



中国科学院
CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

中国科学院与香港地区 联合实验室年报

2021

中国科学院港澳台事务办公室
中国科学院评估研究中心
2022 年 4 月

目录

Contents

一、联合实验室基本情况.....	1
(一) 布局.....	1
1. 领域分布.....	1
2. 地域分布.....	2
3. 合作分布.....	2
(二) 人员结构.....	4
1. 固定人员情况.....	4
2. 客座人员情况.....	5
3. 各联合实验室人员分布情况.....	7
二、联合实验室总体运行情况.....	8
(一) 承担科研任务情况.....	8
(二) 院拨专项经费执行情况.....	10
(三) 科研产出.....	10
1. 科技奖项.....	10
2. 论文及专著.....	11
3. 专利及软著.....	12
4. 智库成果.....	12
5. 其他成果.....	13
(四) 学术交流.....	13
1. 人员交流.....	13
2. 学术会议.....	14
三、人才队伍与管理建设.....	17
(一) 人才队伍.....	17
1. 学术委员会人员组成.....	17
2. 联合培养人才情况.....	17
(二) 管理建设.....	19
1. 联合实验室管理情况.....	19
2. 依托单位配套支持.....	19
3. 下一年度重点工作和计划.....	19
四、亮点成果选编	20
热界面材料有效导热系数优化设计	21
发现受限晶体结构抑制原子扩散	22
铜催化 sp^3 C-H 键的不对称官能化反应	23
图像去噪技术研究.....	24

Kindlin2 通过 FGF 信号通路的整合素非依赖性来调节神经嵴特异性.....	25
柔性 CIGS 太阳能电池效率达到 20.46%	27
揭示聚球藻共附生细菌多样性及代谢特征	28
金属板材的柔性步进成形技术.....	29
一种太古代新的产氧途径和产氧光合作用起源新理论	30
金(I)配合物热激活延迟荧光材料	33
揭示髓系来源抑制性细胞促进肺癌转移新机制	34
基于微球超透镜的跨尺度同步微纳观测与操作系统	35
近红外高效光热光诊疗剂的制备及应用	36
提出相分离调控线粒体基因组空间秩序的模式	37
超薄势垒 AlGa _N /Ga _N 异质结构：用于 Ga _N 基功率器件和功率驱动电路制造 和集成的无凹槽技术.....	38
CrCoNi 中熵合金中的层错驱动相变	39
薄膜软体微型机器人的制造	41
新型光电材料跨尺度模型与算法研究.....	42
新型有机污染物的流域污染过程与暴露风险	43
塑料添加剂分析的提取新方法	44

附件 中国科学院-香港地区联合实验室通讯录	45
-----------------------------	----

创新香港，科技先行。自香港回归前后，中国科学院与香港中文大学、香港大学、香港科技大学、香港城市大学、香港理工大学和香港浸会大学等香港 6 所主要大学合作，先后组建了一批联合实验室，涉及化学、电子信息、生物医药、先进材料、智慧制造、资源环境、人工智能等多个领域。从最初以科学家之间的交流为主，扩展为规模化的团队合作；由个人研究兴趣驱动向体制化、建制化发展，联合实验室发挥各自优势、强强联合，在促进内地与香港科技交流与合作、科学前沿探索、科技成果转化等方面发挥了非常重要的作用。通过联合开展科研工作，产出了一批高水平的科研成果，培养了一批具有国际影响力的学术团队。

为进一步加强中国科学院与香港地区的实质性合作，促进联合实验室健康有序发展，加强人才共同培养，提升合作各方学术研究水平、创新能力及可持续发展能力，促进重大成果产出，联合实验室每 5 年组织一次评估。经 1999、2003、2008、2013 年 4 次评估，联合实验室不断壮大。特别是 2018 年组织实施的第五次中国科学院与香港地区联合实验室评估，中国科学院邀请内地与香港的科研管理专家共同开展评估工作，对评估获得“优秀”的 4 个实验室和“良好”的 8 个实验室分别给予每年 160 万元和 80 万元的连续五年稳定经费支持。同时，通过评估也新增了一批有较好合作基础和发展前景的实验室，目前共有 22 个联合实验室获得我院认可。为进一步展示联合实验室工作的风采，加强院拨经费的绩效管理，自 2019 年起启动了联合实验室年度报告工作。本期年报汇编了 2021 年的工作，包含联合实验室基本情况、总体运行情况、人才队伍与管理建设和亮点成果选编四个方面。

一、联合实验室基本情况

（一）布局

1. 领域分布

22 个联合实验室主要分布在 7 个学科领域，包括材料科学领域、地球科学领域、信息科学领域、医学科学领域、数理科学领域、化学科学领域、工程科学

领域（图 1）。

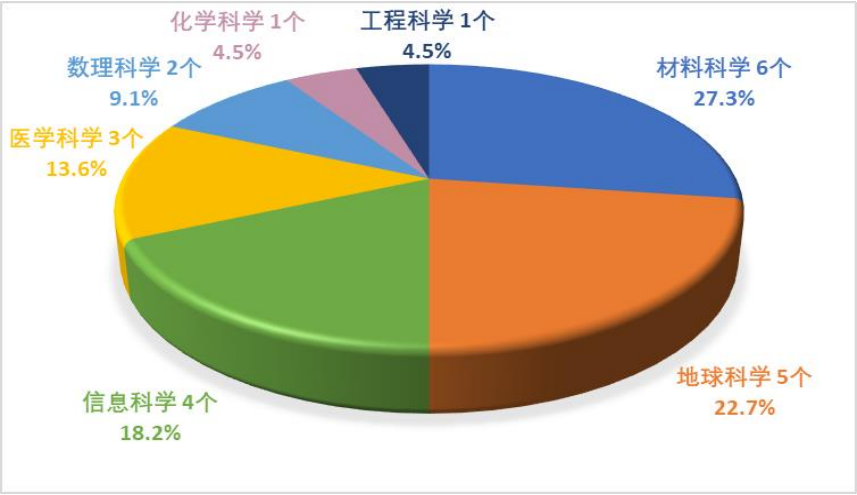


图 1 联合实验室领域分布

2. 地域分布

联合实验室内地分布主要集中在广东和北京地区，其中分布在广东地区的实验室有 11 个，占 50.0%；北京地区 6 个，占 27.3%；其他地区 5 个，占 22.8%（图 2）。

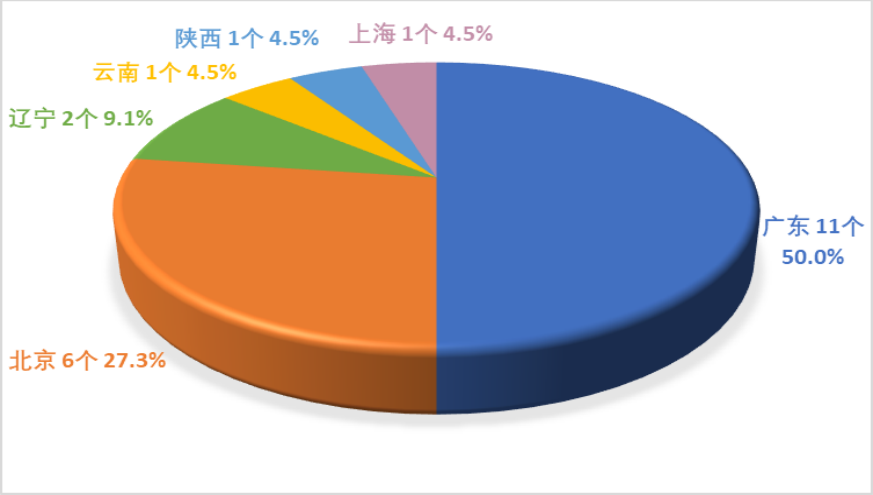


图 2 联合实验室地域分布

3. 合作分布

在 6 家香港高校中，香港中文大学与中国科学院院属单位共建联合实验室最多，共 9 个，其次是香港大学，共 5 个。具体分布见表 1。

表 1 联合实验室合作分布

香港高校	合作机构	联合实验室
香港中文大学	广州生物医药与健康研究院	干细胞与再生医学联合实验室
	昆明动物研究所	生物资源与疾病分子机理联合实验室
	深圳先进技术研究院	深港生物材料联合实验室
		高密度电子封装材料与器件联合实验室
		精密工程联合实验室
		多媒体技术联合实验室
		光伏太阳能联合实验室
		机器人与智能系统联合实验室
	上海有机化学研究所	沪港化学合成联合实验室
香港大学	理化技术研究所	新材料合成与检测联合实验室
	深圳先进技术研究院	深港生物材料联合实验室
	广州生物医药与健康研究院	粤港干细胞及再生医学研究中心
	广州地球化学研究所	化学地球动力学联合实验室
	上海有机化学研究所	沪港化学合成联合实验室
香港城市大学	理化技术研究所	功能材料与器件联合实验室
	沈阳自动化研究所	机器人学联合实验室
	金属研究所	纳米材料与力学联合实验室
	高能物理研究所	中子散射科学技术联合实验室
香港科技大学	南海海洋研究所	三亚海洋科学综合（联合）实验室
	深海科学与工程研究所	
	微电子研究所	微电子联合实验室
香港理工大学	广州地球化学研究所	粤港澳大湾区环境污染过程与控制联合实验室
	数学与系统科学研究院	应用数学联合实验室
	地球环境研究所	气溶胶与环境联合实验室
香港浸会大学	生态环境研究中心	环境科学联合实验室

（二）人员结构

2021 年度，联合实验室共有工作人员 840 名，与 2020 年基本持平；其中固定人员 776 名，占比 92.4%，较 2020 年增加 5 名；客座人员 64 名，占比 7.6%，较 2020 年减少 6 名（图 3）。

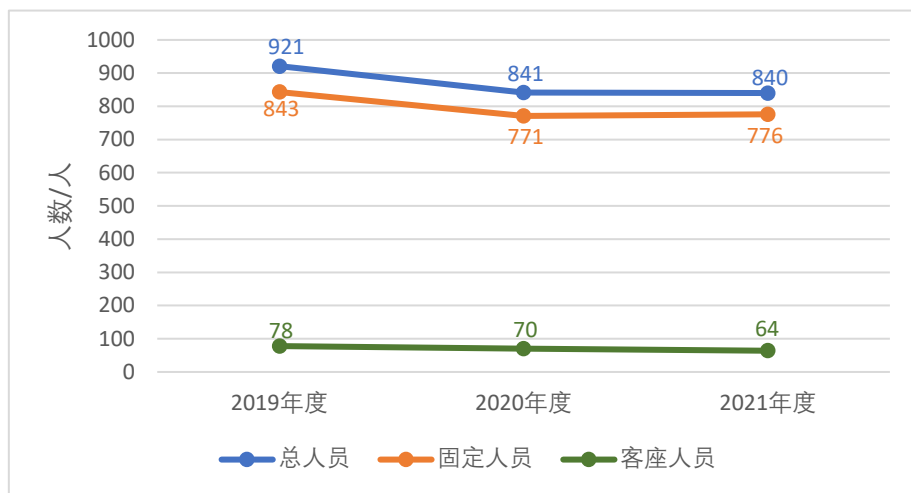


图 3 联合实验室人员变化情况

1. 固定人员情况

22 个联合实验固定人员中，院士有 17 人，占比 2.2%；正高级人才 302 名，占比 38.9%；副高级人才 164 名，占比 21.1%；其他人才 293 名，占比 37.8%（图 4）。正高级和副高级人才占比较 2020 年有所增加（图 5）。

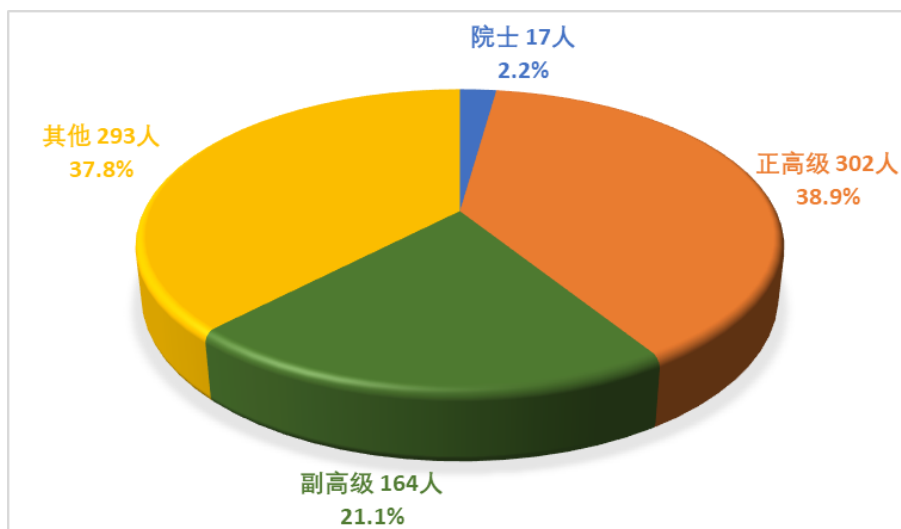


图 4 联合实验室固定人员情况

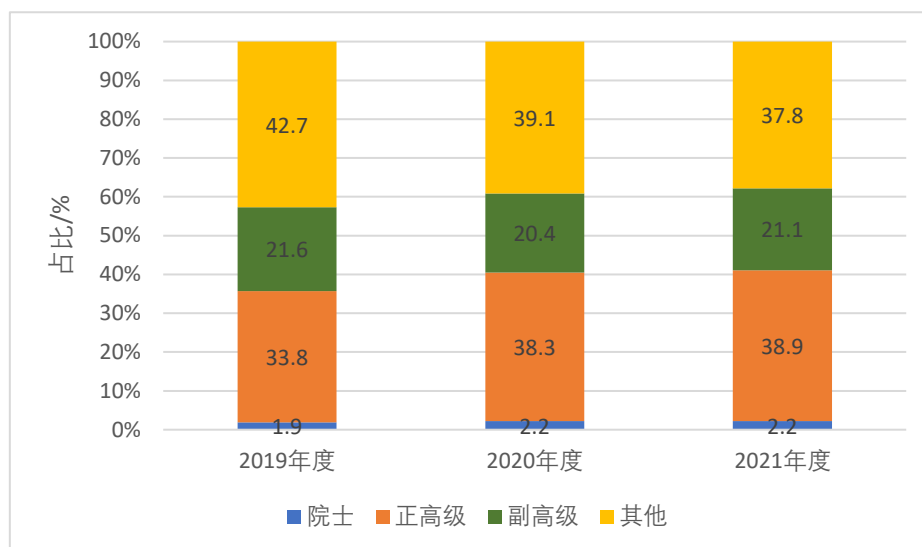


图 5 各类型人才占比变化情况

2. 客座人员情况

根据最新数据反馈，目前已有 14 个联合实验室与 36 家单位建立了合作关系，共有客座人员 54 名，其中 35.9%来自于高等院校，48.4%来自于科研院所，其余 15.7%来自于企业。

从联合实验室客座人才梯队结构来看，14 个联合实验室正高级及以上人才 37 名，占比 57.8%；副高级人才 12 名，占比 18.8%；其他人才 15 名，占比 23.4%（图 6）。值得注意的是，由于疫情的原因，2019 年度至 2021 年度联合实验室客座人员在逐渐减少（图 7 和图 8）。

