

“金阶初步”的“玲珑球”研究

■本报记者 张双虎

“合成决定未来。”

日前,在以“中空多壳层结构材料固体化学基础和重大应用”为主题的第757次香山科学会议上,中国科学院过程工程研究所(以下简称过程工程所)研究员王丹在报告中说:“在这一领域,我国目前处于引领地位。如果‘做成了’,将成为我们新的‘科技制高点’,也就有了反‘卡脖子’的资本;如果错失时机,将来该领域肯定会被‘卡脖子’。”

“玲珑球”结构

“中空多壳层结构(HoMS)是我们命名的一种材料结构。”王丹告诉《中国科学报》,“这是一类新型多级孔材料体系,这种类似‘玲珑球’的结构带来了更多‘神奇’的材料性质。”

从构成物质的原子结构到形成生命的细胞结构,从人类、地球到云团星系,宇宙万物都可以被看作简单或复杂的HoMS。

“同样材料的不同结构形成了不同的材料特性,体现不同的功能。”王丹进一步解释说,桌子、椅子和床,虽然用的材料都是木头,但结构不同,实现的功能也各不相同。在纳米尺度上,HoMS的“玲珑球”结构也表现出许多特异性能。

2004年初,王丹回国到过程工程所工作。在进行一种中空单壳层材料研究时,他意外发现这种材料有特殊性质。这引发了王丹的兴趣,开始关注和研究这类材料。

过去十几年,材料合成技术进步巨大。科学家从模仿中空单壳层结构合成开始,对传统合成方法进行改进,使其更适合HoMS合成,特别是“次序模板法”的发展,显著提高了HoMS合成方法的普适性和可控性。

王丹解释说,“时空顺序性”是物质进入或离开HoMS时遵循时间与空间顺序的

独特属性,可用于常规结构难以实现的串联催化、次序吸波和药物次序控释等。此外,通过化学修饰,可赋予HoMS每个空间独立的特性。人们根据应用需求改变其表面或自身结构特性,就可以实现“动态智能行为”。

目前,“时空顺序性”和“动态智能行为”已在次序吸光、次序药物释放、药物响应释放等应用中展现了HoMS的不可替代性。

“简单来说, HoMS是最前沿的研究之一,其独特性质和功能延伸,将在国家重大需求、社会经济发展和人民生命健康方面得到广泛应用。”王丹说。

目前,我国在HoMS可控合成与结构调控方面已走在世界前列,创立了HoMS可控合成新方法,发现了HoMS的时空顺序新属性,证明了HoMS在物质次序转移转化等领域的不可替代性。

“在这一领域,我们处于引领地位。”王丹自豪地说,“比如,目前报道的三壳层以上HoMS材料,几乎都采用了我们开创的合成方法。”

最前沿的研究

目前, HoMS的种类极大丰富,金属、非金属及其氧化物、硫化物、磷化物、聚合物以及有机-无机复合物等各种不同的HoMS已被合成出来。

“这个过程其实挺困难的,因为当时HoMS研究并非热点。”王丹说,“目前的很多研究热点是国外率先提出的,我们跟踪研究,虽然能发很多文章,但难以真正解决国家重大需求。”

多壳层结构类似人脑的沟回,沟回越多,感受刺激的能力就越强。王丹解释说,当光通过HoMS时,在每一层都被吸收,因此

人工智能运用HoMS材料进行训练,一次能起到多重效果。

HoMS的多孔结构能发挥“毛细作用”,可以把液体吸进来,排出去,因此可实现物质的吸收、运输、存储和转化,在热、光、电等存储转化领域发挥作用。利用吸附、分离作用,还可实现病毒、污染物处理,进行污水净化、海水淡化和海水提铀。

中国科学院高能物理研究所研究员石伟群说:“在微纳尺度上调控材料壳层组成,能显著提升材料选择性、吸附性和其他质量动力学性能。如果开发HoMS应用于海水提铀,有助实现我国海水提铀工程化,让我们走出铀资源贫乏短缺的困境。”

