

WU YUAN
FEN XI

物元分析

蔡文著

东高等教育出版社

责任编辑：朱仲庆

封面设计：刘洪伟

ISBN 7-5361-0024-8/O·1

统一书号：13343·7

定 价：2.50元



物 元 分 析

广东高等教育出版社

物 元 分 析

蔡 文 著



广东高等教育出版社出版

广东省新华书店经销

广州佛冈县印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 10.75印张 235千字

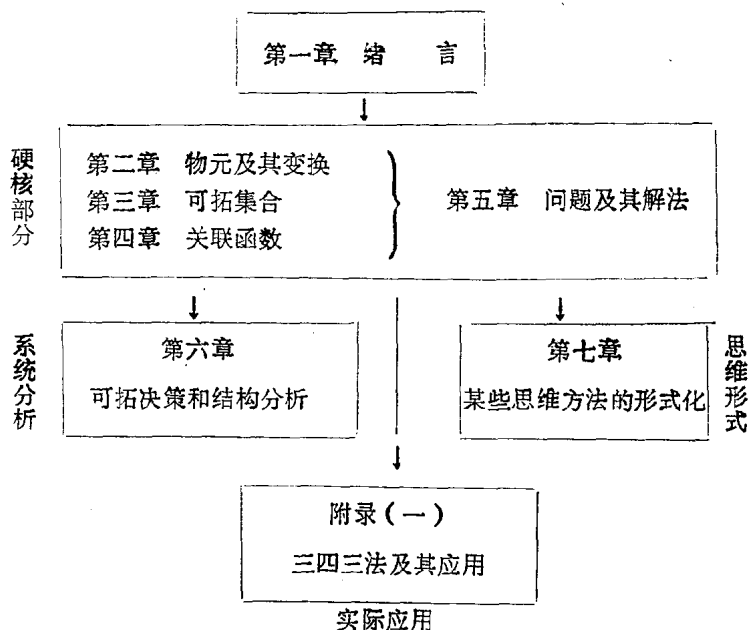
1987年7月第1版 1987年7月第1次印刷

印数 1——3500册

ISBN 7—5361—0024—8/O·1

统一书号：13343·7 定价：2.50 元

内 容 一 览



本书读者对象：大专院校师生、工矿企业技术管理人员、应用工作者、自学青年等。

序

蔡文同志创立物元分析理论，试图从对事物的矛盾转化的形式化入手，为人脑的“出点子、想办法”打开一条新的研究途径。本书的问世，标志着他这一理想的初步实现。

物元分析以研究物元的转化为主要任务，它试图为广大实际工作者，尤其是管理、决策和设计人员在如何开动脑筋、出好点子、创造性地完成四化任务方面提供一种启发性的思路与分析方法。它基于事物的功能目标与环境条件之间的可容性与事物系统的相关性，把现实的问题概括为相容性和不相容性问题。经过十年的艰苦探索，已初步建立了自己的理论框架和一定的数学刻划，蔡文同志的“可拓集合和不相容问题”，“结构变换和不相容问题”是两篇有开创性的文章，它提出了解决不相容问题的思想框架，通过基元构造和基元变换来反映事物物质和量的相关变化关系。现在，物元分析已经在宏观决策方面取得了可喜的应用成效。在价值工程、新产品构思、经济管理、决策分析、人工智能等方面显示了重要的应用前景。它有可能对描述灵感思维，对决策科学的发展，对辩证哲学的精细化作出新的贡献。我们欣喜地看到，一个扎根于我国自己土壤之上的崭新学科，正将逐步建立和形成。

思维科学、机器智能是当今信息革命的纽带，中国科技工作者正在这里集结自己的力量，愿意在这里奋起，为中华民族争光，钱学森教授的倡导，更使我们增添了力量，这条战线需要汇集许多人的智慧，需要“八仙过海”、“各显神

通”，物元分析可以在这里面作出它自己的一份贡献。

任重道远。理想的实现要依靠我们的团结奋斗，尤其要靠扎扎实实的埋头苦干。迎接困难，准备遇到挫折，胜利一定属于新学科的开拓者们。我们作为物元分析的积极分子，愿与大家一道共勉。

