

团 体 标 准

T/CIAD XXXX-XXXX

智能座舱多模态交互系统技术规范

Technical specification for intelligent cockpit multimode
interaction system

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国城乡发展国际交流协会

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 缩略语	1
5 系统组成与架构	2
6 技术要求	3
7 系统部署与集成	6
8 系统运维管理	7
9 系统质量控制	7

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。

本文件由深圳市众鸿科技有限公司提出。

本文件由中国城乡发展国际交流协会归口。

本文件起草单位：深圳市众鸿科技有限公司。

本文件主要起草人：×××

智能座舱多模态交互系统技术规范

1 范围

本文件规定了智能座舱多模态交互系统的缩略语、系统组成与架构、技术要求、系统部署与集成、系统运维管理、系统质量控制的要求。

本文件适用于汽车智能座舱多模态交互系统的设计、开发、部署、集成与运维。

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 22239-2019 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

GB/T 30038-2013 道路车辆 电气电子设备防护等级（IP 代码）

ISO 14229（所有部分） 道路车辆 统一诊断服务（Road vehicles-Unified diagnostic services）

ISO 26262（所有部分） 道路车辆 功能安全（Road vehicles-Functional safety）

IEEE 1588-2008 网络测量和控制系统的精确时钟同步协议（Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能座舱多模态交互系统 intelligent cockpit multimodal interaction system

集成语音、视觉、生理信号、触觉等两种及以上交互模态，通过传感器采集、数据融合处理、智能决策与响应，实现驾乘人员与车辆之间高效、安全、个性化信息交互的综合性电子系统。

3.2

多模态交互 multimodal interaction

驾乘人员通过两种及以上交互方式（如语音指令 + 手势动作、面部表情 + 生理信号协同）与车辆进行信息传递、指令下达及反馈交互的过程。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

EEG：脑电信号（Electroencephalogram）

MBTF：平均无故障工作时间（Mean Time Between Failures）

ADAS：高级驾驶辅助系统（Advanced Driver Assistance Systems）

OTA：空中下载升级（Over-The-Air）

AES：高级加密标准（Advanced Encryption Standard）

ASIL: 汽车安全完整性等级 (Automotive Safety Integrity Level)

HUD: 抬头显示 (Head-Up Display)

LSTM: 长短期记忆神经网络 (Long Short-Term Memory)

5 系统组成与架构

5.1 总体架构

系统采用分层模块化架构, 包含感知采集层、数据融合层、决策控制层、交互应用层, 各层级通过标准化接口实现数据交互与指令传输, 层级间数据传输延迟 $\leq 10 \text{ ms}$, 系统总体架构如图 1 所示。

