



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

传感器 原理及其应用

CHUANGANQI YUANLI JIQI YINGYONG

李瑜芳 编著



电子科技大学出版社

TP212/174

2008

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

传感器原理及其应用

李瑜芳 编著

电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

传感器原理及其应用/李瑜芳编著. —成都: 电子科技大学出版社, 2008.2

ISBN 978-7-81114-745-2

I. 传… II. 李… III. 传感器 IV. TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 200778 号

内 容 简 介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材, 是以项目教学为主线、将理论与实践融合在一起的“知行融通”型教材。全书分三篇, 信息量较大。第二篇理论与实践融为一体的知行融通教学模块包括 15 个项目, 介绍了光电传感器、热释电红外传感器、声传感器、温度传感器、位移与角度传感器、磁学量传感器、气敏传感器、光纤传感器、力传感器、机器人传感器的原理及应用方法; 同时编入校企合作顶岗实习的项目, 即传感器仪表安装工程技术、物位检测与物位传感器安装、无损检测技术和超声波检测技术。本书介绍了新技术和传感器应用发展趋势, 能较大地反映国内外传感技术领域的新成果和新进展。第三篇教辅模块介绍了实践必备的基础知识, 为学生学习第二篇各项目提供简易实践手册。

本书结构体系与内容较新, 较适合于以应用为主的高职学生使用, 主要有三个特点, 其一是将理论与实践融合在一起, “知”与“行”的内容交替出现, 由易到难, 循序渐进, 螺旋式展开; 其二是将必学内容与拓展内容分开编写, 有利于教师根据不同程度的学生进行弹性教学; 其三是每个项目都有教学说明、课后思考题与习题, 并附有部分答案, 方便教师教和学生学。

本书可作为高等职业技术学院电子技术应用类、电气工程类、自动化类、仪器仪表类、机电技术类、计算机应用类专业教学用书, 也可作为有关工程技术人员的技术参考书, 还可作为广大自动控制爱好者的自学参考书。

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

传感器原理及其应用

李瑜芳 编著

出 版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 朱 丹

责任编辑: 朱 丹

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 成都中铁二局永经堂印务有限责任公司

成品尺寸: 185mm×260mm 印张 22.75 字数 548 千字

版 次: 2008 年 2 月第二版

印 次: 2008 年 2 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-81114-745-2

定 价: 29.80 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 邮购本书请与本社发行部联系。电话: (028) 83202323, 83256027
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。
- ◆ 课件下载在我社主页“下载专区”。

前 言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是以项目教学为主线、将理论与实践融合在一起的“知行融通”型教材。本书由福建信息职业技术学院李瑜芳副教授编著;两位主审分别是长期从事传感技术教学与科研、多次以高级访问学者的身份赴美参加传感器研究、主持国际合作项目和福建省重点攻关项目 17 个的福州大学杜民教授和长期在福州职业技术学院担任教学工作的副教授、高级工程师吴亚麟老师。

全书分三篇,包括第一篇绪论、第二篇知行融通教学模块和第三篇教辅模块。第二篇理论与实践融为一体的知行融通教学模块包括 15 个项目,是该教材的主体,按照“行”的体系编写,根据学生的心理发展规律,将传感器应用“知”与“行”的内容由浅入深、螺旋式展开。通过 15 个项目,介绍了光电传感器、热释电红外传感器、声传感器、温度传感器、位移与角度传感器、磁学量传感器、气敏传感器、光纤传感器、力传感器、机器人传感器的原理及应用方法;同时介绍了校企合作顶岗实习的项目,即传感器仪表安装工程技术、物位检测与物位传感器安装、无损检测技术和超声波检测技术。本教材编写时将必学内容与拓展内容分开,有利于根据不同程度的学生进行弹性教学。编入的 15 个项目各有特点,有利于各学院教师根据自己的教学要求选择不同的项目。本书编入了新技术和传感器应用发展趋势,能较大限度地反映国内外传感技术领域的新成果和新进展。第三篇教辅模块介绍了实践必备的基础知识,为学生学习第二篇各项目提供简易实践手册。第二篇每个项目都有教学说明、课后思考题与习题,并附有部分答案,方便教师教和学生学。

本书在编写过程中,得到丹麦乐高集团教育部在中国的总代理西觅亚科技(深圳)有限责任公司的经理杨丰华先生和工程师施华平先生、福州富海电子科技有限公司经理张河海先生、福州大学精密仪器研究所博士陈延平先生的大力支持。参加审阅工作的还有福州大学电气工程系的研究生们。同时也得到了电子科技大学出版社、福建信息职业技术学院机电工程系的全力支持,在此表示诚挚的感谢。由于编著者水平有限,书中难免还存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

