

科技规律与管理研究

科学技术发展的 数学原理

谷兴荣 著



中南大学出版社

竹溪先生文集卷之

科学技术发展的数学原理

谷兴荣 著

中南大学出版社

科技规律与管理研究
科学技术发展的数学原理

谷兴荣 著

☐ 责任编辑 秦瑞卿

☐ 出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路 邮编:410083

发行科电话:0731-8876770

传真:0731-8710482

☐ 印 装 长沙市雨花区添乐印刷厂

☐ 开 本 850×1168 1/32 ☐ 印张 13.3125 ☐ 字数 353 千字

☐ 版 次 2005 年 4 月第 1 版 ☐ 2005 年 4 月第 1 次印刷

☐ 书 号 ISBN 7-81105-059-5/G·025

☐ 全套定价 40.00 元

图书出现印装问题,请与出版社调换



[作者简介]谷兴荣，男，1951年11月生，湖南省永兴县人，1975年10月毕业于衡阳医学院，1985年7月在中南矿冶学院（现中南大学）完成自然辩证法研究生课程，1993年被推荐为享受国家特殊津贴专家，1995年被评为教授，1996年被推荐为国家软科学专家、中国科学学与科技政策研究会理事。现在湖南师范大学商学院从事科技经济、科技管理与科技哲学的教学与研究。在这些领域中独撰论著10部，主编、参编15部，发表论文90余篇，主持国家与省级课题研究12个，获省级科研成果奖10项。先后提出了科技革命的参量与数学模型、科技投入产出关系的三大规律、科学发展周期律、科研效益三定律等20多个科技发展规律及相应的计量表述公式，其中有一部分在同行中产生了较大反响。关于科技兴衰周期律的计量表述公式被权威刊物的文章称为“陈谷二氏周期增长律”，并运用于科技预测之中。

前 言

科学技术发展的数学原理的研究是从科学计量学和计量经济学领域中延伸出来的。作为一个分支领域，独立研究到一定程度，便有了自己的体系，有了自己的性质、范围及周边关系。它的性质是从社会经济的角度用定量的方法研究科学技术发展的有关问题。因此，它不但与科学计量学密切相关，而且与经济学、管理学，特别是技术经济学（也有人称为科技经济学）、科技管理学密切相关。因此，它是一个介于科学计量学、数量经济学、数学之间的，具有重大理论价值和实用价值的研究领域，值得很好研究。

这个问题的研究源远流长。英国贝尔纳在20世纪40年代出版的《科学的社会功能》一书，是科学计量学诞生的标志。在这本书里，贝尔纳用大量篇幅定量地阐述了科技进步中的人才、经费和实验条件问题，科技的社会经济功能问题，因此，也有人称此书为科学活动的定量报告书。之后，第二代科学学代表人物，美国的普赖斯，在他的代表作《小科学·大科学》等书中也用坐标图表述过科技人员和科研经费情况以及科技对经济的影响。我国科学学界最负盛名的赵红州先生的文稿中，特别是在他的代表作《科学能力学引论》中，有不少关于科技进步中的人、财、物问题和科技的社会经济功能的计量研究。我国一批科技管理和科技实际工作者，从自己的切身体验出发，针对工作中的某些具体问题，写了大量关于科技发展中的经济问题与管理问题的文章，其中定量分析的占相当大的比重，有力地推动了科技经济学的发展。

但是，在世纪交替的前后几年里，少数理论工作者、大专院校教师和图书情报工作者把科学计量学完全引向情报计量学和文献计量学，把几者混为一谈。有位60来岁的图书馆工作者说：图书与情报计量学没有科学计量学好听，所以我们应该挂人家的名，干自己

