高速公路沥青路面压实度现场检测方法应用与质量控制

杨浩娟

昆明云枢工程检测有限公司 云南 昆明 650000

【摘　要】：高速公路沥青路面压实度现场检测关系到面层密实状态、承载性能和交工验收可信度。本文分析压实度检测应用基础、钻芯取样、灌砂检测、核子密度仪、无核密度仪及检测质量控制要求，识别点位布设、设备标定、样品整理和数据反馈中的关键风险。现场检测由单点结果判定延伸到全过程识别、异常复测和闭环处置后，可提高碾压调整、缺陷追溯和验收归档的衔接质量。

【关键词】：高速公路；沥青路面；压实度；现场检测；质量控制

DOI:10.12417/2811-0528.26.21.035

引言

引言：高速公路沥青路面压实质量直接影响面层密实状态、行车舒适性和早期病害风险。施工现场常同时使用钻芯取样、灌砂检测、核子密度仪和无核密度仪，不同方法在取样扰动、快速筛查、复测确认和资料归档方面各有边界。若点位布设、标准密度、设备标定和数据反馈脱节，压实度结论就难以支撑质量验收。本文从方法应用和质量控制两个层面梳理现场检测要点，明确检测结果进入复核、处置和闭环反馈的路径。

1 高速公路沥青路面压实度现场检测应用基础

1.1 压实度对路面结构承载性能的作用

高速公路沥青路面承受高速、重载和连续温度变化，压实度直接影响骨料嵌挤、沥青胶结料包裹和孔隙连通状态[1]。压实不足时，面层内部残余空隙偏多，雨水、空气和轮载剪切更容易进入结构薄弱区，早期松散、车辙和水损害风险随之升高；过度压实则可能破坏级配骨架，使局部泛油和推移隐患提前显现。现场检测要把单点密实状态与车道位置、边部约束、纵横坡变化、接缝区域和桥隧过渡段联系起来，重点关注压路机转向、停顿和补压难以覆盖的部位，检测结论与施工工序和结构位置对应后，后续养护和质量追溯才有稳定依据。压实度检测还应观察压实不足发生在路幅边缘、纵向接缝、桥隧过渡或温度衰减较快的连续区段。检测人员把这些位置与碾压组织、混合料运输和摊铺停顿记录对应起来，可判断缺陷来源。

1.2 现场检测对摊铺碾压全过程质量的约束

压实度现场检测把过程质量从经验控制转化为可追溯控制[2]。沥青混合料温度下降快，摊铺速度、初压时机、复压组合和终压遍数都会影响最终密实状态，检测若只在完工后集中进行，异常点只能触发返工或扣分，难以及时纠正前序工艺。检测节点嵌入摊铺碾压全过程后，检测结果能够反向校正碾压路线、压实遍数和接缝处理方式，并促使施工、试验和监理保持同一口径：试验人员明确抽检范围，施工人员根据反馈调整补压或温度控制，监理人员核对检测记录、复测结论和整改闭合。现场检测的约束作用还体现在节奏控制上：初压后快速筛查可提示压路机组合调整，复压后复核可判断密实增长是否趋缓，终压后验收检测则确认缺陷是否闭合。检测信息连续进入施工指挥后，压实质量由事后抽查转为边施工、边识别、边修正的过程控制。

1.3 压实质量判定指标的现场取值要求

压实质量判定围绕现场密度、标准密度和压实度关系展开，现场取值应先保证样品或设备读数代表被测层位，再核对标准密度来源、混合料类型、施工温度和取样深度[3]。若同一作业面存在不同级配、不同厚度或不同碾压组合，检测记录不能混用同一换算口径。现场实测密度应扣除取样扰动、边部破损和含水或污染影响，标准密度应对应目标配合比、最大理论密度或室内成型密度的既定验收口径；快速检测设备读数还应与钻芯或其他基准方法保持周期性比对，避免设备漂移被误判为路面压实变化。取值记录还应说明检测当天的作业面状态，包括层位名称、桩号范围、车道位置、表面清洁情况和复测原因。对临界结果，不能简单按一次读数定性，而应先检查样品完整性、设备接触状态、标准密度匹配关系和计算过程，再决定是否补点复核或扩大检测范围。

1.4 检测结果对交工质量验收结论的支撑

交工质量验收强调检测结论的完整性、真实性和可复核性。压实度结果进入验收体系后，不只判断单点是否符合要求，还用于识别作业面均匀性、接缝处理质量和返修范围。检测记录缺少点位、层位、时间、设备编号或样品状态时，验收结论即使数值合格，也难以解释异常来源。高速公路运行安全对局部薄弱区敏感，桥头、匝道、隧道口、超高渐变段和施工缝附近的压实不足，会在交通荷载反复作用下转化为早期病害；验收环节应关注不合格点空间分布和处置结果，避免平均值掩盖

