



Wind[•]
EUROPE

欧洲风能

2024年统计数据及2025-2030年展望

欧洲风能

2024年统计数据及2025-2030年展望

发表于2025年2月



windeurope.org

文本与分析：

Giuseppe Costanzo Gu
y Brindley Pierre Tardi
eu

附加贡献者：

亚历山大·弗雷梅克斯 弗朗西斯科
·梅洛尼 莉泽特·拉米雷斯

编辑：

罗里·奥沙利文

设计：

林·范德·维尔德

照片封面：

Druid007 / Shutterstock
k

致谢：

欧洲风能协会承认以下协会和机构的友好合作：

IG Windkraft (AT) / EDORA, ODE (BE) / BGWEA (BG) / RES Croatia (HR) / Czech Renewable Energy Chamber (CZ) / Tuuleenergia (EE) / Suomen Tuulivoimayhdistys ry (FI) / France Renouvelables (FR) / BWE, VDMA, Deutsche WindGuard (DE) / HWEA (EL) / WEI (IE) / Elettricità Futura, ANEV (IT) / LWEA, Litgrid (LV) / LWPA (LT) / Ministry of Energy and Spatial Planning (LU) / NWEA, WindStats (NL) / Fornebar Norge (NO) / PWEA (PL) / APREN (PT) / RWEA (RO) / RES Serbia (RS) / SAPI (SK) / Svensk Vindenergi (SE) / AEE (ES) / Suisse Éole (CH) / TÜREB (TK) / UWEA (UA) / RenewableUK (UK).

特别鸣谢：

Cefic - 欧洲化学品工业理事会 Cembureau - 欧洲水泥协会 European Aluminium - 欧洲铝业协会

更多信息：

policy@windeurope.org

免责声明

本报告总结了2024年1月1日至12月31日期间欧洲风电站的新增安装和融资活动。

它还分析了未来六年（2025至2030年）欧洲市场的发展趋势。这一展望基于WindEurope的内部分析和与会员的协商。

数据代表各国总安装量，除非另有说明。数字的舍入由作者决定。

此出版物包含在全年内定期收集的信息，并在发布前与行业的相关成员进行核实。WindEurope及其成员以及他们的相关实体，通过此出版物，并非提供专业建议或服务。WindEurope及其成员不对任何依赖于此出版物的人所遭受的任何损失承担责任。



照片：Fokke Baarsen / Shutterstock

目录

执行摘要 7

1. 风力发电2024年13

- 1.1 概述 13
- 1.2 陆上安装 14
- 1.3 海外安装 16
- 1.4 退役及改造 17
- 1.5 电力生成 18
- 1.6 发电机尺寸 23
- 1.7 拍卖与招标 24

