ICS 03.220.20
CCS R 85

团 体 标 准

T/ITS 0136.1—2021

智能驾驶中的时空一致性要求

Temporal-spatial consistency requirements for autonomous driving system

（征求意见稿）

本稿完成日期：2021 年 11 月 01 日

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

中国智能交通产业联盟

2021－11－01 发布　　2021－12－01 实施

中国智能交通产业联盟　发 布

目　　次

目次.....1
前言.....I
引言.....II
1 范围.....1
2 规范性引用文件.....1
3 术语和定义.....1
4 缩略语.....6
5 时空数据表达.....7
6 多级时空分区与时空运算.....9
7 时空同步要求.....10
8 时空数据有效性.....11
附　录　A 一致性校验.....**错误！未定义书签。**
参 考 文 献.....14

中国智能交通产业联盟

前　言

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。

本文件起草单位：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，大唐电信，清华大学，高德软件、上海波若智能科技有限公司。

本文件主要起草人：张林，焦伟赟，郭晓英、张文斗、石璐、曹力，王建强，胡金玲、赵琳、何宁。

中国智能交通产业联盟

引　言

时空误差和时空有效性在所有的实时信息处理系统中都是非常重要的技术要求。但是在以往的交通信息服务类标准中并未给出完整的规定。部分标准中对延时的影响，以及信息的有效时间给出了要求。

智能驾驶更需要对时空一致性给出统一的定义，并为高度实时性信息的可用性提供评测的依据。面对这种要求国外开展了动态地图的研究，并在国际标准化工作中开展了动态地图相关标准的研究工作。

为了保持标准的适用性与可操作性，各使用者在采标过程中，及时将对本标准规范的意见及建议函告联盟秘书处或编制单位，以便修订时研用。

中国智能交通产业联盟

智能驾驶中的时空一致性要求

1 范围

本文件定义了车辆智能驾驶系统的时空同步要求,时空数据模型以及时空数据有效性与时空数据误差的概念和评测方法。

本文件适用于智能驾驶系统的性能评测以及数据服务，包括基于单车自身传感器实现的智能驾驶，和基于车路通信 V2X 的多源感知的智能驾驶。

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 23707—2009/ISO 19107:2003 地理信息 空间模式

ISO 19141:2005 运动要素 Moving feature

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

时间 time，temporal

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。

3.2

空间 spatial

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。空间是物质存在的一种客观形式，由长度、宽度、高度 大，小（体积 形状不变）表现出来。

3.3

中国智能交通产业联盟

概念 concept

通过对特征的独特组合而形成的知识单元。

注：概念不受特定语种的限制。但受社会或文化背景的影响，常常导致不同的分类。

[来源：GB/T 15237.1—2000]

3.4

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。

[来源：ISO 860 : 2007]

3.5

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。

[来源：GB/T 15237.1—2000]

3.6

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。

[来源：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]

3.7

反应距离 reaction distance

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。

[来源：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]

3.8

时空一致性 temporal-spatial consistency

概念和/或数据在时间和空间范畴内一致或相同

3.9

碰撞时间 TTC,time to collision, collision time

发出预警的时刻到车辆与前方障碍物发生碰撞的时间间隔。

中国智能交通产业联盟

3.10

车辆制动距离 vehicle braking distance， distance of braking

车辆从当前行驶速度减速到指定速度所需要的制动距离。

注：车辆停止距离（vehicle *stopping distance*）*是车辆*从当前行驶速度减速到静止所需要的刹车（制动）距离。

3.11

要素 feature

真实世界现象的抽象。

[来源：ISO 19101]

3.12

要素关联 feature association

一种要素类型实例与相同或不同要素类型实例的关联关系

选择翻译语言，然后点击翻译按钮，即可翻译文档

[来源：ISO 19110]

注：要素关联包括要素的聚合。

3.13

要素属性 feature attribute

要素的特征参数。characteristic of a feature

[来源：ISO 19101]

3.14

要素操作 feature operation

要素类型的每个实例可以执行的操作。

[来源：ISO 19110]

3.15

叶结构 foliation

一个几何参数集，使得该集合的棱柱体中的每个点位于一条且唯一的轨迹中，且位于一片且唯一的叶中。

3.16

几何对象 geometric object

中国智能交通产业联盟

表示几何集的空间对象

[来源：ISO 19107]

3.17

几何单纯形 geometric primitive

表示空间中单个、连通、同质元素的对象。

[来源：ISO 19107]

注：几何单纯形是其几何构成的表达不可再分解的对象。它们包括点、曲线、曲面和实体。

3.18

时刻 instant

表示时间位置的0维几何单纯形。

[来源：ISO 19108]

