

面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果

电控汽油发动机

DIANKONG QIYOU
FADONGJI
YUANLI YU WEIXIU

原理与维修

凌凯汽车资料编写组 组编
陈建波 主编



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果

电控汽油发动机 原理与维修

DIAN KONG QI YOU FA DONG JI
YUAN LI YU WEI XIU

凌凯汽车资料编写组 组编

主 编：陈建波

参 编：郭斌峰 于海平 蔡永红 陈 波
蔡志乾 斯方国 徐银泉 黄辉镀
冀冠慧 覃业燕 范海燕



YZLI0890122719

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书分为汽油发动机电控系统简述、空气供给系统原理与维修、燃油供给系统原理与维修、喷射控制系统原理与维修、电子点火系统原理与维修、怠速控制原理与维修、进排气控制系统原理与维修及故障自诊系统原理与维修八大课题进行讲述。本书图文并茂,通俗易懂,将复杂的理论融入到实践中,有助于学生的理解。本书适合做高等院校的教材。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电控汽油发动机原理与维修 / 陈建波主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2011.6

ISBN 978-7-5640-4306-3

I. ①电… II. ①陈… III. ①汽车-电子控制-发动机-理论-高等学校-教材 ②汽车-电子控制-发动机-车辆修理-高等学校-教材
IV. ①U464.171 ②U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 029519 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京高岭印刷厂

开 本 / 710 毫米×1000 毫米 1/16

印 张 / 12.5

字 数 / 213 千字

版 次 / 2011 年 6 月第 1 版 2011 年 6 月第 1 次印刷

印 数 / 1~1500 册

定 价 / 29.00 元

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

随着汽车工业和电子技术的飞速发展，汽车电控系统越来越完善，也越来越先进，而且不同车型装备的发动机电控系统差异较大，这对汽车维修人员的技术水平提出了更高的要求。为了使高等学校及有关技术人员能更全面地、系统地掌握有关汽车发动机电控技术的知识，我们特编写了这本教材。本书以任务驱动教学法为主线，以“适用、够用”为指导，以培养应用型技能人才为目标，以理论与实践一体化教学为手段，重点突出岗位能力的培养。

本书共有8个课题，主要介绍了汽油发动机电控系统的发展、分类及组成；空气供给系统、燃油供给系统和喷射控制系统的组成、工作原理、各传感器与执行器件的结构和检测、维修方法；电子点火系统、怠速控制系统、进排气控制系统的组成、工作原理、检测和维修方法；还介绍了检测电控系统必须具备的自诊断系统知识和维修专用仪器设备的操作使用方法。本教材引入大量的故障排除实例，介绍电控汽油发动机常见故障的诊断方法和维修思路。

本书图文并茂，通俗易懂，在每课题前有学习任务，课题后有任务小结及思考与练习题，不仅使在校学生能在教师的指导下容易了解汽车汽油发动机电控系统的基本组成，掌握其工作原理、常见故障诊断与检修等常识，而且也使自学的汽车维修人员较易掌握学习重点。本书除适用于高等学校汽车类专业教学用书外，还可以作为从事汽车维修专业的工程技术人员、汽车维修技术工人和汽车爱好者的自学用书。

由于编者水平所限，书中不妥和错误之处，敬请读者指正。

编 者

目 录

汽油发动机电控系统简述

→ 课题一 1

任务一 发动机电控系统的发展及功能介绍 1

任务二 发动机电控汽油喷射系统的分类 6

- 一、按控制方式分类 6
- 二、按喷射部位不同 8
- 三、按喷射控制方式 9
- 四、按喷油方式 11
- 五、按进气量检测方式 12

任务三 发动机电控系统的组成 14

- 一、电子控制单元 (ECU) 15
- 二、传感器 19
- 三、执行器 20

课题小结 22

思考与练习 22

空气供给系统原理与维修

→ 课题二 24

任务一 空气供给系统的组成 24

任务二 空气流量计与绝对压力传感器结构原理与检修 25

- 一、翼片式空气流量计 25
- 二、卡门旋涡式空气流量计 28
- 三、热线式空气流量计 31
- 四、热膜式空气流量计 33
- 五、进气歧管绝对压力传感器 39

