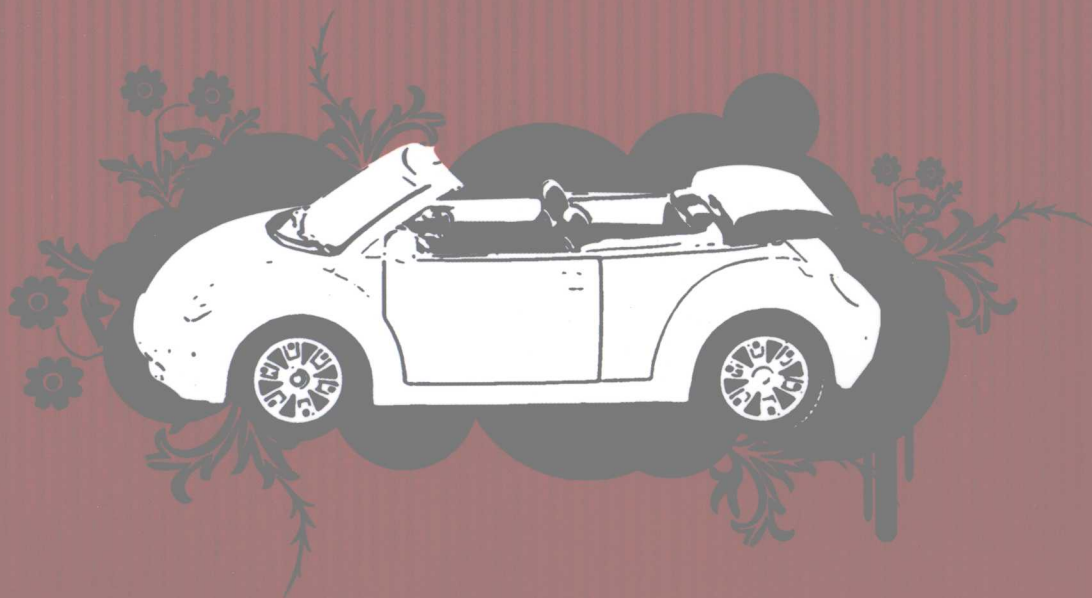


汽车维修技能训练“从校园到职场”系列丛书

电控发动机 结构原理 及典型故障案例

石义贤 杨维俊 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



汽车维修技能训练“从校园到职场”系列丛书

电控发动机结构原理及 典型故障案例

主 编 石义贤 杨维俊

副主编 朱洪志



机械工业出版社

本书首先对电控燃油发动机控制系统的结构、原理及其故障的种类、原因等进行了系统的分析；然后以电控汽油机为研究对象，详细地介绍了燃油供给系统、进气系统、点火控制系统以及汽车排放污染控制系统的组成、工作原理及检测方法。在此基础上详细介绍了发动机 ECU 的结构原理及其控制功能，总结了电控发动机的故障诊断方法。

本书由几位经验丰富的汽车维修技师编写，书中许多检测数据都经过实测验证，并配有故障案例分析。每章以小故事起笔，诙谐幽默，让读者从中得到启发。本书适合汽车维修人员、汽车维修专业的师生作为汽车维修的参考书和教学参考书使用，也适合汽车维修企业相关的管理人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

电控发动机结构原理及典型故障案例/石义贤，杨维俊

主编. —北京：机械工业出版社，2009.4

汽车维修技能训练“从校园到职场”系列丛书

ISBN 978-7-111-26760-7

I. 电… II. ①石…②杨… III. ①汽车—电子控制—
发动机—构造②汽车—电子控制—发动机—故障诊断
IV. U464

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 049880 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑：徐 巍 责任编辑：管晓伟 版式设计：霍永明

责任校对：陈延翔 封面设计：赵颖喆 责任印制：李 妍

北京铭成印刷有限公司印刷

2009 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·17.25 印张·417 千字

0001—3000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-26760-7

定价：38.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：(010)68326294

购书热线电话：(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：(010)88379368

封面防伪标均为盗版

前言

目前,电控发动机在汽车上的应用已经普及,随之而来的是电控发动机的新技术在汽车上的不断加装和普及,如电子节气门、宽带型氧传感器、可变配气相位、可变气门升程等,这些新技术的应用,无疑对维修人员提出了一个新的挑战。维修人员惟有不断地巩固和拓展知识,才能适应当代汽车维修的需要。

本书由一线维修的几名技师编写,在编写过程中,为了保证书中检测数据的真实性,作者尽可能通过实践进行检验,以达到该书出版的权威性,并且为了配合不同层次的读者需求,拍摄了许多现场的照片,而且在四大系统后面都配有相关的故障案例分析,方便读者准确理解与思考。

