

浅谈关于现浇 C20 砼凸形路肩板在高速公路地表排水中的场景应用研究

朱卫峰

河南平正高速公路发展有限公司 河南 驻马店 463400

摘要: 针对高速公路边坡养护中土路肩硬化与地表排水功能分离导致的施工效率低、结构耐久性不足等问题, 本文以2025年平正高速边坡专项养护工程为依托, 结合实际工况, 对沥青砂拦水带、砖砌拦水带与C20砼凸形二合一拦水带方案进行对比分析。研究表明, C20砼凸形路肩板通过将路肩硬化与拦水带功能集成, 采用现浇工艺实现一次性成型, 既保障了交安设施恢复精度, 又提升了地表排水效率与结构耐久性。工程实践显示, 该方案可使路肩抗冲刷能力提升40%以上, 施工成本降低39.92%, 为高速公路地表排水系统养护升级提供了可行的技术路径和实践参考, 具有较强的工程应用价值和推广前景。

关键词: 现浇C20砼; 凸形路肩板; 地表排水; 功能集成

引言

在交通强国战略的推动下, 我国公路建设成效显著, 截至2025年底, 全国高速公路超过19万公里, 这些数据反映了我国交通基础设施建设的持续发展与规模扩张。高速公路作为我国交通运输体系的核心组成部分, 其通行安全性和耐久性直接关系到交通运输效率和人民群众生命财产安全^[1]。其地表排水系统是保障路基边坡稳定、延长道路使用寿命的核心设施, 主要用于排出路面的地表径流, 防止雨水渗透路基、冲刷边坡, 避免引发路基沉降、边坡坍塌等病害。传统养护模式中, 路肩硬化与拦水带施工多为独立工序, 现浇沥青砂拦水带高温易软化、低温易开裂; 砖砌拦水带整体性差且易被雨水冲刷坍塌, 二者分离施工还会导致交安设施恢复精度不足, 难以匹配建设期设计标准。

随着我国高速公路养护需求从“修复病害”向“提质增效”转型, 探索功能集成化的养护技术成为行业趋势。本文依托2025年平正高速边坡专项养护工程, 提出“凸”字形路肩板二合一创新方案, 通过优化拦水带位置与施工工艺, 实现路肩硬化与地表排水功能的深度融合, 为同类工程提供技术参考。

1 现浇C20砼的材料特性

现浇C20砼作为本次方案的核心材料, 其性能适配高速公路路肩与拦水带的工况需求, 主要特性如下:

1.1 力学性能适配性

根据规范要求, C20砼抗压强度标准值 $\geq 20\text{MPa}$, 抗折强度 $\geq 2.5\text{MPa}$ 。经实验室检测, 抗压强度均值为 22.3MPa , 抗折强度均值为 2.8MPa , 均高于规范标准。同

时, C20砼的弹性模量适中, 具有一定的韧性, 能够适应少量的路基沉降, 避免出现刚性断裂。

1.2 耐久性优势

路肩板和拦水带长期暴露在自然环境中, 面临着水侵蚀、冻融循环、高温暴晒等多种不利因素的影响。现浇C20砼具备较强的抗冻融性能、抗渗性能与抗风化能力。C20砼的密实度较高, 能够有效阻止雨水渗透引发路基沉降、掏空等病害, 抗渗等级可达P6以上; C20砼表面坚硬, 能够抵抗风吹、日晒、雨淋等自然因素的风化作用。

1.3 施工可塑性强

通过合理调整配合比, 能够具备良好的流动性与可塑性, 坍落度控制在120~140mm之间, 既能满足吊模现浇工艺的施工要求, 便于砼在模板内均匀流淌、填充密实, 准确成“凸”字形结构一次性成型^[2]。同时, 在浇筑过程中能够与护栏立柱紧密贴合, 包裹效果良好, 有效保障了路肩板与拦水带的整体性, 避免出现缝隙导致雨水渗漏。此外, 凝结时间可控, 能够根据施工环境温度调整外加剂掺量, 确保施工过程有序进行, 避免因凝结过快导致施工困难, 或凝结过慢影响施工进度。

1.4 经济性显著

现浇C20砼的原材料来源广泛、成本稳定。同时, 施工工艺成熟, 无需复杂的施工设备, 采用常规设备即可完成施工。后期维护仅需局部修补, 全生命周期成本优势明显。

2 施工技术方案比选与工艺设计

2.1 三种拦水带方案优缺点比选

为确定最优技术路径, 结合工程实际工况, 遵循“技

术可行、经济合理、安全可靠、便于维护”的原则，结合以往同类工程的施工经验。对沥青砂拦水带、砖砌拦水带与C20砼凸形二合一拦水带进行多维度综合考虑及全面对比分析，如下表所示：

