

# 我研制出百千瓦级自由活塞热声斯特林发电样机

笔者11月2日从中国科学院理化技术研究所获悉,该所成功研制国际首套百千瓦级自由活塞热声斯特林发电样机。专家组现场测试结果显示,在热源温度为530摄氏度时,发电样机实测最大发电功率达102千瓦。

自由活塞热声斯特林发电技术是一种新型发电技术。基于该技术研制的发电机,主要由自由活塞热声发动机和直线电机两部分组成。发动机主要组成部件为加热器、热声换能器(传统称回热器)、冷却器等,直线电机主要组成部分为动力活塞、永磁体、线圈等。

## 【前沿技术 16】

外部热源通过加热器向发动机输入热量,提高加热器的温度;外部冷源则从冷却器带走热量,使之维持在较低的温度。“当加热器和冷却器之间的温差达到一定值,热声换能器内部形成一定的温度梯度时,发动机内部的气体就会产生自激声振荡,也就是气体往复运动,将热能转化为声波形式的机械能。”中国科学院理化所研究员罗二仓说,发动机产生的声波又会推动直线电机的动力活塞往复运动,带动永磁体改变线圈中的磁通量,感应出交流电,从而完成机械能到电能的转化。

不同于汽轮机、燃气轮机和内燃机等传统的热机动力系统,该类型发电机中的热声斯特林发动机没有压缩机、膨胀机等机械运动部

件。“它主要是利用声波压力的交替升高和降低实现气体的压缩和膨胀,同时通过气体的往复运动与处于不同位置的高、低温换热器壁面进行换热,完成能量转化。”中国科学院理化所研究员胡剑英说。

罗二仓表示,自由活塞热声斯特林发电机优点突出。“一是系统简单,机械运动部件少,可靠性高;二是理论振动小、噪声低;三是理论效率高;四是热源适应性好,可以利用太阳能、余热、生物质能等各种不同形式的热源。”罗二仓说。

然而,由于自由活塞热声斯特林发电技术存在复杂的热动力学问题,且涉及多项高难度加工及制备技术,单机最大功率一直难以获得

进一步的突破。同时,较小的单机功率也极大地制约了该技术的推广应用。

在中国科学院先导项目支持下,理化所研究团队创建了先进的热声分析和设计理论,阐明了热声转换、声场调节、声电匹配等机理问题,突破了高功率交变换热、高精度气体间隙密封、气浮支撑等多项关键技术,研制成功了国际首套百千瓦级自由活塞热声斯特林发电系统。

胡剑英表示,自由活塞热声斯特林发电机功率的突破极大地拓展了其应用领域,使之成为太阳能发电、生物质发电以及分布式能源领域具有广泛应用前景的新一代能源动力转换技术。(陆成宽)



11月2日,在位于无为市的安徽鑫海高新材料有限公司生产车间内,正在生产专供新能源汽车充电桩的导体材料。近年来,无为市特种电缆产业集聚,发展势头强劲,已形成了有10家国家专精特新“小巨人”企业的产业集群,成为全国唯一的特种电缆产业基地。范柏文 摄

人形机器人集成人工智能、高端制造、新材料等先进技术,是科技竞争新高地、未来产业新赛道,有望成为颠覆性产品。笔者11月2日从工业和信息化部获悉,为推动人形机器人产业高质量发展,工业和信息化部近日印发《人形机器人创新发展指导意见》(以下简称《指导意见》)。

《指导意见》提出,到2025年,人形机器人创新体系初步建立,“大脑、小脑、肢体”等一批关键技术取得突破,确保核心部件安全有效供给。整机产品达到国际先进水平,并实现批量生产,在特种、制造、民生服务等场景得到示范应用,探索形成有效的治理机制和手段。培育2—3家具有全球影响力的生态型企业和一批专精特新中小企业,打造2—3个产业发展集聚区,孕育开拓一批新业务、新模式、新业态。

到2027年,人形机器人技术创新能力显著提升,形成安全可靠的产业链供应链体系,构建具有国际竞争力的产业生态,综合实力达到世界先进水平。产业加速实现规模化发展,应用场景更加丰富,相关产品深度融入实体经济,成为重要的经济增长新引擎。

《指导意见》强调,以大模型等人工智能技术突破为引领,在机器人已有成熟技术基础上,重点在人形机器人“大脑”和“小脑”及“肢体”关键技术、技术创新体系等领域取得突破。具体来看,要开发基于人工智能大模型的人形机器人“大脑”,增强环境感知、行为控制、人机交互能力;开发控制人形机器人运动的“小脑”,搭建运动控制算法库,建立网络控制系统架构;系统部署“机器臂”关键技术群,打造仿人机械臂、灵巧手和腿足,攻关“机器体”关键技术群,突破轻量化骨骼、高强度本体结构、高精度传感等技术;构建完善人形机器人制造业技术创新体系,支持龙头企业牵头联合产学研用组成创新联合体,加快人形机器人与元宇宙、脑机接口等前沿技术融合,探索跨学科、跨领域的创新模式。

《指导意见》明确,加快人形机器人在特种环境的应用,面向恶劣条件、危险场景作业等需求,强化复杂环境下本体控制、快速移动、精确感知等能力;聚焦3C、汽车等制造业重点领域,提升人形机器人工具操作与任务执行能力,打造人形机器人示范产线和工厂,在典型制造场景实现深度应用。同时,拓展人形机器人在医疗、家政等民生领域服务应用,满足生命健康、陪伴护理等高品质生活需求,推动人形机器人在农业、物流等重点行业应用落地,提升人机交互、灵巧抓取、分拣搬运、智能配送等作业能力。(崔爽)

