

# 科技前沿信息

第 12 期 (总第 132 期)

上海科技成果转化促进会  
上海科学技术情报研究所 主办

2019 年 6 月 下旬刊

## 【专题报道】

### 美国国家科学院发布《材料研究前沿：十年调查》

[导读]发达国家和发展中国家在智能制造和材料科学等领域的竞争将在未来十年内加剧。随着数字和信息时代的发展以及面临的全球挑战，材料研究对新兴技术、国家需求和科学的影响将更加重要。

### 美国国家科学院发布《材料研究前沿：十年调查》

2月8日，美国国家科学院发布了针对材料研究的第三次十年调查《材料研究前沿：十年调查》报告。这次的调查主要评估了过去十年中材料研究领域的进展和成就，确定了2020-2030年材料研究的机遇、挑战和新方向，并提出了应对这些挑战的建议。该报告指出，发达国家和发展中国家在智能制造和材料科学等领域的竞争将在未来十年内加剧。随着美国在数字和信息时代的发展以及面临的全球挑战，材料研究对美国的新兴技术、国家需求和科学的影响将更加重要。报告认为材料研究的机遇包括9个方面：

#### 1.金属

金属和合金领域的基础研究将继续推动新科技革命和对材料行为

的更深入理解，从而产生新的材料设备和系统。未来十年有前景的研究领域包括：迄今尚无法实现的在相同长度和时间尺度上进行耦合实验和计算模拟研究；原位/操作实验表征数据的实时分析；加工方法和材料组分创新，以实现下一代高性能轻质合金、超高强度钢和耐火合金，以及多功能高级建筑材料系统的设计和制造；理解多相高熵合金的固溶效应，并通过开发可靠的实验和计算热力学数据库创建在常规合金中不可能出现的微结构；通过实验和建模进一步理解纳米孪晶材料中的变形机制、分解应力的作用、微观结构演变的过程和机制。

## **2.陶瓷、玻璃、复合材料和混合材料**

陶瓷和玻璃研究领域的新机遇包括：将缺陷作为材料设计的新维度，理解晶界相演化与晶相演变，确定制造陶瓷的节能工艺，生产更致密和超高温的陶瓷，探索冷烧结技术产生的过渡液相致密化的基本机制。复合材料和混合材料研究领域的新机遇包括：在聚合物树脂基材料和高性能纤维增强材料的成分组成上进行创新，使其具有更强的定制性和多功能性；开发可以快速评估和准确预测复合材料的复杂行为的分析和预测工具、多尺度建模工具套件；加强多维性能增强及梯度/形态关系领域的制造科学研究。钙钛矿材料未来的潜在研究方向是基于甲基铵的钙钛矿太阳能电池的稳定性以及有毒元素的替代研究。聚合物/纳米颗粒混合材料和纳米复合材料未来的研究重点是研究外部场（电、磁）对活性纳米粒子组装过程的影响。

## **3.半导体及其它电子材料**

半导体及其它电子材料未来的工作重点将转向日益复杂的单片集成器件、功能更强大的微处理器以及充分利用三维布局的芯片，这需

要研发新材料，以用于结合存储器和逻辑功能的新设备、能执行机器学习的低能耗架构的设备、能执行与传统计算机逻辑和架构截然不同的算法的设备。器件小型化和超越小型化方面的研究重点是提升极紫外（EUV）光刻的制造能力和薄膜压电材料性能。金属微机电系统合金的沉积技术和成形技术的发展有望实现物联网。下一代信息和能源系统将需要能提供更高功率密度、更高效率和更小占位面积的新型电子材料和器件。集成和封装的变化以及场效应晶体管、自旋电子器件和光子器件等新器件的出现，需要研发新材料来解决互连中出现的新限制。

