

公路管养数字沙盘的技术探索与实践

杭州同睿工程科技有限公司

杨超 正高级工程师

2022年4月，交通运输部发布了《“十四五”公路养护管理发展纲要》。《纲要》提出着力推进设施数字化、养护专业化、管理现代化、运行高效化、服务优质化，全面提升公路养护管理水平，促进公路交通可持续健康发展。



推进设施数字化

1. 推进基础数据归集

- ◆ 持续开展静态数据、动态数据的收集管理，构建标准统一、信息全面、融合共享的数据体系。

2. 提升养护管理数字化水平

- ◆ 推进高速公路数字化升级改造
- ◆ 研制推广公路养护智能化应用



3. 推进路网运行管理数字化

- ◆ 推动路网运行感知网络建设
- ◆ 不断布局完善感知设备设施
- ◆ 加强路网运行监测及管理

浙江省交通运输厅以“交通一张图”为牵引创新推进交通设施装备数字化提升。开展公路、航道数字化和实景化建设。推进交通基础设施要素数字化采集,实现全省全域公路、四级及以上航道路线数字化、关键部位实景化建设。

浙江省公路与运输管理中心推进公路管养运数字化改革，充分利用现有信息化基础，集约建设基础设施、数据资源和共性应用支撑体系，构建纵向贯通、横向协同的“浙路通”集成应用，打造“四网一体”数字公路体系。构建“公路一张图”，建立公路基础设施信息更新机制。

在此大背景下，针对公路管养基层单位在工作中的急切需求：全面把握历史演变、及时掌握现场动态、精准导航日常巡查。

本技术团队以“数字工程”建造理论和时态地理信息系统(TGIS)理论为指导，对公路管养数字沙盘的建造技术进行了探索，建立面向动态过程模拟和实时表达的公路养护施工数据模型，形成了数字沙盘的建造方法，研发了基层公路养护工作数字化转型的配套装备，并在桐庐县典型国省道路段进行了应用实践。

1、针对公路运营期对各种工程结构的养护工作要求，以一致性、完备性、时效性和实体同一性为准则，针对公路养护“多维、多源、多时态”时空变化信息，建立公路养护对象在时空变化条件下的统一表示的时空数据模型，能满足“动态过程模拟”和“实时表达”的需求。

2、采用“数字工程”理论完成数字沙盘建造方法，建立数据存储和管理技术，研发公路养护数字沙盘物理存储设备。

3、结合公路养护业务需求，建立公路养护时空数据模型的具体应用技术，包括无人机智能巡查和养护检查沉浸式导航技术，研发智能无人机设备和导航设备，并结合具体工程项目开展试点应用。

一、建立面向动态过程模拟和实时表达的公路养护施工数据模型

1、公路养护数据具有“多源、多维、多尺度、多时态”特点。

公路养护工作针对公路工程的运营期是一个随时间、空间动态演化的过程，其中公路沿线设施（标识、标牌、标线、护栏等）空间位置和数量会随着社会发展不断变化，在时间轴上会进行检查、评定、养护维修等工作；路基路面桥梁隧道等实体工程虽然不会在空间上发生变化，但是公路工程作为线状工程（点多线长），其技术状况和养护对策在时间轴上和空间分布都是不断变化的。

(1) 公路竣工时的静态初始数据（由工程施工单位单位提供）

①竣工图纸，反映工程结构的空間位置以及几何尺寸，纸质资料或者PDF文件。

②质量保证资料，反映工程结构构件的物理属性，包括材料、施工工艺等，纸质资料或者PDF文件。

(2) 公路养护检查、监测数据

根据公路养护技术规范：《公路沥青路面养护技术规范》（JTG 5142-2019）、公路桥涵养护规范(JTG 5120-2021)、公路路基养护技术规范(JTG 5150-2020)、公路隧道养护技术规范（JTG H12-2015）的有关规定，公路养护需要开展各种检查（日常巡查、经常检查、定期检查、特殊检查）和结构监测（桥梁、隧道等监测项目和频率各不相同）。

①各种人工检查数据

公路养护相关从业人员开展日常巡查、经常检查、定期检查、特殊检查等所获得的数据。对于路面应还应该采取自动化检测技术获取数据。

日常检查和经常检查一般由公路养护单位技术人员完成，并提供相关观察数据。

定期检查和特殊检查一般由专业试验检测单位技术人员完成，并提供相关试验检测数据。对于路面一般由专业试验检测单位技术人员采取自动化检测设备，获取路面工程的连续检测数据。

②各种物联网监测数据

对需要开展结构监测的桥梁和隧道工程，应结合实际情况，建立监测体系，进行物联网长期在线监测。

(3) 公路养护维修数据

根据公路养护技术规范：《公路沥青路面养护技术规范》（JTG 5142-2019）、公路桥涵养护规范(JTG 5120-2021)、公路路基养护技术规范(JTG 5150-2020)、公路隧道养护技术规范（JTG H12-2015）的有关规定，公路养护按照技术状况实施相应的养护措施，主要包括：日常养护、预防养护、修复养护、专项养护、应急养护、加固维修和改建等。

①养护维修后养护对象属性改善的数据

一般由专业设计单位提供维修处治方案或施工图设计文件，专业资质的公路养护单位技术人员进行养护维修，并提供相关数据反映养护维修以后对实体工程结构构件性能的改善情况。

②养护改建的数据

对需要改建的工程，由专业设计单位提供施工图设计文件，专业资质的施工单位进行改建施工，会造成部分公路实体工程构件的增加或拆除。

2、公路养护的时空数据模型

为了适应公路养护的工作要求及其数据特点，建立了公路养护的时空数据模型，采用时态地理信息系统（TGIS）理论在基础通用GIS时空数据模型上，增加了对公路养护工作中养护检查、养护措施实施等过程模拟的语义表达。该模型包括**公路养护对象**、**公路养护对象属性**和**公路养护对象事件**。

公路养护对象：将公路工程实体工程结构构件作为公路养护对象，包括公路路基、路面、桥梁、隧道工程的分项工程按照施工方法和工艺进一步分解为结构构件。

公路养护对象属性：是指公路实体工程结构构件的物理属性（例如材料性能等）、荷载属性（例如桥梁工程的车流量等）、技术状态属性（各种工程类型技术状况的检查项目等）。

公路养护对象观测事件：是指按照公路养护技术规范要求，对养护对象开展检查、检测和监测，并利用检查、检测和监测数据，更新养护对象的相应属性。

公路养护对象时间事件：是指按照公路养护技术规范要求，对不同养护对象按照规定的频率开展技术状况评定，并根据技术评定结果更新养护对象的状态。

公路养护对象维修事件：是指按照公路养护技术规范要求，根据养护对象技术状况评定结果，落实日常养护、预防养护、修复养护、专项养护、应急养护、加固维修等各种养护策略，并更新养护对象的相应属性；对于进行改建的工程，则需要新增或删除养护对象。

建立多因素驱动模型，以适应公路养护过程中所涉及的多种相关影响要素或者变化过程，不同的因素触发不同的事件，这些事件又会作用于相应的对象，促使其改变当前状态。针对公路路基、路面、桥梁、隧道、沿线设施等均建立了各自的多因素驱动模型，各类事件进入相应模型后，经过过滤、约束、模拟运算等“工序”加工后，可以生成一些更高层次级别和广度级别的事件。

