



化学通讯

CHEMICAL NEWSLETTER

No.15

2025年08月15日



图片来源 · www.freepik.com



CHINESE
CHEMICAL
SOCIETY



中国化学会 主办
中国科学院长春应用化学研究所



08



资讯汇集

- 滨化集团股份有限公司成为中国化学会团体会员单位 01
来源：中国化学会官网

新闻速递

- 中国团队研发新型染色体编辑技术 02
来源：中国新闻网
- Alamar Biosciences 发布神经退行性疾病生物标志物数据 02
来源：环球网
- 北大实现人体血液细胞化学重编程为多能干细胞 03
来源：京报网
- 中国南方早期锡业学术研讨会召开 03
来源：澎湃新闻
- 2025 未来科学大奖获奖名单公布 03
来源：新京报

科技新闻

- 中国科研人员的社交媒体使用指南 04
来源：自然系列公众号
- 蛋白质含量比鸡蛋高，还能促消化！这种食材错过太可惜 08
来源：人民日报公众号
- “我们正处于未知领域。”改造沼泽或可抑制甲烷排放——但副作用尚不明确 11
来源：science
- “AI+”重塑新材料投资版图 14
来源：科创板日报公众号
- 高毒性重金属超标，有人已中招！提醒：不要长时间接触 16
来源：新华社公众号
- 痴呆与空气污染有关 19
来源：原理公众号

科普大赛

- ※ 海参活性成分及其在天然功能性化妆品中的应用前景 22
作者：伏成玉
- ※ 百年老药阿司匹林的传奇经历 29
作者：杨天林
- ※ 紫陌芳菲——丁香花的多维探秘 37
作者：李唐



科研进展

- PS&T：微纳复合结构：透明到多色电致变色超 43
级电容器的构筑通解
来源：高分子科学与技术 PS&T 公众号
- 【CCS Chem.】南方科技大学宋桥课题组：动力 46
学稳态的高亮度超分子荧光染料
来源：CCS Chemistry 公众号

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



滨化股份
B E F A R

滨化集团股份有限公司成为 中国化学会团体会员单位

2025年8月1日起，滨化集团股份有限公司正式加入中国化学会，成为中国化学会团体会员单位。今后，滨化集团股份有限公司与中国化学会将在学术交流、产学研、决策咨询等领域开展合作，共同为中国的化学发展做出贡献。

滨化集团股份有限公司于2010年2月在上交所成功挂牌上市，产品氯丙烯、三氯乙烯、粒碱、食品级片碱市场占有率全国第一，烧碱、环氧丙烷上榜“好品山东”高端化工品牌，产品远销全球100多个国家和地区。现为中国氯碱工业协会理事，是山东省重点产业链链主企业，荣获全国和谐劳动关系创建示范企业、全国最具社会责任企业、山东慈善奖、山东社会责任企业等荣誉称号，连续十年获评全国重点用能行业产品能效“领跑者”标杆企业。

综合全球化工发展大势、中国化工探索实践和滨州面临的重大机遇，滨化开创性地规划了面向未

来的“北鲲计划”。以“新能源+化工”耦合为发展路径，构建战略科技力量体系，致力在滨州北部建设国家级新能源化工产业基地。

当前滨化制定了全新的“12345”战略定位和发展逻辑，擘画了“科技滨化、数字滨化、国际滨化、幸福滨化”的恢弘愿景。滨化坚持价值创造与人文精神并重，厚植蝶变求新、敏锐洞察的变革文化，在生态构建、科技创新、绿色转型、国际拓展和社会责任等方面持续发力，以更加开放的视野和胸怀与时代共行。

穿云九重，驭风万里。面向未来，滨化将谋定战略布局、坚定发展信心，以国际化视野谋划开放合作，以科技创新驱动跨越发展，致力于成为绿色化工、低碳转型的探索者和实践者，为社会、客户、股东、员工创造最大价值，为推动全球化工行业发展作出更大贡献！

(★ 本学会展示的单位会员简介资料系由各单位会员自行提供，资料的真实性由单位会员负责)



来源：中国新闻网

中国团队研发新型染色体编辑技术

8月4日，中科院遗传与发育生物学研究所高彩霞团队在《细胞》在线发表论文，报道新型可编程染色体编辑技术(PCE)。该技术首次在动植物中实现千碱基到兆碱基级别的DNA精准操纵，显著提升真核生物基因组操纵尺度与能力，在作物性状改良、遗传疾病治疗、新型育种策略及合成生物学等领域前景广阔。团队构建PCE与RePCE系统，经多步技术路径实现精准无痕编辑，并创制出含315kb精准倒位的抗除草剂水稻种质。

原文链接

<http://www.chinanews.com/gn/2025/08-04/10459248.shtml>

Image by vectorartel on Freepik



来源：环球网

Alamar Biosciences 发布神经退行性疾病生物标志物数据

7月27-31日，在加拿大多伦多举行的阿尔茨海默病协会国际会议(AAIC)上，Alamar Biosciences通过30余场学术报告和海报展示，发布NULISA™相关数据。首次公开展示通过该平台测量脑源性pTau及120余种关键CNS疾病相关蛋白的临床数据，有望加速阿尔茨海默病等神经退行性疾病的早期检测与治疗监测进程。

原文链接

http://m.toutiao.com/group/7532344990492623394/?upstream_biz=doubao



Image by macrovector on Freepik



Image by macrovector on Freepik

来源：京报网

北大实现人体血液细胞化学重编程为多能干细胞

7月30日，北京大学基础医学院邓宏魁课题组与药学院关景洋课题组合作，在《Cell Stem Cell》发表成果。首次利用化学方法将人血液细胞诱导为多能干细胞，克服化学诱导多能干细胞制备中起始细胞来源的关键瓶颈。新体系20天内可诱导单孔数百个hCiPS克隆，还能从冷冻血细胞及少量指尖采血细胞诱导获得，为个体化再生医学应用奠定基础。

原文链接

http://m.toutiao.com/group/7533203144025866786/?upstream_biz=doubao

来源：澎湃新闻

中国南方早期锡业学术研讨会召开

7月22日，“中国南方早期锡业学术研讨会”在湖北赤壁开幕。来自国内外30余家高校及考古文博机构的100多位专家，聚焦中国南方早期锡业新发现，探讨青铜时代“金道锡行”资源流通及金属资源研究方法。会议期间对赤壁大湖咀遗址田野考古收获与冶金考古研究进展等内容进行报告，该遗址发现明确了长江中游地区周代铸铜遗址中纯锡料及冶锡渣的存在。

原文链接

http://m.toutiao.com/group/7534957617420976680/?upstream_biz=doubao

来源：新京报

2025未来科学大奖获奖名单公布

8月6日，2025未来科学大奖获奖名单公布。季强、徐星、周忠和因发现鸟类起源于恐龙的化石证据获“生命科学奖”；方忠、戴希、丁洪因在拓扑电子材料的计算预测及实验实现方面的贡献获“物质科学奖”；卢志远因在非易失性半导体存储单元密度等领域的发明获“数学与计算机科学奖”。该奖项关注原创性基础研究，单项奖金约720万元人民币。

原文链接

http://m.toutiao.com/group/7535330746542588425/?upstream_biz=doubao

SPRINGER NATURE

中国科研人员的社交媒体使用指南

来源：自然系列公众号；原文链接：https://mp.weixin.qq.com/s/OgPR-c7Qpi6DZ_ABN_ycjA

如今，几乎所有科研人员——无论是在中国还是全球，都在工作中使用社交媒体。这意味着，社交媒体技能正逐渐成为研究者的“标配”，就像实验设备或论文写作能力一样。对于中国的科研人员来说，这些技能大致可以分为两类：一是如何在国内社交平台上建立联系、推广成果；二是如何拓展国际视野，与全球学术界互动。

在此篇文章中，我们将同时探讨这两个方面，并采访几位在多个社媒平台上有丰富经验的中国研究人员（为保护个人隐私，名字将用拼音表示），分享他们的实战心得。



👉 扫码阅读英文原文，并探索更多科研人员的社交媒体技能指南

学术传播：中国的主流科研社交平台

社交媒体的发展历程与互联网类似：从最初的文字为主，逐步演进到图像、音频，再到如今的视频等多媒体形式。由于不同平台多媒体内容的创作方式与内容截然不同，我们将按类型逐一介绍。当然，国内的社媒平台非常多元，我们将主要围绕科研需求选取典型的三种进行介绍。



以文字为主：微信公众号

自 2011 年上线以来，微信已从一款简单的通讯工具，成长为拥有 14 亿月活用户的多功能平台¹。用户平均每天在微信上花费约 80 分钟²，这也让它成为科研人员获取信息、分享成果、交流合作的重要渠道。根据 Springer Nature 近期的一项社交媒体调研³，67% 的中国科研人员表示会通过微信发现科研内容，高于其他平台，这也就意味着，如果你

想让你的研究成果被发现，微信是个不错的渠道，而 56% 的受访者表示已经利用微信分享研究了。

微信的一个关键功能是“公众号”，非常适合机构或个人定期推送内容。清华大学博士生 Kang Jianning 表示：“在科研资讯获取和学术传播方面，我和身边的同学导师主要依托微信公众号平台。该平台因其传播高效和受众面广的特点，已成为国内科



Springer Nature 科研服务
官方微信服务号



Nature Portfolio
官方微信订阅号



Springer 官方微信订阅号



BMC 官方微信订阅号

📄 欢迎扫码关注 Springer Nature 旗下主要的出版品牌公众号

研群体分享成果的重要渠道。许多课题组都积极通过院校官方公众号推介研究成果，这种形式能有效提升研究的可见度。”赣南师范大学的 Li Ruimin 也提到：“我关注了很多学术类公众号，每天都会浏览几次。碰到特别感兴趣的文章，我会收藏并下载相关论文详细阅读。”

那么，如何通过公众号推广自己的研究呢？北京大学第一医院的 Tan Xiaohui 博士建议：“将论文核心结论转化为科普短文，搭配流程图或数据可视化动图，必要时利用 AI 辅助。”华南师范大学的 Chen Qingwei 教授也强调：“自己的研究发表之后，及时写作科普文章投稿相关领域的微信公众号，提升自己论文在公众中的可见度。另外，很多出版社和自己领域内的学术期刊会有自己的微信公众号，可以关注它们追踪科研进展。”

以图片为主：小红书

小红书目前拥有超过 3 亿月活用户⁴，尤其受年轻人欢迎。近年来，小红书在科研群体中也迅速崛起——约 79% 的 Springer Nature 调研用户表示，相较于两年前自己对小红书的使用更为频繁了。通过

小红书，不少研究人员会积极分享投稿经验、期刊选择建议、学术资源等。

湖南科技大学副教授 Zeng Lingwei 就表示：“我们是做钙钛矿材料合成以及器件应用的……遇到问题时，我们会去小红书上看看别人的经验贴，有时候别人的回复可以解决很多自己觉察不到的问题，有时候有些器件应用还可以在这上面取得合作。”

以视频为主：哔哩哔哩

哔哩哔哩（简称 B 站）因其视频内容生动活泼、互动性强，也很受年轻科研群体欢迎。Springer Nature 的社媒调研显示，92% 的受访者在过去一年使用过 B 站，仅次于微信。78% 的用户至少一天查看一次，每次在 B 站上花的时间平均约为 36 分钟。

那么，B 站对科研群体有何吸引力？Chen Qingwei 教授解释道：“Bilibili 上有很多很棒的视频教程，不仅仅自己可以学习各种科研软件的使用法和科研技巧（例如文献检索、文献管理和科研写作），也可以推荐给自己的学生去学习，可以极大提高新生的科研进度。”

与国际学术界互动：全球科研社交平台

在国内建立联系、分享研究和寻求合作机会固然重要，但与国际学术界接轨同样不可忽视，这就需要充分利用全球主要的社交平台来提升自己研究的国际可见度、探索更多的合作可能性。

如何找到你的“学术圈子”

全球科研人员活跃在多个社交平台上——彼此建立联系、分享研究成果，从专门面向科研的 ResearchGate，到更为通用的 Youtube、LinkedIn、Facebook、Bluesky、X（原为 Twitter）等。你可以

通过以下方式找到志同道合的研究者：

加入与你研究领域相关的国际知名学术团体或组织。以材料科学为例，这包括材料研究学会（Materials Research Society）、先进

半导体材料学会 (ASM)、美国矿物、金属和材料学会 (TMS) 等；在神经科学领域，如神经科学学会 (Society for Neuroscience)；在数学领域，则有美国数学学会 (American Mathematical Society)。这些学会本身都保持着活跃的社交媒体账号，您通常可以通过关注它们来与同领域的研究人员建立联系。当然，您也关注各社交平台上出版社、期刊以及学者的账号，及时获取更多的资讯如投稿信息、科研动态等。

创建自己的账号，让您的研究被看见。Chen Qingwei 博士的经验是“文章接受之后，及时更新自己的 ResearchGate 主页和 Academia.edu 主页，因为

ResearchGate 会通知自己论文的参考文献的作者增加了新的引用，并引导他们看到你新发表的论文，这会极大提升自己文章在同行之间的可见度。”

主动破冰，询问合作意向。遇到感兴趣的研究，可先在社交媒体点赞、评论，再通过学术平台发送简短合作意向。正如 Sun Junya 教授提到的建议：“可以通过 ResearchGate 查看谁对类似课题感兴趣，并发送私信探讨技术细节；在 LinkedIn 上筛选同领域研究者，基于共同兴趣发起合作邀请，比如：‘我看到你在 XX 论文中的模型设计，我们也在研究类似问题，能否探讨一下交叉验证的方案？’”

社交网络的真正价值：建立联系

社交媒体最初被称为“社交网络”，这正是它对科研独具价值的地方。对科研合作来说，社交媒体的意义不仅仅是发帖、转发和点赞，更重要的是建立联系：它让你有机会接触到那些原本难以联系到的同行，并将线上交流延伸到线下合作、甚至实现跨越国界的科研合作。

参考来源

1. 腾讯控股 2025 年第一季度财报
2. <https://electroiq.com/stats/wechat-statistics/>
3. Springer Nature 2024 年社交媒体调研 (<https://figshare.com/s/1afc781ec0b01193d4c0?file=50677974>)
4. <https://www.xinhuanet.com/food/20250516/9fead12989c14425b2bb72ce2be7494a/c.html>

蛋白质含量比鸡蛋高，还能促消化！ 这种食材错过太可惜

来源：人民日报公众号；原文链接：<https://mp.weixin.qq.com/s/pdZUjiDqQj07vwwMyNZ1kA>

如果你有减肥、健身经历，那么，有一种食物你或多或少会有些了解，那就是藜麦。在轻食或沙拉里，藜麦一般以主食的角色出现。它有何特点和营养优势？



1. 叫藜麦却不是麦

从植物分类上讲，藜麦属于苋科，与我们常见的菠菜和甜菜等蔬菜同属一科。而我们日

常的主要谷类，比如小麦和小米等，都属于禾本科，所以藜麦并不属于谷类，却经常作为主食来食用。

藜麦之所以备受推崇，除了营养非常丰富外，遗传多样性也特别丰富，不管什么样的农业环境，都能适应得很好。近年来全

球气候变化，藜麦适应能力强，帮助不少缺粮的国家解决了大问题。

2. 藜麦的营养价值

质和量双高的蛋白质

大多数谷物的蛋白质含量每100 g在7 g~12 g之间，藜麦的

蛋白质高达14.1 g/100 g，比鸡蛋（13.1 g/100 g）还要高。

除了含量高，藜麦蛋白质的质量更优，比大部分谷物更利于消化吸收。这是因为谷物的赖氨酸普遍偏低，成为了限制蛋白质消化吸收的短板，所以

并不是优质蛋白质。而藜麦中的赖氨酸含量高，每100 g里含有赖氨酸760 mg，而谷物一般在100 mg~500 mg/100 g。

高膳食纤维

藜麦的膳食纤维含量高，比燕麦甚至还要高一些，每100 g

	藜麦	燕麦	小麦粉	小米	黄玉米	大米
赖氨酸 mg/100 g	760	501	271	176	262	260

含有12 g~14.4 g的不溶性纤维和1.4 g~1.6 g可溶性膳食纤维，有利于促进消化、预防便秘。虽然藜麦热量不低，但因为高蛋白和高纤维的特点，它饱腹感很强，利于控制体重。

不过，也正是因为膳食纤维含量高，吃多了容易出现腹胀和排气的情况，因此藜麦虽好，建议只代替一部分谷物，主食不能只吃藜麦。

低GI血糖友好

升糖指数高的食物(GI>70)，吃了之后血糖就像过山车，大部分主食都属于这种食物。

而藜麦的GI低，为53，属于低GI食物。除了升血糖速度慢，由于藜麦的碳水化合物含量

(58%)也比其他主食(70%~80%)低，所以血糖负荷(GL)更为优秀。

超高的矿物质

比起其他谷物，藜麦在矿物质这方面是个“优等生”，特别

是钙、铁、钾、镁和锌等。联合国粮农组织的数据显示，藜麦的钙含量高达148.7 mg/100 g，是牛奶的1.4倍；铁为13.2 mg/100 g，是瘦牛肉的5.7倍。



