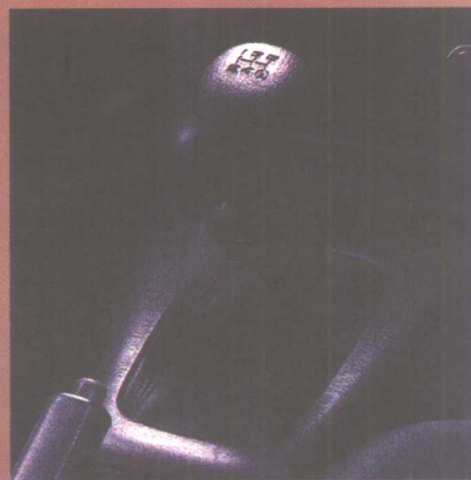


汽车电子装置与控制技术

QICHE DIANZI ZHUANGZHI YU KONGZHI JISHU

张金女 储江伟 朴永守 编著



黑龙江科学技术出版社

汽车电子装置与控制技术

张金女

储江伟 编著

朴永守

黑龙江科学技术出版社

中国·哈尔滨

内 容 提 要

本书以求新、全面和不针对车型为指导思想,系统地介绍了当代汽车电子装置及其控制技术。其主要内容有:发动机控制;传动系控制;制动与驱动控制;悬架与转向控制;安全保护装置;空调系统控制;常用设备方便性控制;汽车故障诊断系统;仪表与音响系统;通讯系统;汽车总线等。

根据我国新发的汽车排放标准和《机动车排放污染防治技术政策》,本书着重阐述了发电机的电子控制技术。

本书既可作为汽车使用、维修设计制造人员系统学习汽车电子技术的重要参考书,也可作为各类相关专业师生的教学参考书和汽车维修、驾驶学校培训教材。

责任编辑 张丽生
封面设计 洪 冰 秉 顺
版式设计 李 洪

汽车电子装置与控制技术

QICHE DIANZI ZHUANGZHI YU KONGZHI JISHU

张金女 储江伟 朴永守 编著

出 版 黑龙江科学技术出版社

(150001 哈尔滨市南岗区建设街41号)

电话 (0451)3642106 电传 3642143(发行部)

印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂

发 行 全国新华书店

开 本 787×1092 1/16

印 张 20.5

字 数 410 000

版 次 2000年2月第1版·2000年2月第1次印刷

印 数 1-3000

书 号 ISBN 7-5388-3579-2/U·88

定 价 35.00 元

前 言

当代汽车技术主要向着降低排放量、节约能源和提高安全性 3 个方向发展。汽车电子技术水平的高低,已成为汽车产品竞争中能否掌握主动权的钥匙。

1999 年 3 月 10 日,国家质量技术监督局第 3 号公告发布了 3 项汽车排放强制性国家标准和 1 项推荐性国家标准,将于 2000 年 1 月 1 日起陆续实施。至此,我国新车排放要求已达到欧洲 20 世纪 90 年代初水平,比现行相应国家标准加严了 80%。此后,汽车排放标准将更趋于严格化,2010 年前后争取与国际排放控制水平接轨。汽车性能提高的关键问题在于汽车电子技术的广泛应用。1999 年 6 月 8 日由国家环境保护局、科学技术部、国家机械工业局联合发布的《机动车排放污染防治技术》规定:要鼓励汽车、摩托车及发动机生产企业,采用先进的排放控制技术等。随着汽车经济性、安全性、舒适性等实用性能的强化,汽车电子装置和控制技术也得到了迅速发展。当今,汽车已成为机电一体化的高科技产品。汽车电子技术也已发展成为一门新的学科。为使读者尽快掌握汽车电子技术,本书将全面、系统地阐述最新汽车电子装置及其控制理论和控制方法。本书在说明问题时采用了图解的方式,以便于读者阅读、理解。

