

团体标准

T/ITS 0274-2024

自动驾驶车辆驾驶人接管绩效测评方法

Driver take-over performance evaluation method for automated vehicles

(征求意见稿)

本稿完成日期：2025 年 09 月 19 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。

20**--**--**发布

20**--**--**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 术语和定义 1

4 指标体系 3

5 评分机制 5

6 测试方法 9

中国智能交通产业联盟

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。

本文件起草单位：中国科学院软件研究所、重庆中科汽车软件创新中心、重庆赛力斯凤凰智创科技有限公司、清华大学、重庆大学、电子科技大学、中国汽车工程研究院股份有限公司。

本文件主要起草人：李清坤，马翠霞，邓小明，王宏安，王建强，袁泉，李国法，杨钦雯，黄泽远，李曙光，李楚照，孙颖豪，唐秋阳，梁洲硕，郭燕，张梓靖，王文军，王振远，刘伟旻，孙兆聪，陈诚，于红超，李杨。

自动驾驶车辆驾驶人接管绩效测评方法

1 范围

本文件规定了自动驾驶车辆驾驶人接管绩效测评方法。

本文件适用于 GB/T 40429—2021 规定的具备 3 级驾驶自动化水平的 M1 类车辆的驾驶人。

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 40429—2021 汽车驾驶自动化分级

GB/T 44373—2024 智能网联汽车 术语和定义

GB/T 45312—2025 智能网联汽车 自动驾驶系统设计运行条件

SAE J 2944:2023 驾驶性能测量和统计数据的操作定义 (Operational definitions of driving performance measures and statistics)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

驾驶自动化 driving automation

车辆以自动的方式持续地执行部分或全部动态驾驶任务的行为。

[来源：GB/T 40429—2021，2.1]

3.2

自动驾驶系统 automated driving systems

由实现自动驾驶功能的硬件和软件所共同组成的系统。

注：自动驾驶系统为GB/T 40429—2021规定的3级及以上驾驶自动化系统。

[来源：GB/T 44373—2024，5.3]

3.3

驾驶人 driver

对于某个具体的安装有系统的车辆，与系统共同执行全部动态驾驶任务，并监管系统的行为和执行适当的响应或操作的用户。

注：驾驶人是自动驾驶车辆的动态驾驶任务后援用户。

[来源：GB/T 40429—2021，2.17.1]

3.4

人机共驾 driver-automation cooperative driving

用户与自动驾驶系统共享车辆控制权，协同完成全部驾驶任务的状态和过程。

3.5

接管 take-over

动态驾驶任务后援用户响应介入请求，从驾驶自动化系统获得车辆驾驶权的行为。

[来源：GB/T 40429—2021，2.14]

3.6

接管绩效 take-over performance

驾驶人在接管过程中驾驶操作的综合表现。

注：接管绩效是自动驾驶车辆人机共驾效能的重要维度，受驾驶人接管能力、接管情境、自动驾驶系统能力等因素的影响。

3.7

卡罗林斯卡嗜睡量表 karolinska sleepiness scale, KSS

一种用于快速评估个体即时嗜睡程度的主观自评工具，通过1-9分的等级（1表示“极度清醒”，9表示“极度嗜睡”）量化当前清醒状态。

[来源：T/GDRTA 001—2020，3.24]

