

面向车辆传动系的发动机虚拟试验系统

江发潮 曹正清

(中国农业大学车辆与交通工程学院)

摘要 从发动机的万有特性出发,提出了利用发动机动力性模型构造虚拟试验系统的方法,分析了该虚拟试验系统的硬件构成,完成了软件设计。该虚拟系统可跟踪由于油门和负载变化而引起的发动机输出变化,模拟发动机的运行情况及燃油消耗量。

关键词 车辆; 发动机特性; 虚拟试验系统

中图分类号 TP 391.9; U 461.2

Engine Virtual Test System Used in Vehicle Power Train

Jiang Fachao, Cao Zhengqing

(College of Vehicle and Traffic Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract A method of construct virtual test system based on a model of engine dynamic performance was brought forward by using engine's characteristics, the construction of hardware was analyzed and the software was developed. By using the model, Engine's state and fuel oil consumption can get by following the tracks of the change of engine's output along with the throttle and the load of vehicle.

Key words vehicle; engine characteristic; Virtual Test System

发动机与底盘的匹配始终是车辆传动系统设计中的一个重要问题,车辆动力性能的好坏,不仅取决于发动机,而且在很大程度上依赖于传动系与发动机的匹配。长期以来,为了有效提高车辆的动力性和燃油经济性,人们常常通过试验的方法找出问题并加以改进。但是,进行大量的实车试验不仅耗费资金和时间,而且大大拉长了新产品的开发周期。为了缩短新产品的开发周期,适当减少实车路试,有必要开发一个面向车辆传动系的发动机虚拟试验系统。

所研究的发动机虚拟试验系统是针对车辆动力性和经济性提出来的。该系统首先要能真实而准确地反映发动机的动力特性和油耗特性;其次要有实时反应性,能够根据外界工况的变化作出实时反应;第3,具有可操控性,可以进行油门控制,使发动机的特性随试验人员的调控而实时变化;最后进行计算机实现。

1 发动机动力性模型的建立

1.1 万有特性

通常采用发动机的速度特性曲线、负荷特性曲线及万有特性曲线描述发动机特性,其中万有特性曲线能较全面地反映发动机的性能。万有特性曲线中的等油耗曲线以及等功率曲线能

收稿日期: 2001-10-22

江发潮,北京清华东路17号 中国农业大学(东校区)214信箱,100083

准确地描述发动机各种工况下的动力性能及经济性^[1], 从万有特性曲线中可以确定转速、转矩(平均有效压力)、油耗及功率之间的相互关系。

1.2 带油门开度的万有特性

获得万有特性有 2 种方法。一种是负荷特性法, 从负荷特性出发, 将不同转速下的负荷特性综合成为万有特性; 另一种是速度特性法, 从速度特性出发将不同油门开度下的速度特性综合成为万有特性, 这种带有油门开度的万有特性曲线为虚拟发动机系统的操作控制模拟提供了可能性。

1.3 数据处理

数据处理一般采用数据库法和多项式拟合方程法。

1) 数据库法。利用发动机的万有特性或性能试验数据建立特性数据库, 并设计快速查询软件。在使用过程中, 根据发动机的工况条件迅速确定发动机的特性状况。

2) 多项式拟合方程法。发动机的速度特性曲线, 一般可用多项式描述^[2]

$$X_e = a_0 + a_1(n - \bar{n}) + a_2(n - \bar{n})^2 + \dots + a_k(n - \bar{n})^k$$

式中: X_e 为发动机的某一特性值; n 为发动机转速, $r \cdot m \text{ in}^{-1}$; \bar{n} 为发动机转速样本均值, $r \cdot m \text{ in}^{-1}$; a_0, a_1, \dots, a_k 为多项式系数, 其中 k 为整数。

通过多元线性回归求出各系数的最小二乘估计, 将有代表性的油门开度下的各特性曲线方程存储在程序中, 根据发动机的工况计算出所需要的发动机特性值。表 1 为某一发动机外特性数据。拟合结果见表 2。

表 1 某发动机外特性数据

发动机转速 $n/(r \cdot m \text{ in}^{-1})$	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400	2 600	2 800
发动机转矩 $T_{eq}/(N \cdot m)$	400	405	402	398	390	382	372	362
发动机功率 P_e/kW	58.0	66.7	75.0	83.0	89.2	96.0	98.0	105.0

