

材料月报

2019 年第六期（总 15 期）

太原理工大学材料学院 主办

2019 年 06 月 20 日

要 目

P3 接近室温的超导体材料

由马克斯·普朗克化学研究所物理学家 Mikhail Eremets 领导的团队，可能发现了临界超导温度能达到 -23°C 的高温超导体新材料：超氢化镧。该研究发表在《Science》杂志上。

P4 能自动降温的“木材”，强度媲美钛合金

马里兰大学胡良兵教授团队和科罗拉多大学尹晓波教授团队合作报道了一种可以自动降温的高性能结构材料，辐射制冷效果高达 10 度，而强度媲美钛合金。该研究发表在《Science》杂志上。

P5 普通胶水成分可用于培养造血干细胞

日本东京大学和美国斯坦福大学等机构研究人员设计出一种使用聚乙烯醇造血干细胞培养系统，使用高水平的促血小板生成素、低水平的干细胞因子等物质培养造血干细胞。研究成果发表在《Nature》上。

P8 科学家首次造出超离子态水冰

近期，美国 Lawrence Livermore 国家实验室的物理学家 Marius Millot 和 Federica Coppari 使用激光驱动的冲击波同时压缩和加热液态水至 100-420GPa 和 2000-3000 摄氏度，首次在实验室中造出了超离子态水冰。其研究成果发表在《Nature》上。

目 录

科研进展

- P1 二维材料大面积单晶的制备
- P2 晶界调控实现材料素化
- P3 接近室温的超导体材料
- P4 能自动降温的“木材”，强度媲美钛合金
- P5 普通胶水成分可用于培养造血干细胞
- P6 科学家首次造出超离子态水冰
- P7 成功制备新颖二维材料
- P8 评述相变存储材料液-液转变机制
- P9 纳米孔过滤薄膜领域重要进展
- P10 综述：石墨烯制备决定产业化未来
- P11 快响应长寿命氢检测材料获突破
- P12 在活细胞内合成高分子
- P13 高热膨胀系数、负泊松比的 MOFs 超材料
- P14 二维极限下巨各向异性电阻效应
- P15 单组分有机太阳能电池能量转换效率新纪录
- P16 发现硅损伤层新相变路径
- P17 有机电极材料电化学反应机理重要进展
- P18 锂金属电池负极界面改性系列进展
- P20 仿北极熊毛发的隔热气凝胶
- P21 把羊毛角蛋白做成光刻胶
- P22 新型高抗生物污染仿生材料

材料动态

- P23 我国时速 600 公里高速磁浮试验样车下线
- P24 3D 打印用球形钛合金粉末制备取得进展
- P25 我国开发出高强韧 7XXX 含钕铝合金
- P26 宝钢股份突破一项激光焊接技术

高等教育

- P27 教师教学发展指数“倒逼”高校更加重视教师
教学发展

材料课堂

- P29 镁合金材料的焊接技术

主办：太原理工大学
材料科学与工程学院

主编：王晓敏

副主编：乔琚威 程伟丽

责任编辑：贾 兰

出版日期：2019 年 06 月 20 日

（第 015 期）

仅供内部参阅，正式引用时请
自行核实

二维材料大面积单晶的制备

(Epitaxial growth of a 100-square-centimetre single-crystal hexagonal boron nitride monolayer on copper)

5月22日，北京大学物理学院刘开辉研究员、俞大鹏院士、王恩哥院士与合作者在国际上首次报道利用中心反演对称性破缺的单晶铜衬底实现分米级二维单晶六方氮化硼的外延制备。该生长机制具有普适性，可推广到其它二维材料大面积单晶的制备。该研究发表在《Nature》杂志上。

利用单晶衬底外延制备大面积、高质量二维单晶材料一直是纳米科技领域的热点研究问题，但其具体实现却面临着巨大的挑战。2017年，研究团队首次报道了米级单晶Cu(111)衬底的制备方法并在此基础上实现了米级单晶石墨烯的外延生长。与石墨烯不同，六方氮化硼等其它绝大多数二维材料不具有中心反演对称性，其外延生长普遍存在孪晶晶界问题：即六方氮化硼晶畴在常规单晶衬底上存在两个夹角为 180° 的优势取向，在晶畴拼接时会形成晶界缺陷。

开发合适对称性的单晶衬底是解决这一科学难题的关键。刘开辉课题组与合作者探索出利用对称性破缺的衬底外延非中心反演对称二维单晶的方法。该方法通过课题组获得专利保护的退火工艺将工业多晶铜箔转化为仅有C1对称性的Cu(110)小角度倾斜晶面，该晶面上具有独特的Cu<211>台阶。利用六方氮化硼晶畴中硼型和氮型锯齿形边界与Cu<211>台阶耦合强度的差异打破正向与反向(180° 转角)六方氮化硼晶畴的能量简并，从而实现取向单一的晶畴生长并无缝拼接为二维单晶薄膜。该方法可推广至其它二维材料的大面积单晶制备，为二维材料的规模化高端器件应用奠定材料基础。

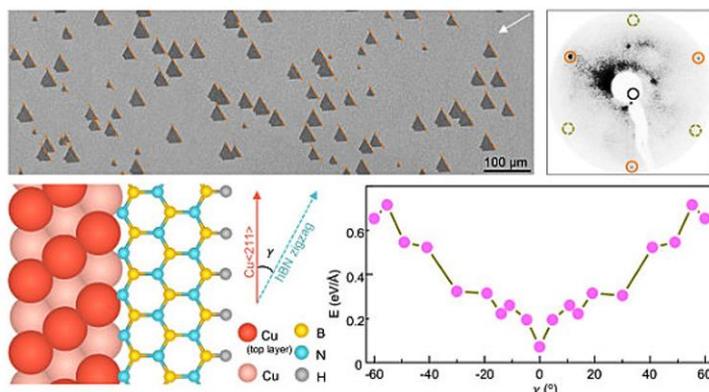


图1 二维单晶六方氮化硼的外延制备及其生长机理研究

—摘编自 高分子科学前沿公众号 2019-05-22

晶界调控实现材料素化

(Improving sustainability with simpler alloys)

近期，应《Science》邀请，中心卢柯院士和李秀艳研究员撰写了关于晶界调控实现材料素化的展望性论文，于2019年5月24日在线发表。

材料素化旨在通过跨尺度材料组织结构调控实现材料性能提升，替代合金化，减少合金元素的使用，促进材料回收和再利用。尽管这一概念原理上可行，但纳米结构的本征不稳定性导致纳米金属材料热稳定性差，在较低温下即发生晶粒长大；机械稳定性差，在外力作用下出现软化；难以规模制备纳米金属等，从而给材料素化带来困难。

近期，他们在塑性变形制备的纳米晶纯金属中发现了临界晶粒尺寸下的晶界自发弛豫以及由此导致的材料热稳定性和机械稳定性的反常晶粒尺寸效应。这一效应的发现，使得制备极小晶粒尺寸超高强度超高稳定性的金属成为可能，为纳米尺度调控组织获得高强度带来了新的机遇，使得材料素化成为可能。

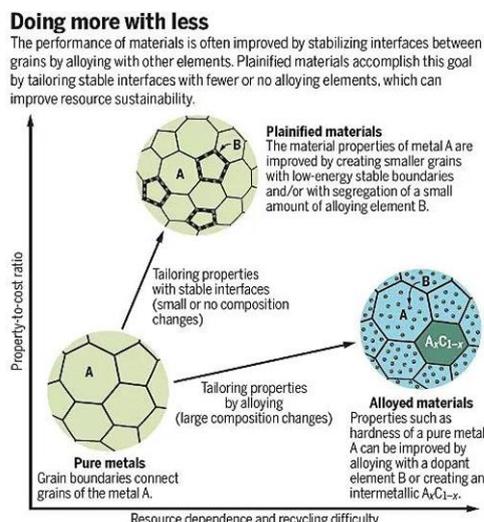


图1 材料素化路线图

该文以晶界调控实现材料素化为主线，阐述了素化的原理以及晶界调控方面的最新进展。文中提出，与传统的合金化强化原理即阻碍位错运动不同，纯金属或低合金化材料可通过抑制位错形核来提高材料强度，从而达到减少合金元素使用，提高材料可持续性的目的。材料素化不但可以大幅度提升材料性能，而且还将对材料及器件的制造产生深远影响。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-05-24

接近室温的超导体材料

(How conducting polymer electrodes operate)

由马克斯·普朗克化学研究所物理学家 Mikhail Eremets 领导的团队，可能发现了临界超导温度能达到 -23°C 的高温超导体新材料：超氢化镧。该研究发表在《Science》杂志上。

根据材料达到超导特性的临界温度分类，超导体可分为“低温超导体”跟“高温超导体”，低温超导体通常需要特殊技术才能达到临界温度，而高温超导体（相对于绝对零度而言）较接近现实，研究路上从最初的 23.2K（约零下 250°C ）提升到目前的温度最高记录，为德国马克斯·普朗克研究所创造的 203K（零下 70°C ），这已经是很惊人的突破，但明显离常温还有一段距离。

研究人员取来仅几微米大小的镧金属样本，放进一个打孔且充满液态氢的金属箔中，接着将此设备连接电线，然后对其施加高达 150~170GPa 的压力—将近地球海平面压力 150 万倍。下一步，研究人员以激光光轰击样本，使镧和氢结合形成氢化镧，最后用 X 射线束测量该材料的结构与成分。

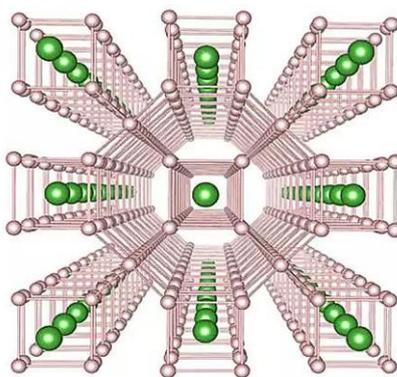


图 1 研究人员以激光光轰击材料样本（中心蓝点）

研究人员证实，这种材料在零下 23°C 时表现出超导 4 种特性中的 3 种：零电阻、外加磁场下临界温度降低、当一些元素被不同的同位素取代时出现温度变化，只差没有检测到迈斯纳效应。迈斯纳效应是超导体从一般状态相变至超导态的过程中，对磁场产生排斥的现象，这是由于镧金属样本非常小，所以无法观察到这种影响。虽然团队对材料施加的压力之大，不太可能落实应用，但显然我们又往 0°C 室温超导体迈进一大步，研究人员下一个目标，就是寻找在常压之下也能表现出超导特性的神奇化合物。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-05-27

