



汽车维修技能修炼丛书 QICHE WEIXIU JINENG XIULIAN CONGSHU



新型汽车 传感器、执行器 原理与故障检测

李伟 © 主编



NLIC2970876866

最新及常用汽车传感器的安装位置、结构原理、电路图、动态检测方法、静态检测方法及更换调整等内容。传感器主要包括：温度传感器、压力传感器、空气流量传感器、气体浓度传感器、位置与角速度传感器、速度与角速度传感器、爆燃与碰撞传感器、转矩传感器等，书中还涉及执行器、巡航开关、P/N开关的检测及示波器的使用方法和部分国产汽车传感器的检测实例及故障案例。



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

汽车维修技能修炼丛书

新型汽车传感器、执行器 原理与故障检测

李伟 主编



NLIC2970875866



机械工业出版社

本书从实际工作角度出发,系统地介绍了常用及最新汽车传感器的安装位置、结构与工作原理、电路图、动态检测方法、静态检测方法及更换调整等内容。内容包括汽车传感器概述、温度传感器、压力传感器、空气流量传感器、气体浓度传感器、位置与角度传感器、速度传感器、爆燃与碰撞传感器、转矩传感器以及其他执行器、传感器(如巡航开关、P/N挡位开关),同时讲解了示波器的使用及部分国产汽车传感器的检测实例及故障案例。

本书内容丰富,实用性强,具有较强的可操作性。本书适合于汽车维修人员及相关技术人员参考使用,也可作为高等工科院校、大中专院校汽车专业教材及汽车检测相关专业学生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

新型汽车传感器、执行器原理与故障检测/李伟主编. —北京:机械工业出版社, 2012. 12

(汽车维修技能修炼丛书)

ISBN 978-7-111-40586-3

I. ①新… II. ①李… III. ①汽车-传感器-车辆检修②汽车-执行器-车辆检修 IV. ①U472.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第284309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:连景岩 责任编辑:连景岩 贺贵梅

版式设计:霍永明 责任校对:申春香

封面设计:鞠 杨 责任印制:乔 宇

三河市国英印务有限公司印刷

2013年3月第1版第1次印刷

184mm×260mm·20.5印张·504千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-40586-3

定价:52.00元

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 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

随着电子技术和计算机技术（即电子控制技术）的不断发展及其在汽车上的广泛应用，使得人们把目光投向汽车电子技术方面。电子技术和计算机控制技术的发展，为汽车技术性能的提高，经济性、安全性和舒适性的改善，汽车废气污染的降低创造了良好的条件。目前，汽车上，特别是轿车上的电子控制部件越来越多。

在汽车的电子控制系统中，传感器担负着非常重要的工作，它具有信息采集和传输的功能，其技术性能的好坏直接关系到汽车的运行状况和车辆行驶的安全性和经济性。因此，当汽车发生故障时，对汽车上的各个传感器进行检测便成了维修工作的基础和关键。不同的电子控制系统中传感器的类型和数量都有所不同，即使是相同类型的传感器，由于应用在不同的控制系统中，其结构形式、安装位置也不尽相同，且检测方法存在差异。因此，要掌握好现代汽车的维修和检测技术，必须掌握传感器的作用、构造、工作原理和故障排除。

本书系统、全面地讲述了汽车用各种传感器的构造和工作原理，突出传感器的检测方法。结合具体的新车型进行讲解，是本书的一大特色。在编写的过程中，我们力求做到以下几点。

- 1) 全面性。涵盖新车型上的大部分传感器。
- 2) 先进性。紧跟新型汽车电子发展步伐，突出介绍新型传感器。
- 3) 实用性。结合新车型进行讲解，具有实用性和针对性，同时，为避免空洞无物的说教，针对每一传感器的检测，提供完整的电路图，使学员在具体运用中体会和学习传感器检测的精髓。
- 4) 易懂性。用深入浅出的语言介绍传感器的工作原理和检测方法。

参加本书编写的人员还有李微、李校航、李校研、于洪燕、李春山。由于经验不足，书中的错误和不完善之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言	
第一章 汽车传感器概述	1
第一节 传感器的组成及分类	1
一、传感器的定义和组成	1
二、传感器的分类	1
三、传感器的信号	2
第二节 传感器的检测方法及注意事项	3
一、传感器的检测方法	3
二、传感器检测的注意事项	6
第二章 空气流量传感器	7
第一节 热膜式空气流量传感器	7
一、热膜式空气流量传感器的结构	7
二、热膜式空气流量传感器的工作原理	8
三、新型热膜式空气流量传感器	9
四、热膜式空气流量传感器的检测方法	10
第二节 热线式空气流量传感器	17
一、热线式空气流量传感器的结构	17
二、热线式空气流量传感器的工作原理	17
三、热线式空气流量传感器的检测	18
第三章 温度传感器	21
第一节 温度传感器概述	21
第二节 热敏电阻式温度传感器	22
一、进气温度传感器	22
二、冷却液温度传感器	24
三、冷却液温度传感器的检测方法	25
四、检测方法在具体车型上的应用	27
五、车内、外空气温度传感器	31
六、蒸发器出口温度传感器的工作原理与结构	34
七、排气温度传感器	37
第三节 热敏铁氧体温度传感器	39
一、热敏铁氧体温度传感器的工作原理	39
二、热敏铁氧体温度传感器的结构	40
三、热敏铁氧体温度传感器的检测	41
第四章 压力传感器	42
第一节 进气压力传感器	42
一、半导体压敏电阻式进气压力传感器	42
二、真空膜盒式进气压力传感器	48
三、电容式进气压力传感器	49
四、表面弹性波式进气歧管压力传感器	50
第二节 其他压力传感器	51
一、机油压力传感器	51
二、机油压力开关传感器	51
三、制动压力传感器	52
四、大众直喷发动机燃油压力传感器	54
五、电控柴油机共轨燃油压力传感器	58
六、轮胎压力传感器	60
七、增压压力传感器	76
第五章 位置与角度传感器	79
第一节 节气门位置传感器	79
一、节气门位置传感器概述	79
二、滑动电阻式节气门位置传感器	80
三、双可变电阻式节气门位置传感器	82
四、双霍尔式节气门和加速踏板位置传感器	83
五、大众直喷发动机 EPC 电子节气门系统	88
六、智能电子节气门控制系统	96



