

# 现代轿车柴油机电控高压喷油系统 (十一)

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)

## 6. 泵喷嘴系统的前景展望

与发展较为完善的共轨喷油系统相比, 泵喷嘴系统虽然存在着某些不足, 但在2007年前, 高压共轨喷油系统的喷油压力尚未达到200MPa时, 泵喷嘴系统因具有很高的喷油压力而显示出巨大的潜力。比如, 德国大众公司的泵喷嘴柴油轿车无需装用颗粒捕集器就能满足欧IV废气排放标准, 这无疑很有吸引力。

提高喷油压力是改善柴油喷雾质量的唯一方法, 因此柴油机喷射技术领域内进一步开发的目标仍然是继续提高喷油压力以降低原始排放。压电泵喷嘴系统以高达220MPa的最高喷油压力, 为量产轿车柴油机提供了迄今为止可达到的最高喷油压力。泵喷嘴系统只要突破液力效率方面的限制, 高达250MPa的最高喷油压力是完全可以实现的。

除了进一步提高喷油压力外, 为改善柴油机燃烧过程, 达到节能减排的效果, 人们还探索过另一种方法, 即采用电磁控制的两级同轴可变喷嘴(见图6-18), 力求获得较为理想的喷油规律曲线(喷油量随曲轴转角变化曲线)。如图6-19所示, 这种两级同轴可变喷嘴具有两个同轴相互滑套的喷嘴针阀, 分别控

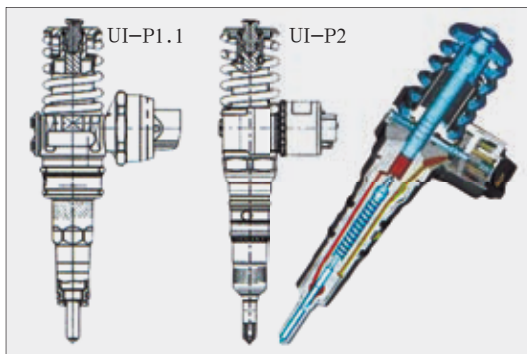


图6-20 压电泵喷嘴单元改进后外形尺寸减小

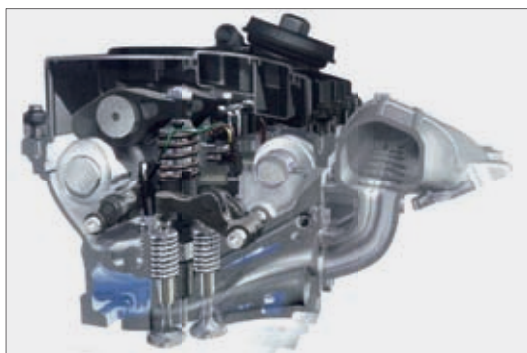


图6-21 UI-P2型压电泵喷嘴单元在大众高尔夫2.0L TDI四气门轿车柴油机上的安装情况



图6-18 两级同轴可变喷嘴

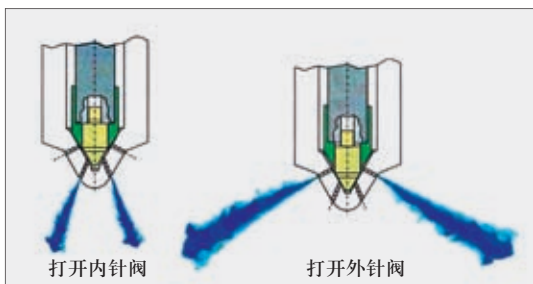


图6-19 可变喷嘴分别打开内外针阀的喷油状况

制上下重叠排列的两组喷孔, 可单独或同时打开并喷射出不同的油量, 而喷射油束夹角按需要可以相同或者不同。在怠速或承载部分负荷运转时, 可只打开里面的喷嘴针阀, 由下面一组喷孔喷射非常小的油量, 而在全负荷时可同时或先后打开内外两组喷嘴针阀, 两组喷孔同时或先后喷射较大的油量, 这样就为燃烧过程带来了较多的自由度以及极其精细的喷油量。首轮试验通过形成良好的混合汽, 获得了颗粒和氮氧化物排放降低25%~40%的成果。但是, 喷油压力和控制柔性进一步提高的新一代共轨喷油系统问世后, 同样也能获得相同的效果, 而且控制起来更方便, 因此这种两级同轴可变喷嘴并没有得到进一步推广。

