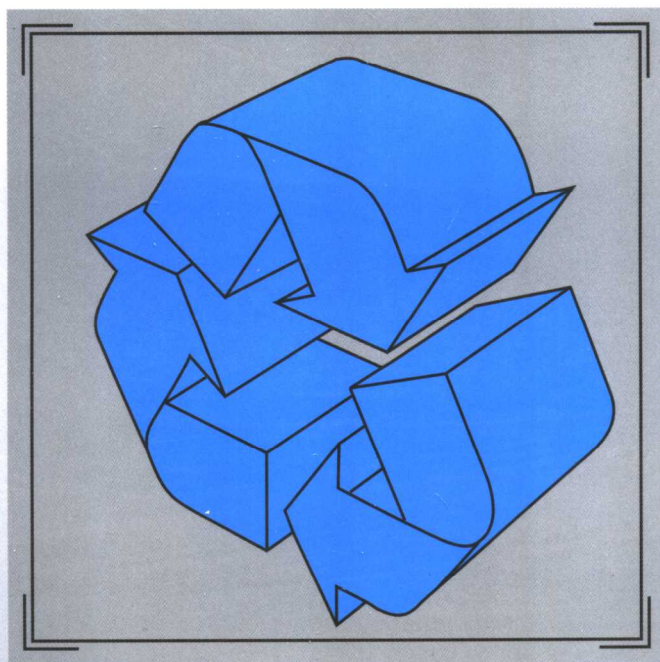


普通高等院校“十一五”规划教材

# 系统工程与运筹学

( 第 2 版 )

董肇君 编著



国防工业出版社  
National Defense Industry Press

普通高等院校“十一五”规划教材

# 系统工程与运筹学

(第2版)

董肇君 编著

国防工业出版社

·北京·

**图书在版编目(CIP)数据**

系统工程与运筹学/董肇君编著.—2版.—北京:国防工业出版社,2007.6

普通高等院校“十一五”规划教材

ISBN 978-7-118-05092-9

I.系... II.董... III.①系统工程②运筹学 IV.  
N945022

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 040558 号

**国防工业出版社** 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 787×1092、1/16 印张 31 字数 604 千字

2007 年 6 月第 2 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 40.00 元

---

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

# 前 言

运筹学是很多高校经济管理类专业开设的一门专业基础必修课,鉴于运筹学在应用中存在一定的局限性,当前有向软运筹学方向发展的趋势,我们从定性分析与定量分析相结合的方法论出发,将系统工程方法与运筹学技术结合起来,尝试性地开设了“系统工程与运筹学”课程。经过十几年的努力,该课程于2006年被评为天津市精品课程,这对我们是莫大的鼓励与鞭策。为进一步深化教学改革和课程建设,我们对原教学计划重新进行了修订,对原教材内容进行了调整,在此基础上重新编写了这本《系统工程与运筹学》作为新教学计划的教材。

本书尽力回避运筹学中有关数学方法的论证,加重了系统思维方法的形成与系统工程方法论的内容,坚持在定性分析指导下进行定量分析的思想,坚持“问题导向”,由浅入深地介绍数学模型的建立和求解方法,尤其是应用计算机求解的方法,增加了练习题与思考题,力求通俗与实用。

本书共14章,内容包括:系统科学方法论与系统;系统科学与系统工程;系统工程的主要方法;系统工程常用预测方法和模型;投入产出综合平衡模型;静态线性系统最优化模型及求解方法;静态非线性系统最优化模型及求解方法;网络最优化方法;动态规划;系统试验和模拟;系统对策;系统决策;网络计划技术;随机服务系统等。全书由董肇君主编,其中,系统工程常用预测方法与模型、投入产出综合平衡模型、全书思考题与练习题由焦爱英同志编写,在编写的过程中,李美岩等同志给与了很多帮助,并参与了部分章节的讨论与修改,在此表示感谢。

