

二十世纪西方哲学译丛

科学结构的表征与不变性

REPRESENTATION AND INVARIANCE OF SCIENTIFIC STRUCTURES



[美] 帕特里克·苏佩斯 著

成素梅 译



上海译文出版社



二十世纪西方哲学译丛

科学结构的表征与不变性

REPRESENTATION AND INVARIANCE OF SCIENTIFIC STRUCTURES



上海译文出版社

图书在版编目(CIP)数据

科学结构的表征与不变性/(美)苏佩斯(Suppes, P.)著;
成素梅译. —上海:上海译文出版社, 2011. 4

(二十世纪西方哲学译丛)

书名原文: Representation and Invariance of
Scientific Structures

ISBN 978 - 7 - 5327 - 5269 - 0

I. ①科… II. ①苏… ②成… III. ①科学体系学—
研究 IV. ①G304

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 233107 号

本书由国家社科基金后期资助项目资助出版

Patrick Colonel Suppes

Representation and Invariance of Scientific Structures

CSLI Publications, Leland Stanford Junior University

2002 年第一版

© by CSLI Publications, Leland Stanford Junior University.

Translated and published by arrangement with CSLI Publications.

All rights reserved.

图字: 09 - 2009 - 564 号

科学结构的表征与不变性

[美] 帕特里克·苏佩斯 著

成素梅 译

上海世纪出版股份有限公司

译文出版社出版、发行

网址: www.yiwen.com.cn

200001 上海福建中路 193 号 www.ewen.cc

全国新华书店经销

上海商务联西印刷有限公司印刷

开本 890×1240 1/32 印张 26.25 插页 4 字数 519,000

2011 年 4 月第 1 版 2011 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5327 - 5269 - 0 / B · 324

定价: 68.00 元

译者前言*

迅猛发展了半个多世纪的科学哲学研究进路,经过科学哲学自身发展逻辑的内在演变,经过科学的人文社会学研究进路的外在冲击,目前正处于转型之中。转型中的科学哲学一方面揭示了标准科学哲学研究进路的局限性,另一方面正在以一种开放的兼收并蓄的态度探索新的研究进路。如果说,我们把 20 世纪科学哲学面临的矛盾大致概括为,绝对主义与相对主义的对立,科学主义与人文主义的对立,实在论与反实在论的对立,规范的科学哲学与描述的科学哲学的对立,等等,那么,到 21 世纪,如何真正超越这种非此即彼的二值逻辑的思维模式,便成为内在论者的科学哲学研究之重点,或者说,如何寻找一个新的视角来重新理解科学,成为当代科学哲学发展的重要方向之一。本书为思考这一问题提供了一个可供参考的视角。也许正因为如此,本书出版不到一年就荣获了 2003 年度的科学哲学拉卡托斯奖。

—

本书的作者帕特里克·苏佩斯(Patrick Suppes, 1922—)是美国逻辑学家、科学哲学家和心理学家,在逻辑学、科学哲学、

* 本前言曾作为书评发表于《哲学分析》杂志创刊号(即,2010 年第 1 期)。

测量理论、量子力学基础、决策理论、心理学和教育技术等领域做出了重大贡献。他最初毕业于芝加哥大学,学习气象学,后来在哥伦比亚大学师从内格尔(Ernest Nagel)学习哲学,并于1950年获得博士学位,1952年到斯坦福大学执教至今。1959年到1992年担任斯坦福大学社会科学数学研究所(IMSSS)所长职务,现在是斯坦福露西·斯特恩(Lucie Stern)哲学教授。1965年由于他在数学心理学方面的工作被推选为国家科学院院士,1972年到1973年担任美国哲学家协会主席,1972年获得美国心理学协会杰出科学贡献奖,1973年到1974年担任美国教育研究协会主席,1973年到1977年担任国家教育科学院院长,1975年到1979年担任科学史与科学哲学国际协会逻辑、方法论与科学哲学专业委员会主席,1976年和1978年担任国际科学史与科学哲学协会主席。1990年获得由布什总统颁发的权威性的国家科学家勋章,1994年成为计算机协会成员。现在年近90高龄的他仍然领导着一个研究小组通过语言的脑电图表征实验研究认知科学问题。这个小组的成员具有互补的知识结构(比如,物理学、生物学、生物医学等背景),来自美国、英国、法国、中国以及葡萄牙等国家。

