

奥迪轿车 燃油喷射系统 结构原理与维修

焦传君 主编

机械工业出版社

奥迪轿车燃油喷射系统结构 原理与维修

焦传君 主编



机械工业出版社

本书从使用和维修观点出发,介绍燃油喷射系统的基本知识,重点介绍奥迪轿车发动机的燃油喷射系统及点火系统的结构原理、拆装与检修,并介绍了检修中的专用仪器与设备。

本书可供广大轿车用户和汽车交通管理部门的工程技术人员以及汽车修理工及驾驶员阅读,也可供大专院校有关专业师生参考。

metep/08

图书在版编目(CIP)数据

奥迪轿车燃油喷射系统结构与维修/焦传君主编. —北京:机械工业出版社, 1999. 1

ISBN 7-111-06918-8

Ⅰ. 奥… Ⅱ. 焦… Ⅲ. ①轿车, 奥迪-活塞式发动机-喷油器-结构②轿车, 奥迪-活塞式发动机-燃油系统-维修 N. U472. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 30221 号

出版人: 马九荣 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 孙慧波 王正琼 版式设计: 冉晓华 责任校对: 李秋荣

封面设计: 姚毅 责任印制: 路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1999 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm^{1/16}·21.5 印张·529 千字

0 001--3 500 册

定价: 34.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

前 言

奥迪轿车是德国大众——奥迪公司采用先进技术生产的中、高级轿车。自1988年中国第一汽车集团公司开始引进并投入生产以来，已生产出装有四缸机、五缸机、六缸机和八缸机的多品种、多系列奥迪轿车，如奥迪100型、奥迪200型等。整车具有很高的动力性、经济性、安全性和乘坐舒适性，深受广大用户的青睐，以其优异的质量在市场上享有很高的信誉，产品多年畅销不衰。

奥迪轿车性能优异，关键在于装配了性能优越的发动机。奥迪五缸机（2.2L）、六缸机（2.6L、2.8L）和八缸机（3.6L、4.2L），都采用了燃油喷射系统，其中五缸机为机械喷射，六缸机、八缸机为电子喷射。与传统的化油器式发动机相比，在许多方面都有其无可比拟的优点，使发动机性能最佳，因此也使整车具有优异的性能。

目前，我国奥迪轿车的社会保有量已超过10万辆，绝大多数装用燃油喷射发动机。目前有关这方面的系统资料还很少，尤其是奥迪发动机燃油喷射系统的资料更是寥寥无几。为此，我们编写了《奥迪轿车燃油喷射系统结构原理与维修》一书。该书系统地介绍了燃油喷射系统的基本知识、基本组成部件与工作原理，重点介绍了奥迪五缸机、六缸机、八缸机的燃油喷射系统的结构、工作原理、解体、装配与调整及故障检修内容，同时介绍了燃油喷射系统的自诊断功能。为了方便广大轿车维修技术人员，还介绍了燃油喷射系统维修的专用仪器与设备。该书内容翔实、图文并茂、通俗易懂。适用于广大奥迪轿车用户和汽车交通运输管理部门的工程技术人员以及汽车修理工和驾驶员阅读，也可供大专院校相关专业师生参考。

本书由长期从事汽车工程的技术人员编写。主要编写人员有：刘艳莉（第一章、第五章第二、五、六、七、八节）；夏英慧（第二章、第五章第一、三、四节）；丁卓（第三章）；李春明（第四章）；焦传君（第六章）；温强（第七章第一、三节、第八章）；尹维贵（第七章第二、四节）。全书由丛守智主审。

书中不足或错误之处，恳请广大读者提出宝贵意见。

编者

1998年11月

目 录

前言

第一章 汽油机燃油喷射概述	1
第一节 燃油喷射发展史	1
第二节 燃油喷射系统分类	5
第三节 燃油喷射发动机的优点	8
第二章 机械控制燃油喷射系统	10
第一节 机械控制燃油喷射系统的组成与原理	10
第二节 燃油供给系统的结构与原理	12
第三节 空气供给系统的结构	17
第四节 控制系统的结构与原理	19
第三章 奥迪五缸机燃油喷射系统	24
第一节 喷射系统的结构与原理	25
第二节 点火系统的结构与原理	39
第三节 燃油系统的检查	48
第四节 点火系统的检查	71
第四章 电控燃油喷射系统的主要装置	85
第一节 电控燃油喷射系统的组成及工作原理	85
第二节 传感装置的结构与工作原理	89
第三节 控制装置的结构与工作原理	108
第四节 执行装置的结构与工作原理	112
第五章 电控燃油喷射系统的控制	129
第一节 燃油喷射的控制	129
第二节 点火系统的控制	140

