

# 科学审美创造的简单性法则

陈大柔

(浙江大学 公共管理系, 浙江 杭州 310027)

[摘要] 简单性首先反映了自然界客观存在的一个基本的内在特性, 作为对客观存在的形态及其运动图像所具有的广泛的简单性的反映, 科学审美创造主体便相应形成了以简单性法则去认识和把握客观事物及其运动规律的简单性科学思维方法和能力, 如简单性科学分析与综合、简单性科学审美直觉等。在上述主客观简单性基础上, 产生了科学理论建构的简单性法则, 主要有逻辑简单性法则和数学简单性法则, 它们在科学审美创造的求真构造中发挥着非凡的作用: 以最经济的途径逼近真理, 以最简单的形式描述真理。

[关键词] 科学; 审美创造; 简单性; 法则

[中图分类号] B83-02 [文献标识码] A [文章编号] 1008-942X(2000)04-0130-08

## The Principle of Simplicity in Scientific Aesthetic Creation

CHEN Da-rou

(Department of Public Administration, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

**Abstract:** Simplicity is a fundamental and intrinsic principle of the physical existence of the world which the aesthetic subject employs to measure its thinking processes including analysis, synthesis and intuition. It is this simplicity that produces the principle of simplicity in scientific theories, either logical or mathematical simplicities. This scientific aesthetic simplicity approaches truth in the most economic way and describes it in the simplest forms.

**Key words:** science; aesthetic creation; simplicity; principles

科学审美创造的过程, 就是科学创造主体把自然界的客观规律即科学内容美发现并描述出来的过程。正如马克思所说, 人们是按照美的规律来进行创造的。科学创造同人类所有创造一样, 也是遵循美的规律的, 其审美创造的规律之一, 就是简单性法则。

简单性是人们在长期的认识和创造实践活动中所产生的一种古老的观念, 两千多年来一直在哲学和科学美学思想中扮演着重要的角色。简单性同时也是一个在科学哲学中争论不休、众说纷纭乃至含义模糊的概念, 连爱因斯坦亦曾坦言永远不会说自己真正懂得了自然规律的简单性所包含的意思<sup>[1]</sup>。其实, 在人类思维发展史上, 严格的科学思想总是在认识主客体的交互作用中产生、发展和深化的。简单性作为科学审美创造法则经历了三个发展阶段: 第一阶段把“简单性”人为地置于自然现象之中, 可以说是关于客观世界本身的本体论意义上的简单性。第二阶段将“简单性”人为地应用于人类认识和科学思维本身, 可以说是主观认识简单性。在这一思维“经济”时期, 其前代表是“奥卡姆剃刀”的方法论原则, 后期代表是马赫的“思维经济原则”。简单性法则发展到第三阶段, 就出现了爱因斯坦所谓的“逻辑简单性”。

科学审美创造的简单性法则具有极为丰富的内涵。如果我们把科学美学思想史上关于简单性的认识分析和归纳一下的话, 便可总结出它实际上包含三个层面的意义: 其一是从科学研究对象即自然现象本身方面而言的客观存在简单性, 它是科学审美创造简单性法则的客观基础; 其二是从科

学创造主体的认识方面而言的科学思维简单性,它是科学审美创造简单性法则的主观基础;其三是从科学创造主体对客体认识的科学概括和表述方面而言的理论建构简单性,它是简单性法则在科学审美创造中的具体体现。对上述简单性三个层面理解的有机统一,就构成了作为科学审美创造重要规律之一的简单性法则的科学美学概念。

## 一、简单性客观基础

科学研究对象的简单性反映了自然界客观存在的一个基本的内在特性。本体论的客观存在简单性思想在古希腊时期就有了明确的表示,原子论即是这一阶段的重要标志。从简单性观念出发,毕达哥拉斯认为数是万物的本源,而泰勒斯则认为水是万物的本源。中国在古代也已产生了简单性科学哲学思想,认为世界万物都是由一种最简单的“本源”组成并发展起来的。如《周易》就把“太极”看作是最初、最简单的世界组成的本源,庄子则把“道”看作是组成世界万物的本源。古人在寻求自然界物质运动现象的概括时,都相信他们采取的是最简单的方式。这种古代朴素的自然观建立在直观地、笼统地把握对象总画面的一般性质上,尚不足以说明构成总画面的各个细节,也说不出其所以然来,但“简单性”这一信念却给人以一种朦胧的美感上的满足。

