

现代管理原理和方法

〔下 册〕

中国最优设计管理研究会 编

吉林人民出版社

目 录

第十一章	系统工程	1
第一节	系统与系统的概念	1
第二节	系统工程产生的背景	2
第三节	系统工程的目的性	4
第四节	系统工程的特点	4
第五节	系统的技术基础	6
第六节	系统的设计	9
第七节	最优设计—生产—管理一体化系统	11
第八节	最优设计概述	13
第十二章	最优化方法及其应用	27
第一节	最优化方法	27
第二节	直接法	63
第三节	梯度法	80
第四节	牛顿法	82
第十三章	模型的计算方法	85
第一节	插值新方法及其应用	85
第二节	逼近的新方法	97
第三节	数值积分法	130
第四节	数值微分法	149
第十四章	管理信息处理	183
第一节	信息在管理中的地位	183
第二节	管理信息的分类与编码	187
第三节	计算机在信息管理中的应用	192
第四节	管理系统的分析与设计	200
第五节	模拟管理案例	205
第六节	八十年代办公用计算机的展望	212
第十五章	企业诊断的基本知识	225
第一节	什么是企业诊断	225
第二节	企业诊断的实施步骤	226
第三节	企业诊断的内容和方法	231
第十六章	现代管理中计算机基础	247
第一节	电子计算机的原理	247
第二节	流程图的基本知识	266
第三节	调出及累计	281
第四节	编制管理报告书	290
第五节	部门的集中处理	301
后 记		310

第十一章 系 统 工 程

系统工程是当代正在发展和完善的一门工程技术，它是在现代工业、军事和科学技术的发展过程中逐步形成和迅速建立起来的。系统工程是用现代自然科学的理论和方法研究和解决一些既属自然科学的又属社会科学的综合性问题的系统科学。

系统科学是一门关于“针对目的而运用最合理的途径、方法的边缘科学”。系统工程是系统科学的具体应用。严格地讲，系统工程是边缘科学。

第一节 系统与系统工程的概念

系统是指相互作用和相互依赖的若干元素（单元），按一定的秩序和内在联系结合成具有特定功能的有机整体。譬如说，我们的社会有财贸系统、文教系统、工交系统；人体有消化系统、呼吸系统等。

系统工程就是以系统为对象研究系统的工程技术，它着眼于整体的状态和过程，要求定量地处理系统内部的关系。从系统工程的观点来说，我们在处理一个问题时，必须把与这个问题相关的所有部分都联系起来考虑，而这个包括自身在内的被联系考虑的整体（集合）是系统工程研究的系统。此外，从系统工程的观点看，不仅要考虑系统整体内所有因素，还要考虑这个系统的工作对象。例如，当研究消化系统时，除了要考虑消化系统本身外，还要把消化系统的“工作对象”——所有可能的食物也考虑进去。这是系统工程的一个重要方面，研究系统工程不能离开研究系统的对象。有时，工作对象是处于很重要的位置。当然，在我们研究一个系统的时候，还要考虑其它相关系统的作用，这时就应该把这些系统各个视为子系统，从系统工程的观点研究由这些子系统构成的整体——大系统。因此，既要研究子系统中各个元素的所有问题，又要研究各子系统间的关系。例如，有人管理一个财贸系统，就不太重视研究与财贸系统有密切关系的商业系统、银行系统。其后果是，想把这个系统搞好，却总也搞不好。因此，系统工程非常重视一个系统同另一个系统的关系，在管理一个系统的时候，经常是把各个系统之间的相互影响作为一个重要方面来考虑。

综合上述，从系统工程的观点出发，研究系统时，要考虑大系统与子系统的从属关系，还要考虑各个平行的子系统之间的相互影响，要着眼于全局，要立足于系统。

那么，什么叫“工程”呢？工程是产生一定效能的方法和手段。例如，组织一批人力、物力完成一项任务，就可以叫做一项“工程”。系统工程则不仅指某个“具体”的建筑项目或一件大型产品，还泛指那些包括社会科学领域的更大范围的问题，如城市规划、人口问题、科研与生产管理问题等。我国有许多系统工程的典型例子。如中外闻名的都江堰水利工程，当时动员了很多人力和物力，考虑了当时当地条件和生产力发展水平，把整个工程分成为分

水、排水、分洪、排灌等许许多多子工程做为分系统，然后合起来构成一个系统工程。

在军事、工业生产、科学研究等方面的组织和管理中，运用系统工程的思想方法而取得成功的事例不胜枚举。《三国演义》中的“隆中对策”可以算是这方面的生动例子。诸葛亮向刘备讲了隆中对策，刘备采纳了，没有立足之地的刘备取得了四川，占据了汉中，保存了一部分力量，与东吴、曹操形成三鼎之势的天下。

美国造原子弹的“曼哈顿计划”是近代最著名的系统工程实例。当时被德国人赶出来的以爱因斯坦为首的一批犹太科学家，向美国总统建议组织力量造原子弹，美国总统批准了。委任了一个较具全才的人来组织领导这项工作，这个人叫奥本海默，他提出了“曼哈顿计划”，这个计划就是造原子弹的计划。在第二次世界大战中，美国执行原子弹计划，组织了二万五千名科技人员，十二万生产人员，仅用了三年半的时间，就把原子弹造出来了。

