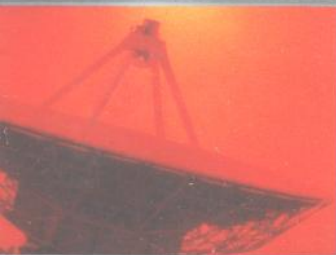


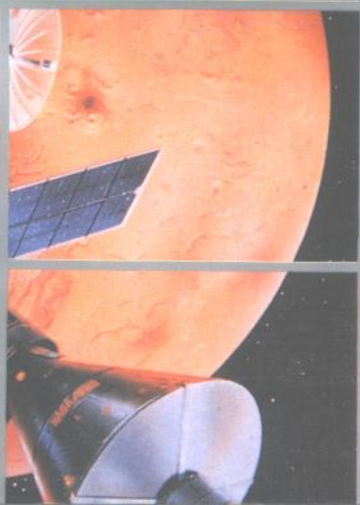
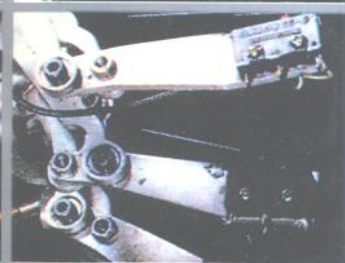
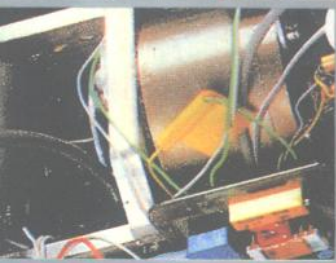
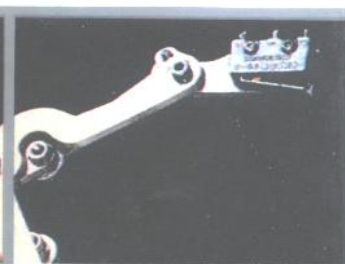
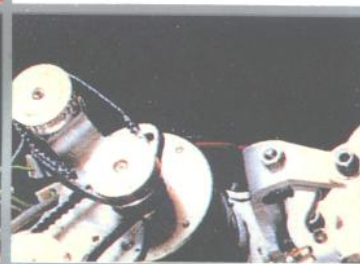


现代高技术丛书



自动化技术

中国科学技术协会主编
上海科学技术出版社



中国科学技术协会主编



现代高技术丛书

戴绪愚 张开逊

乔美容 陈瑜 周祖德

编著

自动化技术

上海科学技术出版社

现代高技术丛书

自动化技术

中国科学技术协会主编

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所经销 上海市印刷三厂印刷

开本 850×1156 1/32 印张 4.75 插页 4 字数 123,000

1994年12月第1版 1994年12月第1次印刷

印数 1—3,000

ISBN 7-5323-3720-0/TP·50

定价: 8.10元

(沪)新登字108号

内 容 提 要

本书较全面地介绍了自动化技术的内涵、现状和发展趋势。内容包括：自动化技术的基本概念；传感技术；机器人；可编程序控制器；电力电子技术；机电一体化技术；未来的工厂。

本书内容丰富，通俗易懂，可供具有中等文化程度的干部、管理人员，学生、教师以及广大科技人员学习和参考。

现代高技术丛书编审委员会

主任： 朱光亚

副主任： 高 潮 闵桂荣

编 委(以姓氏笔画为序)：

王守觉	王希季	王国文	邓寿鹏	刘化樵
刘成彦	刘胜俊	江东亮	孙延军	孙毓彦
朱光亚	闵桂荣	李 士	杨沛霆	何国祥
张 晶	陈伯镛	陈树楷	陈章良	武明珠
赵文彦	胡成春	胡 英	钟义信	高 潮
郭景坤	顾孝诚	戴绪愚		