客观存在简单性在后来的发展中沿着唯心主义解释和唯物主义解释两个方向进行。唯心主义的解释认为,世界的美是按最简单的美学原则构造出来的,所谓“上帝不作没有用的事”。在柏拉图主义与基督教神学的影响下,欧洲中世纪的学者更相信上帝是按简单性法则来安排万物之运动的。譬如他们坚信行星是以最简单的圆曲线行进的,光的入射与反射是按1:1的简单方式进行的。显然,这样的“简单性”并非是自然界本有的,而且带有主观唯心主义的色彩。另一种唯物主义的解释认为,世界万物是按照最优化系统的进化路线发展起来的,宇宙的进化方向与环境之间最佳的匹配,就构成了一种简单性的美。尤其是在经典物理学诞生之后,人们借助于观察和实验,更加相信一切物体都是由最简单的粒子(原子或基本粒子)复合组成,而物体及其粒子的运动都沿着最简单的路径。如光沿着直线传播,行星和抛物体沿着几种曲线(圆、椭圆、抛物线、双曲线)运动;所有生物,不管是动植物还是微生物,都是由细胞构成。在这些科学发现的基础上,客观存在简单性这一科学美学思想在经典科学时期便成为许多自然科学家的基本信念。牛顿作为这一时期的杰出代表,在其名著《自然哲学的数学原理》中明确说道:“自然界不作无用之事,只要少做一点就成了,多做了却是无用,因为自然界喜欢简单化,而不爱用什么多余的原因以夸耀自己<sup>[2]</sup>”。在科学研究上,牛顿努力从所有可能的合理中去寻找宇宙万物运动最简单的原因,他坚信自然界习惯于简单化,各类自然现象之间有它的内在相似性,大自然总是要保持自身的和谐一致。

现代一些科学大家仍然把相信自然界中有一种最终的简单性当作自己的最高信念,他们不仅在理智上坚持客观存在简单性,而且对大自然的内在简单性充满着一种不可遏制的激情。1926年春天,海森堡在同爱因斯坦的一次长谈中涉及到了简单性、美和真理的美学标准诸问题。爱因斯坦问海森堡:为什么在这么多关键问题还完全没有解决时,能够对自己的理论具有那么大的信心?海森堡答道:“正像你一样,我相信自然规律的简单性具有一种客观的特征,它并非只是思维经济的结果。”……我坦白承认,我被自然界向我们显示的数学体系的简单性和美强烈地吸引住了。你一定也有这样的感觉:自然界突然在我们面前展开这些关系的几乎令人震惊的简单性和完整性……<sup>[3]</sup>

许多与爱因斯坦共同工作过的物理学家在谈到简单性问题时,都会满怀尊敬提及爱因斯坦对客观存在简单性的深刻理解与深厚信仰。爱因斯坦对宇宙自然简单性的那种感人至深的真挚感

情,曾影响了整整一代的物理学家。他们在客观存在简单性信念的支持下,试探着通过这一桥梁去揭示自然美的真正奥秘。于是,简单性不仅成了科学创造主体对自然本质的一种反映形式,而且成了自然美在科学中的形式美表现,客观存在简单性也就因而成了科学审美创造的简单性法则的客观基础。

## 二、简单性科学思维

作为对科学研究对象的客观存在简单性的反映,科学创造主体在主观上便相应形成了简单性科学思维方式。在科学思维方面,人们对“简单性”的意义有着不同的理解:一种理解认为科学创造主体对自然界美与真的认识是按照最简单的原则进行的。一些科学家甚至认为宇宙的真与美是人的主观思维(设想)的产物,是科学家预先约定了一些简单的符号体系,然后再强加给自然界的。另一种理解则是在承认客观存在的简单性基础上,在尊重客观事实和客观规律的基础上,使自己的主观思维按“简单性”原则去认识和把握自然界的真与美。譬如在经典科学时期,科学理论的简单实际上被看成是客观存在简单性的反映,认为两者之间存在对应关系。