本书每章以小故事起笔,诙谐幽默,让读者从中得到启发。本书第一章对电控发动机的基本控制思想与控制功能进行了讲解。第二、三、四、五章则由浅入深详细地对电控发动机的四大系统进行了讲解,先由原理开始,然后到元件损坏的故障现象,再到相关器件的检测,让读者一目了然。第六章对发动机电子控制单元的原理、控制电路以及维修基础进行了讲解。第七章从总体的角度全方位地对发动机的维修方法与思路进行讲解。相信本书的出版一定会对广大读者维修技术的提高有很大的帮助。

本书由石义贤、杨维俊任主编,朱洪志任副主编,参与编写的人员还有康红卓、杨智勇、宋孟辉、王树杰、王海瑞、任一丁、张晓东、赵明、孟军、时庆彬和郝宇峰等。在编写的过程中,得到了许多修理厂,维修站的配合与帮助,在此向他们表示衷心的感谢。由于编者水平有限,在编写过程中难免出现不足与纰漏之处,敬请广大读者批评指正。

编者

目 录

前言

第一章 了解电控发动机	1
任务一 知道电控燃油喷射系统的优点和分类	1
一、电控燃油喷射系统的优点	1
二、电控燃油喷射系统的分类	3
任务二 掌握电控燃油喷射系统的组成及作用	7
一、燃油供给系统	7
二、进气系统	8
三、点火控制系统	8
四、排放控制系统	9
任务三 掌握电控燃油喷射系统的控制内容及功能	10
一、燃油喷射控制	10
二、电控点火装置控制	11
三、怠速控制与排放控制	12
四、增压控制	13
五、其他控制	13
课后习题	13
第二章 掌握燃油供给系统的组成、工作原理及检测方法	14
任务一 掌握燃油供给系统的组成及常用检测方法	14
一、油箱	15
二、燃油泵	16
三、燃油滤清器	18
四、燃油脉动阻尼器	19
五、燃油导轨	20
六、燃油压力调节器	21
七、喷油器	22
八、冷起动喷油器	27
九、无回油系统	29



任务二 了解常见车型的燃油泵控制电路	30
一、丰田油泵控制电路	30
二、本田公司油泵控制电路	32
三、日产东系油泵电路	33
四、天津威驰油泵电路	33
五、通用公司油泵电路	34
六、福特公司油泵电路	35
七、广州本田飞度油泵电路	35
八、奔驰 S600 燃油泵电路	36
九、时代超人燃油泵控制电路检测	37
任务三 掌握电控燃油喷射系统的测试方法	38
一、燃油系统油压释放	38
二、燃油系统油压的检测	39
三、燃油系统拆装注意事项	40
任务四 实践总结	41
一、1999 新秀轿车 AFE 发动机不能起动	41
二、时代超人轿车加速不良	41
三、上海桑塔纳 2000GLi 轿车动力不足	42
四、帕萨特 B5 起动困难	42
五、行车中突然熄火并再也无法起动	43
六、使用劣质汽油造成熄火	44
七、添加燃油并停放十多天后, 发动机无法起动	45
八、富康 RL 轿车发动机加速滞后	46
课后习题	48
第三章 掌握进气系统的组成、工作原理及检测方法	49
任务一 掌握进气系统传感器的原理与检测方法	50
一、空气流量计	51
二、进气歧管绝对压力传感器	60
三、节气门位置传感器	62
四、温度传感器	66
任务二 掌握怠速控制及控制装置的检测方法	68
一、附加空气滑阀式怠速控制系统	68
二、步进电动机式怠速控制系统	70
三、旋转滑阀式怠速控制系统	73
四、占空比控制的怠速控制系统	76
五、节气门直动式怠速控制系统	76
六、电子式节气门怠速控制系统	81
任务三 掌握增压控制原理及检测方法	87



