

新逻辑教程

宋文坚

主编

北京大学出版社

新登字:(京)159号

新逻辑教程

宋文坚 主编

责任编辑:李昭时

*

北京大学出版社出版发行

(北京大学校内)

北京大学印刷厂照排 印刷

各地新华书店经售

*

850×1168毫米 32开本 14.625印张 370千字

1992年9月第一版 1992年9月第一次印刷

印数:0001—4000册

ISBN 7-301-01853-3/B. 110

定价:8.70元

前 言

逻辑是一门基础学科。逻辑的现代发展使它成为与数学、计算机科学、语言科学、哲学、社会学、物理学等有密切联系的学科。我国目前的逻辑研究和教学跟国外尚有差距。在高等学校普及现代逻辑知识,吸引较多的人关注现代逻辑的发展和应用,这对我国社会主义建设事业的发展有重要意义。

本书是北京市哲学社会科学“七五”规划项目之一。它的重点在于阐述现代演绎逻辑和现代归纳逻辑的基本内容。它是在北京大学多年来为哲学系、社会学系、中文系、国际政治系等系开设的逻辑课程的基础上撰写成书的。本书比较系统地讨论了现代形式逻辑的基础知识,还重点地研究和讨论了这些内容的实际应用。本书的另一特点是对传统形式逻辑和古典归纳逻辑的有用知识也作了必要的介绍。因之,它是一本力图以现代逻辑为主并容纳了逻辑发展史上一切重要成果的逻辑学著作。

本书的主要对象是那些把逻辑当作科学工具的专业的学生。这些学生将来要成为语言研究工作者、计算机科学工作者、经济工作者、社会学工作者、哲学工作者等等。他们应该具备现代逻辑的基础知识,应会运用现代逻辑的一些方法解决工作中的科学课题。当然,现代逻辑也会给他们比传统逻辑强得多的提高思维逻辑素质的训练。其他职业的工作者,包括一般工作人员,也必定能从本书中得到多方面的收益。本书各章节都附有练习,以帮助读者熟练掌握有关的理论和技巧。

编写本书是我们使我国逻辑教学现代化的一次尝试。从我们的实践经验看，书中内容，除极少部分如本书最后一节外，学生掌握并不困难。当然我们还认为，本书内容的取舍编排，肯定还有可讨论和改善之处。因而我们热忱期望国内逻辑同仁就逻辑教学现代化作进一步的新的探索。

本书分量较大。使用本书可视对象而有所取舍。另外，由于本书预定对象的特点，我们允许了书中的某些局限和不足。例如，书中对特定内容（如谓词演算）介绍不够。

全书10章。执笔人是：宋文坚（第1—7章），周北海（第8章），刘壮虎（第9章），李小五、邓生庆（第10章）。

中国社会科学院哲学研究所逻辑研究室诸葛殷同研究员和张家龙研究员审阅了全书。他们提出了一些非常中肯的修改意见。北京大学哲学系逻辑教研室叶峰讲师阅读了本书部分章节原稿，对部分欠缺做了改正。谨向以上三位同志表示诚心谢意。

作者
1991年11月

目 录

第一章 逻辑的对象、方法和意义	1
第一节 逻辑类型	1
第二节 逻辑形式	6
第三节 逻辑运算和逻辑方法	9
第四节 逻辑的作用和意义	12
第二章 命题逻辑的公式	18
第一节 复合命题	18
第二节 复合命题的推理	25
第三节 真值联结词	31
第四节 否定式	34
第五节 析取式和合取式	38
第六节 蕴涵式和等值式	43
第七节 真值形式和真值断定	48
第八节 真值函项	52
第三章 真值表 范式 形式证明	58
第一节 永真公式	58
第二节 真值表方法	64
第三节 简化的真值表方法	69
第四节 范式	76
第五节 简化范式和优范式	84
第六节 范式的多种应用	93
第七节 求否定运算和求对偶运算	101
第八节 命题逻辑的形式证明	106
第九节 形式证明的推理规则	112
第四章 命题演算	122

