

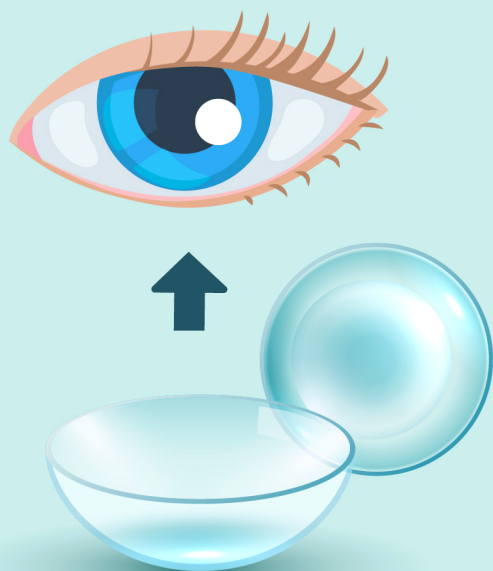


化学通讯

CHEMICAL NEWSLETTER

No.14

2026年07月30日



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：hxtx@ciac.ac.cn

公 众 号：Chemical Newsletter

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

电子刊：<https://www.chemsoc.org.cn/library/newsletters/>

中国化学会秘书处

地 址：北京市中关村北一街 2 号

联 系 人：郝江涛、王亚茹

联系电话：010-82449177

资讯汇集

单位会员资讯 | 大连理工大学化学学院 01
成为中国化学会团体会员单位

来源：中国化学会

新闻快递

我国钙钛矿 - 有机叠层太阳能电池效率 03
刷新世界纪录

来源：央视新闻

我国 10 万吨级稀土顺丁橡胶装置投产， 03
核心技术完全自主

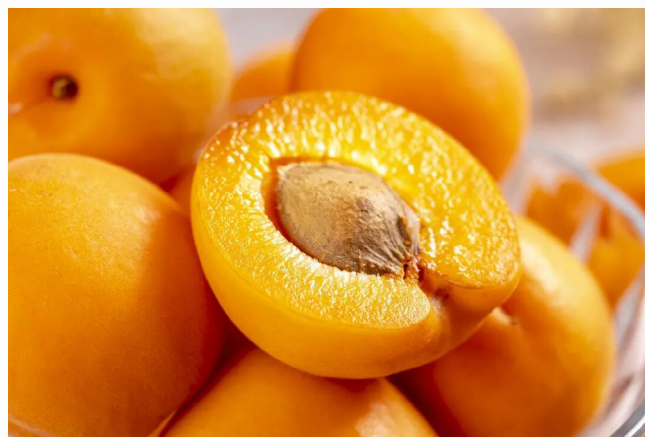
来源：中国新闻网

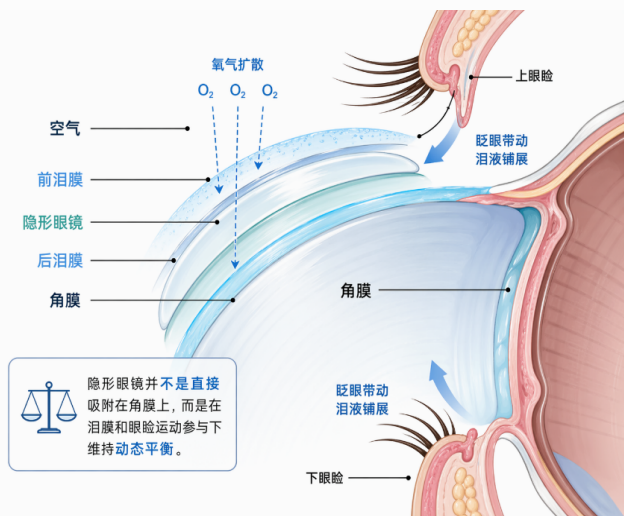
厦门大学揭示硼基丙烷氧化脱氢催化“动 03
态配位”机制

来源：厦门大学化学化工学院

中国科学技术大学实现四元杂环骨架精 03
准编辑，助力药物分子结构优化

来源：中国科学技术大学微博





27

科技新闻

C&EN2026 年度全球化工企业 50 强 (续) 04
来源: C&EN

“对,我加了,加的一氧化二氢!”菜农一句话,打了谁的脸 14
来源: 辽望观天下公众号

胡萝卜素是黄桃的 22 倍,钾含量媲美香蕉,这种低热量水果现在吃正好 16
来源: 人民日报公众号

科普大赛

※ 追氢路上的二重奏: 制氢与储氢 19
作者: 杨光明, 肖奥婷

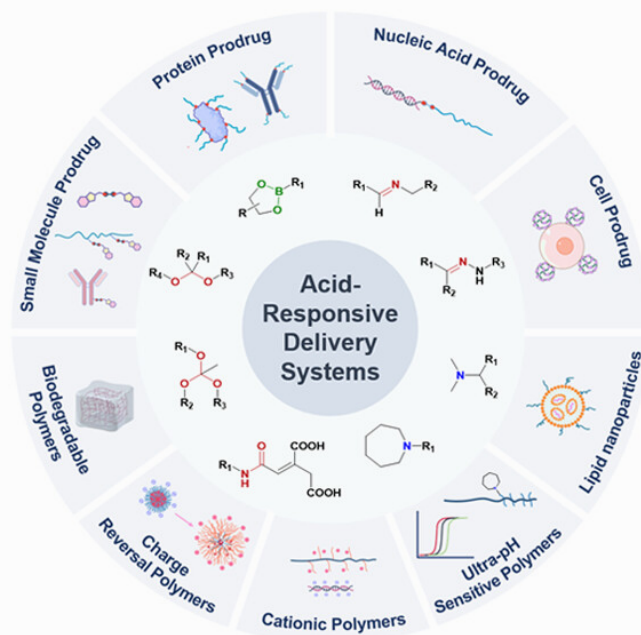
※ 隐形眼镜里的高分子秘密 26
作者: 孙奥林, 龙江爱, 朱真逸

※ 藕为肉, 纤为骨: 一个神话肉身的材料科学重塑 36
作者: 何尚华, 张梓轩, 牛鑫, 王鑫

科研进展

【CCS Chem.】中国科学院上海有机化学研究所施世良 / 新加坡国立大学 Ming Joo Koh 团队: 卡宾镍催化内烯烃的不对称还原 Heck 和 Heck 偶联反应 41
来源: CCS Chemistry 公众号

PS&T: 酸响应药物递送系统: 进展与展望 47
来源: 高分子科学与技术 PS&T 公众号



48

单位会员资讯 |

大连理工大学化学学院成为 中国化学会团体会员单位



2026年7月起，大连理工大学化学学院正式加入中国化学会，成为中国化学会团体会员单位。今后，大连理工大学化学学院与中国化学会将在学术交流、人才培养、产学研、科普与智库建设等领域开展合作，共同为中国的化学发展做出贡献。

大连理工大学化学学科由著名化学家张大煜先生于1949年创建，历史悠久。学科拥有化学一级学科博士点和博士后流动站，ESI国际排名进入1‰，入选国家首轮“双一流”建设学科。学院历经基础化学教研室、化学系等阶段，现以基础人才培养和前沿研究为特色，注重理工融合，致力成为我国化学领域高层次人才培养与科技创新的重要力量。

学院坚持立德树人，以新物质创制为核心，围绕清洁能源、分子智能设计与精准合成、疾病检测与靶向治疗等领域开展系统创新，在师资、人才培养、科研、社会服务等方面取得系列突破。

学院现有在职教职工92人，其中专任教师62人，实验技术人员19人，教授26人、副教授32人。拥有国家级科研创新团队1个、国家级教学团队3个；国家级高层次及青年人才8人、国家级教学名师2人、万人计划教学名师2人、全国先进工作者1人、省级教学名师6人，1人获得国家杰出青年科学基金项目，2人获得国务院特殊津贴，11人获“宝钢教育奖获得者”。

人才培养方面，坚守“为党育人，为国育才”使命。建有应用化学国家一流本科专业、教育部强基计划及拔尖计划2.0基地，以及国家级实验与虚拟仿真示范中心，专业排名稳居全国前三。强化核心

要素建设，8门课程入选国家精品课、一流课程，自编教材全部入选国家规划教材，两个教学团队获评全国石油和化工行业优秀团队。2014年来，获国家级教学成果二等奖3项。

科学研究坚持面向前沿与国家重大需求。研究涵盖能源化学、催化化学、智能化学、生命分析、绿色合成、功能材料等主流领域，形成特色方向。成果在 Science、Nature、Nature Chemistry、Nature Energy 等顶刊发表，承担大批国家自然科学基金、重点研发计划及央企合作项目，研究成果先后获教育部高等学校科学研究优秀成果一等奖、国家自然科学基金二

等奖。化学学院现有一流的科研硬件平台，配备核磁、质谱等价值过亿的大型仪器，建有科技部国际联合研究中心等科研平台。

社会服务成果显著。医疗废水应急处理装置在大连试用，自来水技术应用于葫芦岛，钙钛矿太阳能技术实现大额转化，柴油延寿技术服务于核电站安全，微流控芯片产品行销国内外科研机构。

国际合作上，依托外籍教师、公派留学等，与加州大学河滨分校、东京大学等海外名校深化科研合作，有效提升国际学术声誉与学科交叉支撑能力。

化学学院常年招聘教授、副教授、助理教授等教学科研岗位，岗位充足，化学相关方向博士毕业生及博士后出站人员均可申请，学院提供极具竞争力的薪资及科研启动经费，提供直聘硕博导师、独立研究生名额、独立实验室等科研条件，提供保障性安家费、保障性过渡公寓、保障子女入学等安家条件。其他未尽事宜及简历投递，请邮件联系金老师 jinyh18@dlut.edu.cn 咨询。



(★ 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：央视新闻

我国钙钛矿 - 有机叠层太阳能电池效率刷新世界纪录

7月13日，中国科学院化学研究所李永舫院士、孟磊研究员团队在钙钛矿 - 有机叠层太阳能电池研究领域取得重大突破，认证稳态光电转换效率达到28.04%，刷新该类器件光电转换效率的世界纪录。团队创新采用“光谱筛式”层间结构与全阶段缺陷调控策略，器件在持续光照运行625 h后性能衰减极低，为下一代高效低成本光伏技术的商业化应用奠定了核心基础。相关成果发表于国际顶级期刊《自然》。

原文链接

https://ysxw.cctv.cn/article.html?toc_style_id=feeds_default&item_id=9004457436383015226&channelId=1119

来源：中国新闻网

我国10万吨级稀土顺丁橡胶装置投产，核心技术完全自主

6月27日，依托中国科学院长春应用化学研究所原创技术的独山子石化10万吨/年稀土顺丁橡胶装置试车成功，全线产出性能达标、品质稳定的优级品。该装置是国内同类规模最大的稀土橡胶产线，打破了海外技术垄断，产品可广泛应用于高性能轮胎、航空航天橡胶制品等领域，标志着我国在稀土催化合成橡胶领域迈入世界领先行列。

原文链接

<http://www.chinanews.com.cn/cj/2026/07-20/10663030.shtml>

来源：厦门大学化学化工学院

厦门大学揭示硼基丙烷氧化脱氢催化“动态配位”机制

7月9日，厦门大学化学化工学院傅钢教授和秦瑞轩教授团队在硼基丙烷氧化脱氢催化活性位研究方面取得重要进展。团队提出以“动态配位涨落”重新认识催化活性位的新视角，深化了对主族元素“非还原性”中心活化烷烃机制的理解，为设计高效低碳烷烃脱氢催化剂提供了全新理论指导。相关成果发表于催化领域顶级期刊。

原文链接

<https://chem.xmu.edu.cn/info/1445/126655.htm>

来源：中国科学技术大学微博

中国科学技术大学实现四元杂环骨架精准编辑，助力药物分子结构优化

7月13日，中国科学技术大学张海军特任教授团队发展出一种非氧化还原骨架编辑新策略，实现了氧杂环丁烷向氮杂环丁烷的直接骨架转换。该方法采用“开环 - 关环”一锅法，操作简便且官能团兼容性优异，可直接用于复杂药物分子的后期结构修饰与优化，无需从头合成，大幅缩短新药研发周期。相关成果在线发表于国际顶级化学期刊。

原文链接

<https://m.weibo.cn/detail/5320963886682680>

C&EN

2026 年度 全球化工企业 50 强 (续)

化工行业长期低迷，持续危及全球头部化工企业

来源：C&EN；翻译：余婉宁；

原文链接：https://cen.acs.org/business/finance/CENs-Global-Top-50-2026/104/web/2026/07?ref=search_results



科思创位于上海的一处生产基地。图片来源：科思创

23. 科思创

2025 年化工业务销售额：146 亿美元

该公司近期被阿布扎比国家石油公司旗下子公司 XRG 收购。

去年 12 月，阿布扎比国家石油公司旗下国际投

资子公司 XRG 完成了对德国聚氨酯原料及聚碳酸酯生产商科思创的收购，交易总金额达 163 亿美元。今年早些时候，XRG 还推动博禄、北欧化工与诺瓦化学三家企业合并，组建了石化企业博禄国际。

科思创自身也在推进收购布局。去年 8 月，科思创达成协议，从破产企业凡科瑞克斯（Vencorex）

手中收购其位于泰国罗勇和美国得克萨斯州弗里波特的两座工厂，这两处厂区主要生产脂肪族异氰酸酯六亚甲基二异氰酸酯（HDI）的衍生产品。

此外，科思创位于上海的甲苯二异氰酸酯（TDI）工厂已完成 20% 的产能扩建。今年 6 月，科思创公布了在华新建一座二苯基甲烷二异氰酸酯（MDI）工厂的计划，同时也在考虑在阿联酋建设同类生产装置。

24. 江苏东方盛虹

2025 年化工业务销售额：137 亿美元

江苏东方盛虹拥有年产能 1600 万吨的炼化一体化综合体，以及以煤炭、天然气为原料的其他化工生产装置，是中国民营石化赛道中快速崛起的新锐企业。但在最新年报中，该公司表示，中国大规模的石化产能扩张已“接近尾声”。年报援引国家统计局数据称，2025 年化工行业固定资产投资同比下降 8.0%。报告同时指出，中国旨在遏制恶性竞争的“反内卷”政策，将有效约束低端产能扩张，推动行业向高端化、规模化、一体化产能方向实现高质量发展。

江苏东方盛虹自身也有多个大型项目在建。例如，公司正投入约 5 亿美元建设一座年产能 100 万吨的醋酸装置，同时斥资约 3.5 亿美元打造高端聚烯烃生产单元。

25. 因多拉玛创投

2025 年化工业务销售额：136 亿美元

近年来，因多拉玛创投的核心业务——聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）纤维及聚合物板块的经营环境持续恶化。中国聚酯及其原料产能的大规模扩张，让这家泰国企业承受了巨大冲击。此外，油价走高，以及乌克兰、伊朗战事引发的物流中断等事件，也

进一步加剧了经营困境。

针对当前局面，因多拉玛创始人兼首席执行官阿洛克·洛希亚在公司 2025 年年报中写道：“我们正在经历的并非简单的周期性下行，而是化工行业一场深刻的结构性重构。”因多拉玛已启动业务收缩：仅今年内，公司就先后宣布关闭位于法国的轮胎帘子线工厂，以及泰国本土的一座聚酯原料生产装置。

26. 乐天化学

2025 年化工业务销售额：130 亿美元

受亚洲地区产能过剩影响，韩国乐天化学的基础化工业务自 2022 年起连年亏损。叠加韩国政府推动化工行业精简整合的政策导向，乐天化学启动了一系列重组举措。公司将其位于韩国大山的石化业务与 HD 现代化学的相关产能合并；位于韩国丽水的石化业务，也将与韩华解决方案、DL 化学的相关业务进行整合。

与此同时，乐天化学正加码布局特种化学品领域：工程塑料共混产能的大规模扩建项目正在推进，同时将半导体光刻工艺所用的四甲基氢氧化铵产能提升 35%。

27. 桐昆控股集团

2025 年化工业务销售额：127 亿美元

全球产能过剩并未放缓这家中国聚酯纤维龙头的扩张步伐。去年，桐昆控股集团总投资 15 亿美元的乙二醇（聚酯核心原料）项目一期正式投产，年产能达 12 万吨。目前桐昆已拥有约 1350 万吨聚酯长丝产能，同时启动了总投资 7.8 亿美元的扩建项目，将再新增 120 万吨产能。

长期规划层面，桐昆与新凤鸣联手，在印尼建

设一体化炼化综合体，项目命名为泰坤石化，预计总投资近 60 亿美元。

28. 布拉斯科

2025 年化工业务销售额：127 亿美元

经过漫长的谈判流程，布拉斯科的控股股东诺沃诺（Novonor）终于达成股权出售协议。IG4 资本将以其持有的诺沃诺债权为对价，收购布拉斯科 50.1% 的普通股，对应持有公司 34.3% 的总股权。

近十年前，诺沃诺因卷入巴西“洗车行动”政治腐败丑闻被处以巨额罚款，此后便一直试图出售所持布拉斯科股份。多年来，利安德巴塞尔工业、阿布扎比国家石油公司都曾考虑收购这家巴西最大石化企业的控制权。和众多同行一样，布拉斯科也受全球石化行业下行冲击，一直在推进债务重组、提升自身竞争力。为此，公司将投入 8 亿美元，对其位于里约热内卢州、成本最低的石化综合体进行

扩产，产能增幅约 40%。

29. 雪佛龙菲利普斯化工

2025 年化工业务销售额：125 亿美元

一年多前，雪佛龙高管曾向股票分析师表示，有意收购合资企业雪佛龙菲利普斯化工中合作方菲利普斯 66 的全部股权。目前双方尚未达成交易，但雪佛龙的收购意向并未改变。“我们希望进一步扩大在化工领域的布局，”雪佛龙首席执行官迈克·沃思在 1 月的分析师电话会议上表示，但“交易的前提是双方都有合作意愿。”

与此同时，雪佛龙菲利普斯化工仍在持续扩张。公司与卡塔尔能源合资的金三角聚合物项目——总投资 85 亿美元、位于得克萨斯州的乙烯及聚乙烯生产项目——预计 2027 年投产。双方还在卡塔尔本土建设一座同类型的生产设施。



