

汽车故障诊断与维修丛书

唐新蓬等 编著

现代汽车电子系统的

原理与维修

'98新版



科学出版社

'98 新版汽车故障诊断与维修丛书

现代汽车电子系统 的原理与维修

唐新蓬 等 编著

科学出版社

1998

内 容 提 要

本书较为全面、系统地介绍了现代汽车电子系统的基本结构、控制原理和故障诊断技术及维修方法。重点讲述了汽车发动机、传动系、制动系、转向系和空气调节与乘员保护装置电子控制系统的结构特点、控制原理。对这些系统的故障诊断方法也进行了详尽地介绍。

本书可帮助汽车工程技术人员深入了解现代汽车电子系统的基本原理和结构,对汽车电子控制系统的研究和开发具有借鉴价值,对于汽车的各种电子控制系统的使用和维修具有一定指导作用。本书可供从事汽车工程和汽车维修工作的技术人员阅读,也可作为高等院校汽车工程专业和汽车运用专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现代汽车电子系统的原理与维修/唐新蓬等编著.-北京:科学出版社,1998.5

(‘98 新版汽车故障诊断与维修丛书)

ISBN 7-03-006226-4

I. 现… I. 唐… III. ①汽车-电气设备-理论 ②汽车-电气设备-维修 N. U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 04425 号

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1998 年 5 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

1998 年 5 月第一次印刷 印张:18 1/2

印数:1~4 000 字数:419 000

定价:28.00 元

102016

前 言

曾有人说过,要是从飞机上把所有的电子系统都拆除掉,那么它只能一动不动地停在地面上。现在我们可以对汽车这样说,当把汽车上的电子系统都拆掉,它也只能一动不动地停在那里。

现代汽车已完成其电子化过程,成为一个典型的机电一体化产品。大量先进的、成熟的电子技术越来越广泛地应用在汽车上,已使汽车的基本概念、性能和结构都发生了很大的变化。例如,90年代的汽车,其发动机基本上都采用了电子控制的燃油喷射系统,取代了传统的化油器;ABS/ASR防滑控制系统也已大量采用;电子控制的自动变速器、主动和半主动悬架系统、电动助力转向器等也都越来越多地应用于汽车之中。汽车的电子化是节能的要求,是减少污染、净化环境的要求,是使汽车更安全、更先进的要求。面向21世纪的汽车将不再是一个简单的人-车-环境系统,而是在这个基本系统之上外加信息情报系统所构成的“信息移动体”。

电子技术如此广泛地在汽车上得到应用,已使一门新技术分支学科“汽车电子学”产生。这一新技术分支学科的产生,吸引了众多的研究者和工程技术人员。到目前为止,汽车电子学已成为汽车工程师的必备知识。可以预言,今后从事汽车工程技术研究的所有人员,如果没有掌握这一新技术,将会对汽车的结构、性能一窍不通,也就不可能对汽车进行使用、保养和维修,更谈不上对汽车的开发和设计。

本书试图应用这一新技术,全面而系统地介绍现代汽车电子系统的基本结构和控制原理,并对现代汽车电子系统的故障诊断技术和维修方法也作了介绍,以满足从事汽车应用和维修人员的需要。全书共分九章。第一章和第二章系统地介绍了汽车电子系统的基本构成、原理和故障诊断技术与诊断装置。第三章至第九章,分别以组成汽车的各子系统 and 总成(如发动机、底盘、车身附件等)的电子控制系统为对象,讲述了其结构特点、控制原理,并介绍了故障诊断技术和维修方法。

本书第三章由马元镐教授编写,除此以外,马元镐教授还为本书的编写给予了很多的帮助。在本书的编写过程中一直得到金国栋教授的支持和帮助,周晓华同志也为本书收集和整理了大量的资料,在此表示感谢。

由于时间仓促,加之作者水平有限,书中难免会出现谬误和疏漏,诚望读者给予指正。

1997年7月于武汉

目 录

第一章 汽车电子系统概述	1
1 汽车电子系统的基本构成	1
2 传感器	4
2.1 温度传感器	4
2.2 压力传感器	6
2.3 角度、角速度传感器	8
2.4 位移传感器	11
2.5 转速传感器	12
2.6 振动、加速度、冲击传感器	12
2.7 流量传感器	14
2.8 氧浓度传感器	17
2.9 爆燃传感器	19
3 作动器	21
3.1 电磁线圈作动器	21
3.2 电动机作动器	23
3.3 压电作动器	26
3.4 交差线圈	26
4 电子控制器 ECU	27
4.1 输入部分	28
4.2 计算机	28
4.3 输出部分	29
5 显示装置	29
第二章 汽车电子系统的故障诊断技术	31
1 故障诊断技术	31
1.1 随车诊断技术	31
1.2 车外诊断系统	32
1.3 集成诊断技术	33
2 汽车故障诊断装置	36
2.1 故障诊断检测器	36
2.2 OBD- I 随车电脑诊断系统	40
2.3 其它故障诊断仪器	44
第三章 汽车发动机的控制系统	50
1 现代汽车发动机的构成与性能特点	50
1.1 汽车发动机的类型	50
1.2 四冲程发动机的工作过程	50
1.3 空燃比	51