但另一方面，藜麦跟其他植物一样，含有一些会影响矿物质吸收的物质，比如草酸，会使钙和镁等矿物质不易被身体吸收。

藜麦的维生素含量没有其他营养那么亮眼，不过整体也还是不错的，比较突出的是叶酸。大部分的谷物叶酸含量不足 50 $\mu\text{g}/100\text{g}$ ，而藜麦是为数不多的含量能过百，部分品种甚至超过 200 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 的主食。

3. 不同颜色的藜麦有哪些区别？

藜麦根据颜色主要分为白、红和黑三大种类，它们在外观、口感和营养价值上各有特色。

白藜麦颜色较浅，口感相对软糯，味道清淡，水煮后比其他颜色的藜麦更蓬松一些，更好消化，适合大多数人群食用，特别是肠胃敏感者。

红藜麦中脂肪和大多数生物碱的含量分别高于黑色和白色藜麦，煮熟后呈褐色，略带嚼劲，口感更丰富，坚果味更浓。因为它在烹饪过程中能更好地保持形状，所以经常被用在轻食或沙拉里。

黑藜麦颜色深，口感脆爽，甜度更高。它含有丰富的粗纤维、多酚和类黄酮，这些成分具



有抗氧化和延缓衰老的功效。然而，由于较粗硬，肠胃不适者食用可能引发胀气。

不同颜色的藜麦在口感和营养价值上各有千秋，可以根据个人口味偏好和营养需求来选择。

4. 藜麦适合怎么吃？

藜麦粥

将藜麦与小米、大米或糙米混合，用清水洗净后放入锅中。加入适量的水（通常是藜麦的 2~3 倍量），大火煮开后转小火慢炖，其间需不时搅拌以防粘锅。想让口感更丰富，还可以加入瘦肉丁、胡萝卜丁和芹菜丁等食材一同炖煮。

藜麦饭

将藜麦单独或与大米混合，用清水淘洗干净后，放入电饭煲

中。加入适量的水（通常比平时煮米饭的水稍多一些），按照正常煮饭程序煮熟即可。蒸熟的藜麦饭不仅可以直接食用，还可以用来清炒或者搭配其他菜品，甚至可以用寿司海苔卷起来做成藜麦寿司。

藜麦沙拉

将藜麦用清水洗净后，放入锅中加入适量的水煮熟。捞出沥干水分，放凉备用。将鸡胸肉煮熟或烤熟后撕成丝，西兰花、胡萝卜和小番茄等蔬菜洗净切好。将所有食材混合在一起，加入油醋汁等调料拌匀即可享用。

藜麦面点

将藜麦粉与面粉混合（比例可根据个人喜好调整），加入适量的水揉成面团。按照常规方法制作面条、馒头或蛋糕等面点即可。



📍 南苏丹苏德地区广袤的热带沼泽地所产生的排放，助推全球甲烷浓度升至新高。——菲尔·穆尔 / 法新社 via 盖蒂图片社

“我们正处于未知领域。”

改造沼泽或可抑制甲烷排放——但副作用尚不明确

来源：science；作者：PAUL VOOSSEN；翻译：余婉宁

原文链接：<https://www.science.org/content/article/we-re-uncharted-waters-hacking-swamps-could-curb-methane-emissions-side-effects-are>





强效温室气体 浓度攀升，催生“精细谨慎” 的新型地球工 程干预

湿地的水流滞缓、缺氧，且富含大量有机腐殖质，是产生甲烷（一种强效温室气体）的厌氧微生物的理想栖息地。在一个危险的反馈循环中，气候变暖似乎正加速这种微生物的活动，进而助推全球甲烷浓度飙升——而这又会加剧气候变暖。为打破这一循环，一些研究人员正在探索一个新奇的想法：对沼泽进行人为干预。

今年起，一项名为“甲烷排放反馈研究与行动”（FRAMES）的项目计划通过化学物质处理湿地微生物生态系统，以抑制甲烷释放。该计划将先在实验室开展，之后再进行小规模田间试验。研究人员强调，这种新型地球工程可能会引发不可预见的后果，而弄清这些后果正是开展这项工作的主要原因之一。“这需要精细谨慎地进行，”美国非营利组织“环境保护基金”气候创新计划联合负责人布莱恩·布马表示，“我们正处于未知领域。”

过去 20 年间，甲烷浓度上升了近 10%，据信这种气体对全球变暖的贡献率达 1/3。研究人员发现，甲烷浓度上升的主要来源并非石油和天然气行业，因为大气中甲烷的 ^{12}C 含量愈发丰富—— ^{12}C 是一种受生物过程青睐的轻同位素。

牧场扩张和垃圾填埋场的增加无疑是导致甲烷浓度上升的因素之一，但近年来研究人员意识到，湿地的甲烷排放量也在不断增加。全球变暖正在改变降雨模式，导致部分地区沼泽面积扩大，同时使永久冻土解冻，形成新的湿地。此外，气候变暖对产甲烷菌也更为有利：热量会加快它们的新陈代谢，而水温升高会降低水中的溶解氧含量，这使得厌氧微生物更容易在生态系统中占据主导地位。

去年，美国能源部的一组科学家发现，2002~2021 年间，欧亚大陆北部和北美地区湿地的甲烷排放量增长了 9%。5 月发表在《自然》杂志上的一项研究通过仔细分析长期监测点甲烷排放量的季节性消长变化发现，自 20 世纪 80 年代以来，全球湿地的甲烷排放量一直在增加。这 2 项研究都将这一趋势与全球变暖联系起来。“这些现象的发生是不可回避的，”爱丁堡大学的大气化学家保罗·帕尔默表示。

阻止甲烷排放的最佳方法，首先是阻止湿地变暖。科尔盖特大学的生态学家艾米丽·尤里指出，这意味着要减少化石燃料的燃烧。她去年与布马共同发表了一篇综述，阐述了缓解湿地反馈

循环的相关思路。但她表示，在缺乏这类行动的情况下，至少值得对人工干预手段展开研究。

有一种广为人知的抑制湿地甲烷排放的方法，源于早期的一场环境危机。上世纪，燃煤电厂向空气中大量排放硫，引发了酸雨。这些排放对人类健康和生态系统都造成了损害。但酸雨也导致沼泽产生的甲烷量显著下降。研究人员发现，环境中额外增加的硫酸盐使得嗜硫酸盐细菌能够在与产甲烷菌的竞争中占据优势，进而抑制了产甲烷菌的生长。

如今，这一经验在东亚的稻田中得到了体现：农民为缓解水稻的盐胁迫而有意无意地添加富含硫酸盐的石膏，此举意外减少了甲烷排放。其他添加剂，如硝酸盐、铁以及生物炭（一种用作土壤改良剂的木炭），也展现出良好的应用前景。

作为“甲烷排放反馈研究与行动”（FRAMES）项目的一部分，尤里与康奈尔大学的生态学家梅雷迪思·霍尔格森正在建立一系列土壤岩芯样本——即“罐中湿地”——以测试这些添加剂的效果。尤里表示，湿地的差异性极大，即便某种处理方式在一种湿地中奏效，在另一种湿地中也可能完全失效。“我们希望以一种可重复的方式开展这些实验。”

硫酸盐的田间试验最快可能在今年进行。多伦多大学的水文学家艾琳娜·克里德称，她的合作伙伴之一——环保组织“鸭类无限”迫切希望了解，该组织在加拿大监管的修复湿地能否通过这种方式抑制甲烷排放。此类试验将首先对沼泽的化学性质、微生物状况及其温室气体排放进行基线

研究，然后在施加硫酸盐处理后进行细致监测。克里德还研究加拿大西部草原洼地地区城市和农田中的湿地，并希望在未来18个月内于该地区启动试验。

克里德表示，在使用这些化学物质时，重点将是监测其可能对生态系统造成的负面影响。例如，有研究表明，硫酸盐会加快微生物将污染中的汞转化为甲基汞的速度，而甲基汞是一种能在水生物种中生物累积的毒素。“我们不能仅仅施加（添加剂）12 h就置之不理。”克里德说。

致力于甲烷减排的小型非营利组织“火花气候解决方案”的生物地球化学家丹妮尔·波托塞克指出，还有其他方法可以减少沼泽的甲烷排放。例如，可以挖掘渠道，将沿海沼泽与富含硫酸盐的海洋重新连接起来；或者提高沼泽的水位，以阻止甲烷逃逸到大气中。植被类型也至关重要：中空的莎草和草本植物就像甲烷的“吸管”，会加速甲烷的释放。而水生蕨类植物则能促进湿地土壤中的氧化作用，减少产甲烷菌的数量。

与许多地球工程方案一样，“规模是个难题”，波托塞克补充道。定期向湿地大量添加化学物质成本高昂，且在后勤上难以实现，而且没人愿意去干预非洲或南美洲那些广袤的自然湿地——甲烷反馈循环的很大一部分可能就发生在这些地方。

布马表示，或许可以先从小处着手，将这些想法融入湿地修复工作中——这是一个在全球范围内蓬勃发展的领域。他说，即便只有少数项目将甲烷减排作为优先目标，“也能带来巨大的额外气候效益”。

“AI+” 重塑新材料投资版图

来源：科创板日报公众号；作者：李明明；原文链接：<https://mp.weixin.qq.com/s/cttq9AEzx-cj5jgFwBeiWw>

从投资视角观察，AI 技术的发展对新材料产业产生了显著的延伸影响。当前，我国在高端新材料领域仍处于追赶阶段，而中低端市场竞争异常激烈，同质化问题凸显。

“AI+”正在新材料领域掀起革命

近日，在清科创业、投资界、四川三江招商集团主办的 2025 高成长 CEO 大会暨中国（绵阳）科技城“三江杯”创新创业大赛圆桌讨论环节，产业资本和企业方等代表对人工智能时代的新材料应用以及新材料领域投资问题展开深入讨论。

与会代表认为，从软件层面看，AI 模型的运行依赖芯片、算法及算力支撑，这使得半导体领域的新材料投资成为未来确定性最强的方向之一，在硬件领域，诸如机器人本体、器件及仿生人体皮肤等应用，提出了重要创新方向。

机器人产业对新材料提出创新方向

中车国创风控合规部总经理罗文经表示，伴随新能源、航空航天及新一代信息科技的蓬勃发展，市场对新材料的需求与重视程度达到空前高度。

而具体谈及 AI 对新材料领域的影响时，他表示，需从软件性能与硬件载体两方面辩证看待。从软件层面看，AI 模型的

运行依赖芯片、算法及算力支撑，这使得半导体领域的新材料投资成为未来确定性最强的方向之一，但突破“卡脖子”技术瓶颈仍需持续加大投入并提供更多试错机会。

在硬件领域，诸如机器人本体、器件及仿生人体皮肤等应用，对材料提出了轻量化、仿生化、稳定性及定制化的综合要求，这亦是重要创新方向。

“从投资视角观察，AI 技术的发展对新材料产业产生了显著的延伸影响。我们长期聚焦新能源及绿色材料投资，核心布局方向包括新能源上游材料与轻量化材料。”青域基金合伙人聂荣锋认为，2024 至 2025 年间，一个明显趋势是：AI 应用加速了新能源汽车、机器人、小型飞行器（含无人机与载人设备）及商业航天等领域的发展进程。

以新能源汽车为例，在自动驾驶技术未实现实质性突破时，市场订单规模有限，企业对轻量化材料的应用持保守态度，替代传统材料的动力不足——这本质是市场需求端的制约。而随着 AI 技术的普及，消费者对新技术的接受度提升，更愿意为创新功能买单，这倒逼上游制造企业加大技术迭代投入。

“我们注意到，当企业度过生存危机后，**会将更多资源投向结构件和机器人骨架等领域的轻量化材料研发与替代。这种投入形成了良性循环：产品市场表现提升引起毛利率改善**，令企业更有能力支撑材料创新成本，并使得新材料应用进一步强化产品竞争力（如提升新能源汽车续航里程和拓展车内空间等）。” 聂荣锋说。

新材料创企需要跨越三条关键“生死线”

尽管需求侧正在起量，但目前，我国在高端新材料领域仍处于追赶阶段，而中低端市场则出现了竞争异常激烈的情况，同质化问题凸显。

罗文经表示，从风险与挑战来看，新材料研究和投资需高度关注技术迭代及技术路径差异带

来的风险，同时应立足全球视角审视竞争格局，明确自身技术所处代际与发展路线。此外，新材料从技术研发到产品落地是一个漫长且复杂的过程，材料、器件、设备以及主机厂产品之间相互依存、协同发展，需要下游环节给予充分的验证和迭代机会。

最后，还需明晰“新材料”与“原有材料新应用”的概念差异，新材料的诞生极为困难且稀少，市面上很多产品实则是原有材料的新应用，企业经营与投资机构的投资逻辑在这两种情况下截然不同，前者更侧重于技术的创新性和先进性，后者则更关注商业化潜力。

聂荣锋则认为，新材料领域正逐步向中高端进口替代迈进，加之国家对科技创新的大力支持，发展前景广阔。

他表示，新材料领域投资具有显著特点：其一，投资周期漫长，无论是创业周期，还是投资回报周期，通常都在 10 年以上；其二，产业链条冗长，新材料作为基础学科，从研发到实际应用场景，需经历半成品、毛批件到产成品等多个环节。并且，新材料领域的创新创业者多为高校科研院所的教授或博士等技术

型人才，他们往往面临着如何适应长产业链和长产业周期的挑战。

而从书架走向货架的创业企业，需要跨越三条关键“生死线”：第一条是产品定义关，即将新材料技术转化为具有市场需求的产品，在第一曲线阶段实现合理的收入规模至关重要；

第二条是量产关，这是目前绝大多数新材料创业企业面临的**最大瓶颈**。实验室中表现良好的产品，在规模化量产时，对生产工艺、规模化制造能力以及管理水平等方面都提出了更高要求，超过半数的新材料企业投资失败都发生在这一阶段；

第三条是市场关，即便企业具备了规模化量产能力并降低了成本，也需确保产品能够打开市场。在此阶段，存在两个主要问题，一是部分创业者在投资初期未能充分验证材料的先进性，导致产品无法有效应用或毛利率过低难以持续经营；二是国内市场观念问题，许多产业更倾向使用进口材料，对国内创新材料的接受度较低，下游客户因担心担责或遭受损失而不敢尝试使用。为此，呼吁国内市场以更开放的态度支持国产创新，积极为新材料创造应用场景。

高毒性重金属超标，有人已中招！

提醒：不要长时间接触

来源：新华社公众号；作者：李明明；原文链接：https://mp.weixin.qq.com/s/7cE3nEIKxxCYFsDMc_WVBg

“1元秒杀！”“明星同款，白菜价带回家”……当下，合金首饰凭借“高颜值、低价格”，成为网络消费热点。然而，这些看似诱人的饰品，在后续佩戴中，却可能威胁到人们的身体健康。

“美丽首饰”致皮肤困扰

近日，记者接到武汉市民胡女士来电，她讲述了自己在网络购买并佩戴合金首饰的糟心经历。爱美的胡女士从7月下旬开始，脖子上反复出现红斑、丘疹和水疱，被诊断为“首饰性皮炎”，“罪魁祸首”是她佩戴的项链。

胡女士购买这款项链花费199元，洗澡和睡觉都没摘过。

为何以前佩戴首饰无恙，近期却出现症状？

皮肤科医生解释，胡女士佩戴的合金首饰可能含有镍、钴和铬等重金属，这些是接触性皮炎最常见的过敏原。夏日炎热，人体汗液增多，导致首饰表面少量铬和镍脱落或溶解，皮肤吸收后



发生过敏反应，出现瘙痒和灼热感，局部伴有红斑、丘疹、水疱和糜烂等症状，挠抓后还可能导致局部感染化脓溃疡，伤口愈合后会留下瘢痕和色素沉着。

在医生的提醒下，胡女士摘下项链，发现原本闪亮的项链部分已暗沉。医生告知，胡

女士的情况并非个例，夏季是“首饰病”高发季节，不建议长时间佩戴合金的项链、戒指、耳环和手链等，它们可能会引发“首饰病”。

合金首饰健康风险不小

合金首饰对佩戴者健康存在威胁。有博主对线上线下8款

带有 925 钢印的银耳饰进行检测，样品分别来自批发市场、网店和商场。结果显示，8 款耳饰中有 6 款为假银针，材质实为铜合金。其中 3 款镍释放超标，最高的超标 61 倍。还有一款带钻耳饰镉超标 1179 倍。

镉是高毒性重金属，属于致癌物，在人体内几乎不代谢。

令人担忧的检测结果并非偶然。还有一位博主收集身边 19 款无证首饰进行测试，价格在 7 元~1200 元不等。检测发现，这些首饰不仅含有铜、铁、镉、铅、镍、铬和铋等重金属，还有钷和钷这些不常见的稀有金属。

19 件饰品中 14 件含金属配件或为全金属饰品，7 件镉超标，3 件铅超标，长期接触会危害皮肤。其中一款 20 多元的山茶花耳钉，宣传是 925 银耳钉，但实际含银量仅 0.035%，镉含量却高达 9.45%，超标近 1000 倍。