❶ 布拉斯科位于巴西特里温福的工厂生产生物基聚乙烯。私募股权公司 IG4 资本已收购这家巴西石化企业的多数股权。图片来源：布拉斯科

30. 住友化学

2025 年化工业务销售额：122 亿美元

受中国产能大规模扩张冲击，住友化学正对承压业务进行整合。这家日本化工企业将把自身的聚丙烯与线性低密度聚乙烯业务，并入三井化学与出光兴产已有的合资公司 Prime Polymer。重组后，三井将持有 Prime Polymer 52% 的股权，出光兴产持股 28%，住友化学持股 20%。

住友化学将关闭日本本土的一条锂离子电池隔膜生产线，将相关产能转移至韩国。但在长期前景向好的电子材料领域，住友化学正持续扩张。去年年底，公司达成收购亚洲联合电子化学品公司的协议，该企业在台湾地区和美国内华达州设有工厂，生产半导体制造用超纯化学品。研发方面，住友化学已开始测试一种无需经过乙烯中间体、直接由乙醇生产丙烯的工艺。

31. 美盛公司

2025 年化工业务销售额：121 亿美元

美盛公司的营收主要来自磷肥业务，因此伊朗封锁霍尔木兹海峡对这家美国企业造成了严重冲击。磷矿石加工需要用到硫酸，而全球近一半的海运硫磺供应都要经过霍尔木兹海峡。自 2 月底战事爆发以来，原本就处于高位的硫磺价格已上涨超一倍。

为应对冲击，美盛正在削减路易斯安那州、佛罗里达州以及巴西的磷肥产能，同时计划出售位于巴西的钾盐矿。与此同时，美盛正拓展新业务线，正与彩虹稀土公司合作，从巴西的一座磷石膏矿中提取稀土元素。

32. 空气化工产品公司

2025 年化工业务销售额：120 亿美元

空气化工产品公司与 ACWA 电力合作，在沙特规划的未来之城新未来城建设总投资 84 亿美元的绿



空气化工产品公司位于沙特阿拉伯新未来城（Neom）的绿氢项目公用工程区即将竣工。图片来源：空气化工产品公司

氢项目，目前完工进度已超 90%。该项目是当前化工行业最具雄心的在建项目之一，配套有一座面积相当于曼哈顿的太阳能电站，以及 257 台风力涡轮机，总发电装机达 3.8 GW。这些电力将供给水电解制氢装置，产出的氢气可支撑每年 120 万吨氨的产能。挪威化肥企业雅苒已签约，负责将部分氨产品销往欧洲市场。

今年 6 月，空气化工产品公司取消了路易斯安那州的氢能与氨综合体项目。该项目原本计划采用碳捕集与封存技术，降低天然气制氢路线的碳排放。此举是公司战略收缩的一部分：2024~2025 年间，公司已陆续退出多个低碳氢能项目。

33. 西布尔

2025 年化工业务销售额：112 亿美元

作为俄罗斯规模最大的化工企业，西布尔多年来构建了完善的研发体系。今年 2 月，公司公布了深度落地人工智能的发展计划，具体应用场景包括：通过 AI 解析化学结构与物理性能的关联、开展催化剂虚拟筛选、优化合成工艺条件。此外，公司还在测试用于聚乙烯生产的新型茂金属催化剂，位于鞑靼斯坦共和国的铬系催化剂工厂预计明年建成投产。

据当地媒体报道，今年 3 月西布尔旗下俄罗斯下卡姆斯克石化大型综合体发生爆炸事故，造成 12 名工人死亡。公司通报称，事故源于合成橡胶装置的设备故障。

34. 三井化学

2025 年化工业务销售额：112 亿美元

受中国新增产能集中释放引发的市场深度下行影响，日本石化行业正加速整合，三井化学是这轮行业变革的核心参与者。公司联合旭化成、三菱化

学组建合资企业，后两家将关闭位于日本水岛的乙烯装置，将产能整合至三井位于大阪的生产基地。三井还与出光兴产达成同类整合计划，将于 2027 年落地：出光将关闭千葉的裂解装置，产能整合至三井邻近的厂区。

为强化特种化学品业务，三井化学收购了凯金在日本烷基铝公司的全部股权，该企业主营催化剂用烷基铝产品。今年 6 月，三井达成收购协议，将以 9 亿美元拿下牙科美白及其他牙科材料生产商 Ultradent Products。

35. 恒逸石化

2025 年化工业务销售额：109 亿美元

今年以来，中国民营化工企业恒逸石化已敲定两个大型项目。公司计划将文莱炼化一体化综合体的年产能扩容 1200 万吨，总产能提升至 2000 万吨。该项目总投资 138 亿美元，除燃料油外，还将扩大苯、对二甲苯和聚丙烯等化工品的产出规模。

此外，为降低对进口原油的依赖，恒逸将投资 38 亿美元在新疆建设煤制化工综合体，配套 240 万吨 / 年的乙二醇装置。去年，恒逸位于广西钦州的 120 万吨 / 年己内酰胺及尼龙装置已建成投产。

36. 拜耳

2025 年化工业务销售额：108 亿美元

拜耳作物科学业务的核心产品仍为草甘膦，该除草剂是公司 2018 年收购孟山都时获得的核心资产。近期几项进展，可能缩减公司与该化学品相关的赔偿责任，草甘膦也是农达除草剂的有效成分。

今年 2 月，特朗普总统签署行政令，要求美国扩大草甘膦及其原料单质磷的产能。这项依据《国

防生产法》出台的政令，可能帮助拜耳规避相关诉讼。3月，密苏里州一家法院批准了总额72.5亿美元的集体诉讼和解，原告主张农达除草剂与自身罹患非霍奇金淋巴瘤相关。

拜耳还参与了联邦最高法院“孟山都诉德内尔”案，法院近期裁定：若州法要求的产品警示内容与联邦法规存在差异，农药生产商无需承担州法层面的相关责任。

在法律纠纷的背景下，拜耳已向美国、欧盟、巴西和加拿大提交新型除草剂 *icafolin-methyl* 的登记申请。公司还延长了与银杏生物工作室的合作，共同开发可为作物固氮的微生物，有望减少化肥使用需求。

37. Nutrien

2025 年化工业务销售额:107 亿美元

Nutrien 正剥离非核心资产，聚焦钾肥与氮肥核心业务。这家加拿大企业计划出售年销售额约20亿美元的磷肥业务。公司首席执行官肯尼思·塞茨在近期分析师电话会议上表示，每生产1吨磷肥，需要消耗等量的硫磺。

Nutrien 还在筹划出售特立尼达生产基地，这是公司规模最大的氨工厂，去年因港口通行限制、天然气原料供应缩减而停产。同时，公司正在推进巴西大豆种子业务的出售。去年12月，公司以6亿美元价格，将持有的阿根廷普罗费蒂尔氮肥合资公司50%股权，出售给农业企业 Adecoagro。

38. 阿科玛

2025 年化工业务销售额:103 亿美元

这家法国特种化学品企业当期销售额下滑5%，利润跌幅达43%。为扭转经营颓势，阿科玛

对业务组合进行小幅调整，将旗下位于荷兰的塑料抗冲改性剂及加工助剂业务，出售给印度企业 Praana。该业务单元2024年销售额为5200万美元。

与此同时，阿科玛持续加码特种业务布局，与初创企业 Catalyxx 达成合作，共同开发生物基丙烯酸树脂。Catalyxx 拥有一套自主研发的生物基正丁醇生产工艺。

39. 帝斯曼 - 芬美意

2025 年化工业务销售额:102 亿美元

帝斯曼 - 芬美意由帝斯曼与芬美意于2023年合并组建，本次交易完成后，公司将彻底聚焦人类营养、健康与美妆产品业务。今年早些时候，公司签署协议，将旗下生产维生素与饲料添加剂的动物营养与健康业务，以26亿美元出售给私募股权公司 CVC 资本合伙公司，该业务每年为帝斯曼 - 芬美意贡献约40亿美元营收。待交易落地后，动物营养与健康业务将分拆为特种配料与大宗配料两家独立公司，帝斯曼 - 芬美意将分别持有两家公司20%的股权。



❶ 帝斯曼 - 芬美意已同意将旗下生产维生素与饲料添加剂的动物营养与健康业务，以26亿美元出售给 CVC 资本合伙公司。图片来源：Shutterstock

这家荷兰-瑞士合资企业去年已将所持动物饲料酶业务 50% 的股权，出售给合作方诺沃尼西斯 (Novonesis)。今年 6 月，公司旗下防晒用紫外线过滤剂双-乙基己氧苯酚甲氧苯基三嗪 (bemotrizinol)，获得美国食品药品监督管理局批准上市。

40. 新凤鸣集团

2025 年化工业务销售额：100 亿美元

新凤鸣集团董事长庄耀中在年度致辞中，以颇具文学性的表述形容了产能过剩给中国石化行业带来的困境：“这是最坏的时代，无数破碎的梦想漂浮在价格的红海中。”但长期来看，这家聚酯纤维企业仍看好行业前景，正与另一家中国石化企业桐昆控股集团合作，在印尼投资 60 亿美元建设一体化炼化综合体。

41. 塞拉尼斯

2025 年化工业务销售额：95 亿美元

在新任首席执行官斯科特·理查森的带领 下，经历了一段经营低谷的塞拉尼斯正逐步实现复苏。今年早些时候，这家美国企业以约 5 亿美元价格，将旗下 Micromax 油墨与浆料业务出售给特种化学品配方企业元素解决方案公司。

公司正在关停新加坡的一座尼龙 6,6 聚合工厂，同时削减弗吉尼亚州与西弗吉尼亚州工厂的尼龙 6,6 产能。预计上述举措每年可为公司节省约 3000 万美元成本，这还不包含 2025 年已落地的 1.2 亿美元降本成果。为应对伊朗战事引发的供应链中断，塞拉尼斯提前重启了德国一座醋酸乙烯工厂的生产，并投产了一台醋酸乙烯-乙烯共聚乳液反应器。

42. OCP 集团

2025 年化工业务销售额：91 亿美元

总部位于摩洛哥的磷酸盐开采与磷肥生产商 OCP 集团，今年首次登上《化学与工程新闻》全球化工 50 强榜单。与美盛、Nutrien 等同行一样，得益于市场行情大幅好转，公司 2025 年业绩表现亮眼。

OCP 去年新投产了两条重过磷酸钙生产线。公司表示，与其他磷肥品种相比，重过磷酸钙单位养分的生产耗硫量更低。由于霍尔木兹海峡封锁冲击了全球硫磺供应，新产线的投产时机可谓恰逢其时。此外，OCP 正探索从黄铁矿与磁黄铁矿中提取硫磺，以降低对炼油副产硫磺的依赖。

43. Resonac 控股

2025 年化工业务销售额：90 亿美元

今年 4 月，日本 Resonac 控股向东京证券交易所提交上市申请，向分拆石化业务、成立独立公司克拉苏斯化学 (Crasus Chemical) 迈出关键一步。Resonac 将仅持有克拉苏斯化学不足 20% 的股权；一旦剥离了年营收约 20 亿美元的石化业务，Resonac 大概率将退出全球化工 50 强榜单。

为进一步聚焦电子材料业务，公司还在其他板块推进精简：计划裁员约 700 人，关停位于中国与马来西亚的钢铁用石墨电极生产基地。去年，Resonac 已将旗下在英国生产含氟化学品的 F2 化学子公司，出售给私募股权公司 Rcapital 合伙公司。

44. 伊士曼化学

2025 年化工业务销售额：88 亿美元

伊士曼化学是全球少数能在塑料回收业务中实现可观盈利的企业。这家美国公司在田纳西州运营

一套甲醇解装置，可将聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）分解为对苯二甲酸二甲酯与乙二醇，再用于生产特种聚酯。公司表示，该工厂一直保持稳定运行，2026 年可实现 3000 万美元盈利。

但伊士曼快速扩张的回收业务去年遭遇挫折：美国能源部撤销了原定向其得克萨斯州第二套甲醇解工厂提供的 3.75 亿美元拨款。伊士曼此前估算，该新工厂总投资约 12 亿美元。公司表示，将转而把田纳西州工厂的产能扩容约 30%，以满足市场需求。此外，伊士曼 2025 年完成约 1 亿美元降本，计划 2026 年再削减 1.25~1.5 亿美元成本。

45. 旭化成

2025 年化工业务销售额：87 亿美元

产能过剩正全面冲击日本石化行业。在近期的发

布会上，旭化成高管向记者表示，日本国内乙烯裂解装置的开工率仅为 70%，远低于维持盈利所需 90% 水平。为此旭化成决定收缩基础化工业务：2030 年底前，将停止日本水岛基地的聚烯烃与苯乙烯生产，同时关停该基地的丙烯腈、聚碳酸酯二醇生产线，将相关产能转移至韩国与中国的工厂。

此外，旭化成将联合三菱化学、三井化学组建合资企业，关停旭化成与三菱化学共同所有的水岛乙烯装置，将产能整合至三井化学位于大阪的基地。去年旭化成已宣布，2027 年前停止生产尼龙中间体己二胺。

日本本土之外的业务也有调整：受电动车普及速度不及预期影响，公司将安大略省投资 11 亿美元的电池隔膜工厂建设计划推迟最多 2 年。利好方面，旭化成将投资 1.1 亿美元，将日本富士市半导体制造



旭化成将扩建其位于日本富士市的聚酰亚胺工厂。图片来源：旭化成

用光敏聚酰亚胺的产能翻倍。

46. 北欧化工

2025 年化工业务销售额：86 亿美元

作为全球化工 50 强的常客，北欧化工很快将退出该榜单。今年 3 月，这家奥地利企业与诺瓦化学、博禄（北欧化工与阿布扎比国家石油公司的合资企业）合并，成立博禄国际。新公司由阿布扎比国家石油公司旗下投资平台 XRG、奥地利炼油企业 OMV 共同持有，今年销售额预计可达 200 亿美元，明年榜单中排名将进入前半段。

业务层面北欧化工遭遇了一项挫折：去年 8 月，公司取消了在奥地利建设机械塑料回收工厂的计划。受运营成本高企、低价原生树脂与回收树脂进口冲

击，欧洲回收企业普遍经营承压。

47. 韩华解决方案

2025 年化工业务销售额 81 亿美元

受石化、太阳能材料两大核心市场下行影响，韩国韩华解决方案亟需改善财务状况。今年 3 月，公司董事会通过配股募资方案，计划募集 17 亿美元资金，用于偿还债务、支撑长期发展。

公司同时推进降本瘦身：已剥离合计 11 亿美元的资产，包括关联企业股权、韩国丽水生产基地的闲置土地，还通过发行债券募资 5 亿美元。长期布局方面，韩华将投资 7000 万美元建设钙钛矿叠层太阳能电池中试线，后续计划投入 5.6 亿美元推进该产品的商业化量产。



博禄位于阿联酋的工厂。北欧化工与诺瓦化学已和博禄合并，组建博禄国际。图片来源：博禄国际

48. 萨索尔

2025. 年化工业务销售额：79 亿美元

萨索尔计划在 2030 年底前，或待石化行业行情回暖后，分拆旗下国际化工业业务。近年来公司重点发力特种材料领域：例如投资 6900 万美元，扩建德国布伦斯比特尔的氧化铝产能；计划用黑水虻幼虫提取的油脂生产表面活性剂，替代传统的棕榈油与椰子油。

萨索尔还与工程企业托普索合作，计划在德国莱比锡建设一座工厂，以生物源二氧化碳与低碳氢为原料生产可持续航空燃料。大宗化学品板块，公司重启了位于意大利的正构烷烃工厂，以应对伊朗战事引发的供应链中断——正构烷烃是生产表面活性剂直链烷基苯的核心原料。

49 壳牌

2025 年化工业务销售额：78 亿美元

这家总部位于伦敦的石油企业，化工业务规模已远不及巅峰时期。去年，壳牌将持续亏损的新加坡炼化综合体出售给钱德拉阿斯里资本与嘉能可亚

洲控股。今年初公布 2025 年业绩时，首席执行官瓦埃尔·萨万直言化工业务表现不佳，称“修复并重新定位该业务是 2026 年的核心优先级”。

壳牌并未完全放弃化工板块的布局：正与中国海洋石油集团合作，在中国建设一座乙烯裂解装置。同时，公司从蓬勃发展的数据中心行业获得了新增长：去年英特尔批准将壳牌的碳氢化合物浸没式冷却液用于至强处理器，而壳牌在变压器、电动车浸没冷却液领域已有长期技术积累。

50. 艺康

2025 年化工业务销售额：77 亿美元

水处理企业艺康今年勉强跻身全球化工 50 强，很大程度上是因为石化行业企业营收普遍下滑。艺康正主动布局 AI 热潮与数据中心建设带来的机遇：去年 12 月，公司斥资 18 亿美元收购 Ovivo 的电子水业务，该板块主营半导体制造用超纯水生产。今年 3 月，艺康达成协议，以 47.5 亿美元收购 CoolIT 系统公司，后者主营数据中心液冷系统——随着数据中心规模扩大、算力提升、发热密度增加，该业务正高速增长。



Image by standret on Magnific

“对，我加了，加的一氧化二氢！”

菜农一句话，打了谁的脸

来源：辽望观天下公众号；原文链接：<https://mp.weixin.qq.com/s/LZ5kU2zYUT5tvCyA75KHmg>

近日，山东一名菜农拍了个洗菜视频，被网友脑补成用药水泡菜，大哥被逼得没办法，干脆自嘲：对，我加了，加的是一氧化二氢。

没承想，就这么个初中化学水平的冷笑话，竟然一口气钓出一大批所谓的“科普博主”。这帮人连夜出境，眉头紧锁，言之凿凿地警告观众：化学品泡菜来了，长期摄入一氧化二氢危害极大，赶紧转发提醒家人。等网友在评论区打出 H_2O ，这帮人才慌忙删视频、关评论，装作无事发生。

常刷短视频的人一定看到过，总有一些身穿白大褂、顶着专家头衔的博主在镜头前一本正经地胡说八道，他们把“量子”“干细胞”挂在嘴边，却连个正经信息源都拿不出来。你以为这是个例，其实背后是一套流水线作业，MCN 机构批量孵化此类账号，再生产统一文案，博主负责配合镜头对嘴，几分钟就能炮制一条，毫无技术含量。