又如，在美国造船业中称之为“自由轮”的一段史实，也是有名的系统工程实例。第二次世界大战中，德国利用潜艇封锁英国，美国为了支援英国，必须从遥远的大西洋彼岸把大量物资海运到英国。当船队通过大西洋水域时，就遭到德国潜艇的袭击，美国的船只损失很多。第一年美国的船只被打沉60%。当时，有人认为造一条船容易而培养一个海员却很难。于是，一旦船只被德国潜艇击中，就只救人而不顾船。这样，船只越来越少，运输量也随之越来越小。为了改变这种局面，美国政府召集一批数学家提出了一个护航计划。一方面，千方百计地设法保护船只；另一方面利用飞机寻找潜艇，研究潜艇的活动规律和猎获的方法。猎潜是一套非常复杂的数学方法，后来这套办法即发展为搜索论。反击潜艇战获得了部分胜利，但是终因船只太少，不能满足海运的需要。当时，美国虽有很多造船工厂，但昼夜生产也补充不上被打沉的船数。一个船台上四个月才能造出一条新船。所有船厂的二、三十个船台，一年也不过能造几十条船，而造新船台的周期又太长。于是数学家们又研究出一个造船计划，这个计划使美国取得了成功。

欧洲人原来生产汽车，是一辆一辆地造，全部零件都由一个厂生产，造价很高。美国人福特把生产的各个环节联成生产线，零件由专业分厂制造，最后到总装厂进行装配，这种方法大大地提高了生产效率，减低了成本。结果，汽车一下子便宜了。

为了加速造船，美国人就用同样的方法，把船上各大部件的制造工作在全国组织几条生产线。造船数量一下子上去了。据报道，过去是四个月造一条船，后来一个月造一条。由于造船周期的不断缩短，造船数量越来越多，船只源源不断地补充船队，对战胜德国起了很大作用，后来，美国总统给这些光荣的船只取了个名字，叫做“自由轮”。

第二节 系统工程产生的背景

我国要在本世纪末实现“四个现代化”这个宏伟目标的过程中，作为管理工作必须研究和解决管理现代化、管理结构的最佳化、管理方法的最优化等一系列理论和实践问题，以便使各项工作力求用最少的劳动和物质消耗取得最大的技术经济效果，或用最少的消耗取得同样的经济效果，或者以同样的投资达到最好的经济效果。这对于加快我国的社会主义建设，在本世纪内把我国建设成为社会主义强国具有十分重要的意义。那么，系统工程产生的背景是什么呢？主要有以下几个原因。

一、系统工程是社会化大工业发展到一定水平的产物

在工业技术各部门水平很低的情况下,不可能组成完整的可靠性高的大系统。系统工程是与自动化技术密切相关的,它是继过程控制的“反馈”概念之后而发展起来的一个新概念。由于工业技术的迅速发展,出现了完成各个工作过程的成套自动化设备,构成了连续化、自动化的生产系统。尤其是电子计算机、数控技术的应用和发展,使得自动化不仅限于生产的自动化,而且在工程技术设计和经营管理方面也出现了一些既具有生产控制功能,又有设计功能和管理功能的设计—生产—管理一体化系统。

二、系统工程是由于工业产品的复杂化和大型化的发展而形成的

随着工业技术的发展,产品数量和品种逐渐增多。我国建国初期生产的产品如自行车、照相机、缝纫机等,这些产品的零部件数量,相对于整机来说,大部分是百至千的量级。随着工业的发展,不但能生产飞机、电子计算机、汽车等,而且这些产品的零部件数量已增加到一万至十万的量级。由于现代工业生产技术的发展,又出现了宇航飞行器的设计—制造—一体化系统、经济管理网络系统、信息处理系统等,这些系统日益向着大型化和复杂化发展,形成了大系统。这样就使得系统的概念更加重要了。

对于一个大系统来说,重要地不仅是各个零部件具有良好的性能,而且强调整体的功能和可靠性。为了保证整个系统很好的工作,就要使各个控制回路中的“反馈”系统都能有效地工作,各环节出现的故障必须及时地传递到控制中心进行处理,然后再发出指令排除故障,使整个系统正常地运行。因此,还必须以“反馈”技术为基础研究系统,整个系统才能够很好地工作。

三、系统的概念适用于整个社会

如城市的发展建设规划问题,必须把城市当作一个系统来分析。城市系统是由很多分系统组成,并不是各分系统最优化的简单组合就可以使整个城市最优化。因此,不解决城市整体系统的最优化问题,城市就不能很好地发展。

四、系统的发展是各学科间相互渗透的结果

无论工程问题、科技问题、还是社会问题,仅凭某一特定技术领域就能解决的问题极为少见,而越来越多地是必须运用各种学科的技术,从而出现了多种技术的综合体。

五、系统的发展是信息时代对于系统方法的需求

信息存在于系统之中,需要通过对信息的处理实现最佳选择。信息社会越发要求从大量信息中选择并恰当地组合求出最优解。在信息社会中,系统工程是不可缺少的手段,特别是社会正处于急剧变化的时代,为了适应急剧的变化,必须预测可能发生的问题及出现的变化,掌握这些因素可能给社会各个方面带来影响。为了建立这种预测系统,有必要把整个社会作为一个系统,分析研究每个部分与整体的关系,这也是系统工程得到广泛应用的原因之一。

六、管理现代化要求发展系统工程

实际上系统工程是在管理现代化的要求下发展起来的一门边缘科学。系统工程是实现管理现代化的重要技术手段和方法之一。尤其是调整时期，我们怎样最合理的提出调整的目的，确定调整的前提，选择最优的调整方案和项目，达到最大的技术经济效果，这些都是管理现代化的大课题，研究和解决这些问题是发展我国系统工程科学的动力和基础。

