

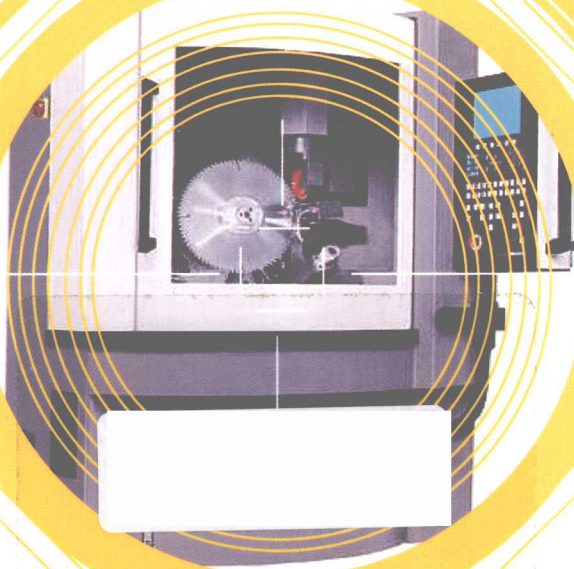


高职高专**机械设计与制造**专业规划教材

自动检测与转换技术

(第2版)

沈洁 谢飞 主编
于玲 王欣 张益 副主编
王建明 主审



赠送
电子课件

本书特色

- ❁ 基础知识充实，满足深入学习的要求
- ❁ 双师型作者，工程实际经验与教学实际经验丰富
- ❁ 工学结合特色突出，知识新、结构新、重应用
- ❁ 理论与实践内容统一，配套课件便于教学
- ❁ 以项目为导向，充分培养学生的职业技能

清华大学出版社

高职高专机械设计与制造专业规划教材

自动检测与转换技术 (第2版)

沈 洁 谢 飞 主 编
于 玲 王 欣 张 益 副主编

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

自动检测与转换技术是自动化、机电等专业的一门专业基础课,是信息科学的一个重要分支。本书采用按用途分章的方法进行叙述,便于读者对传感器进行类比、选型。本书立足基本理论,面向应用技术,本着“必需、够用”的原则,对传感器的基本原理、结构、性能、用途及基本测量电路进行了介绍,给出了其物理概念、规律及必要的公式,并结合传感器的应用实例进行讲解,引导读者学习自动检测技术。

本书可作为电气工程与自动化、机械设计制造及生产过程自动化、电子信息工程等专业的教材,也可供其他专业学生和有关技术人员参考,或作为自学用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

自动检测与转换技术(第2版)/沈洁,谢飞主编. —北京:清华大学出版社,2015
(高职高专机械设计与制造专业规划教材)

ISBN 978-7-302-38160-0

I. ①自… II. ①沈… ②谢… III. ①自动检测—高等职业教育—教材 ②传感器—高等职业教育—教材 IV. ①TP274 ②TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 227844 号

责任编辑:李玉萍 陈立静

装帧设计:杨玉兰

责任校对:周剑云

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62791865

印 装 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:17 字 数:410千字

版 次:2015年1月第1版 印 次:2015年1月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:35.00元

序 言

工程科学技术在推动人类文明的进步中一直起着发动机的作用。随着知识经济时代的到来,科学技术突飞猛进,我国现代制造业面临国际上多种因素的挑战,如何提高我国制造业的科技含量,提高制造从业者的职业水平,把我国从制造大国转变成为制造强国,是摆在我们面前的重要任务。要完成这个任务,职业教育从业者有着义不容辞的责任,同时,也对职业教育提出了更高的要求。有鉴于此,职业教育的发展也因此面临着新的机遇和挑战。

迄今为止,我国高等职业教育已为经济战线培养了数千万技能人才,为经济的发展做出了巨大的贡献。但是,我国制造业从业人员的水平还不高,尤其是具有职业素养、职业能力和创新意识的人才还相当匮乏,与我国制造产业的需要形成很大的反差。这说明符合企业需要的技能型人才,特别是自动化技能方面的人才市场供给严重不足。在此形势下,教育部近年来批准组建了一批以培养技能型人才为主的示范校和骨干校,对职业教育的办学思想和发展定位做出了整体规划。在这种形势下,职业院校必须加大教学改革的力度,不断探索提高职业教育水平,以适应现代制造业用人的需求。

随着现代工业的发展,生产过程自动化已成为必不可少的重要部分,其中,温度、压力、物位、位移、液位等物理参数是实现生产过程自动化的基础。各种常见物理量的检测方法是自动化类专业学生必须掌握的一项专业技能,在此背景下,目前各个高职院校电气自动化和机电一体化专业都开始把检测技术作为其专业基础课。编者根据我国高职高专自动化类专业的培养目标和要求,结合多年的教学经验和工作经验,编写了本书,旨在满足当前高职教育的需要以适应自动化类专业对信号检测和转换技能的新要求,满足高素质、强能力的技能人才培养的需要。

