

团体标准

T/ITS 0126-2023

智能驾驶时空一致性要求

Spatiotemporal consistency requirements for intelligent driving system

2023-12-26 发布

2023-12-26 实施

中国智能交通产业联盟 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语、定义和缩略语 1

4 一般要求 3

5 智能驾驶系统时空一致性要求 5

6 智能驾驶辅助数据时空一致性要求 6

7 智能驾驶全过程时空一致性要求 7

附 录 A 一致性校验 12

附 录 B 时空分区模型 13

附 录 C 轨迹时空与扩展叶结构模型 16

附 录 D 时空坐标系 18

参 考 文 献 21

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。

本文件由中国智能交通产业联盟（C-ITS）提出并归口。

本标准起草单位：北京经纬恒润科技股份有限公司，交通运输部公路科学研究院，中国信息通信科技集团有限公司，清华大学，高德软件、上海波若智能科技有限公司，中科慧拓（广东）科技有限公司。

本标准主要起草人：张林，焦伟赞，王建强，郭晓英、丁楠、胡金玲、何宁，赵琳、张文斗、薛俊亮、见永刚、曹力、王胜华、张香凝，周锐、陈龙。

智能驾驶时空一致性要求

1 范围

本文件规定了一般要求、智能驾驶时空一致性要求、智能驾驶辅助数据时空一致性要求以及智能驾驶全过程时空一致性要求。

本文件用于智能驾驶系统的功能设计以及数据服务和测试。车企、汽车电子厂商、交通信息服务和车路协同 V2X 服务的解决方案供应商以及服务商，包括地理信息服务和车联网服务供应商可参考使用。

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 15237.1-2000 术语工作 词汇 第1部分：理论与应用

GB/T 22022.2008/ISO 19108: 2002 地理信息 时间模式

GB/T 23707—2009/ISO 19107:2003 地理信息 空间模式

GB/T 40085-2021 分区网络模型

ISO 19141:2005 运动要素 (Moving feature)

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

时间 time

时间是描述物质运动过程或事件发生过程参数，是物质的运动、变化的持续性、顺序性的表现。

注：时间概念包含时刻 (moment) 和时段 (period) 两个概念。

3.1.2

空间 space

空间是世界或宇宙的位置或范围，也是特定物体位置和大小的度量。

注：空间可以是物体位置差异的度量，是物体存在、运动的 (有限或无限的) 场所，具有某种几何结构的集合。空间是物体存在域的一种客观形式，由长度、宽度、高度 大，小 (体积 形状不变) 表现出来。

3.1.3

时空 spacetime

时间和空间。

注：时空是力学、物理学、天文学和哲学的基本概念。在力学和物理学中，这些概念是从对物体及其运动和相互作用的测量和描述中抽象出来的；涉及物体及运动和相互作用的广延性和持续性。

3.1.4

时刻 moment

某一瞬间，时间点，时间轴上的点。

3.1.5

时段 time bucket (time period, 或 time cycle)

时间持续的长度。两个时刻之间的间隔。

3.1.6

概念协调 concept harmonization

在彼此密切相关的两个或多个概念之间，减少或消除细微差异的活动。

注：概念协调的目的在于促进交流。

[ISO 860 : 2007]

3.1.7

概念体系 concept system

根据概念之间的关系建立的结构化的概念集合。

[GB/T 15237.1—2000]

3.1.8

时空数据表达 spatiotemporal data expression

本标准时空数据表达是描述时空关系的概念体系。

时空数据表达包含以下概念的定义：时空坐标、时空点、空间位置、时空范围、时空频率、速度、轨迹、叶结构、时空切片、时空误差、时空分区、时空干涉、时空有效性、多级时空分区。

3.1.9

叶结构 foliation

ISO 19141中定义的表达时空轨迹的概念集合。

[ISO 19141—2008]

3.1.10

时空一致性 spatiotemporal consistency

数据在时间和空间范畴内一致或相同。

3.1.11

区域动态地图 local dynamic map

从运动中的物体视角表达的地图。例如，基于位置变化动态生成的区域地图，或基于动态坐标系的地图。

注：实例包括ADASIS定义的EHP生成的区域地图数据，以及随向地图（地图随着运动方向的变化而旋转，总是保持正对着目的地的方向在屏幕上方）。叠加了实时交通信息的地图数据不属于这个定义。

3.1.12

预警距离 warning distance swarn

测试车辆开始预警的位置，到危险地点之间的距离。

[T/ITS 0044-2016 交通运输信息及控制系统 交通障碍预警系统 系统要求]

3.1.13

反应距离 reaction sistance

从驾驶员判断事故拥堵情况发生到踩刹车之间车辆行驶的距离。

[T/ITS 0044-2016 交通运输信息及控制系统 交通障碍预警系统 系统要求]

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件

PPS: 秒脉冲时钟同步 (Pulse Per Second)

NTP: 网络时钟同步协议 (Network Time Protocol)

PTP: 精确时钟同步协议 (Precision Time Protocol IEEE1588-2008)

Gptp: 广义精确时钟同步协议 (Generalized Precision Time Protocol IEEE 802.1AS)

UTC: 国际协调时 (Coordinated Universal Time)

ODD: 运行设计域 (Operational Design Domain)

EPS: 演进分组系统 (Evolved Packet System)

V2X: 车联网 (Vehicle-to-Everything)

CRS: 坐标参照系 (Coordinate reference system)

LRS: 线性参照系 (Linear reference system)

4 一般要求

4.1 概述

4.1.1 时空一致性要求包含智能驾驶系统要求、数据应用要求。智能驾驶系统中的时空一致性要求是指车载系统的时空一致性要求。应用要求是第三方数据在应用中的时空一致性要求，包括地图数据、实时交通信息和 V2X 数据。时空一致性要求包含了时间同步要求和空间同步要求。

