

材料月报

2019 年第五期（总 14 期）

太原理工大学材料学院 主办

2019 年 05 月 20 日

要 目

P2 旋涂新方法可制备高性能电子薄膜

近日，美国密苏里科技大学的研究者发现了一种制备薄膜的新方法，用这种方法生产的薄膜性能优异，可用于制造太阳能电池、柔性电池或 LED 半导体。该项研究工作发表于《Science》。

P4 中科院开发出高温块状金属玻璃

中科院物理研究所柳延辉课题组一种由铌/镍/钽三种金属和硼组合形成的金属玻璃在高温下具有高强度，对发现其他组合玻璃金属具有重要参考价值。该研究发表在《Nature》上。

P5 十年难得一见的电池化学创新

美国马里兰大学王春生团队联合美国陆军研究实验室许康等人在石墨中创造性地引入卤素转化-插层化学，发展了一种具有优异可逆性的水系 LIBS 电池。研究成果发表在《Nature》上。

P6 大飞机表面除冰技术，差一层高分子“保鲜膜”

近日，密歇根大学安娜堡分校的 Michael Thouless 和 Anish Tuteja 教授团队利用通用塑料/硅胶+塑化剂的组合制成低界面韧性的材料，在大面积积冰的表面实现了超低表观冰黏附强度，只需极小的力，或仅凭自身重力就可以移除材料表面大面积的冰。其研究成果发表在《Science》上。

目 录

科研进展

- P1 铁电领域再度取得重大突破
- P2 旋涂新方法可制备高性能电子薄膜
- P3 导电聚合物电极是如何工作的
- P4 中科院开发出高温块状金属玻璃”
- P5 十年难得一见的电池化学创新
- P6 大飞机表面除冰技术，差一层高分子“保鲜膜”
- P7 科学家开发出新型锂电池
- P8 热固性塑料回收新技术
- P9 打破半金属光电探测长期技术瓶颈
- P10 新型可充电镁二次电池
- P11 3D 打印可变形微型机器人
- P12 新型低成本电解水催化剂进展
- P13 一种新型电磁屏蔽薄膜
- P14 石墨烯气凝胶领域取得重要进展
- P15 快速止血的仿生水凝胶材料
- P16 拓扑半金属超导重要进展
- P17 高效电/光电催化水裂解析氧反应催化剂
- P18 3D 打印功能梯度材料取得重要进展
- P19 可注射纳米纤维水凝胶有望重建软组织
- P20 定量预测镁合金中取向对 Hall-Petch 斜率影响

P21 史上超强石墨烯薄膜

P22 锂离子电池领域获突破

材料动态

P23 太钢不锈钢撑起中国核电的脊梁

P24 3D 打印钛合金航空发动机零件

P25 本质细晶钢技术获突破性进展

高等教育

P26 麻省理工学院“新工程教育转型”计划

材料课堂

P28 镁合金：未来金属界的明星材料之一

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 05 月 20 日

（第 014 期）

仅供内部参阅，正式引用时请
自行核实

铁电领域再度取得重大突破

(Observation of room-temperature polar skyrmions)

金属所唐云龙博士与加州大学伯克利分校的 R. Ramesh 教授课题组、加州大学伯克利分校 L. Martin 教授、宾州州立大学陈龙庆教授以及西班牙坎塔布里亚大学 J. Junquera 教授等课题组深入合作，在铁电材料极化拓扑结构研究中再度取得重大突破：他们在 $\text{PbTiO}_3/\text{SrTiO}_3$ 超晶格中发现了室温稳定存在的电极化斯格明子晶格。该研究发表在《Nature》杂志上。

自 2009 年开始，磁性斯格明子晶格的实验观测掀起了相关的动力学及理论物理研究热潮，以探索其作为新型自旋电子器件的潜力。在深入探究 $\text{PbTiO}_3/\text{SrTiO}_3$ 体系中各种能量竞争关系基础上，唐云龙等人利用 $\text{SrTiO}_3(001)$ 衬底成功制备出系列 $\text{PbTiO}_3/\text{SrTiO}_3$ 超晶格体系。利用像差校正透射电子显微学定量分析方法和同步辐射衍射，在 $[(\text{SrTiO}_3)_{16}/(\text{PbTiO}_3)_{16}]_8$ 等体系中观测到完整的斯格明子晶格，它们由尺度约为 8 纳米的单个斯格明子在 PbTiO_3 层中大规模凝聚而形成，在面内有形成四方格子的倾向；在界面附近具有 Néel 型分散或汇聚的极化分量。第二原理等理论计算测得其 skyrmion number 恒为 +1。

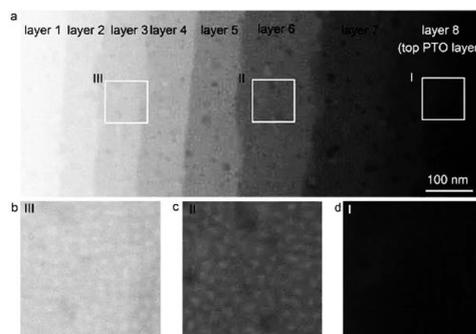


图 1 $[(\text{SrTiO}_3)_{16}/(\text{PbTiO}_3)_{16}]_8$ 超晶格中斯格明子晶格的低倍平面 HAADF-STEM 欠焦成像。这里展示了平面 TEM 样中 8 层 PbTiO_3 及其中大规模极化斯格明子晶格

该项工作首次在实空间揭示了电极化体系中的斯格明子晶格。相比于铁磁体系，该种极化斯格明子晶格能够在室温稳定存在，且无需外场诱导产生，相对更容易实现后续动力学行为研究和调控，为探索基于极化斯格明子的新型电子器件提供了途径。同时，该实验揭示了极化体系中的电偶极子在一定条件下也具有类似特殊自旋凝聚结构的准粒子行为，无疑将为电极化拓扑结构及其性能关系研究打开新的篇章。

—摘编自 高分子科学前沿公众号 2019-04-22

旋涂新方法可制备高性能电子薄膜

(Spin Coating epitaxial films)

近日，美国密苏里科技大学的研究者发现了一种制备薄膜的新方法，用这种方法生产的薄膜性能优异，可用于制造太阳能电池、柔性电池或 LED 半导体。该项研究工作发表于《Science》。

单晶形态的薄膜具有较好的光学和电子学性质，但制备起来较为困难，成本高昂、技术复杂。

在实际工业生产中，往往会采用成本更低的旋涂方法，即在液体旋转过程中制备光滑的薄膜，溶液层接触到衬底后会变硬成形。这样生产出的薄膜不外延且是多晶形态，可供使用但性能较差。

研究人员提出了一些无机材料外延薄膜的制备方法。他们利用前体化合物使制备液体达到过度饱和状态，在旋涂过程中，液体接触到材料，形成多个晶体，进而融合成一个完整的晶体，沉积到各种单晶和单晶状衬底上。

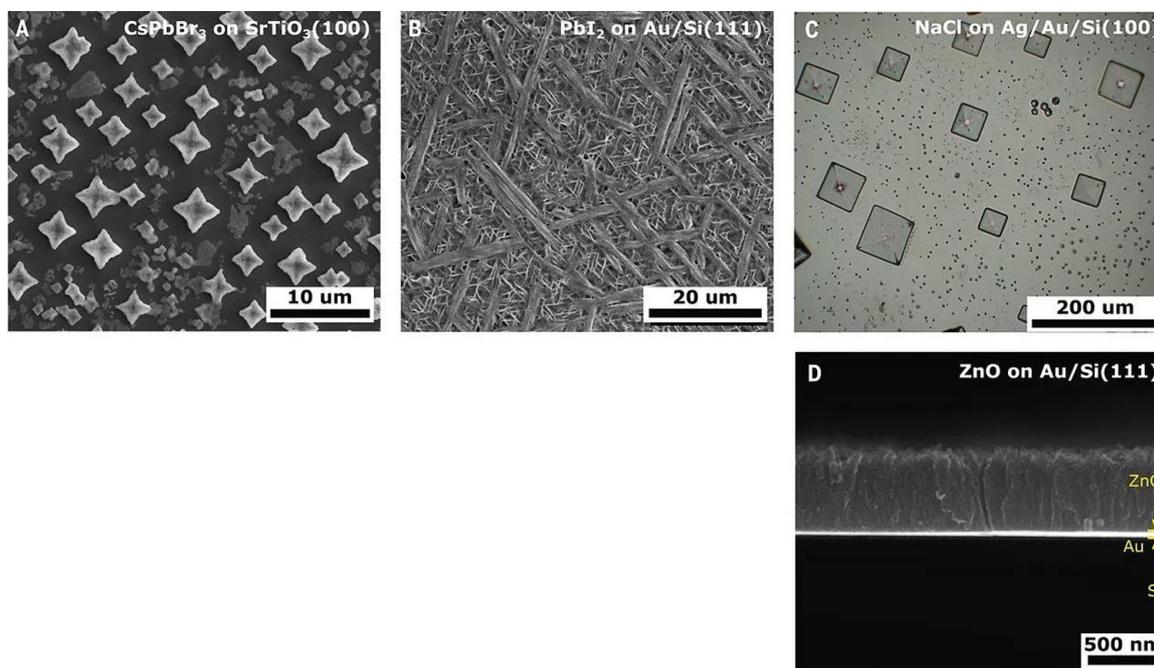


图 1 旋涂法制备材料的形貌

这种新方法可以改善钙钛矿太阳能电池材料的储光能力、提升柔性电子设备的速度和性能。

—摘编自高分子科学前沿公众号 2019-04-23

导电聚合物电极是如何工作的

(How conducting polymer electrodes operate)

英国剑桥大学的 George G. Malliaras 教授与瑞典林雪平大学的 Magnus Berggren 认为关注共轭聚合物电极的氧化或还原对理解其复杂的电化学过程有所帮助，通电状态下导电聚合物的氧化还原过程可以类比 OLED 的工作原理，从而更好地理解该过程。该研究发表在《Science》杂志上。

有机电化学装置在生物电子学、能量存储、电催化和传感器等领域被广泛应用，其工作原理是通过法拉第过程进行的电荷转移，即依赖于导电聚合物的氧化反应（电子损失）或还原反应（得到电子）。然而，近期有研究发现基于聚（3,4-乙基二氧基噻吩）与聚（苯乙烯磺酸盐）化学掺杂（PEDOT: PSS）的共轭聚合物电化学装置的电荷传输行为却表现出纯电容过程。

