

高等院校经济管理系列丛书

系统决策优化 案例分析

陈磊 郭全魁 王秀华◎著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

高等院校经济管理系列丛书

系统决策优化案例分析

陈 磊 郭全魁 王秀华 著



北京邮电大学出版社
[www. buptpress. com](http://www.buptpress.com)

内 容 简 介

本书运用系统工程基本理论,结合案例,重点研究系统决策优化的方法。全书由8章组成,第1章介绍系统工程概念、系统工程方法论、系统工程方法;第2章研究6个系统工程大型案例;第3章结合小型案例介绍系统分析、系统预测、系统模型、系统模拟、系统评价、系统决策的方法;第4~8章,从分析案例入手,重点介绍系统决策优化的常用模型,涉及资源配置、最小连接、网络最优流、选址布局、人员分派和工作计划安排等。

本书可作为运筹学、管理学、系统工程等专业研究生相关课程的参考教材,也可供从事经济和社会管理研究的相关人员作为参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

系统决策优化案例分析 / 陈磊, 郭全魁, 王秀华著. -- 北京: 北京邮电大学出版社, 2013. 12
ISBN 978-7-5635-3777-8

I. ①系… II. ①陈…②郭…③王… III. ①系统决策—系统优化—案例 IV. ①N945

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第294672号

书 名: 系统决策优化案例分析
著作责任者: 陈 磊 郭全魁 王秀华 著
责任编辑: 王丹丹
出版发行: 北京邮电大学出版社
社 址: 北京市海淀区西土城路10号(邮编:100876)
发行部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578
E-mail: publish@bupt.edu.cn
经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京天宇星印刷厂
开 本: 787 mm×960 mm 1/16
印 张: 12
字 数: 232千字
版 次: 2013年12月第1版 2013年12月第1次印刷

ISBN 978-7-5635-3777-8

定 价: 26.00元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

前 言

系统决策优化在社会生产活动与人们生活中具有重要的作用。随着社会经济的日益繁荣与信息技术的不断发展,人们倾向于用系统的观点来认识世界,并探索用系统思维、理论和方法来解决遇到的现实问题。

全书共分8章,第1章简述系统工程理论与方法,第2章分析系统工程大型案例,第3章结合小型案例介绍系统工程方法,第4章研究资源配置模型,第5章研究最小连接模型,第6章研究网络流模型,第7章研究选址布局模型,第8章研究工作安排模型。

在本书写作过程中,作者还阅读了国内外其他相关领域学者的许多文献,主要是国内系统工程领域、运筹学界,以及国内外图论研究领域的学术著作和教材,从中整理吸收了许多重要研究成果,并在书后参考文献中列出。

由于作者水平所限,书中存在一定的谬误,敬请广大读者批评指正。

作者

2013.7

高等院校经济管理系列丛书

系统决策优化 案例分析

陈磊 郭全魁 王秀华◎著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

高等院校经济管理系列丛书

系统决策优化案例分析

陈 磊 郭全魁 王秀华 著



北京邮电大学出版社
[www. buptpress. com](http://www.buptpress.com)

内 容 简 介

本书运用系统工程基本理论,结合案例,重点研究系统决策优化的方法。全书由8章组成,第1章介绍系统工程概念、系统工程方法论、系统工程方法;第2章研究6个系统工程大型案例;第3章结合小型案例介绍系统分析、系统预测、系统模型、系统模拟、系统评价、系统决策的方法;第4~8章,从分析案例入手,重点介绍系统决策优化的常用模型,涉及资源配置、最小连接、网络最优流、选址布局、人员分派和工作计划安排等。

本书可作为运筹学、管理学、系统工程等专业研究生相关课程的参考教材,也可供从事经济和社会管理研究的相关人员作为参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

系统决策优化案例分析 / 陈磊, 郭全魁, 王秀华著. -- 北京: 北京邮电大学出版社, 2013. 12
ISBN 978-7-5635-3777-8

I. ①系… II. ①陈…②郭…③王… III. ①系统决策—系统优化—案例 IV. ①N945

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 294672 号

书 名: 系统决策优化案例分析
著作责任者: 陈磊 郭全魁 王秀华 著
责任编辑: 王丹丹
出版发行: 北京邮电大学出版社
社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)
发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578
E-mail: publish@bupt.edu.cn
经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京天宇星印刷厂
开 本: 787 mm×960 mm 1/16
印 张: 12
字 数: 232 千字
版 次: 2013 年 12 月第 1 版 2013 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-3777-8

