

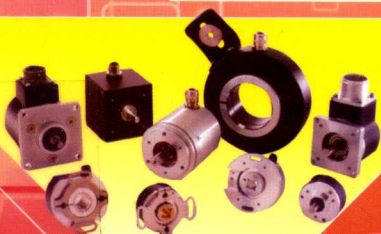


“十二五” 职业教育规划教材

传感器与检测技术

CHUANGANQI YU JIANCE JISHU

张晓娜 胡孟谦 主编



化学工业出版社



“十二五”职业教育规划教材

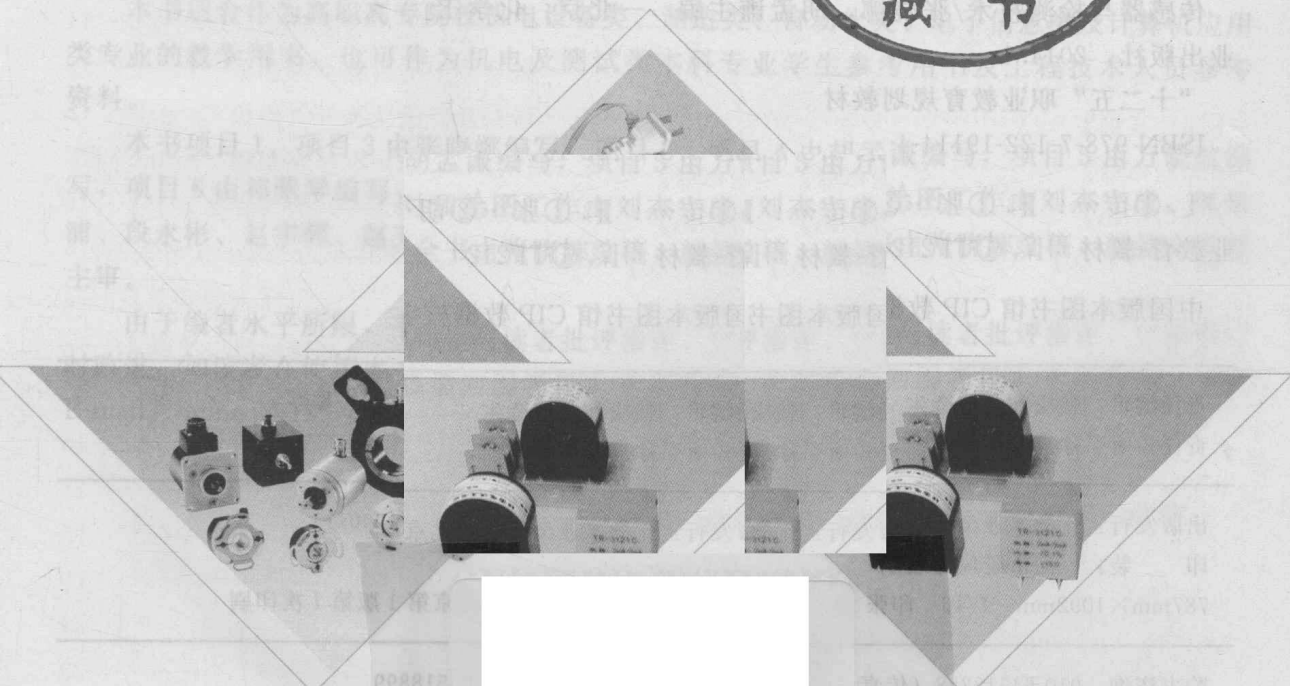
传感器与检测技术

CHUANGANQI YU JIANCE JISHU

张晓娜 胡孟谦 主编

祁翠琴 万晓航 刘杰 张军翠 副主编

韩提文 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

本书系统介绍了传感器与检测技术的相关概念、常见传感器的工作原理、现代检测技术等内容，内容深入浅出，强调传感器在检测中的应用，突出新颖性、系统性、技术性、知识性、趣味性、实用性和可操作性。采用项目式编写体例。同时，教材内容紧跟传感器与检测技术的发展，及时将新技术、应用引入教材，并将常用传感器单独设置为项目，便于教师根据所在院校的实际情况选择使用。

