

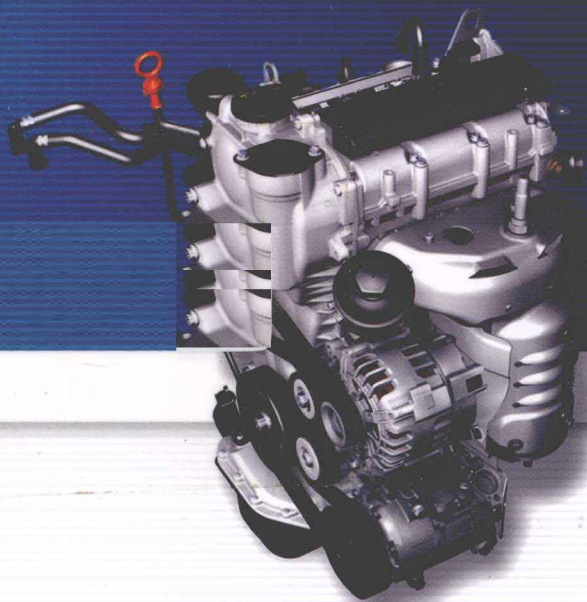
汽车维修与服务高技能人才培养丛书

汽车发动机电控系统 原理与诊断维修

QICHE FADONGJI DIANKONG XITONG YUANLI YU ZHENDUAN WEIXIU

行文凯◎编

- ★从维修角度讲述汽车发动机电子控制原理，指导读者如何以科学思路和规范的程序对发动机电子控制系统的故障进行正确的诊断和维修。
- ★把汽车发动机电子控制系统分成一些子系统，每个子系统由原理结构和诊断维修两个模块组成。诊断维修模块可以结合实验、实际操作和实习讲授。
- ★每个原理结构模块的内容按难易程度，递进介绍，可以按学生基础和需要进行取舍。
- ★配以Flash动画光盘课件演示，生动易懂。



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



附赠教学光盘

汽车维修与服务高技能人才培养丛书

汽车发动机电控系统原理 与诊断维修

行文凯 编



机械工业出版社

本书详细介绍了包括电子系统在内的汽车发动机控制原理、结构和故障诊断。第一章~第六章讲述发动机控制系统结构和原理,第七章~第十章讲述具体系统故障诊断与维修,第十一章结合实例介绍综合故障诊断与维修。除了第十一章,每章都附有相当数量的思考与练习题,有问答、填空、判断、选择等多种形式。模块化的组织安排和由浅入深的内容讲述,极大地方便了读者的学习和教学需要。书中大量插图和配套的动画课件(光盘)使本来十分抽象的内容变得形象生动和容易理解。本书能够广泛满足汽车类专业本科、高职高专、中职等学生及老师和自学者的需要。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机电控系统原理与诊断维修/行文凯编. —北京:机械工业出版社, 2011. 10

(汽车维修与服务高技能人才培养丛书)

ISBN 978-7-111-35902-9

I. ①汽… II. ①行… III. ①汽车—发动机—电子系统:控制系统—理论②汽车—发动机—电子系统:控制系统—故障诊断③汽车—发动机—电子系统:控制系统—车辆修理 IV. ①U472.43

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第191026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:齐福江 责任编辑:齐福江 杨帆

版式设计:霍永明 责任校对:姜婷

封面设计:王伟光 责任印制:杨曦

北京四季青印刷厂印刷(三河市杨庄镇环伟装订厂装订)

2012年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·15.75印张·385千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-35902-9

ISBN 978-7-89433-179-3(光盘)

定价:45.00元(含1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面防伪标均为盗版

前言

电子控制技术在为汽车带来了根本性变革的同时,也成为困扰汽车维修者的重要故障源。今天政府和百姓都看到了汽车维修业存有巨大的就业机会,人们争相学习汽车电子控制技术,从而带动此类书籍层出不穷。而本书相比其他同类书籍,主要特色及特点如下:

1. 以“汽车发动机电子控制系统”整合与汽车发动机电子控制系统相关的各控制系统为主体,重新梳理这门课的内容和体系。

2. 汽车电子控制技术一日千里,发展很快,作为汽车技术培训教材,坚持从维修角度讲述汽车发动机电子控制原理,指导读者如何以科学思路和规范的程序对发动机电子控制系统的故障进行正确的诊断和维修,使读者在尽可能长的时间内,以不变应万变。

3. 把汽车发动机电子控制系统分成一些子系统,每个子系统由原理结构和诊断维修两个模块组成。教师可以根据需要选择讲授内容和顺序。诊断维修模块可以结合实验、实际操作和实习讲授。另外,每个原理结构模块的内容按难易程度递进介绍,教师可以按学生基础和需要进行取舍。

