



国家哲学社会科学成果文库

NATIONAL ACHIEVEMENTS LIBRARY
OF PHILOSOPHY AND SOCIAL SCIENCES

可能世界的名字

刘新文 等著

中国社会科学出版社



国家哲学社会科学成果文库

NATIONAL ACHIEVEMENTS LIBRARY
OF PHILOSOPHY AND SOCIAL SCIENCES

可能世界的名字

刘新文 祝瑞 著

中国社会科学出版社

图书在版编目(CIP)数据

可能世界的名字 / 刘新文, 祝瑞著. —北京: 中国社会科学出版社, 2017. 3

(国家哲学社会科学成果文库)

ISBN 978 - 7 - 5161 - 9962 - 6

I. ①可… II. ①刘…②祝… III. ①逻辑学
IV. ①B81

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 039097 号

出版人 赵剑英
责任编辑 田文 徐平
责任校对 张依婧
封面设计 肖辉 孙婷筠
责任印制 戴宽

出版 中国社会科学出版社
社址 北京鼓楼西大街甲 158 号
邮编 100720
网址 <http://www.csspw.cn>
发行部 010 - 84083685
门市部 010 - 84029450
经销 新华书店及其他书店

印刷装订 北京君升印刷有限公司
版次 2017 年 3 月第 1 版
印次 2017 年 3 月第 1 次印刷

开本 710 × 1000 1/16
印张 11
字数 179 千字
定价 48.00 元

凡购买中国社会科学出版社图书,如有质量问题请与本社营销中心联系调换
电话:010 - 84083683
版权所有 侵权必究



作者简介

刘新文 男，1972年生，江西莲花人。研究方向：现代逻辑。先后在江西师范大学、北京师范大学、中国社会科学院学习，获教育学学士学位、哲学硕士学位、哲学博士学位；清华大学博士后。现任中国社会科学院哲学研究所逻辑学研究室主任、研究员、硕士生导师。主持多项部级或国家级社会科学研究项目；出版《图式逻辑》《谢弗函数研究》等学术专著，合作出版《模态对应理论》《逻辑、语言和认知》等学术译著，发表《周延理论和内插定理》等多篇学术论文。

作者简介

祝瑞 男，1988年生，陕西石泉人。研究方向：现代逻辑。2006年至2010年在西北大学哲学系学习，获哲学学士学位。2011年至2014年在中国社会科学院研究生院哲学系学习，获哲学硕士学位。现为新西兰奥克兰大学哲学系逻辑学专业博士研究生。合作发表学术论文两篇。

《国家哲学社会科学成果文库》 出版说明

为充分发挥哲学社会科学研究优秀成果和优秀人才的示范带动作用，促进我国哲学社会科学繁荣发展，全国哲学社会科学规划领导小组决定自2010年始，设立《国家哲学社会科学成果文库》，每年评审一次。入选成果经过了同行专家严格评审，代表当前相关领域学术研究的前沿水平，体现我国哲学社会科学界的学术创造力，按照“统一标识、统一封面、统一版式、统一标准”的总体要求组织出版。

全国哲学社会科学规划办公室

2011年3月

前 言

《可能世界的名字》的研究内容为哲学逻辑的一个新分支——混合逻辑。混合逻辑是标准模态逻辑的一个扩张，方式是对其语言进行改变。构成整个混合语言家族的基础改变是引入一类特殊的符号——名字（nominal），由此可以明显地指称克里普克模型中的可能世界或者说个体状态。这一研究方向的名词反映出一个事实：名字既命名了模型中的状态，同时又是模态语言的句子。这一领域肇端于普莱尔在20世纪50年代末关于模态逻辑与时态逻辑的工作，但深入、系统的研究直到20世纪90年代才开始。当代混合逻辑是现代模态逻辑最活跃的分支之一，为经典结论提供了大量的改进。