序 言

1992年10月召开的党的十四大，以邓小平同志建设有中国特色社会主义的理论为指导，确立了建立社会主义市场经济体制的目标。会议指出社会主义的根本任务是发展生产力，现阶段必须以经济建设为中心，加快改革开放和现代化建设步伐，才能推动社会全面进步。科学技术是第一生产力，经济建设必须依靠科技进步和劳动者素质的提高。现代科技突飞猛进，社会主义市场经济不断发展，我们不懂得、不熟悉的东西很多。因此全党同志不仅要抓紧学习政治、经济和先进经营管理，还要学习现代科学文化。

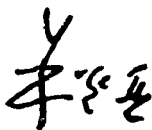
由中国科学技术协会组织编辑、上海科学技术出版社负责出版的《现代高技术丛书》，就是在1992年初小平同志视察南方发表重要谈话，举国上下学习讲话精神、加快改革开放和建设步伐的情况下开始筹划的。经过一年多的努力，现在开始与读者见面了。这套丛书是以高技术的若干领域为主要内容，请国内在这些领域中卓有成就的专家学者撰写汇编而成的，面向广大干部和非专业领域的科技工作者，是一套深入浅出的高级科普读物，重点是为各级领导干部学习高技术知识服务。

什么是高技术呢？需要指出的是，早在60年代这一名词就已在外国出现，但直到现在，对它的含义和范围，大家的认识仍有差异。一般认为，高技术是指以最新的科学发现创造为基础、具有重要应用价值的技术群。正是由于近半个世纪来科学技术日新月异的发展，高技术的内涵和范围也在不断发展和深化。50年代我国制定的《1956—1967年科学技术发展远景规划纲要》，被列在12项重点任务前列的原子能技术、喷气与火箭技术、半导体技术、电子计算机技术和自动控制技术这5项技术群，就属于这种范畴，当时在我国称之为尖端技术。80年代我国开始引入高技术这一名词，到1986年初制定《高技术研究发展计划纲要》，被评选列入的7个技

术群是生物技术、航天技术、信息技术、激光技术、自动化技术、新能源技术和新材料技术。这一事例不仅说明我们应动态地理解高技术这一概念，而且要认识到，高技术代表着科学技术发展的前沿，代表科学技术在社会进步和经济发展中的巨大力量，对增强一个国家的综合国力起着重要作用。

既然高技术是以最新的科学发现与创造为基础的，需要指出的另一点是，发展高技术、尤其是要实现其产业化，还应十分注意其必须具备的条件，包括掌握有关科学技术知识的人才、研究开发工作所必需的先进仪器装备与大量资金的投入、具有良好素质的工人队伍、大批生产必须具有的经济规模、工艺装备的不断更新需求以及相关高技术的配套发展等等。因此，既要积极进取，又要有敏锐的市场意识，把握机遇，善于经营。

前不久，江泽民总书记在会见全国科技工作会议代表时指出，要进一步确立和贯彻邓小平同志关于科学技术是第一生产力的伟大战略思想，加速科技进步，为90年代乃至下个世纪经济、社会发展提供强大动力。并再一次强调，要在干部特别是领导干部中普及现代科学技术知识。《现代高技术丛书》的及时出版，让更多的人能从中了解高技术的内涵、现状和发展趋势，将是十分有益的。展望世纪之交科学技术的发展，当然还应包括自然科学、技术科学的基础性研究以及全球生态环境变化与影响等方面的深入浅出评述和预测。更全面地介绍与普及现代科学技术知识，为增强全社会的科技意识，各级领导加强对科技工作的领导，把科学技术切实放在优先发展的战略地位，还需要科技界同志们继续努力。



1993年6月3日

前 言

到 2000 年实现国民经济总产值翻两番,使我国人民生活达到小康水平,这是党现阶段的总任务,也是我国亿万人民的共同心愿。怎样才能完成这一光荣而又艰巨的任务呢,其关键就是要提高劳动生产率。而提高生产率的最有效、最根本的措施是生产劳动实现机械化、自动化。生产机械化、自动化是提高劳动生产率的技术基础。从手工劳动发展到机械化、自动化,从一台设备自动化发展到自动生产线,劳动生产率可以几倍、几十倍、几百倍地提高。