编 者

2007 年 8 月

目 录

第一篇 绪论.....	1
第一章 传感器技术的地位和作用.....	1
一、传感器的概念.....	1
二、传感器的分类.....	1
三、传感器技术的地位和作用.....	2
四、传感器新职业.....	3
五、传感器技术的特点.....	3
六、本课程的任务.....	4
第二章 教材结构与教学方法.....	5
一、教材编写的理论依据——知行融通理论.....	5
二、“知行融通”型教材的建设原则.....	6
三、本教材的结构与特点.....	8
四、第二篇 15 个项目的课时分配.....	12
五、学生学习的一般方法.....	14
六、学习《传感器原理与应用》的方法.....	15
第三章 传感器技术概论.....	16
一、传感器的基本特性.....	16
二、传感器材料.....	20
三、传感器的制作技术.....	21
四、传感器的设计方法.....	21
五、传感器应用电路的组成.....	24
第二篇 知行融通教学模块.....	29
项目一 基于 LEGO 实践平台的机器人制作.....	29
1.1 自动寻迹机器人的制作.....	29
1.2 NXT 机器人传感器简介.....	34
1.3 机器人发展状况.....	40
课后思考与练习.....	51
项目二 光电传感器及应用方法.....	52
2.1 光电传感器的基础知识.....	52
2.2 光电传感器应用电路的制作.....	65
2.3 光电传感器的应用方法.....	66
2.4 光电传感器应用电路的设计与制作方法.....	71

课后思考与练习	75
项目三 热释电红外传感器及应用方法	76
3.1 热释电红外传感器简介	76
3.2 夜间人体感应灯的设计与制作	83
3.3 读图练习	87
课后思考与练习	92
项目四 声传感器及应用方法	94
4.1 声传感器简介	94
4.2 声控电路的前置放大器	98
4.3 声、光、磁控机器猫的制作	102
4.4 读图练习	104
课后思考与练习	108
项目五 温度传感器及应用方法	109
5.1 电冰箱温度超标指示电路的制作	109
5.2 基于热电偶的温控电路制作	112
5.3 热电偶传感器简介	115
5.4 温度传感器发展方向	128
课后思考与练习	130
项目六 位移与角度传感器及应用方法	131
6.1 简单位移传感器的制作	131
6.2 数字式角度传感器简介	133
6.3 角度测量教具的制作	136
6.4 光栅传感器	137
课后思考与练习	143
项目七 磁学量传感器及应用方法	144
7.1 霍尔传感器简介	144
7.2 霍尔传感器应用实训	153
7.3 新型磁学量传感器	156
课后思考与练习	163
项目八 气敏传感器及应用方法	164
8.1 气敏传感器简介	164
8.2 半导体气敏传感器 MQ411 应用实训	170
8.3 气敏传感器的使用与维护	172
8.4 基于烟雾检测火灾自动报警系统的设计	175
课后思考与练习	179
项目九 光纤传感器及应用方法	181
9.1 光纤传感器简介	181
9.2 光纤位移传感器实验	189
9.3 光纤传感器的新进展	193

课后思考与练习	199
项目十 力传感器及应用方法	200
10.1 应变式力传感器的原理与应用	200
10.2 电子秤的设计与制作	208
10.3 压电传感器	211
课后思考与练习	218
项目十一 传感器仪表安装工程技术	221
11.1 仪表安装基础知识	221
11.2 防盗报警、煤气泄漏报警、火灾报警系统安装工程实例	229
11.3 报警系统安装实习	237
课后思考与练习	238
项目十二 物位传感器检测仪表的安装	239
12.1 物位检测的概念	239
12.2 常用物位传感器检测仪表	241
12.3 物位传感器仪表的安装	249
12.4 物位检测系统故障分析与处理	253
课后思考与练习	260
项目十三 无损检测诊断技术	261
13.1 无损检测人员的资格与职责	261
13.2 无损检测诊断技术概述	262
13.3 工业内窥镜检测诊断原理	269
13.4 无损检测实习	274
课后思考与练习	276
项目十四 超声检测诊断技术	277
14.1 超声波传感器简介	277
14.2 超声波无损检测现场实用技术	281
14.3 超声检测诊断工艺规程	284
14.4 超声检测诊断实习	286
课后思考与练习	292
项目十五 机器人创新设计方法	293
15.1 NXT 足球机器人的设计	293
15.2 仿真机器蝎的设计	298
15.3 指南针传感器的设计	302
课后思考与练习	304
第三篇 教辅模块	305
辅助一 实践必备知识	305
一、实践基础知识	305
二、LEGO 机器人套件简介	308

辅助二 新型传感与检测技术.....	321
一、传感器新技术的发展.....	321
二、无损检测诊断技术新进展.....	323
三、生物传感器技术的新进展.....	326
四、多传感器数据融合技术.....	329
五、传感器网络技术.....	330
辅助三 本书部分课后练习提示与解答.....	336
一、项目二课后练习题提示与解答.....	336
二、项目三部分课后练习提示与解答.....	338
三、项目四部分课后练习提示与解答.....	340
四、项目五部分课后练习提示与解答.....	340
五、项目六课后练习提示与解答.....	341
六、项目七课后练习提示与解答.....	341
七、项目八部分课后练习提示与解答.....	343
八、项目十 部分课后练习提示与解答.....	345
九、项目十四部分课后练习提示与解答.....	347
十、项目十五部分课后练习提示与解答.....	348
参考文献.....	353

