

ICS 35, 020

CCS K65

团体标准

T/CITSA 51-2025

交通基础设施数字化基础软件系统架构 及技术要求

The digital infrastructure software system architecture and
functional requirements for transportation infrastructure

2025-01-16 发布

2025-02-10 实施

中国智能交通协会 发布

目 次

前言 11

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义、缩略语 1

 3.1 术语和定义 1

 3.2 缩略语 2

4 总体要求 2

 4.1 可靠性 2

 4.2 可扩展性 2

 4.3 安全性 2

5 软件系统技术架构 2

 5.1 软件系统技术架构分层 2

 5.2 软件系统技术架构层级的要求 3

6 技术要求 4

 6.1 系统功能架构 4

 6.2 一般技术要求 4

 6.3 运行支撑软件环境技术要求 5

 6.4 服务技术要求 6

参考文献 9

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》《GB/T 20001-7 标准编写规则 第7部分：指南标准》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。

本文件由武汉理工大学提出。

本文件由中国智能交通协会归口。

本文件起草单位：武汉理工大学、中国交通信息科技集团有限公司、中国科学院软件所、中交第二航务工程局有限公司、浙江中控信息产业股份有限公司、蘑菇车联信息科技有限公司。

本文件主要起草人：高嵩、吴超仲、曹菁菁、邹新欣、张雪洁、张萱、李登峰、李擎伟、陈伟、吴国全、李建强、陈富强、周俊杰、余素、侯大卫。

交通基础设施数字化基础软件系统架构及技术要求

1 范围

本标准界定了交通基础设施数字化基础软件系统架构与技术的术语和定义,确定了交通基础设施数字化基础软件系统总体架构、基础共性业务与功能、建设和应用等技术要求。

本标准适用于交通基础设施数字化基础软件系统的架构设计、功能开发、应用实施及评估优化。

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 17859-1999 计算机信息系统安全保护等级划分准则
GB/T 40684-2021 物联网 信息共享和交换平台通用要求
GB/T 40690-2021 信息技术 云计算 云际计算参考架构
GB/T 51269-2017 建筑信息模型分类和编码标准
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
JTS/T 198-1-2019 水运工程信息模型应用统一标准
IEEE 1471-2000 软件密集型系统架构描述的推荐实践
T/CRBIM 002-2014 铁路工程信息模型分类和编码标准

3 术语和定义、缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

交通基础设施 transportation infrastructure

为居民出行和社会产品运输提供交通服务的固定工程设施,包括公路、铁路、桥梁、隧道、机场、港口、航道、管道以及城市轨道、城市道路及配套设施等。

3.1.2

交通基础设施数字化 digitalization of transportation infrastructure

通过利用建筑信息模型、地理信息系统、物联网、人工智能技术,对新建或已建**交通基础设施**(3.1.1)进行全生命周期、全要素的信息感知,通过数据存储、传输、可视化等方式对数据进行集成处理的过程和结果的总称。

3.1.3

基础软件 basic software

支撑**交通基础设施数字化**(3.1.2)的操作系统、云计算环境、软件中间件等。

3.1.4

软件架构 software architecture

软件架构是关于“软件密集型系统”的架构,对整个系统的设计、构建、部署和演化产生重要影响。

[来源: IEEE 1471-2000, 3.3]

3.1.5

建筑信息模型 building information modeling

在建设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。

[来源：GB/T51212-2016，2.1]

3.1.6

容器技术 container

容器技术是一种虚拟化方法，它允许在单个操作系统内核上运行多个隔离的用户空间实例。每个实例称为一个容器。容器包含应用程序及其所有依赖项，确保应用程序在任何环境中都能一致地运行。

3.1.7

云服务 cloud service

云服务是指云计算提供商将计算、存储等资源以服务的形式提供给用户的方式。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

BIM building information modeling 建筑信息模型

GIS geographic Information system 地理信息系统

API application program interface 应用程序接口

FPS frame per second 每秒帧数

4 总体要求

4.1 可靠性

交通基础设施数字化基础软件设计应遵循容错设计原则，通过增加多余的资源获得高可靠性，使程序在运行中自动查找所存在的错误并自我恢复，减少错误危害程度。

4.2 可扩展性

为保证系统可扩展性，应采用模块化设计，宜将系统划分为独立的功能模块，实现松耦合，降低各部分之间的依赖关系。应明确定义每个模块的接口和约定，确保交互清晰一致。同时，可考虑系统的水平扩展和垂直扩展能力，以实现灵活的系统扩展和性能提升。

