

# 高速公路分隔带排水设计对路面病害影响研究

洪江<sup>1</sup> 甄荣<sup>2</sup> 兰波<sup>3</sup>

1. 中交北疆工程咨询有限公司 内蒙古呼和浩特市 010000;

2. 内蒙古自治区交通建设工程质量监督站 内蒙古呼和浩特市 010000;

3. 乌兰察布市交通建设工程质量检测鉴定站 内蒙古乌兰察布市 012000

DOI:10.32629/ems.v8i3.18698

**[摘要]** 高速公路分隔带作为道路系统的重要组成部分,其排水设计合理性直接影响路面结构稳定性与使用寿命。本文以分隔带排水设计与路面病害的关联性为核心,系统分析分隔带排水设计的主要类型、影响因素,深入探讨排水不畅引发路面病害的作用机制,结合现有研究成果与工程实践,提出优化排水设计的技术建议,为高速公路防排水系统设计及路面病害防治提供理论参考与实践指导。

**[关键词]** 高速公路;分隔带;排水设计;路面病害;结构稳定性

## 一、引言

随着我国高速公路网的持续完善,路面耐久性与通行安全性成为交通工程领域的核心关注问题。路面病害不仅影响行车舒适性,更可能引发交通安全事故,增加养护成本。研究表明,水是导致路面病害的关键诱因之一,而分隔带作为路面雨水汇集与排泄的重要通道,其排水设计缺陷易导致雨水滞留、下渗,破坏路面结构层完整性。高速公路建设中,分隔带排水设计常因地形条件限制、设计理念偏差或施工质量问题被忽视,导致雨水无法及时排出,在路面结构内部形成积水。长期作用下,路面基层强度下降、沥青面层剥落、水泥混凝土板底脱空等病害频发。基于此,明确分隔带排水设计参数与路面病害的量化关系,完善高速公路防排水系统设计理论体系,针对不同路况提出科学合理的分隔带排水设计方案,为工程设计、施工及养护提供技术依据。

## 二、高速公路分隔带排水设计相关理论

### (一) 分隔带功能与排水设计原则

分隔带核心功能除引导交通、保障行车安全外,还承担着路面雨水收集、排泄的重要功能,同时需要兼顾绿化养护、管线铺设等辅助需求。根据《公路排水设计规范》(JTG/TD33-2012),分隔带排水系统需通过系统化设施拦截、汇集和排除地表水与地下水,保障公路结构稳定与通行安全。其功能实现需结合特殊地质条件进行专项处理,如在饮用水源保护区等敏感区域设置沉淀池、事故应急池等环保设施,在膨胀土路段加密地下排水设施至15-20米间距。

排水设计基本原则:

#### 1. 及时性

确保雨水在路面形成径流后快速排出,避免滞留。要求降雨强度达50年一遇时仍能维持道路通行功能,通过沟底纵

坡引导径流排出路界,其中边沟深度通常为0.4-1.5米,排水沟纵坡允许偏差 $\pm 0.5\%$ 。

#### 2. 有效性

防止雨水下渗至路面结构层及路基,保护结构稳定性。

采用组合使用地下渗井与地表边沟形成冗余排水路径,渗沟渗透系数需 $< 10^{-1} \text{ cm/s}$ ,混凝土边沟抗压强度 $\geq \text{C20}$ ,石材砌体砂浆标号 $\geq \text{M7.5}$ 。

#### 3. 适应性

结合区域降雨量、地形地貌、路面类型等条件差异化设计。多雨地区采用暗管排水结合透水垫层复合系统,严寒地区排水管道需埋设于冻深线以下并采用保温材料包裹,陡坡路段设置截水沟与急流槽,平原低洼路段抬高分隔带高程确保排水坡度不小于1.5%。

