

# PA-13 排水路面施工质量控制关键技术研究

刘又诚

(四川省交通建设集团有限责任公司, 四川 成都 610000)

**摘要** PA-13(排水沥青混合料)排水路面为骨架—空隙结构, 大空隙结构具有高排水性能, 能有效解决雨天路面水膜问题, 提升行车安全, 在多雨的四川地区具有重要的工程应用价值。本文依托四川地区某高速公路工程, 从原材料优选、摊铺压实工艺控制、接缝处理多个维度分析总结PA-13排水路面施工关键技术, 针对性提出材料全流程管控、施工过程动态监测、作业人员专项培训、第三方检测核验等多项质量控制措施, 并通过排水性能、结构性能及使用效果验证了技术的可靠性, 旨在为四川地区类似PA-13排水路面工程提供实践参考。

**关键词** PA-13排水路面; 施工质量控制; 材料管控; 混合料拌和; 排水性能

中图分类号: U416

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.32.038

## 0 引言

四川地区属于亚热带季风气候, 年降雨量充沛且集中在夏季, 普通密实型路面无法将雨水通过路拱横坡在短时间内排出路面, 雨天路面极易形成水膜, 导致车轮抗滑性能下降, 增加行车安全隐患<sup>[1]</sup>。PA-13排水路面作为典型的升级配沥青路面, 通过特殊集料级配形成18%~25%的连通空隙, 能快速排出路面表层雨水, 从根本上解决水膜问题, 同时具备降噪、抗车辙、防眩光等优势, 成为四川地区公路工程建设的优选方案。然而, PA-13排水路面施工对材料性能、工艺参数要求远高于传统密级配沥青路面, 四川地区多雨的施工环境、复杂的运输条件进一步增加质量控制难度<sup>[2]</sup>。基于此, 本文依托四川地区某高速公路工程, 聚焦PA-13排水路面施工质量控制关键技术, 通过分析总结技术要点与管控措施, 为同类工程提供可参考的实践经验, 推动PA-13排水路面在多雨山区公路中的高质量应用。

## 1 工程概况

案例工程为四川地区某高速公路项目, 路段全长35.381 km, 设计为双向八车道, 路基宽度42 m, 全线上面层采用PA-13排水路面, 设计使用寿命15年。该路段包含约33.5 km连续高架桥, 为川内首个连续高架桥超宽幅排水沥青路面, 日均交通量约50 000 pcu, 主要承担区域客运与货运任务。

PA-13排水路面结构自上而下设计为: 4 cm厚PA-13排水沥青上面层、6 cm厚AC-20C密级配改性沥青中面层、8 cm厚AC-20C密级配普通沥青下面层、20 cm厚水泥稳定碎石基层、18 cm厚水泥稳定碎石上底基层、18 cm厚水泥稳定碎石下底基层、15 cm厚级配碎石

路基改善层。其中PA-13排水沥青上面层设计空隙率18%~25%, 渗水系数不低于5 000 mL/min, 马歇尔稳定性不低于5.0 kN, 车辙高温动稳定性不低于5 000次/min, 适配四川多雨及重载交通需求。

## 2 PA-13排水路面施工关键技术

### 2.1 材料优选与预处理技术

PA-13排水路面的材料性能直接决定路面排水与耐久性能, 需重点控制沥青、集料与填料的选型及预处理。沥青选用高黏度改性沥青, 其是由SBS改性沥青与PAT-1高黏度改性剂按照质量比92:8的比例改性而成, 技术指标满足:

一是60 °C动力黏度不低于200 000 Pa·s, 170 °C运动黏度不低于3.0 Pa·s, 软化点不低于90 °C, 低温延度5 °C不低于30 cm, 确保在四川多雨高温环境下具备抗水损害、抗车辙与抗老化能力。

二是粗集料选用新鲜、坚硬、耐磨、洁净的玄武岩, 压碎值不超过18%, 洛杉矶磨耗损失不超过20%, 针片状含量不超过10%, 水洗法小于0.075 mm的粉尘含量不超过1%, 避免粉尘堵塞空隙影响排水。

