

• 问题讨论 •

科学传播的艺术实践及其限度

——以彭罗斯图和粗粒化熵为例

The Limitations of Art in the Communication of Science:
Citing Penrose Diagram and Coarse-grained Entropy as Typical

孙圣 /SUN Sheng

(电子科技大学人文社科高等研究院, 四川成都, 611731)
(Advanced Institute of Humanities and Social Sciences, University of Electronic Science and Technology of China,
Chengdu, Sichuan 611731)

摘要: 科学理解是当代艺术灵感的源头活水, 科学传播以科学理解为前提, 科技治理以科学理解为保证。但如果仅将认识停留在这个层面上, 无疑是片面和外在的, 更应促使科学与艺术探索彼此的深层内核。然而, 离开科学家做的思想实验, 艺术与科学的关系将退化。研究发现, 角度、粒度、颜色以及元素的选择, 对于世界的表征具有深刻的隐喻意义。基于对彭罗斯图与粗粒化熵的艺术实践和哲学分析, 能够揭示单一艺术作品对于特定理论的科学理解存在的限度。对特定科学理论的任何单一艺术表现及其所能实现的理解都必然会排除其他表现及其对同一理论的揭示。这些见解可能是相辅相成的, 但它们不能在同一幅插图中描绘出来。这种局限性是科学理论和图像理解之间翻译过程中固有的。艺术表现不应孤立地进行, 而应结合起来考虑, 并根据更全面的理解要求进行创作。这种更广泛的实践可以为促进科学与艺术之间更深层次的相互联系提供理论基础。

关键词: 科学传播 科技治理 科学艺术 思想实验 彭罗斯图

Abstract: Scientific understanding, in addition to being the premise of the communication and regulation of science, is the source of inspiration of contemporary artistic creation. If one's understanding of these matters remains at that level, it would undoubtedly be one-sided and extrinsic. One should impel sciences and arts to the exploration of the deep cores of each other. However, when we go beyond thought experiments done by scientists, the correlation of arts and sciences would begin to degenerate. This study argues that angle, granularity, colour and choice of element characterizes the world in the sense of metaphor. Through an examination of artistic practice and a philosophical analysis of the Penrose Diagram and Coarse-grained Entropy, it reveals that there are limitations to the scientific understanding of these specific theories displayed in certain art works. Any single artistic representation of a specific scientific theory and the understanding it enables will necessarily exclude other representations and what they reveal about the same theory. The insights may complement one another, but they cannot be depicted in one and the same illustration. This limitation is inherent to the process of translation between scientific theories and pictorial aids to comprehension. Artistic representations should not be taken in isolation but considered in tandem and created as much as fuller understanding requires. This more expansive practice can provide a theoretical basis for promoting a deeper interconnection between science and art.

基金项目: 国家社会科学基金西部项目“模态反驳模式下的思想实验可靠问题研究”(项目编号: 23XZX003)。

收稿日期: 2023年11月5日; **返修日期:** 2025年7月2日

作者简介: 孙圣 (1986-) 男, 山东黄县人, 电子科技大学人文社科高等研究院副教授, 研究方向为物理学哲学、科学传播、科学艺术。Email: sunsheng@xmu.edu.cn

Key Words: Communication of science; Regulation of science; Scientific art; Thought experiments; Penrose Diagram

中图分类号: G206; J04 DOI: 10.15994/j.1000-0763.2025.12.012 CSTR: 32281.14.jdn.2025.12.012

科学传播需要引发人们对科学的兴趣和理解,以此来倡导科学方法、传播科学思想、弘扬科学精神。^[1]人们对于科学理解的程度,必然会影响到对于科技的态度,以及科技治理的难度。^[2]鉴于科学理论远离人们的日常生活,专业门槛阻碍了基于理解的传播。^[3]艺术贴近于生活,给人较强的视觉冲击,对于科学传播有明显的促进作用。但科学传播的艺术实践进路尚未形成有效的学术共识,难以引起国内科学界、艺术界和哲学界的重视。

科学理解是艺术创作灵感的源头活水。在艺术创作取得重大突破的任一历史时期之中,科学发现都对此起到了关键作用。例如,生理解剖对于人体绘画,光学对于透视与明暗关系等。达·芬奇是这一时期的重要代表人物。

