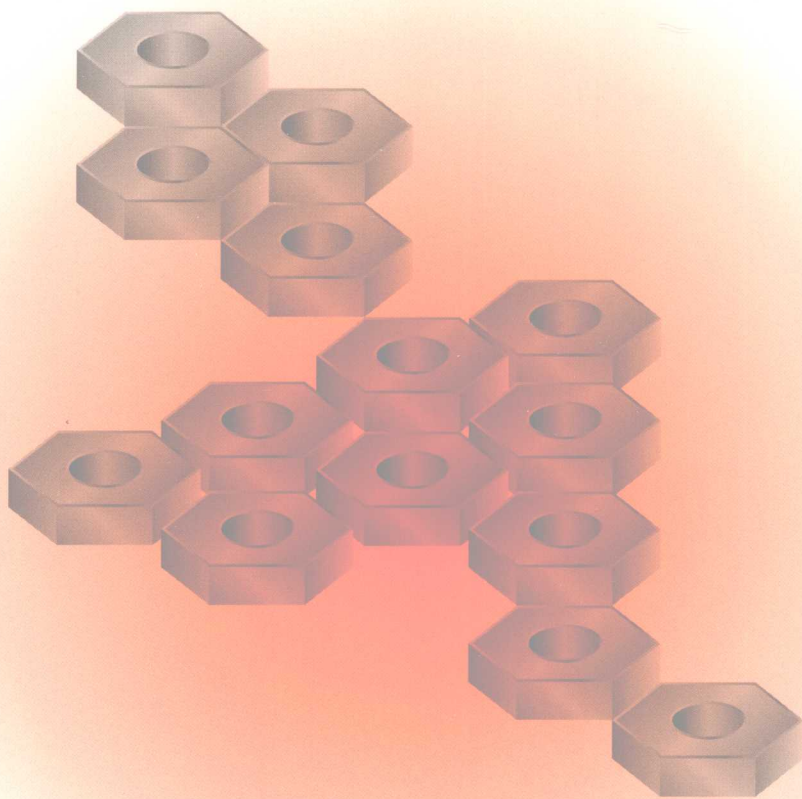


汽车维修职业任务驱动模块化教材

电控 燃油喷射汽油机

王光林 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



汽车维修职业任务驱动模块化教材

电控燃油喷射汽油机

主编 王光林
参编 余永东 梁益键
主审 蔡昶文



机械工业出版社

本书包括七个课题,每一课题的设置均采用任务引导的方式,包括实践内容和相关知识,并且给出了相关的知识链接。全书首先介绍了电控燃油喷射发动机系统的分类和组成、电控燃油喷射发动机传感器、点火系统传感器、执行元件、排放控制系统以及自诊断装置的检测等,最后以丰田5A-FE电控系统为例,详细介绍了冷却液温度传感器、进气歧管绝对压力传感器和节气门位置传感器故障诊断与排除的方法和步骤。

本书既可作为中等职业教育汽车运用与维修专业的教学用书,又可作为其他相关专业的辅助教材,还可供汽车维修技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

电控燃油喷射汽油机/王光林主编. —北京:机械工业出版社, 2008.9

汽车维修职业任务驱动模块化教材

ISBN 978-7-111-24663-3

I. 电… II. 王… III. 汽车—电子控制—喷油器—汽油机—教材 IV. U464.171

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 105554 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 责任校对:王 欣

封面设计:姚 毅 责任印制:洪汉军

北京铭成印刷有限公司印刷

2008 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·6.25 印张·147 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-24663-3

定价:15.00 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

封面无防伪标均为盗版

汽车维修职业任务驱动模块化教材

编 委 会

主 任	杨 敏							
副主任	夏晓冬							
委 员	万军海	蔡昶文	梁 登	王尚军	任惠霞	杨曙光		
	黄 琴	黄嘉平	刘 毅	薛 婷	夏明君	喻 勇		

序

进入 21 世纪以来,我国汽车工业突飞猛进,已经成为国民经济的支柱产业之一。2007 年,我国汽车产量超过 888 万辆,销量超过 879 万辆,产量居世界第三位,销量居世界第二位。

