

ICS 03.220.01

CCS R80

团体标准

T/CITSA XX-202X

自主式交通系统信息物理系统总体架构

Standard Specification for the Overall Architecture of Cyber -
Physical Systems in Autonomous Transportation Systems

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国智能交通协会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总体架构	3
5 需求架构	3
5.1 一般要求	3
5.2 利益相关者	4
5.3 系统顶层需求	5
5.4 系统需求	5
6 功能架构	5
6.1 一般要求	5
6.2 物理空间	6
6.3 构建域	6
6.4 运行域	7
6.5 交互域	7
6.6 支撑域	8
6.7 业务域	8
6.8 安全域	8
7 逻辑架构	9
7.1 一般要求	9
7.2 自主式交通数字孪生体	9
7.3 状态监测	10
7.4 状态评估	10
7.5 状态预测	10
7.6 场景认知	10
7.7 场景预测	10
7.8 决策	11
7.9 离线虚拟仿真学习	11
7.10 人机交互	11
8 物理架构	11
8.1 一般要求	11
8.2 载运装备侧感知单元	12
8.3 载运装备侧高性能集成计算平台	12
8.4 运动控制系统	13
8.5 基础设施	13
8.6 人机交互设备	13

8.7 云平台..... 13

参考文献..... 14

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这些专利的责任。

本文件由北京交通大学提出。

本文件由中国智能交通协会归口。

本文件起草单位：北京交通大学、清华大学、国能朔黄铁路发展有限责任公司、长安大学、北京航空航天大学。

本文件主要起草人：马小平、曲小波、张斌、高博麟、王亮、孙士杰、何宇强、王建华、宁兴良、赵志荣、贾冠伟、任毅龙、么舜禹、乔玥、张瀚青、王臣、赖征、陈映廷、李松、向彭、梁浩翔、杨洋。

自主式交通系统信息物理系统总体架构

1 范围

本文件规定了交通领域自主式交通系统和信息物理系统融合的系统架构、需求架构、功能架构、逻辑架构和物理架构等内容。

本文件适用于城市道路、轨道交通、水路交通、低空交通等场景下，基于自主式交通系统信息物理系统技术的交通系统设计、开发、测试、部署和运营。

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 40021-2021 信息物理系统 术语

ISO/IEC/IEEE 29148-2001 系统软件工程—生命周期过程—需求工程（Systems and software engineering—Life cycle processes—Requirements engineering）

IWA 39:2022 基于网络物理系统实现可持续和以人为本社会的标准化差距分析（Gap analysis for standardization on sustainable and human-centered societies enabled with cyber physical systems）

3 术语和定义

GB/T 40021-2021界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

自主式交通系统

自主式交通系统是在交通系统与智能、网络、数据、材料、能源等使能/赋能技术以及心理、认知和行为科学深度融合基础上，其组分物理/逻辑实体及系统整体具备可演进提升的自感知、自适应、自学习、自决策、自修复、自进化与和谐互操作能力，系统整体具有高度智能、高度弹性、高度适应性、高度开放性和高度自治性的新一代交通系统，是典型的多领域有机融合、结构和功能复杂，能高安全、高效率、高品质地完成“位移+”使命的绿色体系化系统。

3.2

信息物理系统

通过集成先进的感知、计算、通信、控制等信息技术和自动控制技术，构建的物理空间与信息空间中人、机、物、环境、信息等要素相互映射、实时交互、高效协同的系统。

[来源：GB/T 40021-2021 2.9]

3.3

自主式交通系统信息物理系统

通过集成先进的自主感知、自主互操作、自主计算、数字孪生、人工智能、多学科联合仿真与自主控制技术，构建的交通系统物理空间与信息空间中运载装备、基础设施、运行环境、人员及管控系统等全要素可信映射、实时交互的系统，通过在信息空间内对交通系统及其要素态势的自主认知、自主学习、在线/离线实景仿真推演与自主决策，实现对物理空间运载装备的精准自主运行控制。

3.4

需求架构

需求体系是通过结构化方法对ATS-CPS复杂系统全生命周期需求进行系统性描述与管理的完整框架，涵盖从ATS战略愿景到CPS技术实现的各层级需求（包括功能、性能、安全、接口等），通过明确系统边界、利益相关者诉求、约束条件及验证确认流程，建立需求追溯矩阵和变更控制机制，确保需求完整性、一致性和可追溯性，最终实现ATS-CPS技术方案与ATS系统业务目标精准对齐的工程化体系。

[来源：ISO/IEC/IEEE 29148-2001]

3.5

功能架构

功能架构是对系统功能元素的排列和组织关系的结构化表达，用以定义系统的功能组成、模块划分及各模块间的组织关系。

3.6

逻辑架构

逻辑架构是对系统功能逻辑关系的结构化表达，用以描述系统的结构和行为，关注系统功能、模块、组件间的运行机制与互操作关系。

3.7

物理架构

物理架构是对系统的物理组成与实现部署形式的结构化表达，用以描述系统的实际部署方式、硬件资源、网络拓扑以及物理组件间的结构关系。

3.8

感知

通过多源异构传感器（LiDAR/视觉传感器/毫米波雷达等）获取交通系统各组分状态原始数据，经信号处理与特征提取，构建结构化环境表征的数据驱动过程。

3.9

认知

通过知识推理与语义建模，将感知数据转化为对载运装备、基础设施及其运行环境动态语义理解的知识驱动过程，如场景理解、意图预测等。

3.10

决策

通过多目标优化与权衡方法，将认知层语义模型转化为满足ATS-CPS预设安全与效率约束的行为策略规划过程，如路径规划、行车导航、控制策略生成。

3.11

控制

通过智能控制算法，将决策层行为策略转化为ATS-CPS载运装备连续执行器控制指令的数学映射过程，如加速度、转向角、制动压力值等。

3.12

执行

将ATS-CPS信息空间产生的控制指令转换成物理机电装置实体动作的能量转换过程，如机械传动、制动盘制动等。

3.13

学习

ATS-CPS基于历史与实时数据，通过离线/在线仿真推演训练优化自身行为或模型适应性进化的过程。

3.14

功能域

ATS-CPS系统内部一个或多个相互关联功能的集合或聚类，以描述或分析多个相似的系统功能集，同一域内的功能共同实现特定的目标或服务，方便系统模块化设计与维护。

3.15

交互

系统、模块、组件或用户之间为实现特定功能或完成特定任务而进行的相互通信、协作或数据交换的方式和规则。

4 缩略语

ATS：自主式交通系统（Autonomous Transportation System）

CPS：信息物理系统（Cyber-Physical System）

SOS: 体系化系统 (System of Systems)

5 总体架构

ATS-CPS总体架构应具有图1所示的基本结构，具体要求如下：

- 1) ATS-CPS 总体架构应由需求架构、功能架构、逻辑架构和物理架构组成；
- 2) 需求架构描述系统用户的组成及活动、顶层需求和系统需求；
- 3) 功能架构描述系统支持特定目标的行动，支持系统的需求架构；
- 4) 逻辑架构描述系统功能和行为，支持系统的逻辑操作，与功能架构相关联；
- 5) 物理架构描述直接实现感知、执行功能的物理资源。

