

科学方法 新论

罗任兴 谢林平 詹颂生 宋坚华 林理玲 著



广东人民出版社

序 言

孙大中

(中国科学院院士)

科学技术的发展是与人类社会的发展息息相关并互为促进的，科学技术是社会经济发展的推动力。科学的组成及其功能应该包括三个方面：一是正确反映客观世界的特征和规律；二是提供认识客观世界和改造客观世界的方法；三是建立科学的 worldview。这三者都具有重要意义，不可偏废，全面发展，才能使科学不断走向繁荣。因此，不断地总结、归纳和提高认识和改造客观世界的科学方法，是科学研究领域中永恒的主题之一。

世纪之交，迅速发展的科学技术已呈现出一系列新的特点：科学的实用化趋势已越来越明显，科技在决策中所起的预测和评估的作用也越来越突出。自然科学与社会科学本身或之间的交融与综合，使各类科学研究、技术开发、成果的应用与推广，交汇成强劲的现代科学活动的潮流，有力地推

动着自然、经济、社会的持续发展和生产、生活、生态的协调发展。作为现代科学活动的伴生物和支撑力的现代科学方法，当然也经历深刻的变革，取得了许多新进展，尤其令人瞩目。《科学方法新论》的作者们力图站在时代的高度上，多领域、多层次、多方向地研究和把握现代科学方法的理论与应用，并从研究体系的构筑上取得新的进展，这是值得称道，值得支持的，这也正是本书一大特色。

研究、学习并弘扬科学方法与科学精神，这既是具体落实科教兴国战略和可持续发展战略的重要措施，也是实现“九五”计划和2010年远景目标，加速两个根本性转变的客观要求。《科学方法新论》一书出版的意义是不言而喻的，理应受到广大科技工作者、各级领导干部以及有关人士的关注和欢迎。

无庸讳言，本书也会存在一些不足或缺陷，如对某些方法的理论分析还不够深入，某些部分的例证比较欠缺等。期待着作者们在今后进一步的研究和教学工作中，能有新的建树。

1996年5月于广州

目 录

第一章 现代科学活动与现代科学方法	
.....	(1)
一 现代科学方法的产生及内涵	(2)
二 现代科学方法的新特征	(11)
三 运用和发展现代科学方法的新原则	
.....	(22)
第二章 现代科学方法的理论基础 ...	(35)
一 理论基础之一：哲学认识论	(36)
二 理论基础之二：逻辑学	(49)
三 理论基础之三：系统科学	(56)
四 理论基础之四：科学社会学	(63)
第三章 非线性理论与现代科学方法	
.....	(69)
一 线性与非线性	(70)
二 非线性理论的现状与发展	(73)
三 非线性理论对现代科学方法的影响	
.....	(82)

第四章	现代自然科学基础研究的基本方法	(90)
一	基础研究及其特征	(90)
二	假说方法	(97)
三	模型方法	(107)
四	实验方法	(114)

第五章	高技术研究的发展及方法	(121)
一	现代高技术发展的概况与趋势	(122)
二	现代高技术研究的特点	(129)
三	类比方法	(134)
四	引爆方法	(141)
五	合成方法	(147)

第六章	高技术成果开发的过程与方法	(154)
一	高技术研究成果开发的过程	(155)
二	高技术研究成果开发的特点	(160)
三	移植方法	(167)
四	放大方法	(173)
五	设计方法	(179)

第七章	社会科学的新进展和社会科学研究方法	(187)
一	现代社会科学发展的基本趋势	(188)
二	社会科学研究的特殊性	(197)
三	社会调查方法	(201)
四	定量化方法	(206)
五	个案研究方法	(211)
第八章	软科学研究的主要方法	(214)
一	软科学的产生与发展	(214)
二	软科学研究的基本特点	(217)
三	系统分析方法	(221)
四	预测方法	(226)
五	评估方法	(232)
六	抉择方法	(237)
第九章	以电子信息技术为基础的科学方法	(242)
一	以电子信息技术为基础的科学方法的发展	(242)
二	人工智能方法	(246)
三	仿真与虚拟现实方法	(251)

四	CAD/CAM 及 CIMS 技术方法	(257)
---	---------------------------	-------

第十章	科学精神、科学思维与科学方法	(263)
一	科学精神与科学方法	(264)
二	现代科学精神的基本内涵	(271)
三	科学思维和科学方法	(278)
四	现代科学思维的主要形式	(284)

