



管理系统 工程与运 筹学

● 杨克明 主编

● 北京经济学院出版社

管理系统工程与运筹学

楼 克 明 主编

北京经济学院出版社

1989 • 北京

管 理 系 统 工 程 与 运 筹 学
Guanli Xitonggongcheng Yu Yunchouxue
楼克明 主编

北京经济学院出版社出版
(北京市朝阳区红庙)
北京经济学院出版社永乐印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行

850×1168毫米 32开本 8.625 印张 224千字
1989年6月第1版 1989年6月第1版第1次印刷
印数: 00 001—5000

ISBN7-5638-0074-3/F · 54

定价: 3.65元

前 言

管理系统工程是为适应现代化管理的需要，在近年来逐渐发展起来的新兴学科。它是以系统工程的理论为基础，以运筹学的数学推理为工具，研究经济管理中的一系列计量和决策问题，如线性规划、网络技术、价值工程、图论方法、模拟与预测等等。当前，在改革和开放的新形势下，我国的经济迅速发展，管理现代化已成为不可逆转的大趋势。而作为管理现代化标志之一的管理系统工程方法已逐渐在许多企事业中推广应用。不少高等学校也开出了类似的课程。近年来与此相应的教材和专著也相继问世，其中主要的有清华大学李维铮等同志编著的《运筹学》，北京经济学院楼克明等同志翻译的《管理工作的计量方法》等等。这类著述中，某些书侧重于数学方法的推导，对多数管理类专业的学生未免要求过深，另一些书则只侧重于应用方法的阐述。本书根据作者多年的教学经验，充分考虑了经济管理类专业学生的基础和特点，在内容选取上注意详略适度。凡与基本理论有关的定理、公式、篇幅不大的均予以推证，过于繁难的则删除；这样不仅使理论脉络清晰，同时也突出了理论的实际应用这一重要内容，使学生能够得到比较完整的、将来有用的知识。为了使学生在认识论和方法论上有所提高，书中的第一章增加了“三论”，即控制论、信息论、系统论的内容，并以这些新的科学思想贯穿全书。每一章之后附有作业题，难度较大的题还附有答案，使学生复习时参考使用。本书讲授大约需要50—70学时，适合经济管理院校本科、专修科作为教材，也可供电大、夜大及在职管理人员使用或参考。

参加本书编写的有楼克明（第一至七章）、赵树基（第八章）、张楠（第九章），最后由楼克明统编定稿。限于编者水平，书中难免有缺点和错误，请读者批评指正。

目 录

第一章 控制论、信息论、系统论与系统工程在经济管理中的应用.....	(1)
第一节 控制论在经济管理中的应用	(1)
第二节 信息论在经济管理中的应用	(8)
第三节 系统论与系统工程在经济管理中的应用	(17)
作业题	(33)
第二章 线性规划.....	(34)
第一节 线性规划的图解法	(34)
第二节 线性规划单纯形法的教学原理	(38)
第三节 线性规划问题的单纯形法	(46)
第四节 对偶规划	(61)
第五节 灵敏度分析	(71)
作业题	(77)
第三章 优选法.....	(79)
第一节 单因素优选法	(79)
第二节 双因素优选法	(92)
第三节 三因素优选法	(99)
第四节 正交试验法	(100)
作业题	(112)
第四章 网络计划技术.....	(113)
第一节 网络图	(113)
第二节 网络时间的计算	(121)

第三节	时差和关键线路	(131)
第四节	最优方案的选择	(135)
第五节	网络计划技术的推广和应用	(146)
作业题		(147)
第五章	价值工程.....	(146)
第一节	价值工程的起源	(149)
第二节	对象选择和资料收集	(154)
第三节	功能定义和功能整理	(158)
第四节	功能成本分析、功能评价、确定对象范围	(164)
第五节	制定改进方案	(174)
作业题		(182)
第六章	图论方法.....	(183)
第一节	图论方法中关于图的概念	(183)
第二节	树和树的逐步生成法	(185)
第三节	最小枝叉树问题	(186)
第四节	最短路线问题	(189)
第五节	最大流量问题	(191)
第六节	物资调运问题的图上作业法	(193)
作业题		(199)
第七章	马尔柯夫分析.....	(202)
第一节	马尔柯夫分析的教学原理	(202)
第二节	马尔柯夫分析在管理中的应用	(207)
作业题		(215)
第八章	模拟.....	(217)
第一节	模拟的概念	(217)
第二节	手工模拟的例子	(220)
第三节	模拟的步骤	(226)