4.1.2 时间同步是实现数据记录存储、数据交换和处理以及时间表达的一致性的过程。时间同步要求分为时钟同步要求，和数据处理过程的同频要求。

4.1.3 空间同步要求是对不同频的数据以及延时数据进行时空一致性处理的要求。

4.2 时间同步要求

4.2.1 时钟同步要求

一般来说，智能驾驶系统中的时钟同步要求有：

a) 时钟同步时间应基于卫星定位系统GNSS的授时（BD、GPS、GLONASS、伽利略等卫星信号），或地面授时系统，即选择如下两种方案之一：

1) 智能驾驶系统从定位卫星接收的信号中获取的时间戳信息，并使用定位卫星信号的PPS信号为计时基准的高精度同步计时方案，在多个设备之间实现同步精度。

2) 或基于地面授时系统，通过移动通信或有线通信实现设备之间的同步计时。

b) 智能驾驶系统中的各个控制域的时钟同步应通过同步通信协议的数据交换实现的多个设备之间的时间同步过程。这些协议包括Ptp, Ntp, GPTP和PPS等。

c) 智能驾驶系统的时钟同步误差应在系统使用前进行标定，要求不大于1微秒。

d) 通过时间戳实现数据记录存储以及数据交换和处理时的时间同步。

注：定位卫星时钟PPS信号，即卫星时钟的脉冲秒信号，是卫星定位系统（包括BD、GPS、GLONASS、INMARSAT、Galileo）卫星发射信号的一个组成部分。它提供以UTC（世界协调时间）作为基准的时间坐标，支持车载系统（以及路侧系统）实现精准同步计时。

高精度同步计时方案，是以卫星时钟PPS信号为中心，通过不同的同步方式（例如Ptp, Ntp, PPS等）实现多设备之间的同步计时方案，广泛应用于需要高时效性、时间标准统一的领域，例如车载智能驾驶系统的各个控制域。

4.2.2 数据同频要求

在实现时钟同步的基础上，按如下要求处理延时和数据同频问题：

a) 数据融合频率和周期的处理要求：

为实现数据融合，完成时钟同步后，应进行数据同频处理，才能满足完整的时间同步要求。

假定n个车载传感器的完整数据采集频率为 $F(i)$ ，则

$$F_{\text{fusion}} \leq \min \{F(i), i=1, n\} \quad (1)$$

或者取 $T(i)$ 为采集周期，则

$$T_{\text{fusion}} \geq \max \{T(i), i=1, n\} \quad (2)$$

F_{fusion} 和 T_{fusion} 为数据融合的频率和周期。

b) 延时的处理的要求：

假定系统的累加延时为 T_{delay} ，则要求 T_{fusion} 满足：

$$T_{\text{fusion}} > T_{\text{delay}} \quad (3)$$

如果不满足（即 $T_{\text{fusion}} \leq T_{\text{delay}}$ ），这时取：

$$T_{\text{fusion}} = k * \max \{T(i), i=1, n\} \quad (4)$$

其中 k 为大于1的正整数，且为满足条件的最小值。

4.3 空间同步要求

a) 空间同步计算条件

T_{fusion} 起始时点 t_1 , 结束时点 t_2 , t_2 可以作为该周期决策执行的起始时点。这两个时点车辆空间位置 $P(t_1)$ 到 $P(t_2)$ 的空间距离 S 与车辆行驶速度 v 之间的关系:

$$S = v * T_{\text{fusion}} \quad (5)$$

传感器采集数据的时点 $t_{\text{sensor}}(i)$ 的车辆空间位置 $P(t)$, 传感器数据实际上是在这个位置点采集的数据, 应换算到 t_2 时点的位置以及对应的传感器数据。完成这个空间计算的过程时空间同步过程。

如果不进行空间同步, 传感器数据最大空间误差为 S_E 。如果系统最大允许误差为 E , 若:

$$S_E > E \quad (6)$$

则系统必须进行空间同步计算。

b) 空间同步算法

用矢量 S 表示当前空间位置, S_0 表示初始位置, 矢量 v 表示速度, Δt 表示时间变化, 那么:

$$S = S_0 - v \Delta t$$

5 智能驾驶系统时空一致性要求

5.1 数据融合过程时空一致性要求

数据融合的结果是对当前数据周期的驾驶环境的判断。

数据融合周期 T_{fusion} 按照 5.2.2 的定义给出。建议值: 0.1 秒。

5.2 驾驶决策过程时空一致性要求

驾驶决策应根据驾驶环境和驾驶环境的演化, 推演驾驶决策执行的轨迹, 并选择 ODD 范围内符合要求的决策方案执行。当前时刻之前的时空轨迹, 是驾驶环境演化的历史数据, 当前时刻之后的时空轨迹, 是驾驶决策执行的轨迹的推演。时空轨迹与推演轨迹有差异时, 应根据时空误差, 判断是否需要修正驾驶决策。

a) 时空范围要求

驾驶行为周期是实现一种驾驶行为或驾驶功能的驾驶决策方案的全生命周期。驾驶过程中的驾驶行为 (driving behavior) 包含变道、跟车或巡航、紧急制动或减速刹车。定义驾驶行为周期 T_{function} 为完整描述功能场景全过程的最小时间。为满足前后两个驾驶行为之间无缝衔接, 实际取值时应包含一定的余量 T_{buffer} 。

b) 地图数据范围要求

满足决策分析的地图应覆盖表达前后相邻的两个功能场景全过程的空间数据, 即:

$$L_{\text{map}} > 2 v_{\text{max}} * \Delta T \quad (7)$$

其中 $\Delta T = \text{Max}(T_{\text{function}})$

c) 决策周期与判断

检测时空轨迹与推演轨迹的差异, 判断是否进行驾驶决策修正的时间间隔是驾驶决策周期。包括路级驾驶决策周期 $T_{\text{DecisionR}}$, 车道级驾驶决策周期 $T_{\text{DecisionB}}$, 以及控制驾驶操作序列的驾驶决策周期 $T_{\text{DecisionA}}$ 。

控制及修正驾驶操作序列的驾驶决策可以完成对驾驶控制操作序列的更新。通过检测时空轨迹与推演轨迹的差异触发驾驶操作序列的修正决策。用空间差 S_{dtd} 表示时空轨迹与推演轨迹的差异，不满足下式启动修正决策：

$$S_{\text{dtd}} \leq v * (T_{\text{buffer}} - k * T_{\text{fusion}}) \quad (8)$$

5.3 驾驶控制时空一致性要求

驾驶行为(Behavior)通过多组驾驶操作序列完成。每一组驾驶操作序列(Action sequence)按特定的时间间隔执行，这个时间间隔是驾驶控制执行周期 $T_{\text{execution}}$ 。

检测时空轨迹与推演轨迹差异的时间间隔是驾驶控制的观测周期 $T_{\text{observation}}$ ，应为驾驶控制执行周期 $T_{\text{execution}}$ 的倍数。数据融合周期 T_{fusion} 应与观测周期 $T_{\text{observation}}$ 相同或为其整数倍。驾驶控制决策周期 $T_{\text{DecisionA}}$ 应与数据融合周期 T_{fusion} 相同或为其整数倍。驾驶决策周期 $T_{\text{DecisionB}}$ 应与驾驶控制决策周期 $T_{\text{DecisionA}}$ 相同或为其整数倍。