这种“稿海”战术的核心逻辑很简单：安全的内容没人看，危险的才收割流量。“有毒”“致癌”“千万别吃”，这些标签往上一贴，算法立马推流，焦虑顺着屏幕往外溢。而真正的科普博主看到谣言，还得查资料、写文稿、剪片子，折腾半天发出去，人



菜农抖音截图

家已经又念了十几篇稿子了。辟谣永远跑不过造谣，这就是当下短视频生态最荒诞的现实。

这套玩法远不止是丢人现眼那么简单。当一群披着科学外衣的人连水的化学表述都不认识，却敢



① 中国食品报抖音截图

对着镜头教育粉丝怎么活命的时候，我们面对的就不是几个翻车的网红，而是一个被流量扭曲、被焦虑绑架、被谎言填满的公共空间。当劣币疯狂驱逐良币，整个社会的信任根基都在被一点点掏空，以后谁还敢轻易相信网上的信息？

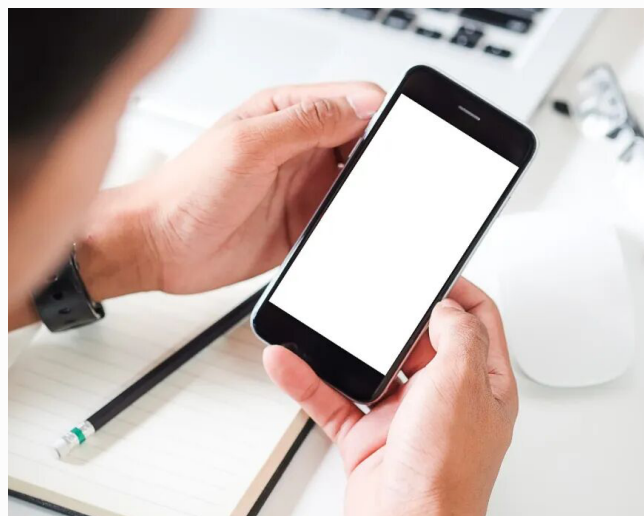
整治伪科普乱象，不能只靠网友偶然打假、博主翻车自省。

平台应摒弃此类内容优先推流的畸形机制，严控批量流水线式的虚假科普内容产出。

同时，相关监管部门也要对人设造假、造谣引流、带货收割的账号从严处置，提高伪科普的违规成本。

咱们普通网友更要擦亮双眼，别抱着“宁可信其有”的心态，遇到陌生专业术语和极端科普话术，要多查证、多甄别，遇事多问为什么，让子弹多飞一会儿。

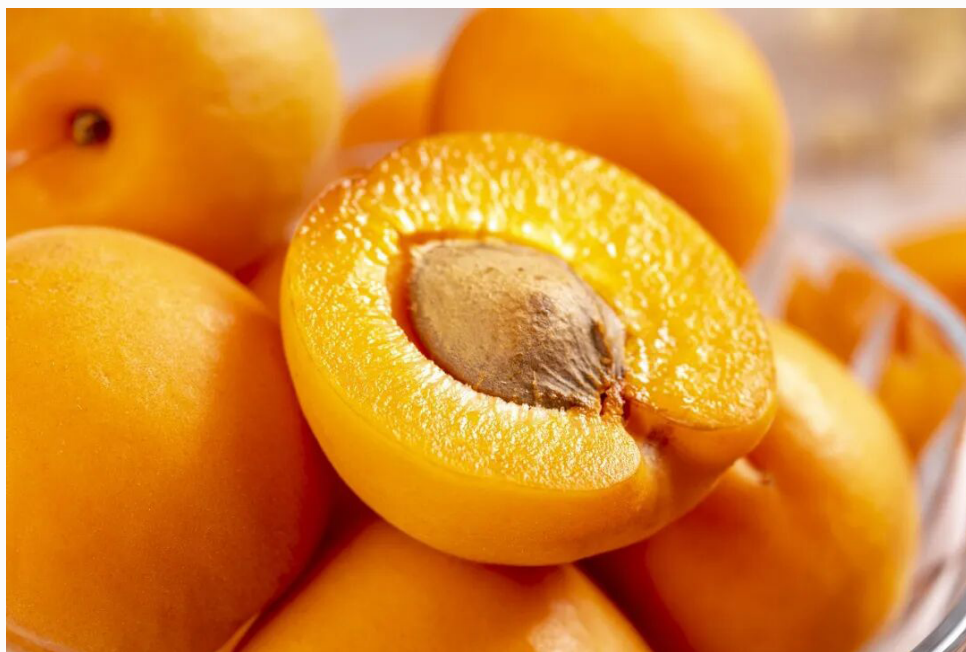
流量从来不是内容创作的唯一标尺，真实和严谨才是科普内容的立身之本。奉劝所有创作者，知识的门槛不该被随便跨过，科学的尊严也不该被随意消费。千万别让下一个一氧化二氢，再钓出更多“共享大脑”。



① 图源：摄图网

胡萝卜素是黄桃的 22 倍， 钾含量媲美香蕉， 这种低热量水果现在吃正好

来源：人民日报公众号；原文链接：https://mp.weixin.qq.com/mp/wappoc_appmsgcaptcha?poc_to ken=HHHVXmqjCo66DUF1mBfAjQiNXC_CnX1BPqE8Mj3Y&target_url=https%3A%2F%2Fmp.weixin.qq.com%2Fs%2FeaCmP-SpmCBmQJwuv2r2Ug



当下，正是杏子成熟的季节
杏子除了好吃
有什么营养价值？
如何能挑选到
香甜多汁又软糯的杏？
一文看懂↓

杏子的美味 一直在进化

不知道大家有没有发现，小时候的杏子，入口的味道有点像开盲盒，有时甜丝丝，有时候却酸涩得很。如今的杏子，多数都口感甜蜜。这其实是杏子们一

直在“进化”，从而给我们带来了更好的味觉体验。

杏子是我国的“土著”水果，在我国培育历史悠久。杏子作为重要的经济作物，既能直接吃鲜果，

也能制成杏干。自古至今，人们一直在改良杏子的道路上努力着。

这些年，果皮黄色更浅淡，接近青黄或乳黄色的“白杏”逐渐被吃货们发掘，越来越受欢迎。无论是产自新疆轮台的小白杏，还是来自甘肃敦煌的李广杏，又或者河北香白杏，都具有皮光毛少、汁多味甜、肉质细嫩的特点。

为了满足人们更丰富的口味需求，农业领域的科研人员们一直致力于培育、推广更优秀的杏树品种。这几年从山东烟台逐渐推广到全国的荷兰香蜜杏，就是典型代表。上世纪90年代，借助山东优越的自然环境，当地农学院在引进品种和本土品种基础上不断选育出新品种，其特点是果肉香脆、甜

度极高，成熟后可达到17%的甜度。

杏子不仅好吃 营养价值也很好

美味的杏子，营养价值相当不错。像是最常见的黄杏，它最突出的营养优势就是胡萝卜素含量很高。

1. 胡萝卜素

橙黄色蔬果中富含胡萝卜素，而胡萝卜素在体内可以经过代谢转化为维生素A，能保护视力，改善眼部不适。

黄杏的胡萝卜素为450微克/100克，这含量在水果中算是很优秀了，几乎是黄桃（20微克/100克）的22.5倍，苹果（50微克/100克）的9倍，橙子（160微克/100克）的2.8倍。



在甘肃省平凉市静宁县城川镇靳寺村，游客带着孩子采摘杏子。新华社发（侯崇慧摄）

2. 叶黄素和玉米黄素

叶黄素和玉米黄素是维持视网膜黄斑区健康至关重要的营养物质，黄杏中叶黄素和玉米黄素能达到 89 微克 /100 克左右，这含量在水果中属于较高了，例如与哈密瓜（27 微克 /100 克）相比，是它的 3 倍多。

要注意的一点是：杏子中 β -胡萝卜素、叶黄素、玉米黄素大多数集中在果皮中，果肉中含量相对较低，吃杏子时，如果能连着果皮一起吃下，就可以收获更多的营养。

3. 钾

杏子中的钾含量也丰富，能达到 226 毫克 /100 克，比胡萝卜（119 毫克 /100 克）高出近 1 倍，和经常被推荐的补钾水果香蕉的钾含量（256 毫克 /100 克）接近。

谁说杏子“不如”桃？

有人认为，桃养人杏伤人。但事实上，杏子和桃子无论哪方面相比，都不逊色。

在口味上，成熟后的桃子虽然有软桃、脆桃之分，但多数口感甜蜜，汁水丰沛。如今市面上有不少品种的杏子也甜如蜜糖，汁多味美。

在营养价值上，杏子比桃子含有更多的膳食纤维（1.3 克 /100 克 vs 0.6 克 /100 克），更多的

钙（14 毫克 /100 克 vs 4 毫克 /100 克），以及更多的 β -胡萝卜素、叶黄素、玉米黄素。

那为何有“桃养人杏伤人”一说呢？这主要和苦杏仁中一种可能引起中毒的苦杏仁苷有关。

苦杏仁苷进入体内后会分解产生有毒的氢氰酸，氢氰酸的毒性很强，过量摄入可致人死亡。但是适量吃新鲜杏子是不会有此问题的。想吃杏仁的话，去正规超市买现成品也是安全的。

如何挑选杏？

最后，分享几个挑选杏子的小妙招。

1. 选产地

前文中介绍的新疆小白杏、新疆小红杏、山东荷兰香蜜杏、崂山蜜杏、甘肃李广杏等，都是远近闻名的美味杏子。

2. 选新鲜

水果的新鲜程度直接决定了口感。表皮光滑、杏毛覆盖、饱满圆润、果柄颜色带绿的杏子更加新鲜。

3. 闻香气

如果杏子闻起来有浓郁的杏子香气和隐隐的甜蜜，这是成熟度高、甜度足的表现，可以作为挑选时的一个标准。

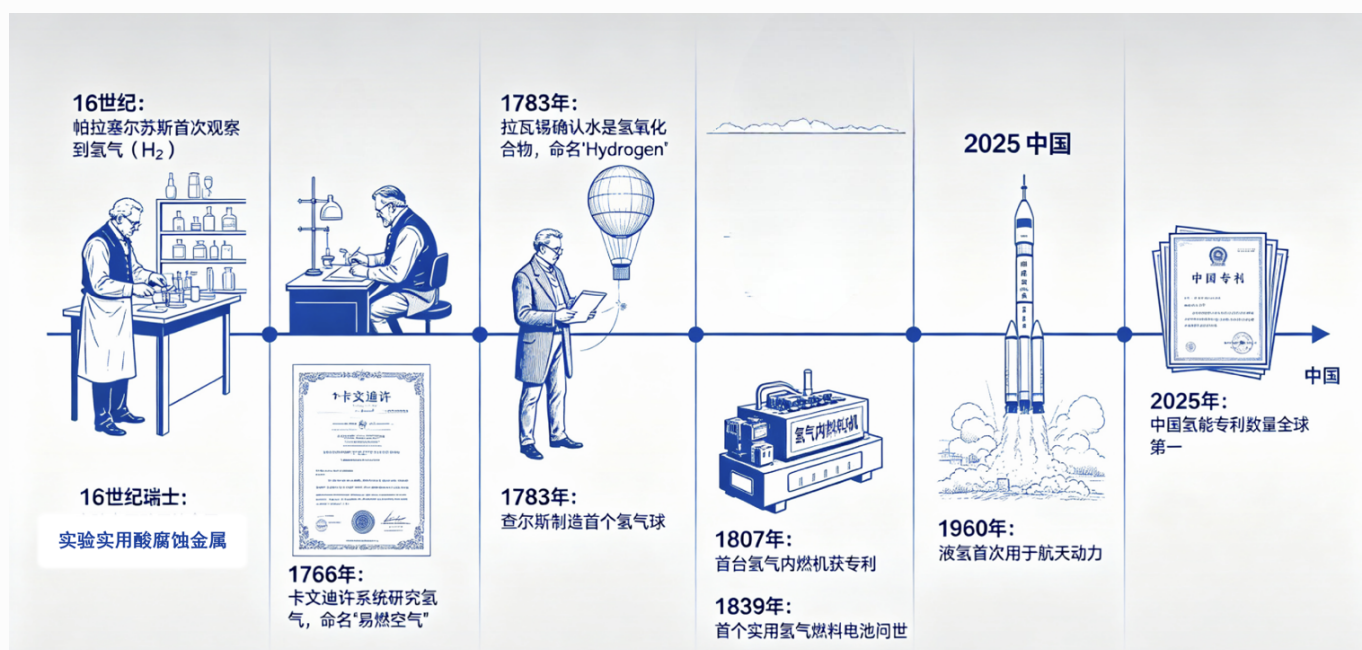
这个夏天一起来品尝杏的甜蜜吧！

追氢路上的二重奏： 制氢与储氢

作者：杨光明，肖奥婷；Email: 758698806@qq.com



Image by macrovector on Magnific



【图 1】氢能的发现与开发 (图片来源豆包 AI 制作)

16 世纪瑞士的帕拉塞尔苏斯在用酸腐蚀金属时, 首次观察到一种可燃气体——氢气 (H_2), 但是他并没有做进一步深入研究。直到 1766 年英国科学家亨利·卡文迪许系统地研究了氢气, 发现其燃烧后生成了水, 在当时燃素说盛行的情况下, 他将其称之为“易燃空气”, 于是有了人类对氢的性质的首次科学记录。1783 年法国化学家拉瓦锡确认水是氢氧化物, 并将“易燃空气”更名为“Hydrogen” (意为: 成水元素)。

从此人类开始走上了氢能开发利用的道路, 1783 年雅克·查尔斯制造了首个氢气球并升空; 1807 年第一台氢气内燃机被制

作出来并取得专利; 1839 年首个以氢气为燃料的实用电池问世; 1960 年液氢作为推进剂被首次被用于航天航空的动力系统。时至今日, 在石油危机的背景下我们仍不遗余力地在开发和利用氢能, 氢能应用已经深入到各种行业中。2025 年中国在氢能专利领域超过了氢能开发大国日本, 位居全球榜首。氢能的发现与开发历程如图 1 所示, 氢能史如同画卷一般在历史长河中熠熠生辉。

1. 让人趋之若鹜的氢能

凭什么氢能一直被人关注, 热度居高不下? 主要是因为氢能相较于传统的能源具有以下优势: 氢气的能量密度高, 为

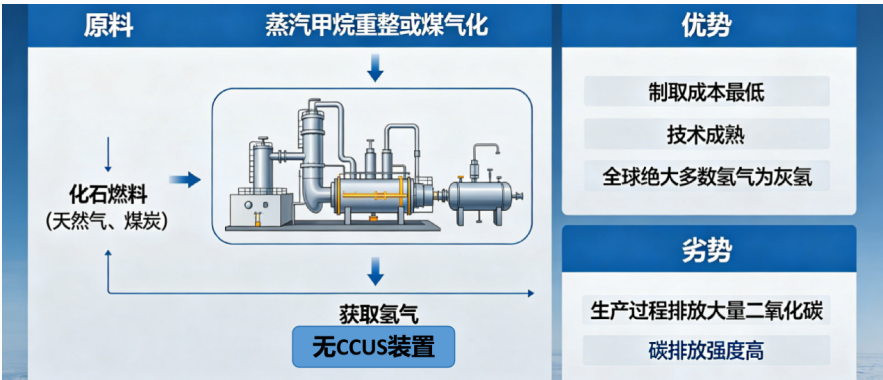
143 MJ/kg, 是常见汽油的 2.7 倍^[1]。在相同条件下煮沸相同质量的水, 氢气所需的量仅为汽油的 1/3, 酒精的 1/4^[2]。氢资源储量丰富, 氢元素是宇宙中储量最多的元素之一, 在地球上也有着丰富的氢资源, 主要以水和含氢化合物的形式储存在自然界中, 已探明的储量约为 2×10^8 吨^[3]。氢能是一种可再生能源, 氢气的燃烧产物为水, 而电解水又可以制得氢气, 实现氢的再生。氢气也是一种清洁能源, 其在燃烧时仅生成水, 没有硫氧化物、碳氧化物和粉尘等有污染的物质生成。

2. 从灰氢到绿氢的制氢之路

工业制氢过程中按照氢的制

取技术不同，根据生产过程中碳排放多少分为：灰氢、蓝氢和绿氢。

灰氢是指通过石油燃料制取且生产过程中不处理碳排放的，图2展示了灰氢的大致生成过程和优劣势，是目前全球最主流的应用氢气来源。灰氢的制备工艺主要以蒸汽甲烷重整和煤炭气化。蒸汽甲烷重整工艺以天然气和水蒸气为原料，在高温和催化剂的作用下得到氢气和一氧化碳的混合气体，混合气体经过分离净化就可以得到较纯净的氢气。煤炭气化是将煤炭在高温的情况下与氧气和水蒸气反应，得到含氢气（H₂）和CO的混合