能自动降温的“木材”，强度媲美钛合金

(A radiative cooling structural material)

马里兰大学胡良兵教授团队和科罗拉多大学尹晓波教授团队合作报道了一种可以自动降温的高性能结构材料。这种材料通过一种新型被动辐射冷却技术产生永久散热路径：通过大气透明窗口将热量从这些结构散发到具有零能耗的超冷宇宙中。辐射制冷效果高达 10 度，而强度媲美钛合金。该研究发表在《Science》杂志上。

降温木材通过大气窗口辐射到宇宙中的热量超过其吸收的太阳辐射能量，从而实现无需任何能源输入的比环境温度更低的制冷。降温木材在夜间和白天（上午 11 点至下午 2 点）的平均冷却功率分别为 63 W/m^2 和 16 W/m^2 。全天的平均冷却功率为约 50 W/m^2 。夜间和白天分别能够实现平均低于环境温度 $>9 \text{ }^\circ\text{C}$ 和 $>4 \text{ }^\circ\text{C}$ 的降温。

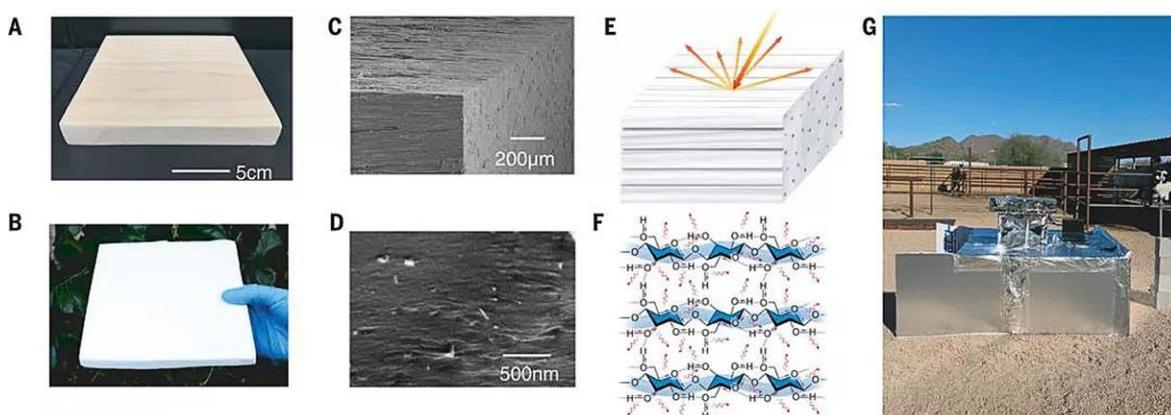


图 1. (A) 天然木材和 (B) 降温木材的照片。(C) 降温木材的 SEM 图像中显示出排列整齐的微米级通道和 (D) 纳米级纤维素。(E) 木头的多孔结构表现出太阳光谱的强烈散射示意图。(F) 纤维素官能团的分子振动引起的红外发射示意图。(G) 降温木头性能的实时测量。

与天然木材相比，降温木材的机械强度提高了约 8.7 倍，韧性提高了 10.1 倍。更是超过了钢、铝、镁、钛四大合金。该团队使用木材这种可再生和可持续的生物材料，来实现辐射发射的方法，与以前的利用纳米光子谐振器的策略有所不同。马里兰大学的胡良兵教授表示：“这是我们研究组实现的木头和纤维素纳米技术的又一重大进步：降温木材仅由木材制成，也就是说，没有任何其他例如聚合物的成分，可以作为绿色建筑材料有效冷却您的房屋”。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-05-24

普通胶水成分可用于培养造血干细胞

(Long-term ex vivo haematopoietic-stem-cell expansion allows nanconditioned transplantation)

日本东京大学和美国斯坦福大学等机构研究人员设计出一种造血干细胞培养系统,使用高水平的促血小板生成素、低水平的干细胞因子等物质培养造血干细胞。与过去一些培养液成本高昂不同,他们的培养液中使用聚乙烯醇就能有不错效果。研究成果发表在《Nature》上。

造血干细胞能分化成血液中的白细胞和红细胞,可用于治疗白血病等疾病。但是过去在实验室中培养造血干细胞的尝试面临效果不好、成本高昂等问题,导致临床上治疗白血病多依赖骨髓移植等方式。

一项最新国际研究发现,普通胶水中含有的聚乙烯醇(PVA)可以用于造血干细胞的培养液,在此基础上有望大幅降低造血干细胞的培养成本,帮助治疗白血病等疾病。聚乙烯醇是一些常见胶水中的主要成分。据日本媒体报道,日本研究人员尝试过用在便利店就能买到的普通胶水进行实验,发现用于培养造血干细胞也有一定效果。这让研究人员感到“吃惊”。

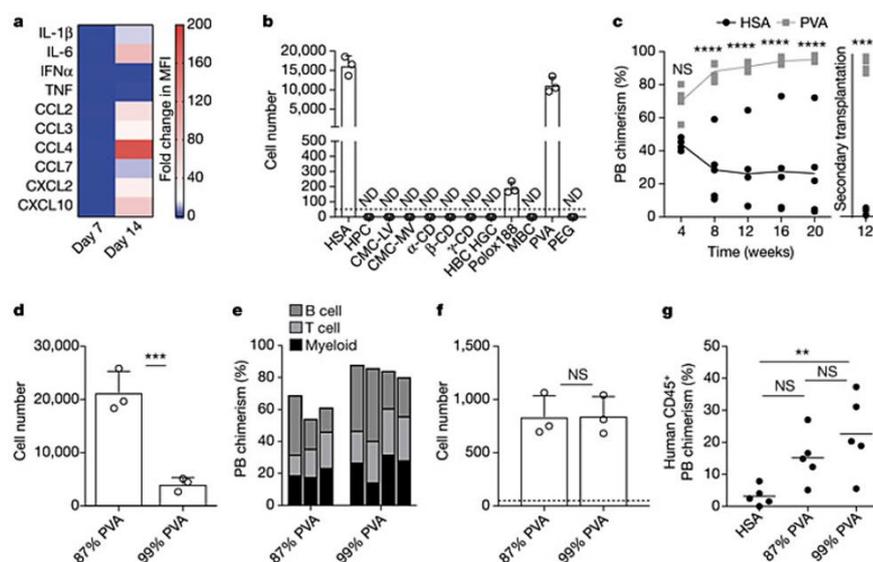


图1 聚乙烯醇可代替血清用于造血干细胞培养

研究人员说,使用了聚乙烯醇的这套培养系统可让取自实验鼠的造血干细胞增殖数百倍,将所得的造血干细胞移植到实验鼠体内后,也有效分化出了白细胞等细胞。

—摘编自高分子科学前沿公众号 2019-06-12

科学家首次造出超离子态水冰

(Low - interfacial toughness materials for effective large-scale deicing)

近期，美国 Lawrence Livermore 国家实验室的物理学家 Marius Millot 和 Federica Coppari 使用激光驱动的冲击波同时压缩和加热液态水至 100-420GPa 和 2000-3000 摄氏度，首次在实验室中造出了超离子态水冰。纳秒级的原位 X-射线衍射表明该状态下水在几纳秒内固化为纳米级的冰粒，从体心立方的冰相转变为面心立方的超离子态水冰相。其研究成果发表在《Nature》上。

超离子态水冰，是水在极端高温高压下存在的一种相形态。该状态下，水分子分裂为氧离子和氢离子，氧离子致密堆积形成均匀固定的晶格，氢离子在晶格中如导体中的电子般自由流动。计算机仿真模拟表明，超离子态水冰具有金属般电导率，熔点高达几千摄氏度。尽管有关存在超离子态水冰的设想早在 30 年前就已被提出，但直到近期才被科学家实验验证。

由于超离子态水冰的存在需要高于地球自然界中可见压力的一百万倍 (100Gpa)，因此一直难以被实验验证。

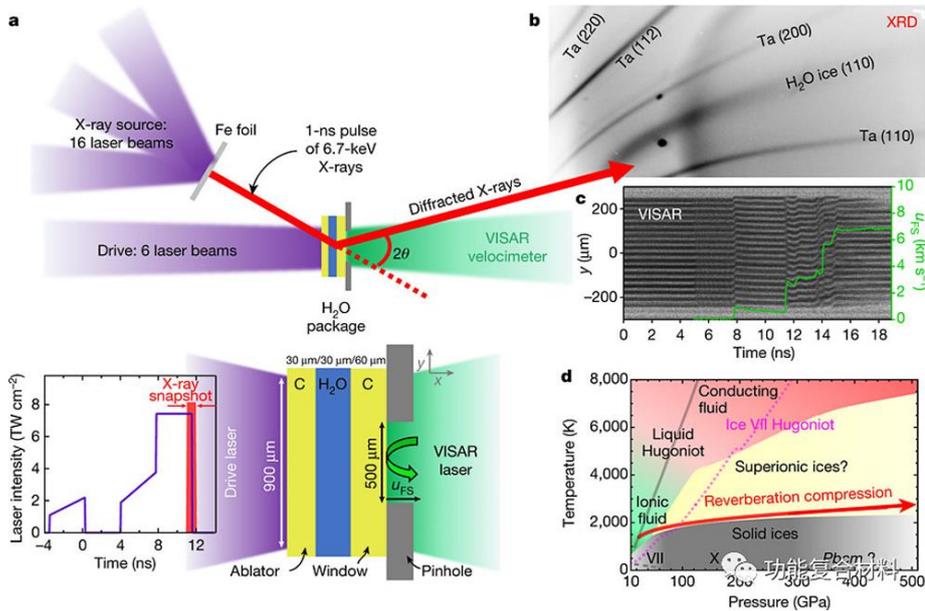


图 1: 原位 X-射线衍射表明水在几纳秒内固化为纳米级的冰粒

由于天王星和海王星内部的温度和压力与该实验条件类似，因此超离子态水冰的发现也验证了其在天王星和海王星内部大量存在的猜想。可能正是因为超离子态水冰的存在，导致了天王星和海王星的磁场偏离中心的不同寻常磁场偏离现象。

—摘编自高分子科学前沿公众号 2019-06-13

成功制备新颖二维材料

(Freestanding crystalline oxide perovskites down to the monolayer limit)

