



QICHE WEIXIU JICHU XUNLIAN CONGSHU

汽车维修基础训练丛书

教你检测 汽车传感器

麻友良◎主编



一看就懂 一学就会

- 知其然，还要知其所以然，本书涵盖：
- 汽车传感器的常见故障及影响
- 汽车传感器的工作特性和检测方法
- 典型汽车传感器检测示例



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



教你



检测汽车传感器

麻友良 主 编



机械工业出版社

本书在系统介绍传感器结构与测量原理的基础上,系统地总结了汽车传感器的结构类型、常见故障及影响、故障检测方法,并给出了典型汽车传感器检测实例。本书还简要介绍了波形法检测传感器的特点及检测方法。

本书图文并茂,可帮助读者在提高传感器认识水平的基础上,提高对汽车传感器结构特点及工作原理的理解能力,熟练掌握汽车传感器检测技能。本书适用于从事或准备从事汽车使用维修的广大读者,同时也可作为大专院校、职业院校学生学习汽车电气与电子控制技术课程的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

教你检测汽车传感器/麻友良主编. —北京:机械工业出版社, 2012. 12

(汽车维修基础训练丛书)

ISBN 978-7-111-40618-1

I. ①教… II. ①麻… III. ①汽车-传感器-检测 IV. ①U463.607

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第286942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:赵海青 责任编辑:赵海青

版式设计:霍永明 责任校对:张晓蓉 申春香

封面设计:马精明 责任印制:乔宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2013年3月第1版第1次印刷

184mm×260mm·18.25印张·448千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-40618-1

定价:49.90元

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

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

汽车传感器是汽车仪表和汽车电子控制系统中的重要部件，在现代汽车上，发动机、底盘及车身均有多种电子控制技术的应用，一些电子控制系统具有多项控制功能，每项控制功能均需要配备若干个传感器。因此，现代汽车上传感器的数量很大、种类繁多。在汽车电子控制系统中，传感器起着将被控对象的各种物理量转换为电量的作用，传感器性能的好坏，是电控单元能否正常实施各项控制功能的关键。在现代汽车的检修过程中，汽车电子控制系统的故障检测与诊断已成为汽车维修的主要工作之一，而汽车电子控制系统故障检修最主要的工作就是汽车传感器的检测。因此，熟悉汽车传感器的结构原理，掌握汽车传感器的检测方法，是汽车使用与维修从业人员所必须具备的专业知识和技能。

本书用一章的篇幅简要地介绍了各类传感器的测量原理、结构类型、特点和可测量的物理量，这些内容可帮助读者提高对传感器的认识水平。在此基础上，本书系统地总结了汽车传感器的作用、类型、工作原理、特性、常见故障及影响、故障检测方法。这些内容帮助读者在汽车电子控制系统电路的故障检修过程中，对传感器的检测不但知其然，还知其所以然。本书给出了典型车型传感器的检测内容和检测方法，既可以使读者通过阅读这些实例来熟悉传感器的检测方法，还可以通过这些具体的实践操作来提高汽车传感器的检测技能。本书还分析了汽车电子控制系统几种常用检测方法的特点，在此基础上，重点介绍了波形法在汽车传感器检测中的作用与特点。以典型专用示波器为例，介绍波形检测法的检测设备、检测方法及检测实例，以使读者对波形法检测传感器及汽车电子控制系统电路有更深入的了解，并在今后的汽车传感器及电子控制系统的检测过程中，能熟练地运用示波器。

本书适用于从事汽车使用与维修的技术人员和工人，以及想要学习汽车仪表及电子控制系统检测与维修的广大读者，也可作为大学、中专、中职、高职等相关专业学生学习的参考用书。

本书由武汉科技大学教授麻友良主编，刘刚任副主编，参加编写的有：邵冬明、许斌、席敏、杨超群、李亦峰。编写本书过程中，阅读了大量相关的书籍资料，从中汲取了许多知识和经验，借此，向这些书的作者表示感谢。由于编者水平所限，书中会有不妥或错误之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一章 绪论 1

