

# 现代轿车柴油机电控高压喷油系统(九)

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) 清洁措施

在维修共轨喷油系统时, 整个工作区域都必须始终保持清洁, 而且维修人员必须穿着清洁的工作服。

处于维修中的零件必须放置于能保持清洁的容器中。在开始对系统进行操作前, 必须将高压燃油泵、共轨、高压油管和喷油器等部件外表面清理干净, 不允许使用带有诸如燃油管清洁剂或金属涂层碎屑等杂质的清洁剂。

拆下高压输油管后, 应立即将高压系统的所有接头用护罩密封, 以免污染物进入高压系统。

## (3) 维修工作的准备

在对高压系统维修之前, 将蓄电池的负极拆下, 然后将要进行维修的高压燃油泵和喷油器的接头用去油的溶剂清洗, 必须将它们周围的脏物吸干净。

## (4) 高压部件的更换

高压油管上的维修工作基本上就是更换新的高压油管。喷油器拆下后要换用新的紫铜垫圈。在安装喷油器之前, 应先将紫铜垫圈安放到汽缸盖的喷油器孔中, 并注意其正确的安放位置, 必要时可用螺丝旋筒将紫铜垫圈拨正。

在安装喷油器之前, 必要时应先将汽缸盖中的喷油器座面修整。安装时应将喷油器紧固螺钉甚至压板一起更新。

回油管的夹子只能使用一次, 拆下后应重新换用新的夹子。

## (5) 燃油滤清器的更换

更换燃油滤清器时应注意采取清洁措施。将滤清器芯子向下取下后, 如果滤清器壳体内有油水分离器, 应将其中的水分倒干净。

## (6) 电控单元的装拆

发动机电控单元的插头应按照A-B-C的顺序拔下, 为此应将电插头上的保险卡箍转动90°。安装电插头时首先必须将其完全插入, 然后再锁定保险卡箍。

## (7) 维修后或空燃油箱时发动机的启动

在修复发动机燃油供给系统或车辆因燃油耗尽熄火后, 必须对燃油供给系统进行排气操作, 具体操作步骤如下: ①检查燃油箱中是否有足够的燃油(至少5L); ②如果燃油供给系统中配有手动低压泵, 应先操作手

动泵泵油, 直到回油管燃油中不再有气泡为止; ③发动机启动机最多只能运转20s, 此时加速踏板应踩到底, 让发动机在大约2000r/min的转速下运转几秒钟; ④如果发动机启动不起来, 上述泵油过程再重复进行一次。若发动机仍然启动不了, 则必须检查故障原因。

## 六、泵喷嘴喷油系统

### 1. 泵喷嘴及其优缺点

现代汽车柴油机只要能够在汽缸内形成良好的混合汽, 就能满足功率、燃油消耗、废气排放和噪声等方面的高要求, 而这只有采用高压喷射系统才能产生高的喷油压力, 实现非常精细的喷雾, 并能精确地控制喷油始点和喷油量。这些要求除了高压共轨喷油系统和电控径向柱塞分配泵外, 只有泵喷嘴喷油系统能以更高的标准满足。

正如其名称所表明的那样, 在这种高压喷射方案中, 高压燃油泵与喷油嘴被组合成一个部件, 安装在汽缸盖上。每个汽缸各有一个泵喷嘴系统, 由凸轮轴通过摇臂来驱动(见图6-1), 并由低压回路供应燃油。其喷油始点和喷油量的确定, 主要借助于电控单元控制的高速电磁阀, 而预喷射则是采用机械液压方式来实现的。这种泵喷嘴喷油系统能够为商用车和轿车柴油机提供最高的喷油压力, 这主要是因泵喷嘴单元具有高的刚度, 而又无需高压油管, 因而博世(Bosch)公司将这种泵喷嘴喷油系统命名为“单元喷油器系统(UIS)”。

