



逻辑与 计算机科学哲学

潘沁 著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

武汉轻工大学博士基金资助项目

逻辑与 计算机科学哲学

潘沁 著



WUHAN UNIVERSITY PRESS
武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

逻辑与计算机科学哲学/潘沁著.—武汉:武汉大学出版社,2019.11
ISBN 978-7-307-21210-7

I. 逻… II. 潘… III. ①电子计算机—逻辑设计—研究 ②计算机科学—科学哲学—研究 IV. ①TP302.2 ②TP3-02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 243836 号

责任编辑:陈 红 责任校对:李孟潇 版式设计:马 佳

出版发行: **武汉大学出版社** (430072 武昌 珞珈山)
(电子邮箱: cbs22@whu.edu.cn 网址: www.wdp.whu.edu.cn)

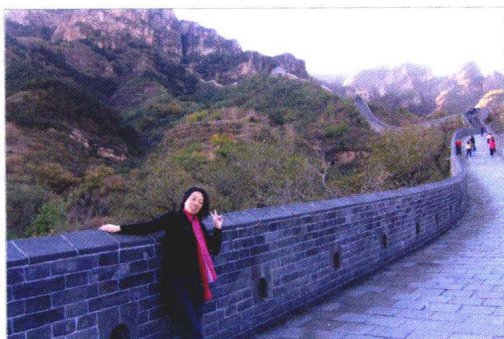
印刷:北京虎彩文化传播有限公司

开本:720×1000 1/16 印张:11.75 字数:161千字 插页:2

版次:2019年11月第1版 2019年11月第1次印刷

ISBN 978-7-307-21210-7 定价:39.00元

版权所有,不得翻印;凡购我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。



作者简介

潘沁，1974年3月出生，女，汉族，湖北荆州人，1995年获英语语言文学学士学位，2003年于华中师范大学获哲学硕士学位，2011年于南开大学获哲学博士学位，2014年进入广西师范大学马克思主义学院博士后流动站。现为武汉轻工大学马克思主义学院教师，硕士生导师。主要研究方向：科学技术哲学。发表论文20多篇，独著《冯·诺伊曼的计算机科学哲学》，参著《科学思维的艺术》、《科学辩护的沉思：科学确证与科学接受的方法论辩护》等著作。

序

得知潘沁的《逻辑与计算机科学哲学》即将出版，特别高兴。这个文集所收录的诸篇论文，极具代表性，同时其间又有一定的连续性，相当于作者学术进步的时间轴上的一个个坐标点。总起来说，该文集应当可以看作她的成才之路的一个缩影。

浏览一下目录，就能发现其中有两个重要人物处于核心地位，一是卡尔纳普，卡尔纳普大力提倡科学逻辑，认为可以对科学语言的表述结构进行纯粹的逻辑分析，这就是“科学语言的逻辑句法”，同时他又是现代概率归纳逻辑的主要奠基者之一，创造性地建立了帕斯卡型的概率归纳逻辑的公理体系。二是计算机之父冯·诺伊曼，这就涉及冯·诺伊曼的逻辑机器哲学思想、生物目的性思想、自增殖自动机思想、对计算机逻辑方法论的探讨及其与现代计算主义哲学和毕达哥拉斯主义哲学的关系，与复杂性系统科学的关系等。对于“逻辑和计算机科学哲学研究”来说，这是理所当然的事。同样，如果从潘沁的学术成长道路或培养背景来看，则会觉得把科学逻辑、归纳逻辑和计算机科学哲学放在研究的中心地位也是一件顺理成章的事，这很有意思。

潘沁原学英语，硕士生阶段在华中师范大学张大松教授门下攻读科学逻辑，博士生阶段在南开大学任晓明教授门下攻读科学哲学。这两个“科学共同体”的学术氛围都是极有特色的，两位导师先后对潘沁学术思想的形成产生了积极的影响。