近日，南京大学的聂越峰教授课题组采用分子束外延技术对非层状结构的氧化物钙钛矿材料进行单原子层精度的生长与转移，结合王鹏教授课题组的透射电子显微镜的结构分析，成功制备出基于氧化物钙钛矿体系的新颖二维材料。由于氧化物钙钛矿体系具有优异的电子特性，该成果开启了一扇通往具有丰富强关联二维量子现象的大门。6月6日该成果发表在《Nature》上。

聂越峰教授课题组采用了一种叫分子束外延的薄膜生长技术来制备氧化物钙钛矿二维材料。通过改进原位监控技术与采用高精度的逐层生长方法，成功实现了超薄氧化物钙钛矿薄膜的制备与转移的突破，获得原子层厚度的高质量氧化物钙钛矿二维材料。王鹏教授课题组利用多种先进球差校正透射电子显微镜结构分析技术实现了二维极限下电镜样品制备、层数标定和精细晶体结构表征，直接观测到钙钛矿 BiFeO_3 薄膜在二维极限下出现若干新颖现象。这样重大突破性工作的实现得益于先进的分子束外延薄膜生长技术与亚原子分辨电子显微分析技术的有机结合及研究人员之间的密切合作。

高分辨电子显微镜技术在钙钛矿氧化物二维材料的发现过程中发挥了重要作用，这大大得益于最近十年来球差校正技术和先进表征方法的飞速发展，在微观尺度上该二维材料中将有更多有趣和新颖的物理现象等待我们探索和发现。

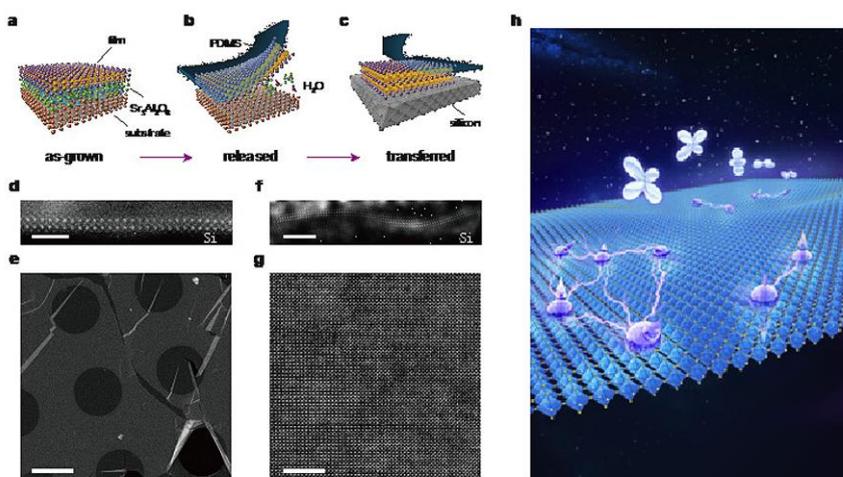


图 1 (a-c) 氧化物钙钛矿二维薄膜的制备与转移示意图；(d-g) 不同晶向亚原子分辨结构表征；(h) 氧化物钙钛矿二维材料中的丰富强关联二维量子态展望

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-06-12

评述相变存储材料液-液转变机制

(Catching structural transitions in liquids)

6月14日，深圳大学材料学院饶峰特聘教授在国际顶尖期刊《Science》发表论文，评述相变存储材料的液-液转变机制。

相变随机动态存储器（Phase-change random-access memory, PCRAM）是最具潜力的新一代非易失性存储器，在革新现有冯诺依曼计算体系架构、实现人工智能神经元计算方面已成为业界、学界的研究热点。PCRAM最显著的特性在于高操作速度且数据非易失性：高温（600-700 K）下，相变存储材料可实现纳秒乃至亚纳秒级高速晶化；而在室温（300 K）下，非晶态数据可实现十年以上的稳定保持。

通过采用飞秒级同步辐射硬 X 射线衍射技术，Zalden 等人发现 AgInSbTe、Ge₁₅Sb₈₅ 两种典型的相变材料的过冷液相中存在一种结构转变（Liquid-liquid phase transition, LLPT），即短程序上存在 Peierls distortion 增大（原立方晶格八面体中六个较均一的化学键分裂为三长三短键），以及中程序上的相对应的化学键的长短调制。

过冷液相在淬火过程中，经历此 LLPT 后，原子间电子局域化程度增强，致使液相体系更加粘滞（原子迁移受阻）：即 LLPT 之前高温的脆性（fragile）液相转变为 LLPT 之后低温的刚性（strong）液相，证实此 LLPT 正是过冷液相动力学转变的结构诱因，发生了 Fragile-to-strong crossover。

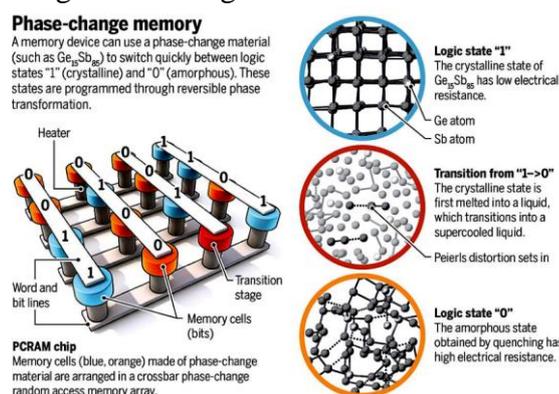


图 1 相变随机动态存储器中的过冷液相结构转变

这一发现揭示了相变存储材料高温高速晶化且低温数据非易失特性的物理本质，为设计性能更为优良的新型相变材料提供了强大的实验检验武器；有助于加快发展基于 PCRAM 的高性能通用型存储器与类脑神经元计算器件。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-06-18

纳米孔过滤薄膜领域重要进展

(Large-area graphene-nanomesh/carbon-nanotube hybrid membranes for ionic and molecular nanofiltration)

6月14日,《Science》在线发表了武汉大学化学与分子科学学院在纳米孔过滤薄膜领域的最新研究成果。

单原子层厚的纳米多孔二维材料是构建超薄、高效分离膜的理想材料。然而,将原子层厚的二维材料应用于实际分离研究面临着两方面的难题:一是如何制备具有优异机械强度和柔性的大面积无裂缝纳米孔二维薄膜;二是如何在薄膜内部引入高密度均一孔径分布的亚纳米孔,实现水分子的高效选择性通过和溶质分子的有效截留。

这项研究首次报道了一种具有优异机械性能的大面积石墨烯纳米筛/碳纳米管薄膜,具有高的水渗透率、离子和分子截留率以及优异的抗污染性能。此项研究克服了二维材料在实际分离领域的局限性,是将二维材料推向实际分离应用的关键一步,代表了二维材料和碳纳米材料分离薄膜发展过程中的里程碑式突破。

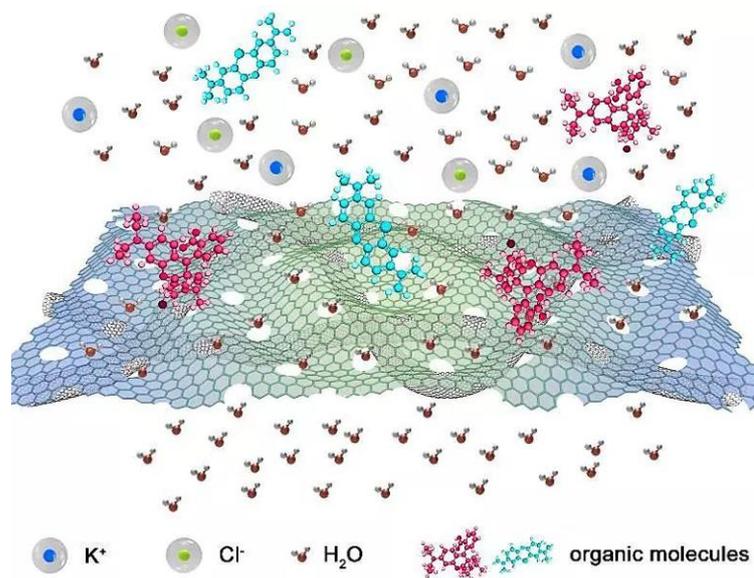


图1 石墨烯纳米筛/碳纳米管纳滤膜选择性分离示意图

第一署名单位为武汉大学,武汉大学化学与分子科学学院2014级博士生杨雁冰和2015级硕士生杨向东为共同第一作者,武汉大学化学与分子科学学院袁荃教授、加州大学洛杉矶分校段镶锋教授为通讯作者。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-06-18

综述：石墨烯制备决定产业化未来

(Synthesis Challenges for Graphene Industry)

最近，北京大学刘忠范课题组和彭海琳课题组应邀在国际著名刊物《Nature Materials》上发表综述文章，从石墨烯产业化的现状和存在的问题等方面进行了深入的探讨分析，并提出了“标号”石墨烯的概念和石墨烯未来可能的“杀手铜”级应用。

过去的十几年石墨烯研究和产业化进步飞速，然而石墨烯产业化仍然面临诸多挑战和问题。面向石墨烯产业化应用的制备技术不是对实验室制备过程的简单放大，规模化制备对制备技术的可重复性、安全性和成本等都提出了更高的要求。尽管从产能上看石墨烯的粉体和薄膜均实现了宏量化制备。然而，石墨烯产品的生长工艺、原材料、设备甚至生产批次的不同，得到的产品质量和性能参差不齐，且很难达到统一的标准。

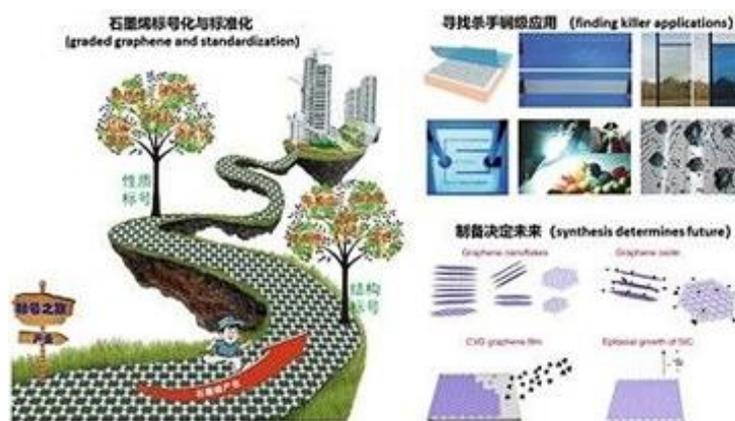


图 1 石墨烯的标准化与杀手铜级应用

文章指出，石墨烯市场亟需标准化。石墨烯标号规则应涉及石墨烯的基本结构（晶畴尺寸、层数、平整度、纯度、掺杂度等）和内禀性质（迁移率、电导率、透光率、功函数、热导率等）等。材料制备和应用探索的努力方向是材料的一体化。即石墨烯与其他材料复合，利用石墨烯的附加功能，实现功能的一体化，这也是通向石墨烯“杀手铜”级应用的途径之一。从石墨烯的发现至今才十多年，这说明石墨烯还有很多可以提升和努力的空间，也告诉我们石墨烯的产业化不是一朝一夕可以实现的。制备决定未来，只有在石墨烯制备上不断精进，我们才会迎来石墨烯产业的朝阳时代。

