

主编◎王 涛 牟爱霞 张 蕾

自动检测与 转换技术

ZIDONG JIANCE YU ZHUANHUAN JISHU

自动检测与转换技术

主 编 王 涛 牟爱霞 张 蕾
副主编 周伟伟 孙 静 盛 雪
参 编 梅 丽
主 审 魏召刚



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书从实用角度出发,以参数检测任务式课程开展为导向,以传感器检测为教学载体,以传感器的应用为内容主线,面向实践应用,采用任务驱动方式编写,体现“教、学、做”一体化的教学设计,突出以能力培养为核心的教学理念,引入国家标准、行业标准和职业规范。本书体现了理论教学和实践教学并重的宗旨。本书分为基础篇和典型应用篇。基础篇包括检测认知、压力检测、温度检测、物位检测、流量检测、位移检测和速度检测;典型应用篇包括红外传感器的应用、磁敏传感器的应用、应变传感器的应用、光纤传感器的应用、超声波传感器的应用和微波传感器的应用。反映了近年来检测控制领域中的新技术、新方法和新发展。

本书可作为高等院校机电一体化技术、电气自动化技术、工业过程自动化技术等专业的教材,也可以作为有关工程技术人员的技术参考书和自学用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

自动检测与转换技术/王涛,牟爱霞,张蕾主编. —北京:北京理工大学出版社,2017.8
ISBN 978-7-5682-4703-0

I. ①自… II. ①王… ②牟… ③张… III. ①自动检测-高等学校-教材②传感器-高等学校-教材 IV. ①TP274②TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 206322 号

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编/100081

电 话/(010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址/<http://www.bitpress.com.cn>

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京慧美印刷有限公司

开 本/787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张/18.5

字 数/436 千字

版 次/2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

定 价/59.80 元

责任编辑/陈莉华

文案编辑/陈莉华

责任校对/周瑞红

责任印制/李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前言

Preface

“自动检测与转换技术”是高等院校机电一体化技术、电气自动化技术、工业机器人、工业过程自动化技术、电子信息技术以及计算机控制技术等专业的一门专业基础课。本教材是编者在深入生产、生活调研的基础上，结合高校教育教学的特点、学生的认知规律，以及教学大纲的要求，本着理论够用、应用为主、注重实践的教学思想而编写的。

依据教学安排，将教材内容分为基础篇和典型应用篇。基础篇包括检测认知、压力检测、温度检测、物位检测、流量检测、位移检测和速度检测；典型应用篇包括红外传感器的应用、磁敏传感器的应用、应变传感器的应用、光纤传感器的应用、超声波传感器的应用和微波传感器的应用。共 13 个项目，每个项目包含各个任务，每个任务又包括任务描述、知识链接、任务实施、学习评价四部分。

项目一检测认知，主要讲解检测的基本概念、系统组成、测量误差、传感器性能指标等知识。项目二压力检测，主要讲解电阻应变式压力传感器、压电式压力传感器、电感式压力传感器及电容式压力传感器的原理及应用。项目三温度检测，主要讲解热电偶、热电阻和压力式温度计的原理及应用以及红外测温原理及应用。项目四物位检测，主要讲解电容式物位传感器、超声波物位传感器、液位传感器的原理及应用。项目五流量检测，主要讲解差压流量计、涡轮流量计、电磁流量计、超声波流量计、浮子流量计及热导式流速传感器的原理及应用。项目六位移检测，主要讲解电容式、电阻应变式、电感式、光纤式、磁敏式位移传感器的原理及应用。项目七速度检测，主要讲解磁电式、霍尔式、光电式速度传感器的原理及应用。项目八红外传感器的应用，主要讲解红外成像、红外无损探测、红外气体分析、红外雷达、红外侦察、红外报警等应用。项目九磁敏传感器的应用，主要讲解汽车霍尔点火器、无损探伤、霍尔计数装置、磁栅传感器等应用。项目十应变传感器的应用，主要讲解电阻应变仪、应变传感器在衡器中的应用、应变传感器对加速度的测量、电子皮带秤、罐内液重测量等应用。项目十一光纤传感器的应用，主要讲解光纤测温度、光纤测速度和流量、光纤测加速度、光纤测压力和振动、光纤体压计、光纤体温计等应用。项目十二超声波传感器的应用，主要讲解超声波测量厚度、超声波诊断仪、超声波探伤等应用。项目十三微波传感器的应用，主要讲解微波测湿度、微波液位仪、微波测厚仪、微波定位等应用。

