

公路桥梁定期检查数据信息化管理与养护决策系统构建研究

奚映钟

云南航天工程物探检测股份有限公司 云南 昆明 650217

【摘要】：本文聚焦公路桥梁定期检查数据信息化管理与养护决策系统构建课题，旨在破解行业数字化转型瓶颈。首先阐述系统构建对契合养护行业转型、强化安全风险防控的双重价值；进而剖析数据标准缺失、技术融合不足、安全防护薄弱及机制人员不匹配四大核心挑战；最后从统一数据标准、优化技术架构、构建立体防护体系、完善机制队伍建设四方面，提出针对性实施策略。研究成果可为桥梁养护信息化落地提供理论与实践参考，助力提升养护效率与安全管控能力。

【关键词】：公路桥梁定期检查；数据信息化管理；养护决策系统；实施策略；数字化转型

DOI:10.12417/2811-0722.26.03.040

伴随智慧交通建设的深入推进，公路桥梁养护领域向数字化、智能化转型已成为不可逆转的趋势。定期检查是保障桥梁结构安全、实施科学管控的核心环节，其数据管理的规范程度与信息化水平，直接决定养护决策的合理性，更关乎整个路网的通行安全。当前行业发展仍面临多重难题，传统养护模式已难以适配现代化养护的高效需求。基于此，本文围绕定期检查数据信息化管理与养护决策系统构建开展研究，通过分析其价值、梳理现存挑战、提出实施策略，为行业数字化转型提供实操性支撑。

1 公路桥梁定期检查数据信息化管理与养护决策系统构建的重要性

1.1 契合公路桥梁养护行业数字化转型需求

当前交通行业数字化转型持续提速，公路桥梁养护领域亟需突破“人工记录+纸质归档”的传统桎梏——这类模式不仅存在台账易破损、跨部门流转滞后等问题，还易因人工誊抄、逐级上报产生误差，难以适配桥梁定期检查的时效性需求。信息化系统依托移动采集终端实现现场检查数据实时上传，替代人工整理、层层汇总等繁琐环节，大幅降低人为偏差，保障数据同步的及时性与准确性。养护决策系统依托专业数据建模，转化不同桥型的健康评估逻辑，推动养护工作从“病害发生后被动应对”转向“隐患预判前主动防控”，精准契合智慧交通建设核心诉求，筑牢桥梁养护数字化发展根基^[1]。

1.2 强化公路桥梁安全风险防控能力

信息化系统可规范存储全量检查数据，动态更新病害发展、处置记录，为每座桥梁建立专属健康电子档案，实现病害从发现、发展到处置的全周期可追溯。养护决策系统通过实时监测桥梁受力、位移等关键参数，搭配智能预警模型，及时捕捉裂缝扩大、支座变形等潜在隐患并推送预警提示，让养护部门提前制定针对性方案、统筹组织抢修，有效防范坍塌、病害扩散等事故，筑牢“预防为主、防治结合”的安全防线，全力保障路网通行安全。

2 公路桥梁定期检查数据信息化管理与养护决策系统构建面临的挑战

2.1 数据管理缺乏统一标准，整合难度较大

当前公路桥梁定期检查数据仍无统一管理规范，行业主管部门未牵头制定专项实施细则，各养护、检测单位多凭自身过往经验，自行设定数据采集标准。针对梁桥支座、拱桥拱肋、斜拉桥拉索等不同桥型的核心检查部位，病害描述、结构尺寸、受力参数等核心数据的采集口径、编码规则差异显著。部分单位图便捷随意简化裂缝宽度、病害范围等必填指标，部分擅自调整电子表单字段与填报要求，直接导致同类桥梁数据“同源不同质”。且缺乏全流程质量管控，采集数据未经专业校验便入库，轻微病害无故升级、参数与实景不符等逻辑矛盾及数值错误频发。各单位数据分散存储于自有终端，形成封闭孤岛，跨区域比对、跨部门共享需反复格式转换，大幅增加整合成本，也为后续信息化系统应用埋下隐患^[2]。

2.2 技术适配性不足，系统融合难度较高

多数养护单位设备更新迟缓，老旧终端无法兼容无人机巡检、物联网应力传感器等新型采集设备，仍依赖人工手写记录病害位置、严重程度后二次录入系统，与信息化实时精准的采集需求严重脱节。系统架构设计脱离桥梁野外作业、点位分散的实操场景，存储模式单一，难以兼顾核心数据实时同步，及山区网络中断、云端故障等极端场景下的访问需求。且各业务系统技术标准不一，与公路网管理、养护施工、应急处置等平台接口不兼容，无法实现数据无缝流转。采集与分析模块割裂，数据上传延迟、二次录入漏填误填等问题突出，技术适配与跨系统融合短板直接制约定期检查效率。

