



高职高专 **汽车专业** 系列教材

# 汽车发动机 电控系统检修

宋作军 王玉华 主 编  
张世军 张慧卿 李辉照 副主编



赠送  
电子课件

清华大学出版社



高职高专汽车专业系列教材

# 汽车发动机电控系统检修

宋作军 王玉华 主 编  
张世军 张慧卿 李辉照 副主编

清华大学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书以电控发动机的结构和工作原理为基础,全面系统地介绍了电控发动机的故障诊断与检测技术。全书共分七个项目单元,分别是汽油机电控燃油喷射系统的检修、汽油机怠速控制系统的检修、汽油机进气控制系统的检修、汽油机排放控制系统的检修、汽油机微机控制点火系统的检修、柴油机电控系统的检修和汽油机电控系统故障思路与自诊断。各项目单元主要以典型课题为载体,并结合具体乘用车案例,系统讲解电控发动机的结构、工作过程与检测技术。附录中列出了常用汽车英语词汇,以方便读者查阅有关技术说明。

本书内容丰富、图文并茂、体例饱满,选材来源于最新的技术手册。本书难易适中、使用性强,有利于知识的吸收和技能的迅速提高。

本书既适合高职高专汽车类专业教学使用,也可供从事汽车检测维修、汽车运输管理等行业的工程技术人员阅读参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机电控系统检修/宋作军,王玉华主编;张世军,张慧卿,李辉照副主编. —北京:清华大学出版社,2010.7

(高职高专汽车专业系列教材)

ISBN 978-7-302-23017-5

I. ①汽… II. ①宋… ②王… ③张… ④张… ⑤李… III. ①汽车—发动机—电子系统;控制系统—检修—高等学校:—技术学校—教材 IV. ①U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 107734 号

责任编辑:石伟

装帧设计:山鹰工作室

责任校对:李玉萍

责任印制:孟凡玉

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 刷 者:北京市清华园胶印厂

装 订 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:15.75 字 数:380千字

版 次:2010年7月第1版 印 次:2010年7月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:25.00元

产品编号:034191-01

# 前 言

随着电子控制技术在汽车上的广泛应用，电控发动机的检修日益成为汽车维修的重点和难点，同时，发动机电控系统检修也是高职高专汽车类专业重要的专业课之一。

本书在编写过程中注重工作过程系统化，力求内容系统新颖、图文并茂、重点突出。各项目单元尽量结合最新的常见车型典型电路进行分析讲解，注重培养学生的电路分析和故障检测诊断能力。

本书由宋作军、王玉华任主编，张世军、张慧卿和李辉照任副主编。全书共分七个项目单元及附录。各部分的编写分工如下：项目一、六、七由淄博职业学院宋作军编写；项目二由石油大学(华东)汽车修理厂王玉华编写；项目三由山东交通职业学院张世军编写；项目四由山东省水利技术学院张慧卿编写；项目五由张店钢铁总厂汽车运输公司李辉照编写；附录由淄博职业学院李家斌编写。王玉华、李辉照二人多年从事汽车维修工作，具有丰富的实践经验。他们积极参与教材的研讨、编写，强化了教材质量。全书由淄博职业学院宋作军统稿。另外，汽车维修专家，山东理工大学曲金玉副教授对本书进行了审阅。

本书既适合高职高专汽车类专业教学使用，也可供从事汽车检测维修、汽车运输管理等行业的工程技术人员阅读参考。

在本书的编写过程中，相关企业的汽车维修管理人员宋丰年、侯发梁等提出了许多宝贵的建议，在此向他们表示真诚的感谢。本书在编写过程中参考了大量的书籍资料，在此向原作者表示真诚的感谢。囿于作者水平，书中难免有疏漏和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者  
2010年3月