与国际、国内同行出版的混合逻辑著作相比，本书主要研究混合逻辑的极小系统方面，集中做了两个方面的工作。

第一，全面介绍和研究混合逻辑在极小系统方面的主要成果。

本书在第一、第二章介绍混合逻辑的模态逻辑发展背景和时态逻辑的基本内容之后，简要介绍混合逻辑的基本思想，其主要内容是研究混合逻辑在两个方面所提供的优势。第一方面是混合语言表达力问题，在简要介绍普通模态逻辑之后，我们综述最重要的混合语言、混合逻辑以及它们的谱系；在每种情形中，我们都定义其最弱的逻辑及其完全的公理系统。在这一部分的内容之后，我们介绍一阶混合逻辑，主要关注混合逻辑的可判定性、复杂性以及关于内插性的一些结果。第二方面是关于混合逻辑证明论的。我们尽量介绍迄今为止混合逻辑所有的演绎系统并描绘出它们最有意思的特征。对混合逻辑证明系统的全景式研究有一个更为广阔的背景，那就是标记在证明系统中的应用。另外还有一个原因就是，模态逻辑证明方法的研究仍然是一个备受冷落的领域，而混合逻辑将为这一领域提供突破性进展。

第二，解决了混合核证逻辑的极小系统问题。

混合逻辑将自己的语义内在化，而新近出现的核证逻辑则将各自的证明方法内在化，很自然地，把两种理念组合成一个系统就是一个很有趣的工作，而且具有哲学上的来源，即维特根斯坦在《逻辑哲学论》中的观点——“在逻辑空间中的诸事实就是世界”。本书介绍并研究这一始于2010年的新方向，为混合的核证逻辑建立起极小系统，从而解决了世界著名逻辑学家梅尔文·菲汀（Melvin Fitting）在2010年提出的这个问题。

本书得到了2012年度国家社会科学基金项目“可能世界的名字”（项目编号：12BZX061）的资助（该项目于2015年结项，鉴定等级为“优秀”），并纳入了2016年度《国家哲学社会科学成果文库》出版计划。

本书的第十三章由祝瑞撰写，其余由刘新文撰写。在本书的写作过程中学界很多专家和学者提出过宝贵意见，中国社会科学院哲学研究所科研处高颖女士在文献收集方面做了大量工作，中国社会科学出版社田文女士和徐平女士为本书的出版提供了大量帮助。

特此致谢！

刘新文

2016年秋于北京

目 录

前言	(1)
第一章 可能世界的名字	(1)
一 模态逻辑背景	(1)
二 混合逻辑的理论意义	(5)
三 混合逻辑简史	(9)
第二章 基本模态逻辑与时态逻辑	(12)
一 语言与逻辑	(12)
二 关系语义学	(14)
三 正规模态逻辑的公理系统	(17)
四 普通模态语言的表达能力	(19)
第三章 基本混合逻辑	(24)
一 基本混合语言	(24)
二 混合语言	(25)
三 混合逻辑	(27)
四 $K_{H@}$ 和 K_H	(28)
第四章 一般完全性结果	(32)

第五章	混合时态逻辑	(38)
一	Past 算子	(38)
二	时态	(40)
第六章	混合语言的扩充	(42)
一	强力的模态词	(42)
二	模态约束词	(45)
第七章	可判定性、复杂性和内插性	(56)
第八章	证明方法简介	(59)
一	预备知识	(59)
二	加标演绎	(61)
第九章	后承演算	(66)
一	后承演算 SC	(67)
二	后承@ - 演算	(73)
三	非标准的后承演算	(77)
第十章	自然推演系统	(82)
一	普通自然推演系统	(85)
二	布劳纳系统	(93)
第十一章	表列系统	(100)
一	混杂演算	(101)
二	@ - 演算	(104)
第十二章	消解证明	(109)
一	HyLoRes	(111)
二	基于消解的自然推演系统	(114)

第十三章 混合的核证逻辑	(128)
一 背景	(128)
二 基本混合核证逻辑	(129)
三 进一步的问题	(144)
参考文献	(145)
索引	(159)

