

“塑料”与“温差”的美丽邂逅

■本报记者 甘晓

材料科学前沿，一场关于“塑料”与“温差”之间的美丽邂逅悄然上演。

中国科学院化学研究所(以下简称化学所)科研人员携手国内外科研力量,开发了一种被称为“聚合物多周期异质结”(PMHJ)的新材料,能够在微小的温差作用下把热能转换为电能,推动了聚合物热电材料的性能跃升。7月24日,相关成果发表于《自然》。

科研人员期待,不久的将来,“热电塑料”和“温差”的邂逅产生各种“触手可及”的清洁能源。

塑料也能发电

在人们的印象中,塑料是日常生活中不可或缺的绝缘体。直到20世纪70年代,美国科学家艾伦·黑格、艾伦·马克迪尔米德和日本科学家白川英树发现,碘掺杂的聚乙炔具备导电能力,彻底颠覆了“塑料不能导电”的传统认知。这3位科学家因此获得2000年诺贝尔化学奖。

这一重要科学发现不但掀起了导电聚合物和其他光电分子材料的研究热潮,还催生了有机发光二极管(OLED)等电子产业,让光彩夺目的显示屏走入人们的日常生活。

随着科学研究的深入开展,科学家发现,一些塑料不仅可以导电,而且具有热能和电能相互转换的“超能力”。其中,利用温差发电的“超能力”被称为“塞贝克效应”,利用导电回路施加电压产生温差的“超能力”则被称为“帕尔贴效应”。

基于这些现象,人们可以利用轻质、柔软的塑

料实现温差发电,开发贴附式和可穿戴的绿色能源,同时有望将其编织成塑料纤维,变成可以控制温度的服装。科研人员表示,这些功能的实现都需要发展高性能聚合物热电材料,该领域的研究成为材料科学的前沿和最具挑战的方向之一。

PMHJ 破局

高性能聚合物热电材料需具备高塞贝克系数、高电导率和低热导率,其理想模型被称为“声子玻璃－电子晶体”模型。

简单说,这种材料要像玻璃一样阻止热量传导,同时又要像晶体一样允许电荷自由移动,达到让作为热量载体的声子“寸步难行”,而让作为电荷载体的电子“畅通无阻”的效果。

然而,很多高电导聚合物具有局部有序分子排列,与理想模型存在差距,直接制约了聚合物热电性能的提高。

过去10多年里,全球科学家采用分子创制、组装和掺杂等方式,试图调控聚合物薄膜的塞贝克系数、电导率及其制约关系。但是,用于衡量热电材料性能的重要参数——热电优值(ZT)却一直停留在0.5上下,远低于商品化无机热电材料的性能。这一性能瓶颈直接制约了塑料基热电材料领域的发展。

为了打破这一瓶颈,化学所朱道本/狄重安研究团队、北京航空航天大学赵立东课题组联合清华大学、中国科学院大学、英国牛津大学、韩国蔚山科学技术院等研究团队,创造性提出PMHJ这一新概念。他们利用两种不同的聚合物构建

出周期有序的纳米结构,每种聚合物厚度不到10纳米,且两者之间具有超薄混合界面。这一设计既保证了电荷的有效传输,又能高效散射声子和类声子,使材料的热电性能显著提升,更接近理想模型。

刷新“热电优值”

PMHJ提出后,研究团队对大幅提升材料热电性能充满期待。

在最新发表的论文中,研究团队利用“PDPPSe-12”和“PBTIT”这两种聚合物以及交联剂,结合分子交联方法,构筑了具有不同结构特征的PMHJ薄膜。

他们发现,当PMHJ薄膜被氯化铁掺杂后,其在368K下的ZT达到了1.28。塑料基热电材料从此步入ZT超过1.0的时代。

对此,研究团队认为,这意味着该材料的性能已与商品化无机热电材料的室温区热电性能相当。

与此同时,PMHJ结构的优异普适性和加工兼容性,使其在柔性供能器件领域展现应用潜力。

在业内专家看来,这项研究成果打破了以往对聚合物热电材料性能提升的认知局限,为高性能热电材料的进一步研发提供了新途径。特别是在柔性供能器件的应用上,有望推动可穿戴设备和环境能量收集技术的发展。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41586-024-07724-2>