第三节 系统工程的的目的性

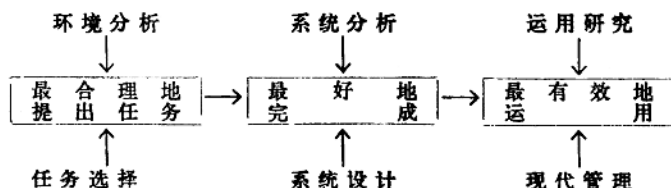
系统工程是一门较新的边缘科学，它所解决的问题是：

(1) 最合理地提出任务。根据对客观条件的可能性和需要，提出将应该做什么。

(2) 最好地完成。通过系统分析和系统设计，实现最优设计，选择合理的技术途径，以最少的劳动消耗和最少的经济费用，力争达到最好的技术性能。

(3) 最有效地运用。通过运用研究和现代管理，使它发挥最好的效果。

如军事系统工程，它的产生和发展是与军事活动密切联系的。在战争中谁赢得时间，谁就赢得生存，因此迫切要求提出什么样的武器系统，采用什么样的军事技术手段，选择什么样的技术途径，能以最短的时间，生产出大量的新式武器系统，并能有效地在战场上运用，打击对方保存自己。因而，过去的传统方法适应不了现代战争的要求，必须统筹地组织各个技术部门，系统地研究和解决武器系统的发展问题，从而达到最合理地提出任务，最好地完成，最有效地运用。其目的性如下图所示：



第四节 系统工程的特点

一、系统整体化

随着科学技术的发展，出现了宇航飞行器的研究—设计—制造一体化系统工程、飞机的设计—生产一体化系统工程、造船的集成程序系统工程、机械工业的最优设计—生产—管理一体化系统工程等。虽然这些系统的研究和应用还在发展中，但是已突出地反映出系统工程的整体化特点，在这些系统中，是把设计、生产、管理统筹地加以研究。传统的处理方法，是把设计、生产和管理截然分开，设计部门只管设计，生产部门只管生产，其结果往往是设计部门与生产部门之间长期存在着不协调，因而影响整个任务的顺利进行。

系统工程的整体观念，可以概括为“用系统的方法，研究系统的对象”。它具有两个方面的涵义：一是把研究对象看作一个整体，二是把研究过程看作一个整体。也就是说，系统工程方法是把任何一个研究对象，即使它是由各个不同的结构和功能部分所组成，都要看作为

一个整体来处理。任何一个分系统都是为了完成一定的功能，这个功能是根据整个系统的最优化来确立和权衡的。在实践中，经常发生这样的情况，即从分系统来看某些技术和指标是好的，但从整个系统来看就不一定好；有时某些技术和指标从分系统来看是不好的，但是从整个系统来看却有一定价值。因此只有根据整个系统的最优化目标来分析，才能作出科学的决策。

例如，在军事系统工程中，从整体化观念出发提出一系列重要的指标有：价值寿命、效能/成本比、时间价值、造价/维护费比等。

由于现代技术的迅速发展，一些武器的失效，往往不是由武器固有寿命决定的，而是由于某些技术的过时，或者破译设备的出现，或者由于要花费太高的维护费用等原因而失效。把考虑这些因素后而规定出的这样一段时间，称为武器的价值寿命。

时间价值也是军事系统工程一个十分重要的指标。由于武器系统技术上复杂，研制周期长，而且又更新快，这就不允许用过去传统的逐步确定的方法来建造武器系统。一项建造任务拖的时间越长，所花的费用越大，甚至可能发生一个武器系统搞了十几年，当服役时已失去价值寿命。

由于现代技术的复杂性和外部条件的多变性，用直观的传统方法和单凭少数人的经验，已经不能够作出合理的决断。因而必须广泛地运用现代信息系统和系统理论所提供的方法及设备手段，全面地考虑和改善整个工作过程，使总体最优化。

二、技术综合化

系统工程运用各个学科和各个技术领域内所获得的成就，使各种技术应用综合化来达到整体系统的最优化。

技术的综合应用是从系统的总目标为出发点。系统工程人员对于系统环境的分析，对于各种技术的认识和运用能力，系统工程人员的经验和创造性以及管理工作的水平，决定了综合应用各项技术能力的效果。

综合化的另一个重要方面是创造新型的技术综合体。如造船的集成数控系统、数据通讯处理系统、制导武器系统、激光武器系统等，都是新一代的技术综合体。

三、管理科学化和现代化

系统工程的整体化和技术综合化要求管理科学化和现代化。没有管理科学化，就实现不了系统工程的整体化和技术综合化。

系统工程工作有两个并行的过程，一个是技术过程，一个是实现技术过程的管理过程。后一个过程包括规划、计划、控制操作过程，统称为管理。管理工作对促进科学技术应用效果和设备、人力资源的充分利用等有着十分重要的意义。有人提出“管理是科学中的科学”。这有其深刻的含义。只有科学化管理，现代化管理，才能充分发挥大系统的效能。

例如，罗马尼亚正在研制和应用的“建筑综合计划管理系统”，主要包括以下六个子系统，即：

- (一) 规划计划子系统；
- (二) 计划执行与检查子系统；
- (三) 材料供应管理子系统；

(四) 人员管理子系统;

(五) 运输工具和机械设备管理子系统;

