

# 前弗雷格时期的思维形式化

陈自富

(上海交通大学科学史与科学文化研究院, 上海 200240)

**摘要:**思维形式化是人工智能(以下简称 AI)中符号主义研究纲领的核心假设,虽然其具体含义、发展脉络尚待精确描述和梳理,但包括物理符号系统假设、逻辑主义在内的符号主义,不仅主导着 AI 这门年轻学科的早期发展脉络,而且迄今仍是核心纲领之一。弗雷格所建立的一阶逻辑是前 AI 时期思维形式化发展的一个重要里程碑,因此对弗雷格之前的思维形式化从观念和实践上进行历史考察,不仅有助于理解 AI 主要纲领的思想来源和发生过程,而且为该学科当下竞争的不同研究纲领和未来发展方向提供了一个评判视角。

**关键词:**思维形式化;人工智能;符号主义;物理符号系统假设;弗雷格

**中图分类号:**B017 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-7095(2014)01-085-08

## 一、思维形式化概述

思维形式化是一个目前在 AI 及其相关学科广泛使用,但未得到清晰定义的概念,例如在 2011 年《人工智能》杂志为纪念 AI 主要奠基者约翰·麦卡锡的专辑中这样表述:“……在逻辑语言范围内形式化人类思维的尝试,尤其是提供确定观点是否有效的具体方法,可远溯至亚里斯多德和斯多亚学派”<sup>①</sup>。在国内,马希文在《计算机不能做什么》中译本的序言中较早讨论了形式化<sup>②</sup>,刘西瑞、王汉琦对形式化的概念进行了初步辨析,区分了狭义形式化和广义形式化<sup>③</sup>。

而在 AI、认知科学及相关哲学的文献中,关于形式化的说法更为广泛,例如人类思维的形式化、知识形式化、形式化的行为方式,等等,大体上都是从心理学或者知识论方面来描述的。但结合 AI 的工程或技术目标及其发展历程,笔者认为《计算机不能做什么》的作者,美国哲学家德雷福斯在该书中对早期 AI 假想(即认为人的思维或认知功能就像一个通用符号加工装置)的分析略作修改后,比较完整地说明了 AI 中思维形式化的含义<sup>④</sup>:

1. 心理学上假设大脑是一种按照形式规则加工信息单位的装置;
2. 认识论上假设一切知识都可被形式化;
3. 本体论上假设存在就是一组在逻辑上完全相互独立的事实,与局势(或上下文)无关;
4. 人类通过符号加工(计算)表现出智能行为或者理性。

收稿日期:2013-09-30

作者简介:陈自富,上海交通大学科学史与科学文化研究院博士研究生。

① Leora Morgenstern, Sheila A. McIlraith. “John McCarthy’s legacy”, *Artificial Intelligence*, vol 175, 2011, p. 1.

② 休伯特·德雷福斯:《计算机不能做什么:人工智能的极限》,北京:三联书店 1986 年版,第 1 页—第 11 页。

③ 玛格丽特·A·博登:《人工智能哲学》,上海:上海译文出版社 2001 年版,第 1 页—第 12 页。

④ 休伯特·德雷福斯:《计算机不能做什么:人工智能的极限》,第 165 页—第 166 页。

从 AI 诞生到 20 世纪 80 年代联结主义纲领复兴之前的 20 多年中,符号主义研究纲领占主导地位,其内部如物理符号系统、逻辑主义、知识学派等具备“家族相似”的各种流派中,对思维形式化的阐述都有各自的侧重点,其中赫尔伯特·西蒙和艾伦·纽厄尔对物理符号系统假说(PSSH: Physical Symbolic System Hypothesis)的表述是强 AI 的一种主要观点,他们认为 AI 是类似生物学、地理学这样的经验探索学科(即实证科学),PSSH 类似生物学中的细胞、地理学中的板块和大陆漂移等核心概念,因此 PSSH 对于 AI 的实现既是充分的又是必要的。所谓充分的是指计算机作为一个物理符号处理系统,具有对符号进行操作的功能,就是说,凡是能用符号表示的事物和状态都能由计算机进行运算,而人们的思维过程,也都能由符号表示,因此计算机可以实现人类智能。所谓必要的是指,任何实现符号操作功能的装置,例如人脑,必然也是一个物理符号系统<sup>⑤</sup>。