第一节 传感器概述 1

一、传感器的定义与基本组成 1

二、传感器的类型 2

三、传感器的基本特征 3

四、传感器的发展概况 5

第二节 汽车传感器 6

一、汽车传感器的作用 6

二、汽车上传感器的应用概况 6

第二章 传感器的工作原理 11

第一节 电阻类传感器 11

一、电阻类传感器的工作方式 11

二、电位计式传感器 13

三、电阻应变式传感器 16

四、热敏电阻式传感器 19

五、其他电阻类传感器 20

第二节 电感类传感器 21

一、自感式电感传感器 22

二、互感式电感传感器 23

三、电涡流式电感传感器 24

四、电感类传感器的特点与应用 25

第三节 电容类传感器 26

一、变极板间隙式电容传感器 26

二、变极板面积式电容传感器 27

三、变介电常数式电容传感器 29

四、电容类传感器的特点与应用 30

第四节 发电类传感器 30

一、压电式传感器 30

二、光电式传感器 32

三、磁电式传感器 35

四、霍尔效应式传感器 36

五、热电式传感器 38

第三章 空气流量传感器 39

第一节 量板式空气流量传感器 39

一、量板式空气流量传感器的测量原理 39

二、量板式空气流量传感器的结构 39

三、量板式空气流量传感器的内部电路 41

四、量板式空气流量传感器的检测方法 41

第二节 卡门涡旋式空气流量传感器 44

一、卡门涡旋式空气流量传感器的测量原理 44

二、反光镜式空气流量传感器 44

三、超声波式空气流量传感器 45

四、卡门涡旋式空气流量传感器的检测方法 45

第三节 热式空气流量传感器 48

一、热式空气流量传感器的测量原理 48

二、热丝式空气流量传感器 49

三、热膜式空气流量传感器 49

四、热式空气流量传感器的检测方法 50

第四章 进气压力传感器 55

第一节 压敏电阻式进气压力传感器 55

一、压敏电阻式进气压力传感器的测量原理 55

二、压敏电阻式进气压力传感器的结构 56

三、压敏电阻式进气压力传感器的检测方法 56

第二节 电容式进气压力传感器 59

一、电容式进气压力传感器的测量原理 59

二、电容式进气压力传感器的结构 60

三、电容式进气压力传感器的检测方法 60

第三节 真空膜盒式进气压力传感器 62

一、真空膜盒结构原理 62

二、差动变压器式进气压力传感器 62

三、互感式进气压力传感器 63

四、电位计式进气压力传感器 64

五、真空膜盒式进气压力传感器的检测方法 64

第四节 其他压力传感器 65

一、大气压力传感器 65

二、机油压力传感器 67

三、制动气压传感器 67

四、蓄压器压力传感器 68

五、共轨压力传感器	69	二、线性节气门位置传感器的结构	99
第五章 发动机转速与曲轴		三、线性节气门位置传感器的检测方法	99
位置传感器	71	第二节 开关式节气门位置传感器	105
第一节 磁感应式发动机转速与曲轴位置传感器	71	一、开关式节气门位置传感器的测量原理	105
一、磁感应式发动机转速与曲轴位置传感器的测量原理	71	二、开关式节气门位置传感器的结构	106
二、导磁转子触发式发动机转速与曲轴位置传感器	72	三、开关式节气门位置传感器的检测方法	107
三、齿圈触发式发动机转速与曲轴位置传感器	73	四、编码式节气门位置传感器	110
四、磁感应式发动机转速与曲轴位置传感器的检测方法	74	第七章 汽车温度传感器	112
第二节 光电式发动机转速与曲轴位置传感器	79	第一节 热敏电阻式温度传感器	112
一、光电式发动机转速与曲轴位置传感器的测量原理	79	一、热敏电阻式温度传感器的测量原理	112
二、光电式发动机转速与曲轴位置传感器的结构	79	二、热敏电阻式温度传感器的结构	113
三、光电式发动机转速与曲轴位置传感器的检测方法	80	三、发动机冷却液温度传感器	113
第三节 霍尔效应式发动机转速与曲轴位置传感器	83	四、进气温度传感器	116
一、霍尔效应式发动机转速与曲轴位置传感器的测量原理	83	五、变速器油温度传感器	120
二、导磁转子触发的霍尔效应式传感器	84	六、车内、车外温度传感器	122
三、专用齿槽触发的霍尔效应式传感器	85	七、蒸发器温度传感器	124
四、霍尔效应式发动机转速与曲轴位置传感器的检测方法	85	八、排气温度传感器	126
第四节 车速传感器	89	九、废气再循环 (EGR) 温度传感器	128
一、磁感应式车速传感器	89	十、燃油温度传感器	129
二、光电式车速传感器	90	第二节 其他形式的温度传感器	130
三、霍尔效应式车速传感器	91	一、热敏铁氧体式冷却液温度传感器	131
四、舌簧开关式车速传感器	92	二、双金属片式冷却液温度传感器	132
五、磁阻式车速传感器	93	第八章 爆燃传感器	134
第五节 车轮转速传感器	94	第一节 爆燃传感器概述	134
一、磁感应式车轮转速传感器	95	一、爆燃传感器的作用	134
二、霍尔效应式车轮转速传感器	97	二、爆燃的识别与控制过程	136
第六章 节气门位置传感器	98	第二节 压电式爆燃传感器	137
第一节 线性节气门位置传感器	98	一、压电式爆燃传感器的测量原理	137
一、线性节气门位置传感器的测量原理	98	二、压电式爆燃传感器的结构类型	137
		三、压电式爆燃传感器的检测方法	138
		第三节 磁电式爆燃传感器	142
		一、磁电式爆燃传感器的测量原理	142
		二、磁电式爆燃传感器的结构原理	142
		三、磁电式爆燃传感器的检测方法	142
		第九章 氧传感器	144
		第一节 氧传感器概述	144
		一、氧传感器的作用	144