全书分十二章。第一章、第三章、第四章、第五章、第六章、第八章、第十章、第十一章由张金女编写,第二章、第九章由储江伟编写,第七章、第十二章由朴永守编写。

本书在编写过程中参考了相关的文献资料,并得到了郎全栋教授的热情帮助,在此深表谢意。

由于本书所涉及的技术领域新、内容广,因此会有一些不妥之处,欢迎读者指正。

编者 1999 年 10 月

目 录

第一章 汽车电子控制系统概论	(1)
第一节 控制系统简介	(1)
第二节 车用传感器	(4)
一、温度传感器	(4)
二、压力传感器	(6)
三、角度和角速度传感器	(8)
四、位移传感器	(10)
五、转速传感器	(12)
六、爆燃传感器	(14)
七、加速度传感器	(14)
八、空气流量传感器	(15)
九、空燃比传感器	(17)
第三节 执行器与装置	(19)
一、电磁阀	(19)
二、电动机	(22)
三、压电转换执行装置	(25)
四、电动仪表	(25)
第四节 电子控制单元	(26)
一、输入接口	(26)
二、输出接口	(27)
三、微型计算机	(27)
第五节 系统的控制方式	(32)
一、开环控制	(32)
二、闭环控制	(33)
第二章 发动机控制	(35)
第一节 控制系统简介	(35)
一、系统的主要功能	(35)
二、系统的基本组成	(37)
第二节 汽油喷射系统的组成与工作原理	(39)
一、汽油喷射系统的分类	(40)
二、电控汽油喷射系统的组成	(46)
三、电控汽油喷射系统主要装置的结构与工作原理	(47)
第三节 喷油量的确定与控制	(61)

一、基本喷油量	(61)
二、喷油量补偿	(63)
三、燃油切断	(69)
四、异步喷射	(69)
五、稀薄燃烧控制	(70)
第四节 供油系统的控制	(71)
一、供油压力的控制	(72)
二、燃油泵的控制	(73)
第五节 进气系统的控制	(77)
一、可变进气系统	(77)
二、涡流阀控制	(78)
第六节 点火系统的控制	(79)
一、电控点火系统的组成	(80)
二、电控点火系统的类型与控制原理	(82)
三、点火提前角的确定与控制	(90)
四、闭合角控制	(93)
五、爆燃控制	(94)
第七节 怠速控制系统	(97)
一、怠速控制方法	(97)
二、怠速控制项目	(98)
三、怠速控制方式	(99)
四、典型怠速控制阀的结构与控制原理	(102)
第八节 排放净化控制系统	(106)
一、排放污染物与净化措施	(106)
二、空燃比控制系统	(108)
三、空燃比控制方法	(109)
四、废气再循环控制系统	(112)
五、活性炭罐控制系统	(115)
第九节 巡航控制	(116)
一、系统组成	(116)
二、系统功能	(116)
三、控制电路	(117)
四、与变速器复合控制	(118)
五、恒速状态的解除	(119)
第十节 柴油发动机电子控制系统	(120)
一、柴油发动机电子控制系统的特点与分类	(120)
二、电控柴油喷射系统的组成	(121)
三、位置控制分配泵喷射系统	(122)

四、时间控制分配泵喷射系统	(122)
五、柴油机的其他控制	(125)
第三章 传动系统控制	(127)
第一节 自动变速器	(127)
一、变矩器	(127)
二、变速器	(129)
三、液压控制系统	(131)
四、电子控制系统	(133)
第二节 4 轮驱动(4WD)	(137)
一、传动系的结构	(137)
二、差速限制机构的液压控制油路	(138)
三、差速限制机构的电子控制	(140)
第四章 制动与防滑控制	(141)
第一节 防抱死制动系统(ABS)	(141)
一、车轮制动时车辆的状态	(141)
二、系统的组成	(142)
三、液压控制回路	(144)
四、控制逻辑	(145)
五、制动防抱死系统的电子控制单元	(146)
第二节 防滑控制	(149)
一、驱动轮滑转时车辆的状态	(149)
二、控制方式	(150)
三、系统组成	(150)
四、液压控制回路	(153)
五、控制逻辑	(154)
第五章 悬架与转向控制	(156)
第一节 悬架的作用	(156)
第二节 减振器阻尼力控制	(159)
一、电机驱动方式	(159)
二、压电驱动方式	(162)
第三节 空气悬架	(165)
一、气缸	(166)
二、控制逻辑	(168)
第四节 主动悬架	(170)
一、系统组成	(170)
二、液压控制回路	(171)
三、控制逻辑	(174)
第五节 4 轮转向控制	(176)

