



他们用地脑图解码美

■本报见习记者 赵宇彤

“太美了！”“太精彩了！”

一幅青绿长卷前，舞者们衣袂飘飘、浅笑盈盈，轻盈地跃向前方，鞠躬示意。观众席掌声如潮，欢呼声经久不息。

今年，舞蹈诗剧《只此青绿》走进清华大学新清华学堂，三天四场，场场爆满。7000余名观众在被誉为“中式美学天花板”的舞蹈诗剧中，享受着视觉与心灵的双重盛宴。

座无虚席的剧场里，还藏着几名带着“特殊任务”的观众。

他们头上戴着一顶特别的“帽子”——便携式脑电图(EEG)设备。该设备连接着不同传感器，能捕捉他们在欣赏舞蹈、音乐等不同艺术元素时的神经反应模式。

“观众的脑电数据主要反映其被动接受艺术刺激时的情感共鸣与审美体验。”清华大学神经工程实验室负责人、生物医学工程学院教授高小榕告诉《中国科学报》，这有助于研究人员识别人在审美活动中被普遍激活的神经环路，以及不同文化背景下情感共鸣的神经标志物。

一个特殊的实验

为什么人在演出现场能够更沉浸于表演？哪些情节能更深刻地触动观众？近年来，关于人类在艺术欣赏过程中大脑的认知机制，逐渐成为极具潜力的研究方向——这被称为“神经美学”。

“神经美学是一门研究人类在审美体验过程中大脑如何感知、处理和评价艺术作品的交叉学科，涵盖认知神经科学、心理学和艺术学等领域。”高小榕说。其实，早在20世纪后半叶，就诞生了神经美学的科学研究；21世纪初，神经美学研究逐渐拓展到音乐、美术、建筑等多种艺术形式，关注大脑不同区域在审美感知中的作用；近年来则更加关注生态化情境中的研究，比如在艺术展览、剧院和音乐厅中进行神经测量，分析审美偏好与文化影响。

艺术在生活中的重要性日益凸显。然而，艺术对人类大脑和心理有何影响，如何提高艺

术创作、教育和欣赏的质量，这些成为摆在科学家面前的新问题。

“目前，神经科学和技术的不断进步，为从生理层面研究审美和艺术活动提供了可能，让我们有机会深入探索长期以来停留在哲学和心理层面的美学问题，并挖掘其背后的神经机制。”高小榕告诉记者，同时，跨学科研究的趋势为他们提供了新思路。

2023年初，清华大学神经工程实验室开始关注神经美学，发现神经科学和艺术领域存在诸多潜在联系，团队决定通过实验和理论研究揭开艺术与大脑之间的奥秘。

不同于监测演出者在艺术创作时的脑电活动，团队选择了作为“接收者”的观众，捕捉其在被动接受艺术刺激时的情感共鸣，寻找审美反应的共性规律。因此，对观众的监测需要在自然观赏环境中开展，且需要尽量减少干扰。

“本次《只此青绿》演出中的受试者，绝大多数是首次观看该舞剧。”高小榕告诉记者，“这样的数据能更好反映艺术作品的感染力，回答为什么有些艺术作品能够形成‘爆款’这一问题，为艺术创作和艺术教育提供科学支撑。”

为什么选择中国古典舞剧

经过调研摸索，团队决定以“中国东方视角下的情感表达”为主线，选择的剧目大多基于历史记载建构的中国古典舞剧。

“东方美学不仅带来了视觉和感官的享受，还伴随文化发展体现了我们民族对哲学和精神的高层次追求。”神经美学项目联合发起人、北京舞蹈学院舞台美术系主任任冬生告诉《中国科学报》，尤其在东西方文化深度交融的当下，东方美学正在跨越文化与地域的界限，成为一种通用的艺术语言。不过，由于东西方文化的差异，在情感数据层面也存在显著差异。

“东方美学不只是一种艺术表现形式，它还蕴含着深厚的精神内核，承载着悠久的历史与丰富的文化内涵。”任冬生表示，以东方美学为切入点，研究人员能够更精准、深入地获取情感

