

• 科学技术哲学 •

哲学已死?

——霍金的哲学思想

Is Philosophy Dead? Stephen Hawking's Philosophical Thoughts

吴玉梅 /WU Yumei¹ 孙小淳 /SUN Xiaochun²

(1. 江苏科技大学科技史研究所, 江苏镇江, 212100; 2. 中国科学院大学人文学院, 北京, 100049)
(1. Institute for History of Science and Technology, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang, Jiangsu, 212100;
2. School of Humanities, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049)

摘要: 霍金在《大设计》中声称“哲学已死”。他的“哲学已死”究竟是指什么? 本文考察霍金的哲学思想, 指出霍金以自然定律统治自然的“科学决定论”为基本原则, 试图在科学的框架内对本体论、因果律以及宇宙本质等问题做出“科学”的解答。霍金的“解题”并不成功, 哲学当然也没死亡。霍金结合最新的物理科学进展为哲学的基础性问题提供一种可能的答案, 却是有意义富有启发性的尝试。

关键词: 依赖模型实在论 科学决定论 因果律 历史求和法 人择原理

Abstract: Stephen Hawking claimed in *Grand Design* that “philosophy is dead”, and what does “philosophy is dead” mean anyway? By examining Hawking's philosophical thoughts, this paper points out that Hawking took the “scientific determinism” which holds that nature is governed by natural laws as the basic principle, and tried to answer such questions as ontology, causality and the nature of the universe within the framework of science. However, Hawking's “solutions” were not successful, and philosophy is actually not dead. On the other hand, it is a meaningful and inspiring attempt that Hawking had provided a new solution possible in trying to explore the fundamental problems of philosophy based on the latest advances in physical science.

Key Words: Model-dependent realism; Scientific determinism; Causality; Sum over histories; Anthropic principle

中图分类号: B025.5 文献标识码: A DOI: 10.15994/j.1000-0763.2022.02.005

一、哲学已死?

现代宇宙学前沿涉及一些很根本的问题,

例如宇宙为何是今天我们所观察的样子? 人类在宇宙中地位如何? 是否存在唯一的终极理论? 等等。这些问题本来是应该由哲学家来解答的。然而, 由于“普通哲学家不具备足够的

基金项目: 国家自然科学基金项目“明清之际天文测量与天文历法常数系统的改进”(项目编号: 11573077); 教育部人文社科基金项目“现代宇宙学的历史研究”(项目编号: 21YJC770027); 江苏省高校哲学社科基金项目“人择原理与现代宇宙学的历史研究”(项目编号: 2020MY0063WJ)。

收稿日期: 2019年5月20日; **返修日期:** 2021年10月22日

作者简介: 吴玉梅(1986-)女, 湖南娄底人, 江苏科技大学科技史研究所讲师, 研究方向为天文学史。Email: wuyumei@ucas.edu.cn

孙小淳(1964-)男, 江苏溧阳人, 中国科学院大学人文学院教授, 研究方向为天文学史。Email: xcsun@ucas.ac.cn

数学背景赶上现代理论物理进展的节拍”，同时“具备专业背景的科学哲学家仍在为过去的科学理论如相对论和量子力学而喋喋不休，他们和物理学的当代前沿相脱节”，因此，解答这些问题反而成了科学家的任务。（[1]，p.30）霍金和蒙洛迪诺（Leonard Mlodinow）合著的《大设计》中发表了一个惊人的结论：哲学已死，科学家已经取代哲学家，成为探索宇宙本质问题的火炬手。（[2]，p.3）

早在霍金之前，就有玻恩、爱丁顿等科学家隐晦地表达类似的观点。（[3]，p.20）（[4]，p.iv）相较于他们温和的表述，霍金“哲学已死，科学取代哲学”的表达显然更加激进。

