

# 现代系统科学方法论及应用

xiandai xitong kexue fangfalun ji yingyong

## ——优化方法与探索复杂性

伍进 著



电子科技大学出版社

# 现代系统科学方法论及应用

——优化方法与探索复杂性

伍 进 著

电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

现代系统科学方法论及应用/伍进主编. —成都:电子科技大学出版社, 2005. 2

ISBN 7-81094-754-0

I. 现... II. 伍... III. 系统科学—科学方法论  
IV. N941

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 008605 号

## 现代系统科学方法论及应用

——优化方法与探索复杂性

伍 进 著

---

出 版:电子科技大学出版社(成都市建设北路二段四号 邮编:610054)

责任编辑:张 鹏

发 行:电子科技大学出版社发行部

印 刷:电子科技大学出版社印刷厂

开 本:850×1168 1/32 印张 12.3125 字数 310 千字

版 次:2005 年 2 月第一版

印 次:2005 年 2 月第一次印刷

书 号:ISBN 7-81094-754-0/G·169

印 数:1—3000 册

定 价:18.50 元

---

## 内 容 提 要

本书以传统科学方法、系统科学方法和复杂性科学方法为线索，结合优化方法等一些典型事例，比较系统地介绍了现代系统科学方法的产生、研究对象、基本原则、思想方法、实际应用以及发展前景，具有一定的知识性、思想性和方法性，图文并茂，通俗易懂。

本书既适合大中专院校文理各科学学生作为素质教育的教材和参考书，也可作为管理工作、科技工作者、社会工作者以及希望学习、了解现代系统科学方法论的各类人员的辅导读物。读者可以从中获得一定的新理论和新观点，丰富和更新知识及调整知识结构，吸取新思想和新方法。

# 前 言

有所发现，有所发明，有所创造，有所前进，这是千万科学工作者和有志于为科学事业献身的人们渴望达到的目标。为了实现这一目标，人们都希望获得成功的“秘诀”，找到通往光明之路的“捷径”，以取得事半功倍之成效。

然而，在科学的征途上，究竟有没有成功的“秘诀”和“捷径”呢？从根本上说，科学来不得半点虚假，这里没有什么“秘诀”和“捷径”的。但是，从另一种意义上，我们又可以说，在科学探索的道路上是存在成功的“秘诀”和“捷径”的，这个“秘诀”和“捷径”是什么呢？这就是正确地掌握科学探索的方法论。

人类对自然的认识借助于人类认识自然的方法和手段，科学方法既是认识自然的工具和手段，又是科学进步的结果。科学史的发展也告诉我们，每一科学成果的出现，除了有社会与生产力的发展和科学技术进步的推动之外，还和方法理论的进步分不开。科学进化本身就包含着科学方法的进化，而方法理论的重大突破，也预示了科学探索的重大突破。现代科学技术的发展，极大地推动了方法本身的发展，同时也为我们研究科学方法提供了客观条件。既然科学的发展，推动着方法论的前进，自然地，现代科学技术的发展，也使方法现代化。

自 20 世纪 40 年代以来，科学技术的发展瞬息万变，突飞猛进，为人类认识和改造世界，揭示自然界的奥秘提供了现代科学技术基础。在现代科学技术的摩天大楼中，尤其以系统为研究对象的系统科学占有重要地位，在系统科学中，系统论、控制论、信息论、耗散结构论、协同论、突变论、混沌理论和系统工程等

等新学科，又是 20 世纪科学的花园中几束引人瞩目的奇葩。实践证明，这些新学科在社会、经济、科学、技术和管理等领域的广泛应用，已取得了丰硕的成果，在人类认识和改造世界的活动中发挥着越来越大的作用，并将产生日益深远的影响。

这些学科的产生有着相同的历史动因、相同的研究对象、相同的研究目的，彼此之间有着密切的联系，有着许多共同的特点，并且，在各学科的发展过程中，它们又互相渗透，取长补短，大有殊途同归之势。它们的产生，不仅大大改变了世界科学发展的前景，而且也改变了人们传统的思维方式，并逐步形成了现代系统科学方法论。它们提供的新理论和新方法，促进了人类社会的进步。