的事。笔者觉得科技经济的量化研究不在乎名称而在乎实际，只要我们能把一些科技发展问题运用数学的方法研究透彻，就无所谓人家怎么称呼，怎么看了。

我对科技发展问题的计量研究较早，从1975年从学校毕业分配到湖南省郴州地区青山垌水库管理局工作就已开始。1977年开始以主要精力研究科学技术哲学，1978年转向科学计量学的学习与研究，1980年开始在公开刊物发表文章，即在湖南科协主办的《自然信息》发表了《科学技术的经济功能的定量描述》一文，就是科技的经济功能的计量研究。1981年与原中南矿冶学院陈文化老师合作提出了“科学发展周期律”的观点，并给出了计量表述公式，此文发表后曾多次被转载，《华中工学院学报》1982年第1期称此公式为“陈谷二氏周期增长律”，并运用于科技预测之中。该项研究成果还获得湖南省教委“六五”计划期间科研成果奖。1984年在纪念普赖斯逝世一周年暨我国首届科学计量学研讨会上，自己刻写油印了一份近10万字的科学计量学书稿，发送给与会者，提出了科学发展中的最小因子限制规律、科研效率的隐性渐退规律、科学革命的参量与数学模型等观点。以后发表了不少文章，不断推出自己新的研究成果。1990年出版了一本有系统性的科学计量学专著《科学发展的计量研究》，被多家报刊介绍，获湖南省社科优秀成果奖。1993年出版了《科技兴国的计量方法研究》，从宏观与微观两方面进行了探讨。1995年出版了《科技转化方法论》一书，阐述了十几种科技转化为生产力的方法，使各种方法之间形成一个有系统性的体系。1997年出版了《科教兴国的理论与方法》一书。2003年出版了《科技管理的基本原理探讨》一书。这些年围绕这个主题共发表论文90来篇，出版书籍20多本（其中10本为独撰论著），主持省级课题12个，获省级科研成果奖10项。

1990年以前，我主要着眼于科学计量学基本理论的研究，1991年以后越来越注重科学计量学与经济学的结合问题，特别是2000年调入湖南师范大学商学院以后，其本职工作就是技术经济学的教学

与研究，就更注重对科技的经济学问题的计量研究。现在，将其20年来的积累与思考材料进行精研细究，成就于本书。本书中的论点、规律和数学模型中，至少四分之三是自己首次提出并归纳出来的，尚有四分之一左右的内容是吸收了赵红州等专家的成果，自己将其重写了一遍，同时注明来源。本书是我在这一领域学习研究成果的集中体现，是我的代表作。

成绩是微不足道的，它的取得也不是个人的功劳。早在郴州地区青山垌水库管理局工作时，李郴生、李宙泽等不少同志就给予了帮助和关怀。在郴州地委党校工作时，领导和同志们对我都很好，有几个实际问题都在那里得到解决，特别是刘笃年、李继周、陈满泉等领导从多方面给予了无微不至的关怀，至今依然受到了一些领导和同事的关心和帮助。到湖南师范大学的时间不长，人生地不熟，却已得到不少领导和同事的热情帮助。此外，北京的赵红州教授、蒋国华教授、原中南工业大学的陈念文教授、陈文化教授都曾给予十分热情的提携栽培，湖南省科委汤笃平处长、吴和清处长、姚德喜主任、焦启运处长、姜郁文巡视员、省社科联的陆魁宏教授等，都对我的学习研究给予了不少关照。他们的恩情不能忘，没有他们的帮助，我就跨不出这小小的几步，不可能取得这一点点成绩。

由于笔者水平所限，特别是在如此探索性很强的尚不成熟的领域，因此，缺点错误在所难免，还望读者不吝赐教。

谷兴荣
2005年3月

目 录

前 言

第一篇 科学技术的投入产出关系

第一章 从科学计量学到科技发展原理的系统研究	(3)
一、科学计量学产生的必然性	(3)
二、科学计量学的发展历史	(9)
三、科学发展研究的基础与笔者的工作	(13)
四、科技发展原理要多走计量研究之路	(17)
第二章 科学技术投入产出的构成模式	(20)
一、科学技术投入产出的系统构成	(20)
二、科学技术的投入产出指标	(24)
三、科学技术投入产出分析的数学模型	(43)
四、科学技术投入产出模型的基本推论	(52)
第三章 科学技术投入产出三定律与递变规则	(56)
一、科学技术投入产出效率的稳定性与突变性的非线性 变化规律	(56)
二、科学技术投入产出效率的隐性渐退规律	(66)
三、科学技术投入产出中的最小要素限制规律	(74)
四、科学技术投入产出效益变化规律	(87)
第四章 科学技术投入产出的三大基本法则	(97)
一、科学基础研究追求成果的社会影响最大化法则	(97)