任务三 进气系统其他部件结构原理与检修 42

- 一、电子节气门 42
- 二、节气门位置传感器 43
- 三、进气温度传感器 48

课题小结 50

思考与练习 50

燃油供给系统原理与维修

→ 课题三 52

任务一 燃油供给系统组成 52

- 一、组成 52
- 二、原理 53
- 三、燃油供给系统燃油压力检测 54

任务二 燃油供给系主要部件 56

一、燃油箱	56
二、电动燃油泵	57
三、燃油滤清器	66
四、燃油压力调节器	69
五、脉动阻尼减振器	73
六、喷油器	73

课题小结	87
思考与练习	87

喷射控制系统原理 与维修

→课题四 88

任务一 EFI控制系统组成 88

一、组成示意图	88
---------	----

任务二 主要传感器及开关信号单元 90

任务三 电子控制单元 (ECU) 97

任务四 EFI控制系统原理 103

一、喷油正时控制	103
二、喷油量控制	105
三、断油控制	109

课题小结	112
思考与练习	112

电子点火系统原理 与维修

→课题五 114

任务一 电控点火系统的组成和类型 114

一、组成	114
二、类型	116

任务二 电控点火系统的控制原理 122

一、点火提前角控制	122
二、通电时间控制	125

任务三 爆震控制 126

课题小结	131
思考与练习	131

怠速控制系统原 理与维修

→课题六 133

任务一 怠速控制系统的功用与组成 133

一、功用	133
二、组成	133

任务二 怠速控制系统的类型、怠速控制过程及电路 135

任务三 节气门直动式怠速控制系统 139

任务四 怠速控制系统的检修···140

一、怠速控制系统的检修·····141

课题小结·····150

思考与练习·····150

进排气控制系统 原理与维修

→课题七 152

任务一 进气控制系统·····152

一、电控动力阀控制系统·····152

二、电控进气惯性增压控制系统
(ACIS)·····153

三、谐振进气系统·····155

四、废气涡轮增压控制系统·····156

五、可变配气相位控制系统 (VTEC)
·····157

六、可变进气歧管·····159

任务二 排放净化控制介绍·····161

一、汽车排放污染的来源及控制···161

任务三 燃油蒸气与窜缸废气排放控制 (闭环控制)·····165

一、曲轴箱强制通风系统 (PCV)···165

任务四 尾气排放净化控制·····167

一、三元催化转换系统 (TWC)···167

二、二次空气供给系统·····170

课题小结·····173

思考与练习·····173

故障自诊系统 原理与维修

→课题八 175

任务一 失效保护与应急备用系 统·····175

一、功用·····175

二、失效应急设定的标准信号·····175

三、应急备用系统工作原理·····176

任务二 故障自诊断系统·····178

一、组成和功用·····178

二、工作原理·····178

三、故障码、故障与故障症状之间的关
系·····179

四、故障自诊断系统的使用·····179

课题小结·····188

思考与练习·····188

→参考文献 190



课题一 汽油发动机电控系统简述

○ [学习任务]

1. 了解发动机电控系统的发展过程。
2. 了解发动机电控系统的优点。
3. 了解发动机电控系统的组成部分。
4. 了解发动机电控系统的分类。

○ [技能要求]

1. 熟悉发动机电控系统控制单元及输入与输出装置的外形与安装部位。
2. 掌握发动机电控系统的基本组成。
3. 了解单点喷射系统与多点喷射系统的构造区别。

任务一 发动机电控系统的发展及功能介绍

1967年,由BOSCH公司开发的D-Jetronic电控燃油喷射系统投入使用,在此后的几十年间,汽油发动机电子控制系统经历了由模拟电路到数字电路,由简单控制到电脑控制,由单一控制到综合控制的发展历程。

