

ICS 93.080.01
CCS P 66

DB37

山 东 省 地 方 标 准

DB37/T 4901—2025

公路工程数字孪生技术应用规范

Specification for highway engineering digital twin technology application

2025-09-15 发布

2025-10-15 实施

山东省市场监督管理局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总体要求	2
5 数字孪生系统创建	2
5.1 通用要求	2
5.2 信息模型创建	2
5.3 数据采集	2
5.4 虚实映射	3
5.5 场景创建	3
5.6 信息模型管理	3
6 业务场景系统应用	3
6.1 通用要求	3
6.2 设计阶段应用	3
6.3 施工阶段应用	4
6.4 运营阶段应用	4

前　　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由山东省交通运输厅提出并组织实施。

本文件由山东省交通运输标准化技术委员会归口。

公路工程数字孪生技术应用规范

1 范围

本文件规定了公路工程数字孪生系统创建及全生命期业务场景系统应用的技术要求。
本文件适用于新建、改扩建以及在役公路提升项目的数字孪生技术应用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求
- GB/T 36626 信息安全技术 信息系统安全运维管理指南
- GB/T 40778.1 物联网 面向Web开放服务的系统实现 第1部分：参考架构
- GB/T 40778.2 物联网 面向Web开放服务的系统实现 第2部分：物体描述方法
- GB/T 43441.1—2023 信息技术 数字孪生 第1部分：通用要求
- GB/T 51212—2016 建筑信息模型应用统一标准
- JTG/T 2420—2021 公路工程信息模型应用统一标准
- JTG/T 2421—2021 公路工程设计信息模型应用标准
- JTG/T 2422—2021 公路工程施工信息模型应用标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

公路工程实体 *highway engineering entity*

公路工程全生命期中一切具体或抽象的事物，包括这些事物之间的关联。

[来源：GB/T 43441.1—2023，3.1，有修改]

3.2

公路工程信息模型 *highway engineering information modeling*

在公路工程及设施全生命期内，对其物理和功能特性进行数字化表达，并依此设计、施工、运营的过程和结果的总称。

注：简称信息模型。

[来源：GB/T 51212—2016，2.1.1，有修改]

3.3

公路工程数字孪生 *highway engineering digital twin*

利用信息建模技术实现公路工程实体的数字化表达。

注：通过数据同步实现公路工程实体和信息模型的一致性。

3.4

公路工程数字孪生系统 digital twin system for highway engineering

公路工程项目基于数据驱动实现公路工程实体与数字实体间各要素动态迭代的系统。

[来源: GB/T 43441.1—2023, 3.5, 有修改]

3.5

公路工程虚实映射 highway engineering physical-digital mapping

公路工程实体与公路工程信息模型之间形成的集合对应关系。

3.6

模型精细度 level of model definition

公路工程信息模型中所容纳信息的丰富程度。

[来源: JTGT 2420—2021, 2.0.4, 有修改]

4 总体要求

4.1 公路工程数字孪生技术应用应依托公路工程信息模型开展, 其技术实施应符合 GB/T 51212—2016 中的规定。

4.2 公路工程信息模型应根据公路工程各阶段的应用要求按不同的模型精细度进行创建。

4.3 公路工程数字孪生信息模型数据格式和接口标准应符合 GB/T 40778.1 中的规定。

4.4 公路工程数字孪生系统应采用统一的坐标系统和高程基准。

4.5 公路工程数字孪生系统应采用物联网技术实现公路工程虚实映射, 应遵守 GB/T 40778.1、GB/T 40778.2 确定的物联网服务要求。

4.6 公路工程数字孪生系统应保障信息安全, 应按照 GB/T 22239、GB/T 36626 及 GB/T 40778.1 相关规定开展网络安全等级保护和数字孪生系统安全运维。

5 数字孪生系统创建

5.1 通用要求

公路工程数字孪生系统应基于公路工程实体进行信息模型创建、数据采集、虚实映射、场景创建及信息模型管理, 应符合 GB/T 43441.1—2023 的规定, 并具备迭代升级能力。

5.2 信息模型创建

5.2.1 信息模型应准确描述公路工程实体, 宜具备及时更新、交互和数据连接的能力, 能够实现信息模型与公路工程实体在全生命期的真实映射和服务应用。

5.2.2 信息模型分类及编码规则应符合 JTGT 2420—2021 中第 5 章的规定, 模型精细度应符合 JTGT 2420—2021 中 7.0.3 的规定。

5.2.3 设计信息模型创建应符合 JTGT 2421—2021 中第 4 章的规定。

5.2.4 施工信息模型创建应符合 JTGT 2422—2021 中第 4 章的规定。

5.2.5 信息模型创建宜包含数字高程模型、倾斜摄影模型等三维地理信息数据, 并结合正射影像与公路工程施工情况实施三维地形修正。

5.3 数据采集

5.3.1 设计阶段应采集设计参数、设计交通量等数据。

5.3.2 施工阶段宜采集施工进度、工程计量、质量检验、安全管理、人员信息、设备定位、智慧工地物联网信息、影像、环保、气象及设施监测等数据。

5.3.3 运营阶段宜采集毫米波雷达、激光雷达、智能道钉、ETC 门架、红外摄像机、高清摄像机、物联网传感器及车路协同等交通运行感知数据，接入养护施工、交通管控信息及气象环境信息等数据。