我国第一根热管诞生记

■本报记者 陈欢欢

手机、航天器、青藏铁路有什么共同点?答案是一——都需要保持温度。一旦热量散不出去,它们就会变形、失效。

科学家用以解决这一关键问题的高性能传热元件叫作“热管”。1964年,国际首篇热管论文发表。著名传热学家、美国国家工程院院士田长霖认为,这篇仅2页的论文产生了“如原子能一般巨大的影响”。

我国的热管研究也不甘人后。早在1968年,中国科学院就研制成功第一根热管样件。

有热量的地方就有热管

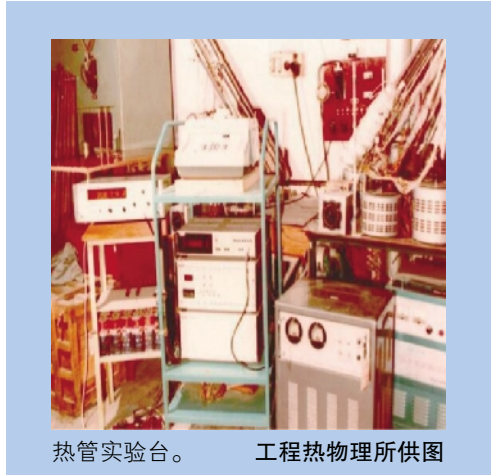
热管依靠内部液体的相变和蒸汽流动来传热,等效热导率可以达到金属的成百上千甚至上万倍,是任何已知材料无法比拟的。热管发展至今已广泛应用于各个领域,走进千家万户。

最早的热管研究可以追溯到1942年,美国通用发动机公司工程师Gauglar提出一种新的强化传热元件,并申请了专利。但当时各国都忙于“二战”,该专利因此沉寂了近20年,直到1964年才首次在洛斯阿拉莫斯国家实验室制造出来,被命名为热管。

此前,业界一直认为,通过导热进行较长距离的传热是不经济的,但热管的出现彻底改变了这一认知,随后迅速兴起。

“最直接的原因是当时美苏航天竞赛,没有热管解决温控问题,航天器就发展不下去。”中国航天科技集团第十一研究院研究员曲伟告诉《中国科学报》,热管对航天发展的推动作用极大。

在我国的“探月”“探火”工程中,也有热管工作的身影。曲伟指出,月球表面在日照时能达到120℃,月夜时则低至-100℃,温差巨大。因此从



热管实验台。 工程热物理所供图

探月一期工程开始,我国就着手研究利用热管耦合相变材料,在白天储能、夜晚释能,防止航天器被冻坏。如今,小到空间站里的计算机,大到载人飞船,都需要热管等技术保证运行安全。

2000年,意义深远的青藏铁路工程上马。当时碰到一大难题——冻土层在冬天时会冻结膨胀,到夏季又融化沉降,导致铁路路基扭曲变形。最后,我国通过在地下埋入热管解决了这一世界性难题。

此外,随着人工智能算力的爆发式增长,大型数据中心的功耗和发热也成为一大难题。“热管在解决这类小空间散热问题中具有革命性的潜力。”曲伟认为。

如今,热管的应用正在向极端方向发展,如应用于超高温、超低温等特殊场合。例如,热管手

我国科学家发现宇宙最高能量伽马谱线

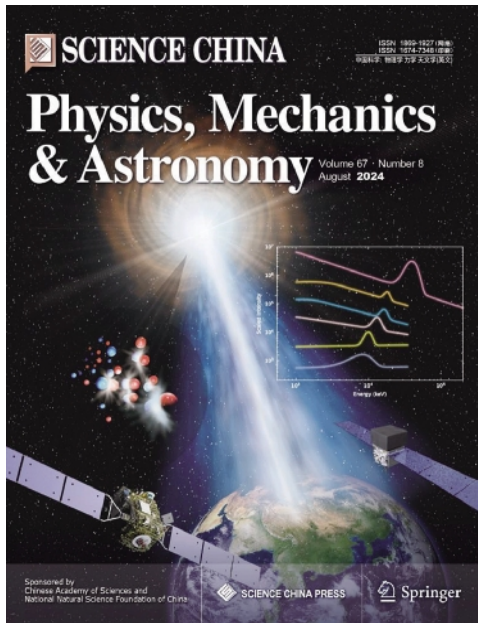
本报讯(记者倪思洁)7月25日,《中国科学:物理学力学天文学》(英文版)期刊以封面文章形式发表了极目空间望远镜的最新成果。研究显示,中国科学院高能物理研究所牵头的科研团队,利用极目空间望远镜和费米卫星的联合观测数据,在伽马暴中发现了迄今观测到的宇宙天体产生的能量最高、证据最确凿的谱线,能量高达37兆电子伏。该发现成为伽马暴观测研究的里程碑,为破解伽马暴及相对论性喷流产生之谜提供了全新的重要线索。

