

21世纪全国高职高专

汽车检测与维修专业教材

汽车电控系统原理与维修

张付军 主编

中国劳动社会保障出版社

版权所有

翻印必究

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车电控系统原理与维修/张付军编著. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2002

21世纪全国高职高专汽车检测与维修专业教材

ISBN 7 - 5045 - 3075 - 1

. 汽...

. 张...

. 汽车 - 电子控制系统 - 理论 - 高等学校: 技术学校 - 教材 汽车 - 电子控制系统 -
维修 - 高等学校: 技术学校 - 教材

. U472.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 001447 号

中国劳动社会保障出版社出版发行
(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

印刷厂印刷 新华书店经销

787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 10 印张 243 千字

2002 年 3 月第 1 版 2002 年 3 月第 1 次印刷

印数: 册

定价: 19.00 元

读者服务部电话: 64929211

发行部电话: 64911190

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

内 容 简 介

本书是高等职业技术学院汽车检测与维修专业的教学用书。

本书系统地介绍了汽车发动机电控系统的结构、原理和维修方面的专业知识。书的前七章内容包括电控燃油喷射系统、电控点火系统、怠速控制系统、排放控制系统等的常见结构、工作原理及电控系统部件的一些检修方法，并从整车的角度介绍了美、欧、日车系的典型汽油机电控系统。第八章重点介绍了发动机电控系统常见的故障征兆及常用的故障诊断方法和步骤，如故障树诊断法和故障码诊断法等。最后介绍了电控系统故障诊断的专用仪器的功能及使用方法。

本书的编写面向汽车检测与维修专业的工作实际，是高等职业技术学院汽车检测与维修专业的必备教材，还可供从事汽车设计、运用与维修工作的有关人员参考。

本书由张付军主编，葛蕴珊、郝利君、黄英参加编写。全书由汪长民教授主审。

编写过程中，编者参阅了大量的中外文资料，包括科技资料、教科书、论文等，在此对资料的编著者及提供者致以深深的谢意。由于编者水平有限，本书中难免有疏漏和不足之处，敬请读者批评指正。

前 言

我国高等职业技术教育是改革开放的产物，是社会经济发展对职业教育提出的更高层次的要求，是中等职业教育的继续和发展。为了进一步适应经济发展对高等技术应用型人才的需求，国家正在理顺高等职业教育、高等专科学校教育和成人高等教育三者（简称为高职高专教育）的关系，力求形成合力，将目标统一到培养高等技术应用型人才上来。

为了贯彻落实党中央、国务院关于大力发展高等职业教育、培养高等技术应用型人才的指示精神，解决高等职业教育缺乏通用教材的问题，劳动保障部教材办公室从1999年下半年开始，组织部分高校编写了“21世纪全国高职高专专业教材”。这套教材具有三大特点：为高等职业教育、高等专科学校教育和成人高等教育“三教”的整合与升级服务；体现高职高专教育以培养高等技术应用型人才为宗旨，使学生获得相应职业领域的职业能力；以专业教材为主，突出以应用技术、创造性技能和专业理论相结合为特色。目前我们已出版的高职高专专业教材有机械类、电工类和医学美容、汽车检测与维修、国际贸易、建筑装饰、物业管理等专业的教材，今后还将陆续开发计算机技术、电子商务、机电一体化、数控技术等10余个专业的教材。力争逐步建立起涵盖高职高专各主要专业，符合市场要求，满足经济建设需要的高职高专院校专业教材体系。

在本套教材的编写工作中，我们注意了以下两点：一是目标明确。立足于高等技术应用类型的专业，以培养生产建设、三产服务、经营管理第一线的高等职业技术应用型人才为根本任务，以适应经济建设的需求。二是突出特色。教材以国家职业标准为依据，以培养技术应用能力为主线，全面设计学生的知识、职业能力和培养方案，以“适用、管用、够用”为原则，从职业分析入手，根据职业岗位群所需的知识结构来确定教材的具体内容，在基础理论适度的前

提下，突出其职业教育的功能，力争达到理论与实践的完美结合，知识与应用的有机统一，以保证高职高专教育目标的顺利实现。

编写这套适用于全国高职高专教育有关专业的教材既是一项开创性工作，又是一项系统工程，参与编写这套系列专业教材的各有关院校的专家们，为此付出了艰辛的努力，谨向他们表示感谢。同时由于缺乏经验，这套教材难免存在某些缺点和不足，在此，我们恳切希望广大读者提出宝贵意见和建议，以便今后修订并逐步完善。