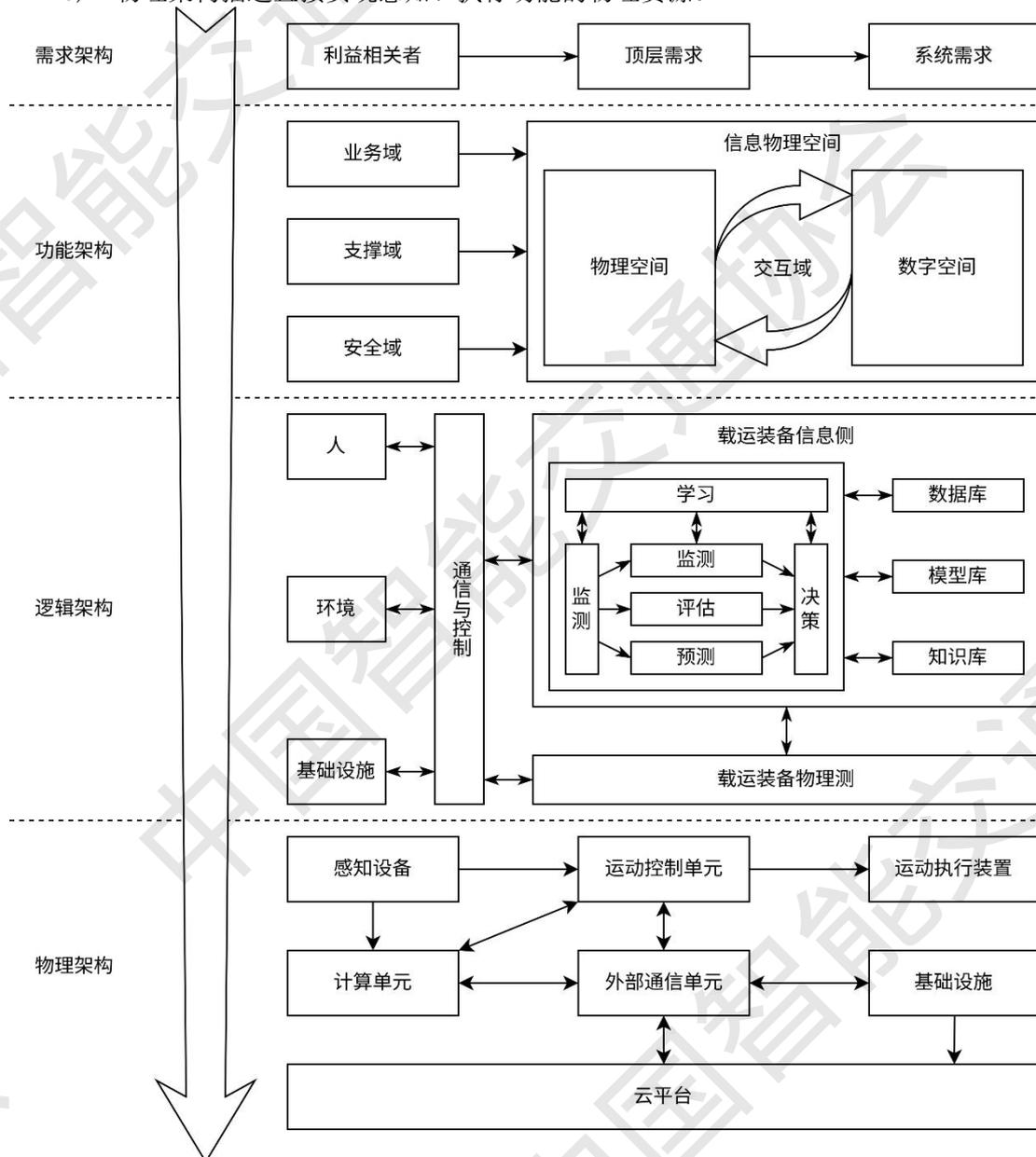


图1 ATS-CPS 总体架构

6 需求架构

6.1 一般要求

ATS-CPS需求架构用以描述需求获取或组织的对象，由利益相关者、系统顶层需求和系统需求三部分组成，如图2所示。

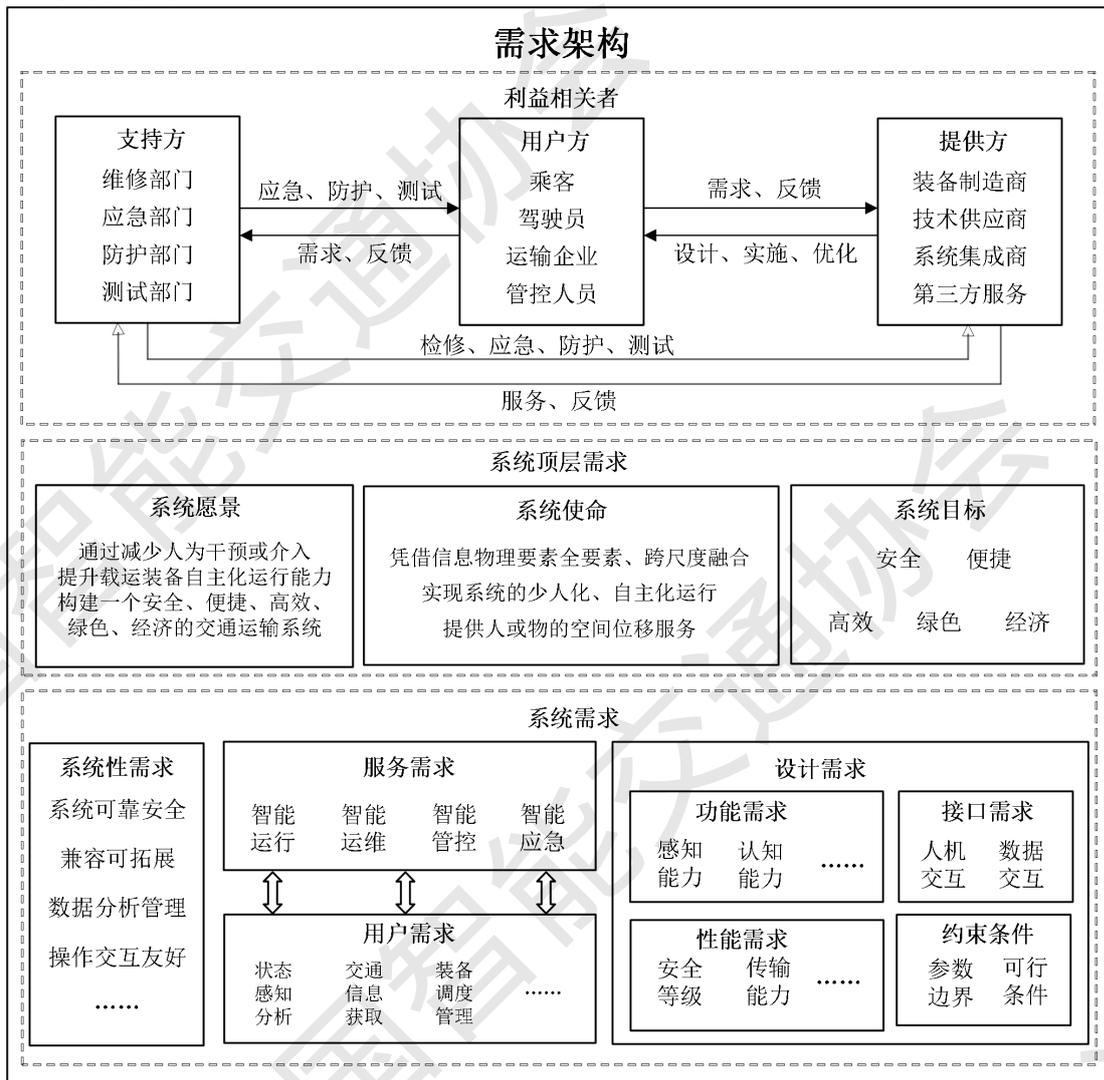


图2 ATS-CPS需求架构

6.2 利益相关者

6.2.1 用户方

- 1) ATS-CPS 用户方以乘客、驾驶员、运输企业、管控人员为主体，负责提出 ATS-CPS 的业务需求，使用 ATS-CPS 服务，并进行业务决策。
- 2) ATS-CPS 用户方向 ATS-CPS 提供方提出 ATS-CPS 业务需求和运行中的信息反馈，并向支持方提出 ATS-CPS 的故障信息和应急、防护和测试需求。

6.2.2 提供方

- 1) ATS-CPS 提供方以装备制造、技术供应商、系统集成商、第三方服务为主体，负责提供 ATS-CPS 硬件、软件与集成服务，以满足 ATS-CPS 正常运行业务的需求。
- 2) ATS-CPS 提供方根据用户方需求，完成 ATS-CPS 设计、实施和优化，并交付给用户方使用，并向支持方提供支持服务接口与业务反馈。

6.2.3 支持方

- 1) ATS-CPS 支持方以维修部门、应急部门、防护部门、测试部门为主体，提供检修、应急、防护和测试服务，支持 ATS-CPS 业务的组织运转。
- 2) ATS-CPS 支持方向 ATS-CPS 用户方和提供方提供检修、应急、防护和测试服务。

6.3 系统顶层需求

6.3.1 系统愿景

- 1) 系统愿景说明 ATS-CPS 开发设计完成后，系统能达到的理想状态。
- 2) ATS-CPS 的系统愿景为通过减少人为干预或介入提升载运装备自主化运行能力构建一个安全、便捷、高效、绿色、经济的交通运输系统。

6.3.2 系统使命

- 1) 系统使命是开发及运行 ATS-CPS 的根本性原因，是为实现系统愿景应实践完成的任务。
- 2) ATS-CPS 的系统使命是凭借信息物理要素全要素、跨尺度融合，实现系统的少人化、自主化运行，提供人或物的空间位移服务。

