中国科大在人工合成珍珠母方面取得突破性进展

本报讯 近日，合肥微尺度物质科学国家实验室、化学与材料科学学院俞书宏教授课题组在人工合成珍珠母的方法上取得突破性进展。不同于以往仿珍珠母材料或仿生矿化方法得到的微观晶体，俞书宏课题组首次通过模拟天然珍珠母生长过程而获得了人工仿生结构材料，这种材料具有与天然珍珠母高度相似的化学组分和微观结构，并因此兼具强度及韧性。该成果发表在10月7日出版的《科学》杂志上。文章第一作者是我校博士生茅璨波。

俞书宏教授自2002年回中国科大工作后，一直坚持开展受生物启发仿生合成高性能材料的方法学研究。他的课题组首次提出并建立了一种全新的介观尺度“组装与矿化”相结合的合成方法，通过高度模拟软体动物珍珠母的生长方式和控制过程，研究人员成功合成了宏观尺度仿珍珠母块体材料。他们首先将壳聚糖冷冻，生成层状结构框架，再将其乙酰化，生成不可溶的、与贝壳分泌的成分完全一致的几丁质框架。然后，使用蠕动泵向框架中循环泵入含有一定量聚丙烯酸和镁离子的碳酸氢钙溶液，使得碳酸钙在框架中原位矿化生长。在此过程中，文石相碳酸钙以类似天然珍珠母生长的方式，在有机框架上随机成核并沿侧向外延生长，最终在每一层框架上均形成与天然珍珠母类似的泰森多边形结构。矿化后的材料经过丝蛋白溶液浸渍和热压处理便得到块状人工珍珠母材料。这种人工仿珍珠母材料具有与天然珍珠母高度类似的化学组分、无机含量、多级结构形式以及超常的断裂强度和断裂韧性。

《科学》杂志的审稿人评价称：“这是一个可靠的、开创性的工作”，“作者报道了一种制备大体积人工珍珠母的新方法”，“这篇论文将对具有等级有序结构的高性能复合材料的设计原理有贡献，对今后的工作具有启发性”。

《科学》杂志在同期观点栏目配发了题为“Growing a synthetic mollusk shell”的长篇评述，称“该矿化方法是一项突破性进展，因为它成功地将能制造出的具有可控层间距的大体积三维多层壳聚糖模板与能够完全实现其矿化而获得非常高的矿物质含量的两个过程集成于一体”，“这种方法可为深入研究由矿物和聚合物为原材料的不同组合方式在高度可控和可调的环境中的矿化过程的本质提供了一个‘沙箱’”，“该方法也可能应用于制造大体积类珍珠母结构的骨移植体，而复制天然骨骼的力学和在体内的反应特性是骨科学领域的迫切挑战”，“该方法可适用于不同组合方式的无机和有机组分的复合，因此也有可能制备多种仿生工程材料。特别是，这种方法或许能够制造高强和高韧兼备的材料，而这两种性质在传统工程材料体系中是相互排斥的”。

《自然》杂志也在近期以“批量生产珍珠母”为题将该工作选为研究亮点。

这项研究开创了材料仿生合成的一个新路径，解决了多年来难以通过模拟生物体内生物材料生长过程的方法制备宏观尺度人工珍珠层结构材料的难题，为今后设计和制备具有优越力学性能的一系列新型宏观尺度仿生功能材料提供了新思路，可广泛应用于制备其他体系的人工材料，如人工骨骼、金属有机框架-有机物复合材料及多种陶瓷基复合材料等。

（合肥微尺度物质科学国家实验室 化学与材料科学学院 苏州纳米科技协同创新中心 合肥大科学中心 科研部）

新型多形体硫化物半导体纳米异质结设计合成获得成功

本报讯 近日，合肥微尺度物质科学国家实验室俞书宏教授课题组与李震宇教授课题组合作，在多形体硫化物半导体的设计合成及光电转换应用方面取得了新进展。研究成果以封面论文发表在《美国化学会志》，并被JACS Spotlights选为研究亮点。

新颖的纳米晶材料的合成及其形成机理是目前胶体湿化学方法合成纳米晶研究的重点。硫化铜（Cu2-xS）是一类传统的半导体材料，随着x值的变化呈现出不同的晶体结构，当x值增加时，其禁带宽度减小，表面等离子共振效应增强，从而由半导体性向金属性转变。人们对于单一组分和不同物相的Cu2-xS的研究已经做了大量工作。目前纳米异质结的合成受到广泛关注，因为它能够集成不同材料组分的优势而获得优于单一组分的协同效应。相比之下，有关多形体纳米异质结的研究则相对较少，如果能将半导体性的Cu2-xS和金属性的CuS复合在一起，有望使其表现出更奇特的性质。

为了实现这一目标，研究人员发展了胶体湿化学“前驱物诱导”方法首次成功制备了一种独特多形体异质结Cu1.94S-CuS，以形成特殊的“自相互作用”界面。这种独特的Cu1.94S-CuS纳米异质结可有效吸收太阳光的可见和近红外区域。通过密度泛函理论计算表明，这种特殊的界面可以构筑类似于“金属-半导体”界面结构，从而构筑了类似于type-II异质结构，有效促进了体系中电子和空穴的分离，显著提升了该体系材料的光电转换性能。