课程建设是一项长期而艰苦的工作,在课程建设过程中,感谢各位同行的帮助,尤其感谢天津大学吴育华教授对本课程建设的帮助与指导。

本书可作为经济管理专业本科生和硕士研究生必修与选修课的教学参考书,亦可作为各类现代化管理学习班、培训班教材,尚可供有关工程技术人员、管理干部自学和参考。

在本书编写过程中参阅了大量资料和著作,吸收了同行们辛勤劳动的成果,在此表示感谢。

由于编者理论水平有限,书中谬误之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者  
2007.5

# 目 录

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| <b>第1章 系统科学方法论与系统</b> .....    | 1  |
| 1.1 系统科学方法论 .....              | 1  |
| 1.1.1 系统科学方法论的产生与发展 .....      | 1  |
| 1.1.2 现代系统科学方法论的特征和基本原则 .....  | 4  |
| 1.1.3 系统科学方法论的指导思想——系统思想 ..... | 6  |
| 1.1.4 系统思想的建立与养成 .....         | 8  |
| 1.2 系统的概念和属性.....              | 11 |
| 1.2.1 系统的概念.....               | 12 |
| 1.2.2 系统的分类.....               | 14 |
| 【讨论题】 .....                    | 15 |
| 【思考题】 .....                    | 16 |
| <b>第2章 系统科学与系统工程</b> .....     | 17 |
| 2.1 系统科学体系.....                | 17 |
| 2.1.1 现代系统科学体系.....            | 17 |
| 2.1.2 系统理论.....                | 18 |
| 2.2 系统工程.....                  | 24 |
| 2.2.1 系统工程的定义.....             | 24 |
| 2.2.2 系统工程的基本观点.....           | 26 |
| 2.3 系统工程的基础理论和工具.....          | 28 |
| 2.3.1 系统工程的基础理论.....           | 28 |
| 2.3.2 系统工程的得力工具——计算机.....      | 32 |
| 2.4 系统工程方法论.....               | 33 |
| 2.4.1 系统工程的一般研究方法.....         | 33 |
| 2.4.2 系统工程方法论.....             | 34 |
| 2.5 系统工程的应用和发展.....            | 38 |
| 2.5.1 系统思想的应用.....             | 38 |
| 2.5.2 近代系统思想的应用.....           | 39 |
| 2.5.3 现代系统工程的应用.....           | 40 |
| 2.5.4 系统工程的应用范围.....           | 41 |
| 【讨论题】 .....                    | 42 |
| 【思考题】 .....                    | 42 |
| <b>第3章 系统工程的主要方法</b> .....     | 44 |

|       |                  |     |
|-------|------------------|-----|
| 3.1   | 模型化              | 44  |
| 3.1.1 | 模型与模型化           | 44  |
| 3.1.2 | 系统模型化的基本理论、方法与程序 | 47  |
| 3.2   | 系统分析与综合评价        | 50  |
| 3.2.1 | 系统分析与综合评价概述      | 50  |
| 3.2.2 | 系统综合评价方法         | 52  |
| 3.3   | 层次分析法            | 57  |
| 3.3.1 | 层次分析法概述          | 57  |
| 3.3.2 | 层次分析法基本原理        | 57  |
| 3.3.3 | 应用实例             | 60  |
| 3.4   | 模糊综合评价法          | 64  |
| 3.4.1 | 模糊综合评审的基本原理      | 64  |
| 3.4.2 | 模糊综合评审方法的应用      | 64  |
|       | 【思考题】            | 65  |
|       | 【练习题】            | 66  |
| 第4章   | 系统工程常用预测方法和模型    | 68  |
| 4.1   | 预测科学             | 68  |
| 4.1.1 | 预测的概念            | 68  |
| 4.1.2 | 预测原理             | 69  |
| 4.1.3 | 预测的步骤            | 69  |
| 4.1.4 | 预测技术和预测模型        | 70  |
| 4.2   | 定性预测技术           | 70  |
| 4.2.1 | 德尔菲法             | 71  |
| 4.2.2 | 主观概率法            | 72  |
| 4.2.3 | 交叉概率法            | 72  |
| 4.3   | 定量预测技术           | 73  |
| 4.3.1 | 一元线性回归模型         | 73  |
| 4.3.2 | 一元非线性回归模型        | 80  |
| 4.3.3 | 多元线性回归模型         | 83  |
| 4.4   | 带定性变量的线性回归预测模型*  | 92  |
| 4.4.1 | 基本概念             | 92  |
| 4.4.2 | 基本方法             | 94  |
| 4.5   | 判别分析预测模型         | 96  |
| 4.5.1 | 判别分析             | 96  |
| 4.5.2 | 判别分析的应用          | 100 |
| 4.6   | 时间序列预测           | 102 |
| 4.6.1 | 时间序列分析的内容        | 102 |
| 4.6.2 | 趋势预测             | 103 |
| 4.7   | 灰色预测——GM(1,1)模型* | 106 |

