

QICHE DIANZI KONGZHI JISHU YU JIANXIU

# 汽车电子控制技术

## 与检修

程慧民 庞宏 周延虹◎主编



金盾出版社

中国劳动社会保障出版社 中国职业技术教育学会 中国交通教育研究会 中国公路学会 中国公路学会 中国公路学会

# 汽车电子控制技术 与检修

周景武 编著 机械工业出版社



机械工业出版社

# 汽车电子控制技术与检修

主 编 程慧民、庞 宏、周延虹  
副主编 杨建华、王 亮、张岸松  
主 审 韩 涛

金盾出版社

## 内 容 提 要

本书全面介绍了现代汽车电子控制系统的组成、结构、基本原理以及检修方法。内容包括传感器和执行器的结构原理与检修方法,发动机燃油喷射、点火、怠速等电子控制技术,自动变速器、动力转向、巡航控制、制动防抱死、汽车自动空调、汽车导航系统及汽车防盗系统等。

本书内容新、实用性强,图文并茂、通俗易懂,具有知识的系统性、完整性、科学性和先进性,适合维修技术人员阅读,也可以作为大、中专院校汽车专业的教学参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

汽车电子控制技术与检修/程慧民,庞宏,周延虹主编. — 北京:金盾出版社,2015. 1  
ISBN 978-7-5082-9475-9

I. ①汽… II. ①程…②庞…③周… III. 汽车—电子控制—控制系统—车辆检修  
IV. ①U472. 41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 122842 号

### 金盾出版社出版、总发行

北京太平路 5 号(地铁万寿路站往南)

邮政编码:100036 电话:68214039 83219215

传真:68276683 网址:www.jdcbs.cn

封面印刷:北京印刷一厂

正文印刷:北京军迪印刷有限责任公司

装订:兴浩装订厂

各地新华书店经销

开本:787×1092 1/16 印张:19.5 字数:472 千字

2015 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

印数:1~3 000 册 定价:49.00 元

(凡购买金盾出版社的图书,如有缺页、  
倒页、脱页者,本社发行部负责调换)

# 前 言

随着汽车技术的高速发展,汽车正逐渐由机械系统向电子化、智能化、网络化转换。汽车电子化程度的不断提高,使汽车的维修理念、维修项目和维修方法都发生了根本性的变化,从发动机的燃油喷射、点火控制、进气控制、排放控制、故障自诊断到底盘的传动系统、转向与制动系统,以及车身、辅助装置等都普遍采用了电子控制技术。这就要求汽车维修技术人员能够在相对短的时间内,对日益更新的汽车电控系统有较深刻的了解,掌握关于新车型的维修技术和方法,具备自我学习和知识更新能力。为帮助新培训或在职修理工以及汽车使用与维修人员全面系统地掌握现代汽车电子控制装置的结构、原理、使用维护、故障诊断、性能测试及维修等方面的知识,适应汽车新技术发展的需求,作者根据多年的教学实践、理论研究,以及维修工作经验,查阅了大量汽车维修资料和文献,针对主要车型编写了此书。本书在编写内容上力求做到有理论有实践,坚持理论与实践相结合的原则,对维修人员具有重要的指导价值。内容包括:传感器和执行器的结构原理与检修方法,发动机燃油喷射、点火、怠速等电子控制技术,自动变速器、动力转向、巡航控制、制动防抱死、汽车自动空调、汽车导航系统及汽车防盗系统等。

本书由程慧民、庞宏、周延虹任主编,杨建华、王亮、张岸松任副主编,韩涛主审。参加编写人员有周红梅、陈宏昌、董合恩、孙毅、靳春士、白云飞、蔡永胜、翟海清、贾书刚、吴波、李宏、张纲、苏丁、武楠、金永昌、韩涛、荀航、李喆、姜源东、安静洲、朱磊、刘聪、刘子源、万睿哲、郭宁、张功、王雷。