共轨喷油系统采用更能显示压电执行器优越性的压电直接控制后, 无论在喷嘴针阀的响应速度还是喷油量的计量精度和重复性上都有了显著的提高, 但由于技术可行性的问题, 这种压电直接控制技术无法应用于压电泵喷嘴单元。因此, 压电泵喷嘴系统下一步开发目标是设计外形尺寸较细长的压电泵喷嘴单元, 以便能安装在四气门直喷式柴油机上。图6-20示出了

博世公司开发的UI-P1型压电泵喷嘴单元, 随后又专门为四气门直喷式柴油机开发出外形尺寸更小的新一代UI-P2型压电泵喷嘴单元以应大众公司。图6-21示出了UI-P2型压电泵喷嘴单元在大众高尔夫2.0L-TDI四气门轿车柴油机汽缸盖上的安装情况。

### 7. 泵喷嘴系统的实际操作

泵喷嘴系统的部件都是由高度精密的零件组成, 并且持续承受着极高的负荷, 因而即使非常微小的污染杂质微粒都可能引起泵喷嘴单元故障, 甚至导致发动机的损坏。因此, 在开始操作喷油系统前, 必须彻底清理汽车的发动机舱, 同时工作场所、工作服以及所使用的工具都必须同样清洁。在燃油系统打开的情况下, 禁止使用压缩空气进行清理工作, 否则污染杂质微粒可能进入燃油系统, 而一旦进入

应采用合适的方法将脏物吸出。所有的燃油接头拆下后应立即用清洁的护套密封。此外, 清理工作只能使用无绒毛的清洁布料。新零件应在装配前才从原始包装里取出, 以免受到意外的污染。另外, 还应注意, 冷却液软管决不能与柴油接触, 以免被柴油污染或者加速其老化。

#### (1) 专用工具

在维修和调整泵喷嘴系统时, 必须配备一些专用工具, 例如泵喷嘴单元的拉拔器、安装O形圈的套筒、松开和拧紧泵喷嘴压板螺钉的套筒扳手、通用千分表及其三脚架等。为了调准泵喷嘴单元, 还必须准备一把较大的游标卡尺(量程 > 400mm), 也可以用专用的泵喷嘴单元调整量规来代替。为了检查低压输油管路中的燃油压力, 可使用通用的压力表。此外, 为了吸出燃油残液,

最好配备带有收集容器的手压泵。

#### (2) 故障诊断

在客户投诉泵喷嘴系统发生故障时, 首先应尽可能使用电控单元故障诊断仪, 它具备多种诊断和检测功能, 并可以通过适当的功能组合推断出发生故障的零件。

表6-1列出了博世(Bosch)泵喷嘴系统可能发生故障的原因。

作为实例, 图6-22示出了装用电控高压泵喷嘴系统的奥迪(Audi)A3柴油轿车发动机舱内与泵喷嘴系统相关部件的安装位置。

此外, 应该注意的是, 装用泵喷嘴系统的柴油轿车在汽车地板下往往装有燃油冷却器(见图6-23), 汽车上举升台进行维修时, 应特别注意防止举升臂损坏燃油冷却器, 以免造成不必要的损失。

表6-1 博世(Bosch)泵喷嘴系统故障检查表

可能的原因	客户投诉故障	发动机启动困难	发动机怠速运转有问题	汽车行驶时发动机熄火	发动机功率不足	燃油消耗过高	发动机熄火	发动机高转速时排放不合格	发动机全负荷时冒白烟	发动机过热	发动机故障指示灯亮
电控系统自诊断存储的故障码	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
废气再循环			●	●							
蓄电池电压	●										
制动开关/制动安全开关		●	●				●				
转速传感器											
进气系统	●	●	●	●		●					
车速传感器		●	●								
用错燃油		●			●						
凸轮轴位置传感器信号轮	●										
预热器主继电器	●										
电缆束/保险丝/电插头	●					●					
燃油箱无油/漏油	●		●			●					
燃油滤清器堵塞	●		●					●			
燃油系统有空气	●	●	●					●			
冷却液温度传感器	●	●	●	●	●			●	●		
离合器开关		●	●								
增压压力调节器				●	●						
进气系统				●	●						
空气滤清器堵塞		●		●							
进气空气质量流量计				●							
发动机气压状况	●										
凸轮轴位置传感器	●										
加速踏板位置传感器		●	●	●			●				
泵喷嘴单元	●	●	●	●	●	●		●			
进气管节气门转换阀	●										
进气管节气门控制阀				●		●					
电控单元	●	●	●	●	●	●					
串联泵(系统压力)											
燃油箱燃油有空气	●	●	●	●	●	●		●			
	●		●								
燃油温度传感器				●	●						
进气空气温度传感器				●							
废气涡轮增压器				●	●						
电源电压	●					●					
点火开关	●										