劳动和社会保障部教材办公室

2001年9月

目 录

第一章 绪论	(1)
§ 1—1 汽车电子技术发展简介.....	(1)
§ 1—2 电子控制系统的技术现状与发展趋势.....	(5)
§ 1—3 现代汽车维修的技术基础和手段.....	(8)
第二章 电控燃油喷射系统	(9)
§ 2—1 电控燃油喷射系统的类型.....	(9)
§ 2—2 电控汽油喷射系统的组成及工作原理.....	(11)
§ 2—3 L 型电控燃油喷射系统.....	(13)
§ 2—4 D 型电控燃油喷射系统.....	(36)
§ 2—5 单点电控燃油喷射系统.....	(37)
第三章 点火系统的电子控制 (ESA、EST)	(40)
§ 3—1 有分电器点火系统的电子控制.....	(40)
§ 3—2 无分电器点火系统 (DLI 或 DIS) 的电子控制	(48)
§ 3—3 爆震控制.....	(54)
第四章 发动机怠速控制系统	(58)
§ 4—1 怠速控制系统的组成.....	(58)
§ 4—2 怠速控制系统的执行机构.....	(59)
§ 4—3 怠速控制模式.....	(65)
第五章 发动机排气净化与排放控制	(70)
§ 5—1 三元催化净化装置.....	(70)
§ 5—2 废气再循环 (EGR) 控制	(75)
§ 5—3 汽油蒸发控制系统.....	(78)
§ 5—4 强制曲轴箱通风.....	(79)
第六章 发动机的辅助控制	(83)
§ 6—1 进气系统的控制.....	(83)
§ 6—2 自动巡航控制.....	(86)

§ 6—3 控制系统的故障自诊断及应急功能.....	(87)
第七章 典型汽车电子控制系统	(91)
§ 7—1 桑塔纳 2000 轿车电控燃油喷射系统	(91)
§ 7—2 上海通用别克轿车电控系统.....	(94)
§ 7—3 丰田汽车的 TCCS 系统.....	(102)
第八章 电控系统的故障诊断与维修	(109)
§ 8—1 电控系统使用、维修基本知识.....	(109)
§ 8—2 电控系统故障树诊断方法.....	(120)
§ 8—3 发动机电控系统的故障代码诊断方法.....	(130)
§ 8—4 汽车发动机的车载故障诊断 OBD -	(139)
第九章 常用故障诊断仪器与设备	(143)
参考文献.....	(149)

第一章 绪 论

§ 1—1 汽车电子技术发展简介

一、概述

汽车电子技术是汽车技术与电子技术相结合的产物，它与汽车工业和电子工业的发展紧密相连。

在 20 世纪 50 年代，汽车上最初采用的电子仪器是收音机。自 1955 年晶体管收音机问世后，采用晶体管收音机的汽车迅速增加。

20 世纪 60 年代初期，开发了交流发电机用整流器，通过使用硅二极管，车用发电机改直流为交流。交流发电机结构紧凑、故障少、成本低。1960 年，美国克莱斯勒汽车公司和日本的日产汽车公司开始采用硅二极管整流的交流发电机。此后不久，车用发电机的交流化迅速推广到全世界。

此后，出现了最早的电子点火装置。

1967 年由德国波许（Bosch）公司研制成功了 D 型电子燃油喷射系统，随后又开发了 L 型电子燃油喷射系统。采用电子电路控制喷油器的喷油量，与化油器相比，具有明显的优越性。随着时间的推移，电子燃油喷射技术日渐成熟，又被美国、日本等国家广泛采用。

进入 20 世纪 60 年代以后，汽车工业发展迅速，汽车造成的大气污染日趋严重。因此，汽车排放污染问题日益受到人们的关注。美国加利福尼亚州在 1960 年首先制定了世界上第一个汽车排放污染限制法规，并规定从 1965 年 7 月开始执行。随后，美国于 1968 年颁布了联邦排放法规。继美国之后，日本、欧共体国家相继效仿制定出类似排放法规。在 20 世纪 70 年代，还发生了 1973 年和 1979 年的两次石油危机，燃油价格大幅度上涨。1978 年美国颁布了联邦燃油经济性法规，以限制汽车的耗油量。接着，又出现了防止汽车事故的安全法规。随着时间的推移，这些法规不断进行修改，其标准越来越严格。由于这些法规的出现，使各国汽车厂家无不感到压力，既要保证发动机的动力要求，又要降低发动机的油耗，还要满足排放法规的要求，为此在汽车行业展开了激烈的竞争与角逐。此时，他们感到采用传统的常规方法已无能为力，必须采用更先进的手段，值得庆幸的是进入 20 世纪 70 年代，电子工业有了长足的进步，集成电路技术得到了飞速的发展。1973 年，Intel 4 位 CPU I4004 和 8 位 CPU I8008 相继问世；1975 年，8 位单片集成的 CPU I8048 问世；1976 年，16kB 内存 RAM 问世；1978 年，64kB 内存 RAM 问世；1979 年，16 位 CPU I8086 问世。电子工业的迅速发展，特别是集成电路、大规模集成电路和超大规模集成电路的出现，为汽车电子技术的发展提供了坚实的保障。在这样的历史背景下，形成了 20 世纪 70 年代汽车电子技术百花齐放的蓬勃发展的局面。表 1—1 列出了这一时期发动机电子控制技术发展的一些情况。