4. 尽量采用图示方法表达或辅助表达要说明的对象。配以Flash动画光盘课件,尽可能帮助所有对汽车电子控制技术感兴趣者多理解一些原理性的问题。

本书第一章~第六章讲述发动机电子控制系统及其部件的结构和工作原理,第七章~第十章讲述对应的诊断与维修,第十一章介绍综合故障的诊断与维修。这完全是考虑目前大多数培训(教学),由于硬件缺乏等原因,不得不把课堂教学和实际操作分开进行的现实。如果有条件,当然应该边学理论边实践。本书的安排便于在实践过程中随时回过头来校正或加深对理论的理解和认识。

和某些维修工作不同,对于发动机电子控制系统,千万不要笼统地认为过多地学习理论没有什么用处。涉及系统工作原理、控制关系和零部件的外部特性等,学习掌握的内容越广泛、越透彻越好。当进入本书下篇的实践环节后,读者会更深刻地体会到这一点。

本书按发动机各个系统讲述原理结构和故障诊断,是因为诊断出存在于这些系统中的具体故障源,是困扰发动机电子控制系统故障诊断的主要问题。基本的故障诊断方法是分系统按步骤进行的,但在深入了解控制部件在系统中所起作用的同时,也不要忘记它们的故障也可能影响到其他系统的正常工作。如曲轴(凸轮轴)位置传感器故障直接影响点火系统,同时也可能影响进气门前燃油喷射系统的喷油正时。

人们常常习惯于根据症状来试着检测或判断故障,靠猜想并通过零部件替代来进行所谓故障的快速推定。就一般而言,这是不正确的诊断方式,其结果常常导致较低的维修效率和较高的维修成本。

本书第七章~第十章虽然介绍的是发动机具体系统故障的诊断,但是仔细品味一下,我们不难找出一些对任何系统、任何故障都适合的诊断思路和方法。在诊断具体的故障前,应

该遵循以下步骤或工作标准。

(1) 与顾客沟通 善于倾听顾客的描述，不要忽视细节。分辨哪些是事实，哪些是误解。应该预先设定顾客询问表，在提问中可以获得一些顾客不能主动告知的信息。同时，应当避免被顾客误导，或是根据片面的经验和发生的事实做出判断。要了解故障发生时的气候、时间和车速等汽车工况。如症状是出现在冷起动时还是在运行了一段时间或距离以后？间隔多长时间发生一次？症状发生在停车、加速、减速、怠速、转向、爬坡还是满载等。故障发生前后是否做过其他的维修、安装或更换等。在对故障症状充分了解的基础上，就故障诊断检测程序与顾客沟通，以取得顾客的理解和帮助。

(2) 验证故障 在不加重故障的前提下，尽可能通过故障重现来证实故障确实存在并且符合描述。除了常规检查，通常还需要与顾客一起试驾车来重现故障。不要试图简化这一过程，尽管重现故障有时需要花费很长时间。

(3) 资源利用 任何时候，不要忘记利用一切可以利用的资源。维修手册中可能有需要的检测程序；有关这个车型或制造厂的公告期刊(包括电子版)中可能已经有处理这个故障的办法；求助于同事、网友或网络论坛等都可能为车辆的维修带来意外的启发和帮助。使用检测维修工具和设备是必需的，良好的人际关系和规范的使用习惯，有助于保证及时得到并正确使用这些资源。

(4) 判定故障出在哪个系统 为了隔离系统，锁定故障范围，需要对所有可能导致故障的系统进行最直接的检测。如不能起动发动机，可以直接检测气缸火花或燃油喷射，判断故障是否出自点火系统或燃油系统，还可以直接检测气缸压力和进气真空，判断是机械故障还是泄漏方面的问题。切记不要片面判断，也许看起来似乎不相干的系统，正是导致故障的原因。如某些车型，油箱盖松动或遗失可能造成发动机进气歧管绝对压力失常或引起故障码。要进行最广泛的测试，最终的目的就是排除那些所有与故障无关的系统。

(5) 将注意力集中在锁定的系统上以进一步缩小故障范围 尽量从导致故障的因果关系上，将系统分为若干组成部分或子系统，用隔离法和(或)替代法排除那些与故障无关的部分或子系统。如点火系统由初级电路和次级电路组成，初级电路故障一般导致所有的气缸点火都不正常，而次级电路故障多数情况下只会使特定的气缸点火异常。进一步来说，如果初级电路没有问题，而所有的气缸点火都不正常，那一定是共用的点火线圈坏了。应特别注意在做出缩小范围的诊断时，应再次检查故障因果关系的唯一性。

(6) 通过零部件测试最后确定故障源 无论目的是缩小故障范围，还是自认为已经找到了故障源，都需要进行这种精确测试。根据条件，零部件测试可以随车测量，也可以把它们从汽车上拆下来，进行独立检测。随车测量又可以分为静态测量(不起动发动机)和动态测量(在发动机运转时测量)。即使经过验证证实某个零部件有故障，也应该尽可能找到导致这一故障的原因。

(7) 再次和顾客沟通 在确定了故障之后，应尽早告知顾客维修所需的费用，解释需要更换什么以及更换的原因，在取得顾客同意后进行维修。如果在维修中出现涉及顾客利益的变化，也需要提前和顾客沟通。

