

快速原型开发工作室版权所有
请勿抄袭

快速原型开发工作室

VCU 开发文档

开发说明文档

快速原型开发工作室版权所有

快速原型开发工作室 v0.1.0
2014/10/1

目录

1. 目的.....	3
2. 整车控制系统概述.....	3
3. 整车控制需求定义.....	5
3.1 功能及运行模式.....	5
3.2 整车控制策略.....	6
3.2.1 力矩模式.....	6
3.2.2 速度模式.....	8
3.3 控制流程图.....	10
4. VCU 控制算法	12
4.1 程序流程图.....	12
4.2 底层软件设计.....	14
4.3 应用层软件设计.....	15
5. 参数标定.....	15
5.1 标定方法.....	15
5.2 上位机使用说明.....	16

快速原型开发工作室版权所有

1. 目的

本文档主要描述新能源汽车整车控制器的开发设计，包括系统控制策略设计、测试和标定等的开发工作。

电动汽车整车控制器 VCU (VehicleControlUnit) 是电动汽车整车控制系统的核心部件，它采集电机控制系统信号、加速踏板信号、制动踏板信号及其他部件信号，根据驾驶员的驾驶意图综合分析并做出相应判断后，计算出运行所需要的电机输出转矩等参数，从而协调各个动力部件的运动，保障电动汽车的正常行驶。此外，可以通过充电和制动能量回收等实现较高的能量效率。在完成能量和动力控制的同时，还监控下层的各部件控制器的动作，它对汽车的正常行驶、电池能量的制动回馈、网络管理、故障诊断与处理、车辆状态监控等功能起着关键作用。

2. 整车控制系统概述

整车控制系统结构如图 2.1 所示。CAN 网络拓扑如图 2.2 所示。

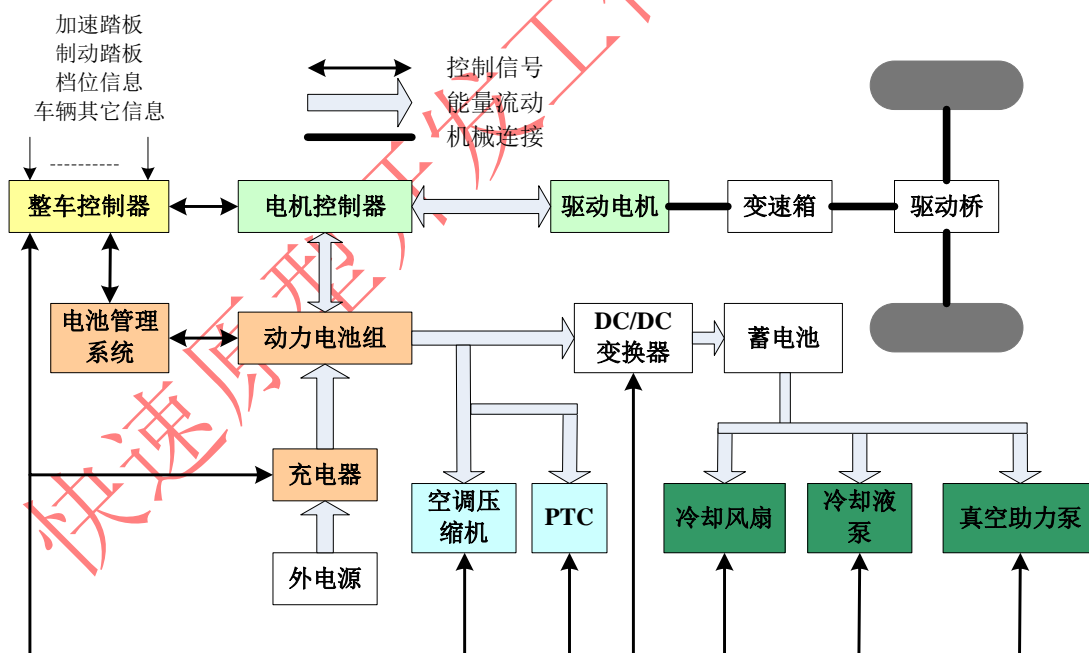


图 2.1 整车控制系统结构

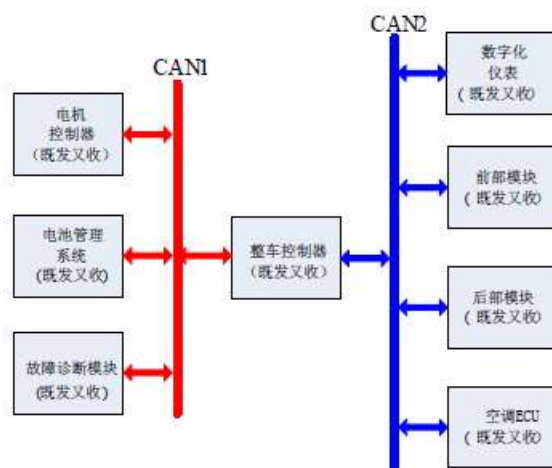


图 2.2 CAN 网络拓扑图

整车控制系统由整车控制器、电机及其控制器、动力电池、动力电池管理系统(BMS)、变速箱、减速器、辅助系统等组成。其中辅助系统包括转向电机及其控制器、空调电机及其控制器、制动系统、DC / DC 等。动力电池作为全车的动力源，为各个用电设备提供动力。驾驶员通过整车控制系统达到对车辆的整体控制。整车控制器总体设计原则：

