

# 团体标准

T/ITS 0291-2025

## 自主式交通系统 组合辅助驾驶车辆驾驶负荷检测方法

Autonomous transportation system

A method to measuring operational load of driver assistance vehicle drivers

2025-11-26 发布

2025-11-26 实施

中国智能交通产业联盟 发布



# 目 次

1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 评价指标 .....	4
5 评分机制 .....	5
6 测试方法 .....	12
附录 A .....	16

## 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》的规则起草。

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提出并归口。

本文件起草单位：苏州智加科技有限公司、香港科技大学（广州）、交通运输部公路科学研究院、东南大学、吉林大学、武汉理工大学。

本文件起草人：曹莹琦、贺登博、黄春喜、陈峻、李振华、罗清玉、马永锋、王腾飞、王迪、张浩、湛仪、王强、许跃如、黄秋阳。

# 自主式交通系统 组合辅助驾驶车辆驾驶负荷检测方法

## 1 范围

本文件规定了组合辅助驾驶车辆驾驶员在人机共驾环境下的负荷程度度量方法。

本文件适用于处于安装有组合驾驶辅助系统的、在人机共驾环境下的 N 类辅助驾驶车辆驾驶员，其他车型可参照执行。

## 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 41797—2022 驾驶员注意力监测系统性能要求及试验方法

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**组合驾驶辅助系统** combined driver assistance system

能够辅助驾驶员持续地执行车辆横向和纵向运动控制等部分动态驾驶任务的硬件和软件所共同组成的系统，以下简称系统。

### 3.2

**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分表示“极度清醒”，9分表示“极度嗜睡”）量化当前清醒状态。

### 3.3

**NASA 任务负荷指数** nasa task load index; NASA-TLX

一种通过六个维度（脑力需求、体力需求、时间压力、绩效、努力程度、挫折感）量化个体执行任务时的认知与生理负荷的主观自评工具，采用各维度评分结合权重分配的方式生成综合负荷指数。

### 3.4

#### 作业负荷 operational load

指驾驶员在与系统协同执行动态驾驶任务及监管系统过程中，所承受的认知、生理及心理负荷的综合度量。

### 3.5 眨眼时长 blink duration

单次眨眼动作从眼睑开始闭合到完全睁开的持续时间，是反映眼部生理状态及警觉度的指标，单位：秒。

### 3.6 眨眼频率 blink frequency

单位时间内眨眼的次数，是反映认知负荷或警觉状态的指标，单位：次/分。

### 3.7 瞳孔直径 pupil diameter

在单次驾驶任务中左右眼瞳孔（眼球中央的孔状结构）直径的平均值，受光线、认知负荷、情绪等因素影响，是反映生理与心理状态的指标，单位：毫米。

### 3.8 眼睛闭合百分比 percentage of eye closure

指单位时间内眼睛闭合程度达到或超过预设阈值（如 80%）的时间占比，是评估嗜睡、疲劳状态的核心指标，单位：百分比。

### 3.9 头部左右转动角速度 angular velocity of horizontal head rotation

头部绕垂直轴（上下方向为轴）左右转动时的角速度，反映头部水平方向运动的速率，是用于评估注意力分布或动作稳定性的指标，单位：弧度/秒。

### 3.10 头部上下转动角速度 angular velocity of vertical head rotation

头部绕水平轴（左右方向为轴）上下转动时的角速度，反映头部垂直方向运动的速率，是评估姿态控制或注意力转移的指标，单位：弧度/秒。

### 3.11 视线左右移动角速度 angular velocity of horizontal gaze movement

视线在水平方向（左右）移动时的角速度，反映眼球水平运动的速率，是评估注意力分配或信息获取效率的指标，单位：弧度/秒。

### 3.12 视线上下移动角速度 angular velocity of vertical gaze movement

视线在垂直方向（上下）移动时的角速度，反映眼球垂直运动的速率，是评估视觉扫描模式或注意力导向的指标，单位：弧度/秒。

### 3.13 平均心率 mean heart rate

单位时间内心脏跳动的平均次数，反映心血管系统的基础活动状态，与体能、疲劳、应激等生理及心理状态相关，单位：次/分。

### 3.14 连续 RR 间隔均方根 root mean square of successive differences of RR intervals; RMSSD

连续正常心跳间隔（RR间隔）差值的均方根，是评估自主神经功能的敏感指标，单位：毫秒。

### 3.15 低高频比例 low-frequency to high-frequency power ratio

心率变异性分析中，低频成分（0.04-0.15 Hz，与交感神经活动相关）与高频成分（0.15-0.4 Hz，与迷走神经活动相关）的比值，是评估驾驶疲劳导致的生理应激状态指标。

