

大学生科学素质教育推荐教材

管理控制论

guanli kongzhilun

杜 栋 编著



中国矿业大学出版社

大学生科学素质教育推荐教材

管 理 控 制 论

杜 栋 编著

中国矿业大学出版社

内容提要

本书简明扼要地介绍控制论的基本原理、基本方法以及控制论在现代化管理中的应用。目的是使读者树立控制论的思想,掌握控制论的一些基本概念和方法,帮助他们在分析动态系统问题时具有洞察力,培养他们应用控制论解决实际问题的能力。

本书可作为高等院校信息管理 with 信息系统、管理科学与工程等管理类专业的本科生、研究生教材,也可供各类管理人员和科技人员学习参考。

责任编辑 孙 浩

图书在版编目(CIP)数据

管理控制论/杜栋编著. —徐州:中国矿业大学出版社,2000.12

ISBN7-81070-276-9

I. 管… II. 杜… III. 管理控制 IV. C935

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 82143 号

中国矿业大学出版社出版发行

(江苏徐州 邮政编码 221008)

出版人 解京选

中国矿业大学印刷厂印刷 新华书店经销

开本 850×1168 1/32 印张 5 字数 122 千字

2000 年 12 月第 1 版 2000 年 12 月第 1 次印刷

印数 1~2000 册 定价 16.80 元

前 言

控制论是 20 世纪 40 年代末发展起来的一门新兴学科。控制论的奠基人诺伯特·维纳当时把控制论定义为：在动物和机器中控制和通讯的科学。后来，他又指出了动物、机器和人的集体中各种控制和通讯过程的相似性。50 多年来，控制论的原理和方法在各个需要或可能进行调节和控制的领域中都得到了广泛的应用，并取得了辉煌的成果，它对于生物科学、技术科学及社会科学的研究都有深刻的意义。

与专门的学科不同，控制论是属于跨学科的、边缘性的和普遍化的科学，它的基本思想和方法应该也能够为当代的大学生、研究生所掌握。需要说明的是，控制论和控制理论是两个不同的概念。控制论是一般控制理论，而控制理论通常指自动控制理论。关于控制理论，大多数教科书是从自动化技术的角度去讨论，从管理科学的角度去讨论的书籍寥寥无几，这样不便于管理类专业的读者学习和运用。长期以来他们急需一本介绍控制论的基本概念和方法的书，因为他们没有过多的时间来研究维纳等人的著作，并且这本书还要能为一般没有高深数学知识的人所接受。

控制论作为一门新兴学科，主要表现在新的观察角度、新的概念体系和新的研究方法。本着理论联系实际、定性定量相结合的原则，按照把控制论分为理论控制论、控制论技术和应用控制论的划分法，全书分为三个部分：第一部分主要通过控制论的基本概念体系，阐述控制论的哲学原理；第二部分在控制论一般性方法基础

上,力图以尽量低的数学要求,介绍控制论的数学模型化方法;第三部分考虑到管理类专业的特点,讨论控制论在管理科学和管理工程中的应用。编者试图在较短的学时内,简要地介绍控制论的基本概念、原理、方法及实际应用。希望通过有关章节的学习,可使读者对控制论内容有一个比较全面的了解,作为深入钻研和运用控制论的入门。

本书是在使用多次的“控制论讲义”基础上整理的,曾作为内部使用教材以“控制论基础及其应用”的书名印刷过几次,这次得到中国矿业大学出版社的鼎力相助得以出版,在此向所有对本书的出版给予帮助的同志,表示衷心的感谢。由于编者水平有限,书中不妥之处望读者给予批评指正。

杜 栋

1996年6月草写于广州五山
1999年12月修改于常州新区

目 录

前言.....	1
---------	---

原 理 篇

第一章 引论.....	3
第一节 什么是控制论.....	3
第二节 控制论的产生.....	6
一、社会背景	6
二、理论根源	6
三、技术前提	7
第三节 控制论学科的分类.....	8
一、工程控制论	9
二、生物控制论	10
三、社会控制论	10
第二章 控制论的基本概念和原理	13
第一节 系统	13
第二节 结构和功能	15
第三节 功能系统、控制系统和控制论系统.....	17
第四节 反馈、信息和控制及其统一原理.....	20
一、反馈	21
二、信息	22
三、控制	23