汽车后市场服务业作为汽车产业的重要延伸,随着汽车前市场的发展已经成为一个潜力巨大的市场,而且变得越来越重要。汽车后市场服务业内容涵盖面很广,包括汽车自工厂下线后推出市场、使用到再生、报废全过程中的技术性服务和非技术性服务。目前,我国的汽车产业正在悄然进行着一场具有划时代意义的汽车后市场服务业革命。在这场革命中,如何掌握领先的汽车服务理念、方法和技术,是推动我国汽车产业发展的关键之一。汽车后市场服务业是目前最具代表性的现代服务业的内容之一。10 余年来,我国的汽车后市场服务业虽然取得长足发展,但与世界发达国家相比,在现代服务理念、行业研究、服务项目的广度、服务内涵的深度和服务质量的水准等方面还存在相当大的差距,在整体组织、管理和服务上仍处在初级阶段。

随着汽车工业和汽车后市场服务业的发展,具备“懂技术、善经营、会服务”的能力素质,能够适应汽车产品设计服务、汽车生产服务、汽车销售服务、汽车售后服务、汽车保险理赔和汽车运输服务等领域工作的复合型、实用型技术人才成了汽车业和相关行业竞相争夺的“香饽饽”。目前,我国汽车服务领域奇缺这种专业技术人才。所以,尽快按照汽车大学科的完整思路培养出一大批懂汽车销售、管理和服务等知识的复合型、实用型的专业人才,满足我国汽车后市场服务业对人才的强大需求,任务非常紧迫。

调查资料表明,目前我国汽车技术服务从业人员中,普遍存在以下问题:一是工人的文化素质和技术水平偏低;二是具有独立工作能力的技工明显呈老龄化,而学校新培养的学生理论与实践脱节,动手能力弱;三是缺乏严格的职业技术教育,不能适应市场和企业的要求。针对这种情况,广州市交通高级技工学校组织了一批有丰富教学和实践经验的老师,紧密结合上述问题和企业当前的实际要求,编写出这套极具特色的培训系列教材。

该教材有以下特点:

1. 以“任务驱动”作为编写思路,用具体的工作任务引出相应的专业知识,调动学生学习的主动性,学习的目标十分明确。

2. 教材根据工作任务内容分成 11 个分册,突破“理论”与“实践”的界线,体现现代职业教育“一体化”的特色。



3. 每个课题的设置充分考虑了现有的教学设施、教师梯队和其他教学资源，效率高，可操作性很强。

4. 强调学生动手能力的训练，注重学生专业技能的形成和培养。

5. 教材深入浅出，图文并茂，使用方便，适应性好。

刘仲国

(中国汽车工程学会、广东省职业技能鉴定特聘专家, 华南农业大学教授)

前 言

为了适应我国汽车维修行业技能型紧缺人才培养的需要,满足中等职业学校以就业为导向的办学目标和要求,同时,也为了配合中等职业学校汽车类专业开展一体化教学的需要,我们在校汽车专业课程模块化改革的基础上,根据所制订的教学大纲,组织了部分专业骨干教师编写了一套任务引领型的汽车专业一体化教材,《电控燃油喷射汽油机》为其中一本。

本书包括七个课题,每一课题的设置均采用任务引导的方式,包括实践内容和相关知识,并且给出了相关的知识链接。全书首先介绍了电控燃油喷射发动机系统的分类和组成、电控燃油喷射发动机传感器、点火系统传感器、执行元件、排放控制系统以及自诊断装置的检测等,最后以丰田 5A-FE 电控系统为例,详细介绍了冷却液温度传感器、进气歧管绝对压力传感器和节气门位置传感器故障诊断与排除的方法和步骤。

本书在编写过程中,得到了各有关兄弟院校、广州地区部分企业及机械工业出版社的大力支持,同时,还得到了有关专家的指导。在此,我们一并表示衷心的感谢!