本书长达808页,是作者的一本精心之作。正如他在前言中讲到的,“我着手写作本书时,我还是一位年轻人,对,作为年轻人,当然我至少还不到四十岁。本书完成于我退休十年后的八十岁。”^①从这一段话中也可以看出,作者对本书的构思开始于科学哲学的逻辑经验主义学派向历史主义学派的转型时期。这也决定了本书论证问题的出发点,必然是以批判逻辑经验主

^① Patrick Suppes, *Representation and Invariance of Scientific Structures*, California: CSLI Publications, 2002. p. xv.

义为前提。所不同的是,他对多元论与整体论观点的阐述,没有采取单纯的历史主义进路,而是以历史追溯为背景、以最新实验为手段的集合论进路。因此,本书对问题的论证方式,既不同于只以科学史的文本资料考证为基础的大多数科学哲学著作,也不同于单纯以跟踪描述科学实验活动为核心的科学知识社会学著作,而是立足于集合论进路,运用公理化方法,把哲学思考、文本考据和最新的认知神经科学实验有机地结合起来,跨学科、多视域地论证科学哲学命题。其论证范围涉及哲学、集合论、逻辑学、概率论、几何学、物理学、心理学、认知科学、神经科学、人工智能等领域,富含许多深邃的科学哲学见解,既是作者多年研究成果的汇集,也是一本思想性极强的科学哲学巨著。

本书贯穿始终的一个基本思想是,试图用集合论的进路讨论一般的科学哲学问题。作者认为,集合论进路的重要优势有二。其一,为研究过去或当前科学的任何成体系的表征和不不变性问题提供正确的方法,从而避免运用人工语言讨论科学哲学问题所带来的不足;其二,能够把在一般论述层面上运用传统方法很容易丢失的差异突出出来,试图在一种更具有可操作性的实验层面,讨论过去认为是形而上学的哲学观点。本书突出运用的基本研究方法是,以集合论进路为基础的公理化方法;以概念追溯为线索的历史分析方法,以及用脑电图表示词和句子的实验为根据的实验研究与数理统计方法。本书围绕对理论结构、主观概率与客观概率、还原论、模型的同构、物理学中的不变性、视觉空间的不变性、强弱可逆性、心理表征、机器学习、刺激-反应模型等概念的历史性阐述,重点回答了“为什么表征或不不变性在科学基础或科学哲学中是重要的?”这个敏感问题。一个重要的特点是,以举例说明的方式来论证抽象的问题。

就像一部好的影片能让不同兴趣的观众获得乐趣,一部好

的小说能让不同水平的读者产生共鸣一样,一本有学术价值的科学哲学著作也应能吸引不同领域的读者。这本书就具备了这样的特点。首先,数学哲学家可以从中体会到如何基于集合论进路和运用公理化方法来论证哲学问题,以及从关于概率论和公理化方法的历史发展、几何作图的视错觉效应(例如,著名的凸肚状的建筑设计)、几何学中的有穷论、几何的层次结构以及视觉空间是不是欧几里得空间等问题的讨论中获得启迪;其次,物理哲学家可以从中体会到如何根据几何的集合论进路并运用群论方法阐述时空问题和物理学中的不变性与协变性问题,隐变量的量子理论以及从关于对称性、不变性、还原论、因果性、随机性和可逆性等概念的例证讨论中得到启发;第三,心理学家可以从中看到如何通过理论联系实验的方式论述刺激-反应理论的发展及其与自动机理论之间的关系;第四,语言学家可以从中看到如何通过心理学中的联想或条件作用的简单机制来充分地说明复杂而微妙的语言(主要指计算机程序语言)现象,以及机器学习等问题;第五,也是最重要的一个方面是,科学哲学家能够从中看到如何基于对传统的科学理论观的评判,运用公理化方法,立足于对不变性与表征概念的阐述,论证一种多元论的理论观。

