

汽车智能组合仪表设计与关键技术研究

梁友琼

海南海马汽车有限公司 海南 海口 570216

摘要: 汽车组合仪表是整车电子电气系统的核心人机交互界面, 承担车辆状态监测、信息显示、故障报警与智能交互等关键功能。本文以某车型组合仪表为工程实例, 系统阐述智能组合仪表的技术规范、硬件架构、通信网络、功能逻辑、显示控制、诊断及网络管理等核心内容, 对比传统机械仪表与智能仪表的技术差异, 分析 CAN/LIN 混合总线、多模式显示、分级报警、智能交互等关键技术。研究表明, 智能组合仪表通过数字化、网络化与集成化升级, 可显著提升信息交互效率、驾驶安全性与用户体验, 为智能座舱与整车智能化发展提供重要支撑。

关键词: 智能组合仪表; CAN/LIN 总线; TFT 液晶显示; 故障报警

引言

随着汽车电子电气架构从分布式向域控制与中央计算平台演进, 组合仪表已从传统机械指针式单一显示装置, 升级为集高分辨率显示、多源数据融合、智能报警、多模态交互、在线诊断于一体的智能终端。传统仪表依赖硬线直连、信息单一、扩展性差, 难以满足智能网联汽车对动力、底盘、车身、智驾、娱乐等多系统信息集中呈现的需求。

智能组合仪表以高性能 MCU 为核心, 依托 CAN/LIN 混合通信网络, 整合车速、转速、燃油、水温、胎压、ADAS、导航、多媒体等信息, 通过分级报警逻辑与友好人机界面, 实现安全优先、信息清晰、交互便捷的设计目标。

1 汽车组合仪表发展历程与技术对比

1.1 发展阶段

1) 机械指针式仪表

依靠机械传动与模拟电路实现基础指示, 结构简单、成本低, 但信息少、精度低、布线复杂, 无诊断与联网能力。

2) 机电混合式仪表

保留指针, 增加段码屏显示里程、时间, 引入基础电子控制与简单报警功能, 仍以硬线连接为主, 扩展性有限。

3) 全数字智能组合仪表

采用 TFT 高清大屏, 基于总线通信, 集成多系统数据, 具备开机自检、主动报警、按键交互、主题切换、在线诊断、软件刷写等功能, 是当前乘用车主流技术方案。

1.2 技术性能对比

指标	机械仪表	机电混合仪表	智能组合仪表
信息承载量	极少	有限	丰富, 可显示车速、转速、胎压、导航、ADAS 等
通信方式	硬线直连	硬线 + 简易总线	CAN/LIN 混合总线, 支持 OSEK 网络管理
显示载体	指针+刻度	指针+段码屏	7寸/12.3寸等 TFT 高清屏
报警能力	无主动报警	基础报警	分级弹窗、声光联动、帧丢失主动报警
诊断功能	无	简易诊断	UDS 诊断、故障码存储、动作测试
扩展性	差	一般	强, 支持软件升级与配置写入

2 智能组合仪表总体设计要求

2.1 规范性引用

本文设计遵循以下标准: GB 15082《汽车车速表》、GB 4094《汽车操纵件指示器及信号装置的标志》、QC/T 727《汽车、摩托车用仪表》、ISO 11898 (CAN 总线)、ISO 14229 (UDS 诊断) 及车内 VOC、禁用物质、网络管理等企业规范。

2.2 基本技术条件

1) 环境适应性: 储存温度 $-40^{\circ}\text{C} \sim 90^{\circ}\text{C}$, 工作温度 $-30^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$, 满足车载高低温、湿热、振动环境。

2) 电气性能: 额定电压 12V, 工作电压 $9 \sim 16\text{V}$; 静态休眠电流 $\leq 2\text{mA}$, 工作电流 $\leq 1\text{A}$ 。

