



电控汽车 故障诊断 与维修

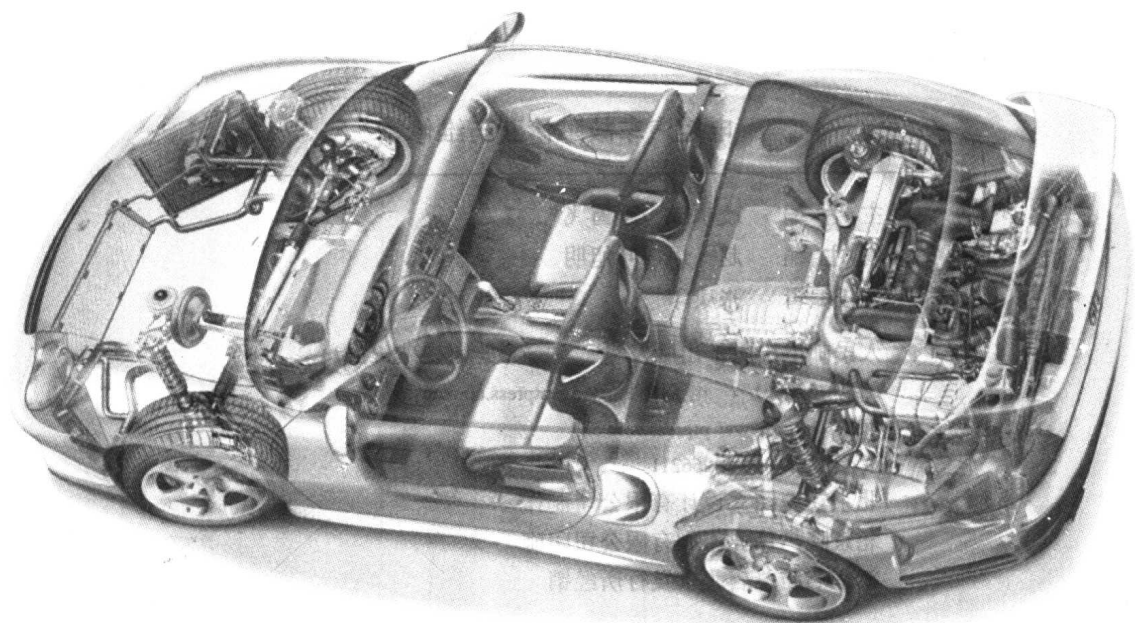
凌永成 李雪飞 主编
赵炬 叶旭明 副主编

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

电控汽车

故障诊断与维修

凌永成 李雪飞 主 编
赵 炬 叶旭明 副主编



人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

电控汽车故障诊断与维修/凌永成, 李雪飞主编. 北京: 人民邮电出版社, 2004.2
ISBN 7-115-11979-1

I. 电... II. ①凌...②李... III. ①汽车-电子系统: 控制系统-故障诊断②汽车-电子系统: 控制系统-车辆修理 IV. U472.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 118511 号

内 容 提 要

本书系统地介绍了电控汽油喷射发动机、自动变速器、巡航控制系统、制动防抱死系统、安全气囊、自动空调的结构原理和故障诊断与维修方法。对应用日益广泛的汽车专用万用表、示波器、V.A.G1552(专用解码器)、发动机综合分析仪的使用方法也做了较为详细的介绍。

本书内容翔实, 通俗易懂, 实用性强, 适合具有普通高中文化水平的汽车维修技术人员阅读, 也可作为大专院校汽车维修专业的教材使用; 同时, 还可以作为现代电控汽车故障诊断与维修技术培训班的培训教材和参考资料。

电控汽车故障诊断与维修

- ◆ 主 编 凌永成 李雪飞
副 主 编 赵 炬 叶旭明
责任编辑 张康印
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
读者热线 010-64966211
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 36
字数: 885 千字 2004 年 2 月第 1 版
印数: 1-6 000 册 2004 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-11979-1/TB · 38

定价: 45.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

前 言

随着汽车工业和科学技术的发展,汽车技术日新月异,特别是电子控制技术汽车上的大量应用,使汽车的结构、性能发生了根本性的变化。新的结构原理和电子控制装置相继涌现,在大幅度提高汽车综合性能的同时,也使得电控汽车的故障诊断与维修问题日益突出。广大汽车维修技术人员迫切需要更新知识,提高诊断维修技能,而靠传统的师傅带徒弟的学习方法已经无法适应当前形势的要求了。因此,急需一部科学性、实践性较强,内容详尽又通俗易懂的介绍电控汽车故障诊断与维修知识的资料。有鉴于此,我们结合十几年来在教学和汽车维修一线积累的实际经验,编写了《电控汽车故障诊断与维修》一书。

全书分为七篇二十五章,系统地介绍了电控汽油喷射发动机、自动变速器、巡航控制系统、制动防抱死系统、安全气囊、自动空调的结构原理和故障诊断与维修方法。考虑到汽车专用检测设备的应用日益广泛,在第七篇中对万用表、示波器、V.A.G1552(专用解码器)、发动机综合分析仪等也做了较为详细的介绍,使本书的实用性更加突出。

本书由凌永成、李雪飞主编,赵炬、叶旭明为副主编。其中,第一篇和第二篇由凌永成编写,第四篇和第五篇由李雪飞编写,第三篇和第七篇由赵炬编写,第六篇由叶旭明编写。另外,在本书编写过程中参考了许多汽车图书和维修资料,还得到了马永生、赵旭、李生华、王井泉、王宇、温玉政、付立明、韩艳、李秀发、张玉清、刘义、王炳飞、徐斌、李赫、王博君、李鹏飞、朱小雷、凌继洋等同志的大力支持和帮助,在此一并致谢。

