

山区干线公路沥青路面早期水损害病害处置方案研究

丁海洋

宁夏凯珠机械化工程有限公司 宁夏 银川 750200

摘要: 山区干线公路沥青路面因特殊地形与气候条件,早期水损害病害频发且演化迅速,处置难度高于平原路段。本文针对山区环境下水损害病害的形成机理展开分析,梳理表层剥落、坑槽破损、松散软化及结构层渗水等病害类型的成因特征,探讨排水体系优化、防水材料补强、细微病害封堵及路基含水改良等预处理技术,提出不同病害类型对应的专项处置方案,为山区干线公路沥青路面水损害病害的系统化治理提供技术参考。

关键词: 山区干线公路;沥青路面;早期水损害;病害处置;预处理技术

引言: 山区干线公路受地形起伏大、降雨频繁、温差波动显著等因素影响,沥青路面长期处于高湿与反复水浸环境,早期水损害病害呈现多发性与隐蔽性并存的特征。传统处置方式多侧重表层修补,对深层结构损伤与路基水文诱因关注不足,导致病害反复出现。围绕山区公路特殊工况构建系统化的病害处置方案,需要从病害成因识别、预处理技术应用到专项处置工艺形成完整的技术链条,才能有效延缓病害发展、延长路面使用寿命。

1 山区干线公路沥青路面水损害病害形成机理

1.1 山区特殊环境对沥青路面的作用特征

山区干线公路布设区域地形起伏复杂,局地微气候环境和平原路段存在明显区别。区域空气湿度常年维持高位,阴雨天气分布时段较长,路面结构长期处于潮湿湿润的外部环境。山地地势会改变降水径流走向,坡面汇水容易向公路路面聚集,延长水分与路表的接触时长。山地昼夜温差波动幅度更大,路面结构反复经历升温与降温的交替变化^[1]。温度变动会改变沥青材料的物理状态,弱化混合料内部结构的稳定性能。山谷气流的持续扰动会加速路表水分蒸发不均的现象,让路面干湿状态频繁切换,持续对沥青结构产生侵蚀作用。

1.2 沥青路面材料遇水衰变机理

沥青混合料由沥青胶结料、集料及填充材料共同组成,材料内部存在大量细微孔隙与间隙结构。水分持续侵入混合料内部后,会逐步置换集料表面附着的沥青薄膜,弱化沥青与集料之间的粘结作用力。水分长期浸润会改变沥青材料的物理状态,降低沥青自身的粘附性能与柔性特质。混合料内部细小颗粒会在水动力作用下逐步剥离流失,破坏混合料整体的密实结构。材料内部粘结体系出现松动后,混合料整体稳定性持续下降,为各类路面病害的产生创造基础条件。

1.3 路面结构积水渗透运作规律

雨水会通过路面表层细微裂缝、孔隙及施工缝隙侵入沥青路面结构内部。渗入的水分会在路面面层与基层衔接位置逐步积聚,形成结构层间滞留水。公路纵坡与横坡的地形条件会改变水分渗透方向,让积水沿着结构层间隙发生横向与纵向的缓慢流动。持续通行荷载会带动结构内部积水产生往复挤压作用,推动水分不断向混合料更深层位置渗透扩散。结构层内部积水难以自主排出,会持续留存于路面结构孔隙体系当中。

1.4 早期水损害病害的演化规律

沥青路面早期水损害始于表层水分的持续入渗,孔隙充水状态会改变混合料内部受力状态。结构层间积水的持续累积会逐步削弱层间粘结性能,引发路面表层出现细微松散与剥落现象。水分不断深入结构内部后,会持续冲刷混合料内部填充物料,加剧路面结构的松散程度。结构密实度出现衰减后,路面会逐步出现细小坑槽、表层剥离等初始病害形态。外界环境与行车荷载的持续作用会持续推进病害发展,推动路面损伤状态持续递进变化。

2 山区干线公路沥青路面早期水损害病害类型及成因

2.1 路面表层类水损害病害诱因

山区公路路面表层长期暴露在湿润的自然环境中,路表孔隙会频繁接纳雨水与雾气凝结水分。沥青材料粘附性能会在持续水浸作用下逐步衰减,表层混合料颗粒之间的粘结强度出现弱化趋势。路面积水反复冲刷路面表层结构,会慢慢带走混合料表层的细微填料组分。路面长期经受行车摩擦作用,松散部位会逐步出现表层剥离与集料外露的现象^[2]。局部路面孔隙分布不均会造成入渗程度存在差异,让表层损伤呈现不均匀分布的状态。潮湿环境的持续作用会不断放大表层结构的薄弱问题,催生各类浅表性水损害病害。