3) 耐久性与外观: 无故障连续工作 $\geq 3000\text{h}$; 外观无划痕、缩痕, 背光均匀无窜光, 符号清晰无折光失真。

2.3 多层次需求定位

整车层面要求指示准确、通信稳定、兼容高低配

置；用户层面要求信息易读、提示音悦耳、操作便捷；生产层面要求装配简便、维修性好；供应商层面要求平台化、通用化、成本可控。

3 智能组合仪表硬件架构与通信系统

3.1 硬件总体架构

智能组合仪表以仪表控制单元（ICM）为核心，包含表头驱动、显示模块、指示灯模块、交互模块、通信模块、电源管理、休眠唤醒、诊断接口及硬线 I/O 等单元，实现信号采集、数据处理、显示输出与整车协同。

3.2 连接器与引脚定义

采用 32PIN 集成连接器，完成电源、IGN、小灯、CAN_H/L、LIN、燃油信号、手刹、制动液、档位输出、背光 PWM 等信号传输，高低配共用接口，通过软件配置区分功能，提升平台化率。

3.3 CAN/LIN 混合通信网络

1) CAN 总线：波特率 500kbps，支持 OSEK 网络管理、UDS 诊断与 Bootloader 在线刷写，支持 CAN 唤醒与唤醒线唤醒。

2) LIN 总线：遵循 LIN2.1 规范，波特率 19200bps，用于低成本车身辅助信号交互。

3) 网络拓扑：ICM 作为核心节点，与 BCM、EMS、TCU、EPS、SRS、TPMS、PEPS 等 ECU 互联互通，减少线束，提升系统可靠性。

4 核心功能模块设计与实现

4.1 照明与背光控制

IGN ON/OFF 与小灯开关时，背光 3s 渐变点亮 / 熄灭，提升视觉舒适性；小灯开启后，由 PWM 信号占空比调节亮度，与整车亮度同步。

4.2 报警指示灯系统

覆盖灯具、安全气囊、BCM、燃油、EMS、TCU、EPS、ABS、ESP、EPB、ADAS 等共 36 类指示灯，按绿（状态）、黄（预警）、红（严重故障）、蓝（远光）规范配色。IGN ON 后指示灯自检点亮 3s，连续 10 个周期未收到对应 CAN 报文时按信号丢失处理。

4.3 表盘信息控制

水温表基于 CAN 信号在 50℃ ~ 125℃ 分段指示，大于等于 115℃ 触发高温报警，指针响应 ≤ 2min；燃油表采用硬线电阻输入，小于等于 10L 点亮报警，加油快响应、非加油只减不增，响应 ≤ 3min；车速表遵循 GB 15082，指针 5s 内到位；转速表量程 0 ~ 8000rpm，6000rpm 以上为红线区，信号异常自动归零。

4.4 液晶显示与交互逻辑

显示总计里程、续航里程、档位、时间、温度等基

础信息，提供车辆信息、设置、多媒体，支持 Trip A/B 清零、油耗查看、胎压显示、三主题切换、车速报警设置。报警弹窗按优先级显示：水温过高 > 燃油不足 > 胎压故障 > 车门未关 > 手刹未解除 > 安全带未系 > 超速报警，可通过按键临时隐藏，解除后自动消失。

4.5 声音报警

声音报警覆盖 PEPS、并线辅助、AEB、ACC、LKA、倒车雷达、车门、安全带、超速等 20 余项，按优先级高优先级打断低优先级。

5 诊断与网络管理功能

5.1 诊断功能

支持基于 CAN 的 UDS 统一诊断服务，包括 ECU 复位、安全访问、读写数据、故障码存储与清除、动作测试、例、在线刷写；支持下线配置写入，流程为扫描车型 → 扩展诊断 → 安全校验 → 写入配置 → 确认清除故障码。