第一节	命题演算概述	122
第二节	自然演算 SN 的规则	125
第三节	自然演算 SN 系统	131
第四节	公理化命题演算 P 的出发点	136
第五节	公理化命题演算系统 P	142
第六节	命题演算的语义解释	149
第七节	命题演算的一致性和完全性	152
第五章	传统谓词逻辑	159
第一节	词项和概念	160
第二节	直言命题	166
第三节	直言命题的对当关系	174
第四节	直言命题的变形	184
第五节	三段论	188
第六章	谓词逻辑的公式	196
第一节	谓词逻辑公式的组成	197
第二节	直言命题形式的公式化	204
第三节	关系命题	210
第四节	带等词的命题形式	220
第五节	普遍有效式 可满足式 不可满足式	224
第七章	谓词逻辑的运算、推理和证明	231
第一节	求否定运算和求对偶运算	231
第二节	前束范式	237
第三节	谓词逻辑的形式证明	243
第四节	关于全称量词的推理规则	247
第五节	关于存在量词的推理规则	259
第六节	带量词的关系命题推理	268
第七节	转换赋值方法	279
第八节	解释方法	285
第八章	模态逻辑	292
第一节	模态逻辑概述	292

第二节	模态命题逻辑和系统 K	299
第三节	D, T, B, S4 和 S5 等系统	308
第四节	可能世界语义学	318
第五节	模型方法	328
第六节	模态谓词逻辑	335
第九章	素朴集合论	340
第一节	集合的基本性质	340
第二节	集合的运算	349
第三节	有序对和卡氏积	360
第四节	关系	365
第五节	等价关系和偏序关系	372
第六节	映射	379
第七节	基数	390
第十章	归纳逻辑	400
第一节	归纳逻辑概述	400
第二节	简单枚举归纳法	404
第三节	预测推理和类比推理	408
第四节	求因果联系方法	412
第五节	概率 样本 平均数	426
第六节	统计归纳推理	432
第七节	归纳逻辑的公理化系统	438
第八节	概率演算的几种解释	451

第一章 逻辑的对象、方法和意义

第一节 逻辑类型

“逻辑”一词是多义的。常被使用的意义有：(1)表示事物的规律；(2)表示思维的规律、推理的规则；(3)某种哲学理论，如黑格尔的逻辑学；(4)一种歪道理、谬论，如“强盗逻辑”；(5)指称一门科学或一科学门类。最后一种意义是“逻辑”这个词所固有的含义。本著作只在这种意义上使用“逻辑”一词。

逻辑作为一门科学，是在公元前由古希腊的亚里士多德和斯多噶学派的一些人创建起来的。到今天它已成为一个相当大的有多个类型和多个分支的学科门类，被列为与数学、物理学、化学、生命科学等并列的基础学科。

由于研究对象和研究方法上的不同，出现了若干种不同的逻辑学科，人们称它们是不同的逻辑类型。不同类型的逻辑又有着不同的意义和作用。学习逻辑，首先要明确学习的是哪种类型的逻辑。本节我们简要介绍与本书相关的一些逻辑类型。它们是：传统形式逻辑、现代形式逻辑、古典归纳逻辑和现代归纳逻辑。

一、传统形式逻辑

传统形式逻辑也称传统逻辑。传统形式逻辑也就是亚里士多德和斯多噶派所创建的逻辑。它的对象是人们常用的演绎推理的形式。如三段论推理、假言推理、选言推理等推理的形式。为考察这些推理形式，传统逻辑还考察了作为这类推理的前提和结论的

种种命题的形式，并对构成命题成分的词项(概念)的某些特性进行了考察。

传统逻辑在考察各种推理形式时，制定了各种推理形式的有关规则，用以确定人们思维中具体推理的形式正确性。传统逻辑的主要内容，是对人们常用的推理的形式及相关的形式规则的讨论。

传统逻辑主要是使用日常语言(称作自然语言)来表示和描述命题形式和推理形式。当然，它也使用一些字母符号或者序数词作命题形式或推理形式的构成成分，但这些并不是命题形式和推理形式的主要的和决定的成分。这样，传统逻辑所描述的命题形式和推理形式，和自然语言中表达的命题和推理是一致的。传统逻辑所确定的推理规则，是直接用于分析具体推理的。检查一个推理是否形式上正确，是否违反推理规则，使用这些推理规则对照一下就行了，用不着将推理形式化。因之，传统逻辑易于认读，易于理解和掌握。