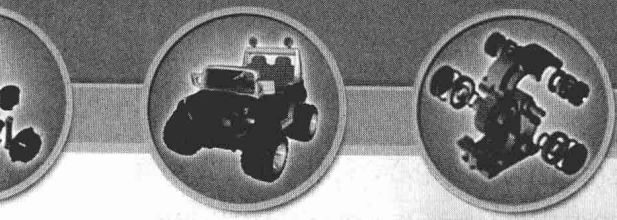
# 目 录

项目一 汽油机电控燃油喷射系统的检修.....	1
一、相关知识.....	2
(一)汽油机电控燃油喷射系统概述.....	2
(二)空气供给系统主要部件结构及工作原理.....	6
(三)燃油供给系统主要部件结构及工作原理.....	15
(四)电子控制系统主要部件结构及工作原理.....	25
二、项目实施.....	31
(一)项目实施环境.....	31
(二)项目实施步骤.....	31
三、拓展知识 汽油机缸内直喷技术介绍.....	48
小结.....	50
应知题及实操题.....	50
项目二 汽油机怠速控制系统的检修.....	53
一、相关知识.....	54
(一)怠速控制的目标.....	54
(二)怠速空气提供方式.....	54
(三)怠速信号的产生与识别.....	55
(四)怠速控制原理.....	56
二、项目实施.....	63
(一)项目实施环境.....	63
(二)项目实施步骤.....	63
三、拓展知识.....	70
小结.....	71
应知题及实操题.....	71
项目三 汽油机进气控制系统的检修.....	73
一、相关知识.....	74
(一)可变气门正时控制系统.....	74
(二)可变气门配气相位和气门升程控制系统.....	80
(三)进气增压控制系统.....	86
二、项目实施.....	92
(一)项目实施环境.....	92



(二)项目实施步骤 .....	92
三、拓展知识 本田雅阁 3.5L V6 发动机可变气缸管理技术简介 .....	99
小结 .....	100
应知题及实操题 .....	100
<b>项目四 汽油机排放控制系统的检修 .....</b>	<b>103</b>
一、相关知识 .....	104
(一)三元催化转换器与空燃比反馈控制系统 .....	104
(二)废气再循环控制系统 .....	108
(三)二次空气供给系统 .....	113
(四)燃油蒸气排放控制系统 .....	114
二、项目实施 .....	116
(一)项目实施环境 .....	116
(二)项目实施步骤 .....	117
三、拓展知识 带 OBD- II 的发动机管理系统简介 .....	124
小结 .....	125
应知题及实操题 .....	125
<b>项目五 汽油机微机控制点火系统的检修 .....</b>	<b>127</b>
一、相关知识 .....	128
(一)微机控制点火系统的组成与功能 .....	128
(二)点火提前角(点火正时)控制 .....	128
(三)初级线圈的通电时间控制 .....	134
(四)点火基准信号及点火提前角控制方式 .....	135
(五)微机控制点火系统分类 .....	139
二、项目实施 .....	141
(一)项目实施环境 .....	141
(二)项目实施步骤 .....	141
三、拓展知识 可变气缸管理技术介绍 .....	145
小结 .....	146
应知题及实操题 .....	146
<b>项目六 柴油机电控系统的检修 .....</b>	<b>149</b>
一、相关知识 .....	150
(一)柴油机电控技术概述 .....	150
(二)高压共轨柴油机电控系统 .....	155
(三)柴油发动机空气系统的电子控制 .....	161

二、项目实施.....	166
(一)项目实施环境.....	166
(二)项目实施步骤.....	166
三、拓展知识 高压共轨电控柴油机的常见故障分析.....	175
小结.....	179
应知题及实操题.....	179
<b>项目七 汽油机电控系统故障思路与自诊断.....</b>	<b>181</b>
一、相关知识.....	182
(一)发动机不能起动.....	182
(二)发动机动力不足.....	182
(三)发动机耗油量大.....	183
(四)发动机怠速过高.....	185
(五)发动机怠速不良.....	187
(六)发动机进气回火.....	187
(七)发动机排气管放炮.....	188
(八)发动机冷起动困难.....	189
二、电控汽油喷射系统故障自诊断.....	191
(一)连接故障阅读仪 V.A.G1551 并选择发动机电子控制单元.....	192
(二)查询和删除故障存储.....	194
(三)测试数据块.....	195
三、故障代码与故障排除.....	214
小结.....	222
应知题及实操题.....	222
<b>附录 常用汽车英文词汇表.....</b>	<b>223</b>
<b>参考文献.....</b>	<b>241</b>