### 3.16 呼吸频率 breath rate

单位时间内的呼吸次数，是反映身体代谢与自主神经调节受影响程度的指标，单位：次/分。

### 3.17 呼吸深度 breath amplitude

每次呼吸的通气量或胸腔/腹部扩张程度，是反映身体能量消耗及疲劳状态的指标。

### 3.18 皮电基础信号 tonic electrodermal activity

皮肤电活动的基线成分，是用于评估驾驶疲劳的生理基础指标，单位： $\mu S$ 。

### 3.19 反应测试指标

通过标准化反应时任务测量的指标，在本标准中指驾驶员在驾驶任务中随着作业负荷累积对外界刺激的反应快慢，可直接反映驾驶员警觉性与操作准确性，是评估驾驶符合对操作能力影响的核心指标，单位：秒。

### 3.20 主观警醒程度

驾驶员采用KSS量表对自身即时清醒或嗜睡状态进行主观评价（1-9分量化），是反映驾驶员主观感知疲劳的指标。

3.21 主观任务负荷

驾驶员采用NASA-TLX量表从认知、生理等6个维度对执行驾驶任务过程中的负荷进行主观评价，是评估驾驶疲劳及操作绩效的指标。

4 评价指标

组合辅助驾驶车辆驾驶员作业负荷程度评价体系共划分为两级，分为2个评价维度、7个一级指标、17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 辅助驾驶车辆驾驶员作业负荷程度评价体系

评价维度	一级指标	二级指标	指标说明	试验设备
客观评价 维度	眼动捕捉 指标	眨眼时长	眨眼时长越长, 驾驶员作 业负荷越高	眼动仪
		眨眼频率	眨眼频率越易出现异常 高频或低频波动, 驾驶员 作业负荷越高	
		瞳孔直径	瞳孔直径越易出现异常扩 张或收缩不稳定, 驾驶员 作业负荷越高	
		眼睛闭合百分比	眼睛闭合百分比越高, 驾 驶员作业负荷越高	
		头部左右转动角速度	头部左右转动角速度减缓 或幅度异常, 驾驶员作业 负荷越高	
		头部上下转动角速度	头部上下转动角速度减缓 或幅度异常, 驾驶员作业 负荷越高	
		视线左右移动角速度	视线左右移动角速度越 低, 驾驶员作业负荷越高	



表 1（续）

评价维度	一级指	二级指标	指标说明	试验设备
客观评价 维度	眼动捕捉 指标	视线上下移动角速度	视线上下移动角速度越低，驾驶员作业负荷越高	眼动仪
	心电信号 指标	平均心率	平均心率越易出现异常升高或降低，驾驶员作业负荷越高	生理仪器 套件
		连续 RR 间隔均方根	连续 RR 间隔均方根越低，驾驶员作业负荷越高	
		低高频比例	低高频比例越高，驾驶员作业负荷越高	
	呼吸信号 指标	呼吸频率	呼吸频率越缓慢或不规则，驾驶员作业负荷越高	
		呼吸深度	呼吸深度越低，驾驶员作业负荷越高	
	皮电信号 指标	皮电基础信号	皮电基础信号越弱，驾驶员作业负荷越高	
	反应测试 指标	—	反应时越长，驾驶员作业负荷越高	专用反应 测试设备
主观评价 维度	主观警醒 程度	—	评分越高，驾驶员作业负荷越高	KSS 量表
	主观任务 负荷	—	评分越高，驾驶员作业负荷越高	NASA-TLX 量表