3.19

叶 leaf

<几何单参数集>< one parameter set of geometries>

参数的特定值处的几何图形。

3.20

道路网络 network

由一组称为连接点（junction）的0维对象和一组称为有向路段（link）的1维对象组成抽象结构，有向路段连接到每个连接点。每个有向路段都与起始连接点（原始点或起点）和终点连接点（目的地或终点）相关联。

[来源：ISO 19133]

注：道路网络本质上是导航问题的讨论领域。道路网络由各种一维拓扑复形构成。在这种情况下，连接点和拓扑节点是同义词，有向路段和有向边也是同义词。

3.21

几何单参数集 one parameter set of geometries

间隔t∈[a，b]的函数f（t）是一个几何体，对于每个点P∈f（a）有一组单参数点（称为P的轨迹）P（t）：[a，b]→P（t）使得P（t）∈f（t）

中国智能交通产业联盟

示例：具有构造参数t的曲线C是点C（t）的单参数集。

3.22

时段 period

表达持续时间的一维几何单纯形。

[来源：ISO 19108]

注：时段是以两个不同时间位置为上下界的时间。

3.23

点 point

表达一个位置的0维几何单纯形。

[来源：ISO 19107]

注：点的边界是空集。

3.24

棱柱体 prism

<几何单参数集><one parameter set of geometries>

几何单参数集的几何并集（或轨迹并集）中的点集

注：这是几何棱柱概念的泛化，几何棱柱是三维空间中两个全等多边形的凸包。这种多面体可以看作是全等多边形的叶结构（foliation）。

3.25

时间坐标系 temporal coordinate system

基于时间间隔标度的时间参照系，测量时间距离是在时间间隔标度上的单位时间的倍数。

[来源：ISO 19108]

3.26

时间位置 temporal position

与时间参照系相关的位置。

[来源：ISO 19108]

3.27

时间参照系 temporal reference system

中国智能交通产业联盟

测量时间的基准系统。

[来源：ISO 19108]

3.28

轨迹 trajectory

由单参数点集描述的移动点的路径。

3.29

动态地图 dynamic map

从运动中的物体视角表达的地图。

示例：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。

3.30

时空坐标系 dynamic map

表达时空关系的坐标系。

3.31

时空域 temporal-spatial domain

用时空关系表达的要素、要素属性或事件的相关数据模型与概念模型。

3.32

时空区域 temporal-spatial region

定义了时空边界的时空范围。

3.33

时空分区 temporal-spatial division

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。

4 缩略语

ADS	自动驾驶系统（Autonomous driving system）
API	应用程序接口 （Application program interface）
GNSS	卫星定位系统 （Global Navigation Satellite System）
CRS	坐标参照系 （Coordinate reference system）
LRS	线性参照系 （Linear reference system）
RTK	差分定位 (Real-time kinematic)
TCS	时间坐标系 （Temporal coordinate system）

中国智能交通产业联盟

TTC　　碰撞时间 （Time to collision）

5 时空数据表达

5.1 智能驾驶系统

5.1.1 系统功能组件

5.1.1.1 感知功能

a) 环境感知能力：对车辆周边一定空间范围内的道路、移动和静止的车辆和物体的相对位置的获取能力。

b) 车况感知能力：对车身动力性能检测感知能力。如加减速、转向、重量、重心等。

5.1.1.2 决策功能

a) 数据融合：本车传感器数据融合、多车传感器数据融合。

b) 工况比对：判别目前车辆所处工况场景。

c) 驾驶决策：根据数据融合工况判断结果做出不同级别的驾驶决策。

——动作级决策：做出连续的（一组）加减速和转向力度的决策。

——车道级决策：做出系列的（按时间序列进行）车道保持或变更的决策。

——路径级决策：在路口（出入口）前做出路径选择，或全路径规划。

——目的地决策：出行前和行驶过程中选择或修改目的地。

5.1.1.3 执行功能

a) 加速功能：按一定时间间隔调整加速度的加速过程；

b) 制动功能：按一定时间间隔调整减速度的减速过程；

c) 转向功能：按一定时间间隔调整转向角度的转向过程；

d) 组合功能：按一定时间间隔调整加减速速度和转向的控制过程；

5.1.2 感知时空

a) **感知距离：传感器理论探测距离和实际探测距离。**

b) **感知时间：传感器标记的时间戳所对应的时刻（可换算到统一的 TRS 表达）。**

c) **感知周期：传感器全量感知的时间间隔、或传感器融合感知的时间间隔。**

相关参数：

——行驶速度：车辆基于地球坐标系的感知速度。

——测量误差：经过检测标定的设备误差。

5.1.3 决策时空

a) 数据融合时间：从传感器探测起始时间到完成数据融合的时间间隔。

b) 决策周期：相邻两次决策执行开始时间之间的时间间隔

c) 预警距离：静止制动距离加安全距离。

5.1.4 执行时空

a) 执行周期：执行动作级决策的最小时间间隔。

b) 反应时间：从发现障碍物到做出响应决策的时间间隔。

c) 反应距离：反应时间对应的行驶距离。

d) 制动距离：执行减速决策到减速到目标速度的空间距离。

5.1.5 轨迹时空

5.1.5.1 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，例如其重心。确定了原点的轨迹，就可以使用线性参照系（如 19133 中定义的）来描述

