

向深向远挺进 追风逐电大海

热点透视

rediantoushi

不久前，拥有完全自主知识产权的全新一代 18 兆瓦海上直驱风电机组下线，成为目前已下线的全球单机容量最大、叶轮直径最大的海上直驱风电机组。而在 2021 年，海上风机最大单机容量还是 16 兆瓦。

值得注意的是，开启海上风机“18 兆瓦时代”的整机厂商不止一家。中国东方电气集团有限公司、明阳智慧能源集团股份公司、中国船舶集团海装风电股份有限公司等都在 2023 年公布了自主研制 18 兆瓦海上风机的消息。

将视野放至全球，中国海上风电迅猛发展的态势更加明显。《全球海上风电产业链发展报告》显示，我国海上风电机组产能占全球市场的 60%，发电机产能占全球市场的 73%。我国已成为全球海上风电累计装机规模最大的国家。那么，我国发展海上风能有何潜力？海上风能的开发有哪些技术路线？发展海上风能对于我国能源体系有何意义？带着这些问题，笔者采访了相关专家。

我国海上风能资源较为丰富

“与陆上风能资源相比，海上风能资源丰富、储量大，可集中连片大规模开发。”长期从事风能研究的中国科学院力学研究所研究员杨晓雷告诉笔者，海上的风能资源禀赋好，风速大、功率密度高。此外，风电场的建设需要大量的空间场地。而海洋面积广阔，没有地表障碍物限制，可不断向远向深开拓。

我国海上风能资源较为丰富，发展海上风电有特别的优势。杨晓雷介绍，一方面，我国近海和深远海、离岸 200 千米以内且水深小于 100 米的海上风能可开发量巨大。另一方面，我国海上风电行业在制造、安装等领域都具有较强国际竞争力。

不仅如此，相比于陆上风电机组发出的电能，海上风电机组发出的电能到达沿海等高能需求地区的距离更短、成本更低，更适合大规模开发。福建、浙江、山东、江苏、广东等用电大省，正好都位于沿海地区。

我国海岸线绵长，大陆架面积大，岛屿众多，海上风能资源技术开发潜力超过 3500 吉瓦。如今，我国新增海上风电规模已位居全球第一，成为全球最重要的海上风电市场之一。在国家政策的支持下，国内多家海上风电企业都开始发力“向大海要能源”。

“应从两个方面认识海上风电的重要定位。”中国工程院院士、中国华能集团原董事长舒印彪说，“从战略角度，海上风电对实现碳达峰碳中和目标具有重要意义；在科技层面，风电全产业链技术是国际必争的制高点。”

海上风能开发有两条技术路线

风电机组从陆地走向海洋并非易事。随着离岸距离和区域位置的不同，自然环境变化非常复杂。在 30 多年的开发实践中，海上风电产业逐步形成近海风能和深远海风能开发两条技术路线。

在上海东海大桥海域，高大的海上风机已经在这里迎风旋转了近 14 年。“这是亚洲首座海上风电场，也是近海海域利用固定式基础开发风能的典型代表。”杨晓雷告诉笔者。笔者了解到，固定式基础是在水深较浅的海域，采用固定式的平台结构，将海上风机固定在海上的方式。在近海海域，海床结构稳定，风、浪、流的联合作用相对较小，采用固定式基础技术难度小、建设成本低，是海上风能开发的首选方案。

而离岸 60 多海里、水深超 70 米的深远海浪涌强劲，施工建设方无法将海上风机基础牢固地直插入海底。在这种海域，施工建设方选择用漂浮式基础，将风机拖浮在海面上。

在我国南海，一台高度超百米的海上风电机组屹立在三角结构的漂浮平台上。远远望去，巨大的桨叶引人注目。这是全球首台台架风型漂浮式海上风电机组——“三峡引领号”。它在 2021 年 12 月正式并网发电，标志着我国海上风电迈出了向深远海获取风能资源的步伐。

“与近海机组‘站立’在海底不同，风电机组及漂浮式平台通过锚系与海底链接，像不倒翁一样漂在海面上。”杨晓雷说，“让风机安全稳定地飘浮起来，需要综合考虑叶片空气动力学、风电机组控制、漂浮式平台的结构设计、海洋环境等多种因素，极具难度。”