笔者认为,科学审美创造简单性法则来源于自然界客观存在的形态及其运动图像所具有的广泛的简单性,科学创造主体将其运用到科学的理论研究中来,便在主观思维上形成了以“简单性”法则去认识和把握客观事物及其运动规律的简单性科学思维方法和能力。简单性科学思维主要包括科学思维经济原则、分析与综合简单性思维和科学审美直觉简单性思维三个方面。

我们先来看科学思维经济原则。科学思维的经济原则可以追溯到亚里士多德。亚里士多德特别强调公理化方法,他认为一个完美的科学理论可以通过严格的演绎证明得出,而作为演绎起点的公理或公设则越少越好。亚里士多德还把这一简单性思想应用到生物结构的科学审美活动中去,提出了自然界的经济原则。他认为自然界是十分注意经济和节约的,从不做无益的和浪费的事。比如动物不会同时生有利齿与角,是因为只要有一种保护自己的武器就可以了,多了就不符合经济的原则。亚里士多德的这一自然经济原则,实际上是客观存在简单性思想的表现,但对后辈的科学审美创造实践影响甚大。

中世纪英国哲学家和神学家、唯物论者威廉·奥卡姆反对将简单性思想人为地、自发地置于自然界中的倾向,他认为简单性原则只应用于人对自然界的认识上,主张把简单性的重点从自然过程转移到所提出的关于自然过程的理论上,并且提出了要利用简单性作为形成概念和建立理论的科学审美标准。这就完成了从客观存在简单性思想向主观思维简单性思想的过渡。具体而言,奥卡姆提出了对亚里士多德的自然经济原则不同的理解,他认为在知识领域中,若无必要,不应增添前提假设的数目,同时要淘汰多余的概念。经院哲学的烦琐论证都是无用的赘物,在认识过程中没有必要存在,主张用“经济原则”把它们统统剃掉,并建议在说明某类现象的两个理论中,应当选择更简单的。这就是被称为“奥卡姆剃刀”的科学审美原则。欧几里德几何学就是符合“奥卡姆剃刀”科学审美标准的科学艺术品。

德国著名科学家和哲学家莱布尼兹,在继承亚里士多德关于自然的经济原则思想的同时,又发展了“奥卡姆剃刀”的简单性原则,提出了“最大和最小原则”这一支配自然界的经济原则。他认为,我们的世界是美好的,是根据最大和最小的原理构成的,自然界从来不用麻烦和困难的方法去做那些可以简易地完成的事情,而是要以所谓最小的费用获得最大的效果。整个太阳系的运动是这样,生物之所以具有多种多样的形式也是这样。在莱布尼兹这一从自然经济原则向科学思维经济原则过渡的理论影响下,费尔玛于1662年发表了光在反射和折射中的最小光程差原理,莱布尼兹自己

于1668年提出光沿着阻力最小的路径前进的原理；莫泊丢于1744年发表了最小作用量原理等。在这个存在着最大多样性的宇宙中，各种事物均以最小的途径运动，正是简单性这一科学审美创造法则揭示出来的自然界的奇迹。

马赫是从研究者智力活动方面的特点来理解思维经济这一特性的。他所提出的“思维经济原则”，对简单性这一科学思维的经济性特点表现得最为充分。马赫认为，思维经济原则是普遍适用的原则，存在于一切科学活动领域。他指出，一切科学都是通过事实在思维中的模写和表现来代替或节省经验的，这样的模写较之与经验事实直接接触更为简易，而且在一定条件下可以代表经验。马赫甚至认为，作为传授科学的工具，语言本身就是一种经济的手段，而且教育、数学、力学、物理学以至原因与结果这样的范畴，也都是如此具有经济的功能。在他看来，由于人的生命短暂和记忆力有限，任何一项名符其实的知识，如果没有最大限度的思维经济都是不能得到的。因而，可以把科学看成是一个由最小值寻求最大值的问题，其意是花费尽可能经济的主观思维，对客观事实作出尽可能完善的陈述。

