



普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
普通高等学校自动化类专业新编系列教材

本书获全国优秀畅销书奖

Introduction to Speciality Automation

# 自动化（专业）概论

（第3版）

主编 万百五  
参编 韩崇昭 蔡远利

武汉理工大学出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
普通高等学校自动化类专业新编系列教材

Introduction to Speciality Automation

# 自动化(专业)概论

(第3版)

武汉理工大学出版社

· 武汉 ·

## 图书在版编目(CIP)数据

自动化(专业)概论/万百五主编. —3版. —武汉:武汉理工大学出版社,2010.8

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

普通高等学校自动化类专业新编系列教材

ISBN 978-7-5629-3227-7

I. ①自… II. ①万… III. ①自动化技术-高等学校-教材

IV. ①TP2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 163796 号

出版发行:武汉理工大学出版社

武汉市武昌珞狮路 122 号 邮编:430070

<http://www.techbook.com.cn>

e-mail:wutpbook@tom.com

huangchun@whut.edu.cn

经 销 者:各地新华书店

印 刷 者:武汉理工大印刷厂

开 本:880×1230 1/32

印 张:8

字 数:230 千字

版 次:2002 年 6 月第 1 版,2005 年 7 月第 2 版,2010 年 8 月第 3 版

印 次:2010 年 8 月第 1 次印刷

印 数:64001~72000 册

定 价:22.00 元(含光盘)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换

本社购书热线电话及传真:(027)87397097 87394412

## 内 容 提 要

本书是为高等院校自动化专业本科生编写的教科书。阐述自动化专业的性质、特点、作用和地位,自动化原理和基本技术以及培养目标和教学内容。具体内容为自动化的概念和发展简史、自动控制系统的类型和组成、基本的控制方法、应用范畴和发展展望,以及专业的培养目标和专业人才的素质要求、专业的教学安排和学习原理和方法等等。

兴趣是最好的老师,如果本书能激发大学生学习自动化专业知识的兴趣,这将是作者的愿望,也是各校开设此类概论课的初衷。

本书内容新颖、广泛,叙述浅显,也适合作为对自动化感兴趣的一切人员的高级、科学普及性读物。

# 普通高等学校自动化类专业新编系列教材

## 出版说明

世纪之交,我国高等学校的人才培养工作正处在一个关键的历史时期。为了适应我国改革开放和社会主义现代化建设特别是社会主义市场经济体制对高等教育人才培养工作的新要求,为了适应世界科学技术发展的新趋势和新特点,原国家教育委员会组织对普通高等学校本科专业目录进行了第四次全面修订,并于1998年7月由教育部正式颁布实施。修订后的专业目录中,自动化类专业的专业面大大拓宽,相应的专业培养目标、业务培养要求、主干学科、主要课程、主要实践性教学环节等都有了不同程度的变化。要适应新的专业培养目标和教学要求,组织一套新的自动化类专业系列教材就成了当务之急。为此,武汉理工大学出版社在广泛调研的基础上,组织国内近30所大学的近100位教授共同编写了这套系列教材。

本套教材定位于普通高等学校自动化专业本科层次,遵照教育部颁发的《普通高等学校本科专业介绍》中所提出的培养目标和培养要求,依据2000年5月全国23所高等院校的70多位专家教授在武汉共同确定的指导思想和编写大纲进行编写,具有如下特点:

**观念新**——主动适应教学改革的需要和市场经济对人才培养的要求;

**内容新**——自动化技术在近20年来进展巨大,这套教材尽可能反映了这些内容;

**体系新**——在以前的基础上重构和重组,而非重建。各门课程及内容的组成、顺序、比例更加优化,避免遗漏和不必要的重复;

**与国际接轨**——自动化类专业教育要面向世界,面向未来,面向区域经济。在借鉴发达国家高等教育的专业模式和课程设置的同时,适当兼顾当前各地区经济文化发展不平衡的现状;

**教学手段现代化**——本套教材力求具有网络化、电子化、数字化的特色,大力推进电子讲稿和多媒体课件的出版工作。

“用信息化改造传统教学,让传统教学现代化”,“让教学中只有重点,没有难点”是我们的工作目标,近百所大学使用过的交互式智能型多媒体课件就是最好的证明。我们将高度重视,兢兢业业,保证质量,恳请选用本套教材的广大师生在使用过程中给我们多提意见和建议,以便我们不断修订、补充、完善全套教材。