本书可供各技工学校汽车相关专业教学使用。同时,也可作为业余培训、企业培训用教材,还可以作为维修人员的自学用书。

本书由王光林担任主编(编写课题一、三、四、五、六),参加编写的有:余永东(编写课题二),梁益键(编写课题七)。全书由蔡昶文担任主审。

由于编者的水平所限,加上是首次编写出版,且教学的改革也在不断进行中,故难免会出现错漏之处。恳请广大读者对本书提出宝贵的意见和建议,以便再版时能修订改正。

编 者

目 录

序

前言

课题一 电控燃油喷射发动机概述	1
任务 观察电控燃油喷射发动机	1
一、实践	1
二、相关知识	2
(一) 电控燃油喷射的优点	2
(二) 影响动力性、经济性和净化性的重要因素	2
(三) 最佳空燃比的获得	5
(四) 电子控制系统的组成	5
(五) 各传感器的安装位置与作用	5
(六) 电控燃油喷射系统 ECU 插接器	8
(七) 执行器	8
(八) 空气供给系统的组成	9
(九) 燃油供给系统的组成	9
(十) 电子点火系统的组成	9
三、知识链接	12
(一) 有分电器式	12
(二) 无分电器式	12
课题二 电控燃油喷射系统的分类及组成	15
任务 观察电控燃油喷射系统	15
一、实践	15
二、相关知识	16
三、知识链接	16
(一) 按喷射方式分类	16
(二) 按喷射位置分类	17
课题三 电控燃油喷射发动机传感器	19
任务一 检测电控燃油喷射系统传感器	19
一、实践	19
二、相关知识	21
(一) 进气温度传感器	21



(二) 冷却液温度传感器	21
(三) 节气门位置传感器	21
(四) 进气歧管压力传感器	23
(五) 氧传感器	25
(六) 丰田 V 型六缸发动机氧传感器反馈电压的检测	27
三、知识链接	27
空气流量计	27
任务二 检测电控点火系统传感器	32
一、实践	32
二、相关知识	34
(一) 爆燃传感器的结构和工作原理	34
(二) 爆燃传感器检测	34
(三) 磁脉冲式/曲轴位置传感器/发动机转速传感器结构与原理	34
(四) 点火信号发生器	35
三、知识链接	36
(一) 霍尔式曲轴位置传感器/发动机转速传感器	36
(二) 光电式曲轴位置传感器/发动机转速传感器	38
课题四 电控燃油喷射系统执行元件	40
任务 检测电控燃油喷射系统执行元件	40
一、实践	40
二、相关知识	41
(一) 喷油器	41
(二) 怠速控制阀	43
(三) 电动汽油泵	44
三、知识链接	46
步进电动机怠速控制阀	46
课题五 排放控制系统	49
任务 排放控制系统的检测	49
一、实践	49
二、相关知识	50
(一) 燃油蒸气控制系统	50
(二) 电控废气再循环系统	52
三、知识链接	55
(一) 曲轴箱强制通风(PCV)系统	55
(二) 三元催化转化(TWC)系统	55
(三) 二次空气供给系统	58
课题六 自诊断装置检测	60
任务 读取和清除故障码	60
一、实践	60

二、相关知识	60
(一) 汽车自诊断系统	60
(二) 第二代随车诊断系统(OBD—Ⅱ)	62
(三) 备用系统	64
(四) 丰田车自诊断装置的应用	64
课题七 丰田 5A-FE 电控系统的故障诊断与排除	73
任务一 冷却液温度传感器故障诊断与排除	73
一、实践	73
二、相关知识	74
任务二 进气歧管绝对压力传感器的故障诊断与排除	75
一、实践	75
二、相关知识	76
任务三 节气门位置传感器的故障诊断与排除	77
一、实践	77
二、相关知识	78
附录 电控发动机常见故障及诊断程序	80

课题一 电控燃油喷射发动机概述

任务 观察电控燃油喷射发动机

【任务内容】

- 1) 观察丰田 5A-FE 发动机。
- 2) 区分发动机中的电控燃油喷射系统、空气供给系统、燃油供给系统和电控点火系统。
- 3) 分析影响动力性、经济性和净化性的主要因素。

