

# 浮空风电首次进入城市应用场景

一台发电站飘浮在高空中,并且能够顺利发电,这听起来是科幻片中的场景,却真实发生在四川宜宾。

近日,临一云川兆瓦级高空浮空风电系统S2000放飞至2000米高空并顺利累计发电385千瓦时,同时完成并网发电测试,这也是浮空风电首次进入城市应用场景。

人们已对陆上与近海风电司空见惯,但对高空风能鲜少涉及。作为新能源“无人区”,高空风能具有风速高、风向稳定、风能密度大等优势,蕴藏着巨大潜力。“其理论储量可达全球电力总消费需求的100倍以上。”中国能建集团所属中国电力工程顾问集团有限公司副总经理张力表示。

浮空/高空风力发电技术正是解锁这片“蓝海”的关键钥匙。它通过系留航空器捕获高空稳定而强劲的风能,有望从根本上解决传统风电的痛点,甚至打破长期困扰能源行业的“不可能三角”(安全可靠、经济可及与环境友好)。

近年来,高空风力发电技术正经历从理论探索到工程化、商业化的进步。从兆瓦级系统成功试飞到城市上空成功发电,从获得顶级资本青睐到关键产业链环节的自主可控布局,一个全新的新能源产业赛道正悄然开启。

## 两种技术路线并行交织

高空风力发电的概念由来已久,但将其从构想转化为现实,需要攻克一系列世界级技术难题。中国在兆瓦级系统的快速迭代和工程化应用上,展现出从追赶者到局部领跑的势头。

根据发电机在系统中的位置,高空风力发电技术主要分为“空基发电”和“陆基发电”两大类。两者在工作原理、技术挑战和应用场景上各有侧重,共同构成了当前产业探索的主要方向。

空基发电更像是空中的发电站,其原理是将发电机组直接搭载于浮空器(如飞艇、涵道式飞行器、无人机)上,在空中直接将风能转化为电能,再通过导电的系留缆绳将电力传输至地面站。这种模式如同将一座轻型发电站悬挂于“风力高速公路”上,实现持续稳定的发电。

本次参与试验的临一云川便是这一技术路线代表企业之一,其自主研发的S系列浮空风力发电系统是典型的空基方案。

临一云川首席技术官翁翰钊介绍,S2000浮空风力发电系统的工作原理,是利用充氦的浮空器,把轻质发电系统带到空中,利用空中相对稳定的强劲风能去发电,然后通过系留的电缆,把



空基发电更像是空中的发电站,其原理是将发电机组直接搭载于浮空器(如飞艇、涵道式飞行器、无人机)上,在空中直接将风能转化为电能,再通过导电的系留缆绳将电力传输至地面站。这种模式如同将一座轻型发电站悬挂于“风力高速公路”上,实现持续稳定的发电。

电能从空中输向地面。

业内人士分析认为,空基发电由于发电机在空中持续迎风,发电过程相对稳定、连续,理论发电时间长。系统设计紧凑,对地面设施要求较低。但缺点也相对明显,对飞行器的轻量化设计要求苛刻,千米级的高压直流输电缆绳需要兼顾高强度、低重量、低阻力和高导电性。

陆基发电技术则是将发电机置于地面,空中飞行器仅作为捕能工具。飞行器在风力作用下,通过特定飞行轨迹产生巨大拉力牵引系留缆绳,带动地面卷扬机(与发电机相连)旋转发电。这个过程分为“放线发电”和“收线耗能”两个阶段,通过循环往复实现净能量输出。

尽管看似原理简单,但由于需克服风切变、湍流、极端天气等影响,对设备装置的可靠性和运营维护要求很高。

2025年11月,世界最大5000平方米高空风力发电捕风伞在内蒙古阿拉善左旗试验场开伞,完成全部预定试验内容并成功实现空中收伞,这便是陆基发电的工程化应用试验。这一项目由中国能建主导,此次试验的伞梯式陆基高空风力发电系统,由“空中组件+牵引缆绳+地面组件”三部分构成。

资料显示,5000平方米捕风伞展开面积能

盖住大概12个标准篮球场,开伞难度极高,运转中的地面卷扬机绳速高达每小时50公里至60公里。

高空风能国家重点研发计划试验工程现场总指挥曹仑介绍,拟建设的这座“电站”单机额定功率5兆瓦,从500米上升至3000米高度后,再返回初始位置,单次发电循环时间约为20分钟,上升一次的发电量约500千瓦时。据测算,正常状态下年发电量可达1000万千瓦时,相当于节约标准煤约3000吨。

“接下来我们还将进行多伞放飞试验,计划2026年底进入发电试验阶段。”中国能建相关技术专家透露。

空基与陆基路线并没有绝对的优劣之分,而是针对不同技术挑战和应用场景的差异化解决方案。空基路线追求发电的稳定性和系统集成度,更像一个“空中能源平台”;陆基路线追求地面系统的可靠性和维护便利性,更像一个“动力风筝”。