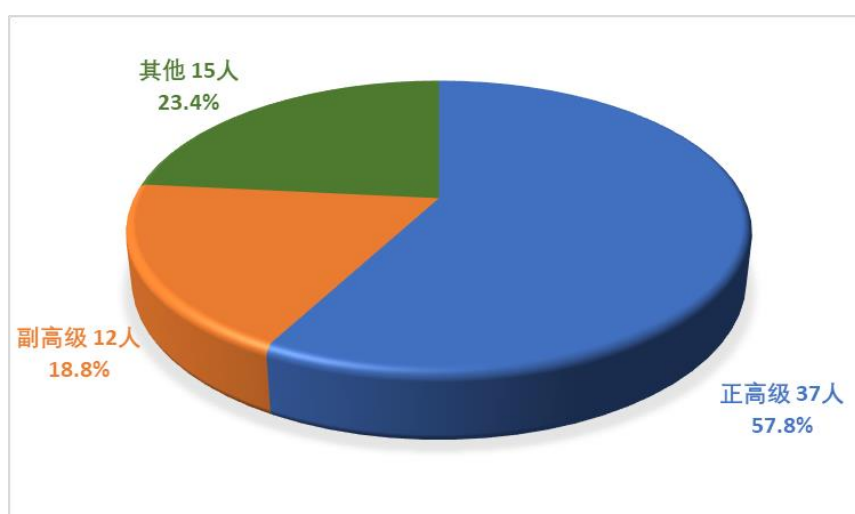


图 6 联合实验室客座人员情况

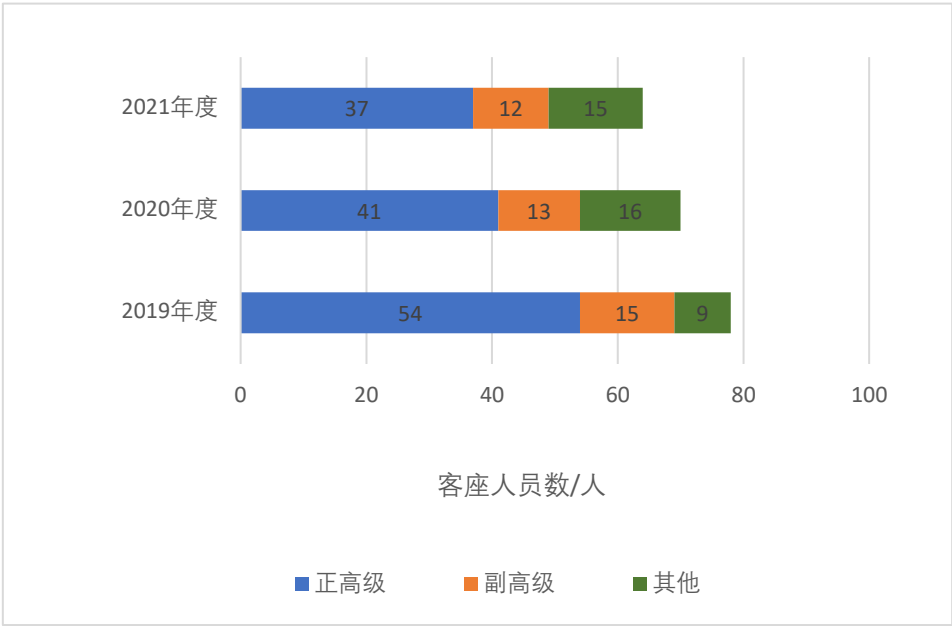


图 7 联合实验室客座人员各类型人才数量变化情况

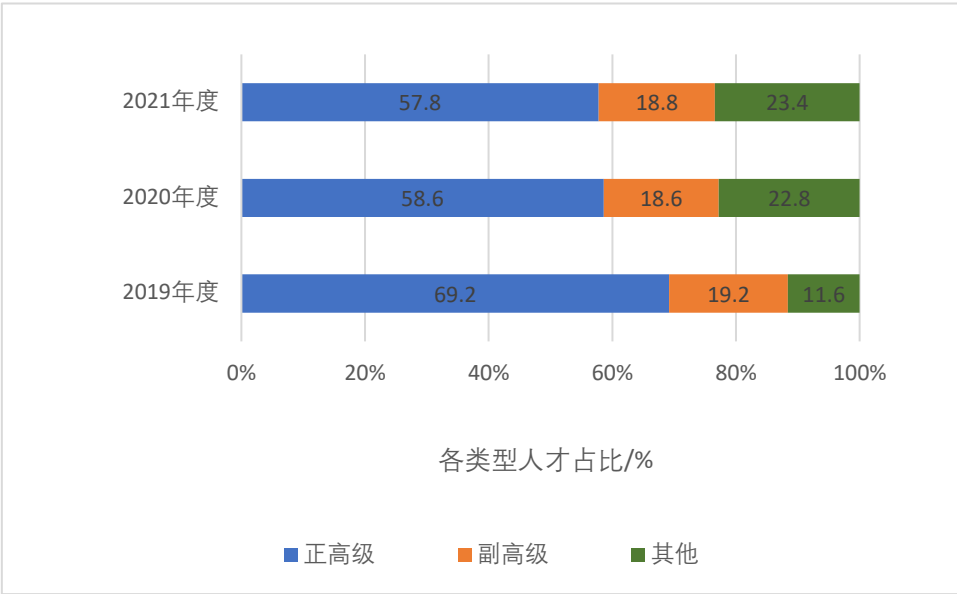


图 8 联合实验室客座人员各类型人才占比变化情况

3. 各联合实验室人员分布情况

表 2 联合实验室人员分布

联合实验室	总人员	固定人员	客座人员	正高级及以上人员	副高级人员	其他人员
高密度电子封装材料与器件联合实验室	25	18	7	10	7	8
纳米材料与力学联合实验室	12	12	0	10	1	1
深港生物材料联合实验室	54	54	0	19	10	25
沪港化学合成联合实验室	14	11	3	11	2	1
多媒体技术联合实验室	17	12	5	2	6	9
生物资源与疾病分子机理联合实验室	27	23	4	18	2	7
光伏太阳能联合实验室	15	13	2	4	7	4
三亚海洋科学综合（联合）实验室	40	40	0	28	8	4
精密工程联合实验室	9	9	0	2	3	4
化学地球动力学联合实验室	75	71	4	40	26	9
新材料合成与检测联合实验室	16	16	0	8	2	6
粤港干细胞及再生医学研究中心	148	147	1	39	25	84
机器人学联合实验室	5	5	0	5	0	0
功能材料与器件联合实验室	15	15	0	7	5	3
气溶胶与环境联合实验室	20	19	1	6	5	9
干细胞与再生医学联合实验室	157	154	3	36	32	89
微电子联合实验室	62	50	12	28	16	18
中子散射科学技术联合实验室	18	18	0	15	2	1
机器人与智能系统联合实验室	6	5	1	4	0	2
应用数学联合实验室	27	25	2	17	1	9
粤港澳大湾区环境污染过程与控制联合实验室	56	42	14	31	13	12
环境科学联合实验室	22	17	5	18	1	3
总计	840	776	64	356	176	308

注：正高级及以上人员按照院士、教授、研究员、教授级高级工程师划分；副高级人员按照副教授、副研究员、高级工程师来划分；其余的助理教授、助理研究员、博士后等归为其他。

二、联合实验室总体运行情况

（一）承担科研任务情况

2021 年度，联合实验室共开展联合研究项目 99 项，比 2020 年度多 10 项，总经费约为 67258.0 万元，当年到位经费约 18538.1 万元，其中新批项目 26 项，涉及约 6523.9 万元合同金额，当年到位经费约 3673.4 万元；在研项目 73 项，涉及约 60734.1 万元合同额，当年到位经费约 14864.7 万元，图 9 显示 2019 至 2021 年度新增及在研项目金额情况（统计标准：人民币；汇率以人民币：港元=1:1.23 计算）。

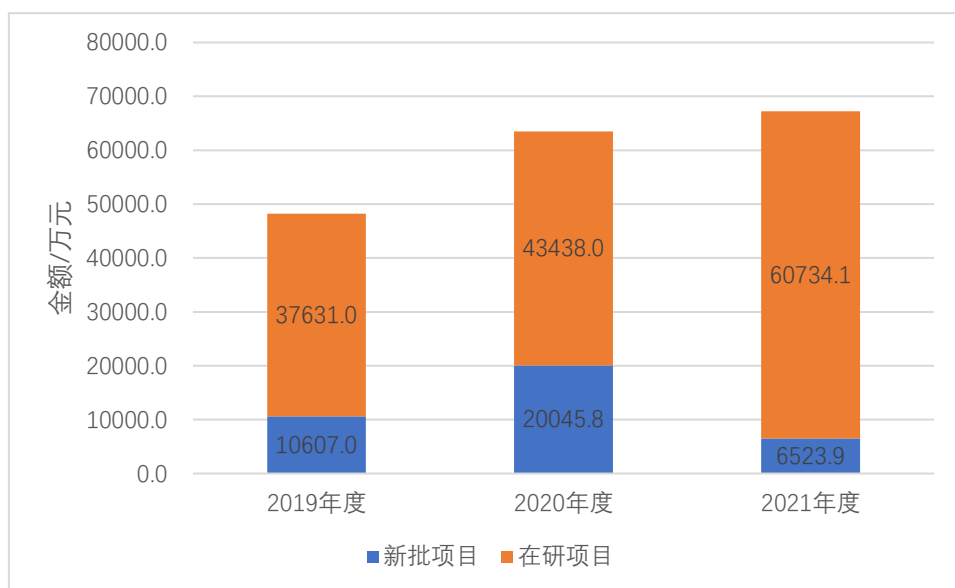


图 9 项目金额变化情况

在项目下达单位上，科技部项目 20 项，涉及金额约 22436.0 万元；基金委项目 17 项，涉及金额约 5136.6 万元；中国科学院项目 12 项，涉及金额约 5414.1 万元；地方支撑（省科技厅、科创委等）项目 27 项，涉及金额 11388.7 万元；香港教资会项目 3 项，涉及金额约 6149.6 万元；香港研资局项目 8 项，涉及金额约 4303.7 万元；裘槎基金会项目 2 项，涉及金额约 330.6 万元；高校企业（东莞理工学院、香港城市大学、华为技术有限公司、深圳市商汤科技有限公司等）项目 8 项，涉及金额约 11108.7 万元；国际项目（瑞士发展署）1 项，涉及金额 600.0

万元；其他项目 1 项，金额 390.0 万元。具体见图 10。

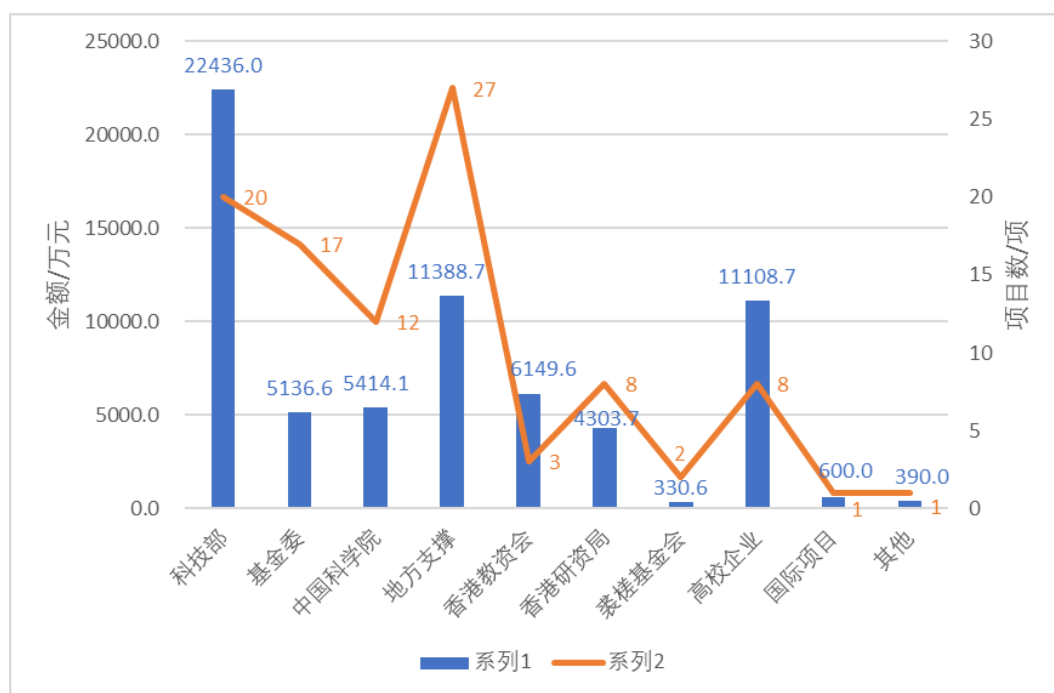


图 10 联合实验项目数及金额情况

在所有项目中，国家级项目（国家重点研发计划、国家自然科学基金等）39 项，涉及金额约 30537.4 万元；省部级项目 27 项，涉及金额约 14889.2 万元；省部级以下项目 33 项，涉及金额约 21831.4 万元（图 11）。

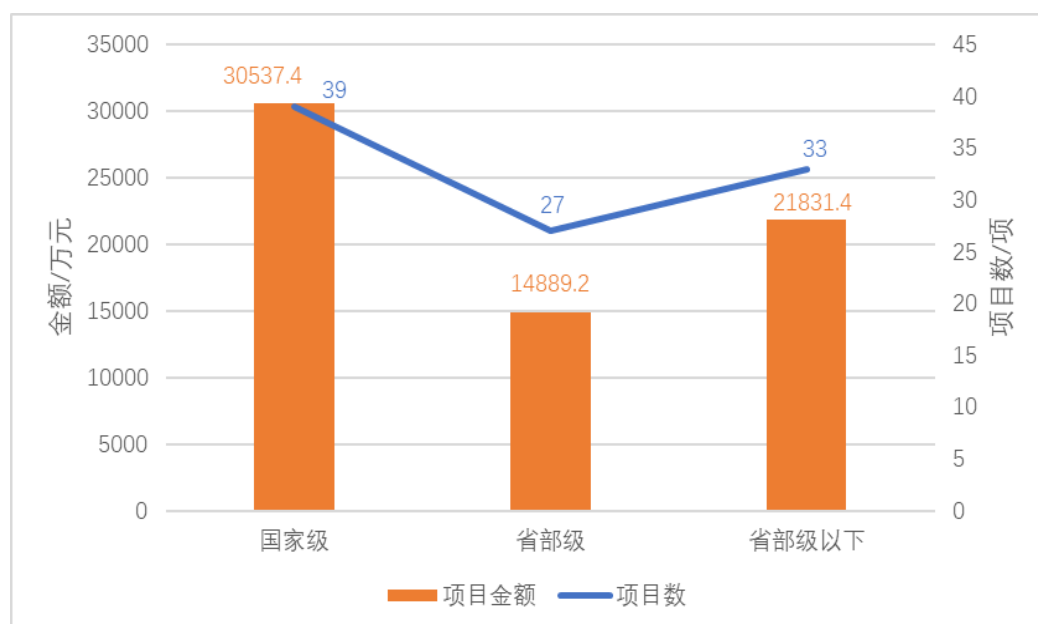


图 11 项目级别分布情况

在 25 项新批项目中，国家级项目 11 项，金额超过 1000 万的项目仅有粤港澳大湾区环境污染过程与控制联合实验室承担的国家基金委重大研究计划集成项目《我国典型地区大气细颗粒物的关键活性组分及其联合毒性机制与贡献》，（金额：1500.0 万元），其余国家级研究项目均在 300 万元以下。新批港方资助项目有 3 项，分别为纳米材料与力学联合实验室承担的《Aging, Skeletal Degeneration and Regeneration》项目（来源：香港教资会，金额：312.8 万元）、深港生物材料联合实验室承担的《强直性脊柱炎中 PIP2-IP3 信号通路的激活》项目（来源：香港研资局，金额：100 万元）和干细胞与再生医学联合实验室承担的《Centre for Medical Engineering of Molecular and Biological Probes》项目（来源：香港教资会，金额：89.8 万元）。此外，超过 200 万元以上的项目还有光伏太阳能联合实验室《高性能柔性钙钛矿/铜铟镓硒太阳能电池的设计和制备》项目（来源：深圳市科创委，金额：300 万元）、粤港干细胞及再生医学研究中心《新型肿瘤杀伤细胞 CAR-ITNK 治疗恶性肿瘤的临床转化研究》项目（来源：科技部，金额：252 万元）和深港生物材料联合实验室《骨肿瘤治疗与骨缺损修复一体化支架的 3D 打印可控制备及其生物学效应研究》项目（来源：科技部，金额：202 万元）。联合研究项目来源广泛，影响深远，但总体上来说，金额较大的项目弱于 2020 年度。

（二）院拨专项经费执行情况

2021 年，12 家联合实验室中院拨专项经费收入决算 1280 万元，支出决算 1256.0 万元，执行率 98.1%。经费支出主要用于联合实验室的基本运行和学术交流，包括人员劳务费、间接费、设备费、测试费、材料费等。

（三）科研产出

1. 科技奖项

2021 年度，22 个联合实验室共获得奖项 4 项，共涉及 3 个联合实验室，其中多媒体技术联合实验室获奖 2 项、气溶胶与环境联合实验室 1 项、机器人与智能系统联合实验室 1 项（见表 3）。

表 3 联合实验室获奖情况

联合实验室	奖励名称	获奖项目名称	获奖类别	奖励等级
多媒体技术联合实验室	CVPR 2021HACS	弱监督行为检测赛道	国际竞赛	一等奖
	CVPR 2021	AICity Track 4	国际竞赛	一等奖
机器人与智能系统联合实验室	IEEE 3M-NANO Best Conference Paper Award	Motion characteristics and control of magnetic microbeads by magnetic gradient field	国际奖	
气溶胶与环境联合实验室	Seoul Global Challenge 2021	Indoor Air Quality Control for Ultrafine Particle Matter Reduction in the Subway Systems		参与奖

2. 论文及专著

2021 年度联合实验室在国内外重要学术期刊及会议上合作发表学术论文 383 篇，比 2020 年度多 51 篇（图 12），其中 SCI 收录 333 篇，更有 10 余篇是发表在 Nature、Science 及子刊的高水平学术论文。