数据，不仅能丰富舞蹈、绘画、音乐领域的情感研究，还能反哺艺术教育创作。

从古老的诗词歌赋到精美的传统绘画，从典雅的古典音乐到灵动的民族舞蹈，东方美学造就了独特的艺术风格和审美范式。

然而，面对如此丰富多样的艺术形式，究竟选择哪种呢？团队将目光投向了舞剧。

“舞剧的魅力是在一种递进式的共鸣中形成的。随着剧情的推进，观众的情感在潜移默化中被牵引、积蓄。”神经美学项目团队成员、北京师范大学中国拉班研究中心主任唐怡说，随着叙事展开、人物冲突、音乐起伏，以及舞美灯光的铺陈，最终在某一瞬间，观众积聚的情感达到峰值，如潮水般涌出。

“舞剧通过身体表达情绪，让情绪在叙事中积累、递进。”唐怡说，因此，团队选择了大量舞剧作品，希望能借助更丰富的内容承载并激发观众的情感。

高小榕介绍，在具体剧目选择上，团队综合考虑了多方面因素。一方面是社会影响力和艺术水准，是否得到观众的广泛认可、是否符合社会主流价值观；另一方面，剧目还要有文化内核与思想深度，以传统文化为核心，具有深刻的思想性和历史意义，才能更好激发文化认同感和共鸣。

目前，该团队已与北京师范大学艺术与传媒学院、北京舞蹈学院舞台美术系、中国歌剧舞剧院、中国东方演艺集团等高校及艺术团展开了合作。

寻找“美”的规律

尽管审美体验主观多元，“一千个读者就有一千个哈姆雷特”，但其中必然藏着共性规律——这是团队攻关的目标。

“神经美学实验的目标正是从个体差异中提炼共性规律。”高小榕告诉记者，通过监测脑电、眼动和其他生理数据，团队希望探索艺术形式与神经反应的映射关系，揭示审美体验的神经基础，并为传统艺术的现代表达提供科学依据。

事实上，此观察结果与植物在其原生栖息地的状态相距甚远。这可能因为林奈对中国所处的地理位置并不清楚，他使用“印度”或“印度群岛”指代印度以及东印度群岛或西印度群岛。他甚至混淆了中国与印度，将二者视为同一区域。这与18世纪的欧洲人常常无法区分中国与印度有关。

《植物志》物种分类原意在于“为学生之便……将所有物种归入单一系统”，但其地理基础有时并不稳定。林奈将数千种中国植物错误地标记为“印度分布”，包括木芙蓉、野菊、红苜蓿以及茅莓，其中后两者由奥斯贝克采集。林奈将鬼针草错误地归类于“印度东部分布”。

林奈也正确地识别了一些植物，例如将山茶确认为中国本土物种。林奈可能在1752年《植物志》草稿最终完成之时，匆忙地将奥斯贝克的发现添加到书中。

另外，对于林奈而言，“栖息地”一词指的是地理位置而非生态条件。林奈展现了对生态学的深刻理解：原产地为植物栽培提供了环境基础。若我们根据地理位置的经纬度对每个地区的气候进行详尽的记录，同时对土壤中的矿物质成分进行记录……我们便掌握了更多真实、明确且可靠的栽培数据。

林奈对中国植物区系的生物地理学存在误解，还做了“无效的努力”。一个广为人知的事例是他痴迷于将茶树引入瑞典。1763年瑞典东印度公司船长从中国带回了相关植物，林奈的栽培一时获得了成功。他在1765年发表的《茶的用途》和1769年发表的《自然的用途》论文中宣布了这一胜利。

他还生《自然的用途》中写道：“长期以来，茶

“客观来看，搭建艺术与科学的对话桥梁，拓展审美神经科学与艺术研究的交叉应用领域，也是促进学科融合的重要尝试。”高小榕强调。

快速发展的神经美学，在美学教育、文化产品设计和文化遗产保护等方面都大有可为。比如利用神经反馈实时调整教学内容、提高艺术学习的审美体验，还能通过神经指标量化传统艺术价值，为非遗保护提供科学依据。

