

市政道路施工中路基路面压实技术

徐 飞¹ 陈艳红²

1. 际龙工程技术咨询有限公司 江苏 扬州 225000
2. 扬州智通建设工程有限公司 江苏 扬州 225127

摘 要：路基路面压实是市政道路施工的核心工序，直接决定道路承载能力与使用寿命。本文围绕压实技术核心原理与影响因素，梳理路基、路面结构层标准化压实工艺，明确不同施工场景的设备参数与操作要点。同时分析施工中压实度不足、路面开裂等常见问题，结合工程案例提出参数优化、智能施工等改进策略，为提升市政道路压实施工质量、减少路面病害提供可靠技术参考。

关键词：市政道路施工；路基；路面；压实技术

引言：市政道路是城市交通体系的基础载体，其施工质量关乎城市通行安全与民生体验。路基路面压实质量是道路工程质量管控的关键，压实不达标易引发沉降、开裂、车辙等病害，缩短道路服役年限。为规范压实施工流程、解决现场施工难点，本文系统探究路基路面压实技术体系，剖析施工影响因素与质量通病，总结标准化施工与优化方案，助力提升市政道路施工精细化与规范化水平。

1 市政道路路基路面压实技术基础理论与影响因素

1.1 路基路面压实技术核心原理

（1）土体压实基本机理与密实度形成原理。土体压实是通过外力克服土颗粒间内摩擦力与黏聚力，使颗粒重新排列、相互挤密，排出孔隙空气与水分，从而提升土体密实度的物理力学过程。密实度形成取决于压实功输入与土体抵抗变形能力之间的动态平衡，压实功越大、颗粒移动越充分，密实度越高，但存在边际效益递减规律。（2）路面结构层压实受力与成型机制。路面各结构层（垫层、基层、面层）在压路机轮载作用下产生竖向压应力与水平剪应力，使混合料骨架嵌挤锁固、结合料均匀分布。沥青面层还需在高温条件下实现集料重排与沥青胶浆流动充填，最终形成致密稳定的承载结构^[1]。（3）最佳含水量与最大干密度核心理论。在标准击实试验中，土体干密度随含水量增加呈先升后降的抛物线变化，峰值点对应最佳含水量与最大干密度。该理论是现场压实质量控制的基准，施工含水量应控制在最佳含水量的±2%范围内，以确保压实度达标。

1.2 路基路面压实质量核心影响因素

（1）施工材料因素。土质类别决定压实特性，砂性土压实响应快、最佳含水量低，黏性土对含水量敏感且需更大压实功。骨料级配、针片状含量及混合料油石

比、水泥剂量直接影响结构层成型质量与强度发展。（2）施工工艺因素。松铺厚度过厚将导致底部压实不足，通常路基松铺系数控制在1.15~1.35。压实速度影响振动能量传递效率，一般控制在2~6 km/h。压实遍数需通过试验段确定，一般为6~8遍，过度压实可能造成过破碎或路面推移。（3）环境因素。高温加速沥青混合料压实窗口缩短，低温导致压实困难；高湿度环境降低土体压实效率；雨雪天气严禁压实施工，大风加速表层水分蒸发需及时补洒。

1.3 压实施工常用设备与参数标准

（1）静力压路机依靠自重碾压，适用于路基初压与收面；振动压路机通过偏心块产生激振力，适用于深层压实与路基主体施工；轮胎压路机实现揉搓作用，适用于沥青路面终压。（2）不同施工场景设备作业参数规范要求。初压应紧跟摊铺机采用静压模式，速度1.5~3 km/h；复压采用高频低幅振动，速度3~5 km/h；终压静压收光，消除轮迹。激振力、振幅、频率需根据层厚与材料特性匹配调整。（3）小型压实设备在市政狭小路段的应用标准。沟槽边角、检查井周边等狭窄区域应采用手扶式振动平板夯或冲击夯，分层压实厚度不超过15 cm，压实遍数宜增加2~3遍，确保边角压实度不低于设计标准的96%。

2 市政道路施工中路基路面压实关键技术

2.1 路基压实施工技术要点

（1）路基基底预处理与平整压实工艺。压实施工前应全面清除基底表层腐殖土、杂物及软土，对原地面坑洼处采用合格填料回填并初步整平。基底压实选用大型振动压路机沿路中线纵向进退式碾压，严格遵循先轻后重、先慢后快、先边后中的作业原则。碾压时横向轮迹重叠1/3~1/2轮宽，纵向重叠1.0~1.5 m，确保全幅无遗漏。基底