传 凯

汪培庄

一九八七年一月廿日

前 言

物元分析选题于一九七六年，至今已有十年。十年，是短暂的。因为创建一个完整的理论体系，往往需要几十年乃至几百年的努力，而且不是一个人，而是成千上万人的辛勤劳动。

近年来，国内外许多学者和朋友非常关心和支持物元分析的研究，纷纷来信索取物元分析的学习资料，我觉得，我没有任何理由拒绝广大学者和朋友们的迫切要求和热忱鼓励。虽然，物元分析的理论体系还没有完成，目前只是搭起了一个简单的框架，但是，为了让更多的人了解这一研究的内容，让更多的人参与这项研究，让更多的人来完善、改进和发展这个理论体系，我决定将这十年来的研究工作作一个总结，写成了这本书，让它起抛砖引玉的作用。

如果说物元分析的研究有了一定的进展，那是很多专家、学者及许多部门的工作人员大力帮助和支持的结果。在此，本人对多年来扶持这项研究工作的汪培庄教授等专家表示衷心的感谢！对在困难时期支持这项研究工作的原广东省石油化工厅副厅长郭大同同志等表示衷心的感谢！对一切支持物元分析研究工作的国内外学者和朋友表示衷心的感谢！

广东物元分析研究中心在穗的同志对书稿提出了很多宝贵的意见。作者对他们：郭开仲、黄芸、吴木溪、刘洪伟、马星云、马经文、邢慧明等同志表示衷心的感谢！

本书共七章。第一章介绍物元分析的研究对象、逻辑细胞、理论框架和初步的应用。

第二章至第五章是物元分析的“硬核”。第二章介绍了物元的概念和物元的变换，建立了把问题形式化的基本概念；第三章和第四章介绍物元分析的数学工具，为描述不相容问题提供定量化的手段；第五章利用物元变换和物元分析的数学工具把实际问题形式化，研究问题的关系和转化，提出了用物元分析方法解决不相容问题的基本步骤，并通过一些实际例子加以说明。

第六章利用第二至五章的基本理论和工具，提出了处理大系统的不相容问题的可拓决策方法。利用物元这一工具去描述系统中的各种变化规律，提出结构分析方法。

第七章利用物元分析的基本工具分析某些处理不相容问题的特殊方法，建立把这些思维过程形式化的手段。

附录一是物元分析的通俗描述。介绍了应用物元分析解决实际问题的“三四三法”、新产品构思方法及两个实例。

附录二是本书所用符号的说明，供查阅。

毫无疑问，本书中存在的问题一定不少，盼广大读者在阅读、研究和应用中多提宝贵意见，多给予帮助和指教。

作者

1987.1于广州

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 不相容问题.....	(1)
第二节 物元分析的理论框架.....	(2)
第三节 物元分析的初步应用.....	(7)
第二章 物元及其变换	(9)
第一节 物元的概念.....	(9)
一、物元.....	(9)
二、物元三要素.....	(10)
三、事物、特征和量值的关系.....	(13)
第二节 物元的变换.....	(14)
一、物元变换.....	(14)
二、物元三要素的变换.....	(16)
三、物元变换的运算.....	(21)
四、连锁变换.....	(21)
五、多维物元的变换.....	(22)
第三节 物元的关系和运算.....	(26)
一、物元的关系.....	(26)
二、物元的运算.....	(27)
第四节 矢量物元及其运算.....	(30)
一、矢量物元的概念.....	(30)
二、矢量物元的运算.....	(31)
三、矢量物元的投影.....	(34)

