



化学通讯

CHEMICAL NEWSLETTER

No.9

2026年05月15日



图片来源: www.magnific.com

CCS
中国化学会

CHINESE
CHEMICAL
SOCIETY



中国化学会 主办
中国科学院长春应用化学研究所



主办单位: 中国化学会 中国科学院长春应用化学研究所
刊期: 半月刊
主编: 杨小牛 (中国科学院长春应用化学研究所)
副主编: 刘正平 (北京师范大学)
编辑部主任: 王重洋
总编辑: 孙智权 **副总编辑:** 余婉宁
编辑: 陈雨婷、朱真逸 **版面设计:** 许霞
联系电话: 0431-85262016
电子邮箱: hctx@ciac.ac.cn
公众号: Chemical Newsletter
投稿网址: <https://www.scicloudcenter.com/CN/>
电子版网址: <https://www.chemsoc.org.cn/library/newsletters/>
中国化学会秘书处
地址: 北京市中关村北一街 2 号
联系人: 郝江涛、王亚茹
联系电话: 010-82449177

资讯汇集

99 位会员新晋级为高级会员 **01**
来源: 中国化学会官网

新闻快递

中国科学院大连化学物理研究所首次观测到金属-载体界面体相氧溢流现象 **04**
来源: 人民网

我国科学家研制出创世界纪录的柔性热电薄膜 **04**
来源: 中国科学院官网

2026 年全国基础教育化学教学改革研讨会在青岛召开 **04**
来源: 海报新闻

清华团队用“分子积木”搭出高比能锂硫电池 **04**
来源: 今日头条·中国教育新闻网



06



27

中国地质大学化学生物传感团队连发
《自然》子刊成果 04

来源：中国地质大学材料与化学学院官网

科技新闻

从“氢”出发，加速打开万亿新空间 05

来源：新闻联播公众号

中国式现代化进程中“新科普”的理论建
构与实践变革 09

来源：中国科学院院刊公众号

墨西哥涂料生产商仍在销售有毒含铅涂
料，持续将消费者置于健康风险之中 21

来源：CHEMISTRYWORLD

感官品鉴与化学检测发现啤酒中存在令
人不适的风味化合物 24

来源：C&EN

科普大赛

※ 大豆加工与铁吸收——从实验室到餐
桌的科学之旅 26

作者：郑艳，王龙，王晓波，李东，李云泽

※ 过劳肥：被化学“绑架”的体重 31

作者：李唐

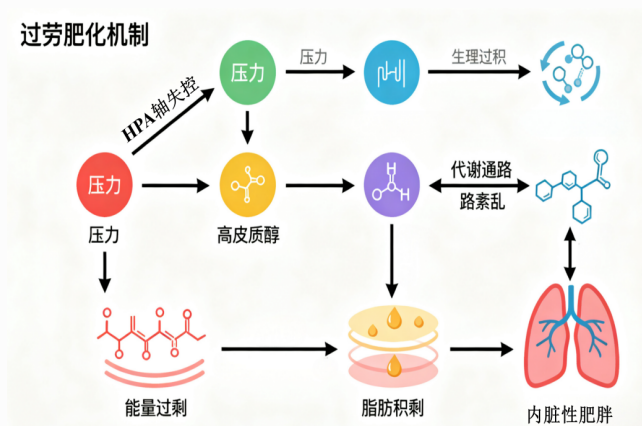
※ 从化学视角解读《红楼梦》中的朱砂
密码 36

作者：王晞靖

科研进展

【CCS Chem.】南开大学王晓晨课题组：
手性硼催化硝酮的不对称 [3+2] 环加成
反应 44

来源：CCS Chemistry 公众号



33

99 位会员新晋级为高级会员

- 2026 年 5 月，中国化学会新晋级高级会员 99 位，祝贺新一批成功晋级的各位高级会员！
- 中国化学会高级会员均享有专属会员主页，并可即时自主更新主页，变更信息或添加代表性论文等。



登录网址

<http://www.chemsoc.org.cn/member/senior/> (点击阅读原文)，可查询、浏览每位高级会员个人主页。

新晋级高级会员名单

序号	姓名	工作单位
1	白玉罡	湖南大学
2	陈红梅	四川师范大学
3	陈宇辉	南京工业大学
4	杜春雨	哈尔滨工业大学
5	段春晖	华南理工大学
6	冯晴亮	西北工业大学
7	傅红如	洛阳师范学院
8	高锦明	西北农林科技大学
9	高蒙	华南理工大学
10	谷慧	湖南科技大学
11	顾成	四川大学

序号	姓名	工作单位
12	顾玮	贵州省天然产物研究中心
13	郭静	北京师范大学
14	郭明全	中国科学院宁波材料技术与工程研究所
15	韩东	上海交通大学
16	韩新博	沈阳仪表科学研究院有限公司
17	郝二军	河南师范大学
18	何睿	河南农业大学
19	贺志远	北京理工大学
20	胡宝山	重庆大学
21	胡斌	暨南大学

▶【续表】

序号	姓名	工作单位
22	胡 军	华东理工大学
23	季 民	天津大学
24	蒋新生	联勤保障部队工程大学
25	景晓飞	东北师范大学
26	李爱学	北京市农林科学院
27	李丹丹	安徽大学
28	李晓慧	天津师范大学
29	李 杨	重庆大学
30	李 毅	合肥工业大学
31	李 治	上海从水新材料科技有限公司
32	林 翰	中国科学院上海硅酸盐研究所
33	蔺向阳	南京理工大学
34	凌 云	复旦大学
35	刘红文	湖南师范大学
36	刘洪林	合肥工业大学
37	刘钦泽	齐鲁工业大学
38	刘 涛	北京大学
39	刘武昆	南京中医药大学
40	卢思宇	郑州大学
41	卢喜瑞	西南科技大学
42	马丛明	南京工业大学

序号	姓名	工作单位
43	马 强	吉林大学
44	南广军	浙江师范大学
45	聂广泽	南京工业大学
46	庞成才	天津理工大学
47	秦 清	山西师范大学
48	石 虎	山西大学
49	宋东坡	天津大学
50	宋明星	吉林师范大学
51	孙茂忠	江南大学
52	孙 伟	北京大学
53	田植群	广西大学
54	汪福意	中国科学院化学研究所
55	汪国雄	复旦大学
56	王长号	陕西师范大学
57	王赅胤	扬州大学
58	王建国	南开大学
59	王建国	内蒙古大学
60	王金全	广东药科大学
61	王 艳	湖北民族大学
62	王 毅	中国科学院海洋研究所
63	魏香三	安徽省蒙城县第八中学

▶【续表】

序号	姓名	工作单位
64	吴巧玲	晋元高级中学
65	席福贵	忻州师范学院
66	谢卫青	西北农林科技大学
67	谢新刚	兰州大学
68	邢华斌	浙江大学
69	邢子豪	东北师范大学
70	徐超	华南师范大学
71	徐华杰	阜阳师范大学
72	徐润生	湖州学院
73	徐涛	中国海洋大学
74	徐伟高	南京大学
75	杨应昌	铜仁学院
76	杨玉荣	中国科学院昆明植物研究所
77	杨云芳	浙江工业大学
78	杨占会	北京化工大学
79	杨志涌	中山大学
80	姚希	香港城市大学
81	叶明富	安徽工业大学

序号	姓名	工作单位
82	殷亮	中国科学院上海有机化学研究所
83	应光国	华南师范大学
84	余洋	苏州大学
85	宰建陶	上海交通大学
86	曾承辉	江西师范大学
87	曾晓军	福建省晋江市第一中学
88	张华	厦门大学
89	张如范	清华大学
90	张树永	山东大学
91	张天龙	西北大学
92	张毅楠	南京中医药大学
93	张勇	国家纳米科学中心
94	张玉建	浙江师范大学
95	赵红	中国科学院大学
96	赵红	四川轻化工大学
97	赵龙	成都医学院
98	钟远	中国科学院青海盐湖研究所
99	左小磊	上海交通大学

来源：人民网

中国科学院大连化学物理研究所首次观测到金属-载体界面体相氧溢流现象

近日，中科院大连化学物理研究所联合南方科技大学科研团队，在多相催化溢流效应研究中取得新进展。团队首次在原子尺度观察并证实了金属与载体界面控制的体相氧溢流现象，明确其在多相催化反应中的重要作用，还提出了“表面—界面—体相”协同催化新机制，相关成果发表于《自然》期刊。

原文链接

<http://finance.people.com.cn/n1/2026/0509/c1004-40716203.html>

来源：中国科学院官网

我国科学家研制出创世界纪录的柔性热电薄膜

5月8日，中国科学院化学研究所朱道本院士、狄重安研究员团队联合国内合作者，成功研制出不规则多级孔结构塑料热电薄膜，其核心性能指标热电优值（zT值）突破1.64，创下柔性热电材料同温区性能世界纪录。该材料可利用5℃~10℃温差发电，兼容喷涂工艺一次成型，为可穿戴设备自供电、贴附式制冷和物联网传感器等技术发展提供关键材料支撑。

原文链接

http://www.cas.cn/cm/202604/t20260423_5107657.shtml

来源：海报新闻

2026年全国基础教育化学教学改革研讨会在青岛召开

4月25日至26日，由教育部基础教育化学教学指导专业委员会主办的2026年全国基础教育化学教学改革成果展示暨全国基础教育化学课程教材应用实践研讨会在山东省青岛市实验高级中学举行。会议从全国20个省份征集的140个案例中遴选出45个优质案例参与现场展评，重点展示了AI赋能教学、实验教学改革及学科育人实践等方面的创新成果。

原文链接

<http://w.dzwww.com/p/p8g3ZMkgi7.html>

来源：今日头条·中国教育新闻网

清华团队用“分子积木”搭出高比能锂硫电池

近日，清华大学深圳国际研究生院周光敏团队在《自然》发表锂硫电池研究成果。团队提出硫电化学“预分子介体”新概念，通过“量子化学+机器学习”设计功能分子，重塑硫转化路径，大幅提升电池能量密度。该成果有望延长无人机续航、助力低空经济，未来还将拓展至其他电池及回收领域。

原文链接

<http://m.toutiao.com/group/7637316916582941193/>

来源：中国地质大学材料与化学学院官网

中国地质大学化学生物传感团队连发《自然》子刊成果

4月30日，中国地质大学（武汉）材料与化学学院夏帆教授领衔的生命分析化学团队，以第一单位在生命分析传感领域连续取得重要突破。两项成果先后发表于《自然综述·化学》及《自然·传感器》期刊，分别系统阐述了基于分子转子探针的蛋白质监测技术和场效应晶体管生物传感器在癌症检测中的应用，为生物分析传感技术向精准化、便捷化和临床化发展提供了重要支撑。

原文链接

<https://chxy.cug.edu.cn/info/1092/36201.htm>

从“氢”出发，加速打开万亿新空间

来源：新闻联播公众号；原文链接：<https://mp.weixin.qq.com/s/fcFioTFermLAJV-2EgKccg>

在全球能源转型与“双碳”目标推进的浪潮下，氢能凭借清洁高效的特性，成为未来重要能源载体，也是推动能源产业升级的关键方向。

“十五五”规划纲要提出，要推动氢能、核聚变能等成为新的经济增长点。今年以来，我国氢能产业正加速从技术示范探索，迈入规模化、商业化发展的新阶段。

“向海取氢”开辟制氢新路径

在渤海湾，我国首个百千瓦级工厂化海水直接制氢项目，具备了从实验室走向规模化生产的落地条件。

什么是海水制氢？

氢能作为一种清洁、高效的



能源载体，传统电解水制氢技术，高度依赖高清洁度的淡水资源。而海水制氢直接以海水为原料来制取氢气，最大优势是摆脱了对淡水资源的依赖。海水含有约 3% 的盐以及多种杂质，很容

易腐蚀电解设备甚至损坏设备。为了破解这些难题，工程师们在项目中利用园区内水上光伏电站所生产的部分绿电作为电解水的动力，通过抗海水腐蚀、抑制氯气产生的电解槽和一系列特种设

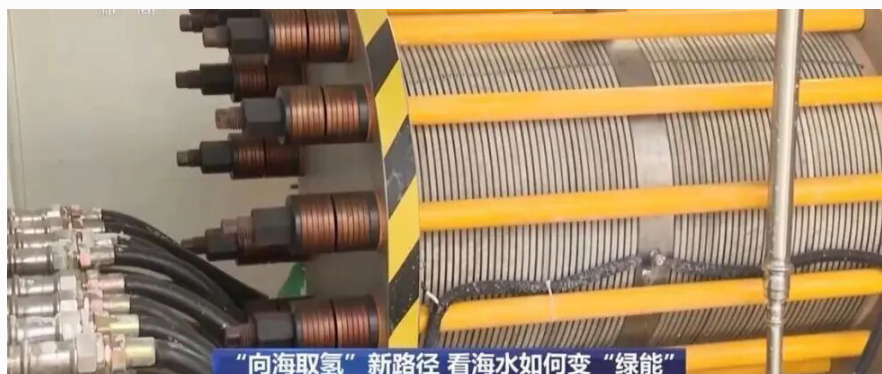
备的使用，攻克了海水预处理系统等关键技术，实现海水直接电解生产氢气，每小时可生产20立方米的绿氢。在青岛港，以氢能为动力的氢电拖轮和相关港口吊运设备投入使用，有效降低了运营过程中的碳排放。除了日常生活，这个项目所生产的氢气，也可以并入工厂的炼化管网系统，为石油炼化生产提供更清洁的原料。据预测，到2030年，我国可再生能源制氢的装机规模有望突破1亿千瓦，未来海水制氢技术将会朝着更大规模化、绿色化、产业化的方向不断迈进，助力千行百业的高质量发展。

通道贯通“氢走廊”织密扩容

在成渝地区，前不久随着广元、雅安加氢站正式投用，成德绵广、攀西雅成两条绿色氢路正式贯通。

这是《四川省氢能产业中长期发展规划（2025-2035年）》规划建设“一廊多路”氢交通应用体系的重要组成部分。这两条绿色氢路的贯通，标志着四川向南、向北的氢能运输大通道全面打通，全省氢能骨干网络初步成形。

成渝“氢走廊”是四川最早的绿色氢路，以渝蓉、成渝、成





遂渝三条高速为主干道，2021年贯通并持续提质扩容。目前，川渝两地共建加氢站41座、推广氢燃料电池汽车超2000辆，年货运量超2.2亿吨，往来物流车保有量超5万辆。

“我们已经逐步具备了规模化推广氢能重卡、干线物流等氢能车辆的条件。”四川省经济和信息化厅汽车轨道处处长阳杨表示，计划到2027年，“氢走廊”沿线加氢站数量将突破60座。

据统计，截至目前，我国已建成加氢站574座、加氢能力超360吨/天，居全球首位。到

2030年，全国燃料电池汽车保有量较2025年将实现翻番，力争达到10万辆。

场景延伸拓宽氢能应用新空间

当前，氢能应用正从交通领域，加速向工业、民生等多场景延伸。

在广东湛江，我国首条百万吨级近零碳钢铁产线实现稳定运行，首次实现用氢气取代传统焦炭。

这条产线采用先进的氢冶金电熔炼工艺技术路径，用氢气当“主角”，取代了传统的焦炭，

大大减少了碳排放，为我国钢铁行业摆脱传统化石能源的深度依赖提供了一条全新路径。核心氢基竖炉产出的直接还原铁，金属化率达到预期目标；高效绿色的电炉等设施，进一步提升了能源利用效率。