Contents

Preface	(1)
Chapter 1 Nominals of Possible Worlds	(1)
1 Background of Modal Logic	(1)
2 Theoretical Significance of Hybrid Logic	(5)
3 Brief History of Hybrid Logic	(9)
Chapter 2 Basic Modal and Tense Logic	(12)
1 Language and Logic	(12)
2 Relational Semantics	(14)
3 Axiomatic Systems of Normal Modal Logics	(17)
4 Expressiveness of Orthodox Modal Language	(19)
Chapter 3 Basic Hybrid Logic	(24)
1 Basic Hybrid Language	(24)
2 Hybrid Language	(25)
3 Hybrid Logics	(27)
4 $K_{H@}$ and K_H	(28)
Chapter 4 General Completeness Results	(32)

Chapter 5 Hybrid Tense Logic	(38)
1 Past Operator	(38)
2 Tense	(40)
Chapter 6 Extensions of Hybrid Language	(42)
1 Strong Modalities	(42)
2 Modal Binders	(45)
Chapter 7 Decidability, Complexity and Interpolation	(56)
Chapter 8 Survey of Proof Methods	(59)
1 Preliminaries	(59)
2 Labelled Deduction	(61)
Chapter 9 Sequent Calculi	(66)
1 Sequent Calculus SC	(67)
2 Sequent @-Calculus	(73)
3 Nonstandard Sequent Calculus	(77)
Chapter 10 Natural Deduction Systems	(82)
1 Orthodox Natural Deduction System	(85)
2 Brauner's System	(93)
Chapter 11 Tableau Systems	(100)
1 Mixed Calculi	(101)
2 @-Calculi	(104)
Chapter 12 Resolution	(109)
1 HyLoRes	(111)
2 Natural Deduction Systems Based on Resolution	(114)

Chapter 13 Hybrid Justification Logic (128)

 1 Background (128)

 2 Basic Hybrid Justification Logic (129)

 3 Open Problems (144)

References (145)

Index (159)

第一章

可能世界的名字

混合逻辑 (Hybrid Logics) 是标准模态逻辑的扩张, 这一扩张是通过在模态语言基础上添加可能世界的名字 (nominal) 来达到的, 名字兼具了项和命题的作用。本章简要介绍混合逻辑的模态逻辑背景作为混合逻辑出现的问题来源, 然后简述混合逻辑的理论意义和发展历史。

一 模态逻辑背景

可能世界是模态逻辑关系语义学的核心概念, 一般也可以称为“世界”“点”“状态”“时间”以及“情境”等, 现代模态逻辑发展进程中最主要的突破性进展是关系语义学的提出。关系语义学即通常所说的克里普克语义学, 由辛迪卡、康格尔、克里普克等在 20 世纪五六十年代建立起来。由于其简单、自然以及起源于哲学等特点, 关系语义学一直是模态逻辑模型论研究的基本工具。

把模态逻辑视为关于“可能”和“必然”的逻辑在 20 世纪 60 年代末就已经过时。模态语言是研究关系结构的一般工具。模态命题逻辑的一个克里普克模型只是一个将各种不同的关系定义于其上以及对原子信息进行指派的世界的集合, 是一个有向的多重图 (或者加标转换系统), 因此克里普克模型是一阶模型论意义上的非常简单的关系结构、一类被运用于解释一阶和二阶经典语言的结构。关系结构无处不在, 在许多领域是非常有用的工具: 所有标准的数学结构都是关系结构; 计算机科学家可以把加标转换系统看成是一种关系结构; 人工智能研究者可以把各种不同的时间图看成是关系结

构；描述逻辑学家把个体网络视为关系结构；哲学家则用关系结构来描述“可能世界”及其之间的联系。作为关系结构的克里普克模型是基本的模拟工具，模态逻辑广泛应用的一个原因在于，无论对于什么样的关系结构，只要研究者感兴趣都可以运用模态逻辑来进行推理。

