

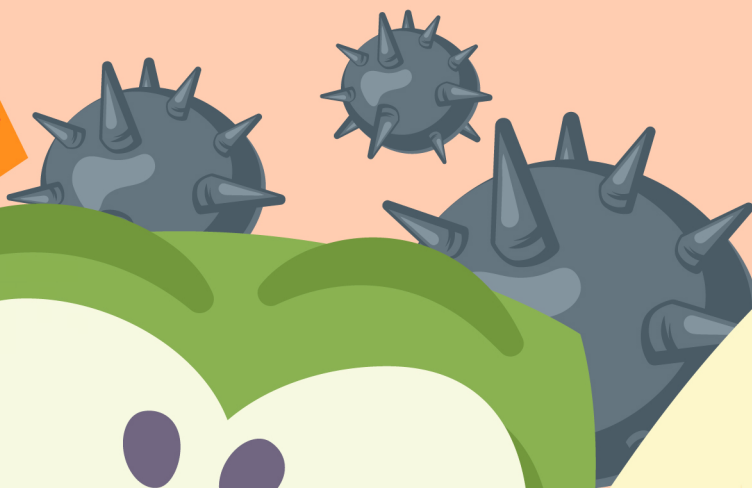


化学通讯

CHEMICAL NEWSLETTER

No.10

2026年05月30日



图于来源: www.magnific.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



主办单位: 中国化学会 中国科学院长春应用化学研究所

刊 期: 半月刊

主 编: 杨小牛 (中国科学院长春应用化学研究所)

副 主 编: 刘正平 (北京师范大学)

编辑部主任: 王重洋

总 编 辑: 孙智权 副 总 编 辑: 余婉宁

编 辑: 陈雨婷、朱真逸 版 面 设 计: 许 霞

联系电话: 0431-85262016

电子邮箱: hctx@ciac.ac.cn

公 众 号: Chemical Newsletter

投稿网址: <https://www.scicloudcenter.com/CN/>

电子版网址: <https://www.chemsoc.org.cn/library/newsletters/>

中国化学会秘书处

地 址: 北京市中关村北一街 2 号

联 系 人: 郝江涛、王亚茹

联系电话: 010-82449177

资讯汇集

单位会员资讯 | 中国科学院北京纳米能源与系统研究所招聘信息 01

来源: 中国化学会官网

单位会员资讯 | 新药梦, 下一程 | 中国科学院上海药物所 2026 年优秀大学生夏令营营员招募 05

来源: 中国化学会官网

新闻快递

生态环境部发布石化水污染物排放标准 08
二次征求意见稿

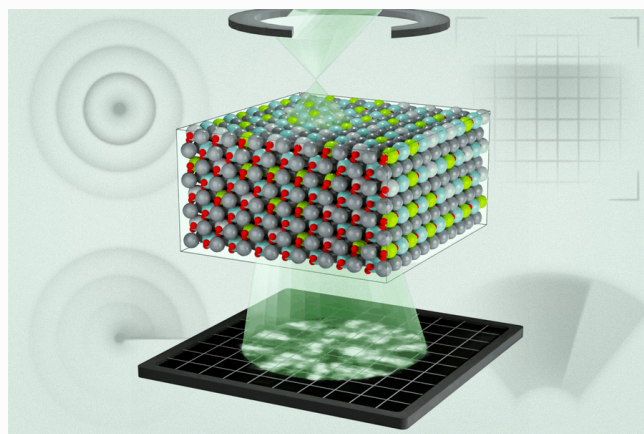
来源: 中华人民共和国生态环境部官网

南开大学与莫斯科国立大学深化化学教育合作 08

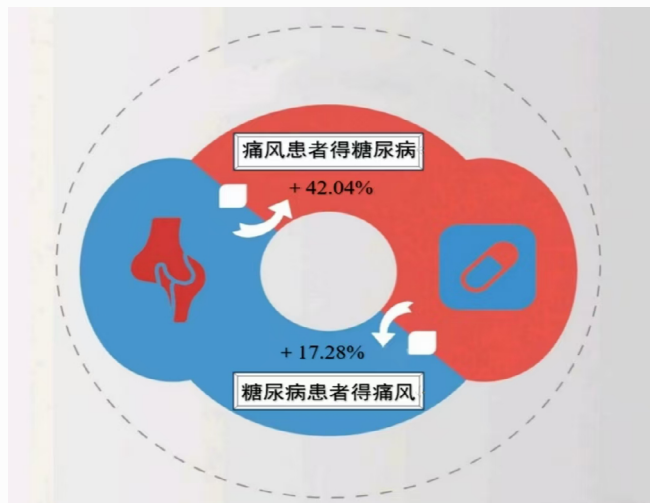
来源: 南开大学新闻网

我国成功研制智能透射电子显微镜“原眼一号” 08

来源: 今日头条·央广网



10



30

沈阳化工研究院主持修订农药国际通用名标准 08

来源：中国化工信息周刊公众号

教育部拟新增两所化工类本科高校 08

来源：中国化工报公众号

科技新闻

一种被广泛使用的材料，终于显露出隐藏的原子结构 09

来源：原理公众号

微塑料致癌又添新证据！从进入身体到助长肿瘤，仅4步 12

来源：新华社公众号

当化石燃料开采规模缩减时，我们将从何处获取硫和氢 15

来源：CHEMISTRYWORLD

矿山可成为可行的氢源 20

来源：c&en

科普大赛

※ 追寻时间的化学足迹——碘钟反应 22

作者：郑琳萱，唐祯悦，万科

※ 痛风与糖尿病：代谢病“难兄难弟”的年轻化警报 27

作者：卢庆华，杨宇丹，唐胜男，段镇娟

※ “五花八门”的驱蚊方法 37

作者：任曦筑，李裴丽

科研进展

【CCS Chem.】刘志敏研究员团队：废旧 46

聚酯塑料化学转化制备N-杂环化合物

来源：CCS Chemistry 公众号

PS&T：用于高性能有机电化学晶体管的交叉共轭给体-受体聚合物 48

来源：高分子科学与技术 P&T 公众号



43

单位会员资讯 |

中国科学院北京纳米能源与系统研究所 招聘信息

一、单位简介

中国科学院北京纳米能源与系统研究所（简称“纳米能源所”）是北京市和中国科学院联合共建的新型科研机构。2018年5月17日，北京市与中国科学院正式签订共建纳米能源所协议书，同年11月被北京市列入首批支持建设世界一流新型研发机构建设名单。2020年9月，纳米能源所搬迁入驻怀柔科学城，成为科学城正式建设以来首个整建制迁入的研究机构。

纳米能源所是国际纳米能源与纳米自驱动系统研究领域的主要创立机构，在本领域居于领先地位。建所以来，纳米能源所在中国科学院和北京市的支持下发展迅速，实现从无到有、从小到强的两个跨越式发展。研究所在纳米发电机基础理论、压电电子学学科等研究方面取得了世界领先的成就，获得专利500余件。面向国内外招聘引进了一大批科研骨干人才，截止目前，全所总人数合计700余人，形成了3名院士、32名PI为骨干的具有本领域国际一流水平的科研团队，建立了32个课题组，设立6大专业研究部。同时建成了本领域具有世界先进水平的科研支撑设备平台。

纳米能源所在推动基础科研产出的同时，积极推进成果的产业化。根据目前科研支撑情况，确立了五大产业发展方向，即微纳能源与蓝色能源产业、自驱动传感产业、微纳医疗健康与环保产业、自供能安防监测产业、压电（光）电子半导体产业。自2015年设立以来共支持30多个项目，确立了12项重点支持的专项，涉及信息领域的智能输入设备、流体自驱动智能监测、摩擦电式旋转传感器、关节运动智能康复支具、植入式医疗供能系统、人工智能中医精准辅助诊疗平台、自驱动经皮药物递送系统、接触电致催化技术应用、环境自驱动智能监测系统、自驱动智能服装、智能体育设施等。已成立了5家产业化公司，部分产品已经面市，部分产品已经应用到重要基础设施方面。

研究所积极开展国际学术交流和合作，多次参加包括美国材料学会年会、欧洲先进材料会议、国际纳米科学与技术会议等国际学术会议并做大会邀请报告。由纳米能源所发起的“纳米能源与纳米系统国际学术会议”（NENS，单数年在国内举办）和“纳米发电机与压电电子学国际学术会议”（NGPT，双数年在海外轮办）已举办7届，成为纳米能源与纳米系统学术领域的国际权威性会议。



二、招聘岗位

招聘岗位	招聘人数	岗位要求	薪酬福利
研究员—课题组组长	2	<ol style="list-style-type: none"> 1. 应聘人一般应在海外取得博士学位，年龄不超过 55 岁； 2. 在海外知名高校、科研院所、国际知名科研机构担任副教授以上或相当职务； 3. 从事纳米能源、纳米系统、自然科学、工程技术等领域的研究工作，具有世界一流的研究水平； 4. 近 5 年在重要核心刊物上发表具有重要影响的学术论文，或获得国际重要科技奖项，或掌握重要实验技能、科学工程建设关键技术； 5. 如申报成功，将来我所连续全职工作五年。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 直接聘为研究员（正高级，相当于大学教授）、课题组长，可以根据研究方向独立建立研究团队； 2. 优厚的个人待遇：实行协议工资，根据资历在 50~80 万元 / 年； 3. 具有竞争力的国家和地方补贴； 4. 多样的福利体系：享受社会保险及补充医疗保险，入选海外项目的还可享受北京市海外高层次人才医疗待遇； 5. 完善的保障服务：研究所协助人才的配偶工作安置，协助解决子女入学、入托； 6. 便捷的周转住房：到岗后研究所可提供租赁人才周转房，保障人才的住房需求； 7. 稳定的科研经费：中组部提供的科研启动经费 200~300 万，首个聘期（一般为 3-5 年），研究所每年支持科研启动费 100 万元； 8. 良好的科研条件，共享研究所已有的公共设备条件； 9. 自主的团队建设：研究所提供每年 2 硕 1 博的招生条件，另可根据需要自主招收博士后；具有团队招聘及管理的自主权，可支持团队的高层次人才引进； 10. 丰厚的成果激励：研究所实行高绩效环境，成果转移转化收益的不少于 50% 归团队支配。

▶【续表】

招聘岗位	招聘人数	岗位要求	薪酬福利
青年研究员—课题组组长	2	<ol style="list-style-type: none"> 1. 从事纳米能源、纳米系统、自然科学或工程技术领域相关研究工作，年龄不超过 40 周岁； 2. 获得博士学位，有 3 年以上连续海外科研工作经历者优先； 3. 在海外知名高校、科研机构或知名企业研发机构有正式教学或科研职位；是所从事科研领域同龄人中的拔尖人才，有成为该领域学术或技术带头人的发展潜力； 4. 引进后全职入所工作； 5. 对海外取得博士学位，在读期间已取得突出研究成果的应届毕业生，或其他有突出成绩的申报人，可以突破年龄、任职年限等限制，破格引进。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 直接聘为课题组长，独立建立研究团队，享受五险一金； 2. 首个聘期（一般为 3-5 年），研究所每年支持科研启动费 100 万元，并提供相应的设备购置经费； 3. 个人待遇：实行协议工资，根据资历在 40~70 万元 / 年，视个人情况择优给予一定的所内人才补贴； 4. 到岗后研究所可提供租赁人才周转房； 5. 凡符合条件者，将择优推荐申报国家、地方及科学院等人才计划； 6. 科研条件：根据需要提供办公和实验用房，共享研究所已有的公共设备条件； 7. 招生条件：研究所提供每年 2 硕 1 博的招生条件，另可根据需要自主招收博士后； 8. 团队建设：具有团队建设的自主权，包括招聘、管理等，可支持团队的高层次人才引进； 9. 成果激励：研究所实行高绩效环境，成果转移转化收益的不少于 50% 归团队支配。
副研究员	8	<ol style="list-style-type: none"> 1. 化学、物理、材料、医学、高分子、电子、压电陶瓷等相关专业； 2. 取得博士学位，并在相关领域从事 4 年以上研究工作，特别优秀的博士后可适当放宽条件； 3. 具有扎实的专业基础和实验技能，浓厚的科研兴趣和创新性思维，能独立开展研究工作，愿意承担工作压力及接受挑战； 4. 有较强的英语阅读能力和写作能力，在国际知名期刊发表过一定数量的 SCI 论文； 5. 勤奋诚信，具有良好的执行力、团队协作和沟通能力，具备协助指导和培养研究生的能力。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 结合研究组内相关激励办法，提供可观的薪酬待遇 30-60 万元 / 年； 2. 择优推荐申请国家、北京市、科学院等人才项目，有海外留学经历的博士还可申请北京市相关人才支持； 3. 协助解决子女入学、入园； 4. 就餐补贴、交通补贴、人才公寓； 5. 五险一金，提供补充医疗保险。

▶【续表】

招聘岗位	招聘人数	岗位要求	薪酬福利
博士后 / 助理研究员	20	<ol style="list-style-type: none"> 1. 化学、物理、材料、医学、高分子、电子、压电陶瓷等相关专业； 2. 取得博士学位； 3. 具备扎实的专业基础和工程开发技能，对科研有浓厚的兴趣并有创新性思维； 4. 有较强的英语阅读能力和英语写作能力，在有影响力的国际期刊发表过学术论文； 5. 有很好的执行力和自我约束力，工作勤奋、为人诚信，具有良好的团队协作和沟通能力。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 结合研究组内相关激励办法，提供可观的薪酬待遇 20-50 万元 / 年； 2. 择优推荐申请国家“博士后创新人才支持计划”，北京市、科学院等人才支持计划； 3. 协助解决子女入学、入园； 4. 就餐补贴、交通补贴、职工宿舍； 5. 五险一金，提供补充医疗保险； 6. 节日福利及丰富的员工活动。

三、工作地点

北京市怀柔区雁栖经济开发区杨雁东一路 8 号

四、招聘时效

至 2027 年 12 月 31 日

五、联系方式

联系邮箱：zhaopin@binn.cas.cn；zhangdenglun@binn.cas.cn



信息来源：中国化学会团体会员单位——中国科学院北京纳米能源与系统研究所 供稿

编者按：为提升会员服务水平，充分发挥桥梁纽带作用，中国化学会将通过官方宣传渠道（包括但不限于官方微信号等）不定期地推广单位会员招聘 / 招生信息，以期帮助单位会员解决人才短缺、招聘 / 招生渠道窄等难题，并为个人会员提供获取相关信息的新通道。欢迎大家关注！

单位会员资讯 |

新药梦，下一程 | 中国科学院上海药物所 2026 年优秀大学生夏令营营员招募

一、单位简介

中国科学院上海药物研究所（简称“上海药物所”）创建于 1932 年，前身国立北平研究院药物研究所，是我国历史最悠久的综合性创新药物研究机构。1933 年研究所迁至上海浦西，2003 年迁至浦东张江高科技园区。2025 年，中国科学院上海药物研究所与原中国科学院上海免疫与感染研究所完成整合。

上海药物所瞄准国际生命科学发展的前沿领域以及药物研究的重要科学问题，开展创新药物基础和应用基础研究，发展药物研究新理论、新方法和新技术。重点围绕治疗恶性肿瘤、心脑血管系统疾病、神经精神系统疾病、代谢性疾病、自身免疫性疾病及感染性疾病等开展新药研发，并加强现代中药的研发。现设有 8 个国家级研究中心：原创新药研究全国重点实验室、生命过程小分子调控全国重点实验室（共建）、免疫应答与免疫治疗全国重点实验室（共建）、国家新药筛选中心、国家化合物样品库、中药标准化技术国家工程研究中心、中国 - 塞尔维亚天然产物与药物发现“一带一路”联合实验室、中国 - 乌兹别克斯坦新药“一带一路”联合实验室，建成了功能齐全、技术先进、综合集成、无缝衔接、运行高效、国际规范的综合性创新药物研发体系。

自建年以来，共研制开发 100 余种新药，其中有较高国际影响力的创新药物包括：抗恶性疟疾首选药蒿甲醚、重金属解毒药二巯丁二酸、抗肿瘤药丁氧哌烷、抗阿尔茨海默症药石杉碱甲、抗心血管病药丹参多酚酸盐、抗菌药盐酸安妥沙星等。2023 年，抗新冠病毒药民得维和先诺欣、抗肿瘤新药谷美替尼获批上市；2025 年，抗肿瘤药利厄替尼和抗男性勃起功能障碍药盐酸司美那非获批上市。全所共获各类科研成果奖 330 余项，包括国家三大奖项 28 项、全国科学大会奖等国家级奖 21 项、省部级奖 100 余项。

上海药物所始终恪守“出成果和出人才并重”的办所理念，坚持将前沿科研探索与高层次人才培养有机融合，逐步构建起“科教融合、产教协同”的研究生培养体系，有力推动了我国药物研发从仿制为主向自主创新为主导的战略转型。研究所现拥有药学、生物学、基础医学三个博士一级学科授权点，中药学硕士一级学科授权点以及药学、生物与医药专业学位硕士授权点，在读研究生规模达 2900 余人。在教育部全国第五轮学科评估中，药学、生物学获评 A+，基础医学获评 A，充分彰显了研究所在相关学科领域的强劲实力与人才培养的卓越成效。

上海药物所已形成规模化、建制化的科研组织体系，目前拥有 10 余个跨学科协同的大团队，下设 167 个课题组，全所职工总数超过 1000 人，其中具有正高级职称者 210 余人，副高级职称者 260 余人。同时，研究所还构建了一支师德高尚、治学严谨、科研实力雄厚的导师队伍，现有各类导师 227 人（含博导 170 人、硕导 57 人），其中包括两院院士 4 人、国家级高层次人才 250 余人。这支由学术领军人和科研骨干组成的师资力量，不仅在前沿基础研究与新药创制中取得一系列重要突破，更通过系统化的科研训练与人格引领，为药物研发领域持续培养并输送了一批批具备创新能力、国际视野与责任感的高层次人才。