与传统工艺相比，这条产线可降碳50%~80%。这种氢基炼钢的技术，颠覆了传统钢铁高耗能高污染的冶炼工艺，让钢铁变得越来越绿色低碳。

在湖北黄石，首批500台氢能共享单车已投入使用。氢能共享单车以氢气为能源，排放物只有水，实现真正意义上的零碳出

行，一年下来单车可减少二氧化碳排放约 150 千克。

共享单车搭载了氢燃料电池系统及低压固态储氢系统，可以实现超长续航 90 千米、零下 10℃ 低温续航不打折、30 秒快速换氢，非常适合短距离出行，景区、高校内通勤，快递配送等场景，与其他氢能交通终端应用一起，实现大众出行全面进入零碳时代。

今年政府工作报告提出，要培育氢能、绿色燃料等新增长点。当前，全国已有超 20 个省份在当地“十五五”规划中将氢能作为重点培育方向。

中国能源研究会能源政策研究室主任林卫斌介绍，我国氢能



应用场景将不断丰富，应用规模将持续扩大，预计到“十五五”期末，我国氢能市场规模将超过 1 万亿元，切实成为新的经济增长点。

从渤海湾的海水制氢到成渝地区的“氢走廊”，从工厂里的零碳钢铁产线到城市街头的氢能共享单车，我国氢能产业加速突破，打开发展新空间。



Image by wirestock on magnific

中国式现代化进程中“新科普”的理论建构与实践变革

来源：中国科学院院刊公众号；原文链接：<https://mp.weixin.qq.com/s/RNsOfO607pYyD7YU9olooQ>



本文刊载于《中国科学院院刊》2026年第3期“专题：面向未来的科技传播与科学普及战略研究”

王挺¹, 杜浩男¹, 朱田¹, 杨诗卉¹, 周荣庭^{2*}

¹中国科学技术大学 人文与社会科学学院

²中国科学技术大学 科学教育与传播省级重点实验室

文章植根于中国科普的国家战略驱动历史脉络, 辨析了“科学普及”与“科技传播”的本土实践整合, 提出了以“创新驱动发展”“系统耦合”“节点创生”为基本假设、适用于“强国家—强社会”协

同治理环境的“新科普”理论框架。核心观点在于提出了“新科普”理论模型——“一体两翼·三层三阶”动态系统模型, 阐释科普在国家战略与人的发展统一体下, 通过宏观制度治理、中观赋能协同和微

观认知行动的三层互动，实现从知识互联、素养共塑到生态共创的螺旋式演进机制。文章进一步从学术型科普、数智化赋能、生态融合等方面勾勒了新时代科普实践路径。“新科普”理论为中国科普事业提供了兼具战略辨识度与系统解释力的分析框架，也为全球科学传播贡献基于中国经验的智慧方案。

中国式现代化作为一项前所未有的宏大事业，其发展动能必然根植于创新驱动。在这一历史进程中，科学普及的战略地位发生了根本性重塑。2016年，全国科技创新大会、两院院士大会、中国科协第九次全国代表大会提出“科技创新、科学普及是实现创新发展的两翼，要把科学普及放在与科技创新同等重要的位置”，这从根本上重塑了科学普及（简称“科普”）的战略方位，不仅确立了科普在国家创新体系中的基础性地位，更为新时代中国科普事业发展指明了根本方向。

当前，中国科普事业正处于历史性变革关口。新一轮科技革命和产业变革深入发展，人工智能等前沿领域正深刻重塑知识生产与认知方式。同时，公民科学素质持续提升，公众需求从“接受既定结论”转向“理解探索过程”，从“掌握具体知识”转向“培养科学思维”。在此双重变革下，传统单向传播与知识灌输的理论范式已难以适应国家战略与公众期待。

“科普”的理论重构是将其深度融入国家创新体系、筑牢全民科学素质根基的理论先导。此前，“大科普战略”作为一种本土化的科普新范畴已获广泛认同，在一定程度上概括了当前科普工作的目标与现实需求。然而，面对传播技术生态的深刻变革与公众科学认知的演进，既有框架在应对新场景、新挑战时，亟须在微观实践与互动维度上深化拓展。因此，“新科普”范式应运而生。它并非替代“大科普战略”，而是立足其战略基础，推动科普范式向更智慧、更融

合、更具对话性的方向演进。“新科普”以“深度连接”与“协同进化”为导向，在服务国家创新目标的同时，更强调科普生态的有机生长与系统协调。

因此，本文致力于回答 3 个核心问题：

1. 如何建构“新科普”的理论体系？其基本假设和边界条件是什么？
2. “新科普”理论的内在逻辑结构如何？如何解释其运行机制？
3. 在这一理论框架下，“新科普”将如何引领中国科普实践的深刻变革？

一、理论基础：新时代中国科普的战略升维与实践融合

中国科普事业源起于民族复兴的宏大叙事，历经从国家战略驱动到高质量发展新格局的深刻演进。新时代下，其战略地位实现历史性升维，并在与科技传播等理念的碰撞融合中，形成了独具特色的综合性实践范式。

中国科普事业：从历史积淀到新时代战略升维

1. 救亡启蒙与科普为民理念奠基（晚清至新中国成立前）

近代中国科普始于“西学东渐”，紧扣“救亡图存”。严复翻译《天演论》引入“物竞天择”，旨在启民智、强国家，具有启蒙色彩。新文化运动高举“赛先生”旗帜，以科学精神改造国民性，五四运动更是进一步传播新思想、新文化、新知识，进行思想启蒙。中国共产党以人民为中心，自建党即重视科普，在瑞金、延安时期结合革命与生产，开展扫盲、

科普、推广军事斗争、农业与卫生知识等活动，使科普成为动员群众、推动社会变革的手段，奠定其国家战略属性，形成“科普为民”理念。

2. 体系化建设与服务国家发展（新中国成立至改革开放前）

新中国成立后，科普事业进入国家主导阶段。1949年《中国人民政治协商会议共同纲领》规定：“普及科学知识”。1950年中华全国科学技术普及协会（简称“全国科普”）成立，系统推进科普工作。科普与工业化、农业合作化相结合，秉持“把科学交给人民”理念，着力提升国民素质。1956年党中央发出“向科学进军”号召，掀起第一次科普高潮。1958年，“全国科普”与“全国科联”合并成立中国科学技术协会（简称“中国科协”），科普体系完善。此阶段科普具有实用性、全民动员特征，服务于破除迷信和现代化建设。

3. 法治化拓展与科学素质提升（改革开放至党的十八大）

改革开放以来，随着“科学的春天”到来，科普事业进入新的发展阶段。1994年12月，科教兴国战略酝酿提出前半年，《中共中央 国务院关于加强科学技术普及工作的若干意见》发布，明确科普工作“是一项意义深远的宏大社会工程”，“必须从社会主义现代化事业的兴旺和民族强盛的战略高度来重视和开展”。21世纪以来，我国科普事业迈入法治化推进与全民科学素质提升的新时期。2002年，我国颁布《中华人民共和国科学技术普及法》（以下简称《科普法》），标志着我国在全球范围内率先建立起国家级的科普专门法律体系。2006年实施《全民科学素质行动计划纲要（2006—2010—2020年）》，为科普事业进一步规范发展提供了坚实的政策支撑。这些重要法律、规划和政策体现了科普工作目标从知识普及转向公民科学素养的系统培育，社会力量

参与日益广泛。

4. 战略升维与高质量发展（党的十八大以来）

进入新时代，习近平总书记对科普工作作出一系列重要论述，2016年在全国科技创新大会、两院院士大会、中国科协第九次全国代表大会上提出“科技创新、科学普及是实现创新发展的两翼”，将科普工作提升到前所未有的战略高度。这一论述深刻揭示了科技创新与科学普及的辩证关系，确立了科普工作在创新驱动发展战略中的基础性地位，推动科普工作迎来历史性飞跃。2021年，《全民科学素质行动规划纲要（2021—2035年）》颁布实施，明确到2035年我国公民具备科学素质的比例达到25%的远景目标，并提出“着力打造社会化协同、智慧化传播、规范化建设和国际化合作的科学素质建设生态”。2022年，《关于新时代进一步加强科学技术普及工作的意见》发布，强调“坚持把科学普及放在与科技创新同等重要的位置”，“推动科普全面融入经济、政治、文化、社会、生态文明建设”。2024年《科普法》迎来首次修订，这标志着我国科普事业进入法治引领、系统推进的新阶段。此阶段的科普强调价值引领、赋能创新和社会化协同，构建科学素质建设生态，我国科普事业正朝着更加系统化、精准化、高质量的方向迈进。

历史脉络表明，中国的“科普”是一项由国家主导的、贯穿现代化进程的战略社会工程。其核心特征是国家性、战略性和普惠性，它不仅是知识传播行为，更是一种深层次的治理方式和社会整合机制；中国科普始终坚持“以人民为中心”的发展思想和理念，坚持科普为民、科普惠民、科普利民的根本方向，将满足人民的科普需求、促进人的全面发展作为初心使命。

科普与科技传播：中西方理念的碰撞与实践

整合

相较于西方源自科学共同体与公众对话传统的“科技传播”，中国“科学普及”具有独特的历史生成逻辑。自其发端之初，便内嵌于民族国家建构与启蒙图强的宏大叙事中，呈现出显著的国家主导性与广泛的社会动员特征。随着西方“科技传播”及更强调民主价值的“科学传播”理念在20世纪末传入，国内学界曾展开理论反思，主张“科普”应从传统的单向灌输模式转向双向互动模式，并一度在术语使用层面引发“科技传播”与“科学传播”的讨论。其中，“科学传播”理念尤为强调“民主社会中的科学”，倡导多元、平等、开放的参与精神。

然而，中国幅员辽阔，地域差异显著，发展阶段不平衡，社会需求呈现多层次与多样性，这一复杂语境决定了任何单一范式都难以涵盖本土实践。现实中，传统科普、公众理解科学、科技传播、科学参与等多种理念并非相互取代，而是呈现并行共生、相互交融的态势。在此进程中，“科技传播”因其较强的包容性与方法论取向，广泛吸纳了“科学传播”所强调的互动与参与内涵，二者在推动精准化、场景化和社会化传播方面日益趋同，概念边界逐渐模糊，在政策与学术话语体系中常被交替使用。其共同核心均指向如何更有效地使科学知识、方法、思想与精神被公众理解、接纳并应用。

从渊源与侧重看，“科学普及”根植于中国现代化进程，侧重于“为何普及”及实现何种社会目标，承载国家主导的价值引领、素质提升和创新赋能等系统性职能；而“科技传播”更多归属于传播学范畴，聚焦“如何有效传播”，强调过程、渠道与效能优化。这一差异在学科建制中尤为明显：21世纪初，中国科学技术大学筹建科普专业时，因学科目录中尚无对应门类，转而依托新闻传播学创立国内首个科技传播方向。由此可见，“科

普”界定了事业的宗旨与公共属性，“科技传播”则为实现该战略目标提供了专业化方法与实施路径。在当代中国公众传播实践中，“科普”一词展现出强大的生命力与社会认同度，其使用广泛性远超“科技传播”等学术术语。在短视频、社交媒体等内容生态中，“科普”已发展为覆盖多领域的活跃内容类型，其语义在实践中也逐渐超越传统的单向灌输模式，扩展为一个更具包容性的“科学文化共建”概念。

立足中国实践，东、西方科普与科学传播理念呈现互补与融合之势。科普明确科技资源社会化传播的战略目标与普惠行动，科技传播则为实现该目标提供专业化方法论支撑与实践路径。二者相互关联、协同推进，不仅体现了战略与方法的统一，更在实践中转化为推动科学社会化、服务国家发展的核心动力，使科普融入国家创新体系，成为不可或缺的重要组成部分。这种融合植根于中国式现代化进程中的集体意志与社会动员传统，其价值取向体现为国家战略引领与普惠共享，实践特征表现为政府主导、系统推进与多元协同。它们共同构成国家创新体系的重要支撑，并融合成为提升全民科学素养、实现创新发展的“重要基础性工作”。在此过程中，逐步形成兼具国家性、社会性、参与性与方法论意义的综合性实践范式。这一范式既吸收了西方科技传播理论对传播效率与专业精度的重视，更注入了中国特有的“国家战略牵引”与“普惠系统协同”的实践逻辑。它不仅是中国实践的总结，也为全球科学传播理论的发展提供了关键的“国家—社会”协同视角与整体性框架。

二、时代挑战：新变革催生“新科普”范式

新时代背景下，我国科普工作的内外部环境、技术支撑、社会基础与发展目标均发生深刻变革，既带来前所未有的发展机遇，也提出全新挑战。“新

科普”范式的提出与构建，正是对中国社会与科技双重深刻变革的积极回应。

社会基础之变：公众科学素质与需求结构的跃升

随着教育事业的持续发展，我国公民科学素质水平显著提高。中国科学技术协会开展的中国公民科学素质抽样调查发现，具备科学素质的比例从2010年的3.27%提升至2025年的16.74%（图1）。这一跃升不仅反映出公众科学素质基数的快速大幅提升，也推动了科普需求结构的根本性转变——从以满足基本生产生活需求为主的“实用型科普”，逐渐转向更加注重多元化、个性化和发展性为导向的“发展型科普”。相应地，随着教育程度的普遍提高，公众在科普中的角色也发生重要演变，从被动的信息“接收者”转变为具备批判性思维和参与能力的“能动主体”，传统以知识补缺和单向灌输为特征的“扫盲式”科普模式，已难以适应新阶段的发展要求。

技术环境之变：数智化浪潮重塑传播生态

5G通信、人工智能（AI）、大数据和虚拟现实等技术集群，正从3个方向深刻重构科普生态。在创作端，生成式AI推动内容生产从“人工精耕”迈向“人机协同”，极大提升效率与规模。在传播端，基于大数

据的用户画像与精准推送，实现了从“人找信息”到“信息智配”的个性化转变。在体验端，虚拟现实（VR）/增强现实（AR）/扩展现实（XR）/混合现实（MR）等沉浸式技术则使科普从单向的“知识理解”升级为可交互的“具身感知”，显著增强了传播的生动性与参与感。

技术变革在赋能科普的同时，也带来了新的风险与挑战。生成式人工智能虽提升了生产效率，但其固有的“幻觉”与内容不可控性，使得深度伪造的“伪科普”更易生成与传播，加剧了信息治理难度。同时，流量至上的平台逻辑正侵蚀部分科普的公共属性。在健康、营养等关键领域，大量缺乏资质的账号将科普异化为商业引流工具，不仅误导公众决策、可能危害健康，长远更会损害社会的科学信任基础。