先说说张大松教授所带领的逻辑团队。由于武汉大学与华中师范大学是近邻，因此我有机会经常参与他在华中师范大学所带领的逻辑研究

生团队的活动，大部分的逻辑硕士答辩我是经手且熟悉的。从整个国内学术界（特别是从科学哲学与逻辑的交叉领域）看，张大松属于“科学逻辑”学术圈（由武汉大学张巨青教授所发起）第二代中的一个佼佼者。我认为，至少从湖北省和武汉的学术圈来看，他的团队在继承发扬科学逻辑这个研究传统方面是做得最好的。张建军教授后来补充说，即使从全国范围内看，张大松的科学逻辑也是做得最好的。通过张大松的论著我意识到，他的基本功在于科学逻辑、科学哲学、归纳逻辑的交叉点上，当然他最熟悉的是“科学确证的逻辑与方法论”。以此为出发点，他的研究从科学逻辑向法律逻辑、法学方法论方向进行延伸。他所主编的《法律逻辑学教程》（2003）以及后续著作都极有影响。我注意到，他在基本的方法论立场上是采取科学逻辑的新范式的，可是回想当年（在20世纪80年代）人们想摆脱普通逻辑旧范式的思想束缚却有多困难啊！张大松强调逻辑的社会功能并且付诸实际行动（他的个人决策就有很成功的案例），在人才培养方面，注重逻辑理论的实际联系，为学生设计逻辑硕士论文的可能选题时，充分考虑学生原来的专业背景、特长与逻辑的结合，例如鼓励他在本科阶段学法律的学生，研究法律逻辑和法学方法论，并且在毕业之后争取去当一名好律师或者法律顾问；又如建议在本科阶段学计算机的，去做计算机方法论或人工智能逻辑等选题，毕业后比如到深圳什么公司去任职，仍然可以在电脑技能方面发挥特长，而逻辑训练则潜在地发挥作用，等等。他的这种人才设计理念在实践上已经有了成功的先例。在我的记忆中，其中有计算机专业背景的两个女学生，所写的有关人工智能方面或归纳决策方面的逻辑硕士论文，思路清晰，简明扼要，相当不错。在我印象中潘沁的硕士论文是研究科学逻辑和归纳逻辑大师卡尔纳普的思想的。以上说的是，潘沁就是在这样一种氛围中完成她的硕士生阶段的学业的，换句话说，这是她成长的早期背景之一。

接着要说任晓明教授所带领的逻辑兼科学哲学团队。扩大一点说，这里有必要简单回顾一下潘沁所在的南开大学逻辑学博士团队研究的整

体氛围。南开大学逻辑博士点，以温公颐老先生所开创的中国逻辑史传统为特色，因而在这方面人才比较集中，这是主线。二十多年来，通过引进人才，输入新鲜血液，在学术生态上开始呈现出“生物多样性”。例如李娜教授的专长就在于集合论，而任晓明教授的专长则在于现代归纳逻辑与西方科学哲学的交叉。李娜和任晓明的博士团队，都是南开团队的“真子集”。

任晓明是武汉大学江天骥教授的博士(1988—1991)，因此我比较熟悉。他的归纳逻辑研究包括两条主线，一是柯恩(J. Cohen)的非帕斯卡概率归纳逻辑(他的博士论文所着重研究的)，二是计算机逻辑学家勃克斯(W. Burks)的归纳逻辑思想及其因果模态逻辑，与此直接相关的是元胞自动机和逻辑机器哲学思想。这是他与和我一起参加由王雨田教授主持的863课题“归纳逻辑与人工智能”期间所关注的。我俩评论勃克斯的因果模态逻辑与元胞自动机的论文，被《全国第六届人工智能讨论会论文集》收录(武汉大学出版社1989年版)。

