

电动汽车 VCU 控制器刷写及入口检测方法实现

程子豪 吉岩 衣鹏 麻一铎 郭宏伟 庄嘉
中国第一汽车集团有限公司, 中国·吉林 长春 130000

摘要: 在环保意识日益增强的今天, 电动汽车作为绿色出行的代表, 正成为解决环境问题的关键。电动汽车相比于传统燃油车还处于新兴行业, 消费者对续航里程、充电时长、电池寿命、安全性能等产生极大的担忧。ECU 在电动汽车控制中起到至关重要的作用, 其中 VCU 控制器是电动汽车的核心控制单元, 负责协调电池系统、电机控制器、整车状态等功能, 是电动汽车实现智能控制的关键部件, VCU 控制器的稳定性对整车质量有巨大影响。在论文中, 首先对于 VCU 控制器、控制器刷写及入口检测的概念进行讲述; 其次介绍了 VCU 控制器的刷写及入口检测原理。接下来对红旗工厂 2023—2025 年生产的 20 万辆电动汽车的刷写成功率及入口检测结果进行分析; 最后在理论和实证研究的基础上得出了: VCU 刷写的稳定性和入口检测的使用极大保障了电动汽车的生产质量。

关键词: VCU; 刷写; 入口检测

Implementation of Flash Writing and Performance Testing Method for VCU Controller of Electric Vehicles

Zihao Cheng Yan Ji Peng Yi Yiduo Ma Hongwei Guo Jia Zhuang
China FAW Group Co.,Ltd., Jilin, Changchun, 130000, China

Abstract: Today, with the growing awareness of environmental protection, electric vehicles, as representatives of green travel, are becoming the key to solving environmental problems. Compared with traditional fuel vehicles, electric vehicles are still in the emerging stage, and consumers have great concerns about factors such as driving range, charging time, battery life, and safety performance. The ECU plays a crucial role in the control of electric vehicles, among which the VCU controller is the core control unit of electric vehicles, responsible for coordinating functions such as the battery system, motor controller, and overall vehicle status. It is a key component for achieving intelligent control in electric vehicles, and the stability of the VCU controller has a significant impact on the overall quality of the vehicle. In this paper, the concepts of VCU controller, controller flashing, and performance testing are first introduced. Then, the principles of VCU controller flashing and performance testing are presented. Next, the flashing success rate and performance testing results of 200,000 electric vehicles produced by Hongqi Factory from 2023 to 2025 are analyzed. Finally, based on theoretical and empirical research, it is concluded that the stability of VCU flashing and the use of performance testing greatly ensure the production quality of electric vehicles.

Keywords: VCU; brush writing; entrance detection

0 前言

随着全球能源结构的转型和环境保护意识的增强, 电动汽车作为一种清洁、可持续的出行方式, 逐渐成为推动社会发展的重要力量。近年来, 电动汽车凭借其零排放、高效能的优势, 正在重塑人们的出行方式和生活方式, 同时也对能源体系、城市规划和经济结构产生了深远影响。电动汽车的普及不仅带来了环保效益, 还为智能电网、可再生能源的利用提供了新的契机, 推动了能源互联网和绿色交通的协同发展。新能源汽车给传统燃油车带来了极大冲击, 电动车作为新兴技术产业, 它的质量问题也被广泛关注。

ECU (电子控制单元) 在电动汽车中起到关键作用, 电动汽车的多项重要部件如电机控制、电池管理、整车协调控制、安全控制等均由 ECU 控制, 对车辆的性能、安全

和效率至关重要。ECU 的检测质量直接决定电动车的产品质量。

VCU 是电动汽车的核心控制单元, 负责协调电池系统、电机控制器、整车状态等功能, 是电动汽车实现智能控制的关键部件。电控刷写和入口检测是 VCU 开发和生产过程中的重要环节, 直接影响车辆的性能和可靠性。

当前, 随着电动汽车的普及, VCU 的开发和应用逐渐成熟, 但电控刷写和入口检测仍面临技术挑战, 刷写过程中的数据一致性与安全性问题, 入口检测的全面性与效率问题。VCU 电控刷写和入口检测的进一步研究迫在眉睫。

1 技术研究现状

早期的电子控制单元 (ECU) 刷写功能较为基础, 主要用于简单的参数调整或小规模的软件更新, 操作复杂且效

率较低，刷写设备多为单一夹具的刷写工装或诊断仪设备。

随着汽车 ECU 数量的增加和功能的复杂化，传统的刷写方式已无法满足需求。CAN 总线技术的引入使得车辆内部各 ECU 之间的通信更加高效和稳定，多路刷写设备的研究保证了整车厂高节拍的生产效率。

