



普通高等教育

电气自动化类 国家级特色专业系列规划教材

自动化导论

主 编 周献中

副主编 盛安冬 姜 斌



科学出版社

www.sciencep.com

普通高等教育电气自动化类国家级
特色专业系列规划教材

自动化导论

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书遵循教学和认知规律,通过大量来自生活、生产和科技活动过程的案例,对控制的基础概念、自动控制的基本原理、自动控制系统中的知识与技术体系、自动化技术的应用、信息化时代的控制等内容,由浅入深地进行了系统的、通俗易懂的介绍。特别地,本书虽然较多地引用了来自工程领域的例子,但由此形成的概念和方法也适用于非工程领域。

本书既可作为普通高等院校自动化专业大学一年级新生的导论性教材,也可作为电气信息类其他各专业、机械类、仪器仪表类、交通运输类、农业工程类、管理科学与工程类等本科专业宽口径教育的通识课或选修课或研讨课的教材。对于对控制学科和自动化技术感兴趣的广大读者,本书也是一本图文并茂、内容丰富、基础和启发并存的高级读物。

图书在版编目(CIP)数据

自动化导论/周献中主编. —北京:科学出版社,2009. 8
(普通高等教育电气自动化类国家级特色专业系列规划教材)
ISBN 978-7-03-025179-4

I. 自… II. 周… III. 自动化技术-高等学校-教材 IV. TP2
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 137554 号

责任编辑:巴建芬 / 责任校对:郑金红
责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号
邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 8 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2009 年 8 月第一次印刷 印张: 15 1/2

印数: 1—3 500 字数: 298 000

定价: 25.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

20 世纪以来,控制科学与技术为解决人类面临的许多挑战性问题提供了一种科学的思想方法论,为许多产业领域实现自动化提供了先进的生产技术和先进的控制仪器及装备等。特别是以数字计算机和各类微处理器为基本工具的现代控制技术正成为诸如家用电器、汽车、运输系统、航空航天系统、大规模制造系统、化工系统、民用与环保系统、生物、经济和医药等领域新的自动化革命的基石。控制与自动化技术在解决 21 世纪的社会复杂问题上及跨学科问题方面同样具有不可替代的重要作用,更是带动社会新型工业化乃至信息化的关键技术之一。

了解和掌握控制的基本理论和自动化的基本技术已成为现代各类人才(特别是工科人才)必备的基本素质。按照国家普通高等院校新的本科专业目录和人才培养要求,普通高等院校(特别是工科类院校)的大多数专业都分别设置了有关自动化或(自动)控制方面的通识课、专业课或专业选修课等,这些课程是对现代人才进行基本素质教育的不可或缺的课程。本书正是为满足这类人才的培养要求及教学需要而编写的。

编写本书的指导思想是:①强调对控制学科和自动化技术的基本认知;②为自动化专业学生大学四年的知识学习过程提供一种适当的导引;③考虑专业性教学与通识性教育的相容,为在更广泛的本科专业范围内传授和普及控制理论和自动化技术提供基本的知识体系。

在此指导思想下,本书遵循教学和认知规律,按控制和自动化的“基本概念→基本原理→知识与技术体系→应用→挑战与发展”的层次结构,由浅入深地作系统的编排;并在对基本概念的引入和所涉及技术介绍的基础上,通过常见的来自生活、生产和科技活动过程的案例,在读者已具备的知识范围内进行通俗易懂的讲解。

全书共由 8 章组成,其主要内容和作用如下所述。

第 1 章绪论。从广泛的意义上阐明控制的基本内涵和控制学科的基础概念,并通过对控制理论和自动化技术发展简史的介绍,使读者对控制学科的形成脉络有一个基本的认识和把握。

第 2 章自动控制系统的描述原理。首先从一般系统论的角度对自动控制系统的组成要素(环节)、要素间的关系(模型)及系统的目的(性能要求)进行定义和描述,其次从控制论角度对自动控制理论和方法进行说明,使读者能明白研究和分析自动控制系统所涉及的基本问题。

