

ICS 93.080.01

CCS R07

团体标准

T/CITSA XX-2026

公路交通基础设施数字空间表达 要素清单与建模规范

Highway traffic infrastructure digital space representation
elements list and modeling specification

(征求意见稿)

2025-12-15 发布

2026-01-19 实施

中国智能交通协会 发布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
4 总则	5
5 数字空间表达要素清单	5
5.1 要素分类原则	5
5.2 公路设施主要组成部分	5
5.3 桥涵设施主要组成部分	6
5.4 隧道设施主要组成部分	7
5.5 交通工程及沿线设施主要组成部分	8
6 建模规范	10
6.1 基本原则	10
6.2 成果要求	10
6.3 过程要求	11
6.4 行为要求	12
附录 A (资料性) 公路要素清单	15
附录 B (资料性) 桥涵要素清单	19
附录 C (资料性) 隧道要素清单	23
附录 D (资料性) 交通工程及沿线设施要素清单	25
参考文献	30

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。

本文件由交通运输部科学研究院提出。

本文件由中国智能交通协会归口。

本文件起草单位：交通运输部科学研究院、蜀道投资集团有限责任公司、四川省交通勘察设计研究院有限公司、四川数字交通科技股份有限公司、浙江交投高速公路运营管理有限公司、同济大学、中路公科(北京)咨询有限公司。

本文件主要起草人：伍朝辉、李晓峰、吕子一、胡海东、欧阳斌、罗凯、符志强、谷云辉、孙曦、李贤统、廖知勇、张敏、朱明、肖春红、徐益飞、陈垦、谭屈山、孙星亮、刘松荣、傅红阳、田野、吴艳平。

引 言

自“智慧公路”理念提出以来，公路交通行业一直在积极探索推进“智慧公路”建设，各种相关的基础研究与示范试点陆续开展。2023年，交通运输部发布了《关于推进公路数字化转型加快智慧公路建设发展的意见》，明确提出“到2035年，全面实现公路数字化转型，建成安全、便捷、高效、绿色、经济的实体公路和数字孪生公路两个体系。”

符合公路线状工程特征的数字空间表达方法是数字孪生公路构建与仿真推演的技术基础，针对公路数字孪生构建中缺少数字空间表达统一标准、新型感知设备需要新的数据表达方式等问题，必须加强组织、顶层谋划、统筹协调、协同推进。为统一要求、明确标准，避免无序建设，编制了本文件

公路交通基础设施数字空间表达要素清单与建模规范

1 范围

本文件主要规定了数字孪生公路建设中公路基础设施数字空间表达的要素对象和建模要求。

本文件适用于数字孪生公路的设计、建设、使用、运维中对公路交通基础设施的数字空间表达相关工作。

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 23826-2025 《高速公路LED可变限速标志》
- JTG/T 2420-2021 《公路工程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》
- DB43/T 2297-2022 《公路工程施工管理数字化应用规范》
- T/CAGIS 1-2019 《空间三维模型数据格式》
- T/CAGIS 2-2020 《空间三维模型数据服务接口》

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

公路交通基础设施

指用于公路交通的各类设施，包括公路、桥梁、隧道、交通标志、交通监控设施等。

3.2

数字空间表达

指通过数字化技术将物理世界中的实体及其关系在数字世界中进行表达和呈现。

3.3

数字空间表达要素

构成公路交通基础设施数字空间表达的基本单元，如公路线、桥梁体、隧道体等。

3.4

数字空间表达要素清单

是一个详细列出了构成公路交通基础设施数字空间表达的所有基本单元的系统化的文档或列表。

3.5

数字空间表达建模要求

对数字空间表达要素进行建模时应遵循的规则和标准。

3.6

数字孪生 digital twin

具有保证物理状态和虚拟状态之间以适当速率和精度同步的数据连接的特定目标实体的数字化表达。[来源：GB/T 43441.1-2023 《信息技术 数字孪生 第1部分：通用要求》]

3.7

公路数字孪生 highway digital twin

数字孪生在公路领域的应用。指以数字空间表达方式创建公路交通场景中各类物理实体（包括交通基础设施、运载工具、交通参与者、交通环境）及其关联关系的虚拟实体及其关联关系，借助历史数据、实时数据以及算法模型等，通过软件定义与服务，描述、诊断、预测、决策、控制公路交通场景中各类物理实体全生命周期过程或全要素运行过程，进而实现物理空间与赛博空间交互映射的技术手段。

3.8

数字孪生公路

实体公路利用数字空间表达方式在数字空间生成的虚拟孪生体。

4 总则

本文件包括公路交通基础设施数字空间表达要素清单（清单附后）、公路交通基础设施数字空间表达建模规范两个部分。

公路交通基础设施数字空间表达要素清单应全面、准确、无遗漏地反映公路交通基础设施的实体和关系，明确数字孪生公路建设时需要建模的公路基础设施对象。公路交通基础设施数字空间表达建模规范应明确数字孪生公路建设时公路基础设施对象建模结果、过程和行为的基本要求，确保模型构建的科学性、准确性和可操作性，满足实际应用需求，

5 数字空间表达要素清单

5.1 要素分类原则

- a) 公路交通基础设施共包括公路、桥涵、隧道、交通工程及沿线设施4种设施类别，设施类别预留可扩展性。
- b) 公路交通基础设施数字空间表达要素清单按设施、对象、构件、建模要素分为4个等级。
- c) 每种设施类别包括1种或多种结构对象，每种结构对象包括1个或多个构件，每个构件包括1种或多种建模要素。
- d) 每种建模要素，可根据其数字空间表达目标的需要进一步拆分。
- e) 要素清单应具有可扩展性，可新增设施、对象、构件或建模要素。
- f) 要素清单应具有高适用性，可根据公路的不同等级进行建模要素组合。
- g) 可根据要素分类结果与清单，编制统一编码标准。

5.2 公路设施主要组成部分

公路设施包括路线、路基、路面3类主要结构对象。

5.2.1 路线

路线对象包括路线、平面曲线构件、纵断面曲线构件、断链、宽度、超高等构件。

- a) 路线表示车辆行驶的路径，路线对象包括路线的基本线型、长度、起终点等信息。
- b) 平面曲线是路线在水平面上的投影，用于描述路线的平面形状和弯曲情况。平面曲线构件通常包括圆曲线、缓和曲线等，这些曲线用于平滑地连接不同直线段或调整路线的方向。
- c) 纵断面曲线纵是路线在垂直方向上的投影，用于描述路线的起伏和坡度情况。纵断面曲线构件主要包括竖曲线（凸形曲线和凹形曲线）。
- d) 断链是路线测量中的一种特殊情况，表示由于某种原因（如地形、工程需要等）导致的路线长度与实际长度不一致的情况。在数字空间表达中，断链构件用于标识这种长度不一致的位置和范围，以便在后续的计算和分析中进行特殊处理。
- e) 宽度表示路线的宽度或横断面尺寸。在数字空间表达中，宽度构件用于存储和管理路线的宽度信息。
- f) 超高用于描述在曲线段上为了平衡离心力而设置的横向坡度。在数字空间表达中，超高构件用于存储和管理曲线的超高信息，以确保车辆在曲线段上能够平稳行驶，提高安全性和舒适性。

5.2.2 路基

路基对象包括路基土石方、排水、支挡防护等构件。

- a) 路基土石方是构成路基的基本材料和结构部分，包括路床、路堤、土工合成材料处置层、特殊路基处置构件等。
- b) 排水是用于收集和排除路基范围内及附近地表水和地下水的设施，包括排水管、边沟、排水沟、截水沟、边坡平台排水沟、急流槽、跌水、沉淀池、蒸发池、排水泵站沉井、盲沟、集水（检查）井等。
- c) 支挡防护是用于防止路基边坡失稳、滑坡等地质灾害的设施，包括挡土墙及墙背填土构件、坡面防护构件、沿河路基防护构件、边坡锚固、土钉支护、抗滑桩等。

5.2.3 路面

路面包括面层、基层、底基层、垫层、路缘石、培路肩、中央分隔带填土等构件。

- a) 面层是路面结构的最上层，直接与车辆轮胎接触，承受车辆荷载的垂直力、水平力和冲击力的作用，并经受各种气候条件的考验。包括水泥混凝土面层、沥青混凝土面层、沥青贯入式面层、沥青表面处置面层等。
- b) 基层位于面层之下，主要承受由面层传递的车辆荷载，是路面结构的主要承重层。包括稳定土基层、稳定粒料基层、级配碎（砾）石基层、填隙碎石（矿渣）基层等。
- c) 底基层位于基层之下，主要起承重和传递荷载的作用，同时也是路面结构的稳定层。包括稳定土底基层、稳定粒料底基层、级配碎（砾）石底基层、填隙碎石（矿渣）底基层等。
- d) 垫层位于底基层之下，主要起隔水、排水、防冻等作用，同时调整路面结构各层之间的应力分布。
- e) 路缘石是设置在路面边缘的构造物，用于标明公路边界，保护路面结构，同时起到引导车辆行驶和保障交通安全的作用。
- f) 培路肩是位于行车道外边缘至路基边缘的带状部分，包括硬路肩和保护性路肩。
- g) 中央分隔带填土是设置在公路中央，用于分隔对向车流的构造物。

