



化学通讯

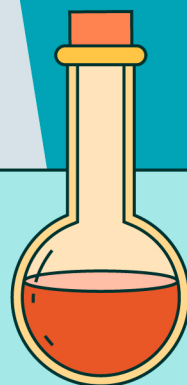
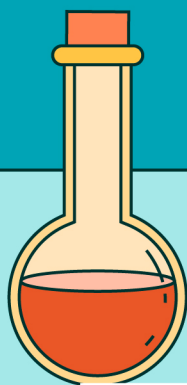
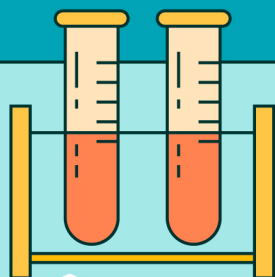
CHEMICAL NEWSLETTER

No.18

2026年09月30日



WELCOME TO CHINA



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）
总 编 辑：余婉宁
编 辑：朱真逸 版面设计：许 霞
联系电话：0431-85262018
电子邮箱：hctx@ciac.ac.cn
公 众 号：Chemical Newsletter
投稿网址：<https://www.scicloudcenter.com/CN/>
电 子 刊：<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

新闻快递

- 2026 软科中国大学排名发布，清华大学、北京大学、浙江大学位列前三 01
来源：软科官方网站
- 南京大学混合配体 MOF 功能化隔膜研究登 JACS，助力宽温锂金属电池 01
来源：南京大学化学化工学院
- 平陆运河正式通航，西南石化业“通江达海” 01
来源：中国化工报公众号
- 第 40 届全国中学生化学奥林匹克初赛试题及参考答案公布 01
来源：中国化学会官方网站
- 北京大学裴坚团队揭示共轭高分子层间堆积主导的热传输机制 01
来源：北京大学化学与分子工程学院

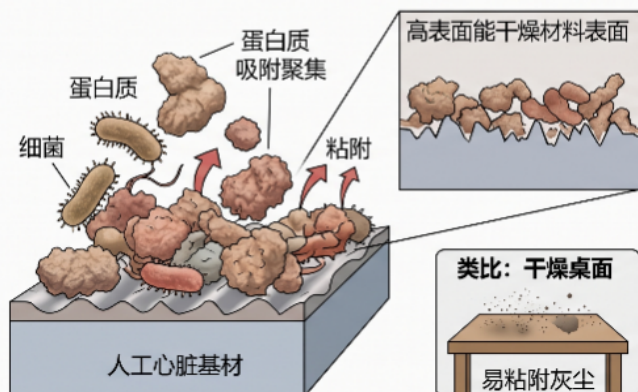
科学前沿动态

- 室温可见光就能增强加氢催化！四川大学团队 Nature Chemistry 揭秘等离激元氢活化机制 02
来源：nature

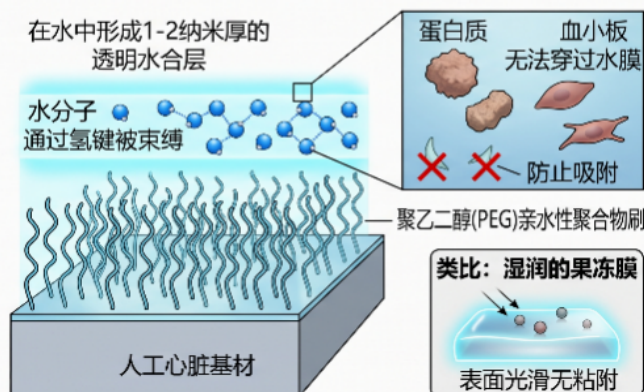


科研机制示意图：蛋白质与细菌吸附的抑制机制

左侧：未涂层人工心脏表面（高表面能，干燥状态）



右侧：涂覆PEG亲水性聚合物刷表面（形成水合层）



29

科技新闻

这款可回收胶带，强度比布基胶带更高 04

来源：c&en

归国科研人才推动中国科研崛起，化学家群体的贡献尤为突出 06

来源：CHEMISTRYWORLD

第二轮“双一流” | 中国大学撑起科技创新半壁江山 08

来源：青塔公众号

“算力金属”，为何涨得这么猛 15

来源：人民日报公众号

科普大赛

※ 千年木乃伊：藏在古埃及防腐术中的古老化学智慧 19

作者：罗涛，朱伶俐，胡叶

※ 当一颗“机械心”学会温柔 24

作者：吕欣悦，石雅荣，王宇欣

※ 橘子“黄金部位”的营养解码 32

作者：李改平，赵红叶，于涵

科研进展

【CCS Chem.】类“肽聚糖”的DNA纳米网络用于肿瘤细胞的精准标记和细胞间相互作用的灵活调控 39

来源：CCS Chemistry 公众号

中石油（上海）新材料研究院携手美国化学文摘社联合发布《全球高分子材料前沿：数据驱动的创新趋势全景分析》报告（续） 42

来源：ACS 美国化学会公众号



33

来源：软科官方网站

2026 软科中国大学排名发布，清华大学、北京大学、浙江大学位列前三

近日，软科正式发布 2026 中国大学排名主榜，清华大学、北京大学、浙江大学位列全国前三，上海交通大学、复旦大学、南京大学、中国科学技术大学等进入前十。排名采用数百项指标全方位评价高校办学水平，是国内权威的高校发展参考依据。

原文链接

<https://www.shanghairanking.cn/rankings/bcur/2026>

来源：南京大学化学化工学院

南京大学混合配体 MOF 功能化隔膜研究登 JACS，助力宽温锂金属电池

近日，南京大学化学化工学院团队在《美国化学会志》发表研究成果，开发出混合配体 MOF 功能化隔膜，有效调控锂金属电池界面离子传输，显著提升电池宽温适应性与循环寿命，为高能量密度电池的界面工程优化提供了新思路。

原文链接

<https://chem.nju.edu.cn/e0/a9/c28455a843945/page.htm>

来源：中国化工报公众号

平陆运河正式通航，西南石化业“通江达海”

9 月 16 日，平陆运河正式通航，贯通西江与北部湾，西南地区结束“临海不通海”历史。运河使西南货物经北部湾出海较广州港缩短航程 560 km，物流成本降低 18%~30%。石化作为大进大出型产业受益显著，预计七成化工货物转向江海联运，成本下降三至四成。同时将带动西南石化新材料产业集聚，加速中国—东盟跨境化工产业链构建。

原文链接

<https://mp.weixin.qq.com/s/YkKDwuulYQfhfl7mbyH6Yg>

来源：中国化学会官方网站

第 40 届全国中学生化学奥林匹克初赛试题及参考答案公布

近日，中国化学会官方发布第 40 届中国化学奥林匹克（初赛）试题及参考答案，赛事覆盖全国各省市，是中学化学拔尖人才选拔的核心官方赛事，决赛后续将按省队选拔开展。

原文链接

<https://www.chemsoc.org.cn/notice/a7499.html>

来源：北京大学化学与分子工程学院

北京大学裴坚团队揭示共轭高分子层间堆积主导的热传输机制

近日，北京大学化学与分子工程学院裴坚团队在 *Advanced Materials* 发表成果，系统揭示共轭高分子层间堆积结构对热传输性能的主导作用，突破传统热传导模型认知，为有机热电、热管理材料的分子设计提供新原理。

原文链接

<https://www.chem.pku.edu.cn/kyjz/50b195cc03ba47b8ac5a554a28f7b41f.htm>

室温可见光就能增强加氢催化！ 四川大学团队 Nature Chemistry 揭秘等离激元氢活化机制

来源：nature；原文链接：<https://www.nature.com/articles/s41557-026-02245-z>

nature chemistry

[Explore content](#) ▾ [About the journal](#) ▾ [Publish with us](#) ▾

[nature](#) > [nature chemistry](#) > [articles](#) > article

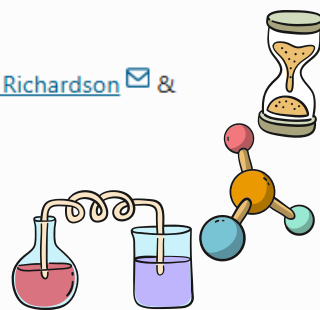
Article | [Open access](#) | Published: 10 September 2026

Nanoscale visualization of plasmon-enhanced hydrogen activation on a Pt(111) surface

Zhen-Feng Cai , Meghna A. Manae, Zi-Xi Tang, Jun-Xian Zhang, Yao Zhang , Jeremy O. Richardson  & Naresh Kumar 

[Nature Chemistry](#) (2026) | [Cite this article](#)

 [Save article](#)



2026年9月10日，四川大学化学学院蔡镇锋团队联合中国科学技术大学张尧团队、瑞士苏黎世联邦理工学院 Jeremy O. Richardson 与 Naresh Kumar 团队，在国际顶级期刊 *Nature Chemistry* 发表了题为：Nanoscale visualization of plasmon-enhanced hydrogen activation on a Pt(111) surface 的研究论文，

首次在室温可见光条件下实现铂(111)晶面等离激元增强氢活化的纳米级原位可视化，揭示了温和条件下光驱动加氢催化的作用机制。

研究背景：

分子氢的活化是加氢反应、合成氨、石油炼

制、燃料电池等工业过程的核心基础步骤。铂基催化剂凭借优异的氢活化能力被广泛应用，但氢分子 H—H 键解离能高达 4.6 eV，传统铂催化加氢通常需要 350~500 K 的高温才能达到足够反应活性。此前等离激元增强氢活化研究普遍依赖多颗粒集合测量，无法呈现单个等离激元热点的氢活化行为；同时热载流子与光热效应的相对贡献长期不明确，制约了催化体系的理性设计。

研究方法：

团队构建“原位针尖增强拉曼光谱（TERS）+ 多尺度理论模拟”的耦合研究体系：以吸附在铂（111）晶面的低聚亚苯乙炔硫醇（OPE）单层为分子报告探针，采用与局域表面等离激元共振（LSPR）匹配的 632.8 nm 可见光激发银针尖，实时追踪氢辅助下的硫醇分子脱附过程；结合有限元方法（FEM）模拟、密度泛函理论（DFT）计算与量子力学分析，分别量化光热贡献、氢表面迁移能垒与热电子能量分布。

科学发现：

1. 单热点尺度氢活化的室温局域增强：

等离激元近场区域的氢活化效率提升约 20%，

脱附区内部 OPE 分子脱附率达 84%；提高激光激发强度后活化增幅可达 70%，活化区域尺寸可通过氢气暴露时间与激光强度调控，范围为 75~600 nm，远大于光学近场本身的空间尺度。

2. 明确排除光热效应主导机制：

有限元模拟显示，近场电场增强最高达 533 倍，但局域表面温升仅为 7.4 mK，远低于实现同等活化增强所需的 ΔT 值 24.7 K，结合光谱特征共同排除了等离激元热效应的贡献。

3. 实热电子间接转移解离机制：

量子计算表明，等离激元衰减产生的热电子最高能量达费米能级以上 1.95 eV，通过非弹性隧穿注入氢分子的最低未占轨道（LUMO），形成瞬态负离子态并引发振动激发，进而驱动氢分子高效解离。

4. 揭示氢原子长程传播的“集体群聚效应”：

近场快速解离产生的非平衡过量氢原子形成局域化学势梯度，驱动氢原子沿铂表面向外扩散；局域高氢覆盖迫使氢原子占据反应活性更高的顶位，且位点饱和带来的单向跃迁偏置，共同促成活化氢跨越近场边界传播数百纳米的长程效应。



研究价值：

该研究首次在单反应位点尺度实现等离激元增强氢活化的纳米级原位可视化，厘清了热电子驱动的核心作用机制，发现了超出光学近场范围的长程活化效应，为提升贵金属催化效率、设计光驱动低能耗加氢催化体系提供了分子层面的实验依据与理论指导。

单一材料设计，为减少塑料包装填埋树立了新典范

这款可回收胶带， 强度比布基胶带更高

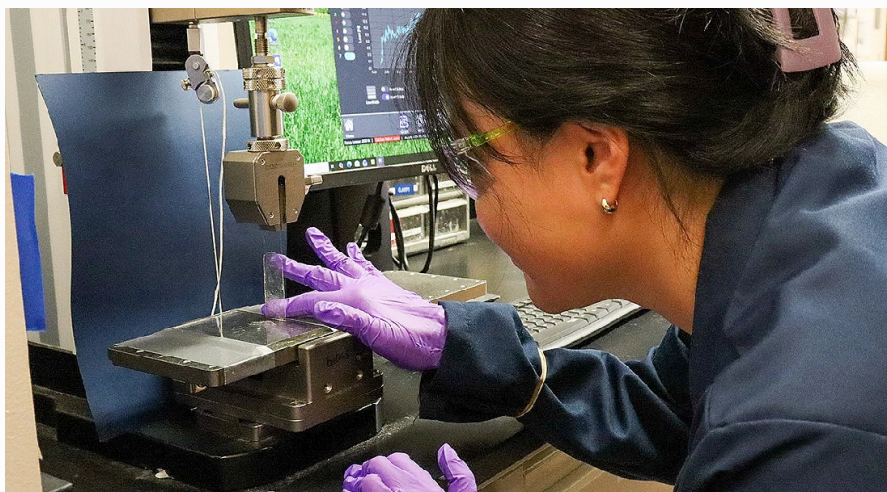
来源：c&en；作者：Prachi Patel；翻译：余婉宁

原文链接：<https://cen.acs.org/materials/adhesives/adhesive-tape-recyclable-biogenic/104/web/2026/09>

弗吉尼亚理工大学（Virginia Tech，简称 VT）的化学家团队研发出一款新型胶粘带，粘性比思高透明胶带和布基胶带更强，且使用后可完全回收。相关成果发表于《先进功能材料》（*Advanced Functional Materials*）论文 DOI: 10.1002/adfm.77687。

弗吉尼亚理工大学化学家、可持续高分子材料研究员约书亚·C·沃奇（Joshua C. Worch）介绍，和食品包装的情况类似，普通胶粘带由多种聚合物制成，包含多层结构，这种多材质构成正是胶带难以回收的核心原因。

市面上的胶带大多以柔性聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）为



❶ 研究生 Woojung Ham 正在对一款压敏胶带进行胶粘剥离强度测试。这款胶带由她和团队共同研发，核心材料是一种以生物源硫辛酸合成的可回收聚合物。图片来源：Woojung Ham

基材，表面涂覆一层柔软带粘性的丙烯酸类聚合物胶层。沃奇团队设计的这款胶带，胶层和基材采用的是同一种可回收聚合物。

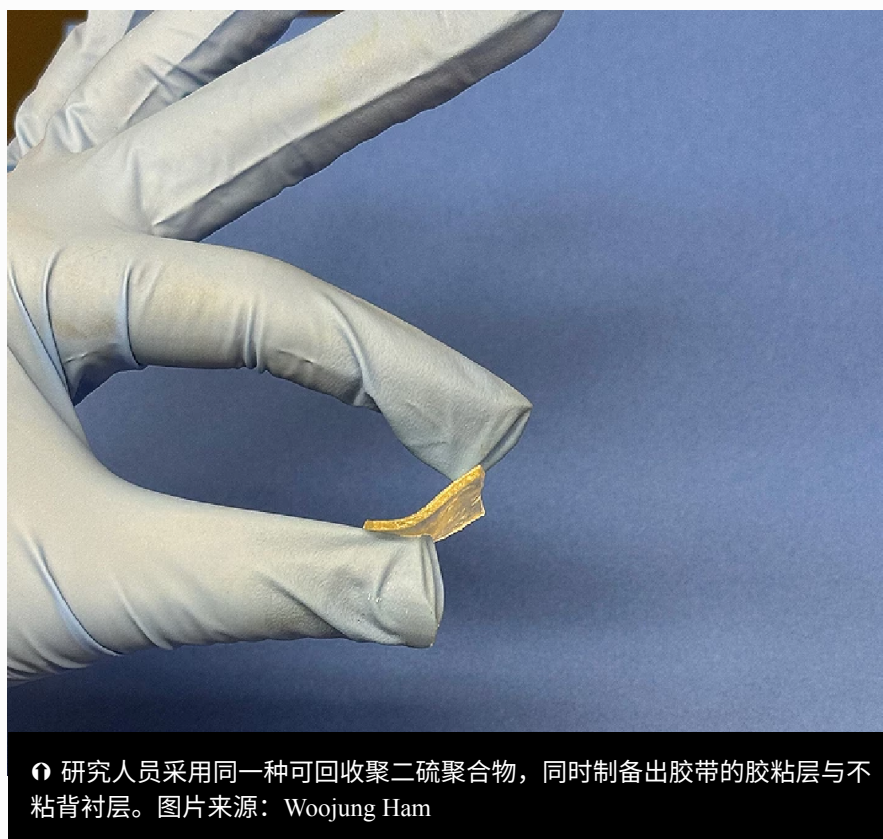
这款胶带的核心材料是聚二硫聚合物，其分子中包含可重复的二硫键结构，在化学刺激下可轻松断裂并重新构建。聚二硫聚

合物以生物来源分子为原料，通过绿色化学工艺合成。目前研究人员正在探索这类可持续高分子材料在药物递送等生物医学领域的应用。

沃奇团队用来合成聚合物的原料是硫辛酸——这种物质天然存在于西兰花、菠菜等植物中，也可人工合成作为保健品原料。他表示：“目前大多数用这类材料合成聚合物的技术，最终得到的产物都过于粘稠、流动性强，缺乏稳定的结构。”

弗吉尼亚理工的研究团队开发出一项新工艺，以两种硫辛酸基单体—— α -硫辛酸及其酯衍生物硫辛酸乙酯为原料，合成出分子量极高、内聚性优异的共聚物。该反应使用无毒有机催化剂，采用非氯代溶剂，可在室温条件下进行（相关成果发表于 *ChemSusChem* DOI: 10.1002/cssc.202500194）。沃奇表示：“聚合物链的长度极长，分子间缠结作用更强，因此材料具备很高的内聚强度。”

研究人员将这种共聚物压制成柔韧、粘性好且不易撕裂的薄膜。制备不粘背衬层时，团队将共聚物薄膜用氢氧化钠溶液处理，中和聚合物表面的酸性基团，使其转变为质地坚硬、具备



❶ 研究人员采用同一种可回收聚二硫聚合物，同时制备出胶带的胶粘层与不粘背衬层。图片来源：Woojung Ham

类塑料力学性能的离聚物。最后，将胶粘层与背衬层热压贴合，制成完整的胶带。

沃奇表示，通过将两种单体的配比精准调控至理想的“黄金适配区间”，他们制备的胶带胶粘强度超过了所有测试过的市售产品，包括思高透明胶带、美纹纸胶带、布基胶带以及优利工业胶带。

