

基于主体互动的 信息变化逻辑研究

郭佳宏 等◎著



科学出版社

国家社科基金青年项目“基于主体互动的信息变化逻辑研究”
(项目批准号09CZX032) 结项成果

基于主体互动的 信息变化逻辑研究

郭佳宏 等◎著

科学出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

基于主体互动的信息变化逻辑研究 / 郭佳宏等著. —北京: 科学出版社,
2017.3

ISBN 978-7-03-052563-5

I. ①基… II. ①郭… III. ①逻辑-研究 IV. ①B81

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第067446号

责任编辑: 邹 聪 刘 溪 / 责任校对: 王晓茜

责任印制: 张欣秀 / 封面设计: 有道文化

联系电话: 010-64035853

E-mail: houjunlin@mail.sciencep.com

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京教图印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017年3月第 一 版 开本: 720×1000 B5

2017年3月第一次印刷 印张: 13 7/8

字数: 241 000

定价: 68.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

→ 本书写作分工

“基于主体互动的信息变化逻辑研究”这一主题很荣幸获得了国家社科基金青年项目的立项（项目批准号 09CZX032），本书由该项目的结项成果修改而成。参与本书写作的主要是项目负责人——北京师范大学哲学学院逻辑与认知科学研究所的郭佳宏副教授，以及他所指导的研究生。根据项目的整体研究计划，参与项目撰写的一些研究生选择其中的内容作为学位论文主题并完成学业。

具体的写作分工如下：

第1章：俞春香

第2章：张朝霞

第3章：俞春香、郭佳宏

第4章：郭佳宏、王雪君

第5章：郭佳宏、高东平

第6章：付清远、郭佳宏

第7章：杨召富

第8章：张朝霞、郭佳宏

专业术语和人名对照表：杨召富

部分作者简介：

郭佳宏，哲学博士，北京师范大学哲学学院副教授，逻辑与认知科学研究所所长。

高东平，哲学博士，计算机科学博士后，中国医学科学院医学信息研究所副研究员。

杨召富，哲学硕士，吕梁学院教师，北京师范大学哲学学院逻辑与认知科学研究所在读博士生。

郭佳宏、杨召富、高东平对全书的字体、术语等格式进行了统一并对全书的语言进行了润色。

郭佳宏

2016年9月20日

前几日，佳宏把《基于主体互动的信息变化逻辑研究》书稿给我，希望我能作序。他1996年入中山大学哲学系本科学习，随后硕博连读，直至2006年以优异的成绩获得博士学位；近十年来，他都在我的指导下进行逻辑学及相关领域的学习与研究。攻读博士期间，他的研究兴趣就集中在认知逻辑方向。毕业后，得熊立文教授赏识入职北京师范大学哲学学院。工作十年，不改初心，历经打磨，终有所获。作为其导师，能为他的书作序，心里只有两个字：高兴！

自人类文明形成以来，获取和使用知识与信念就是最重要的社会活动，也理所当然地成为人类研究的对象。伴随着认识论和数理逻辑的发展，20世纪中叶，人们便开始使用形式化方法刻画知识和信念的基本特性，出现了认知逻辑或知识逻辑这一崭新的逻辑学研究领域。众所周知，知识与信念是一种社会现象，它们在复杂的人际交往及文化背景中形成和发展，人们对它们的认知本身也是逐渐深入的。20世纪60年代初，经典的认知逻辑系统已经初步构建完成，取得了基础性理论的成果。在此之后，认知逻辑经历了一个从单主体到多主体、从单模态到多模态、从静态到动态的发展过程。通过这一过程，上述复杂社会现象逐渐以严格的形式公理化的方式展现出来，成为人们理解和模拟人类智能的重要手段。佳宏及其合作者所要研究的正是这一过程中沉淀下来的主要成果。