5.4 虚实映射

虚实映射应建立数据协议，通过数据同步、跨系统联动等操作，进行统一数据资源管理，明确数字孪生系统数据的互通、融合、交换应用规则。

5.5 场景创建

5.5.1 设计阶段应开展三维地形建模、地质建模、正射影像创建，设计数据采集及设计信息模型创建，宜融合倾斜摄影模型丰富场景内容。

5.5.2 施工阶段应开展施工过程信息采集、智慧工地物联网接入，宜深化施工图设计信息模型、增加临时场站及设施信息模型等，结合施工进度搭建数字孪生场景。

5.5.3 运营阶段应基于轻量化路桥隧信息模型，建立交通仿真模型及养护决策模型。

5.6 信息模型管理

5.6.1 信息模型管理应建立模型和数据管理机制，包括模型数据存储和同步机制等。

5.6.2 信息模型数据分类应按照结构化数据、半结构化数据及非结构化数据分类。

5.6.3 信息模型数据存储应满足完整性、准确性、时效性及安全性要求。

5.6.4 信息模型数据同步应满足一致性、可靠性及可扩展性要求。设计阶段应与设计成果数据保持一致，分别开展初步设计信息模型数据同步、施工图设计信息模型数据同步；施工阶段应根据施工进度、智慧工地物联网等数据进行信息模型数据同步；运营阶段应根据公路工程实体交工状态、养护施工、维护、运行管控等数据进行信息模型数据同步。

5.6.5 信息模型数据管理应配备相应的硬件及网络环境，宜在安全可靠环境中开展应用，保障信息安全。

5.6.6 信息模型管理应符合 GB/T 43441.1—2023 中 7.9 的规定，形成规划设计、建设施工、运营养护等数字资产。

6 业务场景系统应用

6.1 通用要求

6.1.1 公路工程数字孪生系统应按业务场景进行分类，分别开展需求分析、系统设计、信息模型构建、数据采集、模拟分析、结果验证和优化改进等。

6.1.2 公路工程数字孪生系统与其他系统应预留开发接口，并建立接口标准，确保系统的兼容性和集成性。

6.1.3 公路工程数字孪生系统宜开展功能测试和技术性能评估、安全评估，并进行软件测评。

6.2 设计阶段应用

设计阶段系统应用宜包括：

- 三维场景可视化：提供高精度的三维地理信息系统数据，支持地形、地貌、地质及路网等关键要素的三维展示；

- b) 方案设计与比选：通过数字孪生技术构建设方案信息模型进行可视化对比，开展方案论证、成本效益分析、环境影响评估等；
- c) 仿真分析：在数字孪生场景中开展视距检查、净空分析、碰撞检查、施工方案模拟、交通组织仿真等应用，优化设计方案。

6.3 施工阶段应用

施工阶段系统应用宜包括：

- a) 施工组织模拟：通过施工工艺、工序等仿真模拟，结合施工资源投入，分析施工重难点，合理编制施工组织计划；
- b) 形象进度分析：接入工序报验及现场物联设备数据，在数字孪生场景实时展示工程形象进度，结合施工方案开展进度计划推演分析、施工进度预警；
- c) 投资进度分析：接入工程计量数据，在数字孪生场景实时展示工程投资进度，统计分析建设资金使用情况；
- d) 交通组织仿真：创建施工交通组织数字孪生场景，结合施工交通组织计划、施工区域交通情况开展宏微观交通仿真分析，动态优化施工交通组织方案；
- e) 施工保通监管：结合施工期交通仿真分析及安全监测，开展施工安全风险评估及预警，提升施工保通能力；
- f) 智慧工地管理：集成物联网数据和信息，开展人员、质量、原材料、环境及安全管理，进行数据分析和可视化管理，开展数字孪生施工监管。宜包括以下内容：
 - 1) 人员管控：利用可穿戴设备和移动定位技术，开展人员实名制管理、人员考勤，进行重点作业施工人员定位，结合视频识别技术，开展人员识别、安全行为判别智能化应用；
 - 2) 质量监管：利用物联网技术接入施工设备，进行数据分析预警与施工质量实时监管；
 - 3) 原材料管理：通过射频身份识别标签和传感器技术，结合工地试验监测实时管理，追踪物料的存储、使用、质量检验和流动情况，实现公路工程实体的原材料质量追溯，优化物料管理流程；
 - 4) 环境监控：集成各类传感器数据，直观展示、监控施工环境和设备状态，实时展示施工设备的运行状态、施工现场的环境状况，监测施工现场的能源消耗，部署施工现场远程视频监控系统，对重点部位实施全过程监控等；
 - 5) 安全监管：对危大专项工程施工组织方案开展专项施工仿真分析，核查施工安全管控要点；结合特种作业人员管控，监测特种作业设备运行状态，开展实时分析和安全预警。

6.4 运营阶段应用

运营阶段系统应用宜包括：

- a) 路网运行数字孪生：开展交通流、设施设备状态等可视化监测，利用交通流量监测数据和交通指数进行路网层级的宏观交通流分析；进行交通事故影响、交通态势感知、交通趋势预测，评估交通状况和服务质量；
- b) 交通管控与优化：开展路段交通流量溯源、断面交通量分析，根据交通流量和事件预测，动态调整可变信息标志和收费站管控措施，优化交通服务能力；
- c) 事故响应与应急管理：建立融合气象环境信息的数字孪生场景，通过实时远程交通监控和事故预测模型，快速响应交通事件，制定应急管理措施，及时发布事故信息，进行交通管控决策，减少次生事故；
- d) 运营养护决策支持：结合交通预测、养护数据分析及机电设备更新，制定养护计划和资源分配策略，优化养护作业；

- e) 设施设备预警：通过空天地一体化感知技术开展高边坡自动化监测、路基稳定性监测、隧道安全监控、桥梁运行监测、机电设备监控等应用，实现公路基础设施实时监测分析和自动预警；
 - f) 驾乘信息服务：提供基于数字孪生技术的实时交通信息，包括导航、事故预警和交通状况通报，提升驾乘体验。
-