|            |                               |     |
|------------|-------------------------------|-----|
| 4.7.1      | 灰色预测的基本原理 .....               | 106 |
| 4.7.2      | GM(1,1)预测模型的应用 .....          | 108 |
|            | 【思考题】.....                    | 111 |
|            | 【练习题】.....                    | 112 |
| <b>第5章</b> | <b>投入产出综合平衡模型*</b> .....      | 113 |
| 5.1        | 部门间投入产出综合平衡模型 .....           | 113 |
| 5.1.1      | 投入、产出和部门之间的联系.....            | 113 |
| 5.1.2      | 价值型投入产出表 .....                | 115 |
| 5.1.3      | 部门间投入产出综合平衡模型 .....           | 117 |
| 5.1.4      | 完全消耗系数 .....                  | 119 |
| 5.1.5      | 模型的求解 .....                   | 121 |
| 5.1.6      | 投入产出表及投入产出模型实例 .....          | 121 |
| 5.2        | 部门间投入产出综合平衡模型的应用 .....        | 123 |
| 5.2.1      | 投入产出模型的基本假设与求解条件 .....        | 123 |
| 5.2.2      | 投入产出模型的应用 .....               | 125 |
| 5.2.3      | 投入产出法是进行国民经济综合平衡的得力工具 .....   | 134 |
| 5.2.4      | 经济效益分析和经济政策研究 .....           | 135 |
| 5.3        | 企业投入产出模型 .....                | 136 |
| 5.3.1      | 企业投入产出表的结构 .....              | 136 |
| 5.3.2      | 企业投入产出模型 .....                | 137 |
| 5.3.3      | 价值型企业投入产出模型的应用 .....          | 139 |
|            | 【思考题】.....                    | 139 |
|            | 【练习题】.....                    | 140 |
| <b>第6章</b> | <b>静态线性系统最优化模型及求解方法</b> ..... | 141 |
| 6.1        | 最优化及最优化模型的建立方法 .....          | 141 |
| 6.1.1      | 最优化 .....                     | 141 |
| 6.1.2      | 线性规划模型的建立方法和步骤 .....          | 142 |
| 6.2        | 系统线性规划模型 .....                | 143 |
| 6.2.1      | 生产任务分配问题 .....                | 143 |
| 6.2.2      | 运输问题 .....                    | 147 |
| 6.2.3      | 生产能力配置问题 .....                | 149 |
| 6.2.4      | 资源利用模型 .....                  | 154 |
| 6.2.5      | 下料问题和配套问题 .....               | 155 |
| 6.2.6      | 人员分配问题 .....                  | 159 |
| 6.2.7      | 经济系统建立目标函数和约束条件应注意的问题 .....   | 160 |
| 6.3        | Lingo 软件简介 .....              | 162 |
| 6.3.1      | Lingo 语言简述 .....              | 162 |
| 6.3.2      | 软件应用例 .....                   | 165 |
| 6.4        | 线性规划的求解方法 .....               | 168 |