5.4 场景的时空表达

观测时点应为上一个观测周期的终点，下一个观测周期的起始点。

控制时点应为上一个控制周期的终点，下一个控制周期的起始点。

场景通常使用观测时点的时空切片序列表达。

观测周期 $T_{\text{observation}}$ 为相邻观测时点的时间间隔。

驾驶控制决策周期 $T_{\text{DecisionA}}$ 为相邻控制时点的时间间隔。

6 智能驾驶辅助数据时空一致性要求

6.1 导航电子地图数据更新服务

全局地图的最快更新周期一般为月，通过数据分发的版本号进行管理。基于众包地图数据采集的区域(局部)地图更新周期最高可以达到小时级，其时空同步要求是：

- a) 分发的区域地图数据包中包含如下信息：
 - 1) 区域地图数据版本号；
 - 2) 区域地图数据采集时间(开始采集时间、完成采集时间)；
 - 3) 最新遍历时间或更新时间；
 - 4) 区域地图数据生成时间；
 - 5) 区域地图数据分发时间；
- b) 数据采集时空精度要求：
 - 1) 时空数据绝对精度：秒、米。
 - 2) 时空数据相对精度：毫秒、厘米。

注：绝对精度是数据融合后的地球坐标系(静态坐标系)的数据精度，相对精度是传感器坐标系($v > 0$ 时为动态坐标系)下采集的原始的数据精度。

6.2 实时交通信息服务

这里的实时交通信息，也叫动态交通信息，是基于静态坐标系表达的道路交通状态，用于支持动态路径规划的实现。

注：在TMC\TPEG\VICS所定义的交通信息服务体系中，预定义位置参照（predefined location reference）采用线性参照系，动态位置参照（dynamic location reference）采用地球坐标系。

- a) 实时交通信息采集周期：分钟（60秒）；
- b) 实时交通信息采集时空精度要求：秒、米；
- c) 实时交通信息融合发布周期：5分钟（300秒）

6.3 V2X 应用中的数据服务

区分交通信息服务和智能驾驶系统的要求如下：

- a) 应用于交通信息服务时，路侧单元（RSU）对来自路侧传感器和经过的车载传感器进行融合处理后，感知到的交通路况和交通事件信息应遵循5.3.2的要求使用，感知到的地理要素信息应遵循5.3.1的要求使用。
- b) 应用于智能驾驶系统时，路侧单元（RSU）感知信息通过车路通信（V2X）传送到智能驾驶系统的数据应遵循5.1要求的规则使用。路侧单元（RSU）对来自路侧传感器和经过的车载传感器进行融合处理，加上通信延时后的总延时为 $T_{RSUdelay}$ ，那么数据同频要求是：

$$T_{fusion} > T_{RSUdelay} \quad (9)$$

7 智能驾驶全过程时空一致性要求

7.1 五级时空分区应用模型

7.1.1 基于对 5.2-5.3 的应用场景的时空属性，定义五级时空分区如下：

- a) 五级：全网导航地图，支持目的地决策和全域路径规划以及交通信息服务；
- b) 四级：分区导航网络+高精度地图实时更新（众包应用），路径规划及交通信息服务；
- c) 三级：动态导航地图+高精度地图数据更新，支持车道级路径规划与决策，自动驾驶环境信息；
- d) 二级：动态地图+实时场景信息，支持车道级路径规划驾驶决策与驾驶控制；
- e) 一级：动态地图+实时场景信息，支持动作级路径规划驾驶决策与驾驶控制；

7.1.2 分级原则见表 1：

表 1 时空分级原则

	决策类				地图类型	时空范围（注 1）			注释
	动作级	车道级	道路级	目的地		Lg(T) 时间	Lg(D) 空间	时空范围描述	
一级时空	V	V			动态地图	-2, 1	-2, 2	毫秒亚米级	注 2
二级时空		V			动态地图	0, 2	0, 2	秒米级	注 2
三级时空		V	V		动态高精地图	0, 3	0, 3	秒千米级	注 3
四级时空			V		分区高精地图	1, 4	1, 4	分钟万米级	注 4
五级时空			V	V	全网导航地图	1, 5	1, 5	时百公里级	

注1：时空范围对数表达见图B.1。

注2：基于9宫格（以及25格）表达的动态地图范围（见图2-4），空间数据与三级时空分区地图同步。9宫格与25格的交通流定义参照IS034502中的定义。

注3：从四级时空地图数据拆分出来的道路分段地图，支持动态地图转换。

注4：四级时空地图数据是在全网导航地图之上叠加高精度车道级数据构建的地图数据。四级时空地图数据与三级时空地图支持动态更新服务、众包数据服务、实时交通信息服务，及数据按需下载（data on demand）应用模式。

