

# 基于发动机 ECU 开发的双路并行 系统参量获取技术研究

邸立明<sup>1</sup>, 刘 维<sup>1</sup>, 王海全<sup>2</sup>

(1. 燕山大学 车辆与能源学院, 河北 秦皇岛 066000; 2. 长城汽车动力研究院, 河北 保定 071000)

**摘要:** 基于发动机 ECU 双路并行开发系统试验平台, 开展了待开发 V-ECU 对原机 P-ECU 运行参量实时获取技术的研究与开发; 通过深入研究 CCP 协议以及标定系统 INCA 工作原理, 在 P-ECU 控制发动机正常运转情况下, 依据 CCP 协议提供的 DAQ 功能, 通过 V-ECU 向 P-ECU 发送一系列 CCP 协议命令组合, 对 P-ECU 中的 DAQ 列表进行配置, 并使能 P-ECU 中的 DAQ 功能, 实现了对 P-ECU 内部运行参量的灵活、高速实时获取与运算; 试验表明, 此系统获取 P-ECU 内部参量速度足够快, 能满足发动机 V-ECU 控制算法优化开发需求, 并显著提升优化效率, 为高效优化 V-ECU 内部自主控制算法提供了一条有效途径, 同时也为获取 ECU 中内部变量提供了一种新思路。

**关键词:** ECU 通信; 控制算法; 参量获取; CCP 协议; DAQ

## Research on Parameter Acquisition for Dual Parallel System Based on Engine ECU Development

Di Liming<sup>1</sup>, Liu Wei<sup>1</sup>, Wang Haiquan<sup>2</sup>

(1. Vehicle and Energy College, Yanshan University, Qinghuangdao 066004, China;  
2. Power Research Institute, Greatwall Company, Baoding 071000, China)

**Abstract:** Based on the engine dual-parallel ECU system test platform, carried out on the research and development on parameter real-time acquisition technology from P-ECU to V-ECU. Through in-depth study of CCP protocol and calibration system INCA working principle, under the normal operation of P-ECU control engine, according to the DAQ function provided by the CCP protocol, send a series of CCP protocol command to P-ECU through the V-ECU, configure the DAQ list in P-ECU, enable the DAQ function of P-ECU, and then the P-ECU internal parameters are accessed and used flexible in high-speed. The experiment shows that the system can meet the optimization requirements of the engine ECU control algorithm and can improve the optimization efficiency remarkably, and lay the foundation for continuously optimizing the V-ECU internal self-developed control algorithm to make the V-ECU to achieve the original P-ECU level in engine control.

**Keywords:** ECU communication; control algorithm; parameter acquisition; CCP protocol; DAQ

## 0 引言

为使发动机更加节能环保与高效, 提升其电控系统的技术水平被认为是最有效手段之一, 而 ECU 开发与算法优化困难且周期偏长, 已成业界重金投入和研究的热点之一。目前, 国际汽车发动机电控产品的开发与生产已经系统化, 生产规模与销售模式也日趋成熟<sup>[1]</sup>, 国内市场发动机 ECU 产品的 70% 市场份额仍被美国 Delphi、德国 BOSCH 和日本 Denso 三家垄断<sup>[2]</sup>。虽然国内对发动机 ECU 开发的理论研究成果不少, 但完全自主知识产权的 ECU 产品少有应用<sup>[3]</sup>。在发动机 ECU 开发过程中, 国内一些高校和企业普遍采用基于国外成熟 ECU 产品的改造与改进方案, 对无法

获取的逻辑控制算法, 往往基于大量台架实验对标国外成熟产品的控制效果开展标定工作解决。在对比分析不同发动机 ECU 控制效果差异的过程中, 一般采用分别单独连接原机 ECU 与待开发 ECU 开展台架实验, 很难保证发动机运行工况的完全一致, 缺乏控制效果差异对比的一致性基础, 会给基于此开展的 ECU 控制算法优化工作带来诸多问题。本文搭建了发动机 ECU 开发的双路并行控制系统台架实验平台, 两个 ECU 中的状态和控制参量可通过平台系统实现高速通信并实时共享, 得出的控制效果差异具有良好的对比分析基础。

为保证双路并行 ECU 系统的控制具有可行性和研究意义, 必须使 V-ECU 能够灵活高速获取原机 P-ECU 中的任意工作参量。目前, 通过 UDS 命令请求或从应用报文中获取参量数据, 是一个 ECU 从另一个 ECU 中获取数据的普遍方法, 但前者的数据更新速率会随获取参量增多而变慢, 后者因其数据更新速率固定易导致无法得到想要数据。鉴于上述两种方法的不足及 ECU 开发测试中对工况参量的

