

董 辉 编

汽车用传感器



北京理工大学出版社

汽车用传感器

董 辉 编



北京理工大学出版社

内 容 简 介

本书是作者参考大量最新技术资料,针对汽车技术发展现状编写而成。书中较详细地介绍了汽车用各种传感器的结构、工作原理、特性。同时介绍了直喷式发动机及电动车、代用燃油车用传感器,简述了传感器的开发动向。

本书内容丰富、图文并茂,它是汽车技术人员,特别是从事电喷汽车开发、设计及维修人员的重要参考书,也可作为大专院校相关专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车用传感器/董辉编. —北京:北京理工大学出版社,2000.7

ISBN 7-81045-710-1

I. 汽… II. 董… III. 汽车-传感器 IV. U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 30437 号

11/12/15/16

责任印制:母长新 责任校对:陈玉梅

北京理工大学出版社出版发行

(北京市海淀区白石桥路7号)

邮政编码 100081 电话 (010)68912824

各地新华书店经售

北京房山先锋印刷厂印刷

*

787毫米×1092毫米 16开本 22印张 535千字

2000年7月第1版 2000年7月第1次印刷

印数:1-5000册 定价:31.00元

※图书印装有误,可随时与我社退换※

目 录

第1章 传感器概述	(1)
1.1 人的感觉与机械的感觉	(1)
1.2 信号变换与能量变换	(2)
1.3 能量变换型传感器与能量控制型传感器	(2)
1.4 模拟输出信号和数字输出信号	(3)
1.5 汽车用传感器的种类与项目	(3)
第2章 温度传感器	(8)
2.1 关于温度的单位	(8)
2.2 温度传感器的分类	(8)
2.3 金属热电阻	(10)
2.4 热敏电阻	(11)
2.5 热电式温度传感器(热电偶)	(14)
2.6 温度熔断器	(18)
2.7 测量温度时的注意事项	(19)
2.8 温度传感器的实际应用	(21)
2.9 温度传感器在发动机排气上的应用	(32)
第3章 空气流量传感器	(40)
3.1 动片式空气流量传感器	(40)
3.2 卡曼涡旋式空气流量传感器	(44)
3.3 热丝式空气流量传感器	(53)
3.4 各种空气流量传感器的比较	(58)
第4章 压力传感器	(62)
4.1 压力的概念及单位	(62)
4.2 汽车用压力传感器种类与用途	(63)
4.3 半导体进气压力传感器	(71)
4.4 集成电路型(IC)大气压传感器	(77)
4.5 半导体微差压力传感器	(82)
第5章 位置传感器与角度传感器	(87)
5.1 节气门位置传感器(编码器式)	(87)
5.2 节气门位置传感器(直线式)	(87)
5.3 滑动式节气门位置传感器	(89)
5.4 线性位置传感器	(90)
5.5 防滴型角度传感器	(90)
5.6 非接触角度传感器	(91)
5.7 转向传感器	(93)
5.8 光电式车速传感器	(94)
5.9 溢流环位置传感器	(99)
第6章 氧量传感器	(101)

6.1	氧量(O_2)传感器的基本介绍	(101)
6.2	氧量(O_2)传感器的开发背景	(104)
6.3	氧量传感器在三元系统中的作用	(105)
6.4	氧量传感器的材料与工作原理	(109)
6.5	氧量传感器的结构与特点	(114)
6.6	氧量传感器使用中的问题	(123)
6.7	氧量传感器的评定技术	(133)
第7章	全范围空燃比传感器	(138)
7.1	全范围空燃比传感器的发展过程及种类	(138)
7.2	固体电解质型传感器	(139)
7.3	阻值变化型传感器	(145)
7.4	全范围空燃比传感器应用举例	(145)
第8章	控制燃烧所用的传感器	(148)
8.1	燃烧压力传感器	(148)
8.2	燃烧温度传感器	(156)
8.3	燃烧光传感器	(157)
8.4	离子电流传感器	(159)
8.5	燃油传感器	(165)
第9章	转速传感器	(174)
9.1	电磁式转速传感器	(174)
9.2	脉冲信号式转速传感器	(175)
9.3	光电式转速(曲轴角度)传感器	(177)
9.4	信号板外装式曲轴角度传感器	(179)
9.5	车速传感器	(181)
9.6	笛簧开关式车速传感器	(181)
9.7	磁阻元件式车速传感器	(184)
9.8	光电式车速传感器	(185)
第10章	加速度(G)传感器与爆震传感器	(187)
10.1	加速度传感器工作原理概述	(187)
10.2	钢球式加速度传感器	(193)
10.3	半导体加速度传感器	(197)
10.4	防爆震传感器	(202)
10.5	宽频带防爆震传感器	(216)
第11章	光检测传感器	(226)
11.1	光传感器的种类	(226)
11.2	内装控制器的周围光线传感器	(228)
11.3	日照传感器	(229)
11.4	灯光控制传感器	(230)
11.5	光电导式光量传感器	(230)
第12章	液位传感器	(233)
12.1	浮子笛簧开关式液位传感器	(233)
12.2	热敏电阻式液位传感器	(234)
12.3	可变电阻式液位传感器	(235)

