

SYSTEM ENGINEERING OF HIGHER EDUCATION

# 高等教育系统工程

廖 泉 文 编 著



厦门大学出版社

廖泉文 编著

# 高等教育系统工程

SYSTEM ENGINEERING  
OF HIGHER EDUCATION

厦  
门  
大  
学  
出  
版  
社

# 高等教育系统工程

廖泉文 编著

厦门大学出版社出版

福建省新华书店发行

福建第二新华印刷厂印刷

开本850×1168 1/32 5.375印张 5插页 202千字

1990年10月第1版 1990年10月第1次印刷

印数：1—1500册

ISBN 7-5615-0314-8/G·48

定价：2.10元

## 序

运用系统科学的原理与方法，研究高等教育的结构、功能及其运行机制，对于深入认识高等教育这一复杂的社会系统，提高高等学校组织与管理的科学水平，以寻求教育效益的整体最优化，是深化高等教育改革所亟需的。为此，厦门大学高等教育科学研究所为培养本专业的研究生，从1983年起，就商得本所兼职研究人员廖泉文老师的同意，讲授“高等教育系统工程”。先是只开专题讲座，其后逐步充实与系统化，开设选修课程，前后已开了六轮。研究生反映很好。虽说是选修课，差不多所有的研究生都踊跃选修了这门课。这本《高等教育系统工程》，就是在历年讲课的基础上，加工整理编成的。

廖泉文同志本来是研究数理方程及现代化管理的，有深厚的数理基础，在运用数量方法与信息技术以研究系统工程上，有独到之处；对于系统分析方法，阐发精微，并有许多创新见解。本书在写作过程中，还参考了大量中外有关著作，汲取中外学者近年来对这一科研领

域的最新成果，内容丰富，材料新颖，在一定程度上，反映了当前这一研究领域所达到的水平。

众所周知，作为系统科学的一个层次——系统工程技术，信息系统工程、经济系统工程、军事系统工程，发展较早，也可能比较成熟。而教育系统工程，在世界范围研究的历史本来就不长，在国内则刚刚起步，何况以高等教育系统为研究对象了。系统地论述高等教育系统工程，这本专著应属第一部。作者自称是“抛砖引玉”之作，虽是谦词，也属实情。从框架到内容，随着研究的进展与认识的深化，必将逐步完善。

**潘 懋 元**

1990年8月3日

## 前 言

在这本小册子完稿之际，我不由地想起了七年前的一堂课。那是1983年的春天，正是美丽的厦门岛细雨霏霏的季节。厦门大学高等教育科学研究所会同厦门大学教务处约请我作“高等教育系统工程”的专题讲座。记得那天下午雨下得很大，我忐忑不安地来到教室，担心这场大雨将使听课的人寥寥无几。使我难忘的是当时厦门大学的副校长潘懋元先生和教务处处长刘正坤先生以及许多高等教育科学研究所的专家学者都冒雨而来，准点到达，教室里座无虚席。多少年过去了，这第一堂课我永难忘怀。我从中体会到老一代教育工作者对中青年一代教育工作者的期望，体会到老一代教育科学研究者对新的研究理论和新的研究方法的期望和重视。也就是从那一堂课开始，我走出了这项研究的第一步。此后，我被聘为厦门大学高等教育科学研究所的兼职研究人员，为该所的研究生授课。年复一年，我教过一批批的学生，积累了一叠叠讲稿。终于将几年研究所得，一点一滴，不揣简陋，编著成此书。并谨以此感谢第一次冒雨来听课的老师，感谢他们给了我迈开这项研究第一步的信心和勇气。

高等教育系统是指由校长、教师、学生、设备、教材、图书资料、管理机构等硬件和管理制度、教育方针、教学方法、科学研究等软件组成的，以培养高层次专门人才为主要目的的开放、时滞系统。高等教育系统最具个性的特征是其开放性、时滞性、双重所属性和社会性。开放性是指高等教育系统与环境进行物质、能量、信息的交换。没有信息的积累和交换，高等教育系统