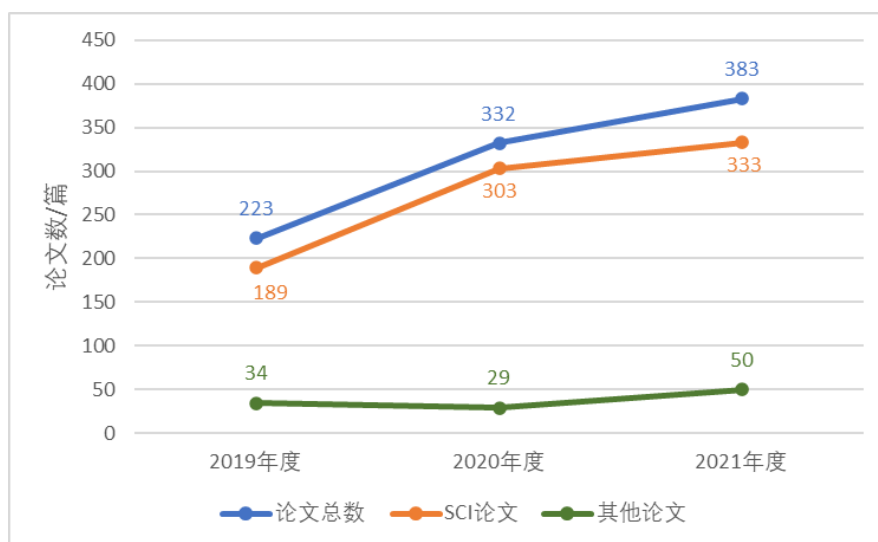


图 12 论文数量变化情况

出版专著 1 本，由深港生物材料联合实验室在《Springer》上出版的英文专

著《Polypeptide Cationic Micelles Mediated Co-delivery of Docetaxel and siRNA for Synergistic Tumor Therapy》。

3. 专利及软著

2021 年度联合实验室取得专利/软件著作权共 39 项（图 13），涉及 5 个联合实验室，深港生物材料联合实验室 19 项、多媒体技术联合实验室 9 项、高密度电子封装材料与器件联合实验室 6 项、中子散射科学技术联合实验室 3 项、机器人学联合实验室 2 项。其中，发明专利 38 项，其他专利 1 项，除中子散射科学技术联合实验室，其余全部来自于与深圳先进技术研究院联合的实验室。

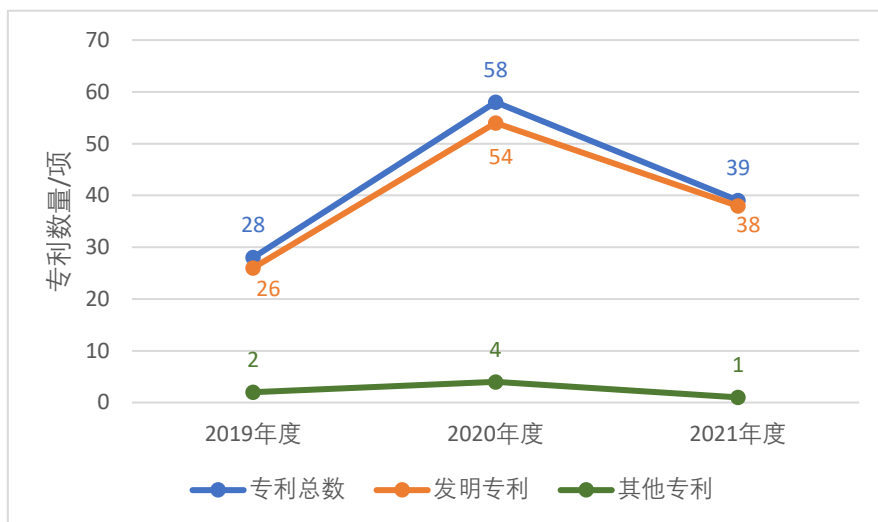


图 13 专利数量变化情况

4. 智库成果

2021 年度，22 个联合实验室中高密度电子封装材料与器件联合实验室、粤港澳大湾区环境污染过程与控制联合实验室共取得 2 项重要的智库成果。高密度电子封装材料与器件联合实验室提供了关于“热界面材料”的内容，被纳入到深圳市重大专项战略布局规划中，此项智库成果促进了中国科学院与地方政府的深度合作，并引导深圳市政府进行重大专项布局；粤港澳大湾区环境污染过程与控制联合实验室的咨询报告《新型污染的科技安全风险与建议》被中央有关部门采纳并得到国家领导人批示，相关成果为我国开展新污染物风险管控提供了重要科学依据。

5. 其他成果

面向市场需求,高密度电子封装材料与器件联合实验室与万华集团等龙头企业开展电子材料的研究开发,其中薄晶圆加工临时键合材料、埋入式电容材料率先实现了国产化率“零”的突破,打破美日垄断,进入产业供应链;在市场上获得了 9037.8 万元的合作合同额,市场化运作模式已经基本形成。

(四) 学术交流

联合实验室的学术交流(包括人员互访、学术会议)受新冠疫情的影响很大,与 2019 年比明显下降。目前线上交流常态化,总体情况在慢慢恢复,2021 年比 2020 年情况逐渐好转。

1. 人员交流

2021 年度,联合实验室线上线下访问交流共 80 人次,与 2020 年相比增加 19 人次。其中线上交流 60 人次、线下访问 20 人次(出访 7 人次,来访 13 人次,见图 14)。访问交流内容包括:项目沟通、学术研讨、技术咨询等,访问交流时间多以短期为主。其中,环境科学联合实验室港方主任蔡宗苇教授克服疫情来访一个月,开展合作研究,并指导研究生工作。

访问交流共涉及 9 个联合实验室,分别为粤港澳大湾区环境污染过程与控制联合实验室(34 次)、中子散射科学技术联合实验室(26 次)、三亚海洋科学综合(联合)实验室(4 次)、深港生物材料联合实验室(4 次)、高密度电子封装材料与器件联合实验室(4 次)、多媒体技术联合实验室(3 次)、应用数学联合实验室(2 次)、化学地球动力学联合实验室(2 次)、环境科学联合实验室(1 次)。

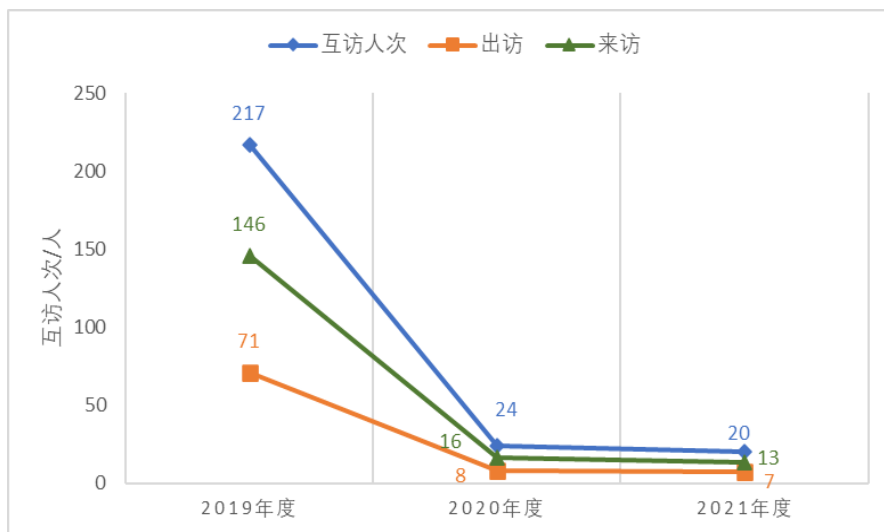


图 14 互访交流变化情况

2. 学术会议

联合举办学术会议 27 次，共 3947 人次参会，累计参会国家 79 个，国外代表 475 人次（图 15）。主办会议 12 次、承办会议 3 次、合办会议 7 次、协办会议 3 次。

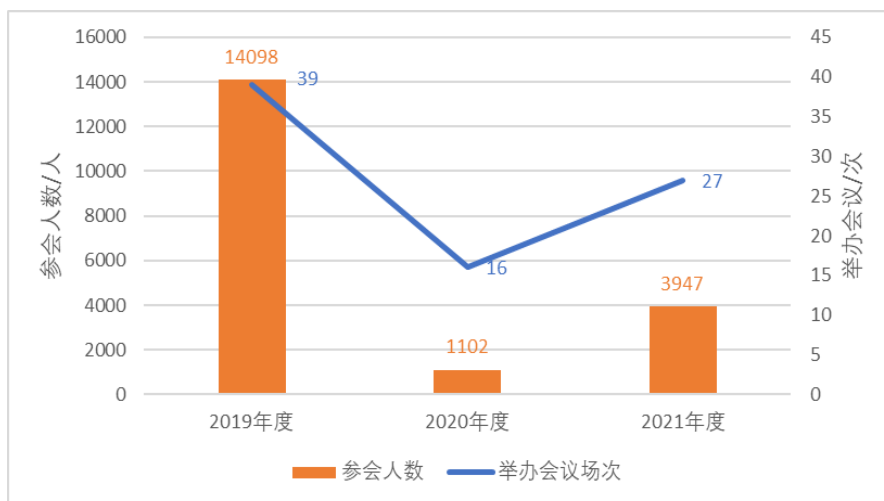


图 15 举办学术会议变化情况

在 27 场学术会议中，有 2 场学术会议规模较大，参会规模超过 500 人，分别为环境科学联合实验室在天津主办的《第四十一届国际二恶英大会》、中子散射科学技术联合实验室在东莞线上主办的《2021 中国散裂中子源用户年会暨国际研讨会》。部分会议详情如下：

第四十一届国际二恶英大会：

2021 年 11 月 8 日至 11 日，由中国科学院生态环境研究中心环境化学与生态毒理学国家重点实验室主办的第四十一届国际二恶英大会暨持久性有机污染物国际研讨会在天津成功举办。本届大会名誉主席由江桂斌院士担任，执行主席由环境化学与生态毒理学国家重点实验室常务副主任郑明辉研究员、香港浸会大学蔡宗苇教授共同担任。本届国际二恶英大会精英荟萃，共吸引了 41 个国家的 600 余位专家学者从线上和线下两种途径注册参会。大会安排了 329 个分会交流，包括 178 个分会口头报告和 151 个展报。4 个会场精彩纷呈，听众积极踊跃，会议直播实时点击量达 30000 以上，众多领域内的著名专家展示了高质量的研究成果，同行之间积极交换意见和看法，产生了很多新的研究见解和思路。本届国际二恶英大会会议内容涉及持久性有机污染物的政策管理、新 POPs 筛选、暴露与健康效应和污染控制技术进展、食品安全保障体系建设等诸多领域，会议所交流的论文反映了当今 POPs 及新污染物相关领域的最新进展，也体现了未来国际社会在控制 POPs 方面的技术与政策走向。为了充分展现青年学者风采的报告人，此次大会设立了 RSC 环境科学最佳口头报告奖。同时，为了给更多参会的研究生们提供展现学术风采、追求学术进步的舞台，大会还设立了 Otto Hutzinger 学生奖，进一步助力环境领域的学科建设与人才培养。此次二恶英大会在促进国内外学术研究与交流、推进我国持久性有机污染物研究起到了重要引领作用。



图 16 联合实验室 2021 年学术会议-1

2021 中国散裂中子源用户年会暨国际研讨会：

2021 年 12 月 9 日至 12 日，2021 中国散裂中子源用户年会暨国际研讨会在广东东莞召开。本次会议由中国科学院高能物理研究所东莞研究部主办，会议采用线上和线下相结合方式进行，共有来自国内外 170 多家高校、科研院所和产业界的 600 多位专家参会。东莞市委常委吕元元和中国散裂中子源工程总指挥陈和生院士分别致开幕辞和欢迎辞，会议邀请香港城市大学王循理教授和香港大学黄明欣教授做大会报告。本次会议围绕中国散裂中子源一期谱仪、合作谱仪和二期谱仪，开展了中子衍射、小角散射、中子反射、非弹性中子散射、工程材料应用、大尺度动力学、高能中子/质子和缪子应用七大专题的十四个分会研讨，共进行了 100 多场学术报告交流和用户需求研讨，总结交流了 2021 年度中国散裂中子源谱仪运行情况、研究成果和用户需求，研究讨论了合作谱仪和二期谱仪的用户需求与科学目标。本次会议进一步推动了中国散裂中子源在世界科技前沿、国家重大需求、产业研发等方面的应用，推进合作谱仪和二期谱仪的建设和规划，扩大国内科研和产业用户群体，截止目前已有接近 30 位香港用户，这对中国散裂中子源长期稳定运行和长远规划具有重要意义。



图 17 联合实验室 2021 年学术会议-2

三、人才队伍与管理建设

(一) 人才队伍

优秀的人才队伍在一定程度上促进重大产出，2021 年度纳米材料与力学联合实验室卢柯院士入选 2022 年度 TMS Robert Franklin Mehl Award；中子散射科学技术联合实验室陈和生院士获 2021 年广东省“南粤突出贡献奖”、港方主任王循理教授 2021 年获裘槎基金会裘槎资深研究员（Croucher Senior Research Fellowship 2021）；粤港澳大湾区环境污染过程与控制联合实验室王鹏教授当选英国皇家化学学会会士；环境科学联合实验室江桂斌院士获美国化学会 ES&T 杰出成就奖、蔡宗苇教授当选英国皇家化学学会会士（RSC Fellow）；化学地球动力学联合实验室徐义刚院士当选美国地球物理联合会（AGU）会士等。

1. 学术委员会人员组成

2021 年度，联合实验室共有 235 人在学术委员会任职，与 2020 年度持平。具有正高级及以上职称共 234 人，占比 12.8%；具有副高级职称的有 1 人，占比 0.4%。来自中国科学院的有 81 人，占比 34.5%；来自香港地区的有 37 人，占比 15.7%；来自其他高校、研究所、企业等有 117 人，占比 49.8%（见表 3）。

表 3 学术委员会任职情况

职称	人数	占比	来源	人数	占比
院士	30	12.8%	中国科学院	81	34.5%
教授/研究员	204	86.8%	香港地区	37	15.7%
副教授/副研究员	1	0.4%	其他	102	49.8%
总计	235	100%	总计	235	100%

2. 联合培养人才情况

2021 年度，联合培养人才共 73 人，较 2020 年减少 4 人（图 18）。其中博士生以及博士后占 68.5%（50 人），硕士生占 30.1%（22 人），本科生占比 1.4%（1 人）。目前在学或在站 54 人，占总数 74.0%；毕业或出站 19 人，占总数 26.0%

(图 19 和图 20)。

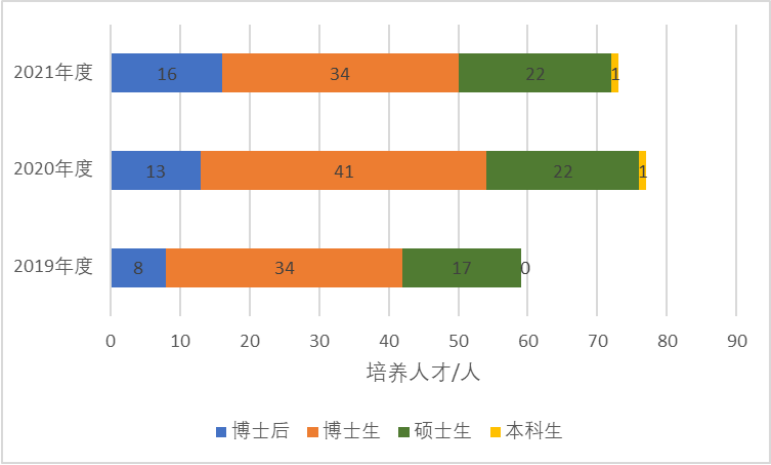


图 18 联合培养人才变化情况

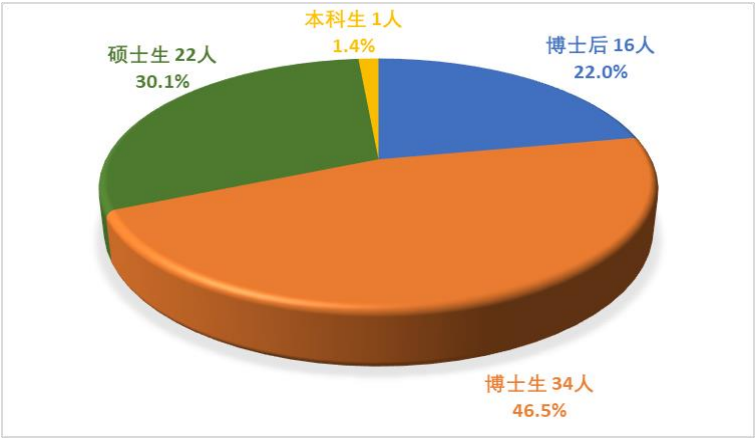


图 19 联合实验室人才结构

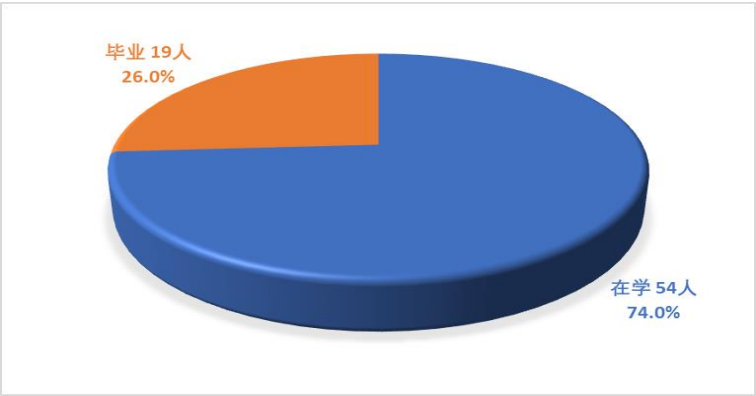


图 20 联合实验室人才状态

（二）管理建设

1. 联合实验室管理情况

2021 年度，由于新冠肺炎疫情的影响，大部分联合实验室在线上召开工作会议，会议内容包括：学术会议、联合工作讨论、学生指导、技术交流等。在此期间，光伏太阳能联合实验室进一步健全联合实验室的相关管理条例，包括定期召开网络视频会议、互动交流和联合实验、试验的相关规定，逐渐形成线上交流模式；微电子联合实验室、沪港化学合成联合实验室和环境科学联合实验室依规完成了主要负责人变更；在管理运行中部分联合实验室提出了目前遇到的问题，主要聚焦于两点：一是获得院拨专项经费支持的联合实验室数量有限，希望进一步扩大覆盖面，对院认可的联合实验室提供相对稳定的运行经费保障；二是希望能够为联合实验室额外增加招生名额。