第二节 曲轴位置传感器·····	101	二、偏心锤式碰撞传感器·····	155
一、曲轴位置传感器的功用和安装位置·····	101	三、滚球式碰撞传感器·····	156
二、磁电感应式传感器的结构与工作原理·····	101	四、电阻应变计式碰撞传感器·····	156
三、新款捷达曲轴位置传感器的检测·····	103	五、压电效应式碰撞传感器·····	156
四、新款凯美瑞曲轴位置传感器的检测·····	105	六、水银开关式碰撞传感器·····	157
五、霍尔式曲轴位置传感器·····	106	七、碰撞传感器的检测·····	158
六、上海别克轿车触发叶片式霍尔曲轴位置传感器的检测·····	108	第七章 气体浓度传感器·····	160
七、三菱格兰迪曲轴位置传感器的检测·····	109	第一节 氧传感器·····	160
八、大众 CC 曲轴位置传感器的检测·····	112	一、二氧化锆式氧传感器·····	160
第三节 凸轮轴位置传感器·····	113	二、二氧化钛式氧传感器·····	162
一、霍尔式凸轮轴位置传感器·····	114	三、氧传感器的检测·····	163
二、磁阻元件式凸轮轴位置传感器·····	115	四、全量程氧传感器·····	166
第四节 其他位置传感器·····	118	第二节 NO_x 传感器·····	171
一、电容式液位传感器·····	118	一、NO _x 传感器的结构·····	171
二、燃油液面传感器·····	120	二、NO _x 传感器的工作原理·····	171
三、电极式液面高度传感器·····	122	三、NO _x 传感器的安装位置、功用、功能·····	173
四、冷却液液位传感器·····	123	第三节 烟雾浓度传感器·····	173
五、浮子舌簧管开关式液位传感器·····	124	一、烟雾浓度传感器结构和工作原理·····	174
六、转向盘转角传感器·····	125	二、烟雾浓度传感器的检测·····	174
七、霍尔式转向盘转角传感器·····	128	第八章 速度传感器·····	176
八、超声波距离传感器·····	131	第一节 轮速传感器·····	176
九、离合器位置传感器·····	136	一、电磁感应式轮速传感器·····	177
十、乘员位置传感器·····	139	二、霍尔效应式轮速传感器·····	180
十一、EGR 阀位置传感器·····	142	三、新型霍尔式轮速传感器·····	181
第六章 爆燃、碰撞传感器·····	145	四、磁阻式轮速传感器·····	182
第一节 爆燃、碰撞传感器概述·····	145	第二节 组合式加速度传感器·····	184
第二节 爆燃传感器·····	146	一、组合式加速度传感器的类型及安装位置·····	184
一、爆燃传感器控制系统·····	146	二、组合式加速度传感器的检测·····	184
二、共振磁致伸缩式爆燃传感器·····	148	第九章 其他执行器和传感器·····	187
三、压电式爆燃传感器·····	148	第一节 点火系统执行器·····	187
四、压电式爆燃传感器的检测·····	150	一、点火线圈的结构特点·····	187
第三节 碰撞传感器·····	153	二、点火系统的电路分析·····	188
一、滚轴式碰撞传感器·····	154	第二节 P/N 挡位开关、电磁阀·····	191
		一、自动变速器电路控制分析·····	191
		二、P/N 挡位开关、换挡电磁阀、传感器的检测·····	194