本书在编写过程中,参阅了许多国内公开出版、发表的文献和相关书籍,在此向维修资料的作者深表感谢!由于水平有限,书中难免存有不足,恳请读者批评指正。

编 者

# 目 录

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 第一章 汽车发动机电子控制系统              | 1   |
| 第一节 概述                       | 1   |
| 一、汽车发动机电子控制系统的控制内容           | 1   |
| 二、汽车发动机电子控制系统元件的组成及功用        | 1   |
| 第二节 传感器的结构原理与检修              | 2   |
| 一、空气流量传感器(AFS)               | 3   |
| 二、曲轴位置传感器(CPS)和凸轮轴位置传感器(CIS) | 10  |
| 三、进气支管绝对压力传感器(MAP)           | 16  |
| 四、节气门位置传感器(TPS)              | 19  |
| 五、温度传感器(CTS)                 | 22  |
| 六、氧传感器(EGO)                  | 25  |
| 七、爆燃传感器(DS)                  | 31  |
| 第三节 执行器的结构原理与检修              | 33  |
| 一、电动燃油泵                      | 33  |
| 二、电磁喷油器                      | 36  |
| 三、怠速控制阀                      | 40  |
| 四、点火装置                       | 45  |
| 第四节 汽油发动机燃油喷射电子控制系统          | 50  |
| 一、汽油喷射系统的类型                  | 50  |
| 二、汽油喷射系统的组成及作用               | 53  |
| 第五节 电控发动机的故障诊断               | 56  |
| 一、故障自诊断系统工作原理                | 56  |
| 二、自诊断模式的分类                   | 56  |
| 三、利用故障码诊断故障                  | 57  |
| 第六节 柴油发动机电控燃油喷射系统            | 58  |
| 一、柴油发动机电控燃油喷射系统的类型           | 58  |
| 二、电控共轨蓄压式燃油喷射系统(EDC-CR)的结构   | 58  |
| 第二章 汽车底盘电子控制系统               | 69  |
| 第一节 电子控制自动变速器                | 69  |
| 一、自动变速器概述                    | 69  |
| 二、电子控制自动变速器的结构与工作原理          | 75  |
| 三、电子控制机械式自动变速器               | 96  |
| 四、DSG 变速器简介                  | 100 |
| 五、电子控制自动变速器的使用               | 104 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 六、自动变速器的检修 .....             | 110 |
| 第二节 电子控制防抱死制动与驱动防滑系统 .....   | 114 |
| 一、ABS/ASR 系统工作原理 .....       | 114 |
| 二、ABS/ASR 系统结构组成 .....       | 124 |
| 三、ABS/ASR 系统的检修 .....        | 139 |
| 第三节 电子控制悬架系统 .....           | 143 |
| 一、汽车悬架的发展概况 .....            | 143 |
| 二、电子控制悬架的结构及工作原理 .....       | 145 |
| 三、电子控制悬架系统的检修 .....          | 164 |
| 第四节 电子控制动力转向系统 .....         | 168 |
| 一、液压式电子控制动力转向系统 .....        | 168 |
| 二、电动式电子控制动力转向系统 .....        | 176 |
| 三、电控动力转向系统的检修 .....          | 179 |
| 第五节 巡航控制系统 .....             | 181 |
| 一、概述 .....                   | 181 |
| 二、巡航控制系统的组成与原理 .....         | 182 |
| 三、巡航控制系统的使用 .....            | 189 |
| 四、巡航控制系统的检修 .....            | 191 |
| 第六节 车辆稳定性电子控制(VSC/ESP) ..... | 195 |
| 一、VSC/ESP 概述 .....           | 195 |
| 二、VSC/ESP 结构原理 .....         | 196 |
| 三、电子稳定系统(ESP)的检修 .....       | 202 |
| 第七节 四轮转向(4WS)电子控制 .....      | 204 |
| 一、四轮转向概述 .....               | 204 |
| 二、四轮转向(4WS)结构原理 .....        | 206 |
| 第三章 汽车车身电子控制技术 .....         | 215 |
| 第一节 汽车安全的控制技术 .....          | 215 |
| 一、汽车安全性概述 .....              | 215 |
| 二、汽车安全气囊 .....               | 217 |
| 三、汽车防撞控制系统 .....             | 231 |
| 四、自动安全带 .....                | 236 |
| 第二节 汽车电动车窗和中控门锁系统 .....      | 237 |
| 一、电动车窗 .....                 | 237 |
| 二、电动天窗 .....                 | 242 |
| 三、中控门锁系统 .....               | 249 |
| 四、电子式门锁的结构与工作原理 .....        | 250 |
| 五、车速感应式中央门锁的工作原理 .....       | 252 |
| 第三节 汽车防盗系统 .....             | 255 |
| 一、防盗系统的组成与工作原理 .....         | 255 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 二、防盗电子钥匙的结构与工作原理 .....       | 257 |
| 三、桑塔纳 2000GSi 汽车防盗报警系统 ..... | 258 |
| 第四节 汽车自动空调 .....             | 259 |
| 一、真空回路自动调节系统 .....           | 259 |
| 二、电控气动自动空调系统 .....           | 260 |
| 三、全自动汽车空调系统 .....            | 264 |
| 四、微型计算机控制的汽车自动空调系统 .....     | 266 |
| 五、空调系统的检修和更换制冷剂的安全措施 .....   | 269 |
| 第五节 汽车车内视听娱乐设备 .....         | 270 |
| 一、车载音响设备 .....               | 270 |
| 二、汽车自动天线 .....               | 272 |
| 三、视频设备 .....                 | 273 |
| 第六节 汽车照明控制系统 .....           | 275 |
| 一、前照灯自动控制与光束调整系统 .....       | 275 |
| 二、白昼工作灯 .....                | 277 |
| 三、灯断线警告 .....                | 278 |
| 四、汽车照明系统常见故障与诊断 .....        | 279 |
| 第七节 汽车座椅 .....               | 280 |
| 一、汽车普通座椅 .....               | 281 |
| 二、汽车自动座椅 .....               | 281 |
| 三、加热电动座椅 .....               | 288 |
| 第八节 汽车电动后视镜 .....            | 291 |
| 一、电动后视镜的基本结构 .....           | 291 |
| 二、电动后视镜的类型 .....             | 292 |
| 三、电动后视镜的开关及调节原理 .....        | 292 |
| 四、电动后视镜功能的检测 .....           | 292 |
| 第九节 汽车电子控制刮水器系统 .....        | 294 |
| 一、电动刮水器的基本结构 .....           | 294 |
| 二、电动刮水器的工作原理 .....           | 294 |
| 三、电动刮水器的故障分析与检测 .....        | 297 |
| 第十节 汽车通信和车载电话系统 .....        | 298 |
| 一、车用电话装置 .....               | 298 |
| 二、车用蜂窝电话控制 .....             | 300 |
| 三、汽车自动拨号电话 .....             | 300 |
| 四、数字汽车电话 .....               | 300 |
| 第十一节 汽车导航系统 .....            | 301 |
| 一、汽车 GPS 卫星导航系统的组成 .....     | 302 |
| 二、汽车 GPS 导航系统功能 .....        | 302 |
| 三、汽车 GPS 导航传感器 .....         | 303 |