值得一提的是，神经美学还可以探索艺术疗法的神经基础，开发针对焦虑、抑郁等情绪障碍的审美干预策略，为心理健康干预开辟了新路径。

不过，神经美学要想茁壮成长，还面临着诸多挑战。

“一方面是技术限制，现有便携式神经测量设备存在局限性，难以在自然艺术场景中获取高信噪比的神经数据；另一方面，在文化适配性上，东方美学强调‘留白’‘写意’等意象表达，但现有分析框架多基于西方经验，缺乏适配的量化模型和测量工具。”高小榕皱了皱眉头说。此外，如何消除艺术和神经科学在理论基础、研究范式等方面的诸多差异，也是研究团队需要解决的难题之一。

“神经美学的交叉学科属性对研究者提出了复合型能力要求。我们既要具备神经科学基础，熟悉脑电等技术原理与数据分析方法，又要了解心理学理论，尤其是情绪、认知与审美感知的模型。”清华大学神经工程实验室博士研究生李泽轩表示，当然，对艺术学的理解必不可少，只有理解艺术本身，才能设计出符合艺术本质的实验方案。

虽然对“美”的探寻之旅并非一帆风顺，但研究团队已绘制出攻坚克难的“路线图”。

“未来，我们既要研发高精度、低干扰的神经传感技术，融合机器学习与多模态数据，还要提炼出东方美学的核心概念，建立符合其特质的实验范式和计算模型，实现跨文化对比研究。”高小榕说。此外，研究人员必须走出实验室，在真实环境中追踪观众的神经与行为反应，并通过国际跨文化合作，探索“美”的普适性规律。

“客观看，搭建艺术与科学的对话桥梁，拓展审美神经科学与艺术研究的交叉应用领域，也是促进学科融合的重要尝试。”高小榕强调。

快速发展的神经美学，在美学教育、文化产品设计和文化遗产保护等方面都大有可为。比如利用神经反馈实时调整教学内容、提高艺术学习的审美体验，还能通过神经指标量化传统艺术价值，为非遗保护提供科学依据。

值得一提的是，神经美学还可以探索艺术疗法的神经基础，开发针对焦虑、抑郁等情绪障碍的审美干预策略，为心理健康干预开辟了新路径。

不过，神经美学要想茁壮成长，还面临着诸多挑战。

“一方面是技术限制，现有便携式神经测量设备存在局限性，难以在自然艺术场景中获取高信噪比的神经数据；另一方面，在文化适配性上，东方美学强调‘留白’‘写意’等意象表达，但现有分析框架多基于西方经验，缺乏适配的量化模型和测量工具。”高小榕皱了皱眉头说。此外，如何消除艺术和神经科学在理论基础、研究范式等方面的诸多差异，也是研究团队需要解决的难题之一。

“神经美学的交叉学科属性对研究者提出了复合型能力要求。我们既要具备神经科学基础，熟悉脑电等技术原理与数据分析方法，又要了解心理学理论，尤其是情绪、认知与审美感知的模型。”清华大学神经工程实验室博士研究生李泽轩表示，当然，对艺术学的理解必不可少，只有理解艺术本身，才能设计出符合艺术本质的实验方案。

虽然对“美”的探寻之旅并非一帆风顺，但研究团队已绘制出攻坚克难的“路线图”。

“未来，我们既要研发高精度、低干扰的神经传感技术，融合机器学习与多模态数据，还要提炼出东方美学的核心概念，建立符合其特质的实验范式和计算模型，实现跨文化对比研究。”高小榕说。此外，研究人员必须走出实验室，在真实环境中追踪观众的神经与行为反应，并通过国际跨文化合作，探索“美”的普适性规律。

想在瑞典种中国茶树的林奈

■廖景平

瑞典生物学家、现代植物分类学奠基人卡尔·林奈(1707—1783)虽从未到过中国，但其著作中却记载了319种中国植物。他成功地从荷兰克利福德植物园种植过中国紫藤，且一生都有在瑞典种植中国植物的执念。

对于林奈的植物命名法，因为他不接受来自欧洲以外地区的、非希腊语或拉丁语系的土著植物名称，因此被认为有严重的欧洲中心主义、性别歧视和种族主义倾向，被打上了“语言帝国主义”的标签。