马赫的这种思维经济原则，可以作唯心主义和唯物主义两种不同的解释。列宁在《唯物主义和经验批判主义》中批驳了马赫主义的唯心本质，但在谈到“思维经济原则”时，列宁也慎重地指出，当思维正确地反映客观真理时，它就是“经济的”。从认识的角度来说，主观思维能动性决定了人类在认识的道路上有可能找到一条少有迷误且较为经济的认识途径；从科学审美创造方法论的角度来说，只要遵循科学的探索与研究方法，人类在探索未知领域、认识真理的道路上就可以少走弯路，获得尽可能多的思维成果。这也正是我们探讨科学审美创造简单性法则的意义所在。

我们再来看分析与综合简单性科学思维。科学创造主体在主观思维方面的分析与综合简单性实则，是一种科学审美创造的经济思维能力，它让科学家把研究对象的要素从纷繁复杂的客观世界中分解出来，并概括出一种简洁的规律和理论。如若最终抽象出的理论最简单，则其理论最真最美。比如，从人类自古希腊时发现摩擦琥珀可以吸引轻小物体时算起，二千多年来积累了许多有关电、磁、光的知识。但这些知识由于杂乱无章而不能让人产生美的享受。直到麦克斯韦方程组问世后，建立起了统一而完美的经典电磁学理论，才给人们带来了科学的美感。据说法拉第在看到麦克斯韦这组方程式时，为公式如此简单明了地表达了电与磁的关系而感到惊讶。再如，开普勒的行星运动第三定律的数学公式： $T^2 = D^3$ ，当我们知道开普勒是从前人和同时代的大量而又十分凌乱的观察资料中找到奇妙的“2”与“3”时，我们就会更加赞叹这一公式的简洁与优美了。这实际上是主观思维的分析与综合简单性所产生的悦人的美感。海森堡在谈到这种科学美感时曾指出：“一大堆杂乱无章的细节由于出现了一种联系而几乎马上变得井然有序了。这个联系基本上是非常直觉的，但就它的本质来说，仍然是极其简单的。凭借它的完备性和抽象性，它立即就会使人感到信服——那就是说，使得所有一切能够懂得并说出这样一种抽象语言的人都心悦诚服。”

物理学史上曾有两个分析——综合简单性产生的科学典范：一个是牛顿力学，一个是爱因斯坦狭义相对论。在经典物理学中，人们普遍推崇包括力学运动三定律和万有引力定律在内的牛顿力学是简单的典范。从形式上看，牛顿力学并不比开普勒的行星运动三定律和伽利略的自由落体定律、惯性定律显得复杂，却概括了天体和地面的力学运动，概括了开普勒和伽利略定律，以简单性科学思维完成了“科学史上第一次大综合”，牛顿理论也就显得比伽利略和开普勒的理论更简单、更深远、更美。20世纪初，爱因斯坦则在更高的层次上建立了狭义相对论，把牛顿力学作为一种宏观低速状态下的特例而包含其中，将物理学引向一个新的简单性科学美的高度。

当然，我们所谓的分析与综合简单性的经济思维，与马赫的思维经济原则的唯心主义解释是不一样的。我们所谓的分析与综合简单性思维，不是把主观简单性加到客观事物身上，而是对客观规律简单性的主观简单性的综合和抽象。爱因斯坦亦曾说过：“马赫的思维经济概念可能包含部分真

理,但是我觉得它的确有点太浅薄。”他的简单性这一观念在我看来也太主观。实际上,自然规律的简单性也是一种客观事实,而且正确的概念体系(scheme)必须使这种简单性的主观方面和客观方面保持平衡。<sup>[3]</sup>爱因斯坦认为,思维经济不是人的主观意识的随意创造,而是自然界最经济结构的抽象,思维经济实际上是主观和客观两方面平衡的结果。

在客观存在简单性和主观思维简单性基础上,各类科学都以分析和综合的简单经济形式安排和发展相应的理论框架。譬如从最简单的氢元素开始讲化学物质结构,从最基本的细胞分析整个有机体,从牛顿三大定律推演整个经典力学等等。这些理论体系因其简单经济而具有较高的科学审美价值。

