

科学方法论

张余金
编

劳动人事出版社



科学方法论

张余金 编

劳动人事出版社

内 容 提 要

本书根据辩证唯物主义认识论的基本原理，简明扼要地阐述了科学研究的一般性方法。内容包括：科学方法论总论、科学认识的经验层次及科学认识的理论层次。

本书可供科学研究人员和科技管理干部，高等院校和中等学校教师阅读；亦可作为理工科大学高年级大学生、研究生，以及具有中等文化程度的干部和职工的学习参考书。

科 学 方 法 论

张余金 编

责任编辑：任萍

劳动人事出版社出版

（北京市和平里中街12号）

北京新源印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 32开本 3.875印张 87千字

1988年10月北京第1版 1988年10月北京第1次印刷

印数：3 450册

ISBN 7-5045-0248-0/N·002 定价：1.65元

目 录

第一篇 科学方法论总论

一、科学方法论概述 1

1. 学习科学方法论的 意义 1

2. 科学方法 的 层次 4

3. 科学方法论的发展史 4

二、科学认识的层次和辩证思 维 9

1. 科学认识的两个层次：经验层次和理论 层次 9

2. 辩证思维：坚持方法论与自然 观 相一致； 坚持辩证法规律与自然规律相 一致 12

第二篇 科学认识的经验层次

一 科学实验方法 17

1. 观察 方法 17

2. 实验 方法 22

3. 模拟 方法 25

二、实验者的主体作用 28

1. 科学仪器在科学实验中的 作用 28

2. 理论思维对科学实验的指导 作用 31

3. 科学实验中的机遇 问题 34

三、科学概括 40

1. 科学 事实 40

2. 归纳 方法 41

3. 统计方法	50
4. 类比方法	60
第三篇 科学认识的理论层次	
一、科学抽象	66
1. 科学抽象的意义和作用	66
2. 科学抽象的特定形式——理想化	70
3. 辩证思维的基本原则	72
4. 数学方法	90
5. 系统科学方法	98
二、理论综合	110
1. 由抽象上升到具体的方法	111
2. 科学假说	111
3. 科学理论的结构和功能	116

第一篇 科学方法论总论

一、科学方法论概述

1. 学习科学方法论的意义

任何工作，都有一个方法问题。方法是处理工作、解决问题的途径、手段和方式。科学方法是科学研究活动的途径、手段和方式，亦即人们在科学研究活动领域中的行为方式。

毛泽东说：“我们不但要提出任务，而且要解决完成任务的方法问题。我们的任务是过河，但是没有桥或没有船就不能过。不解决桥或船的问题，过河就是一句空话。不解决方法问题，任务也就是瞎说一顿。”我们做任何事情，为要顺利地实现预期的目的，就必须认真考虑和解决方法问题。不解决方法问题，事情就无法办理。方法得当，可以事半功倍，方法不当，则事倍功半，甚至一无所成。

下面举两个例子来说明方法问题的重要。

明朝永乐年间，铸造一个40多吨重的大铜钟，是采取了很巧妙的工艺方法才取得成功的。当时的炼炉高仅一丈二尺，容量为两千多斤。聪明的冶炼工匠采取了“群炉汇流”的工艺方法，在铸件周围，建造一系列炼炉，总容量满足铸件实需数量。炉群位高，铸型位低，各炉皆作辐射状通向铸型。一切准备工作就绪后，各炉同时升火冶炼，浇铸时各炉

的铜水一齐流向铸型。万钧铜钟就这样铸造成功。

第二次世界大战期间，美国研制原子弹的曼哈顿计划，就是采用系统工程方法的成功实践。1940年爱因斯坦等科学家向美国总统罗斯福提出了研制原子弹的建议。罗斯福采纳后，请理论物理学家奥本海默来组织领导这项军事科研生产。他动员了15000名科学家和工程师，组织各种专业的科技人员进行全面合作。奥本海默在执行计划的过程中，从整体出发，把研究课题逐级分解为大量小课题，组织相应的小组来负责各个课题的研制工作。同时，他非常重视课题小组之间的联系和相互配合，注意他们的等级和层次，随时进行协调，使全部课题小组组合起来，形成能够实现整个计划的最优结构。在生产原子弹材料的中心研究项目方面，奥本海默组织大家仔细研究，提出六、七个方案。为选择最优方案，进行了热烈的讨论。争论了两个月，各种意见相持不下。于是他确立了一个原则：首先保证按时完成任务，其他皆属次要。便决定六、七个方案同时试用，在实践中比较优劣。结果，一年后就生产了1公斤铀，1944年5月第一颗原子弹爆炸成功。