表 1—1

20 世纪 70 年代发动机电子控制技术发展情况

年 份	发 展 情 况
1970	五十铃汽车公司采用 Bosch D 型电子燃油喷射系统
1971	丰田、日产汽车公司先后推出电子燃油喷射系统
1972	通用汽车公司推出 Monolithic IC 电子点火系统
1973	大众汽车公司采用 Bosch L 型电子燃油喷射系统
	通用公司推出高能点火系统 (HEI)
1974	丰田汽车公司推出半导体点火系统
1975	克莱斯勒公司推出模拟式微机电子控制点火系统
1976	通用公司推出数字式微机电子控制点火系统 (MISAR)
1977	福特汽车公司推出 EEC - 发动机电控系统
	通用汽车公司推出爆燃控制系统
1978	福特汽车公司推出 EEC - 发动机电控系统
	日产汽车公司推出电子化油器
1979	福特汽车公司推出 EEC - 发动机电控系统, 之后又推出单点喷射 CFI 的电控系统
	通用汽车公司推出电子化油器, 之后又推出单点喷射 TBI 电控系统
	日产汽车公司推出 ECCS 发动机电控系统
1980	通用汽车公司推出无分电器电子点火系统, 之后又推出带停缸控制的电喷系统
	丰田与日产汽车公司相继推出爆震控制, 丰田汽车公司还推出 TCCS 发动机控制系统

进入 20 世纪 80 年代, 微机技术有了更长足的发展, 继 1983 年 Intel 16 位单片机 8096 问世后, Motorola 公司又于 1984 年和 1987 年分别推出了 32 位单片机 MC68020 和 MC68030。与此同时内存芯片也从 1983 年的 256kB 增长到 1988 年的 4MB RAM。微机字长、速度和内存容量的增加, 使控制系统可以承担更多的实时控制任务, 因而控制系统的功能不断扩大, 逐步形成了发动机管理系统, 甚至是整车管理系统。在发动机控制方面, 以 EFI 为核心的汽油机电控技术的应用得到迅速普及, 同时控制系统本身也不断得到提高和完善, 在这一阶段中最显著的特征就是为满足严格的排放法规的要求, 三元催化转换器 (TWC) 和以氧传感器 (EGO) 为反馈信号的闭环控制系统得到广泛的应用。而且在控制方法方面出现了自适应和自学习的控制方法。

进入 20 世纪 90 年代后, 汽油机电控技术迎来了它的另一个发展阶段。由于排放法规要求更加严格, 排放控制技术发展的步伐也越来越快。排放法规的日趋严格对汽油机电控系统提出了更严格的要求, 这些要求不仅使汽油机电控系统的结构组成、控制功能发生变化, 而且也促进了控制系统的内在变化, 即控制方法、控制策略的变革, 现代控制理论和智能控制理论得到应用。另一方面, 汽车电子技术的发展反过来又对电子技术的研发提出了更高的要求, 使控制系统的硬件表现出下列发展趋势:

1. 大量的汽车专用集成电路 ASIC 不断应用。这些专用集成电路的最大特点是以相当高的性能价格比满足某些特殊需要, 如无分电器点火系统模块、电子仪表等。

2. Smart Sensor 的应用。Smart Sensor 就是利用集成电路技术，将各种传感器元件和信号的接口电路（包括缓冲、滤波、放大、调整、温度补偿、线性化等）合为一个集成的传感器，如目前汽车上的空气流量计、进气压力传感器等。

3. Smart Power 的应用。它是一种对微处理器信号进行放大、隔离、D/A 转换等处理后，驱动执行机构完成某种特定操作的集成功率器件。一般在汽车用的 Smart Power 上还集成有过载、过压保护和高温关断以及自诊断功能的电路，使系统自诊断能力大大增强。