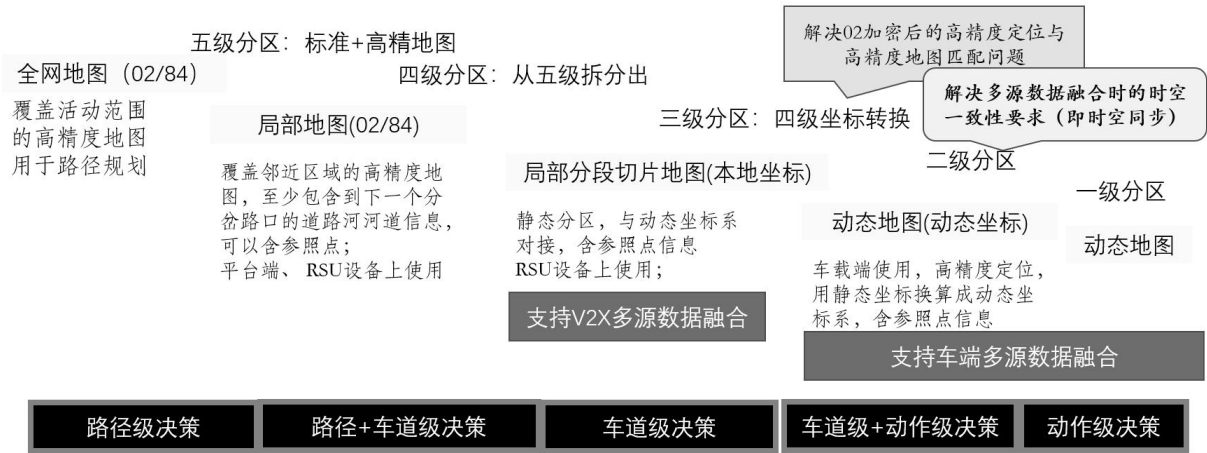


图 1 五级时空分区原则

7.2 一级时空分区范围

一级时空分区覆盖IS034502定义的九宫格范围。这个时空范围是智能驾驶系统数据融合、驾驶决策和驾驶控制必须覆盖的时空范围。

一级时空分区范围包含横向三个车道，即自车车道和左右相邻车道。如果道路上没有相邻车道，应以相邻空间为感知范围，同时设定9宫格退化模型处理。

一级时空分区纵向时空范围为速度与时间函数，定义如下（注：IS034502未定义的九宫格纵向距离）：

二级时空分区的时空范围是34502定义的25格空间与9宫格（一级时空分区）的差集。即下图左侧外圈方框与内圈方框之间的空间。

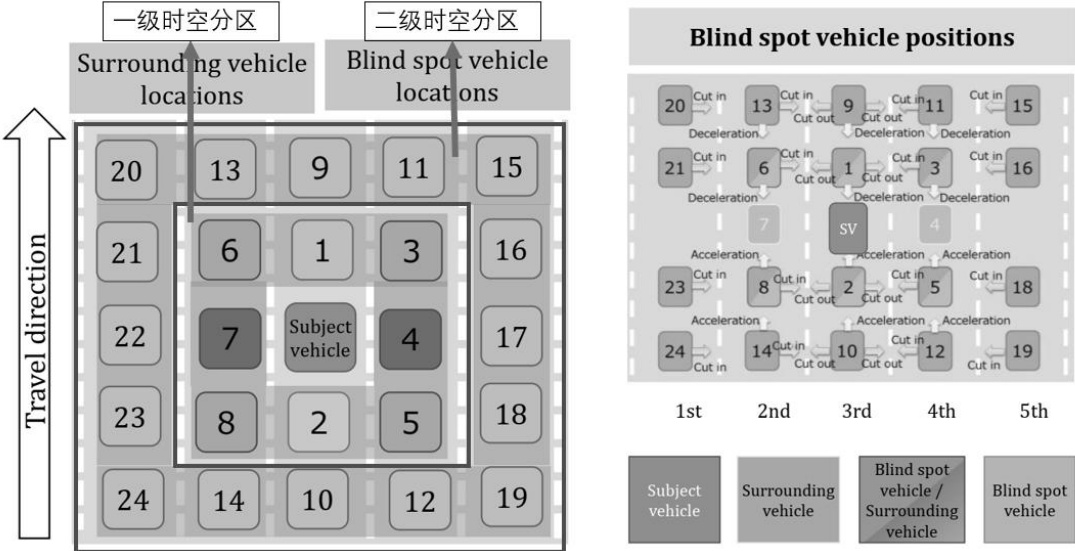


图 4 二级时空分区示意图

25 格是一级时空分区与二级时空分区的并集。
二级时空分区空间范围也按照每格大小定义，定义规则与7.2相同。

7.4 三级时空分区范围

符合三级时空分区定义的空间数据范围的路径树（path tree，参考ADASIS）前向长度为大于两倍的
最大车道级决策功能场景距离（多出部分为时空余量），后向长度大于25格后向长度（大约2.5倍单
格距离），处理原则是数据不截断数据中道路或车道编码所代表的道路或车道（避免导致数据重新编码）。

符号表达为前后向长度应满足下列条件：
选择 $V_{sv} = V_{max}$ 时满足功能场景范围的地图数据覆盖的道路范围为 $[-L_1, L_2]$ ，其中：
$$L_1 \geq L(V_{max}) = T_1 * V_{max} \{ T_1 = T_{buffer} + 2T_{GRID} \} \tag{13}$$
$$L_2 \geq 2L(V_{max}) = 2 T_2 * V_{max} \{ T_2 = T_{function} \} \tag{14}$$
 L_1 为路径树起点与车辆距离，即25格后向距离； L_2 为路径树终点与车辆距离。

7.5 时空相关性与有效性

采用5.5的相关性评测方法，检测不同分区信息相关性，得到五级时空分区的相关性见表2：

表 2 五级时空分区的相关性

	一级	二级	三级	四级	五级
一级	干涉	干涉	边缘	无	无
二级	干涉	干涉	干涉	边缘	无
三级	边缘	干涉	干涉	干涉	边缘
四级	无	边缘	干涉	干涉	干涉
五级	无	无	边缘	干涉	干涉

注：表中“无”表示不相关，两个时空分区之间不干涉。

- a) 相互干涉的时空分区之中的信息相关，数据处理过程中应计算相互影响。五级分区的应用均可以并行计算，计算时应考虑有相关性时空分区的交互作用。
- b) 按照时空频率分级，表示更高频率的时空信息具有更高的现实性（更新）。同时，高频时空相对低频时空为动态，低频时空相对高频时空为静态。可以使用分级时空分区更精准的表达静态与动态的相对关系。
- c) 不相关时空分区的影响不需要计算，可以通过优化时空分区边界可以优化系统计算成本。

附录 A 一致性校验

（规范性附录）

A.1 概念一致性测试

- a) 测试目的：验证应用模式满足要素时空概念一致性的最低要求。
- b) 测试方法：检查应用模式以确保每个要素类型的定义符合叶结构中包括与轨迹棱柱体实现的关联，具有时空范围相关属性，以及继承路径几何属性。
- c) 测试类型：能力测试。

A.2 时空一致性测试

- a) 测试目的：验证应用模式是否完整满足要素时空有效性的数据的最低要求。
- b) 测试方法：检查应用模式，确保每个要素类型的规范满足相关要求，在棱柱体的叶或时间切片上关联时空分区，并检验满足要素时空有效性的条件。
- c) 测试类型：能力测试。

A.3 数据同步校验

- a) 测试目的：验证应用模式是否包含数据的时空同步要求。
- b) 测试方法：检查应用模式，确保每个要素类型的规范满足相关要求，在棱柱体的叶或时间切片上的时间戳比对，及关联的空间位置记录是否满足空间同步要求。
- c) 测试类型：能力测试。