第一篇 绪 论

本篇教学说明

第一篇绪论包括第一章“传感器技术的地位和作用”、第二章“教材结构与教学方法”和第三章“传感器技术概论”，共三部分内容。第一章的目的是让学生掌握传感器技术和传感器概念，了解传感器技术的地位和作用，调动学生学习本课程的积极性；第二章的目的是让师生了解本书的结构与教学方法；第三章的目的是让读者了解传感器技术概论，该章内容较枯燥，可根据学生的接受情况决定是在第一篇绪论的第一章、第二章之后就讲授，还是等第二篇讲授几个项目之后或第二篇全部讲授完后再开讲。

第一章 传感器技术的地位和作用

一、传感器的概念

传感器技术是以研究传感器的原理、传感器的材料、传感器的设计、传感器的制作、传感器的应用为主要内容；以传感器敏感材料的电、磁、光、声、热、力等物理“效应”、“现象”，化学中的各种“反应”以及生物学中的各种“机理”作为理论基础；并综合了物理学、微电子学、光学、化学、生物工程、材料科学、精密机械、微细加工、试验测量等方面的知识和技术而形成的一门综合性学科。传感器技术与通信技术和计算机技术一起分别构成信息技术系统的“感官”、“神经”和“大脑”，是现代信息产业的三大支柱之一。

何谓传感器？根据中华人民共和国国家标准 GB7665-87，传感器的定义是：“能感受规定的被测量并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置”，即传感器是一种能把特定的被测量信息（包括物理量、化学量、生物学量等）按一定规律转换成某种可用信号输出的器件或装置。当今的“可用信号”是适于处理和传输的电信号等，因此可把传感器狭义地定义为：能把外界非电信息按一定规律转换成电信息输出的器件或装置。可以预料，将来的“可用信号”或许是光信息或者是更先进、更实用的其他信息。

二、传感器的分类

传感器的分类方法很多，主要有如下几种：

(1) 按被测量分类，可分为力学量、光学量、磁学量、几何学量、运动学量、流速与流量、液面、热学量、化学量、生物量传感器等。这种分类有利于选择传感器、应用传感器。

(2) 按照工作原理分类，可分为电阻式、电容式、电感式、光电式、光栅式、热电式、压电式、红外、光纤、超声波、激光传感器等。这种分类有利于研究、设计传感器，有利于对传感器的工作原理进行阐述。

(3) 按敏感材料不同分为半导体传感器、陶瓷传感器、石英传感器、光导纤维传感器、

金属传感器、有机材料传感器、高分子材料传感器等。这种分类法可分出很多种类。

(4) 按照传感器输出量的性质分为模拟传感器、数字传感器。其中数字传感器便于与计算机联用,且抗干扰性较强,例如脉冲盘式角度数字传感器、光栅传感器等。传感器数字化是今后的发展趋势。

(5) 按应用场合不同分为工业用、农用、军用、医用、科研用、环保用和家电用传感器等。若按具体使用场合,还可分为汽车用、舰船用、飞机用、宇宙飞船用、防灾用传感器等。

(6) 根据使用目的的不同,又可分为计测用、监视用、检查用、诊断用、控制用和分析用传感器等。

三、传感器技术的地位和作用

社会的需求是传感器技术发展的动力。在基础学科和尖端技术的研究对象中,有大到上千光年的茫茫宇宙,小到 10^{-13}cm 的粒子世界;长到数十亿年的天体演化,短到 10^{-24}s 的瞬间反应;高达 $5 \times 10^4 \sim 5 \times 10^8^\circ\text{C}$ 的超高温,或 $3 \times 10^8\text{Pa}$ 的超高压,低到 0.01K 的超低温,或 10^{-13}Pa 的超真空;强到 25T 以上的超强磁场,弱到 10^{-11}T 的超弱磁场……要测量或控制如此极端巨微的信息,人的感官或一般电子设备远已无能为力,必须借助于配备有相应传感器的高精度测控仪器或大型测控系统才能奏效。而传感器的发展依赖于传感器敏感材料的开发;依赖于传感器制作加工技术的提高;依赖于材料新的物理“效应”、新的化学“反应”和新的生物“机理”的挖掘;依赖于传感器应用的推广普及。因而,传感器技术已成为一些发达国家最重要的热门技术之一。在 20 世纪,美国把 80 年代看成传感器时代,把传感器技术列为 90 年代 22 项关键技术之一;日本也将传感器技术列为十大技术之首。