欧洲风能：全景图 29

- 2.1 欧洲总风力发电能力 29
- 2.2 退役和改造趋势 31
- 2.3 发电机趋势 33
- 2.4 发电趋势 34
- 2.5 投资项目 36

3. 预测 2025-2030 39

- 3.1 WindEurope的前瞻 39
- 3.2 陆上风电前景 41
- 3.3 海上风电前景展望 42
- 3.4 重新发电 46

4. 实现电气化 49

- 4.1 实现电气化 49

5. 附录 53

- 拍卖与招标按国家分类 53
- 各国展望 55

附件1 61

附件 2 62

执行摘要

2024年，欧洲安装了16.4吉瓦的新风能发电能力。其中欧盟27国安装了12.9吉瓦。

去年在欧洲建造的新风电装机容量中，84%为陆上风电。并且到2030年，75%的新风力发电机组安装也将继续是陆上风电。

德国去年建设了最多的新风力发电能力，得益于其陆上风能的持续扩张。在英国和法国之后，这三个国家都在陆上和海上安装了新的发电能力。

风力能在2024年占欧盟27国全部消费电力的19%。在丹麦占比达到56%，爱尔兰占比33%，瑞典占比31%，德国占比30%。

欧洲政府于2024年向12个国家授予了36.8吉瓦的新风力发电产能：其中陆上17吉瓦，海上19.9吉瓦。这是创纪录的数量，比2023年授予的数量多出1/3。

2024年的新安装量低于预期。电网拥堵、许多国家的许可可持续性问题，以及艰难的财务状况，所有这些都意味着风能扩展的速度没有政府希望的那么快。

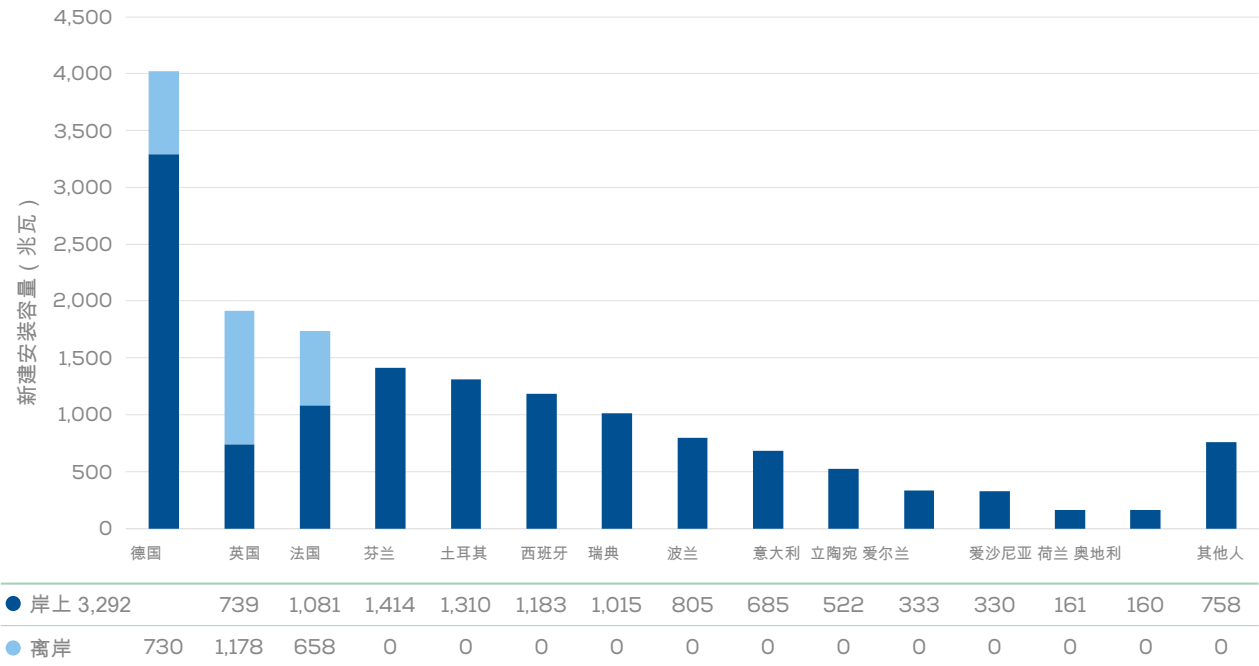
电网容量、港口容量和船舶可用性的限制也阻碍了海上风电的扩张。

欧洲现在有

285 GW

风力容量

图A. 2024年欧洲新的陆地和海上风力发电装机容量



来源：WindEurope

我们预计，在2025-2030年期间，欧洲每年平均将建设31吉瓦的新风力发电场。

在欧盟，我们预计在同一时期内平均每年建设23吉瓦的新风场，使到2030年的总风能装机容量达到351吉瓦：陆上304吉瓦；海上48吉瓦。欧盟设定的目标是425吉瓦。¹

2024年，陆地风电场投资额超过了以往任何一年。总陆地“最终投资决定”（FIDs）达到了247亿欧元，加上额外的79亿欧元海洋投资，这意味着将近20吉瓦的新风电场得到了融资，并将在这接下来的几年内建设。