8 月 7 日，记者将身边 19 件首饰送往武汉一家珠宝店检测，能量色散 X 射线光谱仪检测结果显示：印有 925 钢印的银链，银含量仅 13%；其中一根银链实为白铜；三款号称 925 银针的耳饰，一款为铁，一款为



网络视频截图



镉超标近 1000 倍的山茶花耳钉 (视频截图)

铜，仅一款是银。19款首饰中，铜、铁、铅、锌、锰、铈、钇、镉、镍和铬等元素均有出现，只是含量不同。

为何这些小首饰中会添加镉、铅和镍等对人体有害的金属？

原因在于它们成本低，镉能使产品光亮好看，铅便于产品造型，镍可让产品更硬更坚固，商家多是有意添加。而钪和钷等稀有金属，据材料学专家分析，做耳钉的材料可能来源于各类工业废金属。

真假难辨的“美丽承诺”

记者在网络平台搜索，发现了一些挂着知名珠宝品牌名头及销售其他杂牌首饰的直播间。这些直播间常用“新人起号、新店开播、聚人气给优惠”的话术售卖。金饰价格从1元到几万不等，材质标注有钛钢、合金、18K、S925银、足金等。

在某直播间里，备注足金的“一叶暴富”吊坠配银锁骨链的金叶子售价369元，出示的质保卡印有品牌LOGO，线上发货。记者询问金叶子仅0.25g，是什么合金材质，工作人员避而不谈。

名为某珠宝店直播间号称“正品正货”。一款名为“爱心捕



梦 s925 银心形吊坠”的商品，从开价 795 元折后 159 元，在工作人员带动下，不到一分钟，228 人下单。还有一款名为“路路通”的饰品“1 元秒杀，限购 300 单”，营造出紧张抢购氛围，不少观众纷纷下单，瞬间售罄。也有新进直播间的网友发出质疑：发生了什么？这么便宜？

在一不知名品牌直播间，一款备注合金的龙方牌项链售价 19.98 元，虽然直播中有“非黄金直播间、铜合金材质”提醒，但在灯光和镜头的包装下，金光闪闪的外观仍吸引不少人下单。

记者注意到，尽管这些直播间都承诺“保证正品，假一赔三”，但消费者拿到手的无证或标示模糊的金属饰品，若不经专业检测，根本无法知晓真实材质。一位博主在批发市场采购检测样品时，首饰

店老板直言，不少带有钢印 925 的耳饰实为镀银制品，且可按需打标，许多直播间在他那里拿货。

正规渠道购买更有保障

如何才能买到让人放心的首饰呢？

专家建议，首先，少选镀镍和铬的合金首饰；

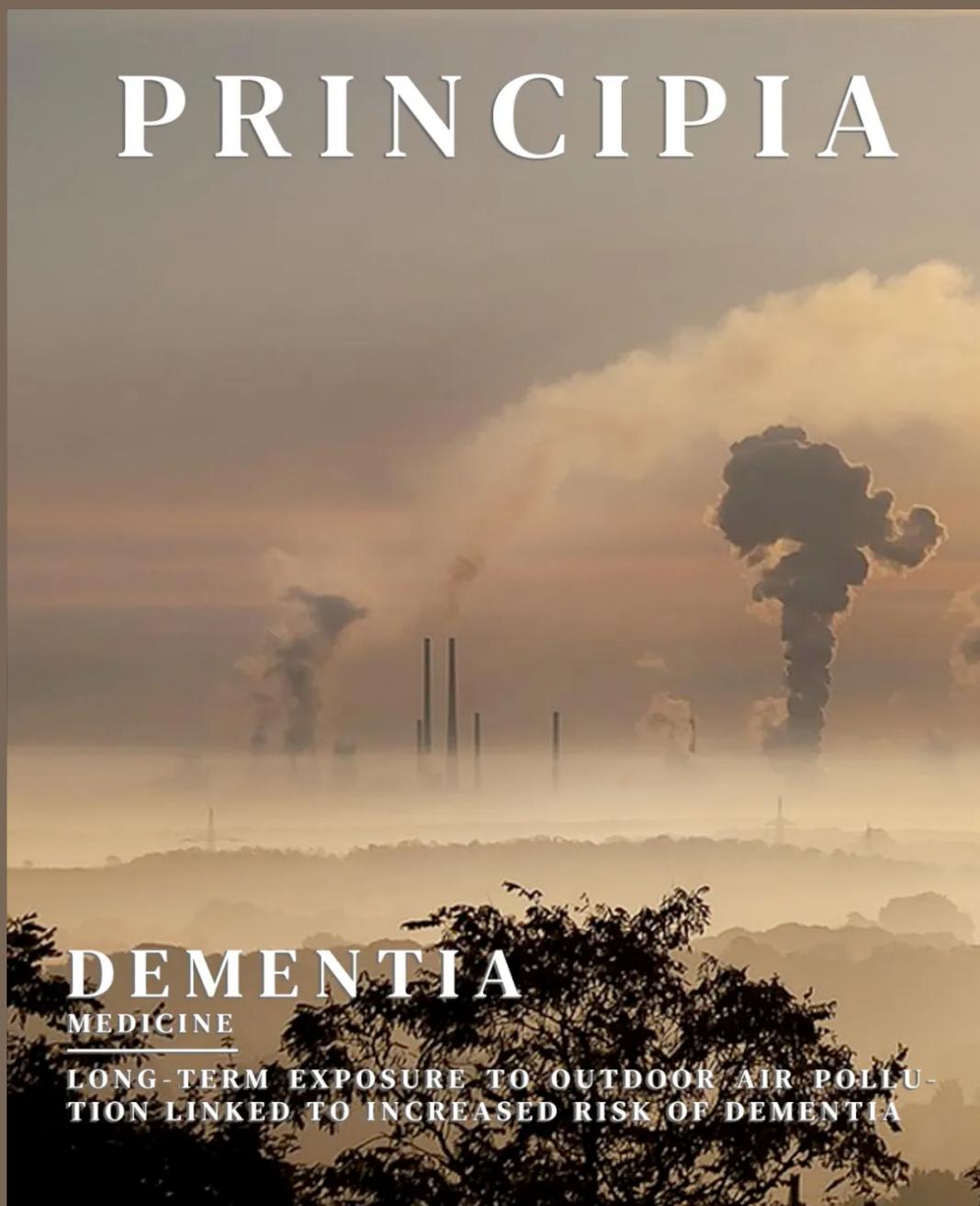
其次，避免购买低价金属首饰，因其大多选用黄铜合金，可能含有大量有害重金属；

再者，尽量选购有资质认证的产品，尤其是儿童佩戴的饰品，更要挑选正规商店售卖的正规品牌产品；

最后，佩戴后若出现皮肤发红和瘙痒等不适症状，应立即停止佩戴并检查饰品材质，防止长时间接触对健康造成不良影响。

痴呆与空气污染有关

来源：原理公众号；原文链接：<https://mp.weixin.qq.com/s/SOuY9O57QqxdZl-YpvHBTA>



目前,全球已有超过 5740 万人受到痴呆(如阿尔茨海默病)的影响。到 2050 年,这一数字预计将达到 1.528 亿人。痴呆对患者个人、家庭、照料者乃至整个社会都造成了巨大负担。

一些迹象表明,欧洲和北美的痴呆患病率出现了下降趋势。这表明在人口层面降低这类疾病的患病风险是可能的,但在其他地区,情况仍不容乐观。

近年来,空气污染被认为可能增加患痴呆的风险。有多项研究把责任归咎于一些污染物,但相关证据一直不够强有力。

在一项于近日发表在《柳叶刀——星球健康》的一篇论文中,一个研究团队对既有的大量文献进行了系统性的回顾与荟萃分析,进一步探究了空气污染与痴呆之间的关系。

关联显著的三类污染物

在这项研究中,研究团队共检索了 15619 篇文献记录,其中 51 项符合数据提取的标准,涵盖 2900 多万名至少一年暴露于空气污染环境中的参与者,研究对象主要来自高收入国家。其中,34 篇论文被纳入荟萃分析:15 篇来自北美,10 篇来自欧洲,7 篇来自亚洲,2 篇来自澳大利亚。

研究发现,有三类空气污染物与痴呆的发病风险呈现统计学上显著的正相关:

颗粒物 (PM_{2.5}): 直径小于或等于 2.5 μm 的颗粒,能够深入肺部。这些颗粒主要来自汽车尾气、发电厂、工业活动、柴炉和建筑粉尘,也可通过大气中二氧化硫与氮氧化物等污染物的复杂化学反应生成。PM_{2.5} 可在空气中停留很长时间,并传播到距离污染源很远的区域。

二氧化氮 (NO₂): 化石燃料燃烧时产生的主要污染物之一,广泛存在于汽车尾气(尤其是柴油尾气)、工业排放,以及煤气灶和暖气装置等家庭设备中。高浓度 NO₂ 会刺激呼吸系统,加重或诱发哮喘等疾病,并损害肺功能。

黑炭 /PM_{2.5} 吸光度 (black carbon): 来源包括车辆尾气和木材燃烧。能吸收热量、影响气候。当被吸入后可深入肺部,加重呼吸道疾病,并提高患心血管疾病的风险。

流行病学证据对于判断空气污染是否会增加痴呆风险,以及具体增加幅度至关重要。新研究进一步证明了,长期暴露于室外空气污染,会增加原本健康人群

患痴呆的风险。具体而言:

对 PM_{2.5} 的分析涉及 21 项研究,包含 2403 多万名个体样本。结果显示,当空气中的

PM_{2.5} 浓度每增加 5 微克/立方米 (5 μg/m³),痴呆风险上升 8%。

对 NO₂ 的分析涉及 16 项研究,包含将近 1723 万个个体样

本。结果显示，当空气中的 NO₂ 浓度每增加 10 μg/m³，痴呆的相对风险上升 3%。

对黑炭的分析涉及 6 项研究，包含 1942 多万名个体样本。结果显示，当空气中的黑炭浓度每增加 1 μg/m³，痴呆风险上升 13%。

潜在的致病机制

目前，科学家已提出多种机制来解释空气污染诱发痴呆的可能途径，其中最主要的是脑部炎症和氧化应激（体内的一种会引发细胞、蛋白质与 DNA 损伤的化学过程）。这两种过程被广泛认为在痴呆的发生与进展中起着核心作用。

空气污染有可能直接进入脑部，或通过与肺部和心血管疾病相同的致病机制触发这些过程。此外，空气污染物还可以从肺部进入血液循环，进而传播至其他内脏器官中，引发局部乃至系统性炎症反应。

进一步分析还发现，空气污染不仅提高阿尔茨海默病风险，对血管性痴呆（由脑部血流减少引起的疾病）的影响似乎更为明显。不过，由于相关研究数量较少，目前这一差异尚未达到统计学显著性。

政策制定与未来方向

治理空气污染不仅有助于改善健康，还将带来社会、气候和

经济层面的长期效益，同时可缓解患者家庭和医疗系统所承受的巨大压力。为此，研究人员呼吁，有必要对交通和工业等主要污染源，施加更严格的控制措施。

研究人员指出，目前的研究样本主要来自高收入国家中的白人人群，然而边缘化群体往往面临更严重的空气污染暴露风险。既有的研究表明，改善空气质量对这些群体的健康收益可能更为显著。因此，未来研究亟须覆盖更多不同族群、发展中地区及弱势群体，以确保结果的普遍性。

参考来源

<https://www.cam.ac.uk/research/news/long-term-exposure-to-outdoor-air-pollution-linked-to-increased-risk-of-dementia>

[https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196\(25\)00118-4/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196(25)00118-4/fulltext)

#图片来源：封面图&首图: Foto-Rabe / Pixabay



海参活性成分及其在天然功能性化妆品中的应用前景

作者：伏成玉；Email: 55007474@qq.com

摘要

海洋生物因其独特的生物多样性和丰富的活性化合物，被广泛应用于食品、医药及化妆品领域。海参，作为一种高蛋白、低脂肪、无胆固醇的海洋无脊椎动物，不仅具备显著的营养和药用价值，也在近年来逐渐成为化妆品行业的新宠。研究表明，海参中的生物活性物质具备抗衰老、皮肤美白、抗微生物和促进伤口愈合等多种功能。其中，类菌胞素氨基酸（MAAs）具有优异的紫外线吸收和抗氧化性能；特定成分对酪氨酸酶有抑制作用，有望用于皮肤美白；其抗菌成分如叶黄素和 β -胡萝卜素可有效防止微生物污染；而糖胺聚糖等则展现出显著的伤口愈合效果。综上，海参作为天然多功能化妆品原料，展现出广阔的商业应用前景。

1. 前言

海洋作为地球上最大的生态系统，拥有极其丰富的生物多样性，是一个尚待继续深入挖掘的天然生物活性物质宝库。由于海洋环境的独特性，海洋生物在长期进化过程中发展出多样而独特的代谢机制，产生了大量具有生理活性的新型化合物。这些天然产物在结构上常具有新颖性和复杂性，表现出多种潜在的生物学功能，近年来引起了科学界和工业界的广泛关注。伴随着人们对健康和美容需求的提升以及对天然产品偏好的不断增长，海洋生物的活性成分在医药、功能食品、营养保健以及化妆品等领域的应用潜力不断被发掘。迄今为止，已有众多具有药理活性和营养价值的海洋生物被成功应用于食品和医药行业，取得了显著成果。与此同时，从海洋资源中筛选和提取新型的生物活性成分作为化妆品原料的研究也呈现快速发展的趋势。

化妆品作为一种日常消费

品，广泛用于人体表面以实现清洁、美化、改善外观和提升吸引力等目的。在传统意义上，化妆品更偏重于外在修饰与基础护理，而近年来，一种融合药理功能与美容效果的“药妆”（Cosmeceuticals）概念应运而生。药妆品不仅具备化妆品的外用功能，更富含具有生理活性或药理作用的成分，能够辅助改善皮肤问题、延缓衰老甚至参与皮肤治疗。因此，“药妆”逐渐成为美容护肤领域的重要发展方向。尤其是来源于海洋生物的天然成分，因其独特的结构、低毒性和高活性，受到消费者和研发人员的广泛青睐，成为“蓝色药妆”中最具吸引力的组成部分之一。

在众多海洋生物中，海参（学名：Holothurians）是一种具有高营养和高药用价值的海洋无脊椎动物，早在古代就被视为珍贵的滋补食材，尤其在中国和日本等亚洲国家被广泛食用。海参体型柔软、呈圆柱状，属于棘皮动物门（图1）^[1]，主要生活在海底，

以摄取微小藻类和有机物为食。其营养价值极高，富含优质蛋白质、低糖、低脂且不含胆固醇，是典型的高蛋白、低热量健康食品。除此之外，海参中还富集了多种生物活性化合物，如海参皂苷、多肽、多糖、粘多糖及多种矿物质和微量元素，这些成分在抗氧化、抗炎、抗肿瘤、免疫调节和促进组织修复等方面表现出卓越的药理作用（表1）。海参在传统中医中被誉为“百补之王”和“补肾第一良药”，具有极高的保健和药用价值。随着科技的不断进步和提取技术的优化，越来越多研究聚焦于海参中活性成分的化妆品应用潜力。特别是在抗衰老、保湿、美白和修复等方面，海参提取物表现出显著效果，为天然功能型化妆品提供了新的思路和创新方向。近年来，海参的这一特性吸引了化妆品研发企业的高度重视，相关产品不断问世，逐步拓展出一个具有巨大增长潜力的新兴市场。



①【图1】西印度洋中的罕见海参^[1]

表 1 海参活性成分及其功能应用表

类别	代表成分	主要功能与作用	应用领域
蛋白质 / 多肽类	高质量蛋白、海参多肽	促进组织修复、增强免疫、抗炎、抗氧化、细胞再生	保健食品、抗衰老护肤、修复类产品
多糖类	海参多糖、糖胺聚糖(粘多糖)	增强免疫、抗氧化、保湿、提升皮肤弹性、促进伤口愈合	功能食品、医用敷料、保湿 / 修复护肤品
皂苷类	海参皂苷(如 Holothurin)	抗肿瘤、抗菌、促进胶原蛋白合成	抗老精华、功能性保健品
氨基酸类	类菌胞素氨基酸(MAAs)	抗氧化、天然 UV 吸收剂、抗光老化	绿色防晒霜、抗衰护肤品
类胡萝卜素	β -胡萝卜素、叶黄素	抗氧化、清除自由基、细胞保护	抗污染护肤、抗氧化产品