第四节	计算机模拟	(233)
第五节	对模拟的评语	(235)
作业题		(236)
第九章	预测.....	(238)
第一节	预测的由来与发展	(238)
第二节	企业经济预测的作用和内容	(241)
第三节	预测的原则、手法、步骤、类型	(244)
第四节	判断预测方法	(251)
第五节	回归预测方法	(254)
第六节	时间序列预测方法	(261)
作业题		(266)

第一章 控制论、信息论、系统论与 系统工程在经济管理中的应用

第一节 控制论在经济管理中的应用

一、控制论的基本原理

(一) 控制论的产生与发展。控制论是研究系统控制规律的科学。控制论是在总结了机械系统的控制作用、生物体的自动控制作用和人类社会的控制作用的基础上建立起来的。

有关控制论的早期著作有：美国数学家维纳、神经生理学家罗森勃吕、工程师兼数学家别格罗于1943年联合发表的《行为、目的和目的论》、1948年出版的维纳的《控制论》、1950年出版的维纳的《人有人的用处——控制论和社会》等书。

控制论认为不同系统的控制调节过程都存在着目标、信息的传递和反馈、控制作用等要素，因此存在共同的规律，可以采用共同的方法去探讨。控制论突出了系统观点、信息和反馈观点、控制观点，强调了它们的普遍意义和相互联系，这就给许多学科的研究工作提供了新的原理和方法，所以控制论一出现，就很快应用到许多学科中去，从而产生了工程控制论、生物控制论、医学控制论和经济控制论等分支。几十年来，由于科学技术上的飞速进展，控制论在自动化技术、遥控技术等领域应用和发展得最快。

(二) 控制论关于系统的观点

1.从控制论的角度来看,系统可以分为开环系统和反馈系统。开环系统的特征是:系统的输入决定系统的输出,而系统的输出对系统的输入不存在反馈控制作用。在开环系统中,系统过去的活动不能调节将来的活动,系统不监测其本身的活动,也不对本身的活动产生反应。一块手表本身是一个开环系统,它不监测其自身的准确程度,也不进行自身调整。一个由国家实行包供包销的企业,不管它的产品是否卖得出去,也能继续得到资金和原材料的供应,继续进行生产,输出不影响输入,因此单就这方面来说,也是一个开环系统。

反馈系统,也可称为闭环系统,它的特征是:有一个闭合的回路结构,这个回路结构使系统过去的活动结果返回调节系统将来的活动,即系统的输出对系统的输入有影响。反馈系统又可以分为负反馈系统和正反馈系统。负反馈系统,在运行时要寻求目标,若没有达到目标,就会不断产生反应和控制作用。例如一块手表加上它的使用者就可以构成一个负反馈系统。在这种情况下,当使用者将手表指示的时间和作为目标的标准时间进行比较时,若存在着误差,使用者就会调节手表所指示的时间,消除误差。一个库存管理系统,为了将各种货物的库存量保持在一定的水平上,就要根据它们的实际库存量与标准库存量之间的差额,不断地控制和调节订货情况,使实际库存量达到标准库存量的水平,因而这就是一个负反馈系统。

正反馈系统在运行时发生一个持续增长或下降的过程,这是因为在正反馈系统中,由过去活动引起的结果会导致将来的更强的活动。在细菌繁殖的过程中,细菌繁殖会产生更多的细菌,细菌越多,细菌的繁殖量就会越大,繁殖新细菌的量依赖于过去的细菌所繁殖并积累的细菌量,这个系统是一个增长过程的正反馈系统。在某种环境条件下,当细菌逐渐消亡的时候,这个系统就是一个下降过程的正反馈系统。

系统的构成要素不同,系统的功能就不同,从而判断一个系

统是开环系统还是反馈系统的结果也不同。例如上面已经说到一块手表本身是一个开环系统，一块手表加上它的使用者就构成一个负反馈系统。

2. 控制系统与控制论系统。控制系统：在系统的运行过程中存在着控制作用的系统都可称为控制系统。那么什么是控制作用呢？控制作用就是系统通过信息的传递，调整本身的状态，使之稳定地达到预定的目标。