《基于主体互动的信息变化逻辑研究》分为上、下两篇。

上篇主要研究“知识逻辑”。首先，从经典认知逻辑的基本理论着手，结合动态逻辑的发展，重点阐述了动态认知逻辑的理论和相关系统；用动态认知逻辑理论中的部分思想和形式化方法去解释和处理泥孩谜题、纸牌游戏、和积之谜、意外考试悖论等认知谜题，为一些典型的认知谜题的解析奠定理论基础。然后，转换研究知识的方式，从传统陈述性知识的研究转到对程序性知识的关注，尝试从一阶认知逻辑的角度对知道行动及其性质进行一种初步的界定和表述。

下篇的核心由“知识”转向“信念”，探索了信念改变的某种规范性描述和完全理性自省主体的信念修正问题。由于经典的信念修正理论（包括AGM传统）对于理性人的预设太过理想，一些“合理”的法则并未真正描述人们实际的

信念改变情况。在批判继承经典理论的基础上，佳宏等作者考察了由坦南特（N. Tennant）提出的一种哲学上可靠、数学上严密、计算上可实现的信念修正理论。后者提出的信念修正理论也是一种规范性理论，它并不描述人类的实际信念修正行为，而是试图给出信念修正应该如何进行的合理说明。这本书展示了坦南特的新信念修正模型的核心思想和方法，同时对他的信念修正理论做了简评。通过系统、深入地了解并与其他理论比较发现，有穷依赖网络确实可以区分经典理论所不能区分的不同的信念变化过程。

最后，人们生活在一个充满竞争与合作的社会中，知识与信念正是嵌入在社会成员间的互动博弈行为之中的。该书的一个特点是：将信念变化研究融入到广阔的社会背景中，充分研究主体间的互动。该书把博弈论和逻辑联系起来，用逻辑的形式化方法分析这些社会程序问题，突出博弈论工具和多主体认知逻辑在分析和解释社会互动中的作用，对在特殊情境中社会变化过程的结构进行细致的分析，展现逻辑方法描述复杂社会过程的巨大潜力。

常言道：文如其人。该书确实体现出佳宏等作者作为学者的风格——目标如一，治学严谨，富有想象力。众所周知，我国学术发展已经从潜心跟踪学习跨越到力图创新引领的新阶段。希望佳宏一如既往，攀登新高峰！

鞠实儿

2017年2月

目 录

本书写作分工/i
序（鞠实儿）/iii

上篇 逻辑、认知与信息流动

篇首语	3
1 经典认知逻辑	5
1.1 当知识遇上推理	5
1.2 认知逻辑的背景介绍	8
1.3 认知逻辑的语言	9
1.4 认知逻辑的语义	9
1.5 认知逻辑的公理系统	10
1.6 群体性知识的引入	11
2 动态逻辑	13
2.1 动态逻辑的基本思想	13
2.2 命题动态逻辑（PDL）	14
2.3 一阶动态逻辑	16
2.4 动态逻辑的应用	23
3 动态认知逻辑及其应用	25
3.1 历史和背景	25
3.2 典型的动态认知逻辑系统	26
3.3 相关谜题分析	32
4 知道行动逻辑初探	59
4.1 动机和背景	59
4.2 命题动态逻辑简介	64
4.3 一阶认知框架的扩充	65