—摘编自材料科学与工程前沿公众号 2019-06-10

快响应长寿命氢检测材料获突破

(Metal-polymer hybrid nanomaterials for plasmonic ultrafast hydrogen detection)

近期，瑞典查尔姆斯理工大学的 Christoph Langhammer 教授课题组将钯-金合金等的离子体纳米离子信号传感器和可调节的聚合物薄膜层相结合，利用其通用和协同作用获得新型光学传感器。他们通过设计金属-聚合物的界面来降低的活化能，调控纳米粒子的表面积，即可满足 1 秒的室温响应时间的目标。与此同时，滞后行为被抑制，传感器检测极限显著增强，即使在苛刻的化学环境中，也可以保持长达 4 个月的使用寿命。研究发表在《Nature Materials》上。

此突破是通过结合两个关键效应来实现的：

一是通过形成**聚合物-金属表面键**降低表面到次表面（surface-to-subsurface）的**氢扩散活化能垒**；

二是**调整比表面积**以克服传感器在**氢化和去氢化期间的固有响应时间限时**。

从更广泛的角度来看，此工作为下一代光学气体传感器打开了大门。以混合材料为核心概念，将可调控等离子体信号传感器与多种选择性膜材料相结合，并通过设计材料组分的尺寸和界面实现灵敏度，选择性，失活抗性和响应时间的优化，以满足对先进传感器技术不断增长的需求。

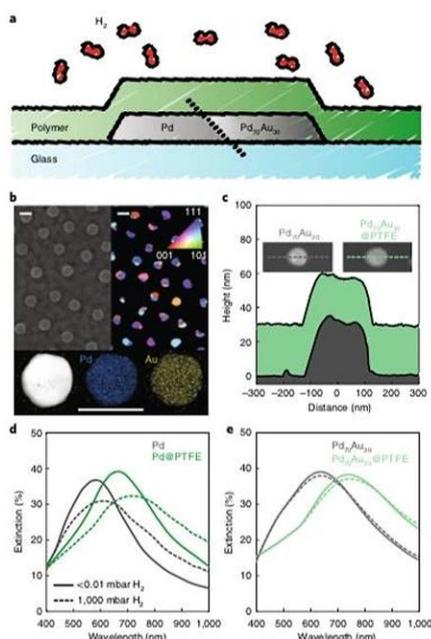


图 1 利用等离子体金属-聚合物杂化纳米材料的结构和表征

—摘编自高分子科学前沿公众号 2019-05-22

在活细胞内合成高分子

(Radical polymerization inside living cells)

最近，中国科学院深圳先进技术研究院耿晋使用具有生物相容性的丙烯酸和甲基丙烯酸单体，利用自由基聚合在活体细胞内直接生成大分子聚合物，为可以跟踪和控制细胞行为提供了一个崭新的开端，特别是，在研究中证明了自由基聚合反应可以在这种复杂的细胞环境中发生。相关结果发表在《Nature Chemistry》上。

能否通过传统的聚合方法在细胞内直接合成大分子聚合物一直都是一个疑问。其中一个主要的问题是在细胞内进行的聚合反应必须能够与复杂的细胞内环境相容，这其中含有许多生物分子和官能团，可能潜在地阻止或淬灭聚合反应。虽然已经有研究表明在微生物模型和人类细胞中证明了可以生物合成无机纳米材料和荧光量子点，但针对在细胞内直接合成高分子聚合物的研究还没有被提出，这对研究生物大分子对细胞的生物活性和新陈代谢的调控作用有着至关重要的作用。

研究者使用具有生物相容性的丙烯酸和甲基丙烯酸单体，利用自由基聚合在活体细胞内直接生成大分子聚合物，为可以跟踪和控制细胞行为提供了一个崭新的开端，特别是，在研究中证明了自由基聚合反应可以在这种复杂的细胞环境中发生。

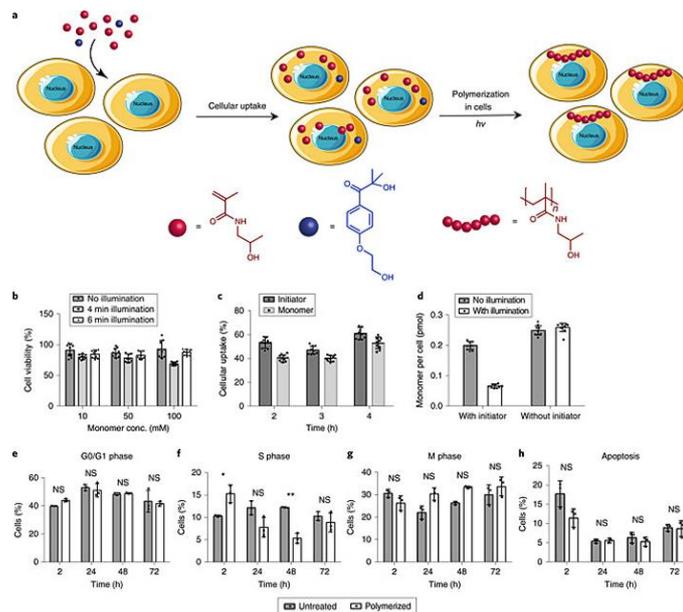


图 1 细胞内聚合示意图

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-05-25

高热膨胀系数、负泊松比的 MOFs 超材料

(Metal-organic framework based on hinged cube tessellation as transformable mechanical metamaterial)

韩国蔚山国家科学技术研究院的 SeungKyu Min 和 Wonyoung Choe 教授合作以卟啉为连接基团，与 Zn 基的二级构建单元组装得到一种具有高热膨胀系数和负泊松比的柔性 MOFs，其热膨胀系数在 173K 时达到 $338 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ ，高于报道过的其他 MOFs 材料。

材料这种铰链结构是负泊松比的关键。三维框架模型展示了这些立方体结构的旋转过程（图 1），它们的旋转会造成材料整体各向异性的增强。在 x 轴方向施加一个单向轴力，晶格参数 a、b 增加，Zn-O-Zn 键角增加，作者对晶格参数进行计算和优化，晶格变化只有 0.24%，优化后的结构为含有两个部分（A 和 B）的体心四方体结构，A 和 B 都呈现简单的四方体晶格结构，且 A 和 B 部分的相对原子位置不会发生很大的变化，使得材料受单向轴力时，与力垂直方向上体积膨胀。通过计算得到的材料的泊松比接近理论值-1。x(y)方向和 z 方向的杨氏模量分别为 1.156 和 17.123GPa，剪切模量分别为 1.943 和 2.823 GPa。

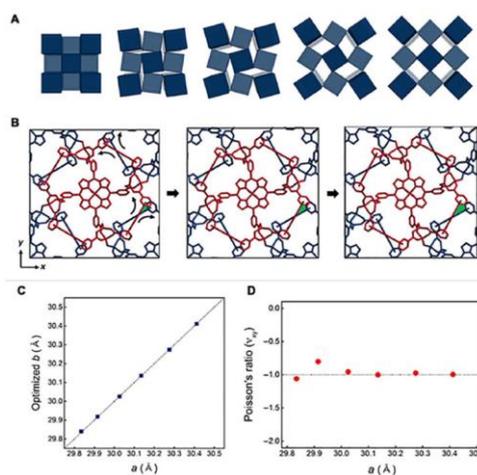


图 1 UPF-1 的泊松比。(A) 基于立方体镶嵌的旋转机理示意图；(B) 沿 x(或 y)方向施加单向轴应力后对 UPF-1 运动的模拟；(C) 针对不同晶格参数（a 值）的 b 值的优化值；(D) 不同晶胞参数下计算得到的泊松比接近-1。

而且作者提出的这种旋转机理具有尺寸依赖性，在 MOFs 材料中，原子级别的运动可以制备高度可预测的具有负泊松比的材料。作者也强调，这是首次制备的集高热膨胀系数和负泊松比于一体的 MOFs 材料。

—摘编自高分子科学前沿公众号 2019-05-27

二维极限下巨各向异性电阻效应

(Gate tunable giant anisotropic resistance in ultra-thin GaTe)

中国科学院金属研究所沈阳材料科学国家研究中心研究人员与国内多家单位合作，发现了二维极限下层状半导体材料碲化镓(GaTe)面内电导率的巨各向异性，并实现了在门电压调控下电学各向异性几个数量级的变化，最后进行了相关原型器件的演示。该项研究工作于5月24日在《Nature Communications》杂志在线发表。

研究团队采用惰性气氛下原子层厚度的垂直组装技术，将厚度范围在4.8-20nm的少数层GaTe封装于两层氮化硼(h-BN)之中。通过微纳米加工手段制备得到场效应器件，并进行系统的电学测量。实验结果表明，室温下空穴掺杂的少数层GaTe电导率呈现出随方向变化的椭圆振荡行为，也即存在与已报道的SnSe、GeP等体系相似的电导率各向异性(比值在10以内)。研究人员通过门电压调控，将GaTe的费米面从空穴掺杂调节至价带边时，x方向电导率得到极大抑制，上述电导率各向异性的比值能够从10倍飙升至5000倍，远超目前报道的具有面内电学各向异性的其他体系。

研究团队对该体系做了系统的第一性原理计算和量子输运特性模拟，计算和模拟结果与实验结果定性吻合。计算结果表明，该体系中低对称性的晶体结构导致了两能带色散的各向异性：在接近价带顶处，随方向变化的载流子其有效质量最大值和最小值之间存在一个数量级的差异。

