

报告日期：2023 年 9 月 11 日

钢材增量需求之风力发电

动态报告

1、风电未来发展趋势

大型化。风电大型化的优势在于：其一，单机容量的提升可有效提升全生命周期风电机组发电量；其二，同容量风电场采用更大单机容量的机组可以有效降低投资成本；其三，机组大型化将降低后期运维和管理成本及难度。

海风化。由于环境、风能等因素的影响，陆地风电系统在达到一定极限后将很难突破。海上的风力比陆地更强，并且能长期保持在相对稳定状态，海上可用的风能资源将比陆地多得多。

智能化。风电系统中总是存在严重的随机扰动，通过使用计算机技术和算法等知识来跟踪、分析风电系统的运行，然后通过特定的调整方式来调节系统中的随机扰动，能在一定程度上提高机组运行寿命和可靠性。

海外市场拓展。在俄乌冲突带来全球能源危机背景下，海外风电中长期市场增量空间巨大，对全球产业链需求拉动强劲。当前，海外风电供应链扰动，国内风电主机厂和零部件厂商迎来出海业务战略机遇期。

老旧风电场升级改造。推动老旧风电场升级改造，不仅有利于提升风能资源和土地利用效率，提高存量风电场经济效益，还可大幅拓展风电市场空间，加强电力保供能力，为能源绿色低碳转型注入新动力。

2、风电用钢测算

钢材是风力发电装备主基材，主要钢材品种为中厚板（69%）、电工钢（26%）和特殊钢（5%）。陆上风电每 GW 对应钢材需求量 12.4 万吨，其中中厚板 8.6 万吨、特殊钢 3.2 万吨、电工钢 0.6 万吨；海上风电每 GW 装机量对应钢材需求量 19.0 万吨，其中中厚板 13.1 万吨、特殊钢 4.9 万吨、电工钢 1.0 万吨。我们预估未来陆上风电机组每年每 MW 耗钢量下降 1.35%，海上风电机组每年耗钢每 MW 耗钢量下降 0.89%。2023-2027 年，全球风电累计新机装机量将达到 686GW，对应的钢材消耗量为 8930 万吨，年均钢材需求增量为 1786 万吨；中国风电累计新装机量 419GW，对应的钢材消耗量为 5565.96 万吨，年均钢材需求增量为 1113.19 万吨。

分析师：张少达

期货交易咨询从业信息：Z0017566

分析师：楚新莉

期货交易咨询从业信息：Z0018419

分析师：唐惠珽

期货交易咨询从业信息：Z0019171

研究助理：沈锐

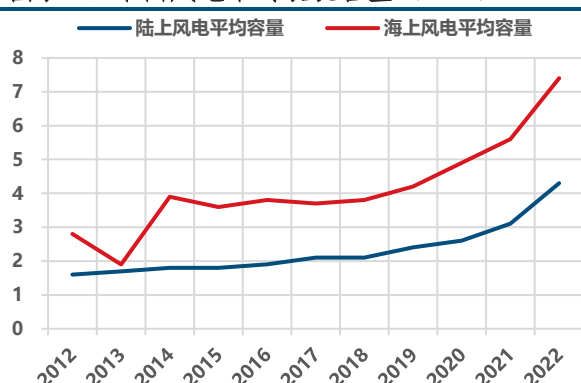
期货从业信息：F03114198

一、风电未来发展趋势

1、大型化

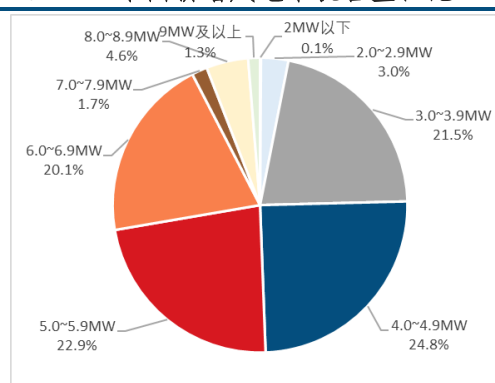
2019年5月，国家发改委发布《关于完善风电上网电价政策的通知》，在风电补贴退坡的政策因素驱动下，风电厂商降低成本的迫切需求推动风电大型化的发展趋势，单机容量不断提升。风电大型化的优势在于：其一，单机容量的提升意味着更大的扫风面积和更高的轮毂高度，切入风速更低，在同一地理位置可以捕获更多风能，可有效提升全寿命周期风电机组发电量；其二，同容量风电场采用更大单机容量的机组可以有效降低分摊到单位容量的原材料、基础、吊装、线路、土地等投资成本；其三，机组大型化将降低后期运维和管理成本及难度，有效降低风力发电的LCOE（平准化度电成本）。目前陆上风电机组已经实现7MW得批量应用，后续将逐步推出10MW的陆上风电机组和18MW的海上风电机组。从近几年的情况来看，陆上风电单机容量在2020/2021/2022年分别增长8.33%、19.23%、38.71%，海上风电单机容量在2020/2021/2022年分别增长16.67%、14.29%、32.14%，风电大型化的趋势越来越明显。

