

# 石墨烯做“筛子” 海水淡化更高效

看过《少年派的奇幻漂流》《鲁滨逊漂流记》等探险类电影的人都知道,在孤岛或茫茫大海中求生,如何获取淡水是最大挑战。试想一下,如果此时求生者拥有一个能快速从海水中提取大量淡水的小型手持装置,生存概率将大大提高。

日前获得上海市自然科学奖一等奖的项目“固液微观界面动力学性质的理论研究及其应用”,就可以让“少年派”“鲁滨逊”不再发愁。该项目由华东理工大学物理学院教授方海平团队研发,目前其科研成果——便携式海水淡化器已成功落地。这款海水淡化器外形和尺寸类似保温杯,重量不到1公斤,可为使用者提供超过1周的淡水。

## 为海水淡化提供理论支撑

这款形似保温杯的海水淡化器原理并不复杂。它的内部采用了特殊的氧化石墨烯膜,从而在有效阻挡并过滤盐离子的同时,允许水分子通过。

石墨烯是由碳原子组成的蜂窝状平面薄膜。其独特的二维结构使它在能源、材料等领域展现出巨大的应用潜力。国际上,研究人员普遍希望利用石墨烯的二维特性来构筑高性能的分离膜,以解决污水处理和海水淡化等领域的关键技术难题。然而,要实现这一目标,就要将石墨烯的层间距控制在十分之一纳米的精度,这无疑是一个极具挑战性的课题。长期专注水研究的方海平于2008年着手开展相关研究。

化学家们很早就发现,石墨烯的蜂窝状结构具有一种特殊的电子行为,被称为 $\pi$ 电子。 $\pi$ 电子能够与钠离子等阳离子产生强烈的相互作用,形成离子- $\pi$ 作用。然而,由于水合离子的存在,这种作用在水溶液中通常会被忽视。

方海平团队运用统计物理理论,认识到离子- $\pi$ 作用在水溶液中的重要性,并结合量子力学计算,开发了相应的分子动力学计算软件。团队提出要利用离子精确控制石墨烯膜的层间距,以实现离子筛分和海水淡化。令人兴奋的是,这一想法被实验成功验证,相关论文在

《自然》杂志发表。

基于离子控制石墨烯膜的基础研究,团队历时几年研发出一款石墨烯复合海水淡化膜。根据装机实测结果显示,该膜的水通量约为美国陶氏2019年报道的海水淡化膜水通量的15倍,是目前在水通量方面最先进的实用化海水淡化膜。此外,这款保温杯大小的便携式海水淡化器已入选上海市绿色技术目录。

## 发现石墨烯表面罕见特性

除了为海水淡化提供理论支撑之外,方海平团队还在石墨烯表面观察到了一氯化钙二维晶体。“这个发现颠覆了传统观念。因为人们通常认为,钙是二价的,它的化合物必然是二氯化钙,因此不可能具有铁磁性,并且是绝缘的。”方海平说。

这些一氯化钙二维晶体展现出非常独特的性质。它们不仅具备导电性、室温铁磁性而且还罕见地同时具备压电性质和金属性质。这预示着,在晶体管、磁性装置、导电电极的研发以及储氢、催化剂等方面的应用上,它们都将大有用武之地。

一氯化钙二维晶体的铁磁性表明,并非传统的铁磁物质(例如铁)才有非常强的磁响应。这为理解生物磁效应提供了新的研究方向,并为发展不含重金属且具有更好生物相容性的磁性靶向药物设计提供新方案,也为量子生物学提供新思路。

此外,对“水滴在水层上”的奇异现象进行理论预言,也是方海平获奖项目的重要成果。水滴在落入水面后,通常会很快扩散并融入水中。然而,针对“常温下水总是完全浸润于水”的传统观点,方海平团队提出了一个反传统的理论预言。研究团队设计出一个带极化电荷的固体平面作为一般表面的模型。其中,模型的晶格常数和电荷大小都可以调控。这样,在晶格和电荷的诱导下,水分子会形成有序结构。形成类似于冰的结构,在这层水上,水分子不再铺展开,而是形成水滴,呈现“水滴在水层上”的现象。另外,这层水还阻止了水层下面固体被污染。

研究论文于2009年首次发表后,这一预言很快获得了国内外多个科研团队的验证,其中包括美国科学院院士的科研团队。科研人员在金属、矿物、氧化物甚至生物分子表面等10多种材料表面都发现了类似现象,表明该现象在自然界普遍存在。这项进展有望为发展既不沾污又减阻的材料提供新的设计思路。