2. 海参作为化妆品原料的生物活性

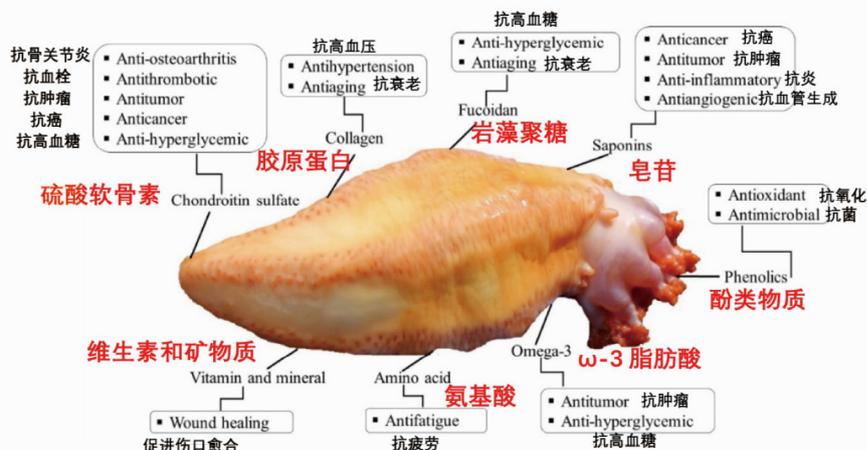
海参作为化妆品原料,具有丰富的生物活性物质,是高效护肤品开发的重要天然来源。研究表明,海参体内富含多种对皮肤具有显著益处的活性成分,如海参皂苷、多肽、胶原蛋白、粘多糖、维生素和微量元素等(图2)^[2]。其中,海参皂苷具有抗氧化、抗炎和抗衰老作用,能够有效抑制自由基生成,延缓皮肤老化;海参多肽则具备良好的修复和保湿性能,有助于增强皮肤屏障功能;海参胶原蛋白能够促进皮肤弹性和紧致度,改善细纹和松弛现象。此外,海参中的粘多糖成分具备极强的保湿锁水能力,可提升肌肤含水量。这些生物活性物质的协同作用,使海

参成为具有广泛开发潜力的高端化妆品原料。

2.1 海参的抗皮肤衰老作用

与其他器官不同的是,皮肤作为重要的屏障,与环境直接接触。来自太阳的紫外线(UV)照

射是对皮肤有害的主要环境因素。这种紫外线照射会导致皮肤光老化。此外,在过去的几十年里,平流层臭氧层大量流失,这引发了人们对太阳紫外线辐射强度增强关注。因此,为皮肤提



②【图2】 北极参生物活性化合物及其潜在的益处^[2]

供足够的光保护是很重要的。研究者已在黑海参 (*Holothuriaatra*) 的表皮组织中发现了光保护化合物, 例如类胡萝卜素和类菌胞素氨基酸 (MAAs)。MAAs 在光保护中的作用已有报道^[3], 可作为广谱紫外线吸收剂。例如, MAAs 被封装在脂质体中, 用作 UVA 引起的皮肤老化的防晒霜 (图 3)^[4]。比较皮肤脂质氧化和皮肤老化参数, 如弹性、皱纹深度和粗糙度, MAAs 脂质体的表现与合成 UVA 防晒霜的乳霜作用一样。紫外辐照后, MAAs 不产生反应性中间体, 这表明 MAAs 能够将吸收的紫外线转化为无害的热能。MAAs 作为光保护化合物的高效性表明其在化妆品行业中的潜在商业应用。然而, 为了满足防晒要求, MAAs 中的氨基酸官能团必须被烷基氨基取代, 以降低它们的亲水性。MAAs 除了抗氧化作用还发挥了额外的作用, 如一些 MAAs 不仅可以通过吸收高能光子并将能量作为热量消散, 还可以通过清除活性氧 (ROS) 来保护皮肤免受紫外线辐射, MAAs 显示出有效的抗氧化活性。

2.2 海参的皮肤美白作用

近些年, 皮肤美白在全球范围内得到重视, 尤其在亚洲。皮肤美白可以通过几种作用机

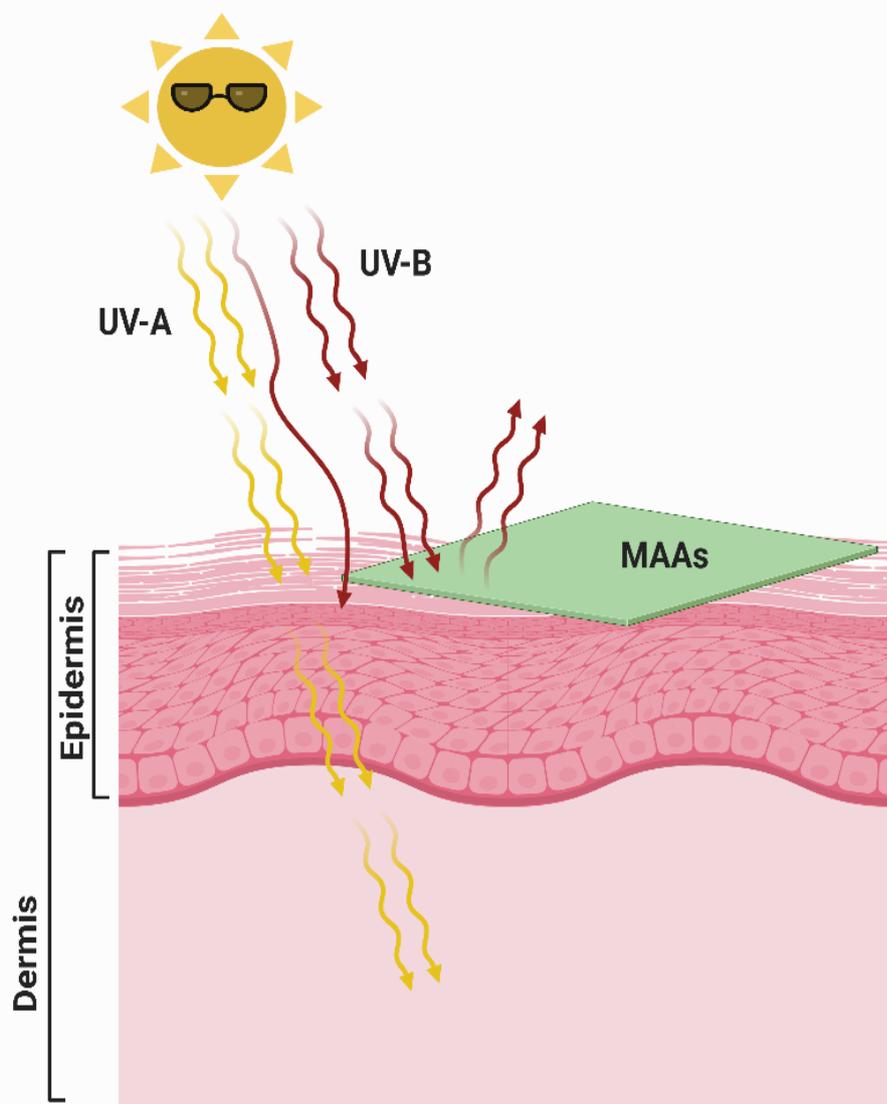


图 3 使用天然环保型 MAAs 作为绿色防晒霜, 以保护皮肤免受紫外线引起的皮肤损伤^[4]

制来实现, 例如抑制小眼病相关的转录因子、下调黑皮质素受体的活性、干扰黑素体的成熟和转移、黑素细胞丢失和酪氨酸酶抑制。酪氨酸酶是一种 60~70 kDa 的含铜糖蛋白, 被认为是黑色素生成途径的限速酶。酪氨酸酶催化两个连续的氧化反应^[5]: 首先催化单酚 (如酪氨酸) 发生羟基

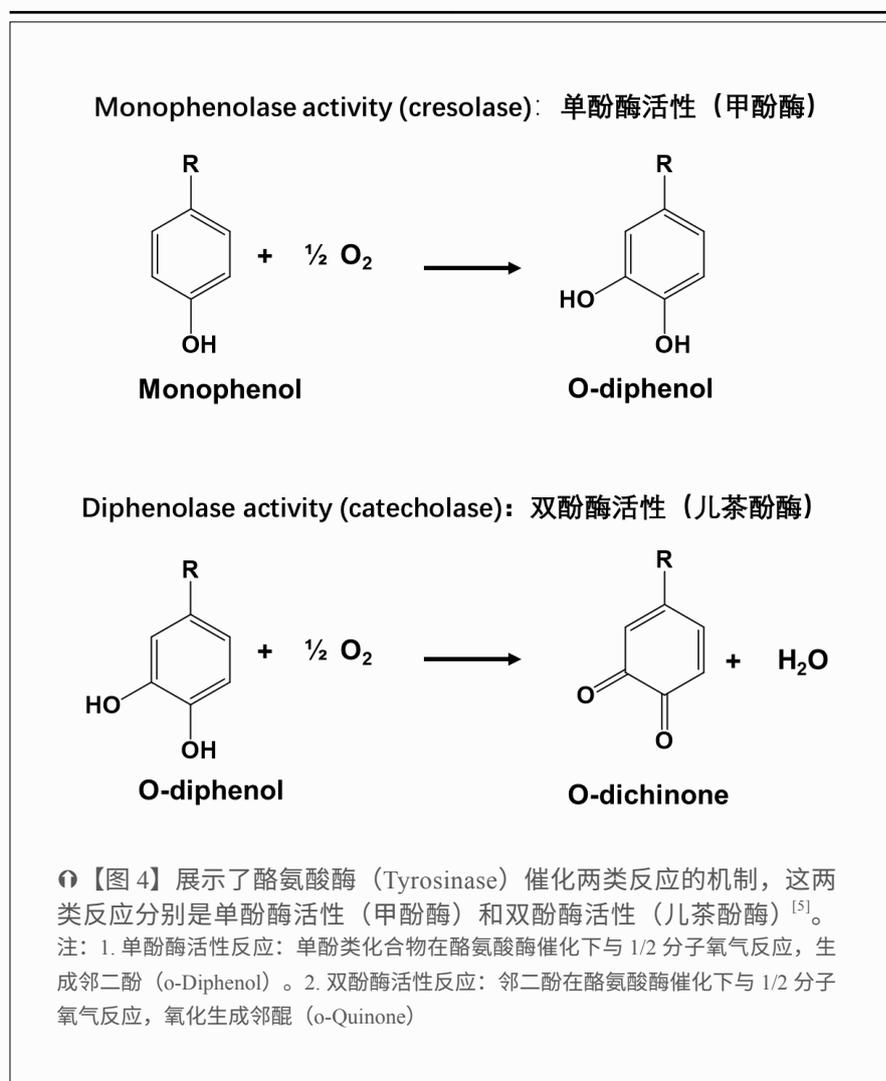
化反应生成 *L*-二羟基苯丙氨酸 (DOPA, 即邻二酚类物质), 随后进一步将多巴氧化为多巴醌 (邻醌类化合物) (图 4)。醌类物质具有高反应活性, 可自发聚合形成高分子量聚合物或棕色色素, 也能与氨基酸和蛋白质等亲核基团发生反应, 显著促进棕色物质的生成。因此, 酪氨酸酶作

为黑色素合成的关键酶，其活性调控在美白化妆品领域的重要性日益凸显。

尽管目前已有大量关于皮肤美白化妆品的研究，但由于传统酪氨酸酶抑制剂普遍存在毒性较高、稳定性差、皮肤渗透力有限以及抑制活性不足等问题，其在实际产品中的应用仍受到较大限制。因此，从天然资源中筛选安全高效的新型酪氨酸酶抑制剂，成为当前皮肤美白研究的重要方向^[3]。近年来，来自海洋生物尤其是海参的活性成分在这一领域引起了广泛关注。Husni 等人^[3]研究发现，海参 (*Stichopus japonicus*) 中的水提物和乙醇提取物均显示出良好的酪氨酸酶抑制活性，能够有效抑制黑色素生成。此外，Peng 等人^[6]首次从海参中分离得到的乙基- α -D-吡喃葡萄糖苷和腺苷被鉴定为潜在的关键酪氨酸酶抑制剂。这些化合物可能通过与酪氨酸酶天然底物如 *L*-酪氨酸和 *L*-DOPA 竞争结合、螯合酶活性位点中的铜离子、以及与酶中伯氨基形成席夫碱等方式，从多个途径共同作用以达到抑制酪氨酸酶活性的效果，从而有效减少黑色素合成，具有广阔的美白应用前景^[3,6]。

2.3 海参的抗微生物活性

在化妆品工业中，微生物污



染不仅会引起产品变质和失效，甚至产生异味和变色等感官问题，更严重时还可能因致病菌的存在对消费者健康造成潜在威胁。研究表明，某些病原微生物如金黄色葡萄球菌和大肠杆菌等一旦侵入产品，可引发皮肤感染和眼部刺激等不良反应，尤其在免疫力较弱人群中风险更高^[7]。事实上，微生物污染仍是当前全球化妆品召回事件的主要诱因之一，特别是

在湿热环境条件显著的热带发展中国家，这一问题更为突出^[8]。因此，开发更为高效、安全和天然的防腐系统成为当代化妆品研究的重要方向。在此背景下，海参这一海洋生物资源受到广泛关注。海参种类繁多，其体内富含多种具有生物活性的天然物质。近年来，Xie 等^[9]利用定向分离技术，从海参 (*Cucumaria frondosa*) 组织中提取出包括叶黄素 (Lutein)

和 β -胡萝卜素(β -carotene)在内的多种天然类胡萝卜素,其中叶黄素和 β -胡萝卜素表现出显著的抗菌活性,表明海参具有潜在的抗微生物应用价值。Jin等^[10]研究表明,这两种成分对金黄色葡萄球菌(ATCC 6538)等典型化妆品污染菌具有良好的抑制作用,可能通过抑制细菌群体感应和破坏细胞膜结构等机制发挥其抗菌效果^[10]。此外,这些提取的天然类胡萝卜素还具有抗氧化和光稳定等多重皮肤益处,为天然防腐剂在功能性护肤品中的应用提供了有力支持。这为开发具备多功能特性的绿色防腐体系提供了新的研究思路与实践路径。

2.4 海参提取物对伤口愈合的作用

伤口敷料用于治疗不同类型的伤口,例如烧伤、外伤和糖尿病性溃疡。伤口愈合过程包括3个阶段。初始炎症期的特征是血小板活化和生长因子和细胞因子的释放,然后是增殖期,此时生长因子被分泌,细胞增殖增强。最后一个阶段是重塑阶段,胶原蛋白的产生和组织发生,导致成熟的疤痕。最近,使用天然产品作为化妆品用于伤口愈合和皮肤再生变得越来越重要。

在亚洲国家,海参长期以来一直被用作治疗各种内外伤口的传统药物。海参的生物活性代谢物被用于促进组织修复和伤口愈合药物,来自股刺参和赫曼刺参外皮组织的糖胺聚糖在大鼠中具有伤口愈合特性^[11]。Masre等^[12]研究者表明,海参的外皮部分显示出最高的总硫酸糖胺聚糖含量,其次是内脏和体腔液。Masre等^[11]通过使用电子束辐照技术将新西兰金海参纳入水凝胶配方,并作为新型交联Gammat水凝胶敷料推出。Gammat水凝胶具有伤口愈合特性,已被证明可用于治疗大鼠的烧伤伤口。结果显示,Gammat水凝胶明显增强了伤口的收缩,改善了组织再生。Gammat水凝胶敷料还可以调节炎症反应,刺激成纤维细胞的激活和增殖,并增强胶原纤维网络的快速生成,从而缩短愈合时间。大鼠烧伤模型的伤口加速闭合,部分原因是海参中有效成分从水凝胶基质中释放出来,与水凝胶系统提供的湿润环境发生协同作用。因此,海参可能为临床实践中的伤口愈合提供一种新的和有效的替代治疗。

3. 结论

随着现代消费者对天然、安全和高效护肤品的需求日益增长,海参作为富含多种生物活性

成分的海洋资源,在化妆品领域展现出广阔的应用前景。海参及其提取物中含有甲壳素、糖胺聚糖、海参皂苷、多肽、粘多糖以及紫外吸收物质MAAs等多种活性物质,具有显著的抗氧化、抗炎、抗衰老、美白保湿、促进胶原蛋白合成和加速伤口修复等功效,为天然功能型护肤品的研发提供了坚实的科学基础。在技术层面,未来可借助高效分离纯化、生物酶解、发酵工程以及纳米递送系统等先进手段,提高海参活性成分的稳定性、生物利用度和皮肤渗透效率,从而优化其在化妆品中的应用性能。同时,需加强对海参成分的安全性及长期使用效果的系统评估,以满足日益严格的法规要求及消费者对产品品质的期待。

从产业和市场角度来看,海参与其提取物在天然护肤品、医美辅料以及功能性个人护理产品中的市场潜力巨大,尤其是在高端护肤品领域具备差异化竞争优势。此外,随着“蓝色经济”战略的推进和海洋生物资源保护意识的增强,如何在保障生态可持续的前提下进行资源开发利用,也是未来发展的关键方向之一。因此,推动海参与化妆品领域的深入研究与产业转化,不仅有望丰富我国本土天然化妆品原