这种基于前驱物诱导合成硫化物异质纳米结构的方法，有助于人们精确控制纳米材料的结构和深入理解其形成机理。同时，这种无贵金属参与的异质纳米结构的合成策略，将为提升和优化传统半导体的光电转换性能提供新的思路。

此前，俞书宏课题组还发现了有机膦与Ag+和Bi3+配位络合进而在高温下被还原为银单质和铋单质的现象，据此发展了一种基于有机膦作用下的银基和铋基纳米晶及其异质纳米结构的通用合成方法，成功合成了Ag、Bi、Ag-Ni3S2、Ag-ZnS、Ag-AgInS2、Ag-Bi及Bi-Cu7S4等一系列银基和铋基纳米材料，这对于胶体纳米晶的合成方法来说是一个有力的补充。研究人员发现，银和铋的硫族化合物在有机胺中存在溶解平衡，根据路易斯软硬酸碱理论，溶液中的有机膦可以与Ag+和Bi3+配位络合，打破其溶解平衡，释放出更多Ag+和Bi3+，进而在高温下被有机胺还原成银和铋的单质。通过这种方法合成的纳米晶和异质结在催化、光电转化、生物传感等领域都有着潜在的应用价值。相关研究结果发表在《美国化学会志》上。(合肥微尺度物质科学国家实验室 化学与材料科学学院 科研部)

超弹性耐疲劳宏观尺度碳纳米组装体材料的仿生设计制备获得成功

本报讯 近日，合肥微尺度物质科学国家实验室、化学与材料科学学院俞书宏教授课题组与工程科学学院吴恒安教授课题组合作，在超弹性耐疲劳碳纳米组装体材料的仿生设计制备研究方面取得重要进展。研究成果发表在《自然·通讯》上。

俞书宏教授课题组的研究人员受人类足弓等常见宏观弹性拱结构的启发，通过巧妙的实验设计，成功制备了一种具有微观层状连拱结构的宏观尺度碳纳米组装体材料。该材料由脆性易碎的组分构筑而成，但其同时展现出高度可压缩性、超弹性、超强抗疲劳性能。

为了实现这一特殊结构，研究人员首先设计了一种新型的双向冷冻技术，将壳聚糖-氧化石墨烯（CS-GO）混合溶液取向冷冻并干燥，从而获得具有层状结构的CS-GO宏观组装体；然后再将其通过高温碳化处理，依靠碳化过程中CS和GO收缩程度的不同，使原本较为平坦的薄层结构皱缩成所需的层状连拱结构。上述两步过程的巧妙结合对实现这一特殊多级结构是必不可少的，例如，通过双向冷冻获得的取向一致的层状结构保证了最终材料中所有微拱单元的取向一致性，从而保证所有微拱单元在材料整体受压变形时同时发挥弹性功能。

俞书宏课题组与吴恒安教授课题组密切合作，通过进一步构建力学模型，对这一材料的超常性能进行了系统的分析。结果表明，构成该材料的微拱结构单元和宏观薄壳型拱结构一致，可以发生可逆的面外大尺度弹性变形，同时保持其面内所受的应力和应变极小。因此，由取向一致的微拱单元相互堆垛构成的材料整体，即使其构筑组分本身是脆性的，也可以适应高达90%的压缩形变而完全恢复原状并免遭结果破坏，同时表现出如弹簧般的超弹性和抗疲劳性能。其次，力学模型分析进一步揭示，该材料压缩循环过程的超低能量损耗主要来自于微拱单元之间的摩擦耗散，而非微结构的永久性破坏。研究结果表明，这一超弹性碳材料明显区别于国际已报到其他低密度、可压缩型结构材料。

此类具有层状微拱结构的碳纳米组装体材料因其优越的超弹性耐疲劳性能及其耐高低温能力，有望在特种条件下的力学传感和探测等领域获得应用。该研究还表明，现有成熟的宏观结构设计对于设计材料的微观结构同样具有指导意义。

（合肥微尺度物质科学国家实验室 化学与材料科学学院 苏州纳米科技协同创新中心 合肥大科学中心 科研部）

超冷原子研究领域的新突破：

中国科大首次在玻色-费米双超流体中观测到量子涡旋晶格

本报讯 近日，微尺度物质国家实验室潘建伟及其同事陈宇翱、姚星灿等在国际上首次实现了一种全新的量子物态——质量不平衡的玻色-费米双超流体，并在该双超流体中成功地产生和观测到玻色-费米量子涡旋晶格。这一实验发现开辟了超冷原子领域全新的研究方向，为理解复杂宏观量子现象提供了一种独特的研究手段。该成果近日发表在国际物理学权威学术期刊《物理评论快报》上。《物理评论快报》以编辑推荐的形式报道了这项重要研究成果，美国物理学会网站Physics Synopsis栏目将该成果作为亮点报道。