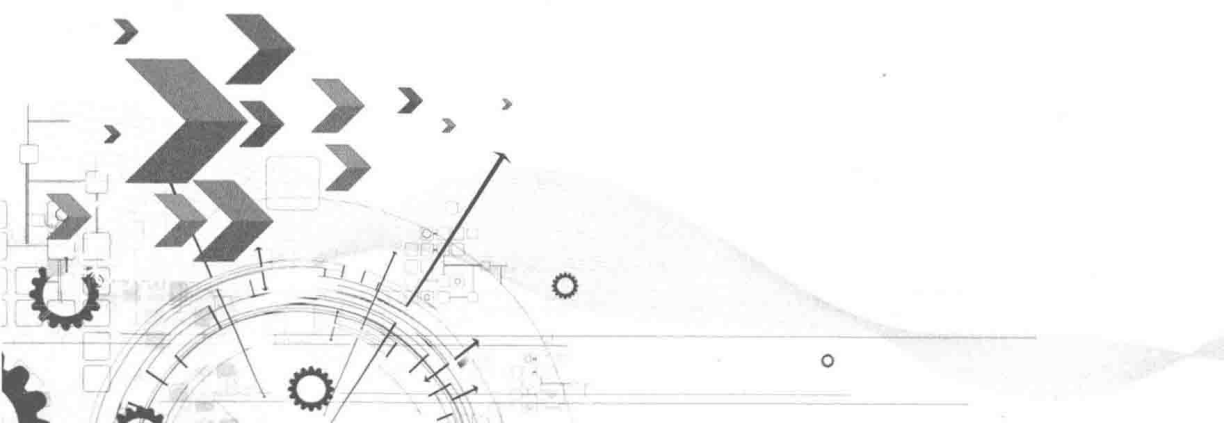
4.4 关于知道行动的推理	70
4.5 本章小结	77

下篇 信念、博弈与社会互动

篇首语	83
5 经典信念修正理论及其发展	85
5.1 信念改变研究现状	85
5.2 描述信念改变的 AGM 理论	87
5.3 基于 AGM 的一种稳定集修正尝试	89
6 信念修正的有穷依赖网络	99
6.1 有穷依赖网络理论评述	100
6.2 有穷依赖网络与其他信念修正理论的比较研究	122
6.3 信念改变的核心问题讨论	129
6.4 本章小结	138
7 博弈互动中的逻辑	139
7.1 引言：社会互动中的博弈	139
7.2 博弈论	139
7.3 逻辑博弈	145
7.4 博弈逻辑	148
7.5 联盟逻辑及其应用	154
8 社会软件中的逻辑	163
8.1 社会软件概述	163
8.2 基础认知模型及其应用	169
8.3 基于知识的义务	174
8.4 交流图及其逻辑	187
8.5 本章小结	194
参考文献	197
英汉专业术语对照表	202
英汉人名对照表	212
致 谢	214

上 篇

→ 逻辑、认知与信息流动



自从人类文明诞生，知识这个概念就与我们息息相关。古希腊哲学家苏格拉底认为“美德即知识，无知即罪恶”，将知识与美德画等号；要想做一个有德性的人，就要主动学习知识。在近代哲学中，哲学由本体论转向认识论（知识论），知识这个词渐渐地成为学术界的高频词汇。纵观近代哲学的发展历程，我们可以发现，英国经验派和欧洲大陆唯理派关注的焦点问题就是知识的来源问题。经验派主张知识来源于经验，以洛克、贝克莱、休谟等为主要代表；唯理派反对经验派的观点，认为知识来源于理性，以笛卡儿、斯宾诺莎、莱布尼茨等为主要代表。德国著名哲学家康德在他的三大批判《纯粹理性批判》《实践理性批判》和《判断力批判》中进行了批判哲学的工作。与此相应，涉及了三个基本的哲学问题，其中第一个问题就是“我们能知道什么”，可见康德的哲学也是密切关注认识论这个主题的。哲学的知识论转向主要指哲学开始研究有关知识的起源、知识的可靠性和知识的适用范围等一系列问题。

逻辑与哲学的发展总体上是高度相关的。伴随着认识论的发展，20世纪中叶，现代逻辑就开始涉足知识领域，出现了一种崭新的逻辑研究课题——认知逻辑（知识逻辑）。认知逻辑是用逻辑的方法来刻画知识，用形式化的方法构建“某种理想”的知识推理系统，为知识的推理提供一套形式化的处理办法。一般的做法是首先需要对知识这一哲学概念进行直观分析，即分析知识的内在性质，这项工作可以借鉴哲学家对知识这一概念的相关研究成果，然后再运用现代逻辑的工具来形式刻画知识的某些核心性质。