正如航天工程的先驱、美国加州理工学院的冯·卡门教授有句名言:“科学家研究已有的世界,工程师创造未来的世界。”那么职业教育所培养的技能型人才,则是把“创造未来的世界”的工程师变成现实的人才,也就是技能型人才。这也就要求我们职业教育对技能型人才的培养实施不同的培养方案,采用不同的培养模式,采用具有不同特点的教材。然而,我国目前的职业教育还没有完全做到这一点,而是:①过分侧重工程科学(分析)方面,轻视了技能训练方面,重理论,轻实践,没有足够的技能实践训练,职业教育的“学科性”倾向形成了“技能训练”的偏软现象,导致学生动手能力差。②人才培养模式、规格比较单一,课程结构不合理,知识面过窄,导致技能结构单一,所学技能中有一些内容已陈旧,技能普及、职业素质的教育偏少,学生创新能力不强。③教材单一,注重工程的科学分析,轻视技能实践能力的培养;注重理论知识的传授,轻视学生个性特别是创新精神的培养;注重教材的系统性和完整性,造成课程方面的相互重复、脱节等现象;缺乏技能应用能力,存在内容陈旧的现象。④教师缺乏实践经验,自身缺乏“技能训练”。⑤职业教育在实践中与经济、产业的联系不密切。因此,要使我国职业教育适应经济、社会的发展,培养更多优秀的技能型人才,我们必须实行改革。

组织编写本教材,是编写系列教材的开始,目的在于改革、加快高等职业教材的建设

步伐,建设一套富有特色、有利于技能型人才培养的特色教材,满足技能型人才培养的要求。

本教材的编写原则如下。

1. 保证基础,确保后劲

科技的发展,要求职业从业人员必须具备终生学习的能力。为此,从内容安排上,要保证学生有较厚实的基础,满足教学的基本要求,使学生日后具有较强的发展后劲。

2. 突出特色,强化应用

围绕培养目标,以技能应用为背景,通过理论与工作实际相结合,构建职业教育系列教材特色。本教材的内容、结构遵循9字方针:知识新、结构新、重应用。教材内容的要求概括为“精”、“新”、“广”、“用”。“精”指在融会贯通教学内容的基础上,挑选出最基本的内容、方法及典型应用。“新”指将自动化前沿的新进展和有关的技术进步新成果、新应用等纳入教学内容,以适应科学技术发展的需要。用现代的思想、观点和方法重新认识基础内容和引入现代科技的新内容,并将这些内容按新的教学系统重新组织。“广”指在保持本学科基本体系下,处理好与相邻以及交叉学科的关系。“用”指注重理论与实践融会贯通,特别是注入职业意识,包括经济、质量、环境等诸多因素对职业教育、教学的影响。

3. 抓住重点,合理配套

职业教育系列教材的重点是专业课(专业基础课、专业课)教材的建设,力争做好与之配套的电子教材的建设。

4. 精选编者,确保质量

遴选一批既具有丰富的工程实践经验,又具有丰富的教学实践经验的教师担任编写任务,以确保教材质量。

我们相信,本教材的出版,对职业教育技能型人才培养质量的提高必将产生积极作用,为我国经济建设和社会发展做出一份贡献。

清华大学出版社颇具魄力和眼光,高瞻远瞩,及时提出并组织编写此教材,他们为编好这本教材做了认真细致的工作,并为该教材的出版提供了许多有利的条件,在此表示衷心的感谢!

编者

前 言

自动检测与转换技术是自动化、机电等专业的一门专业基础课，是信息科学的一个重要分支。在现代工业生产尤其是自动化生产过程中，传感器被用来监视和控制生产过程中的各个参数，使设备工作在正常状态或最佳状态，并使产品达到最好的质量。因此可以说，没有众多优良的传感器，现代化生产也就失去了基础。

传感器的应用极其广泛，且其种类繁多，涉及的学科也很多。为便于读者对传感器进行类比、选型，立足基本理论，面向应用技术，本书本着“必需、够用”的原则，对传感器的基本原理、结构、性能、用途及基本测量电路进行了介绍，给出了其物理概念、规律及必要的公式，并结合传感器的应用实例进行讲解，引导读者学习自动检测技术。本书在第1版的基础上进行了改进，针对核心知识点开发实训项目做出了改善。

本书共分11章：第1章是传感器技术的基础知识；第2~9章为一些常用物理量的检测，包括温度、压力、流量、物位、厚度、位移、速度、磁场、气体成分等的检测；第10章介绍抗干扰技术。第11章为实训内容。每章章后都附有一定量的思考题与练习题，同时，摘录了自动化相关论坛的部分资源，其中包含传感器新技术及其应用，也有部分传感器技术人员在使用中遇到的实际问题和网友的帮助解答，这部分内容仅供读者学习参考。

本书可作为电气工程与自动化、机械设计制造及生产过程自动化、电子信息工程等专业的教材，也可供其他专业学生和有关技术人员参考，或作为自学用书。

本书由沈洁、谢飞任主编，于玲、王欣、张益任副主编，王建明任主审，其中第2、6、10章由沈洁编写，第1、4、8章由谢飞编写，第3、7章由于玲编写，第5、9章由张益和李娜编写，王欣、姚策、于婷婷、侯俊芳编写了第11章。