主要参考文献		(291)
--------	-------	-------

后 记		(294)
-----	-------	-------

第一章

现代科学活动 与现代科学方法

世纪之交的巨浪正托举着人类社会的航船冲向 21 世纪的彼岸。科技进步已经成为当今经济、社会发展的强大的驱动力，科教兴国也已成为推动我国社会主义现代化进程的重大而长远的战略。无数事实雄辩地证明，百年前马克思、恩格斯关于“科学是一种在历史上起推动作用的、革命的力量”（马克思恩格斯全集第 23 卷，第 424 页）的论断是多么的正确。

现代的科技进步有力地推动了现代科学方法的变革与创新，并赋予它以许多带有强烈时代特征的新内涵，现代科学方法的发展和运用同样也有效地促进了现代的科技进步。本书将就现代科学方法的有关问题展开多角度、多层次的分析与探讨，并希望能与广大读者一起，从方法论的角度为科教兴国战略的实施，提供新的智力支持。

作为开篇的第一章，首先要分析和探讨现代科学活动

与现代科学方法的若干基本概念。我们将从科学活动与科学方法发展的历史进程去理解现代科学方法的定义和新内涵，从现代科学活动发展的基本趋势去理解现代科学方法的新特征，从现代科学活动发展的动力去理解和把握发展、运用现代科学方法的新原则。

一 现代科学方法的产生及内涵

1 方法与科学方法

(一) 方法

人们怎样认识世界、怎样改造世界，这就是最一般意义上的“方法”。因而方法随着人类社会的产生而产生，随着人类社会的发展而发展。由于人们对方法的定义和内涵的概括与理解越来越深刻，并可能从不同的角度、层次、侧重点去概括和理解方法的定义和内涵，所以至今仍未有哪一种方法的定义是尽善尽美，并为世人所公认的。

基于一些专家、学者的研究成果，我们认为，方法的如下定义比较全面和准确：方法是在认识世界和改造世界的活动中，主体有目的地通过某些途径，按照某些规则、程序，运用某些方式、手段来联系和把握客体的过程。

这个定义有两个突出的优点。

第一，它既体现了历史的继承，又有较大的发展。“方法”一词源于古希腊语，原意为“沿着某条道路行进”。以后许多方法的定义都带有此种含义。上述定义也明确指出，方法是有一定方向的动态过程，体现了历史的继承性。同时上述定义对方法描述得比较丰富和深刻，基本上跟上了几千年来方法发展的步伐。

第二，它既揭示出方法的若干重要本质属性，具有哲学的韵味；又表达得比较详实和清晰，便于指导实践。上述概念指出了方法从属于认识世界、改造世界的活动，与目的密不可分，具有主体、中介、客体等三要素，是有方向、有规律的动态过程。上述定义还指出，要使方法发展、创新和得以正确运用，就要从目的、途径、规则、程序、方式、手段等因素入手。

上述定义也存在两个不足。其一，表述的文字似过于冗长。其二，仍未能揭示方法的某些本质属性。如“方法”实质上是方法体系（系统）的总称，如从层次上看，方法体系就包含哲学方法、一般方法、特殊方法等三个层次。

（二）科学方法

对科学方法往往有两种不同的理解，一是广义地理解为“科学的方法”，并与“非科学的（或不科学的）方法”相区别；二是狭义地理解为“科学研究的方法”。

在一般场合下，前一种广义的理解是可以的。但在科学方法研究时，这种广义的理解将导致科学方法的研究等

同于方法的研究，这是不可取的。在研究古代和近代科学方法时，狭义地把科学方法理解为“科学研究的方法”是可以的，因为古代和近代的科学活动主要就是科学研究，而所列举的古代、近代科学方法确实主要源于科学研究。但在现代科学方法的研究中，由于科学活动的范围大大扩展，科学和技术的一体化发展，科技和经济、社会的一体化发展，已经成为时代的潮流。现代自然科学基础理论的研究、现代高技术研究、技术成果的开发、乃至软科学和社会科学的研究与应用都可以而且应当包括在现代科学活动中，而它们运用的各种方法也经常互相借鉴、互相渗透或综合使用。只研究科学研究的方法，尤其是只研究自然科学基础理论研究的方法，也不可能达到推进现代科技进步这个现代科学方法研究的根本目的。因而在现代科学方法研究中，把科学方法狭义地理解为“科学研究的方法”也是不可取的。