3.8

知觉压力量表 perceived stress scale, PSS

用于评估个体在特定场景中对紧张与失控的主观感知水平，常见版本为14项或10项的五级李克特量表，总分越高表示知觉压力越大。

3.9

情绪体验自我评估量表 self-assessment manikin, SAM

一种图形化的情绪自评工具，通过三维度（愉悦效价、唤醒水平、控制感）评估个体情绪状态。

3.10

情境意识评定技术 situation awareness rating technique, SART

一种用于测量个体在任务过程中情境意识水平的主观量表工具，通过对注意资源的需求、注意资源的供给和对情境的理解三个维度进行评估，得分越高表示情境意识水平越高。

注：SART综合得分可反映驾驶人对任务环境的感知、理解与预测能力，即情境意识。

4 指标体系

4.1 评价维度及对应指标

自动驾驶车辆驾驶人接管绩效评价体系共分为两级，包括2个评价维度、6个一级指标、15个二级指标。各评价维度及各指标之间的关系及各指标的计算方式对应章节见表1。

表1 自动驾驶车辆驾驶人接管绩效评价维度及指标

评价维度	一级指标	二级指标	对应章节
客观评价 维度	安全裕度	最小碰撞时间	4.2.1
		接管时边界时距	4.2.2
		紧急减速碰撞指数	4.2.3
	横向控制稳定性	最大方向盘转角	4.2.4
		平均横向加速度	4.2.5
		最大横摆角速率	4.2.6
	纵向控制稳定性	最大纵向加速度	4.2.7
		平均制动百分比	4.2.8
	反应及时性	首次注视时间	4.2.9
		转向反应时间	4.2.10
		变速反应时间	4.2.11
主观评价 维度	舒适性	压力感	4.2.12
		愉悦感	4.2.13
		疲劳感	4.2.14
	情境意识	情境意识得分	4.2.15

4.2 指标释义

4.2.1 最小碰撞时间（Minimum Time-To-Collision）

在不采取任何规避措施的情况下，按照当前速度与行驶状态，车辆与前方风险事件发生碰撞所需的最短时间，是衡量驾驶人接管过程安全裕度的重要指标，单位：秒。

最小碰撞时间越长，说明碰撞风险越低，驾驶人接管的安全裕度越高。

4.2.2 接管时边界时距（Take-Over Boundary Headway）

系统发出接管请求时，车辆与前方障碍物之间的时距，单位：秒。

接管时边界时距越长，驾驶人反应和操作的时间越充足，驾驶人接管的安全裕度越高。

4.2.3 紧急减速碰撞指数 (Potential Index for Collision with Urgent Deceleration)

在接管过程中,假设自车与前车同时从当前速度状态下开始紧急制动至完全停止,最终形成的停车间距,单位:米。

紧急减速碰撞指数越大,说明碰撞风险越低,驾驶人接管的安全裕度越高。

4.2.4 最大方向盘转角 (Maximum Steering Wheel Angle)

在接管过程中,驾驶人转动的方向盘角度相对中位的绝对值峰值,用于衡量横向操控动作的幅度,单位:度。

最大方向盘转角越大,说明驾驶人维持或恢复车道所需的横向修正越剧烈,横向控制稳定性越差。

4.2.5 平均横向加速度 (Average Lateral Acceleration)

在接管过程中,车辆横向加速度绝对值的平均值,单位:米/秒²。

平均横向加速度越大,横向控制稳定性越差。

4.2.6 最大横摆角速率 (Maximum Yaw Rate)

接管过程中车辆绕垂直于地面的z轴的角速度的绝对值峰值,反映车身朝向变化强度,单位:弧度/秒。

最大横摆角速率越大,车身朝向变化越剧烈,横向控制稳定性越差。

4.2.7 最大纵向加速度 (Maximum Longitudinal Acceleration)

在接管过程中,车辆纵向加速度的绝对值峰值,反映纵向操控(加速/减速)的激烈程度,单位:米/秒²。

最大纵向加速度越大,纵向控制稳定性越差。

4.2.8 平均制动百分比 (Average Brake Percentage)

在接管过程中,驾驶人踩下制动踏板行程占踏板满行程的比例的时间平均值,反映纵向减速度控制输入的平均强度,单位:百分比。

平均制动百分比越高,表示整体制动输入更强、更频繁,纵向控制稳定性越差。

4.2.9 首次注视时间 (First Glance Time)

从接管请求发出到驾驶人视线首次落入接管事件相关区域并形成有效注视的时间间隔,单位:秒。

首次注视时间越短,反应及时性越好。

4.2.10 转向反应时间 (Steering Reaction Time)

从接管请求发出至驾驶人首次有效转动方向盘之间的时间间隔,单位:秒。

转向反应时间越长,反应及时性越差。

4.2.11 变速反应时间 (Velocity-Variation Reaction Time)