定 价: 26.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

前 言

系统决策优化在社会生产活动与人们生活中具有重要的作用。随着社会经济的日益繁荣与信息技术的不断发展,人们倾向于用系统的观点来认识世界,并探索用系统思维、理论和方法来解决遇到的现实问题。

全书共分8章,第1章简述系统工程理论与方法,第2章分析系统工程大型案例,第3章结合小型案例介绍系统工程方法,第4章研究资源配置模型,第5章研究最小连接模型,第6章研究网络流模型,第7章研究选址布局模型,第8章研究工作安排模型。

在本书写作过程中,作者还阅读了国内外其他相关领域学者的许多文献,主要是国内系统工程领域、运筹学界,以及国内外图论研究领域的学术著作和教材,从中整理吸收了许多重要研究成果,并在书后参考文献中列出。

由于作者水平所限,书中存在一定的谬误,敬请广大读者批评指正。

作者

2013.7

目 录

第 1 章	系统工程理论与方法	1
1.1	系统与系统工程概述	1
1.2	系统工程方法论	4
1.3	系统工程的主要方法	9
第 2 章	系统工程大型案例	18
2.1	曼哈顿计划	18
2.2	阿波罗计划	19
2.3	中国载人航天工程	22
2.4	阿拉斯加原油运输问题	27
2.5	汽车行业应对石油危机问题	29
2.6	“鱼钩”与“长矛”	31
第 3 章	系统工程小型案例	34
3.1	系统分析案例	34
3.2	系统预测案例	38
3.3	系统模型案例	45
3.4	系统模拟案例	52
3.5	系统评价案例	55
3.6	系统决策案例	66
第 4 章	资源配置问题模型案例	71
4.1	线性规划问题的引出	71
4.2	线性规划问题模型与解的性质	72
4.3	线性规划问题算法的基本概念	74

4.4	线性规划问题算法的迭代步骤	77
4.5	线性规划问题求解步骤示例	81
4.6	装载问题	83
4.7	一般的整数规划问题	88
4.8	多目标规划问题	93
第5章	最小连接问题模型案例	102
5.1	简单最短路问题	102
5.2	多阶段最短路问题	109
5.3	最小支撑树问题	112
5.4	巡查路线的选择问题	113
第6章	网络最优流问题模型案例	115
6.1	最大流问题	115
6.2	最小费用流问题	118
第7章	选址布局问题模型案例	121
7.1	补给点的选择问题	121
7.2	单个中心点的选取问题	122
7.3	多个中心点的选取问题	127
7.4	中位点的选取问题	136
7.5	监控点与急救点的选取问题	139
7.6	办公室布局问题	141
第8章	工作安排问题模型案例	146
8.1	飞行员分组问题	146
8.2	人员分派问题	153
8.3	仓库分配与人员编组问题	159
8.4	排课问题	163
8.5	调车问题	166
8.6	竞赛排序问题	168
8.7	计划网络图问题	169
后记		181
参考文献		182

第 1 章 系统工程理论与方法

优化问题实质上是一个在限定的条件下的决策问题,对一项工程设计来说,优化不可能给出工程问题的创新解法,只能在预定的设计限制下去优化预定的方案。要完成工程问题的环境设定,建立起各种方案和策略的概念,并对这些方案和策略进行辩证,就需要依据系统工程观念,运用系统工程方法论,采用系统工程方法去完成。为此,需要先建立关于系统、系统工程、系统工程方法论、系统工程方法等的概念。

1.1 系统与系统工程概述

现代社会,我们经常用到“系统”一词,系统无处不在。例如,银河系,太阳系,地月系统,三峡工程系统,全国铁路交通系统,国防教育系统,航天发射系统,抗洪救灾系统,网络反腐系统,人体系统等。考察这些系统,它们之间是不一样的:有的系统,其构成系统的成员是自然界存在的;有的系统,其构成系统的成员是人们创造的;有的系统,其实是一个社会组织。但是真正搞清楚“系统”的概念,并非易事。本节首先介绍系统的概念,涉及的术语参见相关文献^[1-8]。

1. 系统的概念与特征

“系统”一词最早出现于古希腊德莫克利特写过的一本《宇宙大系统》中,“synhistanai”一词原意是指事物中共性部分和每一事物应占据的位置,也就是部分组成整体的意思。