为方便教学，本书配套电子课件。

本书适合作为高职高专院校机电设备类、制造类、自动化类、电子信息类及计算机应用类专业的教学用书，也可作为机电及测试类本科专业学生参考用书及工程技术人员参考资料。

传感器与检测技术

CHUANGANGJI YU JIANCE JISHU

主编 胡孟谦 张晓娜

主审 李军 杰 姚 翔 李 翠 琳

审主 文 颖 静

图书在版编目 (CIP) 数据

传感器与检测技术/张晓娜, 胡孟谦主编. —北京: 化学工业出版社, 2014. 1

“十二五”职业教育规划教材

ISBN 978-7-122-19114-4

I. ①传… II. ①张…②胡… III. ①传感器-检测-高等教育-教材 IV. ①TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 279219 号

责任编辑: 韩庆利 王金生

装帧设计: 韩 飞

责任校对: 徐贞珍

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 9 $\frac{3}{4}$ 字数 237 千字 2014 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 22.00 元

版权所有 违者必究

前 言

本书内容符合国家教育部关于“高等教育要面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的基本要求，根据教育部制定的《高职高专教育专业人才培养目标及规格》的要求，结合专业实际教学的需要编写。

传感器技术是现代科学技术的重要组成部分，在当今时代，随着自动检测技术、控制技术的发展，传感器技术已经成为许多专业工程技术人员必须掌握的技术之一。传感器技术是测量和控制技术的基础，用传感器将非电量转换成电量，从而对原始信息进行精确可靠地捕获和转换。

本书采用项目式编写体例，每个项目包括“项目描述”、“任务导入”、“基本知识与技能”、“任务实施”、“课外实训”、“知识拓展”、“项目小结”、“习题与训练”八个栏目，系统介绍了传感器与检测技术的相关概念、常见传感器的工作原理、现代检测技术等内容，内容深入浅出，强调传感器在检测中的应用，突出新颖性、系统性、技术性、知识性、趣味性、实用性和可操作性。每个项目中的学习任务介绍传感器的类型、结构、特性、原理、技术参数和选用方法，简化了理论，避免过多的公式推导和电路分析，然后结合实例介绍传感器的应用。同时，教材内容紧跟传感器与检测技术的发展，及时将新技术、应用引入教材，并将常用传感器单独设置为项目，便于教师根据所在院校的实际情况选择使用。

本书适合作为高职高专院校机电设备类、制造类、自动化类、电子信息类及计算机应用类专业的教学用书，也可作为机电及测试类本科专业学生参考用书及工程技术人员参考资料。

本书项目 1、项目 3 由张晓娜编写，项目 2、项目 4 由胡孟谦编写，项目 5 由万晓航编写，项目 6 由祁翠琴编写，项目 7 由张军翠编写，文字校对和绘图工作由刘杰完成，解景浦、段永彬、赵宇辉、赵玉、冯之权等也参与本书的编写。全书由张晓娜统稿，韩提文教授主审。

由于编者水平所限，书中如有不足之处敬请使用本书的师生与读者批评指正，以便修订时改进。如读者在使用本书的过程中有其他意见或建议，恳请向编者提出宝贵意见（编者 E-mail: humeq@126.com）。

编者

目 录

项目 1 传感器与自动检测数据处理	1
任务 1.1 传感器的认识	1
【任务导入】	1
【基本知识与技能】	2
1.1.1 传感器的认识	2
1.1.2 传感器的定义及组成	2
1.1.3 传感器的分类	3
1.1.4 传感器的应用	4
【任务实施】	5
任务 1.2 传感器的特性分析与检测数据处理	6
【任务导入】	6
【基本知识与技能】	6
1.2.1 传感器的基本特性	6
1.2.2 传感器的标定	8
1.2.3 传感器信号处理	8
1.2.4 传感器的选择原则与方法	11
【任务实施】	12
【课外实训】	12
【知识拓展】	12
【项目小结】	15
【习题与训练】	15
项目 2 力的测量	16
任务 2.1 电阻应变式传感器测量力	16
【任务导入】	16
【基本知识与技能】	16
2.1.1 应变式传感器常用弹性敏感元件	16
2.1.2 电阻应变片的工作原理	18
2.1.3 电阻应变片的结构、类型、粘贴	19
2.1.4 电阻应变片的测量转换电路	21
2.1.5 电阻应变片的应用	23
【任务实施】	25
任务 2.2 压电式传感器测量力	25
【任务导入】	25
【基本知识与技能】	26