一、4WS 车的转向特性	(176)
二、转向角比例控制	(177)
三、横摆角速度比例控制	(181)
第六节 动力转向装置	(187)
一、系统组成	(187)
二、控制逻辑	(188)
第六章 安全保护装置	(190)
第一节 常用的安全保护装置	(190)
第二节 自动安全带	(192)
第三节 安全气囊	(194)
一、系统组成	(194)
二、控制逻辑	(198)
第七章 空调系统控制	(201)
第一节 制冷循环与通风系统	(201)
一、制冷循环	(201)
二、通风系统	(202)
第二节 控制板及通风控制	(203)
一、控制面板	(203)
二、通风控制	(204)
第三节 温度控制原理	(207)
一、温度控制	(207)
二、风量控制	(208)
三、通风控制方式	(208)
第四节 压缩机控制	(209)
一、节能控制	(209)
二、可变容量压缩机控制	(209)
第八章 常用设备方便性控制	(211)
第一节 门锁控制系统	(211)
第二节 驾驶位置记忆系统	(215)
第三节 灯光自动控制系统	(220)
一、前照灯自动控制	(220)
二、前照灯光束调整	(221)
三、白昼工作灯	(223)
四、灯断线警告	(224)
第四节 车窗设备控制	(225)
一、风窗刮水器控制	(225)
二、电动车窗控制	(227)
第五节 活动车顶控制	(229)

第六节 内后视镜控制·····	(232)
第七节 换档锁止控制·····	(233)
第八节 防撞警报·····	(235)
一、防撞报警器·····	(235)
二、后方监控摄像机·····	(236)
第九节 安全防盗系统·····	(238)
第九章 汽车诊断系统 ·····	(239)
第一节 汽车诊断系统发展概述·····	(239)
一、诊断装置的研究与发展历史·····	(239)
二、诊断装置的研究与发展动向·····	(241)
三、诊断装置的研究与发展的主要问题·····	(242)
第二节 汽车诊断系统的功能与原理·····	(243)
一、诊断装置的功能·····	(243)
二、车内诊断系统的工作原理·····	(246)
第三节 车内诊断系统 OBD - II·····	(249)
一、OBD - II 车内诊断系统简介·····	(250)
二、OBD - II 车内诊断系统的主要特点·····	(251)
三、OBD - II 故障码的意义和分类·····	(254)
四、OBD - II 故障码读取方法·····	(257)
五、OBD - II 测试循环·····	(258)
六、OBD - II 的发展趋势·····	(258)
第四节 非车载诊断设备·····	(259)
一、非车载诊断设备发展简介·····	(259)
二、日本各大汽车公司故障诊断设备与使用特点·····	(260)
三、与车内诊断系统的通信·····	(261)
第十章 仪表与音响 ·····	(265)
第一节 仪表视认性·····	(265)
一、视认时间·····	(265)
二、显示方法·····	(267)
第二节 显示器·····	(268)
第三节 远视点成像系统·····	(277)
一、虚像显示式显示器·····	(277)
二、风档玻璃影像显示(HUD)·····	(279)
三、全息图像·····	(279)
第四节 汽车音响系统·····	(281)
第十一章 通讯系统 ·····	(284)
第一节 车载电话·····	(284)
第二节 导航·····	(294)

第十二章 总线	(303)
第一节 电器线路.....	(303)
第二节 总线的组成元件.....	(305)
第三节 局域网络.....	(308)
参考文献	(318)

第一章 汽车电子控制系统概论

本章首先概述了汽车有哪些电子控制系统；其次介绍了汽车所用传感器、执行装置以及计算机的工作原理。关于在此所叙述的传感器、执行装置的应用目的、基本功能和使用方法，将在以后的各章中详细叙述。所以，希望在阅读后面的各章时，最好再同时阅读在本章中所提到的传感器和执行装置的各项内容。

第一节 控制系统简介

常见的控制系统一般由 3 个部分构成，如图 1.1 所示。其一是输入信号的测量装置，它利用相应的传感器对控制系统所需输入的物理量进行测定，并把它转换成电信号；其二是控制信号的处理装置，目前大部分是各种类型的计算机，它将输入信号通过预先设定的程序进行逻辑处理，并把结果作为电信号输出；其三是执行装置，它能将输出的电信号重新转换成所需的物理量。