局部缺陷。验收资料应同时保留合格点、不合格点、复测点和处置点之间的对应关系。若整改后重新检测，应明确原异常点是否被覆盖、相邻范围是否仍存在低压实风险，以及处置措施是否改变了面层厚度、平整度或接缝状态，使验收结论能够经受后续质量追溯。

2 高速公路沥青路面压实度现场检测方法应用

2.1 钻芯取样密度换算方法的现场应用

钻芯取样是压实度现场检测中较具直观性的基准方法，能够取得真实层位样品，便于观察厚度、结构完整性和层间结合状态，并依据密度测定形成压实度结论[4]。现场应用时，应避开明显破损或污染位置，又不能刻意回避接缝、边部和低温碾压区域；点位选择要与抽检方案一致，钻取深度要准确到目标结构层，防止相邻层材料混入样品。钻进过程中冷却水控制不当、芯样边缘破碎或切割面不平，都会影响体积和质量测定，样品带回后应及时编号、封存并记录取样位置、层位、厚度和外观。密度换算时，应把芯样体积测定、质量称量、标准密度选用和压实度计算纳入同一记录链。若芯样显示层间污染、厚度不足或边部缺损，检测结论应先说明样品状态，再判断是否重新钻取。钻孔恢复也属于现场质量控制内容，恢复材料和压实处理不到位会形成新的薄弱点。

2.2 灌砂检测现场取值方法与适用边界

灌砂检测依靠坑体体积和取出材料质量推算现场密度，适合在具备开挖条件、结构层边界清楚且施工组织允许局部恢复的场景使用[5]。现场应用重点是坑壁成型、量砂标定和取样完整性，沥青面层材料具有黏结性，开挖过程中坑壁松动或边缘掉块会放大体积读数，取出材料遗漏细料或混入杂质也会改变密度判断。高速公路沥青面层厚度较薄、交通转换要求高，灌砂检测不宜在开放交通前大面积布点，更适合作为局部复核或特定层位验证手段，并与钻芯、无损检测结果形成互证。灌砂法用于沥青面层时，检测坑的形状、深度和边壁稳定性尤其关键。量砂流动性、标定罐状态和现场风力都会影响体积换算，检测前后应复核量砂密度和剩余量。完成检测后，坑洞恢复要与原层材料、厚度和压实处理保持一致，避免检测行为本身削弱路面局部质量。

2.3 核子密度仪测定要点

核子密度仪具有读数快、对作业面扰动小的特点，适合在碾压过程或验收前进行快速筛查。使用前应检查仪器许可、校准状态、标准块比对记录和现场安全防护要求，检测人员要具备相应操作资质；测点表面应平整、清洁，仪器底座与路面充分贴合。沥青混合料类型、骨料密度、层厚和含水状态变化都会影响设备响应，现场应建立与钻芯取样或其他基准方法的比对机制，将设备读数用于快速发现异常区，再以复测或取样确认最终结论。读数过程中，同一点位宜保持仪器放置方向和接触状态一致，对读数波动较大的位置应增加重复测定并记录原因。由于核子密度仪属于快速判别工具，检测记录应区分筛查结果、复核结果和验收结论，避免把未经基准方法校核的单次读数直接作为最终判定。

2.4 无核密度仪连续检测数据处理与记录

无核密度仪避免了放射源管理问题，便于在施工现场进行连续或高频检测。应用重点在于建立适合本项目材料和结构层的校准关系，并保持测量路径、接触状态和环境条件相对一致。高速公路长距离作业面可借助无核设备识别低密实带、接缝异常和碾压覆盖不足区域。连续检测产生的数据量较大，记录中应保留测区桩号、车道、层位、仪器编号、检测时间、操作人员、异常标记和复测结论，并说明异常是否与温度、摊铺停顿、压路机路线或材料离析有关。数据处理时，应把连续读数转换为可追溯的点位或区段信息，避免只保留设备导出的平均值。对低值带、突变点和接缝附近异常，应结合施工日志和现场外观进行复核，必要时布设钻芯或灌砂点验证。这样可以把连续检测的高频优势转化为明确处置范围。

3 高速公路沥青路面压实度检测质量控制

3.1 检测点位布设质量控制要求

检测点位布设决定结果能否代表作业面实际状态[6]。高速公路沥青路面点位不应简单平均分布，而要兼顾车道、横向位置、接缝、桥隧过渡、超高变化和施工分段。连续摊铺段可按作业面、层位和施工班组划分抽检单元，异常段应增加复测点和边界点，明确异常范围是否具有连续性。某段出现供料中断、温度下降、压路机故障或接缝重叠时，检测点位应覆盖这些风险位置；布点图、施工日志和检测结果放在同一作业单元中核对后，检测才能真正发现问题。布点质量控制还应避免人为选择表观良好位置。抽检方案确定后，现场若因交通组织、安全防护或机械停放调整点位，应记录调整原因和替代点相对于原点的位置关系。对桥面铺装、匝道、小半径曲线和超高过渡段，布点应反映受力和碾压难度差异。