2. 依托单位配套支持

2021 年度，依托单位在固定场所、仪器配备和数据共享、运行经费、人才培养和招生政策方面提供的支持与上年度大体相同。此外，多媒体技术联合实验室研究团队通过深圳先进院新签署的博士生联培项目渠道，依托深圳先进院与澳门大学联合学生培养项目，团队中一名学生顺利被联培项目录取为博士生，学生招录渠道得以拓展；光伏太阳能联合实验室两名优秀博士后出站，作为优秀人才加入联合实验室。

3. 下一年度重点工作和计划

22 个联合实验室将在下一年度依托双方单位的优势资源、学科，通力合作，针对若干个重点方向继续深入研究，争取做出具有自主创新的高水平成果，推动基础研究向应用研究延伸跨越，拓展应用研究到产业化发展。同时将立足面向国际科学前沿、面向国家重大战略需求、面向国民经济主战场，服务于“一带一路”，建立长效深度合作机制，建设开放互通、布局合理的区域创新体系。优化联合实验室的制度建设，继续引进海内外高层次人才，加强联合实验室的人才队伍建设，进一步加强双方科研骨干的技术交流和合作创新，打造一支具有国际竞争力和影

响力的科研团队，克服新冠疫情带来的不利影响，持续开展联合工作。

四、亮点成果选编

2021 年度，联合实验室优势互补、通力合作，联合研究工作取得了重要进展，以下为 2021 年度取得的部分亮点成果。

热界面材料有效导热系数优化设计

高密度电子封装材料与器件联合实验室

(中国科学院深圳先进技术研究院、香港中文大学)

近年来,随着电子器件的微型化和高功率化的趋势,器件的局部热点温度迅速上升,从而对器件散热提出了更高的要求。因此,开发高散热性能的热界面材料成为下一代电子器件重要支撑。实现高导热性能的热界面材料重要途径是基体与高导热组份的复合,由于聚合物的导热系数较低,添加具有高导热系数的多尺度分散粒子是提高聚合物有效热导率的常用方法。然而,优化多尺度颗粒匹配,包括颗粒尺寸分布和体积分数,以提高有效热导率仍待进一步研究。

最近,中国科学院深圳先进技术研究院曾小亮副研究员带领的研究团队和香港中文大学许建斌教授联合设计了一套由遗传算法(Genetic algorithm, GA)驱动的随机热网络模型(Random thermal network model, RTNM)程序优化热界面材料的有效热导率。该程序在准确、快捷地预测热界面材料有效热导率,更重要的是可以找到多尺度粒子匹配方法,获得给定填料含量下最大有效热导率。同时结果表明,不同填料体积分数样品具有相似的粒度分布和体积分数,随着填料体积分数的增加,最优有效热导率优化提升幅度越明显。研究对比发现,与有限元法(Finite element model, FEM)相比,RTNM在预测热界面材料的有效热导率方面具有更高的精度,误差小于5%,计算效率更高。

该程序的高效性和准确性可加速新型热界面材料的研发进程,节约耗材成本等优势,因此具有较大的应用潜力。相关研究成果发表在 ACS Appl. Mater. Interfaces 2021, 13, 37, 45050–45058。

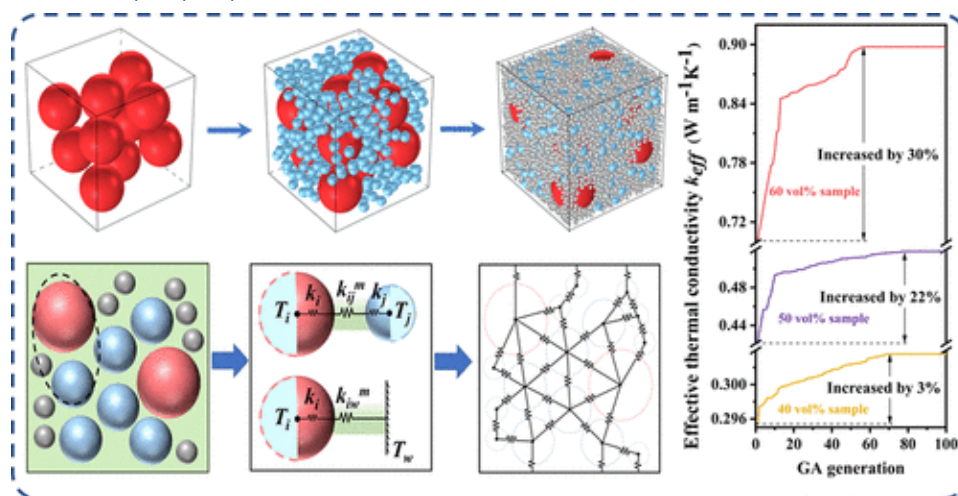


图 1.基于遗传算法驱动的随机热网络模型的热界面材料有效导热系数优化设计原理

发现受限晶体结构抑制原子扩散

纳米材料与力学联合实验室

(中国科学院金属研究所、香港城市大学)

中国科学院金属研究所卢柯研究员团队与香港城市大学吕坚教授团队,联合申请获得了国家重点研发计划“纳米科技”专项资助,研究了受限晶体的原子扩散。如何有效降低金属和合金中的原子扩散,提高材料结构和性能在高温下的稳定性,一直是材料科技领域的重大科学难题,也是发展高性能金属材料的重要技术瓶颈之一。因此,研究团队利用 Al-15%Mg 受限晶体结构(图 1)系统研究了该合金在升温过程中三种原子扩散控制的结构演化过程:金属间化合物的析出过程、晶粒长大过程和熔化过程。结果表明在接近合金熔点的高温下,受限晶体结构有效抑制这三种结构演化过程,甚至使合金熔化温度比平衡熔点提升 69 K,在平衡熔化温度附近表观跨界扩散率降低约 7 个数量级,表现出超低的原子扩散速率。受限晶体结构似乎为阻止原子在金属和替代合金中的扩散提供了一个坚固的屏障,提高了熔点温度的稳定性。受限晶体结构抑制原子扩散率这一效应与之前发现的高稳定性与高强度一脉相承。此发现不但揭示了受限晶体结构的一种全新原子扩散行为,而且表明金属材料的高温原子扩散速率可以利用这种新型亚稳结构得到大幅度降低,为发展具备工业应用前景的高性能高热稳定性金属材料开辟了一条全新的途径。同时,为深入理解材料物理及化学等基础科学问题提供了新的机遇。相关研究成果分布发表于《Science》期刊。

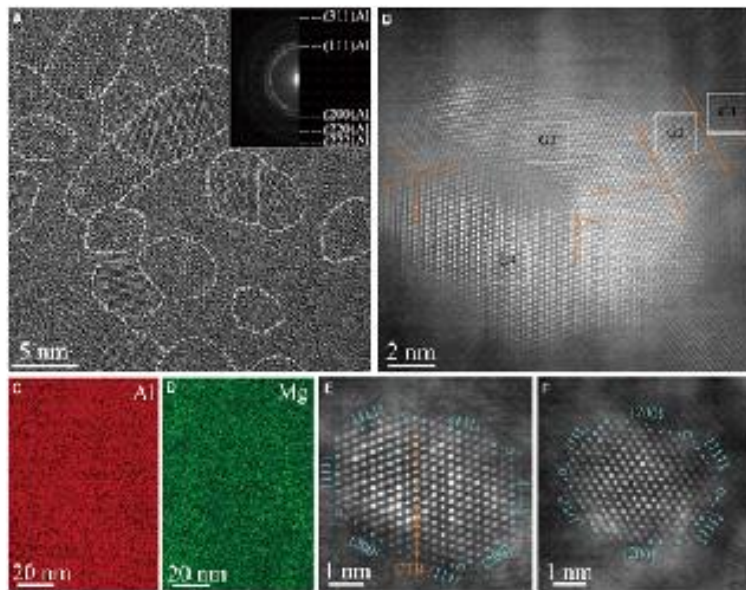


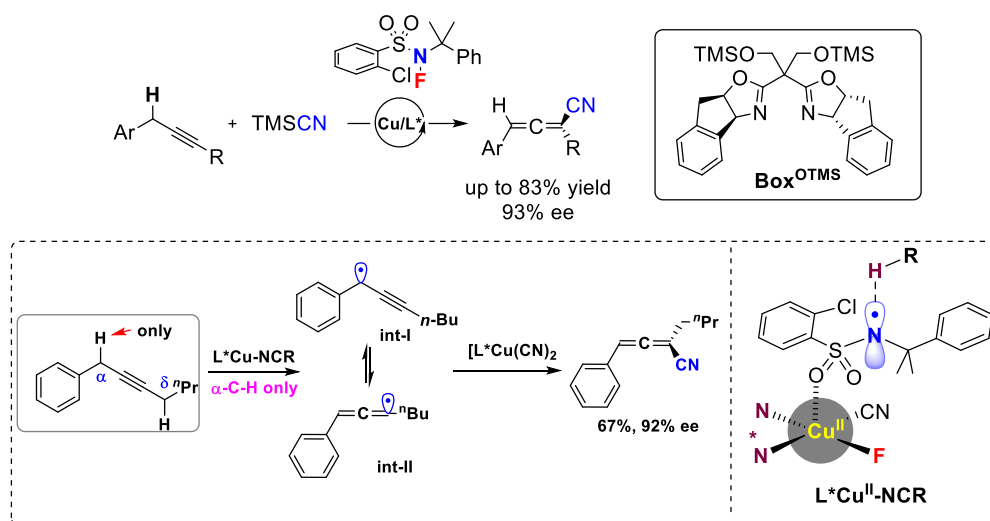
图 1 受限晶体 Al-Mg 合金结构表征。(A-B) 典型高分辨照片及选区电子衍射;(C-D) 能谱面扫;(E-F) 高分辨 HAADF-STEM 观察显示受限晶体呈现出近截角八面体特征

铜催化 sp^3 C-H 键的不对称官能化反应

沪港化学合成联合实验室

(中国科学院上海有机化学研究所、香港科技大学)

轴手性联烯是天然产物，药物分子和材料中的常见片段。传统的合成方法往往需要通过官能化的烯丙基底物或者官能化的联烯等经过多步转化得到，而烯丙位碳氢键的直接选择性官能化反应无疑是合成手性官能化联烯的最高效方法。刘国生课题组利用铜配位磺酰胺 (NFAS) 氮自由基选择性攫氢，实现了炔丙位碳氢键的不对称氰基化反应，以高化学选择性和对映选择性地得到了手性联烯氰产物。值得提出的是，设计合成的新型大位阻 BoxOTMS 配体对反应的对映选择性控制具有重要作用。当反应中存在多个炔丙位碳氢键时，反应选择性攫取活性更高的 α -为碳氢键，通过共振，高选择性发生联烯自由基与手性铜氰物种的结合，实现不对称氰基化反应。该在反应温和的反应条件下进行，具有良好的官能团兼容性，为手性三取代联烯腈类化合物的合成提供了高效途径。机理研究表明，表明通过铜配位的氮自由基可以实现选择性攫氢。通过与香港科技大学的林振阳教授合作，DFT 计算表明联烯基自由基与手性二价铜氰物种的结合是对映选择性决定步骤。该工作发表在 *J. Am. Chem. Soc.* 2021, 143, 14451–14457。



图像去噪技术研究

多媒体技术联合实验室

(中国科学院深圳先进技术研究院、香港中文大学)

深度学习在图像去噪问题上已经取得了出色的成果,但在实际应用当中仍然面临很多问题。真实场景下的图像去噪有两大挑战,第一是图像噪声分布不均匀(如图 1a),导致单一的去噪模型难以处理。第二是模型处理速度慢,无法满足实际应用需求。为了应对这两大难题,中国科学院深圳先进技术研究院董超团队与香港中文大学汤晓鸥教授团队合作,展开了长达两年的科研攻关。



(a) 真实场景图片

(b) 处理结果

图 1. 真实场景图片去噪示意图

联合研究团队提出了基于强化深度学习路径选择的去噪模型 Path-restore,该模型可以处理复杂多变的真实图像噪声,速度为普通单一去噪模型的 2-3 倍。该模型与普通的深度网络有个重要区别,一是可以自适应的根据噪声强度来选择去噪网络的深度,即在同一图片中,可用浅的网络处理简单的区域,用深的网络处理复杂的区域,这一机制通过额外的路径选择器实现。该方法是结合强化学习和深度学习的典范,也是早期将强化学习应用到图像复原领域的工作之一。该成果发表在计算机视觉顶刊 TPAMI (IF= 17.73) 上。

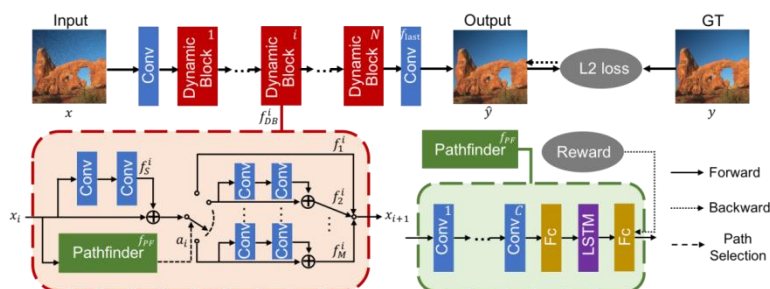


图 2. Path-Restore 网络结构示意图

Kindlin2 通过 FGF 信号通路的整合素非依赖性 来调节神经嵴特异性

生物资源与疾病分子机理联合实验室

(中国科学院昆明动物研究所、香港中文大学)

参与细胞粘着斑功能的粘附蛋白 Kindlin2 对于整合素活化至关重要，而整合素活化是细胞-细胞外基质粘附发挥功能的关键步骤。Kindlin2 在小鼠胚胎中广泛表达，在敲除小鼠胚胎中由于未能触发整合素激活，导致其在着床前就已经死亡。由于这种早期胚胎致死性，kindlin2 在胚胎发生过程中的功能尚未得到充分阐明。

联合实验室的赵晖教授和姚永刚教授合作，利用非洲爪蛙研究了 Kindlin2 在胚胎早期发育中的功能，发现 kindlin2 对于非洲爪蛙胚胎中神经嵴 (NC) 的形成至关重要。在非洲爪蛙胚胎中，使用特异的吗啉反义寡核苷酸 (MO) 或 CRISPR/Cas9 技术干扰 kindlin2 的功能会严重抑制 NC 的形成。在爪蛙胚胎动物帽中共表达 Wnt3a、Chordin 可以将其诱导成 NC 组织并表达 NC 特异的标记基因，而这些标记基因的表达水平在敲低 Kindlin2 的动物帽中显著下降。此外，Kindlin2 的整合素结合缺陷突变体可以拯救由 kindlin2 丢失引起的表型，表明 kindlin2 在神经嵴形成期间的功能与整合素无关。联合研究团队利用动物帽实验研究了 Kindlin2 所参与的信号通路，发现 Kindlin2 并不影响 Wnt3a 或 Chordin 所介导的信号通路，而对于成纤维细胞生长因子 (FGF) 信号通路的激活是必需的。在爪蛙胚胎中，FGF 信号是诱导神经嵴形成的关键信号通路。联合研究团队还发现敲低 Kindlin2 所导致的 NC 形成缺陷可以被 FGF 信号通路中持续激活的 Ras (HaRas) 部分拯救。

