

高压双电磁阀燃油系统特性分析*

仇滔 刘兴华 刘福水 胡建村

【摘要】 采用电控单体泵和电控共轨喷油器构建双电磁阀燃油系统,实现供油和喷油的独立控制;进行了双电磁阀燃油系统的实验;采用 AMESim 软件建立了双阀燃油系统仿真模型。对双电磁阀燃油系统特性进行的仿真分析表明:通过改变供油和喷油的时间间隔,在保持喷射提前角下可实现不同的喷油规律;在供油过程中通过 2 次喷油控制可以实现预喷射;通过加长供油时间,可以在低转速下实现高压喷射。该双电磁阀方案实现了供油和喷油的独立控制,具有获得理想燃油喷射规律的潜力。

关键词: 柴油机 燃油系统 电磁阀

中图分类号: TK413.8

文献标识码: A

Characteristics Analysis of Double Valves Fuel System with High Pressure

Qiu Tao Liu Xinghua Liu Fushui Hu Jiancun

(Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

Abstract

A double electronic valves fuel system was established by adopting an electronic unit pump and an electronic injector of common rail. The electronic unit pump is used for fuel supply adjusting and the electronic injector of common rail is used for fuel injection control. Subsequently, the characteristics of the fuel system were analyzed by experiment and simulation. The different fuel injection laws were obtained with different time intervals from fuel supply advance angle to fuel injection advance angle. The pilot injection was realized by means of two times injector controls during the course of fuel supply. With prolonged fuel supply time, the high pressure injection was realized at low speed. The results show that the double valves fuel system reserves the advantages of traditional fuel system and has the more flexible characteristics during the circle of diesel, which will be more favorable to the dynamic performance of diesel.

Key words Diesel, Fuel system, Electronic valve

引言

双阀控制的智能型喷油系统不但能够实现高的喷射压力和斜坡形喷油规律,还易实现较高的低速喷射压力和多次喷射,是柴油机燃油系统发展的方向之一^[1~2]。国外典型的双阀燃油系统有德尔福的以泵喷嘴为基础的 E3 双阀系统^[3~4]、Caterpillar

公司的 HEUI-C 系统以及 Bosch 公司的 APCRS 双阀系统,这些燃油系统的共同特征都是通过 2 个电磁阀实现供油和喷油的独立控制,从而使燃油系统更加灵活。

本文探讨一种结合单体泵电控供油和共轨喷油器电控喷油能力的双电磁阀燃油系统方案,并基于实验和仿真研究这种燃油系统的特性。

收稿日期: 2007-12-20

* 国防“973”项目(项目编号:61357)

仇滔 北京理工大学机械与车辆工程学院 讲师, 100081 北京市

刘兴华 北京理工大学机械与车辆工程学院 副教授

刘福水 北京理工大学机械与车辆工程学院 教授

胡建村 北京理工大学机械与车辆工程学院 硕士生

1 双电磁阀燃油系统方案

双阀燃油系统由电控单体泵通过高压油管 and 共轨喷油器连接组成,原理如图 1 所示。

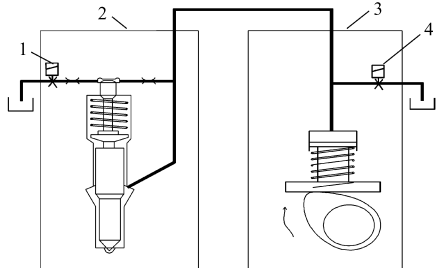


图 1 双电磁阀燃油系统原理图

Fig.1 Principle of double valves fuel system

1. NCV 阀 2. 共轨喷油器 3. 单体泵 4. SV 阀

2 个电磁阀分别为单体泵泵端的溢流阀 (spill valve, 简称 SV) 和共轨喷油器嘴端的针阀控制阀 (needle control valve, 简称 NCV)。SV 阀为常开电磁阀, 供油凸轮顶起供油柱塞形成的压缩燃油通过 SV 阀流回低压油路, 系统内不产生高压。当 SV 阀关闭, 切断与低压油路通道, 随着供油柱塞上行, 高压油管内开始形成高压, 实现供油的电子控制。NCV 阀是常闭电磁阀, 由 SV 阀关闭形成的高压燃油在喷油器内针阀上端产生的压力比下端高, 针阀不能开启。当 NCV 阀开启, 针阀上端高压燃油与低压油路导通, 上端压力降低, 针阀开启, 燃油开始喷射, 实现喷油的电子控制。

