

公路工程路基路面病害及其防治措施简述

姜志海

烟台市栖霞公路建设养护中心 山东 烟台 265300

摘要：公路路基路面病害直接影响通行安全与工程效益，是公路建设与养护的核心问题。本文系统分析路基路面病害的类型及成因，路基病害涵盖沉降、滑塌等，路面病害以裂缝、车辙为典型，其诱因涉及设计、施工、环境等多方面。基于此，从源头防控、施工保障、养护管理、科技赋能维度，提出针对性防治措施：优化勘察设计参数，强化施工全过程管控，建立常态化养护机制，应用智慧检测技术。研究成果可为提升路基路面结构稳定性、延长公路使用寿命提供实用技术支撑。

关键词：公路工程；路基路面病害；类型及成因；防治措施

引言：公路作为交通运输体系的核心载体，其服务质量直接关系国计民生。路基路面作为公路的核心结构层，长期承受行车荷载与自然环境的双重作用，易出现各类病害，不仅增加交通事故风险，还会大幅提升养护成本、缩短工程寿命。当前，我国公路里程持续增长，老旧公路病害问题凸显，新型重载交通也加剧了结构损伤。因此系统梳理路基路面病害的发生规律，构建科学完善的防治体系，成为公路工程领域的迫切需求。

1 公路工程路基路面病害概述及危害

1.1 公路工程路基路面病害概述

公路工程路基路面病害是指在设计、施工、运营及自然环境等多重因素作用下，路基与路面结构出现的各类功能性及结构性损坏，其本质是结构性能衰减与使用功能下降的外在表现。路基作为公路的承载基础，其病害主要表现为结构稳定性不足引发的形态变化；路面作为直接承受行车荷载与环境作用的表层结构，病害则表现为表面损伤及内部结构破坏。

1.2 公路工程路基路面病害的危害

路基路面病害对公路工程的危害具有以下多维度、传导性特点，（1）直接影响通行安全，病害导致的路面平整度下降、结构变形等问题，会降低车辆行驶稳定性，增加制动距离与操控难度，是引发交通事故的重要隐患。（2）严重影响通行效率，局部病害易形成交通瓶颈，导致车辆减速、拥堵，尤其在交通流量较大的路段，会大幅降低路网整体通行能力。（3）从经济成本角度，病害治理需投入大量人力、物力资源，日常养护成本与专项修复费用会显著增加，同时因通行受阻产生的物流延误、运输成本上升等间接经济损失更为可观。（4）病害若长期得不到有效治理，会加速公路结构劣化，缩短使用寿命，影响公路工程的投资效益与社会效益。

务价值^[1]。

2 公路工程路基路面病害类型及成因

2.1 常见路基病害类型及成因

路基作为公路的承载基础，其病害直接影响公路整体稳定性，常见类型包括路基沉降、边坡滑塌、路基翻浆及冲刷破坏等。（1）路基沉降表现为路面局部或大面积下沉，多因填筑材料不均，如混填不同压实度的土料，导致后期沉降速率差异；压实工艺不到位也是主因，施工中未按规范控制含水率和压实遍数，土层孔隙率大，通车后在车辆荷载反复作用下逐渐压缩。（2）边坡滑塌在山区公路中尤为突出，一方面是边坡坡度过陡超出土体稳定极限，另一方面是岩土体自身性质差，如遇软质岩层或风化土层，再受降雨渗透影响，土体抗剪强度急剧降低，最终引发滑塌。（3）路基翻浆多发生在季节性冻土地区，冬季土体冻胀使路基隆起，春季冻土融化后土体饱和、强度下降，在行车荷载作用下出现泥浆挤出、路面破损的现象。（4）路基冲刷则与排水系统密切相关，边沟堵塞、排水坡度不足导致雨水汇集，长期冲刷路基坡脚，造成路基失稳。

2.2 常见路面病害类型及成因

路面直接承受行车荷载和自然环境作用，病害类型主要有裂缝、车辙、松散、坑槽及泛油等。（1）裂缝分为横向、纵向和网状裂缝，横向裂缝多因温度变化，沥青路面受低温收缩产生拉应力，超过材料抗拉强度而开裂；纵向裂缝则与路基沉降不均、路面施工接缝处理不当有关，路基一侧沉降会使路面产生纵向拉伸破坏。（2）车辙是高温季节沥青路面的典型病害，沥青混合料在高温下黏结力下降，经重载车辆反复碾压后发生永久变形，形成沿行车轨迹的凹槽。（3）松散和坑槽常伴随出现，前者因沥青与集料黏结力不足，受雨水浸泡和行

车磨损导致集料脱落；当松散区域未及时处理，雨水渗入基层，基层强度降低，在荷载作用下路面破损形成坑槽。（4）泛油则是由于沥青用量过多或级配偏细，高温时沥青向上迁移至路面表层，导致路面抗滑性能下降。基层施工质量差、强度不足，会使路面受力不均，加速各类病害的发生和发展^[2]。

