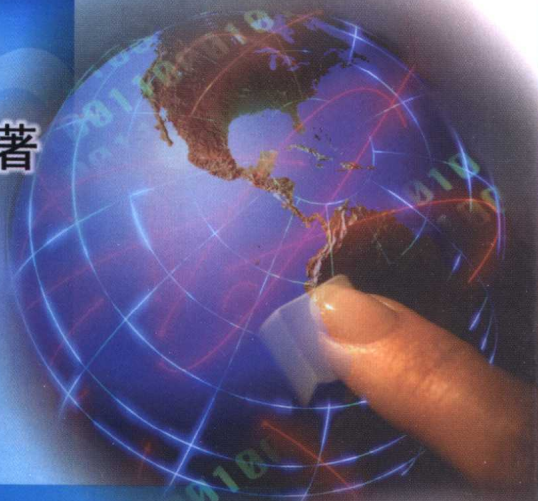


于学馥 宋存义 著



不确定性科学 决策方法

BUQUEDINGXING
KEXUE
JUECE
FANGFA

冶金工业出版社

不确定性科学决策方法

于学馥 宋存义 著

北 京

冶金工业出版社

2003

内 容 提 要

作者采用黑箱—灰箱—白箱统一的研究方法,主要从地下空间开挖技术、灰箱系统着手,介绍了不确定性科学决策方法在工程技术和人文科学方面的应用。

全书共分 11 章,内容包括:不确定性科学决策原理,不确定性科学决策力学过程计算方法,不确定性科学决策方法应用实例,地下空间开挖技术与地应力问题,人文社会经济问题研究与管理方法,程序设计、软件开发与高科技人才培养,北京地铁西单车站地下工程案例,铜绿山古矿井遗址保护和地下空间合理断面轴比设计等。

本书可作为研究生教材,亦可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

不确定性科学决策方法/于学馥等著. —北京:冶金工业出版社, 2003.7

ISBN 7-5024-3212-4

I. 不… II. 于… III. 决策论—应用—地下工程—研究
IV. TU94

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 000936 号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

责任编辑 宋 良 美术编辑 李 心 责任校对 朱 翔 责任印制 牛晓波
北京百善印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2003 年 7 月第 1 版,2003 年 7 月第 1 次印刷

850mm×1168mm 1/32; 7.75 印张; 2 插页; 204 千字; 233 页; 1—3000 册
20.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)



获奖证书、奖牌和奖状



原国务院副总理兼中国科学院院长方毅接见获奖者

HAH49/04



指导研究生



授课

前 言

当前开展前沿科学研究,需要变革传统思维方式并具备方法论基本知识;能够超越 $1+1=2$ 的确定性科学方法,进入 $1+1\neq 2$ 的不确定性科学方法研究领域;能够根据工程的物理现象正确运用科学方法,解决生产实际问题;能够开发或运用软件,解决工程问题;能够在具有中国特色的“科学方法论”的指导下,采用东、西方科学结合的方法,发展中国的科学事业,赶超发达国家。

(一) 科学方法论的基本内涵

科学方法论的“方法”有沿着和道路的含义,在科学实践活动中表示认识的途径、理论或学说,也是工具或操作的总和,以及解决这一课题的一套程序。

“方法论”则是关于认识和方法的理论,它既包括建立知识体系的方法,也包括用来扩展知识,得到新知识的方法,也可称之为方法学(一般指更实用的方法论)。

(二) 改变传统思维方式与认识方法

科学方法是随着科学的发展而发展的,这就要求人们随着科学的发展不断改变思维方式与认识方法。

以往人们把认识与思维过程归纳为实践与认识的多次循环,实际忽视了“科学方法”的重要环节。现代全方位思维是由直觉思维、逻辑思维发展而来的,而且两者是高度结合,因此“科学方法”显得格外重要,所以得到:

实践→方法→认识

的循环模式。即实践成果必然要得出一套“科学方法”,而后才能达到理论的认识。没有科学的方法论,也不可能有正确的认识。没有用“科学方法”得到的认识,往往是片面的,甚至是错误的。因为,每个人的实践与认识可以各异,但“科学方法”是严格的、规范的。因而,不以科学方法论作为统一的依据,仅仅从实践与认识出