在简单性科学思维中还有一种特殊的思维,这就是简单性科学直觉思维。科学直觉是科学创造主体进行审美创造的特殊思维形式。许多大科学家都具备科学直觉这一宝贵的科学创造特质,而其中就包含了对自然界客观存在简单性的惊人的科学审美直觉能力,或者叫科学审美直觉简单性思维力。

爱因斯坦曾被许多科学家称为科学研究的艺术家,他所具有的超人的科学审美直觉简单性思维能力则更令人赞叹不已。德布罗意就赞美道:“他能够一眼看穿那疑难重重、错综复杂的迷宫,领悟到新的、简单的想法,使得他能够吐露出那些问题的真实意义,并且给那些黑暗笼罩的领域突然带来了清澈和光明。”<sup>[4]</sup>在创立相对论这一光辉理论的过程中,爱因斯坦的科学审美直觉简单性思维曾起过十分重要的作用。狭义相对论的基础就只有光速不变原理和相对性原理两个假设,它们并非逻辑推理的结果,而是爱因斯坦通过科学审美直觉简单性能力“领悟”出来的。因为公理或假设的数目究竟少到什么程度才具有简单性并能满足体系的要求,并不存在先定的标准和推演的条件,而只能凭藉科学家的经验和直觉能力。

爱因斯坦自己也曾宣称:“我信任直觉。他认为科学审美直觉简单性思维能力是‘把真正带有根本性的最重要的东西同其余那些多少是可有可无的广博知识可靠地区分开来’的能力,是从‘庞杂的经验事实中间抓住某些可用精密公式来表示的普遍特征,由此探求自然界的普遍原理’的‘自由创造力’<sup>[3]</sup>。在笔者看来,科学审美直觉简单性思维是一种特殊的科学思维方式,包括直觉的判断、想像、选择、预测和启发,是无意识、非完全逻辑性或超逻辑的、借助于模式化“智力图像”(具有某种程度抽象的、模式化了的“形象”)的思维,是感性和理性、形象和概念、具体和抽象的辩证统一认识过程的渐进性的中断和瞬时飞跃,是科学创造主体在对研究对象整体审美过程中,直接地洞察到自然界客观存在简单性本质及其规律性东西的中介。具有这种特殊科学思维能力的科学家,能以最直接、最经济、最简单的途径逼近真理。如法拉第、德布罗意、玻尔、海森堡、华生和克里克等一大批一流的科学家,正是通过科学审美直觉简单性方法提出了电磁感应定律、物质波理论、原子结构理论、矩阵力学和DNA双螺旋结构等伟大的科学艺术品。

### 三、简单性理论建构

科学审美创造的最大使命就是发现自然界的客观存在简单性规律,并以最简单的方式将其表述出来。毕达哥拉斯学派就曾笃信自然界有着“简单、和谐”的完善形式,并试图用科学的简单性审美观念来发现和论证自然规律。直至爱因斯坦,仍把简单性法则运用于科学审美创造之中,运用于科学理论的求真构造之中。罗森在回忆爱因斯坦时说:“爱因斯坦一生都相信人类的理性能够获得正确描述各种物理现象的理论。在构造一种理论时,他采取的方法与艺术家所用的方法具有某种共同性。他的目的在于求得简单性和美(而对他来说,美在本质上终究是简单性)。”<sup>[4]</sup>如果说科学

思维简单性和客观存在简单性奠定了主客观基础的话,那么,科学理论的概括和描述简单性则是在这一基础上形成的简单性法则在科学审美创造过程中的具体体现,它被科学创造主体广泛应用于科学理论的建构之中,这主要有逻辑简单性和数学简单性两种。

我们先来看科学理论建构的逻辑简单性法则。爱因斯坦指出:“科学的目的,一方面是尽可能完备地理解全部感觉经验之间的关系,另一方面是通过最少数的原始概念和原始关系的使用来达到这个目的<sup>①</sup>(在世界图像中尽可能地寻求逻辑的统一,即逻辑元素最少)。”<sup>[3]</sup>在批判马赫主义思维经济基础上,爱因斯坦从哲学认识论和科学方法论的角度,提出了作为其科学方法论核心理论建构的“逻辑简单性”概念:即是指科学“体系所包含的彼此独立的假设或公理最少”<sup>[3]</sup>。

