 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i2.9308

Analysis of Roadbed and Pavement Compaction Technology in Municipal Road Construction

Weiwei Guo[1,2]

1. Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan, 450001, China
2. China Electric Power Construction Kunshe (Hebei) Engineering Co., Ltd., Handan, Hebei, 056108, China

Abstract

As the core carrier of urban transportation networks, the engineering quality of municipal roads directly determines traffic operation efficiency, safety and service life. Compaction technology is a key link in municipal road construction, which directly affects the bearing capacity and durability of roads. At present, with the development of municipal road construction towards high standards and high durability, the standardized application and optimization upgrading of compaction technology have become the focus of the industry. This paper systematically analyzes the mechanism, process and detection methods of compaction technology, puts forward optimization strategies combined with engineering data, and provides a reference for improving the construction quality of municipal roads.

Keywords

roads; construction; compaction technology

市政道路施工中路基路面压实技术分析

郭伟伟 [1,2]

1. 郑州大学，中国 · 河南 郑州 450001
2. 中电建昆设（河北）工程有限公司，河北省邯郸市，056108

摘　要

市政道路作为城市交通网络的核心载体，其工程质量直接决定交通通行效率、安全性及使用寿命。压实技术是市政道路施工中的关键环节，直接影响道路承载力与耐久性。当前，随着市政道路建设向高标准、高耐久性方向发展，压实技术的规范化应用与优化升级成为行业关注焦点。本文系统分析压实技术机理、工艺与检测方法，结合工程数据提出优化策略，为提升市政道路施工质量提供参考。

关键词

道路；施工；压实技术

1 路基路面压实技术的核心意义

市政道路服役环境复杂，需承受车辆荷载反复作用及雨水、温度变化等自然因素侵蚀，压实质量直接影响道路使用寿命。实践表明，路基压实度每降低 1%，道路承载能力下降 10%~15%，且易引发不均匀沉降、路面开裂等病害，增加后期维修成本。合格的压实质量可实现三大核心目标：一是提高路基路面结构整体性；二是增强抗渗性能；三是提升抗变形能力，延长道路服役年限。某市政道路工程统计数据显示，压实质量达标路段的使用寿命较未达标路段延长 3~5 年。

【作者简介】郭伟伟（1988–），男，中国河南周口人，本科，高级工程师，从事工程管理，以及公路、市政工程技术研究。

2 市政道路路基路面压实核心工艺

市政道路路基路面压实需分阶段开展，包括路基压实、基层压实及面层压实，各阶段工艺要求存在差异，需结合材料特性和施工条件针对性实施。

2.1 路基压实工艺

路基压实是道路施工的基础，需严格遵循“分层填筑、分层压实”的原则，具体工艺步骤如下：一是填料准备，对路基填料土壤类别进行区分、检测，确保土料液限和塑性指数、含水量符合设计要求，对于含水量超标填料，采用晾晒、掺灰改良等方式调整，含水量不足时洒水闷料，使含水量控制在最佳含水量 ±2% 范围内；二是分层填筑，根据压实机械有效作用深度，确定填筑分层厚度 20~30cm；三是分层压实，初压：采用轻型压路机（如 8t 静力式压路机）进行，消除填料空隙，复压：采用重型振动压路机（18~22t）进行，压实遍数控制在 4~6 遍，终压：最后采用光轮压路机进行，

消除轮迹；四是边角处理，对路基边坡、检查井周边等大型机械难以作业的区域，采用小型夯实机分层夯实。

2.2 基层压实工艺

基层作为路基与面层的连接层，承担着传递荷载、分散应力的作用，常用材料包括水泥稳定碎石、石灰粉煤灰稳定土等，压实工艺需兼顾强度和稳定性。一是材料拌合，含水量控制在最佳含水量 +1% ~ 2% 范围内；二是摊铺作业，采用摊铺机匀速摊铺，初定摊铺速度为 2m/min；松铺系数一般为 1.25~1.3；三是压实作业，摊铺完成后及时压实，避免结合料凝结硬化；四是养护处理，压实完成后立即覆盖保湿材料养护，养护期不少于 7d，养护期间禁止车辆通行，避免基层结构离散破损。

2.3 面层压实工艺

面层压实直接影响道路通行质量，沥青混合料面层和水泥混凝土面层压实工艺差异较大，其中沥青混合料面层压实对温度和机械控制要求更高。

沥青混合料面层压实分为初压、复压、终压三个阶段：初压采用轻型双钢轮压路机静压，速度控制在 2~3km/h，目的是稳定混合料，避免推移；复压采用重型胶轮压路机，压实遍数 3~5 遍，速度控制在 3~4km/h，重点提升密实度；终压采用光轮压路机，压实遍数 2 遍，速度控制在 4~5km/h，消除轮迹，平整路面。

