

管 理 控 制

杜 栋

清 华 大 学 出 版 社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

管理的关键在于控制。管理控制已作为现代管理的一个前沿问题出现在我们面前。全书共分为上、下两篇。上篇简要介绍管理控制的理论基础——控制论的基本知识。首先,主要通过控制论的概念体系,阐述控制论的基本原理;其次,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。下篇重点讲述管理控制的实践内容——控制论在管理中的应用。首先,探讨管理控制的主要内容及其应用;其次,介绍了两个管理控制专题——最优管理控制和信息管理控制;最后,介绍一些现代的和新型的管理控制技术。

本书可作为高等院校信息管理与信息系统、管理科学与工程、工商管理(MBA)、企业管理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。

图书在版编目(CIP)数据

管理控制/杜栋著. —北京:清华大学出版社,2002

高等院校信息管理与信息系统专业系列教材

ISBN 7-302-05829-6

. 管... . 杜... . 管理控制 - 理论 - 高等学校 - 教材 . C935

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 067877 号

出 版 者: 清华大学出版社 (北京清华大学学研大厦, 邮编 100084)

[http:// www .tup .tsinghua .edu .cn](http://www.tup.tsinghua.edu.cn)

责任编辑: 魏荣桥

印 刷 者: 北京四季青印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787 × 960 1/ 16 印张: 10.5 字数: 219 千字

版 次: 2002 年 10 月第 1 版 2002 年 10 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-05829-6/ F · 434

印 数: 0001 ~ 5000

定 价: 15 .00 元

上 篇

第一章 引 论

控制论是 20 世纪 40 年代末发展起来的一门新兴学科。它属于跨学科的、边缘性的和普遍化的科学。对于到底什么是控制论？控制论是如何产生的？控制论的学科分类有哪些？这些最基本的问题首先需要给以回答。

1.1 什么是控制论

控制论作为一门学科,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《控制论,或关于在动物和机器中控制与通信的科学》(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,标志着控制论的诞生。后来,英国学者 W. R. 艾什比(W. Ross Ashby)也发表了一本较有影响的著作,名为《控制论入门》(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其的对象。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门学科？

控制论是以下列观念为基础的:有可能发展一种一般方法来研究各式各样系统中的控制过程。它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。

控制论以“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。简单说来,控制论研究的是有组织的功能系统。

需要强调的是,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考虑控制论的方法,重点是分析利用信息进行控制的过程和系统的功能(行为、活动)的性质。

控制论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,形成了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。(注:前苏联学者

列尔涅尔的定义)

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,几年后,在其第二本书《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。

控制论在科学上有两点重要的价值: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。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,取得了辉煌的成果。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)。

在讨论控制论的研究对象时,我们还有必要说明的是:

(1) 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,认为通信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。控制理论其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。

控制理论可以被看作是控制论的一个组成部分。这样就既对两者做了区分,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的高度呢?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”,认为当时是把CYBERNETICS翻译错了。(注:控制论一词CYBERNETICS来源于古希腊文,意思是“掌舵术”,转意是“管理人的艺术”。)

(2) 控制论与系统论的研究对象及研究目的之间的差异。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?”。

现代科学的特点之一是,其中功能的(广义说是控制论的)方法与结构的(广义说是系统的)方法相结合,从而统一起来形成结构—功能的(广义说是系统—控制论的)方法。

1 2 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。

1. 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发的。

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。除此以外,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)、以及大量管理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。

2. 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这一哲学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 F. 罗森勃拉特等合写了《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一更一般的概念,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。

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。

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。特别是在技术科学、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。它受惠于这些领域,同时又施惠于这些领域。它在所涉及的领域中吸取营养,但所开的花,结的果却不是这些领域中任何一门学科所特有的。

3. 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。临近 20 世纪中期的时候具备了这种前提,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的基础上发展起来的。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。

另外,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。

值得骄傲的是,控制论与中国有不解之缘。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。

1.3 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信息和控制过程的科学。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。

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。

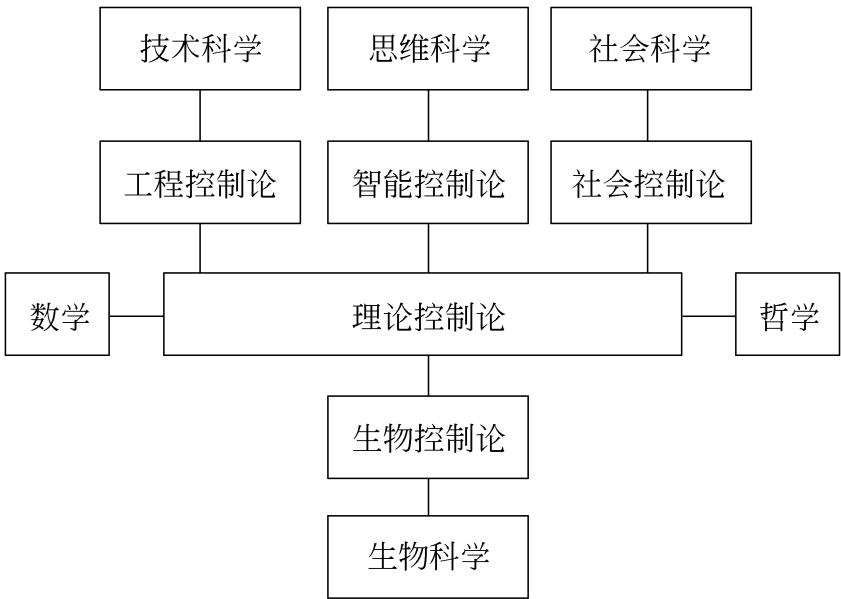


图 1-1 控制论学科的分类及其与相关学科的关系

注: 在专门文献中,常常把狭义的、原来意义上的控制论叫做理论控制论。有人认为,理论控制论给技术科学帮助特别多,给生物科学帮助很多,给社会科学帮助则较少。

1. 工程控制论

在该示意图中,工程控制论占有着特殊的地位,它是控制论中最早形成的应用分支之一。它是把控制论的基本理论和方法推广应用于工程控制系统,并吸收了伺服机构理论的成果形成的。

我国著名科学家钱学森于 1954 年在美国发表的《工程控制论》被公认为工程控制论的奠基性专著。这本书出版以后,所有搞理工科的马上产生了强烈的反响。1980 年钱学森和宋健合著了《工程控制论》(修订版),使这门科学的发展有了新成果,使工程控制论的内容更为丰富和完善。

归纳起来,一般把工程控制论的发展过程,大致分为以下三个时期:

第一时期是经典控制理论时期。这一时期的主要研究对象是单因素控制系统,重点是反馈控制,核心装置是自动调节器,在实践方面主要用于单机自动化。

第二时期是现代控制理论时期。这一时期的主要研究对象是多因素控制系统,重点是最优控制,核心装置是电子计算机,在实践方面主要用于机组自动化。

第三时期是大系统控制理论时期。这一时期的主要研究对象是众多因素的大系统,重点是递阶控制,核心装置是智能化机器,在实践上主要用于综合自动化。

2. 生物控制论

生物控制论是控制论的一个重要分支。它的产生不仅是控制论在生物学中的应用,也是生物学自身发展的必然结果。

早在控制论产生以前,生物学家已对动物和人体的控制系统进行了研究,并取得了重大的成果。控制论的产生推动了这些研究工作的深入,控制论中的新颖思想和方法改变了生物科学研究的传统格局,开辟了一条新的途径。

生物控制论虽然已经有了几十年的发展历史,但迄今尚无一个普遍公认的定义。目前一般认为,生物控制论可定义为研究生物系统中信息传递、交换、处理过程和调节、控制的科学。

生物控制论是一门理论性和应用性都很强的学科。其中神经控制论主要研究动物及人体神经系统中信息的传递、交换及处理等方面的问题。神经系统由大量的神经元组成,神经元是神经系统的基本结构和功能单元,每个神经元都是复杂的信息处理单元。神经元不是孤立存在的,每个神经元都与许多神经元相互联系。因此,要研究神经系统的信息处理问题,必须研究神经网络的特征。另外,不论是人体还是动物,神经系统的控制中枢都在脑中,脑的信息处理系统是神经控制论研究的中心问题。目前对脑及其信息处理系统的研究已取得了可喜的成果,但离揭开大脑的奥秘还相差很远。脑的信息处理系统和神经控制系统的研究仍是生物控制论中最重要的研究领域之一。

3. 社会控制论

控制论已被成功地应用于工程系统和生物系统,那么它是否也可用于社会系统?这是人们共同关心的问题。事实上,控制论从它产生时起,就已经提出了这个重大问题。在《控制论》一书中,维纳曾以保守的态度分析控制论应用于社会的可能性。后来,在其第二本书《控制论与社会》中,他把社会看作是一种信息、控制系统,认为控制论有必要也有可能运用于社会系统。当然,维纳这里所指的社会是泛指社会的一切领域,不仅仅是社会经济系统。

社会控制论是把控制论运用于社会大系统而产生的控制理论。系统之大可包括整个工厂、一座城市或国家,以至几个国家或全球系统。大系统的基本特征是规模庞大,结构

复杂,功能综合,因素众多。

在社会控制论中,经济控制论具有特别突出的地位,它是控制论用于社会系统中比较成功和成熟的一个分支。在这里,一方面,控制论学者将控制论的理论和方法自觉应用于社会经济系统的分析、调节和控制;另一方面,经济学家吸取和运用控制论的思想和方法,开拓经济学的研究领域。经济控制论是从控制论和经济学两个不同的源头出发的两条支流汇集而成,是这两方面有机结合的硕果。

经济控制论系统是经济控制论概念体系的核心。它是由罗马尼亚前总理、经济控制论专家 M.曼内斯库提出的。经济控制论系统的第一个特征是由于人的因素,使得其具有特殊的复杂性。经济控制论系统的第二个特征是随机性、模糊性等不确定因素起着重要的作用。

与经济控制论系统密切相关的概念是经济时间和经济空间。由于经济时间和经济空间概念的建立,为经济控制论系统的数学描述建立了时空坐标系。曼内斯库就是在这样的数学框架下,展开对经济控制论的研究的。可以看出,控制论的一个显著特点,是广泛应用数学方法去研究各种系统。经济系统模型既有定性模型,又有定量模型(这里又有确定性、随机性和模糊性之分)。

1965 年波兰经济学家 A. 兰格出版了一本名为《经济控制论导论》的专著,这是一本经济控制论的代表著作,它比较系统地阐述了控制论的基本概念、理论及其在经济学中的应用。40 年来,这一边缘学科无论是理论和应用方面都有很大发展,成为一门与社会经济建设和发展密切相关的重要学科。

4. 智能控制论

智能控制论是控制论新的分支,它研究智能的模拟问题。创造出“智能机器”或“会思维的机器”,这类激动人心的问题已成为人们最关心的科学问题之一。

在智能控制论中,最主要的是人工智能。虽然现在一般都把它列入计算机科学内,但从控制论的角度看,可以把它看作智能控制的核心部分。

目前人工智能的两个比较重要的应用领域是机器人和专家系统。人工智能科学正在兴起,将以更大成就为人类服务。

从维纳开创控制论,经历近半个世纪,发展到智能控制论,这是近代科学技术高度分化与高度综合的必然结果。

总之,控制论在工程、生物、社会中广泛应用,已形成了包括工程控制论、生物控制论、社会控制论以及智能控制论的庞大的科学体系,出现了现代科学的控制论化,对科学研究、工程技术和经济管理都产生了巨大影响,显示了强大的生命力。

第二章 控制论的基本概念和原理

科学的概念体系是每一门科学的理论骨架。本章是本篇最重要也是最困难的一部分。困难在于,要求在现代科学的基础上作出控制论的概念体系。重要在于,正是通过这个概念群,在不同的科学领域之间架起了桥梁,形成了控制论独特的语言。正是通过这个概念群,可以使有关概念有机地结合起来,揭示其中包含的控制论的基本原理。本章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。

2.1 系 统

控制论作为一门科学,同一般系统论有机地相联系,使用一般系统论的概念和方法。为了分析控制论的各种概念,就应从一般系统论中的“系统”这个基本概念开始。

系统是在人类的长期实践中形成的概念。必须肯定这一事实,即不能把“系统”这个概念单义地理解为一般系统论的最重要的基本范畴,而应正确地确定它的性质和在整个知识体系中的地位。

有的人认为系统是指现实界的任何一个客体,这样一来,作为一般系统论的最基本的“系统”这个概念就成为普遍的概念。另外一些人则坚持认为,不是任何客体都是系统,而只有具有完整性的客体才是系统。这个问题远不是一个次要的问题,因为进一步的研究在很大程度上取决于这个问题的解决。第二个观点看起来是比较正确的,因为一般系统论在这种情况下有自己完全确定的运用范围,而第一个观点实际上导致取消“系统”概念的特点,把它同现实界的任何客体等同起来。

1. 系统与要素

系统是由两个以上的要素组成。系统是整体,要素是部分,系统与要素的关系就是整体与部分的关系。一个系统只有相对于构成它的要素而言才是系统,同样,一个要素只有相对于由它和其他要素构成的系统而言才是要素。没有系统即无所谓要素,没有要素也无所谓系统。

重要的是,因为一个要素的变化会这样或那样地引起全系统的变化,所以也说,系统的性质是由要素决定的,有什么样的要素,就有什么样的系统。

系统与要素的区分是相对的。要素是系统最基本的单位,它总是系统的一部分,而且任何一个系统都是更一般的系统的一个部分。换句话说,任何一个系统都是较高一级系

统的一个要素,任何一个系统要素的本身,通常又是较低一级的系统。这就是系统的层次性。在一个大系统中,组成系统的要素,也称为子(分)系统。例如一个企业系统是本行业系统的一个子系统,而行业系统又是整个国民经济系统的一个子系统。

2. 系统与环境

在明确了所研究的系统本身后,还应当了解系统的环境。环境是相对于所研究的对象系统而言的。系统以外的部分称为环境系统,简称为环境。我们必须要考虑环境对系统的影响,以及系统对环境的影响。因为系统与包围系统的环境之间,通常都有物质、能量和信息的交换。

系统与它的环境的划分也是相对的。在一个大系统中,对于某一个特定的子系统来说,其他的子系统可以看成是它的环境。

需要说明的是,系统作为统一的整体,对外界环境而言,必然有相对封闭的边界,否则,系统与系统的环境不能区分。但是,任何现实的系统都不是绝对封闭的,而是开放的。系统的开放性集中体现于它与环境之间的相互影响和相互作用,它与环境有物质、能量和信息的交换。

在搞清楚了以上提到的关系后,下面给出比较经典也是比较完整的定义。一般系统论的创立者 L .V .贝特朗菲把系统确定为:处于一定的相互关系中并与环境发生联系的各组成部分的总体。

从此定义可以看出,要素与要素、要素与整体、整体与环境之间,存在着相互联系和相互作用。如图 2-1 所示。每一个系统的特征(在控制论中叫做状态),都是用这个系统所具有的那些性质和反映系统与环境间的那些联系来表示的。

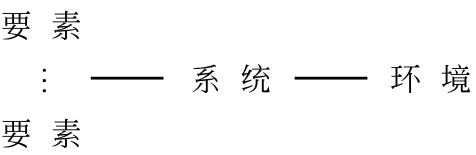


图 2-1 要素、系统和环境的关系

一所学校、一个工厂、一座城市、一个国家都可分别把它们看成是一个系统。读者可以试着分析一下学校这一系统的要素和环境。我们要善于把我们的研究对象作为一个系统问题来考察,学会分析系统内的要素、系统外的环境,这样才能逐步提高分析一个具体问题的能力。

在控制论中,我们还强调组织界系统的概念。所谓组织界系统就是指有目的的组织起来的系统。我们研究系统,正是为了更好地实现系统的某种目的。没有目的、没有组织的要素堆积不是系统,因为仅仅指出系统中有哪些要素,并不足以确定一个系统,还必须指出这些要素有着什么样的联系(也叫耦合,即一个要素的存在与变化和另一个要素的存在和变化之间的关系),它们为了一个什么样的目的组织在一起。另外,系统的边界是指

系统与环境的分界处。确定系统的边界能使对象系统更加明确。总之,控制论,作为控制的科学,它并不研究所有系统,而只研究这种组织界系统。

2 2 结 构 和 功 能

在理解了系统的概念,分析了系统的要素和环境以后,下面进一步介绍系统的有关概念。

1 . 结构与功能的概念

任何系统都是有结构的。结构的概念是一个很广泛的范畴,对这个范畴的研究已特别深入。所谓结构是指诸要素在该系统范围内联系的内在形式和方式。需要说明的是,不能把结构仅归结为构成,因为结构还明显地含有一定的动态。换句话说,结构不仅要求空间的观点,而且要求某些时间的观点。任何物质系统的结构,都是空间结构和时间结构的统一,都是稳定性结构和可变性结构的统一。

结构概念常常同要素概念一起出现,但是,“结构”这个范畴不仅同“要素”概念有关,而且同“功能”概念有关。

所谓功能,通俗地说,是指系统所能发挥的作用。有时将其与行为、活动看作是等价的概念。也就是说,它表达的是有目的地组织起来的系统的活动,简单地说,表达它们的行为。

值得一提的是,功能这个概念是与系统的动态过程联系在一起的,只有在系统与环境相互作用的过程中才能体现。

系统是结构和功能的统一体。功能是只具有一定结构的系统的功能,而结构也是只具有一定功能的系统的结构。如果说,结构说明系统诸要素相互联系和作用的内在组织形式或内部秩序,那么,功能则说明系统与环境相互联系和作用的外在活动方式或外部秩序。换句话说,系统结构说明的是系统的内部状态和内部作用,系统功能说明的是系统的外部状态和外部作用。按照贝特朗菲的解释,结构是“部分的秩序”,功能是“过程的秩序”。

有什么样的结构,就相应有什么样的功能。但是,结构相同也可能功能不同。例如人体结构大体相同,但表现出的体能和智能却存在不同。另一方面,不同的结构也可以实现相同的功能。例如人脑与电脑具有不同的结构,但在某些方面却具有相同的功能。

功能不仅为人和动物的器官所固有,而且也为技术装置的各种零件所固有。在社会领域,“功能”也是一个很流行的概念,这个概念说明集体(社会团体)和个人的活动的性质。但也应当指出的是,“功能”范畴只是为组织界系统所特有。

总之,任何系统都是处在特定的环境下,任何系统又都是由若干要素按一定结构组成的具有特定功能的有机整体。

2. 相关的一些概念

系统的功能是接受物质、能量和信息进行加工处理产生物质、能量和信息的过程。在这里,环境对系统的作用表现为系统的输入,系统在特定的环境下对输入进行工作(加工处理),产生出反作用于环境的输出。由系统的输入引起的系统的输出就是系统的行为。系统把输入转换为输出的能力,就是系统的功能。

可以看出,系统行为和系统功能是两个相近但又不完全相同的概念。现在,行为这个术语获得了进一步的概括,而且已在控制论的许多其他范畴中占有一定的地位。所谓行为就是一个系统相对于它的环境做出的任何变化。它是由系统环境和系统内部状态两个因素引起的。换句话说,行为不是一个、而是两个原因——外部原因和内部原因的结果。

系统的功能可以通过系统的外部行为来体现,它可以用系统的输入、输出和内部结构来描述。系统的作用实质上是从输入到输出的“变换”,只不过这种变换通常极其复杂。需要说明的是,输入和输出也是控制论的一对范畴。因为控制的目的说到底,就是要找出如何通过输入得到符合我们愿望的输出。为此必须弄清输入和输出之间的关系。

我们不仅是要理解输入与输出的概念,更重要的是这对概念提供了我们研究问题的重要途径。一般地说,我们可以把输入和输出关系归结为因果关系,输出作为结果,与之相应的输入作为原因。为了直观地说明,可把此关系简化为一般的函数关系。

通常把对系统有重要影响的外界作用称之为输入(可控输入),而把其余的外界影响当作干扰(不可控输入)。很显然,无论是输入还是干扰,都会对系统的输出产生影响,只是影响的结果不同。如果不考虑干扰因素对系统状态的影响,那么给系统 F 施加输入 X ,相应地得出输出 Y , F 起到把 X 转换成 Y 的作用。关系式为: $Y = F(X)$ 。如果考虑干扰因素 M 对系统状态的影响,系统 F 的输出 Y ,则是输入 X 和干扰 M 共同作用的结果。关系式为: $Y = F(X, M)$ 。通过阐述输入和输出的上述关系,可以加深对控制过程的理解。

例如,一个工厂专门用已加工好的元件装配汽车,对这个系统来说,输入和输出是什么?这时的干扰输入是什么?很显然,输入是交付给这家工厂的加工好的元件和由计划部门下发的汽车生产计划,输出是所生产的汽车数量。当加工好的元件供应中断或工厂的工作节奏中止时,就出现干扰。

2.3 功能系统、控制系统和控制论系统

在介绍了对系统进行分析的一些概念后,下面再介绍对系统进行控制的一些概念。

1. 功能系统和控制系统

前面指出,结构说明系统中各要素相互联系的性质,功能表达系统与外部环境相互作

用的效果。而且,控制论是在从“ 结构 ”方面研究系统的基础上,重在强调从“ 功能 ”方面研究系统。因此,“ 功能系统 ”的概念逐渐成为控制论的主要概念之一。

这里首先指出,功能系统和控制系统这两个概念是有不同意义的:前者强调系统的活动方面,而后者则强调被控制的对象。可见,功能系统这个概念比控制系统这个概念广泛得多。

控制系统一般由控制部分、被控制部分以及它们之间的各种信息传输通道构成,见图 2-2。控制部分也被叫做控制者,被控制部分也即被控制的客体。

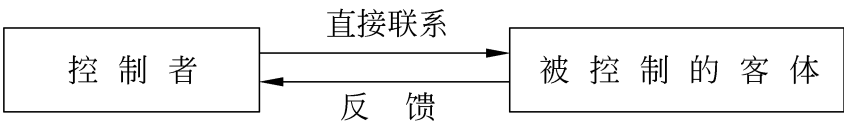


图 2-2 一般控制系统示意图

对我们来说,应当把控制系统理解为“ 主体—客体 ”这一整个系统。直观地说,控制活动就是施控主体对受控客体的一种能动作用。控制作为一种作用,至少要有作用者(即施控主体)与被作用者(即受控客体)以及作用的传递者(即控制媒介)这样三个因素。这三个组成部分组成一个整体,相对于某种环境而言,具有控制的功能,这就被称为控制系统。

在一个控制系统内,不仅施控者作用于受控者,而且受控者也可以反作用于施控者。前一种作用是控制作用,后一种作用则是反馈作用。

作为一个特定的控制系统,总是处于一定的环境之中,控制系统与环境之间是相互作用的。控制论着眼于从控制系统与特定环境的关系来考虑系统的控制功能。换句话说,控制系统的控制功能是在系统与环境之间的相互作用中实现的。因而,控制系统必然是一个动态系统,控制过程必然是一个动态过程。所谓动态,指系统的状态是随时间而改变。动态系统可看作是系统的一般模式,静态系统可看作是它的特殊形式。

例如,就整个国民经济系统而言,它是超级大系统。而这个超级大系统实际上又分别与两个超级大系统——自然系统和社会系统相交,未相交者是它的环境(自然环境和社会环境)。国民经济系统从自然系统与社会系统输入自然资源与劳动力资源,经过生产过程生产出中间产品与最终产品,最终产品中的一部分形成生产资料积累,重又回到生产过程,而另一部分形成各种消费品,反过来对社会系统发生影响。所以,一个国民经济系统,大体上可分为两部分:国民经济管理系统和国民经济再生产系统。这两个系统各处于不同的地位,施控系统相当于国民经济中的各级管理系统,而受控系统就是实际的再生产过程,它具体又由各生产和流通单位组成。

再如,企业是整个社会大系统中的一个子系统,它具有社会系统的一般性质,又具有自身的特殊性质。企业作为一种特殊的社会系统,与其他社会系统不同的特殊功能是从市场获得人力、物资、资金、信息等资源,转换成市场所需要的产品,提供给市场。以往的传统管理把企业看作是一个孤立的封闭系统,忽视了企业与外部环境的相互关系。现代

的系统管理则把企业看成是一个开放系统,它受环境影响,同时,也影响着环境。企业从周围环境中输入物质、能量和信息,经过企业的转换,以产品或服务的形式输出,又回到环境中去。因此,可把企业作为一个系统来分析,从目标、环境、生产过程或流通过程、管理过程、信息传递等方面,全面地考察其运动过程。

2. 开环控制系统和闭环控制系统

在控制系统中,控制者向被控制的客体施加控制作用,以实现所需的控制过程,达到预定的控制目的或控制目标。控制系统根据有无反馈回路,可区分为开环控制系统(图 2-3)和闭环控制系统(图 2-4)两大类。(注:这里的输入即目标值,输出即实际值。)

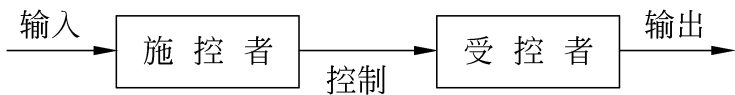


图 2-3 开环控制系统图

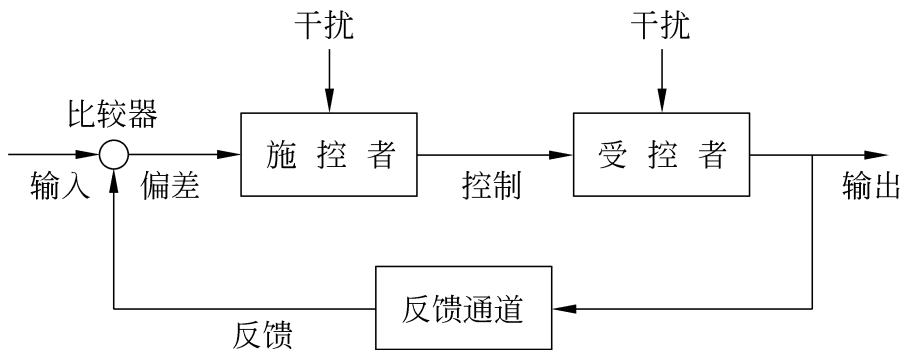


图 2-4 闭环控制系统图

(1) 开环控制系统的输入直接控制着它的输出,或者说,系统的输入在开环系统中根本不受系统输出的影响。开环系统的特征是,输出对输入有响应,但输出是相对隔绝的并对输入没有影响。在这种系统中,过去的行动不会控制未来的行动。它虽然结构简单,但对环境的适应能力差,控制精度低。

城市交通的控制就是开环控制。通常只要红绿灯信号的更替时间适当,这种控制是有效的,交通是流畅的。但是,一旦出现非常事故,造成路口堵塞,这种控制就失败。

(2) 闭环控制系统由于带有反馈回路,所以它的输出是由输入和输出的回路共同控制的,或者说,系统的输入受到系统输出的影响。在这种系统中,它能把系统过去的行动结果带回给系统,以控制未来的行动。带反馈回路的闭环控制系统通常更能抵抗环境干扰与系统本身不确定性对系统的影响,所以它对环境有较大的适应能力,控制精度高。

技术装置中的自动控制系统,生命机体中的自动调节系统,经济活动中的调节控制机制等都是建立在反馈控制的基础上。

需要注意的是,在环境变化所产生的干扰作用于受控者引起输出改变的同时,干扰也可以直接作用于施控者。这就有可能在输出未出现偏差之前,施控者即发出控制纠正即

将发生的偏差,而不是产生了偏差之后再通过反馈来纠正。干扰对施控者的这种直接作用,且施控者又能理解这一作用的影响,这种情况叫前馈。前馈控制是根据干扰因素和受控者的变化规律,预测干扰因素和受控者的变化趋势,提前采取控制措施,避免可能出现的系统偏差。可见,前馈实际上是一种超前型的负反馈。实际上,在现实的控制中,往往将前馈控制与反馈控制各自的特点结合在一起进行。

下面我们来看一个综合的例子。假设希望使农民收入稳定。我们知道,各年的收入依赖收成出现大幅度波动。稳定收入的目的可用三种方法来达到:

第一种方法是努力使每年的收成保持在一定的水平,不比平均水平低多少。这可以采用排除干扰的方法,该方法具有前馈控制的某些特征。但这种方法实际上是行不通的,因为这要求我们有控制天气的能力。

第二种是使用补偿天气干扰的方法,该方法具有开环控制的特征。这种方法是可行的。随着农业科学技术的进步,可以减少收成对天气的依赖,比如可根据天气控制水的人工供应(即灌溉),因而上述目的可以部分地达到。

第三,可以建立由农民在收成高于平均收成的年份提供适量的平衡基金,用来在收成低于平均水平的年份给农民以补偿。这种方法就是平衡农民收入与平均水平的偏差,该方法具有明显的闭环控制的特征。

实践中,我们可以同时使用这三种调节方法,取得较好的调节效果。

3. 控制系统与控制论系统

从严格意义上说,开环控制系统虽具有控制功能,但它不属于控制论的研究范围,而属于自动控制理论的研究范围。控制论一般只研究带有反馈回路的闭环控制系统。也就是说,控制论的研究对象并不是任意的控制系统,而只是其中的一类。

前苏联的控制论学者列尔涅尔把控制系统和控制论系统作了严格的区分。他认为控制论系统不仅要求这个系统是控制系统,而且还取决于研究这个系统的工作者所持的观点与方法。意思是说,控制论系统不仅是控制系统,而且是以控制论的基本观点与方法来研究的控制系统。

控制论的首要观点是反馈。把控制论系统限于带反馈回路的闭环控制系统,这也是控制论的基本特点之一。

控制论的另一个重要观点是信息。它认为控制系统也是一种信息系统,因此必须用信息的观点来研究控制系统。

可以看出,信息和反馈是控制论思想的核心。控制论的基础正是根据这两个基本概念:一切有生命与无生命的系统都是信息系统;一切有生命与无生命的系统都是反馈系统。作为控制论系统,必须至少同时具备以上两个特点。也就是说,控制论系统中的反馈是指信息反馈。在控制论系统中通讯(信息的传输)和控制(信息的反馈)是不可分的。

2.4 反馈、信息和控制及其统一原理

对控制论的基本概念(系统、要素、环境、结构、功能、功能系统、控制系统、控制论系统、控制者、被控制的客体)进行初步的确定以后,就可以转入研究关于反馈、信息和控制的问题,从而揭示控制论的基本原理。

反馈、信息、控制是控制论的三要素。反馈、信息和控制使“控制论系统”这一概念系统化,“控制论系统”对反馈、信息和控制则是最基本的、最主要的。反馈、信息和控制是互为前提的,因此不能把这三者分开。形象地说,它们同“控制论系统”这个基本概念一起,是建立理论控制论这一整座大厦的柱子。

而要分析能说明控制论系统活动性质的三个主要概念,应从控制论的最重要原理——被称为控制论“灵魂”的反馈原理——开始分析。

1. 反馈

维纳把火炮自动打飞机的动作与人守猎的行为作了类比,发现了重要的反馈概念。如果用原因和结果来解释反馈过程,那么可以把反馈过程看成是系统的输出端的结果反过来作用输入端的原因。很显然,反馈的必然性是由于一个系统的运动总是受到内部要素和外部环境的影响和干扰造成的随机性决定的。

维纳指出,如果调节器(系统中用来实现调节的部分称为调节器)、控制者是使用关于被控制的客体情况的信息来达到目的的,如果它以后一切作用都旨在消除被控制的客体的“理想的”东西——实际状态与“给定的”东西——目标状态之间的不协调性,那么系统就具有反馈。

调节器、控制者按照反馈渠道获得关于被控制的客体情况的信息,而起校正作用的控制信息是沿着直接联系渠道发送的。控制者系统施加控制作用,接收反馈信息;被控制的客体接受控制作用,提供反馈信息。从控制者系统到被控制的客体,传递控制信息的正向通道,从被控制的客体到控制者系统,传递反馈信息的反向通道,它们组成了闭环的信息通道,构成闭环控制系统。

有必要把反馈概念同反馈原理本身区别开来。前者指的只是从被控制的客体到调节器、控制者方向的联系渠道,而反馈原理本身则意味着在控制过程中的定向性的校正机制。

反馈原理是控制和调节的一个通用原则。它不仅要求控制系统中的信息联系,而且也要求控制过程的有目的的方向性。不使用反馈原理,控制就不能实现。反馈原理是“控制论”的最重要、最基本的原理。

我们总是谈控制者方面的反馈,产生了一个问题,被控制的客体方面是否有反馈。这一个问题留给读者们思考。

下面进一步谈一谈反馈的两种类型——负反馈和正反馈。

如果现实状态的反馈信息与给定状态的控制信息的差异倾向于反抗系统正在进行的偏离目标的运动,那么它就使系统趋向于稳定状态,称为负反馈。

如果两者之差倾向于加剧系统正在进行的偏离目标的运动,那么它就使系统趋向于不稳定状态,乃至破坏稳定状态,称为正反馈。

换句话说,负反馈的机制是使系统的输出始终趋向于它的目标,而正反馈的机制则是使系统的输出偏离它的目标。

负反馈是一种最简单的类型。正反馈是反馈的一种最复杂形式。

有经验的教师常常利用负反馈。在向学生传递各种信息的同时,也开辟了另一条信息通道,取得学生接受知识情况的信息。在课程上他们都十分注意观察学生的眼色,判断他们听懂了没有,或者采取提问的方式,直截了当地进行试探。课外批改同学的作业以及课后安排的考试也是一些重要的了解学生听课情况的通道。通过这些教学环节,教师就能比较正确地把握自己授课的深浅和进度,使教学达到比较理想的目标。

正反馈使人联想到超级大国之间的军备竞赛。每一方得知对方发明了一种新式武器就立即研制一种更先进更厉害的武器来对付。于是,原子弹、氢弹、远程导弹等就这样不断地被制造出来,远远偏离了“和平”这个目标值。以至于在很多场合,正反馈现象的名声不太好,人们常常把它叫做“恶性循环”。它往往标志着达到预定目标的控制过程的破坏,即表示失去控制。但这绝不是指正反馈在所有场合都是“坏”的。

在我们研究控制论的基本原理时,既要重视负反馈,也不能因此而忽视正反馈。不能笼统地说负反馈“好”,正反馈“坏”,而要根据具体情况恰当地使用。

农贸市场上的蔬菜价格,供过于求时,价格就下跌,求大于供时,价格就上涨,这其中既有负反馈作用又有正反馈作用。生产与市场之间,政府与人民之间,教师与学生之间,都同时既有负反馈,又有正反馈。

2. 信息

如果说,以前把信息只理解为关于某人或某物的消息,那么现在“信息”概念使用的如此广泛,已经成为当代社会上最时髦的词汇之一。但是到目前为止,信息并没有一个统一的定义。

在形形色色的观点中,有一种观点认为信息是物质的特性。这样一来,信息概念以明显或不明显的形式被解释为具有普遍性的哲学范畴。另有一种观点要求把信息看作为同控制有机地联系着的,因而只是生物界、机器和社会的控制系统所固有的功能现象。在这个意义上,信息概念被看作是控制论的概念。

维纳说过,信息是人们在适应外部世界并且使这种适应反作用于外部世界的过程中,同外部世界进行交换的内容的名称。它是被控制论系统用来适当控制和调节的内容、方面,是控制者与被控制的客体之间的特殊关系和联系。在这种情况下,信息是为控制服务

的,它们是成对的范畴。

一个系统之所以能按预定目的实现控制,就是因为该系统内部的各组织部分之间以及系统与其外界环境之间存在着信息流通和信息反馈。换句话说,任何系统都离不开信息,系统是依靠信息来进行通讯和控制的。

在这里,必须记得有两种基本类型的信息——约束性信息和非约束性信息。这两种类型的信息要求在分析时用截然不同的方法。

第一种类型的信息也叫结构信息。它的特点是控制论系统本身的组织性。对其量的研究,不需要统计的方法。

第二种类型的信息也叫功能信息。对信息的这种理解在科学界最流行。要从量的方面表征这类信息,必须使用统计的方法、数学的概率论。

初看起来,这两种类型的信息区别到这种程度,但是它们之间也有许多相似之处。一方面,不从外部获得并使用非约束性信息,不同环境保持信息上的联系,是不可能的。另一方面,非约束性信息不断地转变为约束性信息,扩大系统的原来组织。因此,它们是相辅相成的。

信息的分类还很多。比如,产生于系统本身的称内部信息,来自周围环境的则称外部信息。

最后指出,“信息”这个概念是容量极其大的和多方面的,这一术语在每一具体情况下的意义,只有从它被使用的上下文中才能加以说明。

3. 控制

下面我们来分析控制论中最重要的概念——“控制”。

在控制论产生以前,控制概念只说明人类的活动。现在已作为必要的组成部分包括到控制论科学的定义中,即必须把它作为一个普遍概念来解释。

控制是控制者同被控制的客体相互作用的一个方面。如前所述,控制系统在结构方面是控制者与被控制的客体、直接联系的信息渠道与反馈的信息渠道的统一。控制系统的活动正是由于使用反馈原理,被控制的客体被引入某一指定的状态。被控制的客体的合乎目的的变化,把它引向需要的状态的过程,就是控制。

控制具有目的的性质。目的性原则是控制论的首要原则。没有目的,无所谓控制。关于目的,按照过去的观点,是脑子里预先想到的活动的结果。许多学者谈到目的这一范畴,认为它标明了一切控制论系统活动的性质。所以我们有理由作出结论:目的和目的性的概念也是控制论的范畴。

广义地说,控制的目的有两种:一是保持系统原有的状态;二是引导系统的状态达到某种预期的新状态。换句话说,控制活动就是保持系统的稳定状态或把系统由一种状态向另一种状态转换。控制论的主要任务也就是保持系统的稳定和实现系统的既定目标。

应该指出,目的与目标不同,目标是目的的具体化。而要实现控制目标,就要有相应

的条件。即使系统有向目标状态转化的可能,但由于缺乏必要的条件,也就不能把可能性变为现实性。控制必须是目标和条件的统一,这就涉及到控制能力这个概念。所谓控制能力,通俗地说就是创造条件使系统向目标状态转化的能力。如果不具备与目标要求相应的控制能力,就不能有效地控制系统的状态变化。

需要说明的是,控制的逻辑起点是可能性空间。什么是可能性空间呢?可能性空间是指系统在运动变化过程中所面临的各种可能性的集合。具体地说,系统的可能性空间是其可能性状态的集合。可能性空间在控制中的重要意义就在于:可能性空间是系统控制的前提条件,如果系统运动变化只有一种可能性,那么也就无所谓控制了。

另外,控制的概念不仅和可能性空间有关,而且还与选择有关。选择不是一种盲目的随意性的活动,而是一种有意识的、有目的的主动行为。控制是施加于被控对象上的一种作用,以维持或改善该对象的某种功能,而这种作用是在给定的条件和预定的目标情况下,从种种可能的作用中作出的一种选择。没有选择也就没有控制。

概括起来,对于控制来说,必须具备以上两个基本条件:一是受控客体必须存在多种发展的可能性;其次,目标状态在各种可能性中是可以选择的。

控制的种类很多,有稳定控制(系统的标准输出值为常数)、程序控制(系统的标准输出值为已知的时间函数,如航行过程)、目标控制(系统的标准输出值是跟踪另一个系统的输出值变化而变化,如追捕过程)、最优控制(系统的标准输出值由某一函数的最大值或最小值构成)、自适应控制(系统只是根据过去的记录确定它的标准输出值),等等。

由于控制系统的多层次和复杂性,因此还有内部控制和外部控制之分,虽然它们之间的区别是相对的。同时,按照社会、生物界和机器设备中控制论系统的特点,也可分出一系列的控制类型。

补充说明的是,控制论的中心问题是调节与控制。在调节概念和控制概念之间存在着这样的关系:调节被看作是控制的局部情况,是控制的最简单的情况。当然,这些概念的区别是相对的,在一定意义上,可以把控制看作是调节,而把调节看作是控制。可见控制与调节这两个概念几乎是等价的。惟一的区别是,当我们说一个系统具有调节功能时,这种调节功能一定是系统自身所具有的,而不是外部施予的。而当我们说控制时,往往是指意在系统之外有一个控制机构对系统实施控制作用。因此,调节是控制的一种特殊形式,即“系统的自我控制”。

总之,控制是控制论系统为了保持它的结构而进行的功能活动的一个重要方面,是控制者同被控制的客体相互作用的一个因素。控制的实质是通过使用反馈原则而达到目的,而控制的内容则是把被控制客体引入符合这一目的的状态的过程。

在本章的最后,我们来作一般的结论和表述控制论的基本原理。使控制论系统功能过程详细化的反馈、信息和控制的有机统一原理,是控制论的重要原理。系统概念是基础,信息概念是内容,控制是主动的施控系统对被动的受控系统的作用,反馈是被动系统对主动系统的反作用。

第三章 控制论与相关学科

每一门学科都不是孤立的,控制论、信息论、系统论被人们称为“三论”。“三论”具有一般方法论的指导意义,被称为横断性科学。另外,控制论与哲学、数学的关系也非常密切。但需要指出的是,控制论不是一门数学学科并且与哲学有着本质的区别。

3.1 控制论与信息论、系统论

控制论、信息论和系统论是 20 世纪以来最伟大的理论成果之一,它们共同构成了新型的综合性技术基础学科。我国学者已经建立了系统信息控制科学方法论,实践证明,它是行之有效的科学理论。

“三论”不仅渗透到人类的物质生活中,而且还渗透到人类精神生活的各个领域,使得人类的思维方式发生了重大变革。它们扩大了人们研究问题的广度和深度,提高了人们认识世界和改造世界的能力,尤其是在解决复杂系统的组织管理方面,显示出传统方法无可比拟的优越性。

“三论”为管理现代化提供了有效的方法。它把管理活动作为动态系统,把信息作为分析系统内部和外部联系的基础,把控制作为实现系统优化的手段。这三方面的统一,就是整体优化、信息管理和过程控制的现代化管理。

1. 信息论和信息方法

信息论产生于 20 世纪 40 年代末,它的主要创立者是美国数学家 C.E.香农和维纳。

最初,信息论仅局限于通讯领域,后来,信息论作为控制论的基础。它是一门应用概率论与数理统计方法研究通讯和控制系统中普遍存在的信息传递和信息处理的科学。随着现代科学技术的发展,信息概念及其方法远远超出通讯领域,发展成一种广义信息论。在美国称为信息科学,西欧称为信息系统。

人类对信息的认识和利用,源远流长。从古到今,人类经历了语言的产生、文字的产生、造纸和印刷术的发明、电讯通信的应用这样四个信息革命阶段。目前,以计算机为标志的第五次信息革命,将使人类历史地进入信息时代。

人类对信息的认识和利用虽然历史悠久,但是上升到科学理论的高度并形成一门独立的科学,却是 20 世纪 40 年代的事情。一般认为,香农的《通讯的数学理论》(1948)的发表,标志着信息论的诞生。它为人们广泛而有效地利用信息提供了基本的技术方法和必

要的理论基础。

另外,维纳从控制论的角度给信息下了定义,并把它作为处理通讯和控制的基本概念和方法,为信息论的广泛应用,开辟了光辉的前景。“信息就是信息,既不是物质,也不是能量”这句维纳的名言已被大多数学者承认。目前,信息与物质、能量被并列为客观世界的三大因素。

信息概念是信息论中最基本和最重要的概念。香农把信息定义为“两次不定性之差”。比如,某人知道朋友要来作客,但不知其何时到达,则对这个人来说,关于朋友的到达日期存在着不确定性。当他接到朋友打来的电话后,知道了朋友到达的具体日期,这时就消除了朋友到达日期的不确定性,就可以说此人从电话中获得了信息。

根据香农的信息定义,对信息概念可作如下两方面的理解:一是从通讯角度看,信息是消息的内核,消息是信息的外壳。或者说,信息是消息的内容,消息是信息的形式。二是从实用角度看,信息是指能为人们所认识和利用的,但事先又不知道的消息、情况。信息能提供我们关于事物运动状态的知识。

信息量是指用来度量信息大小的量,它是信息论的中心概念。只有在香农提出度量信息的科学方法,使通讯理论由定性进入定量阶段之后,对信息的研究才被公认为一门完善的科学。

信息量的大小,取决于消息的不肯定程度。消息的不肯定程度要依赖于它在整个消息集合中发生的概率。信息的定量描述是用概率的方法来实现的。

如果我们事先知道某一事件出现的概率是 P , 有一个消息使我们知道这一事件的确发生了,则可以说我们获得了一定量的信息。某事件发生概率越大,当有消息证实其确实发生了,则从中获得的信息量越小;若事件发生的概率越小,当有消息证实其确实发生了,则从中获得的信息越大。这与我们的常识也是相符合的。这种关系,正如香农在《通讯的数学理论》中指出的:采用对数作为信息的度量,在数学上比较合适。

一般地说,若某事件出现概率为 P ,则这一事件所具有的信息量为: $h = -\log P$,其中以 2 为底,单位称比特(bit),这是信息量最常用的单位。

例如,向上抛出一个质地均匀的硬币,它只有两种可能性状态:正面朝上或反面朝上。每次试验只可能出现两种结果中的一种,即二者必居其一。它们的出现概率各为 0.5,则每个状态所具有的信息量为: $h = -\log(1/2) = 1$ (比特)。

由上可知,1 比特就是含有两个独立等概率可能状态的事,择其中之一时所具有的信息量。因此,任何一个事件系列,如果能分解成 n 个等概率的二中择一事件,它的信息量就是 n 比特。

附带地说明一下,香农的数学信息论以及它的关于信息数量的主要概念,是为了满足在控制论普及以前通讯技术中传递信息的实际需要而创立的。后来,当控制论的原理和方法开始广泛深入生物科学和各种社会科学时,控制论的基本概念(反馈、信息、控制)便被概括起来,把香农的主要公式运用于上述知识领域这种想法也产生了。借助于这种为

确定机器中信息数量而推论出来的公式,从量上表征生物信息和社会信息的这种尝试实际上已没有意义,其结果是把“信息量”概念同“信息”概念混淆起来。某些科学工作者克服了对控制论的怀疑主义态度,但却大肆宣扬在非技术领域运用数学方法,特别是运用确定信息量的公式的可能性,这归根结底是导致了概念的混乱和变形。

信息之所以称为信息,在于它的可传递性。我们把发出信息的一方称为发讯者(信源),接受信息的一方称为受信者(信宿)。通讯就是通过信道(传递信息的通道)将信息由发信者传给受信者。信源、信道、信宿构成了一个最简单的系统,叫做通讯信息系统。

任何信道都具有一定的传输信息的能力,标志信道传输信息能力的量称为信道容量。决定信道容量大小的因素有:信源发出信息的能力,信道的传递能力,信宿接收信息的能力,信道内外干扰的强弱。

通讯的主要目的就是使受信端收到和发信端尽可能相同的信息。但在许多情况下,由于系统内、外原因(通讯中叫“噪声”),使得收发信息之间往往有差别,这种情况通常叫“失真”。把信息在受信者那里所引起的效果与发讯者的意图相符合的程度称为接受率。接受率越高,就认为信息的沟通程度越好。反之则认为沟通程度越差。若接受率为零,表明未能沟通信息。

信息方法这一术语,是控制论的创始人维纳在其 1948 年出版的《控制论》一书中提出的。如图 3-1 所示。尽管技术装置与生物有机体中的反馈回路可以很不相同,但作为信息通道来说,却是相同的。这样就便于控制论从统一的角度来一般地研究各类不同的控制论系统。

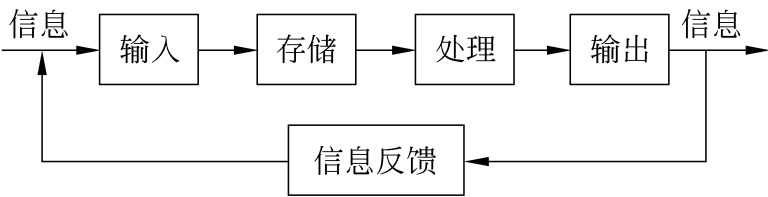


图 3-1 信息方法示意图

信息方法不同于传统的研究方法,传统的方法注重的是物质和能量在事物运动变化过程中的作用,而信息方法是以信息的运动作为分析和处理问题的基础,它完全撇开系统的具体运动形态,把系统的有目的的运动抽象为信息变换过程。它根据系统与外界环境之间的信息输入和输出关系,以及系统对信息的整理和使用的过程,来研究系统的特性,探讨系统的内在规律。

信息方法是实现科学管理的有效手段。我们知道,管理的成败首先取决于管理决策是否正确。决策正确与否又与能否及时准确地获取足够的信息有直接的关系。决策过程的实质就是信息反馈控制过程。从信息方法的角度看,我们可以把管理过程抽象为信息过程。整个管理活动就是信息从输入到输出,经过反馈再一次重新输入的过程。

任何一个管理系统,一般都是由三个因素构成的,它们是:管理对象、管理机构和联

系两者之间及其内部关系的信息系统。这三者要素之间的有机联系,可形象地比喻为管理系统的实体、大脑和神经中枢,其中的每一条信息流可看作为神经网络。可见,在任何管理条件下,信息系统都是管理系统的一个重要组成部分。现代化管理必须建立完备的管理信息系统。

2. 系统论和系统方法

系统论是 20 世纪迅速发展起来具有普遍适用范围的现代科学。系统论的主要创立者是贝特朗菲,他于 1945 年发表了《关于一般系统论》的论文,宣告了这门学科的诞生。1968 年,贝特朗菲发表了《一般系统论——基础·发展·应用》一书,全面地总结了他自己 40 年来研究一般系统论的成果,为广泛而深入地发展系统科学,提供了具有指导意义的理论纲领,被公认为一般系统论的经典著作。

20 世纪 70 年代以后,不同领域的科学家各自独立地从自己的角度研究系统理论,形成了许多关于系统论的分支理论,并取得了突破性的进展。如耗散结构理论、协同学理论和突变理论等。这些研究不仅是定性的,而且是定量的。

一般系统论经过几十年的发展,其内容已远远超过了原有的范围。我们现在说的一般系统论,是广义系统论。贝特朗菲曾把广义系统论研究的领域划分为以下三个方面。一是关于“系统”的科学和数学系统论;二是系统技术,包括“纯粹”的系统技术,也包括系统技术的应用;三是系统哲学,研究系统论的哲学方面的性质。贝特朗菲关于广义一般系统论研究领域的划分,直到晚年发表的《一般系统论的历史和现状》一文,一直坚持这种看法。这一关于系统科学体系的富有探索性和启发性的构想,在系统研究领域产生了广泛的影响。

关于系统科学的体系问题,我国著名科学家钱学森认为,系统科学是与自然科学和社会科学等并行的一个学科门类。它不是自然科学,不是社会科学,不是数学,而是一个为这些学科体系所不能包括的新兴学科体系。它有三个层次:系统的工程技术层次;系统的技术科学层次;系统的基础科学层次——系统学。他认为在系统的基础科学与哲学之间还存在着一个桥梁,即系统论。钱学森关于系统科学体系结构的框架,是他长期从事系统科学研究所获诸多成果中的重要部分,对我国系统科学的发展产生了深远的影响。