作为逻辑主义代表的麦卡锡和尼尔逊的表述比较温和,尼尔逊指出:逻辑主义提供了构造智能机器所使用的语言和过程的一种视角和原则,并提出了逻辑主义进路的三个核心假设<sup>⑥</sup>:

1. 智能机拥有其所处环境的知识;
2. 最灵活的智能机陈述性地表征其所处环境的大量知识;
3. 在最灵活的智能机中,用来表述陈述性知识的语言必须至少具有如一阶谓词演算那样的表达能力。

麦卡锡明确地提出“逻辑的通用表达力”,并用通用图灵机来类比说明这个表达力论题:可以表达的任何事物都可以用一阶逻辑来表达<sup>⑦</sup>。

知识学派的主要代表 Lenat 和 Feigenbaum 则提出了 AI 的三个主要假设:知识原则、宽泛原则、经验探索原则<sup>⑧</sup>。

当然,日常语境中也经常狭义地理解形式化,即从方法论上来理解形式化,例如希尔伯特提出的形式主义原则,或者将形式化从经典数理逻辑学科(也是元数学或数学基础的重要组成部分)的角度来理解,认为其本质上是以符号为基础的一种演绎方法,所谓形式系统乃是实现了完全形式化的公理系统,它既是由一整套的表意符号构成的形式语言,又是具有初始公式的公理系统。在图灵和丘奇之后,又从机械化或者能行可计算的角度来扩充了这种狭义形式化的内容。

弗雷格所创立的一阶逻辑是形式化方法上的一个重要里程碑,他本人意图驱逐逻辑中的心理学内容,是现在所谓的“小逻辑”观的一个来源。但 AI 中大多数学者根据实现智能模拟和建造智能机器的需要,对形式化的表述要宽泛得多,如 PSSH、逻辑主义的 AI、中国学者何华灿<sup>⑨</sup>、涂序彦等人提出的“泛逻辑”等<sup>⑩</sup>,可归入所谓的“大逻辑”观。

综上所述,AI 作为“二战”后出现的新兴学科,通用电子数字计算机是其物质基础,但思维形式化却是其早期理论的核心假设,是在西方哲学和文化的传统中逐渐形成的。因此,从 AI 的角度来看,当代思维形式化观念的形成至少应涉及这种传统中的逻辑学、知识论、心理学、关于思维的自动机概念和建造实践。

⑤ 玛格丽特·A·博登:《人工智能哲学》,第 142 页—第 160 页。

⑥ Nils J. Nilsson. “Logic and artificial intelligence”, *Artificial Intelligence*, vol 47, 1991, pp. 31—34.

⑦ Hector J. Levesque and Fiora Pirri. *Logical Foundations for Cognitive Agents; Contributions in Honor of Ray Reiter*. Germany: Springer, 1999. pp. 72—78.

⑧ Douglas B. Lenat, Edward A. Feigenbaum. “On the thresholds of knowledge”, *Artificial Intelligence*, vol 47, 1991, pp. 185—189.

⑨ 何华灿、何智涛:《从逻辑学的观点看人工智能学科的发展》,涂序彦主编:《人工智能:回顾与展望》,北京:科学出版社 2006 年版,第 77 页—第 111 页。

⑩ 同上书,涂序彦:《人工智能的历史、现状、前景—人工智能、广义人工智能、智能科学技术》,第 55 页—第 69 页。

## 二、笛卡尔之前的思维形式化观念

思维形式化的观念最早可追溯到柏拉图或亚里斯多德,这个观点主要是哲学史意义上的。虽然柏拉图并未系统地运用逻辑方法来建立知识体系,相反麦加拉学派在悖论、模态、假言命题方面的研究对逻辑发展反而有更多直接影响,但他在理念论中划分了“理念世界”和“现象世界”,认为可见世界中的实物是对理念的“摹仿”或“分有”,理念作为事物追求的目的和普遍本性,是在事物之内的“型”,同时在“线段比喻”中建立“想象—信念—理智—理性”的认知四阶段说,认为对可见的现象世界的认识都是尚无确实性意义的“想象”和“信念”,只有对可知的理念的世界的认识才是确实性的知识,包括用演绎的方法认识较低级的数理对象,以及用辩证法认识较高级的哲理理念。柏拉图还提出“蜡版说”,将心灵比喻成蜡版来说明“意见”的形成,认为心灵具有先天把握理念的能力<sup>①</sup>。他这些关于世界存在本质和知识论的学说,为后来对思维如何把握认知对象、人类知识的来源和获取方式提供了一个比较完整的视角。