- (1) 优先考虑系统安全性与可靠性的设计；
- (2) 为保证系统的通用性和先进性，采用国际电动汽车研发中通用的 CAN2.0B 协议实现数据传输；
- (3) 综合分析功能需求，功能验证与样车开发试制时尽可能多采取软件实现，以便增加系统变更时的灵活性，设计定型后综合考虑系统可靠性与成本设计软硬件。
- (4) 硬件设计中，接口资源要有冗余设计，提供变更时的适应性；
- (5) 控制策略和控制逻辑设计中，针对异常状态尽可能多采用报警提示、减少强制停机处理，尤其要避免行车中的强制停车；
- (6) 根据电池单元送出的故障信息调整电机驱动指令；在保证行车安全的前提下，避免电池损坏。

整车控制器是电动汽车的核心控制部件，主要承担整车驱动、高低压上电、下电，电池充电和空调、冷却系统、真空助力部件的管理任务。主要功能为：

- 整车控制器接收驾驶员的操作信息，如加速踏板、制动踏板以及通过总线获取的换挡杆信息，并根据这些信息确定驾驶员的意图，进行相应的

操作。车辆在行驶时，结合车辆状态计算车辆期望输出扭矩，发送给电机控制单元。车辆在启动和停止时，按顺序控制外部相关设备的高、低压电源切断和导通；

- 配合电池管理单元和充电器，完成动力电池的充电功能；同时，还根据蓄电池状态实现 DC/DC 对蓄电池的充电；
- 根据空调操作需求，控制空调压缩机或 PTC 的输出功率，与空调控制器一起完成空调功能；
- 控制冷却系统的冷却水泵及冷却风扇，其中冷却风扇由整车控制器根据测量到的水温进行转速调节；
- 根据车辆驱动需求，控制真空助力压力，满足制动性能对真空助力的要求；
- 对电机控制器和电源管理系统的启动、运行状态进行控制，满足整车控制需求；
- 整车控制器通过 CAN 网络与其它控制单元通信，协调各系统的工作状态。
(以上相关功能需求中部分功能会根据车型的不同有所改变，或者未使用)

电机控制器接收整车控制器的控制指令，控制电机的扭矩与输出期望输出扭矩一致。同时，实现对电机及控制器内逆变器的保护和故障报警；

- 电池管理系统根据整车控制器的指令，完成动力电的连接和切断。另外，还负责监测单体电池和电池组电压、电流和温度状态，估计 SOC 值，进行电池均衡控制、电池充放电控制、单体电池和电池组的安全保护；
- 组合仪表 (ICM) 根据采集和接收到的 CAN 总线信息，进行车辆行驶和故障信息显示。

3. 整车控制需求定义

3.1 功能及运行模式

整车控制器主要有充电模式、启动模式、驱动模式、故障处理模式以及部件控制模式。

- 充电模式。

当插上充电接口，VCU 采集到有效的充电允许信号以及充电机的 CAN 总线报文后进行充电允许判断。车辆处于静止状态，档位空挡，油门归零，关闭电机控制器主接触器，BMS 无故障，则 VCU 向 BMS 发送允许充电 CAN 报文。允许充电后，开启充电接触器等，禁止车辆进入其他模式，直到充电结束。充电过程中，VCU 不断将充电状态传递给仪表。

■ 启动模式。

该模式下 VCU 根据钥匙位置进行相关动作，若置于 ON 位置，系统进行自检，相关预充电工作完成，闭合预充电接触器。则可进入启动模式。

■ 驱动模式。

当前处于非充电状态，钥匙置于 START 位置 0.5 秒以上；动力系统（包括 VCU、MCU 和 BMS）无紧急故障则可进入驱动状态。进入该模式后，VCU 根据加速踏板位置信息、制动踏板信息、挡位信息、车速以及电池和电机的状态计算当前期望力矩，通过向电机控制器发送期望扭矩信息实现车辆的驱动。

■ 故障处理模式。

根据车辆的异常操作和故障信息对车辆行驶状态进行控制。

■ 部件控制模式。

进入驱动模式后，根据真空助力压力传感器信息控制真空压力泵的启停；进入驱动模式后，根据空调操作信息，控制空调压缩机或 PTC。

3.2 整车控制策略

3.2.1 力矩模式

力矩模式下，汽车的油门踏板对应的输出为力矩指令。为了满足不同的用户需求，满足不同的车型和驾驶体现，需要在从油门踏板到输出指令的过程中进行相关处理。

在整车控制过程中，需要对油门信号作相关处理，以满足驾驶员对力矩的响应的要求。踏板处理策略如下图 3.1。在不同的油门踏板深度下，对应的力矩输出的不一样，同时当设置的参数不同，同一油门深度对应的力矩输出也不同。这就适合不同的车型，对于有些车可能在油门的前部分需要大力矩，后部分需要的力矩相对较小，就能够将曲线的 MAP 点设置高一些，这样曲线前部分就会陡一些，到结束部分相对就会缓一些。

Effect of throttle adjustment parameters. Together these four generic parameters determine the controller's response to throttle demand (in forward or reverse) and to brake demand.

In the examples shown in this figure,

Deadband = 0.5V

Max = 4.5V

Offset = 0.