4.3 安全性

软件部署环境安全应满足或参照GB 17859-1999第2级及以上安全标准规定，操作和数据记录的日志保存最短时间宜不少于30日。

4.3.1 数据传输

软件应确保向第三方服务器进行数据推送时的私密性和完整性，实现数据传输加密和数据完整性校验。

4.3.2 数据隔离

软件应确保同一资源池内用户数据互不可见，仅在用户授权情况下可获取许可的数据。

4.3.3 数据存储安全

软件应保证系统存储数据的稳定性、持久可用性和访问安全性，可采用隔离不同用户数据、镜像保护、安全策略等手段。

5 软件系统技术架构

5.1 软件系统技术架构分层

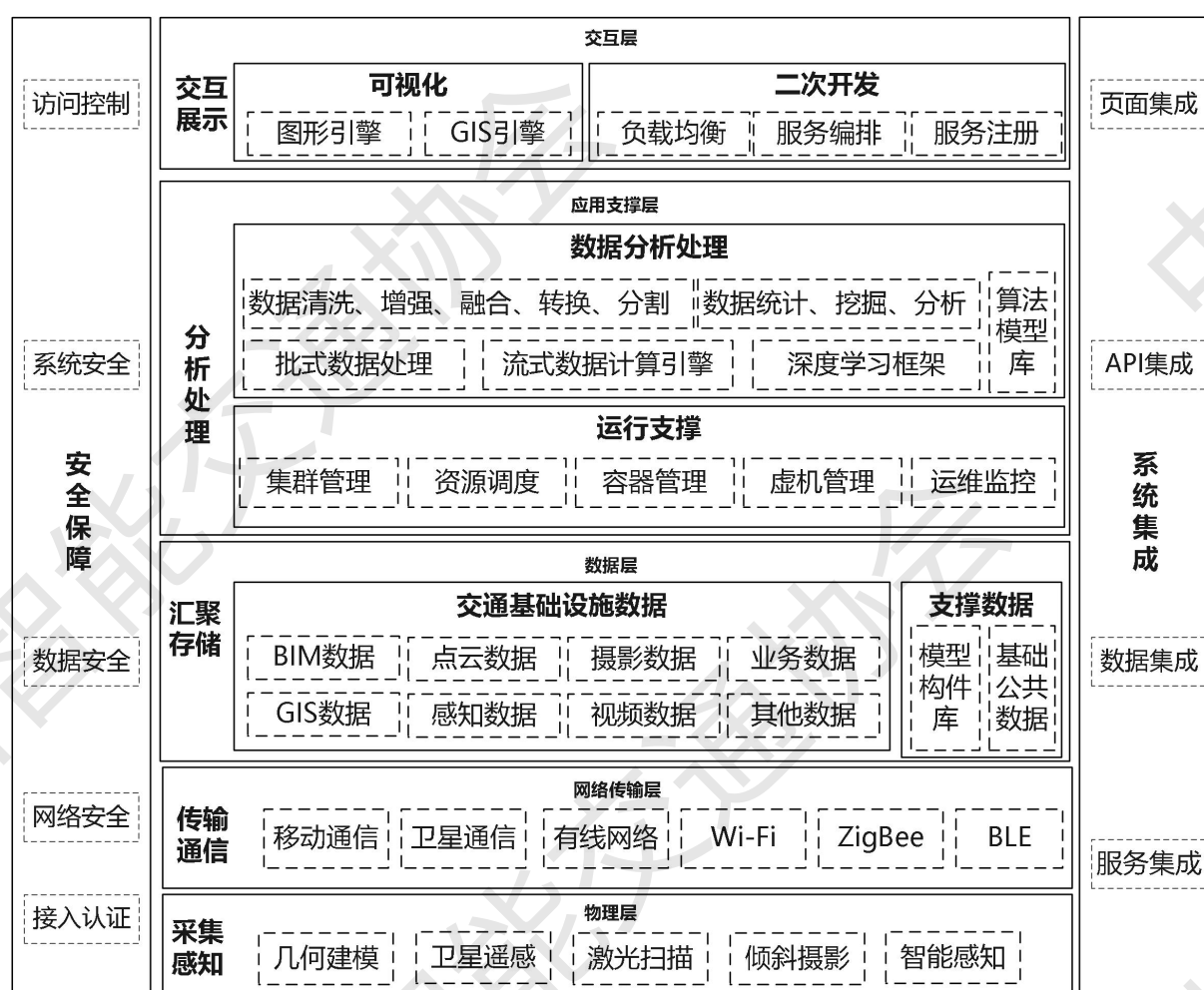


图1 交通基础设施数字化基础软件系统技术架构

5.2 软件系统技术架构层级的要求

5.2.1 采集感知层

宜遵循GB/T 40684—2021标准，应支持多种数据来源及类型，包括但不限于专业建模软件输出的几何模型、通过卫星遥感、激光扫描和倾斜摄影等技术采集的遥感影像、激光点云和影像数据，以及各种物联网传感器获取到的物理感知数据和状态数据。

5.2.2 传输通信层

应具备数据传输与服务能力，支持多种通讯和网络传输协议，包含移动通信网络、有线以太网、无线通信技术（ZigBee、BLE、LoRaWAN、NB-IoT、WIFI等）。