控制作用不但存在于反馈系统中，也存在于开环系统中。比如落叶树在深秋初冬遇寒而落叶，入春以后，当天气变暖时，又发芽吐叶，这也是一种控制作用，不过是一种自动控制作用。这种控制作用不是由落叶树的输出影响输入而产生的，而是由外部环境影响输入而产生的。因此这就是存在于开环系统中的一种控制作用。具有控制作用的开环系统叫开环控制系统。

控制论系统：控制论系统是指带有反馈回路的闭环控制系统。控制论系统当然也是控制系统，不过它不包括开环控制系统，因为闭环控制系统与开环控制系统不同之点是：输入要受到输出的影响。

（三）反馈系统实现控制作用的情况。反馈系统实现控制作用的情况见图1—1。

在植物系统中，没有检测装置，也没有相当于人脑的控制器，它的感受器和效应器就是植物细胞。植物系统的输出不能反馈控制它本身的输入，所以它没有反馈回路，是一种开环控制系统。但是植物加上它的培植者就可以构成一个反馈控制系统。

在高等的动物系统中，有感受器、控制器、效应器。检测装置的任务是由感受器眼、耳、鼻、舌、身等感觉神经系统同时完成的。

在复杂的工程技术系统和社会系统中，施控子系统和受控子系统的结构是复杂而严密的，一般具有上述框图中的各个组成部分。

反馈通路：反馈通路就是检测装置对系统的输出 进行检测后，将得到的数据或状态反馈到感受器。

前馈通路：前馈通路就是预测装置在受控子系统与目标发生偏差之前，根据预测，将得到的受控子系统与目标的运行数据或状态反馈到感受器。猫捉老鼠、枪打猎物、导弹射击飞机等都要依赖于前馈通路所提供的预测信息。

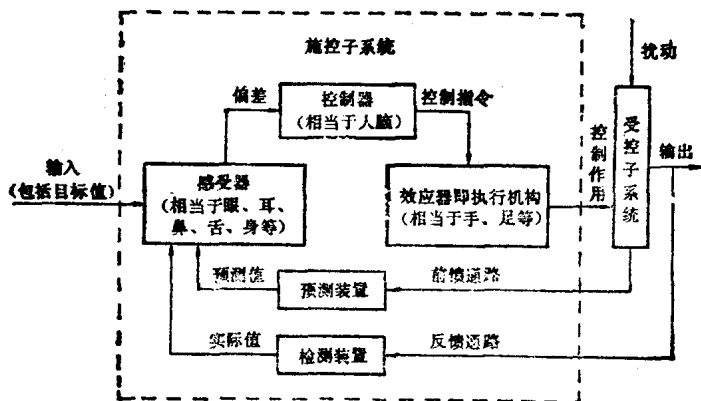


图1—1 反馈系统实现控制作用的框图

（四）反馈回路中信息流的结构要素。从图1—1可以看出，反馈回路中信息流的结构要素有：目标值、观测值（实际值）、预测值、偏差和控指令。

目标（目标值）：在负、正反馈回路中，“目标”有不同的含义。

在负反馈回路中，根据“目标”这个词的使用习惯，目标是正在被寻求的一种系统状态，系统的活动始终力图使系统的状态趋向其目标值（一种规定的系统状态）。零件加工系统中零件的名义尺寸，仓库管理系统中物品的标准库存量等都是目标值。

在正反馈回路中，目标是一个参考点，系统的活动正在以不断增长或下降的方式，离开这个参考点。比如世界人口自然增长

的过程、全世界技术知识不断积累的过程、可比产品成本不断下降的过程，都是以某个时期的水平为参考点，而实际值则在逐渐远离这个参考点。

观测值：为了对系统进行控制，就要不断地监测系统 的状态，获得关于系统状态的实际数据，这些实际数据就是观测值。例如仓库管理系统中库存量的实际值、零件加工的实际尺寸等。