## 浮空风力发电产业涉及多个领域

任何新兴产业的崛起,都离不开一个成熟、稳定且自主可控的产业链。浮空风力发电产业

## ► 科技前沿

# 嫦娥六号月壤揭示撞击对月球演化影响

月球二分性是指月球正面和背面在形貌、成分、月壳厚度、岩浆活动多少等方面存在显著差异,这种差异的形成机制尚有争议,是困扰科学界数十年的问题。中国科学院地质与地球物理研究所田恒次研究员团队通过对嫦娥六号采集的月球背面样品的高精度钾同位素分析,首次揭示南极-艾特肯盆地撞击事件导致月幔中等挥发性元素丢失,为理解大型撞击对月球演化的影响,以及月球二分性的成因提供了依据。相关研究成果近日发表于国际学术期刊《美国国家科学院院刊》。

自月球形成以来,小行星撞击塑造了遍布月表的撞击坑与盆地,并显著改变月表的形貌与化学组成。然而,月球早期的大型撞击事件是否影响以及如何影响月球深部,仍有待研究。嫦娥六号任务采集的来自月球最大的撞击盆地——南极-艾特肯盆地的样品,为研究大型撞击事件及其效应提供了关键样品。

高精度同位素分析能够通过测量同位素比值的微小变化,精准捕捉撞击事件留下的信

息。其中,中等挥发性元素(如钾、铷、铯等)的同位素体系具有特殊的研究价值——这些元素在撞击产生的高温条件下容易挥发、分馏,其同位素组成如同“指纹”,能够反演撞击过程中的温度、能量及物质来源信息,揭示撞击规模、热历史及其对月球和月幔物质改造。

研究团队对毫克级嫦娥六号玄武岩单颗粒进行高精度钾同位素分析,结果显示:与来自月球正面的阿波罗样品相比,嫦娥六号玄武岩具有更高的钾-41/钾-39比值。为追溯这一异常信号的根源,研究团队逐一检查宇宙射线照射、岩浆过程等多种可能因素,最终证实很可能是撞击事件改变了月幔的钾同位素组成,造成钾的亏损与同位素比值升高。在撞击产生的瞬时高温高压过程中,较轻的同位素(如钾-39)往往优先逃逸,导致残余物质中同位素比值升高。撞击导致的挥发性元素的丢失很可能改变了月球背面深部物质的特性和演化历史,这为理解月球正背面差异提供了关键线索。

据《光明日报》作者:崔兴毅

团队已将该方法应用于微生物基因组分析,并构建了目前规模最大的新冠病毒泛基因组,覆盖超过800万个病毒基因组。采用PanMAN表示后,这些数据仅需366MB的存储空间,约为对应的全基因组比对所需空间的三分之一。

团队指出,如果将该方法扩展到人类基因组,将有望显著改变大规模遗传数据的存储、共享和分析方式,并为研究人类群体的遗传多样性、疾病机制和进化历史提供更高分辨率的工具。

据《科技日报》作者:张佳欣

## 新数据结构可压缩整合上亿基因组

随着基因测序进入“亿级时代”,如何存储、分析和理解海量基因组数据正成为生命科学的新瓶颈。近日发表在《自然·遗传学》上的一项研究称,美国加州大学圣迭戈分校领导的团队开发出一种全新的“压缩式泛基因组”数据结构,可将数百万个乃至上亿个基因组压缩整合在一个统一框架中,为大规模基因组研究打开新空间。

泛基因组学是生物信息学的一个分支,研究的是同一物种中大量不同个体的基因组。与只使用单一参考基因组相比,这种方法能更全面地呈现一个物种内部的自然变异与突变情况,对于追踪病毒变异、理解耐药性产生机制以及研究人类遗传多样性都至关重要。然而,尽管测序成本不断下降,现有泛基因组的数据结构仍难以高效表达数百万基因组之间的复杂关系,尤其是它们的共同进化历史和突变路径。

此次,团队开发了一种名为“泛基因组突变标注网络”(PanMAN)的新型数据结构与文件格式。该方法不仅大幅压缩了泛基因组数据规模,还能同时编码系统发育关系、突变信息和全

基因组比对,从而在“省空间”的同时保留关键生物学信息。

PanMAN由一组“突变标注树”组成。每棵树以一个祖先基因组为根节点,在不同分支上记录替换、插入和缺失等突变。多棵树再通过网络结构连接,用于表达重组和水平基因转移等复杂遗传事件。由于每一次突变只在其发生的分支上存储一次,而不是在每个基因组中重复记录,这种表示方式能够充分利用共同祖先关系实现高效压缩。

团队已将该方法应用于微生物基因组分析,并构建了目前规模最大的新冠病毒泛基因组,覆盖超过800万个病毒基因组。采用PanMAN表示后,这些数据仅需366MB的存储空间,约为对应的全基因组比对所需空间的三分之一。

团队指出,如果将该方法扩展到人类基因组,将有望显著改变大规模遗传数据的存储、共享和分析方式,并为研究人类群体的遗传多样性、疾病机制和进化历史提供更高分辨率的工具。

据《科技日报》作者:张佳欣

# 苹果将基于谷歌大模型推出新Siri

为了追赶AI进度,苹果将“橄榄枝”抛向谷歌,选择Gemini模型来运行Siri。这意味着,长期坚持自研路线的苹果,在生成式人工智能的“核心引擎”层面,首次正式引入来自最大竞争对手之一的基础模型技术。