在本书的编写过程中，参阅了多种同类教材和专著，在此向其编、著者致谢。同时感谢清华大学出版社有关同志的大力支持，在此表示感谢。本书涉及的学科众多，编者学识有限，书中难免存在疏漏和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 传感器技术基础.....1	
1.1 认识身边的传感器.....1	
1.1.1 自动检测与传感器.....1	
1.1.2 传感器的组成.....5	
1.1.3 传感器的分类.....5	
1.2 掌握测量的基本方法.....6	
1.2.1 直接测量.....6	
1.2.2 间接测量.....7	
1.2.3 组合测量.....7	
1.3 分析测量误差的来源及分类.....7	
1.3.1 测量误差的表示方法.....7	
1.3.2 测量误差的来源.....8	
1.3.3 测量误差的分类.....8	
1.4 了解传感器的基本特性.....8	
1.4.1 静态特性.....8	
1.4.2 动态特性.....10	
思考题与习题.....10	
拓展知识.....11	
第 2 章 常用温度传感器.....14	
2.1 学习温标的概念并了解温度检测的 测量方法.....14	
2.1.1 温度的概念.....14	
2.1.2 经验温标.....14	
2.1.3 热力学温标.....15	
2.1.4 国际实用温标.....15	
2.2 了解热膨胀式温度传感器的原理 及应用.....15	
2.2.1 固体膨胀式温度计——双金属 温度计.....15	
2.2.2 气体、固体膨胀式温度计—— 压力式温度计.....19	
2.3 掌握热电阻温度传感器的原理 及应用.....21	
2.3.1 热电阻温度传感器的原理.....21	
2.3.2 热电阻温度传感器的应用.....21	
2.3.3 如何选用热电阻温度计.....23	
2.4 掌握热敏电阻传感器的原理及应用...28	
2.4.1 热敏电阻传感器的原理.....28	
2.4.2 热敏电阻传感器的应用.....28	
2.4.3 如何选用热敏电阻温度计.....30	
2.5 掌握热电偶温度传感器的原理 及应用.....35	
2.5.1 热电偶传感器的原理.....35	
2.5.2 热电偶传感器的应用.....38	
2.5.3 如何选用热电偶温度传感器....40	
思考题与习题.....43	
拓展知识.....44	
第 3 章 压力及力检测.....45	
3.1 压力的概念及单位.....45	
3.1.1 什么是压力.....45	
3.1.2 压力的单位.....45	
3.1.3 压力表.....47	
3.1.4 压力表的分类.....47	
3.2 应变式传感器的原理及应用.....48	
3.2.1 应变式传感器的特点.....48	
3.2.2 应变片的工作原理.....48	
3.2.3 电阻应变片的分类.....51	
3.2.4 应变片的选用及型号命名 规则.....53	
3.2.5 应变片的温度误差及补偿.....55	
3.2.6 测量转换电路.....57	
3.2.7 应变式压力传感器.....60	
3.2.8 应变式容器内液体重量 传感器.....63	
3.3 压电压力传感器的原理及应用.....65	
3.3.1 压电压力传感器的应用.....65	
3.3.2 压电压力传感器的原理.....66	



3.3.3 压电元件.....	68	4.4 速度式流量计.....	109
3.3.4 压电传感器中压电片的连接 方式.....	69	4.4.1 叶轮流量计.....	109
3.3.5 压电式压力传感器.....	70	4.4.2 涡轮流量计.....	109
3.3.6 常规应用.....	70	4.5 振动式流量计.....	110
3.3.7 新型压电材料的应用.....	72	4.5.1 涡街流量计结构与工作 原理.....	110
3.4 压磁式传感器的原理及应用.....	73	4.5.2 涡街流量计特点.....	110
3.4.1 压磁效应.....	73	4.6 电磁式流量计.....	111
3.4.2 压磁式传感器的工作原理.....	74	4.6.1 电磁流量计结构及原理.....	111
3.4.3 压磁元件.....	75	4.6.2 电磁流量计的特点.....	111
3.4.4 激励安匝数的选择.....	76	4.6.3 电磁流量计误差产生的原因 分析.....	112
3.4.5 压磁式传感器的分类.....	76	4.7 质量流量计.....	113
3.5 电容式压力及力传感器.....	77	4.7.1 间接式质量流量计.....	113
3.5.1 电容式传感器的工作原理.....	77	4.7.2 直接式质量流量计.....	114
3.5.2 电容式传感器的优点和缺点.....	83	4.8 流量计的选择与应用.....	114
3.5.3 电容式传感器.....	84	4.8.1 各种流量计的优缺点比较.....	114
3.5.4 引申小知识.....	87	4.8.2 流量计的选型原则.....	115
3.6 霍尔式压力计.....	87	思考题与习题.....	115
3.6.1 霍尔效应.....	88	拓展知识.....	116
3.6.2 霍尔元件及结构.....	88	第5章 物位及厚度检测.....	117
3.6.3 霍尔元件的基本电路及主要 参数.....	89	5.1 了解浮力式物位检测的原理 及应用.....	117
3.6.4 霍尔型传感器的应用.....	91	5.1.1 恒浮力式物位检测.....	117
3.7 压力检测仪表的选择与校验.....	95	5.1.2 变浮力式物位检测.....	118
思考题与习题.....	96	5.2 了解静压式物位检测的原理 及应用.....	119
拓展知识.....	97	5.2.1 压力式液位计.....	120
第4章 流量检测.....	101	5.2.2 差压式液位计.....	121
4.1 什么是流量测量.....	101	5.2.3 量程迁移.....	121
4.1.1 流量的表示方法.....	101	5.3 掌握电容式物位检测的原理 及其应用.....	124
4.1.2 流量的主要测量方法.....	102	5.3.1 电容式物位计的原理.....	124
4.2 差压式流量计的原理与安装.....	103	5.3.2 电容式物位计分类.....	125
4.2.1 节流装置的工作原理.....	103	5.3.3 电容式物位计的应用.....	126
4.2.2 取压方式.....	104	5.4 掌握超声波物位检测的原理 及应用.....	128
4.2.3 节流装置的安装要求.....	106	5.4.1 超声波检测的原理.....	128
4.3 了解容积式流量计的工作原理.....	107		
4.3.1 椭圆齿轮流量计.....	107		
4.3.2 腰轮流量计.....	107		
4.3.3 刮板式流量计.....	108		

