

# 中国古代的科学实践是如何进行的

■本报记者 张双虎

近3年前的2021年11月，中国科协邀请数位院士及专家座谈。当话题转至中国古代科技和文化自信时，中国科学院大学人文学院院长、教授孙小淳阐述了对于中国古代科技成就和科学思维的认识与思考。

对于会上提出的“重新梳理中国古代科技发展的脉络和成就”，进而“重写中国古代科学史”的意见，孙小淳表示，这和他的想法不谋而合。

“我们在这方面已经沉淀数十年，有很多研究成果和新的思考。”孙小淳说，“近年来我们一直在寻找机会，以新的视角阐释科学文化发展，让人们在了解中国古代科技史的同时，拓宽文明视野、丰富科技思维。”

一个月后，中国科协正式立项，委托孙小淳和中国科技史学会组织相关学者，撰写一部中国古代科技科普读本。

日前，这部“重写中国古代科技史”的著作《文明的积淀：中国古代科技》正式出版。

## 古代不存在脱离科学的纯粹技术

长期以来，中国科技史研究面临一个颇具争议的问题，即中国古代有没有科学。

“首先要弄清科学的本质是什么。”孙小淳表示，重视实验、讲究逻辑是近代科学的突出特征，科学方法包括观察、分类、建立模型，以及解释事物间因果关系、弄清现象间关系等很多方面。

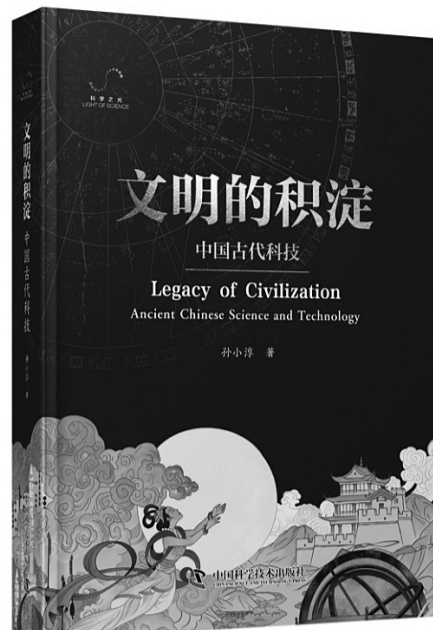
孙小淳团队的研究表明，中国古代不仅有观察、测量，还有数学模型和实验验证。例如，中国古代数学、天文学中有很多预测和验证，农学中有关于播种、嫁接的方法，手工业中有各种陶瓷制作技术，冶金领域有很多实践和验证，《墨经》中对小孔成像的认识有观察也有实验，等等。

“我们谈到的古代科学是指古代的‘知识体系’或古人对自然的解释，也有人把人类适应环境而产生的系统知识视为科学。”孙小淳对《中国科学报》说，“尽管这些方法、实验和模型并不系统，但它们证明了某些理论。”

中国汉代制定历法时，曾有10多个“团队”参与竞争。他们做了大量观测，并通过构造模型解释自然现象。

“制定历法要观测行星运动、恒星位置，要准确验证月相、预测日食，及制定二十四节气时刻。”孙小淳说，“这需要精细的测量、不断验证、修正模型。同时，帝王会委派相关人员进行验证，这种思维方式和研究方法完全符合今天的科学规范。”

在近40年科技史研究中，孙小淳发现虽然



“在近40年科技史研究中，孙小淳发现虽然古代很多技术是基于经验和直观产生的，且与科学理论并不直接相关，但所有技术的背后，都隐含着人们对自然事物及其相互关系的认识。

《文明的积淀：中国古代科技》，孙小淳著，中国科学技术出版社2024年4月出版，定价：168元

古代很多技术是基于经验和直观产生的，且与科学理论并不直接相关，但所有技术的背后，都隐含着人们对自然事物及其相互关系的认识。

“古代不存在脱离科学的‘纯粹’技术。”孙小淳说，“如果我们以‘文明的视角’打通历史，从东西方文明比较的角度进行观察，就可以帮助我们了解中华文明在世界文明中的定位，从而增强文化自信。”

## 中国是世界近代科学的参与者

近代科学在西方产生，工业革命促使西方文明突飞猛进，将其他文明远远“甩在身后”。这使人们产生一种误解，好像科学是西方文明的专利。

“很多人认为中国古代没有科学，顶多算有点技术。”孙小淳解释说，“中国古代的科学探索和技术发展紧密相连。实际上，不仅中国，而且古希腊、古印度也都是这样，因此强调中国只有技术没有科学是不合适的。”换句话说，如果简单用有没有现代科学的定律公式、数字化表达来度量，不但古代中国没有科学，古希腊、古印度也同样没有科学。

