

超宽路面排水施工技术优化与排水效能研究

崔秀鑫

(四川省交通建设集团有限责任公司, 四川 成都 610041)

摘要 针对山区超宽路面汇水面积大、排水路径长及暴雨引发的积水、冲刷等病害, 本文依托四川某公路改扩建工程, 探讨优化纵向排水沟、路肩排水构造及路面协同施工技术, 配套改进粘层油封水与精准开槽工艺, 以期同类工程的排水系统设计与施工提供实践参考。结果表明, 优化后的排水体系可有效缩短积水滞留时长, 增加排水性能, 适配山区复杂降雨条件与超宽路面结构特性。

关键词 超宽路面; 排水施工; 内侧排水系统; 路肩沟排水系统; 路面结构

中图分类号: U417.3

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.24.037

0 引言

山区公路改扩建进程中, 双向多车道超宽路面应用场景持续增多, 这类路面采用双幅左右同步拓宽形式时, 单幅横向跨度大幅增加, 汇水范围较常规路面显著扩大。西南山区降雨集中且短时暴雨强度大, 平缓纵坡与宽幅路面组合下, 雨水难以及时排离路面, 易形成持续积水, 不仅会造成路面水毁、基层冲刷, 还会引发路肩软化、路基边坡滑塌等问题, 既影响高速行驶安全, 也会大幅缩短道路服役寿命^[1]。现有排水技术多适配常规宽度路面与单幅拓宽场景, 针对双幅左右同步拓宽超宽路面的特殊排水需求, 存在结构适配性不足、施工工艺针对性不强的问题。因此, 聚焦双幅超宽路面排水核心痛点, 结合工程实际优化排水系统构造与施工技术, 成为保障山区公路改扩建后通行安全与结构耐久性的关键议题。

1 工程概况

四川地区降雨量大且时空分布不均, 夏季短时暴雨频发, 山区公路双幅拓宽超宽路面因单幅汇水面积大、横向排水路径长, 易出现路面积水、路基冲刷等病害。本文依托四川某山区公路改扩建工程, 该路段全长 2.3 km, 既有路面为双向 4 车道, 原左右单幅路面宽度均为 11.75 m, 本次采用双幅左右同步拓宽方案, 左右两幅分别向外侧对称加宽, 拓宽后单幅路面宽度达 19.25 m, 全线形成双向 8 车道超宽路面结构。路中设置中央分隔带, 曲线段已在中央分隔带内布设纵向排水沟, 属于典型双幅拓宽超宽路面工程。

2 超宽路面排水施工技术优化方案

2.1 内侧排水系统优化

针对左右两幅路面横坡“0”断面(路面最低处)与中央分隔带衔接处的排水需求, 采用双幅对称开槽引流方案。沿左右两幅路面内侧边缘(横坡分水线), 分别向中央分隔带既有纵向排水沟端头进行纵向开槽, 排水沟端头沟壁同步开槽, 开槽尺寸与纵向开槽保持一致, 以此将两幅路面内侧断面的水流拦截并引流至中央分隔带原纵向排水沟, 防止纵向汇水在路面内侧聚集造成路面积水^[2]。

沟槽断面采用 10 cm×10 cm 矩形形制, 左右两幅开槽同步施工, 开槽完成后, 采用高压风枪清理槽壁及底部浮渣, 待基面洁净干燥后, 以喷涂法均匀涂布改性乳化沥青粘层油, 涂布量控制在 0.3 kg/m² 左右。粘层油涂布后静置 2 h, 待破乳完成再进行后续回填工序, 确保回填材料与槽壁紧密贴合, 无空隙残留。铣刨开槽过程中, 设备保持匀速行走, 确保槽壁垂直、底部平整, 无松散土体或台阶状缺陷, 开槽产生的碎屑实时清理, 避免堵塞排水通道。

针对中央分隔带混凝土护栏阻断横向水流的问题, 沿左右两幅护栏底座边缘分别开槽, 开槽宽度与深度均按 10 cm×10 cm 控制, 并与中央分隔带原纵向排水沟连通, 将拦截的水流有序导入既有排水系统, 后续封水与回填工艺与上述要求保持一致。

2.2 路肩沟排水系统优化

针对左右两幅路面外侧边缘, 重构对称布设的“路肩沟”排水构造, 为每幅路面分别构建“路肩沟+横

作者简介: 崔秀鑫(1988-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 工程管理。

向导水槽+路侧边沟”的独立完备排水体系，左右两幅同步施工、同步成型，确保排水路径无断口、无阻滞。

1. 纵向路肩沟布设：沿左右两幅超宽路面外侧边缘，分别布设纵向排水沟槽（简称“路肩沟”）。鉴于改造范围包含既有路面病害铣刨重铺段与路面加宽段，为避免排水沟槽纵向上形成断口、阻碍水流衔接，待左右两幅加宽路面铺筑完毕后，采用铣刨设备沿两幅加宽路面外侧纵向延伸同步开槽，形成通畅的纵向排水廊道^[3]。

