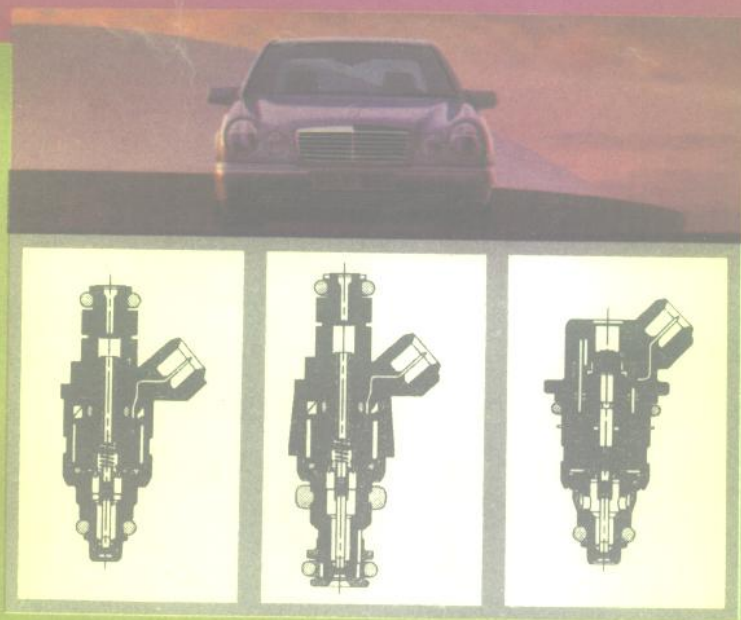


汽油发动机 燃料喷射装置的 构造与维修

顾建国 汤生安 迟俊明 编著



人民交通出版社

U464.136

G58

437608

QIYOU FADONGJI RANLIAO PENSHE
ZHUANGZHI DE GOUZA0 YU WEIXIU

汽油发动机燃料喷射装置 的构造与维修

顾建国 汤生安 迟俊明 编著

人民交通出版社

图书在版编目(CIP)数据

汽油发动机燃料喷射装置的构造与维修/顾建国等编著. —北京:人民交通出版社,1996

ISBN 7-114-02504-1

I. 汽… II. 顾… III. 汽车-发动机-喷油器-构造 IV. U464.136

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第18771号

汽油发动机燃料喷射装置的构造与维修

顾建国 汤生安 迟俊明 编著

责任校对:杨捷 责任印制:张凯

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

三河市印刷厂印刷

开本:850×1168 1/32 印张:7.625 字数:198千

1997年4月 第1版

1997年4月 第1版 第1次印刷

印数:0001—5 000册 定价 13.00元

ISBN 7-114-02504-1

U · 01759

内 容 提 要

本书以丰田 2JZ-GE 发动机和北京吉普切诺基为例,主要讲述汽油发动机燃料喷射装置的构造与维修。全书共分六章。第一章介绍了机械式、机电式、电子式三种燃料喷射装置的构成及工作原理;第二至第四章讲述了进气装置、供油装置、混合气调节装置的构造与维修;第五章介绍了点火正时、怠速转数和废气再循环控制装置;第六章讲述了燃料喷射装置综合故障的诊断与排除。

本书通俗易懂、逻辑性强,适于汽车维修工人阅读,尤其适合作为汽车类技校、职高以及在职工人培训用教材。

D1177/34

前 言

汽油喷射发动机开始流行起来了。汽油发动机燃料喷射装置的构造与维修也随之成为人们关注的重点。

以其对发动机混合气的制成与调节方法而论,机械式、机电式和电子控制式都有各自的特点。正是因为如此,本书对汽油发动机燃料喷射装置的构造与维修的研究也围绕这三个方面的内容展开。