(六) 财务会计子系统。

对这样的大系统, 仅凭经验的、直观的、小生产式的、单打一的管理方法是不能适应的。管理不当会拖延建设周期, 影响整个工程的质量, 甚至使整个系统归于失败。可见系统工程成为现代管理极重要的一个研究方面。系统工程不但要求管理科学化、现代化, 而且需要采用信息处理系统和有反馈控制的自动化管理。如近年来, 发展起来的计算机管理系统, 是系统工程研究工作中一项重大的成就。同时在管理方法上创造和发展起来的有: PERT (程序估算和检验技术法)、TANES (任务网络规划法)、多目标线性规划以及最优化管理等。

第五节 系统工程的技术基础

系统工程是七十年代最活跃的新领域之一, 它的技术应用的综合化特点说明系统工程的技术基础是很广泛的, 它是在科学理论、数学方法以及应用技术不断取得新成就的基础上发展起来的新的工程技术。

从当代发展的一些系统工程来看, 作为它的技术和理论基础, 主要有: 最优化理论和方法; 系统分析; 计算机及电子技术。现分述如下:

一、最优化理论和方法

最优化的观念贯穿于整个系统工程的始末, 它是系统工程的指导思想和力争的目标, 因此, 我们也可以叫最优化系统工程。

系统工程在提出任务阶段, 可以根据工业发展的需要、社会发展的需要以及其他需要, 提出很多任务。在这些任务中, 我们可以根据需要的程度、轻重缓急把这些任务排一排队, 哪些任务在前, 哪些任务应该放后。

如果再分析客观条件, 就会发现仅按需要提出一些任务是不全面的, 有的任务虽然需要, 然而却不具备实现的条件。究竟怎样合理地利用资源, 即考虑到需要, 又分析客观条件是否适合, 全面地进行分析, 以求最合理地提出任务? 这就要运用最优化理论进行科学论证, 提出有数据依据的报告, 而不是仅凭经验确定任务。所以在系统工程提出任务阶段, 就是利用最优化理论达到最合理地提出任务。

同样, 系统工程在设计和实施阶段, 要进行系统的最优设计。为此, 我们必须首先明确系统的设计目的, 并把这些设计目的归纳成目标函数 $f(x)$ 。其次, 必须明确系统的工作条件, 再把这些工作条件归纳成约束条件, 即:

$$\begin{cases} g_i(x) = 0, i = 1, 2, \dots, p; \\ h_j(x) \geq 0, j = 1, 2, \dots, m. \end{cases}$$

最后, 利用最优化方法, 在计算机上进行最优方案设计, 选出满足下列方程的最优方案, 使

$$\max f(x)$$

成立, 并满足约束方程

$$\begin{cases} g_i(x) = 0, i = 1, 2, \dots, p; \\ h_j(x) \geq 0, j = 1, 2, \dots, m. \end{cases}$$

式中 x ——最优设计方案;

$f(x)$ ——评价系统好坏的标准, 称为系统的向量目标函数;

$g_i(x), h_j(x)$ ——系统的工作环境约束方程, 也就是允许的工作条件。

系统工程在系统运用阶段, 管理的对象是“系统”, 根据运筹学的方法, 来获得系统运用的最优经济效益, 达到系统运用的最优化目的。

最优化理论和最优化方法应用在系统中占有很重要的位置。一般来说, 在工业生产、工程设计、试验设计和过程最优控制等方面, 为了获得优质、高效、低消耗的最好效果, 就要求寻找有关起决定性作用的各种因素的最佳点。简单地说, 这就是一个最优化问题。最优化问题通常包括两方面内容, 一是由实际的问题形成数学模型, 二是对形成的数学模型进行数学加工和求解, 这就是最优化要解决的问题。

为了解决最优化问题的实际需要而产生的一些数学方法, 习惯上称为最优化方法。这些方法属于用导数的一类, 这类方法有: 最小二乘法、梯度法、共轭斜量法、最速下降法、变尺度法等。另一类不用导数的, 也称直接法。直接法中又分为两种, 一种是消去法, 即通过试验将最优值所在的范围缩小, 一直缩小到要求的精度为止, 如平行线法、降维法等; 另一种是爬山法, 其中包括: 步长加速法、步长和方向双加速法、单纯形法等。

除了上述两类外, 还有一类方法, 一般称有理逼近法, 如极值有理法、离散点有理极值法、极值迭代法、中点极值有理法、 N 维极值解法、 N 维有理逼近极值法等*。

二、系统分析

系统分析是用数学方法研究系统的一种方法。如在最优设计—生产—管理一体化系统工程中, 通过系统分析来研究设计、生产、管理各个环节的相互影响和系统的最佳经济效益。

为了对系统工程进行系统分析, 要解决以下几个问题:

确定系统工程的目标;

建立系统的数学模型;

明确系统的环境条件;

进行系统的最优设计;

作系统运行的仿真模拟实验。

上述五个问题概括了系统分析的主要内容, 当然随着不同的系统对象, 系统分析的内容会有所不同。有了系统分析的内容以后, 就要按下述步骤进行分析:

(一) 系统地提出要求

从设计—生产—管理一体化的整体出发, 提出系统工程的总目标要求, 如投资最少、技术经济效益最大, 即效能/成本比为最大等, 并要求抽象为数学的表达形式。系统工程总

* 参见新时代出版社出版的《最优设计中的新算法》。

目标称为系统的向量目标函数，即：

$$F_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad i = 1, 2, \dots, m。$$