【任务目标】

学生观察电控燃油喷射发动机，认识其结构。

一、实践

先由学员熟悉如下工作页，了解本任务内容。在学习相关知识点后，利用工作页，在教师的指导下完成本任务，同时完成工作页相关内容的填写。

观察电控燃油喷射发动机任务工作页

根据自己对丰田 5A-FE 发动机的观察，填写图 1-1 丰田 5A-FE 发动机中的各总成和零

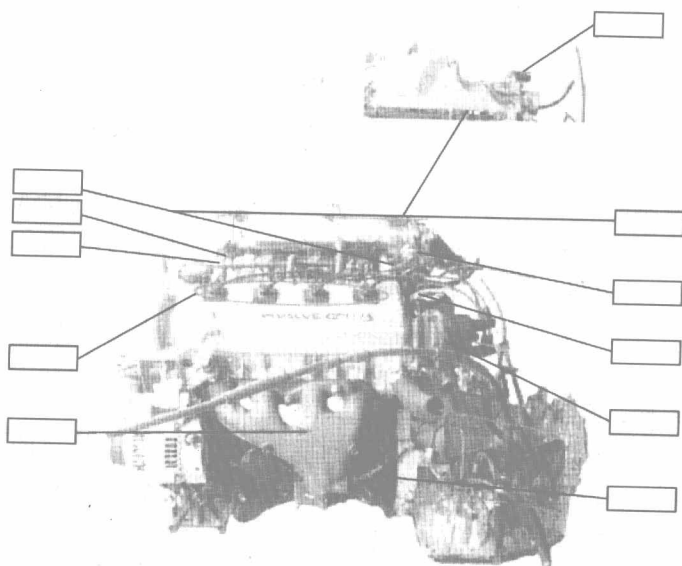


图 1-1 丰田 5A-FE 发动机



件名称，并说出它们的作用。

将上面填写的内容按不同系统归类。

电子控制系统：_____。

空气供给系统：_____。

燃油供给系统：_____。

电子点火系统：_____。

二、相关知识

(一) 电控燃油喷射的优点

电控燃油喷射系统简称 EFI，是英文 Electronic Fuel Injection 首字母的缩写，就是用计算机控制的燃油喷射系统。

(1) 进气系统无喉管和预热的影响；无流动损失和调头换向、抢气的影响；无雾化不好，分配不均的影响。

(2) 充气效率好、燃烧条件好以及热效率好。

(3) 利用电脑(ECU)计量控制，均匀点喷，随机修正，能使空燃比(A/F)控制在 14:7 的最佳区域内。

(4) 获得了更佳的“动力性”、“经济性”和“净化性”。

① 动力性提高了 15% ~ 20%。

② 油耗降低了 5% ~ 10%。

③ 净化性提高了 20% 以上($\text{CO} < 1\%$; $\text{HC} < 100\text{mg/L}$)。

(5) 改善了使用性能、冷起动性能、热起动性能、加速性能、急减速防污染性能、负荷自调性能和防止不熄火性能等。

(6) 扩大了控制功能，增加了自诊功能、计算机点火系统(ESA)、电控巡航系统(CCS)和电控自动变速器(ECT)等。它们都具备各自的故障报警、存储和自诊断功能。

(7) 减少了发动机油路和电路的故障率：因其关键部件是电脑，10 万 km 的故障率仅为 1‰，其他部件制造精密、可靠性好，如果使用维护合理，故障率远小于化油器式燃料系统和点火系统。

(二) 影响动力性、经济性和净化性的重要因素

众所周知：影响汽油机“动力性”、“经济性”和“净化性”好坏的主要因素有三：一是进气系统的密封性；二是点火性能的好坏(早、晚、强、弱)；三是空燃比的大小。这三个要素的因果反馈的中心媒体是进气管真空度 ΔP_x ， ΔP_x 是三要素好坏的度量值。即：最高进气管真空度 ΔP_x 所对应的必然是最好的密封性能、最佳的点火性能和最佳的空燃比。其因果反馈如图 1-2 所示。