20世纪60年代初，经典的认知逻辑系统已经初步构建完成，逻辑学家已可以用一些逻辑工具对知识这个概念进行静态的逻辑刻画，取得了基础性理论成果。“相比较而言，认知逻辑近来的很多工作都集中在对动态机制的研究，诸如言语行动、交流、观察、学习或更为激进的信念修正。这样的机制可以生成或更改知识以及相关的认知态度，譬如信念。”^①荷兰逻辑学家范本特姆（J. van Benthem）等著的《行动中的逻辑》（*Logic in Action*）^②这一开放教材中提到人们获取信息的三种主要方式，分别是观察、推理和交流。其中交流是主体通过与其

① 范本特姆. 2013. 逻辑、认识论和方法论. 郭佳宏，刘奋荣，等译. 北京：科学出版社：95.

② van Benthem J, van Ditmarsch H, van Eijck J, Jaspars J. 2015-6-4. Logic in action. <http://www.logicinaction.org/>.

他主体互动,通过语言交流、肢体行为交流等方式获得客观知识以及他人所知的知识等,这在生活中占据着十分重要的地位。

一般来说,在单主体认知情境中主体的某个合理决策,很多情况下取决于主体自身是否知道某些事实。对于多主体的认知情境,情况就会变得相对比较复杂。因为在多主体的情况下不仅涉及大于两个或以上的主体,还应考虑在任一主体的思考对象中,不仅需要考虑自己所知道的,还需要把其他主体的认知内容作为自己的认知对象。所以多主体认知过程中主体欲作出某个合理决策,通常既需要自己已经知道的某些事实,又需要尽可能多地知道其他主体的知识。在多主体系统中关于知识的推理,实质上是涉及主体间互知的推理。但是主体的认知状态从来就不会是静止的,从来就不是一成不变的;随着认知主体间的互动,获得知识的过程是一个不断发生变化的过程。伴随着新信息的不断出现,主体的知识和信念相应地也是发展变化的。这就有必要对信息与交流的互动这样的过程进行刻画,信息通过交流可以改变主体的认知范围,从而改变主体的行为,认知状态与行为之间是一个相互作用的微妙过程。

本篇的主要内容首先从经典认知逻辑的基本理论着手(第1章),结合动态逻辑的发展(第2章),重点概述动态认知逻辑的理论和相关系统,接下来为一些典型的认知谜题的解析奠定理论基础,着重点是用动态认知逻辑理论中的部分思想和形式化方法去解释和处理泥孩谜题、纸牌游戏、和积之谜、意外考试悖论等认知谜题(第3章)。然后笔者转换研究知识的方式,从传统陈述性知识的研究转到对程序性知识的关注,尝试从一阶认知逻辑的角度对知道行动及其性质进行初步的界定和表述(第4章)。

经典认知逻辑

1.1 当知识遇上推理

在日常生活中，“知识”扮演着重要的角色，很难想象主体（agents）在交流和决策的过程中不涉及知识和信念。拥有更多的知识往往有利于主体更好地做出判断和决策，人们能够根据已有的知识作出相应的推论，从而获得更多的确定性信息。

文明伊始，人类就开始了对知识及其相关概念的关注和研究，即使在遥远的战国时期，也不乏学者研究“知道”相关的问题，尽管他们的出发点和想要解决的问题可能并不在于此。其中，最著名的或许是“濠梁之辩”。

例 1.1 濠梁之辩：

庄子与惠子游于濠梁之上。庄子曰：“儵鱼出游从容，是鱼乐也。”惠子曰：“子非鱼，安知鱼之乐？”庄子曰：“子非我，安知我不知鱼之乐？”惠子曰：“我非子，固不知子矣，子固非鱼也，子不知鱼之乐，全矣。”庄子曰：“请循其本。子曰‘汝安知鱼乐’云者，既已知吾知之而问我，我知之濠上也。”^①

庄子和惠子（惠斯）的辩论涉及主体能否知道其他主体相关认知状态（包括情感）的问题，这包含了现代意义上所说的多主体认知逻辑的萌芽。虽然他们的辩论仍不能严格证明主体可以拥有其他主体的知识，但在某些特殊的背景（例 1.2）下我们还是能够很好地理解个体知道他人知识的情况。