第3章自动控制系统的的基本控制过程。从组成自动控制系统的各要素间不同关系的表现形式上分别介绍常见的控制方式,从信息角度对系统响应不同形式输入信号和处理不同特性信号的特点,以及控制元件的非线性特性对控制系统动态行为的影响进行叙述,使读者对自动控制系统的动态变化机理有一个基本的理解。

第4章自动控制系统的的基本控制方法。从信息处理的角度分别对不同信息精度和不同模型精度下自动控制系统中控制算法形成的基础理论和方法进行扼要介绍,使读者对影响和决定自动控制系统动态行为的方法和手段及控制理论研究的主要分支有一个基本的认识 and 了解。

第5章自动控制系统的的基本元件与设备。从自动化技术实现角度分别对组成一个自动控制系统主要环节的基本原理和作用特点进行介绍,使读者能对所学专业知识与设计和开发一个自动控制系统所需知识体系间的关系有一个较系统、清晰的认识和定位。

第6章控制与自动化技术的应用。通过对自动化技术在八个主要领域的应用介绍,使读者能对自动化技术的应用范围及应用效果有一个感性的认识和体会。

第7章信息化时代的控制。从将引领21世纪发展方向的主要技术领域对控制和自动化技术的需求角度对控制和自动化技术面临的挑战与未来方向进行描述和介绍,以拓展读者的视野,增强对控制和自动化学科学学习和研究的兴趣。

第8章自动化人才的培养。从专业人才培养的角度对自动化人才综合素质要求及控制与自动化学科的知识体系进行简要说明,以帮助读者(特别是自动化专业的学生)能对专业知识体系的构成及大学四年的课程安排有一个较完整、清晰的了解和认识,并能自觉地落实到自己的学习和实践活动中。

为便于读者及时了解国内外控制理论与自动化技术领域的最新信息和研究动态及相关的背景资料,本书特整理了一个附录,以便查阅和参考。

本书带星号(*)的章节可根据教学需要灵活选用。在使用本教材于教学过程时,基本课时可在16~32学时之间安排,具体时间分配可由任课教师根据课程教学计划灵活掌握。

本书大纲初稿由周献中提出,盛安冬和姜斌参与讨论和修改。各章编写人员是:第1章——南京大学周献中、赵实;第2章——南京理工大学戚国庆、盛安冬;第3章——南京大学朱张青;第4章——南京航空航天大学姜斌、陈复扬;第5章——朱张青;第6章——周献中、陈复扬、南京理工大学李银伢;第7章——南京大学陈春林、赵实;第8章——周献中、朱张青。附录由陈春林、周献中整理。全书由周献中统稿、定稿。东南大学戴先中教授、南京大学焦小澄教授审阅了全部书稿,并提出了宝贵的修改意见,在此表示衷心的感谢!本书在选题和出版过程中得到了科学出版社巴建芬编辑的大力支持和帮助,在此一并致谢!

在本书编写过程中参考了大量相关文献和网页资料,在此向这些文献的作者和信息提供者致以诚挚的谢意。

尽管本书是编写人员在同类型课程的多次教学基础上经重新整理和精心编排而成,但由于时间仓促,加之水平有限,书中难免有错误和需要改进之处,敬请各位专家和广大读者提出批评和建议。

编 者

2009年4月于南京

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 常见的控制现象和自动化技术	1
1.2 基本概念和术语	6
1.3 控制理论与自动化技术发展简史.....	13
1.4 本章小结.....	23
思考题	23
第 2 章 自动控制系统的描述原理	25
2.1 自动控制系统的组成.....	25
2.2 自动控制系统的模型体系.....	29
2.3 自动控制系统的性能描述.....	41
2.4 自动控制理论.....	45
2.5 本章小结.....	53
思考题	53
第 3 章 自动控制系统的的基本控制过程	55
3.1 人工控制与自动控制.....	55
3.2 自动控制系统的的基本控制方式.....	56
3.3 不同输入信号作用下的控制.....	59
3.4 不同特性信号作用下的控制.....	62
3.5* 控制系统中的非线性现象	65
3.6 本章小结.....	71
思考题	71
第 4 章 自动控制系统的的基本控制方法	73
4.1 PID 控制.....	73
4.2* 非线性控制	77
4.3 最优控制.....	79
4.4 自适应控制.....	87
4.5 智能控制.....	96
4.6 本章小结	110
思考题.....	111