5.2.3 汇聚存储层

负责组织和存储交通基础设施各类数据，可分为交通基础设施数据和支撑数据两类，进一步细分为时空数据、物联感知数据、业务数据。针对不同数据类型，应提供多种存储方式，包括分布式文件存储、分布式结构化数据存储、分布式列式数据存储等，并确保存储空间可扩展。

5.2.4 分析处理层

应提供交通基础设施数据计算、分析和加工处理的核心功能、算法、框架和运行支撑环境。

5.2.4.1 数据分析处理应支持流式、批式和深度学习的数据处理引擎与框架，支持共性的数据清洗、增强、融合、转换与分割等数据处理、多维建模和时空计算等功能；

5.2.4.2 应管理共性基础的机器学习模型和算法库，实现交通基础设施资源化分析和预测等功能；

5.2.4.3 运行支撑环境应对分析处理任务提供统一的、虚拟化的计算资源，负责资源的调度、管理以及运行环境的维护监控等。

5.2.4.4 除云计算、大数据处理、流式计算、机器学习等共性基础技术外，还应包括多维建模、时空计算、资源化分析等领域核心技术。

5.2.5 交互展示层

应提供交通基础设施模型可视化功能，支持BIM模型渲染以及二维三维GIS数据渲染能力，应能为上层业务应用提供二次开发支撑，包括但不限于低代码开发、服务编排、服务注册能力。