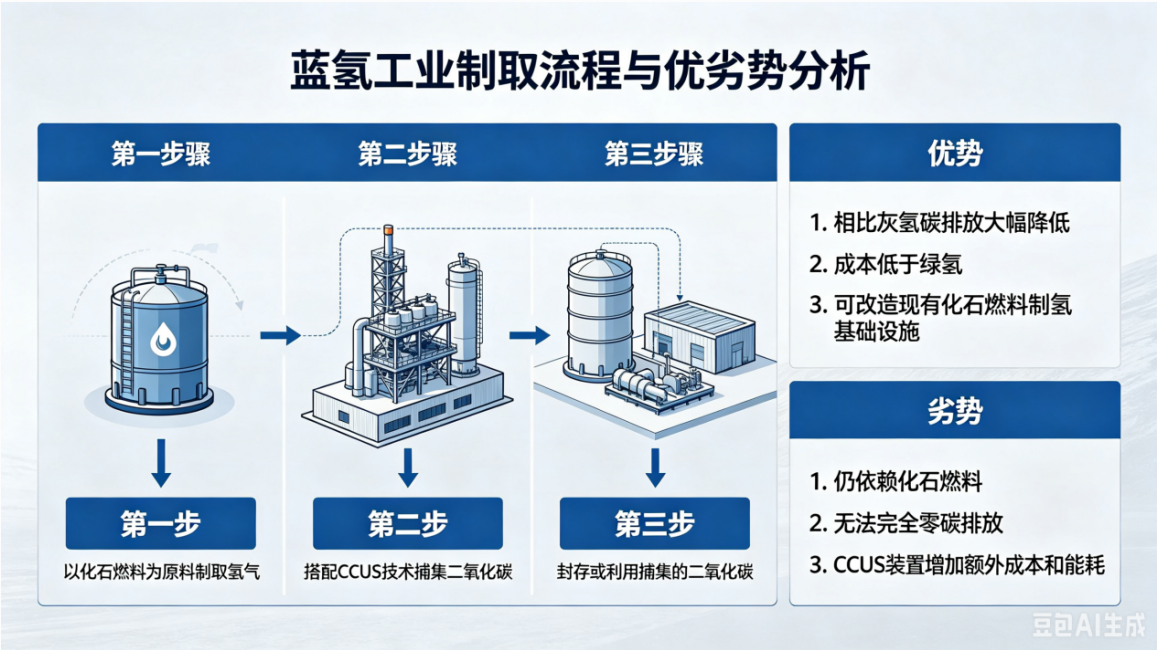


❶【图2】灰氢工业制取流程及优劣势（图片来源于豆包 AI 制作）

气体。灰氢的生成成本是3种生产工艺中最低的，由于灰氢的制备路径可能不同，行业普遍生产成本约为10~15元/千克。但是灰氢在生产过程中会产生大量的CO₂气体，加重温室效应。以蒸汽甲烷重整的方式生产氢气，每

生产1吨H₂，就会排放9~12吨CO₂。

蓝氢是在灰氢生产技术之上，配合碳捕捉、利用与封存（CCUS/CCS）技术将氢气生产过程中的二氧化碳进行捕获和封存，过程如图3所示。在生产



❷【图3】蓝氢工业制取流程及优劣势（图片来源于豆包 AI 制作）

过程中，通过燃烧前捕集或者燃烧后捕集，在合成气 (H_2+CO) 生成之后，先通过水煤气变换反应将 CO 转化为 CO_2 ，再从高浓度 CO_2 流中捕集，将 CO_2 从合成气或者烟气中分离出来，然后将 CO_2 压缩并将压缩后的 CO_2 注入地下咸水层中进行永久封存。蓝氢的主流生产成本约为 20~30 元 / 千克，小规模或者高碳捕集率项目的生产成本可达 30~40 元 / 千克，但碳排放强度相较于灰氢工艺可降低至 90%。

绿氢是指通过太阳能、风能等可再生能源发电，再利用电能电解槽中电解水的方式直接制取的氢气，生成步骤如图 4 所示。绿氢的生产过程基本不产生温室气体，属于零碳排放的清洁生产方式。但是绿氢的生产成本是化

石能源制氢的 2~3 倍，无补贴的情况下氢价约为 60 元 / 千克，有补贴的话可以降至 30 元 / 千克左右，对补贴有较高依赖性。虽然绿氢的生产成本是最高的，但生产方式几乎是零碳排放零污染的，因此绿氢的生产成为我国重点关注的氢气生产方式。截至 2026 年 3 月底，我国建成可再生能源制氢产能规模已经超过 25 万吨 / 年，在全球的低碳氢产能中中国产能占比超过 65%。

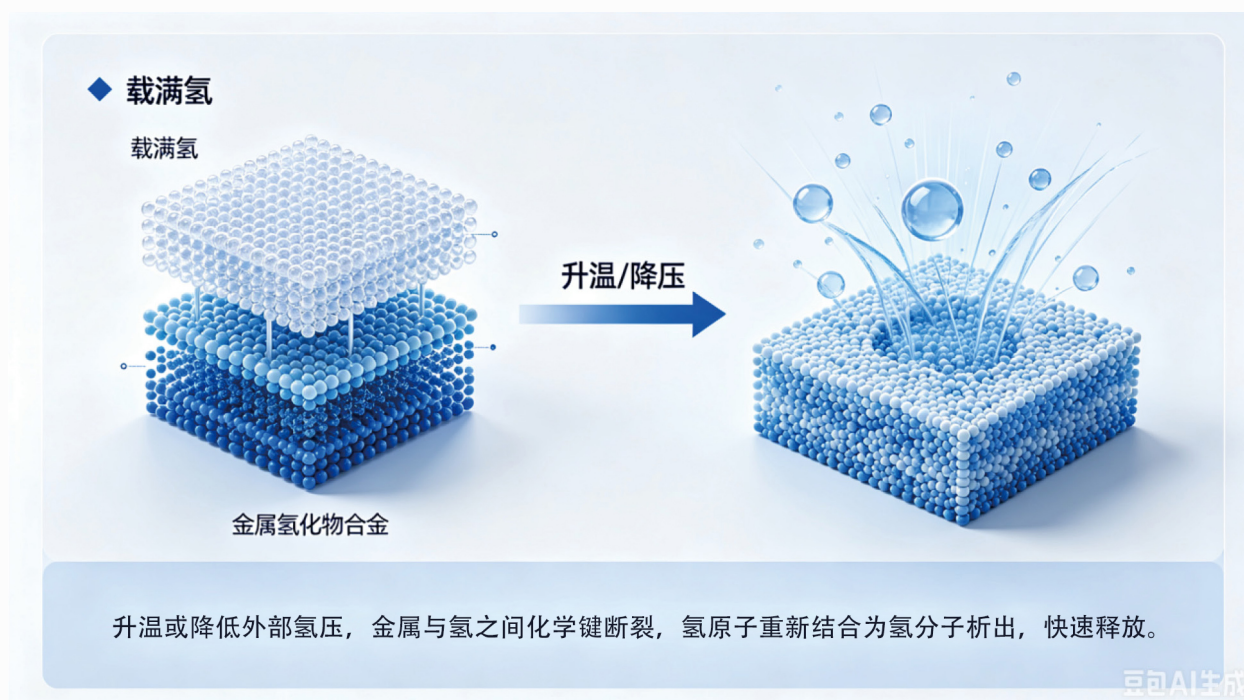
3. 氢气的储存

25 $^{\circ}\text{C}$ ，101 kPa 时氢气以气态的形式存在，在零下 253 $^{\circ}\text{C}$ 的低温情况下氢气转化可以为液氢，变成固态氢需要零下 262 $^{\circ}\text{C}$ 。气态氢的浓度和密度都很小，且安全性差，在存储和运输过程中比较困难，成为了限制氢能利用

的卡脖子问题。

氢气的常见储存方式为气态储氢、液态储氢和固态储氢^[4]。气态储氢是指对氢气进行压缩后存放在耐高压的钢瓶中，这种储存方式操作简单，成本低，同时压缩氢气相较于常温下的氢气的储能密度更高。但存放在钢瓶中的高压氢气容易发生泄漏，且高压氢气具有易燃易爆的风险。液态储氢是指将氢气降温至零下 253 $^{\circ}\text{C}$ 使其液化，储存在绝热容器中。液氢的能量密度很高，但是液态储氢成本很高，能量消耗巨大，因此液氢仅在军工和航天等特殊行业使用^[5]。固态储氢是指利用固体材料吸收或者吸附氢气，吸附原理可以分为物理吸附和化学吸附，吸附后又可以在特定环境下释放出氢气。物理吸附





【图 5】储氢合金释氢示意图（图片来源于豆包 AI 制作）

的固体材料一般具有多孔结构，利用材料与氢气之间的范德华力实现物理吸附。化学吸附是将氢气转化为金属氢化物的形式，依靠离子键、金属键或者共价键的形式实现化学吸附。固态储氢相较于气态储氢和液态储氢，具有体积小、密度高和可循环的显著优点，成为氢气储存的研究热点。

3.1 固态材料储氢的原理及类型

常见的固态储氢材料包括三类：多孔材料（碳纳米管）、合金材料（储氢合金）和有机金属结构材料（MOFs），其中由合金材料设计的储氢合金是最具发

展潜力的材料^[2]，因此本节将对合金储氢进行深入了解。

储氢合金指既能储存又能释放氢气的特殊合金材料，储氢过程在一定温度和氢压下依靠合金材料晶体结构吸附氢气或依靠金属与氢原子形成化学键的形式变成金属氢化物，实现氢气储存。当升高温度或者降低氢压时，实现氢的释放，完成氢气的储存与释放（图 5）。

根据对氢元素与不同元素发生化学反应过程中的焓变不同，可以知道不同元素和氢反应的难易程度，由此元素会表现出对氢

元素的亲和性和排斥性，如图 6 所示^[6]。标红的元素表现出较强的亲氢性，而标蓝的元素表现出排氢性，亲氢元素可以和氢形成稳定的氢化物，在储氢合金中承担储氢的角色，排氢元素一般较难与氢形成稳定的氢化物，可以在储氢合金中起到调节材料放氢条件的作用，因此储氢合金材料一般都包含这两类元素。

3.2 Ti 基储氢合金

影响储氢合金的储氢容量的因素：合金的晶格常数、合金的价电子浓度和合金组成元素对氢的亲性和，但是主要决定因素还

是材料本身，Ti 基合金材料是众多合金材料中储氢性能最优秀的，也是应用潜能最大的金属元素。常见的 Ti 基合金有 AB 型、AB₂ 型、Ti-V 系合金和高熵合金^[7]。

目前 AB 型储氢合金中 TiFe 合金应用最广，技术也最成熟。在室温下平台压 0.3 MPa 时，TiFe 合金的理论储氢量（质量分数）能达到 1.86%^[8]。TiFe 合金储氢材料具有原料来源广，价格低廉的成本优势，但是其容易在吸放氢的过程中形成氧化层，阻碍吸放氢循环，限制使用次数。为了达到更好的使用效果，科学家在 TiFe 合金的基础上进行改性，改性的途径有 2 种：添加其它元素和机械合金化。通常往 TiFe 合金中掺加稀土元素或者过渡金属元素，实现室温活化和增加储氢容量的效果。机械合金化是指利用机械球磨工艺，将 Ti 粉和 Fe 粉进行放在球磨机中进行球磨，让金属粉末发生剧烈的形变以实现合金化。

AB₂ 型一般由亲氢元素和排氢元素组成的合金材料，《中国大百科全书》指出 AB₂ 型储氢合金又被称为拉弗斯相合金，内部具有典型的拓扑密堆积结构，具有原子排列紧密、高对称性、大

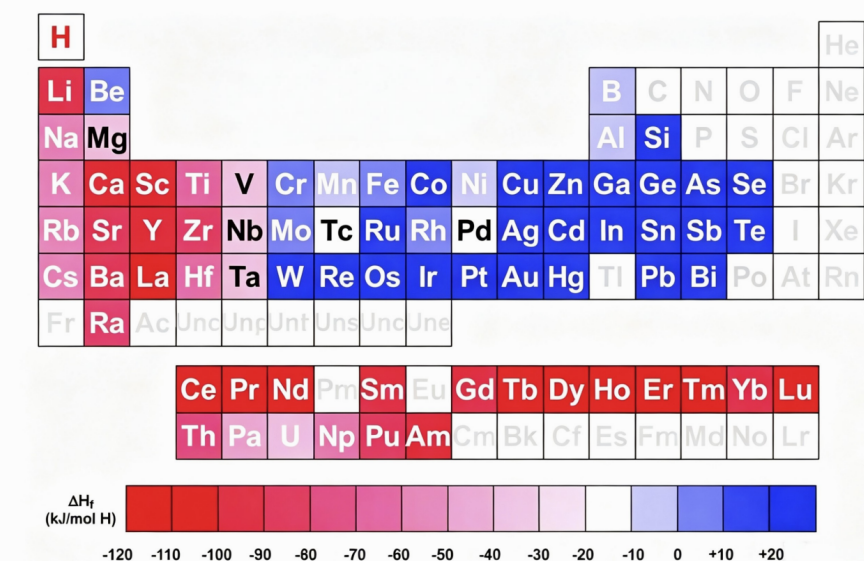


图 6 不同元素与氢发生化学反应的焓变^[6]

配位数和高堆积密度等特点。常见的 AB₂ 型储氢合金有 TiGr₂ 和 TiMn₂ 等，其重复储氢量通常在 1.8%~2.4%，部分高性能室温型 AB₂ 储氢量可以大于 2.0%（质量分数）。AB₂ 型储氢合金具有高容量、长寿命、动力学效率高和低成本的优点，被广泛应用于混合动力汽车及消费电子领域和氢燃料电池汽车的金属氢化物储氢箱中。

Ti-V 系合金储氢材料中的 2 种基本构成元素都属于亲氢元素，能与氢形成稳定的氢化物，是一类以体心立方结构固溶体为主的高容量固态储氢材料。Ti-V 系合金储氢材料具有高储氢容量（质量分数 2.5%~3.5%）、宽

工作温度范围、优异的循环稳定性和动力学性能可调的优势。

高熵合金是由 5 种或者 5 种以上等摩尔量或大约等摩尔量的金属形成的一种特殊合金，具有高混合熵的热力学特性。高熵合金具有可调控的吸放氢性能、优异的循环稳定性和抗氢脆性，是目前较火热的储氢合金材料。可是高熵合金也有一定的缺点，部分高性能的高熵合金材料含有稀有金属，从而使得该类型材料成本较高。其次就是氢原子的储存和释放机制需要进一步探明。最后就是如何实现高熵合金材料从实验走向工业化生产，需要优化能耗和工艺稳定性。随着计算机模拟和 AI 技术的发展，高熵合金材料组成配比和合成工艺的

开发已经变得相对容易很多。

结语

氢能利用与开发，卡脖子技术之一就是氢能的储存，我国目前主要采用管道输送和固态储

氢的技术来实现氢能的高效利用。如何为氢能存储找到一块合适的“固态硬盘”，已经从一个实验实课题，成长为氢能产业链的核心技术，尽管目前没有一种材料可以同时满足高容量、低

成本和温和条件的储放氢，但是随着材料设计和制备工艺的突破，我们相信在不久的将来可以看见各种各样的储氢材料在不同的领域绽放光芒，为氢能利用摆脱存储困难的枷锁。

参考文献

- [1] Rivard E, Trudeau M, Zaghbi K. Hydrogen storage for mobility: A review[J]. Materials, 2019, 12(12): 1973.
- [2] 胡诗扬. 高容量Mg-Ni-Y储氢合金的纤维制备及吸放氢性能研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2023: 3,7.
- [3] Rasul M G, Hazrat M A, Sattar M A, et al. The future of hydrogen: Challenges on production, storage and applications[J]. Energy Conversion Manage, 2022, 272: 116326.
- [4] 朱敏. 先进储氢材料导论[M]. 北京: 科学出版社, 2015: 8-9.
- [5] De Jongh P E, Adelhelm P. Nanosizing and nanoconfinement: New strategies towards meeting hydrogen storage goals[J]. ChemSusChem, 2010, 3(12): 1332-1348.
- [6] Dematteis E M, Berti N, Cuevas F, et al. Substitutional effects in TiFe for hydrogen storage: A comprehensive review[J]. Mater Adv, 2021, 2(8): 2524-2560.
- [7] 申翰豪. AB₂型Ti-Cr-Mn基储氢合金的结构与性能调控[D]. 广州: 华南理工大学, 2024: 7.
- [8] Willems J J. Metal hydride electrodes: Stability of LaNi₅-related compounds[J]. Zeitschrift Physikalische Chem, 1986, 147(1/2): 231-231.



📌 【图 1】日常生活中隐形眼镜的佩戴（图片来源于 Chat GPT 制作）

隐形眼镜里的高分子秘密

作者：孙奥林，龙江爱，朱真逸；Email: sunaolin@ciac.ac.cn

引言：

早上起床，很多人做的第一件事不是找手机，而是先戴上隐形眼镜（图 1）：一片柔软、透明且薄得几乎感觉不到的镜片，轻轻贴在眼睛表面，视野就立刻变得清晰。它不像普通眼镜那样压鼻梁，也不会在冷热交替的地方起雾，同时避免厚重的眼镜影

响颜值，这使其成为了很多人的生活必需品^[1]。

但隐形眼镜的佩戴体验并不总是那么舒适。刚戴上时往往没什么感觉，到了下午，很多人却会逐渐出现眼睛干涩、发紧及异物感增强等问题。而且，同样是隐形眼镜，不同品牌、不同类型之间的舒适度差别很大，有的戴一天仍然比较轻松，有的

戴上几个小时就开始不舒服。表面上看，这像是个人眼睛状态差异的问题，实际上，它和隐形眼镜背后的材料设计密切相关^[2-3]。

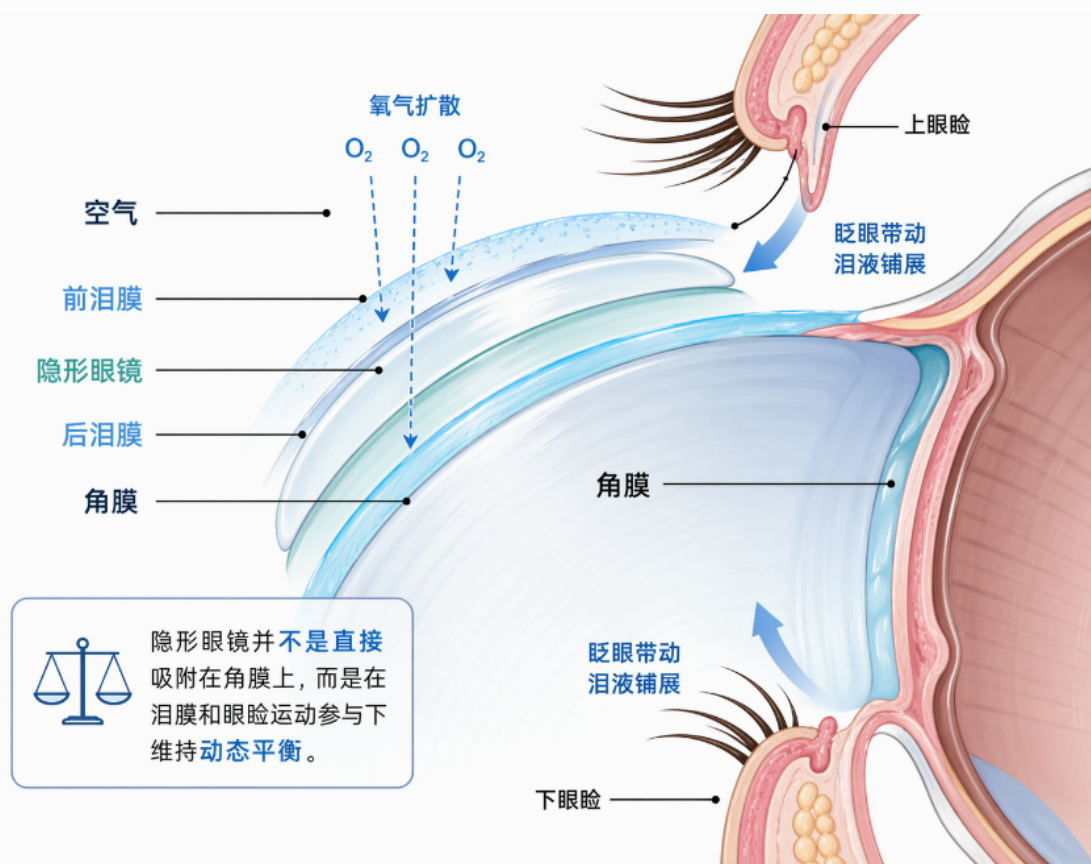
从本质上说，隐形眼镜并不是一片普通的透明薄膜，而是一类直接与眼表接触的高分子材料。它既要足够柔软，能够适应角膜表面的曲率；又要允许氧气透过，维持角膜正常代谢；同时还要尽量保持表面湿润，减少与眼睑和泪膜之间的摩擦。也就是说，一副隐形眼镜是否好戴，不只是度数是否合适的问题，更取决于它的高分子组成、网络结构、表面性质以及它与眼表环境之间的相互作用。

