

路基路面工程施工技术与试验检测研究

姬雪松

湖北葛科试验检测有限公司 湖北 宜昌 443000

摘要：路基路面是道路工程的核心结构，其施工质量直接影响道路使用寿命与通行安全。本文围绕路基路面工程施工技术与试验检测展开研究，阐述了路基施工中场地准备、填料处理、填筑压实及特殊处理技术，详解了路面基层与面层的施工要点。同时明确试验检测的材料检测与现场检测内容，介绍室内与现场试验检测方法及应用。研究旨在为路基路面工程质量管控提供技术参考，通过施工技术与试验检测的协同，保障工程强度、稳定性与耐久性。

关键词：路基路面工程；施工技术要点；试验检测方法

引言：当前随着交通荷载增大与道路等级提升，对路基路面工程施工技术与试验检测提出更高要求。但部分工程存在施工工艺不规范、检测方法应用不当等问题，导致工程质量隐患。国内外虽有相关研究，但需结合实际施工场景进一步细化技术要点与检测标准。基于此，本文系统研究路基路面施工技术，明确各环节关键要点，梳理试验检测内容与方法，为工程实践提供科学、可操作的技术支撑。

1 路基路面工程施工技术概述

1.1 路基施工技术

路基施工要按流程依次开展以理场地准备、填料处理、填筑压实及特殊处理等工作。（1）场地准备阶段，需清理地表杂草、腐殖土及障碍物，平整场地并设置排水系统，避免雨水淤积影响施工；对坑洼区域采用合格填料分层回填压实，确保地表承载力均匀。（2）填料处理环节，根据道路等级筛选填料，控制粒径、含泥量及塑性指数等指标，不合格填料禁止使用；施工中需检测填料含水率，通过翻晒、洒水等方式将其调整至最佳范围，保障压实效果。（3）填筑压实施工采用分层摊铺，控制松铺厚度，选用匹配填料类型的压实机械，遵循“先轻后重、先慢后快、先边后中”的碾压原则，实时监测压实度，直至达到设计标准。（4）针对特殊地质条件，采用专项处理技术，如软土地基采用换填、加固等工艺，湿陷性黄土地区注重排水与压实控制，季节性冻土区选用非冻胀性填料，确保路基稳定性。

1.2 路面施工技术

路面施工包含以下基层、面层施工，各环节技术要点明确。（1）基层施工前要检查下承层平整度与压实度，合格后方可进行；原材料需控制水泥强度等级、碎石级配及粉煤灰质量，采用集中厂拌制备混合料，严格把控搅拌时间与配合比，避免离析。摊铺时控制速度与

厚度，碾压分阶段进行，完成后及时洒水养护，禁止早期通行。（2）面层施工中，沥青路面需控制混合料拌制温度与时间，运输时做好保温；摊铺前喷洒粘层油，匀速连续摊铺，碾压分初压、复压、终压，把控各阶段温度与速度。水泥混凝土路面需优化混凝土配合比，控制水灰比与坍落度；振捣采用组合设备，确保密实度；表面进行整平、抹面与拉毛处理，设置纵横向接缝，施工后覆盖养护，保障路面强度与抗滑性能^[1]。