二

“科学理论是什么”的问题,是科学哲学的一个基本问题,也是本书讨论问题的出发点。在科学哲学的发展史上,逻辑经验主义提供的科学理论观被誉为“标准的理论观”。这种理论观通常把科学理论看成是由两部分构成的,一部分是抽象的逻辑计算,包括逻辑学的词汇和理论的原始符号在内。理论的逻辑结构是根据理论的原始符号、陈述理论的公理或公设来确定的。

对于许多理论而言,原始符号被认为是像“电子”或者“粒子”之类的理论术语,这些术语不可能以任何简单的方式与可观察的现象直接相关,需要有卡尔纳普(Rudolf Carnap)所说的对应规则。因此,理论的第二部分是为理论术语提供“操作定义”或“经验解释”,即,赋予逻辑计算以经验内容。这种科学理论的标准纲领是从近代物理学的研究方式中抽象出来的。^①从科学史与当代自然科学的研究方式来看,这种观点虽然不是完全错误的,但却过分简单,既遗漏了理论的某些重要特性,也遗漏了理论之间存在的内在差别,因而从一开始就受到了许多批评。

本书在绪论部分基于对这种传统理论观的批判,提出了把科学理论看成是一个模型集合的观点。这也是作者多年来一直提倡的基本进路。他认为,传统的理论观在逻辑的意义上,不可能为形式计算提供一种适当的语义学,或者说,一个复杂理论的句法结构通常很少提供关于理论本性的理解。相比之下,把理论看成是一个模型集合,并用理论模型的术语分析理论结构,除了容易避免传统理论观所遇到的难题之外,还能把较强的数学元素引入讨论中,使我们有可能在一阶逻辑的范围内阐述理论,即,通过定义集合论谓词的方法,使一个科学理论公理化。在公理化的基础上,以许多不变性事例为基础,讨论理论模型之间的同构问题和理论的还原问题,进而达到为一个科学理论证明一个表征定理的目的。这条进路的意图在于,通过理论模型之间存在的同构关系,证明理论的表征定理,通过理论表征定理的证明,在统计学意义上为科学实在论辩护。

对科学实在论观点的这种辩护方式比科学实在论的“无奇

^① 参见,成素梅,“逻辑经验主义的理论观及其影响”,《社会科学》2009年第1期。

迹”论证和“操作论证”更具有说服力。因为它既不是以科学的成功事例为背景进行单纯的归纳劝导,也不是以观察实验操作为基础进行人文社会学的描述,而是根据当代心理学与认知科学的最新进展,对认知神经科学实验结果进行统计学分析得出的结论。这就使得我们对科学的实在论辩护有可能超越观念层面的争论,具有了实证的意义,也为近代以来贝克莱与休谟等哲学家关于“一般思想是否存在”的哲学争论,提供了一种有说服力的解答。这是本书第八章(“语言的表征”)重点论述的内容。作者在这一章占用了很长的篇幅介绍了他领导的实验小组在20世纪90年代末的实验结果。他们的实验表明,在计算机屏幕上产生的熟悉形状的视觉图像,比如,一个圆或三角形,非常类似于由相应的口语名词产生的大脑图像,从而在统计学的意义上,为爱因斯坦所说的纯粹概念能够把握实在的哲学观点提供了可靠依据。

这种运用现代科学手段间接地论证传统哲学结论的研究方式,与正在兴起的科学实践哲学的转向相呼应。但侧重点完全不同。当代的科学实践哲学家虽然大多数人具有自然科学背景,但他们在通常情况下并不亲自从事科学实验研究,更没有自己的实验室,只是通过对科学史案例的重新剖析或通过在他人的科学实验室的参与性观察,对什么是科学实践、如何建构科学实践以及科学实践成功的条件等一系列问题给予新的哲学关注。他们试图基于分析的框架考虑理论,基于实践的基础考虑世界,或者说,他们试图为传统的科学哲学补充“实践”维度,为科学的人文社会学研究补充“世界”维度,从而达到对理论、实践与世界三者关系的更合理的理解。从这个意义上看,本书采取的集合论进路,已经起到了异曲同工之作用。