2.3 安全防护体系薄弱，数据风险隐患突出

公路桥梁定期检查产生的核心结构参数、隐蔽病害记录、专项检测方案等敏感数据，缺乏系统性安全防护措施，仅采用单一加密方式甚至无加密处理，易被破解窃取。数据存储依赖单一节点，未建立“云端异地+本地离线”双备份机制，受硬件故障、恶意攻击影响极易造成数据丢失。访问权限划分粗放，

未按检测、养护、运维等岗位职能精准分配，存在越权查看、篡改数据风险。无完善操作日志追溯体系，违规操作难以溯源追责，且网络防护设备配置不足，未定期开展漏洞扫描，采集设备接入易带入恶意程序，突发安全事件应对能力薄弱。

2.4 管理机制与人员能力不匹配，制约系统落地

缺乏适配系统运行的专项管理制度，未明确定期检查系统运维责任主体、故障处置时限及各岗位数据责任，绩效考核未与数据质量、系统使用合规性挂钩，导致责任落实流于形式。人员能力存在明显双向短板，一线检查人员不熟练移动采集终端操作、病害数据规范录入及照片关联技巧，无法实现“检查即录入”；技术运维人员缺乏桥梁养护专业知识，难以精准排查设备适配、数据同步等业务类故障。复合型人才缺口显著，且无长效培训机制，无法适配新型采集设备与系统迭代需求，机制与能力的失衡直接阻碍系统长效落地运行^[3]。

3 公路桥梁定期检查数据信息化管理与养护决策系统构建的实施策略

3.1 制定统一标准，规范数据全流程管理

行业主管部门应牵头联合桥梁养护、检测、信息化技术等多方主体，结合梁桥、拱桥、斜拉桥等不同桥型的检查重点，制定《公路桥梁定期检查数据信息化管理细则》，为检查数据管理提供明确遵循。细则需逐一明确病害描述、结构参数、养护建议等核心数据的采集口径，规范电子表单格式、编码规则及必填指标，严禁各单位自行设定数据格式、篡改编码逻辑，强制要求全员遵循标准录入数据，确保不同区域、桥型的检查数据“同源采集、同质流转”，筑牢数据整合分析基础。

管理部门应设置专属数据审核岗位，配备兼具养护专业知识与审核能力的人员，明确审核流程与责任边界，对采集数据实施完整性、准确性、规范性三重校验（初审侧重格式、复核侧重逻辑）。初审核查病害位置、检测工具等信息填报完整性与格式合规性；复核对照历史数据、现场照片，排查逻辑矛盾（如轻微病害无故升级）、参数错误等问题，对不合格数据标注清单、退回补全并明确整改时限，杜绝问题数据积压。同步建立质量追溯台账，详细记录采集人、检测时间、审核及整改情况，实现责任到岗到人，守住数据质量源头关。

管理部门还需搭建专用定期检查数据共享平台，统一技术接口标准，实现养护、路政、检测等多部门数据实时互通，明确共享范围（常规数据跨部门共享、专项数据指定岗位调取）、权限边界与流转流程，避免重复检查与数据录入，减少资源浪费。同步制定数据分级管理规则，对特大桥核心参数、专项检查方案等敏感信息，标注“公开+受限+保密”三级等级，为后续安全防护提供制度依据，保障数据高质量流转。

3.2 优化技术架构，提升系统适配与融合能力

针对定期检查数据（病害记录、结构参数、现场影像）的

安全与时效需求，采用“云端+本地”混合存储架构，实现分级管控与全场景适配。核心数据上传云端，依托云端服务实现多终端（检测、管理、养护终端）实时同步，同时完成异地多节点备份；本地节点留存应急关键数据（核心结构基准参数、历史重点部位记录），确保极端场景下检查工作正常推进，兼顾安全与业务连续性。选用扩展性、兼容性强的分布式数据库技术，满足多年度、多桥型数据存储及快速检索、跨年度比对需求。

结合不同桥型检查重点，搭配无人机巡检、物联网传感器、移动采集终端，搭建“人工+自动”双模式采集机制。无人机覆盖主梁底部、支座等人工难达部位，捕捉隐蔽病害并同步影像，降低安全风险与盲区；物联网传感器布设于关键受力部位，实时监测应力、位移，为检查提供动态数据支撑；移动终端支持现场录入病害信息、上传照片与数据，实现“检查即录入”，通过统一采集协议无缝对接系统，规避二次录入误差与延迟。