基于定义的科学性、普适性和清晰性，把科学方法定义为“科学活动的方法”比较恰当。

2 科学方法发展的历史进程

为更好地理解现代科学方法的新内涵，必须对科学方法发展的历史进程作简要的回顾。由于科学活动与科学方法相互促进、相互制约、密不可分，故必须同时对科学活

动的历史进程作一简要的回顾。

(一) 古代科学活动与古代科学方法

15 世纪意大利文艺复兴运动前几千年的科学是古代科学，与其相应的是古代科学方法。

从一定的意义上讲，古代科学活动可作如下概述。古代并未出现以严格实验和周密调查为基础的、真正意义上的科学，自然科学还未从古典哲学中独立分化出来，科学活动主要体现在哲学家的思辨和巫师的说教中。科学技术相分离，古代技术在生活和生产的实践中逐步发展起来，并且未以科学理论为基础，技术活动主要体现在工匠们的经验与技巧之中。科学技术与经济、社会发展相脱离，科学活动很少得到政府和公众的重视和参与。科学技术发展缓慢，知识总量很小，几千年的发展才初步形成十多个学科门类，如除古典哲学外只有天文学、农学、医学、力学、数学等。

与上述情况相应，古代科学方法也作如下的概述。古代科学方法基于古典哲学方法，是科学方法的萌芽与起步阶段，与古代科学也曾有过某些辉煌成就相应。古代科学方法也有过一些杰出的成就，如古希腊的德谟克利特用原始原子论来猜想世界的层次结构时用了抽象模型的方法；亚里士多德在研究中运用了从个别归纳到一般，再演绎为个别，最后再与经验进行对比的方法；阿基米德则用理想模型的方法发现了杠杆原理，用数学方法整理出杠杆定律。古代科学方法中出现了某些实践型方法和理论型方法的雏

型，但主要是零散地、个别地掌握在哲学家、科学家的手中，并未形成科学方法的体系。

（二）近代科学活动与近代科学方法

从16世纪至19世纪末、20世纪初的科学是近代科学，与其相应的是近代科学方法。

从一定的意义上讲，近代科学活动可作如下概述。科学已建立在严格实验和周密调查的基础上，自然科学已从哲学中独立分化出来，并已摆脱了宗教、神权的束缚，科学活动主要体现在科学家的科研工作中。科学和技术开始相互联系，技术已从以纯经验为基础转向经验和科学理论为基础，技术活动主要体现在技术人员与技术工人进行工艺设计、设备制造、操作规程等之中。科学技术与经济、社会发展相互联系，科学技术作为生产力的功能日渐明显，科学活动开始得到政府和公众的重视与参与。科学活动取得许多辉煌成就，马克思主义的诞生不仅为无产阶级革命指明航向，也为科学活动和科学方法的发展提供了正确的世界观与方法论的基础。科学技术发展速度明显加快，知识总量也大为增加，学科门类已增至近千个，初步形成了一个由社会科学和自然科学组成的庞大的知识体系。

与上述情况相应，近代科学方法的发展也可作如下的概述。近代科学方法已大大超越了古典哲学方法，通过多样化的发展而迅速成长。在近代科学活动取得很多辉煌成就的同时，近代科学方法也取得了重大的进展，如英国的培根对实验方法的重大贡献，法国的笛卡尔对演绎方法和

数学方法的精辟论述，英国的牛顿用归纳方法和演绎方法对宇宙图景的描绘、瑞典的林耐用实验方法和理论抽象方法等建立了植物分类学等等。恩格斯在《自然辩证法》一书中对自然观的发展历史和马克思主义自然观的真谛作了精辟的论述，并分别论述了多种实践型和理论型的科学方法，还为综合型方法的建立和发展提供了哲学认识论的基础。

19 世纪的科学家们已注意到以把整体分解为主要思路的近代科学方法对科学进步所产生的障碍，他们为研究系统、过程、事物间相互联系的本质规律而开始把多种方法加以综合运用，出现了综合型方法的雏型，如英国的达尔文实际上是考察了生物系统内部的相互联系，尤其是考察了生物系统与外部环境的相互作用才得以创建生物进化论的，他的方法可认为是系统方法的一种雏型。在本世纪初，近代科学方法已初步形成了一个以实践型方法、理论型方法组成的科学方法体系，并出现了综合型方法的雏型。

