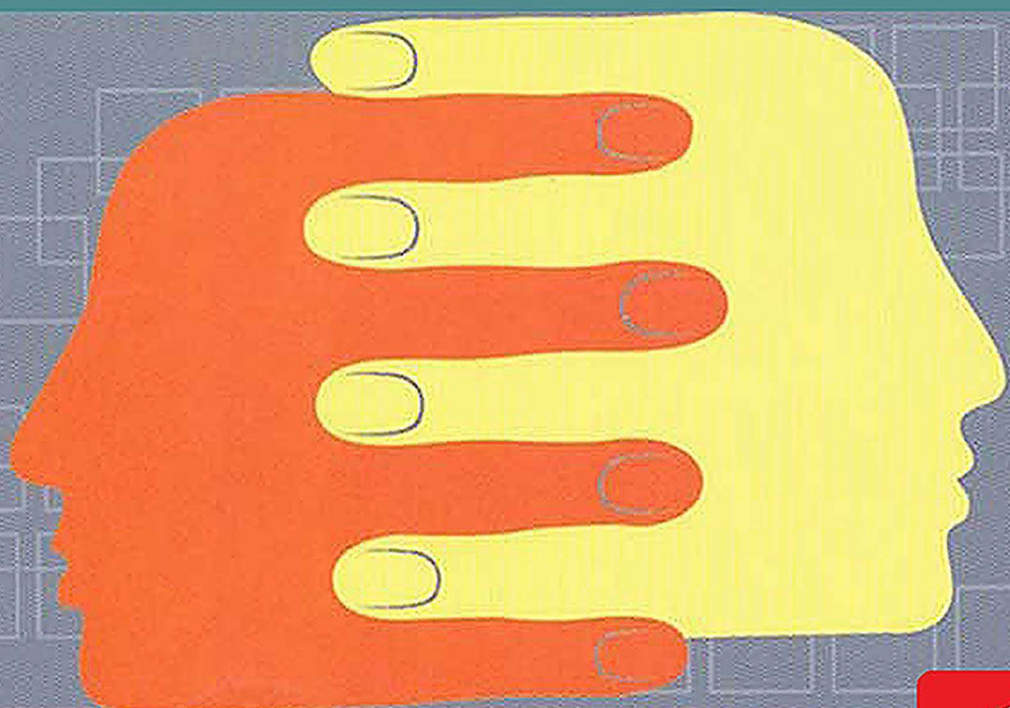


# 汽车传感器原理与应用

于秩祥 编著



吉林人民出版社



# 汽车传感器原理与应用

于秩祥 编著



吉林人民出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

汽车传感器原理与应用 / 于秩祥编著.

长春:吉林人民出版社,2013.5

ISBN 978-7-206-09890-1

I. ①汽…

II. ①于…

III. ①汽车—传感器

IV. ①U463.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第121031号

## 汽车传感器原理与应用

编 著:于秩祥

责任编辑:孟 奇

封面设计:孙浩瀚

吉林人民出版社出版 发行(长春市人民大街7548号 邮政编码:130022)

印 刷:长春市赛德印业有限公司

开 本:880mm×1230mm 1/32

印 张:11.25

字 数:310千字

标准书号:ISBN 978-7-206-09890-1

版 次:2013年6月第1版 印 次:2013年6月第1次印刷

定 价:35.00元

---

如发现印装质量问题,影响阅读,请与出版社联系调换。

# 前 言

汽车电子控制系统主要由中央电控单元（ECU）、传感器和执行器，其中传感器是汽车电子控制系统的重要组成部分，主要用于发动机控制系统、底盘控制系统、车身控制系统、舒适系统、安全系统和汽车导航信息系统，实时为汽车提供准确和可靠的检测参数，保证汽车的正常运行。