自动化 (Automation) 一词是 1946 年美国福特公司的机械工程师 D·S·哈德曼最先提出来的,当时的意思是指加工采取连续的方式,生产过程流水式地自动进行。二次世界大战后,这种生产方式有了更大的发展,取得了巨大的经济效益。几十年来,随着控制理论和控制技术的发展,自动化一词的含义和内容也已不断地演化和扩充。今天,自动化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进行操作或控制的过程。

众所周知,人们在非自动化生产系统中劳动,要受到人的动作速度、反应速度、体力和耐久性等人体机能特性的限制,要更进一步提高生产速度,必然会碰到人的生理局限。另一方面,在现代生产过程中,又越来越多地采用了高温、深冷、高压、超高压、真空和放射性等技术,在这类环境中,人是根本无法工作的;再加上大工业生产的规模越来越大,综合技术越来越复杂,这也是人所不能直接管理和驾驭的,因而自动化是生产发展的客观需要。

望远镜、显微镜、X 线诊断机、照相机、录音机、电视机、摄像机及各种传感器的出现,使人们扩大了视力、听力和记忆力;电子计

计算机技术的发展,更进一步提高了人们的记忆、运算、分析判断、逻辑推理和控制管理能力;机械手、机器人的出现体现了人工智能。这些都极大地超越了人的机能特性,使原来由于人体生理限制而无法控制的生产过程,得到了根本的突破。这样生产技术的发展又为实现自动化提供了物质技术基础。由此可知,自动化是科学技术发展的客观需要。

但是借以实现自动化的技术是不能一个早晨统统出现的。多数技术和装置都有各自的发展历史。要把它们应用于自动化,并与生产设备或过程有机地互相结合起来,必须满足各种技术要求。它要有一个不断发展、改进和完善的过程,因此各行各业自动化的进程不一样,各有其特点。应当根据自身的设备情况、工艺条件,人员水平和资金来源等具体情况,因地制宜地开展自动化,采用先进、适用、经济效益显著的自动化技术。我们坚信自动化科学技术一定会为我国经济振兴作出应有的贡献。

自动化技术广泛用于工业、农业、军事、科学研究、交通运输、商业、医疗、服务和家庭等各个方面,是工业、农业、国防和科学技术现代化的重要标志。自动化技术涉及面广,限于篇幅,不可能面面俱到。本书将着重介绍自动化技术中前沿和尖端技术,帮助读者了解在自动化领域中高技术发展的现状和趋势,明了高技术及其产业对社会、经济发展的影响。

本书共分七章,前言、第一章基本概念与第三章机器人由戴绪愚编写;第二章传感技术由张开逊编写;第四章可编程序控制器由乔美荣编写;第五章电力电子技术与第六章机电一体化技术由陈瑜编写;第七章未来的工厂由周祖德编写。

编著者

目 录

第一章 基本概念	1
一、控制与反馈	1
二、自动化和自动控制	4
三、自动控制系统分类	9
四、数字控制系统	14
五、自动控制理论的发展	17
第二章 传感技术	20
一、传感技术概述	20
二、温度传感器	23
三、力传感器	27
四、流量传感器	30
第三章 机器人	33
一、机器人概述	33
二、机器人的结构和基本部件	36
三、机器人是怎样工作的	47
四、智能机器人	52
五、机器人的工业应用	58
第四章 可编程序控制器	64
一、可编程序控制器的发展概况	64
二、可编程序控制器的基本原理	71
第五章 电力电子技术	77
一、电力电子技术概述	77
二、电力电子技术与传统产业	82
第六章 机电一体化技术	96
一、机电一体化的涵义与重要性	96
二、机电一体化产品分类	97

