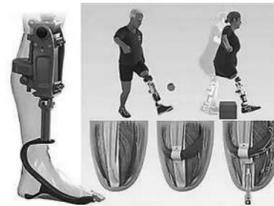


## 科技云

科技连着你我他

■本期观察:张 钊 李 林

## 新型仿生膝



近期,美国麻省理工学院研究团队研发出一款新型仿生膝关节。与传统假肢相比,这种新型仿生膝关节能帮助膝上截肢的患者走得更快,更轻松地完成爬楼梯、跨越障碍等复杂动作,相关成果已发表在《科学》杂志上。

研究人员表示,与传统假肢系统相比,该新型仿生膝结合了一种名为激动剂—拮抗剂肌神经界面(AMI)的新手术方法,不仅提高了仿生膝的稳定性,还让用户对假肢动作有了更强的控制能力。

据悉,研发人员下一步还将不断扩展升级AMI技术,从而为膝上截肢人群提供更好的稳定性和感觉反馈,让用户拥有更好的“身体归属感”。

## 仿生听觉系统

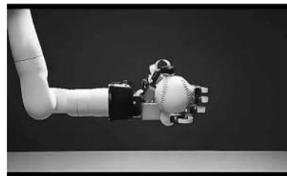


近期,英国伦敦大学研究团队研发了一套仿生听觉系统,该系统能以类人的方式解析声音,为受众提供更加自然真实的听觉体验,解决传统人工听觉设备在复杂声学环境中的声音还原与识别难题,相关成果已发表在《科学·进展》杂志上。

据悉,通过集成运用压电纳米纤维和人工智能神经网络,该仿生系统可模拟人类完整的听觉过程。相较于传统人工耳蜗,该系统的仿生耳蜗采用先进的制造工艺,将压电纳米纤维制备成径向排列的纤维阵列,用以捕捉环境声波的振动并转化成不同频率的电信号,模拟人类耳蜗的频率分离功能,有效响应人类听觉频段。

此外,在判断声音方向和距离方面,该系统使用了先进的人工智能神经网络,提取和分析来自仿生耳蜗的电信号频谱特征,使在水平和垂直方向的声源识别精准率达到97%和92%,对声音距离的判断准确率达到了100%。

## F-TAC Hand 仿生手



近期,北京通用人工智能研究院、北京大学等单位联合研发出一款F-TAC Hand 仿生灵巧手,相关成果已发表于国际期刊《自然·机器智能》上。

据悉,该仿生手具有24个运动自由度,通过集成70%手掌区域的高分辨率触觉传感器(空间分辨率达0.1毫米)和17个仿生触觉感知单元,首次实现类人水平自适应抓取水平,抓取成功率大大提升。

该仿生手创新性地与27块骨骼仿生结构与34块肌肉运动模型相结合,采用柔性传感器阵列和AI生成算法,可精准识别19种人类抓取类型,并在物体位移或碰撞时实时调整抓握力度。在实验中,F-TAC Hand 能同时抓取网球与高尔夫球等异形物体,展现出超越传统机械手的动态适应性。

研发团队表示,下一步,他们将重点优化F-TAC Hand 触觉反馈系统与运动控制系统的深度融合,进一步提高其性能。

6月24日至26日,第十六届夏季达沃斯论坛在天津召开,论坛发布了2025年《十大新兴技术报告》。渗透发电技术正是位列其中的十大新兴技术之一。该报告认为,这些新兴技术有望在未来几年内取得实效,助力人类解决全球性挑战。

经过半个世纪的材料革新与系统优化,渗透发电技术终于迎来突破性进展。那么,究竟什么是渗透能?渗透发电在未来应用中具备哪些优势?当前各国对渗透发电的研究进展如何?请看本期解读。

## 渗透能:清洁能源的下一波浪潮

■赵家毅 祁昊哲 陈莹



荷兰阿夫鲁戴克大堤上的REDstack渗透发电电厂。

供图:阳 明

## 高技术前沿

## 浓淡相遇破解发电密码

渗透能,是指两种不同浓度的溶液在接触时因渗透压差异产生的能量。能量大小与溶液的盐浓度差、温度等因素密切相关,是一种清洁的可再生能源。那么,这种可供发电的渗透能从何而来呢?