5.3 桥涵设施主要组成部分

桥涵包括桥梁、涵洞2类主要结构对象。

5.3.1 桥梁

桥梁包括上部结构、下部结构、桥面系和附属工程、索塔、锚碇、预应力构件、基础构件、桥台及桥墩构件、桥墩及桥墩构件、梁式桥构件、拱式桥构件、斜拉桥构件、悬索桥构件、桥面系和附属工程构件等构件。

- a) 上部结构是桥梁的主要承重部分，包括主梁、桥面板、纵梁、横梁等，它跨越障碍物（如河流、山谷等），直接承受车辆、行人等活载以及自重等恒载，并将这些荷载传递给下部结构。包括梁式桥、拱式桥、斜拉桥、悬索桥等。
- b) 下部结构是桥梁的支撑部分，包括桥墩、桥台和基础等，它承受上部结构传递的荷载，并将这些荷载传递给地基。
- c) 桥面系包括桥面板、伸缩缝、排水系统等，用于车辆和行人的通行。附属工程则包括护栏、照明设施、交通标志等，用于提升桥梁的使用功能和安全性。
- d) 索塔是斜拉桥和悬索桥中用于支撑拉索或主缆的塔形结构，它承受拉索或主缆传递的拉力，并将这些拉力传递给基础。
- e) 锚碇是悬索桥中用于固定主缆的结构物，它承受主缆传递的拉力，并将这些拉力传递给地基。
- f) 预应力构件是通过施加预应力来提高其承载能力和抗裂性能的构件。包括预应力筋、预应力管道、预应力锚具等。
- g) 基础构件是桥梁下部结构中直接与地基直接接触的部分。包括扩大基础、承台、桩、地下连续墙、沉井基础、沉箱基础等。
- h) 桥台是桥梁两端用于支撑上部结构并传递荷载至地基的结构物。桥台及桥台构件包括桥台、台帽、台身、耳背墙、挡块、支座垫石等。
- i) 桥墩是桥梁中用于支撑上部结构的竖向结构物。桥墩及桥墩构件包括桥墩、盖梁、墩柱、墩柱段、系梁、挡块、支座垫石等。

- j) 梁式桥是一种常用的桥梁形式，其上部结构主要由主梁和桥面板组成。梁式桥构件包括梁、梁段、桥面板、支座等。
- k) 拱式桥的主要特点是其上部结构采用拱形结构，通过拱肋或拱圈将荷载传递到桥墩或地基。拱式桥构件包括拱、拱段、横梁、纵梁、立柱、吊杆、系杆、拱脚等。
- l) 斜拉桥是一种采用拉索作为主要承重构件的桥梁类型。斜拉桥构件包括斜拉索、塔柱、塔柱段、桥塔系梁、钢锚箱、钢锚梁等。
- m) 悬索桥是一种采用主缆作为主要承重构件的桥梁类型。悬索桥构件包括主缆、吊索、索夹、索鞍、锚碇、锚碇锚固体系等。
- n) 桥面系是桥梁上部结构的重要组成部分。附属工程用于提升桥梁的使用功能和安全性。桥面系和附属工程构件包括桥面铺装、阻尼器、人行道板、搭板、牛腿、护栏、锥坡、伸缩装置、防撞墙、防落梁装置等。

5.3.2 涵洞

涵洞包括洞口、洞身等构件

- a) 洞口是涵洞结构的起始和结束部分，主要作用是引导水流顺畅进入和流出涵洞，同时确保涵洞的稳定性和安全性。洞口构件包括翼墙、端墙、倒虹吸竖井、基础、截水墙、帽石、铺砌、锥坡等要素。
- b) 洞身是涵洞的主体部分，承载和输送水流。洞身构件包括混凝土管节、管座、箱节（箱涵）、拱圈、涵台（拱涵、盖板涵）、盖板、波形钢管节、基础、垫层、搭板、牛腿、铺砌等要素。

5.4 隧道设施主要组成部分

隧道包括洞口、洞身及辅助通道、防排水、路面（段）、设施用房等5类主要结构对象。

5.4.1 洞口

洞口是隧道与地面或山体相连接的进出口部分。包括翼墙、端墙、顶帽、环框、洞口排水、洞口防护、明洞、明洞衬砌构件、明洞回填等要素。

- a) 翼墙是隧道洞口两侧呈翼状展开的墙体结构，主要作用是防止山体滑坡、泥石流等自然灾害对洞口造成冲击，稳定洞口边坡。
- b) 端墙是位于隧道洞口前后的墙体结构，用于封闭隧道洞口，防止山体滑坡、落石等物体进入隧道。
- c) 顶帽是位于隧道洞口顶部的覆盖结构，用于防止山体落石、雪崩等自然灾害对隧道造成损害，并保护洞口不被风雨侵蚀。
- d) 环框是位于隧道洞口周围的环形结构，用于加强洞口的稳定性，防止山体滑坡等自然灾害对洞口造成损害。
- e) 洞口排水是指设置在隧道洞口周围的排水设施，用于排除洞口附近的积水，防止水流对洞口造成冲刷和侵蚀。
- f) 洞口防护是指设置在隧道洞口周围的防护措施，如防护网、防护栏等，用于防止人或动物误入隧道，确保隧道的安全。
- g) 明洞是指在隧道洞口处或隧道内部设置的开放式结构，用于通风、采光或人员通行。
- h) 明洞衬砌构件是明洞内部用于支撑和防护的结构。包括拱墙、仰拱、仰拱回填等要素。
- i) 明洞回填是指在明洞施工完成后，对明洞周围的空隙进行填充和压实，以确保明洞的稳定性和安全性。

5.4.2 洞身及辅助通道

洞身是隧道的主要部分，承载着车辆或行人的通行功能。洞身由隧道主体结构（如衬砌、仰拱、底板等）和辅助通道（如紧急通道、检修通道等）组成。洞身及辅助通道包括洞身、辅助通道、超前支护构件、初次支护构件、二次衬砌构件等。

- a) 洞身通常是由隧道主体结构（如衬砌、仰拱、底板等）组成的连续空间，贯穿于山体或地下。
- b) 辅助通道是隧道内部用于通风、排水、检修、紧急疏散等功能的通道，包括通风道、排水沟、人行通道、检修道等。

- c) 超前支护构件是在隧道开挖前或开挖过程中设置的临时支撑结构,用于防止围岩失稳和坍塌。包括超前锚杆、超前小导管、超前管棚、套拱等。
- d) 初次支护构件是在隧道开挖后立即设置的支撑结构,用于防止围岩变形和破坏。包括系统锚杆、锁脚锚杆、钢筋网、钢架、喷射混凝土等。
- e) 二次衬砌构件是在隧道初次支护完成后,为了进一步提高隧道结构的稳定性和耐久性而设置的衬砌结构。包括拱墙、仰拱、仰拱回填等。

5.4.3 防排水

防排水系统用于防止地下水渗入隧道内部,同时确保隧道内部的排水畅通。防排水包括路侧边沟、中心水沟、沉沙池、检查井、止水带、纵向排水管、横向排水管、环向排水管、竖向排水管等。

- a) 路侧边沟是设置在隧道公路两侧的排水沟,用于收集并排放路面上的积水,防止积水对隧道结构和设备造成损害。
- b) 中心水沟是设置在隧道中心位置的排水沟,用于收集并排放隧道内的积水,防止积水对隧道结构和设备造成损害。
- c) 沉沙池是设置在排水系统中的一种设施,用于沉淀和分离水中的泥沙等杂质,防止泥沙堵塞排水管道和设备。
- d) 检查井是设置在排水系统中的一种设施,用于检查和维护排水管道和设备。
- e) 止水带是一种安装在隧道结构内部的止水设施,主要由聚氨酯、PVC、橡胶等材料制成,通常设置在隧道结构的接缝处或裂缝处,以阻止水分进入隧道内部。
- f) 纵向排水管是沿着隧道长度方向设置的排水管道,用于将隧道内的积水纵向排放到中心水沟或其他排水设施中。
- g) 横向排水管是垂直于隧道长度方向设置的排水管道,用于将隧道内的积水横向排放到路侧边沟或其他排水设施中。
- h) 环向排水管是沿着隧道圆周方向设置的排水管道,用于将隧道壁上的积水排放到中心水沟或其他排水设施中。
- i) 竖向排水管是垂直于隧道底部设置的排水管道,用于将隧道底部的积水排放到中心水沟或其他排水设施中。