欧盟在2030年代持续的风能部署将使风能在2040年几乎达到现在的四倍。

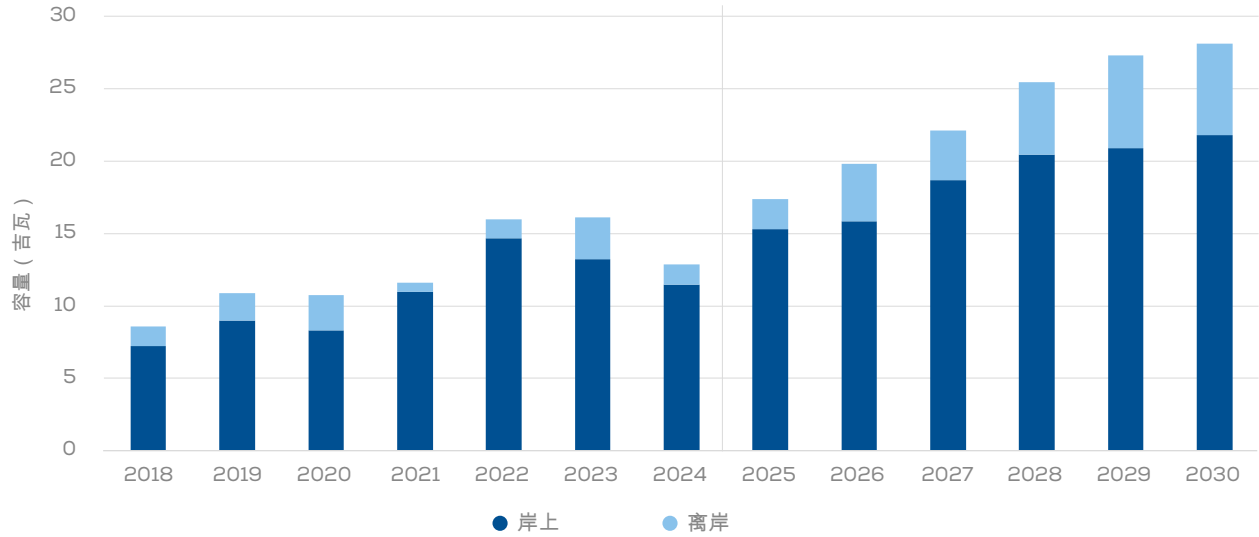
但是，各国政府现在需要继续扩大和现代化其电力网络，投资港口基础设施，并全面实施欧盟的新许可规则。