收稿日期: 2018-01-29; 修回日期: 2018-03-13。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51406174); 河北省自然科学基金资助项目(E2014203066)。

作者简介: 邸立明(1981-), 男, 河北秦皇岛市人, 副教授, 硕士研究生导师, 主要从事发动机性能优化与控制方向的研究。

实时性获取需求, 在项目开展的前期过程中已经设计开发了一种基于 CCP 通信协议的 ECU 高速通信实时监听系统, 即 V-ECU 通过监听 P-ECU 发往标定系统的 DAQ 通信消息, 进而解析出自身所需的参量信息。该方法虽然可以满足双路并行 ECU 系统中两个 ECU 之间的高速通信需求, 但该系统的实现高度依赖标定系统, 并且在实际应用过程中, 往往由于变量太多, 导致 V-ECU 所需变量并未在标定系统中被监控, 从而 V-ECU 无法从 P-ECU 发出的 DAQ 通信消息中获取到所需参量信息, 使该系统在实际应用中受到限制。鉴于上述问题, 通过开展对双路并行 ECU 系统中两个 ECU 之间通信技术进一步研究和探索, 基于 CCP 通信协议及 INCA 标定测量系统使能 ECU 中 DAQ 功能原理, 提出了通过 V-ECU 使能 P-ECU 中 DAQ 功能对其内部参量进行灵活、高速获取的方案。研究表明, 只要在 V-ECU 软件中配置了需要从 P-ECU 中获取的变量信息, P-ECU 将会自动通过 DAQ 消息向外发送, 该方案可避免因人为原因造成 DAQ 消息发送不全的问题, 并可有效实现双路并行 ECU 控制系统数据的实时共享, 大大提升 ECU 开发及算法优化效率。

## 1 理论依据

### 1.1 CCP 通信协议

CCP 协议, 即 CAN Calibration Protocol, 是欧洲 ASAP 组织基于 CAN 总线通信协议指定的一种对汽车电子控制系统进行参数标定的协议。为使车用电子产品在开发期间所用工具和方法具有一定的兼容性和互换性, ASAP 组织提出了 ASAP 标准, CCP 协议便是 ASAP 标准的一部分, 由于其具有通信可靠、传输速度快、通用性好等优点, 所以在汽车行业中得到广泛采用<sup>[4]</sup>。CCP 协议采用主-从方式进行通信, 系统中只有一个主设备, 但可以有一个或多个从设备。其中主设备是一种遵循 ASAP 标准的标定、监控以及诊断系统, 如 ETAS 公司的 INCA 和 VECTOR 公司的 CANape 等。从设备是支持 CCP 协议的电子控制单元, 如发动机 ECU 或整车控制单元 VCU。CCP 协议通过命令接收对象 (CRO) 和数据传输对象 (DTO) 两种消息对象实现主设备与从设备之间的通信, 其中 CRO 由主设备发往从设备, DTO 由从设备发往主设备<sup>[5]</sup>。

CCP 协议中提供的 DAQ 功能可实现标定测量系统对 ECU 中的参量进行实时监控。当 DAQ 功能被使能时, 发动机 ECU 会周期性向外发送一系列 CAN 消息, 该 CAN 消息被称为 DAQ-DTO 消息, 其中包含 ECU 内部参量的当前值, 利用 CCP 协议中的 DAQ 功能令 ECU 间实时通信共享各自内部工作参量, 是本文技术方案实现的功能基础。ECU 向外发送哪些参量值由 DAQ 列表来决定, DAQ 列表数量由 ECU 支持的 DAQ 通道数决定。P-ECU 支持 segment、10ms 以及 100ms 共 3 个 DAQ 通道, 因此 P-ECU 中包含 3 个 DAQ 列表。每个 DAQ 列表可包含多个 ODT

(Object Descriptor Table), 每个 ODT 对应一帧 DAQ-ODT 消息。每帧 DAQ-ODT 消息包含哪些参量数据由与之对应的 ODT 来描述, 其中一个 ODT 最多可包含 7 个 byte 类型的变量元素。另外, 同一个 DAQ 通道中所有 DAQ-DTO 消息的 CANID 可能都相同, 但这些 DAQ-DTO 消息中数据区域的第一个字节不同, 该字节代表这帧消息的 PID (Data Packet ID) 值, PID 值与描述这帧消息的 ODT 序号相对应。DAQ 列表与其中的 ODT 结构如图 1 所示<sup>[6]</sup>。