本书是新型的二维码网络教材，每个项目都有配套资源，包括视频及 PPT。

本书由王涛、牟爱霞、张蕾担任主编，周伟伟、孙静、盛雪担任副主编，由魏召刚担任主审，梅丽参编。具体分工如下：项目一、项目十二、项目十三由王涛编写，项目二、项目三由牟爱霞编写，项目四、项目五由张蕾编写，项目六、项目七由周伟伟编写，项目八、项目九由孙静编写，项目十由盛雪编写，项目十一由梅丽编写。本书在编写过程中，一直受到有关领导的大力支持和同仁们的热情帮助，同时参考了大量的资料，主

要参考资料附后，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在错漏之处，恳请广大读者批评指正。

编 者
2017 年 3 月

目 录

Contents

基 础 篇

► 项目一 检测认知	3
任务一 自动检测系统的认知	3
任务描述	3
知识链接	4
一、自动检测的基本概念	4
二、自动检测系统的组成	4
任务实施	5
检测系统产品及应用的相关信息	5
学习评价	5
任务二 测量及测量误差	6
任务描述	6
知识链接	6
一、测量概述	6
二、测量误差及分类	7
任务实施	9
检测系统的误差测量及处理	9
学习评价	10
任务三 传感器的认知	10
任务描述	10
知识链接	10
一、传感器的定义	10
二、传感器的组成	11
三、传感器的分类	11
四、传感器的特性及技术指标	11
五、传感器的材料与制造	14
六、传感器的标定与校准	16
任务实施	17
传感器的指标校准	17
学习评价	17

► 项目二 压力检测	18
任务一 电阻应变式压力传感器	18
任务描述	18
知识链接	18
一、电阻应变片的工作原理	19
二、电阻应变片的分类	20
三、电阻应变片的粘贴技术	21
四、电阻应变片的测量电路	23
任务实施	24
一、膜片式应变压力传感器	24
二、轧制力检测	25
学习评价	26
任务二 压电式压力传感器	26
任务描述	26
知识链接	27
一、压电式传感器的工作原理	27
二、压电材料	28
三、压电式传感器的等效电路	29
四、压电式传感器的信号调节电路	31
任务实施	32
一、压电式压力传感器	32
二、电子气压计	33
学习评价	34
任务三 电感式压力传感器	34
任务描述	34
知识链接	35
一、自感式传感器	35
二、互感式传感器	39
任务实施	40
一、变隙式电感压力传感器	40
二、差动变压器式压力传感器	40
学习评价	41
任务四 电容式压力传感器	41
任务描述	41
知识链接	42
一、变极距式电容传感器	42
二、变面积式电容传感器	43

三、变介电常数式电容传感器	45
四、测量转换电路	45
任务实施	47
一、电容式差压传感器	47
二、变面积式电容压力传感器	47
学习评价	48
► 项目三 温度检测	49
任务一 热电偶	50
任务描述	50
知识链接	50
一、热电偶的工作原理	50
二、热电偶的材料、类型及结构	54
三、热电偶的冷端温度补偿	58
四、热电偶的应用	60
任务实施	62
热电偶式多功能高精度钢水测温仪	62
学习评价	64
任务二 热电阻	65
任务描述	65
知识链接	65
一、金属热电阻	65
二、半导体热敏电阻	68
任务实施	69
温度补偿电路	69
学习评价	70
任务三 压力式温度计	70
任务描述	70
知识链接	70
压力式温度计的原理	70
任务实施	72
压力式温度计测温产品的相关信息	72
学习评价	72
任务四 红外测温	72
任务描述	72
知识链接	72
一、红外辐射	72
二、红外探测器	73

