

ICS 03.220.20

CCS R 85

团体标准

T/CITSA XX-202X

智慧高速车路协同运行效果评价指标 技术指南

Technical Guidelines for Evaluating Operation Effect of Vehicle-Road
Cooperation on Intelligent Highway

(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 体系架构 1

4.1 架构 1

4.2 高速公路车路协同管控评价指标体系表 2

4.3 描述 4

5 安全保障水平 5

5.1 加速度均值 5

5.2 速度标准差 5

5.3 最大车速 5

5.4 距离碰撞时间 6

5.5 换道频率 6

5.6 制动距离 6

5.7 车辆设备装载率 7

5.8 数据更新频率 7

5.9 交通事故率 7

6 通行效率水平 8

6.1 平均车速 8

6.2 速度跟随比 8

6.3 道路通行能力 8

6.4 行程时间比 9

6.5 平均流量 9

6.6 延误时间比 9

6.7 入口匝道排队长度 9

6.8 负荷度 10

6.9 交通密度 10

6.10 拥堵指数 10

7 服务质量水平 11

7.1 急加速急减速次数 11

7.2 加速度标准差 11

7.3 通信距离 12

7.4 通信时延 12

7.5 定位误差 12

7.6 通信丢包率 13

7.7 渗透率 13

7.8 数据传输延误 13

7.9	卫星时钟误差	13
7.10	卫星星历误差	13
7.11	多径效应	14
7.12	电离层传播延迟	14
7.13	交通运行状态信息准确率	14
7.14	公路突发事件信息准确率	14
7.15	施工养护信息准确率	15
7.16	出行规划信息准确率	15
7.17	超视距预警信息丰富度	15
7.18	行车安全预警信息丰富度	15
7.19	车道级诱导信息丰富度	16
7.20	车辆编组信息丰富度	16
7.21	服务区停车诱导信息丰富度	16
7.22	自由流收费信息丰富度	16
7.23	出行服务满意度	16
8	绿色环保水平	16
8.1	尾气排放	16
8.2	颗粒物排放	17
9	经济水平	17
9.1	燃料消耗	17
9.2	能量消耗	17
9.3	运输质量	18
9.4	运行成本	18

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。

本文件由山东高速集团有限公司提出。

本文件由中国智能交通协会归口。

本文件起草单位：山东高速集团有限公司、东南大学、山东高速建设管理集团有限公司、山东大学、北京理工大学、山东高速信息集团有限公司。

本文件主要起草人：王术剑、芮一康、刘群、葛雷雨、李利娜、梁坤、邹宗民、徐庆超、吴建清、陈雪梅、周昆、王冠、吴任飞、房宏基、陈西广、伊笑莹、赵妍、荆林立、田迎军、刘红、刘元昊、沈喆、刘浩宇、金雄威、陈鲁川、刘志远、王琪。

智慧高速车路协同运行效果评价指标 技术指南

1 范围

本文件规定了智慧高速车路协同管控评价涉及的术语和定义、评价体系的构成、评价指标及指标要素。旨在为智慧高速公路车路协同管控的评价工作提供标准化的指导和参考。

本文件适用于指导智慧高速公路建设与运营的管理者、工程师、规划师等在高速公路车路协同建设的智能化升级中，评估和优化车路协同系统的运行效果和性能，为进一步提高系统的安全性、效率和服务质量提供依据，促进智慧高速车路协同建设的可持续发展。

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 3095-2012 环境空气质量标准
GB/T 4754—2017国民经济行业分类
GB18352.6—2016轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）
GB/T 19233-2020轻型汽车燃料消耗量试验方法
GB19578-2021乘用车燃料消耗量限值
GB 23826-2009高速公路LED可变限速标志
GB/T 30679-2014高速公路交通数据报表格式
GB/T 31445-2015雾天高速公路交通安全控制条件
GB/T 33171-2016城市交通运行状况评价规范
GB/T 34428.1-2017高速公路监控设施通信规程第1部分：通用规程
GB/T 34428.3-2017高速公路监控设施通信规程第3部分：LED可变信息标志
GB/T 41797-2022驾驶员注意力检测系统性能要求及试验方法
JTG B01-2014公路工程技术标准
T/CITSA 09-2021车路协同系统应用层数据标准
T/CITSA 10-2021城市交通时空大数据格式标准
T/CITSA 11-2021道路交通可变信息标志技术规范
T/CITSA 13-2021交通事件检测 微波交通事件检测器技术规范
T/CITSA 15-2021智能交通摄像机安全技术要求

3 术语和定义

GB/T 4754—2017、GB18352.6—2016、GB/T 19233-2020、GB19578-2021、GB 23826-2009、GB/T 30679-2014、GB/T 34428.1-2017、GB/T 31445-2015、GB/T 33171-2016、GB/T 34428.3-2017、GB/T 41797-2022、JTG B01-2014、T/CITSA 09-2021、T/CITSA 10-2021、T/CITSA 11-2021、T/CITSA 13-2021界定的术语和定义适用于本文件。

4 体系架构

4.1 架构

由准则层、次准则层、指标层构成。

4.1.1 准则层

反应城市高速公路车路协同管控水平，由高速公路车路协同的安全保障水平、通行效率水平、服务质量水平和绿色环保水平构成。

4.1.2 次准则层

反映准则层下某一方面发展水平，安全保障水平包括车速、控制、设备、人员；通行效率水平包括车辆、路段、路网；服务质量水平包括舒适度、及时度、准确度、丰富度、满意度；绿色环保水平包括能源消耗、排放。

4.1.3 指标层

反映次准则层某一方面发展水平的若干个评价指标，评价指标是评价指标体系的最小单位。

4.2 高速公路车路协同管控评价指标体系表

准则层	次准则层	序号	指标层	指标代码
安全保障水平	车速	1	加速度均值	A_1^c
		2	速度标准差	A_2^c
		3	最大车速	A_3^c
	控制	4	距离碰撞时间	A_1^k
		5	换道频率	A_2^k
		6	制动距离	A_3^k
	设备	7	车辆设备装载率	A_1^z
		8	数据更新频率	A_2^z
	人员	9	交通事故率	A_1^r
通行效率水平	车辆	10	平均车速	T_1^c
		11	速度跟随比	T_2^c
	路段	12	道路通行能力	T_1^l
		13	行程时间比	T_2^l

上表（续）

准则层	次准则层	序号	指标层	指标代码
		14	平均流量	T_3^l
		15	延误时间比	T_4^l
		16	入口匝道排队长度	T_5^l
		17	负荷度	T_6^l
		18	交通密度	T_7^l
	路网	19	拥堵指数	T_1^N
服务质量水平	舒适度	20	急加速急减速次数	F_1^s
		21	加速度标准差	F_2^s
	及时度	22	通信距离	F_1^J
		23	通信时延	F_2^J
		24	定位误差	F_3^J
		25	通信丢包率	F_4^J
	准确度	26	渗透率	F_6^Z
		27	数据传输延迟	F_7^Z
		28	卫星时钟误差	F_1^Z
		29	卫星星历误差	F_2^Z
		30	多径效应	F_3^Z
		31	电离层传播延迟	F_4^Z