科技前沿之变：科学从“确定性知识”到“不确定性探索”的拓展

“当前，新一轮科技革命和产业变革深入发展。科学研究向极宏观拓展、向极微观深入、向极端条件迈进、向极综合交叉发力，不断突破人类认知边界。这意味着面向公众的科普内容，已从转译阐释“成熟科学结论”转向兼顾呈现“行进中的科学”过程。对于量子纠缠、人工智能“黑箱”、暗物质等前沿议题，科普面临

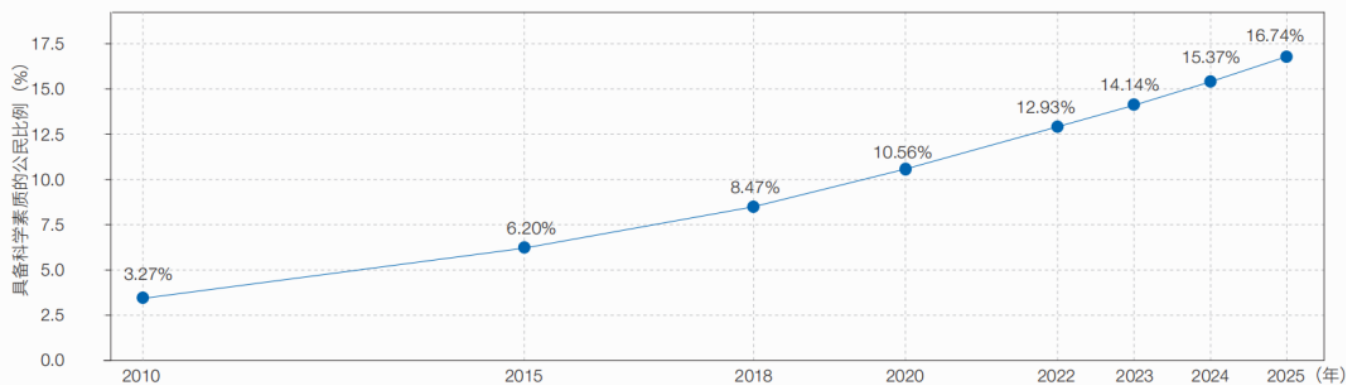


图1 2010-2025年中国公民具备科学素质的比例变化

双重任务：既要清晰解释原理，又要客观展现探索过程的不确定性、争议性与阶段性，这对科普的专业性、时效性和对话性提出空前挑战。同时，科普对科技创新的作用也发生深刻转变，其功能已从服务科技“跟跑”“并跑”转向支撑“高水平科技自立自强”，在贯通创新链条、营造创新生态和培育创新人才中发挥战略性基础作用。

国际格局之变：科普从“国内事业”到“全球治理”的延伸

在推动构建人类命运共同体的背景下，科普工作日益呈现全球化趋势。中国通过“一带一路”科技人文交流等机制，其科普实践正深度参与全球科技治理，贡献中国智慧与方案。同时，应对气候变化、公共卫生及 AI 治理等全球性议题，也急需科普的国际协同合作。在此进程中，中国科普工作的国际视野与文明互鉴功能愈发凸显。

上述 4 个维度的变革相互交织、相互强化，共同构成了“新科普”理论建构的时代背景。这深刻表明：新时代中国科普已超越科学家向公众传递知识的单向模式，而是演进为国家、科技界、产业界、媒体和公众等多元主体共同参与、围绕创新议题展开的复杂社会互动过程。

三、变革核心：“新科普”的构架性阐释

基于历史脉络和时代背景，2024 年新修订的《科普法》确立了“新科普”的法定内涵，明确“科普是国家创新体系的重要组成部分，是实现创新发展的基础性工作”，并强调“国家把科普放在与科技创新同等重要的位置，加强科普工作总体布局、统筹部署，推动科普与科技创新紧密协同，充分发挥科普在一体推进教育科技人才事业发展中的作用”。《科普法》进一步突出“坚持党对科普事业的全面领导”，要求“以人民为中心，坚持面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重

大需求、面向人民生命健康，培育和弘扬创新文化，推动形成崇尚科学、追求创新的风尚，服务高质量发展，为建设科技强国奠定坚实基础”。这表明，在党的全面领导下，以“科学普及与科技创新同等重要”的“两翼理论”为遵循，以促进创新发展为目标，依托新型举国体制，“国家推动科普全面融入经济、政治、文化、社会、生态文明建设，构建政府、社会、市场等协同推进的科普发展格局”。

因此，“新科普”的核心仍是一项系统性的战略社会工程，其构架性特征可凝练为“四个重塑”。

目标重塑：从“边缘补充”到“基础支撑”的战略位阶升级

传统视角下，科普往往被视为科技创新的“延伸”和“补充”。而在“新科普”框架中，科普已上升为贯穿创新全链条的“基础支撑”和“先导工程”。这不仅是工作重要性的提升，更是功能逻辑的根本改变。科普不仅服务于创新成果的应用阶段，更作用于创新思想的萌芽阶段和创新生态的培育过程。

系统重塑：从“单点活动”到“社会工程”的体系复杂度凸显

“新科普”将科普从分散的知识传播活动，升维为一项需整体谋划、系统推进的“社会系统工程”。这体现在 4 个维度：在政策维度，形成了以专门法律、专题规划、专项政策为核心的“三专协同”保障机制；在资源维度，实现政府投入、社会资源、市场机制的“三源整合”；在主体维度，构建政府、创新共同体、教育机构、企业、媒体、公众“六方联动”的协同网络；在过程维度，覆盖从知识生产、转译、传播到应用、反馈、再生产的全链条。

价值重塑：从“知识传递”到“三维驱动”的功能拓展

“新科普”在价值层面实现从单一知识传递向价

值引领、素质提升与赋能创新的“三维驱动”转型。在价值引领方面，强调弘扬科学精神和以“爱国、创新、求实、奉献、协同、育人”为核心的科学家精神，践行社会主义核心价值观，在科技领域筑牢意识形态阵地。在素质提升方面，致力于构建覆盖全生命周期的科学素质培育体系，发挥科普在终身学习中的作用，服务学习型社会建设。在赋能创新方面，直接服务于新质生产力培育，包括：面向产业界的“技术科普”以促进科技成果转化，面向学术共同体的“学术型科普”以促进学科交叉融合，以及面向决策者的“战略科普”以提升科学决策能力。

生态重塑：从“封闭系统”到“开放生态”的边界拓展

“新科普”在外延上呈现“四维开放”的生态系统。实现主体开放，从政府主导向“党的领导、政府推动、全民参与、社会协同、开放合作”的社会化治理转型；推动场域开放，从大学、科研机构、企业、科技馆等科技场馆，图书馆、博物馆、文化馆、规划展览馆等传统文化场所，各级各类学校等教育场所，延伸至社区、乡村、生产车间、机关单位、网络空间，以及公园、自然保护地、风景名胜区、商场、机场、车站、码头等各类公共场所等泛在场景；推进格局开放，从学习引进向积极参与“一带一路”科技人文交流与全球科技治理合作转变；强化机制开放，在坚持公益属性的同时，引入市场机制，形成“公益为基、市场为辅、协同共治”的可持续发展模式。

四、理论建构：“新科普”从框架到模型的范式建构

“新科普”要真正成为指导实践的理论武器，必须完成从战略框架到解释性模型的范式迭代，明确其基本假设、边界条件和逻辑结构。

基本假设：理论建构的三大前提

“新科普”理论建立在3个既符合中国实际又具有普遍解释力的基本假设之上。

假设 1：创新驱动发展假设。中国式现代化需以科技现代化为支撑，而全民科学素质是科技创新的社会基础与必要前提。其核心含义在于：

1. 科技创新植根于特定的社会文化土壤；
2. 具备科学素养与理性思维的公众是这片土壤的关键要素。因此，科普不仅传播知识，更在于培育创新的社会文化土壤。这解释了《科普法》为何将科普定位于“国家创新体系的重要组成部分”。

假设 2：系统耦合假设。科普工作与国家政治、经济、文化、社会、生态文明建设各子系统深度耦合、相互建构，其效能取决于系统间的协同适配程度。科普无法独立生效，需与教育衔接、与产业结合、与文化融合、与社会治理协同。系统协同适配能产生“乘数效应”，反之则易引发“结构摩擦”与“制度内耗”。这正是“新科普”强调需全面融入“五位一体”总体布局的内在逻辑，也是“大科普”的基本要求。

假设 3：节点创生假设，亦可称网络化公众参与假设。在当下信息生态中，公众既非传统“缺失模型”中被动等待填补的知识空白体，也非“对话模型”中完全自主、均质的理性对话者，而是嵌入社会-技术复杂网络中的能动性信息节点。节点的认知、传播与创造行为，受具体场景、情绪、关系网络及个人需求等多重情境因素动态影响。“新科普”的有效实践，关键在于激活、连接并赋能这些分布式认知节点，构建科学知识、思想得以在多元主体间持续流动、转化与再创造的社会网络，最终形成具有韧性与创新活力的新型科普共同体。

边界条件：理论适用的范围与条件

科学理论需要明确其适用的边界条件。界定理

论的边界条件，既是理论严谨性的内在要求，也为后续开展比较研究及推动理论发展奠定基础。

边界 1：“强国家—强社会”协同的治理环境。“新科普”理论最适用于此治理环境，它既不依赖于“小政府-大社会”的松散结构，也非“大政府-弱社会”的单向主导，而是强调国家在顶层设计、资源整合与战略动员方面的强大能力，与社会领域广泛、高质量的参与活力之间，能够实现深度协同与良性共振。中国的实践是典型范例：“新型举国体制”确保了高效统筹与资源集中调配，而活跃的社会组织网络与公众参与构成了广泛的社会基础。这种“双重强势”的治理结构，是“新科普”范式有效运行与持续发展的制度基础。

边界 2：超大规模社会在快速发展和深度转型阶段的特殊语境。“新科普”理论尤其适用于像中国这样兼具超大规模人口、持续快速发展和深刻社会转型三重特征叠加的发展中大国。这种特殊语境下，社会面临压缩式“发展”与结构性“转型”的双重任务，科普工

作也需承担多重任务：既要“补课”（弥补科学知识短板），又要“跟进”（跟踪前沿科技发展），还要“前瞻”（未来科技影响）。这解释了“新科普”理论所强调的“全谱系、多层次、宽覆盖”的系统特征。

边界 3：普惠性、发展性价值的优先取向。“新科普”理论在价值层面优先追求科学知识及其服务的可及性、公平性与共享性，以促进个体与社会的全面发展，以及创新文化的普遍培育。该取向显著区别于以市场效率、商业利润或投资回报为核心诉求的科普模式。普惠公平构成“新科普”的基本价值导向，这也体现于《科普法》强调加强农村的科普工作，扶持革命老区、民族地区、边疆地区、经济欠发达地区的科普工作，强调面向学生、农民、产业工人、老年人、残疾人等重点人群的服务。

逻辑结构：“新科普”理论模型的框架与内涵

为直观展现“新科普”理论的运行逻辑，本文构建了“新科普”理论模型——“一体两翼三层三阶”动态系统模型（图 2）。该模型将“新科普”视为一



①【图 2】“新科普”理论模型

个由核心战略引领、多要素协同联动的复杂适应系统。

“一体”，指国家战略需求与人的全面发展的统一体，是整个系统运行的最终价值归依。

“两翼”，指科技创新与科学普及。在“两翼理论”指导下，二者构成驱动系统运行的两大动力源，相互支撑、协同共振。

“三层”，指系统的空间维度包含了宏观制度治理层、中观赋能协同层和微观认知行动层。宏观制度治理层是系统的“顶层架构”，包括“党的领导、政府推动、全民参与、社会协同、开放合作”的运行机制，以及国家法律法规、科普规划、政策激励等要素。该层为整个系统的运行提供方向指引、制度保障和资源基础。中观赋能协同层是系统的“枢纽平台”，包括科技资源科普化平台、社会化协同网络、智慧传播平台、推广转化体系等。该层承担将宏观层的制度意图转化为可操作的功能，并负责整合配置各类资源。微观认知行动层是系统的“终端触点”，涵括科学家、工程师、教师、媒体人、领导干部、企业家、青少年、社区居民等所有个体的认知、情感、动机与具体行动。科普的最终成效取决于此层无数个体对科技的认知转变和参与行为。

“三阶”，指系统在时间维度上经历的3个阶段。**一阶：知识互联**——旨在实现科学知识的有效获取、理解与社会化流动。这是基础层级，核心是弥合科学共同体与公众之间的知识鸿沟，提升全社会的科学知识储备。**二阶：素养共塑**——致力于推动科学思维、科学方法和科学精神的共同塑造。在此阶段，科普的重心从传递具体知识转向培育思考方式和文化观念，旨在提升公众的批判性思维、理性决策能力和科学文化认同。**三阶：生态共创**——目标是激发和整合全社会的创新潜力，共同构建生机勃勃的

创新生态系统。这是最高阶段，科普的价值充分体现，它不仅是知识的传播者，更是创新种子的播撒者、创新文化的培育者、创新网络的建设者，从而真正融入国家创新体系成为有机组成部分。

“三层”与“三阶”构成动态嵌套、持续反馈的耦合机制。宏观政策引导中观平台与网络建设，进而影响微观个体认知与行为。同时，微观实践与新兴需求自下而上进行反馈，驱动中观机制创新与宏观政策优化。科普实践正是在这种上下持续的互动中，实现从“知识互联”到“素养共塑”，进而向“生态共创”的螺旋式演进。

“新科普”理论模型可视为行动者网络理论在科普领域的具体应用。行动者网络理论认为，一个既定的科学或技术场域，正是通过人类行动者（科学家、工程师、经理）与非人类行动者（实验数据、文献、仪器、资金、自然规律）在持续不断的争议、转译与结盟中形成“有效联结”，才得以最终并稳定下来。在“新科普”的联结构建中，宏观的制度政策作为“非人类行动者”，借助资源倾斜、规则设定等“转译”机制，将科学共同体的知识生产逻辑与公众的日常知识需求连接起来，进而推动如“科普中国”等中观层科普平台的搭建与优化。而这些平台作为“中介者”，不仅传递具体的科学知识（知识互联阶段），更通过线上线下的互动式设计，将科学思维、方法嵌入个体的认知框架（素养共塑阶段）。当微观个体的实践积累到一定规模时，这些“人类行动者”的需求与创新会通过平台网络反向传递给中观层，推动科普机制的调整，进而倒逼宏观政策的完善。正是通过这种“嵌套式反馈”机制，科普系统从“知识传递”的工具性角色，演进为“创新生态”的基础性支撑，最终促成“科学-社会”系统的协同演化。

五、实践进路：“新科普”理论模型指引下的全方位变革

在“新科普”理论模型的视野下，当前中国科普实践正在发生全链条的系统性变革。

学术型科普与溯源科普：高校、科研机构科普的责任意识

实践中，“新科普”首先要求重新界定不同主体的核心责任。以高校为例，其科普责任已超越传统的“组织师生面向公众做科普”的单一维度。

学术型科普，指以高校及科研机构为主体，以青年学者及硕博士生为主要对象，通过系统梳理学科发展脉络、解析重大理论演进与方法论前沿的深度内容，构建跨学科知识谱系，旨在服务于高层次创新人才培养并催化交叉领域创新网络形成的一种知识再生产与学术传承的模式。通过横跨不同专业、学科、领域、行业进而覆盖“政产学研金服用”的学术型科普，加强交叉融合，可以激发创新灵感，催生新的创新网络，形成更大创新合力。