国智能交通产业联盟

沿轨迹的位置。如果没有其他可用曲线，则曲线的“按长度参数化”（如 19107 中所定义）可用作简单的线性参照。

线性参照时间（t）和值（m）之间的关系可以表示为坐标为（t，m）的平面中的 t → 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。

5.1.5.2 位置表达

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。

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。

5.1.5.3 叶结构

这意味着运动要素的“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”中的段时间切片（*time slice*）。

这可能构成将此标准扩展到非刚性、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。

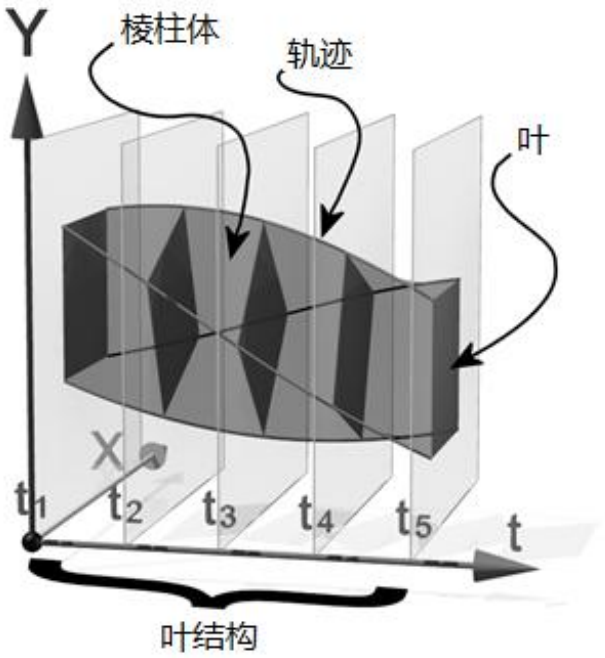

图 1 、要素运动的叶结构

5.2 时空坐标系

5.2.1 动态坐标系

坐标原点和/或坐标轴与地面静止目标之间相对空间位置持续变化的坐标系。即静止物体坐标值发生连续变化的坐标系。

5.2.2 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。

5.2.3 图像坐标系

以图像左上角为原点建立以像素为单位的直接坐标系 u-v。像素的横坐标 u 与纵坐标 v 分别是在其图像数组中所在的列数与所在行数。（在 OpenCV 中 u 对应 x，v 对应 y）

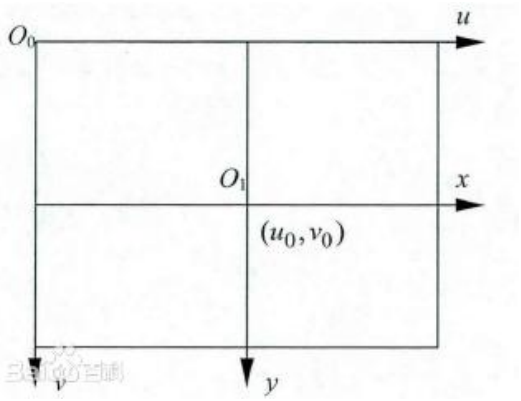

图 2 图像坐标系

5.2.4 车身坐标系

车辆坐标系是用来描述汽车运动的特殊动坐标系；当车辆在水平路面上处于静止状态，X 轴平行于地面指向车辆前方，Z 轴通过汽车质心指向上方，Y 轴指向驾驶员的左侧。原点通常位于车轴中点或质心（当质心在中心线上时）。

