

ICS 43.120

CCS T 47



# 团体标准

T/CEATEC XXX—2025

## 混合动力汽车动力总成电控系统集成 技术要求

Technical requirements for integration of powertrain electronic control  
system in hybrid electric vehicle

(征求意见稿)

2025-X-XX 发布

2025-X-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 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 总体要求 .....	2
4.1 设计原则 .....	2
4.2 集成架构 .....	2
4.3 系统组成 .....	2
5 技术要求 .....	3
5.1 电控单元（ECU）集成 .....	3
5.2 传感器集成 .....	3
5.3 执行器集成 .....	4
5.4 高压配电模块集成 .....	4
5.5 软件集成要求 .....	4
5.6 控制策略集成要求 .....	4
5.7 环境可靠性要求 .....	5
6 试验方法 .....	5
6.1 电控单元（ECU）集成试验 .....	5
6.2 传感器集成试验 .....	6
6.3 执行器集成试验 .....	6
6.4 高压配电模块集成试验 .....	6
6.5 软件集成试验 .....	6
6.6 控制策略集成试验 .....	7
6.7 环境可靠性试验 .....	7
7 通信与接口要求 .....	7
8 检验规则 .....	8
8.1 检验分类 .....	8
8.2 出厂检验 .....	8
8.3 型式检验 .....	8
8.4 检验报告 .....	8

## 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。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次编制。

# 混合动力汽车动力总成电控系统集成技术要求

## 1 范围

本文件规定了混合动力汽车动力总成电控系统集成的总体要求、技术要求、试验方法、检验规则。

本文件适用于插电式混合动力汽车（含增程式）、非插电式混合动力汽车（包括M1类乘用车、N1-N3类商用车）动力总成电控系统的集成设计、生产制造、检验验收。

## 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 2408 塑料 燃烧性能的测定 水平法和垂直法
- GB/T 2423.17 环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾
- GB/T 2423.65 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cb：设备用恒定湿热
- GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 5080.7 设备可靠性试验 恒定失效率假设下的失效率与平均无故障时间的验证试验方案
- GB/T 11457 信息技术 软件工程术语
- GB/T 18488.1 电动汽车用驱动电机系统 第1部分：技术条件
- GB/T 19753 轻型混合动力电动汽车能量消耗量试验方法
- GB/T 20234.1 电动汽车传导充电用连接装置 第1部分：通用要求
- GB/T 28046.3 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第3部分：机械负荷
- GB/T 28046.4 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第4部分：气候负荷
- GB/T 32960.3 电动汽车远程服务与管理系统技术规范 第3部分：通讯协议及数据格式
- GB/T 34590.1 道路车辆 功能安全 第1部分：术语
- GB/T 34590.6 道路车辆 功能安全 第6部分：产品开发：软件层面
- GB 34660 道路车辆 电磁兼容性要求和试验方法
- GB/T 38661 电动汽车用电池管理系统技术条件
- GB/T 39278 道路车辆 电磁屏蔽效能试验方法
- QC/T 824 汽车用转速传感器
- QC/T 1067.3 汽车电线束和电气设备用连接器 第3部分：电线接头的型式、尺寸和特殊要求
- QC/T 1089 电动汽车再生制动系统要求及试验方法
- QC/T 1174 电动汽车用高压熔断器
- QC/T 1175 电动汽车用高压接触器
- ISO 26262（所有部分） 道路车辆 功能安全（Automotive safety integrity level）

## 3 术语和定义

GB/T 34590.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**动力总成电控系统** powertrain electronic control system