关于“系统”,已经有很多学者给出过定义,通过分析总结关于“系统”的各种定义,本书作者认为,自然界、人类社会和人的思维领域都是由“元素”构成的,“元素”之间客观上存在着某种聚合性,如同万有引力那样,当人们在研究某种属性的问题时,有些“元素”之间的关系比较密切,有些“元素”之间的关系相对比较疏远,关系比较密切的“元素”具有相同的属性,能够按照特定的关系和运行过程聚合起来,成为一个能输出一定功能的“聚合体”。

什么是系统? 简单地说,人们为了研究问题的方便,称具有相同属性、能够聚合起来输出一定功能的那些“元素”的聚合体为“系统”。

从这个定义,一方面可以看到,“系统”是唯物的,是客观存在的,强调了“系统”的物质性基础。另一方面必须看到,“系统”又是辩证的,是主观意识的表现,强调

了“系统”是人们的一种思维形式,是人们认识客观世界的一种普遍模型和通用方法。“系统”的概念是人们在处理客观世界的无限性与人们认识世界的有限性之间的矛盾时的一种方法。

根据这个定义,许多社会组织也可以看作一个系统,比如金融系统、校园网系统等。一个“人”,作为一个生物体来说,本身也可看作是一个系统,称为人体系统。人们研究“系统”的概念,经常采用“拟人”的语言来描述。

组成“系统”的“元素”的相同属性称为系统的属性。“系统”输出的功能称为系统的功能,也称为系统的生命力;“系统”中“元素”之间的特定的关系称为系统的结构;系统运行的过程受系统中某种规则所制约;系统运行过程在外观上表现出的某种状态可以被人们所认识。

研究“系统”的概念的目的,一是描述已存在的系统,通过考察系统的输入与输出,研究系统的运行状态,通过干预系统的运行,使系统保持人们期望的额定的输出功能,即保持系统的生命力;二是构造一个新的系统,使得构造的新的系统,能为人们提供某种产品或某种服务,称这个新的系统为目的系统。

系统的属性取决于组成它的“元素”和“元素”间的关系,也就是说,对同样的“元素”建立不同的结构(即确定“元素”间不同的关系),就会有不同的总体属性。因此,从普遍意义上来说,系统的价值称为系统结构的势能。为了提高人造系统的价值,可以从两个方面入手,可以用不同的“元素”组成系统,也可以用“元素”间的不同关系来组成系统。

明确系统的特性,是人们认识系统、研究系统、掌握系统思想的关键。系统应当具备的特征如下。

(1) 集合性

集合性表明系统是由许多(至少两个)可以相互区别的要素组成。

(2) 整体性

系统的整体性是系统最基本最核心的特性,主要表现为系统的整体功能。系统的整体功能不是各组成要素功能的简单叠加,也不是由组成要素简单地拼凑,而是呈现出各组成要素所没有的新功能,可概括地表达为“系统整体不等于其组成部分之和”。

整体不等于局部之和,会出现两种情况。

第一种情况是整体小于局部之和,即 $1+1<2$ 。三个和尚没水吃,属于这种情形。

第二种情况是整体大于局部之和,即 $1+1>2$ 。三个臭皮匠,胜过诸葛亮,属于这种情形。

由于这种整体功能不是各要素所单独具有的,因此对于各要素来说,这种整体功能的产生就不仅是一种数量上的增加,更表现为一种质变,系统整体的质不同于各要素的质。

(3) 相关性

相关性是指系统内部的要素与要素之间、要素与系统之间、系统与其环境之间

存在着这样那样的联系。联系又称关系,常常是错综复杂的。如果不存在相关性,众多的要素就如同一盘散沙,只是一个集合(set)而不是一个系统(system)。系统中任一要素与存在于该系统中的其他要素是互相关联又互相制约的,它们之间的某一要素如果发生了变化,则其他相关联的要素也要相应地改变和调整,从而保持系统整体的最佳状态。

(4) 目的性

由于所研究的对象系统都具有特定的目的。研究一个系统,首先必须明确它作为一个整体或总体所体现的目的与功能。人们正是为了实现一定的目的,才组建或改造某一个系统的。

(5) 涌现性

系统的涌现性包括系统整体的涌现性和系统层次间的涌现性。系统的各个部分组成一个整体之后,就会产生出整体具有而各个部分原来没有的某些东西(性质、功能、要素),系统的这种属性称为系统整体的涌现性。系统的层次之间也具有涌现性,即当低层次上的几个部分组成上一层级时,一些新的性质、功能、要素就会涌现出来。比如战斗机由机身、发动机和机翼组成,这些组成部分不存在飞翔的功能。但是它们组合而成的战斗机就具有飞翔功能,这就是涌现性。

