

公路养护管理信息化的现状及发展趋势

文 / 王萌哲 西安市公路局

摘要: 公路养护管理信息化的现状与发展趋势备受关注。现状方面, 存在数据采集不精准、系统集成困难、标准不统一等问题。发展趋势包括物联网深度融合、大数据与人工智能应用、云平台使用、移动办公智能化和开放生态构建等。了解这些有助于提升公路养护管理效率、质量, 推动公路养护管理向智能化、高效化方向发展, 适应现代交通发展需求。

关键词: 公路养护管理; 信息化; 现状; 发展趋势

【DOI】 10. 12254/j. issn. 2096-6539. 2025. 03. 050

引言

随着现代交通的发展, 公路养护管理信息化日益重要。公路作为交通网络的关键部分, 其养护管理面临新挑战。目前, 信息化在公路养护管理中的应用尚存在诸多不足。然而, 科技的发展也为其带来新机遇, 呈现出多种积极的发展趋势。对公路养护管理信息化的现状与发展趋势进行研究, 有助于提高公路养护水平, 保障公路安全畅通。

一、公路养护管理的定义

公路养护管理是指为保持公路经常处于完好状态, 防止其使用质量下降, 并向公路使用者提供良好的服务所进行的作业。它涵盖了对公路及其沿线设施的保养与维护、路政管理等多方面工作。从公路的日常巡查开始, 及时发现路面的病害, 如裂缝、坑洼等, 以及公路附属设施(像护栏、标志、标线等)的损坏情况。然后根据发现的问题进行针对性的修复和维护, 例如对路面进行修补、重新涂刷标志标线等。在路政管理方面, 要保障公路的合法使用权益, 制止侵占、破坏公路的行为, 确保公路的安全畅通, 这一系列的工作都属于公路养护管理的范畴。

二、公路养护管理信息化的意义

(一) 提高养护决策的科学性

公路养护管理信息化能够整合海量的养护数据, 包括公路的基本结构数据、使用年限、交通流量数据、不同路段的病害历史记录等。通过数据分析技术, 可以精准地预测公路病害的发展趋势。例如, 根据多年的路面病害数据以及对应的气象条件、交通荷载等因素, 建立起精确的预测模型。这使得养护决策不再依赖于经验性的判断, 而是基于全面的数据支持。在制定养护计划时, 可以准确地确定哪些路段需要优先养护, 采用何种养护方式更为合适, 如预防性养护还是修复性养护, 从而避免资源的浪费, 提高养护资金的使用效率, 确保养护工作在最恰当的时间和地点开展。

(二) 提升养护工作效率

信息化手段为公路养护管理带来了高效的工作流程, 在数据采集方面, 利用智能传感器和移动设备, 养护人员可以快速、准确地获取公路的各种信息。例如,

智能巡检车辆在行驶过程中, 通过安装在车辆上的多种传感器, 可以一次性采集路面平整度、车辙深度、裂缝情况以及沿线设施状态等数据, 并且这些数据可以实时传输到养护管理系统。在任务分配环节, 系统可以根据养护人员的位置、技能和工作负荷, 自动将养护任务分配给最合适的人员, 减少了人工调度的时间和误差。

(三) 增强公路设施的安全性

公路养护管理信息化有助于及时发现公路设施存在的安全隐患, 通过实时监测系统, 无论是路面的微小病害还是桥梁结构的潜在风险都能被快速察觉。例如, 在桥梁上安装的结构健康监测传感器, 可以持续监测桥梁的应力、变形等关键参数, 一旦发现异常数据, 系统会立即发出警报。对于公路上的交通标志和标线, 利用图像识别技术结合定期的巡检数据, 可以及时发现标志的损坏、标线的磨损等情况。这样就能够在安全隐患引发事故之前采取有效的措施进行修复和维护, 保障公路设施处于良好的安全状态。而且, 信息化管理还可以对公路养护工作进行追溯, 确保每一个安全相关的养护环节都得到有效的执行, 从而增强公路设施在使用过程中的安全性。