如果在 NCV 阀开启之前将 SV 阀关闭, 油泵将在系统内产生高压燃油, 直到 NCV 阀开启喷嘴开始喷油, NCV 阀打开和 SV 阀关闭之间的时间间隔将决定喷油的开启压力和喷射过程中的平均喷油压力。如果在 NCV 阀关闭时还保持 SV 阀关闭, 则针阀在关闭后油管内还将维持高压, 可以进行多次喷射; 如果在 NCV 阀关闭同时打开 SV 阀卸油, 针阀关闭的作用将同时来源于油压的降低和针阀回位弹簧力, 实现快速断油。由此可见, 双电磁阀燃油系统通过 2 个电磁阀的组合, 实现喷射过程中燃油压力的灵活调整, 具有喷射规律的可调整能力。

2 双电磁阀燃油系统实验

2.1 实验系统

采用的双阀燃油系统部件参数见表 1。

实验中, 采用 Dspace/MicroAutoBox 设计开发出控制原型, 用于双电磁阀燃油系统的控制。在高压油管靠近嘴端处夹装一个 Kistler 压力传感器用于测量油管压力, 采用电流卡钳来测量 NCV 阀和 SV 阀的驱动电流。

表 1 双电磁阀燃油系统参数

Tab.1 Parameters of double valves fuel system

项目	来源	参数	数值
单体泵	BOSCH 公司, 匹配 Deutz1013 型柴油机	柱塞直径/mm	10
		凸轮升程/mm	14
高压油管	定制	长度/mm	500
		内径/mm	1.8
共轨 喷油器	BOSCH 公司, 匹配 Commiss ISBe 型柴油机	喷孔数	8
		流量/ $L \cdot \min^{-1}$ (10 MPa)	1.015

2.2 实验结果

保持凸轮转速 500 r/min, 每循环喷油量为 80 mm^3 , NCV 控制阀驱动时刻不变, 调整 NCV 阀的驱动持续期和 SV 阀的驱动时刻和持续期。为了防止在 NCV 阀关闭后油管压力过高, 在控制时保证 NCV 和 SV 阀同时断电, 驱动电流特性如图 2 所示。

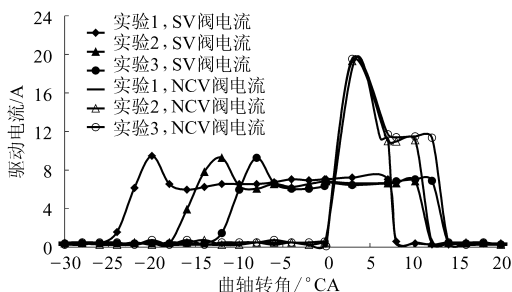


图 2 NCV 阀和 SV 阀的控制电流曲线

Fig.2 Drive currents of NCV and SV

图 3 是 3 次喷射实验中的油轨压力。显然, 由于 SV 阀相对于 NCV 阀的控制时间不同, 3 次喷射对应的供油特性不一样。

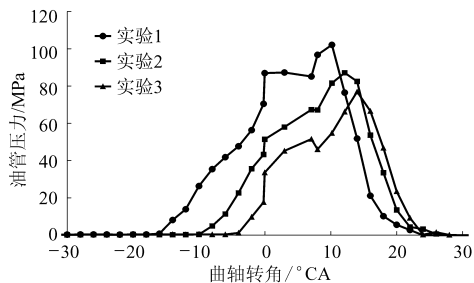


图 3 油管压力曲线

Fig.3 Results of pipe pressure

3 仿真分析

3.1 仿真模型

采用 AMESim 软件建立双电磁阀燃油系统的模型如图 4 所示。该模型中, SV 阀直接采用通过实验获得的阀杆位移特性来模拟电磁阀的控制, NCV 阀是采用实验获得的电磁力来仿真。