6.3.3 系统目标

- 1) 系统目标是 ATS-CPS 应当达到的总体目标，包括安全、便捷、高效、绿色和经济五个系统目标。
- 2) 安全是指 ATS-CPS 应保障交通参与者人身安全，最大限度减少交通事故及隐患。
- 3) 便捷是指 ATS-CPS 应提供覆盖广泛、多交通方式融合的服务，满足多样化需求。
- 4) 高效是指 ATS-CPS 应优化资源配置，提升运输通行效率，减少时间与能源浪费。
- 5) 绿色是指 ATS-CPS 应降低污染排放与碳排放，推动清洁能源应用与可持续发展。
- 6) 经济是指 ATS-CPS 应平衡建设运营成本与公众负担能力，实现资源的集约利用。

6.4 系统需求

6.4.1 系统性需求

系统性需求是面向ATS-CPS整体性的需求，通过利益相关者针对系统目标获取。例如用户方针对安全、便捷的系统目标，可提出系统可靠安全、兼容可扩展等系统性需求。

6.4.2 服务需求

服务需求是利益相关者对ATS-CPS需具备的服务业务提出的需求，服务需求包括智能运行、智能运维、智能管控和智能应急。

6.4.3 用户需求

用户需求是利益相关者使用ATS-CPS的服务业务提出的需求。例如使用智能运行服务过程中，可提出状态感知分析、交通信息获取等用户需求。

6.4.4 设计需求

设计需求是实现ATS-CPS服务需求和用户需求对应服务业务，所提出的具体的、流程性的需求，包括功能性需求、性能需求、接口需求及约束条件。例如，针对交通信息获取，可提出感知能力、传输速率等操作需求。

7 功能架构

7.1 一般要求

自主式交通系统信息物理系统由多个功能域协同构成，包括物理空间、数字空间、交互域、业务域、支撑域和安全域。其中，数字空间进一步划分为运行域和构建域，以分别支撑系统的数字空间构建与持续运行。各功能域相互协同，共同保障自主式交通系统的高效、安全、可靠运行。ATS-CPS功能架构如图3所示。

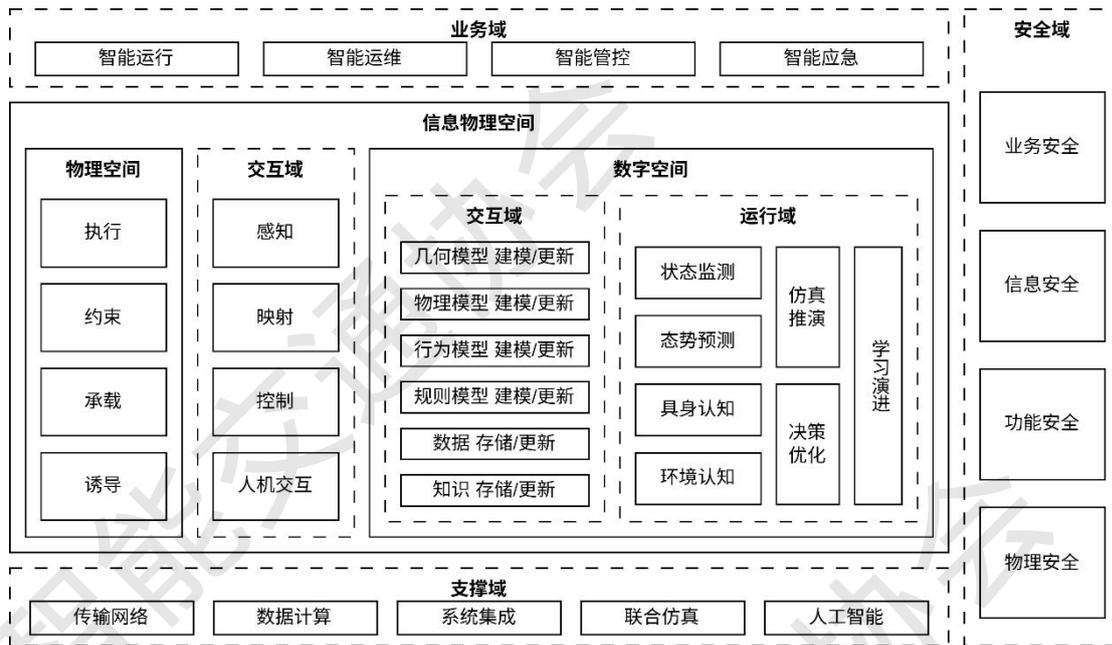


图3 ATS-CPS 功能架构

7.2 物理空间

7.2.1 执行功能

自主式交通系统中各种受控基础设施和载运装备具备接受控制指令并执行具体行动的能力，确保系统按规划运行。

7.2.2 诱导功能

向载运装备和人提供实时诱导信息，优化交通流组织，提高通行效率。

7.2.3 约束功能

设定并施加路权指派、物理边界和运行规范，以确保交通安全和系统稳定性。

7.2.4 承载功能

提供道路结构和基础设施支撑，并保障各类载运装备的正常运行。

7.3 构建域

7.3.1 几何模型

几何模型用于刻画自主式交通系统中物理实体（如载运装备、道路基础设施、交通信号设备等）的形状、尺寸、内部结构、空间位姿及装配接口。几何模型的构建需要在保真度与计算效率之间权衡，以确保其既能精确表达物理对象，又能满足实时计算与仿真需求。

7.3.2 物理模型

物理模型用于描述自主式交通系统中各类实体的物理属性，包括材料特性（如密度、弹性模量）、动力学参数（如质量、惯量、空气阻力系数）以及与这些物理属性相关的数学表达式（如动力学方程、轮胎模型、空气动力学模型等）。

7.3.3 行为模型

行为模型描述了自主式交通系统中各个数字模型在实际运行状态下的运动和控制方式，包括载运装备的驾驶行为、基础设施的动态响应以及交通系统的整体演化规律。行为模型通常由状态迁移规则、控

制算法、运动学/动力学方程等组成，用于刻画载运装备的加速、制动、转向等操作，以及交通信号灯、自适应巡航系统等智能控制机制。

7.3.4 规则模型

规则模型用于描述自主式交通系统中物理实体的潜在运行规律和约束条件。通过数据挖掘、信息处理、知识度量和图形映射等手段，规则模型能够提炼并表达复杂的经验与知识，例如交通规则、驾驶习惯、道路通行优先级、异常工况处理机制等。规则模型的构建使得数字孪生系统能够模拟、预测并适应动态交通环境，最终实现对自主决策过程的优化。

7.3.5 知识存储/更新

存储并管理系统运行过程中积累的专家知识、规则库和决策经验，为系统的优化与智能演进提供支撑。

7.3.6 数据存储/更新

对载运装备运行数据、环境感知数据、历史轨迹等进行高效存储与管理，为数据分析、模型训练和系统优化提供基础支撑。

7.4 运行域

7.4.1 状态监测

实时获取并分析自主式交通系统中各实体的运行状态，确保系统对自身及外部环境的感知完整性。

7.4.2 态势预测

基于历史数据和实时监测信息，预测交通流变化、潜在风险和可能的系统演化趋势，为决策提供前瞻性支持。

7.4.3 环境认知

综合多源感知数据，构建对交通环境的全局理解，包括但不限于动态目标检测、道路状况识别、交通事件分析等，以支持自主决策。

7.4.4 具身认知

结合自主系统自身状态与外部环境，评估自身能力、资源状况和可能的行动方案，实现更符合自身条件的智能决策。

7.4.5 仿真推演

利用数字孪生和高保真仿真技术，对不同交通场景和决策方案进行虚拟演练，评估潜在影响，优化系统运行策略。

7.4.6 决策优化

基于实时感知与预测结果，采用优化算法和智能决策模型，生成高效、安全、稳定的交通调度与控制方案。

7.4.7 学习演进

通过对运行数据的积累和分析，持续优化系统模型，使其具备自适应能力，提高对复杂和未知交通环境的应对能力。

7.5 交互域

7.5.1 感知

- 1) 直接感知：依靠载运装备传感器对周围环境进行自主感知，获取实时交通信息；
- 2) 间接感知：通过车路协同、云端数据共享等方式，接收外部提供的感知信息，拓展载运装备的环境感知范围。