2 路基路面工程施工技术要点与应用

2.1 路基施工技术要点

（1）填料选择与控制：填料选择需匹配道路等级与地质条件，遵循“就地取材、性能适配”原则。高速公路、一级公路等重载路段，优先选用级配良好的碎石土、砾石土，粒径不大于压实层厚的2/3，含泥量 $\leq 10\%$ ；二级及以下公路可选用粉质黏土，塑性指数控制在12-20之间，严禁使用腐殖土、淤泥质土。湿陷性黄土地区选透水性好的砂类土，减少雨水下渗变形；季节性冻土区优先用非冻胀性填料，降低冻融影响。填料质量控制贯穿全程：进场前每批次检测颗粒分析、液塑限、压实度，不合格者严禁入场；摊铺时控制含水率在最佳含水率 $\pm 2\%$ ，过高则翻晒或掺灰，过低则洒水闷料；分层摊铺松铺厚度，碎石类 $\leq 30\text{cm}$ 、黏性土 $\leq 25\text{cm}$ ，每层摊铺后修整平整度，避免堆积或凹陷影响压实。（2）影响压实效果的核心因素为压实机械、遍数、含水率及松铺厚度。机械选择需匹配填料类型：粗粒土用激振力 $\geq 300\text{kN}$ 的重型振动压路机，黏性土用光轮与振动压路机组合。碾压遵循“先轻后重、先慢后快、先边后中”原则，直线段从两侧向中心，曲线段从内侧向外侧，相邻轮迹重叠 $\geq 1/3$ 轮宽。压实遍数通过现场试验确定，重型振动压路机碾压粗粒土需6-8遍、黏性土8-10遍，实时监测压实度至设计要求。含水率通过击实试验确定最佳

值, 施工中用酒精燃烧法或快速测定仪检测, 偏离及时调整方案。碾压速度控制在2-4km/h, 避免超压, 防止压实不充分或颗粒破碎。(3) 特殊路基处理技术应用: 特殊路基处理需针对性制定方案, 以软土地基粉喷桩处理为例, 适用于软土厚度3-10m的路段。施工前清理地表杂草、腐殖土, 平整场地并铺0.5m厚级配碎石垫层; 桩径500-600mm, 间距1.2-1.8m梅花形布置, 桩长穿透软土层进入硬土层 $\geq 0.5\text{m}$ 。施工中钻机钻进速度0.8-1.2m/min, 提升速度0.5-0.8m/min, 粉体喷射压力0.5-0.7MPa, 水泥掺量为土体重的10%-15%, 确保搅拌充分。施工后检测: 低应变反射波法测桩身完整性, 抽检 $\geq 3\%$; 单桩复合地基载荷试验测承载力, 抽检 $\geq 0.5\%$ 。设置沉降观测点, 施工期每周观测1-2次, 通车后每月1次, 直至沉降稳定, 沉降量 $\leq 30\text{cm}$ 。

2.2 路面施工技术要求

(1) 基层施工质量控制: 基层施工从原材料、配合比、工艺三方面把控。原材料: 水泥选42.5级及以上普通硅酸盐缓凝水泥, 初凝 $> 3\text{h}$ 、10h $>$ 终凝 $> 6\text{h}$; 碎石选反击破碎石, 粒径5-31.5mm连续级配, 压碎值 $\leq 26\%$, 针片状颗粒 $\leq 15\%$; 粉煤灰选II级及以上, 烧失量 $\leq 10\%$, 进场按批次检测, 不合格禁用。配合比设计以水泥稳定碎石为例: 确定水泥剂量3%-5%, 击实试验测最佳含水率与最大干密度, 按最佳含水率制试件, 检测7d无侧限抗压强度。施工用集中厂拌, 连续式搅拌机有效搅拌长度 $> 6\text{m}$, 实际中可采取两台搅拌长度不满足的搅拌机串联搅拌, 确保混合料均匀无灰团、离析。摊铺与碾压: 摊铺机匀速摊铺, 速度1.5-2.5m/min, 厚度按设计值 \times 松铺系数确定, 保持螺旋布料器满料防离析。碾压在混合料初凝前完成, 轻型压路机稳压1-2遍, 重型振动压路机碾4-6遍, 轻型压路机收光, 速度2-3km/h, 相邻轮迹重叠 $\geq 20\text{cm}$ 。碾压后覆盖洒水养护 $\geq 7\text{d}$, 期间禁止车辆通行。(2) 沥青路面施工工艺优化: 聚焦摊铺、碾压环节, 保障平整度与压实度。摊铺前清理下承层, 喷洒粘层油, 确保均匀无漏洒、堆积。沥青混合料用间歇式搅拌设备拌制, 搅拌 $\geq 45\text{s}$, 出厂温度160-180 $^{\circ}\text{C}$, 运输用保温篷布覆盖, 到场温度 $\geq 150^{\circ}\text{C}$ 。摊铺速度按拌和产量、宽度确定, 控制在2-4m/min, 匀速连续摊铺, 避免停顿。摊铺机振捣频率: 粗粒式 $\geq 40\text{Hz}$ 、细粒式 $\geq 50\text{Hz}$ 。碾压分三个阶段: 初压用轻型钢轮压路机, 温度 $\geq 140^{\circ}\text{C}$, 碾2遍; 复压用重型轮胎或振动压路机, 温度 $\geq 120^{\circ}\text{C}$, 碾4-6遍; 终压用轻型钢轮压路机, 温度 $\geq 100^{\circ}\text{C}$, 碾2遍至无轮迹。碾压速度: 初压2-3km/h、复压3-4km/h、终压3-5km/h, 相邻带重叠: 初压 $\geq 30\text{cm}$ 、复