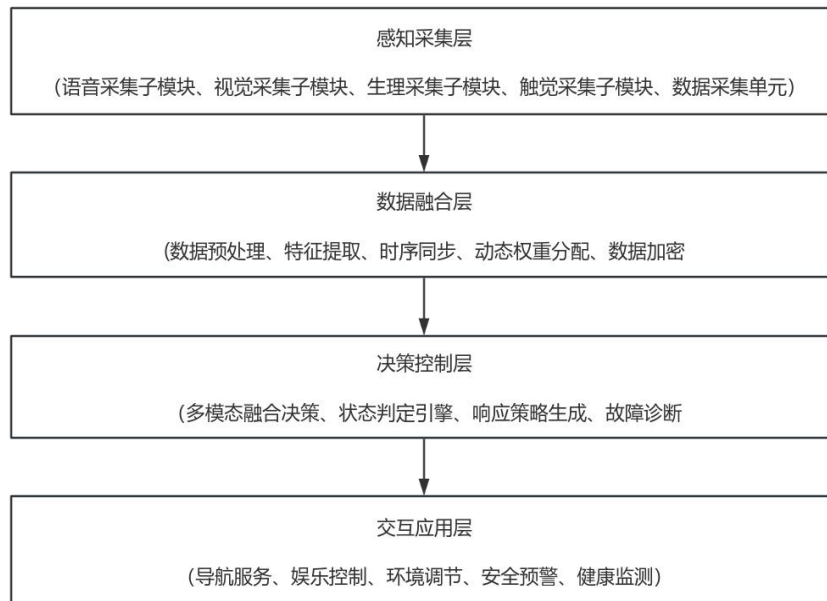


图 1 智能座舱多模态交互系统总体架构图

5.2 核心组成模块

5.2.1 感知采集模块

负责多模态原始数据的采集与初步过滤, 由下列各项子模块组成, 各子模块支持热插拔与故障冗余切换:

- 语音采集子模块: 由 4 ~ 8 通道麦克风阵列组成, 支持定向拾音与噪声过滤, 适配驾驶场景多位置语音采集;
- 视觉采集子模块: 由座舱内高清摄像头组成, 覆盖驾乘人员面部区域, 采集面部表情、眼动轨迹等视觉信息;
- 生理采集子模块: 集成 EEG 传感器、心率传感器、呼吸频率传感器, 采集脑电信号、心率、呼吸频率等生理参数;
- 触觉采集子模块: 含方向盘操作传感器、座椅压力传感器、中控触摸传感器, 采集驾乘人员操作动作、体位变化及触摸指令。

5.2.2 数据融合模块

基于 IEEE 1588-2008 协议实现多模态数据时序同步，通过自适应滤波、异常数据插值补全、特征提取算法，将原始数据转化为统一特征向量，为决策控制模块提供输入，支持动态权重分配策略迭代升级。

5.2.3 决策控制模块

核心控制单元，基于融合特征数据，通过贝叶斯网络、LSTM 神经网络等算法，实现驾乘人员情绪状态、健康状态、操作意图的精准判定，生成分级响应策略与安全控制指令，支持策略参数 OTA 升级。

5.2.4 交互响应模块

根据决策控制指令，通过多渠道实现交互反馈，包括语音反馈、视觉显示、触觉提醒、环境调节，明确响应精准且不干扰驾驶操作。

5.2.5 安全保障模块

涵盖数据安全、功能安全、人机安全三大维度，实现敏感数据加密存储与传输、系统故障自诊断、应急响应触发。

6 技术要求

6.1 感知采集模块要求

应符合表 1 中的要求。

表 1 感知采集模块要求

模块类型	技术参数	要求值
语音采集子模块	拾音距离	0.5 m ~ 2.0 m (覆盖驾驶位、副驾驶位)
	采样率	≥ 16 kHz, 量化位数 ≥ 16 bit
	噪声抑制能力	60 dB 环境噪声下, 语音识别信噪比提升 ≥ 15 dB
	唤醒性能	唤醒词自定义支持, 信噪比 ≥ 10 dB 时唤醒成功率 $\geq 95\%$, 误唤醒率 ≤ 1 次/h
视觉采集子模块	摄像头分辨率	≥ 1080 P (1 920 × 1 080)
	帧率	≥ 30 fps, 面部追踪模式下 ≥ 60 fps
	面部特征提取精度	关键特征点定位误差 ≤ 2 像素
	眼动信息采集精度	注视点定位误差 $\leq 1^\circ$, 眨眼频率识别误差 ≤ 0.5 次/min
生理采集子模块	EEG 传感器	采样率 ≥ 256 Hz, 噪声水平 $\leq 1 \mu\text{Vrms}$, 支持 $\alpha/\beta/\delta$ 波采集
	心率传感器	测量范围 40 次/min ~ 200 次/min, 测量误差 $\leq \pm 3$ 次/min
	血压传感器	收缩压 60 mmHg ~ 180 mmHg, 舒张压 40 mmHg ~ 120 mmHg, 误差 $\leq \pm 5$ mmHg
	呼吸频率传感器	测量范围 8 次/min ~ 40 次/min, 误差 $\leq \pm 1$ 次/min
触觉采集子模块	方向盘操作传感器	角度测量范围 $-720^\circ \sim 720^\circ$, 精度 $\leq \pm 0.5^\circ$
	座椅压力传感器	测量范围 0 N ~ 500 N, 精度 $\leq \pm 5$ N, 响应时间 ≤ 10 ms