21世纪已经到来,知识经济的曙光已经初现。面向新世纪的中国高等教育正在经历前所未有的变革和发展,人文与理工相通,科学与技术相融,教学与研究并重,知识与智慧同尊,以培养社会经济文化发展所需要的复合型人才,这是我国建立知识创新体系的重大挑战和空前机遇。我社愿与各位专家、读者真诚合作,共同努力,为新世纪的中国高等教育事业做出更大的贡献。

武汉理工大学出版社

2010年8月

# 普通高等学校自动化类专业新编系列教材 编审委员会

## 顾问:

郑大钟 熊有伦 戴冠中 萧德云 陈伯时 周祖德  
项国波 席裕庚 褚 健

## 主任委员:

萧蕴诗 张崇巍 陈大钦 吴 坚 雷绍锋

## 委员(按姓氏笔画顺序):

马建国 王 辉 王孝武 王明阳 王建华 王俊杰  
王 姮 文 方 方康玲 卢京潮 龙 伟 申功璋  
叶春生 全书海 吕 锋 刘 泉 刘涤尘 刘京南  
刘崇新 李汉强 李磊民 李裕能 宋靖雁 林 都  
林 辉 林锦国 杨 波 杨天怡 杨家本 周泽义  
胡 超 赵英凯 赵曾贻 侯朝楨 钟 珞 须文波  
翁维勤 夏承铨 郭圣权 徐科军 黄席樾 章卫国  
彭容修 程耕国 温阳东 曾庆军 谢克明 熊前兴  
樊亚东 黎明森 戴文进

## 编委会秘书:

黄 春

## 总责任编辑:

杨学忠 徐秋林

## 第3版前言

本教科书《自动化(专业)概论》是为自动化类专业的教学计划中“自动化专业概论”课程所编写的教材。它是普通高等学校自动化类专业新编系列教材之一,由普通高等学校自动化类专业新编系列教材编审委员会组织撰稿。

每年新学年伊始,跨入高等学校的大门、满怀壮志和憧憬、进入“自动化”各类专业的莘莘学子,都渴望了解自己所学的专业:

(1) 自动化专业的性质,它在人类社会中的作用和地位,自动化技术的当前概貌和它的未来发展;

(2) 学校将通过哪些途径把自己培养成有什么样素质的自动化技术人才?

(3) 自己在学校环境里将学到哪些知识,获得哪些技能,培养哪些能力?

(4) 在大学接受高等教育和在中学接受中等教育有何区别,怎样适应大学的学习生活,怎样最大限度地调动自己的学习潜力,发挥自己学习上的主动性,发展自己的特长和才华,创造性地进行学习?

(5) 自动化专业的毕业生将就业于哪些厂、矿和事业单位,就业前景怎样?

“自动化专业概论”课程就是在入学之初,为引导自动化类专业新生正确认识和理解上述四方面问题而设置的一门课程。其目的是,通过本课程的学习使学生认识自动化专业的性质、特点以及自动化技术的作用和地位,了解自动化专业的培养目标和教学内容,树立正确的专业思想和学习观,为今后在校学习,激发自己的学习潜力,打下良好的思想和方法基础。