作者认为,回答科学理论是什么的问题,并不是给出这样的

答案，“X是一个科学理论，当且仅当，某某”。而重要的是承认，存在着由检验基本理论的实验方法所产生的理论的层次结构。理论的这种层次结构体现了理论的复杂程度。把科学理论看成是一个模型集合的优势之一就是能够根据理论的复杂程度对理论进行分层，不同层面的理论对真理概念具有不同的要求与理解。这是一种多元论的理论观。在传统的科学理论观中，关于真理概念的讨论非常单一，也没有可操作性。实际上，在科学实践活动中，理论的重要功能不只像传统理论观所阐述的那样，是组织陈述或断言陈述的真伪。从实用主义的角度来看，不同层次的理论具有不同的功能与作用，作者举例说明了复杂度不同的理论具有的三种作用：其一，把理论理解为一组推理原理；其二，把理论理解为组织证据的方法；其三，把理论理解为依赖于语境的一组模型。

例如，在熟悉的三段论的推理中，“所有的人都是会死的；苏格拉底是人；因此，苏格拉底是会死的”。按照工具论的观点，大前提“所有的人都是会死的”，被转化为一个推理原理。当把理论看成是推理原理，而不是大前提时，虽然我们不再直接关心确定理论的真伪，而是评价理论在推断新的事实陈述时的有用性，但这并不是最重要的。重要的是，如何为替代经典的真理概念提供一个适当的语义学。为此，作者进一步考察了从关注理论陈述转向关注行动的统计决策理论的情况。他认为，一旦关注问题的视角从陈述转向行动，就自然地用预期损失或风险概念取代了真理概念。问一个陈述是否正确，是适当的，但是，问一个陈述是否有风险，就没有意义。相比之下，问一种行动有多大风险，而不是问这种行动是否正确，是合理的。在这种情况下，理论成为组织证据和选择行动的方法。但这种观点同样没有提供一种新的理论观，也不能用来评价更复杂的科学理论。因为

这种工具论的理论观把理论与事实区分开来,只关注语义问题,而忽略了更重要的语用问题。

最后,作者站在心理学的行为主义的立场上,认为现代逻辑的语义分析,由于没有明确地考虑说话者、作者、听众和读者对语言刺激的产生与接受,因而不足以对语言的认知用法给出说明,更无法对“什么是科学理论”这个问题提供最终有意义的答案。一个适当而完备的回答,只能根据理论的产生者和使用者的明确而详细的考虑来提供。^① 如果从行为主义的立场上来看待理论,就有可能把模型和理论作为一级近似来谈论,从而把理论理解为一个模型集合。作者把他的这种理论观称为是一种更根本的工具性的理论观,但并没有停留于此。作者在第八章从行为主义的心理学分析转向把语言分析延伸到具有可操作性的脑电图表征的认知神经科学的分析。特别是通过对机器学习与心理学中的刺激-反应模型的比较讨论,在新的层面上回到了对关于真理问题的实证分析层面,从而有可能在一个更高的层面把科学哲学中的实用主义、工具主义、操作主义、实证主义和实在论等观点有机地统一起来。

三

本书对科学结构问题的探讨,是通过对表征与不变性概念的详细阐述进行的。表征概念在日常生活中是常见的。从理论上讲,对某物的表征是指一种映像、模型或对它的复制。表征的形式理论或数学理论的主要目标是深化我们对问题的理解。表征与还原概念相关。在哲学史上,把一类现象或一组想法还原

^① Patrick Suppes, *Representation and Invariance of Scientific Structures*, California: CSLI Publications, 2002. p. 9.

为另一类现象或另一组想法的哲学主张,是一个很古老的话题。伊壁鸠鲁就曾提出了把宇宙中的复杂物体还原为简单物体的主张,笛卡儿阐述了几何还原为代数的观点,物理学中典型的事例是把热力学还原为统计力学,隐变量的量子理论也是以还原论的思想为基础提出的,近代以来的许多哲学家甚至主张把心理学还原为生理学,把生理学还原为物理学,逻辑经验主义主张把理论陈述还原为观察陈述,而某些科学的人文社会学研究者则反过来,主张把物理学还原为社会科学,等等。在作者看来,所有这些还原的观点,事实上都只是某种推测。作者证明,在可计算的数学意义上,即使是非常简单的还原,也是难以实现的。这也是他自己最终没有在本书中为把一个理论还原为另一个理论的观点提供有力支持的原因所在。然而,尽管如此,作者并没有因此而彻底否定还原的可能与价值,而是采取了一种多元论的宽容态度,为还原的可能留有余地。

