科学导报
责编：李旭阳
2024年3月1日 星期五

“退役”的风电设备何去何从

■ 本刊记者 范琛

在我国，越来越多的城市在使用风力发电，风力发电是一种清洁无公害的再生能源，一直受到人们的“追捧”，但由于风力发电设备的逐渐老化，大多数的风力发电机到了退役时间。2023年，我国能源集团龙源电力新疆公司达坂城风电二场，将近155台老旧风机缓缓停止了转动，结束了长达20余年的“服役”生涯，当下，这些“退役”后的风力发电机该何去何从呢？无不成为摆在我们面前的一道难题……

追溯风力发电的起源

风能利用，已有数千年的历史，在蒸汽机发明以前，风能曾经是中国重要的动力。在我国西汉时期，我国就利用风力提水、灌溉、磨面等，唐朝时期还专门为风做了定级，这是世界上第一个给风定级的朝代。到了明朝时期，我国航海家郑和七下西洋，创造了当时立帆式垂直轴风轮，主要是将8个帆各编在一个直立的杆上，各帆的正中上端则各由一绳系之，当时人称此为走马灯式风车。

19世纪初，国外丹麦气象学家保罗·拉·库尔引入空气学原理，设计建造了世界第一台有着现代意义的风力发电机。紧随其后，瑞典、苏联、美国也在1930年把风力技术运用到了航空工业的旋翼技术上，成功地研制出了一些小型风力发电装置，这种小型风力发电机，广泛运用在了多风的海岛和偏僻的乡村，它所获得的电力成本比小型内燃机的发电成本要低许多。不过，当时的发电量较低，大都在5千瓦以下。

1978年，美国在新墨西哥州的克莱顿镇建成了200千瓦风力发电机，其叶片直径为38米，发电量足够60户居民用电。同年，在丹麦日德兰半岛西海岸投入运行的风力发电装置，其发电量则达到了2000千瓦，风车高57米，所发电量的75%送入电网，其余供给附近的一所学校用。

一年后，美国又在北卡罗来纳州的蓝岭山，又建成了一座世界上最大发电用的风车。这个风车有十层楼高，风车钢叶片的直径为60米，叶片安装在了一个塔型建筑物上，因此风车可以自由转动并从任何一个方向获得电力，风力时速在38公里以上时，发电能力也达到了2000千瓦。但由于北卡罗来纳州是丘陵，平均风力时速只有29公里，因此风车不能全部运动，据估计，即使全年只有一半时间运转，它也能够满足北卡罗来纳州七个县1%到2%的用电需要。

1986年春夏之际，我国第一座陆上风电场，马兰风力电场在山东荣成并网发电，成为了中国风电历史上的里程碑，这成为了中国风电的开端，被誉为“中国风谷”新疆的达坂城风电场正式并网，这是当时亚洲最大的风电场，我国风电发展的大幕就此拉开。

1999年，中国国产风机正式通过国家验收，开启了中国风电设备国产化的进程。在“九五”和“十五”期间，我国实施了“乘风计划”、风电特许权项目等，支持进行风电技术的引进。2009年，我国第一个千万级风电基地甘肃酒泉风电基地正式开工建设，当时，中国能建甘肃院参与了全部，并送出了整体规划和项目接入方案设计，这次的建设标志着我国风电建设进入了规模化发展的新阶段。

据数据显示，2010年，我国风电累计装机容量达到了44.7吉瓦，正式超越美国，成为了风电的第一大国。同时，到了2023年6月底，中国电装风机容量约3.9亿千瓦，同比增长了13.7%。

叶片回收的处理方法

近年来，随着我国能源发展方式的转变和能源消费结构的调整，风力发电退役设备也进入到了一个高峰期。根据中国风能协会（CWEA）的资料显示，2023年我国退役风机装机量约为10万千瓦，2025年将增至50万千瓦，到2030年，累计有4473万千瓦风机进入退役期，这是我国出现的第一波风机退役的高峰。

不只是我国，风机大规模退役也是全球主要风电市场共同面临的问题，欧洲是全球发展最早、规模最大的风电市场之一。根据欧洲风电行业机构发布的最新数据显示，2023年，欧洲约有4000台风机面临退役，到2030年，装机容量达78吉瓦的风电机组运行年限将超过20年，进入退役期。