为此,本课程要选择适宜的教学体系和教学内容,并以此来组成这本教科书的框架以及以此教科书为课堂教学作好教材准备;同时,本课



程还要采用恰当的教学内容和方法,在专业培养和个人发展的“需要”以及学生当前消化吸收的“可能”之间,加以适当地折衷和兼顾。

本书第1章“专业培养目标和人才素质要求”是自动化专业人才培养教育的起点;第2章“自动化的概念和发展简史”、第3章“自动控制系统的类型和组成”以及第4章“控制方法和相关技术”是自动化技术的基本概念,是自动化技术的核心内容;第5章“控制与自动化技术的应用范畴”和第6章“控制和自动化的展望”是自动化技术的当前的应用情况和未来发展的展望,是让学生们对自动化技术应用和发展有广阔的视野。第7章“自动化专业的教学安排”是让学生们对自己将来的教学计划、课程设置、教学方式等有一个了解;第8章“学习原理和学习方法”阐述大学学习方法的要领以及揭示学习的客观规律,激励学生的学习主动性和创造性。

使用本教科书于教学,应与相应的多种教学环节相结合,以形成多种教学方式:(1)理性传授和多媒体感性显示相结合;(2)课堂讲解和现场教学参观相结合;(3)课内教学和课外专业思想讨论相结合;(4)言教和身教、认知教育和情感教育相结合。

在按照本教科书上述各教学环节进行教学时,教学不只是教师对众多学生面对面的传授知识,更是师生之间的思想沟通和感情交流。教师本身对自动化技术和事业的挚爱和敬业精神,对21世纪祖国伟大复兴的坚定信念,会在很大程度上激发学生的学习热情和对自动化专业的热爱。

采用本书作为教材的“自动化专业概论”课程,它的课堂学时安排如下:第1章1学时;第2章2~4学时;第3章2学时;第4章5学时;第5章3学时;第6章3学时;第7章和第8章共4学时。合计20~22学时。以上课堂学时安排,仅供参考。教师宜根据教学计划安排灵活掌握。

本书各章的内容多于上述相应的学时分配。特别是在第2章涉及到控制和自动化的发展简史,初学者不易理解,教师只宜作简略介绍,留待日后的学习过程中再自学、复习和逐步消化。教师在教学过程中可以有选择地采用本书内容。不同的专业方向更应该有所侧重地选

用。教师在课堂上未讲的内容,应留待学生自学。本教材的第2~8各章适用于学生在大学学习的整个过程,作为他们在校期间的专业学习的导引。

本教科书的大纲由万百五提出初稿,蔡远利和韩崇昭参与讨论和修改,并根据自动化专业许多同志的建议进行了再修改。本书的第1、5、7章由蔡远利编写,第6、8章由韩崇昭编写,第2、3、4章由万百五编写。全书由万百五统稿、定稿。编者力求能满足21世纪祖国建设对自动化专业的需要以及新生们的殷切希望。

自动化是新的技术革命的一个重要方面。自动化技术的研究、应用和推广,对人类的生产、生活的方式将产生深远影响。目前我国正在推行的利用信息技术(包括计算机、自动化等)来改造旧生产工艺和提高产品数量和质量、提高管理及经营水平的政策——以信息化带动工业化的政策,就是例证。编者深信,这个政策必将促进自动化新技术的发展和对我工业、管理和国防的现代化发生巨大的影响。

2005年,根据过去三年的使用实践,广泛征求了使用意见,在第1版的基础上,进行了全面的修订,增加了一些新内容,并配套了可全程使用的交互式智能型多媒体课件,本课程的教学将更加形象生动,活泼有趣。

在以后的三年(2006~2009年)中,本教科书继续受到热烈的欢迎,采用的学校增至100多所,2009年6月进行了第7次印刷,总印数达到65000册。有的大学将它作为工学院本科高年级“自动化概论”公选课教材。现在编者又总结了使用者的经验,听取了他们的建议,并根据近三年来国内对于自动化专业的改革和课程设置的新动向,对全书作了较大的更新,特别是第7章“自动化专业的教学安排”。这样形成第3版。欢迎读者对本教材提出批评和建议。