2.2.1	压电传感器工作原理	26
2.2.2	压电材料的分类	28
2.2.3	压电式传感器的测量转换电路	29
2.2.4	压电式传感器的应用	30
	【任务实施】	31
	【课外实训——电子秤与电子门铃的制作】	32
	【知识拓展】	34
	【项目小结】	36
	【习题与训练】	37
项目3	速度与位置的测量	38
任务3.1	电涡流式传感器定位测量	38
	【任务导入】	38
	【基本知识与技能】	38
3.1.1	电涡流式传感器的工作原理	39
3.1.2	电涡流式传感器的结构	40
3.1.3	电涡流式传感器的测量电路	40
3.1.4	电涡流式传感器的应用	41
	【任务实施】	44
任务3.2	磁电式传感器转速测量	45
	【任务导入】	45
	【基本知识与技能】	45
3.2.1	磁电式传感器的工作原理	45
3.2.2	磁电式传感器的测量电路	47
3.2.3	磁电式传感器的应用	47
	【任务实施】	47
任务3.3	霍尔传感器转速测量	48
	【任务导入】	48
	【基本知识与技能】	48
3.3.1	霍尔元件的工作原理	49
3.3.2	霍尔元件的测量电路	50
3.3.3	霍尔集成传感器	53
3.3.4	霍尔传感器的应用	54
	【任务实施】	56
任务3.4	光电传感器测量转速	57
	【任务导入】	57
	【基本知识与技能】	57
3.4.1	光电效应	57
3.4.2	光电元件	58
3.4.3	光电传感器应用	63

【任务实施】	65
【课外实训——车速表与光控延时照明灯的制作】	66
【知识拓展】	69
【项目小结】	72
【习题与训练】	72
项目 4 位移的测量	74
任务 4.1 电感式传感器测位移	74
【任务导入】	74
【基本知识与技能】	74
4.1.1 自感式传感器	74
4.1.2 互感式传感器	79
4.1.3 电感式传感器的应用	80
【任务实施】	82
任务 4.2 光栅传感器测量位移	82
【任务导入】	82
【基本知识与技能】	83
4.2.1 光栅传感器的结构和类型	83
4.2.2 光栅传感器的工作原理	83
4.2.3 光栅传感器的结构和工作原理	84
4.2.4 光栅传感器的应用	86
【任务实施】	88
任务 4.3 光电编码器测位移	89
【任务导入】	89
【基本知识与技能】	89
4.3.1 光电编码器工作原理	90
4.3.2 光电编码器分类	90
【任务实施】	91
【课外实训——电感式接近开关的制作】	92
【知识拓展】	93
【项目小结】	95
【习题与训练】	95
项目 5 液位测量	96
任务 5.1 电容式传感器测液位	96
【任务导入】	96
【基本知识与技能】	96
5.1.1 电容式传感器的工作原理	97
5.1.2 电容式传感器的测量电路	101
5.1.3 电容式传感器的误差分析	103
5.1.4 电容式传感器的应用	105

【任务实施】	106
任务 5.2 超声波传感器测量液位	107
【任务导入】	107
【基本知识与技能】	107
5.2.1 超声波物理特性	107
5.2.2 超声波探头及耦合技术	108
5.2.3 超声波传感器的应用	109
【任务实施】	111
【课外实训——电子血压计与超声波遥控照明灯的制作】	112
【知识拓展】	115
【项目小结】	117
【习题与训练】	117
项目 6 温度测量	118
任务 6.1 热电偶测温度	118
【任务导入】	118
【基本知识与技能】	118
6.1.1 热电偶的工作原理	118
6.1.2 热电偶的材料及结构	120
6.1.3 热电偶的温度补偿	122
【任务实施】	123
任务 6.2 热电阻测温	123
【任务导入】	123
【基本知识与技能】	124
6.2.1 热电阻	124
6.2.2 热敏电阻	126
【任务实施】	129
【课外实训——超温报警电路的制作】	129
【知识拓展】	130
【项目小结】	132
【习题与训练】	132
项目 7 化学物质测量传感器	133
任务 7.1 气体测量传感器	133
【任务导入】	133
【基本知识与技能】	133
7.1.1 半导体气体传感器	134
7.1.2 气体传感器的应用	136
【任务实施】	137
任务 7.2 湿度传感器	138
【任务导入】	138

【基本知识 with 技能】	138
7.2.1 湿度的表示方法	138
7.2.2 湿度传感器的分类	139
7.2.3 湿度传感器的应用	141
【任务实施】	142
【课外实训——吸烟报警器的制作】	144
【知识拓展】	145
【项目小结】	146
【习题与训练】	146