第三节 雨量感应传感器·····	199	第二节 传感器的波形测试·····	230
一、雨量感应传感器 G397·····	199	一、示波器的结构·····	230
二、雨量感应传感器的工作原理·····	200	二、示波器的使用方法·····	230
第四节 本田转矩传感器·····	204	三、传感器的波形分析·····	231
一、本田 EPS 电感式转矩传感器的结构·····	204	第十一章 传感器故障案例·····	237
二、本田转矩传感器的工作原理·····	204	一、大众车型霍尔传感器故障·····	237
三、本田转矩传感器的检测·····	204	二、途安倒车雷达不工作故障·····	238
第五节 新皇冠转矩传感器·····	206	三、帕杰罗 ABS 故障·····	240
一、新皇冠电控助力转向系统的结构·····	206	四、现代名驭冷却液温度表故障·····	242
二、电控助力转向系统的基本工作原理·····	208	五、帕萨特冷却液温度传感器损坏故障 2 例·····	244
三、检测·····	209	六、奥迪轮胎压力监测系统故障·····	245
第六节 大众磁阻式转矩传感器·····	211	七、奇瑞瑞虎 ABS 低速误动作故障·····	246
一、大众磁阻式转矩传感器的结构·····	211	八、新途安控制器局域网 CAN 数据线故障·····	249
二、转向助力大小的设定方法·····	214	九、新款皇冠智能进入和起动系统失灵故障·····	251
三、检测·····	214	十、速腾轿车冷机时燃油表指示不正常故障·····	254
第七节 丰田卡罗拉巡航控制系统·····	214	十一、新款朗逸轿车加满油后燃油表指示为零故障·····	255
一、卡罗拉巡航控制系统的组成及功用·····	214	十二、新款迈腾 EPS 失效故障·····	257
二、巡航控制开关的检查·····	217	十三、新款帕萨特领驭车身稳定控制系统故障·····	259
第八节 奥迪 A4 轿车太阳能天窗·····	220	十四、大众 CC 倒车影像故障·····	260
一、奥迪轿车太阳能天窗的工作原理·····	221	十五、丰田雅力士 ABS 警告灯亮故障·····	261
二、太阳能天窗的检修·····	222	十六、新款斯柯达明锐轿车转向跑偏故障·····	262
第九节 制动器摩擦片磨损检测传感器·····	223	十七、奥迪自动起动控制系统故障·····	264
第十章 传感器的波形分析·····	226	十八、大众 CC 主动巡航故障·····	273
第一节 汽车电子信号·····	226	十九、新款帕萨特 NMS 转向盘锁止系统故障·····	274
一、汽车电子信号的类型·····	226	二十、本田雅阁氧传感器失效故障·····	279
二、汽车电子信号的五个判定依据·····	227	第十二章 新款捷达整车电路图·····	281
三、汽车波形识别·····	228		

第一章 汽车传感器概述

第一节 传感器的组成及分类

随着汽车向电子化、集成化、信息化、网络化、智能化方向发展，电子控制技术在现代汽车上的应用已越来越普遍。现代汽车是以计算机为控制中心的高度自动化控制系统，该系统随着汽车功能的不断增加而日臻完善和复杂化。如果没有各类传感器提供发动机、汽车工作状况和外部环境等信息，那么电子控制装置就失去了决策依据。因此，汽车电子技术应用得成功与否在很大程度上取决于传感器。

一、传感器的定义和组成

1. 传感器的定义

传感器是一种信号转换装置，它可以将非电信号转换为电信号，其主要作用是向 ECU 提供汽车运行的各种工况信息。汽车传感器在过去仅用于发动机，而到现在已扩展到底盘、车身和电气等各个系统。

2. 传感器的组成

传感器一般由敏感元件、转换元件和其他辅助元件组成，有时也将信号调节与转换电路及辅助电源作为其组成部分。

1) 信号调节与转换电路一般是指能把传感元件输出的电信号转换为便于显示、记录、处理和控制的有用电信号的电路。信号调节与转换电路的选择要视传感元件的类型而定，常用的电路有信号放大器电桥、振荡器、阻抗变换器等。

2) 敏感元件是指直接感受被测量（一般为非电量），并输出与被测量成确定关系的其他量（一般为电量）的元件。如应变式压力传感器的弹性膜片就是敏感元件，其作用是将压力转换成膜片的变形。

3) 转换元件是指传感器中能将敏感元件感受（或响应）的被测量转换成适合于传输和（或）测量的电信号部分。当输出量为规定的标准信号时，则一般称为变送器，又称转换器，一般情况下不直接接收被测量，而是通过敏感元件将被测量转换为电量后输出。如应变式压力传感器的应变片，其作用是将弹性膜片的变形转换为电阻值的变化。

二、传感器的分类

汽车传感器的种类很多，且一种被测参数可用多种不同类型的传感器来测量，而同类型传感器往往也可以测量多种被测参数。传感器的分类有多种方法，常见的分类方法如下：

1) 按能量关系分类。传感器按能量关系的不同可分为主动型传感器和被动型传感器两类。汽车上使用的传感器大多数属被动型传感器，这种传感器需要外加输入电源才能产生电信号，所以这种传感器实际上是一个能量控制器。

2) 按信号转换关系分类。按信号转换关系的不同,可分为由一种非电量转换成另一种非电量的传感器和由同种非电量转换为电量的传感器两种。由一种非电量转换成另一种非电量的传感器,如弹性敏感元件和气动传感器;由非电量转换成电量的传感器,如热电偶温度传感器、压电式加速度传感器等。

3) 按输入量分类。按输入量的不同分类即按被测量的不同分类,可分为位移传感器、速度传感器、加速度传感器、角位移传感器、角速度传感器、力传感器、力矩传感器、压力传感器、真空度传感器、温度传感器、电流传感器、气体成分传感器、浓度传感器等。

4) 按工作原理分类。按工作原理的不同,可分为电阻式、电容式、应变式、电感式、光电式、光敏式、压电式、热电式等多种形式。

5) 按输出信号分类。按输出信号的不同,可分为模拟式传感器和数字式传感器两种。

模拟电压信号是指随时间延续而连续变化的电信号。在汽车电脑控制系统中,大多数的传感器以产生模拟电压信号为主。

数字电压信号是指随时间延续而不连续变化的电信号。该信号只有两种状态,即高电平和低电平,同时也包括一些开关信号。数字电压信号不需要经过 A/D 转换即可以处理,能够直接被 ECU 处理。