同时，电声耦合形变势在晶格方向上也存在和有效质量一致的明显差异。这种载流子有效质量和电声耦合形变势的差异性正是GaTe巨各向异性电导率的原因。量子输运模拟结果表明，在特定方向上，载流子透射率展现出非同寻常的门电压调控敏感性，电导率各向异性比值随门电压变化产生数量级的巨大变化，呈现出与实验一致的调控趋势。

基于上述发现，研究团队在该体系中引入了石墨浮栅，构建了全范德华组装的各向异性GaTe浮栅存储纳米器件，并演示了该器件中优异的存储器性能。通过一次门电压擦写，在该浮栅操控的原型存储器件中可同时实现x和y方向(两者方向垂直)两组信息存储。

二维极限GaTe纳米电子器件展示出了门电压可调的、面内巨各向异性电阻效应，为实现新型各向异性逻辑运算及存储单元提供了可能。

—摘编自高分子科学前沿公众号 2019-05-27

单组分有机太阳能电池能量转换效率新纪录

(Thermal-Driven Phase Separation of Double-Cable Polymers Enables Efficient Single-Component Organic Solar Cells)

针对单组分有机太阳能电池中共轭材料种类少、凝聚态结构调控困难、能量转换效率低等问题,中国科学院化学研究所/北京化工大学教授李韦伟联合德国纽伦堡大学、香港科技大学等机构研究人员最近取得新的突破。他们合成了一种新型双缆共轭聚合物,作为吸光层应用于单组分有机太阳能电池中,获得了 6.3% 的能量转换效率,这是目前单组分有机太阳能电池的最高效率。相关结果发表于《Joule》。

单组分有机太阳能电池与传统多组分本体异质结电池相比,其活性层只含一种组分,从而极大提高器件稳定性与简化器件制备工艺。而且,基于双缆共轭聚合物的单组分有机太阳能电池,由于给、受体通过化学键“绑定”,活动受限,其形貌稳定性已被证实优于对应的本体异质结电池。同时,在双缆型共轭聚合物中,给、受体界面以分子尺度均匀分布,利于激子在有限的寿命内扩散到界面。因此,基于双缆型共轭聚合物的单组分太阳能电池具备大规模工业化应用潜力。

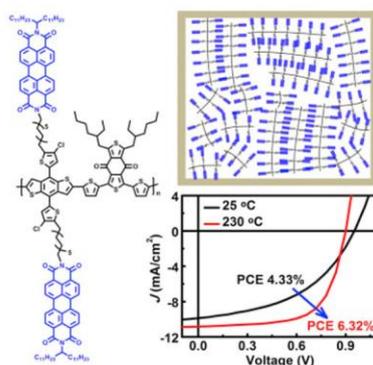


图 1 双缆共轭聚合物的结构与表征

研究人员将苯并二噻吩二酮引入共轭主链合成了第四系列双缆共轭聚合物,并发现该聚合物在薄膜中的相分离形貌对温度敏感,随着退火温度升高,聚合物的给体主链及受体侧链的堆积逐渐变得有序,而相关太阳能电池获得了 6.3% 的光电转换效率。他们还系统研究了该电池在工作中的诸多机制问题,同时发现其在连续 1 个太阳光强度照射 300 个小时后仍能保持 93% 的初始效率。

这一系列研究证明随着新材料的开发和光电转换机理研究的不断推进,单组分有机太阳能电池“老壶装新酒”,拥有巨大的研究价值与应用潜力。

—摘编自高分子科学前沿公众号 2019-06-10

发现硅损伤层新相变路径

(Deformation induced new pathways in silicon)

近日，大连理工机械工程学院教授张振宇带领博士生崔俊峰和刘冬冬设计并完成了硅的损伤层的透射电镜原位纳米压痕试验，发现了损伤层中的应力诱导新的相变路径，发表于国际顶级期刊《Nanoscale》并被选为当期的封面文章。

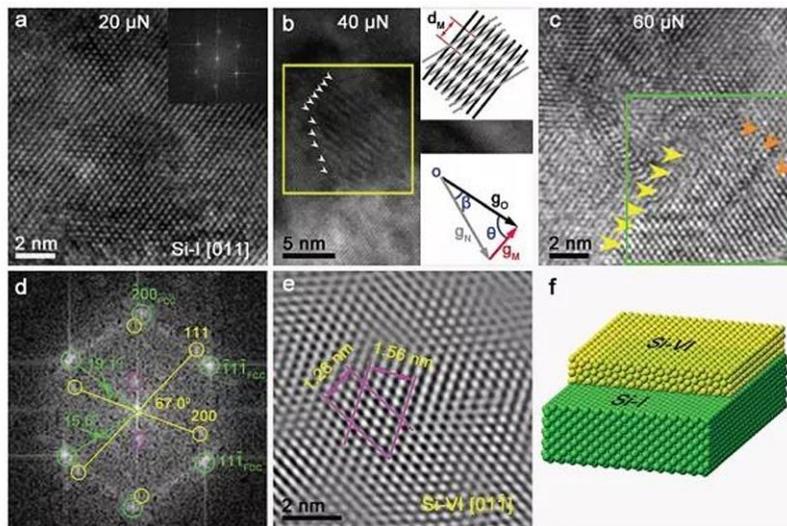


图 1 硅的损伤层中的 Si-I 到 Si-VI 的转变

研究纳米尺度应力诱导损伤起源及演变的动态过程对于研发新的超精密加工工艺与装备具有重要的理论及现实意义。课题组研发了刃口半径为 66 nm 的立方形金刚石刀具，加工了厚度为 80 nm 的楔形硅，用研发的金刚石刀具在加工的楔形硅上进行了透射电镜原位动态纳米压痕试验，发现了硅的损伤层在应力诱导下出现了纳米孪晶、滑移带和交叉的层错，填补了磨粒加工和透射电镜原位纳米力学之间的偏差。通过透射电镜原位原子尺度测试和表征，发现了硅的损伤层中的 Si-I 到 Si-VI 的转变，这是一种新的损伤层应力诱导相变转化路径，以前没有被报道过。用第一性原理模拟揭示了 Si-I 到 Si-VI 的相变转化路径。在压缩和旋转的应力作用下，Si-I 完成了到 Si-VI 的转变，每个原子的平均势能增加了 1.21 eV，平均作用力是 2.444 nN。

在阐述模型时，四面体到八面体是在损伤层中通过应力实现的，四面体需要四个点，为了更突出四面体，用 5 个宝葫芦来体现四面体。四面体变成八面体经过了巨变，受力后变成了 Si-VI 八面体，这样更能抵御力了。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-06-10

有机电极材料电化学反应机理重要进展

(High-Efficiency Cryo-Thermocells Assembled with Anisotropic Holey Graphene Aerogel Electrodes and a Eutectic Redox Electrolyte)

近日，南方科技大学材料科学与工程系教授卢周广课题组在有机电极材料的电化学反应机理研究中取得重要进展，相关成果在化学领域顶尖期刊《Journal of the American Chemical Society》在线发表。

研究团队设计和成功制备了基于 β -酮胺基元、具有二维刚性结构的共轭共价有机框架(COFs)电极材料，用作钠离子电池负极材料，合成路线和分子结构。起初合成的基于 β -酮胺单元的 COFs 电极材料容量不高，循环稳定性也不理想。通过大量文献调研和讨论，推测 α -C 自由基失活的主要原因是自由基中间体发生了分子间反应，导致自由基位点失活，电池容量衰减，稳定性降低。通过对 COFs 电极材料充放电过程中自由基的生成和演化机制的系统研究，团队验证了这个猜想。

课题组设计合成了不同厚度的二维共价有机框架(2D COFs)材料，将这些材料作为钠离子电池负极材料测试其电化学性能。测试结果表明，这些材料的充放电容量与其厚度变化呈现出相反的趋势，并且其稳定性呈现出有规律的变化趋势，这些材料厚度由高到低达到稳定可逆容量的循环次数依次减少。研究结果表明，通过减少二维电极材料的厚度，可以系统性地同步提高其容量和循环稳定性。此研究为调控有机自由基电极材料的反应活性和稳定性提供了新的思路，为优化有机电极材料的性能提供了重要参考。

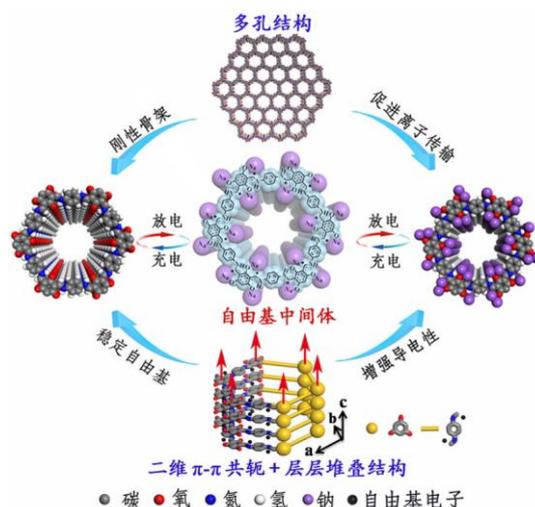


图 1 共价有机框架材料的晶体结构以及作为电极材料的突出优点

—摘编自高分子科学前沿公众号 2019-06-09

锂金属电池负极界面改性系列进展

中国科学院上海硅酸盐研究所李驰麟研究员团队锂金属电池负极界面改性取得一系列进展，相关研究成果分别发表在《Advanced Functional Materials》、《ACS Appl. Mater. Interfaces》、《ACS Appl. Energy Mater.》等杂志上。

金属锂具有极高的理论比容量与极低的氧化还原电位，有望成为下一代负极材料。当其与转换反应型硫基和氟基正极匹配时，有望得到能量密度高达 500- 900 Wh kg⁻¹ 的锂金属电池(LMBs)。然而，负极端锂枝晶的生长蔓延容易导致锂金属电池循环稳定性变差，且具有电池短路的安全风险；挤压出来的锂枝晶也有可能破坏固态电解质界面 (SEI) 层或形成“死锂”，随着锂金属负极比表面积和孔隙率的增加，电解液的消耗加剧，同时 SEI 累积变厚而造成电极钝化。这些不利因素会导致电池阻抗和过电势增加，引起库仑效率(CE)的下降和波动，严重限制了锂金属电池的发展。通过添加低含量电解液添加剂来调节 SEI 组分，是一种简单有效的增强 SEI 膜、改善负极界面从而延缓锂枝晶生长的策略，而 SEI 的增强效果取决于添加剂与还原性 Li 表面的降解反应过程。