在自然科学方面，方法上的突破，往往促进了学科的突飞猛进的发展。心理学就是一个突出的例子。冯特（Wilhelm Wundt, 1832~1920）是德国莱比锡大学的哲学教授和心理学家。在冯特之前，心理学不过是哲学的附庸。冯特在1879年成立了第一个心理实验室，把自然科学的实验方法引进了心理学，从而使心理学脱离哲学，成为一门实验科学。冯特被誉为“近代实验心理学之父”。

不同学科的互相渗透，应用一门学科的方法去研究另一门学科的对象，使不同的科学方法和不同的科学对象有机地

结合起来，在原有学科的邻近领域产生新学科的生长点，这已成为当代科学发展的一个重要方向。例如本世纪20年代产生的量子力学，是研究微观粒子运动规律的理论。随着量子力学的产生和发展，量子化的方法就逐渐渗透到其他学科中去，产生了不少边缘学科。量子生物学就是量子化方法和生物学研究对象相结合而产生的新学科，它把生物学由分子水平发展到量子水平。

笛卡儿说：“最有价值的知识是方法的知识。”在方法问题的重要性方面，日本人的体会很深刻。他们说：“既要学习牛顿，更要学习笛卡儿。”这里，牛顿代表科学知识，笛卡儿代表科学方法。

随着科学技术的发展，科学方法论已成为一门独立的学科。这门学科，对于科学工作者和教育工作者是一门必修课。

科学史告诉我们：科学技术的重大突破，往往依赖于科学方法的重大改革和创新。例如：笛卡儿创立解析几何，采用的是“学科杂交”的方法，把代数学和几何学结合起来，形成了一门新学科。伽里略发现落体定律和惯性定律，是与他正确地运用实验方法和数学方法分不开的。在伽里略看来，自然界乃是“一本打开着的书”，要读懂这本书，除了借助于实验方法以外，还借助于数学语言。因此，他提出把数学的演绎方法和实验的归纳方法结合起来。笛卡儿和伽里略的事例告诉我们：要在科学林苑里行猎，必须掌握科学方法论这支猎枪。

在“知识爆炸”的时代，教学工作要把传授知识和培养能力结合起来，着重培养学生的自学能力。学生不但要学到知识，而且更重要的，是掌握猎取知识的方法。因此，在课

堂教学中，要着重讲概念、讲思路、讲方法，要对学生进行科学方法论的训练。这就首先要求教师学习和掌握科学方法论。

2. 科学方法的层次

科学方法，按照其抽象化程度和适用程度，可分为三个层次：

最低层次——专门方法，是个别学科的专门研究方法。例如：植物遗传育种学采用的“杂交育种”的方法、原子物理学采用的高能加速器加速粒子轰击原子的方法、地质学采用的古生物化石测定地层相对年代的方法，等等。

中间层次——一般方法，是从各门学科研究方法中概括出来的具有共同规律性的方法。自然科学的一般方法有：观察方法、实验方法、逻辑方法、数学方法、系统科学方法等。

最高层次——哲学方法，是以哲学的原理、范畴和规律为基础的研究方法。唯物辩证法是最适合于当代自然科学和社会科学研究活动的科学方法论。

科学方法三个层次由低到高的排列，反映科学方法的适用程度由低到高的发展顺序。科学方法的三个层次中，较高层次对较低层次有指导作用。具体地说，哲学方法对一般方法和专门方法有指导作用，一般方法对专门方法有指导作用。

科学方法论，主要是研究自然科学的一般方法。它一方面以专门方法为基础，另一方面以哲学方法为指导。

3. 科学方法论的发展史

研究科学方法论的发展史，必须紧紧抓住两条线索：第一，科学方法是人类长期科学实践的结晶。科学方法是随着

人类对客观世界的认识的不断深化而不断提高的。第二，科学方法的重大突破会引起科学技术的重大突破。

科学方法论的发展史可分为古代、近代前期、近代后期和现代四个时期来论述。

(一) 古 代

在古代，因为人类的生产水平很低，自然科学处于萌芽状态，自然科学包含在自然哲学之中，是从属于哲学的。

在古代后期，由于生产的需要，一些自然科学便开始从哲学中分化出来，这主要有天文学、数学和力学。恩格斯说：“科学的发生和发展一开始就是由生产决定的。”天文学、数学和力学都直接服务于生产。