类比 OLED 模型可确定有机电化学中哪些是电容过程，哪些是法拉第过程。如图 1 所示，对比左边图的共轭聚合物发光原理，右边图的共轭聚合物膜的电化学氧化反应分为以下几个基本步骤：从金属电极向聚合物的 HOMO 注入空穴；空穴在聚合物的 HOMO 轨道内的传输；负离子从电解质向聚合物移动；负离子在聚合物链间传输；薄膜中两种电荷的发生静电补偿，维持电中性。

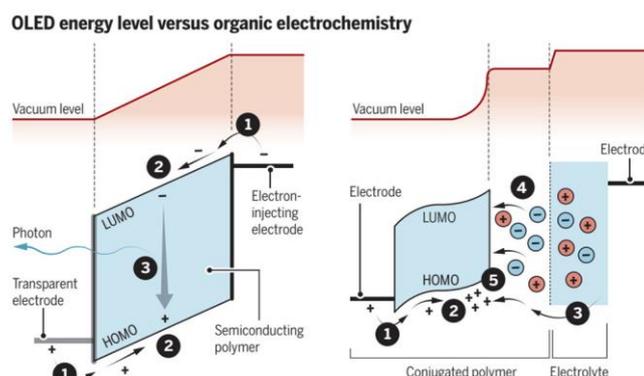


图 1 OLED 模型与有机电化学模型的类比

当上述这些基本步骤均能有效发生时，器件展现出纯粹的充电过程，类似于对电容器充电。当电极上其他竞争反应发生时，上述基本步骤受到影响将不能有效发生，则会产生法拉第过程。由于 PEDOT: PSS 具有较高离子、电子导电性以及电化学稳定性而显示出电容行为，但是对于其他聚合物的情况却不同。因此，特定材料的电化学响应将取决于其性质和设备的操作条件。

—摘编自高分子科学前沿公众号 2019-04-28

中科院开发出高温块状金属玻璃

(High-temperature bulk metallic glasses developed by combinatorial methods)

5月1日,《Nature》报道了中科院物理研究所柳延辉课题组关于金属玻璃的最新研究成果。非晶合金是典型的多组元合金材料,形成过程极其复杂,多个组元构成的成分空间十分庞大。现行的“一次实验,一个样品”的材料研究方法不仅导致新材料探索效率低,所获得的实验数据也缺乏系统性,使得人们难以全面把握非晶合金形成的主要规律和性能调控机制。

课题组设计了一种由铱/镍/钽三种金属和硼组合形成的金属玻璃,该金属玻璃的玻璃化转变温度已经高达 1162K,且过冷液体区域为 136K,比目前的大多数金属玻璃的都宽。对比现有的金属玻璃,作者研制出的 Ir/Ni/Ta(B)金属玻璃在高温下具有高强度:在 1000K 下为 3.7 千兆帕。其中,它们的玻璃形成能力的特征在于临界铸造厚度为 3 mm,表明通过热塑性成形可以容易地获得在高温或恶劣环境中应用的小规模部件。同时,作者使用这种简化的组合方法,利用先前报道的玻璃形成能力和电阻率之间的相关性筛选了一些有前景的合金。由于该方法是非破坏性的,所以可以接着同一样品上测试一系列物理性质。总之,报道的方法具有很强的实用性,对发现其他组合玻璃金属具有重要参考价值。

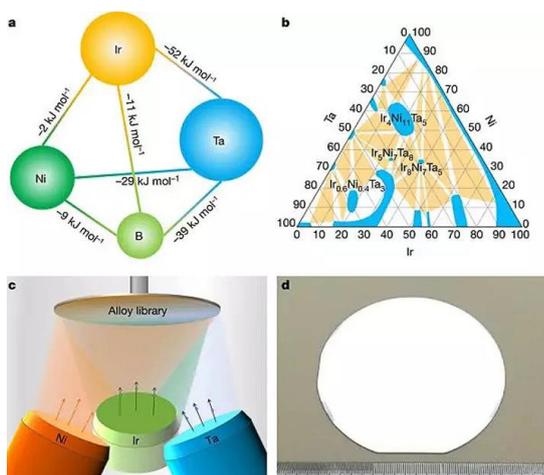


图 1 设计与组合制备出 Ir/Ni/Ta(B)块状金属玻璃成形合金

近年来,柳延辉课题组致力于通过自主设计研发适合非晶合金的高通量实验技术和方法,探索综合性能可满足应用需求的非晶合金新材料;结合实验大数据,研究非晶合金的形成机理和性能调控机制,最终实现材料的按需设计。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-05-04

十年难得一见的电池化学创新

(Aqueous Li-ion battery enabled by halogen conversion-intercalation chemistry in graphite)

美国马里兰大学王春生团队联合美国陆军研究实验室许康等人在石墨中创造性地引入卤素转化-插层化学，发展了一种具有优异可逆性的水系 LIBS 电池。研究成果发表在《Nature》上。

研究人员利用卤素阴离子 (Br^- 和 Cl^-) 在石墨中的氧化还原反应，将无水 LiBr 和 LiCl 以及石墨在 2:1:2 的最佳质量比条件下混合，制备得到一种含有等摩尔卤化锂盐 $(\text{LiBr})_{0.5}(\text{LiCl})_{0.5}$ -石墨的全新复合电极 (LBC-G)。因此，高浓度的双盐水 (WIBS) 电解质可以将部分水合的 LiBr/LiCl 限制在正极中。一旦发生氧化行为， Br_0 和 Cl_0 可以作为固体石墨插层化合物 (GIC) 嵌入石墨基质中而得到稳定。这种全新的正极化学方法兼具转化反应的高能量和拓扑嵌入的优异可逆性，因而被称为转化-插层化学机制。

这种阴离子转换-插层机理具有多种优势，一方面提高了转化反应的高能量密度，另一方面增强了插层机制的优异可逆性，除此之外还改善了水性电池的安全性，可谓一举多得。该成果被国际锂电大牛 Jeff Dahn 盛赞为 “...the most creative new battery chemistry I have seen at least 10 years...”

复合电极的容量为 243 mA h/g (电极总重量)，通过将该正极与处理过的石墨负极搭配，研究人员组装了一个 4V 级的 Li 离子水溶液全电池，能量密度为 460 wh/kg (总复合电极)，库仑效率约 100%。

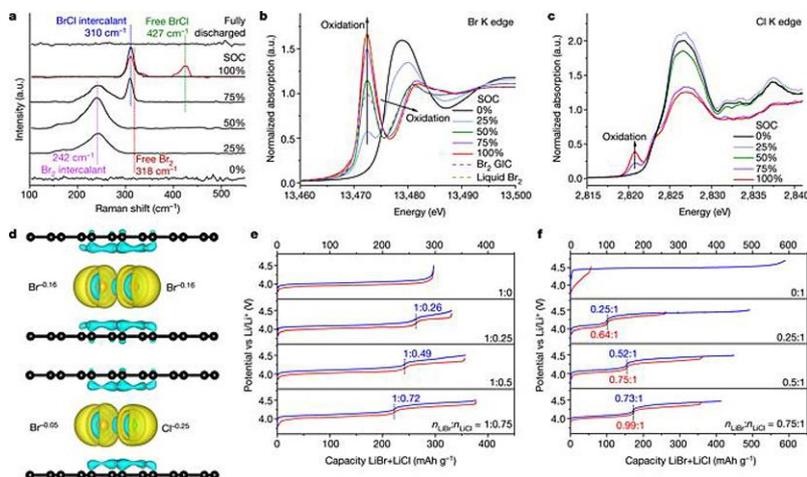


图 1 Br 和 Cl 的转化-插层机制

—摘编自纳米人公众号 2019-05-12

大飞机表面除冰技术，差一层高分子“保鲜膜”

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

近日，密歇根大学安娜堡分校的 Michael Thouless 教授和 Anish Tuteja 教授团队另辟蹊径，利用通用塑料/硅胶+塑化剂的组合制成低界面韧性的材料，在大面积积冰的表面实现了超低表观冰黏附强度。只需极小的力，或仅凭自身重力就可以移除材料表面大面积的冰。其研究成果发表在《Science》上。

每到寒冷的冬季，飞机延误率常常大幅度升高，其中一个重要原因——机场的工作人员要给飞机喷洒防冰液，以除去覆盖在飞机表面的积冰。然而，除冰剂的效果通常只能维持 10-15 分钟，即便喷涂防冻液，也只能维持 30-40 分钟，在等待起飞的过程中可能需要反复除冰。

在塑料制品中加入塑化剂可以使材料变得更柔软，我们身边的塑料袋，保鲜膜都是这样制成的。密歇根大学的科学家们敏锐的意识到，塑化剂的加入可以降低通用塑料的界面韧性，因此可能进一步降低推动表面积冰所需的力。如图 1，通过在 PVC 中加入中链甘油三酯油（medium-chain triglyceride oil MCT），界面韧度可以进一步降至 0.2 J/m^2 。这一趋势也与材料厚度有关，因为更薄的表面可以更大限度的减少材料基体性能的影响。而在 PDMS 中加入硅油可形成低界面韧性的 LIT PDMS，可以将硅胶材料的低冰黏附强度和低界面韧性结合起来，制成大面积易除冰的表面。

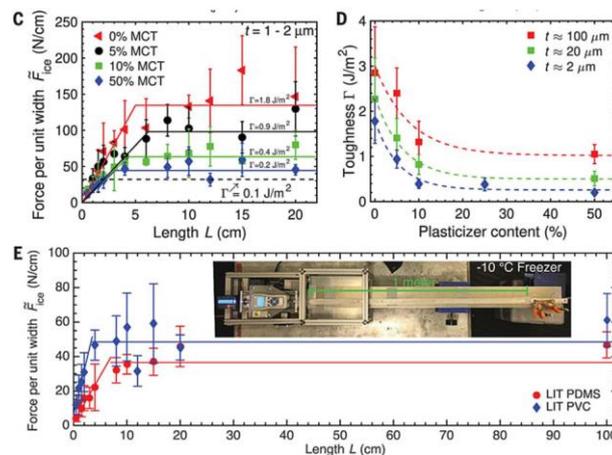


图 1：对界面韧性的调控

这项技术的相关专利已经被授权给 HygraTek LLC 公司。或许在不久的将来，我们将不再需要在冬天频繁清理汽车挡风玻璃上的积冰，或者可以省去在冬季航班起飞前等待除冰的过程了。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-05-13

科学家开发出新型锂电池

(Aqueous Li-ion battery enabled by halogen conversion-intercalation chemistry in graphite)