作为柏拉图的学生,亚里斯多德的形而上学和逻辑更加深入地研究了思维及存在的关系,强调了存在与思维的同构性,在认识论上批判柏拉图理念论对世界进行二重划分的同时,认为“形式”先于“质料”,“形式”是先存的、更现实的本体,是形成普遍性知识的根本前提,并来自于经验,而不是与现实存在分离的“理念”。他将认识过程区分为感觉、记忆、经验、技艺和知识、智慧五个阶段,提出“蜡块说”来说明感性认识的形成,认为作为人的本质的灵魂,可以通过技艺、理智知识、实践智慧、智慧、理性(努斯)这五种方式来获得真理,其中努斯是洞察存在全体的最高理性,它在人类认知上表现为“理性的直观”,即人类从个别、经验的事物中把握抽象、普遍知识的能力<sup>②</sup>,对这种能力的讨论,当代仍在新的语境下继续,例如吴允曾指出:“作为逻辑、数学和计算机科学的支柱的核心问题,似乎是形式刻划的问题——即用一个形式概念来捕捉特定的直观概念(诸如集合论中的“集合”,递归函数中的“能行可计算性”等概念)的内容的过程”<sup>③</sup>。

亚里斯多德建立的逻辑学体系与其形而上学是紧密结合的,是一种本体论的逻辑,哲学范畴不仅是与思维、语言相关的语词分类,也是对存在的分类,并认为“存在”的公理和逻辑的公理是一致的,或者说存在与逻辑具有同构性,逻辑公理也包括在他的形而上学中<sup>④</sup>。因此亚里斯多德的逻辑学本身就蕴含着当代“小逻辑”和“大逻辑”之争的源头,持“小逻辑”观者如王路指出,亚里斯多德逻辑的对象是关于如何“必然地得出”的学说,也就是以演绎推理或推理形式为核心的<sup>⑤</sup>,但笔者认为亚里斯多德同时也明确地说:“口语是心灵的经验的符号,而文字则是口语的符号。”<sup>⑥</sup>,这意味着可以假设沿着文字—语言—思想这样的链条来研究实在,在中世纪逻辑学家那里,就认为语言、思想和现实具有相同的逻辑一致性,逻辑的研究对象就逐步从推理形式变成了有很强心理学色彩的思维或思维形式,当然在这里的思维形式自亚里斯多德以来主要是指概念、判断、推理这样的理性或高级认知活动,因此逻辑学研究对象的这种变化为当代思维形式化观念的形成提供了一个发生学上的说明。

贯穿希腊化文明和罗马文明的斯多亚学派是当时官方支持的主导思想,早期斯多亚派最早使用“逻辑”(Logike)一词,在亚里斯多德的影响下,对他们而言逻辑也不仅是研究思维形式的工具,

① 姚介厚:《西方哲学史(学术版)第二卷》,北京:人民出版社2011年版,第581—第636页。

② 同上书,第716页—第795页。

③ 吴允曾:《吴允曾选集》,北京:北京科学技术出版社1991年版,第143页。

④ 姚介厚:《西方哲学史(学术版)第二卷》,第716页—第726页。

⑤ 王路:《理性与智慧》,上海:上海三联书店2000年版,第1页—第22页。

⑥ 亚里斯多德:《范畴篇 解释篇》,上海:上海三联书店2011年版,第63页。

而且具有更强的形而上学的含义,“‘逻辑’意味着一切生成与变化的存在事物的本性、原因和思想、话语的相应一致”。他们主张世界有内在的“逻各斯”,其对人而言表现为“理性”能力,基于表象,思想与语言通过逻辑统一于心智过程。“先有表象,然后,能够表达自身的思想赋予主题从表象中接受的内容以命题的形式”<sup>①</sup>,通过语言表现的人类理性与自然理性是同构的,因此语义、逻辑和实在的结构具有同一性,即思维以逻辑的形式反映实在<sup>②</sup>。