12.4	电极式液位传感器	(236)
第 13 章	车辆周围识别用传感器	(238)
13.1	超声波传感器	(238)
13.2	利用激光雷达的车辆周围识别系统	(241)
13.3	采用 CCD 摄像机的立体图像识别系统	(244)
13.4	采用红外线传感器的夜间步行者报警系统	(247)
第 14 章	磁场传感器	(251)
14.1	地磁场传感器	(251)
14.2	地磁场传感器的应用	(260)
14.3	三维集成型磁场传感器	(265)
14.4	应用磁阻元件与磁透镜的地磁场传感器	(269)
14.5	采用磁阻元件的车用电子罗盘	(274)
14.6	陀螺仪	(279)
14.7	小结	(284)
第 15 章	电流检测用传感器、磨损检测用传感器、角速度检测用传感器、载荷检测传感器	(286)
15.1	电流检测用传感器	(286)
15.2	磨损检测传感器	(290)
15.3	角速度检测用传感器	(291)
15.4	载荷检测传感器——压电型载荷传感器	(294)
第 16 章	其它传感器	(296)
16.1	检测雨滴用传感器	(296)
16.2	微机控制动力座椅用传感器	(299)
16.3	微机控制的预置转向器用传感器	(300)
16.4	存贮式反射镜用传感器	(301)
16.5	单阀门式电子控制节气门用加速踏板位置传感器	(303)
第 17 章	直喷式发动机与传感器	(304)
17.1	丰田 D-4 型发动机用传感器	(304)
17.2	三菱公司的直喷式发动机(GDI)用传感器	(308)
17.3	日产 NEO Di (VQ 30DD)直喷式发动机与传感器	(312)
17.4	直喷式柴油机系统与传感器	(315)
17.5	直喷式发动机传感器的发展动向	(321)
17.6	小结	(323)
第 18 章	更新型传感器与集成型传感器	(324)
18.1	插入型热丝式空气流量传感器	(324)
18.2	新一代卡曼涡旋式空气流量传感器	(324)
18.3	小型压力传感器	(326)
18.4	磁力式曲轴角度传感器	(328)
18.5	柴油机用转速传感器	(329)
18.6	后轮转向角度传感器	(330)
18.7	集成型传感器	(331)
第 19 章	电动车与代用燃油车用传感器	(337)
19.1	电动车与混合式电动汽车的概述	(337)
19.2	电动车系统、混合式电动汽车系统与传感器	(337)

19.3 代用燃料车的传感系统与传感器	(340)
19.4 今后的发展方向	(342)
参考文献	(344)

第 1 章 传感器概述

最近几年,人们常常听到传感器这个词,那么传感器是具有什么特性的部件呢?通俗地讲,传感器就相当于眼睛、耳朵、手等五官。眼睛用来识别物体,耳朵可分辨声音的大小,鼻子用来闻味,舌头可以品尝,皮肤可感受到触、热、冷、痛等。

开发传感器的目的就是传感器来代替人的五官,“减轻人的工作负担”,进而采用“超过人的感觉”的传感器,提高工作效率。但直到现在,传感器还没有准确的定义。一般的说法是:“传感器是根据规定的被测量的大小,定量提供有用的电输出信号的部件”。狭义来说,传感器就是把光、时间、电、温度、压力及气体等的物理化学量转换成电信号的变换器。