|            |                          |            |
|------------|--------------------------|------------|
| 6.4.1      | 运输问题的特殊求解方法——表上作业法       | 168        |
| 6.4.2      | 线性规划的标准形式                | 173        |
| 6.4.3      | 线性规划解的基本定义、定理及图解法        | 175        |
| 6.4.4      | 单纯形法                     | 178        |
| 6.4.5      | 人工变量法                    | 184        |
| 6.4.6      | 单纯形表                     | 187        |
| 6.4.7      | 匈牙利法                     | 189        |
| 6.5        | 灵敏度分析和参数规划*              | 191        |
| 6.5.1      | 单纯形法的矩阵描述                | 191        |
| 6.5.2      | 灵敏度分析                    | 193        |
| 6.5.3      | 参数规划                     | 197        |
| 6.6        | 对偶规划及影子价格                | 205        |
| 6.6.1      | 线性规划的对偶理论                | 206        |
| 6.6.2      | 影子价格                     | 207        |
| 6.6.3      | 对偶单纯形法                   | 208        |
| 6.7        | 整数规划                     | 209        |
| 6.8        | 模糊线性规划及其应用*              | 211        |
| 6.8.1      | 模糊线性规划及求解的基本原理           | 211        |
| 6.8.2      | 模糊线性规划的应用                | 215        |
| 6.9        | 灰色线性规划及其应用*              | 219        |
| 6.9.1      | 灰色线性规划及求解的基本原理           | 219        |
| 6.9.2      | 灰色线性规划的应用                | 221        |
|            | 【思考题】                    | 223        |
|            | 【练习题】                    | 223        |
| <b>第7章</b> | <b>静态非线性系统最优化模型及求解方法</b> | <b>235</b> |
| 7.1        | 非线性系统最优化模型               | 235        |
| 7.1.1      | 最优选址问题                   | 236        |
| 7.1.2      | 最大体积问题                   | 238        |
| 7.1.3      | 最优生产批量问题                 | 238        |
| 7.1.4      | 库存问题                     | 239        |
| 7.1.5      | 资源分配问题                   | 245        |
| 7.1.6      | 非线性曲线拟合问题                | 245        |
| 7.2        | 无约束非线性规划问题求解方法及原理        | 247        |
| 7.2.1      | 解析法                      | 247        |
| 7.2.2      | 迭代法(直接法)                 | 250        |
| 7.2.3      | 解析——迭代法                  | 255        |
| 7.3        | 有约束非线性规划的求解              | 258        |
| 7.3.1      | 有等式约束的非线性规划问题            | 258        |
| 7.3.2      | 有不等式约束的非线性规划问题           | 259        |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 【思考题】                           | 269 |
| 【练习题】                           | 269 |
| <b>第8章 网络最优化方法</b>              | 272 |
| 8.1 网络和图的基本概念                   | 272 |
| 8.1.1 网络的基本概念和术语                | 272 |
| 8.1.2 树的概念和术语                   | 273 |
| 8.2 一笔画和最小部分树问题                 | 273 |
| 8.2.1 一笔画和奇偶点图上作业法              | 273 |
| 8.2.2 最小部分树问题                   | 276 |
| 8.3 最短路径问题                      | 277 |
| 8.3.1 两固定顶点间的最短路径问题求解方法——狄克斯特拉法 | 277 |
| 8.3.2 边长有负值或有回路网络问题的算法——福特法     | 279 |
| 8.3.3 任意一对顶点之间的最短路径问题算法——福劳德算法  | 281 |
| 8.3.4 最短路径问题与应用                 | 283 |
| 8.4 最大流问题                       | 284 |
| 8.4.1 基本假设和符号                   | 285 |
| 8.4.2 基本定理和概念                   | 285 |
| 8.4.3 应用“最大流——最小割定理”的穷举法        | 286 |
| 8.4.4 标记法                       | 287 |
| 8.4.5 几种特殊情况的处理                 | 289 |
| 8.5 最小费用最大流问题                   | 291 |
| 【思考题】                           | 294 |
| 【练习题】                           | 294 |
| <b>第9章 动态规划</b>                 | 297 |
| 9.1 动态规划的基本原理                   | 297 |
| 9.1.1 动态规划的基本概念                 | 298 |
| 9.1.2 最优性定理与最优性原理               | 299 |
| 9.2 动态规划基本方程及算法                 | 300 |
| 9.2.1 动态规划基本方程                  | 300 |
| 9.2.2 逆序递推算法                    | 300 |
| 9.2.3 顺序递推算法                    | 302 |
| 9.3 连续型动态规划的求解与应用               | 304 |
| 9.3.1 生产计划问题                    | 304 |
| 9.3.2 资源配置问题                    | 307 |
| 9.4 离散型动态规划的求解与应用               | 309 |
| 9.4.1 资源配置问题                    | 309 |
| 9.4.2 背包问题                      | 311 |
| 9.4.3 随机性采购问题                   | 313 |
| 【思考题】                           | 315 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 【练习题】                            | 315 |
| 第 10 章 系统试验和模拟 *                 | 318 |
| 10.1 系统的试验设计和分析                  | 319 |
| 10.1.1 正交设计                      | 319 |
| 10.1.2 正交设计分析                    | 321 |
| 10.1.3 交互作用的显著性检验、最佳方案、平均效应及置信区间 | 327 |
| 10.1.4 常用表头最佳设计                  | 330 |
| 10.1.5 水平数不等的正交试验                | 331 |
| 10.1.6 多指标试验                     | 331 |
| 10.2 模拟技术——蒙特卡罗法                 | 332 |
| 10.2.1 蒙特卡罗法的基本原理                | 332 |
| 10.2.2 随机数的产生                    | 334 |
| 10.2.3 蒙特卡罗法的应用                  | 337 |
| 10.3 系统动力学模拟原理                   | 341 |
| 10.3.1 系统因果关系分析                  | 341 |
| 10.3.2 负反馈环分析                    | 342 |
| 10.3.3 正反馈环分析                    | 343 |
| 10.3.4 正负反馈环组合的分析                | 344 |
| 10.4 系统动力学模型                     | 346 |
| 10.4.1 系统流图                      | 346 |
| 10.4.2 流图设计                      | 348 |
| 10.4.3 方程式的建立                    | 349 |
| 10.4.4 系统动力学模型模拟软件               | 352 |
| 【思考题】                            | 352 |
| 【练习题】                            | 352 |
| 第 11 章 对策分析                      | 354 |
| 11.1 对策分析概述                      | 354 |
| 11.1.1 对策行为的基本要素                 | 354 |
| 11.1.2 对策问题的分类                   | 355 |
| 11.2 二人有限零和对策                    | 355 |
| 11.2.1 最优纯策略                     | 356 |
| 11.2.2 优越原理                      | 357 |
| 11.2.3 混合策略                      | 358 |
| 11.2.4 混合策略决策方法                  | 360 |
| 11.3 二人有限非零和对策                   | 364 |
| 11.3.1 二人有限常数和对策                 | 365 |
| 11.3.2 非合作的二人有限非零和对策             | 366 |
| 11.4 合作对策简介                      | 370 |
| 【思考题】                            | 371 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 【练习题】                   | 372 |
| 第 12 章 系统决策             | 374 |
| 12.1 决策树                | 374 |
| 12.1.1 概率树              | 374 |
| 12.1.2 决策树              | 376 |
| 12.1.3 应用决策树做决策分析       | 377 |
| 12.2 风险决策和不确定决策         | 379 |
| 12.2.1 风险决策             | 379 |
| 12.2.2 不确定型决策           | 380 |
| 12.3 多目标决策              | 383 |
| 12.3.1 多目标决策的基本概念       | 384 |
| 12.3.2 多目标决策的具体方法       | 384 |
| 12.4 目标规划法              | 390 |
| 12.4.1 目标规划模型           | 390 |
| 12.4.2 目标规划应用实例         | 392 |
| 12.4.3 目标规划求解           | 393 |
| 12.5 数据包络分析             | 397 |
| 12.5.1 DEA 基本模型——CCR 模型 | 397 |
| 12.5.2 $C^2R$ 模型的应用     | 399 |
| 【思考题】                   | 401 |
| 【练习题】                   | 401 |
| 第 13 章 网络计划技术           | 406 |
| 13.1 系统管理的网络计划技术        | 406 |
| 13.1.1 甘特图法             | 406 |
| 13.1.2 关键线路法            | 407 |
| 13.1.3 计划评审技术           | 407 |
| 13.1.4 决策关键线路法          | 408 |
| 13.1.5 图解评审技术           | 408 |
| 13.2 网络计划技术应用的程序        | 408 |
| 13.2.1 网络计划技术应用的一般程序    | 408 |
| 13.2.2 网络图的绘制           | 409 |
| 13.3 关键线路法的常用算法         | 413 |
| 13.3.1 分析法              | 413 |
| 13.3.2 图算法              | 425 |
| 13.3.3 表算法              | 426 |
| 13.3.4 矩阵法              | 428 |
| 13.4 CPM 网络的优化          | 429 |
| 13.4.1 时间的优化            | 429 |
| 13.4.2 时间—费用优化          | 431 |