中科中山药物创新研究院（简称“中山药创院”）是上海药物所重要的药学硕士专业学位研究生培养基地之一。中山药创院现已建成全链条药物创制体系，拥有 14 个新药研发中心、10 个公共技术服务平台和院级仪器中心。建成 49 个领军人才团队，其中国家青年科学基金项目（A 类）获得者 11 名。实现 5 项一类新药成果转化，发表论文超 700 篇，申请和授权专利超 180 件。承担国家、中国科学院、省部级及其他各类项目超 230 项。牵头组建中山市 10 亿规模的生物医药创投基金，决策投资 20 个优质项目，2 个药品孵化上市、15 个新药获得临床批件。中山药创院与清华大学深圳国际研究生院、中国药科大学、大连理工大学、南方医科大学、广州中医药大学等 42 所高校开展以专业学位为主的研究生联合培养，在读硕、博士研究生超 850 人。

烟台新药创制山东省实验室（简称“昆崙实验室”）是上海药物所重要的药学硕士专业学位研究生培养基地之一。昆崙实验室按照“研究中心+研发公共平台+联合研发中心”的建设模式，围绕化学原创新药、现代中药新药、药物高端制剂、抗肿瘤

新药及代谢与神经精神疾病药物五大研究方向，开展新药研发、技术服务、产业孵化，加速推动关键共性技术、前沿引领技术和颠覆性技术创新突破。昆崙实验室汇聚了一批一流科学家和创新团队，共有课题组长 32 名，包含院士 2 名、国家青年科学基金项目（A 类）获得者 10 名、青年科学基金项目（B 类）获得者 3 名和国家引才计划获得者 5 名。昆崙实验室与山东大学、中国海洋大学、中国药科大学、沈阳药科大学等 35 所高校开展以专业学位为主的研究生联合培养，在读硕、博士研究生超 350 人。

二、活动介绍

（一）夏令营概况

2026 年上海药物所“新药梦”优秀大学生夏令营预计于 2026 年 6-8 月滚动举办。夏令营分上海、中山、烟台三个专场分期单独举办，预计招募营员合计 600 位。夏令营活动包括开营仪式、学术报告、导师对话、学长对话、课题组和平台参观、优秀营员选拔等。

上海专场：主要面向申请“药学、生物学、基础医学专业的直博和学硕、生物与医药专硕”的学生开放，入学后在上海药物所开展课程学习和科研工作；

中山专场：主要面向申请“药学专硕”的学生开放，入学后在上海药物所开展课程学习，在中山药创院开展专业实践；

烟台专场：主要面向申请“药学专硕”的学生开放，入学后在上海药物所开展课程学习，在昆崙实验室开展专业实践。

（二）申请条件

1. 拥护中国共产党的领导，品德良好，遵纪守法，身心健康；
2. 化学、生物学、医学、药学、中药学、计算机等

相关专业的 2027 届本科毕业生；

3. 成绩优异，具备本校推免资格；

4. 对科研有浓厚兴趣，有较强的创新意识、创新能力和专业素养，同时诚实守信，学风端正，未受过任何处分；

5. 英语水平优良（六级/雅思/托福成绩优秀者优先）。

（三）申请办法

1. 报名系统

夏令营报名系统 (https://zhy.simm.ac.cn/enroll_student/) 从即日起开放至 7 月 30 日，每日 9:00-21:00 可注册登录进入系统首页。

申请者根据自己的意愿分别选择【上海专场】、【烟台专场】、【中山专场】报名(3 选 1)，进入页面后填报相应的信息，保存并提交报名。

注意事项：

(1) 申请者只能选择一个专场申请，无法在多个专场申请；

(2) 前一期未入选营员的学生信息将自动进入下一期营员选拔，无需重复报名。

2. 报名材料 (PDF 扫描件)

(1) 身份证（正、反面）；

(2) 英语等级证书；

(3) 成绩单（需加盖公章）；

(4) 辅导员推荐信（若无辅导员可由做学生工作的老师代写）；

(5) 其它附件，包括奖励证明、等级证书、已发表论文首页等。

三、入营名单公布

具体入营名单公布和活动时间将于“药物所官网 - 研究生教育 - 招生录取 - 夏（冬）令营”发布，申请者请在 6 月中下旬关注。研究所不公布未入营名单，也不会对未入营的学生发布邮件通知。网址如下：
<http://www.simm.cas.cn/web/yjsjy/zsgz/xdly/>

四、其他事项

(一) 参加夏令营的学生必须遵守上海药物所的相关规定，遵从统一安排。

(二) 夏令营期间，上海药物所为营员提供免费住宿和餐食，不报销往返车费。

五、联系方式

联系人：郑老师

电话：021-68077902

邮箱：zhaosheng@simm.ac.cn

系统报名技术支持：孙老师，18202417565

信息来源：中国化学会理事会员单位——中国科学院上海药物研究所供稿

编者按：为提升会员服务水平，充分发挥桥梁纽带作用，中国化学会将通过官方宣传渠道（包括但不限于官方微信号等）不定期地推广单位会员招聘 / 招生信息，以期帮助单位会员解决人才短缺、招聘 / 招生渠道窄等难题，并为个人会员提供获取相关信息的新通道。欢迎大家关注！

来源：中华人民共和国生态环境部官网

生态环境部发布石化水污染物排放标准二次征求意见稿

5月20日，生态环境部官网发布《关于公开征求〈石油化学工业水污染物排放标准（二次征求意见稿）〉等7项国家水污染物排放标准意见的通知》，面向社会公开征求意见，截止时间为2026年6月20日。此次同时征求意见的还包括发酵类、化学合成类、提取类、中药类、生物工程类、混装制剂类共6项制药工业水污染物排放标准。

原文链接

http://mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk06/202605/t20260520_1154862.html

来源：南开大学新闻网

南开大学与莫斯科国立大学深化化学教育合作

5月20日，南开大学与莫斯科国立大学签署合作协议，聚焦化学、能源领域开展联合科研与人才培养。南开大学长期承担门捷列夫国际化学奥林匹克中国代表队选拔工作。

原文链接

<https://news.nankai.edu.cn/ywsd/system/2026/05/21/030072804.shtml>

来源：今日头条·央广网

我国成功研制智能透射电子显微镜“原眼一号”

近期中国科学院大连化物所联合沈阳自动化所成功研制智能透射电子显微镜“原眼一号”。该设备实现“传样—成像—解析”全流程无人化，单日可分析样品200个，两周数据量相当于传统电镜一年，为能源化工、材料科学等领域提供强大支撑。

原文链接

<http://m.toutiao.com/group/7643363488508756490/>

来源：中国化工信息周刊公众号

沈阳化工研究院主持修订农药国际通用名标准

5月8日，沈阳化工研究院作为ISO/TC 81秘书处单位，线上主持召开ISO 1750和ISO 765两项农药国际标准工作组会议，中、英、美、瑞士、德等多国专家参会。会议围绕手性混合物命名原则、标准议程草案修订、法语版本制定、农药中文通用名添加及人工智能与标准工作融合等议题展开研讨，明确了后续修订任务与推进计划，提升我国在农药国际标准化领域的话语权。

原文链接

<https://mp.weixin.qq.com/s/OPDDvddIE71egiiZWZZzQA>

来源：中国化工报公众号

教育部拟新增两所化工类本科高校

5月21日，教育部发展规划司对外发布新设本科学校设置公示名单，本次公示共计拟批准设置34所本科院校，行业特色院校布局迎来新调整。名单中包含两所聚焦化工能源领域的全新本科高校，分别为湖南化工职业技术大学与河南能源化工学院。

两所院校均为公办办学性质，依托现有优质办学资源整合升级组建而成。其中河南能源化工学院依托河南大学濮阳工学院办学根基筹建，湖南化工职业技术大学由湖南化工职业技术学院升格设立。

学校办学定位紧扣区域产业发展需求，主打化学工程、能源加工、新材料研发等优势学科方向，建成后将针对性补齐地方化工行业人才缺口，大力培育实操能力过硬、适配产业发展的高素质应用型化工专业人才。

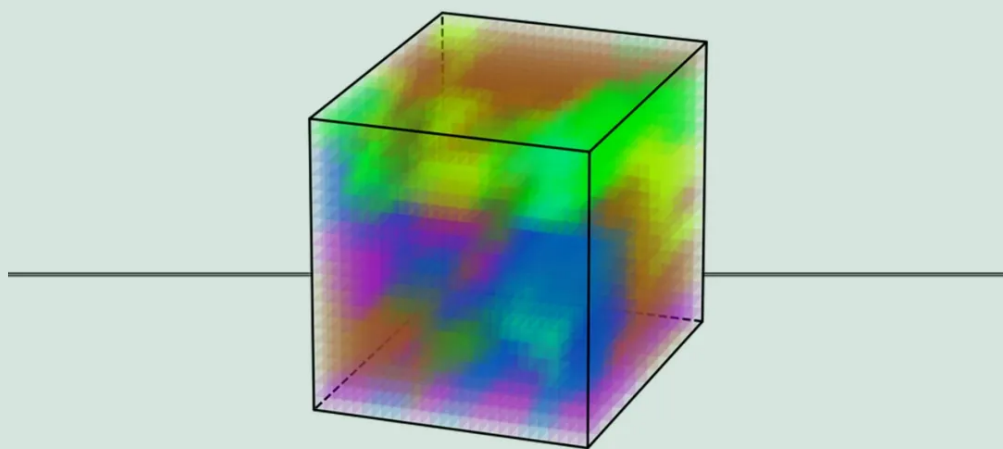
原文链接

https://mp.weixin.qq.com/s/IwflIwM_27Au5mgh7ma5GA

一种被广泛使用的材料，终于 显露出隐藏的原子结构

来源：原理公众号；原文链接：<https://mp.weixin.qq.com/s/1Nj8wJ056NwYB206okbgkg>

PRINCIPIA



RELAXOR FERROELECTRICS

MATERIALS SCIENCE

THE HIDDEN STRUCTURE BEHIND A WIDELY USED
CLASS OF MATERIALS



弛豫铁电体是铁电材料中的一个特殊类别。几十年来，这类材料一直被用于超声、麦克风和声呐系统等技术中。它们独特的性质来自其原子结构，但这种结构一直难以被直接测量。一种常见的研究方法是把实验结果和理论模拟进行比较。但问题在于，两者看到的尺度和信息不同：实验往往会对材料内部的不均匀性进行平均处理，而理论则提供的是原子尺度的图景。

为了解决克服这一难题，一个研究团队利用一种名为多层电子叠层成像（MEP）的新兴技术，首次对一种典型的弛豫铁电材料的三维原子结构和化学组成进行了直接表征。研究人员发现，实验中观察到的化学无序，此前并没有被在模型中被充分考虑。他们将实验观察与模拟结合起来，改进了模型，进而更好地预测了在实验中看到的现象。

研究结果已经发表于近期的《科学》杂志。

探测无序材料

关于弛豫铁电体的主流模拟显示，当施加电场时，弛豫铁电材料的不同纳米区域中带正电和带负电的原子之间的相互作用，有助于产生出色的储能和传感能力。然而，到目前为止，这

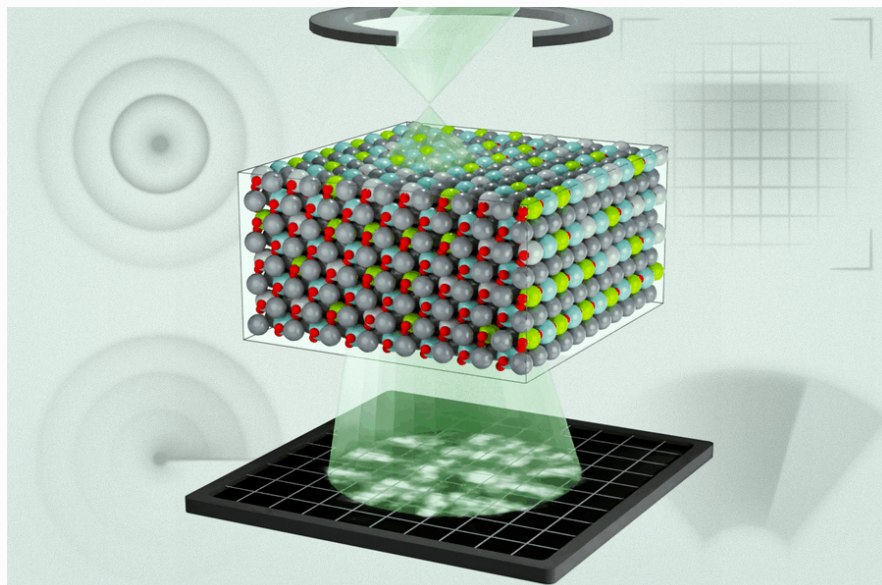
些纳米区域的细节一直无法被直接测量。

在新的研究中，研究人员研究了一种用于传感器、致动器和防御系统的弛豫铁电材料——铋镁酸铅—钛酸铅合金。他们采用的是多层电子叠层成像技术，在这一技术中，研究人员会让一个纳米尺度的高能电子探针扫过材料，并测量由此产生的电子衍射图样。

他们以连续扫描的方式进行测量，并在每一个位置采集一个衍射图样。这样就会形成彼此重叠的区域，而这些重叠区域包含

足够的信息，就可以通过算法迭代重建出关于样品和电子波函数的三维信息。如此一来，他们利用这项技术揭示出了一种从原子尺度延伸到介观尺度的化学结构和极性结构层级。

研究人员还发现，材料中许多具有不同极化状态的区域，比主流模拟预测的要小得多。随后，研究人员将新的数据反馈到计算机模拟中，并改进模型，使其能够更好地反映不同条件下的实验发现。此前，这些模型基本上只是包含一些随机的极化区域，但它们并无法透露这些区域之间是如何相互关联的。



研究人员利用一种名为多层电子叠层成像（MEP）的技术，让一个纳米尺度的电子探针扫过材料，并测量了由此产生的电子衍射图样。不同扫描区域之间的重叠部分，可用于生成材料的原子结构的三维扫描图像。（图/Zhu et al. via MIT News）

现在，研究人员能够给出这方面的信息，也能够看到不同化学组分如何根据原子的电荷状态来调控极化。

迈向更好的材料

这是首次在电子显微镜下，将弛豫铁电体的三维极性结构与分子动力学计算直接联系起来。它进一步证明，利用多层电子叠层成像技术可以从样品中获得三

维信息。这项研究展示了电子叠层成像在研究复杂材料方面的潜力，并为复杂无序材料研究开辟了新的方向。

研究人员还认为，这项研究为改进相关模型提供了一个框架，有朝一日或将帮助科学家设计出具有先进电子行为的材料，用于改进一系列存储、传感和能源技术。

此外，随着 AI 的进步以及计算工具变得更加先进，材料科学正在把更多复杂性纳入材料设计过程之中——无论对象是金属合金还是半导体。但如果模型不够准确，而且又没有办法验证它们，那就是‘垃圾进，垃圾出’。这项技术帮助我们理解材料为什么会表现出这样的行为，并验证我们的模型。

参考来源

<https://news.mit.edu/2026/hidden-structure-behind-widely-used-class-materials-0430>

<https://www.science.org/doi/10.1126/science.ads6023>

<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/relaxor-ferroelectrics>

图片来源：封面图 & 首图 : Zhu et al. via MIT News

微塑料致癌又添新证据！ 从进入身体到助长肿瘤，仅 4 步

来源：新华社公众号；原文链接：<https://mp.weixin.qq.com/s/kT9ZzewVToOsBctQAUSPEQ>

很多人可能每天都在吃“塑料刀片”？这真不是夸张！

越来越多的研究证实：用塑料杯喝饮料、用塑料盒热午饭、用塑料勺 / 叉吃东西 这些再普通不过的小习惯，正把无数微不可见的“塑料刀片”送进身体。

近日，一项最新研究证实：在超过半数的肠道肿瘤里，检测出了微塑料。更令人心惊的是，这些塑料颗粒“边缘锋利”、形状极不规则，像一把把微型刀片嵌在组织中，持续“划伤”肠道，直接推高癌症复发风险。

“塑料刀片”进入身体——引发慢性炎症、癌症

你可能听说过“微塑料”——直径小于 5 毫米的塑料颗粒，纳米级的甚至不到 1 微米。它们通过喝水、吃饭等途径潜入人体。

过去我们认为它不过是“惰性异物”，但越来越多的证据显示，它会穿透细胞屏障，引发慢性炎症，干扰内分泌。而最新研究发现，它在肿瘤的微



AI 生成图

环境里“点火”“铺路”。

(1) 肠道：56.4% 的肿瘤样本中，藏着 7 种常见微塑料

5 月 14 日，上海交通大学、深圳大学、南方科技大学团队在《自然 - 健康》期刊上发表了一项研

究，首次将微塑料在肠道肿瘤中的存在，与患者长期复发风险直接联系起来。

研究发现，其中占比最高的是 PET——也就是你喝的饮料瓶、用的食品包装材质，高达 40.8%。这些颗粒 76% 小于 100 微米，边缘极不规则，轻易穿透肠道屏障，直接嵌入细胞内部和细胞外基质，与肿瘤微环境“搅”在一起。

研究人员对患者进行术后随访，结果显示：

- 肿瘤中存在微塑料的患者，复发率更高。
- 胃肠道症状更重：腹泻、消化不良、便秘更常见。
- 更容易诱发局部炎症反应。

研究指出，微塑料可能通过诱发慢性炎症、破坏肠道屏障稳态，为肿瘤进展“铺路搭桥”。

(2) 大脑：几乎都有微塑料，在肿瘤周围尤其多

4 月 20 日，首都医科大学、中国环境科学研究院等团队在《自然 - 健康》上发表研究显示，微纳米塑料已经广泛进入人类大脑。而且，肿瘤周边脑组织的塑料浓度明显更高——说明血脑屏障一旦受损，塑料便乘虚而入，往大脑深处“钻”。

微塑料是促癌“帮凶”——仅 4 步促进癌症的发生

你可能想问：微塑料又不是毒药，怎么就和癌症扯上了？别急，科学家已经搞清楚了其中的几条“作案路线”，仅 4 步。

2025 年，中南大学湘雅二医院等研究人员在《分子癌症》国际期刊上发表了一篇文章，剖析了微塑

料与癌症的关联。

第 1 步：钻进去，赖着不走

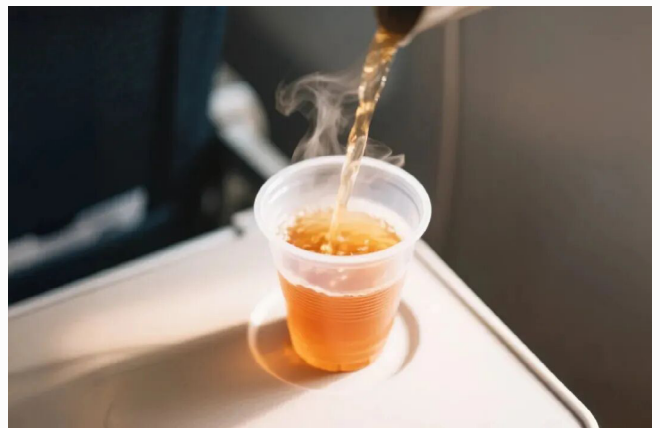
微塑料颗粒非常小，尤其是纳米级的，小到可以钻进细胞里。研究发现，在结肠癌细胞中，越小的塑料颗粒越容易被细胞“吞进去”。一旦进去，它们不容易被排出来，还会让细胞变得更“活跃”、跑得更快——这在癌症里叫“转移能力增强”。