第三节 怠速控制 (ISC)	151
第四节 故障自诊断	156
第五节 电动燃油泵的控制	163
第六节 排气净化与排放控制	167
第七节 安全保障功能与后备系统	170
第八节 电控系统的扩展功能	172
第六章 奥迪电控燃油喷射系统的结构与原理与拆装	176
第一节 奥迪 2.6L V6 发动机燃油喷射系统的结构与工作原理	176
第二节 奥迪 2.8L V6 发动机燃油喷射系统的结构与工作原理	203
第三节 奥迪 4.2L V8 发动机燃油喷射系统的结构与工作原理	206
第四节 六缸机供油与排气系统拆装	228
第五节 八缸机供油与排气系统拆装	239
第七章 喷射和点火系统自诊断与检修	255
第一节 燃油喷射系统自诊断	255
第二节 喷射系统的检修	265
第三节 全电子点火系统自诊断	284
第四节 点火系统的检修	301
第八章 燃油喷射系统维修的专用仪器与设备	309
第一节 故障阅读器 V.A.G1551	309
第二节 其它专用修理设备	333

第一章 汽油机燃油喷射概述

第一节 燃油喷射发展史

一、汽油喷射的基本概念

通过直接或间接地检测发动机吸入的空气量，以便按设定的空燃比供给与之相适应的汽油量，这一过程称作混合气配制。

汽油发动机混合气配制，按汽油供给的方法，可分为化油器式和汽油喷射式两种，这两种装置均依据节气门开启的角度及发动机转速计量进气量，然后根据进气量供给适当空燃比的混合气进入气缸。

图 1-1、图 1-2 所示的是化油器和汽油喷射装置。

当用化油器供油时，在节气门的上部有一喉管，空气流动时在喉管处产生负压，将浮子室的汽油连续吸出并输送给发动机。

当采用汽油喷射供油时，其供油系统由空气系统、燃料系统、控制系统的部件构成。根据检测的空气量信号以及各种工况参数的信号，由发动机电子控制系统计算出发动机燃烧时所需要的汽油量，并向喷油器提供喷油脉冲信号，然后将加有一定压力的汽油通过喷油器供给发动机。

由于化油器的结构比较简单，一直用于汽油发动机。近年来，由于 EGR（废气再循环）装置的采用，为了满足燃料经济性、排放性能、动力性能不断提高的要求，采用了各种化油器辅助补偿装置，已使化油器成为一个很复杂的系统。

为了替代化油器，开发了 EFI（即 Electronic Fuel Injection 电子燃油喷射）系统。它利用各种传感器检测发动机状态，经过计算机的判断计算，使发动机在不同工况下均能获得合适的空燃比。

虽然化油器与 EFI 系统的目的相同，但它们检测进气量与燃料供给的方法不同。

1. 混和气的产生

对于化油器系统，在正常转速范围内，空气进气量的计量是由喉管处的真空度来确定的，根据真空度的大小，适量的燃油经主喷口吸入喉管。

EFI 系统是用空气流量计或绝对压力传感器测量发动机进气量，ECU（电子控制单元）根据各种传感器提供的信号进行计算，修正控制喷油器喷油的持续时间，使发动机获得该工况下运行所需的最佳空燃比。

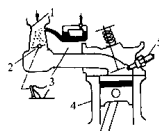


图 1-1 化油器装置
1—喉管 2—节气门 3—浮子室
4—发动机缸体 5—火花塞

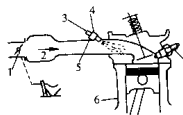


图 1-2 汽油喷射装置

1—节气门 2—空气 3—加压汽油
4—控制装置 5—燃油器 6—发动机
缸体 7—火花塞

2. 汽车其它工况与空燃比的关系

(1) 冷起动

化油器式发动机可以利用完全关闭阻风门来获得足够浓的混合气。当发动机起动后，将阻风门稍微打开，以防止混合气过浓。

对于 EFI 系统，由 ECU 检测起动机的起动信号，当起动机转动时，供应较浓的混合气。在温度特别低时，有的发动机还装有冷起动喷油器，它可以在低温时提供较多的喷油量，以改进起动性能。

(2) 暖机

化油器式发动机冷起动后，随着发动机温度逐渐上升，阻风门可以逐渐打开。

对于 EFI 系统，ECU 根据冷却水温度传感器信号的变化增减喷油量，控制发动机在不同温度下运转所要求的空燃比。

(3) 加速

为了防止化油器式发动机在加速时，可燃混合气过稀，设置了加速系统。

当低温时，进气歧管温度低，流经进气歧管的混合气中的汽油雾化较差，即使有加速泵供油，仍然会有混合气过稀的现象出现。为此，在一些发动机的化油器上加装一个辅助加速泵（简称 AAP），它只在低温时起作用。

EFI 系统是根据进气量的多少来控制喷油持续时间的，燃油直接喷入进气管或进气歧管，所以在加速过程中不会出现混合气过稀现象。但 EFI 系统和化油器一样，因低温时汽油挥发性较差，也需要进行修正，一般根据水温 and 节气门位置变化来增加喷油量。

4. 大功率输出

在化油器中采用真空省油装置或机械省油装置供给较浓的混合气。

EFI 系统发动机负荷大小由进气量或节气门位置来检测。负荷增加时，ECU 控制喷油器喷射更多的燃油，以提供功率空燃比。

二、汽油喷射的发展

20 世纪初期，德国人怀特兄弟首先在他们制造的早期飞机发动机上，采用了向进气管连续喷射汽油的混合气配制方法。1934 年德国研制成功第一架装用汽油喷射发动机的军用战斗机。第二次世界大战后期，美国开始采用机械式喷射泵向气缸内直接喷射汽油的供油方法。军用飞机上采用汽油喷射技术，与其说是出于降低燃料消耗的需要，不如说是战争保障的需要，即为了避免浮子室式化油器的临界限制，或者说为了避免化油器产生结冰故障。