本书第一章先就上述三种燃料喷射装置的构成及基本工作原理作了简单介绍;然后在第二至第四章中,分别介绍了进气装置、供油装置和混合气调节装置的构造与检修。

鉴于点火正时、怠速转速和废气再循环自动控制装置,往往平行地应用于汽油喷射发动机上,故将这些内容列在第五章中专门介绍。

汽油喷射发动机的综合故障的确有很大的综合性与复杂性,其中自然也少不了来自燃料喷射装置的影响。本书第六章的重点是,以燃料喷射装置所引起的故障为主,对综合故障的诊断与维修方法作了尽可能详细的说明。读了这一章之后您也许会体会到,这些综合故障的诊断与排除方法,有助于您在维修中去举一反三地解决那些实践中遇到的难题。

自从笔者第一次接触到汽油喷射发动机,多少年来一直没有放弃对燃料喷射装置技术资料的收集与整理。特别是自1994年起承担了“汽油发动机燃料喷射装置故障诊断仪”科研任务以来,使我们有机会潜心对“汽油发动机燃料喷射装置的构造与维修”进行更加细致的研究,今天奉献给读者的正是这些学习与研究工作的积累。如此,本书特别适合于从事汽车维修工作的人员阅读,也适

用于正在进行汽车运用与维修等方面学习的大、中专在校生学习和参考。

由于我们接触的范围有限,加之时间仓促和写作水平的影响,书中一定存在许多不足与疏漏之处,请从事汽车维修工作的同行们多加指正。

本书从着手编写至完稿,得到了河北省交通科学研究所蒋学诩先生的指导和帮助,值此《汽油发动机燃料喷射装置的构造与维修》问世之际,我们谨致以深深的谢意。

作 者

目 录

第一章 汽油喷射式发动机的一般常识	1
第一节 汽油发动机燃料喷射装置概要	2
第二节 发动机不同工况对混合气的要求	14
第三节 汽油发动机上应用的微机控制系统	22
第二章 汽油喷射发动机进气装置的构造与维修	32
第一节 空气流量计的构造与维修	33
第二节 节气门及节气门位置传感器	51
第三节 补充空气调节阀的构造与维修	59
第三章 汽油喷射发动机供油装置的构造与维修	68
第一节 电动汽油泵的构造与维修	71
第二节 供油压力控制装置的构造与维修	80
第三节 喷油装置的构造与维修	90
第四章 空燃比控制装置的构造与维修	103
第一节 发动机运行工况检测装置的构造与维修	105
第二节 连续喷射方式的混合气空燃比控制装置	121
第三节 电子式混合气空燃比控制装置的构造与维修	129
第五章 汽油喷射发动机扩展功能的构造与维修	153
第一节 点火正时自动控制装置的构造与维修	153
第二节 发动机怠速自动控制装置的构造与维修	174
第三节 发动机排气净化装置的构造与维修	185
第六章 燃料喷射装置综合故障的诊断与排除	196
第一节 燃料喷射装置故障的诊断要点与程序	196
第二节 根据发动机故障现象进行诊断与排除的方法	206
第三节 发动机故障显示灯及专用检测设备的应用	224
参考文献	236

第一章 汽油喷射式发动机 的一般常识

汽油发动机的动力性、经济性、可靠性,受设计、制造、材料、使用和运行环境等多方面因素的影响。但从评价其工作性能优劣的观念出发,更主要的影响则取决于如下三个基本要素:

①发动机气缸的工作压力 当活塞处于压缩行程上止点位置时,发动机气缸内(或称燃烧室内)应维持足够的压缩压力和温度。实现这一目标的前提是,适当的压缩比并要求气缸的密封性要好、漏气量尽可能少。

②火花塞的发火强度与点火正时 为了能够适时、可靠地点燃进入气缸压缩的混合气,不仅要求有足够的点火电压以维持火花塞的发火强度,而且要求点火正时准确、无误,并且能够根据发动机运行工况的不同,随机进行点火提前角的调节。

③供给系统提供的混合气浓度 由供给系统提供的混合气浓度适当,即进入气缸内的燃料与空气比例符合发动机不同工况下的需求,而且供给的燃料应该得到充分的雾化并与空气混合均匀,使之易于点火和满足发动机动力性和经济性等方面的要求。