例 1.2 三位逻辑学家走进一家酒吧：

这里首先预设了逻辑学家足够聪明，他们对自己需要还是不需要什么非常清楚，对信息的把握足够敏感并且推理能力足够强；而且故事中

^① 出自《庄子·秋水》。

的每一角色都知道别人有这样的能力，且知道别人知道自己知道……故事的大致情节是这样的：酒吧服务员上来招呼三位坐好的逻辑学家，问他们三人是否都来一杯啤酒；第一位逻辑学家回答“我不知道”，第二位逻辑学家也回答“我不知道”，第三位逻辑学家则回答“是的，我们三人每人都来一杯”。^①

这样我们就不难解释其中的交流过程：服务员上来问三位逻辑学家，是否每人都来一杯啤酒？这是一个含有全称量词的一般疑问句，对它通常的回答是“是”或“否”；在无法断定的情况下，回答“不知道”。回答“是”的前提是“每人都来一杯啤酒”；只要能断定三人中有一人不需要啤酒，就可回答“否”。第一位逻辑学家回答“我不知道”，这意味着他想要来一杯啤酒（如果他不要，他自己又很清楚自己的需求，就应该直接回答“否”）；他之所以回答“我不知道”是因为他不能确定另外两位是否也需要来一杯啤酒。既然我们预设了逻辑学家足够聪明、推理能力足够强，第一位逻辑学家回答“我不知道”等于告诉其他两位“他想要来一杯啤酒”（当然也包括自己）。然后是第二位逻辑学家也回答“我不知道”，同样也意味着他想要来一杯啤酒（他虽然已经知道第一位想要来一杯啤酒，但如果他自己不要的话，应直接回答“否”）。这个回答所蕴含的信息如同第一位逻辑学家的回答，都传递给了另外的两位聪明的逻辑学家。于是到第三位逻辑学家回答时，他就能对服务员的问题作出明确的判断，因为他清楚地知道自己是需要一杯啤酒还是不需要。如果他需要，就回答“是”；如果他不需要，就回答“否”。故事剧情中的回答是肯定的，表明他也需要来一杯啤酒。服务员可以根据第三位逻辑学家的回答，给他们每人上一杯啤酒。当然，如果服务员也足够聪明的话，他能明白整个交流过程的来龙去脉，而不仅仅知道“每人都要一杯啤酒”这样的答案。

上述问题看似简单，但它涉及了很多方面，包括多主体“知道”的概念、交流中的公开宣告、主体强理性预设等。经典的认知逻辑只是处理主体“知道”的概念和关于知识的推理，把理性预设和公开宣告的某些直观的性质默认为背景。类似这样的问题不少，也很有趣，不妨展示著名的“泥孩谜题”的一般性版本：

例 1.3 泥孩谜题 (the muddy children puzzle):

设想有 n 个孩子在一起玩泥巴，孩子的父亲走过来，对他们说“你

① Ent. 2015-6-4. [译漫画]三个逻辑学家走进酒吧. <http://www.guokr.com/post/64742/>.

们中间至少有一个孩子额头上有泥巴”，然后父亲问“有谁知道自己额头上有泥巴？”现在假定有 k ($k \leq n$) 个孩子额头上有泥巴，其中每个孩子都能看到其他孩子的额头但是不能感觉到自己额头上是否有泥巴。假设每个孩子都是推理高手，并且他们被要求同时如实回答父亲的问题。

问题：父亲问多少遍之后，这 k 个孩子能同时知道自己额头上有泥巴？^①

这个问题已经为大众所熟知，许多学者对它进行过研究；最早的版本可以追溯到19世纪30年代，笔者在这里转引的是范本特姆等合著的公开课教材《行动中的逻辑》^②中的相关内容。泥孩谜题类似于“三位逻辑学家走进一家酒吧”，只是这里涉及的是有 n 个孩子并且 k 个孩子额头上有泥巴的一般情况。笔者先做一个基于自然语言的直观解释，在第3章中将介绍它的形式化表述。