这款胶带的回收工艺需要使用氯仿与硫酸处理，可将聚合物分解为基础结构单元。沃奇提到，二硫键很容易被生物体内的酶断裂，因此“在自然环境

中，微生物也能够降解这类化学键，这一预期是合理的”。

“这是单一材料塑料制品设计领域的一项重要进展，降低了材料复杂度，简化了产品报废后的回收流程。”科罗拉多州立大学高分子化学家尤金·Y.-X. 陈（未参与本项研究）评价。他表示，除了化学层面的可回收性之外，这项研究的独到之处还在于其巧妙的设计思路：仅通过简单的酸碱化学反应，就能调控同一种生物基聚二硫聚合物的不同性能。

归国科研人才推动中国科研崛起，化学家群体的贡献尤为突出

来源：CHEMISTRYWORLD；作者：Rebecca Trager；翻译：余婉宁

原文链接：<https://www.chemistryworld.com/news/chinas-scientific-rise-is-being-driven-by-returning-expertise-especially-chemists/4024149.article>

近期，多位在美国任职的顶尖化学家相继离职赴华，其中就包括诺贝尔化学奖得主 Omar M. Yaghi。相关经济分析指出，在这股归国浪潮中，从美国返回中国的科研人员整体层次持续提升，化学领域的这一趋势尤为突出。

中国的归国科研人员数量从 2004 年的 31 人增至 2022 年的 1400 余人；2004 年的归国人员中，超 40% 来自美国，到 2022 年这一占比已超过半数。数据显示，2004 至 2022 年间，累计约 1 万名华裔科研人员回国发展，其中 5500 余人有美国工作或学习经历。

在美华裔科研人员中，以论文引用占比衡量的顶尖学者，选择回国发展的比例正逐年攀升。这一延续 18 年的人才流动趋势转变，核心驱动力来自化学领域。

2003 至 2022 年间，高引用率化学家的回国概率，相较于低引用率化学家的优势扩大了近 5 个百分点；而在物理学家和生命科学研究者群体中，高引用学者的回国概率优势反而有所下降。

这些归国人员在中文里被称为“海龟”，与“海归”谐音，指海外留学后回国发展的群体。从回国后的学术表现来看，不同学科也呈现出类似的分化规律：归国化学家的后续学术产出，优于同等资历但留在美国的同行；相比之下，归国生命科学家的表现不及留在美国的同行，归国物理学家的表现则参差不齐。

该研究的共同作者、新加坡国立大学的 Bernard Yeung 介绍，他与另一位共同作者、香港大学的 Heiwei Tang 本身就都是归国学者。Bernard Yeung 出生于香港，是经济学家，同时拥有美国公民身份，2008 年他从纽约大学转赴新加坡任教；Heiwei Tang 则于 2020 年从约翰斯·霍普金斯大学（Johns Hopkins University, JHU）回到香港任职。

“我们其实想用这些数据，讲述一段和我们自身经历相关的故事。” Bernard Yeung 向《化学世界》(Chemistry World) 表示。他提到，团队“见证了中国的崛起——它在前沿科学领域的产出能力”，而研究只选取顶级期刊的论文作为分析对象，是因为这些成果的可信度更高。

国内发展环境吸引力持续提升

他解释说：“中国之所以在化学领域表现尤为突出，一方面是政府在该领域投入力度大，另一方面化学也契合中国的比较优势。和超级对撞机这类大型科研装置相比，化学属于实验科学，所需的实验室相对简单，建设成本也更低。过去有大量中国学生赴海外深造，而如今，政府对教育、尤其是科研领域的整体投入，让他们觉得国内的发展环境很有吸引力。”

斯坦福大学中国经济与制度研究中心指出，归国人才推动了中国科研事业的崛起，尽管各领域的发展并不均衡。该中心表示：“海外归国科学家（主要来自美国）数量增长的同期，中国在顶尖科学领域的影响力也在不断扩大。研究结果表明，引才回国的价值不仅在于归国学者自身的科研产出，很大程度上还在于他们的存在能够重塑所在实验室的生态、合作模式与研究文化。”

美国国立卫生研究院 (NIH) 下属国立综合

医学科学研究所前所长、生物化学家杰里米·伯格 (Jeremy Berg) 表示，他曾亲眼见证了这种“人才外流”的部分过程。他举了结构生物学家施一公的例子——施一公曾在约翰斯·霍普金斯大学他的实验室工作，伯格称他是自己见过的“同年龄段中最具才华、最有抱负的科学家”。

离开约翰斯·霍普金斯大学后，施一公还在美国其他顶尖学术机构任职，直到 2008 年受邀回到母校清华大学担任院长。十年后，他参与创办了中国第一所民办研究型大学——西湖大学。

伯格预测：“随着中国高校实力不断增强，持续招募顶尖师资，这一势头只会越来越强。”他同时强调，美国生命科学领域一直有 NIH 的充足经费支持，因此该领域的研究者赴华发展的意愿较低，毕竟中国的生命科学研究起步相对较晚。“但化学领域的情况会有所不同——美国的化学研究经费一直相对紧张，而中国在化学领域有着深厚的积累。”伯格补充道。

Bernard Yeung 表示，这项新数据传递出的最重要的信息是：科学本无国界，阻碍科研人员的流动只会带来弊端。“就像需要蜜蜂完成异花授粉一样，如果设置了流动壁垒，两边的科研发展都会受到损害。”



第二轮“双一流” | 中国大学撑起科技创新半壁江山

来源：青塔公众号；原文链接：<https://mp.weixin.qq.com/s/NA-BVxPL9p4GDq7Aszr5mA>

“羲和号” 升空探日，C919 大飞机实现商业飞行，“地壳一号”挺进地球深处，全球首座第四代核电站商运投产……

第二轮“双一流”建设期间，我国的科技事业树起了一座又一座丰碑。而在这些大国重器之上，中国高校的印记越发深刻。

过去五年，中国内地高校牵头完成了超过 70% 的国家科学技术奖通用项目，这一比例较首轮“双一流”的 62.6%，提升了 7.9%。

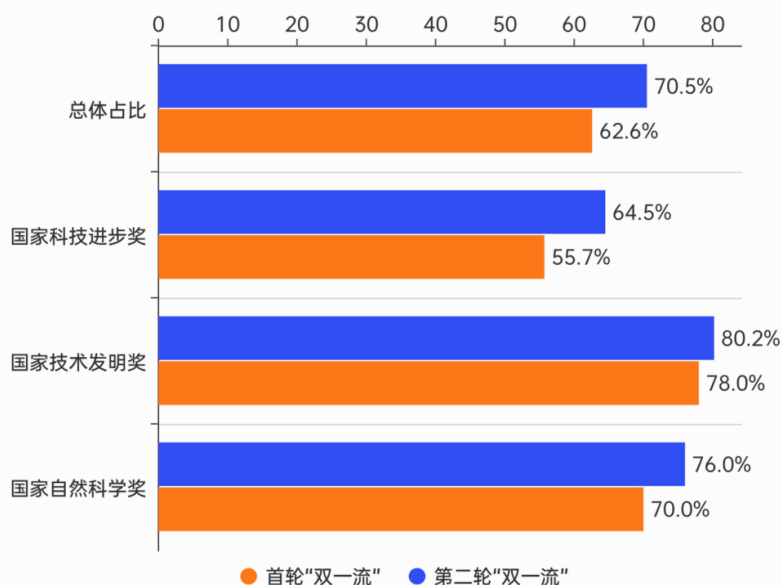
在何梁何利奖、光华工程科技奖等重磅科技奖中，北京大学、清华大学、中国科学技术大学等高校的获奖数量，持续占据前排位置。

与此同时，2024 年，全国高等院校科技成果转化总合同金额和总合同项数分别较 2021 年增

CINGTA 青塔

高校牵头完成的国家“三大奖”项目占比均有所提高

仅通用项目，不含专用项目；仅第一完成单位，合并附属单位



注：首轮“双一流”国家奖统计区间为2016-2020年度；第二轮“双一流”国家奖统计区间为2023、2025年度
数据来源：国家科学技术奖励工作办公室



长 40.6%、35.9%。

这些仅仅是高校融入国家创新发展大局的不同切面之一。但数据背后的趋势渐已浮出水面：中国高校作为国家科技创新体系

主体力量的地位，仍在持续上升。

国家三大奖，高校占比逐步提升

第二轮“双一流”期间，中国高校在国家科学技术奖中的分

量，变得越来越重。

纵观 2023、2025 年度国家奖，103 所高校作为第一完成单位，获得 70.5% 的国家“三大奖”通用项目（292 项）。在更细分

CINGTA 青塔

第二轮“双一流”期间国家“三大奖”通用项目高校获奖数量TOP20

仅通用项目，不含专用项目；统计第一完成单位，合并附属医院；仅高校单位，不含科研院所

单位名称	国家自然科学奖		国家技术发明奖		国家科学技术进步奖			总计
	一等奖	二等奖	一等奖	二等奖	创新团队	一等奖	二等奖	
北京大学	1	10		1			4	16
上海交通大学		1		3	1	1	10	16
浙江大学		8		1			5	14
清华大学		5	1	4		1	3	14
北京航空航天大学		3		3		1	2	9
华中科技大学		1		2			6	9
哈尔滨工业大学				5			4	9
西安交通大学		4		2			2	8
东南大学		1		2			5	8
西北工业大学		2	1	3			1	7
复旦大学		3		1		1	1	6
中山大学		3					3	6
北京科技大学		1		2			3	6
南京大学		4					1	5
湖南大学		2	1				2	5
天津大学		2		1			2	5
中南大学		2					3	5
同济大学						1	4	5
中国农业大学		1		2			1	4
大连理工大学				3			1	4
北京协和医学院				1			3	4
武汉大学				1			3	4
浙江工业大学						1	3	4

注：统计区间为2023、2025年度，不含国家最高科学技术奖、国际科学技术合作奖；按照获奖数量、奖项类别、等级降序排列，之后按学校标识码升序排列

数据来源：国家科学技术奖励工作办公室

CINGTA 青塔

多所高校，斩获近两届国家“三大奖”一等奖及以上奖项

仅通用项目，不含专用项目；仅统计第一完成人，合并附属单位

获奖单位	第一完成人	项目名称	获得奖项
北京大学	王恩哥	水的氢键强度及动力学过程全量子效应研究	2025年度国家自然科学奖一等奖
南昌大学	江风益	V缺陷三维PN结及应用	2025年度国家自然科学奖一等奖
清华大学	路新春	集成电路化学机械抛光关键技术及装备	2023年度国家技术发明奖一等奖
中国矿业大学(北京)	魏杨	深部能源开发岩体应力场透明解析技术及应用	2023年度国家技术发明奖一等奖
湖南大学	陈政清	永磁电涡流阻尼减振缓冲耗能新技术研发与应用	2023年度国家技术发明奖一等奖
西北工业大学	魏炳波	空间极端条件下高温金属材料超常调控技术与科学实验系统	2025年度国家技术发明奖一等奖
上海交通大学	陈赛娟	上海交通大学医学院附属瑞金医院血液病转化医学研究创新团队	2023年度国家科学技术进步奖创新团队
清华大学	吴建平	下一代互联网源地址验证体系结构SAVA关键技术与规模化应用	2023年度国家科学技术进步奖一等奖
吉林农业大学	李玉	食药菌全产业链关键技术创新及应用	2023年度国家科学技术进步奖一等奖
复旦大学	徐文东	创建外周-中枢通路修复肢体运动障碍的重大技术突破及理论创新	2023年度国家科学技术进步奖一等奖
上海交通大学	毛军发	射频系统设计自动化关键技术与应用	2023年度国家科学技术进步奖一等奖
浙江工业大学	侯立安	新型膜法水处理关键技术及应用	2023年度国家科学技术进步奖一等奖
四川大学	傅强	基于聚烯烃凝胶态结构调控制备高性能锂离子电池隔膜	2023年度国家科学技术进步奖一等奖
西安电子科技大学	马晓华	高效超宽带氮化镓功率放大器关键技术在5G通信产业化应用	2023年度国家科学技术进步奖一等奖
北京航空航天大学	朱衍波	中国民航星基导航运行系统关键技术及应用	2025年度国家科学技术进步奖一等奖
中国地质大学(北京)	王成善	松辽盆地国际大陆科学钻探工程：创新与发现	2025年度国家科学技术进步奖一等奖
同济大学	程鑫彬	量子光晶格常数的纳米计量关键技术及集成电路应用	2025年度国家科学技术进步奖一等奖
宁波大学	杜时贵	工程岩体边坡稳定性精确评价的关键技术开发与应用	2025年度国家科学技术进步奖一等奖
江西农业大学	黄路生	华系种猪育种技术与核心种源创制及应用	2025年度国家科学技术进步奖一等奖

注：本表按国家自然科学奖、国家技术发明奖、国家科学技术进步奖降序排列，之后按获奖年度、学校标识码升序排列

数据来源：国家科学技术奖励工作办公室



国家科学技术奖励条例实施细则

(1999年12月24日科技部令第1号发布 根据2004年12月27日科技部令第9号《关于修改〈国家科学技术奖励条例实施细则〉的决定》第一次修改 根据2008年12月23日科技部令第13号《关于修改〈国家科学技术奖励条例实施细则〉的决定》第二次修改 2025年6月27日科技部令第22号修订)

第一章 总 则

第一条 为了做好国家科学技术奖励工作,保证国家科学技术奖质量,根据《国家科学技术奖励条例》(以下简称《奖励条例》),制定本细则。

第二条 本细则适用于国家最高科学技术奖、国家自然科学奖、国家技术发明奖、国家科学技术进步奖和中华人民共和国国际科学技术合作奖(以下简称国际科技合作奖)的提名、评审、授予等各项活动。

第三条 国家科学技术奖励工作坚持党中央集中统一领导,遵循党和国家功勋荣誉表彰奖励工作的基本原则,坚持公开、公平、公正,实行科学的评审制度,不受任何组织或者个人的干涉,接受纪检监察监督和社会监督。

国家科学技术奖励工作重大事项按照有关规定报党中央。

第四条 国家科学技术奖坚持国家战略导向,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,与国家重大战略需要和中长期科技发展规划紧密结合,推动科技创新和产业创新深度融合,重点奖励在基础研究和应用基础研究、关键核心技术攻关、助力发展新质生产力等方面做出创造性贡献的科学家和一线科技人员,激励引导广大科技工作者锚定科技强国建设目标,加快实现高水平科技自立自强。

的维度上,高校共获得了 76% 的自然科学奖、80.2% 的技术发明奖通用项目、64.5% 的科学技术进步奖通用项目,占比均较首轮“双一流”提升。

“双一流”高校的变化更为明显。72 所“双一流”高校共有 248 个通用项目获奖,占全部项目的 59.9%。在首轮“双一流”期间,这一数字是 53.4%。非“双一流”高校的获奖通用项目占比则是从 9.2% 提升至 10.6%。

一些头部高校在保持领先的同时,取得了显著的进步——北

京大学和上海交通大学作为第一完成单位,分别获奖 16 项,获奖总数并列全国第一;清华大学和浙江大学各获奖 14 项,紧随其后。

对比首轮“双一流”与第二轮“双一流”的届均获奖数量,北京大学从 4.8 项提升至 8 项,哈尔滨工业大学从 2.2 项提升至 4.5 项,中山大学则从 0.8 项提升至 3 项,西北工业大学、北京科技大学的届均获奖数量也增长了 2 项及以上。

与此同时,一批高校实现了

历史性的突破:南昌大学成为首所作为牵头单位及唯一完成单位获得国家自然科学奖一等奖的非 985 高校;浙江工业大学、吉林农业大学、中国地质大学(北京)、宁波大学、江西农业大学等高校,首次斩获国家科学技术进步一等奖……

需要说明的是,第二轮“双一流”期间,国家科学技术奖的评奖周期调整为了每两年评审一次,奖项及届均的基数也随之减少,计算结果更容易偏高,数据仅能反映部分趋势。

但总的来说，高校在国家科学技术奖中的主体地位，越来越不容忽视。而作为我国科技领域的最高荣誉，国家科学技术奖近年来持续减量提质、优化结构，并越发强调坚持国家战略导向，“含金量”进一步提高。

这也意味着，中国高校聚焦国家重大战略，深耕国家急需与基础前沿领域，实现了更多“从0到1”的突破，为建设科技强国贡献了重要的智慧与力量。

重磅科技奖，获奖数量稳居前列

国家奖之外，高校的科研实力与贡献也体现在由社会力量设立的科学技术奖上。

第二轮“双一流”建设期间，在一些具有较高认可度的社会科技奖上，中国内地高校占据了半壁江山，获奖数量持续占据前排位置。

在被誉为“院士风向标”的何梁何利奖中，来自中国

内地高校的获奖人比例达到了57.2%；获奖数量居于前十的单位中，有8席为内地高校。

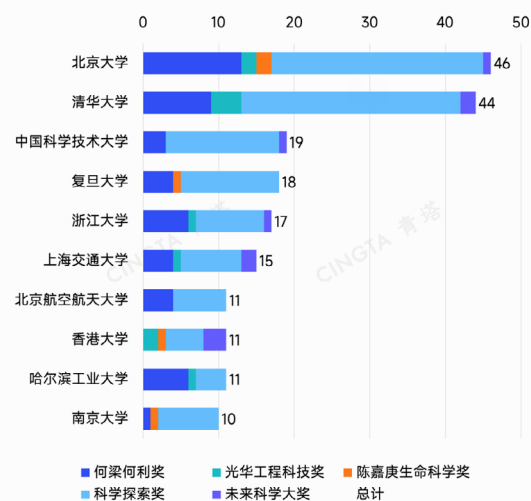
作为“中国工程界最高奖项”的光华工程科技奖中，清华大学以4项的获奖数量，居于全国第一；有“中国诺贝尔奖”之称的陈嘉庚生命科学奖中，北京大学成为唯一获得2项奖项的高校。

作为国内金额最高青年科技人才资助计划之一的科学探索奖

CINGTA 青塔

重磅科技奖获奖数TOP10 中有9所为“双一流”高校

仅第一完成单位，合并附属医院；为部分社会科技奖，仅供参考



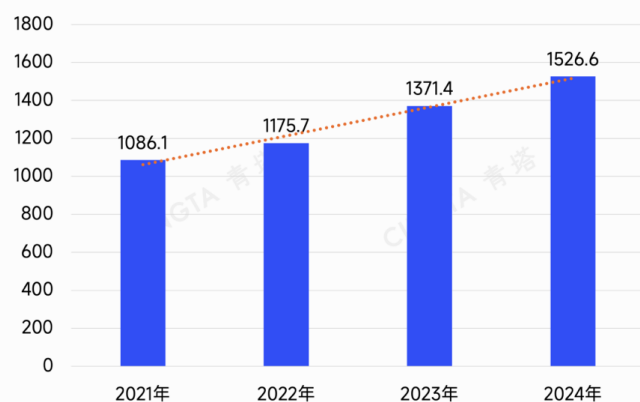
注：光华工程科技奖、陈嘉庚生命科学奖统计区间为2022、2024年；何梁何利奖、科学探索奖、未来科学大奖统计区间为2021-2025年
数据来源：教育部、国务院学位委员会