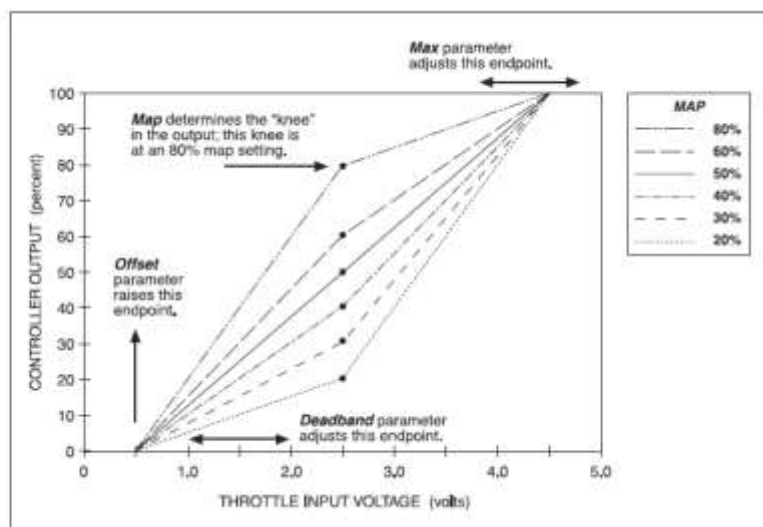


图 3.1 踏板处理曲线

结合电机的特性曲线和工作特点，整车控制分为驱动和制动两种情况。驱动策略包含恒转矩控制和恒功率控制，如图 3.2 所示。当电机转速在额定转速以下时，按恒力矩方式控制电机的输出扭矩；当电机转速在额定转速以上时，按恒功率方式控制电机的输出扭矩。

为实现油门踏板对应力矩的输出，需要根据当前的车速和电机最大的力矩能力做判断。如图 3.3 所示。其中的启动力矩（Creep Torque）是为了模拟发动机的怠速。

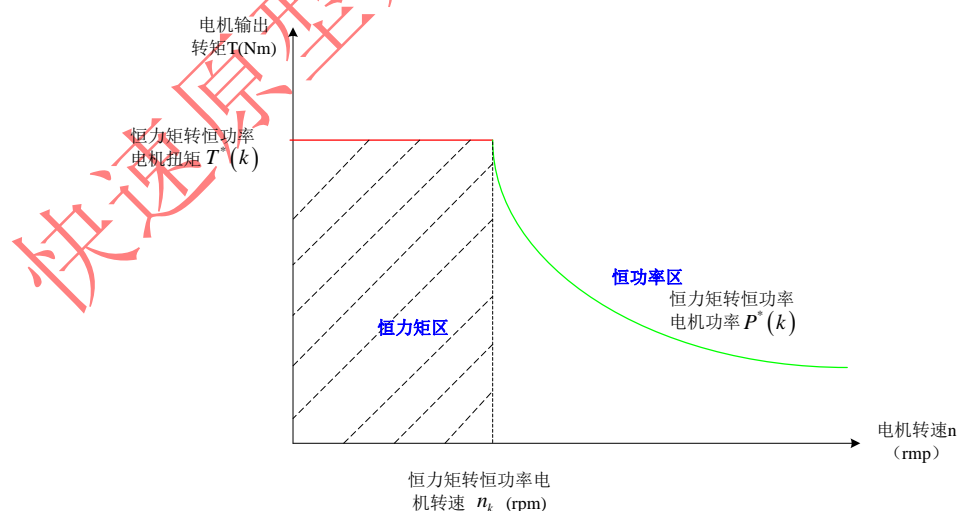


图 3.2 恒转矩控制和恒功率控制示意

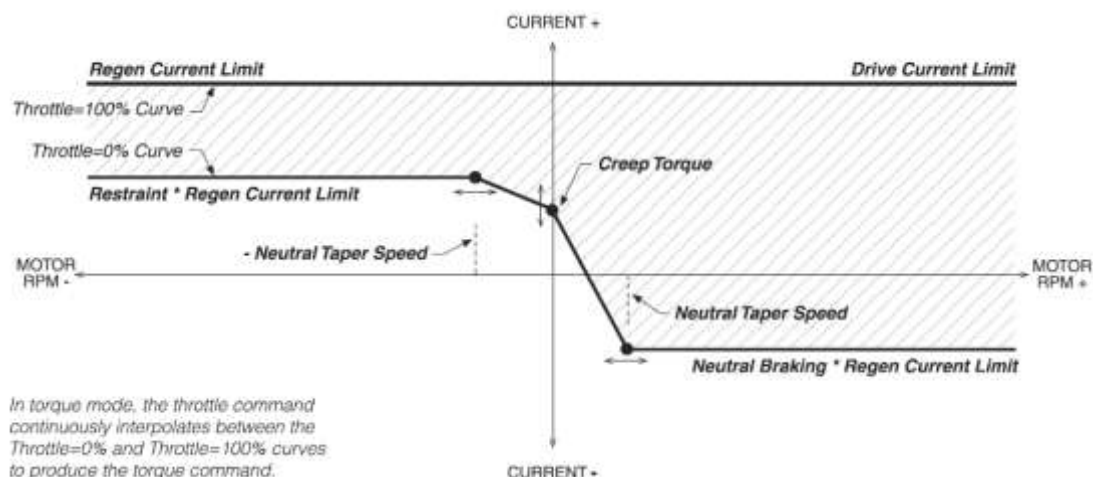


图 3.3 油门踏板与力矩输出关系

制动策略包含常规制动和带有能量回收的制动。常规制动是指所有的制动力矩均由底盘控制系统完成。带有能量回收的制动是指整个制动力矩由两部分组成：电机提供的制动力矩和底盘制动系统提供的制动力矩。其中，由电机提供的制动力矩产生的能量将用于动力电池的充电，实现能量回收。只有在以下情况才启动能量回收：