图表 1：中国风电平均装机容量（MW）



数据来源：CWEA，中信建投期货

图表 2：2022 中国新增风电单机容量占比



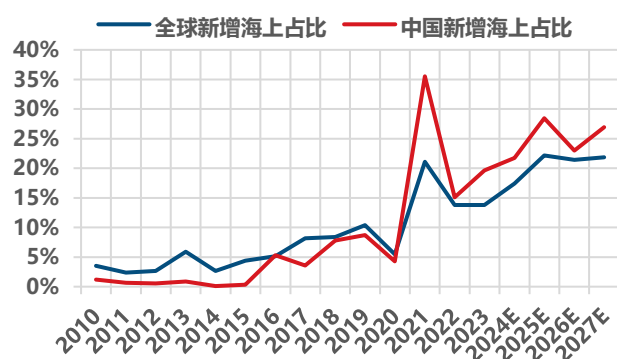
数据来源：CWEA，中信建投期货

2、海风化

风电在空间上从陆地发展到海上。在对风电的研究中表明，由于环境、风能等因素的影响，陆地风电系统在达到一定极限后将很难突破，至少目前的技术研究还未看到突破极限的希望。海上的风力比陆地更强，并且能长期保持在相对稳定状态，这意味着海上可用的风能资源将比陆地多得多。因此，在风电未来发展中，从业者将把研究重点从陆上风电转向海上风电，以期风电行业带来更高的年发电量。相关政策也在大力推动海上风电的发展，《“十四五”现代能源体系规划》指出，鼓励建设海上风电基地，推进海上风电向深水远岸区域布局，积极推进东南部沿海地区海上风电集群化开发，重点建设广东、福建、浙江、江苏、山东等海上风电基地。《“十四五”可再生能源发展规划》进一步明确开展深远海海上风电规划，推进漂浮式风电机组基础、远海柔性直流输电技术创新和示范应用，重点建设山东半岛、长三角、闽南、粤东和北部湾五大千万千瓦级海上风电基地。根据 GWEC 数据显示，2022 年全球陆上风

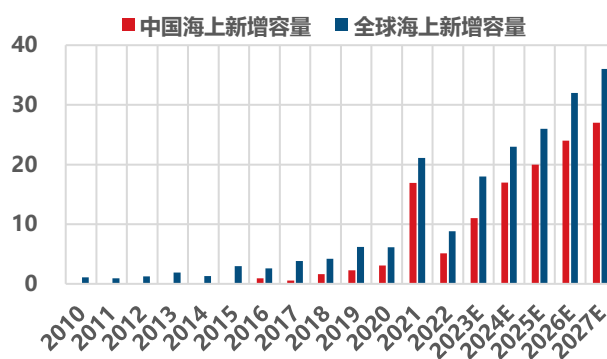
电新增装机容量为 68.8GW，海上风电新增装机容量为 8.8GW，海上装机占比为 11.3%，根据预测，2027 年全球陆上风电新增装机容量为 122GW，海上风电新增装机容量为 36GW，海上装机占比将达到 22.8%，海上风电在绝对数据和相对数据上都将不断增长。