从接管请求发出至驾驶人首次有效踩下油门踏板时刻(加速反应时间)或首次有效踩下制动踏板时刻(制动反应时间)的最小值,单位:秒。

变速反应时间越短,说明驾驶人能更快速采取加速或制动操作,反应及时性越好。

4.2.12 压力感 (Perceived Stress)

驾驶人在接管过程中紧张与失控体验的主观感受强度，通常采用知觉压力量表计分。

知觉压力量表分数越高，表示压力感越强，舒适性越差。

4.2.13 愉悦感 (Sense of Delight)

驾驶人在接管过程中所具有的积极情绪效价，通常采用情绪体验自我评估量表测量。

情绪体验自我评估量表分数越高，表示愉悦感越高，舒适性越好。

4.2.14 疲劳感 (Sense of Fatigue)

驾驶人在接管过程中对自身疲劳状态的主观感受强度，通常采用卡罗林斯卡嗜睡量表测量。

嗜睡量表分数越高，表示疲劳程度越重，舒适性越差。

4.2.15 情境意识 (Situation Awareness)

驾驶人在接管过程中对环境要素、状态及未来变化的感知、理解与预测能力的主观评价，通常采用情境意识评定技术进行测量。

情境意识评定得分越高，表示驾驶人对当前情境的理解和掌控能力越强，情境意识水平越高。

5 评分机制

5.1 评价方法

采用多指标综合评价方法对自动驾驶车辆驾驶人接管绩效进行评价，具体计算方法如下，详细内容参见5.3章节。

- a) 整体得分，由评价维度得分加权平均得出，用 S 表示；
- b) 评价维度得分，由所属的一级指标得分加权平均得出，用 A_x 表示；
- c) 一级指标得分，由所属的二级指标得分加权平均得出，或一级指标为单向指标时，依据其具体的指标值转换成指标得分，用 B_{xx} 表示；
- d) 二级指标为单向指标，根据其具体的指标值转换成指标得分，用 C_{xxx} 表示。

5.2 评价权重

同维度、同级指标计算时，权重相加须等于100%，具体如下：

- a) 评价维度权重：客观评价维度、主观评价维度两个维度的权重值相加必须等于100%。
- b) 一级指标权重：评价维度下对应的一级指标的权重值相加必须等于100%。例如，客观评价维度下的安全裕度、横向控制稳定性、纵向控制稳定性和反应及时性四个一级指标的权重值相加必须等于100%。
- c) 二级指标权重：一级指标下的二级指标的权重值相加必须等于100%。例如，一级指标舒适性下的压力感、疲劳感与愉悦感三个二级指标的权重值相加必须等于100%。
- d) 二级指标为单向指标，根据其具体的指标值转换成指标得分，见表2。

表2 自动驾驶车辆驾驶人接管绩效评价体系得分和权重表

整体得分	评价维度	得分/权重	一级指标	得分/权重	二级指标	得分/权重（详细）
S	客观评价维度	A_1/W_1	安全裕度	B_{11}/W_{11}	最小碰撞时间	C_{111}/W_{111}
					接管时边界时距	C_{112}/W_{112}
					紧急减速碰撞指数	C_{113}/W_{113}
			横向控制稳定性	B_{12}/W_{12}	最大方向盘转角	C_{121}/W_{121}
					平均横向加速度	C_{122}/W_{122}
					最大横摆角速率	C_{123}/W_{123}
			纵向控制稳定性	B_{13}/W_{13}	最大纵向加速度	C_{131}/W_{131}
					平均制动百分比	C_{132}/W_{132}
			反应及时性	B_{14}/W_{14}	首次注视时间	C_{141}/W_{141}
					转向反应时间	C_{142}/W_{142}
					变速反应时间	C_{143}/W_{143}
	主观评价维度	A_2/W_2	舒适性	B_{21}/W_{21}	压力感	C_{211}/W_{211}
					愉悦感	C_{212}/W_{212}
					疲劳感	C_{213}/W_{213}
			情境意识	B_{22}/W_{22}	情境意识得分	——

