



扫二维码 看科学报  
扫二维码 看科学网

主办:中国科学院 中国工程院 国家自然科学基金委员会 中国科学技术协会

总第 8482 期 2024 年 4 月 9 日 星期二 今日 4 版

科学网 www.science.net.cn

新浪微博 <http://weibo.com/kexuebao>

## 安全高效! 二维金属碲化物实现宏量制备

■本报见习记者 孙丹宁

去年 6 月,吴忠帅收到了来自《自然》的审稿意见。其中一位审稿人的拒稿意见提得非常刁钻,里面密密麻麻的问题让他有点不知所措。

“但是科研如同登山。”吴忠帅说,“既然决定了研究方向,那我们就没有放弃的理由。”他和团队随后开展深层次研究,历时数月,补充了 80 多页的回复。

2024 年 4 月 3 日,经过 3 年多的坚持和探索,中国科学院大连化学物理研究所(以下简称大连化物所)研究员吴忠帅团队,与中国科学院深圳先进技术研究院成会明院士、北京大学康宁副教授合作,在二维过渡金属碲化物材料的宏量制备方向上取得新进展,为金属碲化物二维材料的规模化制备提供了可能性。相关研究成果发表于《自然》。审稿人评价该方法简单、快速、高效,具有普适意义。

文章发表后,论文第一作者张良柱非常激动。“2020 年最开始踏入这个领域时,我看过一篇在 1958 年发表的剥离氧化石墨烯文献,到现在已经被引用 3 万多次了,这证明我们研究的内容是领域内认可的前沿。”他说,“希望未来我们的文章也能被引用 3 万次。”

### “自上而下”制备“三明治”

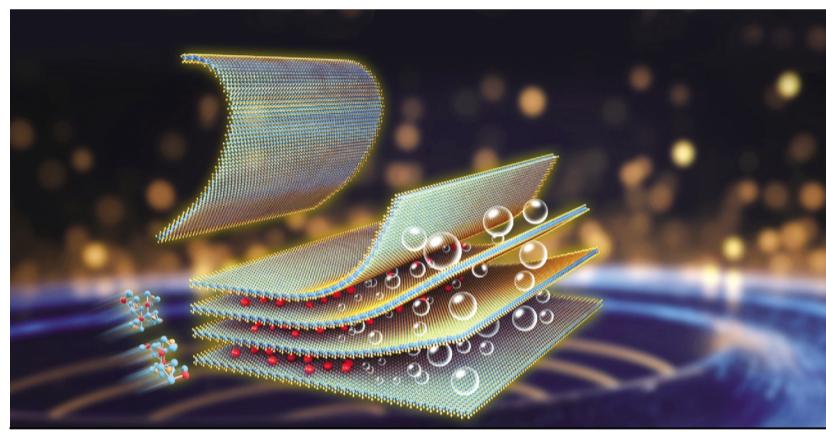
自 2004 年石墨烯被发现以来,以其为代表的二维材料因在物性、能源储存、催化、光电等方面展现出的巨大应用潜力而受到广泛关注。

二维过渡金属碲化物是一类新兴二维材料,由碲原子和过渡金属原子,如钼、钨、铌等组成,其微观结构类似三明治——过渡金属原子被上下两层的碲原子“夹”住,形成层状二维材料,具有奇特的超导、磁性、催化活性等,在量子通信、催化、储能、光学等领域展现出重要应用价值。然而,高质量二维过渡金属碲化物材料的宏量制备挑战巨大。

“二维过渡金属碲化物材料一般采用‘自上而下’的制备方法,如同拆解积木,通过机械力或化学作用方式将其层层剥离,从而制备出单层的二维纳米片。”张良柱介绍,目前,常见的“自上而下”方法中,化学插层剥离法是剥离效率最高的方法,但剥离时间仍需数小时。

此外,安全问题也是科学家心中“绷紧的一根弦”。此前,科学家大多采用有机锂试剂作为插层剂,即将含有锂离子的插层剂插入多层块状结构材料的片层中,并利用锂和水的反应使插层剂膨胀,在每一层间形成一个气压柱,将原本叠在一起的纳米片撑开。这种层间的气体膨胀作用力远大于机械剥离力,可以极大提高剥离效率。但有机锂是一种易燃易爆的溶液试剂,存在很大的安全隐患,因此,实现安全、高效的化学剥离成为科学家努力的目标。