西安交通大学电信学院

编者

2010年3月

# 目 录

<b>1</b>	<b>专业培养目标和人才素质要求</b>	(1)
1.1	自动化和自动化专业	(1)
1.2	自动化类专业的培养目标	(4)
1.3	一些术语	(5)
1.4	自动化专业人才的素质要求	(8)
	思考题	(10)
<b>2</b>	<b>自动化的概念和发展简史</b>	(11)
2.1	控制和自动化的概念	(11)
2.2	我国古代自动装置	(13)
2.3	控制和自动化技术发展简史	(19)
2.4	中国的自动化教育、科研机构和学术团体	(31)
	思考题	(33)
<b>3</b>	<b>自动控制系统的类型和组成</b>	(34)
3.1	恒值自动调节系统	(34)
3.2	程序自动控制系统	(35)
3.3	随动系统(伺服系统)	(36)
3.4	自动控制系统的组成	(37)
3.5	自动化仪表	(38)
3.6	控制器控制和计算机控制	(40)
3.7	自动控制和远距离控制	(41)
3.8	线性和非线性控制系统	(43)
3.9	多变量自动控制系统	(46)
	思考题	(49)
<b>4</b>	<b>控制方法和相关技术</b>	(50)
4.1	自动控制系统的行为描述	(50)

---

4.2	反馈控制和扰动补偿	(53)
4.3	比例积分微分控制	(54)
4.4	最优控制	(57)
4.5	自适应控制	(58)
4.6	智能控制	(60)
4.7	非线性系统及其控制	(67)
4.8	优化控制	(70)
4.9	产品质量控制	(74)
4.10	系统辨识	(78)
4.11	故障诊断	(83)
4.12	网络化控制系统	(86)
4.13	控制、信息与系统	(89)
	思考题	(93)
<b>5</b>	<b>控制与自动化技术的应用范畴</b>	<b>(95)</b>
5.1	引言	(95)
5.2	机械制造自动化	(96)
5.3	过程工业自动化	(101)
5.4	电力系统自动化	(106)
5.5	飞行器控制	(110)
5.6	智能建筑	(115)
5.7	智能交通系统	(122)
5.8	生物控制	(129)
5.9	生态与环境控制	(133)
5.10	社会经济控制	(135)
5.11	大系统控制与系统工程	(136)
	思考题	(140)
<b>6</b>	<b>控制和自动化的展望</b>	<b>(142)</b>
6.1	计算机集成制造系统	(142)
6.2	机器人应用于生产和社会生活的各方面	(150)
6.3	高速列车和太空飞行器的智能控制	(157)

---

6.4	虚拟现实技术 .....	(167)
6.5	巡航导弹和预警飞机 .....	(174)
6.6	数字地球与机敏传感网络 .....	(188)
	思考题 .....	(196)
7	自动化专业的教学安排 .....	(197)
7.1	高等院校的教学任务和特点 .....	(197)
7.2	工科课程的类型 .....	(201)
7.3	自动化专业的课程设置 .....	(204)
7.4	自动化类专业的教学环节 .....	(213)
7.5	课外教育活动的意义和内容 .....	(215)
	思考题 .....	(218)
8	学习原理和学习方法 .....	(220)
8.1	大学学习的概念 .....	(220)
8.2	自动化专业大学生的学习任务 .....	(221)
8.3	学习过程和掌握客观规律 .....	(223)
8.4	对学习有重要影响的一些因素 .....	(224)
8.5	怎样学好理论课 .....	(226)
8.6	重视实验课、重视计算机的应用 .....	(228)
8.7	重视面向实际,勇于解决实际问题 .....	(229)
8.8	重视创新 .....	(229)
	思考题 .....	(230)
	参考文献 .....	(231)

# 1 专业培养目标和人才素质要求

## 1.1 自动化和自动化专业

所谓自动化(Automation),是指机器或装置在无人干预的情况下按规定的程序或指令自动地进行操作或运行。广义地讲,自动化还包括模拟或再现人的智能活动。自动化技术广泛用于工业、农业、国防、科学研究、交通运输、商业、医疗、服务以及家庭等各方面。采用自动化技术不仅可以把人从繁重的体力劳动、部分脑力劳动以及恶劣、危险的工作环境中解放出来,而且能扩展、放大人的功能和创造新的功能,极大地提高劳动生产率,增强人类认识世界和改造世界的能力。因此,自动化是一个国家或社会现代化水平的重要标志。