7.5.2 映射

物理空间与数字空间的交互，将物理空间中的交通要素、动态变化等信息转换为数字化表示，实现物理世界向数字世界的映射。

7.5.3 控制

数字空间控制物理空间的实体，基于数字空间中的计算、分析和决策，向物理空间中的执行器发送控制指令。

7.5.4 人机交互

人与自主式交通信息物理系统的交互，提供交互界面，使用户能够与系统进行信息查询、决策干预、指令输入、反馈调节等，实现高效的人机协同。

7.6 支撑域

7.6.1 传输网络

构建高效、稳定、低时延的通信网络，支持车-车（V2V）、车-路（V2I）及云端协同数据交互，确保信息实时传输与共享。

7.6.2 数据计算

对交通数据进行采集、处理和挖掘，提取关键特征，支持系统优化、态势预测和智能决策。

7.6.3 系统集成

实现各功能模块、软硬件系统及外部平台的无缝衔接，确保自主交通系统的高效协同与稳定运行。

7.6.4 联合仿真

构建多层次、多要素的仿真环境，综合验证交通流、信息交互及控制策略，提升系统对复杂场景的适应能力。

7.6.5 人工智能

利用机器学习、强化学习、知识图谱等智能技术，提升系统的环境感知、智能决策、自主学习能力，实现持续优化与演进。

7.7 业务域

7.7.1 智能运行

基于实时感知、预测分析和优化决策，实现交通系统的自主调度与协同控制，确保高效、安全、稳定的运行。

7.7.2 智能运维

利用远程监测、健康诊断和智能优化技术，对交通设施、载运装备和系统组件进行自主运维，提升可靠性并降低维护成本。

7.7.3 智能管控

通过智能监测、态势感知和决策支持，实现对交通系统的综合治理，包括流量优化、秩序维护和政策执行等。

7.7.4 智能应急

基于快速事件检测、风险评估和应急响应机制，自动生成优化方案，提升系统对突发事件（如事故、极端天气等）的自适应处置能力。

7.8 安全域

7.8.1 业务安全

保障自主式交通系统在各种运行场景下的稳定性和可靠性，防范业务流程中的异常、故障或恶意攻击对系统运行的影响。

7.8.2 信息安全

通过数据加密、访问控制、身份认证等技术，确保系统内信息的机密性、完整性和可用性，防止数据泄露与篡改。

7.8.3 功能安全

确保系统各功能模块在预期范围内可靠运行，防止由于硬件故障、软件缺陷或异常输入导致的系统失效或误操作。

7.8.4 物理安全

针对道路基础设施、载运装备等物理实体，采取防护措施，预防恶意破坏、自然灾害或其他外部威胁，保障系统安全运行。

8 逻辑架构

8.1 一般要求

该逻辑架构用以描述自主式载运装备（ATS-CPS）的智能化协同运作机制，涵盖自主式载运装备、人、环境、基础设施四大核心要素的交互与控制逻辑，如图4所示。

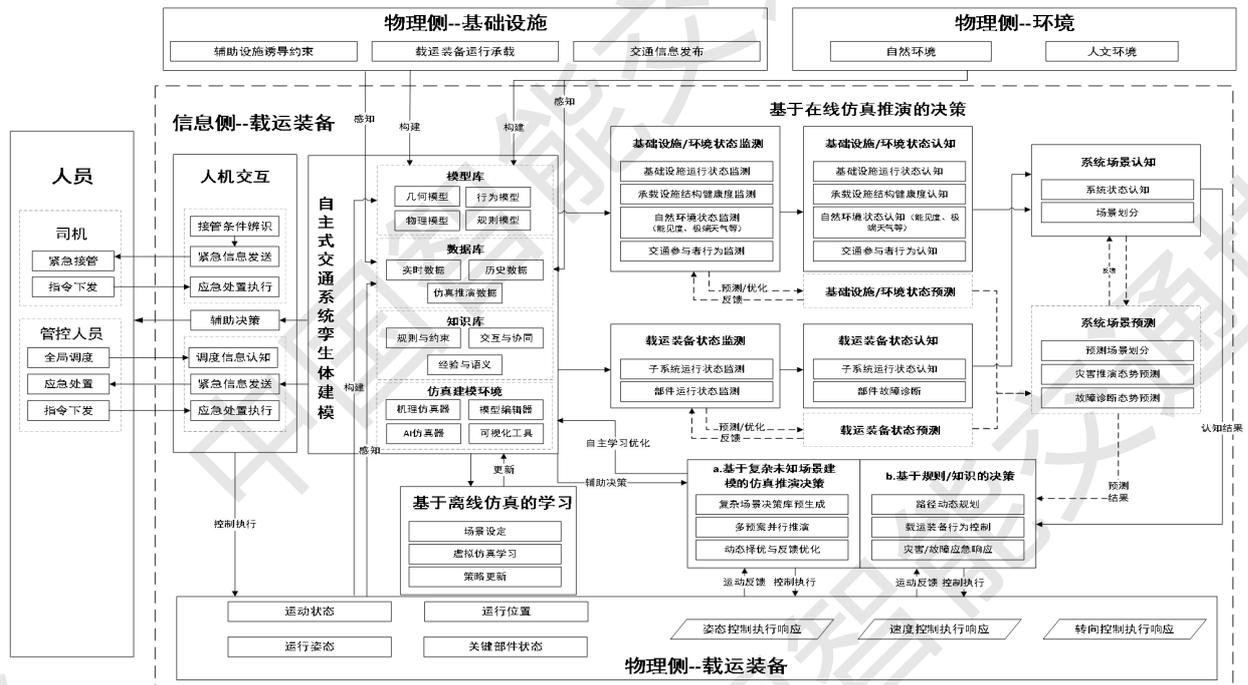


图4 ATS-CPS逻辑架构

8.2 自主式交通数字孪生体

自主式交通系统孪生体是以数字孪生技术为核心，通过信息-物理深度融合构建的虚拟交通系统镜像。其基于实时感知数据（基础设施、环境、载运装备）、历史案例库及多维度仿真推演，实现对物理交通系统的动态映射、状态推演与自主决策，具有三个核心组成部分：模型库：包含几何、行为、物理、规则四类模型，支撑数据解析、状态推演与决策生成等。知识库：存储交通法规、安全标准、历史经验

等结构化知识，约束决策逻辑与交互协议。数据库：整合实时传感器数据、历史数据与仿真结果，驱动模型训练与规则验证。

载运装备、基础设施与环境的物理状态数据用于构建部分模型库；历史数据、实时采集的载运装备、基础设施与环境的传感器数据以及仿真推演（离线和实时）数据输入数据库；规则与约束（如交通法规、安全标准）、交互与协同（如车路协同协议、全局调度策略）、经验与语义（如历史最优决策）构成知识库。此外，可通过离线虚拟仿真学习及决策环节优化知识库及模型库。

8.3 状态监测

8.3.1 基础设施/环境状态监测

通过传感器实时从基础设施及环境采集数据，实现对基础设施运行状态、承载设施结构健康度、自然环境状态以及交通参与者行为的异常检测与故障预警，并将传输至评估模块，为协同决策提供实时数据支持。

8.3.2 载运装备状态监测

通过传感器实时采集载运装备的各子系统的运行数据，结合模型库与规则库进行异常检测与故障预警，并将传输至评估模块，为协同决策提供实时数据支持。

8.4 状态评估

8.4.1 基础设施/环境状态评估

基于实时监测数据，通过模型库与知识库进行基础设施/环境健康度评分与风险等级划分等，实现对基础设施运行状态、承载设施结构健康度、自然环境状态以及交通参与者行为的实时评估，输出至场景认知综合评估模块。

8.4.2 载运装备状态评估

基于实时监测数据，通过模型库与知识库分析载运装备子系统和部件的健康度与故障风险，生成健康评分及维护建议等，输出至场景认知综合评估模块。

8.5 状态预测

8.5.1 基础设施/环境状态评估

基于实时监测数据与历史记录，通过物理模型与数据驱动方法推演基础设施/环境状态未来变化趋势，并将预测结果作为关键输入，支撑场景预测模块实现多维度态势的综合分析与前瞻决策。预测结果通过反馈机制实时与监测环节比对，驱动模型库与知识库的迭代优化，形成“预测-反馈-优化”的闭环链路，持续提升系统预测精度与决策适应性。

8.5.2 载运装备状态评估

基于实时监测数据与历史记录，通过物理模型与数据驱动方法推演载运装备状态未来变化趋势，并将预测结果作为关键输入，支撑场景预测模块实现多维度态势的综合分析与前瞻决策。预测结果通过反馈机制实时与监测环节比对，驱动模型库与知识库的迭代优化，形成“预测-反馈-优化”的闭环链路，持续提升系统预测精度与决策适应性。

8.6 场景认知

综合载运装备状态、基础设施健康度及环境风险的多维度评估结果，划分当前场景类型，实现对场景的理解。认知结果可直接用于决策环节或预测环节。

8.7 场景预测

基于实时场景认知与多源预测数据（基础设施/环境状态、载运装备状态），通过模型与数据驱动方法推演未来态势，划分场景类型，模拟灾害演化路径。其输出预测结果支撑决策环节，实现多维度态势的综合分析与前瞻决策。预测结果通过反馈机制实时与场景认知环节比对，驱动模型库与知识库的迭代优化，形成“预测-反馈-优化”的闭环链路，持续提升系统预测精度与决策适应性。