宇宙学前沿所涉及的各种理论与学说为霍金的哲学思考提供了理论基础和依据。霍金的哲学思想是繁多而杂乱的，以他的哲学著作《大设计》的陈述为线索，霍金的哲学思想主要表现为三个方面：首先是他提出了“依赖模型实在论”，对传统的实在论与反实在论都提出了批判。他认为，在新科学如量子力学描述的世界中，传统的实在论已经不再适合，而新科学描述的世界又与日常世界是不相容的。为此他提出了一个新的哲学主张即“依赖模型实在论”来解决这种不相容问题。（[2]，p.5）其次是霍金对科学决定论的思考。霍金认为科学决定论一直是现代科学发展的基础，只是量子力学的发展使得科学决定论需要做出一定的修改。这种修改破坏了传统的因果律，使得霍金认为宇宙学的研究方式需要做出改变。他提出了以“自上而下”的方式代替传统的“自下而上”的方式研究宇宙学；（[2]，pp.24-61）第三是关于宇宙认识的“大问题”。宇宙为何是如今我们观察到的样子？我们在宇宙处于何种地位？霍金以现有的物理理论为基础试图解答宇宙的这些“大问题”。本文主要从这三个方面来考察霍金是如何根据现代宇宙学架构他的哲学世界的。

二、依赖模型实在论

上世纪量子力学提出之后，实在论与反实

在论之争再次成为西方哲学的焦点。到底何为实在？科学理论描述的对象真的是独立于观察者而客观存在的吗？理论具有怎样的性质，它是真的吗？20世纪二、三十年的逻辑经验主义，之后的历史主义、建构主义都对这一问题进行了探讨。实在论者认为在我们的主观意识之外存在着一个不依赖于主观意志的客观实在，我们的全部认识是这个客观实在的反映和再现。科学理论描绘的图像是真实的，科学假设的实体是真实存在的。这使科学实在论者持有这样一种信念：今天的理论都是正确的。反实在论者则否认这个客观实在性，认为科学理论即便不涉及本质上的真实性，科学也可以进行。理论的接受可以取决于一些次于或者不同于理论为真的信念的东西。（[5]，pp.6-12）霍金以科学家的身份参与了这一场旷日持久的哲学争论。

霍金通过比较量子物理与经典物理所基于的实在概念，如日常经验中我们可以得到一个物体发展的唯一且确定的历史，而在现代物理学中，物体这种唯一且确定的历史却是不存在的。（[6]，pp.10-11）为了解决这种不相容性，霍金提出了所谓的“依赖模型实在论（model-dependent realism）”。

依赖模型实在论主张不存在独立于图像或理论之外的实在概念。相反，一个物理理论或世界图像就是一个模型（通常具有数学性质）和一组将这个模型的元素和观测相连接的规则。（[6]，p.40）关于宇宙和我们自身的存在，霍金说：“根据实证主义哲学，宇宙之所以存在是因为存在一个描述它的协调的理论。我们正在寻求这个理论。但愿我们能找到它。因为没有这个理论，宇宙会消失”。（[2]，p.ii）霍金认为依赖模型实在论使得实在论者与反实在论者之间很多的争论变得毫无意义，如争论模型是否真实？人们应该问的是模型是否符合观测。我们的大脑通过采用一种世界的模型来理解从我们的感觉器官中获得的输入。当这样的模型成功解释事件，我们倾向于把实在的品质或者绝对真理的品质赋予给这个模型以及组成模型的元素和概念。但是可能存在不同的方法来给

同样的物理情景模型化,每一方法采用不同的基本元素和不同的概念。如果两种这样的物理理论或模型都精确地预言同一个事件,就不能说一个比另一个更加真实;反而,我们可以自由选择使用更方便的模型。([6], p.11)

霍金认为,依赖模型实在论不仅使模型真与假的问题变得没有意义,而且也解决了存在的意义问题。为什么我们倾向于认为房间里的桌子一直存在而不是在我们离开房间之后就消失了?这是因为假设它一直存在比假设它我们一离开就消失更加简单、方便。霍金认为可以存在多种基于不同概念的模型,用来描述同一个现象,而这些模型之间是存在优劣之分的。好的模型应该具有四种性质:(1)它是优雅的;(2)它包含极少任意的或可调整的因子;(3)它与所有已有的观测相容并能解释这些观测;(4)能够对未来的观测给出详细的预言,如果这些预言不成立,观测就能证伪这个模型。([6], p.46)霍金所谓的存在是与模型密不可分的。