1973年,美国通用汽车公司开始采用IC电子点火装置,并逐渐普及使用。

1974年,通用汽车公司开始装备火花塞电极间隙的加大、点火能量增强的高能点火系统,并且力图将分电器、点火线圈和电子控制电路制成一体。

1976年,美国克莱斯勒公司首先采用模拟计算机来控制发动机点火时刻。当时这些新技术的应用,存在的共同问题是价格昂贵、可靠性差,复杂的电路使它们的维修费用也很高,因而没有得到推广应用。

1966年,美国加利福尼亚州首先颁布了世界上第一部汽车排放法规。

1971年美国清洁空气法规要求必须大幅度降低汽车废气中有害污染物的限值。当时在世界范围内又出现了能源危机,从而推动了汽车电子技术的快速发展。

1977年,通用汽车公司采用中央处理器(CPU)控制的数字点火系统,这是一种真正的计算机控制系统。它能够精确地控制发动机点火时刻,用来提高发动机的燃烧效率和输出功率,同时还可以大幅度地降低排气中的有害成分。



同年,美国福特汽车公司开发了同时控制点火、排气再循环和二次空气喷射的发动机电子控制系统。

电控汽油喷射系统在各方面显示出来的优越性,使之在20世纪70年代末及80年代得到了迅速发展。从20世纪80年代后,发动机电子控制技术逐渐成熟,电子技术逐渐向汽车的其他组成部分扩展。

到目前为止,发动机电控技术主要发展为以下几个方面的控制。

- ①电控燃油喷射控制:最佳空燃比控制(主要控制喷油量、喷油定时)。
- ②电子点火控制:最佳点火提前角控制(主要控制点火提前角、闭合角)。
- ③怠速控制:主要对怠速转速进行控制。
- ④排放控制:废气再循环(EGR),催化反应器、二次空气喷射、热反应器、活性炭罐清污(汽油蒸汽回收)等。
- ⑤可变气门配气正时控制(VTEC、VVTi等)。
- ⑥废气涡轮增压控制。
- ⑦电子节气门控制(ETC)。
- ⑧自诊断系统(OBD)。

通常将电控燃油喷射控制和电子点火控制以外的其他控制系统称为辅助控制,所以电控发动机主要由电控燃油喷射系统、电子点火系统和辅助控制系统组成。

下面让我们简单了解一下电控汽油发动机各控制系统的功能。



1. 电控燃油喷射(EFI)

电控燃油喷射主要包括喷油量、喷射正时、减速断油与限速断油及燃油泵的控制。



(1) 喷油量控制

电子控制单元(ECU)将发动机转速和负荷信号作为主控信号,确定基本喷油量(喷油电磁阀开启的时间长短),并根据其他有关输入信号加以修正,最后确定总喷油量。



(2) 喷油正时控制

在电控间歇喷射系统中,当采用与发动机转动同步的顺序独立喷射方式时,ECU不仅要控制喷油量,还要根据发动机各缸的点火顺序,将喷射时刻控制在一个最佳的时刻。



▶ (3) 减速断油与限速断油控制

① 减速断油控制

汽车行驶中, 驾驶员快收加速踏板时, ECU将会切断燃油喷射控制电路, 停止喷油, 以降低减速时HC及CO的排放量。当发动机转速降至一特定转速时, 又恢复供油。

② 限速断油控制

汽车加速时, 发动机转速超过安全转速或汽车车速超过设定的最高车速, ECU将会在临界转速时切断燃油喷射控制电路, 停止喷油, 防止超速。

▶ (4) 燃油泵控制

当接通点火开关后, ECU将控制燃油泵工作2~3s, 以建立必需的油压, 此时若不启动发动机, ECU将切断燃油泵控制电路, 燃油泵停止工作。在发动机启动过程和运转过程中, ECU控制燃油泵保持正常运转。

➡ 2. 电控点火装置 (ESA)

电控点火装置的控制主要包括点火提前角、闭合角与恒流及爆震控制等方面。

▶ (1) 点火提前角控制

在ECU中, 首先存储记忆发动机在各种工况及运行条件下最理想的点火提前角。发动机运转时, ECU根据发动机的转速和负荷信号, 确定基本点火提前角, 并根据其他有关信号进行修正, 最后确定点火提前角, 并向电子点火控制器输出点火指示信号, 以控制点火系的工作。