伽马暴是上世纪60年代发现的一种天文现象,也是宇宙大爆炸之后最剧烈的爆炸现象。近年来,随着引力波被发现,伽马暴已成为多波段多信使时域天文研究的焦点。为开展伽马暴观测研究,我国发射了一系列空间望远镜,如“慧眼”卫星、“怀柔一号”极目系列卫星、爱因斯坦探针卫星、中法天文卫星等。

2022年10月9日,全球诸多天文望远镜观测到迄今最亮的伽马暴,编号为GRB 221009A,我国“慧眼”卫星和极目空间望远镜对该伽马暴的瞬时辐射进行了精确测量。

在新的研究过程中,研究团队对该伽马暴开展了详细的能谱分析和谱线搜索,成功提取出精准可靠的伽马暴能谱。经过严谨分析,他们发现,该伽马暴能谱中存在一条演化规律的发射线谱线,谱线的能量和光度均随时间以幂律演化,这为谱线的真实性以及谱线起源于该伽马暴提供了最坚实的证据。此外,研究团队还发现,谱线的相对展宽较窄且基本不随时间变化。更令人意外的是,在伽马暴主暴阶段,谱线能量高达37兆电子伏。

“这是迄今探测到的宇宙天体产生的最高能量的谱线。这些发现对于研究伽马暴及相对



《中国科学:物理学力学天文学》(英文版)封面。图片展现了极目空间望远镜和费米卫星观测迄今最亮伽马暴,并联合发现随时间演化的伽马射线谱线的情况。

中国科学院高能物理研究所供图

论性喷流的物理性质和产生机制具有重要而独特的价值,是伽马暴和极端宇宙观测研究的重大突破。”论文通讯作者、“怀柔一号”极目卫星首席科学家熊少林说。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1007/s11433-023-2381-0>

人类活动导致全球降水变率增强

本报讯(记者崔雪芹)随着气候变暖,极端强降水频繁袭击全球各地。与此同时,全球许多地区的干旱显著增加,严重影响到水资源和能源供应,触发野火等灾害。7月26日,中国科学院大气物理研究所副研究员张文霞、研究员周天军等与英国气象局学者合作在《科学》发表文章,指出过去百年来,全球陆地降水变率显著增强,并可归因于人为温室气体排放的作用。

该研究利用国际上所有可公开获取的逐日降水观测资料,通过严格筛选和系统分析,揭示了自1900年以来,在观测资料充足地区,全球约75%的陆地上降水变率已增强,其中欧洲、澳大利亚和北美东部最为显著。降水变率的增强涵盖了多个时间尺度,包括天气尺度、月尺度和季节内尺度。就全球平均而言,逐日降水变率正在以1.2%/10年的速率增强。

为理解上述现象背后的物理原因,研究团队基于一个两层约化水汽收支动力诊断模型和最优指纹检测归因法,研究发现降水变率的增强可归因于人为温室气体排放,由热力作用主导。温室气体增温导致大气中水汽含量增加,使降水异常幅度增大、变率增强。同时,大气环流的变化也在年代际尺度上影响降水变



在相对于干旱的黄土高原和青藏高原的连接带上,一场暴雨从天而降。 黎伟标/摄

率,这种动力作用存在明显的区域特征。

“此前,我们仅在气候预估研究中发现降水变率未来将随增温而增强,现在我们基于历史观测资料发现,随着人为气候变暖的加剧,降水变率百年来已经增强。综合分析、物理过程诊断和检测归因,这项研究为认识全球变暖对降水的影响提供了新认识,为深化多尺度水循环变化机制研究提供了新证据。”张文霞说。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1126/science.adp0212>

