

基于语音交互的发动机故障诊断装置开发

王怀宽,刘月美,侯忠良

潍柴动力股份有限公司,山东 潍坊 261061

摘要:运用语音交互技术,读取并判断电子控制单元(electronic control unit,ECU)数据,开发发动机故障语言识别诊断装置,进行试验验证。结果表明:该装置可完成语音指令识别、诊断报文收发、诊断故障判定、诊断结果播报等闭环功能,同时可对物理层电压级别、车辆关键参数、发动机故障系统状态进行检测,检测准确率为100%。该装置避免了传统发动机故障诊断仪的复杂操作,为发动机故障诊断装置开发提供参考。

关键词:语音交互;发动机;故障诊断装置;故障判定

中图分类号:U471.14;TN912

文献标志码:A

文章编号:1673-6397(2022)04-0102-04

引用格式:王怀宽,刘月美,侯忠良.基于语音交互的发动机故障诊断装置开发[J].内燃机与动力装置,2022,39(4):102-105.

WANG Huaikuan, LIU Yuemei, HOU Zhongliang. Development of engine fault diagnosis device based on voice interaction[J]. Internal Combustion Engine & Powerplant, 2022, 39(4): 102-105.

0 引言

为满足汽车操控性、动力性、安全性等方面的要求,汽车电子控制系统的复杂程度不断增加^[1],汽车故障种类及诊断排除的难度不断增大。目前汽车故障主要是由专业技术人员使用故障诊断仪确定故障类型并采取相应的解决措施。市场现有的诊断仪操作复杂,故障通常以发光二极管(light-emitting diode, LED)的闪烁次数和时间、运行参数和记忆故障码的形式体现^[2-3],对维修人员要求较高。

语音交互已成为信号处理、人工智能、模式识别等方面的热点研究技术^[4],目前已应用于车辆功能控制、信息查询^[5]、远程调控^[6]等方面。与传统的故障诊断仪相比,语音交互技术用于电压、车辆关键参数检测、故障状态检测,可直观显示故障类型,降低维修人员工作难度,提高故障诊断效率。

1 诊断设备组成

语音交互的发动机故障诊断设备包含电源、电子控制单元(electronic control unit, ECU)、发动机故障诊断装置、通信设备,无多余连接线,故障点少,降低了使用难度。通过连接 ECU,可实现指令的发送和接收、接入信号的电压检测、ECU 内部故障信息的读取等功能。

语音交互的发动机故障诊断组成如图 1 所示,主要由语音识别系统、语音播报系统、语音库、微处理器控制系统和通信接口模块组成,其中,语音识别系统采用离线式语音识别模块,与语音库配合工作,将自然语言编译成机器指令;语音播报系统在语音库的配合下,接收来自语音识别系统或微处理器控制系统的指令完成语音播报。

语音交互的发动机故障诊断装置工作原理如图 2 所示,麦克风采集环境声音信息,经过语音增强^[7]

收稿日期:2022-03-10

基金项目:山东省重点研发计划(重大科技创新工程)项目(2020CXGC010806)

第一作者简介:王怀宽(1987—),男,山东菏泽人,工程师,主要研究方向为电控系统通讯策略,E-mail:whk_001@163.com.

对微弱的音频电信号进行放大、滤波形成模拟信号。模拟信号通过音频特征提取、声音学习和语言模型解码等过程,最终通过识别决策将自然语言编译成机器指令,通过串口将机器指令输入到微处理器控制系统。微处理器控制系统负责协调控制,可实现系统模块初始化、故障判断、控制器局域网(controller area network, CAN)和 K-line 指令的收发、故障诊断和显示诊断结果等功能,接收来自语音识别系统的机器指令,发送给通信接口模块,通信接口模块将指令转换成 CAN/K-line 物理信号,并传给 ECU, ECU 接收信号后响应,发送对应的信息给通信接口模块,通信接口模块将 ECU 反馈的信息送给微处理器,微处理器将采集的信息进行判别,根据不同的判别结果发送不同的语音播报指令给语音播报系统。语音播报系统包括语音解码电路、音频功率放大电路、扬声器等,语音解码电路完成数字音频信号到模拟音频信号的转换,音频功率放大器用于模拟音频信号的功率放大,扬声器为声音播放执行部件,可将模拟音频信号转换成声音,将信息传递给维修人员。