系统这一概念来源于人类长期的社会实践。贝特朗菲把系统定义为“相互作用的诸要素的综合体”。钱学森认为:“系统由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合成具有特定功能的有机整体”。可见,一个形成系统的诸要素的集合永远具有一定的特性,而这些特性是它的任何一个部分都不具备的。系统的特定结构决定系统的特定功能,这正是区别一个系统和另一个系统的主要标志。换句话说,一个系统是一个由许多要素所构成的整体,但从系统功能来看,它又是一个不可分割的整体,如果硬把一个系统分割开来,它将失去其原来的性质。

系统论认为,世界上各种对象、事件、过程都是由一定部分组成的整体,而这一整体中

的各个部分又是由更小的部分组成的,如此下去,以至无穷。构成整体的各个层次和部分不是偶然地堆积在一起,而是依一定规律相互联系、相互作用的。系统整体大于系统各部分之和。这包括两方面含义:其一是系统整体的性质大于其各个部分性质的机械相加和;其二是系统整体的功能大于其各个部分功能的机械相加和。贝特朗菲指出:整体大于它的各部分的总和,是基本的系统问题的一种描述。

系统论不仅在技术科学、生物科学和社会科学等领域结出了丰硕果实,而且给人类带来了新的思想观念,引起了思维方法的巨大变革。如果说系统论的基本概念和原理主要是从理论上研究系统,那么,系统方法则主要是从应用上研究系统。国外有人把系统方法称为“全科学的方法”。整体性是系统方法的基本出发点,最优化是运用系统方法所要达到的目的。任何系统都是一个动态系统,要在动态中把握系统整体,使系统最优化地前进。这里重点谈谈系统工程方法。

系统工程就是一种对所有系统都具有普遍意义的科学方法。它应用定量分析和定性分析相结合的方法和电子计算机等技术工具,强调最优化,充分地发挥人力、物力的潜力,通过各种组织管理技术,使局部和整体的关系协调。由于系统工程是一门新兴的交叉学科,尚处于发展阶段,还不够成熟,至今还没有统一的定义。钱学森等指出,系统工程是一门组织管理的技术。也就是说,系统工程是系统方法在组织管理中的具体应用。

学术界往往把系统分析作为系统工程的同义词来解释。有的认为,系统分析是系统方法在科学决策中的具体应用。有的甚至认为,系统分析就是运用数学方法研究系统的一种方法。完整地说,系统分析的方法既具有科学性,又具有某种艺术性。

系统分析是系统工程的重要组成部分,处在系统工程全过程的前期阶段,这个阶段对于系统工程起着非常关键的作用,是其他所有后续阶段的基础。系统分析是对系统工程的特定对象,即复杂的系统进行多方位的分析,通过对系统的目标、环境、结构和功能等内容的分析,为系统的下一步工作提供基础。但在有些场合或在学术界往往把它与系统工程相混淆。

系统工程是一门技艺。探讨系统工程方法论是有意义和必要的。具有代表性的是美国 A.D.霍尔的三维结构和我国李怀祖的系统工程方法论框架。

A.D.霍尔于 1969 年提出的系统工程的三维结构,是把系统工程的活动分为相互联系的三个方面,即按时间进程把活动分为几个阶段,按处理问题的逻辑关系把活动分为几个步骤,为完成各阶段和步骤所需的各种专业知识设置科学技术体系,并将活动的三个方面用空间直角坐标系形象地表示出来(见图 3-2),这就为解决大规模复杂系统提供了较科学的思想方法。

具体地讲,运用系统工程方法进行思考、分析和处理系统问题时应遵循的一般程序为: A.明确问题; B.选择目标; C.形成方案; D.建立模型; E.方案优化; F.作出决策; G.付诸实施。

西安交通大学教授李怀祖根据多年的研究和实践,提出了概括性程度高,可操作性强

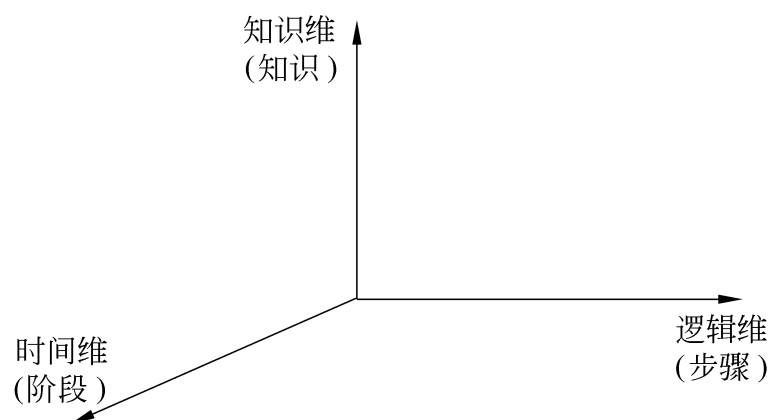


图 3-2 系统工程方法

的很具有特色的系统工程方法论框架。他把系统工程分成三个阶段,五个环节。它们是: 阐明问题阶段。既是一个阶段,也是一个环节。 分析研究阶段。包括提出备选方案,预测未来环境,建立模型和预测后果三个环节。 评比备选方案阶段。在大多数情况下,这五个环节不可能一次就完成,需要多次反复迭代。

总之,系统工程在自然科学与社会科学之间架起了一座沟通的桥梁。它为从事自然科学的技术人员和从事社会科学的研究人员的相互合作开辟了广阔的道路。20 世纪 60 年代以来,系统工程在理论研究和实际应用方面都得到了巨大的发展,引起社会的广泛重视。

最后指出,系统科学虽然有了很大的发展,但它毕竟还是一门正在成长着的学科。它的思想原则和方法技术还有待于进一步探索、发掘。它的理论体系还有待于进一步整理完善。在这块新开垦的科学园地上,还需要更多的辛勤园丁去耕耘、灌溉、扶植、培育。可以相信,随着现代科学技术的不断发展,随着系统科学队伍的不断壮大,这门新的学科必将在理论上和实践上取得更大的成就。

3 2 控制论与哲学、数学

1. 控制论与哲学

由于控制论研究范围广泛的系统,所以可以认为它是跨学科的理论,它在生物界与非生物界的科学之间,在各门生物科学之间,在各门技术科学之间,在各门社会科学之间,架设了特殊的桥梁。当然,这不是说,控制论产生之前在上述各知识部门之间都是完全脱节的。大家知道,哲学是关于现实界的一切领域的最一般规律的科学。

和哲学不同,控制论远不是研究世界上的一切客体,而只是研究有一定组织性的复杂系统。而且,控制论研究仅仅着眼于在所获得它们的情况信息的基础上所进行的控制过程。这就是说,控制论的对象,也像任何其他的专门科学的对象一样,其范围比起哲学要大为狭窄。无论就对象而言,还是就研究的客体数量而言,都极大地不同于哲学。所以,

没有理由认为,控制论可以成为能解决科学的一切问题的“科学的科学”。

2. 数学与控制论

关于数学和控制论的相互关系问题具有特殊的意义。众所周知,控制论从其产生时起就和数学有不解之缘,并且产生了一门新的数学学科——数学控制论,以至于一些科学家甚至倾向于把控制论看作是一门数学学科。控制论被数学渗透,但它不是数学的一个分支,所以不应把控制论看作是数学学科的一部分。为了更有说服力地论证这个问题,必须略谈一下用数学方法掌握现实界的特殊性。

数学就其本性而言,像哲学一样,是一个抽象的和内容很广泛的知识领域。有人认为,哲学只研究现实界种种现象的质的方面,而数学只研究现实界种种现象的量的方面。这样理解哲学和数学的对象未免是简单化了。哲学所研究的对象大体上同现实的客体相似,而数学则在某种意义上“创造”自己的研究客体。数学过去一向是并且今后也将是掌握现实界的辅助手段,任何一个有内容的理论都不能归结为其中所用的数学手段。实际上,数学控制论不过是控制论的一个组成部分,诚然也是十分重要的一个组成部分。虽然广泛使用“数学控制论”这个术语,但我们再说一遍,控制论不能被数学“吞没”,它是既有形式又有内容的科学。

以上几章我们简要地介绍了控制论的概貌,作为阶段小结,如何再给控制论下一个创新的定义呢?有一些控制论定义只强调控制论系统活动的某些方面。这些定义不仅互相一致,而且也是互为补充的。这些定义具有毫无疑问的价值,因为它们表现了控制论过程的某些特殊的侧面和方面。当然,在简短的定义中,不可能表达其所有特点,只要指出主要的和本质的东西就够了。但是,控制论的定义也不能太狭窄,对控制的理解也不能太工程化和数学化。根据科技的发展,笔者认为,符合要求的是这样一个定义:控制论是一门利用信息来进行调节和控制的科学。

第四章 控制论的一般性方法

控制论是一门具有方法论特点的学科。虽然如此,对于什么是控制论方法,它应该包括哪些主要内容,至今还不是很明确。本章将首先简单介绍控制论的一般性方法,下一章重点论述控制论的数学模型化方法。本章介绍的控制论方法主要包括以下三种方法:反馈控制方法、功能模拟方法和黑箱辨识方法。

4.1 反馈控制方法

控制论是研究具有通讯和控制功能的系统,通讯的目的是为了控制,而要实现控制就必须有反馈。因此,反馈既是控制论的一个基本原理,也是控制论的一种重要方法。

反馈作为现代科学技术中的一个重要概念,经历了一个漫长的发展演化过程。反馈概念萌芽于自动装置的技术经验。20 世纪二三十年代,反馈思想被引入无线电技术中,形成了电子学的一个重要概念。战后控制论的创立,使反馈概念又扩展为控制论的一个基本原理。在控制论中,系统的控制过程就是通过信息的传输和反馈以实现系统有目的的活动的过程。控制部分有控制信息输入到受控部分,受控部分也有反馈信息返送到控制部分,从而形成闭合回路。控制部分正是根据反馈信息才能比较,纠正和调整它发出的控制信息,从而实现控制的。事实上,反馈控制是一切客观事物相互作用的一种普遍形式。没有反馈,客观事物就难以存在和发展,人类也就失去了对自然、社会和思维的控制能力,整个世界就会处于混沌和混乱之中。可见,反馈比其他的科学概念有着更大的适用性。概括起来,反馈经历了技术经验—电子学—控制论—哲学四个阶段。

维纳曾明确指出,反馈是控制论的一种方法,即将系统以往的操作结果再送入系统中去。它的特点是根据过去的操作情况去调整未来的行为。这种以系统活动的结果来调整系统活动的方法即反馈方法。

从一般的角度讲,任何控制系统,特别是人工控制系统,都是由施控和受控系统两个子系统构成的。其反馈控制过程是:施控系统将输入信息变换成控制信息,控制信息作用于受控系统后产生的结果通过反馈通道再被返送到原输入端,并对受控系统的再输出发生影响,起到控制作用,达到预定目的。(图 4-1)

输入信息、控制信息、输出信息、反馈信息以及环境变化引起的随机干扰信息,它们之

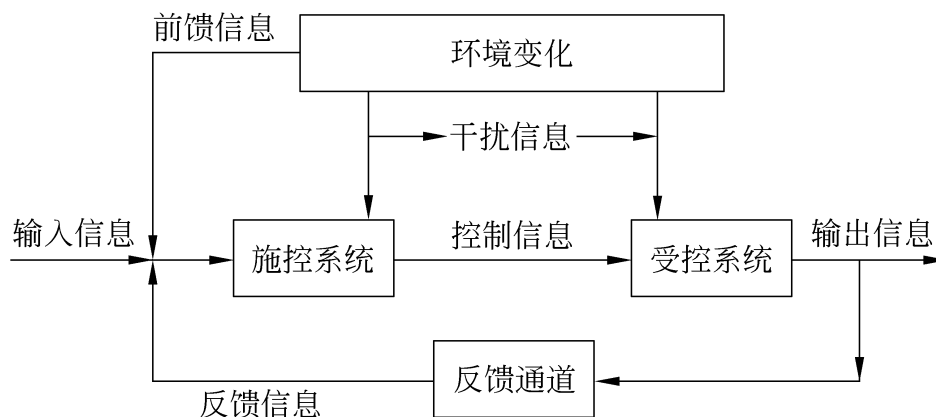


图 4-1 反馈控制方法示意图

间存在着一定的函数关系,可以进行定量描述。

任何控制系统和控制过程,由于环境变化和干扰信息的作用,总会使受控系统的输出状态偏离给定状态。反馈控制的依据,就是受控系统运行的现实状态与给定状态之间的偏差信息。反馈控制也就是根据这种系统偏差信息,调整和改变受控系统的输入信息(控制信息)。反馈控制的作用就是减少或消除系统偏差,以使受控系统的运行状态维持在一个给定(或允许)的偏差范围内,提高受控系统运行过程中的稳定性,实现受控系统的行为、活动、功能和结果的最优化,达到对系统进行控制的目的。

要实现控制的目的,必须不断解决“系统的偏差与反馈控制措施”之间的矛盾。反馈控制措施的实施,可能产生两种不同的效果。正反馈是系统偏差不断扩大的过程,而负反馈则是不断消除系统偏差的过程。

例如,某企业作出生产某种产品的决策,产品投放市场后,由于规格型号不符合用户要求而滞销,这个信息反馈回来后,企业的决策机构马上改变产品的规格型号,使自己的产品适销对路,这就是典型的负反馈。但如果企业的决策者是个官僚主义者,听信了虚假汇报,不仅不改变生产方案,而且片面追求更高产量,结果造成严重的产品积压,使整个企业陷入困境,这就是典型的正反馈。

以上可见,反馈控制方法是最重要、最基本的控制论方法。今天,反馈控制方法已被广泛运用于各个领域。

4 2 功能模拟方法

控制论把模拟方法发展到功能模拟的新阶段。功能模拟方法是模拟方法的高级形式,它集中体现了控制论的思想特点。功能模拟方法既是控制论的基本方法,又是具有相对独立性的科学研究方法。

模拟方法简单地说就是用模型模仿原型的方法。它依据的是模型和原型之间的相似关系。模拟方法的萌芽,可以追溯到遥远的古代。直观模拟是人类最初对自然

物的形态的简单模仿。正是这样大量地对自然物的模拟,人类逐渐过渡到对人造工具的模拟阶段,这个转变具有划时代的意义。随着近代实验科学的产生和发展,模拟方法进入到一个新的发展阶段——模拟实验阶段。即先设计与某一自然现象或过程相似的模型,然后通过模型间接地研究原型的规律性。上述的模拟方法,不论是对自然物的模仿或人造工具的仿制,还是对近代科学研究的模拟实验,都是以认识了原型事物的结构及其运动过程为前提的,失去了这个条件,传统的模拟方法就会失去意义。在对象的物质结构以及内部关系尚不清楚的条件下,传统的模拟方法就暴露出它所固有的局限性。

维纳等人抛开机器和生命机体的不同物质基质和具体的运动形式,只在行为和功能方面寻找二者的统一性和相似性,把传统的模拟方法发展到功能模拟的新阶段。所谓功能模拟方法,就是以功能和行为的相似为基础,用模型模仿原型的功能和行为的一种方法。所模拟的是一切具有通讯和控制功能系统的合乎目的性的行为。这里的通讯和控制功能系统,就是指控制论系统。

从控制论的角度说,机器、动物以及人类社会等系统,虽然在物质基质、结构和具体运动形式上各不相同,但它们之间存在着行为和功能的相似性,即通过信息的变换和反馈机制,自动调整自身的运动,以适应环境的变化。因此,这类系统都可以从通讯和控制方面用模型模仿原型。功能模拟方法的作为在于,通过对模型的功能和行为的研究得出关于原型的知识。

一般地说,采用功能模拟方法是因为不认识或不完全认识研究对象的结构,才从功能研究入手的。它所提出的问题不是“这是什么东西”,而是“它能做什么”,即着眼于功能的相似性。它改变了传统的模拟方法以结构与功能严格对应的相似性的理论基础,为人类利用结构不同的物质去实现相同的功能提供了有力的方法。

概括起来,功能模拟方法与传统的模拟法相比,具有以下特点:

它只以功能和行为的相似为基础;

不追求模型的结构与原型相同;

在传统模拟中,模型只是一种认识原型的手段,而在功能模拟中,模型本身就是研究的一个目的。

功能模拟方法使模拟由单纯认识原型的手段,发展成改造世界的直接手段,这一点具有重大的理论意义和实践意义。控制论的创立者们正是运用功能模拟法,研究制造出电子计算机。他们运用采用五个与大脑功能相似的部件,创造了用电脑代替人脑的部分功能的奇迹。具体地讲:用输入装置模拟人的感受器官来接收外来信息;用存储器模拟人的记忆功能,将外来信息记存下来,并可供随时提取;用运算器模拟人脑的判断、选择、计算功能;用控制器模拟人脑思维运动有条不紊地指挥各部件协调一致地工作;用输出装置来模拟人对外界环境的反映,输出有关计算结果。随着控制论向智能科学发展,将促进计

算机向智能机发展,也必将带来认识和实践手段的新飞跃。

4 3 黑箱辨识方法

控制论的创始人维纳曾认为,所有的科学问题都可作为“闭盒”,研究它们的惟一途径是利用闭盒的输入和输出。1956年,W.R.艾什比在《控制论导论》中写道,所有事物实质上都是“黑箱”,并对黑箱方法作了比较系统的描述。艾什比所称的黑箱,也就是维纳所称的闭盒。那么什么是黑箱?

黑箱是指人们一时无需或无法直接观测其内部结构,只能从外部的输入和输出去认识的现实系统。在这里,黑箱、系统、客体都是等价的观念。现实的系统作为认识的客体之所以被称为黑箱,是因为对于人类认识的相对性来说,在人类认识的一定阶段上,任何客体总有许多情况是人们不曾了解的。这些尚未被认识的东西,如同装在一个不透明且封闭的箱子里,一时无需或无法进行直接观测,人们只能在系统之外进行研究。正是在这种意义上,控制论把人们认识和改造的对象称为黑箱。

既然黑箱是相对于人这个认识主体而言的,那么,被考察的对象能否作为黑箱来对待,这不仅取决于对象客体本身的性质,而且更重要的是取决于认识的主体。如果对一个确定的考察对象一无所知,或者说系统内部结构不能直接观测,那么它就是黑箱;如果既不是一无所知,又不是无所不知,或者说部分可直接观测,那么它就是灰箱;如果认识达到了无所不知,或者说可直接观测,那么它就是白箱。

例如,一台电视机,对于外行人来说,只会看电视节目,对其内部构造、机理一无所知,是黑箱;但对电视机专家而言,是白箱;还有些人对其略知一二,但又不太清楚,则是灰箱。

黑箱概念是相对的,在不同的时间,随着科学技术的进步,人们认识和改造客观世界的能力提高,许多原先是黑箱的事物可以转化为灰箱,乃至白箱。

控制论的贡献不在于把一无所知的系统视为黑箱,而在于它提供了认识黑箱的方法,即黑箱方法。所谓黑箱方法,就是通过建立相应的输入和输出关系,了解系统的功能和行为,并进而去认识其内部结构。

设某一控制系统 S 的行为取决于它的输入值 X_1, X_2, \dots, X_n 和输出值 Y_1, Y_2, \dots, Y_n (如图 4-2 所示)。

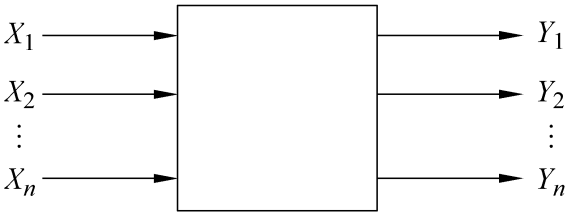


图 4-2 黑箱系统

在对这一系统观察足够一段时间后,便可获得反映系统行为的大量数据。据此便可建立反映系统行为规律的数学模型,即 $Y = f(X)$ 。

黑箱方法的最大特点在于几乎完全不涉及系统内部结构,只考察系统的输入和输出。这样,即使我们不打开黑箱,不知道它的内部结构,仍然可以了解系统在功能和行为上的某些特性。

黑箱方法的基本步骤如下:

1. 建立主体和客体的耦合系统

首先根据研究目的,把作为黑箱看待的研究对象从周围环境中“分离”出来(即划定两者的边界),使它成为一个相对独立的系统。

其次,使主体和客体耦合。耦合就是相互作用。主体和客体的相互作用归结为两部分:一部分是主体对客体施加的各种影响和作用。它们反映在客体的输入中,被称为可控制变量。另一部分是客体对主体的反向影响和反作用。它们反映在客体的输出中,被称为可观测变量。这样主体和客体就构成了有反馈的耦合系统。

2. 通过输入和输出考察黑箱

在主体和客体的耦合系统中,通过可控制变量,主体对客体实施控制;通过可观测变量,主体对客体进行观察。可见,这个耦合系统,为人们通过输入和输出主动考察黑箱创造了条件。

现实的系统可能有多种输入,同样输出也可能有多种。主动考察实际上就是考察主体对客体施加某种典型输入,观测其输出反应,取得输入和输出两组数据,作为认识客体黑箱的依据。

3. 建立模型以辨识黑箱

在获得了关于黑箱客体的大量输入和输出的数据后,往往还不能直接说明黑箱,因而必须对获得的数据进行综合整理,以排除试验过程中出现的特殊状态。

根据整理后的数据,建立关于阐明黑箱的模型。凭借模型,可以探讨黑箱系统的功能和特性,进而对其结构和机理作出某些推测,达到对系统辨识的目的。

假如我们把黑箱的输出看成是输入的函数,那么我们就可以依靠该数学模型,给黑箱一个适当的输入,从而得到所需要的输出。

经济学中著名的“投入—产出”生产函数模型就是黑箱辨识方法的例子。

假定依据西方经济学家道格拉斯(Cobb-Douglass)的生产函数,即生产过程的产出水平取决于劳动力和资本的投入水平。

$$Y_t = A(t) L_t^a K_t^b$$

Y_t 为总产出量;

L_t 为劳力投入量;

K_t 为资本投入量;

$A(t)$ 为技术进步因子(它包括生产技术、管理技术等对总产量的作用。在短时期内可近似为常数);

a 、 b 分别表示劳力产出和资本产出弹性系数(即衡量由劳力变化和资金变化引起产出变化的程度)。

通过给定 t 时刻的 L_t 和 K_t , 观察相应时刻的 Y_t , 就可获得一系列输入输出数据组。

通过取对数, 可把上面的非线性回归方程化为线性回归方程, 便可辨识其中的参数 a 和 b 。

控制论的黑箱方法是一种崭新的认识论方法, 是科学方法论的突破。它是研究结构复杂巨系统的有效工具, 是研究尚不能打开系统的惟一手段。黑箱问题的普遍性, 决定了控制论的黑箱方法是人类认识和改造世界普遍有效的方法。黑箱永远有, 白箱永不白, 这是艾什比反复阐述过的思想。这就是说, 控制论的黑箱方法, 在人类认识的任何阶段, 都不失为一种重要的实践手段。

4.4 一般的启示

在本章的最后, 主要谈谈控制论一般性方法对企业整体优化的一些启示, 以便为本书下篇的控制论在管理中的应用做个铺垫。

1. 强化反馈控制, 优化企业行为

根据控制论的反馈方法, 我们可以把生产企业看成一个系统, 把商品市场看成另一个系统, 企业向市场输出商品, 引起市场商品供求状况的变化, 商品市场的这种变化状况, 或供大于求, 或供小于求, 作为一种信息再将其输入给生产企业, 生产企业根据这种信息调整产品结构。如供大于求, 则减少该产品的生产; 如供小于求, 则扩大生产量。这个过程就是反馈, 而对于扩大产量或减少产量的决策选择则可以根据反馈方法作出。

反馈方法应用于企业整体优化, 其作用在于调节系统的运行, 实现对企业行为的有效管理。根据控制论的原理, 对企业系统可采用以下几种类型的基本调节方法。

(1) 稳定调节。上面列举的对企业生产过程进行的调节就是这种情况。在生产中一般存在着实际产量和预期产量的不对等性, 两者之间存在着差额, 要么实际产量超出预期产量, 要么实际产量低于预期产量。不论这两种情况中的哪一种情况出现, 都将影响企业再生产, 干扰企业生产过程中的稳定性。在企业生产管理过程中, 生产管理部门就需要根据所获得的反馈信息, 采取消除实际产量和预期产量之间的偏差的决策, 以调节生产过程, 使实际产量和预期产量之间大体维持平衡状态, 以便保持整个企业生产系统相对的稳定性。

(2) 计划调节。它的作用是保证企业管理系统的输出变量按照既定计划进行变化。输出变量可以依时间和空间的形式变化而变化,也可以根据企业系统结构的状态变化而变化。计划调节是依靠编制的企业计划程序,控制企业系统的运行,保证在这种条件下仍能实现既定的企业计划。

(3) 跟踪调节。这种调节是企业管理系统事先并未制订确切的计划,而是通过跟踪被观察系统的行为。这种调节方法往往是在无法确认输出可能产生什么结果的情况下使用,或者在由输出到反馈的周期很长的情况下使用。这种调节,既考虑到企业的目标计划,又涉及到市场因素。

(4) 市场调节。这种调节是以市场变化因素来调节系统行为的方式。如企业根据市场对于某产品的需求量,来不断地调整自己生产该产品的产量,引导其生产经营活动。

另外,我们可以运用控制论中关于开环系统和闭环系统的理论来进一步分析反馈在企业管理领域中的作用。在过去纯计划指令控制下的企业是开环系统,这种体制下的企业只受计划控制,完成生产指标,然后输出产品,它不考虑也不需要考虑产品输出后的情况,这是生产型企业。由于它无视市场情况,无需根据市场反馈的信息调整生产,所以其经济效益和社会效益都比较差。在有计划的市场经济体制下的企业是闭环系统,它必须建立反馈回路,因为它不仅要生产,而且还要负责销售,是生产经营企业。所以它要重视市场因素,根据市场反馈的信息调整生产,因而其经济效益和社会效益都会比生产型企业要好。总之,从企业的生产经营效果来看,反馈调节对于现代企业管理具有十分重要的作用。

2. 重视功能模拟,优化企业决策

将功能模拟方法应用于企业整体优化,主要用以帮助企业进行经济决策。20 世纪 70 年代,国外学者运用功能模拟方法来解决企业经济决策问题,取得了显著效果,并研制出专门用于决策的系统——决策支持系统,用于战略规划决策和管理控制决策。随着电子计算机的广泛应用,仿真技术得到迅速发展,功能模拟方法在企业经济决策中的作用也越来越明显,特别是对那些难度大、风险大、责任大的企业经济决策,更需要运用功能模拟方法。借助电子计算机作大量的比较计算和试验模拟工作,可以获得最佳的企业决策方案,避免并非不可避免的经济损失。

功能模拟方法是保证企业决策科学化的重要而有效的工具。某个企业经济决策是否正确,最终当然是由企业实践来作出检验。但是,对关系企业兴衰存亡的重大经济决策,如果等到由实践来作出其正确与否的判断,那么,企业所付出的代价就可能太多了,太大了。而今世界经济发展极为迅速,国际市场竞争日益激烈,企业如果没有能够抓住机会进行正确决策,就可能导致失败,甚至倒闭。功能模拟方法是一种“实验”手段,我们可以而且应该用它来判断企业重大经济决策的科学性、可靠性和适用性,运用它来减少或剔除企业决策中的经验性、不可靠性和不适用性。

3. 运用黑箱方法,优化企业经营

根据控制论的观点,对企业整体优化的认识也可以运用黑箱方法来处理。我们要了解一个企业的生产经营情况的好坏,就可以从它的输出和输入的关系入手,而不必首先分析它的结构。只要这个企业生产的产品多,并获得了较好的经济效益,这就表明该企业产销对路,生产经营情况良好。对企业的经济考核主要看它的投入产出关系(输入和输出),这也可以避免主管部门对企业的过多干预,使企业处于生产经营的主体地位。

对于企业整体优化的外部环境——市场的认识,也可以运用黑箱方法。市场是商品交易的场所,主要特性就是商品的流通,即商品的输入和输出。商品流通畅顺,表明市场兴旺,供需平衡;商品流通滞胀,表明市场萧条,供需失调。所以,我们通过分析市场的输入和输出关系,就能了解在某些时期某种商品市场的功能和行为,从而实现对市场的认识,把握市场的状态。这种分析就无需涉及市场结构,而又认识了市场结构。进而对于及时调整企业自己的生产行为具有十分重要的意义。

第五章 控制论的模型化方法

这一章是本篇也是本书比较重要的部分。我们将讨论应用数学模型方法来对所研究的系统进行分析与综合。系统分析属于认识世界的活动,也就是要搞清楚系统的输入输出因果关系;系统综合属于改造世界的活动,要求我们做出最优控制决策。

5.1 引言

建模是系统分析和控制的基础。

模型是对现实系统的抽象。由于描述现实系统,因此必须反映实际;又由于它具有抽象的特征,因此又要高于实际。任何模型都具有近似性,不可能达到尽善尽美,完全与实际系统一致。当然,对于实际工作来说,也没有必要达到百分之百的一致。

模型必须由原型有关的基本部分所构成,表明这些有关因素之间的关系。也就是说,模型是以简化的形式,撇开了研究对象的次要成分或过程,但必须抓住研究对象的主要成分或环节,才能起到对原型的模仿作用和简化作用。

模型的意义在于:现实很难作试验;即使对现实可以进行试验,使用模型还是有作用的,因为它比现实容易理解;模型也比现实容易操作,尤其在模型中改变一些参数值,要比在现实中去改变参数值方便。

数学模型是最一般最抽象的模型,它用来表述事物和过程的本质特征。通常主要致力于建立被控制对象的数学模型,而较少研究控制者系统的模型化问题,也就是说,模型化工作是针对被控制对象而言的。

将各种实际的研究对象和过程抽象成具有一定输入和输出的系统,建立该系统的数学模型,进而分析系统的性能。如果其性能不符合人们的要求,就需要对其进行控制,实现要求的控制过程,完成预定的控制任务。

控制论花费相当大的力气在数学模型上做文章。对待数学模型,我们不应采取偏颇的态度,或“数学模型至上”,或“数学模型无用”,而应该在研究和应用上鼓励定量方法的开拓和推广,以适应复杂系统的需求。应该抓住两点:一个是模型的前提是否正确;另一个是模型的结论是否可行。

在本章讨论中,我们力求避免繁琐的数学推导及定理证明,取而代之的是提供给读者大量的典型实例。这些例子不仅说明了理论,而且它们本身都有实际意义。望读者阅读时着重注意如何将实际问题抽象为理论问题来研究的方法。

为阐述方便,本章将控制论的数学模型分为确定性模型、最优化模型、随机模型和模

糊模型来介绍。这里首先谈一谈系统的分类。

依据描述系统所用的数学方程,可把系统分为分布参数系统(参数随时间和空间变化)和集中参数系统(参数仅随时间变化,不随空间变化)。

在集中参数系统里,又可分为确定性系统和随机性系统。如果一个控制系统不受外界的随机干扰而只受输入的控制,则称此系统为确定性控制系统。若受到外界的随机干扰,则称为随机性控制系统。

在确定性系统中,如果我们对系统在连续的时间区间上的行为感兴趣,则需要用连续时间系统模型来描述系统;如果我们只对系统在一系列离散时刻上的行为感兴趣,则需要用离散时间系统模型来描述系统。

在各时间系统中,又可分为线性系统 and 非线性系统。线性系统理论比较成熟,非线性系统分析比较复杂。

在线性系统里,又可分为定常系统(参数不随时间改变)和时变系统(参数随时间改变)。一般来说,系统都是时变的,时变系统的研究是比较困难的,人们往往先研究定常系统。

模型化方法本身是人类认识上的最古老、最基本、最普遍的方法,它实质上是一种实验方法。控制论中的模型化概念是广义的。控制论中的模型化是系统的组织化状态(与系统的结构有关)、可控性(与系统的输入有关)和可观测性(与系统的输出有关)的反映。也就是说,输入—系统—输出可由可控性—状态—可观测性来描述。

其中,系统的组织化程度与结构的有序性成正比,即结构的有序性越强,系统的组织化程度越高。

而且,控制论系统必须是可控的,但这仅仅只说到问题的一半,因为系统受控的前提是必须有足够的信息反馈回来,即控制论系统还必须是可观测的。

另外,控制论认为一切系统均处于不断的运动变化之中,但是在运动的各个阶段上都有相对静止的状态——稳定性。稳定性分析也是控制论研究与实践的一项重要内容。

稳定性、可控性和可观测性问题是控制论的三个非常重要的问题,我们将从定性和定量两个角度给予介绍,希望加深对它们的理解。

在本章中,我们将主要(平行地)介绍线性连续时间系统和线性离散时间系统的理论。而且把重点放在介绍以状态空间描述为基础,以最优控制理论为核心的现代控制理论的基本知识上。

控制理论的发展大致可以分为三个阶段。第一阶段是 20 世纪 30 年代以波德和奈奎斯特发展的频率特性方法为代表的阶段,即经典控制理论阶段;第二阶段是 20 世纪 60 年代以贝尔曼和卡尔曼发展的状态空间方法为代表的阶段,即现代控制理论阶段;第三阶段是目前正引人入胜的大系统理论方法为代表的阶段,即大系统控制理论阶段。

经典控制理论通常只研究系统的输出和输入的相互关系,并不涉及系统的内部状态,而只从系统的外部联系上把握系统的行为。它研究单输入—单输出的线性定常问题,而

对于非线性的、时变的以及多输入—多输出问题,显得无能为力,因而 60 年代出现了现代控制理论。

现代控制理论从状态空间及能控性与能观测性等新概念出发,结合庞特里雅金等人提出的最小值原理及贝尔曼的动态规划方法,在方法执行中采用电子计算机,使控制理论的应用达到了更使人瞩目的新阶段。计算机特别适合处理更为接近实际系统的状态空间模型方法,从而使得处理更复杂更大规模的系统成为可能。

大系统控制理论是在现代控制理论的基础上逐渐发展起来的,而且还处在发展过程中。由于大系统规模庞大,结构复杂,功能综合,所以大系统涉及的因素众多,系统的输入输出多,环境对系统的影响因素也多。对于宏大规模的复杂系统,控制论的基本理论和方法是否仍然适用?这一问题愈来愈引人注目,并迫切需要解决,控制论面临新的挑战。

从控制理论的角度来分析,一个大系统的控制问题,往往被分解为若干相互关联的子系统的控制问题。大系统理论所要研究的问题,主要是大系统的最优化。现有的大系统理论基本上是现代控制理论与运筹学相结合的产物。当然,大系统的研究不仅与控制论、运筹学有关,还涉及到许多学科,大系统理论和应用已经成为一个多学科交叉综合的研究领域。对大系统而言,控制和管理很难明确地加以区别。既可以从控制的角度,也可以从管理的角度去研究。前者主要与控制论有关,后者则侧重于系统工程。

5.2 确定性模型

确定性模型是对确定性系统的描述。关于确定性系统,换个说法,就是对同一确定性系统而言,相同的输入将会得到相同的输出,输入与输出之间呈现出“法则般”的联系。

数学方程是描写确定性系统行为的主要工具。描述确定性问题的数学方程中通常包括两种数:参数(已知值)和变数(未知值)。方程的解法就是决定未知值的方法。方程的解可以用来分析和解决实际问题。

1. 差分方程和微分方程

差分方程与微分方程在许多情形下给出动态系统的合适描述。这里简要地叙述差分方程和微分方程方法的基本情况,而把重点放在后面将要介绍的状态空间方法的理论上。

定义域为整数的离散函数用来描述离散系统的动态过程,表征离散函数数量关系的是差分方程式。

常微分方程和偏微分方程描写的数学模型是研究连续函数问题的,即函数的定义域是实数的连续系统的动态过程。常微分方程数学模型中的未知函数是一元的,通常表示未知函数对某一自变量的行为描写。当事物或过程的数学模型中所包含的函数,与两个或更多个自变量有关时,其完整的行为描写必须用偏微分方程。

使用微分方程还是差分方程来描述动态系统,取决于是以连续时间还是离散时间来

观察系统的行为。对于某一具体现象是建立连续时间模型还是建立离散时间模型的选择多少是有点任意的。

微分方程一般是存在着与它近似的差分方程,只是差分方程特别适于利用电子计算机来进行求解。

(1) 差分方程

先从简单的一阶差分方程说起。

$$y(k+1) = a y(k) + b$$

$$y(0) = y_0$$

当 k 分别取 $1, 2, \dots$, 时, 有

$$y(1) = a y_0 + b$$

$$y(2) = a^2 y_0 + ab + b$$

...

$$y(k) = a^k y_0 + a^{k-1} b + \dots + ab + b$$

可见, 当 a 不等于 1 时,

$$y(k) = a^k y_0 + (1 - a^k) \times b / (1 - a)$$

而当 a 等于 1 时,

$$y(k) = y_0 + kb$$

这就是一阶差分方程的通解。 y_0 称为初始条件。

假定 k 代表一系列离散等间隔时间点, 在这一系列时间点上定义了量 $y(k)$ 。差分方程即联系各 $y(k)$ 值的一个方程。

差分方程实际上是一系列方程式的集合, 只要逐个代入时间 k , 即可获得这些方程。关于 k 的定义域, 常见的情形是 k 取 N 个连续整数或取一系列连续整数。只要时间 k 的取值范围已知, 确定诸 $y(k)$ 值的方程组便是已知的。

差分方程也可以看作是各 $y(k)$ 值间的一个递推关系式。一旦给定了递推关系式中的初始值, 便可序贯地得出序列 $\{y(k)\}$ 的其他值。

为得出一个新的 $y(k)$ 值需要确定的初始值的个数, 称为差分方程的阶次, 也称为系统的阶次。

如下形式是 n 阶线性差分方程:

$$a_n(k) y(k+n) + a_{n-1}(k) y(k+n-1) + \dots + a_1(k) y(k+1) + a_0(k) y(k) = u(k)$$

式中 $a_0(k), \dots, a_n(k)$ 和 $u(k)$ 是 k 的已知函数。

之所以称该方程为 n 阶的, 是因为需要 n 个初始条件 $y(0), y(1), \dots, y(n-1)$ 。

之所以称该方程为线性的, 是因为变量 $y(k)$ 之间的关系是线性的。

诸 $a_i(k)$ 称为线性差分方程的系数;

$u(k)$ 是方程的驱动函数, 即系统的输入。

$y(k)$ 是方程的解, 即系统的输出。

如果一个给定数列 $\{y^*(k)\}$ 适合差分方程, 则称 $\{y^*(k)\}$ 为差分方程的一个解。

差分方程的解一般不是惟一的。当然, 任意给定一个方程, 其解也可能不存在。

在什么条件下一个差分方程有解, 而且解是惟一的? 这样的问题显然是一个基本问题。

满足解的存在性与惟一性的一类特殊的差分方程便是线性常系数差分方程:

$$y(k+n) + a_{n-1}y(k+n-1) + \dots + a_0y(k) = g(k) \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

式中 a_0, \dots, a_{n-1} 为任意的实常数。

这类方程也是我们在控制理论中最常见的方程, 而且这类方程的求解有成熟的 Z—变换方法。Z—变换是一种数学运算, 它是求解线性定常差分方程的有效方法。这里不作进一步介绍。

例子: 分期付款问题

在市场经济的今天, 购买住房利用住房抵押贷款形式分期付款已相当普遍。

在分期付款问题中, 设 $b(k)$ 表示第 k 年年末偿还银行的钱款, $y(k)$ 表示第 k 年年初还欠银行的贷款数, $y(0)$ 为初始贷款数, 贷款的年利率为 i , 并以年按复利计算, 则可得如下分期付款方程:

$$y(k+1) = (1+i)y(k) - b(k)$$

当每年偿还款是相同时, 则可简化为

$$y(k+1) = (1+i)y(k) - b$$

如果我们希望通过分期付款以便在第 n 年年初 (即第 $n-1$ 年末) 还清贷款, 则每年必须还款数目将由下式决定令 $y(n) = 0$ 求 b 。

例子: 人口增长模型

人口问题是当今世界上人们最关心的问题之一。一些发展中国家为出生率过高而担忧, 而另一些发达国家却为人口负增长而不安。

把人口按年龄区段分成年龄组, 如以 10 年作为区段长度。并假定人口中男性人口数与女性人口数相等, 则建模时只需考虑所有的男性或女性人口数即可。

以 $x_i(k)$ 记第 i 个年龄组在 k 时刻的人口数, $i = 0, 1, 2, \dots, n$ 。其中 $i = 0$ 表示第一个年龄组, $\dots, i = n$ 表示最后一个年龄组。

为描述系统的行为, 只需给出各组人口在一个时间周期内的变化即可。

以 b_i 记第 i 个年龄组人口的存活率, 则第 i 年龄组人口 $x_i(k)$ 在一个时间周期内只有 $b_i x_i(k)$ 能存活到下一个时间周期, 即转移到第 $i+1$ 年龄组:

$$x_{i+1}(k+1) = b_i x_i(k) \quad i = 0, 1, 2, \dots, n-1$$

b_i 可以统计得出, $b_i < 1$ 。

用 $x_0(k+1)$ 表示在最近一个时间周期中新生儿 (它包括各组人口所生的后代) 的数量。

如以 a_i 表示第 i 个年龄组人口的生育率, 则

$$x_0(k+1) = a_0 x_0(k) + \dots + a_n x_n(k)$$

把上面的关系式写成矩阵形式

$$\begin{array}{ccccccc} x_0(k+1) & & a_0 & a_1 & \dots & a_n & x_0(k) \\ x_1(k+1) & & b_0 & & & & x_1(k) \\ x_2(k+1) & = & & b_1 & & & x_2(k) \\ \dots & & & & W & & \dots \\ x_n(k+1) & & & & & b_{n-1} & x_n(k) \end{array}$$

对于一个比较安定平稳的社会环境, a_i, b_i 基本上可以认为是不随时间变化的, 上述方程可以近似于线性常系数方程。

这就是分组人口系统的数学模型。利用该数学模型, 可以预测人口的发展变化。但应指出, 这只是一个粗略的模型。

(2) 微分方程

假定 t 是连续时间区间 $[t_0, t_1]$ 中的任何一点, $y(t)$ 为定义在该区间的函数。

微分方程是指关于 $y(t)$ 及其对时间的导数的一个方程。

微分方程的阶次是方程中出现的导数的最高次数。

与差分方程类似, 一个微分方程称为线性的, 是指如果它关于 $y(t)$ 及导数是线性的:

$$a_n(t) \frac{d^n y(t)}{dt^n} + a_{n-1}(t) \frac{d^{n-1} y(t)}{dt^{n-1}} + \dots + a_0(t) y(t) = u(t)$$

式中 $a_0(t), \dots, a_n(t)$ 和 $u(t)$ 均为定义区间上的已知函数。

$a_0(t), \dots, a_n(t)$ 称为系数。

$u(t)$ 称为驱动函数。

区间 $[t_0, t_1]$ 上的函数 $y^*(t)$ 称为微分方程的一个解, 如果它使给定的方程成为该区间上的恒等式。

求解微分方程就是在已知的输入 $u(t)$ 作用下找到输出 $y(t)$ 使之满足该方程。

对应的线性定常微分方程为

$$a_n \frac{d^n y(t)}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y(t)}{dt^{n-1}} + \dots + a_0 y(t) = u(t)$$

和 Z—变换类似, L—变换是求解线性定常微分方程的重要方法。

拉氏变换本身只是一个翻译的手续, 它把一个用时间变数 t 所描述的动态过程翻译成用变数 s 描述的过程, 这样的手续并不影响动态过程本身的性质, 只不过是把这个过程的描述从“ t 的语言”翻译成“ s 的语言”而已。在 t 的语言里用分析运算描述的过程, 用 s 的语言来描述只要用简单的代数运算就可以了。 t 的语言中的微分方程, 用 s 的语言来表示就简化为代数方程, 从而就可以简化计算手续和表达的方式。在大规模高速数字计算机还不存在的 20 世纪 30 年代, 这种简化的意义是不容否定的。经典控制理论的核心内容传递函数方法便起源于此。限于篇幅, 这里不作介绍。

例子: 战争模型

设 $x(t)$ 和 $y(t)$ 分别表示交战双方在 t 时刻的战斗能力(为简单起见, 可以认为是双方的

士兵人数)。

正规战争：在传统的正规战争中，双方士兵公开地活动。

如果每单位成员的打击能力分别为 a 和 b (打击能力定义为每单位时间单位成员能使敌人遭受死亡的单位人数)，则有

$$\frac{dx(t)}{dt} = -by(t)$$

$$\frac{dy(t)}{dt} = -ax(t)$$

用 $ax(t)$ 乘第 1 式减去 $by(t)$ 乘第 2 式，得

$$ax(t) \frac{dx(t)}{dt} - by(t) \frac{dy(t)}{dt} = 0$$

两边积分得

$$ax^2(t) - by^2(t) = C$$

当 $C > 0$ 时，则交战结束时 $y(t) = 0, x(t) > 0$;

当 $C < 0$ 时，则交战结束时 $x(t) = 0, y(t) > 0$;

当 $C = 0$ 时，则表示双方同归于尽。

游击战争：由于游击战争的双方人员均非公开地活动，其死亡主要取决于相遇的概率和双方打击能力，则有

$$\frac{dx(t)}{dt} = -bx(t)y(t)$$

$$\frac{dy(t)}{dt} = -ax(t)y(t)$$

同样有

$$adx(t)/dt - bdy(t)/dt = 0$$

两边积分得

$$ax(t) - by(t) = C$$

当 $C > 0$ 时，前者获胜；

当 $C < 0$ 时，后者获胜；

当 $C = 0$ 时，双方同归于尽。

虽然这些模型都很简单，没有考虑交战双方的政治、经济、社会等因素，但对于分析一些局部的战争还是有参考价值。而且该模型对于企业之间的竞争描述也具有一定的参考价值。

例子：捕杀模型

设想在一个孤岛上只有狼和羊两种动物。羊靠吃岛上的植被存活，而狼则靠吃羊存活。

设 $N_1(t) = t$ 时刻羊的数目； $N_2(t) = t$ 时刻狼的数目。

则

$$\frac{dN_1(t)}{dt} = aN_1(t) - bN_1(t)N_2(t)$$

$$\frac{dN_2(t)}{dt} = -cN_2(t) + eN_1(t)N_2(t)$$

式中 a, b, c, e 均为正常数。

把上面的关系式写成矩阵形式

$$\begin{aligned} \frac{dN_1(t)}{dt} &= a - bN_1(t)N_2(t) \\ \frac{dN_2(t)}{dt} &= eN_1(t) - cN_2(t) \end{aligned}$$

关于上述两个方程的直观解释是很清楚的。如果岛上没有狼,即 $N_2(t) = 0$, 则羊的数目是由 a 决定的指数增长。如果岛上没有羊,即 $N_1(t) = 0$, 则岛上狼的数目是指数递减的, 递减的速度由 c 决定。以上是对方程中第一项所作的解释。

当狼和羊共存于岛上时, 两种群体之间便有遭遇。如果羊和狼的运动是随机的, 则遭遇的频率与两种群体的数目成正比。每次遭遇都增加狼的数目, 同时减少羊的数目。这便是方程中第二项的解释。

总之, 狼羊的头数应当服从上述微分方程, 这是一组非线性微分方程。

2. 状态空间描述

从外部描述系统输入到输出之间关系是经典控制理论所采用的主要方法, 考虑到它的局限性, 现在讨论状态空间描述和状态方程。用状态方程表示系统动态过程是 20 世纪五六十年代发展起来的现代控制理论中最基本的方法, 它扩大了动态系统研究的广度和深度。状态空间描述使数学处理大为简化, 且便于用计算机求解。

这一节将首先引入状态变量、状态向量和状态空间等一系列基本的概念(以大家习惯的连续时间系统来介绍), 这些基本概念的重要性是应该重视的, 现代控制理论就是在引入状态和状态空间概念的基础上发展起来的。然后介绍系统的状态空间模型及状态方程的建立方法。

状态的概念在现代控制理论中占有中心的位置。状态的概念是一个极其基本的概念, 以至于很难再用更基本的概念去解释它。

状态是系统在特定时刻状态的概括。整体在某一时刻的状态, 常可由其每个部分在该时刻所取的一批状态来给定。例如整个赛跑的状态就由各个运动员在同一时刻所处的各种状态(位置)给了出来。

状态是把系统过去行为与未来行为分离开来的一组必要而充分的信息。 t_0 时刻的状态是系统在 t_0 时刻之前历史行为的总括。

在任意固定时刻, 系统的状态可以由一组最少的变量 $x_i(t)$, $i = 1, 2, \dots, n$ 的值来刻画, 这种变量称为系统的状态变量。(分布参数系统需用无穷个状态变量刻画系统的状态, 我们只考察用有限个, 即用有限个变量描述。)

以状态变量为分量的向量称为系统的状态向量, 简称为系统的状态。如 n 个状态变量描述的系统, 这时系统的状态便可由 n 维的状态向量 $\mathbf{X}(t) = [x_1(t), \dots, x_n(t)]^T$ 来表示了。

状态向量取值的范围称为状态空间, 一般为实域 R 上的向量空间。任何状态都可看作状态空间中的一个点。

一个动态系统的运动过程, 归根到底就是运动在状态空间中从一个状态转移到另一

个状态。一个系统的运动可以视为它的状态的一系列变换。作变换时所关心的是,发生了什么变化,或者说变成了什么东西,而并不关心为什么会发生变化。

考虑一般的多变量系统。

假定影响系统的可控制变量即输入变量有 r 个 $u_i(t)$, $i=1, 2, \dots, r$, 这里特别强调可控制变量的值依赖于时间 t , 系统的可控制变量则可用 r 维向量 $\mathbf{U}(t) = [u_1(t), \dots, u_r(t)]^T$ 表示。对固定的时刻 t , $\mathbf{U}(t)$ 是 r 维向量空间 \mathbf{U} 中的向量。

假定系统有 m 个变量 $y_i(t)$, $i=1, 2, \dots, m$ 是可以观测的, 用 m 维向量 $\mathbf{Y}(t) = [y_1(t), \dots, y_m(t)]^T$ 表示系统的可观测变量, 也称为系统的输出变量。 $\mathbf{Y}(t)$ 是 m 维向量空间 \mathbf{Y} 中的向量。

再记使系统有定义的时间子集为 $[t_0, t_1]$ 。

输入量对系统运动起控制作用, 同时影响系统的输出量, 使系统成为一个受控系统。控制理论中主要研究系统的输入变量和输出变量之间的关系。输入变量与输出变量之间的关系可以认为是由 \mathbf{U} 到 \mathbf{Y} 的映射。