当时的科学方法很原始，主要是靠人的感官去直接观察自然界，用人们的猜想去解释自然界。恩格斯把这种科学方法称为“古代人的天才的自然哲学的直觉”。例如古代的百科全书派—亚里士多德学派，认为地球处于宇宙中心，一切物体都具有向这个中心坠落的“自然倾向”。这种看法后来被托勒密发展为“地心说”。它直观地反映了人们的日常生活经验：日月星辰东升西落。这样自然就得出日月星辰围绕地球这一中心转动的结论。

这个时期科学方法论的代表作，是亚里士多德的《工具篇》，它是亚里士多德的6篇逻辑著作（《范畴篇》、《解析篇》、《分析前篇》、《分析后篇》、《辩论常识篇》、《辩谬篇》）的总称。亚里士多德认为，逻辑是知识的工具，故名他的逻辑著作为《工具篇》。亚里士多德着重研究了演绎法，创立了三段论和形式逻辑体系，为形式逻辑学奠定了基础。

此外，数学方法、实验方法也已萌芽，有的还达到了一定的水平。例如欧几里得创立了公理化的几何体系，著有《几

何原本》这部名作。阿基米德通过实验发现浮力原理等。

这个时期，由于自然科学及其研究方法都包含在统一的自然哲学之中，有人称之为“自然哲学方法论阶段”。

(二) 近代前期

从16世纪到18世纪，是近代自然科学发展的前期。

这个时期的自然科学主要是处在搜集材料的阶段，基本上是一种经验的自然科学。这就决定了这个时期的科学方法是经验方法，其中主要是实验方法和归纳方法。

近代自然科学是建立在实验的基础上。没有科学实验，就没有近代的自然科学。因此有人把近代自然科学称为“实验科学”。这是与古代自然科学不同的主要特征之一。

实验方法，开山祖师是伽里略，从哲学上加以总结和概括的是培根。马克思称培根为“英国唯物主义和整个现代实验科学的真正始祖”。

这个时期科学方法论的代表作是培根的《新工具》。名为《新工具》，是培根用来表示与亚里士多德的《工具篇》相对立。他批判亚里士多德只重视思辨而轻视实验，只强调演绎而忽视归纳。培根认为，在获得知识的方法上，主要靠观察和实验；在整理经验材料、发展知识的方法上，主要靠归纳。他在《新工具》中，比较详细地研究了归纳法。对求同法、求异法、共变法这三个具体的归纳方法首次作了详细的论述。后来穆勒加以发展，总结出《穆勒五法》。

实验和归纳，是这个时期科学方法的主流。但与此同时，由于笛卡儿的工作，使数学方法和演绎方法也达到了一个新水平。笛卡儿著有《方法谈》一书。他强调唯理论的演绎法，提出四条方法论原则：(1)运用真的、显而易见的东西；(2)化整为零；(3)从最简单和最小的东西开始研究；

(4)什么东西都不错过。培根和笛卡儿分别对归纳法和演绎法的研究各有贡献，但各执一端，有片面性的弊病。

后来，数学方法由于微积分的创立又进到了一个更高的水平。分类方法由于林耐的贡献而在自然科学中显示了重大的作用。分析方法由于波义耳等人的工作而在自然科学中得到了广泛的应用。

由于这个时期的科学方法以实验和归纳为主，所以有人称这个时期为“实验归纳方法论阶段”。

(三) 近代后期

19世纪是近代自然科学发展的后期。

这个时期的自然科学从搜集材料的阶段发展到了整理材料的阶段，从经验领域走进了理论领域。这时光靠经验方法就无能为力了，迫切需要理论思维，需要辩证法。当时自然科学的发展充分说明了这一点：

天文学方面 康德提出了太阳起源的星云假说，用宇宙发展论批判了“宇宙神创论”、“宇宙不变论”。

地学方面 赖尔发表了《地质学原理》，用“渐变论”批判了“突变论”。

物理学方面 能量守恒和转化定律的发现，把无机界的物质运动形式（机械运动、声、光、热、电、磁等）统一起来。

化学方面 道尔顿的原子论、门捷列夫的元素周期表，把各种化学元素统一起来；维勒的人工合成尿素，打破了无机界和有机界的僵硬界限。

生物学方面 细胞学说和进化论的创立，把整个有机界统一起来。

自然科学的新发现，充分证明了自然界是一个发展变化

的、互相联系的统一整体，有它发生、发展和演化的历史。因此，研究自然界的规律，探索自然界的奥秘，必须用发展的观点、联系的观点、对立统一的观点，一句话，必须自觉地运用唯物辩证法。恩格斯说：“只有唯物辩证法才能“为自然界中所发生的发展过程，为自然界中的普遍联系，为从一个研究领域到另一个领域的过渡，提供类比，并从而提供说明方法”。