爱因斯坦把科学看成是这样一种企图,它要把我们芜杂无序的感觉经验同一种逻辑上贯彻一致的思想体系对应起来。在这种体系中,单个经验同理论结构的相互关系,必须使所得到的对应是惟一而令人信服的。所以,形式概念的科学方法之不同于我们日常生活中所用的方法,不是在根本上,而只是在于概念和结论有较为严格的定义,在于实验材料的选择比较谨慎和有系统,同时也在于逻辑上较为经济。所谓逻辑上较为经济指的是这样一种努力,它要把一切概念和一切相互关系,都归结为尽可能少的一些逻辑上独立的基本概念或公理。

总之,逻辑简单性之应用于科学理论建构的核心。就在于基础的逻辑结构上的简单性。一个科学理论体系只要其逻辑结构上是简单的(即逻辑元素最少),那么,不管其形式体系如何庞大,推论如何众多,仍不失为一个具有逻辑简单性美的科学理论。广义相对论尽管有令人望而生畏的数学形式,但由于它的基础假设只有相对性原理和光速恒定原理两条,它便是一个符合逻辑简单性美的物理学理论。济布也认为,科学的基本概念应当是“那些非常简单而有效的概念”<sup>[5]</sup>。他的热力学体系虽然庞大,但基础仅由热力学第一和第二两条原理构成,因而同样符合科学审美创造的逻辑简单性法则。当然,我们在对一种理论的逻辑简单性进行审美评鉴时,不能光看独立的基础逻辑元素的绝对值的多少,还要考察其理论体系的复杂程度。比如有各自独立的逻辑元素个数相同的甲、乙两种理论,如若甲理论比乙理论复杂深广,则认为甲理论比乙理论更具逻辑简单性。另外,我们还应把独立逻辑元素的多少与该理论所能描述的经验范围有多广联系起来评价一种理论的逻辑简单性。在独立逻辑元素数目相同的情况下,那种描述经验范围广的理论,较之描述经验范围窄的理论就更具逻辑简单性了。

科学审美创造实践还表明,逻辑上简单的理论不一定是正确的,但一个正确的理论却往往是逻辑上简单的。爱因斯坦也曾说过:“逻辑上简单的东西,也就是说,它在基础上具有统一性。”<sup>[3]</sup>这样,当一个新的理论尚未获得事实和实验支持时,其理论建构上是否具有逻辑简单性就往往成为科学家是否支持和坚信这种理论的主要理由。因为科学家们相信:当世界图景中的逻辑元素最少、最简单时,这个世界就可以达到最大的逻辑统一;世界图景的统一性映射在人的认识活动中,其逻辑上的统一性与逻辑元素的简单性完全是一致的;一个真实的理论最终总会呈现出逻辑简单性。随着科学理论的进一步抽象概括和深入发展,理论与经验之间的关系会日益疏远,而科学审美创造的逻辑简单性法则在科学理论建构中的作用将会愈来愈重要。例如,广义相对论所提供的四维弯曲时空图像,大大超出了人们日常的感性经验,其正确性不易得到经验的确证,至今还只有三个实验事实可以对其正确性作出判定。但广义相对论由于具有逻辑简单性及数学表述的完备性等卓越的形式美,而为科学界所广泛接受和推崇。

爱因斯坦曾把逻辑简单性看成是“一切理论的崇高目标”<sup>[3]</sup>。逻辑上的简单性、统一性、唯一

<sup>①</sup> 这里的“原始概念和原始关系”是指“基本概念和基本关系”。按照爱因斯坦的理解,“原始”是直接同感觉经验相对应的,“基本”是逻辑推理的“基础”,两者的意义有严格区别。

性和完备性,被爱因斯坦视作科学理论中的重要审美标准。爱因斯坦晚年只要谈及相对论这一闪烁着人类理性抽象逻辑演绎之美的光辉理论时,就会流露出一种会心的微笑和激动。他晚年时常提及逻辑简单性。他认为,如果我们能在某一科学领域找到最少数的独立逻辑元素(基本概念和基本关系),并从它们出发去逻辑推导出这一科学领域中其他各种概念和关系,则这些独立逻辑元素对这门学科而言,就是自然科学家所努力寻找的统一基础,也是科学家所追求的科学美的境界。可以说,科学理论体系中所含的独立逻辑元素愈是简单,则这个理论体系就愈美。

