

公路工程管理中路基路面维护与修复技术研究

张 毅

陕西秦海检测科技有限公司 陕西 咸阳 265200

摘 要：公路路基路面病害直接影响交通运行安全与寿命，其类型涵盖路基沉陷、边坡滑塌、路面裂缝等，成因涉及设计勘察不足、施工工艺不规范及运营维护缺失等多方面。通过智能巡检、分布式监测等技术可实现病害早期识别，采用雾封层、微表处等预防性维护技术能延缓病害发展，针对不同病害的修复技术如泡沫混凝土回填、热再生重铺等可有效恢复结构性能。研究整合病害机理与技术应用，为公路全生命周期养护提供系统解决方案。

关键词：公路工程管理；路基路面；维护修复；技术

引言

随着交通荷载持续增加与服役环境复杂化，公路路基路面病害呈现多发、早发态势，严重制约路网通行效率与耐久性。现有养护模式存在病害识别滞后、维护针对性不足等问题，亟需从病害机理出发，构建全链条技术体系。本文聚焦路基路面病害类型及成因，结合智能化监测手段，系统阐述预防性维护与针对性修复技术，旨在形成从病害预警到高效治理的闭环方案，为提升公路工程管理水平、延长结构服役寿命提供技术支撑。

1 公路路基路面病害类型及成因分析

1.1 病害类型

1.1.1 路基病害

路基病害涵盖多种类型，其中路基沉陷较为常见，多因填筑材料压实度不足，在车辆荷载长期作用下，土体颗粒间空隙逐渐压实，导致路基整体下沉。边坡滑塌也屡见不鲜，当边坡坡度过陡、土体抗剪强度不足，或遭遇强降雨等外部因素影响时，土体内部应力平衡被打破，引发滑塌。路基冻胀与翻浆在寒冷地区频繁出现，冬季土体中水分冻结膨胀，使路基隆起变形，春季融冻期水分无法及时排出，导致路面泥泞、翻浆，严重影响行车安全与舒适性。

1.1.2 路面病害

路面病害形式多样，裂缝是早期常见病害之一，包括横向裂缝、纵向裂缝和网状裂缝等。横向裂缝多由温度变化引起，冬季低温收缩产生拉应力，超过路面材料抗拉强度时便形成裂缝；纵向裂缝常因路基不均匀沉降或施工接缝处理不当导致。车辙是沥青路面在高温和重载作用下，路面材料塑性变形累积形成的带状凹槽，严重影响行车平稳性。坑槽则是路面局部破损，基层或面层材料松散脱落形成，多因雨水侵蚀、基层强度不足或车辆荷载反复作用引发，对行车安全构成较大威胁。

1.1.3 特殊环境病害

特殊环境病害受地理、气候等条件影响显著。在沿海地区，盐渍土病害较为突出，土壤中盐分含量高，在水分作用下，盐分溶解、迁移和结晶，导致路基土体结构破坏，强度降低，引发路基沉陷、边坡失稳等问题。山区公路易受泥石流、滑坡等地质灾害影响，强降雨时，山坡上的松散堆积物在重力作用下，沿沟谷快速流动，冲毁路基、路面，阻断交通。高寒地区公路面临冻土病害挑战，多年冻土的冻融循环作用，使路基产生不均匀沉降，影响路面平整度和行车安全。

1.2 成因分析

1.2.1 设计因素

设计因素对公路路基路面病害影响深远。设计时若对地质勘察不充分，未能准确掌握沿线地质条件，如软土地基分布、地下水位变化等，可能导致路基处理方案不合理，为后期病害埋下隐患。路面结构设计不合理，如厚度设计不足、材料选择不当，无法满足交通荷载和环境条件要求，在车辆反复作用下，路面易过早出现裂缝、车辙等病害。排水设计不完善，路面和路基排水不畅，积水长期浸泡土体，降低土体强度，引发路基沉陷、边坡滑塌等问题，影响公路使用寿命。

1.2.2 施工因素

施工因素是引发公路病害的重要环节。施工过程中，若填筑材料质量不达标，如含泥量过高、级配不良等，压实后难以达到设计要求的压实度，导致路基强度不足，易产生沉陷等病害。施工工艺不规范，如压实度控制不严格，不同路段压实度差异大，造成路基不均匀沉降；沥青路面摊铺时温度控制不当，影响沥青与集料的粘结性能，降低路面抗剪强度，易出现车辙、坑槽等病害。施工队伍技术水平参差不齐，对施工质量控制不严格，也是导致公路病害频发的重要原因。