▶ (2) 闭合角与恒流控制

为保证点火线圈初级电路有足够大的断开电流, 以产生足够高的次级电压, 同时也要防止通电时间过长使点火线圈过热而损坏, ECU可根据蓄电池电压及转速等信号, 控制点火线圈初级电路的通电时间。在高能点火装置中, 还增加了恒流控制电路, 以使初级电流在极短时间内迅速增长到额定值, 减少转速对次级电压的影响, 改善点火特性。

▶ (3) 爆震控制

当ECU根据爆震传感器输出的信号检测到爆震现象时, 立即修正点火提前角, 以免爆震的发生。



3. 怠速控制 (ISC)

发动机在怠速运转时, 如果空调压缩机工作、变速器挂入挡位、发电机负荷加大等怠速运转工况发生变化, 由ECU控制怠速控制阀, 以便发动机都能处在最佳怠速转速下运转。

4. 排放控制

(1) EGR废气再循环控制

当发动机温度达到一定温度时, 根据发动机的负荷和转速, ECU控制EGR阀, 使废气进行再循环, 以降低 NO_x 的排放量。

(2) 开环与闭环控制

在装有氧传感器及三元催化器的发动机中, ECU根据发动机的工况及氧传感器反馈的空燃比信号, 确定开环控制与闭环控制方式。

(3) 二次空气喷射控制

ECU根据发动机的工作温度, 控制新鲜空气喷入排气歧管或三元催化转化器中, 以减少排气污染。

(4) 活性炭罐电磁阀控制

ECU根据发动机的工作温度、转速、负荷等信号, 控制活性炭罐电磁阀的工作, 以降低燃油蒸气蒸发污染。

5. 进气控制

(1) 动力阀控制

发动机在不同负荷下, ECU控制真空电磁阀, 通过控制动力阀的开闭来改变进气流量, 从而改善发动机的输出功率与转矩。



► (2) 涡流控制阀

ECU根据发动机的负荷和转速信号,控制真空电磁阀,通过控制涡流控制阀的开闭,来改善发动机大负荷工作下的充气效率,提高输出功率和转矩。

➡ 6. 增压控制

ECU根据进气压力传感器(MAP)检测的进气压力信号去控制释压电磁阀,通过控制排气通路切换阀,改变排气通路的走向,从而控制废气涡轮增压器开始或停止工作。

➡ 7. 警告提示

ECU控制各种指示和警告装置,显示有关控制系统的工作状况,当控制系统出现故障时能及时发出警告信号,如氧气传感器失效、催化剂过热、油箱油温过高等。

➡ 8. 自我诊断与报警系统

当控制系统出现故障时,ECU将会点亮仪表板上的“检查发动机”(CHECK ENGINE)灯,提醒驾驶员注意,发动机已出现故障,并将故障信息储存到ECU中,通过一定程序,能将故障码及有关信息资料调出,供检修使用。

➡ 9. 传感器故障预诊参考系统(失效保护)