第 2 节实验的计算结果和相应的实验数据比较

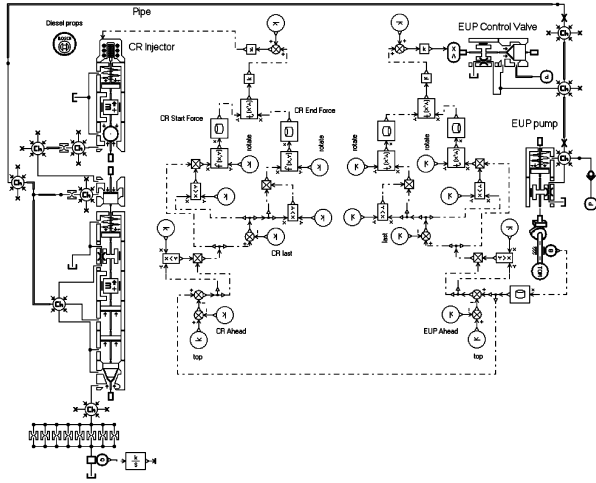


图4 双电磁阀燃油系统仿真模型

Fig.4 Model of double valves fuel system

如图5所示。3种工况下的油管压力的实验结果和仿真结果比较一致,说明仿真模型能够反映出双阀系统的特性,因此采用该模型进一步分析双阀燃油系统的特性。

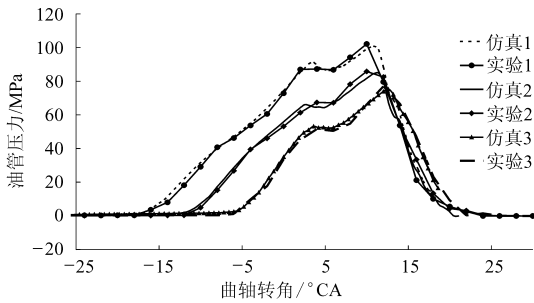


图5 油管压力的实验和仿真结果比较曲线

Fig.5 Pressures comparison of test and simulation

3.2 喷射特性

保持曲轴转速 800 r/min,每循环供油量为 100 mm³,喷射时刻相同,调整 SV 阀和 NCV 阀的控制时刻,对应的控制关系如图6所示,获得图7所示的供油和喷油特性。3种工况对应的燃油特性见表2。

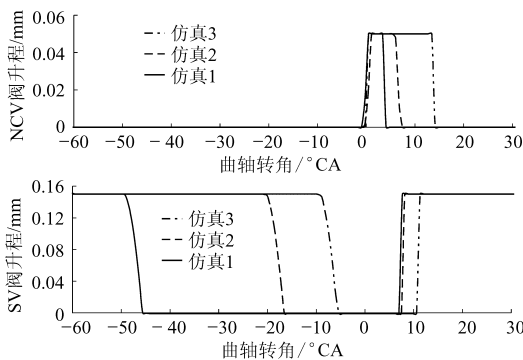


图6 控制逻辑关系曲线

Fig.6 Relation curves of control logic

3次仿真中,喷油的时刻和喷油量相同,但是喷油压力、开启压力、最大喷射速率和喷射持续期不

同,最终的喷射规律也不一样。这说明,在同转速下,通过改变 SV 阀的提前角和持续期以及 NCV 阀的持续期,能够在保持喷射正时的条件下采用不同的喷射特性获得相同喷油量,从而在相同工况下实现灵活的喷射特性。

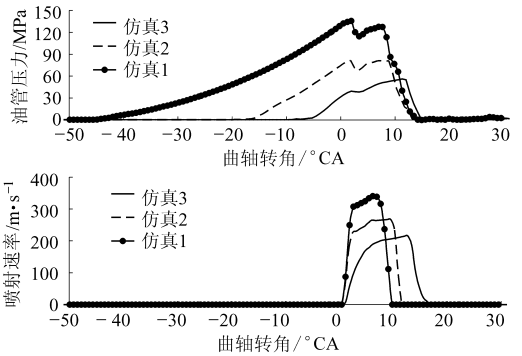


图7 喷射特性比较曲线

Fig.7 Comparison for pressure delivery characteristics

表2 3种工况的结果比较

Tab.2 Compare for three cases

序号	开启压力 /MPa	最大喷射速率 /m·s ⁻¹	持续期 /°CA
1	135.0	341	9.5
2	81.4	267	11.5
3	39.4	215	15.0

该双电磁阀方案中供油和喷油的调节在每一个循环间是独立的,因此能够实现循环间燃油系统的灵活调整。多缸发动机如果采用一缸一套的安装,还可以实现各缸独立喷油特性的调整,为发动机整机的性能优化提供了非常好的可调性。