林奈在为植物命名时是否有“语言帝国主义”倾向？香港大学教授亚历山大·库克对林奈父子描述的160种中国植物进行了考察，尤其考察了茶属、梵天花属、落葵属、番荔枝属、栲属和人参属等，得出结论：林奈命名中国植物时使用了不同来源的属名，但林奈对中国植物的栖息地存在错误认知。

人们指责林奈的植物命名有“语言帝国主义”倾向，其依据主要来自林奈早在1737年出版的著作《植物批判》。

在这部著作中，林奈只接受源自希腊语或拉丁语的属名，或看起来像希腊语或拉丁语的名称，再者就是纪念某位国王或对植物学研究有贡献的人物。而所谓“野蛮”词汇只能作为形容词构成种名。如此，林奈的植物命名不仅抹去了土著名称，还抹去了关于植物用途和栖息地的土著知识。

不过，在命名中国植物时，林奈并没有完全按照这一思路，他后期的著作里描述了大量关于土著植物名称和用途的异名甚至药理学信息。

1752年，林奈的弟子佩尔·奥斯贝克给他带来了数千种中国植物的标本。林奈当时正在完成划时代的著作《植物志》，该著作于1753年出版。

自西方首次接触中国以来，欧洲人便寻求了解中国的药用植物及其他植物信息，如米哈伊尔·博伊姆、多米尼克·帕雷宁，以及皮埃尔·德因卡维尔(又名汤执中)等传教士收集了大量植物标本和种子。他们特别关注药用植物。

他们将采集的诸多植物和种子送往欧洲，在巴黎皇家花园(现巴黎植物园)等主要植物园中进行栽培和适应性驯化。其中，人普遍认为具有非凡的治疗功效，受到历代植物探险家的赞誉。另一种备受追捧的药用植物是中国大黄(掌叶大黄)。其他著名的植物还包括肉桂、樟树、藤黄果(滇西藤黄)、姜以及用于18世纪著名“里斯本”饮食饮料成分的蒺藜，这些植物广泛应用于中国多种药物中。

然而，西方观察者在报道中医药时，常常会误解所见到的植物，在翻译时存在曲解和谬误。原因之一是他们断章取义地摘译中医实践片段，随后重新诠释。研究这些问题有助于我们客观审视林奈的研究、他对中国知识的理解程度，以及其信息来源的可靠性。

在《植物志》的序言中，林奈明确指出，他已亲自观察了该著作所收录的每一种植物标本，“此处省略了未见之植物……实际上，倘若我有时未能详尽检查某植物或仅获得不完整的标本，我已标记……以便他人能更精确地进行检查”。而且林奈从不讨论任何未经其亲眼所见并考察过的事物。

林奈从奥斯贝克那里获得了中国植物的标本，也从俄罗斯的船长等人那里获取了标本。此外，他还根据保存在英国医生及收藏家汉斯·斯隆爵士植物标本馆中已发表的中国植物标本图像和描述，确定了许多物种。

林奈对全球植物确定了拉丁属名命名规则，但在以此命名中国植物时，他至少做到以下几点：一是在应用其规则时，限制条件放宽；二是只赋予极少数植物以人名命名；三是在他确定的异名和出版的药理学著作中，为许多本土用法和名称作出了清晰的指引。

对中国植物的栖息地存在错误认知

“衷心感谢您所寄送的植物标本，这无与伦比。如此丰富的植物种类，从未从东印度(实为今斯里兰卡)出现过，除了赫曼在那里居住9年的情况，便再未见有如此卓越的收藏。先生，我不禁好奇，在如此短暂的停留和诸多不利条件

下，您是如何收集到如此多的植物标本……现在我有信心与任何植物学家在草药植物数量上有一较高下。”林奈在给奥斯贝克的信中，似乎显示出他对所收到的植物数量及其植物学界赋予他的影响力感到满意，而对植物来源地漠不关心——认为其来自“东印度”。

事实上，此观察结果与植物在其原生栖息地的状态相距甚远。这可能因为林奈对中国所处的地理位置并不清楚，他使用“印度”或“印度群岛”指代印度以及东印度群岛或西印度群岛。他甚至混淆了中国与印度，将二者视为同一区域。这与18世纪的欧洲人常常无法区分中国与印度有关。