这个时期的科学方法论的代表作，是恩格斯的《自然辩证法》。恩格斯运用对立统一的观点，对观察和实验、经验和理论、归纳和演绎、分析和综合、抽象和具体、历史和逻辑等都作了精辟的论述。因此有人把这个时期称为“自然辩证法方法论阶段”。

(四) 现 代

本世纪以来，自然科学的发展有了一系列新的特点。

(1) 自然科学的研究已经伸向微观和宇观的物质结构层次以及接近光速的高速运动的领域。

(2) 自然科学从分化为主的阶段进入了高度分化又高度综合而以综合为主的新阶段。

(3) 自然科学各部门、各学科互相渗透，出现了一系列的边缘学科和横断学科。

(4) 自然科学的研究由个人研究为主转变为集体研究为主。

这个时期，在本世纪的40年代，由于系统科学（系统论、信息论、控制论）的创立，系统科学方法大大突破了传统的科学方法。系统论要求把研究对象作为一个系统，从整体与部分（系统与要素）、系统与环境之间的相互联系和互相作用中进行综合性的研究，信息论要求把系统作为通过信

息的获取、传送、加工、处理而实现其目的性运动的一个信息变换过程来加以考察；控制论要求用系统活动的结果来调整系统的活动，以达到最优化。系统论、信息论、控制论三者不可分割，统称为系统科学方法。

本世纪70年代，又创立了耗散结构论、协同论和突变论，它们与系统论、信息论、控制论相得益彰。这些横断学科的创立和发展，标志着现代科学已经进入了综合化、一体化的新阶段。

二、科学认识的层次和辩证思维

1. 科学认识的两个层次：经验层次和理论层次

(1) 科学认识的要素

科学认识是一种社会实践活动，它是从物质生产过程中分化出来的一种特殊的生产劳动。马克思把它称为“科学劳动”。因为科学劳动生产出来的产品是知识，而不是物件，所以它具有自己的特殊的手段，形成了一个合乎规律的、相对独立的领域。

科学劳动，作为精神生产过程，和物质生产过程一样，有三个要素：

(a) 科学劳动的主体

马克思主义认为，一般认识的主体是人，更准确地说，是社会的人，是“人类社会或社会化了的人类”。科学认识的主体是科学工作者，他们是处在复杂的社会关系中的人，他们在现代社会中构成了一个多层次的具有复杂结构的体系。

(b) 科学劳动的客体

科学劳动的客体，即科学认识的对象，是自然界。这个自然界，不是上帝创造的，也不是亘古不变的，它经历了长期的历史发展过程。而且，自从有了人类以后，永恒变化着

的自然界还深深地打上了认识主体—人类社会的印记。这是一个人化了的自然界。我们目前所处的自然界，是“工业和社会状况的产物，是历史的产物，是世代活动的结果”。

(c) 科学劳动的手段

科学劳动的手段，是指科学认识的实验手段和研究方法的综合体。它包括四类：一类是硬件，如科学仪器、科学工具等，这些是人体器官的延长；另一类是软件，如科学理论、科学方法等，这些是人脑器官的扩大。科学劳动手段是科学的储备，是过去积累的成型化了的科学劳动，它们是知识生产所使用的特殊的劳动资料。

科学劳动手段，置于主体和客体、人和自然界的中间，在它们的相互作用中起中介作用。科学劳动的过程，就是科学劳动三大要素相互联系、相互作用的过程。

(2) 科学认识过程的经验层次和理论层次

一般认识过程的模式为“实践—认识—实践—认识……”。科学认识过程的模式，由于实验是科学认识的基础并作为它的真理性标准，可化为“实验—理论—实验—理论……”。其中“实验—理论”一个循环，按其逻辑发展可划分为经验层次和理论层次，如图1-1所示。

不能把经验层次同感性认识、理论层次同理性认识等同起来。因为无论是经验层次的科学认识还是理论层次的科学认识，都是感性认识和理性认识的统一，就是说，感性认识和理性认识不能截然分开，而且都渗透在两个层次之中。

科学认识的经验层次和理论层次的划分依据是：(1)反映客体、取得认识的方法；(2)认识的逻辑形式及其在科学上的作用。经验层次是运用经验方法（观察、实验），直接同客体打交道，反映的是客体的外部联系和外部表现，获得的