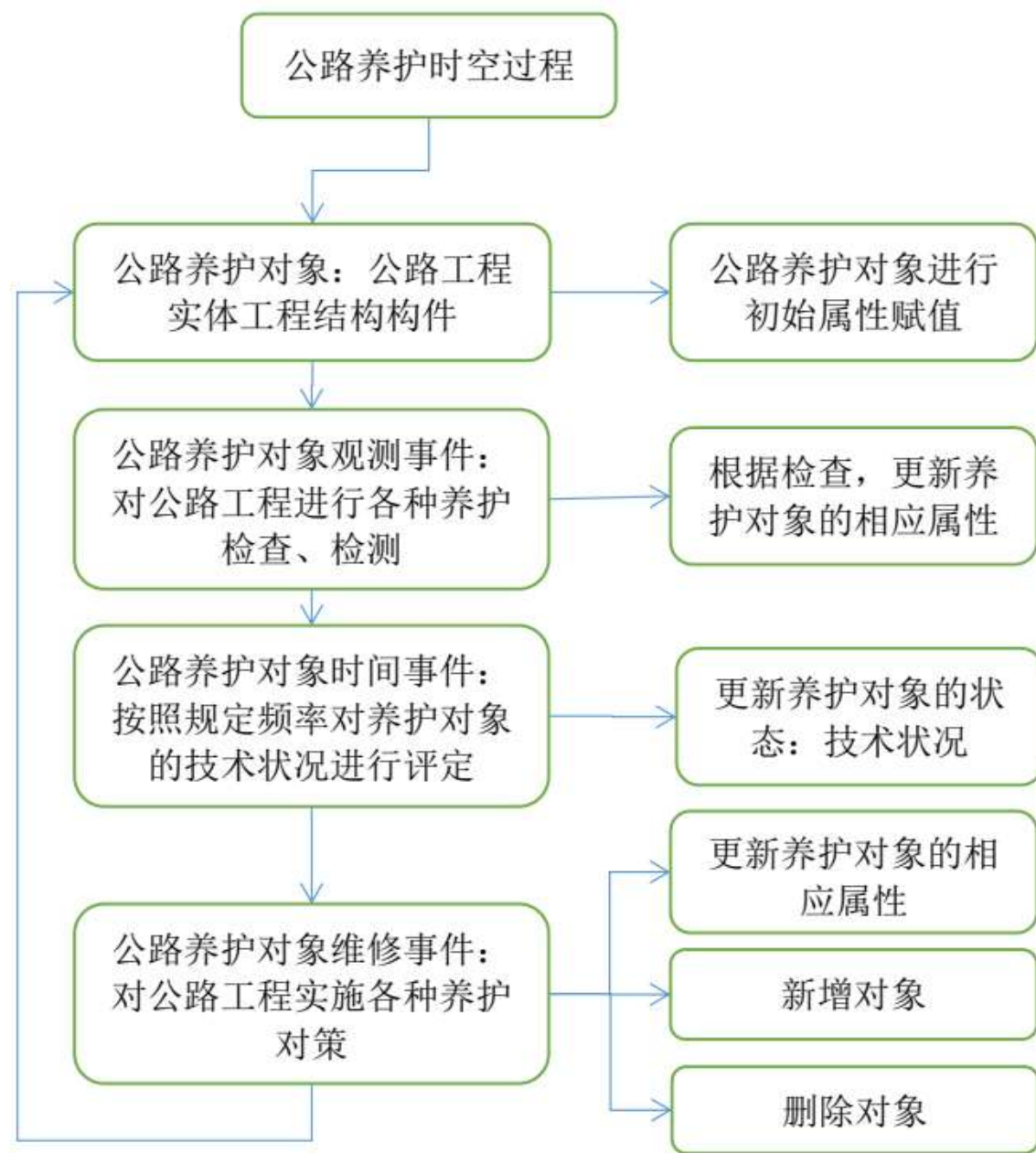


图 1 公路养护时空数据模型的概念模型

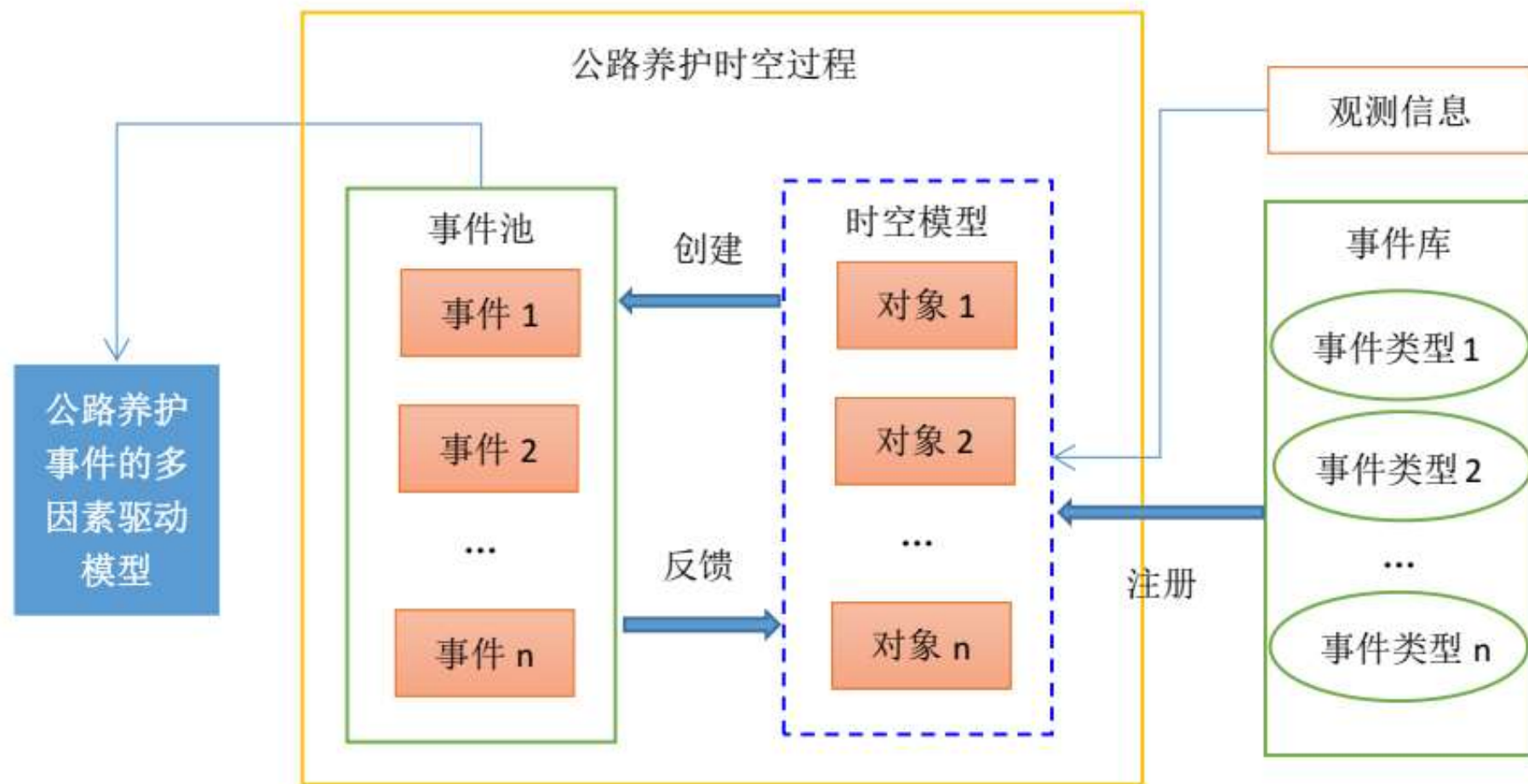


图 2 公路养护时空数据模型的基本框架

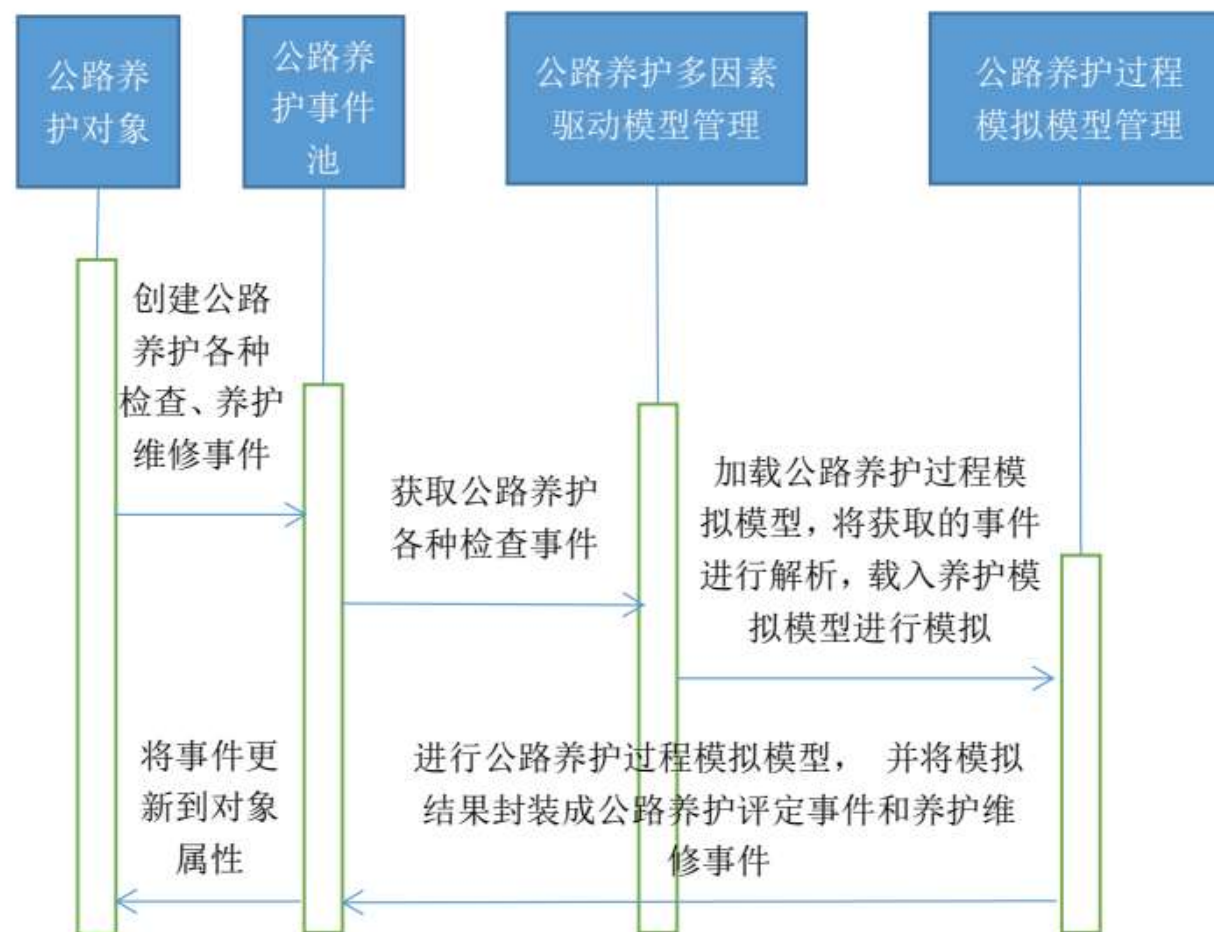


图 3 公路养护时空过程的时序分析图

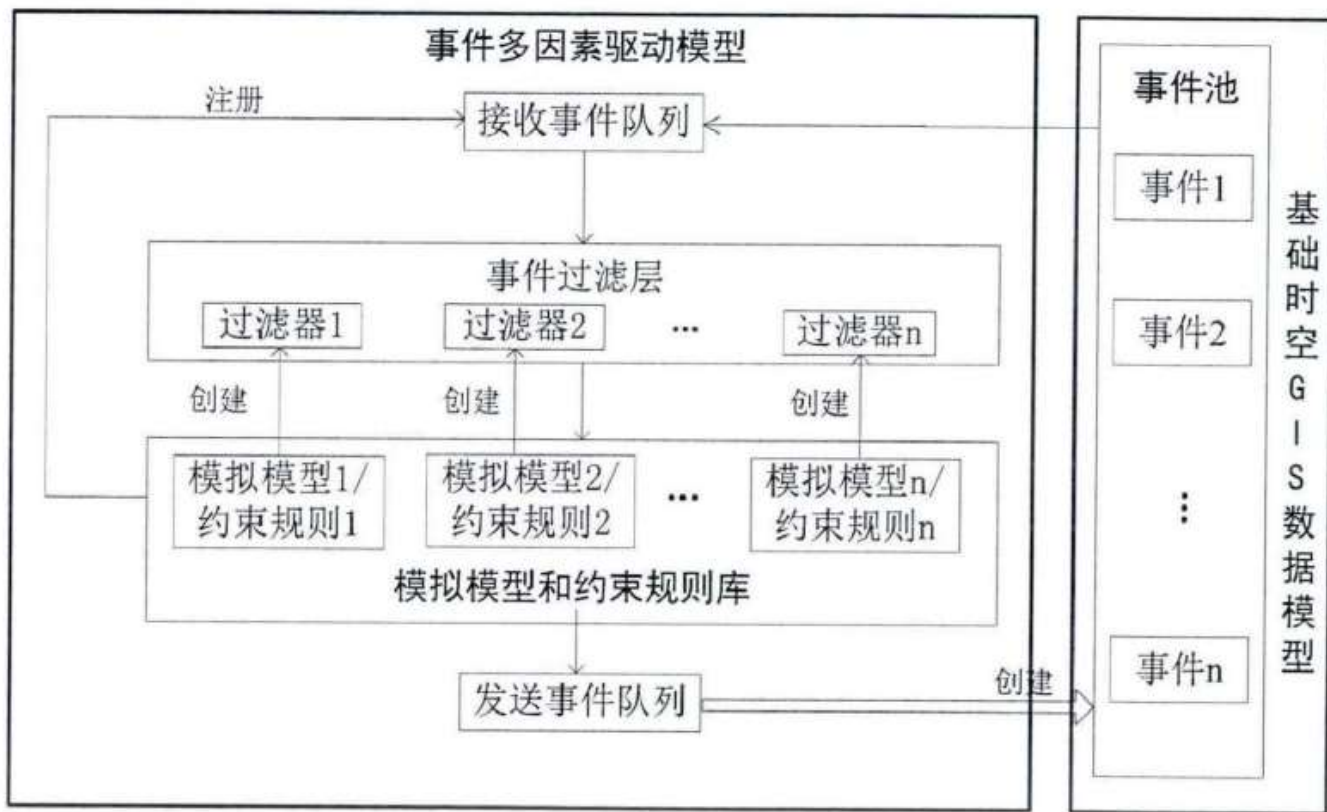


图 4 公路养护事件多因素驱动模型原理示意图

在多因素驱动模型中，各类事件由事件池按照时间的先后顺序进行统一存储管理，当事件池内的事件与事件接收队列中已注册的事件类型相符合时，将事件放入事件接收队列；事件接收队列中的事件经各个事件过滤器检验后记录；若某个事件过滤器需要的事件已经全部存在，从事件接收队列中提取相关事件，递交到模拟模型或者约束规则进行运算处理；模拟模型产生的结果以事件的形式存在，与其他事件一起由事件池进行存储管理。

二、公路养护数字沙盘的“数字工程”建造技术

1、采用数字工程理论，建立数字沙盘的建造技术

构建公路养护数字沙盘的数据来源于公路工程施工过程中以及运维过程中产生的数据，包括地质勘察资料、地形地物、实体工程施工资料、各种养护检查资料、养护维修资料、物联网长期监测的传感器实时监测数据等。

(1) 地形地物以及周边构筑物