表1：拦水带施工方案比选分析

方案类型	结构整体性及耐久性	施工效率及交安兼容性	综合成本	适用场景
沥青砂拦水带	沥青砂拦水带设置于硬路肩边缘，与路面形成结构整体性，耐久性较好	机械滑模现浇施工，施工效率高，但拦水带内侧面与护栏立柱面会有20cm-30cm距离，与交安设施兼容性一般。	施工过程中沥青砂混合料由于降温结块导致材料浪费大，施工成本较高，综合单价45-50元/米	适用与护栏提升改造同步施工，单独施工会导致护栏高度不足。
砖砌拦水带	砖砌拦水带一般设置硬路肩与路肩板纵向接缝位置，结构整体性及耐久性较差	人工砖砌，施工效率低，且拦水带内侧面与护栏立柱面会有15-20cm距离，与交安设施兼容性一般	所用空心砖及砂浆难以精准把控，导致施工浪费大，综合单价10-15元/米	主要用于汛期临时应急处置，施工后会致护栏高度不足。
C20砼凸形二合一拦水带	与路肩板一次性现浇成型，结构整体性及耐久性较好	现浇施工，施工效率较高，且将护栏立柱包裹并预留规范保护层，与交安设施兼容性较好。	可根据施工长度精准把控用量，施工基本无浪费，综合单价15-20元/米	可按养护需求长期养护，单独施工，且不改变交安设施标准

通过以上方案对比优化分析，现浇C20砼凸形二合一拦水带方案在结构整体性、耐久性、施工效率、交安兼容性等方面均具有明显优势，综合成本合理，完全适配工况需求，因此确定该方案为本次工程的最优施工技术方案。

2.2 凸形二合一拦水带施工工艺

结合本次工程的实际工况和设计优化要求，采用现浇施工工艺，核心思路是通过定制模板固定成型，将路肩板与拦水带一次性现浇，合理包裹护栏立柱并预留3cm厚保护层，严格控制施工精度和砼施工质量，确保结构成型美观、功能完好。具体流程如下：

2.2.1 施工准备

清理路肩基底杂物及腐蚀土，将土路肩下沉位置回填5%水泥土夯实，将基底整体平整、干净，预留路肩板8cm厚度，测量定位放线，明确拦水带与护栏立柱的相对位置，确保立柱面与拦水带左侧立面预留3cm厚保护层。同步拆除护栏板，调整立柱高度及线形，确保立柱埋入深度及护栏高度符合建设期设计标准^[1]。

2.2.2 模板安装

采用定制模板，通过钢筋与方木组合固定模板，确保支撑牢固、稳定，模板高度匹配拦水带10cm高度x15cm宽度，确保“凸”形结构成型精度；模板安装完成后及时进行复核，检查模板的牢固性，确保无松动、位移现象；模板底部夯填密实，防止浇筑过程砼漏浆。

2.2.3 砼浇筑与振捣

采用商品C20砼，检查砼的和易性、均匀性，确保无离析、泌水现象。浇筑时从一端向另一端连续推进，速度均匀填充至模板内，避免出现断缝；插入式振捣棒分层振捣，直至砼表面不再下沉、不再冒出气泡、表面呈现浮浆为止，确保砼密实无空洞；振捣后用抹子收面，保证拦水带表面平整度。

2.2.4 养护与交安恢复

浇筑完成后覆盖土工布或薄膜保湿养护 ≥ 7 天，养护期间严禁车辆碾压、人员踩踏，避免结构受损。待砼强度达到设计值的80%后拆除模板；同步恢复护栏板安装，因立柱已被砼包裹且预留保护层，护栏稳定性与建设期设计标准完全匹配。

3 关键技术要点

3.1 拦水带位置优化技术

将拦水带从传统路肩板边缘移至路肩板上部中部，既避免了边缘位置受行车荷载冲击易损坏的问题，又保障了护栏立柱安装精度，使交安设施恢复后完全符合建设期设计要求。

3.2 一次性现浇成型技术

凸形路肩板采用一次性现浇工艺，是实现路肩硬化与地表排水功能二合一的核心技术，消除了路肩板与拦水带之间的接缝，避免了接缝处雨水渗漏引发的路基冲刷病害，提升了结构整体性。

3.3 定制模板精度控制技术

采用定制专用模板，安装平整度误差控制在2mm以内；砼浇筑过程中安排专人监测模板位移，确保拦水带断面尺寸（15cm×10cm）偏差 ≤ 5 mm。

4 实证分析——以2025年平正高速边坡专项工程为例

4.1 工程背景

平正高速地处洪河、汝河冲积平原微丘区，地势低平，路基工程型式为填方路堤。建设期主线为自由分散排水形式，年均降雨量850~980mm，随着运营期年数增多，长期受汛期雨水冲刷和极端天气双重作用下，路肩下沉、掏空、冲刷较为严重，局部点位坡面形成连续冲槽导致边坡变形严重，土路肩普遍低于路面20~30cm，造成立柱裸露、倾斜及防撞性能降低，已不满足建设期设