三、机电一体化系统的构成与相关技术.....	101
四、机电一体化技术对机电产品的影响.....	105
五、典型机电一体化产品简介.....	107
第七章 未来的工厂.....	112
一、数控机床的发展.....	112
二、从计算机辅助设计到计算机辅助制造.....	118
三、柔性制造系统.....	123
四、计算机集成制造系统与未来工厂.....	134

第一章 基本概念

一、控制与反馈

1. 控制

世界上许多事并不是从一开始就注定要发展成现在这个样子的。在事物发展的初期，它们往往有多种发展的可能性，由于条件或者某偶然的机遇关系，最终才沿着某一特定的条件发展下去。水果从树上摘下来后，如果不马上吃掉，时间长了就要腐烂。而水果是有季节性的，成熟了必须摘下来，不摘下来掉到地面，最终也是要腐烂变质。为了保存它，人们想出了许多办法。如放入地窖降低温度来延长其保鲜期，等等。后来发现每一种水果控制在不同的低温，可以更长地保存，也就是水果的保鲜期得到了控制。现在“控制”这个词，已成为人们习以为常的口头语了。如果我们认真地分析一下各种不同的控制过程，如“控制人口”、“控制肝炎”、“控制航天飞机”，这些被控制的对象虽不同，但作为一个控制过程，它们却有共同之处。

(1) 被控对象必须存在着多种发展的可能 如果事物的发展只有一种可能性，就无所谓控制了。某一事物在发展变化中未来有几种可能性，是由事物本身决定的。例如，鸡蛋在一定的温度条件下，经过孵化，可能变成小鸡，也有可能因保管不善而打碎或变质等，有几种结果。而与鸡蛋形状相同的卵石面临的可能性就完全不同。

(2) 通过选择得到控制 被控对象不仅必须存在几种发展的可能性，而且，可以在这些可能性中通过一定的手段进行选择，才谈得上控制。例如，经过预测我们发现某时刻某地要发生地震，它所面临的只有两种可能，发生地震和不发生地震。在目前我

们尚不可能在这两种情况进行选择，无法选择或不存在选择的余地，自然也就谈不上控制了。

上面第一条说明任何事物，都有它一定的可能性空间，或者说事物有不确定性，这是由事物的内部矛盾所决定的。人们根据自己的目的，改变条件，使事物沿着可能性空间内的某一确定方向发展，就形成了控制。

因此，一切控制过程，实际都是由三个基本环节构成：一是了解事物面临的可能发生的空间是什么，如一个学生在周围环境的影响下，学习成绩急剧下降，他可能好转、也可能恶化、甚至降级；二是在可能性空间中选择某一些状态为目标，如帮助他在短期内赶上去，使学习成绩好转；三是控制条件，使事物向既定目标转化。

2. 负反馈控制

如果我们选定了某一目标，但我们所具备的控制方法达不到所需的控制能力怎么办呢？例如神枪手可以在百米以内，通过眼睛瞄准，加上自己积累的经验，准确地击中目标。但是，如要将一枚火箭发射到与地球相距38万公里远的月球，就不能像步枪打飞鸟那样，在发射前计算好提前量对准月球进行发射就可以了。因为有许多干扰根本无法事先估计到。也就是说，仅仅依靠发射时控制方向控制得再准也不行，必须在火箭飞行过程中不断地进行修正。

盘旋在高空的鹰，不但能准确地扑到地面的固定目标，甚至连飞速躲避的兔子、老鼠也无法逃生。显然，鹰不可能事先计算出自己和目标的运动方程，也不是按事先计算好的路线飞行的。鹰发现兔子后，马上用眼睛估计一下它与兔子相距的距离和相对方位，选择一个大致的方向向兔子飞过去。以后，一直盯着兔子，眼睛不断地报告自己与兔子的差距。不管兔子如何奔跑，大脑不断地作出决定，缩小这种差距。这种决定是通过调整翅和尾部姿态，不断地改变飞行速度和方向，使鹰的位置越来越接近兔子，直到鹰的爪子够着兔子为止。这个过程可用图 1-1 表示。