因此，隐形眼镜其实是一个非常贴近日常生活

的高分子材料案例。它把许多看似抽象的材料学问题，例如吸水、透氧、润湿、柔软、抗沉积和界面相容性，都浓缩到了一片小小的镜片中。理解隐形眼镜的材料本质，不仅能帮助我们更科学地看待佩戴过程中的舒适与不适，也能让我们看到，高分子化学并不遥远，它早已悄悄进入了人们每天的生活^[4-5]。

一、镜片为什么能安稳地待在眼睛上

很多人第一次戴隐形眼镜时，都会下意识地觉得，它之所以能贴在眼睛上，是因为镜片把角膜吸住了。实际上，隐形眼镜并不是靠吸附固定在眼表，而是在泪膜、眼睑运动和镜片本身几何结构的共同作用下，维持一种动态平衡（图2）。



❶【图2】隐形眼镜并不是直接吸附在角膜上，而是在泪膜和眼睑运动参与下维持动态平衡。（图片来源于 Chat GPT 制作）

正常情况下，角膜表面覆盖着一层很薄却很重要的泪膜。隐形眼镜戴上以后，这层原本连续的泪膜会被重新分成镜片前方的前泪膜和镜片后方的后泪膜。眨眼时，眼睑会推动镜片表面泪液重新铺展，镜片也会发生细微移动。正是这些看似不起眼的变化，让镜片既不会轻易掉出来，也不会完全贴死在角膜上。

这一步看起来只是一个佩戴问题，背后其实已经涉及材料设计。镜片如果太硬，贴合度会变差，初戴时异物感明显；如果太软，虽然容易贴附，但又可能在操作、定位和稳定性上出现问题。与此同时，基弧、直径、中心厚度和边缘形态也会影响泪液交换和镜片活动度^[6]。

所以，隐形眼镜能不能戴得稳，并不只是度数是否合适，而是材料、结构和眼表环境三者相互匹配的结果。

二、隐形眼镜的材料

如果只从外观看，隐形眼镜几乎没有太多区别，都是透明、柔软、薄薄的一片。但从高分子材料角度看，不同镜片之间的差别其实很大。现代隐形眼镜最主要的材料体系，可以分成两条路线：传统水凝胶镜片和硅水凝胶镜片（图3）。

软性隐形眼镜最早的重要材料基础，是聚羟乙基甲基丙烯酸酯，也就是聚甲基丙烯酸-2-羟乙酯(Poly(2-hydroxyethyl methacrylate)，



【图3】隐形眼镜材料分类示意图（图片来源于 Chat GPT 制作）

pHEMA) (图 4)。这一类材料的特点是亲水、透明、吸水后能够形成柔软的三维网络, 因此非常适合直接接触眼表。从材料史的角度说, pHEMA 的出现使软性隐形眼镜真正成为可能, 也让高分子水凝胶第一次大规模进入日常生活。

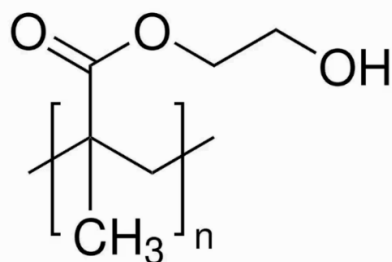


图 4 【图 4】聚甲基丙烯酸-2-羟乙酯 (图片来源于 Chat GPT 制作)

不过, 单一的 pHEMA 并不能满足所有需求。为了改善含水性、机械性能和表面润湿性, 后来的镜片常常引入不同单体进行共聚。例如, *N*-乙烯基吡咯烷酮 (*N*-vinyl pyrrolidone, NVP) 常用于提高亲水性, 甲基丙烯酸 (Methacrylic acid, MAA) 可以引入离子特征, *N,N*-二甲基丙烯酰胺 (*N,N*-dimethylacrylamide, DMA) 则有助于调节含水和柔韧性^[3-4]。

在商用材料名称中, Polymacon、Etafilcon A、Omafilcon A 等都属于这一类传统水凝胶体系, 只不过各自的单体组成、交联程度和表面特性并不相同。

后来, 人们发现传统水凝胶虽然柔软、含水量高, 但在长时间佩戴时, 角膜供氧仍然可能成为限制因素。于是, 材料设计开始转向硅水凝胶路线。硅水凝胶的核心思路, 是在高分子网络中引入硅氧烷结构, 使氧气不再主要依赖水相扩散, 而可以通过硅相更高效地传输。常见的硅组分包括 3-[甲基丙烯酰氧基]丙基三(三甲基硅氧基)硅烷 (TRIS) 以及聚二甲基硅氧烷 (Polydimethylsiloxane, PDMS) 相关片段。

这类材料中, Lotrafilcon A、Balafilcon A、Senofilcon A、Comfilcon A、Delefilcon A、Verofilcon A 等都是比较典型的代表。

这些名字背后并不只是品牌差别, 而是不同的高分子设计策略。有些镜片通过等离子体处理改善表面亲水性, 有些通过引入内部润湿组分来提高表面含水表现, 还有一些则采用硅水凝胶核心加高含水表层的思路, 让镜片内部负责透氧, 外部负责润湿和低摩擦。

进一步看, 决定镜片性能的并不只是用了哪些单体, 还包括这些单体最终形成了什么样的网络结构。比如, 交联密度会影响高分子链之间连接得有多紧: 网络越致密, 镜片通常越不容易过度溶胀, 尺寸和力学形态也更稳定; 但如果交联过强, 材料也可能变硬, 柔软性和表面舒适度受到影响。已有研究表明, 在硅水凝胶体系中, 交联密度和自由硅氧烷链长度都会影响材料的亲水性和氧传输表现; 而在其他眼用镜片体系中, 不同分子量的交联剂还会进一步改变镜片的含水量、亲水性和硬度^[7]。另一方面, 镜片的物理性质与脂质沉积行为也存在关联, 而表面的润湿性、蒸发失水和摩擦系数变化, 又会进一步影响长期佩戴中的沉积与舒适度。换句话说, 隐形眼镜不是把几种单体简单混在一起就够了, 它真正关键的地方, 在于能否形成一个既均匀、又稳定, 同时兼顾柔软、传氧和抗沉积的高分子网络。

从这个意义上说, 隐形眼镜并不是一片普通的透明软片, 而是一种把高分子网络、界面调控和生物相容性集中在一起的小型材料系统。

三、为什么不是越软、越湿就一定越舒服

很多人在选隐形眼镜时, 最先看的参数往往是含水量。直觉上, 含水量高, 好像就意味着更湿润、

更舒服。但真实的情况没有这么简单。

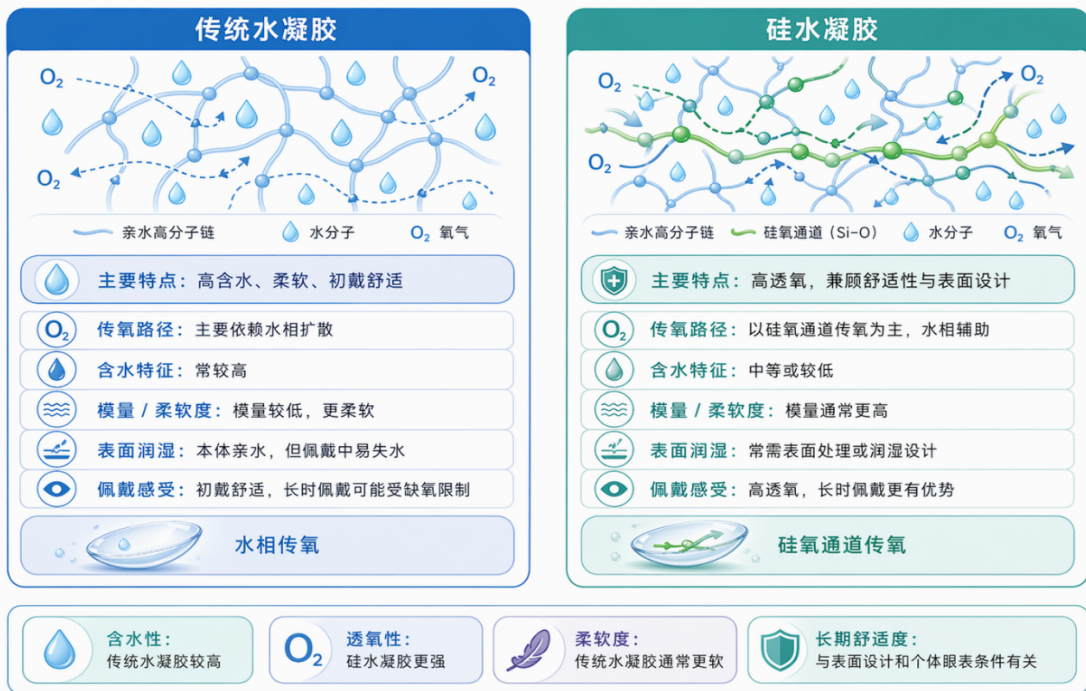
对于传统水凝胶镜片来说，氧气传输在很大程度上依赖水相，所以含水量提高，通常有利于氧扩散，也会带来较好的初戴柔软感。典型传统水凝胶的含水量常见约为 38%~58%，但其氧气透过率 (Dk) 通常仍受限在约 40~50 barrer。相比之下，硅水凝胶虽然含水量不一定更高，常见约为 24%~74%，却可依靠硅氧烷通道实现更高效的氧传输，Dk 常可达到约 60~140 barrer。因此，含水量高并不必然意味着更舒服或更透氧，真正重要的是材料的传氧路径和表面设计。但问题在于，含水量高并不等于全天都稳定。镜片在佩戴过程中会不断和外界环境交换水分，空调、长时间看屏幕、眨眼减少，都会让镜片表面更容易失水。结果就是，镜片早上戴上时很舒服，到了下午反而更容易发干。

硅水凝胶之所以成为后来材料发展的重点，原

因就在这里。它把高透氧能力更多交给硅氧烷来承担，而不是一味依赖高含水量。这样一来，镜片不必为了透氧而无限提高含水量，也就更有机会在透氧、尺寸稳定性和长期佩戴表现之间找到平衡。

不过，透氧也不是全部。对佩戴体验来说，还有一个经常被忽视的因素，就是镜片表面。从材料科学的角度讲，镜片的本体性能决定了它能不能撑得住，而镜片的表面性能决定了它戴起来顺不顺。前者包括氧渗透性、模量、含水量和力学稳定性；后者则包括表面接触角、润湿性、摩擦系数和沉积倾向^[8]。

这就是为什么有些镜片看起来参数不算特别夸张，却能保持不错的全天舒适度；也为什么有些镜片刚戴时很柔软，但戴到后面反而更明显地发涩。真正重要的不是某一个参数高不高，而是这些性质能不能在真实佩戴环境中协同工作（图 5）。



【图 5】传统水凝胶和硅水凝胶的对比示意图（图片来源于 Chat GPT 制作）

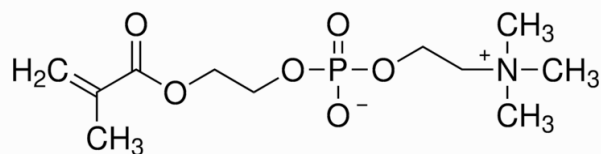
四、眼睛的干涩感从何而来

隐形眼镜佩戴者最常见的不适，往往不是刚戴上的那一刻，而是在连续佩戴数小时后，尤其约 6~8 h 后逐渐变得更明显^[9]。很多人早晨戴上镜片几乎没感觉，到了下午却开始觉得眼睛发干、发紧，眨眼时甚至会有明显摩擦感。国际泪膜与眼表学会（Tear Film and Ocular Surface Society, TFOS）相关研究表明，接触镜不适是导致佩戴体验下降甚至放弃佩戴的重要原因。

造成这种变化的关键之一，是泪膜环境被镜片重新改写了。原本覆盖眼表的泪膜，在戴镜后被分成前泪膜和后泪膜，泪液的铺展、蒸发和更新方式都发生了变化^[5]。

如果镜片表面润湿不够稳定，或者在佩戴过程中逐渐吸附了蛋白、脂质和环境颗粒，前泪膜就更容易出现局部破裂，形成干斑。这里的沉积并不是随机发生的，而与材料表面的相互作用密切相关。一般来说，蛋白吸附常与表面电荷和静电作用有关，例如带负电的离子型材料更容易吸附带正电的溶菌酶^[10]；而脂质沉积则更多与材料中的疏水区域有关，特别是硅水凝胶中的硅氧烷相更容易与泪液中的胆固醇、磷脂等脂质发生疏水相互作用。研究还表明，蛋白和脂质沉积并不是彼此独立的：一类沉积物形成后，往往会进一步改变镜片表面的亲水性与润湿状态，从而影响另一类沉积的发生。

这也是为什么现代镜片材料越来越重视表面仿生设计。比如将 2-甲基丙烯酰氧乙基磷酸胆碱（2-Methacryloyloxyethyl phosphorylcholine, MPC，图 6）这类两性离子单元用于表面构建，或者通过接枝、包覆等方式形成稳定水化层，目的都是让镜片表面更接近天然细胞膜外层的亲水环境。

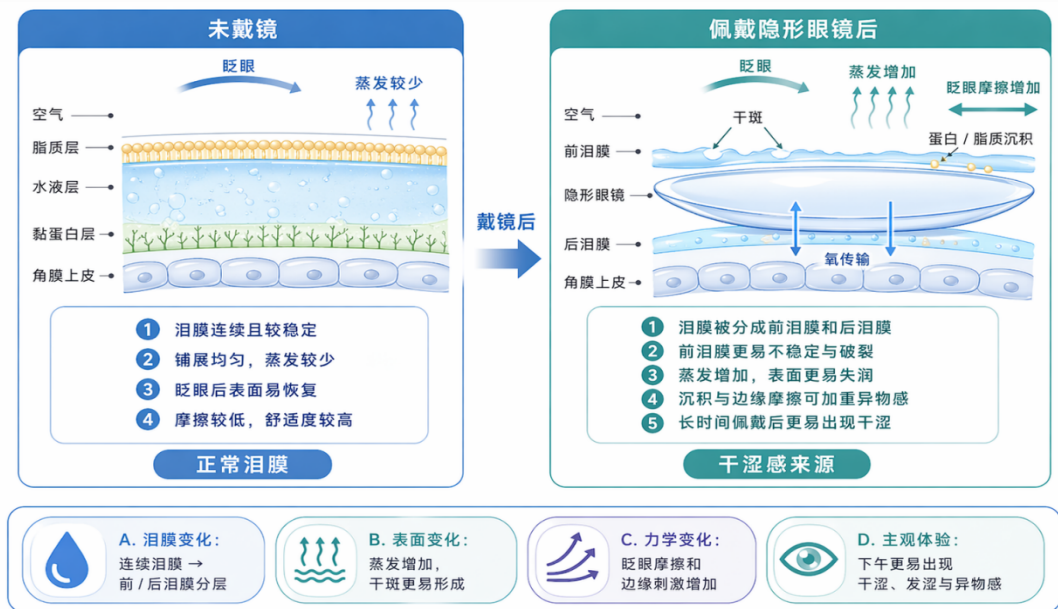


【图 6】2-甲基丙烯酰氧乙基磷酸胆碱(2-Methacryloyloxyethyl phosphorylcholine, MPC) (图片来源于 Chat GPT 制作)

像 MPC 这样的单元之所以有助于抗沉积，就在于它能在表面结合一层较稳定的水化层，降低疏水吸附，同时减少蛋白和脂质与材料表面的直接接触，从而改善润湿性和低摩擦表现。已有研究显示，MPC 聚合物修饰的硅水凝胶镜片可明显降低脂质沉积，并提升表面亲水性、润滑性与柔顺性^[11]。

需要说明的是，长期佩戴隐形眼镜带来的问题并不只停留在干涩感。对于透氧不足的镜片，尤其是在长时间佩戴、过夜佩戴或镜片较厚的情况下，角膜可能长期处于相对低氧状态。早期常见表现包括角膜水肿、上皮微囊和球结膜 / 角膜缘充血；如果低氧刺激持续存在，还可能诱导角膜缘或角膜新生血管长入，以弥补氧供不足。更长期的变化还可能出现在角膜内皮，例如内皮细胞大小不均增加 (Polymegethism) 和六角形规则性下降 (Pleomorphism)，这些都提示角膜长期承受了额外的生理压力。