|        |                          |     |
|--------|--------------------------|-----|
| 13.4.3 | 流程优化                     | 435 |
| 13.4.4 | 资源优化                     | 437 |
| 13.5   | 项目管理软件简介                 | 438 |
| 13.5.1 | 广义网络计划技术与综合计划方法          | 439 |
| 13.5.2 | P <sub>3</sub> 软件简介      | 439 |
| 13.6   | 计划评审技术                   | 442 |
| 13.6.1 | 根据平均作业时间确定完成任务总工期及概率的方法  | 443 |
| 13.6.2 | 根据作业的标准差确定关键线路的方法        | 448 |
| 13.6.3 | 根据各线路在指定日期内完成任务的概率确定关键线路 | 449 |
| 13.7   | 决策关键线路法的算法               | 449 |
| 13.7.1 | DCPM 法的基本原理              | 450 |
| 13.7.2 | DCPM 网络图                 | 450 |
| 13.7.3 | DCPM 网络的算法               | 451 |
|        | 【思考题】                    | 455 |
|        | 【练习题】                    | 455 |
| 第 14 章 | 随机服务系统                   | 459 |
| 14.1   | 随机服务系统的组成和特性             | 460 |
| 14.1.1 | 输入过程及特性                  | 460 |
| 14.1.2 | 排队规则及特性                  | 462 |
| 14.1.3 | 服务机构及特性                  | 463 |
| 14.1.4 | 服务系统分类的表示法               | 464 |
| 14.2   | 定长服务系统                   | 464 |
| 14.3   | 生灭过程                     | 466 |
| 14.3.1 | 生灭过程定义                   | 466 |
| 14.3.2 | 生灭过程微分方程                 | 466 |
| 14.3.3 | 生灭过程稳态方程                 | 467 |
| 14.4   | 普阿松输入、负指数分布服务系统分析(M/M/D) | 469 |
| 14.4.1 | 单服务台系统(M/M/1)            | 469 |
| 14.4.2 | 多服务台系统(M/M/S)            | 473 |
| 14.4.3 | 有限队长、单服务台系统(M/M/1 有限队长)  | 475 |
| 14.5   | 随机服务系统的费用优化              | 477 |
| 14.5.1 | M/M/1 系统优化模型             | 477 |
| 14.5.2 | M/M/S 系统优化模型             | 478 |
|        | 【思考题】                    | 479 |
|        | 【练习题】                    | 479 |
|        | 参考文献                     | 482 |

# 第 1 章 系统科学方法论与系统

## 学习要点

1. 掌握古代、近代和现代方法论的研究方法及差别
2. 掌握现代方法论的特征
3. 掌握系统科学方法论的基本原则
4. 掌握系统思想和系统的概念
5. 掌握建立与养成系统思想的方法

## 1.1 系统科学方法论

人类在与自然界做斗争的过程中，靠自己的聪明才智逐步地认识、掌握自然界发展和变化的规律，并不断地向大自然索取所需要的衣、食、住、行等物品。然而人类在认识和改造自然界的同时，也在改造自己。他们在失败的挫折中吸取教训，在成功的喜悦中总结经验，使自己的头脑更加聪明，并增强了认识世界和改造世界的能力。在向科学技术进军的旅途中，他们经过长期的积累，逐步从中提炼出一套认识和研究自然界的一般性方法。这种方法在实践中不断深化、充实、丰富和提高，就形成了系统科学方法论。

### 1.1.1 系统科学方法论的产生与发展

科学技术进步的过程反映了人类认识世界、改造世界的过程，也体现出科学方法论的发展过程。从方法论角度研究，科学方法论的发展大体上经历了古代、近代、现代三个相互联系的时期。