地形地物以及周边构筑物虽然不是公路养护的直接对象，但是在构建公路养护三维实景数字沙盘中也必不可少的内容，它反映了公路工程的周边地形、交通组织、交通流组成情况等，构成了养护对象的运营环境，在一定程度上会影响对公路工程结构技术状况的评定以及制定养护维修策略。通过无人机倾斜摄影测量技术等三维建模技术，经过数据整理、**坐标校正**、三维实景模型构建、模型修正完善等几个步骤，形成地形地物三维实景模型。

(2) 地质勘察资料

地质勘察钻孔资料、断层分布情况等，这些纸质资料或者PDF文档，经过数据整理、数据转换、**坐标校正**、三维地质模型构建、模型修正完善等几个步骤，形成地质三维模型。

(3) 公路工程竣工资料

公路工程竣工资料，包括竣工图纸和质量保证资料等，这些纸质资料或者PDF文档，经过数据整理、**坐标校正**、工程实体结构BIM模型构建、工程实体结构构件编码、构件属性录入等几个步骤，形成工程实体结构BIM模型。

(4) 公路养护检查资料

根据公路工程养护技术规范要求，定期开展各种养护检查，形成养护检查记录，历史数据为纸质资料或者PDF文档，经过数据整理、构件属性、养护事件录入等几个步骤，形成实体结构的属性信息。新的数据由养护工作导航设备直接生成。

(5) 公路工程长期监测资料

对于公路桥梁、隧道工程中需要开展长期健康监测的工程结构，采用传感器实时监测数据，体现了工程结构的受力变形状况等。这些数据，通过数据接口，形成工程实体结构的属性信息。

(6) 公路养护维修资料

根据公路工程养护技术规范要求，按照技术状况开展养护策略，形成养护维修记录，历史数据为纸质资料或者PDF文档，经过数据整理、构件属性、养护事件录入等几个步骤，形成实体结构的属性信息。新的数据由养护工作导航设备直接生成。