这些结果说明 Kindlin2 通过调控 FGF 信号通路参与神经嵴形成过程，并且 Kindlin2 作用于 FGF 信号通路中 Ras 的上游。研究人员进一步发现 Kindlin2 会促进 FGF 受体 1 (FGFR1) 的蛋白稳定性，并增加定位于细胞膜的 FGFR1 的蛋白水平，以此来调控 FGF 信号通路。联合研究团队的研究揭示了 Kindlin2 在早期胚胎发育的神经嵴形成过程中发挥重要功能，并且 Kindlin2 参与调控 FGF 信号通路的活性。联合研究团队发现 Kindlin2 调控 FGF 信号的作用机制并不依赖于之前报导的整合素活化功能，而是通过影响 FGF 信号受体蛋白的稳定性来实现的，这进一步丰富了对 Kindlin2 分子功能的认识。相关研究已发表于《Development》上。

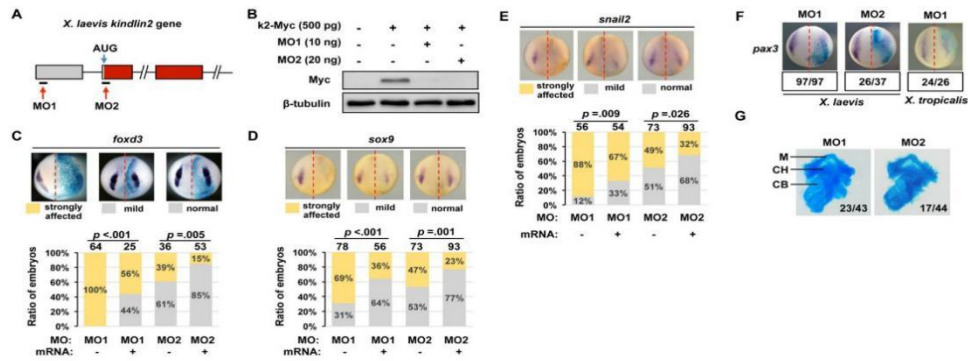


图 1: 敲低 kindlin2 抑制神经嵴的形成

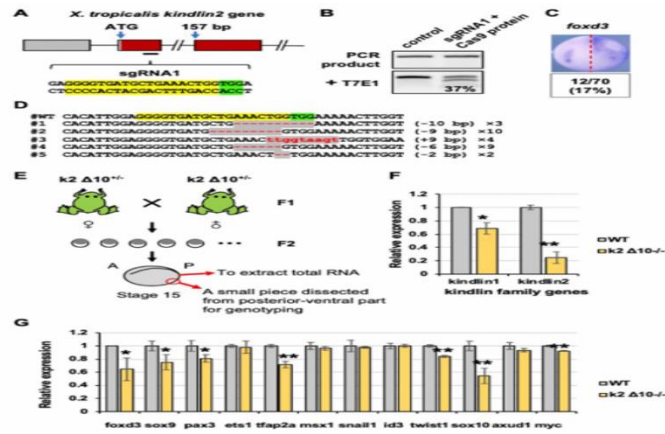


图 2: 利用 CRISPR/Cas9 建立 kindlin2 突变爪蛙品系

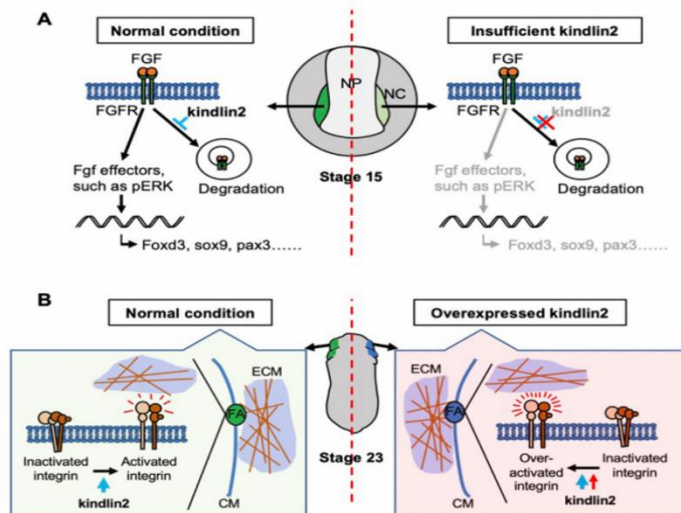


图 3: Kindlin2 调节神经嵴发育的模式图。在神经嵴诱导过程中 kindlin2 通过调节 FGF 信号通路发挥作用。而在神经嵴迁移过程中是通过与整合素相互作用调节细胞迁移

柔性 CIGS 太阳能电池效率达到 20.46%

光伏太阳能联合实验室

(中国科学院深圳先进技术研究院、香港中文大学)

柔性 CIGS 电池产品具有柔软可弯曲、质轻、便携、可贴装、厚度薄等优势，在航空航天飞行器、分布式能源、移动能源、光电建筑一体化和光伏电站等诸多应用领域有着广泛需求，例如太阳能无人机等近空间飞行器系统、太阳能屋顶、光伏农业大棚、太阳能汽车、太阳能手机、穿戴式设备、户外便携式应用、物联网等，具有非常广阔的市场空间和商业前景。

针对柔性不锈钢基底 CIGS 太阳能电池的关键科学问题“电池开路电压损失机理与改进原理”，开发的不锈钢基底上的柔性 CIGS 太阳能电池性能取得重大突破。

在香港中文大学朱骏宜教授团队通过模拟计算预测的最优金属掺杂条件下，中国科学院深圳先进院杨春雷研究员带领的实验团队开发出了利用精确调控碱金属掺杂 (0.1% 原子比) 提升开路电压的重要手段，深入揭示碱金属掺杂与晶界及界面的钝化机制。新的技术和工艺有利于提升柔性基底上 CIGS 吸收层薄膜的晶体质量，有利于提高填充因子和开路电压，最终在柔性金属基底上制备了柔性的 CIGS 电池，其器件开路电压达到了 664 mV，短路电流为 36 mA/cm²，填充因子为 77.03%，光电转换效率达到 20.46%。(电池器件性能参数得到第三方检测认证)。该效率成果达到了国际先进水平。在柔性 CIGS 电池方面，团队之前效率是 16.3%，在 2021 年 4 月达到了 19.24%，于 9 月份做到了 20.46%。目前同类电池国际最高效率是 21%。

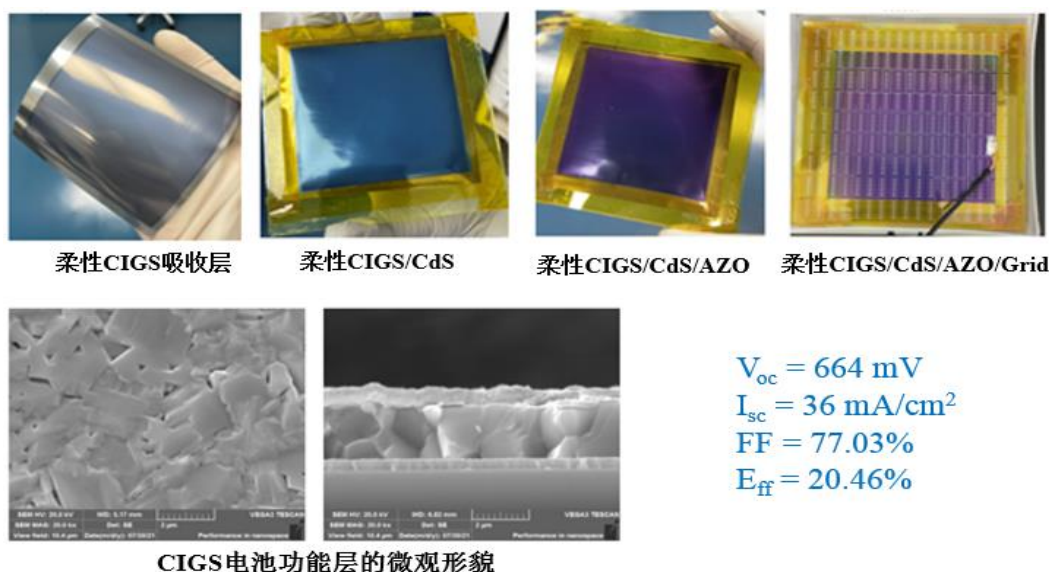


图 1：柔性 CIGS 电池器件结构外观、功能层微观形貌和认证的性能参数。

揭示聚球藻共附生细菌多样性及代谢特征

三亚海洋科学综合（联合）实验室

（中国科学院南海海洋研究所、中国科学院深海科学与工程研究所、
香港科技大学）

聚球藻是海洋中一类分布最广、数量最多的浮游藻类，提供了超过 16% 的海洋净初级生产力。藻菌互作是海洋生态系统普遍存在及重要的种间关系，在维持藻类健康生长及介导藻类产生的有机碳的循环过程中起到重要作用。

中国科学院南海海洋研究所夏晓敏研究员联合香港科技大学刘红斌教授，以厦门近海、珠江口及南海寡营养海区的聚球藻为研究对象，对比了 19 株聚球藻共附生微生物的群落组成及代谢特征，同时开展了 1 年的长期培养实验。研究发现聚球藻共附生微生物的群落组成与聚球藻的生长环境及宿主类别相关（图 1）。实验表明，聚球藻的共附生微生物具有很强的时间稳定性，其组成由宿主及环境共同决定。对比三种聚球藻基因组发现，Rhodobacteraceae 具有较多的 ABC 转运蛋白基因及较宽的碳源利用谱，这是其广泛分布的原因。此外，Alteromonadaceae 比 Flavobacteriaceae 具有更多的磷酸盐和氨基酸转运基因，相反 Flavobacteriaceae 具有较强的寡糖、多羟基化合物和脂类的转运能力。分析碳代谢相关基因发现，糖苷水解酶家族 GH13 和 GH23 广泛分布在聚球藻共附生细菌基因组中，表明聚球藻产生的糖类作为活性有机碳源可以被共附生细菌快速利用。该研究还发现聚球藻主要从他们的共附生细菌获得 VB6。相关成果发表在环境科学期刊 Science of The Total Environment。

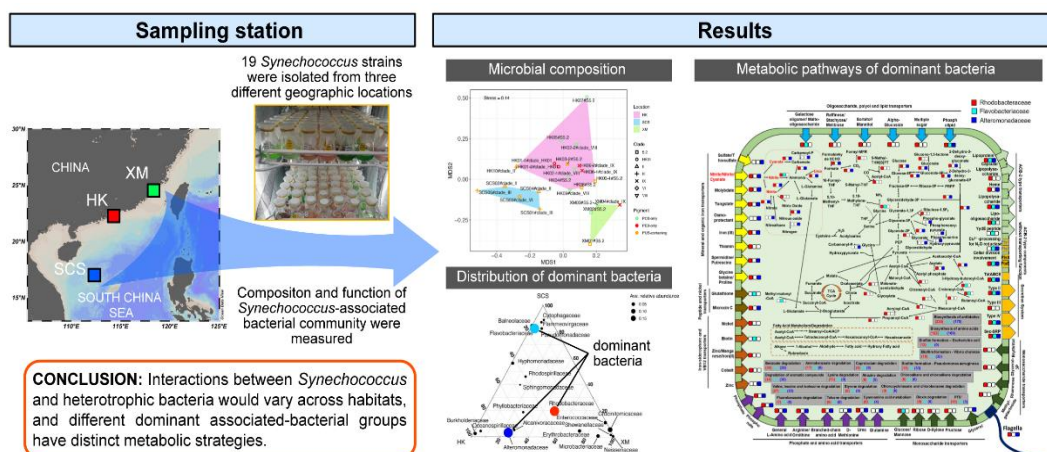


图 1. 聚球藻共附生微生物多样性及代谢特征

金属板材的柔性步进成形技术

精密工程联合实验室

(中国科学院深圳先进技术研究院、香港中文大学)

中厚高强钢板材在有轻量化要求的航空航天和船舶等先进制造领域的重要运载装备结构中有广泛应用。针对高强钢板材在传统冲压成形时存在冲床载荷大、制造成本高、工件回弹大和成形性能低等问题,中国科学院深圳先进技术研究院精密工程中心何凯团队和香港中文大学工学院机械自动化系陈世祁团队联合研发出一种电磁感应辅助加热与无模渐进弯曲成形相结合的新型材料成形工艺。

中国科学院深圳先进技术研究院精密工程中心团队根据新工艺需求购置了高频加热机、水循环冷却设备、红外测温控温仪(300℃-1000℃)和K型温度传感器(0℃-800℃)等设备,改造了原有的无模渐进弯曲成形机床。香港合作方提出了基于最小能量法的加载路径策略。双方团队基于渐进弯曲机床开展了新工艺关键技术研究,揭示了局部加热温度对条形板材和方形板材的单点弯曲回弹的影响规律,并确定了单曲率板的优化加载路径和双曲率板材沿高斯主曲率的优化加载路径。目前基于实验和数值仿真有效成形出单向对称变曲率板零件、单向不对称变曲率板零件、帆形板零件和马鞍形零件。该热力耦合柔性成形工艺在复杂船体外板加工领域有较大的工程应用前景。

本年度在精密工程联合实验室的资助下发表SCI论文3篇。



图1. 电磁感应辅助加热无模渐进弯曲成形工艺设备及成形试样

一种太古代新的产氧途径和产氧光合作用起源新理论

化学地球动力学联合实验室

(中国科学院广州地球化学研究所、香港大学)

产氧光合作用的成功进化导致了地球第一次大氧化事件(The Great Oxidation Event, 24.5–23.3 亿年前), 驱动表层地球系统发生革命性变化, 这一关键的代谢创新是地球和生命演化历史上最重要的里程碑事件之一。但时至今日, 产氧光合作用如何起源、何时起源仍然是未解之谜。

产氧光合作用的核心过程是在光系统 II 中分解 H_2O 以提取电子, 但 H_2O 本身是一种稳定的化合物, 蓝细菌祖先很难从其中获取电子。目前普遍认为, 在蓝细菌祖先获得分解 H_2O 的能力之前, 曾利用过渡的电子给体来进行光合作用。基于蓝细菌进化产氧光合作用前必须克服活性氧(ROS, 如 O_2 , $\cdot\text{O}_2^-$, H_2O_2 等)的毒性这一前提(图 1), 著名分子生物学家 Blankenship 教授与 Hartman 教授共同提出假设: 在不产氧的光合反应中心和含锰过氧化氢酶组成的原始系统中, H_2O_2 作为过渡电子给体在双电子反应中释放 O_2 。这一假设成立的关键前提是, 太古代地表局部必须有充足的 H_2O_2 供应, 但最新的研究表明, 到达太古代地表的大气光化学过程产生的 H_2O_2 远不足以支持产氧光合作用的进化。那么, 足量的 H_2O_2 竟来源于何处?

