

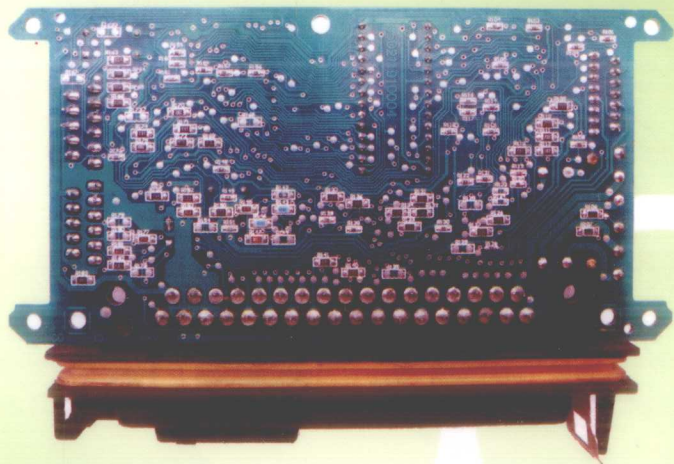
# 看图学修

# 汽车电脑



看图学修车系列丛书  
KANTU XUEXIUCHE XILIE CONGSHU

广州市凌凯汽车资料编写组 组编  
刘青山 主编



11-64



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



配视频光盘

U472.41-64  
L666

看图学修车系列丛书



郑州大学 \*04010780179.\*

# 看图学修汽车电脑

广州市凌凯汽车资料编写组 组编

主 编 刘青山  
参 编 胡欢贵 于海东 蔡永红 段金龙  
廖远强 钟利兰 李土军 姚科业  
李丽娟 冷艳晖 丁红艳 陈 波  
黄 静 邓冬梅 徐银泉 张晓芳



机械工业出版社

U472.41-64  
L666

本书根据简单实用的原则,以图解的方式对汽车电脑的工作原理及常见故障排除进行阐述,从维修的角度出发,阐明电子技术在汽车中的应用,对出现的问题进行剖析,力图以最小的成本解决实际存在的问题。内容主要包括发动机控制系统的特点、组成与工作原理和主要元件波形分析,典型发动机电脑控制系统,车身控制模块(BCM)的控制内容、控制机理及外部电路,汽车电脑之间的通信,汽车电脑的检测与维修方法及常见故障的检修方法,汽车电控系统的编码与匹配等。

本书可作为广大维修技工进行汽车电脑与汽车电控系统维修的重要参考,同时也可以作为各汽车院校汽车电脑维修课程的学习参考资料。

### 图书在版编目(CIP)数据

看图学修汽车电脑/刘青山主编. —北京:机械工业出版社,  
2011.5(2012.4重印)

(看图学修车系列丛书)

ISBN 978 - 7 - 111 - 34174 - 1

I. ①看… II. ①刘… III. ①汽车—计算机控制系统—  
车辆修理—图解 IV. ①U472.41 - 64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 068261 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:徐 巍 责任校对:王 欣

封面设计:张 静 责任印制:李 妍

北京富生印刷厂印刷

2012 年 4 月第 1 版第 2 次印刷

285mm × 210mm · 6.75 印张 · 157 千字

3001 - 5000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 34174 - 1

ISBN 978 - 7 - 88709 - 849 - 8 (光盘)

定价:29.00 元(含 1VCD)

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

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

## 丛书序

当前,正值国家大力推行职业教育及农村劳动力转移培训工程,一套入门级的汽车维修自学教材的开发就变得尤为重要。而看图学修车系列丛书正是基于此社会背景下开发出来的汽车维修培训的入门级教材。

看图学修车系列丛书主要有以下几个特点:

1. 简单易学,适用。本丛书摆脱了冗长的理论知识讲解,以图解为主,强调以图说话,简化技术理论,将抽象深奥的知识简单化、形象化和感性化。图解方式教学简单,易于接受并帮助记忆。使学生一看就懂,一看就明。解决了部分自学人员由于基础知识的薄弱,在成套的理论面前无所适从的问题。同时,也增强了读者的自学兴趣。

2. 内容实用,联系实际。在技能操作部分围绕厂家实际操作规范,强调了理论与实际的结合,在学中做,在做中学。使读者更易掌握有用的知识。

看图学修车系列丛书的分册按汽车的系统划分,如看图学修发动机、看图学修变速器、看图学修制动系统、看图学修转向系统、看图学修汽车空调等。同时各分册内容将一般的机械系统与电子控制系统分开讲解。这样既可以根据自身技术程度选学,也方便由浅入深地学习。

本套丛书作为自学读本,紧紧围绕从原理的为什么到技能的怎么做。重点突出了内容的适用性、可读性及实操性。丛书主要以图解、概念式词解的方式讲述各系统构造及原理,技能操作部分参考了厂家规范,简单实用,读者易学易懂,可作为汽车专业学生学习的辅导教材,也可作为入行人员的自学书籍。

本丛书还配套开发了围绕相关分册的VCD视频教学光盘。

由于编者水平,本丛书疏漏与不足之处自是难免,恳望业界专家、同仁和广大读者多多指正。

# 目 录 CONTENTS

## 丛书序

### 一、汽车电脑概述.....1

### 二、发动机电脑控制系统的组成.....5

(一) 控制系统的特点.....5

(二) 主要元件波形分析.....14

### 三、典型发动机电脑控制系统.....18

(一) 德尔福MT20发动机控制系统.....18

◆ 概述.....18

◆ 电喷控制和执行组件工作原理.....20

◆ 电喷系统故障诊断基本原理.....28

(二) 现代MPI多点燃油喷射系统的检测.....30

◆ 概述.....30

◆ 燃油喷射系统元件检测.....31

◆ 点火系统.....36

### 四、车身控制模块.....37

(一) 车身控制模块简介.....37

(二) 奇瑞A5车身控制系统.....37

(三) 奇瑞A3车身控制系统.....42

(四) 日产颐达车身控制模块.....58

### 五、汽车电脑之间的通信.....62

(一) 通信数据总线标准.....62

(二) 数据通信总线的作用.....65

(三) CAN总线.....66

(四) LIN总线.....71

(五) K线.....72

(六) 网关模块.....73

(七) 通信总路线的诊断.....74

### 六、汽车电脑检测与维修.....77

(一) 汽车电脑控制系统检修注意事项.....77

(二) 电脑控制系统的检测方法.....77

(三) 汽车电脑故障及维修方法.....79

(四) 汽车电脑维修示例.....80

### 七、汽车电控系统编码与匹配.....84

(一) 汽车控制单元编码.....84

(二) 一汽大众电控单元长编码.....87

(三) 汽车控制单元的匹配.....91



# 一、汽车电脑概述

## 1. 汽车电脑的种类与作用

汽车电脑（微型计算机）是一种按预定程序自动地对各种传感器的输入信号进行分析、比较、计算和处理，然后产生新的信号输给执行器，从而控制汽车运行的电子设备。随着计算机技术的发展，计算机在汽车上得到全面的应用，如制动防抱死系统、自动变速系统、信息显示系统等。

通常，一辆汽车上可以配置一台或几台计算机，其数量及类型因不同生产厂家、不同车型甚至不同生产年份而可能不同。大致有以下几种类型：

1) 主计算机。主计算机指大的、功能很强的计算机。它不仅处理直接来自传感器的数据，而且还处理来自其他较小的、功能较少的电子控制模块等的信息。

2) 仪表计算机。仪表计算机是一种小的电子控制模块。它处理来自传感器的输入信号，以控制仪表板的显示。

3) 防抱死制动系统计算机。防抱死制动系统计算机是一种小的电子控制模块。它处理来自车轮传感器和其他装置输入信号，以控制汽车制动，防止汽车制动时车轮抱死。

4) 点火控制计算机。点火控制计算机是处理来自有关传感器的输入信号，以控制火花塞点火时刻，保证点火正时的一种小的电子控制模块。

5) 发动机电脑（ECU）。发动机电脑是集中处理来自许多传感器输入信号的计算机，用于控制发动机在各种运行条件下的转速，及燃油喷射、点火正时、排气等系统，使发动机性能优化。发动机电脑和自动变速器电脑外观见图1-1和图1-2。

6) 悬架系统计算机。悬架系统计算机是一种用以控制车厢高度、悬架弹簧刚度、减振器的阻尼特性等小的电子控制模块。

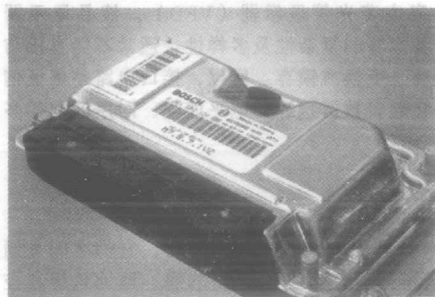


图1-1 发动机电脑（ECU）



图1-2 自动变速器电脑（TCU）

汽车发动机电脑一般布置在汽车仪表板的下面。这样布置可避免振动、潮湿、高温及其他因素对计算机的损害。不过，不同功能的电脑其布置方式各异，也有的放在发动机机舱，后行李舱、座位底下等不同位置。把电脑放在发动机舱内，这样可使电脑接近大部分的传感器、执行器，不需要很多的电线和连接器。图1-3所示为大众高尔夫汽车发动机电脑的安装位置。克莱斯勒汽车上的电脑，安装在空气滤清器上，布置很紧凑。