#### 1.1.1.1 古代方法论

自人类出现以来，他们无时无刻不在同自然界打交道。在科学技术相当落后的古代，人们为了从自然界得到足够的生产和生活资料，在与自然界做斗争的过程中总结出一套把世界当做一个统一的整体并从组成因素之间的辩证关系来研究问题的方法。这种研究方法不仅在古代人类的实践中，而且在古希腊和古中国的哲学思想中都有体现。如战国时期秦国的李冰父子设计建造的都江堰工程，包括“鱼嘴”岷江分水工程、“飞沙堰”分洪排沙工程、“宝瓶口”引水工程三大主体工程和 120 个附属渠堰工程，工程间的联系处理得恰到好处，形成一个协调运转的工程整体。古希腊辩证法奠基人之一的赫拉克利特在《论自然界》一书中说过：“世界是包括一切的整体”；被马克思称为伟大思想家的亚里士多德在《工具篇》一书中曾指出，事物的生灭变化是由物料因、形式因、动力因、

目的因引起的，并得出“整体大于它的各部分的总和”的论断而成为古代方法论的代表著。公元前6世纪—公元前5世纪之间，我国春秋末期思想家老子强调自然界的统一性；南宋陈亮的“理一分殊”思想称“理一”为天地万物的整体，“分殊”是这一整体的每一事物的功能并试图从整体角度说明部分与整体的关系。这说明了古代人类采用“从统一的物质本原出发，把世界当做统一体”的方法来研究世界的。

古代科学的方法论本质上是整体论，虽然强调了对自然界的整体性和统一性的认识，强调了对对象的整体把握，但由于科学技术很不发达，尚缺乏对组成自然界这一整体的各个细节的认识能力，对自然界整体性和统一性的认识也是不完全、不深刻的。由于自然现象总的联系还不能从细节的认识上得到证实，所以往往只得用观念的、幻想的联系代替尚未证实的现实联系，这就造成在整体这一概念上和整体组成部分之间联系的刻画上的直观性、模糊性和思辨性。因而在处理事物时，逻辑方法、思辨方法和假想方法占主导地位。这种用自发的系统概念考察自然界的方法移植到哲学中，就是所谓的自然哲学，是朴素的唯物论世界观。形象地说，这个时期可称为“只见森林，不见树木”的时期。

#### 1.1.1.2 近代科学方法论

随着人类的进步和科学技术的发展，人们越来越感到古代方法论对自然界的研究并不能进一步深刻地揭示出事物的发展变化规律，因此人们开始探讨用新的方法和思路去研究事物的发展变化规律。通过长期的研究与实践，人们总结出一套认识世界的新的方法和思路：为了认识整体必须认识“部分”，只有把部分认识清楚才可能真正把握整体，认识了部分的特性，就可以据之把握整体的特性。

在这种认识世界的新的方法和思路的推动下，15世纪下半叶，近代科学开始兴起，力学、天文学、物理学、化学、生物学等科目从混为一体的哲学中分离出来，产生了自然科学。自然科学的诞生、发展和进一步分化，开辟了实验科学的新阶段。该时期科学研究的主要任务是通过实验、解剖和观察，收集资料、积累经验、进行资料的整理和加工，通过对自然界细节的深入了解来认识整体。这在当时的科学技术水平下，只有把事物从自然界中独立出来并将其分成若干部分，分门别类地进行分析才能办到。这种考察自然界的方法就是哲学中的形而上学的思维方式。这种建立在实验、解剖和观察基础上的分析方法就成为这个时期的主导方法。培根的著作《新工具》、笛卡儿的著作《方法论》就很自然地成为近代科学方法论的经典著作，并指导着该时期的科学研究工作和生产实践。

近代科学方法论是以还原论为基础、以分析方法为主导的。还原论的基本观念就是：相信客观世界是既定的，存在一个由所谓“宇宙之砖”构成的基本层次，只要把研究对象还原到那个层次，搞清楚最小组分即“宇宙之砖”的性质，一切高层次的问题就迎刃而解了。还原论通常采用“分析—重构”方法，在分析与重构中，分析、分解和还原居主导地位。该方法在处理问题的时候，首先把对象从环境中分离出来，孤立地加以研究；然后把对象还原为部分，把高层次还原到低层次，用部分说明整体，用低层次说明高层次。

近代科学方法论在促进自然科学知识的深化上、在材料的整理和加工上、在研究自然界的具体方法和手段上都高于古代方法论，对近代科学的发展起到了很大的推动作用。但从方法论角度看，该时期的科学方法论存在以下不足，即在深入、细致地考察自然界

细节的同时，由于学科越分越细，以致忽略了对整体的研究，而造成“只见树木，不见森林”的状况，这些不足体现在：往往以对事物局部的较深刻的认识取代了对事物整体的认识；将局部(部分)简单叠加以说明整体的特性与行为。从而产生了认识上的片面性和局限性。这正如恩格斯所说：“就是以这些障碍堵塞了自己从了解部分到了解整体、到洞察普遍联系的道路。”