艺术也可能会反过来促进科学发现。爱因斯坦认为,科学终极真理的数学形式应该是简洁和美的。荷兰艺术家莫里茨·埃舍尔(Maurits Escher)的*Sphere with Angels and Devils*及其在双曲空间上的镶嵌*Circle Limit IV*两幅画作是科学艺术绕不开的。在诺贝尔物理学奖获得者、英国理论物理学家罗杰·彭罗斯(Roger Penrose)看来,两幅作品刚好诠释了如何将无穷宇宙用扭量数学映射到有限的圆盘之上。彭罗斯在《循环的时间》^[4]一书中承认,这对他创立彭罗斯图(Penrose Diagram)有启发意义。

彭罗斯图能对黑洞视界内外时空做统一的物理刻画。在彭罗斯的科普著作中,不难发现,他对于时间问题的讨论,大多具有可视化特征。这有利于公众更好的了解科学家如何看待物理学中的时间问题。进而,促进科学理解和科学传播。

2023年10月,在北京雁栖湖举办的第四届“艺术与科学之问”国际论坛,得到了来自多个国家的科学院院士、艺术科学院院士的支持。中国科学院大学石自东教授展示了他所指导的

理工科学学生的艺术作品,在很大程度上展示了科学与艺术交叉的实践形态。

虽然科学和艺术实现深度融合有着良好的前景。然而,目前的状况有以下两个方面:其一,从目的上讲,现有融合方式大多强调科学对于艺术实践的单向作用,忽视相互作用。其二,从方式上讲,现有融合方式大多是“看图说话”和“拿来主义”的,缺乏科学理解,强调技术工具而忽视人的价值。

本文将涉及科学、哲学与艺术内容,聚焦于对特定科学理论的具体艺术实践,说明艺术作品中所表现出的科学内涵,分析艺术实践面临的限度,最终阐述其哲学根源以及可能的出路。

一、可视化限度:以时间问题为例

时间是什么?在《时间的观念》一书中,^[5]清华大学吴国盛教授述评了人们对于时间的哲思,自古有之。对于时间的科学与哲学讨论多种多样,包括:人们对于时间的直觉是否具有普遍性、时间的测度是否与事件的周期性有关、时间在什么意义上具有反演对称性、时间方向与熵增方向的关系怎样、时间流逝速度的差异及其实在性等。^{[6]-[8]}时间的可视化建立在时间空间化可想象性的基础之上,然而,这并不是可以被保证的。

约翰·麦克塔格特(John McTaggart)通过提出A序列与B序列时间观,指出了物理学家与哲学家对于时间的真实性有着不同的直觉。^[9]人们对于空间的观感是直接的,这使得空间主题易于通过艺术实践加以表现。但由于事件时序关系的普遍性在一定程度上被破坏,时间的空间化受到一定程度的限制。^[8]“时序不确定性”(indefinite causal order),^[10]即参考系协变的时序叠加态,间接的证实了时间的

空间化、可视化及其艺术表现存在限度。

艺术表现在多大程度上促进对于科学的理解,而不走向其反面?艺术的众多概念,诸如时间模型,最早来源于艺术领域之外。^[11]科学理论或科学概念在经过艺术加工以后,超出科学理解的部分如何起到负面作用的?

正如杨振宁先生所说:“科学中的美是无我的美,艺术中的美是有我的美。”艺术更多的是创造世界而非反映世界。^[12]将广义相对论中的“时空弯曲”描绘为橡胶薄膜受到重物的压迫而变形的场景,就走向了科学理解的反面。描绘有效的前提是存在三维以外的空间维度,广义相对论无需这个前提。

