

GUANLI KEXUE YANJIU MOXING YU FANGFA

管理科学研究模型与方法

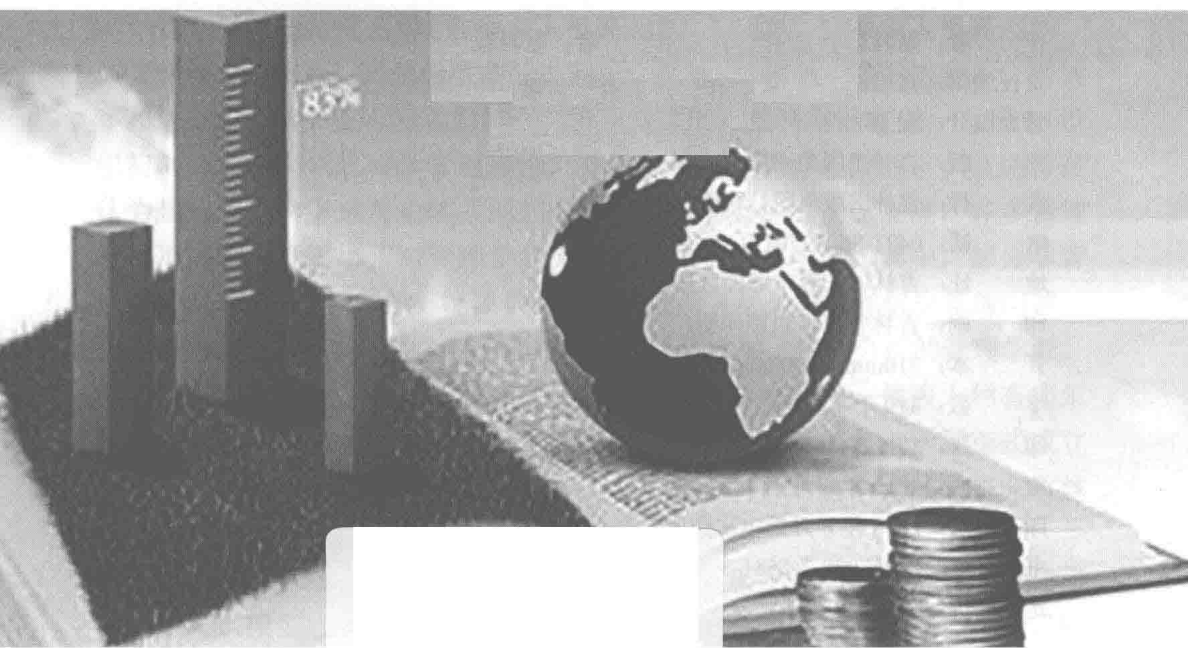
赵晓毅 著



吉林出版集团股份有限公司

管理科学研究 模型与方法

赵晓毅 著



吉林出版集团股份有限公司

图书在版编目(CIP)数据

管理科学研究模型与方法 / 赵晓毅著. -- 长春: 吉林出版集团股份有限公司, 2017.9
ISBN 978-7-5581-3585-9

I. ①管… II. ①赵… III. ①管理学—定量分析—模型—研究 IV. ①C93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 236950 号

管理科学研究模型与方法

GUANLI KEXUE YANJIU MOXING YU FANGFA

作 者: 赵晓毅
责任编辑: 宫志伟 陈增玥
封面设计: 倪娜
出 版: 吉林出版集团股份有限公司
发 行: 吉林出版集团社科图书有限公司
电 话: 0431-86012701
地 址: 吉林省长春市绿园区泰来街 1825 号
印 刷: 吉林省长春凯旋印刷厂
开 本: 710mm×1000mm 1/16
字 数: 319 千字
印 张: 17.5
版 次: 2018 年 6 月第 1 版
印 次: 2018 年 6 月第 1 次印刷
书 号: ISBN 978-7-5581-3585-9
定 价: 62.00 元