“柴油机之父”鲁道夫·狄塞尔(Rudolf Diesel)早在1905年就已提出过这种将喷油泵与喷油嘴组合在一

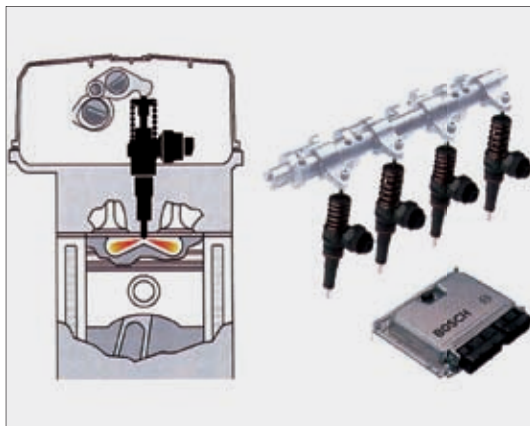


图6-1 泵喷嘴系统

起的设想,从而能舍弃高压油管,并产生较高的喷油压力,然而当时缺乏实现其设想的技术可能性。直到上世纪50年代,机械控制的泵喷嘴喷油系统才应用于船舶和商用车柴油机。1994年,博世(Bosch)公司将首款电控泵喷嘴喷油系统搭载于商用车推向市场。四年后,德国施瓦本地区的柴油机专家与大众集团合作为轿车柴油机匹配了泵喷嘴喷油系统,并批量投入生产。首款泵喷嘴柴油机轿车从一开始,就以能输出强劲的扭矩,以及在较高功率下优异的燃油消耗的优势而令人振奋。

值得一提的是,大众公司著名的路波(Lupo)柴油轿车,原先装用1.7L的自然吸气直喷式柴油机(1.7L SDI),1999年又推出了搭载1.2L TDI PD增压直喷式柴油机的路波柴油轿车(Lupo 3L TDI)。该柴油机装用了最高喷油压高达205Mpa的泵喷嘴系统,额定功率为45kW/4000r/min,机动车排放组合行驶(MVEG)循环试验燃油消耗为2.99L/100km,相对于1.7L SDI的老车型,节油效果高达32%,温室气体二氧化碳排放<90g/100km,废气排放满足欧IV标准。2000年,大众公司为了宣扬节能减排保护环境的理念,该款Lupo 3L TDI路波泵喷嘴柴油轿车进行了为期80天的环球旅行,行程33333km,平均车速85.7km/h,平均燃油消耗只有2.38L/100km,一时间引起全球的轰动,因此这款柴油轿车的型号中特地加入了“3L”,指的就是百千米燃油消耗小于3L,而并非是通常所指的发动机汽缸排量。如此显著的节能减排效果(见图6-2),虽然是包括减轻车重及降低空气和滚动阻力在内的整车技术的综合效果,但其中60%是动力总成技术的贡献,特别是泵喷嘴系统的高压喷射与废气涡轮增压的组合,因此从一定程度