#### 4. 经济性

在满足排水要求的前提下,优化设计方案,控制建设与养护成本。优先利用地形自然排水减少人工设施建设长度,选用高强度、耐腐蚀的排水管材提高管道使用寿命,检查井间距 $\leq 50$ 米以降低维护成本。

### (二) 分隔带排水设计主要类型

根据排水方式与结构形式,常见设计类型分为以下三类:明沟排水系统通过在分隔带边缘设置开口式排水沟,直接汇集路面径流并排出,适用于降雨量较小、地形平缓的路段,具有结构简单、施工便捷的优势,但易受杂物堵塞,影响排水效率;暗管排水系统在分隔带内部铺设透水软管或PVC管,结合集水井收集雨水并通过地下管网排出,该类型排水隐蔽性强、不易堵塞,适用于降雨量较大、地形复杂的路段,但施工工艺要求较高,建设成本相对较高;渗透式排水系统利用分隔带内种植土、透水垫层等多孔介质,使雨水下渗后通

过地下渗流排出或补给地下水,适用于生态环保要求较高、地下水位较低的路段,可减少径流污染,但需注意防止土壤流失导致的排水失效。

### (三) 排水设计关键影响因素

气候条件: 区域的降雨量、降雨强度以及分布特征, 直接对排水系统的设计流量起到决定性作用。例如, 在多雨地区, 需增大排水断面的尺寸, 在严寒地区, 则需考虑冻融循环对排水结构造成的破坏。地形地貌: 坡度较大的路段容易形成高速径流, 因此需设置截水沟、急流槽等设施在平原地区, 需对排水坡度进行优化, 以避免雨水滞留。路面结构类型: 沥青路面与水泥混凝土路面在透水性能和结构强度方面存在较大差异, 需有针对性地设计排水方案。例如, 对于沥青路面, 需重点防止因雨水下渗而导致的基层软化问题。分隔带宽度与绿化形式: 宽分隔带可采用复合排水结构, 窄分隔带则需简化设计并确保排水效率, 绿化植物的类型会对雨水下渗速率产生影响, 需搭配透水性能良好的种植土。

## 三、分隔带排水设计对路面病害的影响机制

### (一) 路面病害主要类型及成因

高速公路常见路面病害包括裂缝、水损害、冻融破坏、车辙、板底脱空等。其成因复杂, 除交通荷载、材料老化、施工质量等因素外, 水的作用是核心诱因之一。雨水通过各种途径进入路面结构层, 破坏材料粘结性能, 降低结构承载力, 最终引发病害。

### (二) 排水不畅对路面病害的诱发路径

分隔带排水系统堵塞或设计流量不足时, 路面径流无法及时排出, 部分雨水通过路面裂缝、接缝或路缘石间隙下渗至基层。沥青路面中, 雨水侵入沥青与集料的界面, 破坏二者粘结力, 导致沥青剥落、混合料松散, 进而形成坑槽。水泥混凝土路面中, 雨水下渗至板底, 使基层材料软化、强度下降, 在行车荷载作用下产生板底脱空, 最终导致面板断裂。通过多孔介质渗流模拟发现, 分隔带排水不畅时, 路面结构内部积水停留时间可达72小时以上, 基层含水率较高, 显著降低了基层承载力。冻融破坏的加剧作用在严寒地区, 分隔带排水不畅导致的结构内部积水, 在冬季会经历冻融循环。水结冰时体积膨胀, 产生冻胀应力, 破坏路面结构的整体性, 春季气温回升, 冰体融化后形成孔隙水压力, 进一步加剧结构松散。研究表明, 排水不良路段的冻融破坏程度较排水良好路段高出2~3倍。裂缝的扩展与延伸分隔带排水不畅导致路面结构层含水率升高, 在温度变化作用下, 路面材料的收缩与膨胀变形加剧, 引发横向裂缝。同时, 积水产生的静水压力会使原有裂缝逐渐扩展延伸,