第三章 控制论与相关学科	26
第一节 控制论与信息论、系统论	26
一、信息论和信息方法	26
二、系统论和系统方法	30
第二节 控制论与哲学、数学	32
一、控制论与哲学	32
二、数学与控制论	32
思考题	33

方 法 篇

第四章 控制论的一般性方法	37
第一节 反馈控制方法	37
第二节 功能模拟方法	39
第三节 黑箱辨识方法	41
第五章 控制论的模型化方法	44
第一节 引言	44
第二节 确定性模型	46
一、差分方程	47
二、微分方程	50
三、状态空间描述	53
四、状态方程的解	63
五、线性系统的稳定性	68
六、线性系统的能控性与能观测性	71
七、输出反馈与状态反馈	76
第三节 最优化模型	78
一、最优控制问题的提法	79
二、动态规划方法	82

三、最小值原理	86
第四节 控制论研究的新领域简介	90
练习题	91

应 用 篇

第六章 控制论与现代化管理	97
第一节 管理的控制职能	97
一、控制是完成计划的重要保证	97
二、控制是实现组织目标的根本措施	98
三、控制是改进工作的有效手段	98
第二节 管理控制的步骤	98
一、确定控制标准是控制过程的起点	99
二、衡量成效是控制过程的第二个步骤	99
三、纠正偏差是控制过程的第三个步骤	99
第三节 有效的管理控制	101
第四节 管理控制的方式	103
一、按逻辑发展分类的控制方式	104
二、按关联结构分类的控制方式	107
三、按系统输入内容分类的控制方式	108
第五节 计划控制与目标控制	109
一、计划控制	109
二、目标控制	111
第七章 控制论在经济管理中的应用专题	114
第一节 控制论与经济管理	114
第二节 动态经济管理系统的分析与决策的例子	117
第八章 企业信息管理系统	133
第一节 信息管理的重要性	133

第二节	信息系统的功能.....	137
第三节	典型的企业信息管理系统——MRP 系统	144
参考文献		148

原 理 篇

第一章 引 论

第一节 什么是控制论

控制论作为一个知识部门,它还比较年轻。1948年美国著名数学家 N. 维纳(Norbert Wiener)发表了他的第一本控制论专著《CYBERNETICS or Control and Communication in the Animal and the Machine》,为从一个统一观点考察和解释各种系统的控制和通讯问题奠定了基础,这标志着控制论的诞生。控制论一词 CYBERNETICS 来源于古希腊文,意思是“掌舵术”。后来,英国学者 W.R. 艾什比也发表了一本较有影响的著作,名为《AN INTRODUCTION TO CYBERNETICS》。该书中对于控制论研究对象和特点的观点与维纳的观点基本类似。

控制论是否具有科学的地位,这个问题首先需要认真地讨论。我们知道,任何科学在知识体系中的地位,首先是由它的对象决定的。人们通常把科学所研究的规律理解为它的对象。但到目前为止,谁也没有发现或提出过控制论的任何一条规律,所以不能认为控制论也是研究规律的科学。那么控制论究竟是什么样的一个学科呢?

控制论的一个基本特征就是在动态(运动和变化)过程中考察系统,这样就从根本上改变了研究系统的方法。它不是一门普通的专门学科,而是一个跨学科的知识部门。它从寻找学科之间的共同联系出发,将动物和机器的某些机制加以类比,从而抓住一切通讯和控制系统中所共有的特征,然后站在一个更概括的理论高度上

加以综合,形成一门具有更普遍意义的新理论。目前,控制论表示一种能应用于任何系统中的一般控制理论。它以功能方法研究组织界的各种系统——生物机体、机器装置和人类集体。也就是说,控制论是组织界系统(有组织的或被组织化的整体)的理论,研究它们的功能(行为、活动)的理论。必须强调的是,控制论研究上述系统,其着眼点是这些系统中所展开的信息(通讯)管理(控制)的过程。所以,研究控制论应当是在生物科学、技术科学和社会科学中的考虑控制论的方法,重点是分析信息的调节,控制的过程和系统的功能、行为、活动的性质。