由电控单元、传感器、执行器、通信模块、高压配电模块及配套软件组成，实现混合动力总成能量管理、模式切换、扭矩协调、故障诊断及安全防护等功能的综合控制系统。

### 3.2

#### 电控系统集成 electronic control system integration

按照既定技术要求，将动力总成电控系统的硬件部件、软件模块、通信协议及控制策略进行整合、匹配、优化与调试，形成功能完整、性能达标、运行可靠的集成化系统的过程。

### 3.3

#### 集成架构 integrated architecture

电控系统各组成部分的物理布局、逻辑分层及交互关系，分为集中式架构和分布式架构。

## 4 总体要求

### 4.1 设计原则

#### 4.1.1 安全性原则

通信与接口集成具备抗干扰及数据加密能力，规避各类安全隐患。

#### 4.1.2 兼容性原则

硬件、软件、通信协议满足接口统一、协议兼容、参数适配要求，支持多动力源协同及多厂商部件互换，降低集成成本。

#### 4.1.3 高效性原则

能量分配效率优化，满足对应车型能耗限值，保障动力控制实时性。

#### 4.1.4 可扩展性原则

架构支持部件新增、策略升级及动力总成适配，软件模块化设计，硬件预留接口冗余。

#### 4.1.5 经济性原则

在满足性能安全要求前提下，优化方案以降低硬件、软件开发及维护成本。

### 4.2 集成架构

#### 4.2.1 系统架构

电控系统集成架构分为集中式和分布式架构，具体规定如下：

- a) 集中式架构：单一体化ECU集成多控制器功能，适用于乘用车及轻型商用车；
- b) 分布式架构：各控制器独立布置，VCU统筹协调，适用于重型商用车及复杂动力总成。

#### 4.2.2 硬件集成结构

硬件集成结构应满足以下要求：

- a) 物理布局：高低压线束分开布线，间距 $\geq 80\text{mm}$ ，交叉处 $90^\circ$ 交叉；
- b) 标准化支架：标准化支架为高强度钢/铝合金；
- c) 散热设计：散热功率不低于发热总功率1.2倍，风道/管路便于维护无泄漏；
- d) 维修便利性：接口便于插拔，高压部件维修具备断电锁定装置。

#### 4.2.3 软件集成结构

软件集成架构应采用应用层、基础软件层、硬件抽象层三层架构形式，层间接口标准化解耦，队列机制防丢失，具体功能如下：

- a) 应用层：含控制策略、能量管理等模块，模块化编程，模块间标准化接口交互；
- b) 基础软件层：含驱动、协议栈、诊断服务等；
- c) 硬件抽象层：屏蔽硬件差异，适配不同配置，降低开发移植成本。

### 4.3 系统组成

电控系统具体组成部分如下：

- a) 电控单元（ECU）：含发动机控制器、电机控制器、BMS及VCU，支持集中式/分布式架构及多控制器协同交互；

- b) 传感器模块：含转速、扭矩、位置、温度、电压电流、压力传感器，为控制策略提供精准工况数据；
- c) 执行器模块：含节气门、换挡、制动能量回收、高压接触器执行器，响应指令实现动力调节与安全控制；
- d) 通信与接口模块：含CAN/LIN总线、高低压、机械安装接口，实现数据传输、电气连接与物理固定；
- e) 高压配电模块：含高压接触器、熔断器、DC/DC转换器、绝缘监测器，负责高压电能分配、转换与防护；
- f) 软件系统：含基础软件与应用软件。

## 5 技术要求

### 5.1 电控单元（ECU）集成

#### 5.1.1 硬件架构

硬件架构应满足以下要求：

- a) 集中式：多核MCU，核心频率 $\geq 200\text{MHz}$ ，Flash $\geq 1\text{MB}$ 、RAM $\geq 256\text{KB}$ ；
- b) 分布式：单控制器MCU核心频率 $\geq 160\text{MHz}$ ，Flash $\geq 512\text{KB}$ 、RAM $\geq 128\text{KB}$ ，支持独立稳定运行。

#### 5.1.2 元器件选型

元器件选型应符合车规级要求，关键器件通过AEC-Q100认证。

#### 5.1.3 PCB设计

PCB设计应满足以下要求：

- a) 模拟与数字电路分区独立接地，接地电阻 $\leq 0.1\ \Omega$ ；
- b) PCB板厚 $\geq 1.6\text{mm}$ ；
- c) 阻燃等级为GB/T 2408规定的V-0级；
- d) 防护等级应不低于GB/T 4208规定的IP54。