把利用材料物理性能的变化实现这种变换的传感器称为“物性型传感器”。光-电变换元件(半导体光电池)、磁-电变换元件(铁氧体)、温度-电阻(热敏电阻)和压力-电变换元件(压敏电阻)、气体-电变换元件、浓差电池、吸附效应型半导体、氧化还原型半导体等都属于“物性型传感器”。这种传感器的特性与其材料性能密切关联,所以关键是要根据测试目的选择适当材料的传感器。

“物性型传感器”不能直接计量速度、角度、距离、液位、定时、扭矩等物理量。还有一类传感器叫“结构型”传感器。它是用物性型传感器间接地计量物理量,空气流量传感器、曲轴角度传感器、车高传感器等就属于这一类。

下面,再从几个方面对传感器加以概括地说明。

1.1 人的感觉与机械的感觉

与人的视觉、听觉、触觉等相对应的有光传感器、传声器、应变计等物理传感器。人的味觉、嗅觉等一般称为化学感觉,与此相应,在离子电极以及溶液电导率等检测时采用了化学传感器。当然,物理传感器和化学传感器并没有本质上的区别,把上述内容归纳一下可得出表 1-1。

表 1-1 人的感觉与相应的传感器

人的感觉	人的感官	有关现象	半导体传感器
视 觉	眼 睛	光	光电变换元件 { 光电池、光导元件 光敏三极管 光敏二极管
听 觉	耳	声 波	压电变换元件 { 压电元件 压阻元件 压敏二极管
触 觉	皮 肤	位移压力	位移变换元件 应变片
肤 觉	皮 肤	温 度	热电变换元件 { 热敏电阻 热电偶
嗅 觉 味 觉	鼻 } 舌 }	分子吸附	气体传感器 湿度传感器 离子检测 FET

如果有人问,把人的感觉器官与传感器相比,哪一个好些?这可是一个非常难的题目。人

的感觉是我们生活的基础,生活是以感觉为前提的。因此,在我们的生活中,如果从感觉器官的尺度来评价传感器的话,那么一定是我们的感觉器官好些。以嗅觉为例,与狗的鼻子相比,人鼻子的敏感性要差多了,但对某种物质来说,人鼻子的敏感性超过了现代的化学分析技术。

但是,再看光传感器时就会知道,已有传感器能够检测出人无法感觉到的红外线和紫外线。另外作为温度传感器的热电偶可以直接置入溶化的钢及燃烧的液化天然气中,从而测定其温度,精度达到 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$,而且,可测温度范围在 $-160\sim 1\,600\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间。

某人发烧时,有时把手放在额头附近来判断体温,这是因为两者温差不大,若温差太大,就难以做出定量地判断。当很多人聚在一起吵吵闹闹时,如果有人喊自己的名字,自己也会从喧闹声中分辨出来,但传声器对此则望尘莫及。还有,人们对自家附近火车通过的声音,会在不知不觉中习惯。虽然都可以说是五官,但人的五官和机械传感器到底还是有差别的。

1.2 信号变换和能量变换

我们是通过五官获得必要信息的。机器和系统是通过传感器获得周围环境的条件与计量对象的信息。传感器要把接收到的信号变换成电信号后再对外输出。

传感器以什么样的敏感度检测信号,变换后的信号与原输入信号相比,失真情况如何?这些项目都可用来评价传感器的优劣。也就是说,要从传感器处理信息的质与量上来评价传感器的性能。对“物质”和“能量”而言,“信息”是一个较新的概念。在研究传感器时,人们比较重视在信号检测与转换过程中的信息的质与量,所以对此过程中的能量和物质的作用,常常置于第二位来考虑。

信息是以信号的形式进行变换的。在信号的变换过程中必然有能量的传递和转换。传感器的输入信号种类如表 1-2 所示。

表 1-2 传感器的输入信号

信 号	物 理 量	能 量
与辐射有关的信号	辐射强度、波长等	辐射能
与热有关的信号	温度、热量等	热能
与力学量有关的信号	力、压力、位移、速度、流速、加速度等	力学能
与电有关的信号	电压、电流、电荷、频率等	电能
与磁有关的信号	磁通、磁通变化、磁化等	磁能
与化学量有关的信号	成分、浓度、PH 值等	化学能

表 1-2 所示的各种信号,都分别与某种能量相对应,所以也可以说传感器是能量变换器。例如光传感器中的太阳能电池就是把光能变换成电能的变换器;温度传感器的热电偶是把热能变换成电能的变换器。