降低路面结构的抗疲劳性能。

### (三) 不同排水设计类型对路面病害的影响差异

目前, 高速公路分隔带排水系统主要有三种类型, 每种类型都有其独特的特点和适用场景, 对路面病害的影响也存在明显差异。明沟排水系统是一种较为传统且常见的排水方式, 其最大的优势在于施工便捷。施工人员在建设过程中, 无需复杂的技术和设备, 只需按照设计要求挖掘出合适的沟渠即可完成施工。然而, 这种排水系统也存在明显的弊端, 它非常容易堵塞。由于明沟直接暴露在外界环境中, 落叶、杂物等很容易掉入沟渠内, 随着时间的推移, 就会导致排水不畅。暗管排水系统则是一种相对先进的排水方式, 它具有效率高且隐蔽性强的特点。暗管排水系统通过地下管道将雨水迅速排出, 避免了雨水在路面的积聚, 从而有效减少了路面病害的发生。但是, 这种排水系统对施工质量的要求非常严格。在施工过程中, 管道的铺设必须保证坡度合适、连接紧密, 否则一旦出现漏水或堵塞等问题, 维修起来将非常困难。渗透式排水系统是一种生态环保的排水方式, 它利用土壤的渗透性能, 将雨水自然地渗透到地下, 补充地下水。这种排水系统不仅可以减少雨水对路面的冲刷, 还能起到净化水质的作用。然而, 渗透式排水系统对土壤渗透性的要求较高。如果土壤的渗透性较差, 就会导致排水不畅, 甚至可能引发路面积水等问题。因此, 在选择渗透式排水系统时, 需要对当地的土壤条件进行详细的勘察和分析。

## 四、工程案例

### (一) 案例概况

选取某高速公路改扩建工程路段(K120+000~K130+000), 该路段为双向六车道, 原中央分隔带宽度2m, 采用明沟排水设计, 排水沟宽30cm、深20cm, 坡度1.5%。路段所在区域年平均降雨量1200mm, 雨季集中在6~8月。改扩建前, 该路段路面出现多处横向裂缝、坑槽及板底脱空病害, 养护频率较高。

### (二) 病害原因分析

原分隔带明沟排水系统设计流量不足, 雨季时路面径流无法及时排出, 部分雨水下渗至基层。明沟易受落叶、杂物堵塞, 进一步降低排水效率, 导致结构内部积水。基层材料为水泥稳定碎石, 长期受水浸泡后强度下降, 在行车荷载与冻融循环作用下引发病害。

### (三) 排水设计优化方案及效果

将原明沟排水系统改造为暗管排水系统, 在分隔带中部铺设 $\Phi 160\text{mm}$ 透水软管, 间距5m设置集水井, 与道路两侧边沟相连; 分隔带表面铺设10cm厚透水砖, 底层铺设20cm厚

级配碎石透水垫层,提高雨水下渗与收集效率。优化后,路段排水效率显著提升,雨季路面无明显积水,结构内部含水率降低40%以上;经过2年观测,路面新增裂缝、坑槽数量较改造前减少75%,板底脱空现象得到有效控制,养护成本降低60%,验证了优化排水设计对路面病害防治的积极作用。

## 五、高速公路分隔带排水设计优化建议

### (一) 差异化设计方案

采用暗管排水结合透水垫层设计,增大排水管道直径与集水井密度,确保设计流量满足最大降雨量要求;分隔带表面采用不透水材料,减少雨水下渗。排水管道需埋设于冻深线以下,避免冻胀破坏。采用保温材料包裹管道,同时优化排水坡度,缩短雨水在结构内部的停留时间,减少冻融循环影响。陡坡路段设置截水沟与急流槽,防止高速径流冲刷路面;平原低洼路段抬高分隔带高程,确保排水坡度不小于1.5%,避免雨水滞留。