- 滑行情况下；
- 踩下制动踏板；
- 某些故障情况下。

制动力矩输出如图 3.4 所示。在一定速度以上以恒定的力矩制动，当速度减下来后，随着速度的减小相应的力矩也会随之减小，直到转速为零时力矩也为零。

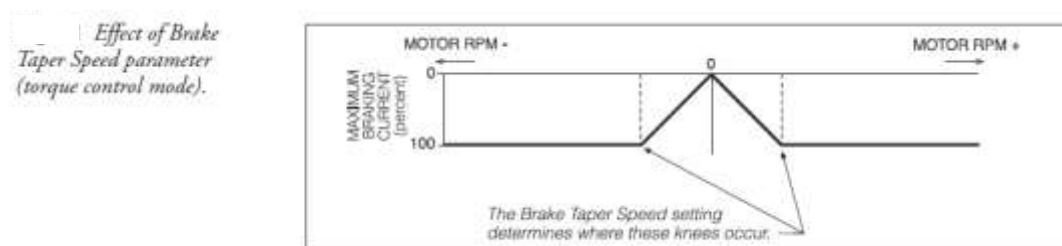


图 3.4 刹车踏板与刹车力矩关系

3.2.2 速度模式

与力矩模式不同，速度模式下，汽车的油门踏板对应的输出为速度指令。针对速度模式的油门处理策略和力矩模式是一样的见图 3.1。在速度模式下，主要考虑的速度的响应时间，也就是加速和减速时间的问题。如图 3.5 所示，该图描

述了在速度模式下，不同油门和转速下的电机转速的加速时间。同样也就决定了驾驶的加速感觉。

*Acceleration
response rate diagram.*

*In this example,
HS = 70%,
LS = 30%,
Typ Max Spd = 5000 rpm.*

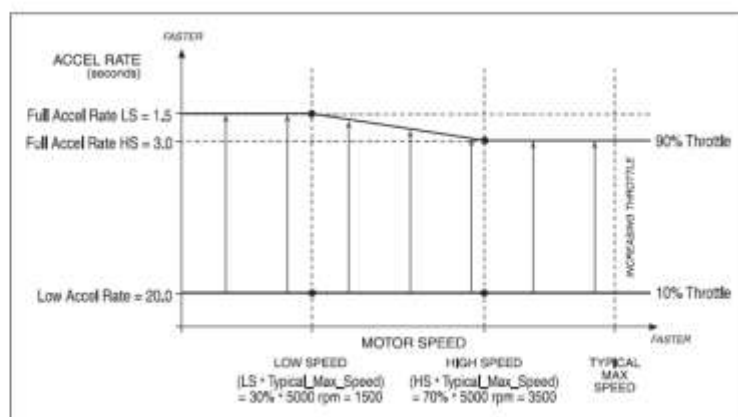


图 3.5 速度模式下，油门踏板与速度加速时间关系

速度模式下的刹车就是速度的目标值为 0。如图 3.6 所示，刹车踏板的深度和当前的电机转速决定了刹车停下所需要的时间。同样决定了刹车减速的感觉。

*Braking
response rate diagram.*

*In this example,
HS = 70%,
LS = 30%,
Typ Max Spd = 5000 rpm.*

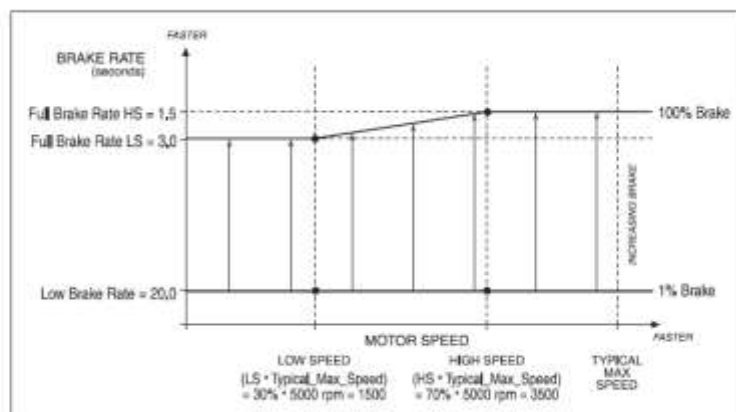
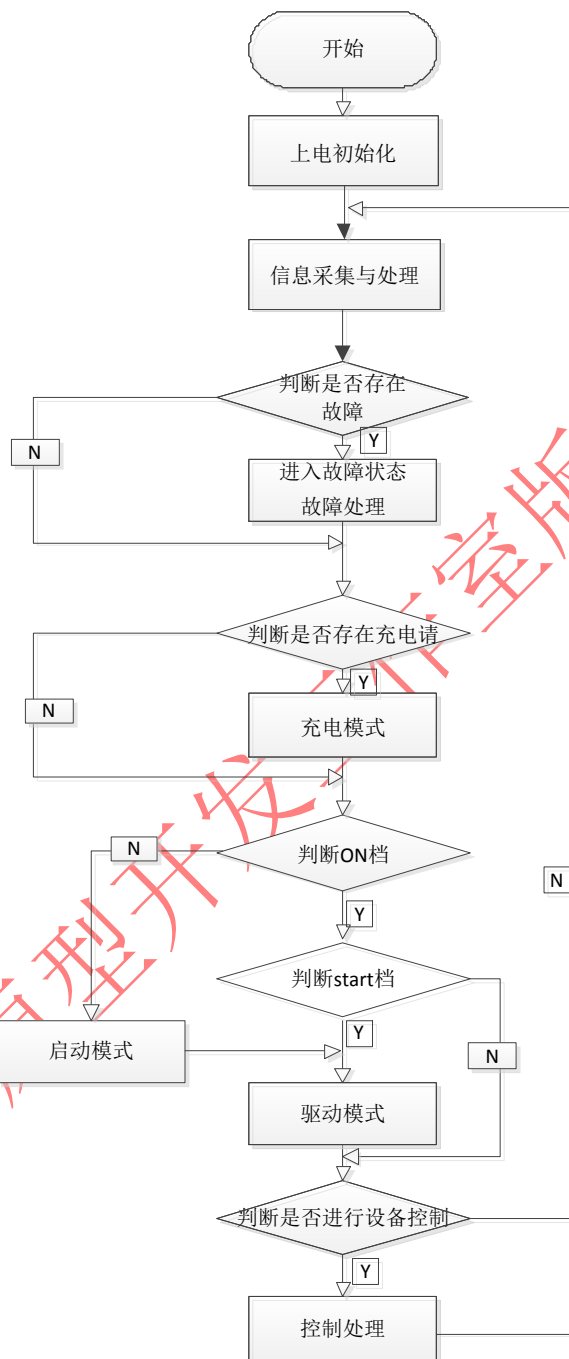