1.3 能量变换型传感器与能量控制型传感器

太阳能电池和热电偶所输出的电能分别来源于传感器所吸收的光能和热能。这些能量加在传感器上经变换后再输出,因此把这种传感器叫做“能量变换型传感器”,如图 1-1 所示。

另一方面,温度传感器以及照像机用自动曝光机构的光传感器是以改变电阻值的方式向外输出信号的。这时,输入到传感器的热能及光能并没有变成其它形式的能量,传感器的电源

还是由测试回路供给的,但电源所输出的能量要受控于测试对象输出的信号(热及光),就把这种传感器叫“能量控制型传感器”。

“能量控制型传感器”要消耗输入信号的能量,但这与被控的输出能量或输出功率比较起来看,通常要小得多。如果着眼于输入能量和输出能量的对

比,就会看出,这种传感器具有一种放大作用,因此,也把“能量控制型传感器”叫做“有源型传感器”。与此相应,因为“能量变换型传感器”没有能量放大作用,所以也叫做“无源型传感器”。

按能量的利用方式把各种效应分类,如表 1-3 所示。

表 1-3 各种效应的分类

能量控制型	能量变换型	能量控制型	能量变换型
电阻	压电效应	光导效应	光子牵引效应
电感 } 几何上的控制	磁致伸缩效应	磁致伸缩效应	热磁效应
电容	热电效应	霍尔效应	热电磁效应
应变效应	光电效应	离子效应	
磁阻效应	光电子发射效应	约瑟夫森效果传感器	换能量
热阻效应	热电效应		

1.4 模拟输出信号和数字输出信号

什么是模拟信号呢?一般来说电压、电流、阻抗等都是模拟信号。此外,频率以及光输出传感器的输出也是模拟信号。阻抗变化的传感器也属能量控制型的,所以输出信号是电压或电流。

以直流电压为例,对模拟信号加以说明。如图 1-2 所示,用 0 至 V_{cc} 的电压来传递某一个“量”时,只要把“量”值变换成直流电压就可以了。电压低时传递的“量”比较小,电压高时传递的“量”比较大;即用电信号的变化来传递“量”的变化情况。有时不用电压信号而是用电流信号,变换规律类似。

所谓“数字信号”就是表示量的符号,最简单的例子是用两个符号来表示量。我们平常是用 0~9 这 10 个数字的组合表示量的。但这决不是说,表明“量”的数字非得是十进位不可。例如:时间的单位就是 60 秒为 1 分钟。也可以选择其它进位制的数字来表示量。

我们用“0、1”这样两个符号表示数时,就称为二进制数。对图 1-2 所示的电压信号,就可以用两个符号来表示电压的“有”或者“无”。也就是说,与连续的模拟量不同,数字式传感器的输出是离散的数值及符号。数字变换中最简单的输出信号是“0、1”,与此相对应的有通、断(ON/OFF)型传感器,或者是开关触点的通、断(ON/OFF)状态。