“到目前为止,传统药物治疗线粒体相关疾病不甚理想,如果能制备并利用人工细胞或人工细胞器,则意义重大。”华东师范大学教授余承忠说,“细胞有物质传递、能量转化、生物合成、信息交流等功能,而HoMS可轻松实现这些功能。HoMS材料应用于人工细胞器制造,有望媲美甚至超越细胞。因此, HoMS研究将使人工细胞或人工细胞器研究更具活力,为疾病防治提供新技术、新理论。”

此外, HoMS能解决材料有效表面与物质传输之间的矛盾,在储能、催化、电磁波吸收、药物传递等应用中展示出优异性能。由于具有大比表面积、丰富的孔隙结构以及可调控的表面性质,其作为催化剂载体,可以提高活性组分的分散度和稳定性,提高催化效率和选择性。更重要的是,这类材料有很多其他结构不能替代的特性。

“因此, HoMS很容易形成新技术,建立新的材料体系,形成核心技术。”王丹表示,“HoMS属于最前沿的研究。”

目前,全球37个国家和地区的800多个研究小组在该领域跟踪研究,约产出了

900多篇研究论文。

“金阶初步”

过去20年, HoMS在合成化学基础研究及能源、催化、环境、生物等领域的应用研究均取得重大进展。在HoMS纳微结构研究领域,我国科研人员在形状、壳层数目、壳层厚度、壳层间距、内核数量与结构、壳层的结晶性和晶面取向等方面均可做到“按需调控”。

王丹认为,作为一种新兴功能材料, HoMS仍处于兴起阶段,面临着许多未解决的难题和挑战。

“其结构上的层次感和对称感有望形成多种不可替代的应用出口,应用于更多领域。”中国科学院院士、国家纳米科学中心主任唐智勇说,“因此,围绕该领域的前沿基础研究非常必要。”

中石化石油化工科学研究院有限公司正高级工程师慕旭宏表示,愿意和科研机构深度合作,将HoMS在石油化工领域的应用落到实处。

科学技术部相关负责人认为, HoMS应用场景很多,但还有些科学问题亟待解决。当前重要的是“找准山头”,明确攻关方向,在科学源头、技术根部、科研底座方面着力解决问题。

当天,王丹在会场偶然发现一块牌匾,上面镌刻“金阶初步”4个大字,这让他心生感慨。

“HoMS相关研究目前正处于‘金阶初步’阶段,这是条金光大道,前景无限,但仍须继续努力、稳步快行才能达到目标。”王丹说,“我们相信,这一变革性材料未来会发挥重要作用,形成具有自主知识产权的新技术,满足国家重大需求。”

2024 学科研究前沿热点词发布

本报讯(记者高雅丽)11月23日,全国科学技术名词审定委员会2024年度工作会议在大连召开,会上发布了2024年度学科研究前沿热点词。

这些热点词来自海洋科技、民用航空、计算机科学技术、公共卫生与预防医学、非物质文化遗产、博物馆学、编辑出版学、临床医学、测绘学等9个学科领域,共计63个。

具体来说,海洋科技领域10个,如海洋十年、蓝色药库、蓝碳等;民用航空领域10个,包括普通安全监督审计计划、亚轨道飞行、安全韧性等;计算机科学技术10个,如泛在操作系统、事理图谱、学件等;公共卫生与预防医学9个,包括放射增敏、远端效应、闪疗等;非物质文化遗产8个,包括遗产化、活态传承、神话遗产等;博物馆学5个,如沉浸式展示、博物馆研学、文物返还等;编辑出版学5个,如IP运营、数字版权唯一标识符、混合期刊等;临床医学5个,包括精准多模式镇痛、全麻下多模式脑监测、肾脏学等;测绘学1个,为实景三维。

这些热点词由相应的学科名词审定委员会专家根据2024年最新研究动态和发展趋势综合评价推出,旨在揭示当前学科研究的热点和趋势,同时反映一个时期内科学发展的重点和特点。