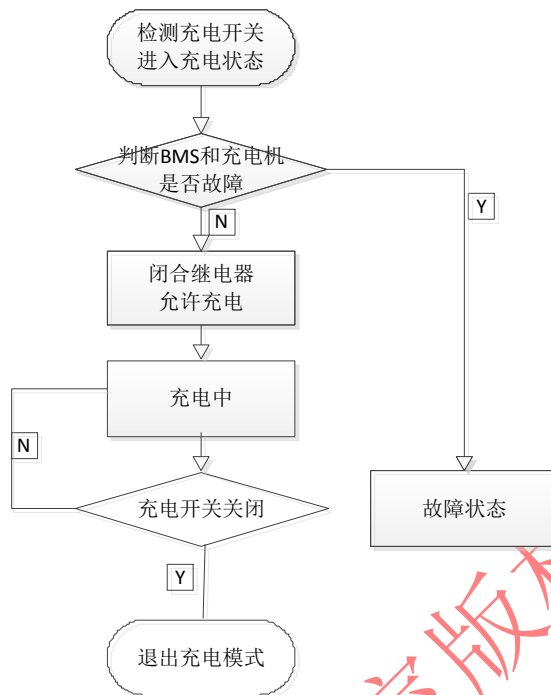
图 3.6 速度模式下，刹车踏板与速度减速时间关系

3.3 控制流程图

整车控制器通过采集外部模拟信号、管脚信号以及处理总线信息实现对整车各个功能模块的协调和控制。程序的流程如下图所示：



其中，充电模块：



快速原型开发工作室版权所有

4. VCU 控制算法

4.1 程序流程图

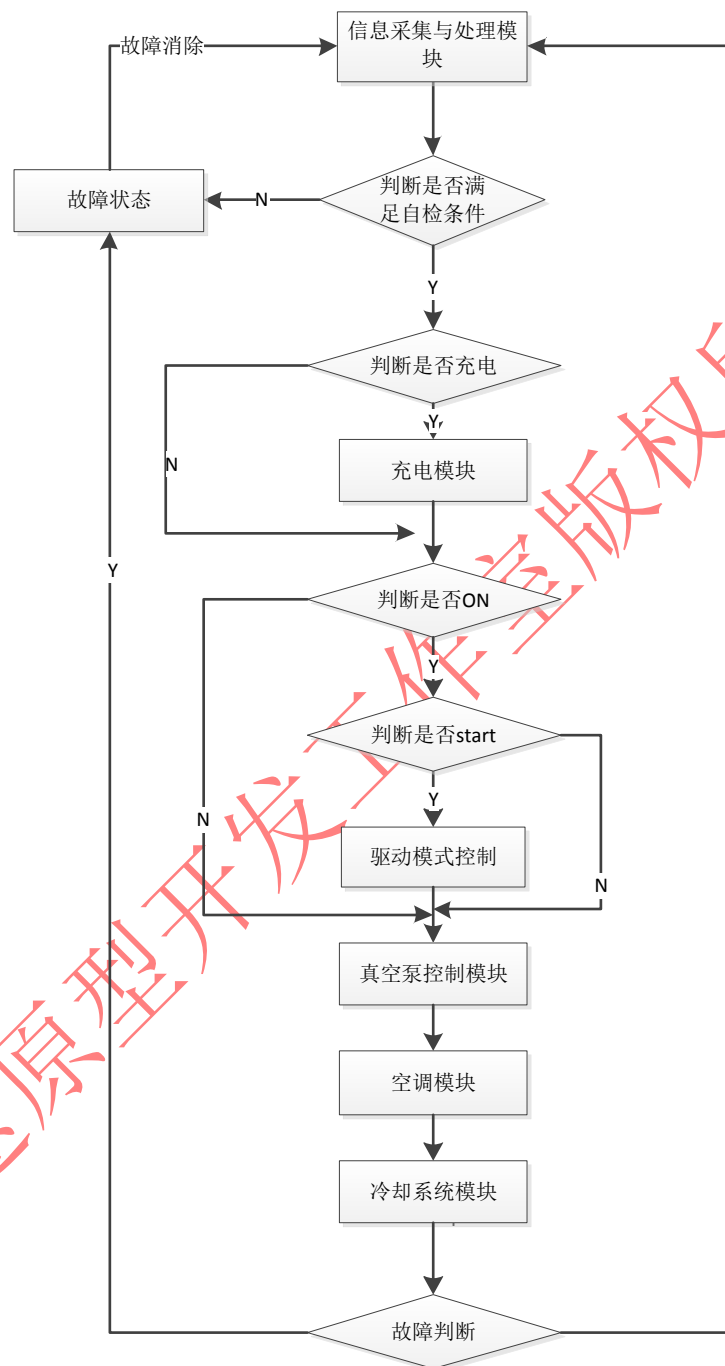


图 4.1 VCU 程序流程图

整车控制器采集车辆状态信息，如：钥匙位置、加速踏板位置、制动踏板位置和空调风道位置等模拟量信息，充电开关等逻辑信号，以及通过 CAN 网络传输的其他状态信息，整车控制策略根据采集到的信息对驾驶员的驾驶意图、车辆

当前的行驶状态和各总成的工作状态进行判断，分别实现整车驱动/制动控制、故障诊断功能、动力电池充电控制、高/低压上/下电控制、空调系统控制、冷却系统控制以及真空助力系统控制等控制模式。程序的流程如图 4.1 所述。

1、报文处理模块

根据总线协议接收报文后，将接收到的报文解析；同时将处理过的信息打包，按照总线协议将报文发送到总线上。

2、充电模块

充电模块用于充电是否允许的判断以及充电过程对车辆状态的控制。

当检测到充电确认开关信号后，检测车辆状态是否允许充电。若是，则向 BMS 发送允许充电信息；否则，向 BMS 发送禁止充电信息。BMS 将按 VCU 发送的指令控制充电机充电。

在充电期间，禁止车辆进入启动状态，即钥匙置于 ON 位置再转到 START 位置时，车辆无法进入启动状态。

当检测到充电确认开关断开，充电状态结束。

3、驱动模块

运行模块用于完成整车控制器的驱动控制等功能。

当钥匙置于 ON 位置，车辆处于自检状态，钥匙由 ON 位置转到 START 位置后，车辆进入启动状态，若动力电正常输出，且车辆不在充电，则对车辆进行驱动控制。整车控制器根据加速踏板、制动踏板和档位的信息，解析驾驶员的意图，对电机进行力矩控制，根据驱动电机的特性曲线，低速（低于基速）时按恒转矩控制，高速（高于基速）时按恒功率控制。