溯源科普，一种要求科学家等知识生产者主动将前沿成果转化为权威公共解释，以引领社会理性认知的科普范式。面对量子科技、AI等领域的社会误读和“伪科普”，高校及科研机构作为创新源头，必须承担起“正本清源”的责任。溯源科普要求原创科学家不仅产出知识，更需主动、及时地向社会传递准确、权威的科学解释，成为该领域公众认知的“定盘星”。例如，在量子计算引发社会炒作时，相关顶尖实验室及科学家有责任通过多种形式向公众阐明其真实原理、发展阶段与现实局限。

数智赋能与体验革新：科普方式的重构

在实践变革中，数智技术成为重构科普关系的核心杠杆。

创作端，人工智能生成内容（AIGC）与人机协同、检索增强生成（RAG）正在催生“科学家+AI生成+专业编辑”的科普内容生产新模式，大幅提升了将前沿科技转化为优质科普产品的效率。

传播端，基于大数据的算法推荐，让科普内容能够以前所未有的精准度抵达目标人群。各大内容平台建立的“科学内容推荐池”机制，正在实现从“流量驱动”到“价值+精准并行”的转变，“人找内容”正在成为“内容找人”。

体验端，科学可视化的国家大科学装置虚拟仿真平台、VR博物馆、数字孪生智慧园区等，正在将以往不可及、不可触、不可感的科学对象和过程，变得可进入、可交互、可体验，场景式、沉浸式科普日渐普及。

生态构建与融合深化：“新科普”的外延实践

“新科普”理论模型指引下的实践变革，突出表现为生态化与融合化。

机制融合。科普工作协调制度正在普遍建立，科技、教育、文旅、卫健、宣传等多部门与作为主要社会力量的科协，以及工会、共青团、妇联等社会组织加强统筹协调，进一步打破以往的条块分割，共担科普责任、共享科普资源、联动科普工作的机制更加强化。

资源融合。建设完善国家科普资源库、科普资源公共服务平台和开放共享平台，涵盖综合科技馆、新质生产力科技馆、科学家精神教育基地，以及国家、省、市三级科普教育基地，实现自然科学、工程技术、新质生产力、人文历史等多个领域分散资源的“一图统览、一键预约”。

产业融合。科普研学、科技文创、数字科普服务等新业态蓬勃发展，不仅激发了市场主体的参与动力，也将科普场景从场馆、课堂延伸至生活与具体情境中，形成了“科学+产业”的良性互动。“产业赋能科普、科普反哺产业”的生态，正是“新科普”深度融合的生动体现。

六、结论与展望

本文系统性地将“新科普”从一个战略理念和行动框架，提升为一个具备基本假设、边界条件和逻辑结构的解释性理论模型。通过构建“新科普”理论模型，阐释了“新科普”如何在国家战略引领下，通过制度层、赋能层、运行层的协同作用，驱动科普实践实现从知识互联、素养共塑到生态共创的三阶跃升，从而深度融入国家创新体系与中国式现代化伟大进程。

2021年全国政协科普课题组提出的“大科普战略”，作为一个标志性的政策概念，回应了将科普提升至国家战略层面的时代需求。然而，随着数

智技术的深度渗透和公众科学认知模式的结构转变，“大科普”的宏大叙事需要向更具操作性、更精细化、更强调赋能效应的范式迭代。在此背景下，“新科普”应运而生，它是“大科普战略”在技术变革和需求演进条件下的具体实践形态，实现了从“战略框架”向“解释模型”的范式迭代。

本文构建的“新科普”理论模型，与当前学界探索的“能力培育范式”、“科研与科普相结合”、“大科普生态模式”、“价值负载型科普”等形成了一种整合、互补而非替代的关系。一阶“知识互联”对应“科研与科普相结合”，旨在借助科研主体的前沿知识弥合公众认知鸿沟。二阶“素养共塑”对应“能力培育范式”“价值负载型科普”，重心转向培养科学思维与理性决策能力。三阶“生态共创”对应“大科普生态模式”，强调多元主体协同，共建创新生态系统。这种多元范式并存与协同发展的格局，恰恰说明中国科普理论正在从单一的国家叙事，向更具包容性、场景性和解释力的理论体系演进。

“新科普”理论模型的时代意义在于：

- 1. 为中国科普事业的发展提供了根本性的理论辨识度。**其根植于中国独特的国家治理模式和社会转型历程，鲜明区别于西方的“缺失模型”“对话模型”等经典范式。
- 2. 为理解科普在国家发展中的功能提供了系统性的分析框架。**“新科普”理论将科普从单一的传播活动置于国家创新、社会治理、文化建设的宏大系统中进行考察，揭示了其多维价值和战略作用。
- 3. 为全球科学传播理论的发展贡献了独特的中国智慧。**“新科普”理论模型提出在超大规模发展中国家、强国家能力与社会活力并存的独特情境下，系统推进全民科学素质建设和创新文化培育的理论样本和实践方案。

展望未来，“新科普”理论需要在3个方面持续深化。

1. 推进理论的实证检验与量化发展。需开发基于该理论模型的关键指标体系，对中国不同领域、区域的“新科普”实践成效和协同水平进行科学评估，让理论从逻辑自治走向实证支持。

2. 加强理论比较研究与跨文化对话。需要将“新科普”理论置于全球科学传播理论谱系中加以审视，既要阐释其独创性，也要探寻其与知识社会学、创新系统理论、公共治理理论等的对话空间，提升其国际学术对话能力。

3. 推动理论的动态演进与自我革新。“新科普”理论本身必须保持开放性与适应性，随着科技的颠覆性发展、社会结构的深刻变迁和公众认知模式的演变，其核心假设、模型构成和运行逻辑也需与时俱进持续迭代完善。在中国巨大科普实践中诞生的“新科普”理论，正在发展形成一门新兴交叉学科——当代中国新科普学。

随着《科普法》的深入实施和“新科普”理论的丰富完善，可以预期，中国的科普事业必将在中国式现代化的壮阔征程中，更好地履行提升全民科学素质、培育创新文化、支撑科技自立自强、服务民族复兴伟业的时代使命，并为全球科技治理与人类文明进步提供可资借鉴的中国方案。

作者简介

王挺 中国科学技术大学人文与社会科学学院研究员。中国科普作家协会副理事长。长期从事科学普及、科技传播和科学教育研究。

周荣庭 中国科学技术大学人文与社会科学学院科技传播与科技政策系执行主任、教授、博士生导师。研究方向：科学传播。

文章来源

王挺, 杜浩男, 朱田, 等. 中国式现代化进程中“新科普”的理论建构与实践变革. 中国科学院院刊, 2026, 41(3): 468-479.

DOI: 10.3724/j.issn.1000-3045.20251210003.

本刊发表的所有文章，除另有说明外，文责自负，不代表本刊观点。



铅被添加到涂料中，是为了赋予其多种实用性能，例如鲜艳的色彩和更快的干燥速度。目前许多生产商正逐步停止在涂料中添加这种神经毒素，但在监管较为宽松的国家，这一做法仍普遍存在。来源：© 莱昂·哈里斯 (Leon Harris) / 盖蒂图片社 (Getty Images)

墨西哥涂料生产商仍在销售有毒含铅涂料，持续将消费者置于健康风险之中

来源：CHEMISTRYWORLD；作者：MASON WAKLEY；翻译：余婉宁

原文链接：<https://www.chemistryworld.com/news/paint-manufacturers-still-putting-consumers-at-risk-in-mexico-with-sale-of-toxic-lead-paints/4023364.article>

一项对墨西哥全国商店购买的 200 余种涂料的分析显示，该国销售的涂料中，超过半数含有不安全水平的铅颜料，其中包括致癌性铬酸铅 (Lead chromate)。开展此项研究的人员表示，这一结果表明此类产品仍在持续将消费者置于健康风险之中，他们呼吁墨西哥全面禁止在销售的涂料中使用铅颜料。

染料与涂料中常添加铅化合物，用以加速干燥、提升色彩饱和度并延长产品使用寿命。然而，反复接触此类添加剂会引发多种健康问题，包括脑损伤与高血压，受影响最严重的群体是儿童，以及生产或使用含铅颜料产品的从业人员。目前包括美国（US）、英国（UK）和欧盟（EU）在内的多个国家和地区，已将涂料中的铅含量上限设定为 90 ppm。

但墨西哥目前没有任何法规限制涂料及其他涂层产品的铅含量。以往研究多针对老旧存量涂料的铅含量，却没有对市面上正在售卖的成品涂料，开展铅颜料使用情况的抽样评估。

美国环保公益机构国际职业知识组织(Occupational Knowledge International)的佩里·戈茨费尔德 (Perry Gottesfeld) 表示：“我们这次开展了一项规模较大的调研，从墨西哥市场采集了 200 多份各类涂料样品。”

他介绍，样品涵盖家装涂料、商用涂料、道路标线漆以及金属底漆，分别来自墨西哥 50 多家本土企业和 5 家外资涂料厂商。

所有样品均送往美国一家经

美国环境保护署 (Environmental Protection Agency, EPA) 认证的专业实验室，进行铅含量检测。

戈茨费尔德指出：“墨西哥市面上超过半数 (55%) 的涂料，铅含量都超出 90 ppm 限值。”

研究还发现，部分涂料铅含量高达 290000 ppm，相当于铅占比 29%；甚至有 12 款标注“无铅”的涂料样品，铅含量最高达到 120000 ppm。

戈茨费尔德解释，在所有铅含量超标的涂料中，约 90% 同时含有高浓度致癌铬酸铅(PbCrO_4)。欧盟早在 2019 年就已禁止该物

质用于涂料，巴斯夫 (BASF) 也从 2012 年开始逐步停产这类原料。

他强调：“值得注意的是，涂料中所有含铅添加剂都已有成熟替代方案。像荷兰最大涂料企业阿克苏诺贝尔 (AkzoNobel) 这类已经完成配方升级的企业都反馈，改用有机类替代原料，实际并不会增加生产成本。”

戈茨费尔德表示：“令人担忧的是，全球最大涂料品牌宣伟 (Sherwin-Williams) 也在墨西哥生产并销售这类超标含铅涂料。”

他补充，宣伟总部位于美



本次研究购买的涂料样品中，包含宣伟品牌的涂料产品，其包装上标有“含有铅化合物”的警示说明。来源：© 卡萨塞姆 (Casa Cem)

国，通过旗下墨西哥子公司就地生产，再经由当地授权门店上架销售。其余接受检测的3家美国涂料企业，产品铅含量均控制在90 ppm以内，符合安全标准。

宣伟公司发言人朱莉·杨 (Julie Young) 向《化学世界》 (Chemistry World) 表示，该公司“在全球任何地区生产的所有产品的现行配方中，均不使用包括铬酸铅在内的铅化合物”。她补充称，“无论产品在世界哪个地方生产，这一标准都适用。”

戈茨费尔德强调，配方只是

“配方表”，不等于实际生产的成品。他通过电子邮件向《化学世界》表示：“如果宣伟真的对我们的实验室检测结果，或是其产品的铅含量存在疑虑，他们本可以提出对我们留存的样品进行复检，或是对其门店内的同类产品进行检测。但尽管我们在数月间多次致函沟通，这两项提议均未得到回应。”

他指出，宣伟在美国本土生产、销往墨西哥的涂料产品，铅含量均未超过90 ppm。戈茨费尔德在调查其他国家的含铅涂料销售问题时，曾有涂料生产商向研

究团队表示，问题出在“颜料标签错误或未标注”。这些厂商声称，铅是在不知情的情况下混入涂料的，但他表示，目前无法确认墨西哥市场的情况是否也是如此。

戈茨费尔德介绍，墨西哥卫生部近期已提出草案，拟将涂料铅含量上限设定为90 ppm，这一标准与全球多数国家保持一致。“我们希望本次研究的最新证据，能进一步推动墨西哥政府采取行动，在今年内出台最终标准。”

参考文献

P Gottesfeld et al, Ann. Work Expo. Health, 2026, DOI: 10.1093/annweh/wxag023



Image by Vectorstock on Freepik



4种化合物在水中无法被察觉，却会让啤酒口感尖锐、苦味加重

感官品鉴与化学检测发现啤酒中存在令人不适的风味化合物

来源：C&EN；作者：Carolyn Wilke；翻译：余婉宁

原文链接：<https://cen.acs.org/articles/104/web/2026/05/taste-chemical-tests-reveal-compounds-beer.html>

决定拉格啤酒风味优劣的化合物，往往难以精准识别。一项结合感官品鉴与啤酒中挥发性和非挥发性化学物质分析的最新研究发现，有4种分子在水中添加时无法被人体察觉，却仍会影响啤酒口感，让原本口感宜人的拉格啤酒变得难以下咽。该研究发表于《农业与食品化学杂志》（Journal of Agricultural and Food Chemistry）2026年刊，DOI:10.1021/acs.

jafc.5c16579。

俄亥俄州立大学（The Ohio State University）的食品科学家德文·彼得森（Devin Peterson）及其团队，旨在找出决定啤酒最佳风味的关键分子。他们采用了风味组学研究方法。彼得森解释道：“这种方法通过化学图谱分析技术，帮助我们界定并理解



❶ 一些性质多变的风味化合物，足以毁掉一杯原本口感上乘的拉格啤酒。图片来源：© Shutterstock

风味感知的复杂机制。”

研究人员购买了 18 款拉格啤酒，邀请 134 名啤酒消费者对这些产品进行喜好度评分。随后，他们采用气相色谱 - 质谱联用技术 (gas chromatography/mass spectrometry, GC-MS) 分析了决定啤酒香气的挥发性化合物；同时采用液相色谱 - 质谱联用技术 (liquid chromatography/mass spectrometry, LC-MS)，分析了影响啤酒口感与口腔触感的化合物。最后通过计算机分析，将受试者对各款拉格啤酒的感官体验，与酒中含有的化合物成分进行关联匹配。

基于偏好风味浓郁型啤酒的受试者数据，研究团队发现：影响消费者偏好的核心因素是决定口感的分子，而非决定香气的分子。更重要的是，消费

者厌恶的化学物质对啤酒偏好的影响，远大于带来愉悦感的化学物质。彼得森表示：“因此，如果想要真正提升产品品质，消除负面风味可能是核心原则。”

在评分较低的啤酒中，频繁检出 4 种非挥发性化合物：阿魏酰 -3- 羟基胍丁胺 (feruloyl-3-hydroxyagmatine)、2'- 脱氧腺苷 (2'-deoxyadenosine)、对香豆酰 -3- 羟基胍丁胺 (p-coumaroyl-3-hydroxyagmatine) 和 N^1, N^{10} - 二阿魏酰亚精胺 (N^1, N^{10} -diferuloylspermidine)。令人意外的是，当人们饮用添加了这些化合物的纯水时，完全无法察觉它们的存在。但将其加入评分最高的啤酒中后，受试者普遍反映，与未添加的原酒相比，这款酒变得更苦、更有刺激性，口感也更尖锐。彼得森介绍，这 4 种化合物与植物用于抵御昆虫的防御性分子同源。