其他系统的计算机布置位置见图1-4和图1-5。



图1-3 发动机电脑（ECU）安装在发动机舱内

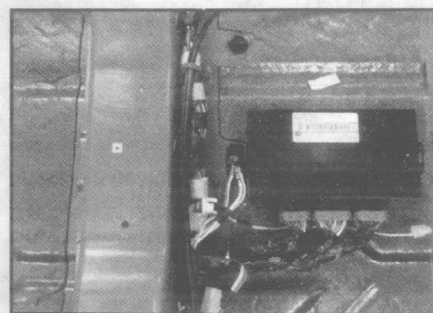


图1-4 安装在座位底下



图1-5 安装在衣帽架上

汽车应用计算机有以下优点：

1) 计算机控制基本上没有运动部件，避免了因机件磨损而失去精度的问题，提高了工作的可靠性。

2) 计算机工作非常迅速，输出的变化以毫秒计，可在输入变化的瞬间实现输出的变化，这就大大提高了控制灵敏度。

3) 现在的计算机系统实际上可以“嗅出”排气的“味道”，可以发现混合气是过浓还是太稀，并据此控制进入发动机的混合气的空燃比，以降低燃油的消耗，并减少排放污染物。



4) 由于计算机能更精确地控制点火提前、燃油喷射量以及排气系统,从而提高了发动机功率,减少了污染物的排放。

5) 由于计算机控制系统比机械控制系统轻,减轻了整车的重量,有利于改善燃料经济性和汽车加速性能。

6) 汽车计算机大多具有自诊断和自检测能力,能及时发现控制系统中存在的故障,并输出故障码,告知维修人员故障可能出在哪个部位,这样便于检修。

7) 由于计算机能更好地控制制动系统、悬架系统、转向系统、车厢内环境及仪表板显示系统等,从而改善了乘坐的舒适性,提高了操纵性和安全性。

## 2. 汽车电脑的基本结构

汽车控制系统所用的计算机通常为微型计算机。基于大规模集成电路的发展,通常将微型计算机的控制器与运算器集成在一个芯片上,称微处理器(CPU)。另外,一般把输入及输出接口电路合称输入/输出接口电路(简写I/O接口电路),它和存储器一样,目前亦均能以大规模集成电路实现。

这样以微处理器为核心,加上存储器、I/O接口电路和外部设备及系统总线(地址总线、数据总线和控制总线),即构成汽车微型计算机系统,简称汽车微机或汽车电脑系统。汽车电脑系统的结构框图见图1-6。

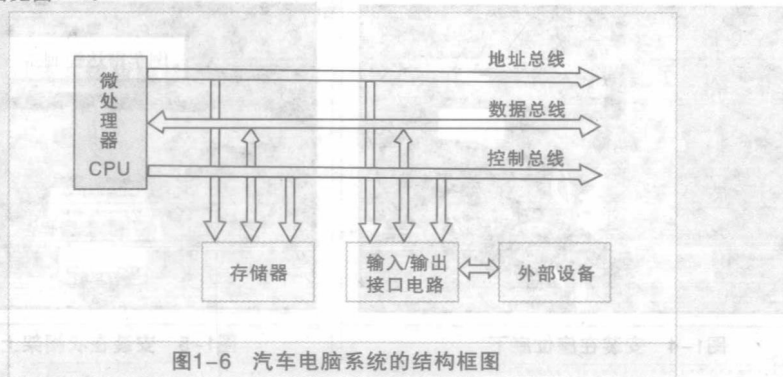


图1-6 汽车电脑系统的结构框图

### (1) 微处理器(Central Processing Unit, CPU)

微处理器是运算器和控制器的总称,是汽车电脑的控制指挥中心,它对汽车传感器输入的各种信息进行处理、计算和判断,然后输出指令,控制执行器的动作。如在汽车发动机空燃比控制系统中,微处理器接收氧传感器输出的信息,然后进行分析计算,按所需的喷油量调整喷油持续时间,修正燃油供应量,使空燃比在微处理器的监控下达到最佳值,从而实现提高功率、降低油耗,减少排气污染等功效。

### (2) 存储器

存储器是存放数据和程序的部件,它在汽车电脑中起记忆作用。

存储器由许多存储单元组成。对八位存储器而言,每一单元存储一个八位二进制数表示的信息。一般汽车电脑中即以八位二进制数表示汽车或发动机中某装置在某种工况下的工作状态的信息,如点火时刻、喷油量、变速器挡位等。一个八位的二进制数,其最大值为11111111,相当于十进制数的255,即每种工况可以在0~255之间变化。为了让微处理器能寻找到所需要的信息,存储器中每个存储单元都有一个编号,称为地址,地址也是用二进制数表示的。

存储器可分为二种,一种是随机存取存储器RAM,另一种是只读存储器ROM。

RAM是Random Access Memory的缩写,意思是随机存取存储器。操作时,既能对它写入信息,又能从它那里读出信息,因此又称读写存储器。

RAM主要用来存储汽车微机操作时的可变数据,如用来存储汽车微机输入、输出数据和计算过程中产生的中间数据等,根据需要,可随时调出或被新的数据代替(改写)。RAM在汽车电脑中起暂时存储信息作用。当电源切断时,所有存入RAM的数据均完全消失。汽车运行中,存入RAM的有些数据,如故障码、空燃比学习修正值等,为了能较长期的保存,防止点火开关关断时,由于电源被切断而造成数据丢失,一般这些RAM都通过专用的电源备用电路与蓄电池直接连接,使它不受点火开关的控制。当然,当电源后备专用电路断开时或蓄电池上的电源线都拔掉时,存入RAM的数据会自然丢失。

ROM是Read Only Memory的缩写,意思是只读存储器,即存储在这种存储器内的信息是不能随便改变的,工作时只能读出而不能写入。ROM的特点是信息存入后就永远不会消失,因此,它常被用来存放程序及一些重要数据,所以又称程序存储器。根据写入ROM的方法不同,ROM可分为掩膜ROM、可编程ROM(PROM),紫外线擦抹的可编程ROM(EPROM)、电子擦抹的可编程ROM(EEPROM)四种类型。

### (3) 输入/输出接口电路

输入/输出设备(也称外部设备)是通过接口电路与微处理器相连的。汽车微机常用的外部设备有传感器、发光二极管显示器(LED)、真空荧光管显示器(VFD),液晶显示器(LCD)、A/D和D/A转换器,执行器等。由于这些设备本身的复杂性及多样性,通常不能直接与微处理器相连。因此,必须通过接口电路来进行隔离、变换或锁存。所以,接口电路是保证信息和数据在外设与微处理器之间正常传送的电路,它起着数据缓冲、电平匹配、时序匹配等多种功能。

### (4) 系统总线

汽车电脑的上述三个主要部件,微处理器、存储器及输入/输出接口电路,它们之间是通过系统总线连接起来的。系统总线根据传输信号的不同可分为三种:数据总线、地址总线和控制总线。