我觉得，潘沁对冯·诺伊曼计算机科学哲学思想的研究背后，是任晓明对勃克斯计算机科学哲学思想的关注，前者表现为后者的直接延伸。可以说，“勃克斯就成了冯·诺伊曼的潜台词”，尽管没有直接说出来。勃克斯(W. Burks)是美国密歇根大学教授，当代著名的计算机科学家、人工智能专家和哲学家。曾经参与ENIAC的设计、研制和改进工作，是冯·诺伊曼的同事、助手、主要合作者之一，重要的是，他还是冯·诺伊曼遗稿的保存者。任晓明组织翻译了勃克斯介绍计算机科学哲学的演讲集《机器人与人类心智》，我也参与其中。勃克斯在演讲集中，对演绎逻辑与归纳逻辑、生物进化与遗传的逻辑以及生物目的性自动机研究，进行了历史性的反思，从科学哲学和数学哲学的视角看待计算机哲学，探讨机器人与心智，计算机与社会控制等。显然，勃克斯与冯·诺伊曼的计算机科学哲学思想关系密切。勃克斯的专著《因果、机遇与推理》中，还有卡尔纳普与莱欣巴赫的概率归纳逻辑公理系统的详细解释。交代了这些背景，读者就不难理解，为什么任晓明会建议潘沁

把研究冯·诺伊曼的计算机科学哲学思想作为她博士论文的选题，为什么这又成为这部文集的重头戏。

当今的新形势是，人工智能研究已经被纳入国家科技发展策略的重点。潘沁的《逻辑与计算机科学哲学》的出版，有利于广大读者对计算机人工智能学科的了解和理解，因此更有新的现实意义。

武汉大学桂起权序于 珞珈雅苑

2019年6月12日

目 录

逻辑与思维编

归纳思维·····	3
科学确证的概率辩护·····	37
逻辑真探讨·····	63
科技批判思潮的实质及其影响·····	70
中国古代科学思维方式的特质·····	79

计算机科学哲学编

计算机科学哲学研究进展·····	89
计算机逻辑的演进·····	100
计算机之父冯·诺伊曼的计算机科学哲学思想·····	114
冯·诺伊曼计算机理论中的生物目的论思想·····	124
冯·诺伊曼对计算机逻辑的探讨及其意义·····	136
冯·诺伊曼自增殖自动机思想及其方法论意义·····	141
冯·诺伊曼对复杂性问题研究方法的贡献及其影响·····	152
论现代计算机理论中的毕达哥拉斯主义·····	160
从复杂性系统理论视角看人工智能科学的发展·····	171
后记·····	179

逻辑与思维编

归纳思维

真正的和合格的归纳法，这才是解释自然的真正钥匙。

——培根

归纳思维，广义地说，是指一切或然性思维方式；狭义地说，它是一种从若干个个别性经验知识上升到一般性认识的思维过程或者信息处理方式，它自身具有不同于其他思维方式的许多特征。人们在科学认识活动中形成并运用了多种归纳思维方法，使归纳思维在人类科学探索活动中发挥了重大作用。

一、归纳思维概述

(一) 归纳思维及其特征

“归纳”一词来自拉丁文 induction(诱导)。后来它泛指从个别到一般的思维方法，即以某些个别性(特殊性)的知识为前提，由此推出一般性(普遍性)的知识的结论。归纳思维就是由特殊性知识过渡到一般性知识的思维，也是人们经常说的“根据具体事实概括出一般理论”的信息加工过程。

归纳思维在认识过程中是一种重要的思维方法，它既是发现以假说形式出现的思维成果的方法，也是检验思维成果的方法，在科学思维中发挥了重要作用，以至于近代实验自然科学常常被称为归纳科学。科学

史表明，自然科学的经验定律和经验公式大都是应用归纳法总结出来的。

例如，人们多次观察到天鹅是白色的，由此概括出“所有天鹅都是白色的”的一般性认识；人们也可以通过实验知道铜能导电，铝能导电，铁能导电……而铜、铝、铁等都是金属，由此概括出“金属都能导电”的一般性认识。

再如，人们观察到大量的年轮现象，树木有年轮，从它的年轮可以知道它的年龄。其他植物，如水仙花也有年轮，它的年轮在它的蒜头上。动物也有年轮，最引人注目的是龟的年轮，从龟背各盾片环数的多少就可以知道它的年龄；牛、马也有年轮，它们的年轮在牙齿上。近来发现，人也有年轮，日本科学家发现人的年轮在脑中。当声波频率和人的年轮相应时，就会发生特别的反应，否则就无这种反应。这种特别反应可以根据显示在荧光屏上的脑电波看出，因此利用声波可以检测出人的真实年龄。以上这些年轮现象告诉我们：所有生物都有记载自身年龄的年轮。