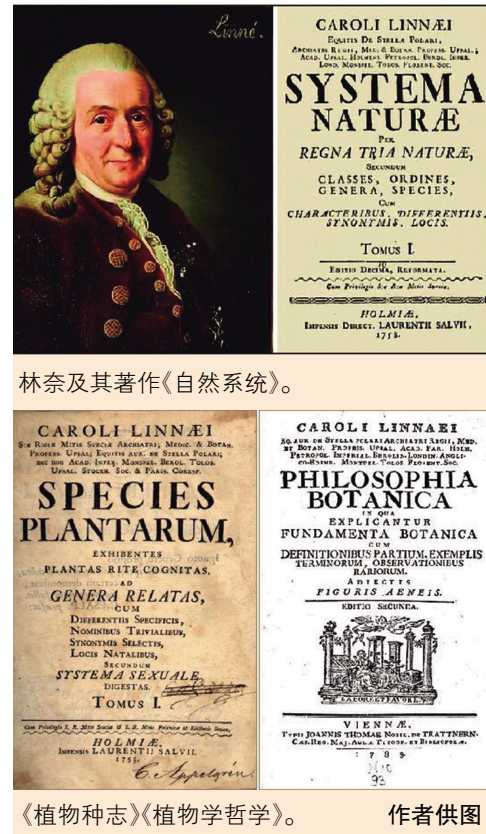
《植物志》物种分类原意在于“为学生之便……将所有物种归入单一系统”，但其地理基础有时并不稳定。林奈将数千种中国植物错误地标记为“印度分布”，包括木芙蓉、野菊、红苜蓿以及茅莓，其中后两者由奥斯贝克采集。林奈将鬼针草错误地归类于“印度东部分布”。

林奈也正确地识别了一些植物，例如将山茶确认为中国本土物种。林奈可能在1752年《植物志》草稿最终完成之时，匆忙地将奥斯贝克的发现添加到书中。

另外，对于林奈而言，“栖息地”一词指的是地理位置而非生态条件。林奈展现了对生态学的深刻理解：原产地为植物栽培提供了环境基础。若我们根据地理位置的经纬度对每个地区的气候进行详尽的记录，同时对土壤中的矿物质成分进行记录……我们便掌握了更多真实、明确且可靠的栽培数据。

林奈对中国植物区系的生物地理学存在误解，还做了“无效的努力”。一个广为人知的事例是他痴迷于将茶树引入瑞典。1763年瑞典东印度公司船长从中国带回了相关植物，林奈的栽培一时获得了成功。他在1765年发表的《茶的用途》和1769年发表的《自然的用途》论文中宣布了这一胜利。

他还生《自然的用途》中写道：“长期以来，茶



林奈及其著作《自然系统》。

《植物志》(植物学哲学)。 作者供图

树木被引入欧洲一直是一个令人费解的现象。我们必须探究其失败的原因，归结于植物本身。然而，这一难题已被当代最杰出的植物学家所克服。若我们根据地理位置的经纬度对每个地区的气候进行详尽的记录，同时对土壤中的矿物质成分进行记录……我们便掌握了更多真实、明确且可靠的栽培数据。

林奈仅在年轻时离开本国，在荷兰有过短暂逗留，并对英格兰和法兰西进行了简短的访问。林奈渴望其《自然系统》和《植物志》囊括全球各地的植物种类。为此，这位凭自学书本知识成才的自然学家派出了20多名弟子作为船医或牧师，参与遍布全球的采集探险，其中许多人未能生还。

(作者系中国科学院华南植物园研究员)

速读

论文题目：
中国古代冶金文化里的“生灵”
——以笔记小说史料为核心的
考察
作者：厚壁、李延祥
出处：《自然辩证法通讯》，2025年，No.3

古代笔记小说中有丰富的冶金文化史料，这些史料中部分内容的主角是植物、动物以及金属和金属器幻化的生灵，展示出我国独特的古代冶金文化。

在古人看来，地表生长的某种特殊植物或植物呈现特殊形态，属于次要的、被决定的表象，而地下蕴藏的矿物才是根本的、决定性的因素。这种对应可判断陵墓里的陪葬物。

地表植物生长异常，古人会认为地下可能藏有特殊物件。如《酉阳杂俎》中记载，有一家庭院里的百合花大于常态数倍，于是人们就怀疑是地下有什么宝物，发掘后真的发现地下有由层层“甃匣”包裹着的铜镜。