硅水凝胶材料之所以被广泛认为是隐形眼镜发展中的重要一步，正是因为它显著提高了氧传输能力。已有综述指出，在日戴条件下，硅水凝胶已在很大程度上消除了传统低透氧软镜相关的生理性低氧体征，包括角膜和角膜缘充血、新生血管、上皮微囊以及部分内皮反应，其整体表现更接近未戴镜人群^[12]。也就是说，硅水凝胶并不是完全没有风险，但它确实明显缓解了因低氧导致的一系列角膜生理问题，使镜片设计从“勉强能戴”进一步走向“更适合长期日常佩戴”。



【图 7】佩戴隐形眼镜前后的泪膜变化（图片来源于 Chat GPT 制作）

这些设计并不是为了让材料看起来更先进，而是为了让镜片在几个小时的佩戴过程中，仍然能维持较低摩擦、较少沉积和较稳定的表面润湿状态。

所以，下午的干涩感并不只是缺水那么简单。它更像是镜片表面、泪膜稳定性、眨眼行为和环境条件共同作用后的结果（图 7）。

五、如何挑选适合自己的隐形眼镜

既然隐形眼镜背后有这么多材料差异，那么对于普通佩戴者来说，最实际的问题就是：在令人眼花缭乱的宣传中（图 8），到底该怎么挑。

首先，要分清自己需要解决的是哪一类视觉问题。普通近视、规则散光 and 老视，对镜片的光学设计要求并不一样。也就是说，挑选隐形眼镜的第一步不是看材料，而是先确认镜片设计是否符合自己的屈光状态。光学设计不对，再好的材料也很难带来稳定体验。

其次，不要把高含水量直接等同于高舒适度。如果本身容易眼干，或者长期在空调房和电脑前工作，单纯追求高含水镜片未必是最佳选择。传统高含水水凝胶在初戴时可能更柔软，但长时间佩戴后未必更稳；而不少硅水凝胶镜片虽然含水量没有特别高，却因为透氧更好、表面润湿设计更成熟，反而更适合全天佩戴。

第三，要结合自己的使用习惯来选更换周期。如果护理习惯并不稳定，或者工作节奏快且经常出差，日抛镜片往往更合适。因为日抛模式减少了镜片反复浸泡、镜盒污染和清洗不规范带来的额外风险^[12]。对很多人来说，真正适合自己的镜片，不一定是参数最亮眼的那一款，而是能够被稳定、正确使用的那一款。

最后，要重视验配，而不是只靠网络参数做判断。即使度数相同，不同镜片在基弧、直径、边缘设计、模量和表面处理上也可能完全不同。它们戴在不同



XX品牌隐形眼镜

—— 轻薄贴合，水润舒适 ——

✓ 品质之选 ✓ 清晰视界 ✓ 舒适体验

XX品牌
软性亲水接触镜
月抛型 | 6片装

高清视界 水润舒适 高透氧

含水量 **55%** 水润保湿

XX品牌
软性亲水接触镜
月抛型
BC 8.6mm DIA 14.2mm
PWR -3.00D
2028/04
LOT 20230401
STERILE

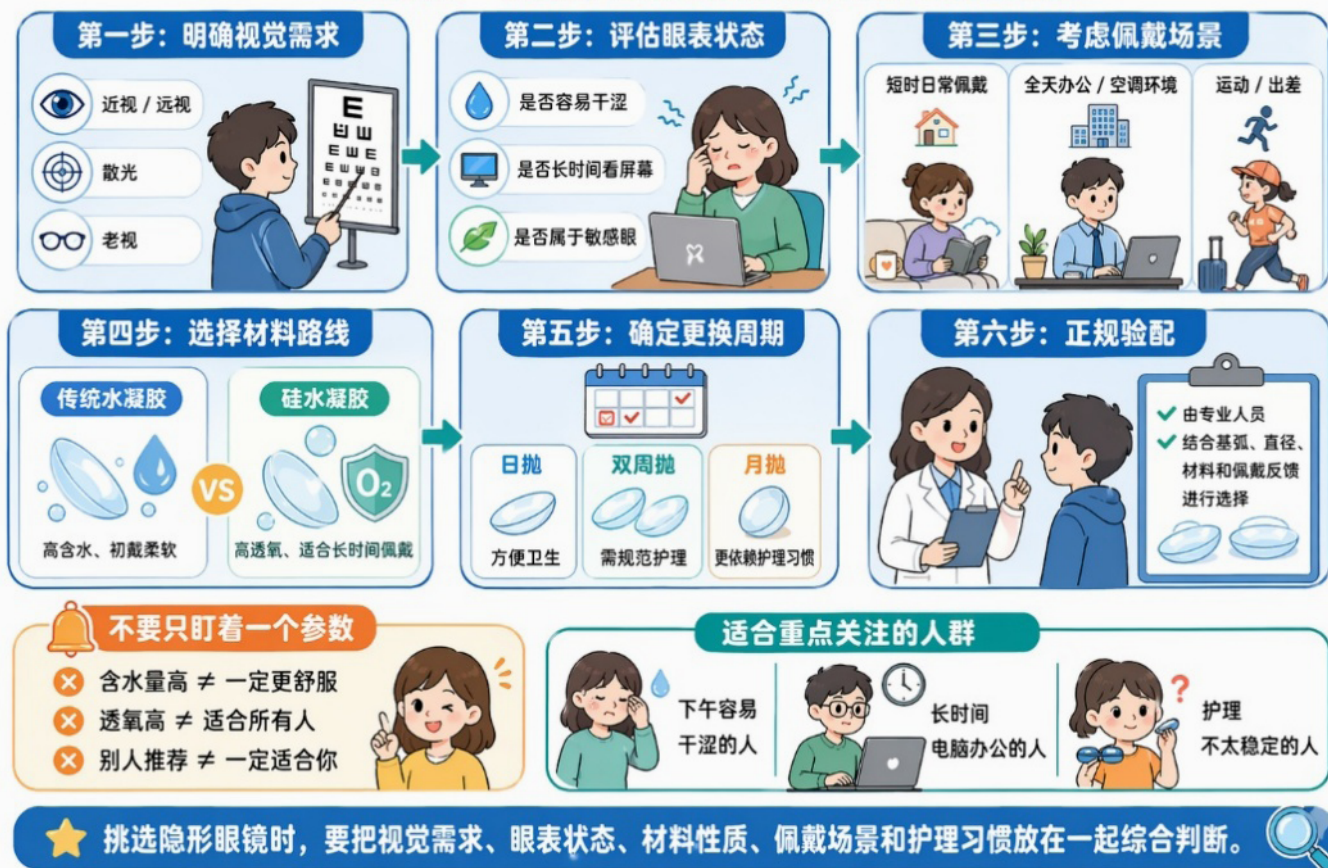
 轻薄舒适 轻盈贴合 无感佩戴	 水润保湿 含水量55% 长时间水润舒适	 高清视界 清晰锐利 视野更清晰	 高透氧 透氧呵护 眼睛更轻松	 日常佩戴 更安心 严格品质把控 安心之选
--	---	---	---	--

XX品牌隐形眼镜，给你清晰舒适的每一天

【图8】隐形眼镜的优势宣传（图片来源于 ChatGPT 制作）

如何挑选适合自己的隐形眼镜

不要只看一个参数，要结合眼睛状态和使用习惯综合判断



① 【图9】如何挑选适合自己的隐形眼镜（图片来源于 Chat GPT 制作）

人的眼睛上，最终表现也会差很多。

因此，材料可以帮你缩小选择范围，但最终不合适，仍然要通过眼表状态、佩戴感觉和规范验配来确认。

结语

隐形眼镜看起来只是一片透明、柔软的薄片，但它背后其实是一整套精细的高分子材料设计。无论是传统水凝胶还是硅水凝胶，真正决定佩戴体验的，都不只是度数或品牌，而是材料的含水、传氧

和润湿能力，以及它与个人眼表环境的匹配程度。

从这个角度看，隐形眼镜并不是普通日用品，而是一类将高分子网络、界面调控和生物相容性结合在一起的小型材料系统。理解这些差异，并不是为了记住复杂的材料名称，而是为了更科学地认识佩戴中的舒适与不适，并选择真正适合自己的镜片。

材料科学最有意义的地方，不在于它有多复杂，而在于它能否以恰当的方式进入日常生活，悄悄改善我们看世界的方式。

参考文献

- [1] Wichterle O, Lim D. Hydrophilic gels for biological use[J]. Nature, 1960, 185, 117-118. DOI: 10.1038/185117a0.
- [2] Pearson R M. A review of the limitations of the first hydrogel contact lenses[J]. Clin Exp Optom, 2010, 93(1): 15-25. DOI: 10.1111/j.1444-0938.2009.00444.x.
- [3] Musgrave C S A, Fang F. Contact lens materials: A materials science perspective[J]. Materials, 2019, 12(2): 261. DOI: 10.3390/ma12020261.
- [4] Ishihara K, Shi X, Fukazawa K, et al. Biomimetic-engineered silicone hydrogel contact lens materials[J]. ACS Appl Bio Mater, 2023, 6(9): 3600-3616. DOI: 10.1021/acsabm.3c00296.
- [5] Sweeney D F. Have silicone hydrogel lenses eliminated hypoxia?[J]. Eye Contact Lens, 2013, 39(1): 53-60. DOI: 10.1097/ICL.0b013e31827c7899.
- [6] Muntz A, Subbaraman L N, Sorbara L, et al. Tear exchange and contact lenses: A review[J]. J Optom, 2015, 8(1): 2-11. DOI: 10.1016/j.optom.2014.12.001.
- [7] Wu S, Zhang X, Sun Y, et al. Study on the influence of crosslinking density and free polysiloxan chain length on oxygen permeability and hydrophilicity of multicomponent silicone hydrogels[J]. Colloid Polym Sci, 2021, 299(8): 1327-1335. DOI: 10.1007/s00396-021-04850-5.
- [8] Vidal-Rohr M, Wolffsohn J S, Davies L N, et al. Effect of contact lens surface properties on comfort, tear stability and ocular physiology[J]. Cont Lens Anterior Eye, 2018, 41(1): 117-121. DOI: 10.1016/j.clae.2017.09.009.
- [9] Papas E, Tilia D, McNally J, et al. Ocular discomfort responses after short periods of contact lens wear[J]. Optom Vis Sci, 2015, 92(6): 665-670. DOI: 10.1097/OPX.0000000000000607.
- [10] Soltys-Robitaille C E, Ammon D M, Valint P L, et al. The relationship between contact lens surface charge and in vitro protein deposition levels[J]. Biomaterials, 2001, 22(24): 3257-3260. DOI: 10.1016/S0142-9612(01)00163-6.
- [11] Ishihara K, Fukazawa K, Sharma V, et al. Antifouling silicone hydrogel contact lenses with a bioinspired 2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine polymer surface[J]. ACS Omega, 2021, 6(10): 7058-7067. DOI: 10.1021/acsomega.0c06327.
- [12] Morgan P B, Murphy P J, Gifford K L, et al. BCLA CLEAR-effect of contact lens materials and designs on the anatomy and physiology of the eye[J]. Cont Lens Anterior Eye, 2021, 44(2): 192-219. DOI: 10.1016/j.clae.2021.02.003.
- [13] Carnt N, Minassian D C, Dart J K G. Acanthamoeba keratitis risk factors for daily wear contact lens users: A case-control study[J]. Ophthalmology, 2023, 130(1): 48-55. DOI: 10.1016/j.ophtha.2022.08.002.

藕为肉，纤为骨： 一个神话肉身的材料科学重塑

作者：何尚华，张梓轩，牛鑫，王鑫；Email: wangxin_609@126.com



1. 引言

在电影《哪吒之魔童降世》中，哪吒历经天雷，太乙真人用莲藕为基重塑哪吒肉身的经典情节，不仅承载着深厚的文化象征意义，更意外地与现代材料科学的核心思想形成跨越时空的呼应。这一将生物质材料转化为复杂结构体的想象，恰为探讨天然高分子的结构特性、改性机理及功能化应用提供了绝佳的文化切入点 and 科学启示框架。

从材料化学角度分析，“莲藕造人”的过程可系统解构为3个关键阶段：首先，莲藕淀粉的糊化作用形成三维网络胶体，构成肉身的基本基质；其次，溶剂分子通过物理渗透或化学反应破坏淀粉分子间氢键，实现材料的塑化改性；最后，纤维素作为增强相嵌入基体，通过氢键相互作用提供结构支撑与形状稳定性。这一过程本质上是对淀粉-纤维素复合体系进行多尺度结构设计与性能调控的生动范例。

本文将依托这一文化载体，在阐述高分子糊化、增塑改性及复合材料界面作用等化学原理的同时，构建一个可在家中安全实践的科普实验体系。通过使用食品级原料模拟“肉身重

塑”全过程，我们不仅能够直观演示材料从微观结构到宏观性能的演变规律，更旨在展现化学如何将日常生活经验转化为可验证、可拓展的科学认知，从而在文化传承与科学启蒙之间架设一座兼具趣味与深度的桥梁。

2. 哪吒的肉身——藕粉

太乙真人选择莲藕作为哪吒肉身的主要材料，先将莲藕洗净、去皮、磨粉和水煮形成粘稠的藕粉糊糊，这就是哪吒肉身的最初状态（图1）。藕粉的主要

成分是淀粉，是以一种由葡萄糖单元通过糖苷键连接而成的多糖类物质，可分为直链淀粉和支链淀粉两类^[1]。淀粉分子之间主要依赖氢键相连接，当淀粉分散到热水中，在高温和搅拌的作用下，水分子通过氢键缓慢进入淀粉内部，从内部破坏淀粉的晶体结构。此过程中，淀粉大量吸水发生膨胀，体积可增大至原来的数十倍甚至数百倍，分子有序度大大降低。溶出的直链淀粉与破碎的支链淀粉碎片相互纠缠形成



❶【图1】淀粉糊化成凝胶基质：电影《哪吒2魔童闹海》截图（上图）和纯藕粉糊化成的透明胶体照片（下图自制）。

连续的三维网络结构，将水分子包裹其中，形成一团Q弹的糊糊，这个过程就是淀粉的糊化^[2]。

淀粉糊化后形成的糊糊呈现无色或微粉色透明胶体（莲藕中含有多酚类物质和较高含量的铁质，在加热和接触空气后会发生氧化反应而导致为粉色），该胶体一般过于黏稠，不能定型，也不能直接作为哪吒肉身，所以要藕粉淀粉进行活性处理。

3. 哪吒的血液——溶剂

直接用藕粉做出来的哪吒肉身并不能成型，此时需要给肉身注入血液，一改淀粉胶体无色透

明的状态，成为白色的面团，让哪吒成为有血有肉的状态。为了让淀粉的可塑性增加，可对其进行改性，以破坏淀粉分子之间由于羟基存在而形成的氢键，从而降低淀粉的结晶度，使淀粉分解温度高于熔融温度，提升熔融淀粉的加工性能^[3]。淀粉的改性分为物理改性和化学改性，其中物理改性是指利用溶剂分子的羟基代替淀粉分子间的氢键进入淀粉内部，打破内部的结晶结构，使面团变得具有温温柔柔，让淀粉具备一定的热塑性^[4]。溶剂一般选用是多羟基化合物，例如日常生活中所用到的甘油（丙三醇）就是一个很好的选择，在淀粉糊

化过程与水分子一起作为增塑剂增加面团的柔韧性。而化学改性则是利用淀粉分子的氢键、羟基与化学试剂发生反应来生成RS4型抗性淀粉^[5-6]，例如选用日常生活中的白醋，其中乙酸可以促进淀粉水解为低聚合度的短链糖分子或单糖，有利于形成更为致密且均匀的网状交联结构，同时能够适度降低淀粉胶体的表面黏性，提升材料的延展性^[7]。

淀粉经过活化之后，得到的面团可以达到简单塑形的结果，如图2右图所示，但并不能形成复杂的形状，且容易回弹。所以哪吒光有血有肉不行，还得有骨



①【图2】溶剂活化后的可塑淀粉面团：电影《哪吒2 魔童闹海》截图（左图）和活化后的藕粉淀粉形成的面团照片（右图自制）。

骼支撑，才能真正达到重塑的效果。

4. 哪吒的骨骼——纤维素

为给哪吒的肉身找到合适的骨骼，可以选用生物质材料中天然线性高分子聚合物——纤维素，是以葡萄糖单元通过 β -1,4-糖苷键链接而成的线性高分子聚合物^[8]，具有极高的机械强度，以微纤丝形态均匀分散于淀粉胶体中，两者以氢键相连保证材料的结构稳定性^[9]，如同哪吒的骨架保证材料的延展性和形状稳定性。另外，纤维素含有大量的氢键，表现出较强的吸水性，降低整体面团表面的黏腻感^[10]，在塑形过程中表现出显著的抗黏着性，极大地改善了对加工工具的粘附问题，可以保证重塑的哪吒肉身肤如凝脂，活灵活现。

含有纤维素的生物质材料在生活中比比皆是，例如坚果外壳、芹菜、甘蔗等，大家在家就可完成哪吒肉身的重塑：将生物质纤维素打成粉末之后，与藕粉一起进行活化、糊化即可。值得注意的是，这些天然生物质中还含有除纤维素之外的半纤维素、木质素及其他成分，所以在重塑哪吒肉身的时候添加的比例也不同，经过大量实验验证，生物质中含



①【图3】定型染色后的最终“肉身”：电影《哪吒2 魔童闹海》截图（上图）和经过定型染色后的“哪吒肉身”照片（下图自制）。



①【图4】复合材料的应用拓展：电影《哪吒2 魔童闹海》截图（上图）和橡皮泥的手工作品照片（下图自制）。

有的纤维素成分越高，得到的材料韧性越高，添加量越少。整个过程原材料无毒无害，制备过程简单，最终得到的材料具有高可塑性，甚至可以用食用染料（蔬菜汁和水果汁等）进行调色做成不同颜色的人工橡皮泥，从而进行一系列的手工作品(图4下图)，

让孩子和父母一起体验重塑哪吒的快乐。

5. 结语

神话想象与科学原理在材料世界里达成了奇妙共鸣——莲藕淀粉的糊化构筑血肉，溶剂改性赋予塑性生命，纤维素网络撑起筋骨，正是氢键重组与分子修饰

的化学语言，将“莲藕造人”的传说翻译成可验证的材料设计范式。它生动诠释了最高明的科学往往蕴于日常之物，而严谨的化学思维能让古老传说在当代实验室里获得新生，最终在可触摸的科普实践中，完成文化记忆与科学认知的创造性连接。

参考文献

- [1] 王然. 淀粉含量对玉米淀粉-茶多酚乳液凝胶稳定性质的影响[J]. 食品科学, 2024, 45(6): 41.
- [2] 王梓晗, 余清清, 张美霞, 等. 糖和糖醇对不同分子结构粮食作物淀粉糊化和回生特性的影响食品与发酵工业[D]. 扬州: 扬州大学, 2025.
- [3] 姜雅莹. 脆质与粉质莲藕品质与淀粉特性研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2023.
- [4] 胡慧. 淀粉基可生物降解材料的制备与性能研究[D]. 武汉: 湖北工业大学, 2020.
- [5] 缪文慧. 改性山药淀粉的制备及其特性研究[D]. 济南: 济南大学, 2024.
- [6] 冯田田. 不同方法改性绿豆淀粉及其应用研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨商业大学, 2024.
- [7] 贾紫阳. 改性淀粉对冷冻生面品质的影响及其改善冻藏稳定性的机制研究[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2023.
- [8] 蔺雨明. 甘蔗渣纳米纤维素水凝胶的制备及在可穿戴传感器应用研究[D]. 南宁: 广西大学, 2024.
- [9] 王宝霞. 花生壳纤维素纳米纤丝及其复合材料的制备与性能研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2017.
- [10] 沈华艳. 基于淀粉和蔗渣的可生物降解复合材料的制备与性能研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2015.

