

# 基于数字化的公路基础设施运营方案

孙校伟 窦慧丽 周志国

浙江交通职业技术学院

**摘要:**近年来,数字化的公路基础设施已经成了行业发展的热点,而在公路基础设施运营中,基础设施数字化就是运用了3D可测实景、高精地图、物联网等技术,来实现公路基础设施的数字化采集和智能应用。根据国家关于数字化的公路基础建设的相关政策,从数据采集、可视地理信息管理和数据资产管理等角度,实现了公路基础设施的数字化管理。在此基础上,从公路基础设施数字化组成的观点出发,探讨了一套以可视化技术为基础的公路交通资料管理系统。通过对数据基础结构的数字化系统进行整理,以追踪关键技术的应用成果,建立一个集公路养护与装备运营一体化的数字化操作系统。

**关键词:**数字化;公路基础设施;运营方案

**【DOI】**10.12254/j.issn.2096-6539.2023.07.051

## 一、数字化公路基础设施的发展及研究意义

### (一) 公路基础设施数字化组成

在《推动新一代国家交通控制网及智慧公路试点》中,对基础设施的数字化公路提出了更高的要求,要求通过3D可测量真实场景技术和高精度地图等手段,对道路设施进行数字化采集、管理和应用,建立道路设施的动态管理体系。以数据为核心、以模型为载体,形成与实体公路一样的数字化“一张图”,实现“数字孪生”,从而为数字化公路基础设施运营状态的综合感知、智能分析和快速预警提供科学依据。

### (二) 数字化公路基础设施的发展现状

我国的交通运输业和基础设施建设取得了长足的进步,公路已在全国范围内“覆盖成网”,为国家的现代化提供了强有力的支持。在党的十九大中,清晰地阐明了建设交通强国的战略目标,同时,也清楚地指出,要加强供给侧的结构调整,要大力发展绿色交通。为了实施和深化供给侧结构性改革,国家和交通运输业对基础设施的数字化、信息化和智能升级给予了高度的重视。《数字交通发展规划纲要》发布,旨在实现“全要素、全生命周期”的数字化,重点研究了“数字化采集系统”“网络化传输系统”“智能应用系统”等关键技术。数字化和智慧化的建设已经成为一项重大的国家战略。在传统的基建经过数十年的繁荣之后,新的数字化基础设施正在蓬勃发展。在《关于推动交通运输领域新型基础设施建设的指导文件》中,提出了智慧公路建设的概念,并作为建设主要任务之一。主要研究内容有:第一,利用真实场景测量技术,实现道路基础设施数据的数据收集。第二,运用地理信息系统、BIM和高精度地图等新技术,实现道路基础设施的3D数字化展

示。第三,以公路为对象的关键构筑物生命周期为目标的健康状态监控。第四,道路工程“建管养”的全生命周期内,对道路工程进行资产管理。

### (三) 数字化公路基础设施的研究意义

数字经济将传统的劳动、工具、资源和资本等生产要素以一种全新的方式进行了整合,使得传统生产要素的利用效率得到了极大的提升,进而也极大地提升了社会生产力。由此,可以得出结论:我国的数字经济发展已经进入了一个崭新的时期。多年来,国家已经意识到数字经济对社会发展的重要作用,习总书记也在2016年召开的政治局常委会上提出,要加大投入,推动互联网与实体经济的深度融合,拓展和强化传统行业的数字化、智能化。交通是我国经济发展的重要组成部分,所以,其应该是第一个实现数字化转型和智能化发展的,而这些,都是支撑着通信网络运转的基石。要跟上历史的趋势,跟上现实效率的提高,大力推动数字化转型和智能化的升级,这也是目前这个阶段专业发展的唯一途径。

## 二、数字化的公路基础设施分析

### (一) 基础设施数据分类

根据公路的构成,将道路基础设施的数字化数据分为4类:主体设施、交通安全设施、服务设施及管理设施;从性质上讲,可将数据划分为静态与动态两类。在此背景下,基于对公路建设项目的分析,提出了公路建设项目的概念,并对公路建设项目进行了分析。