由于编者在汽车维修界工作的时间只有十几年,经验不足,水平有限,书中难免有不妥之处,恳切希望广大读者批评、指正。

编者

2003年3月

目 录

第一篇 电控汽油喷射发动机(EFI)

第一章 绪论	1
第一节 电控汽油喷射系统简介.....	1
第二节 电控汽油喷射系统的基本组成和工作原理.....	5
第三节 典型汽油喷射系统简介.....	11
第二章 电控汽油喷射系统结构与工作原理	20
第一节 燃油供给系统的结构与工作原理.....	20
第二节 空气供给系统的结构与工作原理.....	26
第三节 排放净化系统结构与工作原理.....	37
第四节 电控系统的结构与工作原理.....	40
第三章 电控汽油喷射系统的故障诊断与检修	49
第一节 常用维修工具及设备.....	49
第二节 电控汽油喷射系统维修注意事项.....	52
第三节 电控汽油喷射系统诊断与检查方法.....	53
第四节 电控汽油喷射系统的检修.....	65
第五节 常见故障的诊断与排除.....	80
第四章 桑塔纳 2000 轿车电控燃油喷射系统的检修	87
第一节 桑塔纳 2000 轿车电控燃油喷射系统.....	87
第二节 桑塔纳 2000 轿车电控燃油喷射系统的检修.....	91

第二篇 自动变速器

第五章 自动变速器概述	113
第一节 自动变速器的优点.....	113
第二节 自动变速器的组成与分类.....	114
第六章 自动变速器的结构与原理	119
第一节 液力变矩器的结构与原理.....	119
第二节 行星齿轮机构的结构与原理.....	123
第三节 换挡执行机构的结构与原理.....	127
第四节 行星齿轮机构各挡变速原理.....	133
第五节 液压控制系统的结构与原理.....	147
第六节 电液式控制系统的结构与原理.....	175
第七章 自动变速器的检验	193
第一节 自动变速器的基本检查.....	193

第二节	失速试验	195
第三节	时滞试验	197
第四节	油压试验	198
第五节	道路试验	202
第六节	手动换挡试验	204
第八章	自动变速器故障诊断与排除	206
第一节	电子控制自动变速器的自诊断	206
第二节	自动变速器常见故障诊断与排除	209
第九章	自动变速器维修	217
第一节	自动变速器维修注意事项	217
第二节	电控系统主要部件的维修	218
第三节	电控自动变速器 ECU 及其控制电路的维修	222

第三篇 电子控制巡航控制系统

第十章	现代汽车巡航控制系统及原理简介	229
第一节	巡航控制系统(CCS)简介	229
第二节	巡航控制系统原理及结构组成	231
第三节	典型巡航控制系统简介	240
第十一章	汽车巡航控制系统的检修	249
第一节	巡航控制系统的正确使用	249
第二节	电子巡航控制系统的检修	250
第十二章	本田雅阁轿车巡航控制系统的检修	261
第一节	本田雅阁轿车巡航控制系统的组成	261
第二节	本田雅阁轿车巡航控制系统的检修	265

第四篇 电子控制防抱制动系统(ABS)

第十三章	防抱制动系统(ABS)原理及应用	275
第一节	防抱制动系统(ABS)原理	275
第二节	防抱制动系统(ABS)的应用与分类	278
第十四章	ABS系统的结构组成及其控制过程	282
第一节	ABS系统的电子控制模块(电脑)	282
第二节	车轮速度传感器	288
第三节	液压控制装置	293
第四节	驱动控制简介	305
第十五章	ABS系统的维修	310
第一节	ABS系统维修的基本内容	310
第二节	ABS系统的诊断与检查	311
第三节	ABS系统的修理	322
第十六章	凌志 LS400 防抱死制动系统(ABS)的检修	328

第一节	凌志 LS400 防抱死制动系统的组成	328
第二节	凌志 LS400 防抱死制动系统的检修	330

第五篇 安全气囊

第十七章	SRS 气囊系统的结构与原理	347
第一节	SRS 气囊系统的结构与原理	347
第二节	SRS 气囊系统部件的结构与原理	351
第十八章	日本丰田轿车 SRS 气囊系统	375
第一节	丰田轿车 SRS 气囊系统零部件位置与控制电路	375
第二节	丰田轿车 SRS 气囊系统故障诊断与排除	380
第十九章	德国奔驰轿车 SRS 气囊系统	405
第一节	奔驰轿车 SRS 气囊系统结构特点与控制电路	405
第二节	奔驰轿车 SRS 气囊系统故障诊断与排除	409

第六篇 自动空调系统

第二十章	汽车空调基础知识	417
第一节	汽车空调基本原理	417
第二节	制冷剂及润滑油	418
第三节	汽车空调系统的组成及分类	428
第二十一章	汽车空调系统的基本结构及主要部件	433
第一节	汽车空调系统的基本结构原理	433
第二节	汽车空调自动控制元件	445
第二十二章	凌志轿车自动空调系统的检修	450
第一节	凌志轿车空调系统的结构原理	450
第二节	凌志轿车空调系统的控制	453
第三节	凌志轿车自动空调制冷系统的检修	455
第四节	凌志轿车自动空调系统故障的诊断	461
第二十三章	奔驰车系自动空调系统的检修	479
第一节	概述	479
第二节	奔驰车系自动空调系统的检修	484