当ECU检测到传感器或线路故障时,即会自动按ECU预设的程序提供预设定值,以便发动机仍能保持运转,但性能将有所下降。

➡ 10. ECU故障备用控制系统

当ECU发生故障时,则会自动启动备用系统,使发动机转入强制运转状态,以便驾驶员将车辆开到修理厂进行修理。

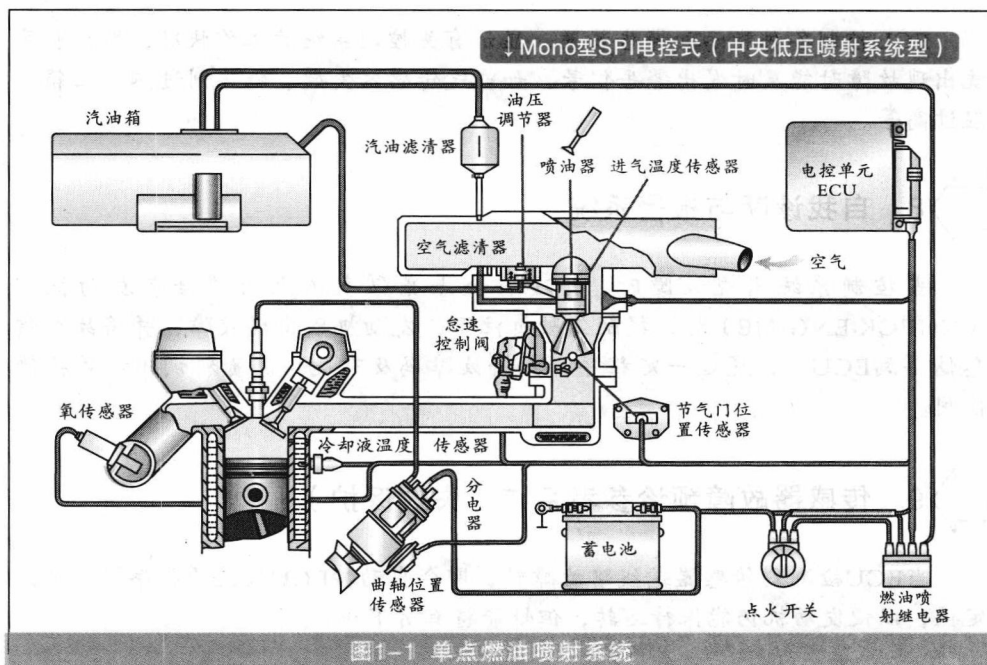


任务二 发动机电控汽油喷射系统的分类

一、按控制方式分类

1. 单点燃油喷射系统

该系统在进气歧管原来安装化油器的部位安装了一个大功率电磁喷油器，集中进行燃油喷射，又称节气门体喷射（TBI）或中央喷射（CFI）。与多点燃油喷射相比，TBI系统用节气门的开启角度和发动机转速来控制空燃比，结构和控制方式更加简单。结构图如图1-1所示。



2. D-Jetronic电控燃油喷射系统

该系统是速度—密度型电子燃油喷射系统，它将进气歧管绝对压力信号和转速信号输送到发动机控制模块（ECU），由发动机控制模块根据该信号计算出进气量，再发生与之相对应的喷油脉冲宽度信号，控制电磁喷油器喷射出适量的燃油。国产桑塔纳2000GLi、切诺基、富康、威驰以及丰田皇冠采用此系统。结构图如图1-2所示。