所谓适当的混合气,是指节气门部分开启时能供给较稀的经济混合气,而当节气门全开时能供给较浓的功率混合气。

传统的化油器式燃料供给方式,是利用空气流经化油器时,因进气通道各截面尺寸变化而在各处形成压力、流速、真空度的变化,燃料随进气流混合并进入发动机进气歧管的。但是对于汽油发动机而言,自从开始应用化油器对混合气的空燃比进行机械调整以来,实现最佳混合比的调整始终是一个比较困难的课题。直到今天,人们还在一直为提高化油器调整空燃比的水平而进行着不懈

的努力。

汽油喷射式发动机上所采用的燃料喷射装置,彻底改变了汽油机由化油器供给混合气的传统结构。发动机工作时,首先通过各类传感器检测出发动机的工作状态,如负荷、温度、转速、节气门开度等,然后再根据需要通过燃料控制装置,精确地计量、调节喷油量的大小,并通过喷油器将适量燃料喷入气缸或进气道内,从而保证发动机在各种工况下都能获得所需的空燃比的混合气。由此,可提高发动机的动力性、经济性,使其在不同工况下始终能够保持在最佳的工作状态。

第一节 汽油发动机燃料喷射装置概要

1. 汽油发动机燃料喷射装置的发展

汽车发动机上应用的燃料喷射装置,是由法国人于1881年发明的,以压缩空气计量方式解决燃料的喷射方法。此后于1892年,德国研究的机械式燃料喷射装置用于柴油发动机,使燃料喷射技术得到了新的发展,装置的水平更高而且更加趋向于实用化。

但是,限于当时的研制水平和简单机械式的控制方法,推迟了燃料喷射装置在汽油发动机上的应用与推广。1961年,称之为“ELECTROJECTOR”的商品供应市场。该商品就是现代汽油发动机电子控制燃料喷射装置的雏型。所不同的是,由于当时的半导体技术还未进入应用阶段,中央控制器的电子回路中,使用真空式电子管作为主要元件。这使得其可靠性和造价等方面均让位于当时的化油器,推广和普及工作遇到了很大困难。

以后,随着科学技术的发展和以半导体技术为中心的新一代电子技术的进步及其在汽车上的应用,可靠性和制造成本等问题都相继得到了解决,真正的电子控制燃料喷射装置开始大量进入市场。

早期的机电式燃料喷射装置首先由德国的波许公司研制成功。尽管这种由半导体分立元件组成的控制装置仍然存在一些不

足,但是这种早期的机电式汽油喷射发动机,以其经济性好和可靠性高等许多优点赢得了汽车界的认同。经过不断的发展与完善,如今已成为汽油喷射式发动机广泛采用的一种形式,也为现代汽车上流行的电子式燃料喷射装置的开发与应用打下了良好的基础,开创了汽油发动机燃料控制装置向喷射方式大踏步发展的新纪元。

日本的日产公司也很快瞄准了这一新技术,将其研制的电子控制燃料喷射装置于 1971 年开始装车使用,一种安装了称之为“E 型”汽油喷射发动机的汽车投放市场。这种电子式汽油喷射装置的发动机具有较高的自动化控制水平,已经能够做到根据发动机的工作状况(如负荷等)和外部环境(如温度等)条件,通过各传感器检测、输出的信号,由中央控制器(电子计算机)根据标准运行参数进行运算与处理,以决定正确的燃料喷射量来保证获得最佳混合比。比起化油器式的发动机来,它更能使混合气空燃比处于适合发动机各种工况要求的状态。

随着对汽车节能和排气净化水平的要求,对喷油量精确度的控制和可靠性要求也越来越严格,燃料喷射装置的自动化控制水平也随之有了很大的提高。最为突出的变化是,在确定基本喷射量的基础上,还附加了一套能够对燃烧状态进行自动监测的混合气空燃比自动控制装置,而且这套控制装置还将混合气燃烧后的实际状态信号反馈给中央控制器的空燃比控制回路。这种被称之为空燃比自动控制的系统,具有使混合比一直处于良好状态的机能。由此,将电子控制燃料喷射装置又推向了一个更新的发展水平。

机械式、机电式和电子控制式燃料喷射装置的演变与发展过程,可由图 1 明确地看出。

2. 汽油喷射式发动机的特点

与普通化油器式(相对于前述电子控制化油器而言)发动机相比,汽油喷射式发动机有以下几个突出的特点:

1) 充气系数得到提高,发动机的功率和扭矩增大

发动机的充气系数这一指标对发动机的动力性、经济性的影

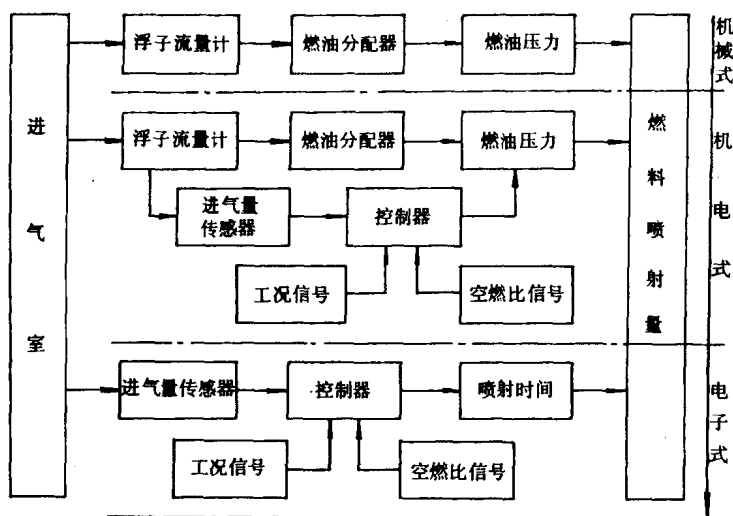


图1 汽油发动机燃料喷射装置的演变与发展

响都很明显。提高发动机的充气效率，是汽车发动机设计者们多少年来所追求的目标，可见它在发动机设计中的地位是不言而喻的。

汽油喷射式发动机有条件改善进气系统的环境与条件，从而使充气系数得到提高，发动机的功率和扭矩因此而增大。

与化油器式发动机不同，汽油喷射式发动机的进气管道，有条件设计成为使进气阻力最小的光滑的圆形，而且还没有像化油器式发动机那样须在进气道中加设的喉管及其所带来的进气损失。故进气道的截面积较大、进气阻力较小；吸入的进气流呈圆柱形状向气缸内流动，可以充分利用运动过程中产生的惯性增加进气量。这些都有利于提高发动机的充气系数。

2) 反应速度快、机动性能好

两种不同形式的进气系统，在加速反应性和机动性方面都存在很大差别。燃料喷射装置本身，决定了汽油喷射发动机加速响应性好、升速快、机动性能强，而且在这方面明显地优于普通化油器式发动机。尤其是电子控制燃料喷射式发动机，其运转过程中的各种信息由传感器随机采集，并以电信号方式提供给中央控制器，电

子计算机的运算速度不仅可以在极短的时间内完成数据处理任务,而且还能在瞬间发出能够满足发动机使用要求的喷油动作指令,其精确程度和反应速度都是十分惊人的。

3) 供给的混合气质量好,使发动机的经济性得到改善

在进气过程中通过喷油器喷射燃料,不仅能够保证各气缸混合气的分配比较均匀,而且可以比较精确地控制各气缸的混合气与发动机工况的匹配;喷油器的雾滴较细,可以不利用进气管的强预热来促进蒸发;质与量两个方面的提高,使其有条件使用低辛烷值的燃料(一般可降低约三个单位),压缩比可以有所提高且爆震倾向减少;对于二冲程发动机,可以避免在扫气过程中的燃料损失。这些都有助于混合气燃烧完全,使发动机的燃料消耗率降低、经济性提高。

4) 排气净化程度高,减少了对大气的污染

由于喷射式发动机可以根据发动机的实时工况来控制混合气的空燃比,使其能够将混合气浓度始终控制在最佳状态,从而为混合气的完全燃烧创造了良好条件。如此,不仅达到节约燃料的目的,而且对提高排气净化程度也十分有利。因为,混合气燃烧彻底能够减少有害气体排放量并使废气净化率提高。