CCS Chem.

中国科学院上海有机化学研究所施世良 / 新加坡国立大学 Ming Joo Koh 团队： 卡宾镍催化内烯烃的不对称还原 Heck 和 Heck 偶联反应

来源：CCS Chemistry 公众号；原文链接：https://mp.weixin.qq.com/s/sAfv4cy_fhzFVijZO0R4NQ；编辑有修改

近日，中国科学院上海有机化学研究所施世良团队与新加坡国立大学 Ming Joo Koh 课题组合作，报道了一种氮杂环卡宾（NHC）- 镍络合物催化的内烯烃对映选择性还原 Heck 与 Heck 偶联反应。该方法以芳基三氟甲磺酸酯为亲电试剂，实现了内烯烃的高区域选择性和对映选择性官能团化，构建了多样化的手性芳基化产物。反应条件温和、官能团兼容性优异。通过使用大位阻且柔性可调的 NHC 配体，有效抑制了副反应并实现了精准立体控制。该策略为内烯烃的不对称官能团化反应提供了通用平台，并展示了在药物相关分子后期修饰中的应用潜力。

背景介绍：

过渡金属催化的烯烃不对称碳官能团化反应是构建手性碳的高效策略，广泛应用于药物化学、天然产物合成及材料科学等领域。在众多方法中，不对称 Heck 类型反应（包括还原 Heck 和常规 Heck 反应）因其能够快速构建手性碳骨架而备受关注。这类反应的关键步骤是烯烃的选择性碳金属化过程，可以同时引入碳基团和金属物种，生成手性烷基金属中间体。

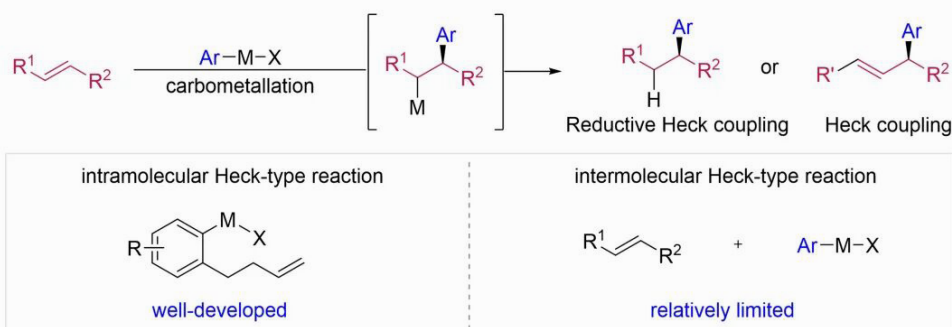
尽管分子内不对称 Heck 反应取得了显著进展，但分子间版本，特别是针对内烯烃底物的反应，仍面临重大挑战。内烯烃固有的空间位阻降低了其对金属催化剂的亲合力，阻碍了迁移插入过程；同时，其取代基缺乏电性诱导，常导致马氏与反马氏异构体的混合物生成。此外，内烯烃易发生异构化，且烷基金属中间体易于发生 β -H 消除，进一步增加了反应的难度。已有策略通过导向基团辅助实现了内

烯烃的官能团化，但导向基团的安装与移除增加了合成步骤。因此，发展一种无需导向基团、普适性强的内烯烃不对称 Heck 类型反应具有重要意义。

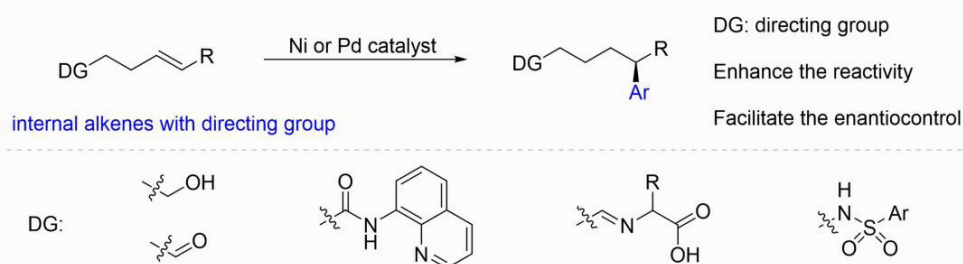
中国科学院上海有机化学研究所施世良团队近年来致力于开发大位阻且柔性可调的 NHC 配体，并在镍催化烯烃的不对称 Heck 类型偶联中取得系列进展。基于此，该团队设想通过合理设计 NHC 配体与反应条件，解决内烯烃反应中长期存在的挑战，即大位阻 NHC 配体可抑制烷基金属中间体的 β -H 消

除，柔性骨架有助于位阻烯烃的迁移插入，而深手性空腔则可提供良好的对映选择性控制。近日，该团队报道了一种 NHC-镍催化的内烯烃对映选择性还原 Heck 与 Heck 偶联反应。该方法以芳基或烯基三氟甲磺酸酯为亲电试剂，实现了与多种内烯烃（包括环状、非环状及桥环烯烃）的高效偶联，一步构建了手性二氢呋喃、二氢吡咯、色满及硫代色满等结构单元。该策略无需导向基团，条件温和，具有优异的区域选择性、对映选择性和官能团兼容性。

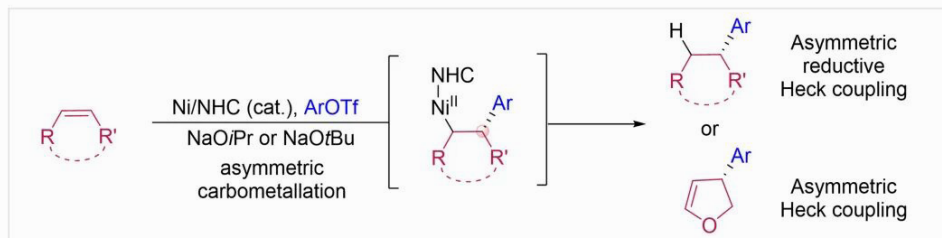
A) Selective carbometallation of alkenes for asymmetric Heck and reductive Heck reaction



B) Previous methods for the intermolecular asymmetric reductive Heck of internal alkenes



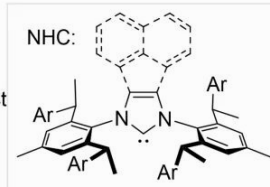
C) Ni/NHC-catalyzed regio- and enantioselective reductive Heck and Heck coupling (this work)



◆ Rare intermolecular asymmetric Heck-type coupling of internal alkenes

◆ Modulate the reactivity and selectivity with a bulky chiral Ni/NHC catalyst

◆ 60 examples, up to 99% yield, up to 99% ee, up to >99:1 rr

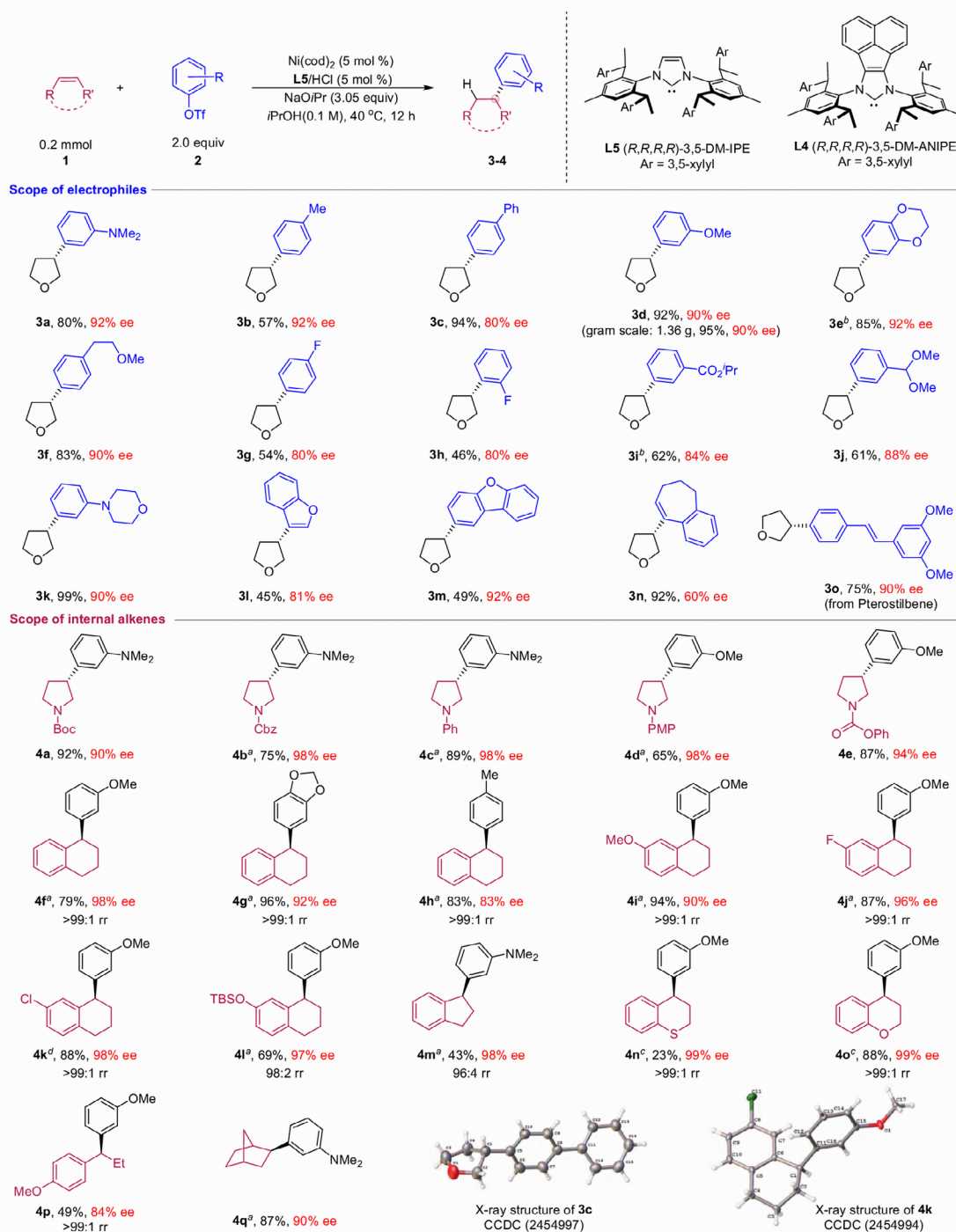


本文亮点:

反应条件优化: 作者以 2,5- 二氢呋喃和芳基三氟甲磺酸酯为模型底物, 优化了镍催化内烯烃的不对称还原 Heck 偶联反应。通过对系列 NHC 配体的系统筛选, 发现具有 3,5- 二甲基苯基取代基的大位阻 NHC 配体能够高效促进反应, 以优异产率和对映

选择性得到 β - 芳基化手性二氢呋喃产物。溶剂筛选表明, *i*PrOH 对提高产率、化学选择性和对映选择性至关重要。值得注意的是, 2,5- 二氢呋喃的不对称 Heck 反应此前未见报道, 主要因其异构化问题导致区域和立体控制困难。

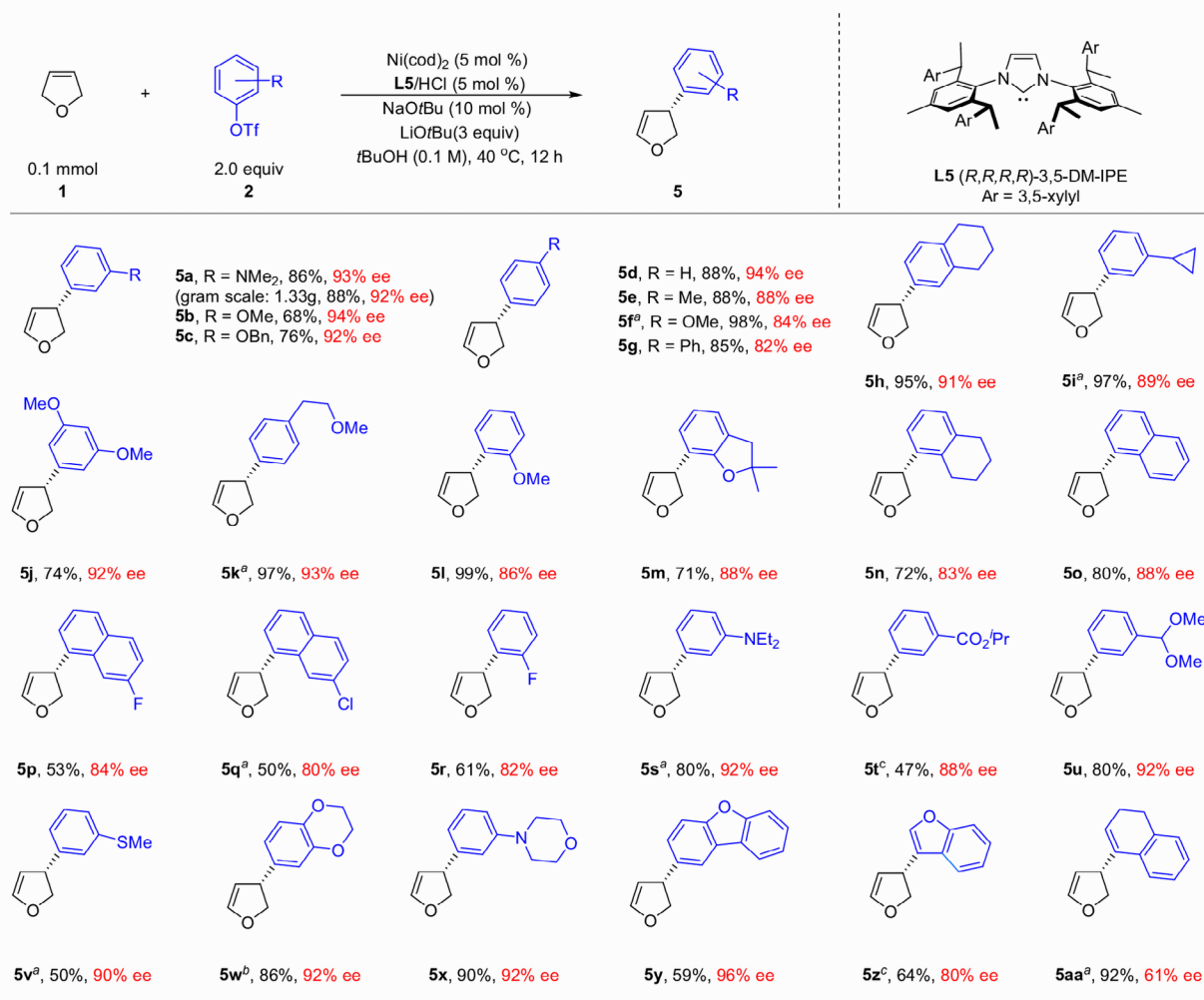
还原 Heck 底物范围: 多种芳基三氟甲磺酸酯



均能良好兼容，包括含给电子或吸电子基团（苯胺、醚、氟、酯、缩醛）的底物，以及含吗啉、苯并呋喃、二苯并呋喃等药物相关杂环的底物，均以高产率和对映选择性（88%–94% ee）得到目标产物（3a–3o）。同时，烯基亲电试剂也适用，得到三取代烯烃产物（3n）。内烯烃底物范围涵盖 N-Boc、N-Cbz、N-PMP 等保护的二氢吡咯、多种取代苯乙烯（含醚、氟、氯、OTBS 等基团），以及硫代色满、色满、非环内烯烃和桥环内烯烃（4a–4q），均以良好至优异的产率和区域选择性及对映选择性（最高达 94% ee）得到产物。克级规模实验（8.0 mmol）以 95% 产率和 90% ee 得到目标产物，展示了方法的实用性。