本书根据传感器的工作原理，分门别类的介绍了在汽车上使用的各种传感器的类型。按传感器的工作原理进行分类，重点阐述了传感器的工作原理、特性、结构、敏感材料和测量电路。详述了在汽车上使用的每种传感器的结构和工作原理，概括了传感器在车辆内某些系统中的应用，使读者清楚地认识了车用传感器的工作原理，同时了解了传感器与车辆电子控制系统的之间的关系，掌握了传感器在汽车各系统中的具体应用。本书既具有较强的理论性、实践性，又有较强的综合性，在内容上突出针对性和实用性。

本书按照传感器的工作原理进行编写，每章都有该原理的传感器在汽车上应用。全书共分为 10 章，内容包括：汽车传感器概述、电阻式传感器、电容式传感器、电感式传感器、压电式传感器、磁电式传感器、热电式传感器、光电式传感器、化学传感器、超声波与红外线传感器。

本书内容丰富、语言简明扼要、图文并茂、通俗易懂，具有很

强的专业性、技术性和实用性，是作者几年来实践和教学经验的总结。可作为高等学校和高等职业技术学院的汽车电子类专业教材使用，也可供汽车工程技术人员、汽车检测技术人员学习参考使用。

在编写过程中参阅了大量的文献书籍、资料，这些文献资料也是本书完成的基础和源泉，在此向这些作者表示衷心的感谢！当然，本书能够顺利出版并能与读者见面，与出版社有关领导和编辑的积极工作是分不开的，对他们也表示真诚的感谢与致敬！

由于编者经历和水平有限，错误和疏漏之处在所难免，竭诚欢迎读者批评指正。

编 者

2013年3月10日

## 目 录

第一章 汽车传感器概述	1
第一节 传感器	1
一、传感器的定义	1
二、传感器的组成	2
三、传感器的分类	3
四、传感器的特性	3
第二节 汽车用传感器	10
一、汽车传感器的分类	10
二、汽车传感器的特点	12
三、汽车传感器的发展趋势	13
第二章 电阻式传感器	15
第一节 电阻应变片式传感器	15
一、电阻应变片的工作原理	15
二、电阻应变片的主要特性	18
三、电阻应变片的温度误差及补偿	20
四、电阻应变片的测量电路	23
第二节 压阻式传感器	26
一、压阻效应	26
二、压阻式传感器的结构和主要特性	27

第三节	电位器式传感器 .....	29
一、	电位器式传感器的工作原理 .....	29
二、	电位器的结构和材料 .....	36
第四节	电阻式传感器在汽车上的应用 .....	38
一、	燃油压力传感器 .....	38
二、	翼片式空气流量传感器 .....	40
三、	节气门位置传感器 .....	44
四、	进气歧管压力传感器 .....	45
五、	燃油液位传感器 .....	48
六、	测量芯式空气流量传感器 .....	51
七、	加速踏板位置传感器 .....	52
第三章	电容式传感器 .....	54
第一节	电容式传感器的工作原理 .....	54
一、	电容式传感器的工作原理及类型 .....	54
二、	电容式传感器的特性 .....	61
第二节	电容式传感器的测量电路 .....	64
一、	电桥电路 .....	64
二、	调频电路 .....	66
三、	运算放大器式电路 .....	67
四、	脉冲宽度调制电路 .....	68
第三节	电容式传感器在汽车上的应用 .....	71
一、	燃油液位传感器 .....	71
二、	汽车碰撞传感器 .....	72
三、	发动机机油传感器 .....	75
四、	车门感应传感器 .....	77