6) 按使用功能分类。汽车用各种传感器按其使用功能的不同可分为两类:一类是使驾驶人了解汽车各部分状态的传感器;另一类是用于控制汽车运行状态的传感器。

三、传感器的信号

汽车上传感器的电子信号可以分为直流信号、交流信号、频率调制信号、脉宽调制信号和串行数据信号。电子信号是控制系统中各个传感器、ECU 和其他设备之间相互通信的基本语言,电子信号各有不同的特点,用于实现不同的通信目的。

1) 直流(DC)信号。在任何周期里,方向不随时间变化的电压和电流信号均属于直流信号。直流信号可以分为恒压直流信号和非恒压直流信号两种。在汽车中产生恒压直流信号的类型有蓄电池电压和控制单元(PCM)输出的传感器参考电压。图 1-1 所示为非恒压直流信号波形。

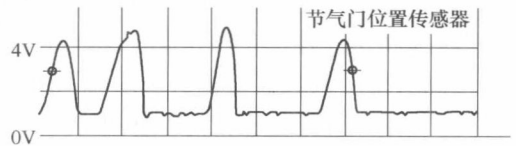


图 1-1 非恒压直流信号波形

2) 频率调制信号。保持波的幅度恒定而改变频率称为频率调制。在汽车中产生可变频率信号的传感器主要是光电式传感器和霍尔式传感器。

3) 交流(AC)信号。在任何周期内大小和方向均随时间变化的信号属于交流信号。在汽车中产生交流信号的传感器主要是磁电式传感器和爆燃传感器等。图 1-2 所示为磁电式传感器产生的交流信号波形。

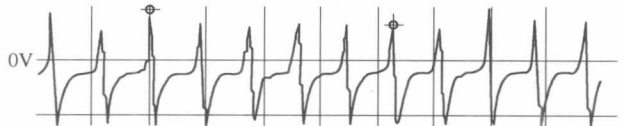


图 1-2 磁电式传感器产生的交流信号波形

4) 串行数据多路信号。串行数据信号是指按时序逐位将组成数据和字符的码元予以传输的信号。串行数据传输所需通信线路少,串行传送的速度低,但传送的距离可以很长,因



此串行适用于长距离而速度要求不高的传输场合。若汽车中具有自诊断能力和其他串行数据传送能力的控制模块，则串行数据由发动机控制单元（PCM）、车身控制单元（BCM）、防盗和防滑制动系统或其他控制模块产生，以及配合自我诊断的各种 ECU 之间传递的信号。

在汽车发动机控制 ECU 和其他电子智能设备中用来通信的串行数字信号是最复杂的信号，在实际中，要用专门的解码器读取。当发动机冷却液温度传感器发生故障时，PCM 输出的串行数据（多路）信号波形如图 1-3 所示。

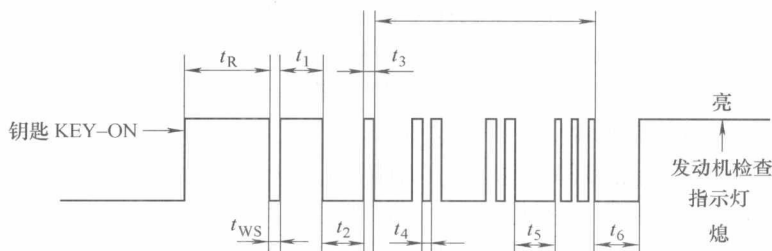


图 1-3 串行数据信号波形

5) 脉宽调制信号。脉冲宽度调制（PWM）简称脉宽调制。脉宽调制信号就是经过脉冲宽度调制的信号。脉冲宽度就是在一个周期内元件的持续工作时间，其信号波形如图 1-4 所示。

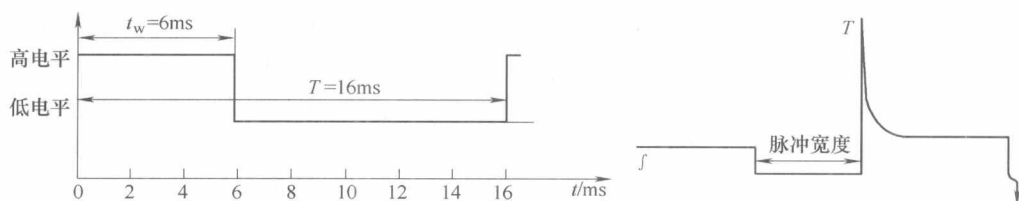


图 1-4 脉宽调制信号波形

第二节 传感器的检测方法及注意事项

一、传感器的检测方法

1. 解码检测法

读取与清除故障码是解码器的主要功能，因此很容易判断出故障的大致方向和部位，为传感器的检测和排查提供了方向。但有以下几点需要注意：

1) 并不是所有的故障都会出现故障码。例如，三菱的 6 线式步进电动机由于其 ECU 是以脉冲方式进行控制，因此没有监控装置，所以出现故障后，没有故障码。又如，当冷却液温度传感器的电阻发生漂移而变得不准确时，如果电阻总值没有超出规定范围，那么虽然有故障，但不会显示故障码。

2) 故障码的含义说明需弄清楚，是传感器或执行器自身故障还是线路故障；线路故障要分清，是短路还是断路，是与电源短路或断路还是搭铁短路或断路等。只有清楚、明白故

故障码的确切含义，才能更好地利用故障码排除故障，维修起来也可以少走弯路。

3) 通过解码器查出故障码只是说明某一系统或相关系统有故障，不要看到故障码就断定是该传感器或执行器有故障而予以更换，其他与之相关的系统也可能会造成该故障而出现相同的故障码。