就无法运行。时滞性表现为人才培养的延迟，人才使用的延迟，人才信息反馈的延迟；双重所属性是由知识的无界性、知识的共享性、知识的权威性所规定的，双重所属性指的是影响和左右高等教育系统的不仅是各级行政管理机构，还有无形的非组织的权威的影响，有跨国界的学术团体、学术权威的影响；社会性则表明高等教育是如此深刻和广泛地渗透到社会经济各系统中，且联系着社会千家万户、男女老少的心，很少有一个家庭，不或多或少与学校相关联，几乎没有一个系统，可以离开教育系统所提供的人才而独自存在。

本书介绍了高等教育系统的特征、结构，高等教育系统工程的内容和研究方法以及该系统的分析理论、分析目标、要素、准则等。并从大量的定性、定量的系统分析方法中提炼出最典型、最常见的四种分析方法，同时例举了一些典型的例子并加以分析。书中对高等教育系统的管理、预测、信息属性和特点及未来发展的趋势也作了介绍，提出了一些新的模型。并将系统动力学的科研成果应用到高等教育系统之中，在这方面的研究目前国内仍是较少，甚至是空白的。本书最后两章则概略介绍了数量方法和优化方法的基础知识，以方便读者的学习。

本书实为抛砖引玉之作。高等教育的理论研究和管理工作已日益引起高等学府各级领导和教师、学生的注意。在高等教育科学这块园地的边缘地带等待着更多的有志者去耕耘，去种植，去收获。并期望着在这里长出鲜花，结出硕果。同时也期望我这本小册子象一棵小草，为这边缘地带送去暖色和春意。

诚挚地感谢厦门大学高等教育科学研究所对本书的推荐，感谢他们多年来对我的鼓励和支持。本书在写作过程中参阅了国内外许多专家、学者的著作，同时收集了国内学者近几年的最新研究成果，这些都在书中直接注明或在书末参考文献中列出。请允