当时，对车用发动机来说，汽油喷射的好处尽管相当明确，但是由于将其优点和成本兼顾比较困难，因而没有轻易采用。但是竞赛汽车要求提高输出功率和过渡响应性能好，所以最先采用了。在 50 年代后期，大多数赛车都安装了汽油喷射系统。

1952 年，德国 Daimler-Benz 300L 型赛车装用了 Bosch 公司生产的第一台机械控制式汽油喷射装置，它采用气动式混合气调节器控制空燃比，向气缸内直接喷射。

1958 年，德国成批生产的 Mercedes 200S 型轿车，装备了 Bosch 公司和 Kugelfischer 公司共同研制和生产的带油量分配器的进气管汽油喷射装置。它采用双柱塞喷油泵经两个油量分配器将燃油均匀地分配到六个喷油器，喷向进气口，双联凸轮使喷油泵在发动机每转中向各缸喷射一次，而空燃比的控制则是通过节气门踏板与离心式混合气调节器及进气管节气门调节器之间具有一定传动比的联动机构实现的，并且利用进气温度调节器、空气压力修正传

感器及带附加空气控制滑阀的冷却水温度调节器,对喷油量进行修正,用电磁铁直接作用于喷油泵调节齿杆的方法实现起动加浓。

60年代以前,车用汽油喷射装置大多数采用机械式柱塞喷射泵,其结构和工作原理与柴油机喷油泵十分相似,控制功能也是借助于机械装置实现的,结构复杂,价格昂贵,因此发展缓慢,技术上无重大突破。应用范围也仅仅局限于赛车和为数不多的追求高速和大功率的豪华型轿车上。在车用汽油发动机领域内,化油器仍占有绝对优势。

60年代中,在一些发达国家,随着汽车数量的增加,汽车排气对大气的污染日趋严重,欧、美、日各国相继制订了严格的汽车排放法规,限制排气中的CO,HC和NO_x等有害物质的排放。70年代初,受能源危机的影响,各国又制订了汽车燃油经济性法规。两种法规的要求逐年提高,愈来愈严格,已达到传统的机械化油器和分电器点火难以胜任的地步,迫使汽车工业寻求各种技术途径,实现汽车节能和减少排放污染。

于是,人们继续探索较柱塞喷射泵结构更简单,控制更方便,并且无需驱动的机械式低压燃油控制系统。1967年,德国博士(Bosch)公司研制成功K-Jetronic机械式汽油喷射系统,由电动机提供0.36MPa低压燃油,经燃油分配器输往各缸进气管上的机械式喷油器,向进气口连续喷射,空气流量计操纵油量分配器中的计量槽来控制空燃比。后来,经改进发展成为机电结合式的KE-Jetronic汽油喷射系统。它是在K-Jetronic系统的油量分配器上增设一只电液式压差调节器,用以控制计量槽前后的压差,从而能快速、大幅度地调节燃油量提高了操纵灵活性,并增加控制功能,由于该系统的主要功能仍由机械装置完成。因此具备良好的应急功能。

另一方面,随着电子技术的飞速发展,汽车电子化成为各国汽车工业的重要发展方向。从60年代后半期开始,电控汽油喷射经历了从晶体管、集成电路到微处理器控制,从模拟计算机到数字计算机控制的发展过程。

1962年,德国博士公司着手研究电子控制汽油喷射技术,1967年开发出了D-Jetronic系统,并被各个公司所采用,电子控制汽油喷射技术得到了发展。图1-3所示为D-Jetronic电子控制汽油喷射系统的构成图。大众公司生产的VW-1600型轿车上装有D-Jetronic电子控制汽油喷射系统,率先达到当时美国加州排放法规的要求,开创了汽油喷射系统电子控制的新时代。

随着排放法规愈来愈严格,要求进一步提高控制精度,完善控制功能。1972年,在D-Jetronic系统基础上,经改进发展成为L-Jetronic电控汽油喷射系统,

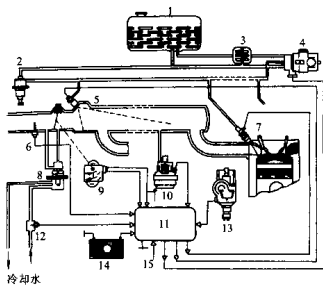


图1-3 博世公司D-Jetronic电子控制

- 1—燃油箱汽油喷射系统 2—压力调节器 3—燃油滤清器 4—喷油泵
5—低压启动喷油器 6—进气温度传感器 7—喷油器
8—空气滤清器 9—节气门开关 10—压力传感器 11—控制单元
12—水温传感器 13—分电器触发电路
14—蓄电池 15—启动开关