二、技术研究追求成果的经济效益最大化法则	(104)
三、科技研究追求成果的负损不动根本、益损余额最大化法则	(110)

第二篇 科学技术的纵向发展规律

第五章 科学研究重心转移规律	(117)
一、带头学科转移现象	(117)
二、“当采学科”转移现象	(121)
三、科学发掘方向的相关定理	(123)
四、科学发掘重心的层次转移周期定律	(127)
五、当采学科发生转移的条件	(130)
第六章 技术发展重心转移规律	(136)
一、科学周期性与值兴技术群的提出	(136)
二、值兴技术群的发展规律	(139)
三、值兴技术群的社会经济影响途径	(147)
四、社会经济综合作用与值兴技术的形成与转移	(155)
五、技术的层次周期性导致经济发展周期性	(162)
第七章 科学技术社会化的二大发展规律	(169)
一、科学技术促进物质文明的线性发展规律	(169)
二、科学技术促进社会平等的 U 型发展规律	(177)
第八章 科学技术成果的新陈代谢与质量结构	(189)
一、科学技术成果的生长衰亡代谢规律	(189)
二、科学技术成果对接期与新陈代谢	(201)
三、科学技术成果质量结构的宝塔式动态稳定律	(205)
第九章 科学技术发展的非因果性历史规律	(219)
一、指数增长律是科学技术的基本发展规律	(219)
二、科学技术分阶段的周期性发展规律	(230)

三、科学技术发展两大规律的统一性原则	(238)
--------------------------	-------

第三篇 科学技术的横向结构规律功能评价

第十章 科学发展横向结构演化模型	(243)
一、新知识单元的产生对学科横向结构的影响	(243)
二、学科横向结构的渗透交叉规律	(255)
第十一章 科学技术区际发展的三大规律	(270)
一、科学技术中的予前取后的两极分化规律	(270)
二、科学技术中的由高到低的梯度转移规律	(281)
三、科学技术领域此起彼落的中心转移规律	(290)
四、科技中心转移的三大动力机制	(303)
五、科技区际发展三规律的统一性原理	(312)
第十二章 科学技术发挥社会功能的两大作用原理	(319)
一、科学技术作用社会的循环连锁原理	(319)
二、科学技术作用社会的相互代偿原理	(336)
第十三章 科学技术水平与效益评价	(355)
一、周期利用率与科技发展的宏观状况	(356)
二、技术密集度的指标体系与计算方法	(365)
三、效用系数与技术成果的经济功能评价	(372)
四、科技成果的社会历史影响评价	(381)
五、相对引文率与科学理论成果评价的方法	(386)
第十四章 科学计量学是科技经济管理的理论基础	(400)
一、怎样看待科学计量学	(400)
二、科学计量学研究要面向经济建设	(402)
三、科技管理必须以科学计量学为基础	(405)
四、融会贯通,前途远大	(408)
参考文献	(411)

第一篇

科学技术的投入产出关系

第一章 从科学计量学到科技 发展原理的系统研究

一、科学计量学产生的必然性

科学计量学是运用数学方法研究科技发展的规律和科技发展过程中的相关经济社会问题的科学，它既包括社会中的人力物力财力如何为科技进步提供条件促使其发展的问题，也包括科技进步如何促使社会经济发展的问题。

科学计量学的诞生和发展不是偶然的。20世纪以来，迅速发展着的科学技术已经伸向人类社会的各个方面。科学技术在人们认识世界和改造世界的实践中发挥了巨大的威力，起着越来越重要的作用，已成为人类一个极其重要的实践领域。科学技术对人们来说，再也不是什么神秘的事情。那种对科学技术不可名状的神秘感和令人敬畏却步的心情，已经成为过去的记忆。半个多世纪以来，人们在赞叹科学技术伟力的同时，对科学技术体系本身也进行了认真的考察。于是关于科学技术发展规律的探索日益扩大、日益深入，从而产生了科学学。在今天，科学学得到了迅速的发展，科学计量学作为科学学的核心分支，也在飞速地发展着，并已取得令人瞩目的硕果。