第 2 步：搞破坏，损伤 DNA

这些小颗粒进入细胞后，会引发一种叫氧化应激的反应。你可以理解为细胞内部“生锈”了。这种状态会损伤 DNA，而 DNA 一旦受损，突变的风险就大大增加。突变多了，癌细胞就可能“趁火打劫”。

第 3 步：造炎症，慢性炎症

微塑料进入人体后，免疫系统会把它当成“外来敌人”攻击。但因为塑料根本没法被降解清除，这场战斗就变成了没完没了的慢性炎症。炎症会释放 IL-6、TNF- α 等“火种”因子，这些因子反而会帮癌细胞增殖、迁移，甚至转移。



AI 生成图

第4步：乱干扰，扰乱激素

塑料在生产时添加了增塑剂、抗氧化剂等化学物质。这些物质本身就是内分泌干扰物，会扰乱雌激素、雄激素等激素的正常工作。激素一乱，某些癌症的风险就会上升。

总结一下：微塑料不是直接“致癌”，而是一个“帮凶”，不断制造有利于癌症的环境，让癌细胞长得更快、跑得更远。

7个简单方法——把微塑料伤害降到最低

微塑料几乎无处不在，但别慌——下面这些方法真的能降低伤害。

少用一次性塑料制品：少用塑料袋、塑料吸管、一次性餐盒等塑料制品，用可降解餐具或玻璃、陶瓷、不锈钢制品替代。

最好不要用塑料砧板：用塑料砧板切食物，切的过程中会脱落大量微塑料，建议换成木质或竹制砧板。

最好把水烧开了再喝：将自来水烧开并沉淀5分钟，可去除至少80%的微塑料。

避免加热塑料的容器：用微波炉加热塑料盒，微塑料吸收量会暴增。应避免用塑料容器在微波炉里加热食物，尽量使用玻璃或陶瓷容器。

谨慎使用塑料日用品：选择不含磨砂颗粒的洗护产品。给儿童选用木质玩具，避免啃咬塑料玩具。

尽量不吃鱼虾的内脏：微塑料能够进入一些海



AI生成图



人民日报健康客户端图

洋生物的体内，污染鱼类和贝类食物。所以，吃水产品的时候，首先不要生吃，一定要烹调熟透；其次，要去除其胃肠等内脏和鱼鳃。

不粘锅有划痕就停用：大多数不粘锅的不粘涂层通常是聚四氟乙烯，属于一种合成塑料。当锅和硬物之间有强烈磨损时，可能会形成微小的聚四氟乙烯颗粒，然后污染食物。不粘锅出现划痕后最好不要再用了，也别用不粘锅烹调质地坚硬的食物（如排骨），不要使用尖锐的铲子，并定期更换新锅。

来源：新华社微信公众号综合人民日报健康客户端

当化石燃料开采规模缩减时， 我们将从何处获取硫和氦

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

原文链接：<https://www.chemistryworld.com/news/where-will-we-get-sulfur-and-helium-from-when-fossil-fuel-extraction-declines/4023437.article>

美 伊战争导致石油、天然气及相关化学品供应突然中断，这一事件凸显了我们对化石燃料衍生材料的依赖之深、范围之广——这类材料既被用作能源燃料，也作为核心化工原料。而我们依赖的化石燃料相关资源中，还包括一些目前完全作为化石燃料开采副产品产出的物质，硫和氦便在此列。



来源：© P·A·汤普森 (P A Thompson) / 盖蒂图片社 (Getty Images)

目前全球绝大多数硫，是在石油进入炼油环节前从原油中脱除得到的，随后被用于硫酸生产。

海湾冲突已造成严重的供应中断，而生产基础设施的损毁意味着，即便供应恢复，也可能需要数月甚至数年时间才能完全复原。然而从长远来看，为限制气候变化的影响，全球必须逐步摆脱化石能源，转向可再生能源。这对于那些化石燃料副产品的供应——以及目前从煤炭中提取的锗等金属——意味着什么？

硫

安吉·斯拉文斯 (Angie Slavens) 解释说，大约 30 年前她刚进入油气行业时，硫的价格是每吨 50 美元 (37 英镑)。“我一直觉得它就是一种没人想要，也没人需要的副产品。” 2008 年的一次硫短缺将价格推高至每吨数百美元，这改变了她的看法。“从那以后，我开始更多地关注硫的供需情况，并思考未来可能会发生什么。” 她补充道。

阿格斯传媒 (Argus Media) 大宗商品分析师玛丽亚·莫斯克拉 (Maria Mosquera) 表示，尽管包括当前美伊战争引发的价格飙升在内的波动看似是偶发事件，但过去两年间，硫的价格实际上呈指数级上涨。她解释，这一趋势源于全球对硫的需求持续增长。

目前全球绝大多数硫都通过接触法生产硫酸——硫酸是全球产量最大的化学品之一。硫酸的核心用途是从磷矿石中制取磷酸，而磷酸是多数化肥的关键原料。此外，金属提取、半导体制造以及部分电池电解液的生产也都依赖硫酸。为满足消费者日益增长的需求和全球人口增长，上述多个产业目前都在快速扩张。

一旦发生硫火灾，后果会极为严重。正因如此，硫长期被视为工业废物和生产负担，通常以极低价格抛售。

直到 20 世纪 70 年代，硫的主要生产方式是弗拉施法采矿 (Frasch mining) ——将过热蒸汽注入天然硫矿床，使硫熔化后升至地表。然而，该方法存在硫回收率低、耗水量大以及技术难题 (例如生产过程突然中断时，硫会凝固堵塞管道)，导致企业逐渐放弃这一工艺。

大约在同一时期，人们日益担忧燃烧含硫化石燃料向大气排放硫氧化物引发的酸雨问题。油气炼油厂随即开始从产品中脱除硫，以满足新出台的污染防治法规要求。

英国伦敦大学学院 (University College London, UCL) 研究硫产业未来的学者马克·马斯林 (Mark Maslin) 表示：“(工厂) 急于处理掉这些硫，因为一旦发生硫火灾，后果会极为严重。硫被视为工业废物和生产负担，因此会以极低价格抛售。”

他指出：“如今在净零世界的愿景下，可以预见未来将不再使用煤炭，天然气的使用量也会大幅减少。” 不过他补充道，为了提供化工原料，原油生产可能会在更长时间内保留一定规模。这将导致可获取的单质硫数量减少，进而不断扩大供需缺口。

马斯林表示：“核心问题在于，单纯从资金实力来看，生产稀土金属或化肥的矿业行业资金要雄

厚得多。如果大家都在争抢一吨硫，你知道谁会胜出。”短期来看，各国正在为硫和硫酸短缺做准备。例如，中国近期宣布将禁止硫酸出口，禁令至少持续至今年年底。鉴于中国是全球最大的硫酸出口国之一，这一举措可能会对智利、印度尼西亚、摩洛哥和印度等高度依赖中国硫酸供应的国家产生负面影响。印度尼西亚的镍矿企业和非洲的铜生产商已因硫酸供应不足，开始计划减产。

通过开采硫的方式，完全无法满足全球需求。

开采硫是增加供应的可选途径之一，包括重启弗拉施法采矿工艺以及开采金属硫化矿。斯拉文斯表示：“弗拉施法采硫的峰值产量约为每年1000万吨（20世纪70年代鼎盛时期）……因此，仅靠开采硫完全无法满足全球需求。”目前全球硫的年产量约为8000万吨。此外，硫矿开采还会带来新的环境问题，包括局部的空气、水和土壤污染。

斯拉文斯解释，另一种可能的方案是从酸性气藏中提取硫化氢（ H_2S ）气体。她补充道：“事实上，壳牌公司（Shell）早在1992年就已在加拿大西部的熊莓（Bearberry）气田成功实现了这一工艺。”尽管全球还有其他类似气田，但多数已停用或尚未勘探。“我认为需要先对现存的酸性气藏进行普查登记，再估算其中的气体储量。”即便如此，这些气藏仍是有限的硫来源。

她还提到，有研究人员正在探索回收石膏（ $CaSO_4$ ）来生产硫——石膏是生产化肥用磷酸的副产品。“但目前我还没有看到任何证据能证明，

这种方法可以与高硫化氢含量气田的生产效率相抗衡……将石膏还原为硫需要消耗大量能源。”

马斯林则认为，对硫和硫酸进行回收、再利用并减少使用量，是更为可行的策略。“欧盟正在推进循环经济模式，这才是正确的方向……首先应该思考：‘为什么不先回收我们已有的资源，同时降低需求呢？’”

马斯林表示：“目前全球对化石燃料仍有旺盛需求，因此硫危机尚未真正爆发。”他估计，在一切照旧的情景下，供需瓶颈大约还需要10年才会显现。“这听起来可能很奇怪，但我真心希望这场危机能早点到来，而不是拖到更晚。”尽管美伊冲突已促使各国重新评估供应链风险，但目前尚不清楚相关战略调整的力度会有多大。

氦

卡塔尔拉斯拉凡（Ras Laffan）天然气厂遇袭，已导致全球约30%的氦供应中断。英国牛津大学（University of Oxford）地球化学家克里斯·巴伦坦（Chris Ballentine）表示：“一旦我们现有的氦储备耗尽，西方世界将感受到极为严重的影响。”

卡塔尔的这座工厂是全球仅有的两座能够生产半导体级氦气的工厂之一。氦气还是冷却核磁共振成像仪（MRI）和光谱仪中超导磁体的关键物质，不过目前许多医院和实验室设施已配备了氦气回收再利用系统。

巴伦坦解释，除卡塔尔外，拥有大量天然气储量的国家主导着全球氦气供应网络。美国、阿尔及利亚和俄罗斯供应了全球其余几乎全部的氦气。他表示：“在那些拥有巨型气田且地质条件适宜的



❶ 卡塔尔斯拉凡天然气提取厂受损，已导致全球 30% 的氦供应中断。《化学世界》——氦气储罐。来源：© 斯蒂芬·谢泼德 (Stephen Shepherd) / 阿拉米图库 (Alamy Stock Photo)

区，通常会伴生低浓度的氦气。”

直到最近，才有人开始专门为了氦气本身开展勘探工作。

铀 (uranium) 和钍 (thorium) 同位素的放射性 α 衰变 (alpha-decay) 会释放氦原子核，这些氦核随后会溶解在水中，或被封存在特定岩石中。然而，漫长的衰变半衰期意味着，氦气在地表以下的富集过程需要数百万年时间。

巴伦坦解释，液化天然气混合物的过程会使氦

气得到浓缩。他补充道，只有当液化前原料气中的氦含量高于 0.4% 时，这种提取方式才具有经济可行性。“可以说，这种提取模式在很大程度上是历史产物，因为直到最近，才有人开始专门为了氦气本身开展勘探工作。”

2016 年，巴伦坦与英国杜伦大学 (University of Durham) 的同事们开始寻找原生氦气藏 (primary helium reservoirs)。研究团队在坦桑尼亚的东非大裂谷 (Great Rift Valley) 地区发现了多处此类气藏。他解释，该地区的构造活动将“长期积累的深部氦气”带到了更接近地表的位置，通常与氮气或二氧化碳伴生。

研究团队估算,坦桑尼亚西部的鲁夸气田(Rukwa gas field)氦浓度在2.5%~4.2%之间,而另外两处气田——巴兰吉达气田(Balangida)和埃亚苏气田(Eyasu)的氦含量最高可达10.5%。巴伦坦表示:“如果钻井到一定深度,能够开采出浓度为10%的氦气,那么就具备了企业所追求的商业可行性。”

巴伦坦解释,尽管大气中确实含有约5 ppm的氦气,但“需要从海量气体中分离出极其微量的氦,这一过程能耗极高。对于任何商业规模的氦气供应而言,这都不是可行的解决方案。”

尽管他的团队的发现前景可观,可能有助于在未来几十年内缓解从化石燃料伴生氦向其他来源过渡的压力,但这类氦气藏仍然是有限资源。巴伦坦强调,“地球上不存在其他任何氦气来源”,并敦促对使用后的氦气进行回收,这对维持未来的氦气供应至关重要。

“人工智能正在推动对微芯片的巨大需求,”巴伦坦表示。他补充道,这意味着例如在英国,氦气需求可能会超过供应量。“如果我们无法获得足够的氦

气,这些关键技术领域的发展将受到限制。”他认为,“当前的中东危机将是一记警钟。”

其他资源

尽管硫和氦是受化石能源转型影响最大的两种资源,但其他资源也将受到波及。例如,粉煤灰(coal fly ash)——煤炭燃烧的副产品——提供了全球约40%的锗供应。工业上使用四氯化锗(germanium tetrachloride, GeCl_4)和二氧化锗(germanium dioxide, GeO_2)等锗化合物来制造高速光纤和光伏电池。

随着社会脱碳进程的推进,化肥、尿素以及用作化工原料的短链烃类等其他化学品也将受到影响。不过,其中许多化学品可以通过其他途径生产,例如利用可再生能源产生的非热等离子体(non-thermal plasma)来生产硝酸铵化肥。

马斯林表示:“问题的核心在于权力博弈,因为原油价格当然是以美元计价的。因此,如果想要维持现有的权力结构,就绝对不希望人们摆脱化石燃料,因为这意味着摆脱美元体系。”



📍 矿山每年会排放数吨氢气。与其将这种气体直接排入大气，不如将其用作能源，以降低成本并减少碳排放。图片来源：© Shutterstock

矿山可成为可行的氢源

金属矿山首次长期测量证实，开发地质氢具备投资价值

来源：c&en；作者：Prachi Patel；翻译：余婉宁

原文链接：<https://cen.acs.org/articles/104/web/2026/05/hydrogen-mine-energy.html>

几十年来，地质学家一直知道地球深部的地质过程会产生氢气。这种氢气是生活在这些黑暗深部环境中微生物的主要能量来源。近年来，这种地质氢作为一种可用于制造业和交通运输业的清洁能源，引起了企业家们的关注。加拿大多伦多大学（University of Toronto）的地球化学家芭芭拉·舍伍德·洛勒（Barbara Sherwood Loller）表示：“但关于全球地质氢储量的估算——有人认为可达数万亿吨——‘完全是理论

性的 [或] 基于模型推演得出的’。”

在某矿山现场收集了 10 年数据后，舍伍德·洛勒及其团队如今首次提供了关于地质氢生成的长期实测数据。该研究发表于《美国国家科学院院刊》（Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, PNAS）2026 年刊，DOI: 10.1073/pnas.2603895123。

而实测数据结果十分乐观。数据表明，目前正在运营的金属矿山可能是尚未被开发的大规模、具备经济可行性的氢源。舍伍德·洛勒表示，额外的利好是“这种氢气中总是伴生有大量氦气”。目前全球正面临氦气短缺问题，伊朗战争进一步加剧了这一危机，各大企业都在争相寻找新的氢源。

舍伍德·洛勒及其团队在基德克里克矿（Kidd Creek Mine）开展了测量工作。该矿主要开采铜和锌，是北美最深、运营时间最长的矿山之一。这类金属矿山的地下水中溶解有氢气、甲烷及其他气体，目前这些气体都被直接排放到大气中。地下氢气主要通过两种过程生成：一种是水与富铁或富镁岩石发生反应释放氢气；另一种是铀、钍等元素的放射性衰变分解水分子产生氢气。

研究人员从 35 个钻孔中采集了地下水样本，并在实验室中分析了气体成分。受采矿作业影响，大多数钻孔仅能采样一次。但研究人员在 18 个月内对其中 8 个钻孔进行了 2~3 次采样，并对另外 3 个钻孔进行了长达 7~11 年的定期采样。

基于测量结果，研究人员推算，该矿区近 15000 个钻孔每年总共可产生超过 140 吨氢气，相当于约 470 万千瓦时的能量。

美国地质调查局（United States Geological Survey, USGS）的地球化学家杰弗里·埃利斯（Geoffrey Ellis）表示，这项“历时十余年的严谨定量数据……是新颖且极具价值的成果”。

舍伍德·洛勒表示，她的团队的研究为看待当前的地质氢热潮提供了全新视角。目前大多数关于地质氢的研究和投资都集中在钻探新井以开采氦气，然后新建管道和基础设施进行长距离运输，而这需要对氢气进行压缩或液化处理。

但这项研究表明，氢气产生于硬岩中——硬岩约占大陆地壳的 70%，且本身就是采矿作业的主要对象。舍伍德·洛勒说：“那些产出铜、锌、金、钻石和关键矿物的岩石，正是能够产生氢气的岩石。就地利用是一个尚未被充分挖掘的机遇。这将避免为氢气重复建设基础设施，同时解决长期储存和长距离运输的难题。”

埃利斯对此表示认同。“这是唾手可得的成果，”他说。他补充道，目前矿山都将氢气直接排入大气，但“与其排放，不如加以利用”。将氢气能源用于矿山自身运营，有助于矿山降低成本并抵消碳排放。

埃利斯表示，另一大优势是，产生氢气的同类岩石恰好为将二氧化碳转化为碳酸盐矿物进行长期封存提供了理想环境。“一旦你建成了用于捕集氢气的基础设施，且该区域的氢气资源枯竭后，就可以反向注入二氧化碳，使其在岩石中发生矿化反应。”

舍伍德·洛勒表示，从矿山捕集和利用氢气需要技术研发，但任何新能源的发展都离不开这一过程。“我们的经济分析表明，这无疑值得投入资金和创新思维，而这正是我们应对气候危机所需要的。”