预测值：预测值就是在受控子系统与目标发生偏差之前，由预测装置得到的关于受控子系统以及目标的运行状态和运行数据。例如飞机的飞行轨迹、导弹击中飞机的空间位置等。

偏差：实际值与目标值相比较的差额就是偏差。控制器可以根据偏差的大小，发出控制指令，改变系统的状态，使系统的实际值趋向于目标值。如仓库管理系统中，实际的库存量偏大，则应延迟订货；若偏小，则应提前订货。

控制指令：控制指令是控制器根据偏差的大小，对执行机构发出调整系统运行状态的信息。

扰动：就是环境对系统产生的干扰作用，如地震、水灾、寒潮、台风、某项新技术的出现、无线电波的干扰等等。扰动对系统影响的大小可以因系统的性能而异。在确定一个系统的性能时，对扰动的应变能力也起重要作用。为了对扰动有所准备，并使系统在面临扰动时尽可能保持正常状态，系统必须有充分的可资利用的机动能力以进行校正。

（五）反馈控制系统的数学模型。反馈控制系统的数学模型可用下式表示：

$$y_{t+k} = f(\varepsilon_t) = f(x_t - \phi_t)$$

式中：

x_t ：监测器对系统变量在时刻 t 所测定的实际值。

ϕ_t ：系统变量在时刻 t 按某种标准应当出现的值。

ε_t ： $\varepsilon_t = x_t - \phi_t$ ，即 x_t 与 ϕ_t 之间的误差：

y_{t+k} : 当监测器将误差 e_t 反馈给控制器以后, 系统只能在晚一些时间执行的动作。

t : 监测的时间。监测的时间可以是连续的, 也可以是离散的。如果两个监测时间之间的间隔太短, 这个控制系统可能会反映过度。例如校正手表的时间, 如果要每隔一小时与报时台对一次时间, 那就过于频繁。

k : 监测时刻 t 与采取控制措施时的时刻 $t+k$ 之间的时间间隔, 这种时间间隔表明了控制活动的延迟。如果延迟的时间太长, 可能会达不到控制的目的。例如家用恒温箱是用一个双金属片执行控制功能的, 当室温低于给定值时它启动供热装置, 而当房间充分暖和时则关闭这个供热装置。但是若控制时刻与监测时刻之间的延迟太长, 房间就会出现过冷过热的现象。

这个方程典型地表示了一般反馈系统的控制模型的主要环节, 但它并没有描述将要采取的控制过程。对某个具体的系统——如导弹射击飞机的系统来说, 只有当弄清楚这个函数 $f(e_t)$ 时, 才能认为完全了解这个控制系统。举一个通俗的例子来说, 控制器可以是人的头脑, 它接受来自监测器眼睛的关于伸着的手和要抓获的对象之间距离的信号, 同时使执行机构不断缩短距离, 直至抓获这个对象。

控制论在细节上可以是高度技术性的, 但在概念上则是简单明了的, 因此我们有可能应用控制论的原理来分析和研究经济管理中的问题。

二、控制论在经济管理中的应用

控制论出现以后, 在苏联和罗马尼亚等实行计划经济的国家, 逐步把控制论的原理应用于经济管理, 从而形成了经济控制论这一分支。经济控制论直到现在还是一门正在完善和发展的科学, 在这里我们只能简略地介绍控制论在经济管理中的某些应用。

(一) 以系统的观点, 特别是以反馈系统的观点来组织经济

管理工作。从控制论的基本论点看来，具有反馈控制作用的反馈系统是发展层次较高的系统，它的生命力较强。无论从生物系统、技术系统和社会系统中都可以举出许多具体的例子来证明这一点。比如在经济体制改革以前，一个实行包供包销、统收统支的企业，它不能根据自己生产出来的产品是畅销还是积压、企业本身是盈利或亏损的情况，来反馈控制自己的生产，因而形成设备不更新改造、产品不更新换代、几十年一贯制的发展缓慢的局面。在扩大自主权，特别是在实行承包经营责任制以后，企业可以根据承包合同规定的指标定出自己的长期和短期目标，构成一个独立经营、自负盈亏、既有控制作用又有反馈控制作用的较高发展形式的系统。几年来的实践证明，这种符合控制论原理的经济管理体制是具有强大活力的。