8.8 决策

8.8.1 基于规则/知识的决策

结合规则库和知识库，基于认知结果及预测结果，生成载运装备路径规划、行为控制与应急响应等指令。

8.8.2 基于在线仿真推演的决策

针对不存在于知识库中的未知复杂场景，首先预生成复杂场景的决策库，并基于仿真模型进行多预案同时并行推演，模拟实际场景，验证不同决策的有效性和鲁棒性，实现动态择优，并根据载运装备物理侧的执行结果反馈优化。

8.8.3 辅助决策

结合知识库已有知识辅助决策生成过程。

8.9 离线虚拟仿真学习

通过离线仿真预先构建典型场景或设定场景的优化策略集合，通过虚拟仿真与反馈优化迭代规则库，形成“评估-预测-决策-优化”闭环逻辑，加速实时决策效率。

8.10 人机交互

当发生紧急情况时，载运装备通过接管条件辨识，判断是否需要接管，如果需要，将会向司机发送紧急信息，司机通过紧急接管与指令下发参与系统控制；管控人员负责全局调度、应急处置与指令下发，针对全局调度，载运装备需接受管控人员的调度，对信息进行认知，针对应急处置，载运装备发生紧急情况，向管控人员发送紧急信息，管控人员综合考虑整体路网情况后下发指令，载运装备执行操作。

9 物理架构

9.1 一般要求

ATS-CPS物理架构应描述直接实现感知、执行功能的物理资源，为分析、决策提供数据基础与计算支撑，应分为系统内部资源与系统外部资源。ATS-CPS物理架构如图4所示。

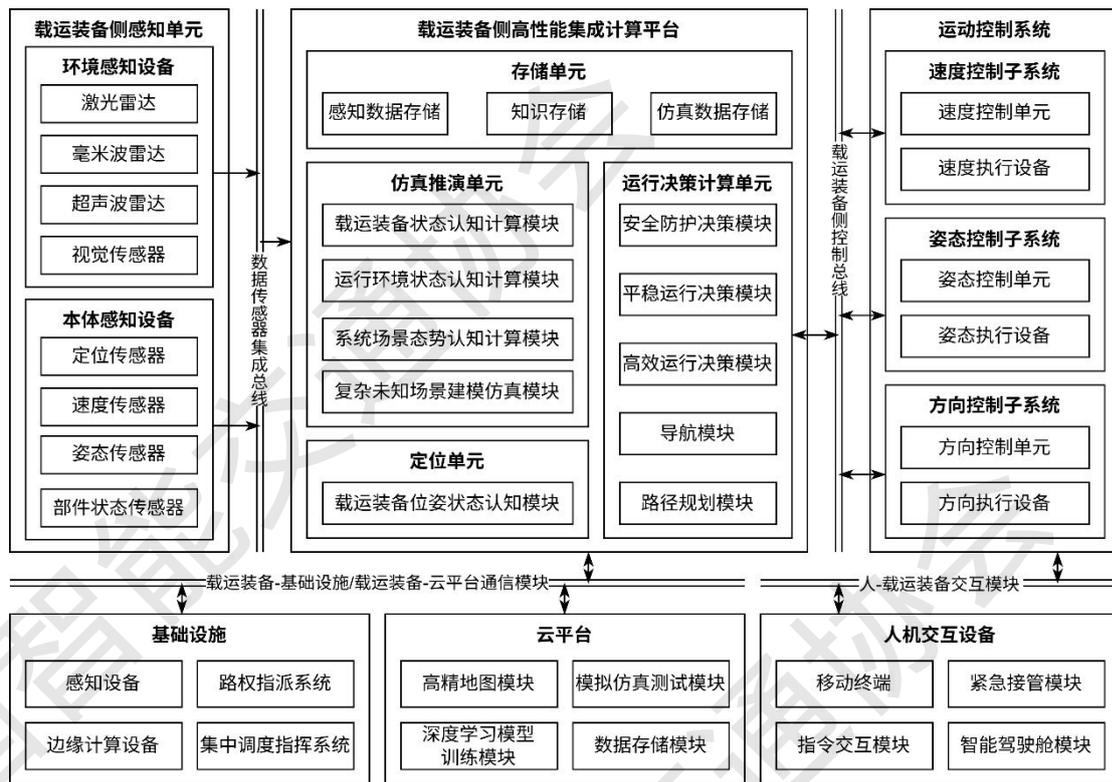


图5 ATS-CPS物理架构

9.2 载运装备侧感知单元

载运装备侧感知单元指用于采集载运装备自身状态信息及周围环境信息的装置，包括本体感知设备和环境感知设备。

9.2.1 环境感知设备

环境感知设备用于探测载运装备周边障碍物、道路 / 轨道 / 水域 / 空域状况、交通信号等环境要素，通常包括激光雷达、毫米波雷达、超声波雷达和视觉传感器等。

9.2.2 本体感知设备

本体感知设备用于监测载运装备自身部件温度、振动幅度、转向角度等状态参数，通常包括定位传感器、速度传感器、姿态传感器和部件状态传感器等。

9.3 载运装备侧高性能集成计算平台

9.3.1 存储单元

存储单元位于载运装备的高性能集成计算平台内，它由三个主要部分组成：感知数据存储，用于保存感知设备收集的信息；知识存储，用于存储规则、约束、交互、协同、经验、语意和几何模型、物理模型、行为模型、规则模型；仿真数据存储，用于保存仿真过程中生成的数据。

9.3.2 仿真推演单元

仿真推演单元包含载运装备状态认知计算模块、运行环境状态认知计算模块、系统场景态势认知计算模块以及复杂未知场景建模仿真模块，通过对载运装备的实时状态监测和环境感知，结合已有的知识和数据，进行分析和预测，为运行决策计算模块提供支持。

9.3.3 运行决策计算单元

运行决策计算单元包含安全防护决策、平顺运行决策、高效运行决策等多个子模块，接收来自仿真推演模块的信息，对仿真结果进行分析评估，选择若干方案确保载运装备在各种复杂场景下都能安全、高效地运行。

9.3.4 定位单元

定位单元负责确定载运装备的精确位置信息，定位单元通过接收来自卫星导航系统（如GPS、北斗等）的信号，结合其他传感器数据（如速度传感器、姿态传感器等），计算载运装备的实时位置、速度和方向等信息。

9.4 运动控制系统

运动控制系统处理来自感知设备的信息，通过对速度、姿态和方向的精确控制，使载运装备按照预定的轨迹和要求运行。运动控制设备具有故障诊断功能，可实时监测速度控制、姿态控制和方向控制等模块的运行状态，并将诊断结果反馈至高性能集成计算单元。运动执行单元接收运动控制单元的控制指令，将速度、姿态、方向等控制模块的控制命令转化为实际动作，驱动载运装备执行相应运动。

9.4.1 速度控制子系统

速度控制子系统包括控制单元和执行设备。速度控制单元主要用于调节载运装备的运行速度，一般通过牵引控制单元和制动控制单元实现。速度执行设备负责接收速度控制指令，将其转化为速度调节动作，驱动载运装备的改变或保持运行速度。

9.4.2 姿态控制子系统

姿态控制子系统包括控制单元和执行设备。姿态控制单元用于控制载运装备的俯仰、横滚和偏航，确保载运装备姿态稳定。姿态执行设备负责接收姿态控制指令，调整载运装备运行姿态。

9.4.3 转向控制子系统

转向控制子系统包括控制单元和执行设备。转向控制单元用于改变和保持载运装备的运行方向。转向执行设备用于接收方向控制指令，驱动载运装备改变或保持行进方向。

9.5 基础设施

基础设施包含四个重要子模块：基础设施测感知设备、路权指派系统、边缘侧计算设备和集中调度指挥系统。基础设施测感知设备利用视觉传感器、雷达、线圈等传感器实时监测交通状况和环境信息。路权指派系统根据交通规则和实时数据，动态分配道路使用权。边缘侧计算设备负责处理感知设备收集的数据，减少延迟。集中调度指挥系统统筹管理交通运行，协调各子模块工作，处理紧急情况。

9.6 人机交互设备

人机交互设备包含四个子模块：移动终端、紧急接管模块、指令交互模块和智能驾驶舱模块。移动终端允许操作人员远程监控和控制载运装备，通过无线通信技术实时获取装备状态并发送操作指令；紧急接管模块确保在自动驾驶系统无法处理当前路况或出现故障时，驾驶员能迅速切换到手动控制模式；指令交互模块实现人员与系统之间的高效沟通，操作人员通过该模块下达任务指令，系统反馈执行情况和状态信息；智能驾驶舱模块集成了先进的人机交互技术和驾驶辅助功能，为驾驶员提供直观的仪表盘显示、实时的环境感知信息以及智能决策支持，提升驾驶的安全性和舒适性。