理论和实践都证明，当密封性一定时，下列因素是关键：

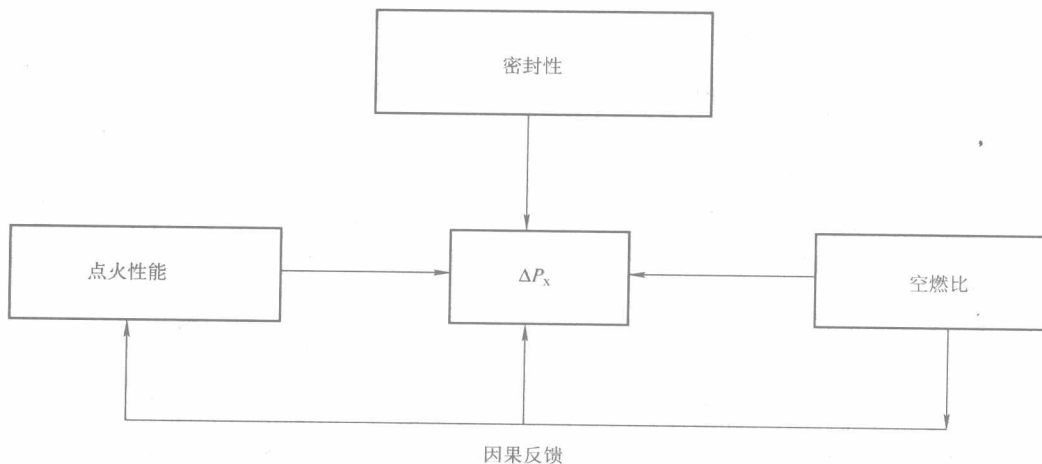


图 1-2 因果反馈框图

(1) 空燃比的大小 最佳空燃比是 14:7，过大过小都会影响 CO、HC、NO_x “三害气体”的排放值，其分布情况如图 1-3 所示。

当空燃比偏浓时，CO、HC 增加；当空燃比偏稀时，CO 明显减小；但 HC 明显增加；NO_x 的高峰是在稀区。

为此，为了有效控制“三害气体”，电脑使氧传感器随机投入工作，用来修正空燃比。同时，还需装置三元催化转化器和废气再循环(EGR)，将大部分“三害气体”氧化还原为 CO₂、N₂、H₂O，再排入大气，以提高净化性能。

(2) 负荷的大小 发动机工作的表征是负荷(开度)的大小和转速的高低。它们直接影响喷油量值 ΔP_x 的高低。发动机的负荷，是指其内外阻力矩的总和。通常以节气门开度(θ)的大小来表示(百分比)。负荷的改变，造成空气流入量的改变，可燃混合气的质和量应随之改变，以满足发动机各工况的要求，如图 1-4 所示。

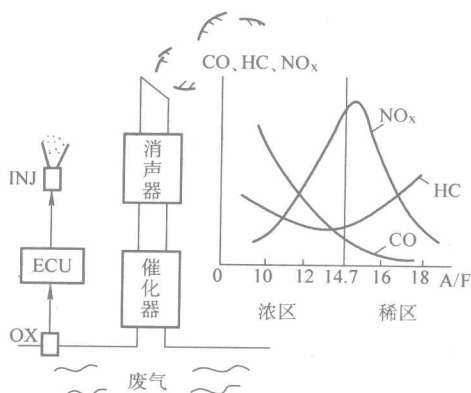


图 1-3 三害气体的分布情况

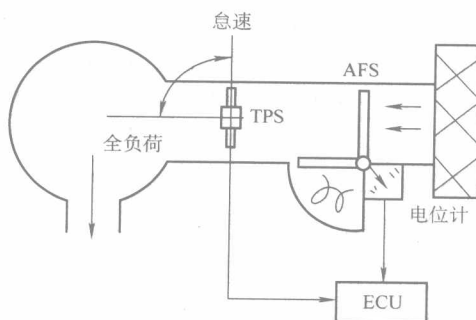


图 1-4 负荷大小的影响

当节气门开度为零时，为怠速工况，可燃混合气应偏浓而少。

当节气门开度为 100% 时，为全负荷工况，可燃混合气应偏浓而多。



当节气门开度在两者之间时,为中小负荷工况,可燃混合气应为稀而多, $A/F = 14.7 \sim 18$ 。

为此,对流入的空气量必须用空气流量计(AFS)进行准确的计量;对节气门开度的大小和快慢应有感知能力。节气门位置传感器(TPS)和空气流量计的电压信号传给电脑,才能有效地控制各工况空燃比的大小。

(3) 转速和车速的高低 当节气门开度(θ)一定时,发动机转速(n)升高,车速即升高;活塞的运动速度加快,可燃混合气的运动速度即加快;热损失减小,有效温度和有效压力即提高。

此时,应使用经济混合气,空燃比(A/F)为 $16 \sim 18$ 。节气门位置传感器(TPS)和转速传感器(SP)及车速传感器(VSS)的信号传给 ECU,使 ECU 有了逻辑分析能力,了解驾驶员的意图。随机调节 A/F 大小,即喷油器(INJ)的喷油量的多少。这种因果判断关系的成立,是有条件的,只要条件成熟,计算机的逻辑门电路即发出指令,完成对 A/F 的调节任务,如图 1-5 所示。

(4) 点火时刻的早晚 传统的点火系统,点火提前角只随转速(n)和节气门开度(θ)的变化而变化,没有其他修正参数的修正值。而最佳的点火提前角 θ 点,应保证活塞在上止点后 $10^\circ \sim 15^\circ$ 出现最高压力点($P_{\max}$),如图 1-6 所示。