第四章 电感式传感器 .....	79
第一节 自感式传感器 .....	79
一、自感式传感器的工作原理 .....	79
二、传感器的测量电路 .....	84
三、自感式传感器的误差因素分析 .....	90
第二节 差动变压器式传感器 .....	91
一、结构和工作原理 .....	92
二、差动变压器式传感器测量电路 .....	95
第三节 电涡流式传感器 .....	98
一、电涡流式传感器的工作原理 .....	99
二、基本特性 .....	99
三、电涡流式传感器测量电路 .....	102
第四节 电感式传感器在汽车上的应用 .....	104
一、发动机进气压力传感器 .....	104
二、发动机进气歧管真空传感器 .....	105
三、ABS 加速度传感器 .....	106
四、发动机爆震传感器 .....	107
五、柴油机喷油器针阀升程传感器 .....	108
六、柴油机喷油泵齿杆位置传感器 .....	110
第五章 压电式传感器 .....	113
第一节 压电效应 .....	113
一、石英晶体的压电效应 .....	114
二、压电陶瓷的压电效应 .....	116
三、高分子材料的压电效应 .....	117
第二节 压电常数与压电材料 .....	119
一、压电常数 .....	119



二、压电材料·····	120
第三节 压电式传感器的信号调理电路·····	124
一、等效电路·····	124
二、测量电路·····	125
第四节 压电式传感器在汽车上的应用·····	131
一、雨滴传感器·····	131
二、爆震传感器·····	133
三、减振器传感器·····	137
四、进气压力传感器·····	139
五、组合型进气管传感器·····	140
六、汽车转动率传感器·····	141
第六章 磁电式传感器·····	145
第一节 磁电感应式传感器·····	145
一、磁电感应式传感器的工作原理·····	146
二、磁电感应式传感器的类型及结构·····	147
三、磁电感应式传感器的基本特性·····	150
第二节 霍尔式传感器·····	151
一、霍尔效应原理·····	151
二、霍尔元件的基本结构·····	153
三、霍尔元件主要技术参数·····	154
四、霍尔元件的测量和补偿电路·····	156
五、集成霍尔器件·····	159
第三节 磁敏电阻式传感器·····	161
一、磁阻电阻效应·····	161
二、磁敏电阻的分类和结构·····	162
三、磁敏电阻的基本特性·····	164

第四节 磁电式传感器在汽车上的应用·····	165
一、速度传感器·····	165
二、曲轴位置传感器·····	166
三、转向角度传感器·····	169
四、加速踏板传感器·····	169
五、轮速传感器·····	171
六、凸轮轴位置传感器·····	171
七、电动座椅位置传感器·····	173
八、自动变速器控制用的位置传感器·····	174
第七章 热电式传感器·····	176
第一节 金属热电阻式传感器·····	176
一、金属热电阻的材料及工作原理·····	176
二、金属热电阻的测量电路·····	179
第二节 热敏电阻式传感器·····	180
一、热敏电阻的主要特性·····	181
二、热敏电阻的主要参数·····	184
三、热敏电阻的结构·····	185
第三节 热电偶式传感器·····	185
一、热电效应·····	185
二、热电偶基本定律·····	189
三、热电偶的材料和结构·····	191
四、热电偶冷端温度补偿·····	192
五、热电偶的测温电路·····	195
第四节 热电式传感器在汽车上的应用·····	197
一、发动机水温传感器·····	197
二、发动机进气温度传感器·····	198

三、热线式空气流量传感器	200
四、热膜式空气流量传感器	203
五、发动机排气温度传感器	205
<b>第八章 光电式传感器</b>	207
<b>第一节 光电效应</b>	207
一、外光电效应	208
二、内光电效应	209
<b>第二节 光电器件及其特性</b>	210
一、光电管、光电倍增管及其特性	210
二、半导体光电器件及其特性	214
<b>第三节 光电式传感器的光源和测量电路</b>	224
一、光源及光学元件	225
二、光电式传感器的测量电路	226
<b>第四节 光导纤维传感器</b>	230
一、光导纤维	231
二、光导纤维的种类	234
三、光导纤维的传输特性	235
四、光导纤维传感器的分类	237
<b>第五节 固态图像传感器</b>	239
一、电荷耦合图像传感器 (CCD)	239
二、其他类型的图像传感器	248
<b>第六节 光栅式传感器</b>	253
一、基本结构和工作原理	253
二、光栅的种类	255
三、莫尔条纹的原理	257
四、光栅的辨向原理和细分技术	258

