

■ 中国北方发动机研究所/焦玉琴 王 孝 郁国军 傅文林
■ 西安理工大学/李 晨

泵喷嘴柴油机ECU 油量控制试验研究

柴油机以其高的热效率、低燃油消耗率以及低速大转矩和使用寿命长等优点，在车用发动机领域有着越来越广阔的应用前景，其中电控泵喷嘴燃油喷射系统，将燃油泵、喷油器和控制装置形成一个紧凑单元，直接安装在发动机缸盖上，由顶置凸轮轴驱动，在喷油压力、喷射特性、效率和预喷射精度等方面具有优越性。

本项目针对泵喷嘴柴油机设计了以MPC563为微处理器的电控ECU，在电路设计上将功率驱动、信号采集、电源以及CPU外围电路等集成一体，电磁阀采用高低压双电源驱动，在软件设计上采用程序与MAP数据分离，控制策略采用开环控制，为了验证ECU的硬件驱动能力与软件控制功能，以及得到与发动机控制相关的油量特性，在油泵试验台研究泵喷嘴电磁阀的油量控制特性十分必要。

试验原理与试验装置

1. 试验原理

泵试验台设定转速相当于发动机工作转速，控制器输出一定脉宽，泵试验台自制原理泵喷油器将喷出一定油量，该油量在发动机燃烧后将化学能转换成机械能，输出一定转速和转矩。该发动机主要用来发电，选取特征转速怠速800r/min、1000r/min，喷油提前角 $36^{\circ} \sim -8^{\circ}$ ，间隔为 6° 变化；固定提前角，将脉宽从小到大间隔为 6° 均匀变化，测量油量数据，直到油量不再随着脉宽增加而变大为止，将这几组数据画在同一坐标系中，形成喷油特性曲线谱进行研究，

同时电磁阀的喷射波形可以通过示波器观察得到。

转速、提前角和脉宽采用特征值固定不变，分别改变电磁阀开启电流、维持电流、开启电流工作时间和高压充电电流，根据喷油控制规律、相应试验波形以及特性曲线谱，得出相应驱动电路需要设置的参数。

2. 试验装置安装

试验装置（见图1）包括泵喷嘴柴油机ECU控制器、自制原理泵、BOSCH泵试验台、Tektronix TDS3054B示波器、专用曲轴信号盘、专用凸轮轴信号盘、霍尔转速传感器、霍尔电流传感器和4NIC-K240朝阳电源等。将自制原理泵与曲轴信号盘、凸轮轴信号盘安装到泵试验台上，转速传感器安装方向与型号一致。

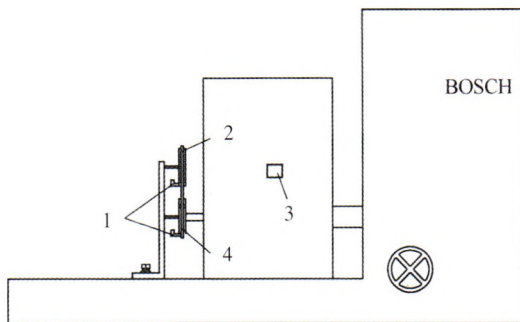


图1 试验装置

1.转速传感器 2.曲轴信号盘 3.出油口 4.凸轮信号盘

3. 试验系统连接

控制器、电磁阀、示波器、传感器、电源及电流互感器的连接如图2所示。

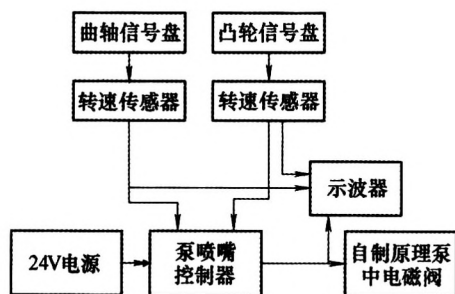


图2 控制系统连接

4.泵喷嘴箱及相位调整

凸轮曲轴相位关系如图3所示，各角度计算如下：

- 1) 泵台面对输出轴为顺时针。
- 2) 凸轮基圆与键夹角90°。
- 3) 凸轮型线工作角度为20° 凸轮转角，工作起始角相对基圆21.5°。
- 4) 基圆与滚轮临界点对应泵刻度盘205°。
- 5) 凸轮型线对应喷油工作起始点226.5°。
- 6) 虚拟上止点按基圆提前上止点5° 凸轮转角，对应泵刻度盘231.5°。
- 7) 在泵台上，转动凸轮轴，通过千分表打挺杆侧摇臂调整螺钉顶部，升程起始点为基圆点。