美国电力研究所的一项研究也显示，未来30年，美国风机叶片的报废总量将会超过210万吨，早期“退役”规模不大时，“退役”风机尤其是其叶片部分的处理方式往往是掩埋或焚烧，如英国、欧盟等国家及地区的企业常常采用此类方式。

彭博社曾报道称，美国怀俄明州多座陆上风电场“退役”，风机拆解后，超过1000个报废的风机叶片堆积在空地上，叶片被切成数段后，就地堆积填埋，但由于数量庞大，就地填埋技术无法应对大规模的风机设备。并且，这些材料中一般包括金属和非金属两大类，金属类就是日常所能见到的一些合金，还有就是最常见的不锈钢材料。

2012年，荷兰率先将退役的叶片直接用作了儿童乐园的各种设施修建，虽然这种方式能有效地发挥这些叶片的余热，但能够消化的废弃叶片却极为有限，不可能被当做理想的回收方式。

然而要想批量回收叶片，欧美国家多家叶片企业和研究机构联合了起来，共同参与了一项“叶片全循环”计划，该计划要制造出一种新型的热塑性树脂叶片，一旦研发成功就能从生产环节彻底解决回收问题。这种热塑性树脂的分子结构和传统的热固性分子结构不同，它的分子结构呈线性排布，使其具有受热变软化、冷却硬化的特点，而且无论加热多少次，它都能表现出良好的延展性，比如日常生活中随处可见的塑料瓶。

放眼全球，退役风机回收利用市场尚处萌芽阶段，不过，因为市场前景巨大，一批国内企业已经涉足这一领域，相关技术也在快速更新迭代。如今，风电产业强调全生命周期可循环利用的概念，更加注重从源头上回收，利用可循环因素纳入整体设计进行考量，目前已经取得了技术性突破。

不同于传统叶片，回收由热塑性树脂制成的叶片，可以通过高温加热或者解聚反应将固态树脂液体化，从而轻松实现玻璃纤维与树脂的完全分离，大大降低回收成本，实现材料的循环利用。

前不久，由中材叶片研制的近百米级热塑性复合材料风电叶片成功下线，此前，欧洲国家只实现了60米级的热塑性复合材料叶片生产。相比后端发力，加强叶片可回收原材料的开发与应用，则被视为从根本上破除叶片回收处理瓶颈的出路。

目前，我国的相关团体、协会正在加快推进标准规范体系建设，什么样的叶片可以继续使用，什么样的必须回收，回收过程应该遵循怎样的标准流程。标准规范体系的逐步完善将为企业开展业务提供便利，使其加快技术研发，进而壮大产业规模。

资料显示，2023年8月，国家发展改革委等多部门联合发布《关于促进退役风电、光伏设备循环利用的指导意见》（以下简称《指导意见》），提出到2025年，集中式风电场、光伏发电站退役设备处理责任机制基本建立，退役风电、光伏设备循环利用相关标准规范进一步完善，资源循环利用关键技术取得突破。

除此之外，我国整合公司内部资源和外部供应链体系，已经逐步建成遍及全国的风机回收再利用生态圈，目前已在全国设有6个产业基地、10个区域公司、18家资源回收企业。通过实施区域化回收服务，建立起了“收、转、运”的回收网络。同时，这些回收再利用公司还研发出了一项创新技术，将处理后的叶片材料制成耗材添加剂，用于3D打印，利用该耗材3D打印成的建筑物，性能与传统混凝土建筑相当，可以进行大范围推广应用。

另外，我国还将优惠的绿色金融服务引入风电机组资源化处置产业链条当中，提供资金便利和企业的积极性，有条件的地方可以制定退役风电机组循环利用产业专项支持政策。

不仅如此，我国在经过评估后，让无结构性损伤、状态良好的退役叶片可优先作为风机备件，或经小范围改造，如延长、增加气动附件等，重新“上岗”。此外，包括叶片在内的退役风机也可用于企业展览展示等。

前不久，全国政协召开双周协商座谈会，主要围绕“加快建立新能源产业再生资源回收利用体系”协商议政，参加全国政协双周协商座谈会的多位委员提到，在新能源产业加速发展的现状和设备即将面临大规模退役的形势下，加快建设退役设备回收利用体系至关重要。