1.4	化油器的工作原理	52
1.5	常规点火装置和点火时刻控制	54
2	汽车发动机的电子控制燃油喷射系统	56
2.1	电控燃油喷射系统的优势	56
2.2	电控燃油喷射(EFI)的基本工作原理	57
2.3	电控燃油喷射(EFI)系统的基本组成	57
2.4	电控燃油喷射(EFI)系统的类型	59
2.5	电控燃油喷射(EFI)发动机的燃油系统	60
2.6	喷油量的确定	65
2.7	EFI燃油系统的故障诊断和排除	66
2.8	EFI发动机的空气系统	69
3	电控燃油喷射(EFI)发动机的电子控制系统	72
3.1	EFI发动机控制系统的组成	72
3.2	电子控制器(ECU)	73
3.3	传感器	74
3.4	电控系统常用的开关信号	76
3.5	EFI发动机的故障自诊断系统	78
3.6	电子控制器(ECU)中的备用系统	78
4	EFI发动机的点火控制	79
4.1	电子点火系统概述	79
4.2	晶体管点火系统	80
4.3	电磁感应式无触点电子点火系统	81
4.4	使用集成电路的电磁感应式电子点火系统	82
4.5	霍尔式无触点电子点火系统	83
4.6	EFI发动机使用的点火系统	85
4.7	DLI点火系统	86
4.8	点火提前角的确定	87
5	EFI发动机的排放控制	88
5.1	汽车的有害排放物及其生成原因	88
5.2	影响汽车发动机有害排放物生成的主要因素	89
5.3	有害排放物的控制	90
6	EFI发动机的怠速转速控制(ISC)	95
6.1	怠速控制方法	95
6.2	怠速控制的内容	96
7	EFI发动机的专门控制项目	97
7.1	进气涡流控制	97
7.2	可变进气系统控制	97
7.3	废气涡轮增压器控制系统	98
8	柴油机的电子控制	99
8.1	分配式燃油喷射泵	99
8.2	喷油量的控制	99
8.3	喷油定时控制	101

第四章 传动系的电子控制系统	102
1 自动变速器	102
1.1 液力变矩器	103
1.2 行星齿轮变速器	103
1.3 液压自动操纵系统	105
1.4 电子控制系统	106
1.5 电子控制的机械式自动变速器	109
2 电子控制无级变速器	115
2.1 电子控制无级变速器的特点	115
2.2 电子控制无级变速器的基本结构	116
2.3 日本富士重工的 ECVT	116
3 四轮驱动(4WD)	118
3.1 动力分配机构	119
3.2 差速锁止机构的油压回路	120
3.3 差速锁止机构的电子控制电路	121
4 丰田(TOYOTA)自动变速器故障诊断与维修	121
4.1 故障排出	122
4.2 调整	122
4.3 电控系统(A43DE)	126
4.4 电控系统(A43D,A43DL)电路图	136
5 皇冠轿车 A340E 自动变速器的故障诊断与维修	140
5.1 皇冠轿车 A340E 自动变速器结构介绍	140
5.2 故障诊断方法	141
5.3 电脑控制系统自诊和测试	142
5.4 自动变速器内部故障诊断	143
6 车速自动控制系统	145
6.1 车速自动控制系统的功能	145
6.2 车速自动控制装置的构成	146
6.3 日本皇冠牌汽车的车速自动控制装置	148
6.4 车速控制装置的故障	150
6.5 佳美(CAMRY)轿车车速控制系统作动器故障检修	151
6.6 三星捷龙车速控制系统的故障检测	153
第五章 汽车的防滑控制系统	156
1 车轮滑动率对附着系数的影响	156
2 防滑控制系统的结构及工作原理	158
2.1 ABS 系统的组成	158
2.2 ABS 的控制原理	161
2.3 ASR 的基本组成	162
2.4 ASR 的控制方式	165
2.5 ABS 与 ASR 的比较	167
3 防滑控制系统的故障诊断与维修	167
3.1 故障诊断与排除的一般步骤	168