5.3 得分计算方法

5.3.1 整体得分计算公式

评价体系整体得分由两个评价维度得分加权平均得出。

计算方法见公式（1）：

$$S = (A_1 \times W_1 + A_2 \times W_2) / 2 \tag{1}$$

式中：

S 为自动驾驶车辆驾驶人接管绩效的得分；

A_1 为客观评价维度的得分；

W_1 为客观评价维度的权重；

A_2 为主观评价维度的得分；

W_2 为主观评价维度的权重。

5.3.2 评价维度得分计算公式

5.3.2.1 客观评价维度

客观评价维度得分由安全裕度、横向控制稳定性、纵向控制稳定性、反应及时性4个一级指标加权平均得出。

计算方法见公式（2）：

$$A_1 = (B_{11} \times W_{11} + B_{12} \times W_{12} + B_{13} \times W_{13} + B_{14} \times W_{14}) / 4 \quad (2)$$

式中：

A_1 为客观评价维度的得分；

B_{11} 为一级指标安全裕度的得分；

W_{11} 为一级指标安全裕度的权重；

B_{12} 为一级指标横向控制稳定性的得分；

W_{12} 为一级指标横向控制稳定性的权重；

B_{13} 为一级指标纵向控制稳定性的得分；

W_{13} 为一级指标纵向控制稳定性的权重；

B_{14} 为一级指标反应及时性的得分；

W_{14} 为一级指标反应及时性的权重。

5.3.2.2 主观评价维度

主观评价维度由舒适性、情境意识2个一级指标得分加权平均得出。计算方法见公式（3）：

$$A_2 = (B_{21} \times W_{21} + B_{22} \times W_{22}) / 2 \quad (3)$$

式中：

A_2 为主观评价维度的得分；

B_{21} 为一级指标舒适性的得分；

W_{21} 为一级指标舒适性的权重；

B_{22} 为一级指标情境意识的得分；

W_{22} 为一级指标情境意识的权重；

5.3.3 一级指标得分计算方式

5.3.3.1 安全裕度

安全裕度由最小碰撞时间、接管时边界时距、紧急减速碰撞指数3个二级指标得分加权平均得出。计算方法见公式（4）：

$$B_{11} = (C_{111} \times W_{111} + C_{112} \times W_{112} + C_{113} \times W_{113}) / 3 \quad (4)$$

式中：

B_{11} 为一级指标安全裕度的得分；

C_{111} 为二级指标最小碰撞时间的得分；

W_{111} 为二级指标最小碰撞时间的权重；

C_{112} 为二级指标接管时边界时距的得分；

W_{112} 为二级指标接管时边界时距的权重；

C_{113} 为二级指标紧急减速碰撞指数的得分；

W_{113} 为二级指标紧急减速碰撞指数的权重。

5.3.3.2 横向控制稳定性

横向控制稳定性由最大方向盘转角、平均横向加速度、最大横摆角速率3个二级指标得分加权平均得出。计算方法见公式（5）：

$$B_{12} = (C_{121} \times W_{121} + C_{122} \times W_{122} + C_{123} \times W_{123}) / 3 \quad (5)$$

式中：

B_{12} 为一级指标横向控制稳定性的得分；

C_{121} 为二级指标最大方向盘转角的得分；

W_{121} 为二级指标最大方向盘转角的权重；

C_{122} 为二级指标平均横向加速度的得分；

W_{122} 为二级指标平均横向加速度的权重；

C_{123} 为二级指标最大横摆角速率的得分；

W_{123} 为二级指标最大横摆角速率的权重。

5.3.3.3 纵向控制稳定性

纵向控制稳定性由最大纵向加速度、平均制动百分比2个二级指标得分加权平均得出。计算方法见公式（6）：

$$B_{13} = (C_{131} \times W_{131} + C_{132} \times W_{132}) / 2 \quad (6)$$

式中：

B_{13} 为一级指标纵向控制稳定性的得分；

C_{131} 为二级指标最大纵向加速度的得分；

W_{131} 为二级指标最大纵向加速度的权重；

C_{132} 为二级指标平均制动百分比的得分；

W_{132} 为二级指标平均制动百分比的权重。

5.3.3.4 反应及时性

反应及时性由首次注视时间、转向反应时间、变速反应时间3个二级指标得分加权平均得出。计算方法见公式（7）：

$$B_{14} = (C_{141} \times W_{141} + C_{142} \times W_{142} + C_{143} \times W_{143}) / 3 \quad (7)$$