如有印装质量问题, 请与印刷厂联系调换。

前 言

管理科学是一门管理类的学科，是建立在科学基础上的用于解决管理决策问题的知识和技术的集合体。

法国的《百科全书》认为，科学通过分类以寻求事物之中的条理。通过揭示支配事物的规律，以求说明事物。日本的《世界大百科辞典》认为，所谓科学，是具备客观性和真理性的既具体又普遍的有体系的学术上的认识，即科学是学问达到最高程度的部类。而爱因斯坦认为，科学是寻求我们感觉经验之间规律性关系的有条理的思想。当然，针对“科学”的定义有很多种，但我们发现这些定义有一个共性，即科学是用来揭示规律性的。科学代表着知识，代表着具体，代表着更加可靠。而“科学的方法”，就是那些研究知识的更加具体和可靠的方法。而管理科学涉及的方法往往是以数学、计算机、社会科学、系统科学等为基础的，经过长期验证，被公认为是可靠的方法。

管理科学的传统名称叫作运筹学或决策科学，这是被很多人所熟悉的。而管理科学的萌芽，要追溯到 18 世纪中叶之后，在工业革命的进程中，对效率和效益的追求促使管理者们越来越注重数学与自然科学的应用。直到 20 世纪初，泰勒等人创立科学管理理论，并出版了《科学管理原理》，这通常被认为是管理科学形成理论体系的起点。随着市场经济的快速发展，许多管理者从不同的角度提出了对管理学的见解，形成了诸多学派。其中，部分学者以系统的观点，运用数学、统计学等科学的计量方法来研究和解决管理问题，使管理问题的研究在以往定性分析的基础上，又增加了定量分析的管理学派。1939 年英国曼彻斯特大学教授布莱克特成立了运筹学小组，代表人物有埃尔伍德·斯潘赛·伯法、霍勒斯卡·文森等，这被认为是管理科学学派正式成立的标志。此后，管理科学逐步成为一门独立的学科，对这个领域的研究也越来越活跃。

本书共分十章，第一章总体上对管理科学做出了介绍，包括管理科学研究的步骤、模型、方法等；第二章决策方法，主要介绍了确定型决策、风险型决策、不确定型决策与多属性决策等方法；第三章预测方法，主要介绍了

定性预测与定量预测两种预测方法；第四章评价方法，主要介绍了数据包络分析、层次分析法、模糊综合评价法、熵值法、集对分析法等方法；第五章博弈论，主要介绍了非合作博弈、合作博弈与演化博弈；第六章管理仿真，主要介绍了系统动力学与战略认知聚焦模型及仿真；第七章线性规划与单纯形法，主要介绍了求解线性规划问题的基本原理、线性规划的单纯形法与人工变量法；第八章对偶理论与灵敏度分析，主要介绍了线性规划的对偶问题、对偶单纯形法、影子价格、灵敏度分析与参数线性规划，第九章马尔科夫过程，对马尔科夫过程的性质与系统预测方法做出了详细的分析；第十章灰色系统理论与方法，主要介绍了灰色系统关联分析方法与灰色系统预测模型方法。

本书在创作过程中，难免有不足之处，敬请指正！

目 录

第一章 概述	1
第一节 科学研究的规律	1
第二节 管理科学的产生与发展	10
第三节 管理科学的含义及其特征	13
第四节 管理科学的研究步骤	17
第五节 管理科学研究的主要模型与方法	19
第六节 管理科学与计算机	23
第二章 决策方法	26
第一节 决策概述	26
第二节 确定型决策	45
第三节 风险型决策	54
第四节 不确定型决策	57
第五节 多属性决策方法	59
第六节 案例分析	61
第三章 预测方法	64
第一节 预测概述	64
第二节 定性预测方法	71
第三节 定量预测方法	91
第四节 案例分析	95
第四章 评价方法	98
第一节 评价方法概述	98

第二节 DEA	100
第三节 层次分析法	105
第四节 模糊综合评价方法	117
第五节 熵值法	121
第六节 集对分析法	122
第七节 案例分析	124
第五章 博弈论	126
第一节 博弈论概述	126
第二节 非合作博弈	139
第三节 合作博弈	166
第四节 演化博弈	170
第五节 案例分析	176
第六章 管理仿真	178
第一节 仿真概述	178
第二节 系统动力学	185
第三节 战略认知聚焦模型及仿真	191
第四节 案例分析	194
第七章 线性规划与单纯形法	197
第一节 什么是线性规划	197
第二节 求解线性规划问题的基本原理	199
第三节 线性规划的单纯形法	202
第四节 人工变量法	208
第五节 案例分析	214
第八章 对偶理论与灵敏度分析	216
第一节 线性规划的对偶问题	216
第二节 对偶问题的基本性质	220
第三节 对偶单纯形法	223
第四节 对偶问题的经济解释——影子价格	225