上表（续）

准则层	次准则层	序号	指标层	指标代码
		32	交通运输状态信息准确率	F_8^Z
		33	公路突发事件信息准确率	F_9^Z
		34	施工养护信息准确率	F_{10}^Z
		35	出行规划信息准确率	F_{11}^Z
	丰富度	36	超视距预警信息丰富度	F_1^f
		37	行车安全预警信息丰富度	F_2^f
		38	车道级诱导信息丰富度	F_3^f
		39	车辆编组信息丰富度	F_4^f
		40	服务区停车诱导信息丰富度	F_5^f
		41	自由流收费信息丰富度	F_6^f
	满意度	42	出行服务满意度	F_1^m
绿色环保水平	排放	43	尾气排放	L_1^H
		44	颗粒物排放	L_2^H
经济水平	资源消耗	45	燃料消耗	J_1^Z
		46	能量消耗	J_2^Z
	运输消耗	47	运输质量	J_1^Y
		48	运行成本	J_2^Y

4.3 描述

评价指标从指标定义、评价目的和计算公式方面描述。

5 安全保障水平

5.1 加速度均值

5.1.1 指标定义

一段时间内路段上所有车辆（或一段位移内）的速度变化量与时间比值的平均值。

5.1.2 计算公式

$$A_1^c = a(\text{bar}) = \frac{\sum_{i=0}^n \Delta v_i}{n \cdot \Delta t} \dots\dots\dots (1)$$

式中：a(bar)——加速度均值，单位为米每二次方秒，m/s²；

Δv_i ——第*i*辆车末速度减去初速度的差值，单位为米每秒，m/s；

n——车辆数量；

Δt ——行驶时间，单位为秒，s。

5.1.3 基础数据采集要求

- 速度差值通过车路协同系统采集。
- 行驶时间通过车路协同系统采集。

5.2 速度标准差

5.2.1 指标定义

速度平均数方差的开平方。

5.2.2 计算公式

$$A_2^c = S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2)$$

式中：S——速度标准差；

V_i ——某时刻第*i*辆车的速度，单位为米每秒，m/s；

$\bar{V}$ ——某时刻所有车辆速度的平均值，单位为米每秒，m/s；

n——车辆数量。

5.2.3 基础数据采集要求

- 某时刻第*i*辆车的速度通过车路协同系统采集。
- 车辆数量通过车路协同系统采集。

5.3 最大车速

5.3.1 指标定义

某时刻所有车辆在行驶过程中速度的最大值。

5.3.2 计算公式

$$A_3^c = V_{\text{MAX}} = \text{MAX}[V_1, V_2, \dots, V_i, \dots, V_n] \dots\dots\dots (3)$$

式中：V_{MAX}——最大车速，单位为米每秒，m/s；

V_i ——某时刻第*i*辆车的速度，单位为米每秒，m/s。

5.3.3 数据采集要求

某时刻第*i*辆车的速度通过车路协同系统采集。

5.4 距离碰撞时间

5.4.1 指标定义

路段上前后两辆车通过车行道上某一点时间差的平均值。

5.4.2 计算公式

$$A_1^k = h_t = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} t_i}{n-1} \quad (4)$$

式中： t_i ——第*i*辆车与前车的车头时距，单位为秒，s；

n ——车辆数量。

5.4.3 基础数据采集要求

- 第*i*辆车与前车的车头时距通过车路协同系统采集。
- 车辆数量通过车路协同系统采集。

5.5 换道频率

5.5.1 指标定义

在一定时间内改变行车道的次数。

5.5.2 基础数据采集要求

- 换道次数通过车路协同系统采集。
- 统计时间通过车路协同系统采集。

5.5.3 计算公式

$$A_2^k = N = \frac{n}{t} \quad (5)$$

式中： N ——换道频率，单位为次每分钟，次/min；

n ——换道次数；

t ——统计时间，单位为分钟，min。

5.6 制动距离

5.6.1 指标定义

同一车道上，车辆行驶时遇到前方障碍物而必须采取制动停车时所需要最短行车距离。

5.6.2 计算公式

$$A_3^k = S_i = \left(v * \frac{t}{3.6} \right) + \frac{v^2}{254 * \varphi_2 + S_0} \quad (6)$$

式中： S_i ——第*i*辆车的制动距离，单位为米，m；

t ——驾驶员反应时间，单位为秒，s；

φ_2 ——路面与轮胎之间的纵向摩阻系数；

v ——第*i*辆车的行驶速度，单位为千米每小时，km/h。

5.6.3 基础数据采集要求

- 驾驶员反应时间通过 GB/T 339 《驾驶员注意力检测系统性能要求及试验方法》采集。

- b) 路面与轮胎之间的纵向摩阻系数通过 GB5763—2008《汽车用制动器衬片》采集。
- c) 第 i 辆车的行驶速度通过车路协同系统采集。

5.7 车辆设备装载率

5.7.1 指标定义

装载设备车辆的比例。

5.7.2 计算公式

$$A_1^Z = \beta = \frac{m_1}{m} \times 100\% \quad (7)$$

式中： β ——车辆装载设备率，单位为%；

m_1 ——装载设备的车辆数；

m ——车辆总数。

5.7.3 基础数据采集要求

- a) 装载设备车辆数通过车路协同系统采集。
- b) 车辆总数通过车路协同系统采集。

5.8 数据更新频率

5.8.1 指标定义

表示管控服务数据每分钟更新多少次。

5.8.2 计算公式

$$A_2^Z = f = \frac{n_0}{t_0} \quad (8)$$

式中： f ——数据更新频率，单位为次每分钟，次/min；

n_0 ——统计时间内更新次数；

t_0 ——统计时长，单位为分钟，min。

5.8.3 基础数据采集要求

- a) 更新次数通过车路协同系统采集。
- b) 统计时长通过车路协同系统采集。

5.9 交通事故率

5.9.1 指标定义

一定时间内发生交通事故的次数。

5.9.2 计算公式

$$A_1^r = \alpha = \frac{n}{y} \quad (9)$$

式中： α ——交通事故率，单位为次每年，次/年；

n ——事故发生总数，单位为次；

y ——统计时间，单位为年。

5.9.3 基础数据采集要求

- a) 事故发生总数通过车路协同系统采集。
- b) 统计时间通过车路协同系统采集。

6 通行效率水平

6.1 平均车速

6.1.1 指标定义

在单位时间内测得通过道路某断面各车辆的点车速，这些点速度的算术平均值。

6.1.2 计算公式

$$T_1^C = \bar{v} = \frac{\sum v_i}{n} \dots\dots\dots (10)$$

式中： $\bar{v}$ ——平均车速，单位为米每秒，m/s；

v_i ——通过道路某断面各车辆的点车速，单位为米每秒，m/s；

n ——速度数据的样本数量。

6.1.3 基础数据采集要求

- a) 车辆点车速和车辆数应通过车路协同系统采集
- b) 按照 GB T 33171-2016 要求采集。

6.2 速度跟随比

6.2.1 指标定义

用于分析车路协同系统对驾驶人的有效性的指标。

6.2.2 计算公式

$$T_2^C = P_{\text{limit}} = \frac{v - v_{\text{limit}}}{v_{\text{limit}}} \dots\dots\dots (11)$$