例如在检查 ABS 时，如果出现“轮速传感器信号不良”故障码时，不要立即更换轮速传感器，而是要首先检查电路各连接插头与插座针脚接触是否良好，传感器触发轮是否有脏污、锈蚀、断路或短路等现象，有些安装在车轮上的传感器因其磁心经常会吸附一些制动鼓磨掉的铁屑而导致工作不良，此时只需拆下传感器并清除磁心上的污垢即可解决问题；同时还要观察感应齿圈是否有变形、缺齿等现象，这些都是导致出现“轮速传感器信号不良”故障码的原因，而轮速传感器本身并不一定损坏。

4) 要弄清楚是历史性故障码还是当前的故障码，以及故障码出现的次数。如果是历史性故障码，那么就表示故障较早之前出现过，而现在不出现了，但在 ECU 中仍有一定的存储记忆；当前故障码则表示是最近出现的故障，当前故障码绝大部分和目前出现的系统故障有很大关系。

大众公司的解码器上故障码前显示“SP”，均表示偶发性故障，故障发生的原因不外乎以下几种情况：发动机运转或点火钥匙打开的过程中拔下了某个电器插头，或者某个传感器或执行器的插头虚接，是软故障而不是硬故障。

5) 当读不出故障码但车辆依旧有故障，此时要利用解码器的数据流对传感器和执行器进行深入分析和判断。所谓数据流，简单来说就是电控系统中一些主要传感器和执行器的当前工作参数值（如发动机转速、蓄电池电压、空气流量、喷油时间、节气门开度、点火提前角、冷却液温度等）。维修过程中，可以通过阅读数据流来分析和发现故障所在，特别是当电控系统无故障码可供参考时，数据流分析就显得更加重要。每个传感器和执行器在一定条件下的工作参数值是有一定标准范围的，因此可以通过实际值与标准值的比较来判断某传感器和执行器工作是否存在异常。

6) 当参考故障码排除故障后，要利用解码器来清除故障码，也就是从 ECU 内部记忆体中清除该故障码记忆，并在发动机运转一段时间后（有条件的话，可以进行路试），再通过解码器来测试是否还会出现类似的故障现象，或者存储相同的故障码。

2. 测试灯检测法

测试灯有自制测试灯和检测专用测试灯；可以自带电源，也可以不带电源。自制测试灯可以用发光二极管（LED）外接 650Ω 电阻串联制成。测试灯主要有以下几个功能：

- 1) 检查传感器、电控元件本体或连接电路的通断。
- 2) 检测传感器参考电压供给是否正常。
- 3) 根据测试灯发光二极管频闪信号，可以检查传感器是否有脉冲输出，或 ECU 是否有执行信号输出。

3. 故障征兆判断法

依据故障征兆，运用经验判断，是最直观的方法，但其有两个缺点：一是经验积累时间长，结果准确率较低，误判的可能性较大。在维修大众车系发动机时，如果出现发动机油耗和排放污染增加、怠速不稳、缺火、喘振等故障现象，则很可能是氧传感器出现故障。这是因为：一是从车型来看，该车型出现氧传感器故障的概率比较高；二是从故障现象上来看，氧



传感器出现故障,将使电控燃油喷射系统的 ECU 得不到排气管中氧浓度的信息,因而不能对空燃比进行反馈控制,从而出现上述征兆。

4. 万用表检测法

汽车上使用万用表,一般都不主张使用指针式万用表,甚至在检测某些元件时,特别是半导体元件和有关 ECU 的电路,强调必须使用数字式万用表。这是因为数字式万用表阻抗大,通过元器件的电流小,可以避免在测量时烧毁其他元器件。

(1) 电阻检测法 电阻检测法主要用于可变电阻、电位计式传感器电阻、磁电式传感器电阻的检测,对于半导体元件,一般要与标准元件的测量值对比后才能得出结论。对于磁电式轮速传感器,可以用欧姆表检查其电阻值,一般在室温下进行,电阻在 $600 \sim 2\,300\Omega$ 范围内为正常;电阻太小,则为线圈短路;电阻过大,则为连接不良;电阻非常大,则为断路;线圈与外壳导通,则为搭铁。

(2) 电流检测法 电流检测法主要用于产生电流调制信号的新型集成电路传感器,如轮速传感器,通过万用表也可以对传感器进行检测。将万用表拨至量程在 200mA 以上的电流挡处,将表笔串接在其中一根输出线上,另一根输出线正常接线(指针式万用表要注意极性),接通汽车电路使 ABS 通电,用手缓慢转动传感器安装侧的车轮,正常情况下电流指示应在 $8 \sim 15\text{mA}$ 之间来回波动。如果读数值只固定在 8mA 或 15mA ,同时调整空气间隙无效时,则说明传感器失效;另外,如果接通电路后电流数值直接显示为 0 或 100mA 以上时,在确认万用表接线无误后,可以判定传感器已经断路或短路。