首先假设 $k=1$ ，即有一个孩子的额头上有泥巴，那么当父亲说“你们中间至少有一个孩子额头上有泥巴”之后，额头上有泥巴的孩子看看其他小伙伴，如果发现小伙伴的额头上都没有泥巴，就能知道额头上有泥巴的是自己。当父亲问第一遍后，他马上就会回答他知道自己额头上有泥巴，其他孩子则回答不知道。

假设 $k=2$ ，即有两个孩子的额头上有泥巴，记作孩子 a 和 b 。当父亲第一遍问的时候，他们都回答自己不知道，就在这之后，他们马上能从对方的回答中推出自己额头上有泥巴。因为 a 会这样思考：假设自己额头上没有泥巴，他可以看到 b 额头上有泥巴，其他孩子的额头上没有泥巴，那么 b 在第一遍提问时的回答应该是“知道”；但是 b 回答不知道，所以“他（ a ）额头上没有泥巴”的假设不成立，故 a 推出自己额头上有泥巴。同理， b 也可推出自己额头上有泥巴。因此，当父亲问第二遍时， a 和 b 都已能断定自己额头上有泥巴。

假设 $k=3$ ，即 a 、 b 和 c 的额头上有泥巴。 a 是这样设想的，假设我额头上没有泥巴，当我看到 b 和 c 的额头上有泥巴，其他孩子没有泥巴，那么在父亲第二次提问时，他们两个都应该回答知道，但是他们却回答不知道，所以假设不能成立。所以 a 能推断出自己额头上有泥巴。同理， b 和 c 也可以推断出自己额头上有泥巴。当父亲问第三遍时，他们三个都回答知道自己额头上有泥巴……

于是，我们这里类似数学归纳地得出结论，当父亲恰好问第 k 遍时，这 k 个孩子同时回答知道自己额头上有泥巴。

①② van Benthem J, van Ditmarsch H, van Eijck J, Jaspars J. 2015-6-4. Logic in action. <http://www.logicinaction.org/>.

1.2 认知逻辑的背景介绍

通常说的认知逻辑,是来自对英文术语 epistemic logic 的翻译。严格来说,这样的翻译有一定的误导性,容易与另一个概念——认知(cognition)相混淆,在有些中文文献中通常会作说明。“认知逻辑,亦作认识逻辑,但与认识论逻辑颇有大小之别,主要是研究知识和信念的形式化问题的逻辑分支。”^①认知逻辑是借鉴比较成熟的模态逻辑的基本理论,通过引入“知道”“相信”等模态词刻画有关知识与信念的性质和推理问题。它是关于构造知识的推理和信念的推理的逻辑体系,从而描述主体的知识分布情况。“认知逻辑的典型特征就是将‘知道’‘相信’等表达认知关系的特殊语词作为逻辑算子处理,以分析处理一般逻辑无法描述的认知推演关系,建立与人们的认知行为相符合的推理模型。”^②

这样的认知逻辑是从 20 世纪 50 年代开始发展起来的。1951 年,冯·赖特(G. H. von Wright)在《模态逻辑导论》^③中首次提出了有关认知逻辑的想法,他开始尝试用公理化的方法来刻画知识和信念的性质,但他没有提出用可能世界语义学来建构认知逻辑模型的思想。后来的逻辑学家关于认知逻辑的研究,基本上都是以冯·赖特关于知识和信念的性质公理为蓝本进行研究的。真正涉及认知逻辑的第一本书,应该是辛提卡(J. Hintikka)1962 年出版的《知识与信念》一书^④。在该书中,他首次为知识和信念提供清晰明确的语义解释,并用可能世界语义学为认知逻辑构造模型。“他以模态逻辑来表示那些某人知道或相信一个命题的概念,并且根据‘认知不可区分性’的可通达关系来建立标准的可能世界语义学。”^⑤自这本书问世以来,认知逻辑开始走上历史舞台,并且引起了越来越多的逻辑学家与相关学者的关注和研究。

20 世纪 80 年代开始,认知逻辑开始广泛应用于各学科领域中,尤其是哲学、计算机科学、人工智能、语言学和经济学等学科和研究领域,关于知道、相信、怀疑、偏好等认知相关模态词的研究如火如荼地开展着。“认知逻辑就是用逻辑演算的方法来研究含有诸如知道、相信、断定、认为、怀疑等认识模态词的认识

① 周昌乐. 2001. 认知逻辑导论. 北京:清华大学出版社, 南宁:广西科学技术出版社: VII.