附录 B 时空分区模型

(规范性附录)

B.1 时空周期与时空频率

上述智能驾驶应用场景中，时间间隔或处理频率是共同的时空属性，统称为时空周期与时空频率。时空周期（频率）是在特定的时空范围内，用于表达特定应用或事件的周期或频率。

时空周期（频率）是车速的函数，表达如下：

$$F = F(v) \text{ 或 } T = T(v) \tag{B.1}$$

这里 $F \cdot T = 1$

B.2 时空分区

智能驾驶应用场景的时空范围的表达应在云游的时空域增加时空周期（频率）和时空误差，才能完整表达智能驾驶应用场景的时空特征。这样的表达方式称为时空分区(DTS, division of time and space, spatialtemporal division)，时空分区是我们出行活动范围的时空全集的子集。

时空分区是用于表达特定应用或事件的、以特定时空频率和时空误差表达的时空范围的时空模型。时空分区用于智能驾驶应用场景的时空范围，由相关联的概念体系构成了完整的时空表达。不符合这一概念体系的术语和定义在表达相关应用场景时应先澄清语义及应用环境，在概念协调下沟通。这个概念协调过程即为时空一致性校验。

D_{DTS} 范围可以在对数时空坐标系表达。下图时部分应用场景的对数时空坐标范围。

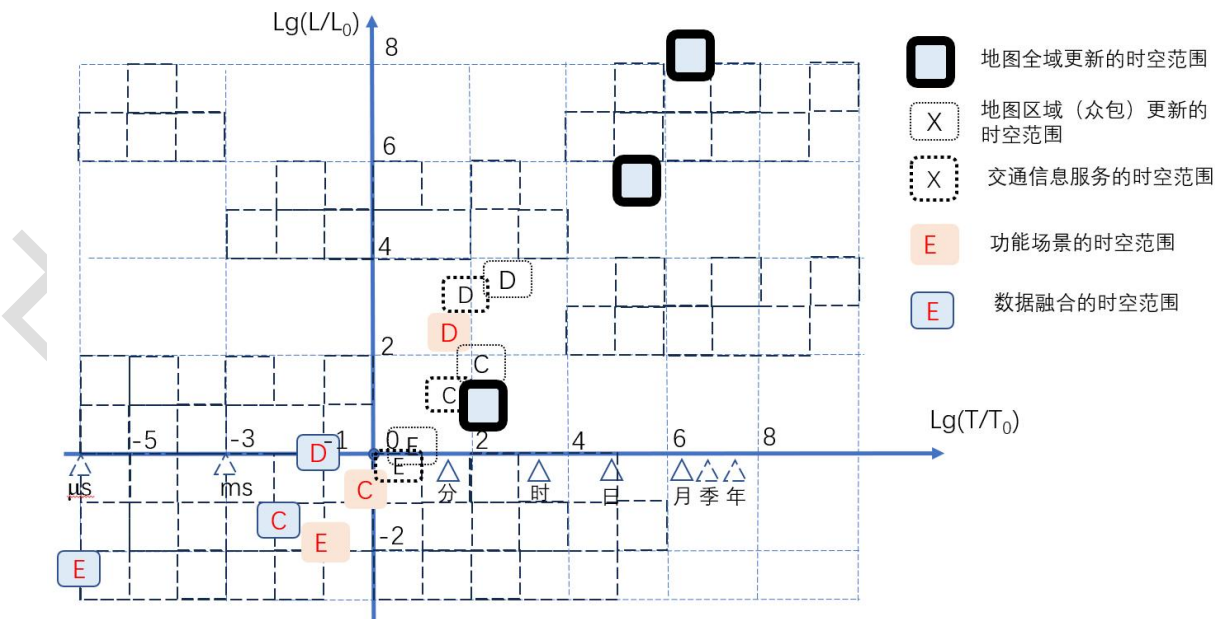


图 B.1 对数时空坐标系中的时空表达

用 D_{DTS} 表示时空分区，用 R_{TS} 表示 D_{DTS} 的时空范围，用 C_{TS} 表示 D_{DTS} 时空周期，用 F_{TS} 表示 D_{DTS} 的时空频率，用 G_{TS} 表示 D_{DTS} 的时空颗粒度， E_{TS} 表示 D_{DTS} 的误差时空，

$$D_{DTS} = D \{R_{TS}, C_{TS}/F_{TS}, E_{TS}\} \tag{11}$$

通常 E_{TS} 与 G_{TS} 相关。

B.3 多级时空分区

不同点应用场景的时空周期或频率不同，可以划分多个时空分区。时空周期或频率差别较大时可以分级构建时空分区。

在特定的时空范围内，表达特定应用或事件场景在不同时空频率下的多个时空分区。这些时空分区根据时空周期或频率的相互关系划分多级时空分区。

例如不同层级的驾驶决策。

驾驶决策包含四级决策要求。其中，目的地决策通常是出行者（或管理者）参与的决策过程。在有可选择的不同驾驶路径的情况下，出行者（或管理者）也参与道路级路径决策，包括路径变更时的道路选择。决策顺序按照表1中1-4依次进行。路径可以有多段道路组成，每段道路在执行驾驶决策时，包含多段车道级驾驶决策。每段车道级驾驶决策执行时，包含序列依次执行的动作级驾驶决策。

表 B.1 四级决策时空

		选择的执行内容	执行时间	修正周期	控制粒度
1	目的地决策	确认目的地	小时、天	小时	
2	道路级路径决策	道路级行驶路线	分钟、小时	分钟	秒
3	车道级驾驶决策	执行车道级行驶线路或驾驶行为	秒、分钟	秒	100ms
4	驾驶动作决策	加速、减速、转向力（力矩）	秒	100ms	10ms

B.4 时空运算

可以用 R_{TS} ， C_{TS}/F_{TS} ， E_{TS} 表达 D_{DTS} 时空边界与时空范围。多个 D_{DTS} 的集合运算如下：

- a) 并集（运算符号 \cup ）：两个时空分区合并后的时空分区
- b) 交集（运算符号 \cap ）：两个时空分区重叠部分的时空分区
- c) 补集（运算符号 $'$ ）或差集（运算符号 $-$ ）：一个时空分区，去掉与另一时空分区的交集的剩余部分。

B.5 时空关系与时空干涉模型

- a) 不满足如下要求的时空分区 D_{DTS} 数据无效：
 $R_{TS} > C_{TS} > G_{TS} > E_{TS}$ ，且 $C_{TS} \gg E_{TS}$ ；
- b) $C_{TS} \gg E_{TS}$ 的判断规则建议为 $C > 100E$