针对单一无机成分的 SEI 层柔韧性较差以及现有有机无机杂化 SEI 层的构建操作复杂的难题，中国科学院上海硅酸盐研究所李驰麟研究员团队提出了一种简便有效的界面原位催化嫁接策略，实现了锂金属电池负极的高效稳定和枝晶抑制。相关研究发表在 Wiley 旗下著名刊物 *Advanced Functional Materials* 上 (2019, 1902220, DOI:10.1002/adfm.201902220)。

在该工作中，研究团队通过将 -OCH₃ 基团封端的液体聚二甲基硅氧烷 (PDMS-OCH₃) 作为可嫁接添加剂，通过电势和电场作用实现其在锂金属表面的“接枝”和“碎片”反应。锂金属表面天然存在的 Li₂O 和 LiOH 薄层“皮肤”，在电荷转移作用下，可催化激活 PDMS-OCH₃ 的解离反应，破碎后的大分子可嫁接到锂金属表面，同时更小的分子可密化成无机的 Li_xSiO_y 快离子导体。这样的有机-无机杂化界面相 (即接枝 SEI) 在电化学过程中被注入的高浓度 LiF 进一步增强。LiF 和 Li_xSiO_y 的硬无机成分组合可提供快离子通道和界面，实现离子流的均化效应，起到阻碍锂枝晶生长的屏障作用；而软的 PDMS 分支则可增强整个 SEI 的柔韧性和缓冲效果。将液体的 PDMS-OCH₃ 作为碳酸酯体系的添加剂，其嫁接保护下的负极可赋予 Li|Li 对称电池长达 1800 h 的稳定循环，同时实现 25 mV 左右的小电位极化。Li|Cu 非对称电池在大电流密度和高容量的条件下仍可实现高达

97%的库伦效率。在锂金属致密化和 SEI 稳定化方面，液态 PDMS 添加剂具有比其他嫁接能力弱的固体硅氧烷添加剂更显著的优势。

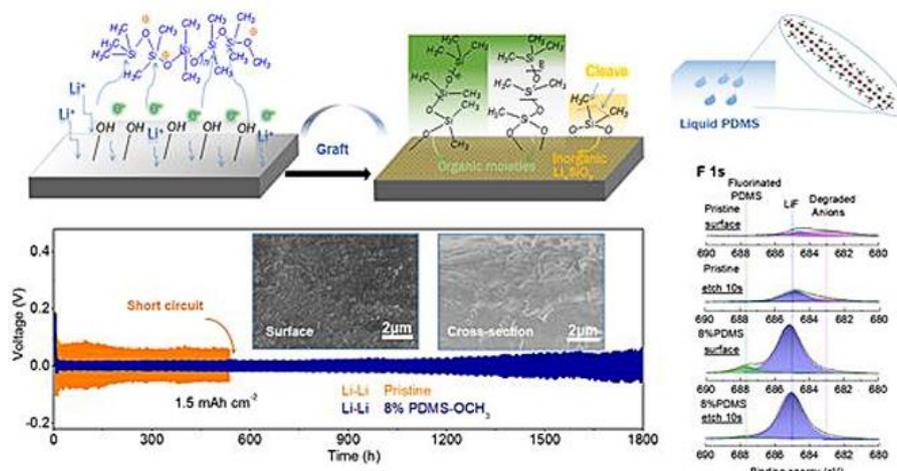


图 1 液态聚二甲基硅氧烷的界面原位催化嫁接以实现无枝晶的锂电镀和高可逆的锂金属电池

近期，李驰麟研究员团队针对锂金属电池负极界面改性研究已取得系列进展，特别提出了功能添加/填充剂和保形包覆手段来设计稳定的人工 SEI 层，如率先提出二维碳氮聚合物 (C₃N₄) 增强电解质抑制锂枝晶生长的策略 (*ACS Appl. Mater. Interfaces* 2017, 9, 11615)，提出多孔镁金属网络原位镀层以稳定锂负极可逆循环的手段 (*ACS Appl. Mater. Interfaces* 2018, 10, 12678)，率先提出一类富锂氟基开框架固态电解质高离子导电率的实现途径及其对锂离子流的均化效应 (*Energy Storage Mater.* 2018, 14, 100; *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2018, 10, 34322)，提出金属有机框架 (MOF) 固体添加剂触发高浓度 LiF 原位注入 Zr-O-C 基 SEI 的复合增强策略 (*ACS Appl. Mater. Interfaces* 2019, 11, 3869)，提出丝胶蛋白保形包覆实现空气稳定锂金属负极和高倍率 Li-S 电池的方法 (*J. Power Sources* 2019, 419, 72)，提出可诱导锂金属保形共轴沉积的合金三维骨架构筑 (*ACS Appl. Energy Mater.* 2019, DOI: 10.1021/acsaem.9b00573)。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-06-11

仿北极熊毛发的隔热气凝胶

(Biomimetic Carbon Tube Aerogel Enables Super-Elasticity and Thermal Insulation)

中国科学技术大学教授俞书宏领导的研究团队受北极熊毛发中空结构的启发，发展了一种人工合成类北极熊毛的中空碳管气凝胶（CTA）的方法，该碳管气凝胶表现出超弹性和低的热导率。相关研究成果于6月6日发表在《化学》上。

大自然历经了亿万年的发展和进化，其丰富的结构与种类值得人们去学习和借鉴。该团队利用一维纳米线作为模板，通过模板法制备宏观尺度的碳管气凝胶。由于其独特的微观结构，使该气凝胶材料表现出优异的**轻质、隔热、疏水和机械性能**。其密度最低可达到 8 kg/m^3 ，低于绝大多数已报道的隔热材料；它的接触角为 146° ，在 56% 的相对湿度下放置 120 天，仍然能保持热导率基本不变；具有很好的隔热性能，其最低热导率仅为 $23 \text{ mW m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ，低于干燥空气的热导率。

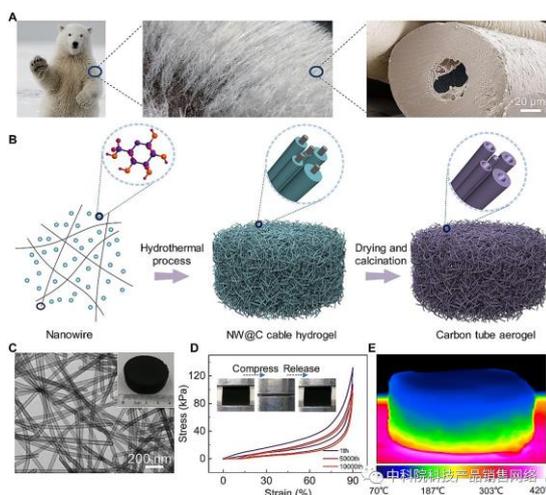


图 1 通过模板法制备碳管气凝胶及其表征结果

该碳管气凝胶具有宏观尺度的三维网络结构，因而具有超弹性，当自由落体的小钢球落在碳管气凝胶的表面时，高回弹速度 (1434 mm s^{-1})，即使在 30% 应变下压缩一百万次或者 90% 应变下压缩一万次，碳管气凝胶仍然保持结构完整。研究人员还探究了其作为压阻式传感器的相关性质，在 30% 应变下压缩一万次以后，它的相对电阻值基本不变。

这种受北极熊毛发中空结构启发设计合成的新型碳管气凝胶有望可满足极端条件下对高性能材料的需求，例如航天航空领域中应用的轻质隔热保温材料、弹性体材料等。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-06-12

把羊毛角蛋白做成光刻胶

(Using Wool Keratin as a Basic Resist Material to Fabricate Precise Protein Patterns)

近日，厦门大学物理科学与技术学院林友辉副教授、刘向阳教授通过简单的生物化学修饰赋予了羊毛角蛋白的光敏特性，成功开发了新型羊毛角蛋白水基光刻胶，并用于构筑高精度角蛋白微图案，研究成果发表于《Advanced Materials》。

在没有显著改变蛋白质结构和功能的前提下，将羊毛角蛋白侧基与光反应性试剂甲基丙烯酸异氰基乙酯共价反应，接枝后所得的羊毛角蛋白可以在少量光引发剂和紫外光作用下发生化学交联反应，形成稳定空间网络结构。结合传统光刻技术，研究人员成功制备出各种图形的高精度蛋白质微结构。在整个光刻工艺中不需要使用有毒、昂贵的溶剂和显影剂，也不需要复杂的光刻步骤、严苛的操作条件和昂贵的设备。

该团队通过一系列细胞毒性实验和免疫原性实验证明所制备的角蛋白高精度微图案绿色无毒，安全环保。此外，无需复杂的功能化修饰步骤，通过简单与纳米颗粒，荧光染料、天然酶或其它掺杂剂共混，便可得到各种功能化羊毛角蛋白光刻胶。

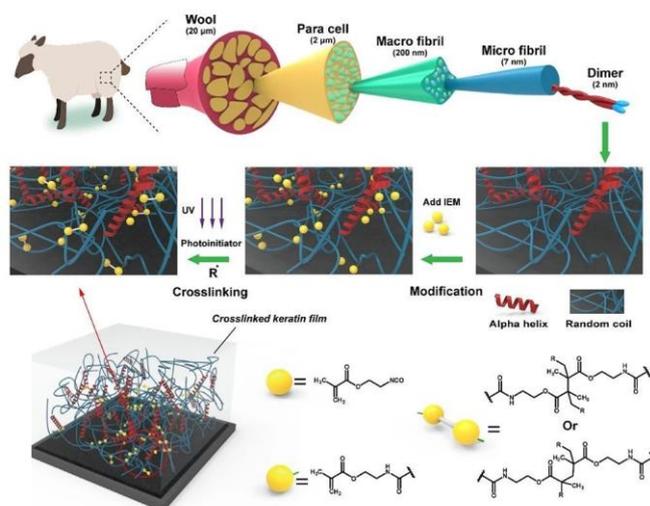


图 1 羊毛角蛋白侧基与光反应性试剂甲基丙烯酸异氰基乙酯共价反应制备光刻胶

最后，研究人员还验证了角蛋白微图案在不同场景下的潜在应用。羊毛角蛋白光刻胶所制备的生物图案在组织工程，药物科学和光电子器件等方面存在极大的应用前景

—摘编自高分子科学前沿公众号 2019-05-29

新型高抗生物污染仿生材料

(Trimethylamine N-oxide-derived zwitterionic polymers: A new class of ultralow fouling bioinspired materials)