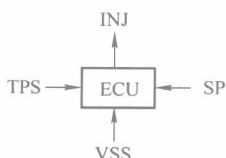


图 1-5 逻辑分析能力的建立

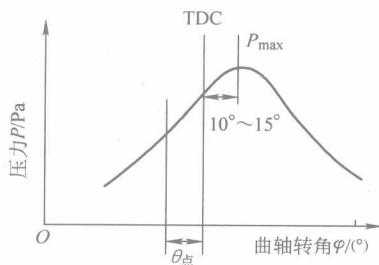


图 1-6 最佳的点火提前角

例如: $VSS \downarrow SP \downarrow TPS \uparrow$ 时,判定为加油; $VSS \uparrow TPS \downarrow SP \downarrow$ 时,判定为减油或断油。

因此,只有用 ECU 控制的点火系统,通过点火信号发生器(IGT)和防爆燃传感器(KNK),附加若干综合修正值(冷却液温度和气温信号),才能保持最佳的点火时刻。

(5) 进气温度的高低 它影响空气密度和空燃比(A/F)的大小。

当进气温度高时密度小、缺氧、 A/F 减小, CO 和 HC 污染加大,喷油量应少。

当进气温度低时密度大、富氧、 A/F 加大,冷激效应加大,燃速减小, HC 污染加大,喷油应增多。

为此,在进气系统中装有空气温度传感器(ATS),随时给 ECU 提供气温信号,如图 1-7 所示。

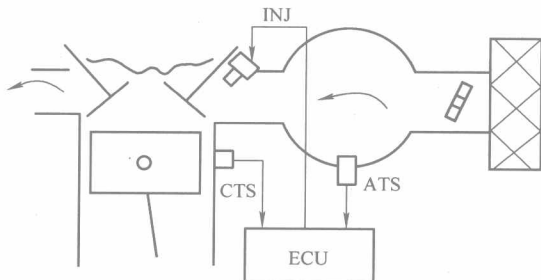


图 1-7 气温传感器和冷却液温度传感器

(6) 冷却液温度的高低 冷却液的温差



范围很大,要求空燃比调节范围也大,形成了“关键参数”。

冷态时气化条件和燃烧条件差,喷油量应增加,点火提前角应增大,形成快怠速状态,以便热起动。

热态时喷油量应减少,点火提前角应减少,维持正常平稳的怠速,减小排放污染。

为此,应有冷却液温度传感器(CTS)及时给 ECU 一个冷却液温度高低的信号,以便调节喷油量,改善发动机的使用性能(冷起动性能和快怠速热起动性能),如图 1-7 所示。

(三) 最佳空燃比的获得

基本喷油量应与进气量(开度)成正比,与转速成反比,外加不断变化的各种修正信号。由于基本工况为开度(θ)与转速(n)的和,所以当开度(θ)一定时,转速(n)下降,喷油增多;转速(n)升高,喷油减少。