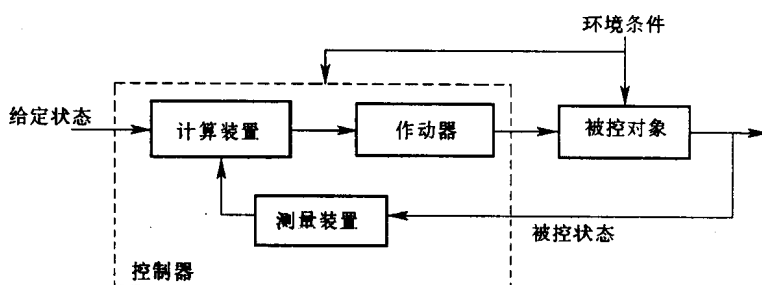


图 1.1 控制系统结构原理简图

控制信号的处理装置或称电子控制单元（ECU：Electronic Control Unit）是以计算机为核心，由输入输出缓冲元件和程序及数据存储元件等构成的。根据不同的控制需要，它还可能包括简单的模拟电路和数字逻辑电路。在控制系统中，电子控制单元如同大脑，而传感器和执行装置如同手足。所以，它们性能的好坏，决定着控制系统的总体功能和性质。

对于汽车的电子控制系统，若是再加详细描述，就可以表示成如图 1.2 所示的形式。ECU 对输入信号进行处理并发出输出信号，执行装置是将输出的电信号转换成力或位移等物理量。传感器Ⅰ的用途是在检测温度或压力等被控对象所处的周边环境状态的基础上，为控制目标提供补偿控制参数。传感器Ⅱ检测控制对象的工作状态，提供将要进行反馈控制的参量。传感器Ⅲ将人的操作命令、判断转换成开关量式的电信号传递到 ECU。这 3 类传感器所提供的信号输入，有的系统是独立的，但多数系统是复合的。

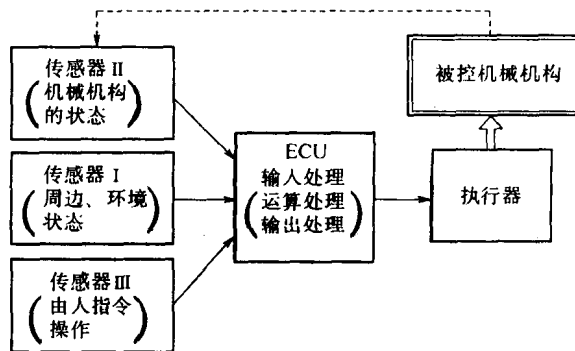


图 1. 2 汽车电子控制系统原理简图

表 1. 1 列举了已经实用化了的现有的汽车电子控制系统。此表是按着汽车的构成和控制功能来划分的。

表 1. 1 实用汽车电子控制系统及其功能

控制对象	控制系统或装置	控 制 内 容
发 动 机	汽油发动机控制系统	燃油喷射量、点火提前角、怠速、排气净化等，以改善燃油消耗，提高动力性和减少排放
	柴油发动机控制系统	燃油喷射量、喷射定时、排气净化等
	预热器控制系统	柴油发动机起动预热塞的自动通电和断电
	冷却风扇控制系统	检测发动机冷却水温，控制发动机冷却风扇的工作
	起动机起动控制系统	如果变速器不在锁车档或空档位置时，从安全考虑不让起动机工作
传 动 系	自动变速器 (A/T)	换档点、换档冲击和液力变矩器锁止控制
	4 轮驱动 (4 WD)	在行驶中，部分时间内由 2 轮驱动转换为 4 轮驱动，且整个时间内 4WD 的差动机构用液压控制
	无级变速器 (CVT)	设置在无级变速器上的电磁离合器的通断控制，液压阀的控制
悬 架	减振器阻尼控制系统	根据路面和行驶状态，控制减振器的阻尼力
	空气悬架控制系统	控制空气悬架空气室的弹性系数，提高乘坐的舒适性
	主动悬架控制系统	控制液压气动活塞的弹性系数及阻尼力，并在一切行驶状态中控制车辆姿势和使行驶安全可靠
	车身高度控制系统	根据载质量、路面和车速，控制最佳车身高度
	4 轮转向控制系统 (4WS)	分别控制低速和中高速时的后轮最佳转向角
制 动 系	动力转向控制系统	根据行驶车速，实现转向操纵力的最佳控制
	防抱死控制系统 (ABS)	在低附着路面上制动时，防止车轮抱死的控制
行 驶 装 置	防滑控制系统 (ARS)	在低附着路面上加速时，防止驱动轮空转的控制
	换档锁止控制装置	自动换档机构的防误操作
安 全 装 置	巡航控制	不随节气门踏板的情况下仍保持一定车速
	安全带	通过电机，自动进行安全带的佩带和解脱
	安全带张力	冲撞时，检测车身的减速度，卷紧安全带，提高张力
	气囊	冲撞时，检测车身的减速度并点燃气囊膨胀的充气炸药

