

现代轿车柴油机电控高压喷油系统(八)

文/江苏 范明强



范明强

(本刊专家委员会委员)

教授级高级工程师, 曾任中国第一汽车集团公司无锡研究所发动机研究室主任、湖南奔腾动力科技有限公司轿车柴油机项目部总工程师、无锡柴油机厂高级技术顾问和多所高校客座教授。

(接上期)

(2) 压电喷油器的工作原理

西门子(Siemens)压电共轨喷油器(图5-8)的工作原理与博世(Bosch)电磁阀式共轨喷油器的原理基本相同, 唯一的差别在于西门子的电液式伺服机构不是用电磁阀控制的, 而是用压电执行器控制的。由于压电执行器能够回收能量, 电控单元(ECU)所需的控制能量要比电磁阀控制的共轨系统低得多。除此之外, 由于压电执行器采用较简单的电流控制, 因而具有较高的电磁兼容性和更高的抗干扰性。

燃油在共轨压力下通过高压接头进入喷油器, 经过长油道抵达喷油器针阀周围, 并通过一个经标定过的量孔进入控制室。

在喷油器没有通电时, 菌状阀将控制室的出口封闭, 共轨压力作用在针阀推杆上, 由此在喷嘴针阀上所产生的关闭力与针阀回位弹簧力之和大于共轨压力作用在喷嘴针阀承压凸肩上的力, 因而喷油器保持关闭状态。

如果电控单元给压电元件施加电压信号, 压电元件就会伸长大约 $50\mu\text{m}$ 。通过杠杆比为1:1.5的增力杠杆(图5-9中)可将该伸长量放大, 从而足以通过控制柱

塞打开控制室中的菌状阀, 于是控制室中的压力泄漏到回油管路, 使作用于针阀推杆上的关闭力与回位弹簧力之和不再足以关闭喷嘴针阀, 针阀被共轨压力抬起, 喷油过程开始。

为了关闭喷油器停止喷油, 电控单元向压电元件施加反向电压, 使其恢复到原始长度, 控制室通往回油管路的出口又重新被菌状阀切断, 在控制室中再次建立起共轨压力, 喷嘴针阀关闭, 喷油过程结束。

压电元件就好像是一个多层陶瓷电容器, 仅在通电时才充电, 在断电时再放电, 这样就能使能量回收。在通电和断电之间, 也就是在喷嘴针阀保持开启状态期间, 压电执行器是不消耗能量的。

喷油器的喷油量取决于压电执行器承受正反向电压之间的时间间隔、共轨压力、喷嘴针阀开启和关闭的速度以及喷嘴中的燃油流量。最后两个因素是喷油器结构上由制造决定的, 而共轨压力和喷嘴针阀开启时间可由电控单元自由选择。电控单元为了计算这两个参数, 主要需要以下传感器信息: 加速踏板位置调节、温度(冷却液和燃油)、发动机转速、大气压力、进气空气量及其温度等, 而废气再循环率、变速器转速以及离合器开关和制动踏板开关等则作为校正量。若

