

中国科学院管理干部学院
中国科技大学管理学院

(1989—1990)

学术报告与学术讲座 文集

Xueshu Baogao Yu Xueshu Jiahgzuo Wehji



自然科学与技术科学研究室 合编
学报校刊编辑室

前 言

1989—1990年，以学院自然科学与技术科学研究室为主要发起单位，组织了全校性的学术报告和学术讲座达二十八次，共三十个题目。这些报告和讲座，内容涉及管理科学、自然科学与技术科学、社会科学几方面，受到师生们的普遍重视和欢迎。为了满足大家特别是学员同志们的希望和要求，也为了使这些报告和讲座更好地发挥作用，学院自然科学与技术科学研究室和学报校刊编辑室合作，请报告人把所讲的内容整理成正式文稿，以“文集”形式出版，供学术交流和参考。

在管理学院，管理科学是带头学科。但是现代管理科学与自然科学、技术科学以及社会科学有着内在的联系。因此，在突出重点学科的同时，开展多方面的科学研究和学术活动是必要的，这将促进科学事业的健康发展。

经常举办内容广泛的学术报告和学术讲座，有利于扩大教师、学生以及学院管理人员的知识领域；有利于大家对当代处于学科发展前沿的一些情况和知识的了解；有利于提高和改善我们大家的科学文化素养。这对国家的社会主义现代化建设，对学院自身的建设和发展，以及促进教学和科研工作，无疑都是有益的。

由于时间关系，部分文稿未及收入，因此这本文集还不是已经举行过的学术报告和讲座的全部，希读者见谅。

在此，我们衷心感谢各位报告人为开展学院的学术活动作出的努力和贡献，尤其感谢校外特别是京外的作者应我们的要求按时整理并寄来了文稿；我们还衷心感谢所有关心、支持和帮助过我们进行这项工作的同志。

由于初次编纂这样的文集，缺点和错误肯定不少，诚恳地欢迎大家批评指正。

自然科学与技术科学研究室
学报校刊编辑室

一九九〇年十二月

目

录

前 言

系统论	张志方 (1)
控制论	张志方 (7)
运筹学——现代管理科学的重要方法	赵叔平 (12)
系统动力学的理论和方法	张小勇 (20)
极限信息熵与企业经营状态不确定度的 定量估测	姜 丹 (28)
稳定、平衡、热力学和耗散结构理论与管理学	杨国政 (33)
“情报爆炸”与现代情报技术对我们的挑战	万良春 (41)
国际学术交流的管理	吴季松 (50)
中国高技术开发区研究	阮祖启 (55)
在高校中培养高技术产业经营管理的专门人才	张 瑜 (63)
历史上的科学及其启示	倪玉璞 (70)
爱因斯坦相对论浅说	赵叔平 (80)
近代核物理的发展·中子弹·正负电子对撞机	肖振喜 (89)
一个五彩缤纷的微观世家——基本粒子 漫谈	赵叔平 (104)
怎样观测高能粒子 ——核乳胶在高能粒子观测中的应用	尚世鑫 (112)
能源与能源科学	高宏智 (122)
超导研究及其应用	杨天鹏 (127)
全息生物学简介	贾志斌 (135)
按摩与健康	孙成福 (139)
试论我国的法人犯罪及“官倒”问题	刘白笔 (150)
民法与公民的人身权	史治清 (157)
我国第一部行政诉讼法 ——民主与法制建设的新阶梯	史慧民 (169)
国际法中的若干问题	邓石翼 (180)
知识分子与当代小说	赵宝奇 (188)
英语词汇逻辑记忆法	黎学智 (197)



系 统 论

张 志 方

(副院长、教授)

(陈 浩整理)

现代管理科学所涉及到的其他学科非常之广泛，实际上是涉及到很多领域。系统科学即是现代管理科学所涉及到的学科之一。这里主要讲述什么是系统，以及有关系统科学的几个问题。就系统学来说，它还正处于孕育、发生、发展的过程中，现在还没有真正形成一门叫系统学的学问。

谈到系统科学可能要从现代科学体系说起，钱学森同志曾经对现代科学技术有过很精辟的分析，并对现代科学技术进行了分类。最初，钱学森同志认为现代科学技术大体可分为六类：

——自然科学

——系统科学

——社会科学

——思维科学

——数学

——人体科学

人们比较熟悉自然科学和社会科学，在划分学科的时候也常常是按这两大类来划分。比如，我国整个的科学研究体系，有中国科学院和中国社会科学院，以此把各学科大体分成自然科学和社会科学两大类。数学这门学科过去都归属于自然科学，但是实际上数学本身应作为一门独立的学科，因此在分类中，钱学森同志将数学单独列为一类。接下来是系统科学、思维科学和人体科学。

经过研究讨论，有些学者提出了对这一分类的补充意见，认为现代科学技术的分类还可以再细一些，就是说原来认为包含在这六类里面的一些学科还应该独立出来，比如，军事等。但是主要的就是这六类，系统科学恰恰居于这六类之中，可见其重要性。

钱学森同志除了将现代科学技术分成六类外，还将其中每一类分成了四个层次：

1. 工程技术

2. 技术科学

3. 基础科学

4. 马克思主义哲学

第一层是工程技术，它和我们现实生活最接近；第二层是技术科学，它是工程技术的理论基础；技术科学的基础就是第三个层次的基础科学；基础科学的基础是哲学，特别是马克思主义哲学。

通过对系统科学分层次，使人们可以了解系统科学之各门学科之间的关系。就系统科学来说，这四个层次的内容是什么呢？钱学森同志认为工程技术在系统科学中就是所谓的系统工程，它是系统科学的第一个层次。目前，系统工程这个学科已经发展得十分兴旺了，全国不少高等院校都设有系统工程系或专业，培养了大量的关于系统工程方面的工程师和一些学者。作为系统工程基础的技术科学是运筹学、控制论、信息论，这三者实际上就构成了系统

工程的理论基础。那么系统科学的第三个层次是什么呢？即用什么来指导技术科学呢？这就是还没有完全形成的系统学。所有这些学科都是在哲学指导下形成的，主要是马克思主义哲学。

在弄清以上各层关系的基础上，我们可以给出为什么在这些基础科学的指导下形成了系统科学这门学问，什么是系统及系统工程，这门学问大概主要研究什么，为什么系统科学能够 and 自然科学、社会科学、人体科学等几个重点学科并驾齐驱——即阐明其重要性。

