【论文选粹】

广义量词理论的渊源及其发展趋势

张晓君，黄朝阳

(厦门大学 哲学系，福建 厦门 361005)

摘要: 介绍广义量词理论的发展简史; 论述广义量词理论的基本思想、方法和优势，给出了广义量词的语义解释方法和语义类型; 总结广义量词理论的三个主要研究方向。广义量词理论注重广义量词的语义和推理特征的研究，它比一阶逻辑具有更强大的表达力。广义量词理论为计算机科学中的知识表示和知识推理注入了新的活力。

关键词: 广义量词理论; 广义量词; 量化语句; 集合

中图分类号: B81 文献标识码: A 文章编号: 1007 -7111(2012) 07 -0084 -04

在自然语言中，常常通过一个词语的意义(meaning) 来解释另一个词语的意义。但是，这种表示方法常常由于没有固定的模式可以遵循，显得模糊，让人感觉琢磨不定。要对自然语言的信息进行计算机处理，就需要对词语的意义进行精确刻画。如何突破语言学的框架来解释词语的意义呢? 研究发现: 我们可以通过数学的方法和其他非语言学的方法，来解释自然语言中无处不在的广义量词(generalized quantifiers) 的意义。这一方法除了可以清晰地表示广义量词本身的意义外，还可以用广义量词来分析更大范围内的非逻辑表达式的意义，包括分析时态副词、时间副词、模态动词、条件动词、态度动词和某些不能够显性量化的名词短语的意义。也就是说，广义量词是语言学中极少的几个富有表现力的工具之一。

广义量词除了包括一阶逻辑的全称量词 ∀ 和存在量词 ∃ 外，还包括由限定词 a，an，the 或其他量化关系指称所形成的所有名词短语。后来，限定词也纳入了广义量词的范畴。比如: “正好四个苹果、我的书、所有的学生、没有、几个、两者都不、一打的、没有超过五个、大多数的、少于一半的”都是广义量词[1]。表示广义量词的名词短语叫做量化表达式，而包含量化表达式的语句叫做量化语句，之所以这么称呼是因为它们允许我们讨论事物的数量。量词表达式指称的是广义量词本身。

这里需要说明的是，名词短语或限定词是个语法概念，而广义量词则是语义概念; 对自然语言中的名词短语或限定词进行语义解释后就得到了集合论中的广义量词，故，严格地说，名词短语或限定词的指称对应于广义量词。在本研究中，若无特别说明，量词都是指广义量词。

一、广义量词理论产生的历程

自然语言中存在诸多量化(quantification) 现象。早在 2 300 多年前，亚里士多德就对量化有所研究。亚里士多德从对 all、some、no、not all 这四个亚里士多德量词(简称亚氏量词) 的逻辑研究开始了他的量化研究; 亚氏三段论可以看作是对这四个亚氏量词的意义的推理性质的形式化解释[2]27。但是，我们如何解释自然语言中存在的亚氏三段论形式以外的大量的有效推理呢? 换句话说，为了解释亚氏三段论形式以外的大量的有效推理是引入广义量词最主要的动因。

中世纪的逻辑学家和哲学家致力于量化语句的语义研究，尤其是三段论的研究[3]。从中世纪开始到 19 世纪末现代逻辑的出现，这期间皮尔士、皮亚诺和罗素都对量化有所研究，经过塔斯基对真值的形式处理，逐渐转化成关于量化的现代模型论观点，这种观点认为形式语言中量化语句的真值条件是相对于解释或模型而言的。除了亚里士多德外，对广义量词理论做出历史贡献的另一个主要人物就是作为现代逻辑创始人的弗雷格。他除了引进了带有语句联结词、等词的谓词逻辑语言外，还引进了变元约束算子 ∀ 和 ∃(∀ 和 ∃ 是现代逻辑记号，并非弗雷格创造) 。此外，弗雷格的研究还发现: 所有的亚氏量词都可以