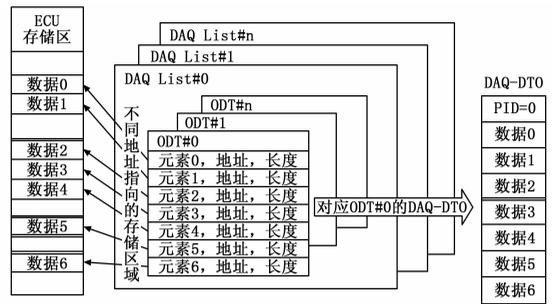


图 1 DAQ 与 ODT 列表结构

### 1.2 标定系统工作原理

发动机电控标定系统可通过实时监测发动机各个状态数据进行参量标定工作, 最终可使发动机满足相应的动力性、经济性和排放性需求。本文实验平台的 CCP 协议主设备采用 INCA 标定系统, 通过解析标定软件 INCA 与从设备发动机 ECU 之间的 CCP 通信报文, 可以得到 INCA 使能发动机 ECU 中 DAQ 功能的一系列流程, 其中主要包括与发动机 ECU 建立连接, 置 DAQ 列表初始化状态标志位, 对 DAQ 列表进行初始化配置, 使能 ECU 中的 DAQ 功能等。具体如图 2 所示。

INCA 之所以能从 ECU 发来的一系列 DAQ-DTO 消息中解析出监控界面中的所有参量值, 是因为 ECU 中的 DAQ 列表信息是由 INCA 通过发送一系列 CCP 命令消息并且按照一定规律对其进行了配置, 即 CCP 协议中的主设备标定系统 INCA 决定了监控界面中的每个参量会在哪帧 DAQ-DTO 消息中的哪个位置<sup>[7]</sup>。

## 2 参量实时获取系统

### 2.1 设计思想

标定软件 INCA 通过发送一系列 CCP 协议命令组合, 配置 P-ECU 中的 DAQ 列表并使能 P-ECU 的 DAQ 功能, 从而实现了对 P-ECU 内部参量的灵活获取。对于 P-ECU 仅识别发来的 CAN 消息是否是 CCP 协议命令以及是哪种命令, 而不考虑消息的来源。因此, 如果 V-ECU 也能像 INCA 那样发送相应的协议命令组合给 P-ECU, 同样也可以使能 P-ECU 中的 DAQ 功能, 从而 V-ECU 便可以从 P-ECU 发来的 DAQ-DTO 消息中解析出所需参量值。

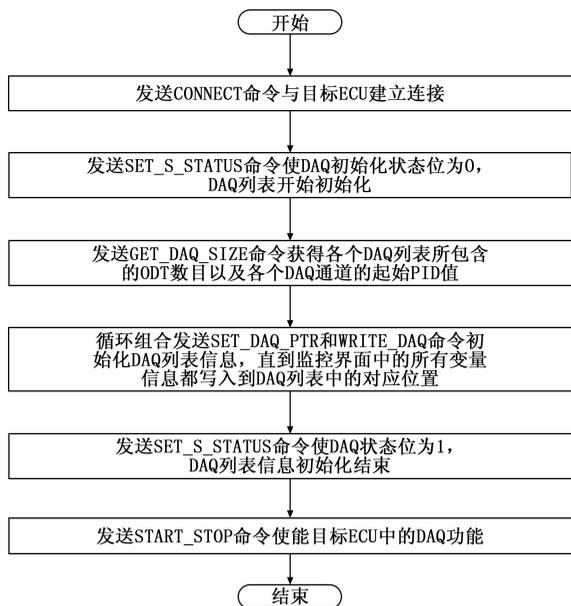


图 2 INCA 使能 DAQ 功能流程

## 2.2 实现方法

标定软件 INCA 配置 P-ECU 中 DAQ 列表过程, 实质上是通过发送 SET\_DAQ\_PTR 和 WRITE\_DAQ 两条 CCP 协议命令将监控界面中每个参量的地址信息、字节大小以及地址偏移等信息写到 DAQ 列表中的相应位置。P-ECU 中参量的地址以及字节大小等信息都定义在 P-ECU 的 A2L 文件中。所以, 将想要获取的参量地址和字节等信息提前存入 V-ECU 中, 然后定义每个参量的 DAQ 通道。此外, 还需要定义对 CCP 协议命令消息进行构造的接口函数, 函数的输入参数根据协议命令中的参数确定, 各 CCP 协议命令及相关命令参数可参考 CCP2.1<sup>[8]</sup>。