关系结构是经典模型论的基本概念，因此，我们不必一定要用模态逻辑来对它进行研究，所有在关系结构上进行解释的逻辑都可以用作研究工具：一阶（二阶）逻辑、无穷逻辑以及不动点逻辑，等等。而且，模态公式都可以被翻译成等价的一阶公式，反之则不然，由此也可以看出模态语言在表达能力上弱于一阶语言。现在，很少有模态逻辑学家把模态逻辑看作是通过“可能世界语义”来研究“内涵现象”的非经典逻辑；相反，自从20世纪70年代以来，模态逻辑已经被看成经典逻辑的子系统。那么，为什么还需要模态逻辑呢？原因大致有三个。第一是模态语言的简单性。在标准翻译下我们看到，模态概念隐藏了约束变元，得到一个紧凑的、容易阅读的形式表示。像“可能”和“必然”这样的经典模态算子在根本上是一种宏包（macros）算子，比如一元的“可能”算子就把“在某个可达的世界上寻找我们感兴趣的信息”这样一个经典的量化形式压缩成一个更为简单的算子记法——带“可能”算子的模态公式。第二在于可计算性方面。众所周知，一阶逻辑是不可判定的，而正规模态逻辑却是可判定的。第三则是模态语言研究关系结构的内部视角：模态语言为研究关系结构提供了一种内部的、局部的观点。我们在模型内部的特殊的可能世界（即“当前世界”）中对模态公式进行赋值，模态公式就像是一个机器人，在、也仅在当前世界以及当前世界可达的可能世界之间移动以考察模型。这是最关键的模态直观，模态语义学中可能世界之间基本的等价概念——互模拟（bisimulation）——就来源于此。互模拟是不同论域之间的一种很自然的性质，模态公式是互模拟不变的。但是，并非所有的一阶公式都是互模拟不变的，在对应语言中，只包含一个自由变元的一阶公式的互模拟不变性的充分必要条件，是该公式等价于一个模态公式的标准翻译，换句话说，模态逻辑就是刻画一阶逻辑的互模拟不变片断的一种简单记法。从这一点来看，模态语言并不是一类孤立的形式系统。此外，模态逻辑这一内部的、局部的观点不仅对于模态逻辑的许多重要的数学性质意义重大，而且使得模态表示在时间逻辑、特征逻辑和词项逻辑

辑等许多应用当中成为理想的工具。

一方面，根据模态对应理论，模态语言本质上是研究通常一阶模型论意义上的关系结构的简单且具有丰富表达力的形式语言；另一方面，模态语言与旧有的句法传统之间的对应并不完美，而关系语义学的局部视角与标准模态语言的全局视角，这两者之间的不对称正是问题的来源。也就是说，在关系语义学中具有根本地位的（模型中的）可能世界（或状态、时间、点、情境……）并没有在模态句法中表现出来，模态语言无法指称模型中的可能世界，例如，某事发生在这里、某物出现在那时、该世界具有性质 q 、点 i 拥有信息 p ，等等。这些不对称的情形导致了许多我们并不想要的结果，比如：

第一，缺乏对许多语义特征的充分表示。

第二，合适的模态证明论问题。

上述第一点比较容易解释。在标准模态语言中没有一套机制来命名一个模型中的特殊“状态”（或者说“世界”）、断定或否定状态的相等、表示从一个状态到另一个状态的可达性，等等。这些事情都属于模态模型论的核心问题，但在标准句法中表示不出来。情况是很严峻的，尤其是在与经典一阶逻辑比较起来的时候更为明显：在一阶逻辑中，模型中的元素在语言中有直接的表示。实际上，关系框架的许多重要性质都以一种非常拐弯抹角的方式表达出来，而其他许多重要性质则在标准模态语言中无法表达。

第二点要说明起来比较难，我们将在本书相关章节中详加描述。这里，我们只是指出，模态逻辑的标准证明论在应用范围中是非常有限的。普通证明方法应用到标准模态逻辑时遇到的问题主要与下述事实有关：很难处理模态算子辖域内的信息。对于许许多多的模态逻辑来讲，存在着大量的非公理化的证明系统，但是在大量情况下，这些逻辑提供的都是对它们的形式化中所出现的问题的人为解决。一些所谓自然的系统（稍后解释）只是某些特殊的逻辑的形式系统，难以进行一般化推广。因此，在标准模态逻辑中，与关系模型成功提供的语义工作相比，句法方面并没有一种统一的架构可言。

这样看来，一个自然而然的问题就是如何使句法和语义相互一致起来。一种可能性就是在语言中为模型中的状态引入明显的句法表示。这样一种扩张可以为表达提供足够的灵活性，不过也引发一个伴生的问题：以何种方式