(B.3)

交集为空的时空分区之间所对应的要素属性无关。

例如道路级路径决策与驾驶动作决策时空交集为空。

c) 交集不为空，且补集（差集）不为空的时空分区之间的信息有相关性；

例如道路级路径决策与车道级路径决策时空交集与补集均不为空，车道级路径决策与驾驶动作决策时空交集与补集均不为空。

d) 补集（差集）为空的时空分区重叠。

例如两个车道级路径决策可以重叠，变道超车（组合决策）可以包含变道和超车两个车道级决策。跟车决策可以依据控制时间点拆分成多个分段的个车决策。这些决策的执行时空可以部分重叠，也可以完全重叠。补集为空时，两个时空分区则是完全重叠的时空。

e) 时空分区 $D_{DTS}(A)$ 与 $D_{DTS}(B)$ 的相关性比较：空间范围分离时（交集为空时）不相关

若 $R_{TS}(A) \cap R_{TS}(B) = 0$ （空）则 $D_{DTS}(A)$ 与 $D_{DTS}(B)$ 无关，即：

$$D_{DTS}(A) \cap D_{DTS}(B) = 0 \quad (B.4)$$

f) 时空分区 $D_{DTS}(A)$ 与 $D_{DTS}(B)$ 的相关性比较：空间范围 R_{TS} 重叠时

1) 若 $R_{TS}(A) \cap R_{TS}(B) = R_{TS}(B)$ 且 $R_{TS}(B) \leq E_{TS}(A)$ ，则交集为空， $D_{DTS}(A)$ 与 $D_{DTS}(B)$ 无关，即： $D_{DTS}(A) \cap D_{DTS}(B) = 0$ (B.5)

2) 若 $R_{TS}(A) \cap R_{TS}(B) = R_{TS}(B)$ 且 $C_{TS}(A) \geq R_{TS}(B) > E_{TS}(A)$ ，则为边缘相交，即 $D_{DTS}(A)$ 与 $D_{DTS}(B)$ 弱相关；

3) 若 $R_{TS}(A) \cap R_{TS}(B) = R_{TS}(B)$ 且 $R_{TS}(B) > C_{TS}(A)$ ，则 $D_{DTS}(A)$ 与 $D_{DTS}(B)$ 强相关；

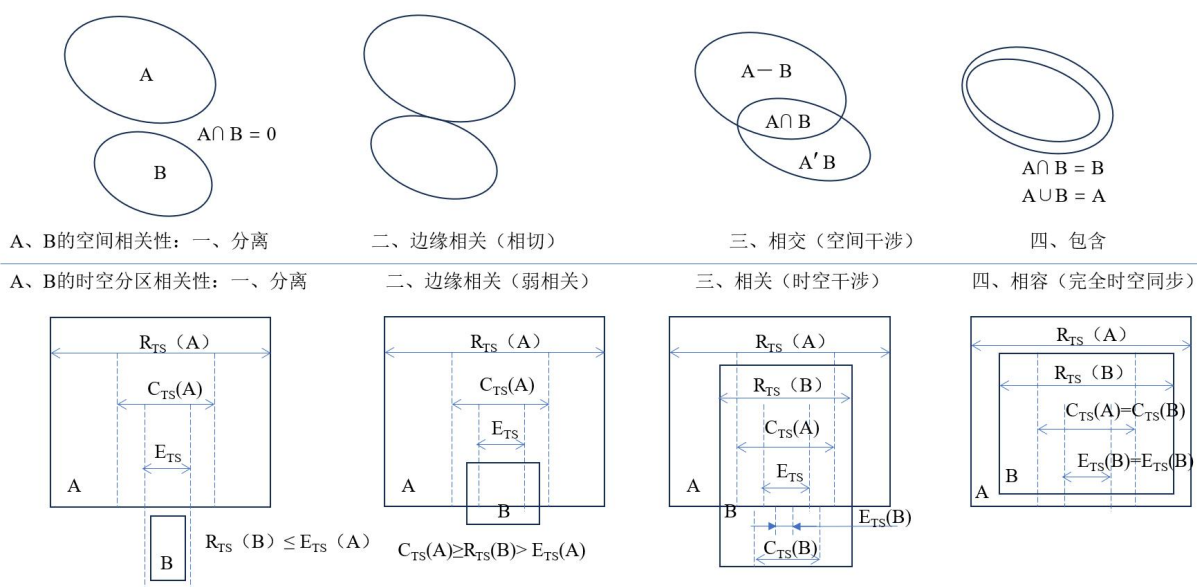


图 B.2 时空分区的相关性分析示意图

附录 C 轨迹时空与扩展叶结构模型

(资料性附录)

C.1 时空参照系

运动要素可以建模为运动的组合。整体运动过程可以表示为物体上某个参考点（“原点”）的时间路径或轨迹。确定了原点的轨迹，就可以使用线性参照系（如ISO19133 中的定义）来描述沿轨迹的位置。线性参照时间（t）和度量（m）之间的关系可以表示为坐标为（t, m）的平面中的 $t \rightarrow m$ 函数的图形。路径几何与实际“定位与时间”函数的这种分离允许沿着现有几何要素跟踪运动要素。

C.2 位置表达

- a) 路径和沿该路径的位置的这两种物体表达方式，给出了运动要素的通用位置表达。要素位置描述的另一个变量是所选参考点的旋转。使用物体参考点作为原点建立局部工程坐标系。要素的几何形状在工程坐标系中描述，要素在真实世界的方向是通过将局部坐标轴映射到全局坐标系（参考点轨迹的 CRS）来给出的。可以通过将局部坐标系的单位向量映射到全局 CRS 中向量的转换矩阵实现。
- b) 如果全局CRS和局部CRS具有相同的维度，通过全局CRS和这些映射的组合，可以实时追踪局部 CRS内的每个点。该地图将使用 LRS 从时间（t）到度量（m）再到参考点路径上的某个位置。然后使用旋转矩阵从该点的偏移量给出全局 CRS 中的直接位置。