4、真空泵控制模块

整车控制器通过控制真空助力泵继电器实现对真空助力泵的控制。继电器线圈驱动信号，采用高端驱动方式。当低端驱动信号为高电平时，继电器线圈通电，继电器触点闭合，启动真空助力泵，否则关闭真空助力泵。

车辆静止（车辆没有启动）时，整车控制器不对真空泵继电器进行控制，真空泵处于关闭状态。车辆启动后，整车控制器根据真空压力传感器测量到的真空压力，判断并发送驱动信号，控制真空泵的使能和禁止。

5、空调模块

整车控制器判断空调输入开关，通过控制空调继电器实现对空调的控制。继电器线圈驱动信号，采用高端驱动方式。当低端驱动信号为高电平时，继电器线圈通电，继电器触点闭合，启动空调，否则关闭空调。

6、冷却系统模块

冷却系统模块实现对冷却风扇的控制策略。

根据电机温度和电机逆变器温度设计冷却风扇控制算法对冷却风扇进行控制。当电机温度或电机逆变器温度过高时，整车控制器根据温度高低，按照冷却风扇的控制策略，对冷却风扇继电器进行驱动，直到电机温度和电机逆变器温度降低在正常范围内，关闭冷却风扇。

7、异常处理模块

整车控制器通过总线信息等进行检测，对车辆的故障状况进行检测和判断。检测内容主要有：

- 仪表故障检测（来自仪表总线信息）
- 油门踏板故障检测
- 充电机故障检测（来自充电机总线信息）
- BMS 和电池故障检测（来自 BMS 总线信息）；
- 电机故障检测（来自 MCU 总线信息）；

4.2 底层软件设计

底层主要完成模拟量的采集、数字量的采集、CAN 总线底层驱动和 SCI 底层驱动，是硬件和应用层的隔离层，针对硬件进行设计，供应用层调用。

底层代码的各功能模块的功能为：

1、模拟量采集

整车控制器需要对刹车信号、加速踏板信号等模拟信号进行采集，通过这些模拟信号的值对驱动控制应用提供参考和判断依据。

模拟量的采集通过单片机的 AD 功能实现。单片机的 AD 模块将输入的模拟信号转换为数字量，通过对相应寄存器的读取，可以得到模拟输入的实际电压值。模拟量采集包含 AD 的初始化以及 AD 采样底层程序。完成 AD 采样后，进行一