要确切地描述一个系统, 除了要知道系统的输入以外, 还需要一个能描述系统内部信息的变量。状态变量就是系统的内部描述。

系统状态变量的重要性则是由于系统的一切行为, 包括输出均由它惟一确定。系统的状态变量一般不可直接量测, 所以有时也把状态变量称为内部状态变量。

考虑一个依赖于时间的一组变量 $x_i(t)$ ($i=1, 2, \dots, n$) 所描述的系统, 当这组变量的初始值 $x_i(t_0)$ ($i=1, 2, \dots, n$) 及系统的输入 $\mathbf{U}(t)$ ($t \geq t_0$) 确定以后, 这组变量在时刻 $t \geq t_0$ 的值也能惟一地确定, 而且该系统在 $t \geq t_0$ 的任一时刻的值, 均能用 $x_i(t)$ ($i=1, 2, \dots, n; t \geq t_0$) 来表示, 则这组变量就是系统的状态变量。

换句话说, 系统的状态变量是如下意义下表征系统的状态的一组最少信息: 如果在任意时刻 t_0 , 状态变量 $x_i(t_0)$ 的值是已知的, 则对任何时刻 t_1 , 只要给定 t_0 到 t_1 区间上的输入 $\mathbf{U}[t_0, t_1]$, 系统在 t_1 时刻的状态 $x_i(t_1)$ 和 t_1 时刻的输出 $\mathbf{Y}(t_1)$ 就能惟一地被确定。

初始时刻的状态称为初态, 终止时刻的状态称为终态。

上述定义的含义可以用函数映射来表达。给定一对时间 t_0 和 t_1 , 给定状态空间 \mathbf{X} 中一点 $\mathbf{X}(t_0)$, 此时一旦确定了 $[t_0, t_1]$ 上的输入函数 $\mathbf{U}[t_0, t_1]$, 则 t_1 时刻的状态与输出都是惟一确定的, 即存在映射 \mathbf{G} 使

$$\mathbf{X}(t_1) = \mathbf{G}(t_0, t_1, \mathbf{X}(t_0), \mathbf{U}[t_0, t_1])$$

$\mathbf{X}(t_1)$ 不依赖于 t_0 时刻以前的输入变量值, 只要系统的过去行为概括在 $\mathbf{X}(t_0)$ 中; $\mathbf{X}(t_1)$ 也不依赖于 t_1 时刻以后的输入变量值。

由于输出是状态惟一确定的, 故应有映射 \mathbf{H} 使

$$\mathbf{Y}(t_1) = \mathbf{H}(t_1, \mathbf{X}(t_1), \mathbf{U}(t_1))$$

$\mathbf{Y}(t_1)$ 的值只取决于 t_1 时刻的状态值和输入值。

上两式中, \mathbf{G} 和 \mathbf{H} 的具体形式取决于具体系统。

总之可见,只要给定初始状态和控制作用,就惟一地决定了系统的行为。

根据微积分关系,如果系统可以由如下的一阶微分方程组表示:

$$d\mathbf{X}(t)/dt = \mathbf{F}(t, \mathbf{X}(t), \mathbf{U}(t))$$

$$\mathbf{X}(t_0) = \mathbf{X}_0$$

其中 $\mathbf{X}(t)$ 是 n 维状态向量, $\mathbf{U}(t)$ 是 r 维控制向量。 $\mathbf{F}(t, \mathbf{X}(t), \mathbf{U}(t))$ 是 n 维函数向量。

当 $\mathbf{F}(t, \mathbf{X}(t), \mathbf{U}(t))$ 是 $x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)$ 与 $u_1(t), u_2(t), \dots, u_r(t)$ 的线性函数时,该方程的向量形式为:

$$d\mathbf{X}(t)/dt = \mathbf{A}(t) \mathbf{X}(t) + \mathbf{B}(t) \mathbf{U}(t)$$

$$\mathbf{X}(t_0) = \mathbf{X}_0$$

其中 $\mathbf{A}(t) = (a_{ij}(t))_{n \times n}$ 称为状态矩阵(或系数矩阵);

$\mathbf{B}(t) = (b_{ij}(t))_{n \times r}$ 称为输入矩阵(或控制矩阵);

且 $a_{ij}(t), b_{ij}(t)$ 均为 t 的连续函数。

上述方程称为控制系统的状态方程。

在该方程中,若状态矩阵 $\mathbf{A}(t)$ 与输入矩阵 $\mathbf{B}(t)$ 都是常数矩阵,则称此系统为线性定常系统;否则,称为线性时变系统。

一个系统的输出向量 $\mathbf{Y}(t)$ 通常是状态向量 $\mathbf{X}(t)$ 与控制向量 $\mathbf{U}(t)$ 的函数:

$$\mathbf{Y}(t) = \mathbf{H}(\mathbf{X}(t), \mathbf{U}(t))$$

其中 $\mathbf{H}(\mathbf{X}(t), \mathbf{U}(t))$ 为 m 维函数向量。

当系统为线性系统时,该式为:

$$\mathbf{Y}(t) = \mathbf{C}(t) \mathbf{X}(t) + \mathbf{D}(t) \mathbf{U}(t)$$

其中 $\mathbf{C}(t) = (c_{ij}(t))_{m \times n}$ 称为输出矩阵(或观测矩阵);

$\mathbf{D}(t) = (d_{ij}(t))_{m \times r}$ 称为系统的输入—输出矩阵;

且 $c_{ij}(t), d_{ij}(t)$ 均为 t 的连续函数。

上述方程称为系统的输出方程。

系统的状态方程与输出方程合在一起,称为系统的方程,也称为系统的状态空间表达式。

状态空间描述考虑了“输入—状态—输出”这一过程,揭示了问题的本质,即输入引起状态的变化,而状态决定了输出。前者是一个运动过程,后者是一个变换过程。由于这种描述深入到系统的内部,故称之为内部描述。

从系统的状态空间表达式可以看出,当状态变量的数目,输入变量和输出变量的数目增加时,并不增加方程在表达式上的复杂性,这是状态空间法的一个优点。

对于离散时间系统的情形,设在 k 时刻,系统相应的状态向量为 $\mathbf{X}(k)$, 控制向量为 $\mathbf{U}(k)$, 则系统的状态可由向量形式的差分方程来描述:

$$\mathbf{X}(k+1) = \mathbf{F}(k, \mathbf{X}(k), \mathbf{U}(k)) \quad (k = 0, 1, 2, \dots, n-1)$$

$$\mathbf{X}(0) = \mathbf{X}_0$$

其中 $\mathbf{X}(k) = (x_1(k), x_2(k), \dots, x_n(k))^T$ 是 n 维状态向量;

$\mathbf{U}(k) = (u_1(k), u_2(k), \dots, u_r(k))^T$ 是 r 维控制向量;

$\mathbf{F}(k, \mathbf{X}(k), \mathbf{U}(k))$ 是 n 维函数向量。

当 $\mathbf{F}(k, \mathbf{X}(k), \mathbf{U}(k))$ 是 $x_1(k), x_2(k), \dots, x_n(k)$ 与 $u_1(k), u_2(k), \dots, u_r(k)$ 的线性函数时, 该方程的向量形式为:

$$\mathbf{X}(k+1) = \mathbf{A}(k) \mathbf{X}(k) + \mathbf{B}(k) \mathbf{U}(k)$$

$$\mathbf{X}(0) = \mathbf{X}$$

其中 $\mathbf{A}(k)$ 和 $\mathbf{B}(k)$ 分别为 $n \times n$ 与 $n \times r$ 矩阵。

上述方程称为控制系统的状态方程。

在该方程中, 若状态矩阵 $\mathbf{A}(k)$ 与输入矩阵 $\mathbf{B}(k)$ 均与 k 无关, 则称此系统为线性定常系统, 否则, 称为线性时变系统。

一个离散时间系统的输出向量 $\mathbf{Y}(k)$ 通常是状态向量 $\mathbf{X}(k)$ 与控制向量 $\mathbf{U}(k)$ 的函数:

$$\mathbf{Y}(k) = \mathbf{H}(\mathbf{X}(k), \mathbf{U}(k)) \quad (k = 0, 1, 2, \dots)$$

其中 $\mathbf{H}(\mathbf{X}(k), \mathbf{U}(k))$ 为 m 维函数向量。

当系统为线性系统时, 该式为:

$$\mathbf{Y}(k) = \mathbf{C}(k) \mathbf{X}(k) + \mathbf{D}(k) \mathbf{U}(k)$$

其中 $\mathbf{C}(k)$ 与 $\mathbf{D}(k)$ 分别为 $m \times n$ 与 $m \times r$ 矩阵。

上述方程称为系统的输出方程。

这两个模型的动态结构图分别如图 5-1 和图 5-2 所示。

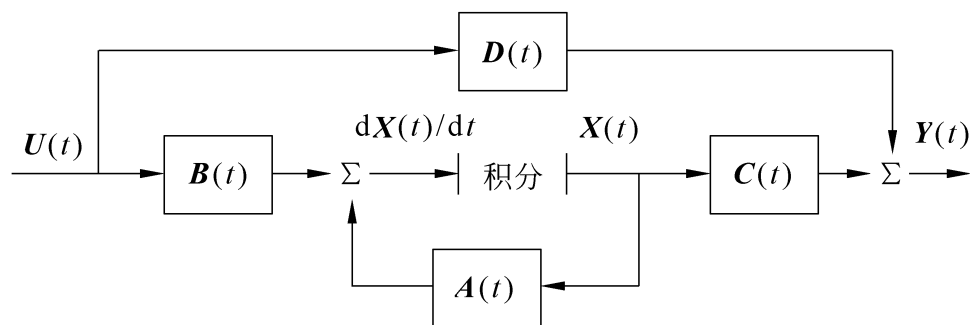


图 5-1 连续时间线性系统的状态空间表示方块图

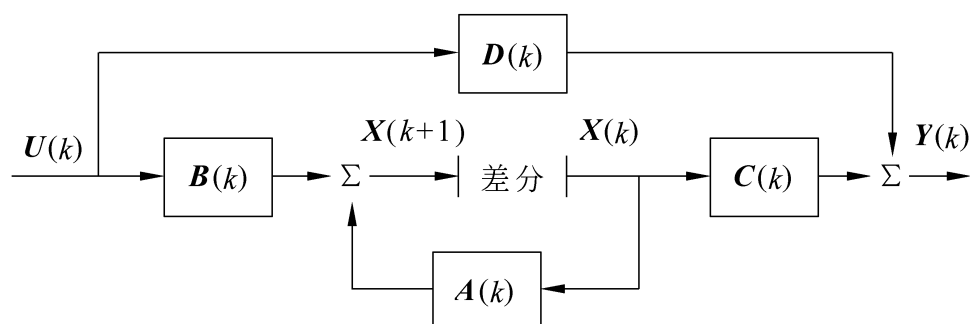


图 5-2 离散时间线性系统的状态空间表示方块图

从状态空间表达式和系统方块图清楚地说明, 它们既表征了输入对系统内部状态的因果关系, 又反映了内部状态对外部输出的影响, 所以是对系统的一种完全的动态描述。

建立状态方程是现代控制理论中最基本的方法。

对于结构和参数未知的系统, 只能通过系统辨识法的途径建立状态方程。粗略地说, 系统辨识就是要辨别和认识系统。系统辨识法适用于那些系统内部结构和特性不清楚或不完全清楚的研究对象, 即所谓黑箱或灰箱问题。

关于系统辨识, 目前比较通用的是查德(Zadeh)给出的定义: 系统辨识是在输入输出的基础上, 从一类系统中确定一个与所观察的系统等价的系统。具体地讲, 根据受控系统或受控过程的输入输出数据, 从某类模型中确定出一个在某种意义下最能代表该系统或过程特性的数学模型, 称为系统辨识。

辨识过程是一个对系统输入输出数据进行处理的过程。系统辨识一般可以分为四个步骤: 试验设计; 模型结构的确定; 参数估计; 模型验证。(有关方面的内容, 这里不作讨论。)可见, 对于动态系统的辨识, 包括两个主要方面: 一是根据动态系统的输入输出数据确定系统的结构; 二是估计动态系统数学模型的未知参数。

机理法适用于那些系统内部结构和特性清楚的研究对象, 即所谓白箱问题。对于结构和参数已知的系统, 依照机理建模, 这是建立系统数学模型最常见、最基本的方法。

对于白箱问题, 由于常常不难根据机理写出方程, 所以问题转化为如何将其转换为状态方程的形式。下面先分析如何从输入—输出微分方程建立状态方程。

首先选择状态变量, 其次根据机理列写微分方程(或差分方程), 并将其化为状态变量的一阶微分(或差分)方程组, 用向量矩阵形式表示, 即得状态空间描述。

如果已获得单输入—单输出系统的微分方程模型:

$$d^n y(t)/dt^n + a_{n-1} d^{n-1} y(t)/dt^{n-1} + \dots + a_1 dy(t)/dt + a_0 y(t) = u(t)$$

由于一个 n 阶系统具有 n 个状态变量, 所以可定义如下的状态变量:

$$\begin{aligned} x_1(t) &= y(t) \\ x_2(t) &= dy(t)/dt \\ &\dots \\ x_n(t) &= d^{n-1} y(t)/dt^{n-1} \end{aligned}$$

注意上面引入的状态变量之间有如下关系:

$$\begin{aligned} dx_1(t)/dt &= x_2(t) \\ dx_2(t)/dt &= x_3(t) \\ &\dots \\ dx_{n-1}(t)/dt &= x_n(t) \end{aligned}$$

再从原微分方程可解出

$$dx_n(t)/dt = d^n y(t)/dt^n = -a_0 x_1(t) - a_1 x_2(t) - \dots - a_{n-1} x_n(t) + u(t)$$

联立成一阶微分方程组, 并用向量形式表示, 使得系统的状态空间模型:

$$\begin{aligned}
\frac{d\mathbf{X}(t)}{dt} = & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ -a_0 & -a_1 & -a_2 & \dots & -a_{n-1} \end{bmatrix} \mathbf{X}(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \mathbf{U}(t) \\
= & \mathbf{A}\mathbf{X}(t) + \mathbf{B}\mathbf{U}(t)
\end{aligned}$$

其中状态向量 $\mathbf{X}(t) = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)]^T$

而系统输出 $\mathbf{Y}(t)$ 则为

$$\mathbf{Y}(t) = x_1(t) = [1 \ 0 \ \dots \ 0] \mathbf{X}(t)$$

一般来说, 给定一个系统之后, 其状态空间描述不是惟一的, 也即系统的状态变量可以有多种多样的取法。对应于状态变量的不同取法, 也就会得到不同的状态方程和输出方程, 但是, 系统的状态空间描述虽然不惟一, 但其状态变量的个数却是惟一的。

例子: 设系统的运动方程为

$$d^3 y(t)/dt^3 + 6 d^2 y(t)/dt^2 + 11 dy(t)/dt + 6 y(t) = 6 u(t)$$

选择状态变量, 写出系统的状态方程。

取状态变量为

$$\begin{aligned}
x_1(t) &= y(t) \\
x_2(t) &= dy(t)/dt \\
x_3(t) &= d^2 y(t)/dt^2
\end{aligned}$$

从运动方程中解出最高次导数项 $d^3 y(t)/dt^3$, 并将上式代入方程, 则有

$$\begin{aligned}
dx_1(t)/dt &= dy(t)/dt = x_2(t) \\
dx_2(t)/dt &= d^2 y(t)/dt^2 = x_3(t) \\
dx_3(t)/dt &= d^3 y(t)/dt^3 = -6 x_1(t) - 11 x_2(t) - 6 x_3(t) + 6 u(t)
\end{aligned}$$

用矩阵形式表示, 则系统的状态方程为

$$\frac{d\mathbf{X}(t)}{dt} = \mathbf{A}\mathbf{X}(t) + \mathbf{B}\mathbf{U}(t)$$

式中

$$\begin{aligned}
\mathbf{X}(t) &= [x_1(t) \ x_2(t) \ x_3(t)]^T \\
\frac{d\mathbf{X}(t)}{dt} &= [dx_1(t)/dt \ dx_2(t)/dt \ dx_3(t)/dt]^T \\
\mathbf{A} &= \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -6 & -11 & -6 \end{bmatrix} \quad \mathbf{B} = [0 \ 0 \ 6]^T
\end{aligned}$$

输出方程为

$$\begin{aligned}
\mathbf{Y}(t) &= \mathbf{C}\mathbf{X}(t) \\
\mathbf{C} &= [1 \ 0 \ 0]^T
\end{aligned}$$

如果系统是多个微分方程描述的多输入—多输出系统,构造状态模型的方法是类似的。

例子:考察三输入—三输出的系统(本题简写各变量):

$$\begin{aligned} d^3 y_1 / dt^3 + a_1 d^2 y_1 / dt^2 + a_2 (dy_1 / dt + dy_2 / dt) + a_3 (y_1 - y_3) &= u_1 \\ d^2 y_2 / dt^2 + a_4 (dy_2 / dt - dy_1 / dt + 2dy_3 / dt) + a_5 (y_2 - y_1) &= u_2 \\ dy_3 / dt + a_6 (y_3 - y_1) &= u_3 \end{aligned}$$

选择如下的状态变量

$$\begin{aligned} x_1 &= y_1 \\ x_2 &= dy_1 / dt \\ x_3 &= d^2 y_1 / dt^2 \\ x_4 &= y_2 \\ x_5 &= dy_2 / dt \\ x_6 &= y_3 \end{aligned}$$

则有

$$\begin{aligned} dx_1 / dt &= x_2 \\ dx_2 / dt &= x_3 \\ dx_3 / dt &= -a_1 x_3 - a_2 (x_2 + x_5) - a_3 (x_1 - x_6) + u_1 \\ dx_4 / dt &= x_5 \\ dx_5 / dt &= -a_4 (x_5 - x_2 + 2dx_6 / dt) - a_5 (x_4 - x_1) + u_2 \\ dx_6 / dt &= -a_6 (x_6 - x_1) + u_3 \end{aligned}$$

写成矩阵形式便得:

$$\begin{aligned} \begin{matrix} dx_1 / dt \\ dx_2 / dt \\ dx_3 / dt \\ dx_4 / dt \\ dx_5 / dt \\ dx_6 / dt \end{matrix} &= \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -a_1 & -a_2 & -a_3 & 0 & -a_2 & a_3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ a_5 - 2a_4 a_6 & a_4 & 0 & -a_5 & -a_4 & 2a_4 a_6 \\ a_6 & 0 & 0 & 0 & 0 & -a_6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -2a_4 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

输出方程是

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \end{bmatrix}$$

时变与定常的类似。

例子:求带有时变系数的微分方程

$$d^2 y(t) / dt^2 + e^{-t} dy(t) / dt + e^t y(t) = u(t)$$

的状态变量表示。

令

$$\begin{aligned}x_1(t) &= y(t) \\x_2(t) &= dy(t)/dt\end{aligned}$$

则得

$$dx_2(t)/dt = d^2 y(t)/dt^2$$

记 $\mathbf{X}(t) = [x_1 \quad x_2]^T$, 有

$$d\mathbf{X}(t)/dt = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -e^t & -e^{t^2} \end{bmatrix} \mathbf{X}(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$\mathbf{Y}(t) = [0 \quad 1] \mathbf{X}(t)$$

把差分方程化为相应的状态空间表达式与把微分方程化为相应的状态空间表达式是类同的。

例子：由如下输入输出方程描述的系统

$$y(k+3) + 2y(k+2) + 4y(k+1) + y(k) = u(k)$$

这里的情形与连续时系统中不带输入微分的情形相似。

状态变量的选择可以是

$$\begin{aligned}x_1(k) &= y(k) \\x_2(k) &= y(k+1) \\x_3(k) &= y(k+2)\end{aligned}$$

于是

$$\begin{aligned}x_1(k+1) &= x_2(k) \\x_2(k+1) &= x_3(k) \\x_3(k+1) &= -2x_3(k) - 4x_2(k) - x_1(k) + \mathbf{U}(k)\end{aligned}$$

最后的状态方程便是

$$\begin{aligned}x_1(k+1) & \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad x_1(k) \quad 0 \\x_2(k+1) &= \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad x_2(k) + 0 \quad u(k) \\x_3(k+1) & \quad -1 \quad -4 \quad -2 \quad x_3(k) \quad 1\end{aligned}$$

作为当场练习, 已知某离散系统的状态空间描述为

$$\begin{aligned}x_1(k+1) &= x_2(k) \\x_2(k+1) &= 2x_1(k) + x_2(k) + u(k) \\y(k) &= x_1(k)\end{aligned}$$

请读者将该系统改写成向量矩阵形式。

在实际系统状态方程的建立中, 常常不难依据问题的背景和细节确定状态变量。当然, 这里没有一定的方法可以遵循, 许多技巧要读者自己从众多的案例中归纳总结。

先来看一个简单的例子。某个一年制干部进修学校, 只有一个年级的学生。第 k 个学年末的学生数设为 $\mathbf{X}(k)$, 并设在第 k 个学年末平均有 3% 的学生因成绩不合格而留级, 其余 97% 准予毕业。同时, 在第 k 个学年末或第 $k+1$ 个学年初招收新生数为 $\mathbf{U}(k)$, 这样在第 $k+1$ 个学年初的学生数为

$$0.03 \mathbf{X}(k) + \mathbf{U}(k)$$

它也就是第 $k+1$ 个学年末的学生数。即

$$\mathbf{X}(k+1) = 0.03 \mathbf{X}(k) + \mathbf{U}(k)$$

而在第 k 学年末毕业的学生数 $\mathbf{Y}(k)$ 为

$$\mathbf{Y}(k) = 0.97 \mathbf{X}(k)$$

以上两个式子构成了一个离散时间系统的数学模型。我们把第 k 个学年末的学生数称为系统的内部状态, 它反映系统的运动状态, 第 k 个学年末招收的新生数 $\mathbf{U}(k)$ 称为系统的输入, 第 k 个学年末毕业的学生数 $\mathbf{Y}(k)$ 称为系统的输出。

上述状态方程的求解可应用电子计算机来完成, 所以我们应该重视计算机在管理控制中的应用。

离散时间线性动态管理系统由差分方程来描述

$$\mathbf{X}(k+1) = \mathbf{A}\mathbf{X}(k) + \mathbf{B}\mathbf{U}(k)$$

$$\mathbf{Y}(k) = \mathbf{C}\mathbf{X}(k)$$

用迭代法解差分方程, 需要编一个矩阵与向量相乘以及向量与向量相加的程序, 就可求出上述模型的解。

第一步, 赋予初值 $\mathbf{X}(0)$, 给定迭代次数 N 和输入 $\mathbf{U}(0), \mathbf{U}(1), \dots, \mathbf{U}(N-1)$ 的值;

第二步, 令 $k=0$;

第三步, 计算 $\mathbf{X}(k+1)$ 和 $\mathbf{Y}(k)$;

第四步, 令 $k=k+1, N=N-1$;

第五步, 若 $N>0$, 则回到第三步;

第六步, 输出结果;

第七步, 结束。

大多数社会经济系统都可以用离散时间系统来描述, 这是因为这些系统一般都有明显的离散时间结构。因此我们特别强调离散时间系统。

这里再介绍一个简单的描述国民经济动态发展的模型。该模型中有四个基本的变量:

$\mathbf{Y}(k)$ = 国民收入(或产值);

$\mathbf{C}(k)$ = 消费;

$\mathbf{I}(k)$ = 投资;

$\mathbf{G}(k)$ = 政府支出。

变量 \mathbf{Y} 表示国民收入, 即在一个生产周期中参与经济活动的所有主体的收入总和; \mathbf{Y}

也可定义为国民产值,即在一个生产周期中参与经济活动的所有主体所创造的产品和服务的总和。

消费 \mathbf{C} 是指消费的产品与服务的总和,它是所有主体支出的和。

\mathbf{I} 是这一周期中的总投资。

最后, \mathbf{G} 是同一周期中政府支出的总量。

基本的均衡方程是

$$\mathbf{Y}(k) = \mathbf{C}(k) + \mathbf{I}(k) + \mathbf{G}(k)$$

除此之外,假定消费是收入的一个固定部分:

$$\mathbf{C}(k) = m \mathbf{Y}(k), 0 < m < 1$$

还假定经济增长与投资成正比,则有:

$$\mathbf{Y}(k+1) - \mathbf{Y}(k) = r \mathbf{I}(k), r > 0$$

以上三方程表达了上述假设条件下国民经济的运行机制。在这些方程中,只有变量 $\mathbf{G}(k)$ 是输入变量,其他变量是导出变量。

用向量—矩阵形式表示,有

$$\begin{array}{ccccccc} 0 & 0 & 0 & \mathbf{I}(k+1) & 1 & 1 & -1 & \mathbf{I}(k) & 1 \\ 0 & 0 & 0 & \mathbf{C}(k+1) & 0 & -1 & m & \mathbf{C}(k) & + & 0 & \mathbf{G}(k) \\ 0 & 0 & 1 & \mathbf{Y}(k+1) & r & 0 & 1 & \mathbf{Y}(k) & 0 \end{array}$$

容易得出

$$\mathbf{Y}(k+1) = [1 + r(1 - m)] \mathbf{Y}(k) - r \mathbf{G}(k)$$

$$\mathbf{C}(k) = m \mathbf{Y}(k)$$

$$\mathbf{I}(k) = (1 - m) \mathbf{Y}(k) - \mathbf{G}(k)$$

再留给读者自己完成一个题目:

设某城市第 k 年的人口数为 $N(k)$, 初始年人口数为 $N(0) = N_0$, 人口年平均出生率为 n_1 , 年平均死亡率为 n_2 , 第 k 年迁入的人口数为 $f_1(k)$, 迁出的人口数为 $f_2(k)$ 。试求该城市第 k 年人口数(以年终统计为准)的状态方程,并画出方框图。

3. 状态方程的解

一旦系统的模型已经建立,就可进行系统分析。

由状态方程知,典型的控制问题可以表述为:如何选择 $\mathbf{U}(t)$ 使系统的输出 $\mathbf{Y}(t)$ 或状态 $\mathbf{X}(t)$ 满足特定的目标。

作为准备,这里首先讨论在给定 $\mathbf{U}(t)$ 的情形下如何决定 $\mathbf{X}(t)$ 和 $\mathbf{Y}(t)$ 的问题。注意到 $\mathbf{Y}(t)$ 只通过代数关系依赖于 $\mathbf{X}(t)$ 和 $\mathbf{U}(t)$, 所以中心问题实际上是求解向量微分方程的问题。

以下不加证明地给出连续状态方程的解:

(1) 线性定常微分方程

$$d\mathbf{X}(t)/dt = \mathbf{A}\mathbf{X}(t) + \mathbf{B}\mathbf{U}(t)$$

$$\mathbf{X}(0) = \mathbf{X} \text{ 或 } \mathbf{X}(t_0) = \mathbf{X}$$

对应的齐次方程(没有控制作用下)为:

$$d\mathbf{X}(t)/dt = \mathbf{A}\mathbf{X}(t)$$

$$\mathbf{X}(0) = \mathbf{X} \text{ 或 } \mathbf{X}(t_0) = \mathbf{X}$$

这一由初始条件引起的自由运动的解为

对应于 $\mathbf{X}(0) = \mathbf{X}$, 有

$$\mathbf{X}(t) = \mathbf{Q}(t) \mathbf{X}(0)$$

其中

$$\mathbf{Q}(t) = e^{\mathbf{A}(t)} = \sum_{k=0}^{\infty} \mathbf{A}^k(t) / k!$$

对应于 $\mathbf{X}(t_0) = \mathbf{X}$, 有

$$\mathbf{X}(t) = \mathbf{Q}(t - t_0) \mathbf{X}(t_0)$$

其中

$$\mathbf{Q}(t - t_0) = e^{\mathbf{A}(t-t_0)} = \sum_{k=0}^{\infty} \mathbf{A}^k(t - t_0) / k!$$

$\mathbf{Q}(t)$ 和 $\mathbf{Q}(t - t_0)$ 称为状态转移矩阵。因任一时刻的状态仅仅是由初始状态转移来的而得名。这是一个十分重要的概念。

原方程(有控制作用下的强迫运动)的解为:

当 t_0 等于 0,

$$\mathbf{X}(t) = \mathbf{Q}(t) \mathbf{X}(0) + \int_0^t \mathbf{Q}(t - s) \mathbf{B}\mathbf{U}(s) ds$$

当 t_0 不等于 0,

$$\mathbf{X}(t) = \mathbf{Q}(t - t_0) \mathbf{X}(t_0) + \int_{t_0}^t \mathbf{Q}(t - s) \mathbf{B}\mathbf{U}(s) ds$$

其中 $\mathbf{Q}(t - s) = e^{\mathbf{A}(t-s)}$, 各式第一项为 \mathbf{X} 对 $\mathbf{X}(t)$ 的影响, 第二项为 $\mathbf{U}(t)$ 对 $\mathbf{X}(t)$ 产生的影响。

(2) 线性时变微分方程

一般的系统, 严格来说都是非定常系统。所以线性时变系统比线性定常系统更具普遍意义。

$$d\mathbf{X}(t)/dt = \mathbf{A}(t) \mathbf{X}(t) + \mathbf{B}(t) \mathbf{U}(t)$$

$$\mathbf{X}(0) = \mathbf{X} \quad \text{或} \quad \mathbf{X}(t_0) = \mathbf{X}$$

上述方程对应的齐次方程为:

$$d\mathbf{X}(t)/dt = \mathbf{A}(t) \mathbf{X}(t)$$

$$\mathbf{X}(0) = \mathbf{X} \quad \text{或} \quad \mathbf{X}(t_0) = \mathbf{X}$$

在求其通解前, 通常要求它满足解的存在性与惟一性。

由于状态空间是 n 维的, 对 n 个独立的初始条件 $\mathbf{X}_i(t_0)$, $i = 1, 2, \dots, n$ 可以求得该齐次方程的 n 个解 $\mathbf{X}_i(t)$, $i = 1, 2, \dots, n$ 。特别当选择

$$\mathbf{X}(t_0) = [1 \ 0 \ \dots \ 0]^T$$

$$\mathbf{X}(t_0) = [0 \ 1 \ \dots \ 0]^T$$

...

$$\mathbf{X}(t_0) = [0 \ 0 \ \dots \ 1]^T$$

即选择系统初始条件为 \mathbf{R} 的 n 个自然基时, 所得到的 n 个解 $\mathbf{X}_1(t, t_0), \mathbf{X}_2(t, t_0), \dots, \mathbf{X}_n(t, t_0)$ 可以用来构成一个 $n \times n$ 矩阵

$$\mathbf{Q}(t, t_0) = [\mathbf{X}_1(t, t_0) \ \mathbf{X}_2(t, t_0) \ \dots \ \mathbf{X}_n(t, t_0)]$$

这样定义的矩阵称为转移矩阵。

时变系统中 $\mathbf{Q}(t, t_0)$ 往往不能写成指数矩阵形式。

于是对任一初始值 $\mathbf{X}(0)$, 此方程的解向量可表示为:

$$\mathbf{X}(t) = \mathbf{Q}(t, 0) \mathbf{X}(0)$$

于是对任一初始值 $\mathbf{X}(t_0)$, 此方程的解向量可表示为:

$$\mathbf{X}(t) = \mathbf{Q}(t, t_0) \mathbf{X}(t_0)$$

如果 $\mathbf{X}(s)$ 是齐次系统在 s 时刻的解, 则系统在 t 时刻的解 $\mathbf{X}(t)$ 为

$$\mathbf{X}(t) = \mathbf{Q}(t, s) \mathbf{X}(s)$$

于是, 原线性时变状态方程的解向量为

当 t_0 等于 0,

$$\mathbf{X}(t) = \mathbf{Q}(t, 0) \mathbf{X}(0) + \int_0^t \mathbf{Q}(t, s) \mathbf{B}(s) \mathbf{U}(s) ds$$

当 t_0 不等于 0,

$$\mathbf{X}(t) = \mathbf{Q}(t, t_0) \mathbf{X}(t_0) + \int_{t_0}^t \mathbf{Q}(t, s) \mathbf{B}(s) \mathbf{U}(s) ds$$

这些均可利用计算机来求解。虽然有时能找到解析形式的解, 但是比较经常的还是求数值形式的解。当然用模型的一个解就足以进行有意义的分析是罕见的。每一个模型实际上代表了一个解集。

离散时间系统的理论基本上与连续时间系统的理论是平行的。而且在实际工作中, 也常将连续时间系统离散化。下面来分析离散状态方程的解。

(1) 定常离散时间系统

$$\mathbf{X}(k+1) = \mathbf{A}\mathbf{X}(k) + \mathbf{B}\mathbf{U}(k)$$

$$\mathbf{X}(0) = \mathbf{X} \quad (k = 0, 1, 2, \dots)$$

对应的齐次系统为

$$\mathbf{X}(k+1) = \mathbf{A}\mathbf{X}(k)$$

如果系统的初始条件为 $\mathbf{X}(0)$, 则递推求解给出

$$\mathbf{X}(k) = \mathbf{A}^k \mathbf{X}(0)$$

$$\mathbf{Q}(k, 0) = \mathbf{A}^k$$

$$\mathbf{X}(k) = \mathbf{A}^{k-j} \mathbf{X}(j)$$

$$\mathbf{Q}(k, j) = \mathbf{A}^{k-j}$$

$\mathbf{Q}(k, 0)$ 和 $\mathbf{Q}(k, j)$ 称为状态转移矩阵。

当 $\mathbf{X}(0) = 0$ 时, 应分别计算 $\mathbf{U}(j)$, $j=0, 1, \dots$ 对 $\mathbf{X}(k)$ 的影响。

$\mathbf{X}(j)$ 对 $\mathbf{X}(k)$ 的影响为

$$\mathbf{X}(k) = \mathbf{Q}(k, j+1) \mathbf{B}(j) \mathbf{U}(j)$$

其中

$$\mathbf{Q}(k, j+1) = \mathbf{A}^{k-j-1}$$

由于是线性系统, 可用叠加原理得

$$\mathbf{X}(k) = \mathbf{A}^k \mathbf{X}(0) + \sum_{j=0}^{k-1} \mathbf{A}^{k-j-1} \mathbf{B}(j) \mathbf{U}(j) \quad (k=1, 2, \dots)$$

(2) 时变离散时间系统

时变离散时间系统也可利用迭代法求得其解。

$$\mathbf{X}(k+1) = \mathbf{A}(k) \mathbf{X}(k) + \mathbf{B}(k) \mathbf{U}(k)$$

$$\mathbf{X}(0) = \mathbf{X} \quad (k=0, 1, 2, \dots)$$

当 $\mathbf{U}(k) = 0$ 时, 对应的齐次系统为

$$\mathbf{X}(k+1) = \mathbf{A}(k) \mathbf{X}(k)$$

如果系统的初始条件为 $\mathbf{X}(0)$, 则递推求解给出

$$\mathbf{X}(k) = \mathbf{A}(k-1) \mathbf{A}(k-2) \dots \mathbf{A}(0) \mathbf{X}(0)$$

令

$$\mathbf{Q}(k, 0) = \mathbf{A}(k-1) \mathbf{A}(k-2) \dots \mathbf{A}(0)$$

则

$$\mathbf{X}(k) = \mathbf{Q}(k, 0) \mathbf{X}(0)$$

同理, 若已知 j 时刻的状态, 也可获得 k ($k > j$) 时刻的系统状态 $\mathbf{X}(k)$ 。

令

$$\mathbf{Q}(k, j) = \mathbf{A}(k-1) \mathbf{A}(k-2) \dots \mathbf{A}(k-j)$$

则

$$\mathbf{X}(k) = \mathbf{Q}(k, j) \mathbf{X}(j)$$

$\mathbf{Q}(k, 0)$ 和 $\mathbf{Q}(k, j)$ 称为状态转移矩阵。

当 $\mathbf{X}(0) = 0$ 时, 应分别计算 $\mathbf{U}(j)$, $j=0, 1, \dots$ 对 $\mathbf{X}(k)$ 的影响。

$\mathbf{X}(j)$ 对 $\mathbf{X}(k)$ 的影响为

$$\mathbf{X}(k) = \mathbf{Q}(k, j+1) \mathbf{B}(j) \mathbf{U}(j)$$

其中

$$\mathbf{Q}(k, j+1) = \mathbf{A}(k-1) \mathbf{A}(k-2) \dots \mathbf{A}(k-j-1)$$

由于是线性系统, 可用叠加原理得

$$\mathbf{X}(k) = \mathbf{Q}(k, 0) \mathbf{X}(0) + \sum_{j=0}^{k-1} \mathbf{Q}(k, j+1) \mathbf{B}(j) \mathbf{U}(j) \quad (k=1, 2, \dots)$$

4. 线性系统的稳定性

稳定性是关于系统行为的最重要的特性之一, 是系统能否正常工作的先决条件。

有一些系统, 干扰对系统运动的影响很微弱; 也有一些系统, 干扰对系统运动的影响

较显著。前一类系统被认为是稳定的,后一类系统被认为是不稳定的。

如果人们已经知道某个系统运行时,其稳定性不佳或是不稳定时,就可事先采取一定的措施,改善系统的稳定性能或使系统由不稳定变为稳定。

一个动态系统的稳定性,通常是指它的平衡状态是否稳定。

首先给出平衡状态的定义。

定义:如果一个向量 \mathbf{x}^* 具有这样的性质,一旦系统的状态向量等于 \mathbf{x}^* ,在以后的所有时刻它仍然等于 \mathbf{x}^* ,那么向量 \mathbf{x}^* 便是动态系统的一个平衡状态。

通俗地说,如果一个系统的状态不随时间的推移而改变,我们就说这个系统处于平衡状态。这是一个一般的定义,它适用于离散和连续时间系统,而且既适用于线性系统又适用于非线性系统。

进一步地说,当状态向量由于外扰而离开了平衡状态,如果以后还能回到原本的平衡状态,这个平衡状态则是稳定的,称为稳定平衡。如果离原来的平衡状态越来越远,这个平衡状态就是不稳定的,称为不稳定平衡。

线性系统的稳定性具有全局性,只有一个平衡状态;非线性系统的稳定性具有局部性,有多个平衡状态。

下面我们仅讨论线性定常系统的稳定性。通常有如下三种可能的情形:系统渐近稳定、系统稳定、系统不稳定。我们主要讨论渐近稳定性。

线性定常系统平衡状态 \mathbf{x}^* 的渐近稳定性定义是,如果系统的平衡状态受扰后达到任意初始状态,由此出发的状态向量都将随时间的延长而趋于平衡状态 \mathbf{x}^* ,则平衡状态 \mathbf{x}^* 是渐近稳定的。

由定义,可认为输入控制为零,也就是说由系统的齐次方程就可决定系统的稳定性。

设线性定常连续系统为

$$\frac{d\mathbf{X}(t)}{dt} = \mathbf{A}\mathbf{X}(t)$$

式中, $\mathbf{X}(t)$ 为 n 维状态向量, \mathbf{A} 为 $n \times n$ 常系数矩阵。

由系统状态方程知, \mathbf{A} 是非奇异矩阵时,系统有惟一的平衡状态。如果 \mathbf{A} 是奇异的,系统有无穷多个平衡状态。

下面给出李亚普诺夫的稳定性定理。

定理:假设 \mathbf{A} 是非奇异矩阵,若给定一个正定的实对称矩阵 \mathbf{Q} ,存在一个正定的实对称矩阵 \mathbf{P} ,使得满足如下矩阵方程

$$\mathbf{A}^T \mathbf{P} + \mathbf{P} \mathbf{A} = -\mathbf{Q}$$

则系统在平衡状态处是大范围内渐近稳定的。

该定理阐述的条件是充分必要的。

通常取 $\mathbf{Q} = \mathbf{I}$ (单位阵)较为方便。

例子:设系统的状态方程为

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= 0 - 1 x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} &= -1 - 1 x_2 \end{aligned}$$

显然,坐标原点是系统的一个平衡状态点。试确定系统在这一平衡状态下的渐近稳定性。

根据 $\mathbf{A}^T \mathbf{P} + \mathbf{P} \mathbf{A} = -\mathbf{I}$

由已知条件可得

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{12} & p_{22} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{12} & p_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$$

展开得

$$\begin{aligned} -2p_{12} &= -1 \\ p_{11} - p_{12} - p_{22} &= 0 \\ 2p_{12} - 2p_{22} &= -1 \end{aligned}$$

解上式得

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} 3/2 & 1/2 \\ 1/2 & 1 \end{bmatrix}$$

\mathbf{P} 显然是正定的,所以上述系统在原点处是渐近稳定的。

对线性定常离散系统而言,

$$\mathbf{X}(k+1) = \mathbf{G} \mathbf{X}(k)$$

当系统在平衡状态处是大范围内渐近稳定时,其充分必要条件是:对于任意给定的实对称正定矩阵 \mathbf{Q} ,都存在实对称正定矩阵 \mathbf{P} ,使得

$$\mathbf{G}^T \mathbf{P} \mathbf{G} - \mathbf{P} = -\mathbf{Q}$$

特别当取 $\mathbf{Q} = \mathbf{I}$ 时,上式可写成

$$\mathbf{G}^T \mathbf{P} \mathbf{G} - \mathbf{P} = -\mathbf{I}$$

例子:设离散时间系统的状态方程为

$$\mathbf{X}(k+1) = \begin{bmatrix} a & 0 \\ 0 & b \end{bmatrix} \mathbf{X}(k)$$

试确定系统在平衡状态处是大范围渐近稳定的条件。

首先,坐标原点是系统的一个平衡状态点。

根据 $\mathbf{G}^T \mathbf{P} \mathbf{G} - \mathbf{P} = -\mathbf{I}$

由已知条件可得

$$\begin{bmatrix} a & 0 \\ 0 & b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a & 0 \\ 0 & b \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$$

简化为

$$\begin{aligned} p_{11}(1-a^2) & & p_{12}(1-ab) & & 1 & 0 \\ p_{12}(1-ab) & & p_{22}(1-b^2) & & 0 & 1 \end{aligned} =$$

于是得

$$p_{12} (1 - ab) = 0$$

$$p_{11} (1 - a^2) = 1$$

$$p_{22} (1 - b^2) = 1$$

要使 \mathbf{P} 为正定, 必须满足

$$p_{11} > 0, \quad p_{11} p_{22} - p_{12} p_{21} > 0$$

将此条件代入上式, 得所求条件为

$$a < 1, \quad b < 1。$$

线性时变系统的稳定性分析, 也有类似的定理, 这里不再叙述。

严格地说, 实际的动态系统几乎都是非线性的。因此研究非线性系统便更具现实意义。然而, 由于非线性系统的一般形式近于黑箱, 不象线性系统那样有许多的结构信息可以利用, 所以至今为止非线性系统仍然缺乏一般的研究方法。

非线性系统的理论不象线性系统的理论那样统一, 而应该针对特定的非线性系统探讨其深入的结构性质, 建立相应的理论。这是由非线性现象本身的多样性所决定的。

线性与非线性是既有区别又有联系。它们除了本身的客观性质以外, 还与我们主观方面的处理方法有关。一种方法是用一个与真实系统接近的简单系统代替非线性系统。另一方法是直接研究非线性系统而不是将其线性化。感兴趣的读者可参考有关书籍。

5. 线性系统的能控性与能观测性

对于一个控制系统, 如果我们已知其状态与输出方程, 那么就会产生这样的问题: 在对输出经过一段适当时间的观测之后, 能不能据此得知该系统的状态? 其次, 如果我们知道了系统的状态, 那么当加入使用适当的输入之后, 这个系统能不能达到我们所预期的状态。前一个问题是能观测性问题, 后一个问题是能控性问题。

能控性和能观测性是控制理论中的两个基本概念。这两个概念是卡尔曼在 20 世纪 60 年代提出的, 它们分别从状态的控制能力和状态的识别能力两个方面反映系统本身的内在特性, 对线性系统的分析与设计具有密切的关系。

给定线性时变系统

$$d\mathbf{X}(t)/dt = \mathbf{A}(t) \mathbf{X}(t) + \mathbf{B}(t) \mathbf{U}(t)$$

$$\mathbf{Y}(t) = \mathbf{C}(t) \mathbf{X}(t)$$

(1) 能控性及其判据

能控性研究控制向量与状态向量的关系, 表明的是控制支配状态的能力。

定义: 如果线性时变系统对时刻 t_0 的任意初始状态 $\mathbf{X}(t_0) = \mathbf{X}_0$, 可相应找到一个容许控制 $\mathbf{U}(t)$, 以及某个时刻 t_1 ($t_1 > t_0$), 使得 $\mathbf{X}(t_1) = 0$, 即 \mathbf{X}_0 在 $\mathbf{U}(t)$ 的作用下, 在 t_1 时刻转移到状态空间的原点, 则称线性时变系统在时刻 t_0 是完全能控的。(为简便起见, 只研究把系统由初始状态转移到零状态的可控性) 如果在系统有定义的时间区间内任一时

刻都是完全能控的,则称此系统为完全能控系统。

可见,状态的能控性实质即实现指定的状态跃迁。

定理:由原方程所描述的系统在时刻 t_0 为完全能控的必要充分条件是:存在时刻 $t_1 (t_1 > t_0)$,使得由转移矩阵 $\mathbf{Q}(t, s)$ 及控制矩阵 $\mathbf{B}(s)$ 所构成的 $n \times n$ 能控性矩阵

$$\int_{t_0}^{t_1} \mathbf{Q}(t_0, s) \mathbf{B}(s) \mathbf{B}^T(s) \mathbf{Q}^T(t_0, s) ds$$

为满秩矩阵,即秩为 n 。

这一判据用起来并不方便,但有它的理论意义。不难看出,控制系统的状态可控性只与系统的状态方程有关,与输出方程无关。

对常见的定常线性系统,可以采用比较方便的判据。

给定线性定常系统

$$d\mathbf{X}(t)/dt = \mathbf{A}\mathbf{X}(t) + \mathbf{B}\mathbf{U}(t)$$

如果对任意的初始状态 \mathbf{X} 和终了状态 \mathbf{X} ,存在有限时间 T 和定义在区间 $[0, T]$ 上的控制函数 $\mathbf{U}(t), 0 \leq t \leq T$,使系统在 $\mathbf{U}(t)$ 作用下由初始状态 $\mathbf{X}(0) = \mathbf{X}$ 转移到 T 时刻的终态 $\mathbf{X} = \mathbf{X}(T)$,那么系统 (\mathbf{A}, \mathbf{B}) 称为是完全可控的。

该系统完全能控的必要充分条件是矩阵 $(\mathbf{B} \quad \mathbf{A}\mathbf{B} \quad \mathbf{A}^2\mathbf{B} \quad \dots \quad \mathbf{A}^{n-1}\mathbf{B})$ 的秩为 n 。

(2) 能观测性及其判据

能观测性研究状态向量和输出向量的关系,表明的是输出反映状态的能力。

定义:如果上述线性时变系统对时刻 t_0 以及已知的 $\mathbf{U}(t) (t \geq t_0)$,可以相应地确定时刻 $t_1 (t_1 > t_0)$,使得根据 $[t_0, t_1]$ 上的量测值 $\mathbf{Y}(t)$,就能惟一地确定系统在时刻 t_0 的状态 $\mathbf{X}(t_0) = \mathbf{X}$,则称系统在时刻 t_0 是完全能观测的。如果在系统有定义的时间区间内的任一时刻都是完全能观测的,则称此系统为完全能观测系统。

可见,状态的能观测性实质即确定初始条件。

一旦 t_0 时刻的初始值 $\mathbf{X}(t_0)$ 即系统的初始状态得以确定,那么我们便可以计算系统在新的输入 $\{\mathbf{U}(t), t \geq t_0\}$ 下将来所有时刻的行为,而不必关心 $\{\mathbf{U}(t), t \geq t_0\}$ 曾经是什么。如果动态系统可观测,由输出变量可以得到状态变量的信息,就可实现用状态变量进行反馈。

定理:由上述方程所描述的系统在时刻 t_0 为完全能观测的必要充分条件是:存在时刻 $t_1 (t_1 > t_0)$,使得由转移矩阵 $\mathbf{Q}(s, t)$ 及观测矩阵 $\mathbf{C}(s)$ 所构成的 $n \times n$ 能观测性矩阵

$$\int_{t_0}^{t_1} \mathbf{Q}^T(s, t_0) \mathbf{C}^T(s) \mathbf{C}(s) \mathbf{Q}(s, t_0) ds$$

为满秩矩阵,即秩为 n 。

当系统为定常系统时,即假定已获得系统的状态空间描述

$$d\mathbf{X}(t)/dt = \mathbf{A}\mathbf{X}(t) + \mathbf{B}\mathbf{U}(t)$$

$$\mathbf{Y}(t) = \mathbf{C}\mathbf{X}(t), \mathbf{X}(0) = \mathbf{X}$$

若已知输入 $\{\mathbf{U}(t), t \geq 0\}$ 和输出 $\{\mathbf{Y}(t), t \geq 0\}$ 的值, 问题是要决定状态 $\{\mathbf{X}(t), t \geq 0\}$ 的值。上述问题实质上是状态初值 \mathbf{X} 的可观测性问题, 因为只要知道 \mathbf{X} 和 $\{\mathbf{U}(t), t \geq 0\}$, 可以完全惟一地确定系统 $(\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C})$ 任何时刻的 $\mathbf{X}(t)$ 值。

该系统完全能观测的必要充分条件是矩阵 $(\mathbf{C}^T \mathbf{A}^T \mathbf{C}^T (\mathbf{A}^T)^2 \mathbf{C}^T \dots (\mathbf{A}^T)^{n-1} \mathbf{C}^T)$ 的秩为 n 。

关于离散系统的能控性与能观测性, 也有类似的定义和定理。而且, 线性系统的可控性和可观测性之间存在着内在联系。

例子: 考察如下的系统

$$\begin{aligned} \frac{d\mathbf{X}(t)}{dt} &= \begin{bmatrix} -3/4 & -1/4 \\ -1/2 & -1/2 \end{bmatrix} \mathbf{X}(t) + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \mathbf{U}(t) \\ \mathbf{Y}(t) &= [4 \quad 2] \mathbf{X}(t) \end{aligned}$$

可控性矩阵为

$$[\mathbf{B} \quad \mathbf{AB}] = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}, \text{ 其秩为 } 1;$$

而可观测性矩阵为

$$[\mathbf{C} \quad \mathbf{CA}]^T = \begin{bmatrix} 4 & -4 \\ 2 & -2 \end{bmatrix}, \text{ 其秩也为 } 1。$$

所以该系统既不完全可控又不完全可观测。

例子: 已知三阶系统的状态方程为

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= 1x_1 + 2x_2 - 1x_3 + 0\mathbf{U}(t) \\ \frac{dx_2}{dt} &= 0x_1 + 1x_2 + 0x_3 + 0\mathbf{U}(t) \\ \frac{dx_3}{dt} &= 1x_1 - 4x_2 + 3x_3 + 1\mathbf{U}(t) \end{aligned}$$

