

团队

这种薄膜可以持久运动,如果利用持久运动特性来发电,可极大拓展相关技术在自发电穿戴式、植入式电子器件方面的应用,而穿戴式、植入式行业拥有超千亿元市场规模。

仿生智能薄膜:让惰性高分子“动起来”

■本报记者 沈春蕾 见习记者 丁宁宁

花瓣形状的双层薄膜吸收丙酮分子后,花瓣翩翩起舞,犹如一朵在风中摇曳的萝卜花。“这是聚偏氟乙烯/聚乙烯醇双层膜的仿生形变。”中国科学院深圳先进技术研究院副研究员杜学敏告诉《中国科学报》记者。

近日,华东师范大学化学学院博士生导师张利东课题组与杜学敏课题组合作,以聚偏氟乙烯(PVDF)和聚乙烯醇(PVA)高分子材料为研究对象,通过模拟生物仿生衍生规律,制备出新型智能柔性双层高分子膜材料。

一场偶然的相遇

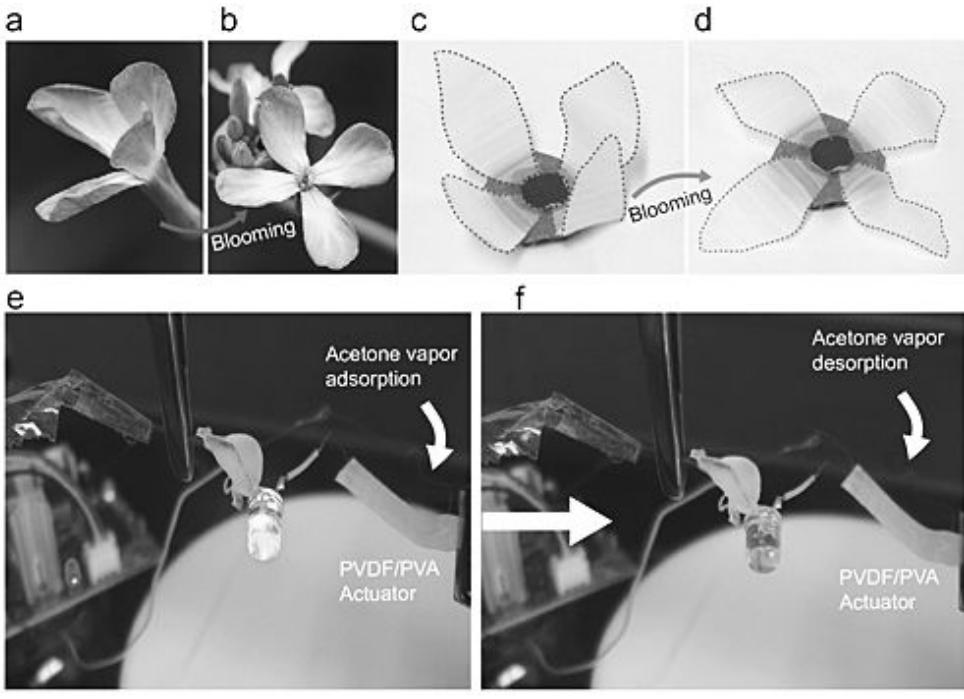
2016年上半年,张利东的身份还是在纽约大学阿布达比分校从事博士后工作的学者,机缘巧合,他和杜学敏都参加了在新加坡举行的国际会议,两人均在会上作了学术报告,并且认真聆听了各自的报告。

“我们算是小同行,会上交流特别顺畅,对彼此的研究也非常感兴趣。”杜学敏在得知张利东准备回国发展后,便于2016年下半年邀请他来到深圳先进院指导交流,双方的合作也围绕高分子膜材料正式开启。

随着人类对自然界生物结构了解与认识加深,通过材料与结构设计仿生大自然技术也日趋成熟,推动了刺激响应仿生材料的发展。张利东指出:“近年来,基于刺激响应仿生材料研发的器件已经在工业、医疗、电子、军事等领域得到了较好的应用。”

杜学敏说:“在未来,仿生材料应用价值将更加巨大,特别是在柔性电子工业,仿生传感器,软体机器人等方面将拥有广阔的前景。”然而,当前在刺激响应材料仿生结构模拟上还存在诸多技术难题。