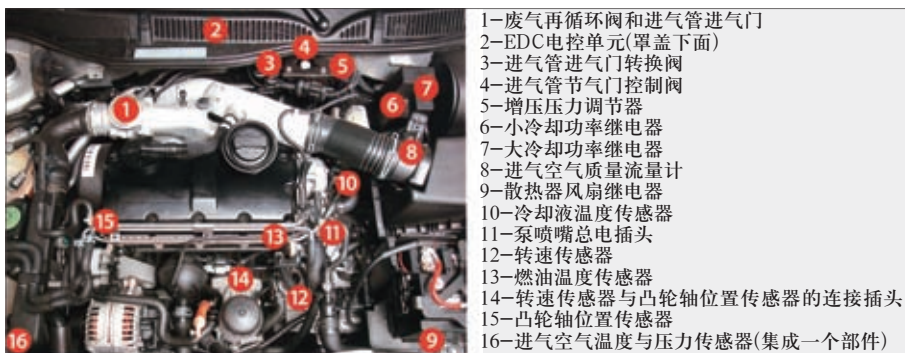


图6-22 奥迪(Audi)A3柴油轿车与泵喷嘴系统相关部件的安装位置

- 1-废气再循环阀和进气管进气门
- 2-EDC电控单元(罩盖下面)
- 3-进气管进气门转换阀
- 4-进气管节气门控制阀
- 5-增压压力调节器
- 6-小冷却功率继电器
- 7-大冷却功率继电器
- 8-进气空气质量流量计
- 9-散热器风扇继电器
- 10-冷却液温度传感器
- 11-泵喷嘴总电插头
- 12-转速传感器
- 13-燃油温度传感器
- 14-转速传感器与凸轮轴位置传感器的连接插头
- 15-凸轮轴位置传感器
- 16-进气空气温度与压力传感器(集成一个部件)

**(3) 燃油油压检查**

串联泵(隔离滑片式输油泵-真空泵总成)上有一个专供测量低压输油压力的接头,只要接上通用压力表就能检查低压油路中的输油压力。然后,启动发动机,检查以下压力值是否达到要求。

- ①发动机怠速运转时,燃油压力应达到0.15MPa。
- ②发动机转速为1500r/min时,燃油压力必须升高到0.4MPa。
- ③发动机转速为4000r/min时,燃油压力应达到最高值0.75MPa。

如果达不到上述燃油压力值,就应检查燃油管路、燃油滤清器和低压输油泵,若更换了新的燃油滤清器,燃油管路没有问题,燃油压力在相应的发动机转速下仍达不到上述燃油压力值的话,则必须更换串联泵。

**(4) 泵喷嘴单元的更换**

为了拆下和安装泵喷嘴单元,必须进行许多必要的拆卸工作,例如必须拆下汽缸盖罩盖和摇臂轴等。但是,在开始这些操作前,必须准备好安装所必需的小零件。以下零件只能使用一次,原则上必须换用新零件:紧固摇臂轴的螺钉;泵喷嘴单元所用的所有O形圈;散热垫圈和保险卡环。

摇臂上的调整螺钉若出现磨损或者安装新的泵喷嘴单元时,必须更换新的调整螺钉,若泵喷嘴单元已出现磨损迹象的话,就不应再安装使用了。

**① 拆卸**

拆卸泵喷嘴单元时,必须首先排空汽缸盖上燃油系统中的燃油,否则有燃油流入汽缸盖的危险。因此,在发动机能运转的情

况下,按下串联泵上的进油软管,并启动发动机,让发动机在怠速转速下运转直到熄火为止,其间流出的燃油应收集到合适的容器中。在发动机无法运转的情况下,可将一只手动泵接到串联泵的回油口,并将燃油抽出,直到串联泵中再没有燃油被抽出为止。