式中：

B_{14} 为一级指标反应及时性的得分；

C_{141} 为二级指标首次注视时间的得分；

W_{141} 为二级指标首次注视时间的权重；

C_{142} 为二级指标转向反应时间的得分；

W_{142} 为二级指标转向反应时间的权重；

C_{143} 为二级指标变速反应时间的得分；

W_{143} 为二级指标变速反应时间的权重。

5.3.3.5 舒适性

舒适性由压力感、愉悦感、疲劳感3个二级指标得分加权平均得出。计算方法见公式（8）：

$$B_{21} = (C_{211} \times W_{211} + C_{212} \times W_{212} + C_{213} \times W_{213}) / 3 \quad (8)$$

式中：

B_{21} 为一级指标舒适性的得分；

C_{211} 为二级指标压力感的得分；

W_{211} 为二级指标压力感的权重；

C_{212} 为二级指标愉悦感的得分；

W_{212} 为二级指标愉悦感的权重；

C_{213} 为二级指标疲劳感的得分；

W_{213} 为二级指标疲劳感的权重。

5.3.3.6 情境意识

情境意识由单一的二级指标情境意识得分构成，其得分即为驾驶人基于SART量表评价的结果。

6 测试方法

6.1 测试车辆与被测驾驶人

6.1.1 测试车辆

1) 测试车辆应为符合 GB/T 40429—2021 所规定的、具备3级驾驶自动化水平的M1类乘用车，并保证车辆已通过相关功能验证及道路适应性测试；

2) 测试前需对车辆进行手动驾驶性能标定与自动驾驶系统功能校验，确保其在接管场景中的响应特性稳定；

3) 车辆应配备标准化的数据采集接口，可同步输出车速、加速度、方向盘转角、制动与油门踏板行程等动力学参数；

4) 车辆应具备在安全可控的封闭场地或开放道路试验条件下运行的能力，并配备必要的安全保障装置（如双向制动装置、测试员紧急停止按钮等）。

6.1.2 被测驾驶人

1) 被测驾驶人应为取得相应C类及以上机动车驾驶证，并具有不少于1年实际驾驶经验的驾驶员；

2) 驾驶人应在近3个记分周期内无记满12分记录，且最近1年内无严重交通违法行为；

3) 驾驶人近3年内无重大责任交通事故记录，且无酒驾、毒驾等违法行为记录；

4) 驾驶人应具备自动驾驶系统操作经验，并能够理解和执行接管测试相关操作要求；

5) 被测驾驶人应在测试前签署知情同意书，保证在身体健康、精神状态良好的情况下参与实验；

6) 测试开始前，应确认驾驶人视力、反应能力及注意力状态正常，无严重疲劳或药物影响。

7) 驾驶人应具备紧急状态下的应急处置能力。

8) 符合法律、行政法规、规章规定的其他条件。

6.2 测试设备

6.2.1 眼动仪

1) 眼动仪应采用非侵入式采集方式，在自动驾驶和接管过程中均不干扰驾驶人正常驾驶操作；

2) 设备应能够稳定捕捉驾驶人注视点、凝视时间和首次注视时间等关键参数，数据采集频率不低于60Hz，记录需连续、无中断；

3) 若设备包含摄像头，其应固定安装于驾驶舱内合适位置，保证镜头正对驾驶人面部区域，并具备抗环境光干扰能力；

4) 测试开始前，驾驶人每次就座后需完成视线校准，以确保数据采集精度；

5) 需确保眼动仪数据与车辆动力学数据时间戳同步，以供后续分析；

6) 采集的眼动数据主要用于反应及时性等接管绩效指标的计算与分析。

6.2.2 平板电脑

1) 平板电脑用于采集驾驶人主观评价数据，包括压力感、愉悦感、疲劳感及情境意识等指标；

2) 平板应预装标准化的量表填写界面，支持知觉压力量表（PSS）、卡罗林斯卡嗜睡量表（KSS）等常用量表的输入与存储；