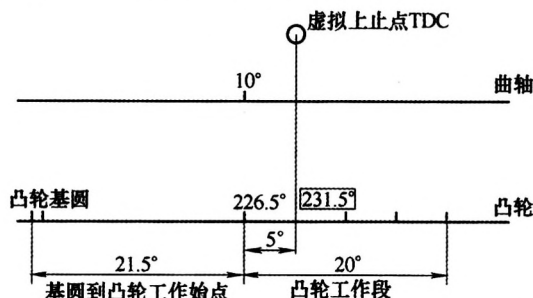


图3 凸轮曲轴相位关系

试验结果

1.电磁阀驱动电流

转速为800r/min，提前角为30°，脉宽为30° 的电磁阀驱动电流波形、凸轮转速和曲轴转速波形见图4。

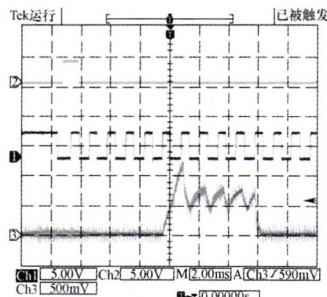


图4 喷射波形

2.充电电流试验

选取最大转速1800r/min，最大脉宽48° 作为测试条件，测试高压充电时间与空闲时间（见表1），高压充电电流与升压电路工作时间关系曲线如图5所示。

表1 高压充电电流试验记录

充电电流 /A	1.3	1.56	1.82	2.08	2.34	2.6	2.86	3.12	3.38	3.64	3.9
充电时间 /ms	6.8	6	5.6	4.8	4.4	4	3.9	3.55	3.2	2.9	2.8
空闲时间 /ms	0	0.8	1.2	2	2.4	2.8	2.9	3.1	3.6	3.9	4

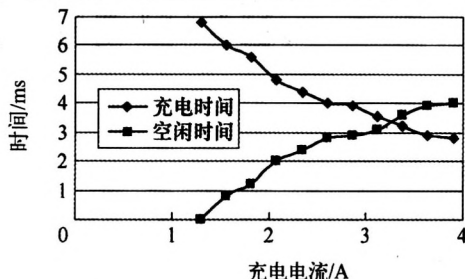


图5 高压充电电流与升压电路工作时间曲线

3.电磁阀开启电流试验

在维持转速1000r/min、提前角24°、脉宽54° 不变的情况下，改变电磁阀开启电流工作时间，喷油量的变化见表2，开启电流与喷油量的关系曲线如图6所示。

表2 开启电流与喷油量的关系

转速 /r·min ⁻¹	提前角 (°)	脉宽 (°)	开启电流 /A	开启电流工作时间为1.5ms时的喷油量/mL	开启电流为工作时间为2ms时的喷油量/mL
1000	24	54	8.359	256	260
			7.839	256	258.4
			6.942	260.8	256
			6.019	256.8	256
			5.226	254.4	256
			4.836	244.8	248
			4.576	232	235.2

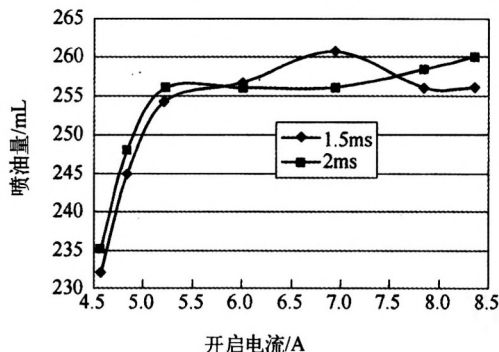


图6 开启电流与喷油量关系

4.电磁阀维持电流对喷油量的影响

在维持转速1000r/min、提前角24°、脉宽54°不变的情况下，单独改变电磁阀维持电流，喷油量见表3，维持电流与喷油量的关系曲线如图7所示。

表3 维持电流改变对喷油量的影响

电流 /A	6.16	5.90	5.62	5.25	4.32	4.19	4.06	3.80	2.61	2.48	2.35	2.11
喷油量 /mL	268	267.2	267.2	268	263.2	263.2	263.2	263.2	260.8	253.6	120	120