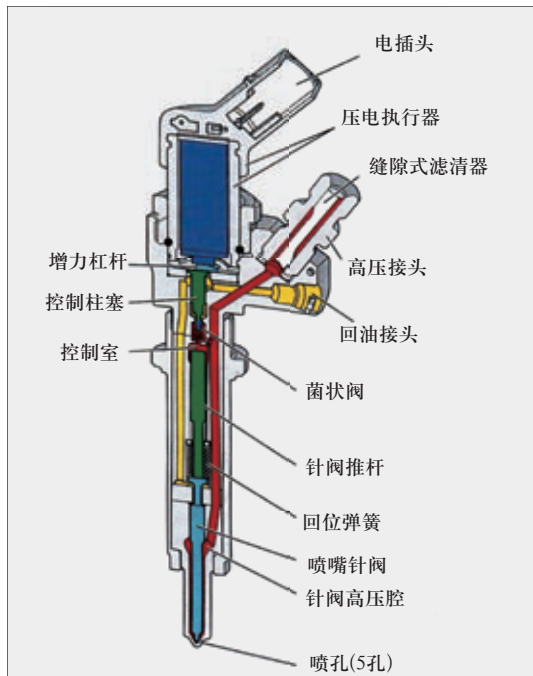


图5-8 西门子(Siemens)压电共轨喷油器

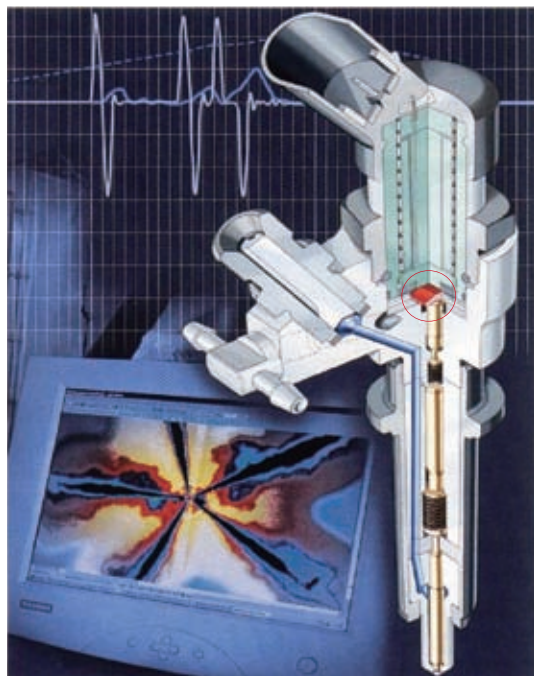


图5-9 西门子(Siemens)压电共轨喷油器剖视图

要使发动机停机, 喷油器和燃油流量调节器均关闭, 同时也要切断共轨压力调节器的控制电流。

(3) 压电喷油器的高精度

压电喷油器对零件表面质量和几何精度等方面的机械性能提出了极高的要求, 其最小的喷孔直径可达到0.12 mm, 并有意加工成圆锥形, 喷孔内侧进口处还采用液力研磨工艺倒成圆角, 这样的喷孔所喷出的油束品质更好。所有的喷嘴针阀体孔直径在加工时都经气动力仪实时监测, 而针阀直径按测得的喷嘴针阀体孔直径尺寸自动配磨, 这样两者的配和间隙极小, 可达到大约 $2\mu\text{m}$ 。

由于共轨系统工作的压力高达160MPa, 因此针阀体与针阀之间必须以如此小的公差来相互配对成不可单独换用的偶件。这种偶件都必须在 23°C 的恒温车间内进行加工, 不仅几何尺寸和配合精度要求极

高, 而且表面粗糙度也要达到 $RZ=0.6\mu\text{m}$, 并采用激光干涉仪进行无缺陷检验, 确保喷嘴针阀体孔和针阀几何精度的正确, 从而使针阀能够自由滑动而渗漏极小。喷油器的最后装配是在净化室内进行的, 为了保证加工质量完全一致, 还必须进行喷射油束形状的控制。

由于加工精度极高, 并必须确保性能的高可靠性, 因此即使 $50\mu\text{m}$ 大小的微粒也会妨害正常的功能, 尤其是 $200\mu\text{m}$ 大小以上的微粒决不允许进入喷油器。

从上述介绍的喷油器加工精度情况来看, 就不难理解为什么共轨系统高压零件的清洁度要求要比以往使用的普通行程控制的喷油系统高得多, 因此必须彻底改变以往的陈旧观念和坏习惯, 在高压喷油系统的维修工作中自觉遵守有关清洁度和安全规则, 养成始终保持高清洁度的习惯。

3. 电控单元

西门子(Siemens)压电共轨喷油系统的电控单元(图5-10)配备了16位微处理器和8位安全控制器以及4MB的Flash存储器, 另外还具有8个模拟输入、6个数字输入、10个数字输出口以及1个诊断接口和1个数据总线。重要的是压电执行器用的驱动级带有能量回收功能, 而且在喷嘴针阀保持开启期间无电流流动(参见图5-11), 因而电控单元(ECU)所需的控制能量要比电磁阀控制的共轨系统低得多。

如图5-12所示, 发动机电控单元检测和调节发动机所必需的所有过程, 它根据驾驶员的意愿和发动机及汽车的运行数据(例如发动机转速、行驶速度、冷却液温度和进气空气质量等)计算出发动机运转所需的输出数据(例如喷油量和废气再循环等)。发动机电控单元通过CAN总线与其他的电控单元(例如ABS、ASR和ESP等)进行通讯联络。发动机电控单元常用的输入和输出信号的实例示于图5-13。

发动机和汽车行驶所需的功能块以及调整实时应用数据组都集成在电控单元中。西门子压电共轨喷油系统的软件控制策略是以扭矩控制为基础的程序结构, 即电控单元将所有的要求都由以扭矩为基础的程序结构统一协调到扭矩基础上来, 并以此作为主要依据来计算发动机运转所需的输出数据。它主要由图5-14所示的功能框图中的模块组成, 其中怠速控制器作为唯一与扭矩控制程序结构平行工作的模型, 不仅承担着控制怠速稳定运转的任务, 而且也承担着发动机启动的任务。