5.4.2 超声波传感器.....	130	思考题与习题	166
5.4.3 超声波传感器的应用.....	132	拓展知识	166
5.5 掌握电涡流厚度检测的原理 及应用.....	137	第 7 章 速度及加速度检测	169
5.5.1 电涡流传感器的原理.....	137	7.1 磁电感应式速度传感器	169
5.5.2 电涡流传感器测量电路.....	139	7.1.1 磁电式传感器的变换原理.....	169
5.5.3 电涡流传感器厚度检测的 应用.....	142	7.1.2 磁电式传感器的分类.....	170
思考题与习题.....	142	7.1.3 磁电式传感器的结构.....	171
第 6 章 位移传感器.....	143	7.2 光电式转速计	172
6.1 学习电感式传感器的原理及应用.....	143	7.2.1 直射式光电转速传感器.....	172
6.1.1 电感传感器的工作原理 及分类.....	143	7.2.2 反射型光电转速计.....	173
6.1.2 电感式传感器的应用.....	146	7.3 测速发电机.....	174
6.1.3 如何选用电感传感器.....	149	7.3.1 直流测速发电机.....	174
6.2 学习电位器式传感器的原理 及应用.....	149	7.3.2 交流测速发电机.....	176
6.2.1 电位器式传感器的工作原理 及结构.....	149	7.4 光束切断法	177
6.2.2 电位器式传感器的应用.....	151	7.5 多普勒测速	178
6.2.3 如何选用电位器式位移 传感器.....	152	7.6 电磁脉冲式转速计	178
6.3 学习感应同步器的原理及应用.....	153	7.7 加速度传感器	179
6.3.1 感应同步器的工作原理 及结构.....	154	7.7.1 压电式加速度传感器.....	179
6.3.2 感应同步器的应用.....	156	7.7.2 电阻应变式加速度传感器.....	180
6.3.3 如何选用感应同步器.....	157	7.7.3 电容式加速度传感器.....	180
6.4 学习光栅位移测试原理及应用.....	158	思考题与习题	183
6.4.1 光栅位移传感器的工作原理 及结构.....	158	拓展知识	183
6.4.2 光栅位移传感器的应用.....	161	第 8 章 光电检测.....	187
6.4.3 如何选用光栅位移传感器.....	162	8.1 光电效应及光电器件	187
6.5 学习码盘式传感器的原理及应用.....	162	8.1.1 外光电效应及器件.....	187
6.5.1 光电码盘式传感器的工作原理 及结构.....	162	8.1.2 内光电效应及器件.....	190
6.5.2 光电码盘式传感器的应用.....	163	8.2 光电耦合器件	197
6.5.3 如何选用光电码盘式 传感器.....	164	8.2.1 光电耦合器件的结构 和原理.....	197
		8.2.2 光电耦合器的组合形式.....	198
		8.3 光电开关	198
		8.4 CCD 与数码照相机.....	200
		8.4.1 CCD 技术.....	200
		8.4.2 互补性氧化金属半导体.....	201
		8.4.3 数码照相机的特点与组成.....	202
		思考题与习题	204
		拓展知识	204