第五节 灵敏度分析	227
第六节 参数线性规划	232
第七节 案例分析	235
第九章 马尔科夫过程	239
第一节 马尔科夫过程概述	239
第二节 马尔科夫过程的基本概念	240
第三节 马尔科夫链的性质	241
第四节 马尔科夫链的系统预测方法	244
第五节 案例分析	246
第十章 灰色系统理论与方法	250
第一节 灰色系统理论概述	250
第二节 灰色系统关联分析及其方法	253
第三节 灰色系统预测模型及其方法	259
第四节 案例分析	261
参考文献	263



第一章 概述

第一节 科学研究的规律

一、科学研究的层次

当前,世界各国,尤其是发达国家把巨大的人力、物力、财力投入到科学研究上,并制定出各种激励政策加快科学技术向生产力的转化,因此,科学研究已经不是科学家少数人在实验室的个体行为,而变成政府、资本、大众共同参与的社会行为。科学研究也不再是少数人感兴趣的事业,而变成一种经济效益可观的产业,科学研究的目的也不仅仅是自然规律的发现,而是把科学成果技术化,进而产业化和商品化。发展中国家由于社会、经济发展的需要,往往把有限的人力和财力投入到应用研究而不是基础研究,因此失去了重大科学发现的机会,也使应用研究因缺少人才和理论的支撑而后劲不足。

科学研究有什么规律?它和技术的结合点在哪里?商业因素如何影响科学研究?本节旨在分析科学研究层次的过程中探讨这些内容。科学研究是一种多层次的结构体系。几百年来,科学研究的实践表明,它至少可以分为以下几个层次,(1)发现和证实、证伪;(2)发明和技术创新;(3)科学理论和数学;(4)模型的建立;(5)哲学的思考。

(一)科学发现和证实、证伪

科学发现是科学研究的第1层次。在科学进入社会生活的早期,科学发现占主导地位。这种发现可以在实验室(实验)得到,也可以在自然界(观察)得到。科学发现是指自然界原本存在的现象和规律,由于实验手段的进步不断被揭露和总结出来。这种现象和规律往往以论文、报告、讲演等形式向专业人士和社会大众公开,而成为社会的“公有财产”。尽管这些发现的取得需要巨大的人力、财力的消耗,并且随着科学的进步,科学发现的成本也越来越高,但是发现者和投资者的回报仅仅是荣誉性的或者是投入和回报不成



比例的奖励。

科学发现一般不被知识产权保护，科学发现的成果是全人类共有的。然而资本的介入，使这一不言自明的问题复杂起来，因为某一科学发现可能蕴育着巨大的商机和巨大的效益，本来自然现象和自然规律的发现是全人类的公有财富，现在可能变成某些人（或集团）的谋利手段，因此科学发现的公开就变得比较谨慎了，也就是说资本的介入正在改变着本来意义上的科学发现。

人类基因组的测序成功，就是资本介入的一个例子。人类基因是一种自然形态的物质，本不属于知识产权保护之列，但在 DNA 测序完成后（中国承担了 1% 的测序任务），美国出于商业利益考虑（尽管目前它的商业价值仍是潜在的），申请了大量专利，企图把人类基因组的研究成果垄断起来，这一做法遭到各国科学界的质疑和反对。

又如纳米微生物是一种全新的生物形态，尽管目前对它是否为生物，是否为生命的最原始形态，是否为无机界与生物界的过渡形态等很多问题有待回答，一些美国生物技术公司看见可能的应用前景，对研究进行大量的风险投资，可以想象，其研究成果也必然被商业化。由于当前的科学研究需要巨大的投入，所以科学研究需要资本介入，而资本介入也必然改变原来意义的科学研究。

一般意义的科学发现必须具有重现性。这需要科学家有足够的耐心去重复观察和实验，彻底搞清楚现象（或规律）产生的环境、条件和结果。这就是哲学意义上的“证实”和“证伪”。科学实验是“证实”和“证伪”的重要手段。科学实验的正结果为“证实”；科学实验的负结果为“证伪”。“证实”和“证伪”在科学研究中的作用都是积极的。