基于上述挑战,吴忠帅和团队想到了一种创新性的物质——硼氢化锂。



科学家实  
现二维金属碲  
化物材料的宏  
量制备示意图。  
大连化物  
所提供

### “2 : 1”的审稿意见

“此前插层剥离制备纳米片需要数小时甚至几天时间,而我们在尝试各种试剂后,发现硼氢化锂可以大大缩短制备时间。”张良柱告诉《中国科学报》。

张良柱还记得第一次使用硼氢化锂试剂的情景:晚上 10 点他将硼氢化锂试剂插入多层块状结构材料中,由于按照往常的推算,几天后才能获得纳米片,于是他直接关灯锁门离开了实验室。但是第二天到实验室后,他通过扫描电镜发现了许多纳米片。

“当时非常惊讶,这么短的时间就剥离出了纳米片,觉得这是一个可以深入探索的方向。但是,该方法也生成了一些纳米带,这并不是我们想要合成的纯的纳米片形貌。当时我们猜测,纳米带可能是由于温度过高或者反应时间过长而生成的副产物。”张良柱说。

于是,团队连续调整反应工艺,并不断地变化温度,最终发现 350 摄氏度下反应 10 分钟能够完美剥离纳米片。与此同时,由于硼氢化锂试剂具有强还原性质,在干燥空气中稳定,可以用米来实现高温固相插层反应,相较此前的制备方法,安全性能大大提升。

当团队兴奋地将研究论文投给《自然》后,却收到了修改的审稿意见。两位审稿人建议小修后接收,另外一位则建议拒稿,形成了“2 : 1”的局面。

其中这位建议拒稿的审稿人是通过“自上而下”法进行二维材料合成领域的专家,但是他主要采用的是化学气相沉积的方法合成高质量的二维材料纳米片,所以对化学插层法制备出来的纳米片质量的缺陷和尺寸比较担忧。他赞赏高质纳米片会为很多领域的研究提供很大帮助,但是他认为,要体现出制备方法相较于其他方法的优势和特性,建议团队展示过渡金属碲化物纳米片在催化、储能领域的应用,体现出纳米粉末的应用场景。

二维材料的优势就是应用市场比较大,所

以制备的效率和数量至关重要。审稿人的意见给团队提供了许多新思路,他们于是逐条逐句分析建议,并进行补充实验。

### 1 克到 108 克的突破

团队进一步开展实验,将他们的方法与玻璃液相超声剥离、球磨剥离、电化插层剥离等常见的“自上而下”方法进行深度对比,验证了硼氢化锂试剂在 350 摄氏度时反应 10 分钟剥离出纳米片的效率明显高于其他方法。

同时,团队也利用该方法尝试了大规模剥离制备,并宏量制备出了 108 克的碲化铌纳米片,与此前液相化学插层剥离法制备量均小于 1 克相比,产量提升了两个数量级。此外,团队还利用他们的方法制备出了 5 种不同过渡金属的碲化物纳米片和 12 种合金化合物纳米片,证明该方法具有普适性。

团队将制备出的纳米片粉末进一步加工,做成了溶液、薄膜、丝网印刷墨水、3D 打印器件、光刻的微型超级电容器等,表明该方法制备出的纳米片粉末具有良好的加工性能,其制备出的单层二维纳米片材料有望在高性能的量子器件、电池材料、超级电容器、复合材料等领域发挥重要作用。

做完修改后,他们将补充了 80 多页的数据回复给了《自然》。2024 年 2 月,他们收到了接收函。

“我觉得特别开心,一方面这代表自己的研究得到了认可,另一方面这是对团队学术水准的认可。”张良柱说,加入吴忠帅团队后最大的感受就是学术氛围积极向上,周围所有人都清楚地知道领域内关注的重点,想要做出一些创新型、突破性成果,而不是仅做“追随者”。

团队成员们告诉《中国科学报》,未来他们将继续放大纳米片制备的量级,并将其应用于电池储能等领域,如用作锂离子电池的催化剂,极大提升电池的能量密度,为研发下一代高性能电池带来新的机遇。

#### 相关论文信息:

<https://doi.org/10.1038/s41586-024-07209-2>

## 新型纳米酶有望无创高效治疗干眼

本报讯(见习记者江庆龄)复旦大学附属眼耳鼻喉科医院主任医师黄锦海、周行涛团队与上海理工大学教授李贵生团队合作,研发了一种新型纳米酶,可有效清除眼部过量的活性氧,加速角膜上皮修复,促进泪液分泌和眼表稳态恢复,为干眼症的干预提供了新思路。相关研究近日以封面论文形式发表于《先进功能材料》。