5.2.5.1 可视化渲染

基于三维GIS引擎和图形引擎等组件，应提供多尺度、多层次的交通基础设施渲染、展示和交互能力。

5.2.5.2 二次开发

应向上提供特定业务应用的开发支撑能力，通过集成复用和编排组织基础软件的共性基础服务，实现业务应用的快速搭建。

5.2.6 系统集成

描述基础软件与其他平台系统的集成和交互途径，具体根据系统间的关联关系程度，可通过页面/门户、接口API、数据和服务实现多层次的集成交互。

6 技术要求

6.1 系统功能架构

软件系统功能架构划分为两个层次：软件运行支持环境、基础组件与服务，如图2所示。

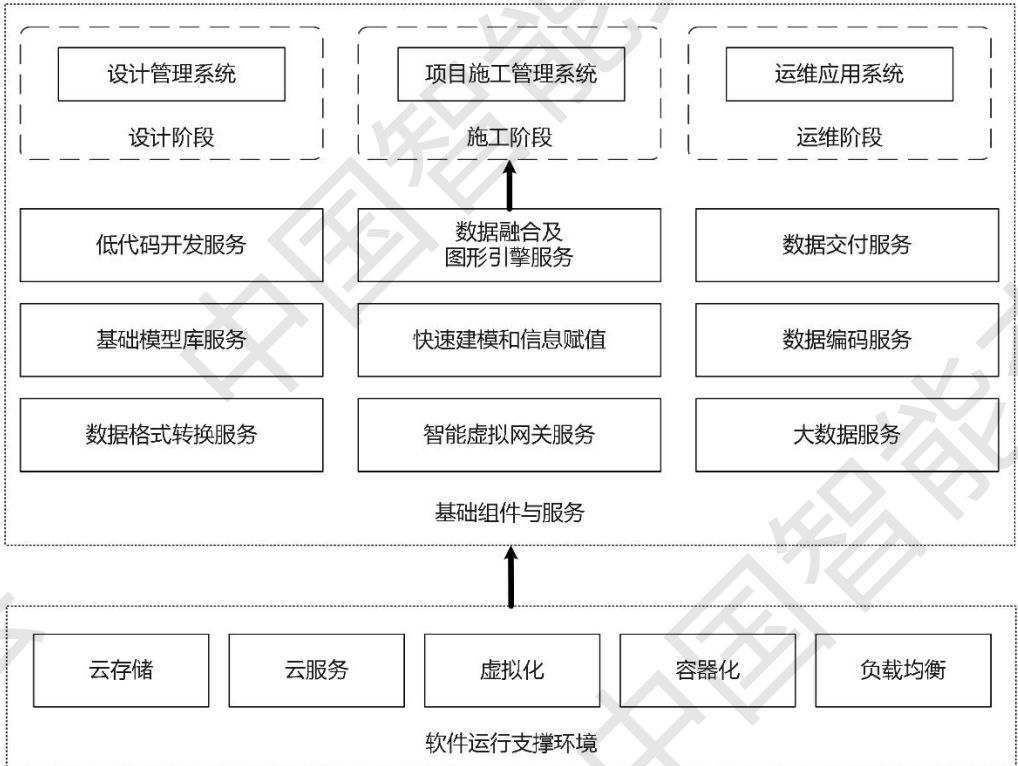


图2 交通基础设施数字化基础软件系统功能架构

6.2 一般技术要求

6.2.1 访问性能要求

在网络环境畅通的情况下，软件所有功能模块的访问和操作响应时间宜小于2秒。

6.2.2 数据并发性要求

基础组件与服务应支持多个用户或系统同时访问和操作数据，保证数据的一致性和完整性。在网络环境畅通的情况下，允许每秒同时向软件平台提交请求的数量不少于200次。

6.2.3 安全保障

描述纵贯交通基础设施数字化基础软件各个层次的安全保障机制，包括但不限于从接入、网络传输、数据、系统、访问控制等方面提供安全保障措施、手段和制度等。

6.3 运行支撑软件环境技术要求

运行软件支撑环境是综合性的技术框架，为软件应用提供必要的基础设施和服务。应可适应不断变化的业务需求和技术发展，支持交通基础设施数字化基础软件的高效、稳定和安全运行，同时具备良好的可扩展性和灵活性，功能包括计算资源虚拟化、分布式储存、分布式服务、软件运行容器化、负载均衡。

6.3.1 计算资源虚拟化技术要求

6.3.1.1 服务器虚拟化

应通过虚拟化技术，宜参照GB/T 40690-2021标准，将物理服务器转化为多个虚拟服务器，提高服务器的利用率。

6.3.1.2 资源调度

软件运行支撑环境可根据软件的需求动态分配和释放计算资源，实现资源的优化利用。

6.3.1.3 隔离性保障

应确保虚拟化后的各个应用之间的隔离，避免相互干扰。

6.3.1.4 安全性保障

虚拟化环境应有完善安全机制，包括虚拟服务器访问控制，数据存储与传输加密，安全审计，以及防范恶意软件和网络攻击。

6.3.2 分布式储存技术要求

6.3.2.1 数据存储与管理

应提供稳定、可扩展的存储空间，用于存储交通基础设施相关的数据、信息和知识。应具备高效数据管理能力，包括分类存储、索引检索功能、版本管理等。宜提供多种存储策略，包括但不限于冷热数据分离等策略。