2.2 路面内部结构水损害病害诱因

水分通过路表孔隙与细微裂隙持续渗入沥青路面内部结构,会在层间位置形成稳定积水区域。结构层内部留存的水分会持续侵蚀沥青混合料粘结体系,破坏结构内部密实状态。车辆通行产生的荷载作用会挤压结构内部积水,形成反复的水冲作用。这类动态水力作用会持续剥离混合料内部填充材料,扩大结构内部的孔隙空间。孔隙通道不断发育延伸后,水分渗透范围会持续拓宽,进一步破坏路面整体结构稳定性。内部结构损伤逐步累积,会让路面承载能力出现持续性下降。

2.3 路基水文变化引发的路面水损害诱因

山区路基土体常年接收地下水渗透与坡面汇水补给,土体含水率会保持偏高状态。路基土体吸水后会出现软化现象,整体承载刚度出现弱化变化。路基土体内部水分会向上发生迁移渗透,接触路面基层结构后改变基层干湿状态。基层材料长期处于潮湿环境会出现结构松散,层间结合状态逐步变差。路基水文环境的动态波动会引发路面结构受力状态持续变化,加剧层间积水与结构损伤。路基水文的不稳定状态会持续传导至上部路面结构,诱发持续性的水损问题。

2.4 施工工艺缺陷诱发的早期水损害问题

沥青混合料拌合均匀度不足会造成局部材料配比失衡,部分区域抗水浸能力存在不足。摊铺作业过程中速度控制不稳,会让路面局部密实程度存在差异,形成天然渗水通道。压实作业管控不到位会降低混合料整体密实度,增加结构内部孔隙数量。层间处理工序把控不足会弱化层间粘结能力,提升水分层间积聚的可能性。施工养护时长不足会影响沥青材料性能稳定成型,让路面结构在通车后更容易受到水分侵蚀,加快早期水损害问题的出现速度。

3 山区干线公路沥青路面水损害病害预处理技术

3.1 路面积水疏导与排水体系优化技术

山区干线公路特殊的地形走势容易造成路表汇水堆积,常规排水布置难以适配复杂地形的排水需求。路面排水预处理工作围绕路表径流疏导与结构内部导水开展全方位优化,完善路面整体排水通路^[3]。结合山区路段纵坡横坡的地形特征调整排水布局,优化路表径流的流动路径,加快路表积水的疏散速度。优化路侧排水构造的布设形式,提升坡面汇水与路面积水的外排效率,减少水分在路面区域的滞留时长。针对性疏通路面隐蔽排水通道,消除局部排水不畅形成的积水死角,阻断水分持续入渗的基础条件。科学的排水体系优化能够从源头降低水分与路面结构的接触时长,削弱水损害的发育条件。实际工程中,可在路面边缘增设横向排水盲沟与急

流槽组合构造,将坡面汇水快速引离路面结构。同时对既有排水设施进行定期清淤维护,确保排水通道畅通有效,避免因杂物堵塞导致排水功能失效。

3.2 沥青路面防水材料补强技术

沥青路面表层及结构层的防水性能是抵御水损害发育的关键屏障,材料性能不足会大幅提升水分渗透概率。防水材料补强作业针对路面整体防水体系进行升级优化,强化混合料自身的抗水渗透能力。对沥青胶结料进行改性处理,提升粘结物料的疏水性能与水稳性能,增强集料与沥青的粘结牢固程度。在路面结构层间增设适配的防水阻隔物料,填补结构层间存在的微小缝隙,阻断层间水分积聚通道。优化防水物料的涂布与铺设工艺,保障防水材料与原有路面结构充分贴合,构建连续完整的防水防护体系。通过材料性能升级弱化水分对混合料结构的侵蚀作用,提升路面整体抗水损能力。

3.3 路面细微病害封闭封堵技术

路面初期产生的细微裂缝、表层孔隙与松散缺陷,是水分侵入内部结构的主要通道。细微病害封闭封堵技术针对各类浅表性缺陷开展精细化处置,阻断水分下渗路径。采用适配的封堵填充物料填充路面细微裂隙与孔隙结构,消除路面表层存在的透水缺陷。针对表层松散脱落的路面区域进行封闭处理,压实表层松散结构,恢复路面表层的密实状态。根据细微病害的发育形态调整封堵施工方式,保障封堵物料可以充分渗透填充缺陷部位,形成致密的防护层面。精细化的封堵作业可以有效隔绝外界水分进入路面内部,抑制早期水损害的进一步发育蔓延。

3.4 路基含水稳定性改良技术

路基土体含水率的动态失衡是诱发路面持续性水损害的底层诱因,稳定路基水文状态可以有效阻断病害传导路径。路基含水稳定性改良通过物理处置方式优化路基土体结构,降低土体储水与透水能力。对含水率偏高的路基土层进行脱水固结处理,提升路基土体密实程度,缩小土体内部透水孔隙。改良路基填料的透水特性,提升土体自身的隔水能力,减少地下水向上迁移渗透的体量。优化路基隔水层布设方式,阻隔地下水与坡面渗水对路基土层的持续浸润。稳定的路基水文环境可以维持路面基层结构的干燥状态,减少层间积水生成,从结构底层防控水损害问题的产生。