与自动化密切相关的一个术语是自动控制(Automatic Control),二者既有联系,但也有一定的区别。自动控制是关于受控系统的分析、设计和运行的理论和技术,是自动化的核心和基础。一般地说,自动化主要研究的是人造系统的控制问题。基于自动控制的原理和方法,人们还对社会、经济、生物、环境等非人造系统的控制问题进行了广泛研究,形成了生物控制、经济控制、社会控制及人口控制等分支。对于工程系统而言,自动化和自动控制两者的含义是相近的。在我国的理工科高等院校中设置的自动化专业,大多是从自动控制、工业自动化等专业演变而来的,属于电类专业,服务于国民经济及国防科技各种行业。传统上,自动控制专业偏重于弱电,而工业自动化专业偏重于强电。目前,自动化专业已经成为一个理论与应用并重、弱电与强电结合的宽口径专业。

自动化最重要的指导思想是控制论(Cybernetics),它是 N. 维纳(Wiener)于 1948 年在系统总结自动控制中反馈等思想的基础上提出来的,维纳将控制论定义为“研究动物和机器中控制和通信的科学”。

随着电子计算机技术的高速发展和应用,控制论已经成为研究各类系统中共同的控制规律的科学。我国著名的科学家钱学森创造性地发展了控制论,1954年出版了《工程控制论》一书,对现代科学与技术产生了深远的影响。上世纪80年代初,在宋健等学者的协同下出版了中文第2版。该书系统地总结了自动化专业最重要的理论基础,是自动化科学与技术领域重要的参考著作。

与能源、动力、化工、机械等学科主要考虑物质流动与能量交换等不同,自动化科学与技术主要关注信息获取、信息传播、信息处理、信息存储和信息利用等信息流问题。当然,自动化专业与一般的信息学科也不同。一般的信息学科(通信工程、信息工程等专业)研究信息的测度(Measure),并在此基础上研究实际系统中信息的有效传输和有效处理等问题(如编码、译码、信道容量及传输速率等)。自动化专业面向实际系统,研究信息的获取、处理和利用的方法和技术,特别着重于对系统行为进行干涉与控制以实现人们期望的目标。在理论上,本学科用较抽象的方式来研究一切控制系统的信息传输和信息处理的特点和规律,研究不同的控制规律达到不同的控制目的。需要指出,控制和通信存在不可分割的关系,人控制机器,或者计算机控制机器,都是一种双向的信息流动过程。

在我国研究生学位教育中,国务院学位办公室将自动化专业对应的一级学科确定为控制科学与工程(Control Science and Technology),下设有控制理论与控制工程、检测技术与自动化装置、系统工程、模式识别与智能系统和飞行器导航、制导与控制等二级学科(专业),见图1.1。和不同的学科相结合,它形成了许多相互联系又相互区别的研究领域,例如飞机控制、导弹控制、卫星控制、船舶控制、车辆控制、交通自动化、通信系统自动化、化工自动化、冶金自动化、电力系统自动化、机械制造自动化、农业自动化、图书馆自动化、办公自动化和家庭自动化等等,如图1.2所示。