(6) 有序性(层次性)

如果系统很大,则可以把它分成几个子系统,各层次之间有着包含与被包含的关系,或者领导与被领导的关系。比如一所综合大学包含若干个学院,每个学院是该综合大学的子系统,该综合大学又是全国教育系统的子系统。

(7) 成长性

任何系统都是从无到有,从小到大,经历孕育期、发展期、成熟期、衰老期和更新期。比如一套武器系统,经历了发展论证—演示实验—科研试验—采购订货—装备部队—使用保障等寿命阶段以后,就面临着退出系统,有的可能通过更新改造,继续回到原来的系统,有的可能通过再制造,进入新的系统。

(8) 环境适应性

环境是指存在于系统以外事物(物质、能量、信息)的总称,也可以说系统的所有外部事物就是环境。所以,系统时刻处于环境之中,环境是一种更高级的、更复杂的系统,在某些情况下它会限制系统功能的发挥。环境的变化对系统有很大的影响,系统和环境是相互依存的,系统必然要与外部环境产生物质的、能量的和信息的交换,系统如同作为生物体的人那样,具有输入和输出功能。一个“人”,作为一个生物个体系统,从外部环境中向这个系统输入食物、阳光、水、空气和信息等,这个系统除了向外部环境输出排泄物之外,还向外部环境有其他的物质的、能量的和信息的输出。一个“人”,作为一个生物个体系统,它能够随着外部环境的变化,调整该系统的运行,使之适应外部环境的变化。具有这种性质的系统,称为自适应系统,许多社会组织是自适应系统。一个系统对环境的适应性,体现着该系统的生命力。

环境适应性特征,不仅需要系统对外部环境的感知,还需要在系统内对各要素之间相关性进行调节,适时调整系统的运行,只有系统内部关系和外部关系相互协调、统一,才能全面地发挥出系统的整体功能,保证系统整体向最优化方向发展,从而保持系统的生命力。

2. 系统工程的概念

综合归纳国内外关于系统工程的概念,系统工程不是一门具体的工程技术,也不是一种具体的工程方法,而是跨越各个科学技术领域,涉及经济、社会、心理、自然界等诸多领域的一门应用科学。

从根本意义上来讲,系统工程是一种思维模式,而不是一种按照某种固定的方法就能得到预期结果的某种技术,研究如何使得组成系统整体的各子系统的功能全面、协调、可持续的发展,致使系统整体达到最优目标,还要充分发挥系统中人的作用。

系统工程最基本的作用和意义就在于运用系统的观点,体现系统分析问题的集合性、整体性、相关性、目的性、涌现性、有序性、成长性、环境适应性等特点,从整体上有效合理地开发工程的价值。

将系统工程用于开发各专业领域的工程时,必然首先碰到与各种各样的工程领域环境密切相关的问题,自然也就产生了侧重于研究各种专业领域的系统工程,比如农业系统工程、水电系统工程、交通系统工程、军事系统工程等。但是不能说研究某个具体领域的系统工程问题,只要局限于该领域的知识就可以了,也就是说,研究具体领域的系统工程问题,也必须站在人和自然和谐相处的宏观系统上考虑。

比如说农业系统工程,不能把它局限在运用农业系统的知识,处理农业系统的问题,还需要分析研究农业系统如何适应外部环境系统,如何在外部环境系统发生变化的情况下,保持农业系统的正常运行。

更具体地说,比如研究水电站建设的系统工程问题,就不能只是局限在研究水电系统,除了研究经济建设对电力的需要,水电建设的成本以及水电与火电、风电、潮电、太阳能电、核电等的关系,还应考虑生态环境问题、气候变化问题、地质灾害问题,以及国防问题、民族问题、国际关系问题,还有国家未来的发展环境问题、若干年后的世界格局走向等。

1.2 系统工程方法论

无论是发展理论还是解决复杂实际问题,都面临着不同层次的知识(经验的、实验的、哲学的),不同领域不同学科的知识(自然科学、社会科学、数学科学等),不同类型的知识(定性的、定量的),如何把这些知识、智慧综合集成起来,涌现出新知识和智慧,也就是如何综合运用人类知识体系这个宝贵的知识资源,提高认识世界的水平和增强改造世界的能力,这就有个方法和方法论的问题。涉及的术语参见相关文献^[9-14]。