不难发现,基于可想象场景的艺术表现,有时未能促进科学理解与科学传播,却引起误导。对于物理学理论和概念,尤其是时间主题,其艺术表现并非“所见即所得”的。科学艺术需要回应科学家的关切,否则,传播将导致公众产生误解,作用是负面的。在美国罗格斯大学哲学系访学期间,导师布莱恩·麦克劳林(Brian P. Mc Laughlin)、大卫·阿尔伯特(David Z. Albert)等哲学家、物理学家很早就开始关注科学与艺术的关系问题。我们分别从几个方面直接或间接地向彭罗斯具体印证了他对彭罗斯图表现的时空问题的看法。如图1所示,由我们和福建省珠宝玉石设计大师陈鸣合作创作。创作基础源于对彭罗斯图的解释与理解。

在彭罗斯图中,黑洞奇点表示为水平的锯齿线,隐喻为横亘的冰川。金色小鱼代表光线,向左或向右各四十五度角传播,之间区域为“光

锥”(light cone)内部,因果关系都在其间,这是人类活动的全部可能范围,用金色小船表示。对于冰川而言,小鱼和船都无法穿过。右侧的方块代表黑洞外部的整个宇宙时空,云朵表示未来的不确定性,左侧三角形代表黑洞视界内部的时空。右侧方块由多条类似于地球经线的“类时”(time-like)曲线刻画。一方面,表现了角度关系;另一方面,说明了外部宇宙是连续而光滑的。左侧类时曲线表示时空翻转。冰川的褶皱与破碎代表时空极大的“外尔曲率”(Weyl Curvature)。^[13]奇妙之处在于,彭罗斯图将未来无穷远的无限平面画成一个点,实现“点面转换”。

在彭罗斯看来,有限圆盘边缘图案大小是由无穷平面上与圆盘中心图案相同大小的图案通过“扭量数学”所做的一一映射。([4], p.137)从而,彭罗斯图实现了将整个宇宙、甚至是将无穷四维时空的纳入。如同在航海中的海图一样,彭罗斯图具有“保角”特征,代价是损失了其他时空细节。对理论一方面的表现与理解,通常排除其他表现及其对同一理论的揭示。^[3]

对于科学理解与科学传播的艺术实践进路而言,现有的挑战主要在于三个方面:其一是,科学问题的可视化限度问题及其认识论基础,我们将以物理学时间为例,哲学争论将放在第五部分。其二是,如何在客观性与杨振宁先生所说的“有我的美”间寻求平衡。其三是,艺术界与公众对于理解彭罗斯图有着较高的物理学门槛,公众对于优秀科学艺术作品的反馈具有一定的滞后性。它们都是科学理解、科学传播的艺术实践之路的挑战。

二、熵与时间关系的艺术表现及其限度

一直以来,科学家在思考熵增与时间方向之间的关系如何用可视化方式加以表现和理解。熵是系统物质混乱程度的量度。通常而言,可视化的定义不够量化,而量化的定义往往不具有可视化特征。阿尔伯特将其简单的定义为:用宏观知识获取微观状况的能力缺陷的量度。([14], p.51) 尽管此类定义较为直观,却不是

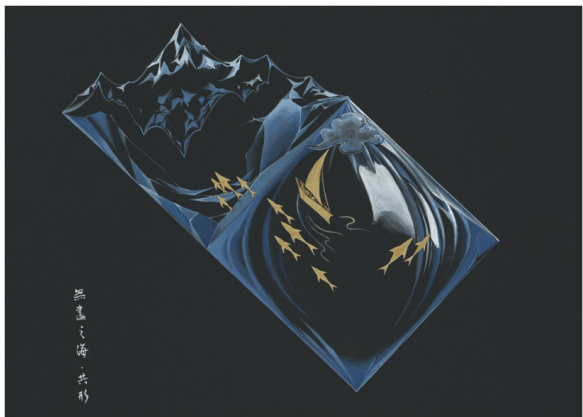


图1 无尽之海·共形(孙圣、陈鸣 绘制)