随着“软件定义汽车”概念的兴起，车辆的软件更新需求更加频繁和复杂，对数据传输速度和效率的要求更高。以太网技术的应用不可或缺。此外，刷写设备还支持与车辆生产管理系统集成，实现自动化和批量化的刷写操作，单机刷写设备也演变为刷写系统。

电动汽车的普及，要求整车厂对电动汽车的质量要求更高，关键零部件的入厂质量需要严格把控，去除不良品。整车控制器（VCU）的入厂性能检测功能应运而生，当前多数厂商采取的入口检测策略为先将 VCU 控制器进行软件刷写，然后使用单独的设备进行 VCU 的入口检测功能。

2 VCU 刷写及入口检测原理

2.1 VCU 控制器刷写原理

VCU 刷写是指通过软件工具和通信接口，将控制器程序、数据或配置信息写入 VCU 的过程。这一过程通常用于更新、修改或优化 VCU 中的控制算法、参数设置或功能逻辑，以满足性能提升、故障修复、功能升级或硬件适配等需求。目的在于提升车辆的性能（如续航、动力）、改善用户驾驶体验，并确保系统的稳定性和安全性。

车辆 VCU 的刷写原理主要使用基于 Bootloader 的刷写方式。以下是这种方式的具体原理和过程。

Bootloader 是 ECU 启动时运行的一段引导程序，负责加载主程序。基于 Bootloader 的刷写需要 ECU 进入 boot 模式，然后通过某种通信协议（当前主要使用 CAN 总线或 DoIP）传输新软件。图 1 为 VCU 控制器刷写的具体流程。

2.2 VCU 控制器入口检测原理

VCU 入口检测设备需要模拟车辆各种硬件信号及各个总线接口，通过与 VCU 的输入输出接口、各种总线接口连接，通过程序控制，用于检测 VCU 的各种接口功能是否正

常的质量检测。VCU 入口检测的原理图如图 2 所示：通过程控电源控制电流及电压的输入与输出，通过 VCI 设备检测 VCU 的 CAN 通讯能力，通过入口检测模块模拟 AD、IO、PWM 通道等测试 VCU 控制器的模拟信号和数字信号的检测指标。

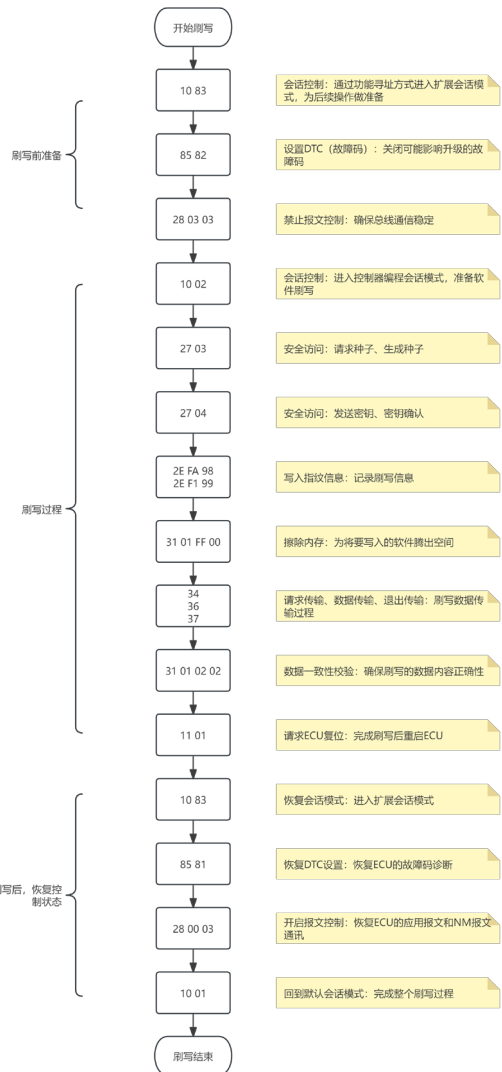


图 1 刷写流程

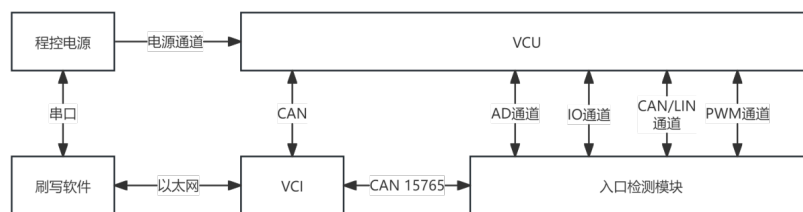


图 2 入口检测原理图

VCU 入口检测通常在进行 VCU 刷写之后进行，VCU 控制器刷写之后具备正常的使用功能。入口检测设备通过对 VCU 输出电压及 IO 控制等指令检测 VCU 的性能，实现对 VCU 的入口检测功能，具体流程见图 3。