收稿日期: 2012 -05 -10
基金项目: 教育部人文社科研究规划项目“面向自然语言信息处理的广义量词理论研究”(12YJA 72040001) 。
作者简介: 张晓君(1970—) ，女，博士后，研究方向: 自然语言逻辑、模态逻辑、认知行动逻辑等; 黄朝阳(1964—) ，男，博士，教授，研究方向: 现代逻辑、逻辑学教育应用问题等。

根据（和语句联结词来加以定义，比如，*all*（A，B）可以用 $\forall x(A(x)\rightarrow B(x))$ 来定义，*some*（A，B）可以用 $\neg\forall x(A(x)\rightarrow\neg B(x))$ 来定义[2]30–40。

20 世纪 20 年代，指称全称量词 $\forall$ 和存在量词 $\exists$ 的"量词（quantifier）"的用法才在逻辑学中被确立下来[4]182–186，逻辑学家们在这两个标准量词研究的基础上逐步形成了一阶逻辑理论。随着逻辑学和计算机科学的发展，人们发现：我们需要更强大的逻辑来解决一阶逻辑不能够解决的问题[5]18。比如：在一阶逻辑 FO 中不能够表达"只有有穷多个前驱的序关系 $<$"，但是这一关系却可以在逻辑 FO（Q_0）中表示为：$\forall x\neg Q_0 y(y<x)$，其中逻辑 FO（Q_0）就是用表示"存在无穷多个的"广义量词 Q_0 对一阶逻辑 FO 加以扩张而得到的逻辑。另一方面，由于一阶谓词逻辑演算中的量化语句的句法结构与自然语言中的量化语句的句法结构不对应，这就使得一阶逻辑的诸多成果无法直接用于计算机对自然语言的信息处理[6]。可见，为了提升一阶逻辑的表达力，为计算机能够更好地处理自然语言是引入广义量词的另一个主要动因。

20 世纪 50 年代，逻辑学家开始对量词的范围加以扩展：1957 年，Mostowski 发现，在自然语言中，存在许多具有非常有趣的数学推理性质的量词，但它们却不能够根据一阶逻辑中的全称量词 $\forall$ 和存在量词 $\exists$ 来加以定义（比如：大多数的、少数的、许多、无穷多个、一半以上的）即，所谓的广义量词。之后，逻辑学家和数学家试图在保证可判定性的前提下，通过添加一个或多个基数量词对基础逻辑（underlying logic）加以扩张，以提高其处理自然语言信息的能力。1966 年 Lindström 为广义量词中的 Lindström 量词给出了形式化的定义，此后关于广义量词理论的研究成果不断涌现。在 Montague 语法中，广义量词并没有作为一个独立的范畴来加以研究，1981 年，Barwise 和 Cooper 结合 Montague 的观点把数理逻辑的研究范围扩展到广义量词，并研究了自然语言中的量化特征[7]。

20 世纪 80 年代以来，在 Barwise、Cooper、Keenan、Peters 与 Westerståhl 等人工作的基础上，逐渐形成了关注广义量词的普遍语义性质和推理特征的广义量词理论。该理论是一阶逻辑理论的延伸和扩展[8]66–68。广义量词理论既适用于标准量词，又使得非标准量词的定义和表达成为可能[9]21–24。

需要说明的是，量词表达式是个语法概念，相同语义的量词表达式在不同的自然语言中有着不同的表示。但是，量词表达式的语义并不依赖于自然语言。例如，不论英语中的"no"，还是汉语中的"没有"的语义都可以用集合之间的不相交关系来表示，而且这种关系是不依赖于它是用英语还是用汉语或者别的什么语言来表示的。正是因为如此，广义量词理论才像数学语言一样是一种普适性很强的理论，它所揭示出的广义量词的语义关系几乎适合于任何自然语言。

二、广义量词理论的主要思想及其优势

广义量词理论采用模型论的标准做法，把论域处理成集合，有关广义量词的形式化表述都是建立在标准模型论的基础之上的，而且量词表达式的意义常常是根据该表达式所指称的模型论对象来表征的[10]。真值的模型论概念是相对于非逻辑符号的一个解释和一个量化论域而言的，量化论域是由个体组成的集合。模型论中的真值概念涉及的另一重要方面就是论域[2]40–44。在逻辑中，对量化的论域加以限制就叫做亲缘化（relativization）。在自然语言中，各种语境可以为话语论域或量化的限制定义域等提供关键信息。在受限的定义域上进行量化是自然语言中的一个普遍现象。