CINGTA 青塔

2021年来高校科技成果转化 总合同金额持续增长

总合同金额单位：亿元



注：含以转让、许可、作价投资和技术开发、咨询、服务6种方式转让的合同
数据来源：中国科技成果转化年度报告2022-2025



中，77.3%的获奖人来自于内地高校，清华大学、北京大学、中国科学技术大学分别以29项、28项、15项的获奖数量居于前三位。

而在关注原创性基础科学研究、每年颁出仅个位数奖项的未来科学大奖中，清华大学、上海交通大学分别斩获2项。

北京大学获得了上述全部类别的社会科学技术奖，获奖总数达46项，也是唯一一所实现“大满贯”的高校。清华大学以44项的获奖数量紧随其后；中国科学技术大学、复旦大学、浙江大学、上海交通大学的获奖数量也在15项及以上。

作为国家科技奖励体系的重要组成部分之一，这些重量级的社会科学技术奖，同样是对高校多元化创新成果学术贡献与社会价值的认可与彰显。

科技成果转化能力，持续增强

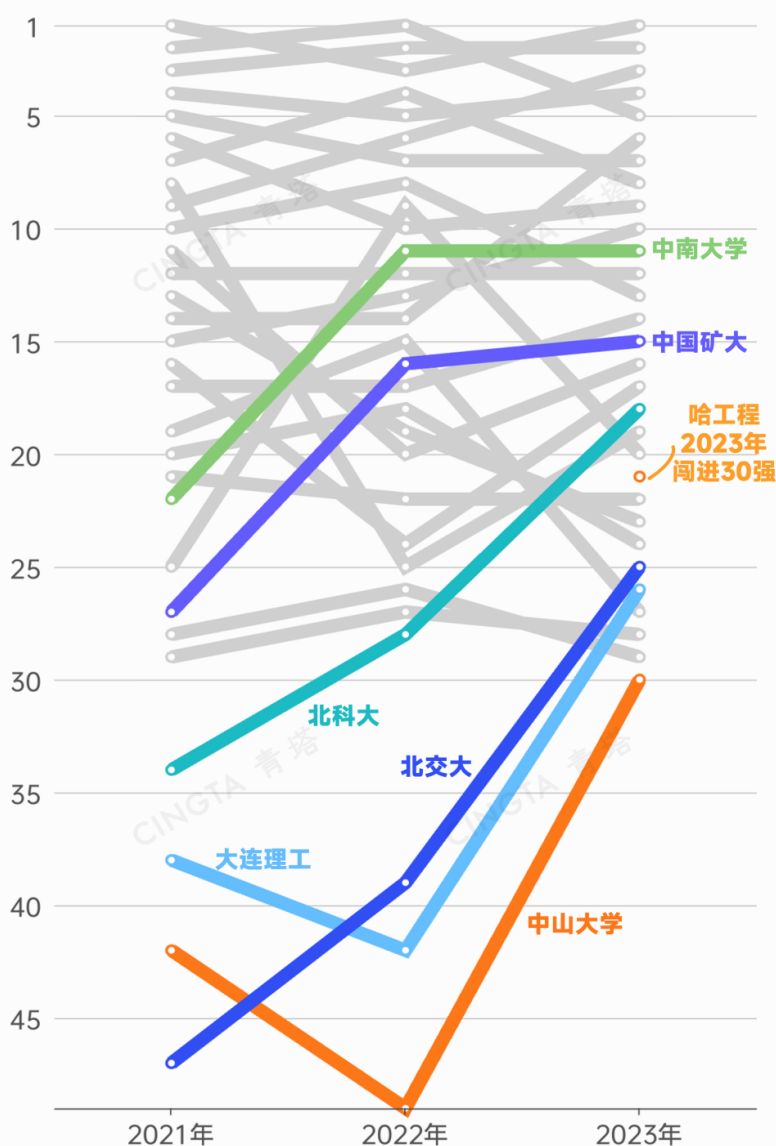
而科研产出要真正实现价值，最终还要靠科技成果转化。过去几年，全国高校科技成果转化总合同金额及项数持续增长。

根据《中国科技成果转化年

CINGTA 青塔

多所高校科技成果转化总合同金额位次提升明显

仅高校单位，不含科研院所；仅展示2023年度位次前30高校



注：统计区间为2021-2023年，《中国科技成果转化年度报告2025》未公布相关数据
数据来源：中国科技成果转化年度报告2022-2024



度报告(2022)》,2021年,全国1478家高校科技成果转化总合同金额(含以转让、许可、作价投资和技术开发、咨询、服务6种方式转让的合同)为1086.1亿元,总合同项数为270527项。

到2024年,1579家高校科技成果转化总合同金额已增至1526.6亿元,总合同项数达367581项,分别较2021年增长40.6%、35.9%。

在成果转化实力方面,头部高校格局保持相对稳定。清华大学、上海交通大学、北京理工大学、浙江大学连续三年稳居全国前五,且有25所“双一流”高校持续位列年度总合同金额前30强。

更值得注意的是,一批高校实现了快速突破,位次提升显著。

2021年50强到2023年30强中,进步最为突出的是北京交通大学,从2021年的第47位跃升至2023年的第25位,上升22个位次;北京科技大学进步16名;中国矿业大学、大连理工大学、中山大学均上升12名。哈尔滨工程大学则在2021、2022年未进入高校前50强的情况下,2023年一举跃升至全国第21位。

对于大学而言,这种变化更

直观地反映了学校服务社会经济发展能力的跃升。一项科研成果转化落地,意味着纸面上的论文和数据,真正地变成了驱动产业发展的现实生产力。

不同高校的科技创新姿态

从整体数据中,我们仅能看

到中国大学作出科研贡献的模糊轮廓。将镜头聚焦到个体,高校推动科技创新发展的不同姿态开始变得清晰。

这其中,北京大学是最值得观察的范本之一。2021年至今,北京大学作为第一完成单位,斩



获包括 1 项国家自然科学奖一等奖在内的 16 项国家奖，并在何梁何利奖等重磅科技奖中表现突出。

长期以来，北京大学已构筑起基础研究深厚、学科门类齐全的科研优势，近年来又在推动学科交叉融合方面下足功夫。

2017 年以来，北大面向 2030 年，部署理学、信息与工程、人文、社会科学等 6 个综合交叉学科群，并陆续布局临床医学+X、碳中和核心科学与技术等一批校级交叉学科平台，打造“学术特区”。同时，学校全力推进 22 个全国重点实验室等科研平台建设，成为学校有组织科研的重要载体。

上海交通大学则在注重原创创新的同时，致力于打通从基础研究到成果转化的两个“一公里”。学校不仅近两届国家获奖数量并列全国第一，“十四五”科技成果转化合同金额突破 70 亿元，2021 年至 2023 年的科技成果转化合同金额也稳居全国前三。

2020 年来，上海交大积极推进赋权改革试点，在全国首创“赋权+完成人实施”的新方式，支持教师创新创业。同时，



学校聚焦“大零号湾”创新策源能力建设，持续优化科研平台战略布局；瞄准科技前沿，实施“交大 2030”计划、“基础研究特区计划”等，建设原始创新探索的“自由区”。

作为江西唯一一所“双一流”高校的南昌大学，则是着力突出学科优势特色的范本之一。学校材料学科斩获 2025 年度国家自然科学奖一等奖，实现了江西省在该奖项上零的突破；食品学科斩获国家科学技术进步二等奖。

2018 年来，南昌大学集中资源，在材料科学与工程和食品科学与工程两个学科中开展“学科特区”试点，以“2+X”的方式，带动相关学科交叉协同发展。

此外，学校材料学科深耕已

有优势，锚定关键材料自主可控，持续产出标志性成果。江风益院士团队多年来投身于硅基氮化镓 LED 领域，开创了世界第三条蓝光 LED 技术路线，发明并创制 LED 材料高端装备设计与制造技术，形成了产业优势。目前，南昌已成为国内最大的大功率 LED 光源生产基地。

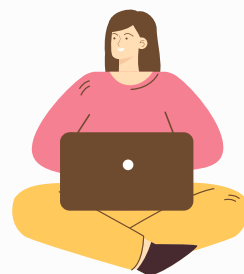
从部属高校到地方“双一流”，更多高校以自身科研力量服务国家战略与区域经济发展的实践，还在全国各地上演。

2026 年，教育部将启动新一轮“双一流”建设，并将推动高等教育从注重学科发展向服务国家使命转变，加快实现科技自主创新和人才自主培养。肩负新的期许，一批中国高校，已经踏上新的征程。

“算力金属”， 为何涨得这么猛

来源：人民日报公众号；原文链接：https://mp.weixin.qq.com/s/qiAQF6d7608_5xhvdDWziQ

今年上半年，受全球人工智能算力基础设施建设加速带动，铝、铜、锡、钽、铟等相关有色金属品种需求集中释放，价格出现较大幅度上涨，市场称之为“算力金属”。数据显示，锡、钽、铟3种核心小金属半年涨幅分别突破40%、158%和60%。铝、铜等大宗品种价格也持续高位运行。



这些平时少有人关注的金属，为何突然成了“香饽饽”？“算力金属”涨价后，带来哪些影响？

何为“算力金属”？

中国有色金属工业协会副会长陈学森介绍，“算力金属”并非学科传统分类，而是产业与资本市场伴随AI算力产业链发展形成的市场统称，特指支撑智算中心、AI服务器、高速光模块、

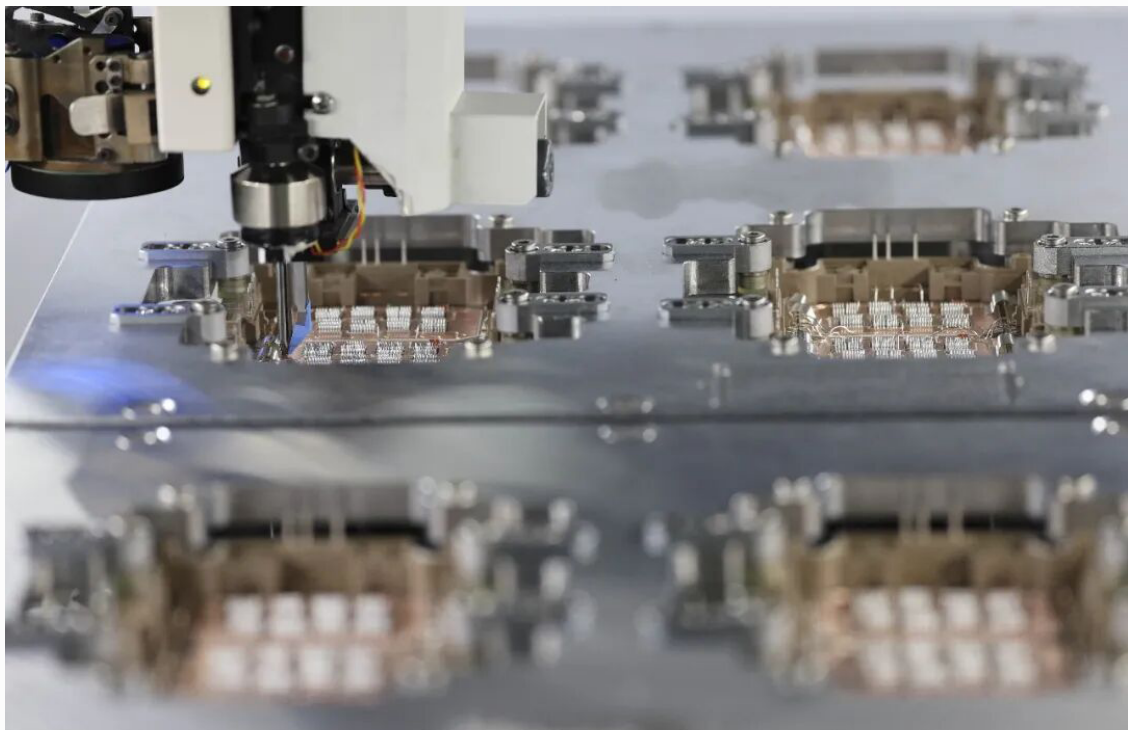
先进半导体封装、液冷散热系统建设的关键材料，在电力、电子、新能源等涉电新兴产业中具有不可替代性，已成为算力产业的物质基石。

业内通常将其分为两大类。一类是支撑算力基础设施的“大宗算力金属”，以铜、铝为代表，负责导电、散热和结构支撑。另一类是“稀有算力小金属”，包

括锡、钽、铟、锗、镓、钼等，用量虽小，却是先进封装、光通信、半导体制造中不可或缺的关键材料。

先看大宗算力金属。铜和铝构筑起算力网络的“骨架”。铜是算力基建的核心耗材，从铜缆互联到PCB（印制电路板）基板，从散热模组到电源系统，算力每升一级，铜消耗就上一个台





位于山东省威海市的一家功率半导体器件封装企业的无尘车间里，车规 IGBT/SiC 模块正处于超声波铝线键合环节。新华社记者 殷刚 摄

阶。一台普通服务器用铜量只有几千克，而一台专门训练 AI 的高性能服务器用铜量高达 15 至 30 千克，是前者的 3 到 6 倍。铝则搭起了液冷系统的“血管”。当 AI 芯片功耗从 200 瓦飙升到 1000 瓦以上，传统风冷触及物理极限，液冷就从“可选”变成“标配”，单台服务器液冷系统耗铝 20 至 30 千克。

再看稀有算力小金属。这类

金属单机用量虽小，却扮演着“工业维生素”的角色，少了它们，整个算力系统就无法运转。锡因导电性好、熔点低、焊接稳定性强，成为高带宽内存和芯粒先进封装的焊料刚需。钽是钽电容的核心材料，用于服务器电源滤波和信号耦合。铟、锗、镓则广泛应用于光通信和电源管理模块，磷化铟衬底是高速光模块的核心材料，氮化镓是 AI 服务器电源芯片的关键基底，保障数据高速

传输和电力稳定供应。

“过去有色金属行业高度依赖房地产和基建投资拉动，如今算力、新能源等新兴产业正在成为新的需求引擎，这反映出我国经济结构调整正在从宏观层面传导至具体行业。”国家发展改革委产业经济与技术经济研究所工业室主任徐建伟认为，算力“飙升”带火有色金属，本质上是新兴产业开辟出了新的刚需，让传

统金属从工业基础原料变身为数字经济的核心材料。

“传统产业与新兴产业不是替代关系，更多是赋能与融合的关系。”徐建伟说，“新兴支柱产业的一个重要特征是赋能带动性，关联性强、渗透面广，能够广泛影响产业链上下游。‘算力金属’的走热，恰恰说明了这一点。可以说，新兴产业为传统产业开辟了新的应用场景和增长空间，传统产业则为新兴产业提供了不可或缺的材料支撑。”

供给紧，需求热

看今年上半年中国有色金属行业盈利整体情况，陈学森介绍，上半年有色金属产业链盈利呈现“冶炼领跑、矿山跟进、加工偏弱”的分化格局。矿山、冶炼、加工环节对行业利润增长的贡献率分别为23.6%、65.5%和11.0%，营收利润率依次为40.6%、8.9%、2.0%，同比分别提升10.3、3.4和0.7个百分点。“分品种看，铝行业利润总额同比增长114.8%，利润增长贡献率达43.5%，其中铝冶炼新增利润占全行业增量的37.1%，拉动率达34.9%，稳居行业盈利上行的第一支柱。”陈学森说。

“算力金属”大涨的背后原因是什么？中国有色金属工业协会副秘书长段绍甫认为，这是供给刚性约束与新兴产业需求扩张的共振结果。

从需求端看，新兴产业快速崛起，成为价格的核心支撑——

人工智能服务器、高速光模块、先进封装等环节对锡、钎、钎形成不可替代的实物消耗，全球云厂商人工智能资本开支持续扩张，动力电池与储能产业持续拉动锂、钴、镍、铜等品种消费，新能源汽车与电网升级也为铝、铜等大宗金属提供了稳定的需求托底。

“此外，地缘冲突扰动全球供应链，阶段性推高电解铝及冶炼副产品硫酸的价格，形成短期盈利增量。叠加去年上半年金属价格偏弱、盈利基数较低，进一步放大了本期同比增幅。”陈学森说。

从供给端看，约束持续升级，资源稀缺溢价不断抬升——

陈学森指出，一些国内关键矿产品产量受多种因素制约不升反降，电解铝产能天花板政策保持刚性，供给预期清晰稳定；多国将相关品种纳入关键矿产管

理，矿山投资、出口管控趋严，进一步推高资源价格。

具体来看，锡的供给端扰动尤为突出。段绍甫分析，“缅甸佤邦锡全面复产进程屡屡低于预期，叠加雨季影响开采受阻；印尼锡出口政策审批趋严，实际到港量持续不及预期；刚果（金）因地缘政治及疫情扰动导致锡供应频繁受阻。”他进一步解释，在供需紧平衡格局下，金属价格中枢持续上移。

从国家层面看，今年6月，《中华人民共和国矿产资源法实施条例》（以下简称《条例》）实施，该条例与新修订的《中华人民共和国矿产资源法》相配套，将战略性矿产从原规划的24种扩展至36种，其中，稀土、钨、锂、钴、镓、锗等关键矿产被正式列入国家级战略性矿产资源目录，目录还覆盖了钼、铟、铜等有色金属品种。矿产资源法及《条例》的出台，对战略性矿产资源的保护作出了明确规定，供给天花板预期进一步强化。

“业内普遍判断，短期供需格局未发生根本性改变，价格中枢存在支撑。”段绍甫说，“但当前宏观层面美联储政策信号及

美元走势持续构成估值压力，地缘局势也存在不确定性，市场情绪高度敏感，行情波动风险不容忽视。”

理性看待波动

“算力金属”涨价之后，谁受益、谁承压？

上游矿企率先受益。洛阳钼业储备有铜、钴、钼三大核心算力金属，2026年上半年实现营业收入1353.20亿元，同比增长42.78%；归母净利润161.52亿元，同比增长86.27%。云南锗业预计2026年上半年归母净利润5500万元至8000万元，同比增长148.31%至261.18%。中国有色集团上半年利润总额同比增长32.1%，旗下中色大冶铜绿山矿、铜山口矿加快智能化转型，排水、通风、提升系统实现远程集控，电机车无人驾驶进入

常态化运行。

但中下游企业承压明显。相较于上游矿产企业享受价格红利，中下游封测、PCB及光模块厂商面临原材料成本持续抬升的困境。磷化铟衬底作为光模块企业不可或缺的材料，6英寸高端产品已从8000元/片涨至1.8万~2.8万元/片，涨幅超过250%。锡价上涨导致下游焊料企业大面积成本倒挂，采购端转向刚需观望。

面对价格上涨和供给压力，段绍甫认为，需在3个层面作出调整。

一是提升产品品质适配能力。算力产业链对材料的高纯度、定制化要求，与传统标准化供给存在错配。企业应着力提升产品品质和一致性，在产能约束下做精做深，更好满足高端制造对材料的高品质需求，以差异化