首先来阐述一下系统科学是如何形成的。系统工程在比较早以前也被称之为组织管理科学。运筹学、控制论、信息论它们真正形成一门学科或一门学问，是在本世纪四十年代左右，但这些学科的萌芽思想的出现远远不是在这个世纪，可以追溯到古代很远很远。

运筹学是按照原文的意思翻译过来的，其原文是Operations Research，如果按原字面来理解很难知道其含义，实际上，Operations这个词在上个世纪就被使用，过去它主要是指军工生产中生产一些军事设备的过程，是一个与战争有关的专用名词。其含义是指中国古代的运筹帷幄，是一门研究在战争中如何能够取胜的策略的学问。

控制论原文是Cybernetics，它是四十年代形成的，也和战争有很密切的关系，希腊字Cybernetics的含义是管理国家的科学或技术。后来美国著名科学家威诺（Wiener）把这个词借用过来形成了控制论这门学科。控制论产生于第二次世界大战期间，真正把控制论作为学科和技术公布于世是在二次大战以后，但这门学科的研究在二次大战当中就开始了。威诺本人是数学家，他发现工程中的一些控制问题、人体的控制问题和社会中的控制问题有很多共同点。如生物有自动调节的能力，为什么骑自行车人不会摔倒？就是因为人有自动调节的能力，这个自动调节的能力靠的是什么？靠的是反馈，工程技术当中也有很多控制问题需要解决，社会科学中同样有许多控制问题，威诺针对这些共同性质的问题形成了一门涉及人体、工程和社会的内容十分广泛的控制论。

信息论（Intormafion）差不多与控制论同时出现，关于信息论可以举个例子加以说明。英国发明了用于跟踪飞机的雷达，且首先用于军事上，二次大战前夕，就酝酿着德国要和邻国发生战争，英国是一岛国，她的海岸线很长，从英国的海岸线到其任何重要基地，德国飞机最多只需用17分钟，如果德国飞机发起攻击，依英国当时的军事技术来看，从掌握这个信息到英国飞机起飞、迎击所需的时间远远超过17分钟，这样英国为能进行有效的防御和对抗，就必须尽早的发现敌人，也就是说在敌机还没到达英国海岸线以前就应该了解敌人是否已经入侵。根据当时德国飞机的性能，如果能在海岸线170公里以外发现敌机，英国人就可能有一个较长时间的准备，大概可以赢得二十几分钟的时间，并作出反应。实验发现，虽然雷达可以测到海岸线170公里以外的目标，但对从雷达接收到的数据没法及时进行处理，例如，如何尽快地知道目标朝那个方向运动，如何运动；如何及时把这些有用信息提炼出来用以进行指挥？为了解决诸如类似的这样一些问题，便产生了信息论并推动了信息论及电子计算机的发展。

由此可见，信息论、控制论等学科真正形成是在二次大战前、中及以后。也是由于生产、军事等各方面的需要形成了系统科学。以上就是对这个学科产生的简单历史回顾。下面来讲讲什么是系统，什么是系统科学，系统及系统科学都包含了什么样的内容。

系统这个词已被广泛地使用，到处都可听到“什么什么系统”。但是在追根溯源说明什么是系统的时候，常常又很难给它下一个确切的定义。根据所能查到的有关文献，关于系统

的解释也是各式各样的。如大英百科全书、我国编写的百科全书、日本工业标准等书中都给出了系统的解释，下面给出的是目前普遍被人们接受的关于系统的定义：“系统是由相互作用和相互依赖的若干组成部分组合成的具有特定性能的（有机）整体，而它本身又是它所属的一个更大系统的组成部分”。

这个关于系统的定义首先说明诸元素怎样构成一个系统，从整体看系统应是什么样的。次之说明系统是有边界的，即所谓天外有天，一个系统将从属于本系统之外的一个更大的系统。比如，我们可以把太阳系看成是一个系统。太阳系由太阳、行星、卫星、彗星等等组成。太阳系这个系统完全可以用上面的定义来描述，其中的太阳、行星、卫星等都可以看成太阳系这个系统中的元素，这些元素彼此相互作用、相互依赖构成了具有特定性能的太阳系，而太阳系又是整个宇宙的组成部分，它从属于宇宙这个更大的系统。事实上，这是一个辩证的观点，任何事物都处在这样一个发展过程中。太阳系是一个相当大的系统，我们还可以举出关于小系统的例子。如由几个人组成的自然科学研究室就是一个系统。有生命的、没有生命的、有人参加的、无人参加的都可以构成一系统，如气象系统就是一个无人参加并且不能对它施加任何控制的系统，又如地震、人口、经济等都可以看成是一些系统，这些系统都可以用上面的定义来加以描述。

关于系统的性能应考虑以下两点：

- 1.组成的元素及其性能
- 2.元素之间的关联形式

在考查系统总体性能时，首先要认真分析系统是由哪些元素组成的，每个元素的性能是什么，每个元素相应于一个个体，个体的性能决定整体的性能，但是有时候，系统中每个个体的性能都很好，而作为一个整体的系统的性能并不好，为什么呢？这是由元素之间的关联形式而引起的。元素之间是如何关联的、如何相互作用的、如何从整体来认识一个系统，这恰恰是系统科学的核心内容，如何实现系统中各元素的关联，也是系统科学主要要解决的问题。系统的总体性能不仅仅是由系统中每个元素的性能所决定，更重要的是由系统中元素间的关联形式所决定。关于这一点可以举两个很粗浅的例子加以说明。

第一个例子是关于无生命系统的例子。众所周知，金刚石和石墨它们的组成元素都是碳，可以把金刚石和石墨各自看成是一系统，因为它们具有系统所应具备的特征。虽然这两个系统的组成元素都是碳，但它们的性能却有很大差异，如图1所示：这些差异是由什么引起的

碳	结构		性质		
	金刚石：	立方晶体结构	透明	硬	绝缘
	石墨：	鳞片状晶体结构	不透明	软	导电

图 1

呢？就是由于这两者的原子排列不同，金刚石是正立方晶体结构，石墨是鳞片状晶体结构，也就是说组成它们的元素关联形式不同，进而引起两者的物理性能产生了十分大的差异。它们在化学上被称之为同素异性体，从系统科学的角度来看，就是虽然两个系统的组成元素完全相同，但由于元素之间的关联形式不同，使两个系统具有完全不同的性质。