从语法上讲，一个广义量词就是一个变元约束算子[11]67–68，这种算子把每个定义域与该定义域的任意子集间的一个二元关系联系起来。从语义上讲，一个广义量词就是一个映射，该映射通过揭示量词的论元集合的性质或论元集合之间的关系来描述量词的语义性质。这种把广义量词处理成映射的方法是广义量词理论能够成批量地处理自然语言中有关量词的语义性质和推理性质的根本原因。一般而言，广义量词理论是外延性的语义理论[12]。

简言之，广义量词理论主要通过考察广义量词所涉及的论元集合的性质，或不同论元集合之间的关系来表示广义量词的普遍语义性质。比如：亚氏量词表示的是个体的集合之间的二元关系。事实上，每一个亚氏量词都代表了性质之间的一个特殊的二元关系，即个体的集合之间的一个二元关系。令 A、B、C 是任意的集合，用标准的集合论记号可表示如下：

all（A，B）$\Leftrightarrow A\subseteq B$；*some*（A，B）$\Leftrightarrow A\cap B\neq\varnothing$；

no（A，B）$\Leftrightarrow A\cap B=\varnothing$；*not-all*（A，B）$\Leftrightarrow A-B\neq\varnothing$。①

例如：语句"All students are sleeping"的意思是学生的集合 A 包含在正在睡觉的个体的集合 B 中；像这样语句中的每一个主要单词都有一个外延，其外延指称的是集合论中对象，"sleeping"的外延指称的是"sleeping"的个体的集合，"student"的外延指称的是"students"的集合，因此量词"*all*"表示的是学生个体的集合 A 与正在睡觉的个体的集合 B 之间的二元包含关系。类似地，量词"*some*"的语义可以通过"集合 A 与集合 B 之间的交集是非空的，即 A 与 B 之间具有重叠关系"来表征；量词"*no*"的语义可以通过"集

① 在古典对当方阵中的"some"与"no"的表示与这里的表示是一样的，不一样的是：all_{ei}（A，B）$\Leftrightarrow\varnothing\neq A\subseteq B$；$not\text{-}all_{ei}$（A，B）$\Leftrightarrow A-B\neq\varnothing$ 或 $A=\varnothing$。

合 A 与集合 B 之间具有不相交关系”来表征。这种表示方法与模型论的意义观是一致的。

广义量词根据其集合论运算中有多少论元并且论元是什么来划分，可分为〈1〉类型量词、〈1,1〉类型量词、〈1,1,1〉类型量词、〈1,2〉类型量词等。在自然语言中，最普遍存在的是〈1〉类型量词和〈1,1〉类型量词，前者表示集合的性质，后者表示集合之间的二元关系。常见名词短语对应〈1〉类型量词，大多数限定词对应〈1,1〉类型量词。以〈1,1〉类型量词开头的语句具有 Q(A，B) 这样的三分结构，这种结构在自然语言中普遍存在。例如：在“最多 7 个恐怖分子被逮捕”中，“最多 7 个恐怖分子”是〈1〉类型量词，此时它表示“最多 7 个恐怖分子”所对应的集合具有“被逮捕”的性质；而“最多 7 个”是〈1,1〉类型量词，此时它表示“恐怖分子”所对应的集合 A 与“被逮捕的个体”所对应的集合 B 之间具有 $|A \cap B| \leq 7$ 的性质，即，被逮捕的恐怖分子的集合的基数小于等于 7。在广义量词理论中，“最多 7 个”的真值定义是：最多 7 个 $E(A，B) \Leftrightarrow |A \cap B| \leq 7$。这里的 E 表示论域。