2. 横向导水通道施工：对左右两幅路面外侧的土路肩，同步开展横向开槽作业，形成分别连接对应路肩沟与路侧边沟的导水通道。开槽深度与对应路侧纵向排水沟槽深度严格一致，确保水流顺畅导入，无高差阻隔。开槽完成后即刻实施硬化平整处理，硬化材料与槽壁充分黏结，无空鼓现象。

3. 路侧边沟设置：沿左右两幅路面外侧边缘，分别布设路侧纵向排水边沟，沟槽净宽40 cm，最小深度40 cm并根据路面纵向坡度动态调整，沟壁同步开设10 cm×10 cm矩形断面槽口，并与横向导水通道顺接。

4. 接口处理：左右两幅路肩沟与各横向导水槽的接口处，槽壁均做轻微倒角处理（倒角半径不大于2 cm），槽口边缘打磨光滑，避免水流冲击产生涡流。开槽作业时由人工配合小型设备修整，确保所有槽壁垂直、槽底水平，无局部塌陷或凸起。

左右两幅路面均保留3%单向横坡，坡面平整无注点，确保水流沿坡面自然流向外侧路肩沟。硬化土路肩表面做拉毛处理，增加表面粗糙度，与路面衔接处无明显高差。

2.3 路面结构协同优化

对左右两幅路面病害路段全断面同步实施铣刨作业，铣刨深度统一控制在5 cm左右，铣刨完成后同步重铺PA-13沥青面层。路面摊铺前，优先完成左右两幅内侧纵向排水沟槽与外侧路肩沟的施工，确保排水系统成型后再开展路面摊铺作业，避免路面施工对排水构造造成破坏。

3 排水施工关键施工技术要点

3.1 改性乳化沥青粘层油封水施工

左右两幅路面所有排水槽体成型后，即刻同步启动基面处理工序，采用高压风枪持续吹扫槽壁与槽底，风压调节至适宜区间，将浮尘碎渣彻底清除，确保基面呈现洁净干燥状态。随后采用低压喷涂设备，沿槽体匀速移动施涂改性乳化沥青粘层油，喷枪枪口距槽壁保持30 cm间距，施涂量稳定在 $0.3\text{ kg/m}^2 \sim 0.5\text{ kg/m}^2$ ，

确保油膜均匀包覆槽壁与槽底，无流淌、无露底、无气泡。

在喷涂过程中，操作人员沿槽体往返检查，用吸水试纸轻触油膜，试纸吸附均匀即符合要求，若出现露底区域，即时补涂。油膜施涂完毕，静置等待破乳，周期控制在2 h~4 h，此期间槽体上方覆盖土工布，边缘用石块压实，防止外界粉尘、杂物污染油膜，槽口周边5 m范围内设置警示围挡，禁止人员车辆靠近。破乳状态通过视觉观察与轻触判断，油膜表面失去黏性、呈现暗褐色时，即可开展沟槽回填或硬化工序，作业时采用小型工具轻放材料，避免直接撞击槽壁油膜^[4]。

3.2 精准开槽工艺

左右两幅路面排水沟槽开槽作业同步推进，采用小型履带式铣刨机沿设计路线匀速推进，人工手持平头钢钎跟进修整，槽体宽度与深度均锁定10 cm，铣刨机行走速度控制在1.2 m/min，避免过快导致槽壁出现锯齿状痕迹。人工用2 m长铝合金靠尺紧贴槽壁检查垂直度，若缝隙超1 mm，立即用钢钎凿除突出部分，确保槽壁与水平面呈垂直状态，槽底用水平尺找平，无高低起伏的台阶状缺陷。

槽内碎屑随开随清，每开槽3 m即停止铣刨，人工用铁铲将碎屑装入密封袋，转运至场外指定堆放点，防止碎屑残留堵塞排水通道。左右两幅路肩沟开槽完毕后，紧随其后进行土路肩硬化处理，做到开槽一段、硬化一段，硬化材料与槽壁充分黏结，无空鼓现象。开槽完成后若暂不进行下道工序，槽口须覆盖厚质塑料薄膜，边缘用土压实，阻挡雨水灌入。铣刨机刀片刃口磨损超2 mm时，及时停机更换，保证开槽切面平整；槽体转角处，先铣刨出大致轮廓，再用角磨机精细打磨^[5]。

3.3 路面与排水协同施工

排水相关工序全程前置，左右两幅内侧纵向排水沟槽与外侧路肩沟的槽体成型、粘层油施涂全部完成后，方可开展路面摊铺作业。沟槽内铺设透水混凝土作为排水基层。

透水混凝土采用分层浇筑并振捣密实，每层厚度控制在5 cm，用小型电动夯实机沿槽壁两侧对称压实，确保回填层密实度达标，与槽壁无松动空隙。左右两幅沟槽回填完结后，同步启动排水工序验收，纵向排水沟沿槽体轴线方向每隔5 m设置一个注水点，水位稳定在5 cm处，观察10分钟无明显渗漏、无积水滞留；横向导水槽逐槽注水检验，以同样水位标准观察，确保水流能顺畅导入纵向沟，同时检查所有槽口边缘无破损、无松动，即为合格。