6.3.2.2 数据备份与恢复

确保数据的安全性，实现数据的定期备份和快速恢复。宜提供多种备份策略，包括但不限于增量备份、全量备份等策略。

6.3.2.3 存储优化

通过分布式存储技术，实现数据的高效读写，满足交通基础设施软件的大数据需求。

6.3.3 分布式云服务技术要求

6.3.3.1 服务注册与发现

应该使各类上层软件服务能够动态注册，并允许其他服务发现和调用。

6.3.3.2 服务路由

需要确保服务请求到正确路由，实现服务之间的通信。

6.3.3.3 服务监控与管理

对分布式服务进行实时监控，确保服务的可用性和性能。

6.3.4 软件运行容器化技术要求

6.3.4.1 容器打包

将应用及其相关依赖项打包成独立的容器，便于在不同环境中进行部署和运行。

6.3.4.2 容器部署

应支持通过标准化的部署工具和流程，实现容器化应用在物理机、虚拟机以及各类云平台环境中的自动化部署。部署过程应具备可重复性和可扩展性，并保证其正常运行状态的快速启动和验证机制，同时提供必要的部署日志和状态反馈。

6.3.4.3 容器管理

对容器进行全生命周期管理，包括启动、停止、升级等操作，以确保容器应用的稳定运行。

6.3.5 负载均衡

6.3.5.1 流量分发

将进入的流量分发到多个服务器或服务上，确保负载的均衡分配。

6.3.5.2 动态负载调整

根据服务器的负载情况动态调整流量，避免任一服务器过载。

6.3.5.3 故障转移

当某个服务器或服务出现故障时，系统应自动将流量转移到其他可用的服务器或相同服务上，以保证服务的持续可用性。

6.4 服务技术要求

服务功能包括交通基础设施模型数据格式转化服务、智能网关服务、大数据服务、基础模型库服务、快速建模和信息赋值功能、模型编码服务、低代码开发服务、数据融合与可视化服务、数据交付服务。

6.4.1 数据格式转化服务

6.4.1.1 软件应支持典型交通基础设施数字化模型文件格式的导入和导出，文件格式包括但不限于：STP、RVT、DWG、DXF、DGN、FLN、3DPDF、SKP，软件应支持上述格式文件相互转化。

6.4.1.2 宜支持以 IFC 格式为基础的交通基础设施数字化模型文件格式的转换，包括 IFC 文件到 OBJ、GLTF、3DTILES 文件的转化。

6.4.1.3 几何信息以三维模型的形式保存，附加属性信息以文本形式（如 Json、XML 格式文本）或存储数据库中，实现“数据-模型”分离管理。

6.4.2 智能网关服务

6.4.2.1 软件应具有数据接入能力，可支持消息队列、TCP/UDP、串行通讯、Profinet 等协议的数据接入，具备协议适配能力。

6.4.2.2 智能虚拟网关应可支持千万级点位流数据的接入能力，具备实时性、稳定性、可扩展性、安全性和可维护性的性能。具体应包括以下功能：

- a) 数据采集与传输：从各种交通基础设施传感器和设备中获取数据，通过可靠的通信协议将数据传输到软件架构中的其他组件或云端服务器；

- b) 数据解析与处理：解析从传感器和设备接收到的原始数据，数据解析后，应能进行必要的预处理，如格式转换等，满足后续分析和应用的需求；
- c) 数据存储与管理：将采集并处理后的数据存储在本地图或云端存储设备上，应提供数据管理功能，包括数据的备份、恢复、查询等；
- d) 远程监控与控制：对软件架构中的其他组件或云端服务器对设备进行实时监控和控制。远程监控和控制功能应支持多种通信协议，可适应不同类型的设备和传感器；
- e) 故障诊断与预警：可实时监测设备的运行状态，发现潜在的故障并预警。故障诊断和预警功能应支持多种故障类型，且能根据故障类型提供相应的处理措施建议。

6.4.3 大数据服务

6.4.3.1 交通基础设施基础软件应具备数据管理服务功能，具体包括但不限于：

- a) 交通基础设施数字化信息多级访问控制管理，确保数据分级访问控制的有效实施；
- b) 分布式存储，支持大规模数据的分布式存取；
- c) 数据清洗，能够去除数据中的错误、不准确和不完整的信息，提高数据质量和可信度；
- d) 数据的合规性检查，可基于国际标准如 IFC 等，对交通基础设施数字化模型数据进行合法性检测并输出不合法数据的内容清单；
- e) 数据分析，软件应具有开放性接口，可接入并运行用户定制的分析算法。