第七篇 检测设备

第二十四章	汽车专用万用表与示波器	489
第一节	汽车专用万用表	489
第二节	汽车专用示波器	493
第二十五章	专用解码器与发动机综合分析仪	513
第一节	大众专用解码器 V.A.G1552	513
第二节	中大 EA-1000 型发动机综合分析仪	540
参考文献		566

第一篇 电控汽油喷射 发动机(EFI)

第一章 绪 论

第一节 电控汽油喷射系统简介

一、电控汽油喷射系统的发展历程

汽油喷射技术的设想实际上最早可追溯到“奥托”式(即四冲程)发动机的发明那个年代,但受当时技术条件的限制,还不能将其用于实际。20世纪初期,为了满足高性能的飞机发动机的要求,德国Wright兄弟首先在发动机上采用了将汽油连续喷入进气管的混合气制备方法,美国也于二战后期,在其轰炸机上采用了机械式喷射泵向汽缸内直喷汽油的技术。

二战结束之后,燃油喷射技术才逐渐被应用于汽车发动机上。1952年,曾用于二战德国飞机的机械式汽油喷射技术被应用于轿车,德国戴姆乐-奔驰300L型赛车装上了BOSCH(博世)公司生产的第一台机械式汽油喷射装置。1953年,美国Bendix公司着手开发电控汽油喷射(EFI)装置,1957年,该公司的电子控制汽油喷射系统问世,并首次装在克莱斯勒豪华型轿车和赛车上。但在20世纪60年代以前,车用汽油喷射装置大多采用机械式喷射泵,其结构和原理与柴油机喷油泵很相似,控制功能是借助于机械装置实现的,结构复杂,价格昂贵,多用于豪华型轿车和赛车。60年代后,由于电子技术的迅猛发展和受排放法规的影响,使得电控汽油喷射(EFI)技术得到了进一步的发展。

20世纪60年代,由于汽车工业的不断发展,汽车保有量与日俱增,排气污染也日趋严重。一些发达国家为了降低排气污染物,提高车辆行驶安全性,降低噪音与油耗,相继制定了严格的法规。一些国家的排放法中不仅严格限制排气中的CO、HC和NO_x等有害物质,而且还限制了粒子物质、曲轴箱排气、燃油蒸发等,并不断逐级强化。其中,美国加州的排放法就是一例。由于20世纪70年代初一度出现的世界能源危机,各国又制订了更严格的燃油经济法。为了满足汽车的燃油经济性、动力性,尤其是废气排放法规的日益严格的要求,各厂家对传统的机械式化油器做了各种各样的改进与革新,但直至今日,最新式的电子化油器

也难以满足这日益严格的要求。这迫使汽车工业不得不寻找新的途径以提高发动机的性能。

由于汽油喷射系统与化油器相比,计量更精确、雾化燃油更精细、控制发动机工作更为灵敏,因此,在经济性、排放性、动力性上表现出明显的优势。人们的注意力越来越集中在汽油喷射系统上。1967年,德国 BOSCH(博世)公司研制成功 K-Jetronic 机械式汽油喷射系统,并进而成功开发增加了电子控制系统的 KE-Jetronic 汽油喷射系统,使该技术得到了进一步的发展。

20世纪70年代初,受能源危机与电子技术的迅猛发展的影响,汽车电控汽油喷射(EFI)成为汽车工业的重要发展方向。随着电子技术的发展,电控汽油喷射系统经历了从晶体管、集成电路到微机控制,从模拟式到数字式控制的发展过程。由于计算机技术的发展,微机应用于汽车控制业已成为可能。同时,电子器件的微型化和电子技术的普及化,为电子控制汽油喷射系统的功能扩大、控制精细及结构紧凑提供了有利条件,汽油喷射系统不断从机械式向电子控制化的方向发展。

1967年,德国 BOSCH(博世)公司率先开发出一套全电子汽油喷射系统(D-Jetronic)并于20世纪70年代首次批量生产,并应用于汽车上,率先达到了当时美国加州废气排放法规的要求,开创了汽油喷射系统电子控制的新时代。

D型喷射系统在汽车工况发生急剧变化时,控制效果并不理想。1973年,在D型汽油喷射系统的基础上,BOSCH(博世)公司开发了质量流量控制的 L-Jetronic 型电控汽油喷射系统。之后,L型电控汽油喷射系统又进一步发展成为 LH-Jetronic 系统,后者既可精确测量进气质量,又可补偿大气压力和温度变化的影响,而且进气阻力进一步减小,响应速度更快,性能更加卓越。

随着大规模集成电路与微型计算机的迅猛发展,为能协调发动机各方面的矛盾,达到对油耗、排放与动力性等性能进行综合控制的综合控制系统的诞生提供了条件,1979年,德国 BOSCH(博世)公司开始生产集电子点火和电控汽油喷射于一体的 Motronic 数字式发动机综合控制系统,它能对空燃比、点火时刻、怠速转速和废气再循环等方面进行综合控制。