“多年来,我们的工作主要是运用理论物理方法,结合统计物理分析和分子动力学模拟,研究在表面、细通道内和响应体系中的离子对水的行为影响。目前我们已经获得了一些普遍规律,相信还有更多的规律等待我们去发现。”方海平说。

(房树芬 王春)

## 全国最大光伏废水零排项目投入运营

近日,据内蒙古鄂尔多斯市伊金霍洛旗蒙苏经开区消息,由中铁上海工程局建设的全国光伏废水处理领域处理能力最大的污水处理厂,前不久在该园区投入运营。这也标志着我国首个光伏废水零排项目开启运营。

现场技术人员介绍,该污水处理厂占地面积487亩,日工业废水处理规模达10万吨。上海光伏企业排放的废水,经过污水处理厂处理后,可再回上游光伏企业利用,回用率达到95%,为全国最高,全过程达到废水废气零排放。

作为伊金霍洛旗蒙苏经开区零碳产业园重点保障性工程,污水处理厂在建设之前的策划中秉承“绿色智慧”建造思路,积极践行“双碳”目标。在建设过程中也有效实现了绿色低碳建设。

据了解,经过紧张有序的联调联试,污水处理厂出水水质等指标顺利达标,实现了“工业废水变清泉”。污水处理厂投产运行后,基本解决了蒙苏经开区零碳产业园区内多家新能源企业工业生产用水需求,达到废水零排,实现了厂区水资源自平衡。这对推动内蒙古自治区黄河流域生态保护和高质量发展具有重要意义。

(张景阳)

## 活动星系核宽线区存在显著分层现象

12月1日,据中国科学院云南天文台消息,该台研究人员与其他科学家合作,在活动星系核宽线区结构和动力学演化研究中取得重要进展。相关成果近日发表于国际天文学期刊《天体物理学杂志》。

活动星系核是指表现出剧烈活动现象或剧烈物理过程的星系,在其紫外和光学光谱中存在着许多速度极快的宽发射线。而这些发射线便来自被称为宽线区的区域。深入了解宽线区不仅有助于精确测量中心超大质量黑洞的质量,还能揭示活动星系核内部的物理过程。然而,揭示宽线区的复杂运动学和空间分布一直是个难题。

2020年起,云南天文台南方基地封海成博士、李莎莎博士与合作者利用丽江天文观测站的2.4米望远镜,对著名的变脸活动星系核NGC 4151进行了长达4年的观测。他们发现,NGC 4151的多条宽发射线存在显著分层现象,且存在异常“反呼吸效应”。传统理论认为,活动星系核亮度增加时,宽线区半径会扩展,导致宽发射线时间延迟增加。但对NGC 4151的观测结果显示,宽发射线时间延迟随着亮度的增加而缩短。

研究表明,宽线区的物理特性比以往认知更加复杂,可能受到多种机制的共同驱动。研究团队还发现,NGC 4151宽线区的几何结构和动力学性质在不到一年的时间尺度上发生了显著变化,这种快速变化无法用单一机制来解释。

(赵汉斌)

## 上海宝冶在湛江钢铁青年安全技能比武竞赛中再创佳绩

11月27日,上海宝冶在湛江钢铁能环部举办的消防月青年安全技能比武竞赛中脱颖而出,荣获此次竞赛“二等奖”。

本次竞赛旨在进一步增强全体员工的消防安全意识,提高应对突发事件的应急处置能力,为企业安全生产提供了有力保障,确保生产安全无虞。竞赛项目包括微型消防站救援技能实操、扑救明火及火场逃生等环节,现场场景模拟真实火灾设计,以此检验参赛选手在紧急情况下的应变能力和实际操作技能。上海宝冶四名参赛选手在比赛中凭借卓越的团队合作与高超的技能操作水平,充分展现了上海宝冶在消防安全培训领域取得的显著成效。

(李益选)

## 图片新闻

## 机器人上岗 海岛电力满格



日前,国网山东省青岛市黄岛区供电公司应用海底机器人巡检海底电缆,为灵山岛居民冬季稳定用电提供保障。

灵山岛是全国首个“负碳海岛”,自2020年起,该岛便开始实施“煤改电”清洁取暖,以降低碳排放。

图为工作人员将机器人投入海中。

宋迎迎 臧阳 盛金钊 摄影报道