9.7 云平台

云平台包含四个关键子模块：高精地图模块、模拟仿真测试模块、深度学习模型训练模块和数据存储模块。高精地图模块提供高精度地图数据，支持载运装备的精确定位和路径规划。模拟仿真测试模块用于创建和运行各种交通场景的仿真测试，以验证和优化自动驾驶算法。深度学习模型训练模块利用大量数据训练自动驾驶模型，提升复杂场景下的决策能力。数据存储模块则负责存储和管理来自感知设备、仿真测试和实际运行的各类数据。

参 考 文 献

- [1] 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 [S]. 北京：中国标准出版社，2020.
- [2] GB/T 41723-2022 自动化系统与集成 复杂产品 数字孪生体系架构 [S]. 北京：中国标准出版社，2022.
- [3] GB/T 42818.1-2023 认知无障碍 第 1 部分：一般指南 [S]. 北京：中国标准出版社，2023.
- [4] GB/T 43441.1-2023 信息技术 数字孪生 第 1 部分：通用要求 [S]. 北京：中国标准出版社，2023.
- [5] GB/T 5271.31-2006 信息技术 词汇 第 31 部分：人工智能 机器学习 [S]. 北京：中国标准出版社，2006.
- [6] ISO 16300-1:2018 Automation systems and integration—Interoperability of capability units for manufacturing application solutions Part 1: Interoperability criteria of capability units per application requirements[S]. Geneva: International Organization for Standardization, 2018.
- [7] ISO 17261:2012 Intelligent transport systems — Automatic vehicle and equipment identification—Intermodal goods transport architecture and terminology[S]. Geneva: International Organization for Standardization, 2012.
- [8] ISO 21801-1:2020 Cognitive accessibility Part 1: General guidelines[S]. Geneva: International Organization for Standardization, 2020.
- [9] ISO 23374-1:2023 Intelligent transport systems—Automated valet parking systems (AVPS) Part-1: System framework, requirements for automated driving and for communications interface[S]. Geneva: International Organization for Standardization, 2023.
- [10] ISO 23704-2:2022 General requirements for cyber - physically controlled smart machine tool systems (CPSMT) Part 2: Reference architecture of CPSMT for subtractive manufacturing[S]. Geneva: International Organization for Standardization, 2022.
- [11] ISO 37181:2022 Smart community infrastructures—Smart transportation by autonomous vehicles on public roads[S]. Geneva: International Organization for Standardization, 2022.
- [12] ISO/IEC 20924:2024 Internet of things (IoT) and digital twin - Vocabulary[S]. Geneva: International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission, 2024.
- [13] ISO/IEC 21823:20XX Internet of things (IoT)—Interoperability for IoT systems [S]. Geneva: International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission, 20XX. (注：20XX 表示该标准所有部分的发布年份，若不同部分发布年份不同，需分别注明)
- [14] ISO/IEC 24039:2022 Information technology — Smart city digital platform reference architecture — Data and service[S]. Geneva: International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission, 2022.
- [15] ISO/IEC/IEEE 12207:2017 Systems and software engineering — Software life cycle processes[S]. Geneva: International Organization for Standardization, International Electrotechnical Commission and Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2017.
- [16] ISO/IEC/IEEE 15026:20XX Systems and software engineering—Systems and software assurance [S]. Geneva: International Organization for Standardization, International Electrotechnical Commission and Institute of Electrical and Electronics Engineers, 20XX. (注：20XX 表示该标准所有部分的发布年份，若不同部分发布年份不同，需分别注明)
- [17] ISO/IEC/IEEE 15288:2023 Systems and software engineering—System life cycle processes[S]. Geneva: International Organization for Standardization, International Electrotechnical Commission and Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2023.

- [18] ISO/IEC/IEEE 21839:2019 Systems and software engineering—System of systems (SoS) considerations in life cycle stages of a system[S]. Geneva: International Organization for Standardization, International Electrotechnical Commission and Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019.
- [19] ISO/IEC TS 5147:2023 Information technology—Computer graphics, image processing and environmental data representation—Guidelines for representation and visualization of smart cities[S]. Geneva: International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission, 2023.
- [20] ISO/TR 17427-4:2015 Intelligent transport systems—Cooperative ITS—Part 4: Minimum system requirements and behavior for core systems[S]. Geneva: International Organization for Standardization, 2015.
- [21] ISO/TR 17748-1:2024 Intelligent transportation systems—Energy - based green ITS services for smart city mobility applications via nomadic and mobile devices—Part 1: General information and use case definitions[S]. Geneva: International Organization for Standardization, 2024.
- [22] ISO/TS 5255-1:2022 Intelligent transport systems—Low - speed automated driving system (LSADS) service Part 1: Role and functional model[S]. Geneva: International Organization for Standardization, 2022.
- [23] ISO/TS 22133:2023 Road vehicles—Test object monitoring and control for active safety and automated/autonomous vehicle testing—Functional requirements, specifications and communication protocol[S]. Geneva: International Organization for Standardization, 2023.
- [24] ISO/TS 22726:2023 Intelligent transport systems — Dynamic data and map database specification for connected and automated driving system applications[S]. Geneva: International Organization for Standardization, 2023.
- [25] ISO/TS 23860:2022 Ships and marine technology—Vocabulary related to autonomous ship systems[S]. Geneva: International Organization for Standardization, 2022.
-

中国智能交通协会团体标准
《自主式交通系统信息物理系统总体架构》
编制说明

标准编制组

2025年4月

目 录

一、 工作简况	1
二、 编制原则	5
三、 标准内容的起草	6
四、 标准水平分析	11
五、 采标情况	12
六、 与我国现行法律法规和有关强制性标准的关系	12
七、 标准性质的建议	12
八、 贯彻标准的要求和建议	13

一、工作简况

1. 任务来源

随着智能交通技术的快速发展，自主式交通系统（Autonomous Transportation System, ATS）作为未来交通系统的重要组成部分，逐渐成为全球交通领域的研究热点。《“十四五”交通领域科技创新规划》中提出了“创建自主式交通系统技术体系”的要求，ATS是一种高度智能化且具备综合能力的交通运输系统，集成了交通系统发展所需的先进技术，仅需少量或无需外部干预，能通过反馈机制持续适应环境变化，依靠实时收集的交通状态信息并结合既有知识进行分析处理，从而在不同交通场景下可独立自主地制定出符合当下交通状况的最佳行动计划与响应策略，最终凭借执行单元落实相应的交通行动以完成交通任务，实现交通高效、安全、智能运行的智能交通系统。

信息物理系统（Cyber-Physical Systems, CPS）作为信息化与工业化融合的综合技术体系，驱动着物理世界与信息世界的融合发展与创新应用，为制造业高质量发展带来了全新的发展机遇。在世界主要国家纷纷发布制造业转型升级、“再工业化”战略的驱动下，发展CPS已成为支撑和引领全球制造业新一轮技术革命和产业变革的重要举措。《中国制造2025》提出，“基于信息物理系统的智能装备、智能工厂等智能制造正在引领制造方式变革”，要围绕控制系统、工业软件、工业网络、工业云服务和工业大数据平台等，加强信息物理系统的研发与应用。《国务院关于深化制造业与互联网融合发展的指导意

见》明确提出，“构建信息物理系统参考模型和综合技术标准体系，建设测试验证平台和综合验证试验床，支持开展兼容适配、互联互通和互操作测试验证。”

当前，面对信息化和工业化深度融合进程中不断涌现的新技术、新理念、新模式，迫切需要研究信息物理系统的背景起源、概念内涵、技术要素、应用场景、发展趋势，以凝聚共识、统一认识更好的服务于制造强国建设。自主式交通系统通过信息物理系统的深度融合，实现了交通系统的智能化、自动化和协同化。然而，当前国内外在自主式交通系统信息物理系统（ATS-CPS）的标准规范方面仍存在空白，缺乏统一的架构设计和技术要求，制约了该领域的进一步发展。

本标准依托国家重点研发计划《自主式交通系统载运装备数字化与孪生系统体系架构》课题（项目编号：2023YFB4301801），项目旨在针对道路、铁路、水路及低空等多种交通系统自主运行的内涵和特征，研究交通系统运行、载运装备运行及安全服役行为机理及其物理-数字跨域协同机制，建立不同交通方式自主化运行数字化建模与孪生系统需求体系，搭建面向不同需求及场景可演进的 ATS 载运装备数字化与孪生系统体系架构，研究 ATS 载运装备数字化与孪生系统构建共性技术，为自主式交通系统载运装备数字化与孪生系统构建提供顶层架构与标准机制。