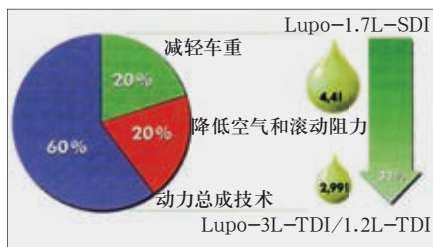


图6-2 路波柴油轿车(Lupo 3L TDI)节油措施的份额

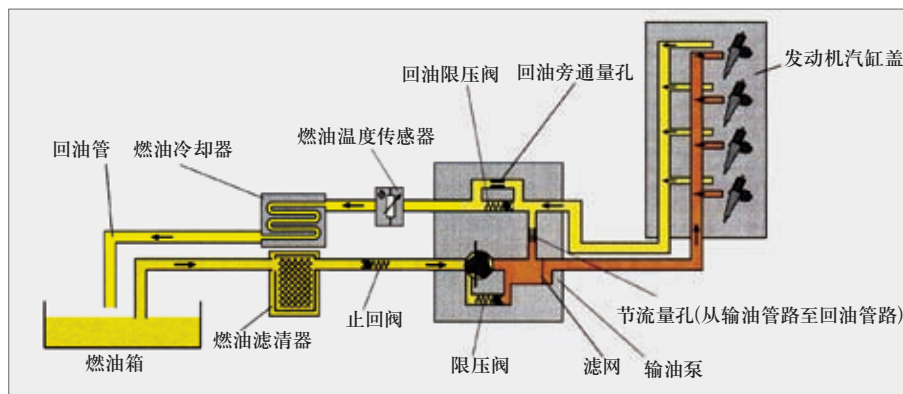


图6-3 泵喷嘴喷油系统燃油管路示意图

上讲,当时若没有泵喷嘴单元如此高的喷油压力,就不可能有百公里燃油消耗小于3L的轿车,从此让人们看到了高压喷射对改善柴油机燃烧和节能减排的潜力。

至今,大众集团是唯一将泵喷嘴喷油系统用于大量生产的汽车制造商,虽然英国兰德-罗孚(Land Rover)公司曾推出过一种应用德尔福公司泵喷嘴系统的柴油轿车,但由于批量相对较少,因此在其它地区很少碰到这款柴油轿车。

与分配式喷油泵相比,泵喷嘴系统具有很重要的优点:由于最高喷油压力高达205Mpa,可降低现代汽车柴油机的噪声、燃油消耗和废气排放,并获得较高的功率输出。同时,喷油始点和喷油量以及预喷射的精确控制同样能获得对柴油机性能非常有利的效果。

当然,与共轨喷油系统相比,泵喷嘴系统稍有逊色,其非常高的喷油压力也只是暂时的优势,新开发的第3代压电直接控制式共轨喷油系统也已高达200Mpa,完全可与之媲美,而最高喷油压力高达250Mpa的第4代液力增压共轨喷油系统的问世,大大超越了它所创造的最高喷油压力的记录。在一些其他方面,共轨喷油系统则更具优势,例如,泵喷嘴系统的喷油压力与转速有关,而共轨喷油系统却能自由选择,并且泵喷嘴系统的压力变化曲线与凸轮廓线有关,喷油始点选择的自由度受到一定的限制。此外,共轨喷油系统能够非常容易地适应现有的柴油机结构方案,而想要应用泵喷嘴系统,则必须重新设计与之相适应的汽缸盖,特别是驱动泵喷嘴将使凸轮轴的负荷和振动大大

增加,这对汽缸盖和凸轮轴的强度要求明显提高,同时还必须增加一根摇臂轴。

## 2.燃油供应

### (1)燃油输送

如图6-3所示,泵喷嘴系统中的燃油先由一个机械驱动的输油泵从燃油箱中将燃油吸出,然而,在较新型的泵喷嘴系统中,燃油箱中还配备一个电动燃油泵。燃油从燃油箱中吸出后进入燃油滤清器,其好处是保护燃油系统免受微粒杂质和水分的污染而发生损坏。燃油滤清器后面紧接着一个开启压力为0.02Mpa的止回阀,它可阻止燃油在发动机停机时回流到燃油箱,甚至在燃油箱排空的情况下,低压输油泵中仍能充满燃油,这样就能确保低压输油泵在燃油箱重新注满燃油后无需排除空气而能立即自动吸油。