#### 5.1.4 集成装配

集成装配应满足以下要求：

- a) 外壳为铝合金或工程塑料，电磁屏蔽效能 $\geq 40\text{dB}$ （100MHz~1GHz）；
- b) ECU紧固力矩：乘用车 $8\text{N}\cdot\text{m}\sim 15\text{N}\cdot\text{m}$ ，商用车 $15\text{N}\cdot\text{m}\sim 25\text{N}\cdot\text{m}$ 。

### 5.2 传感器集成

#### 5.2.1 转速传感器

转速传感器性能应满足QC/T 824的要求，具体要求如下：

- a) 采用霍尔式/磁阻式；
- b) 量程：发动机 $0\sim 8000\text{r}/\text{min}$ 、电机 $0\sim 12000\text{r}/\text{min}$ ，
- c) 精度： $\pm 1\text{r}/\text{min}$ 。

#### 5.2.2 扭矩传感器

扭矩传感器要求如下：

- a) 采用应变片式/磁弹性式；
- b) 量程：乘用车 $0\sim 1000\text{N}\cdot\text{m}$ 、商用车 $0\sim 2000\text{N}\cdot\text{m}$ ；
- c) 精度： $\pm 2\%\text{FS}$ 。

#### 5.2.3 温度传感器

温度传感器要求如下：

- a) 配备NTC热敏电阻；
- b) 量程： $-40\text{℃}\sim 150\text{℃}$ ；
- c) 精度： $\pm 0.5\text{℃}$ 。

#### 5.2.4 电压电流传感器

电压电流传感器要求如下：

- a) 电压：高压电压 $0\sim 800\text{V}$ 、低压 $0\sim 15\text{V}$ ，精度 $\pm 0.5\%\text{FS}$ ；

- b) 电流:高压电流-500A~500A、低压-50A~50A, 精度 $\pm 1\%$ FS,
- c) 具备过流报警。

#### 5.2.5 布线要求

信号线用屏蔽线单端接地, 与高压线间距 $\geq 30\text{mm}$ , 弯曲半径 $\geq$ 线缆直径10倍。

### 5.3 执行器集成

#### 5.3.1 节气门执行器

节气门执行器要求如下:

- a) 电动式;
- b) 控制范围 $0^\circ \sim 90^\circ$ ;
- c) 精度 $\pm 1^\circ$ ;
- d) 具备断电回位。

#### 5.3.2 换挡执行器

换挡执行器要求如下:

- a) 乘用车电磁式、商用车气动/液压式;
- b) 换挡时间 $\leq 0.3\text{s}$ ;
- c) 位移精度 $\pm 0.05\text{mm}$ 。

#### 5.3.3 制动能量回收执行器

制动能量回收执行器要求如下:

- a) 与制动系统协同;
- b) 回收扭矩 $0 \sim$ 最大扭矩80%;
- c) 故障时自动脱离不影响机械制动。

#### 5.3.4 驱动保护

驱动电路具备过流、过压、过热保护, 驱动电流 $\leq$ 器件额定1.2倍。

### 5.4 高压配电模块集成

#### 5.4.1 核心组件

核心组件要求如下:

- a) 高压接触器采用直流型, 符合QC/T 1175的规定;
- b) 熔断器采用高压快断型, 符合QC/T 1174的规定。

#### 5.4.2 集成设计

集成设计应满足以下要求:

- a) 体积功率密度 $\geq 2\text{kW/L}$ ;
- b) 重量功率密度 $\geq 1\text{kW/kg}$ ;
- c) 绝缘电阻 $\geq 1\text{M}\Omega/500\text{V}$ ;
- d) 外壳金属材质屏蔽效能 $\geq 35\text{dB}$ ;

### 5.5 软件集成要求

#### 5.5.1 软件适配

软件适配要求如下:

- a) 适配要求: 基础软件与应用软件完全兼容, 接口调用成功率100%无冲突死锁;
- b) 驱动程序适配: 支持多接口驱动, 传感器驱动含采集、滤波、校准, 执行器驱动含调节与保护;
- c) 协议栈适配: 支持CAN/CAN FD/LIN, 具备帧收发、解析、错误处理, 无内存泄漏。

#### 5.5.2 保障要求

关键任务响应 $\leq 10\text{ms}$ , 中断响应 $\leq 1\text{ms}$ 。

### 5.6 控制策略集成要求

#### 5.6.1 模式切换控制

采用规则与模型预测算法, 切换条件适配生产需求, 切换性能应满足以下要求:

- a) 扭矩波动 $\leq \pm 5\%$ ;

- b) 转速波动 $\leq\pm 100\text{r/min}$ , 无顿挫噪音;
  - c) 切换成功率100%, 失败时触发报警并切换至安全模式。
- 5.6.2 能量管理策略
- 能量管理策略要求如下:
- a) SOC控制: 控制范围10%~90%, 具备过充过放保护, 采用安时积分法和开路电压法校准;
  - b) 误差: 常温误差 $\pm 5\%$ , 高低温 $\pm 8\%$ , 静置自校准误差 $\pm 2\%$ ;
  - c) 能量分配: 高速发动机扭矩占比 $\geq 80\%$ , 低速电机占比 $\geq 70\%$ ;
  - d) 工况自适应: 适配城市、高速、山路工况, 识别驾驶风格并匹配对应能量策略。
- 5.6.3 扭矩协调控制
- 结合工况与部件状态分配扭矩, 按水温、电机温度、SOC限制扭矩输出。
- 5.6.4 故障诊断与处理
- a) 诊断功能: 故障诊断覆盖率 $\geq 99\%$ , 支持在线/离线诊断;
  - b) 故障分级处理: 分轻微故障、一般故障、严重故障三级处理;
  - c) 故障恢复与记录: 轻微和一般故障自动恢复, 严重故障立即断高压、停动力或跛行, 需人工复位; 故障记录永久保存, 复位后自检合格恢复运行。
- 5.7 环境可靠性要求
- 5.7.1 安全等级
- 符合ISO 26262规定的ASIL-B级及以上要求。
- 5.7.2 电磁兼容要求
- 电磁兼容要求如下:
- a) 射频辐射抗扰度:  $30\text{MHz}\sim 1\text{GHz}\geq 200\text{V/m}$ ,  $1\text{GHz}\sim 2\text{GHz}\geq 100\text{V/m}$ , 功能正常;
  - b) 传导抗扰度:  $150\text{kHz}\sim 30\text{MHz}\geq 10\text{V/m}$ ; 电源线  $\pm 2\text{kV}$  (差模)、 $\pm 4\text{kV}$  (共模), 信号线  $\pm 1\text{kV}$  浪涌, 功能正常;
  - c) 静电放电抗扰度: 接触放电  $\pm 8\text{kV}$ , 空气放电  $\pm 15\text{kV}$ ;
  - d) 瞬态抗扰度: 电压暂降 $\leq 30\%$  ( $\leq 100\text{ms}$ )、尖峰 $\leq 2\text{kV}$  时, 功能正常。
- 5.7.3 高低温适应性
- $-40\text{C}\sim 125\text{C}$ 循环5次, 升温 $5\text{C}/\text{min}$ 、降温 $3\text{C}/\text{min}$ , 各温度点保温2小时, 功能无异常。
- 5.7.4 湿热适应性
- $40\text{C}\pm 2\text{C}$ 、湿度 $95\%\pm 3\%$ 环境工作96h, 无凝露腐蚀。
- 5.7.5 耐腐蚀性
- 中性盐雾试验1000h (沿海车型2000h), 系统正常运行。
- 5.7.6 振动适应性
- 乘用车 $10\text{Hz}\sim 2000\text{Hz}$ 、加速度 $2\text{g}\sim 8\text{g}$ , 商用车 $3\text{g}\sim 10\text{g}$ , 扫频循环10次, 系统正常运行。
- 5.7.7 冲击适应性
- 半正弦波冲击加速度 $10\text{g}\sim 30\text{g}$ 、持续时间 $3\text{ms}\sim 11\text{ms}$ , 正负极各3次, 系统正常运行。
- 5.7.8 平均无故障时间 (MTBF)
- MTBF $\geq 5000\text{h}$ 。
- 5.7.9 使用寿命
- 关键部件寿命不低于150000km或8年 (以先到者为准)。