一、可变进气系统	87
二、波长可变的谐波进气增压控制系统	95
三、废气涡轮增压系统	96
四、可变配气相位	100
任务四 实践总结	101
一、奥迪 200 1.8T 轿车发动机无怠速，加速不畅	101
二、桑塔纳 2000 轿车怠速过高，热车起动困难	102
三、桑塔纳 2000 发动机熄火后能起动，但松开点火开关后又熄火	102
四、别克新世纪轿车行驶时动力不足，加速不良	103
五、别克 GL8 商务车发动机怠速转速不稳，仪表板上的故障指示灯点亮	104
六、广州本田雅阁发动机在低温时起动容易，当冷却液温度正常时却不易起动	105
七、广州本田雅阁轿车进气系统故障	106
八、广州本田雅阁 VTEC 电磁阀电路故障	107
九、宝来涡轮增压系统故障	108
课后习题	109
第四章 掌握点火控制系统的原理与检测方法	110
任务一 掌握电子点火系统的原理与检修	111
一、点火信号发生器	112
二、电子点火器	114
三、电子点火控制系统的检测	116
任务二 掌握微机点火系统的原理及检测	119
一、分电器式电子点火系统	119
二、无分电器电子点火系统	121
三、曲轴位置传感器	123
四、凸轮轴位置传感器	131
五、爆燃传感器	133
任务三 掌握常见车型点火控制电路	135
一、大众车系点火系统	135
二、三菱公司四缸机点火电路	138
三、本田车系点火系统	139
四、丰田车系点火系统	141
五、日产四缸分电器点火电路	143
六、别克君威轿车点火系统	144
任务四 实践总结	147
一、桑塔纳 2000AFE 型发动机怠速不稳，急加速抖动	147
二、红旗 CA7180AE 轿车行驶中突然熄火，无法再次起动	148
三、红旗轿车高速行驶时发抖	148
四、宝来 1.8T 发动机怠速抖动，加速熄火	149



五、广州本田 F23A3 型发动机不能起动	149
六、别克 GL 轿车行驶时加速不良, 发动机怠速运转不稳, 排气管放炮	151
七、奥迪 A6 轿车突然熄火不能起动	154
八、桑塔纳 2000GSi 故障 一辆时代超人加速回火放炮	154
九、捷达 5V 熄火后停几分钟不能起动	155
十、凯越轿车间歇性熄火	155
十一、切诺基越野车直列六缸发动机窜车	156
十二、富康轿车推车能起动, 钥匙点火不能起动	157
十三、现代 JAC 汽车行驶中出现偶尔熄火	158
课后习题	158
第五章 掌握汽车排放污染控制系统	159
任务一 了解汽车的排放污染物及控制手段	160
一、发动机本身的改进	160
二、增加排放净化系统	160
任务二 掌握废气再循环控制系统的原理与检测方法	161
一、主要部件的工作原理	161
二、EGR 的控制系统	165
三、废气再循环系统故障诊断	168
任务三 掌握氧传感器的原理与检测方法	169
一、结构及原理	169
二、氧传感器损坏的故障表现	173
三、检测	173
四、氧传感器反馈电压的测量	174
五、检测举例	175
任务四 掌握催化转化器控制的原理与检测方法	176
一、催化转化器的工作原理	176
二、使用与维修注意事项	178
三、三元催化转化器的外观检查	178
四、三元催化转化器的测试	178
任务五 掌握二次空气喷射系统的原理与检测方法	179
一、系统的工作原理	179
二、二次空气喷射的检修	181
任务六 掌握曲轴箱强制通风系统与检测方法	181
一、系统的结构及原理	181
二、系统的工作过程	182
三、系统的测试	184
任务七 了解燃油蒸发控制系统	184
一、系统的基本组成和工作原理	185



二、系统的控制	185
三、系统的诊断	186
任务八 实践总结	187
一、奥迪 V6 2.6L 轿车不易起动，车辆一起步就熄火	187
二、凯迪拉克轿车动力不足	188
三、时代超人 AJR 发动机不能起动	188
四、别克 GL8 商务车发动机故障指示灯亮，发动机怠速时抖动	188
五、广州本田雅阁轿车 2.3L 发动机自检灯亮	190
六、广州本田雅阁轿车热车怠速不稳	192
七、2000GLi 型电喷轿车间歇性出现冷、热车怠速抖动，急加速回火	192
八、桑塔纳时代超人轿车发动机冷却液温度达到 60℃ 以上时怠速不稳定	193
九、奥迪 A6 2.4L 轿车自动熄火后起动不良	194
十、别克 GL8 轿车发动机怠速运转不稳	194
课后习题	196
第六章 发动机 ECU 的结构原理与其控制功能	197
任务一 掌握发动机 ECU 的基本结构	198
一、输入回路	199
二、A/D 转换器	199
三、微型计算机	200
四、输出回路	202
任务二 了解发动机 ECU 的特点及应用	203
一、发动机 ECU 的特点	203
二、几大控制系统在发动机 ECU 上的应用	203
任务三 掌握 ECU 电源控制电路	204
一、ECU 电源电路	204
二、ECU 内部电源电路	206
三、接地电路	206
四、诊断电源电路时的注意事项	206
任务四 掌握汽车故障自诊断方法	207
一、汽车故障自诊断的机理	207
二、自诊断系统的功能	207
任务五 掌握 OBD—II 系统功能	208
一、OBD—II 系统的功能	208
二、OBD—II 系统协议标准	208
三、常见车型诊断插座位置介绍	209
任务六 掌握发动机 ECU 的编码与基本设定	217
一、ECU 的编码	217
二、基本设定	217