再举一个由人组成的系统的例子，如由三个人组成一个小组，共同去完成一项任务，就可能会出现两种可能的结果。一种是三个臭皮匠凑成一个诸葛亮，就是说从三个人个体的条

件来看可能是不完善的，但是三个人协调合作得比较好，互相能够取长补短、齐心协力地很好的把工作完成。另一种结局就可能是三个和尚没水喝，俗话说一个和尚挑水，二个和尚担水，三个和尚谁也不想干导致没水喝。同样组成元素都是三个人，由于元素之间的关联形式不同，互相之间不协调或协调出现了两个完全不同的结局。虽然现实生活中类似的例子不胜枚举，这里仅想通过这两个例子说明系统的总体性能固然决定于组成系统的元素的性能，但元素之间的关联形式也起着至关重要的作用。系统科学的任务常常是在系统的组成元素不由人们选择的情况下，如何把元素之间的关联形式解决好，使系统能达到预期的效果。

系统工程是系统科学中与现实生活联系最紧密的一个层次，它是研究和处理人们所面对的自然界和社会各种事物间错综复杂联系的体系，以达到期望目标的工程实践和学问。这里要明确的是系统工程研究和处理的对象不仅仅是自然界，还包括人类社会，并且所面对的问题常常是两者的综合体；其着眼点是整体的状态和过程，及系统中各元素的关联形式，而不拘泥于局部的、个别的部分；最终目标是实现系统的整体最优化，使拟定的目标集和性能指标在系统中能有效地实现。

还应注意系统工程不仅是一门研究如何用系统科学的观点，用控制论、信息论、运筹学、电子计算机及其它有关工程技术实现系统管理和协调的学问，它还是工程实践。因此，我们希望通过举例使读者对系统工作有初步的了解并产生兴趣，能结合实践钻研这门学问，自觉地将系统工程的方法应用到实际工作中去。

系统工程是组织管理“系统”的规划、研究、设计、制造、试验和使用的科学方法；将系统作为它所从属的更大系统的组成部分进行研制；同时又将系统作为若干子系统有机结合成的整体来分析综合；注重个体之间的统筹协调，以保证综合的系统尽可能有效地达到它们的总目标。我国古代运用系统工程的这些基本思想思考和解决问题的例子就有很多。战国时代，齐威王与田忌赛马是一个很典型的例子。古代赛马规则是每个人各选出三四匹马，其中一匹是上马，一匹是中马，一匹是下马。齐威王是皇帝，自然每匹马都相当好。田忌开始和齐威王赛马时，是上马对上马、中马对中马、下马对下马进行比赛如图2所示，结果田忌三比零

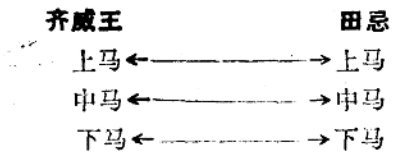


图2

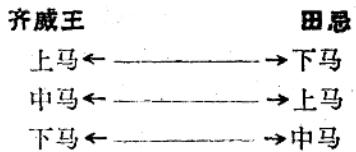


图3

输给了齐威王。后来田忌改变了策略，用下马对齐威王的上马，中马对齐威王的下马，用上马对齐威王的中马，结果田忌以二比一取胜(如图3)。这个例子可以看成是运用了系统和整体的观点，从整体的角度来调度比赛用马，使原来零比三的结果变成了二比一。

还是在战国时代，李冰父子修建四川都江堰水利工程。这个水利工程由三部分组成——鱼嘴、飞沙堰、宝瓶口，鱼嘴的作用是对岷江分流，飞沙堰用来阻挡洪水和处理流沙，宝瓶口用来分洪，并可将一部分洪水用于灌溉粮田。从现在的观点看，它的设计和和实施运用了系统工程的思想，当时实现这样的工程是非常困难的，有人曾试图用现代系统科学的方法对这个工程进行分析研究，发现整个系统的分析将涉及上千个变量，用现代计算机技术也要相当长的时间进行分析处理才有可能设计出类似现在这样的系统。都江堰水利工程是我国古代劳动人民运用系统思想的萌芽创造的伟大壮举，现在各国在关于系统科学或系统工程的许

多文献或书刊上，都把上例作为古代就有系统思想的典型例子。下面再来介绍一些现代运用系统工程方法解决实际问题的例子。

二十世纪四十年代中期，美国为了发展原子弹技术，制定了曼哈顿原子弹计划，本计划动用了一万五千人从事这个耗资巨大的工程。如何来组织实施这个工程，以达到预定的目标，当时就感到需要有一个象今天系统工程那样的方法。因此在本计划实施过程中就有意识地形成了关于系统工程的一些初始的方法，即所谓倒排法，它的含意是在完成某个计划需要很多单位或部门相配合协调工作时，为确保计划中的预期目标和性能指标按时有效地实现，就把所有的计划步骤倒过来安排。如为了确保在指定时间内完成某个计划，首先规定好必须什么时候以前进行总装配，接下去确定几月几号以前某一个部件必须完成才有可能进行总装配等等，就是说按预期目标反过来推算对前面各工程的要求，这时候如果发现在时间、人力、物力财力上发生矛盾，就要重新进行统筹协调，直到协调好之后才能开工，并且事先就要预算到在工程进行过程中，如果某一个工作环节受到阻碍或发生问题应采取什么样的补救措施，这个方法主要用于给一个大的工程制定计划。曼哈顿计划由于采用了倒排法而提前完成。从倒排法出发后来就形成了非常有名的一种方法或技术——计划协调技术（PERT—Program Evaluation & Review Technique）或叫计划评审技术，前者更切题，后者是直译。

五十年代用系统工程方法的比较典型的例子是北极星（Polaris）导弹核潜艇计划，在它的实施过程中正式使用了PERT技术，使之提前两年完成。六十年代，美国阿波罗登月计划的实施成功是系统工程学的一大成果。这个计划涉及42万科技人员，3万多家公司和工厂，120所大学，需生产300多万个零部件，耗费300多亿美元，原定历时11年，由于使用了系统工程方法提前两年完成。以上这些大规模的复杂工程，如果没有系统工程的方法，如果不从整体出发，是无法实现的。

近年来我国运用系统工程的方法解决实际问题的例子也可以举出很多。如将华罗庚同志推崇的系统工程方法之一的统筹方法用于大同火车站的货车调度，在不增加人力、设备的情况下，把运煤效率提高了近60%。这说明系统工程方法虽然是一种软科学，但如将它合理的用于生产实践，不必额外投资就可以使经济效益大大提高。