国马里兰大学王春生课题组 5 月 8 日在《Nature》杂志上报导了一种可在石墨电极中进行的卤素转化-插层反应机理，其在平均电位为 4.2V (versus Li/Li⁺) 的情况下，可获得 243 mAh/g 的高容量。随后，作者组装出电压在 4V 以上的高压水系锂离子电池，该电池的能量密度可达 460 Wh/kg，且平均库伦效率接近 100%。

新的电极材料包括溴和氯，通过将反应电极材料锁定在电极周围的固体盐颗粒中，使其免受水基电解质的影响。电池中的锂被固体锂-溴和锂-氯盐颗粒包裹在由碳原子层组成的石墨电极周围。当电池充电时，溴原子和氯原子会抛弃锂离子，将电子交给阴极，并楔入石墨碳层之间，形成另一种紧密的固体。然后，两个电极之间的电压差驱动带正电荷的锂离子通过水基电解质到达阳极，在那里，它们与外部电路提供的电子相遇。

当电池在使用过程中放电时，锂离子会放弃这些电子，转而流向阴极。电子通过外部电路回到阴极，在那里，溴原子和氯原子会抓住它们。这些电荷会从石墨中扩散出来。然后锂离子会抓住它们，使固体盐颗粒重新形成，这些固体盐颗粒会一直呆在原地，直到下一轮充电。

阴极材料已经能够比传统阴极材料多储存大约 30% 的电荷。但包括新电解质在内的全电池最终是否能比商业电池储存更多的能量，仍有待观察。新的 WiSE 电池将不需要钴，这是一种传统锂离子电池中的有毒金属。新电池不仅对消费者更安全，对矿工和环境也 safer。

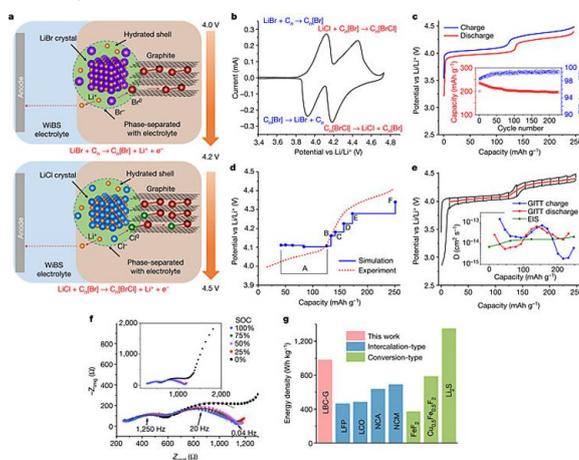


图 1 作者提出的转化-插层机理详情

—摘编自高分子科学前沿公众号 2019-05-14

热固性塑料回收新技术

(Closed-loop recycling of plastics enabled by dynamic covalent diketoenamine bonds)

近日,《Nature》、《Science》先后报道点评美国劳伦斯伯克利国家实验室的 Brett A. Helms 教授团队发表在《Nature Chemistry》上的研究。该团队开发了一种通过二酮胺动态共价交联的热固性材料。他们通过简单地强酸处理,使二酮胺聚合物网络解聚成再生的原始单体,从而实现材料的循环利用。

传统的热固性聚合物是目前和将来在高温电子设备、汽车应用中使用最为广泛的塑料,目前占全球塑料生产的 15%-20%。但热固性塑料无法通过熔化或者溶液处理进行再成型以进行循环利用。原则上可回收利用的热固性塑料,也因成本高、能耗大、再生后品质差等缺点,而变得不切实际。所以,目前的热固性废弃塑料给全球的经济造成了巨大的损失的同时,带来了严峻的环境问题。

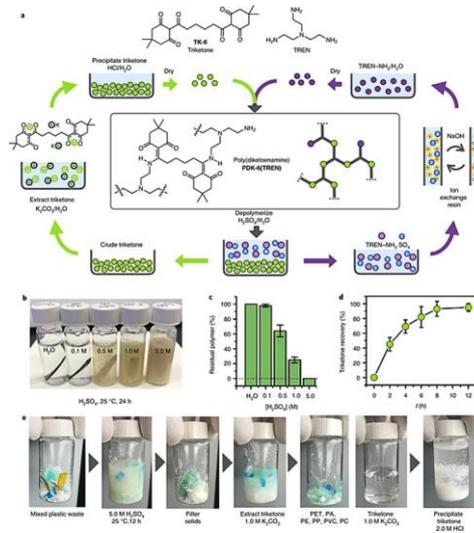


图 1 纤维增强复合材料的脱色、去除添加剂及其闭环循环利用

本文亮点:

- 1、该工艺利用动态共价二酮胺键,通过简单的强酸处理来解聚含有酮胺的聚合物网络,并从混合废液流中对目标单体进行回收。
- 2、对于含大量添加剂,如玻璃纤维、着色剂、阻燃剂等的复合塑料,该方法同样适用,实现了复合热固性材料的回收。
- 3、回收得到的单体可以按照原来的配方重新进行制造,得到的产品性能保持不变。

—摘编自高分子科学前沿公众号 2019-05-01

打破半金属光电探测长期技术瓶颈

(Nonlinear photoresponse of type-II Weyl semimetals)

近日，北京大学物理学院量子材料中心的研究团队对基于外尔半金属 TaIrTe_4 的原型器件的拓扑特性的光电探测性能的研究成果发表在《Nature Materials》上，并被选作当期的封面文章。该工作探究了外尔半金属拓扑特性对其非线性光学效应的影响，并通过引入拓扑效应实现了基于半金属的光电探测器的响应度在中红外波段的巨大提升。

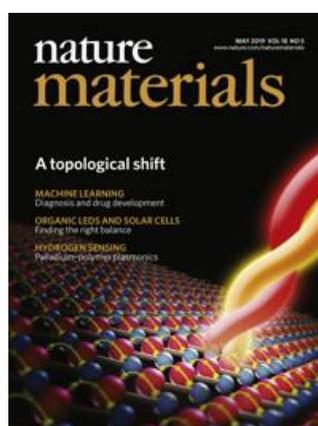


图 1 《Nature Materials》杂志该期封面

孙栋课题组在长时间的石墨烯光电探测器的研究基础之上，在国际上率先引入拓扑半金属材料进行光电探测，对基于拓扑半金属的光电探测器开展了大量的研究并取得了一系列成果。本研究利用拓扑外尔半金属内在的拓扑性质，大幅度提高了探测器在中红外波段的响应度，从而在原理上解决了半金属探测器的响应度方面的长期技术瓶颈问题。

该工作主要利用的拓扑效应是外尔半金属的外尔点附近具有发散的贝里曲率，使得跟贝里场相关的位移电流响应在外尔点附近受到明显的增强；而能量越低的光子造成的跃迁会越接近外尔点，受到增强的效果也就越明显。孙栋课题组和合作者将该拓扑效应与光探测性能相结合，得以使基于拓扑半金属的原型光电探测器的响应度在中红外波段得到三个量级的增强，从而打破了过去半金属光电探测的主要技术瓶颈，使得拓扑半金属在中远红外光电探测领域具有良好的应用前景。虽然未来还有一系列具体的技术问题有待解决，利用拓扑效应获得的响应度的大幅提升使得光电探测成为目前为止拓扑材料最接近实际应用的场合。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-05-01

新型可充电镁二次电池

(One-step Synthesis of 2-Ethylhexylamine Pillared Vandadium Disulfide Nanoflowers with ultralarge Interlayer Spacing for High-performance Magnesium Storage)

南京大学化学化工学院介观化学教育部重点实验室、江苏省先进有机材料重点实验室金钟教授带领的“清洁能源材料与器件”研究团队在新型可充电镁二次电池方面取得新进展，相关成果最近发表在《Advanced Energy Materials》上。

采用了通过离子液体改善的基于 $\text{Mg}(\text{HMDS})_2\text{-}4\text{MgCl}_2/\text{THF}$ 电解液，表现出良好的可逆沉积镁性能、更宽的电化学窗口以及提升的热稳定性。关注微信公众号材料科学与工程，搜索更多电池相关文章。同时，通过便捷的一步液相法合成了一种有机胺分子插层使得层间距扩大的二硫化钒纳米花，作为镁电池正极材料时，能够与该电解液很好的兼容，并表现出很好的电化学储镁能力。

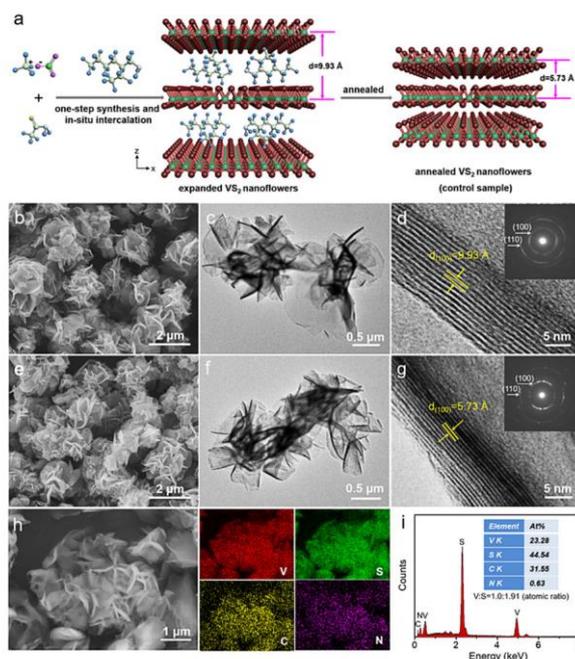


图 1 有机胺分子插层的 VS₂ 合成示意图以及形貌、结构和成份表征。

由于有机胺分子的插入可以有效地拓宽离子通道，为活性镁物种的插入提供更多的活性位点，并且能够有效屏蔽活性镁物种与正极材料晶格阴离子之间的静电作用力，促进离子传输。同时，有机胺分子作为“支撑柱”有益于保持正极材料的结构完整性。因此，该层间距扩大的二硫化钒正极表现出了优异的电化学储镁性能。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-05-04

3D 打印可变形微型机器人

(Millimeter-scale flexible robots with porgrammable three-dimensional magnetization and motions)

多年以来，研发安全有效的微型靶向机器人，将药物传送到病人的病灶，达到更好的治疗效果，一直是科学家们致力于解决的难题。近日，《Science Robotics》刊登了一篇关于 3D 打印微型机器人的文章，文章第一作者是来自多伦多大学微型机器人实验室的中国小伙徐天启。