量化的。这也是为何对于科学理论的理解,远离公众视野,难以实现在社会上做有效的传播。

相比之下,直观的麦克斯韦妖(Maxwell's demon)思想实验却不符合热力学第二定律,这困扰人们多年。法国物理学家莱昂·布里渊(Léon Brillouin)的“信息负熵”解释说明了麦克斯韦妖不够科学的原因在于它缺省了大量技术细节。^[15]然而,科学传播建立在直观基础之上,布里渊的计算结果难以让公众从根本上对于科学理论获得理解、建立直觉,不具有科学传播价值。彭罗斯提出“粗粒化熵”(coarse-grained entropy),一种不同于香农熵、玻尔兹曼熵的可视化计算方式。他用 n 维相空间(phase space)的每个点刻画包含 n 个粒子的系统的熵态。系统在细粒度上的熵等于系统在粗粒度上的熵再加上宏观性质不可区分的粗粒化区域在细粒度上的熵。([4], pp.32-33)

粗粒化熵可进一步说明布里渊解释:在真实物理过程中,小妖对分子的量子测量本身依赖于接收分子散射的低频光子。^[15]考虑到能量守恒,碰撞前的高频光子数更少,碰撞后的低频光子数更多,这使得相空间中的 n 大大增加,从而系统整体剧烈地熵增。如图2所示,蓝色和红色星体分别表征着高能或低能颗粒。地板类似于国际象棋盘,空间错位反映的远近关系具有误导性与欺骗性。拱门与银河都遮挡部分星体,小妖透明躯体包裹部分星体,通过透视与错位突出“粒度”(granularity)主题。

彭罗斯认为他的计算方式存在前提。人为的划分粗粒化区域,使微观与宏观的界限存在

约定,微粒运动到其他区域的概率可忽略不计。([4], pp.34-35)秉持了彭罗斯对于熵的可量化与可视化的初衷,在一定程度上实现了科学理解的深刻性与科学传播的普及性的统一:首先,不约定粒度的情况下,讨论系统熵是没有问题的,物理意义客观而明确。其次,单独计算特定时刻熵态,也无需约定粒度。最后,采取技术化方式以比较两照片熵态大小时,需明确声明是在哪个粒度上进行的。粒度应设为相同,否则比较熵的大小没有物理意义。^[7]

时间的基础性与熵定义的任意性之间所表现出的张力,在彭罗斯看来,是令人吃惊的。再次,彭罗斯的哲学反思展示了对于科学问题的艺术表现存在一定的限度。“思想的粒度,可以被理解为思想地图的印刷质感,它决定了世界的样子和提问的方式,方法论将改变我们对本体论与认识论的看法。”这是新华出版社对《思想的粒度与边界》一书的评价。^[16]熵的层次性也暗示了时间的层次性,进一步的讨论需要在结合层级的一般性论证^[17]的基础上加以展开。

彭罗斯的粗粒化熵理论揭示了人与世界之间的奇妙关系——时间的方向与熵的大小,在本体论意义上指向客观世界,但对于它的计算与讨论,却与头脑之中的方法有关。

用艺术的语言表达了这样的科学前沿思想——为保持原有的深刻物理意义和哲学蕴涵,在元素重复的过程中,其粒度、透视与错位不能随意设定。这与埃舍尔作品相比,对科学理解与科学传播而言,突出某些特征,忽略另一些。这与前文中提及的用彭罗斯图描绘其损失的细节所存在的可视化限度是相似的。

三、时序的可视化及其限度

我们将补充彭罗斯图在此处细节的缺省。我们将研究中的思想内容加以具体呈现,得到了中央民族大学张曙光教授的支持。他将他的研究生刘缘推荐给我们。

如图3所示,对于视角为穿过黑洞视界的自由下落的宇航员向外望去。视界外不远的静止营救者想伸手救他。下落者直接看到的红花



图2 诸神之熵·粒度(孙圣、陈鸣 绘制)

绿叶，反映到营救者面罩的镜中花变为绿花蓝叶。颜色隐喻时间流逝速度，有利于时间的相对论效应被公众所更好的理解。



图3 生死频率：井观（孙圣、刘缘 绘制）

对于科学理论的艺术表现，需要部分地借助隐喻方法。这是由于，隐喻能使人们将理解从熟悉的日常经验推广至不熟悉的科学对象。例如，电子云等。人们熟悉的是物体下落的加速过程，不熟悉光在弯曲时空的频率变化。