为了降低汽油喷射系统的价格,从而进一步推广电控汽油喷射系统,1980年,美国通用(GM)公司首先研制成功一种结构简单,价格低廉的 TBI(节流阀体喷射)系统,它开创了数字式计算机发动机控制的新时代。TBI系统是一种低压燃油喷射系统,它控制精确,结构简单,是一种成本效益较好的供油装置。随着排放法规的不断严格,这种物美价廉的系统大有完全取代传统式化油器的趋势。1983年,德国 BOSCH(博世)公司也推出了 Mono-Jetronic 单点汽油喷射系统。

电控汽油喷射技术日趋完善,性能优越,使得电控汽油喷射装置从20世纪70年代末开始得到迅猛发展。在1976年至1984年的8年间,德国轿车中采用电控汽油喷射系统的比重由8%增长到42%,日本则由3%增长到18%,美国则达到39%。据统计,1992年美国的100%,日本的80%和欧洲的60%的轿车中均采用了电控汽油喷射装置,显示了其强大的生命力。而且近些年来一些发展中国家也加紧开发电控汽油喷射技术,在一些无法规或要求不很严的地区采用电控汽油喷射技术也越来越多。不仅轿车上,而且越来越多的其它类型的车辆上也采用了电控汽油喷射技术,这充分证明了它强大的生命力与竞争力。

随着我国改革开放的不断发展,国民经济的不断增长,汽车保有量也不断增加,汽车已成为我们生活中不可缺少的一部分。然而,我国汽车电子技术的发展和应用是相当缓慢的,

电控汽油喷射技术的研究也只是刚刚起步。

二、电控汽油喷射系统分类

电控汽油喷射系统可按喷射位置、喷射时刻、空气流量测量方式和有无反馈信号等方法进行分类。

(一) 喷射位置

根据汽油的喷射位置，汽油喷射系统可分为两大类：缸内喷射和进气管喷射，进气管喷射又进一步分为单点喷射和多点喷射。

1. 缸内喷射

缸内喷射是将喷油器安装于缸盖上直接向缸内喷油。因此，要求喷油器阀体能承受燃气产生的高温高压。另外发动机设计时需保留喷油器的安装位置。在过去的机械式汽油喷射系统中，有这一类型的例子，但现在已经不使用了。

2. 进气管喷射

(1) 单点喷射(SPI)

单点喷射系统是把喷油器安装在化油器所在的节气门段，它的外形也有点像化油器，通常用一个喷油器将燃油喷入进气流，形成混合气进入进气歧管，再分配到各个汽缸中。但在一些增压和V型发动机上则用两个喷油器。因此，单点喷射又可理解为把化油器换成节流阀体喷射装置(TBI)，也称为中央燃油喷射(CFI)。

单点喷射结构简单，故障源少，在原使用化油器的发动机上做很少改动就可形成单点喷射系统。而且，在大批量生产以后，其成本也大为下降，仅高于化油器的成本，但其性能要比化油器好许多。因此，在普及型轿车上得到了广泛应用。预计随着燃油法规的严格，其地位也将升高。与传统化油器式发动机一样，单点喷射系统相邻汽缸存在进气行程重叠，使得混合气分配不均，其控制的准确度和性能不如多点喷射。单点喷射由于在气流的前段(节气门段)就将燃油喷入气流，因此它也属于前段喷射。

(2) 多点喷射(MPI)

多点喷射系统是在每缸进气口处装有一只喷油器，由电控单元(ECU)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的进气门前方，再与空气一起进入汽缸形成混合气。多点喷射又称为多气门口喷射(MPI)或顺序燃油喷射(SFI)，或单独燃油喷射(IFI)。

显然，多点燃油喷射避免了进气重叠，使得燃油分配均匀性较好，从而提高了发动机的综合性能。同时，由于它的控制更为精确，使发动机无论处于何种状态，其过渡过程的响应及燃油经济性都是最佳的。但是，多点喷射系统结构复杂，成本高，故障源也较多。从发展趋势看，由于电子技术日益成熟，法规的日益严格，多点喷射系统由于其性能卓越而将占主导地位。目前，多点喷射系统不仅为高级轿车和赛车所采用，而且一些普通车辆也开始采用。由于多点喷射系统是直接向进气门前方喷射，因此，多点喷射属于在气流的后段将燃油喷入气流，属于后段喷射。

(二) 喷射时刻

按喷射时刻来分, 汽油喷射系统可分为连续喷射和间隙喷射 2 种方式。在间隙喷射方式中又可分为与发动机转动同步的和不同步的 2 种喷射方式。

1. 连续喷射

喷油器稳定连续地喷油, 其流量正比于进入汽缸的空气量。它的特点是结构简单, 易于实现。连续喷射主要用在德国 BOSCH (博世) 公司的 K 型和 KE 型汽油喷射系统中。

2. 间歇喷油

与发动机转动同步的间歇喷射方式, 还可以分为各缸喷油器独立喷射方式(独立喷射), 同时喷射方式(同时喷射)和根据燃烧顺序分组的喷射方式(分组喷射)3 种。

独立喷射是缸内喷射和进气管喷射都可采用的喷射方式。由于相对于各缸的每一次燃烧, 所需要喷射的汽油量都可以设定一个最佳时刻, 因此, 可以展宽稀薄空燃比界限, 降低燃油消耗。但是, 由于各缸独立喷射, 因此, 需要有一个判缸信号, 喷油器驱动回路需和汽缸数目相同。

每转同时喷射由于是将一次燃烧所需油量分成两次喷射, 所以它仅可用于进气管喷射, 每转同时喷射与独立喷射所不同的另一点是不需要判缸信号, 而且喷油器驱动回路通用性好, 结构简单。因此, 现在这种喷射方式占主导地位。