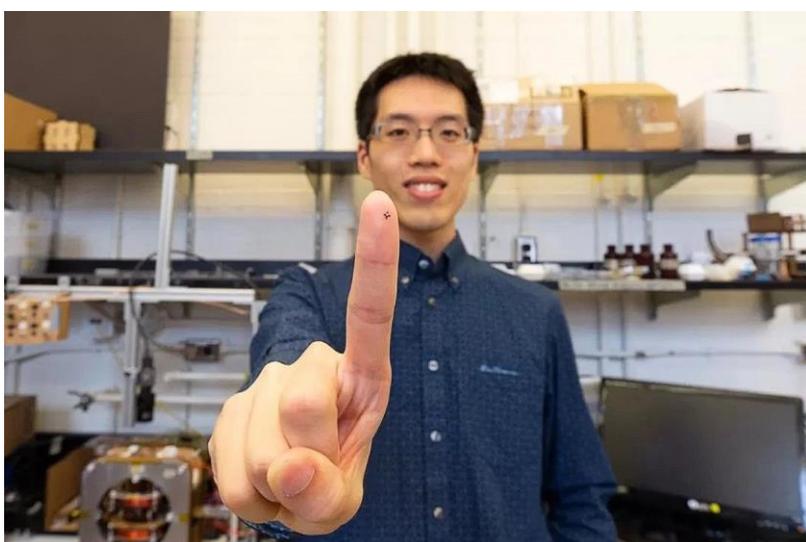


图 1 徐天启在实验室

论文主要讲述了，磁性元素钆的粒子嵌入到柔性材料中，使用一对强力的磁铁来翻转机器人特定部位的钆的极性，使它们在磁场中发生排斥和吸引作用。并通过紫外线照射将这些磁性粒子锁定在相应的位置。样，研究人员通过编程，控制微型机器人不同部位的极性，来使其达到预期的运动效果。除去像花瓣一样开合外，还能向特定方向爬行，能够在液体中游动。

有意思的是，研究人员可以通过操作一个类似于游戏手柄的控制器，便能完成对这只针尖大小的微型机器人的控制。例如类似于花瓣开合的机器人，研究人员通过控制它的开合状态以及滚动的方向，来达到搬运指定物品的效果。

据介绍，为了验证他们的新技术的能力，研究人员设计了 20 多种不同的机器人形状，然后将其编程到 3D 打印机。新的优化方法为开发比目前的毫米规模更小、更复杂的微型机器人打开了大门。而且该团队坚信，未来的微型机器人还会在他们所研发的机器人基础上再小十倍。

—摘编自高分子科学前沿公众号 2019-05-05

新型低成本电解水催化剂进展

(Aqueous Li-ion battery enabled by halogen conversion-intercalation chemistry in graphite)

中科院化学所分子纳米结构与纳米技术院重点实验室胡劲松课题组发展了一种新的原位电化学转化策略，通过原位非金属 Se 掺杂实现了低成本、高性能的铁基析氧电解水催化剂，相关结果发表于《J. Am. Chem. Soc.》，并入选杂志封面。

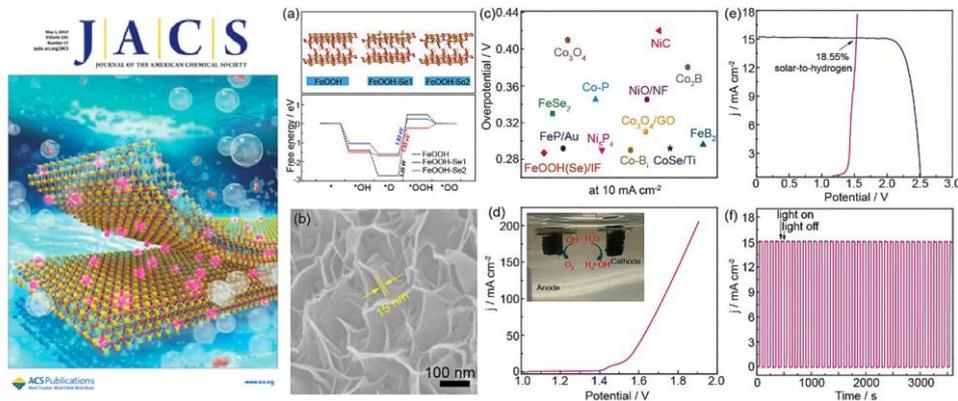


图 1 原位转化 Se 掺杂策略构筑低成本、高效铁基析氧催化剂

因与析氧反应中间物种合适的吸脱附能力，镍和钴通常是高性能 OER 催化剂必不可少的组分。虽然铁元素远比镍与钴储量丰富，价格低廉得多，但目前铁基催化剂析氧性能远低于镍与钴基材料。研究人员首先借助理论计算揭示非金属 Se 掺杂可以显著改善全铁基 FeOOH 催化剂的电化学析氧决速步骤。基于此，发展了一种简便的原位电化学活化策略，通过在 OER 条件下将三维导电低成本泡沫铁基底上原位生长的 FeSe 垂直纳米片阵列原位电化学活化转化为 Se 掺杂的 FeOOH 纳米片阵列，使该全铁基催化剂同时具有高本征活性位点和高的电化学活性面积，因此表现出与全镍或全钴催化剂性能相当的 OER 电催化活性。

该策略同样适用于少量镍掺杂的富铁催化剂的制备，使少量镍 (3.3 at%) 掺杂的富铁催化剂可以实现与最佳富镍或富钴催化剂相媲美的电催化 OER 性能。在电流密度 500 mA cm^{-2} 时的过电位仅需 348 mV，并具有优异的稳定性的。将该催化剂应用于电解水装置，电流密度 50 mA cm^{-2} 时的槽压仅需 1.62V。在实际太阳光驱动的水分解系统中，所述催化剂实现了 18.55% 的太阳光到氢气的最高转换效率之一。这些结果表明所述策略为开发新的储量丰富、经济、高效的电解水电催化剂提供了一种可能的途径。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-05-12

一种新型电磁屏蔽薄膜

(Light weight and flexible hybrid film based on delicate design of electrospun nanofibers for high-performance electromagnetic interference shielding)

河北工业大学青年教师袁野与哈尔滨工业大学航天学院赫晓东、李宜彬教授团队近年来在碳基电磁屏蔽材料方面开展了大量基础研究工作，制备得到了多种轻质高性能碳基电磁屏蔽材料。研究成果发表在近期的《Nanoscale》上。

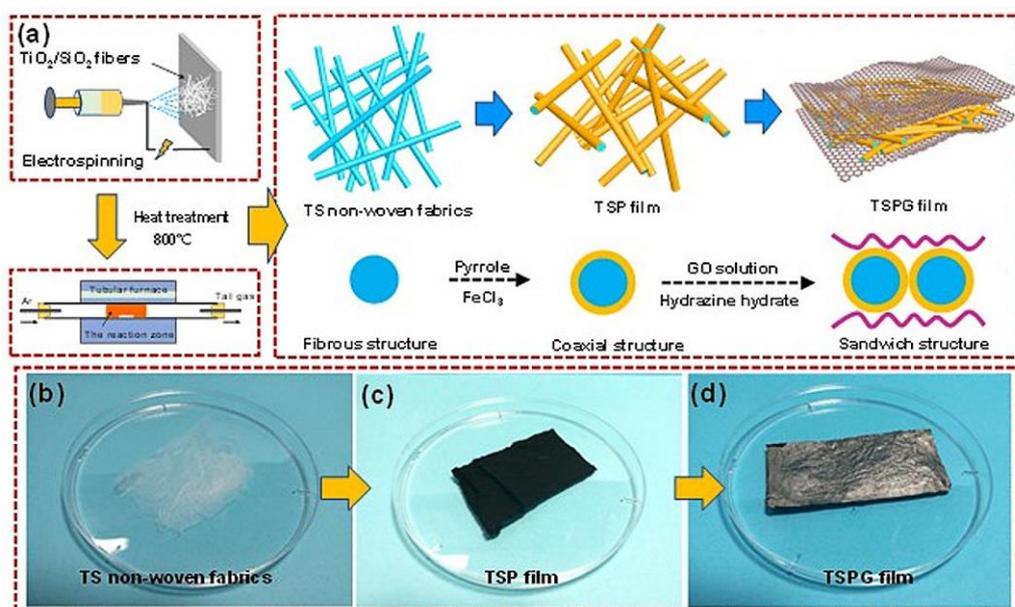


图 1.(a) 高性能柔性电磁屏蔽复合薄膜的制备过程.(b - d) 通过吡咯原位沉积、氧化石墨烯自组装法在不同尺度上形成具有双连续导电网络结构和夹层结构的轻质柔性电磁屏蔽复合薄膜。

随着 5G 技术和柔性电子器件时代的来临，轻质、柔性的高性能电磁屏蔽材料的需求也日益显著。本论文基于静电纺丝技术，以 TiO_2 、吡咯单体和氧化石墨烯为原料，从制备物理性能和结构可控的纳米纤维及无纺布体系出发，围绕双连续导电网络结构和夹层结构等多层次结构的有序构筑，自下而上的制备出了高性能有机/无机混杂碳基电磁屏蔽复合薄膜。在此基础上，论文作者分析了该复合薄膜微观结构与评价宏观性能相结合，并通过电磁仿真软件建立了基于手机辐射的人体电磁屏蔽模型，从实验和理论两个方面揭示不同层次微观结构和材料协同作用对电磁波的响应规律，阐明了该种电磁屏蔽复合薄膜的屏蔽机理。该研究为高性能电磁屏蔽材料在医疗健康、新型电子器件和航空航天领域的应用提供了理论基础。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-05-12

石墨烯气凝胶领域取得重要进展

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

针对石墨烯气凝胶目前存在的问题，中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所张学同研究员领导的气凝胶团队通过“局部氧化刻蚀”在氧化石墨烯片层上进行造孔，获得孔洞氧化石墨烯，随后将孔洞氧化石墨烯与还原剂分散液高度浓缩，实现其液晶化，进一步经原位溶胶凝胶及超临界干燥获得各向异性“孔洞石墨烯”气凝胶。相关研究发表在《Advanced Materials》上。

传统石墨烯气凝胶所具有的这种无规三维多孔网络还引入高界面电阻及曲折离子通道问题，对电化学行为中的电荷-离子传输及有效电化学活性面积维持带来负面影响，成为制约石墨烯材料在电化学能源器件中应用的瓶颈。因此，如何设计新的石墨烯组装策略，制备高性能石墨烯气凝胶材料，仍是一个重要挑战。