**数据总线：**一般为八根双向总线，用于微处理器与外部单元之间的数据传输。

**地址总线：**一般为十六根单向总线，微处理器通过地址总线输出地址用来选择某一个存储单元或某一个I/O接口。

**控制总线：**传送微处理器发出的或者送至微处理器的控制信息与状态信息，用“读”或“写”来表示，“读”表示数据传送给微处理器，“写”表示数据由微处理器输出。微处理器可以通过它随时掌握各器件的状况，并根据需要随时向有关器件发出控制命令。

大众捷达ATK发动机电脑的内部结构如图1-7所示。

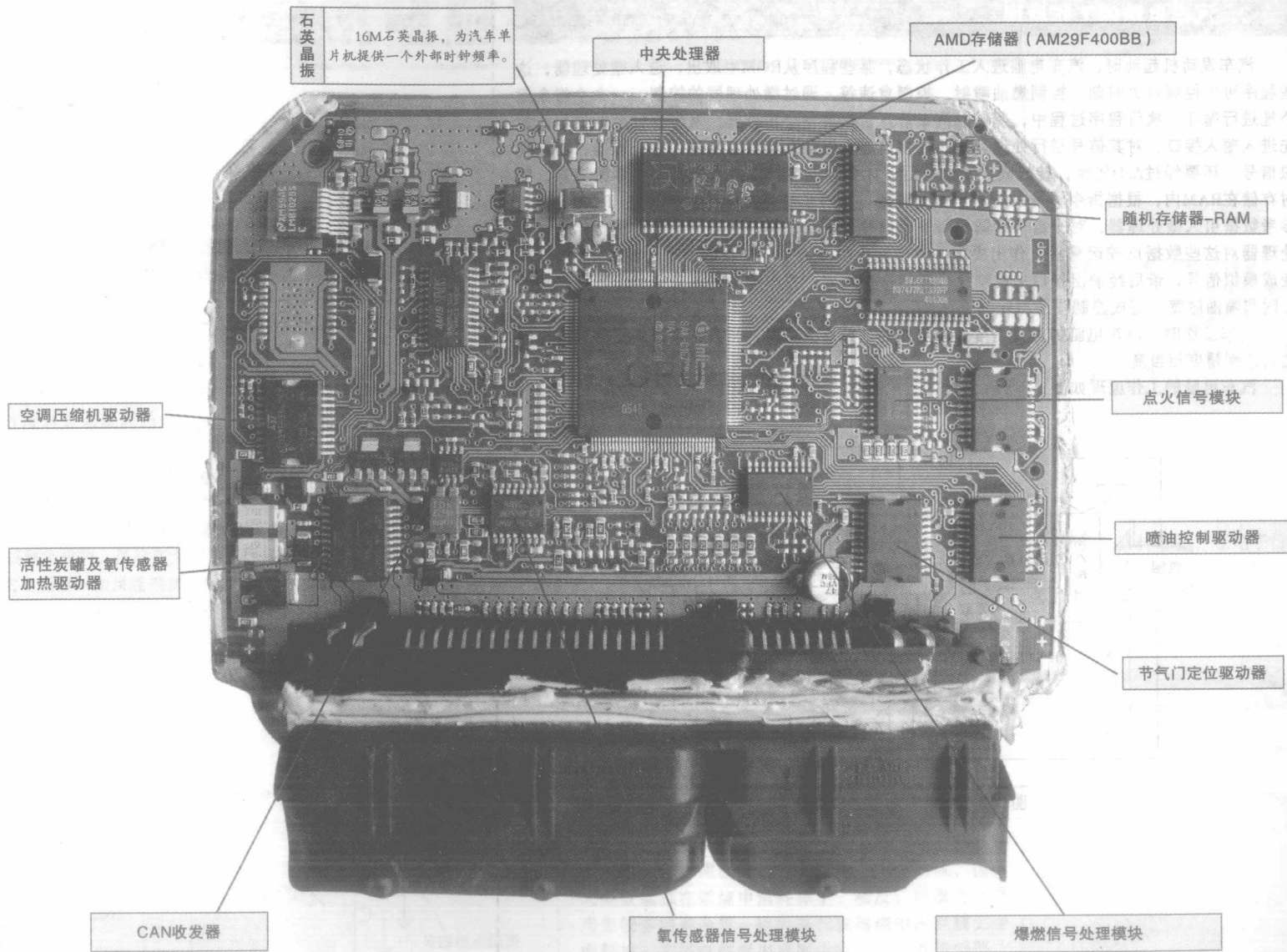


图1-7 大众捷达ATK发动机电脑的内部结构





### → 3. 汽车电脑的工作原理

汽车发动机启动时，汽车电脑进入工作状态，某些程序从ROM中取出，进入微处理器，这些程序可以控制点火时刻、控制燃油喷射、控制怠速等。通过微处理器的控制，一个个指令逐个地进行循环。执行程序过程中，所需的汽车信息，来自各个传感器。从传感器来的信号，首先进入输入接口，对其信号进行处理。如是数字信号，经输入接口直接进入微处理器；如是模拟信号，还要经过A/D转换，转换成数字信号后，才能经输入接口进入微机。大多数信息，暂时存储在RAM内，根据指令再从RAM送至微处理器。下一步是将存储在ROM（或PROM）中的参考数据引入微处理器，对来自传感器的每一个信号，依次取样，并与参考数据进行比较。微处理器对这些数据比较运算后，作出决定并发出输出指令信号，必要的信号还经D/A转换器转换成模拟信号，最后经输出接口去控制执行器动作。例如：发出喷油器驱动信号，则控制喷油正时和喷油脉宽，完成控制喷油功能。

汽车工作时，汽车电脑的运行速度是相当快的，如点火正时，每秒钟可以修正上百次，因此其控制精度相当高。

汽车电脑的工作原理如图1-8所示。

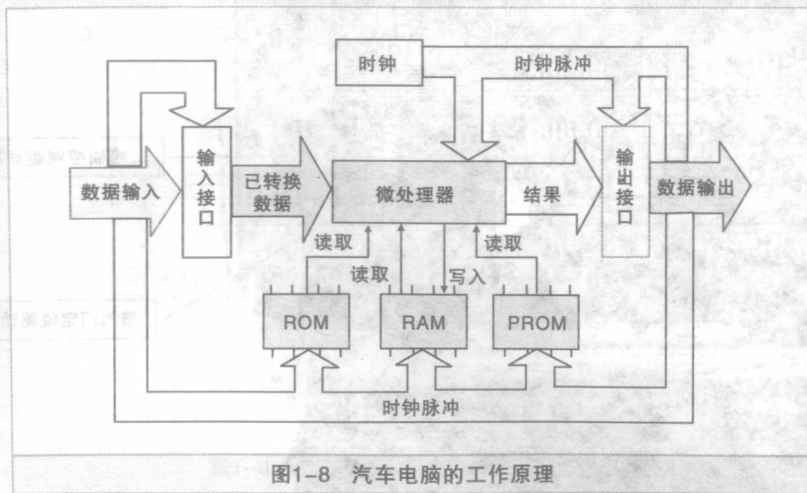


图1-8 汽车电脑的工作原理



## 二、发动机电脑控制系统的组成

### · · · (一) 控制系统的特点 · · ·

#### → 1. 控制系统的共同特征

##### (1) 汽车发动机电脑

汽车发动机电脑是一种具有专门用途的、小巧的、高度可靠的固态数字计算机，安装在金属盒内。它接收来自多个传感器和其他信息输入源的电压信号形式的信息。计算机每秒要对这些信息重复读取数千次，根据这些信息，它可以对发动机的功能作出“决策”，如改变空气燃油混合气浓度、改变点火正时、应用废气再循环等。

这些决策以指令的形式发送给执行器——电磁阀、继电器和电动机，由执行器来完成计算机的指令。通常，这些指令实际上只是简单地接通或关闭执行器。在大多数情况下，由点火开关直接为这些执行器提供电压，或者通过继电器提供。计算机对执行器的控制是通过其内部的一个固态开关(包括功率晶体管和四路驱动器两种)使执行器电路接地完成的。虽然在大多数执行器的电路中计算机控制的是执行器的接地端，但也有计算机控制执行器的电源端。如果连接执行器和计算机之间电路的导线与发动机缸体或汽车底盘接地点短接，而计算机又在为执行器供电，这种短路可能会损坏计算机(图2-1)。但是，如果计算机使用这段电路完成执行器的接地通道，则短路就不会使计算机的电路过载。当然，这样会使执行器通电(图2-2)。在某些情况下，如果这种使执行器通电的短路可能危及安全，就可以将计算机连接在执行器的电源端。

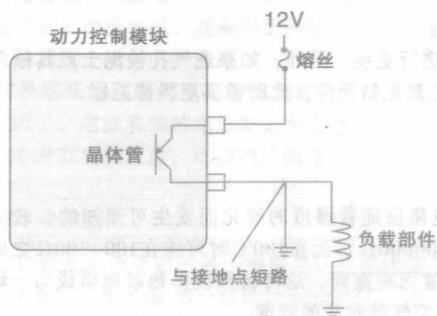


图2-1 计算机为执行器供电，与接地点短路可能会损坏计算机的驱动器

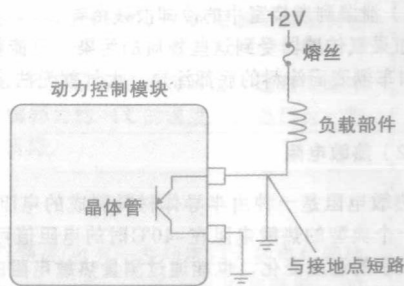


图2-2 计算机完成执行器的接地电路，与接地点短路执行器通电，但不会使计算机过载

#### 注意：

不要尝试打开计算机的金属外壳。这个外壳用于保护计算机免受静电损坏。在严格控制的实验室环境之外打开外壳或拆下任何电路板都可能会导致计算机的某些元件受损。近期，某些车型的计算机系统中应用了一种特殊类型的存储器，将其暴露在光下就可以重新编程，方法通常是取下一片不透明的胶条。如果不想重新编程，或者不知道这样做会造成什么后果，就不要仅仅为了看看计算机内部零件的模样而将胶条打开。

##### (2) 5V参考电压

除了极少数的系统外，所有计算机系统都使用5V电压来操作其传感器。在电子行业内，5V电压几乎已被当作信息传输电路的一个标准而被广泛采用。这个电压值足够高，又能保证可靠的数据传输；它又足够低，不会损坏计算机内部芯片上的微小电路。当然，使用计算机行业的标准电压也使得零部件对于汽车厂家来说更加经济。

#### → 2. 传感器输入设备

##### (1) 氧传感器

所有发动机电脑控制系统的一个主要部件就是氧传感器(图2-3)。排气中自由氧的含量直接反映空燃比大小。浓混合气几乎不产生多余的氧，因为大多数氧都在燃烧中消耗掉了。相反，稀混合气将产生较多的剩余氧，因为氧气在燃烧中没有被完全消耗掉。在排气歧管内或附近安装一个氧传感器，测量排气中的氧含量，就可以间接地得到气缸内燃烧的混合气空燃比。



图2-3 氧传感器



氧传感器的核心是一个空心的陶瓷体(图2-4),一端封闭,内部装有一种叫做二氧化锆( $ZrO_2$ )的物质,这是一种白色晶体的化合物,在温度达到 $315^{\circ}C$ 左右时将可传导氧离子。陶瓷体的内、外表面都分别涂有极薄的、透气的铂膜。