3.2 检测设备标定核查程序

钻芯设备、灌砂设备、核子密度仪和无核密度仪进入同一作业面前，应分别核对钻筒规格、切割稳定性、量砂密度、标定罐状态、标准块比对、探头接触面和电源状态[7]。设备核查不能只看有效期，还要关注当天运输、温度、振动和操作环境对设备状态的影响。检测前由试验人员完成设备检查并记录，检测中发现读数漂移或重复性异常时立即暂停，检测后对异常点位进行复测或换设备比对；跨班组、跨标段或跨结构层检测

时，设备编号和标定记录应一一对应。设备标定核查还要形成可追溯的交接记录。核子或无核设备用于快速筛查时，应定期与钻芯等基准结果比对；灌砂设备则应关注量砂含水、漏斗阀门和标定容器磨损。任何设备更换、维修或运输后重新投入检测，都应先完成现场核查，再进入正式检测记录。

3.3 现场样品制备保存质量控制

现场样品整理和保存直接影响钻芯、灌砂等结果的可信度。芯样取出后应保持结构完整，标明上下面、层位、桩号和方向，避免运输过程中碰撞、污染或混淆；涉及切割、晾置或称量的样品，应控制处理顺序和等待时间，保证样品状态与检测口径一致。芯样破碎、缺边或层间剥离时，应记录缺陷并判断是否重新取样，不能把受损样品作为正常结果使用。样品照片、编号、封存状态和交接记录共同构成复测和争议处理依据，也是检测结果可追溯性的组成部分。样品流转过程中，检测人员、见证人员和试验室接收人员应围绕编号、封存、照片和状态描述完成一致确认。若样品等待称量或体积测定，应避免日晒、雨淋和二次污染。对争议点位，样品保存记录可以反向核对检测点位、层位和计算口径，减少返工判定中的责任争议。

3.4 检测数据判定反馈处置

检测数据判定应遵循先核验、再判定、后处置的顺序。发现不合格或临界结果时，首先核对点位、设备、样品、标准密度和计算过程，排除记录错误和操作偏差；确认异常后，再结合相邻点、施工日志和碾压轨迹判断范围。异常具有连续性时，应提出补压、铣刨重铺或局部处置建议；异常属于孤立点时，也要说明复测依据和接受条件。检测结论及时传递到摊铺、碾压和验收环节后，才能形成“发现异常—复核原因—采取措施—再次检测—归档”的闭环。反馈处置完成后，还应把复测结果、整改范围和验收意见同步进入资料归档。若异常源于温度衰减或压路机路线不足，后续相邻作业面应提前调整工艺；若异常源于样品破损或仪器接触问题，则应完善复测程序。数据闭环越及时，检测越能发挥过程控制作用。图 1 概括了检测结果进入复核、处置和归档的反馈链条。



图 1 压实度现场检测与质量反馈流程

图 1 中，点位布设确定分层抽检范围，现场检测以钻芯取样和无损快检取得判定依据；数据判定完成密度换算、结果判定和异常复测后，质量反馈把碾压调整与验收归档连接起来，使检测结论能够回到后续布点和过程控制。

4 结语

高速公路沥青路面压实度现场检测应服务于全过程质量控制。钻芯取样提供实体样品依据，灌砂检测适合局部复核，核子密度仪和无核密度仪适合快速筛查异常，但各方法都离不开点位代表性、设备标定、样品管理和同口径密度判定。检测数据及时反馈到碾压组织、异常复测和验收归档中，才能解释缺陷来源、界定整改范围并支撑交工质量结论，减少局部低压实状态被平均结果遮蔽的风险。

参考文献：

[1] 杨辉.视频事件检测技术在高速公路隧道的应用[J].交通企业管理,2026,41(5):86-89.

[2] 李星.高速公路沥青路面试验检测技术应用研究[J].汽车周刊,2026,(9):43-45.

[3] 曾文栎.高速公路路基工程试验检测技术应用分析[J].汽车周刊,2026,(9):216-217+257.

[4] 朱永锋.高速公路机电设备故障诊断方法研究与应用[J].汽车周刊,2026,(9):46-47+56.

[5] 陈曦,凌云洁.注浆法在山区高速公路路基沉降处理中的应用[J].科学技术创新,2026,(18):153-156.

[6] 杨小斌.高速公路隧道火灾报警系统应用与升级[J].交通企业管理,2026,41(5):90-93.

[7] 牟大凯.水泥搅拌桩在高速公路软土路基段中的施工应用[J].四川水泥,2026,(9):154-156.