目前，欧洲仍然是深远海域海上风电的先行者。欧洲市场已经完成建设漂浮式单立柱式风机 20 余台，半潜式风机 10 余台。多个海上风电强国也已在深远海域进行布局。在我国，除了“三峡引领号”，中国海装“扶摇号”、中国海油“海油观澜号”两个漂浮式海上风电平台也已并网发电。

积极推动第三代风能技术发展

由于具有运行效率高、输电距离短、不占用土地、适宜大规模开发等特点，我国相关部委和沿海多省份出台的能源规划中，都将海上风电作为未来的重点发展方向。

国家发展改革委等九部门联合印发的《“十四五”可再生能源发展规划》提出，要有序推进海上风电基地建设，积极推动深远海海上风电技术创新和示范应用，不断推进深远海海上风电降本增效，实现海上风电平价示范。

“发展海上风电对于我国能源体系具有重要意义。”杨晓雷告诉笔者，发展海上风电，可以帮助我国实现能源结构的多元化，减轻对化石能源的依赖，提高我国能源安全性和可靠性，带动相关产业的发展，为



图为三峡集团海上风电机组。■ 三峡集团供图

经济增长注入新动能。与此同时，海上风电符合可持续发展战略的要求，能推动绿色低碳发展和生态文明建设。

但是，作为技术密集型的高新技术产业，我国海上风电，特别是深远海风电的开发仍然面临诸多难题。比如，海上的恶劣条件会对设备和系统带来较大挑战。我国在海上风电的施工、运维等环节还存在一些不足。

杨晓雷认为，海上风能技术是风能技

术前沿。他建议，要积极推动以场级控制为目标的第三代风能技术的发展，加快围绕风能波动、间歇特性等相关理论、方法组织基础研究，推进相关核心技术取得突破。同时，加强研发海上风电制氢、海水淡化等技术，促进海上风能的规模化综合应用。

浩瀚海洋，风起电至。未来，中国的“大风车”将在更广阔的海域安家落户，继续化海风为能源。

何亮

相关新闻

广西首条海上风电能源通道投运

科技日报讯 笔者 2 月 23 日获悉，广西壮族自治区首条海上风电能源通道——广西电网 220 千伏海上风电送出线路于日前正式送电投产。

据了解，2023 年 6 月，广西首个海上风电示范项目——防城港海上风电示范项目 A 场址全面建设，同步拉紧“进度条”的还有由南方电网广西电网公司投资建设的广西防城港海上风电示范项目 A 场址配套 220 千伏送出工程。该工程于 2023 年 8 月正式开工，在施工高峰期投入超 130 名施工人员开展项目攻坚。

南方电网广西防城港供电局建设管理部（项目管理中心）经理韦缤丁介绍：“我们安排不同施工点各工序同步开展施工，抢抓工期，于 1 月 13 日实现全线贯通，为广西首个海上风电示范项目的顺利投运提供有力支撑。”据悉，广西防城港海上风电示范项目全部建成投产后，将通过能源通道输送超 50 亿千瓦时清洁能源，可满足近 500 万户家庭的基本用电需求。

“南方电网广西电网公司加快电网规划建设，搭建清洁能源输送‘高速路’，全力服

务广西清洁能源快速发展。”南方电网广西电网公司战略规划部总经理张宁说，“下一步，我们将继续做好防城港海上风电示范其余项目和钦州海上风电示范项目 220 千伏送出通道建设，同时开展广西深远海海上风电统一送出规划研究及相关前期工作，推动广西海上风电集约化规模化发展。”

据悉，清洁能源项目配套电网工程建设是清洁能源“应开尽开、应并尽并、能并早并”的重要保障。数据显示，2023 年，南方电网广西电网公司累计完成 4 项清洁能源项目配套电网工程，投运 500 千伏凤凰输变电工程等 90 余项电网工程，累计投产线路 1293 千米，变电容量 785 万千伏安，确保清洁能源接得上、送得出、用得稳。

根据《广西能源发展“十四五”规划》，广西将在“十四五”期间打造北部湾海上风电基地。规模化、集约化发展海上风电，重点推进北部湾近海海上风电项目开发建设，积极推动深远海海上风电项目示范化开发，统筹规划外送输电通道建设。“十四五”期间，广西核准开工海上风电装机 750 万千瓦，力争新增并网装机 300 万千瓦。