5.4.4 路面(段)

路面是隧道内部供车辆或行人通行的部分。具体可参考5.2.3部分。

5.4.5 设施用房

设施用房是隧道内部用于存放设备、进行管理和维护的房间。包括变电所、泵房、风机房、风塔、管理用房等。

- a) 变电所是隧道中用于电力转换和分配的重要设施,负责将外部输入的电力转换为隧道内部设备所需的电压和电流,确保隧道内照明、通风、排水等系统的正常运行。
- b) 泵房是隧道中用于安装通风设备的场所,负责隧道内的空气流通,保持隧道内部空气质量,并在火灾等紧急情况下提供排烟功能。
- c) 风机房是隧道中用于安装通风设备的场所,它负责隧道内的空气流通,保持隧道内部空气质量,并在火灾等紧急情况下提供排烟功能。
- d) 风塔是隧道通风系统的重要组成部分,通常位于隧道口或隧道顶部,用于将隧道内的污浊空气排出,并将新鲜空气引入隧道内部。
- e) 管理用房是隧道中用于管理人员办公、监控隧道运营状态、处理紧急事件的场所。它通常配备有监控设备、通信设备、消防设施等。

5.5 交通工程及沿线设施主要组成部分

交通工程及沿线设施包括交通安全设施、通用管理设施、监控设施、收费设施、通信设施、供配电设施、照明设施、通风设施、消防设施、智慧公路新型设施、管理养护设施、治超设施、交通量观测设施、服务设施等14类设施对象。

5.5.1 交通安全设施

交通安全设施用于保障公路交通参与者安全、减少交通事故发生的设施。包括交通安全设施（段）、交通标线、交通标志、护栏和栏杆、视线诱导设施、防落网、声屏障、防眩设施、其他交通安全设施等。

5.5.2 通用管理设施

通用管理设施用于公路交通管理和维护的通用性设施。包括摄像机、交通信号灯、可变信息标志、设备机柜、服务器、计算机、显示器、空调、大屏幕、打印机、操作台、IP-SAN 磁盘阵列、硬盘录像机、视频编解码器、以太网交换机、光纤收发器、车辆检测器、线缆、走线架桥架、管道、沟槽等。

5.5.3 监控设施

监控设施包括气象检测器、环境检测器、车道指示器、区域控制器、紧急电话及广播、火灾探测报警设施、备用电源等。

5.5.4 收费设施

收费设施用于公路收费的设施。包括收费亭、收费岛、栏杆、费额显示器、ETC 门架系统、ETC 天线、车牌自动识别设施、车道控制器、光栅分车器、计重设备、对讲及广播设施、收费机器人等。

5.5.5 通信设施

通信设施用于交通通信的设施。包括光纤通信线路、无线通信基站、电话、光纤线路终端、光纤网络单元、干线传输设备、综合语音接入网关、数字程控交换机、IAD 设备、配线设施、高频开关电源、蓄电池组等。

5.5.6 供配电设施

供配电设施为交通工程及沿线设施提供电力供应和配电的设施。包括高压柜、低压柜、变压器、柴油发电机组、配电箱等。

5.5.7 照明设施

照明设施是用于公路照明的设施。包括路灯、隧道灯、照明灯具、紧急照明灯等。

5.5.8 通风设施

通风设施是用于改善交通设施内部空气质量的设施。包括通风机、通风管道等。

5.5.9 消防设施

消防设施是防设施是指用于火灾预防、报警、灭火和救援的设备和系统。包括灭火器、消防栓箱、灭火器箱、消火栓、水泵、防火门等。

5.5.10 智慧公路新型设施

智慧公路新型设施是指利用物联网、大数据、云计算等先进技术，实现公路智能化管理和服务的设施。智慧公路新型设施包括智慧公路新型设施（段）、车路协同系统、智能感知设备、信息发布系统、毫米波雷达、激光雷达、雷视一体监测终端、光栅光纤、智能道钉、无人机场、无人机、红外摄像机、边缘计算单元、物联传感器等。

5.5.11 管理养护设施

管理养护设施是指用于公路日常管理和养护的设施，包括管理中心、管理分中心、管理站（所）、养护工区、道班房等。

5.5.12 治超设施

治超设施是指用于检测和限制超载车辆的设施。包括超限检测站（点）、非现场检测点、高速公路称重检测站、称重设备、限高杆、限宽门等。

5.5.13 交通量观测设施

交通量观测设施是用于统计和记录公路交通流量的设施。包括连续式交通量观测站、间隙式交通量观测站、临时性交通量观测站等。

5.5.14 服务设施

服务设施是指为公路使用者提供服务的设施。包括服务区、停车区、客运汽车停靠站、旅游公路驿站、观景台、休息区等。

6 建模规范

公路交通基础设施数字空间表达建模规范包括基本原则、成果要求、过程规范、行为规范4个部分。

6.1 基本原则

公路交通基础设施数字空间表达建模应遵循以下基本原则。

6.1.1 统一性与标准化

所有公路交通基础设施的数字空间表达应遵循统一的坐标系和数据格式标准,确保不同系统之间的数据能够无缝对接和交换。

6.1.2 完整性与准确性

建模过程中应系统考虑各类设施对象的定义、属性和空间位置信息,确保数据的完整性、准确性和可溯源性。

6.1.3 可操作性与可扩展性

模型设计应符合实际与需求,并考虑到未来的扩展需求,同时提供方便的维护和管理工具,确保模型的持续有效运行。

6.1.4 经济性与可复用性

模型的精度、属性的选择、关系的构建应结合实际需求进行确定,不宜超需求提高模型精度,同时应提取共性需求,提升模型的可复用性。

6.1.5 安全性与保密性

在建模过程中应严格遵守关键数据安全保密要求,确保数据的安全性和完整性。

6.1.6 全生命周期贯通性

模型应以全生命周期管理为目标,确保模型数据在规划、设计、建设、管理、养护、运营、服务等各阶段能够顺畅传递、共享与交互,支持各阶段的信息集成与复用。

6.2 成果要求

公路交通基础设施数字空间表达建模成果应遵循以下要求。

6.2.1 一般要求

- a) 数字空间表达建模成果的内容、精度、范围和质量应以满足数字孪生公路应用目标为衡量标准。
- b) 建模成果应结合不同公路等级,遵循“应用目标决定应用内容,应用内容决定建模的要素范围、模型精度、属性选择和关联关系”的基本原则。
- c) 数字空间表达建模成果应采用统一空间基准:空间基准应采用2000国家大地坐标系(CGCS2000),高程基准应采用1985国家高程基准。
- d) 数字空间表达建模成果时间基准应采用公元纪年和北京时间。

6.2.2 内容要求

- a) 数字空间表达模型应明确分类,例如几何模型、物理模型、业务模型等,并明确各类模型之间的关系和交互方式。

- b) 数字空间表达模型应满足公路交通基础设施规划、设计、施工、运维、养护、改扩建、拆除等全生命周期的应用需求。
- c) 数字空间表达模型应支持公路交通基础设施全要素的空间集成与时间配准。
- d) 数字空间表达模型应支持公路交通基础设施快变量、中变量、慢变量、不变量等不同变化频度要素的动态演化。
- e) 数字空间表达模型应支持公路交通场景中“人、车、路、环境”四要素及其关联有关系的数字化表达。
- f) 数字空间表达模型应支持公路交通基础设施模型与交通仿真模型、业务管理模型的打通。
- g) 数字空间表达模型应支持从宏观到微观的多尺度表达，以便在不同层次上进行分析和决策。
- h) 数字空间表达模型应采用语义化的表达方式，明确设施对象、事件、过程等的含义和关系，便于机器理解和处理。

6.2.3 关联关系

- a) 关联关系是指公路交通基础设施要素在全生命周期内的演变规律，包括时间关联、空间关联、特征关联、事件关联等。
- b) 时间关联：实体要素更新的时间顺序关系；公路交通基础设施实体要素随时间变化运行、演变的规律。
- c) 空间关联：实体要素更新的空间拓扑关系；公路交通基础设施实体要素随空间位置变化运行、演变的规律，公路交通基础设施实体要素的空间分布、拓扑规律。
- d) 特征关联：公路交通场景中物质流、能量流和信息流的转化关系；公路交通基础设施场景中物质流、能量流和信息流相互转化规律；
- e) 事件关联：公路交通运行、演变重要标志性事件识别、管理规律。