发,必然是实践不同,得到的认识也不同,公说公有理,婆说婆有理,是非难以说清楚。所以说,方法论是认识得到一致的桥梁。

(三) 运用具有特色的中国科学,采用东、西方结合的方法,是促进我国科学发展的基本途径

当前环境污染、生态破坏、人口爆炸、能源危机、资源枯竭、耕地退化等一系列世界性问题,严重威胁着人类社会的可持续发展。这些都是由于人类活动与自然界之间不协调造成的。西方国家习惯于用“科学分化”的方法进行研究,这是认识问题的一种方法。中国科学方法则是另一种认识方法。

被称为“东方科学”的中国科学,它的特点是从整体(综合)研究问题,考虑环境影响,这与西方科学分化的研究方法是有区别的。

中国科学是指天、地、人观学说,中医学(特别经络学说、针灸技术等),中国历法、潮汐学说,以及近来发展出来的天、地、生等学说。

“天、地、生”是对天文科学、地球科学(包括地质、气象、水文、海洋等)和生物科学的简称,各科学相互渗透、借鉴,派生出来许多分支学科,它们之间有很多共性:考虑环境的影响,时间是不可逆的。它把自然界当做一个时间、空间、物质、能量、信息的统一于一体来研究。从自然界是一个动态过程来研究客观世界,在时间流程中经历的变迁及其历史行程留下的动态特征,与其周围事物的联系中,来把握自然规律,预测预报其未来状态。

天、地、人观,中医学、中国历法等这些自然观,促进了我国后来近 2000 年封建社会的高度发展。直到明朝中期,我国的生产力一直是向前发展的,在经济、军事、自然科学等方面,都取得了卓越成就。到了最近 200 多年来,西方自然科学的“微观剖析”方法使自然科学有了新的突破。但近几十年来,许多迹象表明,自然科学开始走向新的综合研究阶段,于是开展综合研究又重新提上了日程。因为自然科学是一个大系统、非平衡运动,单单依靠传统单一学科,是解决不了这一复杂问题的。

目前,人与自然的关系正处在一个转变的时代,科学本身也处在一个转变的时代。科学给人类带来希望,并对人类做出更大的贡献。特别要指出,西方科学的分析方法和中国科学的整体观点结合,自然科学与社会科学结合,像中、西医结合那样,是促进我国科技迅速发展的基本途径。

(四)根据事物运动的物理现象,正确运用科学方法

根据事物运动的物理现象来分,按照最近的分法,可分为三种科学方法。分述如下:

第一种:人为现象和工程,如制造火车、飞机、航天飞行器,结构清楚,看得见,摸得着,属于事物概念清楚,计算中原始数据齐全,称为“白箱”问题,可用 $1+1=2$ 的确定性科学方法进行计算,得出确定性结果(严格说,不可能是十分精确的,所以在应用中都加有“安全系数”)。

第二种:自然现象和工程,如地震、天气预报、各种地下空间开挖工程,属于事物概念部分模糊,结构不完全清楚,计算中原始数据部分清楚,称为“灰箱”问题,可以用 $1+1\neq 2$ 的不确定性科学方法进行计算,得出带有“几率性”的预测、预报成果。

地下空间开挖工程有一特征,即开挖工作面是变动的,前次开挖对以后各次开挖都将产生影响;各次计算都需要改变加载条件,属于多步骤开挖的计算问题。特别是采矿工程中的充填采矿方法,“开挖”与“充填”属于两个工序,计算中都需要改变加载条件。这是岩石力学计算中最复杂的问题。本书在算例中采用了这种计算方法,以便读者更好地理解不确定性科学决策方法的基本性质。

第三种:在不确定性问题中,还有一种更为复杂的多因素影响的大系统问题,即人文、社会、经济问题,事物概念完全不清楚,结构和计算数据完全不清楚,称为“黑箱”问题,需要运用系统功能模拟的方法进行计算,属于 $1+1=2$ 和 $1+1\neq 2$ 统一于一体的计算方法。

不确定性问题属于系统具有自组织机能和自我调整的非稳定平衡运动过程,是时间-空间-物质-能量-信息 5 种参数的计算问

题。在化学中,则采用开放系统研究方法,因为在事物运动过程中,有物质能量的变化,所以不能用封闭系统计算方法进行研究。

(五)不确定性问题中的信息方法

什么是信息?信息不是消息,但它包含有消息的涵义。信息是在人的认识过程中,使那些原来认识不清的事物,进一步得到清楚认识的那些消息。

信息的重要概念之一,是从整体出发综合研究系统的过程。信息方法与传统的科学分化、 $1+1=2$ 确定性科学方法不同。它不是割断事物之间的有机联系,用孤立、静止、局部的观点来研究事物;也不是在剖析的基础上进行机械的组合,而是用联系、转化的观点对复杂的事物进行研究。