追寻时间的化学足迹 ——碘钟反应

作者：郑琳萱，唐祯悦，万科；Email: 1325485668@qq.com

1. 引言

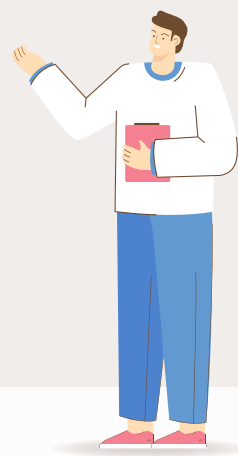
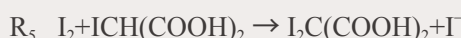
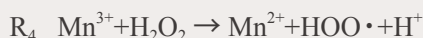
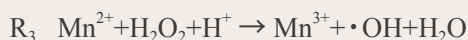
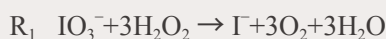
想象一下：一杯透明溶液，滴入几种常见材料后，突然变成琥珀色，几秒后又变蓝，像被按下“循环键”一样反复交替——这就是化学世界里著名的“时间魔术师”：**碘钟反应**。碘钟反应是一类具备自组织现象的化学振荡反应^[1-2]，由瑞士科学家 Hans Heinrich Landolt 于 1886 年首次

发现。化学振荡反应最早发现于汞心脏实验中^[3]，其物质浓度在系统中会发生周期性改变。随着对化学振荡探究的深入，其他的振荡反应也逐渐被探索出来。B-L^[4]和 B-Z^[5]反应最先被发现，在它们的基础上，人们又发现了 Briggs-Rauscher 反应（以下简称 B-R 反应），它以首次发现的两位科学家来命名^[6]。本文

将从科普的角度出发，介绍 B-R 反应的原理，对日常生活中水果的抗氧化剂的含量进行了定性比较，兼具趣味性与简便性。

2. 碘钟反应原理

碘钟反应以碘离子为核心，借助不同价态的碘化合物，让溶液中各物质浓度周期性变化，**具体反应机理如下：**



在酸性条件下，生成的 HIO_3 氧化 H_2O_2 释放 I^- (R_1)^[7]，为自催化反应提供 I^- 来源。过量 H_2O_2 在酸性条件下将无色的 Mn^{2+} 氧化为琥珀色的 Mn^{3+} (R_3)^[8]，随 I_2 浓度增加，溶液逐渐呈蓝色， I_2 取代 $\text{CH}_2(\text{COOH})_2$ 中的活泼氢的同时释放 I^- ，溶液变为无色。伴随 I_2 的生成、消耗和再

生，体系出现周期性节律，在颜色上表现为无色→琥珀色→蓝色的周期性变化^[7-9]。

3. 碘钟反应的应用

3.1 水果中抗氧化物的测定

B-R 振荡体系中的自由基 ($\text{HOO}\cdot$) 和 ($\text{I}\cdot$) 会优先和果汁中的维生素 C (VC) 等抗氧化剂反应^[10]，阻止了振荡的进行，只有

当抗氧化剂被完全反应完时，振荡才能继续进行^[11]。利用此原理可以对水果中的水溶性抗氧化剂 (VC、绿原酸和多酚等) 进行定性分析。

在室温下，进行碘钟反应，在第二次出现琥珀色时加入 5 滴鲜榨果汁（苹果、香蕉和柠檬），记录第二次蓝色周期时

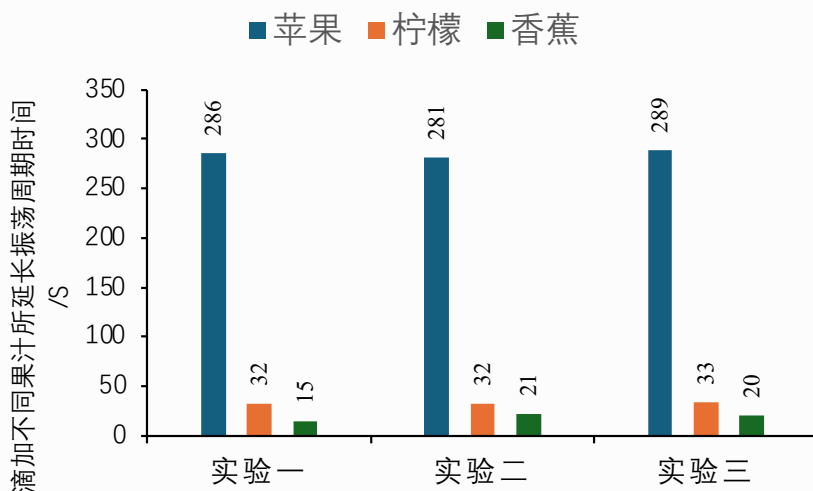
长(图1)。

由图1可直观看出,苹果的抗氧化剂含量明显高于其它水果,而其它水果的抗氧化剂含量相近。该实验通过科学的方法验证了水果对人体健康的重要性,有力地证实了“一天一苹果,医生远离我。”的观点。

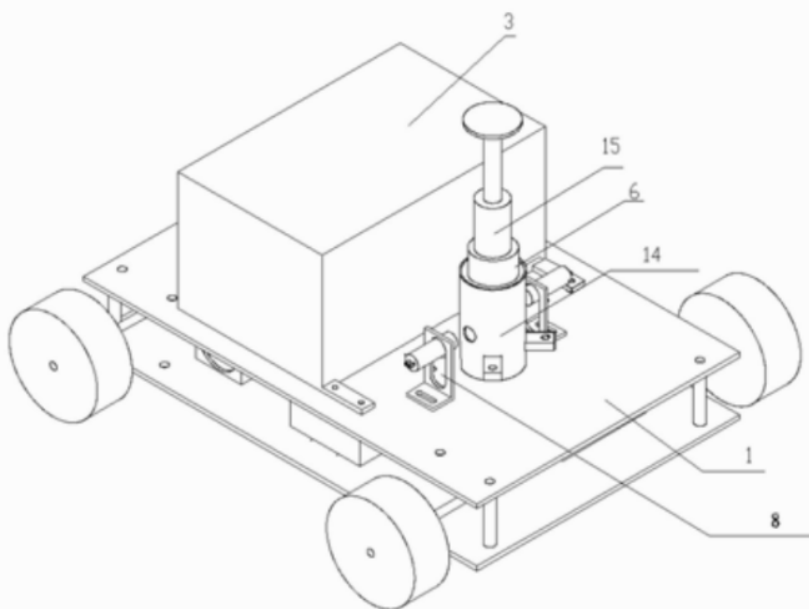
3.2 智能控制

碘钟反应的颜色会随着时间发生周期性变化,如同一个精密的仪表,更如控制我们生活起居的“生物钟”。根据这一联想,不少工程师便将碘钟反应中颜色的精密变化与智能控制结合在一起,设计出了一套基于碘钟反应颜色变化的控制系统,该系统仅需要一套光学传感器便能实现对机械的精准控制。

其中具有代表性的例子是大连理工大学研发的一种基于VC碘钟反应的智能小车(图2)^[12]。该小车的核心是一个装有VC、碘化钾和淀粉溶液的透明反应瓶。开始时溶液无色,当注入过氧化氢后,反应开始。VC先被消耗,之后碘离子被氧化生成碘单质,与淀粉结合使溶液迅速变蓝。小车两侧装有一对激光对射传感器,实时检测溶液颜色。只要溶液为无色,传感器输出低电平,继电器保持闭合,小车继续行驶。一旦溶液变蓝,传感器输出高电



【图1】滴加不同果汁所延长振荡周期时间



【图2】智能小车^[12]

注: 1. 为上底板; 3. 为锌空电池; 6. 为VC碘钟反应瓶; 8. 为激光对射传感器; 14. 为反应容器固定底座; 15. 为注射器

平,继电器断开,电机断电,小车停止。在控制智能小车按照固定距离行驶的场景中,这一富有

创意性的发明因其简易、廉价和绿色的特性,有着巨大的潜力。

在为这一创意感到惊叹的同

时, 我们也不能忘记其作为一种化学反应, 在精密程度上是逊色于精密的电子元件的。对碘钟反应的精确控制将成为未来这一领域的重点研究方向, 目前科学家们已经在该方向上取得了一些进展。如荣秦朗等人^[13]在其发明专利中提到的内置冷激光光源 + 光敏电阻, 实时监测溶液透光率变化, 避免激光发热影响反应温度, 同时在反应瓶周围设置聚氨酯隔热层, 效隔绝外界温度与光线干扰。

3.3 胶体材料系统

淀粉作为一种天然聚合物, 遇到含 I_2 溶液时变为深

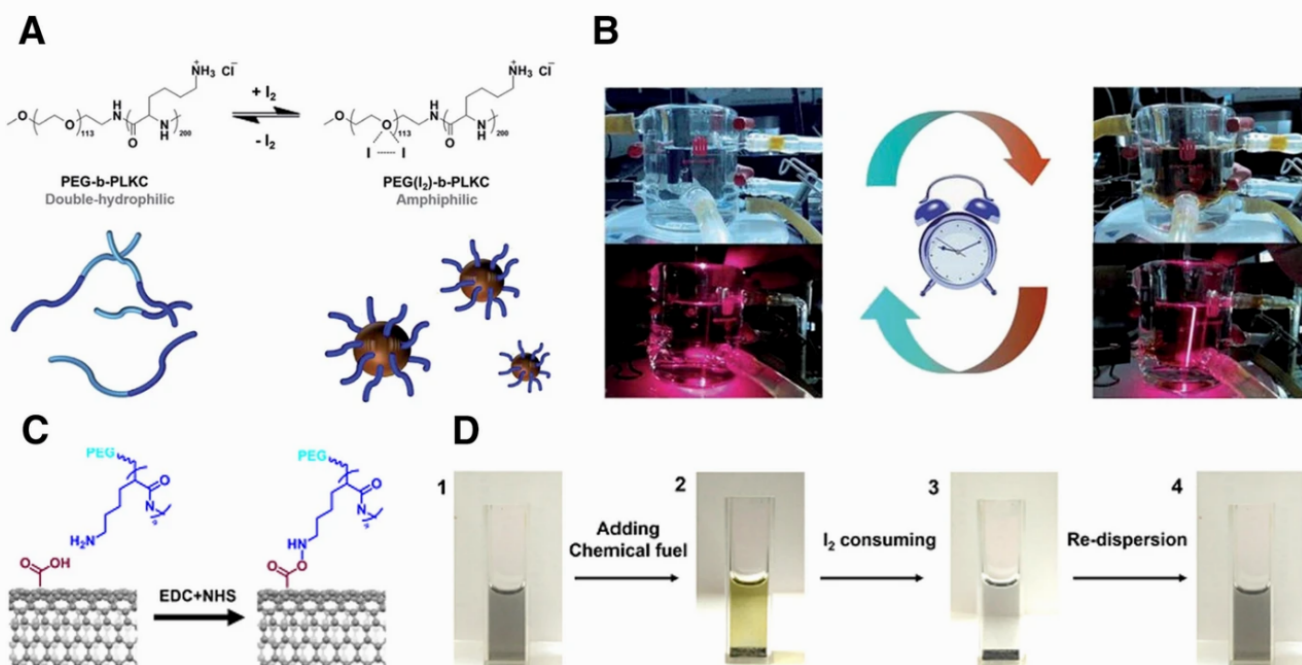
蓝色, 是因为形成了碘 - 淀粉络合物。以此为例, 将亲水性嵌段共聚物 PEG-b-PLKC 加入含 I_2 的溶液中, 形成超两亲性络合物 PEG(I_2)-b-PLKC, 其中 PEG 片段由亲水性转变为疏水性, PLKC 片段保持亲水性。

PEG(I_2)-b-PLKC 与羧化多壁碳纳米管(MCNT)在碘酸盐 - 硫脲溶液中形成多壁碳纳米管(MWCNTs)胶体, MCNT 通过其结构上存在的羧基(-COOH)“抓手”与亲水片段 PLKC 结合, 而疏水片段 PEG 给予 MWCNTs “浮力”, 使胶体能够稳定地悬浮在水中。MWCNTs 与水中的有机污

染物反应重新生成 MCNT。保持溶液中 I_2 充足, 可实现 MCNT、MWCNTs 循环生成, 直至有机污染物完全去除, 达到少量、高效和低成本去除有机污染物的效果^[14]。

4. 总结与展望

碘钟反应作为一类经典化学振荡反应, 自发现以来已衍生出过氧化氢型和碘酸盐型等多种变体。以碘离子为核心, 通过不同价态碘化合物之间的转化, 呈现琥珀色——蓝色的周期性交替, 现象明显, 颜色美丽。在实际应用中, 碘钟反应可用于水果中水溶性抗氧化剂的定性分



① 【图3】A 为 PEG 结构示意图, B 为 (I_2)-b-PLKC 的形成, C 为 MWCNTs 制备示意图, D 为 MWCNTs 瞬时摄影图^[14]

析, 验证水果健康价值; 还能与智能控制结合, 如研发基于 VC 碘钟反应的智能小车; 同时在胶体系统等材料领域也有应用, 为相关研究提供支持。

未来, 可进一步优化碘钟反应在不同类型反应体系中的条件, 如温度和 pH 值等, 提升反应稳定性与可控性; 结合更多前沿技术, 拓展其在环境监测和精准医疗辅助

检测等新领域的应用; 此外, 依托其直观的反应现象, 持续推进化学科普工作, 可以让更多人了解化学振荡反应的魅力, 为化学学科发展及实际应用创新注入更多活力。

参考文献

- [1] 李雷召, 袁玲, 杨加平. 化学振荡和时空斑图动力学研究进展[J]. 广州化工, 2010, 38(12): 40-41.
- [2] 李如生. 非平衡非线性现象和涨落化学——物理化学的新课题[J]. 化学通报, 1984(5): 41-47.
- [3] 向晓明, 张斌. 化学振荡及其应用[J]. 西北民族大学学报(自然科学版), 2002, 23(4): 14-18.
- [4] Liebhaftsky, Herman A. Reactions involving hydrogen peroxide, iodine and iodate ion. I. Introduction [J]. J Am Chem Soc, 1931, 53(1): 38-44.
- [5] Zhabotinsky A M, Rovinsky A B. Mechanism and nonlinear dynamics of an oscillating chemical reaction[J]. J Statistic Phys, 1987, 48(5/6): 959-975.
- [6] Briggs T S, Rauscher W C. An oscillating iodine clock[J]. J Chem Educ, 1973, 50(7): 496.
- [7] Furrow S D, Noyes R M. The oscillatory Briggs-Rauscher reaction. 1. Examination of subsystems[J]. J Am Chem Soc, 1982, 104(1): 38-42.
- [8] 常海. 碘钟颜色震荡反应的研究[J]. 广州化学, 2016, 41(5): 33-36+41.
- [9] 袁玲, 王子悦, 高庆宇, 等. Briggs-Rauscher振荡反应时空节律实验设计和实践[J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(11): 142-147, 152.
- [10] 张望宁, 张慧, 周颖, 等. 利用四氮杂大环二镍催化的新型Briggs-Rauscher振荡体系定量分析测定槲皮素[J]. 安徽大学学报(自然科学版), 2019, 43(4): 73-81.
- [11] Höner K, Cervellati R. Measurements of the antioxidant capacity of fruits and vegetables using the BR reaction method[J]. Europ Food Res Technol, 2002, 215: 437-442.
- [12] 大连理工大学. 一种基于VC碘钟反应的智能小车: 中国, 201922178879.X[P]. 2021-01-29.
- [13] 荣秦朗. 一种基于Chem-E-Car竞赛的新型碘钟反应控制装置: 中国, 202120996269.5[P]. 2022-04-19.
- [14] Panzarasa G. Iodine clocks: Applications and untapped opportunities in materials science[J]. React Kinet Mech Cat, 2022, 135: 1349-1364.