如今人们只看到现代西方科技影响了中国，却忽略了它对世界的影响。中国几千年来的确一直在引进、吸收外来文明，但并非是单向

吸收，除了四大发明对世界的贡献外，中国古代在天文、数学方面的成就也影响了西方。

“即便明清以来，西方科学传入中国的过程中，中国在接受的同时也有发明和创新。”孙小淳说，近代科学的产生不是某一种文明的独特贡献，它是东西方文化交汇、多种文明融合发展的结果。中国是世界近代科学的参与者，因此在书写中国科技史时，要打破“欧洲中心论”，从全球视角来考察。

## 属于中国古代的“实验”

英国科学史家李约瑟用化学滴定实验类比，对文明进行“大滴定”分析，研究各种文明中含有多少现代科学所认定的科学成分。

“这对中国科技史研究贡献很大，但会剥离古代科技知识和古代文化。”孙小淳说，“实际上，两者在古代是难以分割的，解析研究有时候很成功，但结果有可能带来偏差。”

孙小淳认为，要以文明的视角超越李约瑟难题，不做简单对比，而是弄清中国古代的科学实践是如何进行的，以及如何通过对自然规律的认识实现对道德规律的认识，从而追求最大化、最有效的社会公正。

中国古代科技人员没有做过像意大利科学家伽利略那样的实验，但有很多“实际的实验”。

# 蝴蝶的脆弱与坚强

■袁芳

然而，这不仅仅是一本关于蝴蝶的书。通过蝴蝶这一载体，本书还展示了地球生物多样性的脆弱与珍贵。稀有蝴蝶提醒人们，每一种生物的消亡都可能对整个生态系统造成不可逆的影响。

蝴蝶作为生态系统中重要的一环，它的减少或灭绝将直接影响植物授粉、食物链的稳定以及整个生态系统的平衡。日复一日的城市生活中，我们可能会忽视人类活动对蝴蝶生存环境的影响。事实上，城市化、工业化、农业扩张以及气候变化等因素，都在不断挤压蝴蝶的生存空间。

书中通过具体的事例和数据，向我们展示了人类行为对自然环境的破坏，以及这种破坏对蝴蝶等生物的影响。这些生动的描写和有利的证据，让我们无法再对环境的恶化视而不见。

在揭示生命脆弱性的同时，本书还探讨了—个问题，自然界生物在环境变化面前究竟是脆弱

还是顽强？有人认为自然界生物并不脆弱，依据是失去原有的动植物类群后，一些大型动物仍能在该生态系统中恢复。另一些人的观点则相反，论据是与日俱增的物种灭绝和生态系统退化。

稀有蝴蝶的存在恰恰为辨析这种二元观点提供了独特视角。在它们身上，脆弱和顽强并非二元对立的存在。哈达德在书中描述了许多蝴蝶在面对困境时展现出的惊人适应力和生命力。无论是极端气候、食物短缺还是栖息地丧失，蝴蝶总能找到生存的方法。它们的坚韧和毅力，让我们看到了生命的无限可能和希望。

除了对蝴蝶本身的关注外，冲在生物保育工作最前线的哈达德强调，稀有蝴蝶让人们认识到人类对环境造成的伤害，相关研究人员应当指引人们找到治愈这些伤害的方法。

而每个人在保护自然环境中都有责任和使命，无论是科学家、政府还是普通民众。他提出了一系列切实可行的保护措施和建议，鼓励人们积极参与到生物多样性的保护中来。

艾地董蛱蝶、伊卡爱灰蝶、晶墨弄蝶、斑凯灰蝶、米氏环眼蝶、阿里芷凤蝶，就在几十年前，这6种生活于美国本土的稀有蝴蝶濒临消失。最终，美国密歇根州立大学教授尼克·哈达德和他的团队经过一番努力，成功阻止了这些蝴蝶的衰落，使其得以幸存下来。

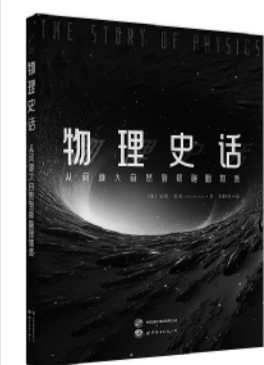
在哈达德眼中，蝴蝶是大自然的使者，稀有蝴蝶的减少甚至灭绝昭示着地球上最庞大而多样的昆虫家族已经岌岌可危。