但是，使用自然语言表示和分析命题形式、推理形式，也给传统逻辑带来一些缺点和不足。

(1) 自然语言常有歧义。这种有歧义的词、句会使得它所表示的命题形式意义不清。例如，传统逻辑讨论的主谓词命题的系词“是”就是多义的，它可以表示个体间的等同关系，如

鲁迅是《呐喊》的作者。

也可以表示一类的分子对类的所属关系，如

鲁迅是文学家。

也可以表示一类包含于另一类的包含于关系，如

小说家是文学家。

还可以表示两个类的相互包含关系，如

人是能制造和使用生产工具的动物。

用相同的词表示不同的关系，会模糊这些关系间的分别，也会模糊这些命题之间的区别，并妨碍人们认识由这些命题构成的推理遵

循的形式规则是不相同的。

(2) 用自然语言表示和分析命题形式和推理形式,往往不够严谨和精确,也难于制定一些有效的手段来判定一个较复杂的论证过程的形式正确性。一个复杂的推论或论证,能否从前提得到应得的结论,它的论证形式和步骤是否正确周密,是否在论证过程中添加了不该有的东西,等等,对这类问题传统逻辑常常是无能为力的。

(3) 用自然语言表示命题形式和推理形式,往往不能反映思维的灵活性。传统逻辑所研究的推理,都是有固定格式的,前提和结论的数目是固定的,甚至命题中词项的数目也是有定的。它所制定的推理规则,也仅只适用于这样的推理。因之传统逻辑始终只限于考察少数推理,对象域始终比较狭窄。由于思维的灵活性,人们常常给传统逻辑所研究的那些推理增加点什么,形成一种新推理,传统逻辑对它们便无能为力。例如,下面的推理

所有教授都是有学问的。

所有有学问的教授都是专家。

因而,所有教授都是有学问的专家。

是相当直观正确的,而且它很相似于传统逻辑的三段论,但传统逻辑却无法分析它。

(4) 上面谈到,传统逻辑只研究一个个有固定格式的推理,这种孤立性的研究,使得传统逻辑始终把它所考察的两类推理三段论和复合命题的推理,看作互不关联的。这一点对传统逻辑有致命的影响,使它难以处理类似上面那样很简单的推理,大大桎梏了传统逻辑的发展。

传统逻辑的另一特点是它只考察所谓主谓命题,不考察关系命题,也不考察包含关系命题的推理,而关系命题和关系命题的推理是我们思维中大量常见的。

这些都表明,传统逻辑作为日常思维的逻辑分析工具也是不

够用的。它自然也不适应现代科学和技术发展对逻辑的要求。

传统逻辑的这些缺点和不足,推动逻辑学家们对演绎逻辑作新的考察,发展出新型的演绎逻辑。这就是现代形式逻辑。

二、现代形式逻辑

现代形式逻辑是数理逻辑的一个分支。

数理逻辑也称符号逻辑,它是指一切使用特制符号和数学方法来研究演绎方法的理论。它既包括使用较简单数学方法研究演绎思维的形式结构的逻辑,也包括引进较复杂的数学方法和数学知识,将演绎方法作数学处理,将逻辑问题转化为数学问题,因而取得数学性质的逻辑分支。数理逻辑的这些取得数学性质的分支习惯上被称作“四论”,即递归论、公理集合论、模型论和证明论。

现代形式逻辑是数理逻辑中具有较多逻辑方面的那部分。它主要指逻辑演算,此外还包括布尔代数、关系演算等。现代形式逻辑是传统形式逻辑的直接延续和发展。

逻辑演算包括二值外延系统的命题演算和谓词演算,这称作古典逻辑或古典演算。逻辑演算还包括非古典逻辑的直觉主义逻辑、多值逻辑、模态逻辑等,以及应多种科学需要发展起来的各种应用逻辑,如道义逻辑、认知逻辑、问题逻辑、评价逻辑等。

现代形式逻辑是为了克服传统逻辑的缺点后不足而发展起来的,因之现代形式逻辑在分析思维行程、分析命题、推理和论证时,能够做到严谨、精确和深入细致,能够有手段分析传统逻辑所无法分析的东西。现代形式逻辑如今已成为许多科学如语言学、计算机科学等的重要研究工具。