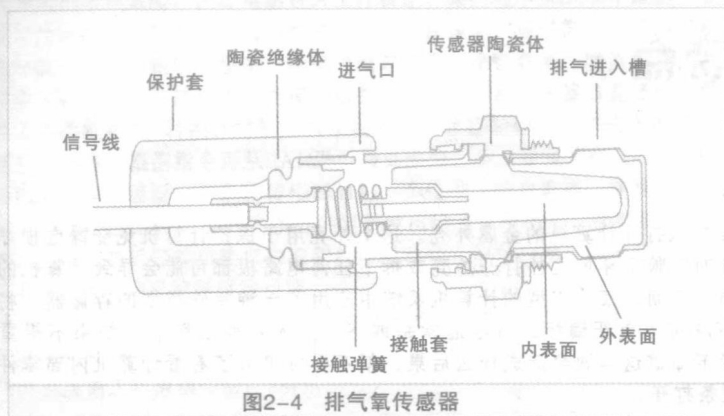


图2-4 排气氧传感器

这两层铂膜的作用相当于两个电极。外层电极表面覆盖了一层薄薄的多孔陶瓷保护层,以防止燃烧残留物的污染。陶瓷体置于一个金属罩内,外形有点像火花塞,只是这个金属外壳有一个带通气口的尖端,罩住陶瓷体的排气端。当把金属外壳安装到排气管或排气歧管上时,这个带通气口的尖端就伸到排气通道中。外层电极表面与金属外壳接触,内层电极与一条导线相连,这条导线连接到发动机控制电脑上。周围大气中的氧气进入空心的陶瓷体内,与内层电极接触。

氧传感器具有一个工作温度范围:  $300\sim 850^{\circ}C$ 。二氧化锆达到 $300^{\circ}C$ 时才可以传导氧离子。如果排气流中的氧含量低于大气中的氧含量,氧传感器就会产生一个电压信号。氧含量差值越大,产生的电压信号就越高(图2-5)。正常情况下,氧传感器产生的电压信号变化范围一般最小为 $0.1V$ ( $100mV$ ),最高为 $0.9V$ ( $900mV$ )。发动机控制电脑内存了一个预先设置好的电压值,即设定值,这个值就是在闭环工作状态下电脑希望看到的氧传感器信号电压值。这个设定值一般在 $0.45\sim 0.5V$ 之间,对应于化学当量空燃比。如果电压值低于设定值,表示混合气稀(排气流中的氧含量

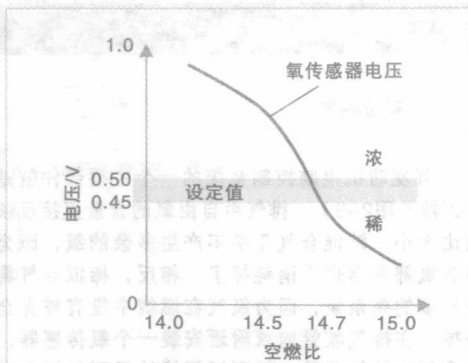


图2-5 氧传感器信号电压与空燃比的关系(近似)

与大气中的氧含量比较接近);如果电压值高于设定值,表示混合气浓(排气流中的氧含量与大气中的氧含量相差较大)。

发动机电脑上有两个端子用于连接氧传感器电路,一个用于氧传感器的正极信号,一个用于负极信号(信号接地)。也就是说,计算机内的电压传感电路必须使用两根线路来测量氧传感器的电压,就像用电压表测量电压一样。虽然一些氧传感器对这两条线路都使用绝缘导线,使之成为两线氧传感器,但许多氧传感器将发动机缸体的金属作为信号接地电路,因此传感器上只有一根导线。

到20世纪80年代末,大多数制造商都使用加热型氧传感器。这种氧传感器自身的工作原理并无特别之处,只是增加了一个加热元件(放置在氧传感器内),以便能够快速地将传感器加热到工作温度,并且在与较冷的排气接触时,如在怠速时,使氧传感器保持在正常的工作温度。因为增加了加热元件,就可以将氧传感器安装在排气系统中更下游的位置,以便能够更精确地采集到所有气缸产生的平均废气。增加一个加热元件导致传感器新增了两根导线,一根导线在点火开关接通时向加热元件提供电压,另一根导线连接到固定的接地点。结果,以前单根导线的氧传感器现在变成了三根导线,而以前两根导线的氧传感器现在有四根导线。加热电路不是计算机控制系统的一部分,但在较新的车型上,发动机电脑监测加热电路是否处于导通状态以及是否工作正常。

虽然氧化锆氧传感器是最常用的类型,但有些汽油发动机上使用了另一种氧传感器——二氧化钛( $TiO_2$ )氧传感器。二氧化钛氧传感器的工作原理更像冷却液温度传感器,根据空燃比的变化其内部电阻发生变化,从而改变参考电压值。不像其他变阻传感器那样慢慢改变电阻值,二氧化钛氧传感器快速改变电阻值,从空燃比浓时小于 $1000\Omega$ ,到空燃比稀时大于 $20000\Omega$ 。控制电脑为其提供参考电压,二氧化钛氧传感器反馈回一定比例的参考电压值,作为传感器的信号电压。在大多数系统中,这一参考电压为 $1V$ ,因此使得氧传感器在 $0\sim 1V$ 之间工作,与氧化锆氧传感器类似。少数系统使用 $5V$ 电压作为这种氧传感器的参考电压。

氧传感器在某些条件下很容易受到污染。任一个电极表面的污染(外层电极更容易受到污染)都将使传感器不能与氧气充分接触,从而对其性能带来不良影响。如果氧传感器长期暴露在浓混合气的排气中,将会导致积炭。有时,这些积炭可能在空燃比较稀的工况下 $2\sim 3min$ 内就能被燃烧掉。

氧传感器如果暴露在以下环境下也可能受到污染。

- 1) 有铅汽油产生的排气。
- 2) 硅基衬垫密封化合物。
- 3) 泄漏到燃烧室中的冷却液残留物。

如果氧传感器受到这些物质的污染,可能就需要进行更换。另外,如果通气孔被泥土或其他东西堵住,如车辆表面涂料的底部涂层,大气就无法接触到氧化锆元件,此时需要更换传感器。

## (2) 热敏电阻

热敏电阻是一种由半导体材料制成的电阻。其电阻值随着温度的变化而发生可预知的、较大的变化。一个典型的热敏电阻在 $-40^{\circ}C$ 时的电阻值可能是 $100000\Omega$ ,而在 $100^{\circ}C$ 时可能在 $100\sim 200\Omega$ 之间。即使是很小的温度变化,也能通过测量热敏电阻的电阻值而观察到。这种特性使得热敏电阻成为一种理想的测量温度的手段,可以测量诸如水(发动机冷却液)或空气等物体的温度。

热敏电阻有负温度系数(NTC)和正温度系数(PTC)两种。对于负温度系数的热敏电阻,其电阻值随



温度的升高而下降；对于正温度系数的热敏电阻，其电阻值随温度的升高而增加。大多数热敏电阻，包括用于汽车电脑控制系统的温度传感器，都是负温度系数类型。一个典型的例子就是发动机冷却液温度传感器，几乎所有发动机电脑控制系统都是这样的。冷却液温度传感器的前端金属壳体内有一个热敏电阻（图2-6）。这个传感器拧在发动机上，通常在气缸盖上，其前端伸到水套内，这样热敏电阻的温度与冷却液的温度相同。计算机经过一个固定电阻向冷却液温度传感器发送一个调整电压信号（参考电压，通常是5V，参见图2-7）。很小的电流流经热敏电阻（通常用一个带斜箭头的电阻符号表示），然后返回到接地点。这是一个分压电路（电流流经第一个电阻后再流经第二个电阻），常用作温度传感器电路。因为热敏电阻的电阻值随温度的变化而变化，因此传感器两端的电压降也就跟着变化。电脑监测热敏电阻两端的电压降，然后利用预先编制好的数据，将电压降转换为相应的温度值。

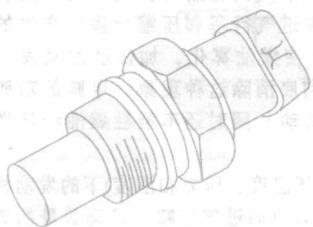


图2-6 冷却液温度传感器

一些较新的系统采用了一种更复杂的发动机冷却液温度传感器，称作量程开关或双程型传感器。在发动机开始预热时，热敏电阻的电阻值降低，引起传感器两端的电压降很低。在温度达到43~49℃左右时，计算机将减小其内部的有效电阻（通过再并联一个电阻实现）。这样，就会立即增大传感器两端的电压降。因为，内部电阻上原有的部分电压被转移到传感器的两端。随着发动机温度的继续升高，传感器两端的电压降将再次降低。通过这种方式，计算机就可以随着发动机暖机，观测到比所给5V参考电压信号更大的电压变化，因此增加了传感器输入信号的精度。

如果这些温度感知电路中的任何一种电路出现断路（无论是传感器的原因，还是电路本身的原因），电脑看到的电压就是参考电压值，从而将其解释为约-4℃的温度。这是因为：如果电路中没有电流流过，电脑内的固定电阻两端就没有电压降。

### (3) 电位器

电位器是分压电路的另一种应用。它是由碳电阻材料制成（也有一些功率较大的电位器使用绕线电阻），在电阻的一端供给参考电压，另一端接地。中间有一个活动触点（或游标），用来感测电阻材料上某一点处的电压值（图2-8）。无论游标处在哪一点，游标的前段和后段都各有一个电阻。也就是说，参考电压的一部分作用在游标的前段，而另一部分则作用在游标的