从茫茫太空,到浩瀚海洋;从各种复杂工程系统,到日常生活的衣食住行,几乎每一个领域,都离不开各种各样的传感器。

在机器人技术领域,作为第三次产业革命的典型代表——智能机器人将大量使用视觉、触觉、听觉、嗅觉以及各种内脏传感器。一些机器人专家认为“智能机器人系统应该是一个传感器系统的集成而不是机构的集成”。

在航空、航天技术领域,传感器应用得早也应用得多,仅阿波罗 10 号飞船就使用了大量传感器对 3295 个测量参数进行监测。可以说整个飞船就是高性能传感器的集合体。

在兵器领域中,现代引信实质就是完成引爆战斗部的传感器系统,可以使用机械式、压电、电容、电磁、光纤、红外、紫外、激光、超声、微波等传感器。国外新设计的引信,同时采用几个传感器以分别监测环境和目标信息,从而更好地解决了安全、可靠和通用性问题,并增加了功能。战场侦察传感器系统是 20 世纪 60 年代在美国、前苏联和欧洲等国家和地区发展起来并装备部队的侦察武器。这是由于现代战争的突发性,使侦察兵难以隐蔽和渗透,因此替代侦察兵的战场侦察传感器也应运而生了。初期研制了侦察用磁、声、振动传感器,20 世纪 80 年代采用红外 CCD 器件等新成果,提高了战场传感器的性能。各国研制的重要新型精确打击武器、目标敏感弹都是以传感器为技术核心的,制导炮弹、各种导弹也是如此。

在工厂自动化生产过程中,传感器必不可少。例如在化工产品自动生产过程中,首先,进料时要自动对原料称重,分析原料成分或浓度,使它们按比例混合;混合后,在反应容器中自动反应,又必须测定容器中的压力或体积;如果是液体,还需要自动控制容器液位高度;

然后,半成品在生产线(管道)中传输时,又需要自动控制传输速度或流量,这里必须使用液动或气动设备产生推动力,因而要检测压力或压强等……最后成品自动分装还要称重等等。所有这些环节均需要使用各种传感器对相应的非电量进行检测和控制,使设备或系统自动、正常地运行在最佳状态,保证生产的高效率 and 高质量。一座大型钢铁厂需要 2 万多台传感器和检测仪表。一座大型石油化工厂需要 6 千台传感器和检测仪表。

在交通领域中,为了研究飞机的强度,要在机身、机翼上贴上几百片应变片,在试飞时还要利用传感器测量发动机的参数(转速、转矩、振动等)以及机上有关部位的各种参数(应力、温度、流量、油箱液位等)。一辆现代化汽车装备的传感器就达 30 多种,用以检测车速、方位、转矩、振动、油压、油量、温度等。美国为实现“汽车电子化”,准备在一辆汽车上安装多达 90 多种传感器。

生物传感器的发展将引起临床检验领域的一场革命,使复杂的医学生化检测过程大大简化,进而走出实验室,步入普通病人的家庭,使普通病人也能熟练掌握和操作这些仪器,随时了解自己的病情,为治疗和康复提供了有利条件。

家庭生活中使用的传感器也越来越多。如电冰箱中的温度传感器、监视煤气溢出的一氧化碳气敏传感器,防止火灾的烟雾传感器等等,洗衣机、电饭锅、录像机、收录机、电视机、空调机、血压计等都需要许多传感器。

总之,传感器技术在以计算机为基础的测控系统中,在加强国防建设与促进科技发展中,在改造传统产业实现过程检测自动化和发展新兴产业中,在节约能源、保护环境、提高效率、确保安全及节省人力等方面都具有特殊重要的作用。

一个国家的现代化水平是用自动化水平来衡量的,而自动化水平是用采用传感器的种类和数量来衡量的。可以说如果没有先进的传感器技术,那么信息的准确获得与精密检测就成了一句空话;计算机技术就成了无源之水;现代测量和自动化技术亦会随之变成水中月、镜中之花。

四、传感器新职业

世界上传感器品种达 3 万余种,研究、生产单位有 5000 余家。我国近年来在国家“大力加强传感器的开发和在国民经济中的普遍应用”等一系列政策导向和支持下,传感器技术和产业取得了长足发展。目前国内有 1600 余家企事业单位从事传感器的研制、生产和应用,产品 3000 多种,年总产量超过 13 亿只,销售总额 100 多亿元。传感器应用技术员被劳动部门正式确定为新职业,未来 10~20 年将是我国新型传感器技术得到全面、协调、持续发展的战略机遇期,传感器行业将紧密结合我国国情和市场发展需求,加强协作,努力开发自主知识产权的新型产品,提高产品性能价格比,加快科研成果产业化,以尽快缩小与发达国家的差距。