(六) 程序设计与软件开发,是高科技研究人员的必要技术

不论从事哪种高新科学技术的研究人员,都应当具备程序设计与软件开发的能力。但是,根据各类研究人员的数学、力学基础知识与训练程序不同,程序设计与软件开发有三个档次。

一档:具备程序设计与开发软件的能力。

二档:不具备上述能力,但具备修改他人程序,能够运用程序解决工程中的生产实际问题。

三档:不具备上述能力,但具备运用他人程序,解决工程中的生产实际问题的能力。

这是研究人员的必备技术。

(七) 科学统一研究方法的具体内容

(1) 认识不确定性问题,必须符合人的认识过程。人的认识过程都是从不知(黑箱)到较知(灰箱),再到全知(白箱)的过程。

(2) 把黑箱、灰箱事物变为白箱(全知),需要研究事物发展的历史,观察与监测事物运动行为(功能)。这需要运用计算机进行仿真模拟试验,从大量观察、试验中对事物未来行为做出预测、预报。

(3) 在哲学中,各种科学与哲学是“融于”一体的,即你中有我,我中有你,同步发展。

(4) 在数学中,确定论、概率论、模糊论统一于一体。

(5) 在力学中,弹性、塑性、黏性和固体、液体统一于一体。

(6) 事物运动状态计算是时间-空间-物质-能量-信息统一于一体的计算方法。

(7) 在智能科学中,人脑的间接信号记忆、计算机的间接信号记忆和事物的间接信号是统一于一体的。

(8) 在无机物中引用了“记忆”的概念。“记忆”是人与某些动物才有的思维能力,无机物是不会有。但是,现代科学家把它加在无机物身上,是指该物质(材料)有一种特性,用“水”来说明,“水”是记忆物质,它能“记住”温度在低于 0°C 时为固态,在 0°C 以上到 100°C 之间为液体,超过 100°C 时为气体。金属中合金的“记忆效应”也是这个概念。

上述内容形成了本书的新体系。

$1+1\neq 2$,不确定性决策方法与科学统一研究新体系,前后经过了 40 余年的研究,参加者有教师、实验员 18 人,研究生 47 人,以承前启后的接力工作方式,在生产实践中发展起来的,其中第 2、3 等章节中的计算引用了唐学军、葛树高、井兰如以及其他人的论文,他们都为不确定性科学决策方法的发展,做出了贡献。

本书内容涉及多种学科,不妥之处,诚望指正。

于学馥 宋存义

2003 年 4 月

于北京科技大学



于学馥, 山东龙口人, 1919年生, 1944年毕业于西北工学院; 1944~1948年, 先后任四川东林煤矿实习生、工务员, 湖南湘江煤矿、中湘煤矿助理工程师, 辽宁阜新新邱煤矿助理工程师、分厂主任; 1948年起, 先后任西北工学院助教、讲师, 山东大学、北洋大学、北京工业学院讲师, 清华大学讲师、副教授, 北京科技大学(原北京钢铁学院)副教授、教授、博士导师。从1960年开始培养研究生, 共培养硕士、博士研究生47人。在动态过程岩石力学方法、岩石力学应力/应变历史过程计算方法、岩石力学稳定性分析、古矿井遗址保护性开采方法等方面做出了突出贡献, 已出版专著8部, 获国家级和部级科技进步特等奖各一项。曾任《岩石力学与工程学报》主编, 岩石力学教育工作委员会主任委员, 中国煤炭学会岩石力学专业委员会副主任, 中国金属学会首届名誉理事。