#### **4.量子材料**

量子材料包括超导体、磁性材料、二维材料和拓扑材料等，有望实现变革性的未来应用，涵盖计算、数据存储、通信、传感和其他新兴技术领域。超导体方面的研究前沿是发现新材料、制备单晶、了解材料的分层结构及功能组件，研究重点包括研发可以预测新材料结构及性能的理论/计算/实验集成的工具；发现和理解新型超导材料，推动相干性和拓扑保护研究发展，进一步理解与更广泛量子信息科学相关的物质。磁性材料可能会出现“磁振子玻色爱因斯坦凝聚”等新集体自旋模式。二维材料的重点研究方向包括：高质量二维材料及其多层异质结构的可控增长、异质结构和集成装置的界面力学、过渡金属二硫化物的低温合成等。在拓扑材料方面，机械超材料可能是新的重要研究方向，其具有负泊松比、负压缩性和声子带隙等新的机械性能。

#### **5.聚合物、生物材料和其他软物质**

聚合物将在环境、能源和自然资源应用、通信和信息、健康等领域发

挥重要作用。生物材料的进一步发展需要先进的合成方法、新颖的表征工具及先进的计算能力。未来的研究方向包括研究软物质的自主行为以及掌握具有与肌肉骨骼组织相当性质和功能的合成材料的制造方法。未来无机生物材料的重要研究方向包含生物金属的金属材料和陶瓷生物材料、用无机粉末的增材制造技术、生物分子材料性能的提升及糖化学。软生物材料的重要方向包括超分子组件中的结构控制、水凝胶材料中水的组织和动力学、纳米结构内多个生物信号的精确空间定位方法。

## **6.结构化材料和超材料**

结构化材料具有量身定制的材料特性和响应，使用结构化材料进行轻量化，可以提高能效、有效负载能力和生命周期性能以及生活质量。未来的研究方向包括开发用于解耦和独立优化特性的稳健方法，创建结构化多材料系统等。超材料是设计出来的具有特定功能响应的结构化材料，这些功能一般在自然界不存在。超材料的未来研究方向包括：制造用于光子器件的纳米级结构，控制电磁相位匹配的非线性设计，设计能产生负折射率的非电子材料，减少电子跃迁的固有损失。

## **7.能源材料、催化材料和极端环境材料**

能源材料的研究方向包括：持续研发非晶硅、有机光伏、钙钛矿材料等太阳能转换为电能的材料，开发新的发光材料，研发低功耗电子器件，开发用于电阻切换的新材料以促进神经形态计算发展。催化材料的研究方向包括：改良催化材料的理论预测，高催化性能无机核/壳纳米颗粒的合成，高效催化剂适合工业生产及应用的可扩展合成方案，催化反应中助催化剂在活性位场上的选择性沉积，二维材料催化剂的研究。极端环境材料研究方向包括：基于科学的设计开发下一代

极端环境材料，如利用对材料中与温度相关的纳米级变形机制的理解来改进合金的设计，利用对腐蚀机理的科学理解来设计新的耐腐蚀材料；理解极端条件下材料性能极限和基本退化机理。

## **8.水、可持续性和洁净技术中的材料研究**

碳捕集和储存的材料研究的机遇包括：基于溶剂、吸附剂和膜材料的碳捕集，金属有机框架等新型碳捕集材料，电化学捕集，通过地质材料进行碳封存。洁净水的材料问题涉及膜、吸附剂、催化剂和地下地质构造中的界面材料科学现象，需要开发新材料、新表征方法和新界面化学品。可再生能源储存方面的材料研究基于：研发多价离子导体和新的电池材料以提高锂离子电池能量密度，研发高能量密度储氢的新材料以实现水分解/燃料电池能量系统。聚合物材料为可持续清洁技术领域提供独特的机遇和挑战，未来研究方向包括：利用可持续材料制备新塑料的方法，高度天然丰富的聚合物（如纤维素）的有效加工方式，稀土的高效使用、非稀土替代品的寻找和制备，稀土材料的回收和再利用，用于先进燃料电池的非铂催化剂。

## **9.移动、储存、泵送和管理热能的材料**

热管理已成为从电池到高超音速飞机等诸多技术中最重要的方面之一，因为在高需求的设备和应用中，效率的微小提高会对能源的使用产生重大影响，需要加强能存储、转换、泵送和管理热能材料的开发。研究方向包括：开发更稳定和耐腐蚀的材料，或开发具有较大熔化热变化的新型相变材料，以提高太阳能热存储效率；开发新的热电材料，聚焦能量色散关系明显偏离传统谱带的固体材料；通过外力改变热特性或研究相变，开发新的有源热材料。