当 V-ECU 上电复位后, 会按一定顺序调用定义好的接口函数, 发送 CRO 消息给 P-ECU, P-ECU 每接收到一帧 CRO 消息便返回一帧 DTO 消息作为回应, V-ECU 对返回的 DTO 消息进行判断, 若符合定义好的协议便继续调用下一接口函数以发送下一帧 CRO 消息。当所有的接口函数调用完成后, P-ECU 便会周期性的向外发送 DAQ-DTO 消息, 其中包含 V-ECU 想要获取的各个参量值。

## 2.3 软件设计

软件设计主要包含对 P-ECU 中 DAQ 列表的配置和对 P-ECU 发来的 DAQ-DTO 消息的解析两部分内容。

### 2.3.1 配置 DAQ 列表

配置 DAQ 列表部分软件主要是对构造 CCP 协议命令消息的功能函数, 以及与配置 DAQ 列表流程相关的任务调度函数进行定义。该部分软件最终实现类似 INCA 使能 P-ECU 中 DAQ 的功能, 使 P-ECU 往外发送 V-ECU 需要的参量信息。

#### (1) CONNECT 函数

CONNECT 命令的主要作用是与 P-ECU 进行会话连

接, 其结构形式如图 3 所示。CONNECT 消息命令中包含局地址参数, 其长度为两个字节。所以该函数包含一个 WORD 型输入参数为目标 ECU 的局地址, 并且该局地址信息可在 P-ECU 的 A2L 文件中找到。

Byte	0	1	2	3	4	5	6	7
	0x01	CTR	局地址		----			

图 3 CONNECT 命令结构

#### (2) SET\_S\_STATUS 函数

SET\_S\_STATUS 命令告诉 P-ECU 现在 CCP 通信的状态, 包括标定数据初始化、DAQ 列表初始化以及运行状态, 其结构形式如图 4 所示。当标定系统对 P-ECU 中 DAQ 列表初始化之前和之后都需发送该命令, 只是输入的参数不同。该函数包含一个表征 CCP 通信阶段状态的 BYTE 型输入参数, 参数中的 5 个 bit 位对应着 5 个通信状态, 包括标定数据初始化状态位、DAQ 列表配置初始化状态位、ECU 断电时标定数据存储请求状态位、ECU 断电时 DAQ 列表配置信息保存请求状态位、运行状态位。本文主要用到 DAQ 列表配置初始化状态标志。

Byte	0	1	2	3	4	5	6	7
	0x0C	CTR	阶段状态	----				

图 4 SET\_S\_STATUS 命令结构

#### (3) GET\_DAQ\_SIZE 函数

GET\_DAQ\_SIZE 命令是获得 P-ECU 中每个 DAQ 列表中包含的 ODT 数量, 以及每个通道第一个 DAQ-DTO 消息对应的 PID 值, 其结构形式如图 5 所示。该函数包含的一个 BYTE 型输入参数为 DAQ 通道序号。P-ECU 接收到该命令消息后会返回 DTO 消息, 其中包含上边提到的信息, 然后 V-ECU 需要解析返回消息并对信息进行提取。由于 P-ECU 包含 3 个 DAQ 通道, 并且本文试验对 3 个 DAQ 通道都有涉及, 所以在任务调度过程中该接口功能函数会连续调用三次, 每次传入不同的 DAQ 序号参数。

Byte	0	1	2	3	4	5	6	7
	0x14	CTR	DAQ Num	----				

图 5 GET\_DAQ\_SIZE 命令结构

#### (4) SET\_DAQ\_PTR 函数

SET\_DAQ\_PTR 命令会指定 DAQ 列表中的一个具体位置, 然后将 WRITE\_DAQ 命令中的参量信息写到这

个位置，其结构形式如图 6 所示。该函数包含 DAQ 通道序号、ODT 序号、元素序号等 3 个 BYTE 型输入参数。

Byte 0	1	2	3	4	5	6	7
0x15	CTR	DAQ Num	ODT Num	元素序号	---		

图 6 SET\_DAQ\_PTR 命令结构

(5) WRITE\_DAQ 函数

WRITE\_DAQ 命令的功能是向上一条 SET\_DAQ\_PTR 所指定的 DAQ 列表中的位置写参量信息，包括参量地址、字节数、地址偏移等，其结构形式如图 7 所示。该函数包含两个 BYTE 型、一个 DWORD 型输入参数。由于发送一次 SET\_DAQ\_PTR 和 WRITE\_DAQ 命令，只能将一个参量元素配置到 DAQ 列表中，所以在配置 DAQ 列表信息过程中，需循环多次组合发送 SET\_DAQ\_PTR 和 WRITE\_DAQ 两个接口函数，直到所有需要监控参量元素在 DAQ 列表中全部配置完成。

