

科学认识论与方法论

刘元亮 姚慧华 寇世琪
曾晓萱 曹南燕 高达声 编著



清华大学出版社

科学认识论与方法论

刘元亮 姚慧华 寇世琪
曾晓莹 曹南燕 高达声 编著

清华大学出版社

内 容 简 介

本书介绍科学认识论的普遍规律和各门科学技术的一般方法，书中特点是：（1）用系统思想考察认识论问题；（2）用现代脑科学成就来说明认识的生理和心理基础；（3）吸收了现代科学哲学的部分积极成果；（4）加强了对创造性思维方法（如形象思维、直觉灵感等）和改造世界的方法（如工程技术方法、系统工程方法和某些模型、模拟方法等）的研究；（5）展望了人工智能可能带来的认识论与方法论的发展前景。

本书可作各类理工科大学本科及研究生教学用书，也适于高等和中等学校教师、科技工作者、哲学及自然辩证法教师和研究人员的阅读参考。也可作具有中等以上文化程度的干部和职工的学习参考书。

科学认识论与方法论

刘元亮等 编著



清华大学出版社出版

（北京清华园）

河北省固安县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经销



开本：850×1168 1/32 印张：15.25 字数：382千字

1987年1月第1版 1987年1月第1次印刷

印数：00001~12000

统一书号：2235·37

定价：3.15元

编者的话

本书是作者1981年以来在从事科学方法论研究和教学工作的基础上编写的。在本书编写开始的一段时间中，曾得到钱学森同志的热心指导。是他首先倡议编写一本这样的书：这本书应该以辩证唯物主义为指导，用系统的思想研究科学认识论与方法论，要应用现代脑科学的成就来说明思维的生理和心理基础，要批判地吸取当代西方科学哲学的积极成果，努力从科技发展的历史和现实中选取实例进行概括和总结，还要展望人工智能的发展对认识论与方法论可能造成的影响。他不但参加了早期大纲的讨论和修订，还亲自审定了初稿的部分章节，并以亲身体会帮助我们认识创造性思维的重要作用。本书在以上诸方面的尝试如果有什么可取之处，应该感谢钱老的具体帮助。

北大生物系邵郊同志对第二、三章提供了具体帮助。我校魏宏森、范德清同志参加过早期大纲和第二、三、四章初稿的部分讨论。本书还广泛吸取了国内外许多学者的研究成果和资料。初稿试用中，得到了清华大学几届研究生和助教进修班的支持并提出宝贵意见。在此特向上述各位表示衷心的感谢。

参加编写的分工是：

序言：寇世琪、曾晓萱。

第一章、第五章：刘元亮。

第二章、第十章、第十一章：姚慧华。

第三章、第六章、第十二章：寇世琪。

第四章：刘元亮、姚慧华。

第七章：曾晓萱、寇世琪。

第八章、第十三章：曾晓萱。

第九章：曹南燕。

第十四章：高达声。

第十五章：姚慧华、曹南燕。

编著者

一九八六年一月

目 录

序言	1
第一章 系统思想与认识论	7
第一节 系统思想的发展	8
第二节 系统思想的内容	15
第三节 用系统观点考察认识论	22
第二章 思维的物质基础——脑的结构与功能	45
第一节 神经元是神经系统的结构和功能的基本单位	47
第二节 脑是神经元组成的巨系统	54
第三章 脑-精神与认识论	67
第一节 当代生理心理学研究的成果丰富了意识是大脑机能的认识	68
第二节 辩证思维与脑-精神相互关系的研究	78
第三节 生理心理学的成果丰富了科学认识论和方法论的研究	91
第四章 科学研究的认识过程	97
第一节 科学研究从问题开始	97
第二节 科学研究怎样着手解决问题	105
第三节 对问题解决得是否正确的判断	117
第四节 结论	125
第五章 科研选题	128
第一节 科研选题的重要意义	128