早期的科学实验，往往是单因素实验，即固定其他因素，只研究某因素和研究对象的数量关系、因果关系，其方法论的基础是：认为各因素是独立的（没有交互作用），各因素对研究对象的作用也是独立的。然而随着研究对象的复杂化，单因素的研究方法已经无法适应这种研究。例如对卷烟香气风格和口味特征的研究，目前鉴定出的烟草中的 3000 多种化学成分，在烟草燃烧过程中，产生了含 30000 种化学成分的烟气，它们是“香气风格和口味特征”的物质基础，它们中的任何一部分或任何一个因素都无法替代整体的功能，现代科学的研究成果表明，复杂系统的奥秘和规律来源于整体的涌现性，因此我们应该重视这种整体涌现性研究，复杂系统的整体涌现性只有统计意义，因此，和经典的科学发现的重现性有所区别。二战后，科学技术的发展突飞猛进，以系统论、信息论、控制论为代表的对大系统的综合研究的理论和方法的出现以及大规模电子计算机的使用为近代科学技术的发展提供



了强大动力，也为新的科学发现提供了强有力的理论和手段的支撑。科学发现只回答了“怎么样”的问题，没有回答“为什么”的问题。回答“为什么”需要基础理论定律。

（二）科技发明和技术创新

科学和技术是两个完全不同的概念。科学是人类在研究自然现象过程中所构造的一系列理论系统，因此属于社会的意识形态和精神文化。而技术是人类操纵、利用和改造自然的实践手段，本身就是直接的生产力元素。近代科学技术的发展规律表明：理论科学往往走在技术发明前面，甚至创造技术发明。科学技术发明（简称科技发明）表面看来是科学研究的物化形态，事实上，在“物化”之前，很多“概念”首先被人们创造出来：在蒸汽机、望远镜、飞机、电脑、宇宙飞船还没有问世之前，它们的概念就被发明出来了。

科技发明是科学研究的第2层次。今天人类生活的各种工具、器械、电器、计算机等都是科学发明的产物。科技发明与资本结合是现代企业的运作模式之一，也是产生利润的主要手段。科技发明是人类主观能动性的产物。如果说科学发现使人类对自然界的认识不断深化，那么科技发明对人类物质文明的进步有着不可估量的贡献。

科技发明分两类：一类是在科学发现和科学理论（包括现象和规律）的基础上实现产业上的应用。例如，1831年法拉第成功地完成了“磁生电”实验，并在后来确立的被称为法拉第电磁感应定律的现代电工学的基础上发明了发电机和电动机。另一类是从自然现象或偶然事件中得到启发，经过设计改进，找到应用领域。例如1690年法国人巴本从炼铁厂广泛使用的活塞式风箱中得到启发，发明了一个带活塞的汽缸，第一次将汽缸、活塞结构和蒸汽冷凝形成真空的原理运用于蒸汽机，为以后瓦特实现蒸汽机的革命（1784年）开辟了道路。

科学研究和技术创新的结合点就是科技发明。在科学技术高度发达的今天，一个科技发明的产生往往需要资金、人力、管理的大量投入。与科学发现不同的是，科技发明可以申请知识产权保护，但有时两者没有明显的分界。举例来说，工业使用的菌种如果是自然界采集、筛选的不能申请专利，它是一种自然形态的物体，而在发酵、制药工业的使用仅属于科学发现。但如果该菌种经过人工诱变或基因改造变成一株“工程菌”，就可以得到专利保护。科技发明是科学研究“物化”的一种形态。

（三）科学理论和模型

科学理论（含工程理论）是科学研究的第3层次。如果把科学发现罗列起来，就无所谓科学。人们试图把自然现象（包括科学发现）概括出一个简



明的规律，即爱因斯坦说的以最适当的方式画出一幅简化和易领悟的世界图像就是科学理论。自然科学理论可以通过演绎法和归纳法得到。牛顿力学定律的建立是归纳法的典范。物理、化学等实验科学使用的归纳法称为“不完全归纳法”，只有数学归纳法才是一种“完全归纳法”。自然科学理论建立的另一个方法是演绎法。演绎法是在理智中设立大前提，然后以此推演下去，而得到结论。爱因斯坦的相对论的建立是演绎法的典范。