19 世纪下半叶，自然科学已经取得了很大成就，自然界的细节已能够得到较深刻的认识。随着科学越来越深入到更小尺寸的微观层次，对物质世界的认识越来越精细，但对整体的认识反而却越来越模糊。能量守恒与转化、细胞学和进化论的发现，进一步地揭示出自然过程的相互联系，为人类重新综合地研究客观世界奠定了基础。马克思和恩格斯在上述三大发现的基础上总结出一套认识世界的新理论——辩证唯物论，采用了一套认识世界的新方法——唯物辩证法，即物质世界是由相互联系、相互依赖、相互制约、相互作用的事物和过程所形成的统一整体的认识世界的一般方法。由于马克思和恩格斯是在充分揭示出物质世界内在普遍联系的基础上提出世界的整体性和统一性这一概念的，因此它区别并高于以逻辑方法和思辨方法为主导的古代方法论(整体论)。又由于它是以“自然科学本身所提供的事实，以近乎系统的形式描绘出自然界相互联系的清晰图画”的，故它又区别并高于 15 世纪—19 世纪上半叶的近代科学方法论(还原论)。马克思和恩格斯所创立的现代科学方法论——辩证唯物论就成为 20 世纪以来人们认识世界和改造世界的最先进的方法论。

唯物辩证法与还原论的分析—重构法很相似，不同的是在分析与重构中强调为了把握整体而还原和分析，在整体性观念指导下进行还原和分析，通过整合有关部分的认识以获得对整体的认识，从而克服了还原论的片面性和局限性。

#### 1.1.1.3 现代系统科学方法论

20 世纪初，人们在唯物辩证法的指引下，进一步明确了系统的概念，尤其是系统论、控制论和信息论出现以后，系统的概念与现代科学技术有机地结合起来，使系统的概念由定性转化为定量、由经验上升为理论、由哲学思维发展为专门理论，从而形成了一套以唯物辩证法为基础的、既有理论指导又有科学方法并拥有先进计算手段的系统科学方法论。它是从整体上最优地解决各类问题的锐利武器，是沟通马克思主义哲学和系统科学的桥梁，是对 20 世纪 30 年代以来的科学方法进行的系统、科学的概括和总结，是当前处理问题的基本方法论。

现代系统科学方法论以辩证唯物论为基础，以系统论、控制论、信息论、运筹学的出现为标志，以定量化为特点，用于认识广泛时空范围客观世界，其主要研究方法是将整体论与还原论有机地结合，采用量化方法和先进的计算机技术与手段，从整体与环境的关系和整体各组成部分及它们之间的有机联系两方面去认识整体。因此，在处理问题时不能像还原法那样，将整体从环境中孤立出来加以研究，必须将其放在环境中(更大的整体中)研究其地位与作用、发展与演化；不能只研究其组成部分(宇宙之砖)，还必须研究各组成部分之间的联系，从中探讨涌现出的整体特性，坚持从整体到局部、再到整体，从分析到综合、到再分析、再综合的方法，从而真正认清事物。

从方法论的发展可以看到，人类认识和改造世界的过程，是一个不断深化和发展的过程，是在真理的长河中逐步前进的。在古代，既少理论依据，又缺乏观测和实验手段，

所以对许多事物,往往只能睹其外貌。随着科学和技术的进步,近代科学开始兴起,开创了实验科学的新阶段,人们对事物的构成部分(个体)有了深刻的了解,但认识是不断深化的,在对部分有了更多规律性的了解之后,再回过头来利用所得到的信息,从关联入手探索出一套认识事物整体的方法,从而使人类认识世界、改造世界的能力达到较高的水平,这是科学发展的必然结果。辩证唯物论的出现为现代系统科学方法论的产生提供了思想理论基础;系统论、控制论、信息论、运筹学的出现为现代系统科学方法论的产生与发展提供了技术理论基础;计算机的出现为现代系统科学方法论的发展提供了工具。系统科学方法论所创立的认识世界、改造世界的新方法,必将使人类社会开始一个新的时代——系统时代。

### 1.1.2 现代系统科学方法论的特征和基本原则

现代系统科学方法论是以系统方法为核心,将系统方法与控制方法、信息方法相融合而成的方法论。系统方法是指按照事物本身的系统性,把被研究对象作为系统,始终从整体与部分、整体与环境、部分与部分之间的相互联系、相互依赖、相互制约、相互作用的关系上综合地考察和研究,以使系统处于最优运行状态的一种方法;信息方法是指撇开系统的物质形态,运用信息的概念,将系统抽象成信息的获取、传递、加工和处理过程,通过对该过程的研究来确定系统状态和行为的一种方法;控制方法是指控制者采取各种手段与方法对受控体进行调整,使系统的行为或状态符合目标的一种方法。以系统方法为核心,将三种方法相融合而形成的方法体系就是现代系统科学方法论。

#### 1.1.2.1 现代系统科学方法论的特征

系统科学方法论是在系统论、控制论和信息论基础上创立的,它是唯物辩证法的具体化,是架设在对客观事物和过程高度抽象的唯物辩证法与客观事物和过程具体运行实践之间的桥梁。作为20世纪以来认识世界、改造世界的基本方法论,它具有如下特征:

(1) 整体性。整体性是系统科学方法论的基本出发点,它为人们从整体上研究客观事物提供了有效方法。该方法论要求人们始终把研究对象作为一个整体来看待,认为世界上事物和过程都不是其组成部分杂乱无章的偶然堆积,而是一个存在于环境之中的、由各要素组成的有机体。这一整体的性质与规律只存在于既定环境下各组成要素间的相互联系、相互依赖、相互制约和相互作用之中。而各组成部分孤立的特征的总和并不能反映整体的特征。

通常,整体性是采用整体论和还原论相结合的方法实现的。因为不还原,就不能了解细部结构;没有整体性,则对事物的认识只能是零碎的,“只见树木,不见森林”或“只见森林,不见树木”都是片面的。

整体是由部分构成的,是相对于部分而存在的。一个整体相对于另一个更大的整体,则是部分,若干相互关联的部分就构成了整体。对一个特定的整体而言,既要“对整体”进行描述,又要对其组成部分及关联进行“局部”描述,将整体放在更大的整体中作为部分研究其地位与作用、与其他部分的相互作用与影响,再综合本整体各组成部分及其关联的描述,才能建立该特定整体的描述。这种研究问题的方法就是整体性的方法。

(2) 综合性。综合是相对分析而言的。15世纪—19世纪上半叶的方法论主要是以分析为特征的。当时科学本身的发展在客观上需要把整体分解成部分加以精确地研究。然

而由于事物本身是其组成部分相互联系的整体,科学的发展本身又要求揭示不同物质运动形式的共同属性和规律,这就需要采用综合的方法。综合方法是把系统的各组成部分、各部分的结构和性能、各部分的联系、历史的发展与演化等因素联系起来加以考察,从中找出共同性和规律性的方法。分析—重构法中的重构就是综合,它的任务是把握整体涌现性,解决部分整合成整体所涌现出的特征。因此系统科学方法论的关键是综合。

一般情况下,综合性需将系统分析与系统综合相结合、将局部描述与整体描述相结合,采用在系统的整体观指导下进行还原、分解与分析,建立局部描述,综合局部描述,整合对部分的认识,建立系统的整体描述,获得对整体的认识即可实现综合性。

(3) 定量化。定量化是系统科学方法论与传统方法论的主要区别之一。运用系统科学方法论处理系统问题时,总是尽量采用各种数学语言和数学工具使问题得到较精确的定量描述,以反映其发展变化的规律。定性方法一般被认为是科学性较差的方法。实际上,系统的定性特征决定定量特征,定量特征反映定性特征。只进行定性描述,对问题特性的把握难以深入和准确,但定性描述是定量描述的基础,定性认识不正确,不论定量描述多么精确,都没有用,甚至会把认识引向歧途。定量描述是为定性描述服务的,借助定量描述能使定性描述深入与精确化。在定性分析指导下的定量化可克服单纯定性分析和片面追求精确化、定量化的缺点,为深刻地认识事物和过程提供捷径。

最优化是定量化的方法之一,它可依据需要,确定整体最优目标而得到最大效益。它是系统科学方法论中方法的核心。

定量化方法中确定性描述与不确定性描述是常用的两种描述形式,在二者之间架设一座桥梁是现代系统科学发展的要求。

(4) 信息化。系统科学方法论以信息论为其基础理论之一。因此,它在处理系统问题时特别强调信息的重要作用,这一点区别于只着眼于物质、能量,而忽视信息的传统方法。该方法论在处理系统问题时撇开物质与能量的具体形态,而把任何系统抽象为一个信息的传输和加工的系统,并认为只有信息流才能使系统维持正常的、有目的的运动,强调信息流对系统的支配、调节和控制作用。

(5) 人一机方式。系统科学方法论是以人利用计算机作为处理系统问题的基本方式。在处理问题的过程中,人始终处于主导地位。当前,系统越来越复杂,需要处理的信息量越来越大,仅靠人脑进行加工是不够的,必须借助于人脑的延伸物——计算机的帮助。因此人一机方式就自然地成为系统科学方法论处理系统问题的基本方式。

#### 1.1.2.2 现代系统科学方法论的基本原则

(1) 整体论与还原论相结合。古代科学方法论本质上是整体论,强调整体地把握研究对象,但对整体的把握不是建立在对部分的精细的了解之上;而近代科学方法论则把整体分解成部分去研究,本质上是还原论,强调为了认识整体必须认识部分,只有把部分弄清楚才可能真正把握整体,认识了部分的特性,总可以据之把握整体的特性,这种认识问题的方法是还原法,又称为分析方法;现代科学方法论本质上是涌现论,涌现论把世界看做是生成的,整体涌现性可表述为“多源于少”、“复杂生于简单”,整体特性是由组成部分之间的联系决定的,整体的复杂性也是由较简单的部分相互联系而涌现出来的,因此不能简单地采用还原论的方法,必须将还原论和整体论有机地结合起来,整体地把握研究对象,并把对整体的把握建立在对部分的精细的了解之上,建立在对部分间的相