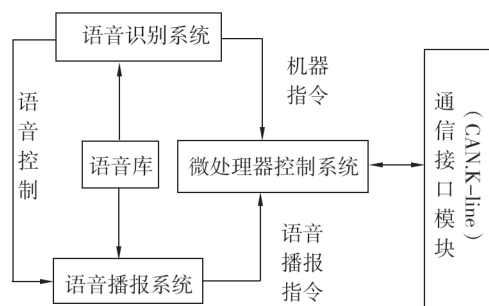


图1 语音交互的发动机故障诊断装置组成

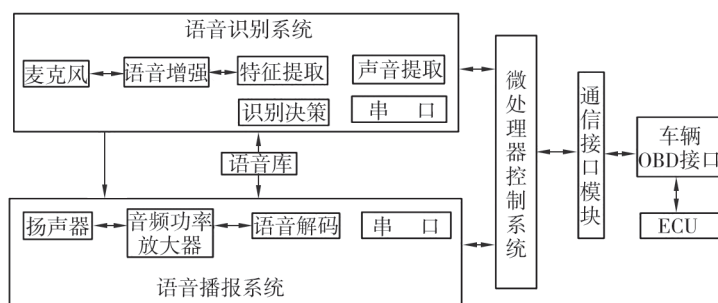


图2 语音交互的发动机故障诊断装置工作原理

2 诊断系统方案

诊断系统包括物理层电压级别检测、车辆关键参数检测、发动机故障系统状态检测 3 部分。工作流程如图 3 所示。由图 3 可知:发动机故障诊断装置在通电运行后,首先开启上电自动检查模式,对物理层电压和车辆关键参数依次进行常规检测。当检测物理层电压异常和车辆关键参数异常后,语音播报系统主动对其进行播报。若无异常,则依次播报“物理层电压正常”“车辆关键参数正常”。发动机故障诊断装置结束上电自动检查模式,实时监测环境的语音指令,进行车辆故障检测,支持的语音指令有“检测电压”“检测标定参数”“检测测量参数”“检测故障状态”。

2.1 物理层电压级别检测

诊断设备使用 16 针标准车载诊断系统(on board diagnostics, OBD)接口与车辆 ECU 连接。诊断设备支持车辆 24 V 及 12 V 供电。物理层电压级别检测包含供电电压、CAN 接口电压和 K-line 接口电压。供电接口为 VCC, 引脚为 16 针,当电压低于 22 V(11 V)或高于 30 V(15 V)时,视为电压异常。CAN 接口包含 CAN1H、CAN1L、CAN2H、CAN2L,对应的引脚分别为 1、9、6、14,4 个接口电压正常在 2.5 V 左右,当电压低于 2.3 V 或高于 2.7 V 时,视为电压异常。K-line 接口对应的引脚为 7,工作电压正常在 22 V(11 V)左右,当低于 15 V(7.5 V)视为电压异常。诊断设备出现以上异常情况时,播报系统会播报对应引脚电压异常,并播报异常电压值。