式中： P_{limit} ——速度跟随比，单位为%；

v ——当前本车速度，单位为米每秒，m/s；

v_{limit} ——所在道路限速，单位为米每秒，m/s。

6.2.3 基础数据采集要求

- a) 车速由车路协同系统采集
- b) 道路限速为道路当前限速

6.3 道路通行能力

6.3.1 指标定义

在一定的时段和正常的道路、交通、管制及运行质量要求下，道路设施所能通过标准车辆的数量。

6.3.2 计算公式

$$T_1^I = C = \frac{N}{t} \dots\dots\dots (12)$$

式中： C ——道路通行能力，单位为辆每小时，pcu/h；

N ——一定时间内道路通过的标准车辆数；

t ——统计时间，单位为秒，s。

6.3.3 基础数据采集要求

- a) 车辆数和时间通过车路协同系统采集
- b) 标准车辆数按照 GB14886-2016 和 JTG B01-2014 折算

6.4 行程时间比

6.4.1 指标定义

实际行程时间与自由流行程时间的比值。

6.4.2 计算公式

$$T_2^I = TTI_{kj} = \frac{\bar{t}_{kj}}{t_j^f} \quad (13)$$

式中： TTI_{kj} ——路段 j 在某一时间间隔 k 内的行程时间比，时间间隔应不大于 15min (0.25h)；

$\bar{t}_{kj}$ ——时间间隔 k 内车辆行驶过路段 j 所使用的平均时间， $\bar{t}_{kj} = \frac{\sum_{j=1}^n t_{kji}}{n}$ 或者 $\bar{t}_{kj} = \frac{t_j}{v_{kj}}$ ， n 为车辆数，单位为小时，h；

t_j^f ——路段 j 在自由流状态下的行程时间，单位为小时，h。

当路段行程时间小于自由流行程时间时，设定 TTI 等于 1。

6.4.3 基础数据采集要求

- 行程时间应按 GB/T 33171-2016 要求采集
- 行程时间由车路协同系统采集。

6.5 平均流量

6.5.1 指标定义

在一段时间内流量的平均值。

6.5.2 计算公式

$$T_3^I = \bar{C} = \frac{\int_0^t C_i}{t} \quad (14)$$

式中： $\bar{C}$ ——平均流量，单位为辆每小时，pcu/h；

C_i ——第 i 个统计时间间隔内的流量，单位为辆每小时，pcu/h；

t ——统计时间，单位为小时，h。

6.5.3 基础数据采集要求

车流量由车路协同系统采集。

6.6 延误时间比

6.6.1 指标定义

延误时间与实际行程时间的比值。

6.6.2 计算公式

$$T_4^I = DTP_{kj} = \frac{\bar{t}_{kj} - t_j^f}{\bar{t}_{kj}} \quad (15)$$

式中： $\bar{t}_{kj}$ ——时间间隔 k 内车辆行驶过路段 j 所使用的平均时间，单位为%；

t_j^f ——路段 j 在自由流状态下的行程时间，单位为小时，h。

6.6.3 基础数据采集要求

应按GB/T 33171-2016要求采集

6.7 入口匝道排队长度

6.7.1 指标定义

入口匝道的车辆排队队列从排队起点至队列末尾之间的长度。

6.7.2 计算公式

$$T_5^I = L = X_2 - X_1 \dots\dots\dots (16)$$

式中：L——入口匝道排队长度，单位为米，m；

X_2 ——车辆排队队列末尾坐标，单位为米，m；

X_1 ——车辆排队队列起点坐标，单位为米，m。

6.7.3 基础数据采集要求

车辆排队队列坐标由车路协同系统采集

6.8 负荷度

6.8.1 指标定义

路段实际交通流量与路段通行能力的比值。

6.8.2 计算公式

$$T_6^I = \frac{v}{c} = \frac{C}{C_B} \dots\dots\dots (17)$$

式中： v/c ——负荷度，单位为%；

C ——路段实际交通流量，单位为辆每小时，pcu/h；

C_B ——路段通行能力，单位为辆每小时，pcu/h。

6.8.3 基础数据采集要求

- a) 路段实际交通流量由车路协同系统采集
- b) 路段通行能力为道路设计通行能力。

6.9 交通密度

6.9.1 指标定义

某一瞬时内单位长度一条车道上的车辆数。

6.9.2 计算公式

$$T_7^I = K = \frac{N}{L} \dots\dots\dots (18)$$

式中： K ——车辆密度，单位为辆每千米，辆/km；

N ——单车道路段内的车辆数；

L ——路段长度，单位为千米，km。

6.9.3 基础数据采集要求

车辆数由车路协同系统获得。

6.10 拥堵指数

6.10.1 指标定义

综合反映道路网畅通或拥堵的概念性指数值。

6.10.2 计算公式

$$T_1^N = TTI = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{L_i W_i}{v_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{L_i W_i}{v_{free}}} \quad (19)$$

式中：TTI——拥堵指数；

L_i ——交通线路的长度，单位为千米，km；

n ——交通线路的总数；

W_i ——第 i 条交通线路的权重；

v_{free} ——交通线路的自由流速度，单位为米每秒，m/s；

v_i ——交通线路的实时路况速度，单位为米每秒，m/s。

6.10.3 基础数据采集要求

- 交通线路的长度、总数、自由流速度应按各地实际路网采集
- 交通线路的实时路况速度由车路协同系统采集
- 自由流速度应按 GB T 33171-2016 采集

7 服务质量水平

7.1 急加速急减速次数

7.1.1 指标定义

加速度超过某一阈值的次数。

7.1.2 计算公式

$$F_1^S = n = n_1 + n_2 \quad (20)$$

式中： n ——急加速急减速次数，单位为次每分钟，次/min；

n_1 ——急加速次数，单位为次每分钟，次/min；

n_2 ——急减速次数，单位为次每分钟，次/min。

7.1.3 基础数据采集要求

- 急加速次数通过车路协同系统采集。
- 急减速次数通过车路协同系统采集。

7.2 加速度标准差

7.2.1 指标定义

加速度平均数方差的开平方。

7.2.2 计算公式

$$F_2^S = \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2}{n-1}} \quad (21)$$

式中： σ ——加速度标准差；

a_i ——第 i 个状态下的加速度值，单位为米每二次方秒，米/s²；

$\bar{a}$ ——加速度的平均值，单位为米每二次方秒，米/s²；

n ——统计状态数。

7.2.3 基础数据采集要求

- a) 第 i 个状态下的加速度值通过车路协同系统采集。
- b) 统计状态数通过车路协同系统采集。

7.3 通信距离

7.3.1 指标定义

能够实现信息传递的最远距离。

7.3.2 计算公式

$$F_1^J = Los = 32.44 + 201 \lg d + 201 \lg f \dots\dots\dots (22)$$

式中: Los ——传播损耗, 单位为分贝, Db;

d ——通信距离, 单位为千米, km;

f ——频率, 单位为兆赫, MHz。

7.3.3 基础数据采集要求

- a) 传播损耗按照 GB/T 4754—2017 要求采集。
- b) 频率按照 GB/T 4754—2017 要求采集。

7.4 通信时延

7.4.1 指标定义

数据包在网络上传输所花费的时间。

7.4.2 计算公式

$$F_2^J = t_0 = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 \dots\dots\dots (23)$$

式中: t_0 ——通信时延, 单位为毫秒, ms;

t_1 ——发送时延, 单位为毫秒, ms;

t_2 ——传播时延, 单位为毫秒, ms;

t_3 ——排队时延, 单位为毫秒, ms;

t_4 ——处理时延, 单位为毫秒, ms。

7.4.3 基础数据采集要求

各类时延通过车路协同系统采集。

7.5 定位误差

7.5.1 指标定义

关联实际被测要素对其具有确定位置的理想要素的变动量。

7.5.2 计算公式

$$F_3^J = \Delta_{dw} = \Delta_{jb} \pm \Delta_{jw} \dots\dots\dots (24)$$

式中: Δ_{dw} ——定位误差, 单位为厘米, cm;

Δ_{jb} ——基准不重合误差, 单位为厘米, cm;