第 5 章 自动控制系统的的基本元件与设备	112
5.1 信息获取元件——传感器	112
5.2 信息传输设备——信号转换与传输网络	118
5.3 信息处理设备——控制器	124
5.4 信息应用设备——执行器	127
5.5* 自动控制系统集成与优化	136
5.6 本章小结	137
思考题.....	137
第 6 章 控制与自动化技术的应用	138
6.1 机械制造自动化系统	138
6.2 过程工业自动化系统	142
6.3 电力系统自动化系统	145
6.4 飞行器控制系统	150
6.5 自动化仓储系统	159
6.6 智能交通系统	167
6.7 管控一体化系统	171
6.8 指挥控制系统	177
6.9 本章小结	184
思考题.....	185
第 7 章 信息化时代的控制	186
7.1 网络控制	186
7.2 航空航天和运输控制	189
7.3 机器人	193
7.4 复杂决策系统的控制	196
7.5 生物和医药中的控制	197
7.6 材料和加工过程中的控制	200
7.7 其他控制领域	202
7.8 本章小结	204
思考题.....	204
第 8 章 自动化人才的培养	205
8.1 自动化人才的综合素质要求	205
8.2 自动化专业人才的能力培养	207
8.3 自动化专业人才的知识学习	209
8.4 本章小结	218
思考题.....	219

参考文献	220
附录	222
A. 控制学科的 3 本经典著作简介	222
B. 控制理论发展过程中的 25 篇经典论文	225
C. 国际著名的自动化组织与机构	227
D. 国际著名的自动化领域学术刊物	228
E. 国际著名的自动化技术与系统研发企业	230
F. 中国的自动化组织及学术刊物	231
G. 控制与自动化领域常用网络资源	232
H. CDIO 标准和大纲	232

第 1 章 绪 论

1.1 常见的控制现象和自动化技术

1.1.1 控制的“身影”随处可见

2008 年 8 月 8 日,作为北京奥运会重头戏之一的开幕式,将此次奥运会三大理念之一的“科技奥运”展现得淋漓尽致。创新方案和高新技术的大量结合,使得北京向世界完美呈现了一场精彩的文化视觉盛宴。北京奥运会开幕式采用了历届奥运会最复杂的技术系统,应用了大量世界尖端的新技术,涉及多个领域,包括地面升降舞台、焰火、地面 LED 系统、指挥系统、通信系统等。此外,航天材料也被运用到了开幕式上。

本届奥运会主火炬(图 1-1)直径 3m 多、行程 11m 多,运行控制误差不到 2mm,精确度达到万分之二。主火炬驱动系统的设计使用了相关的航天技术,根据反馈信息,控制系统能够自动调整设备运行方向、速度。主火炬塔由航天科工集团下属企业南京航天晨光集团负责研制设计,设计团队在控制火焰高度的装置、点火自动控制方法、新型高能点火器等方面取得了卓有成效的研究成果,并在模拟大雨、大风、雷电环境下对它进行高强度测试。其中燃烧塔火焰调节装置、长明火燃烧器、高能点火器、回旋式燃烧器等,均获得国家知识产权局实用新型专利。