通过以上所举的例子可以看出系统工程的出现是与军事、生产实践的需要密切相关的，为什么直到五十年代中期才形成这门综合管理技术，而六十年代才得以迅速发展？回答这个问题不仅牵涉到科学技术的发展，还与经济、经营管理、社会、生理等问题有关。首先，二次大战后，在自然界、社会、政治、经济、科学研究、经营管理以及国家关系等各方面，出现了组织上日趋大型化、复杂化和要求综合性很高的既相互制约又相互联系的系统性关系；打破了区域性、行业性和学科的界限，成为一类具有独特性的关系；每个部门为了达到各自的目标都必须从总体的立场出发，综合地、系统地掌握它与外界的联系及考虑自己的行动。因此过去使用的比较狭隘的孤立的方法已经不能满足这些要求，而要求有一种新的可以从系统的角度去观察、思索、分析、解决问题的方法，才能保证社会协调和高效率的发展，这是系统工程产生的客观基础。另外，现代数学、运筹学、控制论、信息论、管理科学等学科的发展，及电子计算机和现代化设备、仪器仪表的出现，为解决大型复杂的问题提供了合理的、可供选择的手段，使得系统的思考方法和最优化管理成为可能。

最后应该指出，运用系统工程方法组织、协调和处理一个错综复杂的系统，以达到预期

目标, 需要解决两个核心问题:

1. 系统的模型化
2. 系统的最优化

系统的模型化是使系统最优化的前提。任何一个实际系统总是牵涉到很多方面的因素, 但是决定其现象本质的则往往只是其中的主要因素, 为了认识某个系统, 为了使用现代科学所提供的方法对系统进行分析, 就必须认识系统的本质, 模型化就是通过省略掉许多次要因素来简化对某个系统的认识。模型不是系统本身而是系统的抽象, 反映着系统的本质特征。这里所指的模型是广义的, 除数学模型外, 系统工程中常采用的模型还有实物模型、图表模型、统计模型等。在系统模型化的基础上, 怎样在一定约束条件下协调好系统中各个元素, 以最佳状态达到预期的目标这就是系统最优化的任务。最优化方法将在运筹学和控制论的相应章节中讲到。下面通过例子对系统模型化作一些说明。

针对实际系统建模有很多方法, 如利用物理或其它学科的定律, 找出系统中各变量间的依赖关系; 根据实际数据的统计分析建模等等。这里举一个关于数学模型例子。有如图4所示的由电阻、电容、电感组成的电路系统, 现要知道这个系统的输入电压 $M_{\text{入}}$ 和输出电压 $M_{\text{出}}$ 的

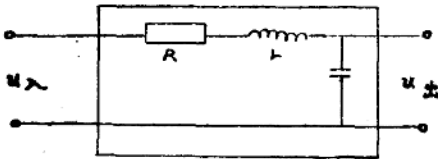


图4

的关系, 根据电学的有关定律可以推出输入电压 $M_{\text{入}}$ 和输出电压 $M_{\text{出}}$ 满足一个二阶线性常微分方程, 其系数由电阻、电容、电感的大小决定。再看一个与电学系统组成元件完全不同的力学系统如图5所示, 它由弹簧、重物、带摩擦阻力的活塞组成。设在某一时刻本系统处于某一平衡位置, 这时在重物上施加一个作用力 F , 现要分析重物的

运动轨迹。由牛顿定律和虎克定律就得出重物的运动轨迹也满足一个二阶线性常微分方程, 其系数由弹簧的弹性系数、重物的质量和活塞的阻尼系数决定。图5只是某个力学系统的简化模型, 实际系统是相当复杂的。分析这样一个复杂的实际力学系统时, 在知道其本质特征, 即模型的情况下, 完全可以通过图4所示的简单电路来进行, 并借助改变电阻、电容、电感的大小就可以了解力学系统中重物运动的轨迹与其对应参数的变化关系, 达到认识这个力学系统的目的。用简单的易于实现的系统的分析代替复杂系统的分析叫做系统模拟或仿真 (Simulation)。系统模拟得以实现就是因为有数学模型, 在相同的数学模型型式下, 通过简单系统参数的改变就可以模拟复杂系统参数的变化, 实现对复杂系统的分析和认识。

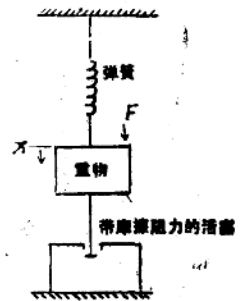


图5

实物模型也是系统工程中常用的, 为弄清大或复杂系统的本质, 避免在具体实施大系统的过程中出现大的失误和经济损失, 常常按比例将大或复杂的系统放大或缩小建立个实物模型, 对此实物模型进行了充分的实验之后, 再构成真实系统。如大规模集成电路的生产过程中, 就经常使用放大的实物模型, 我国50年代, 上海造船厂在研制二万五千吨水压机的过程中使用了缩小的实物模型。关于系统的模型化就讲到这里。

控制论

张志方

(副院长、教授)

(陈浩整理)

从控制论诞生到现在已经历了40多年的历程,1960年召开了第一届全世界范围的关于自动控制的学术会议——控制联合会,那时候控制论所研究的领域和范围比较集中,还比较容易说清楚什么是控制论,它研究什么,和人类发展有什么关系,人类如何利用控制论以获益等问题。回顾这三十年来控制论的发展,的确是突飞猛进,由于控制论的思想和手法已经在工程技术领域获得了很大的成功,现在从事控制论研究的已不仅仅是工程界的学者,还包括生物、医学、社会、经济等各个领域的科学工作者,他们都希望通过对控制论的研究能够在自己所研究的领域里得到一些启发和应用。出现了诸如生物控制论、社会控制论、经济控制论和人口控制论等等范畴的控制论,使回答什么是控制论这样的问题变得相当困难。下面通过历史回顾和一些通俗的例子对控制论作一下介绍。

控制论这个词源于希腊字Cybernetics,其含义是管理国家的学问,它第一次出现在公元前四世纪希腊大哲学家柏拉图(Plato, 427~347 B.C.)所著的《理想国》一书中,以后Cybernetics被英文引用,译成中文称作为控制论。从Cybernetics这个词的演变过程可以看出控制论对解决一些社会问题将能发挥积极作用。我国最早出现有关控制论的思想或实物追溯起来比柏拉图还要早,公元前十一世纪我国就有了指南车,它用来指明方位,且不管车怎么动它始终指南。用现在的话来说它实际上是方位自动控制装置,因此指南车可以看作是带有控制论思想萌芽的实物。