Δ_{jw} ——基准位置误差, 单位为厘米, cm。

7.5.3 数据采集要求

- a) 基准不重合误差通过车路协同系统采集。
- b) 基准位置误差通过车路协同系统采集。

7.6 通信丢包率

7.6.1 指标定义

通信过程中数据包丢失部分与所传数据包总数的比值。

7.6.2 计算公式

$$F_4^J = x\%loss = \frac{n_1}{n_2} \times 100\% \dots\dots\dots (25)$$

式中： $x\%loss$ ——通信丢包率，单位为%；

n_1 ——数据包丢失数量；

n_2 ——所传数据包总数。

7.6.3 基础数据采集要求

- a) 数据包丢失数量通过车路协同系统采集。
- b) 数据包总数通过车路协同系统采集。

7.7 渗透率

7.7.1 指标定义

路网中网联车辆与全部车辆的比值。

7.7.2 计算公式

$$F_6^Z = u = \frac{N_{\text{网联}}}{N} \dots\dots\dots (26)$$

7.8 数据传输延误

7.8.1 指标定义

结点在发送数据时使数据块从结点进入到传输媒体所需的时间。

7.8.2 计算公式

$$F_7^Z = \text{传输时延} = \frac{\text{数据长度}}{\text{信道带宽}} \dots\dots\dots (27)$$

7.9 卫星时钟误差

7.9.1 指标定义

GPS卫星时钟与GPS标准时间之间的差值。

7.9.2 计算公式

$$F_1^Z = \Delta t_s = a_{f0} + a_{f1}(t - t_{oc}) + a_{f2}(t - t_{oc})^2 + \Delta t_r \dots\dots\dots (28)$$

式中： Δt_s ——卫星时钟误差，单位为纳秒，ns；

a_{f0} 、 a_{f1} 、 a_{f2} ——系数；

t_{oc} ——时钟数据的参考时间；

Δt_r ——相对论效应校正项；

t ——计算的时刻。

7.10 卫星星历误差

7.10.1 指标定义

通过星历计算出的卫星位置与卫星实际位置的偏差。

7.10.2 计算公式

$$F_2^Z = \frac{\Delta b}{b} = \frac{\Delta s}{\rho} \dots\dots\dots (29)$$

式中： b ——基线长

Δb ——卫星星历误差所引起的基线误差

ρ ——卫星至测站的距离

Δs ——星历误差

$\Delta s/\rho$ ——卫星星历的相对误差

7.11 多径效应

7.11.1 指标定义

电磁波经不同路径传播后，各分量场到达接收端时间不同，按各自相位相互叠加而造成干扰，使得原来的信号失真，或者产生错误。

7.11.2 计算公式

$$F_3^Z = c(\tau, t) = \sum_{n=0}^{N(t)} \alpha_n(t) e^{-j\phi_n(t)} \delta(\tau - \tau_n) \dots\dots\dots (30)$$

7.12 电离层传播延迟

7.12.1 指标定义

由于太阳紫外线、 γ 射线等光线的照射导致中性分子被电离，产生正负离子，形成了电离层区域导致电磁波信号的传播速度发生的变化。

7.12.2 计算公式

$$F_4^Z = -V_{T_G} = +V_{T_P} = \frac{40.3}{f^2 c} TEC \dots\dots\dots (31)$$

7.13 交通运行状态信息准确率

7.13.1 指标定义

车路协同系统识别交通运输状态信息的准确概率。

7.13.2 计算公式

$$F_8^Z = \gamma_1 = \frac{m_1}{m_0} \times 100\% \dots\dots\dots (32)$$

式中： γ_1 ——交通运输状态信息准确率，单位为%；

m_1 ——正确识别交通运输状态信息的数量；

m_0 ——交通运输状态信息的总数量。

7.13.3 基础数据采集要求

式中各类指标通过通过车路协同系统采集。

7.14 公路突发事件信息准确率

7.14.1 指标定义

车路协同系统识别公路突发事件的准确概率。

7.14.2 计算公式

$$F_9^Z = \gamma_2 = \frac{a_1}{a_0} \times 100\% \quad (33)$$

式中： γ_2 ——公路突发事件信息准确率，单位为%；

a_1 ——正确识别公路突发事件信息的数量；

a_0 ——公路突发事件信息的总数量。

7.14.3 基础数据采集要求

式中各类指标通过通过车路协同系统采集。

7.15 施工养护信息准确率

7.15.1 指标定义

车路协同系统识别施工养护信息的准确概率。

7.15.2 计算公式

$$F_{10}^Z = \gamma_3 = \frac{w_1}{w_0} \times 100\% \quad (34)$$

式中： γ_3 ——施工养护信息准确率，单位为%；

w_1 ——正确识别施工养护信息的数量；

w_0 ——施工养护信息的总数量。

7.15.3 基础数据采集要求

式中各类指标通过通过车路协同系统采集。

7.16 出行规划信息准确率

7.16.1 指标定义

车路协同系统为车辆提供出行规划信息的准确概率。

7.16.2 计算公式

$$F_{11}^Z = \gamma_4 = \frac{p_1}{p_0} \times 100\% \quad (35)$$

式中： γ_4 ——出行规划信息准确率，单位为%；

p_1 ——正确提供出行规划信息的数量；

p_0 ——提供出行规划信息的总数量。

7.16.3 基础数据采集要求

式中各类指标通过通过车路协同系统采集。

7.17 超视距预警信息丰富度

7.17.1 指标定义

车路协同系统为实现超视距预警功能所能提供的信息丰富程度。

7.18 行车安全预警信息丰富度

7.18.1 指标定义

车路协同系统为实现信息安全预警功能所能提供的信息丰富程度。

7.19 车道级诱导信息丰富度

7.19.1 指标定义

车路协同系统为实现车道级诱导功能所能提供的信息丰富程度。

7.20 车辆编组信息丰富度

7.20.1 指标定义

车路协同系统为实现车辆编组功能所能提供的信息丰富程度。

7.21 服务区停车诱导信息丰富度

7.21.1 指标定义

车路协同系统为实现服务区停车诱导功能所能提供的信息丰富程度。

7.22 自由流收费信息丰富度

7.22.1 指标定义

车路协同系统为实现自由流收费功能所能提供的信息丰富程度。

7.23 出行服务满意度

7.23.1 指标定义

公众对车里协同系统所提供出行服务的满意程度。

7.23.2 计算公式

$$F_1^m = S = \frac{s_n}{N} \dots\dots\dots (36)$$

式中：S——出行服务满意度，单位为%；

s_n ——样本得分总和；

N ——样本个数，单位为个。

7.23.3 数据采集要求

通过第三方机构调查采集。

8 绿色环保水平

8.1 尾气排放

8.1.1 指标定义

汽车排放的废气与排放气体限值之比。

8.1.2 计算公式

$$L_1^H = E = \frac{V}{V_l} \dots\dots\dots (37)$$

式中：V——计算车辆尾气的排放，单位为毫克每公里，mg/km；

V_l ——车辆尾气的排放限值，单位为毫克每公里，mg/km。

8.1.3 基础数据采集要求

- a) 汽车污染物排放限值应由国家第六阶段机动车污染物排放标准确定
- b) 应按 GB18352.6—2016 附件 CE 中的规定计算排放量。

8.2 颗粒物排放

8.2.1 指标定义

汽车尾气排出的卤化铅凝聚而形成的颗粒物。

8.2.2 计算公式

$$L_2^H = \bar{C}_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \bar{C}_j \quad (38)$$