供给提升市场竞争力。

二是强化上下游供需对接。

上游原材料涨价对中下游用户形成成本压力，部分应用终端开始寻求替代材料或调整库存。上下游还应建立更紧密的供需对接机制。

三是多元化布局资源保障渠道。算力相关的铝、锡等品种，其上游矿产资源对外依存度较高，海外供应扰动频繁已是新常态。企业应在海外权益矿、再生回收、长协采购等方面形成组合安排，增强供应链韧性。

展望后市，陈学森认为，未来核心观察变量在于新兴产业需求落地节奏、全球矿产供给释放进度以及大宗商品市场整体环境，各方需理性看待波动，密切跟踪产业链动态。

来源：《人民日报海外版》（2026年09月15日第11版），原标题：《上半年，铝、铜、锡、钨、钼等金属价格大涨——“算力金属”，为何涨得这么猛？》，记者：孔德晨

千年木乃伊：

藏在古埃及防腐术中的

古老化学智慧

作者：罗涛，朱伶俐，胡叶；Email: gyks_hy@163.com

Image by magnific on magnific



① 【图 1】木乃伊博物馆展出的木乃伊（图片来源于埃及文化与旅游部网站）

一、千年不腐木乃伊：信仰与药用的错位

当尘封千年的木乃伊重见天日，肌肤轮廓、毛发纹路依旧清晰可辨（图 1），是古埃及永生信仰的象征。因为木乃伊长久不腐，中世纪欧洲曾错误认为木乃伊具备药用价值，掀起过食用热潮，站在现代科学视角看，这种入药说法完全没有科学依据。

木乃伊长久不腐的核心，是古埃及人摸索出的一套完整成熟的古代化学防腐工艺。下文我们结合木乃伊制作流程，从化学视角拆解木乃伊防腐逻辑，读懂古人藏在尸体防腐里的化学智慧。

二、木乃伊制作的基础流程

古埃及人制作木乃伊的根源是对来世永生的信仰。古埃及认为人由肉体与灵魂共同组成。灵魂分为“卡”和“巴”，“巴”相当于人的意识，可以自由活动，“卡”用于支撑生命活力，需依附肉身。每晚“巴”需要回到躯体中与“卡”结合。如果躯

体腐烂或消失，二者无法结合，将无法永生^[1]。因此古埃及人认为完整保存尸体是复活的必要前提。

木乃伊的制作一般分为八步^[2-3]，如图 2 所示：1. 遗体净身祭祀；2. 鼻腔抽取脑髓；3. 开腹取内脏（保留心脏）；4. 泡碱脱水干燥；5. 清理泡碱、填充塑形；6. 全身涂抹防腐物质；7. 亚麻绷带包裹和放置护身符；8. 丧葬仪式入棺安葬。

在木乃伊的制作过程中，由于内脏含水量高，容易快速腐败，工匠会将内脏单独取出防腐，存放于一种带盖陶罐——卡诺匹斯罐中随葬。唯独心脏必须留在体内，古埃及人相信，心脏是承载思想、良知与灵魂的容器，是复活必不可少的部分。

整个木乃伊制作环节中，脱水和涂抹防腐物质是最为关键的步骤。工匠将尸体完全埋入泡碱粉末中，等待体内水分彻底析出，尸体变得干燥空瘪，

再次取出清理。处理内脏时则往卡诺匹斯罐中添加泡碱粉，完成脱水保鲜，以此保护内脏。脱水完成后，工匠会为尸体涂抹一层特制的“防腐剂”——主要包含天然树脂、蜂蜡、植物油、动物脂肪、乳香和没药。工匠将其涂抹全身形成防腐层，完成封存^[1,4-5]。

三、木乃伊防腐的化学原理

3.1 脱水防腐：泡碱打造的干燥环境

尸体腐败的元凶是体内水分滋养的细菌、微生物，它们会分解蛋白质和脂肪等组织，让躯体逐渐溃烂。古埃及人将泡碱作为木乃伊制作的脱水材料，开启了防腐的第一步^[6]。

泡碱并非单一物质，而是天然形成的碳酸钠、碳酸氢钠、氯化钠与硫酸钠的混合物，是“天然的干燥剂”。一方面，高浓度的盐类会通过渗透

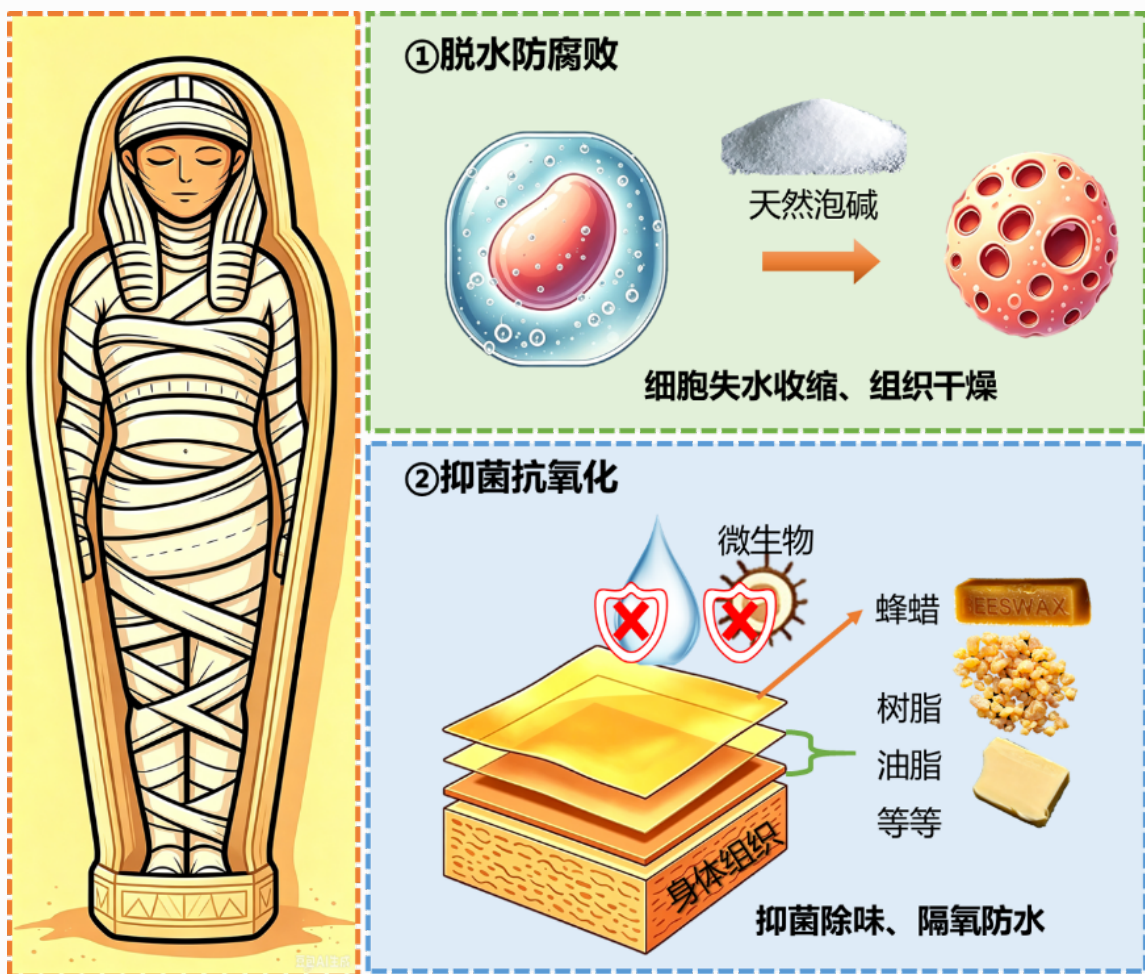
作用，快速吸走人体细胞里的水分，让细菌失去生存的水环境；另一方面，碳酸钠和碳酸氢钠形成弱碱性环境，能让人体中的蛋白质发生轻度变性，使蛋白质分子排列更紧密，不易被微生物分解。后续涂抹的树脂含有酸性挥发物，碱性泡碱与之相互中和，让体表维持在温和的酸碱平衡状态，进一步延缓组织腐烂。

3.2 抑菌抗氧化：树脂形成的防护屏障

(1) 植物树脂是其中的核心抑菌成分，雪松、杜松和柏树等提取的天然树脂中，富含两类关键活性物质：萜类化合物和芳香酚类物质。萜类化合物接触空气后被缓慢氧化，形成交联树脂膜，覆盖在人体组织表面，隔绝氧气与外来微生物。芳香酚类能破坏细菌的蛋白质结构，让细菌失活，起到杀菌、抑制腐败的效果^[1,5]。



【图2】古埃及人制作木乃伊流程图（图片来源于豆包 AI 生成）



❶【图3】木乃伊防腐的化学作用示意图（图片来源于豆包 AI 生成，内插图泡碱、树脂、油脂、蜂蜡源自 <https://pixabay.com/>）

(2) 蜂蜡则扮演着“密封剂”的角色，蜂蜡加热融化后质地黏稠，涂抹在躯体表面，冷却后会形成防水的硬膜，阻止外界水分和细菌侵入。

(3) 植物油与动物脂肪能滋润干燥的皮肤，防止躯体组织干裂。同时，其中的不饱和脂肪酸缓慢氧化后形成稳定的脂膜，进一步强化密封效果。

(4) 乳香与没药不仅能散发香气掩盖异味，其中含有的挥发油成分，也能持续发挥抑菌作用，形成持久防护层^[4]。

多种材料叠加使用（图3），层层阻隔细菌、隔绝氧气，避免躯体组织氧化腐烂，完成长效防腐。

此外，考古学家通过气相色谱-质谱技术检测发现，古埃及人还会搭配达玛树脂、天然沥青，这类胶质同样可以加固密封、抑制微生物滋生^[1]。

四、古代防腐技术的差异与传承

4.1 技术差异：古代不同的防腐技术

尼罗河流域诞生了闻名世界的干尸制作技艺。而在中华大地，先人们也因地制宜发展出各具特色的遗体保存方法。马王堆出土的辛追夫人是全

球保存最完好的软体古尸，采用的是湿尸防腐法，其棺液含有硫化汞、乙醇和乙酸等抑菌物质，结合多层棺椁完全隔绝空气，避免组织氧化变质。新疆罗布泊出土的干尸则是利用新疆干旱少雨的气候、高盐度的土壤创造天然的防腐环境，极端干燥环境大幅降低微生物活性，高盐土壤和古埃及泡碱防腐原理一致。

无论何种防腐方法均是古人探索防腐化学的实践，其方法本质都是脱水抑菌、隔绝微生物、阻断氧化，都是古人对水分、微生物、氧化反应三大腐败要素的早期化学探索，展示了古代人类不约而同探索遗体保存的化学智慧。

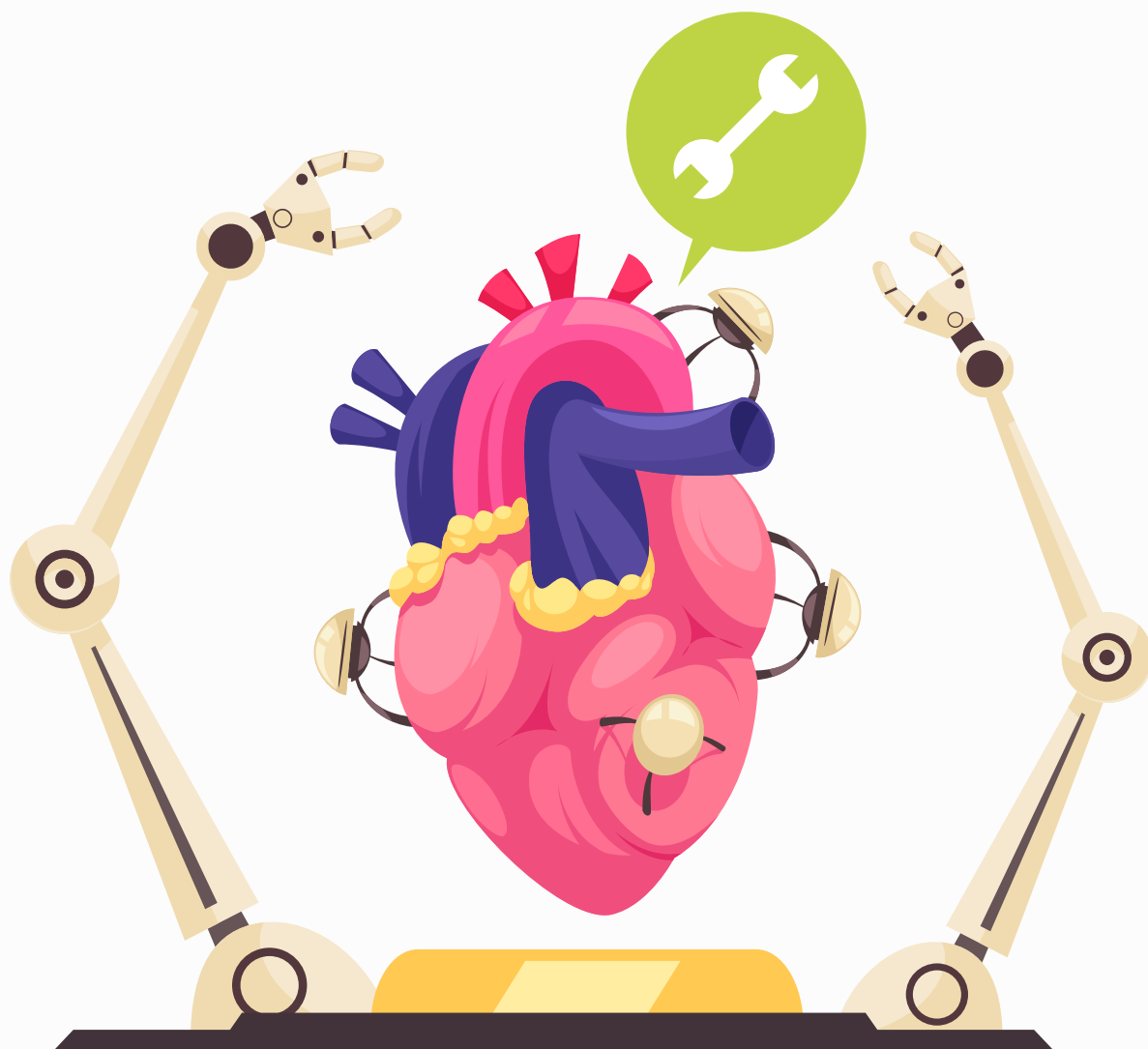
4.2 技术传承：古代防腐技术的创新性发展

出于对生命的敬畏，古人在对遗体的保存中不断摸索，改进工艺，探索出一条条防腐秘诀。时隔千年，古人摸索出的脱水、抑菌、隔绝氧化三大防腐思路也并未过时，现代人将类似的原理应用到文物保护、食品保鲜、生物标本制作等领域，古老经验借助现代化学继续发光发热。

木乃伊的防腐奇迹，不仅是古人对永生的追求，更是人类历史上一次惊艳的化学实践，今天，我们在通过木乃伊触摸千年历史的同时，真切感受到化学永葆新鲜的神奇力量。藏在其中的化学知识，跨越千年依旧闪耀着智慧的光芒。

参考文献

- [1] Huber B, Hall M, Breuckmann B, et al. Biomolecular characterization of 3500-year-old ancient Egyptian mummification balms from the Valley of the Kings[J]. Sci Rep, 2023, 13(1): 12477-12491.
- [2] 金寿福. 古埃及文明[M]. 长沙: 湖南美术出版社, 2025: 172-178.
- [3] 刘文鹏. 古代埃及史[M]. 北京: 商务印书馆, 2000: 328-336.
- [4] Rageot M, Hussein R B, Beck S, et al. Biomolecular analyses enable new insights into ancient Egyptian embalming[J]. Nature, 2003, 614(7947): 287-293.
- [5] Ikram S. Recipes for ancient Egyptian mummification[J]. Nature, 2003, 614(7947): 229-230.
- [6] 井普椿. 古埃及木乃伊制作工艺研究[J]. 戏剧之家, 2020, 338(2): 205-206.