“山外青山楼外楼”，科学技术一方面高度分化，一方面高度综合，导致了现代科学以综合为主的整体化趋势，自然科学、技术科学、社会科学交叉渗透，已经难以判断是自然科学还是社会科学。因此，了解和掌握现代系统科学方法论，对于哲学工作者和文科大学生来说是必要的，是自然科学知识；对于科学工作者和理科大学生来说，也是必要的和有益的，是人文科学知识；对于经济管理工作者和经济管理学科的大学生，就更有意义了。从大学生合理的知识结构和能力结构来看，本书讨论的属于动态知识，对培养创造能力是很有帮助的。

本书遵循科学发展的轨迹，本着理论联系实践的原则，分五篇来论述：第一篇讲述科学方法基础，包括科学与方法和传统科学方法两部分；第二篇讲述系统科学方法，包括一般系统论、控制论、信息论方法三部分；第三篇讲述系统科学的优化方法，包括系统科学在组织管理、工程管理和经济管理中的优化方法三部分；第四篇讲述复杂性科学方法，包括耗散结构论、协同学、突变论、混沌理论四部分；第五篇讲述现代系统科学方法的应用，包括系统科学方法在社会、经济、管理等领域里的部分应用四部

分。全书共 16 章。

本书讨论的，是一门关于各门学科的综合方法，也称横断科学方法。“予人一鱼，仅供一餐，授人以渔，受用终身。”

俗话说：“苦干，实干，加巧干。”方法指的就是巧干。“只要功夫深，铁杵磨成针。”这并不是说真的让人用铁杵磨针，也不是说凡事只要苦干就能成功。因为成功与勤奋、苦干之间并不能画上等号，也不构成简单的正比公式。对于科学发现和创造的成功，勤奋诚可贵，方法也不可少。

本书是笔者在多年教学、科研和工作中的探讨和总结，也引用了大量公开发表的观点和材料，其中也包括笔者主持项目的研究成果。撰写期间，笔者得到了家人和朋友们的许多指导和帮助。在此，谨以此书献给他们，以表达我最诚挚的感谢！繁忙之中，没有时间对本书精雕细琢，疏漏之处一定不少，恳请各位专家、读者不吝赐教。

作 者

2004 年夏于贵阳花溪贵州大学

# 目 录

## 第一篇 科学方法基础

|                             |      |
|-----------------------------|------|
| 第一章 思想耕作中最有效的工具：科学与方法 ..... | (2)  |
| 一、科学 .....                  | (2)  |
| 二、技术 .....                  | (4)  |
| 三、方法 .....                  | (5)  |
| 第二章 近代科学的辉煌：传统科学方法 .....    | (10) |
| 一、观察实验方法 .....              | (10) |
| 二、理性思维方法 .....              | (13) |
| 三、数学方法 .....                | (20) |
| 四、非逻辑思维方法 .....             | (23) |

## 第二篇 系统科学方法

|                               |      |
|-------------------------------|------|
| 第三章 当代思维方式的一次变革：一般系统论方法 ..... | (27) |
| 一、一般系统论的产生和发展 .....           | (27) |
| 二、还原论与系统观 .....               | (29) |
| 三、系统的分类 .....                 | (36) |
| 四、系统论的基本原则 .....              | (41) |
| 第四章 科学的整体化趋势：信息论方法 .....      | (58) |
| 一、信息论的产生和发展 .....             | (58) |

|                                 |             |
|---------------------------------|-------------|
| 二、信息的基本概念 .....                 | (63)        |
| 三、通信系统模型 .....                  | (69)        |
| 四、信息量与负熵 .....                  | (73)        |
| 五、信息方法及其作用 .....                | (77)        |
| <b>第五章 动物与机器的类比：控制论方法 .....</b> | <b>(81)</b> |
| 一、控制论的产生与发展 .....               | (82)        |
| 二、控制论的基本概念 .....                | (88)        |
| 三、控制论的基本方法 .....                | (98)        |