式中 $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ——系统的设计变量。

(二) 把大系统分成若干分系统

根据“时间要求”和“空间要求”，把大系统总体分成若干独立的分系统，并且明确说明各分系统与总体的相互关系，各分系统的相互关系，各分系统的功能、接受信息的数量和形式、输出的信息数量和形式等。

例如，最优化自动设计系统输出的是图纸和数控加工纸带（信息），而生产自动化数控系统则接受来自设计系统的数控加工信息（纸带），进行数控加工，输出的是零部件产品。这就是设计系统与生产自动化数控系统的信息交换的形式。

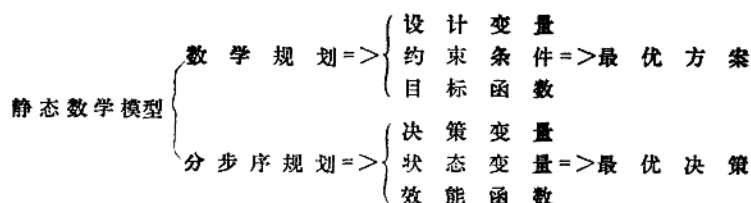
(三) 产生数学模型

为了便于对系统进行分析，需要通过预先研究，充分掌握分系统的性能规律和综合系统的方法，继之建立描述各分系统变化规律的数学模型。

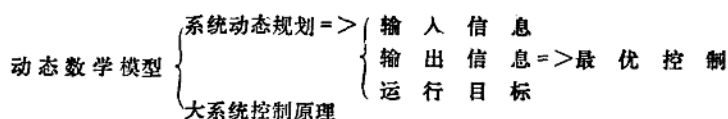
数学模型又分为静态数学模型和动态数学模型。

静态数学模型是为了解决系统的设计、多方案比较、最后选出最优设计方案用的。

1. 静态数学模型表示如下：



2. 动态数学模型是为了获得关于系统运行的最优解所必须的一种数学工具，利用动态数学模型为控制运行提供了科学依据。动态数学模型表示如下：



由此可见，管理现代化的研究对象是系统、系统的理论和方法、系统的最优化技术，从而达到管理结构最佳化、管理方法最优化。

3. 根据总体的最优化目标要求选择各分系统的最佳配合。

4. 建立数字仿真和半实物的模拟系统，进一步分析和检验系统的性能。

三、计算机及数控技术是系统工程的重要技术基础

进行管理现代化就要研制信息系统，有了系统就可以分析信息、加工信息、输出决策和计划的信息。信息的搜集、加工、处理靠传统的报表、听汇报、开会协调管理的方法适应不了现代化的要求，这就要采用系统工程的新的现代化的技术手段——计算机和电子技术。

第六节 系统工程的设计

系统工程在经过环境分析、任务选择后,根据最优决策,最合理地提出任务,自然就转入如何最经济地实现任务。为了实现这个任务,为了选择恰当的技术实现途径,就要进行系统分析、进行系统设计,分析各种系统设计方案的技术经济效果,以便最好地完成任务。

系统工程的设计是一项十分重要和复杂的工作,在进行设计之前必须作大量细致的调查研究和充分的技术准备工作,并确定出设计原则。

一、调查研究

系统工程设计之前的调查研究是为设计作好准备,首先要了解同类系统工程在国内外的设计和适应状况,了解设计功能、人力、物力的投资,了解使用过程中达到设计指标的情况和存在的问题以及今后发展的动向。

其次,是要调查研究该系统同其他系统的关系;该系统是独立的,还是与其他系统互相依存;该系统与其他系统相互间的信息、能源、材料的供求交换关系、信息的形式种类、数量等等。

最后,要调查研究系统内各分系统或各组织成份之间的关系,各分系统的功能、性能指标,所需的工作条件及设备。

二、技术准备

系统工程设计前的技术准备是必不可少的,技术准备主要有三方面的工作:

(一) 了解工作人员的技术水平,配备足够的专业人员

进行系统的设计工作需要许多不同专业的技术专家,需要许多编制程序和计算工作者,还需要大量的管理人员。如在某系统的研制工作中,为了研制最优设计—生产—管理一体化系统,需要配备各类技术专家、工程技术和计算技术人员以及数学工作者。其中,有总体设计、结构设计、动力装置设计、控制系统设计、测试系统设计、信息网络系统设计等方面的专家和工程技术人员,有最优化方法、计算方法、数学模型、程序设计、系统分析等方面的数学工作者和工程师。

(二) 技术条件的准备

在进行系统工程的设计时,必须充分了解这个系统可能采用的技术和设备。对那些急待解决的技术问题,应及时列出项目进行研究。如:系统的向量目标函数的研究,因为这个系统包括设计、生产、管理三个部分,如何把设计要求、生产指标、管理的目的综合为统一的向量目标函数,只有这个问题解决得合理,系统工程的设计才能够顺利地进行。又如,立体形状的数学模型研究、物体形状描述的图象语言研究。

在生产数控系统中,利用数控机床进行产品零部件的加工,必须先行解决数控的自动编程问题。不解决数控的自动编程问题,不仅不能充分利用数控机床,并影响数控机床的使用效率,更重要的是不能把最优化自动设计系统与生产自动化数控系统衔接起来,因而影响整个系统的连续工作。为了解决用计算机进行自动编程问题,就必须先行研究立体形状的数学模型和图象语言问题,有了数学模型,才能通过数控自动编译程序系统进行自动编程。

