

第二个液氮温区高温超导体出现了

■本报记者 朱汉斌

日前,《自然》在线刊登了中山大学物理学院教授王猛团队主导的研究成果——发现首个液氮温区镍氧化物高温超导体。据介绍,该材料成为继1986年发现的铜氧化物高温超导体之后第二个进入液氮温区的氧化物高温超导体。

“在全新的体系中发现了液氮温区的超导电性,超出了我们的预期。”论文共同通讯作者、中山大学物理学院教授王猛对《中国科学报》表示,团队合成了一种镍氧化物单晶并首次在14GPa压力下出现了80K的高温超导电性。

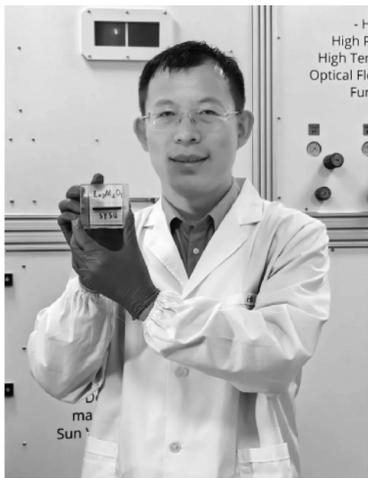
《自然》杂志审稿人认为,该发现“具有突出重要性”“是开创性发现”“业内将广泛关注”。

发现液氮温区超导体

100多年前,科学家发现了特定低温下零电阻,这种现象被称为“超导电性”。因零电阻、抗磁性的显著特点,超导体在信息技术、生物医学、科学仪器等领域有广阔的应用前景。但现在超导体只有在低温下才能发生超导现象,其大规模应用严重受限。

1986年,荷兰科学家发现铜氧化物超导体,超导转变温度超过液氮温度77K。2008年,日本科学家在一种铁砷基材料中发现了超导现象。很快,中国科学家合成多种铁砷材料,将块材超导温度提高到最高55K,并推动了其应用,但未能进入液氮温区。

超导体具有绝对零电阻、完全抗磁性和宏观量子隧穿效应的特殊性质,因此具有重要的科学和应用价值。经过近40年的研究,铜氧化物仍然是唯一进入液氮温区的非常规超导体,其超导机理仍未知,全球科学家一直致力于寻找非常规超导体材料并揭示高温超导机理。



王猛展示镍氧化物La₃Ni₂O₇单晶。 李建平/摄

“科学家在铜氧化物超导电性研究中发现了很多实验现象和规律,然而与高温超导的因果关系无法确定。”论文共同通讯作者、清华大学教授张广铭指出,高温超导的机理至今未知,已成为近40年来物理学中最重要的科学问题之一。

“没有人知道终点在哪里,如果知道,我们就可以设计一条达到终点的路径。基础研究可以解锁未知,而未知充满了不确定性。”王猛表示,没有人能够预言,新的材料一定能够带来新的突破。

幸运的是,王猛团队这一次成功了。他们首次发现在液氮温区超导的镍氧化物,意味着将

为世界超导研究开辟新领域,引领超导研究的方向。

记者了解到,该研究发现有希望破解高温超导机理,使设计和预测高温超导材料成为可能,并将实现更广泛和更大规模的产业化应用。

三年磨一剑

在中山大学广州校区南校园哲生堂物理学院的实验室,王猛团队向记者展示了一根几厘米长的黑色料棒。这正是本次发现的“新星”——高温超导新材料La₃Ni₂O₇单晶样品。这根看似“朴实无华”的料棒,凝聚的是团队数年的心血。

3年多来,王猛团队通过不断摸索,合成了高质量的镍氧化物体系单晶样品,并在国际上率先进行了系统研究。“合成镍氧化物单晶样品后,我们证明它在超过14GPa的压力下出现了80K的高温超导电性。”王猛说。

“La₃Ni₂O₇生长条件极为苛刻,平均价态为2.5价,偏离Ni的稳定价态正2价,氧压范围窄。我们花了两年多时间,才摸索出其生长条件,长出来高质量单晶样品。”王猛介绍说。