6.4.3.2 软件应采用分布式关系型数据库、分布式文件系统、分布式非关系型数据库等方式，并且具备弹性增长的能力。可对 BIM、GIS、物联网传感器、业务等数据进行存储管理，包括但不限于以下能力：

- a) 数据吞吐量：能够快速处理大量数据的输入和输出，保证系统的实时性。
- b) 数据压缩与解压缩：采用适当的数据压缩技术，减少存储空间占用，同时提供快速的数据解压缩功能。
- c) 数据传输与通信：确保数据在多个系统或设备之间的传输速度和通信稳定性。

6.4.4 基础模型库服务

应当具有族/构件库管理功能，可管理基础族/构件库，实现族/构件数据共享服务，包括：族上传、族下载、族编码、属性信息获取、族文件加密/解密、族版本管理、族目录管理、族审批与验证等功能。

6.4.5 快速建模和信息赋值

6.4.5.1 交通基础设施数字化基础软件宜基于给定的地形环境，交通基础设施设计等级、类型、服务能力等关键参数，结合交通基础设施设计方案知识库，在模型库服务的基础上自动构建满足设计要求的交通基础设施 BIM 模型。

6.4.5.2 系统应支持对模型对象进行自动或手动信息赋值。

6.4.6 模型编码服务

宜遵循 GB/T 51269-2017、T/CRBIM 002-2014、JTS/T 198-1-2019、JTG/T 2420-2021 标准对模型进行编码，此外，软件宜具备对数字化模型在线编码的功能，并支持智能推荐和批量生成编码功能。

6.4.7 低代码开发服务

6.4.7.1 具有页面组件、流程编排工具 BPM、模型编排工具、基线应用模板等低代码开发功能。

6.4.7.2 提供线上开发环境、沙箱测试环境，实现用户应用的定制化开发，并确保在开发过程中的稳定性和安全性。

6.4.8 数据融合与可视化服务

6.4.8.1 具备交通基础设施 BIM 数据与 GIS 数据的融合处理功能，能够对数字化模型进行轻量化处理，提高数据处理效率。

6.4.8.2 提供融合后模型数据的可视化渲染与信息查询的服务功能。软件可视化引擎应流畅渲染面片数在 5000 万以上交通基础设施模型，并保证渲染帧率不小于 24FPS，确保用户体验的流畅性和交互性。

6.4.9 数据交付服务

6.4.9.1 宜具备交通基础设施数字化交付的数据标准制定的功能，可制订交付策略和交付计划并确定交付任务责任矩阵。

6.4.9.2 支持遵循所制定标准，对工程系统对象、数据对象、设施构件及设备对象、位置对象、文档对象、组织机构及人员对象、关系对象的信息进行统一管理。

6.4.9.3 宜提供数字化交付功能，为交通基础设施从设计向施工、交竣工验收向运维提供支持。

参 考 文 献

- [1] JTG/T 2421-2021, 公路工程设计信息模型应用标准[S]. 北京:人民交通出版社股份有限公司, 2021.
 - [2] JTS/T 198-2-2019, 水运工程设计信息模型应用标准[S]. 北京:人民交通出版社股份有限公司, 2019.
 - [3] JTS/T 198-3-2019, 水运工程施工信息模型应用标准[S]. 北京:人民交通出版社股份有限公司, 2019.
 - [4] GB/T 40684-2021, 物联网 信息共享和交换平台通用要求[S]. 北京:国家市场监督管理总局、中国国家标准化管理委员会, 2021.
 - [5] JTG/T 2420-2021, 公路工程信息模型应用统一标准[S]. 北京:人民交通出版社股份有限公司, 2021.
 - [6] JT/T 1224.1-2018, 交通运输数据中心互联技术规范 第1部分:系统架构模型.
 - [7] JT/T 1224.2-2018, 交通运输数据中心互联技术规范 第2部分:数据资源目录分类编码.
 - [8] JT/T 1224.2-2018, 交通运输数据中心互联技术规范 第3部分:数据交换.
-