中国古代的水钟(又叫铜壶滴漏)靠水从上一个容器流到下一个容器再流到更下一个容器,这样层续不断的流动来计时,从物理学可以知道,随水位的不同水压也随之变化,这将影响水流速度,为了计时,水的流动应是匀速的,那就要保持水位恒定,水钟的设计者采用了一套闭环系统来稳定液面,成功的实现了对水流速度的控制,使水钟能较准确的计时。公元二世纪,我国的数学家、天文学家张衡发明了水运浑象仪,按现代的话说水运浑象仪能对天体、星辰之间的关系进行自动的仿真(或叫模拟),通过模拟各种行星的运动轨迹就能够提前知道若干年以后行星的运动情况。1086~1092年苏颂、韩公廉发明了水运仪象台,它具有一个带闭环反馈系统的自动报时装置。

1673年荷兰的物理学家惠更斯(Huygens, 1629~1695)发明了一个飞球式的调速器,但此调速器没有马上就用到生产实践中。经过了一百多年,到了1788年英国的瓦特(Watt, 1736~1819)也发明了一个飞球式的调速器(或叫离心式的调速器)并把它用到了蒸汽机的控制上,其原理如图1所示,当进给蒸汽机的蒸汽较多时,轴A的转速较快,由于离心力的作用使摆B向外摆开带动空心套上升,连在空心套上的杠杆将进汽阀下推,减少进汽量;当进给蒸汽机的蒸汽较少时,轴A的转速随之降低,摆B下垂,使空心套下滑,连在空心套上的杠杆将进汽阀上拉,增加进汽量,以此实现了对蒸汽机进汽量进给的自动调节。1834年

法国的安培 (Ampere, 1775~1836) 写了一本叫《科学的哲理》的书, 书中引用了Cybernetics这个词, 其含义是管理者的科学, 这说明控制论与管理有不解之缘。1868年英国的麦克斯韦尔(Maxwell)给出了调速理论, 它主要解决运动稳定性问题, 但当时这一理论并没有引起人们的重视。稳定性指系统在受到外力作用之后, 经过一段时间有没有能力恢复到原来的运动状态。本世纪俄国学者李亚普诺夫(ЛЯПУНОВ)将麦克斯韦尔的理论用现代的语言、现代的数学工具和现代的力学手法, 重新作了描述, 给出了李亚普诺夫稳定性理论。现在这个理论已深入到了各个学科中, 无论在力学还是控制中都经常用到

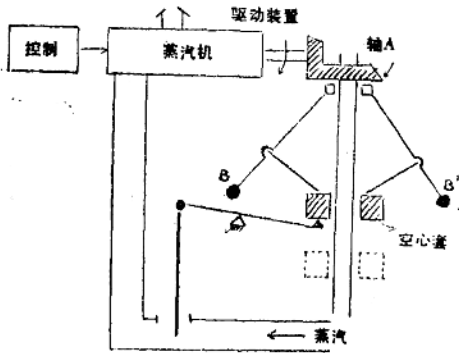


图1

李亚普诺夫稳定性理论。

纵观历史可以发现公元前几个世纪我们祖先就有了自动控制的水钟, 这其中已包含了控制的思想, 但当时并没有形成关于控制的学问, 也没有把它用到生产当中去; 在瓦特把离心式的调速器用到蒸汽机之前100多年, 惠更斯就已发明了类似与此的飞球式的调速器, 可惠更斯的调速器鲜为人知, 而现在很多书上却认为瓦特是离心式的调速器的发明人。同样在19世纪人们没有认识到麦克斯韦尔调速理论中关于稳定性讨论的重要性, 而本世纪李亚普诺夫的稳定性理论却被许多学科所采用。所有这些是什么原因造成的呢? 这事实上是跟生产力的发展、生产的规模有相当密切的关系, 在生产力没有发展到一定程度的情况下, 尽管技术上、科学上已出现了划时代的新思想或其萌芽, 某些先知有可能对一些事物产生相当有见地的认识, 但总的来说还是比较朴素的, 只能看成是技术上的储备, 不见得马上就能用到实际的生产中去, 只有生产力发展到需要某种科学技术的时候, 这种科学技术才会真正派上用场, 并且这两者的相互作用又将促进各自的发展。18世纪欧洲出现了工业革命, 蒸汽机是工业革命的一个突出标志, 由于蒸汽机的出现才向人们提出需要有一个能够自动控制蒸汽机转速的装置的问题, 为了解决这一问题瓦特才把惠更斯发明的飞球式调速器用于蒸汽机以实现自动对蒸汽机转速的自动调节。这说明学术的发展或学科的发展只有和生产力的发展相匹配时, 才有可能使先进的科学思想和技术与生产相结合, 才能成为推动生产力发展的真正动力, 与生产力发展不相匹配的科学思想仅仅是一种超前的知识储备。

控制论真正形成一门学科是在本世纪四十年代, 其代表人物首推美国籍犹太人威纳(Wiener, N)他写了一本书《Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine》, 译成中文是《控制论或关于在动物和机器中控制和通讯的科学》, 这本书在二次大战中写成, 但由于战争的原因, 直到1948年才第一次出版。1948年第一次出版时, 它是一本黄封面的小册子, 内容非常抽象、深奥, 不仅仅限于解决上面提到过的调速器一类的简单问题, 没有多少人读的懂, 所以被称之为“黄祸”。当时人们只认识了书中提到的有关机器方面的一些控制问题, 而对书中讲到的动物的控制问题还没有真正领悟。其实书中当时没被人们认识的很多部分包含了相当重要的内容和相当精辟的学术思想, 后来人也包括我们现代人能从中得到很多启发并受益, 非常值得人们进一步发掘和研究。威纳能够写出控制论这篇名著也有其具体的历史背景, 二次大战中, 敌我双方进攻和防卫主