在上述例子中，人们都是运用归纳思维，从个别性知识概括出一般性知识的。

归纳思维具有若干显著特点，它从个别性认识概括出一般性认识，这种概括具有扩展性，但其结论不具有必然性。下面分别讨论归纳思维的几个显著特征。

1. 归纳思维的概括性

归纳思维不仅能从经验中概括出科学定律，还可以逐步将低层原理升华到高层原理。对此，归纳思维的主要创造人 F. 培根指出，运用归纳法，“一步一步，由特殊的东​​西进至较低的原理，然后再进至中级原理，一个比一个高，最后上升到最普遍的原理；这样，亦只肖这样，我们才能对科学有好的希望。”^[1]

归纳思维从个别性认识能概括出一般性认识，并能被人们大量运

用，这是因为人们的这种概括遵循了以下原则：

如果大量的情况 $A(A_1, A_2, \dots, A_n)$ 在各种各样条件下被观察到，而且如果所有这些被观察到的 A 都毫无例外地具有性质 B ，那么，所有 A 都具有性质 B 。

这一原则在逻辑学上被称为“归纳法原则”，它是人们进行归纳思维所依据的原理。

2. 归纳思维的扩展性

在归纳思维中，从个别性知识得出一般性结论，除了极为有限的完全归纳概括外，一般的归纳思维过程都拓展了认识范围，也就是说，结论所断定的范围超出了前提所涉及的范围，即由部分扩展到了全体。

例如：

由少量的所观察到的天鹅是白色的，扩展到所有天鹅都是白色的；由部分金属如铁、铜、铝等能导电，扩展到所有金属物体都导电。

正是由于归纳思维突破了前提所断定的范围，人们的思维才能够突破当前情境的局限而扩大认识领域，并获得新的认识。例如，当人们得知青霉素能够治疗某些人的炎症时，进而认识到青霉素也可以治疗其他一些人的炎症；当人们解剖一只麻雀，得知它具有“五脏六腑”，进而认为所有麻雀都如此。

再如，高斯的等差数列的求和就是这种由部分到全体的思维模式。德国心理学家韦特海默曾描述道：

高斯是一位著名的数学家。他6岁的时候，在一个小城镇的小

学里上学。老师出了一道题： $1+2+3+4+5+6+7+8+9+10=?$ 老师说：“看谁算得最快。”很快，小高斯举起手说：“我算出来了。”而那时，别的孩子都还在忙着计算。

“你怎么算得那么快？”老师大吃一惊。小高斯做了答复。当然我们不知道他答案的细节，不过根据我从做实验中得到的经验，我估计他的答案是这样的： $\dots\dots 1+10=11, 2+9=11$ ，而且必然是11！这样一直下去，一共有5对这样的加法；5乘以11得55。就这样，这个孩子发现了一个重要定理的要点（求和定理中的一个公式： $S_n=(n+1)n/2$ ）。^[2]

3. 归纳思维的或然性

归纳思维从部分推论至全体，扩大了认识范围，但是这种推论过程只是或然的，不具有必然性。归纳思维即使其理由正确可靠，思维过程合乎逻辑规则，从真的前提也不能必然地得出真的结论。这是因为，从实际观察到有限事例跳到了涉及无穷对象的全称结论，或从过去、现在跳到了对未来的预测，这两者都没有逻辑的保证，因为适用于有限的不一定适用于无限，过去和现在出现的并非将来也一定出现。

例如，在中世纪以前，欧洲人见到的天鹅都是白色的，于是认为所有的天鹅都是白的。但后来，荷兰探险家佛拉明在澳大利亚发现了美丽动人的黑色天鹅。从这个例子可以看出，有限的不一定适合无限。