五、传感器技术的特点

传感器技术的特点集中体现在其知识密集性、内容离散性、品种庞杂性、功能智能性、测试精确性、工艺复杂性和应用广泛性上。

知识密集性。传感器技术中几乎牵涉支撑现代文明的所有科学技术。各类传感器机理各异,与多门学科密切相关,在理论上以物理学中的“效应”、“现象”,化学中的“反应”,生

物理学中的“机理”作为基础；在技术上涉及电子、机械制造、化学工程、生物工程等学科的技术。故传感器技术是多学科相互渗透的知识密集性学科。

内容离散性。主要体现在传感器技术所涉及和利用的物理学、化学、生物学中的“效应”、“反应”、“机理”，不仅为数甚多，而且往往是彼此独立，甚至是完全不相关，因此打开有关传感器技术的教材、参考书的目录，会发现章节顺序各异，但都有其道理。

品种庞杂性。首先，自然界中各种信息千差万别，对应不同的信息就有不同类别的传感器，如液位传感器、温度传感器、速度传感器等等品种繁多。其次，对应于自然界中一种信息的检测就可根据不同原理、不同材料制作许多种类的传感器，例如仅线位移传感器品种就有 18 种。第三，由于产品更新换代快，新的传感器不断出现，品种不断增加。第四，从杂志、书籍中见到的传感器品种名称特别杂。由于传感器的分类很多，可按其结构分类，可按其敏感材料分类，可按输入量情况分类，可按输出量情况分类，可按工作原理分类，可按功能分类，也可按应用分类，同一种传感器按其不同分类则名称很多。总之，传感器具有品种庞杂性的特点。

功能智能性。传感器具有多种作用，既可代替人类五官感觉的功能，也能检测人类五官不能感觉的信息（如超声波、红外线、 α 射线、 β 射线、 γ 射线等），称得上是人类五官功能的扩展。同时，还能在人类无法忍受的高温、高压等恶劣环境下工作，而且有的传感器还具有记忆、存储、解析、统计处理和自诊断、自校准、自适应等功能，因而称其为“智能性”。

测试精确性。传感器检测各类信息的量程宽，如温度可在 $-273^{\circ}\text{C}\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 以上，湿度在几个 ppm $\sim 100\%\text{RH}$ ，压力传感器的测压范围在 0.01psi $\sim 1000\text{psi}$ 。传感器的精度高达 0.01% $\sim 0.1\%$ ，传感器的可靠度可达 8 ~ 9 级。

工艺复杂性。传感器的制作涉及许多高新技术，如集成技术、薄膜技术、超导技术、键合技术、高密封技术、特种加工技术，以及多功能化、智能化技术等，工艺难度很大，要求极高。例如直径为 1mm 的微型传感器精加工技术、厚度为 1 μm 以下的硅片超薄加工技术、耐压几百 MPa 的大压力传感器的密封技术等生产工艺极其复杂而又高精尖。

应用广泛性。从航天、航空、兵器、船舶、交通、冶金、机械、电子、化工、轻工、能源、煤炭、石油、医疗卫生、生物工程、宇宙开发等领域到农、林、牧、副、渔五业直到人们日常生活的方方面面，几乎无处不应用传感器技术。例如一台复印机需要 20 只传感器，一组大型发电机组需要 3 千台传感器和检测仪表。

六、本课程的任务

本课程的任务在于使学生达到如下要求：

- (1) 对各类传感器的机理和应用有一定理解；
- (2) 对传感器和由传感器组成的检测系统有一定的分析能力；
- (3) 能制作简单的传感器应用电路；
- (4) 了解传感器应用电路的设计方法；
- (5) 了解企业传感器安装工程、无损检测等岗位工作；
- (6) 具备传感器实用电路的自学能力。

第二章 教材结构与教学方法

高职教材应体现对高职学生实践能力的培养,这是公认的,但要做到这一点很难。编著者在职业教育教学方面实践与研究了二十多年,走过不少弯路。在早期的改革中,编著者在编“九五”规划教材《传感技术》时,教材仍然按学科体系编排,只是将理论分析、公式推导尽量略去,在理论教学中增加应用的内容和实践的课时,并不敢打破知识的系统性,这种改革进行了几年,效果不是很明显。后来,在计算机操作性强的课程如《电子线路 CAD》中采取边操作边教理论的模式教学,这种改革还是比较成功的。但是,高新技术专业的课程,要做到理论与实践一体化难度较大,它没法像制造业专业或其他操作性较强的课程那样,可以采取先操作后理论,或边操作边教理论的模式。编著者后来将“研究性学习”的理论引入《传感器原理与应用》、《计算机电路基础》、《脉冲与数字电路》、《电路基础》等课程教学中,积累了一定经验,课题《高职院校“研究性学习”探讨》被评为福建信息职业技术学院教学成果一等奖,并获中国电子教育学会二等奖。二十多年来,编著者探讨职业教育的人才培养目标,着力研究知行融通职业教育理论,通过教学实践观察、分析和检验,发现受教育者的能力是在“知”与“行”交替中螺旋式提高的。今天,编著者依据该理论编著十一五规划教材《传感器原理与应用》,尝试以项目教学为主线,将理论与实践融合在一起。相信只要职业院校重视创造条件让受教育者知行融会贯通,就能真正培养出社会需要的高职人才。