## 6 试验方法

### 6.1 电控单元 (ECU) 集成试验

#### 6.1.1 硬件架构

据产品信息测定。

#### 6.1.2 PCB设计

PCB设计试验如下:

- a) 四线法测量;

- b) 厚度计测量;
- c) 按GB/T 2408执行;
- d) 按GB/T 4208执行。

#### 6.1.4 集成装配

集成装配试验如下:

- a) 按GB/T 4208执行;
- b) 使用扭矩扳手紧固。

### 6.2 传感器集成试验

传感器试验按以下步骤进行:

- a) 根据产品信息测定传感器量程;
- b) 通过信号发生器模拟传感器输入信号, 记录ECU采集值与实际值偏差;
- c) 观察传感器精度是否符合第5.2的要求。

### 6.3 执行器集成试验

#### 6.3.1 节气门执行器

节气门执行器试验如下:

- a) 使用角度编码器或高精度电位器采集控制范围;
- b) 用标准位置传感器(精度 $\leq 0.1^\circ$ )测量实际开度, 计算最大偏差应在 $\pm 1^\circ$ 内;
- c) 在最大开度位置切断电源, 观察是否自动回位。

#### 6.3.2 换挡执行器

换挡执行器试验如下:

- a) 在输出端安装负载, 用高速数据采集系统(采样率 $\geq 1\text{kHz}$ )记录控制信号触发时刻至位置传感器达到目标位置;
- b) 使用激光位移传感器(精度 $\leq 0.01\text{mm}$ )或千分表, 在全程范围内取5点测量。

#### 6.3.3 制动能量回收执行器

制动能量回收执行器试验如下:

- a) 按QC/T 1089的规定进行制动能量回收效能试验, 记录电机再生扭矩范围;
- b) 模拟执行器故障工况, 验证机械制动系统工作状态。

#### 6.3.4 驱动保护

按GB/T 18488.1执行。

### 6.4 高压配电模块集成试验

#### 6.4.1 核心组件

核心组件试验如下:

- a) 按QC/T 1175执行;
- b) 按QC/T 1174执行。

#### 6.4.2 集成设计

集成设计试验如下:

- a) 按 GB/T 18488.1测算系统峰值功率和外轮廓体积后引用公式计算;
- b) 按 GB/T 18488.1测算系统峰值功率和模块质量后引用公式计算;
- c) 用1000V兆欧表测量;
- d) 按GB/T 39278执行。

### 6.5 软件集成试验

#### 6.5.1 软件适配

软件适配试验如下:

- a) 适配要求: 按GB/T 34590.6执行;
- b) 驱动程序适配: 按GB/T 34590.6执行。

#### 6.5.2 保障要求

使用HIL测试平台，通过数字I/O触发任务，用示波器或高速数据采集（采样率 $\geq 100\text{kHz}$ ）测量响应时间。

## 6.6 控制策略集成试验

### 6.6.1 模式切换控制

模拟不同工况，触发纯电、混动、发动机直驱及能量回收模式的切换，记录切换时间、扭矩波动，测算成功率。

### 6.6.2 能量管理策略

能量管理策略试验如下：

- a) SOC控制：按GB/T 38661执行；
- b) 误差：按GB/T 38661执行；
- c) 能量分配：按GB/T 19753执行；
- d) 工况自适应：通过转鼓试验台进行不同道路模拟测试。