第二节	选题的准备与过程	132
第三节	选题的一些基本原则	138
第四节	帮助选题的一些思路	151
第六章	观察和实验方法	158
第一节	观察方法	158
第二节	实验方法	161
第三节	在观察实验中的科学认识论问题	166
第四节	观察实验中的机遇	181
第七章	思维与科学抽象	187
第一节	科学抽象及其意义	188
第二节	逻辑思维	192
第三节	形象思维	203
第四节	直觉和灵感	214
第五节	创造性科学思维的重要方法	227
第八章	逻辑方法	238
第一节	比较-分类法	238
第二节	分析-综合法	248
第三节	归纳-演绎法	259
第九章	数学方法	282
第一节	数学方法的特点	282
第二节	数学方法在科学技术中的作用	284
第三节	数学方法的发展	288
第四节	数学方法的应用	291
第十章	假说及其检验	302
第一节	假说及其一般特征	302
第二节	假说在科学研究中的作用	307
第三节	形成假说的方法	312
第四节	假说的检验	319

第五节	假说向理论的过渡及理论的评价问题	325
第十一章	科学理论及其发展	337
第一节	科学理论的基本特征及其功能	337
第二节	建立科学理论的方法	340
第三节	科学理论发展模式及其方法论启示	346
第十二章	工程技术方法	358
第一节	工程技术方法的性质和特点	358
第二节	工程技术方法应遵循的基本原则	363
第三节	工程技术研究和设计中的创造性	372
第四节	几种常用的工程技术方法	378
第十三章	系统工程方法	389
第一节	系统工程方法出现的历史必然性	389
第二节	系统工程方法及其特点	492
第三节	系统工程方法的步骤	401
第四节	解决系统工程问题常用的方法	408
第十四章	模型和模拟方法	421
第一节	模型方法的历史考察	421
第二节	理想模型	427
第三节	模拟实验	435
第四节	模型的建立及其认识论功能	440
第五节	模拟方法在社会领域中的应用	447
第六节	模型方法的哲学基础	455
第十五章	人工智能及其对认识论、方法论的影响	460
第一节	人工智能产生的必然性	460
第二节	人工智能中的认识论和方法论问题	463
第三节	人工智能对科学认识论和方法论影响的展望	474

序 言

科学认识论与方法论以辩证唯物主义哲学为指导研究人们在认识自然与改造自然过程中的方法论与认识论问题。广义的科学方法论包括认识自然规律的科学方法和改造自然的技术方法。科学技术发展的历史表明：科学技术上的重大突破常常与科学方法的重大革新相联系。科学方法论不仅要研究科学认识的一般过程、获取信息和科学抽象的方法，而且要研究有效的和正确的改造世界的一系列方法论问题。

科学方法论与科学认识论总是相互渗透融为一体的。因为科学的认识论是要回答科学知识的来源、真理性、获得科学知识的途径，即科学理论与自然的关系是什么，人们是否能够正确认识自然现象，怎样获得科学知识等基本问题。所有这些与科学方法论要研究的课题是相互补充紧密不可分的。离开科学认识论的科学方法论是不存在的，那样的科学方法论只会变成肤浅的、琐碎的具体技巧和经验，而不能构成科学方法论的完整的理论体系。认识论要是不与科学接触，特别是不同最新的、发展中的科学技术与科学方法论接触，就会僵化，变为一个空架子。将科学方法论与科学认识论结合起来，一方面可以从理论上深入研究方法论的课题。另一方面可以更新科学认识论的内容，丰富认识论的自然科学基础。

我们研究科学认识论与方法论是在马克思主义哲学思想指导下进行的。所谓科学方法论就是运用唯物辩证法认识和研究自然界的本质和规律的方法，科学的认识论就是运用辩证唯物主义的认识论原理，分析科学技术中的问题，特别是当代自然科学和技

术飞速发展、急剧变革中的最普遍的认识论问题。马克思主义者历来认为：辩证法、认识论和逻辑具有一致性，列宁曾明确指出：“辩证法也就是马克思主义的认识论”。^①因此从科学认识论和科学方法论相统一的角度，探讨科学和技术工作中的规律性问题，为科学和技术的进一步发展提供方法论的指导，具有十分重要的意义。