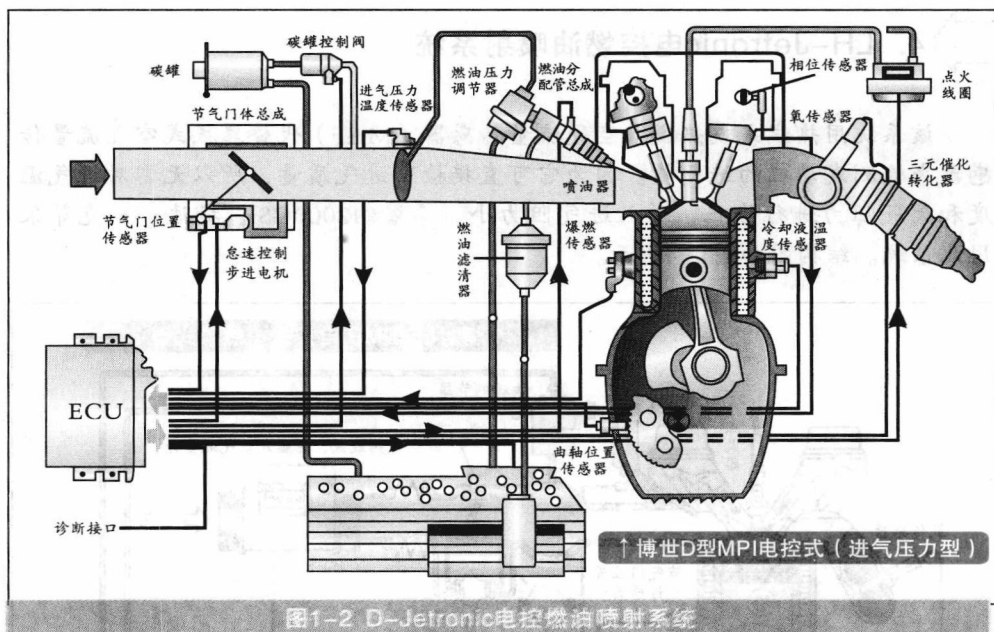


图1-2 D-Jetronic电控燃油喷射系统

3. L-Jetronic电控燃油喷射系统

该系统由翼板式空气流量传感器 (MAF) 代替进气歧管绝对压力传感器 (MAP) 检测进气量来控制喷油器的喷油量。丰田佳美、丰田大霸王以及马自达MPV多用途汽车采用此系统。结构图如图1-3所示。

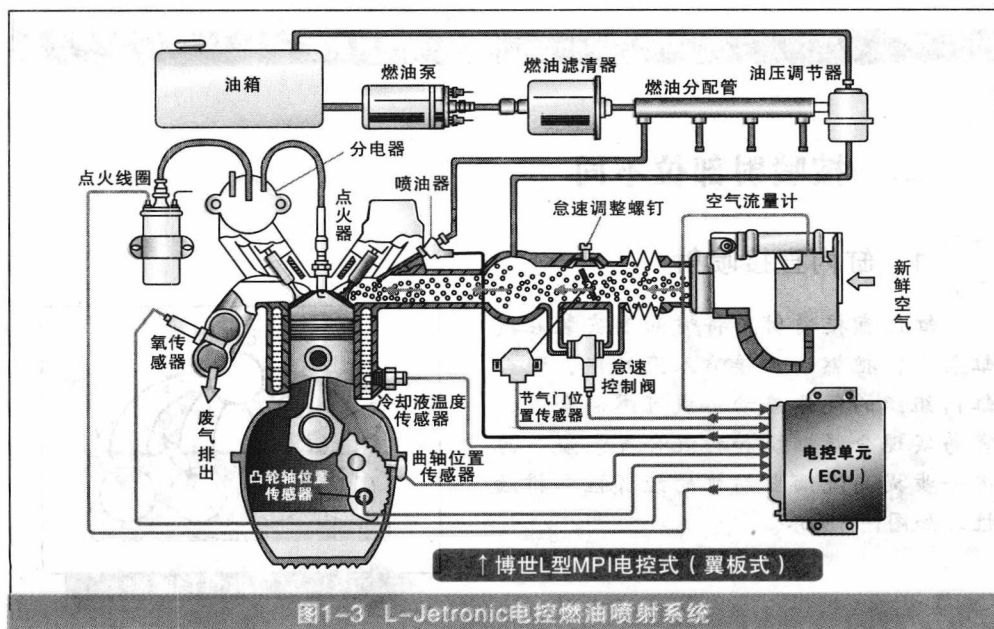
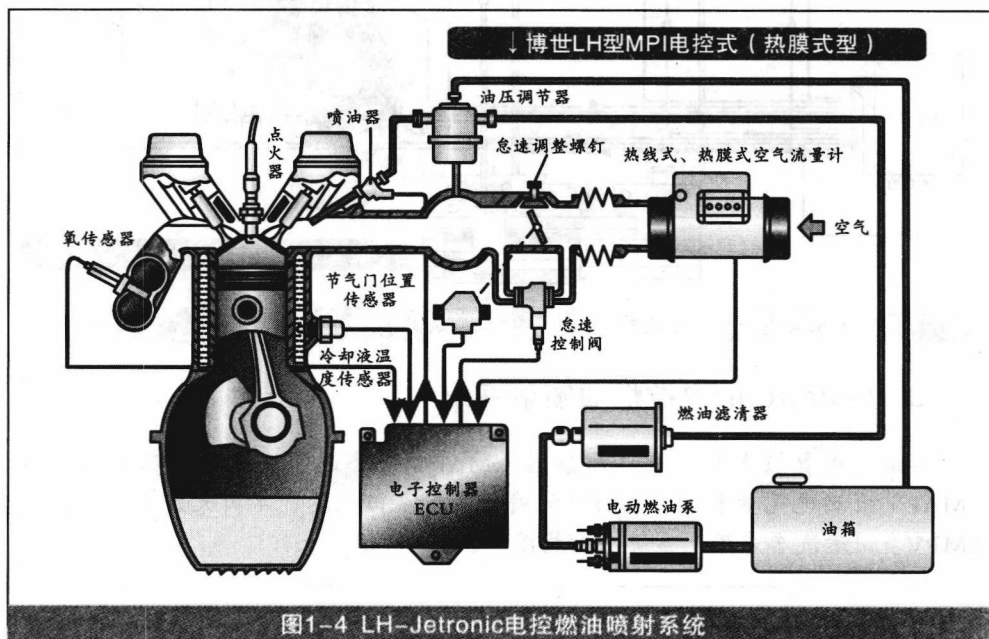