论文共同第一作者、中山大学物理学院博士生霍梦五表示,高压研究技术复杂,研究周期长。研发团队花费一年多时间系统研究不同镍氧化物材料体系。

据霍梦五介绍,此次发现的镍氧化物是人类目前已知的第二个达到液氮温区的非常规超导体体系,科学家可以在新的材料体系中进行超导机理和应用研究。

“液氮的制备成本比矿泉水还低,超过液氮温度也意味着超导材料更容易获得,因而也具有更大的应用潜力。”王猛说,接下来他们还将对铜氧化物和镍氧化物高温超导体的共性开展研究,进一步推动高温超导机理的破解。

有望破解高温超导机理

王猛团队在中山大学高压实验研究平台以及华南理工大学、中国科学院物理研究所、北京同步辐射装置对La₃Ni₂O₇单晶材料开展实验研究,很快确定了其在压力下转变为超导体,超导转变温度达到液氮温区,高达80K。

“这次发现高温超导的镍氧化物,镍的价态为正2.5价,超出传统预期,其电子结构、磁性、与铜氧化物完全不同。通过比较研究,将有可能确定高温超导的关键因素,推动科学家破解高温超导机理。”王猛介绍,“根据机理,有望与计算机、人工智能技术等学科交叉后,设计、合成新的更多、更容易应用的高温超导材料,实现更加广泛的应用。”

“中山大学自2017年开始建设物理学院公共科研平台,为团队的材料生长和表征实验创造了一流条件。”王猛说,中山大学建设的中子谱仪也将助力团队对材料进行进一步研究。

“目前,我们的超导材料需要在14GPa压力下才能实现,这会限制超导机理的研究及其广泛应用。研究团队目前正在开展攻关,希望生长出常压下达到液氮温区的镍氧化物超导体。”王猛说。

张广铭表示,镍基氧化物超导体具有不同于铜氧高温超导体的晶体结构和电子结构,新发现为了解高温超导机理带来很多重要启示,有助于破解高温超导的微观机理,使设计和预测高温超导材料成为可能,并在液氮温区实现超导材料的广泛应用。

目前,王猛团队已收到来自全世界的科学家对样品合作研究的申请,可以预见,镍氧化物高温超导研究将迎来新一波热潮。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41586-023-06408-7>



“观海一号”波浪能原位供电观测浮标。 广州能源所供图

“观海一号”完整记录强台风“苏拉”

本报讯(记者朱汉斌)9月2日凌晨,强台风“苏拉”在广东珠海登陆。中国科学院广州能源研究所(以下简称广州能源所)投放于珠海东澳岛海洋牧场的漂浮式波浪能原位供电观测浮标“观海一号”,完整记录了强台风途经该区域的生成、发展和消退过程,获得了宝贵的实况数据和视频资料。

“观海一号”位于“苏拉”强台风途经珠海的中心,在强台风途经珠海海域过程中姿态稳定、锚泊牢固,监控清晰、无线传播流畅。据介绍,“观海一号”波浪能装机容量10kW,可稳定输出380V/220V/48V/24V/12V等不同电压等级以及交直流不同形式的标准电力,搭载空中、水面、海底观测设备进行立体观测,通过无线网络开展数据通信。

据介绍,广州能源所针对海洋观测网缺乏原位能源供给技术的难题,系统地开展了观测浮标用波浪能供电、水上水下综合观测、抗台风锚泊系统等关键技术研发,完成一系列漂浮式波浪能原位供电观测浮标的研建,并应用于多个海洋牧场。

“观海一号”波浪能原位供电观测浮标。 广州能源所供图

出380V/220V/48V/24V/12V等不同电压等级以及交直流不同形式的标准电力,搭载空中、水面、海底观测设备进行立体观测,通过无线网络开展数据通信。

“观海一号”建成后投放于珠海东澳岛海洋牧场开展实况试验,今年已完整经历了“泰利”“杜苏芮”等多个台风与热带风暴的考验,并获得了宝贵的实况数据。

据介绍,广州能源所针对海洋观测网缺乏原位能源供给技术的难题,系统地开展了观测浮标用波浪能供电、水上水下综合观测、抗台风锚泊系统等关键技术研发,完成一系列漂浮式波浪能原位供电观测浮标的研建,并应用于多个海洋牧场。