# 第一章 汽车发动机电电子控制系统

## 第一节 概 述

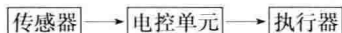
### 一、汽车发动机电电子控制系统的控制内容

随着汽车电子化的发展,发达国家在汽车的各个系统上竞相采用电子控制装置,其中发动机电电子控制技术开发应用得最早。汽油发动机可燃混合气的空燃比和点火时刻是影响发动机动力性、经济性和排气净化性能的两个主要因素。因此,精确地控制空燃比和点火时刻是发动机控制系统的主要控制内容,除此之外,还有控制发动机起动、怠速转速、排气再循环、发电机电压、电动燃油泵、冷却风扇、二次空气喷射、进气增压、极限转速、闭缸工作及系统自诊断等功能,以使其动力性、经济性及排放达到最佳状态。

汽油发动机电电子控制系统,尽管类型不少,品种繁多,但它们都具有相同的控制原则:即以电脑(ECU)为控制核心,以空气流量和发动机转速为控制基础,以喷油器、点火器和怠速空气调整器等为控制对象,保证获得与发动机各种工况相匹配的最佳混合气成分和点火时刻。相同的控制原则决定了各类电控系统具有相同的组成和类似的结构。

### 二、汽车发动机电电子控制系统元件的组成及功用

发动机电电子控制系统元件主要由以下 3 个部分组成:



#### (一) 传感器

传感器是装在发动机各部位的信号转换装置,是感知信息的部件,用来测量或检测表征发动机运转状态的各种物理、化学和电参数,并将它们转换成计算机能接受的信号后传送给电控单元,主要是向电控单元提供汽车的运行状况和发动机的工况。主要的传感器有:空气流量传感器(AFS)又称空气流量计(MAF)、进气支管绝对压力传感器(MAP)、进气温度传感器(IAT)、冷却水温度传感器(ECT)、曲轴位置传感器(CKP)、节气门位置传感器(TPS)、氧传感器(O<sub>2</sub>S)和爆燃传感器(KS)等。

#### (二) 电控单元

电控单元(ECU)是以微处理器为核心的微机控制装置。它的功用是对各种传感器输送来的信息进行运算、处理和分析判断,然后发出各种控制指令,使执行器按规定动作进行。电控单元还具有故障监测功能,能将系统中发生的故障存贮记忆下来,为维修提供依据。它还能在系统发生某些故障时,自动启用发动机的后备系统,防止车辆停驶。

#### (三) 执行器

执行器是根据电控单元(ECU)的控制指令来完成各种相应动作、并对发动机运转进行调整的装置。它能使控制对象工作在设定的状态。主要的执行器有:电磁喷油器、点火装

置、怠速空气调整器、废气再循环控制阀、电动燃油泵和增压压力控制阀等。

## 第二节 传感器的结构原理与检修

传感器是将发动机所处的状态参数,以一定的方式传给电控单元(ECU),转换成控制指令,以控制喷油器的喷油时刻及喷油持续时间,控制点火正时及点火能量,从而保证发动机的最佳工况状态。用于汽车发动机电子控制系统的传感器有:空气流量传感器、进气压力传感器、速度传感器、加速度传感器、节气门位置传感器、曲轴与凸轮轴位置传感器、温度传感器、氧传感器和爆燃传感器等。不同型号或不同生产年代的发动机电子控制系统所采用的传感器数量多少不一,即使是同一类型的传感器也有多种结构型式。

例如上海桑塔纳汽车装配的 AJR 发动机,采用的是 Motronic3.8.2 电子控制系统。主要有空气流量传感器、曲轴角速度传感器、凸轮轴位置传感器、水温传感器、进气温度传感器、氧传感器、爆燃传感器、节气门位置传感器、进气压力传感器、EGR 电磁阀等等。

传感器的性能指标包括精度、响应特性、可靠性、耐久性、结构是否紧凑、适应性、输出水平和制造成本等。由于现代发动机电子控制系统大多已采用数字式微型计算机,因此对传感器的性能要求已变得宽松一些,如下所述:

- 线性特性不一定重要。因为即使线性特性不良,只要再现性好,通过电脑也能修正计算。

- 传感器的数量不受限制。发动机电子控制系统能把传感器信号完全变成电信号,则无论数量怎样多,也能轻易地处理。事实上,随着微型计算机在汽车上的应用,传感器的数量已飞速增加。只要把各种传感器的信号送入电脑处理,就可以实行发动机的高精度的控制。

- 传感器信号可以共用和加工。一种传感器信号,可以用于多个因素的控制,如可以把速度信号微分,求得加速度信号等,进行类似的信号加工。

- 可以进行间接测量。例如,如果获得进气支管绝对压力(密度)、转速以及作为转速的函数的充气系数,并把这些数值事先存入电脑的存储器里,就能通过电脑计算求得充气量(质量流量)。