其实霍金的依赖模型实在论并不是全新的思想。美国科学哲学家范·弗拉森(Bas Van Fraassen)的“建构经验论(Constructive Empiricism)”认为,“科学的目标是为我们提供经验上适当的理论,而理论的接受如同信仰一样只涉及经验上适当的東西”。([5], p.12)另一位美国哲学家普特南(Hilary Whitehall Putnam)提出内在实在论思想,主张“构成世界的对象是什么这个问题,只有在某个理论或某种描述之内提出,才有意义”。([7], p.55)

霍金关于实在论的主张应该还受到其他哲学家的影响,如罗素。霍金引用罗素的话来表达他的实在论观点:“我们起初都相信‘天真的实在主义’的教条,即认为事物就是如它们本来的样子。我们认为草是绿色的,石头是硬的,以及雪是冷的。但是物理学告诉我们,草的绿,石头的硬以及雪的冷不是我们日常经验中所体验的绿、硬和冷,而是一些非常不同的东西……”([8], p.12)正是“这些非常不同的东西”,也就是物理学家们提出的各种理论和猜想,才构成物理世界的实在。

因此,由此可见,霍金其实在通过科学解决实在论问题。许多科学家对世界的本质、知识的本质也有自己的解读,仍然在探索关于世界的终极问题。但是,霍金认为,正是因为当代哲学家没有跟上科学的最新进展,他们对任何哲学问题做出解答之前,没有认真地考虑一切科学的最新成果。从这个意义上来说,霍金认为“哲学已死”。

三、科学决定论的新形式 与传统因果律的消解

决定论通常又被称为因果决定论,认为宇宙中任何事物或事件的发生都是有原因的,都是自然规律的结果,并永远是自然规律的结果。哲学中的决定论有多种形式,其中科学决定论是决定论中一种最通用的形式。拉普拉斯最先对科学决定论做了清晰的说明,认为只要给出宇宙在一个时刻的状态,其未来和过去就可以用定律的完备集合来完全确定。然而现代物理学中的重要定律,从波耳兹曼统计学的热力学第二定律到量子力学的所有定律,都是几率性而非因果决定性的理论。一些哲学家因此认为决定论与新的科学理论不能相容。赖欣巴赫(Hans Reichenbach)就认为“因果原则绝不能同量子物理相容。([9], p.12)然而,量子力学真的彻底否决了科学决定论吗?霍金的回答是:没有。

霍金认为,虽然新的物理科学严重冲击了传统的决定论观念,但它并没有否定决定论,而是导致了科学决定论的一种新形式。新科学决定论可以这样表述:给定系统某一瞬间的态,自然定律确定将来和过去各种态的概率,而非肯定地确定将来和过去的状态。([6], p.63)科学决定论是贯穿《大设计》全书的一个重要原则,霍金给其确立了一个非常重要的位置:“科学决定论是现代科学整体的基础”。([6], p.30)霍金在《大设计》中把经典科学与现代科学区分开来,即便在最新的物理学冲击之下,霍金认为科学决定论仍然是现代科学得以展开的基础。科学决定论认定自然由自然定律统治,

无需上帝或者超自然物的干预。这意味着,上帝或者超自然的存在不能使定律失效而让例外或者奇迹出现。“如果一个科学定律,只在某种超自然物决定不干扰时才成立,那么它就不成其为科学定律”。([6], p.30) 霍金的科学决定论与他的无神论几乎是等同的。他认为由于决定论的需要,经典物理学给上帝留下了选择宇宙的初始状态的自由,然而,量子力学和广义相对论结合起来,已经可能对宇宙的最初状态进行完全的解释,上帝在这个问题上也就没有任何自由了。([10], p.31) 没有任何决定权的上帝对于宇宙来说是不必要的。