大豆加工与铁吸收

从实验室到餐桌的科学之旅



作者：郑艳，王龙，王晓波，李东，李云泽；Email: zhengayn85910@163.com

背景介绍

大豆，被誉为“田里的肉”，富含优质蛋白质与多种矿物质。但它存在一个“营养悖论”：尽管大豆中铁元素含量丰富，人体对其吸收率却仅为 2%~3%，这就好比把那盒金币锁在了保险箱里，虽然他在，但你却拿不出来。那么，能否通过加工手段打破这一“锁闭”状态？我们通过对不同大豆制品的植酸含量与铁吸收特性，开启了探索大豆加工奥秘的科学之旅。



①【图 1】六磷酸肌醇的分子结构

一、大豆的核心物质——植酸

大豆——营养宝库还是吸收难题，导致这一问题的核心物质是植酸（分子结构为六磷酸肌醇，如图 1 所示）。其分子中含 6 个磷酸基团，可通过配位键与铁、锌和钙等金属离子紧密结合，形成稳定的螯合物。这些螯合物难以被人体消化道中的酶分解，就像将营养“锁”进了无法打开的保险箱，阻碍了

矿物元素的吸收^[1]。

二、3 种大豆制品的“铁吸收能力”大比拼

为明确大豆加工方式对铁吸收的影响，我们选取生大豆粉、炒制熟大豆粉（小火炒制 30 min）和大豆蛋白粉 3 种样品，采用“磺基水杨酸——紫外分光光度法”测定植酸含量，同时通过体外模拟消化实验计算铁吸收率^[2]。各项测定数据如下表 1 所示。

表 1. 不同加工方式大豆制品的植酸含量与铁结合特性

	生豆粉	熟豆粉	蛋白粉 (豆制)
吸光度 1	1.68	1.76	1.94
吸光度 2	1.67	1.75	1.94
吸光度 3	1.68	1.75	1.94
平均值	1.68	1.75	1.94
与标准差值	0.36	0.29	0.1
铁标液吸光度	2.04	2.04	2.04
对铁的吸收率	17.65%	14.22%	4.90%

3 种制品的植酸含量呈阶梯式递减：生大豆粉植酸含量最高，炒制熟大豆粉次之，大豆蛋白粉最低。更关键的是，大豆蛋白粉的铁生物利用度显著提升，这不仅源于植酸含量降低，还与“植酸-蛋白复合物解离”有关——加工过程打破了两者的结合，让原本被束缚的铁元素得以释放，这就像把锁在保险箱里的金币数量虽然减少了，但却找到了打开了保险箱的钥匙^[3]。

三、加工魔法：热效应与解离效应的双重奏

不同加工方式通过两种核心机制——热效应与解离效应，改变植酸特性，进而影响对铁的吸收效果。

1. 热降解效应（炒制过程）：当大豆在 180 °C 高温下炒制时，植酸分子中的酯键发生断裂，生成低磷酸肌醇（IP4-IP5）。这类产物的磷酸基团数量减少，与金属离子的螯合能力下降 40%~50%，就像把保险箱的锁换成了一个不太牢固的锁^[4]。

2. 解离 - 洗脱效应（蛋白粉工艺）：大豆蛋白粉生产中的酸沉步骤，会使植酸与蛋白质间的静电作用减弱，导致两者形成的复合物解离。此时残留的植酸以松散结合态存在，与铁的结合能降低约 1000 倍，相当于彻底打开了“保险箱”。

模拟消化实验显示，大豆蛋白粉中植酸—Fe 复合物在胃酸环境中的解离速率，比生豆粉快 3.8 倍，进一步证明加工可加速铁元素的释放^[5]。这就像把金币从保险箱里取出来的速度大大加快了。

四、主题应用：从实验到生活的科学转化

这项研究不仅具有理论价值，更能为日常饮食与产业实践提供指导，具体体现在两个方面。

1. 育种新策略：培育“营养好吸收”的大豆

科学家通过分子育种技术，靶向编辑大豆中的 GmlPK1 和 GmlTPK 两种基因调控植酸合成关键酶的表达。实验表明，基因编辑后的大豆品种，植酸含量显著降低，且不影响大豆产量与抗逆性，实现了“天生易吸收”的突破^[6]。

2. 膳食搭配：让大豆里的铁“活”起来

针对不同大豆制品的特性，可通过膳食搭配进一步提升铁吸收率：

生大豆粉：通过纳豆发酵（利用枯草杆菌产生的植酸酶）来降解植酸，使铁吸收率提升 150%~180%；搭配鲜榨橙汁，富含的维生素 C 能将难吸收的 Fe³⁺ 还原为易吸收的 Fe²⁺，进一步促进吸收^[7]。

炒制熟大豆粉：与牛肉末混合制作豆饼（图 2），血红素铁与植酸亲和力低，可形成独立吸收通道，使整体铁吸收率提升 60%~75%^[8]。

大豆蛋白粉：植酸残留量 <0.5%（图 3），且含游离氨基酸（如半胱氨酸），可促进铁吸收，适合作为婴幼儿辅食添加剂，每 100 g 辅食添加 5 g 蛋白粉即可满足婴幼儿每日的铁需求^[9]。

3. 特殊加工技术：让大豆更营养

发芽处理：大豆经 25 ℃ 浸泡 24 h，然后避光发芽 3 天，体内植酸酶活性被激活，可降解 40% 的植酸；同时维生素 C 含量增至 21 mg/100 g，铁元素转化为易吸收的 Fe^{2+} ^[10]。

酶解技术：在 37 ℃ 条件下，向大豆中添加植酸酶处理 45 min，可降解 56.6% 的植酸，同时释放 60% 以上的锌和钙，且不破坏大豆蛋白结构^[11]。

五、科学意义：重新认识大豆的价值

本研究从分子层面揭示了大豆中铁的生物利用机制，打破了传统“植酸有害论”，提出“植酸形态调控论”这不仅为大豆加工工艺的优化提供了理论依据，更为植物蛋白资源的高值化利用开辟了新途径。

这一结论为大豆加工工艺优化提供了理论支撑，例如食品企业可根据需求选择“炒制 + 酶解”组合工艺，在提升口感的同时最大化铁吸收效率；也为植物蛋白资源的高值化利用开辟新路径，助力解决全球范围内的植物性食品铁缺乏问题^[12]。这就像把一把锁着的宝箱，变成了一个随时可以取用宝藏的宝库！

六、结语：科学让饮食更健康

从发现“大豆铁难吸收”的问题，到通过加工技术突破吸收瓶颈，再到提出育种、膳食搭配的



①【图 2】炒制熟大豆粉（图片拍摄于鄂尔多斯第一中学实验室）



①【图 3】大豆蛋白粉（图片拍摄于鄂尔多斯第一中学实验室）

综合方案，科学正将营养学难题转化为改善健康的机遇。

下次享用大豆制品时，或许你会意识到：一碗发酵纳豆、一杯搭配橙汁的豆浆和一块牛肉豆饼，背后都蕴含着“调控植酸形态、优化铁吸

收”的科学逻辑。这正是科学的魅力——既解答我们对食物的好奇，又切实改善日常生活。

参考文献

- [1] 赵镭, 庞敏, 尹京苑. 植酸对矿物质吸收的影响及降低其含量的方法研究进展[J]. 食品科学, 2020, 41(19): 312-318.
- [2] 贺为毅, 王葵, 彭晓赟, 等. 邻二氮菲分光光度法测定稻米中的植酸含量[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2023, 49(3): 377-382.
- [3] 王静, 李里特, 辰巳英三. 大豆蛋白-植酸复合物的形成与解离特性[J]. 中国农业科学, 2005, 38(11): 2309-2315.
- [4] 张慧, 明建, 陈宗道. 热处理对大豆中植酸含量及体外铁生物利用率的影响[J]. 食品科学, 2008, 29(8): 136-139.
- [5] 刘艳, 谢笔钧, 孙智达. 体外模拟消化法评价食品中铁生物利用率的研究进展[J]. 食品科学, 2012, 33(19): 327-331.
- [6] 李琦, 苏银银. 小麦纤维素中植酸含量测定方法的改进研究[J]. 河南预防医学杂志, 2017, 28(7): 508-511.
- [7] 王竹, 杨月欣, 王国栋. 维生素C对大豆中铁吸收的促进作用[J]. 营养学报, 2003, 25(2): 165-168.
- [8] 李颖, 张拥军, 欧仕益. 血红素铁与非血红素铁吸收机制及影响因素的研究进展[J]. 现代食品科技, 2015, 31(5): 342-348.
- [9] 中国营养学会. 中国居民膳食营养素参考摄入量(2013版)[M]. 北京: 科学出版社, 2014: 215-220.
- [10] 陈季旺, 孙庆杰, 夏文水. 大豆发芽过程中主要营养成分及植酸含量的变化[J]. 食品与发酵工业, 2002, 28(7): 45-48.
- [11] 张君朝, 任传英, 黄文功. 米糠和豆粕中植酸的提取及含量的测定[J]. 黑龙江农业科学, 2009(2): 132-134.
- [12] 联合国粮农组织. 植物性食品的营养强化策略[R]. 罗马: 联合国粮农组织, 2021.

过劳肥： 被化学“绑架”的体重

作者：李唐；Email: eywnu@163.com



凌晨两点的电脑屏幕泛着冷光，咖啡杯底残留着第三包速溶咖啡的残渣，你揉着酸涩的眼睛继续敲击键盘（图1）。这样的加班日常看似在透支精力，却悄悄埋下了体重飙升的“化学伏笔”。当你发现腰围在不知不觉间变粗，“过劳肥”这个词或许会成为你深夜emo时的搜索关键词。从化学的微观视角来看，这场体重失控的背后，其实是一场身体内激素、神经递质和代谢物质的“化学战争”。

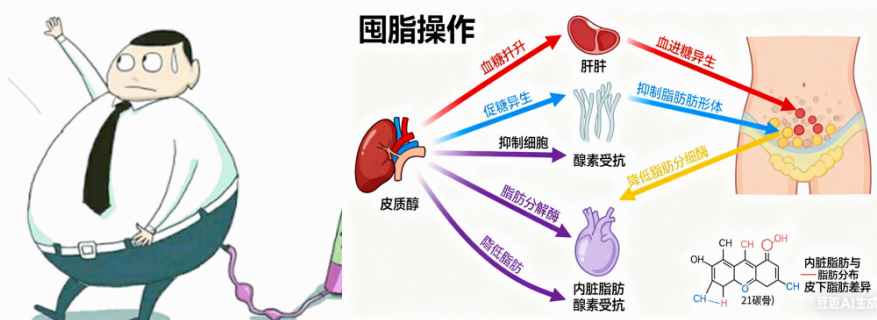
一、压力激素“暴雷”：皮质醇的“囤脂阴谋”

当你长期处于高强度工作压力下，身体会启动“应激模式”，肾上腺皮质就像被按下开关的工厂，开始疯狂生产皮质醇，这种激素也被称为“压力荷尔蒙”^[1]。从化学结构上看，皮质醇属于糖皮质激素类，由21个碳原子组成的甾体结构赋予了它强大的生物活性。

皮质醇的“囤脂操作”十分复杂^[2]。它会刺激肝脏进行糖异生，将肌肉中的蛋白质和脂肪组织中的甘油转化为葡萄糖，使血糖水平升高。同时，它还会降低细胞对胰岛素的敏感性，让细胞难以摄取血液中的葡萄糖，这些多余的葡萄糖就会被转化为脂肪



①【图1】深夜加班的打工人（图片来源于豆包AI生成）



①【图2】过劳肥导致大肚子（图片来源于百度新闻网）

储存起来。不仅如此，皮质醇还会抑制脂肪分解酶的活性，让脂肪细胞“只进不出”，疯狂囤积脂肪。更可怕的是，皮质醇还会精准地让脂肪在腹部堆积，所以很多“过劳肥”的人都会出现明显的小肚子（图2）。

除了直接影响脂肪代谢，皮质醇还会干扰其他激素的正常分泌。研究表明，长期高皮质醇水平会通过负反馈调节抑制

下丘脑分泌促性腺激素释放激素（GnRH），进而导致垂体分泌的促卵泡生成素（FSH）和促黄体生成素（LH）减少，最终造成性激素（雌激素、睾酮）水平下降^[3]。而性激素不仅调控生殖功能，还对基础代谢率有重要调节作用——性激素水平降低会直接导致基础代谢率下降，意味着身体在休息状态下消耗的热量减少，多余的热量就更容易转化为脂肪，形成“高皮质醇→性激素

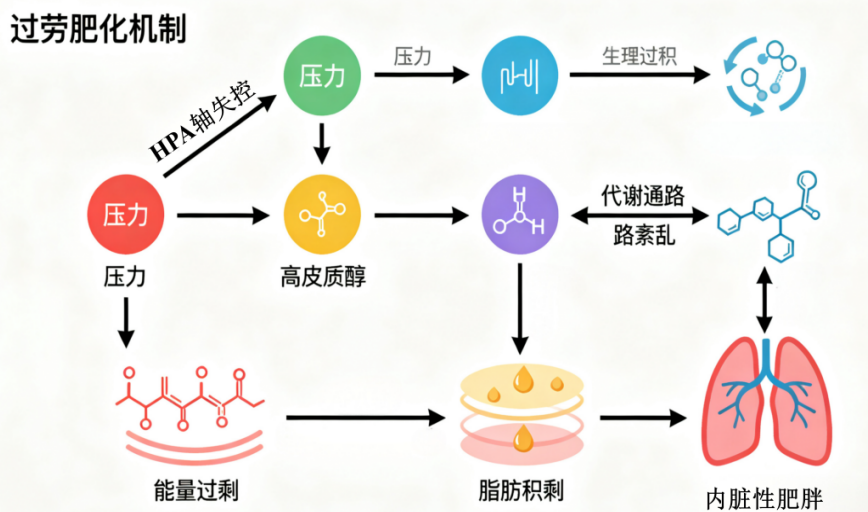
降低→代谢减缓→脂肪堆积”的恶性循环（图3）。

二、代谢“紊乱风暴”：能量转化的失衡困境

长期过劳会严重打乱人体正常的代谢节律。我们的身体就像一台精密的化学仪器，每一个代谢过程都有特定的“时间表”和“操作指南”。正常情况下，人体在进食后，血糖会升高，此时胰岛β细胞分泌胰岛素，促进细胞摄取葡萄糖，并将其转化为糖原储存起来，或者直接氧化供能。而在饥饿状态下，胰高血糖素分泌增加，促使糖原分解和糖异生，维持血糖稳定^[4]。

但当过度劳累打破这种平衡时，代谢系统就会陷入混乱。首先，胰岛素抵抗现象加剧。长期的高压力和不规律作息，会使细胞表面的胰岛素受体对胰岛素的敏感性降低，就像锁芯生锈，钥匙难以正常开锁。胰岛素无法正常发挥作用，血糖就不能顺利进入细胞，导致血糖居高不下，多余的糖分只能转化为脂肪储存。