6.2.4 质量要求

- a) 完整性：模型应覆盖公路交通基础设施的全生命周期，包括规划、设计、施工、运维、养护、改扩建、拆除等阶段的所有关键要素。
- b) 准确性：模型的几何形态、属性信息、空间位置等应准确无误，符合实际情况。对于动态变化的要素，应能实时或定期更新数据。
- c) 稳定性：模型应具有良好的稳定性和鲁棒性，能够应对数据异常、模型错误等异常情况，确保系统持续稳定运行。
- d) 可扩展性：模型应具有良好的可扩展性，能够方便地添加新的设施对象、事件、过程等要素，满足不断变化的业务需求。
- e) 可交互性：模型应支持与其他系统或模型进行交互和协同工作，如交通仿真模型、业务管理模型等，实现信息的共享和互通。

6.2.5 成果形式

- a) 模型成果：应提供完整的公路交通基础设施数字空间表达模型，包括各类设施对象的几何形态、属性信息、空间位置等。
- b) 数据成果：应提供与模型相关的数据成果，包括设施对象的属性数据、空间数据、关系数据等，数据应准确无误且格式规范。数据格式应符合JTG/T 2420-2021《公路工程信息模型应用统一标准》规范要求，以满足数据交换和对接的需求。
- c) 文档成果：应提供完整的建模文档，包括模型设计说明、数据字典、使用手册等，方便用户理解和使用模型。

6.3 过程要求

公路交通基础设施数字空间表达建模过程应遵循实施策划、计划编制、实施流程、质量管理、流程管理的過程要求。

6.3.1 实施策划

- a) 策划原则：数字空间表达建模实施策划宜遵循“需求决定应用目标，应用目标决定应用内容，应用内容决定要素范围、模型精度、属性选择和关联关系”的策划原则。
- b) 需求驱动目标：应根据项目需求明确项目实施数字空间表达建模与应用的主要目标。
- c) 目标驱动内容：应根据项目应用目标明确公路交通基础设施数字空间模型具体的应用内容。
- d) 内容驱动建模：应根据具体应用内容明确公路交通基础设施数字空间建模的要素范围、模型精度、属性选择和关联关系。
- e) 应用目标要求：业主方应明确项目的主要目标，宜提供公路交通基础设施数字空间建模与应用要求文档，包括数字模型的精度、覆盖范围、功能需求等。
- f) 需求分析：实施方应分析项目对数字模型的具体需求，形成对应需求文档，包括数据格式、数据更新频率、用户接口等。
- g) 资源评估：评估项目所需的人力、物力、财力等资源，确保项目能够顺利实施。
- h) 风险评估：识别项目可能面临的风险，如数据获取难度、技术难题等，并制定相应的应对措施。

6.3.2 实施计划

应根据公路交通基础设施数字空间表达的应用目标要求编制实施计划，可参考以下方面。

- a) 明确模型的应用目标和工作原则；
- b) 提出各阶段模型应用内容和成果要求；
- c) 制定详细的项目时间表，包括各阶段的关键节点和完成时间；
- d) 确定人员组织架构和相应职责，根据项目目标和时间计划，将任务分配给合适的团队成员，明确各自的责任和期望成果；
- e) 明确模型创建、使用和管理要求；
- f) 明确模型应用进度、质量要求；
- g) 确定各参与单位协同工作方式，制定项目沟通计划，确保项目成员之间的信息畅通，以及与客户和利益相关者的有效沟通；
- h) 提出信息安全要求；
- i) 提供相关保障措施。

6.3.3 实施流程

- a) 数据收集：根据需求收集公路交通基础设施的相关数据，包括地形、公路、桥梁、隧道等。
- b) 数据处理：对收集到的数据进行清洗、整理、转换等处理，以满足建模需要。
- c) 数字建模：利用建模工具，根据处理后的数据建立公路交通基础设施的数字空间表达模型。
- d) 模型验证：对建立的数字模型进行验证，确保其精度和准确性满足项目要求。
- e) 模型优化：根据验证结果对模型进行优化，提高模型的性能和可用性。

6.3.4 质量管理

- a) 质量标准制定：宜根据项目需求和行业规范，制定项目实施中详细的质量标准，包括数据质量、模型精度等。
- b) 质量监控：在项目实施过程中，对各个环节进行质量监控，确保项目质量符合标准。
- c) 质量评估：定期对项目成果进行质量评估，及时发现问题并采取改进措施。

6.3.5 过程管理

- a) 文档管理：建立项目文档管理系统，对项目过程中的各类文档进行统一管理和存档。
- b) 变更管理：对项目过程中的变更请求进行统一管理和处理，确保项目变更的合理性和有效性。
- c) 风险管理：对项目过程中的风险进行持续监控和评估，制定相应的风险应对措施。
- d) 团队协作：加强团队成员之间的协作和沟通，确保项目顺利进行。
- e) 项目评审：在项目关键节点进行项目评审，评估项目进展和质量情况，及时调整项目计划。

6.4 行为要求

公路交通基础设施数字空间表达建模过程中，各参与方的行为应遵循以下要求。

6.4.1 明确权责

- a) 责任明确：每个团队成员应清楚了解自己的职责范围和工作内容，对自己的工作结果负责。
- b) 权限界定：根据职责分配相应的权限，确保团队成员在权限范围内进行工作，避免越权操作。
- c) 责任追究：对于工作失误或违规行为，应明确责任归属，并进行相应的责任追究。

6.4.2 注重时效性

- a) 时间管理：实施团队成员应按照项目计划按时完成自己的工作任务。
- b) 进度监控：项目负责人应定期监控项目进度，确保项目按计划进行，及时调整进度偏差。
- c) 紧急响应：对于项目中的紧急情况，团队成员应迅速响应，采取有效措施解决问题。

6.4.3 确保经济性

- a) 成本控制：在项目实施过程中，应合理控制成本，避免不必要的浪费，确保项目经济效益最大化。
- b) 资源优化：优化资源配置，提高资源利用效率，确保项目顺利进行。
- c) 效益评估：在项目完成后，对项目经济效益进行评估，总结经验教训，为后续项目提供参考。

6.4.4 敏感数据处理

- a) 数据识别：团队成员应能够准确识别出项目中的敏感数据，包括但不限于个人隐私信息、商业机密等。
- b) 访问控制：对于敏感数据，应实施严格的访问控制策略，确保只有经过授权的人员才能访问和使用。
- c) 加密存储：敏感数据在存储过程中应采用加密技术，以防止数据泄露和未经授权的访问。
- d) 传输安全：在数据的传输过程中，应采用安全传输协议（如HTTPS），确保数据在传输过程中的安全性和完整性。

6.4.5 团队协同性

- a) 团队合作：团队成员之间应保持良好的沟通和协作，共同完成项目任务。
- b) 信息共享：及时分享项目信息和资源，确保团队成员之间的信息畅通。
- c) 冲突解决：在出现意见分歧或冲突时，应积极寻求解决方案，避免影响项目进展。
- d) 跨部门协作：与项目相关的其他部门保持密切合作，确保项目顺利进行。

6.4.6 支持语义关联

- a) 标准化语义：在建模过程中，应采用标准化的语义定义和描述方式，确保不同系统或模型之间的数据能够准确理解和交换。
- b) 数据字典：建立详细的数据字典，明确数据的含义、单位和范围等，确保数据的一致性和准确性。
- c) 语义映射：对于不同来源的数据，应建立语义映射关系，确保数据之间的关联性和一致性。
- d) 语义推理：利用语义推理技术，对模型中的数据进行智能分析和处理，提高数据的利用价值和决策支持能力。

6.4.7 支持仿真与应用

- a) 仿真接口：数字空间表达模型应提供与仿真软件或平台相兼容的接口，支持仿真软件或平台对模型进行加载和运行。
- b) 实时数据接入：模型应支持实时数据的接入和更新，确保仿真结果的准确性和实时性。
- c) 模型验证：通过实际数据或仿真结果对模型进行验证和校准，确保模型的准确性和可靠性。
- d) 应用支持：模型应能够支持公路交通基础设施规划、设计、施工、运维等各个环节的应用需求，提供决策支持和优化建议。

6.4.8 支持交付与传递

- a) 交付物明确：在项目开始前，应明确交付物的范围、内容、格式和质量标准，确保所有团队成员对交付物有清晰的认识。
- b) 交付时间规划：根据项目实施计划和进度，合理规划交付时间，确保交付物能够按时交付。
- c) 交付物质量检查：在交付前，应对交付物进行全面的质量检查，包括数据的准确性、完整性、一致性和可读性等方面，确保交付物符合质量要求。
- d) 交付方式选择：根据项目需求和实际情况，选择合适的交付方式，如电子文档、纸质文档、在线平台等，确保交付物能够准确、及时地传递给接收方。
- e) 接收方确认：交付后，应要求接收方对交付物进行确认，确保接收方对交付物的内容、质量和格式等没有异议。
- f) 交付物更新与维护：在项目进行过程中或项目结束后，根据需要对交付物进行更新和维护，确保交付物的时效性和可用性。
- g) 交付物文档化：对于重要的交付物，应建立详细的文档记录，包括交付物的版本信息、修改记录、问题跟踪等，方便后续的查阅和管理。
- h) 交付物传递的保密性：在交付物传递过程中，应确保交付物的保密性，避免敏感信息的泄露。对于需要加密传输的交付物，应采取相应的加密措施。
- i) 交付物传递的跟踪与反馈：在交付物传递后，应跟踪接收方的使用情况，并收集反馈意见，以便及时发现问题并进行改进。
- j) 交付物传递的合规性：在交付物传递过程中，应遵守相关法律法规和行业规范，确保交付物的合规性和合法性。