3) 测试过程中，驾驶人在完成一次接管操作后，由测试员引导其使用平板填写主观评价问卷，数据应能即时存储并导出，确保与车辆动力学数据及眼动仪数据时间戳同步；

4) 平板屏幕尺寸应不小于10英寸，显示清晰，操作简便，能够在车载环境下稳定运行；

5) 平板应具备网络或数据线接口,以便测试数据及时传输至后台数据库。

6.3 测试场景

6.3.1 场景设计原则

1) 测试场景应覆盖典型的接管触发情境,能够全面考察驾驶人在不同复杂度下的接管反应、操作精度和控制稳定性;

2) 场景设置应具有可重复性和可控性,确保多轮测试中条件一致,便于结果对比;

3) 场景应在安全前提下执行,可在封闭试验场或开放道路的可控条件下实施,并需设置必要的安全保障措施(如安全员、远程监控系统等)。

6.3.2 典型接管场景

1) 前方障碍接管:自动驾驶系统识别到前方静止或低速障碍物(如故障车辆、交通锥桶),触发接管请求,驾驶人需及时采取制动或转向操作;

2) 车道功能边界接管:车辆进入自动驾驶系统功能边界区域(如施工路段、车道线模糊、恶劣天气条件),系统发出接管提示,驾驶人需接管并保持稳定行驶;

3) 紧急突发接管:模拟前方车辆急减速、行人突然横穿、邻车紧急并线等场景,驾驶人需快速反应并采取相应操作。

6.4 测试流程

6.4.1 检测前准备

1) 测试开始前,驾驶人需完成书面知情同意,测试员应向其说明实验目的、流程、风险控制措施和退出机制;

2) 驾驶人需保证身体健康和精神状态良好,近24h内保持规律作息,禁止饮酒、摄入咖啡因或使用影响中枢神经的药物;

6.4.2 设备部署与校准

1) 车辆进入测试区域后,应完成动力学数据接口、眼动仪、平板电脑等采集设备的联调;

2) 驾驶人就座后,测试员需安装并校准眼动仪,确保注视点、凝视时间与首次注视时间采集精度;

3) 平板端需提前加载标准化问卷(PSS、KSS、SAM等),并与车辆数据采集系统完成时间戳同步;

4) 所有设备需在测试前进行功能校验,确认数据记录连续无中断。

6.4.3 正式测试执行

1) 驾驶人进入测试场景后,自动驾驶系统根据设定条件触发接管请求;

2) 驾驶人根据情境及时采取操作,包括转向、制动或加速干预,直至车辆恢复至安全、稳定的运行状态;

3) 接管过程中的车辆动力学数据(车速、加速度、方向盘转角、制动/油门踏板行程等)、眼动数据(注视点、首次注视时间)、反应时间均需全程记录;

4) 每类接管场景应重复不少于3次,以保证统计结果的可靠性。

6.4.4 主观评价与量表填写

- 1) 每次接管任务结束后，驾驶人需在测试员引导下立即使用平板完成主观评价；
- 2) 主观量表包括：知觉压力量表（PSS），评价压力感；卡罗林斯卡嗜睡量表（KSS），评价疲劳感；情绪体验自我评估量表（SAM）量表，评价愉悦感；情境意识评定技术（SART），评价情境意识；
- 3) 填写过程应在接管完成并且车辆停止或安全状态下进行，测试员需确保驾驶人独立作答，并即时存储问卷结果；
- 4) 所有主观量表数据需与接管事件时间戳和车辆动力学数据同步。

6.4.5 数据导出与校验

- 1) 测试结束后，所有采集数据应统一导入后台数据库，包括车辆动力学、眼动、反应时和主观量表数据；
- 2) 测试员需检查数据完整性与有效性，若存在缺失或异常，应标注原因，并在条件允许时补测；
- 3) 原始数据与处理数据需双份保存，以备后续分析与溯源。

中国智能交通产业联盟

中国智能交通产业联盟

标准

自动驾驶车辆驾驶人接管绩效测评方法

T/ITS 0274-2024

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>

2025 年 X 月第一版 2025 年 X 月第一次印刷