除了还原概念之外,与表征思想复杂地联系在一起的是表征的不变性思想,而不变性概念与对称性概念有着密切的关系,例如,一个正方形围中心旋转 90 度,形状不变,是因为正方形具有对称性,而一个三角形只有在旋转 180 度的条件下才是不变的。对称性思想又可以用数学中的群概念来描述。日常生活中有关对称性的事例是极其丰富的,比如,我们人体是对称的,许多古典建筑与美术设计图案是对称的,对称性也是许多物理学定律提出的一个基本前提,等等。作者用数学术语把这种对称性表述为:“一个几何图形在给定群的条件下是对称的,如果这个群的每个自同构都把这个图形映射到它自身的话。”^①这里的

^① Patrick Suppes, *Representation and Invariance of Scientific Structures*, California: CSLI Publications, 2002. p. 100.

映像概念蕴含了一种变换关系,在一种变换关系下的不变性,是证明一个理论存在表征定理的基本前提。不论是在测量理论中,还是在物理学中,不变性都是很重要的概念。本书第四章以丰富的事例说明了这一连串相关概念的相互依赖关系。

接下来的第五章到第八章着重讨论了表征在科学哲学中四个重要的思想领域的具体应用,它们是:概率的表征、时间与空间的表征、力学的表征以及语言的表征。在这几章里,作者对许多概念的阐述很独特,例如,第五章在讨论主观概率与客观概率问题时,详尽地论证了倾向性不是概率的观点和未知概率的问题;第六章从物理学转向心理学,最后,再转向几何,其中,关于视觉现象的讨论是很有新意的;第七章在讨论力学的表征问题时,以牛顿力学中的受限制的三体运动为例,证明了决定论的力学系统也会出现随机解,并举例说明了因果性过程的强可逆性与弱可逆性概念;第八章阐述了用联想或条件作用的简单机制说明复杂而微妙的语言现象的可能性,等等。

总之,科学理论的表征和不变性既是科学哲学中非常重要的问题,也是当代认知科学研究的核心问题。本书从跨学科的视域,运用逻辑、集合论和实验统计等方法,把科学哲学的研究视野与当前的自然科学的最近发展真正地联系起来,把多元论的视角与实用主义的视角联系起来,把理论表征与模型建构联系起来,系统地提供了一条科学哲学研究的集合论进路。本书对于从事科学哲学、心智哲学、认知科学、数学心理学和统计学基础理论以及心理学研究的学者与爱好者都有重要的参考价值,是一本思想性强和资料翔实丰富的跨学科视域的科学哲学著作。

中文版序言

很荣幸出版我的书的中文版。近几年来,我个人招生了好多很有能力的中国学生。我愿意认为,我的这本著作对于更广泛范围的这些学生来说是有益的。

原英文版的前四章一般地介绍了科学中的表征概念和不变性概念,我希望对中国学生来说这同样也是有用的。后四章是一般观点的应用,它们也可能会引起这样一些学生的兴趣:这些学生受过良好的科学教育,但不太熟悉关于特别是物理学和心理学领域的主要问题的基本讨论。

本书的一个重要特征是强调各种特殊科学理论的经验细节和理论细节。我的希望是,中国读者将不只是在研究一般性问题时,而且还在研究科学方法论的特殊细节(比如,测量理论)或基本论题(比如,量子力学中的隐变量的存在和纠缠的本性)时,分享这种兴趣。我试图以非专家的普通读者容易理解的方式来写这些问题。我也试图以各种方式把历史背景带入许多基本科学概念的讨论中。

最重要的是,我要感谢我的译者成素梅教授,为了提供准确的和容易理解的中文版,她付出了长期努力。

帕特里克·苏佩斯

2010年11月

美国斯坦福

前 言

本书写了很长时间。我最早的预备版本可追溯到 1962 年临时装订成册的标题为《科学中的集合论结构》(*Set-theoretical Structures in Science*)一书,但我知道,更早的草稿源于 20 世纪 50 年代我在斯坦福大学给本科生开设的科学哲学课。课程讲义在概念上沿着我于 1957 年首次出版的《逻辑导论》(*Introduction to Logic*)的最后一章关于“公理化方法的集合论基础”的思路很快展开。 xiii