立体形状数学模型的研究和应用,不仅对数控自动编程工作来说是很需要的,而且对技术设计工作也是需要的。如:在外形选择、图象显示等工作中也是不可缺少的数学工具。

(三) 设备条件的准备

除了技术准备之外,设备条件的准备也是很重要的方面。不同的工程所需的设计手段、生产手段、管理手段不完全相同,但也有些设备条件是基本相同的。

例如,设计中都需要采用电子计算机,那么在最优化自动设计系统中,计算机的选型就是很重要的准备条件。又如,数控绘图机,这是应用计算机进行设计工作不可缺少的设备。仅有绘图机还是不够的,还要有适合设计对象的绘图软件系统。此外,为了更好地进行“人—机”对话,显示设备是很重要的。显示设备有字符显示器、图形显示器。有了显示设备,还要配有图形显示处理软件系统。

如果在生产中采用数控机床,那么就要了解那些型号可以选用、价格如何。如果采用连续生产线方式,就需要研究生产线的设计、装备的来源等。

三、确定设计原则

(一) 明确建系统的目的

对于建系统的目的,必须明确而又具体,否则会造成浪费,系统设计也不会成功。

必须按照技术术语写明总系统的要求,对这个要求要详细阐述清楚。还要说明总系统与外界的关系,输入信息、能源、材料与经过系统产生的输出信息、能源、材料之间的关系。这就需要明确输入和输出信息的性质、形式、数量,如信号是模拟的,还是数字的,是确定性的,还是随机性的等等。

(二) 系统设计要适合人员能力

系统设计出来是要人去掌握和使用的,因此,人员对系统知识的掌握水平和对采用系统的客观需要是系统设计的重要前提。如果人们不认识系统,就是有了系统也不会很好地运用,等于没有用。所以设计时,要考虑与人员能力相匹配,要研究使用人员的特点、工作方式、爱好。系统投产后要能解放劳动力,减轻使用人员的工作负担,有一个便于工作人员发挥创造性的环境。

(三) 系统设计要看到未来

一般地说,一个系统的研制周期要三年至六年,也有两年后就逐步投入使用的系统,边研制边投产。要从长期性和继承性的观点进行系统设计,如果系统投产后,五年内就需要修改是不好的和不经济的;如果使用年限长,就要考虑使系统的功能范围包括较长时期的任务,这就势必增加了系统的复杂性和投资。究竟设计年限确定为几年最合适,要经过技术经济效果分析,选择最佳的使用年限。

(四) 分为一些独立的子系统

系统设计要把大系统分为尽量独立的子系统来进行。这样会使系统研制工作的范围缩小,有利于提高系统的可靠性。把每个子系统设计成独立的功能块,有了独立的功能块,就可以按积木式建成大系统。

(五) 系统设计的科学性

怎样才能保证系统的科学性,这是设计中很重要的原则。以往的系统设计,经常出现用户与销方各有倾向性的意见。为了使这些意见不至于影响系统设计的科学性,保证系统的合

理性,系统设计应委托给与用户和销方无关的系统工程研究所或系统设计的专业队伍来进行。

(六) 系统的技术经济分析

对系统的成本和收益应作技术经济分析。通过对系统研制工作计划的设计及各研制阶段的用人安排较准确地估计系统的成本及系统投产后的收益,这是系统设计工作中必须考虑的重要方面。要进行多方案的技术经济效果比较,从中选出最优设计方案。

第七节 最优设计—生产—管理一体化系统

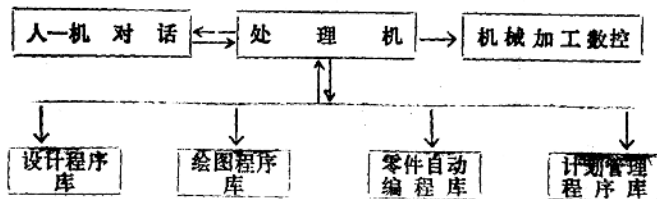
任何一项工程的设计、生产和管理都会有许许多多的方案,我们需要的是其中最好的一个方案,也就是消耗最少而效果最大的方案,这样的方案叫做最优方案。在设计、生产、管理三者之间历来有着不可分割的密切关系,但是,由于过去设计、生产、管理技术手段的落后和受传统习惯作法的影响,使三者截然分开,形成了各自独立的系统,从而造成分工过细、机构重叠、协调困难、办事效率低等弊病。

随着科学技术的发展,特别是计算机和数控技术被引入到设计和生产中,使人们重新认识了长期被忽视的设计、生产和管理工作中的信息,信息规律的研究又使人们进一步认识了设计、生产和管理的内在联系。对一项工程来说,如果设计没有恰到好处,那么对生产和管理将会产生一系列不利地影响,结果会使整个工程的经济效果不是最优。如果工程设计最优,但生产和管理不是最优,那么这项工程的效果也不会是最优。所以要使一项工程最后真正达到最优的效果,就必须把设计、生产和管理三者做为一个整体、一个系统来处理,这就叫“一体化系统”。