(8) 检验并确认维修结果 这是为了证实故障确实被排除。维修后应该使汽车达到正常使用的性能水平，这包括恢复设置和必要的保养。总之，不要埋下再次发生同样故障的隐患。也不要把专业工作或认为无关紧要的琐事，如清扫车内的地板，留给顾客去做。即使没

有直接与顾客接触，仍旧需要同有关人员沟通，以便能将信息清楚地传递给顾客。

本书虽然讲的是发动机电子控制系统，但是有句话说：在诊断发动机故障时，应该把发动机当做没有控制系统去诊断。这话听起来虽然有些偏激，但读者确实不要以为熟悉了控制系统就一定能解决复杂的发动机故障。要做到这一点，还必须具备以下发动机常规诊断检测技能：

- 1) 发动机泄漏，包括进气与排气、机油、冷却液、燃油、气缸内燃烧物的泄漏。
- 2) 发动机噪声，包括主轴承、连杆轴承、活塞、活塞销、活塞环、配气机构、凸轮轴、燃烧、飞轮和减振器噪声等。
- 3) 消耗，包括机油、燃油、冷却液的消耗。
- 4) 机油压力。
- 5) 冷却液温度。
- 6) 发动机排气分析。
- 7) 冷却系统，包括阀、冷却风扇、电动机电路等。
- 8) 气缸真空度。
- 9) 气缸压缩压力。
- 10) 气门间隙。
- 11) 配气正时。
- 12) 基本点火正时。
- 13) 气缸动力平衡。
- 14) 发电机、蓄电池、起动机及其继电器等常规电器部件。

读者或许注意到了，作为本书的概述部分，本章没有通常概述中对知识体系所做的圈定和概括。作者认为，其一，对于像发动机电子控制这样的应用技术在我国还是新领域，人们都还在讨论和探索，不符合界定的条件；其二，技术本身发展的也很快；其三，任何教育形式都应该为学习者留有足够的讨论和想象空间，而不要人为地加条条框框去束缚。

最后，热烈欢迎读者就本书的所有部分进行讨论。作者 E-mail: df@zzu.edu.cn。

编 者

目 录

前言

第一章 点火系统	1
第一节 点火系统的类型及功能	1
一、点火系统的发展及其类型.....	1
二、点火系统的功能.....	2
第二节 点火提前角的控制	4
一、影响点火提前角的主要因素.....	4
二、点火提前角的确定.....	4
第三节 爆燃传感器及点火线圈通电时间控制	7
一、半导体压电型爆燃传感器.....	7
二、磁致伸缩型爆燃传感器.....	8
三、点火线圈初级通电时间(通电闭合角)的控制.....	8
第四节 曲轴(凸轮轴)位置与转速传感器	9
一、电磁式曲轴(凸轮轴)位置与转速传感器工作原理.....	10
二、电磁式曲轴(凸轮轴)位置与转速传感器的应用.....	12
三、霍尔式曲轴(凸轮轴)位置与转速传感器工作原理.....	13
四、霍尔式曲轴(凸轮轴)位置与转速传感器的应用.....	14
五、光电式曲轴(凸轮轴)位置与转速传感器工作原理.....	18
六、光电式曲轴(凸轮轴)位置与转速传感器的应用.....	18
第五节 无分电器点火系统	22
一、无分电器点火系统的火花分配.....	22
二、使用凸轮轴位置传感器和双缸同时点火方式的无分电器点火系统.....	26
三、使用两个曲轴位置传感器和双缸同时点火方式的无分电器点火系统.....	29
四、使用凸轮轴位置传感器和单独点火方式的无分电器点火系统.....	32
思考与练习.....	34
第二章 燃油喷射系统	36
第一节 概述	36
一、燃油喷射系统的基本功能.....	36
二、燃油喷射系统的组成.....	37
第二节 燃油喷射系统的发展、分类与主要特点	41
一、早期的燃油喷射系统.....	41
二、现代燃油喷射系统.....	43

三、燃油喷射系统的分类和主要特点	47
第三节 喷油量(喷油脉宽)的控制	48
一、起动过程中喷油脉宽的控制	49
二、起动后喷油脉宽的确定	50
三、起动后某些稳定工况下喷油脉宽的控制方法	53
四、断油控制	54
第四节 喷油正时控制	55
一、同时喷射	56
二、分组喷射	56
三、顺序喷射	56
第五节 发动机点火与燃油喷射集成控制系统	57
一、喷油器	59
二、电动燃油泵	66
第六节 典型的节气门体喷射系统	74
第七节 进气门前燃油喷射系统(多点燃油喷射系统)	77
一、进气门前燃油喷射系统的结构特点	77
二、进气门前燃油喷射系统的控制	79
三、典型的顺序燃油喷射系统	81
思考与练习	84
第三章 进气控制系统	87
第一节 怠速控制系统	87
一、用附加空气阀实现冷起动和快速暖车	89
二、步进电动机式怠速空气阀	90
三、旋转滑阀式怠速空气阀	92
四、占空比控制阀式怠速空气阀	93
五、电磁阀控制真空阀式怠速空气阀	94
六、怠速控制阀、附加空气阀和起动空气阀一起使用的怠速控制系统	94
七、节气门直动式怠速控制系统	95
第二节 电子节气门及巡航控制系统	96
一、电子节气门	96
二、巡航控制系统	97
第三节 谐波进气控制系统及进气增压控制系统	100
一、谐波进气控制系统	100
二、进气增压控制系统	102
第四节 进气可变凸轮控制	105
思考与练习	107
第四章 排放控制系统	110
第一节 燃油蒸发控制系统	111
一、早期的炭罐燃油蒸发控制系统	111