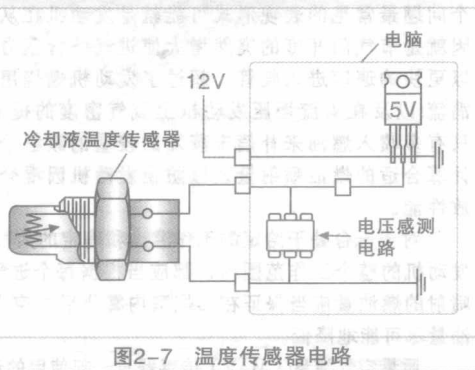


图2-7 温度传感器电路

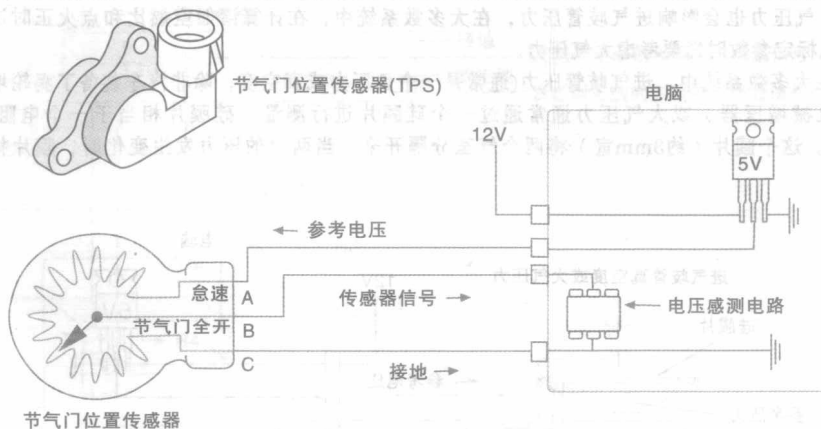


图2-8 用作节气门位置传感器的电位器

后段。随着游标的滑动，感测到的电压值也跟着发生变化。这个感测到的电压等于游标后段电阻上的电压降，它将作为传感器的电压信号发送给计算机。电位器测量的是物理位置，可用于测量直线或旋转运动。

例如，当电位器用作节气门位置传感器时，电位器一般安装在节气门轴的一端。当节气门开启时，节气门轴转动，带动游标沿着电阻移动。电脑向A点提供5V参考电压。当游标移到A点附近时（大多数系统为节气门全开），A点和B点之间的电压降较低（电阻小），B点和C点之间的电压降较高。当游标移到C点附近时（大多数系统为怠速位置），A点和B点之间的电压降较高，而B点和C点之间的电压降较低。电脑监测B点和C点之间的电压降，把低电压信号（如0.5V），作为怠速位置。而将4.5V左右的高电压解释为节气门全开（WOT）位置。在这两个值之间的电压值将按线性关系解释为相应的节气门位置。

与其他类型的传感器相比，电位器较易受到磨损的影响，因为游标要在电阻材料上频繁地移动。结果，常常造成电位器的某些位置出现游标接触不良的现象。电位器滑动测试这一术语指的就是对电位器的整个工作范围进行测试，以确定是否存在断路现象。另外，如果电位器接地线断路，那么无论游标处在什么位置，电脑都只能监测到参考电压值，因为在这种情况下，电位器根本就不是电脑电压感测电路中的负载。

### (4) 压力传感器

压力传感器通常用于监测进气歧管压力或大气压力。进气歧管压力是对节气门位置和发动机转速的直接响应，其中节气门位置是最重要的因素。节气门开度越大，进气歧管压力就会越高（真空度越低）。在节气门全开时，进气歧管压力将会接近100%的大气压。仅仅由于进气管壁的摩擦损失而略低于大气压。因此，进气歧管压力可以非常近似转换为发动机的负荷，而发动机负荷是确定很多发动机标定参数的一个重要因素。大气压力是指发动机周围的实际大气



压。大气压力也会影响进气歧管压力，在大多数系统中，在计算诸如空燃比和点火正时这类发动机标定参数时需要考虑大气压力。

在大多数系统中，进气歧管压力(通常是一个负压力或真空度，除非汽车装备了涡轮增压器或机械增压器)或大气压力通常通过一个硅膜片进行测量，硅膜片相当于一个电阻(图2-9)。这个膜片(约3mm宽)将两个气室分隔开来。当两端的压力发生变化时，膜片将会弯曲。

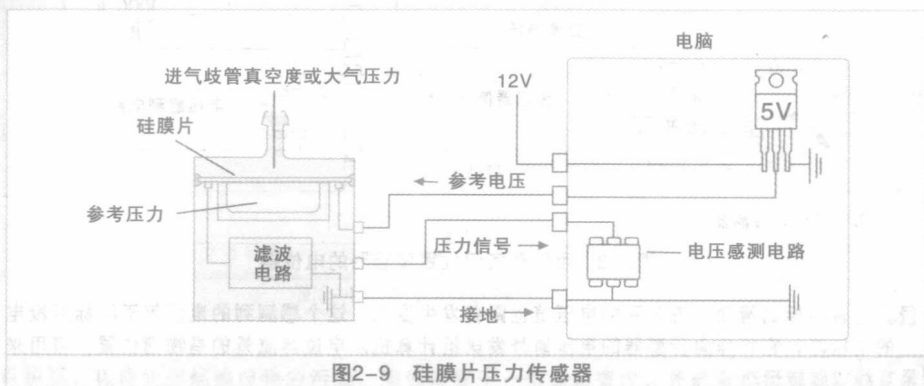


图2-9 硅膜片压力传感器

膜片的弯曲导致这种半导体材料的电阻值发生变化。电脑向膜片的一端提供参考电压。当电流流经这个膜片时，其两端的电压降决定于膜片的变形量。此电压信号经过滤波电路后，以直流模拟信号的形式发送给电脑。电脑通过监测电压降，并使用存储的查找表，根据返回的电压值确定膜片受到的实际压力。

两种结构稍有不同的压力传感器都使用压力电阻硅膜片：绝对压力传感器和压差传感器(图2-10)。绝对压力传感器的膜片下方有一个封闭的气室，提供固定的参考压力，膜片上方暴露在进气歧管压力或大气压力中。如果膜片的上方与进气歧管相连，它就起到进气歧管绝对压力传感器的作用。绝对压力，以进气歧管绝对压力(MAP)最为典型，是指一种将变化的压力与固定压力相比较的传感器。这种传感器的输出信号(反馈电压)随着膜片上方可变压力的升高而增大(节气门开度增大)。如果膜片上方的气室暴露在大气压力中，它就起到大气压力传感器的作用。很多系统都将进行歧管绝对压力传感器的初始读数作为参考大气压力，用于下一个驾驶行程。

压差传感器将进气歧管绝对压力和大气压力这两种传感器的功能集合在一起。它不使用固定的参考压力，膜片的一端暴露在大气压力中，另一端与进气歧管相连。输出信号就是

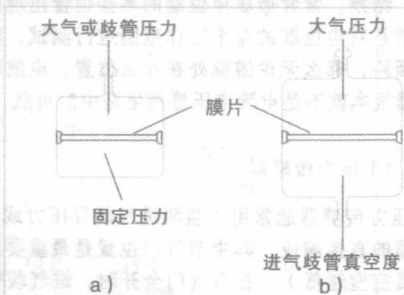


图2-10 两种类型的硅膜片压力传感器

a) 绝对压力传感器 b) 压差传感器

大气压力与进气歧管压力的差值。但是，它的输出信号与进气歧管绝对压力传感器信号相反，因为随着进气歧管压力的降低(真空度升高)，输出电压值增大，压差传感器使用有限，只是在一些早期的发动机电脑指令控制系统中用过。

### (5) 进气空气质量传感器

进气道燃油喷射或多点燃油喷射已经成为主流燃油控制系统。尽管多点喷射系统在许多方面比其他类型的燃油控制系统具有明显的优越性，但它也有一个缺点，多点喷射系统给燃油提供的蒸发机会小(持续时间较短)，而其他系统向进气道中喷入燃油的时间较早，燃油喷入进气歧管的中间位置，而只有在燃烧之前已经雾化的燃油才是有用的。过去，这个问题最常见的表现形式可能就是发动机在从怠速开始加速时因混合气过稀而抖动，其原因就是节气门开度的突然增大使进气歧管压力升高。在节气门开启时，大气压力迫使空气以更快的速度进入歧管，超过了发动机燃烧用气量。在进气行程和压缩行程中产生的这种涡流(以及在涡流增压发动机上氧气密度的提高)有助于使燃油雾化，加快燃油蒸发。当然只有多喷入燃油来补偿未蒸发的较重的碳氢分子，能彻底消除这种现象。电脑的功能就是计算合适的燃油喷射量，以防止发动机因混合气稀而抖动，同时还牺牲燃油经济性和排放性能。

对于一台处于给定的工作温度和确定的大气条件(空气温度、压力和湿度)下的发动机，在发动机的整个工作范围内，都应当根据每个进气歧管压力值向进气道喷入精确数量的燃油。喷射的燃油量应当保证在燃烧室内雾化后的空燃比为14.7:1，并且使未雾化的和未燃烧的燃油量尽可能地降低。