4. 西门子(Siemens)共轨喷油系统的发展

共轨喷油系统还具备很大的进一步开发潜力, 这对于能够满足未来废气排放法规对柴油机废气排放更为严格的限值而言也是十分必要的, 因此西门子(Siemens)公司已经开发出了第三代压电共轨喷油系统(PCR3)。

PCR3型第三代压电共轨喷油系统最重要的创新点是全新设计的压电直接控制式喷油器, 其压电执行器直接集成在喷嘴针阀推杆上方, 这使得喷油器外形更细长, 响



图5-10 西门子(Siemens)压电共轨喷油系统电控单元

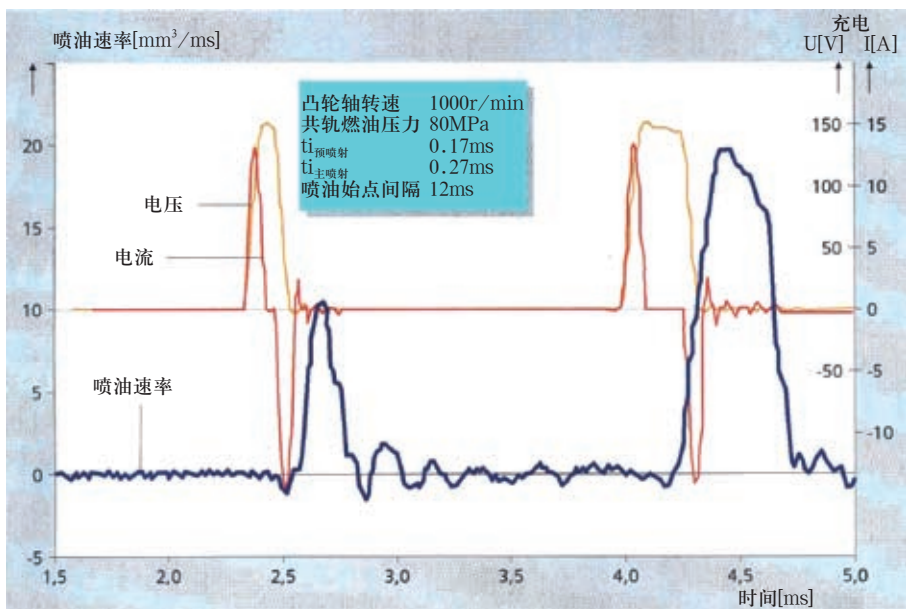


图5-11 压电执行器的控制信号波形和喷油速率曲线

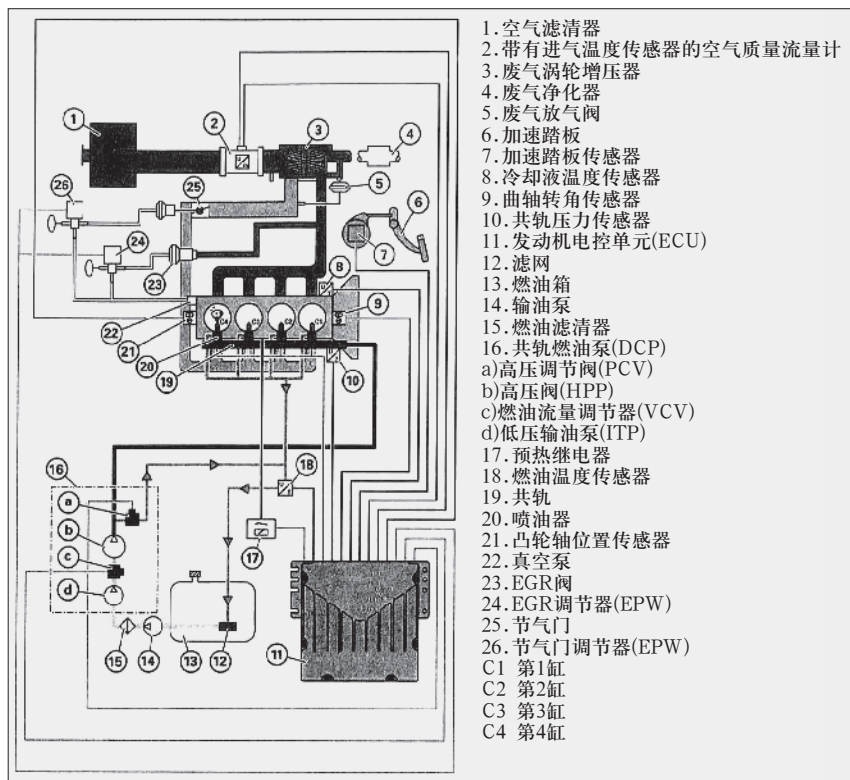


图5-12 西门子(Siemens)电控压电共轨喷油系统

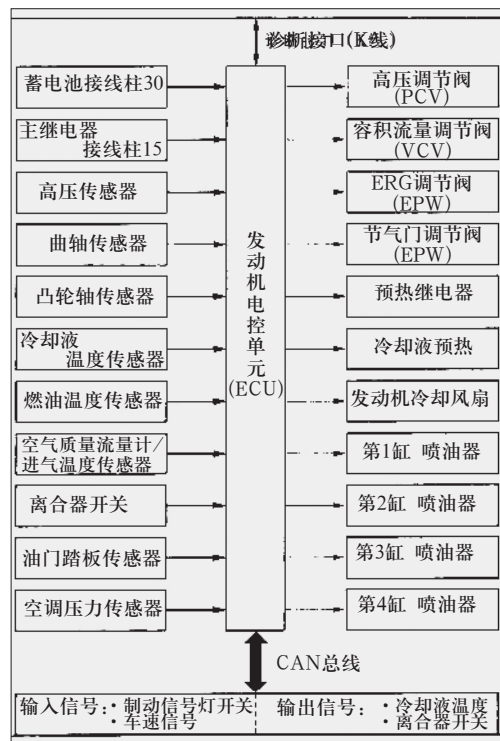


图5-13 西门子(Siemens)电控压电共轨喷油系统输入和输出信号示意图

应更快速, 并改善了效率。喷油器结构的改进及其材料的进一步开发使得最高喷油压力可高达180MPa, 并在近期内还将喷油压力提高到200MPa。同时, 新型喷油器可减少回油量, 使得高压燃油泵只需较小的驱动功率, 从而能提高发动机的有效功率输出和降低燃油消耗。此外, 新型的PCR3喷油器具备液力补偿元件, 由它将压电执行器下端的力传递到伺服阀上, 这样它不仅能补偿制造公差, 而且也能补偿温度变化所引起的长度变化以及系统可能发生的磨损, 因此这种新型喷油器能在整个发动机使用寿命期内毫无偏差地行使其功能。

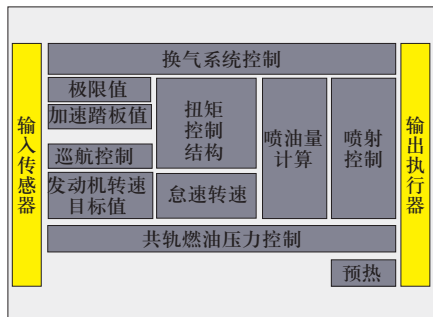


图5-14 电控单元以扭矩控制为基础的程序结构功能框图