对科学计量学有几种不同的理解，笔者觉得，它是根据有关历史数据，运用数学方法，描述科学技术的体系结构和发展规律、社会功能的一门新兴学科，它具有丰富的内容和重大的实际意义。本书旨在对其中的一些重要问题进行计量表述，并提出自己的看法，

予以探索和讨论。

一门学科的形成，必然有它产生的内部依据和外部条件，有其内在逻辑结构，也有它产生的历史必然性。科学计量学也不例外，它产生的内部因素是科学学发展对逐步精确计量的形势需要，产生的外部条件是由于数学的发展，为之提供了有效的计量分析的方法。现在从这两个方面进行讨论。

(一)科技规律的揭示需要计量分析方法

历史提出来的任务是不容回避的。正如贝尔纳所指出的那样，“由于变革速度的加快，每个人的生活与其父辈相比，其共同之处越来越少，他们会碰到越来越多的用传统方法解决不了的新问题，因此，科学作为解决新问题的手段，其作用将日益增大，我们将越来越强烈地感到，认识科学的所有方面是如何发展的，是十分必要的”^[1]。当科学由分化、交叉、综合达到整体化程度之日，就是科学的作用日益扩大之时，需要而且已经产生了整体性学科——科学学。在某种意义上讲，科学学正是科学发展到一定程度后从整体上对科技的“反思”或“自我意识”，显然，这种“反思”必将集科学发展历史之大成，在物质运动“自我意识”的长河中雕塑出新的里程碑。

计量化是任何一门学科发展的必然趋势，科学技术的发展规律与原理问题研究同样如此。曾经和牛顿闹过矛盾的、300多年前的哲学家、数学家莱布尼兹说过：“如果能以如数学原理同样的确证去建立形而上学、物理学和伦理学的原则，这该是何等的重要。现在我已发现，这种方法，不仅会达到种种真正可靠的知识，也会取得令人惊叹的发现技术以及一种分析的方法，它和代数用数所完成的一样，在其他问题中完成某些东西。我甚至还发现了一件惊人的事，那就是我们能用数字表达各种各样的真理和推断。”^[2]列宁在90多年以前，就深刻地看到了这个问题。正如苏联多勃罗夫所叙述的那样，“列宁在提出具体研究科学史任务的同时，使我们对人类认识

的辩证法过程有了具体化的了解。其中关于真正的科学过程从质量研究方法过渡到质量方法与数量方法辩证统一的符合规律的顺序的指示是十分重要的。”^[3]实践证明，科学学自20世纪40年代诞生以来，就显示出了计量的趋势，特别是指数规律的发现，更加推动了这方面的发展。并且形成了自己的学科领域，这就是科学计量学。从以下几个方面来看，也可见其必然趋势的一斑。

科学技术体系结构的形成过程，科学的发展规律和趋势，是科学学中的核心内容。这些问题的研究对制定合理的科学规划，从社会经济的需要出发，加强学科建设和发展科学教育，都具有重要的现实意义。贝尔纳在谈到社会对科学的需要性上说了四个方面的问题，都是令人信服的。反过来说，对这些问题如果只采用定性研究，而缺乏必要的定量研究，那就无法回答整体与各学科之间的相互作用程度，学科的产生、发展和消亡的时间周期和兴衰递变的速率等问题。

在科学社会学中，社会经济对科学的制约，在各个科学发展因素中各占多大的比重，科学在社会经济的发展中起了多大的作用等，这些都是非运用计量方法不可的。特别是现代科学技术的发展带来许多社会经济问题和生态问题，如环境保护、生态平衡、能源利用等等，人们往往求助于运用系统工程方法的统筹分析来规划。事实上，这些既都是一系列的数学问题，又都是在讨论科学与社会的关系问题。

科学政策学主要研究国家科学活动的大政方针，这是社会经济性很强的问题。研究一定时期科学发展的规模和速度、结构和重点、科研经费的数额和分配、科研人员数量的增长部署、主要科研成果的推广、大型仪器设备的研制和调配、全国科研系统的发展等等涉及经济问题的探索，都需要运用计量分析的方法。