上述硬件电路的应用使控制系统的元器件数量大大减少，减低了成本，提高了系统的可靠性，并且使控制系统的精度和环境适应性得到极大的改进。

目前，美国几乎 100% 的轿车都采用了电子控制；日本、欧洲紧追其后，电子控制的轿车均超过了 50%。

二、电子控制点火的发展

汽车电子控制装置开发得最早、最主要的部分是从发动机控制开始的。而发动机的电子控制技术又首先是从点火系控制开始的。

最早出现的是晶体管辅助触点点火系 TI - B (Breaker - Triggered Transistorized Ignition)。这种点火系仍采用断电触点产生的电流脉冲，但是通过触点的只是晶体管基极的控制电流，这一电流经功率晶体管放大后作为点火线圈的初级电流，再引起高压的点火电流。TI - B 系统有效延长了断电触点的寿命和可靠性，并增强了点火能量。后来在这种点火系统的基础上，断电触点被霍耳效应式或磁电式的传感器所取代，出现了所谓的无触点电子点火系统 TI - H。在晶体管点火系统中分电器分电作用和点火提前角的控制机构仍然存在。

随后出现了半导体点火系统 SI (Semiconductor Ignition)，将触发信号的传感器装在曲轴前端（或凸轮轴两端），它仍然是采用霍耳效应式或磁电式的传感器产生触发信号，并通过专门的点火模块将毫安级的信号进行整形、放大。SI 点火系统的控制器一般均配置了单片机或微机，根据输入的空气温度、进气温度、水温、转速和负荷，决定最佳点火时刻和点火能量，系统中往往还具有对初级回路闭合角控制的功能。

SI 系统实际上是电子点火系最先采用微机控制的单独控制系统，现在仍然在某些经济型轿车上使用。不少采用集中控制的轿车上也仍然使用带分电器的 SI 系统。

随着发动机电控技术的发展，出现了无分电器的点火系 DIS。这种点火系取消了任何机械装置，没有任何运动件，直接由点火控制器输出多个脉冲电流，驱动几个点火线圈直接向各汽缸火花塞输出高压电脉冲。这种点火系目前在汽车上得到了广泛的应用。

三、电子燃油喷射系统的发展

汽车电子控制燃油喷射技术从研制到广泛应用大约经历 20 年的时间，所经历的过程可分为四个阶段，即机械控制燃油喷射系统、真空管电子控制燃油喷射系统、晶体管分立件模拟电子控制燃油喷射系统和微机控制数字电子燃油喷射系统。

1. 机械控制燃油喷射系统

燃油喷射系统是在 1930 年针对航空发动机的需要而开始研制的。第二次世界大战后期，燃油喷射装置被应用于军用航空发动机上。当时之所以在飞机发动机上装用汽油喷射装置，主要是由于浮子式化油器不适应飞机战斗姿势的要求，或者是要排除化油器结冰的故障，故采用燃油喷射装置。

由于当时成本很高，汽车使用燃油喷射装置只能装用在性能要求很高的赛车上，直到

1950年大多数赛车才装用燃油喷射装置。1950年至1953年高尔夫和福特两家公司在2缸2冲程车用发动机上采用了机械汽油喷射装置。1957年，德国奔驰公司在四冲程发动机上首先采用了机械燃油喷射装置；1958年在奔驰200SE型汽车上采用机械式进气管喷射系统，它采用的是分组喷射方式，启动时由启动阀和温度时间开关控制，装有根据冷启动、暖机时燃油与空气流量、进气温度和大气压力来调整混合气空燃比的补偿装置。由此，确立了现代汽车燃油喷射技术的应用基础。

2. 真空管电子控制燃油喷射系统

1957年BENDIX公司研制电子控制汽油喷射系统，1957年向世界公布了研制成果，并引起世界主要汽车生产厂家的高度重视。

采用机械控制喷油系统后有效地提高了发动机的输出功率和发动机的转矩，但是，机械燃油喷射装置需要在原发动机上加装一个喷油泵，因此，不得不对发动机进行改造，给实际应用带来许多麻烦，同时，对空燃比的控制精度也比较低。

1957年以前，由于晶体管刚发明不久，因此在汽车上的应用存在可靠性低的问题。BENDIX公司研制电子燃油喷射系统的初期只能采用真空管，由此带来体积大和笨重的缺陷，也限制了电子燃油喷射系统的大量普及和进一步商品化。当时电子燃油喷射装置仍然只能在赛车上使用。

3. 晶体管分立件模拟电子控制燃油喷射系统

1962年，晶体管已从锗管向硅管发展，此时晶体管的价格和可靠性也适宜应用于汽车上。从1962年开始，德国波许公司着手开发晶体管分立件模拟电子燃油喷射系统，并于1967年推出D型电子燃油喷射装置。该装置具有良好的空燃比控制精度和极大地减少排气污染的优点，并达到实用化的程度。随后波许公司又研制成功了比D型更先进的L型电子燃油喷射系统，并完全替代了D型产品。

