

★本书受教育部人文社会科学重点研究基地基金资助

双主体 认知逻辑研究

许涤非 ◎ 著

SHUANG ZHUTI
RENZHI LUOJI
YANJIU

中国社会科学出版社

双主体认知逻辑研究

许涤非◎著

中国社会科学出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

双主体认知逻辑研究 / 许涤非著. —北京: 中国社会科学出版社, 2006.4

ISBN 7-5087-0935-7

I. 双... II. 许... III. 认知逻辑 - 研究 IV. B815.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 041201 号

书 名: 双主体认知逻辑研究
著 者: 许涤非
责任编辑: 张利平 袁美珍

出版发行: 中国社会科学出版社
邮政编码: 100032
通联方式: 北京市西城区二龙路甲 33 号新龙大厦
电 话: 010-66051698
传 真: 010-66051713
经 销: 全国各地新华书店

印刷装订: 中国电影出版社印刷厂
开 本: 880mm×1230mm 1/32
印 张: 9
字 数: 150千字
版 次: 2006年5月第1版
印 次: 2006年5月第1次印刷

书 号: ISBN 7-5087-0935-7 / B · 103

定 价: 16.80元

(凡中国社会科学版图书有缺漏页、残破等质量问题, 本社负责调换)

序 言

中国的逻辑学研究长期以来苦难重重，特别是现在逻辑的研究，相当一段时期处于停顿状态，1979年提出逻辑研究要现代化，现代逻辑的研究才开始复苏。经过20多年的努力，虽然还说不上欣欣向荣，但现代逻辑的研究已经有一定的规模。

应该看到，我国的逻辑研究水平和国际水平还有相当的差距，庆幸的是我们已经走上了正轨，走上了以现代逻辑研究为主的逻辑学研究的道路。

认知逻辑是逻辑的一个重要分支。近年来也有一些认知逻辑的专著出版，但是其中大多数仍然停留在介绍引进的水平上，根本称不上是真正的研究成果。在现代逻辑研究刚刚起步的时候，这样的介绍引进是非常必要的，但在今天这样的介绍引进已经没有多大意义了。今天，我们需要的是以作者自己的研究成果为主的专著。

在我国认知逻辑研究领域，《双主体认知逻辑研究》是第一部这样的专著。

认知逻辑有较强的哲学背景，在人工智能领域的应用也越来越多。对认知逻辑的哲学背景的分析讨论，对认知逻辑如何应用在人工智能领域中，确实需要进行详细分析和讨论。但是对于逻辑学研究来说，更重要的是在这些讨论的基础上建立完整的逻辑系统。

《双主体认知逻辑研究》充分体现了逻辑研究的这种特点。

展望未来，我国的逻辑学研究将更加美好，因为已经有一批具有相当研究潜力的青年学者，他们已经有了一些高水平的研究成果。许涤非就是他们中的一员，《双主体认知逻辑研究》就是这些高水平的研究成果之一。