人们可简单理解为，二者遵从的物理定律有相似性，例如，物体下落速度的变化与光线频率的变化。沿引力方向运动，物体速度提高、动能增加。逆引力方向运动，物体速度降低、动能减少。由于光速不变原理，光改变的不是速度，而是波长、频率与能量。光线沿引力方向传播，能量提高，为“引力蓝移”，反之，则能量降低，为“引力红移”。

光学现象曾被误以为是由观测所引起，而非时空本质。^[18]为此，爱因斯坦则发文纠正了这一错误理解。^[19]光子的振动周期对应着时间流逝，光线携带两件事件的时间间隔信息。携带自由下落者眨眼动作的光信号对应着光子的特定个完整振动周期，“引力红移”效应使单

个光子振动周期变长，携带同样信息需要周期的同样倍数，则要更长的时间到达地球观者，从而在地球观者看来，下落者的眨眼变得漫长。即通过测量光线的频率变化，可得到两名观者所处参考系的固有时流速差异。在地球观者看来，两名宇航员发出的光线红移而能量下降，因而他们时间流逝较慢。营救者发现地球观者光线蓝移、能量提高、时间流速加快。

德国物理学家托马斯·穆勒（Thomas Müller）计算后发现，自由下落者在穿过黑洞视界前后，不会发现营救者时间流速显著蓝移，即观测到自身的固有时与对方固有时几乎相同。^[20]黑洞视界附近的自由下落者与营救者对方固有时方的表观测量不是彼此的逆。^[8]

在下落者看来，整个宇宙并没有瞬间“枯萎凋零”——时间流逝速度没有显著变化。图3中远处红色花朵在营救者看来发生蓝移，在自由下落者看来没有明显变化，由“引力蓝移”与“动钟延缓”两种效应叠加所致。

引力蓝移使营救者感觉到整个宇宙的时间在加速（实际是他自己的固有时变慢了），自由下落者反而没有发现黑洞外的时间流速有明显变化。营救者面罩的混乱条纹反映自由下落者的熵相对于营救者趋于最大，事实上由于视界的阻挡，营救者无法获得自由下落者的任何信息。（[21]，pp.215-224）

令人惊奇的是，营救者随后跳入黑洞视界，但他永远无法看到先下落者，因为从时空结构上看，先下落者实际处于营救者的未来时间方向。而先下落者一直可以看到营救者，并定义自己与营救者的同时面。这种时空上的不对称是否会让世界实在性濒临崩溃？

回答是否定的。因为没有任何一个观者可以将两个参考系所得到的关于时间定义的不同结论进行比较。美国物理学家莱昂纳德·萨斯坎德（Leonard Susskind）用“黑洞互补性原理”（complementarity）（[21]，pp.253-257）对这类场景加以解释。同时性的建立，依赖于“测量”技术细节，即需要两名观者进行“对表”。（[22]，pp.106-114）自由下落者不能返回视界外与营救者进行对表，营救者无法穿过视界追

上下落者进行对表。矛盾不会产生真实的、可观测的悖论场景,更不会导致世界实在性的崩溃。相关前沿观点是否正确有待验证。但显然,测度对于物理观念的改变尚未对公众产生直接影响。^[23] 直接通过艺术表现实现科学传播存在一定的限度。

从图3抛出的问题展开——跳入黑洞视界的营救者与地球观者哪个可以生存更久?在质量较大的黑洞情形下,跳入黑洞视界的营救者或自由下落者,并不会立刻撞上奇点,或可存活几分钟左右,相比于地球观者体感到的一生时间而言无疑是短暂的。

从这个意义上讲,地球观者活得更久。营救者在短时间内看到了地球观者的老去,地球观者看到营救者保持年轻。从这个意义上讲,营救者活得更久。两人对这类哲学争论不会达成共识。好在,矛盾只能存在于人们幻想的上帝视角之中。在真实的物理世界之中,两人无法当面争论。学界将其延伸至更广的范畴。

