

公路桥涵病害防治及养护管理分析

刘新范

山东高速威海发展有限公司 山东 威海 264200

摘要:公路桥涵在运营中易受多种因素影响出现病害,对结构安全与使用功能构成威胁。本文梳理了桥涵主体结构、附属设施及环境运营引发的病害类型,从设计、施工、运营维护及自然环境等层面分析了病害成因,提出前期预防、治理技术应用及长期防控等防治路径,并构建了涵盖流程设计、模式优化、技术升级及保障措施的养护管理体系,为公路桥涵病害防治与养护管理提供参考。

关键词:公路桥涵;病害防治;养护管理;结构耐久性;预防性养护

引言:公路桥涵作为交通基础设施的关键构成,承担着车辆通行与水流排泄等重要功能。其运营状态直接关系到交通网络的畅通与安全。然而,受设计缺陷、施工质量、运营荷载及自然环境侵蚀等多重因素影响,桥涵结构易出现裂缝、碳化、沉降等病害,不仅降低结构耐久性,还可能引发安全事故。因此,系统梳理桥涵病害类型、分析成因并提出防治策略,对保障桥涵全生命周期性能稳定具有重要意义。

1 公路桥涵病害类型梳理

1.1 桥涵主体结构病害

1.1.1 桥梁上部结构病害

桥梁上部结构作为直接承受车辆、行人等荷载的关键部分,易出现多种病害。梁体裂缝是常见问题,因混凝土收缩、温度变化、荷载作用等因素,裂缝可能沿梁体纵向、横向或斜向发展,影响结构整体性与耐久性^[1]。混凝土碳化现象也不容忽视,空气中二氧化碳与混凝土内氢氧化钙反应,降低混凝土碱性,削弱对钢筋保护作用,加速钢筋锈蚀。例如,在湿度较高的环境中,混凝土碳化深度每年可达1-3毫米。预应力构件可能出现预应力损失,如预应力筋锈蚀、锚具失效等,导致构件承载能力下降,影响桥梁安全运营。

1.1.2 桥梁下部结构病害

桥梁下部结构支撑上部结构并将荷载传递至地基,其病害影响桥梁稳定性。桥墩在长期水流冲刷、船舶撞击或地质变化作用下,可能出现倾斜、位移,危及桥梁安全。桥墩表面混凝土还可能因冻融循环、化学侵蚀等出现剥落、露筋现象。桥台病害主要表现为台背沉降,导致桥头跳车,影响行车舒适性与安全性,台身也可能因不均匀沉降或荷载作用产生裂缝。基础病害包括冲刷、掏空,使基础承载能力降低,引发桥梁不均匀沉降甚至破坏。

1.1.3 涵洞结构病害

涵洞用于排泄水流或让车马行人通过,其结构病害影响排水与通行功能。涵洞洞身混凝土可能因施工质量、环境侵蚀等出现裂缝、渗漏,降低结构强度与防水性能。涵洞基础可能因地质条件变化、水流冲刷等发生不均匀沉降,导致洞身变形、开裂,影响正常使用。涵洞进出口铺砌可能因水流冲刷出现破损、塌陷,影响排水顺畅性与结构稳定性。

1.2 桥涵附属设施病害

1.2.1 防护设施病害

防护设施如护栏、防撞墙等,保护桥涵与过往车辆行人安全。护栏可能因车辆碰撞、自然老化等出现变形、断裂,失去防护功能。防撞墙可能因基础不均匀沉降、混凝土碳化等出现裂缝、剥落,影响防护效果与结构美观。

1.2.2 排水设施病害

排水设施包括桥面排水系统与涵洞排水系统。桥面排水不畅可能导致积水,侵蚀桥面铺装,降低铺装层使用寿命,还可能影响行车安全。涵洞排水不畅可能引发涵内积水,增加涵洞结构荷载,甚至导致涵洞损坏。排水管道可能因堵塞、破裂等影响排水功能。

1.2.3 伸缩装置病害

伸缩装置适应桥涵结构变形,保证车辆平稳通过。伸缩装置可能因橡胶老化、锚固螺栓松动等出现破损、失效,导致桥头跳车、漏水等问题,影响行车舒适性与结构耐久性。

1.3 环境及运营引发的病害

1.3.1 自然环境侵蚀引发的病害

自然环境中雨水、风沙、冻融循环等对桥涵造成侵蚀。雨水冲刷使混凝土表面粗糙,降低结构耐久性;风沙磨损构件表面,影响结构外观与性能;冻融循环使混

凝土内部产生应力,导致混凝土开裂、剥落。

1.3.2 运营荷载影响引发的病害

随着交通量增长与车辆载重增加,运营荷载对桥涵影响日益显著。长期超载运营使桥涵结构承受过大应力,加速结构疲劳损伤,导致裂缝扩展、结构变形等问题,影响桥涵使用寿命与安全运营。