其次是线粒体功能受损：线粒体是细胞内的“能量工厂”，负责将葡萄糖等营养物质转化为细胞可以利用的能量——三磷酸腺苷（ATP）^[5]。长期过劳会导



【图3】过劳肥机制（图片来源于豆包 AI 生成，部分为自制）

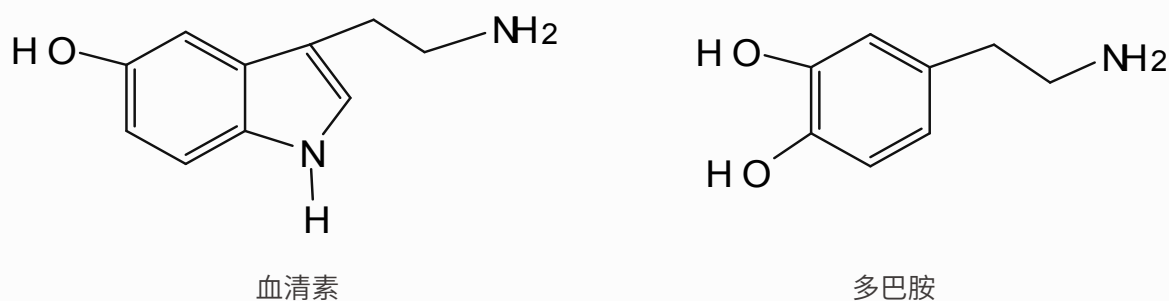
致线粒体 DNA 突变率升高、膜电位下降，直接影响氧化磷酸化效率。当能量产生不足时，身体会启动“应急储脂机制”，倾向于储存更多脂肪以备能量需求，进一步加剧体重上升。

三、饮食“失控漩涡”：神经递质引发的食欲陷阱

在代谢紊乱的基础上，长期过劳还会通过干扰神经递质平衡，将人拖入饮食“失控漩涡”。高强度的工作压力会让大脑皮层持续处于兴奋状态，进而产生强烈的疲惫感，此时大脑会试图通过分泌血清素缓解压力^[6]。血清素（图4左）又被称为“快乐激素”，它能调节情绪、改善睡眠，还能通过作用于下丘脑食欲中枢抑制食欲；但长期过劳会导

致色氨酸羟化酶（血清素合成关键酶）活性降低，使血清素分泌持续失衡——当血清素水平低于阈值时，大脑会发出“食欲求救信号”，通过增加进食量试图提升血清素水平。

与此同时，另一种神经递质——多巴胺（图4右）也在“推波助澜”。多巴胺是大脑“奖励机制”的核心递质，当我们食用高糖、高脂肪和高盐食物时，大脑腹侧被盖区会大量释放多巴胺，激活伏隔核的愉悦通路^[7]。长期高压状态下，大脑对“快速愉悦感”的需求会显著增强，进而让人不自觉地选择奶茶、炸鸡和薯片等高热量食物，营养物质代谢紊乱——例如，脂肪在肠道内过度吸收，进



④【图4】神经递质化学式

一步加剧脂肪堆积。

四、睡眠“缺失危机”：褪黑素缺失引发的代谢连锁反应

熬夜加班是“过劳族”的常态，而睡眠不足会严重影响身体内多种激素的分泌和代谢，其中褪黑素的减少尤为关键。褪黑素是由松果体分泌的一种胺类激素，它在调节睡眠-觉醒周期、生物钟以及能量代谢等方面都发挥着重要作用。

当夜晚来临，光线变暗，松果体就会开始分泌褪黑素，它会作用于身体的各个器官和组织，调节代谢活动。褪黑素能够促进脂肪分解，增加能量消耗，同时还能提高胰岛素的敏感性，促进血糖的正常代谢。但长期熬夜会打乱褪黑素的分泌节律，使其分泌量减少。

褪黑素分泌不足，会引发一

系列代谢问题。首先，脂肪分解减少，脂肪堆积增加；其次，胰岛素抵抗加重，血糖代谢紊乱；此外，睡眠不足还会影响生长激素的分泌，生长激素对促进肌肉生长、提高基础代谢率至关重要^[8]，其分泌减少会导致肌肉量减少，基础代谢率降低，身体消耗的热量更少，更容易发胖。

五、破解“化学困局”：科学对抗过劳肥

当我们理清了过劳肥从压力激活HPA轴到睡眠失衡的完整化学链条后，针对性的破解方案便有了明确方向——通过调整生活方式，重新平衡身体内的“化学环境”。

首先，从源头管理压力，减少皮质醇过度分泌。研究表明，每天进行15~20 min的正念

冥想或深呼吸训练，可通过激活副交感神经，降低下丘脑CRH（促肾上腺皮质激素释放激素）的分泌量，进而减少皮质醇合成；此外，每周3次、每次30 min中等强度有氧运动（如快走、骑自行车），也能通过改善HPA轴敏感性，缓解慢性压力反应。

其次，修复睡眠节律，恢复褪黑素与生长激素平衡。建议每天固定入睡（如23:00前）和起床时间，睡前1h避免接触蓝光（可使用防蓝光眼镜）；同时，卧室保持黑暗、安静环境，促进松果体正常分泌褪黑素——当褪黑素水平恢复后，深度睡眠时长会相应增加，进而促进生长激素分泌，改善代谢功能^[9]。

在饮食方面，需针对性调节神经递质与代谢平衡。一方面，增加富含色氨酸的食物（如牛奶、香蕉和坚果）摄入，为血

清素合成提供原料，帮助稳定食欲；另一方面，减少高糖高脂食物摄入，避免多巴胺奖励机制过度依赖——可选择全谷物、瘦肉和蔬菜等低升糖指数（GI）食物，既能延长饱腹感，又能避免血糖剧烈波动加重胰岛素抵抗。此外，每天补充 15~20 g 膳食纤维（如燕麦、西蓝花），还能促进胃肠道蠕动，改善消化酶

分泌，减少脂肪过度吸收。

最后，通过运动强化代谢功能。有氧运动（如跑步、游泳）可直接消耗热量，同时改善线粒体功能——研究发现，规律有氧运动能增加线粒体数量、提高氧化磷酸化效率；而每周 2 次的力量训练（如举重、俯卧撑），可通过增加肌肉量，提升基础代谢率，让身体在休息时也能消耗更

多热量。

“过劳肥”这场身体内的“化学战争”并非不可战胜。当我们用科学方法重新平衡激素、神经递质与代谢系统，就能打破体重失控的恶性循环。希望每一位在深夜加班的你，都能在忙碌的生活中找到与身体和谐共处的平衡之道，摆脱“过劳肥”的困扰，拥抱健康轻盈的人生。

参考文献

- [1] Rohleder N. Burnout, hair cortisol, and timing: Hyper-orhycocortisolism[J]. *Psychoneuroendocrinology*, 2018, 87(1): 215-217.
- [2] Guha D, Mukherjee R, Aich P. Macrophage plays important role in cortisol and serotonin induced adipogenesis in vitro[J]. *In Vitro Cell Dev Biology-Animal*, 2020, 56(7): 1128-1141.
- [3] Goodman-Gruen D, Barrett-Connor E. Sex differences in the association of endogenous sex hormone levels and glucose tolerance status in older men and women[J]. *Diabetes Care*, 2016, 248(15): 203-209.
- [4] Ribeiro D, Kvist A J, Wittung-Stafshede P, et al. 3D-models of insulin-producing β -cells: From primary islet cells to stem cell-derived islets[J]. *Stem Cell Rev Rep*, 2017, 14(1): 1254-1270.
- [5] Vinaya S, Lanza I R, Surendra D, et al. Impaired muscle mitochondrial function in familial partial lipodystrophy[J]. *J Clin Endocrinol Metabolism*, 2021, 112(2): 2-19.
- [6] Ligneul R, Mainen Z F. Serotonin[J]. *Curr Biol*, 2023, 33(23): R1216-R1221.
- [7] Berridge K, Kringelbach M. Pleasure systems in the brain[J]. *Neuron*, 2015, 86(3): 646-664.
- [8] Ding X, Hwang F J, Silverman D, et al. Neuroendocrine circuit for sleep-dependent growth hormone release[J]. *Cell*, 2025, 188(18): 4968-4979.
- [9] Cardinali D P, Vigo D E. Melatonin, mitochondria, and the metabolic syndrome[J]. *Cell Mol Life Sci*, 2017, 74(21): 3941-3954.

从化学视角解读 《红楼梦》中的朱砂密码

作者：王晞靖；Email: 707015987@qq.com



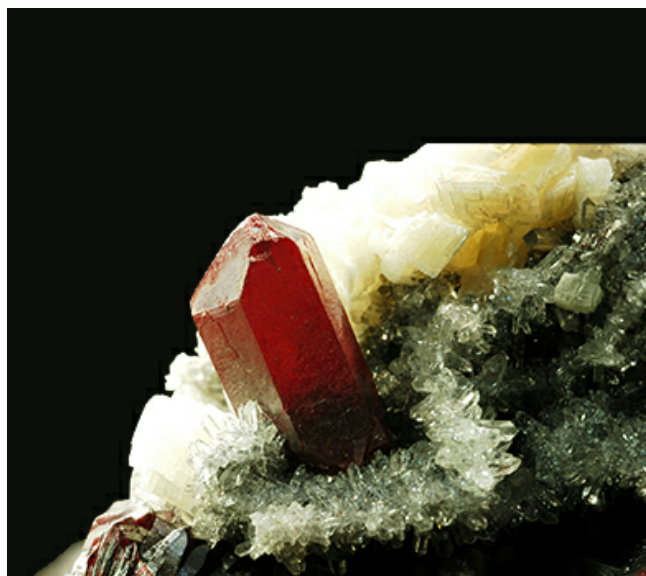
《红楼梦》被誉为百科全书式的艺术宝库，起初曹雪芹创作这部巨著时，将其命名为《石头记》，后来才被改为《红楼梦》。先后两个书名，竟奇妙地融合了“石”与“红”两种特质，而朱砂作为一种矿石，其外表也呈红色。朱砂色泽艳丽，给人以华丽、高贵之感，然而内在却含有硫化汞，一定条件下会分解为汞，对人体健康有潜在的危害。朱砂的表里二元对立，与《红楼梦》中贾府“金玉其外，败絮其中”的情形高度契合。

《红楼梦》素以其“草蛇灰线，伏脉千里”的叙事技巧闻名，通过细腻的笔触和丰富的隐喻，预示人物的命运与家族的兴衰。本文尝试融合化学与文学研究视角，以朱砂的物质特性与文化符号为切入点，发掘其在《红楼梦》中的多重象征意义和隐喻功能，探索跨学科研究方法为古典文学研究带来的新思路，为理解这部经典作品提供独特的视角与观点。

1. 朱砂的化学本质与历史应用

1.1 朱砂的化学和物理特性

朱砂是一种矿物质，矿物学名为辰砂 (Cinnabar)，又名丹砂、赤丹和汞砂等。朱砂主要成分是硫化汞 (HgS)，天然朱砂中含有石英、黄铁矿和方解石等少量杂质。朱砂晶体常呈菱面体或柱状 (图 1)，常见贯穿双晶，在阳光下呈现独特的金属光泽。《天工开物》记载了古代用“水飞法”提纯朱砂——将矿石研磨后与水混合，利用重力沉降分离杂质，最终得到纯净的红色粉末^[1]。这种物理提纯方法，至今被用于传统的中药炮制和颜料制作。



① 【图 1】朱砂 (图片来源于“中国地质博物馆门户网站”)

1.2 朱砂：中华文明的千年红迹

朱砂因其独特的性质，在中国古代被广泛用于颜料、医药、宗教和文化等方面，是中华文明中一抹璀璨的红迹。

1.2.1 不老的“红颜”

朱砂是古代重要的红色颜料来源。在商周时期的盛色器中，就发现有朱砂的痕迹^[2]。古人用“丹青”指代绘画，“丹”即是朱砂。朱砂常用于彩绘、壁画和字画等艺术作品上，如敦煌莫高窟的壁画，宋朝苏轼的朱竹图等（图2）。在传统建筑中，用朱砂来涂刷墙壁、栏杆和廊柱等构件，使其显得富丽庄重。此外，朱砂还被用于古代服饰的印染。朱砂红久不褪色，这得益于硫化汞的化学稳定性。硫化汞常温下不与氧气反应，几乎不溶于水和稀酸，这一特性使得朱砂在古代颜料制作领域广受欢迎。

1.2.2 药毒双刃剑

朱砂入药历史悠久。早在秦汉时期的药物学专著《神农本草经》记载朱砂：“味甘，微寒。主身

体五脏百病，养精神，安魂魄，益气明目”。唐宋时期医学家指出朱砂加热炼制会有毒产生，宋朝寇宗奭《本草衍义》提到朱砂：“镇养心神，但宜生使。炼服，少有不作疾者”。明朝李时珍《本草纲目》收录了朱砂有毒的观点，列出朱砂与不同药材配伍的各种药方^[3]。朱砂常用在一些传统药品中，如安宫牛黄丸、朱砂安神丸和七厘散等。朱砂就像一把双刃剑，药效与毒性利弊共存。

1.2.3 早期化学的启蒙

在宗教信仰里，朱砂被视为纯阳之物，有神秘的力量。道教用朱砂绘制符篆，作为敕召鬼神，辟邪消灾的工具。朱砂还被用于炼丹，东晋葛洪《抱朴子》记载：“朱砂为金，服之升仙者，上士也。”，指朱砂炼制成金丹，服用之后可以飞升成仙。《抱朴子》还提到：“丹砂烧之成水银积变又还成丹砂。”这体现了物质在特定条件下的循环转化。炼丹本意为追求永生，但无形中推动化学的形成和发展。有研究总结了我国六朝时期炼丹术的理论和方法，认为其在世界化学史占有重要地位^[4]。



①【图2】朱砂填涂的甲骨文（左）（图片来源于“中国国家博物馆网站”），敦煌壁画（右）（图片来源于“敦煌研究院网站”）

1.2.4 朱砂里的文化意象

在传统开笔礼上，先生给学童额头点朱砂，意为开启智慧。少女眉间的朱砂痣，则象征着美貌。诗人喜用朱砂作诗：李白“愿游名山去，学道飞丹砂”，表达了他对超凡脱俗的向往；白居易写“低头乍恐丹砂落，晒翅常疑白雪消”，以鹤的清丽孤高喻人；袁枚“愁对青云生白发，且将红粉当丹砂”，感叹年华易老，壮志未酬。中国人自古崇尚红色，丹书铁券用朱砂书写以示郑重和权威，皇帝常用朱笔来批阅奏折。在民间，人们戴朱砂手串来保平安健康……朱砂已经不再是某种单纯的矿物质，而是一个有丰富内涵的文化载体。