3 路基路面压实质量检测方法与评价标准

压实质量检测是保障市政道路施工质量的重要环节，需结合检测项目、材料类型选择科学的检测方法，严格按照评价标准判断压实质量是否达标，对不合格区域及时采取整改措施。

3.1 主要检测方法

1. 环刀法：适用于粘性土、粉土路基压实度检测，通过切割一定体积的土样，称量干土质量，计算密实度。

2. 灌砂法：适用于砂性土、碎石土、沥青混合料等材料的压实度检测。灌砂法检测精度高、适用范围广，是市政道路压实质量检测的常用方法。

3. 核子密度仪法：适用于路基、基层、面层压实度及含水量快速检测。核子密度仪法适用于大面积快速筛查，检测结果需与灌砂法、环刀法对比验证。

4. 平整度检测：采用 3m 直尺法或连续式平整度仪。3m 直尺法适用于局部平整度检测，连续式平整度仪适用于大面积检测。

3.2 评价标准与检测结果分析

市政道路路基路面压实质量评价，核心评价指标为压实度。选取某市政道路工程 K0+500~K0+700 段作为检测段，并划分前后各 100m 进行对照，采用灌砂法和核子密度仪法联合检测。检测结果沥青混合料面层压实质量整体达标，路基上路床和水泥稳定碎石基层存在部分不合格点位。经分析，路基不合格点位主要因压实遍数不足、填料含水量偏高，水泥稳定碎石基层不合格点位源于摊铺过程中出现离析；需对不合格区域进行返工处理：路基区域采用晾晒法调整含水量后重新压实并严格控制压实遍数，基层区域剔除离析部分，重新摊铺压实，返工后复检合格率均达到 100%。

4 路基路面压实技术优化策略

结合市政道路施工特点及压实质量影响因素，从材料控制、机械优化、工艺改进、质量管控四个维度提出优化策略，进一步提升压实技术应用效果，保障道路工程质量。

4.1 强化材料源头控制

建立材料进场检验制度，对路基填料、沥青、水泥等原材料进行严格检测，不合格材料禁止进场。对于路基填料，优先选用级配良好的砂性土、碎石土，避免使用高塑性指数粘土；对含水量波动较大的填料，采用掺加石灰、水泥等改良剂的方式，改善土壤结构，其中路床水泥土必须选用延时水泥，水泥满足初凝时间大于 3h，终凝时间大于 6h 且小于 10h。沥青混合料需控制矿料级配、沥青含量和石粉质量，拌合过程中采用智能拌合设备，实时监测拌合温度、含水量，避免出现离析、结块现象。基层材料拌合时，含水量控制是关键，确保结合料拌合均匀，易于压实。

4.2 优化压实机械配置

根据施工路段结构层、材料特性及场地条件，合理搭配压实机械，形成“轻型 + 重型 + 小型”的机械组合。路基施工中，配置 18~22t 振动式压路机作为主力机械，小型夯实机处理边角区域；沥青混合料面层施工中，配置轻型双钢轮振动压路机、重型胶轮压路机及光轮压路机，满足初压、复压、终压各阶段需求。同时，定期对压实机械进行维护保养，校准压路机吨位、振动频率等参数，确保机械处于良好工作状态。

4.3 改进压实工艺细节

针对不同结构层优化压实参数，通过试验段确定最佳压实厚度、遍数及速度，形成个性化施工方案。路基压实中，采用“分层填筑 + 分层检测”模式，每填筑一层压实完成后，经检测合格方可进行下一层施工；沥青混合料面层压实中，严格控制各阶段碾压温度，采用智能测温设备实时监测路面温度，避免因温度偏差影响压实效果。对于检查井、雨水口等周边区域，采用“大型机械压实 + 小型机械补夯”的工艺，扩大压实覆盖范围，消除压实死角。此外，优化压实顺序，在曲线段、坡道段调整碾压路线，确保压实均匀性。

4.3.1 路床水泥土压实工艺改进要点

水泥土混合料拌和均匀后，用压路机立即快速静压一遍，以暴露潜在的不平整，然后用平地机精平，每次平整都按照要求的坡度和路拱进行。特别注意接缝处的整平，使接缝顺适平整。

平地机精平后，采用 22t 振动压路机以 2 ~ 3km/h 的

速度碾压，为了保证沿同一个方向振动，规定振动压路机沿一个方向振动后，沿原轨迹再振动返回。碾压时，由低处向高处碾压，即直线段由两边向中间慢速碾压，小半径曲线段由内侧向外侧，纵向进退式进行。从水泥撒布至振动碾压完成时间必须控制在 4 小时以内，当配合熟练度不足时，则应减少段落长度，以免水泥在碾压完成前水化反应后失效。

4.3.2 路面基层水泥稳定级配碎石压实工艺改进要点

碾压方向由低处向高处碾压，遵循稳压→轻振动碾压→重振动碾压→胶轮稳压→双钢轮静压的程序，压至无轮迹为止。

水稳摊铺一定距离（约 100m）后，碾压时按照先轻后重，先慢后快的原则碾压，根据压实度要求调整碾压遍数。采用胶轮压路机初压（工程实践证明，这种碾压方式对厚度较大的稳定中、粗粒材料结构层具有良好的碾压效果，可以有效减少碾压过程中造成的施工离析、雍包。