当一颗“机械心” 学会温柔

作者：吕欣悦，石雅荣，王宇欣；Email: 740829232@qq.com



Corheart® 6 植入式左心室辅助系统

超小型全磁悬浮人工心脏

体积小 | 重量轻 | 功耗低 | 应用广

医色AI生成

❶【图1】国产 Corheart 6 全磁悬浮人工心脏（图片来源于嘉峪检测网）

背景介绍：

《问心2》的热播，不仅帮助人们认识有关心脏方面的知识，更是让更多的心衰患者看到了希望，心衰患者最终需要心脏移植，可是供体的短缺与免疫抑制更加速了生命的倒计时^[1]，于是人工心脏作为“等不到供体的第二条路”进入大众视野，人工心脏并不只是简单地替代心脏，而是一种辅助心脏工作的装置，通常为左心室辅助装置（LVAD），简单说就是“给心脏加个泵”，把左心室里的富氧血抽出来，直接泵入主动脉，供应全身。它保留了患者自己的心脏，只让左心室“减负休息”。早期时候，全人工心脏约两个拳头般大小，患者需要背负着重的气动驱动器。但现在，国

产 Corheart 6 全磁悬浮人工心脏应运而生，直径仅 34 mm，质量约 90 g，甚至比一枚鸡蛋还轻^[2]（图1），人工心脏不再只是简单的“机械替代”和“冷冰冰的机械泵”，而进化为了“生物融合”“有温度的精密器官”。

然而，要想人工心脏真正地适应造福心衰患者，科学家们必须攻克人工心脏面临的核心痛点。为此，一场化学与材料科学深度结合的革命也悄然展开。

痛点一：机械损伤与材料老化？——“磁悬浮”与“分子弹簧”打造不朽战甲

人体内正常的心脏跳动是“搏动性血流”，心脏一下跳动，一下舒张，我们可以通过脉搏感

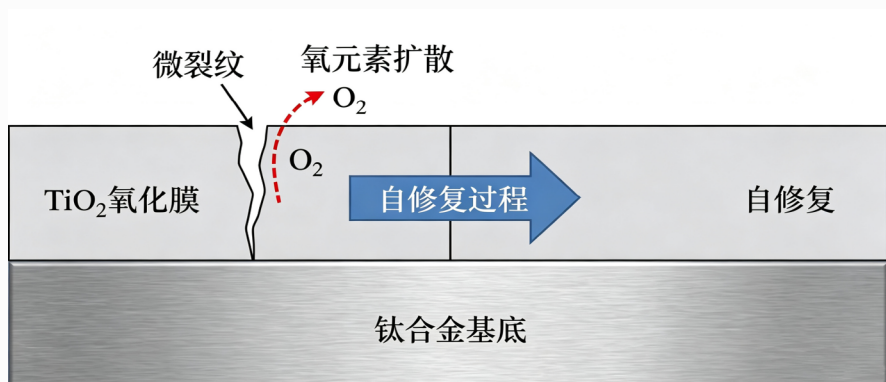
知，但对于心衰患者而言，这一跳动却无法由心脏独立完成，需要人工心脏（即一种离心泵），它依靠匀速旋转的转子推动血液，完成“收缩挤压”泵血的工作，也称为“非搏动性连续流”。这个转子其实就是血泵内部一种带叶片的，以 2000~5000 r/min 的速度持续旋转的叶轮^[3]。但是，人体血液里有负责运输氧气的红细胞，像装满血红蛋白的小水球，它们承受不住剧烈的机械剪切力，就会被“甩碎”，从而导致溶血，不仅如此，水、氧气、各种离子在血液中，会持续冲刷材料的表面，导致材料上的金属被腐蚀之后，高分子老化开裂。

面对这个问题，我们又该如何解决呢？有 2 种思路，其一是物

理上减少摩擦，其二是化学上加固材料，为此科学家为人工心脏打造了两层“铠甲”——外层是钛合金的硬铠甲，内层是聚氨酯的软铠甲。

首先物理层面要实现“零摩擦”，需要从两方面入手。一是通过磁悬浮技术让转子悬空旋转，这样可以有效地防止机械摩擦对血液的物理损伤，二是将所有接触血液的表面做表面化学改性^[4]。通俗地说，通过调整材料表面的化学结构和性质，相当于给它披上了一层更亲水、更光滑，也更不容易被血液中的蛋白质和细胞识别、黏附的“智能外套”，但不会改变其材料“骨架”。如，通过“接枝”的方式，在材料表面“种”上一层亲水性高分子链——亲水聚合物刷，像鞋刷一样细密，将摩擦系数降至比冰面还滑的 0.01 以下，血液中的蛋白质和细胞“抓”不住材料表面，从而预防了血栓。

其次化学材料方面，钛合金成为人工心脏外壳首选材料，只要它的表面接触空气或体液，瞬间自发地就形成了一层极薄的氧化钛(TiO_2)膜，厚度 2~5 nm，仅是头发丝直径的万分之一，但即使这层膜很薄，却像一层透明的防弹玻璃，可以将金属自身与血



❶【图 2】钛合金表面 TiO_2 氧化膜自修复示意图（图片来源于创客贴 ai 生成）

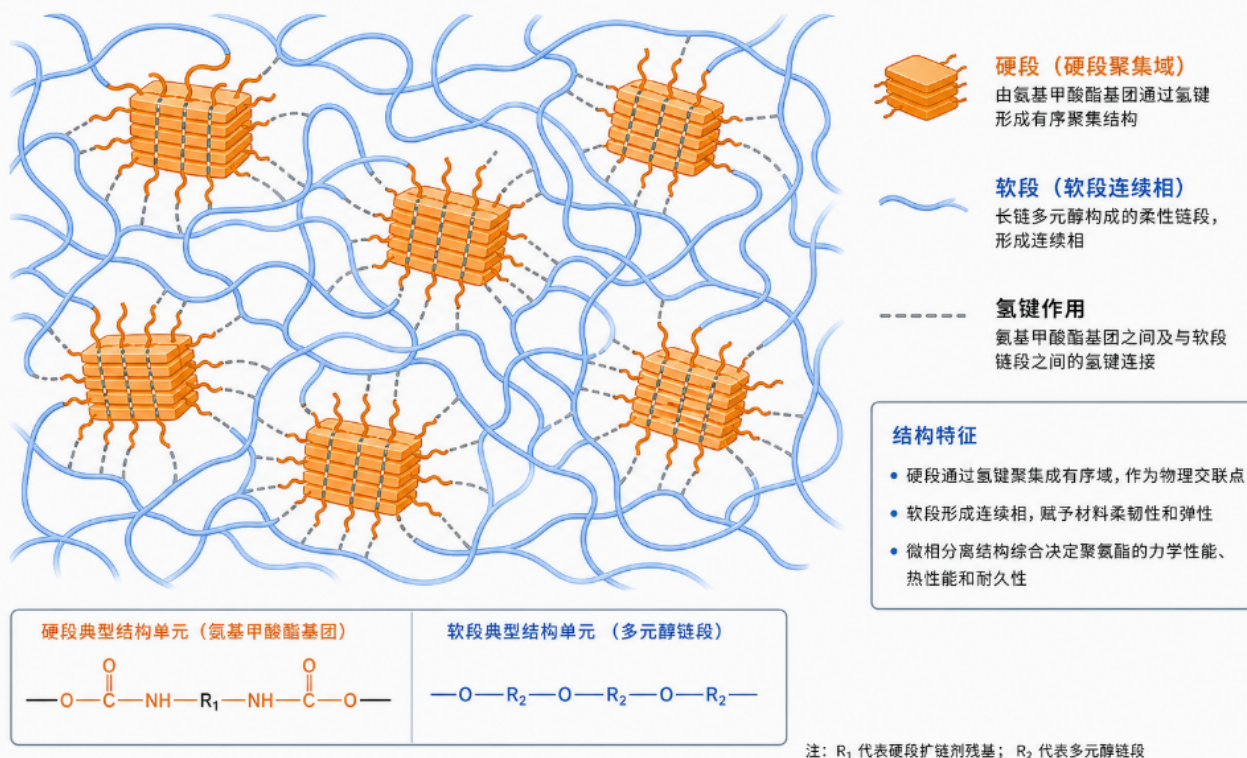
液完全地分隔开^[5-6]。而由于这层氧化膜本质为化学屏障，它也可以防止金属离子的释放，隔绝血液腐蚀成分（图 2）。拥有强大的自愈能力，这种能力源于钛原子对氧原子有强烈的吸引力，化学中我们称为强烈化学亲和力，若表面被划伤，氧原子会在几毫秒内冲上修补伤口，利用这种优势，永久性植入式心脏设备外壳钟爱钛合金。

人工心脏不仅有坚硬的外壳，内部的柔性部件同样也不可或缺。导管瓣膜泵体表面涂层等，都需要具备柔韧耐磨弹性抗撕裂能力的材料，聚氨酯也因其独特微相分离结构备受瞩目^[7]，聚氨酯由硬质骨架，柔软弹簧交替组合而成见图 3，硬段像坚固的支撑梁，提供给材料强度，耐磨性和抗撕裂能力，软段赋予了材料良好的弹性和柔韧性，像可以

反复伸缩的橡皮筋，这两类结构在微观尺度各自聚集又彼此连接，刚中带柔，柔中有韧。科学家可以通过调整异氰酸酯多元醇等组分的配比，改变硬段软段的相对比例，对聚氨酯材料的各种性能实现精准的调控，适配人工心脏不同部件的使用需求。

早期聚醚型聚氨酯在体内长期浸泡之后，容易发生自由基攻击，自由基是一类带有“未成对电子”的高活性分子，所到之处会把材料的分子链打断，引发连锁反应，就像推倒第一块多米诺骨牌。化学性质极其活泼的自由基，比如羟基自由基($\text{OH}\cdot$)，比如超氧阴离子(O_2^-)会导致材料主链中醚键($\text{R}-\text{O}-\text{R}'$)遭受攻击，出现了引发链式反应，性能急剧下降，而早期时，聚氨酯中的醚键($\text{R}-\text{O}-\text{R}$)就像普通的塑料卡扣，键能较低，容易被

聚氨酯微相分离结构示意图



①【图3】聚氨酯微相分离结构及氢键网络示意图（图片来源于创客贴 ai 生成）

自由基断。为解决这个问题，可以换用一条更结实的主链比如引入硅氧烷链段（Si—O—Si）和聚碳酸酯软段（—O—CO—O—），并且构建氢键网络，在 FWJ 系列聚氨酯脲（FWJ 系列聚氨酯脲热塑性弹性体）的分子主链中嵌入大量 N—H 基团，在这些基团之间形成氢键。

科学家引入硅氧烷链段（Si—O—Si），使用聚碳酸酯软段（—O—CO—O—），从化学结构上就阻断自由基攻击的路径，抗氧

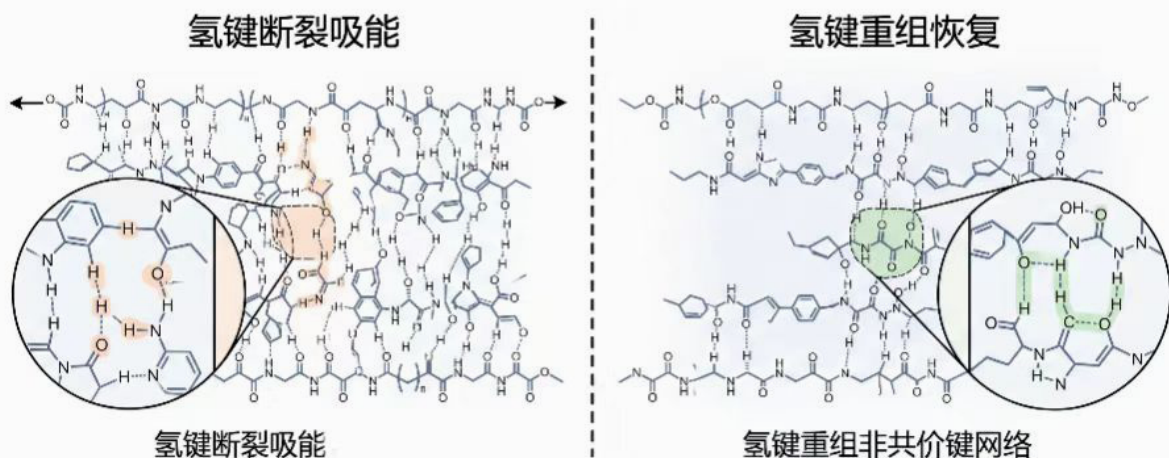
化能力至关重要，我们可以通过键能更好地理解。键能可以简单理解为“拆开两个原子之间连接所需要的力气”，这个数值越大，说明这根“化学连接绳”越牢固，越不容易被氧气温 度等破坏。硅氧烷中的 Si—O 键键能约为 452 kJ/mol^[8]，高于醚键的约 360 kJ/mol，所以 Si—O 键更难断裂^[9]。而且硅氧烷主链上没有 C—H 键^[10]，这种化学键容易被氧化攻击，就减少了其失效的可能性。因此，这类材料在高温、氧气或长期体内使用环境

中，有更好的耐热性、抗氧化性和长期稳定性，更不容易发生断链、变脆和性能下降等问题。

胡盛寿团队在中国阜外医院开发的 FWJ 系列聚氨酯脲具有更优良的性能，不仅保留了聚氨酯原有的弹性，并且其抗撕裂性能生物稳定性经优化后成为人工心脏柔性部件重要候选材料^[11]。FWJ 系列分子主链嵌入许多 N—H 基团，构建了强大的具有层次化氢键网络，氢键键能约 20~40 kJ/mol，虽然弱于共

阜外FWJ聚氨酯增韧机制图

动态可逆非共价键网络



抗撕裂性能提升300%+

图4 FWJ 聚氨酯氢键增韧化学机理 (图片来源于创客贴 ai 生成)

价键，但当大量氢键密集排列形成分子弹簧增韧机制^[12](图4)，材料受到拉伸或撕裂时，部分氢键会先断裂，然后吸收外界能量，减缓裂纹扩展，当外力减弱后，部分氢键又会重新形成，多次“断裂—重组”，就会提高材料的韧性和抗撕裂能力，这种被称为“动态可逆非共价键网络”^[13]。

总结来说，普通聚氨酯是“一根橡皮筋”，FWJ 聚氨酯是“由无数微型弹簧编织成的网”，虽然同样的柔韧，但更耐拉、更耐撕。

除了要做到人工心脏尽量减少对血液和材料的伤害，还会面临重要问题，心脏不是匀速运转的机器，而是一块会随身体活动不断调整节奏的肌肉，人工心脏若只会按照固定模式工作，就像一位听不见指挥的鼓手，难以与心肌协同。因此，下一步的化学解决方案更要关注材料能否充当信息的翻译者，把心肌细胞主要依靠离子传递的生物电信号，转换为电子器件能够识别和处理的信号。这正是导电聚合物进入人工心脏研究的意义。

痛点二：无法匹配心肌节律？——导电塑料搭起“离

子-电子”跨界翻译桥梁

让泵辅助心脏工作的关键是——它能听懂心脏的信号，与传统依靠电子来传递信号电子器件不同的是，而人体的生物组织中依赖 Na^+ 、 K^+ 等离子的移动来传递信号。电子器件想更好地与人体组织进行无障碍“沟通交流”，需要一种能同时传电子和离子的材料。导电聚合物即“导电塑料”便具备这种潜力^[14]。材料链上存在一种共轭结构，这类结构连续排列、彼此相连，像一条连贯的传送带，对比普通塑料中，将电子限制在局部位置，这条“传送带”的优点，便是使部

分电子更容易沿着材料链移动。让材料具有了传递电子信号的能力。经过掺杂后，就是向材料中加入一些能够调节电荷状态的成分，帮助材料更容易传递电子信号，最终可移动的电荷数量增加，电导率可达约 $10^3 \text{ S/cm}^{[15]}$ 。但仅能传递电子还不够，人体组织周围也布满了水分和离子，材料还需要留下可供离子进出的通道。导电聚合物中的掺杂组分与吸水区域，形成的微小空间，让电子在聚合物链上移动，离子在含水区域中迁移。这两种信号在同一材料中衔接，搭起了跨界翻译的桥梁。

瑞典林雪平大学的科学家正是利用这一特性，开发出了能够

感知离子信号的生物传感器^[16-17]，当导电聚合物把离子信号与电子信号连接起来，人工心脏便多了一条感知心肌状态的通道。根据心肌节律的变化提供更协调的辅助，需要时补上力量，心肌恢复时也适当让位。

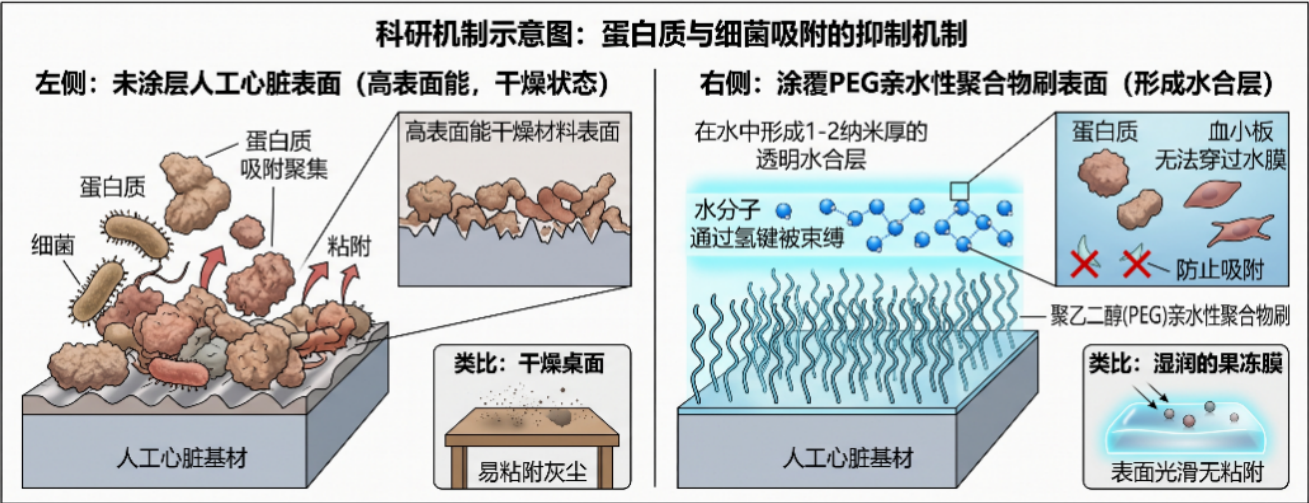
至此，人工心脏的化学创新已经从“保护血液与材料”进一步走向“理解生物信号”。而当设备长期留在体内，新的考验还会出现，就算信号匹配得再好，血液中的凝血系统和人体免疫系统仍可能把它识别为异物，只要被识别为异物，血栓就会在几分钟内形成。科学家如何让人工心脏在血液中“隐身”？我们进入第三道关卡。

痛点三：血栓与免疫排斥？——穿上“隐形果冻衣”与“化学抗凝盾”

血栓形成起点是血浆蛋白在材料表面的吸附，这要取决于表面能，高表面能材料容易吸附蛋白质金属，低表面能的材料情况相反。科学家通过化学接枝技术在材料表面涂覆亲水性聚合物刷，如聚乙二醇（PEG）或聚乙烯吡咯烷酮（PVP），这层涂层在水中形成水合层，水分子通过氢键束缚在表面，形成约 1~2 nm 厚水膜^[18-19]（见图 5），蛋白质血小板无法穿过水膜也无法在表面吸附聚集，亲水涂层就像在材料表面覆盖了湿润的果冻膜。

血栓的形成不仅需要血小板

示意图：人工心脏表面超滑涂层原理对照



【图 5】人工心脏表面超滑涂层原理示意图（图片来源于创客贴 ai 生成）

黏附和聚集，还依赖着一套不断被放大的“凝血信号传递系统”——凝血级联反应。可以把它想象成一排多米诺骨牌，当血管受损或材料表面触发凝血时，一种凝血因子会依次激活下一种因子，信号层层放大，最终大量生成凝血酶，并将可溶性的纤维蛋白原转变为交织成网的纤维蛋白，把血小板和血细胞“网”在一起，形成血栓。

该怎样阻断这场连锁反应

呢，科学家将天然抗凝多糖肝素，通过共价键的形式接枝到人工心脏内壁，使它牢固地缝在了材料表面，像一张抗凝防护网，血流才不易被冲走，肝素分子还带有强负电荷的基团，如硫酸酯基等，它们能结合血液中抗凝血酶Ⅲ，构象改变了，活性也增强了，从而激活了 AT-Ⅲ，它迅速抑制凝血酶（因子Ⅱa），因子 Xa 等关键凝血因子^[20]，让多米诺骨牌中途就被拦截了，无法继续放大传递，从源头上削弱