能源是欧洲竞争力挑战的核心。电气化将有助于推动我们经济的弹性和竞争力，同时保持减碳的进程。

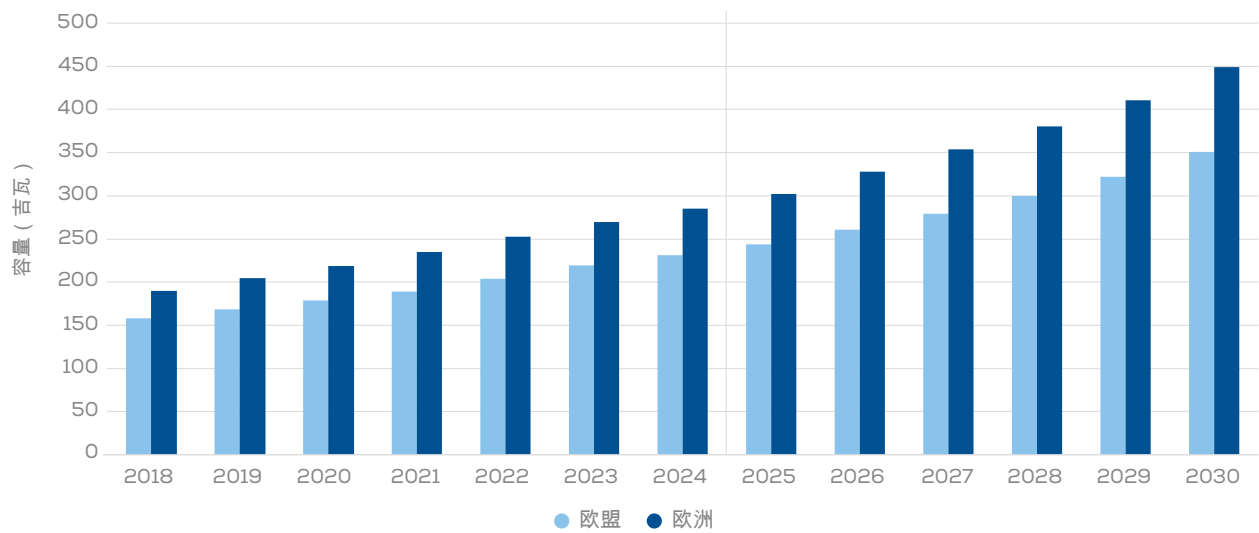
投资我们的电网将有助于释放可再生能源的巨大潜力，满足日益增长的能源需求，同时替代昂贵的化石燃料，并为低碳能源创造一个自维持的投资环境。

1. 2030年REPowerEU目标从440GW降至，鉴于2023年已达成2030年42.5%可再生能源目标的妥协。

图B. 2025-30年欧盟陆上和海上风力发电装机容量 - WindEurope的展望



图C. 2025-2030年欧洲和欧盟的新风力发电容量——WindEurope的展望



来源：WindEurope

2024年年度数据

- 2024年，欧洲安装了16.4吉瓦的新风能装机容量（总装机）。陆上风电占新装机量的84%，达到13.8吉瓦。
- 12.9吉瓦的新风能产能安装在欧盟27个国家，其中89%（11.5吉瓦）为陆上安装。
- 欧洲新增海上风力发电装机容量为26吉瓦。其中欧盟27国装机容量为14吉瓦。
- 欧盟的风电场在2024年产生了475太瓦时（TWh）的电力。这满足了欧盟19%的总电力需求。
- 总投资决策（FIDs）总额为330亿欧元，为19.9吉瓦的新项目提供资金。

总装机容量

- 欧洲目前拥有285吉瓦的并网风能发电能力：其中陆上248吉瓦，海上37吉瓦。
- 欧盟27个成员国总装机容量为231吉瓦。其中，陆上装机容量为210吉瓦，海上装机容量为21吉瓦。

新风电场性能

- 预计2024年在欧洲建设的新的陆上风电场的产能系数为30%-45%。而海上风电约为50%。
- 2024年安装的新陆上涡轮机的平均功率评级为4.6兆瓦。对于海上涡轮机，其功率评级为10.1兆瓦。

国家亮点

- 德国在2024年安装了最多的风能发电量（4.0吉瓦）。其中82%为陆上风电。
- 英国（1.9吉瓦）、法国（1.7吉瓦）、芬兰（1.4吉瓦）、土耳其（1.3吉瓦）、西班牙（1.2吉瓦）和瑞典（1.0吉瓦）紧随其后。
- 丹麦和爱尔兰在其电力组合中风电占比最高，分别为56%和33%。
- 风力发电在另外七个国家满足了超过四分之一的电力需求：瑞典（31%）、德国（30%）、英国（30%）、荷兰（29%）、葡萄牙（28%）、立陶宛（27%）和西班牙（25%）。
- 尽管战争持续，乌克兰安装了45兆瓦的新容量。其总装机容量1.9吉瓦中，目前有69%位于被占领领土。