一、教材编写的理论依据——知行融通理论

从先秦到当代,中国古代哲学家对于“知”与“行”之先后、轻重、难易,各有所辩。“知”是包含道德、自然科学和人文社科等知识在内的人的认知对象的统称,“行”是包含工作、学习、生活等实践在内的人的行动的统称。朱熹提出知先行后、知轻行重的知行观,并指出“知之愈明,则行之愈笃;行之愈笃,则知之益明。”(《朱子语类》)明朝思想家王阳明提出了“知行合一”的哲学命题。“知之真切笃实处即是行,行之明觉精察处即是知。”

(《传习录》)中国古代哲学家主要是从道德修养、道德实践方面阐述知行观的。在传统职业教育中,在学校主要解决“知”的任务,从“知”到“行”的转化则主要由受教育者自行解决,这必然造就了一部分技能缺失的职业院校毕业生。时代在呼唤职业教育的改革,要求职业教育必须解决“知”与“行”的双重任务,必须创立职业教育新理论来改变目前职业教育存在的问题。

知行融通职业教育理论认为:人类的“知”可以指导“行”,“行”可以检验“知”并可创新“知”,“知”与“行”不断转化,以螺旋的形式提高,直至达到“知”与“行”融通的最高境界。在还没有达到最高境界时,“知”与“行”的转化需要条件,无论从“知”到“行”,还是从“行”到“知”都必须具备一定的条件,在刺激不够充分的环境中,“知”与“行”很难转化。在尚未达到最高境界时,“知”与“行”的转化不可能一步到位,部分“知”转化为“行”,“行”不仅有助于大脑记忆“知”,更重要的是受教育者参与对知识的重新建构,将具体经验转译为更深的“知”,“知”与“行”需要经过多次转化、螺旋式提高,才能达到“知”与“行”融通的最高境界。

在职业教育中,受教育者的能力是在“知”与“行”不断转化中螺旋式提高的,职业院

校的任务就是创造条件让受教育者“知”与“行”融会贯通,“知”与“行”融通的最高境界是职业教育追寻的目标。如果职业院校重视在校内外实训基地、教材、双师型素质队伍、专业设置、课程体系、教学方法、实践模式、评价体系等方面研究受教育者知行转化的条件,并创造这种条件,就可能促进受教育者“知”与“行”有效转化、融会贯通。

二、“知行融通”型教材的建设原则

教材是将教育思想、教育目标转变为教育现实的中介,是体现教学内容和教学方式的主要载体,是教师教学的依据,是学生学习的工具,高质量的教材是培养优秀人才的基本保证。不同的教材引导教师在教学实践中构建不同的教学模式,在知行融通理论指导下,“知行融通”型教材的特点是根据“行”的难易顺序和学生的心理接受程度,依次编入与“行”相对应的“知”,“知”与“行”的内容交替出现、螺旋式展开。教材编写应遵循如下原则:

(一)教材“行”体系原则

教材“行”体系原则是指教材应打破学科体系,按照实践技能培养的体系编写,体现高职教材的技能性,即以“行”的体系代替传统“知”的体系。

知识有其内在的逻辑,实践技能的培养也有其内在的逻辑,教材的编写应按哪种逻辑展开,应看教材是适合普通教育还是适合职业教育。对于职业教育来说,获取知识的最佳途径是让学生置于充满趣味性、挑战性的实践活动中学习,过分强调知识的系统性,不利于调动学生的积极性,不利于实践操作技能的培养。

目前大部分高职教材是按学科体系编排,且理论与实践分开编写,这对于已经掌握知识和技能的教师来说,这种归类一目了然,但对于正在学习的职业院校学生而言,这种归类不符合学生心理。学生将理论与实践完全割裂,往往将理论从最低层次一直学到最高层次,当进行实验或实训时,无法从繁琐的理论中找到指导实践的那部分知识,实践的自主性不够,达不到理想的实践目的。因此,教材应以“行”的体系代替传统“知”的体系,提高学生的技能,为职业教育教材注入生命与活力。

教材“行”体系原则包含三个方面的内容:(1)以专业技能为主线,对课程教学目标进行项目化分解,形成有一定知识与技能覆盖面的一系列的项目,每个项目都包含一个或多个知识点和技能点,让学生在研究项目、制作作品的过程中学习;(2)编写每个项目时,应以实践为主体,理论知识穿插在实践中,减少理论与实践转化的时间,这样的教材虽然知识体系是断续的,但职业能力的培养是系统的;(3)要求“知”与“行”的内容比例适度,两者可合可分,应视不同专业和不同课程的具体要求而定。