2、建立数据存储和管理技术，研发物理存储设备

数字沙盘技术的功能定位是“数字纸张”——独立使用、即插即用、数据加密和永久保存。主要用途是解决基层公路养护单位在养护工作数字化转型中，海量运营养护数据的永久保存、可视化呈现和智能化使用等方面存在的难题。数字沙盘高效组织多源多维数据，海量静态数据（地形地物倾斜摄影模型和工程BIM模型等，数量级为几百G）与轻量动态数据（日常养护工作数据，数量级为几十兆）在基层公路养护工作中协同应用。

- 即插即用：免安装包，可在电脑上即插即用；
- 数据加密：自带防拷贝数据安全防火墙，保证物理硬件上的数据安全；养护对象模型数据与养护事件数据分离，对象模型数据在物理数字沙盘上进行物理保密；养护事件在云端服务器，实现工作协同共享。
- 永久保存：建立脱离外部网络的数据银行+加密数据盘的数据管理机制，实现数据分布式存储和循环式传承，确保数据长期保存。

根据数据模型建立了数据存储和管理技术，形成了一整套标准化数字沙盘建造流程。

(1) 数字化建造对象和范围：工程结构、地形地物、周边构筑物、地勘资料等。

(2) 建造颗粒度：空间维度上为工程结构构件、时间维度上为运维活动。每个对象特征：运维养护的活动内容（日常巡查、结构检查、技术状况评定、保养维修和病害处治等）。

(3) 模型属性：材料、病害、技术状态、维修加固等方面进行属性赋值。

(4) 成果形式：采用NoSQL数据库，满足分布式存储和频繁交互的要求，即插即用型、移动式数字沙盘设备。

(1) 公路养护时空对象存储管理

根据公路养护对象的时间空间特征及其在时空模型中的作用，将公路养护时空对象结构分为时空对象列表和时空对象操作两部分进行存储和管理。如图5所示，该结构具有两大特点：

①时空对象管理，负责维护某时空范围内（或不同类型）的时空对象列表，并支持对象列表的状态操作、传感器观测绑定和事件响应等操作；

②时空对象可以根据某一状态值快速检索相关联的属性，操作相应地质对象模型。

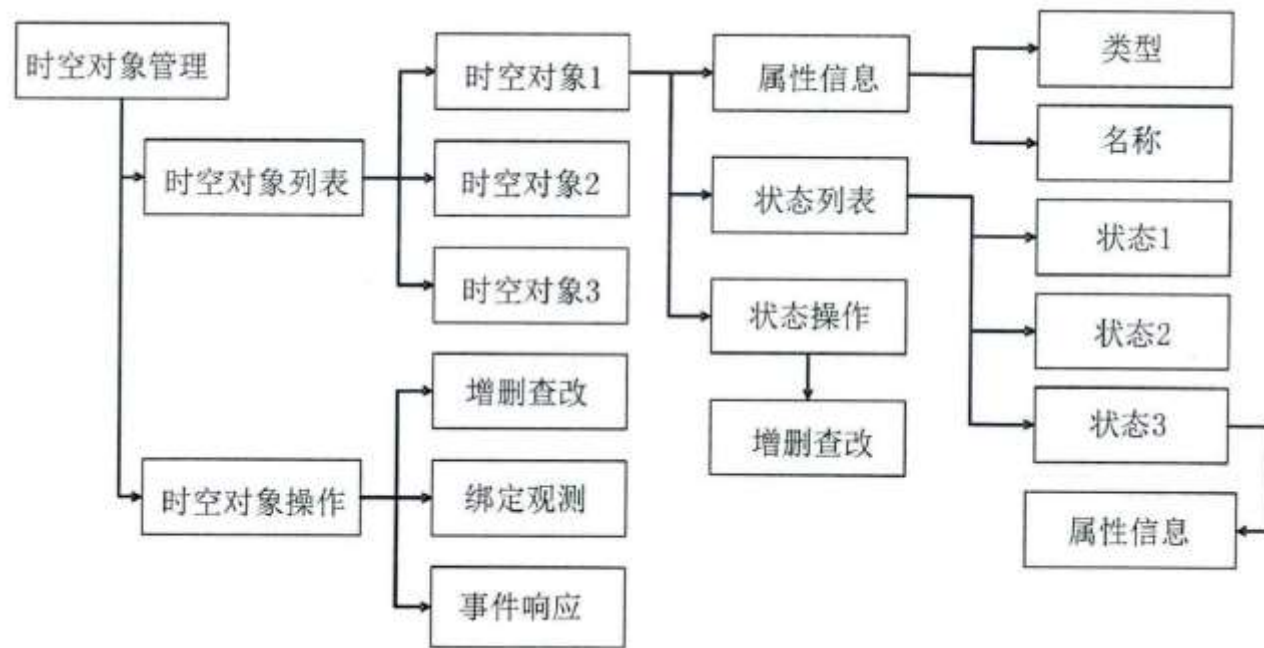


图5 公路养护时空对象存储管理结构

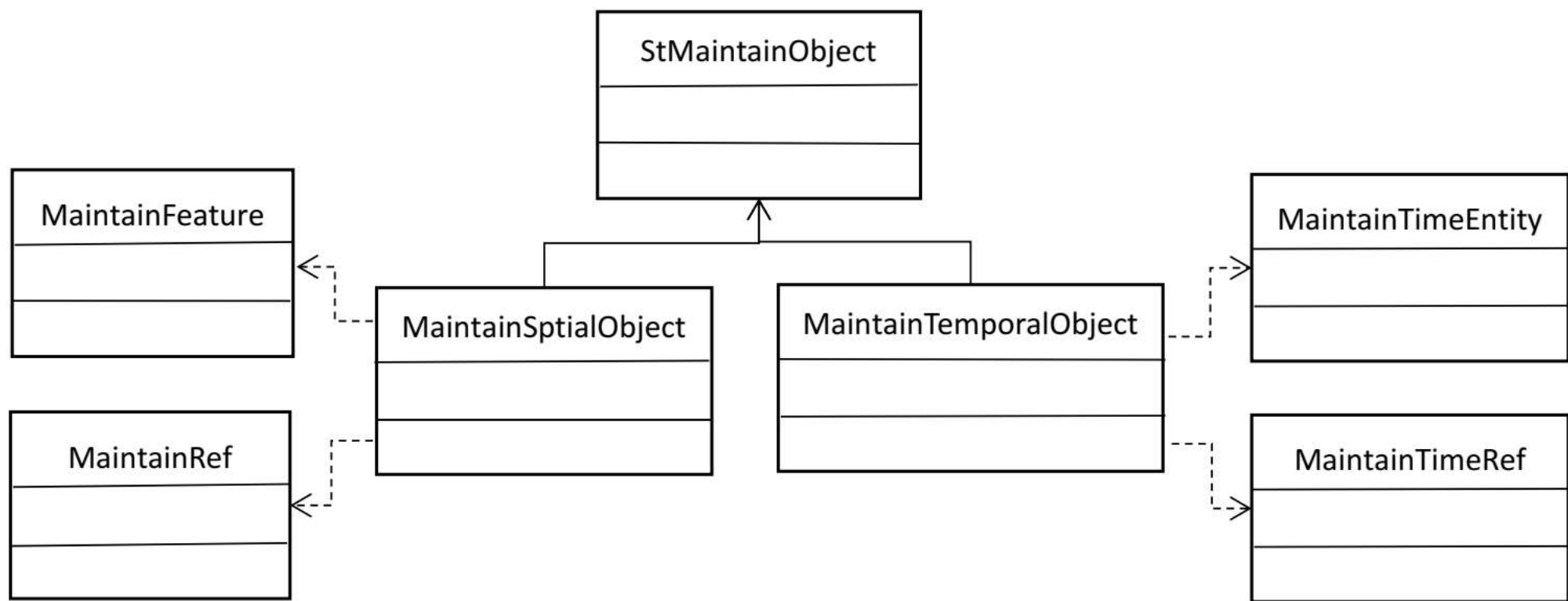


图6 公路养护时空对象概念框架

（2）公路养护事件管理

在公路养护时空数据模型中，事件占据着十分重要的位置，各类事件的发送、接收、响应推动着整个公路养护时空数据模型系统的运转。公路养护时空过程记录事件序列，通过查询找到对应对象并获取其状态，对象再根据接收的事件调整自身状态关联的几何模型和属性信息。