第9章 磁场及气体成分参数检测207	
9.1 学习磁场检测方法.....207	
9.1.1 磁敏电阻传感器原理.....207	
9.1.2 电磁感应法测量磁场.....209	
9.1.3 磁通门磁强计测量磁场.....213	
9.1.4 霍尔效应测量磁场.....214	
9.1.5 核磁共振法测量磁场.....214	
9.2 了解气体成分检测传感器的原理 及应用.....214	
9.2.1 气敏传感器的分类.....214	
9.2.2 电阻式半导体气敏传感器.....215	
9.2.3 非电阻式半导体气敏 传感器.....217	
9.2.4 气敏传感器的应用.....218	
9.3 了解湿度检测传感器的原理 及应用.....220	
9.3.1 湿度的定义.....220	
9.3.2 电阻式湿度传感器.....221	
9.3.3 湿敏传感器的应用.....224	
思考题与习题.....226	
拓展知识.....226	
第10章 抗干扰技术228	
10.1 干扰的类型及产生.....228	
10.1.1 电磁干扰.....228	
10.1.2 机械干扰.....229	
10.1.3 干扰的产生.....230	
10.2 常用的抗干扰技术.....230	
10.2.1 屏蔽技术.....230	
10.2.2 接地技术.....231	
10.2.3 浮置.....232	
10.3 其他抑制干扰措施.....233	
10.3.1 隔离.....233	
10.3.2 滤波.....234	
10.3.3 平衡电路.....235	
10.3.4 软件抗干扰设计.....235	
思考题与习题.....236	
拓展知识.....236	
第11章 传感器小制作238	
11.1 温度传感器实训——恒温控制器.....238	
11.1.1 电路分析.....238	
11.1.2 技能训练.....241	
11.2 压阻式压力传感器实训——数字 电子秤.....243	
11.2.1 电路分析.....243	
11.2.2 技能训练.....244	
11.3 霍尔测速传感器实验.....245	
11.3.1 电路分析.....245	
11.3.2 元件介绍.....246	
11.3.3 基本工作原理.....251	
11.3.4 技能训练.....251	
11.4 光电传感器实训——声光控延迟 节能灯.....252	
11.4.1 电路分析.....252	
11.4.2 技能训练.....255	
11.5 简易超声距离传感器的制作.....257	
11.5.1 基本原理.....257	
11.5.2 单片机超声波测距系统硬件 组成.....258	
11.5.3 单片机超声波测距系统程序 流程.....260	
11.5.4 元件清单.....261	
参考文献262	

第 1 章 传感器技术基础

- 认识身边的传感器。
- 掌握测量的基本方法。
- 分析测量误差的来源和误差的分类。
- 了解传感器的基本特性。

1.1 认识身边的传感器

1.1.1 自动检测与传感器

自动检测是任何一个自动控制系统都必不可少的环节，它的任务是寻找与自然信息有对应关系的种种表现形式的信号，以及确定两者间的定性、定量关系；从反应某一信息的多种表现信号中挑选出在所处条件下最合适的表现形式，并寻求最佳的采集、变换、处理、传输、存储、显示等的方法和设备。也就是说检测技术需要完成信息提取、信息转换和信息处理的任务。传感器则是实现自动检测和自动控制的首要环节。

人通过五官(视、听、嗅、味、触)接受外界的信息，经过大脑的思维(信息处理)，做出相应的动作。若用计算机控制的自动化装置来代替人的劳动，则可以说电子计算机(一般俗称电脑)相当于人的大脑，而传感器(“电五官”)相当于人的五官部分，它是获取自然领域中信息的主要途径与手段，如图 1-1 所示为人脑与计算机的信息处理流程。

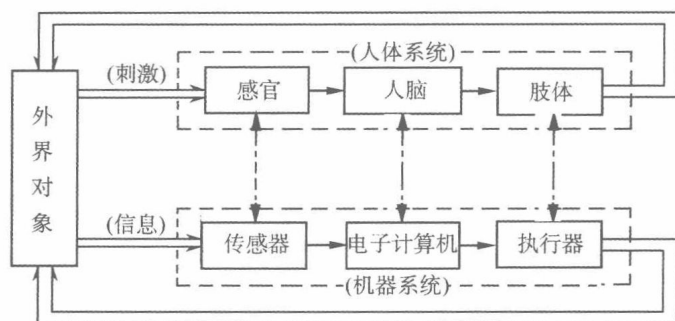


图 1-1 人脑与计算机的信息处理流程

传感器的种类繁多，功能各不相同，它们在工业自动化、军事国防和以宇宙开发、海洋开发为代表的尖端科学与工程等重要领域有广泛应用，同时，它们也正以自己的巨大潜力，向着与人们生活密切相关的方面渗透。生物工程、医疗卫生、环境保护、安全防范、家用电器、网络家居等领域的传感器层出不穷，并在日新月异地发展着。