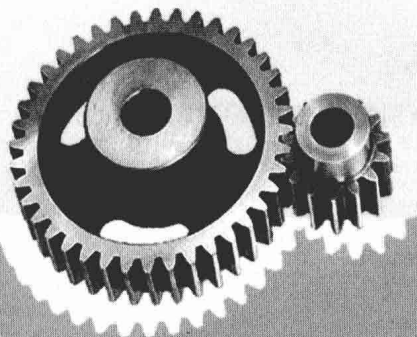
# 项目一 汽油机电控燃油喷射系统的检修

## 【知识要求】

- ① 熟悉汽油发动机电控燃油喷射系统的分类、组成及功用
- ② 掌握汽油发动机电控燃油喷射系统各主要部件的结构与工作原理
- ③ 掌握汽油发动机电控燃油喷射控制电路的工作原理

## 【能力要求】

- ① 正确识别汽油发动机电控燃油喷射系统各主要部件
- ② 能对汽油发动机电控燃油喷射系统的常见故障进行检测与排除





## 一、相关知识

### (一)汽油机电控燃油喷射系统概述

#### 1. 汽油机电控燃油喷射系统的工作原理

汽油发动机电控燃油喷射系统以发动机电控单元(ECU)为控制中心,利用安装在发动机不同部位的各种传感器检测发动机的各种工作参数。根据这些参数选择 ECU 中设定的程序,通过控制喷油器,精确地控制喷油量,使发动机在各种工况下都能获得最佳空燃比的混合气。此外,电控燃油喷射系统通过 ECU 的控制程序,实现起动加浓、暖机加浓、加速加浓、全负荷加浓、减速调稀、强制怠速断油、自动怠速控制等功能,满足发动机特殊工况对混合气的要求,使发动机获得良好的燃油经济性和排放性,提高了汽车的使用性能。控制系统的组成如图 1-1 所示。

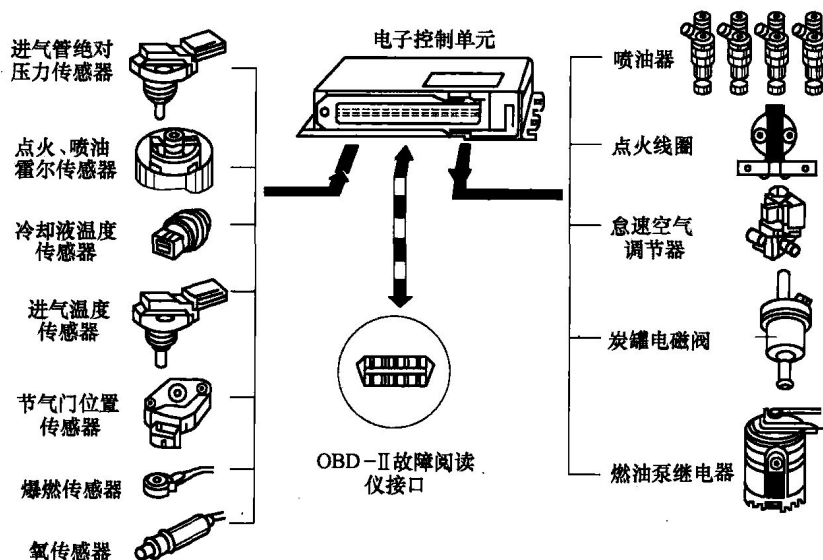


图 1-1 控制系统组成示意图

#### 2. 汽油机电控燃油喷射系统的组成

汽油发动机电控燃油喷射系统一般由 3 个子系统组成,分别为空气供给系统、燃油供给系统和电控系统。



### 1) 空气供给系统

空气供给系统的功能是提供、测量和控制燃油燃烧时所需要的空气量。

空气经空气滤清器过滤后，由空气流量计计量，通过节气门体进入进气总管，再分配到各进气歧管。在进气歧管内，从喷油器喷出的燃油与空气混合后，被吸入气缸内燃烧。

### 2) 燃油供给系统

燃油供给系统的功能是向发动机精确地提供各种工况下所需要的燃油量。燃油供给系统一般由油箱、电动燃油泵、燃油滤清器、燃油脉动阻尼器、压力调节器、喷油器、冷起动喷油器和供油总管等组成。