《最后的蝴蝶》一书中，哈达德以独特的视角和深刻的洞察力，从生物学与自然保护的角度出发，记录了他20多年持续深入的研究中那些生动鲜活的故事。

哈达德不仅是科学家，更是一个对自然充满敬畏和热爱的观察者。在他的笔下，蝴蝶不仅是研究对象，更是他生命中的一部分，每一种蝴蝶的消失都让他感到切肤之痛。

书中，哈达德通过细腻的描述，将读者带进蝴蝶的生命历程。从卵到幼虫，再到蛹和成虫，每一个阶段都充满了生命的奇迹和坚韧。他以科学家的严谨和文学家的细腻，将蝴蝶的生命周期、行为习性、生态环境以及它们与人类的关系娓娓道来。我们仿佛看到那些蝴蝶在丛林中翩翩起舞，感受到它们为了生存而进行的艰苦斗争。

## 荐书



《物理史话：从问道大自然到探秘暗物质》，[英]安妮·鲁尼著，李轻舟译，世界图书出版公司2024年5月出版，定价：69.9元

本书讲述了物理学的发展历史，从古希腊的自然哲学家，如阿那克萨哥拉、亚里士多德、阿基米德等，到对人类科学传承发展、东西方科学文化交流起到至关重要作用的伊斯兰世界的学者，如花拉子米、海什木、阿维洛伊等，再到大家耳熟能详的近现代科学大师，如伽利略、牛顿、爱因斯坦、霍金等。正因他们为代表的众多科学家的不懈努力，人类才能不断提高对宇宙万物本质的认识。

作为一位撰写了几十部科普著作的英国科普作家，鲁尼在书中留下了不少“空白”——物理学中仍有许多东西有待发现，而这些疑问也有待未来的物理学家去探究。（曹平）

# 花30余年寻找准晶的科学家

■陈学雷

《第二种不可能》一书可以说是一本以第一人叙述的侦探故事，充满了悬念、转折和惊喜，令人拿起书后几乎无法放下。但这里所讲的故事都是真实的，其主人公不是一位普通的侦探，而是一位世界著名的科学家，他所追查的也不是罪犯，而是自然界中的一个奇迹——准晶。为此，他花了30多年时间。

什么是准晶？它是一种有点类似晶体，但又不是晶体的物质。晶体是常见的，例如水晶等天然矿物，甚至普通的食盐都是晶体。原子规则地排列在一起就形成了晶体。

晶体学家早已用数学方法证明，只有那些具有二重、三重、四重、六重旋转对称性的结构可以实现周期性的排布，形成晶体。这对于学固体物理或矿物学的大学生来说是常识。

因此，20世纪80年代，当一位以色列冶金学研究者谢赫特曼发现某种铝合金中存在五重旋转对称性时，很多人认为他犯了低级错误，因为五重旋转对称性的构型不可能形成晶体。

从事理论物理研究的本书作者保罗·斯

坦哈特却在研究中发现了虽不具有周期性，然而仍可以布满空间的具有五重旋转对称性的构型。这正是谢赫特曼发现的奇异材料所具有的原子结构，也就是所谓准晶。谢赫特曼后来因此获得了诺贝尔化学奖。

不过，故事并没有到此为止，实际上这只是—个开端。谢赫特曼发现的合金是人工制造出来的，那么自然界中是否存在准晶？

斯坦哈特的主要研究领域是宇宙学，探索宇宙的起源，在这一领域里他成了世界著名的专家。不过，他仍然关注着准晶。他指导学生开发出软件，通过对自然界中各种矿物的X射线衍射图进行分析，寻找可能存在的准晶。最终，他们在—个意大利博物馆收藏的某种奇特矿物中，发现了准晶存在的迹象。

但是，这矿物究竟是什么、来自哪里？语焉不详的档案记录中并没有足够的信息。于是，作者带着我们走上了奇妙的寻根问底之旅。

经过一系列真正的“侦探”工作，最终，作者带领的科考队来到了俄罗斯堪察加半岛荒野中的一条河流旁，开始搜寻自然产生

例如，研究人员在景德镇窑洞遗址发现了很多小瓷块，上面有标记和名字。这是匠人专门用不同配料、不同燃料、不同温度、不同包釉进行的样品烧制。

“它就是一种‘实验’，工匠们要弄清各种材料、条件组合烧制出来的东西是什么样子。”孙小淳说，“这背后隐藏着大量的试验和数据，如果没有这些试验，不可能做出那么精美的陶瓷。只不过以前出于某种原因，如保守商业秘密没有公开。实际上中国古代有很多类似技术。”