科学决定论的新形式还重新定义了因果律。根据旧的决定论,每一事件的产生必然由一个唯一的过去来导致,同时也会导致一个确定无疑的未来,过去是唯一的,未来也是唯一的。而新的科学决定论则颠覆了这种唯一性和必然性。经典物理中粒子具有确定的位置和速度,然而量子力学的不确定性原理认为位置和速度不可能同时确定的。也就是粒子不具有唯一的历史。观察必然改变其过程的原理是一个非常关键的量子学原理。费恩曼提出的“历史求和法”对这些原理进行了新的诠释。霍金以此为基础提出了一个新的宇宙历史观,即多重宇宙模型。多重宇宙模型主张宇宙不具有单一的历史而是具有所有可能的历史,它们都有各自的存在概率,而我们现在对宇宙的观察直接影响着宇宙的过去并从而求得不同的宇宙历史。霍金的多重宇宙模型使得严格意义上的因果关系消失了。([2], pp.56-71)

宇宙学研究有所谓的“自下而上(bottom-up)”和“自上而下(top-down)”进路。([11], p.1) 前者假定宇宙的某些初始条件,宇宙遵循哈密顿和薛定谔方程向现在演化;后者是从我们现在观测到的宇宙的信息回溯宇宙过去的历史。图一是关于暴涨宇宙学模型演化图,其中也包括人类,它给出了宇宙演化的主要阶段,包括人类的出现、以及基本粒子产生的时间。图中时间轴左右两边的数字分别代表宇宙温度和宇宙时间的对数。“自上而下”的进路就是我们从人类出现的这个时间(the time about

emethence of mankind) 获得宇宙的信息来推演过去和未来发生了什么。[12]

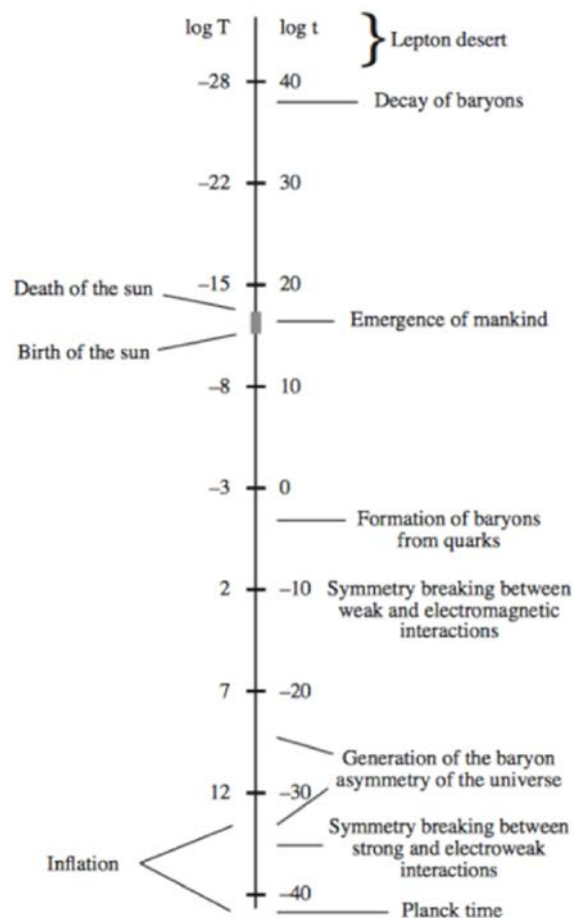


图1 暴涨宇宙学模型示意图

由于严格意义上的因果律消失,霍金认为传统的“自下而上”的研究进路已经不适合宇宙的研究,“因为我们不知道宇宙的初始状态,而且也不能尝试不同的初始条件,以检验不同初始条件下产生的不同的宇宙”。([11], p.1) 霍金提出了用“自上而下”的进路来取代传统的“自下而上”的进路。根据费恩曼的“历史求和法”,宇宙的量子性质,即宇宙现在处于一个特殊态的概率大小,是把所有满足“无边界条件”(见下文)而结束于该状态的历史叠加在一起而得出。霍金认为,为了预言宇宙的未来状态,需要计算对此刻状态有贡献的所有历史状态的概率。换言之,在宇宙学研究中不应该“自下而上”顺着宇宙演化的历史来做,因为那假定了存在一个单一的历史,具有明确定义的起点和演化过程。相反,而是应该“自上而下”地从现在时刻回溯。求和通常被一个