痛风与糖尿病：

代谢病“难兄难弟”的年轻化警报

作者：卢庆华，杨宇丹，唐胜男，段镇娟；Email: 15559684315@163.com



Image by macrovector on magnific

一、前言

痛风与糖尿病是当前受到临床与公共卫生广泛关注的慢性疾病。痛风是嘌呤代谢障碍引起的高尿酸血症，会导致关节又红又肿、剧痛难忍，归属代谢性风湿病范畴^[1]（图1）。糖尿病则是以胰岛素分泌缺陷或胰岛素敏感性下降为主要病理特征，患者通常会多饮、多尿、多食，同时伴随体重下降，归属糖代谢异常性代谢病^[2]（图2）。它们往往被一些人认为是老人专属病。事实上年轻群体也是这两种“老年病”的易感人群。

我国糖尿病和痛风的患病率，呈快速增长趋势，且逐渐低龄化。最新的《中国高尿酸血症与痛风诊疗指南（2024）》数据显示：2018~2019年我国成人居民慢性病及主要危险因素监测结果——我国成人居民高尿酸血症患病率为14%，痛风患病率为0.86%~2.20%，且痛风患病率呈逐年升高趋势，发病年龄呈现逐渐低龄化^[3]（图3）。

国际糖尿病联合会(International Diabetes Federation, IDF)于今年4月27日公布的数据显示：中国糖尿病患者数量位居世界第一，2024年20~79岁成人糖尿病患者达到1.48亿人，预计到2050年



①【图1】痛风简示图（图片来源于微信公众号蝉道生活馆）

糖尿病典型症状



①【图2】糖尿病示意图（图片来源于快懂百科）

达到1.683亿人，青少年患者的比例越来越大^[4]（图4）。

两种代谢性疾病十分流行，背后反映出来的是我们的不良

生活方式。接下来我们聊一下这两种疾病互相有什么关联，为什么经常会找上年轻人，我们又该怎么做才能更好地预防呢？

二、对年轻人的影响

痛风和糖尿病对年轻人的影响巨大，下面让我们分别来谈谈。

1. 痛风

(1) **近期影响**：平时好好的，一碰就特别疼，还伴着局部发红、发热和肿胀，走路困难，无法正常工作和学习。

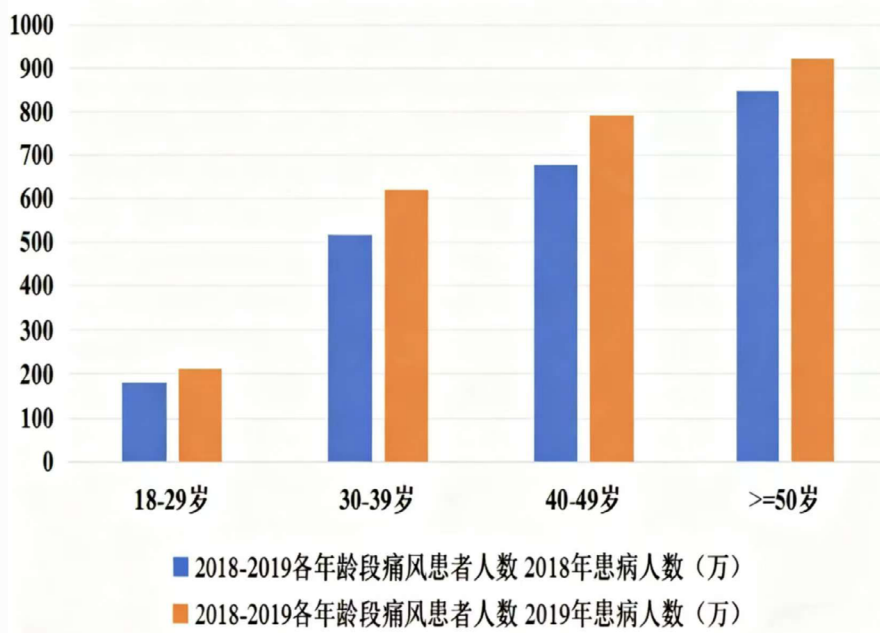
(2) **远期影响**：反复发作的痛风会侵害关节致关节变形及功能异常，在关节周围堆积痛风石，加重对关节的破坏。痛风还会引发肾脏疾病，如引起尿路结石及肾衰竭等问题。

2. 糖尿病

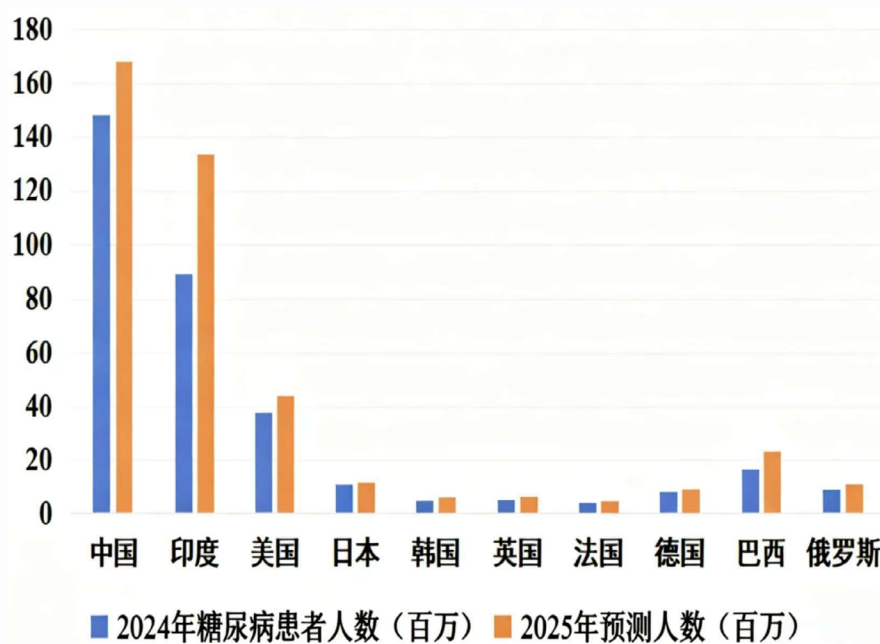
(1) **近期影响**：当人体血糖升高的时候就会出现多饮、多食、多尿及体重减轻的症状。身体的抵抗力下降之后就会出现皮肤感染、泌尿系统感染等情况。

(2) **远期影响**：长期高血糖会破坏全身各种器官功能，如：眼睛视物不清甚至瞎了；影响到肾脏可以导致尿毒症；影响神经可能会出现四肢麻木的感觉；容易并发症高血压、高血脂、冠心病及脑卒中等情况。

三、这两种病越来越往年轻人身上跑，让我们来看看有多严重



【图 3】2018~2019 年各年龄段痛风患者人数图



【图 4】2024 年全球主要国家糖尿病患者人数图

近年来，不管是痛风还是糖尿病，这些慢性病中年轻群体占比显著增加。

最近的一份数据显示到 2025 年，我国痛风患者将达 1.8 亿人(数据来源于国家卫生健康委)!

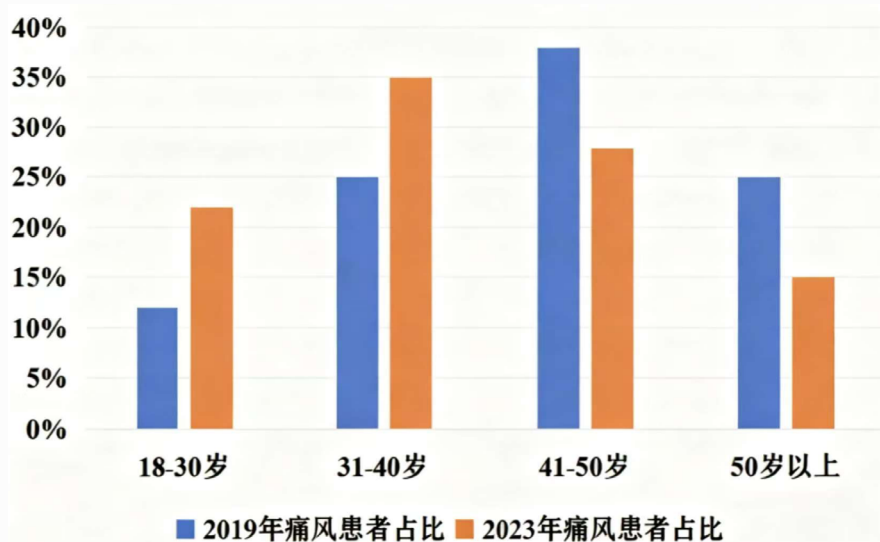
冰冷的数字放哪都叫人咋舌。以前老认为是“长辈专属”，现在却又慢慢地笼罩了年轻的身子骨。今年上半年买痛风药的人群，买药会员的19~45岁群体人数占到总量超过一半以上，比去年增加了不少。而相反的则是50岁以上高龄的会员人数较去年有所减少^[5]（图5）。

四、痛风和糖尿病的双向关联

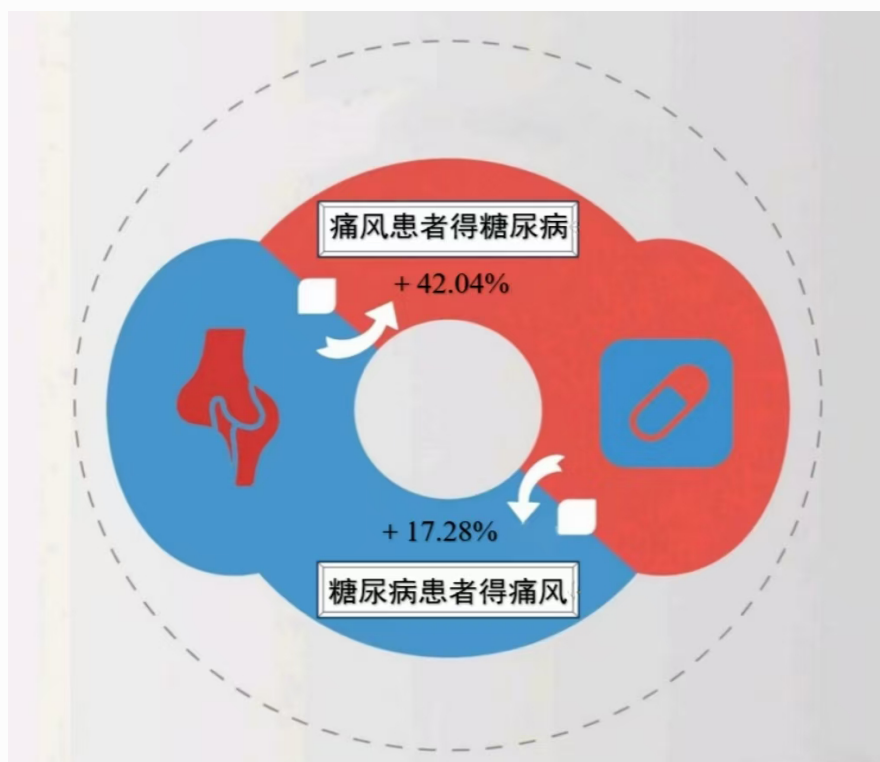
痛风与糖尿病之间存在双向关联：痛风患者的糖尿病发病率为15.00%（15/100）^[6]。同时，糖尿病患者随后患痛风的风险也会相应地增加。据研究调查，人群从健康到患糖尿病、健康到患痛风、患糖尿病到同时患有糖尿病和痛风、患痛风到同时患有糖尿病和痛风的累积发病率分别达到了0.3148、0.1639、0.1728和0.4204（图6）。可知，糖尿病与痛风互为危险因素^[7]。

痛风和糖尿病之间存在密切联系，主要就是因为他们之间有几个关联机制，具体体现在4个方面（图7）。

首先，对于这两种疾病而言，胰岛素抵抗是他们共同的病理基础。胰岛素不仅能发挥着调节血糖的作用，还能帮助尿酸通过肾脏排出体外。当身体出现



①【图5】痛风患者年龄分布变化趋势（2019 VS 2023）



①【图6】痛风和糖尿病的疾病关联

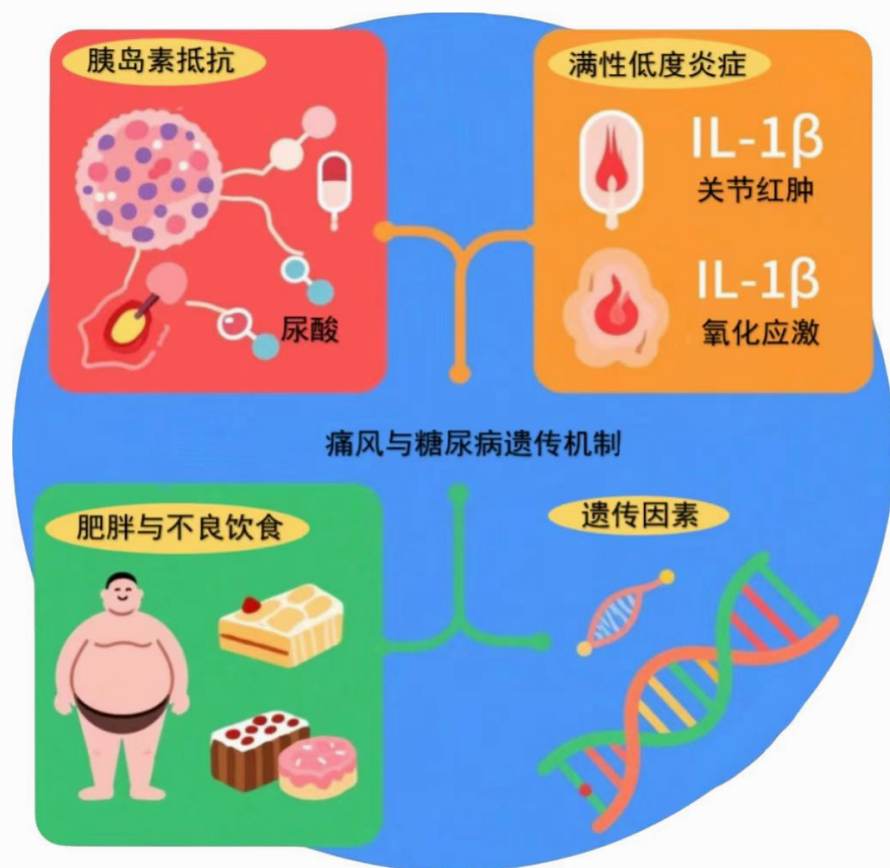
胰岛素抵抗的时候，一方面因为高血糖而促进黄嘌呤转化为尿酸；另一方面因为糖尿病引起肾

血流下降、肾供氧不足，造成乳酸生成增多，乳酸与尿酸产生竞争性排泄，尿酸不能够顺利排出

体外就会造成血尿酸升高。血尿酸升高以后同样会导致胰岛素信号通路的损伤,使胰岛素不能正常发挥作用,继而加重胰岛素抵抗,导致恶性循环。高胰岛素血症还可以直接刺激肾小管重吸收尿酸。临床上糖尿病合并高尿酸血症的发生率明显高于普通人群^[8]。

其次,慢性低度炎症状态是一种疾病的状态,而二者都是其中的一部分。炎症可以理解为两者的“联络员”。痛风也是身体出现了炎症反应,尿酸结晶进入关节从而导致身体产生炎症反应,尿酸结晶产生的炎症因子IL-1 β ,可以促使细胞对胰岛素耐受,使得身体细胞如被“胰岛素防火墙”包裹一样,无法接受到正常剂量的胰岛素作用。从另一方面来说,糖尿病病人的血糖过高时会对身体产生一种“氧化应激”的作用,从而增强尿酸的产生,同时损伤肾小管的泌尿酸能力,使尿酸在体内堆积过多,形成痛风^[9]。

此外,它们的发病“温床”是同一种——肥胖和不良饮食。由于胖人的脂肪组织含有多量的炎症介质,因此它们不仅是导致胰岛素抵抗的原因之一,还能增加尿酸的产生^[10]。吃大量的高嘌呤



①【图7】糖尿病和痛风的关联机制

的食物(如海鲜、动物内脏等)和高糖食物,都可能使血尿酸、血糖达到升高的水平^[11]。

最后,遗传也添了把火,有些基因变异可能同时影响尿酸排泄和血糖调节,如SLC2A9基因、ABCG2基因、KCNQ1基因等,让有些人更容易同时得上这两种病^[12]。

从临床看,长时期痛风可以造成胰岛 β 细胞功能减退致糖耐量异常,痛风发作时的炎症产生

细胞因子可加重胰岛素抵抗。两病共存时就很难达到同步治疗的效果:一方面,糖尿病应多运动,但痛风发作时因为关节疼痛难以活动;另一方面,糖尿病患者宜吃优质蛋白质,而痛风又不能摄入高蛋白,如此一来就会陷入一种恶性循环之中。而且由于糖尿病伴发外周神经病变,对疼痛感觉迟钝,故痛风的典型关节痛可被忽视或漏诊;同时,糖尿病患者还伴有肾功能不全等并症,会影响一些痛风的治疗用药;再者,糖尿病患者应用噻嗪类利

尿剂、小剂量阿司匹林等均可引起血尿酸升高，也可导致或加重痛风，因此需要区别对待。而且合并痛风的糖尿病患者的住院率和并发症发生率明显比单病患者高。

作为痛风最危险的因素——高尿酸血症，高尿酸血症也在糖尿病发病过程中扮演着独立危险因素。当血尿酸水平每升高 $60 \mu\text{mol/L}$ ，2型糖尿病的发病风险将增加 17%。因此，搞清楚痛风和糖尿病之间的关联对于疾病的治疗具有重要的指导意义，二者之间的病因学危险因素可作为疾病防治的相互作用靶点。同时，当痛风合并有高血压、高血脂及肥胖问题时，不仅血尿酸水平升高，其血糖水平也会明显升高，因此高血压、高血脂及肥胖不仅与痛风相关，而且是痛风伴发糖尿病的独立危险因素。它们主要是通过影响血尿酸水平及相关炎症反应通路来导致糖尿病和痛风。如高血压，可能通过影响肾小球供血使血乳酸产生增多，通过竞争抑制尿酸排泄，从而导致高尿酸血症；而对于高血脂患者，其体内的游离脂肪酸会参与尿酸盐晶体形成，并触发炎症反应；肥胖状态下，能量摄入较多，体内嘌呤合成增多，尿酸生成增多而清除减少，导致血

尿酸升高及胰岛素抵抗。这样一来就增加了痛风和糖尿病的发病风险。

痛风与糖尿病都可以引起一些其他的并发症，会严重影响人的健康，高尿酸血症、高血糖都是会损害血管内皮功能，加速动脉粥样硬化的过程，都会引起痛风患者的心血管死亡率升高及发生心衰的风险增大。同时痛风也会对肾脏造成一定的损害，高尿酸会加重尿酸盐肾病的发生发展，高血糖会诱发糖尿病肾病，许多痛风患者均有不同程度的肾损害，且容易并发肾结石。

五、这些习惯是致病“元凶”，你可能天天在做！

(1) 吃出来的毛病：许多年轻人都喜欢吃海鲜、红肉烧烤以及“续命神器”奶茶、可乐等，是促进尿酸升高的“得力助手”，在它们的构成中，高嘌呤食物会直接促进尿酸生成，含糖饮料中的果糖会在代谢后促进尿酸合成，而酒精就相当于是一个“尿酸助推器”——加速了嘌呤的分解，同时还阻碍着其尿酸的排出。同样，在饮食上面长期大量的高糖（奶茶、甜点等）、过多的精制碳水（白米饭、白馒头等）、高脂饮食（油炸类食品、肥肉等）、饮食不规律、含糖饮料、

蔬菜膳食纤维不足都会导致身体出现代谢紊乱的问题，从而引发糖尿病。

(2) 不动带来的麻烦：久坐易诱发肥胖，久坐肥胖同样容易诱发痛风，肥胖容易引发急性炎症，促发痛风石的形成以及导致痛风并发其他疾病；熬夜会引起身体内分泌紊乱，使胰岛素敏感度降低^[13]。

(3) 遗传和环境的影响：受家族性痛风遗传基因影响的患者由于存在尿酸转运蛋白变异而比普通人的患病风险要高 4~6 倍；而环境铅也会损伤肾脏的小管系统，使身体不能更好地排出尿酸^[14]。

(4) 压力的危害：现在的年轻人由于工作上的压力较大，而往往会出现心理上的不平衡，长时间处于紧张的精神状态下，会促使人体分泌应激激素，破坏人体代谢节律，导致尿酸生成和排泄失去平衡，容易引发高尿酸血症。而同时也会形成吸烟、熬夜等不良的生活习惯，给身体健康增加更多负担^[15]。

六、年轻人快收好！这几招帮你远离病痛

1. 吃很重要

(1) 少吃高嘌呤食物（图 8），尽量不吃动物内脏，肉类和贝类

海鲜；少喝饮料；少吃肉类，多吃蔬菜。对于糖尿病患者，饮食要注意控总热量，选杂粮、优质蛋白和健康脂肪，多食用膳食纤维，少盐糖，定时定量。

(2) 限制饮酒，少饮用啤酒、黄酒和白酒，少饮红酒。

(3) 尽量少喝含糖饮料，可以用柠檬水代替，既能解渴，又能碱化尿液，促进尿酸排泄。

(4) 喝够水：心肾功能正常的话，每天喝 2000~3000 mL 水，分多次喝，保证尿量在 2000 mL 以上。可以选择弱碱性水，如天然矿泉水或小苏打水，能中和尿酸结晶。

(5) 控制精制糖摄入：少吃蛋糕、甜点和精制米面，可以用杂粮饭、燕麦和玉米等粗粮代替主食。

(6) 规律三餐，拒绝极端饮食：不节食减肥，不暴饮暴食。早餐必须吃，晚餐不晚吃，睡前 3 h 不进食。

(7) 用天然调味代替高油盐：做饭少用酱油、耗油和沙拉酱等，用柠檬汁、黑胡椒和香草碎调味，减少负担。

2. 运动很重要

(1) 坚持科学运动，每周运动至少 3~4 次，每次 30 min 的负重运



⑧【图8】食物中嘌呤含量示意图（图片来源于花瓣网）

动、步行和慢跑等。适当运动，控制体重，以有氧运动为主，避免剧烈运动。

(2) 减少久坐时间：久坐会降低代谢效率，每坐 1 h 其实活动 5 min，避免全天躺卧和长时间刷手机、玩电脑。

(3) 需要注意多晒太阳，夏天可于清晨或傍晚阳光柔和时间段晒太阳，以免晒伤。在北方的冬天，日照少时，维生素 D 合成不足，可以测测血液中维生素 D 的水平，需要时及时通过口服补剂补充。

3. 生活习惯很重要

(1) 睡好觉: 每天要保证有 7~8 h 高质量睡眠, 固定睡觉和起床时间, 别熬夜。睡眠不足会打乱代谢, 影响尿酸排泄和血糖调控。

(2) 管理好情绪: 感到压力大时, 可以试试冥想、听音乐、和朋友聊天的方式或者是培养一些自己的兴趣爱好, 如绘画或阅读等都可以帮助到自己, 而且也可以试着保持心情舒畅、积极乐观。

七、糖尿病合并痛风, 该如何管理?