实际上,当淡水与海水在河口相遇,水分子总会朝着盐浓度更高的海域自发流动。就像高山流水能驱动水车,这种藏在浓淡交汇之处的能量,本质上是水分子“趋浓”特性所蕴含的自然力量,其能量规模随盐差梯度增大而增大。

渗透能发电,正是捕捉这种自然势能,并将其转化为电能的技术。江河入海口处盐差梯度尤为显著,此时,如果在江河入海口放置一个半透膜连接的涡轮发电机,淡水和海水之间的渗透压就可以推动涡轮机发电。

这是一个通过半透膜或离子交换膜构建的能量转换系统——当淡水与海水被膜分隔时,水分子穿透膜的运动形成压力差或离子迁移,如同无形的“推手”驱动涡轮机转动,产生电流。

这种发电方式无需燃烧燃料,不排放温室气体,且盐差现象在河口、盐湖等区域持续存在,使渗透能发电成为一种稳定清洁的能源利用形式。

目前,全球主流的渗透能发电技术主要有两种。

——压力延迟渗透(PRO)技术。淡水先通过半透膜涌入海水一侧,使海水一侧的压力升高至约1.6兆帕;高压海水随后被引入涡轮机发电,混合水最终排回海洋。整个过程如同给渗透现象加装了“阀门”,让水分子的迁移变得可控。目前,挪威Statkraft试点电站采用的就是这种渗透能发电模式。

——反向电渗析(RED)技术。2014年,荷兰REDstack公司采用该技术建成了渗透能发电厂。该技术通过数百张交替排列的阳离子、阴离子交换膜组成“膜堆”,当淡水与海水交替流过膜堆,钠离子、氯离子会穿过各自对应的膜,形成电流。此外,这种技术在低盐度差的区域也具备实现条件。

作为新能源家族的“稳定器”,渗透能成为可再生能源领域不可或缺的“补充力量”。

首先,渗透能能源供给稳定持久。与风能受季风影响、太阳能有昼夜波动变化不同,只要江河不断流,渗透能就能实现24小时不间断发电。

其次,渗透能能源清洁环保。渗透能发电全程无燃烧现象,碳排放为零,产物仅是盐度略降低的海水。此外,渗透能电站无噪音污染,对周边环境的影响微乎其微。

最后,渗透能能源储量丰富。据估算,全球主要河口的理论渗透能储量达2.6万亿千瓦/年,相当于约25座三峡电站一年的发电量。中国沿海地区的渗透能资源总量也颇为可观,其中渤海湾、长江口和珠江口等地区的渗透能资源最为集中,是规模巨大的潜在减排“利器”。

## 从实验室膜片到河口机组

其实,对渗透能的应用探索由来已久。

早在1748年,法国物理学家诺莱把装满酒精的容器用猪膀胱密封后放入水中,水穿过膀胱薄膜进入容器,一段时间后,膀胱薄膜被撑破,这是渗透现象首次被科学记录。

1867年,“osmosis”(渗透)一词首次出现在英国医学家贾比斯·霍格的专著中,渗透现象从此有了专门的名字。

1887年,瑞典物理学家阿伦尼乌斯提出部分电离理论,阐述了电解质在溶液中的电离情况,进一步完善了研究界对溶液性质的理解,帮助科研人员深入研究渗透现象中涉及的离子行为。

半个多世纪后的1954年,美国物理学家理查德·佩尔在《科学》杂志发表论文,提出“盐度差发电”构想。

从这时开始,渗透现象与能源利用首次产生了交集。佩尔在实验中测算得出,典型河口区域的淡水与海水盐度差产生的渗透压,相当于240米高的水柱带来的压力。他预言:“这股力量若能转化为电能,足以为一座城市供电。”

真正的转折点出现在21世纪。2009年11月,挪威能源巨头Statkraft公司在奥斯陆峡湾建成了全球首个渗透能示范电站。这座装机容量仅

为4千瓦的“迷你电站”,首次实现了盐度差发电的稳定输出。

尽管发电功率微小,这座电站却证明了佩尔构想的可行性。对此,时任项目负责人英格丽·汉森评价:“就像爱迪生发明的第一盏电灯,它的意义不在于亮度,而在于证明可能性。”

此后,世界各国对渗透能发电的研究如同千帆竞渡、百舸争流。

2013年,法国国家科研中心研发出可将渗透能转换为电能的新装置。该装置由绝缘防水膜和碳纳米管组成,运行时,纳米管表面大量负电荷吸引海水中阳离子,大幅提升电流强度,进而提高发电功率。

挪威2022年宣布启动“北海清洁能源计划”,计划在其西南海岸建设多座渗透能电站,电站总装机容量达100兆瓦,预计2030年建成后,可满足50万城市人口的用电需求。

2023年,日本福冈地区供水企业协会宣布利用海水淡化后排出的高盐度(总含盐质量占比1%及以上)尾水,通过渗透膜产生渗透压,推动水轮机发电,预计每年发电88万千瓦,可以满足约300个家庭用电需求。