图表 3：海上风电装机占比



数据来源：CWEA，中信建投期货

图表 4：海上风电新增装机容量（GW）



数据来源：CWEA，中信建投期货

3、智能化

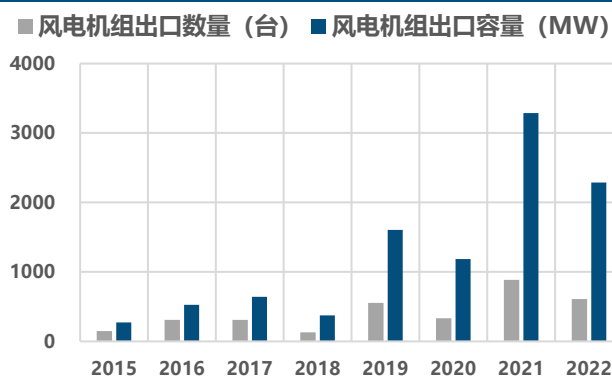
风电系统中总是存在严重的随机扰动，其用人工控制弱化这些问题显然不太可能。随着信息技术和各种自动化控制技术的出现与不断革新，一些学者受到启示提出了风电系统运行的智能控制策略。通过使用计算机技术和算法等知识来跟踪、分析风电系统的运行，然后通过特定的调整方式来调节系统中的随机扰动。此外，在风电机组制造过程中，通过智能化控制，能在一定程度上提高机组运行寿命和可靠性。种种迹象表明，智能控制技术将在风电发展中得到更广泛的应用。远景能源基于 EnOSTM 能源物联网平台，打造“直连、安全、高精度、机器学习”EnOSTM 智慧风场软件解决方案，已实现从风机数据采集、集中监控，到损失电量分析、基于机器学习的设备健康度预警、新能源功率预测等全方位服务功能，能够帮助风电运营商打造“少人、透明、预测维护、电网友好”的智慧风场。EnOSTM 平台能直接读取 140 种风机机型和 650 种型号的光伏逆变器的数据，秒级数据实时更新，并能实现超过 95% 的数据合格率。在内蒙古一个拥有 13 个新能源电站的运营商，借助 EnOSTM 平台统一管理后，不仅对 1098 台风机和 15.4 万块光伏组件实现了全天候监控，更有效保证了数据质量，减少现场运维人员。最终实现了运维人员成本 2.03 人/万千瓦，运维成本仅为 40 万元/万千瓦，整体效益得到明显提升。

4、海外市场拓展

在俄乌冲突带来全球能源危机背景下，海外各国加速能源转型升级，提升风电装机目标，海外风电中长期市场增量空间巨大，对全球产业链需求拉动强劲。当前，海外风电供应链扰动，在扩产增速缓慢带来需求外溢的契机下，叠加海外大型化和深远海趋势加速带来的出海业务相对溢价和盈利优势，国内风电主机厂和零部件厂商迎来出海业务战略机遇期。中国出口全球的风电机组在数量和容量上都呈现出逐年上涨的态势，2022 年，中国向海外市

场出口风电机组共计 610 台，容量共计 2287MW。截至 2022 年底，中国风电企业累计出口风电机组共计 4224 台，容量达到 1 万 1929MW，首次突破 10GW。随着未来在降本增效需求和大型化发展趋势下，国内风电企业将逐渐降低单位风电整机装机容量价格，中国的风电机组将会在海外市场取得价格优势，海外市场对于中国风电的需求预计将不断增长。

图表 5：风电出口情况（年度）



数据来源：CWEA，中信建投期货

图表 6：风电出口情况（月度）



数据来源：海关总署，中信建投期货

5、老旧风电场升级改造

2023 年 6 月 13 日，国家能源局印发《风电场改造升级和退役管理办法》（以下简称《管理办法》），首次针对我国并网运行超过 15 年或单台机组容量小于 1.5 兆瓦的风电场以及并网运行达到设计使用年限的风电场提出改造升级或退役管理工作办法。《管理办法》于发布之日执行，为期五年。《管理办法》鼓励并网运行超过 15 年或单台机组容量小于 1.5 兆瓦的风电场开展改造升级，即以大单机容量机组替代小单机容量机组，以性能优异机组替代性能落后机组，相应对配套升压变电站、场内集电线路等设施进行更换或技术改造升级，实现风电场提质增效。同时，要求并网运行达到设计使用年限的风电场退役，若经安全运行评估，符合安全运行条件则可以继续运营。推动老旧风电场升级改造，不仅有利于提升风能资源和土地利用效率，提高存量风电场经济效益，还可大幅拓展风电市场空间，加强电力保供能力，为能源绿色低碳转型注入新动力。据发改委能源研究所测算，2021-2030 年全国风电机组累计改造退役容量将超过 6000 万千瓦。其中 2000 万千瓦在 2025 年前改造完成，1.5MW 以下的机组是主要退役或改造的对象。