张学同团队所得各向异性“孔洞石墨烯”气凝胶由孔洞石墨烯片层经有序排列而成，表现出规整的三维多孔网络（规整的孔道/孔壁及孔壁上的大量微孔）、低密度（42-55 mg cm⁻³）、高导电性（~165 S m⁻¹）、高比表面积（537~837 m² g⁻¹）等诸多优点。最后将该气凝胶作为电极材料，辅以共晶混合物“水-甲酰胺”作为低温电解液，构建出可在温度低至零下 40 ℃ 的环境中正常工作的柱状低温热化学池，表现出低离子传输阻力（15.7 Ω）及高输出功率（3.6 W m⁻²）。当 15 个热化学池进行串联组装成器件时，可实现~2.1 V 电压的稳定输出，在低温能源器件应用中表现出重要应用前景。

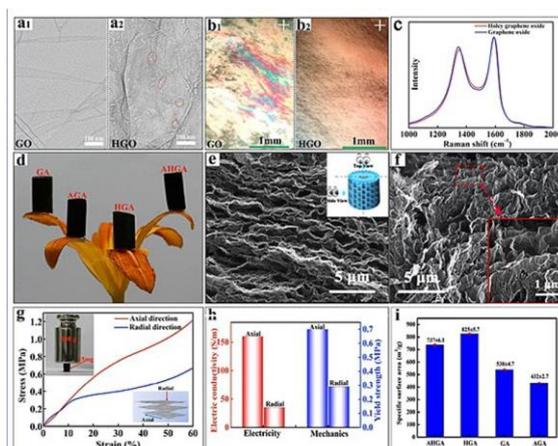


图 1 各向异性“孔洞石墨烯”气凝胶基本表征

—摘编自高分子科学前沿公众号 2019-05-12

快速止血的仿生水凝胶材料

(A strongly adhesive hemostatic hydrogel for the repair of arterial and heart bleeds)

浙江大学医学院欧阳宏伟教授课题组开展以人体组织材料为模板仿生研发先进生物材料，胶体方面以人体内最强大的胶体组织-软骨为标杆，采用软骨的主要胶原和多糖成分，嫁接华东理工大学朱麟勇教授团队的交联技术，合作研发了一种能够在数秒内完全止住大动脉损伤和心脏穿透伤大出血的仿生水凝胶材料。研究工作发表于《Nature Communications》杂志。

本研究通过对 FDA 认证的天然蛋白和多糖进行了改性，获得了成分仿生具有较强湿面组织粘附力和较强力学性能的 Matrix Gel 材料。Matrix Gel 的主要成分是甲基丙烯酸甲酯修饰的明胶 (GelMA) 和邻硝基苄基类光扳机分子 (NB) 修饰的透明质酸(HA-NB)。光照后 GelMA 上的双键自胶联，形成第一层网络，HA-NB 上的光生醛基与 GelMA 上的氨基反应胶联，形成第二层网络，从而极大的增强了胶体的力学。胶体与组织界面处，HA-NB 的光生醛基与组织上的氨基反应，能增强胶体在湿面组织上的粘附力。

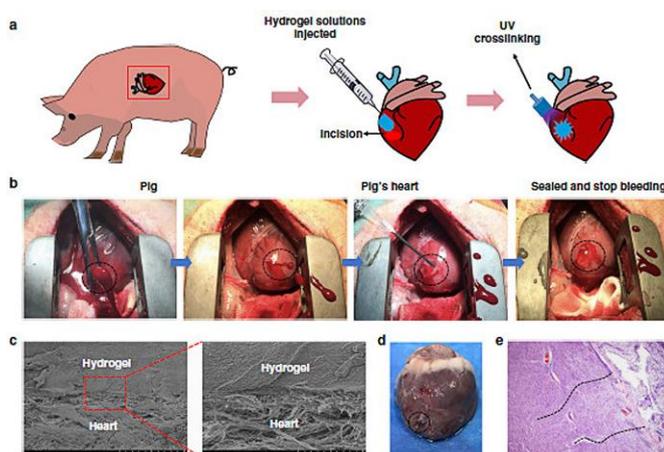


图 1 止血效果图

本研究使天然生物大分子材料获得了快速成胶性能，较强的湿面组织粘附性能，较强的力学性能同时具有良好的生物相容性和降解性能，同时解决了上述 4 大挑战。Matrix Gel 前驱体粘度低，可注射，使用方便，可用于创伤快速止血、开放性手术和微创内镜手术止血及创口封闭等场景，无需缝合操作，是理想的医用胶水材料。

—摘编自高分子科学前沿公众号 2019-05-14

拓扑半金属超导重要进展

(Proximity-induced surface superconductivity in Dirac semimetal Cd_3As_2)

近日，复旦大学物理学系教授修发贤课题组在拓扑半金属 Cd_3As_2 与超导的异质结中观察到了 Cd_3As_2 的表面超导态。相关研究成果以发表于《Nature Communications》。

为实现拓扑半金属的超导，修发贤课题组在前期三维狄拉克半金属 Cd_3As_2 纳米片的费米弧表面态输运研究的基础上，与香港科技大学罗锦团 (Kam Tuen Law) 等课题组合作，在 Cd_3As_2 纳米片上蒸镀一层超导的 Nb，形成 Nb/ Cd_3As_2 和 Nb/ Cd_3As_2 /Nb 的异质结，通过近邻效应将超导传递到 Cd_3As_2 中。

基于 Nb/ Cd_3As_2 很好的超导近邻效应，课题组研究了基于 Cd_3As_2 的约瑟夫森结 (Nb/ Cd_3As_2 /Nb) 的物理性质。通过超导量子干涉测量，观察到超导电流几乎完全由 Cd_3As_2 的上下表面流过，实验中超导临界电流与磁场关系是一个 SQUID 形状。这与以前在类似的拓扑绝缘体的表面态超导电流特征非常不同。在三维狄拉克半金属 Cd_3As_2 中，由于体态和表面费米弧对于超导耦合能力差距很大，可以避免体态的干扰，以至于表面态只在 y 方向的两边才存在，可以形成很完美的表面超导电流。这些特性都是 Cd_3As_2 费米弧超导的有力证据。

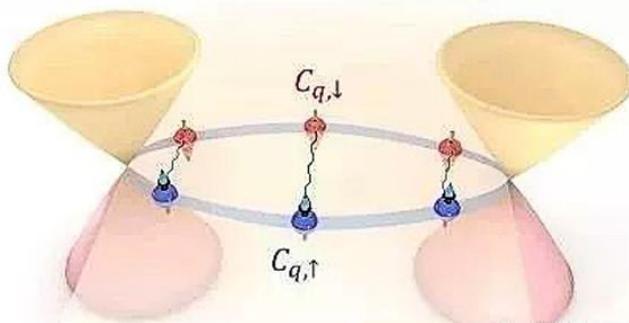


图 1 Cd_3As_2 费米弧超导的示意图

该项研究成果首次在三维拓扑半金属中实现了费米弧的超导 (如图 1 所示)，这相当于二维量子自旋霍尔绝缘体的一维超导边界态的高维度类推，对于深入理解边界态超导具有重要意义；同时，基于理论预言， Cd_3As_2 的超导费米弧可在 a.c. 约瑟夫森效应中实现马约拉纳费米子的一种新的表现形态：马约拉纳平带。这为探索拓扑超导提供了新的思路和实验手段，也为拓扑量子计算机的最终实现提供了前期的科研基础。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-05-17

高效电/光电催化水裂解析氧反应催化剂

(Colour-tunable ultra-long organic phosphorescence of a single-component molecular crystal)

近日，浙江大学化学工程与生物工程学院“百人计划”入选者侯阳研究员，通过仿生学的方法，设计并开发出一种单原子 OER 催化剂，将高度分散的镍单原子锚定在氮-硫掺杂的多孔纳米碳基底上，用于高效电/光电催化水裂解析氧反应。研究成果发表于《Nature Communications》。

侯阳课题组采用球差校正扫描透射电子显微镜、电子能量损失谱、X 射线近边吸收光谱和扩展 X 射线吸收光谱等手段，首次揭示了镍单原子锚定在氮-硫掺杂的多孔纳米碳催化材料中原子级分散的镍单原子与周围 3 个氮原子及 1 个硫原子形成配位结构共掺杂到纳米碳骨架作为催化活性位点。理论计算结果阐明，硫原子的引入优化了镍-氮掺杂纳米碳表面的电荷分布，大幅度降低了 OER 反应势垒，进而极大地加速了 OER 反应动力学，从而导致其高效的电/光电催化性能和优良稳定性。

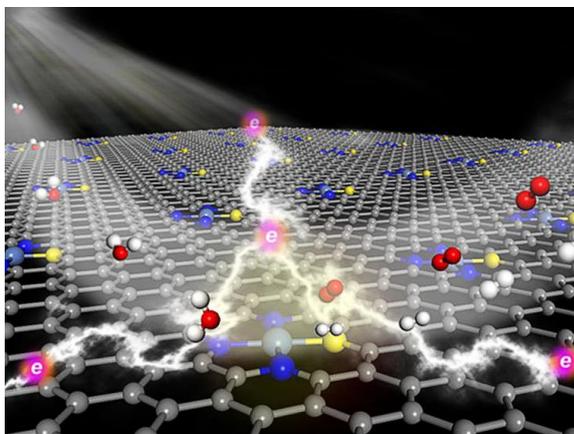


图 1 原子级分散镍-氮-硫电/光电催化水裂解析氧

实验发现，该课题组研制的镍单原子锚定氮-硫掺杂的多孔纳米碳催化剂，相比市场上广泛应用的商业铈基催化剂，这种新型催化剂的过电位降低了大约 5%，也就是说驱动反应的能量降低 5%，同时成本降低了 80% 以上，并且稳定性大幅度提高，展现出工业级电解水制氢的潜能。

本次研究不仅设计并开发出一种高效稳定的过渡金属-氮-硫原子级电催化剂，还为如何设计低成本高活性人工固氮合成氨、二氧化碳高值化利用和氧还原催化材料的设计提供了新的思路。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-05-16

3D 打印功能梯度材料取得重要进展

(Grayscale digital light processing 3D printing for highly functionally graded materials)

近日，复旦大学材料科学系梅永丰课题组利用自卷曲纳米薄膜在氢气可视化探测方面取得新进展，将灰度打印方法与新的两步固化树脂相结合，实现单一树脂打印具有高分辨率、广泛可调复杂力学梯度的功能梯度材料，研究成果发表于《Science Advances》。