定的滤波处理，得到需要的模拟量的值，提供给应用层。

2、数字量采集

数字量采集的值为 0 和 1 的高低电平，单片机内部含有滞回比较，范围为 1.75-3.25V（供电电压为 5V 时），当电压高于 3.25V，寄存器返回的值为 1（高电平）；低于 1.75V 以下时，寄存器返回的值为 0（低电平），因此不需要滤波，直接对输入的数据量读取。

整车控制器中对充电确认开关、制动开关等检测电平等数字量进行采集。

3、CAN 总线底层驱动

CAN 总线底层驱动包含总线模块初始化、总线底层发送程序，总线底层接收程序。CAN 模块 0 和模块 1 波特率分别为 500K 和 250K。

4、SCI 底层驱动

SCI 底层驱动包含模块初始化，数据接收和发送程序。

4.3 应用层软件设计

应用层软件主要完成对底层数据的处理，进行整车控制的逻辑处理。根据相关的信号对整车的状态进行刷新。针对油门踏板信号和档位信号进行驱动状态判断，实现电机力矩的指令控制。具体参考软件说明文档。

5. 参数标定

5.1 标定方法

主要实现两方面功能，一是对整车控制器的参数进行监控，二是根据标定过程中车辆运行的效果对整车控制器待调整的参数在线调整。

标定内容主要分别台架标定和道路标定两部分：

首先进行台架标定，即基于仿真台架测试控制算法，主要内容有：

- 静态参数的标定，如电机最大转矩/功率、基速等；
- 仿真模拟各种行车工况，如起车、驱动、制动等，测试设计功能，分析动态特征；
- 掌握参数标定规律，确定大致的参数参考值及标定范围。

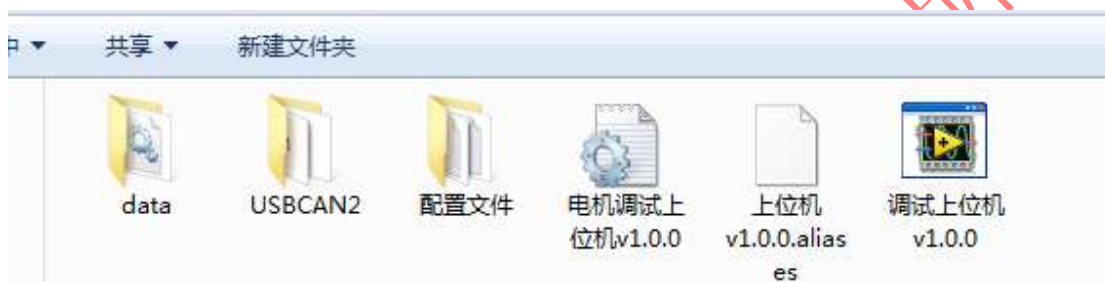
道路标定，主要是在台架标定的基础上，对控制算法进一步验证和改进；主

要标定内容有：

- 台架标定参数的确认和修改；
- 根据驾驶员感受和车辆状态，调整参数，改善行车性能（包括驾驶性能和舒适性等）。

5.2 上位机使用说明

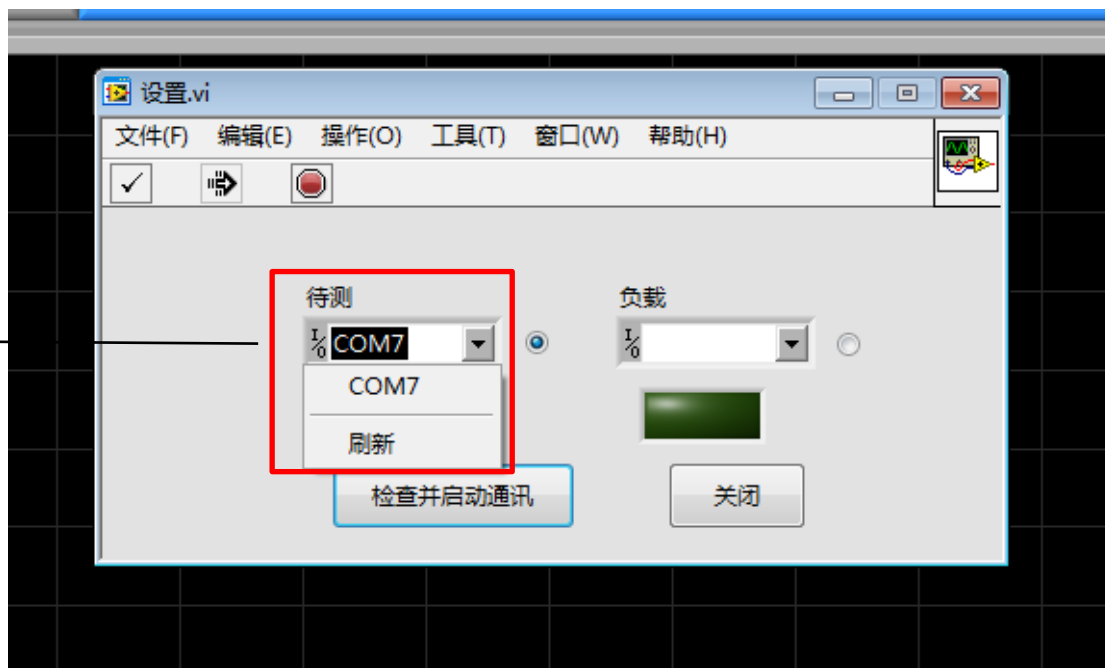
上位机使用 485 总线实现参数的标定和数据的实时监控。上位机使用 labview 软件实现的。使用之前必须要装 labview2012 软件和 NI 的驱动（下载地址：<http://pan.baidu.com/s/1c0jOkNY>），才能确保上位正常使用。本上位机固定波特率为 12500，八位数据，无奇偶校验。上位机文件夹下包含以下内容，如下图所示。