单一的历史所支配，这个历史开始于宇宙的创生而完成于当前的宇宙。（[2]，p.120）

霍金的科学决定论是一种非常独特的决定论，它偏离了经典决定论观点。经典决定论的核心是因果律，而霍金的科学决定论的核心是“自然法则统治自然”，不给上帝或超自然物留下位置。因此，决定论仍将是现代科学的基础。量子力学对因果律的冲击，无论是对霍金还是赖欣巴哈来说都是一样的，但在霍金看来，决定论是一种高于因果律的信念。

四、解答宇宙的几个大问题，用科学还是用哲学？

宇宙为什么是有而不是无？很多科学家认为这是哲学问题，科学不对此进行解答。霍金认为现代物理科学能够对此做出解答。霍金和彭罗斯（Roger Penrose）在1970年论证了：如果广义相对论是正确的，宇宙就必须有一个开端。^[14]如果宇宙有一个开端，为什么在它开始之前也有无限的时间？这是认为宇宙有一个开端的宇宙说在逻辑上自相矛盾的地方。（[10]，p.39）霍金为了解决在宇宙开端上物理定律失效的问题，他运用费恩曼的历史求和法，并且在费恩曼的数学操作中发展了“虚时间”概念。虚时间对于处理我们经历的实时间没有任何意义。霍金和哈特尔（James Hartle）等人在此基础上提出了所谓的“无边界假设（no-boundary proposal）”，认为如果宇宙的初始条件在虚时间里没有边界，它将不会有一个单独的历史。在虚时间里将有许多的历史，且每一个历史将决定在实时间里的一个历史。在宇宙的开端，时间具有与空间类似的性质。霍金认为这样就避免了时间的开端问题，而且广义相对论与量子力学的结合在宇宙开端这一点是成立的。这就是说，在宇宙开端自然定律仍然在统治它，无需上帝存在。而谈论宇宙开端之前的时间没有意义，因此，在整个时间轴上，都不再需要上帝。（[11]，p.46）霍金认为上述研究支持宇宙自发创生论，并且支持宇宙以所有可能方式开始的理论。而引力定律的存在使得宇宙能够

在保持总能量为零的状态下无中生有。（[14]，pp.75-103）在整个宇宙的尺度上，物质的正能量通过引力的负能量来平衡，因此，在总能量为零的状态也可以产生无穷的正能量，也就是说，整个宇宙的创生不存在限制。因此，由于存在引力定律，宇宙能够以宇宙暴涨模型那样的方式无中生有，无需祈求上帝“点燃圣火让宇宙运转”。（[2]，p.153）而代替上帝的是科学家们一直在寻找的“万物理论（Theory of everything）”。^[15]

描述宇宙的自然定律是唯一的吗？很多科学家希望而且相信存在着这样一个单一的能涵盖所有自然定律的理论即所谓的“万物理论”。牛顿的万有引力定律对宏观世界的各种运动给出了极其精确的预言，这使科学家相信：如果我们知道正确的理论并拥有足够的计算能力，便能预言整个宇宙的未来。后来量子力学提出了量子不确定性、弯曲空间、夸克、弦遗迹额外维等概念，研究的最后结果是得到了10500个宇宙，各自拥有不同的定律，而其中只有一个对应于我们所观察到的宇宙。霍金是追寻万物理论的众多科学家之一，他对广义相对论与量子力学进行了一系列的整合研究，提出“宇宙学家原先希望创造一个单一的理论，把我们宇宙的表观定律解释成一些由寥寥几个简单假设所能推出的唯一结果，这种希望也许必须被抛弃”。（[2]，p.103）