在《时间之矢与阿基米德之点》一书中,胡·普赖斯(Huw Price)批评了简单地将熵增与未来时间方向建立直接关联的解释,他认为解释存在的“循环论证”。^[24] 不仅在方向上,将“熵增的速度”视为“时间向未来流逝的速度”也存在争议。根据广义相对论预言的引力场红移,落到黑洞视界附近的冰块固有时几乎不再流逝,也就是不会融化。但根据霍金辐射的规定,黑洞视界表面以其量子效应而具有热力学特征。其熵态趋于最大,冰块应迅速融化。通过时针与冰块等元素,或许能够实现对黑洞与时间哲学思想的深刻洞见,在艺术实践上有利于科学理解和科学传播。物理学通常用熵增来标记时间流逝的方向。然而,人们观测到自由下落者的时间流逝速度变慢,但对应的熵增速度却变快,时间流逝速度与熵增速度并不等价。观测到的表现现象是否是人们唯一能够了解的关于世界的真相?如果是,则“时针”与“冰块”元素之间的关系所隐喻着的就是各种悖论和佯谬,它反映的是认知限度,会对科学理解的艺术表现限度施加额外的约束。正如霍金经常调侃的那样:“黑洞的无法在有限时间内形成。”^[25]

四、科学艺术限度的哲学基础

对于科学理解与科学传播的艺术实践,为何从根本上都需要面临限度问题?接下来,做必要的分析,给出可能的出路。在我们看来,科学艺术主要存在四方面的限度问题。

首先,科学艺术的主要目标、任务和受众尚不清晰,从而在科学传播、科普、科技治理的作用大打折扣。一来,人们不能笃信科学家在欣赏完科学艺术作品之后一定能获得更强的物理直觉和学术洞察力。二来,未必如部分科学家所相信的那样,相较于公众或艺术家,科学家一定具有更好的艺术鉴赏能力。三来,公众即便能够欣赏科学艺术品,也难以具有从其中获取科学信息的能力和自觉。

其次,并非所有主流科学家都关注艺术问题,尤其是科学艺术实践。尽管彭罗斯声称受到埃舍尔艺术作品的启发,埃舍尔可能并不认为自己的作品在分类上属于科学艺术。而且,彭罗斯的贡献在学界更多的被归类为数学的而非通常意义下的物理的。此外,随着学科分类的细化,如达芬奇一样能同时在艺术、工程与科学领域有一定建树或造诣变得不再可能。

再次,对人脑的某些功能的激发会抑制其他功能。审美本身依赖于格式塔等整体认知。过度的在科学艺术中强调理论内核或技术细节反而不利于审美。无论科学家还是艺术家都不会认可,在科学期刊中的插图算得上艺术品。这也是一流艺术家大多难以放弃自身审美而主动寻求与科学家合作的原因之一。

最后,我们将从哲学探寻深层次的原因。科学传播建立在科学理解的基础之上,我国学者此前就已经探索了科学理解哲学基础。通常而言,对于科学理解的主流讨论,目前是从以下几种路径展开的:哲学透视、隐喻表达、事实与虚构、科学实践、修辞等等。^{[26]-[30]} 思想实验(thought experiments)常与隐喻结合,包含经验和律则的事实性,以及场景演绎的虚构性,最终实现哲学透视,是研究可视化场景及其可想象性的方法。

基于想象场景的可视化,思想实验推动了20世纪初的科学革命,可视化想象场景是科学发现、科学理解与科学传播的必要前提。人们认为,追光实验反映了爱因斯坦天才的物理直觉。其中构建的可想象场景,对于狭义相对论的发现和理解,是必要的前提。爱因斯坦电梯(Einstein's elevator)对于广义相对论“等效原理”(Equivalence Principle)的发现和理解而言,也同样是必要的前提。但是,用纯粹思考抓住现实是如何可能的?这体现了爱因斯坦对于物理学新发现的哲学反思。^[31]离开思想实验,科学革命、科学理解、科学传播将变得不可能。因而,科学理解与科学传播的基础是思想实验的可靠性。