分组喷射也仅用于进气管喷射, 分组喷射中, 过渡空燃比的控制性能介于独立喷射和同时喷射之间, 喷射时刻与独立喷射方式一样, 需判缸信号, 但喷油器驱动回路等于分组数目即可。

与发动机转动不同步的间歇喷射方式中, 有根据频率进行喷油的喷射方式, 如日本三菱的 ECI 系统, 就是这种喷射方式的实例。在这种系统中, 采用卡门涡旋空气流量计测量空气流量。由于空气流量和卡门涡旋产生的频率成比例, 因此可以设定喷油器的开启时间, 并使其与涡旋的频率同步。这种喷射方式的控制功能介于连续喷射和与发动机转速同步的喷射之间。

(三) 空气流量测量方法

按照空气流量的测量方法, 汽油喷射系统可分为三种: 一种是直接测量空气质量流量的方式, 称为质量流量控制的汽油喷射系统(如 K 型、KE 型、L 型、LH 型等); 二是根据进气管压力和发动机转速, 推算吸入的空气量, 并计算燃油流量的速度-密度方式, 称为速度-密度控制的汽油喷射系统(如 D 型); 第三种是根据节气门开度和发动机转速, 推算吸入的空气量并计算燃油流量的节流速度方式, 称为节流速度控制的汽油喷射系统。其中, 第三种只在赛车中见过使用实例, 市场上尚未见出售使用此类系统的汽车, 因此, 本书不予介绍。

(四) 有无反馈信号

按有无反馈信号来分, 电控汽油喷射系统可分为开环控制和闭环控制两大类。

1. 开环控制

开环控制系统只给主系统发出指令，不能检查或控制主系统的实际输出情况。它是把根据实验确定的发动机各种工况的最佳供油参数输入微机，发动机运转时微机根据各传感器的输入信号，确定喷油量，从而决定空燃比，使发动机良好运行。这种控制系统是单向的，当发动机控制系统输入的条件没有发生变化时，输出控制信号也是不变的。这样，一个磨损的喷油器的实际喷油量就有可能比微机所控制喷出的喷油量要多，而微机却以为喷油量是理想的。这就使得该系统的各部件的精度要求较高，只有这样才能与输入微机的基准数据保持一致。它的优点是简单，易于实现。其工作情况如图 1-1 所示。

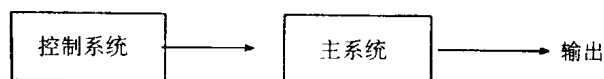


图 1-1 开环控制

2. 闭环控制

闭环控制是通过对输出信号的检测并利用反馈信号，对输入进行调整，使输出满足要求。如在排气管上加装氧传感器，亦称空燃比传感器(λ 传感器)，根据排气中的含氧量来测定发动机燃烧室的工况，并把信号输回微处理器与原来给定的信号进行比较，对喷油量与空燃比进行修正。因此，闭环控制可达到较高的控制精度，可消除产品差异和磨损等形成的性能变化。大多数的新型车均采用闭环控制。闭环控制的原理如图 1-2 所示。

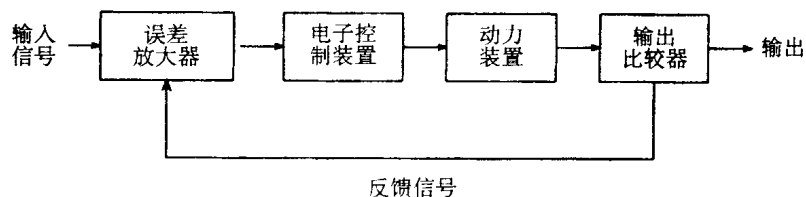


图 1-2 闭环控制的原理

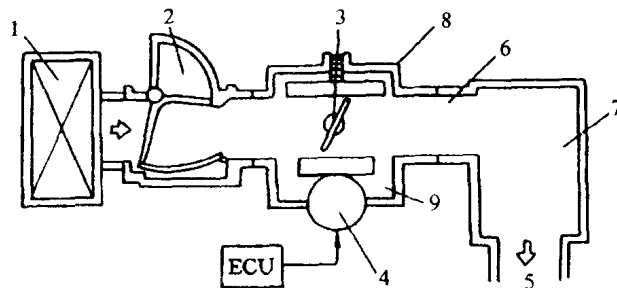
第二节 电控汽油喷射系统的基本组成和工作原理

一、电控汽油喷射系统的基本组成和功能

电控汽油喷射系统尽管类型不少，品种繁多，但它们都具有相同的控制原理：即以电控单元(ECU,也有称之为 ECM 的)为控制核心，以空气流量和发动机转速为控制基础，以喷油器、怠速空气调节器等为控制对象，保证获得与发动机各种工况相匹配的最佳混合气成分和点火时刻。相同的控制原理决定了各类电控汽油喷射系统具有相同的组成和类似的结构。电控汽油喷射系统大致可分为进气系统、燃油系统和电子控制系统 3 个部分。

1. 进气系统

进气系统的功能是测量和控制形成可燃混合气的空气量，如图 1-3 所示。空气经空气滤清器过滤后，用空气流量计（在 D-Jetronic 系统中为进气歧管绝对压力传感器）进行测量，然后通过节气门体到达进气总管，再分配给各缸进气歧管。在进气管内，由喷油器中喷出的汽油与空气混合后被吸入汽缸内进行燃烧。