附录 A
(资料性)
公路要素清单

(包含路线、路基、路面3类, 13个构件, 86个建模要素)

对象	构件	建模要素	备注	
路线	路线			
	平面曲线构件	平面直线		
		平面圆曲线		
		平面缓和曲线		
	纵断面曲线构件	纵断面直线		
		纵断面竖曲线		
	断链、宽度、超高	断链		
		宽度		
		超高		
	路基	路基土石方		
路基土石方构件		路床		
		路堤		
		土工合成材料处置层		
		垫层		
		袋装砂井		
		塑料排水板		
		粒料桩		
		加固土桩		
		特殊路基处置构件	水泥粉煤灰碎石桩 (CFG 桩)	
		刚性桩		
		灰土挤密桩		
		碎石挤密桩		
		强夯		
重锤夯实				

对象	构件	建模要素	备注
		冲击碾压	
		预压与超载预压	
		浸水预溶	
		反压	
		消坡减载	
		旋喷桩	
		注浆	
		拦石墙	
		拦挡坝、导流坝	
		拦冰墙	
	排水		
	排水构件	排水管	
		边沟	
		排水沟	
		截水沟	
		边坡平台排水沟	
		急流槽	
		跌水	
		沉淀池、蒸发池	
		排水泵站沉井	
		盲沟	
集水（检查）井			
支挡防护			
支挡防护构件	挡土墙及墙背填土构件	重力式、衡重式挡土墙	
		悬臂式挡土墙	
		扶壁式挡土墙	
		锚杆式挡土墙	
		锚定板式挡土墙	

对象	构件	建模要素		备注	
			加筋土式挡土墙		
			桩板式挡土墙		
			墙背填土		
		坡面防护构件	植物防护		
			骨架植物防护		
			喷护、挂网喷护		
			砌体坡面防护		
		沿河路基防护构件	护面墙		
			护坡		
			浸水挡墙		
			石笼防护		
			护坦		
				导流堤、坝工程	
				边坡锚固	
				土钉支护	
				抗滑桩	
路面	路面、路面段				
	面层	水泥混凝土面层			
		沥青混凝土面层			
		沥青贯入式面层			
		沥青表面处置面层			
	基层	稳定土基层			
		稳定粒料基层			
		级配碎（砾）石基层			
		填隙碎石（矿渣）基层			
	底基层	稳定土底基层			
		稳定粒料底基层			
		级配碎（砾）石底基层			
		填隙碎石（矿渣）底基层			

对象	构件	建模要素	备注
		垫层	
		路缘石	
		培路肩	
		中央分隔带填土	

附录 B
(资料性)
桥涵要素清单

(包含桥梁、涵洞2类, 14个关键构件, 100个建模要素)

对象	构件	建模要素	备注		
桥梁	上部结构	梁式桥			
		拱式桥			
		斜拉桥			
		悬索桥			
	下部结构				
	桥面系和附属工程				
	索塔				
	锚碇				
	预应力构件	预应力筋			
		预应力管道			
		预应力锚具			
	基础构件	扩大基础			
		承台			
		桩	钻孔灌注桩		
			挖孔桩		
			沉入桩		
		地下连续墙			
		沉井基础			
		沉箱基础			
		桥台及桥台构件	桥台		
	台帽				
	台身				
	耳背墙				
挡块					
支座垫石					
桥墩及桥墩构件	桥墩				

对象	构件	建模要素		备注	
		盖梁			
		墩柱、墩柱段			
		系梁			
		挡块			
		支座垫石			
	梁式桥构件	梁、梁段	实心板梁		
			空心板梁		
			工字形梁		
			混凝土 T 梁		
			混凝土小箱梁		
			混凝土箱梁		
			钢箱梁		
			钢桁梁		
			工字组合梁		
			钢箱组合梁		
			钢桁架组合梁		
			波形钢腹板组合梁		
		桥面板			
	支座				
	拱式桥构件	拱、拱段	板拱		
			肋拱		
			箱拱		
			刚架拱		
			钢管拱		
			桁架拱		
		横梁			
		纵梁			
立柱					
吊杆					

对象	构件	建模要素	备注
		系杆	
		拱脚	
	斜拉桥构件	斜拉索	
		塔柱、塔柱段	
		桥塔系梁	
		钢锚箱	
		钢锚梁	
	悬索桥构件	主缆	
		吊索	
		索夹	
		索鞍	
		锚碇	
		锚碇锚固体体系	
	桥面系和附属工程构件	桥面铺装	
		阻尼器	
		人行道板	
		搭板	
		牛腿	
		护栏	
		锥坡	
伸缩装置			
防撞墙			
防落梁装置			
涵洞	洞口		
	洞身		
	洞口构件	翼墙	
		端墙	
		倒虹吸竖井	
		基础	
		截水墙	
帽石			

对象	构件	建模要素	备注
		铺砌	
		锥坡	
	洞身构件	混凝土管节	
		管座	
		箱节（箱涵）	
		拱圈	
		涵台（拱涵、盖板涵）	
		盖板	
		波形钢管节	
		基础	
		垫层	
		搭板	
		牛腿	
		铺砌	

附录 C
(资料性)
隧道要素清单

(包含洞口、洞身及辅助通道、防排水、路面段、设备用房5类, 5构件, 43个建模要素)

对象	构件	建模要素	备注	
洞口	洞口			
	洞口构件	翼墙		
		端墙		
		顶帽		
		环框		
		洞口排水		
		洞口防护		
		明洞		
		明洞衬砌构件	拱墙	
	仰拱			
	仰拱回填			
		明洞回填		
洞身及辅助通道	洞身			
	辅助通道			
	超前支护构件	超前锚杆		
		超前小导管		
		超前管棚		
		套拱		
		初次支护构件	系统锚杆	
			锁脚锚杆	
			钢筋网	
	钢架			
		喷射混凝土		
	二次衬砌构件	拱墙		
		仰拱		
		仰拱回填		
	洞身及辅助通道构件			

对象	构件	建模要素	备注
防排水	防排水构件	防排水	
		路侧边沟	
		中心水沟	
		沉沙池	
		检查井	
		止水带	
		纵向排水管	
		横向排水管	
		环向排水管	
		竖向排水管	
路面（段）		路面（段）	
设备用房	设备用房构件	设备用房	
		变电所	
		泵房	
		风机房	
		风塔	
		管理用房	

附录 D
(资料性)

交通工程及沿线设施要素清单

(包含10类, 10个关键构件, 89个建模要素)

对象	构件	建模要素	备注
交通安全设施	交通安全设施构件	交通安全设施(段)	
		交通标线	
		交通标志	
		护栏和栏杆	
		视线诱导设施	
		防落网	
		声屏障	
		防眩设施	
通用管理设施	通用管理设施构件	其他交通安全设施	
		摄像机	
		交通信号灯	
		可变信息标志	
		设备机柜	
		服务器	
		计算机	
		显示器	
		空调	
		大屏幕	
		打印机	
		操作台	
		IP-SAN 磁盘阵列	
		硬盘录像机	
		视频编解码器	
		以太网交换机	
光纤收发器			
车辆检测器			

对象	构件	建模要素	备注
		线缆	
		走线架桥架	
		管道	
		沟槽	
监控设施	监控设施		
	监控设施构件	气象检测器	
		环境检测器	
		车道指示器	
		区域控制器	
		紧急电话及广播	
		火灾探测报警设施	
		备用电源	
收费设施	收费设施		
	收费设施构件	收费亭	
		收费岛	
		栏杆	
		费额显示器	
		ETC 门架系统	
		ETC 天线	
		车牌自动识别设施	
		车道控制器	
		光栅分车器	
		计重设备	
		对讲及广播设施	
		收费机器人	
通信设施	通信设施		
	通信设施构件	光纤通信线路	
		无线通信基站	
		电话	
		光纤线路终端	

对象	构件	建模要素	备注
		光纤网络单元	
		干线传输设备	
		综合语音接入网关	
		数字程控交换机	
		IAD 设备	
		配线设施	
		高频开关电源	
		蓄电池组	
供配电设施	供配电设施		
	供配电设施构件	高压柜	
		低压柜	
		变压器	
		柴油发电机组	
		配电箱	
照明设施	照明设施		
	照明设施构件	路灯	
		隧道灯	
		照明灯具	
		紧急照明灯	
通风设施	通风设施		
	通风设施构件	通风机	
			通风管道
消防设施	消防设施		
	消防设施构件	灭火器	
		消防栓箱	
		灭火器箱	
		消火栓	
		水泵	
		防火门	
智慧公路新型设施	智慧公路新型设施（段）		