续表 1. 1

控制对象	控制系统或装置	控制内容
仪表和照明装置	速度表 转速表 监测报警装置	显示行驶车速,有模拟式和数字式两种 显示发动机的转速 监测器件和系统的状态并报警,检测冷却水温度、润滑油温度、润滑油量、燃油余量并显示,通过声音合成技术实现的可听警告装置也有了进一步的研究
	前照灯 前照灯矫正 昼间行车指示灯 灯光检测 闪光灯 车窗刮水器/清洗器 前照灯清洗器 车门后视镜清洗装置	自动开灯和关灯 照明射角度微调 发动机运转时打开规定的前照灯,将车的位置提示给对面来车 前照灯、后灯的灯丝断路检测 方向指示灯的闪烁 车窗刮水器的速度的控制(手动,车速感应,雨量感应) 电动式洗涤剂喷射式或刮板式 刮水器式或利用超声波振动的喷淋消除式,或镜面上镀有薄膜电阻,通电后达到除雾(霜)效果的
故障诊断系统	动态诊断	各系统的 ECU 不断地监视有无异常现象。当发生异常时,起用辅助装置或者由故障检查装置进行处理,并将故障方式以代码形式存储或显示
	静态诊断	对于维修服务厂(站)里设置的故障诊断装置,读出记忆在动态诊断存储器中的诊断代码,作为故障诊断提示
电源及线束	稳压器 多路传输 恒压电源 12 V/24 V 电源系统	交流发电机的电压调节 将系统之间的信号传输,以多路通信方式通过单线或者光纤传递 电子控制单元(ECU)的恒定电压,高电压执行装置的升压控制 只在启动发动机时用 24 V 系统,平时是转换成 12 V 系统的双电源控制
信息通信系统	车载电话 传真机 导航	手持收发话机,触摸拨号盘,声音识别呼叫 车用传真 显示器上显示地图并表示车辆现在的位置,而且到达目的地的线路导航。将来,交通信息系统和基本设施相结合,将会增加交通堵塞等动态信息
舒适方便性装置	投视显示器	速度等的显示被投影到风挡玻璃上,影像出现在驾驶员前方视点处,可视性好。也有将虚像成像到速度表内部,形成远视点化
	驾驶信息行程表 音频系统 天线 空调 后窗除雾器 中央门锁 遥控门锁 门手照明 电动座椅 可调转向器 安全带固定 车门后视镜 固定位置的记忆 电动车窗 活动车顶或天窗 车内后视镜 障碍接近警告	显示器(CRT)或液晶显示板(LCD)上显示多种信息。显示和预测行驶中的瞬时燃油量、线行里程以及到达时间等信息 收录机及其光盘控制 电动式天线,有与收音机电源开关连动的方式和根据收音波段的控制天线伸缩量的方式,也有将天线印刷到后窗玻璃上的方式 车内温度的控制,制冷压缩机的节能控制以及冷却风扇工作状态的 控制 电热线加温装置的通电时间的控制。通过检测后窗的结雾状态,自动通电和断电 电动式 通过微波或红外线遥控车门和行李箱门锁 操作车门把手时,延时照亮锁孔和车内 电动式,前座和后座可分别调整为各姿势 电动式可倾斜(上倾和下倾),拉杆式能伸缩(前后位) 电动式,可固定带的位置上下 电动式,角度调整及镜体可倒 座椅、转向(操纵方向,驾驶控制)、安全带、车门后视镜等位置的记忆和复位 电动式。在驾驶座可升降远距离的车窗玻璃。驾驶座车窗玻璃也可用手柄升降 电动式顶板或天窗,可控开闭和倾斜 使用液晶防眩技术,自动防眩 利用超声波的反射作用,检测和警告车辆近的障碍物

续表 1. 1

控制对象	控制系统或装置	控制内容
	行车间距警告	利用激光多普勒效应, 检测和警告前方行车间距。对雷达多普勒效应的应用方式已有多年的研究, 但还没实用化。预计在制动系上能安装制动自动控制装置, 使车辆保持一定的行车间距, 保证安全
	倒车监视器	通过车后的 CCD 摄像机, 将倒车时的后方情况反映到驾驶室的显示器上, 以扩大视野
	防盗系统	车辆防盗装置。检测和警报, 发动机联锁, 记录等
	轮胎气压检测	检测轮胎气压状态
	电动牵引机	用于 4WD 自救、陡坡路的行驶