### (二) 材料与结构优化

选用高强度、耐腐蚀的排水管材,提高管道使用寿命;接口采用密封处理,防止渗漏。分隔带底层铺设级配碎石、透水混凝土等多孔材料,增强雨水下渗能力。表层根据绿化需求选择合适植被,搭配土工布防止土壤流失。与路面结构协同设计,在分隔带边缘设置防渗层,防止雨水下渗至路基。路面横坡设计应与分隔带排水方向一致,引导雨水快速汇入排水系统。

### (三) 施工与养护质量控制

在施工过程中,必须严格按照设计图纸进行精准施工。设计图纸详细规定了排水管道的各项参数。对于排水管道的坡度而言,要精确控制,因为合适的坡度能够确保排水的顺畅性,避免出现排水缓慢甚至积水的情况。埋深的控制同样关键,合理的埋深不仅能保证管道的稳定性,还能避免因外部因素对管道造成损坏。接口质量更是不容忽视,接口处如果密封不严或者连接不牢固,就会导致漏水现象的发生,影响排水系统的正常运行。在施工过程中,要格外注意避免管道堵塞。这就要求施工人员在施工操作时,严格遵守操作规程,防止杂物、建筑垃圾等进入管道。完工后,必须进行通水试验,通过通水试验可以全面检测排水管道的排水能力和连接的密封性,及时发现潜在的问题并进行整改。

为了确保排水系统长期稳定运行,需要建立定期养护机制。每年雨季来临之前,要对分隔带排水设施进行全面的清理工作。排水设施在长期使用过程中,会积累大量的杂物、

淤泥,这些杂物和淤泥会影响排水的速度和效率,甚至可能导致排水管道堵塞。因此,要仔细清理分隔带排水设施内的杂物、淤泥,保证排水通道的畅通。同时,要对管道进行详细地检查,查看管道是否存在破损、渗漏的情况。一旦发现管道有破损或渗漏,要及时进行修复,避免问题进一步恶化。此外,对于分隔带内的绿化植被也要进行合理的修剪。绿化植被的根系如果生长过于旺盛,可能会破坏排水结构,影响排水系统的正常功能。所以,要定期对绿化植被进行修剪,防止根系对排水结构造成破坏。

为了更高效地管理排水系统,采用智能化监测技术是十分必要的。可以在分隔带内科学合理地设置含水率传感器和流量监测装置。含水率传感器能够实时监测分隔带内土壤的含水率情况,通过对含水率数据的分析,可以了解排水系统是否能够及时有效地排除水分。流量监测装置则可以实时掌握排水管道内的水流流量,通过对流量数据的监测和分析,能够判断排水系统的运行是否正常。通过这些智能化监测技术,能够实时掌握排水系统的运行状态。一旦发现排水系统出现异常情况,如含水率过高、流量异常等,就可以及时发现并处理排水隐患,避免排水问题进一步扩大,保障排水系统的稳定运行。

## 结束语

综上所述,高速公路分隔带排水设计作为路面病害防治的关键环节,其系统性优化需贯穿规划、设计、施工与养护全生命周期。通过差异化设计适配复杂工况,采用新型材料与智能监测技术提升排水效能,强化施工质量管控与长期养护机制,可有效阻断水损害路径,延长路面使用寿命。

## [参考文献]

- [1]左文根,沈训龙,吴黎明.高速公路中央分隔带排水设计研究[J].合肥工业大学学报(自然科学版),2002,25(3):443-446.
- [2]付焱鑫,廖飞雨.高速公路改扩建工程中央分隔带排水设施优化设计[J].北方交通,2023(3):61-64.
- [3]曾革.高速公路路面防排水系统综合设计探讨[J].湖南城市学院学报(自然科学版),2004,13(2):27-28+40.
- [4]刘化学,陈炎,孟凡奇.基于多孔介质理论的高速公路中央分隔带雨水渗流规律研究[J].路基工程,2017(3):44-48.
- [5]宗韶华.高速公路排水设计方案研究[J].交通世界,2021(10):68-69.