质量空气流量(MAF)传感器与一起使用的进气歧管绝对压力传感器已经能够非常有效地帮助电脑精确计算进入气缸的空气质量。记住，电脑在计算空燃比时使用的是空气和燃油的重量。在电脑计算空气质量时，叶片式空气流量传感器能够很有效地向其提供所需的信息。但是，这两种方法都无法测量另一个影响空气质量的因素——湿度。

热线型质量空气流量传感器向电脑提供空气流动速度和密度的信息(包括那些影响空气密度的信息：温度、压力和湿度)。该传感器通过测量进入发动机的空气的分子数量能够真正确定出空气的质量(与速度密度系统相反，速度密度系统是电脑计算有多少空气进入发动机)。它能通过测量空气的冷却能力来实现这一点。空气流经一个温度较高的物体，从而从这个物体上带走热量。带走热量的多少取决于以下几个因素：空气和物体的温度差、物体的导热能力、物体的表面积、空气的质量和流动速度。随着发动机的磨损，质量空气流量传感器能够比速度密度型系统保持更高的精度。因为随着发动机的磨损，进气歧管真空度将降低，从而导致速度密度型系统的进气歧管绝对压力传感器将这种情况(在与大气压力相比较时)理解为发动机负荷增加。

热线型质量空气流量传感器安装在空气滤清器与节气门体之间的进气管上，这样，所有进入进气系统的空气都必须经过它(图2-11)。在质量空气流量传感器的主气道内，有一个较小的气道，一部分固定比例的空气会从这里通过。在这个较小的气道中，装有一个热敏电阻和一个加热金属丝(图2-12)，热敏电阻测量进气的温度。

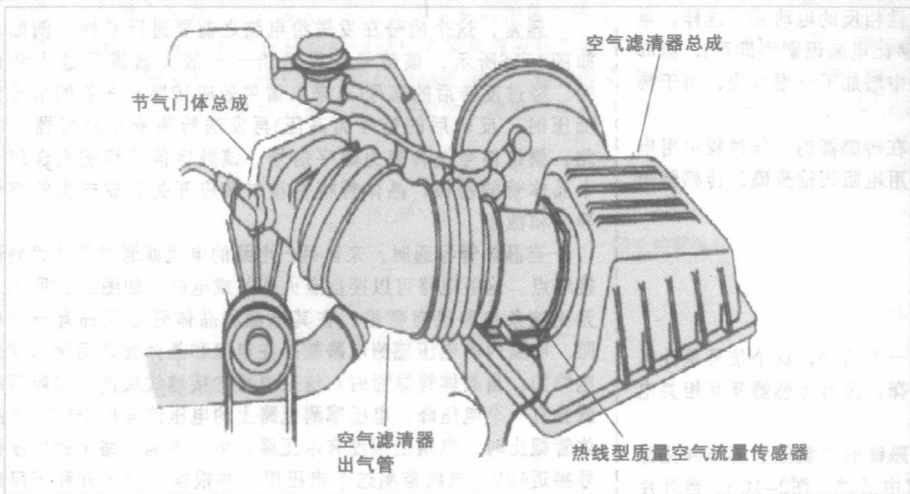


图2-11 热线型质量空气流量传感器的位置

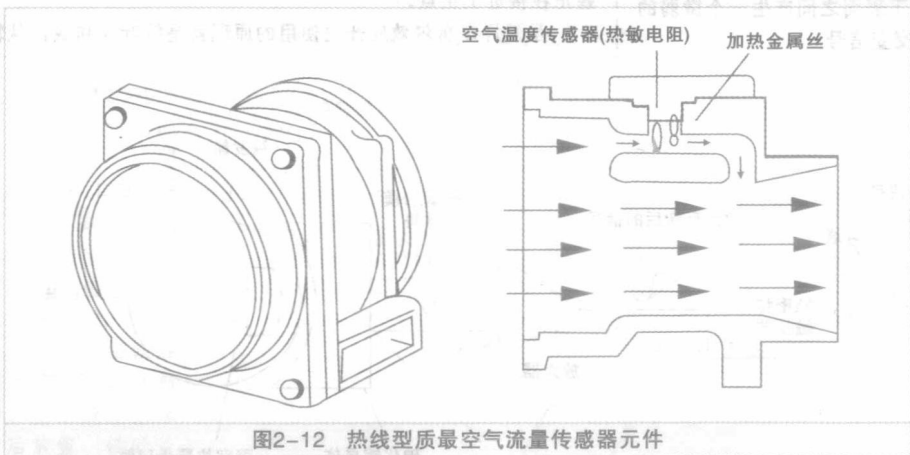


图2-12 热线型质最空气流量传感器元件

加热金属丝在一个小电子控制模块的控制下，一直保持比空气温度高出一个预定的温度，这个电子控制模块安装在传感器本体的外部。

加热金属丝实际上是开尔文电桥电路中的一个电阻。如图2-13所示给出了一个简化的质量空气流量传感器电路。控制模块向开尔文电桥提供电池电压。电阻R1和R3组成了一个串联电路，与电阻R2和R4并联。R1和R3连接点处的电压等于R3两端的电压降。因为R1和R3的电阻值是固定的，所以两者连接点处的电压也就是恒定不变的，只有蓄电池电压发生变化时才发生变化。R1和R2的电阻值相等。在没有空气流经R4时，R4的电阻值与R3相等，R2和R4连接点

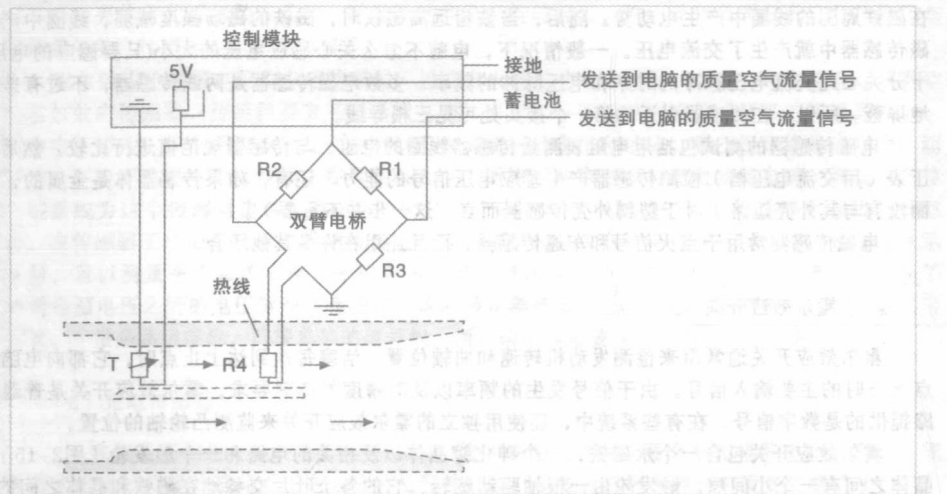


图2-13 质量空气流量传感器电路

处的电压值与R1和R3连接点处的电压值相等。

随着流经R4的空气流量的增大，R4的温度随之降低。因为它是一个正温度系数电阻，其电阻值随温度的降低而减小。随着空气流量的增大，R4的电阻值会随之减小。随着R4电阻值的减小，在R2/R4组成的电路中，电路电压的一小部分作用在R4两端。电路电压的一大部分作用在R2两端。因此，随着R4电阻的减小，R2和R4连接点处的电压值将降低。电脑读取R1/R3连接点和R2/R4连接点处的电压差，将其作为质量空气流量传感器的信号。通过查看电脑存储器中的数据表，电脑将电压值换算成质量空气流量值。

### (6) 电磁传感器

电磁传感器有时也称为永磁传感器或可变磁阻传感器，由一组线圈缠绕在永磁铁的周围而组成(图2-14)。电磁传感器是电压发生装置，其工作原理是基于这样的概念，线圈或导线中的磁场增强或减弱时能够引起电子的流动。当一系列铁齿和凹槽在磁铁旁边经过，每次铁齿接近磁铁时，磁铁的磁场强度增强，从而使绕

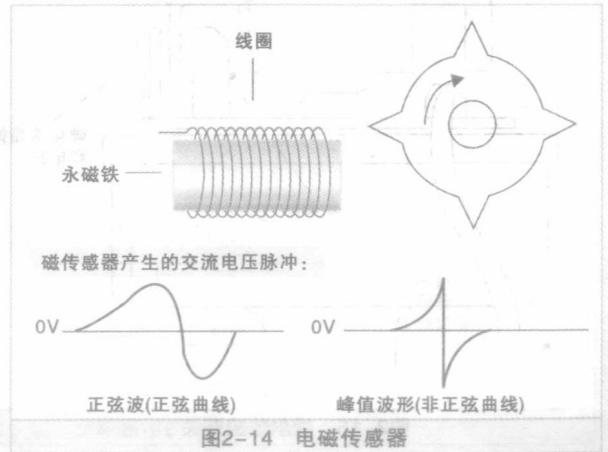


图2-14 电磁传感器



在磁铁周围的线圈中产生电动势。随后，当铁齿远离磁铁时，磁铁的磁场强度减弱，线圈中产生极性相反的电动势。这样，电磁传感器中就产生了交流电压。一般情况下，电脑不怎么关心感应电压的大小(只要感应的电压能够让电脑识别到即可)，但却十分关心此交流电压脉冲的时序和电压脉冲的频率。多数电磁传感器是两线传感器，不过有些系统中增加了一根导线，用于接地屏蔽。所以，在传感器附近的第一个接头处可见三根导线。