1.2.3 运营维护因素

运营维护对公路病害的发生发展具有关键作用。公路在运营过程中,交通荷载持续作用,若缺乏定期检测与评估,不能及时发现潜在病害,小病害可能逐渐发展成大病害,增加维修成本和难度。日常养护不到位,如路面清扫不及时,杂物堆积影响排水;裂缝修补不及时,雨水渗入基层,加速基层损坏。超限运输车辆频繁通行,对公路结构造成额外损伤,超出设计承载能力,加速路面和路基病害的出现与发展。合理的运营维护策略和及时的病害处理,对保障公路正常使用和延长使用寿命至关重要。

2 公路工程管理中路基路面维护技术

2.1 日常巡查与监测技术

日常巡查与监测是保障公路路基路面稳定的基础工作,通过全方位、高精度的检测手段,能够及时察觉病害初期迹象,为后续维护决策提供有力依据。采用智能巡检车搭载高分辨率摄像头、激光扫描仪等设备,沿公路进行周期性巡检。摄像头可对路面、路基边坡等部位进行高清图像采集,激光扫描仪则能快速获取路面平整度、车辙深度等精确数据。利用图像识别与数据分析算法,系统自动识别裂缝、坑槽、边坡变形等病害,精准定位病害位置并评估其严重程度,相较于传统人工巡查,大幅提高了检测效率与准确性,且能实现24小时不间断监测。在关键路段、复杂地质区域以及病害易发点,布设分布式光纤传感器、位移计、倾斜仪等监测设备,构建实时监测网络。光纤传感器可灵敏感知路基土体内部的应变、温度变化,位移计和倾斜仪则对路基边坡位移、倾斜角度进行持续跟踪。数据通过无线传输技术实时汇聚至监测中心,一旦监测数据超出预设阈值,系统即刻自动报警,提示养护人员及时采取应对措施,有效预防病害进一步发展,保障公路结构安全^[1]。

2.2 预防性维护技术

预防性维护聚焦于在公路路基路面病害尚未显著显现时,提前采取针对性措施,延缓病害发展进程,延长公路使用寿命,降低全寿命周期养护成本。针对路面轻微裂缝、麻面、松散等早期病害,采用雾封层技术进行处治。通过专用喷洒设备,将乳化沥青或改性乳化沥青均匀喷洒于路面表面,形成一层极薄的保护膜。该膜能够有效封闭路面微小孔隙与裂缝,阻止水分下渗,增强集料间粘结力,延缓路面老化,恢复路面抗滑性能,且施工工艺简单、速度快,对交通影响小,可在交通流量较小的时段快速完成作业。当路面出现一定程度的磨损、抗滑性能下降,或存在少量浅车辙时,应用微表处

技术。微表处混合料由改性乳化沥青、集料、填料、水和添加剂按特定比例混合而成。利用专用摊铺机将混合料均匀摊铺在路面上,经破乳、初凝、成型后,形成一层坚固、耐磨且抗滑性能良好的磨耗层。微表处不仅能有效修复路面病害,提升路面平整度与抗滑能力,还具备施工后短时间内即可开放交通的优势,适用于城市道路、高速公路等各类等级公路的预防性养护。

2.3 排水系统维护技术

排水系统的良好运行对公路路基路面稳定性至关重要,有效排除路面积水与地下水,能避免土体因长期受水浸泡而强度降低,减少路基沉陷、边坡滑塌等病害发生几率。定期对路面排水设施,如边沟、排水沟、排水管道等进行全面清理与疏通。采用高压水车冲洗边沟、排水沟内的淤泥、杂物,确保排水通道畅通无阻;对于排水管道,利用管道检测机器人进行内部检测,及时发现并清理管道堵塞、破损等问题。检查排水口与出水口,保证水流顺利排出,防止积水倒灌至路面与路基。针对路基排水,加强对盲沟、渗沟等地下排水设施的维护。定期清理盲沟、渗沟内的淤积物,确保其排水功能正常。若发现盲沟、渗沟损坏,及时进行修复或更换。在地下水水位较高路段,可增设排水井或采用井点降水等措施,降低地下水位,减轻地下水对路基的不利影响,维持路基土体稳定^[2]。

3 公路工程管理中路基路面修复技术

3.1 路基修复技术

(1) 针对路基沉陷病害,采用泡沫混凝土轻质回填技术进行处治是极具创新性与实效性的方案。该材料以水泥、粉煤灰、发泡剂等为原料,经科学比例混合制成,具备轻质高强、流动性好的显著特性。施工时,借助专用设备把泡沫混凝土精准泵送至沉陷区域,它能迅速填充空隙。经自然养护后形成整体结构,与原路基紧密嵌合,有效降低路基附加应力,减少差异沉降,显著提升路基承载能力。(2) 面对边坡滑塌问题,应用加筋土挡墙与植被护坡结合的复合修复技术,选用高强度土工格栅作为加筋材料,按设计层级铺设并与填料压实,形成具有较高抗剪强度的加筋土体结构,同时在坡表面铺设生态袋并种植乡土草本植物,生态袋内填充改良种植土,既能通过植物根系增强边坡稳定性,又能实现生态恢复,兼顾结构安全与环境协调。(3) 对于冻胀翻浆路段,采用冻结缘止水技术进行修复,在路基冻深范围内设置透水性隔离层,选用级配良好的碎石或砂砾材料,配合专用透水土工布,有效阻断水分向冻结区迁移,同时在隔离层下方布设纵向排水盲沟,将下渗水分

