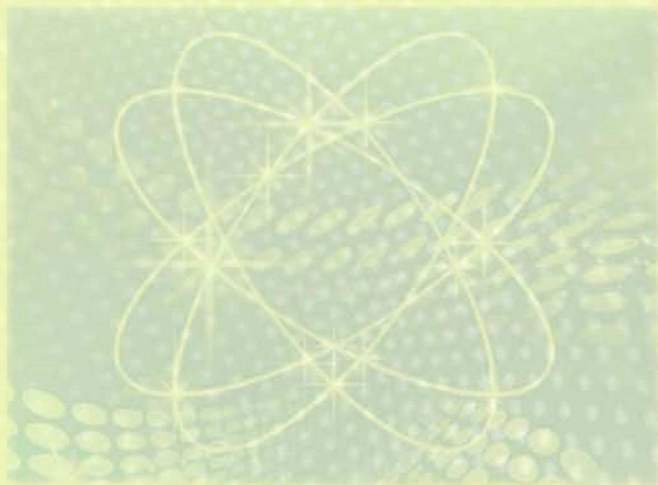


现代汽车电子装置结构原理与维修

主 编 金春玉 隋明轩 宋信云

副主编 史淑英 王立军 武 彤

主 审 吴兴敏

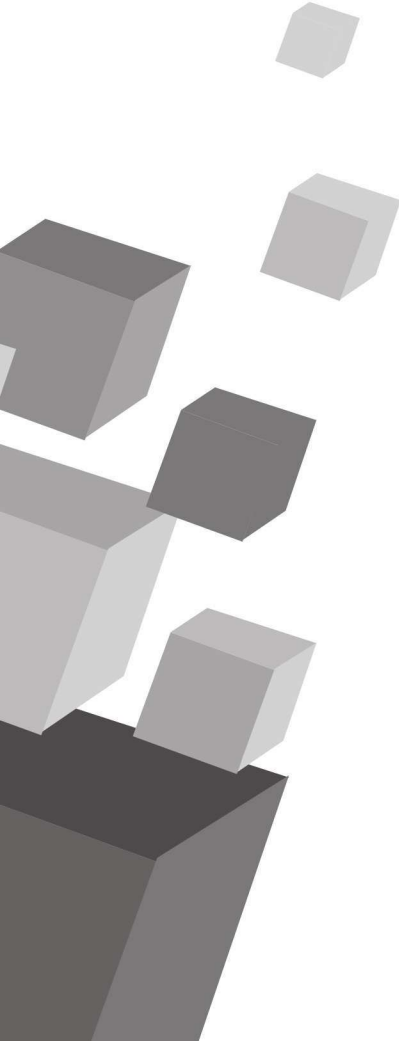


北京理工大学出版社

职业教育课程改革创新示范精品教材

现代汽车电子装置结构原理与维修

主 编 金春玉 隋明轩 宋信云
副主编 史淑英 王立军 武 彤
主 审 吴兴敏



 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书以“基于工作过程”课程开发为指导,邀请行业、企业专家对汽车检测专业所涵盖的岗位群进行工作任务和职业能力分析,并以此为依据确定本书的工作任务和内容。本书以项目教学为主线,介绍了汽车电子装置结构原理与维修的基本方法,涉及汽油机汽车的燃油系统、空气供给系统、点火系统、底盘系统及辅助系统的典型部件。本书力求实用、够用,突出工学结合、多岗适应。

本书可作为中等职业学校汽车运用与维修专业教材,也可作为汽车维修从业人员的参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

现代汽车电子装置结构原理与维修/金春玉,隋明轩,宋信云主编. —北京:北京理工大学出版社, 2014.12

ISBN 978-7-5640-9951-0

I. ①现… II. ①金… ②隋… ③宋… III. ①汽车—电子设备—结构—中等专业学校—教材 ②汽车—电子设备—车辆修理—中等专业学校—教材 IV. ①U472.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第269114号

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(总编室)

82562903(教材售后服务热线)

68948351(其他图书服务热线)

网 址/<http://www.bitpress.com.cn>

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京通县华龙印刷厂

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/12

字 数/270千字

版 次/2014年12月第1版 2014年12月第1次印刷

定 价/27.00元

责任编辑/张荣君

文案编辑/王晓莉

责任校对/周瑞红

责任印制/边心超

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

编写说明

近20年来,我国汽车工业迅猛发展,已成为国家的支柱产业。轿车逐步进入普通家庭,成为人们日常工作和生活中不可缺少的工具。2013年我国汽车年产量销量双双突破2100万辆,这使我国连续5年成为全球最大的车市。在这种形势下,我国汽车运用、检测与维修等行业人才需求量将日益增长,越来越多的人迫切地需要去了解汽车、学习汽车技术。这给汽车行业带来了极大的机遇和挑战,同时也对汽车行业的相关从业人员提出了更高、更新的要求。

为了适应企业和市场对汽车行业技能型、服务型人才的需求,满足汽车行业从业人员和汽车技术爱好者的需要,北京理工大学出版社特邀一批知名行业专家、学者以及一线教学名师,联合社内优秀编辑组成专门的编写工作组,精心规划出版了本套“职业教育课程改革创新示范精品教材”。