纵观科学史,科学理论的建构总是循着逻辑简单性方向发展和前进的。尽管科学理论从形式上看变得愈来愈庞大,但它总是沿着螺旋式不断向更高、更广、更深层次递进的,无论从总体上还是各个层次上看,其基础逻辑是朝着不断简单性的方向发展的。而科学家在科学审美创造的理论建构中不断追求逻辑简单性的同时,还促进了科学理论不断向更深刻化和更体系化方向迈进。天文学中,从托勒密到哥白尼再到开普勒的进展,物理学中,从光谱、辐射、物质结构理论到量子力学的进展,以及从开普勒、伽利略到牛顿力学再到相对论的进展,无一不是从理论体系上向着逻辑简单性方向进化的。

我们再来探讨一下科学理论建构的数学简单性法则。该法则可以由马赫的思维经济原则引伸而来。马赫认为,对经验的描述必须运用经济的原则,并把它作为科学统一的目标。他认为,达到最大限度时的抽象思维率最高,也最经济。理论思维抽象程度最高的当属数学,因此数学就是最经济的思维。科学的任务就在于用数学函数来描述或描写经验事实之间的依存关系。结合马赫的这一经济思维原则,彭加勒在探求数学美的过程中,把简单性改造成了形式美法则,并把数学简单性这一形式美看作是科学家们探索自然的原动力。于是,数学简单性形式美法则就成了达到建构科学理论目的的最经济、最简单的手段和途径。

随着各门自然科学抽象化程度的增大,其数学化进程也在加快步伐。数学越来越成为描述经验、表达理论和建构科学体系的语言和工具。科学家们在长期的科学审美创造实践中发现,反映客观世界的科学理论常常可以用简单的数学概念或数学关系式表示出来,客观规律常常具有一种简单性的数学形式美。 $E = mc^2$ 这是爱因斯坦提出的关于物体的质量与能量之间满足质能关系的数学公式,我们不难感受到它的简单性的数学形式美。爱因斯坦在创立光辉的相对论过程中,同样成功地运用过数学简单性形式美法则。爱因斯坦自己这样讲述道:“在纯引力场中的质点运动定律用短程线方程来表示。实际上,短程线是数学上最简单的曲线……”场方程的建立,在数学上归结为可以服从引力势 $g_{\mu\nu}$ 的最简单的广义协变微分方程的问题。这些方程是这样确定的,它们应当包含关于 $x_\nu$ 的不高于二阶的 $g_{\mu\nu}$ 的导数,并且这些导数只是线性地进入方程。考虑到这个条件,我们所考查的方程自然就成了牛顿引力理论的泊松方程向广义相对论的转换。”如果我假定这连续区里有一种黎曼度规,并且去探求这种度规能满足那些最简单的定律,那末,我就得到了虚空间里的相对论性的引力论。<sup>[3]</sup>类似的例子不胜枚举。在很多场合下,人们为了寻找到科学理论,只须找到简单的数学概念和数学关系就能达到目的,或者说,寻求科学理论建构的方法问题,常常可以还原为数学简单性这一形式美法则问题。

在科学理论建构中,数学简单性与逻辑简单性一样,同是科学审美创造简单性法则的具体体现。事实上,数学与逻辑有着密切的联系,逻辑的演绎和归纳正是从数学中发展而来的。自毕达哥拉斯学派以来,许多数学家坚信数学具有内在的逻辑统一性。如狄拉克就特别重视科学理论的内在逻辑一致性,孜孜不倦地追求理论内在的数学逻辑美。但人们对数学简单性与逻辑简单性的科学审美评鉴是不一样的。由于数学简单性显然要比逻辑简单性来得更抽象、更简洁、更美,因而人们在运用它们时,对数学简单性有着更高的要求。丹麦数学家詹森就曾撰文指出,数学的一个优点是可能用有限量的原理和规则概括当前的数学知识。与此同时,我们在数学这棵大树上造就新的