燃油经过止回阀后,进入低压输油泵。这种输油泵被设计成隔离滑片式结构原理,与真空泵组合成一个整体,被称之为串联泵,并由凸轮轴直接驱动。图6-4为这种隔

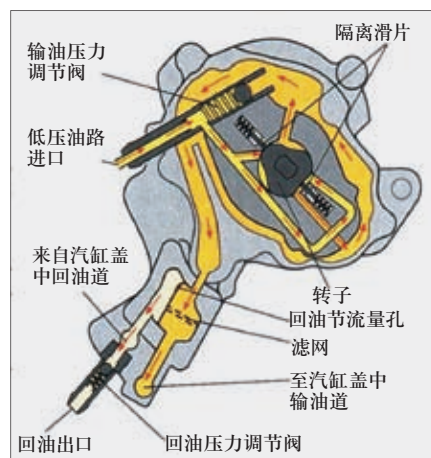


图6-4 隔离滑片式输油泵中的燃油流动示意图

离滑片式输油泵的工作原理和燃油流动状况示意图, 其中的隔离滑片被弹簧力压紧在转子工作表面上, 它的功能是将吸油室与泵油室隔开。转子的廓线被设计成通过其旋转能使吸油室体积增大, 而泵油室体积减小, 从而实现输油功能。这种隔离滑片式输油泵的优点在于, 其能在较低的转速下开始供油, 与传统的普通滑片式输油泵相比, 后者只有在转子的转速提高到能使滑片的离心力足以将其压紧在定子上, 起到密封作用时才能开始供油。

在这种输油泵中有一个限压阀, 它将低压油路中的燃油压力限制在0.75Mpa, 将多余的低压燃油返回到输油泵进油端, 以节省输油泵的功率消耗。这种隔离滑片式输油泵出油口前设置了一个滤网, 它可截获低压输油管路中的气泡, 并将它们通过节流孔导入回油管路, 而不会进入泵喷嘴单元中。

### (2) 燃油分配

紧接着, 燃油通过汽缸盖中的燃油分配管(见图6-5)进入各缸的泵喷嘴单元。燃油分配管的功能是确保进入所有汽缸泵喷嘴单元的燃油温度均匀, 其上的横向孔能使进入的冷燃油与从泵喷嘴单元回流的热燃油

混合, 这样就能保证所有汽缸的泵喷嘴单元都能获得相同质量的燃油量, 使得发动机运转均匀平稳。

### (3) 燃油回流

与其他柴油喷射系统一样, 泵喷嘴系统也有回油管路。泵喷嘴单元通过回油来实现冷却, 燃油通过量孔经过泵喷嘴单元中的回油道进入回油管路。此外, 回油管路也用来引出泵喷嘴单元中泵油柱塞泄漏的燃油以及从燃油入口进来的气泡。

进入回油管路的燃油通过汽缸盖中的回油道, 首先流入隔离滑片式输油泵壳体中, 那里有一个回油限压阀, 它可将回油管路中的压力保持在0.1Mpa, 这样就能使得泵喷嘴单元中的电磁阀针阀处保持相同的受力状况, 与回油限压阀并联着一个回油旁通量孔, 如果燃油中有空气, 燃油箱排空后再注满燃油, 发动机重新起动后回油限压阀是处于关闭状态的, 燃油系统中的空气就能通过回油旁通量孔排出。