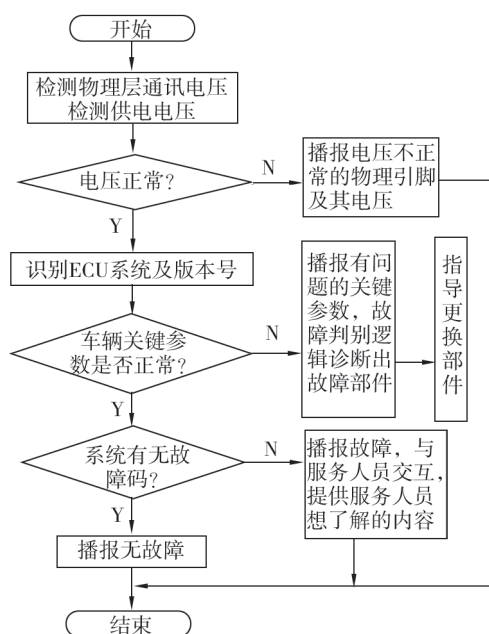


图3 诊断系统工作流程

2.2 车辆关键参数检测

车辆关键参数检测主要包含关键标定参数检测^[8]和关键测量参数范围检测。

2.2.1 关键标定参数

一般 ECU 数据区包含发动机或车辆全部数据,如动力相关数据、排放相关数据、诊断系统相关数据等,为关键标定参数,记为 D 。采用循环冗余校验^[9](cyclic redundancy check, CRC)对 D 进行运算,得到校验值 F ,在发动机出厂时, F 以 ECU 中数字标签的形式储存,为保密项,不可随意修改,用来验证数据合法性。

CRC-32 是一种依据数据包或文件等数据生成的 4 字节校验值的算法,一个 n 比特的 CRC-32 码由 2 部分组成,高 $(n-32)$ 位是 ECU 中关键标定参数 D ;低 32 位是冗余位 F , D 与 F 之间需满足公式

$$(2n-32D+F) \bmod P = 0, \quad (1)$$

式中: $\bmod$ 为取模运算; P 为生成多项式 0x04C11DB7, 即 $P = x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$ 。

关键标定参数检验检测流程如图 4 所示。发动机出厂时设定 $d_1, d_2, \dots, d_i$ 为 ECU 中关键标定参数, 即式(1)中 D , 所对应 ECU 中数字标签的检验参数, 记为 $f_1, f_2, \dots, f_i$, 即式(1)中 F 。由于多项式 P 是固定的, D 与 F 之间的关系是确定的。发动机出厂后, D 或 F 可能会被非法修改或物理损坏, 通过发动机故障诊断装置读取 ECU 中的实时关键标定数据, 记为 D_1 ; 根据式(1), 得到 F_1 ; 比较 F_1 和 F , 若相等, 则数据合法; 否则认为数据非法, 语音播报系统报出“标定参数错误”。

2.2.2 关键测量参数范围

车辆运行后, ECU 内存中存储表征部件特性或程序运行状态等的各种测量参数, 选取其中真实部件的测量参数为关键测量参数^[10]。

以多态开关、油门踏板传感器、远程油门传感器为例, 以各传感器测量参数范围为标准, 设定 10% 冗余范围, 具体结果如表 1 所示。当被诊断车辆在冗余范围时, 认为车辆无故障; 当超出此范围时, 认为车辆有故障, 根据超范围量查找对应部件, 并完成语音播报。

2.3 车辆故障系统状态检测

通常 ECU 自带部分诊断系统, 检测的故障存储在 ECU 的电可擦除只读存储器 (electrical erasable read-only memories, EEPROM)。当发动机故障诊断装置接收到环境语音诊断命令后, 微处理器控制系统通过统一诊断服务^[11] (unified diagnostic Services, UDS) 或 KWP2000 协议中的读取故障码指令, 获取 ECU 中的故障码。若此时无故障码,

说明 ECU 无故障; 若此时读取到故障码, 说明 ECU 有故障。根据 UDS 协议要求, 读取故障码指令中 0x19 表示诊断服务, 0x02 表示子功能, 0x0C 表示设定的掩码, 共 3 字节。发动机故障诊断装置发送给 ECU 完整诊断指令之后, ECU 与诊断装置之间进行通信连接。