2024年，北京交通大学联合国能朔黄铁路发展有限责任公司、清华大学和长安大学，启动了《自主式交通系统信息物理系统总体架构标准规范》的编制工作。本次申请的标准旨在提出自主式交通系统信

息物理系统基本术语定义、总体架构、需求架构、功能架构、逻辑架构及物理架构。该标准旨在为自主式交通系统的设计、开发、部署和运营提供统一的架构和指导原则，推动自主式交通系统的标准化和规范化，提升系统的安全性、可靠性和可扩展性。

2. 起草单位情况

本标准由北京交通大学牵头编制，联合国能朔黄铁路发展有限责任公司、清华大学和长安大学共同参与编制工作。

北京交通大学在轨道交通数字孪生、智能化等领域，拥有轨道交通控制与安全国内唯一的全国重点实验室，承担/参与了国家级项目40余项，发表相关SCI论文100余篇，授权发明专利30项，获国家科技进步二等奖2项、省部级科学技术特等奖和一等奖6项，参与规划和组织实施我国交通领域科技创新规划和重点专项多项。整合各方的优势资源，实现产学研交叉互补，促进科技互通和交流。

国能朔黄铁路发展有限责任公司、清华大学和长安大学均为本领域国内技术领先、产品领先、队伍优良的科研和生产单位，拥有一流的国家和省部级科研基地，同时具有良好的软硬件条件、丰富的数据资料和前期积累，此外，在智慧交通领域也有丰富的工程实践和标准编制经验。

3. 主要起草人及其所做的工作

介绍本标准的主要起草人、工作单位及主要工作，如下表所示。

主要起草人	工作单位	主要工作
马小平	北京交通大学	统筹协调；制定标准的总体思路 and 结构；组织召开讨论会

曲小波	清华大学	对系统进行总体设计
张斌	国能朔黄铁路发展有限责任公司	标准参考规范查询
高博麟	清华大学	系统需求调研及需求架构设计
王亮	清华大学	系统总体架构建模设计
孙士杰	长安大学	术语定义部分内容编制
何宇强	国能朔黄铁路发展有限责任公司	系统需求调研及需求架构设计
王建华	国能朔黄铁路发展有限责任公司	术语定义部分内容编制
宁兴良	国能朔黄铁路发展有限责任公司	术语定义部分内容编制
赵志荣	国能朔黄铁路发展有限责任公司	需求架构设计部分内容编制
贾冠伟	国能朔黄铁路发展有限责任公司	功能架构设计部分内容编制
任毅龙	北京航空航天大学	总体架构设计部分内容编制
么舜禹	北京交通大学	逻辑架构设计部分内容编制
乔玥	北京交通大学	逻辑架构设计部分内容编制
张瀚青	北京交通大学	总体架构设计部分内容编制
王臣	北京交通大学	逻辑架构设计部分内容编制
赖征	北京交通大学	需求架构设计部分内容编制
陈映廷	北京交通大学	功能架构设计部分内容编制
李松	北京交通大学	物理架构设计部分内容编制
向彭	北京交通大学	功能架构设计部分内容编制
梁浩翔	长安大学	物理架构设计部分内容编制
杨洋	长安大学	物理架构设计部分内容编制

4. 主要工作过程

本标准编制过程如下：

(1) 起草阶段

2025年1月，在标准立项前，标准编制组调研、查阅相关国内外文献资料，广泛搜集自主式交通系统、信息物理系统的相关标准、理论及交通领域中的应用情况，同步调研不同交通利益相关方、交通领

域对于自主式交通系统的需求。同时，基于国家重点研发计划《自主式交通系统载运装备数字化与孪生系统体系架构》课题的研究进展，初步构思标准的框架结构。

2025年2月-3月，标准编制组开始进行详细的自主式交通系统信息物理系统设计，包括基本术语定义、总体架构、需求架构、功能架构、逻辑架构及物理架构的设计，同步起草标准的具体条款。标准编制组经过多次会议研讨，反复斟酌修改，完成标准初稿。

2025年3月底，标准编制组提交申报中国智能交通协会团体标准。

二、编制原则

科学性：标准编制应以科学理论和技术研究为基础，充分参考国内外相关领域的最新研究成果和技术发展趋势，确保标准内容的科学性和严谨性。本标准基于信息物理系统的理论框架，结合自主式交通系统的特点，构建科学合理的系统架构，确保术语定义、技术要求和指标设计符合科学规律。

先进性：标准参考国内外先进标准，能体现自主式交通系统信息物理系统的最新技术发展方向，具有一定的前瞻性，能够引领行业技术进步。考虑未来技术演进和应用场景扩展，确保标准的灵活性和可扩展性。

合理性：标准内容基于实际调研，符合现场对于自主式交通系统的应用需求，兼顾技术可行性和经济性，避免过度设计或脱离实际。本标准适应性强、可操作性高。

可操作性：标准便于实施和推广，标准文档结构清晰、语言简洁，避免过于复杂的技术描述，提供详细的架构帮助用户理解和应用，确保各交通运输领域以及各利益相关方能够理解和执行标准内容。

三、标准内容的起草

1. 主要技术内容的确定和依据

(1) 自主式交通信息物理系统核心技术调查

本标准旨在规范自主式交通系统信息物理的技术架构、运行行为及功能要求，推动交通系统从分散控制向自主协同转型。通过融合自主式系统、认知科学、系统工程及数字孪生等核心技术技术，构建具备自主决策、动态适应与全局优化能力的交通系统标准体系。标准适用于载运装备、基础设施、管控系统的设计、测试与集成，覆盖智能驾驶、车路协同、交通流优化等应用场景。了解核心技术的适用条件与场景、运行机理、应用现状、优缺点等。

该部分调查内容主要以系统性文献分析与技术实践调研为主，梳理自主式交通系统核心技术的内在运行逻辑与外部约束条件。重点研究自主式系统、认知科学、系统工程及数字孪生等核心技术在典型交通场景下的适用边界。结合交通系统动态演化特性，分析“人一载运装备—基础设施”交互过程中的涌现行为及其交互关系。同时对比研究国内外技术标准在功能安全、信息交互、伦理规范等维度的异同，着重解析技术路线差异背后的方法论特征，形成具有前瞻性与包容性的标准架构设计思路。

（2）检索、收集、消化、吸收国内外的相关研究成果

跟踪获得国内外关于自主式系统、认知科学、系统工程及数字孪生的相关研究成果，了解到自主式系统已形成从初步探索到智能化应用的完整发展脉络，其核心特征包括自主性、智能性、适应性、协同性和学习能力，人类自主运行机理的研究为其提供了生物学基础，涵盖感知系统、神经系统、认知控制及运动控制的多层次解析。认知科学领域通过脑区划分、工作记忆模型及目标导向行为研究，揭示了人类决策与控制的神经机制，为自主式系统的智能决策算法设计提供了理论依据。系统工程视角下，自主式系统被解构为感知、决策、控制、通信等模块，结合智能体技术实现多主体协同，其运行机理涉及功能域划分、动态行为规律及虚实协同优化。数字孪生技术则通过“物理—虚拟空间”的双向映射，构建了包含物理实体、虚拟模型、孪生数据、连接与服务五维架构，集成数据采集、建模与仿真、人工智能等关键技术，支撑交通系统的实时监测、预测性维护及全局优化。国内外研究均强调跨学科融合，通过系统工程方法整合认知科学理论与数字孪生技术，推动自主式交通系统从局部优化向全局协同演进，为复杂交通场景下的安全、高效运行提供创新解决方案。

（3）研究自主式交通信息物理系统的发展趋势

研究自主式交通信息物理系统的发展趋势，需聚焦跨学科融合与系统集成需求，总结满足多主体协同运行的核心实体状态属性数据，涵盖载运装备动态行为、基础设施智能感知、管控系统决策指令等关键要素。当前技术趋势显示，人工智能、数字孪生、5G通信与边缘

计算的深度整合正推动交通系统向高度自主化演进，其中虚实交互的实时映射、多源数据的协同分析、分布式决策的动态优化成为技术突破重点。未来发展方向应明确以全域协同为目标，构建“感知—认知—决策—执行”的闭环体系，强化物理空间与数字孪生的双向驱动能力，通过智能算法提升复杂场景下的预测性决策水平。关键建设内容包括多模态数据融合架构、自适应性协同控制模型、安全可信的通信协议以及支持快速迭代的系统开发框架，以未来10年主流技术为基准，制定标准化接口规范、实时性保障机制及智能演进路径，破解当前系统功能碎片化、协同效率低的核心难题，推动自主式交通系统从局部智能向全局智能跨越。