11月23日,由中国铁建大桥局承建的银巴铁路银川川特大桥跨乌玛高速公路连续梁顺利合龙,为银巴铁路全线通车奠定坚实基础。

据悉,跨乌玛高速公路连续梁是银巴铁路全线跨度最大的连续梁,单跨总长120米,净高7.08米,线路交角为38度,连续梁段全长249.5米。项目建成后,将实现内蒙古自治区铁路大动脉的东西贯通和与周边重要城市群的快速无缝连接。

图为施工现场。
图片来源:视觉中国

“新兵”临危受命,找到碳捕获利器

■本报见习记者 赵宇彤

如果明天就要开组会,但实验却毫无进展,你会怎么做?

这种煎熬的生活,周子晖过了两年。作为美国加利福尼亚大学伯克利分校的博士生,他一直学着和失败打交道。看着不尽如人意的数据,以及老师下意识摇头,他能做的只剩一次次地尝试和期待。

功夫不负有心人。在一次实验中,他终于得到了理想数据,此后更是“一路绿灯”,顺利发现了一种能够从空气中捕获二氧化碳的新型多孔材料。

近日,以周子晖为第一作者的研究成果发表于《自然》,从投稿到被接收,仅仅用时4个月。

“抓走”二氧化碳

直接从空气中“抓走”二氧化碳,被许多科学家视为碳中和的“最后一公里”,但从技术层面看,能不能实现、该怎样实现,始终没有得到答案。

周子晖告诉《中国科学报》,二氧化碳吸附有两大方向,一是从工厂排放的烟气中“捕捉”二氧化碳,从源头避免碳排放;二是直接从空气中“抓走”二氧化碳,通过吸附空气中已有的二氧化碳,让其浓度不再升高,甚至逐渐回落至原始水平。

然而,种种尝试都铩羽而归。“一类材料复用条件高,通常需要600℃

至900℃的高温,才能让这类材料‘再生’;另一类材料稳定性差,哪怕是在无水无氧的理想条件下,10次左右就出现了明显的性能衰退。”周子晖解释说。

周子晖则另辟蹊径,在导师提出的共价有机框架结构基础上,开发出一种新型多孔材料。它使用稳定的共价碳-碳键作为材料骨架,并在孔隙内部“装”上尽量多的氨基,让其充分吸收二氧化碳。

不同于仅通过小分子间弱范德华力的非共价连接,该材料采用共价连接方式,通过共享电子将原子紧密连接在一起,使得骨架更加坚固、稳定。

“此外,共价有机框架是具有疏水性的有机材料,吸收二氧化碳的同时吸水量小,在二氧化碳吸附过程中耗能小,整体的再生温度低。”周子晖说,它在25℃的室温条件下就能有效释放捕获的二氧化碳,且20天100次的循环测试显示,材料性能无衰退迹象。

一份特别的生日礼物

2021年,从清华大学化学系毕业后,22岁的周子晖来到加利福尼亚大学伯克利分校深造。

周子晖所在的课题组从2019年就开始了这项材料的研究。当时只有一个模糊的思路,即把尽可能多的氨基作为二氧化碳的吸附位点,并通过共价连接的方式建造一个稳定的骨架结构。不过,最初为了降低难度,团队选择先设计一个稳定性稍差、合成难度也相对较低的骨架,再通过后续优化提升稳定性。

然而花了两年时间,尝试了各种各样的材料,设计了无数连接方案,他们都没有得

到想要的结果,骨架结构的稳定性远远达不到要求。

很显然,这个看似捷径的方式把课题组引入了死胡同。没办法,只能“上难度”。团队成员很快调整思路,决定直接进攻稳定性强且难度高的骨架结构。

交给谁来做呢?导师看了看被折磨了两年的“老兵”们,一时间竟找不到合适的人选。正在这时,周子晖加入了课题组。

“很快,设计材料的重任就交给了我。我至少试了20种不同的骨架结构,无论怎么改进设计方案,就是做不出多孔材料。”回想起那段昼夜不分却“颗粒无收”的日子,周子晖依旧“很崩溃”。