根据检测段实践结果，路面基层碾压工艺提出如下改进参考：第一遍采用 30t“胶轮压路机”，在路基全宽内进行静压；第二遍采用 20t“单钢轮压路机”开二挡振动稳压；第三遍采用 26t“单钢轮压路机”开二挡振动重压；第四遍采用 20t“单钢轮压路机”开二挡振动碾压；第五遍采用 26t“单钢轮压路机”开二挡振动重压（低等级道路可取消此遍碾压）；第六遍采用 30t“胶轮压路机”稳压；第七遍采用 “双钢轮压路机”静压，直到无轮胎痕迹（低等级道路可取消此遍碾压）；

碾压过程中，专人检测压实度，合格后稳压 1 ~ 2 遍，以消除轮迹。 碾压遍数达到后，立即测定压实度，凡不符合要求的路段必须根据具体情况，采取补充碾压，或铲除返工措施，以满足规定要求。振动碾压遍数的最终确定以现场压实度检测为准。

4.3.3 沥青面层压实工艺改进要点

沥青作业面采用双机联合作业时，两幅搭接位置宜应避免车道的轮迹带，前后两台摊铺机轨道重叠 30mm ~ 60mm，上下两层的搭接位置宜错开 200mm 以上（其中一台摊铺机可自动调整宽度），两台摊铺机距离保持在 10m ~ 15m 以确保混合料不发生离析。摊铺机开工前，提前 1 小时预热烫平板，其温度不低于 120° C。铺筑过程中选择烫平板加宽连接，应仔细调节至摊铺的混合料没有明显的离析痕迹。摊铺机铺筑下面层采用“走线法”施工，上层面采用非接触“平衡梁法”施工。沥青混合料的摊铺速度控制在 2 ~ 6m/min，对改性沥青混合料宜放慢至 1 ~ 3m/min，以保证混合料平整而均匀地铺在整个宽度上，不产生拖痕、断层和离析。

初压：采用双钢轮压路机 1 ~ 2 遍 ，在沥青混合料摊铺后温度不低于 130℃时进行；

复压：采用胶轮胎压路机或双钢轮压路机，碾压遍数为 3 ~ 6 遍，在初压完成后温度不低于 110℃时进行。下面层：沥青混凝土下面层的复压采用 2 台重型轮胎压路机进行搓揉碾压，每次碾压的长度应不超过 80m，压实遍数 4 ~ 6 遍。对粗集料为主的较大粒径的混合料，优先采用双钢轮振动压路机复压。上面层：沥青混凝土上面层的复压采用 2 台双钢轮压路机进行碾压，每次碾压的长度应不超过 80m，压实遍数 3 ~ 4 遍。相邻碾压带应重叠 1/3 的碾压轮宽度。

终压：在复压完成后温度不低于 70℃时进行，选用双钢轮压路机碾压；当路面温度低于 50° C 时方可开放交通，优先选择自然冷却，洒水降温的方式应谨慎选择。

4.4 完善质量管控体系

建立“事前预防、事中控制、事后检测”的全流程质量管控体系。事前编制专项压实施工方案，根据压实试验明确施工参数、机械配置及质量标准，对施工人员进行技术交底；事中加强现场巡查，实时监控压实机械操作、材料含水量、碾压温度等关键参数，及时纠正违规操作；事后采用多种检测方法联合检测，扩大检测覆盖面，对不合格区域建立台账，明确整改责任人及整改时限，整改完成后复检，确保压实质量达标。同时，引入智能化检测技术，如无人机航拍、雷达探测等，实现压实质量非破损、大面积检测，提升管控效率。

5 结论与展望

路基路面压实技术是市政道路施工质量控制的核心，其应用效果直接影响道路结构稳定性和使用寿命。本文通过分析压实技术作用机理、影响因素、核心工艺及检测方法，结合工程数据图表量化分析得出：含水量、压实机械类型和组合是影响压实效果的关键因素，合理控制材料特性、优化机械配置、规范压实工艺及完善质量管控，可显著提升压实质量。

随着市政道路建设智能化、绿色化发展，未来路基路面压实技术将向精准化、高效化、环保化升级。一方面，智能化压实设备将广泛应用，通过搭载传感器、北斗定位等技术，实现压实参数实时监测与自动调整，提升压实精度；另一方面，绿色压实技术将逐步推广，采用低噪音、低能耗压实机械，优化施工工艺，减少对周边环境的影响。此外，需进一步加强压实技术的理论研究与工程实践结合，针对特殊地质条件、新型材料的压实工艺开展试验研究，为市政道路工程质量提升提供更有力的技术支撑。

参考文献

[1] 韩俊坤。市政道路施工中路基路面压实技术 [J]. 石材，2023 (3):70-72.

[2] 徐立红，费伦林，钱劲松。基于连续压实控制技术的路基压实质量评价方法 [J]. 公路，2017, 62 (4):47-51.

[3] 魏波。公路路基路面压实质量的影响因素及质量管理对策 [J]. 中国建材，2020 (4):119-121.