### (二) 数字化采集技术

数字化公路基础设施数据采集,包括线路、断面、隧道等基础设施数据采集,并对其运行状态进行动态监测。

公路基础设施信息获取主要是获取大规模公路的物理空间和属性信息,当前主要的方法是利用高海拔斜面膜照相和三维激光雷进行3D真实场景测量。这两种采集技术在工作原理、检测精度、成本和费用上都存在着不同。在新建成的大跨度桥梁中,可以有选择地应用BIM技术来解决信息的保存和传承。

对基础结构的状态进行动态监测。将公路基础设施运行状况的数据划分为三类:路面状况、结构健康状况(桥梁、隧道、路基、坡道)和机电工程状况(机电设备、光纤电缆)。当前,以计算机视觉为基础,结合人工智能技术,通过对视频影像的智能分析,实现公路病害的自动识别,从而自动地对路面裂纹进行识别,进而将以人工检测为主要手段的传统方法彻底地转变过来,这就解决了一些问题,如低效率、高强度以及对正常的流动。重点公路设施的健康监控,以物联网为基础,通过对桥梁的静态、动态、环境、荷载等信息的采集,实

现对桥梁的安全预警、分析与评估。以及及时地认识到结构的缺陷和损坏，并对其在环境条件下的潜在趋势和对结构安全运行的潜在风险进行分析。从而达到对桥梁结构在使用期间的监控和管理的目的，为养护需求、养护措施等提供科学的依据。此外，在边坡、桥梁等工程中，利用“北斗”的位置信息实现了大规模的位移监测。

### （三）可视地理信息管理

可是地理信息管理平台是一个集成的、显示的、综合的、可视的、能反映公路交通状况的数据的综合平台，这将有力地支持公路基础设施交通系统的数字化。其中，可视化GIS管理平台应该具备以下功能：第一，应该具备2D和3D地图的基础功能，比如视角设置、旋转、移动、缩放；第二，是三维连结、测距、测高及可视化成图；第三，能够对2D GIS和3D建模数据进行分析（斜像和激光点云3D模型，BIM）进行快速装载和融合。第三，可对公路基础设施中的各种因素进行分级管理，并可对基本信息和设施运转状况监控信息进行装载和修改，并可对各种基础设施的运转状况数据进行界面访问。第四，在可视化二维和三维地图的基础上，通过点选和框选两种方法，可以对地图上的数据进行统计和挖掘。

### （四）数字化公路资产管理

在智慧公路的大力建设中，对公路资产进行信息化管理的要求也在不断提高，迫切需要利用数字化技术来加强对公路基础设施的动态管理，在此基础上，搭建公路资产全寿命管理平台，实现公路基础设施的可视化展示、动态资产信息管理、公路桥隧智能养护、机电一体化运营养护等功能。

公路资产可视化展示。在地理信息管理平台的基础上，可以实现公路基础设施可视化分类展示，应该完成的任务有：展示设施的地理位置、查找属性、监控设施的操作状态和不正常的警报，维修和报废的警报。

#### 1. 资产信息动态管理

资产资料的动态管理。其中，公路、桥梁、隧道、机电设备等基础设施的资料管理，支持资料的编辑、修订、查询、统计、输出等功能。在数据变更的情况下，通过与高速公路数据可视化模块的联接，实现对数据的同步。其中，设备的基本情况、设备的定期检查报告、设备的健康状况、设备的日常维护情况等是其中的重要内容。此外，该系统还具备路面评价管理功能，能够将路面评价机构给出的专业评价结果输入到该系统中，通过输入的评价信息、路面分析和历史对比等对路面状况进行统计分析。段的分析结果，路段信息管理指的是将路段划分为1公里，并对路段内路面、路基、排水系统、道路保护、桥梁、管道、道路安全和绿化等方面的细节进行记录，具有下载并储存道路影像的能力。桥梁信息化就是对特定桥梁的信息进行管理，并根据这些信息建立起桥梁的档案。通过对桥梁的基本状况、定期

检测、病害信息、维修信息等信息的综合分析，实现了“一桥一级”桥梁的全生命周期管理。该系统由线路编号、线路名称、检验点桩号、经纬度、设备类型、设备名称等信息组成，桥梁、隧道、机械与电子设备等的信息询问与公路资产的统计过程提供支持，还支持各类资产统计数据的Excel导出。