相信在他们这一代一定能用他们自己的研究成果来说明：我国的逻辑学研究确实融于国际逻辑学研究之中，我国的逻辑学研究是整个逻辑学研究的一部分。

刘壮虎

目录

导引 / 1

§ 0.1 认知逻辑概述 / 1

§ 0.2 本书概要 / 5

第一章 单主体认知逻辑 / 14

§ 1.1 单主体认知逻辑的特点 / 14

§ 1.2 单主体认知逻辑语义学 / 21

§ 1.3 极小系统 B_0 / 32

§ 1.4 主观认知系统 / 46

第二章 双主体认知逻辑的一般特点 / 65

§ 2.1 双主体认知逻辑的语言 / 67

§ 2.2 双主体认知逻辑的语义 / 69

§ 2.3 极小双主体认知逻辑系统 B_m / 83

§ 2.4 双主体认知逻辑的基本系统 / 91

第三章 知他逻辑 / 108

§ 3.1 知他逻辑的语义 / 110

§ 3.2 单向知他逻辑系统 / 117

§ 3.3 一般知识系统 BK / 142

第四章 双主体公共知识逻辑 / 146

§ 4.1 双主体公共知识逻辑的特点 / 146

§ 4.2 双主体公共知识逻辑的语义 / 149

§ 4.3 双主体公共知识逻辑系统 / 159

§ 4.4 B_0 系统的完全性 / 163

第五章 认知关系逻辑 / 176

§ 5.1 认知关系逻辑与认知关系逻辑的语义 / 178

§ 5.2 认知关系逻辑 / 180

§ 5.3 三种主观认识之间的相互作用 / 190

第六章 猜测他知我逻辑 / 197

§ 6.1 猜测他知我逻辑的语义 / 200

§ 6.2 猜测他知我逻辑系统 / 205

§ 6.3 猜测他知我逻辑与知他逻辑、认知关系逻辑的联系 / 219

第七章 猜测他知认知关系逻辑 / 224

§ 7.1 猜测他知认知关系逻辑的语义 / 225

§ 7.2 猜测对方主观认知关系逻辑系统 / 229

第八章 非正规的认知逻辑系统 / 242

§ 8.1 逻辑全能与认知逻辑语义学 / 243

§ 8.2 非正规认知逻辑的语义学 / 249

§ 8.3 非正规相互交流系统与非正规相互学习系统 / 254

§ 8.4 非正规认知逻辑系统的一般特点 / 264

§ 8.5 两种语义学的联系 / 270

参考文献 / 280

导引

§0.1 认知逻辑概述

认知逻辑 (Epistemic logic) 是广义模态逻辑的一个分支, 它主要是用模态逻辑的方法研究认知算子的性质。模态逻辑早在亚里士多德时期就有所研究。但是直到现代, 逻辑学家研究模态逻辑的方法才符号化、系统化。1912 年刘易斯 (Lewis) 开始用符号化、系统化的方法来研究模态逻辑, 他的研究成果主要收录在与 Langford 合著的《符号逻辑》这本著作中。他是公认的现代模态逻辑的创始人。模态逻辑是数理逻辑的一个分支, 研究关于类似必然、可能等多种算子的正确推理的数学模型。逻辑学家通常用可能世界语义学建立这样的数学模型。卡尔纳普最先建议用可能世界解释模态算子。可能世界语义学后经许多逻辑学家包括 Bayart, 辛笛卡 (Hintikka), Kanger, Meredith, 蒙太古 (Montague), Prior 等发展, 最终由克里普克 (Kripke) 建立了今天标准形式的可能世界语义学。

早期的模态逻辑主要研究“可能”和“必然”这两种模态词, 但是后来, 逻辑学家发现可能世界语义学也可以很好地解释如“应该”, “允许”等道义算子, “曾经”, “永远”等时间算子, “知道”, “相信”等认知算子等等。认知逻辑就是用模态逻辑的方法来研究认知算子的性质。认知逻辑用模态的方法表达认知语句, 即在命题前加认知算子来表达认知语

句。例如 $B_a\alpha$ 表示主体 a 认知 α 。认知逻辑用可能世界语义学解释分析认知公式。最早研究认知逻辑的逻辑学家是辛笛卡 (Hintikka)，第一本详尽讨论模态化认知逻辑的书就是他所著的《知识和信念》^① 出版于 1962 年。这是一部非常有创意和令人深受启发的著作。辛笛卡所建立的关于知识和信念的逻辑是仿照模态逻辑对“必然”和“可能”的处理方法在技术上对知识和信念进行分析。它集中刻画知识和信念的内在性质。他把知识和信念区分开来，认为知识是经过验证为真的信念；信念却是可以撤销、可以修正的。由于用于分析这些认知算子的语义学仍然是标准的可能世界语义学，这些认知算子不可避免地具有“逻辑全能”的性质。简单地说，逻辑全能是一些比较强的认知能力，一般的认知主体不具有这些性质。有关这方面的内容在本书后面章节中将会详细讨论。辛笛卡本人当时也认识到了这种过强的认知性质，他把这个问题称为“逻辑全能问题”。后来一些逻辑学家为了避免逻辑全能，用多种方法对标准的认知逻辑作了修改，使之更自然或更有实用价值。这无疑对认知逻辑的发展起到了推动作用。