“一体化”概念是贯穿于工程的设计、生产和运用全过程的指导思想。从计算机用于设计领域后,相继发展了计算机辅助设计和最优化设计,现在则已进入了最优化、自动化设计系统的研制和应用的新阶段;与此同时计算机用于生产领域后,相继发展了计算机辅助制造、数控系统。这两个平行系统的发展,使设计、生产结合为一体。通过外形的数学模型,使设计和生产所需要的公共数据统一了,这就是“一体化”的概念。设计—生产一体化系统在这一个时期的发展,实际上是硬件系统与软件系统的高度有机结合,一体化系统不仅提高了设计能力和制造能力,而且为管理提供了信息,并能接受管理下达的信息指令加以执行。因此设计—生产一体化系统是管理现代化信息处理的前提,没有这个前提,管理就变成了无源之水、无本之木了。

设计—生产—管理一体化系统的顺序是从设计开始,然后是绘图、零件数控的自动编程、设计生产工艺路线、数控加工和数控测量。

一体化系统可以帮助人们做大量的设计辅助工作。如机械加工的典型一体化系统如下:



系统中的程序，有用于加工产品特殊零件的专用软件和用于加工任意形状零件的通用软件。如国外已应用的 TIS—1 系统——技术信息处理系统，它包括系统程序：用于预处理的 TIPRPR 程序和用于分割的 MESH3D 程序；绘图程序三面图 DRAW3V 程序和截面图 SECT3D 程序；设计程序：自动分段程序、应力分布、温度分布程序；机加程序：粗铣、精铣的数控程序等。

综合上述不难看出要解决设计、生产、管理三者的问题，必须从三者的总体最优化出发，采用系统工程这项工程技术。

根据我们初步研究，最优设计—生产—管理一体化系统是今后发展的方向，它大致包括如下研究内容：

有设计、生产和管理三个系统和一个大数据库。

一 体 化 系 统 工 程

最优化自动设计系统	生产自动化数控系统	最佳计划管理信息系统	一体化数据库
-----------	-----------	------------	--------

其中，

最 优 化 自 动 设 计 系 统

总体方案最优设计系统	初步设计阶段各子系统	结构最优设计子系统	动力装置最优设计系统	网格辅助设计系统	最优化方法子系统	自动绘图系统	型值结构数据库	性能咨询系统
------------	------------	-----------	------------	----------	----------	--------	---------	--------

生 产 自 动 化 数 控 系 统

图象语言系统	最优下料系统	产生零部件	产生数控纸带	产生图纸材料表	印刷板自动布线	成本核算过程	生产咨询系统	生产数据库
--------	--------	-------	--------	---------	---------	--------	--------	-------

最 佳 计 划 管 理 信 息 系 统

库存计划管理系统	科研生产计划系统	财务预决算系统	材料订货计划系统	外协计划系统	生产调度系统	研制咨询系统	管理数据库
----------	----------	---------	----------	--------	--------	--------	-------

第八节 最优设计概述

一、什么叫最优设计

最优设计是最优化设计的简称,所谓最优设计,是近十几年在计算机广泛应用的基础上发展起来的一项新技术。

是根据最优化原理,用最优化方法,在计算机上实现自动设计。

概括讲,最优设计就是在现有工程条件下,选出最好的设计方案。

最优设计的数学描述,归纳如下:

$$\text{目标} \quad \max f(X) \quad (11-1)$$

约束条件

$$\begin{aligned} g_i(X) &\geq 0, & i &= 1, 2, \dots, m \\ h_j(X) &= 0, & j &= 1, 2, \dots, p \end{aligned} \quad (11-2)$$

其中

$f(X)$ 为评价设计好坏的标准,称为目标函数, $X(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 为设计变量

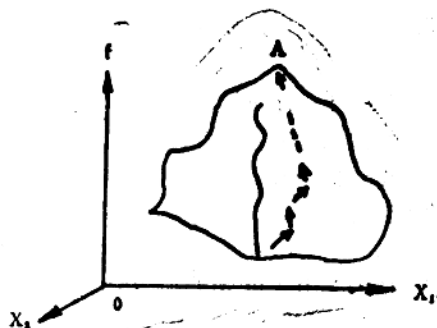
$g_i(X), h_j(X)$ 为设计变量的约束方程,即设计变量的允许变化范围。

所谓最优设计,就是在设计变量 x 允许的范围 (11-2) 内,找出一组参数 $\tilde{X}$ 使 $\max f(X)$ 成立,我们称 $\tilde{X}$ 为最优方案。

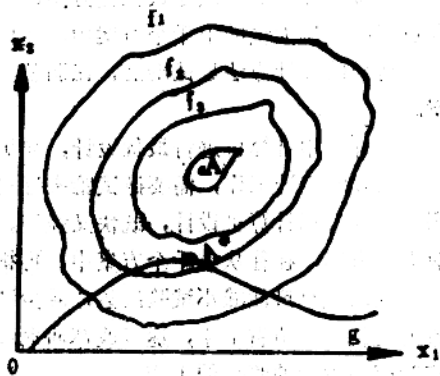
最优设计的几何解释从几何图形上看,如果用两个设计变量 x_1, x_2 作为例子,目标值 f 是一个三维空间里的曲面,如图11-1所示。如果对于 n 个设计变量 X ,目标值 f 是一个 $n+1$ 维空间里的超曲面。峰值,即山的顶点 A 就是最优设计方案。选最优方案的过程就是从山的某点开始爬山的过程。从某一点爬山,到达山峰的路径往往不是一条直路,而需要多次改变方向,每次前进不同的行程(步长)。

因此,整个最优设计的过程需要多次探索,每次都必须决定“方向”和“行程”两个问题。

在带有约束条件的等高线图11-2中, g 为工程约束条件, A^* 是满足约束条件 g 下的



(图11-1)



$$(f_1 < f_2 < f_3 \dots < A)$$

(图11-2)