张利东透露,现有的理论分析认为,要实现高效可控的仿生性能,除了对材料仿生结构的精确设计之外,材料不仅要具有非常好的拉伸耐磨性能,对外界长时间刺激后仍能保持理想的机械性能,还必须具有可逆的刺激响应行为,这些是刺激响应型仿生材料实现仿生性能的基本要素,也是拓展其应用的基本条件。



PVDF/PVA 双层膜的仿生形变。

杜学敏称:“只有设计合理的仿生结构、深入理解仿生机理、优化材料机械性能,才能控制动态仿生过程,促进材料的应用步伐。”张利东课题组开展的柔性智能双层膜的仿生性能机理研究,与杜学敏课题组开展的探索仿生智能材料研究不谋而合。

“不知疲倦”地运动

双方科研团队以廉价易得的高分子材料为研究对象,张利东课题组提出了双层膜设计理念,通过对材料简单的复合改性,制备了具有自驱动性能的高分子双层膜,并设计了各种柔性器件;杜学敏课题组基于光刻蚀技术,制备了带有微孔道结构的硅模板。

科研团队利用模板技术将微孔道仿生结构复制到 PVDF 膜表面,使得制备的

PVDF/PVA 双层膜在结构上具有周期变化的机械张量,实现了双层膜的仿生性能,并通过外界刺激实现了对双层膜仿生行为的操控。张利东表示,该双层膜对丙酮分子的刺激具有极其敏感的响应性,并且通过对丙酮分子的快速吸收和释放,可实现双层膜的长时间连续定向形变。让惰性高分子“不知疲倦”地运动起来,可媲美自然界中复杂的运动方式。

实验过程蛮有趣:当 PVDF 膜表面微孔道排列和薄膜的长轴夹角保持在 30° 或 60° 时,薄膜受到丙酮分子刺激产生右手性的缠绕运动。反之,微孔道排列和薄膜的长轴夹角保持在 -30° 或 -60° 时,薄膜表现出左手性的缠绕运动。当这个夹角保持在 90° 时,双层膜吸收丙酮分子而产生向着 PVA 层的定向弯曲形变。

于是就有了本文开篇的奇妙现象:花瓣形状的双层膜产生了像萝卜花一样的形变运动。

杜学敏告诉记者:“当环境中丙酮浓度过高时,传感器自发形变接通电路,电灯亮;当丙酮浓度逐渐降低时,传感器恢复到原来形状断开电路,电灯灭。利用电灯的变化,可告知环境中丙酮蒸汽浓度的高低。”

因此,利用此种仿生运动设计的薄膜传感器,还可以长时间连续监测环境中丙酮浓度,从而极大地拓展了材料的应用潜质。同时,该双层膜对于外界丙酮蒸汽的刺激能够保持数小时连续可逆的响应,这为拓展刺激响应材料在能源、柔性传感器、人工肌肉、软体机器人等领域应用奠定了坚实的基础。

小薄膜用途大

普通聚合薄膜往往想拥有快速响应、“不知疲倦”的运动特性,就需要牺牲材料的机械性能,比如牺牲材料的杨氏模量(描述固体材料抵抗形变能力的物理量)、耐磨性、抗腐蚀等机械性能。这类普通聚合物薄膜现在已经可以广泛应用于医疗、电子及日常生活等方方面面。

而张利东和杜学敏团队研制的仿生智能薄膜受刺激后,一旦撤除刺激源,薄膜可以迅速恢复其原来的机械性能,因此可达到“不知疲倦”的运动特性。另外,利用这种“不知疲倦”特性的薄膜设计成为柔性传感器,可以长期多次循环使用,大大节省了材料成本。

杜学敏向记者透露:“未来,我们一方面可将此薄膜设计成仅对丙酮分子刺激敏感的传感器,用于化工企业中实时监测环境中丙酮浓度,以及及时预防丙酮对人的伤害。另一方面,我们可以把这种薄膜结合能量采集、人工肌肉、软体机器人等领域的实际需求,个性化设计适用于不同领域的具体产品。”

他以能量采集为例,这种薄膜可以持久运动,如果利用持久运动特性来发电,可极大拓展相关技术在自发电穿戴式、植入式电子器件方面的应用,而穿戴式、植入式行业拥有超千亿元市场规模。