二、炭罐电磁阀燃油蒸发控制系统	113
第二节 曲轴箱强制通风系统	113
第三节 废气再循环控制系统	115
一、早期的废气再循环控制系统	116
二、废气再循环系统的电子控制	116
三、常见的废气再循环阀	119
第四节 三元催化转化器和氧传感器反馈(闭环)控制系统	121
一、三元催化转化器	122
二、氧传感器	123
三、氧传感器反馈(闭环)控制	125
第五节 二次空气喷射系统	125
一、泵式二次空气喷射系统	126
二、泵式二次空气喷射系统的工作模式	126
三、脉冲式二次空气喷射系统	128
思考与练习	128
第五章 自诊断系统	131
第一节 OBD II 系统	131
一、OBD II 的基本要求	131
二、OBD II 的监控功能	132
三、OBD II 行程和行驶周期	137
四、OBD II 的诊断插座	138
五、OBD II 的故障码	139
六、OBD II 的测试模式	141
七、常用的 OBD II 术语	142
第二节 自诊断系统的局限性及其备用功能	143
一、自诊断系统的局限性	143
二、自诊断系统的备用功能	143
思考与练习	144
第六章 电子控制系统	147
第一节 电子控制系统的组成和工作原理	147
第二节 电压信号	149
第三节 传感器	150
一、空气流量传感器	151
二、进气歧管绝对压力传感器	155
三、发动机冷却液温度传感器	157
四、进气温度传感器	158
五、节气门位置传感器	158
六、车速传感器	159
七、空档开关	160

八、制动开关	160
九、空调开关	160
十、动力转向开关	161
十一、发电机输出电压监控	161
第四节 电子控制单元及其学习功能	161
一、电子控制单元	161
二、电子控制单元的学习功能	162
第五节 执行器	163
思考与练习	164
第七章 点火系统的诊断	167
第一节 点火系统的故障诊断概述及直观检查	167
一、点火系统的故障诊断概述	167
二、对点火系统故障的直观检查	168
第二节 分电器点火系统的快速诊断	169
第三节 用示波器测试次级和初级电压并分析故障	170
第四节 典型发动机故障检查及测试方法	173
一、由爆燃传感器引起的发动机故障检查	173
二、用模拟环境法测试诊断间断点火故障	173
第五节 有关部件的检测	174
第六节 无分电器点火系统故障诊断特点及案例分析	177
思考与练习	178
第八章 燃油喷射及其进气系统的诊断	182
第一节 进气及怠速控制系统的检查与测试	183
一、进气系统的基本检查	183
二、怠速控制系统检测	183
第二节 燃油喷射系统的检查与测试	185
一、燃油喷射系统的基本检查	185
二、喷油器的检查和测试	187
思考与练习	191
第九章 排放控制系统的诊断与维修	193
第一节 排放控制系统的测试与维修	193
一、排放测试	193
二、蒸发排放控制系统的诊断和维修	195
三、曲轴箱强制通风系统的诊断和维修	195
第二节 废气再循环系统故障的诊断维修	197
一、故障现象及初步诊断	197
二、废气再循环阀测试	197
三、数字式废气再循环阀测试	198
四、线性废气再循环阀的测试	198

五、废气再循环真空调节电磁阀检测	199
第三节 二次空气喷射系统的诊断与维修	200
一、三元催化转化器的诊断与维修	200
二、氧传感器的检测	201
三、二次空气喷射系统的诊断与维修	201
思考与练习	203
第十章 电子控制系统的诊断与维修	205
第一节 电子控制系统的诊断思路及维修注意事项	205
一、诊断思路	205
二、维修注意事项	206
第二节 电路故障分析及自诊断	207
一、电路故障诊断	207
二、自诊断	208
三、自诊断举例	209
第三节 电子控制系统传感器的检测	215
一、空气流量传感器的检测	215
二、进气歧管绝对压力传感器的检测	219
三、发动机进气温度和冷却液温度传感器的检测	220
四、节气门位置传感器检测	222
思考与练习	223
第十一章 综合故障诊断与维修	227
第一节 综合故障诊断原则及程序	227
一、综合故障诊断原则	227
二、综合故障诊断程序	227
三、综合故障诊断原则与程序的应用	229
第二节 综合故障诊断与维修实例	230
一、综合故障诊断与维修实例1——发动机起动困难	230
二、综合故障诊断与维修实例2——怠速不良	233
三、综合故障诊断与维修实例3——发动机失速(熄火)和喘振	234
四、综合故障诊断与维修实例4——发动机动力不足	237
参考文献	239