三是细集料采用颗粒饱满、粉尘含量低的机制砂, 满足0.075 mm的通过率不得超过10%, 热仓细料中0.075 mm不得大于3%。

四是填料选用石灰岩矿粉, 矿粉必须保持干燥, 能从填料仓自由流出, 表观密度不低于2.50 g/cm<sup>3</sup>, 亲水系数不超过1, 塑性指数不超过4%。

材料预处理阶段, 集料需在加热滚筒中烘干, 含水率不超过0.5%, 并预热至185~210 °C; 改性沥青加热温度控制在160~170 °C, 避免高温老化; 矿粉

需干燥储存，使用前过 0.075 mm 筛网去除结块，确保混合料拌和均匀。

## 2.2 混合料拌和与运输控制技术

PA-13 排水路面混合料拌和时应严格监控温度和时间，防止出现集料分离和沥青老化现象。采用阶段式沥青混合炉，搅拌程序包括首先加入砾石与纤维干拌 15 s，接着实施“沥青+粘合剂”的添加，之后投入矿粉，当矿粉全部加入后，搅拌不少于 35 s，每批次生产周期不少于 60 s，以确保沥青均匀覆盖在砾石表面，避免出现未包裹的砾石或聚集成团的现象；混合物的出厂温度需维持在 170 ~ 185 °C 之间，温度超出 195 °C 或低于 165 °C 的混合物应予以废弃，以防温度过高导致沥青老化，以及温度过低影响摊铺压实效果。

采用车况优良的大吨位自卸运输车辆进行运输，车辆数量需与拌和楼生产能力和现场摊铺能力相协调，并保持适度富余，确保施工过程中摊铺机前始终有 3 至 5 辆待卸料车辆，以实现连续摊铺作业。

运输车的底盘和侧面需保持干净，在装载物料前应均匀涂抹一层薄薄的脱模剂，禁止使用柴油作为脱模剂，并确保底盘无积水情况。

排水沥青混合料拥有较高的孔隙度，热能释放迅速，为了防止混合料受到污染、雨水侵蚀和热能过度损耗，运输车辆均配备有篷布和棉絮；提前规划运输路径和时间，避开交通拥堵路段和时间，确保混合料运输的时效性，每辆车都配备有温度监测器，到达现场后由专人检测温度，混合料到场温度不得低于 165 °C，不合格的混合料不允许卸料；卸料时，运输车需要缓慢而均匀地卸料，避免紧急刹车导致混合料分离，同时摊铺机的料斗应保持 2/3 以上的装载量，以减少因摊铺机频繁收斗引起的混合料分离<sup>[3]</sup>。

## 2.3 精准摊铺与分层压实技术

该项目设计为双行八车道，为确保纵向接缝施工品质，采用两部履带式直线摊铺机以行列方式协同操作，两台机器之间的作业距离控制在 5 ~ 10 m 之间。为保证铺设表面平整，配备自动找平系统的摊铺机在直线路段的施工速度控制在 2.0 ~ 2.5 m/min，在弯道或特殊路段则降至 1 ~ 2 m/min，以确保摊铺机持续前进，避免出现等待物料的情况。铺展前需对加热平板进行预热，确保其温度不低于 110 °C；摊铺时的温度应维持在 160 ~ 170 °C 之间。必须保证加热平板拼接紧密，不允许有空隙，以防颗粒物进入形成条痕。同时，应指派专人检查摊铺层表面，及时清除出现的离析物料，并用符合标准的物料补充。

排水路面拥有 18% ~ 25% 的高孔隙率，其粗集料

多为点对点接触，这种构造便于压实，但碾压过度或过重可能导致粗集料嵌挤界面破损及骨架结构不稳定；反之，碾压不足或过轻则可能造成压实度不够、孔隙过大、耐久性降低等问题。因此，需严格掌控混合物的均匀压实，通过多轮碾压确保颗粒稳定，以提升路面品质与耐用性。本项目结合同类工程实践经验并通过试验段实施，确立“初步压实—重复压实—最终压实”的三阶段碾压工艺：