## 5 评分机制

### 5.1 评分方法

采用多指标综合评价方法对辅助驾驶车辆驾驶员作业负荷程度进行评价，各级指标及评价维度的评分计算方法如下，具体计算公式见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AX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，根据其具体的指标值转换成指标得分，用BXX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CXXX表示。

5.2 指标权重与计算方法

5.2.1 权重设置要求

- 同维度、同级指标计算时权重相加必须等于100%，具体如下：
- a) 评价维度权重：由所包含的客观评价维度、主观评价维度两个维度的权重值相加必须等于100%，即 $W_1+W_2=100\%$ 。
  - 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%，即 $W_{11}+W_{12}+W_{13}+W_{14}+W_{15}=100\%$ 。
  - 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，即 $W_{121}+W_{122}+W_{123}=100\%$ 。
- 评价体系中评价维度及各级评价指标的权重标识见表2。

表 2 辅助驾驶车辆驾驶员作业负荷程度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
S	客观评价 维度	$A_1/W_1$	眼动捕捉指标	$B_{11}/W_{11}$	眨眼时长 (Blink Duration)	$C_{111}/W_{111}$
					眨眼频率 (Blink Frequency)	$C_{112}/W_{112}$
					瞳孔直径 (Pupil Diameter)	$C_{113}/W_{113}$
					眼睛闭合百分比 (Percentage of Eye Closure)	$C_{114}/W_{114}$
					头部左右转动角速度 (Head Heading Speed)	$C_{115}/W_{115}$
					头部上下转动角速度	$C_{116}/W_{116}$

					(Head Pitch Speed)	
--	--	--	--	--	--------------------	--

表 2（续）

					视线左右移动角速度 (Gaze Heading Speed)	$C_{117}/W_{117}$
					视线上下移动角速度 (Gaze Pitch Speed)	$C_{118}/W_{118}$
			心电信号指标	$B_{12}/W_{12}$	平均心率 (Mean Heart Rate)	$C_{121}/W_{121}$
					连续 RR 间隔均方根 (RMSSD)	$C_{122}/W_{122}$
					低高频比例 (LF/HF Ratio)	$C_{123}/W_{123}$
			呼吸信号指标	$B_{13}/W_{13}$	呼吸频率 (Breath Rate)	$C_{131}/W_{131}$
					呼吸深度 (Breath Amplitude)	$C_{132}/W_{132}$
			皮电信号指标	$B_{14}/W_{14}$	—	
			反应测试指标	$B_{15}/W_{15}$	—	
	主观评价 维度	$A_2/W_2$	主观警醒程度	$B_{21}/W_{21}$	—	
			主观任务负荷	$B_{22}/W_{22}$	—	

### 5.2.2 权重设置方法

通过专家打分法确定各维度指标的权重值设定。具体步骤如下：

- 在企业内部选择对应的专家，按照评价体系的结构，设计权重设置值征询意见表；
- 对专家意见进行汇总，并将统计结果反馈给专家；
- 专家根据反馈结果修正自己的意见；
- 经过多轮匿名征询和意见反馈，形成最终权重。

## 5.3 得分计算方法

### 5.3.1 整体得分计算方式

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）。

$$S = \frac{A_1 * W_1 + A_2 * W_2}{2} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$S$ 为辅助驾驶车辆驾驶员作业负荷程度的得分；

$A_1$ 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 评价维度得分计算方式

#### 5.3.2.1 客观评价维度

客观评价维度得分由眼动捕捉、心电信号、呼吸信号、皮电信号、反应测试5个一级指标得分加权平均得出。

计算方法见公式（2）。

$$A_1 = \frac{\sum_{i=1}^5 B_{1i} * W_{1i}}{5} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$A_1$ ——为客观评价维度的得分；