2025-2030展望

- 我们预计在2025-2030期间，欧洲将安装187GW新的风电能力。其中，欧盟27个成员国预计将安装140GW，年均安装量为23GW。
- 对于2025-2030年期间，我们预计欧洲将有75%的新安装为陆上安装，欧盟将有81%的安装为陆上安装。
- 新的欧盟关于许可的规定已经开始增加新建风电场的许可数量。在实施“公共利益优先”原则的德国，2024年批准的装机容量达到了创纪录的13.8吉瓦。其他成员国效仿这一做法，实施良好的欧盟规定。

- 电网现在是大规模部署风能的瓶颈。国家当局应尽快投资扩大、加强或优化其输电和配电网络，并紧急改变采用“先到先得”的方法来管理接入队列。

- 欧盟在2030年代持续的风能部署将使风能的产出几乎增长四倍，与现在相比，到2040年将提供1,830太瓦时。

老旧风场与升级改造

- 2024年，欧洲退役了1.3吉瓦的风电装机容量。与此同时，它启用了1.6吉瓦的改造后装机容量。净新增装机容量为15吉瓦。
- 我们预计在2025-2030年期间将有大约22吉瓦的发电容量退役。其中12吉瓦将进行翻新（最终将达到26吉瓦的翻新容量），剩余的10吉瓦将完全退役并从系统中移除。

- 平均而言，升级风电站可以提高产能，同时将风力涡轮机的数量减少25%。

表 1. 新增装机容量、2024年总风能装机容量以及风能在电力需求中的占比

2

欧盟27国	2024年新增装机量 (兆瓦)			累计装机容量 (兆瓦)			2024年风力在电力组合中的份额		
	岸上	离岸	总计	岸上	离岸	总计	岸上	离岸	总计
奥地利	160	-	160	4,028	-	4,028	16%	-	16%
比利时	151	-	151	3,386	2,261	5,648	7%	9%	16%
保加利亚	-	-	-	706	-	706	4%	-	4%
克罗地亚	47	-	47	1,303	-	1,303	14%	-	14%
塞浦路斯	-	-	-	158	-	158	-	-	-
捷克共和国	16	-	16	371	-	371	1%	-	1%
丹麦	50	-	50	4,960	2,652	7,612	29%	26%	56%
爱沙尼亚	330	-	330	711	-	711	14%	-	14%
芬兰	1,414	-	1,414	8,286	71	8,357	24%	-	24%
法国	1,081	658	1,739	22,883	1,500	24,383	10%	1%	11%
德国	3,292	730	4,022	63,551	9,121	72,672	24%	6%	30%
希腊	128	-	128	5,354	-	5,354	22%	-	22%
匈牙利	-	-	-	329	-	329	1%	-	1%
爱尔兰	333	-	333	4,836	25	4,861	33%	-	33%
意大利	685	-	685	12,915	30	12,945	8%	0%	8%
拉脱维亚	-	-	-	137	-	137	4%	-	4%
立陶宛	522	-	522	1,750	-	1,750	27%	-	27%
卢森堡	7	-	7	214	-	214	-	-	-
马耳他	-	-	-	-	-	-	-	-	-
荷兰	161	-	161	6,968	4,738	11,706	15%	14%	29%
波兰	805	-	805	10,233	-	10,233	14%	-	14%
葡萄牙	45	-	45	5,938	25	5,963	27%	0%	28%
罗马尼亚	50	-	50	3,150	-	3,150	12%	-	12%
斯洛伐克	-	-	-	4	-	4	0%	-	0%
斯洛文尼亚	-	-	-	3	-	3	0%	-	0%
西班牙	1,183	-	1,183	31,173	7	31,180	25%	-	25%
瑞典	1,015	-	1,015	17,008	192	17,200	31%	-	31%
欧盟27国总计	11,474	1,387	12,861	210,356	20,623	230,979	17%	2%	19%