在讨论控制论的研究对象时,我们有必要说明的是,控制论(CYBERNETICS)与控制理论(CONTROL THEORY)是两个不同的概念,虽然中文的名称只差一个汉字,但却有不少差异,不能把两者混为一谈,应加以区分。控制论的研究对象是“控制论系统”,是广义的控制系统。控制论是一门边缘性的、综合性的技术学科。在一定意义上它更注重信息的作用,认为通讯过程是认识客体的前提,控制过程是改造客体的途径。而控制理论的研究对象是“控制系统”,主要指机器的控制系统。控制理论是一门专业性的、工程性的技术学科。控制理论前期发展主要立足于工程技术领域,虽然后期发展已扩展到生物、生态、社会、经济领域,但控制理论通常指的是自动控制理论,是为自动控制系统的分析与设计服务的。自动控制理论在维纳的控制论产生之前就已经出现了,其经典理论是伺服机构(一种服务机构)理论。在控制论产生以后,控制论的原理和方法被运用于工程技术领域而形成的工程控制论,通常也被理解为自动控制理论。因此,自动控制理论既可以指控制论以前的伺服机构理论,也可以指控制论以后的工程控制论。控制理论可以被看作是控制论的一个组成部分。这样既对两者作了区分,又使两者有机地统一起来。但由于种种原因,长期以来控制论远没有得到它应有的名义和地位。钱学森先生曾设想,能不能更集中研究

“控制”的共性问题,从而把控制论提高到真正的一门基础科学呢?近年来,钱老同意称“学”,不称“论”,即把一般控制理论不叫“控制论”而叫“控制学”,他认为当时是把“CYBERNETICS”翻译错了。

另外,在20世纪中期产生的学科间的两个一体化科学——控制论和一般系统论(有人译为普通系统论),在作为一般科学的哲学和数学与一切专门科学之间,占有中间的地位。它们都是由于理论需要和实践需要而产生的。以结构方法为核心的一般系统论同以功能方法为核心的控制论相似,但是必须把它们区别开来。以一般系统为研究对象的系统论要求回答“为什么”的问题,而以控制系统为研究对象的控制论还必须指出“为了什么”的问题。也就是说,控制论中并不深究“这是什么东西?”,而要研究“它能做什么?”。

控制论在科学上有两点重要的价值,特别值得一提。第一是控制论给予我们一套统一的概念和一种共同的语言,使我们足以用来描述形形色色的系统,建立各门学科之间的关系。控制论第二个独特的好处是,对于那些以复杂著称而其复杂性不容忽视的系统,控制论给出了一种新的科学研究方法。

总之,控制论作为一门科学,不仅具有自己的概念体系,而且具有自己的专门方法。控制论是一门理论性与实践性都很强的学科,它以强大的生命力活跃于自然科学和社会科学之中,它对促进现代科学技术的发展和人类思维方式的变革,有着重大的影响,并发挥着巨大的作用。可以看到,在人们理论活动和实践活动的各个领域里使用着控制论的两个方面——理论控制论(原理)和控制论技术(方法)。在现代化建设中运用控制论的思想和方法具有很重要的意义。

本篇将以或多或少系统化的形式阐述控制论的基本概念和基本原理。

第二节 控制论的产生

控制论的产生是有它的社会背景、理论根源和技术前提的。

一、社会背景

控制论是由 20 世纪中期的科学进步、技术进步和社会进步引起的。维纳被人们称为控制论之父。假如把控制论的产生只看作是个别学者的成果,那未免太简单化了。应该说,实践的需要起着决定性的作用。用自动控制装备起来的防空系统这一战争的需要,是导致控制论诞生的直接动力。除此之外,现代社会的生产和管理对于高度自动化水平的需要决定了控制论在 20 世纪中叶必然要形成。不同生产过程的自动化(由局部自动化到综合自动化)、用机器来模拟人的活动与动物的行为(减轻人的体力劳动和脑力劳动)、以及大量信息的合理使用和各种系统的有效管理,这些都是产生控制论和促使它迅速发展的重要因素。

二、理论根源

长期以来,人类知识具有不可分的形式,曾以统一的旧哲学表现出来。随着实际的需要和人类知识的积累,就发生了专门科学从旧哲学中分化出来的过程。但是不能认为它是单方向的,这个过程在某一阶段必然伴有对立的过程——科学一体化。控制论就是消除了各专门科学的一定独立性的一体化趋势的结果。