### 第三篇 系统科学的优化方法

|                                    |              |
|------------------------------------|--------------|
| <b>第六章 科学管理中的优化方法：系统工程 .....</b>   | <b>(116)</b> |
| 一、系统工程的基本思想和理论基础 .....             | (116)        |
| 二、线性规划 .....                       | (117)        |
| 三、非线性规划 .....                      | (122)        |
| 四、动态规划 .....                       | (123)        |
| 五、对策论 .....                        | (126)        |
| 六、排队论和搜索论 .....                    | (136)        |
| 七、系统工程的工作程序和体系 .....               | (138)        |
| <b>第七章 工程管理中的优化方法：网络计划技术 .....</b> | <b>(142)</b> |
| 一、网络计划技术的产生和发展 .....               | (142)        |
| 二、网络图的基本概念及画法 .....                | (146)        |
| 三、PERT 网络的计算方法 .....               | (152)        |
| 四、CPM 网络计算方法 .....                 | (156)        |
| <b>第八章 经济管理中的优化方法：投入产出模型 .....</b> | <b>(165)</b> |
| 一、投入产出模型的概念 .....                  | (165)        |

|                   |       |
|-------------------|-------|
| 二、投入产出分析及模型 ..... | (168) |
| 三、投入产出分析方法 .....  | (172) |
| 四、完全消耗系数 .....    | (177) |
| 五、平衡模型的主要用途 ..... | (178) |

## 第四篇 复杂性科学方法

|                                    |       |
|------------------------------------|-------|
| <b>第九章 非平衡系统的自组织理论：耗散结构</b> .....  | (182) |
| 一、耗散结构理论的产生及发展 .....               | (182) |
| 二、形成耗散结构的条件 .....                  | (186) |
| 三、耗散结构的稳定性及系统进化观 .....             | (191) |
| 四、耗散结构涉及的基本概念 .....                | (196) |
| <b>第十章 认识量变与质变的新视角和新方法：突变论</b> ... | (215) |
| 一、突变现象 .....                       | (215) |
| 二、基本突变类型 .....                     | (219) |
| 三、量变与质变、渐变与飞跃 .....                | (223) |
| 四、突变理论的应用 .....                    | (226) |
| <b>第十一章 大自然成功的奥秘：协同学</b> .....     | (228) |
| 一、协同现象 .....                       | (228) |
| 二、协同现象产生的条件 .....                  | (234) |
| 三、协同学的基本思想和发展前景 .....              | (236) |
| 四、协同学的思想方法 .....                   | (244) |
| <b>第十二章 事物创新和发展的源泉：混沌理论</b> .....  | (255) |
| 一、混沌现象与混沌理论的产生 .....               | (255) |
| 二、混沌理论的基本概念 .....                  | (258) |
| 三、分形理论 .....                       | (265) |

|                      |       |
|----------------------|-------|
| 四、关于未来不确定思想的演变 ..... | (270) |
| 五、混沌学的方法论意义 .....    | (273) |
| 六、混沌哲学 .....         | (279) |

## 第五篇 现代系统科学方法的应用

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| 第十三章 信息方法与信息科学 .....       | (294) |
| 一、信息方法与科学整体化 .....         | (294) |
| 二、信息方法与管理科学 .....          | (296) |
| 三、信息方法与人体科学 .....          | (299) |
| 四、信息科学 .....               | (305) |
| 五、信息技术的应用与人类社会进步 .....     | (308) |
| 第十四章 控制论方法的应用意义 .....      | (315) |
| 一、反馈方法在经济管理中的应用 .....      | (315) |
| 二、功能模拟方法在现代科技研究中的作用 .....  | (320) |
| 三、黑箱方法的意义和应用 .....         | (327) |
| 四、经济控制论系统 .....            | (329) |
| 第十五章 耗散结构与市场经济 .....       | (334) |
| 一、经济发展战略确立的耗散条件 .....      | (334) |
| 二、市场系统有序结构形成的临界耗散行为 .....  | (338) |
| 三、期货市场的耗散动力学过程 .....       | (347) |
| 第十六章 现代系统科学方法用于社会学领域 ..... | (353) |
| 一、迪尔凯姆社会学说中的系统思想 .....     | (353) |
| 二、自然系统理论与思想工作方法 .....      | (361) |
| 三、科技与社会非平衡系统的协调发展 .....    | (367) |

# 第一篇

---

人们认识自然和改造自然的方法，是在世代代的漫长岁月里不断总结和形成的。这一系列方法逐渐形成了方法论体系，并且为辩证思维所贯通。这些方法是一些概括程度较高、适用范围较大的方法，不是局限于一门学科，而是对各门学科都适用的方法。比如：观察方法、实验方法、系统方法、逻辑方法，逻辑方法又包括比较法、分类法、类比法、归纳法、演绎法、分析法、综合法等等。