摊铺机进场前完成调试,熨平板温度预热至 160 °C,振动频率调节至 50 Hz 以适配 PA-13 混合料特性,行走速度设定为 2 m/min ~ 3 m/min,确保左右两幅路面摊铺连续性。检测人员手持水准尺与楔形塞尺,随摊铺机同步移动,每 5 m 设置一个检测点,精准把控单幅 3% 横坡坡度,确保坡面与槽口衔接无错台、无高差。

坡面与槽口衔接处,先用热喷枪加热至 60 °C,再用热沥青混合料填补,竹制刮板刮平至与路面齐平。混合料运输车与摊铺机保持 1 m 间距缓慢卸料,专人指挥均匀布料。路面碾压环节,压路机采用先轻后重的碾压顺序,初始碾压速度控制在 2.5 km/h,避开槽口位置先碾压路面主体,再沿槽口边缘进行侧向轻压,防止压实过程中破坏排水构造。碾压后再次核查左右两幅路面坡面与槽口衔接处,若出现细微沉降,及时用热混合料补平,确保整个路面坡面顺畅,水流能沿设计路径快速汇入排水沟槽,无局部阻滞情况。

4 排水效能监测与分析

4.1 监测方案

为全面评估双幅拓宽后排水系统的实际运行效能,本次监测采用定点自动监测与人工巡查相结合的方式,构建左右双幅对称、多维度全覆盖的监测体系,具体方案如下:

1. 监测断面与设备布设。选取纵坡 0.3%、横坡 3% 的超宽路段作为核心监测断面,该路段单幅汇水路径长、纵坡平缓,是全线排水条件最不利的典型段落。在左右两幅路面按 20 m 间距交错布设积水深度传感器与流量监测装置,传感器探头嵌入路面表层下 2 cm 处,顶部与路面齐平,周边采用环氧砂浆黏结固定;流量监测装置分别安装于左右两幅路肩沟出口端部与中央分隔带纵向排水沟出口,实时采集水流速度与断面面积数据。同时,在三处典型路段设置辅助监测断面,对比不同纵坡、不同加宽宽度下左右两幅路面的排水效能差异。

2. 监测周期与数据采集。监测时段集中在 6 月—8 月夏季主汛期,当气象站实测降雨强度达到 50 mm/h 及以上时,系统自动启动监测。每次监测从降雨前 10 分钟开始设备预热,降雨过程中持续记录,直至雨停后 30 分钟结束,重点采集左右两幅路面的积水深度、排水流量及积水停留时长等关键指标。

3. 常态化人工巡查。每周开展两次全线徒步排查,巡查路线覆盖 2.3 km 试验路段左右两幅路面,每 500 m 设置一个排查节点。采用精度 0.1 cm 的标尺测量边坡

冲刷沟尺寸,对基层渗水点位进行定位标记并拍摄影像资料。

4. 设备校准与质量控制。每半月对监测设备进行一次全面调校,积水深度传感器通过标准水位容器比对校准,流量监测装置与便携式流量计同步测试,确保监测数据的准确性与可靠性。

4.2 效能验证

经主汛期连续三个月现场监测,优化后的双幅对称排水系统各项运行指标均满足设计要求,左右两幅路面排水效能均衡,无明显差异。暴雨工况下,左右两幅路面积水峰值最大为 4.2 mm,低于 5 mm 安全阈值,积水自形成至完全消退仅用时 12 min,较优化前消退速率提升 38%,大部分路面区域无明显积水滞留。改性乳化沥青封水效果显著,左右两幅路面基层土样含水率平均下降 32%,基层渗水点位减少 90%。左右两幅路肩沟峰值流量均达 1.2 m³/min,汇水效率较优化前提升 45%,沟内无泥沙淤积、无堵塞情况,完全达到设计预期目标。

5 结束语

本研究依托四川山区公路双幅左右同步拓宽工程实例,针对超宽路面排水核心难题,构建了双幅对称布设的立体排水体系,优化了粘层油封水、精准开槽、路面协同施工等关键施工技术,有效解决了双幅超宽路面积水滞留、路基冲刷等核心问题,形成了可复制、可落地的标准化施工技术方案。未来可结合智能监测技术实现排水系统动态调控与病害预警,持续提升超宽路面排水体系的耐久性与施工便捷性,为公路工程排水技术升级提供更丰富的实践路径。

参考文献:

- [1] 吕勇.高速公路大空隙排水沥青路面施工技术研究[J].四川建材,2023,49(01):83-84.
- [2] 魏昨.公路工程排水沥青路面施工技术分析[J].科学技术创新,2024(18):165-168.
- [3] 罗东鑫.高速公路路基路面排水施工设计[J].国际建筑学,2024,06(04):37-39.
- [4] 王斐.探究高速公路路基路面排水施工技术[J].四川建材,2023,49(06):102-104.
- [5] 朱勇强,李连生,陈嘉成,等.排水沥青路面超渗流行为时空分布规律的试验研究[J].公路交通科技,2024,41(03):9-18.