料资源，也将为海洋功能性材料的高值化利用开辟新的路径。通

过多学科交叉融合与产学研协同创新，海参有望成为引领天然高

效护肤新时代的重要力量。

参考文献

- [1] Conand C, Michonneau F, Paulay G, et al. Diversity of the Holothuroid Fauna (Echinodermata) at La Réunion (Western Indian Ocean)[J]. *Western Indian Ocean J Marine Sci*, 2010, 9(2): 145-151.
- [2] Hossain A, Dave D, Shahidi F. Northern sea cucumber (*Cucumaria frondosa*): A potential candidate for functional food, nutraceutical, and pharmaceutical sector[J]. *Marine Drugs*, 2020, 18(5): 274.
- [3] Husni A, Jeon J S, Um B H, et al. Tyrosinase inhibition by water and ethanol extracts of a far eastern sea cucumber, *Stichopus japonicus*[J]. *J Sci Food Agric*, 2011, 91(9): 1541-1547.
- [4] Singh A, Čížková M, Bišová K, et al. Exploring mycosporine-like amino acids (MAAs) as safe and natural protective agents against UV-induced skin damage[J]. *Antioxidants*, 2021, 10(5): 683.
- [5] Agarwal P, Gupta R, Agarwal N. A review on enzymatic treatment of phenols in wastewater[J]. *J Biotechnol Biomateri*, 2016, 6(4): 249.
- [6] Peng L H, Liu S, Xu S Y, et al. Inhibitory effects of salidroside and paeonol on tyrosinase activity and melanin synthesis in mouse B16F10 melanoma cells and ultraviolet B-induced pigmentation in guinea pig skin[J]. *Phytomedicine*, 2013, 20(12): 1082-1087.
- [7] Abdallah M, Benoliel C, Drider D, et al. Biofilm formation and persistence on abiotic surfaces in the context of food and medical environments[J]. *Archives Microbiol*, 2014, 196(7): 453-472.
- [8] Santos M C, Padua R M, Silva E R, et al. Microbial contamination in cosmetic products: A comparative study of preservatives effectiveness[J]. *Brazilian J Pharm Sci*, 2018, 54(2): e00156.
- [9] Xie C X, Tian Y, Zhu Y F, et al. Antimicrobial activity of lutein and β -carotene isolated from sea cucumber *Cucumaria frondosa*[J]. *Marine Drugs*, 2023, 21(2): 94.
- [10] Jin Y, Zhu Y, Zhao J, et al. Evaluation of the antimicrobial mechanism of carotenoids from sea cucumber against *Staphylococcus aureus*[J]. *Frontiers Microbiol*, 2023, 14: 1152394.
- [11] Masre S F, Yip G W, Sirajudeen K N S, et al. Wound healing activity of total sulfated glycosaminoglycan (GAG) from *Stichopus vastus* and *Stichopus hermanni* integumental tissue in rats[J]. *Int J Mol Med Adv Sci*, 2010, 6(4): 49-53.
- [12] Masre S F, Yip G W, Sirajudeen K N S, et al. Quantitative analysis of sulphated glycosaminoglycans content of Malaysian sea cucumber *Stichopus hermanni* and *Stichopus vastus*[J]. *Nat Prod Res*, 2012, 26(7): 684-689.

百年老药

阿司匹林的传奇经历

作者：杨天林；Email: yang_tl@nxu.edu.cn



一、引言

说到阿司匹林 (Aspirin)，我们很容易想到柳树，因为柳树中含有与阿司匹林密切相关的化学成分水杨酸钠。在中国古代文化中，柳树是一种很特别的植物，这种植物与送别有关，在中国古代诗歌中，“柳树”常被赋予一种意象，以表达诗人惜别时分的不舍情怀，春秋时期，“折柳送别”已成为一种习俗，我们可从《诗经》中《小雅·采薇》的诗句“昔我往矣，杨柳依依。今我来思，雨雪霏霏。”体会作者“不忍相别、恋恋不舍”之情意。到了唐朝时期，“折柳送别”更多的进入到了诗人的创作视野，“箫声咽，秦娥梦断秦楼月。秦楼月，年年柳色，灞陵伤别。”李白的这首《忆秦娥·箫声咽》借长安灞柳将伤别之情表达得淋漓尽致，那年年不变的柳色一定见证了无数人的悲欢离合。下面提到的这首叫做《村居》的七言绝句也写到了柳树，诗中所写却是另一种风格，诗句浅显且富有情趣：

草长莺飞二月天，
拂堤杨柳醉春烟。
儿童放学归来早，
忙趁东风放纸鸢。

作者是清代诗人高鼎 (1828~1880年)，那时候，高鼎正隐于江西上饶，春日农村特有的



📍 图片来源于网络安全公益网站

明媚和迷人景色随诗句的展开扑面而来，几个放学归来的孩子在此大好春光里放风筝，看到这样的情景谁能不受到感动呢？

上面所写只是一个引子，本文的核心内容却与一种叫做阿司匹林的药物有关。

二、柳树药用价值的记忆

一本叫做《埃伯斯莎草古卷》的古埃及药典提到了一种止痛药，药典中说服用一种植物的浸泡液可以治疗疼痛^[1]，这种植物就是我们熟悉的柳树，时间大约是公元前1552年，相当于中国的商朝时期。大概从那时候起，人类已经发现了柳树叶子具有镇痛效果，只是那时候提取其中有效成分的技术有限，只能通过用水煮、研磨等手段来利用

柳树叶子或柳树皮达到治病之目的，《神农本草经》中说，柳之根、皮、枝和叶均可入药，有清热解毒和利尿防风之功效，外敷可以治疗牙痛^[2]。

到了公元前400年，有“古希腊医学之父”之称的希波克拉底 (Ἱπποκράτης, 公元前460~前370年) 经常为病人开可以缓解疼痛和退烧的药方，希波克拉底在一本叫做《箴言》的论文集中记载了这个药方，其中说把柳树皮制成一种药粉让病人服用或让病人咀嚼柳树皮或柳树叶都可以起到缓解疼痛的作用，希波克拉底常给孕妇喝柳树皮泡的水以减轻分娩的疼痛，他当时并不知道柳树皮的有效成分^[3]。据说美洲印第安人也早就

知道柳树皮可以治疗疼痛和发烧，印第安人只是知道柳树皮中的某种成分可以治疗疼痛，除此之外，他们并不比希波克拉底知道得更多。

三、奠定基础

18世纪50年代，英国医生爱德华·斯通(Edward Stone, 1702~1768年)经常碰到一些疟疾患者，疟疾是由疟原虫引起的寄生虫病，这种疾病的一个最大特点是发热，同时伴有严重的头痛，斯通尝试用柳树皮缓解这些症状，具体方法是把柳树皮磨成粉，加适量清水，每4h给病人服用1次，结果，病人的症状有明显缓解。1763年4月25日，斯通给英国皇家学会主席写了一封信，报告了他应用柳树皮治疗热病的情形，斯通在信中说，他前后给大约50个病人服用了这种树皮的粉末，效果都不错^[4]。

19世纪初，化学实验技术有了明显发展，这主要有利于一些药物有效成分的分离和鉴定，1828年，德国药学家约翰·布赫纳(Johann Buchner, 1783~1867年)从柳树皮中分离出了少量针状晶体，他把这种味苦的晶体命名为水杨苷(Salicin)，布赫纳得到的水杨苷是一种相对纯净的黄色物质，1年后，法国化学家雷洛克斯(Henri Leroux,

1792~1873年)对水杨苷的提取方法进行了改进，他从1kg的柳树皮中提取了20g的水杨苷晶体，到这个时候，科学家已经认识到柳树皮中的水杨苷是止疼和退烧的核心成分。

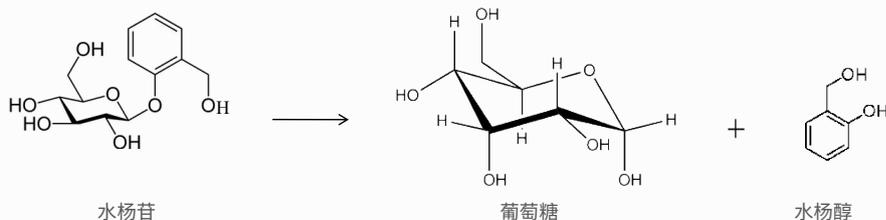
水杨苷味苦，分子中无游离酚羟基，属于酚苷类化合物，水杨苷广泛存在于多种柳属和杨属植物的树皮和叶子中，在紫柳树皮中水杨苷含量甚至接近30%。水杨苷的分子式为 $C_{13}H_{18}O_7$ ，是一种无色结晶或者白色粉末，在一般有机溶剂中难溶，可溶于水，能溶于碱溶液、吡啶或冰醋酸中。水杨苷经稀酸或苦杏仁酶水解，可生成葡萄糖和水杨醇(2-Hydroxybenzyl alcohol)，反应式见图1。

水杨苷具有解热和镇痛作用，过去曾用于风湿病的治疗，现已被其他药物代替，由于它水解后可产生水杨醇，容易被氧化而生成水杨酸，因此曾是合成水杨酸类药物的主要来源，制药工

业上目前已采用合成法制造水杨酸药品。

1838年，意大利化学家皮里亚(Raffaele Piria, 1814~1865年)将水杨苷水解，得到葡萄糖和水杨醇，他进一步将水杨醇氧化为水杨酸，后来随着提纯技术的发展，水杨酸及其盐获得批量生产，并作为一种非常有效的止疼药使用。更多医生通过临床实验证明了水杨酸钠的退热、止痛和消炎作用，作为一种退热镇痛的主要药物，水杨酸钠获得广泛使用，但它的副作用是对胃的有腐蚀作用。

1853年，法国化学家葛哈德(Charles Frédéric Gerhardt, 1816~1856年)获得了一种制备乙酰水杨酸的方法，他将乙酰氯与水杨酸钠混合，两者随即发生剧烈反应，得到一种半固体物质，他将这种结构未知的物质叫做“水杨酸-乙酸酐”，这种化合物实际上就是乙酰水杨酸，只是葛哈德没有继续对这种化合物做进一步的提纯和结构研究。到这个



①【图1】水杨苷水解生成葡萄糖和水杨醇

时候，科学家的工作已经为阿司匹林的横空出世奠定了重要基础。

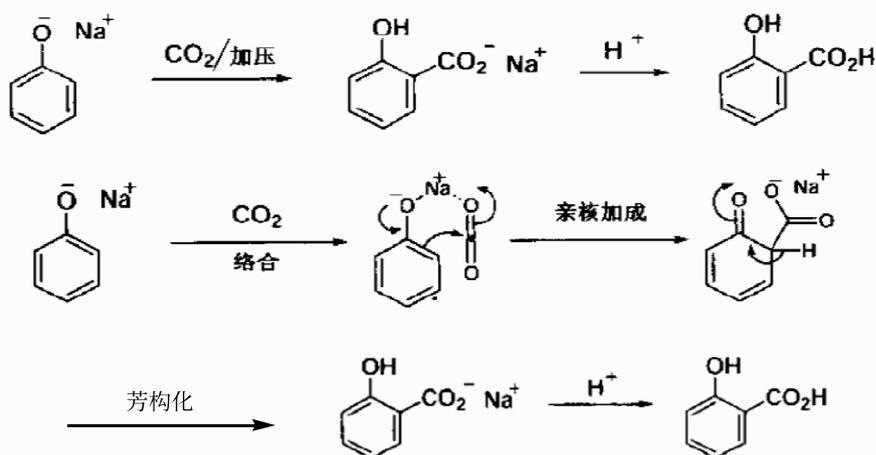
在阿司匹林的发现史上，德国化学家赫尔曼·科尔贝 (Hermann Kolbe, 1818~1884 年) 同样功不可没，他于 1859 年提出了科尔贝-施密特反应 (Kolbe-Schmitt Reaction)，这一反应利用苯酚钠和二氧化碳在高温加压条件下进行羧基化，反应为水杨酸的大规模生产提供了有效途径^[4] (图 2)。

同一时期的苏格兰医生麦克拉根 (T. J. MacLagan, 1824~1902 年) 用柳树皮提取物成功地降低了风湿病患者的体温，缓解了患者的疼痛和浮肿，此后不久，他在医学杂志《柳叶刀》上发表了相应论文。

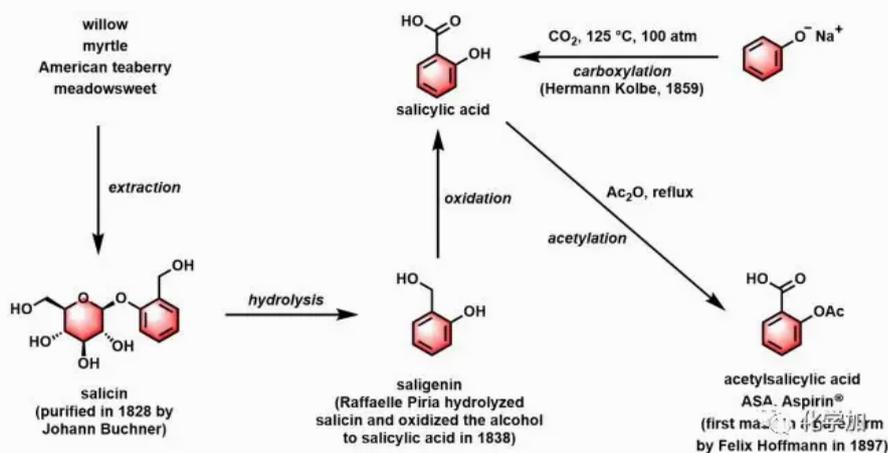
四、阿司匹林的合成

虽然水杨酸有抗炎和镇痛作用，但在其诞生初期并未展现出神奇疗效，它同时有诸多副作用，如难闻的气味、对消化黏膜的刺激和呕吐，甚至可能引发消化道溃疡。为了克服这些缺点，拜耳公司尝试对水杨酸进行结构改造，前期积累相对缓慢，真正的突破出现在 1897 年。

1897 年，拜耳公司药物研究和发展部的主管艾兴格林 (Arthur Eichengrün, 1867~1949 年) 把“找



【图 2】Kolbe-Schmitt 反应及其机理^[4]



【图 3】阿司匹林的发现历程 (图片来源于 Chemistry Europe)

到一种治疗效果与水杨酸相当，但副作用更小的药物”这一任务交给化学家霍夫曼 (Felix Hoffmann, 1868~1946 年)，霍夫曼当时是实验室的研发人员。

接到任务后，霍夫曼通过查阅资料寻找合成思路，他在 1853 年的《化学与制药纪事》上看到了法国化学家葛哈德关于合成乙酰水杨酸、并以此降低水杨

酸副作用的尝试，直到 19 世纪 70 年代，化学研究人员利用葛哈德的方法得到的乙酰水杨酸的纯度仍然非常低，当时科学传播能力也有限，除了化工行业的研究者外，很少有人知道他们的研究工作。

霍夫曼的工作其实很单调，重复实验，优化流程，再重复实验，再优化流程。收获的一天终

于到来, 1897年8月10日, 霍夫曼在笔记本上写道: “我得到的乙酰化产物与文献中所说的不同, 它与三氧化铁不反应, 且没有腐蚀性, 意味着它与水杨酸显著不同, 根据这些性质, 我觉得我已经发现了一种合成乙酰水杨酸的方法, 它在医药方面一定会有重要用处。”

从柳树皮的主要成分到乙酰水杨酸的发明是药物有机合成的典型范例, 科学史家普遍认为霍夫曼首次合成出了乙酰水杨酸, 霍夫曼工作的一个重要推动力是为了给父亲治病, 他父亲当时患有风湿病, 平常用水杨酸钠来止痛, 水杨酸钠最明显的副作用是对胃部的灼烧, 霍夫曼很想在实验室合成出一种能取代水杨酸钠且没有副作用的止痛药。

作为一个优秀的研发人员, 霍夫曼比别人更懂得药物分子结构与性质之间的关系, 实际上没有花多少时间, 霍夫曼就以水杨酸为原料合成出了纯净的乙酰水杨酸(图5), 乙酰水杨酸的最大优点是具有镇痛清热作用, 这一点与水杨酸钠一样, 却没有水杨酸钠灼烧胃的副作用。

乙酰水杨酸的合成属于酯化反应, 即水杨酸的酚羟基和乙酸酐作用失去一分子乙酸而形成



图4 (左) 赫尔曼·科尔贝 (中) 费利克斯·霍夫曼和 (右) 亚瑟·艾兴格林 (图片来源于搜狐)

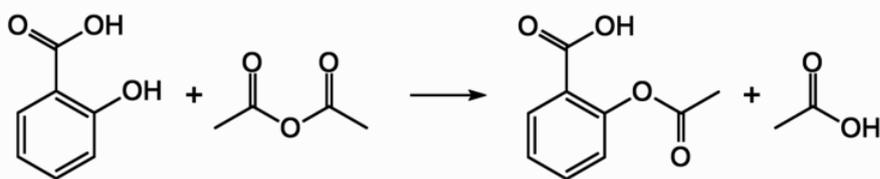


图5 从水杨酸到乙酰水杨酸的反应

酯, 通常需要少量酸(如硫酸或磷酸)催化反应, 合成路线并不复杂, 反应机理^[5](图6)大致包括三步: (1) 水杨酸的酚羟基进攻被酸活化后的乙酸酐; (2) 在酸根离子作用下脱掉质子形成半缩酮结构; (3) 在酸催化剂的帮助下脱去一分子副产物乙酸, 进而完成质子转移过程得到乙酰化的水杨酸。特别注意的是含高浓度乙酰水杨酸的制剂常常有醋味, 这是因为乙酰水杨酸会在潮湿的环境下发生水解, 生成水杨酸和乙酸。