对公路养护时空系统而言，公路养护事件的语义涵盖：时间、空间、动作，属性、对象和规则。时间上根据对象特征的变化可能存在的差异，事件可以划分为：即刻事件、回溯事件、预测事件。事件中的时间信息记录事件发生的时间段，可以为高级时态查询提供基础信息。事件空间信息主要指事件发生的位置、事件影响的空间作用范围及事件作用对象的空间变化信息。事件的动作信息主要记录事件给对象产生的作用，如新增、删除、属性值变化等。属性信息主要负责记录和管理 I D、事件的类型、变化值信息、事件的层次信息（深度和广度级别）、描述信息及其他确定或不确定因素。事件的对象信息主要记录，事件的发出者信息、事件作用对象信息。事件的规则主要记录事件发生的前置条件、发生的中间条件和结果产生后的影响条件。

针对公路养护事件的涵盖的语义，结合公路养护事件多因素驱动模型，开展公路养护时空事件的存储组织结构设计如图7。

表1 公路养护事件的基本信息描述

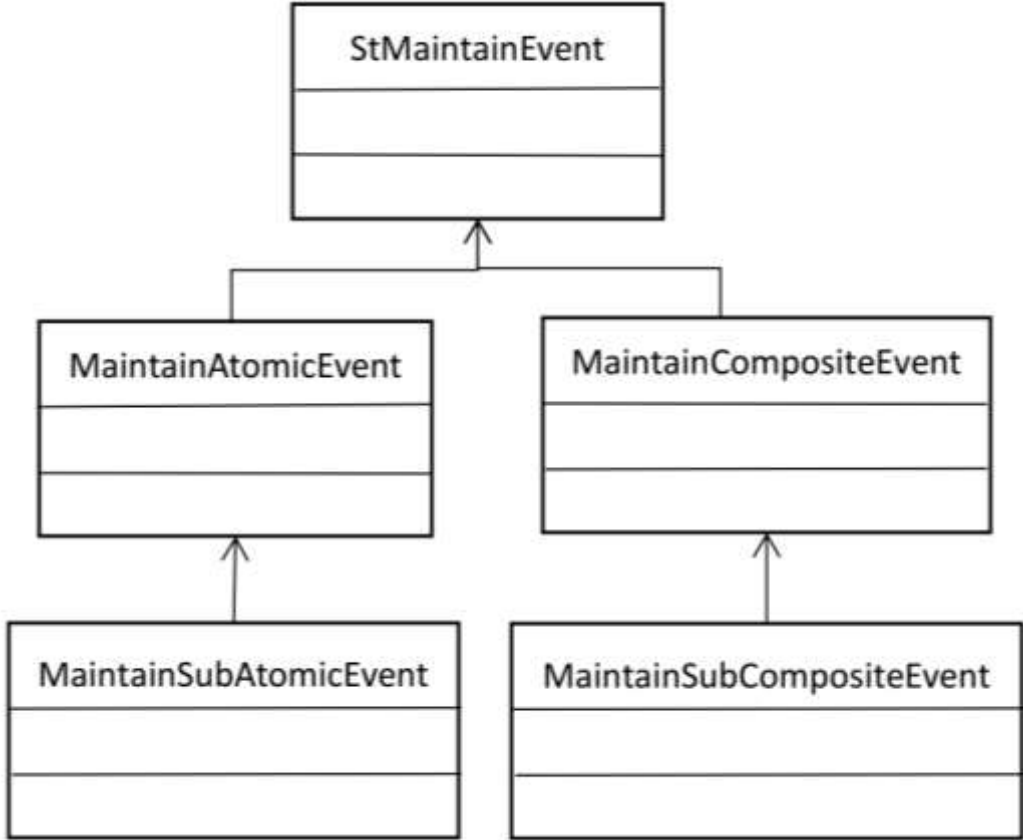


图7 公路养护事件概念框架

字段名称	数据类型说明	基本信息描述
ID	无符号长整型	事件的唯一标识
名称	字符串	事件的名称
类型编码	无符号长整型	事件的类型编码
时间段	起止时间	记录事件产生和消亡时间
事务时间	起止时间	事件作用对象的开始和结束时间
有效事件	起止时间	事件的有效作用时间，定义某时间段内，事件将生效/失效。
空间编码	无符号长整型	事件发生的空间位置
空间影响范围	空间包围盒	事件起作用的空间包围盒
动作类型	无符号长整型	事件作用对象产生的变化类型
属性	属性键值对	记录事件产生变化的键值信息
深度级别	整型	事件经过模拟运算的次数
广度级别	整型	产生时与其关联的事件个数
创建对象 ID	无符号长整型	事件创建新的对象
作用对象集	对象 ID 的集合	指定事件作用的对象、范围
前置规则	运算法则	事件产生的条件，当规则满足条件时，事件由创建者发出。
中间条件	控制规则	控制事件作用于对象的约束条件，例如当其作用于对象符合某种状态时，停止其效果。
结果影响	事件类型 ID 集合	事件作用产生结果后，触发新事件的集合。
描述	字符串	事件描述信息
过程 ID	无符合长整型	事件所属过程 ID
入队编号	整型	在事件队列中的排列号

(3) 公路养护过程管理

公路养护过程管理本质就是对各类公路养护对象状态根据事件随时间变化的管理，过程管理集存储了不同类型过程实例，过程实例记录实体对象的变化情况，具有3个层次的时空变化语义（图8所示）：实体自身内部变化和单一实体演变过程；实体级变化和关联性实体系列演变过程；宏观复合时空变化过程。