科学理论往往用数学形式加以表达。原则上现代数学的一切形式（包括几何图形、代数结构、拓扑结构、分析表达式等）都可以表达科学理论。科学理论（公式、数据、图表、文字描述等）的建立虽然也需要大量的投入和艰苦的劳动，但因它没有“物化”的形态，所以没有知识产权的保护。

科学理论的另一种表达形式是建立模型。建立模型是科学研究的第4个层次。物理、化学、生物、天文等学科都曾经建立和使用了大量的模型。这些模型，尤其是物理模型对于本学科的发展都起了积极的推动作用，甚至可以说建立模型和使用数学的程度，是学科是否成熟的标志。试想如果没有DNA双螺旋模型，就不会产生今天的分子生物学、分子遗传学等学科。

科学模型可以分为4类。即结构模型、构造模型、功能模型和计算机模型，分别用于科学研究和工程目的。每一类还可以分为若干小类。对科学研究有重要影响的是概念模型、预测模型和数学模型。物理学中卡诺“理想热机模型”，爱因斯坦的“宇宙有限无界模型”，化学中的“理想气体模型”、“化合价模型”、“原子结构模型”、“分子结构模型”，生物学中的“DNA双螺旋模型”等都是概念模型。

预测模型往往通过数学模型实现。所谓预测是指原型的状态参量在将来某时刻或空间某地点的数值，它往往用状态方程表示。不含时间参数的状态方程称为静态方程，含时间参数的状态方程称为动态方程，动态方程是科学研究中最常用的数学模型。牛顿运动方程中含有时间，是一种动态方程。理想气体的状态可用体积（V）压力（P）和温度（T）中的任何两个参数确定。三者关系可用不含时间的气态方程表达，因此是一种静态方程。化学热力学的化学平衡方程是静态方程，而化学动力学研究的反应历程是动态方程。无论是静态方程还是动态方程都具有预测功能，它们都可以对系统的未来状态进行预测，是预测模型中一种主要的表达方式。

20世纪后期出现的计算机为模型尤其是数学模型的建立提供了强有力的工具。所有数学模型都可以转化为计算机模型，通过计算机可以预测模型的未来状态。很多无法建立数学模型的系统，如生物、社会等也可以建立计算机模型。一个好的模型必须具备：（1）对原型必须进行充分、显著、有效的



简化, 以便于操作; (2) 模型具有较好的重复性; (3) 模型的解释功能和预测功能必须强大、准确; (4) 模型的物理形式和数学形式必须简洁、直观。

模型的首要功能是提供一个框架, 整理和组织科学实验(或观察)中取得的数据、资料、信息, 并对原型的行为特征和演化规律做出解释。模型的第2个功能是对原型的未来特征做出预测。第1个功能是认识世界, 第2个功能是改造世界。

(四) 哲学的思考

哲学是物质世界(自然界和人类社会)运动规律的高度总结。在自然科学史上, 很多优秀的自然科学家对自己的科学成就都有哲学上的总结, 并成为后来的影响深远的世界观和方法论。哲学的总结是科学研究的第5个层次。牛顿对科学的巨大贡献为近代自然科学奠定了4个重要基础: 它创建的微积分分为近代数学奠定了基础; 他的光谱分析为近代光学奠定了基础; 他发现的力学三定律为经典力学奠定了基础; 他发现的万有引力定律为近代天文学奠定了基础。牛顿力学的巨大成功使19世纪初期的物理学家相信, 宇宙确实是一个庞大的机械系统, 它遵照牛顿力学定律而运行, 这些定律似乎是自然界的基本定律。在巨大的宇宙机器似乎可以由因果论完全确定, 即这个系统的任何一部分的未来完全可以预测。这种严格的决定论的哲学基础就是可以把“我”(主观)和世界(客观)之间分割开来, 并由于这种分割对世界做出客观的描述。

解析几何的创始人笛卡尔不仅是一个数学家, 他的哲学思想在近代科学思想史上同样闪烁着璀璨的光芒。笛卡尔把自己的理论体系形象地比作一棵大树, 他认为树根是哲学, 树干是物理学, 其他各种学科是树枝, 而贯穿这个体系的是唯理论和理性的逻辑演绎法。