用叶片式空气流量计直接测量进气空气体积流量来控制空燃比,比用进气管绝对压力间接控制的方式精度高,稳定性好,图1-4为L-Jetronic系统。

在博士公司开发的L-Jetronic系统中采用的是叶片式空气流量计。此后利用其它原理制作的空气流量计也实用化了。1980年,三菱电机公司开发出卡门涡旋空气流量计。1981年,日立制作所和德国博士公司相继研制出热线式空气流量计,可直接测出进气空气的质量流量,无需附加专门装置来补偿大气压力和温度变化的影响,并且进气阻力小,加速响应快。

为了在满足排放法规的前提下实现最佳的燃油经济性指标,采用单项电子控制装置已远不能满足要求。德国Bosch公司开始生产集电子点火和电控汽油喷射于一体的Motronic数字式发动机集中控制系统。与此同时,美国和日本各大汽车公司也相继研制成功与各自车型配套的数字式发动机集中控制系统。例如:美国GM公司DEFI系统,Ford公司EEC-Ⅱ系统,以及日本日产公司ECCS系统、丰田公司TCCS系统等,这些系统能够对空燃比、点火时刻、怠速转速和废气再循环等多方面进行综合控制,控制精度愈来愈高,控制功能也更趋完善。

为了将电控汽油喷射系统进一步推广到普通轿车上,1980年美国GM公司首先研制成功一种结构简单、价格低廉的节气门体喷射系统(TBI)。1983年德国Bosch公司又推出了燃油压力只有0.1MPa的Mono-Jetronic低压中央喷射系统。与化油器相比,这些中央喷射(又称单点喷射)系统在进气歧管原先安装化油器的部位,仅用一只电磁喷油器集中喷射,能迅速输送燃油通过节气门,在节气门上方没有或极少发生燃油附着管壁的现象,因而消除了由此而引起的混合气燃烧的延迟,缩短了供油和空燃比信息反馈之间的时间间隔,提高了控制精度,排放效果得以改善。同时,采用节气门转角和发动机转速来控制空燃比的所谓 $2/n$ 控制方式,省去了空气流量计,结构和控制方式均较简单,兼顾发动机性能和成本,对发动机结构的影响又较小。因此,随着废气排放法规日益严格,这种单点喷射系统在排量小于2L的普通轿车上得到迅速的推广应用。

在借助于电子技术实现空燃比高精度控制方面,汽油喷射装置要比化油器来得优越,因为在电子设备与化油器之间安装的执行元件将使化油器较复杂,价格昂贵与维修困难。相比之下,随着电控汽油喷射技术的愈加成熟,大规模地生产和应用,使电控汽油喷射系统的成本大幅度下降。特别是结构简单的单点喷射系统,虽然在性能上略逊色于多点喷射系统,但其生产成本仅略高于化油器,而性能却远远优于化油器。这就使得汽油发动机混合气配制方式由汽油喷射系统取代化油器成为必然趋势。事实上,在70年代末、80年代初,电控汽油喷射系统的应用得到迅猛的发展。在1976年至1984年的9年间,各国生产的轿车中采用电控汽油喷射系统的比重不断增长,德国由8%增长到42%,日本由3%增长到18%,至1987年

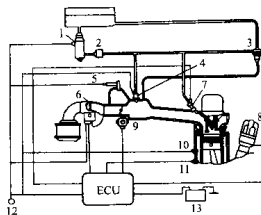


图1-4 L-Jetronic系统

- 1—燃油泵 2—燃油滤清器 3—压力调节器 4—低温启动
喷油器 5—空气阀 6—空气流量计 7—喷油器 8—分
电器 9—节气门开关 10—启动喷油器定时开关 11—水
温传感器 12—启动开关 13—蓄电池

增长到 46%，而美国的发展速度则更快，1976 年电控汽油喷射系统尚未在美国生产的轿车上应用，至 1980 年即猛增到 39%，1984 年继续增长到 60%，1987 年已高达 78%。进入 90 年代，美国三大汽车公司生产的轿车上几乎 100% 应用电控汽油喷射系统。表 1-1 列出了美国三大汽车公司的 1990 年型轿车上使用电控汽油喷射系统的统计情况。

表 1-1 1990 年美国三大汽车公司轿车使用电控汽油喷射系统情况

公 司		单点喷射	多点喷射	化油器	总产量
通用	数量 (辆)	1691739	1548820	58543	3299102
	比例	51.3%	46.9%	1.8%	
福特	数量 (辆)	1177240	688365	—	1865605
	比例	63.1%	36.9%	—	
克莱斯勒	数量 (辆)	365503	411202		749705
	比例	40.7%	59.3%		

在我国“八·五”期间的汽车工业发展规划中，已把发展开发电控汽油喷射发动机列入重点研究课题，已有批量装有电控燃油喷射的切诺基及奥迪汽车上市。预计不久的将来，我国生产的汽车也将逐步采用电控燃油喷射装置。

第二节 燃油喷射系统分类

汽车发动机汽油喷射系统有下列几种分类方法。

一、根据燃油喷射位置分类

按燃油喷射位置不同汽油喷射系统可分为缸内喷射和缸外喷射。

缸外喷射又称为进气道喷射，它是将汽油喷射到进气道，并采用低压的喷射装置（0.1~0.5MPa），其成本低，工作效果好，是目前常用的喷射方法。

缸内喷射是将燃油直接喷入气缸内，因而需要较高的喷射压力（3.0~4.0MPa）。由于燃油压力高，因此对供油装置的要求也高，成本就较高，而且还要求喷出的燃油能随气体分布到整个燃烧室。对气缸内布置喷油器与组织气流方向都比较复杂，因此这种喷射方式目前用得不多。