及时排出路基范围,减少冻胀量,结合路基换填非冻胀性材料,从根本上解决冻胀翻浆问题,提升路基在寒冷环境下的稳定性^[3]。

3.2 沥青路面修复技术

(1) 针对深度较大的车辙病害,采用现场热再生重铺技术,利用专用加热设备对病害路段路面进行均匀加热,使沥青混合料达到软化状态,通过铣刨装置将旧料破碎并与新添加的再生剂、新沥青混合料充分搅拌,经摊铺机重新摊铺、压路机压实成型,该技术能充分利用旧料资源,减少废弃物排放,且新老路面结合紧密,修复后路面平整度高,抗车辙性能显著提升。(2) 对于大面积网状裂缝区域,应用纤维增强沥青混合料罩面技术,在原有路面基层处理干净后,喷洒粘层油,铺设玻璃纤维格栅作为加筋层,再摊铺掺加玄武岩短纤维的沥青混合料,纤维在混合料中形成三维乱向支撑结构,有效抑制裂缝扩展,增强路面抗疲劳性能,同时提升混合料的高温稳定性和低温抗裂性,延长路面使用寿命。

(3) 处理坑槽病害时,采用微波加热快速修复技术,通过微波加热设备对坑槽周边路面进行局部加热,使原有沥青混合料重新软化,清除坑槽内破损材料后,填入新型温拌沥青混合料,利用微波二次加热使新旧料充分融合,经小型压实机械快速压实,该技术施工时间短,受环境温度影响小,能在短时间内开放交通,修复后的坑槽边缘结合牢固,不易产生二次破损。

3.3 水泥混凝土路面修复技术

(1) 针对板块断裂病害,采用无收缩灌浆与碳纤维布加固组合技术,先在断裂板块底部钻孔,通过高压注浆设备注入无收缩水泥基灌浆料,填充板底脱空区域,恢复板块与基层的紧密接触,待灌浆料强度达标后,在板块表面粘贴碳纤维布,采用环氧树脂胶作为粘结剂,碳纤维布通过与混凝土协同受力,显著提高板块抗弯拉强度,阻止裂缝进一步发展,增强路面结构整体性。

(2) 面对面板表面剥落、露骨等表层病害,应用聚合物改性水泥砂浆薄层罩面技术,该砂浆由普通硅酸盐水泥、石英砂、聚合物乳液及外加剂配制而成,具有较高的粘结强度和耐磨性,施工时先对病害表面进行凿毛、清理和湿润处理,再采用专用抹面设备将砂浆均匀摊铺并压光,形成3-5mm厚的保护层,能快速恢复路面平整度和抗滑性能,且与原面板粘结牢固,耐久性良好。(3) 对于接缝损坏导致的唧泥、错台病害,采用新型密封材料与传力杆修复技术,清除旧接缝内的老化填缝料,重新设置防腐处理的传力杆,确保相邻板块荷载传递均匀,在接缝处填充聚氨酯弹性密封胶,该材料具有优异的弹性和耐候性,能适应温度变化引起的接缝伸缩,有效阻止雨水渗入基层,同时采用机械切缝、高压吹尘等工艺保证施工质量,减少接缝病害复发率^[4]。

结语

综上所述,公路路基路面病害的防治需贯穿设计、施工与运营全阶段。通过精准识别沉陷、裂缝等病害类型,剖析设计、施工、维护各环节成因,可构建科学的技术路径。智能监测技术实现病害早发现,预防性维护延缓病害演进,专项修复技术解决结构性问题,三者协同形成全周期养护体系。未来需进一步优化技术集成,推动数字化与养护技术深度融合,以适应复杂环境下公路工程高质量发展需求。

参考文献

- [1]王振国.公路工程中道路路基路面的施工质量[J].建筑工程技术与设计,2021(21):1426.
- [2]邢大海.公路工程路基路面压实施工技术措施分析[J].建筑工程技术与设计,2020(6):2199.
- [3]汪秀涛.公路工程路基路面压实施工的质量控制[J].百科论坛电子杂志,2021(17):1992.
- [4]杨漫玉.公路工程路基路面施工质量影响因素及防范[J].户外装备,2020(11):236.