许我对这些著作的作者表示由衷的敬意和感谢。

本书承我的老师贺建勋教授仔细审阅，并提出许多极为宝贵的意见，在此一并表示我诚挚的感谢。

由于作者的水平所限，书中错漏之处，恳望读者批评指正。

**廖泉文**

1990年春于厦门大学海滨新村



# 目 录

## 序

## 前言

### 第一章 高等教育系统工程的基本概念 ..... ( 1 )

#### 第一节 高等教育系统 ..... ( 1 )

##### 一、系统的概念 ..... ( 1 )

##### 二、系统的分类 ..... ( 2 )

##### 三、高等教育系统 ..... ( 4 )

##### 四、高等教育系统的特征 ..... ( 5 )

##### 五、高教系统的结构 ..... ( 10 )

#### 第二节 高教系统工程 ..... ( 11 )

##### 一、高教系统工程的概念 ..... ( 11 )

##### 二、高教系统工程的基础学科和相关学科 ..... ( 13 )

##### 三、高教系统工程的方法论 ..... ( 14 )

##### 四、高教系统工程的研究内容 ..... ( 16 )

### 第二章 高等教育系统分析 ..... ( 19 )

#### 第一节 系统分析的基本概念 ..... ( 19 )

##### 一、系统分析的定义 ..... ( 19 )

##### 二、高等教育系统分析的范围 ..... ( 21 )

##### 三、系统分析的基本要素 ..... ( 22 )

##### 四、系统分析的准则 ..... ( 23 )

#### 第二节 模型的建立及应用 ..... ( 25 )

##### 一、模型的定义 ..... ( 25 )

##### 二、模型的特征 ..... ( 26 )

|                                |               |
|--------------------------------|---------------|
| 三、模型必备的条件 .....                | ( 26 )        |
| 四、模型的分类 .....                  | ( 27 )        |
| 五、建立数学模型的一般过程 .....            | ( 28 )        |
| 六、高教系统中模型的使用 .....             | ( 29 )        |
| <b>第三节 系统目标冲突 .....</b>        | <b>( 29 )</b> |
| 一、目标冲突和利益冲突 .....              | ( 29 )        |
| 二、分目标的剔除 .....                 | ( 30 )        |
| 三、分目标的相容 .....                 | ( 31 )        |
| 四、利益冲突 .....                   | ( 32 )        |
| 五、多目标冲突 .....                  | ( 33 )        |
| <b>第三章 系统分析方法 .....</b>        | <b>( 35 )</b> |
| <b>第一节 黑箱分析法 .....</b>         | <b>( 35 )</b> |
| 一、黑箱、灰箱和白箱 .....               | ( 35 )        |
| 二、黑箱分析法的概念 .....               | ( 35 )        |
| 三、黑箱分析法在高教系统中的应用 .....         | ( 37 )        |
| 四、例,对教学过程的分析 .....             | ( 39 )        |
| 五、例,实验对培养学生能力的分析 .....         | ( 40 )        |
| 六、例,当代大学生心态分析 .....            | ( 41 )        |
| 七、例,用黑箱分析法分析刺激措施与行为变化的关系 ..... | ( 43 )        |
| 八、灰色系统的理论探讨 .....              | ( 44 )        |
| <b>第二节 影响量分析法 .....</b>        | <b>( 45 )</b> |
| 一、影响量分析法的概念 .....              | ( 45 )        |
| 二、高等学校的影响量分析 .....             | ( 46 )        |
| 三、例,用影响量分析法分析教学过程 .....        | ( 46 )        |
| 四、例,用影响量分析法分析个人成长的条件 .....     | ( 48 )        |
| <b>第三节 相关分析法和投入产出分析法 .....</b> | <b>( 48 )</b> |
| 一、相关分析法 .....                  | ( 48 )        |
| 二、投入产出分析法 .....                | ( 51 )        |
| <b>第四节 内容分析法 .....</b>         | <b>( 53 )</b> |

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| 一、内容分析法的由来              | (53)  |
| 二、内容分析法的基本思想            | (53)  |
| 三、几个成功的例子               | (54)  |
| 四、内容分析法的应用前景            | (55)  |
| <b>第四章 高等教育系统评估</b>     | (56)  |
| 第一节 高等教育系统评估的概念         | (56)  |
| 一、高等教育系统评估的定义           | (56)  |
| 二、指标体系和权重体系             | (58)  |
| 三、高教系统中几种典型评价的指标体系和权重体系 | (59)  |
| 四、高教系统评估中的几个关系          | (64)  |
| 第二节 高等教育系统评估的方法         | (65)  |
| 一、指标体系和权重体系的设计方法        | (65)  |
| 二、关联矩阵评价法               | (67)  |
| 三、相互影响矩阵评价法             | (72)  |
| 四、层次分析法                 | (74)  |
| 五、例,教师综合水平的层次分析法        | (78)  |
| 第三节 高教系统几种重要的评估         | (83)  |
| 一、高教系统的绩效评估             | (83)  |
| 二、高教系统学生能力的评估           | (86)  |
| 三、例,大学生德育和能力的测评         | (89)  |
| 四、高等学校内的专业评估            | (90)  |
| 五、西方高教系统评估的概况           | (91)  |
| <b>第五章 高等教育的系统管理</b>    | (95)  |
| 第一节 系统管理的概念             | (95)  |
| 一、系统管理的定义               | (95)  |
| 二、高等教育系统管理的内容           | (97)  |
| 三、系统管理人才的素质和要求          | (98)  |
| 第二节 系统管理的结构和功能          | (100) |
| 一、高等教育管理系统的结构           | (100) |