二、根据燃油喷油方式分类

根据燃油喷油方式，汽油喷射系统可分为连续喷射系统与间歇喷射系统。连续喷射又称稳定喷射，在发动机整个工作循环中连续喷射。连续喷射都是喷到进气道内，而且大部分的燃油是在进气门关闭时喷射的。因此大部分燃料是在进气道内蒸发的，由于连续喷射系统无需考虑发动机的工作顺序和喷油时机，所以其控制系统比较简单，多应用于机械式或机电结合式汽油喷射系统中。

间歇喷射又称脉冲喷射，喷射是以脉动的方式在某一段时间进行的，因此喷射都有一定的喷油持续期，通过控制喷油持续时间控制喷油数量。间歇喷射方式广泛地应用于现代电控汽油喷射系统中。

三、按喷油器安装部位分类

按喷油器安装部位，汽油喷射系统可分为电子控制单点汽油喷射系统和电子控制多点汽油喷射系统。

单点喷射系统是指在节气门上方,装一个中央喷射装置1~2只喷油器集中喷射,汽油喷入进气气流中,形成可燃混和气,由进气歧管分配到各个气缸中;单点喷射又称为节气门体喷射或中央燃油喷射。如GM公司TBI系统,Ford公司CFI系统和Bosch公司Mono-Jetronic系统等(如图1-5所示)。

多点喷射是每一缸进气口处装有一只喷油器,由燃油量分配器控制进行连续喷射或由电脑控制顺序地进行分缸单独喷射或分组喷射,汽油直接喷射到各缸进气门前,因此多点喷射又称为多气门口喷射或顺序燃油喷射或单独燃油喷射。如Bosch公司L-Jetronic系统等,如图1-6所示。

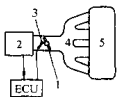


图 1-5 单点喷射系统示意图

1—节气门 2—空气流量计 3—喷油器
4—进气管 5—发动机

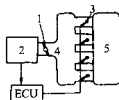


图 1-6 多点喷射系统示意图

1—节气门 2—空气流量计 3—喷油器
4—进气管 5—发动机

单点喷射系统在性能上略逊于多点喷射系统,但结构简单,故障源少,成本较低。

四、按喷射时序分类

按喷射时序,汽油喷射系统可分为同时喷射,次序喷射及分组喷射。如图1-7所示。

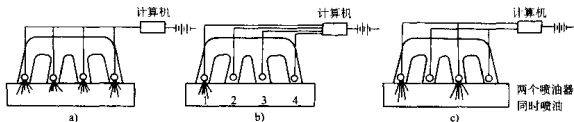


图 1-7 喷油器喷射时序

a) 同时喷射 b) 次序喷射 c) 分组喷射

同时喷射是指发动机在运转期间,各缸喷油器同时开启且同时关闭,由电脑的同一喷油指令控制所有喷油器同时动作。分组喷射是将喷油器分成两组交替喷射,电脑发出两路喷油指令,每路指令控制一组喷油器。次序喷射是指喷油器按发动机各缸进气行程的顺序轮流喷射,它具有喷射正时,由电脑根据曲轴位置传感器提供的信号,辨别各缸的进气行程,适时发出各缸的喷油脉冲信号,以实现次序喷射的功能。

五、按空气量的检测方式分类

按空气量的检测方式,燃油喷射系统可分为歧管压力计量法和空气流量计量法。

歧管压力计量式的电控汽油喷射系统是将歧管绝对压力和转速信号输送给电脑,由电脑根据该信号计算出进气量,再产生与之相对应的喷油脉冲,控制电磁喷油器喷射适量的燃油。Bosch公司D-Jetronic系统即为歧管压力计量式电控汽油喷射系统。

空气流量计量式的电控汽油喷射系统有体积流量型和质量流量型。体积流量型采用翼片

式空气流量计或卡门涡流式空气流量计，计量气缸进气的体积量，将该物理量转变成电信号输送给电脑，电脑计算出与该体积的空气相适应的喷油量，以控制混合气空燃比处在最佳值。质量流量型采用热线式或热膜式空气流量计，直接测量进入气缸内的空气的质量，将该空气的质量转化成电信号输送给电脑，由电脑根据空气的质量计算出与之相适应的喷油量，以控制混合气的空燃比处在最佳值。

采用空气质量流量控制喷油量的喷射系统，不需要考虑大气压力的修正问题，且空气流量计体积小，安装方便，加速响应快。

六、按喷射装置的控制方式分类

按喷射装置的控制方式燃油喷射系统可分为机械式汽油喷射系统和电控式汽油喷射系统，以及机电结合式汽油喷射系统。

机械式汽油喷射系统早在五六十年代就运用于汽车上。它是根据发动机转速、进气速度、进气管真空度、发动机冷却水温度的变化，通过机械或液力传动实现燃油计量、使之满足发动机不同工况下对混合气浓度的要求。如 Bosch 公司生产的 K-Jetronic 系统。