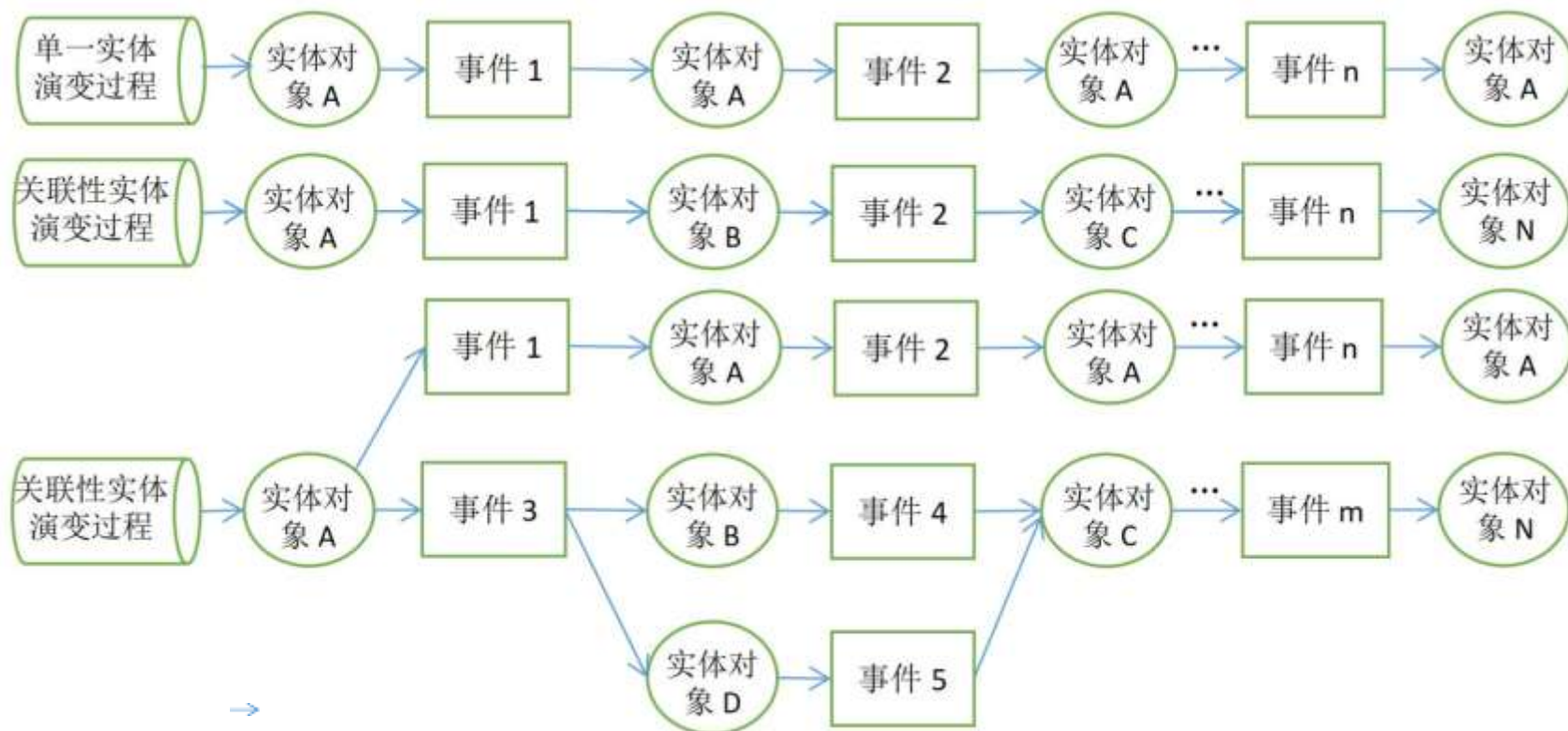


图8 公路养护多层次时空变化过程

(4) 基于非关系型数据库的主要存储结构设计

针对公路养护数据具有非结构化和结构化并存以及属性丰富的特点，选择面向文档的非关系型数据库**MongoDB**作为数据库平台，基于公路养护时空数据逻辑组织管理模型和时空过程的非关系型分布式数据库架构，开展物理存储模型设计。

在存储组织模型方面，遵循简单要素原则，以公路养护对象和模型为中心，在硬件耦合层面，通过分片、复制技术和管-运分离机制，动态构建存储节点、查询节点和管理节点，从而提供存储、检索到管理等方面的可伸缩性，**提高可扩展性**；在数据集成层面，基于对象、版本、事件、多因素驱动模型和过程的多层次存储方案结构，实现时空索引与时间分片存储，**支持高效存储与查询**。

在**MongoDB**数据库中，数据分组存储在一系列集合中，每个集合由若干层次的文档组成。公路养护时空模型对象数量信息及各对象信息分别存储于单个文档中，以**BSON**对象的形式存在，对象的具体信息及版本信息以较低层次的**BSON**对象存储。

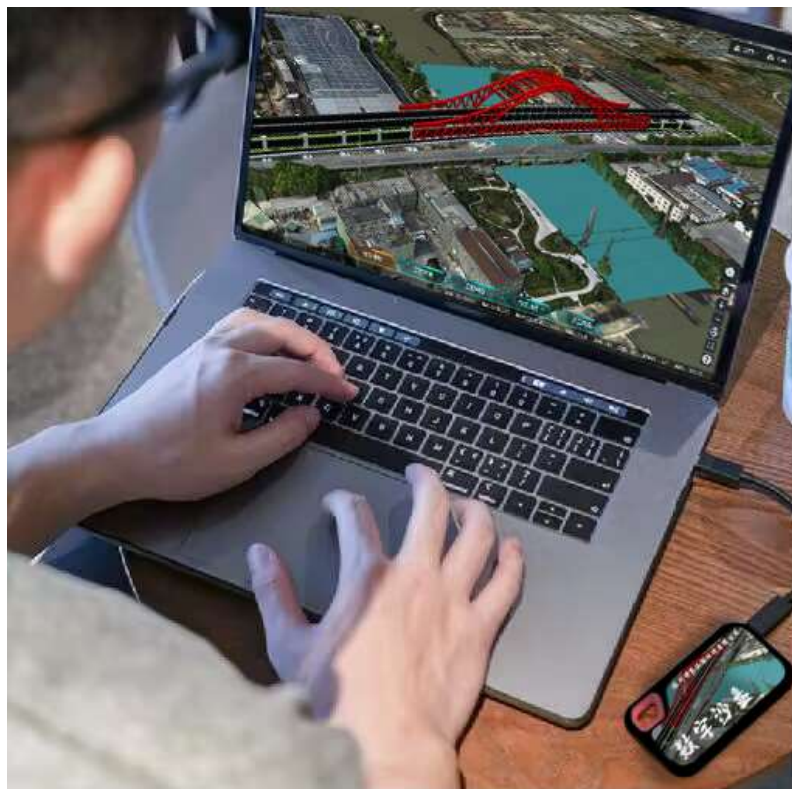
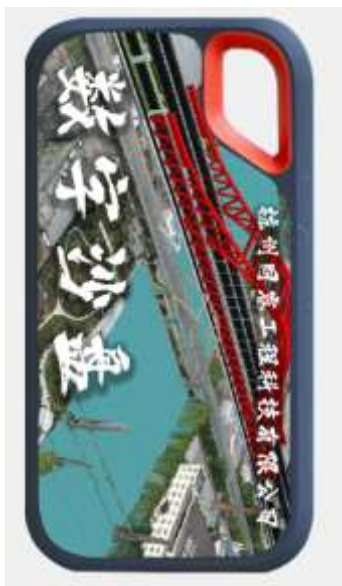
（5）基于OPC接口的动态过程构建方法

为实现传感器监测数据接入，构建**OPC**数据模拟模块。**OPC**全称是Object Linking and Embedding（OLE） for Process Control，即用于过程控制的**OLE**（对象链接和嵌入）。它包括一整套接口、属性和方法的标准集，用于过程控制和制造业自动化系统。可以适用于各种类型、各个厂家的传感器数据接入。

OPC数据模拟模块支持监测数据读取、发送及停止，载入监测数据后，根据预定义的规则、格式，将数据发送到**OPC**服务器端观测项。**OPC**服务器端最基本的数据结构单元是Item，每个Item都有各自的属性信息，包括Item的名称、数据类型、当前数据值等。选用Matrikon OPC Server for Simulation作为服务器端软件，用户定制服务器端观测项配置结构，并可以通过xml文件保存、打开和载入观测项配置信息。

当客户端连接到**OPC**的模拟服务器时，就能通过**OPC**提供的接口，对监测数据进行访问，关键是建立**OPC**模拟数据源与传感器之间的关联。在关联之前需要保证安装有传感器，并配置传感器观测值的类型及其观测对象和作用范围等。基于**OPC**接口的传感器关联基本思路是：将传感器观测项与 **OPC**的Item项进行绑定，一个传感器对象绑定一个或者多个观测项，可以是单个仪器设备的多个观测项，也可以是多个仪器设备的不同观测项。

➤ 数字沙盘设备



型号：定制数字沙盘设备；

内存容量：8Tb（匹配试点工程规模）；

接口类型：Type-C；

数据库：采用NoSQL数据库技术，自研公路养护三维实景模型及公路养护业务数据库；

数字沙盘引擎：基于cesium的自研三维图像引擎。

数据加密：自研防拷贝数据安全防火墙，保证数据安全；

数字沙盘软件：建立全套自研数字沙盘运行环境，实现安全数字沙盘在电脑上即插即用。

三、公路养护数字沙盘的典型业务应用技术

1、无人机智能巡查

配备无人机的专业机巢，可以定时自主完成公路巡查，巡查成果通过数字沙盘进行有效的组织和呈现，将大量外业巡查工作转变为设备智能进行外业巡查、公路养护技术人员通过内业数据处理开展公路养护工作，大幅提高养护巡查的工作效率和工作成果的标准化、数字化水平。

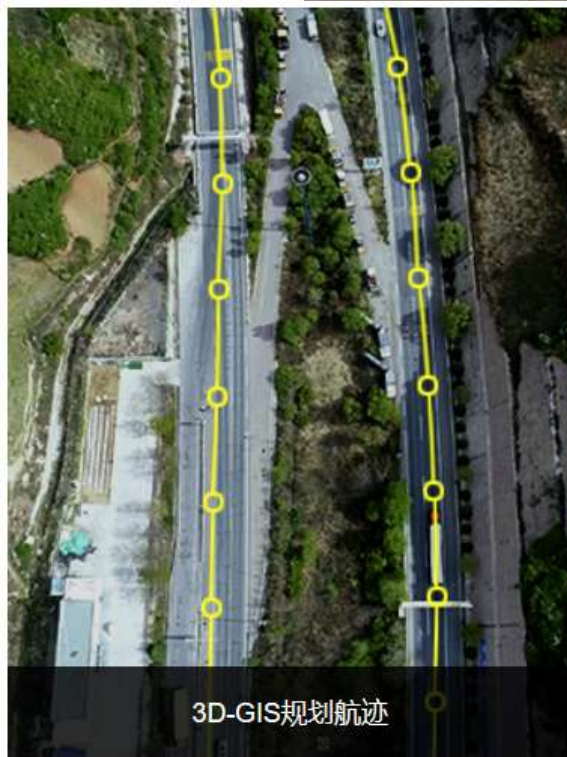
解决的主要技术问题：

1、无人机的专业机巢，可以监测天气情况、判断是否符合飞行条件；定时自主完成无人机起降（无人参与）；完成无人机自主充电、保证巡航能力。

2、基于数字沙盘的无人机飞行控制技术，包括航线设计、各个巡查点的高度、镜头角度、焦距等，做到养护巡查工作“有的放矢”。

3、基于数字沙盘的无人机航飞获取的影像数据管理技术，将影像数据归集到实体工程结构构件（即公路养护对象）。将常规按时序进行数据管理的方式改进为按养护对象和时序的时空结构化管理方式。