刘昊

夯实未来产业发展的关键人才支撑

前不久召开的中央经济工作会议强调，打造生物制造、商业航天、低空经济等若干战略性新兴产业，开辟量子、生命科学等未来产业新赛道。近日，工业和信息化部等七部门联合印发了《关于推动未来产业创新发展的实施意见》，明确提出到 2025 年、2027 年两阶段的发展目标，并从全面布局未来产业、加快技术创新和产业化等 6 个方面部署了 16 项重点任务。当前，加快培育发展未来产业已成为我国构建产业发展新格局、塑造新动能新优势的主要途径，而人才是培育发展未来产业的基础，因此，应加强人才培养的针对性和系统性，为未来产业发展提供支撑。

人才是培育发展未来产业的基础

未来产业由前沿技术驱动，当前处于孕育萌发阶段或产业化初期，是可能发展成战略性新兴产业的产业。相对而言，战略性新兴产业产业形态明确、产业边界清晰、发展模式固定，而未来产业主要基于未来技术突破和场景创新，具有显著战略性、引领性、颠覆性和不确定性。为此，未来产业对人才的需求具有一定的特殊性，急需三类关键人才。

首先，由于未来产业具有战略性和引领性，是科技和产业前沿探索的“无人区”，需在资源要素有限的条件下对发展方向作出选择，必须有一批具有远见卓识、前瞻视野、冒险精神的战略科学家对未来产业发展方向进行前瞻引领。

其次，由于未来产业具有颠覆性，从颠覆性创新的思想萌发到技术实现，往往需要独辟蹊径，必须有一批有过硬理论基础和严谨科学精神、有能力改变科学和技术范式、能够引领科学技术革命的顶尖技术人才对未来产业前沿技术进行创新突破。

再次，由于未来产业具有不确定性，产业发展受技术研发、资本投入、市场需求、政策环境等多方影响，有显著的长周期、高风险特征，必须有一批敢闯敢试、开拓进取、勇于承担风险的领军企业家对未来产业典型场景进行培育创造。

总体而言，未来产业领域布局的前瞻谋划、前沿技术的创新突破、多元场景的落地应用，需要这三类人才团结协作。

多措并举加大对三类关键人才的培养

我国要抢占未来产业发展先机，须聚焦战略科学家、顶尖技术人才、领军企业家三类关键人才，多措并举、系统完善人才培养、引进、使用、合理流动的工作机制，畅通教育、科技、人才的良性循环，营造鼓励创新、宽容失败的良好氛围。

第一，培养一批能够引领未来产业发展方向的战略科学家。

战略科学家是科技人才中的“帅才”，是国家战略人才力量中的“关键少数”，能够在培育发展未来产业的过程中科学回答“干什么”“怎么干”“谁来干”等关键问题。培养使用战略科学家，要贯通战略科学家培养路

径，完善战略科学家的发现、培养、使用机制。健全大科学装置和国家重点实验室开放使用规则，为战略科学家提供高水平的“舞台”。同时，国家科研机构、高水平研究型大学、科技领军企业等国家战略科技力量要打造一批科技领军人才和创新团队，为培养战略科学家厚植人才基础。要打破“唯分数”“论资排辈”的人才评价模式。建议实施国家未来战略科学家培育计划，整合现有的支持高层次战略人才、领军人才、智库人才等的各类人才计划，围绕培养战略科学家设置遴选标准、培养目标和程序等，并由政府设立专门资金推动实施。重点遴选视野开阔、具有前瞻性判断力、跨学科理解能力强的战略科技人才，支持其面向国家重大需求组织领导和“大兵团作战”。

第二，培养一批能够推动颠覆性技术突破的顶尖技术人才。

顶尖技术人才具有高超技能和卓越才能，是新知识创造者、新领域的开拓者、新技术的发明者，是推动未来产业前沿技术突破的关键。培养使用顶尖技术人才，要建立适应颠覆性创新特点的人才评价体系，建议遵循基础研究不同领域的学科规律，制定差异化、长周期的考核体系，鼓励坐“冷板凳”、出“颠覆性”成果，营造鼓励科学家自由畅想、大胆假设、认真求证的创新环境，有利于顶尖技术人才健康有序流动的政策环境。同时，要畅通企业与高校院所人才流动渠道，建立资质互认机制，支持高