植物探矿技术在某些情况下是有效的，其基本思路是以某些野生植物的聚集位置或体内矿物质含量为参考，判断特殊矿物质贮藏地的矿物。如忍冬自然生长地可能有银矿，类似的“伴生”关系还有：车前草—锌矿、锦葵—镍矿、喇叭花—铜矿、艾蒿—锰矿、苦麻—铁矿、凤眼蓝和铁芒萁—金矿等。

各种与金属有关“动物”的身影也不时出现在笔记小说里。比如，清代《坚瓠集》记载，家猪不仅能找到深藏的黄金，还能领着主人发现黄金，这可能是事实加故事演义的结果。而现代研究表明，有些动物确实对某种矿物更为敏感。如山羊善于寻找石膏矿、猎犬可以鉴别白钨矿、蜜蜂可以发现钨矿等。

还有一些“神奇动物”，如啮铁兽、特殊狡兔，它们或具有啮铁食粮的本事，或因生于特殊地界等原因，使得其粪便或肉身材料不同凡响，强于钢铁而能做宝剑等兵器。这类神奇动物，应该是当时人们对高品质宝剑和兵器的渴望与需求心理在文学领域的表达。

而在金属与金属器物“人文”化、神秘化的道路上，古代笔记更是天马行空、思无阻碍。如金凤凰、金雁、铜龙行走，以及白银化鹤飞走的故事，揭示了南北朝到明清时期的中国古人，相信金银铜等金属及金属制造物具有灵气，并能幻化成动物。在唐代到明清的其他笔记故事中，还有关于铜神、白银化鬼、黄金与白银等成精化为人形等更加神乎其神的叙述。

这种认识和想象与中国古人的世界观、自然观、价值观互为表里，息息相关。

古代笔记中冶金文化内容极为丰富，这也是金属与金属器在古代农业社会生产与生活中具有重要作用、金属与金属器在古代农耕文化中具有特殊地位的文化折射。

论文题目：
再论明中前期中国数学的转变
作者：朱一文
出处：《中国科技史杂志》第45卷

学界通常把元中后期与明中前期同作为中国数学的衰落期，论文作者认为衰落过程始于元中叶皇庆二年。作者从教育制度、算学与经学关系的视角，再论明中前期数学的转变。

算学教育制度对于数学知识的传承起到极为关键的作用。历代儒家注解经典亦用到数学，但北宋末年，算学制度不复存在。明初，朱元璋设国子之学，恢复算学制度。洪武二十六年，“由于一个案件牵连到书算生，朱元璋一怒之下砍掉了书算两科”。从此明代再无算学制度，数学知识的发展失去了制度保障，明代数学的发展更加艰难。

永乐元年，朱棣下令编纂《永乐大典》，众多儒士尽力收罗古代算书，并以杨辉著作思想分类、分条抄入。然而，《永乐大典》所用算书深藏文渊阁，官方既无算学制度，民间人士也难得一见，这极大影响了数学知识的流传。

永乐十二年，朱棣命人效仿唐代《五经正义》纂修《五经大全》《四书大全》《性理大全》三部大全。作者发现诸儒在注疏经典的过程中发展出与不尽相同的儒家算法传统，其中，《性理大全》黄钟律管篇载有儒家开方算法。

同时，这三部大全影响了吴敬撰的《九章算法比类大全》。该书基于杨辉《详解九章算法》和宋儒对河图、洛书数理的解释，实际是易学与算学互动脉络之下的产物，反映出儒学教育制度对算学的影响，是对传统算学的重要发展。

作者认为，从该书书名“大全”可以看出，其致力于编撰一部如上述三部大全一般的集大成式著作。尽管后世学者对其有诸多批评，但该书确实属于明中前期独步一时的作品。但中国数学衰落的趋势已经无法改变了。

(尹一)