1. 初步压实环节，采用 13 t 级双钢轮压路机实施静态压实，压实速度为 2 ~ 3 km/h，压实 5 次，温度维持在 150 ~ 165 °C，主要目的是稳定混合料、防止位移。

2. 重复压实阶段，选用 20 t 级胶轮压路机，压实速度调整为 3 ~ 5 km/h，完成 1 次压实，温度控制在 80 ~ 100 °C，通过胶轮轮胎的柔韧性加强沥青与集料的粘结力，促进表面粗集料在上层进一步紧密排列与稳固连接，降低集料散失风险。

3. 最终压实阶段，继续使用 13 t 级双钢轮压路机，压实速度设定为 4 ~ 6 km/h，完成 1 次压实，确保路面平整无痕迹。压实过程中，严禁压路机在摊铺面上转向、调头、停车；对于大型压路机难以覆盖的边缘和角落部位，采用 1 ~ 2 t 的小型振动压路机辅助压实。

## 2.4 接缝与边缘防水处理技术

确保接缝处不发生雨水渗透至底层是关键步骤。纵向接缝采取热连接方法，施工时，摊铺机在梯队作业前会在纵缝处留下 10 ~ 20 cm 宽的混合料暂不压实，以此作为后续摊铺部分的高度参考面，最后通过跨越缝进行碾压，以达到消除痕迹的效果，碾压温度需保持在 130 °C 以上。横向接缝则采用平滑对接的方式，切割位置应垂直于道路中心线，并清除松散的材料。接着涂抹乳化沥青黏合剂，用量控制在 0.3 ~ 0.5 kg/m<sup>2</sup>。在进行新混合料摊铺前，预热接缝区域，温度不得低于 100 °C。碾压时，先沿横向从已压实的混合料开始向新铺的部分进行，首次碾压深度为 15 cm，随后每次推进 15 ~ 20 cm，直至碾压轮完全覆盖新铺层。最后，转为纵向碾压，以确保接缝处的压实度和平整度符合标准。

由于四川地区多雨环境，因此必须做好路面边缘防水。根据本工程连续高架桥特点，通过在桥面超高侧护栏边部铺设 L 型立面贴并洒布 1 m 宽改性热沥青，阻止雨水渗入，形成防水屏障；同时防水黏结层分 2 次洒布，洒布后进行渗水检测，防水黏结层材料完全破乳后方可进行上面层施工。

### 3 PA-13 排水路面施工质量控制措施

#### 3.1 材料全流程管控措施

建立“进场检验—过程抽检—出厂验收”三级材料管控体系。沥青进场时每批次50 t为一批检测黏度、软化点、低温延度等指标，并引进红外光谱设备检测改性沥青中改性剂含量；集料每批次200 t为一批检测压碎值、粒径级配、粉尘含量等指标；矿粉每批次50 t为一批检测表观密度、亲水系数等指标，所有检测需由第三方检测机构见证取样。拌和时要按照规范要求，定时检测混合料的级配参数以及马歇尔试验有关指标，还要把各个筛孔的通过率详细记录下来：13.2 mm筛孔大概95%，9.5 mm筛孔是59%，4.75 mm筛孔通过率约19%，2.36 mm筛孔通过率约16%，1.18 mm筛孔通过率约13%，0.6 mm筛孔通过率约9%，0.3 mm筛孔通过率约7%，0.15 mm筛孔通过率约6%，至于0.075 mm筛孔通过率5%；稳定度、流值、空隙率需达标。混合料出厂前每车检测温度与外观，不合格混合料严禁出场，同时建立材料追溯台账，记录每批次材料的进场时间、使用路段、检测结果，实现质量可追溯。