转速(n)一定时,开度(θ)加大,喷油增多;开度(θ)减小,喷油减少。

由图 1-8 可知,电控喷射系统是由各种传感器对进入的空气进行准确地计量,通过 ECU 控制喷油量的多少和点火时刻的早晚,完成喷油和点火一体化程序控制的要求。

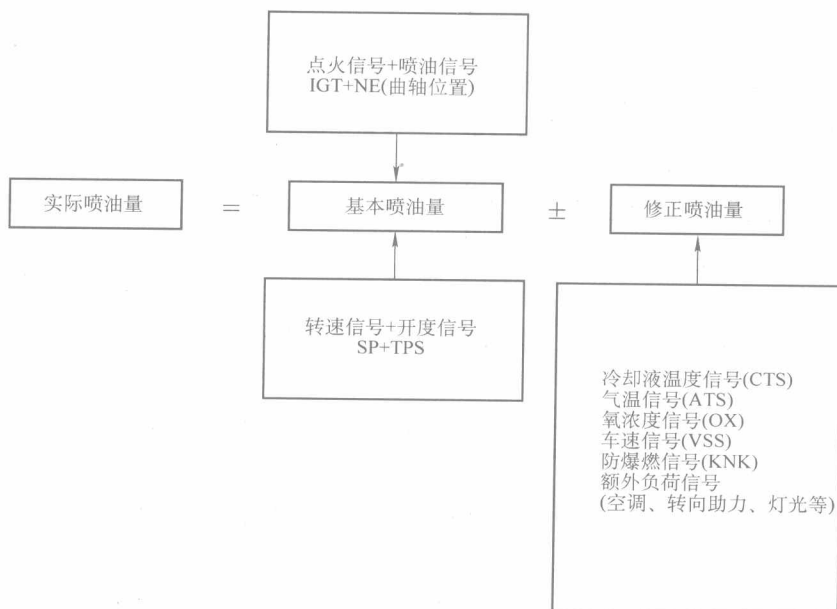


图 1-8 基本喷油量的确定

(四) 电子控制系统的组成

如图 1-9 所示电子控制系统由三大部分组成。

- ① 传感器: 检测发动机的各种状况。
- ② ECU: 根据来自传感器的各种信号(数据)计算喷射量(喷射时间)。
- ③ 执行器: 根据来自 ECU 的信号调节燃油喷射。

(五) 各传感器的安装位置与作用

① 爆燃传感器如图 1-10 所示。安装在发动机气缸的缸壁上,用来检测发动机有无爆燃信号,作为点火正时控制的修正(反馈)信号。



图 1-9 电子燃油喷射发动机电控系统的组成

② 冷却液温度传感器如图 1-11 所示。安装在发动机冷却液的管道上，用来检测发动机冷却液温度信号，简称冷却液温度传感器。作为燃油喷射和点火控制的修正信号。

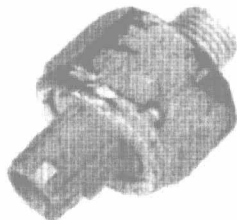


图 1-10 爆燃传感器

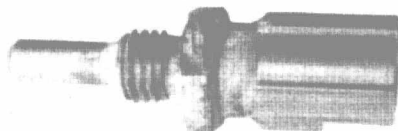


图 1-11 冷却液温度传感器



③ 进气温度传感器如图 1-12 所示。安装在发动机的空气滤清器上，用来检测供给发动机的空气温度信号，作为燃油喷射控制和点火控制的修正信号。

④ 氧传感器如图 1-13 所示。安装在发动机的排气管上，用来检测废气中氧离子的含量来检测空燃比信号，进行喷油量的闭环控制。

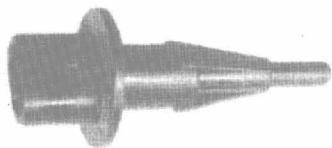


图 1-12 进气温度传感器



图 1-13 氧传感器

⑤ 节气门位置传感器如图 1-14 所示。安装在发动机的节气门体上，用来检测节气门开度和加、减速信号，可用于燃油喷射量控制。

⑥ 进气歧管压力传感器如图 1-15 所示。安装在发动机的进气歧管上，用来间接检测进气量信号，作为燃油喷射和点火控制的主控制信号。

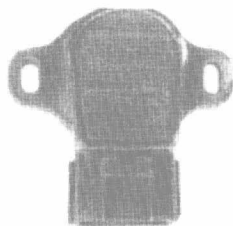


图 1-14 节气门位置传感器

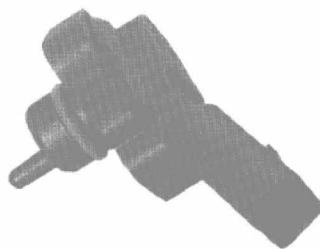


图 1-15 进气歧管压力传感器

⑦ 空气流量传感器如图 1-16 所示。安装在节气门体与空气滤清器之间，用来直接检测进气量信号，作为燃油喷射和点火控制的主控制信号。

⑧ 凸轮轴位置传感器如图 1-17 所示，它的作用是检测活塞上止点位置信号，作为喷油



图 1-16 空气流量传感器

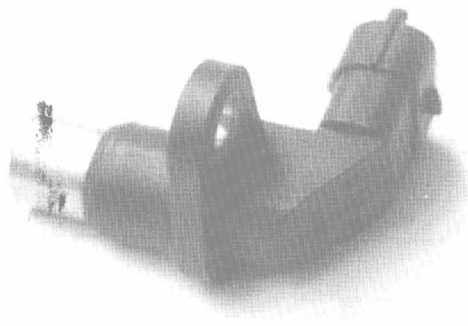


图 1-17 凸轮轴位置传感器