认知逻辑首先有较强的哲学背景。“知识”，“信念”，“愿望”等认知概念究竟具有什么性质，这是哲学家而非逻辑学家所要回答的问题。逻辑学家的任务是用逻辑的方法将这些哲学观点用逻辑的方法刻画出来，使之更加严格化、系统化。这项工作的价值是不容怀疑的。首先哲学家无法保证或证明其所有的认知观点的一致性。逻辑学家为其提供了严格的证明工具。其次，严格使用逻辑的分析方法可以深入研究这些哲学观点所蕴涵的命题。例如“我知道我知道……”是什么含义，或者有更多的

^① 参见 [4]，J. Hintikka (1962) *Knowledge and Belief*

叠置模态词的命题的含义是什么，用直观的方法很难给出其准确的含义。但是使用逻辑的方法就可以严格地分析这些认知性质。认知逻辑除了刻画不同的认知，还刻画这些认知之间的关系。例如“知识”与“信念”的关系等等。

20 多年来，认知逻辑在计算机科学，人工智能领域越来越受到重视。为了使认知逻辑更具有实用性，计算机科学家与人工智能专家提出了对标准的认知逻辑进行改进的种种方案。这里举两个例子。1. 网络需要两台以上的计算机。为了使计算机有效传递信息，就需要制定计算机传递信息的协议。刻画计算机协议(protocol)的语义学仍然使用的是可能世界语义学，只是这种语义学增添了一些函数，较之标准的可能世界语义学有点复杂罢了。2. 知识有一个不断演进的过程。在可能世界语义中增加了刻画时间的元素，使之可以刻画知识随着时间，不断的积累，修正的过程。还有一种刻画知识的演进方法，就是动态认知逻辑，它是动态逻辑与认知逻辑相结合的产物。计算机科学家和人工智能研究者把认知逻辑作为工具分别对计算处理器的知识以及知识系统的知识进行推理。知识系统包括：高级数据库，专家系统，以及基于主体的系统。这些工作反过来又影响了哲学家对知识的反思。

认知逻辑使用的基本方法是模态逻辑的方法，同时它也丰富了模态逻辑的内容。认知逻辑的发展对模态逻辑的发展不仅体现在内容的丰富上，而且它对模态逻辑的基础研究工作提出了新的课题。例如可判定性，完全性等问题。其实模态逻辑近些年的发展大多要归功于计算机科学以及人工领域的科学家而并不是专门研究逻辑的逻辑学家。但是值得一提的是，这些工作对模态逻辑的发展所起的作用并不是根本性的，

而逻辑学家对模态逻辑的形成以及发展所做的工作才是根本性的、观念性的。

由于认知逻辑研究多个主体的互知，而这恰恰是对策论（game theory）的主要内容。非形式的分析是对策论的基本内核，但是仅有这种分析还不够，对策论的发展期待着逻辑学家为其提供更细致的分析工具。认知逻辑与对策论相结合的工作已经有近 30 年的历史，并且研究成果在对策论中得到较好的应用。由于对策论在经济、军事等领域有广泛应用，所以认知逻辑在经济、军事等领域也越来越受到关注。

认知逻辑在不断的发展。它从研究认知的性质作为开端，也就是首先研究一个主体的认知性质，例如研究单个主体的“知道”，“相信”，“认为”，“意愿”等认知性质以及这些认知性质间的关系。然后发展到研究多个认知主体认知性质的关系。它从静态的角度研究多个主体的认知关系，发展为研究多个主体的动态互知。它从研究理想的认知主体（逻辑全能主体）的认知性质发展到研究更具现实性的认知主体（资源有限的认知主体）的认知性质。认知主体不仅可以是人（特别在对策论背景中），也可以是进程或位置（特别在分步式系统的背景中）。它从研究不具有计算性的认知主体发展到具有计算性的认知主体。例如不具有计算性的认知主体也有知识，但是它不会根据自己的知识回答问题。站在这种语义学外面的逻辑学研究者根据语义来判断认知主体的知识。具有计算性的认知主体可以判断自己的知识，那么站在语义学里面就可以回答问题。