1—空气滤清器；2—空气流量计；3—节气门；4—怠速空气调节器；
5—至汽缸的空气；6—进气总管；7—进气歧管；8—节气门体；9—旁通气道

图 1-3 进气系统

正常行驶时，空气的流量由进气系统中的节气门（油门）来控制。踩下加速踏板（油门踏板）时，节气门打开，进入的空气量多。怠速时，节气门关闭，空气由旁通气道通过。怠速转速的控制是由怠速调整螺钉和怠速空气调节器调整流经旁通气道的空气量来实现的。

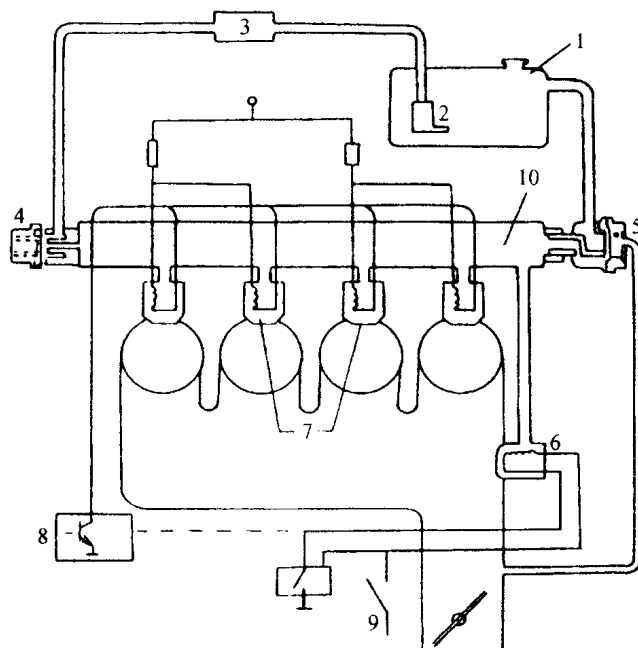
怠速空气调节器一般由电控单元（ECU）控制，在气温较低、发动机进行暖机时，怠速空气调节器的通路打开，以供给暖机时必须给进气歧管的空气量，此时发动机转速较正常怠速高，称为快怠速（亦称高怠速）。随着发动机冷却水温升高，怠速空气调节器使旁通气道开度逐渐减小，旁通空气量亦逐渐减小，发动机转速逐渐降低至正常怠速。

2. 燃油系统

燃油系统的功能是向汽缸内供给燃烧时所需要的汽油量。它主要由电动汽油泵、燃油滤清器、燃油压力脉动减振器、喷油器、燃油压力调节器、冷启动喷油器及供油总管等组成，如图 1-4 所示。

燃油由电动汽油泵从油箱中泵出，经过燃油滤清器除去杂质及水分后，再送至燃油压力脉动减振器以减少其压力脉动。这样具有一定压力的燃油流至供油总管，再经各供油歧管送至各缸喷油器。喷油器根据电控单元（ECU）的喷油指令，开启喷油器，将适量的汽油喷到进气门前，待进气行程时，再将燃油混合气吸入汽缸中。装在供油总管上的燃油压力调节器是用以调节燃油系统油压的，目的在于保持喷油器内与进气歧管内的压力差为恒定值（一般其压力差为 250kPa）。

此外，为改善发动机低温启动性能，有些车辆在进气总管上还安装了一个冷启动喷油器，冷启动喷油器的喷油时间由温度-时间开关或电控单元（ECU）控制。



1—油箱；2—电动汽油泵；3—燃油滤清器，4—燃油压力脉动减振器；5—燃油压力调节器；
6—冷启动喷油器；7—喷油器；8—电控单元，9—点火开关；10—燃油总管

图 1-4 燃油系统

3. 电子控制系统

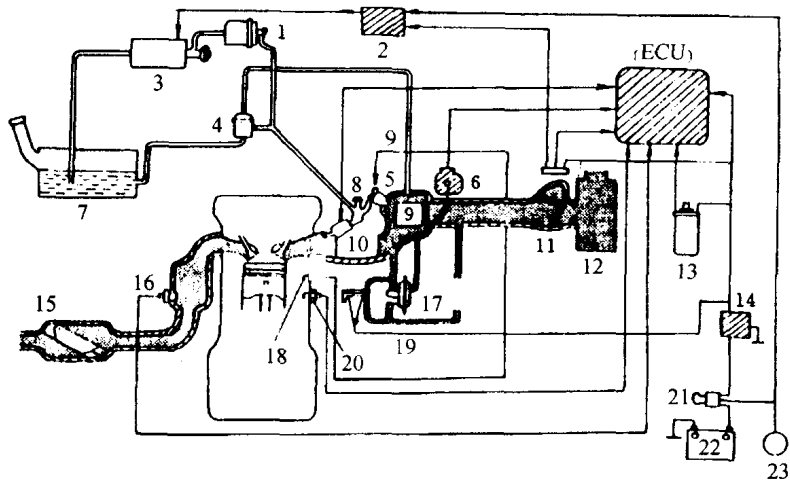
电子控制系统的功能是根据发动机运转状况和车辆的运行状况确定最佳喷油量。供给发动机的汽油量，由喷油持续时间来控制，喷油持续时间则由电控单元(ECU)通过来自进气歧管压力传感器或空气流量计的信号来计算进气量，根据进气量和转速计算出基本喷油持续时间。然后进行温度、海拔高度、节气门开度等各种工作参数的修正，得到发动机在这一工况下运行的最佳持续喷油时间，精确地控制喷油量。