4 山区干线公路沥青路面早期水损害病害专项处置方案

4.1 表层剥落类病害处置方式

表层剥落属于山区沥青路面高频发的早期水损病

害,多出现于路面长期受雨水浸润、风力冲刷的浅表区域。病害发生阶段仅存在表层沥青膜脱落与细集料裸露的问题,未对路面深层结构造成破坏。处置作业优先清理路面表层松动的集料与残留杂质,保证处置区域路面基底保持洁净干燥状态^[4]。对清理完成的路面表层开展薄层粘结补强处理,涂刷适配的粘结材料,恢复路面表层沥青粘结体系。采用薄层沥青罩面工艺对破损区域进行整体覆盖,补齐路面表层缺损结构,罩面厚度一般控制在2~3cm。调整表层处置区域的路面平整度,匹配原有路面的通行坡度与路面线型。针对性补强表层防护能力,阻断水分持续侵入浅表结构的通道,延缓浅表病害的进一步发展扩散。

4.2 坑槽破损类病害处置方式

坑槽破损由水分长期冲刷混合料内部结构引发,会造成局部集料脱落与结构缺损,形成不规则路面凹陷。处置作业先对坑槽区域进行边界规整处理,剔除内部松散变质的混合料组分,规整破损区域的结构轮廓。彻底清除坑槽内部积存的水分与杂物,保障槽体内部结构干燥洁净。在坑槽内壁均匀涂抹粘结防渗材料,强化新旧混合料的衔接性能,弱化界面渗水隐患。选用适配级配的沥青混合料分层填充槽体内部,依照标准施工要求完成分层压实作业,每层压实厚度不宜超过5cm。修整处置区域路面外观与平整度,实现处置部位与原有路面结构的平稳衔接,填补路面结构缺损部位。

4.3 路面松散软化类病害处置方式

山区路段排水条件受限会让路面结构长期处于潮湿浸润状态,混合料内部孔隙持续充水会大幅降低结构密实度与粘结稳定性。路面整体硬度逐步下降,结构出现松软溃散现象,承载性能出现明显衰减。病害处置需要彻底铲除路面已经软化溃散的混合料,完全清除性能衰减的破损结构,留存状态稳定的完好基底。细致排查作业区域基层结构状态,妥善处理基层受潮软化形成的薄弱部位。在平整干燥的基底表层布设渗透型补强材料,利用材料渗透特性填充结构细微孔隙,重塑多层结构的粘结性能。依托精细化摊铺压实工艺恢复路面设计厚度与密实标准,优化路面整体承载储备。通过多重结构补

强手段改善路面受力缺陷,提升沥青路面整体结构的稳定性能。

4.4 结构层渗水病害专项处置方式

结构层渗水病害区别于浅表病害,水分渗透深度贯穿路面面层,会在层间形成持续性积水堆积,逐步破坏多层路面结构性能。专项处置工作聚焦结构层内部导水与结构隔水双重维度开展治理。精准定位路面结构层积水富集区域,开设隐蔽导水通道,排出结构层内部长期滞留的积水组分。对结构层间失效的防水隔离结构进行重新铺设,修补层间存在的透水缝隙与结构缺陷^[5]。采用高压渗透注浆工艺填充结构层内部发育的孔隙通道,封堵隐蔽渗水路径,注浆压力一般控制在0.3~0.5MPa。优化多层结构的衔接密实度,提升整体隔水防渗能力。完善局部区域排水构造搭配,解决结构层反复积水渗透的问题,实现对深层水损害病害的彻底治理。

结束语

山区干线公路沥青路面早期水损害病害的处置是一项涉及排水优化、材料补强、结构修复与路基治理的系统工程。表层剥落、坑槽破损、松散软化与结构层渗水等不同病害类型,需要匹配差异化的处置工艺与施工要点。预处理环节的排水体系优化与防水补强能够从源头削弱水损害发育条件,专项处置方案则针对各类病害的损伤深度与发展阶段开展精准修复。将预处理技术与专项处置方案有机衔接,可以形成完整的病害治理闭环,提升山区干线公路沥青路面的整体耐久性与服务水平。

参考文献

- [1]钟申伯,罗娟.沥青路面早期水损害GPR无损检测技术探讨[J].交通世界(下旬刊),2021(12):118-119,123.
- [2]谢从静.沥青路面水损害分析与防治[J].广东交通职业技术学院学报,2023,22(1):1-3,8.
- [3]王翔翔.浅谈高速公路沥青路面早期损坏与防治措施[J].商品与质量,2021(22):366.
- [4]王婷宇,周梓豪,杨梦.高速公路沥青路面积水病害综合处治对策[J].湖南交通科技,2022,48(1):34-36,46.
- [5]陈大杰.农村公路沥青路面病害及养护施工技术要点分析[J].运输经理世界,2025(17):130-132.