课题组每两周的周一举行组会。“周日下午,实验室里基本坐满了人,大家都在补数据。只有测出满意的数据,大家才会离开。”周子晖说,“当时我课题组发表过的最好的二氧化碳吸附量是0.3毫摩尔每克,但前两年我所有的实验数据都没有超过0.05。赶上组会,如果实在没数据,就只能修改上次的PPT,调整顺序,重新汇报一遍。”

就这样,被失败反复打击的周子晖被迫养好了心态。当第一次看到0.4的吸附量时,他不敢相信地揉了揉眼睛。

没错!周子晖惊喜难自禁,一个箭步把导师拉了过来,告诉他这一喜讯。

命运的转折总是悄然而至。从那以后,实验变得非常顺利,数据从0.4慢慢优化到0.9。2023年底,周子晖测完了所有数据,开始着手写论文,并于2024年4月底将论文投出。

“导师当时说,这么好的材料要选一个好记的数字,于是将其命名为COF-999。正好我的生日是1999年9月27日,年份有9,月份有9,27也是由3个9组成。”周子晖

笑着说。

不光名字有纪念意义,2024年9月,他惊喜地得知,论文已被《自然》接收。

“这是一份特别的生日礼物。”周子晖兴奋地说。

要走的路还很长

“直到实验结束,我都没想到成果能在《自然》发表。”周子晖告诉《中国科学报》,2023年底,在和导师总结数据时,他们突然想到,既然测试数据这么好,不妨试试能否在室外吸收二氧化碳。

“当时导师没抱什么希望,因为此前大家的研究都是基于实验室展开,很少有人会在室外测试。”周子晖说。

他买了一些器件进行改造,前前后后花了快一个月时间,终于开发出了合适的设备和程序。

“我们在校园里做了这项实验,通过一根管子将空气送入仪器,发现经过COF-999处理后,二氧化碳浓度从0.04%降到0。”周子晖骄傲地说,如果把20天的实验数据延展到365天,意味着只要20克COF-999,一年就能吸收20千克二氧化碳,相当于一棵成年树木每年吸收的二氧化碳量。

这项工作得到了审稿人的高度认可:“这项工作非常扎实,为从空气中吸收二氧化碳提供了理论支持。”

但周子晖明白,要走的路还很长。“要实现COF-999的大规模应用,这项研究还有很多值得深入的部分。”周子晖解释说,“但我相信柳暗花明,只要踏踏实实走好每一步,一定能有所收获。”

相关论文信息: <https://doi.org/10.1038/s41586-024-08080-x>

发现·进展

北京高压科学研究中心

在我国境内发现首个山脊陨石坑



海林陨石坑。 陈鸣供图

本报讯(记者朱汉斌)北京高压科学研究中心团队在黑龙

江省海林市北部中低山区发现了一个十分奇特的陨石坑——海林陨石坑。这是在我国境内发现的首个山脊陨石坑。近日,相关成果发表于《极端条件下的物质与辐射》。

“新发现的海林陨石坑形成于一座山体的山脊上,形态呈椭圆形簸箕状,最大直径为1360米。环形坑缘的最高点与最低点之间的高差达115米,如同一个大漏斗悬挂在长白山脉支脉张广才岭的群山之中。”论文通讯作者、北京高压科学研究中心研究员陈鸣表示,海林陨石坑是中国地质历史上发生的一次较大规模星球碰撞事件留下的地质遗址。

“这次撞击发生在几十万年前。我们通过野外地质调查和地质样品检测,在这个‘小盆地’中找到了与撞击作用相关的一系列宏观与微观地质证据,证实了这一处经由地外小行星撞击形成的地质构造。”陈鸣指出,海林陨石坑总体保存状态良好。