在编写本书的过程中，我们期望突出以上思想，并使该书具有以下特点：

一、吸取当代科学技术领域的新成果及其涉及的认识论和方法论问题。本世纪四十年代以来，系统科学获得了迅猛发展，六十年代后“非平衡态热力学”、“协同学”以及“超循环理论”更丰富了系统论的内容，运用系统观研究科学的认识过程，将使认识论具有新意。现代脑科学在分子生物学、神经生理学等学科的推动下取得了新成就，科学认识论和方法论的物质基础——脑的结构和功能，认识的生理心理过程得到了进一步的揭示，这有助于人们科学地认识自己认识的本质和规律。微观科学的发展，由于测不准关系等，人们的理智能否达到对微观客体本身的真实认识，以及它所提出来的认识论问题，促进了科学认识论与方法论的研究。在新技术革命中电子计算机普遍应用于各个学科和部门，它给科学技术研究方法带来了巨大变革，它促进了模型与模拟，数学方法，计算实验方法和系统工程方法的飞速发展，为人工智能的诞生准备了技术基础，而人工智能将对科学认识论和方法论产生重大影响。我们尽力将它们吸收和介绍到有关章节中来，期望能够抛砖引玉，有更多的人去进行研究，推动科学认识论和方法论的发展。

二、在分析、批判、研究现代西方科学哲学的基础上，吸取

^①《列宁选集》第2卷，人民出版社，1972，第714页。

其科学的、合理的成份,丰富科学认识论和方法论的内容。由于当代科学技术在社会生产和生活中的重要地位以及它所涉及的哲学问题的重要的理论意义和实践意义,它吸引了世界上许多科学家和哲学家从事科学哲学的研究。现代西方科学哲学流派中的逻辑实证主义、证伪主义、科学历史主义等学派都曾从许多方面研究了自然科学中的认识论和方法论问题,出版了大量的专著。尽管在整体上,在回答自然科学的普遍性问题时,他们常常陷入这样或那样的错误之中,但在这些论著中也包含了某些合理的有价值的东西。马克思主义不是封闭的体系,僵硬的教条,它是进一步研究问题的出发点。因此,运用唯物辩证法研究自然科学知识的性质和科学认识活动的模式、程序、方法时,有分析地吸取西方科学哲学中的科学的、合理的部分,丰富和发展科学认识论和方法论的研究,既是必要的又是可能的。我们在科学研究的认识过程、观察和实验、假说和理论的检验、评价和理论的发展等章中,对此都作了介绍和分析,力图去其糟粕,取其精华,引为借鉴,以达到启发思想,开阔思路,供大家继续深入研究的目的。

三、理论与实际相结合,注重实用性是我们编写本书努力想达到的目标之一。我们希望能满足科学技术工作者,各种理工科院校的大学生、研究生,哲学科学工作者以及各种对科学方法论和认识论感兴趣的人们的需要,力求具体地、比较详细地介绍各种科学方法的性质,并从科学技术史和当代科学技术发展的现状中,选取某些具体实例,从理论与实际相结合的角度说明有关方法论和认识论的问题。我们希望从事哲学理论学习和研究的读者可以从中了解科学技术研究中存在的实际的认识论与方法论的问题,从事理工科学习或实际工作的科技工作者,能从理论上,从更为普遍的角度、更高的层次上理解自己从事的科研工作和实际工作的认识论和方法论的意义,并获得某些启迪,应用于今后的实际工作中,加速四个现代化的进程。

本书共分四大部分，十五章。

第一部分，总论。包括第一章“系统思想与认识论”；第二章“思维的物质基础——脑的结构与功能”；第三章“脑—精神与认识论”；第四章“科学研究的认识过程”。这部分阐明本书的指导思想，用系统的观点，把认识主体与客体看作相互作用的认识论系统，运用脑科学及生理心理学的最新成就，从思维的物质基础——脑及其活动，进一步分析认识过程中主体和客体的相互作用，以及如何通过实践而形成和发展人们的认识，说明科学的认识论是与唯物辩证的反映论相一致的，而现代科学的进展则进一步丰富和加深了这种反映论。

这部分还探讨了科学研究的认识过程，说明它与人类认识的总公式：“实践、认识、再实践、再认识……”是一致的，但又有自己的某些特点，特别是在科学高度发展的现代，它可以从人类认识总公式的链条的不同环节上开始，以“问题—猜想—检验—新的问题……”的循环形式不断向前发展。