图1-3 L-Jetronic电控燃油喷射系统



4. LH-Jetronic电控燃油喷射系统

该系统用热线式或热膜式空气流量传感器（MAF）代替翼板式空气流量传感器来检测发动机的进气量。因为它可直接检测进气质量，所以无需对进气温度和大气压力进行修正，并且进气阻力小。桑塔纳2000GSi、捷达、别克等采用此系统。结构图如图1-4所示。



二、按喷射部位不同

1. 缸内直接喷射

缸内直接喷射是将喷油器安装在汽缸盖上，把燃油直接喷入汽缸内，配合缸内组织的气体流动形成可燃混合气，容易实现分层燃烧和稀混合气燃烧，可进一步提高汽油发动机的经济性和排放性。如图1-5所示。

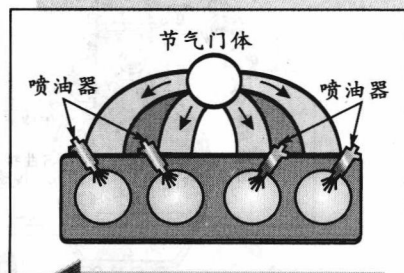


图1-5 缸内直接喷射



2. 进气管喷射

目前汽车上应用的电控燃油喷射系统一般都是进气管喷射式,按喷油器的数量不同,又可分为单点喷射(SPI)系统和多点喷射(MPI)系统。如图1-6所示。

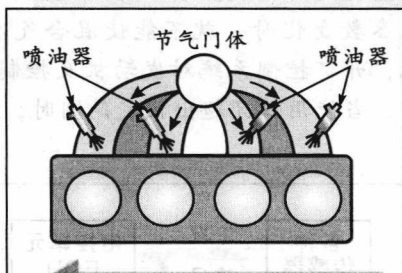


图1-6 进气管喷射

(1) 单点喷射

在节气门上方装一个中央喷射装置,用1~2只喷油器集中喷射。汽油喷入进气流中,形成的可燃混合气由进气歧管分配到各汽缸中。单点喷射又称为节气门体喷射(TBI)或中央喷射(CFI)。单点电控燃油喷射系统在每个汽缸进气行程开始的时候喷油,采用的是顺序喷射方式,又称独立喷射方式。独立喷射可使燃油在进气管中滞留的时间最短,各缸得到燃油量尽可能一致。单点喷射系统与多点燃油喷射系统的控制原理相似,空气量可采用空气流量计直接计量,也可采用绝对压力传感器间接测量。如图1-7所示。