图表 7：老旧风电未来退役改造情况

运行期限	单机容量	2021-2025 年	2026-2030 年
≥20 年	<1.5MW	全部退役，113 万千瓦	-
	1.5MW	全部退役，12 万千瓦	未曾改造的，退役或改造共约 2000 万千瓦
15-20 年	<1.5MW	全部改造，859 万千瓦	未曾改造的全部改造，约 120 万千瓦
	1.5MW	改造 1/3，约 1000 万千瓦	改造 1/3，约 1700 万千瓦
小于 15 年 但机型落后	<1.5MW	改造 1/10，约 15 万千瓦	-
	1.5MW	改造 1/20，约 250 万千瓦	改造 1/10，约 65 万千瓦
合计		退役 125 万千瓦，改造超过 2000 万千瓦	退役或改造约 4000 万千瓦，以改造为主

数据来源：发改委能源研究所《我国风电机组退役改造置换的需求分析和政策建议》，中信建投期货

二、风电用钢测算

风电行业是我国钢材需求的重点行业之一，未来随着我国风电装机的增加，将会带动钢材需求量的增长。钢材是风力发电装备主基材，主要钢材品种为中厚板、电工钢和特殊钢，风电整机用钢的部件包括塔筒、塔架、机舱、轴承、低速轴、齿轮箱、发电机、偏航装置、电子控制器等。根据 Mysteel 的数据显示，在风机主体建设中，中厚板占总耗钢量 69% 左右，因其具有焊接性能好、力学结构良好、低温冲击韧性强（D、E 级）等特点，主要用于风力发电机组的塔筒和机舱底座等零部件；特种钢占总耗钢量的 26% 左右，其具有更高的强度、韧性及性能，往往用于风轮主轴、变桨系统轴承、偏航系统轴承、传动系统齿轮、轴和轴承以及发电机轴等零部件；电工钢占总耗钢量的 5% 左右，因其具有铁芯损耗低、磁感应强度高、冲片性良好等特性，主要用于风力发电机的定子和转子零部件。

根据澳大利亚钢铁协会（ASI）2022 年公布的数据显示，2021 年陆上风电每 GW 对应钢材需求量 12.4 万吨，按上述比例，需中厚板 8.6 万吨、特殊钢 3.2 万吨、电工钢 0.6 万吨；海上风电每 GW 装机量对应钢材需求量 19.0 万吨，其中中厚板 13.1 万吨、特殊钢 4.9 万吨、电工钢 1.0 万吨。根据 CWEA 统计，2014 年陆上风电机组平均单机容量为 1.8MW，海上风电机组平均单机容量为 3.9MW，2021 年陆上风电机组平均单机容量为 3.1MW，海上风电机组平均单机容量为 5.6MW，陆上风电单机容量年均复合增长率为 8.1%，海上风电单机容量年均复合增长率为 5.3%，风电大型化发展趋势明显。风电大型化后带来了原材料的摊低，根据公开资料显示，1.5MW 的风电机组的重量大约为 240 吨，每 MW 重量为 160 吨，3MW 风电机组的重量大约为 400 吨，每 MW 重量为 133.3 吨，风电机组在单机容量提升一倍的情况下，每 MW 重量降低 16.7%。我们假设风电机组每 MW 耗钢量与重量变化一致，根据风电机组年均增长情况，预估未来陆上风电机组每年每 MW 耗钢量下降 1.35%（8.1%*16.7%），海上风电机组每年耗钢每 MW 耗钢量下降 0.89%（5.3%*16.7%）。

图表 8：风电行业用钢新增需求测算

		单位	2021A	2022A	2023E	2024E	2025E	2026E	2027E
单耗 -陆风	每 GW 耗钢量	万吨	12.40	12.23	12.07	11.90	11.74	11.59	11.43
	中厚板	万吨	8.56	8.44	8.33	8.21	8.10	7.99	7.89
	特种钢	万吨	3.22	3.18	3.14	3.10	3.05	3.01	2.97
	电工钢	万吨	0.62	0.61	0.60	0.60	0.59	0.58	0.57
单耗 -海风	每 GW 耗钢量	万吨	19.00	18.83	18.66	18.50	18.33	18.17	18.01
	中厚板	万吨	13.11	12.99	12.88	12.76	12.65	12.54	12.43
	特种钢	万吨	4.94	4.90	4.85	4.81	4.77	4.72	4.68
	电工钢	万吨	0.95	0.94	0.93	0.92	0.92	0.91	0.90
全球	陆上新增装机	GW	72.50	68.80	97.00	106.00	109.00	117.00	122.00
	海上新增装机	GW	21.10	8.80	18.00	23.00	26.00	32.00	36.00
	钢材总需求量	万吨	1299.90	1007.31	1506.48	1687.32	1756.73	1936.90	2042.60
	中厚板	万吨	896.93	695.05	1039.47	1164.25	1212.14	1336.46	1409.40
	特种钢	万吨	337.97	261.90	391.69	438.70	456.75	503.59	531.08
	电工钢	万吨	65.00	50.37	75.32	84.37	87.84	96.85	102.13
中国	陆上新增装机	GW	30.70	32.90	62.00	64.00	63.00	65.00	66.00
	海上新增装机	GW	16.90	5.10	11.00	17.00	20.00	24.00	27.00
	钢材总需求量	万吨	701.78	498.49	953.48	1076.34	1106.51	1189.11	1240.52
	中厚板	万吨	484.23	343.96	657.90	742.68	763.49	820.49	855.96
	特种钢	万吨	182.46	129.61	247.90	279.85	287.69	309.17	322.53
	电工钢	万吨	35.09	24.92	47.67	53.82	55.33	59.46	62.03