斯多亚学派之后的经院哲学,把逻辑当作科学研究的工具,其研究的对象已经不如古希腊那样开放,而是为基督教神学服务,但是其对逻辑作为一种强大的通达真理的工具的自信,却变得更加强大,一个著名的实例就是 13 世纪的西班牙传教士 Ramon Lull 设计并建造的 Ars Magna,这是中世纪建造的一种自动机,带有明显的宗教目的和思辨性,它是在阿拉伯占星术中的字母魔术(letter magic)装置 zairja 影响下设计的一台逻辑机器,目标是无须思考或事实发现就可理性地推导出各门学科的真理,当然这是在上帝的启发下,其工作原理和字母魔术装置类似,在一些圆盘上刻上用以表示属性列表的字母或符号,通过其复杂的组合可推导出神学、形而上学和道德知识。这个装置完美地把世俗的机械技艺与神学思辨结合起来了,是与伊斯兰教竞争的一个强大的辩论工具(这也是建造该装置的本来目的),笛卡尔、莱布尼茨、黑格尔都提到过 Ars Magna,这是笛卡尔之前对关于知识形式化的信念的一次很有影响的辩护,虽然在这里知识的范围和定义是受局限的,而且对于思维活动与知识获取的因果关系,还是借阿奎那之手而沿袭着亚里斯多德和斯多亚学派的成果。

因此,在笛卡尔之前的思维形式化观念是相当粗糙的,只涉及本体论和知识论方面的意义,通过逻辑的中介,表现为文字-语言-思想-实在的朴素统一性,并且对人类能否获得知识的主流判断,是可知(或独断)而不是怀疑论的。心理学方面的意义,只有在笛卡尔的心身二元论乃至科学革命以来对灵魂、心智的认识逐渐成熟后才得以彰显。

### 三、从笛卡尔到冯特:心身二元论、普遍数学与自动机、联想主义

历史地看,思维形式化和自动机(Automaton)之间存在一定联系,对于自动机而言,诚如玛格丽特·博登所指出:当作人的机器(machine as man)和当作机器的人(man as machine)是有差别的<sup>③</sup>。前者可上溯到古希腊,例如克里特王宫的设计者 Daedalus 设计的维纳斯雕像用水银填充来使其移动,因此需要拴起来不使其跑开,在神话中火神赫菲斯托斯创造了金色的年轻女子帮他行走和做铁匠工作,希腊化时期亚历山大的希罗建造了一个用机械或空气驱动的自动机,可在寺庙内走动和开门、关门等<sup>④</sup>,这些机器可与自动机(Automaton)大致等价或所指范围略窄,automaton 是从希腊语“αὐτόματον”翻译过来的拉丁词汇,是一个中性词,指“某人自身意愿的行动(acting of one's own will)”,在这里心智和身体还没有清晰地区分开来,但是在中国先秦时代,对心身关系的认识可能更加深刻一些,如《列子》中有“偃师造人”的故事,并且认为“偃师造人,唯难于心”。<sup>⑤</sup>

而“当作机器的人”的观念一般认为可追溯到笛卡尔所处的时代,其起源和发展脉络和自动机有明显差别,而且,在笔者看来,唯有后者才与思维形式化有直接的思想关联。

笛卡尔在《方法论》中说:“而这对于那些(知道)工匠能制造多少种不同的自动机或移动机器

<sup>①</sup> 第欧根尼·拉尔修:《名哲言行录》,长春:吉林人民出版社 2011 年版,第 355 页。

<sup>②</sup> 姚介厚:《西方哲学史(学术版)》第二卷,第 965 页—第 976 页。

<sup>③</sup> Margaret A. Boden, *Mind as Machine: A History of Cognitive Science*, Oxford: Oxford University Press, 2008, p. 51.

<sup>④</sup> Ibid., pp. 52—58.