如今，在“双碳”目标下，如何实现新能源产业链绿色闭环发展，仍需科技界、产业界等共同探索，交出一份绿色低碳发展的高质量答卷。

燃气聚能环既不节能也不安全

科学释疑

网上售卖的燃气防风罩 ■资料图

“聚拢火焰，节省燃气”，因为这句宣传语，许多人下单购买了被称为厨房“神器”的燃气聚能环。它是一种放在燃气灶燃烧器上部的装置。

笔者发现，在部分电商平台上，燃气聚能环销量火爆。那么，这款厨房“神器”真能起到节能作用吗？使用它有安全风险吗？

燃气聚能环，又被称为节能罩、防风罩，是一种聚火防风装置。商家称，它能将火焰聚拢起来，提高燃气的燃烧效率。

“想要达到上述效果，必须对灶具的燃气流量、空气供应量、物理结构等进行系统优化。使用燃气聚能环并不能起到节能效果。”北京交通大学物理科学与工程学院副教授陈征说。

提高燃气灶具热利用效率的主要途径有两个。陈征介绍，一是让燃气尽可能充分燃烧，从而释放更多化学能。这需要燃气和空气按比例充分混合。二是尽可能让燃气燃烧时释放的热被充分利用。这取决于灶具结构设计，需要灶头与锅具“通力配合”。

“用燃气聚能环把火焰限制在一定范围内，灶头原来的空气流动结构被破坏，空气流通受阻。此时，灶具仍然按照原有燃气流量出气。那么，燃气就会因氧气太少而无法充分燃烧，不能充分释放化学能。”陈征说，“因此使用燃气聚能环反而造成大量能源浪费。”

使用燃气聚能环不仅会浪费燃气，如果操作不当，还会因燃气燃烧不充分引发一氧化碳中毒。

“燃气聚能环在使用过程中会堵塞氧气进气通道，造成燃气燃烧不充分，产生大量一氧化碳。”陈征进一步说，“一氧化碳无色无味，一旦泄漏不易被察觉。”

近年来，全国多地因使用燃气聚能环而导致人一氧化碳中毒或死亡事件屡屡发生。

2023年7月，北京市海淀区西北旺镇发生一起因使用燃气聚能环引起一氧化碳中毒造成两人死亡的事故；2022年，北京市石景山区永乐东区、燕保京原家园等小区发生多起居民自行加装燃气聚能环致一氧化碳中毒事件；2021年，大连市西岗区日新街道唐山街一户居民因使用聚能环发生一氧化碳中毒……

北京市市场监管局2022年发布《关于燃气灶用聚火防风装置产品安全提示》，明确提示消费者“不应私自在燃具上安装出厂产品以外的可能影响燃具性能的装置或附件”。陕西榆林、新疆乌鲁木齐、黑龙江佳木斯等地已明令禁止使用燃气聚能环。“广大消费者要选购正规厂家生产的合格燃气产品，在日常生活中养成良好的燃气使用习惯。”北京消防有关负责人介绍，例如在通风良好的场所使用燃气，不要在燃气设施附近放置易燃物品；定期检查燃气设施是否漏气，燃气灶具的使用年限不得超过8年；不要私自修理燃气设施，应联系专业人员进行维修和更换。

何沛苡

科普问答

什么是海洋科学？

海洋科学是研究海洋的自然现象、性质及其变化规律，以及与开发利用海洋有关的知识体系。它的研究对象是占地球表面71%的海洋，包括海水、溶解和悬浮于海水中的物质、生活于海洋中的生物、海底沉积和海底岩石圈，以及海面上的大气边界层和河口海岸带。因此，海洋科学是地球科学的重要组成部分。

海洋科学的研究领域十分广泛，其主要内容包括对于海洋中的物理、化学、生物和地质过程的基础研究，和面向海洋资源开发利用以及海上军事活动等的应用研究。由于海洋本身的整体性、海洋中各种自然过程相互作用的复杂性和主要研究方法、手段的共同性而统一起来，使海洋科学成为一门综合性很强的科学。

海洋科学是19世纪40年代以来出现的一门新兴学科。海洋科学专业实际是在物理学、化学、生物学、地理学背景下发展起来的，形成了海洋气象学、物理海洋学、海洋化学、海洋生物学和海洋地质学等专业，许多大学在多年来专业背景教育基础上积累的丰富经验为海洋科学教育打下了良好的基础。

什么是生态失调？

生态系统具有自我调节和自我维持的能力，使系统保持稳定的状态，表现出结构上的协调、功能上的和谐、输入和输出的物质和能量的平衡。当外界干扰与破坏超过了生态系统自身的调节能力时，就导致该系统生物种类和数量发生变化，生物量下降，生产力衰退，营养结构破坏，食物链关系消失，金字塔营养级紊乱，使结构和功能失调，物质循环、能量流动与信息传递受到阻碍，从而引起逆行演替，破坏了生态系统的稳定性，造成生态失调。这种外界干扰有自然的有人为的。