爱因斯坦的科学成就为辩证唯物主义增添了新的论据。他本人对相对论的哲学内涵也做过探讨。时间和空间本来就是哲学研究的内容之一, 爱因斯坦认为, 物体的存在和运动对“时间不断的流动延续, 空间广阔无边”的没有影响的观点是毫无道理的, 牛顿所想的那种严格的“决定论”的世界模式是不可能的。这就从根本上动摇了对牛顿时空观的信赖。他指出的时间、空间、物体、运动是不可分割的统一整体, 这是一种全新的时间、空间和运动的概念。在广义相对论中, 爱因斯坦更把引力归结为加速系统所体现出的时空几何特征。爱因斯坦的科学成就表明唯物辩证法是自然科学研究的有力武器。20世纪40年代以来, 一般系统论的创立者贝塔朗菲, 控制论的创立者维纳, 信息论的创立者之一韦弗, 运筹学的创立者之一丘奇曼等都很重视哲学的思考, 努力从哲学论证本学科的方法论。20世纪60年代以来, 哈肯的协同学、托姆



的突变论、艾根的超循环论、非根鲍姆的混沌学、芒德布罗的分形学、钱学森的系统学同样重视对方法论作哲学探讨。

普里高津是“耗散结构”理论的创始人。在耗散结构理论中，普里高津认为，历史是发展的，不断出现新情况和新事物，将来并不包括在过去之中，而统计性和概率在事物发展过程中起着关键作用，它反映了客观世界存在着的随机性和偶然性。此外他还对时间的性质和层次，世界的简单性和复杂性，决定论和非决定论等很多哲学问题进行了讨论。杰出的科学家不仅要注重本学科的科学发明，科学理论和模型的建立，更应该注重支撑这些知识的哲理精神，优秀的科学家需要有哲学思考的自觉性。

二、科学结论的逻辑问题

科学逻辑是一种应用逻辑，它运用现代逻辑的工具对科学知识和科学思维本身进行探讨和反思，它包括：科学问题的逻辑、科学发现的逻辑、科学检验的逻辑、科学解释的逻辑以及科学理论的逻辑结构等，这些都是科学哲学的范畴，这里讨论的科学结论的逻辑问题也属于这个范畴。

任何科学活动，包括科学研究都有其目的性：或探索规律，或寻求解释，或解决问题，或提供证据，或创造方法，因此，科学研究必须给出一个科学结论，这个结论使用论证，而且能够提供论证所需要的一般原理和事实证据。大的科学研究可能产生一种科学理论，小的科学实验可能给出变量间的因果关系，总之，科学结论是科学研究的成果，这些成果的总和构成了一种理论体系，即我们所说的“科学知识”。科学结论有几种表达方式：语言、模型、方程（或其他数学表达）、曲线、图表等。

科学知识是用语言表达的，所以科学知识首先是语言。逻辑经验主义者认为：经验科学理论由4种语言因素——理论名词、观察名词、陈述词和逻辑词构成。观察名词指出观察对象或过程，以及这些对象的可观察属性，如对象的几何形状、颜色、物理状态等等；理论名词是不能用简单的观察名词表述的，必须具有一定专业知识才能理解的概念，如电子、波长、基因；陈述词一般为动词，如排列、升高、加压等；逻辑词包括联结词和量词，如“…当且仅当…”，“如果…那么…”，“…所以…”，“…有…”等。含有观察名词的语句是观察陈述，如“月亮在十五时是圆的”。理论名词加陈述词是理论陈述，如“DNA在空间排列成双螺旋形状”。尽管逻辑经验主义的两种语言模型论后来受到一些挑战，但它们至今仍被看作经验科学理论结构的正统观点。

在自然科学中，很多学科的研究成果以模型的形式体现，经典物理学、



化学、天文学、生物学、地质学等都有很多我们熟知的模型。模型的使用大大地推动了本学科的发展，具有不可替代的作用。方程、曲线、图表是科学结论的数学表达形式，它们反映了变量之间的数量关系，也称为“数学模型”。绝大多数的数学模型可以转化为语言表达。