1

第一章 点火系统

第一节 点火系统的类型及功能

一、点火系统的发展及其类型

点火系统是发动机上较早采用计算机控制的系统之一。从 20 世纪 20 ~ 70 年代的这 50 年间，图 1-1 所示的发动机都装备触点断电分电器式点火系统，一直变化不大。70 年代，推出了图 1-2 所示，由传感器触发点火模块(电子触点断电)的分电器式点火系统，但仍采用分电器调整和控制点火提前。70 年代末至 80 年代初，开始采用由计算机控制的点火系统。分电器在计算机点火系统中，主要用于分火和安置传感器，所以被称为分电器式计算机点火系统，如图 1-3 所示。80 年代中期，开始采用不用分电器的计算机点火系统即无分电器点火系统，如图 1-4 所示。无分电器点火系统中，每一个或两个火花塞就有一个点火线圈，由计算机根据曲轴(凸轮轴)位置信号按既定的点火顺序控制这些点火初级线圈的通断，消除了分电器触点和传动件磨损对点火性能的影响，点火正时控制精度和点火能量都得到了较大提高，是对点火系统的一次重大改进。随着人们对无分电器点火技术的深入研究，又开发出适合某些发动机结构的点火方式。将点火线圈和火花塞做成一体，如图 1-5 所示。这种点火方式，取消了火花塞导线，减少了能量损失和电磁干扰，被称为无分电器直接点火系统。将计算机嵌入点火模块，增大点火模块的控制作用，有利于改善起动性能，提高点火系统的可靠性。进入 90 年代，随着越

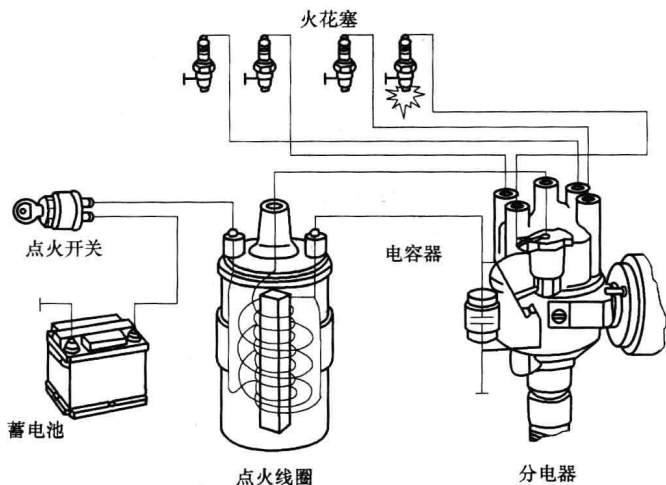


图 1-1 触点断电分电器式点火系统

随着人们对无分电器点火技术的深入研究，又开发出适合某些发动机结构的点火方式。将点火线圈和火花塞做成一体，如图 1-5 所示。这种点火方式，取消了火花塞导线，减少了能量损失和电磁干扰，被称为无分电器直接点火系统。将计算机嵌入点火模块，增大点火模块的控制作用，有利于改善起动性能，提高点火系统的可靠性。进入 90 年代，随着越