我还记得,在那些早期岁月里,在几种场合下都有人问我,使集合论结构在科学哲学中起核心作用的一般观点是什么呢?最初,我强调地回答说,在欧几里得的《几何原本》(*Elements*)出版很久以前,公理化方法的许多一般的智力优势就很明显。但我逐渐明白,还有一种更具有哲学意味的更好的回答。那就是,这样的结构为研究过去或当前科学的任何成体系的部分中的表征(representation)和不变性(invariance)问题提供了合适的背景。当然,这种回答带来了另外一个问题:表征或不变性为什么在科学基础或科学哲学中是重要的呢?从某种意义上说,这正是整个这本书要回答的问题。但一些标准的事例可能是有帮助的,即使很不详细。

19 世纪伟大的智力胜利之一是,只根据粒子运动的表征对

像温度和压力之类的熟悉概念作出力学说明。带有更多困扰的一个同样伟大的胜利是,在 20 世纪初实现了必须用爱因斯坦的狭义相对论的时空及其新的不变性来取代经典物理学中标准的即使通常只是被默认的空间与时间相分离的不变性。

但这些事例不只来源于物理学。柏拉图和亚里士多德的著作中有对知觉中的表征本性的精致分析,而且,这种分析在当代心理学和哲学的争论中仍然很盛行。

因此,我不会为我在修订本书的题目时反映出对表征和不变性的强调而感到歉意。在不同类型的基础研究中,古往今来的核心论题,都很容易归入这个标题之下。当然,这无疑不是科学哲学的全部,而只是一个主要部分。

xiv 前四章一般地介绍了表征和不变性概念。后四章提供了在科学哲学中重要的四个思想领域的应用,而说重要,是因为这些领域具有更普遍的科学意义。它们是概率的本性、空间与时间概念、在经典力学和量子力学中的物理表征和心理表征,最后,从几个不同的视角考察了语言的表征。我在本书的最后总结出不同章节中讨论和陈述的表征和不变性定理的一个总汇表。许多定理没有证明,只描写了数学与科学文献中的著名结果。通常(但不总是)证明了的那些定理代表了我自己工作的某些方面,而且,从数学的立场来看,大多数给出的证明是初步的。因为任何一位执著的读者显然主要关注的是概念分析与分类,而不是形式证明。

尽管我一直致力于科学哲学中的形式方法,但是,还存在着我认为几乎是可靠的另外两条进路,所以,这两条进路也一直很有影响。一是关注经验细节。我从不同方面考虑的许多实验,

特别是心理学实验,反映了这一点。此外,本书的内容还不足以反映我自己在心理学的许多领域内曾经做过的(几乎总是与同事联合做的)大量实验。我最初打算把关于数据的集合论表征的很长的最后一章写成对所指导的实验的复杂活动进行必要的但仍然是希望的一种抽象。最近十年左右,随着计算机能力的迅速增加,许多科学领域的数据分析技术得到了极大提高。我希望在这个方向延伸当前的工作,或许,新增加互联网一章是有益的,在今后的十年左右,互联网必定会成为大多数精细的科学出版物的媒介。最后一章的倒数第二节,即 8.6 节,举例说明了我的所思所想。

我感兴趣的另一条进路是,关注许多不同科学思想的历史背景和发展。在哲学中,关注概念和理论的历史发展,有着丰富而迷人的传统。我几乎总是发现,对概率(probability)、物理不变性(physical invariance)、视觉空间(visual space)、心理表征(mental representation)或几乎重要的任何其他科学概念的一种新思想的背景作出分析,即使通常是相当概述性的分析,也是很有启发的和有帮助的。我希望,有些读者对我的许多历史之旅会有同感,这种历史之旅没有对单个概念的演变作出充分详尽的说明。

像这种历时多年才写成的一本书,必然要受惠于更多人对无数论题的修正、远见和建议,这些人多于我可能要明确感谢的人。到目前为止,多数人已经离世,还有许多人已经忘记了他们如何做出了这里所说的贡献。我感谢他们每个人。我一定要提到这样一些人,他们还为我提出了相关评论,或者,他们曾一直与我合作完成了在本书的一个或多个观点中曾致谢和用过的