二、空燃比反馈控制过程	145	第八节 湿度传感器	189
第二节 氧化锆式氧传感器	146	一、湿敏电阻式湿度传感器	189
一、氧化锆式氧传感器的测量原理	146	二、结露式湿度传感器	190
二、氧化锆式氧传感器的结构 与工作特性	146	第九节 其他传感器	191
三、氧化锆式氧传感器的检测方法	147	一、光电式烟尘浓度传感器	191
第三节 氧化钛式氧传感器	153	二、柴油机烟度传感器	192
一、氧化钛式氧传感器的测量原理	153	三、NO _x 传感器	193
二、氧化钛式氧传感器的结构与特性	153	四、超声波距离传感器	194
三、氧化钛式氧传感器的检测方法	154	五、方位与方向传感器	194
第四节 稀薄混合气氧传感器	155	六、雨滴与雨量传感器	197
一、稀薄混合气氧传感器的作用原理	155	七、光电式燃油流量传感器	198
二、稀薄混合气氧传感器的检测方法	156	八、静电式制冷剂流量传感器	198
第五节 宽域氧传感器	157	九、角速度传感器	199
一、宽域氧传感器的作用原理	157	第十一章 传感器的波形法检测	202
二、宽域氧传感器的检测方法	157	第一节 概述	202
第十章 汽车其他传感器	159	一、汽车传感器常用故障检测方法 特点分析	202
第一节 汽车减速度传感器	159	二、波形检测法常用检测设备简介	204
一、差动变压器式减速度传感器	159	第二节 示波器检测呈周期变化的波形	208
二、水银式减速度传感器	160	一、示波器检测呈周期变化波形 特点分析	208
三、光电式减速度传感器	163	二、专用示波器周期信号检测实例	209
第二节 汽车碰撞传感器	164	第三节 示波器检测非周期变化的波形	212
一、碰撞传感器的作用与类型	164	一、示波器检测非周期变化波形 特点分析	212
二、开关式碰撞传感器	165	二、专用示波器非周期信号检测实例	213
三、电子式碰撞传感器	169	第四节 示波器检测稳定不变或缓慢 变化的波形	218
第三节 转向盘转矩传感器	171	一、示波器检测稳定不变或缓慢变化 波形特点分析	218
一、电感式转向盘转矩传感器	172	二、专用示波器稳定不变或缓慢变化 信号检测实例	218
二、电位计式转向盘转矩传感器	172	第十二章 典型汽车传感器检测实例	220
第四节 转向盘转角传感器	173	第一节 上海大众与通用车系	220
一、光电式转向盘转角传感器	173	一、大众车系专用检测工具	220
二、磁感应式转向盘转角传感器	176	二、桑塔纳 3000 轿车传感器检测	221
第五节 车身位移与振动传感器	176	三、上海大众波罗轿车传感器检测	226
一、光电式车身位移传感器	176	四、上海通用君威 2.0L 型轿车 (L34 发动机) 传感器检测	231
二、磁感应式车身振动传感器	179	第二节 一汽车系	235
第六节 光照度传感器	180	一、一汽马自达 M6 轿车传感器检测	235
一、半导体光敏电阻式光照度传感器	180	二、一汽红旗世纪星轿车传感器检测	242
二、二极管光敏电阻式光照度传感器	181	三、一汽天津威驰轿车传感器检测	245
第七节 液位传感器	182		
一、浮子式燃油液位传感器	182		
二、热敏电阻式燃油液位传感器	184		
三、电容式燃油液位传感器	186		
四、电热式燃油液位传感器	187		
五、舌簧开关式液位传感器	187		

第三节 其他典型汽车	251	四、广汽丰田凯美瑞轿车传感器检测	266
一、东风悦达起亚赛拉图轿车		五、北京现代索纳塔轿车传感器检测	268
传感器检测	251	六、东风雪铁龙 C5 轿车传感器检测	275
二、北京三菱速跑汽车传感器检测	257	七、广汽本田雅阁轿车传感器检测	277
三、长安福特蒙迪欧 (1.8L) 轿车		参考文献	282
传感器检测	263		

第一章



绪 论

第一节 传感器概述

一、传感器的定义与基本组成

1. 传感器的定义

传感器是一种将某种物理量或化学量转换为另一种物理量的器件或装置，转换之目的是使被测物理量易于识别、处理、存储和显示。传感器在测试系统和自动控制系统中起着极为重要的作用，其转换的另一种物理量就是电量。

传感器对被测物理的转换过程是工程测量和自动控制的首要环节，其作用就相当于人的感觉器官。人要通过眼睛（视觉）、耳朵（听觉）、鼻子（嗅觉）、皮肤（触觉）去感知周围的环境和事物，而测试系统和自动控制系统则是通过传感器来“感知”被测或被控对象的状态（物理量或化学量）。

在测试系统中（图 1-1），传感器将被测参量转换为电信号，再经测量电路进行信号处理后，由显示器显示或输入计算机储存。

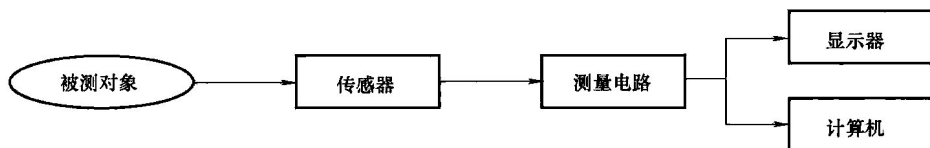


图 1-1 传感器在测试系统中的作用

在自动控制系统中（图 1-2），传感器将被控对象的状态（某种物理量）转换为电信号，并输送给控制器，控制器根据传感器的电信号对被控对象的状态进行分析判断，并输出控制