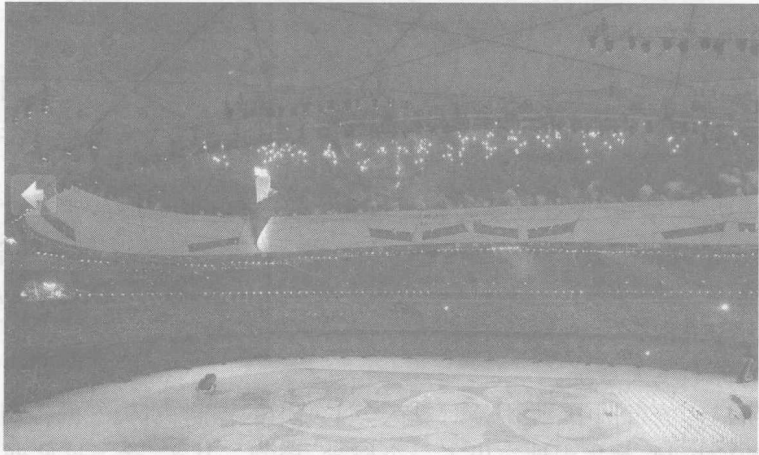


图 1-1 北京奥运会主火炬(图片来源于新浪网)

直到 2008 年北京奥运会开幕式结束,国家主体育场“鸟巢”滴雨未下,而距体育场不远的暴雨中心区河北保定以北地区最大雨量达 100 多毫米,房山降雨量为 25mm。这并不是简简单单的天公作美,而是人类利用自身的智慧去有目的控制气象的成果。2008 年 8 月 8 日晚 20~24 时,一条暴雨云带自西南向东北顽强地向北京城进发,向“鸟巢”进发,但气象部门自 2008 年 8 月 8 日下午 16 时到 23 时 39 分,共在北京 21 个作业点持续发射 1104 枚火箭弹,最终将其成功拦截在北京城外。

2008 年 9 月 25 日 21 点 10 分 04 秒,“神舟七号”(图 1-2)发射升空,共计飞行 2 天 20 小时 28 分钟,飞船于 2008 年 9 月 28 日 17 点 37 分成功着陆于中国内蒙古四子王旗主着陆场。飞船的顺利着陆也意味着此次航天飞行中的四大任务——出仓活动、科学实验、释放小卫星和太空中继终端的试验顺利完成。其中,实现了中国航天史上第一次太空行走的出仓活动,更是具有里程碑的历史意义。

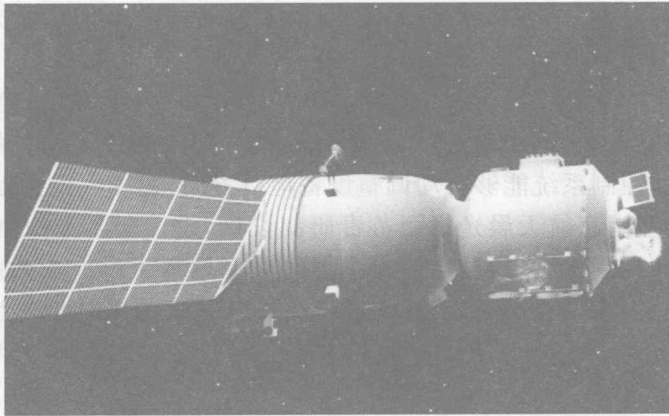


图 1-2 “神舟七号”飞船(图片来源于百度百科)

“神舟七号”飞船在整个飞行过程中,都由设在酒泉和北京的航天控制中心、陆上地面测控站以及海上远望号远洋航天测量船队组成的测控通信系统来执行飞船轨道遥测、遥控、火箭安全控制、航天员逃逸控制等任务。

无论从功能、结构、设计以及实现的角度来看,神舟七号都是一个极为复杂的大系统,而这个复杂的大系统又是由航天员系统、飞船应用系统、载人飞船系统、运载火箭系统、发射场系统、测控通信系统和着陆场系统等七个子系统组成。这七个子系统又由各自相应的子系统组成,组合在一起就形成了展现在世人面前的具有特定功能的神七飞天系统。