数字技术在飞跃地发展,已经出现了精度和分解能力都非常高的数字输出传感器。这种传感器的优点是:信号传输过程中的衰减小,即使有干扰混入,误差也很小。

1.5 汽车用传感器的种类与项目

在传感器这个词广泛使用之前,在汽车上已经装用带传感器的仪表,如温度表、转速表及

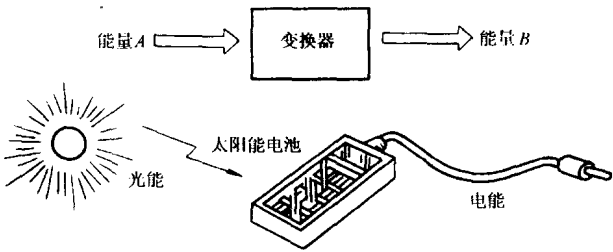


图 1-1 能量的变换

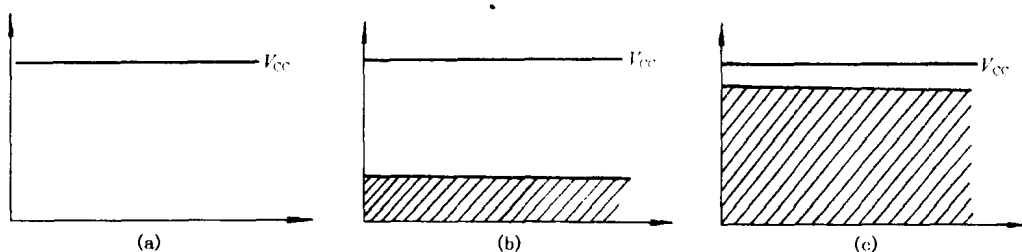


图 1-2 用电压表示模拟输出信号

(a)模拟输出量为 0 时;(b)模拟输出量较小时;(c)模拟输出量较大时

速度表等。随着电子技术的发展,作为汽车电子控制系统中心的微机在迅速的普及,这又促使了信息处理技术及控制技术的进步,为了向微机提供各种必要的信息,人们又开发了许多种传感器,以达到各种目的。有的一辆车上就装了 50 多个传感器。其中大部分传感器用于动力传动系统、车辆控制系统、车身控制系统、通信系统以及提高工作性能的系统上。目前,为创造一个舒适的驾驶环境以及注重安全也用了许多传感器。

提高发动机性能其关键在于燃油喷射量和点火时间。为了确定这两个参数就需要许多信息,如发动机的进气量、温度、发动机转速、曲轴位置等。为此,汽车上装用温度传感器、流速传感器、角度传感器、位置传感器等,还有测定排气中氧气浓度,以便正确进行控制的传感器。

为了使汽车安全地行驶采用了电子技术,在进一步提高汽车性能的过程中,传感器所起的作用更加重要。汽车电子技术成功与否的关键在于传感器,这样的说法并不过份。汽车传感器,其采用系统、使用目的如表 1-4、图 1-3 所示。

表 1-4 汽车各系统所用传感器的种类与目的

系 统	传 感 器	使 用 目 的
发动机	进气压力(或进气流量)、空燃比、曲轴角度、爆震、发动机转速、进气温度、冷却水温阀、冷却水负压阀、冷却水温度、冷却水温度开关	燃油喷射、EGR 率、点火时间的程序控制、冷却水温稳定、怠速转速的稳定控制、空燃比修正反馈控制、爆震区控制、停车时停发动机
变速器	变速器位置开关、节流阀开关	—
车身行驶	车速、车轮速度、车高、结露开关、车外开关、车内开关、车外温度、车内温度、日照量、湿度、冷却水温开关、冷媒压力开关	恒速运行控制、车高稳定控制、防抱死控制、防结露车窗、变速自动锁止控制、悬架系统控制、车内空调(包括日照、湿度)、前照灯控制、防眩目后视镜、雨滴检测刮水器
显示诊断	发动机转速、车速、燃油剩余量、冷却水温、油压、方位行车距离、进气压力、燃油流量、排气温度开关、燃油剩余量开关、冷却水量开关、制动液量开关、洗涤剂量开关、蓄电池液位开关、门开关、座位皮带开关、行李箱盖开关、油温开关	车速、里程表、燃油剩余量、冷却水 } 计量 温、耗油量、进气压力、行车路线 } 显示 机油油压、燃油剩余量、高速区、排气 } 诊断 温度报警区、冷却水位、制动液位、风 } 显示 窗洗涤剂液位、蓄电池液位

(1) 有关发动机控制的检测项目 歧管负压、大气压、气缸内压力、排放压力、燃油压力、增压压力、进气温度、燃烧温度、气缸壁温度、尾气温度、催化剂底板温度、冷却水温、燃烧速度、

点火时间、油温、大气密度与湿度、空燃比、尾气中各成分的浓度(O_2 、 NO_x 、HC、CO、 CO_2 、H)、进气空燃比、辛烷值、混合气的均匀程度、燃油雾化状态、催化剂老化程度、曲轴角度、节气门开度、阀门提升量、进气量、喷油量、EGR 比、变速杆位置、爆震、燃烧稳定程度、点火能量、燃油消耗量、火花塞积碳程度、发动机稳定度等。

(2) 有关转向控制系统的检测项目 转向角、操纵力、实际转向角、车辆加速度、偏摆力、车速、路面状况、车轮转速、控制油压、横向风、车辆重心、操作意向、各部位的位移量等。