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，

并通过电子计算机或控制器对生产过程进行自动化控制。如图 1-2 所示为常用的工业传感器。

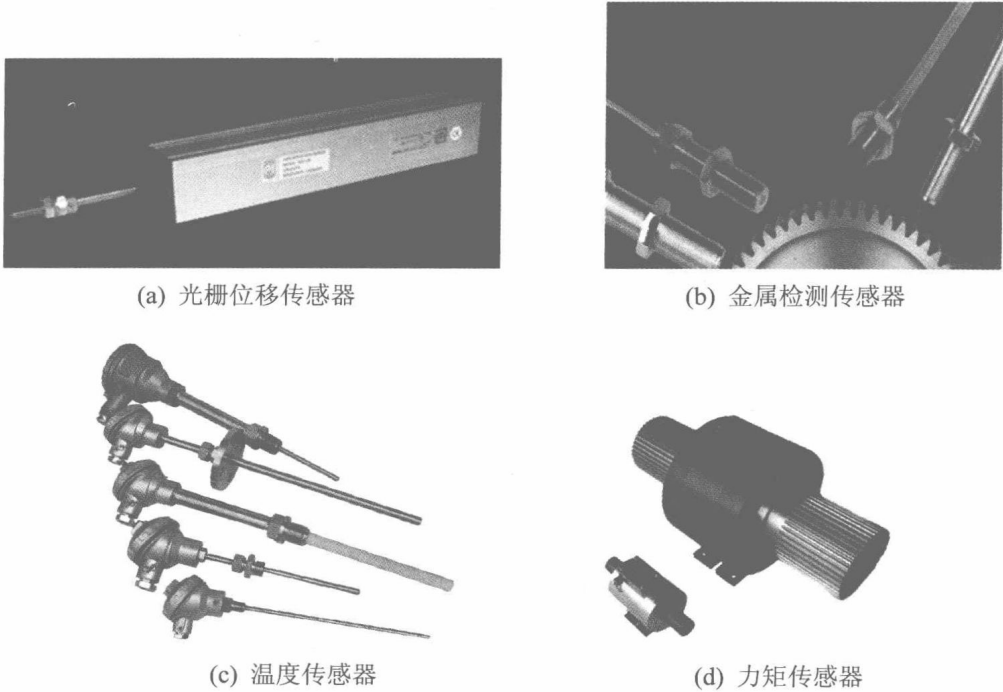


图 1-2 工业传感器

2. 传感器在家用电器中的应用

现代家庭生活中, 用电厨具、空调、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, 如图 1-3 所示。

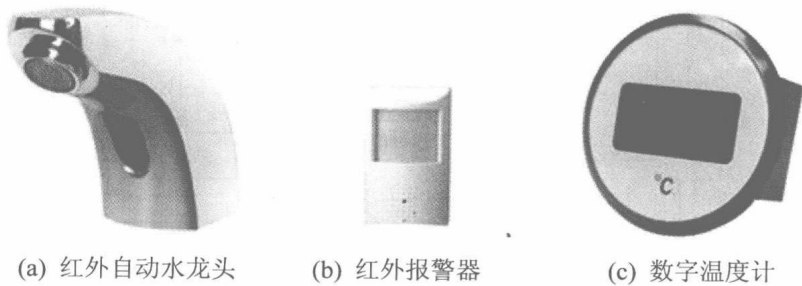


图 1-3 家用中的传感器

3. 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、防滑控制等系统, 防盗、防抱死、电子变速控制、电子燃料喷射等装置中都安装了相应的传感器, 如图 1-4 所示。