任务实施	74
红外测温仪	74
学习评价	75
► 项目四 物位检测	76
任务一 电容式物位传感器	76
任务描述	76
知识链接	76
电容式物位传感器的工作原理	76
任务实施	79
一、位式检测装置	79
二、电容传感器在真空注油机溢油自动控制中的应用	81
三、电容式料位测量	82
学习评价	83
任务二 超声波物位传感器	83
任务描述	83
知识链接	83
超声波测量物位的原理	83
任务实施	84
一、超声波物位检测装置	84
二、超声波定点液位计	85
学习评价	85
任务三 液位传感器	86
任务描述	86
知识链接	86
一、压差式液位传感器	86
二、电导式液位传感器	89
三、浮筒式液位传感器	91
任务实施	92
一、深井水位测量仪	92
二、高性能水位控制器	92
学习评价	93
► 项目五 流量检测	94
任务一 差压流量计	94
任务描述	94
知识链接	95

流量基本知识	95
任务实施	97
一、差压式流量计的组成	98
二、标准节流装置	100
三、特殊节流装置	107
四、差压式流量计的安装	109
五、差压式流量计使用中的测量误差	114
学习评价	115
任务二 涡轮流量计	115
任务描述	115
知识链接	115
涡轮流量计测流量的原理	115
任务实施	117
一、涡轮流量计的结构	118
二、涡轮流量计的特点	119
学习评价	119
任务三 电磁流量计	120
任务描述	120
知识链接	120
电磁感应定律	120
任务实施	121
一、电磁流量计的结构	121
二、变送器输出信号的特点	122
三、电磁流量计的特点和应注意事项	122
学习评价	124
任务四 超声波流量计	124
任务描述	124
知识链接	124
超声波流量计测流量的原理	124
任务实施	125
超声波流量计	125
学习评价	126
任务五 浮子流量计	126
任务描述	126
知识链接	127
浮子流量计测流量的原理	127
任务实施	127
浮子流量计	127
学习评价	128

任务六 热导式流速传感器	128
任务描述	128
知识链接	128
应用热能测量流量的原理	128
任务实施	129
热导式流速传感器	129
学习评价	130
► 项目六 位移检测	131
任务一 电位器式位移传感器	131
任务描述	131
知识链接	131
电位器原理	131
任务实施	132
一、线绕电位器式传感器	132
二、非线性绕电位器式传感器	132
三、光电电位器式传感器	133
学习评价	134
任务二 电容式位移传感器	134
任务描述	134
知识链接	134
电容式传感器的工作原理	134
任务实施	135
一、变极距式电容传感器	135
二、变面积式电容传感器	135
学习评价	136
任务三 电阻应变式位移传感器	136
任务描述	136
知识链接	137
悬臂梁	137
任务实施	138
电阻应变式角位移传感器	138
学习评价	138
任务四 电感式位移传感器	138
任务描述	138
知识链接	139
电磁感应原理	139
任务实施	139

一、变隙式电感位移传感器	139
二、螺管式电感位移传感器	140
三、差动螺管式电感位移传感器	140
四、螺管式差动变压器	141
学习评价	142
任务五 光纤式位移传感器	142
任务描述	142
知识链接	142
一、常用光纤传感器的外形、特性和参数	143
二、光纤传感器的光纤、光源、光电检测器的使用原则	147
三、光纤连接器和光纤固定接头	151
任务实施	155
光纤式位移传感器	155
学习评价	157
任务六 磁敏位移传感器	157
任务描述	157
知识链接	157
一、霍尔器件能线性输出电压	157
二、使用简单方便的霍尔集成电路	158
三、灵敏度非常高的半导体磁敏电阻	158
四、适于数字化应用的强磁性材料的磁敏电阻器	158
五、可检测地磁场的磁通量闸门型(磁场调制型)磁敏传感器	159
六、霍尔器件的驱动方式	160
七、霍尔器件的温度补偿电路	160
八、霍尔器件的同相电压消除电路	161
九、运算放大器的漂移电压消除电路	162
十、多个霍尔器件连接在一起时的霍尔电压加法电路	163
任务实施	163
一、霍尔位移传感器	163
二、磁阻器件位移检测	164
学习评价	164
► 项目七 速度检测	165
任务一 速度测量概述	165
任务描述	165
知识链接	166
转速(速度)在线测量时要考虑的问题	166
任务实施	167