所有数字均为四舍五入，因此可能不等于总数。

其他人	2024年新增装机量 (兆瓦)			累计装机容量 (兆瓦)			2024年风力在电力组合中的份额		
	岸上	离岸	总计	岸上	离岸	总计	岸上	离岸	总计
阿尔巴尼亚	-	-	-	-	-	-	-	-	-
白俄罗斯	-	-	-	3	-	3	-	-	-
波斯尼亚与黑塞哥维那	109	-	109	244	-	244	-	-	-
法罗群岛	-	-	-	71	-	71	-	-	-
冰岛	-	-	-	3	-	3	-	-	-
科索沃	-	-	-	137	-	137	-	-	-
列支敦士登	-	-	-	-	-	-	-	-	-
摩尔多瓦	-	-	-	-	-	-	-	-	-
黑山	-	-	-	118	-	118	-	-	-
北方马其顿	-	-	-	73	-	73	-	-	-
挪威	-	-	-	5,087	101	5,188	11%	-	11%
塞尔维亚	111	-	111	623	-	623	-	-	-
瑞士	-	-	-	100	-	100	0%	-	0%
土耳其	1,310	-	1,310	13,793	-	13,793	11%	-	11%
英国	739	1.178	1,916	15,703	15.933	31,636	13%	17%	30%
乌克兰	45	-	45	1.947	-	1,947	-	-	-
总计其他	2,313	1.178	3,491	37,902	16.034	53,936	-	-	-
总体欧洲	13,787	2,565	16,352	248,257	36,657	284,914	16%	4%	20%

风力发电在2024年

1.1 概述

2024年，欧洲安装了16.4吉瓦的新风农场，其中13.8吉瓦的新容量安装在陆地上，2.6吉瓦安装在海上。欧洲的总安装量比2023年的中央情景低23%。

国内安装量低于预期，因为项目因多种原因而延误，包括德国一条主要高速公路的部分关闭以及西班牙加利西亚几个风电项目受阻。在海上，英国Dogger Bank A（1.2吉瓦）和法国Calvados（488兆瓦）的建设也出现了延误，以及德国Borkum Riffgrund（980兆瓦）的连接延迟。

欧盟27国在2024年新增了12.9吉瓦的风电装机容量，占欧洲所有新安装设备的79%。欧盟的安装量低于2023年，当年新增了16.1吉瓦的装机容量。为了到2030年实现42.5%的可再生能源目标，2025年至2030年期间风电装机安装量需要平均每年达到360吉瓦。这基于一个设定的风电装机容量目标为425吉瓦。³

德国在2024年的风力涡轮机安装量是欧洲最高的，占到了总装机容量的25%。他们安装了4吉瓦，其中包括730兆瓦的离岸风力，比2023年的3.8吉瓦有所增加。2024年，有七个国家安装了超过1吉瓦的新风力发电能力，这与2023年的数量相同。