任务七 掌握失效保护与后备系统	222
一、失效保护功能	222
二、后备系统	223
任务八 掌握发动机的控制模式和运行模式	224
一、发动机的控制模式	224
二、发动机的运行模式	226
任务九 掌握汽车 ECU 的维修	227
一、发动机控制单元的故障及产生原因	227
二、更换新发动机控制单元注意的事项	228
三、更换的技巧	228
四、汽车 ECU 维修的几种方法	228
五、汽车 ECU 的维修步骤	231
六、汽车 ECU 装车后的测试	232
任务十 实践总结	233
一、日产 MAXIMA 无怠速	233
二、蓝鸟 U13 轿车在维修发电机后无法起动	237
三、蓝鸟 U13 轿车怠速高、电子扇不转	237
四、1994 年款进口捷达在维修空调时出现发动机无法起动	238
课后习题	239
第七章 掌握电控发动机的故障诊断方法	240
任务一 掌握电控发动机的维修注意事项及基本原则	240
一、维修注意事项	240
二、故障诊断的基本原则	241
三、断路与短路的检测方法	243
任务二 掌握用直观诊断法对发动机进行检测的方法	244
任务三 掌握用自诊断法对发动机进行检测的方法	245
一、发动机故障码调取模式	247
二、开关信号诊断模式(实验诊断模式)	250
三、氧传感器输出信号诊断模式	250
四、空燃比修正模式	250
任务四 掌握利用数据流对系统进行诊断的方法	250
一、数据的分析	251
二、数据流分析的方法	251
三、数据流分析的一般步骤	253
任务五 掌握故障征兆模拟试验方法	253
任务六 掌握其他常用的诊断方法	254
一、诊断方法	254
二、综合诊断的一般步骤	255



任务七 掌握几种典型发动机故障维修方法	256
一、难以起动或不能起动	256
二、发动机经常失速(转速忽高忽低)	257
三、发动机有时失速	258
四、怠速不良或熄火	258
五、发动机怠速过高	259
六、发动机回火(混合气过稀)	260
七、消声器放炮(混合气过浓或个别缸缺火)	261
八、发动机喘气或加速不良	261
课后习题	262
附录	263
附录 A 夏利 2000 发动机电控系统电路图	263
附录 B 捷达前卫 2V—MPV 发动机电控系统电路图	265

第一章 了解电控发动机



学习目标

- 1) 知道电控燃油喷射系统的优点和分类
- 2) 掌握电控燃油喷射系统的组成及作用
- 3) 掌握燃油喷射系统的控制内容及功能



小故事

东北人老王修了一辈子汽车，最近却感到很苦恼。以前修化油器汽车可以说整个厂子谁也比不了老王，可如今自己却感觉力不从心。前些天开着单位刚买来的新款奥迪 A6L 去北京，结果刚出山海关车就坏了，自己整了多半天也没整明白，多亏遇到了一个东北老乡帮着把车给修好了。在酒桌上俩人一顿猛侃，老王忍不住了，“你能告诉我什么毛病吗？”老乡说是电子节气门的加速踏板位置传感器出现了故障，老王只听过普通节气门，却没有听过有什么电子节气门，整的老郁闷了，自己修了一辈子车，自己的车却让别人给修，真的好没有面子啊！东北老乡劝老王“你得学电喷发动机的汽车修理啊”，老王整出三字：“必须学！”

老王有头脑、有经验，学的也快，什么都得从头学啊，有道是心急吃不了热豆腐，那就先从基础开始学起吧！

其实像老王这样的老修理工很多，他有这种意识也是很对的，否则很快就会被这个行业所淘汰。汽车发展到今天，电控系统在汽车上的加装是历史的必然，谁让它好处多呢！你也想学吗？那就让我们跟这个不服输的老王一起来学习电控发动机的维修吧！

任务一 知道电控燃油喷射系统的优点和分类

一、电控燃油喷射系统的优点

自从 1953 年美国本迪克斯公司开始对电控燃油喷射系统研究以来，到目前为止，电控燃油喷射技术已经相当完善。电控汽油喷射系统在汽车上的安装情况及零件的分配如图 1-1 所示，其组成如图 1-2 所示。电控燃油喷射系统在汽车上的广泛应用使得汽车无论是动力性、经济性、排放性、舒适性等都得到了整体的优化，并大大的推动了其他电控系统在汽车上的应用。