1. 系统工程方法论的概念

方法论是解决问题的辩证程序的总体。通过这样的辩证程序把问题和可用的技术联系起来,求得问题的解决。它的意义可以说是设定问题的环境,即解决问题的概念、目标(功能目标和价值目标)、结构关系和过程、途径、方法选择依据等,也常称之为方法框。通俗地说,系统工程方法论就是解决系统工程问题的方法框。

现代系统思想兴起以后,学术界逐步将实践中用到的方法提升到方法论的高度。现根据系统工程方法论提出的时间顺序,简单介绍霍尔(A. D. Hall)方法论、切克兰德(Chekland)系统工程方法论、综合集成系统方法论和物理—事理—人理系统方法论。

2. 系统工程方法论的主要代表

(1) 以霍尔为代表的硬系统工程方法论

1969年,美国贝尔电话公司的工程师霍尔总结开展系统的经验,写了《系统工程方法论》一书,提出了著名的三维结构方法体系。该方法来源于“硬”的工程系统,适用于良性结构系统。这种思维过程,在解决大多数硬的或偏硬的工程项目中,是卓有成效的,受到了各国学者的普遍重视。

霍尔提出的三维结构方法体系,对系统工程的一般过程作了比较清楚的说明,它将系统的整个管理过程分为前后紧密相连的时间维的7个阶段和逻辑维的7个步骤,并同时考虑到为完成这些阶段和步骤的工作所需的各种专业知识和管理知识。三维结构由时间维、逻辑维和知识维组成,如图1-1所示。

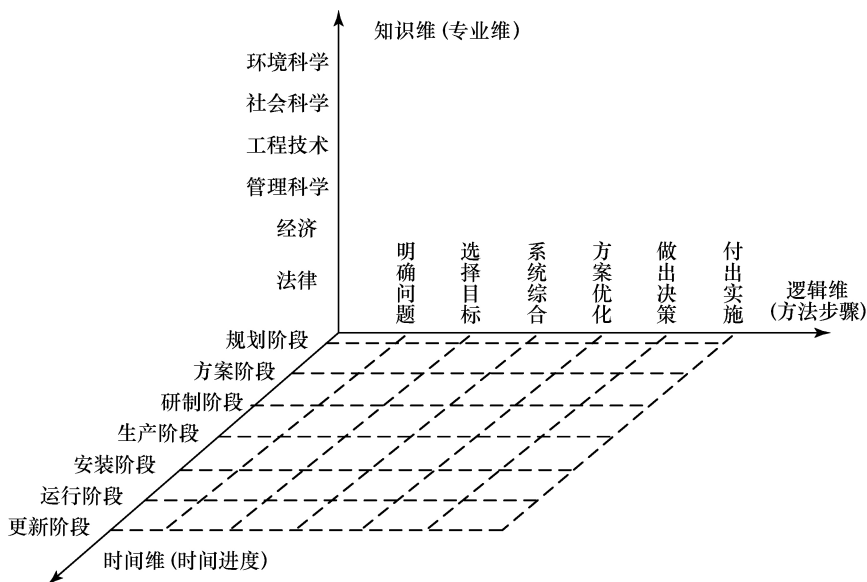


图 1-1 霍尔提出的三维结构方法体系

(2) 以切克兰德为代表的软系统工程方法论

软系统工程方法论是由英国学者切克兰德在 20 世纪 80 年代创立的,软系统工程方法论是在霍尔硬系统工程方法论基础上提出来的。

切克兰德认为:完全按照解决工程问题的思路来解决社会问题和软科学问题,将遇到很多困难,至于什么是“最优”,由于人们的立场、利益各异,判断价值观不同,很难简单地取得一致看法。因此,“可行”、“满意”、“非劣”的概念逐渐代替了“最优”的概念。还有一些问题只有通过概念模型或意识模型的讨论和分析后,才能使得人们对问题的实质有进一步的认识,经过不断磋商、反馈,逐步弄清楚问题,得出满意的可行解。切克兰德根据以上思路提出的方法论,称为“软系统方法论”。该方法的核心不是寻求“最优化”,而是“调查、比较”,或者说是“学习”,从模型和现状比较中,学习改善现存系统的途径。因此,又被称为“调查学习法”。其方法步骤如图 1-2 所示。