霍夫曼合成了乙酰水杨酸, 结晶出的纯净产物为临床治疗提供了有利条件, 经霍夫曼修饰的产物解决了水杨酸的刺激性问题。在

拜尔公司内部, 霍夫曼合成乙酰水杨酸的工作其实是在艾兴格林的指导下完成的, 只是艾兴格林命途多舛, 作为犹太裔科学家, 艾兴格林刚好赶上了第二次世界大战, 当时生活在纳粹德国的艾兴格林差点丢掉了性命, 在那个特殊年代, 他对合成阿司匹林的贡献被有意淡化了。

五、临床验证

至此, 合成工作似乎已告一段落, 下一步工作是权衡它能否作为一种合格的药物, 药理学家拜耳公司的药理主管海因里希·德雷泽(Heinrich Dreser, 1867~1953年)是一位固执且极为严谨的学者, 考虑到水杨酸会造成心脏衰竭的可

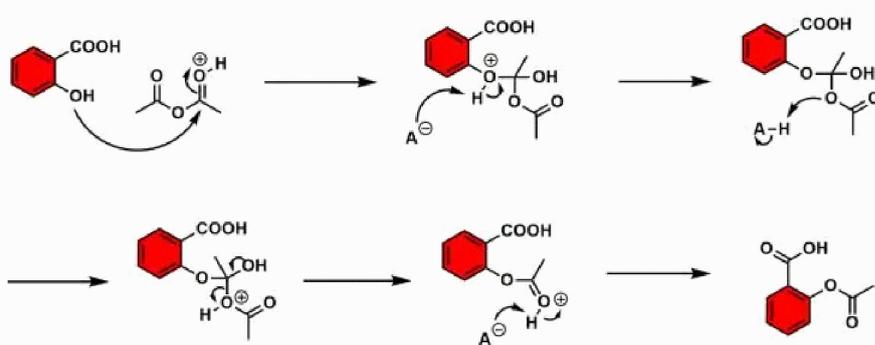
能性, 德雷泽并不赞成立即对合成的乙酰水杨酸进行临床试验。

霍夫曼开始着手下一个药物开发, 差点忘了刚刚合成的乙酰水杨酸, 艾兴格林对乙酰水杨酸的兴趣似乎更大, 为了验证它对心脏的伤害, 艾兴格林不惜亲自做临床实验, 他发现服下少量乙酰水杨酸后没有觉得心脏有任何明显的不适。此后他联系了自己熟悉的一些医生朋友, 请他们谨慎地安排一些试验, 一些医生在医学报告中说阿司匹林在止痛、消炎和退烧方面效果很好, 另一些医生非常敏锐的捕捉到这种新药的疗效远好于水杨酸, 更多医生在使用这种新药后获得的评价非常一致, 渐渐的, 乙酰水杨酸引起了医学界的称赞和肯定, 艾兴格林备受鼓舞, 很快就向实验室所有人员通报了这一信息, 结果引起了拜耳公司的重视, 立即要求展开全面的药理实验。

六、阿司匹林的市场之路

事实上, 就在霍夫曼合成出乙酰水杨酸的那一年, 已经有一家化学品公司在批量生产乙酰水杨酸, 只不过当时他们的产品只是用作化学工业的原料, 在化学工业上, 乙酰水杨酸也是一种很重要的化合物。

拜耳公司起初主要是免费提



【图6】乙酰水杨酸的合成反应机理^[5]

供给医生使用, 用过的人都明显感觉到乙酰水杨酸极好的药用效果, 在确定了乙酰水杨酸对疼痛、炎症及发热的临床疗效测试和药理功效后, 拜耳公司决定将该药投放市场。

1899年1月23日是拜耳公司值得纪念的日子, 这一天, 公司给这个药物(乙酰水杨酸)取了一个流传至今的商品名称, 阿司匹林, 这意味着跨越几个世纪众多探索研究、机遇和努力的某种顶点, 但对于阿司匹林来说, 这似乎还只是某种传奇的序幕。

半年之后, 阿司匹林开始投产, 最初的几次不太引人关注的学术会议和在专业期刊上与其他药物并列的几则简讯对阿司匹林的销售并没有起到很大作用, 这一产品显得安静低调。

随着时间的推移, 更多关于乙酰水杨酸的报道和研究论文为其走向市场奠定了基础, 此后阿

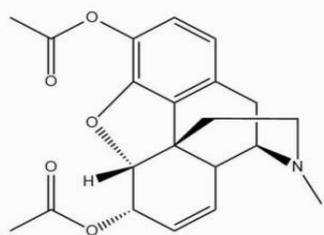
司匹林在医药市场的流行与此有很大关系。在20世纪初的头三年时间里, 平均每年有约50篇论文提到了阿司匹林, 在此背景下, 人们开始认为阿司匹林无所不能, 可以治疗各种疼痛, 各种炎症, 甚至包括枯草热和糖尿病, 在此非理性趋势下, 阿司匹林的市场销量快速上升。

在争取专利申请和拓展海外市场的前提下, 拜耳公司也十分重视通过医生打开阿司匹林市场的策略, 到1906年, 阿司匹林在美国的销量已经占到了公司全部产品在美总销量的1/4。历经20世纪20年代大流感的洗礼, 阿司匹林凭借其在解热镇痛消炎方面优异的表现, 在全球市场建立了难以匹敌的市场竞争优势, 即使到了20世纪50年代, 阿司匹林仍然是拜耳公司利润最高的产品。拜耳公司在将阿司匹林推向市场的过程中或许捕捉到了隐藏在其背后的敏感信息, 即: 将

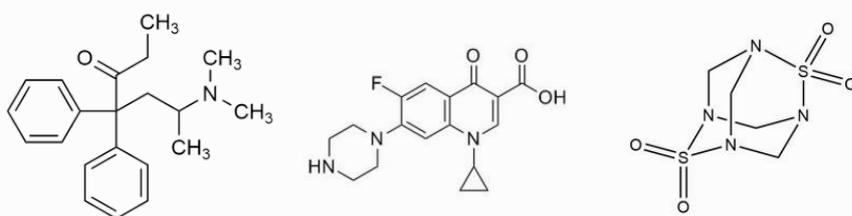
霍夫曼的孝子身份与阿司匹林的传奇故事完美融合在一起的是故事本身的伦理价值与药品销售之间良好的互动关系。

拜耳公司以药物的创新发明著称，许多重大发明如美沙酮、环丙沙星和毒鼠强（图 7）强等都来自拜耳实验室^[6]，这些发明为人类的发展进步做出了巨大贡献。广泛且有效的药用功能和低廉价格使阿司匹林成为像青霉素和奎宁那样最经典也最常用的药物，直到今天，即使新的药物不断问世，阿司匹林仍然是风靡全球的最实用药物之一。它毫无疑问是文明带给人类的重要恩惠，而霍夫曼无异于守护人类健康的天使。

霍夫曼合成乙酰水杨酸大概两周后，又合成了另一种药物分子，它就是二乙酰吗啡^[7]，我们更熟悉的是它的商用名称海洛因，海洛因这个名称其实是拜耳公司的杰作。命运之神有些捉弄人，让同一个人合成了制药史上两大传奇药物，一个是人类历史



①【图 9】二乙酰吗啡的分子结构



①【图 7】(左) 美沙酮、(中) 环丙沙星和(右) 毒鼠强的化学结构



①【图 8】拜耳公司创始人弗里德里希·拜耳（Friedrich Bayer, 1825~1880 年）及公司标志（图片来源于（左图）百度百科，（右图）化学加）

上最有用的药物之一，另一个是人类历史上最害人的药物之一，霍夫曼犹如那个行走在天使与魔鬼之间的科学家。

七、“老树发新枝”

到了 20 世纪 70 年代，在解热镇痛类新药更加多样化的背景下，阿司匹林很难一家独大，这时人们却发现了它的新用途，阿司匹林似乎迎来了自己的第二春，随着对阿司匹林研究的深入进行，药理学家发现阿司匹林还具有抗血小板凝结、预防冠心病、降低脑梗死发生率等重要药用价值^[8-9]，另外，它在癌症预防、糖尿病防治和缓解

白内障^[10]等方面也显示出某种功效。

1971 年，英国皇家外科学院的药理学家约翰·范恩（Sir John Robert Vane, 1927~2004 年）证实，阿司匹林会不可逆地使合成前列腺素和血栓素所需的环氧合酶（COX，前列腺素氧化环化酶）失活，从而抑制前列腺素和血栓素的生成^[11]，他因这一发现和瑞典生物化学家伯格斯特龙（Sune Karl Bergström, 1916~2004 年）、瑞典生理学家萨米尔松（Bengt Ingemar Samuelsson, 1934~2024 年）共同

获得了 1982 年的诺贝尔生理学或医学奖。

阿司匹林老树发新枝,此后,各种基于它的新型非甾体抗炎药不断被研发出来,这种跨越世纪的老药也在预防心脑血管、糖尿病、肿瘤以及妊娠高压^[12]等领域开疆拓土。一项涵盖 9 万脂肪肝患者的大型临床数据表明,每日接受低剂量阿司匹林治疗能使非酒精性脂肪肝病 (NAFLD) 患者肝细胞癌的发生风险降低 52%^[13],基于药代动力学在阿司匹林抑制血小板活化的分子作用机制方面的研究表明,低剂量阿司匹林可用于心血管疾病的治疗和预防,研究结果指出相应药物在心血管疾病

患者抗血小板治疗方面有良好的应用前景^[14],另一方面,水杨酸盐激活 AMP-活化蛋白激酶 (AMP-activated protein kinase) 直接触发结直肠癌细胞 C-Myc 降解,这一研究结果意味着阿司匹林及其活性代谢产物水杨酸盐对结直肠癌有预防和抑制作用^[15-16],相关研究成为阿司匹林及其类似物老药新用的典范,成就了制药史上的一段新传奇。

八、小结

阿司匹林的发现史告诉我们,任何一种药品的成功开发都是在众多前辈的研究基础上加以改良和创新而来的,偶然因素可能会有,但科学发现或创造更是

一个持续动态的过程,它需要细心观察、好奇心和长期的坚持或坚守,很多科学家甚至为此付出一生,在科学发现史上,那是一段无法复制的壮丽风景。回过头来看,霍夫曼的发明一定是站在前人的肩膀之上,充分体现了研究的借鉴价值和科学的传承精神。特别重要的是,合成化学是发现新药的主要动力,也是制药技术进步的重要源头,化学合成药物在可以预见的将来仍然是各大制药公司新药研发的重点课题。从最初治疗头疼脑热的常规药,到如今具有许多引人瞩目的新用途,阿司匹林仍将续写属于自己的传奇。

参考资料

- [1] 郭宗儒. 经久不衰的阿司匹林[J]. 药学学报, 2015, 50(4): 506-508.
- [2] 汪芳. 纵览阿司匹林发展历史[J]. 中国全科医学, 2016, 19(26): 3129-3135.
- [3] Thijs J, Rinsema D. One hundred years of aspirin[J]. Med History, 1999, 43(4): 502-507.
- [4] Desborough M J R, Keeling D M. The aspirin story—from willow to wonder drug[J]. British J Haematology, 2017, 177(5): 674-683.
- [5] 谢文娜, 裘兰兰. 阿司匹林的合成综述[J]. 化工管理, 2018(27): 16-17.
- [6] 屠化. 阿司匹林的合成及其研究进展[J]. 中国战略新兴产业, 2017(36): 100.
- [7] 郭明章. 几种毒品简介[J]. 生物学通报, 1998(21): 33-35.
- [8] 宋祖益. 近年来阿司匹林被发现的新作用及副作用[J]. 中国实用医药, 2013, 30: 161-162.
- [9] 高英立, 育斌. 世纪长青——阿司匹林在心脑血管病的应用综述[J]. 药学与临床研究, 2010, 18(4): 331-337.
- [10] 杨阳, 杨南, 刘玉翠, 等. 阿司匹林抗肿瘤作用机制的研究进展[J]. 吉林医药学院学报, 2016, 37(4): 301-303.
- [11] 杨茂祥, 焜浚. 《诺贝尔奖金获得者辞典 1901-1985》[M]. 西安: 陕西人民教育出版社, 1987.
- [12] 王云鹏, 庄梅. 阿司匹林临床应用的新进展[J]. 临床合理用药杂志, 2019, 12(2): 176-178.
- [13] Lee T Y, Hsu Y C, Tseng H C, et al. Daily aspirin associated with a reduced risk of hepatocellular carcinoma in patients with non-alcoholic fatty liver disease: A population-based cohort study[J]. eClin Med, 2023, 61(6): 323-331.
- [14] Cloud G C, Williamson J D, Thao L T P, et al. Low-dose aspirin and the risk of stroke and intracerebral bleeding in healthy older people: Secondary analysis of a randomized clinical trial[J]. JAMA Netw Open, 2023, 6(7): 571-580.
- [15] Liu C F, Rokavec M, Huang Z K, et al. Salicylate induces AMPK and inhibits c-MYC to activate a NRF2/ARE/miR-34a/b/c cascade resulting in suppression of colorectal cancer metastasis[J]. Cell Death Disease, 2023, 14(10): 707-716.
- [16] Ana Laura S A M, Ashley J O, Emil Jakobsen, Diego I G, et al. Salicylate-elicited activation of amp-activated protein kinase directly triggers degradation of c-myc in colorectal cancer cells[J]. Cells, 2025, 14(4): 294-302.

紫陌芳菲 丁香花的多维探秘

作者：李唐；Email: eynwnu@163.com

撑着油纸伞，独自彷徨在悠长、悠长又寂寥的雨巷。我希望飘过，一个丁香一样的结着愁怨的姑娘。

——戴望舒《雨巷》

1. 引言

“那是丁香！你不见叶子上残留的雪和斜斜的风。”徐志摩在《花牛歌》里，用简练而富有画面感的诗句，描绘出了丁香花在风雪与残叶映衬下的独特风姿，为这一平凡的花卉赋予了浪漫而又略带忧伤的诗意。而唐磊的一曲《丁香花》，以其哀婉动人的旋律和深情的歌词，如“你说你最爱丁香花，因为你的名字就是它，多么忧郁的花，多愁善感的人啊”，讲述了一个关于爱与失去的故事，让丁香花成为了无数人心中情感的寄托。

观赏丁香 (*Syringa*) 属于木犀科丁香属落叶灌木或小乔木，全球范围内，丁香属约有 28 个品种，在中国北方地区广泛种植，被誉为“高原花魁”（图 1）。其中一些常见的观赏品种，如紫丁香、白丁香、佛手丁香和小叶丁香等。这些品种在形态、花色和香气上各有特点，共同构成了丁香花丰富多彩的家族。

丁香花的花朵为两性花，这意味着一朵花中同时具备雄蕊和雌蕊，能够进行自花授粉。花朵形状呈漏斗状，四片花瓣紧紧围绕在一起，形成一个精致的十字形状，这种独特的形状在众多花卉中十分容易辨认。在花序上，众多的小花紧密排列，形成一个紧凑而又美丽的整体。当丁香花盛开时，整个花序犹如一个巨大的花球，悬挂在枝头，十分壮观。

丁香花宛如一位优雅的使者，用它那淡雅的花色和醉人的芬芳，点缀着人间大地。从古老的传统医学到现代的科技领域，丁香花凭借其丰



❶【图 1】高原花魁丁香花（图片来源于 <https://www.douyin.com/note/7353571763541839131>，https://cn.best-wallpaper.net/Lilac-flowers-bloom-spring_wallpapers.html）

富的内涵和独特的价值，一直在默默地为人类的健康和生活增添色彩。接下来，我们将从科学的角度，深入探寻丁香花的奥秘，揭开它化学成分、香味持久之谜以及神奇的药用功效。

2. 化学成分

2.1 挥发油

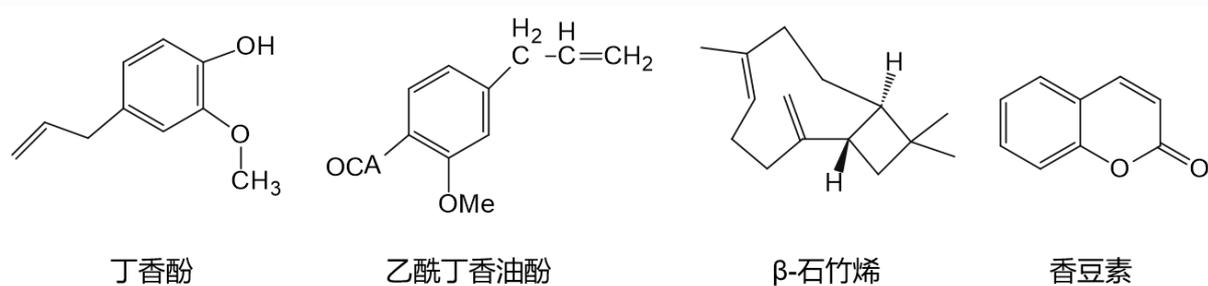
在丁香花的化学成分中，挥发油无疑是最为关键的组成部分，它赋予了丁香花独特的香气和诸多神奇的功效，是丁香花魅力的核心所在。丁香花的挥发油含量丰富，一般占其干重的15%~20%，这些挥发油犹如隐藏在花朵中的宝藏。如图2所示，丁香油的主要成分是丁香酚（Eugenol），含量约为80%~85%。此外，还含有少量的乙酰丁香酚（Acetyleneugenol）、 β -石竹烯（ β -Caryophyllene）、香豆素（Coumarin）等成分^[1]。