C.3 叶结构与扩展叶结构

- a) 运动要素的“棱柱体”可以被视为（计算到所需的任何精度水平）要素几何局部工程表达的一组点轨迹。如果在4维时空坐标系中看，要素的不同时间的点是不同的点。然后棱柱体的原像（在时间坐标上轨迹增强点）是叶结构，即每个特定时间都有完整且独立的要素几何表示（称为“叶”）。这些名称是将书比喻成 3D，其中每一页或每一叶都是“叶结构”中的时间切片（time slice）。
- b) 这些构成了将本模型扩展到非刚性、可变对象的基础。4D 叶结构中的每片叶都是对象的单独表达，通过ISO19141定义的机制和创建方法来描述要素形态随时间的变化，并放在全局坐标系相对位置上。

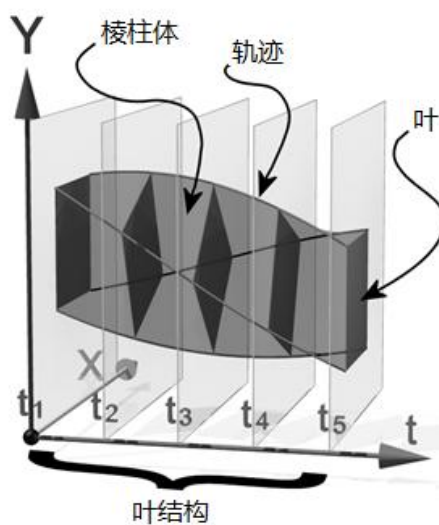


图 C.1 要素运动的叶结构

- c) 对于叶结构的扩展是将轨迹时空延伸到未来时空，但时空范围不超过ODD所定义的时空域。扩展模型用于表达未来时间轴上对时空轨迹的预测。例如当前时间点为 t_5 时预测轨迹在 t_6 。当时间到达 t_6 时，真实的轨迹和预测的轨迹之间的差异，可以作为控制决策的依据，例如5.2.4中的驾驶控制决策。

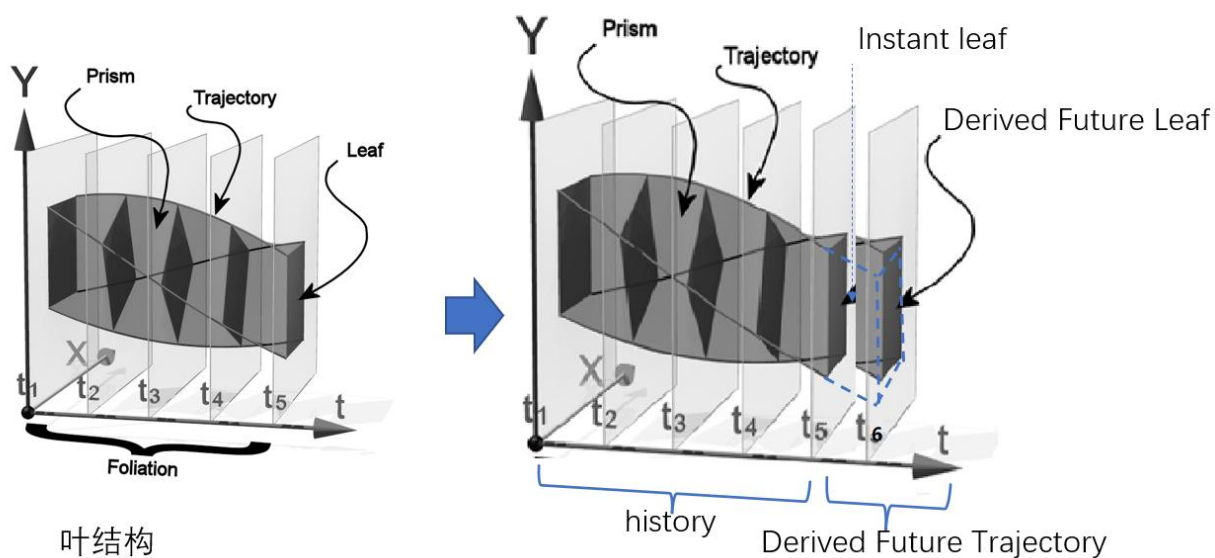


图 C.2 表达预测时空轨迹的叶结构扩展模型

附录 D 时空坐标系

（资料性附录）

D.1 空间静态坐标系

D.1.1 简述

静态坐标系是以地球上特定位置作为原点的坐标系。静态坐标系包括地球坐标系（地固坐标系）、地方坐标系等。常用的静态坐标系包括地球坐标系（地固坐标系）、地方坐标系等。目前市场上可提供的导航与高精度地图产品均使用WGS84坐标系或该坐标系的加密数据。所有时空同步处理技术均应遵守国家标准GB20263要求，支持WGS84坐标系或该坐标系的加密数据的坐标转换。

D.1.2 地球坐标系

地固坐标系也称地球坐标系，是固定在地球上与地球一起旋转的坐标系。地固坐标系分为地心坐标系（原点与地球质心重合）和参心坐标系（原点与参考椭球中心重合），前者以总地球椭球为基准，后者以参考椭球为基准。

WGS84:World Geodetic System 1984，是为GPS全球定位系统使用而建立的坐标系统。于2002年1月20日启用至今的WGS84（G1150），是该坐标系的最新版本。

WGS-84坐标系的几何意义是：坐标系的原点位于地球质心，z轴指向（国际时间局）BIH1984.0定义的协议地球极（CTP）方向，x轴指向BIH1984.0的零度子午面和CTP赤道的交点，y轴通过右手规则确定。

D.1.3 地方坐标系与平面直角坐标系

地方坐标系（Local Coordinate System）是在地球表面上某个点处定义的坐标系，其坐标轴一般是平面直角坐标系，由局部大地基准确定。

高斯-克吕格坐标系（Gauss-Krüger Coordinate System），也叫高斯投影坐标系，是常见的地方坐标系之一。在高斯-克吕格坐标系中，地球被分成若干个带状区域，每个区域内可以通过一个平面直角坐标系来表示坐标。

平面直角坐标系（Planar Coordinate Systems）是一种基于平面直角坐标系的坐标系统，通常用于相对较小的地理区域，例如城市、州、国家等范围内。在平面直角坐标系中，地球表面被划分为网格，每个位置都有唯一的坐标值。

UTM坐标系（Universal Transverse Mercator）是平面直角坐标系中最常用的坐标系统之一。UTM坐标系把地球表面划分成60个纵向带和6个横向带，每个带对应一个投影系统。其中纵向带覆盖从经度0

度到经度360度，横向带则依据赤道线和两极线的位置进行划分。每个带内的坐标系统采用横向墨卡托投影或是纵向墨卡托投影，将地球表面投影到平面上，并使用假东、假北坐标表示位置。