参考文献	147
------------	-----

项目1 传感器与自动检测数据处理

【项目描述】

检测是指在各类生产、科研、试验及服务等领域，为及时获得被测、被控对象的有关信息而实时或非实时地对一些参量进行定性检查和定量测量。

对工业生产而言，采用各种先进的检测技术对生产全过程进行检查、监测，对确保安全生产，保证产品质量，提高产品合格率，降低能源和原材料消耗，提高企业的劳动生产率和经济效益是必不可少的。传感器用于非电量的检测，检测的目的不仅是为了获得信息或数据，在一定程度上讲更主要是为了生产和研究的需要。因此检测系统的终端设备应该包括各种指示、显示和记录仪表，以及可能的各种控制用的伺服机构或元件。

本项目主要学习传感器的基本知识，特点、作用和组成，传感器的应用，传感器的特性与常用的检测数据处理方法。

【知识目标】

学习什么是传感器，掌握传感器的定义、组成、作用，了解传感器的分类、主要性能指标，熟悉检测数据处理方法。

【技能目标】

认识各种设备中最常见的传感器。

任务1.1 传感器的认识

任务导入

在现代化的大都市中，高楼大厦鳞次栉比，大厦里看似舒适的环境，却因空调系统的通风管道清洁不便致使室内空气污浊，影响人们的身体健康。在狭小的空间里，要完成清扫工作是件不容易的事。

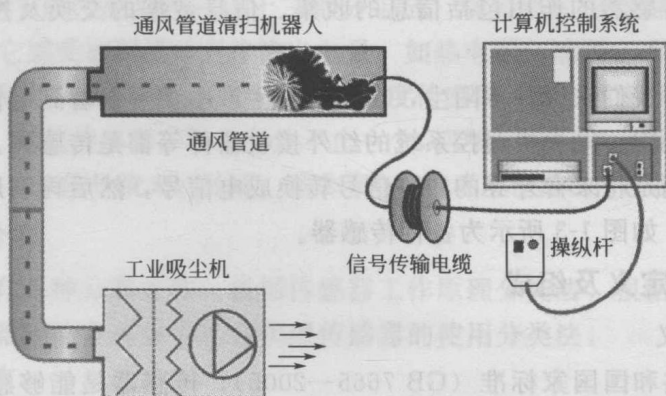


图1-1 大厦中央空调系统的通风管道示意图

瑞典某公司设计的通风管道清洗机器人专门用于清洁及维护大厦中央空调系统的通风管道,如图 1-1 所示。

管道清洗机器人是由坦克状的车、各种传感器、显示器、录像机、控制箱及操控杆组成。工作人员可以根据机器人感受到的外部信息用操控杆控制机器人前进、倒退、转弯,清扫通风管道。机器人之所以能感受到外界环境的各种信息,正是因为机器人的各部位安装了相应的传感器来感觉环境信息。

什么是传感器?它能够起什么作用?本课题任务就是认识传感器,了解传感器在人们生活以及自动化生产中的作用。

基本知识 with 技能

1.1.1 传感器的认识

传感器是一种检测装置,是自动化系统和机器人技术中的关键部件,它是实现自动检测的首要环节,为自动控制提供控制依据。传感器在机械电子、测量、控制、计量等领域应用广泛。

人们为了从外界获取信息,需要依靠人的五种感觉器官(视、听、嗅、味、触)感受外界信息。在自动控制系统中,也需要获取外界信息,这些需要依靠传感器来完成。如图 1-2 所示,人们把电子计算机比作人的大脑,把传感器比作人的五种感觉器官,执行器比作人的四肢。

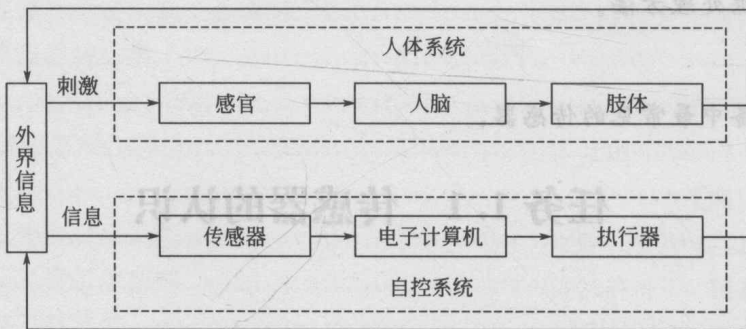


图 1-2 人体与自控系统的对应关系

尽管传感器与人的感觉器官相比还有许多不完善的地方,但传感器在诸如高温、高湿、深井、高空等环境及高精度、高可靠性、远距离、超细微等方面所表现出来的能力是人的感官所不能代替的。传感器的作用包括信息的收集、信息数据的交换及控制信息的采集三大内容。