电磁传感器的测试包括用电阻表测量传感器线圈的电阻，与传感器规范值进行比较。然后应当在传感器的工作过程中用电压表(用交流电压档)检测传感器产生感应电压信号的能力。还有，如果传感器体是金属的，应当用电阻表检查确认传感器线圈没有与其外壳短路(对于塑料外壳传感器而言，这一步并不重要)。

电磁传感器常用于点火信号和车速传感器，而且还用在许多其他场合。

(7) 霍尔效应开关

霍尔效应开关通常用来检测发动机转速和曲轴位置。活塞每次到达上止点时，它都向电脑提供一个信号，这个信号是计算点火正时的主要输入信号。由于信号发生的频率以及对精度的苛刻要求，霍尔效应开关是普遍的选择，因为传感器及其相关电路提供的是数字信号。在有些系统中，还使用独立的霍尔效应开关来监测凸轮轴的位置。

霍尔效应开关包含一个永磁铁、一个砷化镓晶体以及相关的电路和一个触发轮(图2-15)。永磁铁的安装位置要与砷化镓晶体之间有一个小间隙。触发轮由一根轴驱动旋转，它的各个叶片交替地在磁铁和晶体之间的间隙中通过(图2-16)。当叶片转到磁铁和晶体之间时，就会阻断磁场，屏蔽晶体。当叶片转出间隙时，砷化镓晶体又处在磁场中。有稳定的电流从晶体的一端流到另一端。当永磁铁的磁感线进入晶体时，流经晶体的电流将会发生变化。这就在晶体的上、下表面之间产生一个微弱的电动势——一个表面是正极，另一个表面是负极。当触发轮转动时，晶体就可以提供微弱的高/低电压交变信号。

通常，这个信号在发送给电脑之前要进行变换。例如，如图2-16所示，该信号先发送给一个放大器进行放大和反转。经过反转后的信号(当来自霍尔效应传感器开关的信号为低压时，反转后的信号为高压)再发送给施密特触发器，在此，模拟信号被转换为数字信号。该数字信号将被发送到一个晶体管的基极，晶体管根据霍尔效应开关总成产生的信号导通和截止。

当晶体管导通时，来自另一电路的电流就通过晶体管到达接地点。这条电路可以接自点火开关或电脑，如图2-16所示。无论这条电路接自哪里，在其电源和晶体管之间都有一个电阻。电脑内的电压感测电路就是在电阻和晶体管之间接入这条电路的。当晶体管导通时，这条电路的接地线接通，电阻两端就会有一个电压降。电压感测电路上的电压信号低于1V。当晶体管截止时，电阻上就没有电压降，电压感测电路上的电压信号接近12V。电脑监测这个电压值，并根据电压上升和下降的频率计算出发动机的转速。每次电压上升时，计算机就知道活塞正在接近上止点。

虽然许多霍尔效应开关使用的原理就是铁叶片和缺口从霍

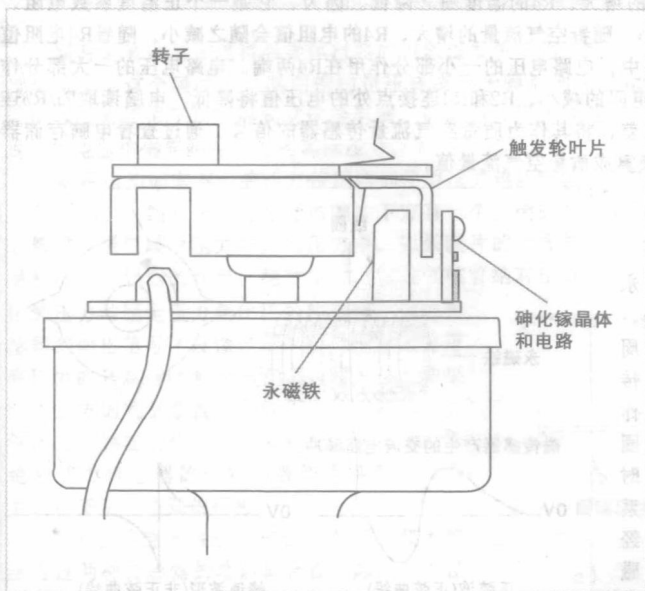
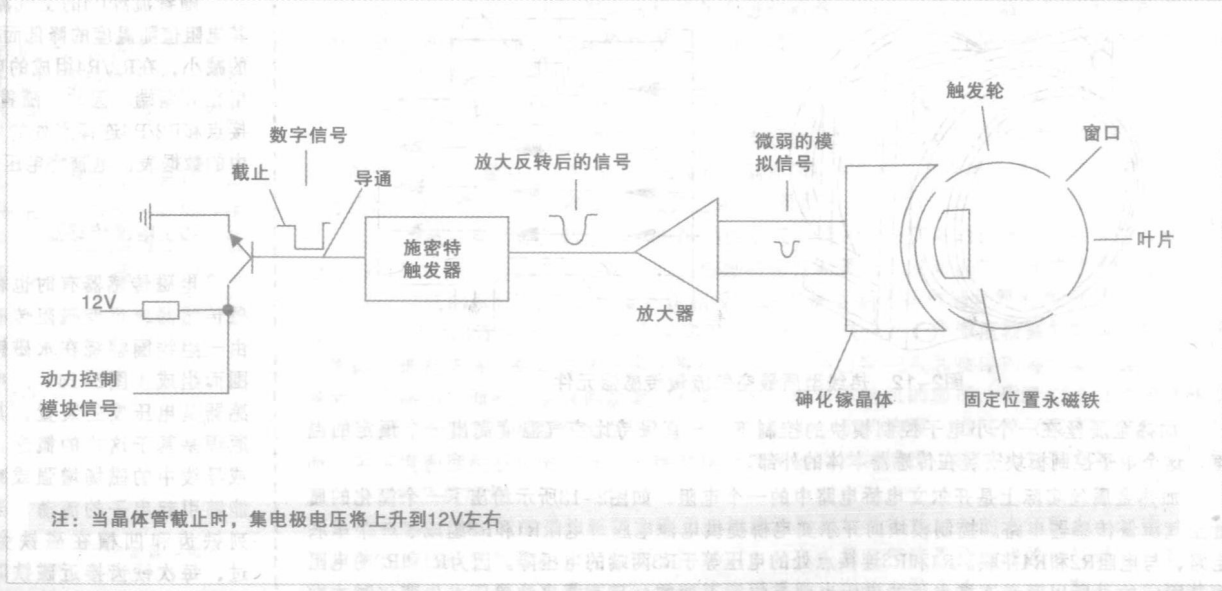


图2-15 霍尔效应开关



注：当晶体管截止时，集电极电压将上升到12V左右

图2-16 霍尔效应开关电路



尔效应晶体和静止永磁体之间经过，但还是有其他两种霍尔效应传感器。

第一种是简单地使永磁体移动经过静止的霍尔效应传感器(图2-17)。通常霍尔效应传感器穿过正时齿轮盖安装，永磁体安装到凸轮轴链轮上。当磁铁旋转经过霍尔效应传感器时，所产生的信号与在霍尔效应开关和静止的永磁体之间转动叶轮的凸轮轴位置传感器产生的信号相似。

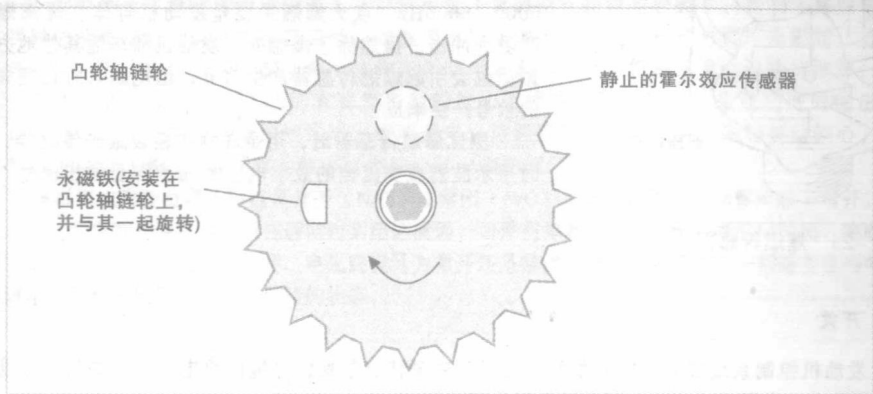


图2-17 旋转磁铁的霍尔效应传感器

另一种就是把永磁体和霍尔效应晶体都装在一个塑料壳体内，外表与今天使用的许多磁传感器类似，只有连接到传感器的导线数量不同，如图2-18所示。磁铁放在传感器体的前端，霍尔效应晶体向后放置。铁叶片和缺口设计到飞轮或凸轮轴链轮内，旋转经过放置磁铁的传感器。当铁叶片放置在磁铁附近时，磁场强度增加到足够包裹住放置