4. 微机控制数字电子燃油喷射系统

进入20世纪70年代，电子技术由晶体管向集成电路发展，由此迎来了微型计算机时代，即汽车电子技术从模拟时代进入数字时代。1976年美国通用汽车公司首先公布了运用微机进行汽车电子燃油控制技术的成果，并推出了体积小、控制精度高、质量可靠的产品。从此开创了微机控制电子燃油喷射系统发展的新时代。首先是空燃比控制技术的提高，对空气流量的测量，由速度-密度法发展到用空气流量计直接测量；从开始利用翼片式、卡门涡旋式等空气流量计，到1981年推出的热线式空气质量流量计；同时发展了利用氧传感器作为反馈信号的空燃比闭环控制技术。

汽油喷射是从进气道多点喷射MFI (Multipoint Fuel Injection) 发展起来的，并向多点顺序喷射SFI (Sequential Fuel Injection) 方式进化；同时，进气道单点喷射SPI (Single Point Injection) 系统研制成功，SPI的性能介于多点喷射和化油器之间，大大优于化油器，且结构简单，价格便宜，所以直到今天仍具有一定的生命力。

随着对汽车节能和排气净化要求的提高，采用独立喷射方式的稀薄燃烧系统出现，1984年丰田稀薄燃烧系统(T-LCS)投放市场。另外，20世纪50年代曾经研究过的缸内直喷技术又重新成为研究的热点，日本、欧洲和美国都推出了不少方案，如日本三菱公司开发的汽油缸内喷射(GDI)发动机平均油耗比传统内燃机低30%，排气中的有害物质仅为后者的十分之一左右。

§ 1—2 电子控制系统的技术现状与发展趋势

人们对汽车动力性、经济性、排放标准、安全性以及舒适性等要求的不断提高，促进了汽车电子控制系统控制器功能的不断提高，而控制器功能的发展与电子技术的发展又密切相关。微机技术的迅速发展为汽车电子技术的改善提供了条件，控制器由最早的单独控制方式逐步发展到集中控制方式，再从发动机的集中控制发展到动力系统（含发动机与变速箱）以至整车的集中控制。

20世纪60年代后期到70年代，汽车电控系统多采用模拟电路的ECU（电子控制单元），单独对汽车某一系统，如燃油喷射系统、点火系统等进行控制。由于在采用模拟电路的ECU控制系统中，如果要增加控制功能，就必须增加与实现该项功能控制逻辑相应的电路，这样必然会使ECU的体积增加很大，对于安装空间有限的汽车来讲很不适用。所以这一时期的汽车电控系统多采用一个ECU控制汽车的一个系统的单独控制方式。

采用单独控制系统很难实现对汽车全面的综合控制。多个系统用多个ECU，而同一种信号几个控制系统ECU都需要时，则必须同时配备几个相同的传感器，这必然造成结构、线路复杂，成本高，维修困难，控制效果差。

随着电子技术的飞速发展，用于汽车电控系统的ECU由于采用了数字电路及大规模集成电路，其集成度越来越高，微处理机速度的不断提高和存储容量的增加使其控制功能大大增加，并具有各种备用功能。另外，与汽油喷射控制、点火控制及其他控制系统相关的各种控制器，由于所用的传感器很多都可通用，如水温传感器，进气温度传感器，负荷、车速（转速）传感器等，因此利用控制功能集中化，就可以不必按功能不同设置传感器和ECU，而是将多种控制功能集中到一个ECU上，不同控制功能所共同需要的传感器也就只设置一个。这种控制系统就叫做集中控制系统。

发动机的控制系统由单一的控制功能发展成为集点火、喷油、怠速等功能于一身的集中控制系统。在集中控制系统中，各种信号由不同的传感器产生后，为各种控制功能共享，在控制系统的内存中控制策略包含了所需要的各种控制功能。控制器在执行各种控制命令时，不仅可以共享信息，而且可以保证各种控制功能间的有机协调。这样大大简化了系统的结构，提高了可靠性。另外，随着微处理器速度、容量的不断扩大，现代控制系统的功能几乎包括了发动机的所有系统和部件，甚至还涉及了发动机外的其他汽车部件的控制功能，形成了所谓的发动机管理系统。现代发动机控制系统几乎全是集中控制系统。