三、现阶段公路养护管理信息化的体现

(一) 数据采集的信息化

现阶段, 公路养护管理在数据采集方面呈现出明显的信息化特征。各类先进的传感器被广泛应用于公路数据采集工作。例如, 在路面状况监测中, 安装在检测车辆底部的激光传感器能够精确测量路面的平整度, 其精度可达到毫米级别。同时, 利用高精度的图像采集传感器, 可以获取路面裂缝的图像信息, 通过图像分析软件能够准确计算出裂缝的宽度、长度以及走向等参数。而且, 气象传感器沿着公路线路分布, 能够实时收集气温、湿度、风速、降雨量等气象数据, 这些数据对于预测路面病害有着重要意义。此外, 在公路设施方面, 通过射频识别(RFID)技术对公路沿线的标识牌、护栏等设施进行标记, 养护人员使用手持设备进行扫描, 即可快速获取设施的基本信息, 如安装时间、上次维护时间等, 极大地提高了数据采集的效率和准确性。

（二）养护管理系统的信息化

许多公路管理部门都构建了专门的养护管理信息系统（CMMS）。在这个系统中，包含了公路的全面基础信息，如公路的里程、等级、车道数量、路面结构类型等。以某地区的CMMS为例，它详细记录了每一段公路的修建年份、使用的材料等信息。在养护计划模块中，系统可以根据公路的使用年限、交通流量数据以及前期的养护记录，自动生成年度、季度甚至月度的养护计划。对于养护工程管理，从工程立项、招投标、施工过程到竣工验收，整个流程都可以在系统中进行记录和跟踪。而且，系统还具备资金管理功能，能够精确核算每一个养护项目的成本，包括人工费用、材料费用、设备租赁费用等，确保养护资金的合理使用。

（三）智能技术的初步应用

智能技术在现阶段公路养护管理信息化中开始崭露头角，地理信息系统（GIS）的应用较为广泛。例如，公路管理部门可以将公路的地理位置信息、周边环境信息（如河流、山脉、村庄等）以及公路自身的病害分布情况整合到GIS系统中。通过GIS的空间分析功能，能够直观地划分出不同养护需求的区域，如根据病害密度将公路路段划分为重点养护区和一般养护区。另外，大数据技术也开始发挥作用，公路管理部门收集大量的养护数据，包括历史养护记录、交通流量数据、气象数据等，通过大数据分析挖掘其中的关联关系。例如，分析不同季节、不同交通流量下路面病害的发生规律，为养护决策提供数据支持。同时，人工智能中的图像识别技术也被用于公路养护，对路面病害图像进行自动识别，虽然目前识别准确率还有待提高，但已经是一个重要的发展方向。

四、公路养护管理信息化的现状

（一）数据采集方面

在公路养护管理信息化进程中，数据采集存在诸多问题。目前，虽然有多种传感器用于采集数据，但传感器的布局仍不够合理。例如，在一些偏远山区公路，传感器数量较少，导致数据采集不全面。而且，不同类型传感器的数据兼容性较差，像路面平整度传感器和车辙深度传感器采集的数据格式和标准不同，难以直接整合分析。采集数据的准确性也有待提高，由于环境因素干扰，如恶劣天气下气象传感器可能出现数据偏差。此外，数据采集的自动化程度还有提升空间，部分地区仍依赖人工定期巡检补充数据，效率较低且容易出现人为误差。

（二）系统集成方面

公路养护管理涉及多个子系统，但系统集成存在不少困难。各个子系统往往由不同供应商开发，采用不同的技术架构和数据结构。例如，路面养护系统和桥梁养护系统之间难以实现无缝对接，数据无法流畅交互。系统之间功能存在重叠与缺失，有的系统既包含部分设施管理功能，又在另一个专门的设施管理系统中有重复

内容，同时一些特殊养护需求对应的功能却没有系统涵盖。而且，系统集成时面临安全风险，在整合过程中容易出现数据泄漏、被恶意攻击等安全隐患，这在一定程度上阻碍了公路养护管理信息化的深入发展。