华盛顿大学江绍毅团队通过研究天然存在的两性离子分子，发现了存在于咸水鱼中的小分子有机渗透物“三甲胺氮氧化物 (TMAO)”。受咸水鱼中 TMAO 的启发，该团队开发了一类基于三甲胺氮氧化物的两性离子聚合物 (PTMAO) 的新型高效抗生物污染的仿生材料。相关成果发表于《Science Advances》。

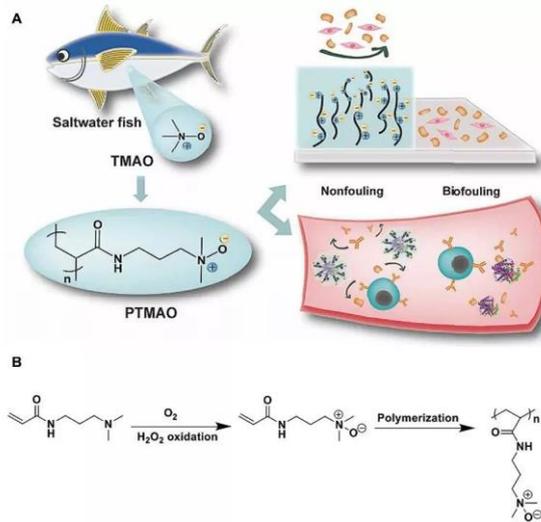


图 1 (A) 基于盐水鱼类中两性离子渗透物 (TMAO) 得到的两性离子聚合物 (PTMAO)。(B) TMAO 单体和聚合物的合成路线图。

该团队首先对 TMAO 聚合物在体外进行污染测试，结果表明 **PTMAO 对于纤维蛋白原的吸附量相对于聚丙烯 (PP) 下降了 97.6%**；PTMAO 相对于 PVA 而言对于补体 C5b-9 的影响较小；从细胞培养的结果来看，与 TCPS 相比，PTMAO 在 3 天的细胞培养后其表面依然为洁净表面（每 100 μm² 少于两个细胞）。这些结果表明 PTMAO 具有**高抗生物污染的性质，有望用于医疗应用。**

然后对 TMAO 的最小免疫原性进行测试，5 周的测试结果表明 PEG 接枝的钥孔血蓝蛋白(KLH, keyhole limpet hemocyanin), 能显著的引发 PEG 特异性抗体(IgM 平均滴度高于 4000, IgG 平均滴度高于 1000)，而 TMAO 对免疫识别几乎是不可见的，TMAO 接枝的 KLH 没有引起可检测的 TMAO 特异性抗体 (IgM 和 IgG 平均滴度低于 200)。说明 **TMAO 聚合物即使在极具挑战性的体内环境中也可以保持其优越的抗生物污染性。**

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-05-19

我国时速 600 公里高速磁浮试验样车下线

5月23日10时50分，我国时速600公里高速磁浮试验样车在青岛下线。这标志着我国在高速磁浮技术领域实现重大突破。高速磁浮列车可以填补航空与高铁客运之间的旅行速度空白，对于完善我国立体高速客运交通网具有重大的技术和经济意义。

该项目于2016年7月启动，由中国中车组织，中车四方股份公司具体实施，聚集国内高铁、磁浮领域优势资源，联合30余家企业、高校、科研院所组成“联合舰队”共同攻关。



图1 高速磁浮列车

作为一种新兴高速交通模式，高速磁浮具有**速度高、安全可靠、噪音低、震动小、载客量大、耐候准点、维护量少**等优点。

目前，我国高铁最高运营速度为350公里/小时，飞机巡航速度为800~900公里/小时，时速600公里的高速磁浮正好可以填补高铁和航空运输之间的速度空白。

作为目前可实现的、速度最快的地面交通工具，高速磁浮用于长途运输，可在大型枢纽城市之间或城市群与城市群之间形成高速“走廊”。按实际旅行时间计算，在1500公里运程范围内，高速磁浮是最快的交通方式。

同时，高速磁浮拥有“快起快停”的技术优点，能发挥出速度优势，也适用于中短途客运。可用于大城市市域通勤或连接城市群内的相邻城市，大幅提升城市通勤效率，促进城市群“一体化”、“同城化”发展。

高速磁浮采用“抱轨”的方式运行，列车没有脱轨风险。牵引供电系统布置在地面，采用分段供电，同一供电区间只能有一列车行驶，基本无追尾风险。与轮轨列车相比，磁浮列车没有传统的“车轮”，行驶时与轨道不发生接触，无轮轨摩擦，维护量也更少，具备全寿命周期成本优势。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-05-22

3D 打印用球形钛合金粉末制备取得进展

攀钢研究院钛金属技术研究所增材制造项目团队日前完成了氩气站的建设和雾化设备的匹配性调试工作。这标志着该院在 3D 打印用球形钛合金粉末制备技术攻关取得阶段性进展，为球形钛及钛合金粉末产业化生产奠定了基础。



图 1 以钛合金粉末为原料，采用 3D 打印技术制造的航空发动机用零部件

据悉，3D 打印用金属粉末材料包括钛合金、铝合金、青铜合金、镍合金等，钛合金粉末在金属零件 3D 打印产业链中是最重要的一环，也是最大的价值所在。电极感应气雾化法是目前世界上工业化生产钛合金粉末的主要方法之一，也是国内批量化工业生产 3D 激光打印用球形钛合金粉末的**唯一方法**。

气雾化的基本原理是用高速气流，将液态金属流破碎成小液滴并凝固成粉末的过程。其制备的粉末具有纯度高、氧含量低、粉末粒度可控、生产成本低以及球形度高等优点。2015 年，研究院钛金属技术研究所开始筹备建设 3D 打印用球形钛及钛合金粉末制备平台；2016 年完成了气雾化设备的基础配套和安装调试。

2017 年通过系统研究，对气雾化设备进行了初步改造，打通了气雾化制备球形钛及钛合金粉末工艺流程，得到了质量稳定的合格产品，整体技术及产品质量达到了国际先进水平；2018 年在激光打印用球形钛合金粉末制备方面取得突破，达到了世界顶级公司水平。

今年以来，研究院增材制造项目团队开始由实验室研究走向产业化生产攻关。在相继完成了氩气站建设和雾化设备的匹配性研究之后，项目团队正以市场为依托，逐步将实验室研究成果落地产业化，尽早摆脱我国在高端球形钛合金粉末领域受制于国外的被动局面。

—摘编自 材料科学与工程公众号 2019-06-03

我国开发出高强韧 7XXX 含钪铝合金

近日，郑州轻研合金科技有限公司采用半连续铸造成功制备出 800×200mm 的高强高韧 7XXX 系含钪铝合金大板锭，并通过多道次热轧、冷轧，制备出厚度 50~100mm 热轧板和 2~10mm 冷轧板产品。该产品的抗拉强度 530~730MPa，伸长率 12~16%，焊接性能优异，相较传统 7XXX 高强铝合金的性能有大幅度提升。



图 1 郑州轻研研发的含钪铝合金大板锭

目前，郑州轻研合金科技有限公司还在研究开发其它含钪的高性能铝合金，如 Al-Mg-Sc 系的 5B70 铝合金，其耐腐蚀性和焊接性能优异，抗拉强度比普通 Al-Mg 系 5083 合金高 30% 以上；Al-Cu-Li-Sc 系的 1460 铝合金，密度 2500kg/m³，抗拉强度 550MPa，屈服强度 490 MPa，在高强度铝合金中是密度最低的。

铝钪合金材料具有重量轻、强度大、塑性高、耐高温、耐腐蚀和焊接性好等优点，是继铝锂合金之后新一代航天、航空、舰船用轻质结构材料。俄罗斯、乌克兰、美国在含钪的铝合金研究与生产方面均取得了很大的成就，特别是俄罗斯，无论是在研究方面，还是在材料生产与应用方面均处在领军地位，现已开发出 5 个系列 40 多个牌号的工业含钪铝合金。

含钪铝合金在航空工业中可作为飞机的结构材料，俄罗斯已用于米格-20，米格-29，图-204 客机和雅克-36 直升机等的结构材料，还用挤压异形材作为安东诺夫运输机的机身纵梁材料；用含钪铝合金作为机身及机翼的蒙皮材料等，其可降低飞机重量，提高强度，从而增加了飞机运输量和飞机速度。此外，含钪铝合金还用作大型负载焊制的优良结构材料和其它结构件，在船舶、航天工业、火箭、导弹、核能等高新技术领域内具有很好的应用前景。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-06-02

宝钢股份突破一项激光焊接技术

日前，在德国举办的宝钢技术秀上，宝钢激光拼焊公司全球首次发布了铝硅镀层热成形钢焊接新技术。该技术创新了 1500 兆帕与 1500 兆帕铝硅镀层热成形钢间的焊接工艺和技术，可直接对带镀层钢板进行激光焊接，无需去除热成形钢的铝硅镀层，突破了相关专利技术的壁垒。

铝硅镀层热成形钢具有优良的抗高温氧化性，热冲压成形时钢板表面不受氧化，广泛应用于制造热成形零件，但镀层中高的成分进入焊缝后，使焊缝性能变差。目前使用的焊接方法是先采用激光消融或其他方法去除铝硅镀层，再进行焊接；消融-焊接方法增加了镀层消融工艺，设备投入成本上升；镀层消融速度低于焊接速度，使生产效率降低，生产成本增加；去除镀层中还产生了较多的粉尘，需要集中收集和处理，增加了生产辅助成本。

为了实现该技术的快速突破，宝钢股份海内外研究团队在已经实现 1500 兆帕+低强度热成型铝硅材料激光拼焊量产供应的基础上，继续在 1500 兆帕+1500 兆帕铝硅热成型材料激光拼焊上同时发力。位于德国的宝钢激光拼焊公司开展以批量生产稳定性为核心的材料、工艺和设备研究与开发；位于上海总部的宝钢股份中央研究院着重双新解决方案——新型焊丝+新焊接工艺开发。经过持续艰苦攻关，目前海内外研究均实现了工业化试验成功的目标。

宝钢股份中央研究院从 2017 年开始研究 1500 兆帕+1500 兆帕等强度铝硅镀层钢激光拼焊技术，经过探索成功开发出适于铝硅镀层板拼焊的新工艺和新技术，实现了双新解决方案的突破，使焊缝的微观组织结构及晶粒尺寸得到有效控制，该解决方案历经实验室、拼焊产线验证，焊接质量稳定可控，再现性好。