② 唐晓嘉. 2003. 认知的逻辑分析. 重庆:西南师范大学出版社: 6.

③ von Wright G. 1951. An Essay in Modal Logic. Dutch: North-Holland Publishing Company.

④ Hintikka J. 1962. Knowledge and Belief. New York: Cornell University Press

⑤ 范本特姆. 2013. 逻辑、认识论和方法论. 郭佳宏, 刘奋荣, 等译. 北京: 科学出版社: 77.

模态命题形式的一门学科。”^①认知逻辑的迅速发展，与计算机科学、人工智能等领域的发展需求密不可分；某种意义上说，推动知识推理研究的主要动力来自这些热门学科领域对逻辑实用性的要求，这些学科在发展过程面临着揭示人的认知过程以及认知规律的任务，认知逻辑成为其必然选择之一。“特别地，由 IBM 小组 (R. Fagin, J. Halpern, Y. Moses & M. Vardi 1995) 撰写的专著《关于知识的推理》(Reasoning about Knowledge)，以及由他们发起的 TARK^②会议使得认知逻辑成为介于哲学和计算机科学之间的一个研究主题。”^③

1.3 认知逻辑的语言

认知逻辑是通过在命题逻辑的语言基础上添加认知算子 K_i 扩充得到的，认知算子用于表达“主体 i 知道 φ ”，其中 φ 是表示一个命题。例如， $K_i\varphi \rightarrow \varphi$ 的含义是：如果 i 知道 φ ，则 φ 是真的。其表达的含义是被广泛接受的“真”公理：命题的真是成为主体知识的必要条件，这在一定程度上继承了古希腊传统中的知识观。

令 At 是原子命题集，主体 $i \in A$ (A 是主体集)，多主体认知逻辑的语言 $\mathcal{LK}$ 用 BNF (Backus – Naur Form) 方式表示为：

$$\varphi := p \mid \neg\varphi \mid \varphi \wedge \varphi \mid K_i\varphi$$

其中 $p \in At$ 是原子命题， $\perp$ 用来表示 $p \wedge \neg p$ 。布尔连接词 $\vee$ 、 $\rightarrow$ 和 $\leftrightarrow$ 按惯例定义。 K_i 的对偶用 $\langle K_i \rangle$ 表示，即 $\neg K_i \neg \varphi \leftrightarrow \langle K_i \rangle \varphi$ 。 $\langle K_i \rangle \varphi$ 的直观含义是：对主体 i 而言， φ 是可知的。这样，可以用命题公式表述涉及各种知识现象的情况，比如 $\varphi \wedge \neg K_i \varphi$ 表示命题 φ 是真的但主体 i 并不知道这一点 (φ 是真的)。

1.4 认知逻辑的语义

接下来讨论认知逻辑的语义。其主要观点在于：公式 $K_i\varphi$ 为真当且仅当 φ 在主体 i 认为可能的所有他所不能区分的情境或状态中均为真。这个定义最早由莱布尼茨提出，并由辛提卡在其著作《知识和信念》^④中详细阐释。这种语义解释

① 李志才. 1998. 方法论全书 (II). 南京: 南京大学出版社: 171.

② TARK 即 Theoretical Aspects of Rationality and Knowledge.

③ 范本特姆. 2006. 认知逻辑与认识论研究现状. 刘奋荣译. 世界哲学, (6): 71-72.

④ Hintikka J. 1962. Knowledge and Belief. New York: Cornell University Press.