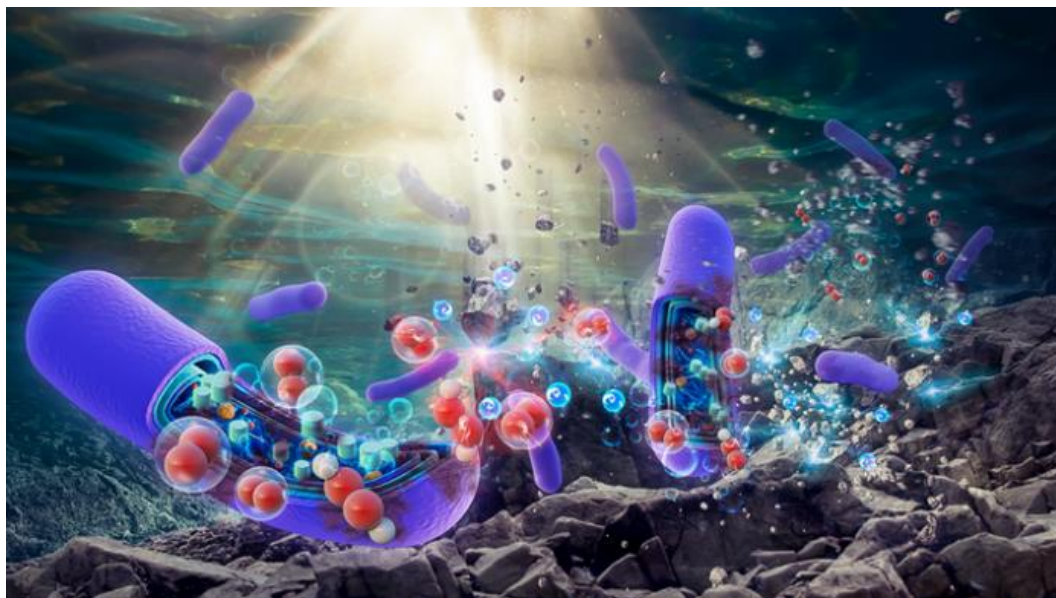


图 1 矿物-水界面产生的活性氧(H_2O_2 和 O_2) 对蓝细菌祖先造成的环境压力

联合实验室何宏平研究员、朱建喜研究员、李一良教授与加拿大阿尔伯塔大学 Kurt O. Konhauser 教授合作, 从矿物表/界面反应的视角, 结合生物可利用性

和持续供应考虑，提出一种新的产氧途径和产氧光合作用进化的新理论。

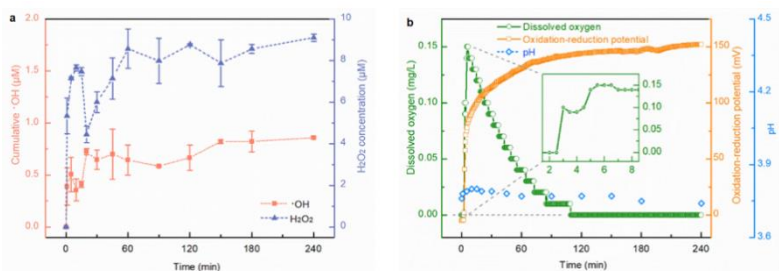


图2 石英-水界面 H_2O_2 和 O_2 产生的生成动力学过程

研究团队选取沉积物中丰度最高的矿物——石英作为研究对象，通过在模拟的太古代大气环境($\text{PO}_2 < 10^{-6} \text{ atm}$)中开展石英机械磨蚀和石英-水界面反应的实验，发现在无氧条件下石英表面可以产生充足的 H_2O_2 和 O_2 (图2)。太古代砂质海岸原位产生的 H_2O_2 通量可达到 4.87×10^{11} 个分子每平方厘米每秒，这种矿物机械化学反应产生 H_2O_2 的速率远高于大气光化学的 H_2O_2 通量(106 个分子每平方厘米每秒)，足够形成和维持太古代的局部氧化环境(图3)。即便是现代蓝细菌微生物席中的 O_2 生成速率(9.63×10^{13} 个分子每平方厘米每秒)，也仅比太古代海岸原位产生的 O_2 通量高约 400 倍。这表明，在浅海高能环境中，石英的磨蚀过程是一个具有重要地质意义的产氧途径。

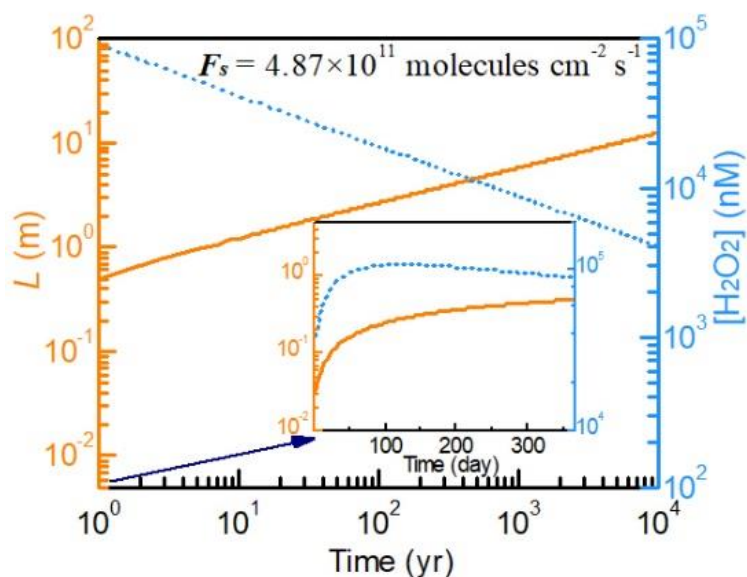


图3 太古宙局部环境中随时间积累的 H_2O_2 浓度

研究团队提出，在典型的动荡水体环境中(如，河流、河口、三角洲和浅海)，矿物-水界面反应可产生充足的 H_2O_2 和 O_2 ，氧化消耗水体中的还原性电子给体(如， H_2S ， Fe(II) 等)，形成的局部氧化环境对栖息于微生物席或水体中的不产氧光合细菌造成氧化应激，胁迫蓝细菌祖先适应 ROS 毒性并创新代谢方式，从

而为产氧光合作用的起源提供进化压力（图 4）。正如从南非 Moodies 群沉积岩（32 亿年）中观察到的那样，在与沙质层夹杂的微生物席中，蓝细菌祖先就可能已经在这样的弱氧化环境中从 H_2O_2 获取电子来进行产氧光合作用。这一设想与系统发育分析获得活性氧解毒酶和氧利用酶的出现时间一致，可能是产氧光合作用起源的最小年龄。依据上述发现可进一步推断，早期地球上类似的氧化环境可能常见于有强烈水动力的陆表水体，这从侧面支持了蓝细菌最早起源于低盐度的陆地淡水环境，后来向海水适应和拓殖的演化历史。此外，这种弱氧化环境也有利于早期生物进行有氧合成和矿化（如，蓝细菌合成叶绿素、趋磁细菌矿化合成磁小体 Fe_3O_4 ）。

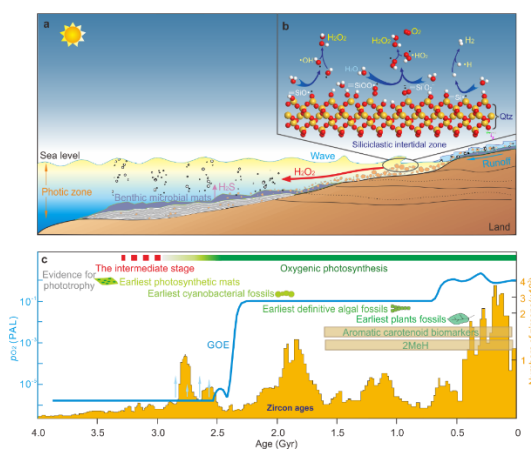


图 4 太古代蓝细菌祖先在矿物-水界面产生的 H_2O_2 支持下进化产氧光合作用

更重要的是，硅酸盐矿物物理风化这一产氧途径的发现为早期地球的氧化还原演化提供了重要启示。尽管硫同位素的非质量分馏表明，太古代全球大气的氧浓度低于 10^{-5} 倍的现代大气氧水平，但新的无机地球化学指标显示，太古代氧化事件从 38 亿年前就开始局部零星地出现，其发生频次和强度逐渐增加，直至 24.5–23.3 亿年前的氧化高潮（大氧化事件）来临。这意味着，岩浆洋冷却后的太古代地表并非传统理解的均一还原状态，而太古代的氧化驱动力很有可能就来源于地表广泛存在的物理剥蚀过程中的矿物-水界面反应。这种产氧途径在地表局部导致的氧化程度远超大气光化学氧化剂的影响，不仅支持早期微生物在氧化环境中适应进化和矿化合成，甚至可以逐渐驱动地球表层系统的氧化演进。

相关论文发表在《自然-通讯》(Nature Communications)。

论文信息：He H.P., Wu X., Xian H.Y., Zhu J.X., Yang Y.P., Lv Y., Li Y.L., Konhauser K.O. An abiotic source of Archean hydrogen peroxide and oxygen that predates oxygenic photosynthesis. Nature Communications 12, 6611 (2021). DOI: 10.1038/s41467-021-26916-2

文章链接：<https://www.nature.com/articles/s41467-021-26916-2>

金(I)配合物热激活延迟荧光材料

新材料合成与检测联合实验室

(中国科学院理化技术研究所、香港大学)

热激活延迟荧光 (TADF) 材料因其激子利用率高、价格低廉等优势成为新一代有机电致发光材料。但是纯有机 TADF 材料通常具有较长的发射寿命, 其电致发光器件在高亮度下发光效率急剧下降, 严重影响电致发光器件的稳定性。与纯有机 TADF 材料相比, 金属配合物 TADF 材料发光寿命较短, 辐射跃迁速率快, 有望提高器件稳定性。

新材料合成与检测联合实验室利用 π -缺电子特性的氮杂环卡宾配体 (NHC) 作为电子受体 (A), 唑啉配体作为电子给体 (D), 金属中心作为桥发展了高效率的 D-M-A 型金(I)卡宾配合物 TADF 材料。二配位的 d10 金属配合物激发态构型变化小, 有效的抑制了非辐射跃迁, 光致发光量子效率高达 80%, 电致发光器件的外量子效率超过 23%, 器件的寿命超过 8000 小时。其中联合实验室内地合作方中国科学院理化技术研究所主要负责材料的设计与光物理性质研究, 香港合作方香港大学主要负责有机电致发光器件的制备与性能评估。合作双方充分发挥了各自在发光材料和器件物理领域的优势。

该工作通过引入金属中心调控 TADF 材料激发态的策略, 有效地降低了 TADF 材料的激发态寿命, 提高了其电致发光器件的稳定性, 为设计高性能金属配合物 TADF 材料与电致发光器件提供了新的思路。相关研究结果发表在欧洲化学杂志 (Chem. Eur. J. 2021, 27, 17834-17842, Hot Paper) 并申请了国家发明专利。

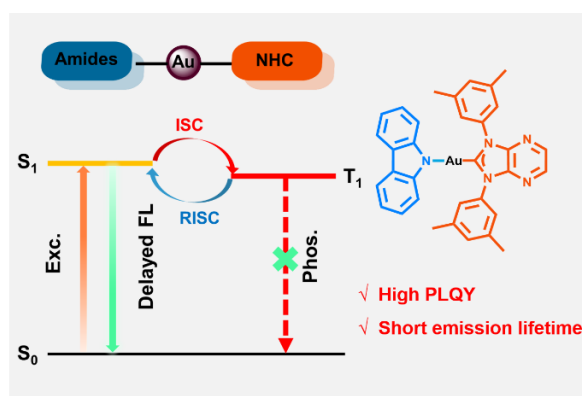


图 1. 金(I)卡宾配合物热激活延迟荧光材料的结构与发光机制

揭示髓系来源抑制性细胞促进肺癌转移新机制

粤港干细胞及再生医学研究中心

(中国科学院广州生物医药与健康研究院、香港大学)

肺癌是目前死亡率最高的恶性肿瘤,转移是导致肿瘤患者死亡的最主要因素。肿瘤微环境中的髓系来源抑制性细胞(MDSCs)严重抑制免疫细胞的抗肿瘤活性,从而促进肿瘤进展。虽然MDSCs的免疫抑制功能已经被广泛报道,但我们对MDSCs通过非免疫的旁分泌信号调节肺癌发生发展的机制尚缺乏深入认识。

广州健康院李鹏课题组联合香港大学刘澎涛课题组等研究发现肺癌组织中MDSCs浸润与肿瘤进展程度、PDX(患者来源的肿瘤细胞异种移植)建模成功率及患者的预后不良率都呈正相关。研究发现肿瘤内浸润的MDSCs直接促进肺癌转移,其高表达的趋化因子,尤其是CCL11能显著增强肺癌细胞的侵袭能力。CCL11能够激活AKT和ERK信号通路,通过上皮-间质转化(EMT)的过程促进肺癌转移(图1)。团队还发现CCL11的高表达与其他类型癌症的预后不良也相关。该研究结果首次证实了MDSCs除了可以通过抑制淋巴细胞的抗肿瘤活性,还可以通过促进肿瘤细胞侵袭的非免疫途径来促进肿瘤进展,提示靶向MDSC-CCL11-ERK/AKT-EMT信号轴在肺癌治疗中的临床意义。研究成果发表于*Oncogene*。

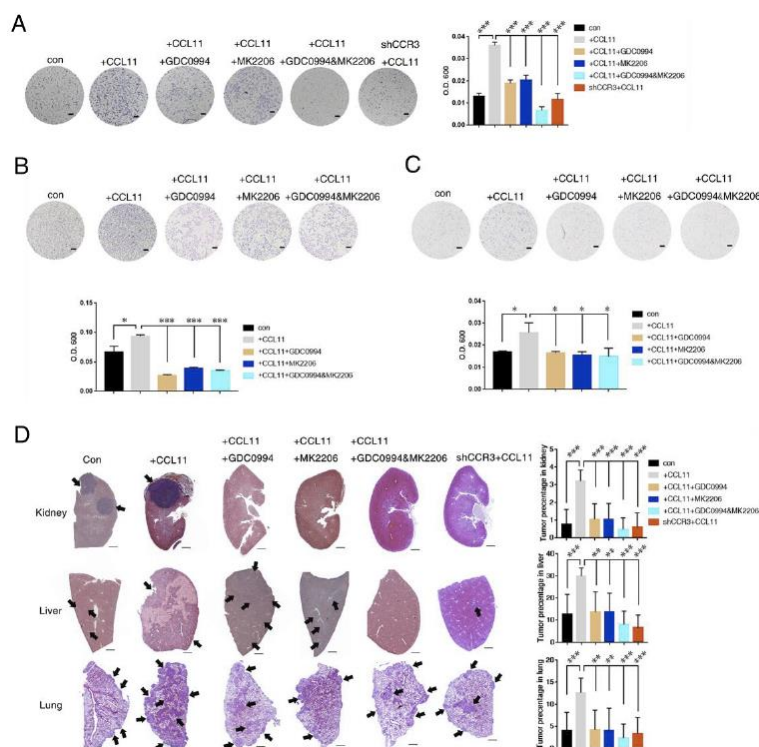


图 1. CCL11 通过 ERK 和 AKT 通路诱导非小细胞肺腺癌 (NSCLC) 转移

近红外高效光热光诊疗剂的制备及应用

功能材料与器件联合实验室

(中国科学院理化技术研究所、香港城市大学)

光热治疗 (Photothermal therapy, PTT) 是一种有效结合光和热的治疗方法, 在过去几年时间取得了长足的发展和进步。已经有大量的材料, 主要包括金属纳米、无机材料、二维材料以及有机小分子和聚合物材料, 被证实具有高效的光热转换性能和治疗效应。虽然当前的光热试剂已经取得了长足的进步, 但是其效率依然具有较大的提升空间, 同时材料开发的方法和工艺还有待进一步开发。因此, 发展新的材料制备方法和高性能材料仍是当前的主要科学问题。香港城市大学李振声等人通过简便的光合成方法, 利用米氏供体和强吸电子基团 TCNQ 构筑了一系列在近红外区域具有优异吸光性能的光热分子材料, 通过纳米制备技术, 取得了稳定性和水溶性的近红外纳米光热材料, 且具有高效的光热转换效率(75%)并在活体肿瘤模型小鼠上证实了其优良的肿瘤热消融和光声成像性能。该研究为新型近红外光热试剂的制备以及临床应用提供了一种新的思路 and 工具 (Adv. Mater. 2021, 2102799)。此外, 关于在近红外 II 区窗口上(1000-1350nm)具有良好响应的有机光热纳米粒子的报道有限, 该生物窗口与近红外 I 区和可见光相比, 可以获得更深的组织穿透。电荷转移复合物(CTC), 是一种涉及从电子供体(D)到受体(A)的显著电荷转移的材料, 导致两个分子之间的电子离域。我们通过操纵 CTC 的能隙及其组成成分可以很容易地调整 CTC 的吸收特性。通过使用不同的常见供体和受体分子以形成 CTC 纳米粒子(CT NPs), 这类 CT NPs 的吸收峰可以从 NIR-I 区被调控到 NIR-II 区。在 1064 nm 激发下实现了 42% 的良好光热转换效率, 这些纳米颗粒用于抗菌应用, 对革兰氏阴性菌和革兰氏阳性菌都具有有效的活性。这项研究工作也为开发高效的 NIR-II PTAs 开辟了一条新的途径 (Angew. Chem. Int. Ed. 2021, 60, 11758-11762)。