要靠的是飞机和大炮，进攻靠飞机，防御的武器是高射炮，当敌方用飞机轰炸我方时，高射炮要成为有效的防御武器它必须打得狠、射程远、有威力，同时还必须打得准。因为高炮要打飞机这样的运动目标，为了准确击中目标就必须往一个假想的提前点上开炮，如果用雷达和光学器材能够测量到飞机的运动轨迹和姿态等信息，就可以利用计算机来计算当炮弹发射到某一提前点时，飞机运动到什么位置。如果能够正确的把握提前点和飞机位置的关系，就可以调整炮口以飞机未来的某一位置作为提前点发射炮弹准确的命中目标。上面这个问题若再分解还有两个问题需要解决，一个是如何能很准确的算出飞机的未来位置，另一个是怎样控制炮口稳定的瞬时的移动到指定位置，这两个问题都涉及到了怎么样实现机器里的通讯和控制的问题。通讯问题主要是如何将干扰、无用的信息去掉而得到有用信息，控制问题一个是如何能够给出好的算法得到飞机的未来位置，另一个是要有一套好的伺服装置使炮口快速准确的位移，且没有抖动。当时最大难题就是炮口抖动，而抑制炮口的抖动本身就是一个典型的控制问题。威纳在二次大战中成功的解决了如何准确算出提前点及如何抑制炮口抖动的问题，后来这两个问题发展成为控制论的两个重要分支。抑制炮口抖动的问题发展成为后来的随动系统，即执行机构能够根据希望轨迹运动，而且可使实际运动轨迹与希望轨迹之间的误差最小。在决定提前量时，由于雷达常常受到干扰，光学测量是靠人眼实现的，因此量测信号带有的误差，又因为飞机离高炮很远，炮弹离开炮口时偏离一点到空中就会偏离飞机很远，为了解决这样的问题就必须对测量来的信息进行滤波。滤波的目的就是要把误差及不必要的信息去除，针对这个问题威纳构造了很有名的威纳滤波器（Wiener Filter）。从解决高炮打飞机这个具体问题，威纳又联想到人体、动物体也有与此类似的调节问题，如人体，动物体的温度调节，新陈代谢的过程都是在无特别外力干涉下自动进行的，而且人和动物都有适应环境的能力。威纳认为控制论除了能用于工程领域外同样也能用于动物、生物界，他阐述了这方面的一些想法，但当时不能被人们所理解，到现在为止这个学科关于动物的讨论还没有真正把握威纳的想法，仍然停留在钱学森教授给出的工程控制论的基础上。

我国火箭和物理学专家钱学森教授是威纳的学生，1954年写了《工程控制论》（《Engineering Cybernetics》）一书，此书继承了威纳的控制论思想，并证明了威纳的思想在工程领域里是有用武之地的。这本书的出版从某种程度上说其影响还要大于威纳的书的影响，也就是说它把威纳的控制论的思想更具体化的用于工程领域。在50年代背景下，已有很多相邻学科渐趋成熟，为控制论的发展创造了良好的条件并使之被广泛的应用。学科之间常常是相辅相承的，在相互依赖中互相促进共同发展。如计算机的发展带动了很多学科的发展，一些高大难度的、要求快速解决的、相当复杂的、过去不可想象的问题现在都可以用计算机来解决，而计算机这门学科的发展又依赖如电子学、数学等其他学科的发展。钱学森教授给出《工程控制论》以后，使得50年代起人类在航天、武器、工程各个领域都有了长足的发展。特别是，《工程控制论》对航天方面的影响更大，象波音747这样能载几百人的大客机，如果没有自动控制装置，这个上百吨的庞然大物要翱翔于蓝天是不可想象的。

1957年苏联的庞特里雅金教授（ПОНТРИЯГНН）给出了极大值原理，同年美国的贝尔曼（Bellman）给出了动态规划，这两个原理是控制论范畴的重要结果，它们都是由于航天工业的需要而产生，主要用来解决控制系统中所谓最优控制的问题。最优控制是指在一定的指标（或要求）和约束下，用最小的能源、最少的人力物力、最小的消耗、最小的代价达到预定的目标。在数学上就是求在一定约束条件下的极大值或极小值的问题，所用的方法称为

变分法。贝尔曼从解决线性或非线性寻优问题的静态、规化引出实现控制系统最优化的动态规化，同时庞特里雅金借助于变分法给出了极大值原理，这两个原理从不同的渠道，利用不同的数学手段解决同样一类问题，它们相辅相成，一个主要解决所谓离散系统的最优控制问题，另一个主要解决连续系统的最优控制问题，而现在这两个原理各自都可以独立的解决离散或连续系统的最优控制问题。

1960年美籍匈牙利人卡尔曼 (Kalman) 提出了状态空间方法，定义了系统的能控性和能观性，还给出了无论在理论上还是实用上都很成功的卡尔曼滤波器。在卡尔曼的控制论思想指导下，于1969年成功的实现了阿波罗-11 (Appoll-11)宇宙飞船登月计划，使人类第一次登上月球，阿波罗宇宙飞船的登月成功在科学技术史上具有划时代的意义。阿波罗登月的真正难度就是控制问题，其中最困难的是当宇航员完成月球探险之后怎样才能使登月舱回到宇宙飞船上，这就是所谓对接问题。它比高炮打飞机这类问题难度大得多，因为登月舱和阿波罗宇宙飞船母体都高速运动着，只有不断的测量和校正它们之间的相对位置和各自的姿态，才能实现平稳的无碰撞的对接，对带有测量误差的信号实现滤波是解决这个问题的关键步骤之一。卡尔曼滤波器的真正背景就是解决阿波罗宇宙飞船的登月舱返回宇宙飞船母体的对接问题，它是控制论在尖端科学技术领域里应用最成功的例子。以上所述是现代控制领域里的几位代表人物，下面简单介绍一下控制论学科的理论范畴。

控制论的理论范畴公认的是六个方面：

1. 系统辨识和信息处理
2. 模型抽象
3. 优化控制
4. 自我进化
5. 容错 (冗余技术)
6. 仿真

为了能够用现代数学工具控制理论工具等对某一对象进行定量化和系统的分析处理，辨识这个对象是必不可少的的前提，系统辨识就是用尽可能简便的数学语言描述某个系统的本质特征，从客观的复杂的系统中提炼出表征系统的有用信息，同时去除那些重复的、无用的信息，产生对系统精炼的或高度概括的认识。比如在人口控制中，首先就要弄清人口系统中哪些信息对控制人口来说是有用的，哪些是无用的信息，如人穿什么样的衣服就没有必要去统计，它对人口控制毫无意义，而出生率、死亡率、男女性别、年龄层次等信息对人口控制就必不可少。模型抽象的含义是用数学模型或实物模型来描述客观的实际系统，把实际系统简化成为一个可以求解或可以控制的一类问题。如 $\sqrt{2} = 1.414\cdots$ 是一个有无穷多位小数的无理数，通常它不等于1.414，但在千分之一的精度下可以说这两个数没有区别，即 $\sqrt{2}$ 与1.414在千分之一的精度下可以划等号。模型抽象化的过程也类似于此，模型抽象的任务就是要对系统进行简化，简化到能够比较容易的实现对系统进行分析、研究、控制、能够了解系统未来的趋势。如要研制一架新型飞机，为了保证飞机试飞时不发生象坠毁这样的意外事故，就必须按飞机各部分的尺寸和材料造一个小模型飞机，并将小飞机放到风洞中去吹，使之就好象在空中气流中一样，检验它的动平衡是不是好，如果动平衡不好就得分析原因看看是不是重量不匹配等问题引起的。苏联就曾经发生过飞机造好以后才发现动平衡不好，只得在飞机机头处总带上两吨水作配重，这是模型抽象不好造成机头太轻的后果。因此在建立复杂系统