（三）信息化标准方面

公路养护管理信息化缺乏统一的标准，在数据标准上，不同地区、不同部门对公路养护数据的定义、分类和编码不一致。例如，对于同一种路面病害，有的地区定义为“轻度裂缝”，而其他地区可能有不同的命名和分类方式，这使得数据在全国范围内难以汇总和比较。在技术标准方面，软件、硬件接口标准不统一，导致不同设备和系统之间难以连接。例如，新采购的智能巡检设备可能因为接口标准与现有系统不匹配，无法直接接入进行数据传输。信息化建设过程中的项目管理标准也不统一，包括项目的规划、招投标、验收等环节，使得公路养护信息化项目的质量参差不齐。

（四）人员素质方面

公路养护管理信息化对人员素质提出了挑战，一方面，现有养护人员的信息化技能普遍较低。许多长期从事传统养护工作的人员对信息化设备和系统的操作不熟练，例如，在使用新的养护管理信息系统录入数据时，容易出现操作失误。他们对信息化技术的理解和接受能力有限，难以将信息化手段融入日常养护工作流程。另一方面，缺乏既懂公路养护又懂信息化技术的复合型人才。在公路养护管理信息化项目的建设和运营过程中，难以找到合适的人员来进行系统的优化、数据分析等工作，这在很大程度上限制了公路养护管理信息化的有效推进。

（五）资金投入方面

总体资金投入不足，与公路建设相比，养护管理信息化的资金分配比例较低，这导致信息化建设的基础设施建设缓慢，例如，无法大规模铺设先进的传感器网络。资金来源单一，主要依赖政府财政拨款，缺乏社会资本参与。在一些地区，由于财政紧张，对公路养护管理信息化的投入更是捉襟见肘。而且，资金使用效率不高，在信息化项目建设中，存在重复建设和资源浪费的现象。例如，部分地区在没有充分评估需求的情况下购买昂贵的信息化设备，而这些设备可能功能过剩或者不符合实际养护需求。

五、公路养护管理信息化的未来趋势

（一）物联网技术深度融合

物联网技术会使公路养护管理进入一个全新的阶段，公路的各类基础设施，从路面到桥梁，从交通标识到路灯，都将成为物联网的感知终端。这些终端通过嵌入的传感器，如超灵敏的应变传感器、高精度的环境传感器等，能够持续不断地收集大量数据。以桥梁养护为例，物联网传感器可以实时监测桥梁的结构健康状况，包括应力分布、振动频率等关键参数。一旦有异常变化，比如因长期车辆荷载导致的结构微小变形超出安全

阈值，传感器会立即将数据传输给管理中心。同时，物联网技术还能实现设备之间的互联互通。例如，当路面传感器检测到某路段出现结冰现象时，可自动触发附近的融雪设备启动，而无须人工干预。此外，物联网技术的深度融合还将促进公路养护管理的资源优化配置。

（二）大数据与人工智能的全面应用

随着公路养护管理中数据采集手段的不断丰富，如智能传感器、移动巡检设备等，会产生海量的数据。这些数据包含了公路的历史养护情况、不同路段的交通流量、气象条件等多方面信息。大数据分析技术能够挖掘这些数据背后复杂的关系。例如，通过分析多年的交通流量数据、气象数据以及路面病害数据，可以准确找出在特定气象条件下，哪些路段、何种交通流量情况下容易出现特定类型的病害。人工智能则基于这些大数据分析结果发挥强大的决策能力。例如，利用机器学习算法构建的模型，可以根据当前的气象、交通等实时数据，精准预测未来一段时间内公路病害的发展趋势，从而提前制定养护计划。无人机或巡检车辆拍摄的公路图像，通过图像识别技术可以快速、准确地识别出路面裂缝、设施损坏等情况，大大提高巡检效率和准确性。同时，人工智能还可以对养护方案进行优化，根据不同的病害类型、严重程度以及资源情况，智能推荐最适合的养护措施，实现公路养护管理的智能化、高效化。