实际上,不是每个通过纯粹思考抓住的理论都是有效的。贝尔不等式(Bell's inequality)的推导过程基于经典的概率分布,易于想象。有时,满足可想象性的场景却不反映世界的真相。2022年诺贝尔物理学奖颁发给了证伪其对于量子力学定域性假设的判决性实验。再者,前文提及了,将“时空弯曲”用橡胶薄膜表现出来的方式未必不会产生误导。麦克斯韦妖思想实验假设了孤立系统自发熵减,布里渊基于量子测量技术细节,给出其不能工作的解释。^[15]相较于入射光子而言,量子测量过程散射出光子数量的增加导致了更剧烈熵增。^[7]从皮埃尔·迪昂(Pierre Duhem)的工作,^[32]到罗伯特·克利(Robert Klee)的工作,^[33]哲学家都批评了对思想实验可靠性不切实际的期待,拒绝了想象与现实之间的强关联。考虑到可想象性是可视化与可理解性的前提条件,争论终将规定从艺术实践路径所能实现的科学理解与科学传播的上限。

争论拒斥了系统认识论的可能,但不妨碍对特定理论及其关键问题开展艺术实践。在被批评缺乏“可证伪性”的宇宙学中,思想实验也起到重审作用,例如,暗能量模型等。^[34]这是由于,想象和反事实推理是知识的重要来源之一。^[35]尽管大多处于猜想与假说状态,思想实验对理论建立与范式转换(paradigm shift)存在重要价值,链接了从问题凝练、科学假说

的提出、到推理演绎与检验的全流程。^[36]正如波普尔对科学划界问题的“可证伪性”标准,对科学理解与科学传播的艺术实践进路何以可能的争论,不能一劳永逸的给出全模态的判定。科学家与艺术家应围绕特定的科学理论及其关键问题,对如何做出艺术表现展开具体合作。舒炜光很早就认识到,思想实验存在逻辑与实践的双重固有属性。^[37]无论是单纯的强调哲学与逻辑,还是强调实践,都不利于获得关于世界深刻洞见。同样的,对科学传播的艺术实践进路而言,科学、艺术与哲学三者缺一不可。针对国家重大战略需求,紧跟国际学术前沿,如何打通艺术创作与科学理解、科学传播之间的“最后一公里”,是摆在科学传播工作者和科学艺术工作者面前的重要课题。哲学家应对此类合作的特定模态进行排除性的考察,对理解不充分的、需辅以其他艺术作品的部分提出合理化建议。

结 语

艺术作品对于科学发现、科学革命、科学理解、科学传播和科技治理而言,起到积极作用。建立一套基于科学理解的艺术创作理论与方法,为加快促成艺术与科学前沿的有效对话提供便利途径,其可行性尚需论证。目前,为了推进科学与艺术的深度融合,需要避免的是,防止看图说话或拿来主义的浅层合作。艺术与科学所追求的美是不同的,为了实现艺术实践与科学传播更深层的互联,需要借助作为知识重要来源的思想实验研究方法。具体的说,时间的空间化、可视化存在限度。更广泛的讲,可想象性不等价于可能性。更进一步的讲,对于特定理论对象的理解,会削弱对于其他理论对象的理解。这些都共同约束了科学理解与科学传播在特定艺术作品中能够表现的限度。

[参考文献]

- [1] 黄时进. 科学传播何以可能? [J]. 哲学研究, 2012, (12): 86-89.
- [2] 孙圣. 量子科技与哲学反思的交叉融合[N]. 社会科学报, 2024-04-04(5).