相对于一阶逻辑而言，广义量词理论优越性体现在：1) 对广义量词理论使得逻辑句法与自然语言的句法能够得到紧密的对应，这有助于计算机更好地进行知识表示；2) 广义量词理论可以解释自然语言中许多直观上成立的推理，打破了仅仅凭借一阶逻辑给出的那些公理及其推理规则来判断有效推理的常规做法，这有助于计算机更好地进行知识推理；3) 广义量词理论提出了广义量词一些重要的语义普遍特征，这大大拓展了一阶逻辑处理现实世界的能力；4) 广义量词理论处理问题的方式直观简洁，成果普适性很强。

三、广义量词理论的三个主要发展方向

在国内，广义量词理论研究引入我国学术界的时间并不长。虽然国内学者的研究还不够系统，但广义量词理论的研究开始受到重视，研究成果也成日益增多的趋势。当今国际上，Barwise、Cooper、Keenan、Peters 与 Westerståhl 等知名学者是研究广义量词理论的领军人物。国外关于广义量词理论的研究已经取得丰硕的成果，近年来的研究主要有如下三个方向：

1) 广义量词的基础理论研究

Keenan 与 Westerståhl(1997) 对〈1〉类型、〈1,1〉类型的广义量词的驻留性和单调性有所研究；Barwise 与 Etchemendy(2003) 对广义量词的驻留性、单调性和持续性进行了形式化，并把它们引入一阶逻辑中；Barwise 与 Cooper(2004) 对广义量词的逻辑性质及其有关广义量词的形式证明等逻辑推理性质进行了研究；Partee(2008) 利用类型论和 λ－演算的知识对广义量词的对称性进行了研究；Zuber(2009,2007) 对高阶量词的对称性等内容进行了较细致的研究；而成果最为突出是：Peters 与 Westerståhl(2006) 对广义量词的同构闭包性、驻留性、扩展性、单调性、对称性、相交性等做过较为全面的研究[2]。

2) 使用范畴论知识来分析刻画自然语言中的广义量词[13]

Lawvere(1966,1969,1970,1971) 认为，量词及其组合可以描述成范畴论所给定的具有初等运算的伴随函子；Lawvere(1969b) 认为，通过范畴论的核心概念——伴随函子可以在量化表达式的句法和语义之间架设起互通的桥梁；Cowels(1982) 通过引入量词完全范畴对直觉主义量词逻辑使用范畴方法来处理；Mac Lane 与他的同事和学生(1992,1996) 一起把证明论与范畴论进行糅合，对广义量词进行处理；Awodey(1996) 和 Mac Lane 与 Moerdijk(1992) 使用范畴论中的伴随替换运算对标准的全称量词和存在量词进行研究；Pedicchio 与 Tholen(2004) 应用范畴论和范畴逻辑来探讨哲学和逻辑中的广义量词问题；Johnstone(2002) 使用范畴来说明广义量词等逻辑概念；Wood(2004) 认为，标准的全称量词和存在量词可以以伴随替换运算的形式出现。

3) 将广义量词理论应用于自然语言的计算机信息处理

van Benthem(1986) 讨论了广义量词的单调性等语义普遍现象、广义量词的表达力和复杂性等问题[14]。Burtschick 和 Vollmer(1998) 通过对计算复杂性理论中的一些概念采用统一的观点进行处理，使得它们以一种复杂性向另一种复杂性转换的算子形式出现，而这些算子就是通过字符串上的广义量词来加以定义的[15]。而且根据这个算子，来自于复杂性理论的其他子领域的大量构造都可以得到更好的理解(Vollmer,1997)。Szymanik(2009) 结合来自理论计算机科学、实践认知科学、语言学、逻辑学和哲学等跨学科的相关知识研究了自然语言中的广义量词的计算复杂性，其主要工作或结论如下：a. 可以把意义的一部分，即所谓(模型检验) 的指称意义与算法等同起来；b. 利用广义量词理论、可计算性理论与描述性复杂性理论的知识来证明具有多项式时间(PTIME) 的广义量词在迭代(iteration)、累积(cumulation)、新生(resumption) 下是封闭的；c. 讨论了具有 NP－完全性的分支量词；d. 用某些 Ramsey 量词定义具有有穷模型的 NP－完全性的量词，而其他一些量词是具有多项式时间的量词，并给出了一个 Ramsey 量词能够在多项式时间内可计算的充分条件；e. 考察了用多重提升(polyadic lifts) 的计算复杂性来表示带有量化前件的相互语句的多种不同意义；f. 把类型提升的方法用于自然语言中的集体量化，并对其复杂性和可定义性进行了研究；g. 对于著名的 Hintikka 论题，如像“Most boys and most girls hate each other"这样的语句的语义，需要用分支量化来处理[16]。