D.2 空间动态坐标系

D.2.1 简述

动态坐标系是坐标原点和/或坐标轴空间位置持续变化的坐标系，如以运动中的车辆上的特定位置作为远点的坐标系。动态坐标系是静止物体坐标值发生连续变化的坐标系。在速度降为零时，动态坐标系变为静态坐标系。例如车载传感器坐标系。以传感器感知数据的参照点作为原点，以传感器感知数据相对位置关系作为坐标轴方向和坐标值的动态坐标系。应按照以下要求使用动态空间坐标系：

- a) 应预先标定车载传感器坐标系到汽车坐标系的坐标转换参数，包括雷达坐标系和像素坐标系到汽车坐标系的坐标转换参数。
- b) 应定义标定或检测上述参数时间间隔，以保证系统的可靠性。

D.2.2 雷达坐标系

雷达坐标系也被称为极坐标系，它是以雷达位置为原点，以雷达的行和列为坐标轴建立的直角坐标系。在这个坐标系中，距离雷达越远的目标，其坐标值就越大。

D.2.3 体素坐标系

体素坐标系是一种三维坐标系，常用于描述三维数据结构，如点云数据、体素数据等。体素坐标系以体素中心为原点，以体素的x、y、z轴为坐标轴建立直角坐标系。每个体素的位置都可以用其在三个坐标轴上的投影来表示。

上述两种坐标系都是为了更好地描述和组织雷达数据而建立的。雷达坐标系更适合描述二维平面数据，而体素坐标系更适合描述三维空间数据。根据具体应用场景和数据类型，可以选择合适的坐标系来描述雷达数。

D.2.4 像素坐标系

在相机成像平面上的图像的左上角是原点 $O(0, 0)$ ，x轴向右延伸，y轴向下延伸。在像素坐标系中，一个点的坐标由其在水平方向上的坐标（x值）和在垂直方向上的坐标（y值）组成。例如，坐标点 $P(3, 4)$ 表示该点在x轴方向上偏离原点3个像素，而在y轴方向上偏离原点4个像素。

D.2.5 车身坐标系（汽车坐标系）

以簧上质心为原点的右手直角坐标系。该坐标系随同簧上质量一起运动和旋转。在静止状态下，x轴在水平平面内，指向前方，y轴在水平平面内，指向左方，z轴指向上方。细节可参照国家标准GB/T19234

《乘用车尺寸代码》或美国机动车工程师学会(SAE)汽车行业标准SAEJ182《机动车辆基准标志和三维参考系》

D.3 时间坐标系及其他

D.3.1 时间坐标系

采用协调世界时UTC即ISO 8601-1988的《数据元和交换格式信息交换日期和时间表示法》(GB/T 7408-1994),或格林尼治 平太阳时间UT1。时间坐标是以时间为参照系,用时间来确定物质在时间轴上的对应位置。用户使用自定义时间起点的时间坐标参照系时,应提供该参照系与UTC或UT1的映射参数。

D.3.2 用户自定义动态坐标参照系

用户使用自定义动态坐标参照系时,应提供该参照系与汽车坐标系或地球坐标系WGS-84的坐标转换参数矩阵。

参 考 文 献

- [1] GB/T20839 智能运输系统 通用术语
- [2] GB/T17694 地理信息 术语
- [3] GB/T 4780-2000 汽车车身术语
- [4] GB/T 26989-2011 汽车回收利用 术语
- [5] GB/T5624-2005 汽车维修术语
- [6] ISO19104 Geographic information -- Terminology
- [7] ISO 1176 Road vehicles — Masses — Vocabulary and codes
- [8] ISO 2575 Road Vehicles — Symbols for controls indicators and tell-tales
- [9] 智能运输系统 自适应巡航控制系统 性能要求与检测方法
- [10] 智能运输系统 换道决策辅助系统 性能要求与检测方法
- [11] 智能驾驶分级 Classification of Intelligent Driving
- [12] 智能交通系统 低速跟车系统 性能要求和测试规程 ISO22178 Intelligent transport systems — Low speed following (LSF) systems — Performance requirements and test procedures
- [13] 智能交通系统 车道保持辅助系统 性能要求和测试规程 ISO11270 Intelligent transport systems – Lane keeping assistance systems (LKAS) -Performance requirements and test procedures
- [14] LB/T 0002-2015 泊车辅助系统 性能要求和测试规程 Assisted Parking System (APS) - Performance requirements and test procedures
- [15] LB/T 0002-2014 智能运输系统 全速自适应巡航控制系统 性能要求和测试规程 Intelligent Transportation Systems — Full speed range adaptive cruise control systems — Performance requirements and test procedures
- [16] LB/T 0003-2014 智能运输系统 车辆前向碰撞减缓系统 操作性能和检验要求 Intelligent Transport System—Forward Vehicle Collision Mitigation Systems—Operation, Performance and Verification Requirements
- [17] T/ITS 0044-2016 交通运输信息及控制系统 交通障碍预警系统 系统要求 Transport information and control systems – Traffic Impediment Warning- Systems (TIWS) – System requirements
- [18] T/ITS 0050—2016 智能运输系统 扩展型倒车辅助系统 性能要求与检测方法 Intelligent transportation systems Extended-range backing- aid systems Performance requirements and test procedures

[19] 运营车辆弯道速度预警系统 (CSWS)

[20] 营运车辆自动紧急制动系统性能要求和测试规程 Performance requirements and test procedures for advanced emergency braking system for operating vehicles (AEBS)

[21]ISO 15008 Road vehicles — Ergonomic aspects of transport information and control systems — Specifications and compliance procedures for in-vehicle visual presentation

[22]ISO 15006 Road vehicles — Ergonomic aspects of transport information and control systems — Specifications and compliance procedures for in-vehicle auditory presentation

[23]ISO 3833 Road Vehicles — Types — Terms and definitions

[24]ISO 4513 Road vehicles — Visibility — Method for establishment of eyellipses for driver's eye location

[25] ISO 15037 Road Vehicles –Vehicle Dynamics Test Methods

中国智能交通产业联盟
标准
智能驾驶时空一致性要求
T/ITS 0126-2023

北京市海淀区西土城路 8 号（100088）
中国智能交通产业联盟印刷
网址：<http://www.c-its.org.cn>

2023 年 12 月第一版 2023 年 12 月第一次印刷