电子控制系统的核心是电控单元(ECU)，它根据发动机中各种传感器送来的信号控制喷油持续时间等参数。

检测发动机工况的传感器，有发动机冷却水温度传感器、进气温度传感器、空气流量传感器或进气歧管压力传感器、发动机转速和曲轴位置传感器、节气门位置传感器等等。另外，还有检测车辆运行状况的传感器，如车速传感器、空调开关、空挡启动开关等。除此之外还有电源开关继电器、温度-时间开关及控制供给喷油器电流的电阻器等，如图 1-5 所示。继电器中有接通和断开汽油喷射装置总电源的主继电器和电动汽油泵用的电路断路继电器。

二、电控汽油喷射系统的工作原理

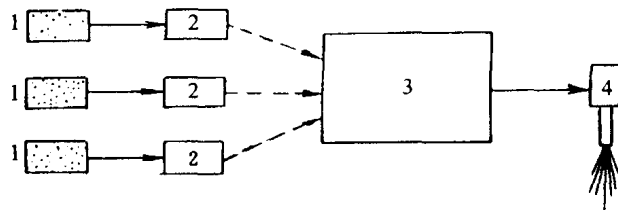
电控汽油喷射系统工作原理方框图，如图 1-6 所示。喷油器喷射到进气歧管中的汽油量，由喷油器喷孔的横断面面积，汽油的喷射压力和喷油持续时间来决定。为了便于控制，在实际的喷油控制系统中，喷孔的横断面面积和喷油压力都是恒定的，汽油的喷射量只取决



1—燃油滤清器；2—断路继电器；3—电动汽油泵；4—燃油压力调节器；5—冷启动喷油器；
6—节气门位置传感器；7—油箱；8—燃油压力脉动减振器；9—稳压箱；10—喷油器；
11—空气流量计；12—空气滤清器；13—点火线圈；14—主继电器；15—三元催化转换器；
16—氧传感器；17—真空限制器；18—温度时间开关；19—辅助空气阀；20—水温传感器；
21—点火开关；22—蓄电池；23—启动装置

图 1-5 电子控制系

于喷油持续时间。喷油器的喷孔由电磁阀来开闭，电磁阀的开启时刻(喷油开始时刻)和开启延续时间(喷油持续时间)的长短，由发动机的各种参数确定，这些是传感器将发动机各种非电量的工况参数(如转速、负荷、发动机冷却水及进气温度、空气流量、曲轴转角、节气门开度等)转变为电信号。把这些信号以信息形式送入电控单元(ECU)，再经电控单元转化为长短不一的电脉冲信号传到喷油器，控制喷油器打开时刻及延续时间长短，使之准确地工作。



1—发动机工作参数；2—传感器；3—电控单元；4—喷油器

图 1-6 电控汽油喷射系统原理方框图

EFI 系统的工作过程即是对喷油持续时间的控制过程。装用 EFI 系统的发动机具有良好的动力性、经济性，排放污染物大大降低，这都缘于对空燃比的精确控制。而这种空燃比的控制是通过对汽油持续喷射时间的控制来实现的。

ECU 通过绝对压力传感器(D 型 EFI)或空气流量计(L 型 EFI)的信号计量空气质量，并根据计算出的空气质量与目标空燃比比较即可确定每次燃烧所必须的燃料质量。

目标空燃比即实际充入汽缸的空气质量与燃烧所需要的燃料量的比值。根据空气质量和发动机转速计算出的喷油时间称为基本喷油持续时间。目标空燃比是在考虑了发动机的动力性、经济性、响应性、排气净化等因素之后决定的，它所要求的喷油时间与基本喷油时间有

差异,各种传感器检测冷却水温度、进气温度、节气门开度等与发动机工况有关的参数后,对基本喷油持续时间进行修正,确定最佳喷油持续时间,使实际喷油持续时间达到的燃烧效果接近由目标空燃比确定的喷油持续时间所达到的燃烧效果。

1. 同步喷射控制

(1) 启动喷油控制

启动时的基本喷油时间不是根据进气量(或绝对压力)和发动机转速计算确定的,这与发动机启动后的控制不同。

在发动机启动时,转速波动大,无论D系统中的绝对压力传感器还是L系统中的空气流量计,都不能精确地确定进气量及合适的喷油持续时间。因此,在启动时,ECU根据当时的冷却水温度,由内存的冷却水温-喷油时间图找出相应的基本喷油时间,然后进行进气温度和蓄电池电压修正,得到启动时的喷油持续时间。

在发动机转速低于规定值或点火启动开关(STA)接通,系统以任何方式喷射油时,喷油时间的确定都是由THW(水温传感器)信号查冷却水温-喷油时间图得出基本喷油时间,根据THA(进气温度传感器)信号对喷油时间作修正——延长或缩短。根据蓄电池电压相应延长喷油信号的持续时间,以实现喷油量的进一步修正,即电压修正。喷油器的实际打开时刻晚于ECU控制的打开的时刻,即存在时间的滞后,故喷油器打开的实际时间较ECU计算出的需要打开的时间短,致使喷油量不足,实际空燃比高于发动机要求的空燃比,混合气偏稀。蓄电池电压越低,滞后时间越长。ECU根据蓄电池电压延长喷油信号的持续时间,修正喷油量,使实际喷油时间更接近于ECU的计算值。