之前进行模型抽象是必要的，其目的就是使我们减少不必要的损失和浪费，避免意外事件的发生。在有了前面这些准备工作以后，就可以进行系统的所谓优化，解决系统好的问题，贝尔曼和庞特里雅金的动态规划或极大值原理就是用来解决这类问题的。自我进化包含自适应、自学习、自组织。自适应和自学习就是当外界条件与系统设计时设想的外界条件不同时，系统本身具有或通过学习能够适应环境的变化。自适应一般是根据变化了的情况修改系统原来的设计或控制规律；自学习通常是根据新的情况模拟人的思维方式进行学习或事先教给机器一些基本动作和基础知识及学习方法，然后由机器通过学习来逐步的适应环境的变化。机器人中就有许多具有自学习功能的控制部件，使机器人能够按照人所教给的知识适应环境的变化，自动的完成一些任务。自组织是根据变化的环境和工作条件，系统能够自行改变自身的结构获得一些新的功能完成不同的任务。容错实际是自我诊断，其含义是如何用一些精确度或可靠性都不太高的部件构造出精确度或可靠性较高的系统。在航天和计算机工业方面容错是非常重要的和常见的，威纳在他的控制论中写到：“人的大脑每天有千万个细胞死亡，但人的大脑能够数十年可靠的工作不出故障，原因何在？”人的大脑每天不知道要死亡多少细胞又新生多少细胞，为什么任何正常人只要大脑不糊涂一直到老年都能正常工作？这是人体可靠性的问题，人体可靠性的问题能不能用到机器上去呢？这就引出了所谓冗余技术，冗余技术通常采取备份和并行的办法，一个部件不可靠就加一个备份，因为两个部件都坏的可能性较一个部件坏的可能性小得多，电力系统中有很多这样的例子。仿真也叫模拟是为了分析研究那些不许直接在其上作实验的实际系统而采用的技术。在二次大战期间，当时苏联的防空高炮雷达系统比较落后，美国希望苏联能够牵制德军，决定将二次大战中非常先进的SCR-584雷达提供给苏军使用，这种雷达的量测系统很准确，美国人为了防止苏联人掌握这项先进的技术，就在各个关键部分安装了自毁装置，无论怎样使用SCR-584雷达都可以，但只要一拆就会自爆。苏联人针锋相对，为了了解其内部结构将雷达看成一个系统如图2所示，在输入端加入典型信号如脉冲、阶跃、正弦信号等，

观察其输出端对应响应，这就是一种模拟技术，完全不用打开雷达系统本身，仅通过对它的使用靠对不同类型响应的分析就可以识别出雷达系统的内部结构。50年代末期苏联人就成功的仿制出与SCR-584类似的9型雷达，这个例子说明通过仿真、模拟

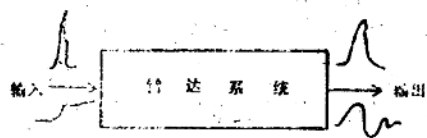


图2

的方法在外部施加典型作用就可以了解系统内部结构。以上所讲述的只是工程控制界的一些控制问题或理论范畴，还没有涉及到生物控制论、社会控制论、经济控制论、人口控制论等问题，这些问题将在以后介绍。

运筹学——现代管理科学的重要方法

赵叔平

(自然科学与技术科学教研室副主任、副教授)

首先从管理本身谈起。从广义上来说，管理贯穿于一切活动之中，而且自人类社会一出现，管理也就随之产生了。小至一个家庭，大至一个国家，都需要进行管理。那么，什么是管理？目前没有公认的完备的说法。一般可以认为管理是一种动态的职能，通常指一个机构（工厂、农场、公司、机关……）的主管人员，通过计划、组织、指挥、协调、控制等职能活动，充分利用机构所拥有的人力、物力、财力，完成机构的任务和预定的目标。

管理作为一门科学，还只是近二百来年的事情，是与大机器工业生产方式相联系而产生的。随着资本主义生产力的提高，企业中的管理实践和管理理论也不断发展，逐步从盲目的初级管理走向科学的现代管理。为此，首先介绍一下管理的发展过程是十分必要的。

一、管理的发展阶段

1. 传统管理阶段（十八世纪七十年代——十九世纪末期）

十八世纪后半叶产业革命之后，英国与欧洲一些国家建立起世界上最早的一批工厂，社会生产开始由手工作坊逐渐进入机器生产。一方面由于工厂规模小，生产力水平低，工厂主还只是凭个人经验进行管理，小生产的传统习惯占着统治地位。另一方面开始产生了管理思想与方法的萌芽。最有代表性的人物是英国经济学家亚当·斯密，他在《国富论》一文中，最早提出了“劳动专业化”的概念和劳动分工可以提高生产率的观点。再有就是美国的亨利·汤恩，他的文章《工程师也是经济学家》指出工厂管理和工程技术同样的重要。

2. 科学管理阶段（十九世纪末期——二十世纪三十年代）

十九世纪末，煤炭、石油、钢铁等大型企业开始出现，铁路大量修建，工厂的机械化程度不断提高，劳动分工越来越细。资本家感到凭经验管理的方法已不能适应生产的发展，于是他们脱离个人直接管理，开始雇用厂长、经理按自己的意志进行管理。这样，专职管理人员系统日渐壮大，管理日益成为一种专门职业和研究的课题，使管理思想和方法逐步系统化、标准化、规范化，从而导致“科学管理”的产生。

这一时期对企业管理作出重要贡献的，首推美国工程师泰罗。他提出的科学管理理论主要包括：劳动方法的标准化，劳动时间的科学利用，实行计件工资制度，制订标准作业法培训工人，建立职能的管理制度等等。这些主张在当时的企业管理中掀起了一场声势浩大的革命，开创了科学管理的新纪元，因而泰罗被后人誉为“科学管理之父”。此外比较突出的还有法国的法约尔，他首先提出了企业管理的五大职能与十四项原则，被法国人誉为“经营管理之父”。正是由于泰罗、法约尔等人对管理理论和管理实践的重大贡献，使这一时期的管理有了巨大的变革，使工业生产从经验管理走上了科学管理的道路。