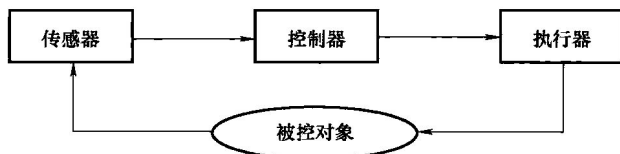


图 1-2 传感器在自动控制系统中的作用



信号，使执行器工作，从而实现自动控制。

2. 传感器的基本组成

不同用途、不同类型的传感器其结构形式和具体的组成部件会有较大的差别，但从总体上讲，传感器主要由传感元件和相应的辅件组成，如图 1-3 所示。

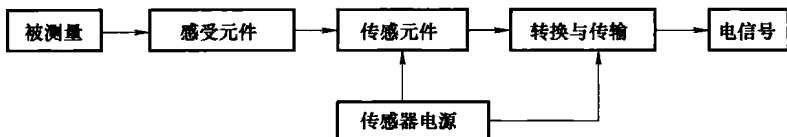


图 1-3 传感器的基本组成

(1) 感受元件：直接感受被测量，并将被测量按某种确定的对应关系传递给传感元件。一些传感器的感受元件与传感元件合二为一。

(2) 传感元件：又称敏感元件，是传感器的核心，用于将被测物理量转换为相应的电量（电压、电流、脉冲频率等）或电路参量（电阻、电容、电感等）的变化。

(3) 转换与传输：将传感元件对应于被测量而变化的电阻、电容、电感等参量转换为相应的电信号输出。一些传感器（磁电式、压电式传感器等）直接由传感元件产生电信号，可以不用转换与传输电路。

(4) 传感器电源：向传感器中传感元件和信号转换与传输电路提供电能。一些传感器其传感元件（如电压晶体、电感线圈等）自身可产生电信号，这些传感器不需要电源。

二、传感器的类型

传感器的种类有许多种，通过不同的分类方法对各种各样的传感器进行归类，可对现有传感器的类型和作用有较为全面的了解。

1. 按传感（敏感）元件的类型分

按传感器传感元件所属的不同类型分，有压电式传感器、磁电式传感器、光电式传感器、热电式传感器、应变式传感器、电位计式传感器等。

1) 压电式传感器。其传感元件受力时会发生压电效应，产生与被测参量相对应的电信号。压电式传感器通常用于测力、压力、振动等物理量。

2) 磁电式传感器。依据电磁感应原理制成的传感器，通常用于测位移、速度或加速度等，也可用于测力、振动等物理量。

3) 光电式传感器。依据光电效应原理制成的传感器，在汽车上，光电式传感器主要用于测转速、位置等物理参量。

4) 热电式传感器。依据热电效应原理制成的传感器，主要用于测量温度，在汽车上很少使用。

5) 应变式传感器。依据金属丝和半导体的电阻应变效应制成的传感器，用于测力、压力、转矩等，也可测量位移、加速度、振动等物理量。

6) 电位计式传感器。这类传感器主要用于测量位移，在汽车上应用较多。

不同于上述传感元件的传感器还有热敏电阻式、光敏电阻式、磁敏电阻式、电容式、电感式等多种。由于某一种类型的传感元件可用于多种物理量的测量，而测量同一种物理量的



传感元件又可制成不同用途的传感器。例如，利用热敏电阻可制成发动机温度传感器、排气温度传感器、蒸发器温度传感器、燃油温度传感器等汽车用温度传感器。因此，如果按用途命名传感器，传感器则有很多种。

2. 按传感器的信号变换特征分

按传感器的传感元件其信号转换特征分，传感器可分为结构型和物性型两大类。

1) 结构型传感器。结构型传感器是通过其传感元件的结构产生部分变化或变化后引起场（力场、电场、磁场）的变化，将被测物理量转换为电信号。例如，电位计式传感器、电感类传感器、电容类传感器等均属于结构型传感器。

2) 物性型传感器。物性型传感器通过传感元件自身物性的改变，直接产生能反映被测量的电信号。热敏电阻式传感器、光电式传感器、压电式传感器等均属物性型传感器。

3. 按信号转换的原理分

按传感器产生电信号的工作原理不同分，可将传感器分为参量式和发电式两大类。

1) 参量式传感器。参量式传感器的传感元件随被测物理量的变化而产生相应的电路参数（电阻、电容、电感等）变化，再通过转换与传输电路转换为相应的电信号。电阻类传感器、电感类传感器及电容类传感器等均属于参量式传感器。

2) 发电式传感器。发电式传感器的传感元件随被测物理的变化直接产生相应的电信号。光电式传感器、磁电式传感器、压电式传感器、热电式传感器、霍尔效应式传感器等均属于发电式传感器。