我国关于渗透能发电的研究起步稍晚,但追赶迅速。据报道,中国科学院上海高等研究院科研团队设计一种具有原子级阴离子的选择膜用于发电,提高发电功率;同济大学与复旦大学、西安交通大学合作,提出了一种基于缺陷工程调控表面电荷策略,实现了渗透能发电;中国科学院大连化学物理

研究所开发出一种纳米颗粒单层膜,并证实其在渗透能发电领域具有良好的应用潜力。

由此可见,从实验室膜片到河口机组,从18世纪“渗透现象”首次被科学记录到如今应用于发电领域,人类在探索渗透能这一“蓝色宝藏”的过程中,不断拓展渗透能在人类社会的应用边界。

## 挑战与机遇并存,发展前景广阔

目前,虽然渗透能发电已经在多国的试点实践中验证了可行性,但想要真正走进人们的日常生活,实现规模化应用,仍需闯过几道必经的“关隘”。

——膜材料成本与使用寿命。目前渗透能发电依赖的压力延迟渗透或反向电渗析技术的实现,都高度依赖膜材料。

据现有渗透能电站运营数据显示,渗透膜平均每7年更换一次,而优质膜材料每吨售价达近百万元。高昂的成本与使用寿命有限,是制约渗透能发电技术普及的关键因素之一。随着科研人员的攻关与技术不断进步,膜材料的成本有望在未来下降。

——能量转换效率有待提升。

与传统火电45%的能量转换效率相比,当前渗透能发电系统的能量转换效率多在35%左右。同时,在低盐度梯度场景中,渗透能发电系统能量损失问题更为突出,极大制约了渗透能发电技

术的普及。此外,随着运行时间增加,有机污染物会使膜材料的电阻逐渐提高,也会降低该系统的能量转换效率。

——规模化建设需要精细考量。

在工程选址层面,河口等理想的渗透能电站选址往往伴随复杂的水文环境;在系统运维方面,一旦某个膜单元出现泄漏,规模化电站整套系统的压力平衡都会被打破,难以保障系统运行的稳定性。同时,渗透能发电系统与现有能源系统的协同机制尚未成熟,也在制约着其规模化落地。

不过,不少业内专家表示,这些挑战并非不可逾越,从技术发展规律来看,当前的技术瓶颈恰恰是解决问题的技术创新突破口。

随着科技的进步以及人类对更高效、更环保的发展模式的追求,世界各国对渗透能发电的发展前景充满期待——

欧盟推动成立欧洲渗透能联盟(INES),促进渗透能示范项目的启动和实施;美国出台“2050年净零排放战略”,明确气候行动路线图,在能源领域实施“绿色新政”;中国出台“十四五”能源领域科技创新规划,聚焦开发利用渗透能发电等先进可再生能源发电技术,大力突破储能关键技术……

畅想未来,一个个“面朝大海”的河口河口,将不再只是交通枢纽,一座座渗透能发电站在这里拔地而起,淡水和海水相遇时释放出的强大能量在这里转化为源源不断的电流,沿着输电线进入千家万户,为人们送去电能,成为河海交汇处一道道独特的风景线。

## 气象大模型——

## 给天气预报安装“超级引擎”

■顾春利 成 巍

律,该系统构建可通过计算机求解的时间演化数学方程组。在方程组中输入某一时刻的卫星、雷达、飞机、自动站等各类设备探测到的全球气象数据,随后借助超级计算机进行模拟计算,生成未来几天的天气预报。

不过,随着时间的推移,这种传统方法逐渐暴露出固有预测误差、响应速度慢、智能化水平不足等局限。

如今,随着人工智能技术的进步,深度学习与基础大模型技术开始在气

象预报领域崭露头角,气象大模型预报天气得到了广泛应用。卷积神经网络如同为气象预报配备了高精度观测设备,不仅能自动识别卫星图像中的台风眼、云系结构等关键特征,还能对雷达数据进行降噪处理,提高了气象预报的效率与精度。

有了气象大模型这个“超级引擎”,天气预报正在从“数值时代”迈向“数智时代”,其主要特征表现为——

参数量庞大。气象大模型参数

覆盖规模可达数亿至数千亿级别,可以构建海量信息存储单元,捕捉气象数据中隐藏的复杂关联,如温度与气压的动态耦合关系、湿度与降水的隐性关联等,为精准预报提供底层支撑。

训练数据海量。一般来说,气象大模型的训练数据整合了全球近30年卫星、雷达等探测到的历史气象资料,以及实时温度、湿度、气压等探测数据,同时纳入地形、洋流等关联信息。

## 新看点

近年来,全球范围内的高温热浪、暴雨洪涝、山洪泥石流等极端天气频发,对人们的生命财产安全构成一定的威胁。气象预报的重要作用也因此愈加凸显。

过去,气象预报主要依赖传统数值天气预报系统。基于大气运动变化规