人在宇宙的位置如何？由于宇宙不具有单一的历史，那么是什么从所有可能的宇宙历史中挑选出了我们生活其中的独特的历史或者独特历史集合的呢？霍金认为“人择原理（anthropic principle）”为其提供了解释。人择原理是现代宇宙学中具有争议性的一个学说，它主张宇宙为什么是这样是因为人在观察它。作为最早使用人择原理来思考宇宙学相关问题的科学家之一，霍金在1973的时候就用弱人择原理来解释过宇宙为什么是各向均匀同性，宇宙的初始条件等问题。^[16]而到《大设计》中，霍金认为强人择原理不仅涵盖了弱人择原理“我们的存在赋予了确定我们从何处在何时可能观测宇宙的规则。也就是说，我们存在的

事实限制了我们发现自己处于其中的一类环境的特征”的含义,而且更进一步提出我们的存在“对自然定律的可能形式和内容本身加以限制”。([2], p.133)

霍金认为强人择原理的思想把类太阳系的各种条件是人类得以存在的想法扩展到整个宇宙层面,即宇宙的特征必须是有利于人类存在的。强人择原理意味着宇宙及其定律都是为人类的存在而设计的,而且设计非常精细,改变的余地很小,而这种很小的改变就是宇宙学中关于宇宙特征的所谓“微调”(fine tuning)。([2], p.133)然而,如果多重宇宙模型能解释微调现象,而且又是“无边界条件”宇宙学的一个顺理成章的结果,“那么强人择原理就可被认为有效地等同于弱人择原理版本,将物理定律的微调放在和环境因素同样的立足点上,因为它意味着我们的宇宙栖息地——现在是整个可观测的宇宙——只是许多个中的一个,正如我们的太阳系是许多个中的一个一样”。([2], p.140) 这在这种意义上,可以说霍金认同人参与了人在其中的宇宙的创造的说法。

霍金试图在现代物理学中解答宇宙学的大问题,虽然有许多科学家持反对意见。([18], p.9) 然而霍金的目的是用科学而不是哲学解决这些宇宙学上的大问题,尽管这个目标还远未成功,但是值得期待,且是可以被证伪的。

结 论

综上所述,霍金试图在科学的框架内完成对物质实在以及宇宙本质的认识,印证他“哲学已死”的宣告。评估霍金的哲学工作可以从两方面来展开。

首先,关于物质实在的陈述,涉及两个方面。第一,本体论的探讨。霍金深刻理解了量子物理与经典物理描述的世界的不同,直觉两种物理科学所对应的实在概念存在极大差异。要想缓和量子物理与经典物理描述的世界可能存在的不相容性,霍金认为只需承认可同时存在不同的实在概念。换言之,这是对本体论唯一性的消解。第二,认识论的探讨。霍金取消

了对理论真理价值的讨论,提出模型符合论及其证伪方法。然而由于模型不存在真与假,那么所谓的证伪就有点自相矛盾。事实上,关于物质实在的观点,霍金并没有比当代的哲学家走得更远。甚至相较于哲学家的工作,霍金的实在论立场只是一种口号式的立场,并没有对科学中的多种模型进行更加深入的探讨,对模型的认识仍停留在数学或物理结构的层面。([18], p.116) 尽管如此,霍金为哲学在物质实在的讨论上提供了最前沿的科学实例。

其次,关于宇宙本质的认识。霍金试图建构起一个完全由自然定律统治的宇宙。我们从何处来,去往何处?霍金认为这样的人类探索的终极问题只要待到现有科学定律完善之后就可以得到完满的解答。上帝式的终极理论似乎近在咫尺,但这是基于霍金认定现有理论是完备的乐观看法之上的。如果将来的理论如彭罗斯相信的需要现有理论做出重大根本变革,^[20]那么实在的观点可能会出现反转。当然,相较于当代哲学在这些问题的裹足不前,现代宇宙学的确为此提供了可以探讨的方向,而且是可以被证伪的方向。