三、古典归纳逻辑

研究归纳推理的逻辑称作归纳逻辑。

古典归纳逻辑指由英国弗兰西斯·培根(1561—1626)和斯图

亚特·穆勒(1806—1873)创建的归纳逻辑。古典归纳逻辑主要研究了不完全归纳推理(或称不完全归纳法)、类比法和求因果方法。这些方法都要结合观察、实验和简单的统计方法来使用。因之,一般把这种归纳法看作是经验的方法,直接使用于经验材料求得概括结论的方法。

一切归纳法或归纳推理的结论都是或然真的。因而对归纳推理的研究,除了研究不同类型的归纳形式外,还分析各种归纳推理的或然真程度,研究提高这种或然真程度的条件。为此,古典归纳逻辑还制定了有关使用这些方法的简单易行的程式和规则。

古典归纳逻辑研究的归纳推理或归纳法,直至今日,在某些经验科学的研究中仍具有实用价值。尤其在建立各种科学假说时,古典归纳逻辑的方法,能给出一些较有价值的启示。

四、现代归纳逻辑

古典归纳逻辑的不足是,对归纳结论的概然性即或然真程度缺乏精确的研究。此外,古典归纳逻辑对归纳推理的形式和种类也研究得不够。为了克服这些缺陷,产生了现代归纳逻辑。

19世纪中叶,开始在归纳逻辑的研究中引进概率论的方法,以便能对归纳结论概然性作精确计算,求得前提对结论的支持程度的概率。20世纪20年代后,在归纳逻辑的研究中又使用逻辑演算方法建立概率演算。概率演算的定理经解释后成为概率命题。有的概率演算系统能推演出概率理论的几乎所有重要结果。

应该说,现代归纳逻辑还处在发展时期,还不能说已经发展成。有一些重要的现代归纳逻辑学家都提出了自己的归纳理论和逻辑体系,但目前还没有被最后公认为最成熟和已确立的归纳理论体系。

第二节 逻辑形式

可以一般地说,逻辑主要是研究思维形式结构的科学。

思维是人脑进行的一种理性认识活动。这种认识活动主要是使用词和概念来构造命题、作出判断和推理。

在逻辑中,命题和判断的区别并不重要。一般说,判断是表达者断定了(断定为真或假)的思想。例如,语句

孔子是春秋时期鲁国人。

如果表达者是想断定其中的思想,那么这句话便表示一个判断。假如表达者并无意断定这话的真假,只是用作某种场合的例句,那么在他那里,这句话便是表达着一个命题。逻辑只考察思维的形式方面,一思想是作为命题还是作为判断,对它是无关紧要的。后面我们对命题和判断不加区分,一律称作命题。

思维有两个方面,思维的内容和思维的形式。思维的内容是被认识的对象在某方面在思维中的反映。它表现为命题、推理的具体内容。思维的形式也称作思维的形式结构。它是思维的内容的关联的形式。由于思维就是构造命题和进行推理,因之思维的形式结构就是指关联着思维内容的命题的形式和推理的形式。

在实际的思维中,思维的内容和思维的形式结构总是结合在一起。但这不是说二者绝对不可以分开。逻辑作为一门科学,它专以思维的形式结构为对象。在逻辑中,它抽象概括出思维的形式结构进行专门的考察。例如,它从下列命题

所有人都是有理性的。

所有有价值的东西都是人创造的。

如果天下雨则地会湿。

如果过度砍伐森林则会破坏生态平衡。

可概括出两类命题形式:

所有 S 是 P。

如果 p 则 q 。

还可以从推理中抽象出推理的形式。例如，从推理

所有成绩好的学生是勤奋学习的。

三好学生是成绩好的学生。

所以，所有三好学生是勤奋学习的。

抽象出其形式：

所有 M 是 P。

所有 S 是 M。

所以，所有 S 是 P。

对于思维的形式结构，可以有不同的考察角度。例如可以考察它们同思维内容的关系，可以考察它们同语言的形式关系，即思维形式结构和语言的语法结构的关系，可以考察它们同客观世界的关系等等。逻辑则是从自己的角度即逻辑的角度来考察思维的形式结构的。所谓逻辑角度的考察，就是从思维的形式结构所表现的思维的真假关系方面来考察。