在燃油供给系统中，燃油由燃油泵从油箱中泵出，经过燃油滤清器，除去杂质及水分后，再经过燃油脉动阻尼器，以减少其脉动。这样，具有一定压力的燃油流至供油总管，再经各供油歧管送至各缸喷油器。喷油器根据 ECU 的喷油指令，开启喷油阀，将适量的燃油喷于进气门前，待进气行程时，再将燃油混合气吸入气缸中。装在供油总管上的燃油压力调节器是用以调节系统油压的，用以保持油路内的油压比进气管负压约高 300kPa。此外，为了改善发动机的低温起动性能，有些车辆在进气歧管上安装了一个冷起动喷油器，冷起动喷油器的喷油时间由热限时开关或者 ECU 控制。

### 3) 电控系统

电控系统的功能是根据发动机运转状况和车辆运行状况确定燃油的最佳喷射量。该系统由传感器、ECU 和执行器三部分组成。

传感器是信号转换装置，安装在发动机的各个部位，用以检测发动机运行状态的电量参数、物理参数、化学参数等；并将这些参数转换成计算机能够识别的电信号，输入 ECU。检测发动机工况的传感器有冷却液温度传感器、进气温度传感器、曲轴位置传感器、节气门位置传感器、车速传感器、氧传感器、爆燃传感器及空调离合器开关等。

ECU 是发动机控制系统的核心部件。ECU 的存储器中存放了发动机各种工况的最佳喷油持续时间，在接收到各种传感器传来的信号后，经过计算确定满足发动机运转状态的燃油喷射量和喷油时间。ECU 还可对多种信息进行处理，实现汽油机电控燃油喷射系统以外其他诸多方面的控制，如点火控制、怠速控制、废气再循环控制及防抱死控制等。

执行器是电子控制系统的执行机构，其功用是接收 ECU 输出的各种控制指令，完成具体的控制动作(如喷油脉宽控制、点火提前角控制、怠速控制、碳罐清污、自诊断、故障备用程序启动及仪表显示等)，从而使发动机处于最佳工作状态。

### 3. 汽油机电控燃油喷射系统的分类

#### 1) L型汽油发动机电控燃油喷射系统

“L”是德文“空气”一词的第一个字母，L型汽油发动机电控燃油喷射系统采用多点间歇喷射方式，用空气流量计直接测量吸入的空气量，性能优良，应用广泛。其系统组成如图1-2所示。

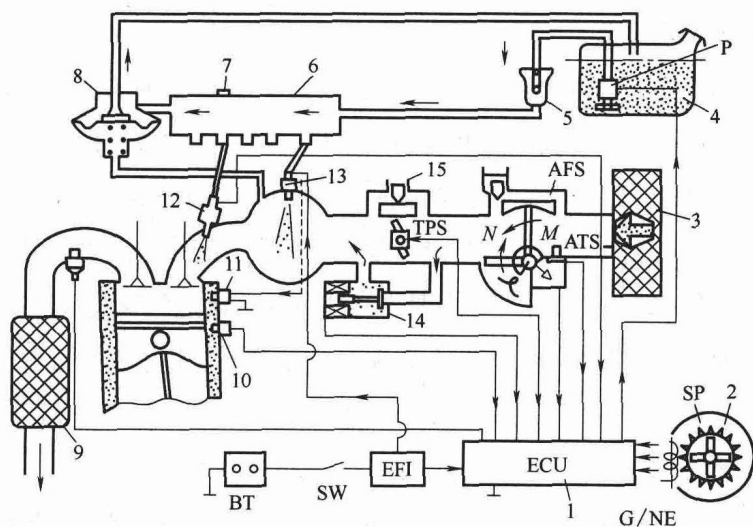
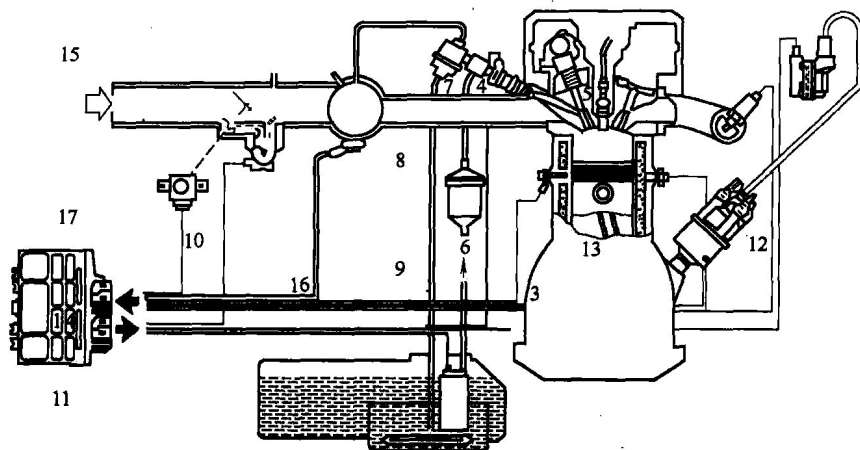