丁香酚是丁香花香气的主要贡献者，是一种无色至淡黄色的液体，其化学结构中含有一个烯丙基和一个甲氧基，这种独特的结构赋予了它特殊的物理和化学性质。在香料工业中，丁香酚是调配丁香花香型香精的关键原料，广泛应用于香水、化妆品和食品等行业，为这些产品增添了独特的香气。在医药领域，丁香酚具有抗菌、抗炎和止痛等多种药理活性，被用于治疗多种疾病，如口腔炎症和胃肠道疾病等。

乙酰丁香酚也是挥发油中的重要成分之一，它是丁香酚的乙酰化产物，在挥发油中的含量相对较低，一般为5%~20%。乙酰丁香酚同样具有丁香花的香气，但相较于丁香酚，其香气更为柔和、细腻。它的化学结构中，在丁香酚的基础上增加了一个乙酰基，这使得它的性质与丁香酚略

有不同。在药理作用方面，乙酰丁香酚也具有一定的抗菌、抗炎和镇痛作用，虽然其活性相对丁香酚较弱，但在丁香花的整体药用价值中，也发挥着不可或缺的作用^[2]。它与丁香酚相互协同，共同为丁香花的药用功效提供了支持。

β -石竹烯是一种倍半萜烯类化合物，在丁香花挥发油中含量约为5%~10%。它具有独特的香气，同时还具有抗炎、抗菌和抗氧化等多种生物活性。 β -石竹烯的化学结构中含有多个双键和环状结构，这种复杂的结构赋予了它丰富的生物活性。研究表明， β -石竹烯可以通过调节炎症信号通路，抑制炎症介质的释放，从而发挥抗炎作用；它还可以破坏细菌的细胞膜，抑制细菌的生长和繁殖，具有抗菌作用；此外， β -石竹烯还能够清除体内的自由



【图2】丁香油主要成分的化学式

基，减少氧化应激对细胞的损伤，具有抗氧化作用^[3]。这些生物活性使得β-石竹烯在医药、食品和化妆品等领域具有潜在的应用价值。在医药领域，它可能被开发成为治疗炎症相关疾病的药物；在食品领域，它可以作为天然的防腐剂和抗氧化剂，延长食品的保质期；在化妆品领域，它可以用于护肤品中，保护皮肤免受自由基和炎症的伤害，延缓皮肤衰老。

除了以上主要成分外，丁香花挥发油中还含有少量的甲基正戊基酮、水杨酸甲酯、萹草烯、苯甲醛、苜醇、间甲氧基苯甲醛、乙酸苜酯、胡椒酚和α-衣兰烯等成分。这些成分虽然含量较少，但它们共同构成了丁香花挥发油复杂而独特的香气，使其香气更加丰富、层次分明。

2.2 三萜类化合物

丁香花中还含有多种三萜类化合物，如齐墩果酸(Oleanolic acid)、乌苏酸(Ursolic acid)和白桦脂酸(Betulinic acid)等。这些化合物具有广泛的生物活性，如护肝、抗炎、抗肿瘤和抗病毒等。

齐墩果酸(Oleanolic acid)是其中较为常见的一种三萜化合物，它具有多种生物活性，如护肝、抗炎和抗肿瘤等。齐墩果酸

的化学结构中含有1个五环三萜骨架，这种结构赋予了它独特的生物活性。在肝脏保护方面，齐墩果酸可以促进肝细胞的再生，抑制肝细胞的损伤，降低血清谷丙转氨酶和谷草转氨酶的水平，从而对肝脏起到保护作用。在抗炎方面，它可以抑制炎症细胞的浸润和炎症介质的释放，减轻炎症反应。在抗肿瘤方面，齐墩果酸可以诱导肿瘤细胞凋亡，抑制肿瘤细胞的增殖和转移。这些生物活性使得齐墩果酸在医药领域具有重要的研究价值和应用前景，可能被开发成为治疗肝脏疾病、炎症相关疾病和肿瘤的药物^[4]。

2.3 黄酮类化合物——抗氧化的能手

丁香花中含有多种黄酮类化合物，如槲皮素(Quercetin)、山奈酚(Kaempferol)和杨梅素(Myricetin)等。山奈酚具有较强的抗氧化活性，能够清除体内的自由基，减少氧化应激对细胞的损伤。它还具有抗炎作用，可以抑制炎症介质的释放，减轻炎症反应^[5]。槲皮素同样具有抗氧化和抗炎作用，此外，它还具有抗菌、抗病毒和抗过敏等多种生物活性^[6]。这些黄酮类化合物在丁香花中的存在，不仅有助于提高丁香花自身的抗氧化能力和

抵御外界环境压力的能力，还为其潜在的药用价值提供了支持。

3. 医学应用

随着现代医学的不断发展，对丁香花药用价值的研究也取得了丰硕的成果。现代医学研究表明，丁香花中含有的多种化学成分，如挥发油、黄酮类及三萜类等，是其具有药用功效的物质基础。这些成分通过不同的作用机制，在抗菌消炎、抗氧化和调节消化系统等方面发挥着重要作用。

在抗菌消炎方面，丁香花中的挥发油成分，特别是丁香油酚和乙酰丁香油酚，具有广谱的抗菌活性^[2]。在食品防腐领域(图3)，它们能够抑制多种细菌和真菌的生长繁殖，如金黄色葡萄球菌、大肠杆菌和白色念珠菌等。研究发现，丁香油酚可以破坏细菌的细胞膜和细胞壁，导致细菌内容物泄漏，从而达到杀菌的效果。它还能够抑制细菌的蛋白质合成和核酸代谢，进一步抑制细菌的生长。在一些口腔护理产品中，常常添加丁香油酚，用于预防和治疗口腔感染，如牙龈炎和牙周炎等^[7]。因为口腔中存在着大量的细菌，丁香油酚的抗菌作用可以有效地减少细菌数量，减轻炎症反应，保护口腔

健康。对于一些皮肤感染性疾病，如痤疮和疖肿等，丁香花的提取物也具有一定的治疗作用。它可以抑制引起皮肤感染的细菌生长，减轻炎症症状，促进皮肤的愈合。

丁香花中的黄酮类化合物和挥发油成分具有很强的抗氧化能力^[9]。它们可以清除体内的自由基，减少氧化应激对细胞的损伤，从而起到预防和治疗多种疾病的作用。自由基是人体代谢过程中产生的一类活性氧物质，它们具有很强的氧化性，能够攻击细胞内的生物大分子，如蛋白质、核酸和脂质，导致细胞损伤和衰老。丁香花中的抗氧化成分可以与自由基发生反应，将其转化为稳定的物质，从而减少自由基对细胞的损害。研究表明，丁香花的抗氧化作用可以降低心血管疾病的发生风险。自由基在心血管疾病的发生发展过程中起着重要作用，它们可以氧化低密度脂蛋白，形成氧化型低密度脂蛋白，这种物质容易被巨噬细胞吞噬，形成泡沫细胞，进而导致动脉粥样硬化的发生^[10]。丁香花的抗氧化成分可以抑制低密度脂蛋白的氧化，减少泡沫细胞的形成，从而预防动脉粥样硬化的发生。丁香花的抗氧化作用还可以延缓衰老，保护皮肤免受紫外线的伤害，

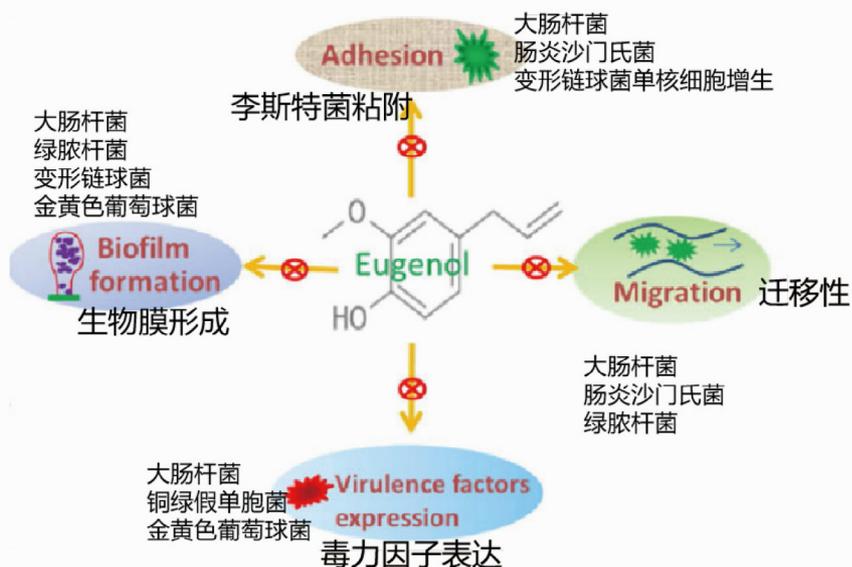


图3 丁香酚在食品防腐领域的抗菌图^[8]

预防皮肤癌的发生。

丁香花对消化系统的调节作用也得到了现代医学的证实。研究发现，丁香花中的挥发油成分可以刺激胃肠道的神经末梢，促进胃液和消化酶的分泌，提高胃肠道的消化功能^[11]。它还可以调节胃肠道的平滑肌收缩，增强胃肠蠕动，促进食物的排空，从而缓解胃胀和胃痛的症状。对于一些患有慢性胃炎和胃溃疡等消化系统疾病的患者，丁香花的提取物可以起到一定的辅助治疗作用。它可以减轻胃部炎症，促进胃黏膜的修复，缓解疼痛和不适症状。在一些传统的中医方剂中，也常常使用丁香花来调理脾胃，促进消化吸收。

随着现代医学的不断发展，丁香花的药用价值也得到了进一步的挖掘和开发。目前，已经有一些基于丁香花成分的药物进入了临床试验阶段^[12]，对某些类型的癌症具有一定的疗效。此外，一些研究人员正在探索丁香花成分在治疗阿尔茨海默病和帕金森病等神经退行性疾病中的应用。

4. 结语

从徐志摩的诗歌到唐磊的歌曲，从传统医学的经典记载到现代科学的深入研究，丁香花始终散发着独特的魅力。它以丰富的化学成分、持久的香味和广泛的医学应用，为人类的生活带来了诸多益处。

然而，我们对丁香花的探索

远未结束。随着科技的不断进步，尤其是基因技术和纳米技术等新兴技术的发展，我们有望进一步揭示丁香花的奥秘，挖掘其更多的潜在价值。例如，通过基因编辑技术，培育出香味更浓郁和药用成分更丰富的丁香花品种；利

用纳米技术，开发出基于丁香花成分的新型药物递送系统，提高药物的疗效和安全性。在未来，丁香花或许将在更多领域发挥重要作用，如在环境保护领域，利用其挥发性成分净化空气；在生物能源领域，探索其作为生物质

能源的潜力。当我们再次漫步于丁香花丛中，闻到那熟悉的芬芳时，让我们不仅仅沉醉于它的美丽与香气，更要记得它为人类社会的发展所做出的贡献，继续探索丁香花应用的无限可能。

参考文献

- [1] Tarhan S. A robust method for simultaneous quantification of eugenol, eugenyl acetate, and beta-caryophyllene in clove essential oil by vibrational spectroscopy[J]. *Phytochemistry*, 2021, 19(11): 191-219.
- [2] Hu Q, Zhou M F, Wei S Y, et al. Progress on the antimicrobial activity research of clove oil and eugenol in the food antiseptics field[J]. *J Food Sci*, 2018, 21(33): 1152-1179.
- [3] Fidyk K, Fiedorowicz A, Strzda L, et al. β -aryophyllene and β -aryophyllene oxide-natural compounds of anticancer and analgesic properties[J]. *Cancer Med*, 2016, 5(10): 3007-3017.
- [4] Castellano J S, Ramos-Romero, Perona J S. Oleanolic acid: Extraction, characterization and biological activity[J]. *Nutrients*, 2022, 14(3): 622.
- [5] Imran M, Salehi B, Sharifi-Rad J, et al. Kaempferol: A key emphasis to its anticancer potential[J]. *Molecules*, 2019, 24(12): 2277.
- [6] Song X, Wang Y, Gao L. Mechanism of antioxidant properties of quercetin and quercetin-DNA complex[J]. *J Mol Modeling*, 2020, 26(6): 133.
- [7] Plefh A C V, Hoshino L V C, Sato F, et al. Cloves (*Syzygium aromaticum*) fluid gel on healing of pododermatitis in rabbits[J]. *Veterinary Res Commun*, 2021, 22(9): 486-512.
- [8] Hu Q, Zhou MF, Wei S. Progress on the antimicrobial activity research of clove oil and eugenol in the food antiseptics field[J]. *J Food Sci*, 2018, 83(6): 1476-1483.
- [9] Silva M V, Lima A D C A D, Silva M G, et al. Clove essential oil and eugenol: A review of their significance and uses[J]. *Food Biosci*, 2024, 62(7): 1412-1438.
- [10] Chen X, Li X, Xu X, et al. Ferroptosis and cardiovascular disease: Role of free radical-induced lipid peroxidation[J]. *Free Radical Res*, 2021: 1-30.
- [11] Tanzeem M U, Asghar S, Khalid S H, et al. Clove oil based co-surfactant free microemulsion of flurbiprofen: Improved solubility with ameliorated drug-induced gastritis[J]. *Pakistan J Pharm Sci*, 2019, 32(6): 2787-2793.
- [12] Bezerra D P, Milito G C G, et al. The dual antioxidant/prooxidant effect of eugenol and its action in cancer development and treatment[J]. *Nutrients*, 2017, 9(12): 1367-1381.

PS&T：微纳复合结构： 透明到多色电致变色超级电容器的 构筑通解

来源：高分子科学与技术 PS&T 公众号；原文链接：https://mp.weixin.qq.com/s/FGigETqcTZClc7_S6A579w

一、研究背景

电致变色 (Electrochromic, EC) 材料因其在外加低电压驱动下能够实现快速、可逆的光学特性调控而受到广泛关注。凭借高能量转换效率、低能耗以及良好的功能拓展性等显著优势, EC 材料已成功应用于建筑智能窗、电动汽车和航天飞机等智能化领域。其中, 聚合物类 EC 材料变色种类丰富、颜色切换迅速, 还可进行 roll-to-roll 加工, 已然成为电致变色领域的重点研究方向。

目前, EC 聚合物主要分为共轭聚合物和非共轭聚合物两大类。与共轭聚合物材料“深色到浅色”的 EC 特点不同, 非共轭聚合物 EC 材料可展现出“无色透明至深色/多色”的独特变化特点, 不仅与共轭聚合物形成鲜明对比, 更在实际应用中与其形成完美的互补关系, 有效解决了颜色变化方面的应用局限性。含有特种工程塑料结构特征单元的 EC 聚合物是此类材料的典型代表, 因具有制备方法简单、加工方式多样、热稳定性优异和机械性能良好等优势, 也被称为“高性能聚合物 (High Performance Polymer, HPP)”, 是现阶段非共轭 EC 材料的研究热点。

然而, 受非共轭结构特点的影响, 电致变色器件 (Electrochromic Devices, ECD) 的常规构筑方法尚不能充分发挥此类材料的性能优势, 限制了其进一步发展。因此, 开发适配非共轭 EC 材料的电解质、对电极、导电电极以及优化器件制备工艺, 是目前电致变色领域亟待解决的关键科学问题。