此时,可以松开汽缸盖罩的紧固螺钉,将汽缸盖罩拆下,在随后所有维修工作中都应尽最大可能保持清洁度,决不允许外来污染杂质进入汽缸盖中。然后,转动曲轴直到相应汽缸泵喷嘴单元的驱动凸轮顶尖朝上,再松开摇臂,调整螺钉的锁紧螺母,旋出调整螺钉直到摇臂可以在泵喷嘴单元上自由摇动,此时就可以将摇臂轴支座紧固螺钉依次从外向内松开,并将摇臂轴拆下来。下一步的工作就是用专用的套筒扳手接杆松开泵喷嘴单元的压板螺钉(见图6-24),并将压板取出来,再借助螺钉旋凿小心地将泵喷嘴单元电磁阀的电插头拔下来,然后,将泵喷嘴单元专用的拉拔器放入泵喷嘴体侧面,压板部位的缺口中,小心地将泵喷嘴单元从汽缸盖中拔出来。泵喷嘴单元拆下后,应立即检查其隔热垫圈和保险卡环是否还在汽缸盖的座孔中,如果还在其中的话,就用适当的方法将其取出来。若泵喷嘴单元不马上安装的话,考虑到清洁度,发动机应用清洁的塑料布遮盖起来。

**② 安装**

如果泵喷嘴单元还要继续使用的话,其上的O形圈必须更换新的。更换O形圈原则上要使用相应的安装套筒,否则O形圈会损坏。在安装套筒上推动新的O形圈时应注意,不能使O形圈卷曲,将其推入槽座中后O形圈也不能扭曲。然后,套上隔热垫圈和

保险卡环,并在O形圈上轻轻地涂上一层薄机油,再将泵喷嘴单元小心地装入汽缸盖的座孔中。安装压板时必须换用新的紧固螺钉,并先稍微拧紧螺钉,使得泵喷嘴单元还能轻微转动。在最终压紧压板前,必须注意泵喷嘴单元要与汽缸盖垂直,如果忽略了这一点,压板螺钉就有松动的危险,这将会导致汽缸盖和泵喷嘴单元的损坏。

泵喷嘴单元是否已精确调准,可用被称之为“x尺寸”的数值来检查,它是泵喷嘴单元电磁阀圆周表面与汽缸盖端面之间的距离,这需要用一把量程>400mm的游标卡尺(见图6-25)来进行测量,或者用专用的样板量规来限定(见图6-26)。每个泵喷嘴单元的x尺寸都由制造商规定,例如奥迪(Audi)A3柴油轿车96kW的TDI柴油机各缸泵喷嘴单元的x尺寸如下:

- 第1缸泵喷嘴单元: 331.4~333.0mm
- 第2缸泵喷嘴单元: 243.4~245.0mm



图6-23 汽车地板下的燃油冷却器

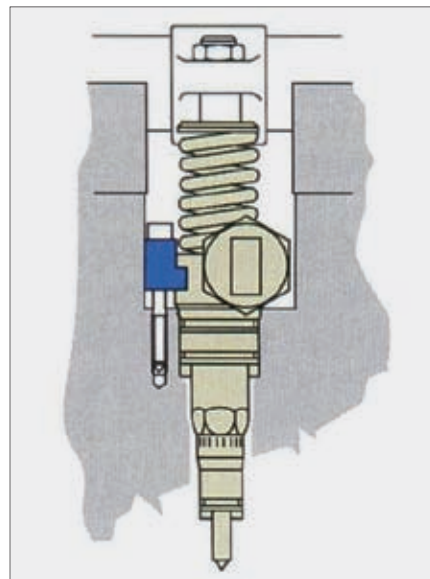


图6-24 泵喷嘴单元用压板固定在汽缸盖的座孔中





图6-25 测量x尺寸检查泵喷嘴单元安装的准确性

第3缸泵喷嘴单元: 152.0~153.6 mm

第4缸泵喷嘴单元: 64.0~65.6mm

如果泵喷嘴单元已按制造商的规定调准好, 就可用12Nm力矩拧紧压板螺钉, 并继续旋紧270°, 然后, 安装摇臂轴, 并依次从外向里先用手拧紧其紧固螺钉, 再用20Nm力矩拧紧并再继续旋紧90°。

### ③泵喷嘴单元的调整

泵喷嘴单元安装好后, 必须对泵油柱塞的最低位置(即下止点)与高压腔底面之间的最小间距(见图6-27)进行调整, 以防止泵油柱塞因热膨胀而导致其顶部撞



图6-26 安装泵喷嘴单元用的调准量规

的底面。

每个泵喷嘴单元的最小间距可用摇臂上的调整螺钉来调节。用千分表确定驱动凸轮的最高点。用手缓慢地转动发动机曲轴, 直到驱动凸轮处于最高点处, 此时摇臂在泵喷嘴一侧达到最低点。然后再取走千分表, 并将调整螺钉小心地往下旋, 直到感觉有明显阻力为止, 此时泵油柱塞抵到高压腔的底面。紧接着将调整螺钉反向往回旋转225°, 并用30Nm力矩拧紧锁紧螺母。最小间距调整后, 再将泵喷嘴单元的电插头插好, 并安装好汽缸盖罩。