图 1-2 L型喷射系统的组成

1—发动机电控单元；2—分电器；3—空气滤清器；4—汽油箱；5—汽油滤清器；6—汽油分配管；  
7—测压孔；8—油压调节器；9—三元催化转化器；10—冷却液温度传感器；11—温控开关；12—喷油器；  
13—冷起动喷油器；14—怠速空气调节器；15—怠速调节螺钉；P—电动汽油泵；TPS—节气门位置传感器；  
AFS—空气流量计；M—气流力矩；N—扭簧力矩；ATS—空气温度传感器；EFI—主继电器

#### 2) D型汽油发动机电控燃油喷射系统

“D”是德文“压力”一词的第一个字母。D型系统是最早的、典型的多点压力感应式喷射系统。美国的通用、福特和克莱斯勒，日本的丰田、本田、铃木和大发等主要汽车公司，都有类似的产品。由于空气在进气管内波动，因而使该方法的测量精度稍差，并且响应较慢。其系统组成如图1-3所示。



桑塔纳 2000GLi 型轿车 AFE 发动机上的 D 型电控燃油喷射系统

- 1—油箱；2—汽油泵；3—汽油滤清器；4—油压调节器；5—喷油器；6—燃油回油管；  
7—真空管道；8—空气缓冲平衡箱；9—进气压力、进气温度传感器；10—节气门位置传感器；  
11—霍尔传感器；12—冷却液温度传感器；13—爆燃传感器；14—发动机电控单元(ECU)；  
15—点火线圈；16—怠速控制阀；17—氧传感器

### 3) 汽油发动机电控燃油喷射系统分类

汽油机电控燃油喷射系统的分类方法有多种，表 1-1 详细介绍了各种分类方法及其特点。

表 1-1 汽油机燃油喷射系统分类方法及其特点

标准	类型		特点
空气量检测方法	直接检测	质量流量方式	用空气流量计直接测量吸入的空气量，L 型喷射系统属于此类。控制精度高
	间接检测	速度密度方式	根据进气歧管的压力和发动机转速推算吸入的空气量并计算所需汽油量，D 型系统属此类。控制精度稍差
		节流速度方式	根据节气门开度和发动机转速推算吸入的空气量，并计算所需汽油量，目前仅用在某些赛车上，控制精度差
喷射位置	缸内喷射		与柴油机的供油系统相似，它将汽油通过高压(3~4MPa)喷射直接喷入气缸内
	缸外喷射	多点喷射	简称 MPI(multi point injection)。每个气缸有一个专用的喷油器用于为该气缸提供汽油，L-Jetronic、Motronic 等系统属于多点喷射。将汽油通过喷油器喷在气缸外进气门附近，油压为 0.3~0.4MPa

标准	类型		特点
喷射位置	缸外喷射	单点喷射	简称 SPI(single point injection)。在进气管的节气门体处设置一个喷油器, 对各缸实行集中供油, 又称节气门体喷射(throttle body injection, TBI)、集中喷射或中央喷射(central fuel injection, CFI), Mono-Jetronic 和 Mono-Motronic 等系统属于此类。将汽油通过喷油器喷在气缸外节气门附近, 油压为 0.3~0.4MPa
喷射时序	连续喷射	在发动机运行过程中连续不断地喷油, 用于机械式和机电混合式系统(K-Jetronic 和 KE-Jetronic)。控制精度低	
		发动机一个工作循环中只在一定的曲轴转角范围内喷油	
	间歇喷射	顺序喷射	各缸喷油器按各缸进气行程的顺序轮流喷油
		同时喷射	各缸喷油器同时开启且同时关闭, 由同一个喷油指令控制所有的喷油器同时动作
分组喷射		各缸喷油器分成若干组, 同组喷油器同时喷油, 组与组之间以均匀的曲轴转角间隔喷油	
异步喷射	根据频率进行喷油的喷射方式, 适用于采用卡门涡旋流量计测量空气流量的系统。由于空气流量和卡旋产生的频率成比例, 因此可以设定喷油器的开启时间, 并使其与涡旋的频率同步		
喷射压力	高压汽油喷射	高于进气管压力 200kPa 以上, 多用于 MPI 系统中	
	低压汽油喷射	油压与进气管压力之差小于 200kPa, 多用于 SPI 系统中	
有无信号反馈	开环控制系统	无氧传感器、爆燃传感器等信息反馈装置	
	闭环控制系统	有氧传感器等信息反馈装置	
喷射控制	机械控制	通过机械装置将发动机负荷、转速、冷却液温度、进气温度、大气压力等信息传递给喷油装置以实现燃油定量控制。K-Jetronic 属于此类	
	机电混合控制	在机械控制的基础上增设电子控制, KE-Jetronic 属于此类	
	电子控制	由以发动机电控单元为核心的电控单元(ECU)进行喷油控制	
信号处理方式	模拟式	采用模拟电路处理数据(信息)	
	数字式	采用数字电路处理数据	