3.3 预喷射能力

在凸轮转速 500 r/min 下进行预喷射的仿真。图8是 SV 和 NCV 控制阀的控制逻辑,图9是双阀系统对应的喷油压力特性和喷射速率特性。

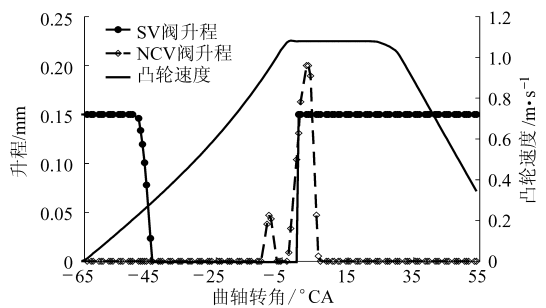


图8 阀的控制关系曲线

Fig.8 Motion laws of control valves

仿真结果表明,采用双阀燃油系统,在 SV 阀关闭建立油管高压过程中,通过控制 NCV 阀多次控制能够实现多次喷射。

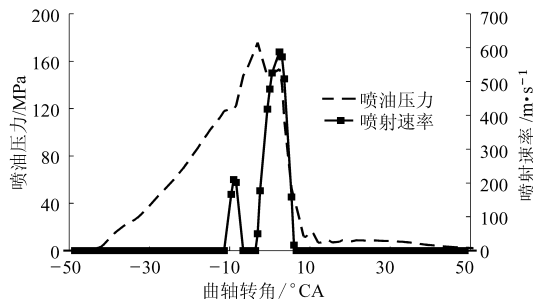


图 9 2次喷射的燃油系统特性曲线

Fig. 9 Characteristics of twice-injection

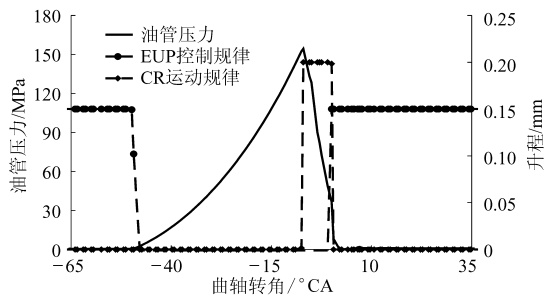


图 10 凸轮转速为 100 r/min 时燃油压力曲线

Fig. 10 Pipe pressure for 100 r/min of cam

3.4 低速高压喷射

低速高压喷射是性能良好的燃油系统需要具备的特点。图 10 是在凸轮转速为 100 r/min 时实现高压喷射的仿真结果。

仿真结果表明,通过延长 SV 阀和 NCV 阀开启时间的间隔,双阀系统能充分利用供油凸轮增加供油能力,产生较高的开启油压,实现低速高压喷射。

4 结论

(1) 双电磁阀燃油系统以电控单体泵和共轨喷油器为基础,实现了供油和喷油的独立控制。

(2) 双电磁阀燃油系统能够实现预喷,在较低转速下也能够实现高压喷射,并能在相同工况下实现不同的喷油规律,实现喷射规律柔性可调。

参 考 文 献

- Philip Dingle, Lai Ming-chia. Diesel common rail and advanced fuel injection systems[C]. SAE Paper 2005927223, 2005.
- Godfrey Greeves, Simon Tullis, Barrie Barker. Advanced two-actuator EUI and emission reduction for heavy duty diesel engines[C]. SAE Paper 2003-01-0698, 2003.
- Chaufour P, Millet G, Hedna M, et al. Advanced modeling of a heavy truck unit injector system and its applications in the engine design process[C]. SAE Paper 2004-01-0020, 2004.
- Tibor Kiss, Marc Andrew Wolverton. Analytical comparison of 2 and 3 way digital valves for use on direct needle control fuel injectors[C]. SAE Paper 2004-01-0032, 2004.

(上接第 21 页)

- 舒歌群, 卫海桥, 王养军. 直喷式柴油机瞬态工况燃烧噪声机理[J]. 燃烧科学与技术, 2005, 11(3): 197~201.
Shu Gequn, Wei Haiqiao, Wang Yangjun. Combustion noise mechanism under transient conditions of DI diesel engine[J]. Journal of Combustion Science and Technology, 2005, 11(3): 197~201. (in Chinese)
- 汤东, 罗福强, 刘胜吉, 等. 柴油机加速工况时燃烧噪声的研究[J]. 内燃机学报, 2002, 20(5): 429~432.
Tang Dong, Luo Fuqiang, Liu Shengji, et al. An investigation on combustion noise during accelerating condition of a diesel engine[J]. Transactions of CSICE, 2002, 20(5): 429~432. (in Chinese)
- 汤东, 来超峰, 胡正权, 等. 生物制气-柴油双燃料发动机的燃烧噪声[J]. 江苏大学学报: 自然科学版, 2006, 27(5): 409~412.
Tang Dong, Lai Chaofeng, Hu Zhengquan, et al. Combustion noise of biogas-diesel dual fuel engine[J]. Journal of Jiangsu University: Natural Science Edition, 2006, 27(5): 409~412. (in Chinese)
- 汤东, 罗福强, 梁昱, 等. 柴油机燃烧噪声的频谱特性[J]. 农业机械学报, 2007, 38(10): 186~189.
- 汤东, 胡正权, 罗福强. 双燃料发动机燃烧放热规律的计算与应用[J]. 农业机械学报, 2007, 38(2): 45~47, 38.
Tang Dong, Hu Zhengquan, Luo Fuqiang. Study and application of the heat release rate computation for dual-fuel engine [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(2): 45~47, 38. (in Chinese)