(3) 有关空调控制的检测项目 车外气温、车内温度、温度分布、日照量、湿度、结露、烟、废气、臭气、不舒服指数、冷却水温、冷媒压力、风量等。

(4) 有关仪表、报警、诊断等的控制项目 车速、发动机转速、燃油剩余量、冷却水温、增压压力、蓄电池充电量、蓄电池液量、发动机油压、催化剂底板温度、制动液量、灯泡断丝、线束开路、轮胎压力、风扇皮带张力、灯光通量、蹄片磨损量、离合器衬片磨损量、机油老化程度、漏电等。

(5) 变速系统控制项目 节气门开度、车速、发动机转速、A/T 输出轴转速、发动机转速、自动变速器输出轴转速、发动机扭矩、各中间轴扭矩、控制油压、油温、变速杆位置、加速度等。

(6) 制动系统控制项目 车轮速度、对地车速、前后加速度、滑移率、路面状况(积雪、水淹、冻结、砂石)、车间距离、障碍物、制动器的踏力与踏下量、驱动扭矩、制动力、载货量、制动液压力、制动液温度、磨损材料的磨损量、控制油压、各种位移量等。

(7) 悬架系统控制项目 车速、车高、操纵速度、操纵角度、车辆加速度(前后、左右、上下)、节气门开度、制动力、制动踏板的踏下力、控制油压、气压、减震器的衰减力、路面参数输入、悬架的伸缩量、前方路面状况、侧倾、纵倾、偏摆、横向风、舒适性等。

(8) 导向系统控制项目 自车位置、方位、行驶距离、对地车速、偏摆力、实际转向角。

(9) 有关安全控制项目 瞌睡、疲劳、呼出酒气、车间距离、前后方障碍物、加速度、车速、座位皮带、降雨雾、前照灯照度、路面状态、眼高点、异常检测、故障检测等。

各控制系统所用传感器按其检测项目分类,可分为:①温度传感器;②压力传感器;③空气流量传感器;④位置、角度传感器;⑤气体浓度传感器;⑥转速传感器;⑦加速度、振动传感器;⑧光量传感器;⑨液位传感器;⑩距离传感器;⑪电流传感器;⑫角速度传感器;⑬载荷传感器等等。

要想使传感器在汽车上大量地装用,传感器的测定范围、精度、分辨能力、响应性等基本因素应符合要求之外,还要考虑到参数的一致性、耐久性及经济性。要根据使用目的来选定适当水平的传感器。发动机上几种典型计量项目的特性要求如表 1-5 所示。

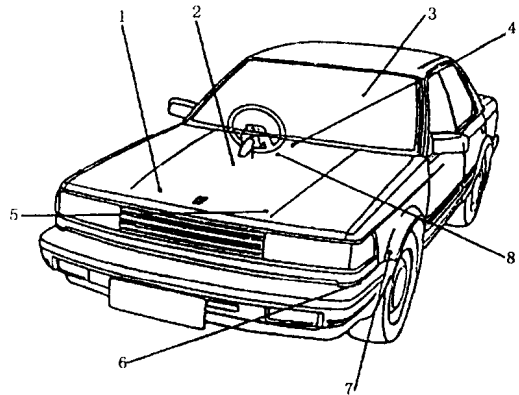


图 1-3 各系统上与传感器相关的检测项目

1—发动机控制;2—转向控制;3—空调控制;4—仪表、报警、诊断等控制;5—变速系统控制;6—制动系统控制;7—悬架系统控制;8—导向系统控制

表 1-5 发动机的计量项目与特性要求

计量项目		测试范围	动态范围	精度	分辨能力	响应时间	影响因素
进气量		按发动机的种类及排气量等	1:80 (1:320)	2%	0.1%	2.5 ms	脉动、量化误差、响应性
吸气管压力		10 ~ 160 kPa	1:16	2%	0.1%	2.5 ms	安装位置、响应性
发动机	转速	50 ~ 8 000 r/min	1:160	10 r/min	—	2.5 ms	安装位置、EGR
	旋转角度	0 ~ 720°	—	1°	1°	20 μ s	响应性与分辨能力
空燃比	检测理论空燃比	$\lambda = 1.0$	通、断	7.1%	0.1%	10 ms	转速变化引起的误差
	线性	$\lambda = 0.6 \sim 1.6$	1:3	1%	1%	10 ms	温度
爆震		无爆震 ~ 严重爆震	—	—	—	2.5 ms	温度、压力
节流阀开度		0 ~ 90°	—	0.2°	0.2°	10 ms	判断基准
冷却水温度		-40 ~ 120 °C	—	2 °C	1 °C	10 s	