5) 发动机的冷起动特性得到改善

汽油喷射式发动机所设置的冷起动喷油嘴,可以根据中央控制器发出的动作指令,为发动机冷起动状态提供符合起动要求的浓混合气。

此外,通过进气旁通阀自动控制发动机怠速,使其不仅能够在冷状态下迅速、可靠地起动,而且还能将发动机调节到高怠速状态下稳定运转。它所起到的适需增减进气流量的作用,可以满足发动机不同温度和负荷条件下稳定运转的要求。

3. 汽油发动机燃料喷射装置的分类

汽油发动机的燃料喷射装置种类较多,其分类方法尚无统一标准。如果按燃料喷射的控制方式或燃料喷射方法划分,通常有如下三种分类方法:

1)按燃料喷射量的控制方式分类

按燃料喷射装置对喷油量的控制方式,可将其分为机械控制方式(以下简称机械式)、机械与电子综合控制方式(以下简称机电式)和纯电子控制方式(以下简称电子式)三种类型。

这三种不同类型燃料喷射装置的主要区别在于,对进气流量的计测方法以及对燃料喷射量和喷油器的控制方式的不同。

①机械式的突出特征是,喷油器的动作是通过调节燃油喷射压力的方法来实现的。它以机械传动方式实现进气量的检测并控制喷油压力的大小,由此达到对发动机混合气空燃比的精确控制。这类燃料喷射装置不仅使用的传感器数量少,而且某些传感器的工作对喷油器及其喷射量的大小也不直接产生影响。

②机电式是在上述机械式的基础上发展起来的,它除了通过机械方式控制燃料压力的大小和通过供油压力驱动喷油器工作之外,还增加了一些用于检测发动机转速、负荷、温度以及反映混合气燃烧状况的 O_2 传感器等,由中央控制器将输入的数据信息进行运算与处理之后,按设定的标准参数发出相应的调节燃油喷射压力的动作指令,并以此来影响喷油器燃料喷射量的大小。

由于机电式燃料喷射装置采用了以计算机为中心的中央控制系统,不仅提高了对空燃比的控制水平,而且为其实现功能扩展也提供了条件。由此可见,机电式燃料喷射装置同样具有一定程度的自动化控制水平。

③电子式燃料喷射装置,除了将反映发动机工况的信息按设定的参数标准进行数据处理之外,对燃料喷射装置执行元件喷油器的控制,也是通过控制单元中央控制器的输出指令来驱动的。发动机工作时,由传感器测得的电信号输入给中央控制器,喷油器的喷油时刻与开闭时间(即动作指令)将由中央控制器输出的电信号直接驱动。

由于电子式燃料喷射装置,一改燃油压力控制喷油器开闭的方法,而是使用电信号操纵喷油器电磁阀,使喷油时刻和喷油量等影响空燃比的关键参数,都能够实现比较精确的自动控制。尤其是

电子控制燃料喷射装置中的空燃比反馈、发动机转速自动控制、点火正时自动调节及系统故障的自诊断等功能的实现,大大提高了汽油喷射发动机控制的自动化水平。

2)按燃料喷射方式分类

按燃料喷射方式的不同,可以分为间歇(脉冲)喷射方式和连续(稳定)喷射方式两大类。

①间歇喷射方式 由于电子控制燃料喷射装置,是通过控制喷油器电磁线圈的通断电来决定燃料喷射时刻和喷油量大小的,所以喷油器便形成了间歇(脉冲)的燃料喷射方式。对于间歇(脉冲)喷射,每一缸都有一定的喷射持续期,喷射持续时间的长短决定了喷油量的大小。而喷油时刻则是在进气过程中的某一段时间内进行的,这种类型适应于所有缸内喷射和大多数进气道喷射的布置形式。

②连续喷射方式 由于机械控制燃料喷射装置,是通过控制供油系统压力的高低来决定燃料喷射时刻和喷油量大小的,所以喷油器便形成了连续(稳定)的燃料喷射。

对于连续(稳定)喷射,燃料的喷射周期占有全循环的时间。连续喷射均将燃料喷在进气道内,而且大部分燃油是在进气门关闭状态时喷射的,因此燃料有充足的时间在进气道内进行雾化和蒸发。