<sup>⑤</sup> 杨伯峻:《列子集释》,北京:中华书局 1997 年版,第 179 页—第 181 页。

的人而言并不奇怪……从这点来看(人类)身体可当作上帝之手制造的无比精巧的机器……超过人类发明的任何东西。”<sup>②</sup>

但是,从作为机器的人到思维的形式化还有一个空白,这个空白就是心身关系的问题,人类具有思维能力尤其是语言能力,这是和动物的巨大差别。笛卡尔认为动物没有理性思维能力和上帝赐予人类的不朽灵魂,因此动物的行为是不受理性支配的自然反应,而人类的行为中,不仅有呼吸、睡眠等自然反应的行为,更重要的是人类的理性和意愿可以支配其行为<sup>③</sup>。正是在这个意义上,笛卡尔作出了心智和身体的区分,使得从作为机器的人到作为机器的心智(mind as machine)的过渡奠定了概念基础。

17世纪中叶,随着亚历山大的希罗的著作翻译成拉丁文,使得当时欧洲建造了不少自动机或自动装置,而且经常面向大众进行展览,但是在笛卡尔之前,这些都不存在心智—身体的区分,这种区分只有在笛卡尔的二元论之后才清晰起来,他对人及其身体的机械化观点主要表现在两个方面<sup>④</sup>:

1. 物理学原理能解释包括生命体在内的所有物质的属性;
2. 活着的生命体和人工制造的机器之间,除了复杂度不同之外,在根本性质上没有差异。

但笛卡尔对于心智(理性灵魂)的看法却截然不同,他认为心智不可能是机器,因此也就不存在纯粹的心理科学,因为意识和理性都不服从物理学法则,由此笛卡尔开启了一个关于人类自身意识的内部王国,这个王国由自由意志或选择来决定,而关于心智和身体如何相互作用的问题,笛卡尔留给后人巨大的争论<sup>⑤</sup>。

笛卡尔对于心智二元区分的形而上学思考,在机械论和实验科学方面启发了后来的经验实证传统,笛卡尔所强调的关于内心意识的现象主导性,对后来的康德主义、新康德主义和大陆现象学都产生了影响。博登认为笛卡尔关于人是机器的思想是含糊和有限的,认为他仅仅关注了身体而不是心智,然而他也启发了后来的科学家从神经生理学方面来研究心身如何交互作用<sup>⑥</sup>。

笛卡尔在方法论和哲学上的成就开启了欧洲理性主义思潮的大门,其中他的“普遍数学”的想法是意图把几何学、代数学、逻辑学三门学科的优点统一于一种方法,这方面的一个直接成果是引入笛卡尔坐标系使几何代数化,同时他认为有必要扩大数学符号的使用范围,把那些迄今为止尚未取得数学名称的学科归入数学,数学不仅是关于数的科学,而且是一门包括一切有次序和度量的东西,如数目、图形、形体、声音等的科学,因此天文学、光学和声学都属于数学范围,数学还可以应用于哲学<sup>⑦</sup>。笛卡尔旨在通过公理演绎和代数运算这种数学的方式进行所有的科学思考,从而启发了后来数学的符号化和思维的形式化,在当时最直接的影响就是莱布尼茨关于建立“通用代数”的想法。

但是,在近代直接提出思维可以形式化并对这些抽象形式进行计算的思想,最早是由笛卡尔时代的英国经验论哲学家霍布斯提出的,他说:

“我所谓‘推理’是指计算。计算或者是把要加到一起的许多东西聚成总数,或者是求知从一件事物中取去另一件事物还剩下什么。所以推理是与加和减相同的。……一切推理都包含在心灵的这两种活动——加与减里面。”<sup>⑧</sup>

<sup>②</sup> Margaret A. Boden, *Mind as Machine: A History of Cognitive Science*, p. 74.

<sup>③</sup> 笛卡尔:《谈谈方法》,北京:商务印书馆2012年版,第37页—第47页。

<sup>④</sup> Margaret A. Boden, *Mind as Machine: A History of Cognitive Science*, p. 58.

<sup>⑤</sup> Ibid., p. 75.

<sup>⑥</sup> Ibid., p. 80.