Byte 0	1	2	3	4	5	6	7
0x16	CTR	字节大小	地址偏移	变量地址			

图 7 WRITE\_DAQ 命令结构

(6) START\_STOP 函数

START\_STOP 命令的功能是使能或禁止某一通道的 DAQ 功能，其结构形式如图 8 所示。该函数包含 5 个输入参数，主要输入参数为 DAQ 模式（使能/禁止）、DAQ 通道号等，其他参数一般为定值。该函数调用一次只能使能或禁止一个通道的 DAQ 功能。本文 P-ECU 包含 3 个通道，并且每个通道都要进行数据传输，所以该函数需调用三次。

Byte 0	1	2	3	4	5	6	7
0x06	CTR	模式	DAQ Num	ODT 序号	通道序号	传输速率预定标	

图 8 START\_STOP 命令结构

(7) 任务调度函数

该函数的主要功能是对上边 6 个功能函数进行合理调用，并且对返回消息进行分析，从而实现对 P-ECU 中 DAQ 功能的使能，其软件实现流程如图 9 所示。

前 6 个函数中都要调用 CAN 驱动中的“CAN\_Transmit ()”函数，用于将构造好的 CCP 协议命令消息通过 CAN 总线发送出去。第 7 个函数在对返回消息进行分析时需调用 CAN 驱动中的“CAN\_Receive ()”函数将命令返回消息从 CAN 模块寄存器中读取出来。

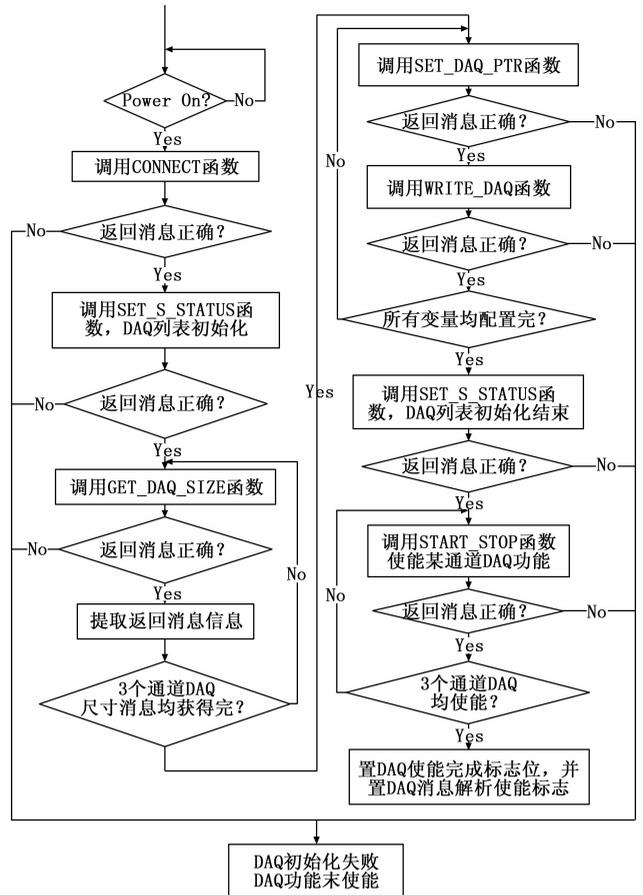


图 9 任务调度流程

2.3.2 DAQ-DTO 消息解析

当 V-ECU 对 P-ECU 中的 DAQ 列表配置完并使能 DAQ 功能后，P-ECU 会以不同速率周期性的向外发送 DAQ-DTO 消息，其中包含 V-ECU 需要从 P-ECU 中获取的参量。该部分软件的作用就是将这些所需要的参量值从 DAQ-DTO 消息中解析出来。因 P-ECU 中 DAQ 列表是 V-ECU 按照一定规律进行配置的，所以 V-ECU 容易得知每个 DAQ-DTO 消息包含哪些参量值。该部分软件的设计思路是通过定义一个 buffer 来存放所有 DAQ-DTO 消息的数据，当 V-ECU 接收到一帧消息后，根据其 PID 值将消息中的数据存放到 buffer 中的固定位置，然后判断该 DAQ 通道中的所有消息是否接收完成，如果接收完成便把该通道中的所有参量值从该数据 buffer 中提取出来，并将该通道的接收完成标志清零；如果该通道中还有消息没有接收便跳出 CAN 接收中断任务。具体操作流程如图 10 所示。