实际上传感器对我们来说并不陌生,在生活和生产中都可以看到它们的身影,如声光控节能开关中的光敏电阻、电视机遥控系统的红外接收器件等都是传感器。传感器实际上是一种功能模块,其作用是将来自外界的各种信号转换成电信号,然后再利用后续装置或电路对此电信号进行处理。如图 1-3 所示为各种传感器。

1.1.2 传感器的定义及组成

1. 传感器的定义

根据中华人民共和国国家标准(GB 7665—2005),传感器是能够感受规定的被测量并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置。对此定义需要明确以下几点:



图 1-3 各种传感器实物图

- (1) 传感器是一种能够检测被测量的器件或装置；
- (2) 被测量可以是物理量、化学量或生物量等；
- (3) 输出信号要便于传输、转换、处理、显示等，一般是电参量；
- (4) 输出信号要正确地反映被测量的数值、变化规律等，即两者之间要有确定的对应关系，且应具有一定的精确度。

2. 传感器的组成

传感器一般由敏感元件、转换元件和转换电路组成。如图 1-4 所示。

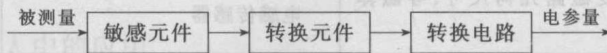


图 1-4 传感器的组成框图

(1) 敏感元件

敏感元件是直接感受被测量，并输出与被测量成确定关系的其他物理量的元件。如后续项目要介绍的对力敏感的电阻应变片、对光敏感的光敏电阻、对温度敏感的热敏电阻等。

(2) 转换元件

转换元件也叫传感元件，是将敏感元件的输出量转换成电参量（电阻、电容等）的元件。有些传感器的敏感元件和转换元件合二为一，它感受被测量并直接输出电参量，如热电偶等；有些传感器，转换元件不止一个，要经过若干次转换。

(3) 转换电路

转换电路将转换元件输出的电参量转换为电压、电流或电频率。如果转换元件的输出已经是电压、电流或电频率，则不需要转换电路。

需要注意，不是所有的传感器均由以上三部分组成。最简单的传感器是由一个敏感元件（兼转换元件）组成，它感受被测量时直接输出电量，如热电偶传感器。有些传感器由敏感元件和转换元件组成，而没有转换电路，如压电式加速度传感器，其中质量块是敏感元件，压电片（块）是转换元件。有些传感器，转换元件不止一个，要经过若干次转换。另外，一般情况下，转换电路后续电路，如信号放大、处理、显示等电路就不应包括在传感器的组成范围之内。

1.1.3 传感器的分类

目前传感器主要有几种分类方法：根据传感器工作原理分类法，根据传感器能量转换情况分类法，根据传感器转换原理分类法和按照传感器的使用分类法。

常用的分类方法有：

- (1) 按被测量分类 可分为位移、力、力矩、转速、振动、加速度、温度、压力、流

量、流速等传感器。

(2) 按测量原理分类 可分为电阻、电容、电感、光栅、热电偶、超声波、激光、红外、光导纤维等传感器。表 1-1 是按传感器测量原理分类给出了各类型的名称及典型应用。