<sup>⑦</sup> 张家龙:《数理逻辑发展史——从莱布尼茨到哥德尔》,北京:社会科学文献出版社1993年版,第37页。

<sup>⑧</sup> 耿洪江:《认识论史稿》,贵阳:贵州人民出版社1992年版,第143页。

霍布斯认为理性思维活动由概念、判断和推理三步构成,并由此形成科学知识,而其中对事物的命名非常重要。他说:“名者实为计算之本。有名,斯可以加,可以减”,并且把语言当成人的思想形式:“定名之正确,为语言之第一妙用,亦即科学之初步”,“每一个普遍名称都指示着我们对于无限个别事物的了解”。<sup>②</sup> 这些表述,几乎可以当成今天 AI 的物理符号系统假设、认知科学中的数字计算理论模型(DCTM)的一个原始版本。

笛卡尔的思想开启了“自然的数学化”的大门,霍布斯的主要精力放在其机械唯物论和政治学方面,比他们晚半个世纪的莱布尼茨,在思维的数学化和形式化方面走得更远和思考得更为完整。

莱布尼茨了解和赞同笛卡尔“普遍数学”的思想,并对他在这方面没有深入研究下去表示了遗憾:“如果他了解到有一种方法,能以和算术同样的无比明晰来建立一种理性的哲学,那么,除了这条道路外,他将不会选择别的道路来建立他是那样热切地为之奋斗的一个学派。”<sup>③</sup>

莱布尼茨也了解 Ramon Lull 的工作,他说:“雷蒙·鲁勒也研究了数学,并多少发现了组合术。如果鲁勒的那些主要的话词:善、量值、绵延、力、智慧、意志、德行和荣耀不是那样含糊,使得它们只能说明真理,而完全不能发现真理的话,那么他的技术无疑将是一个惊人的东西。”<sup>④</sup>

他接受和强化了笛卡尔用数学来处理科学或哲学的思想:“因此,数量可以说是一个基本的形而上学的形式,算术是一种宇宙的静力学,在其中显示出事物的诸动力。”<sup>⑤</sup>并且用符号或其表达式来反映世界结构并进行计算:“我思考出,必然会创造出一种人类思想的字母,通过由它组成的联系和词的分析,其它一切都能被发现和判断。”<sup>⑥</sup>

莱布尼茨在逻辑史上第一次对亚里斯多德的三段论系统给出了一个算术解释,在 Lull、笛卡尔、霍布斯的基础上,明确提出建立称为“通用代数”、“逻辑斯蒂”的理性演算,并提出一种表意的人工语言代替自然语言来进行演算,他称为“普遍语言”:“关于符号的科学是这样的一种科学,它能这样地形成和排列符号,使得它们能够表达一些思想,或者说使得它们之间具有和这些思想之间的关系相同的关系。一个表达式是一些符号的组合,这些符号能表象被表示的事物。表达式的规律如下:如果被表示的那个事物的观念是由一些事物的一些观念组成的,那么那个事物的表达式也是由这些事物的符号组成的。”<sup>⑦</sup>

莱布尼茨同时设想了使用这种普遍语言进行理性演算的场景,他说:“我们要造成这样一个结果,使所有的推理错误都只成为计算的错误,这样当争论发生的时候,两位哲学家和两位计算家一样,用不着辩论,只要手里拿起他们的铅笔,坐在计算器前,面对面地说,让我们来计算吧。”<sup>⑧</sup>

莱布尼茨本人从理性演算和普遍语言两个角度提出了建立现代数理逻辑的思想,但在逻辑史上并没有真正完成这项工作。他所做的尝试具有形式系统的初步特点,即相同符号可作不同解释。

在莱布尼茨之后,17 世纪末和 18 世纪一些数学家从三个方向对逻辑进行了推进。首先是意大利数学家萨克里提出把几何的严格标准应用于逻辑,其次就是欧拉、兰贝特等人用图解法来处理命题及其推理,逻辑演算的符号开始引入(这在亚里斯多德和中世纪的古典逻辑中是不具备的),第三是提出的“谓词量化”<sup>⑨</sup>。同时,19 世纪代数学的发展使得莱布尼茨的预见得到了证实:

<sup>②</sup> 同上书,第 144 页—第 145 页。

<sup>③</sup> 莱布尼茨:《莱布尼茨自然哲学著作选》,北京:中国社会科学出版社 1985 年版,第 5 页。

<sup>④</sup> 同上书,第 23 页。

<sup>⑤</sup> 同上书,第 1 页。

<sup>⑥</sup> 同上书,第 3 页。

<sup>⑦</sup> 亨利希·肖尔兹:《简明逻辑史》,北京:商务印书馆 1977 年版,第 52 页。

<sup>⑧</sup> 同上书,第 54 页。

<sup>⑨</sup> 张家龙,《数理逻辑发展史——从莱布尼茨到哥德尔》,第 37 页。

“并非所有的表达式都是关于量的,人们能够想出无穷的演算方式来”,<sup>②⑦</sup>莱布尼茨的这个看法比笛卡尔认为数学是研究量的关系的学科更加有利于数理逻辑的产生。

在弗雷格之前,思维形式化观念的发展一方面来源于古典逻辑的符号化,和之后的逻辑代数或布尔代数,另一方面就是对于包括认知、思维在内的人类心理活动研究的近代实验心理学。

布尔代数是一阶逻辑之前比较成熟的逻辑演算体系。在19世纪代数学发展的前提下,布尔认为逻辑关系与某些数学运算很相似,代数系统可以有不同解释,如果把其推广到逻辑领域,就可以构成一种思维演算,因此其主要著作的标题也表达了这个思想:《逻辑的数学分析》、《思维规律的研究》,在前者的开头中,布尔写道:

……我们可以正当地规定一个真演算的下述确定性质,即它是一种依赖于使用符号的方法,它的组合规律是已知的和一般的,它的结果就是承认一致性的解释。对分析的现有形式规定一种量的解释是那些形式由以被决定的情况造成的结果,而不是分析的普遍条件。就是在这种一般原理的基础上,我的目的是要建立逻辑演算,我要为它在众所公认的数学分析的形式中取得一个位置,而不去考虑它目前在目的和手段方面是否一定是无与伦比的。<sup>②⑧</sup>

布尔发明的逻辑代数是一种可以做各种解释的抽象演算,其后英国逻辑学家麦柯尔从另一个方向发展逻辑代数,使命题逻辑从布尔的类演算中独立出来,而德摩根建立了关系逻辑,把关系的概念和关系的概念加以符号化,突破了古典的主谓逻辑的局限性,为皮尔士建立关系演算奠定了基础。而皮尔士建立了关系演算和量词理论,使用了全称量词和存在量词,他在1883年发表的《关系词逻辑》是独立于弗雷格的,标志着弗雷格之前数理逻辑的发展已经成熟到谓词演算的程度。<sup>②⑨</sup>

在布尔及其之前的时代,心理学仍旧与哲学、生理学纠缠在一起,没有完全独立,同时又受到了当时物理学、化学等自然科学的影响,呈现出机械论的特点,这在霍布斯、洛克和哈特利的心理学传统中表现得尤为显著,墨菲指出:“哈特利几乎已经达到一个完全的心理原子论,即把心理生活还原为原子,这些原子在联合中便产生出一切可以观察到的事件。”<sup>②⑩</sup>联想主义心理学的传统在英国由于詹姆斯·穆勒·约翰·穆勒和贝因的发展而逐渐成熟,如约翰·穆勒提出了“心理化学说”,认为复杂观念由简单观念生成,并具有原来没有的特征。

德国一方面受到了联想主义的影响,另一方面由于康德的心理学三分法,从而促使了心理学作为一门经验科学的正式独立。在古代亚里斯多德分心理功能为认识功能和动求功能,后者包括感情、欲望、意志、动作等过程<sup>②⑪</sup>。而自古希腊早期以来哲学家们对于心理活动一般是偏重理智或认识功能的,尤其强调人类灵魂的理性功能,到了古代后期斯多亚派仍然继续了这个传统,但同时如伊壁鸠鲁学派等,则强调了情感和意志的作用。在漫长的中世纪中,奥古斯丁主张的是意志主义或者心学道路,直到托马斯·阿奎那,为了用理性来为信仰辩护,逐步转向了理智主义,到司各脱和奥卡姆则是要为意志和理性划分范围,前者追求信仰,后者寻求知识。