6.2 数据融合与处理要求

6.2.1 时序同步

采用 IEEE 1588-2008 协议实现多模态数据时序同步，同步精度 $\leq 1 \text{ ms}$ ；支持传感器时钟校准，校准周期可配置（默认 1 min/次）。

6.2.2 数据预处理

应符合下列各项：

- 噪声抑制：采用自适应滤波算法，去除运动干扰、环境噪声，原始数据信噪比 $\geq 20 \text{ dB}$ ；
- 异常数据处理：采用线性插值法补全缺失数据（缺失率 $\leq 5\%$ 时），异常数据识别准确率 $\geq 98\%$ ；
- 数据压缩：原始数据压缩比 $> 10 : 1$ ，压缩后数据无失真，解压时间 $\leq 50 \text{ ms}$ 。

6.2.3 多模态融合

应符合下列各项：

- 融合算法：支持基于注意力机制的动态权重分配，兼容贝叶斯网络、LSTM 神经网络算法，融合决策延迟 $\leq 100 \text{ ms}$ ；
- 状态判定精度：情绪状态识别准确率 $\geq 85\%$ ，健康状态识别准确率 $\geq 88\%$ ，操作意图识别准确率 $\geq 90\%$ ；
- 模型更新：支持融合模型 OTA 升级，升级过程不中断系统核心功能，升级成功率 $\geq 99.5\%$ 。

6.3 交互响应要求

6.3.1 响应性能

应符合下列各项：

- 响应延迟：语音指令响应延迟 $\leq 200 \text{ ms}$ ，手势 / 眼动指令响应延迟 $\leq 300 \text{ ms}$ ，生理信号触发响应延迟 $\leq 500 \text{ ms}$ ；
- 响应方式：支持语音、视觉、触觉、环境调节多渠道协同响应，各渠道响应逻辑一致，无冲突；
- 音量自适应：语音反馈音量随车速动态调节，不干扰驾驶环境。

6.3.2 分级响应策略

应根据驾乘人员状态等级实施分级响应，具体要求应如表 2 所示。

表 2 分级响应策略

响应等级	状态描述	响应措施
一级（正常）	情绪稳定、健康良好、意图明确	常规交互逻辑响应，仅提供必要语音 / 视觉反馈，无额外触觉提醒
二级（轻度异常）	轻度疲劳、轻微焦虑、操作犹豫	语音温馨提醒、视觉柔和提示、座椅轻微震动，自动调节空调温度与氛围灯
三级（中度异常）	中度疲劳、明显焦虑、轻微身体不适	加强语音提示、持续触觉震动、HUD 高亮警示，提供舒缓音乐，推荐就近休息点
四级（重度异常）	严重疲劳、情绪应激、突发健康问题	紧急语音警示、座椅强震动、自动开启 ADAS 辅助模式，联动急救中心发送位置信息

6.4 安全要求

6.4.1 数据安全

应符合下列各项：

- a) 加密要求：生理数据、身份信息敏感数据采用 AES-256 加密存储与传输，密钥定期更新；
- b) 权限管理：支持数据访问权限分级管控，未授权访问拦截率 100%，访问日志留存 ≥ 90 d；
- c) 数据脱敏：对外传输数据需进行脱敏处理，去除身份标识信息，脱敏后数据不可反向追溯。

6.4.2 功能安全

应符合下列各项：

- a) 安全等级：故障诊断覆盖率 $\geq 99\%$ ；
- b) 故障响应：传感器故障时，系统自动切换至冗余模块（无冗余模块则降级运行），故障报警延迟 ≤ 1 s；
- c) 应急通信：重度异常状态下，支持蜂窝网络 + 卫星通信双通道求救，信息传输成功率 $\geq 99\%$ 。