对于归纳思维的这种特征，我国数学家华罗庚做了一个通俗形象的说明：

从一个袋子里摸出来的第一个是红玻璃球，第二个是红玻璃球，甚至第三个、第四个、第五个都是红玻璃球的时候，我们立刻会出现一种猜想：“是不是这个袋子里的东西全部都是红玻璃球？”但是，当我们有一次摸出一个白玻璃球的时候，这个猜想失败了；

这时，我们会出现另一个猜想：“是不是袋子里的东西全部都是玻璃球？”但是，当有一次摸出来的是一个木球的时候，这个猜想又失败了；那时我们会出现第三个猜想：“是不是袋子里的东西全部都是球？”这个猜想对不对，还必须继续加以检验，要把袋子里的东西全部摸出来，才能见个分晓。^[3]

从上述分析可以看出，归纳思维是容易发生“以偏概全”的错误的，也就是把部分对象所特有的某种属性，推广到其他不具有该属性的对象上。当然，我们不可因噎废食，只要我们尽力扩大考察的对象数量及考察范围，注意分析被考察的属性是否为部分对象所特有，我们所概括的结论的可靠性就会提高。

（二）归纳思维的作用

归纳思维因其具有扩展性与概括性的特征，它在科学思维活动中具有重大作用。其中，以下几个方面的作用是较突出的。

第一，归纳思维对于经验定律和理论原理的发现具有重要意义。作为科学理论构成中的低层次的经验定律，大都是受归纳法的启发而总结出来的，而且在理论原理的最初提出时也常常要运用归纳思维方法。正如培根所说，运用归纳法，我们一步一步地由特殊的经验上升到较低的原理，然后再到中层原理，最后再上升到最普遍的原理。

第二，归纳思维有助于扩展人们的认识领域。归纳思维根据部分对象的认识推论到该类事物的全体对象或者不同部分对象，能弥补人的认识能力有限的不足而扩展人们的认识领域。培根指出，只有当我们在经验基础上运用归纳法，认识范围才会更大和更宽一些，“这样，我们才既不致拘执于已知的事物，也不致只是松弛地抓着空虚的影子和抽象的法式而没有抓住坚实的和有其物质体现的事物。一旦这种过程见诸应用，我们就将终于看到希望的曙光了”。^[4]

第三，归纳思维对于以假说形式出现的思维成果具有确证作用。人

们在探究客观事物及其本质或规律时，一般要形成假说，假说是人们的思维成果的最初表现形态。某一假说被提出之后，人们要思考该假说是否具有真理性，有多少真理性等问题，而假说的真理性需要事实来验证。为了检验假说的真理性，就要从它演绎出一些关于事实的推断，然后通过观察和实验等实践活动进行验证。如果假说的逻辑推断与经验事实相一致，那么该假说就得到经验事实给予的一定程度的支持。我们把这种在一定程度上证实假说的真理性的过程，称为假说的确证。

例如，20世纪初，奥地利气象学家和地球物理学家魏格纳在《大陆和海洋的形成》一书中提出了著名的“大陆漂移学说”。这一学说是否成立呢？如果大陆真正漂移过，那么它应该得到大量事实的支持，如大陆测量学提供的几何形状吻合的支持，地质学提供的地址岩层相似的支持，古生物动植物化石相同的支持，以及古气候相似等证据的支持。对此，魏格纳在书中列举了大量的经验证据，如大陆测量学的、地球物理学的、地质学的、古生物学与古气候学等诸多方面的事实证据，以此对“大陆漂移学说”给予了强有力的确证。这里所体现的就是归纳思维及其作用。

二、归纳思维的方法

归纳思维方法的种类较多，有传统归纳法如枚举归纳法与排除归纳法等，有现代归纳法如概率统计归纳法与确证概率归纳法等。根据科学思维活动的特点，主要讨论以下几种方法。

(一) 枚举归纳法

枚举归纳法是在经验认识基础上考察某类事物中的全部或者部分对象具有(或不具有)某种属性，从而推出该类对象的全部也具有(或不具有)该属性的思维方法。按照结论中所考察对象与前提中所断定对象之关系的不同，可以将枚举归纳法划分为完全归纳法、不完全归纳法和特