|                  |       |
|------------------|-------|
| 二、系统管理活动的基本观点    | (103) |
| 三、高教管理系统的功能      | (104) |
| 第三节 高等教育管理系统的职能  | (105) |
| 一、高校管理中的矩阵结构     | (105) |
| 二、教学的系统管理        | (108) |
| 三、科学研究的系统管理      | (110) |
| 四、人才的系统管理        | (113) |
| 五、招生、分配工作的管理     | (116) |
| 六、后勤、财务的系统管理     | (116) |
| 第六章 高等教育系统预测     | (118) |
| 第一节 预测的基本概念      | (118) |
| 一、预测的定义          | (118) |
| 二、预测的分类          | (120) |
| 三、预测的步骤          | (121) |
| 第二节 常用的预测方法      | (121) |
| 一、德尔菲分析法         | (122) |
| 二、一元线性回归预测法      | (124) |
| 三、状态空间预测法        | (128) |
| 四、例, 高等教育系统的需求预测 | (133) |
| 第三节 未来的高等教育      | (135) |
| 一、未来教育的模式        | (135) |
| 二、未来教师的素质要求      | (139) |
| 三、信息化教育          | (140) |
| 第七章 高等教育管理信息系统   | (142) |
| 第一节 信息与高等教育      | (142) |
| 一、信息与数据的概念       | (142) |
| 二、高等教育信息的属性      | (144) |
| 三、高等教育的信息流及其特点   | (146) |
| 四、大学生的信息能力       | (149) |

|                    |       |
|--------------------|-------|
| 第二节 管理信息系统的基本概念    | (150) |
| 一、管理信息系统的定义和特点     | (150) |
| 二、管理信息系统的生命周期      | (151) |
| 三、高教管理信息系统的内容      | (153) |
| 第三节 高等教育管理信息系统     | (154) |
| 一、课堂教学质量微机辅助管理系统   | (154) |
| 二、学生答题中教学信息的处理     | (159) |
| 三、计算机辅助教学系统        | (163) |
| 四、短学期选课微机管理系统      | (165) |
| 第八章 系统动力学在高等教育中的应用 | (169) |
| 第一节 系统的动态行为        | (169) |
| 一、系统动力学概述          | (169) |
| 二、动态系统的重要特征        | (170) |
| 三、动态行为的形式          | (171) |
| 四、系统动力学研究的基本步骤     | (171) |
| 第二节 因果关系环与正负反馈环    | (172) |
| 一、因果关键键            | (172) |
| 二、例, 高教系统中的因果关键键   | (173) |
| 三、因果反馈环            | (174) |
| 四、例, 高教系统中的因果反馈环   | (176) |
| 五、一阶负反馈环           | (181) |
| 第三节 高等教育动态系统       | (181) |
| 一、流图的基本构成要素        | (181) |
| 二、系统的流图设计          | (183) |
| 三、高等教育动态系统的流图设计    | (184) |
| 第九章 数量方法与运筹学基础     | (188) |
| 第一节 数学基础知识         | (188) |
| 一、集合               | (188) |
| 二、矩阵及其运算           | (192) |

|                           |         |
|---------------------------|---------|
| 三、概率基础·····               | ( 198 ) |
| 第二节 线性规划·····             | ( 200 ) |
| 一、线性规划的标准形式·····          | ( 200 ) |
| 二、线性规划问题的解·····           | ( 201 ) |
| 三、单纯形法·····               | ( 201 ) |
| 四、线性规划的对偶理论·····          | ( 203 ) |
| 第三节 动态规划·····             | ( 204 ) |
| 一、动态规划的基本概念·····          | ( 204 ) |
| 二、动态规划的最优化原理·····         | ( 205 ) |
| 三、动态规划模型·····             | ( 206 ) |
| 四、函数迭代法和策略迭代法·····        | ( 206 ) |
| 五、动态规划的应用·····            | ( 207 ) |
| 第四节 排队论·····              | ( 212 ) |
| 一、排队论的基本概念·····           | ( 212 ) |
| 二、M/M/I 模型——单服务台的情形·····  | ( 213 ) |
| 三、M/M/C 模型——多服务台的情形·····  | ( 214 ) |
| 四、排队系统模型在实际中的应用·····      | ( 216 ) |
| 第五节 决策论·····              | ( 218 ) |
| 一、决策的基本概念·····            | ( 218 ) |
| 二、非确定型决策·····             | ( 221 ) |
| 三、风险型决策·····              | ( 223 ) |
| 第十章 最优化技术·····            | ( 228 ) |
| 第一节 最优化问题的描述·····         | ( 228 ) |
| 一、最优化问题的一般描述·····         | ( 228 ) |
| 二、梯度、海赛(Hesse)矩阵、凸函数····· | ( 228 ) |
| 三、最优化条件·····              | ( 230 ) |
| 第二节 直线搜索方法·····           | ( 230 ) |
| 一、斐波那契(Fibonacci)法·····   | ( 231 ) |
| 二、牛顿(Newton)法·····        | ( 236 ) |