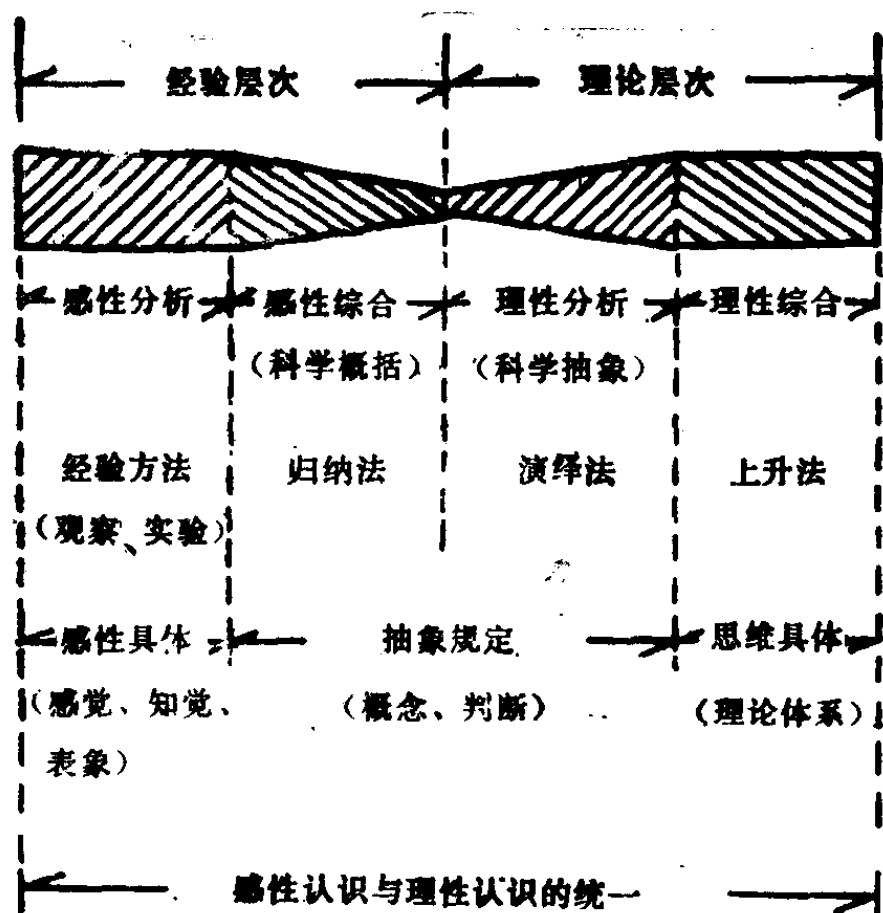


图 1-1 科学认识的两个层次

是经验知识；理论层次是运用理性方法，对经验知识进行加工，反映的是客体的内在联系和内在规律，获得的是理论知识。经验知识的逻辑形式是经验事实的某个概念或单个判断，是构成理论的出发点和素材；理论知识的逻辑形式是抽象概念体系（理论体系），表现为科学认识的最终结果，即认识过程的完成。

经验层次的科学认识 and 理论层次的科学认识是两个相对独立的不同水平的认识，但是它们的界限不是绝对的。从逻辑发展过程说，经验知识上升、转化为理论知识，但在科学发展的某个阶段被认为理论知识的東西而在另一个更高的发展阶段则成为经验知识。例如一些几何公理，在古代是理论知

识，而在今天则成为经验知识，几乎每个高小学生或初中学生都能直接掌握。应该指出，只有科学认识的成熟时期，才能区分出两个不同水平的层次，而对于古代科学来说，把科学认识分为经验层次和理论层次就没有什么意义。

2. 辩证思维：坚持方法论与自然观相一致；坚持辩证法规律与自然规律相一致

（1）关于理论思维

不论是科学认识的经验层次或理论层次，都要坚持感性认识和理性认识相统一的原则，因此都离不开理论思维。

马克思说：“分析经济形式，不能用显微镜，也不能用化学试剂。二者都必须用抽象力来代替。”马克思所说的“抽象力”，就是理论思维的能力。

现代科学的研究领域，在空间上，向微观深入到了 10^{-1} 厘米，向宇观扩大到了百亿光年，大小相差有 10^{41} 倍以上；在时间上，小到 10^{-24} 秒，长达百亿年，大小相差也有 10^{41} 倍以上。在这样时空范围内研究物质运动，无论是向微观还是向宇观，都必须依靠理论思维。

理论思维的任务，是以经验为基础，用理性的方法，通过一切迂回曲折的道路，探索自然过程的依次发展的阶段，寻找其中间环节，并且透过一切表面的偶然性揭示其内在规律性。

理论思维，对于一个科学工作者，对于一个民族，都极为重要。

恩格斯说：“蔑视辩证法是不能不受惩罚的。无论对一切理论思维多么轻视，可是没有理论思维，就会连两件自然的事实也联系不起来，或者连二者之间所存在的联系都无法了解。”