科学家找到“隐藏”的新型产甲烷古菌

本报讯(记者李晨)近日,农业农村部沼气科学研究所厌氧微生物创新团队联合荷兰瓦赫宁根大学等多家单位,发现并分离培养了一株非产甲烷菌的新型产甲烷古菌。7月24日,相关研究成果发表于《自然》。

产甲烷古菌在地球生命起源进化、全球气候变化和碳素循环中起着重要作用。传统观点认为,产甲烷古菌隶属古菌域产甲烷菌。近年来,利用高通量测序的宏基因组学技术,科学界提出自然界中广泛分布着非产甲烷菌的产甲烷古菌,并推测这些新型产甲烷古菌还具有发酵生长、硫酸化等非甲烷代谢潜能。但迄今为止,这些古菌处于“暗物质”状态,一

直没有纯培养物,无法进一步研究它们的代谢功能。

该研究历时7年,利用自主研发的鸡尾酒分离法,首次分离获得佛斯特拉门古菌纯培养物。研究人员利用碳13同位素标记、模拟培养、膜脂分析等方法,证实了该古菌具有氢依赖代谢甲基类物质产甲烷的生理功能,但不具有发酵生长能力。研究发现的新型产甲烷古菌将为研究全球碳循环机理和低碳技术研发奠定新型生物资源基础,是我国在厌氧古菌资源领域的一个重大发现和突破。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41586-024-07728-y>

欧盟零毁林法案存在缺陷



本报讯2023年6月,欧盟27个成员国批准通过零毁林法案(EUDDR),旨在解决由农业扩张导致的森林砍伐和森林退化问题,预计于2024年底正式施行。但据《科学》报道,目前,要求欧盟推迟生效并重新考虑这项新规的呼声越来越高。

研究人员表示,在新规生效前有无数问题需要评估,其中一个令人担忧的问题是,监管机构和公司缺乏高质量森林测绘数据,而这正是新规正确施行所必需的。

新规中的一项关键要求是作物不能来自最近森林被砍伐后的土地,而森林测绘数据的不足可能让农户难以自证作物来源。

前不久通过竞选连任欧盟委员会主席的Ursula von der Leyen暗示,该政策可能会发生一些变化。她表示欧盟不会放弃环境目标,但“我们需要一种更系统的方法来评估新法规对非欧盟国家的影响”。

EUDDR要求包括棕榈油、大豆、咖啡、可可、橡胶等在内的7种主要农产品的进口商,必须证明产品来自2020年以来没有森林砍伐的土地,而且产品在符合当地法律的供应链内流动,其生产没有造成其他环境或人权问题。

EUDDR的诞生,部分是由于1990年至2008年间,欧盟消耗了全球约1/3与森林损失相关的

出口农产品,并造成了全球约10%的森林被砍伐。

美国 and 许多其他国家,以及欧洲许多行业团体和部分政党,都呼吁欧盟推迟实施EU-DR。批评人士认为,关键行业还没有充足时间做准备,因为欧盟尚未详细说明将如何推行上述规则,也未建立提交所需信息的系统。

欧盟要求向欧洲出口产品的公司提供“地理位置标签”——产品源头地理坐标,经、纬度必须精确到小数点后6位,使公司和监管机构能够验证产品是否在最近存在森林砍伐的土地上种植。

遥感专家担心,在上述过程中,可能发挥关键作用的森林测绘数据还不能为这项任务提供技术支持。世界混农林中心高级科学家Meine van Noordwijk指出,为支持EUDDR的实施,由欧盟联合研究中心(JRC)开发的2020年全球森林覆盖图可能存在严重缺陷,比如印度尼西亚廖内省的一个机场在图中被确定为森林,这可能会使农民难以证明其产品来源。

JRC承认2020年全球森林覆盖图存在问题。该地图集不足以做出具有法律约束力的监管决定提供技术支撑。目前为止,欧盟监管机构还没有明确说明将使用哪些地图和数据来确定一家公司是否遵守了EUDDR的相关规定。

此外,对于家庭农场等较小的农户来说,也没有向买家提供所需地理位置数据等信息的能力。而一些出口公司可能会以农民助长森林砍伐为由,拒绝从他们手中购买农产品。van Noordwijk说,总体而言,EUDDR反映了欧盟遏制森林砍伐的“良好意愿”,但它没有考虑给小农户带来的损害。

(徐锐)