校院所人才以“双跨双聘、双跨单聘”等形式到企业从事科技创新工作。完善人才流动法规制度体系，落实人才流动在服务期、竞业限制、保密等方面的规定。

第三，培养一批能够加快前沿技术落地应用的领军企业家。

领军企业家具备远见卓识，对市场前景具有敏锐的洞察力，是推动未来产业前沿技术落地应用不可或缺的关键人物。培养使用领军企业家，要增强企业家投身未来产业发展的决心和信心。政府应制定清晰、稳定且具有前瞻性的产业政策，为企业提供明确的投资方向和预期，降低市场不确定性，避免因政策频繁变动而带来的投资风险。可通过设立专项基金、提供贷款担保等方式，帮助企业解决融资难题，增强企业家对未来产业的投资信心。要出台支持未来产业发展的激励政策，建立鼓励创新的未来产业项目遴选和评价机制，对于探索性强、研发风险高的前沿领域建立尽职免责追责机制，探索长期考核和监管机制。对一时看不准的未来产业，设置一定的“容错”“试错”包容期，支持投资者“投小、投早、投未来”。完善知识产权保护体系，保护企业的创新成果，激发企业家的创新热情。要大力弘扬企业家精神，营造鼓励创新、宽容失败、尊重人才、尊重创造的社会氛围与创新文化。对民营企业的创始人要有足够的重视和关怀，可通过组织学习、建立定期交流机制等方式进行教育培养，加深其对国家政策的理解。

刘明熹

农技人员踏雪送“良方”支“暖招”

（上接 A1 版）在新绛县三泉镇平原村国彦合作社小麦种植基地，高级农艺师刘筱颖提出因地因苗分类施策、趁墒追肥等具体建议。

山西省农业农村厅科教处副处长乔羽介绍，山西有 18 支省级技术服务专班，常

年在一线开展技术服务。这次抽调了相关的 8 支省级技术服务专班，有小麦、果业、蔬菜等专班。专班专家深入一线分析研判，分作物、分产业发布 11 项管理技术建议和应对措施，深入 37 个服务重点县开展指导服务 580 余人次。

防范雨雪冰冻灾害，省市县乡四级农技人员，省产业技术体系专家和乡土专家纷纷行动起来，冒雪在田间地头、院落村户为农户支“暖招”。2 月 20 日，在吕梁长青农牧科技有限公司，吕梁市水产专班的专家们帮助养殖户解决实际困难，并提醒养殖

户们密切注意塘内水质变化，把冰面上的积雪尽量清除掉，便于观察水质。当天上午，朔州市朔城区农业农村局组织农技人员 3 组 21 人，走进青圪塔村大棚园区等 9 家设施果蔬大棚，指导防寒工作。

赵向南

积极探索新型科研组织模式

■ 吴月辉

创新杂谈

chuangxinzaotan

在中国科学院高能物理研究所，一种新的科研组织模式让来访者印象深刻：负责国家重大仪器专项的某课题组，通过与所内的粒子天体物理中心共建实验室，实现了人才、设备、工艺技术的互通、共享，不仅提高了经费使用效率，还产出了更多科研成果。

这是中国科学院高能物理研究所探索建制化科研组织模式带来的可喜成效。相比过去以单个课题组为单位的科研组织模式，建制化科研组织模式以重大任务为牵引，打破课题组界限，成立跨学科、跨领域、跨部门的研究团队，实现了资源共享、优势互补、有效合作。这种科研组织模式既满足了科学研究自由探索的需要，也促进了整体科研能力的提升。

当前，随着新一轮科技革命的不断深入，科学问题日益复杂，学科多领域融合，技术多相位链接，成果多路径涌现，基础研究进入“大科学”时代。科研组织模式作为一种多层次、多要素的复杂系统，在科研工作中起着非常重要的协调、组织作用。先进的科研组织模式，能够有效整合、利用各种科研资源，提高科学研究和技术开发的整体效益，加快人才队伍培养。

积极探索建制化科研组织模式，有助于提升国家科技创新整体效能，进一步激发科研主体的创新活力。近年来，我国科技体制改革向纵深推进，在建制化科研组织模式方面做了一些有益的尝试，并在实践中初步展现出优势。比如，中国科学院天津工业生物技术研究所在国际上首次实现了二氧化碳到淀粉的从头合成，建制化科研组织模式就发挥了重要作用。