一、接触式测量	167
二、非接触式测量	167
三、转速测量电路	169
学习评价	171
任务二 磁电测速传感器	171
任务描述	171
知识链接	171
磁电传感器的工作原理及测量电路	171
任务实施	174
一、相对速度传感器	174
二、绝对速度传感器	175
学习评价	176
任务三 霍尔测速传感器	176
任务描述	176
知识链接	176
一、霍尔效应	176
二、霍尔元件的主要技术参数	177
三、霍尔集成电路	178
任务实施	179
一、磁铁装在霍尔元件上的测速方式	179
二、磁铁装在转盘上的测速方式	179
学习评价	180
任务四 光电转速计	180
任务描述	180
知识链接	180
光电转速计的工作原理	180
任务实施	181
直射型光电转速计	181
学习评价	182

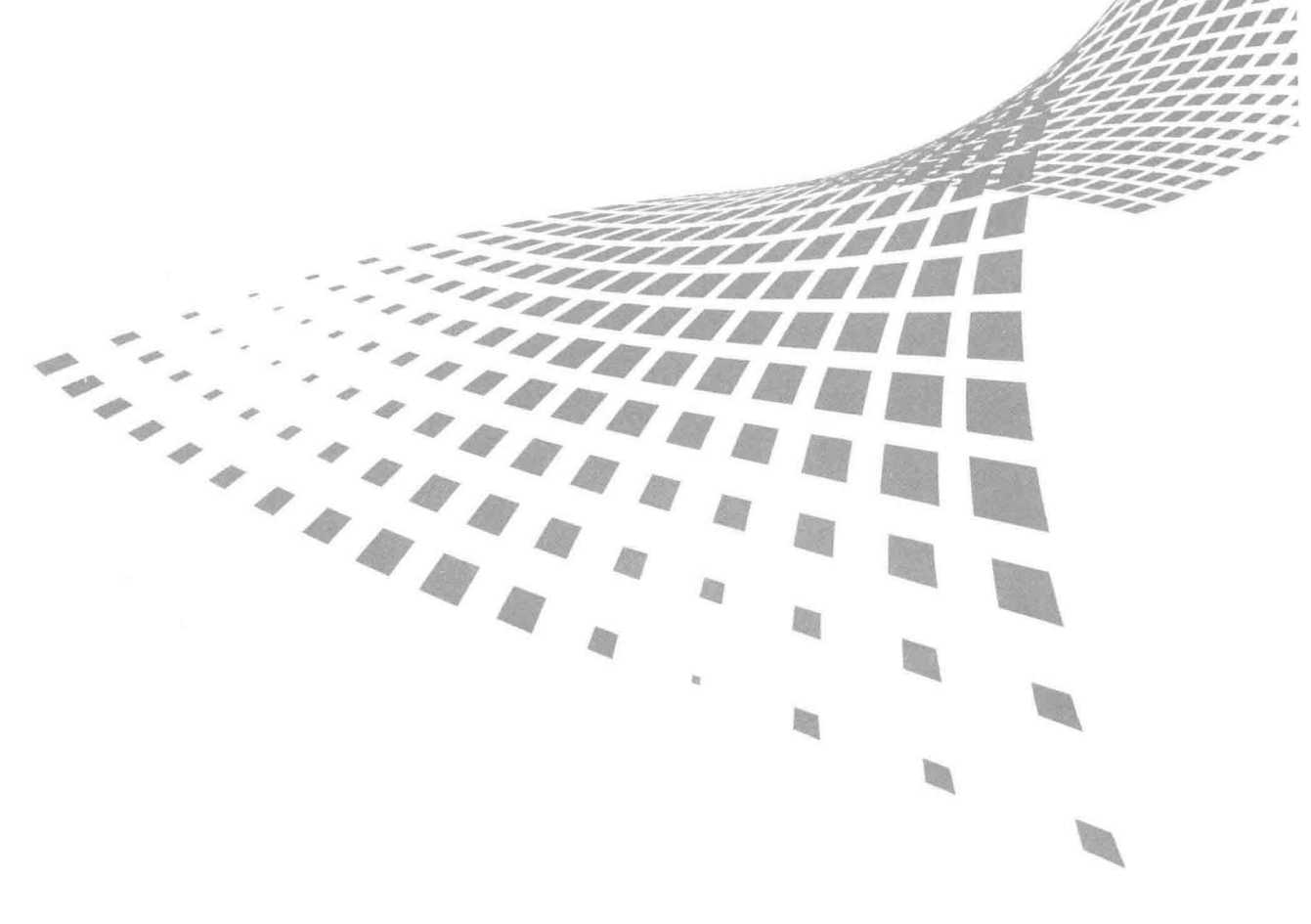
典型应用篇

► 项目八 红外传感器的应用	185
任务描述	185
知识链接	185
红外基础知识	185
任务实施	185
一、红外成像	185
二、红外无损探测	188

三、红外气体分析	189
四、红外雷达	190
五、红外侦察	191
六、红外报警	192
学习评价	193
► 项目九 磁敏传感器的应用	194
任务描述	194
知识链接	194
磁敏基础知识	194
任务实施	194
一、汽车霍尔点火器	194
二、无损探伤	195
三、铟化铟 (InSb) 磁阻传感器在磁性油墨鉴别点钞机中的应用	197
四、功率测量	198
五、霍尔计数装置	199
六、霍尔线性集成传感器测量磁感应强度	199
七、磁敏电阻非接触测量交流电流和转速	200
八、磁栅传感器及应用于高精度测长	201
学习评价	203
► 项目十 应变传感器的应用	204
任务描述	204
知识链接	204
应变基础知识	204
任务实施	204
一、电阻应变仪	204
二、应变传感器在衡器中的应用	205
三、应变传感器对加速度的测量	207