3.2 故障代码的读取与消除	169
3.3 制动管路的空气排除	172
4 波许(BOSCH)ABS 2S 故障诊断与维修	177
4.1 系统检查	177
4.2 系统诊断	177
4.3 元件测试	179
4.4 部件拆装	188
第六章 汽车稳定控制系统	191
1 VSC 系统的组成	191
1.1 传感器	193
1.2 VSC 油压控制器	193
1.3 节气门控制器	194
1.4 信息提示装置	195
1.5 ECU	195
2 VSC 的控制方法	196
3 VSC 系统的故障诊断	197
3.1 VSC 系统检测注意事项	199
3.2 VSC 功能检测	199
3.3 故障诊断	201
第七章 转向系的电子控制系统	212
1 电子控制液力式动力转向系统	212
1.1 系统的组成	212
1.2 控制原理	214
1.3 电子控制液力式动力转向的控制机构	214
2 电动式动力转向系统	218
2.1 电动式动力转向系统的组成	219
2.2 控制元件	221
3 四轮转向(4WS)	222
3.1 转向角的比例控制	223
3.2 横摆角速度比例控制	226
4 三菱微型汽车电动式动力转向装置的故障诊断	230
4.1 三菱微型汽车电动式动力转向装置的组成	230
4.2 三菱微型汽车电动式动力转向装置技术状态的检查要领	234
4.3 三菱微型汽车电动式动力转向装置故障的诊断实例	235
第八章 乘员保护装置	237
1 自动安全带	237
1.1 由电机驱动的自动安全带的构成	237
1.2 控制原理	239
2 安全气囊	240
2.1 安全气囊的系统构成	240
2.2 控制原理	245

3	LEXUS400 轿车安全气囊系统及其故障诊断	247
3.1	系统的组成及位置	247
3.2	系统的自动诊断	247
4	EF FALCON 安全气囊及维修	249
4.1	安全气囊的组件位置	249
4.2	气囊系统的构成	249
4.3	维修程序	250
4.4	安全事项	252
5	本田 HONDA ACCORD 安全气囊的故障诊断和故障码	252
5.1	结构原理	252
5.2	自诊断功能	253
第九章	汽车的空气调节系统	255
1	空调系统的工作原理及过程	255
1.1	工作原理	255
1.2	工作过程	256
1.3	空调器的通风系统	257
2	自动空调电子控制系统的构成	258
2.1	传感器	258
2.2	作动器	261
3	电子控制系统的功能	263
3.1	控制面板	263
3.2	车内温度控制	264
3.3	风量控制	264
3.4	送风模式控制	265
3.5	压缩机工作控制	265
4	空调电子控制系统的自我诊断功能	267
4.1	指示灯检查功能	267
4.2	故障代码检查功能	267
4.3	作动器检查功能	268
5	电控系统主要元件的检查方法	269
5.1	传感器	269
5.2	作动器	269
5.3	检修要点	272
6	福特的车内环境自动控制系统及故障诊断	272
6.1	ACC 系统的功能及结构	272
6.2	系统的工作方式	275
6.3	诊断和检测	278

第一章 汽车电子系统概述

1 汽车电子系统的基本构成

汽车的电子系统包括硬件和软件两个组成部分,硬件是基础,软件是灵魂。由汽车的使用环境所决定,一般的车用电子系统都是将软件固化,与硬件(电脑芯片)做成一体构成系统的控制单元。汽车的电子系统主要分三部分:测量物理量并将其转换为电信号的传感器;接受这些电信号并用预先设定好的程序对这些信号进行处理计算,然后将其结果转化为输出所需要的电信号的电子控制器;将电子控制器输出的电信号再转换成物理量输出的作动器。

电子控制器以微型计算机为中心,既有由输入、输出缓存器和内存组成的大规模集成电路控制器(ECU),也有简单的模拟电路、数字电路控制器。这些各种各样的控制器可以根据不同对象的需要进行适当的选择和搭配。传感器和作动器是电控单元的“手”和“脚”,其性能的优劣是决定整个控制系统性能好坏的重要因素。

图 1-1 为汽车电子系统简图。电子控制器(ECU)可以进行输入信号的处理(将传感器采集到的信号进行计算处理并变换成必要的电信号的形式)、计算处理和输出处理(把计算的结果变成能驱动作动器的信号输出)。作动器的作用是将电信号变成力和热等物理量。传感器 I 一般安放在产生温度和压力的装置附近,用以监视这些装置周围的环境状态,起到修正控制量的作用。传感器 II 用来检测被控制对象的机械装置,然后根据检测到的信号决定控制反馈量的大小。传感器 III 把人的操作指令和判断变成开关等种类的信号并传给 ECU。这三种传感器的输入,既可由独立的系统分别处理,也可由一个复合系统同时处理。表 1-1 中列出了现已实用化的一些汽车电子系统。

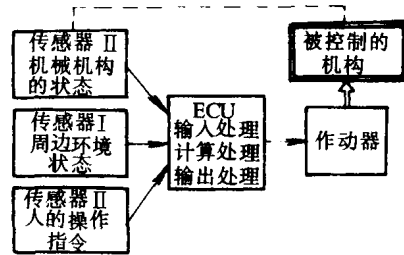


图 1-1 汽车的电子系统简图

传感器 III 把人的操作指令和判断变成开关等种类的信号并传给 ECU。这三种传感器的输入,既可由独立的系统分别处理,也可由一个复合系统同时处理。表 1-1 中列出了现已实用化的一些汽车电子系统。