➤ 智能无人机设备



3D-GIS规划航迹



自动起降换电



无人机航线设计

桐庐县国省道公路智能巡查设计

拍摄点 编号	拍摄对象	参数	拍摄计 划	拍摄角 度
A001	环城西路 路口	{ <u>"lat":29.218929,"lng":119.922617,"alt":124.7,"heading":178.6,"pitch":-37.8}</u> }	每周 一次	附图 1
A002	碎石加工 厂出口	{ <u>"lat":29.218811,"lng":119.922356,"alt":114,"heading":181.2,"pitch":-28.9}</u> }	每周 一次	附图 2
A003	建筑材料 生产基地	{ <u>"lat":29.218684,"lng":119.922247,"alt":114,"heading":181.2,"pitch":-28.9}</u> }	每周 一次	附图 3
A004	K1+357 小 桥	{ <u>"lat":29.218546,"lng":119.921978,"alt":117.3,"heading":174.3,"pitch":-32}</u> }	每周 一次	附图 4
A005	K1+500 左 侧边坡	{ <u>"lat":29.218393,"lng":119.921806,"alt":117.3,"heading":174.3,"pitch":-32}</u> }	每天一 次	附图 5
A006	K1+600 村 道路口	{ <u>"lat":29.218215,"lng":119.921575,"alt":117.2,"heading":174.3,"pitch":-32}</u> }	每天一 次	附图 6
A007	西武山大 桥	{ <u>"lat":29.218068,"lng":119.921427,"alt":117.2,"heading":174.3,"pitch":-32}</u> }	每天一 次	附图 7
A008	西武山大 桥互通	{ <u>"lat":29.217891,"lng":119.921224,"alt":117.1,"heading":174.3,"pitch":-32}</u> }	每天一 次	附图 8
A009	黄泥岗隧 道入口	{ <u>"lat":29.218029,"lng":119.920454,"alt":171.9,"heading":174.9,"pitch":-29.6}</u> }	每周 一次	附图 9
A010	黄泥岗隧 道出口	{ <u>"lat":29.217751,"lng":119.92002,"alt":171.8,"heading":174.9,"pitch":-29.6}</u> }	每周 一次	附图 10
A011	渡济隧 道入口	{ <u>"lat":29.217039,"lng":119.91954,"alt":138.5,"heading":155,"pitch":-29.2}</u> }	每周 一次	附图 11
A012	渡济隧 道出口	{ <u>"lat":29.216907,"lng":119.919331,"alt":137.9,"heading":156,"pitch":-28.9}</u> }	每周 一次	附图 12
A013	K5+900 交 叉口	{ <u>"lat":29.216759,"lng":119.919147,"alt":137.8,"heading":156,"pitch":-28.9}</u> }	每周 一次	附图 13
A014	K6+200 村 道口	{ <u>"lat":29.216331,"lng":119.918434,"alt":140.6,"heading":126.8,"pitch":-30.6}</u> }	每周 一次	附图 14
A015	K6+600 村 道口	{ <u>"lat":29.216183,"lng":119.918299,"alt":140.6,"heading":126.8,"pitch":-30.6}</u> }	每周 一次	附图 15
A016	环城西路 终点交叉 口	{ <u>"lat":29.221976,"lng":119.924284,"alt":265.1,"heading":174.9,"pitch":-29.6}</u> }	每周 一次	附图 16
A017	K1+300 交 通设施	{ <u>"lat":29.21565,"lng":119.917738,"alt":131.8,"heading":126.8,"pitch":-30.6}</u> }	每周 一次	附图 17
A018	K1+460 交 通设施	{ <u>"lat":29.21259,"lng":119.913441,"alt":179.1,"heading":125.5,"pitch":-34.7}</u> }	每周 一次	附图 18
A019	K1+720 交 通设施	{ <u>"lat":29.22476,"lng":119.923898,"alt":388.7,"heading":171.3,"pitch":-24.4}</u> }	每周 一次	附图 19

附图 1:



附图 2:



附图 3:



2、养护检查沉浸式导航

养护检查工作导航设备搭载自主研发的导航引擎，借助北斗导航系统提供亚米级的定位能力，实现**管养检查工作内容的主动提示和沉浸式导航**。将周边公路实体工程结构构件的养护事件（日常巡查、经常检查、定期检查、特殊检查等实施情况）历史信息、公路结构构件最新技术状况、当前公路养护工作要求主动提示给管理人员，提高公路养护检查工作的数字化和标准化水平。

解决的主要技术问题：

- 1、三维实景模型和北斗高精度定位共同完成沉浸式导航，公路养护检查人员实时获取周边公路养护对象所关联的养护事件、对象属性、养护工作要求。
- 2、养护检查数据归集到实体工程结构构件（即公路养护对象）。
- 3、养护检查和养护维修动作自动形成养护事件，融入养护时空数据模型。