四、电子皮带秤	208
五、罐内液重测量	209
学习评价	209
► 项目十一 光纤传感器的应用	210
任务描述	210
知识链接	210
光纤基础知识	210

任务实施	210
一、光纤测温度	210
二、光纤测速度和流量	215
三、光纤测加速度	217
四、光纤测压力和振动	219
五、光纤测电压和电流	221
六、光纤测电磁场	224
七、光纤测射线	227
八、光纤测分光	227
九、光纤测图像	229
十、光纤测氧饱和度	230
十一、光纤血流计	231
十二、光纤测 pH 值	232
十三、光纤体压计	233
十四、光纤体温计	233
学习评价	234
► 项目十二 超声波传感器的应用	235
任务描述	235
知识链接	235
超声波基础知识	235
任务实施	235
一、超声波测量厚度——脉冲反射式超声测厚仪	235
二、超声波诊断仪	238
三、超声波探伤	240
学习评价	241
► 项目十三 微波传感器的应用	242
任务描述	242
知识链接	242
一、微波基本知识	242
二、微波传感器及其分类	243
三、微波传感器的优点与存在的问题	244
任务实施	244
一、微波测湿度（水分）	244
二、微波液位仪	245
三、微波物位仪	245

四、微波测厚仪	245
五、微波温度传感器	246
六、微波定位	247
七、微波多普勒传感器	247
学习评价	247
附录 1 铂铑 ₁₀ ——铂热电偶分度表	248
附录 2 镍铬——镍硅（镍铝）热电偶分度表	252
附录 3 镍铬——考铜热电偶分度表	257
附录 4 铂铑 ₃₀ ——铂铑 ₆ 热电偶分度表	260
附录 5 铂热电阻分度表（ $R_0=46\ \Omega$ ）	266
附录 6 铂热电阻分度表（ $R_0=100\ \Omega$ ）	270
附录 7 铂热电阻分度表（ $R_0=50\ \Omega$ ）	274
附录 8 铜热电阻分度表（ $R_0=100\ \Omega$ ）	276
参考文献	278



基 础 篇