我们知道,哲学是自然科学和社会科学的概括和总结。但无机界的因果决定性和有机界的有目的性的关系问题是一个哲学难题,这一难题一直没有得到解决。控制论冲破了历来科学领域中无机界和有机界截然划分的界限,它的基本任务正是要在理论上找到技术系统(机器)与生物系统(动物)之间在某些功能上的相似性、统一性。维纳等人综合多门学科的知识,运用科学类比的方法,寻找二者的关系。1943 年维纳和罗森勃吕特等合写了《行为、目的

和目的论》一文,这是最早的一篇控制论论文。他们首先引入行为这个的概念,接着把行为和目的联系起来,把系统的活动看成是具有目的性的行为,进而又引入信息概念,认为信息是通讯和控制的关键,从而使机器模拟动物的某些行为成为可能。

当然,数学在控制论科学中也占一定的比重,它是控制论形成的重要理论前提。马克思曾指出,每门科学只有在能够运用数学的时候才算完善。为了实现对系统的有效控制,就要求人们不能满足于停留在系统的、定性的、经验的描述上,而要定量地、精确地分析和研究整个系统。

总之,控制论是在科学知识的各种极其不同的部门:哲学、数学、技术科学、生物科学,甚至于社会科学的基础上产生的。在技术科学、生物科学和社会科学领域中的成就是这些科学在控制论范围内一体化的条件。维纳等人之所以能够创立控制论这门学科,正是由于他们的战略思想,抓住了当代科学技术发展的特点,认识到各门学科之间的相互渗透是一种潮流。维纳在谈到控制论产生时说道,在科学发展上可以得到最大收获的领域是各种已经建立起来的部门之间的被忽视的无人区。更有意思的是,控制论的奠基人维纳起初认为控制论是关于动物和机器中控制和通讯的科学,过了几年,在他的第二本书《控制论与社会》中指出了动物、机器和人的集体中各种信息和控制过程的相似性。

三、技术前提

控制论不仅仅是一门理论的学科。也就是说,社会条件和理论根源还不是控制论产生和形成独立科学的足够条件,必须有相应的能制造像电子计算机那样的复杂装置的技术前提。快到 20 世纪中期的时候建立了这种前提,这也就是从人工控制阶段过渡到自动控制阶段。控制论就是在自动控制理论(当时叫伺服机构理论)的基础上发展起来的。电子计算机的设计、制造、运行,是控制论思想的一次实践。计算机技术的发展,特别是微型计算机的发展,对

控制论的发展起了积极的推动作用。

值得骄傲一提的是,控制论与中国有着不解之缘。维纳说过,1946年的中国之行(当时他来清华大学做客座教授)是他作为一个数学家和控制论专家的分界线。而且,控制论之所以得到应有的地位和承认,中国人钱学森及其创立的“工程控制论”有不可磨灭的贡献。

第三节 控制论学科的分类

我们知道,哲学是普遍的科学,是科学知识的基础,像一般同个别的关系那样,跟一切其他的专门科学发生关系。然而,各种专门科学的一般性程度可以是不同的。控制论的一般性程度比起任何其他专门科学大得多(数学和一般系统论除外)。那么如何对控制论学科进行分类?恩格斯关于物质运动的基本形式及它们的从属关系的原理是科学分类的基础。

最初,控制论表现为工程控制论,当然也包括数学控制论。后来,由于控制论的进一步发展和它的概念已渗透到人类知识的各个部门,人们就开始把它看作是关于技术装置、生物界和人类社会中控制和通讯过程的科学。技术的、生物的和社会的控制论学科分类总的来说符合物质运动的主要形式。严格来说,技术是物质运动的特殊形式,是人造的第二个自然界。另外,由于控制论是一门综合性的科学,它把技术、生物和社会的知识联系在一起,所以不能把近年来分出的军事控制论、医学控制论、人口控制论等认为只是上述控制论流派的三个分支之一的一部分。当然把控制论认为是包治百病的灵丹妙药的看法无论如何都是错误的。

控制论横跨基础科学、技术科学、社会科学和思维科学。在各控制论学科的分类中,图 1-1 具有方法论的意义。