



增程式电动汽车整车控制系统设计关键考虑功能需求、主要技术指标与控制信号类型，依据能量管理策略对增程器、驱动系统及动力电池等工作统一协调，从而使整车达到良好的经济性和动力性。

□ 北京汽车研究总院有限公司 高龙 强同磊

增程式电动汽车的整车控制系统研究

增程式电动汽车整车控制系统主要由增程器发动机控制单元（EMS）、发电机控制单元（GCU）、驱动电机控制单元（MCU）、动力电池管理单元（BMS）、具备增程器协调控制的整车控制单元（VCU）和 CAN/CANFD 网络通信系统组成。增程式电动汽车整车控制系统原理，如图 1 所示。

表 1 增程式电动汽车整车控制系统功能需求

功能需求	内容
车辆行驶数据管理	负责根据驾驶员通过纵向输入（加速踏板、制动踏板）指令输入控制驱动或制动力矩
整车信息管理	VCU 负责整车车载网络，实现各控制器与器件间的信息共享，对整车信息协调管理
整车能量管理	VCU 负责监测所有能量消耗部件的能量消耗与制动能量回收，准确反馈剩余能量，并通过控制算法合理进行能量分配
策略监测与管理	实现行车过程中对驱动电机、增程器及动力电池等部件的实时监测
故障诊断	具备对整车部件的故障进行初步分析和解决的能力，并将诊断结果反馈给驾驶员

功能需求

整车控制系统是车辆正确接收驾驶员指令并进行有效及时反馈处理的关键单元。

整车控制系统必须满足表 1 的功能需求。VCU 为满足以上功能需求，需满足以下要求：

- ①信号采集要快速、准确；
- ②控制系统处理数据和运算的速度要快；
- ③输出控制精度要高。

主要技术指标

整车开发过程中需要关注的技术指标见表 2，可根据实际项目开发情况进行增减。

控制信号

整车控制器 VCU 要满足功能需求，需满足一定的信号输入输出功能，见表 3。控制信号通路数量需求根据整车控制需求具体确定。

能量管理策略设计

增程式电动车的增程发动机与车辆完全解耦，不受行驶工况影响，其能量管理策略目标是根据驾驶员指令和行驶工况，全面协调动力系统中增程器、驱动电机、动力电池等部件的工作状态，合理分配能量流，使既满足汽车行驶不同模式切换，又保障动力系统各部件工作在最佳效率区域，从而提高整车系统效率。

高压能量管理是能量管理策略核心。高压能量管理是对高压用电附件的能量分配在正常及限功率

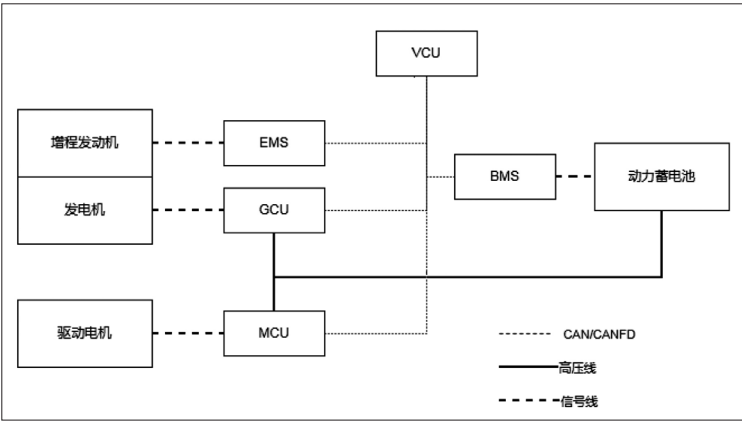


图 1 增程式电动汽车整车控制系统

表 2 整车控制器（VCU）关键技术指标

项目		指标
控制器硬件		据开发要求
可靠性	防护等级	满足 GB / T 4208-2017《外壳防护等级 (IP 代码)》
	耐振动性	满足 GB/T 2423.10-2019《环境试验 第 2 部分: 试验方法 试验 Fc: 振动 (正弦)》
	平均无故障时间	据开发要求
电磁兼容性		满足 GB 14023-2011《车辆、船和内燃机 无线电骚扰特性 用于保护车外接收机的限值和测量方法》、GB/T 18655-2018《车辆、船和内燃机 无线电骚扰特性 用于保护车载接收机的限值和测量方法》、GB/T 17619-1998《机动车电子电器组件的电磁辐射抗扰性限值和测量方法》、GB/T 2423.37-2006《电工电子产品环境试验 第 2 部分: 试验方法 试验 L: 沙尘试验》、GB/T 2423.38-2021《电工电子产品环境试验 第 2 部分: 试验方法 试验 R: 水试验方法和导则》等相关标准
电气特性		据开发要求
温度特性		据开发要求
湿气灵敏度		GB/T 2423.3-2016《环境试验 第 2 部分: 试验方法 试验 Cab: 恒定湿热试验》
控制器软件		符合 AUTOSAR、IEC 61508、ISO 26262 标准
故障诊断协议		满足 ISO 1576 要求