6.4.3 人机安全

交互响应不干扰驾驶操作，关键控制指令需二次确认；触觉提醒震动强度 ≤ 5 G，避免驾乘人员受惊；视觉提示亮度 ≤ 500 cd/m²，夜间不造成眩光。

6.5 可靠性与环境适应性要求

应符合下列各项：

- a) 平均无故障工作时间 (MTBF) $\geq 5\ 000$ h；
- b) 工作环境：温度 -40 °C ~ 85 °C，相对湿度 5% $\sim 95\%$ （无凝露），大气压力 86 kPa ~ 106 kPa；
- c) 防护等级：符合 GB/T 30038-2013 IP65 级要求；
- d) 电磁兼容性：符合 GB/T 28039-2011 Class 3 要求，传导骚扰 ≤ 40 dB μ V，辐射骚扰 ≤ 30 dB μ V/m。

6.6 兼容性要求

应符合下列各项：

- a) 系统兼容：支持主流车载操作系统，兼容性故障 ≤ 1 次/1 000 h 运行；
- b) 设备兼容：可与 ADAS 系统、车身控制系统、车载信息娱乐系统实现数据交互，交互延迟 ≤ 20 ms；
- c) 升级兼容：OTA 升级后与原有硬件、软件版本兼容，无功能异常。

6.7 接口要求

6.7.1 硬件接口

应符合表 3 中的要求。

表 3 硬件接口要求

接口类型	适用模块	技术参数	接口协议
USB 3.0	视觉传感器、数据采集单元	传输速率 ≥ 5 Gbps, 供电电压 5 V / 2 A	USB 3.0 协议
CAN / LIN 总线	触觉传感器、车身控制接口	CAN 总线速率 250 kbps ~ 1 Mbps, LIN 总线速率 19.2 kbps	CAN 2.0B、LIN 2.2A
Ethernet	决策控制模块、OTA 升级接口	传输速率 > 1 Gbps, 延迟 ≤ 1 ms	IEEE 802.3
模拟量接口	生理传感器	输入电压 0 V ~ 5 V, 采样精度 16 bit	ADC 转换协议

6.7.2 软件接口

应符合下列各项：

- 数据交互接口：采用 JSON 格式封装数据，接口调用响应时间 ≤ 50 ms，接口成功率 $\geq 99.8\%$ ；
- API 接口：提供标准化 API 接口，支持第三方应用接入，接口文档完整，兼容性版本回溯；
- 升级接口：支持 HTTPS 协议 OTA 升级，升级包校验采用 MD5 加密，校验成功率 100%；
- 诊断接口：兼容 ISO 14229（所有部分）统一诊断服务协议，支持故障码读取、清除及系统状态查询。

7 系统部署与集成

7.1 部署环境要求

7.1.1 硬件部署环境

应符合下列各项：

- 安装位置：感知模块需固定于座舱内无遮挡区域，摄像头对准驾乘人员面部，麦克风阵列避开空调出口及音响设备；
- 安装精度：传感器安装水平偏差 $\leq \pm 2^\circ$ ，固定牢固无松动，振动环境下位移量 ≤ 0.5 mm；
- 供电要求：支持载 12 V 直流供电，电压波动范围 $\pm 10\%$ ，功耗 ≤ 20 W（满负载运行）。

7.1.2 软件部署环境

应符合下列各项：

- 操作系统：兼容 Android Automotive OS 11.0 及以上、QNX 7.1 及以上版本；
- 存储要求：系统运行内存 ≥ 4 GB，存储空间 ≥ 32 GB；
- 网络要求：支持以太网、4G / 5G 及 Wi-Fi 6，网络带宽 ≥ 100 Mbps，延迟 ≤ 50 ms。