以上所描述的事例中,无论是对奥运会主火炬的控制,对天气的控制还是对神舟七号飞船的控制,都集中地突出了一个概念:控制。其实,除了这些非常复杂的应用之外,控制在日常生活中也是比比皆是,控制概念绝非仅仅只限于高科技方

面,事实上,人们时时刻刻都在进行着有意识或者无意识的控制。

例如,在日常生活中,伸手去取一件物品的过程就是一个典型的控制过程(图1-3)。



图1-3 人手取杯子的过程(实图)

大脑通过神经系统传递控制信息操控手移向目标物品,眼睛将手和物品的距离等信息传递给大脑并由大脑将此信息进行处理后决定前进方向和速率,再将此结果用于操作手(臂)的动作。整个过程虽简单迅速,但不失为一个完整的控制过程。该过程可借助图1-4来描述。

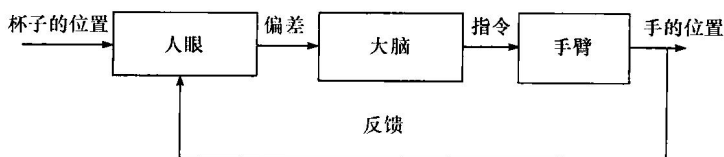


图1-4 人手取杯子的过程(示意图)

与此类似,自然界中的捕杀行为也是一个控制过程。例如老鹰捕杀兔子的过程。老鹰通过眼睛等器官获取猎物的位置信息,将其传送到大脑,经加工处理后,操作翅膀以及爪子进行捕杀活动。兔子位置的变化会迅速反馈到老鹰的大脑,用来修正所要采取的行动。

工业生产中更常见到控制的“身影”,尤其是在信息化的现代社会,是否掌握先进的控制技术可以说是关乎企业成败的一个关键因素。经过了长期的发展之后,面向人造系统的自动控制在工业生产中的应用已经越来越普遍,自动化生产线也屡见不鲜,原来需要人来完成的许多工作或操作,如今借助机器就能够又快又好地完成。在解放人的双手的同时极大促进了生产力的提高,而且还可以使原来很多可能使人遭受危险的工作变得更加安全。

导弹跟踪和打击(图 1-5)是控制在军事领域的具体体现。可以将这个过程看作是老鹰捕杀兔子的另一个版本。在导弹防御系统中,雷达是导弹跟踪系统的“眼睛”,负责侦察“猎物”——敌机的位置信息,并通过网络传递给系统的“大脑”——计算机。计算机根据一定的算法将雷达所获取的信息进行解读和处理,然后将控制指令传递给导弹上的驱动装置并操作导弹的飞行路线,最终对目标进行打击。

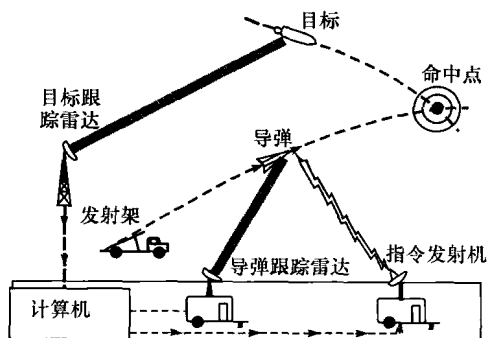


图 1-5 导弹跟踪与打击示意图

计划生育政策是我国的基本国策,这个政策的制定是为了解决我国人口过快增长问题。由于中国人口基数庞大,出生率过高将会使土地、环境、资源等难以承受的人口快速增长。计划生育政策是国家进行人口控制的一个重大举措,也可以看作是一种控制行为,只是这里的控制行为是国家层面上的,被控制的是整个社会系统。

1.1.2 一起进入自动化时代

整个人类社会的发展历史,也可以说是人类利用各种控制手段获取能量进而改造外界环境的历史。有学者认为,从控制论的观点出发,人类社会发展至今已经经历了两个时代:人力时代和机械化时代,现在开始步入第三个时代——自动化时代。这里时代划分的依据是人类在开发、利用能量变换和信息变换的不同方式。