在除发动机以外的其他汽车零部件上，最先应用电子技术的汽车公司是福特公司。1970年，其开始应用电子控制防滑（防抱死）装置，随后有了电控变速器。

随着微机速度和容量的一再提高、增大，有可能用一个控制器完成整个车辆不同系统的控制。首先发展到动力总成（Powertrain）的集中控制，随之扩大到整车其他功能的集中控制。集中控制系统要求其中的控制器功能强大，除了其中的输入、输出线路复杂外，对微机的速度和容量亦要求很高。如福特公司的EEC-系统，微机CPU为16位Intel 8061，频率为15MHz，相当于7万个晶体管，内存用8361，相当于8.5万个晶体管。通用公司别克轿车用的PCM控制器，采用32位的Motorola 68332为CPU芯片，仅用于发动机和变速器控制软件和标定用的内存就达到512kB。

近年来，车用电子装置越来越多。驾驶辅助装置、警报安全装置、提高舒适性的装置、通讯、娱乐装置等等，相继采用了电子技术装置。这些装置的采用，对环保、节能、提高运行安全性和汽车综合性能具有重要的意义。表 1—2 给出了整车集中控制的各种功能。随各公司具体产品的不同，这些功能各有取舍，形成多种类型的控制系统。如有的车型将发动机控制系统与自动变速控制系统共用一个 ECU 控制，有的车型则各自用一个 ECU 控制；大多数车型点火控制均由发动机燃油系统 ECU 控制，但有的车型则单独由点火 ECU 控制；大多数车型怠速控制是由发动机 ECU 控制。发动机 ECU 往往集中了较多的控制功能，故又称做主 ECU。

上述各控制系统，既独立地执行相应的控制功能，相互间又必须在极短的时间内交换大量的信息资料，如转速、负荷、车速等。所以现代汽车微机控制系统是一个十分复杂的综合控制系统，其配线也极其复杂。近年来有的厂家已开发出一种总线系统，使信息交换迅速进行，信息量也极大，并可同时提供与所有系统有关的许多信息，使控制系统配线大大简化。

表 1—2 整车集中控制系统的功能

发动机控制	电控燃油喷射 (EFI)	喷油脉宽
		喷油定时
		断油控制
		燃油泵控制
	点火控制 (ESA)	点火提前角控制
		初级回路断电时间控制
		爆震控制
		电子配电控制
	怠速转速控制	启动、暖机、稳定怠速时空气量控制
	排放控制	EGR 控制
		氧传感器及催化转换器
		CO 控制 (VAF)
		二次空气喷射
		活性炭罐控制
	进气系统控制	可变进气谐振控制
		可变进气涡流控制
		增压压力控制
	警告提示	废气涡轮指示灯
		催化转换器过热
机油压力		
在线自诊断		
自适应学习控制		
备用功能与失效保护		

传动系控制	自动变速器	挡位控制
		换挡感觉
		变矩器闭锁控制
	防滑差速器 (ASD) 与加速防滑系统 (ASR)	
	牵引力控制	
	多路传动控制	
行驶、制动、转向系控制	防抱死制动系统 (ABS)	
	悬架控制系统 (TEMS)	
	恒速/加速/怠速控制	
	动力转向/车速感应稳定系统	
安全保障与仪表警报	电子仪表	数字显示
		时钟
		指南针
		旅行计算器
		CRT 显示
		保护监视提示
	雷达防撞装置	
	安全气囊	
	防盗系统	
	安全带	
	照明系统控制与监测	
电源系统	发电机电压调节	
	过压保护	
舒适性	空调系统	
	门窗自动关闭	
	座椅调节	
	遥控中央门锁	
娱乐通信	汽车音响系统	
	通信系统	
	自动导航	
智能汽车	智能化用户终端	
	全球定位	
	自动导航	
	系统自维护与故障排除	
	自适应/自学习车辆	

§ 1—3 现代汽车维修的技术基础和手段

现代汽车微机控制系统是一个很复杂的机电一体化综合控制系统。在诊断故障时，首先要系统全面地掌握整个系统的结构、原理和电气线路，并要掌握诊断的基本方法和步骤。一般来讲，如果要诊断排除一个可能涉及电控系统的发动机故障，应先按发动机没有电控系统那样，检查可能引起该种故障的各种原因。如果仪表盘上的“检测发动机”等警示灯点亮，则应按厂家规定的程序调取故障码，进行检查。如果发现发动机有故障，而警示灯并未点亮，或故障码未显示，就应该像发动机没装电控系统那样，按照基本诊断程序进行检查。否则，遇到一个本来与电控系统无关的简单故障，却去检查电控系统的传感器、执行器和控制电路，就会走不必要的弯路，而不能及时排除故障。