实验室

7月29日,中科院院长办公会正式批准通过设立“地球大数据科学工程”A类先导专项,其中,数字地球科学平台(CAS-Earth)是专项第8个项目,也是整个专项的成果综合集成与核心平台建设,该项目召集人就是遥感与数字地球所副所长、中科院数字地球重点实验室主任张兵。

中国科学院数字地球重点实验室成立于2009年。是什么原因让一个新兴领域的实验室在短短八年间成绩斐然,并承担一系列重大任务呢?为此,记者采访了张兵。

科学应用双重定位

“实验室既面向数字地球领域国际前沿科学理论研究,也面向国家重大应用技术攻关需要。”张兵一句话概括实验室的定位。

实验室下设数字地球理论与系统研究室、光学对地观测研究室、微波对地观测研究室、数字陆地系统研究室、数字海气系统研究室、数字遗产研究室、数字农业研究室、全球灾害研究八个研究室。

“实验室重点围绕对地观测前沿理论与技术、空间数据密集型科学与方法、搭建数字地球科学与平台、全球环境资源空间信息系统等四个核心研究方向展开,涉及理论技术、平台建设以及应用系统三大方面。”张兵介绍说。

在对地观测前沿理论与技术方向,中科院数字地球重点实验室以全波段对地观测信息机理与多源遥感协同观测研究为核心,在高光谱、微波、激光雷达的观测机理、数据处理与应用技术三大对地观测前沿技术领域取得重要突破,开创并引领我国对地观测应用技术发展。利用空间数据密集型科学与方法,实验室建立了通用数据密集型快速处理技术框架,实现TB级遥感数据快速处理与数字地球综合模拟计算能力。实验室还首创国际上第一个“数字地球科学平台”,国际专家评价其是“世界上功能最齐全的数字地球系统”。

谈及应用,张兵着重介绍了全球环境资源空间信息系统,“该系统在多次重大地震、洪水灾害和森林火灾监测评估中发挥了重要的作用,澳大利亚驻华大使曾致信感谢。”

“十二五”末,中科院对各院所“十三五”规划进行评估,遥感地球所“全球环境资源空间信息系统”和“航天航空智能对地观测机理与方法”分别获得“重大突破”和“重点培养方向”的院“优秀”,而这两项工作,均由数字地球重点实验室负责承担,其中张兵为重大突破“全球环境资源空间信息系统”的首席科学家。

起步虽晚成绩不俗

“实验室起步时间较晚,但发展势头非常好。”张兵介绍,“十二五”期间,中科院数字地球重点实验室承担各类科研项目365项。另外,实验室获联合国“全球脉动”奖1项、国家科技进步奖二等奖1项、国家技术发明奖二等奖1项、省部级二等奖以上共6项。

2016年度,中科院数字地球重点实验室主持国家重点研发计划项目2项,承担课题6项、专题22项,涵盖了科技部国家重点研发计划、基金委国家自然科学基金、中国科学院创新等多类项目。

过去两年,遥感地球所共牵头获得4项国家重点研发计划重点专项资助,其中3项落在数字地球实验室。

近年来,实验室在数字地球空间信息模拟、高光谱对地观测信息技术等多方面取得了重大成果。在多项国际数字地球发展里程碑事件中,实验室也起到主导作用。张兵说:“数字地球空间信息模拟突破了地震与风暴潮灾害三维可视化模拟与定量评估技术,建立了陆表水文—水动力过程模拟模型,模拟和分析了海平面上升过程及其社会影响,为‘国庆60周年阅兵’和‘抗日战争胜利70周年阅兵纪念活动’等国家重大活动提供信息模拟与可视化,得到中央有关单位的多次表彰。”

“高光谱对地观测信息技术创建了系列高光谱遥感机理与信息提取新方法,研发了新一代高光谱图像处理与分析系统(HypEYE),发表了上百篇SCI论文。”张兵介绍,实验室的高光谱遥感研究在国际上具有极高知名度,成果曾获得国际四大遥感期刊主编的高度评价。2016年,中科院遥感地球所高光谱遥感研究集体荣获中科院杰出科技成就奖。

自主培养成就人才

优秀成果的产出离不开人才,人才建设永远是第一位的。一直以来,中科院数字地球重点实验室尤其重视对青年人才的培养。“我们实验室绝大多数所谓有头的人才都来自于自主培养。”张兵笑着说,与其他学科相比,遥感与数字地球属于新兴交叉学科,基于现有的国家人才评价体系,我们在人才产出方面很难与成熟学科相比,这就更加体现了人才自主培养的重要性。