人力时代又叫人工时代、手工时代。在蒸汽机、发电机等动力机械发明之前,那漫长的岁月中,人类只能利用自身的体力获取所需的能量,依靠自身的肌体和大脑来完成能量变换和信息变换,所以称之为人力时代。后来,人类逐步懂得了钻木取火,炼铜炼铁,改善生产工具,开始有了人类文明。但是由于人类自身客观生理条件的限制,能量转换的功率和范围都极其有限,纵有九牛二虎之力,也不可能实现昼夜不停地工作。历时数万年的人工时代直到 1788 年才宣告

结束,这一年英国人瓦特改进的蒸汽机在工业中得到应用,自此人类社会开始了机械化时代。

当蒸汽机、发电机出现之后,对几十吨、上百吨重的货物,人只要按一个电钮的“力气”,就可以把它移动到你所要达到的地方,而且这些机器可以不间断地保持着“精力充沛”的状态工作着;现代化的电网,可以瞬间输送几十万、几百万千瓦的电能到数千公里之外。这在机械化时代之前都是无法想象的事情,人类的“力气”不知被放大多少亿倍,人类的力臂不知不觉被延长到几千公里之外!

自动化时代的到来得益于电磁波的发现和电子管、半导体、集成电路、无线电以及电子计算机等的先后问世,这些技术几乎同步解决了信息变换的速度问题。伴随着这些技术的先后问世,控制这门科学也开始正式被确立起来,并且取得了长足的发展,客观上也为自动化时代的到来做好了理论准备。

在自动化时代中,不仅能量变换,而且信息变换都可由机器来完成。凡是需要能量变换的地方,都会有相应的信息变换机与之相匹配,即在人类活动所见的空间,只要需要用“力”的地方,一般都会给它配上一个小的“脑袋”——单片机或微处理器之类的小芯片。于是,不仅工业生产自动化了,甚至农业生产、家务劳动、交通运输、人居环境……凡是在已知规律的领域,都可以利用自动化技术来完成一些特定任务。

生活中,自动化技术每时每刻也都在发挥着巨大的作用。事实上,自动化并非是什么高深莫测的概念,在日常生活中有很多东西体现了自动化的原理。小到抽水马桶,大到航天飞机、宇宙飞船都是自动化应用的具体体现。

说到抽水马桶,或许读者不禁要问,这么简单的东西与自动化有什么关系呢?使用完抽水马桶以后,按下后面的按钮,水箱内的水就会将马桶冲洗干净,并且水箱内的水位将会恢复原来的水位,此时水箱会停止进水。稍稍分析一下抽水马桶的工作原理就会发现,这个简单的生活装置体现了自动化技术中一个非常重要的原理,那就是负反馈控制。在下一节中再具体讨论负反馈。

除此之外,现在已经进入寻常百姓家的洗衣机也是个非常典型的自动化装置,并且也更能体现自动化技术在将人从繁重的体力劳动中解放出来中所发挥的巨大作用。有人甚至认为,以洗衣机为代表的诸多自动化装置如吸尘器、微波炉、电饭煲等,不仅起到了解放人的双手的作用,而且也深刻改变了这个社会的结构。很多原来需要由家庭主妇完成的工作,如今人们只需要借助这些家用电器就可以轻而易举地实现,从而使得她们从中解放出来步入社会参与社会变革。这又是自动化技术发展对时代发展推动作用的一个体现。

空调是现代生活中常见的家用电器,很难想象在今天的城市生活中少了空调会是怎样一种情景。这个用来调节小气候的装置,也是自动化技术发展的产物。当设定好温度之后,空调中的温度传感器会定时测量周围环境的温度并且与设定