科学方法论的发展与自然科学的发展是紧密结合的，同时，作为认识论的重要内容，也是与哲学的发展分不开的。历史上凡是对人类认识的发展起过积极影响作用的大思想家，不论是自然科学家还是哲学家，或者既是科学家又是哲学家，大都对科学方法论非常关注，常常有独到的见解。有些人还留下了具有方法论意义的著作，如亚里士多德（Aristotle）的《工具论》、培根（F. Bacon）的《新工具》、笛卡尔（R. Descartes）的《更好地指导推理和寻求真理的方法论》、伽利略（Galilei）的《关于两门新科学的对话》、黑格尔（G. Hegel）的《逻辑学》、牛顿（Isaac Newton）的《自然哲学的数学原理》等等。

---

## 第一章

# 思想耕作中最有效的工具： 科学与方法

### 一、科学

对“科学”一词有若干种解释，每种解释都反映出科学某一方面的本质特征。到目前为止，也没有任何一个人给科学下的定义为世人公认，由于科学本身也在发展，人们对它的认识也在不断深化，要给科学下一个永恒不变的定义，是难以做到的。

我们沿着历史的轨迹，把众多关于科学的定义、解释加以概括，提出为多数人可以接受的概念，通过对这一概念的阐述，加深我们对“科学”的理解和认识。

#### （一）科学是反映客观事实和规律的知识

人是如何认识客观世界的呢？人是如何获得知识的呢？

实践出真知，人们是靠生产实践、生活实践和科学实验得到知识的，如果得到的知识能反映客观事实和规律，它就是真知了。因此，准确把握科学这个概念的实质，主要是加深对“事实”和“规律”的认识。

事实可以是历史事实、社会事实、自然界的事实和其他事实。科学就是发现人类未知的事实，如化学家发现的新元素，经济学家发现的资本主义经济危机。规律是反映客观事实之间联系的准确判断。这种规律，就是学问，就是知识，也就是科学了，人们只能发现它，但不能创造它。

总之，只要深刻认识“事实”和“规律”，我们就进入了伟大的科学殿堂。

## （二）科学是反映客观事实和规律的知识体系

20 世纪初，人们认识到科学是由很多学科门类交织组成的知识体系。此时，数学、物理、化学、天文、地理、生物等基础学科和电力、机械、建筑、钢铁、医药等工程科学及管理科学都比较成熟了。科学已不只是事实或规律的知识单元，而是由这些知识单元组成学科，学科又组成学科群，形成了一个多层次的知识体系。

科学家是系统掌握某一方面知识并能利用这些知识对诸多现象作出解释的人。科学史表明，科学家不只是知识的发现者，更重要的还是知识的综合者。古今中外的大学问家，都是在综合知识中创造，在发现知识中综合，才成为科学家的。他们在综合的过程中，按照内在逻辑关系把已知知识（或定理）条理化、系统化，发现矛盾或空白，再作观察，试验论证，得出新的原理，补充和完善了知识体系，这是一种科学过程。

因此，大部分辞书给科学下的定义都强调“科学是知识体系”，认为“科学是关于自然、社会和思维的知识体系”，即科学是反映客观事实和规律的知识体系。

## （三）科学是反映客观事实和规律的知识体系相关活动的事业

第二次世界大战后，人们的科学概念发生了巨大变化。那种把科学概念仍停留在 20 世纪初，认为只是反映事实和规律的普遍客观真理的知识体系的认识已经不够了。

科学研究经过 16 世纪伽利略时代的个体活动，到 17 世纪牛顿的松散群众组织的皇家学会时代，又到爱迪生的“实验工厂”的集体研究时代，然后是 20 世纪 40 年代美国实现曼哈顿计划研制出原子弹的国家规模建制时代，最后是今天国际合作的跨国建

制时代。自科学活动进入国家规模以来，人们已把科学称为“大科学”，认为“科学是一种建制”，即科学成为一项国家事业，从而使企业和政府都直接参与了科学事业，实现了科学家与企业家、政治家的结合。近年来，随着网络全球化，跨国公司有很大发展，国家的地域化、集团化发展趋势，使不同国籍的科学家之间实现合作，科学成为一项国际事业或产业，越来越多的科学家把科学事业列入第四产业。1991年，我国著名科学家钱学森特别强调建立第四产业——科学技术的重要意义，并作为重大战略决策向政府提出建议。这是科学是“一种建制”的现实表现。