随着认知逻辑的发展，其研究方法也很多，其中一个重要原因就是它与逻辑其它分支的交叉。例如前面提到的刻画知识演进的时态认知逻

辑，动态认知逻辑就是认知逻辑与时态逻辑、动态逻辑相结合的结果。认知逻辑中的信念修正理论（由 Alchourrón, Gärdenfors, Makinson 提出）就与非单调推理有很紧密的联系。认知逻辑还与常识性推理，反事实推理结合产生了认知缺省逻辑，认知反事实逻辑。

认知逻辑无论从其研究内容还是研究方法上都是多种多样的，可以说，认知逻辑到现在已经发展为一个庞大的体系。不能说某一种认知逻辑最好或不好，因为每一个认知逻辑的提出都有其背后的思想。有的认知逻辑在一些情况下比较适用而在另一种情况下就不适用。例如有的认知逻辑中的认知主体是逻辑全能，那么这些逻辑在计算机科学中有很好的应用；有的认知逻辑中的认知主体不是逻辑全能，这些系统在对策论以及人工智能领域有较好的应用。有些认知逻辑解释了哲学中对认知的不同观点。例如逻辑学家对知识的本质有不同的认识，就会对知识有不同的刻画。因此不能因为一种认知逻辑不适用一种情况而说它不好，也不能因为自己对某一种哲学观点的喜好而否定另一种认知逻辑。

§0.2 本书概要

柏拉图把知识定义为“合理且真的信念”（justified and true belief）。这种哲学思想影响了许多逻辑学家。例如辛笛卡，Gettier 和 Pollock。许多认知逻辑著作都采用了这种观点来刻画知识。但是这个定义并不明确。这个定义涉及到三个概念——“合理”（也可以译为“可证”），“真”以及“信念”。但是什么是“真”，什么是“合理”却很难把握。许多哲学家对此进行过广泛的讨论。近代关于认知论（知识论）的讨论主要围绕的论题就是葛梯尔问题。“当代西方知识论发展的一个根本转

折点，就是葛梯尔 1963 年发表的文章《确证的（justified）真信念是不是知识》对柏拉图知识定义提出了质疑。然而仅用哲学的语言很难准确定义“合理”、“真”等概念。幸运的是，逻辑可以为其提供分析的工具。逻辑可以严格定义“真”、“合理”（“有效”）等概念。虽然逻辑缺少哲学的思辨，但是它可以将知识的部分性质从它的整体性质（对此，人们无法把握）中隔离出来，进而单独研究这些性质。

虽然柏拉图对知识的定义影响了许多逻辑学家，但是本书与葛梯尔一样，不采纳这样的定义。本书认为任何认知都无法保证其真实性（认知的东西都是真的，形式表示为 $B_i \alpha \rightarrow \alpha$ ），即使“知识”这种较强的认知也不具有这样的性质。人们通常认为知识都是真的，也就是说人们主观上可以认为知识具有真实性。这种性质称为知识的主观真实性，形式表示为： $B_i (B_i \alpha \rightarrow \alpha)$ 。至于知识的客观真实性确是一个很有争议的话题，因此逻辑把知识刻画为具有真实性，还是值得商榷的。客观上保证不了知识具有真实性，并妨碍主体主观上认为知识具有真实性。而知识的特点，恰恰就是人类对于某些认知的自信性，即相信那些作为知识的认知都是真实的。

在这种观点的影响下，本书建立了一种非标准的可能世界语义学。在这种语义学中，任何认知都不具有真实性。即这种语义学不承认认知具有客观的真实性。但是这种语义学可以实现主观真实性，即主体可以认为认知具有真实性。

这种语义学还有一个重要的结果，那就是在这种单个语义框架中认知概括规则不成立。认知概括规则是逻辑全能的一种表现，因此这种语义学在一定程度上避免了逻辑全能。虽然在单个语义框架中，认知概括

规则不成立，但是在一种特殊的框架类中（封闭框架类），认知概括规则是成立的。因此，这种语义学同样可以刻画标准的认知逻辑，或者说可以刻画正规模态系统。

这种语义学并没有破坏与其它认知逻辑衔接性。许多认知逻辑刻画的知识具有真实性，并且在此基础上讨论知识的其它性质。例如，在研究群体认知时，引入了一些重要概念，如共同知识，分步知识等。本书给出的新语义学同样可以刻画这些知识性质。