结合《中国高尿酸血症与痛风诊疗指南(2024)》, 痛风合并糖尿病的管理方案(图9)。

1. 生活方式干预为根基

(1) 饮食管控: 核心是体重控制, 严格限制饮酒(尤其是痛风急性发作时要戒酒), 少吃动物内脏、海鲜和浓肉汤等嘌呤高的食品, 以及少喝含糖饮料、少吃高果糖水果等。每天足量吃蔬菜(不少于 500 g, 深色蔬菜占一半以上)及奶制品(300 mL 以上)。建议选择终止高血压饮食疗法(Dietary Approaches to Stop Hypertension, DASH)或者地中海饮食模式, 控制血糖同时也在控制血尿酸。对于豆制品既不要推荐也不要限制, 因为它们属于非动物来源的蛋白, 其嘌呤代谢途

径和动物性蛋白完全不同, 所以不是绝对的禁食对象, 为了防止病人过分忌口而出现营养不良, 没必要将其列入黑名单中。

(2) 运动与日常习惯: 坚持每天中等强度的有氧运动, 每周累计时

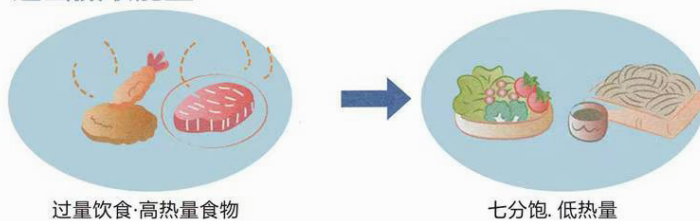
间应超过 150 min, 可提高胰岛素敏感性, 有利控糖; 同时有利于尿酸代谢, 还要彻底戒烟, 每日饮水要 $\geq 2000\sim 3000$ mL (即 8~10 杯), 最好喝白开水或淡茶水, 尽量维持每日尿量 ≥ 2000 mL。

高尿酸血症及痛风饮食疗法的重点

改变生活方式中, 最重要的就是饮食疗法

饮食疗法的4个重点

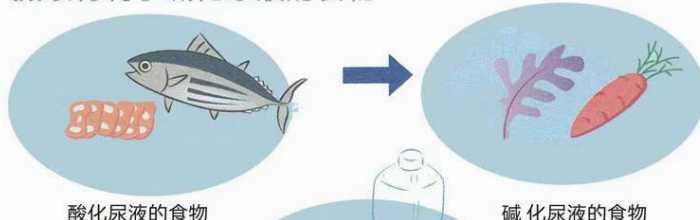
1 适当摄取能量



2 限制嘌呤的摄取



3 摄取有利于碱化尿液的食物



4 多喝水



⑨【图9】痛风和糖尿病合并患者主食食用建议清单(图片来源于搜狐网)

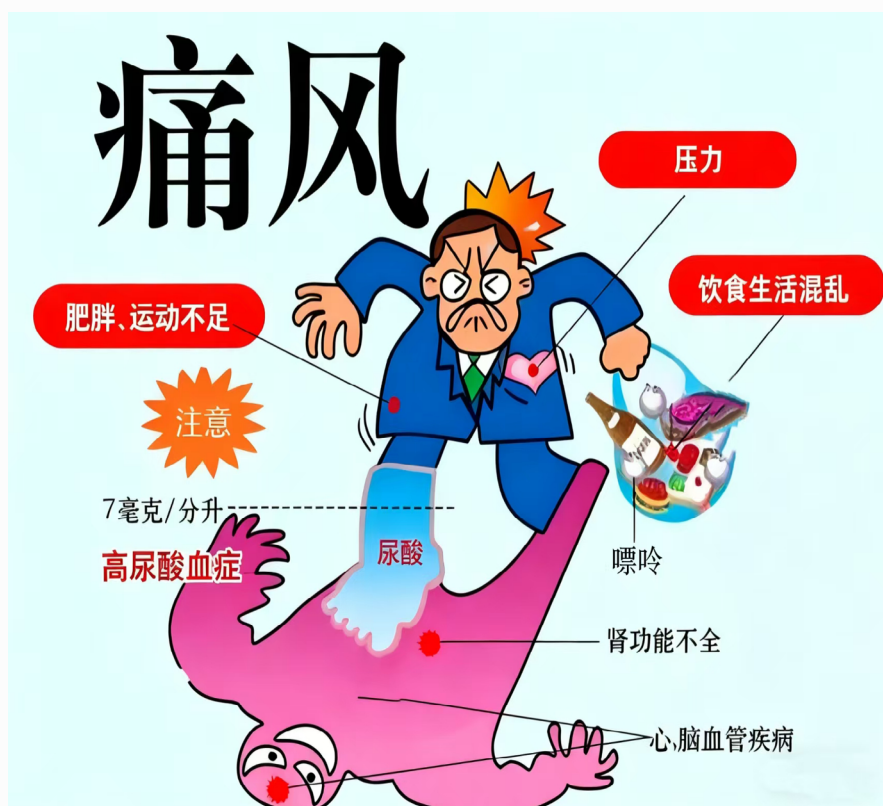
2. “双达标”控制为关键

(1) 血尿酸控制：合并糖尿病的痛风患者血尿酸控制要更为严格，要求 $<300 \mu\text{mol/L}$ （一般人群无并发症的目标值是 $<360 \mu\text{mol/L}$ ），根据患者的不同情况选药，别嘌醇用于尿酸生成过多型的痛风患者，从小剂量开始，渐增至最大有效剂量；非布司他对于肾脏损害较少见、适宜肾功能不全患者，但老年人应用本品期间应密切监测其心血管安全性；苯溴马隆可用于尿酸排泄减少型的痛风患者，在给药前必须先排除有无尿路结石禁忌证，并禁止合用能够引起急性肾损伤或者影响血糖代谢的其他药物，以免发生不良反应（图 10）。

(2) 血糖控制：对于管理过程来说，一定要进行合理的血糖管理，在控制好糖尿病类型以及病况的基础上选择合适的降糖药物（例如二甲双胍或胰岛素），并将空腹血糖控制在 $4.4\sim 7.0 \text{ mmol/L}$ ，同时也要使非空腹血糖值低于 10.0 mmol/L ，最后需要将糖化血红蛋白的水平保持在低于 7.0% ，然后注意两种降糖药的搭配。

3. 个体化与协作管理保成效

(1) 特殊人群管理：老年人常合并肾功能减退，降尿酸首选非布司他，若用别嘌醇则要酌情减量



⑩【图 10】痛风发病因素清单（图片来源于京东健康）

并密切监测肾功能；绝经期后女性因雌激素降低易致尿酸升高，要加强血尿酸筛查及早进行干预；肥胖是 2 型糖尿病和高血压的重要共性危险因素之一，在肥胖患者中优先强调体重的控制。

(2) 多学科协作：调动内分泌科、肾内科和风湿免疫科等多个学科参与，汇集多科意见为患者制定出更合理的个性化治疗方案，更好进行综合管理^[1]。

八、结语

痛风与糖尿病发病相关的

各种代谢因素均有一定的相互关联。痛风本身就是糖尿病的一种危险发病因素，导致痛风发生的多种代谢因素异常也均与糖尿病相关联。因而保持良好的生活习惯，健康的饮食习惯，坚持规律科学的运动健身对防治痛风与糖尿病极为重要。

痛风、糖尿病之所以逐渐出现年轻化的趋势，可能是由于我们的生活方式加上我们自身的一些遗传因素所造成的，而这两者又联系着心血管疾病和肾脏疾病。因此对于还未出

现明显的痛风或糖尿病的年轻人来说，需要尽早开始干涉，在日常生活中注意饮食、减肥，

并且需要定时监测自己的尿酸和血糖情况，控制代谢综合征的发展。大家都要注意，不要

让所谓的“老年病”找上自己，也希望每一个人都可以拥有健康的身体！

参考文献

- [1] Clebak K T, Morrison A, Croad J R. Gout: Rapid evidence review[J]. *Am Family Phys*, 2020, 102(9): 533-538.
- [2] Maiese K. Diabetes mellitus and glymphatic dysfunction: Roles for oxidative stress, mitochondria, circadian rhythm, artificial intelligence, and imaging[J]. *World J Diabetes*, 2025, 16(1): 98948.
- [3] 国家卫生健康委. 中国高尿酸血症与痛风诊疗指南（2024年版）[R]. 国家卫生健康委, 2024.
- [4] International Diabetes Federation. IDF Diabetes Atlas, 11th edition[M]. Brussels, Belgium: International Diabetes Federation, 2025.
- [5] 刘聪, 海云. 痛风用药：年轻化趋势明显[J]. *中国药店*, 2024(9): 70-76.
- [6] 苏雪清, 胡慧娴. 痛风伴发糖尿病的危险因素分析[J]. *中外医学研究*, 2023, 21(6): 152-155.
- [7] 董晓梅, 张加仪, 张思恒, 等. 糖尿病与痛风发病的竞争风险研究[J]. *实用预防医学*, 2019, 26(4): 430-433.
- [8] Erlandsson M C, Tuameh M, Jukic Huduti E, et al. Clinical significance of diabetes-mellitus-associated antibodies in rheumatoid arthritis[J]. *Cells*, 2022, 11(22): 3676.
- [9] Di Muzio C, Cipriani P, Ruscitti P. Rheumatoid arthritis treatment options and type 2 diabetes: Unravelling the association[J]. *BioDrugs*, 2022, 36(6): 673-685.
- [10] Cai N, Chen M, Feng P, et al. Relationships between obesity and prevalence of gout in patients with type 2 diabetes mellitus: A cross-sectional population-based study[J]. *BMC Endocr Disord*, 2024, 24(1): 137.
- [11] Jalili-Moghaddam S, Mearns G, Plank L D, et al. Pacific islands families study: Serum uric acid in pacific youth and the associations with free-sugar intake and appendicular skeletal muscle mass[J]. *Nutrients*, 2024, 17(1): 54.
- [12] Wu X, You C. The biomarkers discovery of hyperuricemia and gout: proteomics and metabolomics[J]. *Peer J*, 2023, 11: e14554.
- [13] 金磊, 吴茜茜, 张晓敏, 等. 饮食治疗痛风与高尿酸血症的研究进展[J]. *基础医学与临床*, 2025, 45(3): 382-389.
- [14] 杨清雅, 许超, 杨亚旭, 等. 肥胖与痛风的研究进展[J]. *风湿病与关节炎*, 2023, 12(1): 70-75.
- [15] 杨丽娟, 张智敏, 吕新亮, 等. 尿酸转运蛋白基因多态性与痛风性关节炎中医证型关系的研究[J]. *中国中医急症*, 2025, 34(5): 800-805.

“五花八门”的驱蚊方法

作者：任曦筑，李裴丽；Email: 741624191@qq.com



Image by macrovector on magnific



① 【图 1】蚊子的危害

1. 引言

蚊虫叮咬的问题在生活中十分常见，一到夏天更是成了大家的烦心事。但它的危害却比我们想象中的要更加严重，主要体现在 3 个方面（图 1）。

(1) 传播多种致命疾病：蚊子是最具威胁性的传播媒介，是多种病原体的“移动载体”，如疟原虫、登革热病毒、寨卡病毒、基孔肯雅病毒等^[1]。比如疟疾，曾在非洲夺走无数生命，我国科学家屠呦呦研发出青蒿素才有效遏制了它的肆虐^[2]，即便如今，疟疾仍是让人胆寒的疾病。此外还有登革热、寨卡病毒病^[3]等疾病，这些疾病一般会引起发热、头痛、呕吐，严重时还能损害神经系统，甚至危及生命。免疫力低下的人群更要提高警惕。

(2) 影响生活质量及生命健

康：蚊虫叮咬时唾液产生的蛋白质会引发人体过敏，导致红肿、瘙痒和疼痛。有些人皮肤敏感，抓挠后可能直接引发感染，甚至出现毛囊炎等问题。在夜间蚊子“嗡嗡”的叫声不仅烦人，还会干扰睡眠，长期下来可能影响精神状态。婴幼儿和老人免疫力较弱，无论是疾病传播风险还是生活受影响程度，都比普通人要大。频繁的蚊虫骚扰也会减少户外活动的舒适度（如露营、野餐和农业劳作等），可能使人对特定环境产生恐惧或回避心理。

(3) 对经济与社会的间接影响：蚊媒疾病的治疗、防控需要投入大量医疗资源，也许会挤占其他公共卫生开支，使医疗负担加重；疾病可能导致患者丧失劳动能力，或健康人群因避免蚊虫叮咬而减少户外劳动（如农业、建筑等），劳动力减少，生产效

率降低。旅游城市若是蚊媒疾病高发地区可能因“疾病风险”降低游客吸引力，间接影响当地经济发展。

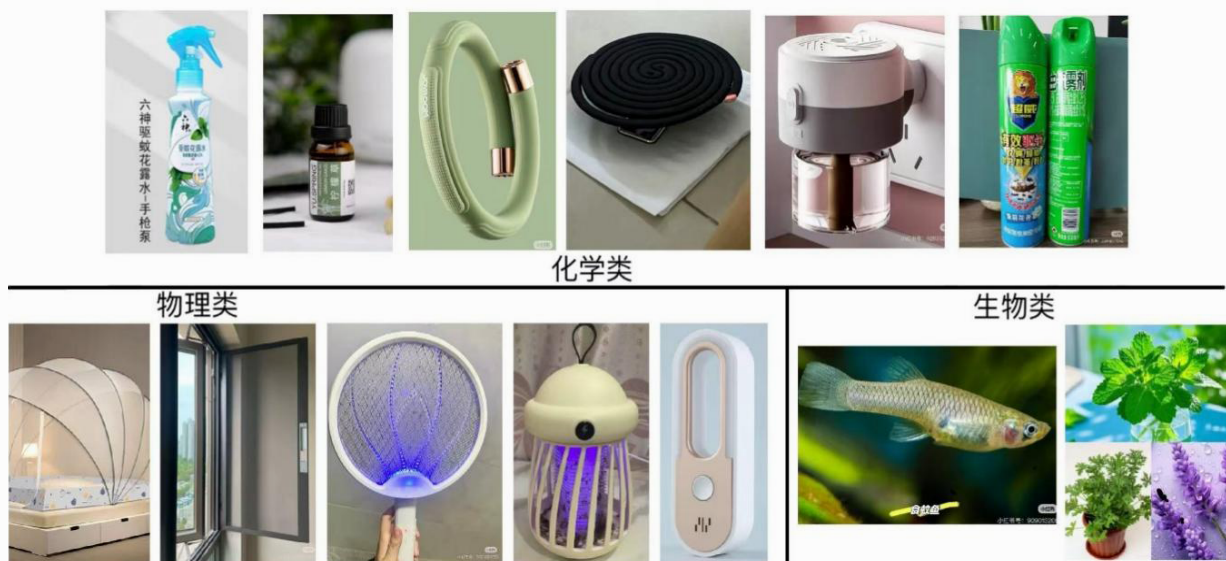
蚊子的种类有很多，防蚊这件事在夏天尤其重要，大家绝不可以掉以轻心。

2. 驱蚊途径的多样性

夏天的湿淫与暑淫，本就容易让身体觉得不适，而在这种湿热交织的环境中，更是蚊虫等小虫的“乐园”——它们喜欢在这儿产卵、藏窝，甚至成群聚集。这不仅让人看着闹心，更麻烦的是，湿淫、暑淫本就对健康不利，再加上这些蚊虫的侵扰，简直是雪上加霜，想想都让人觉得更难捱了。驱蚊手段也是各种各样，表 1 总结了目前我们生活中常见的驱蚊方法以及它们的优势和不足^[4-8]。图 2 为常见的各种驱蚊方法。