3. 2030年REPowerEU目标从440吉瓦降至，因为在2023年达成了2030年实现42.5%可再生能源目标的妥协后。

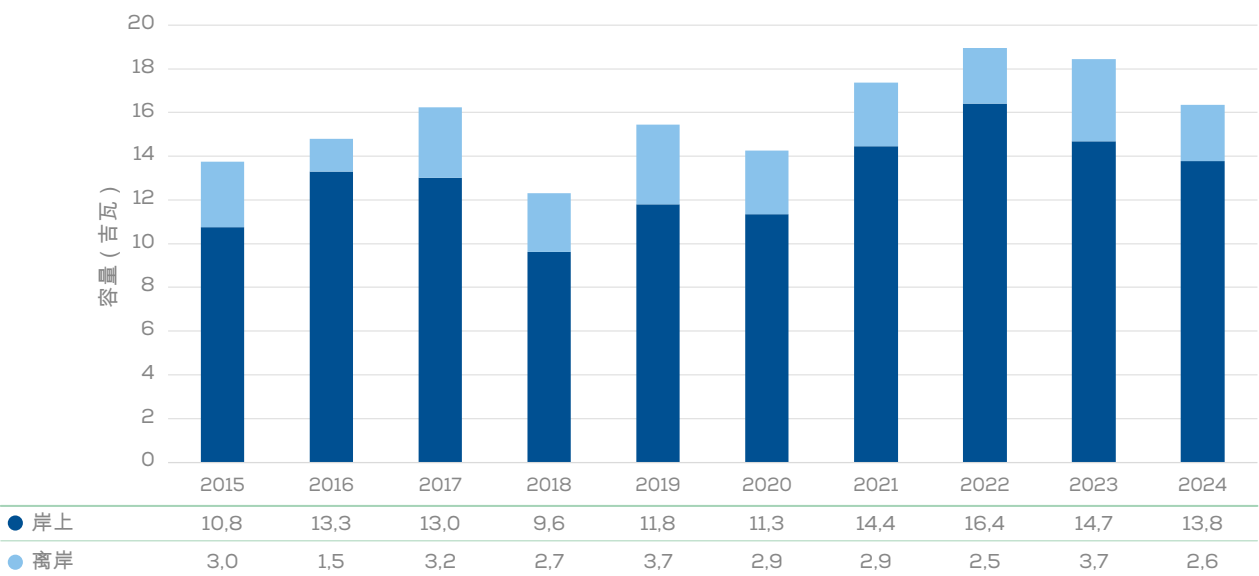
欧洲离岸风电占安装容量的16%，连接到电网的风电场总容量为2.6吉瓦，较2023年的3.7吉瓦有所下降。新接入的离岸风电容量分布在英国（1178兆瓦）、德国（730兆瓦）和法国（658兆瓦）。

在欧洲以外，安装了3.5吉瓦的新风电站（比2023年的2.3吉瓦有所增加）。其中，英国安装的风电站最多。

（1.9吉瓦），其次是土耳其（1.3吉瓦），塞尔维亚（111兆瓦），波斯尼亚和黑塞哥维那（109兆瓦）以及乌克兰（45兆瓦）。

2024年有1.3吉瓦的风能容量被退役，因此欧洲的净装机容量（装机容量减去退役容量）达到了15吉瓦。

图1. 欧洲年度陆上和海上风电装机容量



来源：WindEurope

连续第三年，尽管战争仍在进行，乌克兰新建了风力发电场容量。向电网增加了21兆瓦，而24兆瓦由工业玩家安装用于自用。然而，截至2024年底，该国总容量1.9吉瓦中的69%位于被占领土。鉴于形势的不确定性，该地区未来建设的估计仅包含到2026年，纳入了2025-2030年欧洲展望中。

1.2 陆上安装

德国 2024年安装了最多的陆上风电装机容量，达到3.3吉瓦。新增装机容量来自644台风机，平均功率评级为5.1兆瓦，高于2023年的4.8兆瓦。拆除712兆瓦的陆上容量，净增加容量达到2.6吉瓦。2024年的陆上风电装机容量较2023年下降8%，当时德国安装了3.6吉瓦。新增装机容量的三分之一（1.1吉瓦）来自改造后的风电场。

安装因德国西北部A27高速公路部分关闭而严重延迟，该高速公路是进入库克斯港的旋转叶片的关键通道。供应链限制（例如变电站）以及运输的繁琐审批系统都导致了安装短缺。

芬兰 2024年安装了第二大内陆风电装机容量，达到1.4吉瓦。他们共安装了235台风机，平均功率评级为6兆瓦，与2023年相同。内陆装机量从2023年的1.3吉瓦增加。2024年没有风电场被退役。