当前，发挥好建制化科研组织模式优势，还需要进一步完善科研机构内部协调机制，提高资源共享水平，优化科研评价体系。比如，可以依托国家重大科技基础设施和科研条件平台等，开展建制化研究；通过探索建立课题组群、实验室群等，把相关研究机构组织起来，集中优势力量开展跨领域、跨学科协同攻关。

以国家需求为牵引，以加快科技成果转移转化为导向，以提升国家核心竞争力为目标，发挥新型举国体制优势，通过建制化科研组织模式等科研新模式新路径的实践，有望为解决影响制约国家发展全局和长远利益的重大科技问题、加快实现高水平科技自立自强发挥更大的作用。

社火展演闹新春 载歌载舞年味浓

（上接 A1 版）社火汇演最后，在千人锣鼓队伍的助威声中，省级非遗“绛县飞龙”精彩登场，飞龙腾空而起，时而俯瞰大地，时而傲视长空，场面壮观，气势恢宏，引得观众阵阵喝彩，纷纷举起手机记录下这热闹非凡的场景。

据了解，“绛县飞龙”作为省级非物质文化遗产保护项目，具有极高的观赏价值和艺术价值，先后在第 11 届北京亚运会开幕式、香港回归庆典等多个大型节庆活动现场进行过表演，具有“绛县飞龙甲天下”的美誉。

绛县县委常委、宣传部部长薛云海说：“此次社火表演紧密围绕文化惠民、文艺为民宗旨，通过充分展示非遗文化的独特魅力，更好地促进优秀文化的传承与保护，从而进一步丰富群众精神文化生活，有力推动全县文化旅游产业深度融合发展。”

绘就民生新画卷 提升百姓获得感

（上接 A1 版）一个只有 200 余人的小村庄，是如何从曾经的贫困村变成远近闻名的种粮示范村的呢？这还得从 2017 年黄土口村党支部书记赵得宝的一次观摩学习说起。

“2017 年底，我去岢岚县，正好赶上习总书记那年去岢岚视察，提倡有机旱作，我一看来种谷子坡梁地还亩产五六百斤。”以此得到启发的赵得宝回村后马不停蹄地开始了他的试验。

为引导农民规模种植优质小杂粮，赵得宝自己试验种植了 7 个品种 100 亩谷子，最终选择出张杂 13 谷子品种。“这个品种抗旱、耐瘠，产出的米色泽黄亮、颗粒饱满、品质上乘，非常适宜我们这儿种植。”

种地打粮是咱农民的本分，赵得宝要带这个头。2017 年，他借钱购置了农机设备，通过流转开荒集中连片种植了 500 亩谷子，当年就获得了大丰收。试种成功后，村民纷纷过来学习取经。第二年，赵得宝的种粮队伍从几人发展到 30 多人，不仅本村的撂荒地全都种上了谷子，还在邻村包了 3000 亩耕地。看到甜头以后，回村种地的年轻人一年比一年多。赵得宝成立专业合作社帮助大家统一购买种子、化肥、地膜、农机具等。有资金不够的，赵得宝就个人作担保，帮着贷款。

2019 年，赵得宝带动全乡大规模种植谷子。随着谷子种植面积逐年增加，他又开始帮助村民贷款，购买农机具，实现机械化作业。

村民张复兴感慨地说：“有了农机具就是好，过去一个人种两三亩谷子都累得不行，现在种 1000 亩都不费力。每年开春，我们两口子用农机铺膜，一天就能铺 12 卷地膜，1 个月下来能收入 3 万多元。”目前，全村共有大拖拉机 30 多台、小拖拉机 50 多台、收割机 7 台、全膜覆盖播种机 50 多台。

赵得宝告诉记者，目前，全村有种植大户二十六七户，年纯收入 20 万元以上的有 20 户。“去年，我又在左云县流转了 1.6 万亩土地，准备今年开春带着村民继续扩大谷子种植面积，让村民的腰包更鼓，日子更好。”赵得宝坚定地说。

这几年黄土口村变了，确实变了，变得让人眼前一亮。如今在新荣区破堡堡乡黄土口村，提起这位兴村富民的头头羊，村民们都竖起大拇指：“多亏有了个‘好当家’赵得宝，我们村才有今天的旧貌换新颜！”