在软件设计过程中，很多地方会需要一些函数的输入参数，而这些参数一般是与 P-ECU 相关的特征信息，以及与所需参量相关的地址信息或参量类型。考虑到系统的通用性和可移植性，本文将这些参数都统一定义到一个配置文件中，在将本系统应用到其他 ECU 参量获取项目时，

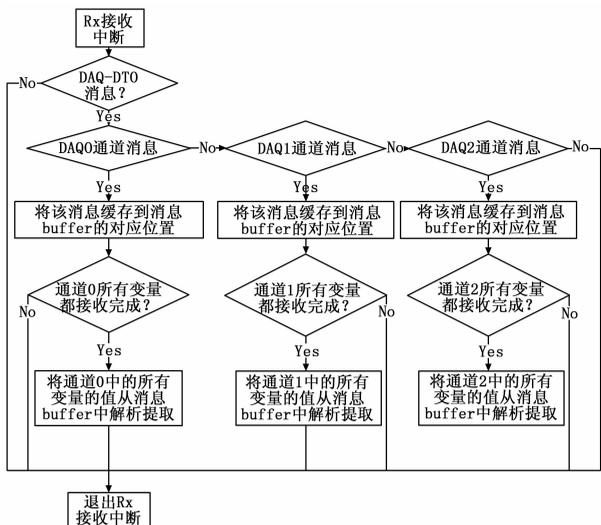


图 10 DAQ 消息解析流程

只需修改该配置文件中的相应内容即可。

### 3 试验结果

搭建的发动机双路并行 ECU 系统台架试验平台电控系统部分如图 11 所示。首先将 P-ECU 与发动机直接连接, 其次由于两个 ECU 的接口都是标准接插件, 需要通过两个中转箱将两个 ECU 中的 CAN 通信接口引出, 进而实现 V-ECU 与 P-ECU 之间的 CAN 信息数据的相互传输。此外, 由于曲轴信号和凸轮轴信号一般为脉冲信号, 并且可能会影响某些特定的控制标志位, 所以在试验过程中将曲轴信号和凸轮轴信号分别连接到两个 ECU 上。

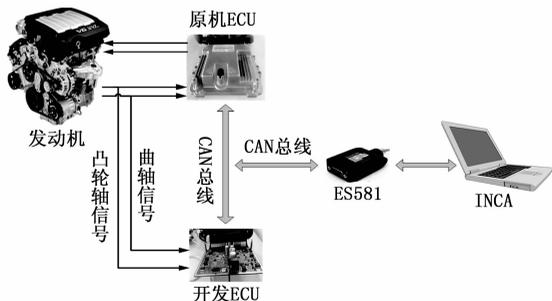


图 11 双路并行 ECU 系统台架试验平台

基于发动机双路并行 ECU 系统台架试验平台, V-ECU 首先需要高速获取 P-ECU 中采集到的各个传感器值, 用于待开发 V-ECU 的控制算法优化开发。同时针对 ECU 中表征控制效果的参量, 随所验证功能模块的不同而进行不同组合的获取。为了验证该系统参量获取方法的可行性, 需要借助标定软件 INCA 通过 ES581 通信硬件对两个 ECU 中相对应的参量进行同时监控, 并对比分析 V-ECU 所获取参量信息相对于 P-ECU 的延迟情况。图 12 为发动机在发动机转速 5000 r/min 情况下, 各 DAQ 通道参量在 V-ECU 与 P-ECU 中的变化情况。由于同一 DAQ 通道的参量间隔时间一般为几个微秒, 所以在验证某一 DAQ

通道的通信效果时, 只需对相应通道中的一个参量进行分析, 即可反映出该通道的通信速度。在试验过程中选取了 3 个参量信号进行验证, 分别为进气歧管压力信号、节气门开度信号以及大气压力信号。由于进气歧管压力信号在发动机一个工作循环波动较大, 所以将该参量安排到 Segment 通道, 即曲轴转半圈事件通道。另外, 由于发动机 ECU 对电子节气门的控制周期较小, 一般为几毫秒控制一次, 因此将节气门开度信号安排到 10ms 通道中, 能较真实的反映节气门开度变化。最后由于大气压力信号一般变化幅度小, 且不受发动机运行状态影响, 故将其安排到 100 ms 通道, 便可满足试验要求。