第二部分，认识自然界的方法。包括第五章“科研选题”；第六章“观察和实验方法”；第七章“思维与科学抽象”；第八章“逻辑方法”；第九章“数学方法”；第十章“假说及其检验”第十一章“科学理论及其发展”，共七章。本来，按照第四章中对科学研究的认识过程的分析，在科研选题之后，似乎应该是提出假说，进行试探，然后通过观察实验以检验假说的真伪，逐步完善，形成理论，然而，全面地看，特别是从历史上考察，观察实验并不仅仅是检验假说的工具，它还是获取感性经验和科学事实的根本途径、发现科学问题的重要方法。因此，这部分内容仍然按科研选题，感性获取信息到理性加工信息，以及假说的检验和理论的发展这样的过程来安排，不株守科学研究的认识过程中的次序。

科学的认识论是能动的反映论。在当代科学日益深入到远离

人们直接经验的微观，宇观等新领域的形势下，这种能动作用更加突出了。围绕认识的能动作用，提出了许多新的问题。例如，在感性认识阶段，理论对观察的渗透作用，实验中的主客体关系及其相互作用，以及在测量系统中，观察、实验的客观性等一系列认识论问题引起了科学家和科学哲学家们的极大兴趣。在第六章中，除了讨论获得感性认识的观察实验方法及其特点外，还注意吸收当代西方科学哲学的某些成果，对上述认识论的问题进行了探讨。又如，在理性认识阶段，如何认识形象思维、想象、直觉、灵感等非形式逻辑方法在创造性思维中的作用以及它们产生的生理心理基础，对培养创造性人才，发展科学事业有重要的战略意义。第二部分在讨论常用的各种理性加工方法（如归纳、演绎；分析、综合；比较、分类；数学；假说等）的同时，对上述创造性思维问题也进行了重点研究。

理性认识的成果是科学理论，科学理论的最初形式只能是假说。关于假说的形成与检验，以及科学理论的评价与发展，各派科学哲学家众说纷纭，第十、十一章在系统论述假说理论的认识论方法论问题时，对此也作了一些评述。

第三部分，改造自然界的方法，包括第十二章“工程技术方法”；第十三章“系统工程方法”；第十四章“模型和模拟方法”，共三章。认识世界的根本目的在于改造世界。而且，人们从实践中得到的科学认识，也只有再用于改造自然的实践，才能不断地得到检验和发展。鉴于现代科学、技术、生产相互渗透，关系更加密切，人们就更需要以现代的科学认识论与方法论作为指导，在技术和生产中更加自觉地探讨改造自然的规律和方法，以加快改造自然的步伐，发展已有的科学认识。

这部分着重介绍了工程技术方法的特点和发展趋势，现代工程技术及管理中大量应用的系统工程方法以及模型、模拟方法。当然，系统工程方法与模型、模拟方法并不只限于工程技术领

域，也用于自然科学的研究领域，对科学认识论与方法论的发展有极重要的意义。但近年来，它们在工程技术和管理中得到了规模空前、成效卓著的应用，明显地加快了人们改造世界的步伐。本书将它们集中放在改造自然界的方法中加以探讨，希望有助于推动对工程技术方法论的研究。

第四部分，对科学认识论与方法论的展望。这主要体现在第十五章“人工智能及其对认识论方法论的影响”中。

科学认识论与方法论如同其他一切事物一样，绝不是一成不变的，它将随着科学技术的发展和人们认识的深化而发展。人工智能的研究综合了许多前沿科学的最新成就，采用工程技术方法模拟人脑的认识规律，实现人的认识过程，发展人脑的潜力，取代了人的部分认识功能。它将对人类的智力发展、认识过程、思维方式、甚至社会进程产生难以估量的巨大影响。科学和哲学工作者应该积极研究这个新生事物，追踪其发展，展望和研究在人工智能影响下，科学认识论与方法论发生质的飞跃的光辉前景。

本书作者的愿望是努力结合科学技术发展、科学哲学、科学技术史的一些新成就以及多年教学中积累的经验 and 体会来研究科学认识论与方法论，俾能改善大学生和研究生的知识结构，丰富他们的知识体系，提高思维能力，开发创造性。但是，由于我们自己知识结构的局限和研究深度的不足，深感力不从心，许多问题的阐述不能令人满意，缺点错误在所难免，热情欢迎和衷心希望读者批评指正。