目前,中科院数字地球重点实验室作为遥感地球所的6个核心科技单元之一,人才分布占遥感地球所相当大的比重,并拥有一支团结合作、稳定发展、充满活力的科研创新队伍。截至2016年底,实验室共有固定人员118人,45岁以下中青年研究骨干96人,并有院士1人、千人计划2人、杰青1人、优青2人、百人计划11人。

值得一提的是,由中科院数字地球重点实验室自主培养的硕士研究生(导师为张兵)庄丽娜获得2015年欧盟“玛丽·居里行动计划”奖学金。该计划在欧盟享有很高声誉,以级别高、申请难度大著称。庄丽娜在实验室的培养下,凭借自身努力获得该荣誉,在实验室以及全所都被传为佳话。

展望“十三五”发展,中科院数字地球实验室将大有作为。“地球大数据科学工程”已经通过7月29日的院长办公会,遥感与数字地球所郭华东院士将担任专项总体组组长,数字地球科学平台项目也即将在中科院数字地球重点实验室正式启动。张兵说,在院长办公会上,中科院院长白春礼特别强调要将数字地球科学平台建成综合显示中科院在资源、环境和生物等多领域重大成果的展示平台;服务于国家重大决策的科技支撑平台;多学科交叉交叉的科学发现和科技创新平台;面向不同用户、具有不同版本、数据持续更新、充满活力的运行性平台。

“实验室以及遥感地球所一定会按照白院长的指示要求,与兄弟单位一起同心协力,攻坚克难,把这个专项项目做好,交出一份满意的答卷。”张兵对实验室的未来发展充满信心。

新兴领域实验室成绩斐然

■王心怡 本报记者 沈春蕾

一次前所未有的航拍

——中科院新疆生地所塔吉克斯坦无人机航拍纪实

■本报记者 王晨绯 通讯员 蒋慧萍

7月30日,中科院新疆生地所的科学家们在塔吉克斯坦萨雷兹湖上首次航拍成功,这是萨雷兹湖历史上的首飞,也是中国人首次抵达该地区。

塔吉克斯坦的萨雷兹湖的首次航拍缘何让中国科学家操刀?《中国科学报》记者带着疑问采访了新疆生地所飞行作业团队。

萨雷兹湖急需国际援助

萨雷兹湖的问题是悬在塔吉克斯坦人民头上的“达摩克利斯之剑”。

1911年2月18日,塔吉克斯坦的穆尔加布河谷发生7.4级大地震导致山体崩塌,滑坡体从海拔4500米高处滑下了1800米,形成了世界上最高、体积最大、蓄水最多的天然大坝,堰塞体被称为乌索伊大坝,堵塞河道后河水积起来形成萨雷兹湖。如今,湖最深处长达500米,淡水蓄量丰富,超过170亿立方米。萨雷兹湖形成近一个世纪以来,塔吉克斯坦等中亚国家乃至国际社会对萨雷兹湖再酿人间悲剧的担忧与日俱增。帕米尔高原是地震活跃带,近年来因地震及其他原因引发萨雷兹湖岸山岩崩塌现象时有发生,所幸强度不大,没有引发大灾难。目前,湖区右岸沿着穆兹科山山脉有一条长2公里的构造裂缝,如果山体崩塌就将导致洪水泛滥,几分钟内即可摧毁数百平方公里内的村庄,淹没庄稼和植物。据地震学家研究,再次发生类似1911年大地震的间隔期为80至120年,目前已有进入地震活跃期的迹象。地震可能会导致自然湖堤大坝决口,萨雷兹湖一旦出现问题,受害的不仅是塔吉克斯坦,还有下游沿岸的阿富汗、乌兹别克斯坦、土库曼斯坦共500多万人口,这将是一场生态大灾难。

塔吉克斯坦政府非常重视萨雷兹湖问题,早在1997年就成立了专门机构,负责研究和监测湖的安全。在日本资助下,塔吉克斯坦在萨雷兹湖建立了地震台。塔吉克斯坦政府还举办了《萨雷兹湖安全问题及其解决途径》国际会议,俄美等十几个国家代表献计献策。