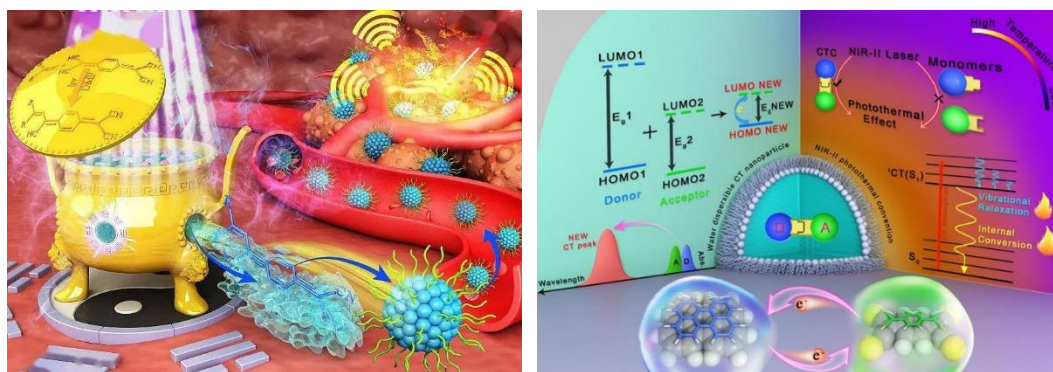


图 1. 基于 TCNQ 近红外的光热分子材料及其肿瘤光热治疗 (左); 近红外 II 区光热纳米粒子 CT NPs 及其抗菌应用 (右)

烹饪源细颗粒物排放特征与生物毒性研究

气溶胶与环境联合实验室

(中国科学院地球环境研究所、香港理工大学)

烹饪排放是室内和室外环境中颗粒物(PM)的重要来源。在香港等人口稠密的城市地区,烹饪产生的排放物已被确定为细颗粒物(空气动力学直径 $<2.5\ \mu\text{m}$: PM_{2.5})的重要来源,可能对人类健康产生不利影响。烹调过程中排放的PM及其结合化学物质的数量、粒度分布和成分分布受烹调方式、烹调方法、油类、配料、添加剂、室内和环境条件等因素驱动。然而,烹饪过程中细颗粒物的排放特征,尤其是细颗粒物种的有毒有害物质的生物毒性尚不明晰。因此气溶胶与环境联合实验室选取三间香港餐厅和两次模拟烹饪实验的烹饪活动排放的细颗粒物(PM_{2.5})的质量、化学成分和毒理学特性进行研究。其中中国科学院地球环境研究所主要负责烹饪源样品的采集和毒理学特征分析,香港理工大学主要负责PM_{2.5}的组分分析和特征研究。

PM_{2.5}样品的提取物以剂量依赖性方式引发了显着的生物活性[细胞活力、活性氧(ROS)的产生、DNA损伤和炎症效应(TNF- α)]。PAHs、含氧PAHs(OPAHs)和氮杂芳烃(AZA)混合物的组成因样品而异。样品中 $\Sigma 30\text{PAHs}$ 、 $\Sigma 17\text{OPAHs}$ 和 $\Sigma 4\text{AZAs}$ 和 $\Sigma 7\text{Carbonyls}$ 的浓度范围分别为9627-23,452 pg m⁻³、503-3700 pg m⁻³、33-263 pg m⁻³和158-5328 ng m⁻³。由样品提取物引起的细胞活力与PM_{2.5}提取物中苯并[a]蒽、茚并[1,2,3-cd]芘和1,4-萘醌的浓度呈正相关。细胞ROS产生(暴露于提取物后)与PM_{2.5}、癸醛、吡啶、 $\Sigma 17\text{OPAH}$ 和7种单独OPAH的浓度呈正相关。样品中Al、Ti、Mn、 $\Sigma 30\text{PAHs}$ 和包括苯并[a]芘在内的8种PAHs的浓度与样品提取物引起的DNA损伤呈正相关。此项研究表明,吸入烹饪中排放的PM_{2.5}可能会对人体健康造成不利影响。相关成果发表于Environmental Pollution, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117754>.

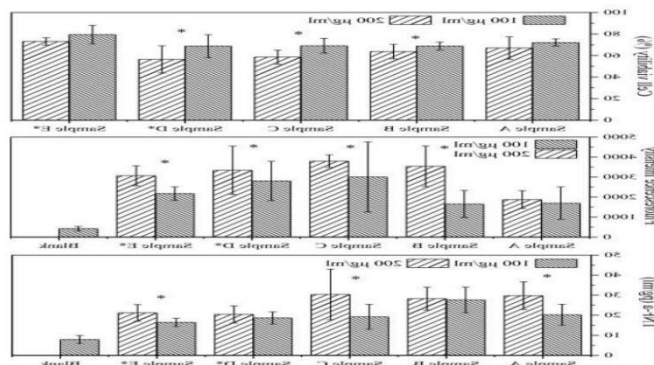


图1 来自五个采样位置的PM_{2.5}提取物诱导的细胞活力、ROS生成(荧光强度)和TNF- α (* $p < 0.05$)。条形图是平均值 $\pm$ 标准差

提出相分离调控线粒体基因组空间秩序模型

干细胞与再生医学联合实验室

(中国科学院广州生物医药与健康研究院、香港中文大学)

相分离 (Phase Separation) 是生物大分子利用自身性质, 自发聚集和组装的过程和机制。大量的无膜细胞器通过相分离形成类细胞器结构, 从而募集生物反应组分, 促进和调控生物反应的发生。更重要的是, 细胞核基因组的压缩、染色质区室化、和转录也受相分离的调控。细胞的能量工厂线粒体是哺乳动物细胞内唯一具有自身遗传物质的半自主细胞器。与细胞核染色质类似, 线粒体基因组折叠并包装形成的球形特殊亚细胞器结构, 称为线粒体类核。线粒体类核是线粒体基因组储存、复制以及转录的重要场所。然而, 线粒体类核的组装和功能如何调控, 仍是一个亟待回答的基本科学问题。

广州健康院刘兴国课题组联合香港中文大学陈伟仪、赵晖课题组等, 研究发现线粒体转录因子 A (TFAM) 可以通过内在无序区域 (IDR) 结构发生相分离聚集, 而 TFAM 结合线粒体基因组可以进一步自发相分离, 驱动线粒体类核自组装为尺寸均一的液滴聚集态。线粒体转录是一个多步骤、多复合物介导的过程。研究发现, 线粒体转录的各个复合物, 包括转录起始复合物、转录延伸复合物以及终止复合物等都能被 TFAM-线粒体基因组通过特殊的多相相分离所招募: 线粒体类核液滴呈现精密的多层结构, 其中 TFAM-线粒体基因组是相分离的核心区球体。线粒体转录聚合酶 POLRMT 被募集在类核相分离的外层, 形成壳层结构, 但并不能进入核心区球体。这种多相相分离能够募集转录起始复合物, 同时控制转录进入等待状态。进一步, 在转录延伸复合物的共相分离调控下, 转录聚合酶 POLRMT 进入核心区球体, 组装延伸复合物, 并进行转录。最后通过另一重相分离募集转录终止复合物, 终止或者抑制线粒体转录 (图 1)。该研究构建了首个相分离调控线粒体基因组结构与功能的模型, 是线粒体遗传的中心法则的理论进展, 进一步完善了线粒体遗传信息的传递过程和机制, 而且因为线粒体基因组在发育、衰老、遗传、肿瘤等中的重要作用, 本发现具有重要的生理病理意义。成果发表于 NATURE STRUCTURAL & MOLECULAR BIOLOGY。

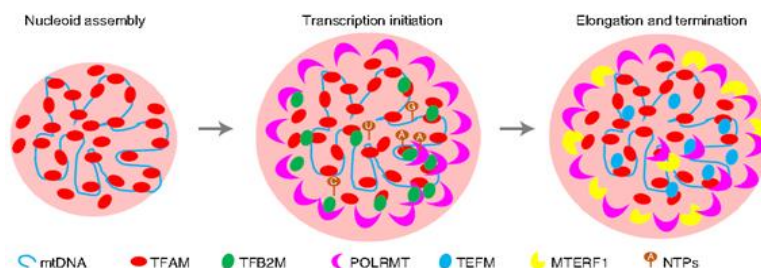


图 1. 线粒体类核自组装及转录的多相相分离模型

超薄势垒 AlGaIn/GaN 异质结构：用于 GaN 基功率器件和功率驱动电路制造和集成的无凹槽技术

微电子联合实验室

(中国科学院微电子研究所、香港科技大学)

大尺寸 Si 基 GaN 是目前 GaN 功率器件产业化制备的主要衬底。随着外延技术的不断进步，Intel 公司以及国内的晶湛半导体已经研制出 12 英寸 Si 基 GaN 样品。栅槽刻蚀是目前实现 Si 基 GaN 增强型功率器件的常用方法，一般需要将 AlGaIn/GaN 异质结构中 15-30nm 的 AlGaIn 势垒层刻蚀到 6nm 以下，这种纳米级精度刻蚀对大尺寸晶圆的加工挑战极大，主要体现在刻蚀深度控制和批次间的重复性。

中国科学院微电子研究所黄森研究员联合香港科技大学陈敬教授，设计出一种无需刻蚀 AlGaIn 势垒层的本征增强型新结构-超薄势垒 AlGaIn(<6nm)/GaN 异质结构，利用高温 SiN_x 电荷调制层定向恢复栅外二维电子气(2-D Electron Gas, 2DEG)以降低导通电阻，解决了传统栅槽刻蚀增强型器件纳米级刻蚀控制和阈值离散问题，为大尺寸、高阈值均匀性 GaN 基功率器件工程化制造探索出了一条具有自主创新的技术路线，获得了美国专利授权 (US 10,749,021 B2)。为推进 Si 基 GaN HEMT 在功率集成电路方面的应用，双方合作研发出增强型/耗尽型 AlGaIn/GaN MIS-HEMT 单片集成架构，如图 1 所示，采用联合开发的 LPCVD-SiN_x 介质作为 D-mode MIS-HFET 器件中的栅介质。在 E-mode 方面，通过利用 LPCVD-SiN_x 在 III 族氮化物上的自终止蚀刻以及香港科技大学研发的低损伤远程等离子体预处理 (RPP, remote plasma pretreatment)，制造出高均匀性低滞回的 E-mode HFET 和 MIS-HFET。双方基于超薄势垒 AlGaIn(<6nm)/GaN 异质结构平台还实现了超低开启电压功率二极管、自续流功率三极管等新结构器件，为 GaN 基控制电路、驱动以及功率器件的单片集成和小型智能化奠定了基础。上述相关工作发表在应用物理与电子器件领域期刊 Semiconductor Science and Technology 36, 044002 (2021)。

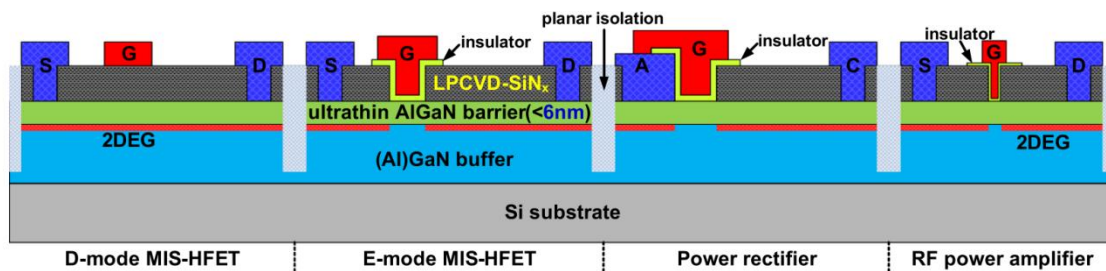


图 1. 在 UTB-AlGaIn/GaN-on-Si 技术平台上集成功率器件、射频 PA 以及驱动/控制电路

CrCoNi 中熵合金中的层错驱动相变

中子散射科学技术联合实验室

(中国科学院高能物理研究所、香港城市大学)

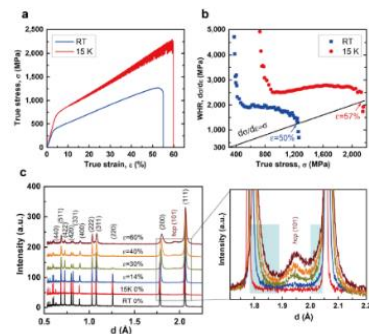
高熵合金(HEAs)是一类有趣的材料,它含有五种或五种以上的元素,以等摩尔比或接近等摩尔比的形式存在。随着试验温度的降低,HEAs 的强度和塑性均显著提高。先前的研究已经证实,CrMnFeCoNi 的延性增加是由于在低温下活跃的额外变形机制。在 77 K 温度下,用透射电子显微镜(TEM)鉴定了层错(SFs)和纳米孪晶,当温度降低到 4-20 K 时,还发现了锯齿的证据原位中子衍射测量进一步揭示了 CrMnFeCoNi 在 15k 变形过程中多种变形机制的相互作用,首先是位错滑移,然后是单层错和孪晶,然后是锯齿形的不均匀变形相变是提高塑性的另一有效机制。钢中的相变诱导塑性(TRIP)就是一个很好的例子。由于界面硬化和 TRIP 效应,双相 HEA 的强度和塑性比单相 HEA 显著提高。虽然 CrMnFeCoNi HEA 在室温(RT)下具有面心立方(fcc)结构,但第一性原理计算早就预测 fcc 相是亚稳态的;在低温下,六方紧密排列(hcp)相变得具有竞争性。另一方面,热诱导的 fcc-hcp 转化尚未见报道。与 CrMnFeCoNi HEA 相比,在 CrCoNi(通常称为中熵合金(MEA))中更容易发生 fcc-hcp 转化。

最近在 CrCoNi 上进行了 93 K 的原位透射电镜研究,虽然原位透射电镜观察到大量的纳米孪晶和部分滑移,但没有报道 hcp 相的证据。在这种情况下,还没有在大样本中建立 fcc 到 hcp 的转化。最近,人们发现,在激波压缩下,SF 的形成促进了 fccc-bcc(体心立方)的相变。值得注意的是,所有这些之前的研究都是在高压或冲击波压缩下进行的,而没有关于拉伸载荷下相变的结构研究的报道。

在此,香港城市大学 Wang- Xun li 教授团队联合中国科学院高能物理研究所等采用原位中子衍射方法研究了单相 CrCoNi 合金在拉伸载荷下的相变和变形机制。实验在室温和 15k 下进行,在 15k 下,在 14-20%的变形下,大块样品中观察到 fc-to-hcp 相变。定量分析了 fcc-to-hcp 相变和 fcc 相的微观结构响应,该研究揭示了一个大体积的 fcc-to-hcpCrCoNi 在 15 K 下在拉伸载荷下的相变。通过变形特性相关 FCC 阶段与发展 HCP 阶段,它表明核 HCP 相是由内在的堆垛层错触发。本体相变的确认增加了 CrCoNi 中可用的无数变形机制,这些变形机制共同支撑了低温下异常大的延展性。相关研究成果以题“Stacking Fault Driven Phase Transformation in CrCoNi Medium Entropy Alloy”发表在国际材料顶级期刊 nano letters。

如图 1-4,在 15k 时,通过原位中子衍射测量,观察到了 CrCoNi 介质熵合金的体积 fcc-hcp 相变。通过对现场资料的定量分析,揭示了其作用机理 hcp 相变,即通过 ISFs 的形成和积累。在低温下进行原位中子衍射测量的能力也为阐

明不同变形机制之间的相互作用及其对异常大的延性的贡献提供了强有力的手段。在这方面,本研究不仅增进了我们对 fcc-hcp 相变及其对延性的影响的理解,而且也促进了具有高强度和延性的材料的发展,用于结构应用。



峰和(200)峰的各向异性展宽。

图 2(右)变形过程中的晶格应变和织构发展。在 RT (a)和 15k (b)处晶格应变的演化。在 RT (c)和 15k (d)处, fcc 的整体强度达到峰值。上面的面板为加载方向(LD), 下面的面板为横向(TD)。

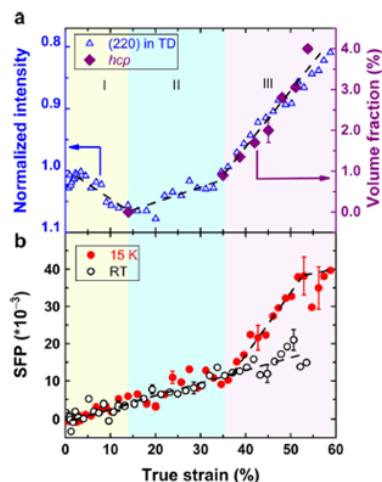
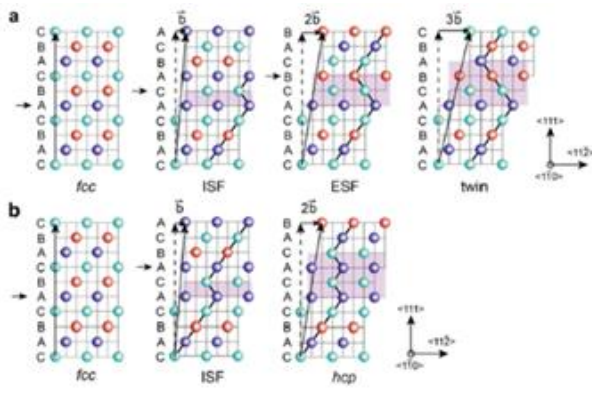