科学作为一项事业，在社会总体活动中的地位和功能表现在两个方面：一是在精神文明方面，即认识世界是科学的认识功能；二是在物质文明方面，即改造世界，是科学的生产功能。

## 二、技术

### （一）技术的概念

对技术的本质和意义进行考察研究，始于古希腊。亚里士多德曾把技术看成是制作的智慧。在罗马时代，工程技术发达，人们对技术不仅看到“制作”这实的方面，也看到了是“知识形态”虚的方面。17世纪，英国培根曾提出要把技术作为操作性学问来研究，德国哲学家康德也曾在《判断力批判》中讨论过技术。尔后人们提出了“技术论”。

18世纪末，法国科学家狄德罗（Denis Diderot）在他主编的《百科全书》条目中开始列入了“技术”条目。他指出：“技术是为某一目的共同协作组织的各种工具和规则体系。”这句话有五个方面的含义：

- ①把技术与科学区别开来，技术是“有目的”的；
- ②强调技术的实现是通过广泛的“社会协作”完成的；

③指明技术的首要表现是生产“工具”，是设备，是硬件；

④指出技术的另一重要表现形式——“规则”，即生产使用的工艺、方法、制度等知识，是软件；

⑤和科学一样，把定义的落脚点放在“知识体系”上，即技术是成套的知识系统。

直到现代，许多辞书上的技术定义，基本上没有超出狄德罗的技术概念范畴。

## （二）技术与科学的关系

科学与技术是辩证统一的整体，科学中有技术，如物理学中有实验技术；技术中有科学，如杠杆、滑车中有力学。技术产生科学，如射电望远镜的发明与使用，产生了射电天文学。科学产生技术，如：1831年发现电机原理，1882年生产出发电机；1862年发现内燃机原理，1876年生产出内燃机；1925年发现雷达原理，1935年制造出雷达装置；1928年发现青霉素，1943年生产出青霉素药剂；1938年发现核裂变，1945年造出原子弹；1948年发现半导体，1954年生产出半导体收音机。

科学回答的是“是什么，为什么”，技术回答的是“做什么，怎么做”；科学提供物化的可能，技术提供物化的现实；科学是发现，技术是发明；科学是创造知识的研究，技术是综合利用知识于需要的研究。

区别科学与技术的目的，不是将它们分开，而是要更好地统一考虑。注重技术时要想到科学，注重科学时要考虑技术。对于科学来说，技术是科学的延伸，对于技术来说，科学是技术的升华。

## 三、方法

### （一）方法的概念

方法，严格地说应该是“按照某种途径”这个术语，其语

义学的解释是指有关某些调节原则的说明，这些调节原则是为了达到一定的目的而必须遵循的。

方法在各个人类活动领域，各个人类活动层次都有自己的具体内容。在生产活动中，它是制造一定产品的一系列手段；在教育活动中，它是各种办学形式和教学方式；在科学认识活动中，它是实验研究和理论构造的恰当配合；在艺术活动中，它是审美评价和形象塑造的原则和方法；在创造和发现中，它是某种不可言传的领悟；在哲学中，它是高度概括的原理、范畴、规律体系，既可以称之为世界观，也可以称之为规范。

简言之，方法是关于认识世界和改造世界的目的方向、途径、策略手段、工具及操作程序的选择系统。

## （二）方法的哲学意义——从方法到方法论

自然科学从古代浑然一体的自然哲学到分门别类研究的实验科学，乃至发展到今天既高度分化又高度综合的现代科学，经历了一个否定之否定过程。与此相应的人类认识功能和研究方法，也从古代生动的直观分析和现在的辩证综合，达到了思维中的具体。

追寻哲学发展的线索，我们不难把哲学反思按照它的聚焦方向分为古代、近代和现代三个时期。相应地，反思的焦点也有某种明显的变化，其方向就是从本体论转向认识论，再从认识论转向方法论。

在古代，哲学家提问的方式是：“世界是什么？”尽管当时科学认识水平还处在一个混沌初开的阶段，但人们在方法上孜孜以求的却是认识世界的一般原理。这时，对方法的追求是笼统的，模糊的。

到了近代，对自然界分门别类的研究开始取得卓越的成果，许多科学从哲学中分化和独立出来，这时哲学家的提问方式变成“世界是怎样认识的”，认识的根源和结构成为哲学研究的焦点，