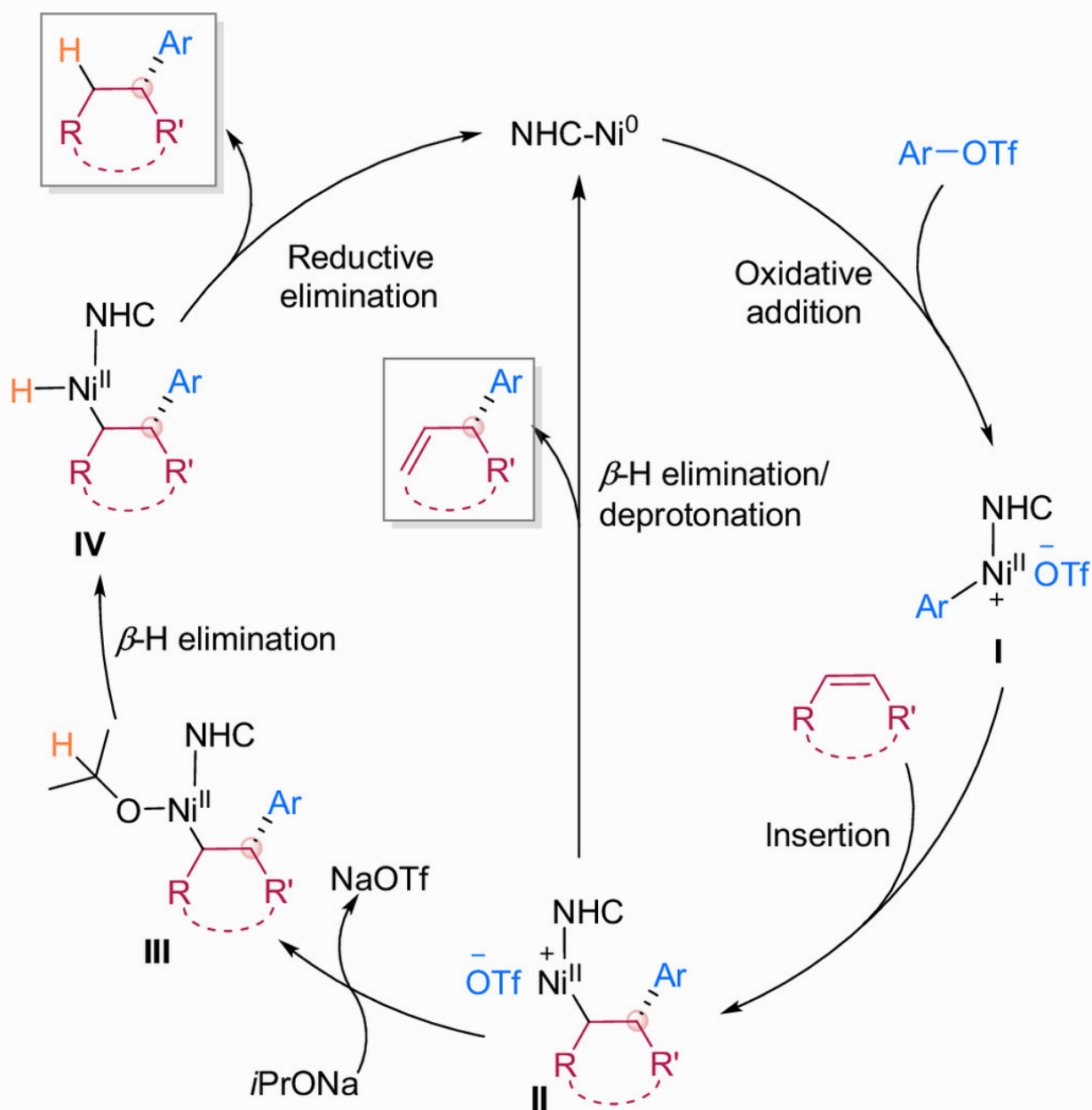
Heck 反应底物范围：随后进一步探索了 β - 选择性不对称 Heck 反应，以 LiOtBu 为碱、tBuOH 为溶剂，大位阻 NHC 配体 L4 实现了 2,5- 二氢呋喃与芳基三氟甲磺酸酯的 Heck 偶联，以 92% 产率和 94% ee 得到 β - 芳基化产物。该反应对邻、间、对位取代的芳基三氟甲磺酸酯均适用，含苯胺、醚、氟、氯、酯、缩醛、甲硫基等官能团的底物均能高效转化（5a–5z），产率良好至优异，对映选择性高达 96% ee。杂环底物（5x–5z）及烯基亲电试剂（5aa）也顺利反应。该方法为 β - 芳基化手性二氢呋喃的合成提供了便捷途径。

反应机理：控制实验表明，芳基三氟甲磺酸酯对催化循环的启动至关重要；氘代实验显示氢源来



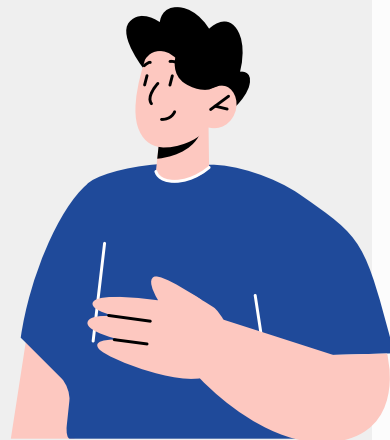
自 $i\text{PrOH}$ 或 $i\text{PrONa}$ 的次甲基，而非传统的镍氢启动途径，排除了镍氢插入机制；自由基捕获实验未抑制反应，表明非自由基路径；动力学研究表明反应对烯烃和芳基三氟甲磺酸酯为零级，对催化剂为一级。基于此，作者提出了如下催化循环：（1）芳基三氟甲磺酸酯对 $\text{Ni}(0)$ 催化剂氧化加成生成芳基镍（II）中

间体 I；（2）内烯烃的区域选择性和对映选择性碳金属化生成烷基镍物种 II；（3）在无 $i\text{PrONa}$ 时， $\beta\text{-H}$ 消除主导，得到 Heck 产物；（4）在 $i\text{PrONa}$ 存在下，发生氢转移和还原消除，释放产物并再生催化剂。大位阻 NHC 配体在抑制 $\beta\text{-H}$ 消除、促进迁移插入及提供手性环境方面发挥了关键作用。



总结与展望：

综上，作者开发了一种 NHC- 镍催化的内烯烃对映选择性还原 Heck 与 Heck 偶联反应。该方法以芳基 / 烯基三氟甲磺酸酯为亲电试剂，在温和条件下实现了内烯烃的高区域选择性和对映选择性芳基化，构建了结构多样的手性二氢呋喃、二氢吡咯、色满、硫代色满等骨架。该方法无需导向基团、官能团兼容性优异、立体选择性强，为内烯烃的不对称官能团化提供了实用平台。大位阻且柔性可调的 NHC 配体是实现高反应活性和选择性的关键。该成果近日发表于 *CCS Chemistry*，中国科学院上海有机化学研究所吴海瑜为第一作者，施世良、Ming Joo Koh、王子超为通讯作者。



文章详情：

Enantioselective Reductive Heck and Heck Coupling of Internal Cyclic Alkenes Enabled by Nickel/N-Heterocyclic Carbene Catalysis

Hai-Yu Wu, Bing Wang, Zi-Chao Wang*, Ming Joo Koh* and Shi-Liang Shi*

Cite this by DOI: 10.31635/ccschem.026.202607864

文章链接: <https://doi.org/10.31635/ccschem.026.202607864>



扫码或长按二维码在线阅读 ▶



PS&T

酸响应药物递送系统： 进展与展望

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/Fh0MLGbnOhGH5vlfxSzb1w>

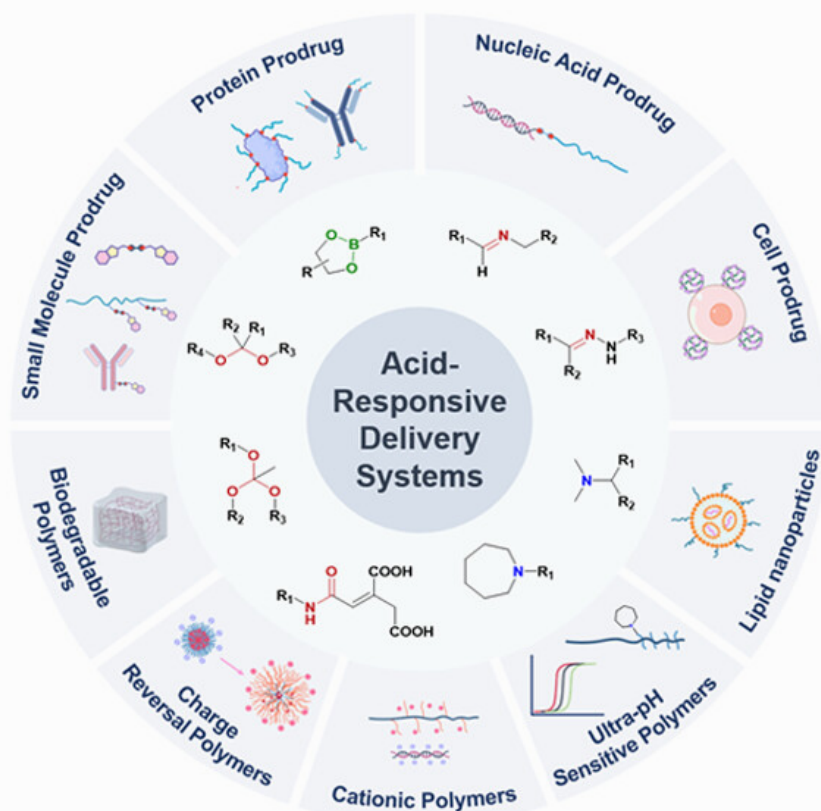
英文原题：Acid-Responsive Drug Delivery Systems: Advances and Perspectives

作者：Haiping Zhong, Yan Zong, Haoyu Du, Jingzhi Wang, Shuang Qu, Ningqiang Gong, Bingran Yu, Qiang Cheng, and ShutaoGuo

研究背景

药物递送系统（Drug Delivery Systems, DDS）的核心目标是在正确的时间、正确的部位，以合适的剂量释放药物，从而提高疗效并降低毒副作用。在众多刺激响应策略中，酸响应策略因能够利用肿瘤、炎症、感染等病理微环境以及内体/溶酶体等细胞器天然存在的酸性环境，实现药物的精准激活与释放，已成为近年来智能药物递送领域最具代表性

的研究方向之一。随着高分子材料、纳米医学、核酸药物和免疫治疗的快速发展，酸响应递送体系已从传统的小分子药物递送扩展至蛋白质、核酸、细胞治疗以及脂质纳米颗粒（LNP）等多个前沿领域，并不断向临床应用迈进（图1）。然而，目前相关研究仍较为分散，缺乏从化学设计原理到临床转化的系统性总结与分析。



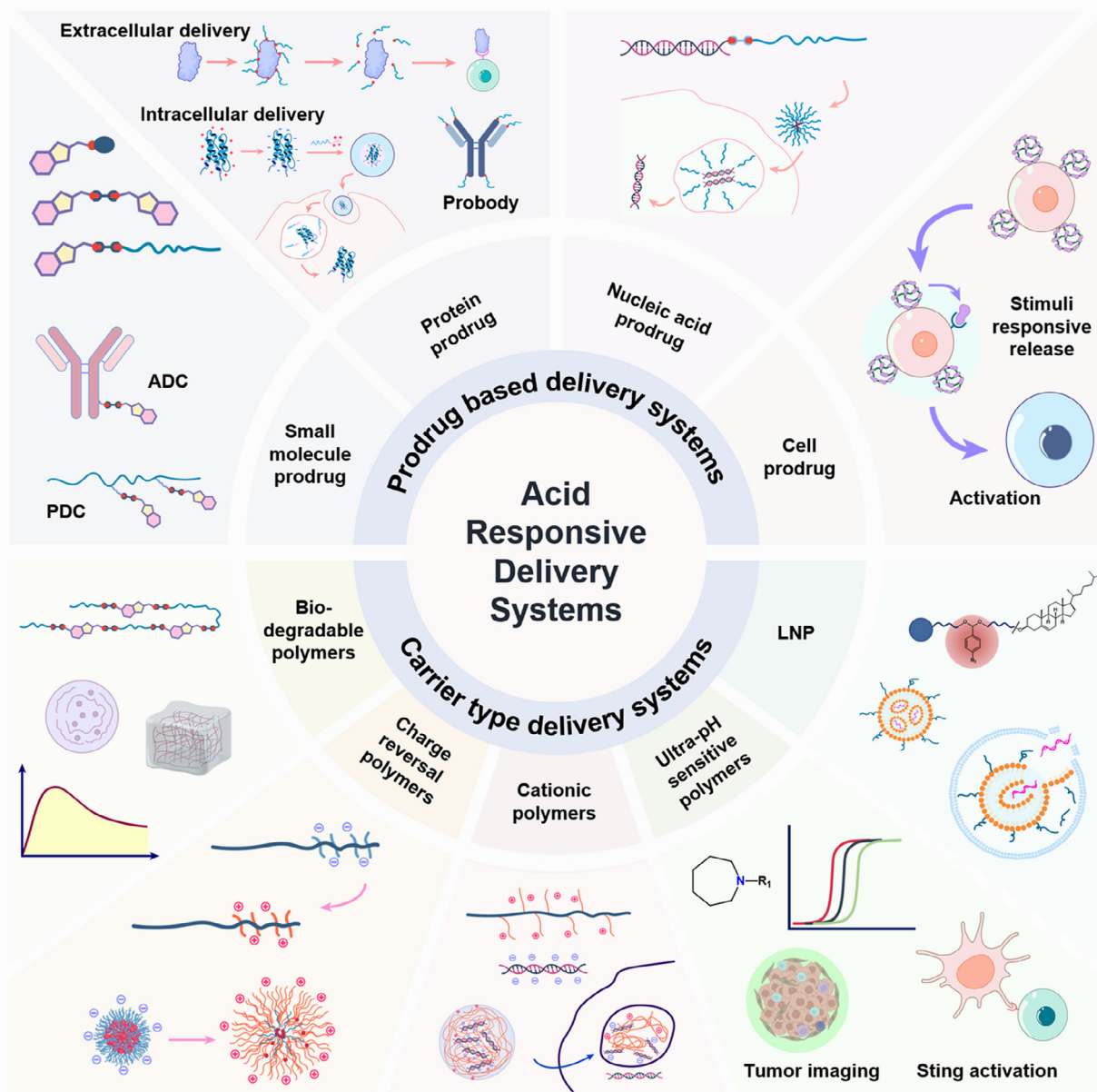
①【图 1】典型的酸响应化学结构及其在多种酸敏感药物递送系统的应用

文章简介

近日，南开大学郭术涛教授与北京大学程强研究员、北京化工大学俞丙然教授以及中国科学技术大学宫宁强教授在 *Polymer Science & Technology* 上发表了关于酸响应药物递送系统的进展与展望的综述论文。

本综述以“酸响应化学”为主线，系统梳理了近年来酸响应药物递送系统的发展脉络，并提出了区别于以往综述的分类框架。文章将酸响应体系划分为“前药”（prodrug-based）和“载体”（carrier-based）两大策略，从化学键设计、材料构筑到生物学功能进行了系统归纳（图 2）。其中，前药部分涵盖了小分子药物、高分子药物偶联物（PDC）、抗体偶联药（ADC）、蛋白质、核酸以及细胞治疗等不同类型酸响应前药；载体部分则重点介绍了酸降解

聚合物、电荷反转材料、阳离子聚合物、pH 超敏感聚合物以及 LNP 等代表性体系。本文不仅总结了近年来酸响应材料与连接键（linker）的最新进展，还进一步强调了化学结构 - 理化性质 - 生物学功能之间的内在联系，分析了 linker 化学结构、材料 pKa、降解动力学等因素对药物释放、组织靶向及胞内递送效率的影响。同时，文章结合近年来 LNP、免疫治疗和核酸递送等热点方向，重点讨论了酸响应策略在提高胞内递送效率、促进内体逃逸以及增强免疫调控中的关键作用。此外，针对该领域未来发展，文章专门讨论了临床转化过程中面临的制造工艺、安全性评价、潜在失效模式以及多重刺激响应等重要问题，为酸响应递送体系的理性设计和临床应用提供了新的思路。



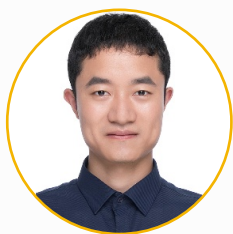
【图 2】酸响应递送系统在智能药物递送领域的多重应用

总结与展望

酸响应药物递送系统正由传统的“pH 触发释放”逐步发展为兼具精准感知、程序化响应和多功能调控能力的智能递送平台，在肿瘤治疗、炎症性疾病、基因治疗和免疫治疗等领域展现出广阔的应用前景。未来，随着新型酸敏感化学键、可降解功能材料以及人工智能辅助材料设计

的发展，酸响应递送系统有望进一步实现更加精准的时空调控、更高效的胞内递送以及更好的临床可转化性。我们希望本综述能够为酸响应材料设计、智能药物递送以及高分子生物医用材料等领域的人员提供系统参考，并推动下一代精准递药技术的发展。

>>> 作者团队 <<<

**宫宁强，本文通讯作者**

男，特任教授，博士生导师

2019 年于清华大学获理学博士学位，入选国家海外青年人才项目。

主要从事细胞与基因治疗生物材料研究。

**俞丙然，本文通讯作者**

男，1983 年出生，教授，博士生导师

2010 年于兰州大学获理学博士学位，获得青年科学基金项目 B 类（原优秀青年基金）支持。

主要从事糖基阳离子递送体系研究。

**程强，本文通讯作者**

男，1988 年出生，北京大学研究员，博士生导师

2016 年于北京大学获理学博士学位，入选国家青年人才项目。

主要从事 RNA 药物靶向递送的基础与应用研究。

**郭术涛，本文通讯作者**

男，1983 年出生，教授，博士生导师

2010 年于天津大学获工学博士学位，入选国家青年人才项目。

主要从事缩丙酮前药分子工程及其递送体系研究。

论文信息

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/polymscitech.6c00051>

该成果以“Acid-Responsive Drug Delivery Systems: Advances and Perspectives”（《酸响应药物递送系统：进展与展望》）为题，于 2026 年 6 月 16 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：李艳梅
清华大学



编委：徐海
中南大学



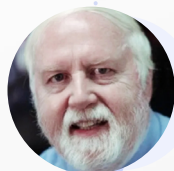
编委：宋卫国
中国科学院化学研究所



主编：杨小牛
中国科学院长春应用化学研究所



副主编：刘正平
北京师范大学



编委：戴伟
北京化工大学



编委：邱晓航
南开大学



编委：胡文兵
南京大学



编委：杨天林
中国科普作家协会会员
宁夏作家协会会员



编委：欧阳瑞镭
上海理工大学
材料与化学学院



编委：卞江
北京大学



编委：朱平平
中国科学技术大学



编委：孙亚飞
中国科学院自然
科学史研究所



编委：董川
山西大学



编委：蒋尚达
华南理工大学