(3) 电压检测法 对于有源传感器,由于在工作时传感器自身可以产生电压,因此可以使用电压检测法来检测传感器工作是否正常。例如氧气传感器、磁电式曲轴位置/凸轮轴位置传感器、爆燃传感器等。仍以 ABS 用磁电式轮速传感器为例,拆开 ABS ECU 接线插座或拔下轮速传感器的接线插头,使被测车轮以 1r/s 的速度转动时,使用万用表交流 mV 挡,测量各车轮的轮速传感器对应端子间的电压,万用表指示值应为 70mV 以上。如果测量值低于规定值,则原因可能是传感器与轮齿间的间隙过大或传感器本身有问题,需要更换新件。

5. 示波器检测法

示波器主要用来显示控制系统中输入、输出信号的电压波形,以供维修人员根据波形分析和判断电控系统故障。示波器比一般电气设备的显示速度快,是唯一能显示瞬时波形的检测仪器,是电控系统故障诊断中的重要设备。示波器检测法是最准确、最直观的检测方法,可以将传感器的输出电流或电压以波形的形式显示出来,也是传感器等电气元件检测的发展方向。

6. 替代法

替代法就是指对于可疑传感器,通过试换新传感器来查找故障的方法,又称试换法。替代法可确定故障部位或缩小故障范围,但不一定能确定故障原因。在检验传感器时,最好使用相同车型、相同年款、相同型号、相同规格的传感器,暂时替代有疑问的传感器。替代后如果故障现象消失,则说明该故障是由传感器引起的,被替代传感器存在问题;如果故障现象依然存在,则说明该故障并不是由传感器引起的,故障在其他部位。

使用替代法检验传感器的好坏,简单又直接,但要求有一定的维修经验和可以用来替换的正常的传感器。替换时需要注意两点:一是不能用不同输出特性的传感器来替代,否则容易引起错误判断;二是不要绝对地认为新零件就是好的零件,有可能导致误判,因为有的新

零件本身就是坏的。

二、传感器检测的注意事项

1) 蓄电池搭铁极性切不可接错，必须是负极搭铁。严禁在发动机高速转动时将蓄电池从电路中断开，以防产生瞬时过电压使 ECU 和传感器损坏。

2) 在车身上进行电弧焊时，应先断开 ECU 电源。在靠近 ECU 或传感器的地方进行车身修理作业时，更应特别注意。

3) 必须防止 ECU 和传感器受潮。不允许将 ECU 或传感器的密封装置损坏，更不允许用水冲洗。此外，ECU 必须防止受剧烈振动。

4) 电控系统中，故障多的不是 ECU、传感器和执行部件，而是插接器。插接器常会因松旷、脱焊、烧蚀、锈蚀或脏污而导致接触不良或瞬时短路，因此，当出现故障时不要轻易地更换电子元器件，而应首先检查插接器的连接状况。

5) 当断开蓄电池时，需注意以下几点：一是必须关闭点火开关，如果在点火开关接通的状态下断开蓄电池连接，则电路中的自感应电动势会有击穿电子元器件的危险；二是检查自诊断故障码是否存在，若有故障码，则应记下故障码后再断开蓄电池；三是断开蓄电池前，应牢记带防盗码的影像设备的编码，否则在下次使用中，影像系统自锁会影响其使用。

6) 在安装或拆卸电感式传感器时，应将点火开关断开，以防止其自感应电动势损伤 ECU 以及产生新的故障。

7) 注意检查搭铁线的连接状况，其电阻值一般不应大于 1.5Ω 。

8) 带有安全气囊系统的汽车，对其安全气囊进行检修时，如果操作不当，则会使安全气囊意外张开而造成乘员受伤，因此必须严格按操作程序进行。对安全气囊进行检修作业时，先将点火开关置于关闭位置，断开蓄电池负极，等待 90s 再进行操作，以免发生意外。

9) 检修氧传感器时，注意不要让氧传感器跌落或碰撞到其他物体，不要用水进行冷却。更换氧传感器时，一定要用专用防粘胶液刷涂螺纹，以免下次拆卸困难。

10) 某些故障警告灯的功率不得随意改变，否则会出现异常情况。

11) 注意屏蔽线。对于电磁式凸轮轴位置传感器，仅通过测量其电压或电阻来确定其好坏是不全面的，有很多电磁式传感器的测量电阻和电压都正常，但若线路屏蔽不好，则也会导致故障的发生。

12) 在点火开关接通的情况下，不要进行断开任何电气设备的操作，以免电路中产生自感应电动势而损坏电子元器件。

第二章 空气流量传感器

空气流量传感器又称空气流量计，一般安装在进气管上，其作用是检测发动机进气量的大小，并将进气量信息通过电路的连接转换为电信号输入给 ECU，以供 ECU 确定喷油量和点火时间。通过空气流量传感器获得的进气量信号是 ECU 进行喷油控制的主要依据，若该传感器损坏或其电路连接出现故障，则会使发动机进气量的测量不准确，使进入气缸的混合气过浓或过稀，从而导致 ECU 无法对喷油量进行准确的控制，进而导致发动机运转不正常，排放超标。

根据进气量检测方式的不同，测量空气流量的方法分为两种类型：D 型（即压力型）和 L 型（即空气流量型）。

D 型是指利用检测的进气歧管内绝对压力来计算吸入气缸的空气量，所用的传感器是进气歧管绝对压力传感器，测量方法属于间接测量法。

L 型采用直接测量的方法，即利用本章所讲的空气流量传感器直接测量吸入进气管的空气流量。L 型传感器又分为体积流量型传感器和质量流量型传感器两种。

体积流量型传感器有翼片式、量芯式、卡门涡流式等多种类型，现已淘汰。如以前丰田 CAMRY（佳美）用翼片式空气流量传感器，丰田 PREVIA 旅行车用量芯式空气流量传感器，三菱车系、现代车系、丰田雷克萨斯 LS400 轿车用卡门涡流式空气流量传感器。