5.2.5 地球坐标系

通常采用 2001 年对 WGS84 进行精化的 WGS84 (G1150)。精化后的坐标精度优于 1cm。

5.2.6 线性参照系

线性参照系是通过沿路径到该路起点的距离进行定位（例如里程桩）。线性参照系仅用一个参数实现定位，根据线性结构来定位属性和事件。

6 多级时空分区与时空运算

6.1 时空分区 temporal-spatial division

6.1.1 时空周期与时空频率

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。

6.1.2 单级时空分区

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多个时空范围。

多个时空分区的时空频率相同，称为单级时空分区。

6.1.3 多级时空分区

中国智能交通

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。这些时空分区根据相互关系划分不同等级。

6.2 一级时空分区

一级时空分区是动作级决策的时空分区，是车载传感器感知时空的子集，一级预警距离覆盖的动态空间范围。

动作级决策应与车道级决策一致，是车道级决策具体化的可执行操作。

6.3 二级时空分区

二级时空分区是车道级决策的时空分区，可以融合车路、车车通信获得的第三方传感器数据，基于超视距感知的信息，做出车道级和动作级决策。

车道级决策应与路径级决策一致，是路径级决策具体化的可执行操作。

6.4 三级时空分区

三级时空分区是车道和路径级决策混合的时空分区，可以融合路况信息，做出车道、路口和路径选择。

6.5 时空运算与时空关系

a) 时空分区的空间运算包括并集、交集、差集（补集）

b) 时空分区的空间关系包括相交、相切（邻接）、相离。

——相交：交集不为空，且维度相同；
——相切：交集不为空，且维度降级；
——相离：交集为空。

7 时空同步要求

7.1 时间同步

7.1.1 时间同步基准

定义系统内部网络节点为时间同步基准节点。基准节点对接卫星授时（或其他授时站点）系统获得UTC时间。然后向系统内其他节点下发UTC(秒)+PPS(每秒脉冲数)。

7.1.2 时间同步周期

时间同步基准节点向系统内其他节点下发UTC(秒)+PPS(每秒脉冲数)的时间间隔。

7.1.3 时间同步误差

系统内其他节点使用UTC(秒)+PPS(每秒脉冲数)与时间同步基准节点的时间差视为时间同步误差。

例如，PPS使用石英钟脉冲时间，以及每秒与授时系统同步的UTC(秒)时间，那么时间同步误差为3.3微秒。

7.2 空间同步

7.2.1 空间同步计算

中国智能交通产业联盟

数据融合计算时，将所有位置点从数据采集时点的空间位置P_0，推算到时间同步点的空间位置P_t。

$$P_t(x,y) = P_0(x,y) + \int_0^t v\mathrm{d}t + \int_0^t at dt \quad (1)$$

7.2.2 同步后的空间误差

同步后的空间误差，是采集点误差E_0和推算到时间同步点的空间位置P_t时的计算误差的累加。

$$E_C = E_0 + t\Delta v + at\Delta t + \frac{1}{2}t^2\Delta a \quad (2)$$

7.3 时空频率

7.3.1 环境感知周期

传感器完成一次探测的时间。

7.3.2 融合与决策周期

智能驾驶系统完成一次判断或驾驶决策的时间。

一般情况下，决策周期是相邻的两个时间同步点的时间间隔。

7.3.3 决策执行周期

智能驾驶系统完成一次判断或驾驶决策，并执行完成的时间。

动作级决策的执行周期按开始执行时间计算。

7.3.4 传输延时

智能驾驶系统收到来自本车传感器或邻车传感器、路侧传感器的信息传输的时间间隔。

传输延时是从开始传输到收到信息的时间间隔。

7.3.5 系统延时

系统做出决策指令到系统执行决策指令之间的时间间隔。

例如，系统发出制动指令，到系统执行制动指令的时间间隔。

7.3.6 数据融合

数据融合计算时，将数据采集时点，推算到特定的同步时点，然后进行数据融合计算。这个时点就是数据融合计算的时间同步点。

时间同步点不是开始计算的当前时间。而是将系统延时计算在内的时间点。系统在时间同步点之前完成决策，在时间同步点之后开始执行。

对于C-ITS应用，在一个或几个决策周期内，至少完成一次全数据源的数据融合，和基于全数据源的数据融合所做出的决策。这个时间成为全决策周期。全决策周期是决策周期的整数倍。

在一个决策执行周期内，按周期结束的时点作为数据融合计算的时间同步点。

8 时空数据有效性

8.1 时空误差

时空误差包含时间误差和空间误差。时间误差由时间同步误差或时空频率差产生。空间误差由设备标定误差和融合计算误差累计产生。

8.2 时空有效性

在相交或相邻的时空分区的信息满足有效性要求。

中国智能交通产业联盟

即时空分区的交集不为空时数据全部或部分有效。

时空分区的交集为空时数据无效。

8.3 数据现势性

在相同时空分区的数据即满足现实性要求。

8.4 系统可靠性

根据时空误差分布的统计结果定义的概率事件。

中国智能交通产业联盟

附 录 A

（规范性）

一致性校验

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。

中国智能交通产业联盟

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 Waning- 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

中国智能交通产业联盟

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

LB/T XXXX-XXXX

中国智能交通产业联盟

中国智能交通产业联盟
标准

智能驾驶中的时空一致性要求

LB/T XXXX-20XX

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

20XX 年 XX 月第一版　20XX 年 XX 月第一次印刷