第二节 车用传感器

所谓传感器, 就是能测量各种物理量并把它转换成电信号的装置与器件。在汽车控制系统中, 要求传感器能实时正确地检测所有条件下所需的各种物理量, 并把它输入到控制器。对汽车进行控制所需要的物理量主要有: 温度、压力、位移、角速度、转速、加速度和流量等参数。就传感器的工作环境而言, 它必须承受汽车工作过程中形成的温度、振动、冲击、噪声以及浸水、油脂类的污染等十分恶劣的条件, 并需要长期发挥效能。不过, 近年来由于半导体和金属薄膜技术、半导体扩散技术、陶瓷烧结技术等生产技术的发展, 过去不可能的传感器, 现在已不断地出现并实用化。

一、温度传感器

1. 热敏电阻式温度传感器

在汽车控制系统中, 温度检测是重要的项目之一。根据不同的用途, 可使用各种类型的温度传感器。其中, 热敏电阻式温度传感器具有体积小, 灵敏度高, 使用方便, 而且价格便宜等特点, 是应用最广泛的温度传感器。

热敏电阻是电阻随着温度而变化的元件。它分为负温度系数(温度上升时电阻下降)和正温度系数(温度上升时电阻上升)两种类型。通常, 前者称为 NTC (Negative Temperature Coefficient) 热敏电阻, 后者称为 PTC (Positive Temperature Coefficient) 热敏电阻。

(1) NTC 型热敏电阻

它以 NiO , CoO , MnO 等过渡性金属的氧化物作为主要成分, 将两种以上成分混合后烧结成型而成。热敏电阻式温度传感器的构造, 如图 1. 3 (a) 所示。它封装在导热性好的黄铜或者树脂做的壳体内。其温度特性, 如图 1. 3 (b) 所示, 阻值与温度呈指数函数关系。它的用途广泛, 如汽车发动机冷却水温度, 发动机进气温度, 各种油温度以及空调器的空气温度控制等。

(2) PTC 型热敏电阻

它以 BaTiO_3 作为主要成分, 是由混合金属氧化物烧结而成, 如图 1. 4 所示。它有温度达到某值附近时, 电阻就以 3 位数程度急剧上升的性质。

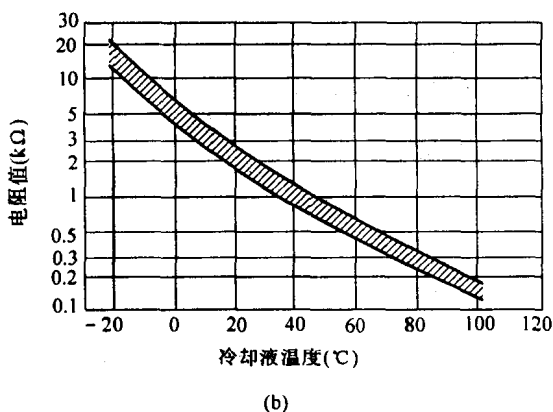
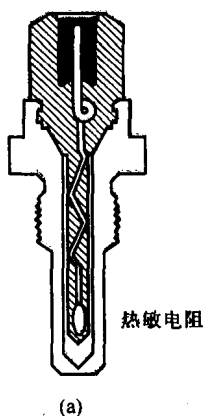


图 1.3 NPT 型热敏电阻式传感器
(a) 结构 (b) 温度特性

作为 PTC 型热敏电阻的应用之一的液面高度传感器，它的工作原理如下：将 PTC 元件放入油之类的液体中并通电时，由于电流而产生的热量在液体中散发，此时，元件几乎没有由于自己发热而引起温度上升。相反，因液面的变化，元件从液体中露出，由电流引起的发热使元件温度上升，且电阻增大而电流急剧减少。通过上述电流值的变化，就可知液面是否发生了变化。

2. 铁氧体温度传感器

金属氧化物强磁性铁氧体 ($\text{Mo} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) 具有达到某温度以上时，从强磁性体急变成弱磁性体的性质。此变化温度称为居里温度，如图 1.5 (a) 所示。舌簧触管的磁回路中设置环状的两个热铁氧体元件和永久磁铁。例如，居里温度为 65°C ， 100°C 的热铁氧体，在对应于各自温度范围时出现如图 1.5 (b) 所示的磁化强度变化曲线。舌簧管在 65°C 以下及 100°C 以上时为开，其中间温度范围时为闭。通过烧结体的成分及热处理方法，能够自由选择居里温度。