表 1-1 举例列出了汽车用传感器所要求的测量范围和精度。

表 1-1 汽车用传感器的测定范围和精度

| 测定项目        | 测定范围                 | 精度要求(%) |
|-------------|----------------------|---------|
| 进气支管压力(kPa) | 10~100               | ±2      |
| 空气流量(kg/h)  | 6~600                | ±2      |
| 温度(℃)       | - 50~150             | ±2.5    |
| 曲轴转角(°)     | 10~360               | ±0.5    |
| 燃油流量(L/h)   | 0~110                | ±1      |
| 排气中的氧浓度     | $\lambda=0.4\sim1.4$ | ±1      |

本节将介绍发动机电子控制系统中常见传感器的结构、原理及检修方法。

## 一、空气流量传感器 (AFS)

空气流量传感器(英文简称为 AFS)是进气支管空气流量传感器(MAFS)的简称,又称为空气流量计(AFM),是测量发动机进气量的装置。其功用是检测发动机的进气量大小,并将进气量信号转换成电信号输入电控单元(ECU),是电控单元计算喷油时间(即喷油量)和点火时间基本信号之一。它适用于 L 型电控汽油喷射系统。安装于空气滤清器和进气支管间的气道上。AFS 总成还包括进气温度传感器和大气压力传感器。常见的空气流量传感器按其结构型式可以分为以下四种:

- 翼片式空气流量计—为体积流量型,20 世纪六七十年代较为流行。
- 卡门旋涡式空气流量计—为体积流量型,多见于三菱和丰田汽车。
- 热线式空气流量计—为质量流量型,20 世纪 80 年代初开发研制,现今已广泛应用。
- 热膜式空气流量计—为质量流量型,美国通用汽车公司研制,大多应用在通用公司和日本五十铃公司生产的汽车上。

### (一)翼片式空气流量计

由于翼片式空气流量传感器控制精度差,只是在二十世纪末的车辆上使用,目前已基本淘汰。在这里只做简单介绍。

#### 1. 结构

翼片式空气流量计又称活门式或叶片式空气流量计,它由翼片部分、电位计部分和接线插头三部分组成,如图 1-1 所示。

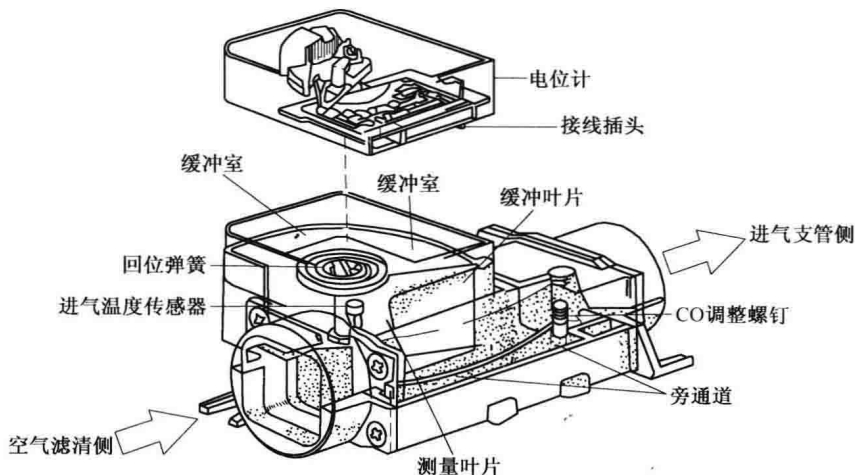


图 1-1 翼片式空气流量计的构造

#### 2. 工作原理

在没有空气进入时,转轴上的回位弹簧使翼片处于关闭位置。当有空气进入,空气通过空气流量传感器主通道时,翼片将受到吸入空气气流的压力及回位弹簧的弹力控制。当空气流量增大,则气流压力增大,使翼片偏转(如图 1-2 所示),直到两力平衡为止。与此同时,电位计中的滑臂与翼片转轴同轴偏转,使接线插头“V<sub>C</sub>”与“V<sub>S</sub>”间的电阻减小, $U_S$  电压值降低,电脑根据空气流量传感器送入的  $U_S/U_B$  的信号,感知空气流量的大小。 $U_S/U_B$  的电压比值与空气流量成反比。

当吸入空气的空气流量减小时,翼片转角 $\alpha$ 减小,接线插头“V<sub>C</sub>”与“V<sub>S</sub>”间的电阻值增大, $U_S$ 电压值上升,则 $U_S/U_B$ 的电压比值随之增大。因此,电位计的电压输出变化就反映了进气管空气流量的变化。

## (二)卡门旋涡式空气流量计

### 1. 结构

卡门旋涡式空气流量计通常与空气滤清器外壳安装成一体,在其空气通道中央设置一锥体状的涡流发生器,在涡流发生器后部将会不断产生称之为卡门旋涡的涡流串,测出卡门旋涡的频率即可感知空气流量的大小。根据卡门旋涡频率的检测方法不同,卡门旋涡式空气流量传感器有反光镜检测式和超声波检测式两种,其结构与原理如图1-3、图1-4所示。