目前,专业课程教学模式与教学方法的改革是职业教育教学改革的重点之一。“以项目为引导,以任务为驱动”的教学方式对学生综合能力的培养和提高起着十分重要的作用。本系列教材以“中等职业学校汽车运用与维修专业领域技能型紧缺人才培养培训指导方案”为依据,结合中职教育的特点和企业实际工作岗位的真实情况,根据现阶段学习情境化的要求,以培养学生熟练掌握汽车行业相关岗位所具备的基础知识和基本技能为目标,采用项目教学、任务驱动、基于工作过程和学做一体化模式进行编写。

在编写之际,本系列教材编写工作组广泛考察了中职学生的学习实际,本着“实用、适用、先进”的编写原则和“通俗、精练、可操作”的编写风格,以求着力培养能直接从事实际工作、解决具体问题、维持有序工作的应用型人才。在具体编写时力求贯彻以下原则:

(1) 工学结合、任务驱动的原则。以就业为导向,培养学生的实际运用能力,以达到学以致用目的。通过对汽车行业相关工作岗位的分析,梳理出岗位核心能力,以职业岗位的典型工作任务为驱动,设计理实一体化的学习任务。

(2) 以工作过程系统化、培养综合职业能力为目标的原则。通过典型案例(任务)导入,设计融入职业基本能力、社会能力、专业能力于一体的系统化学习性工作任务,使

学生在真实的工作场景中获得解决综合性专业问题的能力，并形成相应的思维方式。同时，以科学性、实用性、通用性为原则，使教材符合汽车类课程体系设置。

(3) 以学生为主体、教师为引导，符合职业实际的原则。以提高学生综合素质为基础，充分考虑对学生个人能力的提高；在理实一体化的场景中，强调“学中教”“做中学”，体现以学生为主体、教师为引导的理念。

(4) 以内容为核心，注重形式的灵活性原则。本系列教材配有大量的插图、表格和大量的图片资料，介绍了大量的经典案例，大大提升了教材的趣味性和实用性，可以帮助学生更好地理解和掌握相关知识。

总体而言，本系列教材在内容上强调面向应用，“以项目为引导，以任务为驱动”，精选案例，严把质量关；在风格上力求文字简练、脉络清晰、图表明快、版式新颖；在理论阐释上，遵循“必需”“够用”的原则，在保证知识体系相对完整的同时，确保知识讲解详细、生动、易懂。

本系列教材既可作为中等职业院校汽车类相关专业的课程教学用书，也可作为相关行业从业人员的培训和参考用书。

前言

随着汽车技术和电子技术的迅速发展，电子技术在汽车上得到了广泛的应用，从发动机的燃油喷射、点火装置、怠速装置、进气控制、排气控制、排放控制、故障诊断到底盘的传动系、行驶系、转向系、制动系和车身及辅助装置普遍采用了电子控制系统，机电一体化已经成为现代汽车生产和维修的显著特点。

汽车职业教育想要跟上汽车机电一体化发展趋势的步伐，就必须在教材上进行大范围的改革。为了帮助汽车专业的师生迅速掌握汽车机电一体化的知识内容，以适应汽车技术发展的需要，辽宁省汽车服务职业教育集团组织沈阳市汽车工程学校、沈阳公用事业学校、本溪交通技术学校、鞍山交通运输学校等中职学校及辽宁省交通高等专科学校等高职院校的有教学和实践经验的教师及专家，共同编写了《现代汽车电子装置结构原理与维修》一书。本书在编写过程中，充分考虑到中等职业院校学生的知识水平和接受能力，注重教材中汽车专业知识上的特定要求，力争使教材涉及的内容“实用、够用、有用”。做到理论联系实际，符合现代汽车工作岗位对人才的培养需求。

本书内容新颖、图文并茂、实用性强，适合中等职业院校师生、汽车维修行业人员学习阅读。

本书由沈阳市汽车工程学校金春玉、隋明轩和沈阳公用事业学校宋信云任主编，本溪交通技术学校史淑英、鞍山交通运用学校王立军和大连交通技术学院武彤任副主编，参加本书编写的人员还有毕言兴、李方丞、刘杨、马越、蒋红、徐杨等，由辽宁省交通高等专科学校吴兴敏主审。

由于编者水平有限，疏漏之处在所难免，竭诚欢迎读者批评指正。

编 者

2014年6月

项目一 发动机电子装置的结构原理与检修	1
任务一 空气流量传感器的检修	1
任务二 进气温度传感器的结构原理与检修	20
任务三 节气门位置传感器的结构原理与检修	27
任务四 怠速控制阀的结构原理与检修	38
任务五 喷油器的结构原理与检修	50
任务六 冷却液温度传感器的结构原理与检修	64
任务七 点火控制器的结构原理与检修	73
任务八 爆震传感器的结构原理与检修	82
任务九 曲轴位置传感器的结构原理与检修	92
任务十 凸轮轴位置传感器的结构原理与检修	101
任务十一 氧传感器的结构原理与检修	111
任务十二 机油正时控制阀的结构原理与检修	126
任务十三 清污电磁阀的结构原理与检修	136
项目二 汽车底盘电子装置的结构原理与检修	147
任务一 换挡电磁控制阀的结构原理与检修	147
任务二 转向角度传感器的结构原理与检修	158
任务三 车轮速度传感器的结构原理与检修	167
任务四 车身高度传感器的结构原理与检修	172
参考文献	179