最优设计方案。

二、问题的提出

计算机的出现不是技术革新,而是技术革命。将近 30 年的发展,却在人类社会生活的各个方面产生了巨大的影响。仅在工程设计方面,应用计算机设计已经发展成为一门重要的学科。

应用计算机进行设计首先是在宇宙航天器的设计中,其次是在化工设计、光学系统等设计中,应用到飞机设计上还是比较晚的,但先后也在结构设计、发动机设计等工作中运用了。

在传统的方案设计阶段,根据总体的性能估算,由设计工作者,选定各个主要设计参数,形成初步方案。再计算这个方案的各种性能,与设计要求比较。设计要求就是在保证技术要求的条件下,尽量满足生产要求和使用要求。实践表明,往往一次估计并不能恰好达到设计要求。这样就需要修改某些参数形成第二个方案,再重复上述过程,经过由简到繁,由粗到精的多次逼近,一直达到所设计的方案满足技术要求为止。

在这样的传统设计过程中,计算一个方案的工作量很大。一个主要设计参数的调查,需要重新估算性能。因此在总体设计中,所做的方案探讨是很有限度的。一般只能在很少的几个主要设计参数间作些调整。这样做出的设计,只是一个满足设计要求的方案,而不是所有满足设计要求方案中的最优方案。

应用计算机进行最优设计,其原理与传统设计相似,但有三个特点:

(一) 设计的思想是最优设计

传统的人工设计虽然想达到最优设计,但实际上以达到设计技术要求为止,而最优设计以达到最佳要求为止。

(二) 设计的手段是计算机

设计手段不同。最优设计是用先进的计算机进行的。由于计算机快,探讨一个方案只要几分钟,从而在客观上可以从大量的方案中选出“最优方案”。而传统的人工设计是以翻手册、查曲线和部分的机算,因此设计效率是不高的。

(三) 设计的方法是最优化方法

最优设计用的方法是最优化方法,一个方案参数的调整是计算机沿着改善方案的方向自动进行的,从大量的上千个方案中,选出最优方案。

传统的设计方法是试凑法,在调整参数时用小偏差方法来进行,以便进一步改善方案。

这样,用计算机进行最优设计,缩短了设计周期,提高了设计质量,节省了人力。

实际的设计工作,需要做试验来证实设计,但做试验要花费很多的人力和物力,时间又很长。相反用计算机设计,既快又经济。而且可以把理论分析得比较充分。先用计算机计算大量方案,往往从上千个方案中,再挑选有价值的少数几种方案,用试验验证。

从而就有可能减小试验次数,减少试验的盲目性。若减少一次试验,少则几万,多则上百万元就可以节省下来,逐步改革研制程序,从现在以实验为主变化为以理论分析为主,把实验变为少量的验证的工作。

方案最优设计程序是由很多的单项的设计过程组成。在最优设计程序中,尽可能将设计工作的常规计算自动化,使设计人员从繁杂的事务性工作中解放出来,把精力更集中的用到

关键性问题和创造性的环节上。

各系统的最优设计程序，如总体设计系统则是由一系列程序组成的系统。例如，美国格鲁曼公司的总体设计系统是由 40 多个程序组成的一个系统。而美国的 NASA 搞的宇航飞行器总体设计程序系统也是用很多个程序组成的。

三、参数种类

在一个设计方案中，全部参数可以分为三种类型，即设计参数，性能参数，环境参数。

(一) 设计参数

设计参数是设计方案中的自变量 $X (x_1, x_2 \dots x_i)$ ，通常是由设计人员根据经验选的。

(二) 性能参数

性能参数是指方案性能方面的特点。

也包括经济性，机动性和可靠性等特性，通常是由技术要求，使用要求和生产工艺要求的设计规定的指标部分。

性能参数 $y(X)$ 是设计参数 X 的函数，设计时是不知道的，需经过性能分析才能给出来。

(三) 环境参数

环境参数是大气参数，或者其他物理参数等。对某一个系统来说，是设计时所依据的原始参数部分。

用计算机进行设计时，需要由设计员，预先做好四方面的准备工作。

1. 设计变量；
2. 设计约束条件；
3. 最优设计目标；
4. 数学模型或实验数据。

在求最优方案的设计过程中，针对具体问题做具体分析，将设计参数中的一部分固定，用常量代替，而调整另一部分设计参数使方案最佳。作为调整的那一部分设计参数，叫做“设计变量”。

调整设计变量的目的在于找到一种最好的满足设计要求的方案。如总体设计要求，可以大体分为两类，一类是要求某些性能参数等于、或者大于、或者小于指定值，即技术要求。这类要求叫做“设计约束条件”，它规定了只有满足这些技术条件的设计方案才是可以考虑的设计。

另一类是要求尽可能大或尽可能小的性能参数，就是在各方案对比中，选其值最大或最小的方案，这类要求称为“最优设计目标”。

设计约束和最优设计目标，一起组成总的设计要求。它们是判断每个方案行不行和好坏的一个标准。规定了这个标准，就使计算机在进行设计时，调整各个设计变量就有所遵循。约束和目标都可以认为是设计变量的函数，记为 $f(X)$ 。设 $E(x)$ 表示不等式约束条件，则它们的表达式为

$$\begin{aligned} E_1(x) &\geq C_1 \\ E_2(x) &\leq C_2 \\ &\dots\dots\dots \end{aligned}$$

其中