压实度按路基填筑高度分级控制,不得低于93%。对于坡面基底,应开挖宽度不小于2 m、内倾2%~4%的台阶,保证填挖交界部位压实质量均匀过渡。(2)分层填筑、分层压实标准化施工流程。路基填筑严格执行“三阶段、四区段、八流程”标准化作业体系。每层松铺厚度根据压实机具确定,振动压路机不超过30 cm,静力压路机不超过25 cm。填筑宽度应超出路基设计宽度两侧各30~50 cm,确保边缘压实度。每层填筑完成后采用灌砂法或环刀法检测压实度,合格后方可进入下一层施工。路基顶部最后一层松铺厚度控制在15~20 cm,以保证顶面平整度与高程精度^[2]。(3)软土路基、沟槽路基特殊路段压实处理技术。软土路基压实应采用轻压慢进、逐步加载方式,初始碾压关闭振动功能,待形成硬壳层后再开启振动压实,防止弹簧土现象,必要时铺设土工格栅或换填砂砾、碎石等透水材料。沟槽路基回填应在管道安装就位且隐蔽工程验收合格后进行,采用小型压实机具分层作业,虚铺厚度控制在15~20 cm。管顶以上50 cm范围内严禁重型振动压实,宜采用人工配合手扶式冲击夯对称填筑,管道两侧回填高差不得超过30 cm。管顶以上50~100 cm方可采用轻型压路机压实。

2.2 路面结构层压实施工技术

(1)水稳基层压实施工工艺与参数控制。水稳混合料摊铺后须在水泥初凝时间内完成全部压实作业,碾压段落长度控制在50~80 m。碾压顺序为静压1遍、弱振2~3遍、强振2~3遍、静压收面1遍,速度静压阶段1.5~2 km/h,振动阶段2.5~3.5 km/h。混合料含水量宜高于最佳含水量1%~2%,以补偿碾压过程中的蒸发损失。压实度须达到98%以上,碾压段衔接处重叠3~5 m,完成后及时覆盖土工布洒水养护,养护期不少于7天^[3]。(2)沥青面层压实温度、速度、遍数精准控制技术。沥青混合料压实温度严格把控:普通沥青初压不低于145℃,改性沥青不低于160℃;复压分别不低于130℃和140℃;终压不低于90℃。碾压速度初压1.5~3 km/h,复压3~5 km/h,终压2~3 km/h。碾压遍数初压1~2遍,复压3~4遍,终压1~2遍至无明显轮迹。温度下降过快时应缩短碾压段落至20~30 m,增加压路机台数集中碾压,确保在容许温度窗口内完成全部压实工序。(3)路面接缝、边角部位精细化压实方法。横向接缝采用垂直平接缝处理,碾压时压路机横跨新铺层与已完成路面各15~20 cm,反复碾压接缝两侧后再转入纵向碾压。纵向接缝采用热接缝时预留10~15 cm暂不碾压,待跨缝时一并压实。边角部位采用小型振动压路机或手扶式夯实机具辅助压实,压实遍数较正常路段增加2~3遍,路缘石边缘3 cm范围内须人工配合小型

机具精细压实,确保边角压实度不低于设计标准的96%。

2.3 压实施工专项工艺流程

(1)施工前期试验段铺设与参数确定流程。正式施工前选取代表性路段作为试验段,长度取100~200 m。分别按不同松铺厚度、含水量水平进行试铺试压,记录各参数组合下的碾压速度、振动频率、压实遍数及逐遍压实度增长曲线。根据试验结果绘制压实度-遍数关系图,确定最佳松铺系数、最优含水量范围、经济压实遍数及合理碾压速度,作为全线施工控制标准。(2)机械化连续压实标准化作业流程。压实施工按摊铺→初压→复压→终压四阶段连续推进,工序衔接紧密、流水作业。压路机前后相邻段落纵向重叠1.0~1.5 m,横向相邻轮迹重叠1/3~1/2轮宽,碾压轮迹覆盖全幅所有区域。压路机换向时应平稳无冲击,振动压路机须在已碾压段落内启停振动装置,严禁在新铺层上急转弯、急刹车和掉头^[4]。

(3)压实收尾与路面整形处理工艺。终压结束后立即检测路面平整度、横坡、高程及压实度,对局部轮迹凹陷或隆起及时修整或补压,表面松散颗粒清扫干净。沥青面层待表面温度降至50℃以下方可开放交通或进行上层施工,路基成型后及时洒水或覆盖养护,防止干缩裂缝。全过程填写完整质量记录,实现压实质量可追溯。