3D 打印技术（又称增材制造），逐渐发展成一种先进材料加工技术，应用于快速原型制造，生物医用和组织工程，电子器件，软体机器人，以及超材料制备等领域。目前，大部分 3D 打印方法，只能一次打印单一材料性能的结构，或者对于打印多种性能材料缺乏有效的复杂力学梯度控制。受自然界梯度材料（比如鱼鳞和腱骨连接）的启发，人们制备了结合具有显著不同性质材料的功能梯度材料，用于改善力学性能或者提高缺陷耐受性。

研究人员将灰度打印方法与新的两步固化树脂相结合，实现单一树脂打印具有高分辨率、广泛可调复杂力学梯度的功能梯度材料。

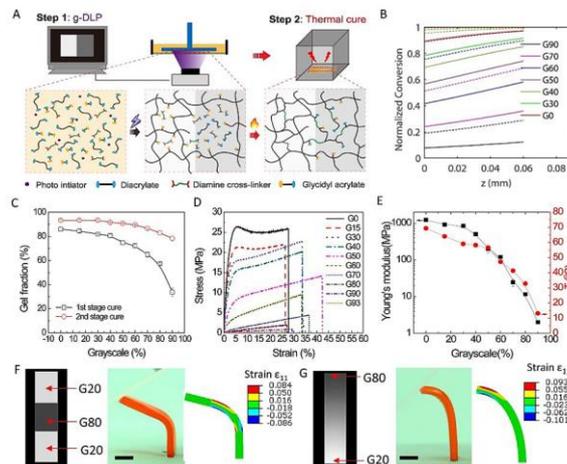


图 1 两步固化辅助灰度打印实现 3D 打印数字化材料

这种新型的两步固化辅助的灰度数字光处理 3D 打印技术，实现了材料性质数字化、外形复杂与力学梯度复杂结构的高分辨率打印。该方法具有非常高的树脂兼容性（树脂种类和粘度范围广），设备成本低和打印速度快等优点。这种新型的灰度打印技术，促进了体素打印，4D 打印技术的发展，特别在手术前原型，仿生梯度材料，声学带隙材料，梯度超材料等领域具有广泛的应用前景

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-05-16

可注射纳米纤维水凝胶有望重建软组织

(Nanofiber-hydrogel composite - mediated angiogenesis for soft tissue reconstruction)

美国约翰霍普金斯医学院转化组织工程中心的 Mao Hai-Quan 和整形外科的 Justin M. Sacks 和 Sashank Reddy 合作报道了一种纳米纤维水凝胶的复合材料,用于解决软组织修复问题。研究论文发表在《Science》子刊《Science Translational Medicine》杂志上。

这种复合材料由透明质酸(HA)水凝胶与电纺聚己内酯(PCL)纳米纤维共价连接组成(制备过程如图 1A 所示)。这种复合设计增加了复合材料的体积孔隙率和细胞渗透率,同时实现了足够高的储能模量,使复合材料能够满足类似于天然脂肪组织的机械性能。

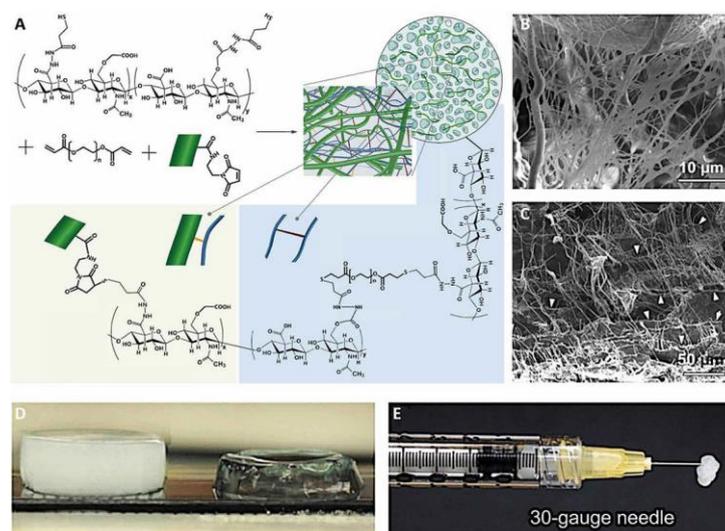


图 1 (A)纳米纤维复合水凝胶的制备过程; (B)大鼠原生脂肪组织扫描电镜图; (C) 聚己内酯纤维水凝胶复合材料的 SEM 图; (D)含纤维与不含纤维的水凝胶外观对比; (E) 30 规针注射纤维水凝胶复合材料。

这种材料与脂肪的结构相似,并且可以促进宿主血管的再生。这种复合材料最大的特点是纳米纤维表面与水凝胶网络之间的连接。这种结合提供了一种在低纤维负载的条件下,有效提高复合材料的刚度并同时保持水凝胶孔径的方法。研究表明,该复合材料能促进细胞浸润、血运重建和宿主组织整合。此外,这种纳米纤维-水凝胶复合材料还可以通过注射的形式注入缺陷处,而无需使用外源性生长因子,从而提高了其临床的可行性。

—摘编自高分子科学前沿公众号 2019-05-18

定量预测镁合金中取向对 Hall-Petch 斜率影响

(Quantitative prediction of texture effect on Hall - Petch slope for magnesium alloys)

重庆大学信运昌教授课题组将晶体学取向影响 k 的作用分为内应力作用和外应力作用，并将两种作用在细晶强化的位错塞积模型中进行准确表达，发展了一个计算 k 值的新的方程，利用新方程分析了已报道的织构影响 k 的现象，对其机制获得了新的认识。相关研究成果在线发表在《Acta Materialia》上。

镁合金由于比重低等特点，在结构材料体系中占有重要的地位。但是镁合金强度低、塑性差等缺点限制了其广泛的应用。此外，镁合金在加工成型过程中往往会形成强基面织构，造成力学性能强烈的各向异性。细晶强化是强化镁合金的一种重要方法，其强化效果可以通过著名的 Hall-Petch 关系描述：

$$\sigma_y = \sigma_0 + kd^{-1/2} \quad (1)$$

在 Hall-Petch 关系中，斜率 k 是一个重要的参数，代表晶界阻碍变形在相邻晶粒间传递的困难程度。

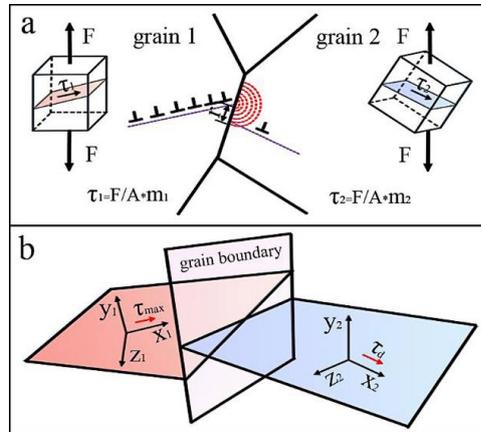


图 1 内应力与外应力对 k 值影响的示意图

重庆大学信运昌教授课题组在先前研究中提出了分析织构影响 k 的新参数及其计算方法，在此基础上，该课题组将晶体学取向影响 k 的作用分为内应力作用和外应力作用（如图 1 所示），并将两种作用在细晶强化的位错塞积模型中进行准确表达，发展了一个计算 k 值的新的方程：

$$k = 2\sigma_d m^{\prime-1} r^{1/2} \quad (2)$$

与已有的方程相比，新提出的方程能够更为准确的预测已报道的 k 值对织构的依赖性，对其机制获得了新的认识。

—摘编自材料人公众号 2019-05-18

史上超强石墨烯薄膜

(Ultrastrong Graphene Films via Long-Chain π -Bridging)

5月15日，国际知名期刊Cell姊妹刊《Matter》在线刊登了北京航空航天大学化学学院程群峰教授、江雷院士团队及其合作者的最新研究成果，设计了一种长链 π - π 堆积作用交联剂，将还原后的GO纳米片交联成超强超韧高导电的石墨烯薄膜。

该长链 π - π 堆积作用交联剂由10,12-二十二碳二炔二酸二苧甲酯单体聚合组成；其不仅可以通过两端的苧基与相邻的石墨烯纳米片交联，而且可以通过二炔基团1,4-加成聚合成长链分子。长链 π - π 堆积交联的石墨烯(π -bridged graphene, π BG)薄膜的拉伸强度和韧性分别达到1054 MPa和36 MJ/m³，为目前文献报道的最高值；电导率为1192 S/cm，与高温处理的石墨烯薄膜相当。由于长链 π - π 堆积作用可提升石墨烯纳米片的规整度，因此该 π BG薄膜具有高效的电磁屏蔽效能。此外，在循环拉伸和折叠变形下，该 π BG薄膜还具有超高的抗疲劳性能和优异的性能稳定性。更重要的是，该工作通过原位拉曼表征和分子动力学模拟，揭示了长链 π - π 堆积作用的强韧机理，为组装纳米基元材料提供了重要的理论指导。

π BG薄膜的制备过程如图1A所示，首先将GO水溶液真空抽滤成GO薄膜；然后，该GO薄膜通过氢碘酸(HI)还原转化成rGO薄膜；最后将该rGO薄膜浸泡在10,12-二十二碳二炔二酸二苧甲酯溶液中，并利用紫外光照得到 π BG薄膜。该 π BG薄膜具有优异的柔性(图1B)和有序的层状结构(图1C和D)。进一步，广角激光散射(WAXS)结果表明，相比于rGO薄膜(图1E)，该 π BG薄膜(图1F)具有更规整的片层取向。

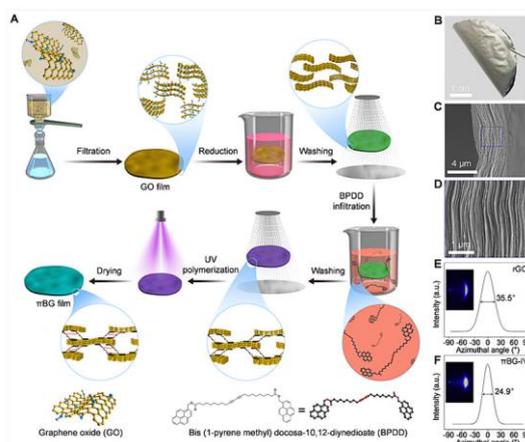


图1. π BG薄膜的制备过程及微观结构

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-05-18

锂离子电池领域获突破

南开大学化学学院教授陈军团队设计合成了一种具有超高容量的锂离子电池有机正极材料—环己六酮，该材料包含地球丰富的碳、氢、氧元素，且此类有机正极材料展现了锂离子电池目前所报道的最高容量值，刷新了锂离子电池有机正极材料容量的世界纪录。相关成果发表于《Angewandte Chemie International Edition》。