表 1-1 传感器分类表

传感器分类		转换原理	传感器名称	典型应用
转换形式	中间参量			
电参数	电阻	移动电位器触点改变电阻	电位器传感器	位移
		改变电阻丝或片的尺寸	电阻丝应变传感器、半导体应变传感器	微应变、力、负荷
		利用电阻的温度效应(电阻温度系数)	热线传感器	气流速度、液体流量
			电阻温度传感器	温度、辐射热
			热敏电阻传感器	温度
		利用电阻的光敏效应	光敏电阻传感器	光强
		利用电阻的湿度效应	湿敏电阻	湿度
	电容	改变电路几何尺寸	电容传感器	力、压力、负荷、位移
		改变电容的介电常数		液位、厚度、含水量
	电感	改变磁路几何尺寸、导磁体位置	电感传感器	位移
		涡流去磁效应	涡流传感器	位移、厚度、硬度
		利用压磁效应	压磁传感器	力、压力
		改变互感	差动变压器	位移
			自整角机	位移
	旋转变压器		位移	
	频率	改变谐振回路中的固有参数	振弦式传感器	压力、力
			振筒式传感器	气压
			石英谐振传感器	力、温度等
	计数	利用莫尔条纹	光栅	大角位移、大直线位移
		改变互感	感应同步器	
利用数字编码		角度编码器		
数字	利用数字编码	角度编码器	大角位移	
电量	电动势	温差电动势	热电偶	温度、热流
		霍尔效应	霍尔传感器	磁通、电流
		电磁感应	磁电传感器	速度、加速度
		光电效应	光电池	光强
	电荷	辐射电离	电离室	离子计数、放射性强度
压力电效应		压电传感器	动态力、加速度	

1.1.4 传感器的应用

1. 传感器在工业检测和自动控制系统中的应用

在石油、化工、电力、钢铁、机械等工业生产中需要及时检测各种工艺参数的信息，通

过电子计算机或控制器对生产过程进行自动化控制。

2. 传感器在家用电器中的应用

现代家庭中,用电厨具、空调器、电冰箱、洗衣机、电子热水器、安全报警器、吸尘器、电熨斗、照相机、音像设备等都用到了传感器。

3. 传感器在基础科学研究中的应用

在基础科学研究中,传感器具有突出的地位。例如,对深化物质认识、开拓新能源新材料等具有重要作用的各种尖端技术研究,如超高温、超低温、超高压、超高真空、超强磁场、超弱磁场等等。显然,要获取大量人类感官无法获取的信息,没有相应的传感器是不可能的。许多基础科学研究的障碍,首先就在于对研究对象的信息获取存在困难,而一些新机理和高灵敏度的检测仪器的出现,往往会导致该领域内的突破。一些传感器的发展,往往是一些边缘学科开发的先驱。

4. 传感器在汽车中的应用

目前,传感器在汽车上不只限于测量行驶速度、行驶距离、发动机旋转速度以及燃料剩余量等有关参数,而且在一些新设施中,如汽车安全气囊、防滑控制系统,防盗、防抱死、排气循环、电子变速控制、电子燃料喷射等装置以及汽车“黑匣子”等都安装了相应的传感器。美国为实现汽车自动化,曾在—辆汽车上安装了数百只传感器去检测不同的信息。

5. 传感器在机器人中的应用

在生产用的单能机器人中,传感器用来检测臂的位置和角度;在智能机器人中,传感器用作视觉和触觉感知器。在日本,机器人成本的二分之一是耗费在高性能传感器上的。

6. 传感器在医学中的应用

在医疗上,应用传感器可以准确测量人体温度、血压、心脑电波,并帮助医生对肿瘤等进行诊断。

7. 传感器在环境保护中的应用

为了保护环境,研制用以监测大气、水质及噪声污染的传感器,已被世界各国所重视。

8. 传感器在航空航天中的应用

在航空航天领域,飞行的速度、加速度、位置、姿态、温度、气压、磁场、振动都需要测量。“阿波罗10号”飞船需要对3295个参数进行检测,其中,温度传感器559个,压力传感器140个,信号传感器501个,遥控传感器142个,专家说:整个宇宙飞船就是高性能传感器的集合体。

此外,传感器在国防军事(雷达探测系统、水声目标定位系统、红外制导系统等)、刑事侦查(声音、指纹识别)、交通管理(车流量统计、车速监测、车牌识别)等都有广泛的应用。

任务实施

管道清洗机器人是由坦克状的车、各种传感器、显示器、录像机、控制箱及操控杆组成。工作人员可以根据机器人感受到的外部信息用操控杆控制机器人前进、倒退、转弯,清扫通风管道。机器人之所以能感受到外界环境的各种信息,正是因为机器人的各部位安装了相应的传感器来感觉环境信息。

任务 1.2 传感器的特性分析与检测数据处理

任务导入

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。而且在机电一体化产品中,被测量的控制和信息处理多数采用计算机来实现,因此传感器的被测信号一般需要被采集到计算机中作进一步处理,以便获得所需信息的控制和显示信息。本任务就是了解传感器的基本特性,信号处理及传感器的标定和选择。

要实时监测一个高温箱的温度:测量温度大约为 $50\sim 80^{\circ}\text{C}$,检测结果的精度要达到 1°C 。现有三种带数字显示表的温度传感器,它们的量程分别是 $0\sim 500^{\circ}\text{C}$ 、 $0\sim 300^{\circ}\text{C}$ 、 $0\sim 100^{\circ}\text{C}$,精度等级分别是 0.2 级、0.5 级和 1.0 级,为了满足需要,你应该怎样选择呢?判别传感器好坏的标准是什么?