3)按喷油器的布置方式分类

依喷油器布置方式的不同,可以将其分为多点喷射和单点喷射两种。其中,多点喷射还有进气道喷射和气缸内喷射之别。

①多点喷射方式 多点喷射是指在每个气缸分别安装各自的喷油器,每一气缸所需的喷油量分别由各自的喷油器供给。为了提高发动机的冷起动性能,通常还在进气歧管前的进气道内加装了冷起动喷嘴,使具有燃料喷射功能的喷油器的实际数目比气缸数还多。

进气道喷射可以采用低压供油方式,并将喷油器装在进气歧管处进气门的前方;气缸喷射则需采用高压供油方式(一般约为

3.0~4.0 MPa),将燃料通过喷油器直接喷入气缸。

对于二冲程发动机而言,采用缸内喷射方式较为合理,它可以避免新气进入气缸后在扫气过程中形成的燃料损失,对提高发动机的经济性更有帮助。然而,由于喷油器的布置对混合气流的形成与燃烧的影响较复杂,以及系统供油压力等方面的要求,往往使燃料喷射装置的制造成本加大,故这种喷射方式在四冲程发动机上的应用较为少见。

②单点喷射方式 单点喷射用一个喷油器供给两个以上的气缸。喷油器的安装部位大多数在节气门的前方,外形类似于电子控制化油器。燃料由进气口喷射后随空气流进入各个气缸的进气歧管内(图2)。由于单点喷射的喷油器数目少,与之配套的控制电路

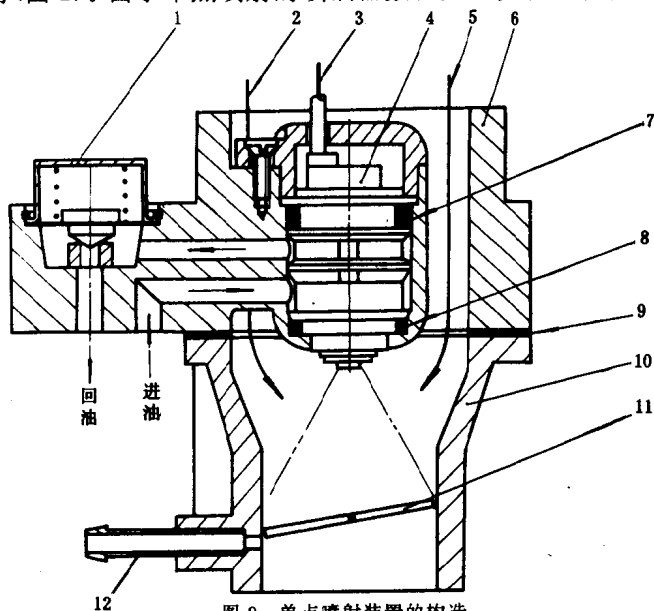


图2 单点喷射装置的构造

1-缓冲器;2、5-进气方向;3-喷油器控制信号线;4-喷油器;6-上体;7、8-密封圈;9-衬垫;10-下体;11-节气门;12-真空管

和驱动元件也因此而简化,可靠性一般要比多点喷射方式好。但对燃料喷射的控制、分配和雾化水平等却不及前者。

4. 汽油发动机燃料喷射装置的构成与工作原理

汽油发动机燃料喷射装置主要由进气系统、燃料供给系统和控制系统三个部分构成。随着电子技术的普及与应用,燃料喷射装置控制系统的扩展功能(如:发动机转速、排气净化与节能、附属设备等的自动控制)也不断增加,故与扩展功能相关的控制装置,这里也作为燃料喷射装置一并加以研究。

1) 机械式燃料喷射装置的构成与工作原理

机械式燃料喷射装置属于以机械力为主控制喷油器工作的汽油喷射系统。在汽油喷射式发动机上,目前比较流行的为德国生产的叶特朗尼克(K-Jetronic)机械式燃料喷射装置(图3),多见于德国奔驰及大众公司生产的奥迪、桑塔纳等汽车上。