表 1-1 汽车上使用的电子系统

控制功能与部位	控制系统	控制内容
发动机	汽油机控制	燃油喷射量,点火正时,急速转速控制等;排气净化,燃料消耗的改善,输出功率的提高等
	柴油机控制	燃料喷射量,喷油正时,排气净化控制
	预热点火的控制	用于柴油机启动时的预热点火控制
	冷却风扇的控制	根据发动机冷却水的温度,控制发动机冷却用电动风扇的动作
	起动控制回路	从安全上考虑,当变速器位于空档或停车档(P位置)以外的档位上时,不让发动机起动
传动系	自动变速器	自动变速器中机械变速器变速点的控制,缓和变速时的冲击,变速器的锁定控制

续表

控制功能与部位	控制系统	控制内容
	4WD CVT	半4WD式汽车,在行驶中,由4WD转换至2WD的变换控制;全4WD式汽车中差动机构中的油压控制 无级变速器中的电磁离合器的接合分离控制;无级变速器机构的油压控制阀的控制
制动系统	ABS 驱动力控制	在较滑路面上制动时防止车轮抱死 在较滑路面上加速行驶时防止车轮空转
悬架	减震器阻尼的控制 空气悬架的控制 主动悬架 车身高度调节	对应不同的路面状况和行驶状况,对减震器的阻压进行调整控制 通过对空气悬架中空气腔内弹簧常数的控制,提供较好的平顺性 通过控制油缸内弹簧刚度和阻压,确保在所有行驶状态下车辆的姿态和行驶稳定性 根据不同的装载质量、路面和车速,控制最适合的车身高度
转向系	4WS 动力转向 车速表 转速计	低速行驶时和高速行驶时,调整出最合适的后轮转角 根据行驶的车速,调整出最佳的转向力特性 表示行驶车速,有模拟式和数字式 表示发动机的转速
行走装置	监测器/警告装置 前车灯 前车灯的校正 临时停车指示灯 车灯线路断路检测 闪烁器 雨刷/清洗器 前车灯清洗器 变速杆锁止机构(互锁机构) 自动行驶控制	监测部件或系统的状态,并报警。对冷却水温度、润滑油温度、燃料剩余量、系统的异常状况进行监测,并用警告装置表示出来,根据声音合成的音频警告装置 自动开、关 光线照射角度的微调 发动机正在运转时,打开规定亮度的前灯,在白天时,向对面驶来的车辆告之自车的位置 前大灯、车后部灯的灯丝断路检测 方向指示灯的闪烁 雨刷的擦拭速度控制(手动、车速感应、雨量感应) 电动式、清洗液喷射式或雨刷式 防止自动变速器误操作机构 不操作加速踏板也能保持一定车速
乘员保护	被动约束式安全带 安全带的预紧装置 安全气囊	由马达驱动,能自动带上和脱下安全带 根据检测出的撞车时的减速度,通过卷带机构拉紧安全带,增加约束力 推测撞车时的车体减速度,当超过某一数值时,给予气囊膨胀用火药的点火能量,使气囊膨胀起来
舒适与方便性	前方显示器 多信息分别显示器 音响系统	将车速表等的显示投影到车窗前,由于显示图像在驾驶员前方形成,因此有很好的识别性,也有将车速表内形成的虚像远视化的方法 CRT和LCD显示面板上,可显示多种不同信息,行驶时的瞬时燃料消耗、残存的续驶距离、预想到达的时刻等,行驶状况的信息都可预测和表示出来 收音机信息的接收,录音机重放音乐等