电控燃油喷射系统的主要的优点如下：

- 1) 使发动机在各种运行工况下得到最合适的混合气浓度，使发动机在各种工况条件下保持最佳的动力性、经济性和排放性能。

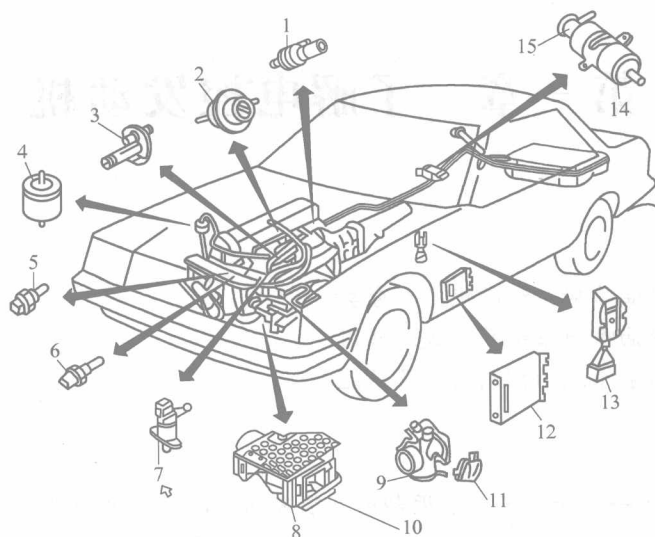


图 1-1 电控汽油喷射系统在汽车上的安装情况及零件的分配

- 1—喷油器 2—燃油压力调节器 3—辅助空气阀 4—汽油滤清器 5—温度时间开关 6—冷却液温度传感器 7—冷起动器喷油器 8—空气流量计 9—节气门室 10—进气温度传感器 11—节气门位置传感器 12—电控单元 13—降压电阻 14—电动汽油泵 15—燃油脉动阻尼器

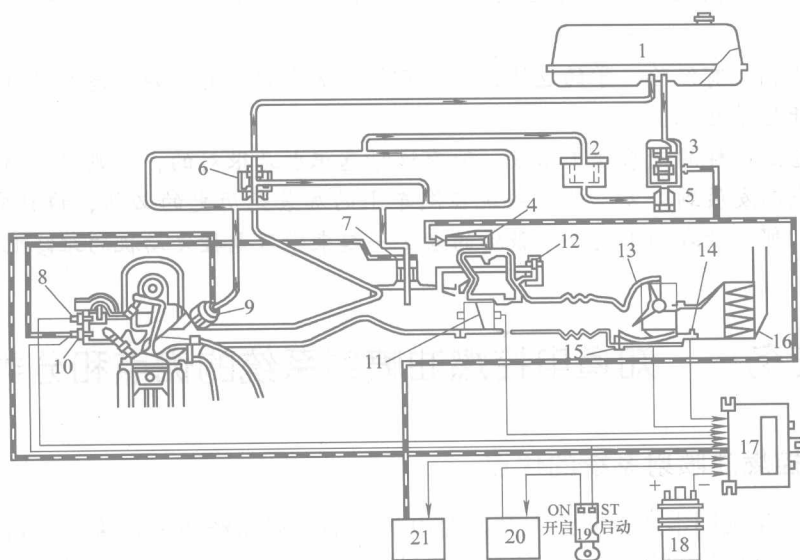


图 1-2 电控汽油喷射系统的组成

- 1—油箱 2—汽油滤清器 3—电动汽油泵 4—辅助空气阀 5—脉动阻尼器 6—燃油压力调节器 7—冷起动喷油器 8—冷却液温度传感器 9—喷油器 10—温度时间开关 11—节气门位置传感器 12—怠速调整螺钉 13—空气流量计 14—进气温度传感器 15—旁通道调整螺钉 16—空气滤清器 17—电控单元 18—点火线圈 19—点火开关 20—EFI 继电器 21—电动汽油泵继电器



- 2) 具有减速断油功能, 不仅能降低排放, 也能节省燃油。
- 3) 当汽车在不同地区行驶时, 对大气压力或外界环境温度变化引起的空气密度的变化, 发动机控制单元(ECU)能及时准确地做出补偿。
- 4) 加减速行驶的过渡运行阶段, 燃油控制能够迅速地做出反应, 使汽车加速、减速性能更加良好。
- 5) 增大了燃油的喷射压力, 因此雾化比较好; 由于每个气缸均安装一个喷油器, 所以各缸的燃油分配比较好; 有利于提高发动机运转的稳定性。
- 6) 在进气系统中, 由于没有像化油器那样的喉管部位, 因而进气阻力减小。再加上对进气管道的合理设计, 就能充分利用吸入空气惯性的增压作用, 增大充气量, 提高发动机的输出功率, 增加动力性。
- 7) 在发动机起动时, 可以用发动机控制单元计算出起动时所需的供油量, 并且能使发动机顺利经过暖机运转, 使发动机起动容易, 暖机性能提高。
- 8) 电控燃油喷射系统配备排放物控制系统后, 大大降低了 HC、CO 和 NO_x 三种有害气体的排放。