从社会、政治、经济、文化等方面考察，中国古代强调科学的“济世经邦”作用，注重把知识运用到国计民生领域，因此，天文、农学、水利、医学等领域的成就都是将科技与治国理政紧密结合的成果。

## 一次观念的冒险

“除了一些观察、测量和试验外，中国古代也不乏理论探索。”孙小淳说，“当然，这些探索后来没有得到充分发展，但不能因此就断定中国古代文明中没有科学思想，没有科学的创造精神。”

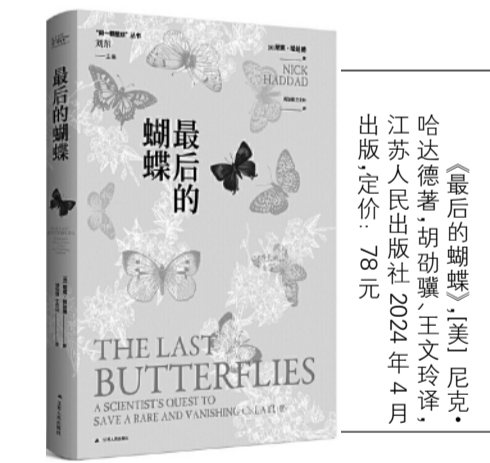
孙小淳告诉《中国科学报》，本书不是简单介绍从古代到今天的科学技术，除了从时间维度着重写了几个时代外，还考虑了空间维度，对东西方科学技术进行了比较。同时，书中讲述了科学思想、科学社会学，甚至人类学问题。此外，该书对阴阳五行、天人合一、月令运行等问题也有探讨。

孙小淳认为，人类文明史相对宇宙历史只是极其短暂的一瞬，人类经历和认识的空间极其有限。“因此，我们对科学的认知还存在很多可能性，当前这些科学上的定律公式不一定‘放之四海而皆准’。”

孙小淳自然很清楚当下学界对中国古代科学的观点，也知道本书中的一些观点可能会引起争论、遭受批评。“从这个意义上说，该书的编写是一次‘观念的冒险’。”但他同时表示，“这种‘路径’研究能‘连接’过去、现在和未来。不同的‘路径’连接会指向不同的未来，这就是我们进行科学史研究的意义。”

世界科技史中，中华文明从未缺席，未来也不能缺席。

“探究中国古代文明中的科学故事，实质上是探寻科学的‘中国心’。”孙小淳说，“对科学‘中国心’的清晰认知涉及文化自信，关乎我们以什么姿态、以什么心态面对过去和未来。只有把科学精神与中华民族之魂相结合，塑造科学的‘中国心’，才具有创新能力，从而更好地面向未来。”



《最后的蝴蝶》[美]尼克·哈达德著，胡劲骥、王文玲译，江苏人民出版社2024年4月出版，定价：78元

亚马孙热带雨林的蝴蝶振翅能引发千里之外的一场龙卷风，这一家喻户晓的科学比喻是否真的发生过我们不得而知，而稀有蝴蝶与全球环境变化的紧密联系是毋庸置疑的。从这个角度来说，保护稀有蝴蝶就是保护我们自己。挽救稀有蝴蝶的核心原则是——人类不该成为它们灭绝的原因。

只有当我们真正关心并行动起来，才能守护地球这个独一无二的美丽星球。

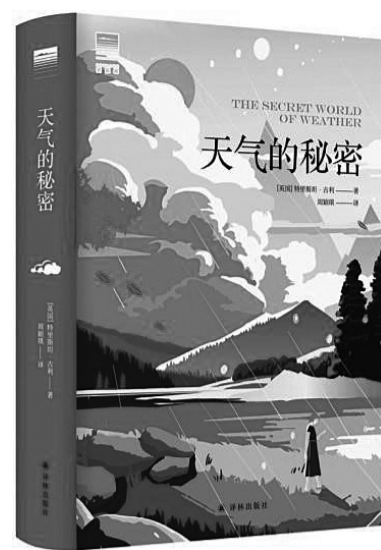


《第二种不可能》[美]保罗·斯坦哈特著，高跃升译，浙江科学技术出版社2023年11月出版，定价：119.9元

的准晶。而他们的发现告诉我们，这种奇妙物质到底是如何产生的。

本书讲述了作者在探寻准晶过程中的种种经历，以及所遇到的各种奇人奇事，从作者的老师、天才物理学家费曼，到唯利是图的官员。作为一位世界一流的科学家，作者在书中还分享了自己科学研究所体会到各种趣味和惊喜，以及对壮美的大自然、奇妙的宇宙历史的感受。