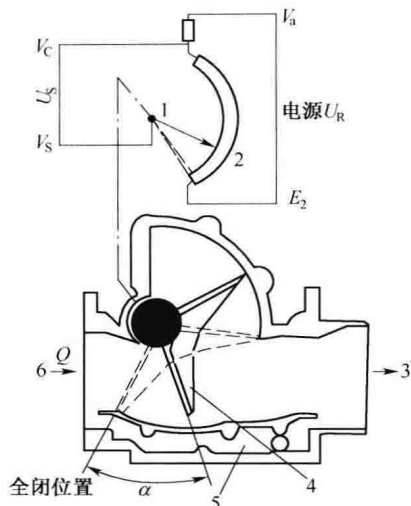


图 1-2 翼片式空气流量计工作原理

1. 转轴 2. 电位计 3. 空气流出  
4. 翼片 5. 旁通空气道 6. 空气流入

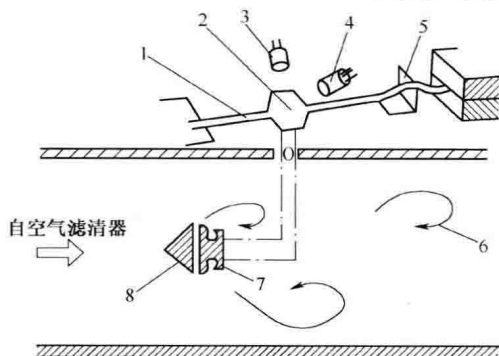


图 1-3 反光镜式卡门旋涡空气流量传感器

1. 支撑片 2. 镜片 3. 发光二极管 4. 光电管 5. 板簧 6. 卡门旋涡  
7. 导压孔 8. 涡流发生器

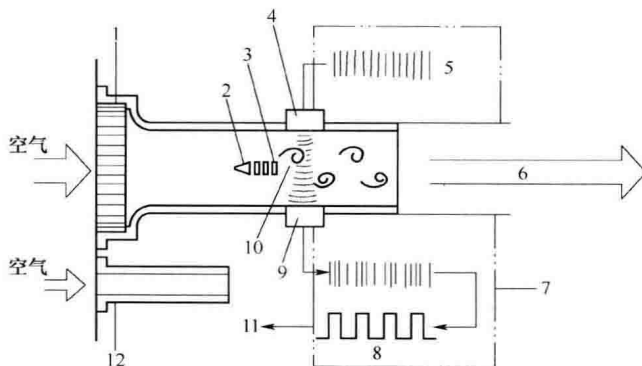


图 1-4 超声波检测式卡门旋涡空气流量传感器

1. 整流器 2. 涡流发生器 3. 涡流稳定板 4. 信号发射器 5. 超声波发生器 6. 送往进气管的空气  
7. 超声波接收信号处理电路 8. 滤波及整形后矩形波 9. 接收器  
10. 卡门旋涡 11. 接电子控制器 12. 空气旁通管路

## 2. 卡尔曼涡流产生原理

在流体(气流、液流)中放置一个柱状物体(称为涡流发生器)后,在其下游流体中就会形成两列平行状旋涡,并且左右交替出现。由于旋涡与街道两旁的路灯类似,故将该现象形象地称为“涡街”。因为这种现象首先被卡尔曼发现,所以称为卡尔曼涡街或卡尔曼涡流也叫卡门旋涡。卡尔曼涡流是一种物理现象,它揭示了一个规律,即在确定流体通道面积与涡流发生器的尺寸后,只需测出涡流发生频率就可算出流体体积。对于空气流量传感器而言,只需用超声波测出空气涡流频率,便可反馈给 ECU 实时算出空气流量。

超声波检测涡流式空气流量传感器是根据卡尔曼涡流理论,利用超声波,通过检测旋涡频率来测量空气流量的一种传感器。因此,根据旋涡出现的频率,就可测量出流体的流量。当通过空气通道的空气流速变化时,将影响卡门旋涡的频率,空气流速  $V$  与卡门旋涡的频率  $f$  之间存在如下关系:

$$V = df / St$$

式中:  $d$  为涡流发生器外径尺寸;  $St$  为斯特罗巴尔数,约为 0.2。

只要合理设计进气管道和涡流发生器的尺寸,则斯特罗巴尔数  $St$  在空气测量范围的全程内几乎为定值,所以,测得卡门旋涡的频率就可以知道空气流速  $V$ ,再将空气通道的有效截面积与空气流速  $V$  相乘,就可知道吸入空气的体积流量。这种空气流量计输出的是与卡门旋涡同步的脉冲信号(数字式信号)。因为输出的是数字式信号,所以发动机电子控制系统特别适合采用数字式微机进行处理。

## 3. 工作原理

(1) 反光镜检测式。反光镜检测式卡门旋涡式空气流量计是利用涡流发生器产生卡门涡旋时,其两侧的压力会发生变化的这一特点,用导压孔将涡流发生器的压力振动引向用薄金属制成的反光镜表面,使反光镜产生振动。如图 1-3 所示,反光镜将发光管投射的光反射给光电管,反光镜振动时,光电管便产生与涡旋频率相对应的电信号。

(2) 超声波检测式。超声波检测式卡门旋涡式空气流量计是利用卡门旋涡引起的空气密度变化进行测量的。在空气流动方向的垂直方向安装超声波信号发生器,在其对面安装超声波接收器。如图 1-5 所示,发动机运转时,超声波发生器发出的超声波通过发射器不断向接收器发出一定频率的超声波。当超声波通过进气气流达到接收器时,由于受到气流中旋涡的数量和移动速度的影响,超声波频率的相位就会发生变化。进气量越大,旋涡数量越多(即旋涡频率越高)、移动速度越快,接收器接收到的超声波的相位就越大、频率就越低。反之,接收器收到的超声波的相位就越小、频率就越高。电控单元根据接收器收到的超声波相位变化的频率就可计算出单位时间内产生的旋涡的数量。超声波工作范围: 25~2000Hz。