在18世纪的德国,康德则把心理活动分为认识、感情、意志三类活动,之后赫尔巴特受其影响,不仅最先提出将心理学从哲学、生理学中分开,而且认为心理活动都是观念,即都是理智的、认识的过程,从而把一切心理过程归结为认识过程,这种理智主义的心理学,与联想主义相互影响,

<sup>②⑦</sup> 亨利希·肖尔兹,《简明逻辑史》,第100页。

<sup>②⑧</sup> 威廉·涅尔、玛莎·涅尔,《逻辑学的发展》,北京:商务印书馆1985年版,第514页。

<sup>②⑨</sup> 张家龙,《数理逻辑发展史——从莱布尼茨到哥德尔》,第67页—第108页。

<sup>②⑩</sup> 加德纳·墨菲、约瑟夫·柯瓦奇,《近代心理学历史导引》,北京:商务印书馆2010年版,第52页。

<sup>②⑪</sup> 唐钺,《西方心理学史大纲》,北京:北京大学出版社2010年版,第26页。

为冯特正式建立实验心理学奠定了基础。<sup>④</sup>

冯特建立了近代第一个心理学实验室,他的体系和穆勒的“心理化学说”接近,以为心可以分析为各项元素,复杂的心理过程都是由这些元素结合而成,但是有与构成它的元素不同的新性质。心理元素结合成复杂过程有一定的规律,心理学的任务在于用实验的自我观察法分拆出这些心理元素,并寻求元素如何合成复杂心理过程的规律。<sup>⑤</sup> 冯特的心理学体系通过他的学生和助手传播到美国,与二战前后经验实证主义对美国的影响相结合,奠定了后来 AI 发展的思想土壤。

#### 四、结 论

虽然德国自莱布尼茨以来一直有强调心的主动性和统一性的传统,但在弗雷格所处的时代,沃尔夫已对莱布尼茨的思想进行了体系化,明确了逻辑作为通用的科学工具的地位。把心理学从哲学、逻辑、生理学中独立出来已经是不可抵挡的潮流,所谓的内容心理学或者说联想主义的影响在当时占据了主要地位。对弗雷格本人而言,其在逻辑学中驱逐心理学影响的努力也显而易见,他更多地将其作为纯数学来对待,并没有受到当时流行的冯特元素主义的影响,因此也不考虑他所建立的一阶逻辑可以作为反映和认识心理(认识活动)元素及其规律的工具,虽然就建立一门符号语言使精密化地思维或认知而言,他与莱布尼茨的目标有相同之处,但总的来看与莱布尼茨的理想还是很不相同的。因此,在弗雷格之前的漫长岁月中,思维形式化的观念虽然在心理学、认识论和形而上学的意义上已经有了丰富的发展,但是要在电子计算机发明之前的能量时代,达到后来西蒙和麦卡锡时代的强烈程度,仍然还有相当距离。只有当一阶逻辑、递归论等数理逻辑的主要分支发展起来,同时具备了建造通用电子计算机的物质条件,并在与认知心理学范式结合的过程中,受到计算机科学家具体实验成果的持续鼓励,思维的形式化和机械化观念才有可能成为一个普遍的假设。

### Formalization of Thought in Pre-Frege's Times

CHEN Zi-fu

(School of History and Culture of Science, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

**Abstract:** Formalization of thought is the key assumption of symbolism research programme in the field of artificial intelligence (AI). Although its definition and historical development need more deliberate investigations and reviews, the symbolism which encompasses physical symbolic system hypothesis (PSSH) and logicism has played a key role in the early history of AI, and it is still one of the mainstream programmes in this field. The first order logic built by Frege was the key milestone of formalization of thought before AI was coined. Therefore, exploration into the formalization of thought in pre-Frege's times based on ideas and practices not only contributes to the understanding of the sources and development of the key programme of AI, but also provides reviewing evaluation perspective for current various competitive research programmes and ideas about its development in the future.

**Key words:** formalization of thought; artificial intelligence; symbolism; physical symbolic system hypothesis; Frege

<sup>④</sup> 同上书,第 132 页—第 197 页。

<sup>⑤</sup> 同上书,第 192 页—第 197 页。