第七节 光电式传感器在汽车上的应用	262
一、曲轴位置传感器	262
二、转向盘转角传感器	264
三、后视镜暗化电子控制系统	265
四、雨量传感器	267
五、车道保持控制系统	268
六、碰撞缓解系统（防止追尾系统）	270
七、盲区信息系统	271
八、空气流量传感器	272
第九章 化学传感器	275
第一节 湿敏传感器	275
一、湿度的概念	275
二、湿敏传感器的基本结构和工作原理	277
三、湿度传感器的特性参数	278
四、湿度传感器的分类和湿度敏感材料	282
五、陶瓷式湿度传感器	284
六、电解质湿敏传感器	289
七、高分子聚合物湿度传感器	293
第二节 气体传感器	294
一、气体敏感材料的换能特性与分类	295
二、气体传感器的主要参数和特性	296
三、固态电解质气敏传感器	298
四、压电晶体式气敏传感器	301
五、半导体气敏传感器	305
第三节 化学传感器在汽车上的应用	312
一、二氧化锆式氧传感器	312

## 汽车传感器原理与应用

二、二氧化钛式氧传感器·····	314
三、宽域空燃比氧传感器·····	316
四、空气品质传感器·····	318
<b>第十章 超声波传感器和红外辐射传感器·····</b>	<b>320</b>
<b>第一节 超声波传感器·····</b>	<b>320</b>
一、超声波的基本特性·····	320
二、超声波对传播介质产生的作用·····	325
三、超声波传感器·····	326
<b>第二节 红外辐射传感器·····</b>	<b>329</b>
一、红外辐射的基本定律·····	330
二、红外传感器·····	331
三、红外辐射传感器的主要性能参数·····	334
<b>第三节 超声波传感器和红外辐射传感器在汽车上的应用·····</b>	<b>335</b>
一、超声波空气流量传感器·····	335
二、驻车超声波传感器·····	338
三、汽车超声波防盗系统·····	341
四、红外夜视系统·····	341
五、红外遥控系统·····	343
<b>参考文献·····</b>	<b>345</b>

# 第一章 汽车传感器概述

汽车电子技术是汽车工业发展的核心技术之一。汽车传感器作为汽车电子控制系统的信息源，是汽车电子控制系统的关键，也是汽车电子技术领域的核心内容之一。汽车电子控制系统由中央控制单元（ECU）、传感器和执行器三大部分组成，其中传感器的种类最为丰富，一般一辆普通电控发动机的轿车使用的传感器可以达到几十只，而豪华轿车的传感器可达到近百只甚至更多，这些传感器涉及到汽车每一个系统中，使汽车的性能达到最佳化。

汽车传感器是随着汽车电子技术发展起来的一种新技术。汽车传感器是汽车电子控制系统的输入装置，它把汽车运行过程中的各种工况信息转换成电信号输入给中央控制单元 ECU，使汽车各总成部件运行处于最佳状态。

## 第一节 传感器

### 一、传感器的定义

传感器是一种以一定的精度把被测量转换为与之有确定对应关系、便于应用的某种物理的测量装置。在国标 GB7665—1987《传

感器通用术语》中，将传感器定义为：“能够感受规定的被测量，并按一定的规律将其转换成输出信号的器件或装置，通常由敏感元件和转换元件组成”。

根据这一概念有下面几个方面的含义：①传感器是测量装置，能完成信号检测任务；②它的输入量是某一被测量，可能是物理量，也可能是化学量等；③它的输出量是某种物理量，这种量要便于传输、转换、处理、显示等，这种量可以是气、光、电等物理量，但主要是电量。④输出和输入有对应关系，且应有一定的精确度。