项目一 发动机电子装置的结构原理与检修

任务一 空气流量传感器的检修

学习目标

1. 正确描述空气流量传感器的作用、结构及工作原理。
2. 正确使用检测仪器，对空气流量传感器进行检修。
3. 注意培养环保、安全意识及团队协作能力。

任务引入

一辆丰田轿车，打开仪表盘点火开关至启动挡，启动后起动机持续声响，发动机怠速运转不稳，故障指示灯亮。路试发现伴有加速无力现象。

此故障现象说明汽车发动机在怠速及大负荷状态下无法正常运行，这样会导致怠速运转不稳和加速无力现象产生，怠速及大负荷的控制核心是对空气量的控制，此故障应从发动机空气供给系统的相关部件入手查找，这类故障大多为空气流量传感器故障，所以我们先学习空气流量传感器的相关知识。



相关知识

一、空气流量传感器的作用

热丝式与热膜式空气流量传感器都是直接检测发动机吸入空气的质量和流量的传感器。两种传感器的检测原理完全相同，热丝式空气流量传感器的检测元件是铂金属丝，热膜式空气流量传感器的检测元件是铂金属膜。铂金属检测元件的响应速度很快，能在几毫秒内反映出空气流量的变化，因此测量精度不受进气气流脉动的影响（气流脉动在发动机大负荷、低转速运转时最为明显）。此外，还具有进气阻力小、无磨损部件等优点。目前大多数中高档轿车都采用了这种传感器，如通用别克、尼桑千里马、尼桑风度、沃尔沃等轿车采用了热丝式空气流量传感器；马自达 626、捷达都市先锋、新捷达王、捷达前卫、红旗

CA7220E、桑塔纳 2000GSi、桑塔纳 3000 等轿车都采用了热膜式空气流量传感器。

二、空气流量传感器的分类和结构原理

空气流量传感器一般分为翼片式空气流量传感器、热线式空气流量传感器、热膜式空气流量传感器和涡流式空气流量传感器。

1. 翼片式空气流量传感器

翼片式空气流量传感器 AFS 又称为叶片式 AFS，是一种利用力矩平衡原理而开发研制的流量传感器。该型传感器具有结构简单、价格便宜、可靠性较高等优点，丰田皇冠 2.8 (5M-E 发动机)、佳美、子弹头、马自达多用途汽车燃油喷射系统都采用了翼片式空气流量传感器。

(1) 传感器

翼片式空气流量传感器的结构如图 1-1 所示，主要由检测部件、电位计、调整部件、接线插座和进气温度传感器五部分组成。

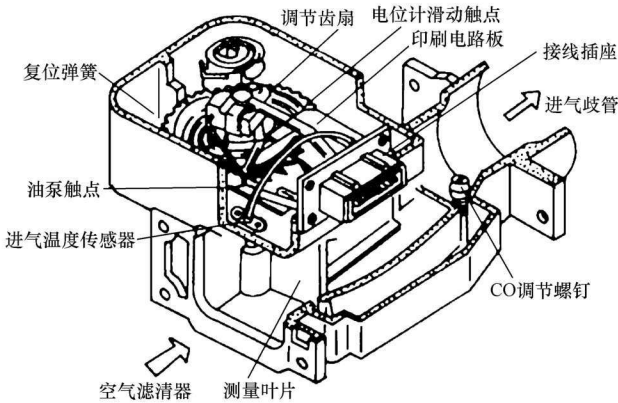


图 1-1 翼片式空气流量传感器的结构

(2) 检测部件

检测部件的结构如图 1-2 所示，由测量叶片和缓冲叶片组成。叶片又称为翼片，用热模浇铸成一体，铝质翼片总成固定在电位计转轴上。测量翼片在主进气道内随空气流量的变化而偏转，缓冲翼片在缓冲室内偏转。缓冲室起到阻尼作用，发动机吸入空气量的急剧变化使翼片转动平稳，翼片脉动减小。转轴安装

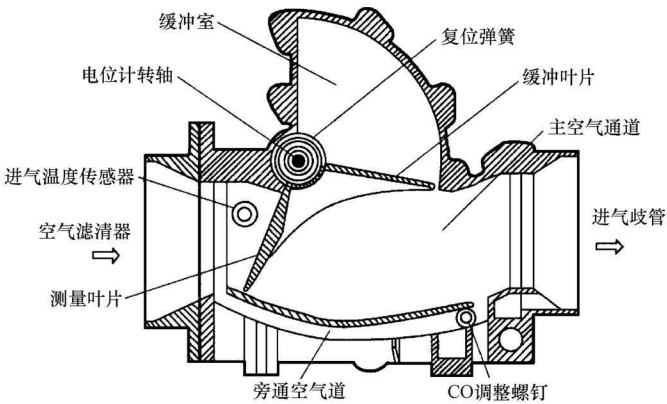


图 1-2 翼片式空气流量传感器检测部件的结构

在传感器壳体上。在电位计一端的转轴上装有片状螺旋形复位弹簧，其功用是使测量翼片复位并平衡空气对测量翼片的推力。当弹力与推力平衡时，翼片便处于平衡位置。

(3) 电位计与调整部件

电位计安装在传感器壳体上部，由带平衡配重的滑臂和印刷电路板上的镀膜电阻组成。滑臂中心固定在转轴上，并随转轴一起转动。当翼片带动转轴转动时，滑臂便在镀膜电阻上滑动。配重起到平衡作用，使滑臂平稳偏摆。电位计内设有调整齿扇和片状螺旋形复位弹簧。弹簧形状与时钟弹簧相同，一端固定在转轴上，另一端固定在调整齿扇上，齿扇上制有刻度标记，并用卡簧定位。改变齿扇的定位位置，即可调整复位弹簧的预紧力，从而调整传感器的输出特性。