质量流量型传感器有热线式和热膜式两种类型，捷达、奔驰、大众等现在的大多车型都使用热膜式空气流量传感器。

第一节 热膜式空气流量传感器

一、热膜式空气流量传感器的结构

热膜式空气流量传感器是热线式空气流量传感器的改进型（大众 CC、新帕萨特均使用此款传感器），其发热体是热膜（由发热金属铂固定在薄的树脂膜上制成），而不是热线。热膜式空气流量传感器的发热体不直接承受空气流动所产生的作用力，因此增加了发热体的强度，提高了传感器的可靠性。同时与热线式空气流量传感器相比，热膜式空气流量传感器的热膜电阻阻值较大，消耗电流较小，使用寿命也较长；但是由于其发热元件表面的一层保护薄膜存在防辐射、热传导作用，因此响应特性稍差。热膜式空气流量传感器的结构如图 2-1 所示。

热膜式空气流量传感器内部的进气通道上设有一个矩形护套（相当于取样套），热膜电阻设在护套中。为了防止污物沉积到热膜电阻上而影响其测量精度，在护套的空气入口侧设有空气过滤层，用以过滤空气中的污物。为了防止因空气温度变化而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。温度补偿电阻和热膜电阻与传感器内部控制电路连接在一起，控制电路与线束插接器插座连接在一起，线束设在传感器壳体中部。

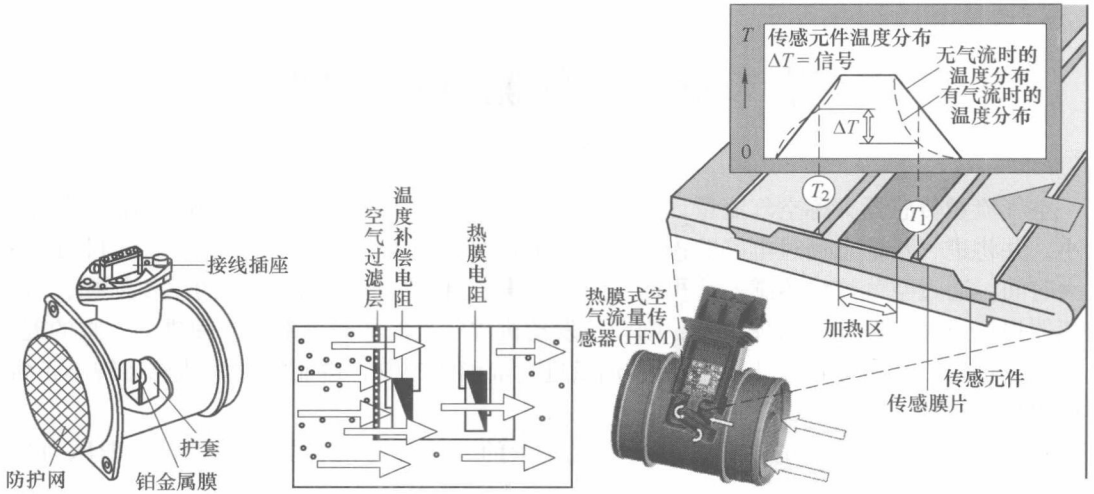


图 2-1 热膜式空气流量传感器的结构

二、热膜式空气流量传感器的工作原理

热膜式空气流量传感器与热线式空气流量传感器的工作原理大致一样。传感器的热膜电阻 R_H 、温度补偿电阻 R_T 、精密电阻 R_1 及 R_2 、信号取样电阻 R_S 在电路板上以惠斯顿电桥的方式连接，如图 2-2 所示。当空气气流流经发热元件并使其冷却时，发热元件（即热膜电阻）的温度降低，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，使其温度保持在高于温度补偿电阻温度的一个固定值（一般仍为 100°C ）。电流增量的大小取决于发热元件受冷却的程度，即取决于流过传感器的空气流量。当电桥电流增大时，信号取样电阻 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。该信号电压输入 ECU 后，ECU 可根据信号电压的高低计算出空气流量的大小。

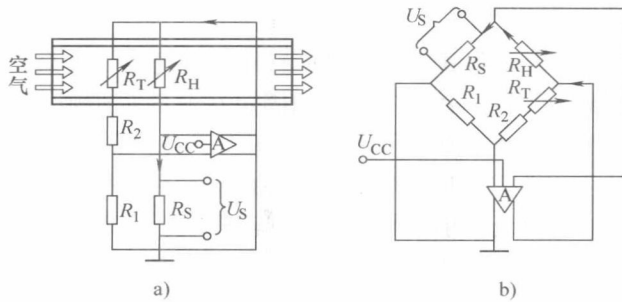


图 2-2 热膜式空气流量传感器电路

a) 热膜式空气流量传感器的连接电路 b) 传感器内由电阻组成的电桥电路

R_T —温度补偿电阻 R_H —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



如图 2-3a 所示,当发动机怠速或吸入热空气时,因为怠速时节气门关闭或接近全闭,所以空气流速减慢,空气量减少;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,发热元件受到冷却的程度减小,阻值减小的幅度也小,保持电桥平衡所需要的电流减小。因此,当发动机怠速或吸入热空气时,信号取样电阻上的信号电压降低。ECU 根据信号电压即可计算出空气量。