#### 2. 路桥隧智能养护

基于公路资产的基本信息，对养护管理进行了细分，分别从养护计划编制、日常养护管理、运行考核和统计分析三个方面，建立了养护闭环管理模型。在此基础上，依据道路状况评价资料和设备运行状况的监控资料，建立各种公路结构参数的衰减模型，对其进行了性能变化规律的研究，并据此确定了大中修及常规维修所需的“养护范围”“养护时间”“养护方法”。按照维修的种类，所建立的维修计划可以被划分为例行维修、预防性维修、（小型维修、中型维修、大型维修）以及专业维修。按周期划分，按年度维修计划和按月维修计划。通过对日常维护管理，利用车辆检测、控制终端和道路疾病报告的结构健康监测系统，在对其进行审核和确认之后，就可以制定出工作表，完成自动分类和规划任务，实现检测维护、疾病报告、任务规划、施工和验收确认。在日常维修管理中，实现了维修中心的全方位监控，施工人员的巡查，以及动态的工作。在这些工作中，检查员和建设者可以利用移动终端来接收并观看检查和维修任务，对检查或施工现场进行记录，并上传病害图像或施工现场图像等。通过PC端，中心管理人员能够对工作进行实时监测，从而确定接收、审批、建设和验收申请的办理时机。运行检查和统计分析，目的是为了达到对维护工作的测量和维护工作的成效的评估，为维护成本的支出提供一个依据。同时，围绕维修工作流程，提供检测统计、病害统计、维修统计等功能，为维修人员提供报告与维护、类型分析等重要决策支持。测试里程，维护次数和相位分配。

#### 3. 机电设施一体化运维

机电一体化操作及维护。以改善的装备管理需求为基础，以装备基准资料及操作技术的历史纪录为基础，对工作文件进行提交、审批及实施，是闭环管理的中心环节。主要目标为：提高维修效率、标准化维修流程、保证正常的生产、减少运行费用、将维修任务量化。运用移动互联网、大数据等先进信息技术，建立设备运营维护管理平台，将设备、工作簿、评估管理整合到一个可以完全共享数据的信息系统中，从而达到对设备进行全生命周期管理的目的。智能化的机械设备运行控制系统，主要由四个部分组成：设备运行状态监控、维护管理、运行监控、考核统计。第一，对装置的工作状况进行监控。采用工业通信模块、标准协议、API数据接口等方式，对各类公路企业管理办公室、收费站以及外部机电设备进行数据采集，从而实现对其工作状况和故障信息的存取。该系统能在2D、3D地图上标注出车辆的运

行状况,并能对车辆的机电系统的运行状况进行可视化展示,对其出现的故障发出预警。第二,进行维修。在对设备进行了检查,确定没有问题后,就会准备好维护单,以便完成指派的工作。维修人员可以使用app来接受维修任务,如果需要对装备进行更新,用户还可在网上提出申请,在维修结束后,用户还可在网上填写修改内容、上传照片、提交修复成果和最后的确认。该系统主要是对设备及设备维修记录进行管理,主要内容有:设备基本信息、维修时间、故障处理、维修单位及维修记录。第三是操作督导(DSP),中心控制系统利用可视化模块及手机软件对维修工进行动态监测。通过该系统可以实时监测设备的故障次数、实时监测设备的状态及维护情况、实现设备的操作与监测。第四部分是评估结果的统计分析。在维修结束之后,对维修工作进行常规的衡量和评价,并且建立了一个关于响应时间、处理时间和维修时间的统计指数<sup>[1]</sup>。

### 三、数字化的公路基础设施运营方案

#### (一) 系统架构

该公路基础设施运营平台系统的整体结构由显示层、应用层、服务层以及设备层组成。显示层:对电脑浏览器,手机应用等进行适配;应用程序层:为用户提供的程序模块,是整个系统的核心功能所在;服务层:为整体的服务提供支持,主要包括对数字管理平台的接入、业务接入、基本数据接入等。设备层:为应用层、平台层、数据层提供底层的软件与硬件支持<sup>[2]</sup>。