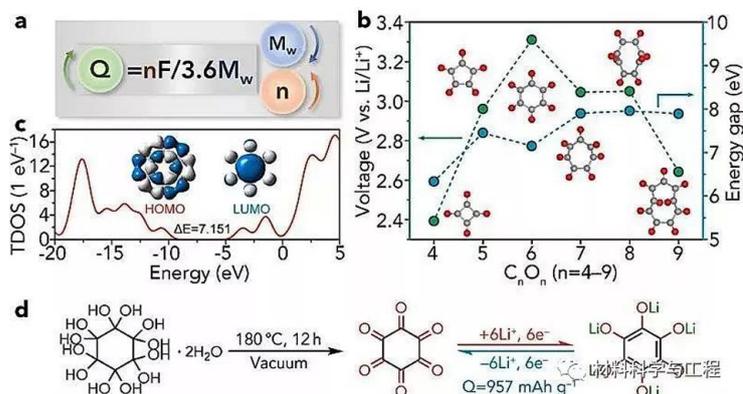


图 1 环己六酮的合成与性能表征

含有碳、氢、氧等元素的有机电极材料因其结构可设计性、对环境友好和廉价丰富等优点被认为是非常具有可持续发展前景的下一代锂离子电池正极材料。然而，该类材料仍面临着实际容量不高、易溶于有机电解液等问题，导致其能量密度较低、容量衰减比较严重。因此，如何克服这两大难题，设计合成具有超高容量的有机正极材料、解决其在电解液中的溶解问题具有非常重要的意义。

团队在实验过程中，首先通过脱水反应合成了环己六酮，通过红外和拉曼等表征手段研究了环己六酮的反应机理，结果表明在充放电过程中发生了羰基和烯醇基团的相互转化。团队进一步优化新型电解液并研究了环己六酮在锂离子电池中的电化学性能，结果表明环己六酮的放电比容量可达 902 mA h g^{-1} ，为目前已知的有机电极材料容量最高值。此外，由于环己六酮在高极性的离子液体中的溶解度较低，使得其在离子液体基的电解液中具有较好的循环性能，组装的电池体现高容量和长循环寿命等特征。美国工程院院士、康乃尔大学 Archer 教授认为，这一开创性成果把该领域工作高度推向了顶峰。

这项工作为高容量有机电极材料的设计、制备以及电池应用提供了一种新的思路。以环己六酮为正极的锂离子电池能够实现电池容量更高、寿命更长等优势，为将来电动汽车、储能电网等领域的应用提供支撑。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-05-20

太钢不锈钢撑起中国核电的脊梁

太钢作为国内最早研发生产核电材料的企业之一，在国内率先研发和生产出耐高温、耐高压、耐腐蚀的核电专用不锈钢，以及我国自主研发的“华龙一号”堆内构件用 304L 控氮超厚超宽规格不锈钢板材、高强度不锈钢复合板、模块用双相不锈钢板材、核岛反应堆水池用宽幅不锈钢冷轧板等，成为国内可全系列配套供应第三代核电不锈钢材料的唯一生产企业。

日前太钢与中国原子能科学研究院、中国科学院金属研究所联手研发，成功采用高纯净不锈钢材料打造出世界直径最大、重量最大的无焊缝整体不锈钢环形锻件，将用于制作我国首个第四代核电机组——福建霞浦 60 万千瓦快中子反应堆示范堆核心部件支撑环。



图 1 福建霞浦 60 万千瓦快中子反应堆示范堆核心部件支撑环

作为整个堆容器的“脊梁”，该巨型环形锻件直径 15.6 米，重达 150 吨，要求结构上能承受 7000 吨重量，耐受 650 度高温，并且连续运行四十年。以往，国内外此类巨型锻件均采用多段小坯组焊方式制造，焊缝位置的材料组织性能薄弱，给核电机组运行埋下安全隐患。此次以 58 块高纯净不锈钢连铸板坯叠加锻造制作该环件所需百吨级原始坯料，解决了传统“以大制大”工艺上钢锭凝固过程所固有的冶金缺陷问题。

该“世界之最”的成功研制标志着我国冶炼和连铸工艺的突破，材料的耐高温、耐腐蚀性能，钢质纯净度，内部组织均匀性，尺寸精度等指标达到了全新高度，已掌握了快堆关键设备用 316H 不锈钢板、连铸坯、电渣锭等系列产品的制造技术，并且具备了批量生产能力。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-05-12

3D 打印钛合金航空发动机零件

河钢高度重视国家战略性新兴产业发展。在增材制造领域，与西门子（中国）签署了增材制造战略合作协议，开启了增材制造实质性合作的新里程。在钒钛产业领域，先后成立了河钢承德钒钛新材料有限公司和河北省钒钛产业技术研究院，为高端制造业发展，推进钒钛产业高端化进程提供了国际化平台。

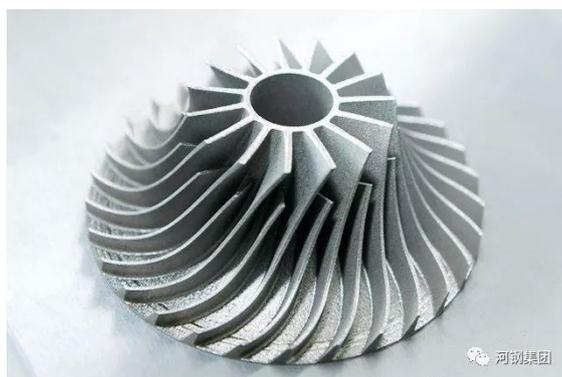


图 1 以钛合金粉末为原料，采用 3D 打印技术制造的航空发动机用零部件

先说两句 3D 打印制造机械零部件的优点。首先可优先制造出样件，通过对样件进行力学性能、硬度、密度等验证，可以在设计阶段就识别出设计错误，以及对工艺过程进行优化。此外，像这样的飞机零部件，用铣削等机加方法制造会导致 95% 的原材料浪费，而采用 3D 打印技术，原料损耗大约只有 5% 左右。

再说两句钛。钛有“空间金属”之称，钛的合金大量用于航空工业，采用钛合金为原料以及在保证零部件性能的前提下进行轻量化结构的设计，可以使飞机减重，带来燃油消耗的降低，或载重量的增加。

成功使用钛合金 3D 打印出航空发动机零部件，代表着河钢在高端钒钛新材料研发与应用以及增材制造技术上取得的新进展，也意味着河钢开启了钒钛高端材料制造新时代。

在这个 3D 打印的钛合金航空发动机零部件出生地，河钢钒钛技术研究所增材制造服务示范中心，小编了解到，科研团队正在研究增材制造与新材料技术，针对钛合金粉末产线进行产业链延伸，做终端高端材料，开拓航空航天、军工、汽车、医疗等钛产业链高端客户，并推进战略新兴产业协同。

将开发出增材制造用的高端钛合金、含钒特种钢、钒铝合金等金属粉末，不仅可打印航空航天、医疗、汽车制造、模具设计制造、兵器、船舶、核工业等领域的金属部件或结构件，还可打印文化创意领域产品，如模型、道具、日用品等。

—摘编自 材料科学与工程公众号 2019-04-27

本质细晶钢技术获突破性进展

东北大学轧制技术及连轧自动化国家重点实验室（RAL）本质细晶钢研究团队在王国栋院士指导下，学术骨干王超博士通过热轧钢材本质细晶原理及机制的基础研究，在解决第二相粒子演变规律及诱导相变形核机制等科学问题的基础上，实验室研究与工业化试制相结合，突破成分-冶炼-轧制-冷却全流程组织性能调控核心技术，目前已成功实现本质细晶钢工艺技术在螺纹钢产品领域的批量生产应用，取得突破性研究进展。



图 1 螺纹钢的应用

针对新国标提出的组织性能调控需求，尤其是大规格产品，迫切需要开展工艺技术创新，实现高品质螺纹钢的经济、绿色化生产。在机理研究方面，王超博士通过对冶炼、凝固、轧制过程氧/硫/氮化物的析出热力学分析，明确了微细第二相粒子弥散分布的控制机理，考察了不同热变形条件下奥氏体粗化规律及组织转变行为，分析了氧/硫/氮化物诱导细晶相变形核机制，阐明了第二相粒子与组织演变的交互作用机制，为工艺技术开发提供了理论支撑。在基础研究成果的工业化转化实践方面，产学研结合，基于对螺纹钢工业生产流程中夹杂物演变规律开展的系统取样分析，探索了氧、氮等元素最佳含量范围及其控制手段，考察了钛等元素的吸收率及其影响因素，确定了氧/硫/氮化物形成元素的最佳加入方式，探索了 150t 转炉条件下成分和生产节奏控制要领，重点解决了快节奏下工序间的匹配和连铸的顺行问题，以及单线轧制和切分轧制下工艺参数对性能的影响规律。

目前，本质细晶钢技术已应用于 12~36mm 规格 HRB400E 抗震螺纹钢的工业化生产，组织性能良好，降成本效果显著。基于该研究的相关工艺技术创新已申报国家发明专利 5 项，申报国际专利 4 项，形成了工业化成套工艺技术，可为企业提供一揽子系统解决方案。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-05-13

麻省理工学院“新工程教育转型”计划

2017年8月，MIT启动了新一轮的工程教育改革“新工程教育转型”(New Engineering Education Transformation, 简称NEET)计划,旨在重构麻省理工学院的工程教育教学，从根本上对工程教育进行一次系统性反思和变革，变革的重点集中在学生的学习方式及学习内容，目标是培养能够引领未来产业界和社会发展的领导型工程人才。

一、工程教育的逻辑重构：实现学科逻辑和心理逻辑的整合

传统工程教育强调对学生进行基于学科知识的认知能力的训练，体现出工程教育活动组织与开展的学科逻辑。由于学科逻辑过于强调学生对工程学科知识的掌握以及学生认知能力训练的倾向，因此，容易造成工程教育活动的开展忽视学生个体身心发展规律、忽视学生工程实践经验构建。持教育应更多尊重学生身心发展规律的学者对传统教育的学科逻辑展开了猛烈的批判，强调教育活动的开展需遵循学生的身心发展规律，强调学生中心、活动中心及经验中心，体现出教育活动中人才培养的心理逻辑。由此可见，学科逻辑强调按学科知识建构开展教育活动，关注学生认知能力的训练，而心理逻辑则强调按学生身心发展规律开展教育活动，关注学生的实践经验，体现出两种不同的价值取向，背后体现的是学科逻辑与心理逻辑代表的两种不同的教育范式，体现出两种不同的人才培养主张。