二、文章简介

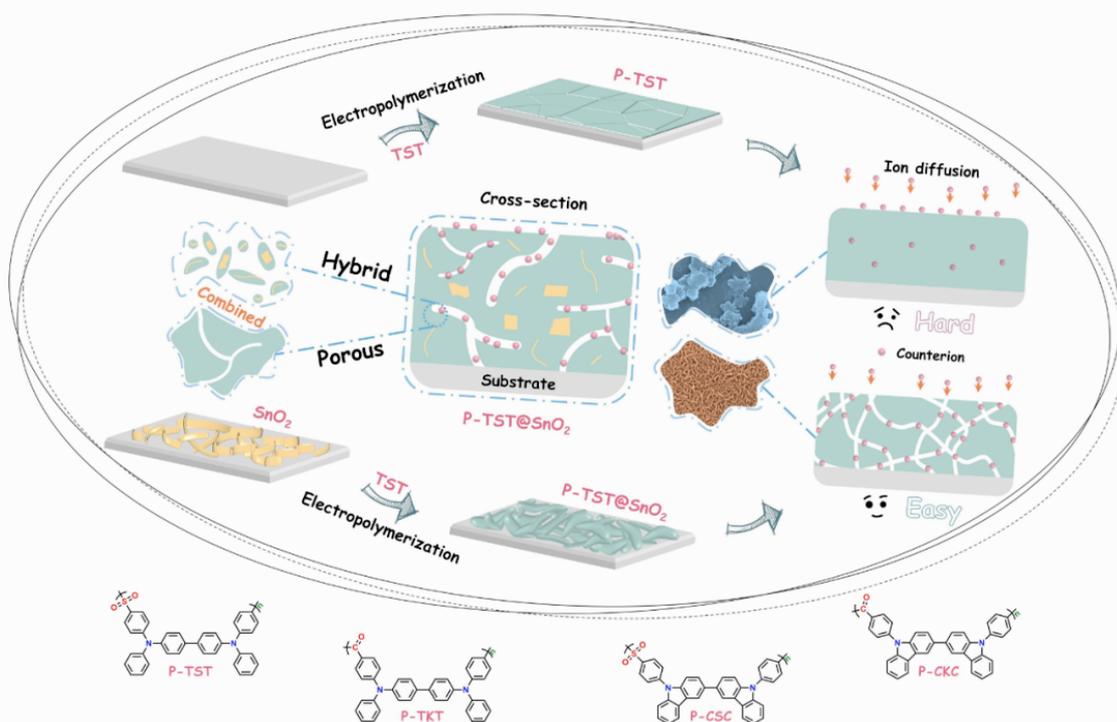
吉林大学陈峥教授团队与河南大学蔡国发教授团队合作, 针对当前非共轭聚合物电致变色器件面临的发展瓶颈, 提出了一种协同优化策略: 通过“调控导电基底微纳结构特征”和“选配离子存储层材料”, 开发出一种适用于 HPP 类电致变色材料的通用器件结构。该器件以氧化锡 (SnO_2) 作为导电基底改性层, 有效提升了电致变色活性层的稳定性问题; 以五氧化二钒 (V_2O_5) 作为离子存储层, 不仅改善了电荷平衡效果, 还赋予该器件能量存储功能, 从而实现了“电致变色—超级电容”双功能特性。

在导电基底方面, 研究团队利用 SnO_2 与氟掺杂氧化锡 (FTO) 玻璃的高度相容特性, 经水热反应

在导电基底上直接构建了具有规整多孔微观形貌的 SnO₂ 纳米片改性层，与 FTO 形成结构稳定的导电复合膜。相比于未经修饰的 FTO 导电基底，SnO₂ 纳米片的引入不仅增强了活性材料与导电电极之间的粘附力，还缩短了 EC 过程中的离子传输路径。这些改进有效抑制了 EC 活性层在电化学反应中因“机械呼吸效应”导致的界面剥离，从而显著提高了器件的电致变色循环稳定性。

在离子存储层方面，研究团队采用改性 V₂O₅ 作为对电极，其具有制备工艺简单、高比表面积、宽电压窗口、优异的稳定性和良好的电解质浸润性等特性。与无对电极或使用其他对电极相比，该策略不仅在电致变色过程中有效平衡了 HPP 器件的电荷，还不会干扰活性层颜色变化的准确判断，有助于提升器件的实际应用价值。

本研究选取了四种结构互不相同的 HPP 聚



复合结构构筑策略及活性层选材示意图

合物（聚芳砜 P-TST 和 P-CSC、聚芳酮 P-TKT 和 P-CKC），对所提出的器件结构的可行性和普适性进行了系统地验证。得益于多孔复合结构的工作电极以及精选的互补对电极，优化后的器件在性能上展现出显著优势：光学对比度更高、响应速度更快、能量利用效率更优和耐久性更好。以 P-TST@SnO₂ 器件为例，经优化后，其光学对比度提升 146%，着

色时间缩短 71%，电荷利用效率提高 95%。值得注意的是，该构筑策略在设备集成超级电容器功能时同样适用，充分体现了器件结构对 HPP 材料的普适性和对多功能应用的兼容性。这项作为 HPP 型电致变色材料的广泛应用提供了新的技术路径，也为该类材料在电致变色领域的后续快速发展注入了新的活力。

该成果以“Micro-nano composite structures: General resolution for transparent-to-multicolored electrochromic supercapacitors assembly”（《微纳复合结构：透明到多色电致变色超级电容器的构筑通解》）为题，于

2025年5月6日发表在中国科学院长春应用化学研究所与美国化学会共同出版的期刊 *Polymer Science & Technology* 上。

三、论文信息

Micro-nano composite structures: General resolution for transparent-to-multicolored electrochromic supercapacitors assembly

Qilin Wang, Chenchen Bian, Zhibo Zheng, Huilin Shena, Keying Feng, Guofa Caib*, Zheng Chena*, Zhenhua Jianga

通讯作者，吉林大学化学学院，河南大学纳米科学与材料工程学院

原文链接：<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/polymcitech.4c00016>



Pyrazine-Based Donor Polymers for Cost-Effective High Performance Organic Solar Cells | *Polymer Science & Technology*
pubs.acs.org

扫描二维码阅读原文

四、作者团队



陈峥，本文通讯作者

吉林大学化学学院，教授，博士生导师。

现任吉林大学特种工程塑料教育部工程研究中心副主任，吉林大学化学学院高分子工程本科教学实验室主任，吉林省第二批科创专员。2012年受聘于吉林大学化学学院，一直从事电致变色材料、新能源材料、特种工程塑料合成与加工方向的研究工作。在 *JACS*、*Nat. Commun.*、*Macromolecules* 等国内外重要学术刊物上发表 SCI 论文 80 余篇，授权国家发明专利 10 项（第一发明人）。已主持并完成国家级、省部级项目 10 余项。



蔡国发

河南大学纳米科学与材料工程学院，教授，博士生导师，国家优秀青年基金获得者，河南省特聘教授，感光学会电致变色专业委员会副主任兼秘书长，连续入选斯坦福大学 2022、2023 年全球前 2% 顶尖科学家“年度影响力排行榜”，荣获第 27 届河南青年五四奖章。主要研究方向为电致变色纳米材料与大尺寸多功能器件，以第一（通讯）作者在 *Sci. Adv.*、*Adv. Mater.*、*Adv. Energy Mater.*、*ACS Energy Lett.*、*Adv. Funct. Mater.*、*Nano Energy*、*Prog. Mater. Sci.*、*Acc. Chem. Res.* 等期刊发表 SCI 论文 60 余篇，ESI 高被引论文 10 篇，论文他引 8500 余次，最高他引次数为 950 余次。主持国家自然科学基金 3 项，授权国际国内发明专利 8 件。

【CCS Chem.】

南方科技大学宋桥课题组： 动力学稳态的高亮度超分子荧光染料

来源：CCS Chemistry 公众号；原文链接：<https://mp.weixin.qq.com/s/fYb1-5arNMJ5-owpdwixJw>

近日，南方科技大学宋桥团队报道了一种动力学稳态超分子荧光染料的普适性构筑策略。该策略以自组装环肽为超分子骨架，通过增加疏水内层的刚性，有效抑制荧光分子的运动，从而大幅提高传统荧光染料的发光效率。

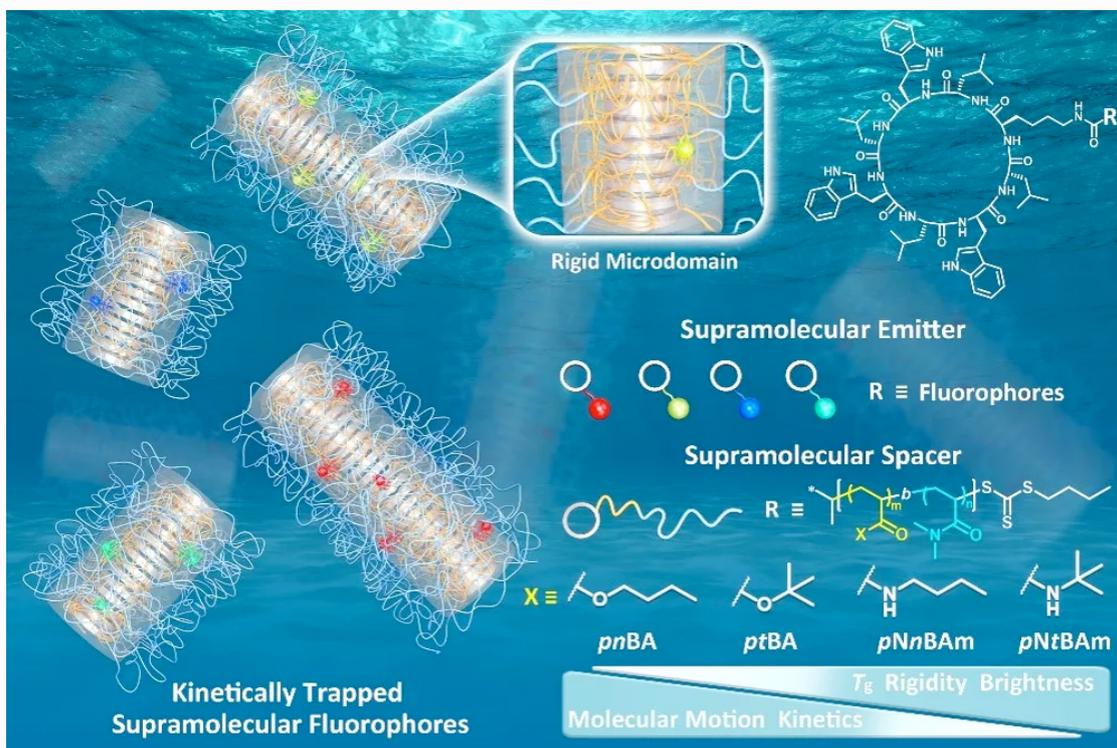
背景介绍：

发光能力是衡量荧光材料性能的核心指标，直接决定其在荧光探针、生物成像、传感器件等多个应用领域的实用价值。荧光是一种辐射跃迁过程，而分子运动是影响非辐射衰变的关键因素之一，因此有效抑制分子运动被认为是提升荧光效率的核心手段。除了以共价合成策略设计刚性分子骨架之外，超分子化学提供了一种互补且更具通用性的策略，其通过分子间非共价作用实现对染料分子的空间限域，从而抑制其非辐射过程。受绿色荧光蛋白的启发，研究者们将类似机制引入人工荧光染料体系的设计中，催生了包括聚集诱导发光 (AIE)、室温磷光 (RTP) 以及扭曲分子内电荷转移 (TICT) 在内的多类代表性体系。尽管上述策略在提升荧光效率方面取得了显著成效，其应用于传统荧光染料

时仍普遍面临聚集诱导猝灭 (ACQ) 的挑战。因此，如何构建兼具水溶性和刚性的超分子骨架体系，实现在分子尺度上对荧光染料的有效限域和分散，成为开发高性能水相荧光材料的关键。

本文亮点：

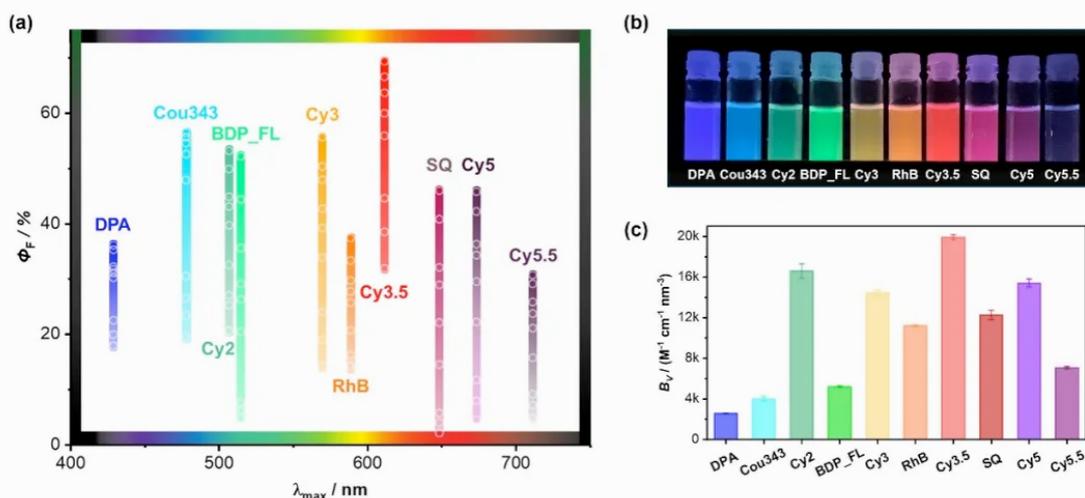
针对这一问题，南方科技大学宋桥团队在前期工作的基础上，对基于自组装环肽的超分子骨架进行创新性设计，引入玻璃化转变温度较高的疏水链段，构筑具有刚性疏水微区的超分子骨架。然后将传统荧光染料共价连接到自组装环肽上，利用非共价相互作用将其分散到超分子骨架的刚性疏水微区中 (图 1)。这样既可以有效抑制染料的聚集荧光淬灭，又可以限制分子运动，从而实现其荧光量子产率的大幅提升。



① 【图 1】超分子荧光染料的构筑示意图

作者选用 6 类常见的染料，包括稠环芳烃类、香豆素类、BODIPY 类、花青类、氧杂蒽类和方酸类，分别构筑了超分子荧光染料（图 2）。结果表明，所

有的超分子荧光染料均表现出优异的发光性能，荧光量子产率最高可达 71.6%，单位体积亮度最高可达 $19900 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1} \text{ nm}^{-3}$ ，与文献所报道的最高值持平。



① 【图 2】超分子荧光染料的光物理性质

通过调控疏水微区的刚性，可以在 3 个数量级的范围内调控超分子荧光染料的动力学行为。FRET 实验表明，刚性最高的超分子染料表现出约 60 小时

的平均寿命，表明其处于一种动力学稳定的状态。作者用单分子荧光成像在微观层面上证实了这类超分子染料在 72 小时内不存在动态交换（图 3）。

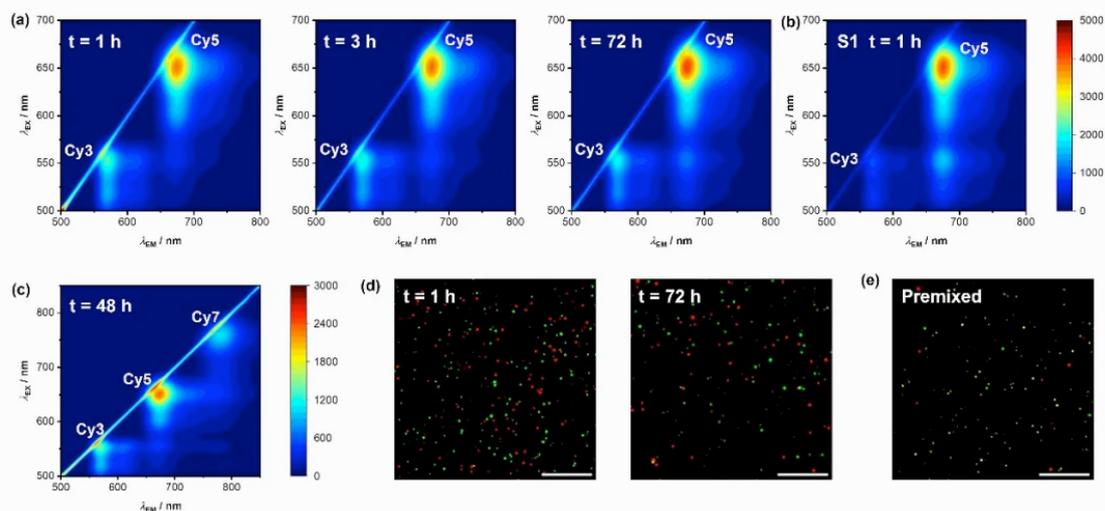


图 3 超分子荧光染料的动力学行为

总结与展望：

综上所述，本文报道了一种构建动力学稳态的高亮度超分子荧光染料的有效策略，在多色细胞成像等前沿生物成像领域展现出巨大的应用潜力。相关研究成果近期发表在中国化学会旗舰期刊 *CCS Chemistry*。第一作者是南方科技大学深圳格拉布

斯研究院科研助理严宪佳和硕士生雷雨晴，通讯作者为南方科技大学宋桥研究助理教授和中国科学院深圳先进技术研究院郭佳佳副研究员。该研究工作得到了国家自然科学基金委、深圳市科创局、有机光电子与分子工程教育部重点实验室等的资助与支持。

文章详情：

Kinetically Trapped Supramolecular Fluorophores: Suppressing Molecular Motion for Enhanced Brightness and Stability in Water

Xianjia Yan[‡], Yuqing Lei[‡], Huiying Guo, Xu Yu, Jiajia Guo*, and Qiao Song*

Cite this by DOI: 10.31635/ccschem.025.202505887

文章链接: <https://doi.org/10.31635/ccschem.025.202505887>



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