在主空气通道下方设有旁通进气道，旁通进气道上设有改变旁通进气量的 CO（一氧化碳）调整螺钉，用来调节发动机怠速时一氧化碳排放量。当发动机怠速时，一氧化碳含量过高，说明混合气过浓，通过调节 CO 调整螺钉使旁通进气量增多，混合气变稀，即可降低 CO 的排放量。

(4) 连接电路与接线插座

印刷电路上的厚膜电阻采用真空淀积工艺制作在陶瓷基片上，原理电路及其连接如图 1-3 所示，可变电阻上的滑臂与接线插座上的信号输出端子“V_s”连接。

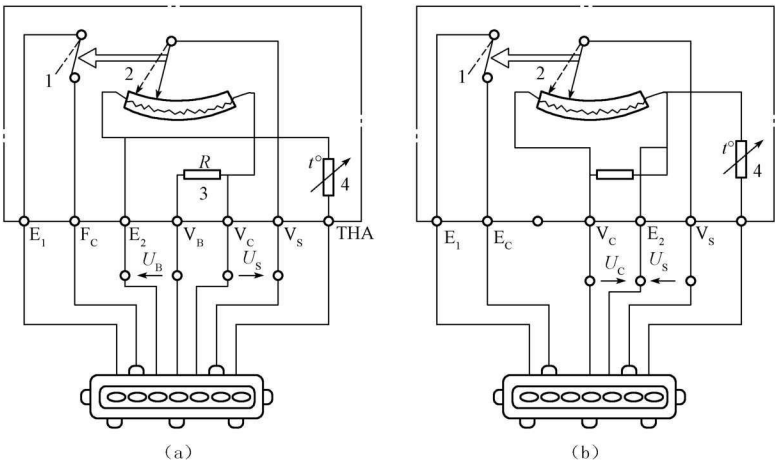


图 1-3 翼片式空气流量传感器原理电路及其连接

(a) 有限流电阻 R；(b) 无限流电阻 R

1—油泵触点；2—电位计；3—限流电阻；4—进气温度传感器

翼片式空气流量传感器的内部电路有两种，一种是在电路中设有限流电阻 R，如图 1-3 (a) 所示，电源电压 $U_B = 12\text{ V}$ ，一般用于模拟控制系统；另一种是电路中没有设有限流电阻 R，如图 1-3 (b) 所示，电压 $U_C = 5\text{ V}$ ，一般用于数字计算机控制系统。接线插座一般都为七端子插座，分别与传感器内部的气位计、进气温度传感器和油泵触点连接。端子代号标示在插座护套的相应位置上。电动燃油泵电路控制触点简称为

油泵触点，受检测部件控制。当发动机运转、翼片稍微偏转后，油泵触点就会闭合，燃油泵电路接通泵油。当发动机熄火后，翼片关闭，油泵触点被配重上的触臂顶开，油泵电路切断而停止转动，此时即使点火处于开关接通位置，油泵也不会运转。这样，在汽车发生翻车、撞车等事故导致油管破裂而点火开关又来不及断开的情况下，可以防止油泵继续泵油导致燃油外溢而发生火灾。

(5) 进气温度传感器

进气温度传感器由负温度系数型热敏电阻套装在塑料壳体内构成，安装在主进气道的进气口上，电阻两端的引线分别与接线插座上的搭铁端子“E2”和温度信号输出端子“THA”连接。

(6) 传感器的工作原理

翼片式空气流量传感器的工作原理如图 1-4 所示。当吸入发动机的空气流过传感器主进气道时，传感器翼片就会受到空气气流压力产生的推力力矩和复位弹簧弹力力矩的作用。

当空气流量增大时，气流压力对翼片产生的推力力矩增大，推力力矩克服弹力力矩使翼片偏转角度 α 增大，直到推力力矩与弹力力矩平衡为止。进气量越大，翼片偏转角度 α 也就越大。因为翼片总成和电位计的滑臂均固定在转轴上，所以在翼片偏转的同时，滑臂也随之偏转。当空气流量增大时，端子“V_c”与“V_s”之间的电阻减小，两端子之间输出的信号电压 U_s 降低。

当空气流量减小时，气流压力对翼片产生的推力力矩减小，推力力矩克服弹力力矩使翼片偏转的角度 α 减小，端子“V_c”与“V_s”之间的电阻值增大，两端子之间输出的信号电压 U_s 升高。传感器的输出特性如图 1-5 所示。