干眼是一种极常见的眼科疾病,临床表现为眼干、眼痛等不适症状,全球发病率在 5.28% 至 33.7% 之间。干眼患者的眼表在过量活性氧的持续破坏下,宛如一片干裂的戈壁。

研究团队受“生态园丁”灵感的启发,融合前

沿纳米生物材料技术,基于眼表屏障特点与工程

化设计,研发了一种新型“生态园丁”——2~3 纳米超小型铈基金属有机框架(Ce-MOFs)纳米酶。正如“生态园丁”是以维护“生态平衡”为目的,这种新型纳米酶技术旨在改善干眼症患者的泪液与眼表氧化还原环境,而不限于修复个别细胞,从而实现“戈壁”到“绿洲”的逆转过程。

Ce-MOFs 纳米酶凭借其超小粒径优势,能有效穿透组织膜,进入常规药物难以到达的深部组织,更充分地发挥抗氧化作用,实现了无创且高效的干眼治疗,具有重要临床意义与转化前景。

#### 相关论文信息:

<https://doi.org/10.1002/adfm.202307569>

## 科学家破解番茄闭花授粉形成机制

本报讯(记者温才妃)福建农林大学教授吴双团队首次解析了番茄通过形成特殊表皮毛,改变花的结构,进而改变授粉方式的分子机制。该研究为未来改造植物授粉方式、增加结实率和提高植物的逆境适应力,以及未来转基因作物的安全控制提供了重要参考。相关研究近日在线发表于《科学》。

番茄是茄科植物中少数由开花授粉转变为闭花授粉的园艺植物之一,但目前科学界对于番茄闭花授粉方式形成的机制并不完全清楚。

该研究发现现代栽培番茄的花药边缘形成

了一类特殊的表皮毛结构,通过相互铰链,形成一个类似拉链的结构,将相邻的花药紧紧锁住,形成密闭的花药桶结构。通过遗传筛选,研究人员发现,当控制番茄表皮毛的关键调控因子发生负显性突变时,番茄闭花授粉结构被破坏,花药散开。研究人员进一步鉴定到此负显性突变影响的多个关键基因,发现这些关键基因同属于一类可以激活下游基因表达的 HD-Zip IV 转录因子。它们不但在番茄花药锁扣表皮毛起始细胞中高表达,而且通过蛋白浓度剂量效应调控锁扣表皮毛的起始和核内复制。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1126/science.adl1982>

也在花柱的顶部区域高表达,同样通过浓度剂量调控花柱细胞的核内复制,进而促进花柱的极性伸长。

在番茄花柱中,研究人员发现 HD-Zip IV 转录因子调控花柱长度决定因子 Style 2.1 的空间表达,因此推测在番茄进化早期,HD-Zip IV 转录因子时空表达的改变促进番茄花药形成闭合结构,同时促进花柱伸长外露。在这个阶段,由于野生番茄中的自交不亲和尚未解除,自花授粉难以发生,这样的花结构使得野生番茄仍然能够通过昆虫传粉完成受精和繁殖。当自交不亲和性状突变失后,人为驯化倾向于筛选具有 Style 2.1 突变的后代,形成花柱内缩,以及花药桶紧闭的完全闭花授粉结构。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1126/science.adl1982>

有趣的是,这些 HD-Zip IV 转录因子同时

## 5200 米! 我国最深地热科学探井刷新



中国石化福深热 1 井。 张乔勇 / 摄

规模化开发利用、助力区域能源结构调整具有重要意义。

地热能是一种稳定可靠、绿色低碳的再生能源,具有储量大、分布广、清洁环保等特点。当前,我国地热资源开发利用多以浅层和中深层的水热型地热为主,而埋深 3000 米以下的深层地热,尤其是干热岩资源的开发尚处于探索阶段。

干热岩一般指埋在地下数千米处、温度高于 180 摄氏度、内部不含或仅含少量流体的高温岩石。调查显示,我国陆区地下 3000 米至 10000 米范围内的干热岩型地热资源量折合标准煤 856 万亿吨,即使仅采出 2%,也可以达到 2023 年我国全年能源消费量的 2993 倍。

福深热 1 井是中国石化石油勘探开发研究院部署的重点地热科学探井,钻探目标为 2.5 亿年前的花岗岩,属于深层干热岩地热井。自 2023 年 8 月开钻以来,该井应用了“双驱钻井 + 高压喷射”等多项中国石化自主研发的创新技术,在近 3900 米处温度超过 150 摄氏度,达到高温地热标准,在 5000 米处温度超过 180 摄氏度,达到国家能源行业标准规定的干热岩温度界限,形成了深层地热资源探测评价关键技术,达到科学探井预期目标和任务要求。