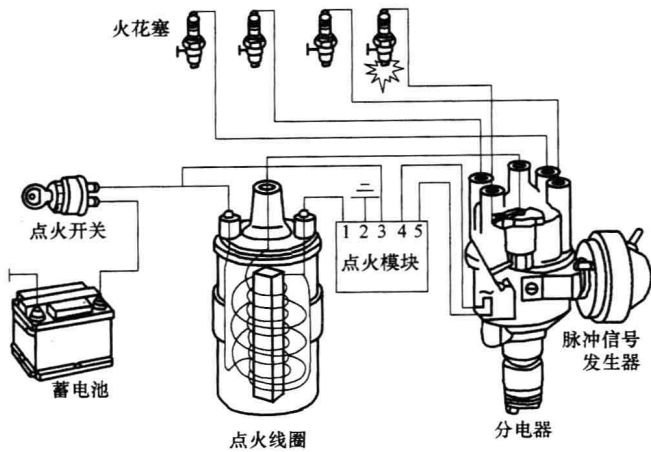


图 1-2 由传感器触发电火模块(电子触点断电)的分电器式点火系统

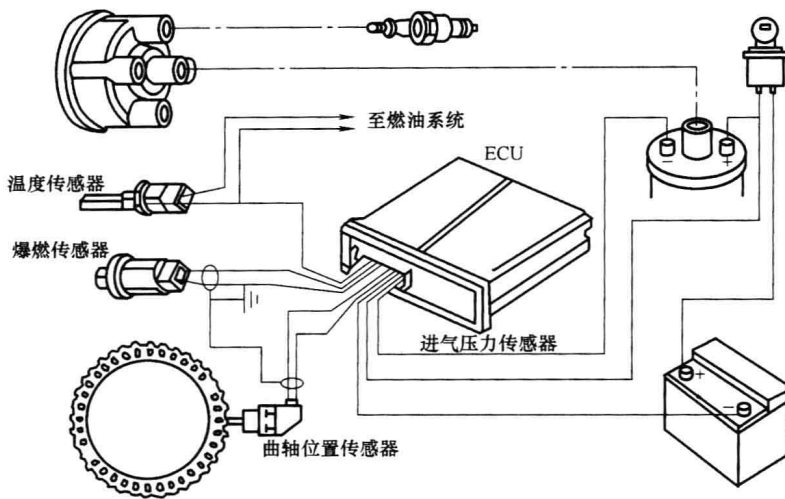


图 1-3 分电器式计算机点火系统

越来越多的发动机开始采用无分电器点火系统，计算机技术也越来越深入、越来越广泛地应用于发动机点火系统。本书主要讲述计算机点火系统。发动机控制用的计算机，也称为电子控制单元，或简称为 ECU。

二、点火系统的功能

尽管现在使用的计算机点火系统从外表上看与其他点火系统不同，但功能是相同的，只是计算机点火系统的功能更完善些，这些功能如下：

(1) 产生火花 点火系统必须能够产生足以点燃混合气的高压电，并能够维持满足完全燃烧所需要的火花持续时间。实现这一功能的关键在于提供足够的点火初级线圈通电时间(通电闭合角)。虽然在一定条件下，点燃混合气所需电压是一定的，但多余的能量可以延长火花持续时间。

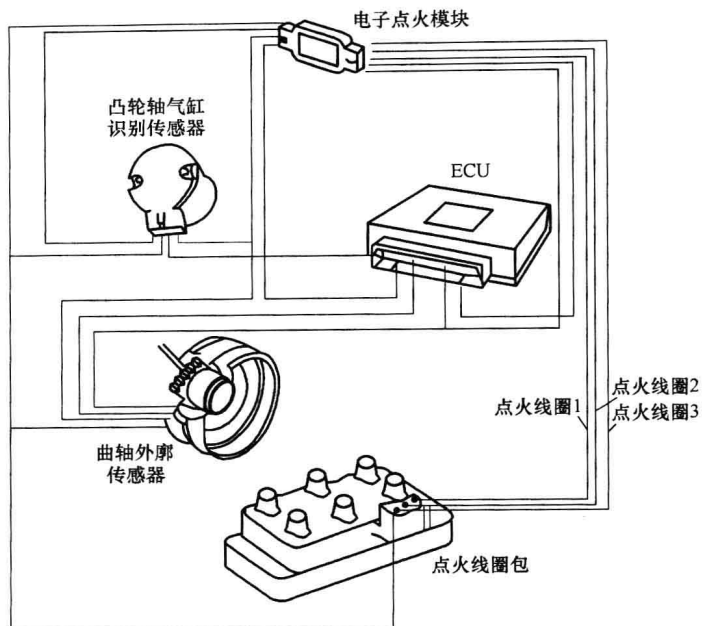


图 1-4 无分电器点火系统

(2) 控制点火提前角 点火系统必须能随发动机转速和负荷的变化以及特殊工况(如起动时、发生爆燃时)的需求改变点火提前角。

(3) 分配火花 点火系统必须按设定的点火顺序,在压缩行程的适当时刻向确定的气缸输送火花。分配火花与控制点火提前角都要求系统能够及时获得尽可能精确的曲轴位置与转速信号。

发动机不论在哪个工况下工作,点火系统必须都能在适当的时刻在火花塞的两个电极之间产生火花,即电流。这听起来似乎很简单,但如果考虑到火花塞需要发火的次数以及发动机工况的变化范围,理解为什么要采用计算机去控制点火系统就容易多了。

假如一台六缸发动机正以 3000r/min 的速度运转,那么点火系统每分钟必须产生 9000 次以上的火花,或者说每分钟将 12V 的蓄电池电压转换成 8~20kV 的点火电压 9000 次以上而不缺火。而且火花塞的发火时刻必须精确,以保证燃烧产生的最大压力出现在上止点以后(ATDC)15°~20°。如果点火系统做不到这些,对发动机的动力性、燃油经济性和排放性都会产生不利的影响。

综上所述,计算机点火系统一般应具备如下功能:

- 1) 点火提前角控制。
- 2) 点火线圈初级通电时间(通电闭合角)控制。
- 3) 按照发火顺序向各气缸分配火花。

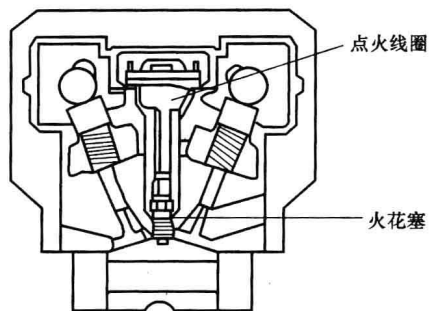


图 1-5 无分电器直接点火系统点火线圈及火花塞总成及其布置

第二节 点火提前角的控制

一、影响点火提前角的主要因素

控制点火提前角的目的是在各种工况下都能使发动机发出最大的功率,获得最好的燃油经济性和最少的有害排放物。要想获得最佳的发动机性能,发动机的点火时刻必须随发动机工况的变化而变化。所有的不同工况都会影响到发动机转速及作用在发动机上的负荷,当这两个基本因素变化时,所有的点火时刻都要随之变化。