四、结论

1）广义量词理论主要通过考察广义量词所涉及的论元集合的性质或不同论元集合之间的关系来表示广义量词的普遍语义性质；2）利用广义量词的各种语义性质可以解释自然语言中的多种有效推理，这大大地扩展了一阶逻辑推理的范围；3）广义量词理论是在一阶逻辑和集合论的基础上发展起来的自然语言逻辑理论，具有广泛的用途，值得进行更加深入更加细致的研究。

参考文献：

[1] 张晓君，郝一江. 广义量词的单调性及其检测方法[C]//中国分析哲学2009. 杭州：浙江大学出版社，2010.

[2] Peters，Westerståhl. Quantifiers in Language and Logic[M]. Oxford：Claredon Press，2006.

[3] Spade. Thoughts，Words and Things：An Introduction to Late Mediaeval Logic and Semantic Theory[EB/OL]. [2012－06－25]. web book，http：//pvspade. com/Logic/docs/thoughts 1_1a. pdf，2002.

[4] Pietarinen. Signs of Logic[M]. Springer，2006：182.

[5] 张晓君，郝一江. 广义量词的单调性与数字三角形[J]. 重庆理工大学学报：社会科学版，2010(3)：18.

[6] Jacquette. Introduction：Philosophy of Logic Today[C]//Philosophy of Logic：Handbook of the Philosophy of Science. North Holland，2006：11.

[7] Barwise，Cooper. Generalized Quantifiers and Natural Language[J]. Linguistics and Philosophy，1981(2)：159.

[8] Manzano. Extensions of First Order Logic[M]. Cambridge：Cambridge University Press，1996：66.

[9] 丁国旗. 广义量词及其单调性[J]. 山东外语教学，2001(3)：21.

[10] Väänänen. Barwise：Abstract Model Theory and Generalized Quantifiers[J]. Symbolic Logic，2004(10)：37.

[11] 张晓君. 广义量词的相关性质研究[J]. 逻辑学研究，2010(3)：67.

[12] Gamut. Intensional Logic and Logical Grammar[M]. Chicago：University of Chicago Press，1991：222.

[13] Marquis. Category Theory[EB/OL]. [2012－06－25]. Standford Encyclopedia of Philosophy，2010. http：//plato. standford. edu/entries/category-theory/.

[14] Benthem. Essays in Logical Semantics[M]. D. Reidel Pub. Co.，1986.

[15] Burtschick，Vollmer. Lindström Quantifiers and Leaf Language Definability[J]. International Journal of Foundations of Computer Science，1998(9)：277.

[16] Szymanik. Quantifiers in Time and Space[M]. Geborente Warschau，Polen，2009.

（责任编辑　张佑法）

（上接第83页）语文综合性学习的语文性，重视它与阅读教学、写作教学的联系，发挥其承前启后的作用，进一步提高活动实效性。

参考文献：

[1] 柳菊兴. 语文课程标准教师读本[M]. 武汉：华中师范大学出版社，2003.

[2] 周小山，张乃文，严先元. 语文教学实施指南（初中卷）[M]. 武汉：华中师范大学出版社，2003.

[3] 温儒敏，巢宗祺. 义务教育语文课程标准(2011)解读[M]. 北京：高等教育出版社，2012.

[4] 张秋玲，王彤彦，张萍萍. 新版课程标准解析与教学指导（初中语文）[M]. 北京：北京师范大学出版社，2012.

（责任编辑　张佑法）