4. 按传感器的能量关系分

按传感元件与被测对象之间的能量关系分，传感器可分为能量转换型和能量控制型两种类型。

1) 能量转换型传感器。传感器传感元件通过吸收被测对象部分能量产生相应的电信号，工作中有能量的传递，易造成误差。例如，热电偶式温度传感器、弹性压力计式压力传感器等均属能量转换型传感器。

2) 能量控制型传感器。传感器由外部供给能量，传感元件随被测量的改变控制外部能量的变化而使传感器产生相应的电信号。例如，参量式传感器须由传感器电源提供电能才能产生电信号，这类传感器均属能量控制型传感器。

5. 按输出电信号的形式分

按传感器输出电信号的形式分，可分为模拟式传感器、数字式传感器和开关式传感器等不同的形式。

1) 模拟式传感器。随被测量的变化传感器输出连续变化的电信号，由电信号的幅值（大小）反映被测量。

2) 数字式传感器。传感器输出脉冲式电信号，由电信号的高低电平或脉冲信号的频率反映被测量。

3) 开关式传感器。传感器输出一个设定的低电平或高电平信号，以反映被测量达到某个特定的阈值。

三、传感器的基本特征

传感器在测试系统和自动控制系统中，是一个相对独立的装置，在设计、制造及选用传

感器时，都要涉及传感器的性能指标。传感器的性能指标分为静态特性和动态特性两种状态。

1. 传感器的静态特性

传感器的静态特性是指被测对象的某种被测物理量恒定不变或非常缓慢变化的情况下，传感器的输出量与输入量（被测量）之间的关系。最理想的传感器静态特性其输入输出之间呈线性关系，即

$$y = Sx \quad (1-1)$$

式（1-1）中的 S 为常数，表示测试系统的灵敏度。测试系统实际的静态特性并非单纯的线性关系。与整个测试系统一样，传感器的实际静态特性也可用非线性、迟滞性、灵敏度和负载作用等来表征。

1) 非线性。传感器实际的输出量与输入量之间呈非线性关系，如图 1-4 所示。非线性是对静态测量偏离线性的度量，由式（1-2）表示：

$$\text{非线性度} = \frac{B}{A} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中 A ——测试系统的量程；

B ——测量范围内最大的非线性偏差。

传感器的非线性大，则传感器信号的误差也大。

2) 迟滞性。测试系统在同样的测试条件下，被测量从小到大改变时的传感器信号与被测量从大到小改变时的不一样，这种现象称之为迟滞性，如图 1-5 所示。迟滞性也被称为回程误差，是造成传感器在静态测量时其信号有误差的原因之一。迟滞性用测试系统量程范围内最大回程误差值 H 与量程 A 的比值来度量，即

$$\text{迟滞性} = \frac{H}{A} \times 100\% \quad (1-3)$$

传感器本身导致回程误差的原因是传感器的材料和结构有滞后现象或有不工作区，例如，磁性材料的磁化、一般材料的受力变形、转换元件的摩擦力及间隙等均是产生回程误差的可能因素。不工作区也称死区，即对传感器的输出无影响的被测量变化范围。

3) 灵敏度。传感器的灵敏度 S 是反映被测量的变化引起传感器输出信号变化的大小程度，灵敏度的定义如下：

$$S = \frac{dy}{dx} \quad (1-4)$$

式中 dx ——输入量（被测量）的微小变化；

dy ——输出量（传感器输出信号）的微小变化。

理想的线性传感器，其灵敏度为一常数（直线的斜率）；对非线性度很小的传感器来说，在量程范围内，其灵敏度也近似于常数；而线性很差的传感器信号，其灵敏度则会随被测量的变化而有较大的改变。

4) 负载作用。传感器会从被测对象中吸取一部分能量，从而改变了被测参数原真实数

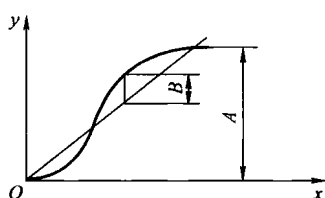


图 1-4 传感器的非线性

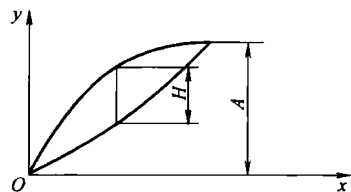


图 1-5 传感器的迟滞性

值,这种现象称为负载作用。例如,热电式温度传感器从被测对象中吸取了热量、转矩传感器的扭力杆消耗了被测对象的机械能。如果传感器从被测对象中吸取的能量占被测对象的总能量的比例较大,就会影响传感器信号的精度。

2. 传感器的动态特性

传感器的动态特性是指在被测量瞬间变化或连续不断变化的情况下,传感器的输入(被测量)与传感器信号输出之间的关系。传感器动态特性的性能参数有响应时间(时间常数)、固有频率、阻尼系数等。