➤ 巡查导航设备（数字沙盘设备+三防平板+高精度北斗定位）



型号：定制公路养护检查导航设备；

机身：工业级三防平板电脑；

CPU：i7 12代；

内存：16G；

硬盘：512G；

屏幕：10.1寸；

定位模块：RTK，亚米级；

操作系统：windows10；

地形数据库：自研八叉树地形数据库；

模型数据库：自研八叉树三维模型数据库；

数字沙盘引擎：基于cesium的自研三维图像引擎。

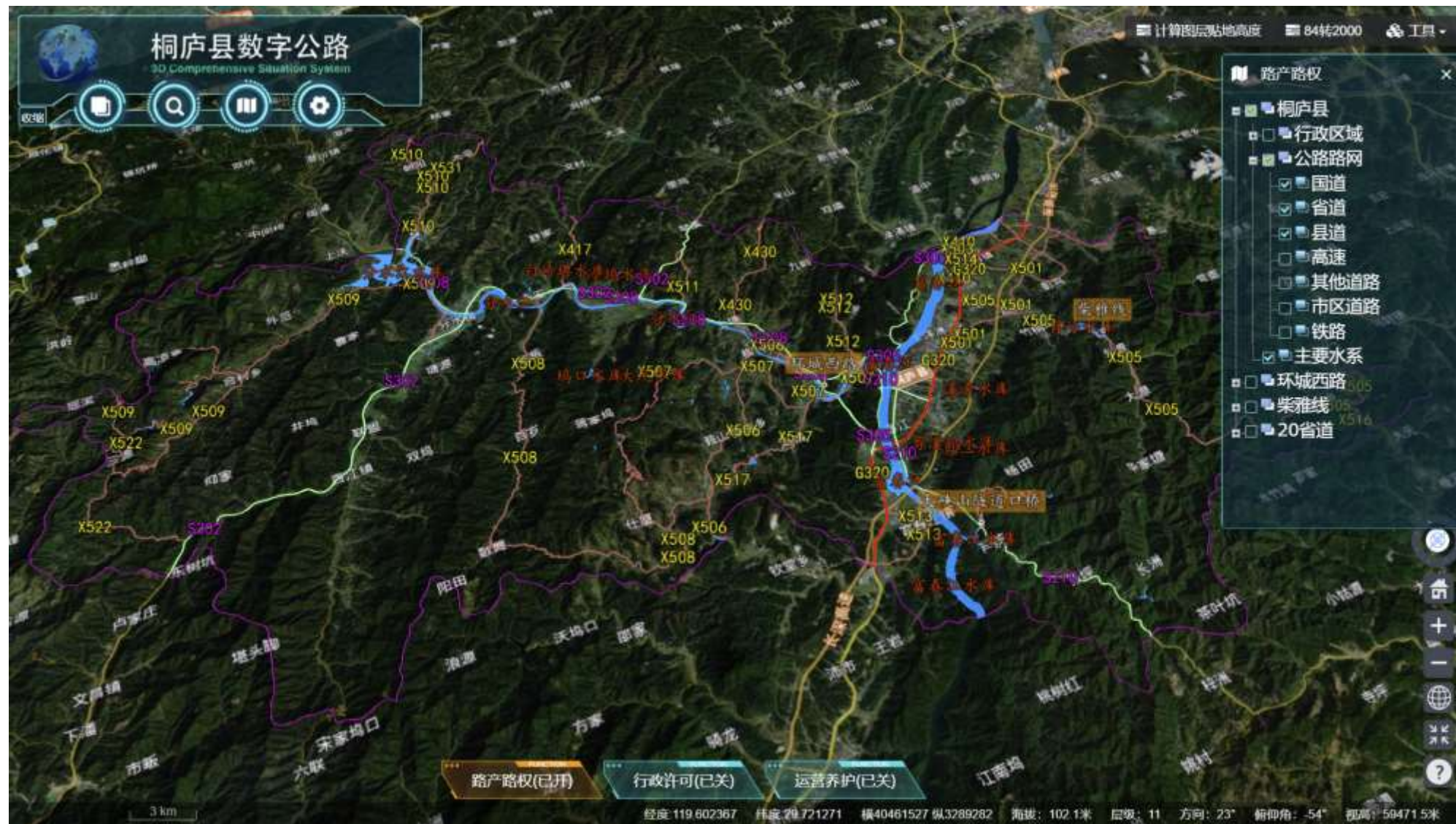
数据加密：自研防拷贝数据安全防火墙，保证数据安全；

导航软件：沉浸式3D导航，实现公路养护检查工作导航。

四、典型应用成果

在桐庐县典型国省道工程进行应用，主要成果包括

- (1) 全面把握历史演变：路产路权、路域环境、沿线设施的变化、工程结构构件技术状况、在线监测数据等。**
- (2) 及时掌握现场动态：无人机自主巡查，高效地全面掌握现场情况。**
- (3) 精准导航日常巡查：沉浸式导航巡查，提高工作的精准性。**



公路用地范围



路桥隧



路口交通指示灯



指路标牌



标志标线



构件技术状态



构件详情									
运营养护									
桥梁名称	养护类别	养护等级	检测时间	备注	养护工程建议	报验时间	现场照片	验收人	
西武山大桥4#墩	IV类	II等	2022年	铺装整体磨耗，局部露骨，网裂；伸缩缝铺装局部严重碎边、露筋；上部结构个别主梁存在横向斜白裂缝，为混凝土收缩引起；多片主梁局部存在露筋锈蚀、混凝土剥落现象。上部结构个别主梁间较缝处渗水痕迹明显，为板间较缝存在开裂现象。	上部结构针对性小修或中修	2022-03-08 14:25:56		周远望	

实体工程构件在线监测



无人机智能巡查



日常养护巡查沉浸式导航





桐庐县数字公路

3D Comprehensive Situation System

收缩











路域环境

☐桐庐县

☒环城西路

- ☐用地红线
- ☐道路中心线
- ☐里程桩号
- ☒地形地物
- ☒桥梁
- ☐隧道
- ☐交安设施

检查内容	检查结果							
	无异常		一般异常		严重异常			
边仰坡有误差石、积水、积雪	☐	上传照片	存在落石、积水、积雪隐患	☐	上传照片	坡顶落石、积水漫流或积雪崩塌	☐	上传照片
洞口有无挂冰	☐	上传照片	洞口局部挂冰	☐	上传照片	洞口挂冰掉落路面	☐	上传照片
边沟有无淤塞	☐	上传照片	/	/	/	边沟淤塞、已妨碍交通	☐	上传照片
构筑物有无开裂、倾斜、沉降等	☐	上传照片	构筑物局部开裂、倾斜、沉降，有妨碍交通的可能	☐	上传照片	构筑物因开裂、倾斜或沉陷而导致剥落或失稳	☐	上传照片

10 m

经度 119.637347 纬度 29.794375 横40464937 纵3297375 海拔: 76.8米 层数: 19 方向: 159° 俯仰角: -26° 视高: 182.8米





桐庐县数字公路

3D Comprehensive Situation System

收缩



00:00:00 结束

- ### 路域环境
- ☒ 行政区域
 - ☒ 公路路网
 - ☐ 国道
 - ☐ 省道
 - ☐ 县道
 - ☐ 高速
 - ☐ 其他道路
 - ☐ 市区道路
 - ☐ 铁路
 - ☐ 主要水系
 - ☒ 环城西路
 - ☐ 用地红线
 - ☐ 道路中心线
 - ☐ 里程桩号
 - ☐ 地形地物

路域环境(已开)

沿路设施(已关)

土建工程(已关)

经度: 119.609550 纬度: 29.737393 横40462228 纵3291067 海拔: 181.9米 层级: 10 方向: 23° 俯仰角: -54° 视高: 73000.0米



桐庐县数字公路

3D Comprehensive Situation System



路域环境

☐ 桐庐县

☒ 环城西路

☐ 用地红线

☐ 道路中心线

☒ 里程桩号

☒ 地形地物

☒ 路域环境

☐ 桥梁

☐ 隧道

☐ 交安设施

320国道与210省道
交汇口

起点

村道
出入口

200

300

村道
出入口

400

堆场
麻棚大理石
切割厂

建筑材料

大型车辆
停放场地

70

路域环境(已开)

沿路设施(已关)

土建工程(已关)

10 m



桐庐县数字公路

3D Comprehensive Situation System



00:00:00 结束

沿路设施

环城西路

☒ 里程桩号

☒ 地形地物

☒ 桥梁

☒ 隧道

☒ 标识标线

☒ 前进方向右侧

☐ 前进方向左侧

☒ 指路标志

☒ 前进方向右侧

☐ 前进方向左侧

起点

桐庐无疫区

运输猪、牛、羊
马属动物及其产品
车辆需走指定通道

S208 S302



S208
S305

路域环境(已关)

沿路设施(已开)

土建工程(已关)

3 m

经度 119.632482 纬度 29.816067 横 40464474 纵 3299781 海拔: 11.8米 层级: 21 方向: 156° 俯仰角: -18° 视高: 47.5米

东荆河大桥
(左幅)

沙盘助手

匹配一条:东荆河大桥 (左幅) L5跨 T梁 1#T梁

已选中该构件

匹配一条:东荆河大桥 (左幅) L4跨 T梁 1#T梁

已选中该构件

已选中该构件

新会话 - 外观调查

发送

口令

定期检查

桥梁模型

☐

桥面系

☒

上下部结构

1类

2类

3类

4类

5类



G235国道义乌(上佛路~金东区界)段工程 安全风险管控数字沙盘 3D Comprehensive Situation System



00:00:00 结束

施工作业动态

- ☐ 中心线
- ☒ 里程桩号
- ☐ 地形地物
- ☒ 单位工程
- ☐ 周边环境
- ☒ 视频监控
- ☒ 桥梁工程
 - ☒ 316省道分离式立交桥
 - ☒ 下店大桥
 - ☒ 航慈溪桥
 - ☒ 城际铁路分离式立交桥
- ☐ 道路工程
- ☐ 形象进度看板
- ☐ 产值进度看板

- 已完成
- 施工中
- 本月计划
- 未开工



实景模型(已关)

风险分析图(已关)

施工作业动态(已开)

风险动态导航(已关)

隐患排查治理(已关)



200 m

经度 119.937296 纬度 29.224212 横40493903 纵3234122 海拔: 69.3米 层级: 15 方向: 312° 俯仰角: -43° 视高: 3156.2米



桐庐县数字公路

3D Comprehensive Situation System



PM2.5

- 路域环境
- ☐ 桐庐县
 - ☒ 环城西路
 - ☐ 用地红线
 - ☐ 道路中心线
 - ☐ 道路边界

航线名称

拍摄时间

✓
环城西路

2023-04-15

环城西路 拍摄时间:2023-04-15



路域环境(已开)

沿路设施(已关)

土建工程(已关)

100 m

经度 119.631343

纬度 29.813793

横40464363 纵3299529

海拔: 3.7米

层级: 16

方向: 146°

俯仰角: -29°

视高: 1468.7米

谢谢!请各位专家批评指正。