分枝,它们以简单优美的方式与其他分枝连结在一起,使整棵树显得清晰而又简明。不过,对数学简单性的认识取决于人们对科学美的欣赏水平。对于甲来说是成功的简化,对于乙则是一场灾难,因为后者看不到这种简化意味着什么,也不明白充分理解这种优点及其应用需要具备多少有关对这棵树其余部分的精确知识。因而,詹森认为,在运用数学简单性法则解决科学问题时,不仅要求从简单的观点看是美的,而且从尽可能减少错误和滥用这方面看也应该是美的<sup>[6]</sup>。另外,数学大师冯·诺伊曼也曾要求一个数学定理或数学理论,不仅能用简单和优美的方法对大量的、先后彼此毫无联系的个别情况加以描述和进行分类,而且期望它在“建筑”结构上也是“优美”的<sup>[7]</sup>。

翻开科学史册,我们不难发现,某一科学理论在尚不具备实验数据支持的情况下,人们进行选择的依据便是数学简单性与逻辑简单性。并且,由于数学简单性更符合科学的审美要求和审美理想,因而更易为科学家们所信赖和选择。如对狄拉克解决相对性电子理论的成功,人们往往就归因于他对数学简单性形式美法则的信赖。确实,作为科学理论建构和描述方式的数学语言,能有效地反映客观世界内在的规律性并反映理论内部结构的合理性和逻辑严密性,能够不求助于直接经验而由相应的具备了基础逻辑简单性的命题体系推导出深刻而精密的结论,因而被众多具有科学审美创造品质的科学家们所青睐,并深信其真实性。海森堡在与爱因斯坦讨论共同感兴趣的简单性、美及科学理论的审美标准时,说过这样一段意味深长的话:“如果自然界把我们引向极其简单而美丽的数学形式——我所说的形式是指假设、公理等等的贯彻一致的体系——引向前人未见过的形式,我们就不得不认为这些形式是‘真’的,它们是显示出自然界的真正特征<sup>[8]</sup>”。如此,我们对现代物理学经常会出现下面的情形就不足为怪了:即“先导出一个方程,然后讨论它的物理含义<sup>[8]</sup>”。

在科学审美创造中,由于数学能以最简单的形式涵盖最丰富的内容,数学简单性形式与现实世界的运动方式和结构特征有着广阔和内在的联系,因而导致几百年来各门科学一直处于不断加速数学化的进程之中。从牛顿力学到拉格朗日、哈密顿和雅可比的分析力学,从一百年前瓦尔拉代数方程组到现代阿罗和德布鲁的拓扑学形式,无一不显示出这种科学的数学简单性形式美的趋势。不仅如此,随着数学向各个学科领域的不断渗透,它还以自身无穷的魅力引起愈来愈多的社会科学家的兴趣和尝试。从科学审美创造方法论的角度来看,数学简单性法则能使各门学科在客观存在简单性和科学思维简单性基础上,以最经济的途径逼近真理,并以最简单的形式构造真理。

## [参 考 文 献]

- [1] 朱亚宗. 伟大的探索者——爱因斯坦[M]. 北京: 人民出版社, 1985. 223.
- [2] 塞耶. 牛顿自然哲学著作选[C]. 上海: 上海人民出版社, 1974. 3.
- [3] 许良英, 范岱年. 爱因斯坦文集(第1卷)[C]. 北京: 商务印书馆, 1976. 216-217, 212-214, 344, 299, 380, 314, 187, 316, 216, 7, 416, 258, 541.
- [4] 赵中立, 等. 纪念爱因斯坦译文集[C]. 上海: 上海科学技术出版社, 1979. 249, 228.
- [5] 周林, 等. 科学家论方法(第2辑)[C]. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1985. 177.
- [6] L. 施密特勃, 等. 新数学学科产生和发展的重要内因和外因[J]. 自然科学哲学问题丛刊, 1983(1): 25-27.
- [7] 中国科学院自然科学史研究所数学史组, 等. 数学史译文集[C]. 上海: 上海科学技术出版社, 1981. 123.
- [8] 杨振宁. 美和理论物理学[J]. 自然辩证法通讯, 1988, 10(53): 1-6.

[责任编辑 徐 枫]