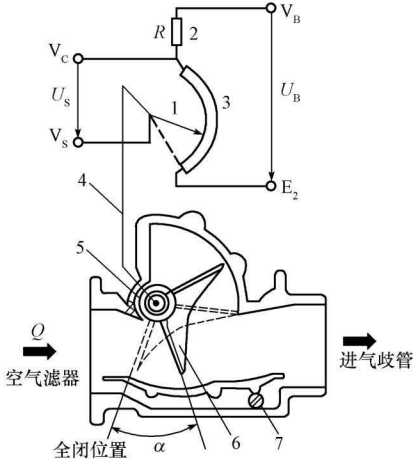


图 1-4 翼片式空气流量传感器的工作原理

- 1—滑动触点臂；2—限流电阻；3—镀膜电阻；
4—转轴；5—复位弹簧；6—翼片；7—CO 调整螺钉

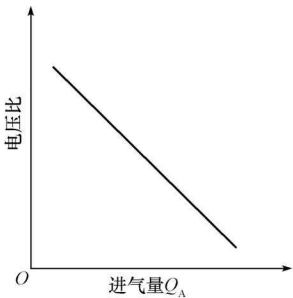


图 1-5 翼片式空气流量传感器的输出特性

众所周知，空气的质量与其温度和大气压力有关。温度越低或大气压力越高，空气密

度越大，空气质量就越大；反之，温度越高或大气压力越低，空气质量就越小。翼片式流量传感器检测的是进气气流的体积流量，当进气温度或大气压力发生变化时，相同体积的空气质量就会发生变化。为了避免环境温度和大气压力变化给流量检测带来误差，在采用体积流量传感器的控制系统中都配装有进气温度传感器和大气压力传感器，以便电控单元对进气量进行修正。进气温度传感器一般都与空气流量传感器制作成一体，大气压力传感器一般都安装在电控单元内部。

2. 热丝式空气流量传感器和热膜式空气流量传感器

(1) 热丝式空气流量传感器

热丝式空气流量传感器的结构如图 1-6 所示，传感器壳体两端设置有与进气道相连接的圆形连接接头，空气入口和出口都设有防止传感器受到机械损伤的防护网。传感器入口与空气滤清器一端的进气管连接，出口与节流阀体一端的进气管连接。

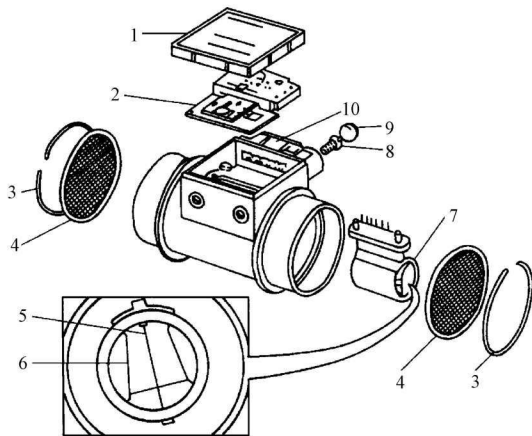


图 1-6 热丝式空气流量传感器的结构

- 1—传感器密封盖；2—印刷控制电路板；3—卡环；4—防护网；5—温度补偿电阻丝（冷却）；
6—铂金丝（热丝）；7—取样管；8—CO 调节螺钉；9—防护塞；10—接线插座

传感器内部套装有一个取样管，取样管中设有一根直径很小（约 70 μm ）的铂金属丝作为发热元件，因此称之为热丝，并制作成“ Π ”形张紧在取样管内。因为进气温度变化会使热丝的温度发生变化而影响进气量的测量精度，所以在热丝附近的气流上游设有一只温度补偿电阻。该温度补偿电阻相当于一支进气温度传感器，其电阻值随进气温度的变化而变化。当进气温度降低（或升高）使发热元件的阻值减小（或增大）时，温度补偿电阻的阻值也会减小（或增大）。这样温度补偿电阻的温度起到一个参考基准的作用，控制电路提供的电流将使温度补偿电阻的温度始终低于发热元件的温度 120℃，使进气温度的变化不至于影响发热元件（热丝）测量进气量的精度。

早期制作的流量传感器采用铂金属丝制作温度补偿电阻，该电阻丝靠近进气口一侧，称之为冷丝。由于电阻丝在使用中容易折断而导致传感器报废，因此目前普遍采用在氧化

铝陶瓷基片上印刷制作铂膜电阻的方法来制作温度补偿电阻。

(2) 热膜式空气流量传感器

热膜式空气流量传感器是热丝式传感器的改进产品，其发热元件采用平面形铂金属薄膜（厚约 200 μm）电阻器，故称为热膜电阻。热膜电阻的制作方法是：首先在氧化铝陶瓷基片上采用蒸发工艺淀积铂金属薄膜，然后通过光刻工艺制作成梳状图形电阻，将电阻值调节到设计要求的阻值后，在其表面覆盖一层绝缘保护膜，再引出电极引线。捷达 AT、捷达 GTX、桑塔纳 2000GSI、桑塔纳 3000 型轿车采用的热膜式空气流量传感器的结构如图 1-7 所示。

在传感器内部的进气通道上设有一个矩形护套（相当于取样管），热膜电阻设在护套内。为了防止污物沉积到热膜电阻上影响测量精度，在护套的空气入口一侧设有空气过滤层，用以过滤空气中的污物。为了防止进气温度变化使测量精度受到影响，在热膜电阻附近的气流上游设有铂金属膜式温度补偿电阻，如图 1-8 所示。温度补偿电阻、热膜电阻与传感器内部控制电路连接，控制电路与线束连接器插座连接，线束插座设在传感器壳体中部。