续表

控制功能与部位	控制系统	控制内容
	天线 空气调节 后车窗除雾控制 车门(锁/开锁) 遥控车门(锁/开锁) 照明装置 动力驱动座椅 转向柱 肩式安全带固定器 车门后视镜 驾驶位置的记忆器 动力驱动玻璃升降器 车顶窗 内置式后视镜 障碍接近报警 车间距离报警 后方监视装置 保安系统 轮胎气压降低检测 电动绞盘	电动式的拉杆天线,有与收音机电源一起连动的方式,也有随收音波长的长短而伸长缩短的方式;另外,还有将天线导线印在后窗玻璃内的方式 车内空调温度的控制,空调压缩机节省动力控制,冷凝器冷却风扇的动作控制 电热丝加热的通电时间控制,后车窗雾化程度检测、判断,自动通电、断电 电动式 使用微波或者红外线的遥控器,控制车门的锁死和开启 操作车门、方向盘时,为车门钥匙孔和室内临时照明 电动式,调节前、后座椅各种姿态 电动式,调节上、下倾位置和前后位置 电动式,安全带固定器的上、下调节 电动式,后视镜角度调整 座椅、传动杆(柱)、安全带、车门后视镜位置的记录与重置 电动式,驾驶座椅席与其他乘员座席分隔的玻璃升降,驾驶员座席玻璃的触摸升降 电动式顶窗面板或者玻璃面板,开闭与倾斜升降功能 使用液晶的防止反光刺眼功能,自动防刺眼功能 利用超声波的反射,检测出汽车近旁的障碍物并发出警告 利用激光的多普勒效应,检测出与前方车辆的距离并发出警告 根据车后的 CCD 摄像机把倒车时车后的景象在驾驶室控制面板上显示出来 汽车的防盗装置,检测出小偷的侵入并发出威胁警告,发动机的互锁机构等 检测轮胎的空气压力状态 在陡坡路上爬坡用
通信	汽车电话 传真 导航	免提受、送话器,触摸式拨号,声音识别呼叫 车载传真 把现在的位置显示在地图上,指示出到达目的地的路径
电源、电气配线	电压调节器 多路传输 恒定电压电源 12V/24V 电源系统	发电电压的调节 使用半导体或者光纤作为联接部件与部件、系统与系统之间的电气配线,采用多路通信的方式,来传输信号,有利于节省配线,扩大信号的传输量,降低信噪比 ECU 恒定电压电源,高电压的作动器升压电源 仅在发动机起动时使用 24V 电压系统,平常切换到 12V 电压系统工作。两种电压系统的切换控制
诊断系统	在线故障诊断 下线故障诊断	各系统的 ECU 监测可能出现的异常情况,如果发出异常情况,其失效保护(故障控制)功能将被起动,并对故障进行处理,然后把故障模式以代码的形式记录保存起来 修理和维护工厂里使用的故障诊断装置。该装置把在线时检出的故障代码从系统记忆装置中读出,给维修提供根据

2 传感器

传感器是一种能测量各种状态的物理量并把它们变成电量的仪器。传感器相当于人的一种感觉器官,可以实时地、正确地检测出汽车在各种条件下的物理量,然后输入到电子控制器的计算电路中。因此,传感器是决定其控制系统是否优劣的主要因素。作为控制汽车必要的物理量有温度、压力、位移、角速度、转速、加速度、流量等。为完成这些物理量的检测任务,车用传感器就必须具有能在汽车的高温、振动、冲击、污染、浸水、油脂类、噪声等非常严酷的条件下长时间工作的能力。

由于近年来半导体和金属膜技术、半导体扩散技术、陶瓷烧结技术等生产技术的发展,原来不可能制成的传感器,现在已稳步达到了实用阶段。

由于A/D转换器技术的进步,传感器的输出信号不一定需要进行数字化处理。通过数字式微型计算机实行控制,对传感器的要求可变得相当简单。

(1)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,通过微型计算机也能修正计算。

(2)传感器的数量不受限制。现在由于采用微型计算机控制,只要能把传感器的信号完全变成电信号,则无论情报数量怎样多,也能轻易处理。所以传感器的数量现已飞跃增加。

(3)传感器信号可以共用和加工。一种传感器信号可用于多个因素的控制。还可以把速度信号微分,求得加速度信号等,进行情报加工。

(4)可以进行间接测量。例如,如果获得进气压力(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存储器,就能通过计算求得充气量(质量流量)。

2.1 温度传感器

为了弄清发动机的热状态,计算进气的质量、流量以及进行排气净化处理,需要有能够连续、精确地测量冷却水温度、进气温度与排气温度的传感器。表1-2中列出了汽车用温度传感器的性能要求。

表1-2 汽车用温度传感器的性能指标

工作范围(°C)	-50~+120(满量程150)
输出(V)	0~5
精度(°C)	±2
分辨率(°C)	±0.5
响应速度(s)	冷却水:10;空气:1
可靠性(h)	0.999,4000

2.1.1 热敏温度传感器

在汽车的控制系统中,测量温度通常是一个重要的项目。用途不同,可使用各种不同类型的传感器。其中,热敏温度传感器由于体积小、灵敏度高、安装简单、价格低,已成为一

种最广泛采用的传感器。

热敏半导体是一种随温度变化而改变电阻的材料。其中,具有负温度系数的(温度上升电阻下降)叫做 NTC(Negative Temperature Coefficient)热敏半导体;具有正温度系数的(温度上升电阻也上升)叫做 PTC(Positive Temperature Coefficient)热敏半导体。

NTC 热敏半导体,其主要成分是 NiO、CoO、MnO 等金属氧化物,使用其中两种以上的材料混合,然后烧结成型,制成热敏半导体。热敏温度传感器的构造如图 1-2(a)所示,热敏半导体封装在由热传导性质很好的黄铜材料或树脂做成的空腔内,其温度特性如图 1-2(b)中所示,呈指数函数关系。这种传感器已被广泛应用于发动机冷却水温度、发动机吸入空气温度、各种机油温度和空调装置的温度控制中。