## (二)空气供给系统主要部件结构及工作原理

### 1. 典型空气供给系统的组成及形式

空气供给系统为发动机可燃混合气的形成提供必需的空气。空气经空气滤清器、空气流量计(L 型汽油发动机电控燃油喷射系统)、节气门体、进气压力传感器(D 型汽油发动机电

控燃油喷射系统)、进气管(进气总管和进气歧管)进入各气缸。一般行驶时,空气的流量由通道中的节气门体来控制(节气门体由加速踏板操作)。踩下加速踏板时,节气门体打开,进入的空气量多。怠速时,节气门体关闭,空气由旁通气道通过。怠速转速的控制是由怠速调整螺钉和怠速空气调整器调整流经旁通气道的空气量来实现的。怠速空气调整器一般由ECU控制。在气温较低,发动机需要暖机时,怠速空气调整器的通路打开,将暖机时必需的空气量供给进气歧管,此时,发动机转速比正常怠速高,称为快怠速。随着发动机冷却液温度升高,怠速空气调整器使旁通气道开度逐渐减小,旁通空气量也随之减小,发动机转速逐渐降低至正常怠速。

### 1) 质量流量式进气系统

质量流量式进气系统利用空气流量计直接测量吸入的空气量,通常用测得的空气流量与发动机转速的比值作为计算喷油量的标准。空气经过空气滤清器过滤后,用空气流量计进行测量,然后通过节气门体到达稳压箱,再分配给各缸进气管。在进气管内,由喷油器中喷出的汽油与空气混合后被吸入气缸内进行燃烧。其结构如图1-4所示。

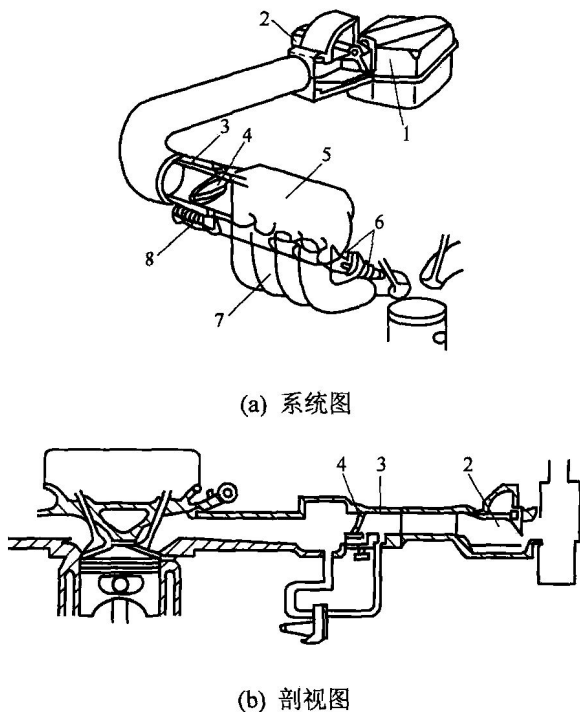


图 1-4 质量流量式进气系统结构图

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



节气门装在节气门体上,控制进入各缸的空气量,在该总成上还装有空气阀。当温度低时空气阀打开,部分附加空气进入进气总管,以提高怠速转速,加快暖机过程(又称快怠速)。在装有怠速控制阀(ISCV)的发动机上,由ISCV来实现空气阀的作用。