传统的 VCU 入口检测设备是与 VCU 刷写设备分离的，

VCU 控制器通过刷写设备进行数据写入，刷写完成后，使用入口检测设备进行 VCU 的功能检测。

论文的研究内容是将入口检测功能集成在控制器刷写设备之上，开发入口检测模块，通过刷写设备上位机软件共同执行刷写及入口检测过程。

传统入口检测模式与论文使用方法对比如表 1 所示。

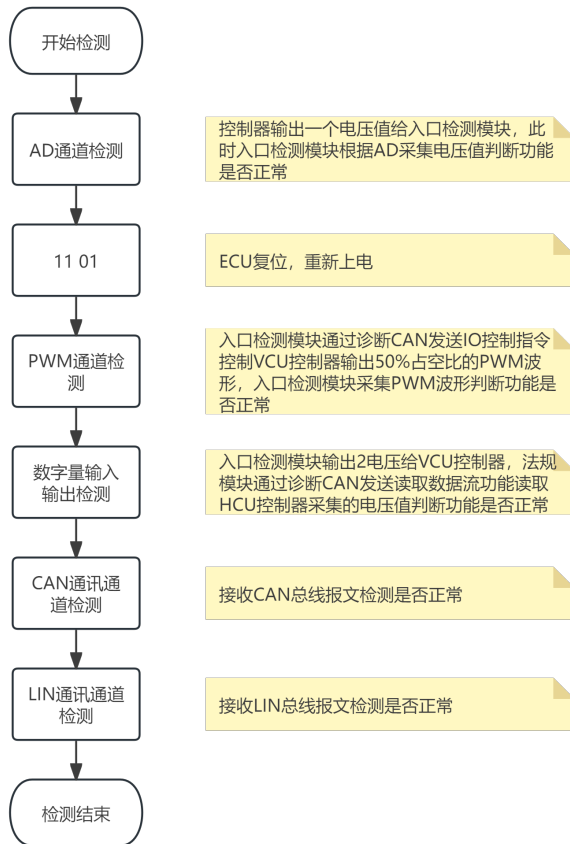


图 3 入口检测流程

表 1 传统入口检测与论文方法对比

	传统入口检测方式	论文研究方式
设备模式	刷写设备 + 入口检测设备	刷写设备集成入口检测设备
操作步骤	① VCU 刷写; ② VCU 入口检测	VCU 刷写 + 入口检测
操作工时	每刷写完成一个 VCU 控制器后, 将 VCU 取出将其放入入口检测设备重新连接, 再进行入口检测	6 个 VCU 控制器同时进行刷写动作, 刷写完成后无需从设备取出, 可直接进行入口检测。以每次入口检测时间为 1 分钟计算, 6 个 VCU 完成刷写及入口检测功能最少节省 5 分钟以上
空间占用	刷写设备空间 + 入口检测设备空间	刷写设备空间
设备建造成本	刷写设备 + 入口检测设备	论文中的刷写台架具备 6 路 VCU 同时并行刷写功能, IO 控制模块、程控电源、VCU 接入卡槽、工控机、显示器等皆可复用。只需增加额外 6 个入口检测模块, 即可完成 6 路 VCU 同时进行刷写及入口检测功能
设备维护成本	刷写设备 + 入口检测设备	刷写设备 + 6 个入口检测模块

通过以上对比项展示可以看出, 论文使用的方法无论从设备的操作方式、操作工时的节省、现场工位的空间占

用情况、设备投入的成本及后续维护成本上看都有巨大的提升。

论文旨在探讨电动汽车 VCU 电控刷写及入口检测的技术原理、实现方法、在红旗新能源车型的应用和优化策略, 为提升电动汽车的开发效率和产品质量提供参考。论文中的 VCU 控制器刷写应用于红旗车型, 使用专业刷写台架进行控制器刷写及检测。

3 VCU 电控刷写及入口检测的实现

传统 VCU 入口检测实现方法是将刷写完成后的 VCU 控制器放入专业的入口检测设备进行入口检测, 这样做需要增加额外的设备和工位才能完成刷写及入口检测功能。论文中的实现方法是将 VCU 控制器的刷写及入口检测功能合并并在同一个设备上执行, VCU 刷写完成后直接进行入口检测功能。在刷写设备中, 增加入口检测模块, 刷写设备的程控电源和 VCI 设备可以重复利用进行入口检测功能。这样不仅节省成本, 更是提升了工作效率。

3.1 硬件设计

论文所研究的刷写设备具备 6 路 VCU 同时刷写及入口检测, 硬件部分主要有以下几部分组成 (见图 4) :