PTC 热敏半导体,其主要成分是 BaTiO₃,在此基础上再混金属氧化物烧结而成。它的特性是:当一接近某一温度时,其电阻值即以三次方的关系急剧升高。

作为 PTC 热敏半导体的应用之一就是液面高度传感器。这种传感器的工作原理为:把 PTC 放入诸如机油这类液体中,并通上电流,此时由流经 PTC 中的电流产生的热量通过液体而散发掉,因此 PTC 本身的温度基本上不升高;但当液面发生变化,PTC 从液体中露出来后,由电流产生的热量就会使 PTC 的温度升高,从而使其电阻急剧增大,电阻增大,通过 PTC 的电流又会急剧减少。所以只要观察这个电流值的变化就能知道液面是否发生变动。

这种传感器的缺点是线性较差,且使用温度限于 300℃ 以内。

2.1.2 热敏铁氧体温度传感器

强磁性金属氧化物铁氧体(Mo·Fe₂O₃)的性质是,一达到某一温度之上就会从强磁

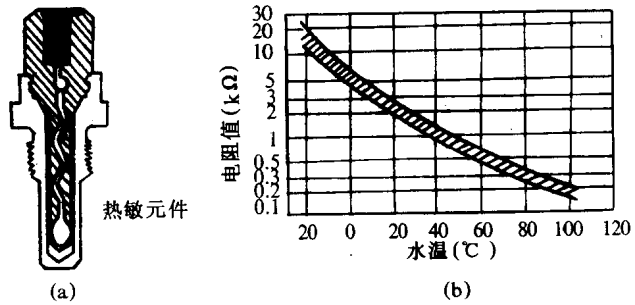


图 1-2 热敏温度传感器
(a) 传感器构造 (b) 温度特性

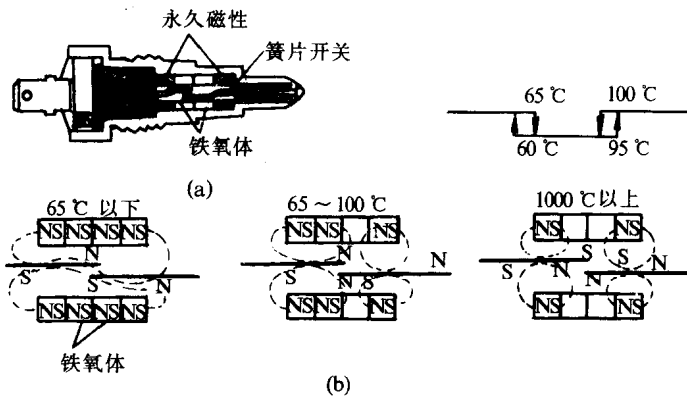


图 1-3 铁氧体温度传感器
(a) 传感器构造 (b) 作动原理

体急变成常磁性体(弱磁性)。这个急变点的温度就称为居里温度。如图 1-3(a)所示,两个铁氧体与永磁体配置成一个环状,由一个簧片开关构成磁回路。如果假定居里温度是 60℃和 100℃,则在各种温度下会形成不同的磁场强度,对应这些不同的磁场强度,会形成如图 1-3(b)所示的各种封闭的磁力线束。簧片开关能够设置成在 65℃以下或者 100℃以上时处于打开位置,而在其它温度范围内处于关闭位置。

居里温度可以根据烧结体的成分以及热处理的温度自由选择。

2.1.3 热电偶

将两个热膨胀系数不同的金属粘合在一起,构成一个板状体。根据温度的变化,两金属会产生不同的膨胀,形成膨胀差别,金属板会向膨胀系数小的金属片那边弯曲。如果将这个板状金属片一端固定,另一端做成电气接触点形状,则可根据温度的变化,形成电路中的电流的接通和切断。一般常采用的金属是镍和青铜,这种传感器常设置在电路、断电器和电机内,作为过载保护装置使用。

2.2 压力传感器

2.2.1 半导体压力传感器

这种传感器常作为测定进气歧管内压力的传感器和增压充气时测定是否过压的传感器使用。

在单晶半导体上,通过扩散的方法加入一些不纯物质,就会形成一定的电阻值。在此电阻值的基础上,施加一定的应力应变,其阻值会发生变化,这种现象就称为半导体的压电效应。半导体压力传感器就是应用了这个原理。