装有电子控制燃油喷射装置的发动机对不同工况的需求由计算机来控制完成，它工作不良的原因较复杂。快速准确地诊断发动机电控系统的故障，是正确维修电控发动机的前提，也是维修技术的重要组成部分。发动机电控系统的故障诊断方法很多，电控系统的故障诊断，可通过一般方法和调取故障码的方法，但上述方法只能对汽车的一般故障或电控系统故障的大致范围和原因进行提示。因为一个故障码的出现，可能是由于某一元件的故障引起，也可能是由于该元件的配线故障引起，也可能是由于电脑本身故障所造成，还可能是由于其他有关系统的故障所引起的。因此最终诊断和排除故障，还必须通过各种仪器和专用设备，检测和读取有关资料和数据，进行分析比较，最后确定故障原因并加以排除。有时还必须通过专门仪器，模拟有关传感器控制元件的信号，采用置换对比的方法去判断是传感器或元件本身的故障还是线路或电脑本身的故障。所以，在现代电控汽车的检测诊断中，掌握仪器设备的正确使用，进行数据分析是十分重要的。

由于现代电子技术，尤其是大规模集成电路和微处理机技术、自动控制技术和高精度传感器技术、微机控制的调节装置在汽车上的应用已越来越广泛，汽车上的电子设备日益增加，因此汽车电子检测诊断设备也必然要有相应的发展，如微机发动机综合检测仪、OBD - II 随车电脑诊断系统等电子检测仪器设备相继问世，并应用于实践。总之，根据汽车的发展方向和特点，国内外各种检测诊断仪器设备的发展呈现出如下特点：

一是向更高灵敏度、分辨率、精确度，更快的节奏和更复杂的流程发展，采用大屏幕的数字、图像显示技术，可获得各种清晰的数据、代码、波形等等。这无疑是现代仪器仪表的发展方向。

二是向多功能、综合化、智能化方向发展。如微机发动机综合检测仪器，可在汽车不解体的情况下，不仅对汽油发动机（传统点火或电子点火），还可对柴油发动机的很多参数进行自动检测，具有完备的查询、统计、报表功能；可以将检测结果按需要存储、重显和打印输出；可调出标准的异响波形与实测波形进行比较、分析等等。

三是向自动、微型、便携式方向发展。近年来国内不少发动机综合测试仪向小型化、使用方便和适用多车型方向发展。如汽车电控系统检测仪，能自动进行动态数据流测试，自动清除故障码，可进行全车故障检测，且体积小，操作简便，甚至制成多功能便携式仪器。这些检测仪器无疑给汽车的维修、诊断与检测工作带来极大的方便。