工控机: 装载上位机刷写软件, 负责接收生产任务, 控制程控电源上下电、控制 VCI 设备启动刷写、控制入口检测模块启动入口检测、收集检测结果等作用。

刷写夹具: 负责夹紧、弹出 VCU 控制器, 电源、通信接口的连接。

程控电源: 负责给 VCU、VCI 设备、入口检测模块上下电, 向 VCU 输出定向电压进行检测功能。

VCI 设备: 负责进行 VCU 刷写功能的执行。

入口检测模块: 负责进行入口检测功能的执行。

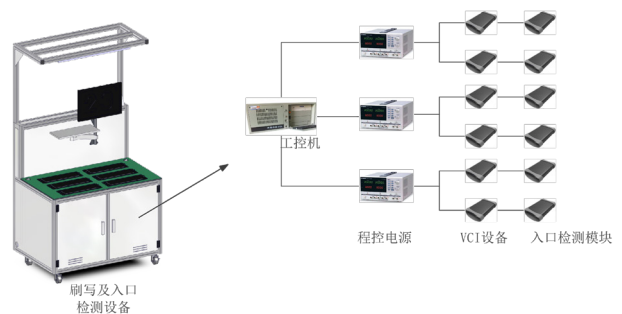


图 4 VCU 刷写及入口检测设备

3.2 入口检测模块的硬件设计

如图 5 所示, 为入口检测接口适配电路的逻辑框图, 适配电路可以通过逻辑控制, 实现对于硬件接口信号不同方向、不同驱动电压、不同驱动方式的匹配, 从而可以在不变更硬件的情况下, 应对 VCU 入口功能或配置的变更, 以及可以使用同一入口检测设备匹配不同 VCU 的多种硬线接口需求。

最初的人口检测只应用于纯电车型 A, 检测时长较长, 对工厂生产节拍有所影响。经反复研究后, 发现一个程控电源控制两路检测链路对检测时长有较大的影响。后经设备改造, 将 3 个程控电源换为 6 个独立的程控电源, 每个电源控制 1 路设备的检测, 提升检测速度 43%, 通过优化刷写流程、优化检测流程, 降低了 1.5 分钟的总检测时间, 可满足现场生产使用。

在此期间, 检测设备适配 CAN、CAN FD、DoIP 总线的通信协议, 通过设备改造兼容不同硬件的人口检测项适配。

另外, 人口检测模块最初设计理念是与刷写夹具连接在一起, 这样可以节省刷写设备内部占用空间。但是会产生一个问题, 即检测模块发生故障时无法快速更换。设备使用后, 通过优化设计将人口检测模块改为独立检测模块, 大小与 VCI 设备相同, 提前配置好检测模块 IP, 更换时只需插拔数据线与电源线, 1 分钟即可完成故障模块的更换, 做到现场设备无感维修。

VCU 控制器的刷写及人口检测功能当前足以应对工厂生产, 未来的仍有很大的改进空间:

刷写及检测数据的可视化: 当前 VCU 的刷写及检测失败内容只能通过检测完成后的检测日志来查询失败原因, 且需要专业技术人员才能进行分析。我们可通过将失败的日志内容显示于软件界面, 并将失败原因分类, 可快速定位故障。

AI 的辅助检测: 利用人工智能技术, 对人口检测数据进行分析, 通过对检测数据内容的变化、刷写及检测时长的增长、不同刷写槽口失败率的变化趋势预测潜在设备故障, 提前预判设备状态, 保障现场生产。

6 结语

VCU 能优化车辆动力输出, 根据驾驶模式和电池状态精准控制电机扭矩, 提升驾驶体验。在安全性方面, VCU 通过实时监控车辆状态, 快速响应故障并采取措施, 保障行车安全。VCU 电控刷写和人口检测是电动汽车开发和生产中的关键环节, 直接影响车辆性能和用户体验。通过优化检测流程和技术创新, 可以显著提升刷写效率和系统安全性。

随着智能网联技术的发展, VCU 电控刷写和人口检测将更加智能化和自动化。新技术的应用将进一步提升系统的可靠性和安全性。

参考文献:

- [1] 费鹏, 苏金海, 刘宇航, 等. 一种用于 VCU 人口检测设备的接口适配电路[P]. 2024-05-07.
- [2] 赵鑫. 基于 CAN 总线的多控制器软件刷写技术的研究与实现[D]. 武汉: 武汉科技大学, 2022.

作者简介: 程子豪(1999-), 男, 中国湖北荆州人, 本科, 助理工程师, 从事控制器多场景刷写、整车电器工艺虚拟整车、台架测试等研究。