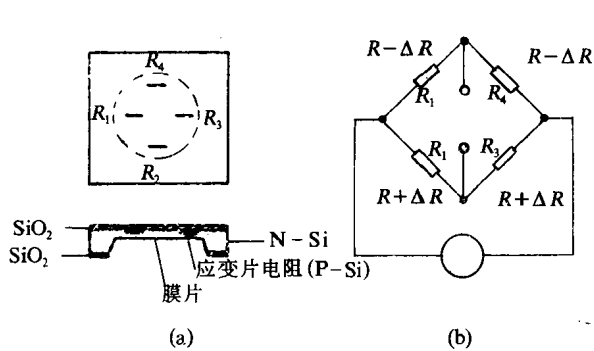


图 1-4 半导体的压电电阻效果 (a) 原理 (b) 检测电路

如图 1-4 所示,在 N 型硅板的中部做成比其它部分的厚度要薄的圆形(形成膜片)。在这个膜片上,利用光刻腐蚀让其形成 P 型硅应变电阻,4 个应变电阻 (R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4) 的电阻值都设计成有相同阻值 R_0 ,当膜片受到应力作用时,应力在半径方向的分量与切向分量会使各电阻片的阻值产生变化。如果假设电阻片 R_1 和 R_3 的阻值变化量为 ΔR ,则 R_2 、 R_4 的阻值变化量就为 $-\Delta R$ 。此时如果输入电压是 V_E ,

电桥的输出电压 V_0 就可表示为:

$$V_0 = (\Delta R/R) \cdot V_E$$

图 1-5 示出半导体压力传感器的结构与输出的特性。这种传感器是将硅片的周边固定在基座上,再将整体封入一壳体内,并在壳体内形成真空,当通道口与进气管相连接时,进气管内的压力就会使传感器内的膜片产生压力,此时由应变电阻组成的电桥电路就会输出与进气管内压力成比例的电压。由于基准压力是真空的压力,使用这种压力传感器可

以测定出绝对压力。为了补偿应变电阻的电阻值与膜片厚度的误差,校正应变电阻的温度系数,有必要另外设置补偿电路,这一补偿电路常与传感器本体组合而制成一整体。该传感器具有体积小、精度高、成本低和可靠性、抗振性好的特点。

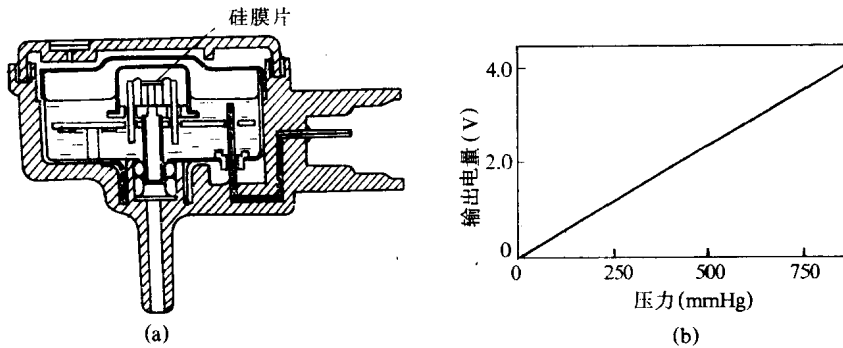


图 1-5 半导体压力传感器
(a) 构造 (b) 输出特性

2.2.2 压电传感器

某些晶体在受到压力、张力作用时,会产生瞬时应变,在其端面就会产生静电荷;另外,在晶体上施加一电压时,晶体会产生瞬时的伸缩而发生变形。我们把前者称为压电效应,把后者称为逆压电效应。

作为其应用的一个例子就是将铅(Pb)、锆(Er)和钛(Ti)为主要成分的压电陶瓷做成压电传感器,装入汽车减震器中。当车轮通过凹凸不平的道路时,该传感器能很快地检测出路面的冲击,从而及时地对减震器的阻尼进行调整。因此这种传感器具有对压力响应快的特征。

2.2.3 电容式压力传感器

从外部对平行平板施加压力,则平行平板之间的间隔会发生变化,把由这种变化所产生的电容量变化量作为电信号取出,这就是电容式压力传感器的工作原理。这种传感器具有原理简单,数字输出,可靠性好,成本低的优点。它可以在石英或氧化铝基板的表面形成薄膜电极,并使之形成对向排列,把硅片加工成与硅压力传感器的膜片一样,形成对向布置的平板电极,做成密封性良好的简单构造形式。(见图 1-6),利用大规模集成电路技术,传感器元件与周边电路集成化,使之具有智能功能。如果兼顾可靠性和成本价格,在汽车上便会得到广泛应用。

2.2.4 表面弹性波式(SAW)压力传感器

表面弹性波在固体表面传播的振动能量只能在表面

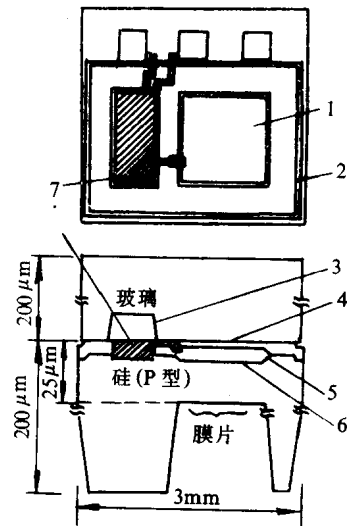


图 1-6 电容式压力传感器
1-静电容量部分 2-玻璃罩
3-铝电极(静电屏蔽)
4-铝电极(容量电极)
5-基准容量 6-表层(N型)
7-放大电路、补偿电路部分