（作者系中国科学院国家天文台研究员，本文为《第二种不可能》序言）



《天气的秘密》[英]特里斯坦·古利著，周颖琪译，译林出版社2023年8月出版，定价：89元

接到要出差一周的任务，或者打算休年假去旅行，我们都会用手机上一查一下目的地的天气预报。虽然有超级计算机的加持，如今5天之内的天气预报准确性已大幅度上升，但啼笑皆非的事例依旧存在——强台风的预测路径直奔城市而来，谁想到台风却迅速降为低气压，或突然拐弯往海上去了；预计的大降温比气象专家所声称的要柔和许多，等等。此时，不如了解一下英国作家、探险家特里斯坦·古利的观点——与其过度依赖天气预报，不如用自己的感官判断天气。

古利并非气象学家，他有20余年的野外探险经验，曾经率领团队在五大洲展开探险活动，并独自一人先后驾驶飞机和帆船横渡大西洋。作为一个经常要直面风云变幻的人，他对天气有着刻骨铭心的记忆。

他希望普通人像他一样，通过对大自然的观察、体验与分析，利用一些最基础的地理学和气象学的常识预测天气变化。这是他撰写《天气的秘密》一书的原因所在。

观察一棵树或者去山顶和洼地徒步可以发现线索，在民谣、歌谣与新闻中获取对当下和未来天气的启示。书中，作者带领我们进入一片鲜为人知的奇妙领域：见识我们身边人的“小气候”。例如，如何在暴晒和暑热蒸腾的盛夏找到“树荫空调”；如何在凛冽冬日，在向阳山坡上或民宿的门廊上找到“阳光口袋”；如何在寒风凛冽的户外，通过抬头看“旗云挥舞的方向”以判断有没有风雪来袭，等等。

本书之所以吸引人，在于作者没有从枯燥的气象学名词出发进行乏味的解读。他完全从亲身体验出发，用一个个小故事以及大量普通人都明白的比喻，解释纷繁复杂的天气现象，让天气这种综合了气象学、物理学、地理学的复杂学问，变得通俗易懂。

比如，他在解释白天天气受到日光辐射后，造成的地面升温很难波及上层大气时，将这一迹象比喻为“汤里的云学问”。他让我们想象一下，把一锅鸡汤放在燃气灶上，不去搅动它的场景。锅底的鸡汤急剧升温，出现湍流之时，汤的表面依然平静。阳光炙烤大地的情和这差不多，到下午一两点钟，大部分入热得脱去了外套，而高空依旧很冷。这是警告我们，如果你要玩高空热气球或者高空跳伞，得穿上充有羽绒的冲锋衣，以防被冻僵。

有意思的是，地形对气温的影响是另一番情形。如果你把帐篷扎在山谷的低洼处，一早起来，你的额头、眉毛和睫毛上都会结满霜花。这是因为你睡在了“成霜洼地”中。这里冷空气密度更大，它会像倒入水中的糖浆，在重力的作用下向山洼处聚集。这就导致从气温急剧下降的后半夜到天刚亮那一刻，小山的峰顶通常都比山谷底部要暖和。

为了将天气变化描述得细致入微，作者经常利用他在自然写作上的天赋，充分打开感官，观察、分析并描写事物的细节，得出令人信服的结论。

他教我们观察一张挂满露珠的蜘蛛网，清晨的阳光斜射，那景象就像一串美丽的钻石璎珞。奇妙的是，当你从离露珠最近的地方逐渐后退，就会发现露珠上折射的迷人光色，从紫色、蓝色依次变成绿色、黄色、橘色和红色。这正是彩虹从内圈到外圈的颜色。其原理是阳光射入小水珠以后发生折射，使得不同颜色、不同波长的光分散开来进入我们的眼睛。而蜘蛛网上的露珠集齐了对天气的预测。

作者继承了英式经典随笔的笔法，严谨中蕴藏着各种英式幽默，理性中包含体贴。他贴近当代读者的户外活动需求，引领读者打开感官，为那些人们不大会留意到的天气征兆喝彩。它们是霜花，是露水，是变幻莫测的云，是植物、真菌和地衣，是海岸线和森林，是冰雹、霜雪和暴风雨，它们无处不在，遍布天空和大地，等着我们发现其中的奥秘。

# 与其依赖天气预报，不如自己判断天气

■华明明