7.2 集成要求

7.2.1 与车载系统集成

系统需与车载核心系统实现无缝集成，集成要点如下：

- 与 ADAS 系统集成：接收车速、车道偏离、碰撞预警等数据，联动调整交互响应策略，数据交互延迟 ≤ 20 ms；
- 与车身控制系统集成：支持通过 CAN 总线控制空调、座椅、氛围灯等设备，控制指令执行成功率 $\geq 99.9\%$ ；

- c) 与车载信息娱乐系统集成：共享音频、显示资源，避免交互冲突，优先级可配置。

7.2.2 集成测试要求

集成后需开展联合测试，测试覆盖以下场景：

- a) 多系统协同场景：验证多模态指令对车载设备的联合控制准确性；
- b) 边界场景：模拟高低温、强电磁干扰环境下的集成稳定性；
- c) 故障场景：模拟某一车载系统故障时，系统降级运行的兼容性。

8 系统运维管理

8.1 日常运维要求

8.1.1 巡检与维护

宜按下列各项开展：

- a) 定期巡检：每月开展 1 次硬件巡检，检查传感器清洁度、固定状态及线路连接；每季度开展 1 次软件巡检，排查日志异常及性能衰减；
- b) 维护操作：传感器清洁需使用专用工具，避免划伤镜头及传感面；硬件更换需断电操作，更换后进行校准测试；
- c) 日志管理：系统日志需定期备份，备份周期 ≤ 7 d，备份文件留存 ≥ 1 年，支持日志异常自动告警。

8.1.2 故障处理

建立分级故障处理机制，要求如下：

- a) 一级故障（轻微故障）：如单个传感器精度偏差，运维人员需在 24 h 内完成校准或更换；
- b) 二级故障（一般故障）：如数据融合算法异常，需在 48 h 内提供修复方案并实施；
- c) 三级故障（严重故障）：如系统整体瘫痪，需立即启动应急响应，2 h 内到场处理，恢复核心功能。

8.2 系统升级

8.2.1 OTA 升级要求

应符合下列各项：

- a) 升级策略：支持分批次、分区域升级，升级过程可暂停、回滚，回滚成功率 $\geq 99.9\%$ ；
- b) 升级条件：仅在车辆驻车、电量 $\geq 30\%$ 或接入充电状态下启动升级，避免行驶中升级中断；
- c) 升级验证：升级后系统自动开展功能自检，自检通过率 $\geq 99.8\%$ ，自检失败自动回滚至原版本。

8.2.2 版本管理

建立全生命周期版本管理机制，明确版本编号规则，留存各版本迭代文档，包括更新内容、适配范围、已知问题及修复方案，版本追溯周期 ≥ 3 年。

9 系统质量控制

9.1 质量保障要求

9.1.1 设计质量

系统设计需遵循模块化、标准化原则，开展设计评审，评审通过率 100%；设计文档需完整留存，包括需求规格说明书、设计方案、测试报告等。

9.1.2 开发质量

应符合下列各项：

- a) 编码规范：遵循车载电子系统编码规范，代码覆盖率 $\geq 80\%$ ，单元测试通过率 $\geq 95\%$ ；
- b) 集成测试：开展模块集成、系统集成测试，测试用例覆盖率 $\geq 90\%$ ，缺陷修复率 $\geq 99\%$ ；
- c) 验收测试：交付前开展全场景验收测试，验收通过后后方可部署上线。

9.2 合规性要求

应符合下列各项：

- a) 功能安全合规：符合 ISO 26262（所有部分） 中的要求；
 - b) 信息安全合规：符合《中华人民共和国个人信息保护法》；
 - c) 电磁兼容合规：通过 GB/T 28039-2011 Class 3 电磁兼容测试，无电磁干扰隐患；
 - d) 行业规范合规：遵循智能网联汽车相关行业规范，明确与产业链上下游产品兼容。
-