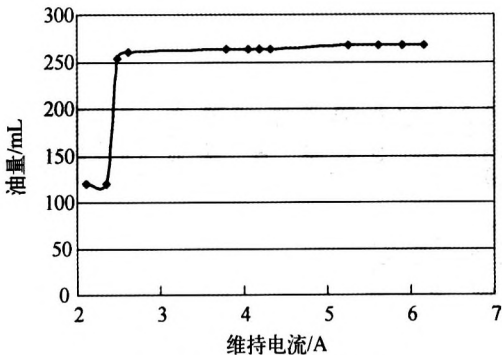


图7 维持电流与喷油量关系

试验分析

1. 开启电流工作时间

开启电流工作时长，喷油量要稍高一点，歧点除外，开启电流工作时间为1.5ms与2ms时，油量没有太大差异，考虑到ECU的可靠性与器件功耗，将高电流设为1.5ms比较合适。

2. 开启电流

不同的开启电流对喷油量有很大影响，开启电流小于4.5A时，电磁阀打不开，不喷油；开启电流4.5~5.2A，喷油量随开启电流急速增长；当开启电流大于5.2A后，喷油量的增长随着开启电流的增长逐渐放缓。此电磁阀开启电流为5.2~5.3A，考虑批量泵喷嘴、控制系统等的不一致性，确定在6A比较合适。

3. 维持电流

维持电流小于2.48A时，电磁阀维持不了打开状态；维持电流大于2.48A之后，电磁阀可以保持打开状态，此时喷油量随维持电流增大变化非常缓慢，对于此电磁阀，维持电流2.5~2.6A比较合适。

4. 高压充电时间

在最高转速1800r/min，最大脉宽48°条件下，充电电流为2A，充电时间为4.8ms，空闲时间为2ms，升压电路

有足够的时间恢复高压驱动能力，考虑到控制单元的可靠性与器件的降功耗设计，充电电流选取2A。

5. 脉宽、油量控制规律

转速、提前角一定时，喷油量会随着脉宽的增大而增大，但会在一定脉宽时达到顶峰，不再增大。这是由于脉宽增大，喷油持续期增长，喷油量会增大，但随着喷油持续期越来越长，直到凸轮型线转过能建立压力的角度后，由于没有压力，所以喷油器不会随喷油持续期增长继续喷油。

6. 提前角、油量控制规律

随着提前角的减小，喷油器越来越晚开始喷油，但同样随着凸轮型线转过能建立压力的角度后停止，随着提前角的减小，喷油量会越来越早达到峰值，并且峰值会随着提前角的减小逐渐减小。

7. 不同转速油量与脉宽特性对比

不同转速下，喷油量会随着脉宽的增大而增大，随着提前角的减小，喷油量会越来越早达到极值，并且极值会随着提前角的减小逐渐减小。脉宽、提前角相同时，转速越高喷油量越小，但提前角相同时，喷油量达到极值时脉宽均一致。转速越高，尽管凸轮型线转过喷油角度相同，但泵喷嘴高压油腔压力增大，限流量增大，所以喷油量会减少。提前角一定时，喷油持续角度是相同的，也就是压油行程相同，喷油量与转速基本没关系。

结语

通过试验验证了ECU系统的控制和驱动能力，ECU控制稳定，功率驱动满足喷射要求，得到了控制参数与油量控制规律及数据。同时在试验中发现，凸轮信号盘相位特殊齿在试验台起动过程中不易识别，现在为1.33：1，应该将相位盘设计为3：1。

关键词：

泵喷嘴 柴油机 ECU 油量控制

(收稿日期20121220)