3 试验验证

发动机故障诊断装置识别语音指令、发送诊断报文、诊断故障判定、诊断结果播报为一个闭环系统,

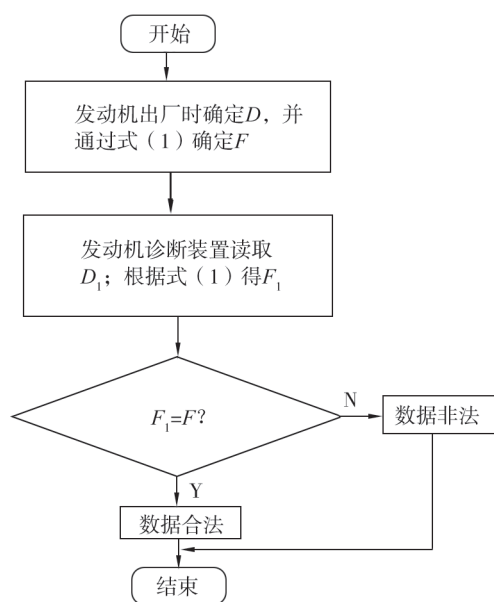


图4 关键标定参数检验检测流程图

表1 各部件关键测量参数范围及冗余范围

部件	测量参数范围/V	冗余范围/V
多态开关	1.0	0.90~1.10
多态开关	2.5	2.25~2.75
多态开关	3.5	3.15~3.85
油门踏板传感器	0.3~3.5	0.27~3.85
远程油门传感器	0.3~3.5	0.27~3.85

采用语音指令“检测电压”“检测标定参数”“检测测量参数”“检测故障状态”,分别对物理层电压级别检测、关键标定参数检测、关键测量参数范围检测、车辆故障系统状态检测4项功能进行测试。

在测试前,将诊断装置与ECU线路连接,开启装置。按照文献[12]语音识别输入准则要求,保持周围环境噪声在60 dB以下,试验人员听到语音提示后,以正常语速随机发出对应语音指令,听到检测结果,视为测试成功。对于每条语音指令,重复测试10次,4条语音指令成功率均为100%。

4 结语

1) 基于语音交互技术开发的发动机故障诊断装置与ECU连接后,通过识别对应语音指令,可完成物理层电压、关键标定参数、关键测量参数范围及车辆故障系统状态检测。

2) 试验测试准确率为100%,该系统为语音交互技术在发动机故障诊断装置的推广应用有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 胡建文,冒晓建,唐航波,等. 基于15765协议的手持式电控发动机故障诊断仪开发[J]. 机电一体化,2013,19(5): 50-55.
- [2] 张威,陆辰,卢立清. 便携式车用加热器故障诊断仪的设计[J]. 内燃机与动力装置,2009(1):36-40.
- [3] 宁志强,陶元芳. 智能语音交互机械故障诊断专家系统研究[J]. 中国工程机械学报,2018,16(1):88-89.
- [4] 张石清,李乐民,赵知劲. 人机交互中的语音情感识别研究进展[J]. 电路与系统学报,2013,18(2):440-451.
- [5] 刘权,徐伟,李深安. 汽车智能语音发展趋势:从被动到主动的交互升级[J]. 汽车电器,2021(10):5-8.
- [6] 费叶琦,周徐孝,齐加胜,等. 基于树莓派和云平台的平移窗智能语音控制系统设计[J]. 机电工程技术,2021,50(11): 171-174.
- [7] 王晶,傅丰林,张运伟. 语音增强算法综述[J]. 声学与电子工程,2005(1):22-26.
- [8] 段本明. 插电式混合动力汽车整车控制器标定方法研究[D]. 长春:吉林大学,2017.
- [9] 吕晓敏. 嵌套循环冗余码(CRC)的优化与检验[D]. 杭州:浙江大学,2012.
- [10] 李岩. 基于XCP协议的标定系统设计与实现[D]. 长春:吉林大学,2012.
- [11] 黄悦鹏. 基于CAN总线的UDS诊断系统的设计与实现[D]. 南京:南京邮电大学,2016.
- [12] 信息产业部. 中文语音识别系统通用技术规范:GB/T 21023—2007[S]. 北京:中国标准出版社,2007.

Development of engine fault diagnosis device based on voice interaction

WANG Huaikuan, LIU Yuemei, HOU Zhongliang

Weichai Power Co., Ltd., Weifang 261061, China

Abstract: Using the voice interaction technology to read and judge electronic control unit data, the voice recognition engine fault diagnosis device is developed and verified by experiments. The results show that the device can complete closed-loop functions such as voice command recognition, diagnostic message sending and receiving, diagnostic fault determination, and diagnostic result broadcast, and the accuracy rates reach 100%. The voice interactive engine fault diagnosis device avoids the complicated operation of the traditional engine fault diagnosis instrument, and provides a reference for the development of the engine fault diagnosis device.

Keywords: voice interaction; engine; fault diagnosis device; fault judgment

(责任编辑:郎伟锋)