- [3] 孙圣. 机会主义是由具身认知向度导致的吗? ——对等效原理若干科学史争论的新审视[J]. 自然辩证法研究, 2024, 40(4): 115-122.
- [4] Penrose, R. *Cycles of Time: An Extraordinary New View of the Universe*[M]. London: The Bodley Head, 2010.
- [5] 吴国盛. 时间的观念[M]. 北京: 北京大学出版社, 2006.
- [6] 孙圣. 量子力学的逆向因果争论及其辨析[J]. 科学技术哲学研究, 2024, 41(3): 41-47.
- [7] 孙圣. 科学思想实验的划界问题研究: 技术细节及其缺省[J]. 自然辩证法研究, 2022, 38(6): 109-114.
- [8] 孙圣. 时序实在何以不可能: 非逆对麦塔格特的隐喻[J]. 自然辩证法研究, 2021, 37(12): 103-109.
- [9] McTaggart, J. 'The Unreality of Time'[J]. *Mind*, 1908, 17(68): 457-474.
- [10] Rozema, L. A. 'Experimental Aspects of Indefinite Causal Order in Quantum Mechanics'[J]. *Nature Review Physics*, 2024, 6: 483-499.
- [11] 范白丁. 艺术科学的时间观及其历史发展模型[J]. 文艺研究, 2021, (5): 21-33.
- [12] 赵毅衡. 艺术的拓扑像似性[J]. 文艺研究, 2021, (2): 5-16.
- [13] Hawking, S., Penrose, R. *The Nature of Space and Time*[M]. Princeton: Princeton University Press, 1966.
- [14] Albert, D. *Time and Chance*[M]. Massachusetts: Harvard University Press, 2000, 51.
- [15] Brillouin, L. 'Maxwell's Demon Cannot Operate: Information and Entropy. I'[J]. *Journal of Applied Physics*, 1951, 22(3): 334-337.
- [16] 孙圣. 思想的粒度与边界: 泛化目的论的突现解释何以可能[M]. 北京: 新华出版社, 2020.
- [17] 孙圣. 律则必然性对层级个体化问题的回应[J]. 自然辩证法通讯, 2023, 45(5): 42-48.
- [18] Larmor, J. *Aether and Matter*[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1900.
- [19] Einstein, A. 'Dialog uber Einwände Gegen Die Relativitätstheorie'[J]. *Die Naturwissenschaften*, 1918, 48: 697-702.
- [20] Müller, T. 'Falling into a Schwarzschild Black Hole'[J]. *General Relativity and Gravitation*, 2008, 40: 2185-2199.
- [21] Susskind, L. *The Black Hole War: My Battle with Stephen Hawking to Make the World Safe for Quantum Mechanics*[M]. New York: Back Bay Books, 2008.
- [22] Maudlin, T. *Philosophy of Physics: Space and Time*[M]. Princeton: Princeton University Press, 2012, 106-114.
- [23] 孙圣、万小龙. 测度对于观念的改变何以重要[J]. 哲学分析, 2024, 15(6): 138-150; 194.
- [24] Price, H. *Times Arrow and Archimedes' Point: New Direction for the Physics of Time*[M]. New York: Oxford University Press, 1996.
- [25] Bardeen, J. M., Carter, B., Hawking, S. 'The Four Laws of Black Hole Mechanics'[J]. *Communications in Mathematical Physics*, 1973, 31: 161-170.
- [26] 袁航、曾国屏. 关注科学理解: “科学理解的哲学透视”国际会议述评[J]. 哲学动态, 2006, (7): 66-71.
- [27] 黄华新. 认知科学视域中隐喻的表达与理解[J]. 中国社会科学, 2020, (5): 48-64.
- [28] 徐竹. 科学理解的事实性与虚构性[J]. 科学技术哲学研究, 2018, 35(1): 8-13.
- [29] 赵聪妹. 科学理解的科学实践之路[J]. 自然辩证法通讯, 2021, 43(7): 29-34.
- [30] 谭笑、刘兵. 公众理解科学的修辞学分析[J]. 自然辩证法通讯, 2007, 29(2): 44-48.
- [31] Einstein, A. 'On the Method of Theoretical Physics'[J]. *Philosophy of Science*, 1934, 1(2): 163-169.
- [32] Duhem, P. *La Théorie Physique: Son Objet et sa Structure*[M]. Paris: Chevalier & Rivière, 1906.
- [33] Klee, R. 'Physical Scale Effects and Philosophical Thought Experiments'[J]. *Metaphilosophy*, 2008, 39: 89-104.
- [34] 孙圣. 暗能量若干可能来源的史哲透视[J]. 自然辩证法研究, 2025, 41(3): 99-105.
- [35] Williamson, T. 'Modal Science'[J]. *Canadian Journal of Philosophy*, 2016, 46(4-5): 453-492.
- [36] 《凝练科学问题案例》编写组. 凝练科学问题案例[M]. 北京: 科学出版社, 2023.
- [37] 舒炜光. 思想实验固有实践本性——兼评托马斯·S. 库恩的观点[J]. 社会科学战线, 1982, (4): 1-10.

[责任编辑 李斌]