基本知识 with 技能

1.2.1 传感器的基本特性

传感器的特性主要是指输出与输入之间的关系,它有静态、动态之分。静态特性是指当输入量为常量或变化极慢时,即被测量各个值处于稳定状态时的输入输出关系。动态特性是描述传感器在被测量随时间变化时的输出和输入的关系。对于加速度等动态测量的传感器必须进行动态特性的研究,通常是用输入正弦或阶跃信号时传感器的响应来描述的,即传递函数和频率响应。这里仅介绍传感器静特性的一些指标。

1. 线性度

传感器的静态特性是在静态标准条件下,利用一定等级的校准设备对传感器进行往复循环测试,得出输出-输入特性(列表或曲线)。通常,希望这个特性(曲线)为线性,这给标定和数据处理带来方便。但实际的输出-输入特性或多或少地都存在着非线性问题,只能接近线性,对比理论直线有偏差,如图 1-5 所示。

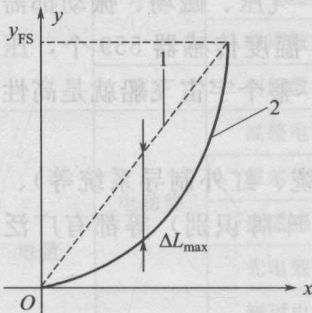


图 1-5 线性误差

1—拟合曲线; 2—实际曲线

实际曲线与其两个端点连线(拟合曲线)之间的偏差称为传感器的非线性误差。取其最大偏差与理论满量程之比作为评价线性度(或非线性误差)的指标。

$$e_L = \pm \frac{\Delta L_{\max}}{y_{FS}} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中 ΔL_{\max} ——输出平均值与拟合直线间的最大偏差;
 y_{FS} ——理论满度值。

2. 迟滞

传感器在正向行程(输入量增大)、反向行程(输入量减小)中输出、输入曲线不重合称为迟滞,如图 1-6 所示。也就是说,对应于同一大小的输入信号,传感器的输出信号大小不相等。一般用两曲线之间输出量的最大差值 ΔH_{\max} 与满量程输出 y_{FS} 的百分比来表示迟滞误差,即

$$e_H = \pm \frac{\Delta H_{\max}}{y_{FS}} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中 ΔH_{\max} ——正反行程间输出的最大差值；

y_{FS} ——理论满度值。

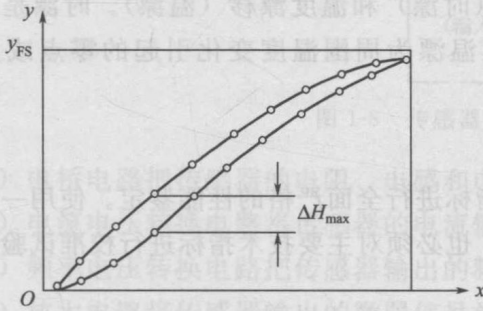


图 1-6 迟滞特性

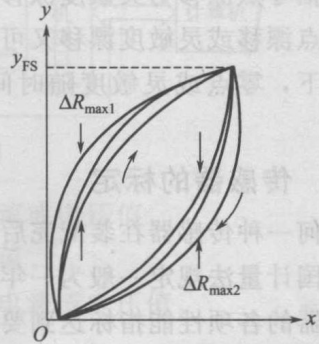


图 1-7 重复特性

产生迟滞的原因是：传感器的机械部分、结构材料方面存在不可避免的弱点，如轴承摩擦、间隙等。

3. 重复性

重复性是指传感器的输入量按同一方向变化，作全程连续多次测量时所得到的曲线不一致的程度。图 1-7 所示为校正曲线的重复特性。

正行程的最大重复性偏差为 $\Delta R_{\max 1}$ ，反行程的最大重复性偏差为 $\Delta R_{\max 2}$ 。重复性偏差取这两个最大偏差中之较大者为 ΔR_{\max} ，再以 ΔR_{\max} 与满量程输出 y_{FS} 的百分比表示，即