式中： $\bar{C}_i$ ——颗粒物排放平均值，单位为毫克每公里，mg/km；

$\bar{C}_j$ ——j 监测点的颗粒物排放平均值，单位为毫克每公里，mg/km；

m——监测点数量

8.2.3 基础数据采集要求

- 颗粒物排放由监测数据采集
- 监测点应按照《环境空气质量监测规范（试行）》布设
- 颗粒物限值按 GB18352.6—2016 选取

9 经济水平

9.1 燃料消耗

9.1.1 指标定义

车辆在道路上按一定速度行驶一百公里的燃料消耗与燃料消耗量限值比。

9.1.2 计算公式

$$J_1^Z = FD = \frac{FC}{FC_L} \quad (39)$$

式中：FD——燃料消耗与燃料消耗量限值比，单位为%；

FC——油耗，单位为升每一百公里，L/100km；

FC_L ——燃料消耗量限值，单位为升每一百公里，L/100km。

9.1.3 基础数据采集要求

- FCL 应按照 GB 19578—2021 乘用车燃料消耗量限值确定。
- FC 应按照 GB/T 19233—2020 轻型汽车燃料消耗量试验方法计算

9.2 能量消耗

9.2.1 指标定义

电动汽车经过规定的试验循环后对动力蓄电池重新充电至试验前的容量，从电网上得到的电能除以行驶里程所得的值。

9.2.2 计算公式

$$J_2^Z = C = \frac{E_{\text{电网}}}{D} \quad (40)$$

式中：C——能量消耗，单位为瓦时每千米，Wh/km；

$E_{\text{电网}}$ ——充电期间来自电网的能量，单位为瓦时，Wh；

D——续驶里程，单位为千米，km。

9.2.3 基础数据采集要求

- a) 行驶里程由车路协同系统采集。
- b) 充电测量和续驶里程测量应按 GB/T 18386—2017 测量。

9.3 运输质量

9.3.1 指标定义

在实现人和物位移的过程中形成的使用价值及其对消费者需要的满足程度。

9.4 运行成本

9.4.1 指标定义

汽车在一定交通条件、行驶速度下的成本消耗。

中国智能交通协会团体标准
《智慧高速车路协同运行效果评价指标技术指南》
编制说明

标准起草组
2024 年 7 月

目 录

一、工作简况	1
二、编制原则	6
三、标准内容的起草	7
四、 主要技术内容说明	11
五、主要试验的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益	14
六、标准水平分析	19
七、采用情况	20
八、与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系	20
九、重大分歧意见的处理经过和依据	21
十、标准性质的建议	21
十一、贯彻标准的要求和措施建议	21

一、工作简况

1.任务来源

《智慧高速车路协同运行效果评价指标技术指南》标准源于中国智能交通协会下达的 2022 年度团体标准制修订计划。车路协同是智慧高速建设的重要场景之一，目前国内已建设了较多高速公路车路协同试点示范项目。但现有的标准及规范难以直接应用于智慧高速车路协同项目运行效果的有效评价，导致现有试点示范项目难以判断优劣，从而影响进一步提升和推广。因此，亟需建立车路协同运行效果评价指标体系，促进智慧高速车路协同技术发展和系统建设，推动智慧交通产业实现标准化发展。本标准由山东高速集团有限公司向中国智能交通协会提出，中国智能交通协会归口，该标准编制工作由东南大学、山东高速建设管理集团有限公司、山东大学、北京理工大学、山东高速信息集团有限公司等单位共同参与编制。

2.起草单位情况

（1）本标准起草单位

本标准起草单位包括山东高速集团有限公司、东南大学、山东高速建设管理集团有限公司、山东大学、北京理工大学、山东高速信息集团有限公司。东南大学、山东大学、北京理工大学相关团队在车路协同自动驾驶领域开展了大量前沿科学创新研究，在标准建设方面有着大量成功经验。山东高速集团有限公司、山东高速建设管理集团有

限公司和山东高速信息集团有限公司是国内高速公路建设、运营管理的龙头企业，建设了多条具有较大影响力的智慧高速车路协同示范路段，在车路协同场景的运营管理方面有着丰富的实战经验。

（2）标准起草单位工作情况

在本标准编制任务中，山东高速集团有限公司总体负责标准制定工作，组织形成标准征求意见稿、送审稿等各个版本的标准文本、编制说明；负责标准起草的组织、协调工作，进行标准体系搭建、统稿和校稿工作

东南大学、山东高速建设管理集团有限公司主要负责具体参与标准征求意见稿、送审稿等各个版本的标准文本、编制说明、意见材料的整理；负责“前言”、“范围”、“术语和符号”的编写。

东南大学、山东高速建设管理集团有限公司主要负责从安全保障水平、通行效率水平方面提出标准制定意见建议，并编写完善。

山东大学、北京理工大学、山东高速信息集团有限公司主要负责整体内容格式，从服务质量水平、绿色环保水平、经济水平方面提出标准制定意见建议。

3. 主要起草人及其所做的工作

本标准的主要起草人及其所做工作简要介绍如表 1 所示：

表 1 主要起草人及其主要工作

主要起草人	工作单位	主要工作
王术剑	山东高速集团有限公司	总体框架、总体内容和全面把握
芮一康	东南大学	总体框架、总体内容和全面把握
刘群	山东高速建设管理集团有限公司	前期调研分析，搭建评价体系架构
葛雷雨	山东高速集团有限公司	前期调研分析，搭建评价体系架构
李利娜	山东高速建设管理集团有限公司	前期调研分析，收集整理标准制定各阶段的意见建议
梁坤	山东高速建设管理集团有限公司	前期调研分析，收集整理标准制定各阶段的意见建议
邹宗民	山东高速集团有限公司	编制各个版本的标准文本、编制说明，安全保障水平、服务质量水平、通行效率水平方面编写完善
徐庆超	山东高速建设管理集团有限公司	编制各个版本的标准文本、编制说明，安全保障水平、服务质量水平、通行效率水平方面编写完善
吴建清	山东大学	编制各个版本的标准文本、编制说明，绿色环保水平、经济水平方面编写完善
陈雪梅	北京理工大学	编制各个版本的标准文本、编制说明，绿色环保水平、经济水平方面编写完善
周昆	山东高速建设管理集团有限公司	编制各个版本的标准文本、编制说明，安全保障水平、服务质量水平、通行效率水平方面编写完善
王冠	山东高速集团有限公司	编制各个版本的标准文本、编制说明，绿色环保水平、经济水平方面编写完善
吴任飞	东南大学	编制各个版本的标准文本、编制说明，安全保障水平、通行效率水平方面编写完善
房宏基	山东高速信息集团有限公司	编制各个版本的标准文本、编制说明，绿色环保水平、经济水平方面编写完善