红杉家族的越洋情缘

■本报记者 李晨

国宝“活化石”植物——水杉是我国特有的珍贵孑遗树种,它的发现被誉为“20世纪最重要的植物学发现”,对植物学、古植物学、演化生物学和古地理学等研究具有重要意义。

近日,《植物通讯》在线发表了南京林业大学教授、中国工程院院士曹福亮团队领衔的研究论文。该研究构建了染色体水平的水杉基因组,解析了红杉亚科3个单种属树种的演化关系及其生长特性形成的基因组学基础。研究结果为裸子植物演化研究和水杉物种保护提供了重要基因组资源。

活化石“神树”

水杉是柏科水杉属唯一现存种,它的发现过程是植物学史上的一段传奇。

曹福亮介绍,1941年,日本植物学家三木茂发表论文报道了水杉化石,并认为这种植物已经灭绝。同年冬天,在隔海的中国西南,中央大学森林系(南京林业大学前身)教授于铎路过四川磨刀溪,偶然遇到一株似杉非杉、似松非松的树木,当地村民称之为水杉,并奉为“神树”。尽管于铎对此极为感兴趣,可惜时值隆冬,树叶已经凋落,没有采到标本。

1943年,中央林业实验所(中国林科院前身)技正王战,途经磨刀溪,采得“神树”的枝叶、果实标本,并暂定其为“水松”。

1945年,王战将一些标本转交给中央大学教授、南京林业大学前校长郑万钧,请他鉴定。郑万钧观察标本后认为,尽管该植物有点像水松,但它的叶子是对生的,球果的鳞片呈盾形,和水松有重要区别,应为新属。

为慎重起见,1946年,郑万钧3次派中央大学森林系技术员薛纪如到磨刀溪采集标本,并请中国植物分类学奠基人胡先骕帮助查阅文献。1947年,胡先骕发现该植物与三木茂发表的水杉化石十分相似。

在取得确凿证据之后,1948年春,胡先骕、郑万钧两位学者将它正式定名为水杉并发表。这引起美国哈佛大学阿诺德树木园博

士Merrill、美国加州大学伯克利分校教授Chaney等国际著名专家的关注,同时引发世界轰动。

“性格迥异”越洋分布的红杉家族

在分类上,水杉属于柏科红杉亚科。这一亚科包括3个属,每个属只有一个物种,分别是水杉、巨杉和北美红杉。

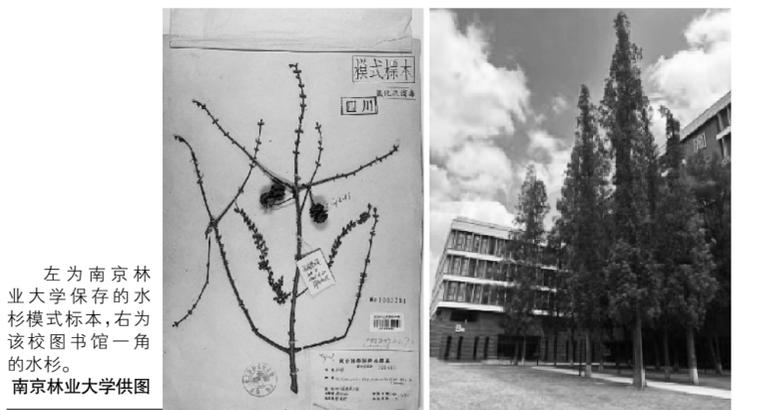
论文共同通讯作者、南京林业大学教授薛良交介绍,在化石时代,红杉亚科植物在北半球广泛分布,由于第四纪冰川活动,气温下降,红杉家族植物大部分已灭绝。目前原生水杉只分布于我国湖北与重庆交界区域的山谷,巨杉和北美红杉分别生长在美国西部内华达山脉的零散树林和俄勒冈西南部到加利福尼亚中部的太平洋沿岸地区。3个物种都被收录在濒危物种红色名录中。

“水杉因为树形高大被称为‘神树’,实际上巨杉和北美红杉在形态上更为雄伟。”论文第一作者、南京林业大学教授付芳芳说,“水杉的最高纪录是46米;世界上最大的树是巨杉,高95米,树干直径超过11米,被称为‘世界爷’,而最高的树就是北美红杉,高达115米。”