计要求,严重影响路基牢固稳定性,存在较大的安全隐患,亟需专项养护。

4.2 方案优化实施

针对新增现浇拦水带,为确保交安设施恢复后符合建设期设计标准,拦水带位置由路肩板边缘移至路肩板上部中部,拦水带施工方案由现浇沥青砂拦水带优化为

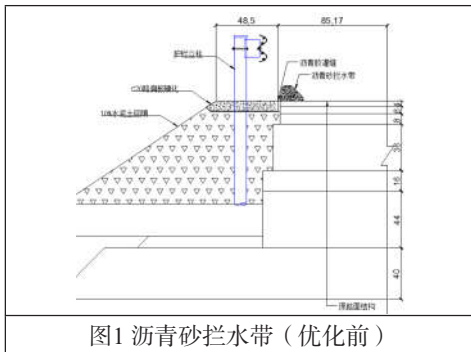


图1 沥青砂拦水带(优化前)

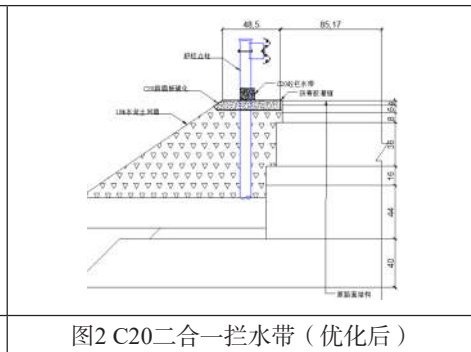


图2 C20二合一拦水带(优化后)

4.3 效果验证

排水效果:通过2025年雨季(6-9月)现场监测,共监测暴雨天气8次(日降雨量 $\geq 50\text{mm}$),其中大暴雨天气2次(日降雨量 $\geq 100\text{mm}$)。凸形二合一拦水带对地表径流的收集效率达95%以上,能够快速收集路面、路肩的地表径流,通过泄水口排出。有效避免了雨水沿边坡漫流导致的冲刷病害;对比传统方案,边坡冲刷量减少60%,路肩无积水现象,即使在日降雨量120mm的大暴雨天气后,路肩表面仍无明显积水,边坡无新的冲刷痕迹,排水功能完全达标。

结构稳定性:砼强度回弹检测显示,拦水带28天抗压强度均值为22.3MPa,最小值为20.5MPa,最大值为24.1MPa,均满足C20砼的设计要求($\geq 20\text{MPa}$),强度合格率达100%。检测结果显示,结构外部成型美观,结构内部密实度良好,路肩板与拦水带、护栏立柱的衔接紧密,整体性优良。

耐久性评估:经6个月服役期观测,拦水带表面无开裂、脱落、粉化现象,表面平整、光滑;在 -5°C 低温环境下,砼未出现冻融损伤、表层剥落等现象,抗冻融性能优良;经过多次暴雨冲刷后,结构无破损、坍塌,排水功能始终保持完好。

经济效益:本次工程共实施该方案8713延米,施工成本较现浇沥青砂方案降低39.92%,节约养护成本5.65万元,后期维护仅需局部修补,全生命周期经济效益显著,经济性合理,符合高速公路养护工程经营期全口径处治最优原则要求。

社会效益:施工过程中无污染物排放,护栏立柱防撞性能与抗冲击、抗侵蚀能力显著提升。由于拦水带位置优化,雨天可将道路积水面整体向硬路肩方向移动30cm以上距离,有效减少道路湿滑引发的交通事故,保障高

速公路通行安全,提升道路通行稳定性,其创新应用为行业提供新型路肩地表排水修复方案。

速公路通行安全,提升道路通行稳定性,其创新应用为行业提供新型路肩地表排水修复方案,实证分析结果表明,现浇C20砼凸形二合一拦水带方案完全适配该路段的工况需求,施工工艺成熟、可行,实现路肩硬化与地表排水功能二合一,排水效果、结构稳定性和经济性均达到预期目标,为同类高速公路地表排水养护工程提供了宝贵的实践经验。

5 结束语

现浇C20砼凸形路肩板二合一方案通过功能集成与工艺创新,有效解决了高速公路路肩硬化与地表排水分离的行业痛点。该方案不仅提升了排水系统的耐久性与可靠性,还保障了交安设施的恢复精度。随着我国高速公路养护需求的持续增长,以及绿色交通理念的不断深入,现浇C20砼凸形路肩板技术还有进一步优化和提升的空间。未来可进一步探索新型外加剂对其抗裂性能、耐久性能和环保性能的优化,进一步延长结构使用寿命,降低养护成本。同时,建议加强该技术在不同气候、不同工况路段的推广应用,积累更多的工程实践经验,不断完善施工工艺和质量控制标准,为我国高速公路养护工程的提质增效提供有力支撑,推动高速公路养护技术向功能集成化、施工标准化方向发展。

参考文献:

[1]王军.高速公路路肩排水系统病害分析与养护对策[J].公路交通科技(应用技术版),2022,18(5):345-347.
 [2]李刚.现浇砼拦水带在高速公路边坡养护中的应用研究[D].长安大学,2020.
 [3]张磊.高速公路交安设施养护与恢复技术研究[J].交通世界,2023(12):142-144.