数据来源：Mysteel, GWEC, CWEA, 中信建投期货预测

根据 GWEC 发布的《2023 全球风能报告》，预计 2023-2027 年，全球风电累计新机装机量将达到 686GW，年均新增装机量为 137.2GW，对应的钢材消耗量为 8930 万吨，年均钢材需求增量为 1786 万吨，其中中厚板、特种钢、电工钢年均需求增量分别为 1232.34、464.36、89.3 万吨；中国风电累计新装机量 419GW，年均新增装机量为 83.9GW，对应的钢材消耗量为 5565.96 万吨，年均钢材需求增量为 1113.19 万吨，其中中厚板、特种钢、电工钢年均需求增量分别为 768.1、289.43、55.66 万吨。

未来，风电行业将会朝着大型化、海风化、智能化、海外市场拓展、老旧风电场改造升级的方向发展，风电行业市场规模将不断扩大，对于钢材的需求也将不断增加。2022 年，我国的钢材销量为 76491.79 万吨，风电钢材总需求量测算为 498.49 万吨，虽然目前风电行业的耗钢量与钢材的销量相比还较少，但未来风电发展对整体钢材的拉动作用将会逐渐显现。中厚板作为风电钢材中的主要品类，风电发展对于中厚板的拉动作用较为明显，2022 年中板和厚板的销量合计为 4482.21 万吨，风电中厚板需求量测算为 343.96 万吨，2023 年风电中厚板需求量预估将达到 657.9 万吨，将对中厚板带来 7 个百分点的需求拉动。

联系我们

全国统一客服电话：400-8877-780

网址：www.cfc108.com

获取更多研报报告、专业客户经理一对一服务、
了解公司更多信息，扫描右方二维码即可获得！



重要声明

本报告观点和信息仅供符合证监会适当性管理规定的期货交易者参考，据此操作、责任自负。中信建投期货有限公司（下称“中信建投”）不因任何订阅或接收本报告的行为而将订阅人视为中信建投的客户。

本报告发布内容如涉及或属于系列解读，则交易者若使用所载资料，有可能会因缺乏对完整内容的了解而对其中假设依据、研究依据、结论等内容产生误解。提请交易者参阅中信建投已发布的完整系列报告，仔细阅读其所附各项声明、数据来源及风险提示，关注相关的分析、预测能够成立的关键假设条件，关注研究依据和研究结论的目标价格及时间周期，并准确理解研究逻辑。

中信建投对本报告所载资料的准确性、可靠性、时效性及完整性不作任何明示或暗示的保证。本报告中的资料、意见等仅代表报告发布之时的判断，相关研究观点可能依据中信建投后续发布的报告在不发布通知的情形下作出更

改。

中信建投的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见不一致的市场评论和/或观点。本报告发布内容并非交易决策服务，在任何情形下都不构成对接收本报告内容交易者的任何交易建议，交易者应充分了解各类交易风险并谨慎考虑本报告发布内容是否符合自身特定状况，自主做出交易决策并自行承担交易风险。交易者根据本报告内容做出的任何决策与中信建投或相关作者无关。

本报告发布的内容仅为中信建投所有。未经中信建投事先书面许可，任何机构和/或个人不得以任何形式对本报告进行翻版、复制和刊发，如需引用、转发等，需注明出处为“中信建投期货”，且不得对本报告进行任何增删或修改。亦不得从未经中信建投书面授权的任何机构、个人或其运营的媒体平台接收、翻版、复制或引用本报告发布的全部或部分内容。版权所有，违者必究。