3 市政道路施工中路基路面压实施工质量控制、常见问题与优化策略

3.1 路基路面压实质量检测与控制体系

(1)压实度、平整度、厚度核心指标检测方法。压实度检测采用灌砂法(路基土方)与钻芯取样法(沥青面层),辅以核子密度仪快速比对,检测频率每层每200 m不少于2处,以最大干密度为基准折算评定。平整度采用3 m直尺检测,沥青面层同时采用连续式平整度仪全程检测,标准差控制在1.5 mm以内。厚度采用钻芯取样与探地雷达无损检测相结合,偏差控制在+10 mm至-5 mm范围内。(2)施工全过程动态质量管控措施。施工前严格把控原材料与配合比验证,施工中落实工序交接检验制度。压实过程实行跟踪检测,每碾压2遍检测一次压实度并绘制增长曲线,动态调整参数。建立质量预警机制,压实度连续低于98%时停工整改。实行三级质检体系,每日数据归档实现全程可追溯。(3)智能化检测技术在压实质量验收中的应用。引入连续压实检测系统(CCV),实时采集振动轮响应信号建立压实度模型。采用探地雷达无损检测结构层厚度与内部缺陷。利用北斗定位与物联网上传碾压轨迹与遍数,自动生成压实质量云图精准定位薄弱区域。

3.2 施工常见质量问题及成因分析

(1) 压实度不足、路面沉降变形问题及成因。压实度不足主要源于含水量偏离最佳含水率、松铺厚度超标导致底部压实功衰减、碾压遍数不足或速度过快。沉降变形多因路基填筑压实度不均、软弱夹层未彻底清除、高填方段压实控制不足,或交通开放过早引发塑性变形。(2) 路面开裂、起拱、松散病害及压实诱因。横向裂缝多因碾压温度过低致表面收缩开裂,纵向裂缝常因接缝处理不当或路基不均匀沉降反射。起拱产生于压路机急转弯或急刹车造成冲击推移。松散掉粒主要由碾压温度不足致沥青黏度增大难以裹覆集料,或压实遍数不够致混合料未能充分嵌挤锁固。(3) 局部压实不均、接缝缺陷问题分析。压实不均因轮迹重叠控制不当或边缘漏压,以及摊铺与碾压速度不匹配。接缝缺陷源于接缝清理不彻底或未涂刷粘层油致新旧铺层结合不良。

3.3 压实技术优化与施工改进策略

(1) 不同工况下压实参数针对性优化方案。高温季节缩短碾压段落至20~30 m并适当提速;低温季节采用大吨位压路机、提高初压温度5~10℃并增加复压遍数1~2遍。高填方路基减薄松铺厚度至20~25 cm并冲击补压。基层侧重压实度与强度并重,面层突出平整度与表观压实质量^[5]。(2) 精细化、标准化施工管理改进措施。制定标准化作业手册,实行技术交底到班组、机手。建立“定人、定机、定责”三定制度,采用电子计数器确认遍数。针对薄弱部位制定专项方案并旁站监督,专职试验人员跟班检测。(3) 智能压实技术、新型压实工艺的应用推广。推广智能压实系统实现无人化调度。引入振荡压实技术替代传统振动,避免集料破碎。采用水稳基层双层连续摊铺压实,消除层间污染并提高粘结质量。

3.4 工程应用案例分析

(1) 项目工程概况与施工难点。某市政主干路改造工程全长3.2 km,路面结构为4 cm SMA-13+6 cm AC-20+8 cm AC-25+36 cm水稳基层+20 cm级配碎石底基层。

项目穿越老城区,管线密集、沟槽多、交通压力大。

(2) 压实技术方案落地实施过程。选取200 m试验段确定参数:路基采用22 t振动压路机松铺28 cm碾压6~8遍;水稳基层采用单钢轮振动压路机配合轮胎压路机;沥青面层采用3台双钢轮+2台轮胎压路机梯队作业。沟槽段管道两侧采用冲击夯逐层填实,管顶以上减薄至15 cm并用小型压路机压实。(3) 施工效果与质量成果分析。路基压实度平均96.5%,水稳基层98.3%~99.1%,沥青面层98.0%~98.7%,平整度标准差1.2 mm以内,各项指标优于规范要求。通车一年后无裂缝、车辙及沉降病害,智能压实系统数据与现场检测相关性良好。

结束语

综上所述,路基路面压实技术的规范应用与优化升级,是保障市政道路施工质量的核心关键。施工中需结合工况把控材料、工艺、设备及环境等核心要素,落实分层压实、精准控温、接缝处理等精细化施工要求。同时依托智能检测与新型施工工艺改进短板,常态化做好质量管控与隐患整改,有效规避路面病害,全面提升道路结构稳定性与耐久性,为市政道路工程长效运行筑牢基础。

参考文献

- [1]王崇武.道路路基路面施工要点和质量控制措施研究[J].工程建设与设计,2021,15(12):137-140.
- [2]陈瑞开.关于市政道桥工程路基路面压实技术的探讨[J].四川水泥,2021,27(09):243-244.
- [3]谈辉.浅谈市政道桥工程的路基路面施工技术[J].价值工程,2022,41(30):120-122.
- [4]李宁.市政道桥工程路基路面压实技术分析[J].运输经理世界,2022,20(28):101-103.
- [5]路文斌.道桥工程路基路面压实技术研究[J].工程与建设,2023,37(04):126-129.