机电结合式汽油喷射系统是在机械式汽油喷射系统的基础上加以改进的产品。它与机械式汽油喷射系统的主要区别在于：在燃油量调节器中加设了一个电液混合气调节器，增加了若干传感器。电脑根据水温、节气门位置等传感器输入的信号，控制电液式压差调节器动作，通过改变燃油分配器燃油计量槽进出口油压差，以调节燃油供给量，达到对不同工况混合气空燃比修正的目的，Bosch 公司生产的 KE-Jetronic 系统就属此类。

电控式汽油喷射系统在六七十年代大多只控制汽油喷射，80 年代开始与点火控制一起构成发动机电子集中控制系统。它通过各种传感器，将监测的发动机运行状态参数（空气流量、转速、压力、温度、排气中的氧含量等）输入到控制单元，由此计算出所需燃油量，然后控制电磁喷油器的开启时间，控制喷油量。最佳点火时刻也用同样的方法进行计算，修正后送给点火电子组件，控制点火时刻。

此外，根据发动机的要求，电脑还可控制怠速（ISC）和废气再循环（EGR）等其它系统。

由于电控汽油喷射系统在发动机各种情况下能精确地计量燃油，而且使用精度高、稳定性好，实现发动机优化运转，从而取得良好的节油和排气净化效果，在汽油喷射系统中，其使用数量越来越多。

七、根据控制系统所依据的参数进行分类

根据控制系统所依据的参数，汽油喷射系统分开环控制与闭环控制。开环控制是把根据实践确定的发动机运行情况的最佳供油参数存入计算机。发动机运行时，计算机根据系统中各个传感器的输入信号，判断发动机所处的运行状况，计算出最佳供油量，经功率放大器控制电磁喷油器的喷油时间来精确地控制混合气的空燃比，使发动机优化运行。因此，开环控制系统只受发动机运行情况参数变化的控制，按事先设定在计算机中的控制规律工作。其优点是简单易实现，缺点是其精度直接依赖于所设定的基准数据的精度和电磁喷油器调整标定的精度，而且当电磁喷油器及发动机的产品性能出现差异，或由于运行磨损等引起性能参数变化时，混合气就不能正确地保持在预定的空燃比值上。因此，它对发动机及控制系统各组成部分的精度要求高，抗干扰能力差，而且当使用情况超出预定范围时，就不能实现最佳控制。

闭环控制是在排气管内加装氧传感器，根据排气中氧含量的变化，测定出进入发动机燃

烧室混合气的空燃比值,把它输入计算机,与设定的目标空燃比值进行比较,将误差信号经放大器放大后控制电磁喷油器,使空燃比值保持在设定的目标值附近。因此闭环控制可以达到较高的空燃比精度,并可消除产品差异和磨损等引起的性能变化,工作稳定性好,抗干扰能力强。

对于采用三元催化装置进行排气净化,为使净化效果最佳,要求混合气浓度运行在理论空燃比附近。因此对特殊的运行情况,如起动暖机、加速、怠速、满负荷等,需加浓混合气情况,仍需采用开环控制,使电磁喷油器按预先设定的加浓混合气配比工作,充分发挥发动机的动力性能。所以,目前普遍采用开环和闭环相结合的控制方案。

第三节 燃油喷射发动机的优点

电子控制燃油喷射系统与化油器相比具有以下优点。

1. 混合气分配均匀性好

在多点喷射系统(MPI)中,每一气缸有一个喷油器,其喷油量是由ECU根据发动机转速和负荷的变化进行精确地控制,故能使燃油均匀分配给各气缸;另一方面,空燃比可以用改变喷油器开启时间进行控制,因而能较好地满足各种工况的要求,这对发动机排放控制和燃油经济性的改善都是很有利的。

2. 任何发动机转速下都能获得精确空燃比的混合气

为了保证发动机各种工况下都能供给适当浓度的可燃混合气,化油器配置了主供油系、怠速油系等系统。这些系统在转速从低向高变化时,混合气都会短暂地变稀,另外由于混合气分配不均匀,为了保证发动机正常运转,都需要将混合气调得偏浓,这样会导致经济性和排放性变坏。

在EFI系统中,无论发动机的转速与负荷如何变化,都能连续、精确地供应混合气,这对排放控制和燃油经济性是有利的。

3. 加速响应好

化油器系统中,加速时因空气与汽油的比重相差很大,燃油流量的增长比空气流量的增长要慢得多,故加速响应不好。在EFI多点喷油系统中,由于喷油器装在进气门附近,汽油又以较高的压力经喷孔喷出,形成雾状,极易与空气混合,使送至气缸的混合气浓度及时地随节气门开度变化而改变。

4. 良好的起动性能和减速断油

在低温起动时,冷起动喷油器在发动机起动时会喷出极佳的雾状汽油,因而可提高起动能力;同时在进气系统中空气阀能供给足够的空气;在发动机起动后,具有良好的起步能力。

减速时,节气门关闭、发动机还是以高速运转,进入气缸的空气量减少,进气歧管内的真空度增大。在化油器系统中,此时会使粘附于进气歧管壁面的汽油由于歧管内真空度急速升高而蒸发后进入气缸,使混合气变浓,燃烧不完全,排气中HC含量增加。