四、矢量物元的变换·····	(35)
第五节 系统物元与结构变换·····	(36)
一、系统物元·····	(36)
二、结构·····	(37)
三、结构变换·····	(40)
第三章 可拓集合·····	(43)
第一节 集合论概述·····	(43)
一、集合论的多样性·····	(43)
二、经典集合的概念和运算·····	(46)
三、特征函数·····	(49)
第二节 可拓集合的概念·····	(50)
一、可拓集合的定义·····	(51)
二、 n 阶可拓集合·····	(57)
三、临界元素和罗素悖论·····	(60)
四、实数的逻辑运算·····	(62)
五、 n 维关联向量和 n 维可拓集合·····	(65)
第三节 可拓集合的关系和运算·····	(67)
一、同一论域上不同可拓集合的关系·····	(67)
二、不同论域上可拓集合的关系·····	(69)
三、可拓集合的运算·····	(71)
第四节 可拓物元集·····	(84)
一、可拓物元集·····	(84)
二、 n 维可拓物元集·····	(87)
第五节 可拓变换和物元变换的规律·····	(88)
一、可拓变换·····	(88)
二、物元变换的规律·····	(92)
第四章 关联函数·····	(95)
第一节 实域上的关联函数·····	(95)
一、距与模·····	(96)

二、实轴上的关联函数	(102)
三、关联函数的图象	(108)
四、关联函数的其它形式	(112)
第二节 二阶及高阶关联函数	(126)
一、二阶关联函数	(127)
二、 n 阶关联函数	(135)
第三节 质变函数	(138)
一、性质函数	(138)
二、质度函数	(139)
三、发展变换与节域变换	(140)
第四节 实域上的可拓变换	(146)
一、实域上可拓集合的变换	(147)
二、点的变换	(162)
第五章 不相容问题及其解法	(164)
第一节 问题的形式化	(164)
一、问题和不相容问题	(164)
二、不相容问题的形式化	(164)
三、问题的关系	(168)
四、问题的运算	(168)
五、复合问题	(170)
六、对立问题的形式化	(171)
第二节 关联不等式及其解变换	(175)
一、关联不等式和解变换的概念	(175)
二、解关联不等式的实例	(176)
三、一元一维关联不等式的解法	(182)
四、一元 n 维关联不等式的解法	(187)
五、 m 元 n 维关联不等式的解法	(196)
第三节 问题的解	(197)
一、问题的解及其性质	(197)

二、问题的相似解·····	(198)
三、共轭方法·····	(198)
四、搭桥方法·····	(199)
第四节 解的评价·····	(199)
一、基本概念·····	(200)
二、权系数的确定·····	(202)
三、解的比较·····	(207)
第五节 不相容问题的解法和实例·····	(211)
一、解不相容问题的基本步骤·····	(211)
二、实例·····	(212)
第六章 可拓决策与结构分析 ·····	(220)
第一节 可拓决策方法·····	(220)
一、系统的相容性·····	(220)
二、可拓决策方法·····	(221)
第二节 可拓决策方法的实际应用·····	(225)
一、通过线性规划方法确定初始解·····	(226)
二、用物元分析方法计算相容度·····	(229)
第三节 结构分析·····	(235)
一、结构和功能的关系·····	(235)
二、结构的性质·····	(238)
三、数量最优原则·····	(240)
第四节 结构分析的应用·····	(246)
第七章 几类思维方法的形式化 ·····	(250)
第一节 互补变换·····	(250)
一、用此事物的有余弥补他事物的不足·····	(250)
二、用对此特征的有余弥补对他特征的不足·····	(252)
三、用他时的有余弥补此时的不足·····	(255)
第二节 方向变换·····	(258)

一、 $R_0 \xrightarrow{\quad} * r_0$	(260)
二、 $R_0 \xrightarrow{\quad} * r_0$	(263)
三、 $R_0 \xrightarrow{\quad} * r_0$	(263)
第三节 反变换	(265)
一、反变换	(265)
二、反变换的规律	(266)
三、用反变换处理不相容问题	(268)
第四节 转化	(274)
一、转化的概念	(274)
二、用转化解不相容问题的程序	(278)
附录一 三四三法及其应用	(283)
(一) 三四三法和新产品构思	(283)
一、三条路径	(284)
二、四种基本变换	(285)
三、三种组合方式	(293)
(二) 在价值工程中的应用	(294)
附录二 符号说明	(309)

第一章 绪 论

第一节 不相容问题

三国时，有人送给曹操一头大象，曹操很想知道大象的重量，他手下的谋臣策士苦思冥想也无法解决这个问题。他的小儿子，七岁的曹冲却想出了一个好主意。他把大象牵上船，用刀在船帮上刻下船的吃水线，然后把大象换成石头，使船的吃水深度与载象时相等，通过称出石头的总重量就得知了大象的重量。这就是家喻户晓的“曹冲称象”的故事。