3 路基病害的针对性防治技术措施

3.1 基于勘察设计优化的源头防治措施

勘察设计是路基病害防治的基础环节，通过精准勘察与科学设计可从源头降低病害风险，核心措施包括：（1）强化地质水文勘察精度，采用综合勘察手段，结合钻探、物探及原位测试技术，全面查明路段岩土体分布、承载力、含水率及地下水位变化规律，特别关注软土地基、岩溶区域及季节性冻土区的地质特性，为设计提供精准参数。（2）优化路基断面设计，根据勘察结果合理确定路基高度、边坡坡度及坡率，软土地区采用矮路堤设计减少荷载，山区路段结合地形设置分级边坡并预留平台，季节性冻土区控制路基填土高度以避免冻胀影响。（3）科学选择填筑材料，明确规定路基填料的颗粒级配、压实度及CBR值要求，对不符合要求的土料进行改良处理，如掺灰改良膨胀土、碎石掺拌处理软弱土，确保填料性能满足路基承载需求。（4）完善特殊路段专项设计，软土地基路段设计CFG桩、水泥搅拌桩等复合地基处理方案，岩溶区域采用注浆填充或桩基跨越设计，季节性冻土区增设防冻垫层及保温层，针对性解决特殊地质风险。

3.2 严格施工过程控制的质量保障措施

施工质量直接决定路基稳定性，通过全过程精细化控制可有效避免施工引发的病害，关键措施包括：（1）规范填料摊铺与压实工艺，严格控制填料含水率在最佳含水率 $\pm 2\%$ 范围内，采用分层摊铺（每层厚度不超过30cm）、分层压实方式，根据填料类型选用重型振动压路机，确保压实度达到规范要求（路床顶面不低于96%）。（2）强化特殊地基处理施工管控，软土地基处理前复核地质参数，施工中严格控制桩体材料配比、成桩深度及垂直度，完工后进行承载力检测；路基换填路段确保换填材料合格、换填深度达标，分层压实后进行弯沉检测。（3）做好路基边坡施工防护，边坡开挖采用分层开挖、分层防护方式，避免超挖或欠挖，土质边坡及时铺设植生土或防护网，岩质边坡采用锚杆挂网喷射混凝土防护，确保边坡施工与防护同步进行。（4）加强施工过程质量检测，建立“自检、互检、专检”三级检测体系，重点检测填料含水率、压实度、路基弯沉及边

坡坡度，对检测不合格路段及时返工处理，严禁不合格工程进入下道工序。

3.3 基于排水系统优化的水害防治措施

水是引发路基病害的主要诱因，完善排水系统可有效减少雨水对路基的侵蚀，核心措施包括：（1）优化地表排水系统设计，路基两侧设置截水沟、边沟及排水沟，确保沟底坡度不小于0.3%以保障排水通畅，边沟采用浆砌片石或混凝土浇筑，防止雨水渗透冲刷沟壁；路面设置路拱横坡，引导雨水快速排入边沟。（2）强化地下排水措施，地下水位较高路段设置盲沟、渗沟或排水板，盲沟采用碎石填充并包裹土工布防止淤堵，渗沟设置在路基边坡或坡脚处，将地下水引出路基范围；软土地基路段增设排水砂垫层，加速地基排水固结。（3）做好排水系统衔接处理，截水沟与边沟、边沟与排水沟之间采用平滑过渡衔接，避免出现积水死角；跨线桥、涵洞等构造物处设置配套排水设施，防止雨水在构造物周边汇集渗透路基。（4）定期开展排水系统维护，及时清理边沟、截水沟内的淤泥、杂物，修补破损的沟体结构，确保排水系统始终保持良好的排水功能。

3.4 常态化养护管理的病害防控措施

常态化养护可及时发现并处置早期病害，避免病害扩大蔓延，关键措施包括：（1）建立定期巡查机制，采用人工巡查与无人机航拍相结合的方式，每月至少开展一次全面巡查，重点检查路基边坡有无裂缝、滑塌迹象，路基表面有无沉降、翻浆现象，及时记录病害位置、规模及发展情况。（2）实施早期病害及时处置，对路基边坡出现的细小裂缝采用注浆封闭处理，对局部沉降路段进行补压或换填处理，对翻浆路段及时开挖排水、换填干燥填料并压实；病害处置遵循“早发现、早处理、小修小补”原则，降低处置成本。（3）加强特殊时段养护管控，雨季增加巡查频次，及时清理雨水冲刷形成的泥砂，对边坡滑塌风险路段设置警示标志并采取临时支护措施；冬季对季节性冻土区路基加强保温防护，避免冻胀破坏^[3]。