表 3 整车控制器 VCU 的控制信号

序号	信号类型
1	开关量输入
2	开关量输出
3	脉冲输入
4	模拟量输入
5	模拟量输出
6	PWM 输出
7	CAN/CANFD 通信

的情况下进行优先级划分，确保优先功能的正常工作，如图 2 所示。驾驶舱和 BMS 对热管理的功率需求是分开的，VCU 需要依据具体工况来考虑功率分配的优先级；热管理系统和动力需求冲突时，VCU 需要依据具体工况来考虑功率分配的优先级：需要考虑不同工况下的动力源组合问

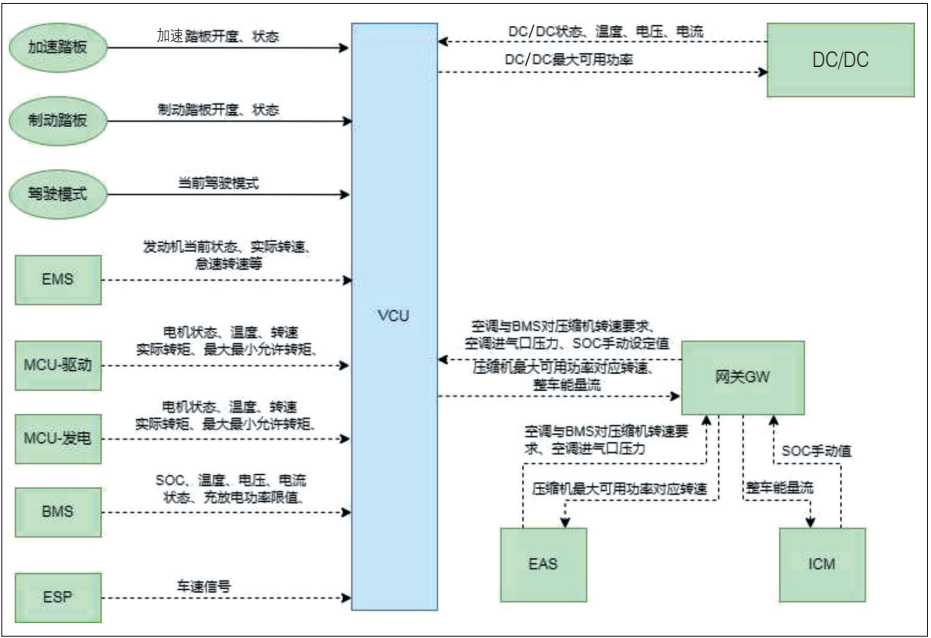


图 2 高压能量管理策略

题，需要考虑各种工况的覆盖度问题；BMS 和电机在不同工况下既可以作为动力源，又可以作为能量消耗附件；VCU 将能量流发送给仪表，用于显示。

车辆在动力蓄电池满电、油箱满油的初始条件下，以“多用电、少用油”为基本原则，据实时监测到的动力电池的 SOC 值和对驾驶员意图解析得到的需求功率 P_d ，实现增程器发电功率 P_e 和动力蓄电池的充放电功率 P_o 的最优分配，使车辆获得最长续航里程。

$$P_d = P_e + P_o$$

式中， P_d 为整车驱动需求功率 (kW)； P_e 为增程器输出功率 (kW)； P_o 为动力蓄电池充放电功率 (kW)。

当车辆行驶里程小于纯电行驶里程时，增程器关闭，由动力蓄电池提供车辆运行所需功率；当动力蓄电池 SOC 值下降到预先设定的下限值时，根据控制策略适时起动增程器，切换到增程模式；在减速制动或滑行工况时，增程器与动力电池均切断动力，电机反转给动力电池充电。

总结

增程式电动汽车整车控制系统主要根据整车功能需求，硬件设计指标在满足国家与行业标准的情况下，考虑所有控制信号需求；软件设计中控制算法重点考虑能量管理策略，从而设计出满足整车需求的增程式整车控制系统。 [A]