从表中可以看出,发动机对各传感器计量精度的要求各有不同。普通工程要求 1%,检测空燃比的超精密级要求 0.1%,而且在大批生产的情况下,还要求产品要有互换性。

此外,发动机的使用环境也非常广,从寒带到热带,车上有的部位达到 1 000 °C 左右的高温,加之机械振动、腐蚀、需要防水等等,还有许多考虑不到的严酷环境,所以对传感器来说,其使用环境条件是很苛刻的。发动机用传感器的典型环境条件如表 1-6、表 1-7 所示。

表 1-6 发动机用传感器的典型环境条件(行驶状态,发动机舱)

参 数	要 求
振 动	15g/50 ~ 200 Hz/3 维/无共振
冲 击	距混凝土地面 90 cm 的高处落下/100g/11ms/3 维
温度(性能)	0 ~ 50 °C
温度(工作)	-40 ~ 120 °C
温度(存放)	-40 ~ 150 °C
湿 度	10% ~ 100% RH/-40 ~ 120 °C
盐雾、污浊	盐雾、污浊溶液及油中的浸渍
热冲击	-40 ~ 120 °C/各温度下存放 30 min/800 次循环

表 1-7 特殊环境条件

传 感 器	环境参数	要 求
曲轴角度传感器 水温传感器	乙二醇中浸渍	24 小时 100 ℃
空气流量计 歧管绝对压力传感器 歧管负压传感器	反转	3 个大气压的气脉冲
氧量传感器	高温、热冲击	300 ~ 700 ℃ 下工作 30 s 内承受 - 50 ~ 70 ℃ 的变化

在数年以前,对排气装置部件就曾有 10 年保证期的要求。所以,对汽车用传感器的开发,与其说是传感器自身的开发,不如说更侧重于对传感器的互换性及耐久性 etc 可靠性方面的开发。

前面已经介绍过,传感器相当于人的感觉接受器官,用以检测各种物理量、化学量,同时还要求传感器对稳定程度及危险程度等状态也能进行测定,对舒服性、不愉快感、臭味等人的感官功能的项目做出定量测定,判断司乘人员的操作意图等。即要求传感器不仅能够检测出单一的变量,而且也可测量出各个变量随时间的变化情况及其空间分布;或具有与其它变量对比、再进行推断与判断的功能。也就是说,传感器不仅具有感官功能,而且与具有信息处理功能的微型计算机形成一个整体的检测系统,这就是集成化传感器。集成化传感器的典型例子是半导体压力传感器。

在本书中,将对集成化传感器的内容加以说明,并介绍汽车上所用的新型传感器。

第2章 温度传感器

2.1 关于温度的单位

我国法定计量单位是以国际单位制为基础,根据我国的情况,加选了15个非国际单位制的单位构成。其中包括国际单位制的基本单位7个,这7个基本单位中,有一个量为热力学温度,其符号为 T 或 Θ ,单位名称为开[尔文],单位符号为K。热力学温度是根据热力学原理定义的。对热力学温度,过去有过一些其它名称,例如,绝对温度、开氏温度等现已不再继续使用。规定水的三相点(水、水蒸气和冰共存的状态,不包含空气)热力学温度的 $1/273.16$,为热力学温度单位开[尔文]。

国家标准 GB3102.4《热学的量和单位》中还规定了另一个量为摄氏温度,摄氏温度是 SI 中的一个导出量,其单位名称是摄氏度。

摄氏温度 t 按下述公式定义:

$$t = T - T_0$$

式中: t 为摄氏温度; T 为热力学温度; T_0 为273.15 K。

摄氏温度的符号为 t 或 θ 。“摄氏度”是表示摄氏温度时用来代替开[尔文]的一个专用名称。根据上面的定义可知,热力学温度的273.15 K就是摄氏温度的0℃。

有人将20℃读为“摄氏20度”,这种读法把一个单位名称分开,其中插入数值的读法很不恰当,“摄氏度”应作为一个整体使用;在书写符号℃时,也不应把小圈放到数字的右上角,必需使小圈在“C”的左上角,这也是因为℃是一个整体。