## “过渡”选择

当地时间1月12日,苹果和谷歌联合宣布,双方已达成多年协议,苹果将使用谷歌Gemini大模型驱动其下一代基础模型,包括即将推出的改款Siri。双方在声明中表示:“经过仔细评估,苹果认定谷歌的AI技术能够为苹果基础模型提供最底层技术,我们很高兴它将为用户带来新体验。”

此外,Gemini还将驱动未来其他苹果智能功能。这笔协议的财务细节尚未得到披露,但根据外媒此前的披露,苹果可能要向谷歌每年支付约10亿美元。

在外界看来,与谷歌的进一步合作是苹果的“过渡”选择。苹果用户从2024年就在盼着新Siri了,当时苹果在全球开发者大会上做了展示,还称会逐步推出。但那之后,这件事就屡次推迟,成为苹果的一大尴尬。

除此之外,“苹果智能”本身进展也并不顺利,率先推出的“新闻摘要”等功能因为出错而受到质疑。更糟糕的是,当Meta去年突然发起“AI人才争夺战”的时候,苹果也损失惨重。其中最为人所熟知的,是苹果当时的AI基础模型团队负责人庞若鸣被挖走。

而选择谷歌也并不令人意外。事实上早在去年8月,就有消息称苹果正在就使用谷歌旗下Gemini AI来改进Siri语音助手进行初步谈判,并拟每年支付约10亿美元获取谷歌AI技术使用权。而且Gemini目前也是最强模型之一,根据此前的报道,苹果测试了包括Gemini、GPT、Claude等在内的多家主流模型,最终选定了Gemini。

互联网分析师杨世界表示,在这种情况下,如果继续跳票,对苹果来说不仅是在AI赛场上落后挨打那么简单,还会极大地损伤市场信任度。求助于第三方,先把最紧要的事情(比如新Siri)按照时间表推进下去、拿出成果给到用户,是苹果的当务之急。

## 互利利好

消息传出后,市场对两大巨头接下来有了新的期待。从目前的分析和预测来看,今年春季新版Siri会跟随iOS 26.4的更新正式发布。此外,苹果还可能在本次更新中升级“健康”模块,打造“AI健康代理”切入AI医疗赛道。

过去,对大多数iPhone用户来说,Siri功能有限,人们多数时候只会用来设置闹钟或者播放歌曲,而不是将其看作一个真正的数字助手。但如今,生成式人工智能版本的Siri有望得到重要更新。

在谷歌方面,此前其AI技术已为三星Galaxy AI提供支持,而此次与苹果的合作,意味着其技术将进入一个覆盖超20亿台活跃设备的巨大市场。

整体来看,谷歌AI领域的布局也在从技术展示转向规模化落地,一方面持续加大对自研大模型的投入,另一方面推动AI能力与搜索、云计算和开发者生态的深度融合。其中,Gemini已成为谷歌AI战略的核心载体。

韦德布什证券公司董事总经理、高级分析师丹·艾夫斯团队将谷歌与苹果的这次合作评价为“我们一直在等待的交易”,并认为对两大巨头均形成利好。一方面,是对谷歌大模型能力的一次重大验证;另一方面,将有助于苹果加速AI战略。

## 过度集中?

苹果与谷歌牵手,第一个站出来公开表达不满的是特斯拉首席执行官马斯克。马斯克在X上对这项合作评论称:“考虑到谷歌已拥有Android和Chrome业务,此次合作似乎使其形成了不合理的权力集中。”

这并不是一句随口的抱怨。当前,马斯克创立的AI公司xAI正试图通过构建基础模型,投入数十亿美元建设大规模基础设施,与行业其他主要参与者展开竞争。

与此同时,马斯克也正在对苹果和OpenAI提起诉讼。诉讼中马斯克提出,苹果把ChatGPT作为Siri和苹果智能的附加组件,这种排他性合作使得Grok等竞争对手在AppStore无法公平竞争。尽管外界普遍认为该指控缺乏支撑,但法院驳回了苹果和OpenAI的撤诉申请,案件目前按计划继续审理。

此前,ChatGPT已被整合进苹果系统,用于处理较为复杂的知识型与生成式查询。与之相比,Gemini此次进入的是苹果AI架构的“内核层”。对此,苹果称目前无意改变与OpenAI的现有合作协议。而在分析师看来,苹果正在刻意构建一种“多模型供应商”结构,以避免对任何一家公司的过度依赖。

值得一提的是,苹果智能在中国市场的落地进展也备受关注。去年10月,苹果公司首席执行官库克在上海明确表示,苹果AI正在全力以赴,加速进入中国市场的步伐。不过,受数据安全、合规等监管要求影响,国内版AI Siri引入海外模型的可能性较低,更可能的做法是使用苹果自研模型或者与国内具备大模型和云服务能力的企业展开合作,而市场普遍关注的对象之一,是阿里巴巴等国内头部科技公司。

据《北京商报》作者:赵天舒