(二)教材的职业性原则

高职教材的职业性原则包含四个方面的要求:(1)教材编写之前要对生产实际进行调查,对职业岗位群所需的专业知识和专项能力进行科学分析,对相应的国家职业资格证书的技术要求加以分析;(2)教材内容选择是以岗位为主线,以职业需要为取舍来选择理论与实践的素材,教材内容应符合岗位群需求,要融入国家职业资格的技能要求;(3)明确理论知识是为能力培养服务的,以“必需、够用”为原则;(4)要求实践知识与技能是以项目为主体展开,让学生亲自动手,而不能只是教师描述应用或演示实验。总之,教材应突出高职教育职业性的特点,为学生就业能力的增强、综合素质的提高提供可操作的文本。

（三）教材知行内容的螺旋性原则

由于受教育者的能力是在“知”与“行”不断转化中螺旋式提高的，“知”与“行”需要进行多次转化，才能达到“知”与“行”融通的最高境界，因此“知行融通”型高职教材应根据“行”的难易顺序和学生的心理接受程度依次编入“知”与“行”的内容，编写教材的每个项目时，“知”与“行”的内容交替出现，由易到难，循序渐进，螺旋式展开，这就是教材知行内容的螺旋性原则。

该原则具体包含三个方面的要求：（1）要肢解知识体系，从实现高职人才培养目标着眼，从人才所需知识、能力、素质出发，对职业岗位所需知识和能力结构进行分析，将学生需要学习的各个知识点和技能点分解为一个个难易不同的实践训练项目；（2）教材呈现顺序应按技能先易后难、由浅入深、由简单到复杂、由分类到综合，逐级展开，学习的坡度合理，力求切合大多数学生的知识水平和能力水平；（3）教材呈现方式采用知行内容交替模式，理论和实践交替进行，直观和抽象交错出现，没有固定的先“行”后“知”或先“知”后“行”。例如，螺旋式教学的其中一种模式是“先行后知”模式，即要求学生有计划地按照教师确定的项目和学习要求进行专门的技能训练，在训练中让学生知其然，教师将学生实践中出现的问题或困惑，用专业理论知识来加以解释，使学生把新的体验与自己的“知识库”联系起来，知其所以然，从而实现理论与实践的有机结合，进入螺旋式发展的学习循环中。螺旋式教学的另一种模式是“先知后行”模式，应先讲解简单的理论知识，再呈现简单的技能操作，然后增加一些必要的理论知识，再阐述较复杂的技能，知行内容交替螺旋式展开。

（四）教材的教学性原则

教材的教学性原则是指教材应既有利于教，又有利于学。“知行融通”型高职教材适合在同一时间和空间（教室、实验室或车间），同步进行理论与实践的教学，因此要求教材必须有以下六方面的内容：（1）教材必须指出与教学相适应的学习环境，提出硬件设备的类型、实验和实训材料的种类；（2）教材必须有实践步骤，保证教学大纲规定的知识、技能与方法的落实；（3）教材应有教学方法指导；（4）教材应有学法指导；（5）教材应有适当的课后练习，较难的题应有提示或解答；（6）教材要引导学生手脑并用，提高学习效率，同时让学生从“行”中追寻自己的实践目的，自行探索思考，培养独立思维能力与创新能力。

（五）教材的可读性原则

“知行融通”型高职教材的可读性原则包含五个方面要求：（1）教材应反映时代新技术，介绍学科前沿问题，显现较强的时代感和现实感；（2）在教材中应合理渗透思想教育内容，培养学生的非智力因素；（3）在教材中应编入学生感兴趣的应用实例，注重创新意识的培养；（4）教材风格与时俱进，文字论述简单明了，数据图表清新，教材色彩、开本大小与排版形式等适应现代学生的兴趣、爱好与情感；（5）教材具有特色，有创新。

（六）教材的弹性原则

“知行融通”型高职教材的弹性原则包括三个方面：（1）指教材要关注学生的个性差异，根据不同层次、不同发展方向上的学生的不同需要，编排不同形式、不同层次、不同功效、不同教学时间的训练项目，提供的实践项目较多，以利于职业院校和学生多样化地选择。

（2）教材中每个项目应将基础知识与拓展知识分开编写，将知识按难易程度分开编排，从简到难展开，使不同程度的学生进行学习时，可以很方便地选择适合自己的内容。例如，针

对某个项目，中下程度学生只学习该项目的前 1~2 节，中上能力的学生可以自学拓展知识，可以自主创新。(3)在教材中应编入该教材先期课程的知识技能简介和该教材知识的发展方向，为不同程度学生的学习提供必要参考。

(七) 实践教学类别齐全性原则

实践教学包括验证性实验、观摩实践、操作性训练、设计性实践、社会顶岗实习、项目研究开发六大类，各实践类别的含义见第三篇教辅模块的《辅助一 实践必备基础知识》。在高职教材编写中，每个章节（或项目）中都应编进某类的实践，教材可以对某类实践有所侧重，但整本教材应涵盖各类的实践。