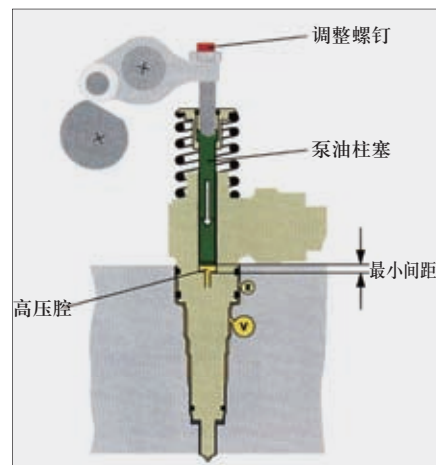



图6-27 泵油柱塞的最低位置(即外止点)与高压腔底面之间的最小间距

泵喷嘴系统的燃油系统能自动排除空气, 但为了保护启动机和蓄电池, 推荐采用下面的方法来排除燃油系统中的空气: 拔下燃油滤清器的回油管, 用手动泵抽取燃油, 直到无气泡的燃油流出, 然后再启动发动机, 并读取故障诊断仪中是否存储故障码, 必要时予以清除。(全文完) 

(上接第85页)

因此设置有制冷剂压力传感器G65检测空调压缩机。若制冷剂泄漏或完全损失, 制冷功能将被关闭。例如处于经济模式(ECON)下, 使压缩机停止工作, 虽然压缩机皮带轮和轴仍在旋转, 但斜盘已不做功制冷。

当压缩机内部因制冷剂缺乏干磨或有部件卡住发生堵转时, 皮带轮与驱动盘之间传动力矩变得很大, 在二者之间类似柔性万向节的橡胶成形元件会产生很大变形。压缩机驱动轴外面安装着轴承, 轴承上装着压缩机的皮带轮, 该皮带轮受曲轴皮带轮的驱动。皮带轮和压缩机轴之间装着橡胶成型元件, 其是一个内部有几个凸起, 外围有若干个凹形的元件, 正常工作时, 扭力没有超过允许载荷, 扭力矩经皮带轮、铁皮、橡胶件内部连接到压缩机轴, 内外零件一同旋转做功。多数情况下, 压缩机在正常负荷下都能正常运转。

如果负荷过大或压缩机缺油乃至干磨, 超过了压缩机额定负荷, 或压缩机缺油超负荷曲轴皮带轮首先破坏了压缩机的橡胶

凸起元件, 紧随其后铁皮被损坏, 成形的橡胶被切断, 皮带轮可以无障碍地旋转, 压缩机轴及其内部斜盘不会旋转也不会损坏多楔皮带, 从而防止了发动机的损坏, 这就是过载保护功能。

## 五、迈腾全自动空调控制系统

迈腾轿车全自动空调控制系统是在发动机运转和接通鼓风机的前提下才进入工作状态的。

温度旋转开关可分别调整车内左侧和右侧温度, 例如驾驶员一侧保持19°C, 副驾驶一侧则可保持22°C。值得注意的是显示屏所占的面积越来越小, 这是因为不少中高级轿车都没有导航、收音、空调公用显示屏, 另一方面空调的主要功能还是调节室内温度, 其他功能可以用相应开关的指示灯来代替。

除霜停止空调、自动(AUTO)/经济(ECON)外形似旋钮, 中间实为两个半圆键, 很便于操作。如风窗除霜键按下, 可自

车外吸入空气直接吹向前风窗, 一旦除霜功能接通处在打开状态的空气内循环, 风门便立即被关闭, 以加快车内除霜的速度。当环境温度高于3°C, 空调系统将自行启动并将鼓风机转速提高1挡, 迅速吹干车内空气。

后风窗加热键在接通约8分钟自动关闭加热器以节油。

DUAL键用于开启车内左右侧温度的调节功能, 按下该键即可用温度旋钮开关分别调整车内左、右侧温度。

按键OFF用于接通或关断空调系统。

AUTO键用来自动调节室内空气温度、鼓风机转速和气流分配方向。该键按下2秒钟以后, 驾驶员及前排乘员侧的动能设置方起作用。

ECON键用以接通经济模式, 制冷系统(主要是压缩机)被关断停止工作, 其他装置如新鲜空气鼓风机、伺服电机仍按要求工作, 以节省燃油, ECON键接通时键内指示灯亮。 