MIT此次的新工科改革采取了整合学科逻辑与心理逻辑的策略。整合的路径体现为“学科串”(threads)的应用。“学科串”是学生在大二开始学习的跨学科路径。围绕驱动现代产业的实践和研究方法，构建机械，材料和系统科学的跨学科“学科串”。每个“学科串”为学生提供了前所未有的机会，让他们沉浸在跨越学科的学习项目中，同时获得所选专业的学位。

二、工程教育的内容重构：面向未来的新机器与新工程体系

MIT认为，工程教育应从关注当前产业界发展转向面向产业界未来发展，即面向未来的新机器与新工程体系。新机器是对工程师所制造出来的工程人工物的统称，例如机械类、分子类、生物类、信息类的工程人工物。新工程体系是指由新机器所组成的产业体系。根据MIT的构想，21世纪中期的新机器与新工程体系将会由物联网、自动化体系、机器人体系、智慧城市、可持续材料与能源体系、生化诊疗、大数据等组成。

与传统的机器和工程体系相比，面向未来的新机器与新工程体系体现出高度的整合性、复杂性、连通性、自主化以及可持续发展等特色。高度的整合性指新机器与新工程体系超越了传统的工程学科隔离，对机械、信息、分子、生物、建筑、能源等进行整合；复杂性指新机器与新工程体系所运用的工程技术的复杂程度不断提升；连通性指新机器与新工程体系各部分是高度连通的；自主化指新机器与新工程体系自主水平提升，可以独立于人的行为自主运作；可持续发展指新机器与新工程体系与自然生态环境之间的关系。

二、工程教育教学方法重构：构建基于以项目为中心的方法体系

工程教育的现状通常是基于以学科为中心的学习方法。课程被规划为一系列专业化程度不断提高的内容结构；评价的主要方法是封闭式问题解决。在这种情况下，项目往往被视为补充性的方式应用于工程教育。NEET 倡导以项目为中心的方法，学生们选择一个明确的跨院系课程和项目的“学科串”，而基础仍然来自于本院系的要求。由于“学科串”跨越了院系和学校边界，学生组成了一个围绕共同项目的团队。评估是以主题和项目为基础的。学生通常从大二开始每年参加一个项目，他们的项目需要随着他们的进步而不断提高深度和专业性。

NEET 不仅重视知识的获取，而且重视应用知识的能力。项目精心安排学习目标，反映学科学习目标。项目是学习制造、发现、系统和创造力的主要工具。项目有助于促进学生从团队技能到人际关系技能再到领导能力提升。

MIT 新工科对传统工程教育的教学方式进行变革，强调以学生为本，关注学生的学习方式和学习内容，把学生真正置于工程教育活动的中心。在开展教学活动时，通过充分考量学生个体的认知风格、学习方式等的差异，选择最适合学生个体发展的学习方式，引导学生积极参与，激发学生的主动探究与自学能力，采取项目学习、小组学习、团队合作、信息化教学、智慧学习等手段，为学生成为引领未来工程发展的领导者奠定基础。教学方式的变革必然会对教师队伍的核心素养提出挑战，为确保新工程教育教学方式的顺利转型，MIT 也计划为教师教学活动的开展提供专业支持。

四、工程人才的能力重构：强调思维能力的养成

MIT 主张，未来产业界将会更加注重工程人才的学习能力和思维等方面的表现，原来强调知识习得与认知能力训练为重心的工程教育将会受到挑战。因此，新工科应更注重对学生思维的培养。使学生在工程实践中面临各种未知与复杂问题时能够运用恰当的思维思考解决。因此，MIT 提出新工科人才应具备 12 种思维，即学习如何学习、制造、发现、人际交往技能、个体技能与态度、创造性思维、系统性思维、批判与元认知、分析性思维、计算性思维、实验性思维及人本主义思维。

—摘编自 数学中国 2019-05-12

镁合金：未来金属界的明星材料之一

镁(Mg)是地壳中第八丰富的元素，比铝轻 33%，比钛轻 60%，比钢轻 75%。加入其他元素组成的镁合金，同样具有密度小、比强度高、弹性模量大、导热性和消震性好、电磁屏蔽性能强、生物相容性佳、易于回收等突出优点，被美誉为“21 世纪绿色结构材料”，也被很多行业专家标榜为未来金属界的明星材料之一。

在当今世界能源与环境问题日益突出的严峻形势下，镁合金在汽车工业、通讯电子业和航空航天工业等领域正得到日益广泛的应用。我国是世界上镁矿资源最丰富的国家之一，可利用的镁矿资源产量约占世界总储量的 70%，因而在发展镁材料产业上有显著的资源优势。

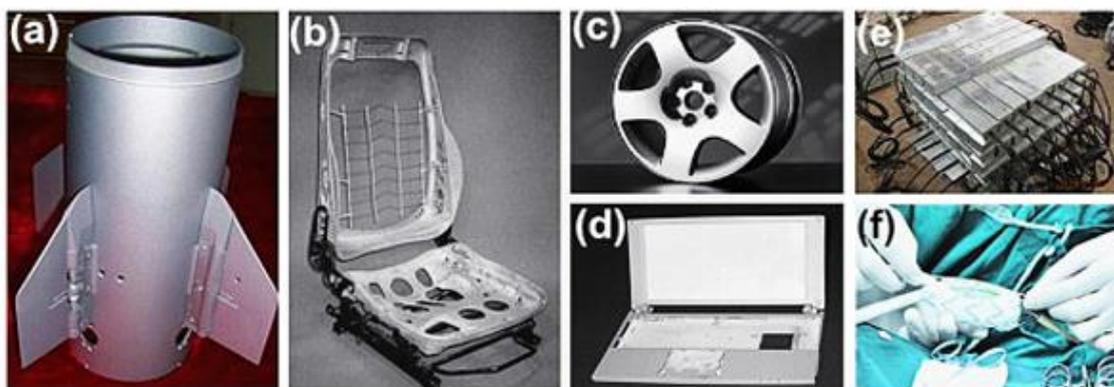


图 1：镁合金的应用示例 (a) 轻型导弹壳；(b) 座椅框架；(c) 汽车轮毂；(d) 笔记本外壳；
(e) 牺牲阳极材料；(f) 医用镁合金缝合线

纯镁的密度为 1.738 g/cm^3 ，镁合金的密度也仅为 $1.75\text{-}1.90 \text{ g/cm}^3$ ，约是铝合金的 $2/3$ ，钢的 $1/4$ 。镁合金的比强度明显高于铝合金和钢，比刚度与铝合金相当，远远高于工程塑料。在当前汽车工业尤其是新能源汽车行业大幅发展的背景下，用镁合金做结构件可以显著减轻汽车自重，有效降低燃油消耗，提高燃油经济性，同时降低污染排放。镁合金在汽车上最具潜力的应用是整体结构部件，如方向盘、发动机罩、后备行李箱盖、车顶板、车体加强板、内侧车门框架和后部车厢隔板，部分高强耐热镁合金甚至可以用于发动机汽缸体和汽车轮毂。

镁合金与铝合金、钢、铁相比，具有较低的弹性模量，在同样受力条件下，可消耗更大的变形功，具有降噪、减振功能，可承受较大的冲击震动负荷。镁合金的这些特点可以满足航空航天等高科技领域对轻质材料吸噪、减震和防辐射的要求，从而改善飞行器的气体动力学性能和明显减轻结构重量。从 20 世纪 40 年代开始，

镁合金首先在航空航天部门得到了应用。关注材料科学与工程公众号学习更多。在国外，B-36 重型轰炸机每架用到 4086 kg 镁合金簿板；“德热来奈”飞船的起动火箭“大力神”曾使用了 600kg 的变形镁合金；“季斯卡维列尔”卫星中使用了 675kg 的变形镁合金；直径约 1 米的“维热尔”火箭壳体也是用镁合金挤压管材制造的。我国制造的歼击机、轰炸机、直升机、运输机、民用机、机载雷达、地空导弹、运载火箭、人造卫星、飞船上也均选用了镁合金构件。

镁合金具有良好的导热和导电性能，虽然镁合金的导热能力不及铝合金，但远高于塑料、树脂，同时镁合金具有良好的电磁屏蔽性能，非常适合用于制造电子产品的金属外壳、机罩。一些电子通讯知名品牌企业已经成功将镁合金用于制造个人便携式电脑、手机、摄录影器材等电子产品外壳。在 2003 年全球出货的 3000 万台笔记本电脑中，采用铝和塑胶机壳的比重达 75%，使用镁合金的比重仅 25%，但 2004 年笔记本电脑采用镁合金机壳的比重就提高到了 50% 以上。

虽然镁合金拥有众多吸引人的性能优势，但由于其自身固有的一些性能缺点，以及当前的技术制约，使其仍然难以进行广泛的推广利用。**材料界的泰斗——师昌绪院士就曾指出镁合金的发展存在三大瓶颈，即缺乏有效析出相、易腐蚀和难变形。这三大问题也是发展新型高性能镁合金面临的主要障碍。**

镁的电极电位低，化学性质活泼，导致镁合金产品容易腐蚀。因此，腐蚀问题也是阻碍镁合金应用的一个关键因素。改善镁合金的耐蚀性能，目前主要有两种技术方式，一种是通过合金化和纯净化处理来提高镁合金基体本身的电极电位，或者形成表面自愈合保护膜，增强自身对环境腐蚀的抵抗能力；另一种是通过表面防护处理，形成表面保护膜而防止基体的腐蚀。由于前者受到镁自身化学特性的限制，未取得应用上的突破性进展，故目前国内外多致力于表面防护技术的研究开发，在目前广泛使用的微弧氧化表面处理技术基础开拓了一些新的表面处理技术，并取得了较好的成果。

大力发展镁合金的应用，必须以加快镁合金的基础研究为前提。加强对镁合金强韧化机理及塑性变形机制的基础理论研究，从根本上认识镁合金的强化及塑性变形机理，同时必须加强对镁合金腐蚀机理和失效机制的研究。在此基础上创造有利于镁合金变形的应力应变条件，开发新型高性能镁合金体系，通过先进变形镁合金加工工艺，生产制备出具有高强、耐热耐蚀，以及良好变形性能的优质镁合金。

—摘编自电镜网公众号 2019-04-22