3. 现代管理阶段 (二十世纪三十年代开始)

本世纪三十年代前后,特别是第二次世界大战以后,资本主义的经济结构有了很大的变化,生产规模进一步扩大,科学技术急剧的发展,促使管理实践和理论又发展到一个新的阶段。现代管理阶段的主要特点表现在两个方面:一是从解决车间范围内的作业效率问题为主,发展到以解决企业经营决策问题为重点;二是以定性分析为主发展到以定量分析为主,并把二者有机地结合起来。

在这个阶段中,依据解决管理问题的观点不同,而形成了两大管理学派:

● 管理科学学派

企业管理问题的解决,主要依靠科学的计算,广泛吸收自然科学与技术科学的方法和成果,强调物质条件、技术条件对管理的影响。现代数学与电子计算机是现代管理科学的标志,它们的引入及结合产生了象信息论、控制论、系统论、运筹学和系统工程等许多新学科。这些新理论、新方法促进了管理科学的发展,成为现代管理科学的支柱。

● 行为科学学派

这一学派强调从社会学、心理学的角度来研究管理,重视社会环境、人之间的相互关系和人的动机及其产生的行为对劳动生产率的影响。它的核心内容包括动机理论和需求理论。这个学派具有明显的社会性,与社会所有制、经济体制、文化生活水平及民族习惯等等密切相关。

4. 最新管理阶段 (二十世纪七十年代开始)

在七十年代,发达资本主义国家中的一些管理学家又提出了一种“最新管理”理论。他们认为管理科学和行为科学都有一定的科学性,也都有一定的局限性,主张把二者结合起来,相互取长补短。把这种新的理论叫做系统科学。它的特点是:(1)把事物或问题看为一个系统,然后对系统进行全面分析与规划;(2)综合了两大学派的理论与方法,试图把系统工程、运筹学、控制论、信息论和计算机等都包括到系统理论之中;(3)这是一个正在发展之中、存有争议的新学科。

需要特别注意的是,本文列出最新管理阶段并不意味着现代管理阶段已过时,在很长一段时间内,它们将是同时发展与相互渗透的。

通过上述对管理发展阶段的分析,可以看出运筹学在现代管理科学中的地位。不论从作为现代管理科学的标志、支柱来讲,还是作为系统科学的基础来讲,运筹学都是不可缺少的。这就是本文第一点的目的所在。

二、运筹学的历史与发展状况

运筹学这个名称,最早于1938年出现在英国,运筹学的英文是Operational Research。作为文明古国,早在我国《史记》一书中,就有“运筹策帷幄之中,决胜于千里之外”的记载,这表明我国古代已有朴素运筹思想的萌芽。

运筹学作为一门新兴的科学,始源于第二次世界大战期间。为了击败希特勒的空中优势,英国军事部门邀请了一批科学家,研究与防御有关的战略战术问题,以便最有效地利用军事资源和最成功地使用武器装备。这就是世界上第一个运筹学小组。之后美国也成立了类似的组织,进行反潜艇策略、深水炸弹的起爆深度研究。他们的工作表明在战争中用定量分析、

数学模型的方法对武器的有效使用是行之有效的。二次大战后,许多大国都设置了各兵种的运筹学组织,从而形成了军事运筹学,专门研究在各种作战条件下,如何对武器系统有效而准确地进行分析与评价,甚至成为战争预算与军事合同的关键工具。

二次大战后,随着世界工业化的高速发展与商业往来的日益频繁,在大的企业内部要求管理科学化,以便最有效地提高生产率与增加利润,又使运筹学进入了工商业。早在本世纪五十年代,英国的钢铁、煤炭等公司中就有上百人从事运筹方面的工作。据统计,世界上至少有500家以上的大公司,在运用运筹学后而获利。现在许多国家政府机构中,都设有专门的运筹学组织,它们成为政府制订方针、决策的智囊团。

运筹学产生后,不断完善,数学基础日益坚实。五十年代计算机的出现与发展,更使其如鱼得水,迅猛发展。原来手算需要上月上年的工作,计算机在几小时内就完成了。计算机与运筹学的结合为现代管理开拓了广阔的前景。所以运筹学已被人们普遍公认为学术性与应用性很强的学科,可以预料,在解决当前所面临的人口、能源、粮食等全球性问题上,运筹学都将是必不可少的手段与工具。

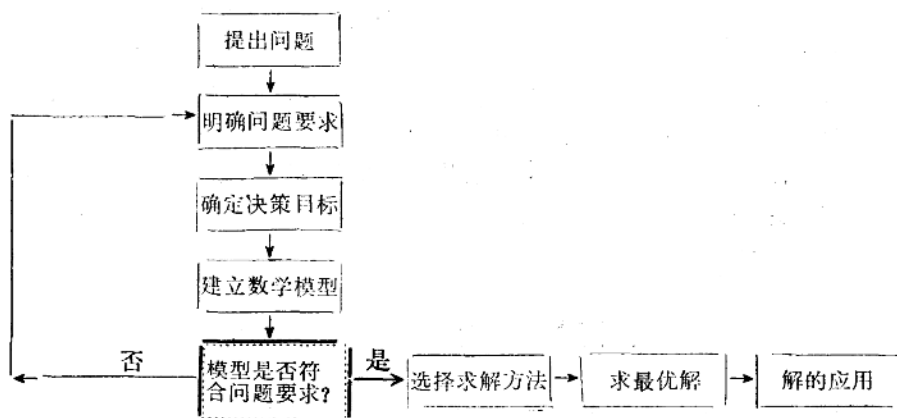
三、运筹学的研究对象

运筹学是用量化方法为管理决策提供科学依据的一门学科。它把有关的管理系统归结成数学模型,然后用数学方法进行定量分析和比较,从而求得系统最优运行方案,供管理者与决策者参考。这一过程可简单写成:

数学模型——定量分析——最优方案。

也可以用下面框图详细描述运筹学研究和解决问题的步骤:

运筹学解决问题的步骤



四、运筹学的重要分支与简单举例

运筹学有很广泛的应用领域与研究领域,且还在不断发展与扩充。这里只简单介绍它的重要分支,着重介绍每个分支的研究内容及适用范围。讲述中避开繁琐的数学,尽量通过简单举例予以阐明。