编著者

一九八六年一月

第一章 系统思想与认识论

科学的目的是认识世界，并帮助人们按照世界的客观规律去改造世界以适合自己生存和发展的需要。怎样才能正确地认识世界和有效地改造世界呢？这就不能不涉及到一系列认识论问题。例如怎样认识“认识主体”和“认识客体”（对象）？认识的主体和对象的关系是怎样的？对象的性质和规律是怎样转化为主体的认识的？为什么不同的人对于同一对象可以得到不同的认识？怎样知道我们的认识是不是符合对象的实际？怎样不断提高我们认识的真理性的（与对象符合的程度）？……等等。这些认识论问题大都是非常古老的，从有人类的认识活动以来这些问题就和人类结下了不解之缘；这些问题又是非常新鲜的，每个时代人们都在对它们进行新的研究，作出新的回答，并给这个时代的科学方法论以深刻的影响。认识论问题的解决离不开对大量科学认识方法和实践经验的概括和总结，离不开一定历史时期中人们对世界的认识所达到的水平。科学认识的方法和实践也离不开认识论的指导。

辩证唯物主义的认识论是概括和总结整个科学认识史，特别是十九、二十世纪以来科学技术新进展的思想成果，是比较符合科学技术发展现阶段实际的正确理论。它为我们总结和制订正确的科学认识方法，推动科学发展提供了强大的思想武器，同时，它也不断地，从科学技术的发展中吸取营养，研究新问题，总结新经验，丰富和提高自己，以适应飞速发展的现代科学技术对它提出

的越来越高的要求。

人类对世界的系统性的认识经历了一个发展过程。系统思想是辩证唯物主义的重要内容，现代系统科学的兴起和发展使这种系统思想更加丰富和加深了。本章将在简述系统思想的发展和系统思想的内容的基础上，着重探讨用系统观点考察认识论的一些问题。

第一节 系统思想的发展

现代自然科学表明，自然界是个巨大的系统，组成自然界的万事万物也都是一些或大或小的系统。

一、系统概念

什么是系统？系统就是“由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合成的具有特定功能的有机整体，而且这个系统本身又是它所从属的一个更大系统的组成部分。”^①

小到分子、原子、原子核、基本粒子、层子……大到地球、太阳系、银河系、星系团、直到我们观察所及的大尺度宇宙，都是系统。人们常见的各种事物，一块手表、一架电视机、一本书、一个人、一个班组、一个工厂、一个国家……也无不是系统。有自然系统，有人工系统，还有自然系统和人工系统相结合的复杂系统。人工系统中，不但包括物质产品，而且包括精神产品。不论什么系统，都具有以下特点：

1. 它是由若干组成部分结合而成的。
2. 这些组成部分不是彼此孤立、互不联系的，而是相互作用、相互依赖的。

① 钱学森等：《论系统工程》，湖南科学技术出版社，1982，第10页。

3.它是具有特定功能的有机整体，这种整体功能决不是各组成部分功能的简单相加，而是具有其个别组成部分所不能具有的功能；同样的组成部分如果组合方式不同，整体的功能也就不同。

4.它是有层次的，每个系统都包含若干组成部分，同时它本身又是所从属的一个更大系统的组成部分。不但有内部的相互作用，而且还有外部的相互作用，构成一个错综交织的联系网。

更深入一步，还会发现一些关于系统的更加深入的知识，用这样的观点去看事物就是系统思想，或者叫做系统观。

二、系统思想的发展

系统思想既不是人类生来就有的，也不是象有些人所说的那样。是本世纪四十年代以后突然出现的東西，它的发展大体上可从三个方面来认识。

1.系统观的发展

系统思想作为自然观的一部分（系统观），它的发展也同人类的自然观一样，经历了漫长的发展历史，由于自然界本身就是个大系统，自然界的万事万物也都以系统的形式存在着。人类自有生产活动以来，时时都在同自然系统打交道，形形色色客观事物的系统特性反映到人脑中來，就形成了古代朴素的系统思想，例如我国古代的农书对于农业生产中种子、地形、土壤、水分、肥料、季节、气候等各种因素的相互关系都有系统的论述。中医学非常重视人体本身的统一性、完整性及其与自然的相互关系，它认为人体是一个以脏腑经络为内在联系的有机整体，构成人体的各组成部分之间在结构上是不可分割的，在功能上是相互协调、相互为用的，在病理上是相互影响的。中医的一整套理论都贯穿着这种思想。在工程技术中，如战国时期著名的都江堰水利工程，十分妥善地处理了航运、防洪、灌溉的复杂关系，造成一