1) 响应时间。一些传感器用于动态测量时其信号的产生具有滞后性,通常用时间常数 τ 来表示。 τ 反映了传感器信号滞后于被测量变化的时间。这一类传感器由于其输出信号跟不上被测量的变化,因而会产生动态测量误差(衰减失真)。因此,用于动态测量的传感器,要求其动态特性要好。对于整个测试仪器来说,其响应时间通常用 3τ 或 4τ 来表示。

2) 固有频率和阻尼系数。有些传感器在动态测量时会产生放大失真,即传感器的输出信号表示的量值大于实际的被测量。这类传感器在进行动态测量时也会产生动态误差,表示其动态特性的参数是固有频率 ω_n 和阻尼系数 ζ 。

3. 传感器的标定

传感器的特性标定是指通过实验的方法确定传感器特性的过程,确定传感器静态特性指标的过程称为传感器的静态标定,而确定传感器动态特性参数 τ 或 ω_n 、 ζ 的过程则称为动态标定。

在传感器的研制、产品性能评价过程中通常需要对传感器进行特性标定,当传感器与测量电路及显示装置组成测试系统时,则需要对整个测试系统进行静、动态特性的标定。

四、传感器的发展概况

早期的传感器技术以结构型传感器为主,其基本特征是以结构的部分变化或变化后引起场(力场、电场、磁场)的变化来反映被测量。

结构型传感器能够转换的被测量极为有限,物性型传感器的出现和迅速发展,才使测试技术和自动控制技术有了今天的发展水平。物性型传感器利用敏感材料本身的物性随被测量的改变而变化来产生相应的电信号。根据其敏感材料敏感特性的不同,物性型传感器有热敏、光敏、压敏、磁敏、湿敏、声敏、色敏、味敏、化学敏,等等。

虽然敏感材料的种类有限,但由敏感材料构成的传感器可以有很多。这是因为同一种敏感材料可以用于转换不同的被测物理量,即使是转换同一种被测物理量也可以作不同的用途。比如,压敏元件可做成测振动传感器、压力传感器、测力传感器等;又如,以热敏材料做成的温度传感器可用作发动机温度传感器、空调蒸发器温度传感器、室内温度传感器等。

测试技术和自动控制技术进一步发展的关键是传感器技术的发展,现代传感器技术的进一步发展,主要体现在如下三个方面。

(1) 新的敏感材料的开发与应用

新的敏感材料不断地出现,例如:新型晶体、陶瓷、高分子材料、超导体、光导纤维、液晶、生物功能材料、凝胶、稀土金属等,以及被称之为“智能材料”的形状记忆合金、具有自增殖能力的生物体等。这些敏感材料的开发与使用,不仅使可测量的范围扩大了,也使传感器的集成化、小型化、更高性能及智能化成为一种发展趋势。

此外,随着对材料性能控制技术的逐渐成熟,原来以敏感材料的特性来设计传感器的传统设计方法将会转变为按传感器的要求来合成所需的敏感材料。这样,传感器测量范围的扩大以及性能的提高将更加迅速。

(2) 结构小型化、更轻便

如前所述,新的敏感材料出现,使得传感器从结构型转向了物性型。随着电子技术、微加工技术和集成化工艺等方面的发展,集成化传感器开发应用也成为热点之一。新型传感器结构向着小型化、轻便及器件与电路一体化的方向发展,使其适用性得到进一步提高。

(3) 功能高精度、智能化

随着科学技术的发展,对传感器提出更高精度和智能化的要求。集成化传感器可以是同一功能的敏感元件排列成不同的阵列,以适应高精度和不同被测量的需要;也可以是不同功能的敏感元件集成在一起,组成可同时测量不同参量的传感器;或者是传感器与测量电路集成在一起,使传感器具有信号处理、温度补偿等自动调整功能。

第二节 汽车传感器

一、汽车传感器的作用

现代汽车上有许多传感器,这些汽车传感器主要用于测量(汽车仪表和指示灯系统)和控制(汽车电子控制系统)。

1. 用于工作状态参数和极限参数的测量

在汽车仪表系统中,各种仪表的传感器的作用是将发动机温度、机油压力、发动机转速、变速器输出轴转速、燃油箱油面的高低等物理参量转换为相应的电压、电流或电脉冲,并驱动相应的仪表动作,显示相应的被测参量。

在指示灯系统中,开关式传感器用于监测发动机温度、机油压力、燃油箱液面、制动液液面等参数的阈值,当这些参数达到设定的极限值时,传感器触点就会接通相应的指示灯电路,使指示灯亮起而报警。

2. 用于实现汽车各种自动控制

汽车电子控制系统由传感器、控制器和执行器组成(图1-2)。在汽车电子控制系统中,传感器的作用是将被控对象的相关参量转换为相应的电信号,并输送给控制器,控制器根据相关传感器的信号对被控对象的工况及状态进行分析与判断后,输出控制信号,通过执行器实现自动控制。

二、汽车上传感器的应用概况

现代汽车电子控制系统可大致分为发动机电子控制系统、底盘电子控制系统和车身电子控制系统三大部分,每一部分的汽车电子控制系统又有多项控制功能,而每项控制功能需要有一个或多个传感器来检测被控对象的相关参量。