中国科大研究团队经过多年艰苦卓绝的努力，对超冷原子实验操控技术进行了全方位的革新，搭建了一套可以同时冷却操控锂和钾原子的世界领先的实验平台。通过发展新一代的激光冷却、高效率磁输运、光阱陷俘、高分辨成像等核心技术，研究人员最终成功地在一种独创的“碟片交叉光阱”中首次实现了质量不平衡的玻色-费米双超流体。在实现玻色-费米双超流体后，研究团队迅速把目光投向玻色-费米量子涡旋的研究。他们通过各种努力将各项实验参数优化到极致，最终在10nK的极低温下，获得了高达150万锂原子和20万钾原子的双超流体，为产生和观测玻色-费米量子涡旋奠定了坚实基础。研究人员进一步设计了极其精巧的光学装置，产生了两束直径为20μm、可以对称地围绕双超流体转动的激光，如同搅拌咖啡用的勺子，使得超流体随之旋转起来。利用他们创造性发展的能够同时对双组份原子进行高分辨成像的技术，通过精密调节旋转激光的位置、光强、频率等参数，最终成功地产生并观测到了玻色-费米量子涡旋晶格。

该项研究的预印本于2016年6月在arXiv.org公开后，引起学术界的广泛关注，获得了国际同行的高度评价。诺贝尔物理学奖得主W. Ketterle评价其为“一个精彩绝伦的实验工作”；诺贝尔物理学奖得主A. Leggett爵士认为，这是“极为重要的实验工作，毫无疑问将激发大量的理论研究”；麻省理工大学教授、著名物理学家M.Zwierlein称其为“超流研究领域一个里程碑式的工作”。《物理评论快报》审稿人认为这是超冷原子研究领域“一个最顶尖的实验工作”，“超流研究中最具竞争力的实验工作，为研究质量不平衡的双超流系统铺平了道路。”

（微尺度物质科学国家实验室 量子信息与量子科技前沿创新中心 科研部）

中国科大研究揭示肝癌酮体代谢调控新机制

本报讯 我校生命科学学院张华凤课题组、高平课题组与中山大学宋立兵等课题组合作，发现营养缺乏条件下的肝癌细胞通过代谢重编程激活酮体产能而促进肿瘤的发生发展。研究成果于9月20日在线发表于著名期刊《Cell research》。来自法国国家健康与医学研究院的著名肿瘤学家、欧洲科学院院士Guido Kroemer博士在同一期杂志的专题述评中指出，本项研究发现了一条全新的肝癌特异的代谢通路，肝癌细胞因此获得了在恶劣环境下存活和增殖的优势。

众所周知，在人体饥饿时肝脏能够快速氧化分解脂肪酸生成乙酰辅酶A，进一步合成酮体对大脑、肌肉、肾脏等重要的耗能器官提供快速高效的能量供应。为了避免无效循环，肝细胞中缺乏分解酮体的酶OXCT1，因此肝脏不能利用酮体。本项研究发现，不同于正常肝脏细胞，肝癌细胞在血清饥饿时能够激活OXCT1表达，并分解外源酮体进行代谢。血清饥饿通过调控mTORC2-AKT-SP1通路激活OXCT1的转录表达，进而促进外源酮体向肝癌细胞供给能量，帮助肝癌抵抗营养压力所导致的细胞自噬。通过外源酮体注射实验，证明高血酮小鼠能进一步促进OXCT1高表达的肝癌细胞在体内的生长。进一步临床研究发现，人肝癌组织中的OXCT1表达远远高于相应的癌旁组织，且OXCT1的表达量与肝癌病人预后呈负相关关系。

此项研究不仅在理论上揭示了肿瘤细胞通过改变代谢特点和代谢方式以适应恶劣营养压力的新机制，并且为治疗肝癌提供了新的潜在靶点，对于肝癌的临床研究具有重要的指导意义。

论文的共同第一作者为张华凤课题组的黄的和李婷婷。（生命学院 科研部）

我校发现一个保守的非编码RNA在灵长类中进化出新功能

本报讯 最近，生命科学学院单革教授实验室在《自然-结构和分子生物学》发表论文，报道了其实验室发现并命名了一个从裂殖酵母到人均具有的长链非编码RNA——5S-OT，它可能是目前已知的最古老的由RNA聚合酶II转录产生的长链非编码RNA。进一步的研究表明，此长链非编码RNA在哺乳动物中可以在其被转录产生的染色质原位调控另一个非编码RNA，即5S核糖体RNA（5S rRNA）的转录。5S rRNA实际上是由另一个RNA聚合酶，即RNA聚合酶III转录产生的。因此，5S-OT以原位的作用方式介导了5SrDNA基因组位点RNA聚合酶II和RNA聚合酶III转录活性的协同。

该发现一个直接的应用是可以利用人类5S-OT RNA的这一调控机理，通过人工设计的、针对特定基因序列的“改装版”5S-OT来调控特定基因的剪切。在文章中，把人5S-OTRNA中的反义Alu序列换为与特定基因pre-mRNA互补的序列，即可调控该基因的可变剪切。很多人类疾病与基因剪切异常相关，未来有可能以这一发现为基础发展出生物技术来“纠正”基因的可变剪切。

文章的共同第一作者为博士生胡珊珊和硕士王小林。

（生命科学学院 科研部）