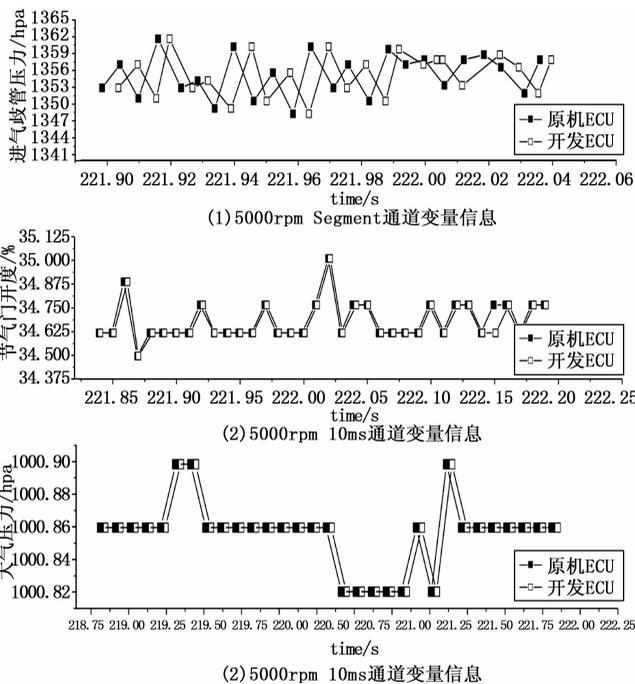


图 12 5000rpm 各 DAQ 通道参量获取结果

由试验结果可得, 在发动机转速为 5 000 r/min 时, 曲轴 12 ms 转一圈, 即 Segment 通道中的参量会间隔约 6 ms 更新一次。V-ECU 会在 P-ECU 发送出 DAQ-DTO 消息 10 ms 内获得参量值。对于 10ms 和 100ms DAQ 通道的参量, P-ECU 会每隔 10ms 和 100ms 将其参量值向外发送一次。而 10ms DAQ 通道中的参量, V-ECU 会在 P-ECU 发出 DAQ-DTO 消息后 10ms 内获得其参量值。100ms DAQ 通道中的参量, V-ECU 会在 P-ECU 发出 DAQ-DTO 消息后约 30ms 到 40ms 左右获得其参量值。综上可得, P-ECU 3 个 DAQ 通道中的参量都将会在一个对应通信周期内被 V-ECU 获取, 而往往相关参量在一个周期内变化很小, 因此可认为同一时刻某一参量在 P-ECU 中的数值与 V-ECU 中的数值相等。所以将该系统用于通过对比两个 ECU 控制效果差异进行控制算法优化过程中, 其控制效果差异是在发动机工况几乎完全相同情况下得到的, 从而具有很高的对比分析意义。试验结果表明本文设

计的获取 P-ECU 中参量方法, 获取速度足够快, 获取变量灵活, 能很好满足发动机 ECU 控制算法对标优化开发要求。

### 4 结论

基于原机 P-ECU 和待开发 V-ECU 双路并行发动机控制系统开发测试试验平台, 提出利用遵循 CCP 协议的主-从设备间 DAQ 功能, 通过 V-ECU 使能 P-ECU 中 DAQ 功能, 实现对 P-ECU 内部工作参量的灵活, 高速实时获取与共享应用。研究表明, 该方法获取变量灵活且实时性高, 能满足发动机 ECU 控制系统开发需求并提升研发测试效率。此外, 还为实时获取封闭式 ECU 中工作参量信息提供了一种灵活高效的途径。