## 2) 速度密度式进气系统

速度密度式进气系统,利用进气歧管绝对压力传感器测得进气歧管中的绝对压力,然后根据绝对压力值和发动机转速推算出每一循环发动机吸入的空气量。由于进气歧管中的空气压力是变化的,因此速度密度方式不容易精确检测吸入的空气量。速度密度方式与质量流量方式进气系统的主要差别是用进气歧管绝对压力传感器代替了空气流量计。其结构如图1-5所示。

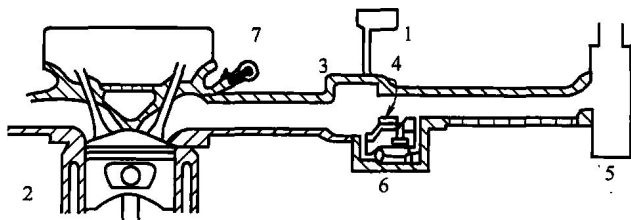


图 1-5 速度密度方式进气系统结构示意图

1—进气歧管绝对压力传感器；2—发动机；3—稳压箱；4—节流阀体；  
5—空气滤清器；6—空气阀；7—喷油器

经过空气滤清器过滤的空气,经节气门体流入稳压箱,分配给各缸进气管,然后与喷油器喷射的汽油混合形成可燃混合气,再吸入气缸内。

## 2. 典型空气供给系统主要零部件的结构

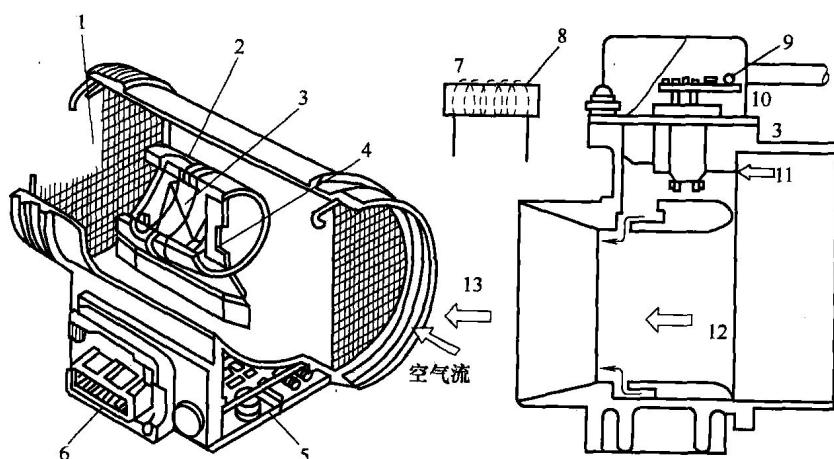
### 1) 空气流量计

空气流量计安装在空气滤清器和节气门之间,用来测量进入气缸内空气量的多少,然后将进气量信号转换成电气信号输入控制单元。然后由电控单元计算出喷油量,控制喷油器向节气门室(进气管)喷入与进气量成最佳比例的燃油。

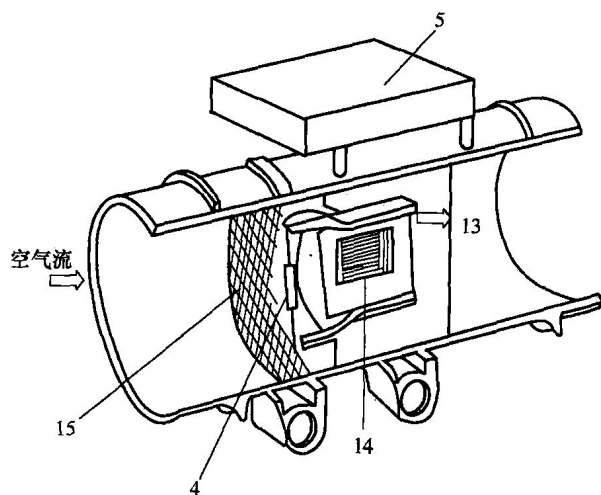
#### (1) 热线式空气流量计

热线式空气流量计有三种形式:一种是把热线和进气温度传感器都放在进气主通路的取样管内,称为主流测量式,其结构如图1-6(a)所示;另一种是把热线缠在绕线管上和进气温度传感器都放在旁通管路内,称为旁通测量式,其结构如图1-6(b)所示。这两种热线式空气流量计为了将热线温度与进气温度的温差维持恒定,都设有控制回路,如果热线因吸入