第二章 电控燃油喷射系统

§ 2—1 电控燃油喷射系统的类型

电控燃油喷射系统可以按喷油器安装位置、空气量检测方式、控制方式等进行分类，以下是几种常见的分类方式。

一、喷油器安装位置

按照喷油器安装位置的不同，电子控制汽油喷射系统可以分为单点喷射（SPI）、多点喷射（MPI）及缸内直接喷射三种形式，见图 2—1。

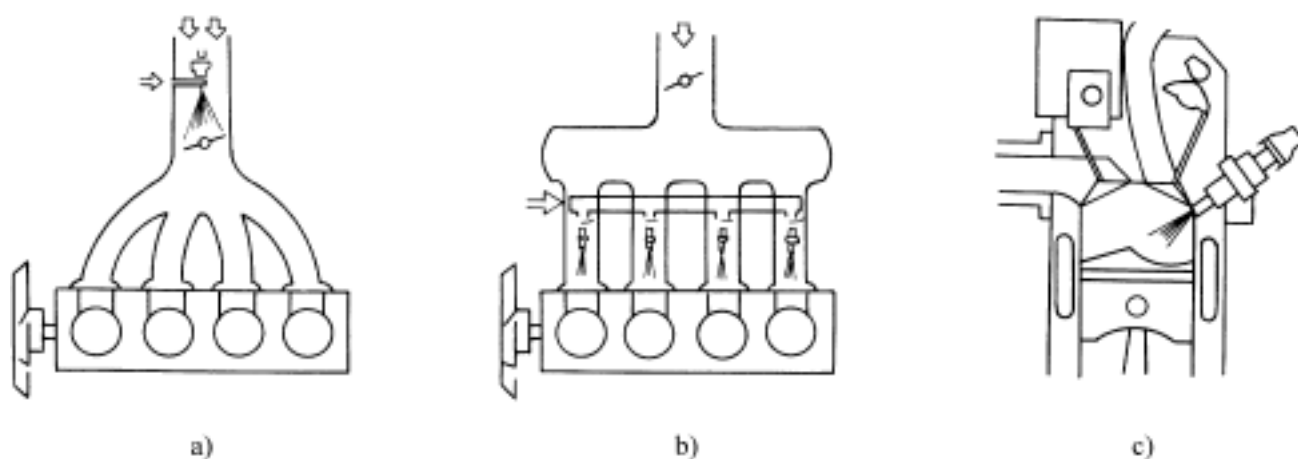


图 2—1 单点喷射（SPI）、多点喷射（MPI）与缸内直接喷射

a) 单点喷射 b) 多点喷射 c) 缸内直接喷射

单点喷射系统是在进气管节气门体上方安装一个中央喷射装置，用一到两只喷油器集中喷射，汽油喷入进气气流中，与空气混合后由进气歧管分配到各汽缸中。单点喷射系统又称为节气门体喷射（TBI）或中央燃油喷射（CFI）系统。

多点喷射系统是在每缸进气口处安装一只电磁喷油器，由电子控制单元控制按照一定的模式进行喷射，多点喷射的模式还可以进一步分为三种：

1. 同时喷射

由 ECU 控制所有汽缸的喷射器同时喷射，喷射的频率根据发动机运行工况的不同，可以是一个工作循环喷油一次，也可以喷油两次或者四次。

2. 分组同时喷射

将所有汽缸分成两组，发动机每转一转只有一组喷射，各组轮流进行喷射。

3. 顺序喷射

各缸分别按照各自的喷油正时，每次循环喷油一次。

以上三种模式中，后两种模式，尤其是顺序喷射，可以保证按照发动机各缸的进气行程同步进行喷射，有利于燃油的蒸发及与空气的混合；同时，由于其控制的实时性强，使空燃比的

控制更加精确，有利于提高汽油机的动力性并可改善排放性能。但是顺序喷射会导致喷油器驱动电路的增加及 ECU 软件、硬件设计的复杂化，对微处理器的性能要求更高，使电子控制系统的成本增加，所以过去一般只用于排量较大的轿车发动机，以获得较好的动力性。

MPI 及 SPI 两种喷射方式均属于进气管喷射，汽缸内直接喷射则是将燃料直接喷入汽缸内。缸内直接喷射的喷油压力可达 5.0MPa 以上，对控制系统软件、硬件的要求较高，必须以顺序喷射模式工作，成本较高，还存在排放问题。目前世界上只有极少数采用汽油直接喷射的轿车产品。

二、空气量检测方式

电控汽油喷射系统能否正确将空燃比控制在所要求的范围内，决定了发动机动力性能、经济性能、特别是排放性能的优劣。而汽油机空燃比的控制是采用调整与进气量相匹配的供油量实现的，因此进气空气流量的测量是控制空燃比的基础。

发动机进气空气量的测量方法可以分为直接测量和间接测量两种。

1. 直接测量

直接测量法采用空气流量计直接测量吸入的空气量，采用这种方式的电子控制汽油喷射系统称为质量流量方式的电子控制汽油喷射系统。

2. 间接测量法

常用的间接测量方法有速度密度和节流速度两种方式。

(1) 速度密度方式

速度密度方式是利用发动机转速和进气管绝对压力，推算出每一循环吸入发动机的空气量，根据算出的空气量计算汽油的喷射量。

(2) 节流速度方式

节流速度方式利用节气门开度和发动机转速，推算每个循环吸入发动机的空气量，根据推算的空气量计算汽油的喷射量。该方法具有响应性好的特点，但由于开环控制系统测量精度相对较低，对批量生产中的产品差异及随时间推移而产生的磨损比较敏感，因此应用不多。

三、控制方式

电子控制燃油喷射有开环控制和闭环控制两种控制方式。

1. 开环控制

开环控制是根据实验确定发动机各种运行工况的最佳供油参数，事先存入计算机，形成所谓的控制 MAP 图。发动机运行时，计算机根据各个传感器的输入信号，判断发动机所处的运行工况，计算出最佳供油量，经功率放大器控制电磁喷油器的喷射时间，从而精确控制混合气的空燃比，并按事先设定在计算机中的控制规律工作。

开环控制结构简单，响应快，但是其控制精度完全依赖于控制 MAP 图制取的精度。当传感器、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的变化时，原 MAP 图的精度对于不同的产品就会产生差异，从而影响控制精度，使混合气的空燃比偏离预定值。

2. 闭环控制

闭环控制是指在排气管内加装氧传感器，根据排气中含氧量的变化，对进入汽缸内的可燃混合气的空燃比进行测量，并不断与设定值进行比较，根据比较结果修正喷油量，最终将空燃比控制在设定值的附近。