截至目前，宝钢激光拼焊公司在全球激光拼焊板市场占有率第一，一直引领世界激光拼焊产品和技术的发展。该公司在热成形钢焊接技术上不断创新，2014 年首次在市场推出 1500 兆帕+低强度热成型铝硅材料非消融激光拼焊技术和拼焊板产品。本次发布的 1500 兆帕+1500 兆帕铝硅镀层热成型材料激光拼焊新技术，是宝钢激光拼焊公司雅娜·冯·海德女士和她的团队历经 5 年多批次反复试验，对材料、工艺和设备进行了系统研究，最终形成的具有良好重现性的稳定工艺和方法。新的热成形拼焊技术更加绿色环保，更符合激光拼焊为促进汽车轻量化贡献解决方案的愿景和目标，将结合全球需求快速投入应用。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-06-15

教师教学发展指数“倒逼”高校更加重视教师 教学发展

2019年5月16日，中国高等教育博览会（2019·春）（简称“高博会”）新闻发布会在北京举行。“中国梦的实现，关键在人才，基础在教育，根本在教师”。2018年1月，新中国成立以来由党中央出台的第一个专门面向教师队伍建设的里程碑式政策文件《中共中央国务院关于全面深化新时代教师队伍建设改革的意见》发布；2019年2月，在《中国教育现代化2035》中将“建设高素质专业化创新型教师队伍”列为十大战略任务之一。说明教师发展得到了前所未有的重视。

中国高等教育学会副会长、教育部高教司原司长张大良，中国科学院院士、学会实验室管理工作分会理事长、北京大学程和平，教育部高等教育司二级巡视员、综合处处长吴爱华，中国高等教育学会副秘书长王小梅，中国高等教育学会副秘书长郝清杰，北京工业大学校长柳贡慧，福建省教育厅高教处处长张文东，学会工程教育专业委员会秘书长陆国栋，学会教学研究分会秘书长吴博，学会产教融合研究分会副理事长焦殿成，国药励展展览有限责任公司党委书记、副总经理英军出席新闻发布会，20余家新闻媒体参加此次新闻发布会。发布会由中国高等教育学会事业发展部主任吴英策主持。

会上，学会工程教育专业委员会秘书长陆国栋介绍了全国普通高校教师教学发展指数研究情况。

据介绍，2018年2月2日，项目组在北京推出了2012-2017年普通本科高校教师教学竞赛状态数据，2019年2月22日，项目组又在杭州推出了2012-2018年普通高校教师教学竞赛状态数据，包括本科和高职。

5月27日的教师发展与竞赛活动分论坛上，将预发布我国第一个普通本科院校教师教学发展指数，主要围绕“教师团队”“教改项目”“教材项目”“教学论文”“教学成果奖”“教师培训基地”六个维度和“教师教学竞赛”特别维度建模，简称“6+1”，目前收集有效数据364096条，几乎涵盖了所有本科高校。

教师教学发展指数有“1+6”即7个特点，第一个最大的特点是面向所有高校，是所有高校的俱乐部，预计不久的将来所有高校都将拥有自己的发展指数。目前的研发结果，前100所高校来自22个省市自治区，前300所高校则覆盖了31个省市自治区。另外的六个方面特点是：

第一， 高校涉及广。从研发结果来看，目前 97% 以上的本科院校已经进入指数覆盖范围。

第二， 涵盖时间长。指数所包含的项目最早可以追溯到 1989 年，时间跨度 30 年，充分关注高校教师教学发展的历史和积淀。

第三， 考虑因素多。指数从高校教师发展的平台、载体到成果，共设计了“6+1”即 7 个一级指标，38 个二级指标和 52 个三级指标，全方位展示高校教师教学发展生态。

第四， 信息采集全。通过申请教育部信息公开、档案馆查询、网站查询和长期积累等多种方式，共采集 36 万余条有效数据。

第五， 方法科学合理。在迭代拟合的思想下，采用层次分析法、德尔菲法确定指标权重。

第六， 模型公开透明。我们会公开全部模型和指标，并且为学校提供免费查询账号，学校可以查询本校近 30 年来的所有教师教学发展和竞赛数据。

可以看到，教师教学发展指数形成了对高校人才培养能力的一种理性审视视角，系国内首创，将有助于高校全面推进相关工作，加快提升教师教学发展水平。

陆国栋秘书长表示，教师教学发展指数形成了对高校人才培养能力的一种理性审视视角，系国内首创，通过大数据分析来表征我国高校教师教学发展现状和生态，以此“倒逼”高校更加重视教师教学发展。

—摘编自 中国教育在线 2019-05-16

镁合金材料的焊接技术

镁合金应用于汽车制造中，可满足汽车行业低排量、低油耗的发展需求。要想进一步推广镁合金在汽车领域的大量使用，需要对焊接技术进行更深一步的创新研究。

镁合金适用于很多焊接方法，如钨极氩弧焊、电子束焊、激光焊、搅拌摩擦焊、爆炸焊和电阻点焊。无论哪种焊接方法，镁合金焊接后的微观组织大多同时包含树枝晶和等轴晶。一种普遍接受的观点认为等轴晶的性能优于柱状晶或树枝晶，所以金属凝固组织中希望得到小尺寸的等轴晶，同时尽可能减小柱状晶/树枝晶的百分比。

1. 钨极氩弧焊 (TIG)

钨极氩弧焊 (TIG) 是目前镁合金最常用的一种焊接方法。由于镁合金容易氧化，TIG 电弧焊接镁合金通常利用交流电的阴极清理效应去除氧化膜，直流 TIG 焊接镁合金较少使用。然而与直流相比，交流 TIG 焊接的热输入较低，加之镁合金导热很快，焊缝熔深浅，使交流 TIG 焊接镁合金厚板存在一定问题。因此，焊接镁合金中厚板时需要采用多层多道焊或者双面施焊，增加了施焊难度，而且降低了生产效率。

镁合金氩弧焊存在的主要缺陷是气孔和疏松。在焊接过程中通过增加保护气体的流量可以显著减小气孔的数量、体积，并能减小焊缝中镁含量的损失，从而提高接头的力学性能。另外，对于气孔的防治，还可以通过焊接时尽量压低电弧 (2mm 左右)，以充分发挥电弧的阴极破碎作用并使熔池受到搅拌，从而使气体逸出熔池。

2. 激光焊

激光焊接镁合金是利用高能量密度的激光束作为热源进行焊接的一种高效精密加工方法，其研究主要集中在激光器的选择 (如 CO₂、diode、Nd: YAG 及 fiber 激光器)，激光功率、聚焦位置、焊接速度、熔深、保护气体种类和填充材料等方面。

采用 Nd: YAG 激光器和 CO₂ 激光器对 6 种铸造镁合金和 4 种挤压镁合金进行激光焊接性研究，结果发现对相同成份和不同成份的镁合金，厚度从 2~8mm，均可利用激光焊接，并可得到很窄的焊缝和很大的熔深。

激光焊接镁合金的缺陷主要为气孔、热影响区热裂纹及凝固裂纹。另外，镁合金对激光的反射率较大也是镁合金激光焊中需要注意的问题，这使激光焊接镁合金熔深较浅。相比而言，电子束焊接得到的熔深最大，且远超过激光焊接。

3. 电子束焊

电子束可以焊透 30mm 的镁合金板，熔化区的组织几乎都是 10mm 左右的等轴晶。电子束焊接可以避免很多焊接缺陷，如孔洞、咬边、根部凹陷及较宽的热影响区等。经过工艺优化，如调整聚焦位置到根部，优化焊接参数等，焊缝的极限抗拉强度可以达到母材 83%（有表面应力集中）和 96%（无应力集中）。

电子束焊接通常为真空焊接，金属气体的挥发对真空室的污染很大。研究发现非真空电子束非常适用于镁合金的焊接。AZ31 变形镁合金和 AM50A 以及 AZ91D 铸造镁合金在适当的焊接工艺下均可得到良好的接头。相对较高的能量密度可以允许焊接速度达到 15m/min，这样热输入较小，焊接效率高。通过填丝可以得到无疏松、缩孔和气孔等缺陷的焊缝，接头的静载荷可以与母材相当，接头的抗腐蚀性能甚至好于母材。高速、高效且可以实现高自动化的非真空电子束焊接为镁合金的大面积应用提供了新的途径。

4. 电阻点焊

电阻点焊因其成本极低、工艺稳定成为汽车工业中最主要的焊接方法。镁合金导热率高、电阻值小，电阻点焊镁合金时需要在短时间内通很高的电流，使产热速率远大于散热速率。这个性能与铝合金性能相似，因此能够焊接铝合金的点焊设备也能够焊接镁合金。电焊机的成本与变压器次级线圈电流负荷成正比。相同板厚下，电阻点焊钢所需的电流远小于镁合金，因此镁合金的焊接设备昂贵。焊接电流、焊接时间及电极压力是电阻点焊镁合金最重要的三个参数。这三个参数能够有效控制熔核大小和接头强度。铝合金热导率和电导率都很高，所需焊接电流是钢的 2~3 倍。

镁合金的熔核生长分为 3 个阶段：孕育、长大和稳定。在第一个周波内熔核便完成孕育，接着开始长大。随着熔核长大，导电通道增加，电流密度降低；电极-板材接触面积增大，散热增加。这两点导致长大速率逐渐变缓。当产热和散热达到平衡，熔核趋于稳定。铝合金与镁相似，孕育时间很短，几乎在第一个周波就出现熔化；钢直到第 5 个周波才开始熔化，模拟结构说明，贴合面的接触电阻是造成这种差别的主要原因。温度沿径向分布的差异也是原因之一，其中钢较铝、镁平坦，因而铝、镁产热更为集中，有利于熔核的形成。

镁合金点焊接头通常分为 4 个区域：母材、热影响区、塑性环和熔核。热影响区有再结晶和晶粒长大发生。和铝合金类似，镁合金焊接热影响区也容易产生野花裂纹。塑性环在热影响区的贴合面处，是电阻点焊的特有区域。由于该区域的高温高压（电极压力），塑性环处经常发生动态再结晶。通常熔核有两种组织：柱状树枝晶和等轴晶。

镁合金在汽车上的大量使用，使得镁合金的连接技术成为解决镁合金应用的迫切问题，各种焊接方法的研究都会得到广大研究者的进一步关注。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-06-10