简而言之,自动化专业是一个口径宽、适应面广的专业,具有明显的跨学科特点。对实现我国工业、农业、国防和科学技术现代化,对迅速提升我国综合国力具有重要和积极的作用。

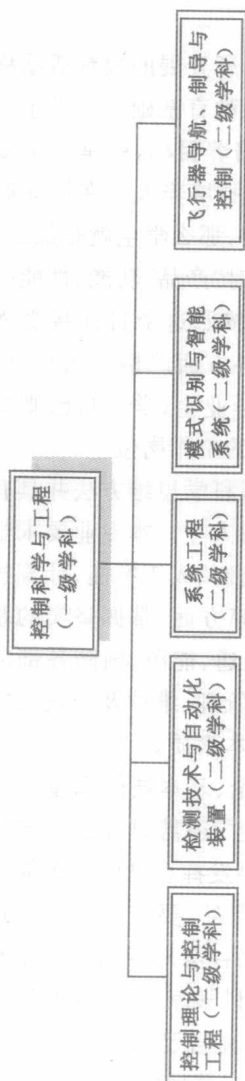


图1.1 学科组成示意图

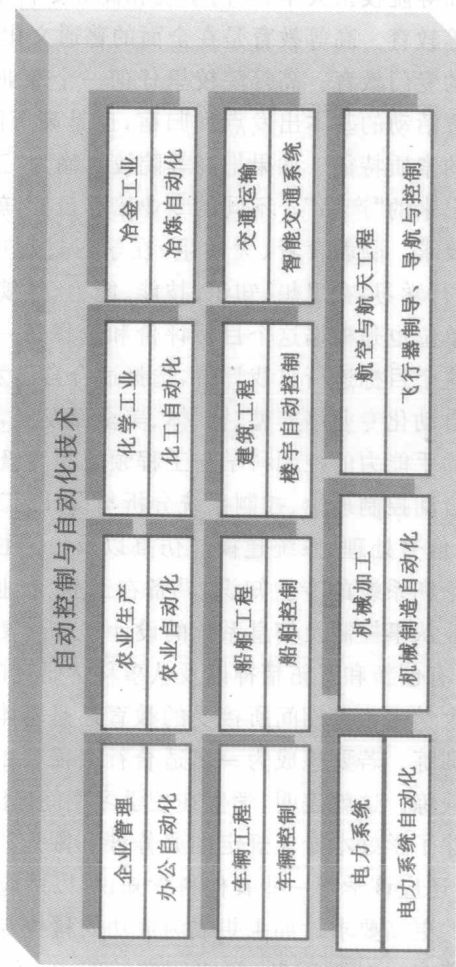


图1.2 本学科的一些典型应用与研究领域



## 1.2 自动化专业的培养目标

高等院校指大学、专门学院和高等专科学校,所开展的教育活动称为高等教育。高等教育是在全面的普通文化知识教育基础上给学生以高级的专门教育。高等院校里任何一个专业的培养目标,就是这个专门教育活动的基本出发点和归宿,也是高等院校所培养人才在毕业时预期的素质特征。如果把高等院校比喻为“工厂”,那么学生就是加工、生产出来的“产品”。不同的专业培养目标,就是对“产品”功能、性能的不同要求。受教育者(大学生)在学习过程中要按照这个目标接受教育、进行学习,在思想、知识、技能、能力、体魄等各方面严格要求自己。工作单位也是根据这个目标评价和选择每一个毕业生;学生自己则要按照这个目标进行自我评价,选择适合自己发展的工作岗位。

自动化专业培养德、智、体、美全面发展,掌握科学思维方法并具有实际动手能力的控制科学与工程领域的高级专门人才。本专业要求学生在自动控制理论、控制系统分析与设计、工业控制、人工智能、计算机应用、信号处理、系统建模与仿真以及检测技术等方面,掌握坚实的基础理论和系统的专业知识,具备在工业、农业、交通、能源、国防各部门和行业从事控制及信息系统的设计、分析、集成、管理、维护及开发的能力,具有创新和开拓精神以及从事科学研究的基本素质。

大学生在校期间所接受的教育还是基本理论、基本技能和基本素质的训练。若要想成为一名适合社会需要的人才,还需要经过一定的实践锻炼。这就表明,学生在校学习期间,还需要发挥自己的主观能动性。除了学好本专业规定的必修课和限定选修课外,要重视教学实践环节,还应该学习一些其他科学知识,以适应未来社会对专门人才不断变化的更高要求。如果想成为成功的科技专家、科学家,还需要有意识地培养自己分析问题、解决问题的能力,不断提高自己的科学思维素质,形成积极向上的人生观。热爱生活、关心集体、尊敬师长、关爱家人和朋友也是现代大学生应该具备的优良品质。

我国许多高等院校还培养自动化类专业硕士研究生、博士研究生,