压 $\geq 20\text{cm}$ 。控制平整度: 摊铺用非接触式平衡梁, 偏差 $\pm 3\text{mm}$ 内; 碾压避免急刹车、转向, 防推移拥包; 施工缝垂直切割, 清理后涂粘层油, 下次摊铺重叠5-10cm, 重点压实接缝。(3) 水泥混凝土路面施工关键技术。重点把控配合比、振捣、表面处理。配合比兼顾强度与操作性: 水泥选42.5级普通硅酸盐水泥, 砂选中砂, 碎石5-25mm连续级配。按设计弯拉强度定水灰比, 坍落度试验调外加剂, 确保坍落度10-40mm。振捣: 插入式振捣棒与平板振捣器组合, 振捣棒梅花形布置, 时间20-30s至无气泡; 平板振捣器沿摊铺方向匀速振捣。振捣后振动梁整平, 抹面机抹面, 拉毛处理增强抗滑性。接缝处理: 纵缝用平缝加拉杆; 横缝用假缝加传力杆, 假缝深度为路面厚度1/3-1/4。施工后覆盖保湿养护 $\geq 14\text{d}$, 设警示标志禁止车辆通行^[2]。

3 试验检测的主要内容

试验检测主要涵盖以下材料检测与现场检测两大板块。(1) 材料检测要针对路基填料、水泥、沥青、碎石、砂等原材料开展, 检测指标包括填料的颗粒级配、液塑限、压实度, 水泥的强度等级、凝结时间, 沥青的针入度、延度、软化点, 集料的压碎值、针片状含量等, 确保原材料性能符合工程要求。(2) 现场检测聚焦路基与路面施工质量, 路基检测包括压实度、弯沉值、平整度, 通过专业设备测定路基承载能力与整体稳定性; 路面基层检测需把控厚度、压实度及7d无侧限抗压强度, 验证基层结构强度是否达标; 路面面层检测中, 沥青路面需测厚度、压实度、构造深度, 水泥混凝土路面需测弯拉强度、平整度、接缝质量, 全面评估面层施工质量, 确保路面满足使用功能需求^[3]。

4 路基路面工程试验检测方法与应用

4.1 室内试验检测方法与应用

室内试验检测聚焦原材料性能验证与混合料配合比设计, 核心包含以下材料性能试验与配合比设计试验两类方法。(1) 材料性能试验针对路基路面原材料, 按标准流程用专业仪器开展检测。路基填料检测中, 颗粒分析试验通过筛分法分离不同粒径颗粒, 计算级配参数以确定粒径分布; 液塑限试验借助液塑限联合测定仪, 确定填料液限、塑限, 判断其可塑性; 击实试验采用重型击实仪按规定次数击实, 得出最大干密度与最佳含水率, 为现场压实控制提供依据。水泥检测需做胶砂强度试验, 按标准配比制作试件, 养护后测定3d、28d抗压与抗折强度; 凝结时间试验利用凝结时间测定仪, 记录初凝、终凝时间, 确保满足施工时效要求。沥青检测通过针入度试验、延度试验、软化点试验。集料检测用压碎