(1) 发动机转速 发动机转速提高后,在给定的时间内曲轴转过的角度会更大,而燃烧速度却不会跟随变化,如果想使燃烧在上止点后(ATDC) $10^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 完成的话,那么必须使点火时刻提前。如某红旗发动机在 $850\text{r}/\text{min}$ 的怠速时,点火提前角为 $6^{\circ} \sim 12^{\circ}$,而转速增加到 $4000\text{r}/\text{min}$ 时,点火提前角增大到 28° 。但当转速继续增加时,由于混合气压力与温度的提高及进气扰流的增强,会使燃烧速度加快,为避免发生爆燃,最佳点火提前角的增加速度会相应减慢。

(2) 发动机负荷 作用在发动机上的负荷是与发动机必须完成的功相关的。爬坡或者牵引更大的重量会使发动机的负荷增加。在负荷作用下,活塞运动速度减慢,发动机运行效率下降。表示发动机负荷的一个很好的指标是进气歧管内在进气行程中形成的真空度。

在轻载和节气门部分打开时,进气管内的真空度较高,吸进进气管和气缸内的空燃混合气的数量少。这些稀薄的混合气在压缩终了的压力较低,燃烧速度较慢,为了在上止点后(ATDC) $10^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 完成燃烧,点火时刻必须被提前。

在大负荷时,节气门全开,大量的空燃混合气被吸入气缸,并且进气管的真空度低,这就会导致燃烧压力增高,燃烧速度加快。在这样的情况下,必须推迟点火提前角,以防止气体在上止点后(ATDC) $10^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 以前全部燃烧完毕。

(3) 辛烷值 汽油的辛烷值越高,抗爆性越好,点火提前角可适当增大;辛烷值越低,抗爆性越差,点火提前角则应相应减小,否则容易产生爆燃。

(4) 影响点火提前角的其他因素 除以上因素外,最佳点火提前角还与发动机燃烧室结构、燃烧室内温度、空燃比、大气压力、冷却液温度等有关。

二、点火提前角的确定

点火提前角的确定是很复杂的,需要通过反复、大量的实验才能确定。不同型号的发动机可能装备不同的计算机点火系统,因此确定点火提前角的方法可能也不同。以下是某些发动机计算机点火系统在不同工况下,确定点火提前角的方法。

1) 在正常工况下,ECU首先根据发动机的某些参数,如转速、负荷(由进气歧管绝对压力或进气流量表示)在其存储器中查出基本点火提前角,如图1-6所示。然后再根据节气门位置、发动机冷却液温度、大气压力等传感器信号查出其存储器内对应的数据,对基本点火提前角进行修正,得到最佳的点火提前角。

2) 起动时,由于进气歧管绝对压力或进气流量信号和发动机转速信号都不稳定,点火提前角通常固定为初始点火提前角。即计算机对大多数传感器信号不响应,点火发生在某一

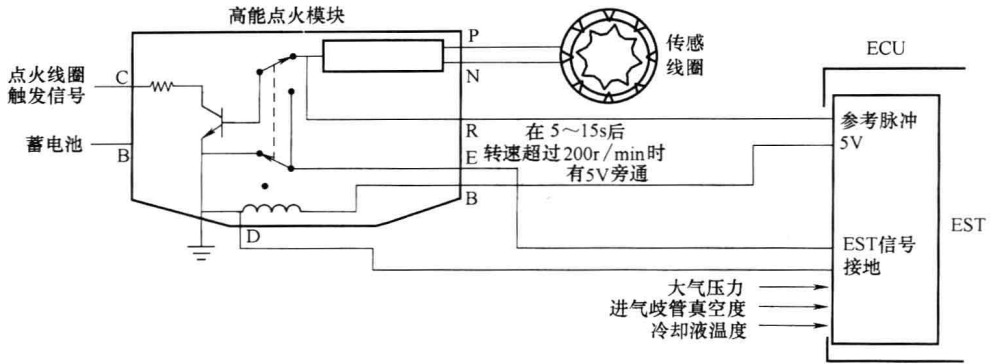


图 1-6 存储在计算机中的基本点火提前角

固定的曲轴转角。如在有些 6 缸发动机中，如图 1-7 所示，设计者把对应 6 缸或 1 缸上止点的曲轴位置信号 G_1 或 G_2 后的第一个曲轴转速信号 Ne 过零点处，设置在压缩行程上止点前 10° ，并令计算机把这一点作为参考点来计算点火正时，那么此发动机的初始点火提前角就是 10° 。

