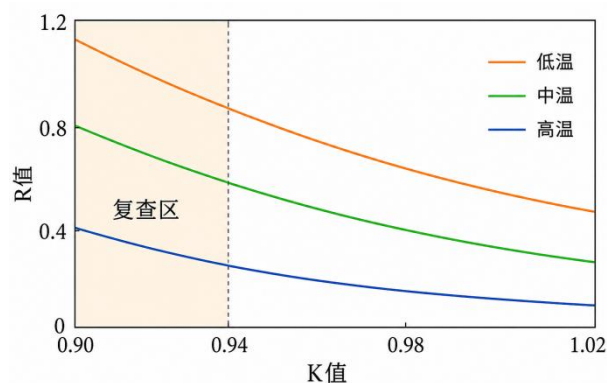


图2 压实度与温度窗口下的控制优先级关系

图2中, K 值从 0.90 向 1.02 增加时, 低温、中温和高温三条曲线均下降, 复查区集中在 K 值较低一侧; 低温曲线始终高于中温和高温, 说明同样的压实度缺口在低温窗口下更应优先处置。

3.2 压实参数调整反馈控制启示

压实参数调整应从检测结果返回施工动作。低密度集中在摊铺带中部时, 复压遍数、振动模式和压路机速度是首要检查对象; 低密度沿纵向接缝分布时, 接缝搭接宽度、热接缝温度和边部压实顺序更关键; 低密度与换车位置或停机等待重合时, 运输保温和摊铺连续性应同步修正。控制优先级把压实度缺口和温度窗口耦合在一起, 使补碾、复测和返修按风险顺序安排。该排序关系不改变验收口径, 只帮助现场在可处置时间内先处理风险更高的测点。图 3 呈现检测结果回到碾压参数的反馈路径。

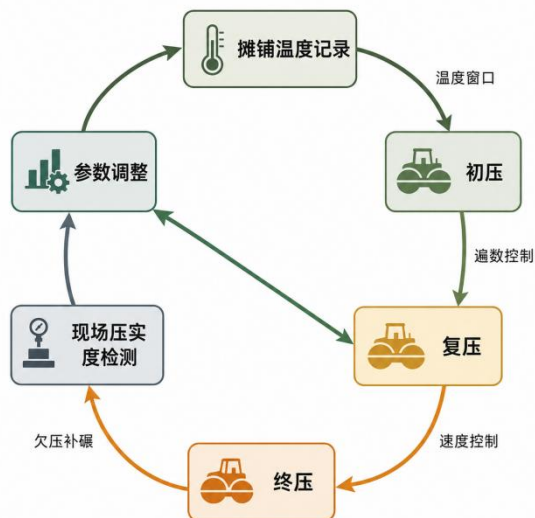


图3 压实度检测结果反馈控制流程

参考文献:

- [1] 时念凤.城市道路沥青路面压实度控制技术及其对路面耐久性影响研究[J].城市建设,2026,(17):19-21.
- [2] 赵先秋.市政公路沥青路面压实度检测分析[J].安徽建筑,2026,33(7):143-145.
- [3] 李韦琴.公路工程沥青路面压实度无损检测技术优化研究[J].运输经理世界,2025,(26):40-42.
- [4] 宁洁.城市道路沥青路面压实施工质量检测与评价[J].低碳世界,2025,15(4):127-129.

图3中,现场压实度检测并未停留在末端验收位置,而是通过参数调整回到复压节点;欠压补碾箭头连接终压后检测与参数修正,表明低密度带要在温度窗口仍可利用时完成处置。

4 结语

道路沥青路面压实度现场检测应同时控制评价口径、取样代表性和施工反馈。标准密度决定检测分母,芯样和无损方法共同决定空间覆盖,温度、遍数、速度和接缝路径决定压实结果能否修正。检测结论进入复压调整、异常段复查和测点加密后,压实度控制才能从终端验收转化为施工全过程质量控制;对低温窗口、接缝带和连续低K值区域,应优先复查并保留处置依据。