陈西广	山东高速信息集团有限公司	编制各个版本的标准文本、编制说明，绿色环保水平、经济水平方面编写完善
伊笑莹	东南大学	前期调研分析，收集整理标准制定各阶段的意见建议
赵妍	东南大学	前期调研分析，收集整理标准制定各阶段的意见建议
荆林立	山东高速建设管理集团有限公司	编制各个版本的标准文本、编制说明，安全保障水平、服务质量水平、通行效率水平方面编写完善
田迎军	山东高速建设管理集团有限公司	编制各个版本的标准文本、编制说明，安全保障水平、服务质量水平、通行效率水平方面编写完善
刘红	山东高速建设管理集团有限公司	编制各个版本的标准文本、编制说明，安全保障水平、服务质量水平、通行效率水平方面编写完善
刘元昊	山东高速建设管理集团有限公司	编制各个版本的标准文本、编制说明，安全保障水平、服务质量水平、通行效率水平方面编写完善
沈喆	东南大学	前言、范围、术语和符号的编写，收集整理标准制定各阶段的意见建议
刘浩宇	东南大学	前言、范围、术语和符号的编写，收集整理标准制定各阶段的意见建议
金雄威	东南大学	前言、范围、术语和符号的编写，收集整理标准制定各阶段的意见建议
陈鲁川	东南大学	收集整理标准制定各阶段的意见建议，整体内容格式统一
刘志远	东南大学	根据标准制定各阶段的意见建议，进行标准排版改
王琪	东南大学	根据标准制定各阶段的意见建议，进行指标详情修改

4. 主要工作过程

标准修订项目组通过多次会议研讨、邮件交流、独立和集中修改等方式，共同编制了《智慧高速车路协同运行效果评价指标技术指南》标准，标准编制组开展的各个阶段主要工作如下：

立项阶段：2022年7月到2022年9月，编制准备阶段，经过对高速公路车路协同管控运行效果进行收集资料、研究分析相关资料，主要起草人之间多次研讨、征集意见，形成标准初稿草案，经过协会专家函审，通过立项。

起草阶段：2022年10月到2023年8月，草案讨论并修改完善阶段，形成征求意见稿。该阶段标准编制组进行了多次会议研讨，会议情况如下：

1) 2022年10月9日：由山东高速集团有限公司主持召开在线研讨会，与会人员集中讨论了车路协同管控评价中的核心问题、实际高速公路的运行案例、各高速公路运营中心提供的协同管控情况、未来的协同管控应用场景以及本评价体系规范的目标对象、应用范围和编写思路。此次会议的目标是进一步完善标准内容。

2) 2022年11月21日：由山东高速集团有限公司主持召开网络会议，参与专家围绕标准的初步内容、评价体系的指标体系搭建策略、具体评价准则的明确性与无争议性，准则层和次准则层的规划和普遍设计以及后续工作计划进行了深入讨论。

3) 2023年4月13日：编制组专家通过网络会议，特别集中讨论了各类别中具体指标的选取。会中，专家调研了其他相关标准中的相应要求，并讨论了其在本评价体系规范中的适应性。最终明确了在本评价体系规范中应有充实的依据，充分参考车路协同相关标准、论文

来确保表述的清晰性和具体性。此外，专家们还对体系规范的撰写形式以及标准的后续推进计划达成了共识。

征求意见阶段：

1) 2023年7月3日：由山东高速集团有限公司主持召开网络会议，编制组全体专家再次对评价体系规范的最新草案进行了逐条审查。最终，与会专家对标准内容与名称的一致性进行了讨论，认为其表述尚不够清晰，并提出了修改建议。对于其他条款，专家们均达成一致意见。

二、编制原则

标准起草过程中严格按照《GB/T 1.1-2009 标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》等进行起草。

(1) 一致性和标准化

标准中涉及到的概念和定义做到了明确、统一，避免了产生混淆和理解上的偏差。对于智慧高速车路协同相关的关键术语和概念，在本标准的术语和定义部分进行了解释和说明，确保了标准的一致性和准确性。

(2) 可靠性和客观性

本标准基于可靠和客观的数据和事实进行评价，使得评价结果更为客观、公正、准确，并且可以使得评价结果更具有参考价值和使用

价值。本标准面向智慧高速车路协同管控，需要满足政府、交通管理部分、道路运营管理部分和公众的需求，需要基于路侧检测设备和车载设备得到评价体系当中的指标层数据。

（3）易用性

本标准的表述使用简洁明了的语言，避免使用过于专业或者复杂的术语和概念，且格式规范清晰，易于阅读。本标准的操作简单易用，不需要过多的步骤和操作就可以完成，且涵盖如安全保障、通行服务质量、绿色环保等方面的应用，可以灵活地适应不同的使用环境和使用需求。

（4）综合性和全面性

本标准中的评价体系覆盖所有重要的方面和环节，从多个层面进行评价，确保全面和综合的评价。本标准不仅仅关注某一个特定的技术指标，而是关注整个智慧高速车路协同系统的性能和整体的效果，对所有相关的因素进行综合分析和考虑，确保标准的全面性和系统性。

三、标准内容的起草

3.1 主要规范内容的确定

本标准介绍了高速公路车路协同管控评价指标体系的范围、规范性引用文件、术语和定义、构成等，从安全保障水平、通行效率水平、服务质量水平、绿色环保水平、经济水平五个方面分别给出了各项评价指标的描述和数据。该指标体系为综合评价高速公路车路协同管控

提供了参考依据，可为提升高速公路运行效率、保障交通安全、提高服务质量和推动绿色环保等方面提供指导和帮助。

3.2 规范内容的结构

（1）范围

本部分规定了智慧高速车路协同管控评价规范指标体系的适用范围，规定了智慧高速车路协同管控评价涉及的术语和定义、评价体系的构成、评价指标及指标要素。

（2）术语和定义

主要针对目前尚未统一的、本标准使用的与智慧高速车路协同管控评价相关的术语和名词进行定义和阐释。

（3）规范性引用文件

本部分明确智慧高速车路协同管控应当符合的相关标准规范及技术要求。

（4）评价指标体系

本部分主要对评价指标的分级构成、指标定义、计算公式及评分方式等进行了规定。评价指标体系主要分为准则层、次准则层、指标层三大类。其中，准则层反映城市高速公路车路协同管控水平，由高速公路车路协同的安全保障水平、通行效率水平、服务质量水平、绿色环保水平和经济水平构成。次准则层反映准则层下某一方面发展水平，安全保障水平包括车速、控制、设备、人员；通行效率水平包括车辆、路段、路网；服务质量水平包括舒适度、及时度、准确度、丰富度、满意度；绿色环保水平包括能源消耗、排放；经济水平包括能源消耗、运输消耗。指标层反映次准则层某一方面发展水平的若干个评价指标，评价指标是评价指标体系的最小单位。

3.3 一轮修改

起草组于2022年5月,通过发函及网络公示等方式广泛征求意见。根据专家提出的提出意见31个修改意见,采纳25个,部分采纳5个,不采纳1个。

修改内容总结如下:

- (1) 通过调研已有的国家标准、行业标准、团体标准等规范性文件,明确标准的撰写符合相关标准要求,并通过查阅文献和专利,秉持在充足的依据和充分的共识基础上撰写标准内容的原则,对标准中的技术要求进行了修正,至于各指标权重数值,缺乏充分共识,已在后续草案修改中删除。
- (2) 为聚焦在智慧高速车路协同管控,修改了草案中泛泛说智慧交通的内容,并针对智慧高速车路协同管控查阅更有针对性的瓶颈问题,增加了安全保障水平和服务质量水平相关关键指标。
- (3) 为提升标准的完备性、客观性和严谨性,加强了相关管控系统开发企业、应用单位、以及科研单位的编制参与,共同完成标准的研制工作。
- (4) 根据专家的建议,增加标准名称与内容的一致性,将题目修改为“智慧高速车路协同运行效果评价体系规范建设指南”。
- (5) 标准的编制应依据充分的依据,因此各项指标的数据来源在编制中进一步明确说明。
- (6) 为紧扣主题、突出核心内容,对标准中车路协同技术现状论