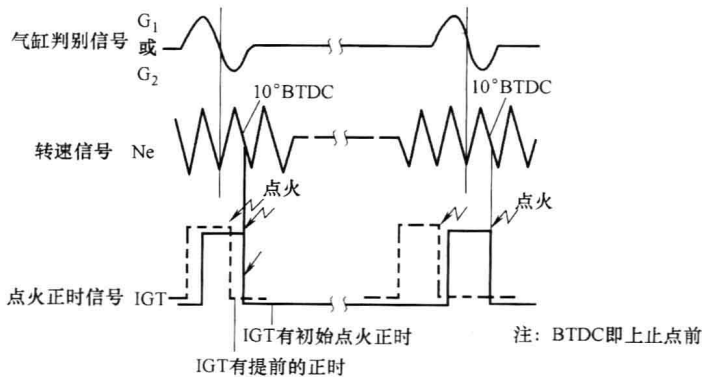


图 1-7 有些 6 缸发动机的初始点火提前角

有些发动机初始点火提前角可以通过程序进行设置或通过分电器、曲轴位置传感器进行调整。

3) 暖机期间，特别是发动机冷车起动后，需要更大的点火提前角。暖机过程中，随着冷却液温度的升高，点火提前角应逐渐减小，如图 1-8 所示。

4) 特殊的点火提前角是为了改善稳定车速工况下的燃油经济性而使用的。在发动机速度和负荷都不变时，使用大的点火提前角将使发动机效率更高。

装备有爆燃传感器的发动机点火系统，如图 1-9 所示，能把点火提前角控制在爆燃即将发生的附近，如图 1-10 所示，此时发动机将有最大的功率输出。一旦计算机检测到爆燃信号，就会以一定的角度

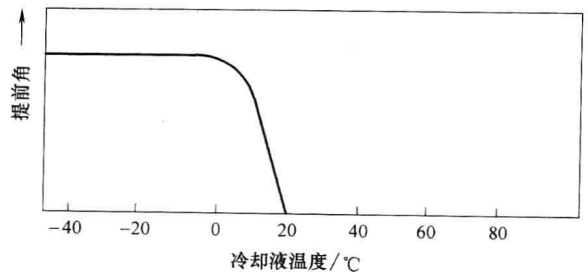


图 1-8 暖机过程中点火提前角的确定

依次减小点火提前角，直到爆燃消失。然后再以一定角度依次增加点火提前角，直到爆燃再次即将发生，如图 1-11 所示。

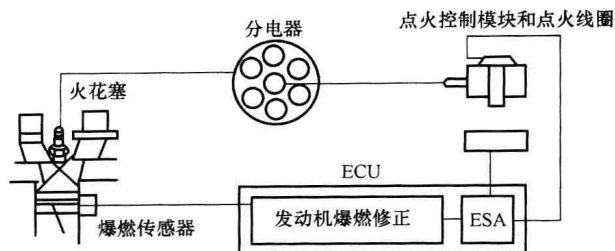


图 1-9 装备有爆燃传感器的发动机点火系统

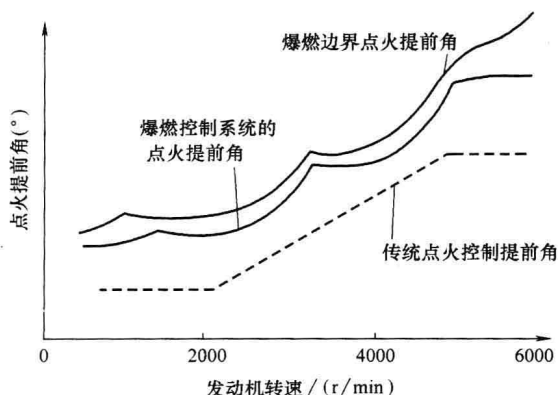


图 1-10 装备有爆燃传感器的发动机允许有较大的点火提前角

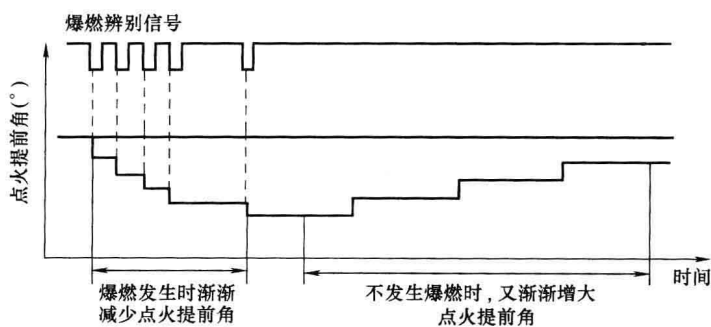


图 1-11 爆燃时的点火提前角控制

5) 为适应大气压力变化设置有大气压力传感器，以便计算机对点火提前角进行修正。

6) 为了适应不同辛烷值的燃油的燃烧需要，有的发动机在计算机中存储了两张点火提前角数据图，在实际使用中，驾驶人可根据使用燃油的辛烷值，通过发动机控制单元 (ECU) 的燃油选择开关或插头进行选择。在出厂时，一般开关设定在无铅优质汽油的位置上。

图 1-12 所示为某发动机点火系统在发动机暖机工况下，点火提前角的控制程序。