5.2 网络管理

遵循 OSEK/VDX 规范，实现节点状态监测、休眠/唤醒协同、总线负载控制、故障节点隔离，保证通信实时性与可靠性，满足车规功能安全要求。

6 智能组合仪表关键技术

智能组合仪表的关键技术以车载总线通信、车规级嵌入式系统、高精度数据处理、高清人机交互、智能故障报警、诊断与网络管理、功能安全与可靠性为核心，构成数字化、网络化、智能化仪表的技术支撑体系。其一，CAN/LIN 混合总线通信技术，采用 500kbps CAN 总线与 LIN2.1 辅助总线结合，支持 OSEK 网络管理与双路唤醒机制，实现多 ECU 数据实时交互与低功耗运行，大幅简化整车线束。其二，车规级嵌入式硬件技术，以高性能 MCU 为核心，搭配步进电机驱动、宽温 TFT 显示与 32PIN 集成接口，满足 -40 ~ 90℃ 环境、9 ~ 16V 电压及 3000h 无故障工作要求。其三，多源数据采集与滤波算法，同步处理硬线模拟量与 CAN 数字信号，通过滤波与失效判定策略，确保车速、转速、油量、水温等信息稳定准确。其四，高清显示与 HMI 渲染技术，采用高亮度 TFT 屏与 PWM 背光调节，支持多级菜单、主题切换与导航投屏，兼顾可视性与视觉舒适性。其五，分级智能报警技术，遵循国标指示灯配色规范，实现开机自检、帧丢失主动报警与声光联动提示，按优先级调度弹窗与声音输出，提升驾驶安全性。其六，UDS 诊断与在线配置技术，支持统一诊断服务、故障码管理、Bootloader 软件刷写与下线配置写入，适配多车型平台化生产。其七，功能安全与电磁兼容技术，通过冗余设计、抗干扰防护与低功耗控制，满足车载严苛环境与功能安全要求。上

述技术协同作用,使智能组合仪表完成从单一指示向智能交互、主动预警、可扩展升级的转型,成为智能座舱的核心入口。

6.1 多源数据融合与实时性优化

采用双缓冲渲染,车速、报警等关键信息优先渲染;CAN总线设置验收滤波器,降低负载;关键信号10周期超时判断,失效保持末次值或归零,避免误显示。

6.2 车规级可靠性提升

选用车规级元器件,PCB加强固定防振动;遵循GB/T 18655、ISO 11452要求做EMC滤波与屏蔽;电源端口增加TVS管与滤波电路,抵抗静电与电压瞬态干扰。

6.3 人机交互优化

信息分层显示,安全信息置顶;亮度自适应调节,避免眩光;按键逻辑简洁,支持盲操作,降低驾驶分心。

6.4 平台化配置管理

高低配共用硬件,通过配置字节区分EPB/机械手刹、胎压、启停、AUTOHOLD等功能,实现一车一配置,支持多车型共线生产。

7 结论与展望

智能组合仪表总线化、数字化、集成化使信息承载

量提升10倍以上,布线成本降低30%~50%;分级声光报警与主动故障检测提升安全性;平台化设计与配置写入实现降本增效;全项指标满足国标与车规要求。未来智能仪表将向大屏一体化、AR HUD融合、多模态交互、功能安全ASIL D等级、OTA生态扩展方向发展,持续推动智能座舱与整车智能化升级。

参考文献

- [1]刘立立。智能网联汽车仪表的人机交互界面设计[J].自动化应用,2024,(9):161-163.
- [2]李函遥,王馨,郁淑聪。智能座舱人机交互发展趋势[J].时代汽车,2022,(23):16-18.
- [3]林琦。基于CAN总线的汽车组合仪表综合系统设计研究[J].时代汽车,2020(19):109-110.
- [4]中国汽车工程学会。智能座舱技术路线图(2025版)[R].北京:中国汽车工程学会,2025.
- [5]德赛西威。智能组合仪表技术白皮书[R].惠州:德赛西威汽车电子股份有限公司,2024.
- [6]王双贵,黄玲。集成车联网显示功能的组合仪表设计[J].汽车电器,2021(04):56-58.