的温度做比较,并以此为根据判断下一步应该是制冷(热)还是暂停。而这也是反馈控制一个非常典型的案例。

除了家庭生活中用到了大量的自动化装置,当人们走出家门,也能看到很多自动化技术的具体应用。例如地铁站中的自动售票机、大街小巷都能看到的销售饮料的自动售货机等,而更常见的莫过于电梯了。此外,能感知人的到来而自动打开的自动门也应用得越来越普遍。

以上所有的实例表明,自动化技术在人们日常生活中可谓是大显身手,而且自动化技术有着远比上面描述的要广泛得多的应用范围。在现代社会,自动化技术已被广泛用于工业、农业、军事、科学研究、交通运输、商业、医疗、服务和家居等方面。

工业生产中的很多流水线装置就是自动化技术的产物,人只需要完成比较简单和轻松的那部分工作,如编排指令等,大部分工作则由机器来完成。工业自动化是自动化技术发展的起源和最初的应用领域之一。

大规模的联合收割机、导弹跟踪和打击、小到红绿灯大到智能交通控制系统、“神舟七号”飞天成功等都是自动化技术广泛应用的实例。生产过程自动化和办公室自动化可极大地提高社会生产率和工作效率,节约能源和原材料消耗,保证产品质量,改善劳动条件,改进生产工艺和管理体制,加速社会产业结构的变革和社会信息化的进程。由此我们也可以切实地体会到自动化时代的到来,并且也能感受到自动化技术给时代带来的巨大变革。自动化是新技术革命的一个重要方面,它的研究、应用和推广,对人类的生产、生活等方式将产生深远影响。

现代生产和科学技术的发展,也对自动化技术提出了越来越高的要求,同时也为自动化技术的革新提供了必要条件。20世纪70年代以后,自动化开始向复杂的系统控制和高级的智能控制发展,并广泛地应用到国防、科学研究和经济等各个领域,实现更大规模的自动化,如大型企业的综合自动化系统、全国铁路自动调度系统、国家电力网自动调度系统、空中交通管制系统、城市交通控制系统、自动化指挥系统、国民经济管理系统等。自动化的应用正从工程领域向非工程领域扩展,如医疗自动化、经济管理自动化等。此外,自动化将在更大程度上模仿人的智能,机器人已在工业生产、海洋开发和宇宙探测等领域得到应用,专家系统在医疗诊断、地质勘探等方面取得显著效果。工厂自动化、办公自动化、家居自动化和农业自动化将成为新技术革命的重要内容,并得到迅速发展。

1.2 基本概念和术语

在介绍了一些常见的控制现象、自动化时代的到来以及自动化的诸多体现之

后,本节将要对上节实例中所涉及的一些控制与自动化技术的基本概念作进一步解释。

1.2.1 系统

要讲“控制”,就离不开“系统”和“信息”,因为没有具体系统的控制是不存在的;没有信息的系统是一具空壳,控制则成为“无米之炊”。

什么是系统呢?系统(system)一词,来源于古希腊语,是由部分构成整体的意思。今天人们从各种角度来研究系统,对系统下的定义也不下几十种。例如“系统是诸元素及其顺常行为的给定集合”,“系统是有组织的和被组织化的全体”,“系统是有联系的物质和过程的集合”,“系统是由许多要素保持有机的秩序,向同一目的行动的东西”等。一般系统论则试图给出一个能描述各种系统共同特征的一般的系统定义,把系统定义为由若干要素以一定结构形式联结而成的具有某种功能的有机整体。这个定义包括了系统、要素、结构、功能四个概念,隐含了要素与要素、要素与系统、系统与环境三方面的关系。