上位机主界面如下图：



点击配置 COM 口，会出现下图界面。



点击检查并启动通讯，选择成功后会出现绿色的灯亮。点击关闭，上位会读取配置的 EEPROM 参数。



快速

点击参数设置界面展开按钮，会出现下图界面

待测

开预充继电器 运行

运行模式 电压环 Load

角度模式 真角度 Load

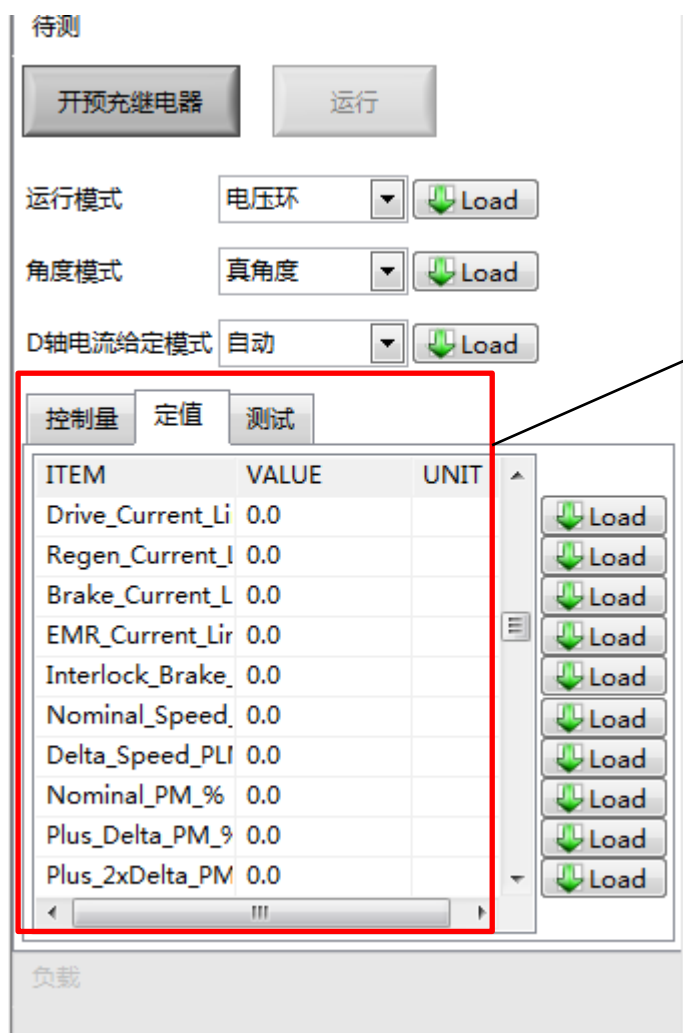
D轴电流给定模式 自动 Load

控制量 定值 测试

ITEM	VALUE	UNIT
TorqueRef	0.00	
TorqueStep	0.00	
CHARGE_CONT	0	
VACUUM_PUMI	0	
MCU_PRE_CHAI	0	
MCU_CONTACT	0	
FAN_OUT	0	
DCDC_OUT	0	
PTC_OUT	0	
AIR_CONDITIONI	0	

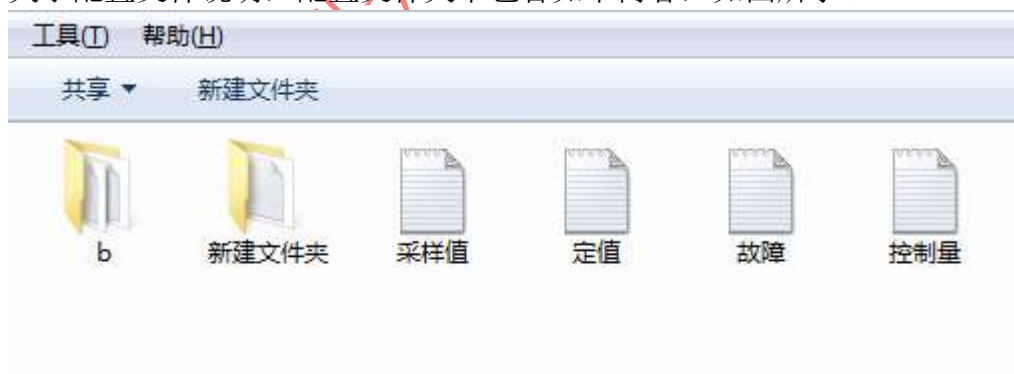
负载

控制量的显示窗口，可以对相关的数据进行控制。相关控制量可以配置



定值显示窗口，开始通信时会从 EEPROM 中读取上来，在点击 Load 后，会将修改后的数据写入 EEPROM 中

关于配置文件说明，配置文件夹下包含如下内容，如图所示。



通过修改文本文件的内容就能够配置上位机的内容。

具体配置的内容可以参考 VCU 变量配置表，直接从表中复制内容到文本中。