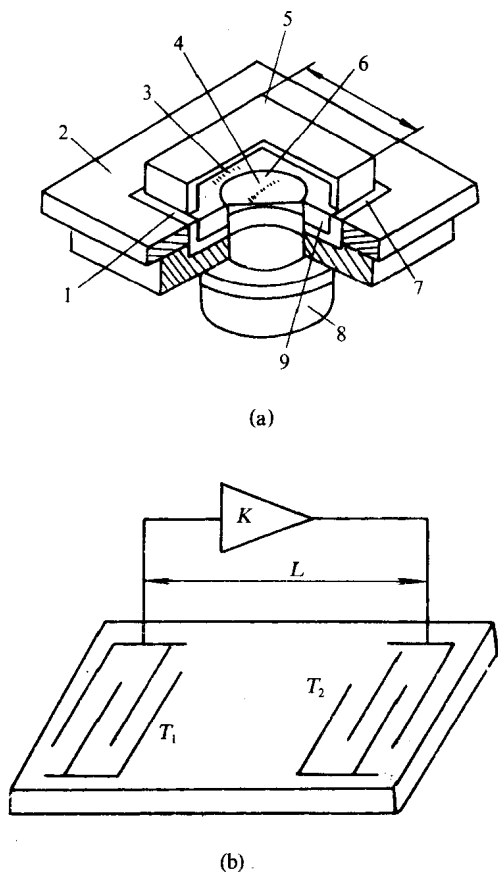


图 1-7 SAW 型压力传感器
(a) 传感器结构 (b) 换能器结构

- 1-气密封 2-印刷电路板 3-温基 SAW 延时线
4-换能器 5-石英帽 6-压力敏感膜 7-封物
8-压力器件 9-石英基体

传播。图 1-7 示出 SAW 传感器的结构。它是在一块压电基体上(一般由陶瓷、 Li-NbO_3 等强电解质组成)用超声波加工出一薄膜敏感区,上面刻有换能器(压敏 SAW 延时线)。为了提高测量精度,补偿温度对基片的影响,在薄膜敏感区的边缘设置了另一只性能相同的换能器(温基 SAW 延时线)。换能器是在抛光的压电基片上设置两个金属叉指(见图 1-7)。若在输入换能叉指 T_1 上加电信号,便由逆压电效应在基板表面激励起弹性表面波,传播到换能叉指 T_2 转换成电信号,经放大后反馈到 T_1 以便保持振荡状态。表面弹性波在两个换能叉指之间的传播时间即是所获得的延迟时间,其大小取决于两换能叉指间的距离。由于导入的歧管压力作用于压电基片上,压力变化将在薄膜敏感区产生应变,这种应变使两换能叉指间距离发生变化,表面弹性波传播的延迟时间相应变化。换能叉指的振动频率发生变化,即可输出压力信号。

2.2.5 金属膜片压力传感器

这种传感器是在镍铬合金钢的金属膜片上附着一层硅,形成应变电阻而构成。

图 1-8 示出了这种传感器的构造与输出特性,它用于主动悬架高压油路的控制之中。

2.3 角度、角速度传感器

2.3.1 节气门位置传感器

节气门位置传感器是用于检测发动机节气门开度(加速度踏板的行程)的传感器。在电子控制的自动变速器的变速控制和燃料喷射装置的喷射燃料量的控制中,都需要检测出发动机的节气门开度。这种传感器的结构如图 1-9(a)所示,在陶瓷基板的圆周方向上通过渗透方法形成电阻,在这些电阻上有可滑动

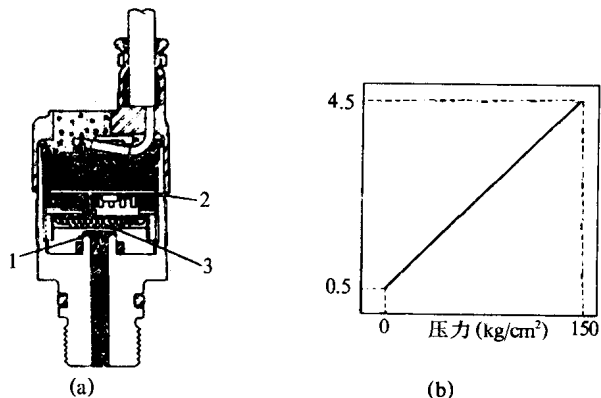


图 1-8 金属膜片压力传感器

(a) 构造 (b) 输出特性

- 1-膜片 2-混合 IC 基板(信号处理部分)
3-非晶硅(应变片)