了材料表面纤维蛋白网络的形成，人工心脏内血栓形成风险因此降低。

结语

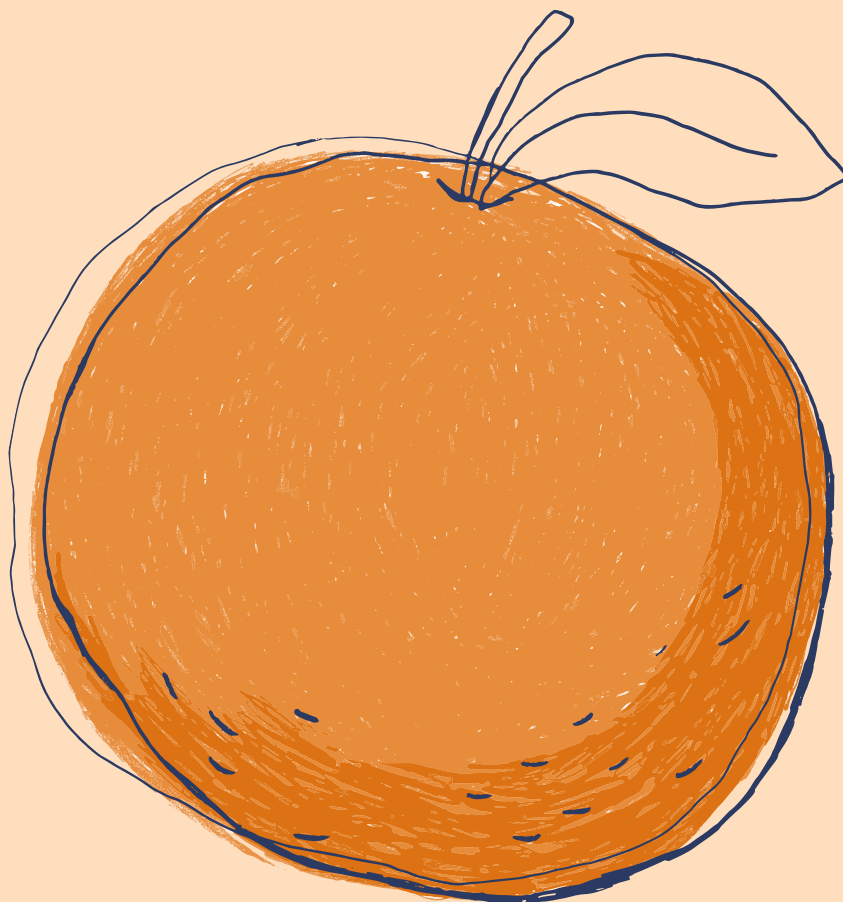
人工心脏的每一次革新既是一种科技的进步也是对生命的敬畏，减少了家庭的悲剧也给了更多人活下去的希望，但是昂贵的价格也可能让每一个家庭支离破碎，所以我们希望人工心脏的研发终有一天能够恩泽更多平常的百姓。

参考文献

- [1] 邵国丰, 孙乐波, 朱才民, 等. 人工心脏在终末期心力衰竭患者中的应用[J]. 现代实用医学, 2025, 37(11): 1105-1107
- [2] 刘洁娜, 丁晓兰, 吴奇勇. 1例Corheart 6-左心室辅助装置LVAD植入术的手术护理配合[J]. 手术电子杂志, 2025, 12(4): 76-80
- [3] Hosseinipour M, Gupta R, Bonnell M, et al. Rotary mechanical circulatory support systems[J]. J Rehabilitation Assistive Technol Eng, 2017, 4: 2055668317725994.
- [4] 张珂嘉, 吴鹏. 离心式血泵优化设计研究进展[J]. 医用生物力学, 2024, 39(3): 552-558.
- [5] 张文毓. 生物医用钛合金的研究进展[J]. 化学与黏合, 2014, 36(5): 369-373
- [6] 洪小哲. 钛合金表面基于激光点阵的微纳结构构建及其润湿性与耐久性能研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2023.
- [7] 解艺超, 梁永日. 聚氨酯-酰亚胺弹性体的合成、结构与性能关系及应用进展[J]. 高分子通报, 2026.
- [8] Dankert F, Von Hänisch C. Siloxane coordination revisited: Si—O bond character, reactivity and magnificent molecular shapes[J]. Europ J Inorg Chem, 2021, 2021(29): 2907-2927.

- [9] de Buyl F, Yoshida S. Degradation Mechanisms of Silicones[M]//van Driel W D, Yazdan Mehr M. Reliability of Organic Compounds in Microelectronics and Optoelectronics: From Physics-of-Failure to Physics-of-Degradation. Cham: Springer International Publishing, 2022: 1-31.
- [10] Thermal degradation pathways and oxidative stability of polydimethylsiloxane — Visual Explainer[EB/OL]. [2026-08-23]. <https://vectree.io/c/silicone-thermostability-mechanisms>.
- [11] 王玉龙, 李晋尧, 黄瑞达, 等. 基于双重动态键的自修复聚氨酯弹性体的制备及性能[J]. 工程塑料应用, 2026, 54(6): 52-60
- [12] Tian J, Zhou Z, Miao X, et al. Supertough, resilient, and healable thermoplastic poly(urethane urea) elastomers by dense packing of hydrogen - bonding arrays[J]. Adv Funct Mater, 2026, 36(2): DOI:10.1002/adfm.202504882.
- [13] 全瑞杰, 孙臻琦, 张恒, 等. 聚丙烯酰胺诱导的硝酸羟胺基推进剂凝胶化机制[J]. 含能材料, 2025, 33(11): 1281-1287.
- [14] 邓光晟, 陈文卿, 余振春, 等. 基于导电塑料膜的角度不敏感宽带超材料吸波体设计及制备[J]. 光学学报, 2022, 42(22): 119-126.
- [15] Yano H, Kudo K, Marumo K, et al. Fully soluble self-doped poly(3,4-ethylenedioxythiophene) with an electrical conductivity greater than 1000 S cm⁻¹[J]. Sci Adv, 2019, 5(4): eaav9492.
- [16] AHMAD SHAHRIM N, AHMAD Z, WONG AZMAN A, et al. Mechanisms for doped PEDOT:PSS electrical conductivity improvement[J]. Mater Adv, 2021, 2(22): 7118-7138.
- [17] Magnus Berggren 团队 (林雪平大学有机电子实验室) 实验室主页: <https://liu.se/en/research/laboratory-of-organic-electronics/organic-bioelectronics>
- [18] Andersson J, Ferrand-Drake Del Castillo G, Bilotto P, et al. Control of polymer brush morphology, rheology, and protein repulsion by hydrogen bond complexation[J]. Langmuir, 2021, 37(16): 4943-4952.
- [19] Andersson J, Ferrand-Drake del Castillo G, Bilotto P, et al. Control of polymer brush morphology, rheology, and protein repulsion by hydrogen bond complexation[J]. Langmuir, 2021, 37(16): 4943-4952.
- [20] Izaguirre G, Aguila S, Qi L, et al. Conformational activation of antithrombin by heparin involves an altered exosite interaction with protease[J]. J Biologic Chem, 2014, 289(49): 34049-34064.





橘子“黄金部位”的营养解码

作者：李改平，赵红叶，于涵；Email: 2068074552@qq.com

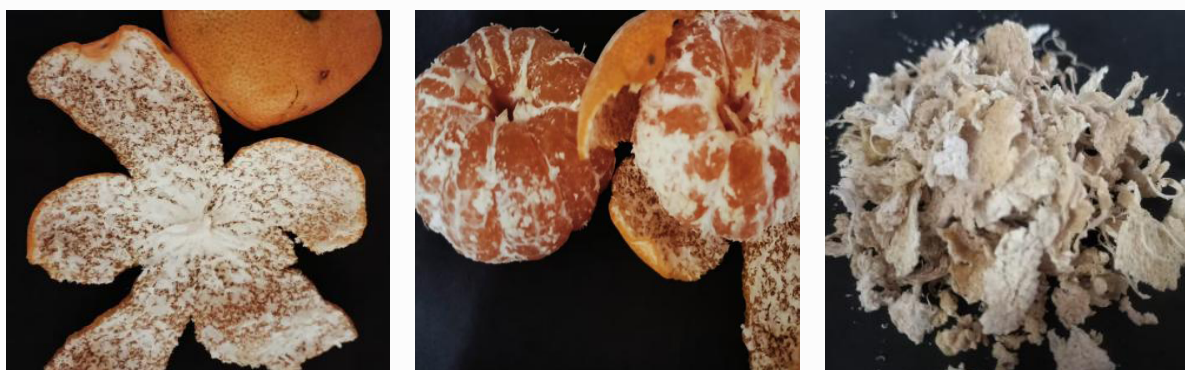


图1 橘皮（左）、橘肉（中）和橘络（右）展示图（图片来源作者拍摄）

1. 引言

柑橘是橘、柑、橙、金柑、柚和枳等芸香科柑橘属植物的总称，是全球最重要的经济作物之一。中国作为柑橘主要起源地，栽培历史悠久，种植区域集中在长江中下游及以南地区，所产柑橘品质优良^[1-2]。

橘，别称橘子、桔子，为芸香科植物福橘或朱橘等多种橘类的成熟果实^[3]，种类繁多，如八布橘、金钱橘、甜橘、酸橘、官川和温州橘等。其果实较小，果形扁圆，皮薄光滑易剥，囊瓣7~11个，味微甘酸，种子尖细，不耐贮藏。自古至今，橘子都是秋冬水果中的“主流”，不仅酸甜可口，更因全身是宝，其橘皮、橘肉、橘络乃至橘根、橘叶、橘核等皆可入药，在日常饮食中默默呵护人体健康。

2. 橘子的组成与营养解码

橘子的化学成分复杂多样，既具有如维生素、矿物质等用于维持人体生命基本运行的基础营养物质，也具有独特的生物活性物质，如维生素C、类黄酮等，使其具有抗氧化、抗肿瘤、调节免疫等健康功效^[4]。橘子主要由橘皮、橘肉和橘络三部分组成（图1）。橘子的不同组织部位在化学组成上呈现出显著差异，如橘皮主要含橘皮苷，橘络含芦丁^[5]，而果肉中除了含有大量水和碳水化合物等营养物质外，还富含维生素C和柠檬酸。橘子各部位所特有的活性成分，则决定着各组织部位具有差异化的生理功能和应用价值。接下来，笔者将深入剖析橘子的核心价值部位，揭示其黄金成分的奥秘。

2.1 橘皮：天然药库，抗氧化驻容颜

俗话说“橘子黄，医者藏”。

陈皮，作为一种传承千年的药材，以其独特的“陈久者良”这一特性，在中医理论体系中占据着不可替代的地位。许多人误以为橘皮就是陈皮，但实际上，二者药效相差甚远。陈皮由橘及其同属多种植物的成熟果实的果皮经久置陈放制成。在制作时，需先将成熟果皮风干、密封陈化60~150天，再经软化、定型和晒干等工序，最后进行贮藏。经过多年陈放后的陈皮，其挥发油含量大幅减少，黄酮类化合物的含量则显著增加，此时陈皮药效最佳。在中医药库中，与陈皮具有相似功能的药材还有化橘红^[6]、木香^[7]和佛手^[8]等，其均具有理气健脾、燥湿化痰之效，但也各有侧重（图2）。

此外，看似普通的橘皮里还藏着许多天然“小能手”：清新的橘皮精油、滋润的多糖、Q弹的果胶、抗氧化功效显著的多酚

类化合物以及安全无毒的天然色素^[9]等，无一不展示着橘皮功能的多样性。研究显示，与橘肉和橘络相比，橘皮中总黄酮含量最高，为 $(6.13 \pm 0.23) \text{ mg/g}^{[4]}$ 。黄酮类化合物具有多重生物活性，同时包含抗氧化、抗癌、保护心血管、抗菌及抗病毒等重要作用，其开发、利用价值不容忽视。天然存在的黄酮类化合物如同细胞的“抗氧化卫士”，其原理在于通过破坏含氧自由基在细胞内产生的关键节点，而有效抵抗机体内的氧化损伤^[10]。其优越的生理功能不仅能够促进人体内部的健康，在其他应用领域同样展现出卓越功效。植物源黄酮作为天然活性成分，是理想的护肤因子，在抵抗衰老、美白淡斑以及深层保湿等多个护肤维度均表现出显著效果^[11]。在关注橘皮的同时，橘肉本身的营养价值同样值得深入探究。

2.2 橘肉：营养宝库，强免疫促消化

橘肉即为橘瓣。其性味甘、



陈皮



化橘红



木香



佛手

①【图2】具有相似功效的4个药材种类（图片来源于作者拍摄）

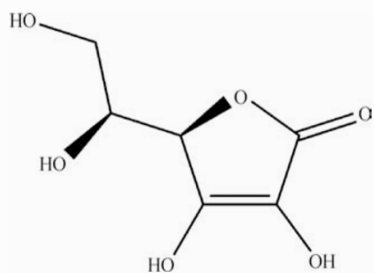
酸、凉，具有开胃理气、生津止渴、润肺、化痰止咳的功效^[12]。从营养学角度看，橘肉堪称大自然的完美设计，它不仅集合了多种人体所必需的营养元素，更使得这些元素以恰当的比例和易于吸收的形式存在于其中^[13]（表1）。

橘肉的主要成分是水 and 碳水化合物，这些物质为人体提供了基础能量来源。然而，其更具营养价值的成分往往被忽视，如维生素C和柠檬酸等，这些活性成分赋予了橘肉抗氧化、促进矿物质吸收等重要生理功能。

表1 橘肉营养成分表

橘肉营养成分表 (100 g)									
物质	碳水化合物	蛋白质	粗纤维	脂肪	钙	维生素	胡萝卜素	烟酸	其它
含量	12.8 g	0.9 g	0.4 g	0.1 g	56 mg	34 mg	0.55 mg	0.3 mg	-

维生素 C 又称抗坏血酸，是由葡萄糖转化而来的六碳酮内酯^[14]，其化学结构式如图 3 所示，是人体必需的水溶性维生素，主要由水果、蔬菜等膳食途径摄入^[15]，它含有烯二醇结构，可作为强还原剂参与人体胶原蛋白的合成与修复。维生素 C 是合成胶原蛋白的重要辅助成分，有助于维持皮肤、血管等组织健康。同时它也具有抗氧化作用，并能通过促进干扰素生成、调节免疫细胞功能等途径增强机体免疫力^[16-17]。



❶【图 3】维生素 C 的化学结构式^[19]

当橘肉被嚼食后，通常会有清新的酸味释放出来。这种酸味不仅来自维生素 C，还有柠檬酸的贡献。橘肉被嚼碎进入胃部后，柠檬酸会使胃内 pH 值降低，激活胃蛋白酶，从而加速蛋白质分解。更妙的是，它还能“抢走”食物中的钙离子，减少钙与植酸的结合，解放被植酸“锁住”的矿物质，让人体从谷物、豆类中

吸收更为丰富的营养^[18]。

除了果肉，橘瓣上附着的白色筋络同样值得关注。

2.3 橘络：生命网络，活气血通经络

橘络，这个常被随手丢弃的橘子“白丝”，其实是个隐藏的“心血管卫士”。在传统中医里，橘络性味甘、苦、平，归肝、肺经，具有通络化痰、顺气活血的功效，常用于缓解经络气滞、痰滞经络引起的胸胁胀痛、咳嗽痰多等症。现代研究发现，这些看似不起眼的白色筋络中含有珍贵的活性成分—芦丁^[20]。芦丁，又称维生素 P，是一种黄酮醇苷类物质^[21]，与黄酮类化合物一样，都属于类黄酮这个“大家族”^[22]。芦丁是天然的抗氧化剂，具有广泛的药理活性，它通过调控多种与疾病相关的细胞内及细胞外信号通路，在预防和治疗心脑血管疾病方面展现出显著功效。

除此之外，芦丁对糖尿病也具有一定的抑制作用。糖尿病是一种常见的内分泌代谢性疾病，其核心病理机制在于胰岛素分泌绝对不足或相对不足，这种胰岛素功能障碍就像一把“生锈的钥匙”，无法正常打开细胞的“大门”，导致血糖、血脂等

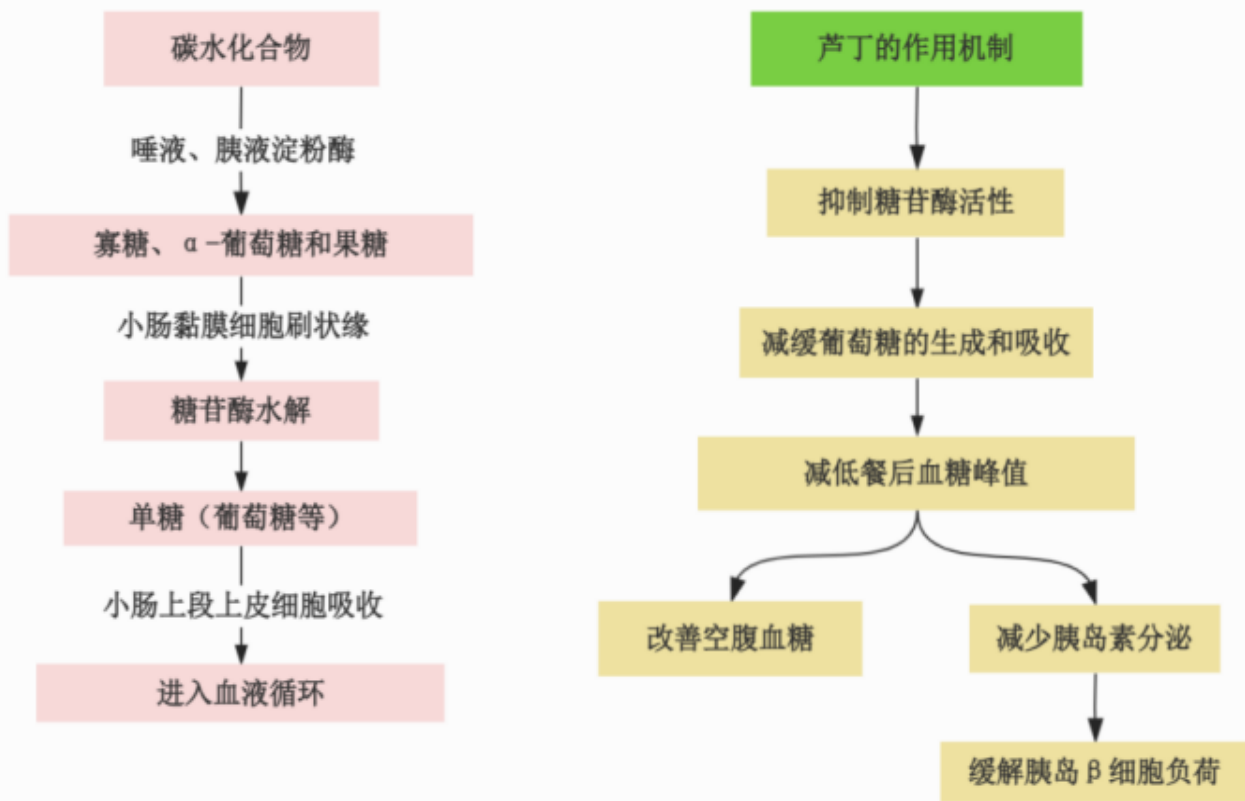
多种生命活动所需的“燃料”在血液中堆积，从而引发全身多系统的代谢失衡。正常情况下，碳水化合物摄入后，会经淀粉酶和糖苷酶水解为单糖，再经小肠吸收进入血液。而芦丁可通过抑制糖苷酶活性而减少胰岛素的分泌，从而缓解胰岛 β 细胞的负荷，进而起到预防和改善糖尿病的作用。其作用机理如图 4 所示^[23]。