4 路面病害的系统性防治技术措施

4.1 精准勘察设计

勘察设计是路面病害防治的源头环节，要结合区域气候、交通特性及地质条件制定科学方案，核心措施包括：（1）开展全方位勘察评估，通过承载板测试、地质雷达探测等技术，明确路基承载力、基层强度及地下水位分布，同时调研区域年均降雨量、极端温度及交通量、轴载分布数据，为材料选型和结构设计提供依据。

（2）优化路面结构层设计，根据交通等级确定沥青面层

厚度及级配类型，重载路段采用“厚沥青面层+高强度基层”组合，低温地区选用低温抗裂性优的改性沥青，多雨地区增设透层、粘层提升层间粘结力。（3）科学选用路面材料，沥青混合料需控制沥青针入度、软化点及集料棱角性指标，水泥混凝土路面优化水灰比和集料级配，确保材料抗渗、抗冻、抗疲劳性能达标，特殊路段采用纤维增强材料提升抗裂性。（4）完善配套设计细节，路面横坡设置为2%-3%保障排水，纵缝、横缝处增设传力杆或拉杆，交叉口、公交站等重载区域加强结构层厚度，同步设计路面与路基排水系统的衔接节点。

4.2 精细化施工管控

施工质量直接决定路面使用寿命，需通过全过程管控消除施工缺陷，关键措施包括：（1）严格材料进场检验，建立材料准入机制，沥青、集料、水泥等原材料需出具质量合格证明，进场后抽样检测关键指标，不合格材料严禁入场，混合料生产过程实时监控配合比及温度。（2）规范面层施工工艺，沥青路面控制摊铺温度（140℃-160℃）和碾压温度，采用梯队摊铺减少接缝，碾压遵循“初压稳压、复压密实、终压成型”原则；水泥混凝土路面控制浇筑振捣密实度，做好养生保湿工作。（3）加强层间施工质量，基层施工后需检测平整度和强度，验收合格后喷洒透层油，沥青面层与基层之间铺设粘层油，确保层间无夹层、粘结牢固，避免出现推移、剥落病害。（4）落实施工质量检测，采用平整度仪、压实度检测仪等设备，对路面平整度、压实度、厚度等指标全程检测，接缝处重点检查密实度，检测数据不合格的段落及时返工处理。

4.3 常态化养护维修

常态化养护是延缓病害发展的关键，要建立“预防为主、防治结合”的养护体系，核心措施包括：（1）建立动态巡查机制，采用人工巡查与自动化检测结合模式，每周开展常规巡查，每月进行路面技术状况检测，重点排查裂缝、车辙、坑槽等病害，建立病害数据库记录发展趋势。（2）实施早期病害处置，裂缝宽度小于5mm时采用灌缝胶封闭，大于5mm时进行开槽灌缝；轻微车辙采用铣刨重铺处理，坑槽需彻底清理破损区域后

分层填补压实，避免病害扩大。（3）加强特殊时段养护，雨季前清理排水设施，对路面裂缝全面灌缝防水；高温季节对沥青路面进行降温养护，避免车辙加剧；冬季及时清除积雪积冰，防止冻融破坏和路面打滑。（4）开展周期性专项养护，每3-5年对路面进行封层处理提升抗渗性，对基层强度不足路段进行补强处理，对老化严重的路面实施罩面或翻修，恢复路面使用性能。

4.4 科技赋能管控

借助科技手段可实现病害精准防控，推动路面养护从“经验型”向“智慧型”转变，关键措施包括：（1）应用自动化检测技术，采用路面雷达、激光平整度仪等设备，快速获取路面内部结构缺陷及表面性能数据，通过数据分析定位病害根源，为养护决策提供数据支撑。（2）构建智慧养护平台，整合路面检测数据、养护记录及交通信息，建立病害预测模型，精准预测病害发展趋势，实现养护计划的科学化制定和动态调整。（3）推广新型养护材料与技术，采用高弹性灌缝胶、温拌沥青等环保耐用材料，应用微表处、超薄罩面等微创养护技术，提升病害处置效果并缩短养护工期^[4]。

结束语：公路路基路面病害防治是一项贯穿工程全生命周期的系统工程，需兼顾源头设计、施工管控、运营养护等多环节。本文通过梳理病害类型与成因，明确了水害、材料缺陷、施工不规范等核心诱因，并针对性提出勘察优化、精细施工、常态养护及科技赋能等防治路径。实践表明，只有实现“设计科学、施工严谨、养护及时、科技支撑”的有机结合，才能从根本上遏制病害发展。

参考文献

- [1]马丽霞.公路工程路基路面病害治理措施的应用[J].科技资讯,2024,22(13):102-104.
- [2]钟盛.公路路基路面病害成因与防治技术措施分析[J].科学技术创新,2024(15):187-190.
- [3]曹彬.公路工程路基路面病害及防治措施[J].建材与装饰,2020(22):259-260.
- [4]王玮.公路工程路基路面病害及防治措施[J].交通科技与管理,2021(27):133-134.