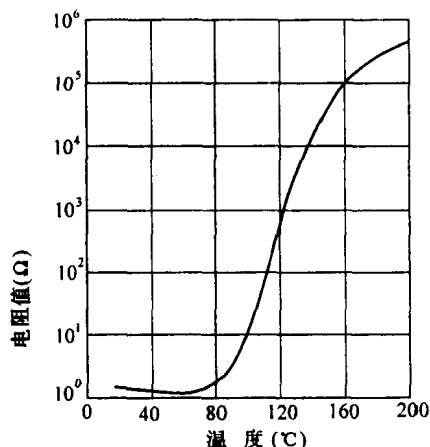


图 1.4 PTC 型热敏电阻式传感器的温度特性

3. 双金属式温度传感器

它是指将热膨胀系数不相同的两种金属，粘接到一起的板状元件。当温度有变化时，两种金属的热膨胀产生差异，并向热膨胀系数小的金属方向弯曲。将板状的一端固定，另一端做成电触点的结构形式，当温度的变化，能够做到触点的闭合或断开。作为金属材料，常用铁镍合金和青铜相组合。为了防止过电流，它装在断流器或电机里面，作为过负荷保护器。

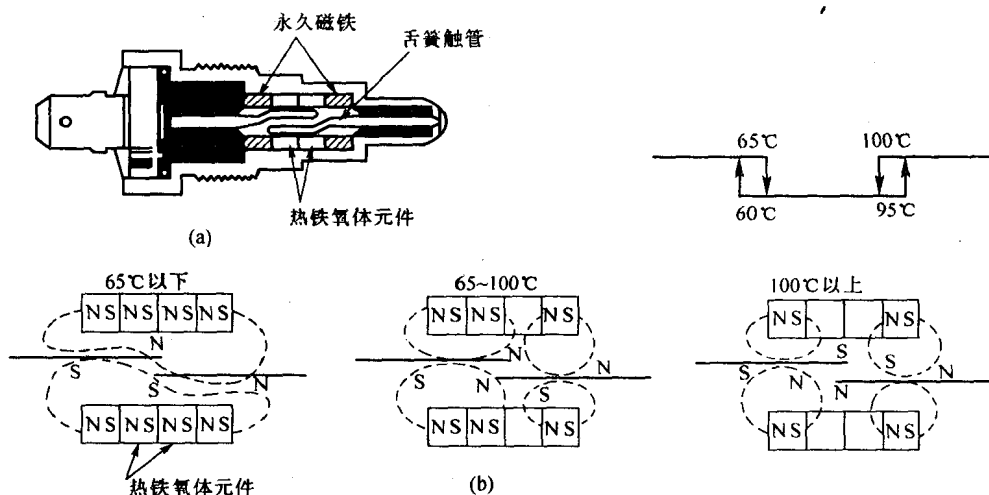


图 1.5 热铁氧体转换器

(a) 构造 (b) 工作原理

二、压力传感器

1. 半导体式压力传感器

在根据进气管压力和发动机转速计算发动机进气量的速度密度式燃油喷射装置上所用的进气歧管内部压力传感器以及涡轮增压器的增压传感器，都是半导体压力传感器。在单晶半导体中由于杂质扩散而形成电阻，且由压力作用对该电阻产生附加应变时，电阻值将发生变化，这种现象称为压电电阻效应。半导体压力传感器就是利用这个原理制成的。

将 N 型硅片的中部制成比周边薄的圆形（薄膜），并且使薄膜的外圆周上形成应变电阻，如图 1.6 所示。将 4 个应变电阻 R_1 , R_2 , R_3 , R_4 的电阻值设计成同样值 R 。当薄膜上有作用力存在时，由于应力的半径方向和切线方向上的成分变化，应变电阻值也将产生各自的变化。假设应变电阻 R_1 , R_3 的电阻变化量为 ΔR ，则应变电阻 R_2 , R_4 的变化量为 $-\Delta R$ 。此时，设输入电压为 V_E ，则电桥的输出电压 V_O 可用下式表示：

$$V_O = (\Delta R/R) \cdot V_E \quad (1.1)$$

图 1.7 表示半导体压力传感器的结构和输出特性。将硅片的外圆周边粘接固定到底座上，并用外壳盖住后，使内部处于真空状态。空气口接到进气管后，薄膜在进气管内压力的作用下产生应力，电桥回路就输出与进气管内压力成比例的电压。因为真空压力作为基准压力，所以就能测定绝对压力。为了补偿应变电阻值和薄膜厚度的不均以及应变电阻的温度系数等影响，需要进行电压和温度等补偿，而且与传感器制成一体。