#### 3.2 施工过程动态监测措施

依托信息化设备实现施工过程实时监测，摊铺阶段采用红外测温仪每50 m检测1个点监测摊铺温度，使用平整度仪每100 m检测1次监测摊铺平整度；压实阶段采用压实度检测仪每200 m检测1个点监测压实度，使用渗水仪每200 m检测1个点监测渗水系数，同时在路段关键位置弯道、坡道设置固定监测点，每小时记录温度、压实度数据；高湿度天气时，增加监测频次为每20 m检测1次温度，每100 m检测1次压实度，并根据监测数据调整施工参数，如降雨时暂停摊铺，雨后检测基层含水率不超过3%后方可复工，确保施工质量不受天气影响<sup>[4]</sup>。

#### 3.3 第三方检测与验收核验措施

引入第三方检测机构开展全过程质量核验，施工前核验料场材料沥青、集料、矿粉的检测报告，确保材料符合设计要求；施工中随机抽检混合料级配、压实度、渗水系数，检测点需覆盖全路段弯道、坡道等关键路段增加抽检比例；完工后开展竣工验收检测，检测项目包括：路面平整度标准差 $\sigma$ 值不超过1.2 mm、压实度不低于98%、渗水系数不低于5 000 mL/min等指标，所有检测项目合格后方可通车；同时建立质量缺陷整改机制，对检测发现的问题如局部渗水系数不足，由施工单位制定整改方案如局部铣刨重铺，整改后由第三方复检，确保验收质量达标<sup>[5]</sup>。

### 4 效果分析

四川地区某高速公路工程通车以来，通过交通流量监测与路面状况调查，实际使用效果显著：

一是雨天行车安全提升，雨天路表面无明显水膜和水雾，驾驶视线良好，无因路面水膜导致的追尾、侧滑事故。

二是路面耐久性良好，通车近1年路面无明显沥青剥落、集料松动现象。

三是维护成本降低，传统密级配路面通车1年需开展2次大规模清扫与裂缝修补，该工程PA-13排水路面仅需每月1次常规清扫，维护成本较传统路面降低40%，验证了PA-13排水路面在四川地区的适用性与经济性。

### 5 结束语

PA-13排水路面在四川地区公路工程中的应用，需结合当地多雨气候、山区地形特点，从原材料管理、施工工艺控制、施工过程管理三个方面加强管控，突破质量控制难点。本文依托四川地区某高速公路工程，提出的优选原材料技术控制要求、拌和及运输控制方法、精准摊铺压实工艺参数、接缝及边缘防水措施等排水路面施工关键技术，以及材料全流程管控、施工动态监测等过程管理措施，有效解决了PA-13排水路面施工中的混合料离析、渗水及压实度不足等问题。工程实践表明，通过采取上述关键技术与管理措施，PA-13排水路面可实现渗水系数不低于5 000 mL/min、压实度不低于98%的质量目标，通车后雨天行车安全与路面耐久性显著提升。未来，在四川地区类似排水路面工程中，可结合不同雨量区域进一步优化混合料级配，同时引入智能化监测设备如无人机巡检，推动PA-13排水路面施工质量控制向更精准、更高效的方向发展，为山区多雨地区公路工程建设提供技术支撑。

### 参考文献：

- [1] 谢房军.公路路面施工中的沥青混合料摊铺技术优化[J].汽车周刊,2025(04):89-90.
- [2] 朱乘,张廷睿.沥青混合料面层施工技术在公路路面修复养护施工中的应用要点[J].运输经理世界,2023(15):121-123.
- [3] 常晋妹.公路排水性沥青混凝土路面施工技术研究[J].交通世界,2023(11):47-49.
- [4] 沈安琪.PAC-13排水路面在南方多雨地区高速公路“零坡段”的应用[J].广东公路交通,2021,47(05):5-10.
- [5] 吴方生,朱浩然,段少婵,等.排水沥青路面施工全面质量管理控制[J].交通世界,2021(19):23-25,35.