朱砂这一古老的矿物，出现在古代社会生活各方面。同样，《红楼梦》也有不少与朱砂相关的情节，并有着丰富的象征意义和隐喻功能。

2. 《红楼梦》中的朱砂隐喻：从色彩到命运

2.1 富贵表象下的科学预警

《红楼梦》第63回“寿怡红群芳开夜宴，死金丹独艳理亲丧”^[5]，前半部分贾宝玉生日，众人玩笑不绝；后半部分贾敬炼丹中毒身亡，生日的喜庆和死亡的凄苦接踵而来，给读者以强烈的冲击。贾敬死后，贾家请太医来诊断。大夫们向来知道贾敬修炼方术，服灵砂，又观察到他“肚中坚硬似铁，面皮嘴唇烧得紫绛皱裂”，认定为“系玄教中吞金服砂，烧胀而殒”。

“贾敬之死”是一个“化学伏笔”，朱砂在丹炉中煅烧，会生成有毒的汞蒸气、汞化合物等。严重汞中毒可引发循环衰竭和全身性脱水，导致面部因血液淤积、缺氧而呈现紫绀，皮肤因脱水而干燥皴裂。此外，汞离子对消化道黏膜有腐蚀作用，可造成严重的胃肠炎，引发肠梗阻，导致肠道内气体和

液体淤积；同时，汞离子的首要靶器官是肾脏，会造成肾小管坏死和肾功能衰竭，肾衰竭又导致身体水钠潴留，从而引发腹腔积液。两者共同作用，加剧了腹部胀满、“肚中坚硬”的状况。贾敬的死亡症状与汞中毒存在关联。贾敬中毒身亡事件发生在贾府鼎盛期，暗示家族命运将如同朱砂的化学反应——有着美丽外表的朱砂，在高温下暗中积累毒性。

《红楼梦》中贾府人物众多，论地位和能力，贾敬本应是家族的领军人物。贾敬承袭了爵位，又高中进士，但却抛家弃业，“一味好道，只爱烧丹炼汞，馀者一概不在心上”。贾敬的行为不仅造成家族失序，更产生消极的家风影响，正如小说中《好事终》一曲所唱：“箕裘颓堕皆从敬，家事消亡首罪宁”。贾敬的人生本如朱砂般光彩夺目，却沉迷炼丹修道，最终被丹砂之毒侵蚀，黯然离场。贾敬之死，意味着贾府昔日的标杆坍塌，而朱砂在其中扮演了“催化剂”的角色。

2.2 朱砂的生死隐喻：汝之蜜糖，彼之砒霜

《红楼梦》第84回巧姐生病，大夫所开药方四神散中，有牛黄、真珠、冰片和朱砂四种药材。王夫人嘱咐把分量对准了，凤姐“自己用戥子按方秤了”。王熙凤亲自称药这一细节，足见她对女儿巧姐的关心，也说明她深知不同配伍会影响疗效，剂量不准甚至会有危害。巧姐在用过药后，渐渐痊愈。现代化学原理表明：反应物的质量比不同，会导致化学反应的进程、产物的种类与产量有所差异。

前有贾敬用朱砂炼丹中毒，现有巧姐以朱砂入药治病。巧姐所服四神散中，只有朱砂是有毒的，但它却能在此方剂中发挥治病的药效。朱砂治病还是致死，与其具体用法和用量密切相关。在不同的

条件下，朱砂展现了不同的属性和结果。朱砂的生死隐喻在此得到呼应，巧姐的命运便是印证。贾府败落后，她险些被卖，幸得刘姥姥出手相救才化险为夷。在贾府众人的灰暗结局中，巧姐的人生是极少的一抹暖色。

2.3 贾府命运的色彩投射

朱砂的红色主要是由其化学成分（硫化汞）和晶体结构（三方晶系）共同作用的结果。当可见光照射到朱砂上，其内部电子会吸收特定波长的光能量并发生跃迁。硫化汞晶体结构中汞原子和硫原子特殊的排列方式，使其电子对蓝绿光吸收较强，而对红光的吸收极弱，红光被大量反射和透射，所以朱砂呈现出鲜艳的红色。

《红楼梦》构造了一个色彩斑斓的世界，但红色在书中占有极其重要的位置。学者周汝昌提到：“盖‘红’者实乃整部《红楼》的一个‘聚焦’^[6]。”《红楼梦》中个人及家族的命运也与红色存在某种神秘的联系。

2.3.1 鲜衣怒马少年的人生印记

《红楼梦》中不少人物穿红色服饰，贾宝玉尤喜红衣，举其中几例如：第3回写贾宝玉第一次出场穿的是“二色金百蝶穿花大红箭袖”；第45回探访黛玉时穿“半旧红绫短袄”；第63回划拳喝酒时穿“大红棉纱小袄子”；第78回穿着晴雯生前针织的“血点般大红裤子”；最后120回贾宝玉“光着头，赤着脚，身上披着一领大红猩猩毡的斗篷，向贾政倒身下拜”。“《红楼梦》中的服饰色彩，以鲜明的视觉效果和深蕴的文化内涵，揭示了红楼人物鲜明的性格特点”^[7]，红衣在不同场景中的出现，见证了物是人非，和人物命运的悲欢离合。

2.3.2 海棠花语：葩吐丹砂，花事无常

《红楼梦》擅以花喻人，揭示人物的命运走向。在怡红院中，种有一棵西府海棠，“其势若伞，丝垂翠缕，葩吐丹砂”，海棠的花朵有着朱砂般的艳红。这棵海棠此后一枯一荣；第77回贾宝玉发现“好好的一株海棠花，竟无故死了半边”，他预感到有事发生，不久后晴雯夭亡；第94回，本来枯萎的海棠，“忽然今日开得很好的海棠花，众人诧异，都争着去看”，贾母还为此设宴，贾宝玉匆忙间忘戴通灵宝玉，此玉离奇失踪。贾宝玉“自失了玉后，终日懒怠走动，说话也糊涂了”。不久后元妃病逝，贾家失去了与皇权之间的纽带。海棠花意外的枯萎和盛开，预示着世事无常，人如鲜花般艳丽又脆弱。

2.3.3 朱笔点浮沉

《红楼梦》贾家长女元春被封贤德妃，贾家迈向鼎盛时期。为了元妃省亲，贾家大兴土木，建造大观园。皇上朱批准奏：“次年正月十五上元之日，恩准贾妃省亲”。皇帝朱笔一勾，看上去皇恩浩荡，但贾家造园花钱如流水，府库日空。朱批是荣华，也是索债。之后，贾母要惜春画出大观园的景象，惜春发愁，宝钗建议了一份长长的材料清单，其中有颜料“箭头朱四两”。箭头朱是上等的朱砂颜料，清朝李渔《芥子园画传》指出：“朱砂用箭头者良，次则芙蓉块匹砂”。第102回，因病祸连绵，贾府请道士作法，“法师朱笔书符收禁”，将符咒带回道观塔下镇邪。贾家昔日挥金如土，如今只余朱笔画符，向虚空祈求平安。朱砂从庙堂朱批、画中朱色，沦为纸上的驱邪符篆，一笔朱红，点出了贾府盛衰浮沉。直到大结局，惜春也未完成画作，大观园的锦绣终究无法留存。

2.3.4 贾府的命运谶语

《红楼梦》中不少建筑及陈设与红色相关：贾宝玉原住所“绛芸轩”，后迁入“怡红院”；大观园里可见“朱栏”和“茜纱窗”等红色元素；第23回，贾家安排工匠在园内各处立碑镌字，碑文用朱红色，“汤蜡钉朱”，忙个不停；第53回，腊月二十九日，宁国府从大门到正堂，“一路正门大开，两边阶下一色朱红大高照，点的两条金龙一般”；书中还数次写到屋内挂红帘，炕上铺红毡的场景。在大观园建造期间，物品准备清单里有“猩猩毡帘二百挂，金丝藤红漆竹帘二百挂”。从这些细节中，可想象出贾府一片红色的繁华景象。然而，正如我们眼中看到的朱砂之红，不过是它有选择性反射出来的红光，贾府的“红”也只是给外人看到的表面光鲜。实际上，贾府经济上早已入不敷出，政治上逐渐失势，家族内部更是混乱不堪。

朱砂的“红与黑”，与《红楼梦》中所描绘的贵族生活的虚幻与腐朽，有着异曲同工之妙。在小说中，贾家等贵族家族的表面繁华如同朱砂的鲜艳色泽，令人眩目，但其内部却隐藏着种种危机，最终不断演变，陷入衰败，走向“落了片白茫茫大地真干净”的结局。

3. 科学视角下的朱砂毒性解析

对于朱砂，我们不必谈“毒”色变。其毒性主要来自于硫化汞中的汞，汞离子 (Hg^{2+}) 具有与生物分子强结合的能力，这种特性会干扰生物体的正常生理功能，进而表现出毒性。

3.1 分子层面的“电子劫持”

汞离子 (Hg^{2+}) 对人体的危害体现在：

(1) 破坏酶活性：汞离子与蛋白质的巯基 ($-\text{SH}$) 结合，改变其三维结构，汞离子像钥匙一样锁住酶的

活性部位，使酶无法发挥作用。

(2) 干扰神经传导：汞离子会阻断神经元细胞膜的钠钾泵 ($\text{Na}^+/\text{K}^+-\text{ATPase}$)，导致信号传递紊乱。

(3) 蓄积毒性：汞离子在肾脏近曲小管上皮细胞中不断累积，从而引发蛋白尿与肾功能衰竭。这些机制解释了汞中毒症状：“目不能视”（视神经损伤）；“手足震颤”（运动神经失调）；“腹如鼓胀”（肾小球滤过率下降）。

3.2 传统用药的现代验证

在现代社会，汞被公认为有毒有害金属元素，朱砂的药用也因此受到严格管控，欧盟国家甚至明令禁止含朱砂药品的进口^[8]。然而，朱砂作为我国传统中药，其药效已有两千多年的临床实践验证。我们不应简单地否定朱砂，而是要借助现代科技手段，推动朱砂在科学规范的框架下合理应用。

3.2.1 朱砂水飞炮制的实验测试

《中国药典》（2025版）规定，朱砂炮制采用水飞法，使用时多入丸散服，不宜入煎剂^[9]，这与朱砂的传统处理方法相吻合。水飞法炮制可以有效去除杂质和有毒元素，避免入煎剂能防止加热产生游离汞。有实验测试发现，朱砂经过水飞炮制后，其粒度更小、更均一。Hg和S元素质量分数降低，分别由60.62%、13.74%降低为45.59%、11.89%，人体所需生命元素Co、Cu、Zn和Mo含量有一定程度提高。在水飞剩余残渣中，有害元素Sr、Y、Zr、Cd、In、Sb、Ba、Tl和Pb有一定程度增高。这些结果可能是朱砂水飞炮制后增效减毒的重要依据^[10]。

3.2.2 朱砂的毒性研究

《中国药典》（2025版）规定了朱砂日用量

0.1~0.5 g, 指出朱砂有毒, 不宜大量服用, 也不宜少量久服, 外用适量, 孕妇及肝肾功能不全者禁用。现代研究发现: 给小鼠单次灌胃给药最大耐受量达到 24 g/kg (等于摄入可溶性汞 516 $\mu\text{g}/\text{kg}$), 相当于人日用量约 3000 倍, 未见明显毒性反应。大鼠灌胃朱砂 1 个月内, 对肝脏和肾脏的无明显毒性剂量水平为 0.1 g/(kg·d) (相当于药典剂量的 2 倍), 而同样剂量用药 2 个月, 则会导致肝脏和肾脏的损害。一个月內用药剂量 0.4 g/(kg·d) 肾脏有病变, 剂量 0.8 g/(kg·d) 则肾脏和肝脏都有病变^[11]。这说明单次口服朱砂是安全的, 但长期使用则存在毒性风险。

3.2.3 从形态与配伍看毒性

汞在朱砂中主要是以硫化汞形态存在的, 硫化汞的溶解性极低, 不易发挥毒性效应。不同形态的汞及其化合物, 对人体造成的损害程度不同^[12]。有研究发现: 小鼠一次口服染毒 20 g/kg 朱砂未见死亡, 而染毒 0.1 g/kg 甲基汞 (MeHg), 0.15 g/kg 氯化汞 (HgCl_2) 致死。体外试验表明甲基汞、氯化汞、朱砂及朱砂安神丸对人肝 HL-7702 细胞的半数致死剂量分别为 4.4、9.2、2460 和 4050 mg/L, 相差千倍^[13]。在一些含朱砂方剂中, 某些成分是可以减少朱砂毒性的, 比如有研究发现: 黄连与朱砂伍用能降低朱砂的肾毒性, 其主要成分黄连碱和小檗碱是配伍减毒作用的物质基础^[14]。因此, 评估朱砂毒性不应只看汞含量, 应综合考虑化学形态和配伍等因素。

综上所述, 短期服用朱砂并不轻易中毒, 且可能因方剂配伍而毒性变小, 但不能大量服用或长期服用。现代与传统在一定程度上遥相呼应, 如《本草纲目》对朱砂优劣鉴别、炮制细节和有毒观点等方面的记载, 就体现了李时珍对朱砂谨慎运用的思想。《本草纲目》并未对朱砂用量范围做出限定, 从今天

科学研究看来, 有些古方超药典一定剂量的用药是有其合理性的, 当然我们要科学严谨地分析, 对于大量和长期服用的应予以禁用。实际上, 传统中医治疗并不僵化教条, 而是讲究一人一方, 对症下药, 中病即止。在《本草纲目》中, 李时珍比较了朱砂有毒和有效两种观点后, 提出: “盖人之脏腑禀受万殊, 在智者辨其阴阳脉证, 不以先入为主。非妙入精微者, 不能企此”。不先入为主, 辩证看待问题, 在当下同样适合。

3.3 朱砂的启示

朱砂在我国的应用, 是一部不断优化、去伪存真的演进史。在科学严谨的规范下, 朱砂的毒性可被抑制, 有效功能得以充分发挥。这一点对《红楼梦》中的贾府颇具启示。贾府的宁、荣二公曾浴血奋战, 为家族挣得荣华富贵。然而, 家族缺乏长效治理机制, 除了个别人努力外, 多数后辈毫无规矩法度, 各怀私心, 沉迷于“烈火烹油, 鲜花着锦”的盛景中, 以至于养痍遗患, 最终回天乏术。正如朱砂需通过规范炮制、剂量控制和科学配伍来减毒增效, 一个家族同样需要合理机制来保驾护航。

4. 结语: 在理性与诗意之间

《红楼梦》开卷第 1 回有载: “有绛珠草一株, 时有赤瑕宫神瑛侍者, 日以甘露灌溉”。后来绛珠草修成仙女, 闻神瑛侍者下凡为人, 便也随之入世, 誓以一生眼泪偿还其灌溉之恩, 这便是宝玉与黛玉的前世今生。“绛”即红色, “瑛”为似玉的美石, “赤瑕”指带瑕疵的红色玉石, 三者意象皆与朱砂近似, 而一段旷世故事亦由此开篇。

当我们在实验室用原子吸收光谱仪检测朱砂手串的汞含量时, 仪器屏幕上跳动的数据曲线, 正与《红楼梦》中“丹炉青烟”进行着一场跨越时空

的对话。这场对话告诉我们：传统文化的传承需要科学理性的审视，也需要人文情怀的守护——正如

朱砂本身，既是需要谨慎对待的硫化汞，也是承载文明记忆的“中国红”。

参考文献

- [1] 明·宋应星. 天工开物[M]. 长春: 吉林出版集团股份有限公司, 2016: 212.
- [2] 胡洪琼, 申明清. 商周时期盛色器功用考辩[J]. 中原文物, 2013(6): 37-42.
- [3] 明·李时珍. 本草纲目(校点本上册) [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2004: 519-523.
- [4] 戴建平. 六朝炼丹术及其化学成就[J]. 科技与经济, 2001, 14(3): 34-40.
- [5] 清·曹雪芹著. 无名氏续. 红楼梦[M]. 北京: 人民文学出版社, 2022.
- [6] 周汝昌著. 周伦玲编. 红楼艺术[M]. 北京: 人民文学出版社, 2015: 83.
- [7] 陈东生, 甘应进, 覃蕊, 等. 红楼梦服饰色彩探析[J]. 红楼梦学刊, 2007(1): 218-230.
- [8] 周沫, 程伟. 由朱砂不能进入欧盟国家引发的一点思考[J]. 河南中医, 2011, 31(5): 476-477.
- [9] 国家药典委员会编. 中华人民共和国药典[M]. 2025年版1部. 北京: 中国医药科技出版社, 2025.
- [10] 卓鱼周, 胡静. 中医药高等院校无机化学实验之矿物药朱砂炮制综合设计[J]. 应用化学, 2025, 42(9): 1272-1281.
- [11] 梁爱华, 王金华, 薛宝云, 等. 朱砂对大鼠的肝肾毒性研究[J]. 中国中药杂志, 2009, 34(3): 312-318.
- [12] 郑徽, 金银龙. 汞的毒性效应及作用机制研究进展[J]. 卫生研究, 2006, 35(5): 663-666.
- [13] 康峰, 吴琨, 何海洋, 等. 朱砂、朱砂安神丸与甲基汞、氯化汞的毒性对比研究[J]. 中国中药杂志, 2010, 35(4): 499-503.
- [14] 周颖. 黄连对朱砂肾毒性配伍减毒的物质基础及机制研究[D]. 锦州: 锦州医科大学, 2018: 41.