单个的命题以及推理中的命题都是有真假的思维。真或假，是命题的根本属性。此外，命题还有其他一些重要属性。如，一命题是反映哪方面现实的，是反映规律性的东西，还是简单事实，是历史方面的，还是现实方面的等等。我们可以撇开命题别方面的属性，只从真假方面来看命题。这时的命题便只是或真或假的思维。逻辑中的命题便是这样被看待。对一命题除问其真假外不问其他。这就是说，逻辑只从真假关系或真假关联的角度来考察命题和命题间的关系，因之，在逻辑中，也是把思维形式结构当作表现思维中的真假关系的思维形式结构来看待的。这样看待的思维形式结构，被称作思维的逻辑形式。这就是说，逻辑考察思维形式结构，是把思维形式结构当作逻辑形式来考察的。

我们用逻辑中对命题形式的考察为例，来说明什么是逻辑考

察的逻辑形式。

例如命题

张三学了英语并且他学得很好

逻辑中称作联言命题。这是一种复合命题，它联结了两个子命题。显然这两个子命题之间有一种意义上的关联。这种意义关联是说，子命题在内容上应是互相有关系的，不是风马牛不相及的。例如，不能联结这样两个子命题，即“ $2+2=4$ ”和“雪是白的”。对联言命题作这种要求时，我们便是从日常思维的角度，而不是从逻辑角度来考察的联言命题。我们也可以从这一命题抽象出它的命题形式

p 并且 q

但由于我们要求 p 和 q 所代表的命题有意义上的联系，甚至要求 p 和 q 的次序不是随意的，那么这样的命题形式便不是前面所说的逻辑形式。

我们还可以把联言命题的子命题只当作或真或假的命题，其他皆不考虑。不考虑这些子命题是否还有什么意义关联。这时，我们考察的便只是联言命题相对于子命题的真假问题，即联言命题在子命题的哪种真假情况下是真的，在子命题的哪种真假情况下它是假的。在这种考察下，联言命题的命题形式虽然仍是

p 并且 q

但这已是从逻辑角度考察的命题形式，即命题的逻辑形式了。

逻辑形式由两部分组成：逻辑变项和逻辑常项。逻辑变项（简称变项）是表示思维内容的一些符号，如 $x, y, z; F, G, S; p, q, r$ ；甲，乙等等。它们或表示概念或词（统称作词项），或表示复合命题的子命题，或表示任意命题。逻辑常项是一些只从真假方面来规定的命题联结词，以及表示数量关系的量词等。逻辑常项规定着思维的逻辑形式，如“并且”规定着命题是一种形式，“或者”规定着命题是另一种形式。

传统形式逻辑虽已使用符号表示变项，但没有制定专门的逻

辑常项符号。它借用自然语言的联结词作逻辑常项,如“并且”,“或者”,“如果…则…”等。这样表示思维形式结构,容易混淆思维中一般的命题形式和逻辑形式。在现代形式逻辑中,制定了专门的表意符号表示逻辑常项。它那里所表示出来的形式或公式,只是逻辑形式。

逻辑形式是逻辑研究的真正对象。对逻辑形式的考察是一切逻辑研究的基础。

逻辑形式在学习逻辑时有重要意义。明确思维的逻辑形式和思维的通常的语言表达形式之间的区别,就能够区别逻辑的东西和非逻辑的东西,就能够真正掌握逻辑,不致在逻辑的和非逻辑的东西之间纠缠不清。

第三节 逻辑运算和逻辑方法

前面谈到,传统逻辑用自然语言中的联结词、量词等表示逻辑形式,现代形式逻辑则是使用特制的符号表示逻辑形式。对逻辑形式的两种表示方法,形成两种不同的考察和处理逻辑对象的方法。这就是,现代形式逻辑可以使用逻辑运算的方法、符号化方法、形式证明方法、公理化方法、模型方法等考察和处理逻辑形式和建立各种逻辑,而传统逻辑则不能或基本上不能。

运算是数学中的一个概念。对数和由数建立的公式可进行加、减、乘、除、代入、开方、分配等等运算。数学运算是我们的思维对数进行的运算。在思维中还对概念、命题进行某种运算。例如,把两个词结合为一个新词,把两个概念结合为一个新概念,把一个命题变形为一个新命题等等。这些称作思维运算。无疑,人的思维具有这类运算功能。逻辑运算则是在人的思维运算功能的基础上,经研究制定的一种逻辑方法。它是对逻辑形式进行的运算。逻辑运算,就其简单的运算来说,很类似数学中对数和公式的运算。在逻辑运算