表 2 外特性拟合方程系数

特性方程	方程系数					
	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
转矩方程	$3.940\ 566 \times 10^2$	$-3.458\ 782 \times 10^{-2}$	$-1.876\ 184 \times 10^{-5}$	$-1.047\ 130 \times 10^{-9}$	$-1.598\ 011 \times 10^{-11}$	$3.305\ 288 \times 10^{-14}$
功率方程	$8.664\ 199 \times 10^1$	$3.664\ 033 \times 10^{-2}$	$-2.127\ 249 \times 10^{-5}$	$-3.531\ 195 \times 10^{-8}$	$2.172\ 112 \times 10^{-11}$	$5.919\ 471 \times 10^{-14}$

注: 拟合多项式最高次数为 5 次

对于转矩曲线方程, 所取数据点的计算值与实际值之间误差绝对值最大为 0.673 076 9; 对于功率曲线方程, 计算值与实际值之间误差的绝对值最大为 0.914 160 8。

3) 数据处理的要求。2 种数据处理方法均要满足: 根据外界工况的变化(在一定油门开度下)实时地确定发动机的特性状况; 根据油门的变化(外界工况不变)实时地确定发动机的特性状况; 根据油门变化和工况变化实时地确定发动机的特性状况。

2 系统结构

2.1 系统概况

发动机虚拟系统采用基于计算机的数据采集和处理系统, 它包括控制显示模块和虚拟发

动机模块。两模块之间有相关的数据交换。整个界面上动态显示的参数包括发动机转速、油门大小、挡位和累计换挡次数。对于油门控制采用人工优先的原则,任何时候都可以用鼠标拖动油门滑块来干预油门大小。通过控制面板,试验人员可以操纵点火开关,使计算机按照既定的操作程序或按随机情况虚拟发动机和整车的运行工况。本系统可以读取并根据发动机及整车的工作特性做出相应的计算,显示出发动机及整车的工作状态。

2.2 软件设计

1) 开发工具。该系统是在VC++ 6.0平台上开发的。VC++ 6.0作为面向对象程序设计(Object-Oriented Programming,简称OOP)的可视化集成编程环境,能很好地实现图形用户界面GUI(Graphical User Interface),同时具有强大的数据处理和控制硬件的能力,能很好地与其他软件集成使用,内置Open-GL函数库,具有完善的图形处理功能^[3],利用ActiveX控件能够实现虚拟仪表和试验数表的显示功能。

2) 系统功能。整个系统包括控制元件系统和显示系统。

控制元件系统提供控制元件的显示和控制。通过控制面板,试验人员可以操纵点火开关、油门控制、负载设定等元件,以实现相应的动作,达到控制虚拟发动机的目的。其中负载设定可以预置,也可以从车辆整车运行工况采集相应的负载数据作为负载设定。

显示系统提供发动机工况显示界面,显示发动机转速、发动机输出转矩、发动机燃油消耗率、燃油消耗量、发动机功率,以及其他发动机运行时的相关参数,如:发动机水温、机油压力等,这些参数或以虚拟仪表的形式显示,或以曲线或数表的形式显示出来。

综上,整个系统具有数据存储和处理功能,能实现数据的写入和读出,可记录发动机动态变化历程,为车辆传动系的评价提供数据。为了适应不同的车型,可以通过虚拟系统的人机交互界面对发动机的各种参数,及整机参数进行设置。

3) 编程实现。该虚拟系统一方面从控制显示系统采集相关数据,并根据相关的发动机模型,通过查询和计算的方法确定发动机的工况;另一方面根据显示的需要,借助内定的计算程序,计算出相应结果,并向显示系统输出数据便于使用人员了解发动机的工作状况,及时做出相应的操作指令,从而实现人机交互。

3 结束语

利用发动机试验技术和数值分析方法建立的虚拟发动机模型,依靠所开发的动力性和经济性软件分析系统可以实时模拟发动机各种油门下的运行工况,并能以虚拟仪表和试验曲线的形式反映出车况的变化,快速评价发动机的动力性和经济性,具有现实意义。

参 考 文 献

- 1 林继淦. 汽车拖拉机学发动机原理. 北京: 中国农业大学出版社, 1998: 155
- 2 余志生. 车辆理论. 北京: 机械工业出版社, 1996: 4
- 3 王 华, 叶爱亮, 祁立学, 等. Visual C++ 6.0 编程实例与技巧. 北京: 机械工业出版社, 1993: 1, 373