表 1 多种驱蚊方法的优势与不足

分类	驱蚊方法	优势	不足	参考文献
化学类	驱蚊液（含避蚊胺、派卡瑞丁等）	使用方便，直接喷洒在衣物或皮肤表面，驱蚊效果较直接且快，适用范围广。	对皮肤和黏膜有刺激性，部分产品气味重，需定期补涂；婴幼儿选择低浓度产品。	[4-5]
	植物精油（如香茅油、柠檬桉油）	天然温和，适合敏感人群；散发宜人香气。	驱蚊效果较弱，持续时间短，需频繁补涂；可能引起过敏。	
	驱蚊手环（植物精油型）	便携时尚，适合户外活动；无皮肤接触，安全性高。	效果不稳定，持续时间短（约 2~4 h）；部分产品驱蚊率未达国家标准。	
	蚊香	持续时间长（单盘燃烧约 8 h），成本低，驱蚊效果较好，适合室内使用	燃烧时有明火，存在火灾风险；燃烧产生烟雾和颗粒物可能刺激呼吸道；燃烧后产生灰烬，影响环境卫生	
	电蚊香片 / 液	使用方便，无明火，气味较小，适合封闭空间。	需插电使用，不适合户外；长期接触拟除虫菊酯可能影响神经系统。电蚊香液有效成分释放均匀，实验显示其驱蚊效果稳定。	
	杀虫喷雾	快速击倒蚊虫，适合紧急处理或大面积空间。	需封闭空间使用，气味刺激；对敏感人群（孕妇、儿童）不友好。	
物理类	蚊帐	物理隔离蚊虫，安全无毒，适合婴幼儿、孕妇；可长期重复使用。	可长期重复使用。使用范围受限，需提前搭建；户外活动不便携带。	[6]
	纱窗 / 纱门	通风防蚊，长期有效，适合家庭安装。	安装后无法移动，需定期清洁；老旧纱窗可能密封性不足。	
	电蚊拍	手动击杀蚊虫，即时见效，适合小范围使用。	需主动操作，对飞行中的蚊虫效果有限；存在触电风险。	
	灭蚊灯	利用紫外线诱捕蚊虫，安全无化学残留，适合室内长期使用。	效果受环境影响大（如强光、高温），需定期清理储蚊盒。	
	超声波驱蚊器	无需使用化学物质，对人体无直接危害，可长期使用	实际驱蚊效果存在争议，不同品牌和型号效果差异大；可能受环境干扰，在复杂环境中效果不佳	
生物类	食蚊鱼	自然控制蚊虫幼虫，环保无污染，适合水培植物或小型水体。	适用范围有限，可能引入生态入侵风险（如北美食蚊鱼）。	[7]
	驱蚊植物（如薄荷、驱蚊草、薰衣草等）	天然环保，有一定的装饰作用，能散发自然香气	驱蚊效果较弱，仅对小范围空间有效；需要精心养护，否则植物容易枯萎，失去驱蚊作用	[8]



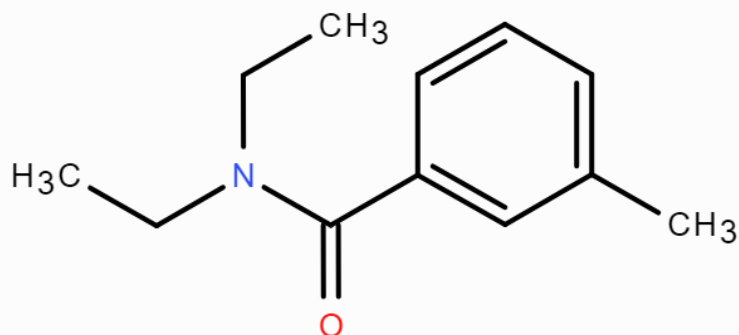
① 【图2】各种驱蚊方法（图片来源于小红书）

3. 驱蚊方法的核心驱蚊原理

驱蚊方法多种多样，实际上驱蚊原理只有4种，分别为物理驱蚊、化学驱蚊、植物驱蚊和电子驱蚊。每一种原理又根据不同的情况拥有自己的核心技术和原理。

3.1 化学驱蚊核心技术与原理

避蚊胺 (DEET)：化学名称为N,N-二乙基间甲苯胺，化学式为 $C_{12}H_{17}NO$ ，结构式如图3所示。避蚊胺对于多种昆虫都有趋避作用，是趋避剂评价的“金标准”^[9]，通过干扰蚊虫的嗅觉感受器，使蚊虫无法定位人体释放的二氧化碳(CO_2)和汗液中的乳酸等化合物，从而达到驱避效果。它也能与蚊虫嗅觉受体中的特定蛋白质进行结合，从



① 【图3】避蚊胺结构式

而阻断蚊虫对气味信号的感知，无法准确找到宿主。因此“避蚊胺”也是趋避剂评价。

派卡瑞丁：派卡瑞丁化学结构为哌啶类羧酸酯化合物（分子式 $C_{12}H_{23}NO_3$ ），结构式如图4所示。派卡瑞丁能与与蚊虫触角

上的气味结合蛋白竞争性结合，进而阻止人体释放的 CO_2 、乳酸和氨等引诱物质与受体结合。比如，当蚊子感知到人类呼出的 CO_2 时，派卡瑞丁分子会抢占嗅觉神经元的信号通道，蚊虫就不能识别宿主位置。研究也发现，派卡瑞丁可以抑制蚊虫嗅觉受体神经元的电生

理活动。当分子接触到蚊虫触角的感受器时,会改变细胞膜离子通道通透性,使神经冲动传递受阻,最终导致蚊虫“嗅觉失灵”^[10]。

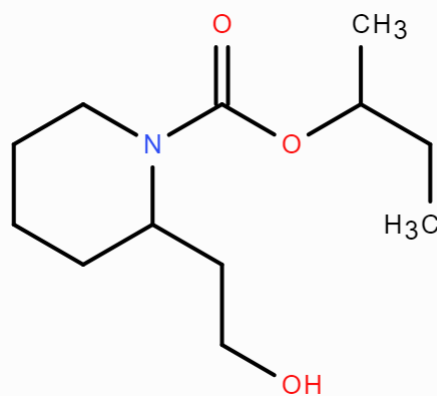
驱蚊酯 (IR3535)^[11]: 化学名称为 *N,N*-二甲基-3-苯基丙烯酸酰胺,化学式为 $C_{12}H_{16}NO$ (图 5)。驱蚊酯的作用原理与避蚊胺类似。此外,驱蚊酯还能作用于蚊虫的神经系统,干扰其神经传导,使其无法正常进行吸血活动。

拟除虫菊酯类: 如氯菊酯、溴氰菊酯、除虫菊酯和四氟甲醚菊等^[12-13],其化学结构中含有拟除虫菊酯基团,能够与蚊虫神经细胞膜上的钠离子通道结合,改变钠离子通道的正常功能,导致神经细胞兴奋性异常,使蚊虫失去正常的飞行和定位能力,从而达到驱蚊或灭蚊的效果。

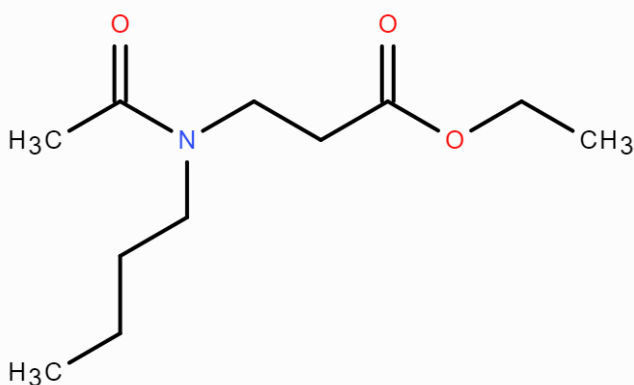
挥发性精油驱蚊: 如香茅油、桉树油、丁香油、柠檬油、艾叶油、雪松油、薄荷油和薰衣草油等^[14],这些植物精油中含有多种挥发性有机物,能够干扰蚊虫的嗅觉受体,使其无法准确定位人体释放的气味,从而降低叮咬概率。例如,香茅油中含有香茅醛、香茅醇和香叶醇等成分,其气味对蚊子有驱避作用 (图 6)。

3.2 物理驱蚊核心技术与原理

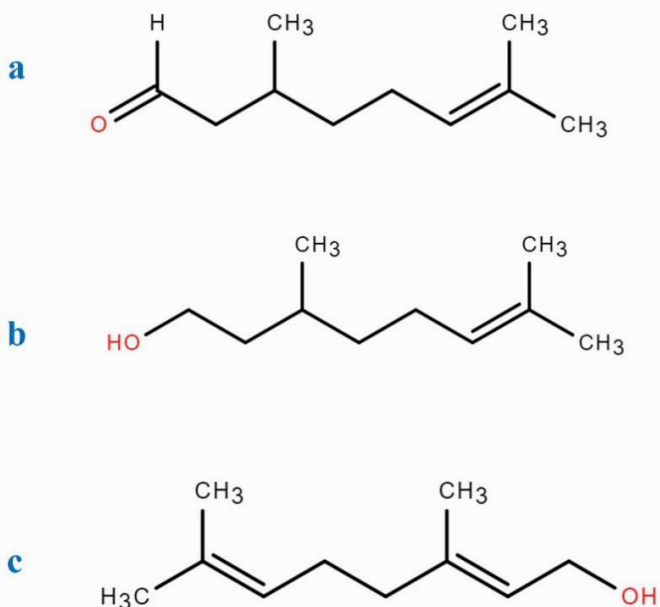
光诱捕技术: 蚊子具有趋光



① 【图 4】派卡瑞丁结构式



① 【图 5】驱蚊酯结构式



① 【图 6】香茅醛 (a)、香茅醇 (b) 和香叶醇 (c) 结构式

性, 种类不同的蚊子会对不同波长的光敏感。大部分蚊子对波长在 365~400 nm 之间的紫外光比较敏感。物理驱蚊设备利用紫外光灯吸引蚊子靠近, 再通过高压电网将其击杀^[15] 蚊子飞向光源时, 触碰到高压电网就会被击毙(图 7)。

物理屏障技术: 通过设置物理障碍来阻挡蚊虫接触人体或特定区域。如蚊帐, 是一种传统的物理屏障, 通过细密的网眼阻挡蚊子进入, 为人们提供一个相对安全的睡眠环境; 还有防蚊裤, 其面料中添加天然驱蚊因子, 如添加柠檬桉油的提取物孟二醇^[16], 能持续释放气味屏障, 干扰蚊虫触角感应, 从而形成保护圈, 同时利用防蚊裤的物理结构达到防治蚊虫叮咬的目的。

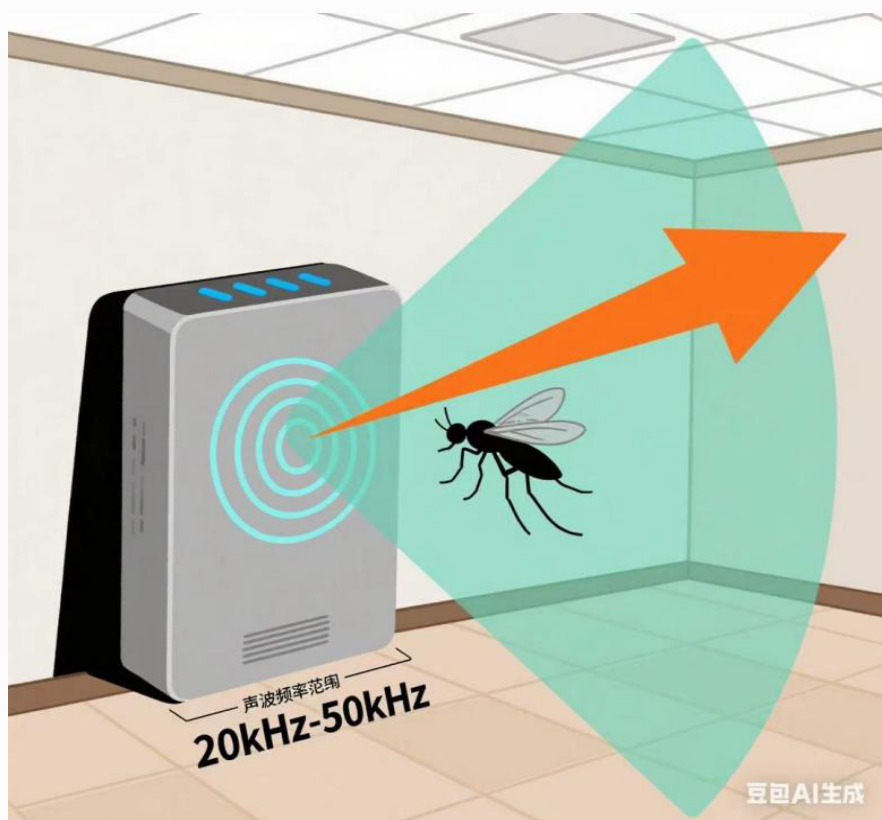
声波驱蚊技术: 部分驱蚊手环或驱蚊器通过超声波发射器模拟雄蚊振频(频率约 20~60 kHz)以驱赶雌蚊^[17], 原理是雌蚊会避开雄蚊的飞行区域, 但其有效性存在争议, 因为蚊子对超声波的敏感度因种类而异, 且环境噪音可能干扰其效果(图 8)。

3.3 生物驱蚊核心技术与原理

食蚊鱼是一种杂食性鱼类, 以动物性食物为主, 食谱广泛, 但其格外偏爱蚊子的卵、幼虫和蛹。研究表明, 一尾饥饿数天的雌食蚊



①【图 7】光诱捕技术(图片来源于豆包 AI 生成)



①【图 8】声波驱蚊技术(图片来源于豆包 AI 生成)

鱼，一天内能捕食大约 438 条蚊幼虫。食蚊鱼原产于北美洲，上世纪初引进到我国，适应能力非常强，耐污染、耐低氧，可以在多种水体环境中生存，包括池塘、稻田、沟渠和小型湖泊等。它是卵胎生鱼类，繁殖速度快、繁殖周期短，在适宜的环境条件下，种群数量能够迅速增加^[18]。

天然植物驱蚊：一些植物比如艾叶、薰衣草和飞机草等^[19]含有特定的化学成分，能释放强烈的味道，进而干扰蚊虫的嗅觉或味觉系统，使其产生厌恶感或无法定位宿主。其提取物除虫菊素^[20]，主要成分为除虫菊酯（化学式为 $C_{21}H_{20}O_3$ ），就具有良好的驱避效果。

3.4 电子驱蚊核心技术与原理

二氧化碳模拟技术：通过 DAC 技术^[21]直接从空气中捕获 CO_2 ，模拟人体呼吸释放高浓度 CO_2 ，同时释放变频光波和体温，吸引蚊子靠近，再利用高压电网将其击杀（图 9）。因为蚊子主要通过感知 CO_2 来寻找宿主，这种技术能够精准地吸引蚊子，从而达到高效的驱蚊效果。

电磁波驱蚊技术：利用特定频率的电磁波干扰蚊虫的神经系统或行为模式（图 10），使其无法正常活动或定位宿主，从而达



①【图 9】DAC 技术（图片来源于豆包 AI 生成）



①【图 10】电磁波驱蚊技术（图片来源于豆包 AI 生成）

到驱蚊的目的。

4. 如何选择驱蚊方法

驱蚊方法多种多样，驱蚊原理和驱蚊效果也各有不同，这就使得我们在选择驱蚊方法时拥有“火眼金睛”了，对于商家的宣传语言要提高警惕了，不去盲目相信广告语，而应该提高自己的判断力。比如在自己的家中我们选择装纱窗，卧室可以使用蚊帐，物理防蚊不仅安全，也适合有儿童的家庭。客厅比较空旷，可以选择含有避蚊胺或驱蚊酯类驱蚊剂用于皮肤暴露部位，同时可以搭配香茅油或柠檬桉油这类精油进行驱蚊。如果我们在户外活动的话可以穿防蚊裤和防蚊帽，如果长时间活动的话则需要搭配避蚊胺或驱蚊酯类驱避剂。对于儿童和孕妇的话我们

选择要更加慎重，首选是蚊帐和防蚊裤这类安全无刺激的防蚊方法，其次可选择含有天然植物精油类的防蚊产品，但是要注意精油含有多种成分，防止出现过敏现象，要及时甄别。

5. 结语

蚊虫作为全球主要病媒传播生物之一，其传播的疟疾、登革热等疾病长期威胁公共卫生安全，人们对驱蚊需求也越来越高，尤其是蚊虫存在的高密度地区人群以及免疫力低下人群。

本文对驱蚊体系的梳理，既包含了从天然植物（如除虫菊、艾草）到化学合成成分（避蚊胺、派卡瑞丁、驱蚊酯）的“成分型”手段，也包括了声波干扰、DAC 二氧化碳模拟、物理屏障（蚊帐、

纱窗）等“技术型”方案；从核心原理来看，无论是通过分子竞争阻断蚊虫嗅觉受体（如派卡瑞丁结合 OBP 蛋白）、借助物理信号模拟天敌/非宿主环，还是以生态诱捕方式减少蚊虫密度（如 DAC 二氧化碳诱蚊系统），本质上都是对“蚊虫-宿主-环境”三者互动关系的精准干预。

我们可以相信，随着材料科学（如纳米缓释载体）、生物传感技术（如蚊虫行为 AI 识别）与绿色化学的融合，驱蚊技术或将向“更智能、更环保、更个性化”方向发展。本文的介绍可以为不同需求下的驱蚊选择提供科学依据，不再盲目的相信宣传的性能，而能自己进行辨别。帮助广大消费者更深入的了解蚊媒防控体系。

参考文献

- [1] António B M, Walter W F, Robert K T, et al. Mosquito-repellent controlled release formulations for fighting infectious diseases[J]. Malaria J, 2021, 20: 165.
- [2] 屠呦呦. 青蒿素的发现：传统中医献给世界的礼物[R]. 瑞典斯德哥尔摩：卡罗林斯卡学院诺贝尔奖颁奖典礼，2015.
- [3] 刘起勇. 我国登革热流行新趋势、防控挑战及策略分析[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2020, 31(1): 1-6.
- [4] 王小明, 李华, 张伟. 化学驱蚊剂的研究进展与安全性评价[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2023, 34(2): 123-128.