$B_{11}$ ——为一级指标眼动捕捉指标的得分；

$W_{11}$ ——为一级指标眼动捕捉指标的权重；

$B_{12}$ ——为一级指标心电信号指标的得分；

$W_{12}$ ——为一级指标心电信号指标的权重；

$B_{13}$ ——为一级指标呼吸信号指标的得分；

$W_{13}$ ——为一级指标呼吸信号指标的权重；

$B_{14}$ ——为一级指标皮电信号指标的得分；

$W_{14}$ ——为一级指标皮电信号指标的权重；

$B_{15}$ ——为一级指标反应测试指标的得分；

$W_{15}$ ——为一级指标反应测试指标的权重。

#### 5.3.2.2 主观评价维度

主观评价维度得分由主观警醒程度、主观任务负荷2个一级指标得分加权平均得出。

计算方法见公式（3）。

$$A_2 = \frac{\sum_{i=1}^2 B_{2i} * W_{2i}}{2} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$A_2$ ——为主观评价维度的得分；

$B_{21}$ ——为一级指标主观警醒程度的得分；

$W_{21}$ ——为一级指标主观警醒程度的权重；

$B_{22}$ ——为一级指标主观任务负荷的得分；

$W_{22}$ ——为一级指标主观任务负荷的权重。

### 5.3.3 一级指标得分计算方式

假设N类车辆驾驶员在实验开始一小时内疲劳状态较轻，因此实验中当天第一个小时内的生理和眼动指标被作为基线来标准化当天其余时间内对应指标的变化。

#### 5.3.3.1 眼动捕捉指标

眼动捕捉指标得分由眨眼时长、眨眼频率、瞳孔直径、眼睛闭合百分比、头部左右转动角速度、头部上下转动角速度、视线左右移动角速度、视线上下移动角速度8个二级指标得分加权平均得出。