系统的定义告诉人们,系统具有一定的功能。系统的功能如图1-6所示。

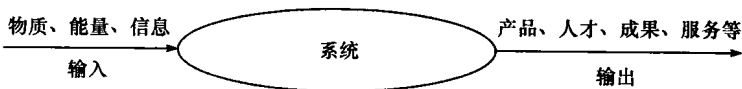


图 1-6 系统示意图

图1-6表明,系统具有一定的输入,这个输入一般都是某种物质、能量或者信息。这些输入经过系统的“变换”后就会产生一定的输出,如产品、人才、成果、服务等。也就是说正是因为系统有一定的功能才使得一定的输入经过系统之后产生相应的输出。而人们设计系统时,往往要求在给定输入的情况下尽可能得到好的输出,即尽可能使得系统的功能符合人们的需要。

例如,上节提到的奥运会主火炬就是一个系统,开幕式当晚“鸟巢”的天气控制也可以看作一个系统。在前面还提到,神舟七号飞船是一个功能复杂的大系统,由七个子系统组成。除了这些科技系统以外,还存在着自然系统、社会系统、概念系统等许多系统。前面提到的计划生育政策针对的就是整个社会系统。人本身就是一个系统,而由人组成的家庭也是一个系统,由家庭组成的社会是一个更大规模的系统。毫不夸张地说,系统是无处不在的。

系统是多种多样的,可以根据不同的原则和情况来划分系统的类型。按人类干预的情况可划分自然系统、人工系统;按学科领域就可分成自然系统、社会系统和思维系统;按范围划分则有宏观系统、微观系统;按与环境的关系划分就有开放系统、封闭系统、孤立系统;按状态划分就有平衡系统、非平衡系统、近平衡系统、远

平衡系统;按系统规模划分还有巨系统、大系统、小系统;按功能和结构划分有分系统和子系统等。

1.2.2 信息

结合 1.1 节所讲述到的控制现象和图 1-6 对系统的解释,自然能发现信息的重要性。那么究竟什么是信息呢?同系统一样,信息也有很多种不同的定义。综合而言,信息(information)是人们在与客观世界相互作用过程中与客观世界相互交换的内容的总称。具体来说,信息是指符号、信号,或者消息所包含的内容,用来消除对客观事物认识的不确定性。若用最简单的语言来说,信息是对数据的解释;从集合的角度来看,信息是抽象于物质的映射集合。

上文提到的“8日晚 20 时至 24 时,一条暴雨云带自西南向东北顽强地向‘鸟巢’进发”就是一种天气信息;人手抓取物品的时候,眼睛所观察到的手与物品的距离、物品的大小等也是一种信息;老鹰捕杀兔子的时候所观察到的兔子的位置、奔跑方向也是信息;雷达探测到的敌机的距离、方位、动向是重要的军事信息。这些例子告诉我们,信息并不神秘且无处不在,在系统中信息具有非常重要的作用。试想如果人无法获取物品的位置信息,就难以顺利地拿取物品;而雷达无法探测到敌机的位置,跟踪导弹就无法有效打击目标。

由于信息是用来反映客观,消除不确定性的,因此信息具有事实性。而时间性、空间性、共享性、可转换性、保密性和可度量性等也都是信息所具有的特性。所谓时间性,是指信息具有一定的时间延迟和时效的不可避免性。空间性是指信息需要由一定的信源发出,并且需要一定的信道传递,最终由相应的信宿存储。共享性指信息是不可消耗的、非独占的。可转换性则指信息可以由一种状态转换成另外一种状态。保密性则是指有些特定的信息涉及安全问题,需要对其加以保密并且有一定的权限控制。例如银行卡的密码就是一种需要保密的信息。人们常常看到的信息量、数据量等词语就是用来描述信息的可度量性的。

人类对自然界能量变换状态的描述称之为自然信息,而人类对自身一切活动所产生的能量变化状态的描述则是社会信息。这也是信息的一种比较简单的分类方法。

既然已经提到了系统和信息这两个概念,那么自然可以引出一个“合成”概念:信息系统。所谓信息系统(information system),就是生产(含信息收集)并向环境用户提供有用的服务信息以便使用者做出决策的各种单元结合而成的有机整体。而信息系统又可以分为数据流通分系统、数据处理分系统、信息服务分系统这三大分系统。