用于空气流量计的电压是从控制继电器供到空气流量计的,并通过发动机控制装置接地。空气流量计通过中断由发动机控制装置施加的 5V 电压产生脉冲信号。当进气量发生变化时,涡流发生器产生的涡流频率就会发生变化,检测装置检测出频率的变化,转换成 0 至 5V 的直流方波脉冲信号,并将此信号输入电控单元后计算出空气的流速,进而计算出空气量,用于进行燃油喷射脉冲宽度和燃油喷射正时的调节。

## 4. 测量原理

超声波发生器发出的超声波频率一般为 40kHz,之所以设定该值,这是因为在没有旋

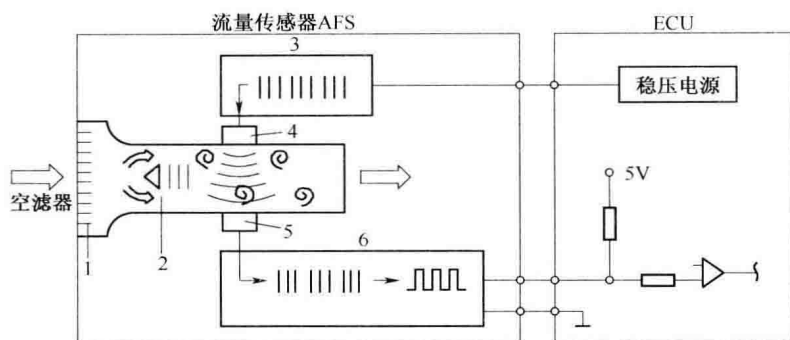


图 1-5 超声波检测涡流式流量传感器的原理电路

1. 整流网栅 2. 涡流发生器 3. 超声波 4. 超声波发射器 5. 超声波接收器 6. 信号处理电路

涡的通道上,发送的超声波与接收到的超声波信号相位和相位差完全相同,当进气通道上有旋涡时,在接收到的超声波信号中,旋涡使超声波信号受加速作用而超前,受减速作用而滞后,因此相位和相位差会发生变化。集成控制电路在相位超前时输出一个正向脉冲信号,在信号相位滞后时输出一个负向脉冲信号,从而表明旋涡的产生频率。

当发动机转速低时,进气量小,涡流频率低;反之,当发动机转速高时,进气量大,产生涡流的频率就高。频率信号输入 ECU 后,便可计算出进气量,形成电信号。

### (三)热线式空气流量计

#### 1. 结构

热线式空气流量计的基本构成包括:感知空气流量的白金热线(铂金属线),根据进气温度进行修正的温度补偿电阻(冷线)和控制热线电流并产生输出信号的控制线路板,以及空气流量计的壳体等元件组成。根据白金热线在壳体内安装的部位不同,热线式空气流量计有两种:一种为主流测量方式,用于较大排量发动机;另一种为旁通测量方式,用于较小排量发动机。

图 1-6 是采用主流测量方式的热线空气流量计的结构图。取样管置于主空气通道中央,由两个塑料护套和一个热线支承环构成。热线的工作温度一般在  $100^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$ 。为防止进气气流的冲击和发动机回火对热线造成损坏,在其两端都有金属网加以保护。由于热线上有任何沉积物都会对传感器的测量精度造成很大的影响,因此这种传感器必须具有自洁功能,即在每次发动机熄火后约 5s,控制电路产生较大的控制电流,将热线迅速加热到  $1000^{\circ}\text{C}$  左右的高温约 1s,以烧掉热线上的沉积物。

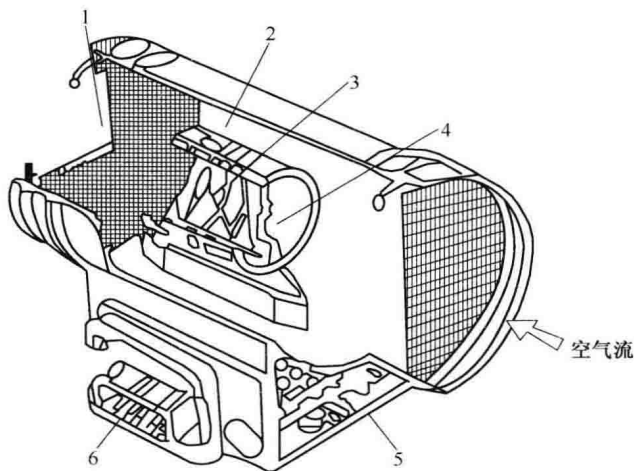


图 1-6 热线式空气流量计(主流测量方式)

1. 防护网 2. 取样管 3. 白金热线 4. 温度补偿电阻  
5. 控制线路板 6. 电连接器

热线为线径  $70\mu\text{m}$  的白金丝,布置在支承环内,其阻值随温度变化,是惠斯顿电桥电路的一个臂  $R_H$ 。如图 1-7 所示,热线支承环前端的塑料护套内安装一个白金薄膜电阻器,其电阻值随进气温度变化,称为温度补偿电阻,是惠斯顿电桥电路的另一个臂  $R_K$ 。热线支承环后端的塑料护套上粘接着一只精密电阻,并设计成能用激光修整,也是惠斯顿电桥的一个臂  $R_A$ ,该电阻上的电压即产生热线式空气流量计的输出电压信号。惠斯顿电桥还有一个臂  $R_B$ ,该电阻器装在控制线路上,在最后调试试验中用激光修整,以便在预定的空气流量下调定空气流量计的输出特性。