## 《人形机器人创新发展指导意见》

工业和信息化部印发

## 钙钛矿电池光电转换效率达26.1%

笔者11月2日从中国科学院合肥物质科学研究院获悉,该院固体物理研究所潘旭研究员和田兴友研究员团队与国内外科研工作者合作,首次发现钙钛矿阳离子面外分布不均匀是影响电池性能的主要原因,并通过设计添加剂均匀化钙钛矿薄膜相分布,获得了26.1%的光电转换效率(PCE)。11月2日,相关成果在线发表于《自然》杂志。

近年来,钙钛矿电池效率的提升速度明显放缓,相关研究遇到了“瓶颈”。深入研究阳离子面外方向分布,不但有助于理解钙钛矿体相载流子动力学过程,更有望推动钙钛矿太阳能电池效率的

进一步提升。但是钙钛矿体相的不同阳离子组分分布以及影响电池稳定性和效率损失的原因目前尚不清楚。

研究团队对钙钛矿薄膜晶相分布进行了深度剖析,通过掠入射X射线衍射与薄膜截面的透射电镜分析,证明了在薄膜底部存在面间距较小的晶相,并且在薄膜底部显示出与富Cs钙钛矿相关的特征信号。这些实验充分说明,阳离子面外方向的梯度不均匀分布。这也是首次可视化验证了钙钛矿薄膜的阳离子组分在面外不均匀分布。

研究团队进一步分析了这种梯度不均匀分布的原因,发现不同阳离子在结晶及相转变过程中的速率差过大是

导致组分不均匀的主要原因。进而,团队设计制备出均匀化的钙钛矿薄膜。这种阳离子组分均匀分布的钙钛矿薄膜极大程度上提升了载流子寿命及扩散长度,加强了载流子界面抽取。利用上述策略制备的反式钙钛矿太阳能电池获得了26.1%的最高效率,认证效率为25.8%。此外,经2500小时最大功率电追踪后仍保持了可靠运行稳定性。

该研究成果在获得优异电池性能的同时,开辟了提升电池器件稳定性的新途径,有望打破钙钛矿太阳能电池的效率瓶颈,为进一步提升高效、稳定的钙钛矿太阳能电池提供了明确的方向。

(吴长锋)

## 郑永飞:探究地球奥秘“解剖地球”的人

地球,这颗神奇的蓝色星球,在46亿年间孕育了人类和万物,孵化出灿若星河的文明。她敦厚仁慈、大气磅礴,间或却脾气暴躁。突如其来的地震、海啸、火山喷发等都给地球上的生命带来巨大伤害。只有对地球的了解再深入一点,人类和大自然的相处才能更和谐一些。郑永飞就是这样一个人“解剖地球”、探究地球变化奥秘的人。

构成地球巨大固态外壳的是板块。地球板块运动被认为是生命进化的必要条件。二十世纪末,研究大陆板块深俯冲及有关地球化学问题,走到了国际地球科学研究的前

沿。1993年,郑永飞留学归国,开始从地球化学角度投身该领域研究。“当时,就在离我们不远的大别山地区发现了超高压变质矿物,能够证明大陆板块可以俯冲。这对板块构造来说是一次革命,全世界都非常关注。”郑永飞说。

在接下来长达10年的追踪中,郑永飞着了迷似地几乎每天都泡在实验室里,设计实验、分析数据、阅读文献、讨论工作。他根据同位素年代学和地球化学证据,确认了大陆板块的俯冲和折返为“快进快出”过程,由此产生了“油炸冰淇淋模型”。在这个基础上,他带领团队进军俯冲带地球动力学这个国际前沿学科,又成功证明了板块构造在大洋和大陆俯冲带的运行规律具有一致性,成

果得到国内外同行高度评价。

“应用同位素研究板块构造的意义非常大,比如探寻矿产资源时,过去在哪里找,现在在哪里找,将来在哪里找,答案都可以从板块构造里找。再比如研究自然灾害中,地震出现在哪里,什么时候出现,为什么会发生等等,也都离不开研究地壳同位素、了解板块。”郑永飞用深入浅出的语言,揭示了“解剖地球”的意义。

除了学校里的实验室,郑永飞待得最多的“实验室”就是野外。“我的‘天然实验室’遍布在祖国大地的主要山脉。去的最多要数大别山脉,每年都去,少则一次,多则数次。”郑永飞说。因为野外科考,他对大别山里的村庄、道路都无比熟悉。“大别山地质特色鲜明,

海拔不高、位置不偏,带着学生们在那里现场验证实验室成果,这种天大地大、万物与我为一的感觉非常痛快。”郑永飞说,沉浸式的研究和授课,对于自己都是无比享受的事。

“有些人做事有一种劲头,总想把事做好,做出成绩来;有的人是得过且过,总是能糊就糊。我想做点事,我想把事做好。”郑永飞说。这是一种自然的念头,感觉在进步的时候,就会追求卓越。他的这种工作态度科研之余,郑永飞没有太多的爱好,唯独偏爱书法。“我其实是比较爱静的,练习书法符合我的性格。”他哈哈笑着说。在几种字体中,他最爱柳体,因为柳体“骨力遒劲,结体严谨”。这不恰恰和他严谨治学的科学精神有着异曲同工之妙吗?(徐国康 陈婉婉 徐昱昊)

## 【科学家面对面 16】