（三）云平台的广泛使用

公路养护管理涉及海量、多类型的数据，如养护计划文档、不同路段的监控视频、传感器采集的实时数据等，云平台为这些数据提供了理想的存储解决方案。它具有强大的存储能力，可以轻松应对数据的增长，并确保数据的安全性和可靠性。通过云平台，不同地区的公路养护部门能够实现数据的集中管理与共享。例如，在一个大型的跨区域公路养护项目中，各个地区的养护团队可以将本地采集到的公路状况数据上传至云平台，其他地区的团队则可随时获取这些数据以便进行协同分析和决策。云平台还支持多用户同时在线访问，这使得养护人员、管理人员以及相关专家能够方便地进行沟通与协作。此外，云平台的计算能力可以为公路养护管理中的复杂数据分析提供支持。利用云平台上的数据分析工具，能够对大量的养护数据进行快速处理，挖掘出有价值的信息，如根据历史数据预测不同季节的公路养护重点区域等。

（四）移动化办公与现场管理智能化

移动化办公使养护人员能够摆脱传统办公模式的束缚，借助智能手机和平板电脑等移动设备开展工作。养护人员在现场可以通过移动应用即时获取公路养护任务的详细信息，包括需要养护的路段位置、病害类型、养护标准等。例如，在处理路面病害时，现场人员能够在移动设备上查看病害的历史数据、相似案例的处理方法，从而更加科学地进行养护作业。同时，移动设备方

便养护人员进行现场数据采集，如拍摄病害照片、录制视频、记录位置信息等，并实时上传到养护管理系统，确保数据的及时性和准确性。在养护设备管理上，通过在设备上安装智能传感器和定位装置，可以实时监控设备的运行状态、位置信息，实现设备的智能调度和维护提醒。

（五）建立开放共享的生态系统

建立开放共享的生态系统是公路养护管理信息化未来的关键趋势。这个生态系统将整合众多参与方的资源，包括政府部门、科研机构、企业等。政府部门在其中发挥着主导和监管的作用，制定公路养护管理信息化的相关政策、法规和标准，为整个生态系统的有序运行提供保障。例如，政府出台的数据共享标准确保各方数据交互的规范性。科研机构则是创新的源泉，凭借其科研实力研发先进的公路养护技术和算法。例如，研究新的路面病害检测技术或更精准的养护决策模型。企业在这个生态系统中扮演着重要角色，包括提供硬件设备的制造商，如生产高精度传感器的企业；提供软件解决方案的开发商，如开发养护管理信息系统的公司等。各方之间实现开放共享，企业可以利用政府提供的公路养护数据进行产品研发和优化，提高产品的适用性；科研机构的研究成果可以通过企业转化为实际的产品和服务应用于公路养护管理。

结束语

公路养护管理信息化的发展是公路养护现代化进程中的必然要求。当前的现状虽然存在诸多挑战，但也为未来发展提供了改进的方向。随着物联网、大数据、人工智能等技术的不断融入，公路养护管理信息化的发展趋势清晰且充满希望。这不仅将提高养护管理的效率和质量，还将为公路使用者提供更安全、舒适的出行环境。我们应积极拥抱这些变化，不断探索创新，以确保公路养护管理信息化在推动公路事业可持续发展中发挥出最大的效能。

参考文献

- [1] 杨树藩. 信息化技术在公路日常养护管理中的应用[J]. 科技视界, 2020(12): 219-220.
- [2] 张治海. 信息化技术在公路养护管理中的应用分析[J]. 数据通信, 2020(1): 52-54.
- [3] 马任. 信息化技术在高速公路养护管理工作中的应用分析[J]. 居舍, 2019(32): 37.
- [4] 于潇舸. 信息化技术在高速公路养护管理工作中的应用[J]. 智能城市, 2019(13): 105-106.
- [5] 刘刚. 公路养护管理信息化的现状及发展趋势[J]. 汽车画刊, 2024, (07): 184-186.
- [6] 舒艳. 公路养护管理信息化的现状及发展趋势分析[J]. 运输经理世界, 2023, (12): 132-134.
- [7] 朱传峰. 浅谈公路养护管理信息化的现状及发展趋势[J]. 四川建材, 2022, 48(05): 156+173.