对象	构件	建模要素	备注
	智慧公路新型设施	毫米波雷达	
		激光雷达	
		雷视一体监测终端	
		光栅光纤	
		智能道钉	
		无人机场	
		无人机	
		红外摄像机	
		边缘计算单元	
		物联传感器	
管理养护设施	管理养护设施		
	管理养护设施	管理中心	
		管理分中心	
		管理站（所）	
		养护工区	
		道班房	
治超设施	治超设施		
	治超设施	超限检测站（点）	
		非现场检测点	
		高速公路称重检测站	
		称重设备	
		限高杆	
		限宽门	
交通量观测设施	交通量观测设施		
	交通量观测设施	连续式交通量观测站	
		间隙式交通量观测站	
		临时性交通量观测站	
服务设施	服务设施		
	服务设施	服务区	
			停车区

对象	构件	建模要素	备注
		客运汽车停靠站	
		旅游公路驿站	
		观景台	
		休息区	

参 考 文 献

- [1] GB 23826-2025 高速公路LED可变限速标志
 - [2] JTG/T 2420-2021 公路工程信息模型应用统一标准
 - [3] JTG/T 2420—2021 《公路工程信息模型应用统一标准》
 - [4] JTG/T 2421-2021 公路工程设计信息模型应用标准
 - [5] JTG/T 2422-2021 公路工程施工信息模型应用标准
 - [6] DB43/T 2297-2022 《公路工程施工管理数字化应用规范》
 - [7] 公路工程建筑信息模型交付标准（征求意见稿）
 - [8] 公路工程信息模型分类和编码标准（征求意见稿）
 - [9] 公路工程信息模型实体结构分解指南（征求意见稿）
 - [10] 公路（土建工程）工程划分与编码指南》（征求意见稿）
 - [11] 基础地理实体语义化基本规定
 - [12] 实景三维中国建设总体设计方案
 - [13] 实景三维中国建设技术大纲（2021版）
 - [14] NBIMS-US COBie v3 Standard
 - [15] NBIMS-US Standard Project BIM Requirements(PBR)
 - [16] NBIMS-US Standard BIM Execution Planning(BEP) Standard
 - [17] NBIMS-US BIM Use Definition Standard(BUD)
-

中国智能交通协会团体标准
《公路交通基础设施数字空间表达要素清单与
建模规范》
编制说明

标准编制组

2025年12月

目 录

一、	工作简况	1
二、	编制原则	4
三、	标准内容的起草	5
四、	标准水平分析	7
五、	采标情况	8
六、	与我国现行法律法规和有关强制性标准的关系	9
七、	重大分歧意见的处理过程和依据	11
八、	标准性质的建议	13
九、	贯彻标准的要求和建议	14
十、	废止、替代现行有关标准的建议	15
十一、	其他应予以说明的事项	16

一、 工作简况

1. 任务来源

本标准项目依托科技创新2030-“新一代人工智能”重大项目“公路交通系统全息感知与数字孪生技术及应用示范”课题2“交通系统全息感知与可计算模型构建（2022ZD0115602）”，聚焦于公路交通基础设施领域，旨在通过构建公路交通基础设施数字空间表达要素清单与建模规范，实现公路数字孪生建设的标准化与系统化。针对基础设施统一数字空间表达标准和建模管理规范建模流程与质量，通过标准化的要素清单与建模规则，支持公路从规划、设计到运维、养护的全流程数字化管理。

2. 起草单位情况

本文件由交通运输领域多家科研机构、行业龙头企业及高校共同参与起草，其中交通运输部科学研究院作为牵头单位，承担了技术体系构建、关键指标设定、行业调研分析等核心工作，为文本的科学性、前瞻性与可操作性提供了重要支撑。

交通运输部科学研究院为交通运输部直属综合性科研事业单位，在道路工程、智慧交通、交通安全、数字孪生、公路资产管理等方向具备长期积累和权威影响力。近年来，该院积极推动交通基础设施数字化转型，承担了多项国家级重大科研任务，为我国智慧公路建设、技术标准体系完善与行业创新发展提供了系统性的技术支撑。本次起草工作中，交通运输部科学研究院负责总体技术路线设计、关键技术

框架论证以及行业适用性评估，并组织协调相关单位开展联合研究。

蜀道投资集团有限责任公司作为国内规模领先的交通基础设施投资与运营企业，在智慧高速、数字交通、工程建设管理等领域具有丰富的工程实践经验。集团近年来积极推进智慧交通示范工程建设，其参与为本文件提供了工程化可落地的实践视角。

四川省交通勘察设计研究院有限公司拥有多项甲级资质，在公路、桥梁、隧道等基础设施设计、勘察与咨询领域实力雄厚，为技术标准的工程适配性、设计可行性提供专业支持。

四川数字交通科技股份有限公司在智慧高速、大数据、车路协同及数字孪生等方向具有较强的研发能力，承担了多项智慧交通技术研发任务，对文件中数字化、智能化相关内容提供了技术依据。

浙江交投高速公路运营管理有限公司在高速公路运营管理、智慧运维、路网运行监测等方面积累了丰富的丰富经验，其参与强化了文件在实际运营场景中的适用性。

同济大学长期深耕交通运输工程、智能交通系统、城市交通规划等领域，作为国家重点高校，为本文件提供了理论支撑、前沿技术趋势分析及学术咨询。

中路公科（北京）咨询有限公司在交通行业咨询、技术方案编制、政策研究等方面具有专业经验，参与了文件的资料整理、案例分析及行业应用研究等工作。

3. 主要起草人及其所做的工作

项目组成员			
姓名	单位	职务/职称	任务分工

伍朝辉	交通运输部科学研究院	副研究员	标准整体规划
李晓峰	交通运输部科学研究院	研究员	数字空间要素规划
吕子一	交通运输部科学研究院	助理研究员	数字空间要素规划
胡海东	交通运输部科学研究院	研究实习员	数字空间要素规划
欧阳斌	交通运输部科学研究院	研究员	数字空间要素规划
罗凯	交通运输部科学研究院	研究员	数字空间要素规划
符志强	交通运输部科学研究院	工程师	数字空间要素规划
谷云辉	交通运输部科学研究院	副研究员	数字空间要素规划
孙曦	交通运输部科学研究院	高级工程师	建模基本原则规划
李贤统	交通运输部科学研究院	工程师	建模基本原则规划
廖知勇	蜀道投资集团有限责任公司	正高级工程师	标准整体规划
张敏	蜀道投资集团有限责任公司	高级工程师	建模基本原则规划
朱明	四川省交通勘察设计研究院有限公司	正高级工程师	标准整体规划
肖春红	四川省交通勘察设计研究院有限公司	高级工程师	建模成果要求规划
徐益飞	四川省交通勘察设计研究院有限公司	工程师	建模成果要求规划
陈垦	四川数字交通科技股份有限公司	正高级工程师	标准整体规划
谭屈山	四川数字交通科技股份有限公司	工程师	建模成果要求规划
孙星亮	浙江交投高速公路运营管理有限公司	高级工程师	标准整体规划
刘松荣	浙江交投高速公路运营管理有限公司	正高级工程师	建模过程要求规划
傅红阳	浙江交投高速公路运营管理有限公司	正高级工程师	建模过程要求规划
田野	同济大学	教授	标准整体规划
吴艳平	中路公科(北京)咨询有限公司	高级工程师	建模行为要求规划

4. 主要工作过程

起草阶段：本标准在立项后由交通运输部科学研究院牵头组织，联合蜀道投资集团有限责任公司、四川省交通勘察设计研究院有限公司、四川数字交通科技股份有限公司、浙江交投高速公路运营管理有限公司、同济大学、中路公科（北京）咨询有限公司等共同组建编制组开展起草工作。在起草阶段，编制组首先围绕标准的定位、技术路线和章节结构开展多轮集中研讨，明确标准应涵盖数字空间表达要素

清单与建模规范两大部分，并确定采用设施—对象—构件—建模要素的四级分类体系。随后，项目组系统梳理国内外相关标准与技术资料，结合数字孪生公路建设需求，逐项提炼适用于公路领域的数字表达原则和建模要求。在此基础上，按照申请表中的任务分工，由各单位分别承担不同章节的独立起草工作，形成标准内容初稿。为确保逻辑一致性与术语规范性，编制组对初稿进行了集中校核，对结构、表述、要素分级等内容进行了统一处理，最终形成标准草案初稿。