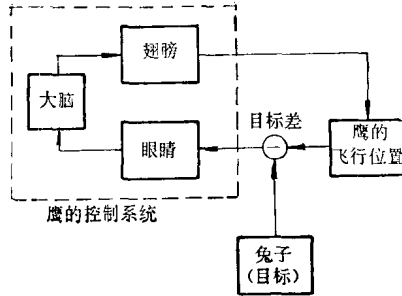


图 1-1 鹰捉兔子的飞行控制过程

鹰的控制系统主要由眼睛、大脑及翅膀（包括控制姿态的尾部）三部分组成。鹰在用眼盯住兔子的同时，也注意到自己的所在位置，并将这两者作一比较。在图 1-1 中用⊖这个比较符号表示。经过比较后的信号称为目标差。它代表鹰的位置与兔子位置的差距。眼睛收到这个信号，传至大脑。大脑指挥翅膀改变飞行速度和方向，使鹰向逼近兔子的方向运动，使其目标差减少。这一控制过程不断地重复进行，就构成了鹰捉兔子的连续动作。这里最关键的一点是大脑的决定始终是使鹰的位置向减小目标差的方向改变，在自动控制中把这类控制过程称为负反馈控制。

负反馈控制的本质在于预计了一个目标差不断减少的过程，通过控制系统不断地将自己的控制结果与目标作比较，使得目标差在一次又一次的控制中逐渐减少，最后达到控制的目的。因此，作为一个负反馈控制必须具备两条：一是系统一旦出现目标差，便自动出现某种减少目标差的反应；二是减少目标差的调节要一次又一次地发挥作用，使得对目标的逼近能积累起来。

这两个条件不完全满足，就不能算完善的负反馈控制。例如高压锅锅盖上合金保险塞，在压力超过所允许的限度时，合金塞熔开放气，这是出现目标差时系统减少目标差的调节机制。它是一种不完全的负反馈控制，因为它不满足第二个条件。这一类半反馈控制在控制中也较广泛。

负反馈是目标差减少的过程，如果控制系统的作用结果是目

标差不断扩大,那便是正反馈了。超级大国间的军备竞赛,可以生动地说明正反馈的过程。每一方得知对方发明了一种新式武器立即研制一种比对方更为厉害的武器来对付。于是原子弹、氢弹、洲际导弹、多弹头导弹、中子弹……就这样不断地问世,最后远远偏离了“缓和”这种平衡目标值。这就是说,从对控制目标的偏离来说,它与负反馈正好相反,正反馈所描述的是目标差越来越大的过程,正反馈发展到了极端,系统的状态大大超过稳定平衡状态,就会导致组织的崩溃和事物的爆炸。所以说正反馈差不多都和恶性循环有关,但并不是说正反馈在所有场合都是“坏”的。在电子技术中,正反馈原理被用来放大信号。如最简单的再生回路是将三极管的集电极与基极耦合起来,集电极电流增大使得基极电位偏负,而基极电位偏负会使集电极电流进一步增大,同时使基极电位更偏负,这样耦合的结果使得最初信号迅速得到放大。

二、自动化和自动控制

1. 自动化

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进行操作或控制的过程叫做自动化。这是中国大百科全书自动控制与系统工程卷中关于“自动化”一词的定义。

在生产机器或设备中,常常要使其中某些物理量(如恒温箱的温度,发电机的输出电压或电动机的转速)保持恒定或者按照某一规律的规律变化。要满足这种需要,应当对生产机械和设备进行及时控制,以消除外界对它产生的影响。这种控制,除了由人工操作外,也可以由其他设备代替人进行控制,即自动进行。用来完成这种控制的设备称为控制器,被控制的机械和设备称为被控对象。被控对象和控制器一起,称为自动控制系统。自动进行操作或控制的过程称为自动化。