审稿人认为,这一发现丰富了人类对星球碰撞历史的认知,为探索我国特殊地形地貌的撞击成坑机制和物质的冲击变质效应提供了崭新视角。此外,美国物理联合会周刊《科学之光》以《一个有影响力的发现:中国东北发现陨石撞击坑》为题对这一成果进行了同步报道。

记者了解到,陨石是科学家研究外太空的重要依据之一。海林陨石坑是迄今为止研究团队在我国境内发现的第四个陨石坑,此前3个分别为岫岩陨石坑、依兰陨石坑、白鸡峰陨石坑。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1063/5.0236993>

中国科学院合肥物质科学研究院等

高效构筑用于先进封装的金微球阵列异方导电胶

本报讯(记者王敏 通讯员曹安)中国科学院合肥物质科学研究院固体物理研究所与粤港澳大湾区量子科学中心等单位合作,在异方导电金微球阵列的快速制备及性能研究方面取得进展,实现先进封装用金微球阵列异方导电胶(ACF)的高效构筑。近日,相关研究成果发表于《自然-通讯》。

阵列式ACF将导电微球粒子以阵列形式配置于交联聚合物层,确保更可靠的电导封装连接。然而,这种导电粒子由于金属壳与聚合物的弱结合作用,在实际深度压合下的键合中面临挑战,会导致金属壳的破裂与脱离,影响整体导电性能。

纯金微球有序阵列因其固有的延展性,理论上可以保证在深度压合下仍然具有优异的导电性能,是理想的下一代封装材料。但是,受金属各向异性生长规律所限,大规模实现微米级纯金球的制备及其阵列化排布,一直是业界的挑战性难题。

针对上述问题,研究人员在团队前期提出的定位瞬态乳液自组装方法的基础上,结合纳秒激光脉冲辐照技术,发展了一种简单、快速、高效的策略,实现了尺寸均匀、表面光滑、定位准确的新型纯金微球阵列的快速制备。该策略的关键是利用激光诱导的快速逐层熔化-融合过程,有效避免了金属的各向异性生长。这一策略有效打破了ACF产品制造中“先合成后定位”的惯性思路,为阵列式ACF的快速构筑提供了全新方案。

相比于商业化镀金微球,该纯金微球展现出在深度压缩下的超稳定导电性能。该纯金微球阵列有望为微显示 μ -LED芯片的超高密度键合提供最佳方案。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1038/s41467-024-53407-x>

中国科学院上海药物研究所等

探明银杏素缓解衰老的关键靶点

本报讯(见习记者江庆龄)中国科学院上海药物研究所研究员郑明月课题组联合中国科学院上海营养与健康研究所研究员肖意传课题组,利用人工智能算法结合药理学方法,预测并证实了干扰素基因刺激因子(STING)是银杏素缓解衰老的关键靶点,为推动银杏叶提取物新的临床应用提供了实验依据,也为中药现代化研究提供了良好示范。近日,相关研究成果发表于《先进科学》。

随着人口老龄化不断发展,衰老相关疾病的治疗需求与日俱增。在我国中药研究中,银杏素是一种被广泛记载具有抗炎和抗衰老作用的“药食同源”天然植物。但是,银杏叶提取物中发挥抗衰老作用的具体活性成分和作用机制尚未得到充分阐明。

研究团队发现,银杏叶提取物中的活性成分银杏素可以缓解衰老模型小鼠的衰老表型,但分子机制尚不明确。为此,研究人员利用基于图卷积网络的药物靶点通路预测算法,预测了银杏素潜在的靶点通路。该算法以药分子的化学信息和生物学表征为输入,并经过公开数据集LINCS训练,表现出更好的泛化能力和更高的预测性能。

利用该算法,研究人员预测银杏素可能靶向cGAS-STING信号通路,而后者的异常激活是驱动衰老的重要因素。进一步,研究团队通过实验证实了银杏素靶向结合STING并抑制其激活。同时,体内药理学数据显示,银杏素能有效缓解Trex1缺失小鼠的全身炎症,并抑制衰老模型小鼠多种组织中异常激活的STING信号。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1002/advs.202407222>