

# 多雨地区路基水毁病害成因及整治措施

曹 浩 常云云

陕西煤业化工建设(集团)有限公司路桥分公司 陕西 西安 710021

**摘 要:**多雨地区路基水毁病害是制约公路路基耐久性的关键问题。本文围绕路基冲刷、沉陷、翻浆及滑坡四类主要病害,系统分析了气候水文、土体性质、结构设计及施工养护等方面的致病机理。研究表明,强降雨引发的地表径流冲刷与地下水位上升是病害发生的外部诱因,粉质土与黏质土的低透水性与弱水稳定性是内在根源,排水系统不完善与边坡设计不当是结构性缺陷,施工压实不足与养护缺失则加速了病害发展。在此基础上,提出了优化排水系统、改良填料与压实质量、完善边坡防护及加强日常养护等综合整治措施,为多雨地区路基水毁防治提供理论依据与技术支持。

**关键词:**多雨地区;路基水毁;病害成因;整治措施

**引言:**我国多雨地区分布广泛,年均降水量大且降雨集中,路基长期处于高含水率环境,水毁病害频发,严重影响公路通行安全与使用寿命。路基水毁病害涉及冲刷、沉陷、翻浆及滑坡等多种类型,其发生与气候条件、土体性质、结构设计及施工养护等因素密切相关。深入分析病害成因并制定科学有效的整治措施,对提升多雨地区公路路基耐久性具有重要工程价值。本文在系统阐述多雨地区路基水毁病害主要类型的基础上,从多维度剖析其成因机理,并提出相应的工程整治与养护管理对策,旨在为多雨地区路基水毁病害的预防与治理提供技术参考。

## 1 多雨地区路基水毁病害的主要类型

多雨地区路基水毁病害的表现形式多样,其发生与降雨强度、持续时间、路基结构形式及土体工程性质密切相关。常见病害类型主要包括以下四种:(1)路基冲刷。在持续强降雨条件下,地表形成大量坡面径流或沟谷水流,对路基边坡表面及坡脚部位产生持续性水力冲刷作用。水流携带泥沙对边坡表层土体进行剥离,同时在坡脚处形成淘蚀坑,导致边坡坡率变陡、稳定性下降,最终引发边坡局部坍塌乃至路基整体断截,严重威胁道路通行安全。(2)路基沉陷。降雨过后,地表水沿路面裂缝、接缝等薄弱部位渗入路基内部,使土体含水量持续增加、孔隙水压力升高、有效应力降低,土体抗剪强度与压缩模量显著下降。在车辆荷载反复作用下,路基发生不均匀塑性变形,路面表现为局部凹陷、纵向裂缝及横向开裂等病害。(3)路基翻浆。多雨季节地下水位持续上升,加之地表雨水大量下渗,路基上部土体逐渐趋于饱和状态<sup>[1]</sup>。冬季气温

降低后,土中水分冻结形成冰晶体,体积膨胀导致路面隆起;春季气温回升后,冻土层融化,土体含水量急剧增大、强度大幅降低,在行车荷载作用下形成翻浆病害,路面出现弹簧状变形与泥泞现象。(4)路基滑坡。雨水沿边坡裂隙或土体孔隙向内部持续入渗,使边坡土体含水量增大、重度增加,同时孔隙水压力升高导致有效应力降低,土体抗剪强度显著衰减。当边坡体内剪切应力超过抗剪强度时,边坡整体受力平衡被打破,沿潜在滑动面发生整体下滑,形成大规模滑坡病害,对路基结构造成严重破坏。

## 2 多雨地区路基水毁病害的成因分析

### 2.1 气候与水文因素

气候与水文条件是多雨地区路基水毁病害发生的首要外部诱因。(1)多雨地区年降水量大且降雨时空分布极不均匀,汛期常出现短历时强降雨,地表迅速形成大量坡面径流与沟谷汇流,水流流速快、动能大,对路基边坡表面及坡脚产生强烈的水力冲刷与淘蚀作用,直接破坏路基表层结构的完整性。(2)持续强降雨导致地表水大量入渗,地下水位持续上升,路基土体长期处于高含水率甚至完全饱和状态,土颗粒间的有效应力降低、黏聚力与内摩擦角显著衰减,土体抗剪强度与压缩模量大幅下降,进而诱发路基沉陷、翻浆等病害。此外,多雨地区降雨季节与气温的周期性变化相互叠加,加剧了土体内部的冻融循环效应,冰晶生长与融化反复作用导致土体结构松散、孔隙率增大,进一步削弱路基整体稳定性<sup>[2]</sup>。