二、 编制原则

通过对现有交通数字孪生的映射表达的广泛调研，发现当前在构建公路孪生场景时仍存在公路表达要素不清晰、建模内容不规范、全生命周期数据贯通难度大的问题，通过本标准制定，可提供公路交通基础设施数字空间表达的统一技术框架，明确数字孪生公路建设中要素清单构建与建模的内容、规则和流程，使公路数字化转型工作有章可循，提高数字模型的完整性、准确性和可复用性。进一步支撑数字孪生公路落地，通过对公路、桥涵、隧道、交通工程及沿线设施（含智慧公路新型设施）等多方面的全要素数字化表达与建模规范，实现物理公路与数字孪生体的动态交互映射，及时发现并优化规划、设计、施工、运维中的潜在问题，提升公路全生命周期管理的智能化水平。有助于公路建设与运营单位完善数字化管理体系，落实全流程数据治理责任，提高建模效率与协同能力，推动公路行业向数字化、智慧化方向转型升级。填补公路线状工程数字空间表达的标准空白，为行业

主管部门提供统一的数字化监管尺度，加强对数字孪生公路建设质量的监督管理，提升公路基础设施数字化建设与应用的整体规范性和安全性。

三、 标准内容的起草

1. 主要技术内容的确定和依据

明确了规范目标，即实现公路交通基础设施数字空间表达的一致性和标准化，促进数据的共享和复用，支持数字孪生公路的设计、建设、应用与运维。表明了数字空间表达要素清单是为了明确数字孪生公路建设时需要建模的公路基础设施对象，数字空间表达要素清单应全面、准确、无遗漏地反映公路交通基础设施的实体和关系。表明了数字空间表达建模要求是为了明确数字孪生公路建设时公路基础设施对象建模结果、过程和行为的基本要求，数字空间表达建模要求应确保模型构建的科学性、准确性和可操作性，满足实际应用需求。

提出了数字空间表达要素分类原则，即公路交通基础设施共包括公路、桥涵、隧道、交通工程及沿线设施4种设施类别，设施类别预留可扩展性；公路交通基础设施数字空间表达要素清单按设施、对象、构件、建模要素分为4个等级；每种设施类别包括1种或多种结构对象，每种结构对象包括1个或多个构件，每个构件包括1种或多种建模要素；每种建模要素，可根据其数字空间表达目标的需要进一步拆分；要素清单应具有可扩展性，可新增设施、对象、构件或建模要素；可根据要素分类结果与清单，编制统一编码标准。详述了公路设施包括路线、

路基、路面3类主要结构对象，桥涵包括桥梁、涵洞2类主要结构对象，隧道包括洞口、洞身及辅助通道、防排水、路面（段）、设施用房等5类主要结构对象，交通工程及沿线设施包括交通安全设施、通用管理设施、监控设施、收费设施、通信设施、供配电设施、照明设施、通风设施、消防设施、智慧公路新型设施、管理养护设施、治超设施、交通量观测设施、服务设施等14类设施对象，并对每一类对象进行了详细的规范说明。

详述了公路交通基础设施数字空间表达建模规范包括的基本原则、成果要求、过程规范和行为规范4个部分。其中规定了基本原则规定了公路交通基础设施数字空间表达建模应遵循统一性与标准化、完整性与准确性、可操作性与可扩展性、经济性与可复用性和安全性与保密性；成果要求从一般要求、内容要求、关联关系、质量要求、成果形式几个方面对公路交通基础设施数字空间表达建模成果进行了规范；过程要求规定了公路交通基础设施数字空间表达建模过程应遵循实施策划、计划编制、实施流程、质量管理、流程管理的过程要求；行为要求中对公路交通基础设施数字空间表达建模过程中各参与方应的权责、时效性、经济性、敏感数据处理、团队协同、语义关联、仿真与应用、交付与传递等行为进行了规范。

2. 标准中英文内容的汉译英情况

本标准在编制过程中同步开展了标准条文的汉译英工作，旨在确保术语表达的国际一致性和技术内容的可理解性，提高标准的国际化水平和对外交流能力。汉译英内容严格依据原文含义进行等效转换，

对涉及公路工程、数字孪生、信息模型等专业术语进行了统一翻译与规范表达，确保译文在技术边界、概念层次和逻辑结构上保持准确、一致和可复用。同时，英文表达充分参考国内外相关技术文献与标准体系的惯用表述，使本标准在专业性、规范性与可读性方面更符合国际标准化要求，从而提升标准的应用价值与国际传播能力。。

四、 标准水平分析

1. 国内标准比较

在国家标准方面，《道路交通信息采集道路交通安全提示预警信息集》（GB/T 44416-2024）规定了道路交通安全提示预警信息的分类代码和名称、数据结构和规范化格式等内容。《公路地理信息数据采集与质量控制》（GB/T 28788-2012）规定了公路地理信息采集的技术指标、采集内容和方法、数据属性结构、质量控制和成果验收等要求，同时也规定了使用移动道路测量技术采集公路地理信息的作业流程。在地方层面，多个省份结合自身实际情况，出台了与公路交通基础设施数字空间表达相关的地方标准。广东省标准：《公路工程信息模型运维应用标准》（DB44/T 2493—2024）、《公路工程信息模型施工应用标准》（DB44/T 2492—2024）、《公路工程信息模型设计应用标准》（DB44/T 2491—2024）、《公路工程信息模型分类和编码标准》（DB44/T 2490—2024）；浙江省标准：《公路工程智慧工地建设规范》（DB33/T 1394-2024）江苏省标准：《公路工程智慧工地建设技术要求》（DB32/T 3972-2025）；天津市标准：《公路工

程建筑信息模型设计应用技术要求》（DB12/T 1054-2021）；江西省标准：《公路工程信息模型建模技术规范》（DB36/T 2122-2024）、《公路工程信息模型分类和编码技术规范》（DB36/T 2121-2024）；黑龙江省标准：《公路工程建设期信息模型构建规范》（DB23/T 3806—2024）、《公路工程建设期信息模型应用规范》（DB23/T 3805—2024）。在行业标准方面，《公路工程信息模型应用统一标准》（JTG/T 2420—2021）和《公路工程设计信息模型应用标准》（JTG/T 2421—2021）为公路工程信息模型的应用和建模提供了总体技术框架和编码体系。

2. 国际标准比较

本标准无直接对应的国际标准。国外在建筑领域的数字孪生和 BIM 标准较为成熟，如美国 NBIMS-US 系列标准（涵盖 COBie 数据交付、BIM 执行规划等），但公路交通领域的专项数字空间表达标准仍处于探索阶段，部分国家（如德国、日本）在交通基础设施数字化管理中采用地理信息系统（GIS）与 BIM 融合技术，但未形成针对公路全要素（如路基、隧道防排水、智慧设施）的统一建模规范。

五、 采标情况

本标准在广泛调研标准条例与实际需求的基础上，系统分析了现有标准条文的适用性，充分吸收了现有的实践经验与创新做法，结合当前行业发展趋势，科学预判并合理确定了标准的技术广度和深度，

确保本标准内容具有较高的合理性、成熟性和可操作性，是对现有体系的落地层技术补充。

六、 与我国现行法律法规和有关强制性标准的关系

本标准在编制过程中，始终坚持“不仅不与上位法冲突，更要支撑上位法落地”的原则，对我国现行法律法规及强制性标准进行了全面的符合性审查与协调性分析。

1. 与国家法律法规的符合性分析

本标准严格遵循《中华人民共和国标准化法》、《中华人民共和国数据安全法》、《中华人民共和国网络安全法》、《中华人民共和国测绘法》及《中华人民共和国公路法》等相关法律法规的要求。

符合《标准化法》关于团体标准的定位：根据《标准化法》，国家鼓励学会、协会等社会团体协调相关市场主体共同制定满足市场和创新需要的团体标准。本标准作为中国智能交通协会（CITSA）团体标准，旨在快速响应智慧公路建设对数字孪生技术的迫切需求，填补国家标准在这一新兴领域的空白，完全符合法律赋予团体标准的职能定位。

符合《测绘法》关于空间基准的规定：数字空间表达的核心是地理位置的准确映射。本标准在“建模规范-成果要求”章节中明确规定：“数字空间表达建模成果应采用统一空间基准：空间基准应采用2000国家大地坐标系（CGCS2000），高程基准应采用1985国家高程基

准”。这一强制性约束条款严格遵守了《测绘法》关于使用国家法定坐标系统的规定，确保了生成的数字资产具有合法的测绘地理信息属性，避免了因坐标系混乱导致的国家地理信息安全风险及工程建设误差。