试判断系统的能控性。

系统状态完全能控的充要条件是其能控矩阵满秩。

已知

$$\begin{aligned} \mathbf{A} &= \begin{bmatrix} 1 & 2 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 3 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \\ \mathbf{AB} &= \begin{bmatrix} -1 & -4 \\ 0 & 0 \\ 3 & 8 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{A}^2 \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 8 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

故能控矩阵为

$$[\mathbf{B} \quad \mathbf{AB} \quad \mathbf{A}^2 \mathbf{B}] = \begin{bmatrix} 0 & -1 & -4 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 3 & 8 \end{bmatrix}$$

因为该矩阵的秩等于 2, 所以系统是状态不完全能控的。

例子: 已知单输入—单输出系统的状态方程和输出方程为

$$\begin{aligned} dx_1/dt &= 1x_1 + 0x_2 + 2x_3 \\ dx_2/dt &= 2x_1 + 1x_2 + 1x_3 \\ dx_3/dt &= 1x_1 - 1x_2 + 2x_3 \end{aligned}$$

$$\mathbf{Y}(t) = [1 \quad 0 \quad 2] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}$$

试检验系统的能观测性。

该系统为三阶系统, 系统状态完全能观测的充要条件是其能观测矩阵满秩。

已知

$$\begin{aligned} \mathbf{A} &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 2 \\ 2 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 2 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{C} = [1 \quad 0 \quad 2] \\ \mathbf{A}^T &= \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & -1 \\ 2 & 1 & 2 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{C}^T = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 2 \end{bmatrix} \\ \mathbf{A}^T \mathbf{C}^T &= \begin{bmatrix} 3 \\ -2 \\ 6 \end{bmatrix}, \quad (\mathbf{A}^T)^2 \mathbf{C}^T = \mathbf{A}^T \mathbf{A}^T \mathbf{C}^T = \begin{bmatrix} 5 \\ -8 \\ 16 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

故能观测矩阵为

$$[\mathbf{C}^T \quad \mathbf{A}^T \mathbf{C}^T \quad (\mathbf{A}^T)^2 \mathbf{C}^T] = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 0 & -2 & -8 \\ 2 & 6 & 16 \end{bmatrix}$$

因为该矩阵满秩, 故系统是完全能观测的。

下面给出线性离散定常系统的能控性和能观测性的两个题目, 留给读者当场练习。

题目 1: 设系统的状态方程为

$$\begin{aligned} x_1(k+1) &= 1x_1(k) + 0x_2(k) + 0x_3(k) + 1u(k) \\ x_2(k+1) &= 0x_1(k) + 2x_2(k) - 2x_3(k) + 0u(k) \\ x_3(k+1) &= -1x_1(k) + 1x_2(k) + 0x_3(k) + 1u(k) \end{aligned}$$

试判断系统的状态能控性。(该系统是状态能控的)

题目 2: 设系统的方程为

$$\begin{aligned} \mathbf{X}(k+1) &= \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & 0 \\ 0 & 1 & 2 \end{bmatrix} \mathbf{X}(k) \\ \mathbf{Y}(k) &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \mathbf{X}(k) \end{aligned}$$

试判断系统是否具有能观测性。(给定系统具有能观测性)

6. 输出反馈与状态反馈

在经典控制理论中,习惯于采用输出反馈;而在现代控制理论中,通常采用状态反馈。这就构成了反馈的两种基本形式。

(1) 状态反馈

状态反馈方块图如图 5-3:

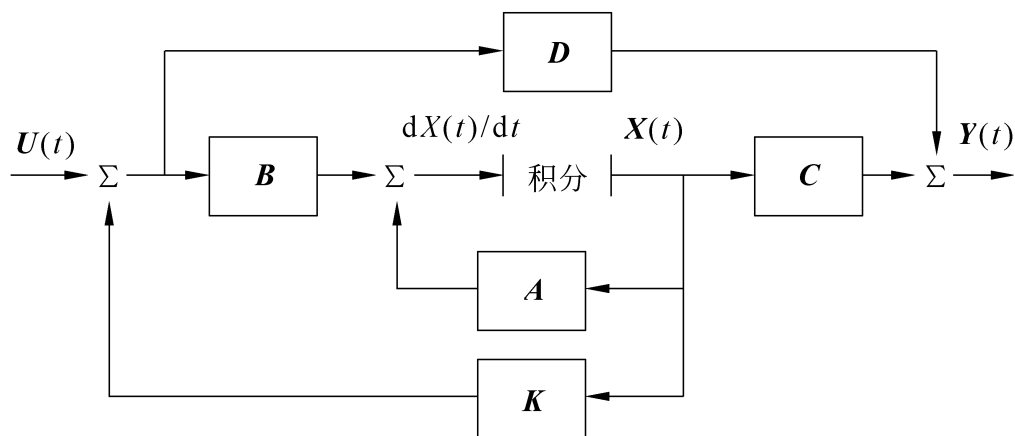


图 5-3 状态反馈方块图

对受控系统(\mathbf{A} , \mathbf{B} , \mathbf{C} , \mathbf{D}),用状态向量的线性反馈 $\mathbf{KX}(t)$ 构成的闭环系统,称为状态反馈系统。

受控系统的方程为

$$\begin{aligned} \frac{d\mathbf{X}(t)}{dt} &= \mathbf{AX}(t) + \mathbf{BV}(t) \\ \mathbf{Y}(t) &= \mathbf{CX}(t) + \mathbf{DV}(t) \end{aligned}$$

线性反馈规律为

$$\mathbf{V}(t) = \mathbf{U}(t) - \mathbf{KX}(t)$$

因此,通过状态反馈构成的闭环系统的状态方程和输出方程为

$$\begin{aligned} \frac{d\mathbf{X}(t)}{dt} &= (\mathbf{A} - \mathbf{BK}) \mathbf{X}(t) + \mathbf{BU}(t) \\ \mathbf{Y}(t) &= (\mathbf{C} - \mathbf{DK}) \mathbf{X}(t) + \mathbf{DU}(t) \end{aligned}$$

一般 $\mathbf{D}=0$, 上式可简化为

$$d\mathbf{X}(t)/dt = (\mathbf{A} - \mathbf{BK})\mathbf{X}(t) + \mathbf{BU}(t)$$

$$\mathbf{Y}(t) = \mathbf{CX}(t)$$

常表示为 $(\mathbf{A} - \mathbf{BK}, \mathbf{B}, \mathbf{C})$

(2) 输出反馈

输出反馈方块图如图 5-4:

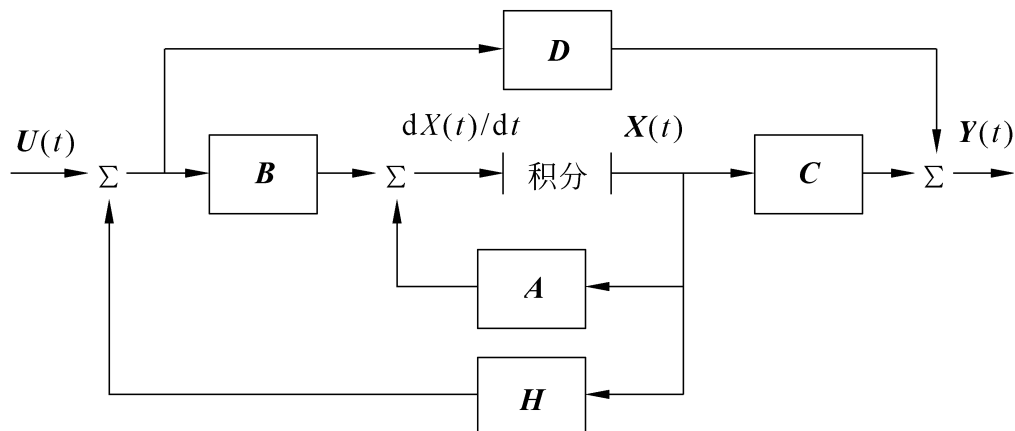


图 5-4 输出反馈方块图

对受控系统 $(\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}, \mathbf{D})$, 用输出向量的线性反馈 \mathbf{HY} 构成的闭环系统, 称为输出反馈系统。

当 $\mathbf{D} = 0$ 时, 线性反馈规律为

$$\mathbf{V}(t) = \mathbf{U}(t) - \mathbf{HY}(t) = \mathbf{U}(t) - \mathbf{HCX}(t)$$

因此, 通过输出反馈构成的闭环系统的状态方程和输出方程为

$$d\mathbf{X}(t)/dt = (\mathbf{A} - \mathbf{BHC})\mathbf{X}(t) + \mathbf{BU}(t)$$

$$\mathbf{Y}(t) = \mathbf{CX}(t)$$

常表示为 $(\mathbf{A} - \mathbf{BHC}, \mathbf{B}, \mathbf{C})$

5.3 最优化模型

前面主要介绍的是系统的分析问题, 下面重点讨论的是系统的综合问题。

许多系统都是可以控制的, 控制作用使系统取得比没有这种作用时“更好”的状态。换句话说, 为了实现动态过程中状态从初态转移到终态, 可通过不同的控制来完成, 因而就产生了寻求在某种意义上最好的或最优的控制的问题。

最优控制问题在许多方面是函数极值问题在动态系统情形下的推广。最优控制的理论是控制论中最基本的和最重要的内容之一。如果说反馈控制原理是经典控制理论的核心, 那么最优控制原理就是现代控制理论的核心。

为了把控制系统的种种行为加以比较, 并发现“较好的”一个行为, 就有必要选用一种合适的测度——性能指标。每一个控制变量都对应着一个确定的性能指标, 最优控制的

任务就在于找到和实现这样一个控制变量,关于这个变量,所选的性能指标将取最优值。需要注意,所谓最优控制是指对某一性能指标最优,而不是对任何性能指标最优。

本节介绍最优控制理论的以下内容:最优控制问题的数学表示法,贝尔曼(Bellman)动态规划法及庞特里雅金(Pontryagin)最小值原理。

1. 最优控制问题的提法

评价一个系统性能的好坏,其指标是多种多样的。评价动态系统的性能指标一般就是指系统的目标。系统目标是系统分析和设计的出发点。以连续时间系统说明,系统的目标是在时间上累积起来的,通常依赖于系统的整个运动轨迹,可用依赖于轨迹函数的某个积分表示。

设系统的状态向量为 $\mathbf{X}(t)$, 控制向量为 $\mathbf{U}(t)$, 系统的运行时区为 $[0, T]$, 则一般的性能指标可写成

$$\mathbf{J} = \int_0^T g(t, \mathbf{X}(t), \mathbf{U}(t)) dt$$

应该强调,性能指标 \mathbf{J} 是轨迹函数 $(t, \mathbf{X}(t), \mathbf{U}(t))$, $0 \leq t \leq T$ 的函数,依赖于整个轨迹上各点的值。一般也把 \mathbf{J} 称为目标泛函(函数的函数),以区别依赖于变量的函数。

除此以外,性能指标 \mathbf{J} 中还常常加上表示终端约束的函数 $h(\mathbf{X}(T))$, 因为人们所关心的主要是终端的情况,而不是整个控制过程的情况,这样,性能指标常常具有如下的形式:

$$\mathbf{J} = h(\mathbf{X}(T)) + \int_0^T g(t, \mathbf{X}(t), \mathbf{U}(t)) dt$$

式中 h 和 g 均为标量函数。

一旦建立了衡量系统性能的指标 \mathbf{J} , 控制的任務便可归结为在所有允许使用的控制函数集合 \mathbf{U} 中选择特定的控制函数,使 \mathbf{J} 取极值的问题。

记住下面这一点是很重要的:被控变量只能在一定范围内变化。当在所有可能的控制中,求出一个控制,它既能满足给定的约束条件,又能使给定的系统性能指标为最小(或最大),则这个控制就是最优的。

如果给定的被控对象的状态方程为

$$\begin{aligned} d\mathbf{X}(t)/dt &= \mathbf{F}(t, \mathbf{X}(t), \mathbf{U}(t)) \\ \mathbf{X}(0) &= \mathbf{X}_0, \quad 0 \leq t \leq T \end{aligned}$$

最优控制问题其实是轨线 $(t, \mathbf{X}(t), \mathbf{U}(t))$, $0 \leq t \leq T$ 受上面约束的极值问题:

$$\min \mathbf{J} = h(\mathbf{X}(T)) + \int_0^T g(t, \mathbf{X}(t), \mathbf{U}(t)) dt$$

称之为基本最优控制问题。

在基本最优控制问题中,终端时间 T 假定是已知的,即预先已经规定,系统运行的时间为 T 。如果 T 不是预先规定的,问题中要求一个合适的终了时刻 T ,使在 T 时刻系统

达到终态比在其他时刻达到终态有更好的性能指标 J , 这样的问题为自由终端时间问题。自然, 基本最优控制问题也称为固定终端时间问题。

从一般情况看, 对连续时间系统的最优控制问题, 必须确定下列内容:

被控对象的状态方程:

$$d\mathbf{X}(t)/dt = \mathbf{F}(t, \mathbf{X}(t), \mathbf{U}(t))$$

$$\mathbf{X}(t_0) = \mathbf{X}_0$$

状态向量 $\mathbf{X}(t)$ 的初始条件与终端条件, 即状态方程的边界条件。通常初始条件 $\mathbf{X}(t_0)$ 是一已知向量, 终端状态 $\mathbf{X}(t_1)$ 是状态空间的一个子集, 称为目标集。

一组控制向量 $\mathbf{U}(t)$ 的约束条件, 即容许控制集。每一个实际的控制问题, 控制向量 $\mathbf{U}(t)$ 都有一个规定的取值范围。

一个性能指标(目标泛函)

$$J = \int_{t_0}^{t_1} g(t, \mathbf{X}(t), \mathbf{U}(t)) dt + h(\mathbf{X}(t_1))$$

最优控制问题要求确定控制向量 $\mathbf{U}^*(t)$, 使其满足下列条件

$$\mathbf{X}^*(t_0) = \mathbf{X}_0$$

$$J^* = \int_{t_0}^{t_1} g(t, \mathbf{X}^*(t), \mathbf{U}^*(t)) dt + h(\mathbf{X}^*(t_1))$$

$$= \min \int_{t_0}^{t_1} g(t, \mathbf{X}(t), \mathbf{U}(t)) dt + h(\mathbf{X}(t_1))$$

其中 $\mathbf{X}^*(t)$ 是状态方程中 $\mathbf{U}(t) = \mathbf{U}^*(t)$ 时满足初始条件的解。这时称 $\mathbf{U}^*(t)$ 为系统关于性能指标 J 的最优控制, 与 $\mathbf{U}^*(t)$ 相对应的 $\mathbf{X}^*(t)$ 称为最优轨迹。

最优控制 $\mathbf{U}^*(t)$ 可以用下面两种方法来实现:

闭环控制律

如果所求出的控制向量 $\mathbf{U}(t)$ 是 t 时刻的状态向量 $\mathbf{X}(t)$ 的函数, 即最优控制 $\mathbf{U}^*(t)$ 是系统状态的反馈控制。

开环控制律

如果所求出的控制向量 $\mathbf{U}(t)$ 仅是 t 的函数而与 t 时刻的状态向量 $\mathbf{X}(t)$ 无关, 每一时刻的控制参数仅按函数 $\mathbf{U}(t)$ 执行。

例子: 个人消费计划问题。一位 55 岁的工人在退休时从企业中获得一次性退休金 W_0 , 他要根据自己所估算的未来寿命期 T 来安排自己的消费支出计划, 以使余生对消费的满意程度最大。

由于退休金的数额不可能太大, 他选择了把这笔钱存入银行。设寿命期按月计为 T , 银行存款的月利率为 r , 令 $W(t)$ 为第 t 个月初该退休工人存在银行的存款本金, $C(t)$ 为该月末的消费支出额, 则在第 $t+1$ 个月初的本金为

$$W(t+1) = (1+r)W(t) - C(t)$$

$$W(0) = W_0$$

在此系统中, 本金 $W(t)$ 为状态变量; 消费 $C(t)$ 为控制输入。

显然, 在任何一个月份, 消费支出额和银行本金额均不能为负值, 因而有

控制约束 $C(t) \geq 0$

状态约束 $W(t) \geq 0$

该退休者的目标是对消费的满意程度最大。对消费的满意程度是其消费支出的函数, 因为消费越多越满意。于是, 取性能指标为 $U = U(C(t))$ 。

对于离散时间系统的最优控制问题, 有类似的情形。

给定离散时间系统的状态方程

$$X(k+1) = F(k, X(k), U(k)) \quad k = 0, 1, 2, \dots, n-1$$

$$X(0) = X_0$$

对于容许控制集的 $U(k)$, 设性能指标(目标泛函)为

$$J = \sum_{k=0}^{n-1} G(k, X(k), U(k)) + G_n(X(n))$$

其中 $G(k, X(k), U(k))$ 为与第 k 次控制 $U(k)$ ($k=0, 1, 2, \dots, n-1$) 相应的效益。

离散时间系统的最优控制问题可以认为是, 在给定系统状态方程、性能指标和约束条件下, 要求找到控制序列 $U(0), U(1), \dots, U(n-1)$ 使得系统的性能指标函数 J 达到最小值。

上述最优控制问题的求解可归结为两个基本的原则: 最优性原理与最小(大)值原理。这两个原理分别由 Bellman 和 Pontryagin 在 20 世纪五六十年代提出, 是标志现代控制理论诞生的重要里程碑。

2. 动态规划方法

动态规划方法是美国著名学者贝尔曼在 1953—1957 年为了解决多级决策过程而研究出来的。所谓多级决策过程, 是指将一个过程按时间或空间顺序分为若干级(步), 然后给每一级作出“决策”, 以使整个过程取得最优的效果。全部“决策”的总体, 称为“策略”。

动态规划方法是指事件和过程的规律须将历史—现状—未来联系起来加以考察, 求解它们处于最优化状态的方法。动态规划方法适用范围非常广泛, 既可用于求解静态最优化问题, 也可用于求解动态最优化问题。对于单变量或多变量系统, 线性或非线性系统, 确定性或随机性系统的最优控制问题, 从理论上来说, 均可用动态规划方法求解。

最优性原理是动态规划的理论基础和核心。最优性原理是指对最优轨线上的任何一点来说, 无论系统在此以前的状态如何, 余下的轨线都是系统以该点作为始点的最优轨线。最优性原理的一个重要涵义便是最优控制(决策)只依赖于系统目前的状态, 而与系统过去的历史无关。

具体地讲, 其基本思想是把一个多步最优控制问题化成为多个一步最优控制问题, 从最后一步状态开始逆向递推到初始步状态为止, 逐级地选择最优控制, 并逐级地计算最优性能指标(它们都是该步输入状态的函数)。在给定初始状态后, 可正向逐级地确定出各

步的最优控制和最优轨线。

给定离散时间系统的状态方程

$$\begin{aligned}\mathbf{X}(k+1) &= \mathbf{F}(\mathbf{X}(k), \mathbf{U}(k)) \quad k = 0, 1, 2, \dots, n-1 \\ \mathbf{X}(0) &= \mathbf{X}\end{aligned}$$

对于容许控制集的 $\mathbf{U}(k)$, 设性能指标(目标泛函)为

$$\mathbf{J} = \sum_{k=0}^{n-1} \mathbf{G}(\mathbf{X}(k), \mathbf{U}(k)) + \mathbf{G}_n(\mathbf{X}(n))$$

其中 $\mathbf{G}(\mathbf{X}(k), \mathbf{U}(k))$ 为与第 k 次控制 $\mathbf{U}(k)$ ($k=0, 1, 2, \dots, n-1$) 相应的效益。

由最优性原理可知, 如果不论初始状态与初始控制决策如何, 对于由第一个控制决策所形成的状态来说, 以后的各个控制决策必然使性能指标达到最优, 称具有这种性质的控制决策为最优控制决策。

这样我们可把最优控制问题看成是一系列子问题来解决。

子问题中对应 $k=n$ 的问题由于起始点就是终点, 没有输入可被选择。

$$\text{令 } f_0(\mathbf{X}(n)) = \mathbf{G}_n(\mathbf{X}(n))$$

其中 $\mathbf{X}(n) = f(n-1, \mathbf{X}(n-1), \mathbf{U}(n-1))$

对于任一状态 $\mathbf{X}(n-1)$, 由

$$f_1(\mathbf{X}(n-1)) = \min(\mathbf{G}_{n-1}(\mathbf{X}(n-1), \mathbf{U}(n-1)) + f_0(\mathbf{X}(n)))$$

求出使右端取最小值的 $\mathbf{U}^*(n-1)$, 它是 $\mathbf{X}(n-1)$ 的函数, 得

$$\begin{aligned}f_1(\mathbf{X}(n-1)) &= \mathbf{G}_{n-1}(\mathbf{X}(n-1), \mathbf{U}^*(n-1)) + \\ &\quad f_0(f(n-1, \mathbf{X}(n-1), \mathbf{U}^*(n-1)))\end{aligned}$$

对于任一状态 $\mathbf{X}(n-2)$, 由

$$f_2(\mathbf{X}(n-2)) = \min(\mathbf{G}_{n-2}(\mathbf{X}(n-2), \mathbf{U}(n-2)) + f_1(\mathbf{X}(n-1)))$$

求出使右端取最小值的 $\mathbf{U}^*(n-2)$, 它是 $\mathbf{X}(n-2)$ 的函数, 得

$$\begin{aligned}f_2(\mathbf{X}(n-2)) &= \mathbf{G}_{n-2}(\mathbf{X}(n-2), \mathbf{U}^*(n-2)) + \\ &\quad f_1(f(n-2, \mathbf{X}(n-2), \mathbf{U}^*(n-2)))\end{aligned}$$

一般地, 若已求出 $f_{n-(i+1)}(\mathbf{X}(i+1))$, 则对于任一状态 $\mathbf{X}(i)$, 由

$$f_{n-i}(\mathbf{X}(i)) = \min(\mathbf{G}(\mathbf{X}(i), \mathbf{U}(i)) + f_{n-(i+1)}(\mathbf{X}(i+1)))$$

求出使右端取最小值的 $\mathbf{U}^*(i)$, 它是 $\mathbf{X}(i)$ 的函数, 得

$$f_{n-i}(\mathbf{X}(i)) = \mathbf{G}(\mathbf{X}(i), \mathbf{U}^*(i)) + f_{n-(i+1)}(f(i, \mathbf{X}(i), \mathbf{U}^*(i)))$$

重复步骤 4, 算到 $i=0$ 为止, 便得最优控制策略

$$\mathbf{U}^*(n-1), \mathbf{U}^*(n-2), \dots, \mathbf{U}^*(1), \mathbf{U}^*(0)$$

及目标泛函的最小值 $f_n(\mathbf{X}(0))$ 。

以上可见, 各步求出的最优控制是该步初始状态的函数, 而且与前一步求出的目标函数最优值有关。假定求出各级最优控制, 则可由系统的状态方程求出相应各级的最优状态。最优性能指标取决于给定的初始状态和求得的最优控制序列。

例子：设一阶定常离散控制系统

$$x(k+1) = 2x(k) + u(k)$$

$$x(0) = 1$$

试确定最优控制序列 $u(0), u(1), u(2)$, 使性能指标

$$J = \sum_{k=0}^2 [x^2(k) + u^2(k)]$$

达到最小值。

解：先考虑最后一级, 即 $k=2$ 。此时离散系统的状态方程为

$$x(3) = 2x(2) + u(2)$$

性能指标为

$$J[x(2)] = x^2(2) + u^2(2)$$

最优控制 $u(2)$ 应使由状态 $x(2)$ 出发时 $J[x(2)]$ 为最小, 故有

$$dJ[x(2)]/du(2) = 2u(2) = 0$$

因此得

$$u^*(2) = 0$$

$$J^*[x(2)] = x^2(2)$$

递推一级, 即第一级, $k=1$ 。应用递推方程式, 则有

$$\begin{aligned} J^*[x(1)] &= \min_{u(1)} \{x^2(1) + u^2(1) + J^*[x(2)]\} \\ &= \min_{u(1)} [x^2(1) + u^2(1) + x^2(2)] \end{aligned}$$

代入状态方程 $x(2) = 2x(1) + u(1)$, 则有

$$J^*[x(1)] = \min_{u(1)} [5x^2(1) + 4x(1)u(1) + 2u^2(1)]$$

为使 $u(1)$ 为最优控制, 必须满足

$$dJ[x(1)]/du(1) = 4x(1) + 4u(1) = 0$$

因此得 $u^*(1) = -x(1)$

$$J^*[x(1)] = 3x^2(1)$$

再递推一级, 即起始级, $k=0$ 。应用递推方程式, 则有

$$\begin{aligned} J^*[x(0)] &= \min_{u(0)} \{x^2(0) + u^2(0) + J^*[x(1)]\} \\ &= \min_{u(0)} [x^2(0) + u^2(0) + 3x^2(1)] \end{aligned}$$

代入状态方程 $x(1) = 2x(0) + u(0)$, 则有

$$J^*[x(0)] = \min_{u(0)} \{x^2(0) + u^2(0) + 3[2x(0) + u(0)]^2\}$$

为使 $u(0)$ 为最优控制, 必须满足

$$dJ[x(0)]/du(0) = 12u(0) + 8u(0) = 0$$

因此得

$$u^*(0) = -3/2x(0)$$

$$J^*[x(0)] = 4x^2(0)$$

将给定的 $x(0) = 1$ 和 $u^*(0) = -3/2$ 代入状态方程, 有

$x(1) = 1/2$, 故有 $u^*(1) = -1/2$

于是最优控制序列为

$u^*(0) = -3/2 \quad u^*(1) = -1/2 \quad u^*(2) = 0$

又如考察

$$x(k+1) = x(k) - u(k)$$

$$x(0) = A$$

$$x(n) = 0$$

$$J = \sum_{k=0}^{n-1} u(k)^{1/2}$$

所定义的资源分配问题。

这里资源的数量为 A , 要分配给 n 个部门。如果分配给第 k 个部门的资源量为 $u(k)$, 而其收益为 $u(k)^{1/2}$, 则最优化问题恰好可用上述模型描述。此问题的求解留给读者自己完成。

动态规划方法虽然主要用于离散时间系统, 但也可以推广应用到连续时间系统。

3. 最小值原理

原苏联著名学者庞特里雅金在 1956—1958 年逐步创立的最小值原理(或称最大值原理, 这两种叫法本质上相同)是求解最优控制问题的一个很有用的工具。它是最优控制理论发展史上的一个里程碑。

这一原理的推导要利用许多深刻的数学理论, 这里只说明其思想, 以便正确地理解和应用这一原理。

最小值原理给出了解决最优控制问题的一个必要条件, 并非充分条件。通过这个必要条件可以求得最优控制和相应的状态最优轨迹。

给定连续系统的状态方程为

$$d\mathbf{X}(t)/dt = \mathbf{F}(t, \mathbf{X}(t), \mathbf{U}(t))$$

$$\mathbf{X}(0) = \mathbf{X} \quad (t_0 \quad t \quad t_1)$$

目标泛函为

$$J = \int_{t_0}^{t_1} g(t, \mathbf{X}(t), \mathbf{U}(t)) dt + h(\mathbf{X}(t_1))$$

容许控制集在许多实际问题中是有界闭集。

引进一组辅助变量: $\mathbf{L}(t) = (l_1(t), l_2(t), \dots, l_n(t))^T$

向量 $\mathbf{L}(t)$ 称为协变向量。

定义: 函数 $\mathbf{H}(t, \mathbf{X}(t), \mathbf{U}(t), \mathbf{L}(t)) = \mathbf{L}^T(t) \mathbf{f}(t, \mathbf{X}(t), \mathbf{U}(t)) + g(t, \mathbf{X}(t), \mathbf{U}(t))$ 称为哈密顿函数。

定理：若 $\mathbf{U}^*(t)$ 和 $\mathbf{X}^*(t)$ 分别是最优控制问题的最优控制和状态轨线。则必存在一条伴随轨线 $\mathbf{L}^*(t)$ 使得

$\mathbf{U}^*(t)$ 与 $\mathbf{X}^*(t)$ 满足正则方程组(或称哈密顿方程组)。

$$d\mathbf{X}^*(t)/dt = \mathbf{H}(t, \mathbf{X}^*(t), \mathbf{U}^*(t), \mathbf{L}^*(t)) / \mathbf{L}(t)$$

$$d\mathbf{L}^*(t)/dt = - \mathbf{H}(t, \mathbf{X}^*(t), \mathbf{U}^*(t), \mathbf{L}^*(t)) / \mathbf{X}(t)$$

哈密顿函数 $\mathbf{H}(t, \mathbf{X}^*(t), \mathbf{U}(t), \mathbf{L}^*(t))$ 作为 $\mathbf{U}(t)$ 的函数, 在 $\mathbf{U}(t) = \mathbf{U}^*(t)$ 时达到最小值。

$$\mathbf{H}(t, \mathbf{X}^*(t), \mathbf{U}^*(t), \mathbf{L}^*(t)) = \mathbf{H}(t, \mathbf{X}^*(t), \mathbf{U}(t), \mathbf{L}^*(t))$$

始端和终端的各种不同情况是较难掌握的, 最简单的边界条件为:

若已给定 $\mathbf{X}(t_0) = \mathbf{X}$, $\mathbf{X}(t_1) = \mathbf{X}$, 即为固定终端控制问题。

若已给定 $\mathbf{X}(t_0) = \mathbf{X}$, 但 $\mathbf{X}(t_1)$ 是自由的, 即为自由终端控制问题。此时, $\mathbf{L}(t_1) = 0$

若给定 t_0, t_1 , 即为固定终端时间问题。

若给定 t_0 , 但 t_1 是自由的, 即为自由终端时间问题。此时, $\mathbf{H}[t_1, \mathbf{X}(t_1), \mathbf{U}(t_1), \mathbf{L}(t_1)] = 0$

最小值原理对于解决受约束的最优控制问题是很有效的。上面的极值条件表明: 在满足给定闭集约束的全部容许控制中, 能使哈密顿函数取绝对极小值的容许控制, 就是最优控制。

当不受约束时(控制 $\mathbf{U}(t)$ 可以在整个控制向量空间取值), 有

$$\mathbf{H}(t, \mathbf{X}^*(t), \mathbf{U}^*(t), \mathbf{L}^*(t)) / \mathbf{U}(t) = 0$$

最小值原理的证明已超出本书的范围, 有兴趣的读者可参阅有关书籍。

类似地, 也有离散系统的最小值原理。

例子: 已知受控系统的状态方程为

$$dx(t)/dt = -ax(t) + u(t)$$

性能指标为

$$\mathbf{J} = 1/2 \int_0^T (\dot{x}^2(t) + \dot{u}^2(t)) dt$$

始端条件 $x(0) = x_0$, 终端时间 T 固定, 终端状态 $x(T)$ 自由。

求性能指标 \mathbf{J} 达最小值时的最优控制 $u^*(t)$ 及最优轨线 $x^*(t)$ 。

哈密顿函数为

$$\mathbf{H}[x(t), u(t), l(t)] = 1/2(\dot{x}^2(t) + \dot{u}^2(t)) + l(t)(-ax(t) + u(t))$$

正则方程组为

$$\begin{aligned} dx^*(t)/dt &= \mathbf{H}[t, x^*(t), u^*(t), l^*(t)] / l(t) \\ &= -ax^*(t) + u^*(t) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d\mathbf{L}^*(t)/dt &= -\mathbf{H}[t, \mathbf{x}^*(t), \mathbf{u}^*(t), \mathbf{l}^*(t)]/x(t) \\ &= -\dot{x}^*(t) + a\dot{l}^*(t) \end{aligned}$$

由于本题的容许控制没有给定约束条件,故

$$\mathbf{H}[t, \mathbf{x}^*(t), \mathbf{u}^*(t), \mathbf{l}^*(t)]/u(t) = \dot{u}^*(t) + \dot{l}^*(t) = 0$$

可得

$$\dot{u}^*(t) = -\dot{l}^*(t)$$

把它代入正则方程,得关于 $\dot{x}^*(t)$ 和 $\dot{l}^*(t)$ 的微分方程组,解此线性微分方程组,得其通解。

代入初始条件 ($x^*(0) = x_0$) 和横截条件 ($\dot{l}^*(T) = 0$)

便可求得 $x^*(t)$ 和 $\dot{l}^*(t)$, 最后求得最优控制 $u^*(t)$ 。

又如考察状态方程

$$\begin{aligned} dx(t)/dt &= \mathbf{A}x(t) + \mathbf{B}u(t) \\ x(0) &= x_0 \\ x(T) &= 0, \quad T \text{ 待求} \end{aligned}$$

控制约束为

$$-1 \leq u(t) \leq 1$$

要求在满足上述约束条件下,寻求最优控制 $u^*(t)$ 使得系统以最短时间从任意给定的初始状态 $\mathbf{x}(0)$ 转移到终止状态 $\mathbf{x}(T) = 0$, 并使性能指标 $\mathbf{J} = \int_0^T dt$ 为最小的时间最优控制问题。

对于此终端时间自由的情况,应附加一个条件

$$\mathbf{H}[T, \mathbf{x}(T), \mathbf{u}(T), \mathbf{l}(T)] = 0$$

这个条件可用来确定未知的 T 。

由于这种控制方式的性能指标特别简单且实用价值较大,所以早在 20 世纪 50 年代初期已发表了研究最短时间控制的论文,为发展现代控制理论起到了良好的推动作用。

5.4 本章的补充说明

1. 自适应、自学习和自组织概念

系统与环境是相互联系的,环境的变化必然要影响到系统的特性,这样事先确定的最优控制可能已经不再具有最优性了。那么,可否设计一种能跟随环境或系统特性变化的最佳控制呢?这是一个困难的但却是极为重要的课题。这个问题与一些重要的概念有关,这就是自适应、自学习和自组织。

(1) 自适应

自适应一般是指系统能改变其自身,使得其行为在新的或者已经改变了的环境下达

到最好或至少是容许的特性和功能。一个具有自适应功能的系统称为自适应系统。虽然,关于自适应的定义至今没有统一,但是,“自适应控制”这个词早就已经开始使用了。随着控制论的发展,自适应控制系统研究显得越来越重要。

(2) 自学习

与自适应概念密切相关的是自学习这个概念。对学习下一个严格的定义,同样是困难的。在控制论中,“学习”一词通常被简单理解为,通过经验取得某种技能,而将不需外界帮助。具有学习功能的系统称为自学习系统。一个学习系统,若其学得的信息被用来控制一个具有未知特征的过程,则称之为学习控制系统。

(3) 自组织

在控制论中,与自适应、自学习有关的另一个重要概念是自组织。任何系统的形成都是一个组织过程。组织过程是事物从无联系的状态进化到某些特定状态的过程。这种具有自行组织功能的系统,称为自组织系统。一个控制过程,能通过控制过程的发展,从其输入和输出观察到的信息,用于减少对系统进行有效控制的先验不确定性,那么就是一个自组织控制过程。

2. 随机控制、模糊控制与智能控制简介

前面我们重点讨论了确定性系统,但严格地说,实际的系统均具有不确定性。

(1) 随机控制

实际的系统一般都是随机系统。各种过程均具有随机的性质。对于随机系统的控制问题,就是随机控制问题。这种系统的控制理论并不能简单地由确定性系统的控制理论导出,因此,随机控制理论的研究和建立就成为十分必要的问题。

随机控制理论在 20 世纪 40 年代就已经发展起来,近年来,随机控制理论获得了迅速的发展。要对随机系统实现随机控制,首先要建立数学模型。与确定性模型相比,随机模型的建立更为复杂。建立随机模型,需要用概率方法。也就是说,随机性是用概率来描述。由于随机过程的准备知识读者可能还不具备,限于篇幅和学时,这里不做进一步讨论。

(2) 模糊控制

不确定性除了随机性外,还有更接近于人的思维的模糊性。所谓模糊系统是指输入、输出、状态都具有模糊性的系统。模糊系统是通常系统(可称为分明系统)的拓广和发展。为了对一些具有模糊性的系统进行控制,就需要研究模糊控制的理论和方法。

模糊控制的理论和方法是 20 世纪 70 年代发展起来的。目前,世界许多国家对于模糊控制的研究都引起了普遍的关注。在模糊系统的分析和控制中,将要采用模糊语言和近似推理等模糊数学的理论和方法。模糊数学的诞生为模糊控制奠定了理论基础。隶属度是模糊数学的支柱。对模糊数学和模糊控制感兴趣的读者,可参看有关书籍的内容。

(3) 智能控制

传统数学正是扬弃了偶然性和模糊性才得以产生发展。应当指出的是,尽管概率和隶属度都是研究和处理不确定现象,但这两个概念有着本质的不同。而且有的人认为,掌握随机控制理论比较困难,而掌握模糊控制理论要比掌握现代控制理论和最优控制理论容易得多。所以建议读者直接学习更接近于人的智能的模糊控制。

传统控制是经典控制和现代控制的统称,它们的主要特点是基于模型的控制。由于被控对象越来越复杂,以及存在某些不确定性,难以用精确的数学模型来描述。于是人们把人工智能的方法引入控制系统。研究表明,把人工智能的方法和反馈控制理论相结合,解决复杂系统的控制问题是行之有效的。传统控制为了控制必须建模,而智能控制的核心是控制决策。智能控制是对传统控制理论的发展。

下 篇

第六章 管理控制概述

控制不仅是管理的一项重要职能,而且管理的成败关键在于能否实施有效的控制。因此,控制论的概念、原理和方法,在管理中理所当然地得到了广泛的运用。本章探讨管理控制的主要内容,这将会为更有效地管理提供坚实的理论依据。实际上,在未来的岁月里,管理控制必将会获得更多的实际运用,而不仅仅是理论上的思考和研究。

6.1 管理的控制职能

我们知道,管理具有多方面的职能,管理就是计划、组织、指挥、协调和控制等活动的过程。在管理工作中,控制具有非常重要的作用。它与管理的计划职能和组织职能联系紧密,共同发挥其功能机制。控制要有计划,控制要有组织,这是控制的两个基本前提。计划制定越明确,越全面和越完整,控制工作就越会有效;组织机构越明确,越全面和越完整,控制工作就越会有效。

在管理中,控制是指领导者和管理人员为保证实际工作能与目标、计划相一致而采取的管理活动。具体地说,控制就是通过监督和检查组织活动的进展情况、实际成效是否与原定的目标、计划相符合,及时发现偏差,找出原因,采取措施,加以纠正,以保证目标、计划的实现。

控制职能的内容体现在三个方面:

1. 控制是完成计划的重要保证

计划是全部管理职能中最基本的一个职能。

所谓计划,就是在既定目标的前提下,科学地预计和制定达到目标的未来的行动方案。

可以通俗地将计划概括为六个方面:即做什么(What to do it)?为什么做(Why to do it)?何时做(When to do it)?何地做(Where to do it)?谁去做(Who to do it)?和如何做(How to do it)?简称为“5W1H”。

一般把计划分为短期计划(小于1年)、中期计划(1~5年)和长期计划(大于5年)。

一个完整的计划是组织内高层、中层和基层三级管理人员共同努力的结果。

计划是控制的依据,没有计划就不存在控制。如果不首先考虑计划以及计划的完善程度,就试图去控制系统的话,那是不会有效果的。

控制是实现计划的手段,没有控制,计划就不能顺利实现。只有有效地实行控制,计

划的实现才有切实的保证。

2 . 控制是实现组织目标的根本措施

目标是目的的明确化、具体化。

组织有目标——它期望实现一定的结果。组织目标是管理者和组织中一切成员的行动指南。除了组织目标,组织中同样存在着个人目标。一些管理问题的产生,往往是由于组织目标和个人目标不相容和不一致所造成的。在一些组织,目标落实在书面上,但更多的是它们只不过是人们在人们中间形成的一个总体认识。

目标是控制活动的出发点与归宿点。没有明确的目标,管理是杂乱的、随意的,如果在管理工作中找不到一个明确的目标,那么任何人和任何集体都不能期望有效地完成任务。

控制是以计划为依据的,但控制的最高宗旨是实现组织的目标。在计划的实际执行中会出现一些难以预料的情况,造成实际工作与计划不符的偏差,有些是工作偏差,应服从计划加以调整;有些是计划偏差,则应服从实际情况加以纠正。控制具有调整和纠正这两种偏差的职能,这不仅保证了计划的实现,而且又是对计划的完善和补充,从而在根本上保证了组织目标的实现。

3 . 控制是改进工作的有效手段

控制是对实际活动的反馈所作出的反应。这里反馈反映出实际工作偏离了计划、偏离了组织目标,或原制定的计划不符合实际。

当采取措施加以纠正和调整,各项工作就会得到改进。如失去控制,工作没有改进,就难以保持正确的工作方向,无法提高工作的效率。

认识并且纠正错误是管理水平提高的重要标志,同时也是组织不断完善,不断发展的必要前提,而控制则是组织发现错误,纠正错误的重要手段。

概括而言,控制工作的重要性就是保证组织活动有条不紊地进行,以达到组织目标的实现。一个组织若是缺少控制或有效的控制,就会产生混乱,甚至偏离组织正常活动的轨迹。

6 2 管理控制的概念

应用于管理,控制的目的是改善我们的绩效。管理控制,作为改善绩效的手段,可以说是新近才出现的创新名词。“管理控制”最初在美国企业界以预算控制,成本分析,盈利性研究等等形式开始出现。可以看出它们是以利润最大化或成本最小化的标准来测度。目前的发展表现为该名词运用范围的扩展,已涉及战略,远远超过了管理本身的控制。也就是说,最初以成本的概念为重心,到后来的预算控制,最为先进的企业目前已发展到中、

长期规划的运用。

从全局的高度看,管理控制处于战略计划和任务执行的中间。即其一个极端是战略规划,另一个极端是任务执行。这样给管理控制下定义,目的是划定管理控制同其他类型相区别的界限。实际上,将管理控制的工作分解为战略性的长期过程和执行性的短期过程可以与管理实践更一致。

战略规划的重点在长期目标的实现,任务执行的重点在短期工序的运行,而管理控制则介于两者之间。在战略规划过程中计划过程更为重要,在任务执行中控制过程更为重要,而在管理控制中计划和控制同等重要。

1. 管理控制和战略规划之间的区别和联系

战略规划是决定新战略的过程,管理控制是决定如何落实战略的过程。

战略规划过程几乎总是只涉及组织中的一部分:包括重新检查其中一些战略,也许改变它们,也许采纳新的战略(来源于预计威胁或未来机会)。

而管理控制过程必须纳入整个组织:重要的是保证各个不同部分之间相互协调,在一定程度上它是由一系列的步骤一个接一个地发生。

可以看出,战略在总体上指明了高层管理者期望组织前进的方向。在任一给定的时间,组织依据业已接受的战略来进行。管理控制的目的是保证战略被执行从而使组织的目标得以实现。

2. 管理控制和任务执行之间的区别和联系

任务执行是保证特别任务有效完成的过程。任务执行常常被描述为管理控制的一部分。

在管理控制中重点在于组织单元。而在任务执行中重点在于这些组织单元的特定任务。

从管理的角度看,管理活动实际上是一个相互联系的目标与手段链。任何与企业目标相联系并与实现目标的必须手段相联系的行为都可以被称做领导行为。如果某个负责人的行为表现为利用其可支配的手段,以实现必须达成的某个目标,则其行为属于管理的范畴。如果目标既定,手段的运用本身也已既定,不存在行为者自主行动的空间,则可以明确地认定这类行为属于执行性质。

根据这个分析,管理介于领导与执行之间,前者既可控制目标,又可控制手段,而后者则既不能控制目标,也不能控制手段。管理活动表现为一个负责人为达成某种既定目标而对其可支配的手段的最优运用。

需要说明的是,在谈到企业组织时,存在着这样的一种倾向,即趋向于把领导、管理、执行与等级层次相对应,这样可能存在某些障碍。首先,会遇到边界确定的问题,因为基层有时也会被授予管理的责任,而且中层和高层的工作也是难以明确界定的。其次,即使

我们为了方便起见,将基层归类为执行者,将高层归类为领导者,中层的活动也不能完全包含管理这个概念的内涵。再次,企业之间以及企业内部的不同层次,存在着大量的区别,这要求我们谈到此类问题时应谨慎小心。

对以上定义的管理活动进行分析,可以包括研究需确定的目标,可支配的手段以及如何进行最优化调整。这些也很好地说明了管理控制的涵义。

从行为的角度看,管理控制是管理者影响组织中其他成员以落实组织战略的过程。包括:计划组织应该做什么;协调组织中多个部门的行为;传递信息和评价信息;如果需要,决定应该采取什么行动;影响人们去改变他们的行为。

高层管理者希望组织能够实现组织目标,然而,组织中的成员也都有各自的目标,他们的目标是无法同组织的目标完全一致的。管理控制系统应该尽可能保证“目标一致性”,也即意味着组织中个人的目标应该尽可能地同组织自身的目标相一致。控制的中心问题就是引导他们在寻找个人目标实现的同时,帮助实现组织的目标,这也叫做目标合一。从某种意义上说,组织目标的实现是个人目标实现的前提,个人目标只能是在实现组织目标的过程中得到实现。

管理控制系统影响着人们的行为,它应该用目标一致的方式来影响行为。对于企业而言,所有企业都要实施管理控制,当企业领导将员工分散的各自的努力团结起来带领企业向目标迈进时,他们需要使用管理控制系统。

由于种种混淆,控制一词的名声不是太好。因此企业对管理控制的运用一开始便遇到了一种心理障碍。由于这个原因,一些人曾试图变换以下用词,如“预算管理”、“管理咨询”等。但这只强调了管理控制的某个侧面,而且没有特别指出这个概念所强调的成功的目的。尽管不甚完美,“管理控制”概念仍不失为所有这些术语中最恰当的一个,而且它在实践中也已得到了承认。这个术语在企业中的逐渐渗透和成功使用要求我们不断地作出努力以揭示其内容和特征。

6.3 管理控制的目的

在现代管理系统中,人、财、物等要素的组合关系是多种多样的,时空变化和环境影响很大,内部运行和结构有时变化也很大,加上组织关系错综复杂,随机因素很多,处在这样一个十分复杂的系统中,要想实现既定的目标,执行为此而拟定的计划,求得组织在竞争中的生存和发展,不进行控制工作是不可想像的。

任何组织的目标和计划都是基于对未来一定时期内的组织内外环境作出预测的基础上制定的,是组织对未来一定时期内的努力方向和行动步骤的描述。在静态的环境中,组织的实际活动一般能按计划进行,那么也就无须进行控制。而事实上,环境是不断变化的,而且管理人员对环境作出的预测也绝不会是百分之百的精确,而基于此,为了使目标、计划适应变化的环境,保证组织目标和计划有效地实现,就必须通过控制活动及时了解环

境变化的情况,并采取适应性的行动来使组织活动控制在正常的轨道中,或对原定的计划 and 目标采取有效的调整和修正行动。

在多数情况下,控制工作既是一个管理过程的终结,又是一个新的管理过程的开始。控制工作的目的不仅是要使一个组织按照原定计划,维持其正常活动,以实现既定目标;而且还要力求使组织的活动有所前进,有所创新,以达到新的高度,提出和实现新的目标。管理活动无始无终,一方面要使系统的活动维持在一个平衡点上,另一方面还要使系统的活动在原平衡点的基础上,求得螺旋形上升。

在现代的管理活动中,无论采用哪种方法来进行控制工作,要达到第一个目的是要“维持现状”,即在变化着的内外环境中,通过控制工作,随时将计划的执行结果与标准进行比较,若发现有超过计划容许范围的偏差时,则及时采取必要的纠正措施,以使系统的活动趋于相对稳定,实现组织的既定目标。要达到的第二个目的是要“打破现状”,与时俱进,因为在某些情况下,变化的内、外环境会对组织提出新的要求,主管人员对现状不满,要改革,要创新,要开拓新局面。这时,就势必要打破现状,即修改已定的计划,确定新的现实目标和管理控制标准,使之更先进,更合理。

需要指出的是,尽管平常控制工作的目的主要是前述两个,但进行控制工作的最佳目的是防止问题的发生。这就要求管理人员的思想应当“向前看”,把控制系统建立在前馈而不是简单的反馈的基础上,在不应发生的偏离计划的情况出现之前就能预测到并能及时采取措施来加以防止。

另外,在一个组织中,往往存在两类问题:急性问题和慢性问题。解决急性问题,多是为了维持现状;而要打破现状,就必须解决慢性问题。急性问题的影响是显而易见的,故容易被人们发现、承认和解决。但人们往往只注意解决急性问题而忽视解决大量存在的慢性问题,这是因为人们对其存在已经习以为常,以至适应了它的存在,不可能发现或者即使是已经发现了也不愿意承认和解决由于慢性问题所带来的对组织素质的影响。而要使控制工作真正起作用,就要像医生治病那样,标本兼治,重点解决慢性问题,虽然它需要一定的时间和过程。

6.4 管理控制的步骤

管理控制的一般过程包括以下三个基本步骤:确定控制标准;根据标准衡量执行情况;纠正实际执行情况偏离标准的误差。

1. 确定控制标准是控制过程的起点

计划是进行控制的依据,计划是为控制提供标准的。有关标准是在一个完整的计划中选出的计量工作成果的关键点,是衡量工作成果的规范,是评定工作成绩的尺度。

换个角度,标准的确定为比较实际的和预期的工作成果提供了一个尺度。由于各种

计划的详尽程度和复杂程度各异,管理人员通常又不可能事事过问,必须选择关键的问题给予特别关注,然后通过观察这些关键点来确定整个工作是不是按计划进行。事实上,控制住了关键点,也就控制住了全局。

在实际管理工作中,要根据管理组织所达到的目标来确定关键点。这个目标可以是管理组织的总目标,也可以是各个部门以至各个人的分目标。由于人们在实现目标中所达到的最终成果是衡量计划完成情况的最好尺度,因而建立起一个可以考核的完整目标体系,也就获得了一个最好的控制标准体系。只要掌握了这些标准,也就掌握了计划的基本进程和最终目的。

标准的设立应当具有权威性。一个较好的控制标准体系,在内容上一般包括数量标准、质量标准、时间标准、成本和效益等等。在文字上要明确具体,便于考核。

2. 衡量成效是控制过程的第二个步骤

这一步是依据标准衡量执行情况,把实际执行情况与标准进行比较,对工作作出客观评价。

事实上,如何评定管理活动成效的问题,在拟定标准时就已经部分地得到了解决。对于评定成效而言,剩下的主要问题是如何及时地收集可靠的信息,并将其传递到对某项工作负责而且有权采取纠正措施的管理人员手中。

对实际工作情况进行测量,常用的方法有三种:直接观察,即直接接触受控对象,了解情况,收集第一手材料作出判断;统计分析,即根据统计报表和其他统计资料分析受控对象的实际工作情况;例会报告,即通过定期或不定期的会议或下属的报告(书面或口头)调查受控对象的情况。以上三种方法各有利弊,应根据实际情况选用。不论采用何种方法,都要注意信息的把握,只有掌握及时、准确、可靠的信息,才能对实际工作情况作出正确的判断。