据介绍,下一步,中国石化将依托福深热 1 井开展深化研究和现场试验,建成我国华南首个深层地热产学研一体化现场试验研究平台和开发利用示范平台,探索形成适用于华南地区的理论方法和技术体系,助力我国实现“双碳”目标。

## “雪龙 2”号首次访港 展示国家极地科考成就



“雪龙 2”号驶入尖沙咀码头。 中新社记者侯宇 / 摄

据新华社电 在历经 5 个多月南极科学考察后,中国第一艘自主建造的极地科学考察破冰船“雪龙 2”号 4 月 8 日首次到访香港,展开为期 5 天的活动。

“雪龙 2”号访港期间,将于 9 日至 12 日向公众开放登船参观。此外,中国第 40 次南极考察队 9 日会在香港中文大学举行为期两天的

气候变化国际会议,“雪龙 2”号的科学家 10 日还会到香港科学馆“极地科研与气候变化”展览场地,与约 200 名香港学生进行对话。

“雪龙 2”号极地科考破冰船是中国继“向阳红 10”号、“极地”号和“雪龙”号之后的第 4 艘极地科考船,总长 122.5 米,排水量近 1.4 万吨,总装机功率 23.2 兆瓦,定员 101 人。(郭辛 周圆)

## 盖茨基金会公布新规 受资助者必须发预印本



本报讯 从明年开始,全球最大的生物医学研究资助机构——比尔及梅琳达·盖茨基金会(以下简称盖茨基金会)要求受资助者将研究成果以预印本形式公布。此外,该基金会表示,将停止帮助受资助者支付文章处理费(APCs)。

文章处理费是一些期刊出版商收取的费用,目的是让所有读者都能在网上免费获得科学文章,即所谓的开放获取。

美国伊利诺伊大学厄巴纳—香槟分校图书馆管理专家 Lisa Hinchliffe 说,盖茨基金会是第一个对预印本提出这种要求的主要科学资助机构。这些新规将提升预印本的作用,减少盖茨基金会在文章处理费上的支出,同时确保研究成果可以免费阅读。

Hinchliffe 指出,一方面,更多的研究将以预印本的形式免费提供;另一方面,文章的最终出版版本,可能会变得很难获取。根据修订后的规则,在将手稿作为预印本共享后,作者可以将其提交给心仪的期刊,而不必再需要选择开放获取。

盖茨基金会知识与研究服务项目官员 Ashley Farley 指出,受资助者将被要求在允许其内容被重复使用的前提下发布预印本。盖茨基金会计划在未来几周内公布新的新规。

盖茨基金会曾在 2015 年宣布,要求受资

助者在发表研究文章时,通过将其放在开放存储库中,使其能够免费获得。盖茨基金会后来加入了欧洲资助联盟 cOAlition S,并批准了该组织的 S 计划。该计划要求资助者通过开放获取途径发表研究成果。

但盖茨基金会的最新政策使其与该组织分道扬镳。S 计划和盖茨基金会新规的一个不同之处在于它们看待文章处理费的立场。cOAlition S 执行董事 Johan Rooyck 说:“不再支付文章处理费不是联盟的政策,是盖茨基金会作出的决定。”

美国佐治亚理工学院计算生物物理学家 Lynn Kamerling 表示,鉴于近年来此类费用不可持续地增长,终止支付文章处理费是一个“非常明智的决定”。

加拿大西蒙·弗雷泽大学研究员 Juan Pablo Alperin 指出,文章处理费支持开放获取的方式,本质上是一种不公正的方式。盖茨基金会不再支付文章处理费的举动,向包括其他资助机构在内的更大群体发出了一个信号,即这种机制不是前进的道路。

Hinchliffe 说,很难预测盖茨基金会新规对科学出版的影响。尽管盖茨基金会是一个很大的资助机构,但它仍然只资助了世界上一小部分的研究,而且目前还不清楚其他资助者是否也会效仿。此外,该新规的另一个潜在后果是,作为预印本免费提供的手稿和付费阅读的最终版本的质量可能会有所不同。

Farley 说,越来越多的证据表明,早期预印本中的错误会很快被纠正,因为有更多的研究人员可以阅读和评估预印本。她补充说,盖茨基金会将向受资助者提供推荐的预印本服务,列表,以确保研究的科学有效性。(辛雨)