由此，每次吃橘子时，可以顺带吃下那些白色的橘络，或者晒干泡水饮用，但需要理性看待它的保健效果。一个普通橘子（约 100 g）含有的橘络可能不足 1 g，即使一天吃半斤橘子，摄入的橘络总量也仅有几克，保健功效有限，不必盲目收集和过量食用。

3. 注意事项

3.1 不宜空腹或过量食用

橘子果肉和汁水中含有大量糖分和有机酸，若空腹食用，可能会刺激胃黏膜，引发腹部胀气、胃酸反流等不适症状。相对而言，吃橘子果肉要比喝橘汁更有益健康。这是因为橘子榨汁后，果肉、橘络中丰富的膳食纤维会被过滤掉，而这些膳食纤维进入人体后能够辅助肠胃消化，促进营养吸收，若抛弃果肉单喝橘汁，会大大减弱这种促消化作用。根据最新营养学建议，健康成年人每日



①【图4】芦丁预防和改善糖尿病的作用机理（图片来源于作者自制）

水果摄入量应保持在 200~350 g，若以柑橘类水果为例，相当于食用 2~3 个中等大小的橘子。需要特别注意的是，糖尿病患者血糖控制平稳时可少量食用，宜选含糖较低的品种，每次约 1 个，放在两餐之间，并监测血糖；胃酸过多、胃炎或胃溃疡者不宜空腹大量食用，可选熟透甜橘或蒸热后少量食用以减少刺激；正在服药的人群，尤其是服用部分降压药、降脂药者，因橘子可能影响药物代谢，食用前最好咨询医生或药师。

3.2 过食会影响“颜值”

吃太多橘子会引起皮肤变黄。橘子中富含胡萝卜素，当橘子被过多摄入且超过机体代谢能力时，血液中胡萝卜素浓度升高，从而引发“高胡萝卜素血症”，又称“橘黄症”。若出现橘黄症，可采取以下简易措施缓解：暂停摄入橘子及胡萝卜、南瓜、木瓜、芒果等富含胡萝卜素的食物，同时适当多喝水以促进体内胡萝卜素代谢排出，并保持正常作息和适度运动以加速新陈代谢。无需过多担忧的是，它只

会使皮肤短期变黄，在停止摄入后 1~2 周可自行消退。另需注意，吃完橘子后，要及时清理牙缝中的果肉残渣，并及时用清水漱口，以降低酸性物质对牙釉质的潜在影响，维护口腔健康。

3.3 部分食物勿同食

没有绝对不能和橘子一起吃的食物，但从食物营养结构上分析，存在部分食物，与橘子一同大量食用后，可能会使人体出现某些不良反应，如高蛋白质食物、萝卜、黄瓜等。

表 2 不宜与橘子同吃的部分食物列表及原因分析

食物	原因
牛奶	牛奶中含有酪蛋白，与橘子中的维生素 C 相遇后可能形成不易消化的沉淀物，影响营养物质的吸收。
螃蟹	螃蟹含有丰富的蛋白质和钙，而橘子中含有鞣酸。当鞣酸与蛋白质和钙相遇时，会形成不易消化的凝固物，影响营养物质的吸收。
动物肝脏	动物肝脏中的铜、铁等离子会促使橘子中的维生素 C 氧化，从而降低橘子的营养价值。
萝卜	长期大量同时食用橘子和萝卜，可能增加甲状腺肿大的发生风险。
黄瓜	黄瓜中含有维生素分解酶，会破坏橘子中的维生素 C，降低橘子的营养价值。

需要注意的是，以上的说法并不是绝对的。这是因为每个人的体质和健康状况都有所不同，对食物的反应也不尽相同。如果在食用橘子时出现任何不适症状，应及时就医，接受专业的治疗。

3.4 橘子选购技巧

挑选橘子时，宜优先选择果形端正、大小适中、无明显畸形

或机械损伤的果实；果皮色泽应自然均匀、富有光泽，既不过于暗淡，也不宜过于鲜亮。同等大小下，手感沉实的橘子往往水分更足、果肉更饱满；果皮薄而富有弹性，按压时不易塌陷，并散发出清新自然的橘香，这样的橘子通常更新鲜，口感也更佳。

4. 结语

小小一颗橘子，堪称营养界

的“全能选手”。橘肉内丰富的维生素 C 和膳食纤维，强免疫、促消化；橘皮中的黄酮类物质，抗氧化、美容养颜，陈化后更是一味良药；橘络则蕴含芦丁，呵护血管健康、预防糖尿病。但切记“过犹不及”，适量食用为宜。掌握这份“甜蜜的尺度”，方能将橘子的营养价值最大化，让健康与美味兼得。



参考文献

- [1] 黄龙, 汪奉辉, 单永芳. 世界柑橘精深加工产业及衍生高附加值产品[J]. 香料香精化妆品, 2024(3): 234-241.
- [2] 邓秀新主编. 中国柑橘品种[M]. 北京: 中国农业出版社, 2023.
- [3] 刘桂云. 药食俱佳话橘子[J]. 养生月刊, 2024, 45(12): 1096-1097.
- [4] 刘仙俊, 李文华, 孙红艳, 等. 橘子不同部位活性成分含量及其体外抗氧化能力研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(17): 13-18.
- [5] 蔡骏. 酸酸甜甜小橘子, 止渴润肺还开胃[J]. 中医健康养生, 2022, 8(1): 30-32.
- [6] 刘添娇, 朴春丽, 张伟, 等. 重构本草——化橘红[J]. 吉林中医药, 2024, 44(5): 579-581.
- [7] 唐慧, 王中琦, 许亮, 等. 木香的本草考证[J]. 中国中医药现代远程教育, 2022, 20(12): 81-84.
- [8] 佛手[J]. 中草药, 2022, 53(23): 7338.
- [9] 陈凯, 屈亚楠, 田光辉. 柑橘皮的主要成分及其开发利用研究进展[J]. 江苏调味副食品, 2015(3): 9-11.
- [10] 孙红彦. 橘子皮提取物的制备工艺及抗肿瘤作用研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2016.
- [11] 何思宜. 莓茶叶中黄酮类化合物的提取、纯化及其在化妆品中的应用[D]. 湖南: 中南林业科技大学, 2024.
- [12] 王荣华. 全身是宝——一只橘子十味药[J]. 养生月刊, 2024, 45(5): 420-423.
- [13] 石雅娟. 橘子栽培技术[J]. 农业技术与装备, 2022, (10): 131-133.
- [14] 赵文芝, 石汉平. 维生素C抗肿瘤机制[J]. 肿瘤代谢与营养电子杂志, 2019, 6(4): 409-414.
- [15] 杨媛, 冯晓元, 石磊, 等. 高效液相色谱法同时测定水果蔬菜中L-抗坏血酸、D-异抗坏血酸、脱氢抗坏血酸及总维生素C的含量[J]. 分析测试学报, 2015, 34(8): 934-938.
- [16] 钟和局, 赵小刚, 郭吉余, 等. 维生素对动物皮毛的影响及其作用机理[J]. 饲料研究, 2024, 47(13): 152-156.
- [17] 李英杰, 布祖克拉·阿布都艾尼, 康绍涛, 等. 维生素C辅助治疗不同疾病的应用探讨[J]. 中国中西医结合急救杂志, 2021, 28(2): 248-252.
- [18] 周梦佳, 李书伟, 张锦秀, 等. 有机酸对断奶仔猪肠道菌群调控的研究进展[J]. 四川畜牧兽医, 2019, (6): 27-29.
- [19] 吴广武, 白蓉, 方虎, 等. 维生素C调控合成纯球霏石及其形成机理[J]. 硅酸盐通报, 2025, 44(1): 195-201, 242.
- [20] 娄永, 马志欢, 邵香敏, 等. 芦丁及其衍生物研究进展[J]. 化学与粘合, 2023, 45(6): 565-571.
- [21] 蒋艺, 孙洪波, 孙小成, 等. 紫色叶菜维生素P提取优化研究[J]. 广州化工, 2023, 51(4): 42-44.
- [22] 张馨懿, 付复华, 李绮丽, 等. 柑橘类黄酮的主要包封方法及应用[J]. 中国食品学报, 2024, 24(3): 418-431.
- [23] 马溶, 庞广昌. 芦丁对现代文明病的作用[J]. 食品科学, 2013, (7): 307-311.

CCS Chem.

类“肽聚糖”的 DNA 纳米网络用于肿瘤细胞的精准标记和细胞间相互作用的灵活调控

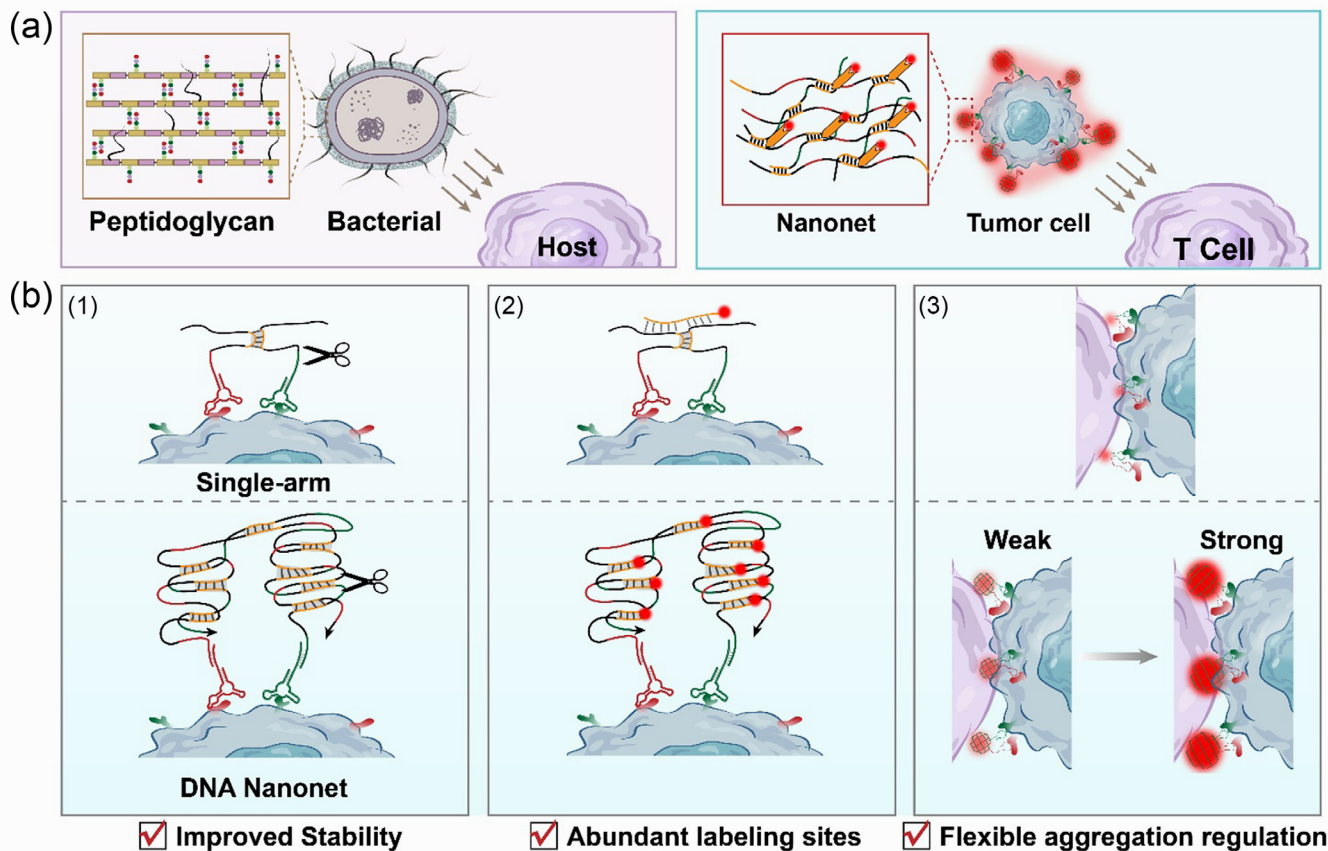
来源：CCS Chemistry 公众号；原文链接：https://mp.weixin.qq.com/s/UHy_Gy5mjclmQNsCe87rtQ

近日，湖南大学化学化工学院张晓兵教授和柯国梁教授报道了一种基于多臂结构的类“肽聚糖”DNA 纳米网，成功实现了肿瘤细胞的精准标记和细胞间聚集效率的灵活调控。该纳米网的构建依赖于细胞膜表面受体蛋白介导的滚环扩增反应（RCA）。RCA 产物作为“糖链”可为多受体蛋白间的逻辑计算提供大量识别位点，并通过不同产物之间的序列杂交形成“肽间桥”，显著提升了分子逻辑计算能力与标记灵敏度和稳定性。此外，通过调控细胞膜表面 DNA 纳米网的厚度，该结构可灵活调节细胞间的聚集效率。这一策略为细胞标记和细胞间相互作用的人工分子工程提供了全新的思路。

背景介绍

近年来，合成生物学、化学生物学与纳米技术的快速融合，为哺乳动物细胞的精准标记与细胞行为的人工可控调控提供了有力支撑。目前，基于 DNA 的细胞标记策略已在细胞特异性识别标记、细胞间相互作用调控等研究领域展现出广阔的应用潜力。

传统的 DNA 标记技术主要通过将疏水修饰的单链 DNA 嵌入细胞膜脂双层结构，或利用靶向细胞膜受体的适配体特异性结合细胞表面，以此在细胞膜表面构建稳定的 DNA 功能标签。这些标签可作为功能触发单元，启动特异性分子链置换反应，进而实现



不同细胞间特异性识别与黏附的可编程调控。然而，这些方法通常依赖于短单链 DNA 的附着，大量探针会扩散至细胞内或细胞外空间，导致细胞标记的稳定性差。同时，由于肿瘤细胞相关分子标志物通常含量极低，DNA 分子间逻辑计算的效率和灵敏度尚

不理想。此外，固定的反应模式使得难以调节细胞间聚集效率。因此，开发一种简便高效、兼具高稳定性与高灵敏度的肿瘤细胞标记新技术，并实现细胞间聚集效率的灵活可控调控，具有重要的研究价值与应用意义。

»» 本文亮点 ««

1. 提高细胞标记信号强度和稳定性

所构建的多臂 DNA 纳米网能够有效突破传统检测体系中单靶点低丰度引发的信号输入受限难题，提升多靶点逻辑分析体系中肿瘤细胞标记的检测灵敏度，减少探针流失与胞内降解，赋予细胞标记更优异的生物稳定性。

2. 实现靶肿瘤细胞精准标记

相较传统单臂标记方法，该标记策略具有更优异的靶细胞特异性识别能力，可在含极低比例靶细胞的混合细胞体系中精准捕获目标细胞。即使在靶细胞占比仅为 0.5% 的极低丰度混合体系中，该方法的细胞标记效率仍可维持在 80% 以上。

3. 介导细胞 - 细胞聚集效率的灵活调控

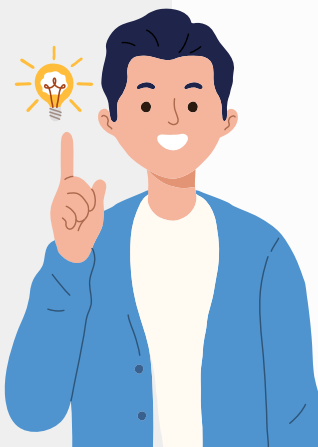
通过精准调控 RCA 反应时长可调节细胞膜表面

DNA 纳米网的结构厚度，可实现对细胞聚集效率的灵活调控。

总结与展望：

综上所述，本研究受细菌细胞壁天然肽聚糖交联结构的启发，在肿瘤细胞膜上构建了一种 DNA 纳米网结构，并探索其在肿瘤细胞精准标记以及细胞间聚集效率灵活调控中的应用。与传统的单臂 DNA 标记策略相比，这种多臂 DNA 纳米网标记方法不仅提高了肿瘤细胞膜表面多蛋白逻辑分析的灵敏度，而且具有优异的稳定性。此外，该 DNA 纳米网结构可高效促进细胞聚集，并灵活调节细胞间聚集效率，可被用于精准肿瘤识别和选择性细胞裂解。在未来，该仿生 DNA 纳米网策略有望进一步拓展至多细胞体系有序自组装、类器官构建及组织工程等前沿研究领域，在肿瘤精准诊断、靶向治疗、再生医学及细胞生物学基础研究领域展现巨大的发展潜力。

该研究近期在线发表于 *CCS Chemistry*，湖南大学化学化工学院博士生殷垚和高营营为论文共同第一作者，张晓兵教授和柯国梁教授为通讯作者。该工作得到国家重大科技项目、教育部基础与跨学科领域突破计划和国家自然科学基金的支持。



文章详情：

Peptidoglycan-Mimicking DNA Nanonet for Precise Labeling of Tumor Cells and Flexible Regulation of Cell-Cell Interactions

Yao Yin[†], Yingying Gao[†], Jialin Wen, Wei Xie, Xu Zhou, Yuanchen Dong, Guoliang Ke^{*} and Xiao-Bing Zhang^{*}

Cite this by DOI: 10.31635/ccschem.026.202607849

文章链接: <https://doi.org/10.31635/ccschem.026.202607849>

中石油（上海）新材料研究院携手美国化学文摘社联合发布 《全球高分子材料前沿：数据驱动的创新趋势全景分析》报告（续）

来源：ACS 美国化学会公众号；原文链接：https://mp.weixin.qq.com/s/x5x0l1xz0_kMa3mj4GeA2g



中国上海、美国俄亥俄州
哥伦布市, 2026年8月6日——
中国石油天然气股份有限公司
旗下的核心研发机构中石油
（上海）新材料研究院有限公
司（简称“新材料院”）与
美国化学会旗下机构美国化学
文摘社 (CAS), 今日联合发布
重磅报告——《全球高分子材
料前沿：数据驱动的创新趋势
全景分析》。作为双方深化合
作的首项研究成果，该报告融
合了新材料院在材料科学领域
的深厚产业积淀与 CAS 在科学
数据及情报分析方面的核心优
势，系统性地勾勒并解读了全
球聚合物材料的创新版图。 ↓



中石油（上海）新材料研究院
PETROCHINA SHANGHAI ADVANCED MATERIALS RESEARCH INSTITUTE





有机硅聚合物：固化体系、组分材料以及交联有机硅体系，是实现加工与性能协同优化的核心研究方向。固化化学研究备受重视，反映了工业界对可控凝胶动力学、常温加工以及定制化网络结构的需求。功能性端基改性流体主要聚焦于偶联剂开发与表面改性应用，其中羟基封端、²⁰⁶ 氢封端²⁰⁷ 及乙烯基封端²⁰⁸ 体系代表了用于交联控制与链延伸的差异化反应平台。硅烷和低分子量硅氧烷相关方向的涌现，表明可控聚合与网络前体开发等基础构建单元的研究正得到重视。聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 基础体系常作为性能对比与改性方案的参照。而苯基改性有机硅^{209, 210} 与特种功能性有机硅^{211, 212} 的研发，已形成成熟的性能提升技术路线：通过侧链改性与官能团精准引入，在保持硅氧烷主链优势的同时，实现面向特定应用场景的定制化性能优化。