符合《数据安全法》与《网络安全法》关于关键信息基础设施保护的要求：公路交通作为国家关键信息基础设施，其数字化数据的安全至关重要。本标准在“建模规范-基本原则”中确立了“安全性与保密性”原则，并在“行为要求”章节中详细规定了“敏感数据处理”规范，包括“敏感数据识别”、“严格的访问控制”、“加密存储”及“传输安全（如采用HTTPS协议）”。这些条款将数据安全风险落实到了建模的具体操作环节，有力支撑了国家网络安全法律法规在公路行业的落地执行。

2. 与现行强制性及推荐性标准的协调性分析

本标准在技术指标和体系架构上，与现行国家标准和行业标准保持了高度的协调与互补，不存在冲突。

与JTG系列行业标准的深度协同：JTG/T 2420-2021《公路工程信息模型应用统一标准》：该标准是我国公路BIM应用的基础性标准。本标准在数据交付格式上明确引用并要求符合JTG/T 2420的要求，确保了底层数据格式的互通性。本标准并非另起炉灶，而是JTG/T 2420在“数字孪生”这一特定高阶应用场景下的延伸与深化。

JTG/T 2421-2021《公路工程设计信息模型应用标准》与JTG/T

2422-2021《公路工程施工信息模型应用标准》：现行JTG系列标准主要关注建设期的静态物理表达。本标准在此基础上，通过“要素清单”大幅补充了“智慧公路新型设施”（如车路协同设备、无人机机场）及“运营养护设施”的建模要求，并强化了“时间关联”、“事件关联”等动态特征的表达规范，有效弥补了现行标准在运营期及智能化设施表达方面的不足。

与相关国家标准的引用关系：GB/T 1.1—2020《标准化工作导则》：本标准的结构、起草规则严格按照此导则执行，保证了标准文本的规范性。

GB 23826-2025《高速公路LED可变限速标志》：在具体交通工程设施的建模属性定义上，本标准直接引用最新的国家产品标准，确保了数字模型属性与物理产品标准的一致性。

GB/T 28788-2012《公路地理信息数据采集与质量控制》：本标准在地理信息表达方面与其保持协调，确保采集的数据能够满足建模需求。

与地方标准的兼容性：在编制过程中，充分参考了广东、浙江、江苏等省份已发布的DB系列地方标准。本标准提炼了各省标准中的共性技术要求，形成了更具普适性的团体标准，为未来将地方经验上升为行业标准奠定了基础。

七、 重大分歧意见的处理过程和依据

在本标准的起草、征求意见和技术审查阶段，编制组坚持科学、

民主、公开的原则，广泛听取设计院、施工单位、运营管理部门、科研机构和高校的意见。在整体技术路线、要素颗粒度设置、术语体系构建等关键内容上，各方专家基于不同业务需求提出了多角度观点。虽然标准未涉及知识产权问题，但为确保标准体系的严谨性、前瞻性与可推广性，起草组围绕多个核心争议进行了系统论证与充分磨合，最终形成了行业普遍认可的技术处理方案。

在要素清单颗粒度方面，主要分歧集中在模型精细度（LOD）的设定上。设计单位倾向于采用更高的Level 5 精度来表达螺栓、焊缝等细部构件，以满足精细化设计需求；而运营单位则强调模型轻量化和运维适应性，认为过度精细会导致系统渲染性能下降并增加数据更新成本。编制组通过实际工程验证对比不同LOD模型的效果，发现L3/L4 模型已能满足管理类场景需求，因此最终采用“适度表达、按需扩展”的折中策略，将强制建模层级控制在L3/L4，并在标准中明确可扩展性原则，以兼顾通用性和专业深度。

在术语体系方面，专家之间对“数字空间表达”是否应以“BIM”替代存在分歧。部分意见认为BIM术语已广为人知，有利于行业理解；但经对比分析，BIM更偏向建设阶段的静态工程信息模型，而本标准面向数字孪生公路建设，对全要素、多维度、动态演化能力有更高要求，需要能够涵盖点云、视频流、交通流等多源时空数据。经深入讨论后，标准最终保留“数字空间表达”术语，并在术语章节中明确其与BIM的关系，即BIM是其组成部分但不是全部，从而确保概念体系与数字孪生技术的发展方向相一致。

在智慧公路新型设施的分类上也出现不同观点。一部分意见主张将毫米波雷达、边缘计算单元、车路协同设备等纳入传统的“监控设施”类别以保持连续性；另一部分认为应单列以体现新基建的重要性。编制组综合考虑智能设施功能的跨界属性及高速迭代特性，认为强行归并会破坏分类逻辑的清晰性并限制未来扩展，因此最终在“交通工程及沿线设施”大类下单设“智慧公路新型设施”子类，系统涵盖智能感知、车路协同、无人机场等新型对象，为未来技术演进和标准更新预留了充足空间。

八、 标准性质的建议

基于对本标准技术成熟度、适用边界、行业发展阶段以及法律地位的综合研判，编制组认为将本标准定位为中国智能交通协会发布的推荐性团体标准更为合理。公路数字孪生技术处于快速迭代期，新型设施、数据采集方式和建模技术持续演进，需要一种更新周期更短、可灵活扩展、能够及时吸收前沿成果的标准形式。相比国家标准和行业标准较长的修订周期，团体标准具备“快、活、新”的优势，能够及时纳入智慧公路新型设施、数字空间表达等新技术内容，保持技术体系的先进性和适配性。同时，推荐性标准的属性也有助于鼓励创新主体先行先试，为未来升级为行业或国家标准积累验证经验。

尽管性质上为推荐性，但鉴于行业当前在数字孪生建设中普遍面临技术体系分散、模型深度不统一、交付质量不可控等突出问题，本标准仍具备重要的行业规范价值。编制组建议将本标准作为数字化建

设的重要技术依据，在行业范围内积极推广应用，以填补“无标可依”的现状。其技术框架和要素体系可为系统集成商、设计单位、软件平台提供统一的建模逻辑和表达标准，为行业形成统一的数据底座提供支撑。

在工程实施层面，建议公路建设与运营管理部门在智慧公路、数字孪生公路等项目的招标文件、技术规格书和合同要求中引用本标准，作为对建模成果、数据结构和系统接口的明确技术门槛。同时，建议将本标准作为工程交付与验收的重要评价尺度，通过检查模型是否满足要素清单、属性要求和表达规则，规范数字孪生项目由“重展示”向“重数据、重实用”转变，有效提升数字资产质量，推动公路行业数字化建设走向标准化、体系化和可持续发展。。

九、 贯彻标准的要求和建议

为确保本标准发布后能够在行业内实现有效落地，编制组建议通过系统化的宣贯与培训机制提升标准的理解度和执行力。一方面，由行业协会组织面向管理部门、建设运营单位、设计院和科研机构的宣贯活动，全面解读标准的背景、核心条文和应用价值；另一方面，通过面向工程技术人员的专项培训，重点强化对要素清单体系、建模规范和数据交付要求的理解，减少执行层面的偏差，确保标准在不同单位间得到一致和规范的应用。

为推动标准在实际工程中的验证与规模化推广，编制组建议依托典型智慧公路建设项目开展应用示范，通过在规划、设计、施工和运

维等阶段全过程应用本标准，以验证其技术可行性和工程适配性。同时，鼓励各类数字孪生平台、BIM/GIS 软件厂商对标准进行适配，支持软件内置要素清单及模型检查功能，并建立标准符合性测试与认证机制，推动形成统一的技术生态和规范的市场环境。此外，通过总结试点经验，编制实施指南与最佳实践案例，可为行业提供可复制、可推广的应用模板。

考虑到数字交通技术迭代迅速，编制组建议建立标准的动态维护机制和与工程全生命周期协同的应用体系。一方面，由起草单位组建常态化维护工作组，定期收集行业反馈，对新增设施类型和实际应用中出现的问题进行更新，保持标准的前瞻性和生命力；另一方面，将本标准纳入项目建设的全过程管理，在设计源头明确数字化交付要求，在施工阶段强化模型同步更新，在验收与运维交接中设置数字资产验收环节，以确保物理工程与数字工程相一致，形成贯穿全生命周期的数字化管理体系。

十、 废止、替代现行有关标准的建议

经系统查新与比对研究，目前国内尚无专门针对“公路交通基础设施数字空间表达”的同类标准，现有的 JTG/T 2420 等文件更多侧重于工程建设阶段的 BIM 应用，而本标准聚焦数字孪生场景下的全要素表达与动态交互，两者在技术定位上互补，在内容上呈延伸关系，不构成替代或冲突，因此无需废止任何现行标准。鉴于其在设施全要素表达、智慧公路新型设施建模等方面填补了行业空白，建议将本标

准作为我国公路工程信息化标准体系的关键补充文件。未来在修订 JTG/T 2420 或制定国家层级标准时，可吸收本标准在要素清单体系、建模行为规范等方面的创新成果，以推动行业标准体系向全生命周期数字化方向发展。

十一、 其他应予以说明的事项

无补充说明事项。