2 公路桥涵病害成因分析

2.1 设计层面因素

设计阶段对桥涵结构耐久性具有决定性影响。部分设计未充分考虑结构受力特性与荷载分布规律,导致局部应力集中或冗余度不足^[2]。例如,桥梁上部结构配筋率偏低或钢筋布置不合理,在长期荷载作用下易引发混凝土开裂;涵洞孔径设计未结合流域水文特征,排水能力不足导致水流冲刷加剧。此外,结构选型与地质条件适配性不足,如软土地基上采用扩大基础,易因沉降不均引发开裂。耐久性设计缺陷同样突出,混凝土保护层厚度不足、抗渗等级偏低,加速了氯离子渗透与碳化进程,缩短结构使用寿命。

2.2 施工层面因素

施工质量是桥涵病害形成的直接诱因。混凝土浇筑工艺缺陷导致密实度不足,内部孔隙率偏高,为水分与有害物质侵入提供通道。预应力张拉控制不严,如张拉力不足或超张拉,会降低结构抗裂性能;管道压浆不密实则引发预应力筋锈蚀,削弱承载能力。钢筋加工与安装误差超出规范允许范围,如焊接接头质量不达标、保护层厚度偏差过大,均会降低结构整体性。涵洞施工时,基础处理不到位或回填土压实度不足,导致沉降超限;洞口砌筑砂浆强度不足,易引发局部垮塌。

2.3 运营维护层面因素

运营维护管理缺失会加速病害发展。交通量增长与超载运输现象普遍,部分桥涵实际承载远超设计荷载,导致结构疲劳损伤累积。定期检测与评估机制不完善,病害早期征兆未能及时发现,如混凝土裂缝未及时修补、支座脱空未及时调整,引发连锁破坏。维护措施执行不到位,如排水系统清理不及时导致堵塞、伸缩装置润滑不足引发异响,降低设施功能完整性。此外,维修材料与工艺选择不当,如采用低强度修补材料或未按规范施工,导致二次病害频发。

2.4 自然环境及外部因素

自然环境侵蚀是桥涵病害的重要外部诱因。冻融循环作用下,混凝土表层剥落与内部微裂缝扩展同步发生,降低结构抗渗性;化学腐蚀环境中,氯离子与硫酸盐渗透导致钢筋锈蚀速率加快,混凝土膨胀开裂。生物

侵蚀现象亦不可忽视,藤蔓植物根系穿透结构表面或微生物活动引发混凝土酥松,削弱承载能力。地质条件变化同样关键,如地基土体液化、滑坡或采空区沉降,导致桥涵基础失稳,引发整体倾斜或断裂。极端气候事件频发,如暴雨冲刷、洪水浸泡或地震作用,对结构造成突发性损伤,加剧病害程度。

3 公路桥涵病害防治路径

3.1 前期预防措施

设计阶段预防需聚焦结构耐久性与环境适应性。设计单位应结合桥涵所处区域的地质、水文及气候特征,优化结构选型与材料选择。例如,在冻融循环频繁区域,采用抗冻等级更高的混凝土并增加保护层厚度;在氯盐侵蚀环境,选用耐腐蚀钢筋或涂层防护技术^[3]。荷载设计需充分考虑交通量增长趋势,预留合理冗余度,避免因超载导致结构过早损伤。此外,应强化结构细节设计,如优化伸缩装置选型、完善排水系统布局,减少病害隐患。施工阶段预防需严格把控工艺质量与材料性能。施工单位应建立全过程质量追溯体系,确保混凝土浇筑密实度、预应力张拉精度等关键指标符合规范要求。钢筋加工与安装环节需加强现场检查,避免保护层厚度偏差过大或焊接缺陷。涵洞施工时,基础处理需结合地质条件采用换填、桩基等加固措施,回填土应分层压实并控制含水率。施工期间还应加强成品保护,如设置临时排水设施避免结构积水,减少环境侵蚀风险。

3.2 病害治理技术应用

主体结构病害治理需针对病害类型采取差异化措施。混凝土裂缝治理可采用压力灌浆法,根据裂缝宽度选择环氧树脂或水泥基材料;钢筋锈蚀修复需先清除锈蚀层,再涂刷阻锈剂并增设防腐涂层。结构加固技术包括粘贴碳纤维布、体外预应力加固等,适用于承载力不足的梁体或拱肋。涵洞病害治理需重点处理基础沉降,可采用注浆加固或增设支撑桩提升稳定性;洞口破损修复需保证砌筑砂浆强度并恢复排水功能。附属设施病害治理需兼顾功能恢复与耐久性提升。伸缩装置更换需选择与原结构匹配的型钢或模数式装置,安装时严格控制缝隙宽度与平整度。排水系统清理需彻底疏通管道与集水井,修复破损的泄水孔并增设滤网防止杂物侵入。护栏修复需更换变形构件并重新锚固,防撞墙裂缝修补后应涂刷防水涂料增强抗渗性。侵蚀及荷载引发病害治理需从源头控制环境影响与荷载作用。冻融病害治理可采用硅烷浸渍技术提升混凝土抗冻性,或增设保温层减少温度梯度。化学腐蚀治理需对结构表面涂刷防腐涂层,并定期检测氯离子含量,必要时进行局部修补。超载治