“这次飞行源于我们与塔吉克斯坦科学院地质、地震工程与地震学研究所的合作项



无人机团队成员合影

目,塔吉克斯坦政府非常重视萨雷兹湖问题,双方以中亚生态与环境研究中心为依托,开展塔吉克斯坦萨雷兹湖无人机监测,将拓展与‘一带一路’沿线国家塔吉克斯坦在生态环境监测领域的交流与联系,共同促进双方生态环境领域的合作与地区可持续发展,为塔吉克斯坦政府解决萨雷兹湖生态安全问题提供新方法新思路。”项目负责人之一、新疆生地所正高级工程师王伟胜告诉《中国科学报》记者。

在“一带一路”倡议引领下,中国与中亚各国经济合作深入推进,各方面合作日益深化。塔吉克斯坦与中国同为上海合作组织成员国,具有长期的良好合作关系。该项目的开展将有助于增进中亚地区的生态环境安全,打造中亚地区“安全共同体”“命运共同体”,建立更加坚实的中亚及周边安全稳定带。

Usoy 大坝的一天半

中方飞行团队成员于2017年初开始准

备,进行了多次高原飞行测试,拟定了多套飞行方案,准备了两套固定翼无人机航拍设备和两架四旋翼无人机航拍设备,确保最少完成坝体的航拍任务。

7月26日,飞行作业团队——王伟胜、李耀明、赵峰、巴音、郭立新五人携带装备抵达塔吉克斯坦杜尚别,与塔方科学院协商航拍计划,塔方科学院协调了塔吉克斯坦紧急情况部和军方力量,组成11人联合考察队前往萨雷兹湖 USOY 坝区。

“萨雷兹湖地理环境非常复杂,交通条件恶劣,车辆无法抵达,运输只能依靠驴骡或直升机,最近的村庄距 Usoy 大坝 20 千米,人员徒步夏季需要 1 整天,冬季需要 3-4 天。湖面平均海拔 3268 米,群山环抱,山体平均海拔 4800 米。”王伟胜说。

联合考察队计划使用军方直升机前往坝区,由于直升机的协调使用原因,此次任务时间要求控制在一天半内完成。

“7月29日我们乘坐塔吉克斯坦军方的米8型直升机,从杜尚别杜山军用机场起

飞,2小时后到达萨雷兹湖,直升机起降场位于萨雷兹湖地质考察队营地西面一处开阔地带,同时我们将无人机起降场也选择在该处。”王伟胜他们前期通过卫星影像,原计划的无人机起降场,选择在坝区一处直升机起降场,后经实地察看,该处为小型直升机起降场,表面为碎石铺平处理,长度不足50米,且前后有山体遮挡,完全不宜作为无人机起降场。

航拍工作从当地时间上午10点正式开始,当天他们完成了20厘米分辨率的拍摄任务,总面积70平方公里,5个完整架次完成,平均航拍高度为海拔5000米,共计拍摄1513张相片,耗时7个半小时,顺利完成了20厘米的正射航拍任务。

“根据当日的飞行情况,他们决定第二天对坝区进行倾斜飞行,讨论确定了倾斜飞行方案。”第一天的工作虽然辛苦,但王伟胜他们心里已经有底了。

第二天,通过前一日的拍摄经验,我们降低了飞行高度,提高了相片分辨率,以大坝为主体完成了坝体的10厘米倾斜拍摄,总面积10平方公里,2个完整架次和1个补飞架次完成,拍摄高度为海拔3800米,共计拍摄2109张相片,耗时5个小时,顺利完成10厘米的倾斜航拍。

塔吉克斯坦政府和军方给予本次作业极大的支持和帮助。短短的一天半时间,新疆生地所飞行作业团队没有任何装备损失,圆满完成各项任务。

“本次无人机航拍区域为高海拔山区,气象条件多变,山区风向风速变化急骤,作业区周边山体陡峭,飞行条件极为恶劣。事实上在最后一个架次落地后,气象条件突然恶劣,已经达不到再次起飞条件了。在未来的山区飞行中仍需保持高度谨慎,并且需要做更长任务时间的准备。”听王伟胜他们讲述飞行过程时,记者也为他们捏了一把汗。

本次作业创多项记录,也是新疆生地所飞行作业团队无人机外业的最高记录。此次高精度的航拍地理数据对 USOY 大坝的安全、萨雷兹湖工程地质、水文地质、地球物理、地图绘制等相关的研究工作具有重大意义。