人们通常认为衡量成效要等工作做完以后才进行,这不仅不全面,而且很危险。控制活动应当跟踪工作进展,及时预告脱离正常或预期成果的信息。偏差信息即实际工作情况或结果与控制标准之间的偏差情况。只有了解、掌握了偏差信息,才能决定是否应该采取纠正措施以及采取什么纠正措施。拟出控制报告是有效的评价中的一个关键环节。只有在把有关评价的结果传递给能够采取纠正行为的管理人员时,对成效的衡量才具有价值。所以,控制报告的及时性和准确性是很可贵的。

根据标准衡量实际成效,最理想的是在偏差尚未出现以前就有所察觉,并采取措施加以避免。富有经验的管理者一般是这样的。但是,光凭管理者的经验是远远不够的,必须凭借切实可行的控制标准和测定手段,才能客观评价实际的或预期的执行情况。标准与现实的比较可采用手工、机械化,或者自动化等手段来进行。

为准确地测定执行情况,还必须考虑衡量的精度和频率问题。所谓精度,是指衡量结果能够在多大程度上反映出被控制对象的变化。精度越高,越能准确反映出被控对象的

变化。所谓频率,是指对被控对象多长时间进行一次测量和评定。频率越高,越能及时掌握状态的变化。但总的原则是衡量精度和测量频率要适当。

3. 纠正偏差是控制过程的第三个步骤

这一步是在衡量工作成效的基础上,针对被控对象状态相对于标准的偏离程度,及时采取措施予以纠正,使其恢复到给定状态上来。

对实际工作业绩进行衡量后,就应将衡量结果与控制标准进行比较研究,以发现其中的偏差。偏差可能有两种:顺差和逆差。前者即实际执行结果优于控制标准。后者即实际执行效果劣于控制标准。

并不是一有偏差就需要采取纠正措施。一般来说,当偏差较小,尚在允许范围内时,就不必采取什么措施;当偏差较大,就必须针对造成偏差的原因,尽快采取对策。而且只有当该纠正措施的投入产出效果令人满意时,采取它才是必要的。

纠正偏差重要的是对其产生的原因进行认真地分析。偏差产生的原因往往是多方面的,如果不对造成偏差的原因做切合实际的分析,那么纠正偏差的控制措施也就不能奏效。因此,搞清偏差产生的原因是采取控制措施的基础。

产生偏差的原因既可能是主观努力程度不够,也可能出现客观条件变化,导致标准脱离实际的情况。找出产生偏差的原因后,就要对症下药,采取纠正措施。

控制职能绝对不是仅限于衡量计划执行中出现的偏差,控制的目的在于通过采取纠正措施,把那些不符合要求的管理活动引回到正常的轨道上来,使管理系统稳步地实现预定目标。只有采取了必要的纠偏行动之后,控制才是有效的。

无论在何种情况下都要采取纠正的行动。需要注意的是,并不是任何偏差都需要采取纠正行动,也不是任何人都能采取纠正行为,仅在偏差较大又影响到目标时才采取行动,并且只有被授权人才能采取行动。

上述的控制过程的三个基本步骤,实际上形成了一个完整的反馈控制系统,完成一个控制周期。管理是计划,执行,控制,再计划,再执行,再控制,一个螺旋上升的循环过程。通过每一次循环,使偏差不断缩小,保证管理活动向目标方向健康发展。

我们可以得出这样的结论:管理系统是一种典型的控制系统。控制是管理诸项职能中必不可少的一环,它使组织的整个控制过程得以有效运转,循环往复以至无穷。

第七章 管理控制的组织

本章我们来分析管理控制的组织实施。首先,指出管理控制系统的组成;进一步,讨论如何有效地进行管理控制的问题;最后,在上一章分析管理控制的过程机制基础上来研究使这个过程得以运行的人——“管理控制者”和“管理控制工程师”。

7.1 管理控制系统的组成

任何组织,如果没有一个与之一致的管理控制系统,都无法有效地贯彻它的战略。组织中的控制活动是通过组织的控制系统来完成的,而控制系统主要包括以下几个方面:

第一,控制的目标,即进行控制活动的目的取向,也是进行控制活动的依据。

第二,控制的主体,即各级管理者及其所属的各职能部门。

第三,控制的对象,控制系统控制的对象应是组织的整个活动。

第四,控制的方法和手段,即为达到有效的控制,所采用的各种科学方法和手段。

管理控制系统的基本结构如图 7-1。

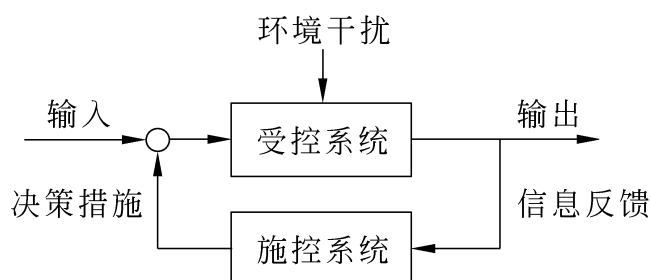


图 7-1 管理控制系统的结构

比如,企业管理系统作为一个控制系统,这个系统是由决策领导层及计划编制者组成的施控主体,以及分厂或车间生产者组成的受控客体组成。计划部门根据决策领导层确定的经营目标,经过分解将指标下达到各个生产单位,即施控主体作用于受控客体,这就是控制作用。各个分厂、车间生产的产品是否按质、按量、按期实现了计划,在市场上销售状况如何,顾客有何反映,情况有何变化,这些信息需要反馈到计划部门,同计划目标进行对比,找出偏差加以调整或纠正,即受控客体反作用于施控主体,这就是反馈作用。同时,系统存在于环境之中,它与环境相互作用、相互制约。

在具体研究一个管理控制系统时,还应当明确被控对象是什么,被控变量有哪些。如库存控制系统的被控对象就是仓库,而被控变量就是库存量。能根据被控变量的实际值和预期值间的偏差,对被控对象施加控制作用以减少偏差的控制机构由偏差测量机构、决

策机构和执行机构组成。偏差测量机构可以是计算装置,它应能连续不断地测定实际值与预期值之间的偏差。决策机构是核心机构,它能根据偏差作出控制决策。执行机构用以执行纠正偏差的决策命令,作用于被控制对象上。

上面考察的控制形式是将控制对象与控制机构明确地区别开来:在这种情况下,所涉及的是外部对于对象的控制。但是,控制并不总是由外部机构来实施的。在管理中,很多控制是自我控制,即人们以自己的方式行事。自我控制是一种内部控制,因为在同一个人身上集中了控制的原因和理由。就管理控制而言,在大部分情况下内部控制与外部控制相配合。管理控制的负责人也被视作其希望控制的对象的一部分:他实施的是一种自我控制。而且,从本质上来说,管理控制更倾向于让管理负责人自己来组织已经发生偏差形势的纠正。只不过我们主要讨论的是管理控制过程的正规问题。

7.2 有效地管理控制

在许多情况下,人们制定了良好的计划,也有了适当的组织,但由于没有把握住控制这一环节,最后还是达不到预期的目的。所以,我们必须认真思考和研究管理控制系统和管理控制过程中的有关问题。

从理论上说,适合于工程的、生物的控制论的理论和方法,也适合于分析和说明管理控制问题。管理控制与自动控制的区别:在自动控制系统中,一旦给定程序,那么衡量成效和纠正偏差就往往都是自动进行的,而管理工作中的控制活动就远比上述的复杂,它离不开自觉行动的人的作用,这与技术系统或生物系统是不同的。

我们应该充分地认识到,管理控制系统的工作、管理控制系统中采取的行动也会影响到人。在考虑设计管理控制系统时,不仅需要理解其如何运作,同时也需要理解人性。也就是说我们在管理中要注意研究人性,重视人的主观能动性作用,不然会导致管理控制失效。控制系统不仅应当与具体的职位相适应,控制系统也必须与个人的个性相适应。但有时人们没有认识到,控制必须针对具体的任务和特定的人来设计。

要使管理控制工作有效,在设计管理控制系统和进行管理控制过程中,必须遵循一些基本的原则:

(1) 保证实现目标的原则——控制的任务就是发现偏离于计划目标的误差,并采取有效措施纠正发生的偏差,从而确保实现计划目标。

(2) 反映计划要求原则——每一项计划、每一项工作都有其特点。所设计的管理控制系统越是能反映计划,则所进行的管理控制工作也就越有效。

(3) 组织适宜性原则——控制必须反映组织的结构的类型。所设计的管理控制系统越是符合组织机构中的职务和职责的要求,就有助于纠正脱离计划的偏差。

(4) 关键点原则——为了进行有效的控制,需要特别注意根据各种计划来衡量工作成效时有关键意义的那些因素。实际上也只能将注意力集中于计划执行中的一些主要影

响因素上。

(5) 例外原则——为了进行有效的控制,我们不仅应该注意那些关键点,而且还需特别把注意力集中在对关键点的例外情况(即超出一般情况的特别好或特别坏的情况)的控制上。

在实际运用当中,例外原则必须与控制关键点原则相结合。要突出重点,强调例外。应当注意到它们的区别在于,控制关键点原则强调选择控制点,而例外原则则强调观察在这些点上所发生的异常偏差。

另外,控制工作应具有灵活性。如果要使控制工作在计划出现失常或预见不到的变动情况下保持有效性的话,所设计的控制系统就要具有灵活性。换句话说,控制工作即使在面临计划发生了变动,出现了未预见到的情况或计划全盘错误的情况下,也应当能发挥它的作用。按照这一原则,绝不能把控制硬性地与某个计划联系在一起,以免在整个计划失常或发生突变时,控制也随之失效。

除了以上归纳的某些要点或基本的道理,还应对相关的问题给予考虑。

(1) 在管理控制中,以往更强调正式的控制系统,现在人们越来越认识到除正式的控制系统之外,非正式的控制系统也正在发挥其作用。我们应该寻求在正式的控制系统和非正式的控制系统两者间的平衡。

正式系统是通过组织正式的结构或层次来正式运行的,非正式系统则是通过正式系统以外的途径来进行的。非正式管理控制系统往往是伴随着正式管理控制系统而出现的。非正式管理控制系统是对正式管理控制系统的补充,就如同非正式组织是对正式组织的补充一样。这两组系统之间,既有本质的区别,又有紧密的联系,如果这两个系统在企业内部能达成一致,相互协调,不断完善提供,将会有效地应付不断变化的环境。

(2) 信息是组织的一种资源,控制的重要基础是信息。管理控制是以一系列信息及其处理技术为基础的。关于这一点,我们可以在好几个层次上进行考查:

信息内容:必须同时了解应该达到的标准和实际获得的结果;

信息处理:必须拥有能比较标准与结果的方法以及实施这种比较的手段。

管理控制系统实质上就是一个典型的信息反馈系统。为了确保良好的控制,我们需要一个定期的正式的报告制度。每一个管理人员都应注意他自己部门和组织的报告体系是否能将适当的信息,在适宜的时候传递给适宜的人,以使其对工作的控制富有实效。

要提高整个管理工作的效率和效果,就必须对信息进行有效的管理。计算机化的管理信息系统的建立,为完成这一任务提供了强有力的手段。但这仍然不可能做到实时控制(实时控制又称同步控制或现场控制)。

由于实时控制对信息的即时性要求相当严格,而且由于分析偏差产生的原因,制定纠正偏差的方案并实施这一方案都是要消耗很长时间的,因而,实时控制除了在最简单的和最特殊的情况以外不可能实现。

我们必须注意时滞这一控制系统普遍存在的现象。时滞也称之为时间延迟。从测量

信息、传递信息、找出偏差、采取纠正措施到使系统恢复到预定状态,这一过程中的每一个环节都需要时间,这些时间加在一起就构成了系统的时滞。时滞对一个系统的控制影响是很大的。

管理控制系统的时滞也说明,仅仅用系统输出信息的反馈,并通过衡量这一输出与既定目标之间的偏差作为控制手段是不够的。要使控制有效,就必须采取一种面向未来的控制方法。换句话说,只有当主管人员对于即将出现的偏差有所觉察并及早采取某些措施时,他们才能进行更有效的控制。

前馈可克服因时滞所带来的缺陷,它是控制原因而不是控制结果,是现代化管理中的一个很重要的特点。而简单的反馈是控制结果而不是控制原因,它是在偏差已经发生时,才采取措施来实施控制的,而此时损失已经造成。一个控制系统越是依赖于前馈而不是简单的反馈,那么就越有机会在不应发生的偏离计划的误差产生之前就发现它并及时地采取措施来防止它的出现。在实际工作中往往忽视这个原则,主要因为管理技术的目前状况还不能为前馈控制创造条件。但是,由于管理控制系统中存在着时间滞后的问题,所以不得不作出更大的努力,使针对未来的控制成为现实。

(3) 最后指出,控制工作应讲究经济效益。控制是一项需要投入大量人力、物力、财力的事情,耗费之大正是使许多应当控制的问题没有得以控制的重要原因,因此,要考虑控制的经济性问题。

将组织的总目标转化成各个不同部门的次目标将经过几个步骤,要保证这些目标为人们所了解和接受,根据目标调整控制标准和测度,使用控制机制从而使其真正影响人的行为——所有这些都将是需要花费时间和力气的。

为控制所花的费用必须有所值。这个要求似乎很简单,但在实际工作中往往很复杂。因为一个主管人员很难了解哪个控制系统是划算的,以及它将花多少费用。要把控制所需要的费用同控制所产生的结果进行经济方面的比较,只有当有利可图时才实施控制。

7.3 管理控制者

一般来说,组织的领导者即它的管理者。常常存在一个等级制度,顶部是首席执行官(CEO),在其下有业务部门、分部门和其他管理者。除了首席执行官以外,每个经理既是一个管理者也是一个下属,向一定的上级负责。这种关系以组织机构图的形式表示。

由于控制活动是要人来进行的,因此,在管理控制过程中,我们必须明确发生的偏差或错误以及采取纠正措施的责任应该由哪个人,哪个部门负责。

西方国家的学者提出“责任中心”和“主管人员”的概念。

责任中心是由一名对其行为负责的管理者领导的组织单元。从某种意义上讲,一个公司就是一个责任中心的集合体。这些责任中心形成阶梯式的层次。从高级主管的角度来看,整个公司就是一个责任中心,尽管责任中心通常指公司内部的单元。

任何一个责任中心都是为了完成一个或多个任务而存在的。这些任务就是他们的目标。由于组织是责任中心的集合体,如果每个责任中心都实现它们的目标,整个组织就可以实现它的目标。

如果一个责任中心做的事情正确,它是有效率的;如果它做正确的事情,它是有效用的。任何组织单元都必须既有效率又有效用。这不是任选其一的问题。理想的状态是,组织的每一个人都是既有效率又有效用,那么组织就可以用最优的方式实现目标。

管理控制过程主要是行为性的,它涉及管理者及其下属之间的相互影响。管理控制的重点在于责任中心的管理者行为的管理。当管理者进行管理时,他们并不亲自去工作。他们的职能是确保工作的有效性和高效率。

控制工作是每个主管人员的职能。主管人员常常忽视了这一点,似乎控制工作是上层主管部门和中层主管部门的事。实际上,各级主管人员(包括基层主管人员)都必须承担实施控制工作这一重要职能的责任。也就是说,无论哪一级的主管人员,不仅要对自己的工作负责,而且都还必须对整个计划的实施和目标的实现负责。

虽然不同的主管人员,他们所能控制的范围不一样,但对于所有主管人员来说,他们都有实施计划的责任,因而他们必须通过控制活动来确保其管理范围内子目标的实现,进而保证组织整体计划和目标的实现。

在组织机构中,各个部门及其成员都在为实现其个别的或局部的目标而活动着。许多主管人员在进行控制工作时,只求能正确实现自己局部的目标而忽视了组织目标的实现,因为他们忘记了组织的总目标是要靠各部门及成员协调一致的活动才能实现的。因此,对于一个合格的主管人员来说,进行控制工作时,不能没有全局观点。

为了确保组织的目标以及为此而拟定的计划能够得以实现,各级主管人员根据事先确定的标准或因环境变化及组织发展的需要而重新拟定的标准,对下级的工作进行衡量和评价,并在出现偏差时进行纠正,以防止偏差继续发展或今后再度发生;或者,根据组织内外环境的变化和组织的发展需要,在计划的执行过程中,对原计划进行修订或制定新的计划,并调整整个管理的过程。

进一步,当主管人员将更多的职权授予他的下属,而他自己的控制也要从工作的具体细节转向评价总的成绩,该下属对控制的责任即将增大。由于管理者不再注意日常作业中的细小问题,也不再试图解决大量的现场存在的问题,故很自然将会发出较少的命令。他应该在他和其下属之间建立起一种辅导性关系来替代命令关系。

如果已建立了有关成果的标准,下属和管理者都将知道应期待什么。同时,他们都将完全一致地希望取得这一成果,而且如果下属曾参与制订标准和测量成效的方法时,双方将会以同一的观点来解释控制信息。在这种情况下,管理人员将很容易变成为一位辅导员。他不必发号施令,而只需向人们提出有关如何完成预期成果的建议。控制的机制——标准、测度和报告书——仅指明需要,而上级的辅导则是努力帮助人们去完成该任务。

要使下属尽职尽责,就必须让他们知道其职责是什么。他们的绩效是如何考核和评价的,以及在衡量过程中有效的绩效标准是什么。离开了一定形式的控制,员工也就无所谓负什么责任了,这就会给主管人员的授权带来严重的问题。

另外,设置专门的管理控制部门主要在大中型企业。经验表明,存在某个临界规模,低于这个规模,企业会认为设置专门的职能部门是不经济的。大部分中型企业和绝大多数小型企业没有专门的控制职能部门。但可以发现其中某个管理人员、有时是企业主要负责人在部分时间发挥这种作用。

7.4 管理控制工程师

如果说使管理控制过程得以运行的人这一要素的重要性是显而易见的话,那么其复杂性则是多样的。这些人大致可以分为两类:希望尽可能完满地控制自己负责的形势的“管理控制者”以及通过分析、诊断和建议等为这种控制提供帮助的“管理控制工程师”。他们起着相辅相成的作用。

管理控制工程师这一概念泛指所有主要从事管理分析、管理诊断以及管理咨询工作的人。管理控制工程师属于不同的组织,以不同的方式对管理的控制活动进行干预。由于在实践中对从事这类工作的人的称呼是多种多样的,如参谋人员、管理顾问等,因此对这种职业的研究必须通过分析其工作内容来进行。

如果要归纳为一句话,管理控制工程师就是为管理控制者服务。当领导者感到本部门工作成绩不佳时,就充当他的“触觉”,诊断问题的症结所在;当领导者苦于缺少解决问题的办法时,就充当他的“外脑”,提出有用的建议;当领导者缺乏信息因而决断无力时,就充当他的“听觉”,把收集起来的信息反馈给领导;当领导者需要了解发展趋势和前景时,就充当他的“视觉”,通过预测未来使领导者把握发展方向。

人们可能观察到的管理控制形态的多样性,从而使我们不能对所有这些形态都进行深入的分析。在小企业,业主自己直接提供本应由参谋人员提供的服务,而在大企业则可能活跃着数量众多的这些人物。我们将对这些控制形态中的一种——大企业内部的管理控制进行分析。

专职管理控制人员是大企业、有时也是一些中型企业的选择。企业越来越感觉需要有一个有明确头衔的管理顾问。另外,会计专家发现管理控制与会计有着密切联系。

不过所有类型的管理控制工程师表现出以下共同特点:管理控制工程师进行分析诊断、提供建议,并在一定程度上指引方向。管理控制工程师需要同时掌握企业经济知识和企业运用的技术知识。与信息处理手段有关的会计、计算机知识的掌握也是必须的。在这些理论知识之外,还需加上来自职业经验的实际知识。

根据所起具体作用的不同,管理控制工程师之间也存在一定的差别:如果其职能主要是诊断和咨询,那么管理控制工程师的人文素质是关键因素。如果其职责是提交控制报

告和编制管理文件,那么会计师、数据技术员可以更好地适应该职务的要求。如果管理控制工程师直接为总经理部门服务,那么他们应该具备综合的能力。

企业专职管理控制工程师首先应该做到了解不同职能部门、它们的相互关系以及各自存在的问题。他们的危险在于被其环境所蚕食,从而转向日常性的事务。来自外部的管理控制工程师其特征首先表现为跨企业的经验。因此其危险主要表现为建立一个可应用于每位客户的顾问模式的企图。

第八章 管理控制的方式

管理系统作为一种控制系统,由于管理对象不同,管理目标不同,系统状态不同,所运用的控制方式也不同。管理的控制方式是多种多样的,各种控制方式也并不相互排斥。为有效地实现管理目标,往往是多种控制方式交叉使用。对于同一个管理系统,也可以从不同角度考察它的控制方式。

8.1 管理控制的基本分类

为了进行有效的管理控制,主管人员需要有一个控制系统,它会告知主管人员及时采取纠正措施,而且告知他们如果现在不采取措施将会出现问题。也就是说,任何一个负责任的主管人员,都希望有一个适宜的、有效的控制系统来帮助他们确保各项活动都符合计划的要求。

(1) 从过程的角度看,管理控制可以分为现场控制、反馈控制和前馈控制

现场控制是控制工作的基础。从它的名称就可以看出,它是发生在活动进行之中的控制,所以有时也叫事中控制。这类控制工作的纠正措施是作用在正在进行的计划执行过程。在计划的实施中,大量的管理控制工作,尤其是基层的管理控制工作都属于这种类型。最常见的现场控制方式是直接观察。

反馈控制是管理控制中最常见的和主要的控制类型,也称为事后控制。反馈控制是以系统输出的变化信息作为馈入信息,其目的是防止已经发生或即将出现的偏差继续发展或今后再度发生。反馈控制的主要缺点在于:管理者获得信息时损失已经造成了,这与亡羊补牢类似。但是在许多情况下,反馈控制是惟一可用的控制手段。

前馈控制也称事前控制。前馈控制是以系统的输入或主要扰动的变化信息作为馈入信息,其目的是在系统运行过程的输出结果受到影响之前就作出纠正。它的最大优点是防患于未然。前馈控制是管理者最渴望采取的控制类型,因为它能避免预期出现的问题。这种控制需要及时和准确的信息,但不幸的是这些常常是很难办到的。

现代的管理过程,一般既有事前控制又有事后控制,做到行动之前有科学的预见,行动之后有快速的反馈。

(2) 从行为的角度看控制工作的依据

计划的执行结果要受到人的影响。控制根据主管人员改进他们将来工作的方式不同,分为间接控制和直接控制。

前者着眼于发现工作出现的偏差,分析产生的原因,并追究其个人的责任,使之改

进未来的工作。

后者着眼于培养更好的主管人员,通过提高主管人员的素质来进行控制工作,从而防止出现因管理不善而造成的不良后果。

直接控制是相对于间接控制而言的。间接控制是基于这样一些事实为依据的:即人们常常会犯错误,或常常没有觉察到那些将要出现的问题,因而未能及时采取措施,进行纠正。直接控制的指导思想认为,合格的主管人员出的差错最少,他能觉察到正在形成的问题,并能及时采取纠正措施。现在,管理控制越来越重视直接控制这种方式。

8.2 按逻辑发展的分类

按逻辑发展分类的控制方式有以下四个方面:

1. 试探控制

试探控制也叫随机控制,是一种原始的控制方式,也是其他控制方式的基础。

当我们碰到一些棘手的事情,一时又想不出什么办法来解决,常常会硬着头皮说:“那就碰碰运气,试试看吧”。“碰运气”或“试试看”就是最简单的试探控制。

它是完全建立在偶然机遇基础上的,是在人们对解决问题所必需的条件不了解,对控制对象的性质不清楚的情况下出于无奈所能采取的惟一办法。

例如,我们要打开一个上了锁的房间,手里有一大串钥匙,但不知道其中哪一把能把锁打开。在这种情况下,人们常用的方法就是“一个一个地试试看”,直到把锁打开。

试探控制在成功的同时,常常伴随着失败。这种控制方式有较大的风险,对事关重大的活动,一般不宜采用这种控制方式。

在人类社会发展的初期,人们的知识十分有限,因而常采用试探控制。但也应该看到,人类对客观世界的探索是无止境的,无论科学怎样发达,客观世界总会存在未被认识的事物,特别是在科学研究中,当人们对某一新领域的研究刚刚开始,还不能用其他方法来控制所研究的对象时,试探控制往往成为人们惟一可以采用的办法。

2. 经验控制

经验控制也叫记忆控制,是一种应用广泛的控制方式。

试探控制所得到的直接成果就是经验,把由试探控制得出的结果用于指导下一次控制,就是经验控制。

单纯的试探控制并不强调记忆,只是“一个一个地去试”,如果碰得不巧,就要花费很长时间才能实现目的。改进的办法是增加一个记忆装置,以便把不能达到目标状态的输入都从下一个控制过程中排除出去。

例如,在上述开锁的例子中,如果我们通过试探控制把每次试过之后的钥匙记下来,可使试探的范围逐步缩小,最后,在一串钥匙中找到可以打开锁的那一把。我们下一次开锁时,就不用再一把一把地试了,直接应用以往的经验,很快就会达到目的。

可见,经验控制能够提高控制效率。

在经验控制中,最重要的是经验的可靠性。如果把失败的经验作为成功的经验加以运用,就会导致失败。

另外,偶然的经验虽是真实的,但它不反映事物的规律性,它不足以指导以后的行动。正象一个人看到一只兔子撞死在树下,就认为每天都会有兔子来撞,而采取“守株待兔”的办法一样,结果是毫无收获。

需要注意的是,事物总是不断发展变化的,而经验都是已经做过的事情。因此,如果对当时当地的具体情况不做详细地分析,一味照搬照套过去成功的经验,或者把某一时期的经验当作教条,不敢越“雷池”一步,这样的控制就达不到控制目的。

3. 推理控制

推理控制也叫逻辑控制,是试探控制和经验控制相结合的产物。

推理控制就是根据事物之间的相似性,用类比的方法,将一种事物的控制用于另一种事物的控制。

例如,三国时期的曹冲称象。他是把大象引到一只船上,在船上刻下吃水线;再把大象换成石头,也使船沉到同样的吃水线上,通过称出石头的重量来得知大象的体重。这个方法实际上就是推理控制方法。

由于这种控制方法归根结底是使用别处的经验,所以也可叫经验转移。其过程是:

事物甲 ^{相似} 事物乙 ^{经验控制} 事物乙的结果 ^{试探控制} 事物甲的结果

这里关键是“相似”,即事物甲与事物乙的基本性质要大体相似,否则事物乙的经验难以对应事物甲的控制。

科学技术的发明创造,有不少是通过推理控制的方式来获得的。实验方法也是一种推理控制,即把模型上的实验结果用于控制原型。

4. 最优控制

它是控制方式发展的高级阶段,是在前面三种控制方式的基础上,通过精确地分析和推导得出的,是“择优求好”的思想在控制活动中的具体体现,是人类主观能动性高度发挥的产物。

所谓最优控制,就是符合最优标准的控制。其核心思想是:不仅要保证实现控制目的,而且强调要在较短的时间内,以尽可能少的人力、物力、财力的消耗(即系统的输入量)

来实现控制目的;或者在同样的时间、资源条件下,使系统的输出达到最佳目标状态。这就要求在实际控制前或控制过程中,提供多种可供选择的方案,以便在实际控制时能够有所选择,使受控系统能够达到尽可能好的结果。

为了选择好的方案,以便将受控系统调到最佳状态上,需要确定有效性判据,判定何种状态优,何种状态劣,何种状态是最佳状态。对于一个短跑教练员来说,衡量其受控系统——短跑运动员的有效性判据是百米速度。对于一个投资者来说,衡量其受控系统——资金的有效性判据是资本金利润率等等。

我们知道,受控系统的每一输出,都是由相应的输入产生的,最优控制就在于不断调整输入,保证输出的有效判据取得最好的值。应该注意的是,最优控制是在给定的约束条件下,寻求一个控制(决策)使给定的系统性能指标为最大或最小。最优控制,既要满足给定的约束条件,又能使给定的系统性能达到最优。另外,实行最优控制,一般认为约束条件及性能指标是确定不变的,事实上这是办不到的,所以求得的最优控制实际上并不最优,只能达到满意或较为满意而已。

8.3 按关联结构的分类

按关联结构分类的控制方式如下:

1. 简单控制

它只适用于控制对象和外部环境参数十分简单的系统。其施控部分和被控部分的参数变量也往往十分简单。但因现实的管理系统往往是十分复杂的系统,一方面是系统本身处于动态变化之中,另一方面是外界环境也极其复杂。因此,简单控制方式在管理系统中很少使用。

2. 多级控制

也叫分层控制。它是按一定的目标,对系统内部不同层次的行为作出相应的控制的一种方式。

管理系统大多是多级控制系统。随着生产过程日益复杂,劳动分工越细,技术协作越强,组织程度越高,多级管理控制体制也越来越严密。

多级控制又可分为集中控制与分散控制两种形式。

(1) 集中控制

集中控制结构如图 8-1 所示。

集中控制是指在执行决策阶段,最后决策由最上级的子系统作出。高度集中的、指令性的、单一的计划经济体制等就是集中控制的典型例子。

集中控制的优点是结构简单,具有统一的总目标,便于整体协调。缺点是信息传输效率低,适应性差,控制过程繁琐,缺乏活力。

对于复杂大系统来说,集中控制越来越显得不适用,分散控制日益受到人们的重视。

(2) 分散控制

分散控制结构如图 8-2 所示。

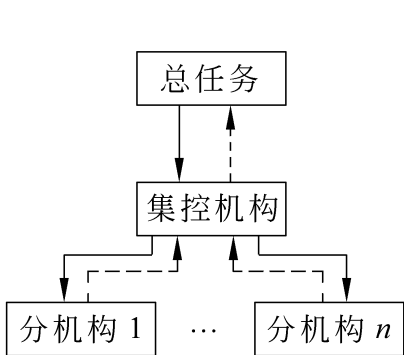


图 8-1 集中控制结构

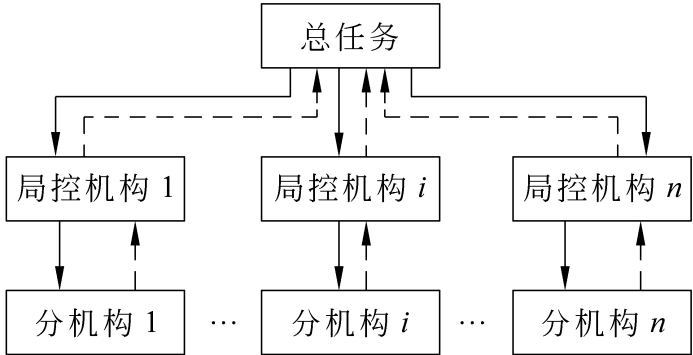


图 8-2 分散控制结构

分散控制是指在执行决策阶段,总问题的“解”分别由各子系统导出,这些子系统具有较强的独立性,可以自由选择自己的行为。

在分散控制中,最上一级的子系统往往只有结构形式上的意义,在其下级各子系统间仅起协调作用。高度分散的、自由竞争的、单一的市场经济体制就是一种分散控制的典型例子。

分散控制有以下几个基本特征:

一是信息传输上的特征,即每个层次在其管辖的范围内具有最大的独立性,因而也就获得了获取信息的广泛性和自由性。每个层次吸收的信息不仅来自上一级,还可以广泛地吸收来自本系统内部其他子系统以及系统外部其他系统的信息。也就是说,各子系统之间不仅是纵向信息传输,而且还有横向信息传输和交流。

二是时间上的特征,即层次越低,时间尺度越短,如以日、小时甚至以分钟来计;层次越高,时间尺度越长,如以月、季度甚至以年度为计。

三是目标上的特征,即与各级控制相应的有各级目标,它们组成一个目标体系。

分散控制的这些特征,反映了这种控制方式的优点是信息传输效率高,适应性强,控制简便;缺点是总体的统一性差,不便协调。

(3) 多级递阶控制

递阶控制结构如图 8-3 所示。

这种控制结构是集中控制与分散控制相结合的形式,它具有两种控制结构的优点,而克服了两控制结构的缺点。

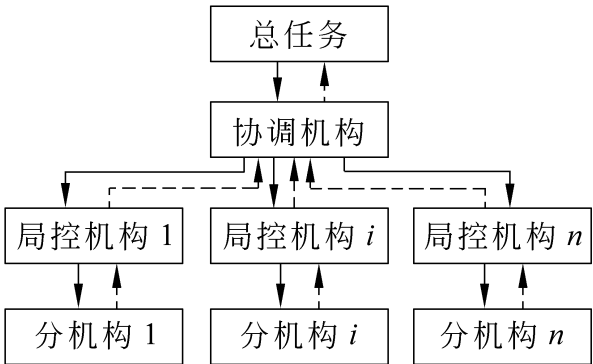


图 8-3 递阶控制结构

在实际的管理活动中,集中控制和分散控制之间没有绝对的分界,许多多级控制系统的控制往往介于这两者之间,兼有两者的特性,只是有所偏重罢了。我国现行的领导体制和管理体制,就是多级递阶控制型,按中央、省、地、县、区、乡逐级形成。

在这种多级控制中,在具体的管理方式上,应把分散控制和集中控制结合起来,视不同情况或不同的环境变化,有时分散控制多一点,有时集中控制多一点。通过二者的有机结合和灵活运用,既保持管理体制上的集中统一,又使各级子系统具有相应的自主权;既要防止统得过死,又要防止过于分散,做到控而不死,活而不乱。

8.4 按输入内容的分类

根据控制系统的输入内容不同,又可分为计划控制和目标控制两种控制方式。

计划控制系统的输入是预先编好的计划,目标控制系统的输入是系统所要达到的目标。计划控制和目标控制是管理活动中常用的、也是最基本的两种控制方式,因此我们将其作为一个独立的问题加以介绍。

1. 计划控制

计划控制又称程序控制,是管理控制的基本方式之一。

计划控制中系统的输入,是预先编制好的计划。受控系统按计划运行,以保证系统状态不偏离计划轨道。

一个好的计划,如同在现实状态和目标状态之间架设了一座桥梁,可以使人们在目标实施时方向明确,步骤有序,工作协调。特别是在达到目标的过程比较复杂,人们对目标还不甚了解的条件下,运用计划控制,可以引导人们有秩序地达到目标。

在实际的管理工作中,计划程序的编制可分三步进行:

- (1) 在决策目标确定的前提下,进一步拟定反映总目标的各项具体指标。
- (2) 预测在实现总目标的过程中,会出现哪些因素的影响。其中包括内部因素和外部因素,有利因素和不利因素。
- (3) 根据现有条件和未来可能受到的影响,制定出达到目标的具体措施和步骤。

切实可行的计划,为以后实施中的控制建立了标准,提供了依据。控制正是按照计划提供的标准和要求,来纠正那些脱离计划的偏差的活动,使管理朝着既定的目标方向发展。

计划控制分为两种:一种是开环计划控制,一种是闭环计划控制。

施控系统目标输入转化为计划指令后作用于受控系统,受控制系统的输出结果不再被返送回输入端并形成再控制的直链控制方式,称之为开环计划控制。

开环计划控制系统,在施控和受控两个子系统之间没有反馈环节,构不成闭合回路。受控系统自身行动的结果,不能直接影响自身的输入,因而它是一种不完善的控制系统

(非自控系统)。在这样的控制系统中,受控系统不仅要接受施控系统的计划指令,同时也受到外界干扰的作用。在没有干扰时,受控系统按计划指令行动;当干扰出现后,受控系统的输出,是计划指令和外界干扰共同作用的结果。由于没有反馈环节,计划指令不能自行作相应调整,受控系统就不能完全按计划指令行动,通常会偏离计划轨线,并且不会自动回到计划状态上来。

鉴于上述情况,在开环计划控制中,计划建立的前提是:假设外部环境受控系统的未来行为具有完全的确定性。因此,它只适用于干扰因素影响较小,或系统本身抗干扰能力强,或有较多的历史经验可资借鉴的控制活动。如军队系统的条例、条令的贯彻执行等硬管理,均属此列。

闭环计划控制又称反馈计划控制,它与开环计划控制的区别,在于增加了反馈环节(在管理组织中可能是“监测机构”),通过反馈环节,把受控系统的状态或执行结果返送给施控系统,以影响其计划指令的改变。这样,整个控制过程形成了一个双向环形的闭合回路,使受控系统根据自身的行动结果,影响自身的输入,从而调整未来的行为。如图 8-4 所示。

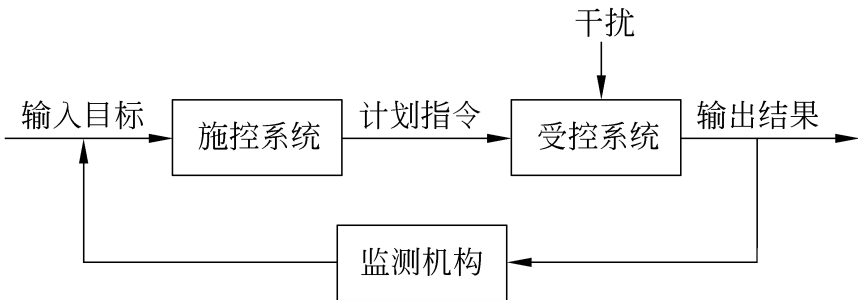


图 8-4 闭环计划控制

在闭环计划控制中,计划建立的前提是:假设外部环境受控系统的未来行为大部分是确定的,一部分是未知的因素,会使系统偏离计划轨线。因此,采用反馈,把系统当前的状态与计划状态相比较,如果发现偏差,就改变输入使系统自行回到计划轨线上来。如飞机所处的位置通知导航员,导航员根据飞机的位置相对于航线的偏差,发出纠正指令,使飞机按预定航线飞行。

计划控制这种控制方式的有效性,取决于计划的可行性。但是,再好的计划也难以完全预料执行中可能发生的一切情况。当形势的变化需要修订目标、改变计划时,常常会出现系统运行的滞后性,表现出对情况变化的不适应。因此,计划控制一般适用于干扰作用较稳定的系统。

2 . 目标控制

目标控制又称跟踪控制,也是管理活动中最基本的控制方式。

目标控制中系统的输入是系统所要达到的目标。它是用受控系统运行时的目标状

态,相对于输入目标的偏差,来指导或纠正系统未来的行为。

目标控制的基本过程如图 8-5 所示。

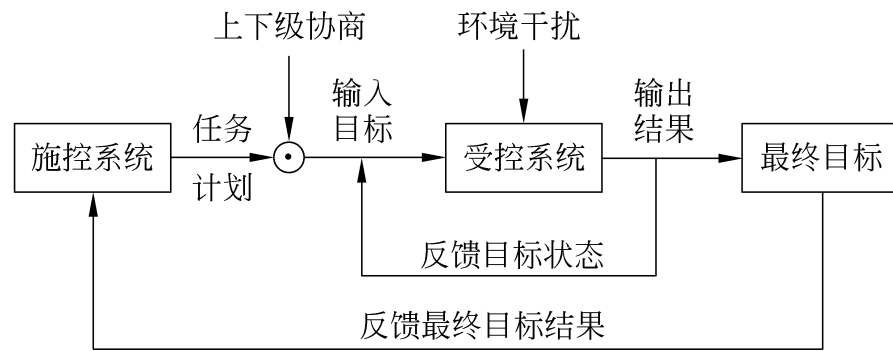


图 8-5 目标控制的流程图

(1) 施控系统(上级)向受控系统(下级)发出指令(任务或计划),经过上下级协商,将上级指令转化为下级的目标,以目标输入受控系统。

(2) 受控系统根据输入的目标,自行决定达到目标的行动方案,并按方案在环境干扰的情况下运行。由于干扰的作用,运行过程中的目标状态会偏离计划状态,因而需要反馈调节。

(3) 受控系统通过反馈调节,把运行过程中的目标状态与输入的目标状态进行比较,发现偏差后,自行调整行动方案,使其恢复到正常的目标状态上来。

(4) 按输入的目标计划期,受控系统运行完毕后,将最终的目标结果反馈到施控系统。

从以上过程看,目标控制有以下几个特点:

(1) 受控系统自行调节。目标控制并不是不要计划,不仅目标需要根据上级计划来制定,而且计划作为达到目标的中间过渡环节,也是不可少的。只不过这里的计划是受控系统(目标责任者)自行决定的,即根据自身的调节能力自己决定达到目标的行动方案,并根据执行中的情况自行加以调整。

(2) 施控系统只管“两头”。施控系统主要抓目标输入和目标考评,而对受控系统的运行过程(执行情况),除了提供必要的人、财、物等保障条件和咨询指导外,一般不做过多的干预,尽量减少指令信息,而把工作的重点放在宏观控制方面。

(3) 应变能力强。在目标控制中,受控系统的行动方案并不完全依赖于对未来预测的准确程度,而是根据系统当前的状态自行调节未来的行为。也就是说,受控系统在运行过程中,不必通过施控系统的反馈调节来影响自己的行为(不必事事向上级请示),只有当通过自己的努力无法实现目标时,才将执行信息反馈到施控系统,以获得必要的支援。这比起计划控制只能通过上级施控系统改变程序以调整行为来说,目标控制对干扰反应的灵活性要强得多。在这些方面,目标控制提高了系统的适应能力和控制水平。在现代管理中,目标管理就是以目标控制为基本形式的管理方法。

在实际管理活动中,要善于把目标控制和计划控制等其他控制方式有机地结合起来。如在系统实现具有战略意义的长远目标时,可以运用计划控制,通过合理的计划,使执行中的各个阶段前后衔接,各个方面相互协调,从而确保宏观不失控。对于其中一些较具体直接的管理活动,则可以运用目标控制,让目标责任者自行决定行动方案,以适应环境的变化,从而确保微观上不至于统得过死。“控而不死,活而不乱”,正是现代管理的基本要求。

第九章 管理控制的应用

所有企业都要实施管理控制。一些成功的企业将强化管理控制作为诀窍。也有些企业却由于忽视、漠视管理控制,造成巨大损失以致破产。管理控制已作为现代企业管理的一个前沿问题出现在我们面前。本章涉及人力资源管理控制、资金管理控制、生产管理控制、营销管理控制以及战略管理与企业文化等内容,并挑选了一些典型的案例,以使读者加深对管理控制的理解和学习运用管理控制。

9.1 人力资源管理控制

人类社会存在三大资源,即人力资源、财力资源和物力资源,其中最重要的当是人力资源。由于该资源特殊的重要性,它被经济学家称为第一资源。

人力资源是企业的战略性资源,也是最关键的因素。企业人力资源是指能够推动整个企业发展的劳动者的能力的总称。任何一个企业或组织,没有有效的人力资源,要实现其战略目标是根本不可能的。

企业之间的竞争,归根结底,是企业人力资源优劣之间的竞争。随着生产力和科学技术的迅速发展,企业之间的竞争更加复杂、更加激烈。企业在这种复杂、激烈的生存、发展的竞争中,人力资源优劣的作用越来越突出。

人力资源是一个运动过程。它始于开发,经过配置而终于使用,而管理则贯穿整个运动过程,是人力资源充分开发、合理配置、有效使用的基本保障。从一个周期的运动过程来看,使用是开发和配置的目的,也是过程的终点。但从整个发展过程来看,人力资源运动的各个环节是终始相接,连绵不断,永无尽头的。

人力资源管理,简称现代人事管理,具体是指对人力资源的获得、开发、保持和利用等方面所进行的计划和控制的活动。它是研究组织中人与人关系的调整,人与事的配合,以充分开发人力资源,挖掘人的潜力,调动人的积极性,提高工作效率。

人力资源管理控制的基本任务,就是根据企业发展战略的要求,通过有计划地对人力资源进行合理配置,搞好企业员工的培训和人力资源的开发,采取各种措施,激发企业员工的积极性,充分发挥他们的潜能,做到人尽其才,人尽其用,更好地促进生产效率、工作效率和社会经济效益的提高,进而推动整个企业各项工作的开展,以确保企业战略目标的实现。

具体地讲,它主要包括以下几个方面:

(1) 通过规划、组织、调配、招聘等方式,保证以一定数量和质量劳动力和各种专业

人才,满足企业发展的需要。

(2) 通过各种方式和途径,有计划地加强对员工的培训,不断提高他们的文化知识和技术业务水平。

(3) 结合每一个员工的具体职业生涯发展目标,搞好对员工的选拔、任用、考核和奖惩工作。

(4) 采取各种措施,包括思想教育、合理安排、关心员工的生活和物质利益等,激发员工的工作积极性。

(5) 根据现代企业制度要求,考核员工工作绩效,根据员工的工作绩效的大小和优劣,做好薪资、福利和奖惩等工作,协调劳资关系。

企业中普遍设立的“人力资源部”,便是专门对人力资源的管理,把管理工作不仅仅局限于日常的事务性工作,而是作为企业经营管理战略的一大要件,从控制员工转为建立一种整合的人力资源规划、开发和运用的系统。

人力资源管理系统通常可为:战略与决策系统;招聘与选拔系统;教育培训系统;绩效考核系统;薪资与福利管理系统;管理诊断系统;管理信息系统。这七大子系统既可以满足日常的人力资源管理活动,又是对人力资源管理的支持与保证。各子系统间相互紧密联系又交叉互动,带动整个管理活动良性循环。

实践证明,重视和加强人力资源管理控制,对于促进企业生产经营的发展,提高企业的劳动生产率,保证企业获得最大的经济效益有着重要的作用。

值得一提的是,最近几年提出的人力资源管理诊断概念。人力资源管理诊断,是对人力资源管理系统做深入地检查,进行分析评价、找出存在的缺陷,指明改进的方向。通过对人力资源管理系统进行有效的诊断,可以检测人力资源管理的绩效,及时发现问题,纠正错误,将人力资源引导到为实现组织目标上来。

另外,人力资源会计也成为会计学中一个新的分支,其目的是提供人力资源管理所需要的信息。人力资源会计可定义为:以货币形式反映并控制经济组织中人的成本、价值和效用,为管理者及其相关人员或机构提供人力资源的投资信息、维护信息和利用信息的一种管理活动。人力资源会计的一般职能可概括为两项,即核算职能和管理职能。核算职能即反映职能。管理职能即控制职能。

9 2 资金管理控制

资金是企业的血液,企业的运行离不开资金的运动。任何一种企业都必须有一定数量的资金,没有一定数量的资金保证,企业资产无法形成,企业的正常生产经营活动和发展也就难以进行。

企业资金是指企业为了保证生产经营活动正常进行所拥有或控制的各种经济资源的货币表现。企业资金的构成,按照资金在企业经济活动中所起的作用分为固定资本金、流

动资本金和其他资本金三个部分。固定资本金是通过投资转化而成的,它是固定资产的货币表现。主要由两大类建设项目组成:一类是基本建设项目,另一类是技术改造项目。流动资本金由生产领域的流动资本金和流通领域的流动资本金构成,它是流动资产的货币表现。其他资本金是指企业在经济活动中,除固定资产和流动资产以外的,为企业拥有的能以货币表现的经济资源。这些经济资源也在企业生产经营活动过程中起着各自的作用,必须列入企业资金构成之一。

企业的资金运动是伴随着物资运动而发生的,同时,它又具有一定的独立性,并对物资运动起着积极的影响作用。这一资金运动,体现在财务系统的管理方面。因此,企业财务系统的管理,既要着眼于物资运动,以保证供、产、销各环节的顺利进行,又要自觉地利用资金运动的反作用,来促进生产经营的改善。

企业资金运动具有其特殊的规律性。企业资金运动的规律,是从一定来源(国家投资、银行借款、企业自筹等)取得货币资本开始。在供应阶段,用货币资金购买和建置生产资料,企业资金的绝大部分由货币形态转化为材料储备和固定资产形态;在生产阶段,劳动者使用劳动工具对劳动对象进行加工、制造,其所消耗的储备物资和固定资产,以及用于支付职工工资和其他费用的货币资金,便转化为产成品形态;在销售阶段,将产品销售出去,资金又从成品实物形态转化为货币资金形态。最后对货币资本增殖部分(企业盈利)进行分配。简单地说,企业资金运动规律是资金在不断改变形态中进行,并形成增殖,经过资金分配后又进入新的循环。

在资金运动过程中,企业的资金不断地投入再生产过程,并不断地从再生产过程收回,周而复始地不断地进行循环。当资金运动经历了一个循环之后,其所产生的资本增殖部分(即实现的企业盈利),将有一部分再投入新的循环。

具体地讲,企业资金运动包括企业资金的获得、投放、耗费、收入和分配。其中资金获得和投放是对固定资产和流动资产的系统管理,资金耗费是对成本的系统管理,资金收入和分配是对营业收入和利润的系统管理。

资金控制就是对资金运动实行经常性的监督与检查,并及时纠正偏差。企业资金的控制内容有四个方面:

(1) 控制企业的筹资与投资。企业要进行生产经营活动,需要拥有一定数量的资金,而企业要获得生存和进一步发展,则必须不断投入新的资金,运用新投入的资金来建立各种生产经营条件和开展某种生产经营活动。要对企业进行投资,首先就必须筹集一定数量的资金,以满足企业再生产过程对新的资金需求。筹资是属于积聚新财力的问题,投资则是属于用财和生财的问题。

(2) 控制固定资本金、流动资本金和其他资本金的使用。企业经济活动中所占用的资金,具体表现为固定资产、流动资产和其他资产。这三项资金使用是否合理,对保证企业生产经营过程顺利进行,对节省资金占用、加速资金周转和提高企业经济效益,对确保企业生存与发展,都具有十分重要的作用。同时,企业的资金运动最主要的是通过这三项

资本金的不断运动变化来实现的。

(3) 控制企业的盈利收入。企业资金运动具有增殖性,获取盈利收入既是企业财务系统活动的动力和目的,又是资金运用效果的具体体现和资金分配的前提条件。盈利收入是否实现企业的预期目标,不仅影响到企业经营任务的完成,而且影响到企业的发展。若不对盈利收入严加控制,就难以确保资金运动的良性循环,实现企业既定的经营成果,甚至还可能危及到企业的生存。

(4) 控制资金的合理分配。资金分配既包括销售收入中如何分配生产经营资金和企业盈利,又包括企业盈利内部的合理分配。对营业收入的分配,首先要提足生产经营过程中所开支的全部劳动耗费,使如数的生产经营资金重新继续参加生产周转,保证企业再生产的不断进行,其余部分才列作企业盈余。企业资金的分配是否合理,不仅关系到企业再生产的正常进行,而且还关系到企业发展的后续能力。

企业资金是在不断地运动变化之中,它的构成部分(固定资产、流动资产和其他资产)又有各自的运动特点,这样,就决定了企业资金控制的特点。其控制的主要特点如下:

(1) 它以加速资金周转和实现资金增殖为目标。以便及时地组织资金供应、保证资金周转畅通无阻,合理地节约使用资金,不断提高资金利用效果和资金增殖幅度。

(2) 它以资金计划和财务预算为控制准则。把资金运动的各个环节纳入计划和预算规定的许可范围,制定各种控制标准来进行控制,从而保证控制目标的实现。

(3) 它以资金、物资相结合运行为控制对象。资金使用同物资运动有着密切的联系,只有把两者相结合,才能发挥财务系统的控制器的效应和作用。

(4) 它以财务监督为基本手段。财务监督是以资金运动为对象,利用价值形式对企业生产经营活动所进行的控制和调节。

特别指出的是,经营预算与企业计划是一个不可分割的整体。经营预算是协助企业管理人员履行各项管理功能的一种重要工具。经营预算又称为企业经营活动的总预算,是关于企业在一定时期内(一般为一年或一个时期)经营、财务等方面的总的预算。即包括业务方面的预算和财务方面的预算。一般而言,经营预算的过程,就是决策目标的具体化,就是编制、实施、控制的过程。经营预算虽然在某些形式方面与会计报表有相似之处,但在实质上有根本的区别。它是一套符合逻辑程序而且有系统发展的整体规划和动态控制的方法。

9.3 生产管理控制

作为企业管理重要组成部分的生产管理,在计划经济体制下处于中心位置,只要求企业把生产搞上去就可以。市场经济体制的确立和发展,生产管理乃至整个企业管理面临重大的变革,要求企业必须按照市场经济的规律来组织生产经营活动,经营决策成为企业管理的中心,生产管理降到从属位置。但这绝不是说生产管理不重要了,可以淡化了。其

基础作用,对企业在市场中竞争能力的影响不仅没有削弱,反而更加强了。随着科学技术的进步和社会经济的发展,产品生命周期缩短,更新换代加快,社会消费水平不断提高,需要多样化,市场竞争日趋激烈,现代企业所处的环境与过去相比,发生了深刻的变化。新的环境对企业的生产系统和管理系统提出了一系列前所未有的严峻的要求。

生产是制造产品或提供服务的过程。生产管理的对象是生产过程。生产系统的主要功能是转换功能,任何一个生产系统都执行着将系统输入转换成预定输出的功能。即根据不同的生产目的,对生产系统投入不同的生产要素,通过系统的转换,最后产出各种满足人们需要的产品和服务。不同的生产系统有不同的输入内容,不同的转换过程,不同的输出对象。系统不同,管理的方法不尽相同,但管理的原理是有共性的。

生产管理,是指为实现经营目标,有效地利用生产资源,对企业生产过程进行计划、组织、控制,生产出满足社会需要、市场需求的产品或提供服务的管理活动的总称。企业生产经营管理必须以实现企业的经营目标为宗旨。要按照经营目标去实现产品在品种、质量、数量、进度、成本等方面的要求,起到实现企业经营目标的保证作用。生产管理必须把资源合理利用放在重要位置,在确保产品质量的前提下,优化资源配置,不断降低成本,提高经济效益。

具体地讲,生产管理是关于生产过程的决策制定,以使之按照规格、质量、数量、交货期和最小的成本生产出产品或提供服务。生产管理在实现这些目标时,是同其他两个领域——生产系统的设计和生产系统的计划与控制的活动相关的。与生产系统的建立和设计有关的是长期决策;与生产系统的运行和控制有关的是短期决策。

生产一种产品以及提供一项服务的可能最低成本,是由设计师最初设计的,无论生产管理者智慧如何,也无法改变这一事实,他只能在已有设计的限度内使生产成本最低化。因而,在设计阶段显然就应开始考虑,对产品和服务应采用何种生产模式。

考虑了生产系统的设计问题,现在,为了使系统运转起来,我们将重点讨论生产管理控制系统。我们研究的主要内容是控制成品库存的数量,感兴趣的是数量控制、质量控制和成本控制。

从某种意义上说,有了库存才可能有合理的生产系统,没有库存就不能有畅通的生产过程。库存不仅仅是需要的,它对低成本生产也是事关重要的。库存作为生产经营中要解决的问题,关键在于它不是一个单方面的问题。

任何企业都是根据某种需求而生产的。这种需求,有时是已知的,有时则仅是一种预测。

销售部门的性质决定了它希望完全服从需求。因此,它要求计划能保证使它在消费者希望的时间(这时要求有大量的库存)向消费者提供他们需要的产品,哪怕必须因此而对产品设计进行调整。

财务部门需要的是使它能够最方便地实现利润目标的计划。同时,它也希望计划能够缩减成品和在制品的数量。

技术部门要求计划能够保证其可支配的人力资源和设备手段得到稳定的使用。这种对人力和设备充分使用的要求使得企业不得不在销售低潮时期保持一定的库存,然后在旺季利用库存来满足市场需求。

这说明管理工作影响的有限性:它只能带来部分的最优化,因而可能存在次优的危险。在这时进行干预的是总经理部门的职能,一般管理这个概念也许正是在这里可以得到最好的诠释。

进一步,在生产计划的范围内,我们可以作出涉及如何选用设备等相对长期的计划。在较短的计划期内,需要计划的主要是生产安排和库存水平。在最短的计划期内,要对每个部件和产品所需的原材料、人力、设备等进行计划。

为了实现企业的生产计划,组织企业日常生产活动,需要有具体的生产作业计划,将生产任务具体化,安排到月、旬、日、小时,落实到车间、工段、班组、个人,并在实施中加以严格控制。

在编制了生产计划、生产作业计划后,进行实施时,客观总会有市场需求的变化、有物资供应的变化、人员和设备的变化以及预先想不到的突发问题等,影响计划的执行。因此,必须随时掌握情况,作出调整,进行生产控制。

生产控制,是指按照生产计划的要求,组织生产作业的实施,在实施中及时了解计划与实际之间的偏差,分析其原因,调整生产进度、调配劳动力、合理利用生产能力、控制物料供应及运送,保质保量地完成任务。

生产控制的作用很大。它是保证生产计划、生产作业计划完成的有效手段,是调节生产、协调各项工作的有力武器,是保证产品质量、降低生产成本、提高经济效益的重要环节。

需要说明的是,生产管理是企业管理大系统中的一个子系统,作为子系统一定要服务于大系统,还要注意同其他子系统的协调、配合,从而发挥总体效益。在生产管理系统内部,还必须调整好各种关系,运用系统的观点去处理好内部的各种问题,注意信息的反馈性,使生产管理在高效、稳定的状态下进行。

需要注意的是,以往的生产管理把主要精力放在生产系统内部加强计划和控制,偏重抓内部效益的提高;但现实是外部环境因素的影响越来越大,所以生产管理第一个大的变化,就是打开自身封闭或半封闭系统,迎接层次化、多样化、激烈竞争的外部大环境、大市场,以适应实际的需要和外部环境的变化。

9.4 营销管理控制

在企业管理活动中,市场营销是企业整体活动的中心,市场营销部门是企业的重要管理部门,企业的市场营销业绩是评判企业生产经营活动成功与否的根本要素。

市场营销是企业市场上的买卖活动。因此,市场营销不是观念的产物,而是企业活

动的产物。但这种活动又不是一般的推销产品的市场行为,而是以发现消费者为起点,以满足消费者需要为核心,以系统的产品销售或劳务提供为手段的企业整个市场营销活动及其过程。

因此,市场营销活动可定义为:市场营销是从卖方的立场出发,以买方为对象,在不断变化的市场环境中,以满足一切现实的和潜在的顾客的需要为中心,提供和引导商品或劳务到达顾客手中,同时企业也取得利润的企业经营活动。

任何企业的营销活动都是在一定的环境下进行的,它的营销行为既要受到自身条件的限制,又要受到外部条件的影响。制约和影响企业营销活动的一系列条件和因素,就是企业市场营销环境。企业只有主动地、充分地使营销活动与营销环境相适应,才能使营销活动产生最优的效果,从而实现企业的营销目标。

营销管理是指为实现营销目标,而对整个营销活动,包括营销计划的编制、执行、营销手段的采用,分销渠道的选择、产品价格的制订进行控制、调节。

在确定了市场战略目标后,营销部门的工作是计划和控制营销活动。在现实的市场营销活动中,市场营销计划内容是广泛的,有时指企业的整体计划,有时仅仅指企业整体计划的一部分。事实上,凡是企业营销活动中制定的与实现营销目标相关的计划都是市场营销计划的组成部分。因为在营销计划实施过程中,将会发生许多意外情况,受公司内部各种因素的变化影响(如政策、市场、竞争对手等),营销部门必须持续地监督和控制各项营销活动。

任何营销活动在实践中都会发生偏差,影响营销目标的实现。所以,营销控制是市场营销活动不可缺少的重要环节。营销控制是对营销计划执行情况的监督和检查,其目的是指出计划实施过程中的缺点和错误,以便加以纠正和防止重犯,并采取必要的对策,保证营销战略目标的实现。

营销管理控制是企业用于跟踪营销活动每一环节,确保按计划目标运行而实施的一套工作制度。营销管理控制对于保证企业生存、发展和成功是十分必要的。现在营销管理越来越重视营销控制的作用。

对营销活动的控制是一种全过程、分阶段、有重点的控制,主要有战略控制、年度计划控制、效率控制,盈利率控制、销售渠道控制、销售人员工作表现控制、区域管理控制等。

(1) 战略控制。战略控制是有关确保企业目标、政策、战略和计划能最佳地适应企业当前和预测将来的营销环境的工作。目的是检查企业是否在市场、产品等方面正在寻找最佳机会。企业必须经常对其整体营销效益进行回顾与作出评价。方法可以通过营销审计。通过营销审计确定营销问题,提出正确的短期和长期行动计划,以提高总体营销效益。

(2) 年度计划控制。年度计划控制的目的在于保证公司实现它在年度计划中所制定的销售、利润以及其他目标。年度计划控制的中心是目标管理。由年度计划分解为月、季度的计划目标,监督执行情况,并对发现的偏差及时采取措施以便达成年度目标。所以,

必须要对计划不断地监控。

(3) 盈利率控制。盈利率控制是要求确定企业的各种产品、地区、细分市场和贸易渠道的实际盈利率。企业的赢利能力是市场营销主管人员首先关心的。而对市场盈利性控制,首先应该是市场营销成本控制。通过测算和分析,能帮助主管人员决策哪些产品或哪些市场应予扩大,哪些则应予缩减,以至放弃。

(4) 效率控制。效率控制是企业为了提高人员从事推销、广告、促销和分销等营销活动的效率的工作。

(5) 销售渠道控制。销售渠道是企业的生命线,销售渠道不畅或混乱会对企业造成致命的影响和后果。

(6) 工作表现控制。工作表现控制的目的是通过设立及运用工作表现管理系统,提高销售队伍的效率。

(7) 区域管理控制。通过区域管理控制去争取最佳的表现,通过区域管理控制达到对客户管理的目的。

需要强调的是,任何企业必须经常对其整体营销效益作出回顾评价,以保证它与外部环境协调的发展。因此,企业必须定期对整个营销活动进行审计。营销审计是对企业的营销环境、目标、战略和活动所作的全面的、系统的、独立的和定期的审查,其目的在于决定问题的范围和机会,提出行动计划,以提高企业的营销业绩。其实质是在一定时期对企业全部市场营销业务进行总的效果评价。

最后,企业在经营活动中不断接受信息,同时也产生新的信息。信息有的来自外部环境,有的来自企业内部。营销人员为了分析、计划、实施和控制营销工作,需要各种有价值的信息,而提供信息的任务由营销信息系统完成。建立和完善市场营销信息系统,使市场营销活动成为事前有预测、行为有控制、结果有反馈的有机整体,就能使企业取得满意的、不断增长的营销效益。总之,用科学的方法和手段搜集、整理市场营销信息,加强对市场营销的信息管理是现代管理的一个重要课题。

9.5 企业管理控制的应用案例

案例 1:英特尔的人才管理

英特尔公司是位于美国“硅谷”的高科技企业。人才是高科技企业生存和发展之本。长期以来,英特尔公司对员工采取一种开放式的管理哲学,即在对待所有的公司员工都讲究平等,尊重个性,并允许他们保留自己的文化形态。但是,过分突出个人的这种开放式人事哲学,在为英特尔创造活力的同时,也给公司的人事管理工作留下了隐患。

由于外界的诱惑,以及无数更新、更有挑战性的工作机会,人才外流危机终于发生在

1982 年 80286 微处理器设计完成之际。英特尔的人事主管接二连三地接到多位技术人员递交的辞职报告书。

人才是高科技公司经营的命脉,如今,公司的技术业务骨干连连要求离去,英特尔能坐视不顾?

公司对此次人才频频外流事件极为关注,公司总裁亲自挂帅,执掌专门调查小组,对事件的起因始末展开细致的调查。

调查发现,员工的不满乃至辞职主要源于文化方面的冲突,这种文化和东方文化有着不协调甚至冲突之处。大规模人才外流就是在这种基础上爆发的。

既然危机由文化因素引起,那么消除危机的关键也就在于文化本身。因此,英特尔公司采取了多种措施来消除公司内不同文化之间的差异。

此外,公司也通过各种定期的聚会开展形形色色的相关活动,使各种文化有机地融为一体,塑造出一种全新的、独特的英特尔文化,从而在公司内部形成一种融洽和谐的氛围。

从此以后,类似于 1982 年的大规模人才外流现象再也没有发生过。英特尔利用多重文化整合的方法处理人事危机的目的大功告成。

评注:

这是一个典型的人力资源管理控制案例。其中可以看出从发现问题,展开调查,分析原因,到进行纠偏等管理控制的内容。另外,整个英特尔的人事管理中也隐含了事后控制与事前控制的道理。

案例 2: 克莱斯勒的东山再起

持续几年的经济衰退,使美国的第三大汽车制造公司——克莱斯勒汽车公司在这一打击中濒于崩溃。人们普遍认为,这个昔日产业界的佼佼者破产倒闭已经为期不远了。亚科卡就是在这种情况下走马上任的。

上任伊始,亚科卡发现公司许多部门纪律松弛,人心涣散,就连他的秘书也在上班时打电话聊天以消磨时间。经过深入地了解,亚科卡发现公司最高管理层的人员对整个公司的情况并不十分了解,更不知道公司亏损的原因何在。同时整个公司部门多,分工细,部门与部门之间互不关心,缺乏沟通,而且公司管理人员中分成很多小团体。这些问题的发现使亚科卡感到十分震惊,他决定对公司进行大刀阔斧的改革,来令公司走出危机。

为了解决公司面临的困境,亚科卡四处活动,为公司争取了 15 亿美元的联邦贷款保证。随后,重组了公司的组织机构,解聘了 35 位副总裁中的 33 位,建立了公司内部各部门之间相互沟通情报的制度与渠道,解决了各自为政乃至产、供、销各环节的问题;引进了精明强干的财会人员,而且在通用与福特汽车公司之前率先引用电脑检索系统;同时大力宣传推广公司的产品,并从福特公司手中把他认为是最有效率的广告公司争取过来。这些改革为亚科卡改造公司提供了基础条件。

然而为克莱斯勒公司扭亏为盈立下汗马功劳的还数亚科卡的产品战略。他认为产品是公司的核心,是公司的生命线。他分析了公司现有产品的情况,提出两点要求:“成本要下去,产品要上来”。

首先降低成本,提高产品的价格竞争力。对此采取了四点措施:

(1) 缩小企业规模,调整生产线,对长线产品停产,减少基本型,缩小销售面,裁减经纪人。

(2) 减少劳动力成本。亚科卡从自己做起,降低年薪标准。通过冻结工资、红利股息等手段,1979年减少6.5亿美元的巨额开支。

(3) 生产管理全方位的综合改革,对零部件的生产变进口为自产。

(4) 产品是企业经营的核心,其关键在于一个“新”字,因此,亚科卡采取了一系列措施以促进产品的更新换代。一方面根据市场需求来确定产品的发展方向;另一方面量力而行,在原有产品的基础上投入少量资金开发更新换代的新产品。

1984年,经过大刀阔斧整顿的克莱斯勒公司已经取得了令人刮目相看的成绩。它首先丢掉了债务包袱。1982年是美国汽车业20年糟糕的一年,但在克莱斯勒公司却是走向光明的一年。当年盈利1.7亿美元,市场份额也上升到12%。1983年公司销售额增加到123亿美元,比1982年增长了近30%,盈利7亿零90万美元,增长了312%。

至此,山穷水尽的克莱斯勒公司终于在亚科卡的带领下重新崛起。

评注:

这是一个综合性的生产经营管理控制案例。其中涉及到对人、财、物的管理控制问题。在做好管理控制基础工作的前提下,亚科卡抓住了管理控制的关键点——产品,从而使克莱斯勒汽车公司起死回生。

案例 3: 威尔森的制胜之道

总部设在美国西雅图的波音飞机公司创建于1916年,是世界航空航天业中的一颗璀璨的明珠。到1991年,波音公司的销售额达293.14亿美元,利润额为15.67亿美元,雇员16余万,在世界500家最大的工业公司中排名第32位。

然而在令世人瞩目的业绩背后却是披荆斩棘的历程,波音公司的事业并非总是一帆风顺的。最让波音人刻骨铭心的是20世纪60年代末期,蒸蒸日上的波音事业开始由于日趋庞大的机构运转不灵了。当时仅总部机构就达2000多人,官僚习气滋生,遇事互相扯皮,更糟糕的是公司领导人陶醉于已取得的赫赫成就,无视瞬息万变的市场和日益强劲的同业,躺在一两项大宗的官方合同上过舒服日子。很快惩罚来了,公司装配厂里摆满了卖不出去的喷气式客机,曾有18个月公司竟无一张订货单。此时公司的老板们才惊恐地发现曾一度拥有的高效率已不复存在。

与此同时,世界飞机制造业的强手迅速崛起,特别是欧洲“空中客车”工业公司和老对手麦克唐纳·道格拉斯飞机公司实力雄厚,相继推出先进的新型飞机,其势直逼波音,波

音公司面临强劲的挑战。

威尔森受命于危难之际,出任波音公司的董事长。30多年的实际工作经验使他深谙企业面临危机的症结和回天之术。他一到任便出了被人称为“威尔森五招”的措施,使波音公司迅速摆脱了困境,再次走向辉煌。

(1) 精兵简政。“新官上任三把火”,威尔森到任后的第一把火就是力排众议,精兵简政。他从庞大的公司办事机构中调出1800名技术人员和管理人员充实到生产第一线,并把决策权逐级下放,将责权与各级主管负责人的经济利益挂钩。紧接着公司大量裁减雇员。这一做法立竿见影,公司的办事效率和劳动生产率迅速得到提高。

(2) 研究与开发。波音公司的科研开发经费 R&D 逐年提高,1988 年为 7.51 亿美元,1989 年为 7.54 亿美元,1990 年为了开发新产品和新技术,投入了 1.6 亿美元的新仪器和设备费用以及 8.27 亿美元的科研开发费。1991 年 R&D 经费增到 14.17 亿美元。在越来越激烈的竞争面前,波音公司把加强研究和开发放在了首位,力争走在同行的前面。

(3) 质量就是生命。对于飞机制造业来说,产品质量不仅关系到企业的“生命”和前途,而且涉及到亿万乘客的生命安全。因此,波音公司对产品质量格外重视。他们认为,从长远来看,无论在哪个市场上,惟一经久不衰的价值是质量本身。公司要求每一个职员都要牢固树立质量第一的观点,每一个工厂、每一部门都建立严格的质量保证制度,切实保证每一个部件、零件都以第一流的质量出厂。

(4) 重视推销。多年来,为了保持世界上最大民航飞机制造商的地位,为了同日益强劲的对手争夺有限的新订单,波音公司在推销上竭尽全力,采取了灵活应变的制胜谋略,绝不放弃任何一个市场机会。如今波音公司已成为美国最大的单独出口者,在美国的对外贸易中起着至关重要的作用。

(5) 售后服务。为全世界 7000 多架波音飞机提供维修服务,是波音公司的另一项重要业务。公司拥有一支效率高、技术硬的维修队伍,只要顾客需要,波音的维修人员将会以最快的速度从西雅图赶到全世界的任何地方。在波音没有“一锤子买卖”,公司在买主之中赢得了比合同和买卖更重要的东西,那就是信誉和信任。

由于成功地运用了上述策略,波音公司在激烈的竞争中取得了累累硕果,波音的事业持续繁荣。

评注:

这也是一个生产经营管理控制的案例。可以看出,管理控制的关键在于采取有效的管理控制措施。“威尔森五招”从企业生产经营的前前后后各环节采取相应的对策,从而使波音公司在激烈的市场竞争中处于优势地位。

案例 4: 耐克的虚拟生产

20 世纪 70 年代初期,耐克公司在短短的 10 年内便一跃成为美国最大的鞋业公司,

到 80 年代中叶,耐克公司的年营业额已经超过 37 亿美元,占领美国运动鞋市场的一半以上,到 1992 年耐克公司年销售额已达到 100 多亿美元,成为一家傲视群雄的世界级企业。

耐克公司总裁菲尔·耐克是一个富有开拓进取精神的现代型商人,他最大的特点是敢于幻想,勇于开拓和永不满足。他使默默无闻的一家小公司一跃成为闻名世界的大公司,建立起拥有自己品牌的运动鞋王国。

首先,他将公司的人力、物力、财力等资源集中起来,然后全部投入到产品设计和市场营销这两大部门当中去,全力培植公司强大的产品设计和市场营销能力。菲尔·耐克一方面强调产品设计开发能力,同时更加注重公司营销能力的培养。这样,耐克公司就形成了强大的设计和营销部门,产品设计和品牌营销的两件有力的竞争武器。

同时,菲尔·耐克在生产上采取了一种向外部借力的虚拟化策略,这也是耐克公司生产的实质所在。所谓虚拟生产,其实是一种形象化的称谓。它的实质是向外部借力,通过整合外部资源,使其为我所用,从而拓展自己的疆域,利用外部的能力和优势来弥补自身的不足和劣势。具体地讲,就是自己不投资建设生产场地,不装配生产线,那么它的产品是如何生产的呢?实际上,耐克公司所有产品都不是自己生产制造的,而是全部外包给其他的生产厂家加工制造出来的。耐克公司的这一妙招,不仅节省了大量的生产基地投资、设备购置费用以及工人人工费用,而且又充分发挥了其他生产能力强的厂家的能力,尤其是它一般都是将产品的生产加工任务外包给东南亚等地的许多发展中国家,这些地方的劳动力成本极其低廉,从而为耐克公司节约了大量的人工费用,这也是耐克运动鞋之所以能以较低的价格与其他名牌产品竞争的一个重要原因。

实施虚拟化生产,耐克公司将设计图纸交由生产厂家,让它们严格按图纸式样进行生产,并保证质量。尔后,耐克公司再把自己的品牌和商标赋予这些产品,并将产品交给公司自己的销售人员,通过公司的行销网络将产品销售出去。这种模式充分实现了优势互补的作用。1980 年耐克公司的年销售额一举超过了美国市场领先多年的老牌企业阿迪达斯公司,1981 年在全美 15 亿美元的高级运动鞋销售额中,耐克公司市场占有率已达 80%。

随着耐克公司品牌和知名度的扩大,其采用虚拟生产组织模式也逐渐名闻遐迩。

评注:

这是一个现代生产管理控制的典型案例。有效的管理控制在于建立和设计先进的管理控制系统。耐克公司抓好“产品设计”和“市场营销”两个头,把中间的“生产制造”外包给在生产上有优势的企业,从而创造了现代化的生产管理控制模式。

案例 5: 爱立信的品牌战略

爱立信手机的广告抢眼,销售业绩在短短时间内突飞猛进。该公司如何在风云变幻的市场中卓然胜出。这要归功于她的品牌战略。

在众多产业中,品牌知名度的不足乃是产品销售最大障碍。消费者在购买科技性商

品时,除商品本身的优势外,品牌是重要的决定因素。因为科技品牌在消费者心中所涵盖的不仅是个形象口碑,更包括产品品质、信任、维修和售后服务等潜在价值。

爱立信手机是瑞典通信科技的优秀表征,但品牌知名度在台湾市场的积累不足,于是建立品牌的短期好感度和长期的知名度,就成为行销人员最需要克服的难题。

在有限的市场上推广商品,就必须抢夺其他品牌的市场。爱立信的最大对手是摩托罗拉和诺基亚。爱立信公司针对不同的使用者对摩托罗拉和诺基亚的用户进行消费行为研究。

调查发现,用户在购买手机时强调的因素为:收讯清楚、耐用、坚固。

根据分析结果,爱立信公司针对消费者所需,进行广告创意与行销策略规划。希望能对不同的用户群进行各个突破,达成以我之长攻敌之短的效果。

得知“收讯清楚”为消费者的首选需求,爱立信则据此大加发挥,配合爱立信手机 360 度全角收讯能力,设计发展第一个电视广告主要讯息点,亦即“在 360 度转轮上都收讯清楚”之转轮篇。对“耐用”而言,爱立信推出了“小孩子玩不坏的免拉天线”电视广告小孩篇。有关“坚固”的消费需求,产生“连恶狗也咬不碎”的电视广告恶狗篇。

值得一提的是,爱立信一直使用中文译名,因而造成“本土名牌”的印象。广告中选定外国人担任,以建立“国际品牌”之形象。经后期的验证,这个策略是成功的。

为了迅速建立知名度,爱立信运用了多种媒体联手猛烈进攻。由于 1996 年上半年部分品牌一直停留在冬眠休战状况,使得手机产业中,爱立信的音量就相对极度扩大。广告投资提升之效应,也是立竿见影。结果就如企划设想时一样,在半年后即蚕食了摩托罗拉和诺基亚两大品牌的市场占有领域。4 月份以 30% 的市场占有率首度超越诺基亚,直逼摩托罗拉的 33%。7 月到 8 月,爱立信的市场占有率已近 60%,成了手机的新盟主。

评注:

这是一个典型的营销管理控制案例。在明确了管理控制的目标后,也就是如何建立自己的品牌知名度后,爱立信公司进行调查和分析,抓住了几个关键点,并通过广告手段成功地树立起自己的品牌,在竞争激烈的市场中站住了脚。

案例 6: 麦当劳的企业形象

麦当劳是当今世界上最大的快餐店连锁集团。麦当劳的成功在很大程度上得益于独特的企业形象战略。

麦当劳的经营理念是 QSCV,即品质、服务、卫生、价值。品质:向顾客提供高品质的产品。服务:快速敏捷,热情周到。卫生:店堂清洁卫生,环境怡人。价值:做到物有所值。

特别值得一提的是,麦当劳的行为规范和技术标准。麦当劳公司制订了一整套严格的工作规范和产品质量标准。麦当劳公司的创始人克罗克认为:快餐连锁店只有标准统一,而且持之以恒地坚持标准才能保证成功。因此,在第一家麦当劳餐厅诞生的第三年,麦当劳公司就编写出第一部麦当劳营运训练手册。手册详细说明了麦当劳政策,餐厅各

项工作的程度、步骤和方法。麦当劳公司的营运训练手册,经过 30 多年的不断丰富和完善,现已成为指导麦当劳系统运转的“圣经”。

麦当劳还制订了岗位工作检查表,把餐厅的服务工作分成 20 多个工作站,每一个工作站都有一套岗位工作检查表,详细说明了工作站的工作项目,操作步骤和岗位注意事项等内容。员工进入麦当劳公司将学习各个工作站的工作,通过各个工作站后,表现突出的员工将会晋升为训练员,训练员中表现好的就会晋升到管理层。

为了保证向顾客提供高品质的产品,麦当劳公司制订了品质参考手册。

为了贯彻执行公司的理念以及各类工作规范和技术标准,麦当劳公司还专门为餐厅经理设计了一套管理发展手册。与管理发展手册配合的还有一套经理训练课程。高一层的经理对下一级的经理和员工实行一对一的训练。

此外,麦当劳公司特别强调在餐厅员工中建立起大家庭式的工作环境。例如,公司内部上至总经理,下至一般员工都直呼其名,全体员工注重沟通与团体合作。餐厅每月召开几场员工座谈会,充分听取员工意见。餐厅每月评选最佳职工,邀请最佳员工的家属来餐厅参观和就餐。每年举行的岗位明星大赛,选拔出各个岗位的明星,并组织明星队到其他城市的麦当劳公司去支援和比赛。餐厅每月公布过生日的员工名单,并以一定的形式祝贺他们的生日。

1962 年起,麦当劳一直采用金黄色的“金弓”(M)招牌,它像两扇打开的黄金拱门,象征着欢乐和美味,作为麦当劳标志之一的麦当劳叔叔,象征着祥和友善,象征着麦当劳永远是大家的朋友,是社区的一分子。

评注:

这是一个通过管理控制树立企业形象的典型案例。管理控制首先要制定标准,进而要严格执行标准。这充分体现了控制标准的重要性。另外,麦当劳公司的例子也反映出非正式控制系统是正式控制系统的补充。

第十章 最优管理控制专题

美国著名管理学家、1978 年度诺贝尔经济学奖获得者 H .A .西蒙从经济学、社会学、心理学和数学等方面研究企业管理问题。他的核心思想是：“决策是管理的核心，管理是由一系列决策组成的，管理就是决策”。这一论述充分揭示了决策在管理过程中的重要性。决策是管理工作的首要任务。管理中各种问题共有的一个特点就是需要解决它们的最优管理决策。而最优控制理论正是我们对管理问题作出最优管理决策的一个有力工具。

10.1 决策与决策过程控制

决策有广义和狭义之分。狭义地说，决策是在几种行动方案中作出选择；广义地说，决策还包括在作出最后抉择之前必须进行的一切活动。现在多数管理学者都同意下列观点：决策是指人们为了实现特定的目标，运用科学的理论和方法，系统地分析主客观条件，在掌握大量有关信息的基础上，提出若干备选方案，并从中选择出作为人们行动纲领的最佳方案。

决策是同其所期望的目标紧紧连接在一起的。没有目标也就谈不上决策过程。一旦目标建立起来，接下来便是决策过程的开始。其次，决策要有两个以上的方案，如果只有一个方案就无所谓决策。第三，不能将决策理解为选择与决定方案那一瞬间的行动，而应理解为一个发现问题、分析问题、解决问题的连续过程。

决策的一般程序包括八个步骤：调查研究，提出问题；系统分析，确定目标；收集信息，科学预测；拟定方案，采取对策；全面比较，方案评价；总体权衡，选定方案；进行试点，检验决策；实施决策，反馈控制。以上只是决策的一般程序，并不是说所有决策都必须包含以上所有步骤，对于较简单的决策，其中有的步骤是可以省略的。

对于整个决策过程，应当把它看作是一个系统。这个系统由三个部分组成。首先是从参谋系统开始，其中心任务是产生多种可供选择的方案。接下来是决策系统，其中心任务是进行方案论证和方案选优工作。再接下来就是控制系统，这个系统是根据计划的要求具体实现决策目标。所有这些子系统的工作是一环扣一环，这是一个决策的全过程。

概括而言，全部决策过程是从确定企业的目标开始，然后寻找为达到该目标可供选择的各种方案；比较并评价这些方案，进行选择并作出决定；然后执行选定的方案，进行检查和控制，以保证最后实现预定的目标。

就管理控制来说，决策过程的控制显得更为重要。企业的决策过程是否科学，是否得

到有效控制,这些是应该引起我们思考的问题。下面通过前几年名噪一时的巨人集团的崩溃这一决策失误的例子来说明决策过程控制的重要性。

1991年,珠海巨人新技术公司诞生时,史玉柱宣布“巨人要成为中国的IBM,东方的巨人”。但是,仅6年之后,巨人集团全面萎缩,直至破产。巨人集团崩溃的原因是多方面的,但最重要的原因是其内部的管理浮躁而且混乱。直接原因是其缺乏资本运作经验,不能有效地利用财务杠杆。但归根结底是投资决策失误所致。

依靠开发电脑软件,巨人曾经创造出了年发展速度500%的奇迹,成为珠海高科技产业的样板。1993年6月,史玉柱成为珠海市第二批重奖的知识分子,1994年当选“中国十大改革风云人物”。

然而,在巨人主产业还未站住脚的时候,就遇到了1993年中国电脑业的灾害年。随着国际著名电脑公司进入中国,中国的电脑业步入低谷,巨人赖以发家的本行也受到重创。为了摆脱原有单一电脑产业带来的危机和风险,1994年,巨人提出了二次创业的构想,其总体目标是跳出电脑产业,走产业多元化之路。史玉柱希望通过产业扩张,来调动员工的积极性,弥补管理机制的缺陷,同时以新兴产业取代衰落的家产业。

当时全国正值房地产热,巨人决定抓住这一时机,在房地产方面,投资12亿兴建巨人大厦,盖一座当时全国最高的楼,并在浦东购买了3万平方米土地,准备兴建上海巨人集团总部。其中巨人大厦的投资超过了企业资金实力的十几倍。巨人大厦的楼花在初期卖得很火热,但是,巨人危机的直接导火索恰恰源于正在兴建的巨人大厦。按合同,巨人大厦于1996年底交付使用,否则要给买楼花者退款并赔偿。但巨人大厦未能如期完工,债主因此登门讨债。而由于资金供应断线,集团财务周转不灵,巨人已无钱可还,危机终于爆发。

房地产业必须有坚实的金融资本作后盾。但令人膛目的是,巨人大厦动工以来,从未申请过一分钱的银行贷款,全凭自有资金和卖楼花的钱支持。到1996年下半年,资金紧张时,由于缺乏与银行的信贷联系,加上正赶上国家宏观调控政策的影响,巨人陷入了全面的金融危机。由于巨人大厦急需资金,史玉柱决定把生产和广告促销的资金全部投入到大厦,结果生物工程一度停产。从资金运作角度,史玉柱犯了大忌。

以上可见管理的关键是决策,决策贯穿管理的全过程。决策错了,将影响着企业的生死存亡。决策过程的控制应该引起人们的重视。企业管理必须采取一整套制定决策的新技术,以寻求最佳的方案。

10 2 最优控制理论的引入

众所周知,现代控制理论中的能控性与能观测性是两个极其重要的基本概念和理论成果,在工程技术领域中得到了广泛的应用。但是这两个重要概念对动态经济管理系统的的重要性尚未引起足够的重视,无论是理论研究还是实际应用方面的工作都还开展的很

不够。研究和探讨动态经济管理系统的能控性和能观测性,不但必要而且有着重要的现实意义。

任何一个实际的系统,总是能控与能观测的,问题在于人们如何选择控制变量和观测变量。选择的不好或不正确,就有可能使一个实际能控与能观测的系统变成一个不可控或不可观测的系统,从而达不到正确反映与控制该实际系统的目的。对于动态经济管理系统来说,就是如何选择控制手段(行政的或经济的)和指标体系的问题,也就是要解决如何控制和控制什么问题。

具体地讲,当我们面临一个动态管理过程时,首先要对这一过程进行认真地分析,明确目的,提出目标,特别要弄清楚哪些变量是状态变量,哪些变量是控制变量或决策变量。状态变量是能够完全描述系统动态的变量,控制变量是能对系统状态起控制作用的变量。

例如在生产库存管理系统中,有库存量、生产率(单位时间内的产量)和销售率(单位时间内的销售量),其中库存量是状态变量,生产率是决策变量(控制输入),而销售率是外部环境对生产库存管理系统的外加变量(干扰输入)。

在弄清状态变量和决策变量以后,一个重要的工作是根据状态变量与决策变量之间的内在联系建立管理系统的数学模型。动态管理决策过程的数学模型常常是一个微分方程(组)或差分方程(组)。

在生产库存系统中,如果某产品除销售部分外都存入仓库,那么下月的库存量 $X(k+1)$ 等于本月的库存量 $X(k)$ 加本月的生产量 $P(k)$ 减去本月的销售量 $S(k)$ 。这样一个明显的内在规律的数学描述是

$$X(k+1) = X(k) + P(k) - S(k)$$

如果不是一个月一个月地考虑,而是考虑一个连续时期,那么这一规律应描述为:库存量的变化率 $dX(t)/dt$ 等于生产率 $P(t)$ 减去销售率 $S(t)$ 。这样它的数学描述也相应地改为

$$dX(t)/dt = P(t) - S(t)$$

有些系统比较复杂,内在规律并不十分清楚,可以收集或测量决策变量和状态变量的大量数据,用系统辨识的方法来建立模型。

得到了管理系统的数学模型,下一步是求它的最优管理策略。

对现实的系统进行管理,目的是使它经常处于最佳状态。几乎一切经济管理系统都涉及最优控制的问题。在经济管理领域中,最优控制通常是使收入最大或成本最低。成本最小化、利润最大化的最优管理需要认真的思考,这种思考通常是与标准的制定和行动的控制相结合的。

管理系统作出的管理决策,一般是动态的,即求出的决策变量依赖于时间,或者依赖于管理系统的状态。为了求得管理决策,还需要给出决策目标的数学描述和环境约束条件的数学描述。决策目标可用一个能检验管理决策的函数描述,这一函数通常称为目标函数。环境的约束条件常常用状态变量和控制变量必须满足的不等式或等式来表示。

对经济管理进行动态分析和最优控制,主要是通过数学模型来完成。建立数学模型后,进一步可通过计算机模拟(又称仿真),从而做出最优控制决策。计算机模拟法是指在电子计算机上对系统的模型进行试验,对系统的性能做出定量分析的过程。应用数学方法和计算机技术模拟现实问题的目标、变量及其相互关系,建立一个模型。如果主管人员在计划工作中有这样一个模型作指导,那么他们也能将其用于控制。因为他们知道什么是自己的目标,也知道什么是影响工作成效的因素。在这种情况下,发现偏差和采取纠正措施会很明确。

10 3 最优管理决策的求解

上一节叙述了如何在管理系统中建立数学模型和引进现代控制理论的方法,这对管理问题的研究开拓了一个新的途径。下面进一步讨论相应的步骤。

1. 系统建模是进行系统分析研究的第一步

现实的系统是极为复杂的,但我们总可以抓住它的主要矛盾来建立数学模型。任何数学模型又只能是复杂现实系统的近似描述。所获得的数学模型既不能太简单以致使基于模型得到的结论脱离实际,也不能过分复杂使分析研究变得过于困难。

一些典型系统的模型是普遍认可的。在读者心目中建立一些典型模型是必要的,因为这些典型系统的典型模型不仅是它们所描述系统的代表,而且也作为建立新模型时应达到的清晰程度和现实程度的参考。一些熟练的分析者,往往知道许多种有参考价值或作为有充分根据的经典模型。

下面首先介绍一个古典的供求模型,简单地讨论平衡价格是如何形成的。

考虑对某种商品的需求。由经济学知,需求是价格的函数。如果商品的价格是 p , 对该商品的需求是 $f(p)$, 则 $f(p)$ 是 p 的单降函数。假定 $f(p)$ 具有如下的线性形式:

$$f(p) = f_0 - ap$$

式中 f_0 和 a 均为正常数。

同样,对同一商品的供给也是商品价格 p 的函数,记为 $s(p)$, 而且 $s(p)$ 是 p 的单增函数。假定 $s(p)$ 具有如下的线性形式:

$$s(p) = s_0 + bp$$

式中 s_0 通常为负常数,而 b 为正常数。

供求关系可用供给需求曲线清楚地说明。两条曲线的交点便是平衡点——供应量等于需求量。实际系统在达到平衡点之前已经过一系列的调整。

下面再按离散时间系统进行描述。

假定第 k 周期的价格为 $p(k)$ 。厂商基于这一价格制定生产计划,由于生产过程的滞后,所生产的供给要到 $k+1$ 周期才到达市场。一旦商品到达市场,其价格便由需求重新

确定,依据是能把市场上的所有商品都售出。这一新的价格又成为厂商制定新的生产计划的所采用的价格。供求双方就是这样不断地调整。

由以上分析可知, $k+1$ 周期的供给实际上是基于 k 周期的价格 $p(k)$ 的:

$$s(k+1) = s_0 + bp(k)$$

而 $k+1$ 周期的价格则是由 $k+1$ 周期的需求决定的:

$$f(k+1) = f_0 - ap(k+1)$$

市场正常运转的条件是 $k+1$ 周期的供给等于需求:

$$s_0 + bp(k) = f_0 - ap(k+1)$$

所以支配价格运动的差分方程可写为

$$p(k+1) = -b/ap(k) + (f_0 - s_0)/a$$

在许多情况下,我们并不关心系统运动的全过程,而只关心系统最终变化到什么状态,也就是系统能否达到一个稳定的均衡状态,对系统是如何到达这个均衡状态的具体过程并不关心。

平衡价格便可由 $p(k+1) = p(k)$ 决定

$$p^* = (f_0 - s_0)/(a + b)$$

平衡价格是可以达到的,一个市场最终可以正常运行,必须要求供需双方在经过一系列调整后接近平衡价格。

再按连续时间系统进一步讨论一下市场供需问题。

设某种商品的供给速率 $S(t)$ 和需求速率 $D(t)$ 都是价格 $P(t)$ 的函数:

$$S(t) = c + dP(t)$$

$$D(t) = a - bp(t)$$

$$a > 0, b > 0, d > 0, a > c$$

实际库存量 $X(t)$ 是 $S(t) - D(t)$ 的积分

$$X(t) = \int_0^t (S(t) - D(t)) dt$$

设合理库存量为常数 h , 那么库存积压量为 $X(t) - h$ 。

设价格策略包含两条:

第一,当库存积压滞销时降价,反之提价。

即 $dP(t)/dt$ 正比于 $-u(X(t) - h)$, $u > 0$

第二,价格变化速度或提价幅度与价格的高低有关。

即 $dP(t)/dt$ 正比于 $-vP(t)$, $v > 0$

把以上两式结合起来有如下的价格策略:

$$dP(t)/dt = -vP(t) - u(X(t) - h)$$

从而得如下的市场供需数学模型:

$$dX(t)/dt = c + dP(t) - (a - bP(t))$$

$$d\mathbf{P}(t)/dt = -v\mathbf{P}(t) - u(\mathbf{X}(t) - h)$$

稳态时, $\mathbf{S}(t) = \mathbf{D}(t)$

$$\mathbf{P}^* = (a - c)/(b + d)$$

这时实际库存量 $\mathbf{X}(t)$ 由

$$-v(a - c)/(b + d) - u(\mathbf{X}(t) - h) = 0$$

解出

$$\mathbf{X}(t) = h - (v/u)(a - c)/(b + d)$$

在许多情况下, 求出模型的数学解析解几乎是不可能的, 其实在许多动态系统的研究中, 并不要求给出系统的具体解, 而只要了解一些系统性质就可以了。

应该指出, 建模并不是研究动态系统的最终目的, 最终的目的是为了对动态系统施加影响, 即采取决策或进行控制, 使它能按照预期目标变化。

2. 我们可以用动态规划方法解决离散时间最优管理问题和用最小值原理解决连续时间最优管理问题

连续时间动态最优管理问题的一般解法是, 给定管理系统的状态方程

$$d\mathbf{X}/dt = \mathbf{F}(t, \mathbf{X}(t), \mathbf{U}(t))$$

求解最优管理决策 $\mathbf{U}(t)$, 使决策目标最小。

$$J = \int_{t_0}^{t_1} g(t, \mathbf{X}(t), \mathbf{U}(t)) dt$$

其中 $g(t, \mathbf{X}(t), \mathbf{U}(t))$ 是由实际目标决定的某个函数。

最常见的约束是根据实际条件给出某个控制变量的上下限。

仍考虑生产—库存系统的最优管理问题。

库存管理对企业具有重要的意义。如果库存量太大, 就要支出一笔较大的存储费用; 如果库存量太小, 就会因为缺货而引起顾客的不满。库存不论过剩还是不足, 都可能带来必须考察的成本增加。所以就有一个库存的最优控制问题。

生产—库存管理系统的数学模型为

$$d\mathbf{X}(t)/dt = \mathbf{P}(t) - \mathbf{S}(t)$$

$$\mathbf{X}(0) = \mathbf{X}_0 \quad (\mathbf{X}_0 \text{ 是初始库存量})$$

关于该系统的决策目标有两种提法: 一种是求管理决策变量——生产率 $\mathbf{P}(t)$, 使生产费用和存储费用的总和最小; 另一种是使 $\mathbf{P}(t)$ 尽量接近于理想的生产率, 并使库存量 $\mathbf{X}(t)$ 尽量接近理想的库存量, 也即使生产量和库存量均与它们的希望值偏差尽可能小。

考虑第二种情况, 则有

$$J = \int_0^T \{ a[\mathbf{P}(t) - \mathbf{P}_d(t)]^2 + b[\mathbf{X}(t) - \mathbf{X}_d(t)]^2 \} dt$$

$\mathbf{P}_d(t)$ 和 $\mathbf{X}_d(t)$ ($0 < t < T$) 分别表示企业希望的生产率和库存水平。

T 表示生产和库存周期, a, b 为大于零的加权系数。

约束条件为 $\mathbf{X}(t) \geq 0, \mathbf{P}(t) \geq 0$ 。这是因为库存水平和生产率都不可能为负值。

注意,作为厂商控制手段的生产率不能任意取值。

应用最小值原理,哈密顿函数

$$H[\mathbf{X}(t), \mathbf{P}(t), \mathbf{L}(t)] = a[\mathbf{P}(t) - \mathbf{P}_d(t)]^2 + b[\mathbf{X}(t) - \mathbf{X}_d(t)]^2 + \mathbf{L}(t)[\mathbf{P}(t) - \mathbf{S}(t)]$$

伴随方程为

$$d\mathbf{L}(t)/dt = -H[\mathbf{X}(t), \mathbf{P}(t), \mathbf{L}(t)]/\mathbf{X}(t) = -2b[\mathbf{X}(t) - \mathbf{X}_d(t)]$$

由于 $\mathbf{X}(t)$ 自由, 所以 $\mathbf{L}(T) = 0$

又由

$$H[\mathbf{X}(t), \mathbf{P}(t), \mathbf{L}(t)]/\mathbf{P}(t) = 2a[\mathbf{P}(t) - \mathbf{P}_d(t)] + \mathbf{L}(t) = 0$$

得最优控制

$$\mathbf{P}^*(t) = -\mathbf{L}(t)/(2a) + \mathbf{P}_d(t)$$

可见要求最优控制,就必须先求 $\mathbf{L}(t)$ 。

离散时间动态最优管理问题的一般解法是,给定管理系统的状态方程

$$\mathbf{X}(k+1) = \mathbf{F}(k, \mathbf{X}(k), \mathbf{U}(k))$$

目标函数是

$$\mathbf{J}_n = \sum_{i=0}^{n-1} g(k, \mathbf{X}(k), \mathbf{U}(k))$$

其中 \mathbf{J}_n 表示控制 n 步时的目标函数值。

\mathbf{J}_n 只依赖于 $\mathbf{X}(0), \mathbf{U}(0), \dots, \mathbf{U}(n-1)$, 如果用某种方法求出最优策略 $\mathbf{U}^*(0), \mathbf{U}^*(1), \dots, \mathbf{U}^*(n-1)$, 那么 \mathbf{J}_n 的最小值只依赖于初始值 $\mathbf{X}(0)$ 。 $\mathbf{J}_n^*(\mathbf{X})$ 表示初始状态为 $\mathbf{X}(0)$ 时控制 n 步的目标函数的最小值。

仍就生产—库存系统的管理问题讨论。

设某厂计划全年生产某种产品,其四个季度的定货量分别为 600 件、700 件、500 件和 1200 件。已知生产该产品的生产费用与产品件数的平方成正比,其比例系数为 0.005,厂内有仓库可存放未销售掉的产品,其存储费为每件每季度 1 元。

设第 i 季度生产该产品的件数为 $\mathbf{U}(i)$, 第 i 季度初的库存量为 $\mathbf{X}(i)$, 第 i 季度的销售量(它等于该季度的定货量)为 $\mathbf{S}(i)$, 那么这三个量具有下列关系:

$$\mathbf{X}(i+1) = \mathbf{X}(i) + \mathbf{U}(i) - \mathbf{S}(i) \quad i = 1, 2, 3, 4$$

如果年初没有存货,则有 $\mathbf{X}(1) = 0$;

如果再要求年底也没有存货,则有 $\mathbf{X}(5) = 0$ 。

这就是该管理系统的状态方程。

生产—库存系统的最优管理问题,是求解每季度的最优生产量 $\mathbf{U}(1), \mathbf{U}(2), \mathbf{U}(3), \mathbf{U}(4)$, 使之能正好完成定货计划,且生产费用与存储费用的总和最小。即

$$\mathbf{J} = \sum_{i=1}^4 0.005 \mathbf{U}^2(i) + \mathbf{X}(i)$$

最小, \mathbf{J} 称为该管理系统的目标函数,这里代表全年的总费用。

现在应用动态规划的基本方程解这一问题。先从最后一个季度考虑起,

$$J(X(4)) = 0.005 U^2(4) + X(4)$$

由状态方程和条件 $X(5) = 0$, 得到

$$X(5) = X(4) + U(4) - S(4) = X(4) + U(4) - 1200 = 0$$

从而得到

$$U^*(4) = 1200 - X(4)$$

把上式代入 $J(X(4))$, 得到

$$J^*(X(4)) = 0.005(1200 - X(4))^2 + X(4)$$

第二步考虑三、四两个季度。现在动态规划的基本方程为

$$J^*(X(3)) = \min_{U(3)} \{0.005 U^2(3) + X(3) + J^*(X(4))\}$$

其中

$$X(4) = X(3) + U(3) - S(3) = X(3) + U(3) - 500$$

把它代入上式, $U(3)$ 应使大括号内的函数取最小值。

令 $\frac{d}{dU} J^*(X(3)) = 0$, 解得

$$U^*(3) = 800 - 0.5 X(3)$$

为了保证 $U^*(3) \geq 0$, 必须

$$X(3) \leq 1600$$

把 $U^*(3)$ 代入 $J^*(X(3))$, 得

$$J^*(X(3)) = 7550 - 7 X(3) + 0.0025 X^2(3)$$

第三步考虑二至四的三个季度, 用同样的方法得

$$U^*(2) = 700 - X(2)/3 \text{ 和 } J^*(X(2)) = 10000 - 6 X(2) + 0.005 X^2(2)/3$$

最后对四个季度一起考虑。得

$$U^*(1) = 600 - X(1)/4$$

$$J^*(X(1)) = 11800 - 5 X(1) + 0.005 X^2(1)/4$$

因此这一生产—库存管理系统每个季度的库存量和最优策略序列分别为:

$$X(1) = 0, X(2) = 0, X(3) = 0, X(4) = 300, X(5) = 0$$

$$U^*(1) = 600, U^*(2) = 700, U^*(3) = 800, U^*(4) = 900$$

应用这一策略, $J^* = 11800$ 元。

如果每季度都按定货量生产, 则库存量总为零, 这时总费用是 12700 元, 比最优策略要多用 900 元。

10.4 动态规划方法的其他应用例子

动态规划具有理论简单、应用面广等优点, 已广泛地应用来进行管理决策。它把各种管理问题归纳成一个模式求解: 即先建立管理系统的状态方程, 写出它的目标函数, 然后

应用动态规划的基本方程递推求解。

应用动态规划来求最优策略,列出相邻两步目标函数的最优值之间的递推关系式,即动态规划的基本方程,这是解题的核心部分。

下面举一生产管理方面的例子:

设某厂有某种机器 100 台,用这种机器可做两种工作。用这种机器做第一种工作,运行一周将有 $1/3$ 机器受损;做第二种工作,运行一周将有 $1/10$ 机器受损。一台机器用来做第一种工作每周可获利 10 元,做第二种工作每周可获利 7 元。如何分配 100 台机器做上述两种工作,使四周内获得的总利润最多。

设 $x(i)$ 是第 i 周使用的机器数, $u(i)$ 是第 i 周分配做第一种工作的机器数。

这一系统的状态方程是

$$x(i+1) = 9/10(x(i) - u(i)) + 2/3u(i)$$

整理后即

$$x(i+1) = 9/10 x(i) - 7/30 u(i) \quad i = 1, 2, 3, 4$$

目标函数是

$$\begin{aligned} J &= \sum_{i=1}^4 [10 u(i) + 7(x(i) - u(i))] \\ &= \sum_{i=1}^4 [3 u(i) + 7 x(i)] \end{aligned}$$

最优管理问题便是求解 $u(1), u(2), u(3), u(4)$, 在约束条件 $0 \leq u(i) \leq x(i)$ 下, 使 J 最大。

用动态规划来求解。由最后一周(即第四周)开始,有

$$J^*(x(4)) = \max \{3u(4) + 7x(4)\} \quad 0 \leq u(4) \leq x(4)$$

显然上式在 $u^*(4) = x(4)$ 时最大, 这时

$$J^*(x(4)) = 10x(4)$$

考虑第三、四两周, 其动态规划的基本方程为:

$$J^*(x(3)) = \max \{3u(3) + 7x(3) + J^*(x(4))\} \quad 0 \leq u(3) \leq x(3)$$

把状态方程 $x(4) = 9/10 x(3) - 7/30 u(3)$ 代入上式, 得

$$J^*(x(3)) = \max \{2/3 u(3) + 16x(3)\} \quad 0 \leq u(3) \leq x(3)$$

显然上式在 $u^*(3) = x(3)$ 时最大, 这时

$$J^*(x(3)) = 50/3 x(3)$$

类似地, 当考虑第二至四周时, 动态规划的基本方程为:

$$J^*(x(2)) = \max \{3u(2) + 7x(2) + J^*(x(3))\} \quad 0 \leq u(2) \leq x(2)$$

把状态方程 $x(3) = 9/10 x(2) - 7/30 u(2)$ 代入上式, 得

$$J^*(x(2)) = \max \{-8/9 u(2) + 22x(2)\} \quad 0 \leq u(2) \leq x(2)$$

显然上式在 $u^*(2) = 0$ 时最大, 这时

$$J^*(x(2)) = 22x(2)$$

最后,当一至四周一并考虑时,有

$$J^*(x(1)) = \max \{3u(1) + 7x(1) + J^*(x(2))\} \quad 0 \leq u(1) \leq x(1)$$

把状态方程 $x(2) = 9/10 x(1) - 7/30 u(1)$ 代入上式,得

$$J^*(x(1)) = \max \{-32/25 u(1) + 268/10 x(1)\} \quad 0 \leq u(1) \leq x(1)$$

显然上式在 $u^*(1) = 0$ 时最大,这时

$$J^*(x(1)) = 268/10 x(1)$$

现 $x(1) = 100$, 所以总利润是 2680 元。

即最优策略是前两周全部机器用来做第二种工作,第三、四周全部用来做第一种。

下面看一个劳动力雇用问题的例子。

在某些行业中劳动力的需求随季节而波动,在未来四个季度中,下表给出了某公司对劳动力需求量的估计。

季节	春	夏	秋	冬
需求	255	220	240	200

经理在需求淡季不愿意暂时解雇工人,但也不愿意付出超员工资,在高需求季节又反对超时工作。不允许雇工数目小于对应数字,任何超出对应水平的雇工,估计会浪费掉 2000 元/人。另外,还估计出了招募和解雇成本,它等于 200 元乘上两个相邻季节雇员数目变化量的平方。为了减少总浪费,求出经理在每个季节作出雇员数量的最优决策。

根据上面的数据,雇员水平不应超过高峰季节的需求 255,所以春季雇员量应恰为 255,问题简化为找出余下三个季度的雇员量。

应用动态规划,季度就是阶段。因为春天的雇员数是已知的,我们先考虑以春季为结束阶段的这个周期。

决策变量 x_n 是在阶段的雇员水平。之所以把春季看作为最后阶段是因为在最后阶段决策的最优值应该是已知的,或者是不考虑其他阶段就可得到。对每个余下的季度,为了确定最优雇员数,还必须考虑其对以后阶段成本的影响。因此, x_1, x_2, x_3, x_4 分别是夏、秋、冬、春的计划雇员数,且 $x_4 = 255$ 。

当前阶段的成本只取决于当前决策变量 x_n 和前一季度的雇员数,前一阶段的雇员数就是我们需要确定未来政策而关于当前状态的一切信息,所以,状态变量 s_n 就是前一阶段的雇员数,即在阶段 n , 状态 $s_n = x_{n-1}$ 。

设 r_n 表示在阶段 n 所需要的最小雇员数,所以, $r_1 = 220, r_2 = 240, r_3 = 200, r_4 = 255$, x_n 的变化是 $r_n \leq x_n \leq 255$, 而且在阶段 n 需要考虑的惟一状态是 $r_{n-1} \leq s_n < 255$ 。

问题的目标是选取 x_1, x_2, x_3, x_4 以使

$$\min_{i=1}^4 [200(x_i - x_{i-1})^2 + 2000(x_i - r_i)]$$

服从

$$r_i = x_i = 255 \quad (i = 1, 2, 3, 4)$$

对于阶段 n 以后

$$f_n(s_n, x_n) = 200(x_n - s_n)^2 + 2000(x_n - r_n) + f_{n+1}^*(x_n)$$

这里

$$f_{n+1}^*(x_n) = \min_{r_{n+1} = x_{n+1} = 255} [200(x_i - x_{i-1})^2 + 2000(x_i - r_i)]$$

于是,得函数的递推关系式

$$\begin{aligned} f_n^*(s_n) &= \min_{r_n = x_n = 255} f_n(s_n, x_n) \\ &= \min \{200(x_n - s_n)^2 + 2000(x_n - r_n) + f_{n+1}^*(x_n)\} \end{aligned}$$

动态规划方法从此式出发, 求出 $f_4^*(s)$, $f_3^*(s)$, $f_2^*(s)$, $f_1^*(255)$, 以及相应的最优策略 x_n^* 。

对于最后阶段 $n=4$, 因已知 $x_4^* = 255$ 及 $f_5^* = 0$ (阶段 4 以后的成本与分析无关)。于是得

$$f_4^*(s) = 200(255 - s)^2$$

对于 $n=3$, 得

$$f_3(s, x_3) = 200(x_3 - s)^2 + 2000(x_3 - 200) + 200(255 - x_3)^2$$

对上式求关于 x_3 的偏倒数, 并令它为 0, 即

$$800 x_3 - 400 s - 10000 = 0$$

得最小值点

$$x_3^* = 1/2(s + 250)$$

x_3^* 在区间 $(200, 255)$ 内, 整理后得

$$f_3^*(s) = 50(250 - s)^2 + 50(260 - s)^2 + 1000(s - 150)$$

对于 $n=2$, 类似地求得其解, 当 x_2 在 240 到 255 间时, 有两种情况:

当 $220 \leq s < 240$, 有

$$f_2^*(s) = 200(240 - s)^2 + 115000,$$

得

$$x_2^* = 240$$

当 $240 \leq s < 255$, 有

$$f_2^*(s) = 200[9[2(250 - s)^2 + (265 - s)^2 + 30(3s - 575)]],$$

得

$$x_2^* = (2s + 240)/3$$

对于 $n=1$, 此时

$$s_1 = 255$$

由 $x_1^* = 1/2(3s + 255) = 247.5$, 得

$$f_1^*(255) = 185000$$

由此反推,用 $s_n = x_{n-1}^*$ 得最优解是

$$x_1^* = 247.5, x_2^* = 245, x_3^* = 247.5, x_4^* = 255$$

一个周期(1年)总的估计最小成本是 185000 元。

动态规划方法也可用来解决资金分配问题。

设有 8 亿资金,有三个建设项目需要投资。其投资效益分别由函数 $g_1(u)$, $g_2(u)$, $g_3(u)$ 给出,其值如下表:

u	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$g_1(u)$	0	5	15	40	80	90	95	98	100
$g_2(u)$	0	5	15	40	60	70	73	74	75
$g_3(u)$	0	4	26	40	45	50	51	52	53

这里的投资问题是如何确定三项计划的投资额,才能使 8 亿元的资金获得的利润最大。

设 u_i 为第 i 个项目的投资额; x_i 为考虑到第 i 个计划项目时,可资利用的投资额。则系统的状态方程为:

$$x_{i+1} = x_i - u_i$$

$$x_1 = 8$$

目标函数为:

$$J^* = \sum_{i=1}^3 g_i(u_i)$$

投资分配问题就是求最优投资策略 u_1^* , u_2^* , u_3^* , 使总投资效果 J^* 最大。

第一步,只考虑第三个计划项目。

由于分配给三项计划的总投资要把资金用完,显然取 $u_3^* = x_3$ 。

这时 $J^*(x_3) = g_3(x_3)$ 。

第二步,第二、第三两项计划项目联合考虑。这时动态规划的基本方程为:

$$\begin{aligned} J^*(x_2) &= \max_{u_2} \{ g_2(u_2) + J^*(x_3) \} \\ &= \max_{u_2} \{ g_2(u_2) + g_3(x_3) \} \end{aligned}$$

状态方程为: $x_3 = x_2 - u_2$

把状态方程代入 $J^*(x_2)$, 得:

$$J^*(x_2) = \max_{u_2} \{ g_2(u_2) + g_3(x_2 - u_2) \}$$

其中 x_2 可取 0, 1, ..., 8 中任一数。

第三步,三项计划一起考虑。这时动态规划的基本方程为:

$$J^*(x_1) = \max_{u_1} \{ g_1(u_1) + J^*(x_2) \}$$

状态方程为: $x_2 = x_1 - u_1$

把状态方程式与 $x_1 = 8$ 代入 $J^*(x_1)$, 得:

$$J^*(x_1) = \max_{u_1} \{ g_1(u_1) + J^*(8 - u_1) \}$$

学员们自己可以列表求出 u_1^* , u_2^* , u_3^* 。

本题的最优决策是: 第一项计划项目投资 4 亿元, 第二项计划项目也投资 4 亿元, 第三项计划项目不予投资。

下面再给出该资源分配问题的计算机程序:

```
10 CLS
50 PRINT THE PROBLEM OF RESOUCCE DISTRIBUTION
60 PRINT INPUT THE NUMBER OF THE USERS N =
70 INPUT N
80 INPUT INPUT THE NUMBER OF THE RESOURCE M = ,M
90 DIM G[N,M],U[N,M],F[N+1,M],X[N]
100 PRINT INPUT THE RETURN MATRIX G[I,J]
110 FOR I=1 TO N
120 FOR J=0 TO M
130 PRINT G[ I , J ] = ; : INPUT; G[I,J]
140 NEXT J
150 NEXT I
160 FOR I= N TO 1 STEP - 1
170 FOR J=1 TO M
180 F[I,J] = G[I,0] + F[I+1,J]
190 U[I,J] = 0
200 FOR K=1 TO J
210 IF F[I,J] = G[I,K] + F[I+1,J - K] GOTO 240
220 F[I,J] = G[I,K] + F[I+1,J - K]
230 U[I,J] = K
240 NEXT K
250 NEXT J
260 NEXT I
270 Z = M
280 FOR I=1 TO N
290 X[I] = U[I,Z]
300 Z = Z - X[I]
310 PRINT USING THE RESOURCE DISTRIBUTED TO THE ## TH USER IS ##### .
   ## ; I,X[I]
320 NEXT I
330 PRINT USING THE OPTIMAL RETURN IS ##### .### ; F[1,M]
340 END
```

程序使用说明:

(1) 输入用户个数 N , 资源个数 M ;

(2) 输入收益矩阵 $G[I, J]$, 即每个用户对资源分配的收益值;

(3) 输出计算结果。

补充说明: 一个系统, 譬如一个企业管理系统, 它与外部环境之间或其各环节之间存在着一定数学的或逻辑的关系。我们可以运用定量分析和定性分析的方法, 通过一定的数学逻辑模型去描述这些数学逻辑关系, 反映系统的本质。如果管理系统的这些数学逻辑关系较为简单, 那么所建立的相应的数学模型可以采用数学解析方法求解。可是, 在许多情况下, 一个管理系统的这种数学模型十分复杂, 以致很难运用数学解析方法去寻找答案。这时需要借助于模拟来解决问题, 辅助管理系统的决策。

模拟就是在建立数学逻辑模型的基础上, 通过计算机实验, 对一个系统按照一定的规则由一个状态变换为另一个状态的动态行为进行描述和分析。模拟在经济管理系统中获得了日益广泛的应用, 已经是计算机在管理中应用的一个十分重要的方面。其中, 系统动力学可为动态系统建立动力学模型, 以计算机进行模拟。它从系统内部的微观结构入手进行建模, 并利用计算机模拟技术研究系统内部结构与其外部动态行为的关系以及解决问题的对策。系统动力学已应用于相当广泛的领域, 有兴趣的读者可参看相关书籍。

第十一章 信息管理控制专题

当今世界已被视为信息世界,人类社会已经进入信息社会。信息已成为生产力、竞争力和经济成就的关键因素。为了对信息资源进行充分开发和有效利用,必须加强和改进对信息的管理控制。信息管理控制已成为管理控制的重要组成部分,加强企业信息管理控制的管理信息系统也成为现代企业管理控制的重要方面。

11.1 信息管理

1. 信息的地位和作用

我们知道,构成一个管理系统的两个基本部分是管理者和被管理对象,而建立管理者与被管理对象之间联系的正是信息。从图 11-1 中可以看出,无论是管理者的目标,还是管理者发出的指令,或者被管理者的状态以及被管理者对管理指令的反馈,包括对管理者的各种干扰因素,都是以信息的形式存在的。正是这些信息构成了管理者与被管理者之间所有的关系。同时,管理也正是通过这些信息才得以实现的。有关信息的获取、处理、传递和使用,对于同处于管理系统中的管理者和被管理者都是至关重要的。总之,信息是进行科学管理的基础,也是实行有效控制的基础。有效的控制要求对与企业生产经营及其组织环境状况有关的信息进行全面的搜集,正确的处理和及时的利用。

从一般原理的角度,可将信息在管理中的作用归纳为以下四个方面:

(1) 从管理系统的角度看,信息是管理系统的基本构成要素和有机联系的介质。离开了信息,既不能有管理系统的存在,也不能有管理活动的存在。

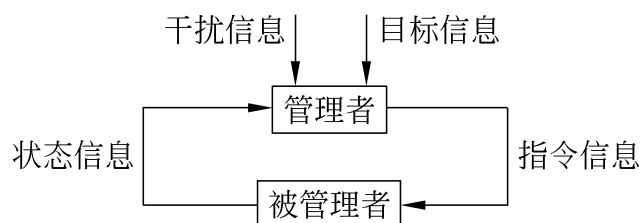


图 11-1 最简单的管理模型

(2) 从管理过程的角度看,整个管理过程实际上就是以信息为媒介,表现为信息的不断输入、变换、输出和反馈的过程。所有管理工作也就是以信息处理为中心的工作。

(3) 从管理组织的角度看,信息是各管理部门、管理层次、管理环节相互间沟通联络、协调行动的桥梁和纽带。信息是使各项管理职能得以发挥的重要前提。

(4) 从管理目的的角度看,信息的开发利用是提高经济效益和社会效益的重要途径。信息出速度、出效益、出财富,它是比物质和能量更为重要、更为关键的资源。

在生产经营活动中,管理部门面临着不断发现问题和解决问题的过程,在此过程中需

要大量决策行为。管理工作的关键和核心在于决策,决策是由信息来支持的。从决策的角度谈,对信息提出了以下四个方面的要求:

(1) 及时性。信息的使用价值是随时间的流逝与系统的变化而变化的,过时的信息可能一文不值。如果反映管理对象当前状态的信息不能及时传递到控制部门,就无法进行实时控制,或者会造成系统运行过程的中断。

(2) 准确性。信息不仅要及时,而且要求准确无误地反映实际情况。有了准确、可靠的信息,才能作出正确的决策。如果信息失真,就会造成决策失误。

(3) 适用性。信息不在于多,而贵在于适用。要“急决策之所急,供决策之所需”。应当认识到,各级管理部门和管理人员所要求的信息是各不相同的。

(4) 经济性。信息的及时性、准确性和适用性必须建立在经济性的基础上。我们的一切活动都要考虑经济效益,信息处理工作也不例外。要力求以最少的费用,最大地发挥信息的作用。

2 . 管理信息

信息是管理的基础,同时又是管理的对象。从管理使用的角度看,信息是经过加工处理后对组织的管理决策和管理目标的实现有参考价值的数据。具体地说,管理信息是用于管理的信息,指反映事物在管理过程中的活动特征及其发展变化情况的各种消息、情报、资料等的总称。

按管理信息的来源不同,可将其分为内部信息和外部信息。前者产生于系统本身的活动。后者则涉及到系统的环境。对于一个企业来说,前者如销售情况、生产情况、技术情况、设备情况、资金情况、人事情况等;后者如经济形式、市场动态、协作单位和同行企业的信息、上级管理机构的指令等。

管理信息总是在一定的时间和空间里运动,反映组织各种业务活动在空间上的分布状况和时间上的变化程度。

按信息的空间状态可分为战略或计划信息(高层)、战术或控制信息(中层)、业务或执行信息(基层)。(见表 11-1)

表 11-1 不同管理层次的主要信息属性

信息属性 管理层次	信息层次	信息表现	信息来源
战略层	战略信息	预测性	大多外部
战术层	战术信息	现实性	内外都有
业务层	业务信息	记录性	大多内部

战略信息涉及到一个企业的长远方针大计;战术信息关系到企业在一个时期内的生产经营活动;业务信息是指与企业日常业务活动有关的信息。对于高层管理人员,提供的

信息有组织外部信息、组织内部信息,其中又以外部信息为主,以便得到辅助决策信息。而中层管理人员起承上启下的作用,主要提供企业的内部信息,要求得到控制信息。而基层管理人员要获得的是日常性的、精确的内部信息,即业务信息。

按信息的时间状态可分为过去(历史性)信息、现在(实时性)信息、未来(预测性)信息。历史性信息是指在过去就已经发生的信息。这类信息一般已被使用过,但是具有帮主管人员从历史中找到借鉴和启发的意义,因而仍具有利用价值。实时性信息是指反映当前活动情况的信息。这类信息的时效性很强,是企业信息工作的重点,对于指导和控制组织正在进行的活动具有重要的作用。预测性信息是指在掌握和利用以上两种信息的基础上,通过运用科学的预测方法或管理人员的经验判断,据此对组织未来进行预先描述所得到的信息。这类信息对高层管理人员的作出决策和采取对策有重大意义。

管理信息的分类还很多。根据信息来源的不同,分为初始信息源和二次信息源。前者是一次性的输入信息,反映企业生产经营活动最基本的状况,它是处在不断变化中的信息;后者是现存的各种数据库,是对初始信息进行进一步加工处理后产生的各种派生信息,一般都是一些固定信息。在一个企业里,如果按信息的稳定性分类,又可分为固定信息和流动信息。前者在一段时间内,可以供各项管理工作重复使用而不发生质的变化。后者是反映生产经营活动实际进程和实际状态的信息,是不断更新的。

3. 信息流

管理活动一般包括三个环节;计划决策、组织指挥和控制监督。管理活动的每一个环节都离不开信息。信息是计划的基础;信息是组织的依据;信息是控制的手段。管理的本质在于处理信息,管理的艺术在于驾驭信息。

首先,收集组织内外有关的信息;其次,将目前的状态与预期的状态进行比较,找出偏差;再次,分析偏差产生的原因,作出决策;最后,把决策即决定采取什么行动的命令下达给各执行部门。显然,整个管理活动就是一种获取信息,筛选信息和利用信息来实现组织目标的信息运动。

以企业为例进行讨论。根据系统理论,可把企业看作一个“输入—转换—输出”的过程(见图 11-2)。输入就是从社会环境中取得企业生产经营活动所需要的一切资源要素

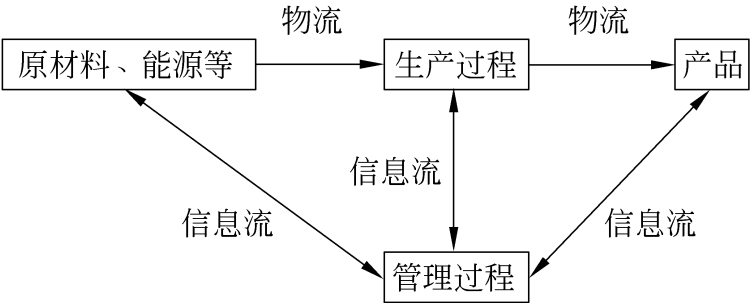


图 11-2 企业运行中的物流和信息流

(人力、物力、财力、信息),然后运用一定的方式,按照人们预定的目标将诸要素有机地结合起来,形成一定的产出,向社会输出(经过企业系统转换的人力、物力、财力、信息),以满足社会的需要,并获得经济效益和社会效益。也就是说,在考察企业和外部环境的关系时,可以将企业看作是一个开放性的系统。整个系统将来自外部环境的“原材料”通过“制造过程”转换为“产品和服务”。

在企业的整个生产经营活动中始终贯穿着两种基本运动过程:物流和信息流。物流是由原材料等资源的输入到变为成品输出而进行的运动过程。信息流伴随着物流的产生,反映着物流的状况,并指挥着物流的运动。物流是有形的单向流动,信息流是无形的双向流动。信息流要求有反馈,人们通过反馈信息进行控制、调节和管理。通过信息反馈,揭示管理活动中的不足之处,促进系统进行不断调节和改革,以逐渐趋于稳定、完善。管理者正是通过驾驭信息流来控制物流,进而达到管理和控制生产经营活动过程的目的,以实现企业或组织的目标。

概括起来,企业管理一方面是对企业生产过程的物流管理,另一方面就是对企业管理过程的信息流管理。或者说,企业的生产经营活动可分为生产活动和管理活动,管理活动伴随和围绕生产活动,保证生产活动顺利进行。由于企业生产、经营是在社会中的,与社会信息的全面利用息息相关,企业中的信息流是以生产经营为主要内容的沟通企业内、外部门的信息活动的产物。

一般来讲,企业资源包括人、财、物和信息。人们已越来越认识到信息作为一种资源的重要性。作为资源的信息,除其本身的经济价值之外,还起着将人、财、物这三种资源有机地结合在一起的作用。企业系统的动态性原则要求组成企业的基本要素不仅必须流动,而且要有合理的流动。企业的有效运作实际上就是促进企业的人流、物流、资金流和信息流合理流动的过程。而物流、人流和资金流能否顺畅流动,在很大程度上取决于信息流的运转正常与否。

总之,从某种意义上讲,企业的信息管理是更重要的管理,它决定着企业生产经营活动的成功与否。

管理的主要任务就是把人、财、物在时间上和空间上科学地、合理地加以组织,这种组织活动是通过信息流来实现的。信息流包括的信息种类繁多,数量巨大。如果信息流动不畅,就难以进行有效的管理。实践表明,要提高整个管理工作的效率和效果,就必须对信息进行有效的管理。

4. 信息管理

进入 20 世纪 90 年代以来,以微电子技术为基础的新技术革命正在广度和深度上不断推动着科技和社会经济生活的变化。这一变化大大促进了全球经济一体化的进程,市场的国际化造成了竞争的国际化。在这种大背景下,企业要生存要发展就必须适应这种新的客观环境。企业的生存和发展能力取决于它对外界大环境的应变能力。而这种能力

很大程度上又取决于企业对信息的充分开发、科学管理和有效利用。

忽视了对信息的管理,就不能提高效率,就难以保持企业的竞争力。很多成功企业的共同经验表明:在信息社会里,信息的充分获取和有效利用是生存的法宝。只有努力不断地提高员工的素养,提高员工获取信息和应用知识的能力,才能改善企业的整体素质,企业在竞争中才有可能胜人一筹。

信息管理的主要任务是:识别使用者的信息需要,对数据进行收集、加工、存储和检索,对信息的传递加以计划,将数据转换为信息,并将这些信息及时、准确、适用和经济地提供给组织的各级主管人员以及其他相关人员。

信息管理就是基于信息生命周期的一种人类管理活动。在生命周期的每一个阶段都有其具体工作,需要相应的管理。这里将信息生命周期的管理概括为以下四个方面:

(1) 信息需求与服务。一方面,这是信息规划的问题,目的是明确信息的用途、范围和要求。另一方面,就是要为用户提供信息,支持他们利用信息进行管理决策。

(2) 信息收集与加工。主要是通过已有渠道或建立新的渠道去收集需要的数据。将收集到的数据按照规定的要求进行处理,这时数据才成为真正的信息。

(3) 信息存储与检索。将处理后的信息按照科学的方式存储起来,以使用户检索使用。存储并不是目的,而只是手段,检索才是存储的目的。

(4) 信息的传递与反馈。信息的作用在于为用户所接收和采用。如何使所需要的信息在需要的时候送到需要的用户那里,这是很值得研究的问题。

信息管理是利用信息来支持组织目标的活动,是战略层次的管理活动。信息管理是对信息资源与相关信息过程进行计划、组织和控制的理论。信息管理作为一个不断运动、发展和变化的系统,其管理的实质就是对这个系统不断运动、发展和变化的有目的、有意义的控制行为。

信息管理是管理科学的一个分支。管理中对信息认识和利用程度的高低,是管理理论和实践发展的一个重要标志。应当说,真正把信息作为管理理论研究对象,是现代管理理论中出现的。现在,信息管理是当代管理理论主流之一,代表着网络时代管理的发展趋势,它的意义和地位已上升到战略高度。

现代信息管理是从 20 世纪 40 年代后期发展起来的,几十年来信息管理工作已发生了巨大的、革命性的变化。50 年代,信息管理工作主要侧重于人在管理中的作用,形成以行为管理为核心的信息管理阶段。60 年代,决策科学的兴起和迅速发展,信息在决策中的作用越来越突出,逐步形成以决策管理为核心的信息管理阶段。70 年代,信息服务业与产业蓬勃发展,主要是开发与利用丰富的信息资源,广泛地为社会各层次用户服务。目前,社会已步入信息时代,信息管理作为一个系统放在社会大系统中去考虑与研究,从而形成以系统管理为核心的信息管理阶段。

现代信息管理,要求管理思想现代化、管理组织现代化、管理方法与管理技术现代化、管理手段(技术的、经济的、行政的、法律的)现代化,管理人才现代化。

11 2 信 息 系 统

1. 信息系统的概念

信息系统与信息管理有着密切的关系。信息管理实践活动已逐渐在政府机关、企业团体等社会组织机构中发展起来,并建立起了各种各样的信息系统。信息管理是目的,信息系统是手段。有人形象地将企业生产过程比作企业的身体,管理机构犹如企业的大脑,而信息系统是企业的神经中枢,每一条信息流都是企业的神经脉络。在现代,企业日益广泛地应用信息系统来为企业提供各类信息服务和决策支持。作为一种新兴的管理手段,信息系统方兴未艾,在不断地得到完善和发展。

输入数据,经过加工处理后,输出信息的系统,称为信息系统。它可以看成是由三个基本的行为部件构成: 输入:捕获或收集来自企业内部或外部环境的原始数据; 处理:将原始输入的数据转换成更具有意义、更有用的形式; 输出:将经过处理的信息传递给有关人员或用于生产活动中。概括地说,信息系统是一种接受数据资源作为输入并将其加工成信息产品作为输出的系统。从对信息的处理过程来看,信息系统又是不断地输入和输出信息的开放式系统。

如果把组织作为系统来看,整个管理过程中,两个关键的活动是计划与控制。计划是为今后活动或运行进行的安排,控制是对组织的现行活动或现行系统的运行的控制。计划和控制都需要信息。计划信息叫前馈信息,控制信息则为反馈信息。前馈信息是预测的或期望的信息,用以作为制定计划的依据。用前馈信息来规划组织的未来活动,可称之为前馈控制。反馈信息是反映组织内现行活动的状态的信息。用反馈信息来控制组织的现行活动,即可称之为反馈控制。一个组织或系统在其存在期内,经常需用前馈与反馈控制,以维持其生存与发展。而且,前馈控制与反馈控制总是反复进行着。从控制论观点来看,管理就是用来进行控制(前馈与反馈)。具体地讲,就是收集历史数据,控制现行过程,计划未来行为。管理信息系统就是一个提供信息以便主管人员进行前馈与反馈控制的系统。换句话说,一个信息系统只在其提供前馈控制与反馈控制所需信息时,才叫管理信息系统。

广义理解的信息系统包括的范围很广,各种处理信息的系统都可算作信息系统。狭义理解的信息系统仅指基于计算机的数据处理系统。数据处理的发展不过几十年的历史,计算机信息系统的发展还不到 30 年,可是它对信息管理和各方面的活动产生了巨大的影响。

信息系统依靠电子计算机技术和通讯技术来实现信息的收集、加工、处理、存储、分析、研究、检索、传递、提供。于是,也有将信息系统定义为:对信息进行采集、处理、存储、检索、传输,必要时能向有关人员提供有用信息的系统。

现代信息系统概念多指狭义的基于计算机、通讯技术等现代化信息技术手段且服务于管理领域的信息系统,即管理信息系统。应该说,信息系统比管理信息系统有更宽的概念范围,用于管理方面的信息系统就是管理信息系统。而国外一般谈信息系统就是指管理信息系统,两者恰似同义语。近年来一个比较普遍的趋势也是用信息系统代替管理信息系统,而且近期的一些理解更偏向管理,而不是偏向计算机。

管理信息系统一词最早出现在 1970 年,瓦尔特·肯尼万给它下了一个定义:“以书面或口头的形式,在合适的时间向经理、职员以及外界人员提供过去的、现在的、预测未来的有关企业内部及其环境的信息,以帮助他们进行决策。”很明显,这个定义是出自管理的,而不是出自计算机的。它强调了用信息支持决策。

到 20 世纪 80 年代,管理信息系统的创始人高登·戴维斯才给出管理信息系统一个较完整的定义:“它是一个利用计算机硬件和软件,手工作业,分析、计划、控制和决策模型,以及数据库的用户—机器系统。它能提供信息,支持企业或组织的运行、管理和决策功能。”它说明了管理信息系统的目标在于高、中、低三个层次,即决策层、管理层和运行层上支持管理活动。

我国许多从事管理信息系统工作最早的学者曾给管理信息系统下了一个定义,该定义为:管理信息系统是一个由人、计算机等组成的能进行管理信息收集、传递、储存、加工、维护、使用的系统。管理信息系统能实测企业的各种运行情况,利用过去的数据预测未来,从全局出发辅助企业进行决策,利用信息控制企业行为,帮助企业实现其规划目标。这一定义比较全面、比较具体地指出了作为一个管理信息系统应该具有的主要功能。

复旦大学薛华成教授明确指出,管理信息系统面向管理,它不只是计算机的应用,计算机只是一种工具。根据当今世界的发展和变化,他重新描述了管理信息系统的定义:管理信息系统是以人为主导,利用计算机硬件、软件、网络通讯设备以及其他办公设备,进行信息的收集、传输、加工、储存、更新和维护,以企业战略竞优,提高效益和效率为目的,支持企业高层决策、中层控制、基层运作的集成化的人机系统。这个定义说明了管理信息系统绝不仅仅是一个技术系统,而是把人包括在内的人机系统,因而它是一个管理系统,是一个社会系统。

管理信息是一个人机系统,这意味着管理信息系统的工作必须由人和机器协同来执行。人员包括高层决策人员、中层职能人员和基层业务人员。机器包含计算机硬件及软件、各种办公机械及通讯设备。因此,要考虑把什么工作交给谁做比较合适,什么工作交给计算机做比较合适,人和机器如何联系,如何构成它们的最佳配合,从而充分发挥人和机器的特长。

随着现代信息技术的广泛应用,很多传统的信息资源管理机构的计算机应用水平达到了新的高度,但不能因为强调计算机化的信息系统而忽视大量存在的以人工为基础的信息系统,更何况计算机化的信息系统的建设很多方面都需要人工信息系统的配合。著名信息系统专家戴维斯曾指出:现在人们所关心的不是计算机是否要用于信息系统,而

是各种处理工作究竟应该计算机化到何种程度。

总之,管理是否有效,其关键在于管理信息系统是否完善,信息反馈是否灵敏、正确、有力。作为一个管理信息系统,它将起到管理信息的产生源与使用者之间的媒介作用,并借此使管理信息从产生到利用的时间间隔大大缩短,同时保证管理信息处理的准确性、时效性的实现,有利于管理信息利用率的提高,更好地满足各种管理工作的需要。

2. 信息系统的应用模式

考察一下信息系统的不同发展阶段及其对管理决策和组织结构的影响是有意义的。信息系统的发展大致经历了三个阶段,即单项事务处理阶段、综合数据处理阶段和系统数据处理阶段。从信息使用的角度看,相应的应用系统就是数据处理系统、管理控制系统和决策支持系统。

信息系统随着电子信息技术、通讯技术和数据处理技术的发展而发展,在这里,简要讨论几类主要的信息系统模式,它们是直接面对用户的应用系统。

20 世纪 50 ~ 60 年代出现的电子数据处理系统(EDPS)是用计算机代替以往人工进行事务性数据处理的系统,所以也有人称其为事务处理系统(TPS)。它是以提高效率为目的,为计算机在信息管理领域的应用奠定了基础。

TPS 是信息系统最初级的形式,也是最基本的形式,面对的是高度结构化的管理问题。它是以提高效率为目的,为计算机在信息管理领域的应用奠定了基础,是企业其他类型信息系统的信息产生器。

数据处理系统的主要目标是提高管理人员处理日常例行事务工作的效率,但它很快便不能满足现代管理对信息处理的需要了。一个重要的原因是它将各项管理信息分开处理,但现代企业的各种管理活动是一个统一的整体,因此企业必须从整体目标出发,系统地、综合地处理各项管理信息。

管理信息系统(MIS)是在事务处理系统基础上于 20 世纪 60 年代中期发展起来的信息系统。管理信息系统是为实现整体管理目标,对管理信息进行系统化综合处理,并辅助各级管理人员进行管理决策的信息系统。

广义的理解是,凡是使用于管理的信息系统都可以叫做管理信息系统。狭义的理解是指那些从内部和外部收集数据,经过加工处理,形成有用信息,以预定的形式提供给管理层次(中层)使用的信息系统。

管理信息系统实现了组织管理信息的系统化处理,可以为各级管理决策者提供所需的各种信息。然而,对于复杂多变环境中组织所面临的许多决策问题,管理信息系统无法给予人们所期望的支持。管理信息系统虽然将企业内部的各种信息统一管理起来,加强了对企业经营活动的计划和控制,大大改善了企业的中层管理工作,提高了整个企业的效率;但对企业的上层管理并没有产生决定性的影响。企业上层主管人员的主要任务是确定目标、选择战略和进行重大决策,对他们来说,重要的不是工作的效

率,而是决策的效果,即主要不在于“正确地做事”,而在于“做正确的事”。决策支持系统(DSS)就是 70 年代初期在 MIS 基础上针对这类问题而迅速发展起来的一种信息系统。

决策支持系统就是为主管者提供信息,以便帮助他们作决策的系统。它的进步在于将信息系统的注意力转向高层管理决策者,并相应引入外部信息,以及强调人机交互和用户友好。它是辅助决策工作的一种信息系统,其特点是重点在“支持”而非决策工作的自动化。由于系统进行决策分析时是人与计算机协同进行的,所以系统一般都是人机交互式系统。

20 世纪 80 年代是人工智能研究盛行的时代。人们开始研究将人工智能理论应用于企业管理以及决策支持系统相结合等,用于管理的专家系统(ES)也开始出现。专家系统是用于处理那些通常需要经验和专门知识才能解决问题的信息系统。专家系统的研制和开发作为一个颇有前途的领域至今仍方兴未艾。

同时,利用信息系统支持主管高效率工作,高效益决策的主管信息系统(EIS)一直是技术人员和管理人员的愿望和梦想,它实际上是一种面向组织中高层管理人员的决策支持系统。EIS 是为高层管理者提供与关键成功因素相关的企业内部信息和外部信息,以满足他们的使用需要和管理决策信息的需求。

新技术革命导致信息时代的到来,80 年代国际上提出了信息资源管理(IRM),反映了信息系统发展过程中一个重要变化。在信息技术急速发展和竞争环境急剧变化的背景下,如何合理开发和有效利用信息资源以增强竞争实力、获得竞争优势,一种体现信息资源管理思想的新一代信息系统——战略信息系统(SIS)迅速兴起。它不仅进行企业内部的信息处理,同时也要改变组织的竞争战略方针。总的来说,利用信息技术寻找机会是现在的一个重要趋势。

3. 信息系统的功能结构

如果从概念上看,管理信息系统可概括为由四大部件组成,即信息源、信息处理器、信息用户和信息管理者(见图 11-3)。

信息源是信息的产生地。

信息处理器负责信息的传输、加工、存储。

信息用户是系统的用户,他们应用信息进行决策。

信息管理者负责系统规划、分析、设计、实现、运行和维护。

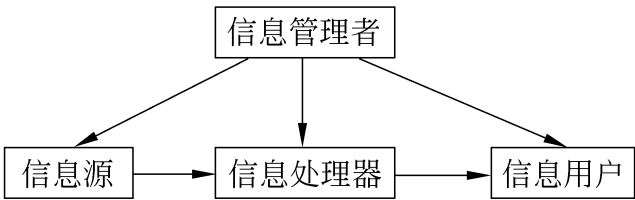


图 11-3 管理信息系统概念结构

一个管理信息系统从使用者的角度看,它总是有一个目标,具有多种功能,之间又有各种信息联系,构成一个有机结合的整体。例如一个企业的内部管理信息系统通常包括市场子系统、生产子系统、财务子系统、人事子系统,等等。对于企业来说,信息系统把各

职能部门沟通起来,为完成企业的总体目标而协同工作。其中有些部门的业务是独立的,也有一些是和别的部门有横向联系,各层次之间有上下级之间的联系。因此,信息系统既有横向沟通(各部门间)的作用,又有纵向沟通(各管理层次之间)的作用。

信息系统有不同的类型,但在结构和功能上有一些共同之处,可以进行一些一般性讨论。以下是信息系统不可缺少的组成部分和基本功能。

(1) 收集信息的子系统。这是信息系统进行业务活动的起点。任何信息系统,如果没有实际的信息,那么它的功能再强,也没有任何实际用处。收集的信息必须及时、完整、真实,这一步工作做不好,就会影响整个信息系统的质量。

(2) 存储信息的子系统。计算机术语称为数据库管理子系统。信息系统必须具有某种存储信息的功能,不然它就无法突破时间和空间的限制,发挥提供信息,支持决策的作用。存储的目的是为了今后检索和使用。

(3) 加工信息的子系统。除了极少数最简单的信息系统,如简单的小型查询系统外,一般来说,系统总需要对已经收集到的信息进行某种加工,以便得到某些更加符合需要或更加反映本质的信息。加工能力的强弱是信息系统功能强弱的重要标志。

(4) 传递信息的子系统。信息传递是信息系统必须具备的一项基本功能。实际上,信息传递与信息存储常常是密切相联的。它的功能在于完成对系统外的信息交流、系统内的上报和下达等传递工作。

(5) 提供信息的子系统。信息系统的服务对象是用户。它的功能在于向信息的最终用户提供所需要的各种信息服务。信息的输出应当直观醒目,易读易懂,尽量符合用户使用习惯,这样才能使信息达到良好的使用效果。

4. 信息系统的开发和维护

现代企业的管理工作,信息量大,涉及面广,一般可以根据决策层次、管理职能和信息处理方式,分成若干个相互关联的子系统,以便系统的整体开发。

信息系统的开发是一项大的系统工程性质的工作。每个项目的开发可由五个阶段组成,即系统规划、系统分析、系统设计、系统实现和系统运行维护。

(1) 系统规划阶段

系统规划阶段的任务是对企业的环境、目标、现行系统的状况进行初步调查,根据企业目标和发展战略,确定信息系统的发展战略——也就是从总体上把握系统的目标和功能的框架,对建设新系统的需求作出分析和预测,同时考虑建设新系统所受的各种约束,研究建设新系统的必要性和可能性。

(2) 系统分析阶段

系统分析阶段的任务是根据任务书所确定的范围,对现行系统进行详细调查,描述现行系统的业务流程,指出现行系统的局限性和不足之处,进一步确定新系统的基本目标和逻辑功能要求,即提出新系统的逻辑模型。这个阶段是整个系统建设的关键阶段,也是信

息系统建设与一般工程项目的重要区别所在。

(3) 系统设计阶段

简单地讲,系统分析阶段的任务是回答系统“做什么”的问题,而系统设计阶段要回答的问题是“如何做”。该阶段的任务是根据系统说明书中规定的功能要求,考虑实际条件,具体设计实现逻辑模型的技术方案,也即设计新系统的物理模型。

(4) 系统实施阶段

系统实施阶段是将设计的系统付诸实施的阶段。或者说就是“实际去干”。这个阶段的任务包括计算机等设备的购置、安装和调试,程序的编写和调试,系统测试,人员培训,数据转换,试运行与转换等。

(5) 系统运行和维护阶段

系统交付使用以后,研制工作即告结束。但是信息系统不同于其他产品,它不是“一劳永逸”的最终产品。系统投入运行后,需要经常进行维护和评价,记录系统运行情况,根据一定的要求对系统进行必要的修改,评价系统的工作质量和经济效益。

最后,系统鉴定可以在系统转换结束后进行,若时间允许的话,最好能在系统稳定运行一段时间后(例如半年)再进行,以便有较多的时间对系统的运行情况和使效果进行观察。

需要强调的是,当信息系统建立起来后,就要投入日常的运行。为保证信息系统的有效运行,应加强对信息系统的管理和维护,使信息系统真正发挥为管理者提供信息的作用。系统的管理和维护是系统投入正常运行之后一项长期而又艰巨的工作。一个信息系统,即使开发得再好,如果没有好的管理和维护,最终也是会失败的。只有坚持高水平的管理和优质的维护,才能使系统始终处于良好的运行状态,最大限度地发挥信息系统的效益。

5. 信息系统与管理变革

信息系统开发能够得以成功的前提条件是组织机构有较高的管理水平。很多信息系统开发失败的原因就在于没有认识到这个问题的重要性。对于许多要应用管理信息系统提高管理效率的组织而言,应把开发管理信息系统作为规范管理的契机,这无疑比系统开发本身更具意义。

信息系统建设不仅是系统开发人员的工作,而且是从单位领导到全体业务人员都应当关注的问题。信息系统的开发是专业技术人员和业务管理人员相互渗透、相互配合的过程。要使全体开发人员分工负责、协同配合,以完成这一艰巨而复杂的工作。

除了在信息系统的结构和功能设计上,应努力做到信息资源开发利用的充分、合理与有效,还应在信息系统的开发环境建设上,注意协调信息系统与组织管理模式的关系。

长期以来,人们在信息管理中存在着这样的误区:信息管理就是建立 MIS,而 MIS 建

设又只是一个信息技术的问题。只要采用了先进的信息技术,信息资源的开发利用似乎是十分简单的事情。事实上,信息技术是信息系统的基础,但信息系统的开发决不仅仅是信息技术的问题。信息系统是服务于组织经营管理的,它不可避免地要受到许多人文和社会因素的制约,特别是受组织管理模式的影响。把信息系统看成是组织的辅助性和服务性工具已成为过时的观念,管理者应当充分认识到信息技术的广泛影响和信息系统的深刻含义以及如何利用信息技术创造有力而持久的竞争优势。信息系统建设的目标是提高组织管理的效果。信息系统建设与其说是一项信息技术的应用,不如说是一场组织管理上的革命。如果不从管理问题出发,而只是强调技术因素,信息系统建设就很难取得成功。

随着信息技术越来越多地被用于组织管理,原有的组织越来越不能适应新的、竞争日益激烈的环境,于是管理学界提出要在组织管理的方方面面进行创新。比如,BPR 是 20 世纪 80 年代对管理影响最大的思想。它是由哈佛大学哈默提出的。它的中文的译法各异,这里直译为企业过程再工程。BPR 以企业过程为对象,从顾客的需求出发,对企业过程进行根本性的再思考和彻底性的再设计。BPR 的目标在于实现管理现代化。它的实质是根据企业的目的根本性地改变企业的运作方式,它强调的是企业应该做什么而不是企业过去做过什么,其任务是寻找改进企业性能的创新性方法。

BPR 是以信息技术的应用和人员组织的调整为手段,以求达到企业关键性能指标和业绩的巨大提高和改善,从而保证企业战略目标的实现。BPR 实现的手段是两个使能器:一个是信息技术,一个是组织。没有深入的应用信息技术,没有改变组织结构,严格地说不能算是实现了 BPR。BPR 是与改进总体的业务性能联系在一起的,为此,企业需要建立一套性能标准来判断和评估其是否达到了改进业务性能的目的。当然提高效率和降低成本是 BPR 的根本目的之一。

11 3 典型的企业信息管理控制系统——MRP

工业企业是一个以生产为核心,对销、产、供等活动进行全面控制的大系统。要使整个企业正常运行,就离不开符合生产过程实际需要的管理系统。生产管理系统的目标是通过生产过程中的信息管理,使物流和信息流同步运行,从而使管理工作有效地指挥生产活动,为实现企业的经营目标服务。

MRP 系统是一个典型的企业信息管理控制系统,它经历了基本的或初期的 MRP 阶段、闭环的和改进的 MRP 阶段以及目前在广泛推广应用的 MRP-2 阶段。

在传统的生产管理中,存在着许多问题。早期一般采用监视库存的方法,一旦库存降低,就重新订货,以保证不间断地生产。这种方法在企业生产较为复杂的情况下,常常造成库存占用过高,资金利用率较低。为了解决生产中库存量较高的弊端,提高资金利用率,人们逐渐把注意力转向企业生产的物料需要上来,希望物料能在需要时运来,而不是

过早地存放在仓库中。

基本的 MRP(物料需求计划)是一个以计算机为基础的一套计算物料需求量和需求时间以安排生产计划及存货控制的系统。它是一种连动的物料管理的战略,它也被称为“时段性需求计划系统”。它不是消极等待什么时候该订购;相反,它根据对未来的分析来确定将来所需物料的品种、数量及将来什么时候需要使用它们。具体地讲,其出发点就是要根据成品的需求,自动地计算出构成这些成品的部件、零件,以至原材料的相关需求量;由成品的交货期计算出各部件、零件生产进度日程与外购件的采购日程。

初期的 MRP 能根据有关数据计算出相关物料需求的准确时间与数量,对制造业物资管理有重要意义。但是它还不够完善,其主要缺陷是没有解决如何保证零部件生产计划成功实施的问题。它缺乏对完成计划所需的各种资源进行计划与保证的功能;也缺乏根据计划实施实际情况的反馈信息,对计划进行调整的功能。可见,初期 MRP 主要应用于订购的情况,涉及的是企业与市场的界面,而没有深入到企业生产管理的核心中去。

初期的 MPR 是建立在两个假设的基础上,一是生产计划是可行的,即假定有足够的设备、人力、资金来保证生产计划完成;二是假设物料采购计划是可行的,即假定有足够的供货能力和运输能力来保证完成物料的供应。但在实际生产中,能力资源和物料资源总是有限的,往往会出现计划无法完成的情况。在初期的 MRP 基础上,被扩展为包含生产能力需求计划和生产作业控制等功能在内的闭环的 MRP 的工作流程如图 11-4 所示。

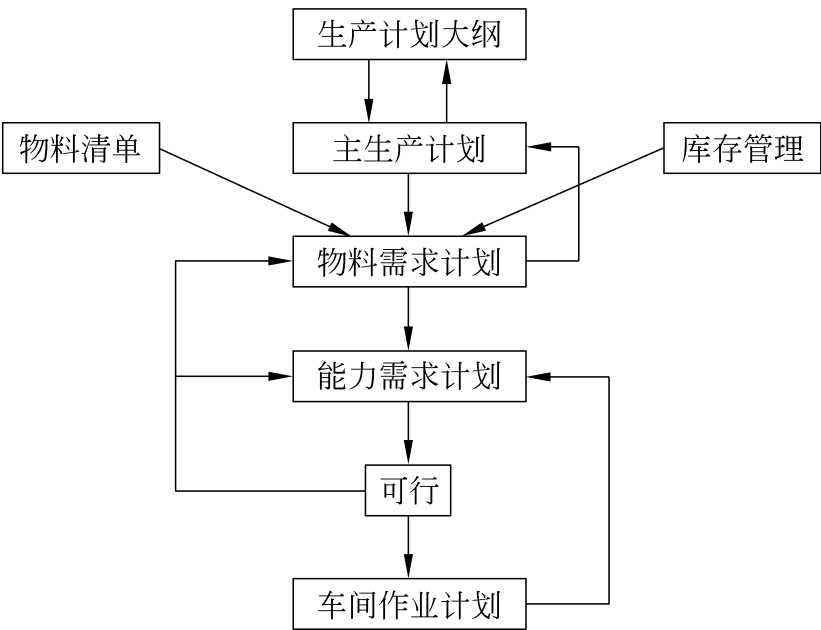


图 11-4 MRP 的工作流程

改进的 MRP 常常简单地被叫做 MRP。MRP 会利用企业中决定的制造进度计划(又称主生产计划)。所谓主生产计划,是用来决定企业应生产哪些成品并为产品安排生产计划。同时,物料需求计划决定生产出预定数量的产品需要多少原料。这对生产计划好的产品来说是必需的。另外,原材料库存资料被用来确定哪些材料已有,从总需求中减去现有物料数量就可得到“净需求”,即为满足生产计划所必须购买的产品数量。物料需

求计划将与能力需求计划结合起来以确保计划的生产任务在工厂生产能力范围之内。

在制订主生产计划时进行产能分析,如果可行就去进行物料计划,如果不可行就要反馈回去,重新修改主生产计划。同样在执行物料需求计划和执行车间作业计划时出现问题也要反馈回去,并修改主生产计划或物料计划。这样就构成了闭环的动态控制。由于增加了上述功能,使之形成“计划—执行—反馈”的生产管理循环,可以有效地对生产过程进行计划与控制。