理需联合交通管理部门加强执法力度,通过动态称重系统实时监测车辆荷载,对超限车辆实施劝返或处罚。

3.3 长期防控机制搭建

长期防控需构建“监测-评估-维护”闭环管理体系。定期开展桥涵技术状况评定,利用无损检测技术识别隐蔽病害,建立病害数据库并动态更新。根据评估结果制定差异化维护计划,对轻微病害实施预防性养护,对严重病害及时安排专项修复。此外,应加强养护人员技术培训,推广新材料、新工艺应用,提升病害治理效率与质量。通过长效机制运行,实现桥涵全生命周期性能稳定与使用安全。

4 公路桥涵养护管理体系构建

4.1 养护管理流程设计

4.1.1 日常巡查流程精细化设计

日常巡查流程需以快速响应与隐患识别为核心。巡查人员应按既定路线与频次对桥涵外观及附属设施进行检查,重点关注结构变形、裂缝扩展、连接松动等异常现象。巡查工具可配备便携式裂缝测宽仪、红外热成像仪等设备,提升病害发现效率。发现病害后需立即标记位置并记录特征,通过移动终端上传至养护管理系统,为后续处置提供数据支撑^[4]。日常巡查的频次可根据桥涵的重要性和使用状况确定,一般桥涵每周巡查1-2次,重点桥涵每天巡查1次。

4.1.2 定期检测流程系统化实施

定期检测流程需结合桥涵技术状况等级制定差异化方案。一般桥涵每两年开展一次常规检测,重点桥涵每年进行专项检测。检测内容涵盖结构几何尺寸、混凝土强度、钢筋锈蚀状态等关键指标,采用无损检测技术评估内部损伤。检测报告应明确病害类型、程度及发展趋势,为养护决策提供科学依据。常规检测的项目应不少于10项,专项检测的项目应根据桥涵的具体情况确定,一般不少于15项。

4.1.3 养护作业流程规范化管控

养护作业流程需遵循“安全优先、质量可控”原则。作业前需编制专项施工方案,明确工艺流程、材料标准及质量控制要点。例如,混凝土裂缝修补需先清理裂缝表面,再分层灌注环氧树脂;伸缩装置更换需严格控温焊接,避免热影响区脆化。作业过程中应设置警示标志与防护设施,确保施工人员与过往车辆安全。作业完成后需进行质量验收,不合格项需限期整改直至达标。质量验收的标准应符合相关规范要求,合格率应达到100%。

4.2 养护管理模式优化

养护管理模式需向“专业化、精细化”方向转型。可引入第三方检测机构参与定期检测,利用技术优势提升评估客观性。推行“片区负责制”,将辖区桥涵划分为若干管理单元,配备专职养护工程师负责技术指导与质量监督。建立养护绩效考核机制,将病害修复及时率、结构技术状况改善率等指标纳入考核体系,激发养护人员积极性。

4.3 养护技术升级应用

养护技术升级需聚焦新材料与智能化手段。推广应用高韧性混凝土、自修复材料等新型建材,提升结构耐久性与自愈合能力。引入无人机巡检、三维激光扫描等技术,实现病害快速定位与精准测量。搭建桥涵健康监测系统,通过安装应变计、加速度计等传感器,实时采集结构响应数据,结合大数据分析预测病害发展趋势,为预防性养护提供技术支撑。

4.4 养护管理保障措施

保障措施需从制度、资金与人才三方面协同发力。完善养护管理制度体系,明确各部门职责分工与工作流程标准,确保管理活动有章可循。加大养护资金投入,建立“政府主导、社会参与”的多元化筹资机制,保障养护作业顺利开展^[5]。加强养护人才队伍建设,定期组织技术培训与交流活动,提升从业人员专业素养与创新能力。通过多维度保障,推动养护管理体系高效运行,延长桥涵使用寿命。

结束语

公路桥涵病害防治与养护管理需贯穿设计、施工、运营全周期。通过优化结构选型、严控施工质量、加强定期检测与预防性养护,可有效延缓病害发展。同时,借助新材料应用与智能化监测技术,提升病害治理效率与结构耐久性。完善的养护管理体系与多维度保障措施,为桥涵安全运营提供坚实支撑,推动交通基础设施高质量发展。

参考文献

- [1]黄鲁明.公路桥涵病害防治及养护管理分析[J].科技创新与应用,2025,15(18):154-157.
- [2]边新华.公路桥涵病害防治及养护管理分析[J].四川建材,2021,47(12):69-70.
- [3]蔡高举.公路桥涵病害防治及养护管理[J].国际援助,2022(4):139-141.
- [4]沈千帆.山区普通公路工程病害成因分析与针对性治理技术研究[J].中国航班,2026(8):95-97.
- [5]秦光明.公路桥涵伸缩缝病害巡查与快速修复方法研究[J].科海故事博览,2026(1):97-99.