2. 压电式压力传感器

当晶体上施加压力或拉力时，晶体就瞬时 (10^{-7} s) 发生变形，并在晶体端面上产生静电荷，而在晶体上加电压时，将发生瞬时伸缩变形。前者称为压电效应，后者称为

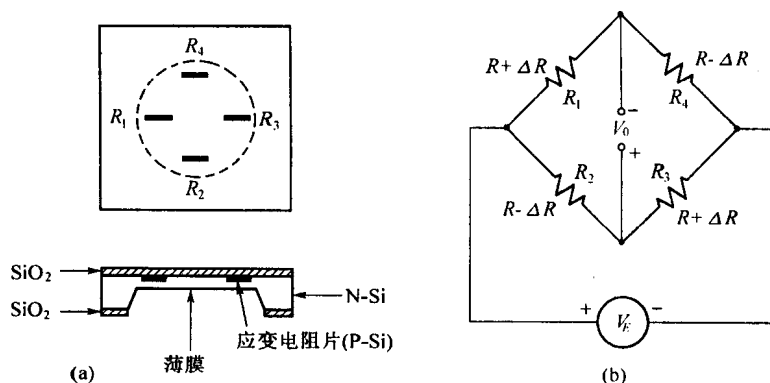


图 1.6 半导体压电阻效应

(a) 原理 (b) 检测回路

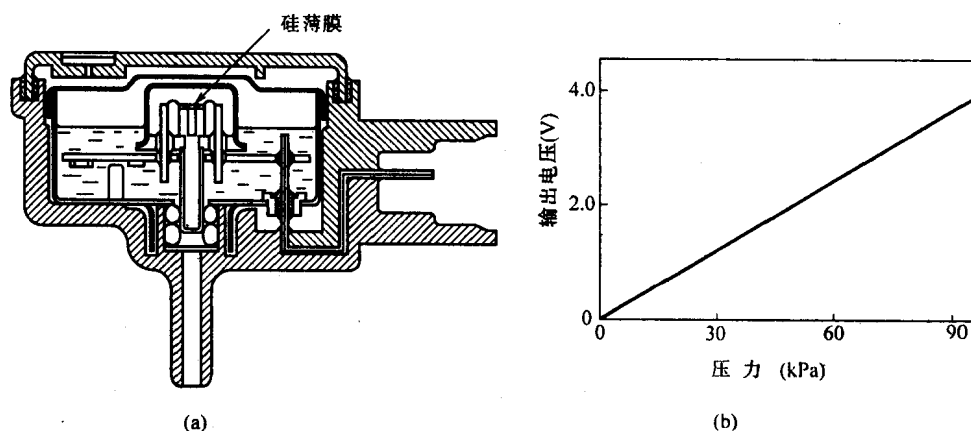


图 1.7 半导体式压力传感器

(a) 原理 (b) 输出特性

逆压电效应或电致伸缩效应如图 1.8 所示。其应用实例有，将 5 片以铅 (Pb)、锆 (Zr)、钛 (Ti) 作为主要成分的压电陶瓷元件 (直径 14 mm，厚度 0.5 mm) 层压成压力传感器，组合到减振器中，当车轮驶过路面的凹凸处时，传感器能迅速检测到冲击，实现减振器的减振控制。它的特点是压力响应快。

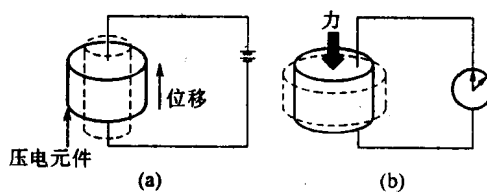


图 1.8 半导体压电效应

(a) 逆压电效应 (b) 压电效应

3. 金属膜片式压力传感器

它是在镍铬钢的金属薄膜上，蒸镀非晶体硅而形成的感应元件。图 1.9 表示传感器的结构和输出特性，它用于主动悬架控制系统的液压回路的高压控制。