在EFI发动机中,当节气门关闭而发动机转速超过预定转速时,喷油就会停止,使排气中HC的含量减少,并可降低燃油消耗。

5. 充气效率高

在化油器系统中,由于化油器喉管的节流作用,使发动机充气量减少,从而影响发动机

的动力性能。

在 EFI 系统中，不需要喉管，汽油以较高的压力从喷油器喷出雾化成良好的燃油，可以和空气充分混合，因此进气截面可以加大，利用进气惯性吸进更多的混合气。

以上汇集电控喷油系统发动机的优点，从中可以看出，电控喷射发动机能很好地适应当今社会对汽车的性能要求，如减少排放、降低油耗、提高输出功率及改善驾驶性能等。因此，电控喷射发动机已成为现代汽油发动机的主流必将逐步取代化油器式发动机。

第二章 机械控制燃油喷射系统

现代化油器大都采用了在节气门上方设置喉管,利用气流流经喉管时产生的负压,将汽油连续地吸出,然后经进气歧管,流向各个气缸,与此同时使汽油雾化、蒸发、并与空气进行混合。此外通过采用一些辅助装置,对不同情况下混合气浓度进行校正。

现代化油器经历了长期的使用考验,在其工作特性和结构设计等方面日见完善,基本上能满足现代汽油机的要求。但随着汽油发动机强化程度的不断提高,排放法规要求越来越严格,对化油器提出了越来越苛刻的要求,从而也就暴露了现代化油器的一些缺陷:很难实现对发动机不同情况下混合气浓度的精确控制,从而限制了发动机性能的提高和排放质量的改善,因此近20年来,国外出现的明显趋势是使用直接向进气管道内喷射汽油的混合气形成系统。这种汽油喷射混合气形成系统已成功地取代了化油器式供给系统,而且愈来愈多地用于轿车和轻型车发动机上。

第一节 机械控制燃油喷射系统的组成与原理

机械控制式汽油直接喷射系统是根据发动机转速、进气速度、进气管真空度、发动机冷却水温度等的变化,通过机械装置来控制喷油量的工作系统。

一、机械控制式汽油直接喷射系统的组成

1. 燃料供给装置

由燃油箱、电动燃油泵、蓄压器、汽油滤清器、燃油压力调节器、喷油器以及冷起动阀组成。如图2-1所示。

2. 空气供给装置

由浮板式空气流量计、辅助空气阀等组成。

3. 混合气配制装置

由混合气调节器、暖车调节器、怠速调整螺钉等组成。

二、机械喷射系统工作原理

以K-Jetronic型汽油喷射系统为例,此系统是一种机械液力控制的汽油喷射系统。其汽油的供给采用连续喷射的方式,将燃油连续地喷入进气门前的气道内。其结构如图2-2。发动机处于稳定运行工况时,空气经过空气滤清器后,经过浮板式空气流量计、节气门、进气总管、歧管,最后进入气缸。与此同时,进气流冲开空气计量板,并通过杠杆机构使油量调节柱塞产生

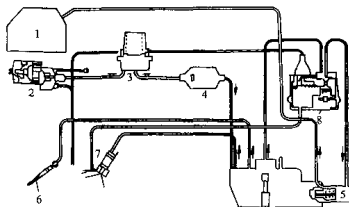


图2-1 机械式汽油喷射燃料供给系统结构图

1—燃油箱 2—电动燃油泵 3—蓄压器 4—燃油滤清器 5—燃油压力调节器 6—喷油器 7—冷起动阀 8—暖车调节器

位移（进气量的多少决定了空气计量板打开角度的大小，亦决定了油量调节柱塞的位移量）。汽油是由滚柱式电动燃油泵，将燃油从燃油箱中吸出，并以 353kPa 以上的压力将汽油泵入蓄压器以消除供油压力脉动，然后送入汽油滤清器，被滤清的汽油一部分流入燃油量分配器，而另一部分流入暖机调节器。空气流量计与燃油量分配器组装成一个混合气调节器。燃油量分配器根据空气流量计量板所馈送的吸入进气管的空气量，将所需的燃油送入喷油器。当燃油压力高于喷油器针阀弹簧张力时，喷油器将燃油喷入进气歧管。在混合气调节器中没有差压阀，使系统的压力保持一定。燃油压力调节器可使系统油路压力保持一定，燃油量分配器内剩余的汽油经回油管路流回燃油箱。

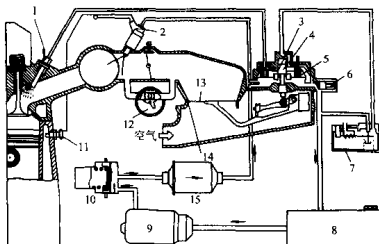


图 2-2 K-Jetronic 汽油喷射系统

- 1—喷油器 2—低温起动喷油器（冷起动阀） 3—燃料计量槽 4—柱塞 5—压差阀 6—压力调节器
7—暖车控制装置 8—燃油箱 9—燃油泵 10—蓄压器 11—起动喷油器计时开关 12—空气阀
13—空气流量板 14—空气流量计 15—燃油滤清器