以上可见,企业的物料需求的处理思路为:

- (1) 我们要生产什么(主生产计划);
- (2) 要用哪些材料去生产(产品的材料清单);
- (3) 我们已有了哪些材料(库存记录);
- (4) 我们还缺什么(提出需求计划)。

MRP 系统的基本工作流程可以概括为:在企业经营计划和生产计划的基础上,首先,根据用户订单和需求预测生成主生产计划,明确特定时间的产品生产数量;其次,根据物料清单文件和库存状况文件,应用计算机程序自动进行计算处理,明确有关零部件、原材料等相关需求的需求量、需求日程、生产运作或采购日程;最后,确认和打印有关报告,并据此下达计划任务。

MRP 的计算程序或计算逻辑是根据反工艺路线的原理,按照主生产计划规定的最终产品生产数量和期限要求,利用物料清单文件和库存状况文件所提供的信息,由高到低逐层推算出各种物料的订购数量和时间。通过 MRP 方法,能使存货保持在一个最低的水准,而同时还能在需要时,保证会有足够的物料。如果能真正做到这一点,就能使物料的管理非常地有效益。能在正确的时间,利用正确的物料和正确的数量,来满足产品的需求,是有效的制造控制系统的一个主要功能。制造控制系统的主要目标,是保持最低的可能存货水准,计划制造及采购的活动,以及保证能有足够的物料、零组件和产品,来达成已计划的生产和顾客订单运交的要求。为了追求更大的营业目标,当今已有许多的企业机构,成功地利用 MPR 系统,来作为它们企业计划上的一个良好模拟工具。

总结上述分析,可以看出,MRP 以物料为中心来组织生产运作,要求企业所有的活动必须以用户的需求为标准,要以用户需求的产品的物料转化来组织一切制造资源,反映了按需定产的思想观念,体现了为顾客服务的宗旨。而传统的管理强调以设备为中心来组织生产运作,即有什么样的设备就生产运作什么样的产品,意味着割裂了用户的需求,反映了以产定销的思想理念。

在了解 MRP 后,我们再看制造资源计划(MPR-2)。

MPR 解决了企业物料供需信息的集成,有助于缩短企业生产周期和节省库存成本,但由于它没有融入管理信息,因此不能够解读企业的经营效益。20 世纪 80 年代 MRP 逐渐为 MPR-2 所代替,这时企业资源不仅是材料,人力、资金、设备和时间也被看成资源,并加以控制。它除了生产外,还包括销售、财务、会计及成本的处理。由于把传统的财务

处理同发生财务的事务集成在一起,实现了“物流”和“资金流”的同步运作,改变了 MPR 资金信息滞后于物料信息的状况,便于企业决策者进行实时决策。在 MRP 上,加上财务和成本管理,就发展成一个涵盖企业供产销、人财物的管理方法,即称为“制造资源全面计划与控制系统”,即 MPR-2 系统。MPR-2 的功能已能满足制造业的所有经营及生产活动,这也是 MPR-2 被称为“制造业全面资源计划与控制系统”的原因。

MPR-2 是一种在对一个企业所有资源进行有效的计划安排的基础上,以达到最大的客户服务、最小的库存投资和高效率的工厂作业为目的的先进的管理思想和方法。其管理目标是:通过反馈库存和在制品的信息,制定生产计划,在保证按期供货的前提下,减少在制品和库存的资金占用。在解决制造企业物料供应与生产计划的矛盾、计划相对稳定与用户需求多变的矛盾、库存增加与流动资金减少的矛盾、产品品种多样化与生产活动的条理化的矛盾等的过程中发挥着重要的作用。

简言之,MPR-2 方法是以计划为主线,对企业的产供销、人财物实施全面计划与控制的一种手段。MPR-2 的基本思想是,应用系统论的观点,把企业作为一个有机整体,从整体最优的角度出发,科学、有效地计划、组织、控制和协调企业人、财物资源和产、供、销活动,以充分利用企业的各项资源,保证各项活动协调发展,进而提高企业的管理水平和经济效益。

MPR-2 系统实现了企业各部门活动的集成统一。在 MPR-2 系统出现以前,企业的生产运作、财务、销售、供应、设备、技术、人事等子系统都是各自独立运行,缺乏协调,常常发生互相扯皮,互相埋怨的现象,虽然各部门往往要使用很多相同类型的数据,从事很多相同或类似的工作,但由于口径不一致,往往造成管理上的混乱。即便是有加强相互联系与沟通的良好愿望,但因为缺乏一个统一而有效的系统支持建立这种机制,最终难从人愿。而正是 MPR-2 系统的出现,企业才可以给出一个合理可行且完整详细的计划,为各部门开展工作建立了一个共同的平台,为密切各部门的联系,统一各部门的活动提供了科学的基础。

具体地说,它通过对计划从宏观到微观、从战略到战术、从粗略到具体的逐层展开,使各层次计划始终与企业战略目标保持一致,形成统一的多层次计划,即“一个计划”。而各个部门在“一个计划”的原则下,数据共享,从企业整体要求出发协同工作。目前,MPR-2 不再是生产运作人员的专有工具,而是面向整个企业系统的规则,企业所有部门和人员都要据此明确和做好自己的本职工作。

另外,MPR-2 的管理决策支持也值得一提。它的管理决策支持特点主要体现在模拟预见性与动态应变性两个方面。所谓模拟预见性,是指可以利用 MPR-2 系统中的数据和建立的模型,分析某种方案或决策的可能结果,为决策提供依据,即系统能够解决“如果……将会……”的问题。所谓动态应变性,是指 MPR-2 的实时跟踪与反馈功能,将使管理人员随时掌握企业内外部环境的变化对企业计划可能产生的影响,以及可能的调整方案和相应结果,从而对环境变化作出反应,以确保实现企业目标。

MPR-2 系统,从某种意义上讲,是一个进行辅助管理的计算机软件系统。一般 MPR-2 均由 10 个左右的子系统组成,子系统相对独立,但实现时有先有后,各子系统按运行顺序联接起来。最主要的子系统包括主生产计划子系统、库存控制子系统、成本计划与控制子系统。在总量计划(总体水平的计划)下的主生产计划就是安排具体的生产计划。主生产计划要回答生产什么产品?生产数量是多少?什么时间生产出来?库存控制子系统实际上就是物料需求计划(MPR)子系统。成本计划与控制子系统包括直接成本的计划和控制、材料成本的计划和控制、管理费用的计划和控制以及资产消耗的计划和控制。

除了以上主要子系统之外,还包括采购管理、指令发放、仓库管理和工厂维护等子系统。采购管理的目的是适时、适量、保质地提供原材料和外购件,以减少资金支出和库存。指令发放系统是计划与执行间的桥梁,任何计划只有通过指令发放才能执行。仓库管理系统是从物流方面指挥仓库,使仓库达到合理的利用。工厂维护系统是负责维修等。由于企业不同,MPR-2 的结构和子系统划分很不相同,不过万变不离其宗,它们不过是这些功能的组合。

企业可以期望在下述一个或更多的方面获得收益:

- (1) 更有效地利用资源;
- (2) 实现最优计划;
- (3) 改进对客户的服务质量;
- (4) 提高员工士气;
- (5) 获得更加有效的管理信息。

目前,国外已有数以万计的企业采用了 MPR-2 技术,在减少库存、提高生产效率、降低成本、改善用户服务、保证按时交货等方面取得显著的经济效益。MPR-2 能否在中国运行成功,这是多年来很敏感和有争议的一个问题。国外有些公司第一次失败了,第二次再来取得了成功。总的来说,这是一个好东西,适应信息社会对管理的要求。

MPR-2 是一种先进的管理方法,它的特点反映了企业在管理模式和行为上的变革。但总的来说,MPR-2 是对内管理的系统,在战略规划、市场竞争方面以及高层决策方面功能较弱,现在又流行 ERP。

ERP 把原来的制造资源计划拓展为围绕市场需求而建立的企业内外部资源计划系统,是面向全社会的企业资源计划。它是在 MPR-2 基础上扩充市场、财务等功能的系统,是一个高度集成的信息系统。ERP 把客户需求和企业内部的经营活动以及供应商的资源融合到一起,体现了完全按用户需求为中心的经营思想。而且时间也被作为资源计划的一部分,且当作最关键的资源被考虑。因此,可以说,ERP 是以顾客驱动的、基于时间的、面向供应链管理的企业资源规划。

第十二章 现代管理控制技术简介

好的管理控制技术能够使管理者收到事半功倍的效果。尽管传统的管理控制技术(如预算、程序控制、计划评审等等)在大多数管理控制系统中还在应用,但现代管理控制技术已成为企业管理现代化的重要组成部分,是实现管理现代化不可缺少的一项主要内容。如果企业只有现代化的管理控制思想,而不采用现代管理控制技术,是不会得到好的效果的。因此,在建立现代化企业中,能否有效地应用现代管理控制技术,已成为衡量企业管理现代化水平的重要标志。

12.1 目标管理

目标管理是把目标作为管理的手段,保证预期目标实现的一种现代管理控制方法。

目标管理最早产生于 20 世纪 50 年代的美国。当时美国产业界竞争十分激烈,为了在竞争中立于不败之地,企业迫切需要强化管理,充分调动全体员工的积极性,变被动为主动,从而有效地利用劳动力资源。在这种形势下,传统的管理方法难以奏效,目标管理理论便应运而生了。

1954 年,德鲁克在他的《管理的实践》一书中,首先提出了“目标管理和自我控制”的主张。对目标管理的基本原理作了较全面的概括。他认为“企业的目的和任务必须转化为目标”,各级管理人员只有通过这些目标对下级进行管理,并以目标完成情况来衡量每个人的贡献大小,才能保证企业总目标的实现。每个管理人员或工人的分目标就是企业总目标对他的要求,同时也是这个管理人员或工人对企业总目标的贡献。只有每位管理人员或工人都完成了自己的分目标,整个企业的总目标才有完成的希望。德鲁克的上述见解,是最初目标管理的主要理论依据。

在德鲁克提出目标管理的基本思想之后,将其理论加以具体展开的是施勒。施勒在《根据结果的管理》一书中论述了如何根据企业最高目标层层制定各自的分目标,以及制定什么样的分目标才能激发个人动机,他着重研究了个人目标的制定方法和内容。由于目标管理较好地解决了激发人们动机的问题,因此,目标管理刚一问世就受到美国企业界的欢迎,并得到了广泛的应用。

可以说,目标管理是在泰勒的科学管理学说和梅奥的人际关系学说的基础上发展形成的。其基本原理可以概括为“以目标作为各项管理活动的指南,根据工作目标来控制每个部门、每个职工的行动,以目标的实现程度来评价贡献大小和分配报酬,通过目标的制

订、展开、实施和“授权”、“自我控制”,充分发挥职工的能动作用,调动职工的积极性,实现企业的总目标。

目标管理作为一种现代科学管理方法,有许多特点,归纳起来主要有以下几点:

1. 目标具体明确,体系完整

目标管理理论要求企业所有工作都订出目标,把企业在一定时期的各项活动目的简单明了地以企业目标的形式表现出来。由于企业总目标要层层分解,因此,部门和个人的目标也具体明确。由于在其内部建立一套科学的完整的目标体系,把企业的经营管理活动纳入系统管理的轨道,把企业的全体人员都科学地组织在目标体系之内。

2. 以目标为中心

目标管理的实质是通过目标的制订、展开、实施、评价、考核对企业的工作进行管理。在这种管理中,一切管理活动都围绕目标进行,以目标为行动的方针,以目标完成程度评价管理效果,目标贯穿于整个管理活动的始终。

3. 具有民主管理的性质

目标管理实际上是一种参与管理制度,自始至终重视上下左右的共同协商讨论和意见交流。工作目标确定后,目标承担者要按照预定目标,自主地开展工作。它不是命令和独断专行,是一种民主管理。这使职工在思想上感到受到尊重,有利于调动职工的积极性。

4. 实行“自我控制”

目标管理是一种自我管理。德鲁克说过,目标管理方式所起的最大作用,实际上就是以自我控制的管理方式取代上级统一支配的管理方式。靠自我控制进行工作,“我要干”而不是“要我干”,而且要保质保量地按时完成目标。

5. 既强调工作成果,又重视人的因素

目标管理既考虑传统管理学派的以工作为中心,又重视现代行为学派强调人的因素,将二者统一起来。强调工作成果,重视成果的评定,把目标的完成情况作为奖惩的依据。另外,在整体目标的指导下,职工可以决定自己的工作和具体行动,强调调动职工的积极性和激发个人才能的发挥。

目标管理的主要内容有两个,一是企业目标;二是保证措施。

企业目标,是指企业在一定时期内,各项经营管理活动所要达到的预期结果。目标是企业在一定时期的奋斗方向,反映了企业管理的目标。科学的目标是搞好管理活动的重要依据,是检验管理效率高低和成果大小的重要标准。

保证措施,指企业及其所属机构、个人为实现目标而制订、采取的主要对策和措施。保证措施是从企业全局出发,全面考虑影响企业目标实现的种种因素,根据具体目标制定的。其作用是对偏离企业目标的各种活动进行控制使之回到促进目标实现的轨道上来。

目标管理方法一般分为四个环节:

1. 目标的制定

在广泛收集信息资料的基础上,企业最高决策层进行综合分析,首先提出企业的目标草案,交各部门、科室进行讨论,让全体人员都发表意见。有关综合部门集中各方面的意见,向决策层反馈意见,由决策层进行修订,确定目标方案。在此基础上,再发动职工讨论。经过几次反复修改以后,就可以作为企业目标方案正式确定下来。

2. 目标的展开

企业目标的展开,就是企业目标从上到下层层分解、层层落实,把上级目标细分化和保证措施具体化,一直分解到班组、个人。各层次之间的目标关系是,下级目标是上级目标的组成部分,下一层支撑着上一层,形成一个金字塔形的目标体系。目标的展开以明确划分各部门及个人之间的职责范围为前提。

3. 目标的实施

目标的实施是目标管理的关键性阶段。这一阶段的主要工作包括建立目标责任制、授权、成立目标控制中心、实行自我控制和组织控制。离开目标责任制就无法推行目标管理。授权是指上级授予目标承担者为完成目标所需要的权力。为了保证各项目标的实现,还要组成一个协调整个企业或部门的控制中心,负责目标实施的组织指导。所谓自我控制是目标承担者本人把自己执行目标的实际结果,与目标进行对比、校正。通过自我控制,找出出现偏差的原因,克服困难,实现目标。实行目标管理虽然主要依靠目标承担者的自我控制,但是并不排斥上级领导的监督和检查。目的是帮助下级目标承担者按目标要求开展工作。

4. 成果的评价

成果评价是目标管理的最后一个环节。重视成果的评价是目标管理的重要特点。只有目标的制定、展开和实施,而没有考核评价,目标将形同虚设。成果评价一般采用自我评价和领导评价相结合的办法。

总之,实行目标管理是企业发展的需要,对加强企业管理,调动企业各部门及全体职工的积极性,提高经济效益和竞争能力有重要意义。

12 2 内部 控制

内部控制是研究每个具体组织的内部经营管理过程,研究每个单位如何发挥管理功能,如何对管理过程进行有效的调节和控制。内部控制具有普遍应用的价值,它是一种科学而合理的管理工具。

人类社会自产生了管理活动,就出现了内部控制的思想。只要有人类社会的群体活动,就必然会有内部控制的存在。只是在不同的人类发展阶段,内部控制的简繁程度及其重要性不同而已。不管如何,内部控制活动是所有经济组织管理活动的一部分,并一直被认为是管理活动中不可分割的组成部分而与管理活动紧密地结合在一起。

如何理解内部控制的概念,首先需要弄清楚这样几个问题:

(1) 内部控制的主体。所谓主体,是指由谁来实施企业的内部控制。内部控制产生于企业管理的需要,存在于企业生产经营活动之中,是企业内部管理的一个重要组成部分,这就决定了内部控制的主体只能是企业的管理者。

(2) 内部控制的客体。所谓客体,是指内部控制的实施对象,也就是说在什么范围内对什么内容进行控制。企业的主要活动包括内部的生产活动和涉及外部的经营活动两个方面,是两者的有机统一。因此,内部控制主要是对企业的生产经营活动所进行的控制。企业生产经营活动就是内部控制的客体。

(3) 内部控制的目的。内部控制本身不是目的,而是实现目的的手段。综合国内外实施内部控制的经验,内部控制的目的可以归纳为以下几点: 维护物资财产的完整性; 保证会计信息的准确性和财务活动的合法性; 贯彻经营决策,实现经营目标; 保证生产经营活动的经济性、效率性和效果性。

从以上分析,可对内部控制的定义表述如下,内部控制就是在企业内部建立并实施的、对各项经济活动进行系统地监督、检查和调整、控制的制约机制或采用的手段和方法。简单地说,一个企业的内部控制是指企业的内部管理控制系统,包括为保证企业正常经营所采取的一系列必要的管理措施。

关于内部控制的含义,国内外专家有不同的说法。从内部控制范围来看,国内外专家主要有“部分控制论”和“全部控制论”两大观点。持“部分控制论”观点的人基本上认为,内部控制只包括与处理经济业务有关的内部会计控制,内部控制只与资产管理有关,而与业务管理无关。持“全部控制论”观点的人总的看法是,内部控制应当包括全部管理控制,它已超越了会计、财务的范围,渗透到经营的各个方面和管理的全过程。不过,无论人们对内部控制有多少种看法,“全部控制论”的观点越来越被众多的人所接受。

1949年,美国职业会计师协会所属的审计程序委员会,第一次提出了内部控制的概念,50年代以后,国际经济竞争的激化,使内部控制扩大到企业的各个领域,其内容也更加丰富,同时对内部控制的认识也有了极大的提高:认识到内部控制并不是因为审计师的

需要而存在,它是由于组织本身及其管理部门的需要而存在的。内部控制也并不仅是审计工作的基础,而是一切企业管理工作的基础。

1963年,该组织对内部控制定义作了进一步的表述,并将内部控制分为会计控制和管理控制。会计控制是指与保证财产物资的完整性、会计信息的正确性以及财务活动的合法性有关的那部分控制。管理控制是指与保证企业经营决策的贯彻、经营目标的实现以及经济活动的经济效益有关的那部分控制。会计控制与管理控制的区别在于两者控制目的的不同,但两者并不是相互排斥、互不相容的,有些控制措施既可以作为会计控制的方法,也可以用于管理控制。

任何组织都希望在一种有条不紊和高效率的方式下进行工作,提供可靠的各方面的信息供自身和其他方面使用;任何管理部门都不愿意看到由于错误、舞弊和根据不可靠信息作出决策而遭受损失。因此,它们都需要一些控制来尽量减少决策的失误及其他工作中的缺陷。而内部控制它能预防和发现“有意的”或“无意的”的错误,克服不可控制因素和可控制因素的影响,使管理有秩序、高效率地进行。

内部控制并非以单位中的个别活动、个别机构为其控制对象,而是涉及到单位中所有机构和所有活动及具体环节,由点到线、由线到面、逐级结合、统驭整体。一个单位虽有不同的作业群体,但要达到经营目标,必须全面配合,发挥整体的作用。内部控制可把单位生产、销售、物资、计划、财务、人事等部门及其工作结合到一起,同时又对它们进行必要的控制。因此说,内部控制具有统合整体的作用。

企业类型、规模不同,其内部控制也不尽相同,但每个企业的内部控制都有不可缺少的构成要素以保证企业的内部控制发挥作用,如组织结构、岗位责任、人员素质、业务流程、业务记录、规章制度、内部审计等。不同的要素有着不同的功能和作用。各要素之间也不是相互独立、互不联系的,相反,构成内部控制的各个要素是相互联系、相互制约、相辅相成地组成一个完整的系统。因此,我们必须从系统的角度来分析和研究内部控制。

每个企业都有不同类型的业务活动,每类业务活动都要有相对独立的内部控制系统对之实施控制。但对于企业而言,这些不同业务活动的内部控制系统也不是相互独立、互不关联的,而是相互联系、密切相关,并构成了对企业各类业务活动实行控制的、总的内部控制系统。各项业务活动的内部控制系统正是作为总系统的一个子系统,对具体的业务活动实施控制的。

任何生产经营业务都表现为一定的过程,这一过程又包含着密切相关的两个方面:一方面是生产经营的处理程序,即按生产经营活动进展的先后顺序完成该项业务的过程。另一方面,为了保证生产经营业务按照预先确定的要求完成,就必须在生产经营业务处理程序中采用一系列相互关联的控制措施,形成一个控制系统。因此,各项生产经营业务的过程都表现为处理程序和控制系统两个方面的有机统一。生产经营业务的处理程序是控制系统的载体,内部控制系统则是处理程序的保障,只有健全完善的内部控制系统才能保证生产经营业务的处理程序得以顺利完成。

人们从现代管理的实践中,逐渐地认识到:内部控制是一种管理体系,是现代管理最重要的方式,也是现代企业进行有效管理所必不可少的技术。内部控制贯穿于企业的经营管理活动的各个方面。良好的内部控制是进行有效经营所不可缺少的。如果没有内部控制,或者内部控制不健全,就不可能及时发现和有效制止经营中的不良行为。健全有效的内部控制,不仅能保证企业内部经营决策的贯彻执行,保证会计信息的真实正确和财务活动的合规合法,维护企业财产物资的安全完整,还能保证企业内部各项生产经营活动正常运转,所有这一切都有助于企业经济效益的提高和企业经营目标的实现,增强企业在市场经济条件下的竞争能力。特别在企业建立现代企业制度的新形势下,加强和完善企业内部控制,充分发挥内部控制的作用,对于增强企业对市场经济的适应能力和生存能力就显得特别重要。

12 3 项目 管理

前面主要讲述组织的管理控制,这些组织基本上一天一天地进行相似的活动。本节介绍的是项目管理控制。它和一般的管理对象的主要区别就是它的“一次性”,这也是识别项目的主要依据。我们将会看出,项目的管理控制程序将是与持续经营的管理控制程序不同。

从根本上说,项目实质上是一系列的工作。尽管项目是有组织地进行的,但它并不就是组织本身;尽管项目的结果可能是某种产品或某项新服务,但项目也不就是产品或服务本身。

各个项目经历的时间可能是不同的。但有始有终是项目的共同特点。当管理层批准关于应该做什么的一般特征以及进行这项工作花费的资源的大致数量后,一个项目就开始了。当项目的目标实现,或项目被取消后,这个项目就结束了。

项目都有一个特定的目标,或称独特的产品或服务。这一特定的目标通常要在项目初期设计出来,并在其后的项目活动中一步一步地实现。有时尽管一个项目中包含部分的重复内容,但在总体上仍然应当是独特的。

项目也像其他任务一样,有资金、时间、其他资源等许多约束条件,项目只能在一定的约束条件下进行。这些约束条件既是完成项目的制约因素,同时也当然是管理项目的条件。

项目管理是通过项目经理和项目组织的努力,运用系统理论和方法对项目及其资源进行计划、组织、协调、控制,旨在实现项目的特定目标的管理方法体系。

项目管理是一种已被公认的管理模式,而不是任意的一次管理过程。换句话说,项目管理不是一次任意的管理项目实践,而是在长期实践和研究的基础上总结成的理论方法。应用项目管理,必须按项目管理方法提的基本要求去做。

项目管理的对象是项目,即一系列的临时任务。“一系列”在此有着独特的含义,它强

调项目管理的对象—项目是由一系列任务组成的整体系统,而不是这个整体的一个部分或几个部分。其目的是通过运用科学的项目管理技术,更好地实现项目的目标。

不能把项目管理的对象与企业管理的对象混为一谈,项目只是企业庞大系统的一部分;也不能把企业管理的目的当成项目管理的目的,企业管理的目的是多方面的,而项目管理的主要目的是实现项目的预定目标。另外,当我们提到项目管理时,人们往往直接就把它理解成工程建设项目管理了。其实工程建设项目管理是项目管理在工程建设项目中的具体应用。而项目管理并不针对哪个专业领域,是一种通用的方法。

项目管理的职能与其他管理的职能是完全一致的,即是对组织的资源进行计划、组织、协调、控制。资源是指项目所在的组织中可得的、为项目所需要的那些资源,包括人员、资金、技术、设备等,在项目管理中,时间是一种特殊的资源。

项目管理职能主要是由项目经理执行的。在一般规模的项目中,项目管理的职能由项目经理带领少量专职项目管理人员完成,项目组织中的其他人员,包括技术与非技术人员负责完成项目任务,并接受管理。如果项目规模很小,那么项目组织内可以只有一个专职管理人员,即项目经理。对于大项目,项目管理的基本权利和责任仍属于项目经理,只是更多的具体工作会分给其他管理人员。

项目从立项、筹资、计划、组织、实施,直至评价,是一个整体过程。项目管理控制的主要步骤,即项目计划、项目组织、项目实施和项目评价。在项目进行的不同阶段有不同的组织形式和不同的目的要求。为完成以上四个阶段,针对每个阶段都有相应的项目队伍运用相应的理论、方法和手段进行工作,以达到这个阶段所特有的、且与其他阶段相关联的目标集合。每一个组织(队伍)和相应的阶段都构成了控制论系统中的控制与被控制的关系。

计划、跟踪、控制是密切相关的。项目计划是项目跟踪与控制的前提。项目跟踪含有“监测”之意,即监督与测量,它提供控制系统的反馈信息。控制是项目实施期间的重要职能。计划—跟踪—控制在项目管理系统中是一个循环,是一个系统过程,是一个以信息为共同核心的相互依赖、相互制约的互动过程。计划—跟踪—控制循环存在于项目的自始至终的各项管理活动之中。

所谓项目控制是指在项目按事先制定的计划朝着最终目标挺进的过程中,由于前期工作的不确定性和实施过程中多种因素的干扰,项目的实施进展必然会偏离预期轨道。为此,项目管理者根据项目跟踪提供的信息,对比原计划的既定目标,找出偏差,分析原因,进行纠偏的全过程。

项目控制具体包括项目进度控制、项目质量控制和项目成本控制等。为了保证项目中各项工作计划的进度顺利进行,必须对项目的进度进行控制。而项目质量永远是考察和评价项目成功与否的首要方面。另外,项目控制的重要方面是对项目成本进行控制。而且经历过项目管理的人都亲身体会到要在进度、质量和成本三计划构成的约束三角形内完成项目是一件非常不容易的事。

总的来说,项目管理丰富了我们的管理理论和技术,给我们的管理实践带来了一种新的实用方法,产生了一定的经济和社会效益。由于种种原因,在我国,对项目管理理论研究还未给以足够的重视,应用项目管理也还只限于一些行业和领域。这就使我国项目管理的发展水平与当今世界发展水平有相当的差距,所以我们必须追赶项目管理的世界水平。

12.4 全面质量管理

产品质量是企业的生命,也是企业竞争取胜的关键。企业产品质量好,竞争能力就强,在市场上才能站得住脚。否则,产品就会被市场所淘汰,企业就不会有前途。

质量控制是企业生产经营活动当中一项极其重要的控制活动。质量控制的根本目的显然是要提高产品质量,而提高产品质量,是增强企业国内外市场竞争能力,保证企业生存和发展,提高企业经济效益的客观需要。因而,各级主管人员必须切实重视质量控制,在提高产品质量上下功夫。

在企业质量控制活动实践中,国际上普遍运用的是全面质量控制。因此,积极推进全面质量控制,建立质量保证体系,不断提高质量管理水平,保证为市场提供品质优良的产品,便成为企业管理的一项重要任务。

20世纪50年代末和60年代初,美国通用电器公司提出全面质量管理的概念。经过几十年的实践、运用、总结和提高,全面质量管理的内容和方法得到了充实、发展和提高。全面质量管理就是指企业全体职工及有关部门同心协力,综合运用管理技术、专业技术和科学方法,经济地开发、研究、生产和销售用户满意的产品的管理活动。

全面质量管理具有以下几个特点:

(1) 管理的对象是全面的。不仅要管理好产品质量,而且要管理好产品赖以形成的工作质量。产品的质量不仅应符合企业确定的标准,而更重要也是最关键的是应符合消费者的标准。

(2) 质量管理的过程和范围是全面的。即实行过程的质量管理,要把形成产品质量的全过程都管理起来。全面质量控制的重点不是单纯的事后检验,而是事先控制不合格的产品生产及产品设计。

(3) 参加质量管理的人员是全面的。它要求企业各业务部门、各环节的全体职工都要参加质量管理。要求企业内所有人员都重视质量,关心质量,切实做好各项质量责任范围内的本职工作。

(4) 管理质量的方法是全面的。在质量分析和质量控制时必须以数据为科学依据,全面综合运用各种质量管理方法。不但需要运用有关方法,而且还必须将这些方法与改善组织管理、改进生产技术和提高人员素质相结合。

全面质量管理具体表现在:

(1) 一切为用户服务。在全面质量管理中,必须树立以用户为中心,为用户服务的思想。这里的“用户”有其特定的涵义,它不只是指产品的直接用户。下道工序是上道工序的用户,下一个车间是上一个车间的用户。

(2) 以预防为主。在全面质量管理中,要做到以预防为主,即通过分析影响产品质量的合格因素中,找出主要因素,加以重点控制,防止质量问题的发生,做到化被动为主动,化消极防御为积极进攻,防患于未然。

(3) 一切以数据为依据。全面质量管理强调一切以数据为依据,对质量问题要有定量分析,做到心中有数,掌握质量变化规律,通过调查分析,得到可靠的结论,以便采取解决质量问题的有效措施。

(4) 按 PDCA 管理循环办事。全面质量管理要求采用一套科学的程序来处理问题,即按 P(计划)D(执行)C(检查)A(行动)管理循环来开展工作,并通过不断循环达到提高质量管理水平和产品质量的目的。

产品的质量取决于产品形成过程中各个环节工作的质量水平。它包括产品的设计质量水平、产品的制造质量水平和产品售后的使用和维护水平的全过程。因此,在全面质量管理过程中将对产品质量有影响的各因素进行合理的控制,抓好影响产品质量的重要环节的质量水平。

质量保证体系,是指运用系统的原理和方法,以保证和提高产品质量为目标,把企业各部门、各环节的生产经营活动严密地组织起来,并建立统一协调这些活动的机构。质量保证体系是全面质量管理的精髓和核心,建立和健全质量保证体系是从组织上保证企业长期、稳定地生产用户满意的产品的关键。

具体地说,全面质量管理要求我们做好以下几项工作:

- (1) 拟订好产品质量标准和质量管理标准。
- (2) 建立起高效灵敏的质量信息反馈系统。
- (3) 加强工艺管理,使生产制造过程经常处于稳定的控制状态。
- (4) 搞好技术检验工作,要逐个把好各道质量关。
- (5) 做好教育和培训工作,以提高“人的质量”。

12.5 准时生产(JIT)

准时生产是 20 世纪 70 年代日本丰田汽车公司首先试行的创新的企业管理方法。它不仅是一种生产控制方法,还是一种管理的哲理。

其最初的指导思想是:通过生产过程整体优化,改进技术和理顺物流,彻底消除无效劳动和浪费,降低成本,改善质量,以达到用最少的投入实现最大产出的目的。

“设计一个生产系统,能高效地生产 100% 优良产品,并且在需要的时间、按需要的数量、生产所需要的工件”,这是对 JIT 目标最简单的概括。

进行 JIT 的直观效果是减少浪费,这是一个成功企业与一个不成功企业的分界线。简单地讲,JIT 就是在必要的时间生产必要数量的必要产品,节约一分钱就可能增加一分钱的利润。

为了提高劳动生产率,不是要在劳动中再多使力气,而应是尽量减少生产中的各种浪费来提高生产率。这种尽量减少浪费的思想就是 JIT 生产方式的出发点。

准时生产确切地说就是零件、部件或部分装置件都必须准时完成,早一点或晚一点都不行。它追求的目标是零库存,即在需要该零部件时,刚好把它生产出来并送到需要的地点。即这种生产方式的核心是追求一种无库存生产系统或使库存达到最小的生产系统。

无库存生产,又称为零库存生产,在整个生产过程中不需要库存;这种生产方式是不同于传统生产组织方式的一种新兴生产方式。JIT 已经成为一种生产的哲理,在生产管理中得到了普遍的应用。

当然,零库存作为一种理想状态是不可能实现的,但零库存管理的真正目的在于,通过降低库存,发现管理中存在的问题,解决这些问题,从而提高整个系统运作的效率,使得系统得以改善。这样以库存作为手段,一步一步把工作和管理中的问题解决。而且 JIT 还认为,改进的过程并不是一个静止的过程,而是一个不断循环的过程,是一个要求尽善尽美的过程。

准时生产的基本原理是以需定供或者说是“下求上供”,即供方根据需方的要求提供,下一道工序所用物料要求上一道工序按实际需要供给。准时生产的原理虽简单,但内涵却很丰富:品种配置上,保证品种有效性,拒绝不需要的品种;数量配置上,保证数量有效性,拒绝多余的数量;时间配置上,保证所需的时间,拒绝不按时的供应;质量配置上,保证产品的质量,拒绝次品和废品。

可以比较一下,美国的福特汽车公司流水线生产方式的核心思想是依照“单品种大批量的生产,以批量降低成本,以成本的降低进一步带来批量的扩大”。福特的大量生产运作方式开创了世界生产运作方式的一个新纪元。而日本的丰田汽车公司创造了一种在多品种小批量混合生产条件下高质量、低消耗的生产方式。JIT 生产方式及优越性开始引起人们的注意,从而开始了对 JIT 生产方式的研究。

JIT 要求企业生产秩序稳定,全面按科学的方法指导生产。设备、工装精度良好。建立以生产工人为主体的管理体系,保证一线工人百分之百的时间在从事生产。

随着市场环境向多样化方向发展和竞争的加剧,JIT 生产方式的应变能力以及对质量、成本、生产周期的有效控制方法已经越来越多地影响着众多的制造企业。

如果说 JIT 标志着丰田生产方式走向成熟并开始在世界管理实践中推广应用,那么精益生产(LP)则是 JIT 的进一步升华,标志着它已经上升到理论高度,形成了一种指导企业从事生产经营管理活动的全新管理理论体系。

精益生产方式,是指以社会需要,市场需求为依据,以充分发挥人的作用为根本,运用多种现代管理手段和方法,有效配置和合理使用企业资源,力求取得最大经济效益的一种

新型生产方式。

精益生产的基本目的是要在一个企业里,同时获得极高的生产效率、极佳的产品质量和极强的生产柔性(多品种)。为实现这一基本目的,精益生产必须能很好地实现以下 3 个子目标,即零库存、高柔性、无缺陷。

精益生产的基本思想可以用非常简练的一句话来概括;千方百计地减少一切不必要的活动,杜绝浪费。研究认为,精益生产是一种“人类制造产品的非常优越的方式”,能够广泛适用于世界各个国家的各种制造企业,将成为未来 21 世纪制造业的标准生产运作方式。

12.6 敏捷制造(AM)

20 世纪 80 年代后期,美国为了重新夺回在国际上制造业的领先地位,投巨资从发展战略的高度探讨如何建立竞争优势。美国人清楚地认识到,不能保持世界水平的制造能力必将危及国家在国内外市场的竞争能力。现在需要一种新的制造模式,其特点是协作而不是工业伙伴间的竞争。敏捷制造描绘了一幅 21 世纪的先进制造业模式的蓝图。

尽管对敏捷制造还没有一个公认的定义,但专家们都承认它描述的不是一个具体的生产运作过程或运行模式,而是一种具有深刻内涵的哲理和思想,用来指导对企业生产运作系统、乃至整个企业发展进行系统的管理。

敏捷制造的基本思想是:一个企业不追求全能,而是追求很有特色、很具先进的局部优势,做自己专长范围的事,当市场上出现新的机遇时,组织几个有关企业合作,形成虚拟企业,各自贡献所长,以最快的速度、最少的投入赢得这一机遇。也可以说,敏捷制造的核心在于通过虚拟企业的形式,最大限度地提高资源利用率,充分利用市场机遇,提高企业生产和经营上的敏捷性和适应能力,及时满足市场多样化的需求。

敏捷制造方式比其他制造方式具有更灵敏、更快捷的反映能力。敏捷制造方式主要包括三个要素,生产技术要素、组织方式要素和管理手段要素。

敏捷企业面向不可预知的环境,要求具有高度柔性的技术和设备。

组织上的敏捷性是企业参加敏捷制造的基础。企业必须改变传统的以车间、部门为基础的组织形式,而采用以项目组、独立制造为基础的组织形式。敏捷制造方式认为,新产品投放市场的速度是当今最重要的竞争优势。推出新产品最快的办法是利用不同公司的资源和公司内部的各种资源。这就需要虚拟公司这种最为理想的形式。能够经常形成虚拟公司的能力将成为企业一种强有力的竞争武器。

虚拟企业是敏捷制造所提出的最具创新思想之一,是相对于传统的具有明确边界的封闭企业而言的。所谓虚拟企业,是从特定的任务目标出发,基于有效利用不同企业的优势资源,依靠发达的计算机网络和通讯工具,把分散在不同地域、归属于不同企业的资源通过随意互换和集成而创造的一种经营实体。虚拟公司就像专门完成特定计划的一家公

司一样,只要市场机会存在,虚拟公司就存在;市场机会消失了,虚拟公司也随之解体。

虚拟企业从策略上讲,不强调全能,也不强调一个产品从头到尾都是自己去开发和制造。在虚拟企业中,每个伙伴企业都将自己的“核心优势”贡献出来,所以有可能创建一个“一切都是最优秀的”虚拟企业。它的每项工作,每个环节都可能是世界一流的,而这是任何一家独立企业所做不到的。

敏捷制造还要求有技术有知识的人员,这些人员的素质要适应不同生产任务的需要。

简单地说,人、组织和技术是构建敏捷制造大厦的基石。所以,也可将敏捷制造定义为:熟练掌握生产技能的、高素质的劳动者,高度柔性的、实用的、先进的制造技术,以及企业之间和企业内部的灵活管理三者的集成,以实现整体最优化,对市场需求及其变化作出迅速响应。

需要说明的是,敏捷性不是简单地利用技术、组织和人的作用,而是在更高层次上的战略和策略。它定义了一个新的竞争机制,同时明确了新的商业关系。敏捷制造以减少产品到市场的时间,率先抢占市场作为竞争策略,它将技术、组织、人,集成、协调、统一起来,集柔性生产、短生产周期,多规格、多品种、产品快速更新换代为一体,有效地进行抢时竞争,从而适应时代要求。现在,许多著名跨国公司都采用敏捷制造系统来加强与其他企业的联系,提高其全球资源配置和开拓全球市场。

敏捷制造提出了全新的组织管理观念:简化过程,优化过程;提倡以“人”为中心,用分散决策代替集中控制,用协商机制代替递阶控制机制。相互信任,相互间能为长远的利益而和睦相处。

敏捷制造为了抓住市场机遇、获取竞争优势,特别需要系统各部门协同工作。这些部门包括设计、制造、市场营销、财力、人力等。与此同时,要求各部门在信息尚不充分的状况下成功地开展工作。协同工作意味着系统内、外部之间必须保持经常而又及时的通信联系,以便及时调整各自的工作,适应总的任务目标。

敏捷制造战略促进了制造业的全球化。产品是“在哪里做的”已经越来越失去它的意义,而将以“由谁做的”来取代。过去是企业用产品推动市场,现在则是市场拉动企业发展新的产品。

12.7 计算机集成制造系统(CIMS)

CIMS 是一种比 MIS 功能更多,覆盖面更广的系统。它是用现代信息技术和管理理论对企业活动全过程中各功能子系统的完美集成。其内涵涉及两个基本点:一是企业生产的各个环节包括市场分析、产品设计、加工制造、经营管理和售后服务等是一个不可分割的整体,必须紧密相连、统一考虑;二是整个生产过程实质上是一个数据的采集、传递和加工处理过程,最终产品可以看作是数据的物质表现。

CIMS 是信息技术与生产技术的集成,从生产技术的角度考察,它集成了企业的所有

生产经营活动;从信息技术的角度考察,它是信息系统在整个企业范围内的集成。归结起来,它是以计算机系统为基础,综合生产过程中信息流和物流的运动,集市场研究、生产决策、经营管理、设计制造与销售服务等功能为一体,使企业走向高度集成化、自动化、智能化的生产技术与组织方式。所以,CIMS 通俗的解释是,用计算机通过信息集成实现现代化的生产制造,以求得企业的总体效益。

它有机地集成了计算机辅助管理(MIS)、计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助工艺生产(CAPP)和柔性制造系统(FMS)等。CAD、CAM、MIS 等相互独立的分系统通过某种结构集成在一起形成的 CIMS 能更好发挥这些分系统的作用,并产生出强大的合成效应。它将产品的订货、设计、制造、管理和销售过程,通过计算机网络综合在一起,达到企业生产全过程整体优化的目的。

CIMS 一般可以划分为如下四个功能子系统和两个支撑子系统:工程设计自动化子系统、管理信息子系统、生产制造子系统、质量保证子系统以及计算机网络子系统和数据库子系统(见图 12-1)。

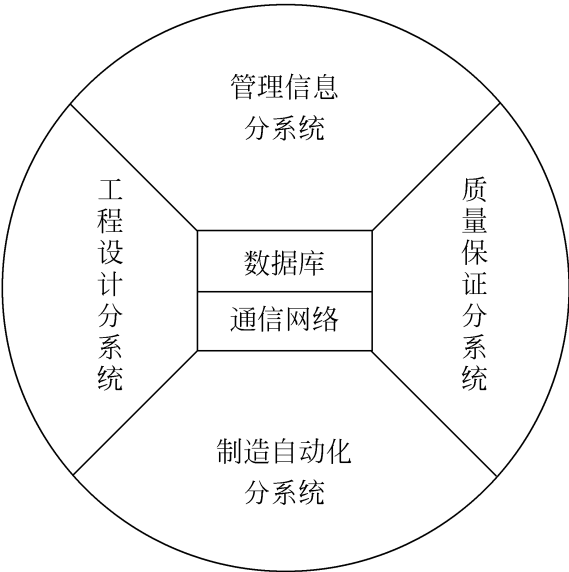


图 12-1 CIMS 的系统构成

CIMS 的核心在于集成。集成和连接不同,它不是简单地把两个或多个单元连在一起,而是将原来没有联系或联系不紧密的单元组成紧密联系的、有一定新功能的系统。对于 CIMS 来说,由于它的目标在于企业的总体效益,而企业能否获得最大的总体效益,很大程度上取决于企业各种功能的协调。一般来说,集成程度越高,这些功能就越协调,竞争取胜的机会也就越大。单纯地使用计算机来提高自动化程度而不考虑各种功能的集成,既不可能使企业整体优化,也不可能有效地提高企业对市场的快速响应能力。

CIMS 的基础和难点是集成,其中信息的集成是关键。产品数据管理(PDM)的出现,为 CIMS 环境下的各个分系统之间的集成带来了新的平台和集成框架。CAD、CAM、CAPP、MIS 等都是局部的、专门部门的应用系统,所产生的数据涉及产品的不同方面,信息如何在部门之间传递、共享,保证数据的准确、可靠与安全。PDM 将计算机在产品设

计、制造、工艺和质量管理等方面的信息孤岛集成在一起,对产品整个生命周期内的数据进行统一的管理,为实现企业全局的信息的集成提供了信息传递的平台和管理沟通的桥梁。

PDM 是当今计算机应用领域的重要技术之一。它有机地组织与产品有关的全部数据,保证了信息的惟一性和一致性,使得“在正确的时间把正确的信息以正确的方式传给正确的人”真正成为可能。PDM 对于缩短产品开发周期,加快市场响应速度大有作为,它是提高企业竞争力和新产品创新能力的有效管理手段,它的应用会给企业带来非凡的成就。PDM 技术在国外已得到广泛的应用。我国也有一些企业对 PDM 产生了兴趣,不少企业也实施了 PDM。

总之,计算机集成制造系统是管理信息自动化和生产过程信息化的结合,是管理信息系统的一个重要方向。它将利用已有的计算机辅助设计、制造、管理和通信等所有现代化技术,将企业的管理和经营水平提高到一个崭新的阶段。计算机集成制造系统已超越了制造的范畴,其目的是增强全企业的协同作用,提高企业资源的使用效率,为此,用信息系统集成或计算机集成管理系统名词替代计算机集成制造系统可能更恰当一些。实施 CIMS,可使企业在日益激烈的市场竞争中处于有利的地位,提高企业的竞争实力。

12 8 供应链管理(SCM)

企业的目的就是通过产品和服务来创造价值并获得利润。企业通过一系列的价值活动来实现价值增值,企业内部的所有价值活动连接在一起就形成了价值链,它实际上也就是整个企业的代称。

具体地讲,价值链是指,任何一个企业均可看作是由一系列相互关联的行为所构成,这些行为对应于物料从供应商到顾客的流动过程,而这一过程就是物料在企业的各个部门不断增加价值的过程。

随着互联网和电子商务的普及,经营管理者们在建立和完善企业内部价值链的同时,更加致力于将企业内部的价值链与其他企业的价值链相连,以取得进一步的附加价值。这种企业间的价值链的连接被称作价值系统。换句话说,由相关企业的价值链所组成的大的活动系统称为价值系统。

供应链管理(SCM)是由价值链理论发展而来的。早期的供应链概念是指制造企业中的一个内部过程,后来供应链概念开始扩展到关联企业。供应链是由从供应商的供应商到用户的用户的一系列企业所组成的,它跨越了企业的边界,形成了一种合作制造或战略合作的新思维,赋予供应链管理以新的内涵。

SCM 是一种跨企业的协作,覆盖了从原材料到最终产品的全部过程。这个管理过程中的收益来自把供应商、制造者和最终客户紧密地结合起来,消除或减少了整个供应链中不必要的活动和成本。企业的视野已不仅仅局限于企业内部,而是延伸到供应商和客户。

可以说,现代企业的竞争已不是单一企业与单一企业之间的竞争,而是一个企业供应链与另一个企业供应链之间的竞争。任何一个企业只有与别的企业结成供应链才有可能取得竞争的主动权。

供应链管理绝不是供应商管理的别称,作为一种新的管理思想,它把供应链上的各个企业作为一个不可分割的整体,使供应链上各企业分担的采购、生产、分销和销售等职能彼此衔接,成为一个协调发展的有机体。随着涉及的资源和环节的增加,对供应链的管理变得越来越复杂。

物流贯穿整个供应链,它联系供应链的各个企业,是企业间相互合作的纽带。如何有效地管理供应链的物流过程,使供应链将物流、信息流、资金流有效集成并保持高效运作,是供应链要解决的一个重要问题。

物流管理作为现代供应链管理思想的起源,同时也是供应链管理的一个重要组成部分,与传统的物流管理有着很大的区别。一般而言,供应链管理涉及制造问题和物流问题两个方面,物流管理涉及的是企业的非制造领域问题。两者的主要区别表现在:物流涉及原材料、零部件在企业之间的流动,而不涉及生产制造过程的活动;供应链管理包括物流活动和制造活动,涉及从原材料到产品交付给最终用户的整个物流增值过程。

生产计划与控制是企业管理的主要内容之一,供应链管理思想无疑对此带来很大的影响。供应链管理思想是对现行生产计划与控制模式的挑战,因为企业的经营活动是以顾客需求驱动的、以生产计划与控制活动为中心展开的,只有通过建立面向供应链管理的生产计划与控制系统,企业才能真正从传统的管理模式转向供应链管理模式。

供应链是一个跨越多厂家、多部门的网络化组织,一个有效的供应链企业计划系统必须保证企业能快速响应市场需求。作为供应链的整体,以核心企业为龙头,把各个参与供应链的企业有效地组织起来,优化整个供应链的资源,以最低的成本和最快的速度生产最好的产品,最快地满足用户需求,以达到快速响应市场和用户需求的目的,这是供应链企业计划最根本的目的和要求。

供应链环境下的企业生产控制和传统的企业生产控制模式也不同。它需要更多的协调机制(企业内部和企业之间的协调),体现了供应链的战略伙伴关系原则。要实现供应链的同步运作,需要建立一种供应链的协调机制。其目的在于使信息能无缝地、顺畅地在供应链中传递,减少因信息失真而导致过量生产、过量库存现象的发生,使整个供应链能根据顾客的需求而步调一致,也就是使供应链获得同步化响应市场需求变化。

现代市场环境的变化,要求企业加速资金周转、快速传递与反馈市场信息、不断沟通生产与消费的联系、提供低成本的优质产品,生产出满足顾客需求的顾客化产品,提高用户满意度。因此,只有建立敏捷而高效的供应链系统才能达到提高企业竞争力的要求。

要成功地实施供应链管理,使供应链管理真正成为有竞争力的武器,就要抛弃传统的管理思想,把企业内部以及节点企业之间的各种业务看作一个整体功能过程,形成集成化供应链管理体系。

进行供应链管理首先要定义长期的供应链结构,使企业在正确的供应链中与正确的客户和供应商建立相互关系,并处于正确的位置;然后重组和优化企业内部和外部的产品、信息和资金流;最后在供应链的重要领域如库存、运输等环节上提高。

供应链管理利用现代信息技术,通过改造和集成业务流程、与供应商以及客户协同的业务伙伴联盟,实施电子商务,大大提高了企业的竞争力,使企业在复杂的市场环境下立于不败之地。

采用了供应链管理模式,可以使企业在最短时间里寻找到最好的合作伙伴,用最低的成本、最快的速度、最好的质量赢得市场,受益的不止一家企业,而是一个企业群体。因此,供应链管理模式吸引了越来越多的企业。

参 考 文 献

- 1 . Robert N .Anthony, Vi jay Govindarajan . Management Control Systems . McGraw-Hill, Inc . 1998
- 2 . [苏] N .Y .茹科夫 . 控制论的哲学原理 . 上海:上海译文出版社, 1981
- 3 . 王行愚 . 控制论基础 . 上海:华东化工学院出版社, 1989
- 4 . 赵纯均, 詹一辉 . 控制理论基础 . 北京:清华大学出版社, 1991
- 5 . 张钟俊, 王翼 . 控制理论在管理科学中的应用 . 长沙:湖南科学技术出版社, 1984
- 6 . 张文焕 . 控制论、信息论、系统论与现代管理 . 北京:北京出版社, 1990
- 7 . 罗锐韧, 曾繁正 . 管理控制与管理经济学 . 北京:红旗出版社, 1997
- 8 . [法] J .梅叶 . 管理控制 . 北京:商务印书馆, 1998
- 9 . 周得孚 . 管理控制 . 上海:上海财经大学出版社, 1999
- 10 . 甘华鸣 . 管理方法速成(上、下) . 北京:企业管理出版社, 2002
- 11 . 杨文士, 张雁 . 管理学原理 . 北京:中国人民大学出版社, 1994
- 12 . 杜栋 . 信息管理学教程 . 北京:清华大学出版社, 2002