CCS Chem.

南开大学王晓晨课题组： 手性硼催化硝酮的不对称 [3+2] 环加成反应

来源：CCS Chemistry 公众号；原文链接：<https://mp.weixin.qq.com/s/R5LZon0o9hTi9fLRQIDeHg>

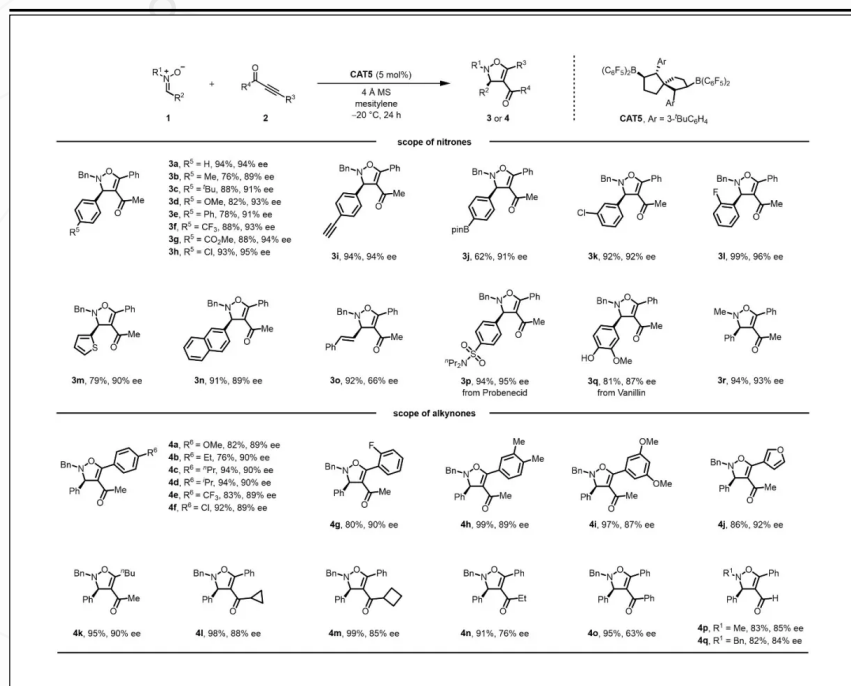
近日，南开大学王晓晨课题组利用手性螺环双硼催化剂，首次实现了硝酮对单齿烯酮、炔酮的不对称 [3+2] 环加成反应，成功突破了传统方法对辅基的依赖，显著拓展了该类反应的底物适用范围。

背景介绍

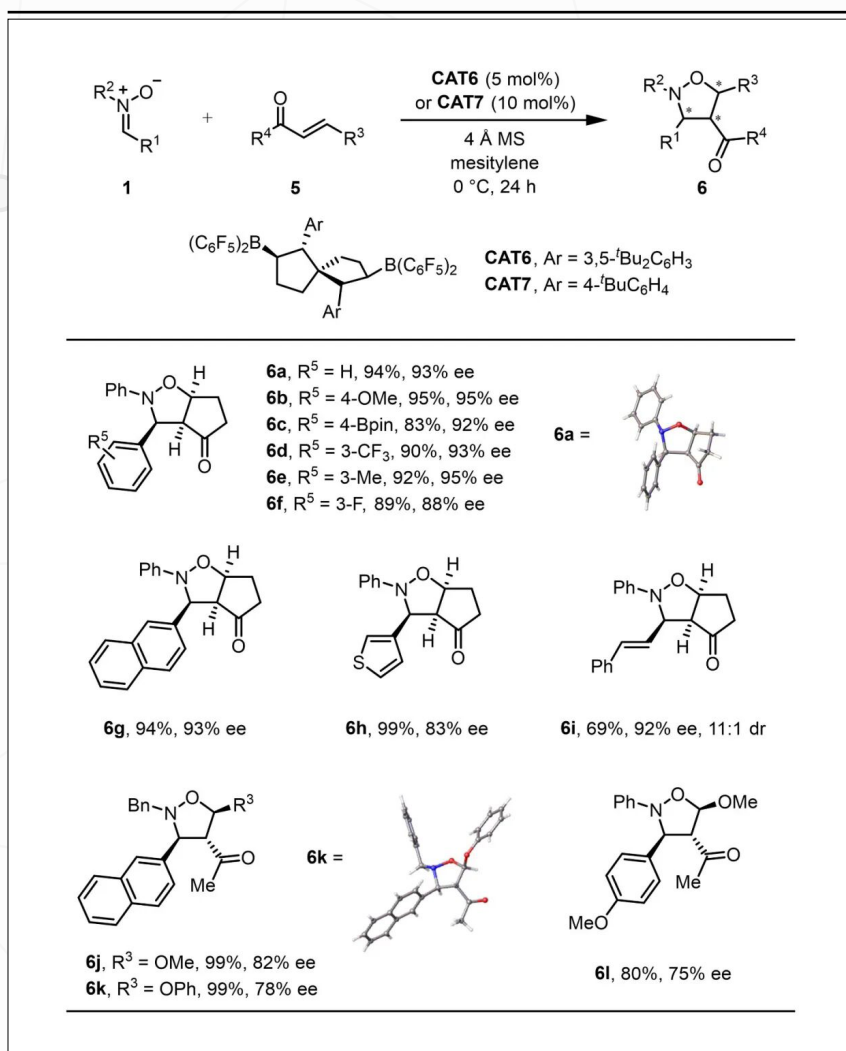
异恶唑啉结构广泛存在于天然产物与药物分子中，而不对称 [3+2] 环加成是构建该类手性骨架最为直接的方法之一。目前，硝酮与烯酮、炔酮的不对称环加成反应大多需在羰基邻位引入辅基，通过与金属路易斯酸双齿配位来构筑稳定的手性环境，从而实现高立体选择性控制。然而，对于配位能力较弱的单齿烯酮、炔酮，该类反应长期以来未见报道——由于配位键易旋转，难以形成稳定手性环境；同时硝酮较强的配位能力也易“毒化”催化剂，导致反应活性与选择性控制面临双重挑战。

近年来，王晓晨课题组致力于发展手性双硼催化剂体系，先后开发了手性并环双硼与螺环双硼两类催化剂。借助其大位阻与强路易斯酸性，该团队成功实现了多种含氮化合物的不对称还原。

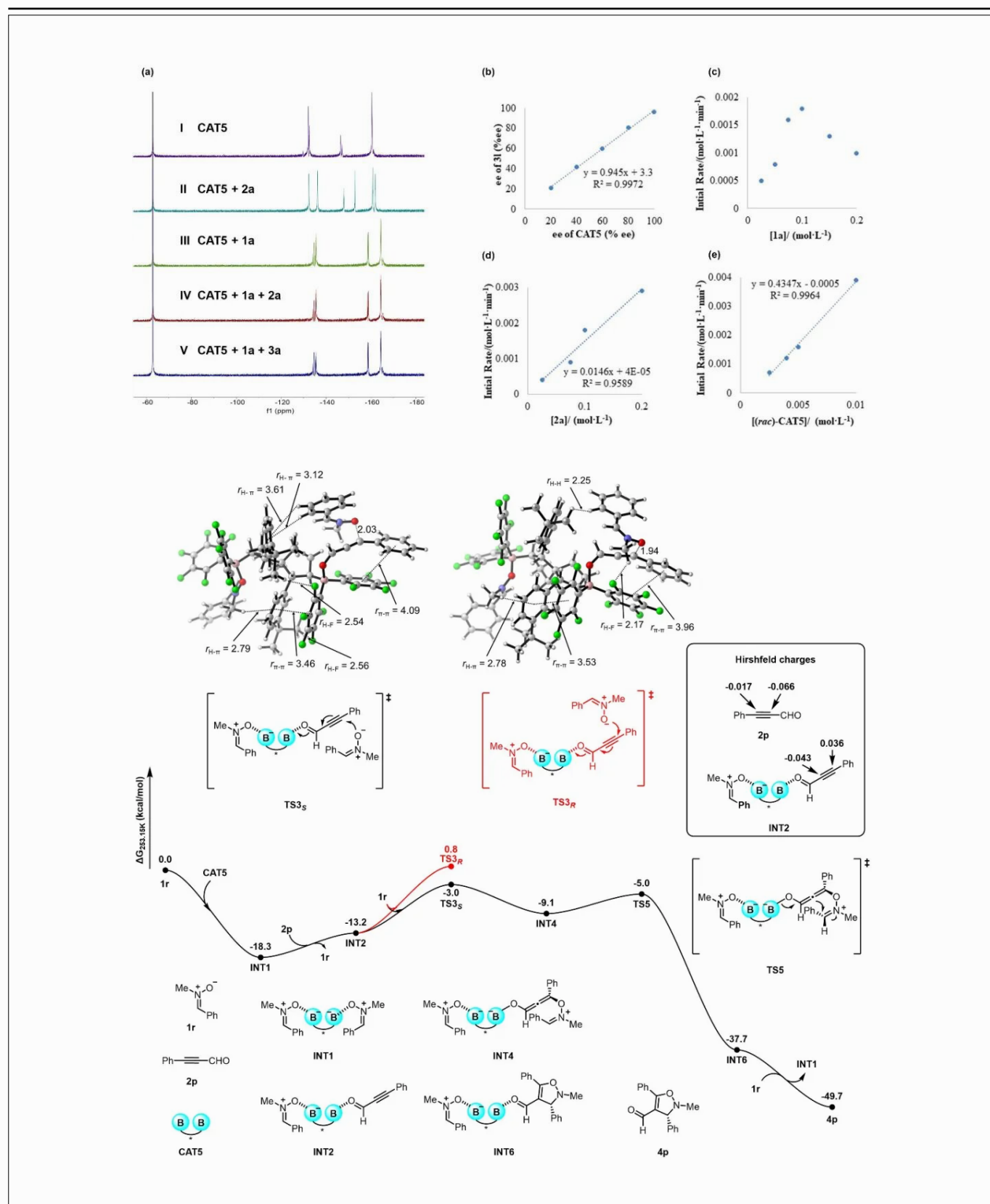




硝酮与烯酮反应中，环戊烯酮可顺利转化为相应的并环产物，并兼具优秀的收率、对映与非对映选择性。另外线性烯酮底物也适用于该反应体系当中。



通过控制实验，作者验证了手性双硼催化剂能在与硝酮的强配位竞争中进行有效解离并活化炔酮，实现催化循环。

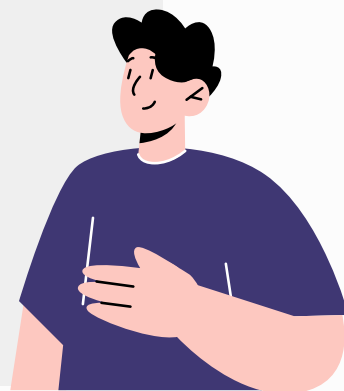


结合 DFT 理论计算，团队进一步阐明了反应机理与手性控制的关键因素，揭示了螺环双硼催化剂在调控单齿底物立体选择性中的独特优势。

>>> 总结与展望 <<<

综上所述，王晓晨课题组利用自主研发的手性螺环双硼催化剂，首次实现了硝酮对单齿烯酮与炔酮的不对称 [3+2] 环加成，打破了该类反应对辅基的长期依赖，为手性异恶唑啉的高效构建提供了新策略，并对后续相关环加成反应的设计具有重要指导意义。

该研究由陈志浩博士完成主要实验工作，理论计算部分由博士生刘璐完成。研究工作获得国家自然科学基金的资助。

**文章详情:****Asymmetric [3+2] Dipolar Cycloaddition of Nitrones with Alkynones or Enones Catalyzed by Spiro-Bicyclic Bisborane Catalysts**

Zhi-Hao Chen, Lu Liu, Yun-Bo Wang, Fu-Hao Zhang, Qian-Qian Peng and Xiao-Chen Wang*

Cite this: *CCS Chem.* 2026, 8, 1809-1817

文章链接: <https://doi.org/10.31635/ccschem.026.202506952>



扫码或长按二维码在线阅读 ▶



《化学通讯》

科普教育类

编委会成员



编委：莫尊理
西北师范大学



编委：陶胜洋
大连理工大学



编委：姜雪峰
华东师范大学



编委：薛斌
上海海洋大学



编委：宋卫国
中国科学院化学研究所



编委：李艳梅
清华大学



编委：徐海
中南大学



主编：杨小牛
中国科学院长春应用化学研究所



副主编：刘正平
北京师范大学



编委：戴伟
北京化工大学



编委：邱晓航
南开大学



编委：杨天林
中国科普作家协会会员
宁夏作家协会会员



编委：胡文兵
南京大学



编委：卞江
北京大学



编委：欧阳瑞镭
上海理工大学
材料与化学学院



编委：朱平平
中国科学技术大学



编委：董川
山西大学



编委：蒋尚达
华南理工大学



编委：孙亚飞
中国科学院自然
科学史研究所