电控燃油喷射发动机能很好地适应目前对汽车的使用要求, 即减少排放、降低油耗、提高输出功率及改善驾驶性能。因此, 电控燃油喷射发动机已成为现代汽油发动机的主流, 目前已经取代了化油器式发动机。

二、电控燃油喷射系统的分类

1. 按喷油器的安装部位分类

(1) 单点燃油喷射系统 单点燃油喷射系统(图 1-3), 简称 SPI, 也称为节气门体喷射系统(TBI), 是在节气门体上安装一个或两个喷油器(图 1-3b), 向进气歧管中喷射燃油从而形成可燃混合气。这种燃油喷射系统对混合气的控制精度比较低, 各个气缸混合气的均匀性也比较差, 国产沈阳金杯、上海奇瑞、长城迪尔等部分车型采用这种单点电喷系统。

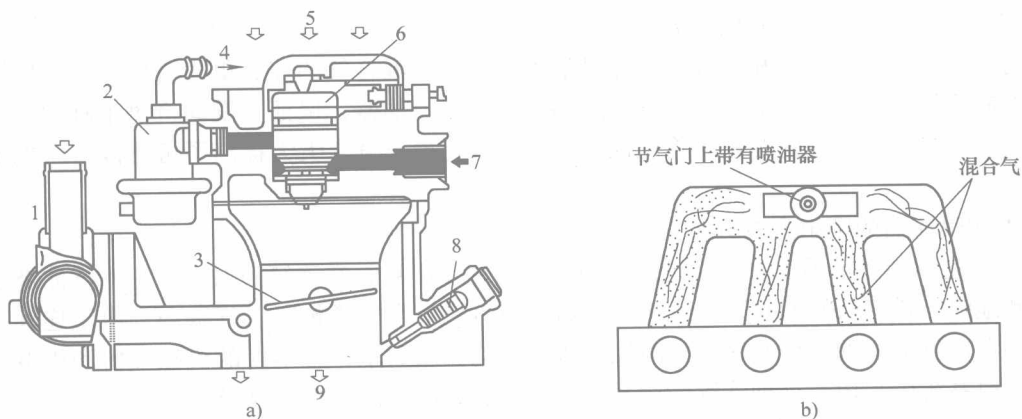


图 1-3 单点燃油喷射系统

- 1—空气阀 2—压力调节器 3—节气门 4—通汽油箱 5—自空气滤清器来的空气
6—喷油器 7—从电动汽油泵来 8—调节螺钉 9—通往发动机



(2) 多点燃油喷射系统 多点燃油喷射系统(图 1-4), 简称 MPI, 是在每一缸装有一只喷油器(安装在各缸进气门前), 因而能保证各缸之间混合气浓度的一致性, 由于该系统进气道仅仅通过空气, 而空气的流动性要比燃油的颗粒的流动性好, 因而进气管可以自由设计, 满足发动机的负荷的要求, 以求获得较大的转矩和功率。相比之下, 多点燃油喷射系统比单点燃油喷射系统的控制精度要好的多。

多点燃油喷射系统根据喷油器的安装位置可又分为进气道喷射和缸内喷射两种。

1) 进气道喷射。进气道喷射(图 1-5)是指在每个气缸的进气门前安装一个喷油器。喷油器喷射出燃油后, 在进气门附近与空气混合形成可燃混合气, 这种喷射系统能较好地保证各缸混合气总量和浓度的均匀性。目前大多数车型如奥迪 A6、本田雅阁以及捷达等都采用这种多点燃油喷射系统。

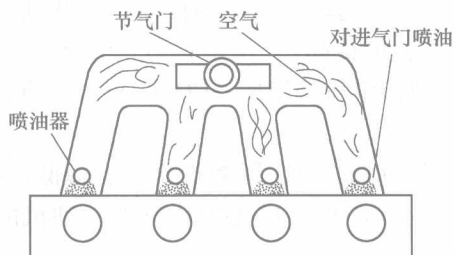


图 1-4 多点燃油喷射系统

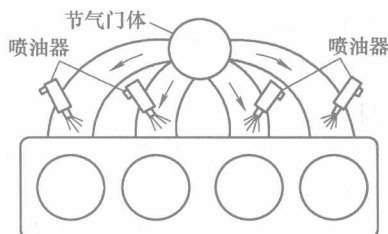


图 1-5 进气道喷射

2) 缸内喷射。缸内喷射系统(图 1-6)是指将高压燃油直接喷到气缸内。类似于柴油机的燃油缸内喷射, 由于对喷油器有耐高温、高压的要求且发动机设计上喷油器的安装空间等困难, 使用不是很多。不过这种喷射技术使用特殊的喷油器, 燃油喷雾效果更好, 并可在缸内产生浓度渐变的分层混合气, 改善燃烧质量, 因此越来越受人重视。相信会是未来的一种发展趋势。