根据生态系统结构、功能的受损程度，可将生态失调分为三个层次：一是生态平衡失调，指生态系统功能异常而系统的结构未受损害，稳定性仍保持原有水平，发展方向未受影响，如洪涝、干旱造成作物生理暂时性的生态平衡失调。二是生态平衡破坏，指生态系统功能严重异常，结构受到一定程度的破坏，稳定性降低，发展演替方向逆转，必须在自然或人为作用下，才有可能使结构逐步恢复，如森林部分受到破坏后逐步演替恢复。三是生态平衡崩溃，指生态系统功能和结构受到彻底破坏，生物生存和繁育条件完全丧失，一般难以恢复，须经较长时间的环境进化和有效的人工控制才能逐步发展，如土地荒漠化。

什么是气候变化？

气候变化，是指气候平均状态随时间的变化，即气候平均状态和离差（距平）两者中的一个或两个一起出现了统计意义上的显著变化。离差值越大，表明气候变化的幅度越大，气候状态越不稳定。泛指各种时间尺度气候状态的变化。范围从最长的几十亿年到最短的年际变化。可分为地质时期气候变化、历史时期气候变化和现代气候变化。

地质时期气候变化的尺度约104~108年，主要根据动、植物化石及各种遗迹间接研究。据考证其间经历过几次冰期与间冰期交替变化的过程；历史时期气候变化的尺度约102~103年，这时期已有人类出现，主要依据历史文献记录、动植物群的变化、树木年轮分析等手段研究。其间经历过温暖期与寒冷期、干期与湿期的交替变化过程，全球不同地区既有同步变化，又有反向变化；现代气候变化的尺度100~101年，利用系统的气象记录研究。一般认为从19世纪末到20世纪上半叶，北半球广大地区气候回暖，尤其是北极和高纬度地区，气温上升显著，而南半球变化不大，到1940年前后变暖现象达到高峰，以后即开始变冷。气候变化的原因很复杂。

玻璃外墙“秒变”电站

这是一间安装了碲化镉发电玻璃的房间，玻璃能在透光的同时发电。 ■周密 摄

近日，“这种特殊玻璃让建筑变身隐形充电宝”话题登上热搜榜单。乍一看是普通透明玻璃，凑近看才发现是内含整齐“细线”的光伏板。这些“细线”其实是薄膜电池，能把光变成电，从而把建筑外墙变成电站，这就是已在浙江应用的“发电玻璃”。

有光就有电。一块块看似普通的玻璃，却能实时吸收阳光发电，满足体育场馆照明、消防用电需要。这种“发电玻璃”其实是一种薄膜电池。

北京建筑大学土木与交通工程学院教授祝磊介绍，薄膜电池是一种新型的太阳能电池，其基本功能是将太阳能转化为电能。当太阳光照射到薄膜电池表面时，入射的光子能够激发出薄膜中的电子，并且使其运动起来，从而形成电流。

薄膜太阳电池的核心材料通常可分为以硅为吸收层的硅基薄膜太阳电池，以化合物半导体材料为吸收层的砷化镓、碲化镉、铜铟硒电池和染料敏化电池。

祝磊介绍，前两种电池的基本原理是光电效应。染料敏化电池的基本原理是基于光电化学反应，当染料敏化剂吸收光子后，激发并将产生的电子注入纳米晶体二氧化钛电极，形成电荷分离，产生电流。

目前，已经有越来越多的建筑开始使用“发电玻璃”。作为一种绿色建材，“发电玻璃”可替代现有建筑外饰面材料、立面幕墙面板材料及一体化屋面系统板材，能将建筑变成隐身充电宝，满足室内灯具、空调、电脑等用电需求，降低碳排放。

“此外，薄膜电池还可以用在很多需要电能供应的场合。”祝磊举例说，一是可穿戴设备，比如智能手表；二是移动充电设备，比如充电宝；三是智能家居设备，比如摄像头；四是偏远地区用电，比如沙漠、农田里的临时用电。

随着薄膜电池技术进步、效率提高和成本降低，相信薄膜电池的应用领域会越来越广泛。在未来，一辆汽车、一面墙壁，可能有玻璃的地方都会成为一座发电站。

张英贤