本书的最显著的特点就是这种认知逻辑语义学。

认知逻辑语义学是一种可能世界语义学。但是这种语义学与标准的可能世界语义学又有所不同，不同之处主要有两方面：

（1）区分了客观世界与认知可能世界。客观世界不是认知可能世界。它与认知可能世界具有不同的性质，所以在这种语义学中就有两种不同的通达关系。一种是认知可能世界间的关系，另一种是客观世界与认知可能世界之间的关系。在处理上，可以直接使用与客观世界有认知关系的认知可能世界集，它是认知可能世界集的子集。而不使用通达关系。

（2）有效性定义的不同。标准的可能世界语义学的模型有效性需要在所有的可能世界上都真，而认知逻辑的语义学的模型有效性只需要在客观世界上真就可以了。

之所以区分客观世界与认知可能世界而赋予客观世界特殊地位是因为本书希望刻画客观唯心主义的认识观。这也是这种语义学建立的主要目的。客观唯心主义认为存在与物理世界相分离的抽象理念世界。这个抽象的理念世界是客观存在的世界，它恰有全部的真理。虽然无法保证

所有的知识都正确，但是正确的知识应该与客观世界相符合。知识正确是因为它与这个世界的理念相符合。人类对客观世界的认识形成了认知可能世界。认知可能世界与客观世界一样，都不是客观物理世界。

本书重点讨论双主体认知逻辑。以往的多主体认知逻辑的研究基本上都把认知主体看作是认知性质都一样的个体。而在本书讨论的双主体认知逻辑中，认知主体可以有不同的认知性质。本书讨论的重点并不是在双主体认知的相互作用上，而是两个主体，在静态上，对对方认知性质的认识，对自己认知性质的认识以及对他们认知范围的比较等等。但是正如前面所说的那样，在本书所作的工作上，仍然可以加上时态，或者与动态认知逻辑相结合等来研究双主体的互知。但是这是以后的研究工作，并不是本书讨论内容。可以说，本书所作的工作，是修改认知逻辑基础的工作，这种修改不是破坏性的。虽然这种修改是出于哲学方面的考虑，但是仍有其实用的意义。

这本书的另一个特点就是所建立的认知逻辑系统的特征公理都是形如 $B_i\alpha$ 这样的主观公式。以往的认知逻辑著作或文献都是讨论认知的客观性质，由于此书讨论的重点是知识的主观性质（主体主观上认为认知具有的性质），所以这里所讨论的重点就是这些形如 $B_i\alpha$ 的主观公式。本书还讨论了三重命题公式，例如 $B_1B_2(B_1\alpha \rightarrow \alpha)$ 。此公式的意思是，主体 1 认为主体 2 认为主体 1 的认知有真实性。

这里的认知算子“B”，可以表示“知道”，“相信”，“认为”等等不同的认知。这里不去区分这些认知的差异，而是抽象出它们的共同的特点并对此共同特点进行刻画。因此，在本书中，有时会称 B 算子为“知道”，有时会称其“相信”或“认为”。知识作为人类文明的成果是一种很

特殊的认知，因此本书在第三章以及第四章还将讨论知识的特点以及作为群体知识的公共知识的特点。

虽然本书主要是讨论双主体认知逻辑，但是其方法可以推广到多主体认知逻辑，而且并没有增加难度与复杂度。因此，在这种意义上，双主体认知逻辑研究并不是低于多主体认知逻辑研究。

本书讨论的认知性质主要包括四方面的内容。

(1) 认知的无矛盾性，即不会同时认知两个矛盾命题。这种认知性质称之为认知的无矛盾性，形式表示为： $\neg(B\alpha \wedge B\neg\alpha)$ 。

(2) 认知的真实性，即认知的命题都是真命题，形式表示为： $B\alpha \rightarrow \alpha$ 。

(3) 认知的自觉性 (Introspection)，即知道哪些命题是自己知道的，形式表示为： $B\alpha \rightarrow BB\alpha$ 。自觉性是说，当一个主体知道命题 α 时，此时不仅 α 是他的所知信息，而且“他知道 α ”也是他的所知信息，“他知道他知道 α ”也是他的所知信息，等等。