目 录

1	不确定性科学决策原理	(1)
1.1	第一次科学革命,经典科学,确定性科学方法	(1)
1.2	第二次科学革命,信息时代,不确定性科学方法	(2)
1.3	科学方法统一大纲	(4)
1.4	不确定性科学决策的哲学方法	(5)
1.5	不确定性科学决策的数学方法	(13)
1.6	不确定性科学决策的力学方法及智能计算	(16)
2	不确定性科学决策力学过程计算方法	(21)
2.1	问题的提出	(21)
2.2	复杂力学过程计算中两种计算模型的分析	(23)
2.3	复杂力学过程的模拟方法	(31)
2.4	复杂力学过程中引入新介质的动态计算实例	(32)
3	不确定性科学决策方法实例(一)	(53)
3.1	问题的提出	(53)
3.2	下向胶结充填不接顶浅部采场稳定性方案决策方法	(60)
3.3	下向胶结充填不接顶深部采场稳定性方案决策方法	(92)
3.4	本算例总结和建议	(111)
4	不确定性科学决策方法实例(二)	(114)
4.1	引言	(114)
4.2	采矿地质条件、力学参数及采场结构尺寸	(115)
4.3	八个可行待选回采顺序技术方案介绍	(117)
4.4	方案优化研究方法与力学判据的选用	(123)
4.5	自盘区中央向两侧回采与自两侧向中央回采的 方案决策方法	(124)

4.6	各进路随采随充与一次充填的方案决策方法	(126)
4.7	分层中一次采、充进路个数的方案决策方法	(127)
4.8	合理的采、充顺序的优选决策方法	(128)
4.9	从回采顺序技术方案优化中获得的决策意见	(131)
5	不确定性科学决策方法实例(三)	(134)
5.1	锚固技术引发技术革命	(134)
5.2	锚固技术在龙烟铁矿的应用	(134)
5.3	不确定性科学决策方法在金川矿山的应用	(135)
6	地下空间开挖技术与地应力问题	(143)
6.1	引言	(143)
6.2	地壳浅层地应力基本规律	(143)
6.3	地应力的影响因素	(150)
6.4	我国构造应力场分布与岩土工程稳定问题	(156)
7	人文、社会、经济问题,物质、能量研究与管理方法	(162)
7.1	引言	(162)
7.2	知识经济时代与企业管理	(162)
7.3	知识管理方法	(163)
7.4	北京育新小区的管理问题	(164)
8	程序设计、软件开发与高科技人才培养	(166)
8.1	概述	(166)
8.2	程序设计、软件开发的档次	(166)
8.3	运用他人程序解决工程技术培训试验问题	(167)
8.4	有限元学习班的基本情况	(168)
9	北京地铁西单车站地下工程应用案例	(174)
9.1	引言	(174)
9.2	地下与地面的环境状况	(174)
9.3	修建方案选择	(175)

9.4	结构设计	(175)
9.5	结构防水、防裂设计	(178)
9.6	施工方案	(181)
9.7	通过地下管线密集段的施工方法	(184)
9.8	管棚设计	(184)
10	铜绿山古矿遗址保护问题	(188)
10.1	引言	(188)
10.2	古矿遗址发掘概况	(188)
10.3	古矿井遗址原地保护问题	(198)
10.4	古矿目前坑木变质腐烂的基本状况	(200)
10.5	岩土性质决定了古矿井破坏的必然性	(203)
10.6	断裂构造对古矿井的影响	(207)
10.7	水的作用及古矿井内水封闭与通畅问题	(208)
10.8	地应力的开挖效应对古矿井变形破坏的影响	(211)
10.9	结束语	(212)
11	轴变论与地下空间合理断面轴比设计	(214)
11.1	引言	(214)
11.2	轴比变化的理论分析	(214)
11.3	等应力轴比	(216)
11.4	零应力轴比	(217)
11.5	压应力轴比	(218)
11.6	拉应力轴比	(219)
11.7	围岩稳定轴比算例	(221)
11.8	结束语	(222)
	结语	(225)
	参考文献	(233)

1 不确定性科学决策原理

近 300 年来,科学发生了两次革命(这里是指科学方法的革命)。第一次科学革命产生经典科学确定性科学方法,第二次科学革命产生 20 世纪的信息科学不确定性科学方法。

科学方法是随着时代变化的。进入 20 世纪,特别到了 20 世纪 40、50 年代以后,科学世界出现了“日新月异”的变化。现在更是千变万化的时代。

经典科学确定性科学方法是当今科学方法的主流。现在人类已经进入了信息时代。在人们对信息和不确定性科学还不太熟悉之际,又出现了新的科学方法。新的科学方法的内涵还鲜为人知,运用“知识经济”等术语来描述。“知识经济”不是科学方法,是一种“社会形态描述”用语,是对“信息时代”以后社会形态的一种预测性描述。不上升到科学方法上来,是不能从科学上解决社会和经济发展的根本性问题的。