（4）调研自主式交通信息物理系统的实际应用

① 重载列车自主运行

自主式交通系统在重载铁路中，通过深度融合自动驾驶技术（ATO）、自主运行系统（RATS）及信息物理系统（ATS-CPS），实现了列车在结构化与非结构化场景下的全自主运行控制。该系统基于北斗差分定位、模型预测控制、弱粘着抑制策略等技术，完成自动发车、精准速度跟随、平稳起停、自动过分相等功能，并在朔黄铁路实现两万吨重载列车自动驾驶常态化运行，控车精准度达平均误差 ≤ 6 米，能耗降低2%-5%，纵向冲动减少5%-10%。通过数字孪生建模构建机车全要素三维镜像，结合PHM技术实现牵引、制动系统状态实时评估与智能运维，攻克了干线重载列车无人驾驶核心技术，在黄大线成功试验无人驾驶并提升运输效率，标志着我国重载铁路迈入“自

主感知-决策-控制"一体化时代，显著提升了运输安全、能效与智能化水平。

② 智能网联汽车

自主式交通系统在智能网联汽车中深度融合智能化技术和网联化技术，通过信息物理系统（CPS）实现“车-路-云-网”全要素动态交互与协同决策。系统依托5G/V2X通信、多源异构传感器融合及边缘计算，支持L4级自动驾驶场景下的精准路径规划、群体智能编队、动态障碍物避让及紧急制动等功能，并通过云端数据实时优化交通流效率与能耗。例如，在示范区内实现无人物流车自主调度、城市道路自适应巡航及复杂路口协同通行。结合数字孪生与AI算法，可预测车辆部件故障并优化维护策略，推动智能网联汽车向“全场景自主响应、全生命周期智能管控”方向演进，加速智慧交通产业化落地。

③ 无人货物运输船

海航科技集团依托海航集团丰富的产业场景，通过云计算、大数据、人工智能等领域的运营、投资和创新，打造共享、分享、生态的“四流”(人流、物流、资金流、信息流)平台，为客户及合作伙伴提供高附加值的产品和解决方案。在大型无人货物运输船项目中提出了基于CPS的无人驾驶船舶SoS级(一硬、一软、一网、一平台)的顶层技术框架。实践证明，该框架充分满足了无人船自主决策、自主航行、自主环境感知、远程操控、绿色安全、平台运营于一体的功能需求。

无人货物运输船项目是海航科技集团(简称海航科技)联合国内外顶级机构成立的无人货物运输船联盟推进的创新型科技项目。CPS

技术在该项目中发挥了极为关键的引领作用。通过构建基于CPS的无人驾驶船舶SoS级(一硬、一软、一网、一平台)应用解决方案,实现无人船系统的顶层技术框架设计。本方案包括:对周边环境状况进行灵敏感知的船载感知系统(一硬);智能自主航行系统(一软);由工业现场总线、工业以太网、卫星/移动通信网络等构成的异构网络(一网);为船舶提供远程监测、遥控服务,为运营提供智能化服务的工业云平台(一平台)。

④ 人机配送

随着低空经济有关政策的颁布,无人机配送作为提升新质生产力的重要推力,已经得到了广泛关注。

顺丰旗下的丰翼科技在无人机物流配送领域积极探索并取得了显著成效。无人机配送主要应用了导航系统、自主飞行技术、避障功能、大数据和人工智能技术、智能调度等关键技术。通过卫星导航和多种传感器实现精确飞行与避障,利用大数据和人工智能进行智能决策与路线规划,结合智能调度优化配送路径,并通过轻量化材料和优化结构设计提升载重能力和续航性能,从而实现高效、安全、智能的物流配送服务。能够与地面站或调度中心实时通信,传输飞行数据并接收指令。例如,顺丰在东莞常平与深圳宝安国际机场之间成功开展无人机物流配送,最快仅需30分钟即可完成运输,大大提升了运输效率。截至2024年6月30日,累计开通四百多条航线,飞行近百万架次,运输货物超420万件,充分展现了自主式交通系统在航空物流领域的高效性和广阔应用前景。

(5) 调研结果与针对性研究相结合，确定自主式交通信息物理的基本要求

结合系统性调研成果，围绕自主式交通信息物理系统的核心功能与演化需求，明确架构设计的基础原则与关键约束。通过整合国内外技术现状与发展趋势，重点解析数据驱动的协同机制、标准化接口规范及动态适应能力在系统设计中的逻辑关联，提出涵盖数据全生命周期管理、跨域交互协议统一、功能模块解耦与集成等维度的框架要求。需聚焦主数据体系的构建，定义面向多源异构数据的分类层级、语义一致性规则及动态更新机制，确保数据模型具备可扩展性与跨平台兼容性。同时应建立基于系统韧性目标的冗余设计准则，平衡实时性与可靠性需求，并融入伦理约束与安全验证机制，形成兼顾技术先进性与实践可行性的架构设计指南。最终通过标准化建模方法与动态迭代策略的协同，支撑自主式交通系统从理论验证向规模化落地的平稳过渡，实现全局优化与自主演进能力的持续增强。

2. 标准中英文内容的汉译英情况

本标准中标题、术语和定义的英文由标准编制组翻译。经过编制组的核对，认为汉译英内容能准确表达原条款的真实意思，翻译语句通顺，符合英文习惯。

四、标准水平分析

1. 国内标准比较

经调研分析，与本标准相关的现有国家标准主要有：GB/T

40020-2021《信息物理系统 参考架构》和GB/T 40021-2021《信息物理系统 术语》，本标准是信息物理系统在自主式交通系统领域的应用和延伸。

GB/T 40020-2021《信息物理系统 参考架构》规定了信息物理系统参考架构，确定了信息物理系统共同关注点、用户视图和功视图，适用于制造业开展信息物理系统的设计开发、测试验证和实施应用。GB/T 40021-2021《信息物理系统 术语》规定了信息物理系统中共性的、基础的术语和定义，适用于制造业领域信息物理系统的概念理解和信息交流。本标准规定了交通领域自主式交通系统和信息物理系统融合的系统架构、需求架构、功能架构、逻辑架构和物理架构等内容，适用于城市道路、轨道交通、水路交通、低空交通等场景下，基于自主式交通系统信息物理系统技术的交通系统的设计、开发、测试、部署和运营。

2. 国际标准比较

本标准无对应的国际标准或国外先进标准。

五、采标情况

本标准未采用国际标准或国外标准。

六、与我国现行法律法规和有关强制性标准的关系

本标准无相关法律法规和强制性标准。

七、标准性质的建议

本标准聚焦于特定领域，即ATS（自主交通系统）与CPS（信息物理系统）融合的范畴，且针对城市道路、轨道交通、水路交通、低空交通等特定场景下交通系统的设计、开发、测试、部署和运营等环节。其主要技术内容涵盖自主式交通系统信息物理系统的架构、需求、功能、逻辑以及物理视图等多个方面，旨在规范自主式交通系统信息物理系统相关技术的应用，推动行业的标准化发展。

从本标准的实际情况和行业需求来看，自主式交通系统信息物理系统属于新兴领域，技术复杂且发展迅猛。本标准精准定位自主式交通领域特定技术系统，在行业内展现出显著的引领性和技术先进性。在标准制定过程中，充分参考了大量国内外相关标准，严格遵循科学合理的制定程序，为标准的高质量提供了坚实保障。

鉴于上述特点与优势，建议将本标准定位为行业标准。行业标准具有更高的权威性和通用性，能够在更大范围内对行业内各方发挥全面的指导作用，进一步规范行业内的各项实践活动，有力保障行业整体的高质量发展，促使自主式交通系统信息物理系统相关技术在行业内得到更广泛、更规范的应用。

八、贯彻标准的要求和建议

《自主式交通系统信息物理系统总体架构标准规范》适用于城市道路、轨道交通、水路交通、低空交通等场景下基于ATS-CPS技术的交通系统，旨在为其设计、开发等环节提供规范指导。该标准主要围绕系统架构、需求视图等展开，明确各部分组成、要求及关系，为构

建相关系统提供技术依据，实施对象为参与上述交通系统全流程的相关单位和机构。

为确保标准有效贯彻落实，提出以下要求和建议：

标准制定方面：持续跟踪技术发展趋势和行业需求变化，定期组织专家对标准进行审查和修订。依据《标准化法》中对标准时效性的要求，及时将新的技术成果和实践经验纳入标准，确保其技术先进性和适应性。

标准宣传方面：利用多种渠道广泛宣传标准。借助智能交通行业协会组织的研讨会、论坛等活动，邀请标准制定专家进行解读，增强行业内对标准的理解和重视。依据相关政策对标准化宣传工作的鼓励，提高标准的知晓度，推动行业共同学习和应用标准。

标准实施方面：相关单位应将标准纳入内部培训体系，组织技术人员、管理人员深入学习，确保准确理解标准要求。