眼动捕捉指标得分计算方法见公式（25）。

$$B_{11} = \frac{\sum_{i=1}^8 C_{11i} * W_{11i}}{8} \dots\dots\dots (25)$$

式中：

$B_{11}$ ——为一级指标眼动捕捉指标的得分；

$C_{111}$ ——为二级指标眨眼时长的得分；

$W_{111}$ ——为二级指标眨眼时长的权重；

$C_{112}$ ——为二级指标眨眼频率的得分；

$W_{112}$ ——为二级指标眨眼频率的权重；

$C_{113}$ ——为二级指标瞳孔直径的得分；

$W_{113}$ ——为二级指标瞳孔直径的权重；

$C_{114}$ ——为二级指标眼睛闭合百分比 的得分；

$W_{114}$ ——为二级指标眼睛闭合百分比的权重；

$C_{115}$ ——为二级指标头部左右转动角速度的得分；

$W_{115}$ ——为二级指标头部左右转动角速度的权重；

$C_{116}$ ——为二级指标头部上下转动角速度的得分；

$W_{116}$ ——为二级指标头部上下转动角速度的权重；

$C_{117}$ ——为二级指标视线左右移动角速度的得分；

$W_{117}$ ——为二级指标视线左右移动角速度的权重；

$C_{118}$ ——为二级指标视线上下移动角速度的得分；

$W_{118}$ ——为二级指标视线上下移动角速度的权重。

### 5.3.3.2 心电信号指标

心电信号指标得分由平均心率、连续RR间隔均方根、低高频比例3个二级指标得分加权平均得出。

心电信号指标得分计算方法见公式（27）。

$$B_{12} = \frac{\sum_{i=1}^3 C_{12i} * W_{12i}}{3} \dots\dots\dots (27)$$

式中：

$B_{12}$ ——为一级指标心电信号指标的得分；

$C_{121}$ ——为二级指标平均心率的得分；

$W_{121}$ ——为二级指标平均心率的权重；

$C_{122}$ ——为二级指标连续RR间隔均方根的得分；

$W_{122}$ ——为二级指标连续RR间隔均方根的权重；

$C_{123}$ ——为二级指标低高频比例的得分；

$W_{123}$ ——为二级指标低高频比例的权重。

### 5.3.3.3 呼吸信号指标

呼吸信号指标得分由呼吸频率、呼吸深度2个二级指标得分加权平均得出。

呼吸信号指标得分计算方法见公式（27）。

$$B_{13} = \frac{\sum_{i=1}^2 C_{13i} * W_{13i}}{2} \dots\dots\dots (27)$$

式中：

$B_{13}$ ——为一级指标呼吸信号指标的得分；

$C_{131}$ ——为二级指标呼吸频率的得分；

$W_{131}$ ——为二级指标呼吸频率的权重；

$C_{132}$ ——为二级指标呼吸深度的得分；

$W_{132}$ ——为二级指标呼吸深度的权重。

#### 5.3.4 二级指标得分计算方式

##### 5.3.4.1 确定基准值

通过大量实车测试数据统计得出最小基准值Min、最大基准值 Max：

- 1) 主观指标：Min 取测试样本中 KSS 量表最低分（1 分）、NASA-TLX 量表各维度最低分（0 分）；Max 取测试样本中 KSS 量表最高分（9 分）、NASA-TLX 量表各维度最高分（100 分）；
- 2) 客观指标：Min、Max 取测试样本中对应指标的实测极值，基准值参考表见附录 1。

##### 5.3.4.2 归一化计算公式

根据指标与作业负荷的关联特性，分为正向指标与负向指标，分别采用对应公式计算：

###### 1) 正向指标

特征：指标值越大，作业负荷越高

适用指标：眨眼时长、眼睛闭合百分比、低高频比例、皮电基础信号、平均心率异常率、瞳孔直径异常率、KSS 量表评分、NASA-TLX 量表各维度评分等。

计算公式：

$$C_{XXX} = \frac{X - \text{Min}}{\text{Max} - \text{Min}} * 100 \dots\dots\dots (28)$$

式中：

$C_{XXX}$  ——二级指标归一化得分；

$X$  ——二级指标原始测试值；

Min ——该指标测试样本中的最小值；

Max ——该指标测试样本中的最大值。

###### 2) 负向指标

特征：指标值越小，作业负荷越高

适用指标：连续 RR 间隔均方根、呼吸深度、呼吸频率、头部转动角速度、视线移动角速度、反应测试时长等。

计算公式：

$$C_{XXX} = \frac{\text{Max} - X}{\text{Max} - \text{Min}} * 100 \dots\dots\dots (29)$$

式中符号释义同公式（28）。

## 5.4 得分说明

### 5.4.1 单次驾驶任务作业负荷

计算单次驾驶任务（全手动驾驶或辅助驾驶）作业负荷  $S$ ：

低负荷（ $0 \leq S \leq 30$ ）：驾驶任务对驾驶员认知、体力要求低。手动驾驶时操作频次少/辅助驾驶时系统稳定、驾驶员仅需常规监管，无明显疲劳或注意力高度集中需求。

中负荷（ $31 \leq S \leq 70$ ）：驾驶任务需适度投入精力。手动驾驶时需频繁应对路况变化/辅助驾驶时系统偶发预警、驾驶员需准备接管，存在一定时间压力和认知负荷。

高负荷（ $71 \leq S \leq 100$ ）：驾驶任务对驾驶员要求高。手动驾驶时需持续高强度操作与决策/辅助驾驶时系统频繁触发接管请求、驾驶员需快速响应，伴随明显生理疲劳或心理压力。

### 5.4.2 单轮驾驶任务手动与辅助驾驶作业负荷对比

在每轮测试任务结束后，将全手动驾驶（组合辅助驾驶系统全程关闭）作业负荷程度得分设为  $S_1$ ，将辅助驾驶（高速路段组合辅助驾驶系统启用时长占比  $\geq 90\%$ ）作业负荷程度得分设为  $S_2$ ，比值  $K = S_1/S_2$ ：

若  $K > 1.5$ ：辅助驾驶作业负荷显著低于手动驾驶，组合辅助驾驶系统有效降低驾驶员认知与体力投入，在重卡长途运输中可明显缓解疲劳；

若  $1.0 < K \leq 1.5$ ：辅助驾驶作业负荷略低于手动驾驶，组合辅助驾驶系统能承担部分驾驶任务，驾驶员监管压力较手动驾驶有一定减轻；

若  $0.8 \leq K \leq 1.0$ ：两者作业负荷基本相当，组合辅助驾驶系统未明显降低负荷，可能因路况复杂或系统接管频繁导致；

若  $K < 0.8$ ：辅助驾驶作业负荷高于手动驾驶，组合辅助驾驶系统存在交互设计不合理或功能不稳定问题，需进一步优化。

## 6 测试方法

### 6.1 测试车辆与驾驶员

#### 6.1.1 测试车辆

1) 应采用安装有组合辅助驾驶系统的车辆；



- 2) 车辆必须完成系统功能校验及手动驾驶性能标定, 确保动力系统、制动系统、转向系统等关键部件性能一致。

### 6.1.2 测试驾驶员

- 1) 测试驾驶员必须同时满足以下条件:

——驾驶经历不低于 5 年, 近 3 年内未发生过重大交通事故记录

——取得相应准驾车型驾驶证并具有 3 年以上驾驶经历

——最近连续 3 个记分周期内没有被记满 12 分记录

——最近 1 年内无超速 50%以上、超员、超载、违反交通信号灯通行等严重交通违法行为记录

——无饮酒后驾驶或者醉酒驾驶机动车记录, 无服用国家管制的精神药品或者麻醉药品记录

——无致人死亡或者重伤且负有责任的交通事故记录

——具备系统操作经验及紧急状态下的应急处置能力

——法律、行政法规、规章规定的其他条件

- 2) 初始疲劳控制

每日测试开始前 1h, 需对驾驶员进行疲劳基线检测, 检测项目及合格标准如下:

——主观指标: KSS 量表评分 $\leq 3$ 分;

——生理指标: 心率变异性 RMSSD $\geq 50$ ms, 皮电基础信号稳定在  $5\mu S \sim 15\mu S$ ;

——行为指标: 简单反应时 $\leq 300$ ms, 错误率= 0;

若以上任一指标不达标, 应延迟 2h 后重新检测; 仍不达标则取消当日测试, 测试日期顺延。

- 3) 轮次安排

——测试驾驶员应完成若干轮独立测试, 每轮测试包含 2 日驾驶任务, 每日驾驶里程 $\geq 500$ km, 累计每轮 $\geq 1000$ km;

——每轮测试中, 一日为全手动驾驶(组合辅助驾驶系统全程关闭), 另一日为辅助驾驶(高速路段组合辅助驾驶系统启用时长占比 $\geq 90\%$ );

——每轮测试中 2 日行驶路线应尽量保持一致。

## 6.2 测试设备

### 6.2.1 眼动仪

眼动仪应满足以下技术要求：

- 1) 采用不干扰驾驶员正常操作的采集设备，能稳定捕捉驾驶员眼动信号；
- 2) 若设备配置摄像头，摄像头应安装于驾驶舱内固定位置，且镜头轴线正对驾驶员头部区域；
- 3) 若设备配置红外光源，红外光源需具备抗环境光干扰能力，在复杂光照条件下（如昼夜交替、隧道进出、逆光等场景）仍能保证眼动信号的稳定采集；
- 4) 为确保视线追踪精度，测试驾驶员每次离座后重新就座时，需进行视线校准；驾驶过程中眼动数据采集频率应不低于 60Hz，数据记录连续无中断。

### 6.2.2 生理仪器

用于采集测试驾驶员生理信号的仪器应满足以下要求：

- 1) 可同步采集心电信号、呼吸信号及皮肤电信号，传感器佩戴方式不影响驾驶员操作；
- 2) 信号采集频率应不低于 1000Hz，采样精度满足生理参数分析需求；
- 3) 设备需具备抗电磁干扰能力，在车辆电子环境中保持信号稳定。

## 6.3 测试步骤

### 6.3.1 测试阶段

1) 测试前准备阶段：测试人员向驾驶员完整说明测试流程（含反应测试的操作规范及预训练），解释问卷指标含义（包括 KSS 量表和 NASA-TLX 量表的各维度定义），由驾驶员签署符合伦理要求的书面知情同意书；