1.1 第一次科学革命,经典科学,确定性科学方法

科学的定义是“实事求是”,科学的研究方法是知识的方法。“知识就是力量”,是人认识客观世界的力量(能力)。这是 300 多年前培根(1561~1626)、伽利略和笛卡儿(1596~1652)时代科学家的共同认识。

在科学的萌芽时期,科学尚未从哲学中分化独立,人们往往采用直观的原始方法认识世界。培根、伽利略、笛卡儿三人的科学方法虽然不同,但他们的共同特点都是把“抽象与实践结合”的研究方法引进到科学研究之中。抽象是知识的研究方法。这种方法是产生近代科学的基本方法,典型的例子是牛顿采用这种科学方法把数学与力学相结合,创立了微积分和经典力学科学方法。人们称牛顿是伟大的科学家,就是因为他在科学研究中建立了完整的

科学体系,称之为第一次科学革命,出现了现在的“经典科学”和确定性科学方法。直到现在,这种科学方法和科学思维方式都是大、中、小学生必学的基础知识,也是指导我国科学和经济发展的基本科学方法。

第一次科学革命的基本特点是:

(1)不考虑事物运动过程中物质和能量的变化,即能量是守恒的;

(2)时间是可逆的和对称的;

(3)采用的科学方法是简单原则、科学分化的研究方法;

(4)计算方法是线性、 $1+1=2$ 的确定性方法;

(5)应用范围属于解决人为现象工程决策必要的计算方法。

人们用这种科学方法研究历史已有 300 余年,但是到了拉普拉斯(Laplace,1749~1827)时期,出现了牛顿式狂热病,使经典科学带上了唯心主义色彩。这种色彩至今对国内外都有影响。

拉普拉斯有句名言:“能有这样的智能,它能把宇宙中最大的天体与最小的原子包容于一个公式之中,对于这个公式来说,没有任何不确定的东西,未来与过去一样,都可以算得一清二楚。”现在看来,这显然偏离了实事求是的科学真理。因为参数的选取不可能是“精确无误的”,计算机的字长不是无限大的,计算中带来的误差和“蝴蝶效应”是不可避免的。但是,到了信息时代,即第二次科学革命,这样的智能和这样的计算公式,才得到实现。不过计算结果也不可能是“精确无误的”。

1.2 第二次科学革命,信息时代,不确定性科学方法

20 世纪科学技术取得的成就超过了此前人类几千年文明的总和。特别是 40 年代以后,科学技术惊人的突破,使社会生产力空前发展,导致一场意义更为深远的新技术革命。各门学科相互渗透、交叉,出现了信息时代和不确定性科学。自然科学内部以及自然科学与社会科学相互渗透,使得各门学科之间的传统界限逐渐消失,众多学科开始并逐渐有了共同的语言、概念和方法。科

学技术发展的这种变化,客观上要求人们摆脱传统的概念与思维方式,要求有新的科学方法出现,这是当代科学发展的必然趋势。这就是被称为第二次科学革命的信息时代产生的背景。

信息时代的信息,是建立在系统论、控制论和信息论之上的信息。这里的信息仅仅是机器上可以处理的信息,它使人从体力劳动中解放出来,把农业时代推进到机器工业时代。

第二次科学革命的基本特点是:

(1)考虑事物运动过程中的能量耗散与物质变化问题,能量是不守恒的;

(2)时间是不可逆的和非对称的;

(3)采用的科学方法是复杂系统科学综合的研究方法;

(4)计算方法是非线性 $1 + 1 \neq 2$ 的不确定性科学方法;

(5)应用范围属于解决自然现象工程决策计算必要的科学方法。

1998年,世界银行发展报告又进一步把第二次科学革命中90年代初美国首先提出来的信息高速公路概念与“国家信息基础结构”联系起来,提出把农业时代推进到工业时代的“国家信息基础结构”,其要素是下列5项:

(1)发展与改进机器设备;

(2)信息本身;

(3)应用软件;

(4)标准和传送码;

(5)人:分销商、操作者、服务提供商。

第二次科学革命产生了计算机与数学统一的研究方法,并已成为“数学模拟计算实验技术”。这种技术代替了那些具有“自组织机能”难以在实验室内进行物质模型实验的技术。利用计算机显示器上显示出来的图像,从直观形象感知中寻求新的思路,抽象出新的概念。这是工程在正式施工之前必要的工作程序,是一种新的研究方法。