述进行了缩减，增加了评价现状的分析。

(7) 有专家提出草案中车路协同的特性考虑较少，应增强对车路协同特性的评价，因此在本标准提出了信息的及时度、准确度、丰富度方面的评价，体现了车路协同与传统高速公路管控之间的区别，进一步加强了对车路协同特性的评价。

(8) 专家指出，草案中二级指标部分指标之间的信息存在交叉，因此对次准则层和指标进行进一步的梳理，修改了其中的交叉项，搭建更清晰的指标体系。

(9) 关于草案中存在的格式问题，例如标准封面格式、引用参考标准的规范、标准撰写结尾格式等，也进行了同步修改。

(10) 关于缺少部分指标的计算公式和基础数据采集要求，我们在进一步的草案修改中进行了完善。

(11) 参考“交通强国”纲要，在修改中增加了对“经济”层的展开分析，并增加“燃料消耗”、“能量消耗”、“运行成本下降率”等经济相关的指标。

3.4 二轮建议意见修改

起草组于 2024 年 7 月，根据专家提出的意见进行修改。本次修改意见多为格式上的修改，基本可以概括为：添加或删除主要起草人、根据 GB/T1.1 的要求对引用标准进行重新排列、修改表格格式、修改单位格式、修改排序名称、添加终结线等。

四、主要技术内容说明

4.1 指标划分

评价体系将指标分为五个层面，并对每个层面都进行了详细的阐述与说明，给出了对于车路协同系统不同层面的评价依据。

（1）安全保障水平：通过加速度均值、速度标准差、最大车速等指标，评价驾驶行为的安全性。这些指标能够反映车辆操控的稳定性和潜在的安全风险。

（2）通行效率水平：通过平均车速、道路通行能力、行程时间比等指标，评价道路的通行效率。这些指标能够反映道路的拥堵状况和车辆流通的顺畅度。

（3）服务质量水平：通过急加速急减速次数、通信时延、定位误差等指标，评价车路协同系统的服务质量。这些指标能够反映系统对驾驶辅助功能的支持程度。

（4）绿色环保水平：通过尾气排放、颗粒物排放等指标，评价系统的环保性能。这些指标能够反映车辆对环境的影响。

（5）经济水平：通过燃料消耗、能量消耗等指标，评价系统的经济性。这些指标能够反映运行成本和经济效益。

4.2 全面性

在全面性方面，评价体系进行了多维度的评价、细分指标、综合考量，并考虑了用户层面的感受。整个框架系统完备、覆盖全面。

（1）多维度评价：体系涵盖了安全保障水平、通行效率水平、服务质量水平和绿色环保水平、经济水平五个主要方面，这显示了评价的全面性，因为它不仅关注运行的安全和效率，还包括了服务的质量和环境的可持续性，同时又可分析车路协同带来的经济效益情况。

（2）细分指标：在每个主要方面下，又细分了多个次级准则和具体的指标层，来反映该维度的各个方面。例如，安全维度不仅要考虑交通事故率，还要考虑车辆设备装载率、制动距离等。这有助于对复杂的交通系统进行细致的评估。

（3）综合考量：评价体系不仅考虑了车辆本身的性能，还包括了车路协同系统的性能，如通信距离、通信时延等，这有助于全面理解系统的整体表现。

（4）用户参与：评价体系应包含用户满意度等指标，以确保用户的实际体验和需求被纳入考量。

4.3 严谨性

指南有着明确的指标定义说明，对数据采集也给出了相应要求，指标定义也参考了相关规范说明，整体较为严谨。

（1）明确的指标定义：每个评价指标都有明确的定义和计算公式，这有助于标准化评价过程，减少主观判断的影响。

（2）数据采集要求：文件详细列出了基础数据采集的要求，如数据来源、采集频率和精度等。这有助于确保评价的数据来源可靠，

增强了评价的严谨性。

（3）规范引用：指南引用了多个国家标准和规范，如 GB/T 33171-2016 等，这为评价提供了权威的参考依据。

4.4 科学性

在理论基础之上，指南基于实证数据，依据统计学方法和系统性分析原理合理设计框架，所得出的评价体系具有动态适应性。

（1）理论基础：指南的制定基于交通工程、环境科学和经济学等学科的理论研究成果。

（2）基于实证的数据：指南依赖于车路协同系统采集的实际运行数据，这种方法论上是科学的，因为它基于实证研究。

（3）统计学方法：使用统计学方法（如平均值、标准差等）来量化评价指标，这是科学评价中常用的方法。

（4）系统性分析：指南采用了系统性分析的方法，考虑了车路协同系统中各个组成部分的相互作用，这符合现代交通系统工程的科学性要求。

（5）动态适应性：指南能适应技术进步和交通环境的变化，具有一定的灵活性和前瞻性。

综上，当前的架构和选用的指标在理论上能够全面、严谨地进行高速公路车路协同运行效果的评价。

五、主要试验的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果

5.1 主要试验分析、综述报告

5.1.1 主要试验分析

目前智慧高速车路协同的规范标准和评价体系都不够完善，需要进一步的扩展和完善。第一是缺乏智慧高速车路协同的建设相关的规范标准。相比于智慧高速车路协同的发展速度，我国的国家监管政策、法规体系和标准规范相对滞后。国内尚缺乏战略性的顶层设计，已出台的内容中关于智慧高速车路协同管控的行业标准及规范文件较少。现有政策制度不能有效保障智慧高速车路协同的安全通行，规范标准不能有效评价智慧高速车路协同管控的实施效果。第二是缺乏智慧高速车路协同管控的法律保障体系、测评体系、保险体系等评价体系。应统筹顶层设计，确定牵头主管部门，明晰责任，明确政策，合力推进技术与产业发展；统筹基层应用，注重国家层面政策制度与地方层面实测应用的协调，保障智慧高速车路协同发展稳妥有序推进。

5.1.2 协同管控及效果评价体系国内外现状

（一）国外现状

通过730万起交通事故的分析和统计，美国高速公路管理局（NHTSA）预测车联网系统部署能够减少近80%的车辆碰撞事故。为着力强化高速公路运行安全，美国持续开展基于5.9GHz短程无线通信技术的车联网产品研究，尤其是恶劣环境条件下的大载重货物运输车

辆防碰撞应用。重点推进专用无线通信带宽设置、路测RSU及车载OBU设备、超视距感知协同等技术研究，当前开展车辆网设备部署应用的州已超过50%，并在相关高速公路开展智能网联汽车测试。

日本围绕智慧公路（SMART WAY）建设目标，推进车路设备有序迭代，逐步构建高速公路车路协同体系。在融合道路交通信息通信系统（VICS）和ETC不停车收费系统功能基础上，推出世界首款DSRC大容量双向通信设备ITS Spot，提供拥堵预测及路径规划、特殊车辆运行规律及轨迹追溯、动态费率调整、异常驾驶行为识别等智能出行引导及运营管理服务。2016年正式提供ETC2.0服务，全国高速公路累计完成1700个路侧设备部署。

聚焦高速公路主动交通管控，欧洲注重出行需求及运行态势的智能发现，面向多国互通的基本特征，强调跨国高速公路信息系统无缝对接及可持续发展，重点打造欧洲数字交通走廊。积极推进标准化DSRC车路通信、综合交通信息服务、新型长寿命道路材料、极端天气预警及智能诱导等技术研究及部署。前沿探索方面，开展内嵌C-ITS的智能基础设施带研究，创新性提出高速公路路内智能监测体系，不依赖传统的路侧挂靠设施，通过短程通信及LTE蜂窝技术融合应用，支持基于位置的车载终端及手机端无线交互，集成交通流监测、指引体系及管控信息虚拟化、基础设施健康状态实时感知等功能，集约化理念突出。