2) 设备部署阶段：依次为驾驶员佩戴生理传感器（心电、呼吸、皮肤电），调试眼动仪并完成初始校准，所有设备需通过功能校验后方可启动实验；

3) 数据采集阶段：以车辆通过高速收费站的时刻为 0 时刻，同步开始采集以下数据：

——生理信号数据（心电、呼吸、皮肤电）及眼动数据：全程连续采集，无间断；

——NASA-TLX 量表和反应测试数据：自 0 时刻起，每 2 小时采集 1 次；

——KSS 量表：自 0 时刻起，每 1 小时采集 1 次。

### 6.3.2 反应测试

1) 测试条件：测试员通过实时路况评估确认无即时道路风险（如无近距离车辆并线、弯道、施工路段等）时，手动发起测试，且测试过程不得干扰驾驶员正常驾驶操作；

2) 刺激参数：采用听觉刺激模式，由测试终端（笔记本电脑）通过扩音器输出频率 4000Hz、时长 0.5s、声压级 95dB（A 计权）的单音信号（“嘀” 声）；

3) 响应要求: 驾驶员在确保驾驶安全的前提下, 听到信号后立即按压固定于中控屏下方的专用反应按键;

4) 测试频率: 自 0 时刻起, 每 2 小时进行 1 轮测试, 每轮包含 2 次刺激, 两次刺激间隔随机设定为 30-45s; 记录每次测试的反应时 (自信号发出至按键的时间间隔) 及响应准确性。

### 6.3.3 问卷数据采集

1) KSS 量表 (主观警醒程度评估):

测试工具: 采用卡罗林斯卡嗜睡量表, 含 9 个评分等级 (1 分 = 极度清醒, 9 分 = 极度嗜睡);

采集方式: 测试员以简洁口头方式询问, 驾驶员口头作答, 测试员即时记录评分;

采集频率: 自 0 时刻起, 每 1 小时采集 1 次, 同步记录作答时刻的累计驾驶里程、累计驾驶时长及实时路况 (如正常行驶/拥堵/服务区停靠), 原始评分需实时录入测试系统。

2) NASA-TLX 量表 (主观任务负荷评估):

测试工具: 采用 NASA 任务负荷指数, 包含脑力需求、体力需求、时间压力、绩效、努力程度、挫折感 6 个维度, 每个维度采用 0-100 分连续评分 (0 分 = 无负荷, 100 分 = 极高负荷);

采集方式: 测试员以简洁口头方式询问, 驾驶员口头作答, 测试员即时记录评分;

采集要求: 自 0 时刻起, 每 2 小时采集 1 次, 同步记录作答时刻的累计驾驶里程、累计驾驶时长及实时路况 (如正常行驶/拥堵/服务区停靠), 原始评分需实时录入测试系统。

附录 A

本附录提供的指标参考极值，基于行业生理指标标准、驾驶场景实测及设备厂商通用参考范围制定，适用于标准使用初期（无大量历史测试数据时）的临时归一化计算。后续需结合企业实测数据迭代更新，确保极值与目标车型的适配性。

表 A.1 指标基准值参考表

评价维度	一级指标	二级指标	最小基准值 Min	最大基准值 Max	单位
客观评价维度	眼动捕捉指标	眨眼时长	0.2	1.0	秒
		眨眼频率	5	35	次/分
		瞳孔直径	1.5	6.0	毫米
		眼睛闭合百分比	0.5	20.0	%
		头部左右转动角速度	0.1	3.5	弧度 / 秒
		头部上下转动角速度	0.1	3.0	弧度 / 秒
		视线左右移动角速度	0.3	4.5	弧度 / 秒
		视线上下移动角速度	0.2	4.0	弧度 / 秒
	心电信号指标	平均心率	45	130	次 / 分
		连续 RR 间隔均方根	15	180	毫秒
		低高频比例	0.3	5.0	—
	呼吸信号指标	呼吸频率	8	28	次 / 分
		呼吸深度	300	1000	毫升（潮气量）
	皮电信号指标	皮电基础信号	1	25	μS
	反应测试指标	—	180	800	秒
主观评价维度	主观警醒程度	—	1	9	分
	主观任务负荷	—	0	100	分

中国智能交通产业联盟  
标准  
**自主式交通系统**  
**组合辅助驾驶车辆驾驶负荷检测方法**  
T/ITS 0291-2025

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 11 月第一版    2025 年 11 月第一次印刷