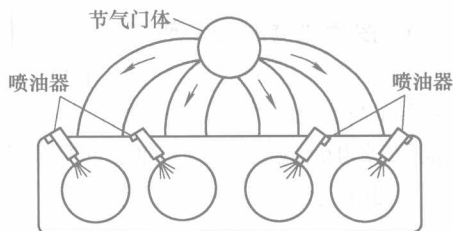


图 1-6 缸内喷射系统

与单点燃油喷射系统相比较, 多点燃油喷射系统对混合气的控制更为有效, 主要原因这种控制系统是在每个气缸或每个气缸内均安装一个喷油器, 保证了发动机每个缸内混合气浓度的均匀性, 同时这种系统将燃油和空气混合得更充分, 大大提高了可燃混合气的雾化质量。

2. 按喷油器的喷射方式分类

(1) 连续性燃油喷射系统 连续喷射又称为稳定喷射, 在连续喷射系统中, 汽油被连续不断地喷入进气歧管并在进气管内蒸发后形成可燃混合气再被吸入气缸内。由于连续喷射不必考虑发动机的工作时序, 故障控制系统结构比较简单, 在早期的机械喷射和机电一体的喷射系统中采用。这种连续喷射系统由于控制精度不高, 目前已经被淘汰。

(2) 间歇性燃油喷射系统 间歇性燃油喷射系统是在发动机运转期间间歇性地向进气歧管中喷油, 其喷油量的大小取决于喷油器的开启时间, 即发动机控制单元(ECU)发出的喷油脉冲宽度。这种燃油喷射方式广泛应用于现代电控燃油喷射系统中。



这两种系统相比较而言,因为连续性燃油喷射系统控制喷油量的大多是机械元件,所以对混合气的相对控制精度比较差;而间歇性的电控燃油喷射系统则可以很好地解决这方面的技术问题。

间歇喷射又可细分为同时喷射、分组喷射和顺序喷射三种形式,电控燃油喷射系统可分为以下三种喷射系统。

1) 同时喷射系统(图 1-7)。是指发动机在运行期间,各缸喷油器同时开启,同时关闭。通常将一次燃烧所需要的汽油量按发动机每工作循环分两次进行喷射,即曲轴转一圈,喷油器喷射一次燃油。所有喷油器受同一个喷油信号控制打开或关闭。富康 988 等车型就使用该喷射系统。

2) 分组喷射系统(图 1-8)。分组喷射系统是将喷油器按发动机的每个工作循环分成若干组交替地进行喷射。皇冠 3.0、LS400 等轿车就使用分组喷射系统,但是这种喷射系统使用得已经越来越少。

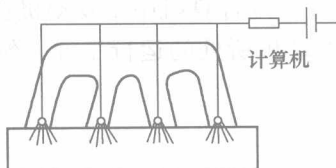


图 1-7 同时喷射系统

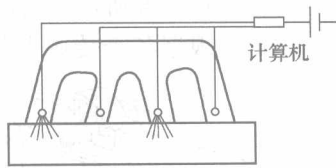


图 1-8 分组喷射系统

3) 顺序喷射系统(图 1-9)。顺序喷射系统是指喷油器按发动机的工作顺序进行喷射。现在绝大部分的车型都使用这种喷射系统。

相比之下,由于顺序喷射方式在最佳的喷油时间向各缸喷射汽油,所以有利于改善发动机的燃油经济性。但要求系统对喷油的气缸进行识别,同时要求喷油器驱动回路和气缸的数目相同,故控制方式比较复杂。目前,绝大部分车型都适用于燃油顺序喷射系统。

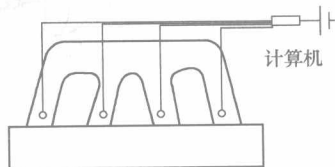


图 1-9 顺序喷射系统

3. 按进气量检测方式的不同分类

发动机的进气量是一个很关键的参数,它对于发动机控制单元(ECU)确定喷油脉冲宽度和点火正时十分重要。电控燃油喷射系统按进气量检测方式不同可分为 D 型和 L 型。