(2) 启动后的喷油控制

发动机转速超过预定值时,ECU确定的喷油信号持续时间满足下式:

喷油持续时间 = 基本喷油持续时间 × 喷油修正系数 + 电压修正值

其中,喷油修正系数是各种修正系数的总和。

① 基本喷油持续时间

D型EFI系统的基本喷油持续时间,可由发动机转速信号(N_e)和进气管绝对压力(PIM)来确定。

用于D系统的ECU内存一个三元脉谱图,它表明了与各种发动机转速和进气管绝对压力对应的基本喷油持续时间。

根据发动机转速信号和进气管绝对压力确定喷油量,是以进气量与进气管压力成正比为前提的,这一前提只在理论上成立。实际工作中,进气脉动使充气效率变化,进行再循环的废气量的波动也影响进气量测量的准确度。故由脉谱图计算的仅为基本喷油量,ECU还必须根据发动机转速信号(N_e)对喷油量做修正。

L型EFI系统的基本喷油时间由发动机转速信号(N_e)和空气量(V_s 信号)来确定。这个基本喷油时间是实现既定空燃比(一般为理论空燃比 $A/F = 14.7$)的喷射时间。

② 启动后各工况下喷油量的修正

在确定基本喷油时间的同时,ECU由各种传感器获得发动机运行工况信息,对基本喷油时间进行修正。

★ 启动后加浓 发动机完成启动后,点火开关由STA(启动)位置转到ON(接通点火)

位置，或发动机转速已达到或超过预定值，ECU 额外增加喷油量，使发动机保持稳定运行。喷油量的初始修正值根据冷却水温度确定，然后以一固定速度下降，逐步达到正常。

★ 暖机加浓 冷机时，燃油蒸发性差，为使发动机迅速进入最佳工作状态，必须供给浓混合气。在冷却水温度低时，ECU 根据水温传感器 *THW* 信号相应增加喷射量，由图 1-7 可见，水温在 -40°C 时加浓量为正常喷射量的两倍。暖机加浓还出现在怠速 (IDL) 信号接通或断开时。当节气门位置传感器中的怠速触点 IDL 接通或断开时，根据发动机转速，ECU 使喷油量有少量变化。

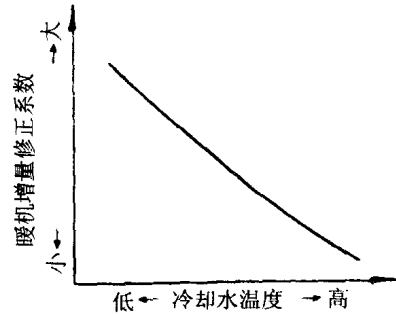


图 1-7 暖机加浓修正曲线

★ 进气温度修正 发动机进气密度随发动机的进气温度而变化。ECU 根据进气温度传感器提供的 *THA* 信号，修正喷油持续时间，使空燃比满足要求。通常以 20°C 为进气温度信息的标准温度，低于 20°C 时空气密度大，ECU 为增加喷油量做修正，使混合气不致过稀；进气温度高于 20°C 时，空气密度减小，ECU 使喷油量减少，以防混合气偏浓。增加或减少的最大修正量约为 10%，修正约在进气温度 -20°C 到 $+60^{\circ}\text{C}$ 之间进行。

★ 大负荷加浓 发动机在大负荷工况下运转时，要求使用浓混合气以获得大功率。ECU 根据发动机负荷增加喷油量。

发动机负荷状况可以根据节气门开度或进气量的大小确定，故 ECU 可根据绝对压力传感器/空气流量计、节气门位置传感器输送的 *PIM*、*Vs*、*PSW* 或 *VTA* 信号判断发动机负荷状况，决定相应增加的燃料喷射量。大负荷的加浓量约为正常喷油量的 10% ~ 30%。有些发动机大负荷加浓量还与冷却水温度信号 *THW* 相关。

★ 过渡工况空燃比控制 发动机在过渡工况下运行时 (即汽车加速或减速行驶)，为获得良好的动力性、经济性及响应性，空燃比应相应变化，即需要适量调整喷油量。

使 ECU 检测到相应工况的信号有：进气管绝对压力 (*PIM*) 或空气量 (*Vs*)、发动机转速 (*Ne*)、车速 (*SPD*)、节气门位置、空挡启动开关 (*NSW*) 和冷却水温度 (*THW*)。

★ 怠速稳定性修正 (只用于 D 系统) 在 D 系统中，决定基本喷油时间的进气管压力，在过渡工况时，相对于发动机转速将产生滞后。节气门以下进气容积越大，怠速时发动机转速越低；这种滞后时间越长，怠速就越不稳定，进气管压力变动，发动机扭矩也变动，由于压力较转速滞后，扭矩也较转速滞后，造成发动机转速上升时，扭矩也上升，转速下降时，扭矩也下降。

为了提高发动机怠速运转的稳定性，ECU 根据绝对压力 (*PIM*) 和发动机转速信号 (*Ne*) 对喷油量作修正。随压力增大或转速降低，增加喷油量；随压力减小或转速增高，减少喷油量。

(3) 断油控制

① 减速断油

发动机在高速下运行急减速时，节气门完全关闭，为避免混合气过浓、燃料经济性和排放性能变坏，ECU 停止喷油。当发动机转速降到某预定转速之下或节气门重新打开时，喷油器投入工作。冷却水温度低或空调系统投入工作需要增加输出功率时，断油和重新恢复喷油的转速较高。