#### (二) 系统功能

基于三维GIS与数字建模技术,建立了一个基于三维地理信息系统与数字建模的公路数字管理系统。在此基础上,对其他各个阶段的各种工程因素进行了综合;同时具备数据库的增删核实功能,云端传输的实时传输实时更新功能,三维可视化的公路状况显示功能,以及专业的空间分析,辅助决策功能;而数字管理平台则是将数据共享、复用从设计、施工到操作阶段的一个重要载体<sup>[3]</sup>。

#### (三) 系统实施方案

3GIS的建设.利用倾斜摄影技术,对工程沿线进行航空测绘,构建出实际的3D地理信息模型,并将其作为周边地理信息的数字模型和图像图,上传至3D GIS平台。在GIS平台上,为用户提供基础的制图服务(基础制图、查询、空间资料的展示);可以进行编辑(可以在上面加上注释,线条、多边形等等);具备:远近、面积、高程等多种测量功能;其中,红色土地利用变化趋势分析、水文、太阳辐射分析、地理测量分析等多个方面的数据分析,可以为典型场景下的遥感监测和遥感监测提供技术支持<sup>[4]</sup>。

建设数字化的公路基础设施。在BIM技术的帮助下,建立了基础设施的数字模型,并根据施工、运营的需要,对数字模型中的各个组件进行了分类和编码,从而打通了设计、施工和运营之间的数据之间的联系,这也是

实现了公路建设、管理和运营之间的数据融合的关键。最后,将该模型与多维度数据相结合,形成了一套完整的公路数字模型。在此基础上,将建设、养护和运营等方面的信息以数字模块为多源数据的载体,将这些信息输入到数字平台,从而提升了分析和运用的效率<sup>[5]</sup>。

公路基础设施基础数据库。公路的运行期是其盈利的主要来源,而运行和维护期又是其全寿命周期中最长的一段。公路基础设施数据分为静态数据和动态数据两类。静态数据指的是基础设施在形成时所具有的内在属性数据,其中大部分都是从设计和施工阶段中产生的,是其形成的唯一的标志,在形成之后,就不会再对其进行更新,但可以被替代(只有当一个部件被替代的时候,对应部件的静态数据才需要被同步地替代)。静态数据包括图形元素(几何元素)和工程元素。动态数据是建立在静态数据的基础上,并随着资料源的取样而不断更新的。其中,动态数据主要包括设备状况、结构状况、技术状态评价等。其中,动态数据还包括了由监测系统所提供的实时资料,以及定期进行维护和检修的资料,将静态数据与动态数据相结合,构成了一个整体的资料库。另外,如何充分利用已收集到的信息来扩充公共服务平台的数据库,构建一个统一的公共服务平台,是提高公共服务平台的资源共享效率的重要途径<sup>[6]</sup>。

### 结论

在5G背景下,道路基础设施的数字化是智能公路建设的核心内容,也是5G下实现车路协同和无人驾驶的核心技术。让聪明的汽车走在智能道路上,这是一项重要的工作。

### 参考文献

- [1]刘玲慧,贺新光.公路基础设施数字化解决方案及应用[J].无线互联科技,2022,19(15):109-111.
  - [2]王安娜,毛建锋.公路基础设施数字化管理平台[J].中国交通信息化,2021(5):31,34-36.
  - [3]李月妹,李平,王少飞,等.公路数字化基础设施分级方法研究[J].公路,2022,67(8):302-305.
  - [4]王世法,徐晟,黄河,等.国际道路基础设施数字化政策标准比较对接[J].建筑经济,2022,43(z2):50-55.
  - [5]王建伟,高超,董是,等.道路基础设施数字化研究进展与展望[J].中国公路学报,2020,33(11):101-124.
  - [6]商淑杰,李月祥,徐长靖,等.数字化建造下公路工程项目管理平台架构[J].城市情报,2022(14):205-207.
- 基金项目:2022年浙江省交通运输厅科技计划项目:基于高精地图的在用公路资产数字化技术研究及系统开发(编号:202203)
- 作者简介:孙校伟(1966.08-),男,汉族,浙江杭州人,副研究员,研究生,主要研究方向:公路工程。