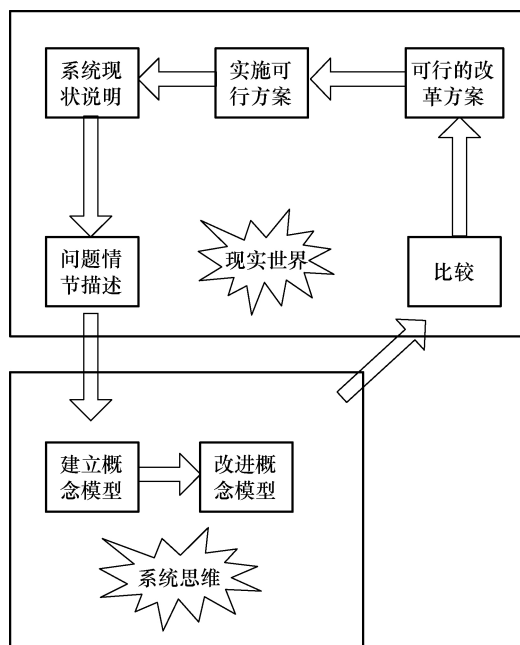


图 1-2 切克兰德系统工程方法论步骤

(3) 综合集成方法论

钱学森在对开放的复杂巨系统长期研究基础上,于 1989 年提出了从定性到定量的综合集成法,简称综合集成(meta-synthesis,)。1992 年,钱学森又提出了这一科学方法的应用形式“从定性到定量综合集成研讨厅体系”(Hall for Work Shop of Meta-synthetic Engineering,HWSME)。

这套方法论是从整体上研究和解决问题的方法,采取人机结合、以人为主的思

维方法和研究方式,对不同层次、不同领域的信息和知识进行综合集成,达到对整体的定量认识。综合集成方法的实质是将专家经验、统计数据和信息资料、计算机技术三者的有机结合,构成一个以人为主的高度智能的人机结合系统,发挥这个系统的整体优势,去解决复杂的决策问题。

本书作者认为,“从定性到定量”,确实是人们解决复杂的决策问题的方法论。一个高层决策者,在突发事件的第一时刻,所做出的“拍脑袋”决策往往是正确的,尽管这一决策在更大程度上只是定性的,但是它凝聚着决策者的丰富经验和高度智慧。当然,要把这种“拍脑袋”变成“科学决策”,需要统计数据,研究该事物发展变化的规律,还需要最新的信息资料,掌握该事物发展变化的过程阶段,采用计算机模型模拟的方法,给出定量的结果。定量的结果可能不支持原来的“拍脑袋”,就需要对原来的“拍脑袋”进行修正。经过几次反复,螺旋式上升,最后给出比较符合实际的决策方案。在信息化时代,尽管第一时间的“拍脑袋”算不上“科学决策”,但是,这个过程是必然的,它为定量分析指明了方向。

对开放复杂巨系统的综合集成要以人类积累的全部知识为基础,要在整个现代科学知识体系中作大跨度的跳跃,集大成,出智慧,产生新思想、新知识、新方法,钱学森称其为大成智慧。在哲学上,就是要把经验与理论、定性与定量、人与机、微观与宏观、还原论与整体论辩证地统一起来。

运用综合集成方法解决开放复杂巨系统问题的基本步骤和要点,如图 1-3 所示。

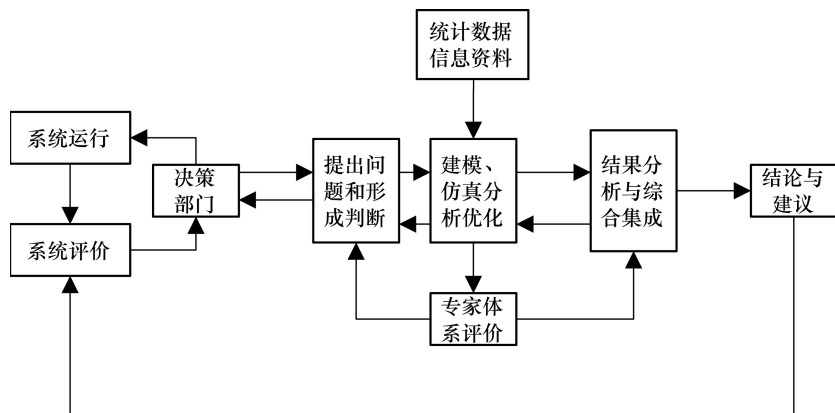


图 1-3 综合集成方法的步骤

(4) 物理—事理—人理系统方法论

东方的系统思想在三千多年前即开始,“天人相应”、“天人合一”是东方所推崇的系统思想,因此现代东方系统方法论认为系统运动图应在两端加以修改,一端是它的起源,应加入古代系统思想,特别是中国古代的系统思想。图 1-4 画出了新的