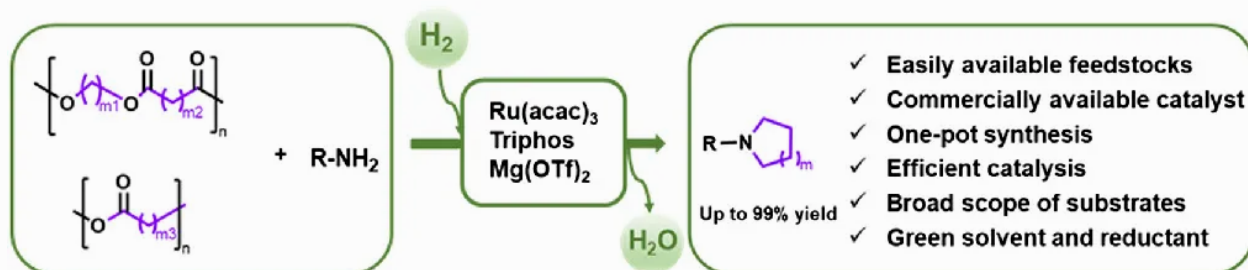
- [5] GB/T 13917.9—2009, 农药登记用卫生杀虫剂室内药效试验及评价第9部分: 驱避剂[S]. 中国国家标准化管理委员会, 2009.
- [6] 陈红, 赵亮. 物理防蚊技术的研究进展与应用[J]. 中华卫生杀虫药械, 2024, 30(1): 45-50.
- [7] 广东省疾病预防控制中心. 防止蚊虫产卵孳生 科学种养水生植物[R]. 广州: 广东省疾病预防控制中心, 2025.
- [8] Kalita B, Bora S, Sharma A K. Plant essential oils as mosquito repellent-a review[J]. Int J Res Dev Pharm Life Sci, 2013, 3(1): 741-747.
- [9] Riffell J A. Olfaction: Repellents that congest the mosquito nose[J]. Current Biol: CB, 2019, 29(21): R1124-r6.
- [10] 陈昕璐, 台宗光, 朱全刚, 等. 驱蚊剂的研究新进展[J]. 药学实践杂志, 2023, 41(2): 81-85.
- [11] 王磊, 李华, 张伟. 驱蚊酯对埃及伊蚊嗅觉受体的抑制作用[J]. 昆虫学报, 2023, 66(4): 567-575.
- [12] 田野, 褚宏亮, 刘大鹏, 等. 溴氰菊酯长效驱蚊帐灭蚊效果观察[J]. 寄生虫与医学昆虫学报, 2023, 30(4): 226-9.
- [13] Zhang Y. Development trend of pyrethroid insecticides in the past ten years[J]. Agrochemicals, 2015, 54(2): 79-82.
- [14] Pathalam G, Samuel R, Daniel M, et al. Essential oils from plants: A review on eco-friendly mosquito repellents[J]. Int J Sci Res Biol Sci, 2019, 6(4): 68-88.
- [15] 黄千禧. 一种双波段灯光发光诱蚊装置: 中国, CN 202422417106.3[P]. 2025-08-01.
- [16] 田野, 陈红娜, 刘大鹏, 等. 植物源驱避剂孟二醇对白纹伊蚊的实验室药效研究[J]. 中华卫生杀虫药械, 2019, 25(6): 546-8.
- [17] Smith J, Doe J B, Johnson K. Effectiveness of ultrasonic mosquito repellents: A systematic review and meta-analysis[J]. Parasites Vectors, 2017, 10: 1-10.
- [18] Cote J, Fogarty S, Weinersmith K, et al. Personality traits and dispersal tendency in the invasive mosquitofish (*Gambusia affinis*)[J]. Proc Biol Sci, 2010, 277(1687): 1571-1579.
- [19] Nerio L S, Olivero-Verbel J, Stashenko E. Repellent activity of essential oils: A review[J]. Bioresour Technol, 2010, 101(1): 372-378.
- [20] Soni V, Anjekar A. Use of pyrethrin/pyrethrum and its effect on environment and human: A review[J]. Pharma Tutor, 2014, 2(6): 52-60.
- [21] 成都许量科技有限公司. 许量·彩虹智能生态捕蚊机技术白皮书[R]. 成都: 成都许量科技有限公司, 2025.

CCS Chem.

刘志敏研究员团队： 废旧聚酯塑料化学转化制备 *N*-杂环化合物

来源：CCS Chemistry 公众号；原文链接：<https://mp.weixin.qq.com/s/63iT6BfhbeGm2nHK9gOlQ>

近日，中国科学院化学研究所刘志敏研究员团队在废旧聚酯高值化利用及 *N*-杂环化合物绿色合成领域取得重要进展。该团队提出了在 H_2 气氛下，利用聚酯塑料氢解-胺化制备 *N*-杂环化合物的新策略，构建了 $Ru(acac)_3$ 、triphos 和 $Mg(OTf)_2$ 耦合催化体系，实现了聚酯、胺类化合物与 H_2 三组分在温和条件下的高效转化，以高收率和高选择性获得目标 *N*-杂环化合物。本工作为废旧聚酯塑料的高值化利用提供了新思路，也为 *N*-杂环化合物的绿色合成开辟了新途径。



背景介绍：

塑料是人类最伟大的发明之一，自上个世纪五十年代以来，人类制造的塑料已经超过了 120 亿吨，因此使用后塑料的处置问题引起了全球关注。废旧塑料作为再生碳资源，通过化学键的活化与转化可

用于制备化学品、能源产品和新材料。这不仅能够解决由其带来的环境问题，同时为化学品合成提供了新路线，对实现可持续发展具有重要意义。迄今，围绕废旧聚酯的清洁高效转化，研究者们已经发展了水解、醇解、氨解/胺解和氢解等策略，为

羧酸、二元醇、二元胺等化学品的合成提供了新方法。

N-杂环化合物是一类具有重要应用价值的化学品，在医药、农药和生物合成等领域应用广泛。目前，这类化合物主要通过胺类化合物与二卤化物、二醇、环醚和二羰基化合物的环化反应来制备，普遍存在原料获取困难、产率低和分离困难等问题。考虑到聚酯通常由二元羧酸和二元醇缩聚而成，其结构单元为二元羧酸和二元醇片段。通过合理的催化剂设计与反应路线，聚酯的结构单元有望转化为 *N*-杂环化合物，但相关研究尚未见报道。

本文亮点：

针对废旧聚酯塑料高值化利用需求和传统 *N*-杂环化合物合成方法的局限性，刘志敏研究员团队提出了 H_2 气氛下，聚酯塑料氢解-胺化制备 *N*-杂环化合物的新思路，通过构建乙酰丙酮钌 $[Ru(acac)_3]$ 、1,1,1-三(二苯基膦甲基)乙烷 (triphos) 和三氟甲磺酸镁 $[Mg(OTf)_2]$ 耦合催化体系，实现了温和条件下 (160~180 °C) 聚酯、胺类化合物和 H_2 三组分

反应，以高收率和高选择性获得 *N*-杂环化合物。机理研究表明， $Ru(acac)_3$ 与 triphos 配体协同活化 H_2 生成活性物种 $[Ru(triphos)H_2(solvent)]$ ，导致聚酯中的酰基 C-O 键断裂，从而分别通过加氢和脱氢反应生成源自二羧酸链段和二醇链段的醛类中间体。 Mg^{2+} 稳定醛类中间体并抑制其过度加氢，而 $[OTf]^-$ 通过氢键增强胺中氮原子的亲核性，两者协同促进醛与胺的缩合反应。 $Mg(OTf)_2$ 的阴阳离子限域作用进一步推动氨基醛类中间体的分子内环化，最终生成 *N*-杂环化合物。

总结与展望：

本工作不仅为聚酯塑料的高值化利用提供了新思路，也为 *N*-杂环化合物的绿色合成开辟了新路径。相关成果以“Synthesis of *N*-Heterocycles from Upcycling of Spent Polyesters with Anilines and H_2 ”为题发表于 *CCS Chemistry*。中国科学院化学研究所刘志敏研究员与赵燕飞副研究员为本文通讯作者，博士研究生张会为第一作者。该工作得到了国家自然科学基金和中国科学院国际伙伴计划的资助。

文章详情：

Synthesis of *N*-Heterocycles from Upcycling of Spent Polyesters with Anilines and H_2

Hui Zhang, Yuepeng Wang, Yanfei Zhao*, Yusi Wang, Wei Zeng, Rongxiang Li, Minhao Tang, Xianshuo Zhang, Buxing Han and Zhimin Liu*

Cite this by DOI: 10.31635/ccschem.026.202507009

文章链接: <https://doi.org/10.31635/ccschem.026.202507009>



扫码或长按二维码在线阅读



PS&T

用于高性能有机电化学晶体管的交叉共轭给体 - 受体聚合物

来源：高分子科学与技术 P&T 公众号；原文链接：<https://mp.weixin.qq.com/s/AZVZb9SzVdtiIXRChzDkiQ>

英文原题： Cross-Conjugated Donor-Acceptor Polymers for High-Performance Organic Electrochemical Transistors

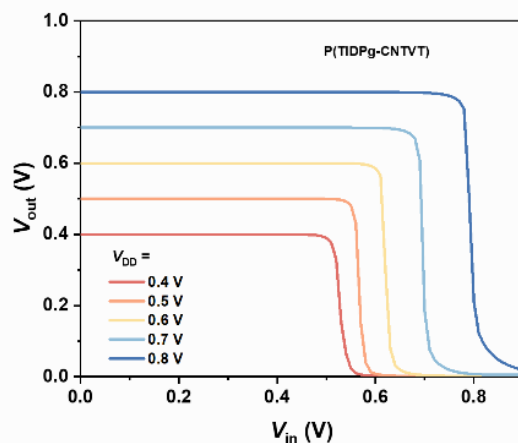
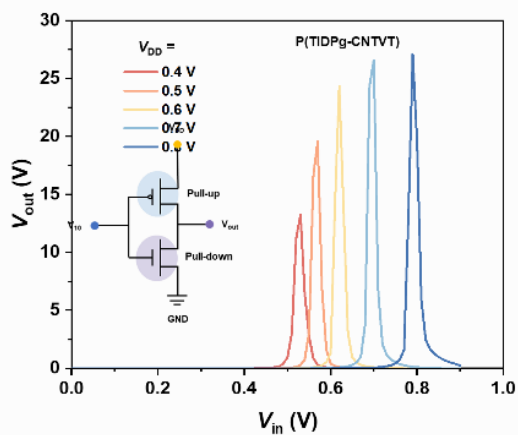
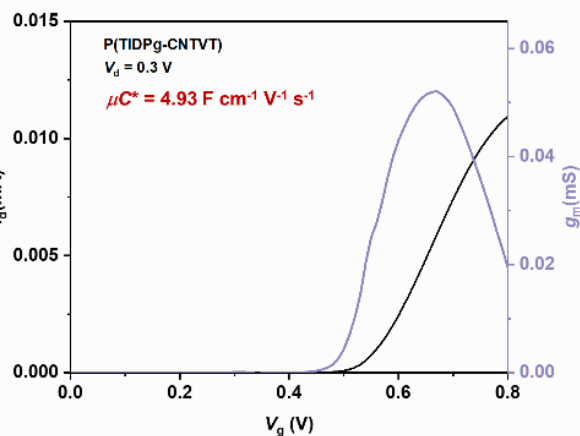
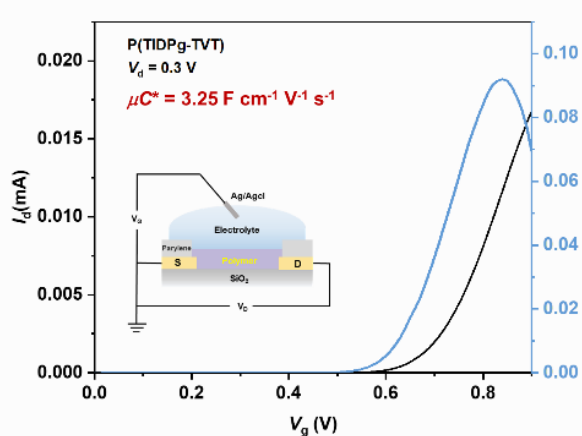
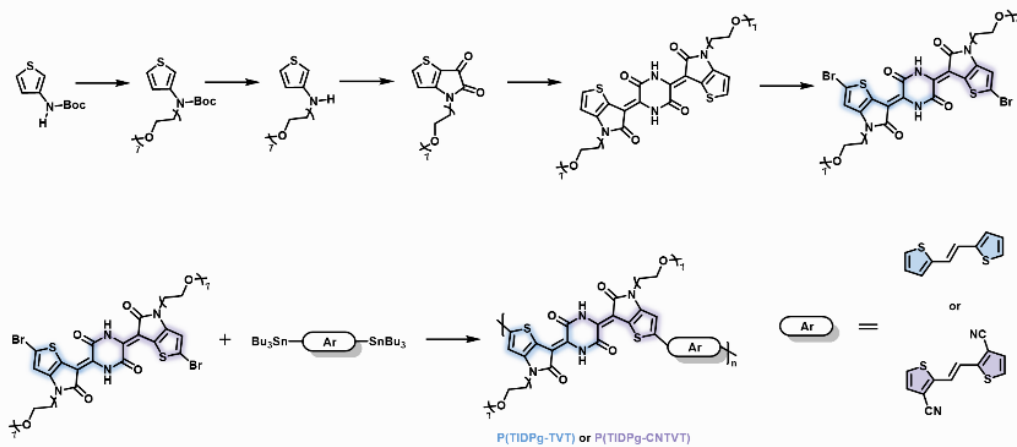
作者： Sijing Wang, Yidan Luan, Feng Ye, Riqing Ding, Jiaqiang Liao, Rongsheng Zhang, Shuo Chen, Lei Fang*, Zi-Hao Guo*

研究背景

有机电化学晶体管 (OECT) 凭借其独特的离子 - 电子信号耦合能力，在生物传感、神经形态计算和可穿戴医疗设备等领域展现出变革性潜力。OECT 的核心在于聚合物混合离子 - 电子导体 (PMIEC) 沟道材料，其需要同时支持离子传输与电子传输。目前，高性能 PMIEC 的分子设计主要遵循线性共轭原则，以确保高效的电荷传输。然而，交叉共轭 (Cross-Conjugation) 体系——具有分支 π 电子系统、沿主链中断直接共轭的结构——构成了一个广阔且相对未

经探索的化学空间。尽管传统观点认为这种结构中 断会阻碍长程电荷传输，但系列基础研究表明，交叉共轭体系的电子结构可通过电化学刺激进行动态调控。这一特性与 OECT 根本上依赖电化学掺杂的工作机制高度契合。因此，交叉共轭聚合物凭借其独特的光学、电子和可调氧化还原特性，成为开发高性能 PMIEC 的一个极具潜力但尚未被充分开发的平台。

文章简介



① 聚合物合成路线、OECT 器件性能及互补反相器

甬江实验室方磊、郭子豪团队设计并合成了两种基于平面、氢键锁定的交叉共轭受体单元 TIDP 的新型给体 - 受体 (D-A) 聚合物: P(TIDPg-TVT) 和 P(TIDPg-CNTVT)。两种聚合物均引入了寡聚乙二醇 (OEG) 侧链以确保离子渗透性和溶液可加工性。通过在给体单元上引入两个吸电子氰基, 将 TVT 单元转化为 CNTVT 单元, 系统调控了聚合物的电子性质和器件性能。

在 OEECT 器件测试中, P(TIDPg-TVT) 表现出以 n 型为主的双极传输, 实现了 $3.25 \text{ F cm}^{-1} \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 的

n 型 μC^* 值, 并展现出良好的操作稳定性。P(TIDPg-CNTVT) 呈现纯 n 型特性, 实现了 $4.93 \text{ F cm}^{-1} \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 的高 μC^* 值, 同时具有更低的掺杂阈值和更高的体积电容。在逻辑电路应用中, 基于 P(TIDPg-CNTVT) 与 p 型聚合物 P(g_4 2T-T) 构建的互补反相器实现了 27.1 V/V 的高电压增益; 而基于单一双极性材料 P(TIDPg-TVT) 的简化反相器也实现了 26.3 V/V 的增益。该工作成功验证了交叉共轭作为 PMIEC 设计策略的可行性和多功能性, 为有机生物电子学中实现平衡的离子 - 电子传输提供了全新的分子策略。

作者团队



方磊, 本文通讯作者

甬江实验室有机功能材料中心主任、研究员。

早年师从诺贝尔奖得主 Fraser Stoddart 教授获美国西北大学博士学位, 后任美国斯坦福大学博士后, 合作导师为鲍哲南教授。回国前为美国德州农工大学化学系正教授、主管研究生系主任, 美国化学会期刊 ACS Omega 资深副主编。

在美期间曾主持或参与多个美国国家科学基金、美国能源部、美国国立卫生院、Welch 基金会等科研项目。2025 年回国加盟甬江实验室, 入选浙江省顶尖人才计划, 宁波市甬江人才工程鲲鹏人才专项。迄今发表论文 120 余篇, 总引用超过 9,000 次, H 指数 49。荣获英国皇家化学会会士、美国国家科学基金会 CAREER 奖、洪堡资深研究奖学金、日本化学会 Distinguished Lectureship Award 等多项国际荣誉。

其研究方向聚焦于光电功能高分子 (含共轭梯状聚合物)、有机多孔材料及膜材料等领域。



郭子豪，本文通讯作者

现任甬江实验室研究员。

2004~2008 年就读于南开大学化学学院，获理学学士学位；

2008~2013 年就读于北京大学化学与分子工程学院，获理学博士学位。

2014~2018 年赴美国深造，先后于德州农工大学、耶鲁大学开展博士后研究。

2018 年任职于华南理工大学前沿软物质学院，获评副教授。

2025 年人才引进加入甬江实验室，担任研究员。

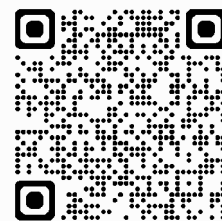
先后入选 *Polymer Chemistry*、*Chemical Communications* 期刊新锐科学家 (Emerging Investigator) 及《高分子学报》明日之星。目前已牵头承担国家自然科学基金青年项目 (2021)、面上项目 (2023/2026) 等国家级、省部级及企业合作项目 10 余项。

主要从事共轭有机聚合物合成新方法构建，以及功能聚合物在有机光电材料中的基础与应用研究。

论文信息

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/polymcitech.6c00036>

该成果以“Cross-Conjugated Donor-Acceptor Polymers for High-Performance Organic Electrochemical Transistors” (《用于高性能有机电化学晶体管的交叉共轭给体 - 受体聚合物》) 为题，于 2026 年 4 月 24 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。



扫码阅读原文

《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：欧阳瑞镯
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