（三）现代科学活动与现代科学方法

从 20 世纪、尤其是从 20 世纪 40 年代以来的科学是现代科学，与其相应的是现代科学方法。

从一定的意义上讲，对现代科学活动可作如下概述。科学成为了经济、社会系统中一个重要的领域，科学活动已经成为一项重要的社会活动。科学活动不仅体现在科学家的科研工作中，同时也体现在各行各业的人们运用科学思想、科学方法、科学知识推动经济、社会发展的努力中。现

代自然科学的发展，必须有现代技术的支持，两者已很难截然分开。技术已经转移到以科学理论为基础的轨道上，其活动不仅体现在技术人员、工人的设计制造、工艺、操作中，同时也体现在各行各业的人们运用技术手段推动经济、社会发展的努力中。科学技术与经济、社会发展密切结合，科学技术作为第一生产力的功能日益明显，科学活动领域大大拓展，科学活动受到政府与公众的日益重视和积极参与。科技投入不断增加，科技发展日新月异、突飞猛进，知识总量不断激增，边缘学科、横向学科、综合学科大量产生，学科门类激增至六千多门。

在世纪之交，由于自然科学基础理论和现代技术的许多突破和进展，又由于这些突破和进展对经济、社会发展的推动和影响越来越深刻，人类社会进入了“高科技”时代。

与上述情况相应，对现代科学方法的发展可作如下的概述。现代科学方法超越了近代科学方法，它以学科交叉、综合为导向的思路，着眼于把握事物整体的、本质的、深层的联系，着眼于学科的交叉综合，着眼于科技、经济、社会发展的协调，科学方法在多样化及提高水平方面取得长足进展，有力地支撑现代科学的飞速发展。与现代科学成就辉煌相应，现代科学方法取得了许多重大的突破，如科学大师爱因斯坦、波尔、薛定谔、沃森、克利克等，在创建相对论、量子力学、基因结构模型等的过程中，不仅成功运用，而且大大提高了模型方法、假说方法、数学方法、实验方法、预测方法等的水平。而维纳、申农、贝塔朗菲、

哈肯、普里高津等在创建和发展现代系统科学时所创建的
系统工程方法、控制论方法、信息论方法、非线性方法等
均获得越来越广泛的应用。一些新出现的方法，如证伪方
法、放大方法等也为提高研究水平和技术成果开发作出了
很大的贡献。综合型的方法发展得最为迅速，应用得也越
来越多，逐步成为现代科学方法发展的主流。现代科学方
法已构成一个庞大的方法体系，由于科学的综合化发展，使
实践型方法和理论型方法的界线日渐模糊，科学活动各领
域使用的方法也经常被移植或被综合运用，综合型方法成
为现代科学方法体系中的主体。

3 现代科学方法的新内涵

根据上述分析，现代科学方法就是在现代科学活动中，
主体有目的地通过某些途径，按照某些规则、程序，运用
某些方式、手段来联系和把握客体的过程。

现代科学方法经历了近百年的发展，在人类逐步步入
高科技的新时代，它也正在发生深刻的变革并取得迅猛的
发展。这些变革与发展可体现为以下的“四新”：

范围新 现代科学方法应用于自然科学基础理论的研究、
高技术研究、技术成果的开发、社会科学研究、软
科学研究中，而且还逐步运用到经济、社会各领域的科技
进步活动中，应用范围越来越广、越来越新。

基础新 作为现代科学方法的基础理论正在迅速拓展和更新，它不仅包括了哲学认识论、逻辑学，还包括了本世纪40年代后兴起的现代系统科学和科学社会学，本世纪60年代以后兴起的非线性理论也已成为当今科学方法的重要基础理论。

思路新 现代科学方法贯穿了以综合化、整体化为主要导向的思路，贯穿着科技、经济、社会相协调，生产、生活、生态相协调，追求人民群众生活质量的提高为根本目标的新思路。

手段新 现代高科技的众多新成果、尤其是电子信息技术的成果，作为现代科学方法的新手段，有力地提高了它的效率和水平，并推动它产生出许多前所未有的新方法。

我们要深入探讨并把握现代科学方法，就必须进一步分析其新特征和运用、发展它的新原则，并在此基础上深入探讨其理论基础、某些典型方法的原理和应用，探讨并分析现代科学方法与现代科学精神、现代科学思维的深层联系。