在有些学科领域，将传感器称为变换器、检测器和探测器等。在汽车行业内统称传感器。

传感器输出信号有很多形式，如电压、电流、频率、脉冲等，输出信号形式由传感器的原理确定。

## 二、传感器的组成

传感器一般由敏感元件、转换元件、转换电路、辅助电源等部分组成。传感器的作用是把被测的非电量转换成电量输出，因此它首先应包含一个元件去感受被测非电量的变化。但并非所有的非电量都能利用现有手段直接变换成电量，这时需要将被测非电量先变换成易于变换为电量的某一中间非电量。传感器中完成这一功能的元件称为敏感元件。传感器中将敏感元件输出的中间非电量转换成电路参量输出的元件称为转换元件。有些被测非电量可以直接被变换为电路参量，这时传感器中的敏感元件和转换元件就合二为一了。

由于传感器输出信号一般都很微弱，需要有信号调节与转换电路将其放大或变换为容易传输、处理、记录和显示的形式，这时需

要将其进一步变换成可直接利用的电信号，传感器中完成这一功能的部分称为转换电路。有的传感器还需要辅助电源。其功能是负责给转换元件及转换电路供电，保证传感器的工作。

### 三、传感器的分类

传感器的种类繁多，分类方法也很多。传感器的分类可按工作原理、能量关系、输出信号和输入量等进行分类，见表 1-1 所示。

表 1-1 传感器的分类

分类方法	传感器的种类	说明
工作原理	应变式、电容式、电感式、压电式、热电式、磁电式等	传感器以工作原理命名
能量关系	能量转换型传感器	传感器直接将测量的能量转换为输出的能量
	能量控制型传感器	由外部供给传感器能量，而由被测量来控制输出的能量
输出信号	模拟信号	输出为模拟量
	数字信号	输出为数字量
输入量	压力传感器、速度传感器、温度传感器、位移传感器	传感器以被测物理量命名

### 四、传感器的特性

传感器所要测量的信号可能是恒定量或缓慢变化的量，也可能随时间变化较快，无论哪种情况，使用传感器的目的都是使其输出信号能够准确地反映被测量的数值或变化情况。对传感器的输出量与输入量之间对应关系的描述称为传感器的特性。输入量恒定或缓慢变化时的传感器特性称为静态特性；输入量变化较快时的传感器



特性称为动态特性。

### 1. 静态特性

衡量传感器静态特性的重要指标是线性度、灵敏度、迟滞、重复性、零点漂移和温度漂移等技术指标，传感器本身的特点、被测量及外界条件都可能影响这些技术指标。

#### (1) 线性度

所谓传感器的线性度就是其输出量与输入量之间的实际关系曲线偏离直线的程度，又称为非线性误差。非线性误差可用下式表示

$$\delta_L = \frac{\Delta L_{\max}}{Y_{\text{FS}}} \times 100\% \quad (1.1)$$

式中， $\Delta L_{\max}$ —输出量和输出量实际曲线与拟合直线间的最大偏差； $Y_{\text{FS}}$ —输出满量程值。

实际上许多传感器的输出—输入特性是非线性的，如果不考虑迟滞和蠕变效应，一般可用下列多项式表示输出  $y$  与输入  $x$  特性。

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \cdots + a_nx^n \quad (1.2)$$

式中， $a_0$ —零位输出； $a_1$ —传感器线性灵敏度； $a_2, a_3, \cdots, a_n$ —待定常数。

在研究线性特性时，可以不考虑零位输出。下面介绍式 (1.2) 的三种特殊情况

①理想线性特性，在这种情况下，有  $a_0 = a_2 = a_3 = \cdots = a_n = 0$ ，因此得到

$$y = a_1x \quad (1.3)$$

直线上任何点的斜率都相等，为  $a_1$  常数（即为传感器的灵敏度）。

②仅有偶次非线性项，其输出—输入特性方程为

$$y = a_0 + a_2x^2 + a_4x^4 + \cdots \quad (1.4)$$