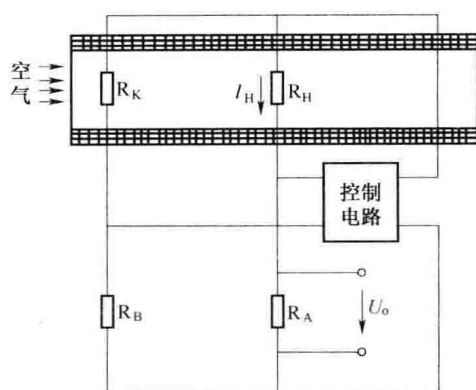


图 1-7 热线式空气流量计基本原理

A—混合集成电路  $R_H$ —热线电阻  $R_K$ —温度补偿电阻 $R_A$ —精密电阻  $R_B$ —电桥电阻

热线式空气流量计的电子控制线路板包括电桥平衡电路、烧净电路和怠速混合气调节电位器,电子控制装置的大多数元件(除  $R_H$ 、 $R_K$  和  $R_A$  外)都配置在这块混合集成电路板上。其上一一般设置六脚插头与发动机微机控制装置相连接(如图 1-8 所示),用以传递信息。

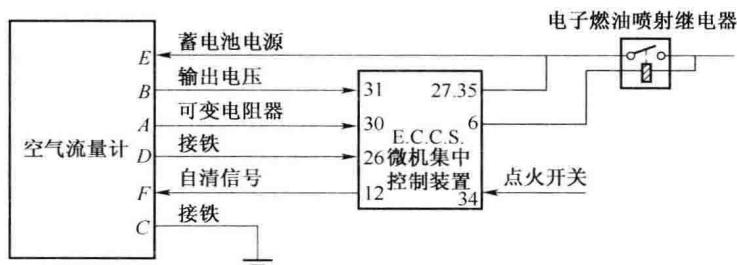


图 1-8 热线式空气流量计与电脑的连接

图 1-9 是采用旁通测量方式的热线空气流量计的结构图。它与主流测量方式在结构上的主要区别在于:将白金热线和温度补偿电阻(冷线)安装在空气旁通道上。热线和温度补偿电阻是用铂线缠绕在陶瓷绕线管上制成的。

## 2. 工作原理

如图 1-7 所示,在空气通道中放置热线  $R_H$ ,由于其热量被空气吸收,热线本身变冷。热线周围通过的空气质量流量越大,被带走的热量也将增加。热线式空气流量计就是利用热线与空气之间的这种热传递现象进行空气质量流量测量的。其工作原理是将热线温度与吸入空气温度差保持在  $100^\circ\text{C}$ ,热线温度由混合集成电路 A 控制,当空气质量流量增大时,由于空气带走的热量增多,为保持热线温度,混合集成电路使热线  $R_H$  通过的电流增大,反之,则减小。这样,就使得通过热线  $R_H$  的电流是空气质量流量的单一函数,即热线电流  $I_H$  随空气质量流量增大而增大,随空气质量流量减小而减小。热线加热电流  $I_H$  在  $50\sim 120\text{mA}$  之间变化,具体取决于进气空气的质量流量。热线加热电流给出输出信号,其大小按通过惠斯顿电桥电路中精密电阻  $R_A$  上的电压降体现。在惠斯顿电桥的另一臂上有温度补偿电阻

$R_K$ 和电桥电阻  $R_B$ ,为了减小电损耗,其电阻值较高,通过这个臂上的电流仅有几毫安。

#### (四)热膜式空气流量计

热膜式空气流量计的结构和工作原理与热线式空气流量计基本相同。如图 1-10 所示,只是将发热体由热线式改为热膜式,热膜是由发热金属铂固定在薄的树脂膜上构成的。这种结构形式可使发热体不直接承受空气流动所产生的作用力,增加了发热体的强度,与热线式相比,具有较为耐用的特性,提高了空气流量计的工作可靠性和使用寿命。