用热力学温度表示人的体温是310.15K,用摄氏温度表示时,应为:

$$t = 310.15 - 273.15 = 37 \text{ K} = 37 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

人们习惯了后一种温度表示,保留摄氏温度这个量,就是为了满足日常生活的需要。

2.2 温度传感器的分类

温度传感器的种类和工作温度范围如表2-1所示,就发动机控制用传感器来说,测试范围非常宽,为 $-40 \sim 1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$,而且只用简单的回路就能得到电信号输出,所以基本上来说,不采用弹性、颜色及光线式温度传感器。从表2-1可以看出,用一种传感器难以覆盖很宽的温度范围,所以就需要按使用目的选定传感器。

三种典型的温度传感器的特点如表2-2所示。

表 2-1 温度传感器种类和工作温度范围

利用的物理量	温度传感器的种类	温度/℃
体积 (热膨胀)	气体温度计 玻璃温度计 双金属片 压力温度计	
电阻	铂电阻 热敏电阻 (NTC) PTC CTR	
热电动势	热电偶	
磁性	软磁材料 铁氧体 Fe-Ni-Cu 合金	
电容	BaSrTiO ₃ 陶瓷	
晶体管特性	晶体管	
弹性	晶体振子 超声波温度计	
物质的颜色	指示温度的涂料 液晶	
热、光辐射	辐射温度传感器 肉眼、光传感器	
热噪声	电阻	

表 2-2 典型温度传感器特点

测量用部件	优点	缺点
热电偶	1. 可测定很小部位的温度; 2. 可缩短滞后时间; 3. 耐振动与冲击; 4. 适于测定温度差; 5. 测定范围宽	1. 需要标准触点; 2. 标准触点与补偿导线有误差; 3. 在常温下,不注意修正时,难以得到较高的精度
金属测温电阻	1. 适于测定较大范围的平均温度; 2. 不需要标准触点等; 3. 与热电偶相比,常温左右的精度较高	1. 难以缩短滞后时间; 2. 在振动严重的场所下可能出现破损; 3. 受导线电阻的影响,需要修正

续表

测量用部件	优 点	缺 点
热敏电阻	1. 可测量很小部位的温度; 2. 可缩短滞后时间; 3. 灵敏度高; 4. 不能忽略导线电阻造成的误差; 5. 最适于测量微小的温度差; 6. 测量机构简单且价格低廉; 7. 因信噪比较高,所以对系统性计量工程来说经济性好	1. 因电阻与温度间的非线性程度较严重,有时需要做线性处理 2. 有时需要互换用电阻; 3. 振动严重的场合可能会造成破损

一辆汽车上使用十几个温度传感器,下面先来说明温度传感器的工作原理,然后再对传感器的使用加以介绍。

2.3 金属热电阻

大多数金属导体的电阻都是随温度而变化的,而且具有正温度系数 α ,即温度越高,电阻越大,由此而称为“热电阻”。

纯金属的电阻除受温度影响之外,还受杂质含量的影响,这两个因素之间的相互作用比较小,电阻的温度系数很小而且也比较稳定,一般精度为 $(3\ 000 \sim 7\ 000) \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 。但是如表2-3所示,因其自身的电阻值很低,要想达到能够实有的电阻值,就需要制成非常细的金属丝或薄膜,若化学性质不稳定的话,还难以利用;此外还希望在晶格结构不变的范围内使用,所以目前,利用金属热电阻作传感器的,主要是Ni与Pt。

表 2-3 金属的电阻率

金属种类	体电阻率/ $\times 10^{-8}\Omega, 20^{\circ}\text{C}$	平均温度系数/ $(\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C})\ 0 \sim 100^{\circ}\text{C}$
Al	2.75	4 200
Au	2.4	4 000
Ag	1.62	4 100
W	5.5	5 300
Fe	9.8	6 600
Cu	1.72	4 300
Ni - Cr	109	1 000
Ni	7.24	6 700
Pt	10.6	3 900
Pt - Rh	22	1 400
Pd	10.8	3 700

在金属当中,Pt的熔点较高,化学性质稳定,容易制得高纯度的材料,在很广的温度范围内,电阻大都是按线性变化,所以很久以来,就用铂(Pt)作标准的温度传感器。在精密测试时,铂丝的电阻值与温度之间的关系,可用下列近似式表示:

$$R_T = R_0(1 + \alpha T - \beta T^2)$$