|                       |         |
|-----------------------|---------|
| 三、0.618法(黄金分割法) ..... | ( 239 ) |
| 第三节 无约束问题的优化技术 .....  | ( 241 ) |
| 一、最速下降梯度法 .....       | ( 241 ) |
| 二、共轭梯度法 .....         | ( 242 ) |
| 三、变尺度法 .....          | ( 243 ) |
| 第四节 有约束问题的优化技术 .....  | ( 244 ) |
| 一、容许方向法 .....         | ( 244 ) |
| 二、外点罚函数法 .....        | ( 246 ) |
| 三、内点罚函数法 .....        | ( 247 ) |
| 主要参考文献 .....          | ( 249 ) |

# 第一章 高等教育系统工程的基本概念

## 第一节 高等教育系统

### 一、系统的概念

朴素的系统概念，在古代中国和古希腊的哲学思想中都曾得到过反映。我国春秋末期的思想家老子、古希腊思想家赫拉克利特都曾指出过：“自然界的统一性”以及“世界是包容一切的整体”。“一般系统论”的创始人，奥籍美国学者贝塔朗菲（Bertalanffy）在1947年曾概括总结出的系统观点、动态观点、等级观点，都是从客观世界的本质联系和内部规律中提出的在科学界和哲学界具有重大意义的崭新的系统理论。它不同于古代的朴素的系统思想，也不同于视有机体为各要素的简单迭加的机械理论。贝塔朗菲的系统观点揭示了一切有机体都是一个整体，整体功能应大于部分功能之和。动态观点揭示了一切有机体都处于随时间而变化的动态之中，动态是绝对的，静态是相对的，静态是动态的极限状态。等级观点揭示了系统的有序性，上下有序、时间有序、结构有序。贝塔朗菲的重大贡献是为各门学科提供了全新的研究方法，同时沟通了自然科学、社会科学、管理科学、人文科学、技术科学等各大学科的内在联系，使更多的边缘学科和新兴学科以勃勃生机和崭新面貌已经和正在为人类解决许多新的重大的课题。人们因之称50年代以来的时代为系统时代。



系统是混乱和无秩序的反义词。它表示这样一个整体概念，即由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合而成，具有特定目的和特定功能的有机整体。一个系统可以有許多子系统，而该系统本身可能是更大系统的子系统。由大大小小的子系统构成了世界、构成了宇宙，系统的运行构成了世界万物的循环。

## 二、系统的分类

依据各个不同的侧面，系统的分类可以分述如下。

### 1. 依据自然属性可分为自然系统、人造系统和复合系统

自然系统是指由自然物生成的系统。例如生物系统、海洋系统、水循环系统等。

人造系统是指由人根据某个目的建立起来的系统。例如教育系统、企业系统、交通系统等。

复合系统是指由上述两个系统复合而成的系统。例如气象系统、海洋开发系统、农业系统等。

### 2. 依据社会属性可分为社会系统、学问系统、计算机系统

人聚集起来组成社会。人聚集起来做什么事？怎么做事？其全部实体就构成社会系统。例如经济系统、国家系统、管理系统等都属于社会系统。

把社会现象和自然现象看成是一种知识，如果这种知识形成了观念，就成为学问系统。例如教育系统、宗教系统、科研系统等。

计算机系统包含从CPU到外部设备、从输入到输出、从硬件到软件的各个因素。由于它特别的功能和特别的发展前景，组成了有特色的一大门类的系统。今后的社会将投入很大力量来研究这类系统。

### 3. 根据物质属性可分为实体系统和概念系统

实体系统是指由物质实体组成的系统。例如机械系统、建筑