(4) 认知的负自觉性 (Negative Introspection)，即知道哪些命题是自己不知道的，形式表示为： $\neg B\alpha \rightarrow B\neg B\alpha$ 。负自觉性是说，当一个主体不知道命题 α 时，此时他不知道 α 是他的所知信息。

这四条认知性质都有其主观形式与客观形式。客观形式如前面四条中的形式。

主观形式是在这些客观形式前加认知算子得到的形式。例如，本书所讨论的弱自信性就是一种主观形式，即认知主体相信他不会同时认知两个矛盾命题，形式表示为： $B\neg(B\alpha \wedge B\neg\alpha)$ 。弱自信性是认知无矛盾的主观形式。之所以说它是主观形式是因为认知性质在这里是作为主观

认知内容出现的。本书都是以这样的主观形式作为特征公理来建立认知逻辑的。以往的模态化认知逻辑多是以客观形式来建立认知逻辑。那么以主观形式来建立认知逻辑是这篇论文的突出特点。

下面介绍一下本书的内容：

第一章单主体认知逻辑。

单主体认知逻辑主要刻画认知主体对自己认知性质的主观认识。这些主观认识包括：认为自己的认知有无矛盾性（弱自信）；认为自己的认知都是真实性（自信性）；认为自己的认知有自觉性（主观自觉性）；认为自己的认知有负自觉性（主观负自觉性）。

第二章双主体认知逻辑的一般特点。

这一章给出了双主体认知逻辑的语义并且建立了极小双主体认知逻辑。以后所给出的双主体认知逻辑的系统均是极小双主体认知逻辑的真扩充。因此非常有必要讨论极小双主体认知逻辑。

这一章还建立了双主体认知逻辑的基本系统。

双主体认知逻辑系统如果只刻画对自我认知的主观认识，那么这样的逻辑系统称为双主体认知逻辑的基本系统。这一节中的自我认知性质的主观认识仍然只限制在弱自信性、自信性、主观自觉性、主观负自觉性的讨论上。

第三章建立知他认知逻辑。

这一章建立的双主体认知逻辑主要刻画一方对另一方认知性质的主观认识。这些主观认识包括认为对方的认知有无矛盾性，认为对方的认知有真实性，认为对方的认知有自觉性，认为对方的认知有负自觉性。

这一章还建立了基本知识逻辑。知识具有主观真实性，即人们相信知识都是真的，无论知识是自己的还是他人的。知识具有主观自觉性，即人们相信人们知道哪些是知识。主体 a 相信他知道哪些命题是他的知识，不仅如此，主体 a 还相信主体 b 知道哪些命题是主体 b 的知识。知识具有主观负自觉性，即人们相信哪些命题不是知识。主体 a 相信他知道哪些命题不是他的知识，不仅如此，主体 a 还相信主体 b 知道哪些命题不是主体 b 的知识。

第四章公共知识认知逻辑。

这一章有两个特殊之处。首先公共知识认知逻辑的语言与本书其它双主体认知逻辑的语言不同。它的语言是在一般双主体认知逻辑语言的基础上增加 E （“每个主体都知道”算子）、 C （公共知识算子）两个算子得到的。其次公共知识认知逻辑的框架与一般双主体认知逻辑框架不同。由于增加了新的认知算子，框架必须能够反映所有算子的性质，因此公共知识认知逻辑的框架上增加了反映 E 、 C 算子的认知关系。

这一章构造了公共知识认知逻辑，并且证明了该系统是可靠且完全的。

第五章双主体认知关系逻辑。

这一章建立的双主体关系认知逻辑主要刻画认知主体间的主观认知关系以及客观认知关系。

主观认知关系的意思是认知主体对两个认知主体间的认知关系的主观认识。本书讨论的认知主体对认知关系的主观认识主要包括：1. 认为对方不反对自己相信的所有命题；2. 认为自己不反对对方相信的所有命题；3. 认为自己知道对方知道的所有命题；4. 认为对方知道自己知道的