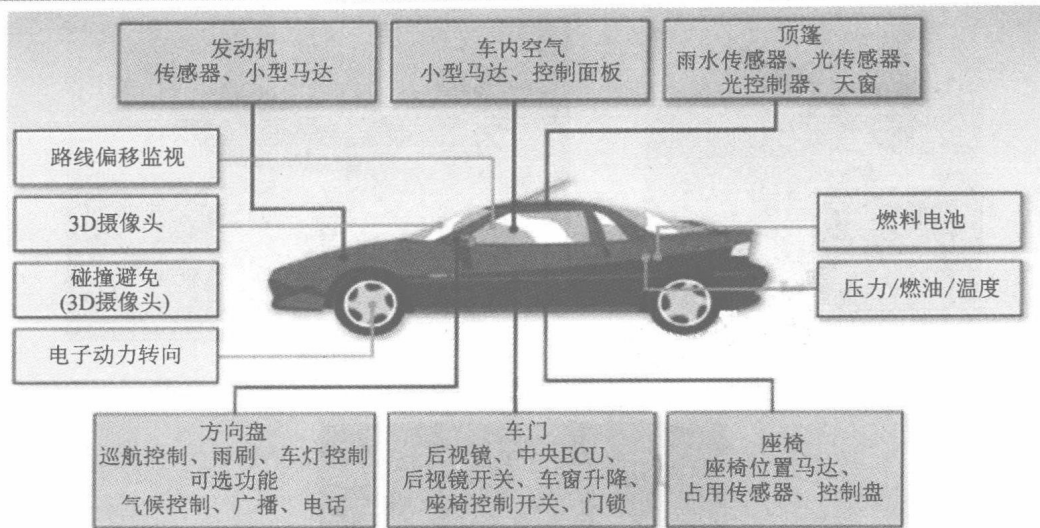


图 1-4 多样的车用传感器

4. 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，机器人的二分之一成本耗费在高性能传感器上。

5. 传感器在医学中的应用

在医疗设备中，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，如图 1-5 所示。

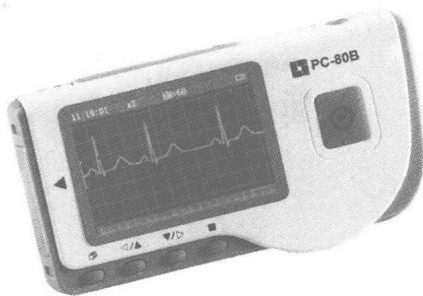
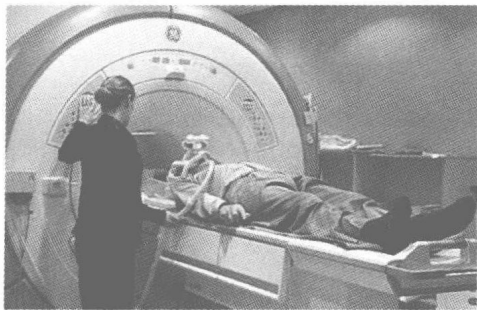


图 1-5 医疗检测仪器

6. 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，如图 1-6 所示为气象监测仪器。

7. 传感器在航空航天中的应用

在飞机、火箭等飞行器上，要使用传感器对飞行速度、加速度、飞行距离及飞行方向、飞行姿态进行检测，如图 1-7 所示。

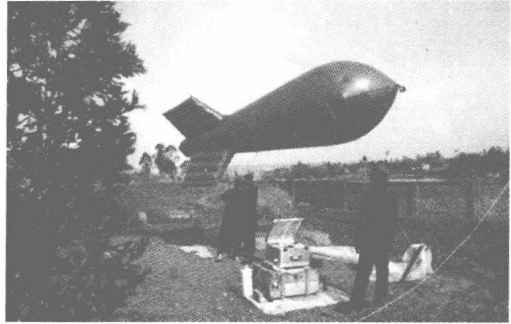
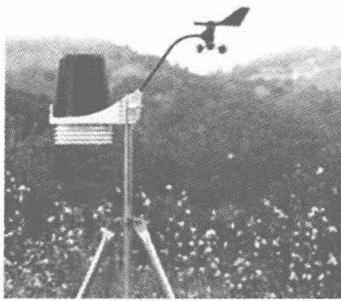


图 1-6 气象监测仪器

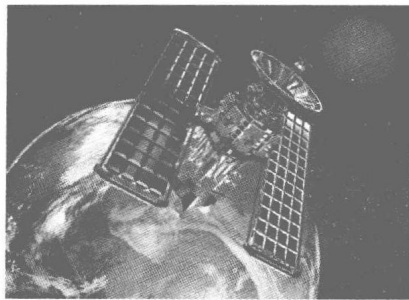


图 1-7 传感器在航空航天中的应用

8. 传感器在遥感技术中的应用

在飞机及卫星等飞行器上,利用紫外、红外光电传感器及微波传感器来探测气象、地质等信息,如图 1-8 所示为航天科学领域使用遥感技术的科学仪器。在船舶上,利用超声波传感器进行水下探测。



图 1-8 航天科学领域中应用遥感技术的科学仪器

9. 传感器在军事方面的应用

利用红外探测可以发现地形、地物及敌方各种军事目标。红外雷达具有搜索、跟踪、

测距等功能,可以搜索几十到上千千米的目标。红外探测器在红外制导、红外通信、红外夜视、红外对抗等方面也有广泛的应用,如图 1-9 所示。



图 1-9 传感器在军事中的应用

根据国家标准 GB 7665—87 对传感器下的定义是:“能感受规定的被测量并按照一定的规律转换成可用信号的器件或装置,通常由敏感元件和转换元件组成。”传感器是一种检测装置,能感受到被测量的信息,并能将检测感受到的信息,按一定规律变换成为电信号或其他所需形式的信息输出,以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。

上面的定义包含以下几个方面的含义。

- (1) 传感器是测量装置,能完成检测任务。
- (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、生物量等。
- (3) 输出量是某种物理量,这种量要便于传输、转换、处理、显示等,可以是气、光、电,但主要是电量。
- (4) 输入输出有对应关系,且应有一定的精确度。

1.1.2 传感器的组成

传感器一般由敏感元件、转换元件、转换电路三部分组成,如图 1-10 所示。

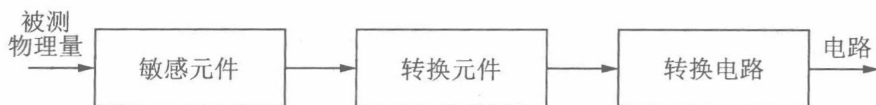


图 1-10 传感器的组成

- (1) **敏感元件**: 直接感受被测量,并输出与被测量成确定关系的某一物理量的元件。
- (2) **转换元件**: 以敏感元件的输出为输入,把输入转换成电路参数。
- (3) **转换电路**: 将转换电路参数接入转换电路,便可转换成电量输出。

实际应用中,有些传感器非常简单,可能仅由一个敏感元件(兼作转换元件)组成,它感受被测量时直接输出电量,如热电偶;也有些传感器由敏感元件和转换元件组成,没有转换电路;还有些传感器,转换元件不止一个,要经过若干次转换。