为了适应汽车发动机各种工况对所供混合气数量与成分的要求，在喷射系统中还设置了各种相应的辅助装置，包括冷起动时，由一个温度—时间开关控制冷起动阀，向进气管内供应额外的燃油；在冷起动后，由暖车调节器通过调节施加于燃油量分配器上的控制压力，来实现暖车过程中混合气的加浓与混合气加浓逐渐降低的调节。冷车起动时和暖车过程中所需的附加空气量，由辅助空气阀（补充空气阀）进行控制。

在 K 系统中，不设加速装置，急加速时，节气门突然开大，进气流也对空气量板产生冲击，并同时经杠杆机构等使油量急增，使发动机具有良好的加速性能。

由工作原理可知，K 系统是以控制燃油质量方式对混合气浓度加以控制的，即把空气流量转换成机械位移，使燃料油路中燃料测量截面前后的压差一定，然后利用燃料测量截面积的大小变化控制空燃比。

三、机电混合系统（K-E 系统）

K-E 系统与 K 系统一样都属于机械式多点连续喷射系统，即喷油量是通过空气流量计、燃油量分配器用机械运动方式来调整控制的。K-E 系统是在 K 系统基础上发展起来的，它在系统中增设了一个电控单元和若干传感器，以提高控制系统的灵活性。还在燃油量调节器中加设了一个电液混合气调节器。并且增加了较多的功能，系统布置方案如图 2-3 所示。

系统内膜片式燃油系统压力调节器使系统压力保持恒定，此压力在燃油量分配器计量槽

前面,作为控制柱塞上方的背压。同样,控制柱塞是由空气流量计中计量板来推动,空气吸入后使计量板偏转,经过杠杆控制柱塞运动,来打开燃油量分配器槽孔开启截面。

燃油从控制柱塞下端经电—液压力执行器、差压阀下室、固定节流孔膜片式燃油压力调节器,然后返回油箱。电—液压力执行器与固定节流孔一起构成压力分配器,其压力用电磁方法调节。此压力处于差压阀的下室,随着电液压力执行器线圈中电流的不同,在其进、出口产生压降,因此使得燃油量分配也发生了变化,若电流反向时,电—液压力执行器中的压力降到0。差压阀下室中的弹簧将差压阀关闭,从而切断发动机的运转。电控单元接收各传感器检测到的发动机实际运行工况信号,进行处理,控制电液混合气调节器的工作,以调节压差阀的下腔压力(即供油压力),从而改变燃油量调节器的实际供油量,以修正发动机在各工况所得到的混合气浓度,使这种机电混合的汽油喷射系统有更好的经济性、动力性及排放性。

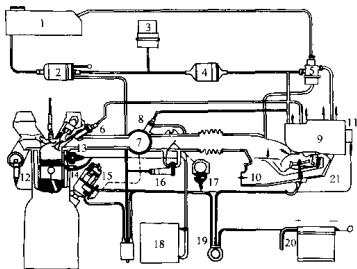


图 2-3 K-E 系统

- 1 燃油箱 2 电动汽油泵 3—蓄压器 4—燃油滤清器 5 压力调节器
6—喷油器 7—进气总管 8—冷启动阀 9—燃油量调节器 10—空气流量
11 电液混合气成分调节器 12 λ传感器 13 温度开关 14—
发动机温度传感器 15—分电器 16—辅助空气阀 17—节气门开关
18—电控单元 19—点火开关 20—蓄电池 21—负荷传感器

总之, K-E 系统在正常及紧急情况下的基本系统都是机械的, 因此, 当电控部分失效时仍具有应急功能。

第二节 燃油供给系统的结构与原理

一、电动燃油泵的结构与原理

燃油泵的作用是将燃油从燃油箱中吸出, 加压后经喷油器供给发动机。

汽油喷射系统电动燃油泵有的采用箱外泵, 即油泵在燃油箱之外; 有的采用箱内泵, 即油泵在燃油箱内部。目前采用箱内泵的趋势日益明显。采用箱内泵可以简化燃油管路, 避免油泵漏油时对系统的腐蚀, 不易产生气阻, 易于安装, 可靠性好且噪声小。

如图 2-4 所示, 在机械燃油喷射系统中采用的电动转子式汽油泵, 主要由永久磁场电动机和滚子泵组成。滚子泵的泵油原理如图 2-5 所示。装有滚子的转子偏心地安置在泵体内, 转子转动时, 滚子在离心力的作用下压靠在泵体的内表面上, 起到密封的作用, 在相邻两个滚子之间均形成一个密封空腔。油泵运转时, 一部分空腔的容积不断增大, 成为低压吸油腔, 而另一部分空腔的容积则不断减小, 成为高压泵油腔。由转子泵的结构可知, 油泵内都有电动机并允许有燃油流过, 由于电动机浸泡在燃油中, 没有空气, 不可能发生着火; 但无燃油旋转时, 因转子上的滚柱与壳体内壁无法密封, 产生吸力及冷却不良则可能烧毁。