（一）科学结论的逻辑问题

科学归纳观点认为，科学以经验开始，通过观察和实验的加工，借助归纳法建立起一般规律。然而，在证明归纳的正确性方面存在一个逻辑问题，自从休谟（古希腊哲学家）以来的哲学家一直为这个问题感到忧虑。举一个具体的例子：人们从太阳在早晨升起这个经验中推断出“太阳总是在早上升起”这个一般规律，尽管这个规律在我们现在的宇宙条件下是真的，然而，这个规律是以经验为基础的，是站不住脚的，因为从逻辑上讲，我们根本不可能保证迄今所经历过的事件必然和将要发生的事件一模一样。逻辑不能保证，从真的前提一定推出真的结论，推断将来要发生的事件在逻辑上是不能以过去的经验为基础的，因此，从特定事例归纳到普遍规律，在方法上需要一种非逻辑跳跃。而只有“数学归纳法”才经得起逻辑的考验。休谟并不否认我们不断地把个别事例一般化而得出“理论”，但他否认这种归纳在逻辑上是正确的，这就是著名的“归纳问题”。这里向我们提出一个严肃的问题：如何把观察和实验的材料使用归纳法建立结论？我们的一切观察和实验都是在一定条件下进行的，因此，我们的结论是在这个条件下的结论，任何超出实验条件的推论（尤其是一般规律）在逻辑上都是禁止的。然而，逻辑的禁止不等于不可以推论，事实上，无论科学研究，还是工程技术工作，推论是不可避免的。推论的真实程度可以用犯错误的概率来度量：第一类错误为“弃真”，第二类错误为“存伪”，这两类错误的概率都可以用“假设检验”的基本方法计算出来。我们必须小心翼翼地外推，一般说来，一个结论的外推不能超过试验区间的 $1/3$ ，大范围的外推不但逻辑上不允许，在科学研究和工程技术上也是危险的，因为可能导致错误的结论。不管什么时候，只要说某种关系在低至 5%，甚至 1% 的显著性水平上是有统计意义的，就等于承认了这样的判决：即接受（yes）一个虚假的假设的风险要比拒绝（no）一个真实的假设的风险大，或拒绝（no）一个真实的假设的风险比接受（yes）一个虚假的假设的风险小。例如，问题：白糖是不是甜的？（假如我们不知道白糖甜不甜）假设答案有：白糖是甜的（真）；白糖是苦的（假）；白糖是酸的（假）；白糖是辣的（假）等等。“弃真”就是拒绝“白糖是甜的”这一假设，其结果是我们犯了“弃真”的错误；“存伪”就是接受“白糖是苦的、白糖是酸的、白糖是辣的”等假设答案，其结果是我们犯了“存伪”的错误。在这个例子中，“弃



真”犯错误的次数为1次，而“存伪”犯错误的次数为3次或更多，即拒绝（no）一个真实假设的风险比接受（yes）一个虚假假设的风险小。

科学研究的结论实际上是某个问题的答案假设，事实上在科学发展过程中，我们遇到很多同一问题有几个答案，甚至相互矛盾的答案的情况，这些答案都可以给这个问题以解释，然而只有一个答案为“真”。这时候，接受其中一个答案（可能为真，也可能为假）比拒绝所有答案要冒更大的风险。科学家的任务是为每一种答案寻找证据或寻找反证，在证据和反证之间，反证的作用更强，因为证据需要无限多（穷举法，现实是不可能的），而反证只需一例就可以。对于找到反证的“科学结论”，我们不说这个结论存在一个例外，而说这个结论是不成立的，所以被拒绝。对于找不到反证的答案（科学结论），为“真”，并被科学家暂时接受，而寻找证据和反证的过程将贯穿整个的科学活动，并成为科学研究的主要目标之一。

从归纳法或演绎法得出的结论永远也不能证明任何事情实质上是真的，但是你能证明某些事情实质上是假的，我们可以把它当作科学方法论的一个重要的论断。让我们再举例说明这一论断，问题：地球上存在不存在黄金？我们可以给出两个假设答案，其一，“地球上存在黄金”；其二，“地球上不存在黄金”。如何证明这两个结论的真伪？要证明第一个结论，只需在地球的某个地方找到一点点黄金，这个结论就成立；要证明第二个结论的真伪却不那么容易，我们必须翻遍地球的每一个角落：从地表到地心，从陆地到海洋，如果没有发现黄金，第二个结论成立，如果在某地发现了一点点黄金，第二个结论就被拒绝。如果第一答案为“真”，第二个答案就是它的证伪，反之亦然。