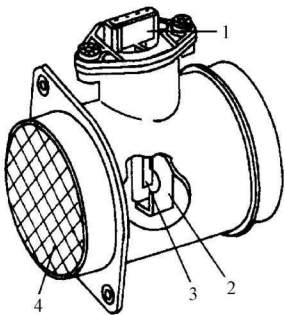


图 1-7 热膜式 AFS 的结构

1—接线插座；2—护套；3—铂金属膜；4—防护网

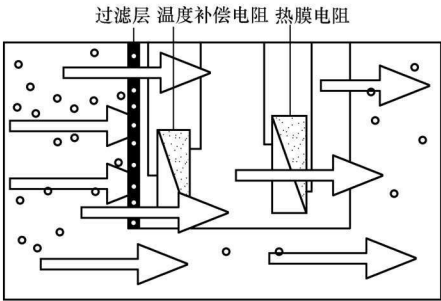


图 1-8 热膜式 AFS 内部元件

热膜式流量传感器与热丝式流量传感器相比，因为热膜电阻的阻值较大，所以消耗电流较小，使用寿命较长。但是，由于其发热元件表面制作有一层绝缘保护膜，存在辐射热传导作用，因此响应特性略低于热丝式流量传感器。

(3) 热丝式空气流量传感器和热膜式空气流量传感器的工作原理

利用热丝或热膜作为发热元件的空气流量传感器，其测量原理完全相同，并与日常生活中使用的电吹风机的工作原理相似。为了叙述方便，下面将热丝与热膜统称为发热元件。理论和实验证明：在强制气流的冷却作用下，发热元件在单位时间内的散热量和发热元件的温度、气流温度之差成正比。因此在热丝式与热膜式流量传感器中，采用了图 1-9 所示的恒温差控制电路来实现流量检测。

在恒温差控制电路中，发热元件电阻 R_H 和温度补偿电阻（进气温度传感器） R_T 分别连接在惠斯登电桥电路的两个臂上。当发热元件的温度高于进气温度时，电桥电压才能达到平衡。加热电流（50 ~ 120 mA）由具有电流放大作用的控制电路 A 进行控制，其目的是使发热元件的温度 T_H 与温度补偿电阻的温度 T_T 之差保持恒定，即 $\Delta T = T_H - T_T = 120^\circ\text{C}$ 。

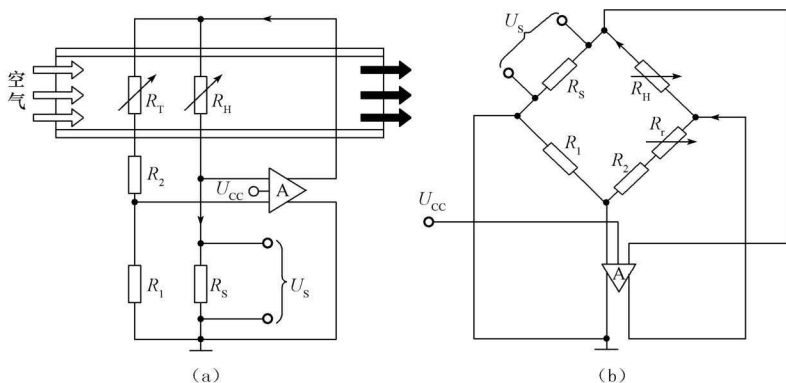


图 1-9 热丝式与热膜式流量传感器的原理电路

(a) 电路连接; (b) 电桥电路

R_T —温度补偿电阻; R_H —发热元件 (热丝或热膜) 电阻; R_s —信号取样电阻;

R_1 、 R_2 —精密电阻; U_{CC} —电源电压; U_s —信号电压; A—控制电路

当空气气流流经发热元件使其受到冷却时, 发热元件温度降低, 阻值减小, 电桥电压失去平衡, 控制电路将增大供给发热元件的电流, 使其温度高于温度补偿电阻 120°C 。电流增量的大小, 取决于发热元件受到冷却的程度, 即取决于流过传感器的空气量。

当电桥电流增大时, 取样电阻 R_s 上的电压就会升高, 从而将空气流量的变化转换为电压信号 U_s 的变化。输出电压与空气流量之间近似于 4 次方根的关系, 特性曲线如图 1-10 所示。信号电压输入 ECU 后, ECU 便可根据信号电压的高低计算出空气质量流量 Q_M 的大小。

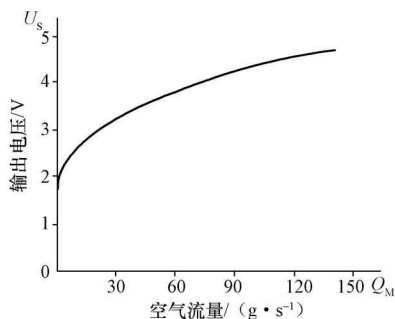


图 1-10 热丝式与热膜式 AFS 输出特性曲线

当发动机怠速或当空气为热空气 (如夏季行车) 时, 因为怠速时节气门全闭或接近全闭, 所以空气量很小; 又因空气温度越高, 空气密度越小, 所以在体积相同的情况下, 热空气的质量小, 因此, 发热元件受到冷却的程度小, 阻值减小幅度小, 保持电桥平衡需要的加热电流小, 如图 1-11 (a) 所示, 故取样电阻上的信号电压低。电控单元 ECU 根据信号电压即可计算出空气量, 捷达 AT、捷达 GTX 型轿车怠速时的空气流量标准值为 $2.0 \sim 5.0 \text{ g/s}$ 。

当发动机负荷增大或空气为冷空气时, 节气门开度增大, 空气流速加快, 空气流量增大; 而冷空气密度大, 在体积相同的情况下冷空气质量大, 所以发热元件受到冷却的程度增大, 阻值减小幅度大, 保持电桥平衡需要的加热电流增大, 如图 1-11 (b) 所示, 因此当发动机负荷增大时, 信号电压升高。