“D”是德文“压力”一词的第一个字母。D 型电控燃油喷射系统是以进气压力传感器来检测进气管的负压变化,从而感知发动机的进气量,如图 1-10 所示。

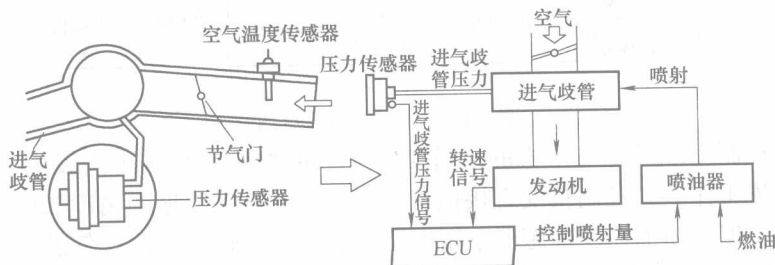


图 1-10 D 型燃油检测方式



“L”是德文“空气”一词的第一个字母。这种方式是用空气流量计直接测量发动机吸入的空气量。其测量的准确程度高于D型，故可更精确地控制空燃比，L型电控燃油喷射系统是以空气流量计来检测进入发动机的空气量。其检测方式如图1-11所示，其结构图如图1-12所示。

4. 按电子控制系统的控制模式分类

在电控燃油喷射系统中，按电子控制系统的控制模式进行分类，可将发动机分为开环控制和闭环控制两种类型。

(1) 开环控制 开环控制是根据实验确定的发动机的各种运行工况所对应的最佳供油量的数据事先存入计算机中，发动机在实际运行过程中，主要是根据各个传感器的输入信号，判断发动机所处的运行工况，然后 ECU

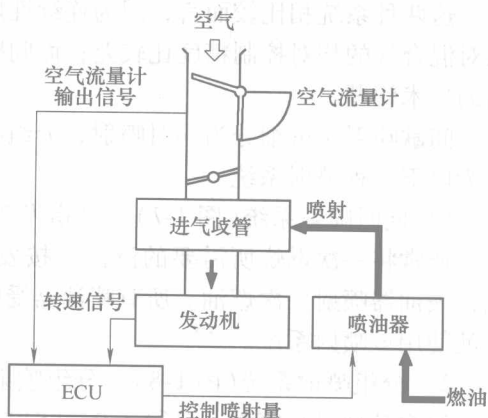


图 1-11 L型燃油检测方式

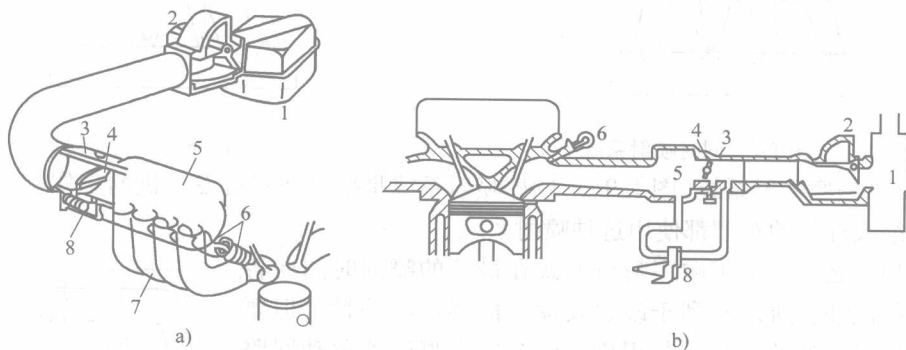


图 1-12 质量流量式进气系统结构图

a) 系统图 b) 剖视图

1—空气滤清器 2—空气流量计 3—节气门体 4—进气总管(稳压箱) 5—气缸体 6—喷油器
7—进气歧管 8—辅助空气阀

会计算出最佳的供油量，并发出控制信号。控制信号经功率放大器放大后，再驱动电磁喷油器动作，以此精确的控制混合气的空燃比，使发动机最佳运行。其示意图如图1-13所示。

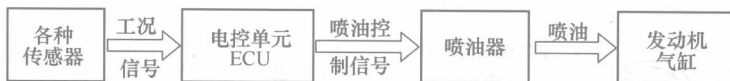


图 1-13 开环控制示意图

由于开环控制系统只受发动机的运行工况参数的控制，且按事先设定在计算机 ROM 中的实验数据流工作。其控制精度直接依赖于所设定的基准数据的精度和电磁喷油器的调整标定的精度。但当喷油器及传感器系统电子产品性能变化时，混合气就不能正确保持在原预定的空燃比值上。因此，它对发动机的控制系统的各个组成部分的控制精度要求高。系统本身抗干扰能力差，而且当使用工况超出预定范围时，就不能实现最佳控制。