由于车路协同处于发展的朝阳阶段，尚未得到广泛应用，对于智能实施管控，尚在研究和推广阶段，因此在已有的管控评价方法中，大多基于静态管控下的交通事故数据进行管控效果评价研究，关于车路协同管控的评价研究目前较少。

（二）国内现状

由于车路协同自动驾驶领域技术复杂，涉及多个行业领域，其中以车企和设备供应商为主的公司（包括汽车电子和汽车零部件供应商、智能计算平台供应商），在一定程度上依靠单车本身即可实现自动驾驶。随着单个车辆自动驾驶技术商业化落地难度的增加，自动驾驶越来越依靠智能道路基础设施，从而通过道路和车路之间的交互与耦合实现车路协同自动驾驶。其中以中国政府、高校、部分互联网公司和供应商公司能够对车路协同技术和产业价值达成共识，并认可车路协同自动驾驶能够加速自动驾驶商业化落地，逐渐成为推进自动驾驶发展的主流路径。由于自动驾驶相关投资金额巨大，研发测试时间长，成本巨大，少有企业能单独承受，未来多行业共同投资与合作研发和应用将成为主流趋势。但其车路协同自动驾驶系统解决方案还存在一系列待解决问题，主要总结如下所述。

1) 缺乏统一的顶层标准规范

随着技术日益成熟，车路协同自动驾驶系统不仅仅是单一的智能车辆，而是车辆与基础设施等众多智能系统之间的连通并进行协同工

作，但目前构建对车路协同自动驾驶标准体系没有明确详细的划分。无法同时将成熟的理论和技术进行落地推广，无法为构建全国车路协同与自动驾驶产业生态体系提供保障。

2) 缺乏统一的顶层方案设计

目前不同行业、同一行业不同公司和单位对车路协同自动驾驶技术研发和应用理解不同，导致车路协同自动驾驶整体系统解决方案的设计、测试、示范和推广等方面的途径大径相同。并且车路协同自动驾驶领域技术复杂，涉及多个行业领域，各行业各自为政，无法集众力重点攻关车路协同自动驾驶相关技术和形成新的产业体系。由于车路协同自动驾驶涉及路权问题，缺乏顶层设计及相关法律、法规，统一创新的政策框架，车路协同自动驾驶很难开展测试和示范应用。

3) 缺乏成熟的理论和技术支撑

目前车路协同自动驾驶涉及多个专业理论和技术，但目前不同研发机构对于车路协同自动驾驶领域的应用理论和方法有很大差异。尚未突破涉及车路协同自动驾驶的技术理论体系，如车车/车路信息交互、协同感知、协同决策与协同控制、协同分配、协同系统仿真测试等技术，无法通过系统之间的信息传递、功能协同、协调配合，保障系统的高安全性和稳定性，实现大规模车辆及车辆群体安全协同通行。

5.2 经济效益

车路协同管控评价的经济效益可以从以下方面分析：

1) 减少交通事故经济收益：中国交通事故深入调查数据统计显示由于驾驶员人为因素造成的交通事故占比高达94%，事故原因包括驾驶员未发现、视线障碍、判断错误、错误操作等。

2) 绿色环保和资源节约经济收益：据2019年中国智能网联创新联盟发布《智能网联汽车产业发展动态及对策建议》，车路协同技术可提高道路通行效率10%。交通拥堵经济损失除了拥堵造成的资源成本，还有拥堵的颗粒物排放及尾气排放成本等。

对智慧高速车路协同管控评价可以发现当前车路协同系统存在的问题，大幅度提升车路协同的安全保障水平，通过协同感知、决策规划和控制避免所有的人为交通事故；也能优化智慧高速的通行效率，减少交通拥堵，增加绿色环保和资源节约的经济收益。

5.3 社会效益

在智慧高速车路协同管控评价体系下，智慧高速车路协同将不断完善，逐渐提高其服务质量水平，加速车路协同的普及应用，从而带动车路协同相关产业的进一步发展，带动基础科学、尖端技术发展，实现制造与管理体系等跨学科融合创新应用。首先，智慧高速车路协同管控评价可以带动智能装备、地图定位、云计算、通信、安全等相关产业协同发展。另外，车路协同是5G、C-V2X通信的重要应用场景，将加速通信技术演进和产业发展，我国在5G、C-V2X等先进通信一技术领域已经从跟跑走到了领跑地位，确立了在标准和专利方面的全球

领先优势在通信方面，在智慧高速车路协同管控评价体系的帮助下，车路协同应用场景的体量和市场前景将不断拓宽，从而支撑我国通信行业加速迭代创新。

六、标准水平分析

目前，既有标准中，《城市交通运行状况评价规范》（GB/T 33171-2016）规定了城市道路交通运行状况评价的内容和流程、对象和范围划分、数据采集、指标与计算、运行状况等级划分、评价结果的要求。该标准适用于对城市道路网、城市分区域道路网、道路、路段等的交通运行状况的动态监测和评价，对城市道路交通运行状况的评价提供了一定的参考和指导意义。《车路协同系统应用层数据标准》（T/CITSA 09-2021）规定了车路协同系统应用层数据的一般规定、体系框架、基本应用、应用场景、应用层数据标准、数据管理的技术要求。

而随着智慧高速、车路协同的飞速发展，在车路协同领域还需要根据车路协同管控评价制定标准。本标准正是为填补这一空白，全面系统化地规定了智慧高速车路协同管控评价涉及的术语和定义、评价体系、评价指标及指标要素。标准编制过程中，也对国内外相关标准及文献进行了调研分析，因此，本标准具备一定的先进性。

七、采用情况

未查到可以采用的符合中国国情的国际及国外先进标准。

八、与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系

本标准内容对强制性国家标准《轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）》（GB18352.6-2016）中的排气污染物定义及采集要求、《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）中的颗粒物定义及采集要求有所参考和引用。

对推荐性国家标准《城市交通运行状况评价规范》（GB/T 33171-2016）、《驾驶员注意力检测系统性能要求及试验方法》（GB/T 41797-2022）、中的交通运行状况、路段、交通流量、行程时间、行程时间比、延误时间、延误时间比等术语、定义及采集要求有所参考和引用。

对团体标准《车路协同系统 应用层数据标准》（T/CITSA 09-2021）、《城市交通时空大数据格式标准》（T/CITSA 10-2021）、《道路交通可变信息标志技术规范》（T/CITSA 11-2021）、《交通事件检测 微波交通事件检测器技术规范》（T/CITSA 13-2021）和《智能交通摄像机安全技术要求》（T/CITSA 15-2021）中的术语和定义有所参考和引用。

九、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

十、标准性质的建议

起草组建议本标准制定为推荐性中国智能交通协会团体标准。

十一、贯彻标准的要求和措施建议

本标准主要规定了智慧高速车路协同管控评价涉及的术语和定义、评价体系的构成、评价指标及指标要素，适用于有智慧高速车路协同管控评价需求的各类组织和单位。建议相关单位能够积极学习标准和相关资料，贯彻实施标准，开展智慧高速车路协同管控评价。智慧高速车路协同管控评价体系标准的制定与应用能提高智慧高速车路协同的运行效率，创造改进的空间，保证智慧高速车路协同的运行过程更加可控，促进智慧交通和车路协同的标准化建设。因此，建议尽快批准发布本标准。