（二）科学结论的证实和证伪

科学结论的“证实”和“证伪”很早就受到哲学家的关注，休谟认为，在归纳和演绎之间，在证明和反驳之间，在证实和证伪之间，在维护真理和否认真理之间存在着基本的不对称。单个的论断不管有多少，我们都不能通过逻辑从中导出普遍的结论，但是，借助逻辑推理，只需一个论断，我们就能证明任何普遍的论断在逻辑上是矛盾的，而拒绝接受它。

我们可以用人们爱用的波普（奥地利科学哲学家）曾经使用过的例子来说明这个道理：不管你看到的白天鹅有多少，都不能推断说所有的天鹅都是白的，但是只要看到有一只天鹅是黑的，就足以拒绝“所有天鹅都是白的”这个结论。波普在研究科学结论的分类时，使用了这个基本的不对称原理：科学本质上是一系列命题的集合，现实世界的综合命题本体，至少在原理上可以用经验的观察来证伪的，这就是科学，科学不是以它的学科内容或声称



掌握某种知识的确定性为特征，而是以建立和检验命题的方法为特征的。

波普认为，真正的科学理论和伪科学理论间的界限在于，不是是否能由经验证实，而是是否能由实验对它们证伪，或者说它们是否有被证伪的可能性。在科学史中，没有一种理论比牛顿理论有那么多证实材料和可靠性，但是爱因斯坦的一个伪证，就使牛顿定律的局限性显示出来，牛顿理论的普适性也就终结了。然而，科学和非科学之间所划的界线并不是绝对的：可证伪性和可证实性都是程度性的问题。换句话说，我们应该把划分标准看作是描述知识的连续区间，在这区间的一端我们所看到的是某种“硬的”自然科学，如物理学和化学（在与之相邻的地方我们找到“较软的”科学，如生物进化论、地质学和宇宙论），在这区间的另一端我们可以找到诗歌、艺术、文学批评等等。历史和所有社会科学分布在这两端中间的某个地方，很有可能是在这个连续区间中更靠近科学的一端，而不是在靠近非科学的一端。

波普强调在证实和证伪之间存在不对称的思想有一个理由，从严格的逻辑观点来说，我们永远也不能因为某个假说和事实相符而断言说它是真的。从事实的真实性到“理论”的真实性的推理，暗藏着我们犯了“肯定结果”的逻辑谬误。另一方面我们又能够用事实来否定“理论”的真实性，因为从缺乏事实到“理论”虚假的推理过程中，我们借助了“否定结果”这种在逻辑上是正确的推理过程。用一个便于记忆的公式来总结全部争论，我们可以说：没有证实的逻辑，但是有反驳的逻辑。

简而言之，一个理论是被证实了的，不是由于它和很多事实相一致，而是由于我们不能找出任何事实来拒绝它。一个理论的通用性越强，蕴涵的范围越广，就越容易被证伪，从这个意义上说，人们普遍地偏爱越来越综合的科学理论也许是由于人们已经暗中认识到了这样的事实，即科学进步是以理论的积累为特征的，而理论已经历了严厉的检验。波普还认为：理论应该简单到可证伪的程度，理论越简单，理论的可观察的含义就越严格，从而它的可检验性就越大。正是由于简单的理论具有这些性质，我们才追求理论的简单性。

（三）科学结论的解释功能和预言功能

任何科学结论都具有解释功能和预言功能。从词语的广义上来说，解释是回答“为什么”的问题，就是把那些神秘的和人们不熟悉的事件变成人们所共知的、熟悉的东西。预言是回答“将如何”的问题，即在事件发生之前告诉人们事件发生的时间、地点、状态、危害、结构等。预言仅仅要求弄清楚相关的因素，然而对于解释来说，事情就复杂得多了。例如：最小二乘法回归的外推法是各种各样预言方法中的一种，而回归本身可以不需要依赖什