未来是确定的吗?霍金在《一切都是注定的吗?》演讲中关于终极理论意味着什么的问题,提出终极理论的确确定了所有的宇宙所有的细节,然而由于观察将影响结果,因此我们永远也无法知道什么是被确定的。([1], pp.99-100)

未来没有被确定,哲学也没死。科学在某种程度也的确取代了哲学在有些基础性问题上的研究,然而,哲学也远远不止只对宇宙的本质进行探讨。就如爱因斯坦所言:“今天许多的人,甚至是职业科学家,对于我来说这些人只看到成千上万的树却看不到一片森林。历史和哲学的背景知识使他能够从他同时代许多的科学家所遭受的偏见中独立出来。这种由哲学视野中产生的独立性,是区分仅仅是一个专家或者工业家还是一个真正的真理追寻者之间的标志”。([17], p.19) 霍金以科学家的身份甚至用科学的方法进行了一场有意义的哲学探索之旅,也为哲学家提供了众多前沿且权威性的科

学案例来论证他们的哲学思考。

[参考文献]

- [1] 史蒂芬·霍金. 霍金讲演录 [M]. 杜欣欣、吴忠超译, 长沙: 湖南科学技术出版社, 2007.
- [2] 史蒂芬·霍金、蒙洛迪诺. 大设计 [M]. 吴忠超译, 长沙: 湖南科学技术出版社, 2016.
- [3] M·玻恩. 我的一生和我的观点 [M]. 李宝恒译, 北京: 商务印书馆, 1979.
- [4] 阿瑟·爱丁顿. 物理科学的哲学 [M]. 杨富斌、鲁勒译, 北京: 商务出版社, 2015.
- [5] Van Fraassen, B. C. *The Scientific Image* [M]. Clarendon: Oxford University Press, 1980.
- [6] Hawking, S., Mlodinow, L. *The Grand Design* [M]. New York: Bantam, 2010..
- [7] 希拉里·普特南. 理性、真理与历史 [M]. 童世骏译, 上海: 上海译文出版社, 1997.
- [8] Hawking, S. *The Dreams That Stuff is Made of: The Most Astounding Papers on Quantum Physics and How They Shook the Scientific World* [M]. Philadelphia: Running Press, 2011.
- [9] H·赖欣巴哈. 量子力学的哲学基础 [M]. 候德彭译, 北京: 商务出版社, 2016.
- [10] Hawking, S. *Brief Answers to the Big Questions* [M]. New York: Spacetime Publications Limited, 2018.
- [11] Hawking, S. 'Cosmology from the Top Down' [EB/OL]. <https://arxiv.org/ftp/astro-ph/papers/0305/0305562.pdf>. 2003-05-29.
- [12] Linde, A. 'Particle Physics and Inflationary Cosmology' [J]. *Physics Today*, 1987, 40(9): 61-68.
- [13] Hawking, S., Penrose, R. 'The Singularities of Gravitation Collapse and Cosmology' [J]. *Proceedings of the Royal of Lodon*, 1970, 314(1519): 529-548.
- [14] Hawking, S. W., Penrose, R. *The Nature of Space and Time* [M]. Wilshire Boulevard: Princeton University Press, 1996.
- [15] Hawking, S. W. *The Theory of Everything: The Origin and Fate of the Universe* [M]. Beverly Hills: Phoenix Books, 2002.
- [16] Collins, C. B., Hawking, S. 'Why is the Universe Isotropic?' [J]. *The Astrophysical Journal*, 1973, 180(3): 317-334.
- [17] Lennox, J. *God and Stephen Hawking: Whose Design is It Anyway?* [M]. Oxford: Lion Hudson, 2011.
- [18] 赵绪涛、王伯鲁. 依赖模型实在论解析 [J]. 河南社会科学, 2017, 25 (7) : 112-117.
- [19] 罗杰·彭罗斯. 通往实在之路 [M]. 王文浩译, 长沙: 湖南科技出版社, 2017.

[责任编辑 王巍 谭笑]