### 参考文献:

[1] 谢江浩, 彭忆强, 朱 丽等. 基于 AUTOSAR 架构的 XCP 标定

(上接第 184 页)  
运行效果图; 子图 (d) 为手机客户端“线路状态显示”功能运行效果图。

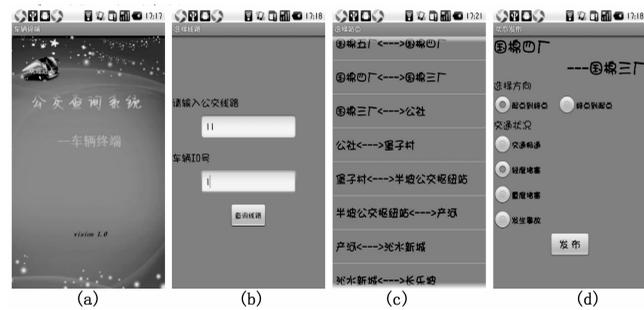


图 6 模拟车辆终端运行效果图

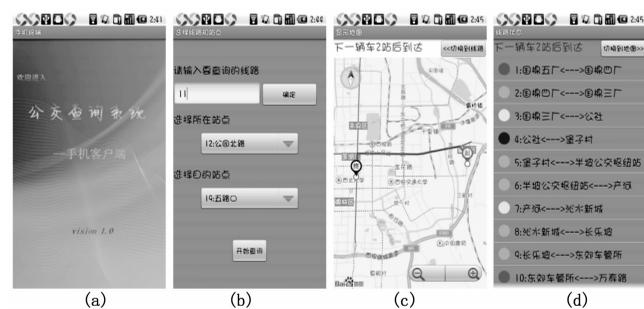


图 7 手机客户端运行效果图

### 4 结语

未来的交通必将向着智能化和方便人们生活的方向发展, 优化的公交管理系统和便携实用的交通查询软件成为交通水平提高的必然需求<sup>[9]</sup>。

交通管理系统也将会向高度智能化的方向发展, 形成一个车辆、乘客和服务中心交互网络<sup>[10]</sup>。届时每辆公交车也将参与提供实时路况信息, 乘客不仅能在客户端查询线

系统开发 [J]. 中国测试, 2017 (12): 113-118.  
 [2] 钟再敏, 黄 熙, 章鸿滨. 基于 AUTPSAR 的点到点安全通信实现 [J]. 计算机测量与控制, 2017 (10): 217-220.  
 [3] 谭晶星, 阴晓封, 吴秀婷. 基于 CAN 总线的 ECU 监测系统 [J]. 测控技术, 2013 (7): 95-99.  
 [4] 余彬彬. 基于 CCP 协议的电控柴油机数据采集系统设计 [D]: 长沙: 东南大学, 2016.  
 [5] 李艳明, 倪永亮, 李 申, 等. 基于 AUTOSAR 标准的车辆电气系统 CAN 通信协议栈研究 [J]. 计算机测量与控制, 2017 (11): 239-243.  
 [6] 张昉昉, 王有刚, 高 阳等. 基于 CCP 的变速箱控制器标定系统驱动设计 [J]. 现代车用动力, 2015, 157: 19-22.  
 [7] 钟家明, 肖 兵. 电控发动机 ECU 中的 SPI 主从式多节点通信设计 [J]. 自动化与仪器仪表, 2014 (7): 75-79.  
 [8] ETAS. ASAP Standard. H. Kleinknecht. CAN Calibration Protocol 2.1 [S]. 1999.

路, 还能获取到每条线路上更多的动态信息, 从而将交通的诸多要素联动起来, 优化乘客出行, 提高公交效率, 具有一定的推广价值。

本文中设计的系统可以作为公交车辆、服务中心、用户终端交互系统的雏形。如果能进一步研究和发展, 结合现阶段先进的公交管理技术, 必将会使现在的公交管理水平达到一个新的更高的水平<sup>[11]</sup>。

### 参考文献:

[1] 陶佩佩. 城市公交查询系统的设计与实现 [DB/OL]. 万方中文数据库, 2008.  
 [2] 张坤和. 公交车查询系统的设计与实现 [DB/OL]. 万方中文学位论文数据库, 2009.  
 [3] 孙晓宇. Android 手机界面管理系统的设计与实现 [D]. 北京: 北京邮电大学, 2009.  
 [4] 吴亚峰, 苏亚光. Android 应用案例开发大全 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2011.  
 [5] 朱根荣. 百度地图 API 应用数例 [J]. 电脑编程技巧与维护, 2013 (23): 29-34.  
 [6] 舒贤华. 基于 android 平台的手机 web 地图服务设计 [D]. 大连: 大连海事大学, 2009.  
 [7] 毕建涛, 王 雷, 池天河, 等. 基于 Web Service 的地理信息服务研究 [J]. 计算机学, 2004, 31 (1): 69-71.  
 [8] 彭春华, 刘岳峰, 晏 磊, 等. 基于 Java 的移动地理信息服务关键技术研究 [J]. 计算机工程与应用, 2007 (11): 190-192.  
 [9] 周泽兵, 边馥苓. 基于 Socket 通信的 Web GIS 实时监测系统 [J]. 测绘科学, 2006 (4): 88-89.  
 [10] 孙育春. Baidu Maps API 开发大全 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.  
 [11] 崔和宏. 移动定位技术概述 [J]. 科技信息, 2008 (20): 358.