1. 发动机电子控制系统中传感器的应用情况

发动机电子控制系统通常包含燃油喷射控制、点火控制、发动机怠速控制、炭罐通气量控制等控制功能,有的电控发动机还有其他的控制功能,例如,废气再循环控制功能、配气



相位可变控制功能、进气谐波增压控制功能等。

(1) 燃油喷射控制

燃油喷射电子控制系统可实现发动机各种工况和状态下的最佳空燃比控制，以提高发动机的动力性和经济性，降低排气污染。燃油喷射控制系统各项控制功能所用的传感器主要有：

1) 基本喷油量控制。发动机在正常工作温度和转速范围内，实施最佳空燃比控制，所用到的传感器有：发动机转速传感器、进气流量传感器或进气压力传感器。

2) 进气温度修正控制。针对进气温度的变化对喷油量的修正控制，发动机电子控制器主要根据进气温度传感器信号实施该项控制。

3) 起动时修正控制。发动机电子控制器根据起动开关和发动机温度传感器的信号进行起动喷油量修正控制，以使发动机容易起动。

4) 起动后修正控制。发动机电子控制器根据点火开关和发动机转速传感器的信号进行发动机起动后的喷油量修正控制，以使发动机转速稳定。

5) 怠速暖机修正控制。发动机控制器根据节气门位置传感器、发动机温度传感器及发动机转速传感器的信号实施怠速暖机喷油量修正控制，以使发动机怠速稳定，并快速暖机。

6) 加减速修正控制。该项控制功能用到的传感器有：节气门位置传感器、进气流量传感器（或进气压力传感器）、发动机转速传感器和发动机温度传感器。

7) 汽油高温修正控制。发动机电子控制器根据燃油箱油温传感器（或发动机温度传感器）信号和起动开关信号进行汽油高温喷油修正控制，以使发动机热机起动容易。

8) 空燃比反馈修正控制。发动机电子控制器根据氧传感器的信号进行空燃比反馈喷油量修正控制，将混合气的浓度控制在理论空燃比。

(2) 点火控制

点火控制系统的主要作用是实现发动机在各种工况和状态下的最佳点火时间控制，以提高发动机的动力性和经济性，并使发动机容易起动。各项控制功能所用传感器主要有：

1) 基本点火提前角控制。发动机在正常的工作温度和转速范围内所进行的最佳空燃比控制，发动机电子控制器根据发动机转速传感器、进气流量传感器（或进气压力传感器）产生的电信号判断发动机的工况，实现基本点火提前角控制。

2) 修正点火提前角控制。发动机在低温、怠速、混合气过浓或过稀、爆燃等状态下，发动机电子控制器根据相关传感器的电信号进行点火提前角修正控制。修正点火提前角控制所用到的传感器有：发动机温度传感器、节气门位置传感器、氧传感器、爆燃传感器等。

(3) 发动机怠速控制

发动机怠速控制系统在发动机处于怠速工况时起作用，以确保发动机在各种状态下均有最适宜的转速。各项控制功能所用传感器主要有：

1) 发动机怠速稳定控制。使发动机始终在最适当的转速下稳定运行，所用的传感器有节气门位置传感器、发动机转速传感器和发动机温度传感器。

2) 发动机高怠速控制。使发动机在怠速工况下能带动一定的负载，或避免在发动机怠速工况下，因突然有负荷而转速不稳定或熄灭。该项控制功能所用到的传感器和开关有节气门位置传感器、空调冷气开关、转向盘传感器、变速器档位传感器（开关）等。

(4) 炭罐通气量控制

活性炭罐的作用是吸附汽油箱的汽油蒸气，并用通气的方式将活性炭吸附的汽油蒸气吹



入进气管，再进入燃烧室烧掉，以避免汽油蒸气排入大气而造成空气污染；炭罐通气量控制的作用是控制炭罐适时、适量地通气，既在确保发动机工作不受影响，又能及时驱走炭罐中活性炭所吸附的汽油蒸气，使其能持续起吸附燃油箱汽油蒸气的作用。

炭罐通气量控制系统所用到的传感器主要有发动机转速传感器、进气流量（或进气压力）传感器、节气门位置传感器、发动机温度传感器及氧传感器等，电子控制器根据这些传感器信号判断发动机的工况和状态，实现炭罐最佳通气量控制。

（5）废气再循环控制

发动机废气再循环是利用废气中的 CO_2 能吸收热量的特点，引入燃烧室吸收热量，以降低燃烧温度，抑制 NO_x 的排放量。废气再循环控制系统的作用则是对废气的循环流量进行适时、适量的控制，以便在确保发动机正常工作的前提下，达到最佳的 NO_x 排放控制效果。