PCR3喷油器的另一个特点是应用了一个爆震传感器来监测缸内燃烧过程, 并能根据该传感器所提供的信息来调节喷油参数(喷油量和喷油定时等), 从而使得废气排放值在整个发动机使用寿命期内始终保持稳定。

5. 西门子(Siemens)共轨系统的实际操作

西门子(Siemens)共轨喷射系统的零件如果发生故障, 在一般的维修车间内是无法修复的, 基本上必须更新。高压油管是一次性使用的零件, 不可重复使用, 必须更换, 因为其密封锥面在拧紧时已经发生变形, 因此重复使用其连接的密封性是得不到保障的。压电执行器用一个大螺母紧固在喷油器上, 在日常维修工作中绝不可任意松开, 否则会导致喷油器失调而无法再使用。

极其重要的是, 喷油器的电插头在发动机运转期间绝不可任意拔下, 因为拔下电插头时, 喷油器可能正好是打开的, 断电后它不可能自动恢复到原始关闭位置而断油, 这样喷油器就可能保持在打开的状态而一直在喷油, 可能导致该汽缸发生严重的机械损坏。

(1) 安全措施

在对燃油系统进行任何操作时, 都必须遵守有关人身健康安全、事故预防措施 and 环境保护等方面的规程和规定。高压共轨喷油系统方面的工作只允许熟悉安全规章和特殊准备工作的专业技术人员进行。

除此之外, 考虑到燃油系统中存在着非常高的压力(高达180MPa), 还必须注意以下规定: ①在进行与高压燃油系统相关的工作时, 其附近绝对严禁烟火; ②在发动机运转期间不允许对高压燃油系统进行任何操作; ③发动机停机后, 必须等待30s后才能开始进行操作, 以便让高压燃油系统中的压力恢复到环境压力。

在发动机运转期间, 必须遵守以下几点: ①必须始终保持在可能发生高压燃油泄漏的射程之外, 以免造成严重的人身伤害; ②操作人员的手决不能伸到高压燃油泄漏的范围之内, 以免造成不必要的伤害; ③绝不能拔下喷油器和发动机电控单元上的电插头, 否则可能会造成发动机损坏。(未完待续)