在日常生活和社会实践中，人们常常碰到这样一类问题：在某些条件下，照通常的办法，达不到预期的目的，我们称这类问题为不相容问题。如“用秤称象”就是不相容问题。我们可以看到，不相容问题广泛地存在于每个人的学习、生活和工作中，存在于自然科学、社会科学和工程技术中，人们时常要与它们打交道。可以说，不相容问题无处不在。

实际上，它们不是没有解，而是有很多解法。这些解法通俗地说就是“出点子，想办法。”自然地，有人出的点子可行，有人想的办法却行不通。

那么，解决不相容问题有无规律可寻？有无理论可依？应不应该把这类问题的求解过程加以研究？能不能建立一套处理不相容问题的理论与方法〔1〕，以至于构成一个完整

的体系，形成一门学科？这就是物元分析的出发点，也将是物元分析的归宿。物元分析研究的对象就是现实世界中的不相容问题，研究的方向就是探讨处理不相容问题的规律和方法〔2〕。

第二节 物元分析的理论框架

“曹冲称象”的故事中，曹冲解决问题的关键在于把大象换成石头。在工厂里，为了把高度超过大门高度的机器搬进车间，常常使用把机器“放倒”的办法；这时，机器及其尺寸都没有变化，但却通过把高换为长的方法解决了问题。这类例子告诉我们，解决不相容问题，单靠数量的运算是不能达到目的的；这类例子还启发我们，除了研究事物的数量关系以外，还必须探讨把质和量统一起来的描述形式，同时，还必须把“特征”结合起来一道研究。为此，我们引进由事物、特征和量值构成的“物元”这一概念，作为描述事物的基本元。例如，在曹冲称象这一故事中，（大象，重量， x 斤）和（小秤，称量，200斤）等就是物元，物元是物元分析这一课题最简单，也是最基本的概念。

任何一门学科，都有自己特定的逻辑细胞，这些逻辑细胞有着几个基本的特征：（1）它包含了该研究领域的最基本和最普遍的规定；（2）它所反映的要素构成了该学科的研究对象的最基本的单位或元素，成为该对象领域的统一性的基础，如同动植物机体中的细胞一样；（3）它蕴含了该学科的研究对象及其发展过程的一切矛盾的“胚芽”，该学科以后的范畴排列，体现了这矛盾“胚芽”的展开。

物元分析研究的对象是不相容问题。上述“物元”的概

念就是物元分析的逻辑细胞,在它身上孕育着从低级到高级,从简单到复杂的可能性,它是物元分析的出发点。引进了物元,我们就能把质和量联系起来一道研究,这为描述现实世界的相容问题提供了最基本的表达形式,也为我们把解决问题的过程形式化提供了可行的工具,使我们能用数学形式更贴切地来描述客观事物的变化过程。

物元理论着重研究事物的可变性,研究事物变化的条件、路径和规律,探索事物转化的过程,通过物元变换来寻求解决问题的方法。

物元理论还研究事物和系统的结构〔3〕;特别把结构的改变看成解决问题的一种重要方法。结构变换和结构分析方法是我们解决不相容问题的另一条途径。

在解决不相容问题的过程中,人们往往采取各种各样的非数学方法,包括物理方法、化学方法以及各行各业特有的方法。因此,我们要把物元分析的数学工具与各种方法相结合,从而构成解决不相容问题的种种新窍门和新办法。

为了把人们解决问题的过程用数学形式来表示,从而最后用计算机处理不相容问题〔4〕,为了研究决策的定量化,物元分析必须有它自己的数学工具。

经典数学的基础是经典集合。在经典集合中,“是”就是“是”,“非”就是“非”,人们用 $\{0, 1\}$ 两个数来表征对象属于某一集合或不属于该集合。因此,经典集合本质上是描述事物的确定性概念,它的数学表达形式是特征函数。

在模糊数学中,用 $[0, 1]$ 之间的实数来描述事物具有某种性质的程度,称为隶属度。模糊集合就是以隶属函数来表征的,它本质上是描述现实世界中事物的模糊性。模糊