三、本教材的结构与特点

(一) 本教材分三篇，结构完整，目的明确

本教材包括第一篇绪论、第二篇教学模块和第三篇教辅模块。第二篇知行融通教学模块是该教材的主体，按照“行”的体系编写，根据学生的心理发展规律将传感器应用“知”与“行”的内容螺旋式展开，目的在于让学生掌握传感器原理及其应用知识和提高传感器应用能力。

教材中公式、表格和图的编号是“X X X-X”第一个“X”表示篇序号，第二和第三个“X”表示该篇下的章或项目或辅助的序号，第四个“X”表示该章或项目或辅助中的序号。

各篇内容、目的与特点见表 102-1。具体项目的教学内容包括知识、技能、方法等要点，见各项目的《教学说明》。

表 102-1 教材结构、内容、目的与特点

篇 序	教材内容	目的与特点
第一篇 绪论	第一章 传感器技术的地位和作用	让读者掌握传感器技术和传感器概念，了解传感器技术的地位和作用，调动学生学习该教材的积极性
	第二章 教材结构与教学方法	让读者了解本书结构与教学方法
	第三章 传感器技术概论	让读者了解传感器技术包含的各方面内容
第二篇 知行融通教学模块	项目一 基于 LEGO 实践平台的机器人制作	此 10 个项目的实践教学包括了验证性实验、观摩实践、操作性训练、设计性实践、项目研究开发几大类。属于在校内实验室或校内实训基地完成的理论与实践一体化项目，是电子类、机电类、计算机硬件类专业的基础知识和最基本的技能。目的是使学生通过对这些项目的理论学习与实践操作，对各类传感器的机理和应用系统有一定的分析能力；并使有能力的学生通过拓展知识与拓展能力的训练提高传感器原理应用电路的分析能力与设计能力
	项目二 光电传感器及应用方法	
	项目三 热释电红外传感器及应用方法	
	项目四 声传感器及应用方法	
	项目五 温度传感器及应用方法	
	项目六 位移与角度传感器及应用方法	
	项目七 磁学量传感器及应用方法	
	项目八 气敏传感器及应用方法	
	项目九 光纤传感器及应用方法	
	项目十 力传感器及应用方法	
		项目编写时将必备知识与实践操作有机结合；将必学内容与拓展内容分开编写，有利于教师根据学生状况和不同教学课时选择不同的教学内容

(续表)

篇 序	教材内容	目的与特点
第二篇 知行融通教学模块	项目十一 传感器仪表安装工程技术	此 4 个项目属于工学结合的顶岗实习项目或社会观摩实践项目, 是根据传感器仪表安装工技术要求和无损检测资格证要求编写的项目, 目的是使学生学习将来就业岗位需求的知识, 尽量达到产学零距离
	项目十二 物位检测与物位传感器安装	
	项目十三 无损检测技术	
	项目十四 超声波检测技术	
	项目十五 机器人创新设计方法	该项目属于设计性实践和项目研究开发类型的实践, 属于拓展项目, 目的在于拓展学生的视野, 加强学生创新意识的培养
第三篇 教辅模块	辅助一 实践必备知识	此项辅助系统总结已有的实践知识, 有利于学生学习第二篇各项目
	辅助二 新型传感与检测技术	此项属于新技术和传感器应用发展趋势介绍, 目的是拓宽学生的视野, 培养学生的自学能力、创新能力, 体现教材的可读性原则
	辅助三 本书部分课后练习提示与解答	方便师生教与学

(二) 在内容上, 尽量符合高职学生的就业岗位需求

根据“知行融通”型教材的构建原则, 在编写教材前, 编著者对高职学生的就业岗位进行了调查, 对职业岗位所需的专业知识和专项能力进行了分析, 发现高职学生在单位进行技术开发和技术改造时需要用上传感器; 自动化仪器操作和维修中要接触到传感器; 在检测岗位上、安防工程上也大量用到传感器应用的知识和技能。因此编写教材时既要包含传感器应用电路的设计与制作的内容, 还要包含企业实习的有关内容。

第二篇共有 15 个项目, 其中 11 个项目属于在校内实验室或校内实训基地完成的理论与实践一体化项目, 4 个项目属于工学结合项目。项目编写时将必备知识与实践操作有机结合, 有利于读者将理论与实践融在一起, 重视实践教学, 减少理论与实践转化的时间。

(三) 基础知识技能与拓展知识技能分开编写, 有利于教学

每个项目都有基础知识技能内容和知识能力拓展内容, 满足不同层次读者的需求, 也给教师留下更多的选择空间。将基础知识技能与拓展知识技能分开编写, 有利于教师根据学生状况和不同教学课时选择不同的教学内容。

(四) 每个项目都有《教学说明》, 有课后练习及其解答, 方便教师教学

教材之所以为教材, 而不是普通书籍, 就是要有利于教师的教, 有利于学生的学。每个项目都有《教学说明》, 教学方法提示只是给教师的一个提示, 教师可以根据本院情况利用