的空气而变冷，则控制回路可以增加供给热线的电流，以使热线与进气的温度差恢复到原来恒定的状态。第三种形式流量计的发热体不是热线而是热膜，即在热线位置放上热膜，发热金属膜固定在薄的树脂膜上。这种结构可使发热体不直接承受空气流动所产生的作用力，以延长使用寿命，其结构如图 1-6(c)所示。



(a) 主流测量式热线式空气流量计 (b) 旁通测量式热线式空气流量计



(c) 热膜式空气流量计

图 1-6 热线式空气流量计

- 1—防回火网；2—取样管；3—白金热线；4—上游温度传感器；5—控制回路；6—插接器；  
7—热金属线和冷金属线；8—陶瓷螺线管；9—接控制回路；10—进气温度传感器(冷金属线)；  
11—旁通气路；12—主通气路；13—通往发动机；14—热膜；15—金属网

热线式空气流量计长期使用后，会在热线上积累杂质，为了消除使用中电热线上附着的胶质积炭对测量精度的影响，在流量计上采用烧净措施解决这个问题。每当发动机熄火(或起动)时，ECU 自动接通空气流量计壳体内部的电子电路，加热热线，使其温度在 1s 内升高 1000℃。由于烧净温度必须非常精确，因此在发动机熄火 4s 后，该电路才被接通。

由于热线式空气流量计测量的是进气质量流量，它已把空气密度、海拔高度等影响考虑在内，因此可以得到非常精确的空气流量信号。

## (2) 叶片式空气流量计

叶片式空气流量计又称风门式、翼片式或活门式空气流量计，主要由测量叶片、缓冲叶片、缓冲室、回位弹簧、电位计、旁通空气道等组成；此外，还包括怠速调整螺钉、燃油泵开关、进气温度传感器等。其结构如图 1-7 所示。

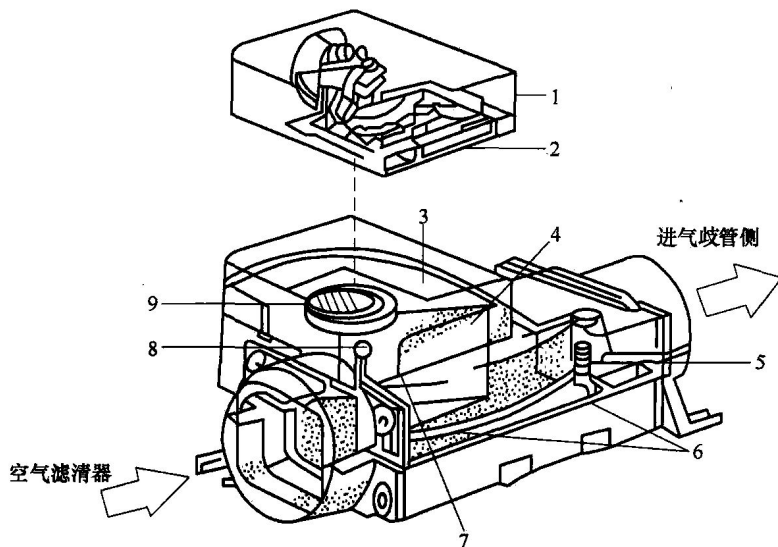


图 1-7 叶片式空气流量计

- 1—电位计；2—线束插接器；3—缓冲室；4—缓冲叶片；5—调整螺钉；6—旁通空气道；  
7—测量叶片；8—进气温度传感器；9—回位弹簧

来自空气滤清器的空气通过空气流量计时，空气推力使测量叶片(测量板)打开一个角度，当吸入空气推开测量叶片的力与弹簧变形后的回位力相平衡时，测量叶片就停止转动。

与测量叶片同轴转动的电位计检测出测量叶片转动的角度后，将进气量转换成电压信号  $V_S$  送给 ECU。根据电路设计不同，叶片式空气流量计又分为两种形式：一种在进气量变大时， $V_S$  值升高；另一种在进气量增大时， $V_S$  值降低。