含离子聚合物：含离子聚合物体系持续受到关注（增长约 1.1 倍），其核心是在多种聚合物主链上系统性地引入功能性离子官能团。作为高增长方向，聚合物电解质备受瞩目，表明固态电池应用²¹³ 与电化学器件已成为战略性研究重点。²¹⁴ 该领域约 2,000 至 4,000 篇的发文量，说明研究体系已趋于成熟，能够对离子导电性、机械稳定性及电化学窗口进行系统性优化。阳离子聚合物^{215, 216} 与季铵盐聚合物 (polyQAC²¹⁷) 属于侧链离子官能团类型，而离聚物²¹⁸ 则在中性聚合物基体中引入离子微区。两者的结构差异使得定制化调控离子传输机制与力学性能成为可能。聚离子液体^{219, 220} 作为独立研究类别崭露头角，体现了将聚合物加工优势与离子液体特性相结合的先进材料集成理念；其平稳的增长幅度（增长 1.3 倍）表明这一杂化结构领域的研究正日趋成熟。

生物基与仿生材料体系：受可持续发展需求与原料多元化战略的驱动，生物基与仿生聚合物展现出强劲的研究势头，部分研究方向增速高达约 1.5 倍（图 16）。生物基工程聚合物^{221, 222}（如聚氨酯^{223, 224}、聚酰胺及聚酯^{225, 226}）均实现高速增长（>1.3 倍）。植物基材料虽呈温和增长（1.1 倍），但发文量可观（2,000 至 4,000 篇），表明该领域的研究兴趣持续不减，且具备向商业化规模迈进的潜力。

可生物降解聚合物：可生物降解纤维²²⁷ 是增长势头强劲的关键领域（增长 1.5 倍），研究主要致力于解决纺织废弃物管理^{228, 229} 及海洋污染治理问题。²³⁰ 研究重点集中在聚乳酸 (PLA) 材料体系，²³¹ 通过链延伸^{165, 232}、成核控制^{233, 234} 及取向优化^{235, 236} 等手段提升其力学性能。^{237, 238} 同时，可生物降解热塑性塑料呈现持续增长（1.3 倍），重点在于面向包装应用场景，实现加工与性能平衡。^{239, 240} 关于生物基与可生物降解聚合物的详细分析，请参见第 5 节。

复杂结构聚合物：复杂结构聚合物已成为高增长领域（增长 1 至 1.3 倍），其中交联体系、超支化结构与树枝状结构^{241, 242} 在研究关注度最高。交联体系的发文量适中（超过 1,000 篇），表明研究人员对通过调控网络拓扑结构来优化性能的理解正日益加深。^{243, 244} 超支化聚酰胺^{245, 246} 与聚酯^{247, 248} 呈现温和增长，这类材料凭借优异加工性与易于功能改性的潜力持续得到研究。

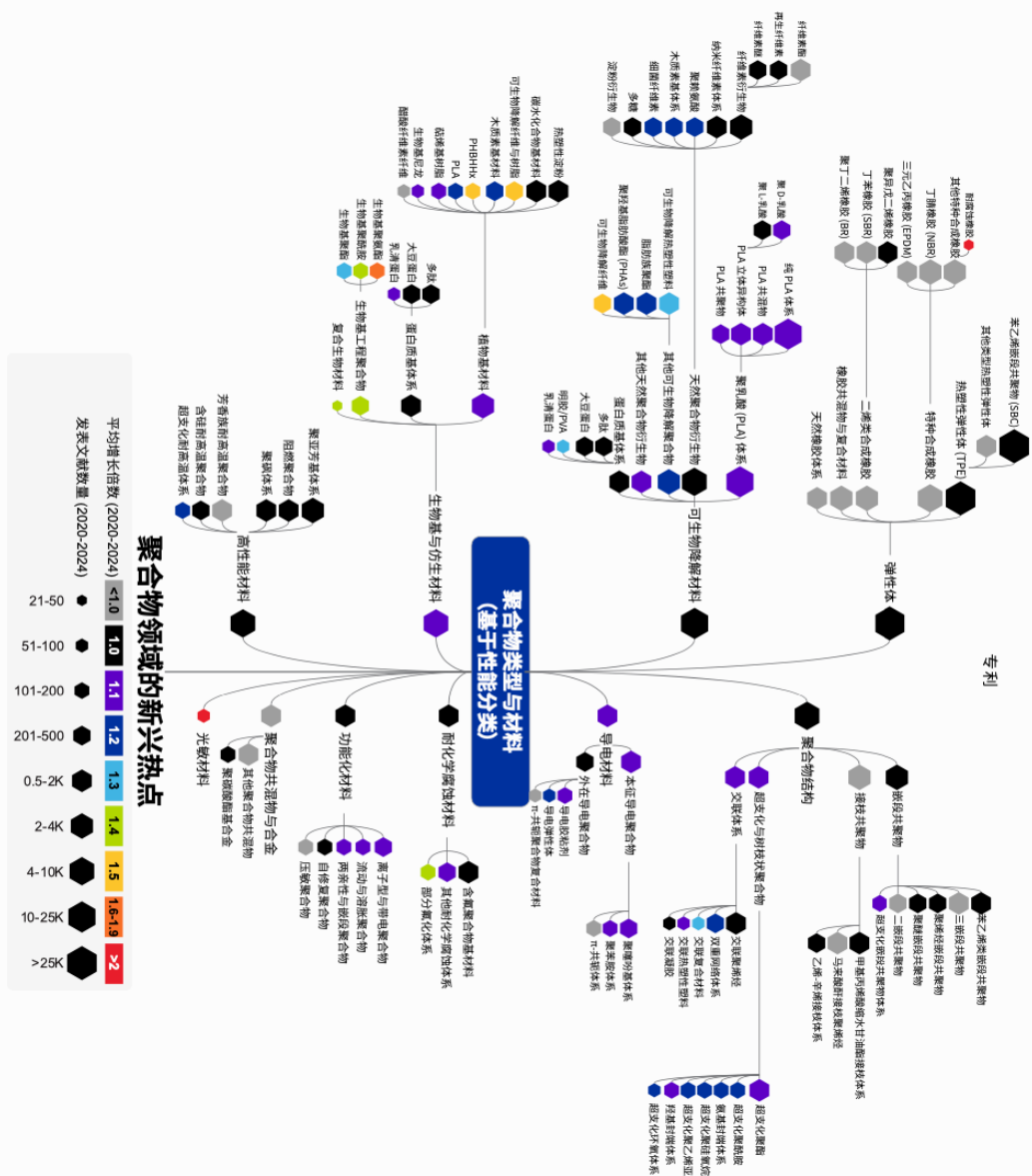


图 16. 基于自然语言处理 (NLP) 技术对主要分支之一——**聚合物类型与材料**的专利进行分析, 并据此绘制出的 CAS 全量聚合物新兴热点图谱, 其中聚合物按其性质排列/分类。六边形大小代表总关注度 (即文献发表数量), 颜色则反映文献数量的增长幅度 (增长倍数), 颜色越暖, 增长越快。

其他聚合物：传统乙烯基聚合物、丙烯酸聚合物及含氟聚合物的研究关注度较为平淡，表明相关研究已趋于饱和。酚醛树脂的研究体量保持稳定，这可能得益于其在高性能场景下的应用中需求。²⁴⁹⁻²⁵¹在弹性体领域，特种合成橡胶的研究重点在于通过引入含氟聚合物²⁵²及优化交联工艺来增强耐化学性。²⁵³耐腐蚀橡胶体系尽管研究体量较小（约 23 篇），^{254,255}但增长迅速（超过 2 倍）；热塑性弹性体（TPEs）虽发文量可观，但增长较为缓慢（约 1 倍）。丁苯橡胶（SBR）的研究保持稳定，重点聚焦于微观形貌控制和延长使用寿命。^{256,257}

对聚合物研究趋势的分析表明，期刊论文与专利申请之间存在显著差异，反映出基础研究与商业开发在优先次序上的不同。期刊文献全景分析显示，学术界高度关注复杂的分子结构设计，尤其是动态共价网络、自修复聚合物及刺激响应材料等展现出动态行为与精密高分子工程特征的复杂体系。学术研究以生物基可持续解决方案为重要发展方向，包括呋喃酸酯聚酯（PEF、PPF、PBF）、非异氰酸酯聚氨酯（NIPU）及天然聚合物体系；同时也在积极探索用于柔性电子的先进导电聚合物，以及能够兼容多种不同特性的多功能材料。相比之下，专利全景分析显示新兴领域的研究活动更为密集，商业关注点集中于可规模化推广的解决方案，特别是围绕聚乳酸（PLA）平台技术以及PHA的共聚物体系（如 PHBHHx 增长 1.5 倍，P(3HB-co-4HB) 增长 1.3 倍）。专利研究侧重于实际应用，包括用于工业交联的环氧树脂体系、有机硅固化技术、面向电池应用的含离子聚合物，以及应对纺织废弃物问题的可生物降解纤维（增长 1.5 倍）。尤为值得注意的是，两个领域

在生物基与可生物降解体系方面均展现出强劲势头，专利数据显示生物基工程聚合物的增长率超过 1.3 倍，表明学术界的可持续性研究已成功转化为产业端重点布局的商业化研发方向。

3.2.5. 化学与合成领域的分化趋势：学术发现与商业实施

期刊维度的 CAS 全景图谱（图 17）清晰地展示了学术研究的核心方向，其重点聚焦高分子基础化学与反应机理研究。催化剂^{258, 259}、聚合方法^{260, 261}及化学反应²⁶²主导着新兴研究领域，相关发文量可观（约 500 至 4,000 篇），反映出学术界正系统开展反应机理探究与合成方法学的研发。与之相对，专利研究更侧重商业化落地应用，集中体现为添加剂与改性剂²⁶³⁻²⁶⁵、偶联剂^{266, 267}、交联剂^{268, 269}及固化剂^{270, 271}等品类的多元化开发，表明工业界的关注重心在于性能优化与工艺改进（图 18）。

在聚合方法方面，期刊论文在新兴合成技术上增速更高：开环聚合^{272, 273}与自由基聚合^{274, 275}的涨幅均超过 1.1 倍，表明学术界正在积极探索新型合成路径。专利端聚合工艺布局更加丰富，但成熟技术（本体聚合、模塑聚合及乳液聚合）的增长整体偏平稳，发文量适中（最高 2,000 篇），反映了工业界倾向于规避风险、优先放大成熟可靠工艺。专利布局重点放在可规模化的加工方法（如悬浮聚合^{276, 277}）与工业设备（如反应器内聚合体系^{278, 279}），核心目标是生产制造环节的工艺优化。光聚合技术（增长 1.2 倍）与传统成熟工艺同步发展^{280, 281}，表明工业界对此高度关注，该技术尤其适用于 3D 打印²⁸²与增材制造²⁸³、涂层²⁸⁴、胶粘剂²⁸⁵、电子²⁸⁶及半导体加工等领域。²⁸⁷

学术研究有针对性地侧重可持续化学、生物基单体与结构单元^{288, 289}，增长幅度适中（约 1.2 倍），表明学术界在环境合规性方面可能存在长期的研究投入。期刊对应的 CAS 全景图谱（图 17）还展现了高度多元化的精细化学研究方向，包括特种化学品^{290, 291}、功能化学品²⁹²及环状单体^{293, 294}，反映出学术界在探索复杂分子结构方面具有足够空间。专利活动主要集中于成熟的化学体系（如芳香类和乙烯基单体）及功能添加剂（如紫外防护剂、抗氧化剂），说明产业端优先依托经过市场验证的成熟材料平台，开展商业化研发。

专利大量布局稳定剂与防护剂、²⁹⁵ 增塑剂²⁹⁶及偶联剂，这类研发紧贴市场需求，旨在快速解决当下工业生产痛点。期刊论文则始终以原创探索为导向，重点关注成键/键交换反应^{297, 298}及降解反应，^{299, 300}表明学术界致力于基础性机理研究，不受短期商业应用的束缚。专利分析显示对可持续性的关注相对有限，常规加工方法仍占主导地位，这表明受制于成本压力和配套设施，工业界在绿色技术的落地应用上存在一定滞后。

学术研究强调通过特种催化剂³⁰¹（增长 1.1 倍）与金属催化剂³⁰²（增长 1 倍）实现先进的聚合控制，相关文献产出密集，表明在催化机理方面持续有基础性发现。有机催化剂³⁰³（增长 1.1 倍）与酶催化剂³⁰⁴（增长 1.2 倍）的涌现，反映了该领域正转向可持续的合成方法。

专利则更务实地侧重于固化催化剂³⁰⁵（增长 1.1 倍），反映出工业界优先考虑兼具可加工性与大规模商业化的材料体系。锡基（增长 1 倍）^{306, 307}及其他金属催化剂（如铁、铂、钛）³⁰⁸⁻³¹⁰在专利申请中的突出地位，表明尽管学术界正转向无金

属替代方案，但工业界仍持续依赖成熟的有机金属体系，这反映出学术创新与工业应用之间的步调差异。异氰酸酯固化体系³¹¹（增长 1.2 倍）与缩合催化剂³¹²（增长 1.1 倍）领域的专利数量稳步增长，反映了针对已经形成完善产业基础的成熟聚氨酯与聚酯体系，催化剂的渐进式改进是企业构筑核心竞争优势的关键。

综上所述，学术研究明显更侧重于基础聚合物化学、机理探索以及新兴合成方法的开发。其中，催化剂、聚合方法和化学反应构成了主流研究方向。同时，学术界也在有策略地关注可持续化学、生物基单体，以及有机催化剂和酶催化剂等先进催化体系，这标志着该领域正朝着环境友好的合成范式转型。相比之下，专利研究更注重商业可行性，通过大幅拓展添加剂、改性剂和加工助剂的品类来优化材料性能，强调技术的量产可行性。在本体聚合、乳液聚合、悬浮聚合等成熟方法上，专利增长相对稳健，主要聚焦现有化学品体系与功能助剂的实用化改良。这一差异在催化领域尤为突出：学术界倾向于探索无金属催化体系和精密结构催化剂，而工业专利仍然依赖成熟的有机金属催化体系，反映出学术创新成果与商业应用之间存在滞后性，该现象大概率是成本压力和基础设施不足造成的。总体而言，学术研究以探索发现为导向，聚焦成键机制、降解反应等基础科学问题，并不以短期商业化应用为目标；而专利研发则表现出鲜明的市场驱动特征，通过性能优化和工艺改进来满足当下的工业需求。由此可见，想要实现成功的技术转化，需要有效弥合基础科学突破与规模化生产实践之间的鸿沟。

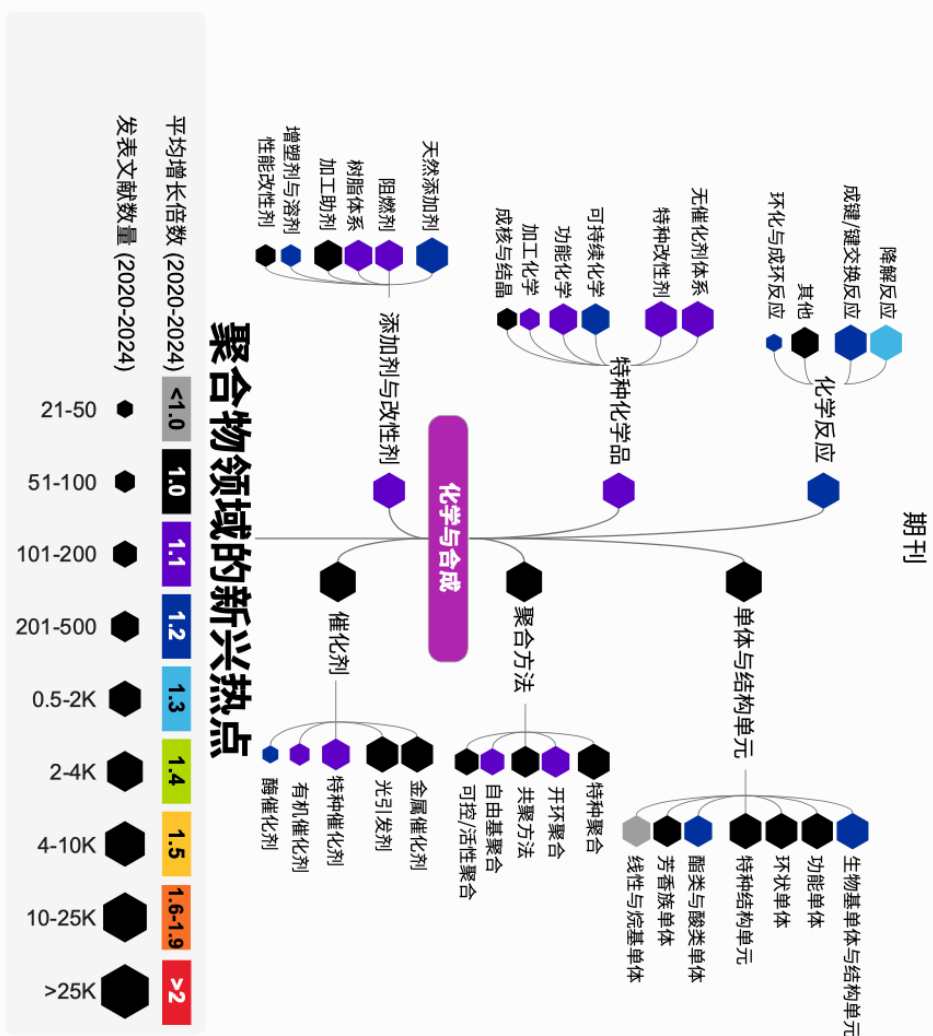


图 17. 基于自然语言处理 (NLP) 技术对主要分支之一——化学与合成的期刊论文进行分析，并据此绘制出的 CAS 全景聚合物领域新兴热点图谱。六边形大小代表总体研究关注度 (即文献发表数量)，颜色则反映文献数量的增长幅度 (增长倍数)，颜色越暖，增长越快。

【未完待续】

《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：李艳梅
清华大学



编委：徐海
中南大学



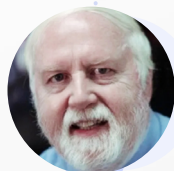
编委：宋卫国
中国科学院化学研究所



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：胡文兵
南京大学



编委：欧阳瑞镔
上海理工大学
材料与化学学院



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：卞江
北京大学



编委：朱平平
中国科学技术大学



编委：孙亚飞
中国科学院自然
科学史研究所



编委：董川
山西大学



编委：蒋尚达
华南理工大学