### 2.2 路基土体性质因素

路基土体的物理力学性质是影响多雨地区水毁病害

发生与发展的核心内在因素。(1)多雨地区路基填料多为粉质土、黏质土等细粒土,该类土体颗粒粒径小、比表面积大,天然含水率偏高、孔隙比大,具有强保水性与弱透水性。雨水渗入后,由于渗透系数极低,水分难以在短时间内排出,土体迅速趋近或达到完全饱和状态。(2)在饱和工况下,粉质土与黏质土的有效应力显著降低,抗剪强度大幅衰减,压缩系数明显增大,在车辆动荷载与自重的持续作用下,路基极易产生不均匀沉降与翻浆病害。此外,部分路基填料中混有有机质杂质、软弱夹层,或施工阶段压实度未达设计标准,土体内部存在残余孔隙、微裂缝等结构性缺陷,雨水沿缺陷通道持续入渗,加速土体软化与强度劣化,进一步加剧水毁病害的发生与扩展。

### 2.3 路基结构设计因素

路基结构设计的合理性直接影响排水效能与整体稳定性,设计不当会导致雨水无法有效排出,进而诱发水毁病害。(1)排水系统设计不完善。部分路段缺乏边沟、排水沟、截水沟等必要排水设施,或已有设施的断面尺寸偏小、纵坡坡度不满足水力计算要求,导致排水能力不足,雨水无法及时排出路基范围,长期滞留于路面或渗入路基内部,加剧土体软化与强度衰减。(2)边坡坡度设计不当。边坡坡率过陡时,坡面径流流速加快,水流冲刷力集中,边坡受力不均,极易引发局部坍塌;坡率过缓时,雨水在坡面停留时间延长,入渗量增大,土体含水量持续升高,同样增加水毁风险。(3)路基高度设计不合理。若路基填筑高度偏低,雨季地下水位上升后易淹没路基下部,导致土体长期处于饱和状态,抗剪强度显著降低,在行车荷载作用下极易产生翻浆、沉陷等病害<sup>[3]</sup>。

### 2.4 施工与养护因素

施工质量控制不严与后期养护管理缺失,是加剧多雨地区路基水毁病害发生与发展的重要人为因素。(1)施工阶段,若路基填料的压实度未达规范要求,存在局部压实不均、漏压或欠压等质量缺陷,将导致路基土体孔隙率偏大、干密度偏低,雨水极易沿孔隙通道渗入路基内部。同时,边坡施工时坡面修整不精细,存在坑洼不平、表面裂缝等施工缺陷,降雨时坡面径流在缺陷部位汇集,形成局部冲刷,加速边坡结构破坏。(2)养护阶段,若未及时对路面裂缝、坑槽进行修补封闭,雨水将持续渗入路基内部;未定期清理排水设施中的淤积物与杂物,将导致排水系统堵塞失效,路基积水无法排出。此外,边坡植被在自然衰减或病害后未及时补植恢复,坡面失去植被根系的固土护坡作用,土体抗冲刷

能力显著下降,进一步加剧雨水对边坡的侵蚀破坏。

## 3 多雨地区路基水毁病害的整治措施

### 3.1 优化路基排水系统

完善的排水系统是预防和整治路基水毁病害的核心措施,其设计原则为“排、疏、导”相结合,通过地表排水与地下排水协同作用,及时将雨水排出路基范围,有效降低路基土体含水量,从根本上消除水毁病害的发生条件。(1)增设和完善各类排水设施。依据路基所处地形地貌、汇水面积及年均降雨量等条件,合理布设边沟、排水沟、截水沟等地表排水构筑物,确保其断面尺寸、纵坡坡度及连接方式满足排水能力要求,保证水流顺畅排出。对于地下水位较高或路基含水量持续偏大的区段,应设置渗沟、渗井、仰斜式排水孔等地下排水设施,有效截断地下水补给路径,降低地下水位,减少雨水向路基内部的入渗量。(2)优化排水系统的整体布局。截水沟应设置于路基边坡坡顶上方一定距离处,拦截坡面径流,防止雨水直接冲刷边坡表面;边沟应沿路基两侧对称布设,及时汇集并排出路基范围内的地表积水;排水沟应与边沟、截水沟有效连通,并与沿线自然水系衔接,形成完整畅通的排水网络体系。(3)加强排水设施的日常防护与维护。在排水沟、边沟内壁铺设防渗材料或采用浆砌片石衬砌,防止沟壁渗漏导致二次侵蚀;同时建立定期巡查与清淤制度,及时清除沟内淤积物、杂草及堵塞物,确保排水设施长期处于畅通状态,充分发挥其排水功能<sup>[4]</sup>。

### 3.2 改良路基填料与压实质量

通过改良路基填料性质与提升压实质量,可有效增强路基土体的抗水性能与力学强度,从根本上降低多雨地区路基水毁病害的发生概率,是保障路基长期使用性能的核心技术措施。(1)改良路基填料性质。对于粉质土、黏质土等透水性差、水稳定性不足的填料,可通过掺入砂砾、碎石等粗粒料,优化填料级配组成,提高土体的渗透系数与抗剪强度,增强排水与抗冲刷能力。同时,可掺入石灰、水泥等无机固化剂,通过离子交换与火山灰反应改善土体的水稳定性,降低填料对雨水的敏感性,减少雨水入渗后土体软化与强度衰减的风险。(2)严格控制压实质量。施工过程中应根据填料类型合理选择压实机械与压实工艺,确保路基填料压实度满足规范要求,有效降低土体孔隙率与渗透系数,减少雨水下渗量。对于路基不同部位,应采用分层填筑、分层碾压、分层检测的方式,严格控制每层填筑厚度与碾压遍数,确保压实均匀性,避免出现漏压、欠压及压实不均等质量缺陷。(3)加强路基基底处理。