以数据流转为核心，推动系统与公路网管理、养护施工、应急处置平台接口互通、数据共享，打破技术壁垒。同步路网通行数据优化检查时段，规避拥堵；对接养护施工系统，自动推送病害数据至计划模块，实现“检查发现-计划制定-施工管控-效果复核”全流程可视化；联动应急系统，突发病害时快速调取历史数据、推送处置方案，提升响应效率。预留标准化升级接口，为融入 AI 病害识别、大数据规律挖掘等技术提供空间，适配信息化、智能化发展趋势。

3.3 构建立体防护体系，筑牢数据与系统安全防线

针对定期检查敏感数据，实施“对称加密+非对称加密”双重防护，对称加密保障数据实时传输效率，适配现场采集需求；非对称加密强化密钥管控，防范核心数据被破解。建立贴合检查业务的常态化备份机制，全量备份按月覆盖历年数据、增量备份按日同步新增记录，采用“云端异地+本地离线”双存储模式，明确备份校验、恢复流程，定期开展恢复测试，规避硬件故障、恶意攻击导致的数据丢失，保障检查工作连续性^[4]。

落实“岗位+职能”双层权限划分，为检测、养护管理、运维人员分配差异化权限（检测人员仅可录入查询本人负责数据，管理员可审核修订），杜绝越权操作。设置“账号+密码+短信动态验证”三重认证，防范账号泄露。建立全维度操作日志追溯体系，对数据录入、修改、导出等操作全程留痕，记录操作人、时间、终端及内容，日志加密存储且不可篡改，实现操作可追溯、责任可追究，规避数据篡改风险。

部署防火墙、入侵检测系统与病毒防护软件，防火墙拦截外部非法访问，入侵检测系统监控数据传输流量，病毒防护软件定期更新病毒库，查杀采集设备接入带来的恶意程序。定期开展网络巡检（每周）与漏洞深扫（每月），对隐患标注等级

并限期整改。制定针对性应急预案，覆盖黑客攻击、病毒感染等场景，明确处置流程与分工，每季度组织应急演练（模拟数据传输中断），提升快速响应能力，保障系统稳定运行。

3.4 完善管理机制，强化人员队伍建设

制定专项系统运维管理制度，明确责任主体与岗位分工，划定一线检查人员与运维人员协同边界，将采集终端卡顿、数据同步延迟等高频故障纳入处置清单，细化响应时限与流程，确保检查工作不受系统故障影响。完善数据管理制度，规范不同桥型病害录入标准、数据修改权限及共享范围，明确各岗位数据责任，将数据质量、系统使用合规性与绩效考核挂钩，以考核促使责任落实，保障数据规范流转与系统稳定^[5]。

开展分层分类靶向培训，针对一线检查人员，重点培训移动终端操作、不同病害（裂缝、剥落）采集规范、数据与照片关联技巧，提升现场操作与系统衔接效率；针对运维人员，聚焦系统架构、数据库管理、安全防护及设备适配技术，强化故障排查与系统优化能力。通过定向引才、校企合作，吸纳兼具

检查经验与信息化能力的复合型人才，填补“懂检查不懂技术、懂技术不懂检查”短板，充实岗位力量。

结合无人机数据对接、智能病害识别系统等新增需求，定期更新培训内容，重点覆盖新型设备与系统适配操作、数据异常排查模块。采用“理论讲解+现场实操”模式，理论聚焦系统与业务适配逻辑，实操模拟离线数据补传、系统故障应急处置等真实场景，配套常态化考核验收，确保人员能力与系统迭代同步，充分发挥系统提质增效效能。

4 结语

综上所述，公路桥梁定期检查数据信息化系统构建，是关乎养护模式革新与路网安全的系统性工程。本文提出的“标准-技术-安全-管理”四位一体策略，可有效破解现存难题，为系统落地夯实基础。未来需深化技术与养护业务融合，依托预留接口融入 AI、大数据技术，迭代优化系统功能，同步完善机制适配、强化人才培育，保障系统长效运转，为桥梁养护高质量发展注入数字化活力。

参考文献：

- [1] 潘盛山,闫东,覃晖,等.我国公路桥梁养护管理系统发展及展望[J].世界桥梁,2024,52(2):56-65.
- [2] 伍玲.高速公路养护管理智能决策系统研究与实现[D].湖北:武汉工程大学,2021.
- [3] 程浩,汪开喜.桥梁信息化监测在公路桥梁养护中的应用——以董铺水库大桥为例[J].中国建设信息化,2022(18):64-66.
- [4] 林睿颖,雷家艳,张苏娟,等.基于 BIM 技术的公路桥梁综合管理系统[J].公路,2023,68(10):219-225.
- [5] 姜安乐.基于大数据的桥梁检测信息管理系统研究[J].工程建设,2025,8(9).