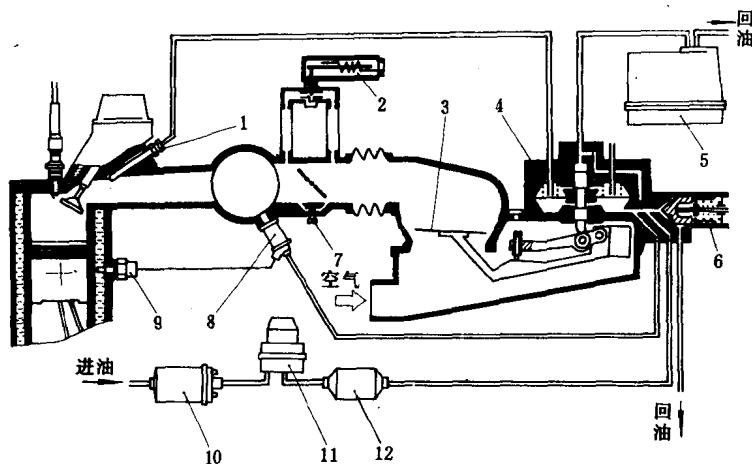


图3 叶特朗尼克(K-Jetronic)

1-喷油器;2-旁通阀;3-浮子流量计;4-燃油分配器;5-预热调节阀;6-回油阀;7-急速螺钉;8-冷起动喷嘴;9-温度-时间控制开关;10-燃油泵;11-蓄压器;12-汽油滤清器

发动机工作时,汽油被电动油泵10从汽油箱中吸出并获得一定压力之后,经蓄压器11消除脉动,再通过汽油滤清器12过滤后进入燃油分配器。燃油压力受回油阀6的控制,并充满燃油分配器的下腔。当空气流入进气道通过浮子空气流量计时,燃油分配器的柱塞在浮子浮力的作用下向上移动,从而打开燃油进入燃油分配器上腔的通路,使具有一定压力的燃油经油管送至喷油器。当然

油压力足以驱动喷油器的针阀打开时,燃料便连续地喷入进气门前的进气道内。由于喷油器是以一定压力喷射燃油的,所以发动机的进气门一旦开启,雾状燃料便与流动着的空气相混合并被吸入气缸。

这种机械与燃压控制的燃料喷射装置,只要当燃油分配器输出的喷射压力大于喷嘴针阀的弹簧压力,喷油器就打开并连续不断地喷油。燃料喷射时刻与点火时间和顺序无关,供油量主要取决于发动机吸入的空气量,亦即取决于空气计的开启位置及其对燃油分配器柱塞的推力和行程。

由此可见,机械式燃料喷射装置有以下几个主要特征:

①将进气量检测与燃料喷射量的控制装配成一体,并以机械方式实现空气流量的计测和对燃料喷射压力的控制。对发动机混合气空燃比的调节,便主要依据这一机械组合件来完成。

②基本上不使用调节燃料喷射量的各类传感器。即使采用了图3中所示的温度-时间控制开关,也只作为一个发动机温度传感器,控制冷起动阀能够在低温状态下喷射,以增加发动机冷起动时的燃料喷射量。当发动机转入正常工作温度时,温度-时间控制开关断电,使冷起动阀在发动机起动时也停止喷油。

③喷油器的开闭通过调节供油系统压力加以控制。故喷油器喷射量的大小,受燃料喷射压力的影响并且主要取决于供油系统压力的高低,而这一燃料压力又来自空气流量计的机械调节并与开度有关。这种特定的结构本身,决定了机械式燃料喷射装置的类型,多属于K系列(德语 Kon tinuier lich——连续喷射)单点或多点连续喷射。K系列燃料喷射装置,比较广泛地流行于欧洲国家生产的汽车上。

④可以对空燃比进行实时调节。机械式用专门的中央控制器,进行类似电子式燃料喷射装置那样的信息收集、数据处理和驱动指令的输出。而主要依靠机械式空气流量计及燃油分配器的工作,来实现对空燃比的调节和喷油量的控制。

机械式燃料喷射装置具有结构简单、工作可靠和制作成本低