### 6.6.3 扭矩协调控制

模拟不同工况及部件状态，监测系统扭矩分配逻辑，确认可根据水温、电机温度、SOC值合理限制扭矩输出。

### 6.6.4 故障诊断与处理

故障诊断与处理试验按以下步骤进行：

- a) 人工模拟传感器失效、通信故障、高压漏电等不同等级故障，记录故障识别时间及分级情况；
- b) 排除故障后，观察系统自恢复能力。

## 6.7 环境可靠性试验

### 6.7.1 安全等级

按ISO 26262执行。

### 6.7.2 电磁兼容要求

按GB 34660执行。

### 6.7.1 高低温适应性

按GB/T 28046.4执行。

### 6.7.2 湿热适应性

按GB/T 2423.65执行。

### 6.7.3 耐腐蚀性

按GB/T 2423.17执行。

### 6.7.4 振动适应性

按GB/T 28046.3执行。

### 6.7.5 冲击适应性

按GB/T 28046.3执行。

### 6.7.6 平均无故障时间（MTBF）

按GB/T 5080.7执行。

## 7 通信与接口要求

### 7.1 硬件接口

硬件接口要求如下：

- a) 高压接口：防水型连接器，符合GB/T 20234.1的规定；
- b) 低压接口：符合QC/T 1067.3的规定；
- c) 机械接口：螺栓规格乘用车M6~M10、商用车M8~M12。

### 7.2 通信协议

通信协议要求如下：

- a) 总线性能：正常负载率 $\leq 60\%$ 、峰值 $\leq 80\%$ ；
- b) 数据传输：关键控制数据传输周期 $\leq 10\text{ms}$ ，普通状态数据 $\leq 100\text{ms}$ ，非关键数据 $\leq 1\text{s}$ ；延迟 $\leq 5\text{ms}$ ；

c) 协议适配：支持CAN与LIN/以太网协议转换，符合GB/T 32960.3的要求。

## 8 检验规则

### 8.1 检验分类

本文件要求的检验分为型式检验和出厂检验两类。

### 8.2 出厂检验

8.2.1 产品出厂前均应进行出厂检验，检验项目出厂检验项目包括产品装配完整性及基础功能运行。

#### 8.2.2 判定规则及处理措施

所有检验项目均满足本文件的要求时，判定为合格。任一项不符合规定时，判定为不合格。对于不合格的产品，应进行返工或报废处理，返工产品应重新进行检验。

### 8.3 型式检验

#### 8.3.1 检验项目

型式检验项目为本文件第5章规定的全部技术要求。

#### 8.3.2 检验时机

有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品投产或老产品转厂生产时；
- b) 正式生产后，如结构、材料、工艺有重大变更，可能影响产品性能时；
- c) 正常生产每满12个月时；
- d) 停产6个月以上恢复生产时；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时；
- f) 国家质量监督机构、行业主管部门或客户提出型式检验要求时。

#### 8.3.3 抽样方案

按GB/T 2828.1执行。

#### 8.3.4 判定规则及处理措施

所有抽样产品的型式检验项目全部合格，判定该批产品型式检验合格；若出现1台产品1项不合格，允许加倍抽样重新检验，重新检验全部合格则判定合格；若加倍抽样后仍有不合格项，或出现2台及以上产品不合格，判定该批产品型式检验不合格。

### 8.4 检验报告

所有检验记录和报告应妥善存档，每次检验结束后应出具完整的检验报告，并包括下列内容：

- a) 基本信息：产品名称、产品批次编号、检验日期、检验机构和参与人员等；
- b) 检验目的与检验依据；
- c) 检验环境与检验设备清单等；
- d) 检验方法与检验过程；
- e) 检验数据：详细列出各项目的检测数据；
- f) 检验结论：评估该批次产品是否合格；
- j) 检验报告需经审核签字后归档，保存期限不少于5年。