1.1.3 传感器的分类

传感器的种类繁多,目前常用的分类有两种:根据被测量来分类和根据传感器的原理

来分类。

1. 按被测量来分类

按被测量的分类见表 1-1。

表 1-1 按被测量物理量分类表

被测量物理量类别	被测量物理量
热工量	温度、热量、比热；压力、压差、真空度；流量、流速、风速
机械量	位移(线位移、角位移)，尺寸、形状；力、力矩、应力；重量、质量；转速、线速度；振动幅度、频率、加速度、噪声
被测量类别	被测量
物性和成分量	气体化学成分、液体化学成分；酸碱度(pH 值)、盐度、浓度、黏度；密度、比重
状态量	颜色、透明度、磨损量、材料内部裂缝或缺陷、气体泄漏、表面质量

2. 按原理来分类

按传感器原理可分为电阻式、光电式(红外式、光导纤维式)、电感式、谐振式、电容式、霍尔式(磁式)、阻抗式(电涡流式)、超声式、磁电式、同位素式、热电式、电化学式、压电式、微波式。

1.2 掌握测量的基本方法

测量是生产和科学研究工作中不可缺少的一个环节。其主要运用在工程研究、产品开发、质量监控、性能试验等领域。测量技术的发展经历了一个漫长的过程，并已逐步成为一门完整、独立的学科。随着科学技术的进步，测量技术向着测试自动化、测量元件微型化、测量参数的先进化、测量高精度化的方向发展。

测量是人类对自然界中的客观事物取得数量观念的一种认识过程。它用特定的工具和方法，通过试验将被测量与单位同类量相比较，在比较中确定出两者的比值。

在具体的测量中，被测的物理量的性质往往是不同的，而且测量的目的和要求也不同，所以测量方法和所用的仪器也各异。常用的测量方法有直接测量、间接测量、组合测量。

1.2.1 直接测量

直接测量就是用“量具”直接与被测量进行比对，从而直接(不通过计算等过程)从测量过程中或从“量具”(仪器、仪表等)上直接获得被测量的数据的测量技术；也就是不必测量与被测量有函数关系的其他量，而能直接得到被测量值的测量方法。例如：用量筒测量液体容积，用等臂天平测量物体质量等。其特点是：如果量具的准确度能得以保证时，其测量的精确度很高。

1.2.2 间接测量

间接测量技术是指测量时不是用量具直接与被测量进行比对(测量),而是利用量具在比对(测量)过程中获得与被测量有确定函数关系的其他量,然后再利用这些量通过函数关系式计算后,获得被测量的测量技术;也即通过测量与被测量有函数关系的其他量,才能得到被测量值的测量方法。例如:通过测量长度确定矩形面积;通过测量导体电阻、长度和截面积确定电阻率。其特点是:测量的不确定度不仅取决于各种量具、仪器仪表等的确定度,而且还取决于线路的连接方式以及计算公式的科学性。所以要尽量使用直接测量方法,只有在没办法用直接测量的地方,才考虑使用间接测量方法。

1.2.3 组合测量

测量中使各个未知量以不同的组合形式出现(或改变测量条件以获得不同的组合),根据直接测量或间接测量所得数据,通过求解联立方程组求得未知量数值。

1.3 分析测量误差的来源及分类

1.3.1 测量误差的表示方法

每一个物理量都是客观存在的,在一定的条件下具有不以人的意志为转移的客观大小,人们将它称为该物理量的真值、进行测量是想要获得待测量物理量的真值。然而测量要依据一定的理论或方法,使用一定的仪器,在一定的环境中,由具体的人进行。由于实验理论上存在着近似性,方法上难以很完善,实验仪器灵敏度和分辨能力有局限性,周围环境不稳定等因素的影响,待测量的真值是不可能测得的,测量结果和被测量真值之间总会存在或多或少的偏差,这种偏差就叫作测量值的误差。

测量误差有绝对误差和相对误差两种表示方法。

(1) 绝对误差(δ_x)是指被测量的测量值与其真值之差。即: $\delta_x = x - x_0$, 其中 x 为测量值, x_0 为真值。与绝对误差的大小相等,但符号相反的量值称为修正值。绝对误差只能说明测量结果偏离实际值的情况,不能确切反映测量的准确程度。

(2) 相对误差 E_x 是指绝对误差与被测量的真值之比。

$$E_x = \frac{\delta_x}{x_0} \times 100\% \quad (1.1)$$

相对误差常用百分比表示。它表示绝对误差在整个物理量中所占的比重,是无单位的一个纯数。

测量中常用绝对误差与仪器的满刻度值之比来表示相对误差,称为引用相对误差或引用误差。测量仪器使用最大引用相对误差表示它的准确度,它反映了仪器综合误差的大小。

引用误差=绝对误差/(测量范围上限-测量范围下限)

电工仪表一般分为7级:0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 1.5, 2.5, 5.0。0.1级表示仪表的最大绝对误差不超过该表量程的0.1%;1.5级表示仪表的最大绝对误差不超过该表量程的1.5%。