首先我们来看看在人工控制中人到底是如何工作的,然后看如何用控制设备来代替人的工作。下面看一个恒温箱的例子(见

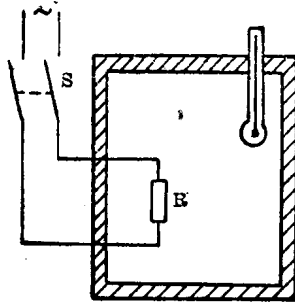


图 1-2 恒温箱的人工控制

图 1-2)。

假定希望恒温箱的温度恒定在某一温度上，那么操作人员的任务是：随时观测实际炉温，并将它与所要求的温度值(给定值)进行比较，如果炉温大于给定值，就将开关 S 断开，于是电阻 R 失电，炉温逐渐下降；如果炉温小于给定值，又将开关合上，电阻得电，炉温上升趋近于给定值，这样就可以将恒温箱的温度控制在给定值附近的小区内。虽然在这个区间温度每一时刻有一个特定的值，但是这个值究竟是多少并不是我们事先确定的，只要温度在确定的区间之内，就算实行了控制。

从上述实例可知，要用自动控制代替人工控制，则自动控制系统中必须有三种机构以便代替操作人员在人工控制中的作用，这三种机构是：

- ① 测量机构，用来测量被控量；
- ② 比较机构，用来比较被控量与给定值，得出误差；
- ③ 执行机构，按照误差的性质作出控制动作。

此外，关于给定值的问题，在人工控制中，只要操作人员心中有数就行了，但在自动控制中，还必须有给出被控量给定值的机构，称为指令机构。

下面再回到图 1-2 所述的例子，看看是如何实现自动控制的。

如图 1-3 所示，图中 Q 是个电磁开关，电磁开关的常闭触点 K 接在电炉的交流供电电路中，当恒温箱接通电源后，它是闭合

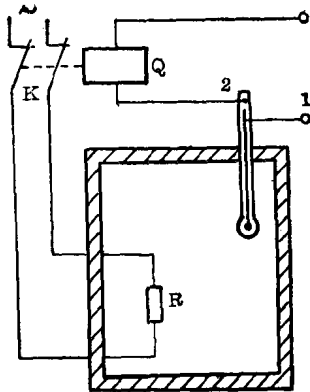


图 1-3 恒温箱的自动控制

的,保证恒温箱的供电。在温度表中引出两根导线 1、2 作为接点,电磁开关的绕组经过 1、2 和单独的直流激磁电源连接。

当恒温箱中的温度高于给定的温度时,温度计中的水银柱上升到超过接点 2 时,电磁开关的绕组得电,切断恒温箱电阻 R 的电源,恒温箱中的温度逐渐下降;当恒温箱内温度低于给定值时,温度计中的水银柱下降到低于接点 2,电磁开关的绕组失电,触点闭合,于是电流又流过电阻,使得恒温箱内温度上升。在这个系统中:恒温箱是被控对象,温度是被控量;温度计是测量元件;接点 2 是指令机构;接点 1、2 所连成的电磁开关激磁绕组的供电线路是比较机构;电磁开关本身也是执行机构。

从上面的例子可以看出,在自动控制系统中,测量机构对被控量进行检测,并将它送到比较机构中与给定值进行比较,得出误差;执行机构则根据误差对被控量作调节,从而使被控量保持恒定或者按一定规律变化。自动控制系统的各种机构就这样按照一定的顺序,一个影响一个,不断地进行调节,直到误差完全消除或者限制在一定数量的范围内为止。

2. 闭环控制系统与开环控制系统

自动控制的特点可以用图 1-4 的框图表示。图中各框的输入、输出引线都标有箭头,代表各种机构的作用具有一定方向性,