热丝式空气流量传感器在使用一段时间后, 热丝表面受空气尘埃玷污, 其热辐射能力降低, 影响了传感器的测量精度, 因此控制电路中设计有 “自洁电路”, 来实现自洁功能。

每当 ECU 接收到发动机熄火 的信号时，ECU 将控制自洁电路接通，将热丝加热到 $1\,000^{\circ}\text{C}$ 并持续 $1\,\text{s}$ 左右，使黏附在热丝上的尘埃烧掉。另一种防止热丝沾污的方法是提高热丝的保持温度，一般将保持温度设定在 200°C 以上，以便烧掉黏附的污物。热膜式传感器铂金属膜的面积比热丝的表面积大得多，且覆盖有一层绝缘保护膜，因此不会因沾污污物而影响测量精度。

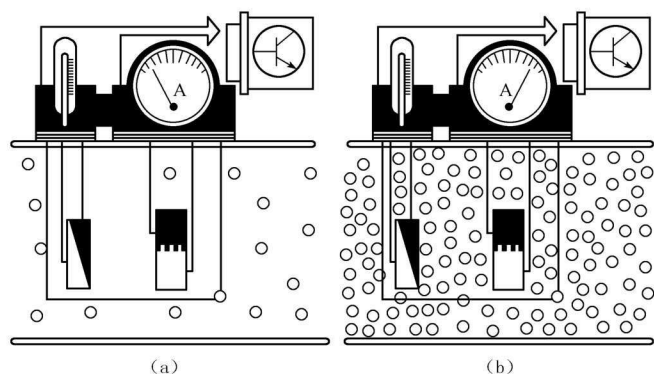


图 1-11 热丝式与热膜式 AFS 测量原理

(a) 怠速或热空气时；(b) 负荷增大或冷空气时

3. 涡流式空气流量传感器

涡流式空气流量传感器是根据卡尔曼涡流理论，利用超声波或光电信号，通过检测旋涡频率来测量空气流量的一种传感器。根据检测旋涡频率的方式不同，涡流式流量传感器分为超声波检测式和光电检测式两种。中国进口丰田凌志 LS400 型轿车和中国台湾进口皇冠 3.0 型轿车采用了光电检测涡流式流量传感器，日本三菱吉普车、中国长风猎豹吉普车和韩国现代轿车采用了超声波检测涡流式流量传感器。

(1) 涡流式流量传感器的测量原理

众所周知，当野外架空的电线被风吹动时，就会发出“嗡、嗡”的响声。风速越高，声音频率越高，这是因气流流过电线后形成旋涡（即涡流）所致。试验证明，液体、气体等流体均会发生这种现象。

在流体中放置一个柱状物体（称为涡流发生器）后，在涡流发生器下游流体中就会形成两列平行状旋涡，并且左右交替出现，如图1-12所示。因此，根据旋涡出现的频率，就可测量出流体的流量。由于旋涡与街道两旁的路灯类似，故称其为“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旋涡。

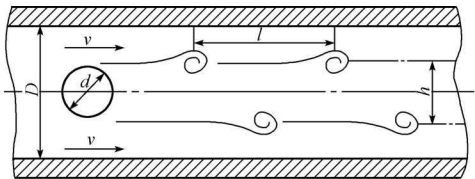


图 1-12 卡尔曼涡流产生原理

卡尔曼旋涡是一种物理现象，涡流的测量精度由空气通道面积与涡流发生器的尺寸决定，与检测方法无关。涡流式传感器的输出信号是与旋涡频率对应的脉冲数字信号，其响

应速度是几种空气流量传感器中最快的，几乎能同步反映空气流速的变化。因此，特别适用于数字式计算机处理。除此之外，还具有测量精度高、进气阻力小、无磨损等优点，长期使用时，性能不会发生变化。其缺点是制造成本较高，此外，因为检测的流量为体积流量，所以需要对空气温度和大气压进行修正，目前只有少数中高档轿车采用。

(2) 光电检测涡流式空气流量传感器

1) 传感器的结构特点。丰田凌志 LS400 和皇冠 3.0 型轿车装备的光电检测涡流式流量传感器的结构如图 1-13 所示，主要由涡流发生器、发光二极管、光敏三极管、反光镜、张紧带、集成厚膜控制电路和进气温度传感器组成。

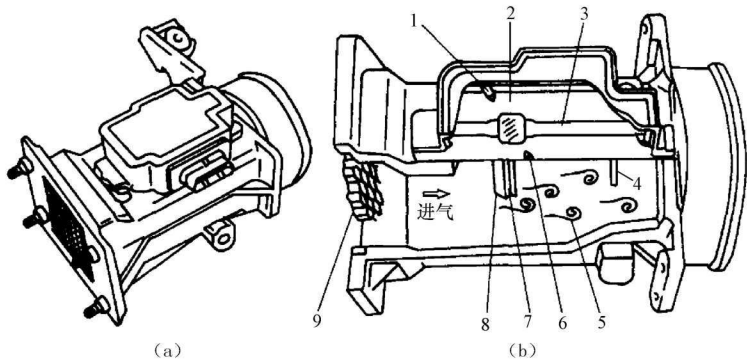


图 1-13 光电检测涡流式流量传感器的结构

- 1—发光二极管；2—反光镜；3—张紧带；4—进气温度传感器；5—涡流；
6—光敏三极管；7—导压孔；8—涡流发生器；9—整流网栅

在传感器气流入口处设有蜂窝状整流网栅，其作用是使吸入的空气在涡流发生器上游形成比较稳定的气流，从而保证涡流发生器产生与流速成正比的涡流。涡流发生器用合成树脂与厚膜集成控制电路封装成一体，传感器内部结构如图 1-14 所示。