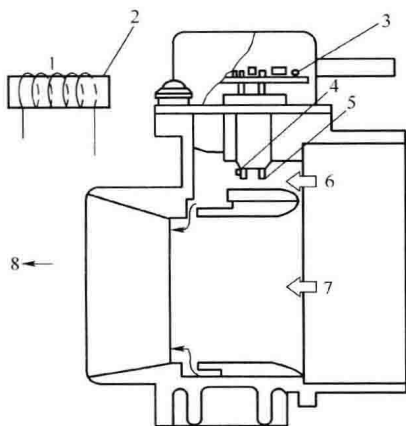


图 1-9 热线旁通式空气流量传感器

1. 冷丝或热丝 2. 陶瓷螺旋管 3. 控制回路  
4. 冷丝 5. 热丝 6. 旁通空气道  
7. 主空气道 8. 通节气门

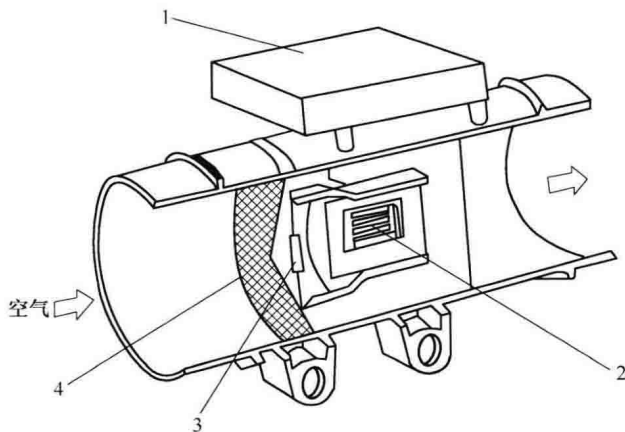


图 1-10 热膜式空气流量计

1. 控制回路 2. 热膜 3. 温度传感器 4. 金属网

#### (五)四种空气流量计的比较

20 世纪 70 年代,翼片式空气流量计在电子控制汽油喷射系统上应用较广。这种空气流量计结构简单,价格便宜,且具有良好的可靠性。但它也存在一些缺点,如体积大、不便于安装、急加速响应滞后较长、进气阻力较大以及需要补偿大气压力和温度的变化等。为了克服这些缺点,80 年代初相继出现了热线式、热膜式和卡门旋涡式等空气流量计。尤其是热线式和热膜式空气流量计能测出空气质量流量,避免了海拔高度引起的误差,再加上该空气流量计响应时间短,测量精度高,检测结果比较准确。因此,已成为现代汽车电子汽油喷射系统较流行的空气流量计。表 1-2 对四种空气流量计的性能进行了比较。

表 1-2 空气流量计性能对比

| 种 类         | 热膜式<br>空气流量计 | 热线式<br>空气流量计 | 翼片式<br>空气流量计 | 卡门旋涡式<br>空气流量计 |
|-------------|--------------|--------------|--------------|----------------|
| 性 能         |              |              |              |                |
| 响应特性        | ○            | ○            | △            | ○              |
| 怠速稳定性       | ○            | ○            | ○            | ○              |
| 废气再循环适用性    | ○            | ○            | ○            | ○              |
| 发动机性能随时间的变化 | ◎            | ◎            | ◎            | ◎              |
| 海拔高度修正      | —            | —            | ✓            | ✓              |
| 进气温度修正      | —            | —            | ✓            | ✓              |
| 安装性         | ○            | ○            | ○            | ○              |
| 成本          | ◎            | ○            | ○            | ○              |

标记说明:◎优 ○良 △差 —不要 ✓要

## (六) 涡流式空气流量传感器的检测

### 1. 静态检测

拔下空气流量传感器线束插头,用万用表电阻挡测量窗前插座上端子“THA”与“E<sub>2</sub>”之间进气温度传感器的阻值,检测结果应当符合表 1-3 规定。如阻值不符,则须更换传感器。

表 1-3 涡流式 AFS 检修参数

| 检测对象    | 端子名称               | 检测条件        | 标准参数        |
|---------|--------------------|-------------|-------------|
| 进气温度传感器 | THA-E <sub>1</sub> | -20℃        | 10kΩ~20kΩ   |
|         |                    | 0℃          | 4kΩ~7kΩ     |
|         |                    | 20℃         | 2kΩ~3kΩ     |
|         |                    | 40℃         | 0.9kΩ~1.3kΩ |
|         |                    | 60℃         | 0.4kΩ~0.7kΩ |
| 进气温度传感器 | THA-E <sub>1</sub> | 怠速、进气温度 20℃ | 0.5V~3.4V   |
| 空气流量传感器 | VC-E <sub>2</sub>  | 点火开关<br>接通  | 4.5V~5.5V   |
|         | VS-E <sub>2</sub>  | 点火开关<br>接通  | 4.5V~5.5V   |
|         |                    | 怠速          | 2.0V~4.0V   |

### 2. 动态检测

将传感器线束插头与插座插好,用万用表直流电压挡测量传感器连接器端子“THA”与“E<sub>1</sub>”,“VC”与“E<sub>2</sub>”和“VS”与“E<sub>2</sub>”之间的电压应当符合规定,如检测结果与标准电压值不符,则应检查传感器与 ECU 之间的线束是否断路;如线束良好,则拔下传感器插头并接通点火开关,检测电源端子“VC”与“E<sub>1</sub>”和信号输入端子“VS”与“E<sub>1</sub>”之间的电压,如均为“4.5V~5.5V”,说明 ECU 工作正常,应当更换流量传感器,如电压不为“4.5V~5.5V”,说明 ECU 故障,应检修更换 ECU。

## (七) 热线式及热膜式空气流量传感器的检测

### 1. 静态检测

如图 1-11a 所示,空气流量计的 E 端子与蓄电池正极相连,D 端子与负极相连,将万用表置于 10V 直流电压挡,两表笔测量插座的 B、D 两端之间的电压,其值应为  $1.6V \pm 0.5V$ 。如测得值与规定值不符,应更换新的空气流量计。

### 2. 动态检测

接线状态不变,用电吹风向空气流量计进口吹热风,如图 1-11 b 所示,B、D 两端之间的电压为 2~4V。如测得值与规定值不符,应更换新的空气流量计。

### 3. 在路检测方法

(1)接通点火开关,不起动发动机。测量图 1-11 a 插座内 E 与 D 之间的电压应为 12V 左右。

(2)如果测量 E 与 D 之间无电压,再测量 E 与 C 之间的电压,其值若为 12V,则说明 D 端搭铁不良,应检查 D 与 ECCS 之间的导线或 ECCS 的搭铁线是否良好。