（二）经济管理系统要根据控制论的原理建立严密的组织结构。经济系统，不论是国民经济系统、部门经济系统还是企业经济系统，都是复杂的系统。这些系统要实现控制和反馈控制的作用，就必须建立严密的组织结构。无论是关于生产经营活动的控制、产品成本的控制、产品质量的控制，在工业企业中，检测机构、预测机构、接受汇总机构、控制机构、执行机构的职能都应该由相应的部门来执行，而且要讲究效率，减少时迟，否则就会影响企业的经济效益。

（三）经济系统是有人参加的系统。人是有思想、有感情、有交往、有发展欲望的生动活泼的特殊系统，因此在各个环节的控制与反馈控制中都要做好人的工作，使经济系统的运转处于最佳状态。

（四）经济系统所处的环境是极其复杂的，除了输入、输出两端以外，还要受到周围环境各种因素的扰动。有的扰运是带有规律性的，因此可以进行预测和事先安排，例如经济系统可以加强调查研究，搞好经济、政治、技术、自然、环境等各方面的预测工作、制订尽可能完善的长期发展规划，减小扰动可能引起的

起伏波折。有的扰动是不可预料的，因此控制论要求管理人员和工程师等特别注意外界的不可预料的因素，留有后备力量或采取保险措施。

（五）经济系统的控制和反馈控制都需要大量的、正确的、时效性强的信息，因此就要求有一个健全的信息管理系统。这个信息管理系统要便于逐步采用电子计算机进行信息的存储、处理传递和反馈等业务。

第二节 信息论在经济管理中的应用

一、信息论的基本原理

（一）信息论的产生与发展。信息论是一门利用数学方法研究信息处理和信息传输的科学。说得详细一点，可以说信息论的研究对象是：通讯和控制系统中普遍存在着的信息处理和信息传输的共同规律，包括如何提高信息传输系统的有效性和可靠性的规律。

信息论是在总结了人类关于信息传输和信息处理所积累的知识与方法的基础上创立起来的。

人类利用信息的历史可以追溯到古代。例如，我国早在周代就利用烽火台来传递消息，古罗马地中海沿岸的城市常以悬灯来通报迦太基人进攻的消息等等。至于人与人之间的信息交往，包括语言的和文字的，则更可上推到远古的年代。

1832年德国的韦伯和高斯发明了电报，创造了一种快速传输信息的方法，使人类终于找到了比较先进的通讯工具。

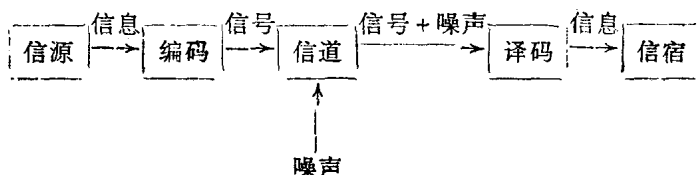
然而，推动信息论产生的直接动因还是第二次世界大战期间和战后通讯事业的迅猛发展。由于雷达的发明、电子管的广泛利用、通讯技术、自动控制、计算技术的发展，以及防空系统的需要，促使许多科技工作者同时在不同的国家和单位进行大量的研究，使通讯技术有更大的发展。在此基础上信息论逐渐形

成了自己的科学体系。

在信息论的创立过程中，有许多专家作出了贡献，其中最著名的有C·E·申农、N·维纳、戈尔莫戈洛夫、W·魏沃尔等人。

近十几年来，科学界已把有关信息的规律与理论广泛应用于物理学、化学、生物学、心理学、管理学等学科中去，这样信息论正在转化成为信息科学，并在计算技术、自动控制、通讯技术、遗传学（遗传信息）等领域广泛应用。

（二）通讯系统的模型。通讯系统的模型如下：



信源：即信息发出的源泉。信息源可以是多方面的，如人、机器、自然界的物体等。

编码：就是把信息变换成信号的活动。信号是多种多样的，如电信号、光信号、声音信号等。

信道：传递信号的通道。如有线信道、无线信道、自由空间、电离层等。

噪声：在信号传送过程中，从外界混入系统的干扰。

译码：就是把信号译成用通常语言所能表达的思想内容，变成原来的信息。译码是编码的反变换。

信宿：即信息的接收端，收信者可以是人也可以是机器等（如电视机、收音机）。

（三）信息论的任务与信息滤波。什么叫信息？信息就是能