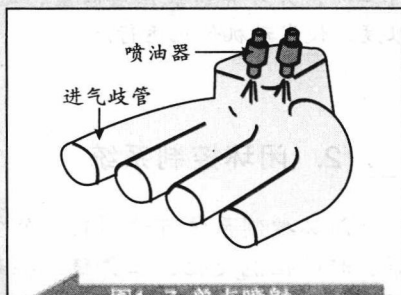


图1-7 单点喷射

(2) 多点喷射

在每缸进气门处装有1只喷油器,由电子控制单元(ECU)控制喷油,因此多点喷射又称为多气门喷射。多点喷射系统的燃油分配均匀性好,进气管可按最大进气量来设计,而且无论发动机处于冷态或热态,其过渡的响应及燃油经济性都是最佳的。如图1-8所示。

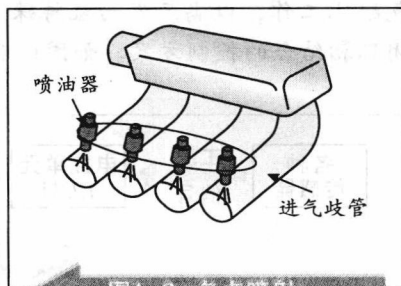


图1-8 多点喷射

三、按喷射控制方式

1. 开环控制系统

开环控制系统按预先设定在电脑中的控制规律工作,只受发动机运行工况



参数变化的控制，简单易行。但其精度直接依赖于所设定的基准数据和喷油器调整标定的精度。喷油器及发动机的产品性能存在差异，或由于磨损等引起性能参数变化时，就不能使混合气准确地保持在预定的浓度（空燃比）上。因此，开环控制系统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，当使用工况超出预定范围时，不能实现最佳控制。如图1-9所示。

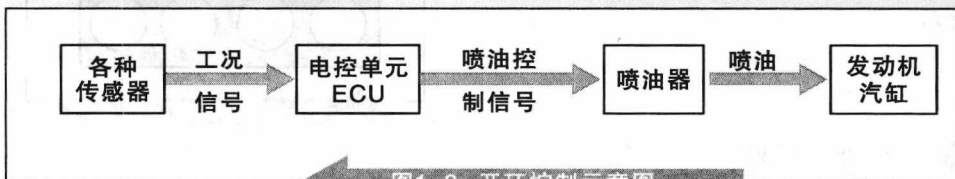


图1-9 开环控制示意图

工作原理：它是将通过实验确定的发动机各工况的最佳供油参数预先存入电脑，在发动机工作时，电脑根据系统中各传感器的输入信号，判断自身所处的运行工况，并计算出最佳喷油量，通过对喷油器喷射时间的控制，来控制混合气的浓度，使发动机优化运行。

2. 闭环控制系统

闭环控制系统可达到较高的空燃比控制精度，并可消除因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。但是，为了使排气净化达到最佳效果，只能运行在理论空燃比（14.7）附近。对启动、暖机、加速、怠速、满负荷等特殊工况，仍需采用开环控制，使喷油器按预先设定的加浓混合气配比工作，以满足发动机特殊工况的工作要求。所以，目前普遍采用开环和闭环相结合的控制方案。如图1-10所示。

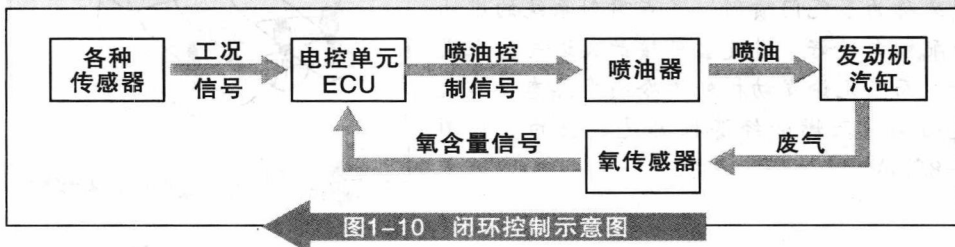


图1-10 闭环控制示意图

工作原理：在该系统中，发动机排气管上加装了氧传感器，根据排气中含氧量的变化，判断实际进入汽缸的混合气空燃比，再通过电脑与设定的目标空燃比值进行比较，并根据误差修正喷油器喷油量，使空燃比保持在设定的目标值附近。