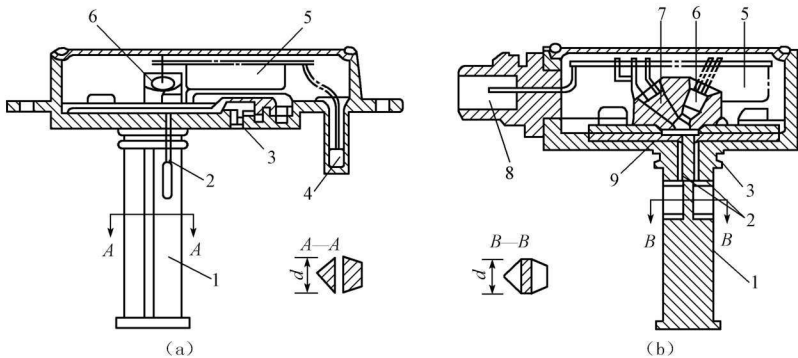


图 1-14 光电检测涡流式流量传感器剖视

- 1—涡流发生器；2—导压孔；3—弹簧片；4—进气温度传感器；5—厚膜 IC 电路；
6—光敏三极管；7—发光二极管；8—线束插座；9—导压腔

涡流发生器的形状如剖面 $A-A$ 所示, 前面为三角形, 中间为稳流槽, 后面为梯形。实验证明, 在比值 h/l 为 0.281 的条件下, 无论柱状物体为圆柱形、三角形柱体, 还是长方形或矩形柱体, 都能周期性地产生稳定的卡尔曼旋涡。在涡流发生器上设有一个稳流槽和两个导压孔, 如剖面 $A-A$ 和 $B-B$ 所示。稳流槽使涡流发生器下游产生稳定的涡流, 导压孔将涡流发生器两侧的压力引导到导压腔中。反光镜由反光能力较强的金属箔片制成, 并用细薄的张紧带张紧在导压腔的外表面上, 镜面上部设有一只发光二极管和一只光敏三极管, 发光二极管发出的光束由反光镜反射到光敏三极管上。发光二极管是一种能够发光的半导体二极管。英文名称为 Light Emitting Diode, 通常缩写为 LED。制作发光二极管 PN 结的半导体材料是砷化镓 (GaAs)、磷化镓 (GaP) 和磷砷化镓 (GaAsP)。从 PN 结的两端各引一个金属电极, 用塑料将单个 PN 结封装起来即构成单只发光二极管。板簧片设在导压腔内, 并紧贴张紧带, 其作用是给张紧带施加适当的预紧力, 防止张紧带和反光镜振幅过大而变形损坏。检测涡流频率的任务由发光二极管、反光镜和光敏三极管完成, 传感器内部的信号处理集成电路将频率信号转换成 ECU 便于处理的数字信号后, 再输入 ECU 进行运算处理。涡流式流量传感器检测的是进气气流的体积流量, 为了避免环境温度变化给流量检测带来误差, 因此, 采用了进气温度传感器进行修正。

2) 传感器的工作原理。当进气气流流过涡流发生器时, 在涡流发生器两侧就会交替产生涡流, 两侧的压力就会交替发生变化。进气量越大, 旋涡数量越多, 压力变化频率就越高。导压孔将变化的压力引导到导压腔中, 反光镜和张紧带就会随着压力的变化而产生振动, 振动频率与单位时间内产生的旋涡数量 (即旋涡频率) 成正比。反光镜将 LED 的光束反射到光敏三极管上, 因为光敏三极管受到光束照射时导通, 不受光束照射时截止, 所以光敏三极管导通与截止的频率与旋涡频率成正比。信号处理电路将频率信号转换成方波信号输入 ECU 之后, ECU 便可计算出进气流量的大小。

(3) 超声波检测涡流式流量传感器

1) 传感器的结构特点。超声波检测涡流式流量传感器的结构如图 1-15 所示, 主要由涡流发生器、超声波发生器、超声波接收器、集成控制电路、进气温度传感器和大气压力传感器等组成。

超声波式流量传感器设有主空气道和旁通空气道, 涡流发生器设在主空气道上。设置旁通空气道的目的是调节主空气道的空气流量。对于排气量不同的发动机, 通过改变旁通空气道截面积的大小, 就可使用同一规格的流量传感器来满足流量检测的要求。

涡流发生器由三角形柱体和若干个涡流稳定板组成, 使其下游能够产生稳定的涡流。在涡流发生器的两侧设有超声波发生器和接收器, 超声波发生器用于产生和发射超声波信号, 超声波接收器用于接收超声波信号。在主空气道的内壁上, 粘贴有吸音材料, 防止超声波出现不规则的反射现象而影响正常检测。在空气入口设有整流网栅, 其作用是使吸入空气在涡流发生器上游形成稳定的气流, 从而保证产生稳定的涡流。集成控制电路对信号进行整形处理后向 ECU 输入方波信号, 以便 ECU 运算处理。进气温度和大气压力传感器信号用于修正进气量。