图2-18 含有永磁体的霍尔效应传感器

在其后面壳体内的霍尔效应晶体。随着叶片和缺口旋转经过，这一动作使霍尔效应晶体产生与其他霍尔效应传感器类似的波形信号。

霍尔效应传感器也用作车速传感器，以及点火系统信号传感器。总之，不管使用哪种类型的霍尔效应传感器，传感器要有三根导线从壳体引出(不像简单的磁传感器只有两根导线)。作为电子部件，其中两根导线提供传感器工作所需要的电压和接地。第三根导线是信号线。测试时，要检查电源线和接地线。在有些系统中，所提供的电压要与充电系统电压一样高。其他一些系统为这个传感器提供的电压只有8V(这个电压源自电脑)。一旦检验完电源线和接地线，在传感器工作的情况下(发动机转动)检查信号线是否有数字直流电压脉冲。如果没有示波器，可以测量平均直流电压，平均电压应当在电源电压的30%~70%之间，表明可能出现了0V到电源电压之间的电压脉冲。有些霍尔效应传感器是双传感器，总共有四条线：一根是共用电源，一根是共用接地，两根单独的信号线。两根信号线都要检查是否有电压脉冲。

### (8) 光电传感器

几家制造商使用光电传感器检测曲轴位置和发动机转速，要么是光电分电器的形式，或者是光电曲轴位置传感器或光电凸轮轴位置传感器。光电传感器是将一个发光二极管(LED)放置在光敏二极管的对面，两者中间有一个旋转的槽轮(图2-19)。一般情况下，发光二极管发出红外线，光敏二极管对红外线敏感，因此可见光对传感器没有影响。槽轮转动时，光脉冲作用到光敏二极管上，使光敏二极管产生足够的电压，使晶体管前向偏置，从而使监测电路完成接地，这样就产生了直流数字电压脉冲。在使用光电传感器的分电器中，传感器体实际上含有

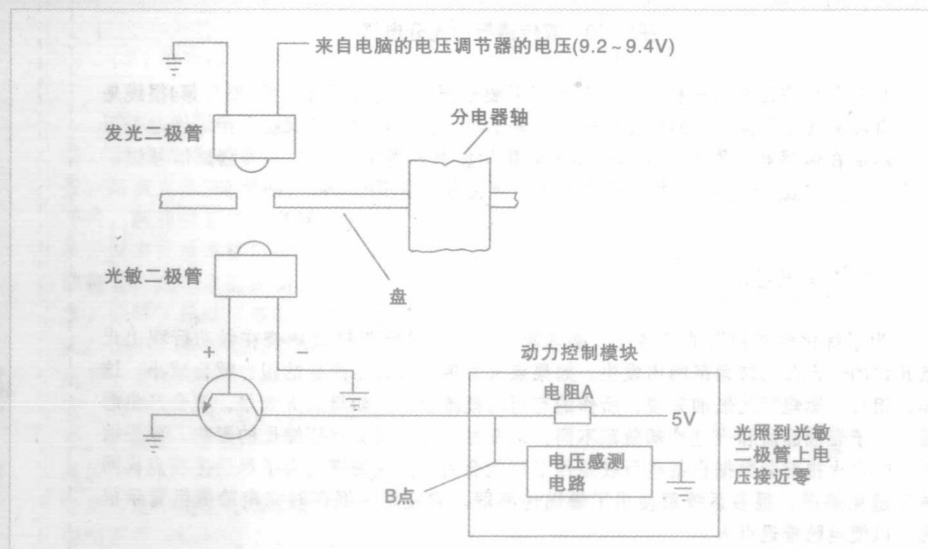
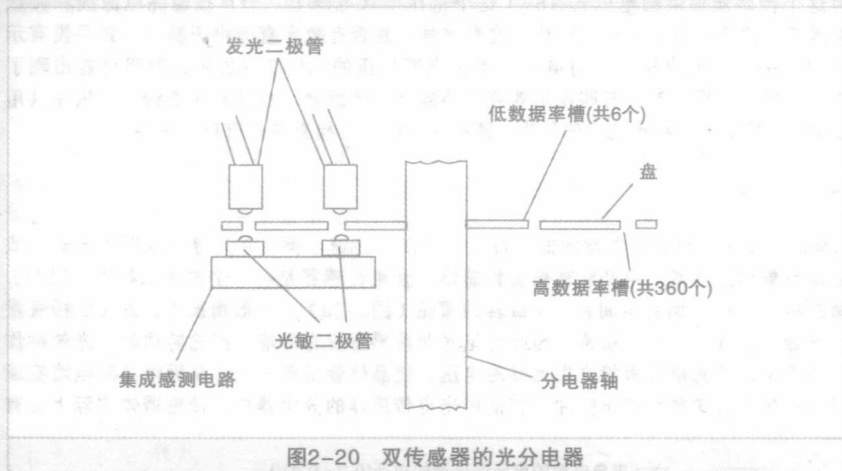


图2-19 分电器中的光电传感器





两个发光二极管和两个光敏二极管总成(图2-20),一个监测低分辨率信号,另一个监测分电器,每转一度有一个槽,或者说有360个槽(这些槽实际上很小,都是激光切割的)的高分辨率信号。通用汽车公司、克莱斯勒公司、日产公司和三菱公司的发动机使用光电传感器,其他一些厂家也在使用。三菱公司的一种无分电器(多个线圈)系统中使用了双光电传感器作为凸轮轴位置传感器。有趣的是,这里列出的制造商都使用三菱生产的光电传感器总成。

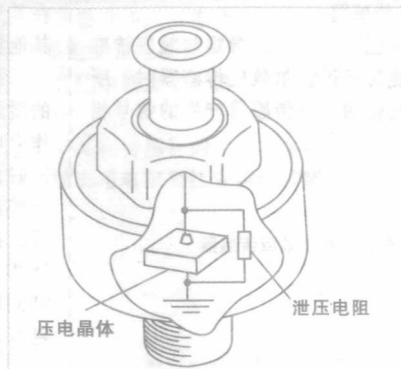


像霍尔效应传感器一样,这种传感器需要电源和接地才工作。第3根和第4根线是双光电传感器每个传感器的独立信号线。测试时,首先要检查电源线和接地线是否正确,然后在传感器工作(发动机转动)时用示波器或数字电压/欧姆表测试信号线。注意:与霍尔效应传感器一样,平均电压应当在电源电压的30%~70%之间。

### (9) 爆燃传感器

为了优化性能和燃油经济性,必须对点火正时进行调整,使燃烧在做功行程上止点开始的一定曲轴转角范围内发生。如果点火太迟,气缸中产生的压力就会减小,这样,相对于燃烧掉的燃油来说,所作的有用功就减少了。如果点火太早,就会产生爆燃。由于燃油品质和气缸冷却效率不同,以及加工误差及其对压缩比的影响,预先编制好的点火提前角数据在某些行驶条件下可能会引起点火爆燃。为了尽量提前点火同时又避免爆燃,很多系统都使用了爆燃传感器。它在发生爆燃时向电脑提供警示信息,以使电脑推迟点火。

爆燃传感器(图2-21)拧紧在发动机上,其安装位置一般在容易被点火爆燃引



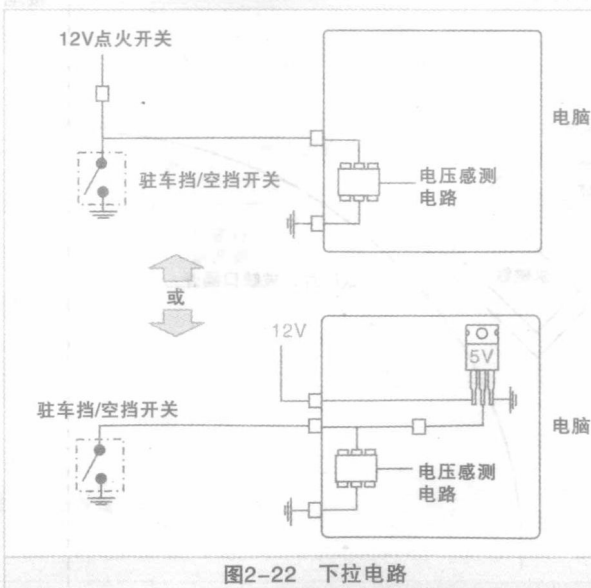
起高频振动的地方。大多数爆燃传感器内都有一个压电晶体。压电效应是指那些在物理应力作用下能够产生电信号,或者在电信号作用下能够产生应力的材料。最常用的压电晶体在压力或振动作用下能够产生大约0.3V以上的振荡交流电压信号。振荡频率与点火爆燃的频率相同,为5000~6000Hz,点火爆燃主要是发动机缸体在爆燃燃烧时受到冲击。虽然除了爆燃外,发动机和车辆其他地方的振动也会引起爆燃传感器产生信号,但电脑只对正确频率的信号产生响应。

测试爆燃传感器时,用金属物体轻轻敲击传感器,同时用示波器或交流档的数字电压/欧姆表测量输出信号。

### (10) 开关

大多数发动机控制系统都有一些简单的开关用于感测特点信息,并提供给电脑。这些信息包括变速器是否在档位上、空调是否打开、制动器是否被踩下等。

电脑采用两种电路来感测开关输入信号。最常用的是开关接在接地电路中,因此,在开关闭合时



参考电压变低。因为在开关闭合时将电压拉低,所以将这种电路称作下拉电路(图2-22)。另一种电路是开关向电脑监测电路提供电压。因为在开关闭合时为高压信号,所以将这种电路称为上拉电路(图2-23)。