废气再循环电子控制系统中所用到的传感器主要有：发动机转速传感器、进气流量（或进气压力）传感器、节气门位置传感器、发动机温度传感器及废气再循环阀开度传感器等。

2. 底盘电子控制系统中传感器的应用情况

底盘电子控制系统包括防抱死制动系统（ABS）、防滑转电子控制系统（ASR）、悬架电子控制系统、自动变速器电子控制系统、巡航控制系统等。

（1）防抱死制动系统（ABS）

ABS 的作用是在汽车紧急制动时，自动控制车轮制动器的制动压力，使车轮不被抱死，以确保车胎与地面之间的附着力，提高制动安全。

ABS 电子控制系统所用到的传感器主要有：车轮转速传感器、减速度传感器及车速传感器等。ABS 电子控制器主要是根据车轮转速传感器的信号来判断制动器制动压力大小，根据减速度传感器的信号判断路面附着力情况，根据车速传感器信号计算车轮滑移率，并根据计算与判断结果输出控制信号，对制动器制动压力实施减压、增压或保压控制，使车轮滑移率在理想的范围之内。

（2）防滑转电子控制系统（ASR）

ASR 电子控制系统在汽车驱动轮滑转时起作用，通过控制发动机的输出功率和对滑转车轮施加制动力，以避免驱动轮滑转过快而使车胎与地面之间的附着力下降，达到提高汽车的牵引力和驾驶操纵稳定性之目的。

ASR 电子控制系统所用到的传感器主要有：车轮转速传感器、主副节气门位置传感器及发动机转速传感器（通常从发动机电子控制器通信中获得发动机转速信号）等。ASR 电子控制器根据驱动轮和非驱动轮的转速传感器信号计算驱动车轮滑转率，并根据发动机转速信号和节气门开度情况确定控制方式，输出相应的控制信号控制执行机构工作，将驱动轮的滑转率控制在设定的范围之内。

（3）悬架电子控制系统

在一些汽车上使用空气或油气式主动悬架，其电子控制系统的作用是根据汽车行驶工况、载质量及路面情况，对悬架的刚度、阻尼和车身高度进行调节，以确保车辆的操纵稳定性和乘坐的舒适性。

悬架电子控制系统所用到的传感器主要有：车速传感器、车身高度传感器、车身振动传感器、转向盘转角传感器、制动灯开关、模式选择开关等。悬架电子控制器根据这些传感器



信号判断汽车的行驶工况、车速及路面情况,对悬架弹簧刚度、减振器阻尼及车身的高度进行自动控制。

(4) 自动变速器电子控制系统

目前汽车上使用最多的自动变速器还是液力传动电控自动变速器,其电子控制系统的作用是根据车速、节气门开度等实现自动换档控制、主油路压力控制和变矩器锁止控制。

自动变速器电子控制系统所用到的传感器和开关主要有:车速传感器、节气门位置传感器、发动机转速传感器、发动机温度传感器、变速器油温度传感器、档位开关、模式选择开关等。

(5) 动力转向电子控制系统

动力转向的作用是给转向机构施以动力,可使驾驶人转向轻便。动力转向电子控制系统的作用是根据车速的高低自动控制转向助力的大小,以确保汽车低速时转向轻便,而在高速时又有良好的路感。

液力式动力转向电子控制系统主要根据车速传感器的信号进行转向助力大小的控制,而电动式动力转向电子控制系统所用的传感器除了车速传感器外,还有转向盘转矩传感器和发动机转速传感器等。

(6) 巡航控制系统

汽车巡航控制系统的作用是实现汽车行驶速度的稳定控制,故也称其为定速控制系统,其电子控制系统可将汽车的行驶速度自动稳定在设定的车速。

巡航电子控制系统所用的传感器主要是车速传感器,另外还用到了制动灯开关、空档起动开关(自动变速器)、离合器开关(手动变速器)、驻车制动器开关等。巡航电子控制器根据车速传感器的信号判断当前的车速是否高于或低于设定的车速,并输出相应的控制信号,将车速迅速调整到设定的车速。

3. 车身电子控制系统中传感器的应用情况

车身电子控制系统包括安全气囊系统、自动空调系统、电子仪表系统及防盗系统等。

(1) 安全气囊系统

安全气囊系统的作用是在汽车发生严重碰撞时,在人体和硬物之间形成一个气袋,以减轻车内乘员受伤程度。安全气囊与安全带配合使用,在汽车发生严重碰撞时,可使人头部受伤率减少 30%~50%,面部受伤率减少 70%。

安全气囊电子控制器主要根据碰撞传感器的信号对汽车碰撞强度作出判断,以确定安全气囊是否需要膨开。如果是严重碰撞,安全气囊控制器便输出相应的控制信号,控制点火器点火,在安全带收紧器收紧安全带的同时,使气囊膨开;如果判断为碰撞较严重,但其强度无需气囊膨开,控制器则只控制安全带收紧器工作,将安全带收紧。

(2) 自动空调系统

自动空调系统可根据车内外的温度和驾驶人的相关设置,自动控制压缩机、各个风门驱动器及鼓风机等工作,将车内温度、湿度及空气的清新程度调整到最适宜的状态。

自动空调电子控制系统所用的传感器主要有车内温度传感器、车外温度传感器、蒸发器温度传感器、阳光传感器、压力开关及各风门位置传感器等,电子控制器根据这些传感器信号判断车内外及蒸发器处的温度、风门的位置、制冷系统压力有无异常等,并输出相应的控制信号,通过执行器进行相关的控制。