科学管理学是面向经济面向现代化目标下对科技的管理活动进行研究的科学，它主要探讨科研活动的理论和方法，不断提高科学研究的效率，不断提高科学管理的水平，不断推广决策科学化的

应用范围。其主要方法和理论基础是建立在运筹学基础上的，其中尤以概率统计、线性代数、系统工程方法居多，而这些工作就是彻头彻尾的计量分析方法。

还有科学与情报、科学与教育、科学与心理学、科学与美学、科学与法学、科学与道德、科学预测等诸多分支领域，都毫无例外地需要计量分析方法。

马克思指出：“一种科学只有在成功地运用数学时才算达到了真正完善的地步。”^[4]当代科学学已初步跨入到这个阶段。由于经典数学、随机数学、模糊数学的发展，数学方法已经广泛地应用于各门科学的研究之中，使得自然科学各学科，乃至社会科学、思维科学都普遍处于量化的过程之中，社会生活的许多方面都呈现出日益数学化的趋势。科学学的发展同样不能例外，必然地朝着量化方向发展，必然地把科学学推向量化的境地。由此，科技发展的计量化研究必定产生和发展。

(二)数学的发展为之提供了有效方法

历史不仅提出任务，而且也总是要给出完成任务的思想、方法和工具。就数学的发展而言，对应每一时代的科学技术水平都有相应的数学理论产生，为科学深化披荆斩棘。然而，任何一门学科都有它的历史性，数学也不例外。它既伴随着整个科学技术的发展，而使自身不断提高壮大，同时又使自己的理论方法不断地向各个学科领域渗透和深化，为它们提供方法。

数学向社会科学的渗透，则是第二次世界大战以后的事。从用于军事战术部署的运筹学开始，至今只有70年左右的历史。由于新数学方法的不断提供，现在，经济学的大部分内容都已经量化了。科学学的发展同样逃避不了量化的趋势。多勃罗夫在1966年出版的书中指出：“为了研究长期的科学经验中的这些方面，各种数量分析（首先是统计分析）和结构分析的方法，看来是可行的。”^[3]从这些年的研究实践中看到，如科学发展的因果关系、科学发展势

态的梯度转移等等，许多问题都已经进行了定量的讨论。

数学在各领域中的运用，首先是精确数学的引进。中国古代的《九章算术》、古希腊的欧几里德几何学以及后来牛顿和莱布尼兹的微积分理论等，都为计算事物的连续变化过程提供了有效方法。这些数学理论和方法早已成为理工科的必备数学基础，在这些领域中有着广泛的运用。在科学技术发展中，许多科技发展指标都是可以精确定量的，其历史变化过程都具有连续的特性，精确数学为这些问题的研究提供了可靠的数学方法。如对科技人员数、科技文献数和科技成果数的增长规律的探讨就是如此。

无论在哪个科技领域中，现实世界总要比理论所阐述的复杂得多。对于大量现象来说，都存在着偶然事件，对这些事件的发展规律的揭示，微分方程就无能为力了。为了回答现实的挑战，一门研究随机现象的统计规律的新数学分支——随机数学便应运而生。这些新的数学领域主要包括概率论、随机过程理论和数理统计。随机数学从它诞生的时候起就和社会科学有血缘关系，概率论的发展与社会保险、人口统计等联系在一起，拉普拉斯在他的《概率的哲学探讨》一书中叙述了男婴与女婴的出生比例问题就是一个耐人寻味的例子。

科技经济学作为社会科学的一员，不断地采用计量分析的方法进行研究，更是水到渠成、在所必然了。贝尔纳于1966年谈当时科学学研究的内容，举了五个方面的例子，其中第一个就是统计研究。他认为：“统计研究能够揭示客观存在的法则和规律。”^[3]在科学计量学中讨论科技发展的指数规律、兴衰周期规律、横向转移和纵向延伸规律等等，都是建立在数据统计基础上的，或是不同方面的数据之间的相关性定量分析，处处涉及着经济问题。科学计量学揭示的科学发展的经济规律，一般来说是统计规律。

人类学会用数学工具来处理两类现象：必然现象和偶然现象。数学分析、微分方程等经典数学用来研究必然现象（或叫决定性关系），而随机数学则用来研究偶然现象。随着电子计算机科学的发