图 4(右)图解说明了层错、纳米孪晶和 hcp 相的形成。(a)通过在邻近(111)块上引入 $b=(112)$ 的肖克利偏微分, fcc 结构形成了本征层错(ISF)、本征层错(ESF)和纳米孪晶。(b) hcp 堆叠是通过在每一个其他平面上滑动肖克利偏微分, 或通过两个连续的 isf。

图 1(左)所示。CrCoNi 中熵合金的力学行为及晶体结构演变。CrCoNi 在 RT 和 15k (a)变形时的真应力-应变曲线, 以及相应的加工硬化速率(WHR)曲线作为应力的函数(b)。选择 RT 冷却和 15k (c)变形时的衍射图样。在 15k 时, hcp 峰值出现在 14%之后。放大的图突出了 hcp(101)峰的发展和 fcc 相的不对称展宽。由于层错的变形, 阴影区显示 fcc(111)

图 3(左) fcc 相 hcp 体积分数和堆叠故障概率(SFP)的演化。在上面板(a)中, hcp 体积分数(右轴)与 15k 时横向 fcc(220)峰强度叠加。为了便于比较, 对(220)强度的尺度进行了颠倒。在底部面板(b)中, 比较了 RT 和 15k 时的 SFP。为清晰起见, 只绘制选定数据点的误差条。发现了三个不同的构造演化区域。



薄膜软体微型机器人的制造

机器人与智能系统联合实验室

(中国科学院深圳先进技术研究院、香港中文大学)

微型机器人指的是尺度在微纳米级别(几纳米至几百微米)的小型机器人,在生物医学等领域有非常重要的潜在应用,如可用于微创外科手术、靶向治疗、细胞操作、微操作等。在复杂环境下稳定运动模式是实现载药微型机器人可控的磁操纵和磁导航、可控载药和药物降解释放的基础。

中国科学院深圳先进技术研究院吴新宇研究员、徐天添研究员联合香港中文大学张立教授,针对磁性微型机器人的仿生设计、可控生物降解性、细胞毒性以及载药/释放行为展开充分研究。中国科学院深圳先进技术研究院团队受斑马鱼游泳运动启发提出了一种新的人造仿生无绳薄膜软体微型机器人,它具有柔性的磁性骨架和柔软的身体,身体尺寸和几何形状与斑马鱼相似,可以通过外部磁场实现液体环境下稳定地摆动游泳运动。机器人由纯 Ecoflex 制成的微型机器人的软体为梭形结构,由 Ecoflex 与钕铁硼复合材料按一定比例制成的骨架为三角形条状结构。通过设计骨架的特殊磁化剖面,该仿生机器人可以在水下游动,且可以学习鱼类运动从而穿越水底各种复杂的障碍物。香港中文大学团队利用一种廉价无毒的螺旋藻做生物模板,在该螺旋藻表面包覆一层磁性纳米粒子和药物分子从而制成可控磁操控的载药生物杂化螺旋型微型机器人,并实现了这种生物杂化螺旋型微型机器人的大规模批量生产。

双方团队平行开发了两种载药微型机器人,即以螺旋藻为模板的生物杂化机器人和薄膜软体机器人,未来将系统研究并比较它们的性质以及作为微型机器人平台进行局部靶向诊疗的潜力。相关成果发表在 *Bioinspiration & Biomimetics* 等期刊。

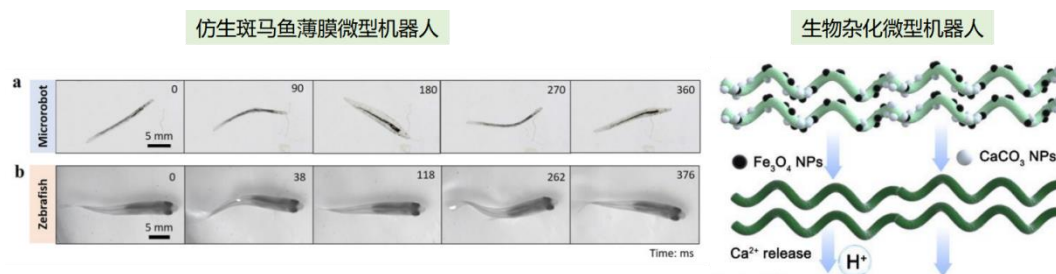


图 1: 磁性薄膜软体微型机器人与生物杂化螺旋型微型机器人

新型光电材料跨尺度模型与算法研究

应用数学联合实验室

(中国科学院数学与系统科学研究院、香港理工大学)

近二十年来基于量子效应的新型光电材料和器件,如量子阱红外探测器、CMOS 场效晶体管等得到了长足发展,经典 Maxwell 方程组已难以准确刻画上述半导体低维系统的电磁特性。基于半量子模型(Maxwell-Schrödinger 系统等)和量子规范场(量子电动力学和 Yang-Mills 方程等)的跨尺度算法研究已越来越受到广泛关注。与物理和材料类大量发表的文献形成鲜明对照,相关公开发表的数学文献则很少,主要困难在于这些是时空多尺度非线性耦合系统,无论是适定性分析或是数值计算均面临巨大的挑战。2020-2021 这两年,中国科学院数学与系统科学研究院曹礼群研究组和香港理工大学林延平研究组在中国科学院--香港理工大学应用数学联合实验室的大力支持下,围绕半量子近似电磁模型跨尺度算法和分析开展了卓有成效的合作研究,取得了若干重要进展,具体包括:1.针对周期间断系数 Maxwell-Schrödinger 非线性耦合系统,发展了均匀化和多尺度方法,并应用于半导体量子点光电特性模拟;2.针对 Maxwell-Klein-Gordon 非线性耦合系统,提出了能量守恒的有限元方法,得到了严格的误差估计,这是截止目前这方面唯一的数学结果。上述成果已发表在 SIAM Journal on Numerical Analysis, Communications in Computational Physics 等刊物上。

新型有机污染物的流域污染过程与暴露风险

粤港澳大湾区环境污染过程与控制联合实验室

(中国科学院广州地球化学研究所、香港理工大学)

以全氟化合物、环境激素、抗生素、微塑料为代表的新型污染物进入环境后，会通过各种途径进入食物网，最后通过生物富集与食物链放大进入高等级生物和人体，造成生态风险危害人体健康。我国“十四五规划”明确要求加强对新污染物的风险防范与治理。

中国科学院广州地球化学研究所麦碧娴研究员团队联合香港理工大学李向东教授团队，查明我国不同区域黑臭水体中 13 类抗生素的分布特征，发现高浓度出现在经济不发达的小城市，传统和新型污染物均有检出；指出新污染物生物富集和生物放大过程在水生生物和陆生生物间存在明显的差异。“新型卤代持久性有机污染物的环境地球化学行为与暴露风险”获广东省自然科学一等奖，咨询报告《新型污染的科技安全风险与建议》受到国家领导人批示，被有关部门采纳。相关成果为我国开展新污染物风险管控提供了重要科学依据。

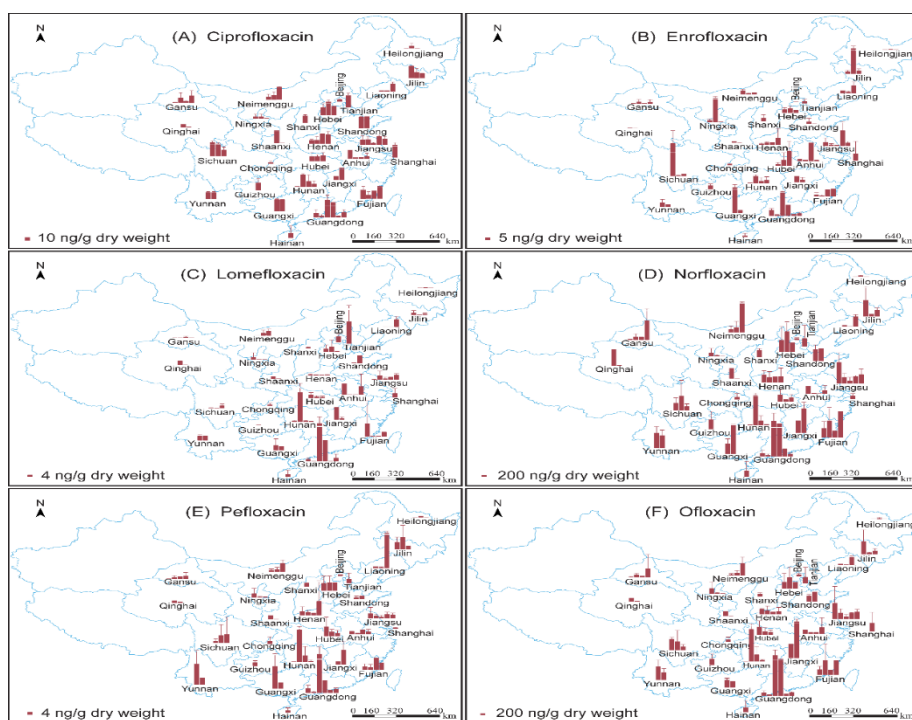


图 1. 我国不同区域黑臭水体中新污染物分布特征

塑料添加剂分析的提取新方法

环境科学联合实验室

(中国科学院生态环境研究中心、香港浸会大学)

塑料是食品包装、建材和家用电器等众多行业中广泛使用的材料。塑料添加剂(如阻燃剂、增塑剂、抗氧化剂等)被广泛用于改善制品的性能。在塑料废物的使用和后续处理过程中会释放出许多添加剂,对环境 and 人类健康产生不利影响。因此,准确量化塑料产品中的化学添加剂对于研究其迁移和人体暴露估计至关重要。在使用液固萃取从塑料中提取添加剂时,尽管添加剂在溶剂中存在一定的溶解度,但塑料溶解对萃取过程的影响仍不清楚,且溶解度参数在溶剂选择中的指示作用尚未得到很好的研究。

中国科学院生态环境研究中心刘倩研究员联合香港浸会大学赵星辰博士及中国计量科学研究院宋善军副研究员开发了一种使用溶解度参数(δ)作为塑料中添加剂提取指标的新方法。以标准参考物质(CRM)或 CRM 候选材料为基质,使用 10 种不同溶解度参数的有机溶剂提取聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)和聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)中的溴化阻燃剂-十溴二苯醚(BDE-209)评估机理。提取的 BDE-209 和溶剂的溶解度参数可以拟合为二次函数曲线,函数顶点对应的横坐标值与基团贡献法计算的塑料溶解度参数接近($\Delta\delta < 0.37$)。甲苯、正己烷和丙酮是对 PE、PP 和 PET 具有高萃取效率的溶剂,证实了所开发方法的可行性。通过分析 PET 和聚氯乙烯(PVC)中的五溴二苯醚/八溴二苯醚和邻苯二甲酸酯进一步确认了方法的准确性,并最终将其应用于分析由 PP、PE、PET、聚苯乙烯和 PVC 制成的 15 种塑料制品。检测到的四溴二苯醚(BDE-47)、BDE-209、十溴二苯乙烷和对苯二甲酸二(2-乙基己基)酯均符合该方法的预期,表明了其在现场样品分析中的实用性。在聚合物广泛使用的时代,该研究提供的方法对于塑料制品中添加剂的准确测定具有指导性意义。研究成果联合发表在分析化学著名期刊 *Analytical Chemistry* (2021, 93, 14837–14843) 上。

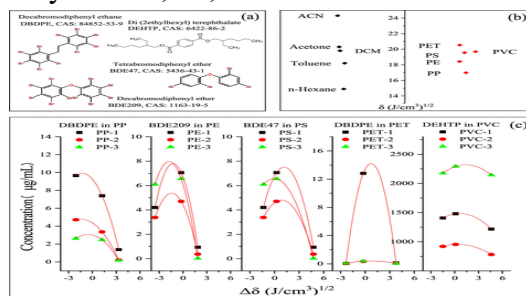


图 1. 溶解度参数在塑料制品分析中的应用。(a) 检测到的分析物的信息, (b) 塑料和溶剂的溶解度参数, (c) 检测浓度与 $\Delta\delta$ 的拟合结果。

附件：中国科学院-香港地区联合实验室通讯录

表 4：中国科学院-香港地区联合实验室通讯录

序号	联合实验室名称	合作单位	主任	联系方式
1	高密度电子封装材料与器件联合实验室	深圳先进技术研究院	孙蓉	rong.sun@siat.ac.cn
		香港中文大学	许建斌	jbxu@ee.cuhk.edu.hk
2	纳米材料与力学联合实验室	金属研究所	卢柯	lu@imr.ac.cn
		香港城市大学	吕坚	jianlu@cityu.edu.hk
3	深港生物材料联合实验室	深圳先进技术研究院	蔡林涛	lt.cai@siat.ac.cn
		香港大学	吕维加	wwlu@hku.hk
		香港中文大学	秦岭	lingqin@cuhk.edu.hk
4	沪港化学合成联合实验室	上海有机化学研究所	刘国生	gliu@sioc.ac.cn
		香港中文大学	谢作伟	zxie@cuhk.edu.hk
		香港大学	支志明	cmche@hku.hk
5	多媒体技术联合实验室	深圳先进技术研究院	乔宇	yu.qiao@siat.ac.cn
		香港中文大学	汤晓鸥	xtang@ie.cuhk.edu.hk
6	生物资源与疾病分子机理联合实验室	昆明动物研究所	姚永刚	yaoyg@mail.kiz.ac.cn
		香港中文大学	陈伟仪	chanwy@cuhk.edu.hk
7	光伏太阳能联合实验室	深圳先进技术研究院	杨春雷	cl.yang@siat.ac.cn
		香港中文大学	朱骏宜	jyzhu(at)phy.cuhk.edu.hk
8	三亚海洋科学综合（联合）实验室	南海海洋研究所	黄晖	huanghui@scsio.ac.cn
		深海科学与工程研究所	谢强	gordonxie@idsse.ac.cn
		香港科技大学	刘红斌	liuhb@ust.hk
9	精密工程联合实验室	深圳先进技术研究院	何凯	kai.he@siat.ac.cn
		香港中文大学	陈世祈	scchen@mae.cuhk.edu.hk
10	化学地球动力学联合实验室	广州地球化学研究所	徐义刚	yigangxu@gig.ac.cn
		香港大学	周美夫	mfzhou@hku.hk
11	新材料合成和检测联合实验室	理化技术研究所	佟振合	chtung@mail.ipc.ac.cn
		香港大学	支志明	cmche@hku.hk
12	粤港干细胞及再生医学研究中心	广州生物医药与健康研究院	潘光锦	pan_guangjin@gibh.ac.cn
		香港大学	谢鸿发	hftse@hku.hk
13	机器人学联合实验室	沈阳自动化研究所	刘连庆	lqliu@sia.cn
		香港城市大学	李文荣	wenjli@cityu.edu.hk
14	功能材料与器件联合实验室	理化技术研究所	汪鹏飞	wangpf@mail.ipc.ac.cn
		香港城市大学	李振声	apcosdaf@cityu.edu.hk

序号	联合实验室名称	合作单位	主任	联系方式
15	气溶胶与环境联合实验室	地球环境研究所	曹军骥	cao@loess.llqg.ac.cn
		香港理工大学	李顺诚	shun-cheng.lee@polyu.edu.hk
16	干细胞与再生医学联合实验室	广州生物医药与健康研究院	裴端卿	pei_duanqing@gibh.ac.cn
		香港中文大学	陈伟仪	chanwy@cuhk.edu.hk
17	微电子联合实验室	微电子研究所	赵超	zhaochao@ime.ac.cn
		香港科技大学	陈敬	eekjchen@ust.hk
18	中子散射科学技术联合实验室*	高能物理研究所	陈和生	chenhs@ihep.ac.cn
		香港城市大学	王循理	xlwang@cityu.edu.hk
19	机器人与智能系统联合实验室*	深圳先进技术研究院	吴新宇	xy.wu@siat.ac.cn
		香港中文大学	张立	lizhang@cuhk.edu.hk
20	应用数学联合实验室*	数学与系统科学研究院	袁亚湘	yyx@lsec.cc.ac.cn
		香港理工大学	陈小君	maxjchen@polyu.edu.hk
21	粤港澳大湾区环境污染过程与控制联合实验室*	广州地球化学研究所	王新明	wangxm@gig.ac.cn
		香港理工大学	李向东	cexdli@polyu.edu.hk
22	环境科学联合实验室*	生态环境研究中心	史建波	jbsbi@rcees.ac.cn
		香港浸会大学	蔡宗苇	zwcai@hkbu.edu.hk

*为通过 2018 年联合实验室评估新增的 5 个联合实验室