回流的燃油流经燃油冷却器冷却后再进入燃油箱, 使得燃油箱中的燃油温度不至于过高。燃油冷却器可以是水冷式或者空气冷却式的, 其前面配置有一个燃油温度传感

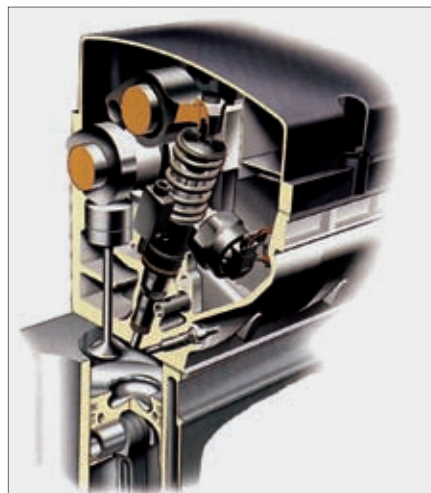


图6-6 泵喷嘴单元的驱动

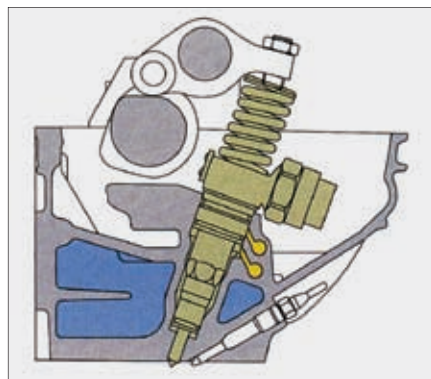


图6-7 喷油凸轮

器, 用来监测回流的燃油温度, 并将信息传递给电控单元, 作为计算实际喷油量的校正参数。

### 3. 泵喷嘴的驱动

如图6-6所示, 泵喷嘴单元由附加在发动机配气凸轮轴上的喷油凸轮, 通过滚轮摇臂来驱动泵喷嘴单元中的泵油柱塞。为减少泵喷嘴驱动的摩擦, 在最新一代的泵喷嘴单元中, 摇臂上的调节螺钉带有球窝, 泵油柱塞顶部的承压销则带有球头。因具有较大的球头半径, 可降低表面接触应力, 而且机油能聚集在球头上, 可使调节螺钉与承压球头之间得到良好的润滑。驱动泵喷嘴的喷油凸轮工作表面具有较陡的廓线(见图6-7), 可以快速地压下泵油柱塞, 从而能迅速地建立起燃油压力, 而喷油凸轮工作表面的下降段廓线却设计得非常平缓, 这样泵油柱塞就能在柱塞弹簧力的作用下比较缓慢地向上运动, 使得燃油能够无气泡地进入泵喷嘴的高压腔。(未完待续)M

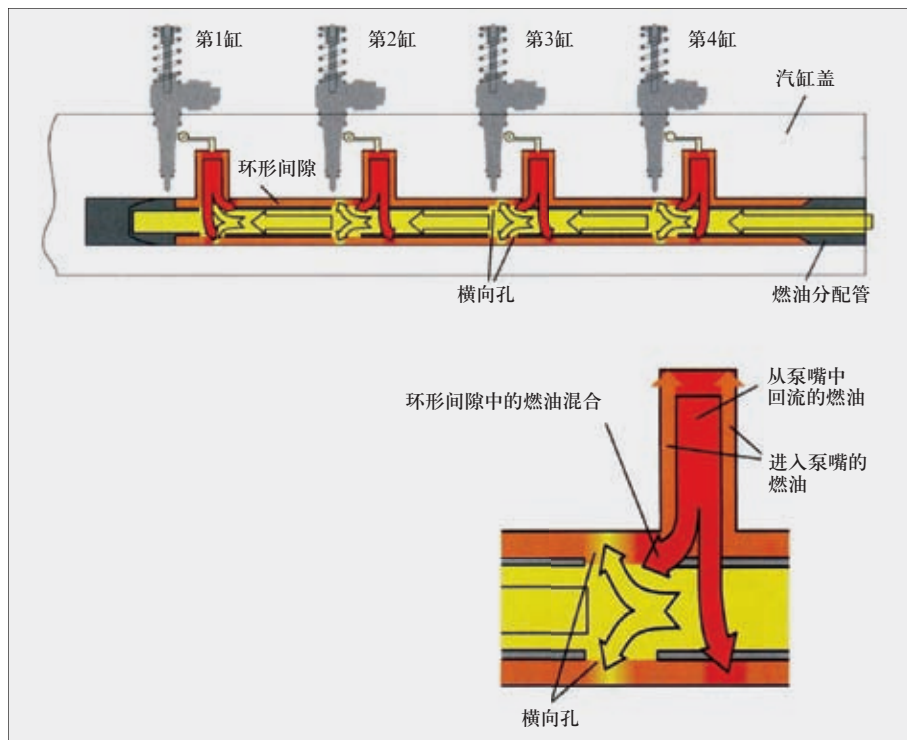


图6-5 燃油分配管中的燃油流动和混合