在中国,北美红杉又被称为“尼克松的绿色使者”,是1972年2月美国总统尼克松访问中国的国礼之一,种于杭州西湖湖畔。水杉和大熊猫一样,曾被党和国家领导人选中赠出,代表中国人民的友谊。

红杉亚科3个极具特色物种之间的演化关系,一直是科学家们关注的重要问题。水杉发现后不久,就有科学家基于叶片形状、染色体条数等信息,提出北美红杉由水杉和其他柏科植物杂交形成。在叶片上,水杉叶线形,巨杉叶鳞片状钻形,而北美红杉下方叶片为线形,顶部叶片为鳞片状。然而分子进化分析表明,不同的分子标记支持的结论并不相同。

薛良交说,裸子植物基因组普遍较大,测序和组装成本较高,目前只有少数裸子植物的全基因组序列被测序。巨杉和北美红杉在美



左为南京林业大学保存的水杉模式标本,右为该校图书馆一角的水杉。 南京林业大学供图

国科学家的主导下已经完成测序,水杉基因组的测序和组装为利用比较基因组学全面解析该亚科的系统演化提供了可能。

解密红杉亚科进化历程

该团队应用多项技术对水杉基因组进行测序组装,得到8.07 Gb的基因组序列,并锚定到11条染色体上。进化分析发现,水杉大约形成于1.04亿年前的中生代白垩纪,与巨杉和北美红杉聚成红杉亚科分支。进化过程中,水杉丢失和收缩的基因家族远多于获得和扩张的基因家族。

基因组共线性分析显示,水杉和巨杉的基因组具有高度的一致性,而水杉和六倍体北美红杉之间的基因组共线性很低。这表明北美红杉在进化过程中发生了剧烈的染色体重排,甚至在北美红杉的个体之间也存在很大的基因组重排现象。这一现象表明,裸子植物在倍增后,染色体剧烈重排造成的有害突变积累可能是裸子植物多倍体现象较少的原因。

“我们的研究最终明确了北美红杉是同源六倍体,同时发现北美红杉的形成过程不涉及种间杂交,红杉亚科3个树种之间基因树与物种树的差异是由于不完全谱系分选造成的。具体说,3个树种遗传和形态的多样性可能是由于从祖先种群中随机保留了大量不同的等位基

因造成的。”付芳芳说。该研究还发现,巨杉和北美红杉树形高大主要与生长迅速和存留时间长等特征有关。单宁合成途径基因家族的扩张可以赋予树皮防火特性,便于树木在火灾中存活;离子通道和转运蛋白基因家族的扩张可以促进高大树木中的水分和养分的运输;HB-WOX和LOB等转录因子家族的扩张可能在维持分生组织活性方面发挥作用。

而水杉具有较强的耐水湿特性。研究分析表明,水淹胁迫造成脂肪酸代谢、碳水化合物代谢和甾体生物合成等途径基因在水杉根中上调。在响应水淹胁迫的差异表达基因中,超过72%的水杉基因与水稻中响应水淹胁迫的基因同源,表明裸子植物和被子植物在转录组水平上的水淹响应是保守的。

在水杉进化过程中,其有效群体数量经历了巨大的下降,灭绝率约为90%,而影响水杉种群大小的3个主要历史事件可追溯到约1000万年前、100万年前和10万年前。基因组数据分析表明,我国水杉的有效种群数量约为8000株,与上世纪70年代进行的普查结果相近。

曹福亮强调,水杉基因组资源有助于了解水杉对环境的适应机制,通过鉴定现存个体的遗传多样性,可以最大程度保留物种基因库,促进对这一珍贵树种的重点保护。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1016/j.xplc.2023.100643>

发现·进展

中国科学院生物物理研究所等

“女娲”基因组计划发布第四项成果

本报讯(见习记者孟凌霄)近日,中国科学院生物物理研究所徐涛院士团队、何顺民研究员团队与中国科学院北京基因组研究所陈华研究员团队在《科学通报》发表论文,介绍中国汉族人群基因组近期适应性选择的最新发现。这项工作也是徐涛、何顺民牵头的“女娲”中国人基因组计划的一部分。

“女娲”中国人基因组计划旨在构建中国人群的全基因组数据资源,并全面解析中国人群基因组遗传变异,支撑中国人群的疾病和精准医学研究。在此之前,该计划已经发布了中国人基因组简单变异和复杂变异的参考图谱等3项工作。