对于软弱基底或含水量偏高的地基,可采用换填优质填料、强夯或重锤夯实等方式进行加固处理,提高基底承载力与密实度,防止因基底沉降或不均匀变形引发路基水毁病害。

### 3.3 完善路基边坡防护措施

针对多雨地区路基边坡冲刷、坍塌及滑坡等病害,需通过完善边坡防护结构体系,有效分散水流冲刷力,增强边坡整体稳定性,保障路基结构安全。(1)采用工程防护措施。对于坡度较陡、水流冲刷严重的边坡,可铺设浆砌片石、混凝土预制块、现浇混凝土护面墙等硬质防护层,形成坚固的坡面防护结构,有效抵御雨水直接冲刷及坡面径流的侵蚀作用。对于深层稳定性不足的边坡,可采用锚杆框架梁、格宾石笼网箱、土工格栅等加固方式,将松散表层土体与深部稳定土体连为整体,提高边坡抗滑移能力,防止边坡局部坍塌与整体失稳。(2)采用植物防护措施。在边坡表面种植耐旱、耐涝、根系发达的草本或灌木植被,利用植物根系的锚固作用与加筋效应,增强表层土体的抗剪强度与抗冲刷能力,减少坡面径流的汇集速度与冲刷强度。同时,植被覆盖层可有效截留雨水、降低坡面流速,并通过蒸腾作用调节土体含水量,改善土体工程性质,提升边坡长期稳定性。(3)优化边坡坡度设计。依据路基填料类型、土体抗剪强度参数及当地降雨强度等条件,合理确定边坡坡率,避免坡率过陡导致稳定性不足或坡率过缓造成工程量浪费,确保边坡在自重与水荷载作用下处于受力平衡状态,从设计层面降低水毁病害发生风险<sup>[5]</sup>。

### 3.4 加强路基日常养护管理

日常养护管理是预防路基水毁病害、保障路基长期使用性能的重要环节,通过建立规范化的巡查检测、维修加固与排水维护体系,及时消除路基安全隐患,有效延长路基使用寿命。(1)定期开展路基巡查检测。建立常态化巡检制度,重点检查路基路面是否存在裂缝、坑槽、沉陷、车辙等结构性缺陷,边坡是否出现坍塌、滑移、冲刷等变形迹象,排水设施是否畅通、结构是否完整。对发现的各类病害与隐患,应详细记录其位置、类型、范围及严重程度,建立病害台账,为后续维修加

固提供数据支撑。(2)及时修补路基结构缺陷。对于路面出现的裂缝与坑槽,应根据病害程度选择适宜的修补材料与工艺进行填补压实,封闭渗水通道,防止雨水沿缺陷部位渗入路基内部引发二次病害。对于边坡出现的小范围局部坍塌,应及时清除松散坍塌土体,对裸露坡面进行加固防护处理,恢复边坡完整性与稳定性。(3)定期维护排水设施。建立排水设施定期清淤制度,及时清除沟内淤积物、杂草及堵塞物,确保排水断面畅通。同时检查排水设施是否存在沟壁破损、接缝渗漏、衬砌脱落等结构性损伤,发现问题及时维修或更换。对于渗沟、渗井等地下排水设施,应定期检查其渗水功能是否正常,防止因淤堵导致排水失效,确保地下水位控制在设计允许范围之内,保障排水系统持续有效运行。

### 结束语

多雨地区路基水毁病害是气候、水文、土体性质、结构设计及施工养护等多因素耦合作用的结果,其类型多样、成因复杂,对道路通行安全构成严重威胁。本文系统梳理了路基冲刷、沉陷、翻浆及滑坡四类主要病害,从气候水文、土体性质、结构设计及施工养护四个维度深入剖析了病害成因,并从优化排水系统、改良填料与压实质量、完善边坡防护及加强日常养护四方面提出了针对性整治措施。在实际工程中,应坚持“以防为主、防治结合”原则,将排水设计、填料改良与养护管理有机统一,构建全寿命周期的路基水毁防控体系,切实保障多雨地区公路路基的长期稳定性与使用性能。

### 参考文献

- [1] 肖嗣晟.公路路基水毁防治措施设计研究[J].交通世界,2024(36):96-98.
- [2] 姜方霖.山区公路水毁后路基加固工艺与质量控制[J].工程与建设,2024,38(1):85-87.
- [3] 董健辉.公路水毁路基修复及应急处置[J].交通世界,2025(28):64-66.
- [4] 宋策.山区公路路基水毁治理方案[J].交通世界,2022(29):100-102.
- [5] 翟世聪.改良过湿冰水堆积土路基填料压缩特性试验分析[J].河南科技,2022,41(9):100-103.