值试验（将集料装入试模加压，计算破碎颗粒占比）、针片状颗粒含量试验，把控力学性能与级配稳定性。

（2）配合比设计试验结合工程要求，确定混合料最佳成分比例。以水泥稳定碎石基层为例，先根据设计强度初步拟定3%-5%的水泥剂量范围，通过击实试验确定不同剂量下的最大干密度与最佳含水率；按最佳含水率制作试件，养护7d后测定无侧限抗压强度，选取满足强度要求且经济合理的配合比；后续结合实际施工设备，调整集料级配，确定生产配合比，确保混合料施工时具备良好和易性与稳定性。沥青混合料配合比设计需通过马歇尔试验，调整沥青用量，测定试件稳定度、流值等指标，确定最佳沥青用量，保障混合料的高温稳定性、低温抗裂性与水稳定性。

4.2 现场试验检测方法与应用

现场试验检测贯穿路基路面施工全过程，主要包括以下路基检测与路面检测两类方法。（1）路基现场检测以压实度、弯沉值为核心指标。压实度检测常用三种方法：灌砂法在检测点开挖试坑，收集填料后用标准砂填充试坑并称重，通过砂的体积算试坑体积，结合填料干密度计算压实度；环刀法适用于黏性土，采用环刀取样，测土样质量与体积，算干密度后对比最大干密度得压实度；核子密度仪法通过发射与接收核射线，快速测填料密度与含水率，适用于大面积快速检测，但需定期校准保证精度。弯沉值检测中，贝克曼梁法在规定荷载下测路基表面回弹变形，评估承载能力；自动弯沉仪法连续测量，获取路段弯沉分布数据，提高检测效率；落锤式弯沉仪法利用重锤冲击加载，记录动态弯沉曲线，为路基结构设计与施工调整提供全面力学参数。（2）路

面现场检测分基层与面层开展。基层检测除压实度外，厚度用钻芯法；强度通过现场钻取芯样，室内测定无侧限抗压强度，验证结构稳定性。沥青路面检测中，平整度用3m直尺法（测直尺与路面最大间隙）、连续式平整度仪法（牵引设备记高程变化算指标）、车载式颠簸累积仪法；构造深度用铺砂法（铺标准砂，算体积与面积比评抗滑性能）。水泥混凝土路面检测重点关注弯拉强度、平整度与接缝质量：弯拉强度通过钻芯室内抗折试验，或回弹法；平整度沿用3m直尺法或连续式平整度仪法，确保行驶舒适性；接缝质量检测需查宽度、深度是否达标，观察裂缝、剥落等病害，必要时用密封性能检测评防水效果，防雨水渗入影响使用寿命^[4]。

结束语：本文系统梳理了路基路面工程施工技术与试验检测的核心内容，明确了路基填料选择、压实工艺及特殊路基处理要点，细化了路面基层与面层施工关键技术，同时阐述了试验检测的内容与方法，形成了较为完整的技术体系。未来可结合具体气候条件，深化施工技术适配性研究，引入智能化检测设备，提升检测效率与精度，进一步完善路基路面工程质量管控体系。

参考文献

- [1]孙振兴.公路路基路面工程施工技术分析[J].建筑工程技术与设计,2019(13):197-198.
- [2]李晓亮.公路工程路基与路面施工技术核心要点分析[J].交通建设与管理,2025(2):153-155.
- [3]吴国爱.公路工程路基路面试验检测技术研究[J].工程技术研究,2023,5(24):43-45.
- [4]张子昆.公路路基路面的试验检测技术研究与应用[J].城镇建设,2024(17):178-180.