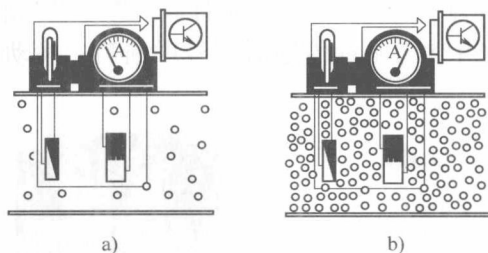


图 2-3 热膜式空气流量传感器的测量原理

a) 发动机怠速或吸入热空气时 b) 发动机负荷增大或吸入冷空气时

如图 2-3b 所示,当发动机负荷增大或吸入冷空气时,因为负荷增大时节气门开度增大,所以空气流速加快、空气流量增大;又因冷空气密度大,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,阻值减小的幅度大,保持电桥平衡所需要的电流增大。因此当发动机负荷增大或吸入冷空气时,信号电压升高。

三、新型热膜式空气流量传感器

大众直喷发动机使用的是第 6 代热膜式空气流量传感器 (HFM6),如图 2-4 所示。这种空气流量传感器安装在发动机的进气道内,与前一代一样,也是根据热量测量原理来工作的,其特点是:带有回流识别的微型传感元件;具有温度补偿的信号处理功能;测量精度高;传感器稳定性好。

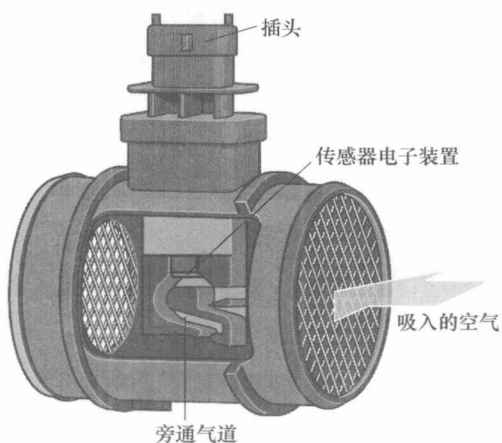


图 2-4 第 6 代热膜式空气流量传感器

1) 工作过程。空气流量传感器的传感元件处在发动机吸入的空气中,一部分空气流经

该传感器的旁通气道，其内有传感器 ECU，该 ECU 上集成有一个加热电阻和两个温度传感器。这两个温度传感器用来识别空气的流动方向为：吸入的空气首先经过温度传感器 1，如图 2-5 所示；从关闭的气门处回流的空气首先经过温度传感器 2，如图 2-6 所示；两温度传感器与加热电阻共同作用，发动机 ECU 即可计算出吸入空气中的氧含量。

2) 信号应用。发动机 ECU 用空气流量传感器信号来计算充气系数（容积效率）。根据充气系数，再考虑到 λ 值和点火时刻，ECU 即可计算出发动机转矩。

3) 信号中断的影响。当空气流量传感器信号中断后，发动机 ECU 会计算出一个替代值。

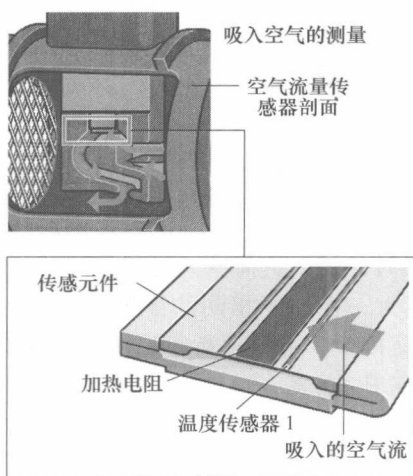


图 2-5 吸入空气的测量

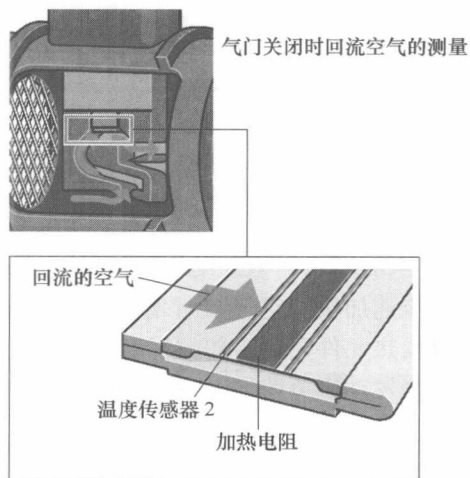


图 2-6 回流空气的测量

四、热膜式空气流量传感器的检测方法

1. 大众新迈腾 1.8TSi 发动机用热膜式空气流量传感器 G70 的检测

大众新迈腾 1.8TSi 发动机使用的是热膜式空气流量传感器 G70，以测量发动机的进气量。图 2-7 所示为传感器的插头，图 2-8、图 2-9 所示为该传感器与车载网络 ECU J519 和发动机 ECU J623 的连接电路。

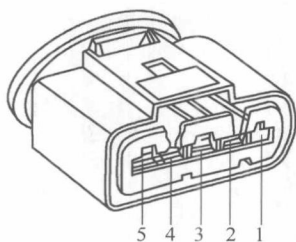


图 2-7 热膜式空气流量传感器插头

- 1—电源信号线 2—进气温度信号线 3—电源线
4—搭铁线 5—空气流量传感器信号线