最近发表的这项工作利用了“女娲”中国人基因组数据资源,经过对3946个中国汉族人群的高深度全基因组测序数据进行分析,确定了24个近期正选择的基因组区域,包括免疫相关基因区、酒精代谢相关基因区和嗅觉感知基因OR4C16。

值得关注的是,位于免疫球蛋白重链基因区的系统性红斑狼疮的风险等位基因是选择的优势等位基因。尽管目前这种受正选择的等位基因增加了患自身免疫性疾病——系统性红斑狼疮的风险,但该等位基因可增强机体的免疫反应。

此外,该研究还鉴定了一个新的酒精代谢相关基因ALDH3B2,并发现了复杂性状的多基因适应。多种方法一致表明,在自然选择中,较低的血压更受青睐。

最后,该研究建立了一个名为RePoS的数据库,以集成和显示全世界多个人群的正选择信号。这项研究深化了对汉族和其他人群的自然演化和表型适应的了解。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1016/j.scib.2023.08.027>

广州医科大学与美国克利夫兰诊所

揭示肺癌脑转移新机制

本报讯(记者朱汉斌)近日,广州医科大学教授何建行团队联合美国克利夫兰诊所教授鲍仕登团队研究揭示了肺癌脑转移新机制。相关研究论文在线发表于《癌细胞》。

恶性肿瘤在组织学上分为非小细胞肺癌和小细胞肺癌。非小细胞肺癌主要包括肺腺癌、鳞状细胞癌和大细胞癌。大约50%的肺癌患者在疾病进展过程中会发生脑转移。尽管近年来肺癌治疗取得了进展,但脑转移患者的生存率仍然非常低。脑转移治疗的显著失败归因于多种因素,包括肿瘤异质性、治疗耐药性和阻断抗癌药物有效递送的血脑屏障,而对频繁脑转移机制的了解不足是脑转移治疗的重阻。

与大多数恶性肿瘤相似,肺腺癌具有高度异质性,并含有癌症干细胞。癌症干细胞是导致恶性生长、治疗抵抗和肿瘤复发的关键癌细胞,通常存在于血管周围壁龛中,与肿瘤微环境中的其他细胞和成分相互作用。CD44是被广泛用于识别肺腺癌中肿瘤干细胞特性的上靶标记物。CD44、癌症干细胞究竟如何参与肿瘤转移仍然不明。

该研究揭示了一个未知的细胞模式和分子机制驱动肿瘤转移,特别是肺腺癌的脑转移。由于乳腺癌等其他恶性肿瘤也会转移到脑部,因此确定该机制是否适用于其他转移性肿瘤将非常有意义。

研究人员表示,该研究为更好了解肿瘤转移打开了一扇独特的窗口,也为预防或减少肿瘤转移提供了一种治疗策略。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1016/j.ccell.2023.07.012>

中国科学院亚热带农业生态研究所

洪水对洞庭湖洪泛湿地甲烷排放影响研究获进展

本报讯(记者王昊昊)为探究洞庭湖洪泛湿地的甲烷排放特征和水文环境影响,中国科学院亚热带农业生态研究所科研团队以洞庭湖南获生态系统为研究对象,采用梯度协方差方法评估了2019年至2021年洞庭湖南获生态系统的甲烷排放通量,研究了洪水刺激甲烷排放的时滞效应,解析了甲烷排放与洪水水深和气温的关系。论文近日发表于《农业与森林气象学》。

大气中甲烷浓度的增加是全球关注的重要环境问题之一,洪泛湿地是甲烷排放的热点地区,但人们对洪水对甲烷排放的影响缺乏应有的重视。

此次研究结果表明,洞庭湖南获生态系统是甲烷的重要排放源,其年际甲烷排放量为14.54 g CH₄-C m⁻² y⁻¹;洪水淹没显著刺激甲烷排放强度,其刺激效应为0.054至0.177 g CH₄-C m⁻² d⁻¹之间,且洪水刺激甲烷排放存在明显时滞效应;相比于单次洪水淹没,高频率的洪水淹没可使甲烷排放量减少约46.2%至48.9%。此外,洪水水深的增加以及空气温度的降低也会在一定程度上减少甲烷排放。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109677>