$$e_R = \pm \frac{\Delta R_{\max}}{y_{FS}} \times 100\% \quad (1-3)$$

4. 灵敏度

传感器输出的变化量 Δy 与引起该变化量的输入量变化 Δx 之比即为其静态灵敏度。表达式为

$$K = \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (1-4)$$

即传感器的灵敏度就是校准曲线的斜率。

线性传感器特性曲线的斜率处处相同，灵敏度 K 是常数。以拟合直线作为其特性的传感器，也可认为其灵敏度为一常数，与输入量的大小无关。非线性传感器的灵敏度不是常数，应以 dy/dx 表示。

5. 分辨力和阈值

分辨力是指传感器能检测到的最小的输入增量。分辨力可用绝对值表示，也可用满量程的百分数表示。

当一个传感器的输入从零开始极缓慢地增加，只有达到了某一最小值后，才能测出输出变化，这个最小值就称为传感器的阈值。事实上阈值是传感器在零点附近的分辨力。

分辨力说明了传感器最小可测出的输入变量，而阈值则说明了传感器的可测出的最小输入量。

6. 稳定性

稳定性有短期稳定性和长期稳定性之分。传感器常用长期稳定性描述其稳定性，它是指

在室温条件下,经过相当长的时间间隔,如一天、一月或一年,传感器的输出与起始标定时的输出之间的差异。通常又用其不稳定性来表征其输出的稳定程度。

7. 漂移

漂移指在一定时间间隔内,传感器输出量存在着与被测输入量无关的、不需要的变化。漂移包括零点漂移与灵敏度漂移。

零点漂移或灵敏度漂移又可分为时间漂移(时漂)和温度漂移(温漂)。时漂是指在规定的条件下,零点或灵敏度随时间的缓慢变化;温漂为周围温度变化引起的零点或灵敏度漂移。

1.2.2 传感器的标定

任何一种传感器在装配完后都必须按设计指标进行全面严格的性能鉴定。使用一段时间后(中国计量法规定一般为一年)或经过修理,也必须对主要技术指标进行校准试验,以确保传感器的各项性能指标达到要求。

传感器标定就是利用精度高一级的标准器具对传感器进行定度的过程,从而确立传感器输出量和输入量之间的对应关系,同时也确定不同使用条件下的误差关系。

为了保证各种被测量量值的一致性和准确性,很多国家都建立了一系列计量器具(包括传感器)鉴定的组织、规程和管理办法。我国由原国家计量局、中国计量科学研究所和部、省、市计量部门以及一些企业的计量站进行制定和实施。国家计量局(1989年后改为国家技术监督局)制定和发布了力值、长度、压力、温度等一系列计量器具规程,并于1985年9月公布了《中华人民共和国计量法》。

工程测量中传感器的标定,应在与其使用条件相似的环境下进行。为获得较高的标定精度,应将传感器及其配用的电缆(尤其是电容式、压电式传感器等)、放大器等测试系统一起标定。

传感器标定工作的内容包括对新研发的传感器进行全面的性能鉴定,并将鉴定的数据进行量值传递;对经过一段时间储存或使用后的传感器进行复测,通过再次鉴定来判定被复测的传感器是否可以继续使用;对可以继续使用但某些指标发生了变化的传感器,则需要重新标定并修正相应的原始数据。

传感器的标定工作分为静态标定和动态标定两种。传感器的静态标定主要是检验、测试传感器或整个系统的静态特性指标,如静态灵敏度、线性度、迟滞、重复性等。传感器的动态标定主要是检验、测试传感器或整个系统的动态特性指标,如动态灵敏度、频率响应等。

1.2.3 传感器信号处理

各种非电量经传感器检测转变为电信号,这些电信号比较微弱,并与输入的被测量之间呈非线性关系,因此需要经过信号放大、隔离、滤波、A/D转换、线性化处理、误差修正等处理。

1. 传感器信号预处理

传感器与微机的接口电路主要由信号预处理电路、数据采集系统和计算机接口电路组成,如图1-8所示。其中,预处理电路把传感器输出的非电压量转换成具有一定幅值的电压量;数据采集系统把模拟电压量转换成数字量;计算机接口电路把A/D转换后的数字信号送入计算机,并把计算机发出的控制信号送至输入接口的各功能部件;计算机还可通过其他