土耳其 2024年新增1.3吉瓦，是2023年安装量的两倍多。这一增长的原因是当前风电场容量扩展项目现已投入运营，以及YEKA-2（EnerjiSA 和

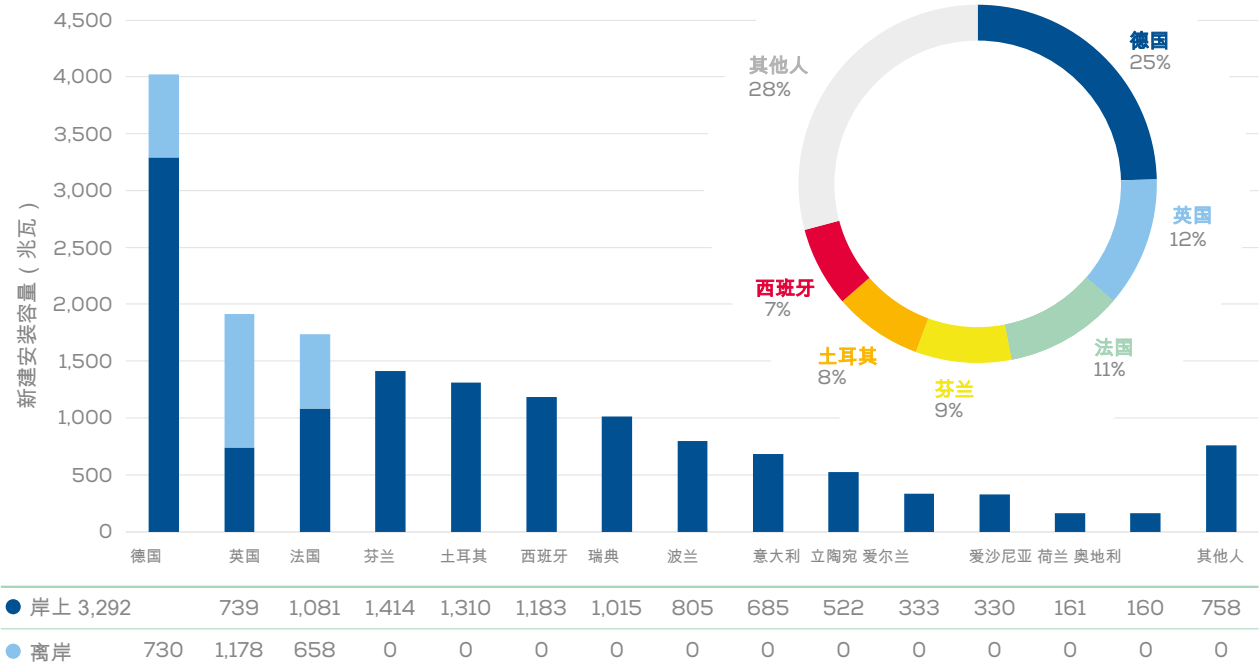
Enercon项目，总容量为1吉瓦，预计将于2025年底全部投入运营。当年安装了272台陆上风力涡轮机，新涡轮机的平均功率为4.8兆瓦。

西班牙 2024年安装了1.2吉瓦的陆上风电，几乎是前一年安装量的两倍。435兆瓦的现有产能被退役，净增量为748兆瓦。新增的装机容量分布在227台风机中，平均功率评级为5.2兆瓦。

84%

2024年风电安装中，陆上风电占比

图2. 2024年欧洲新的陆上和海上风电装机容量



来源：WindEurope

法国 安装了1.1吉瓦，低于2023年的数字（1.3吉瓦）。该国还退役了13兆瓦的产能，净增量为1,068兆瓦。2024年共安装了387座陆上风力涡轮机，平均功率为2.8兆瓦，是2024年欧洲最低的平均功率之一。

瑞典 2024年，是唯一一个安装超过1吉瓦陆上风能的其他国家，安装量为1,015兆瓦。该容量包括165台风机，新安装风机的平均功率评级为6.2兆瓦，位居立陶宛和罗马尼亚之后，位列第三。

波兰、英国、意大利和立陶宛成为新增陆上风电装机容量排名前十的国家。它们也是2024年唯一新增装机容量超过500兆瓦的其他国家。

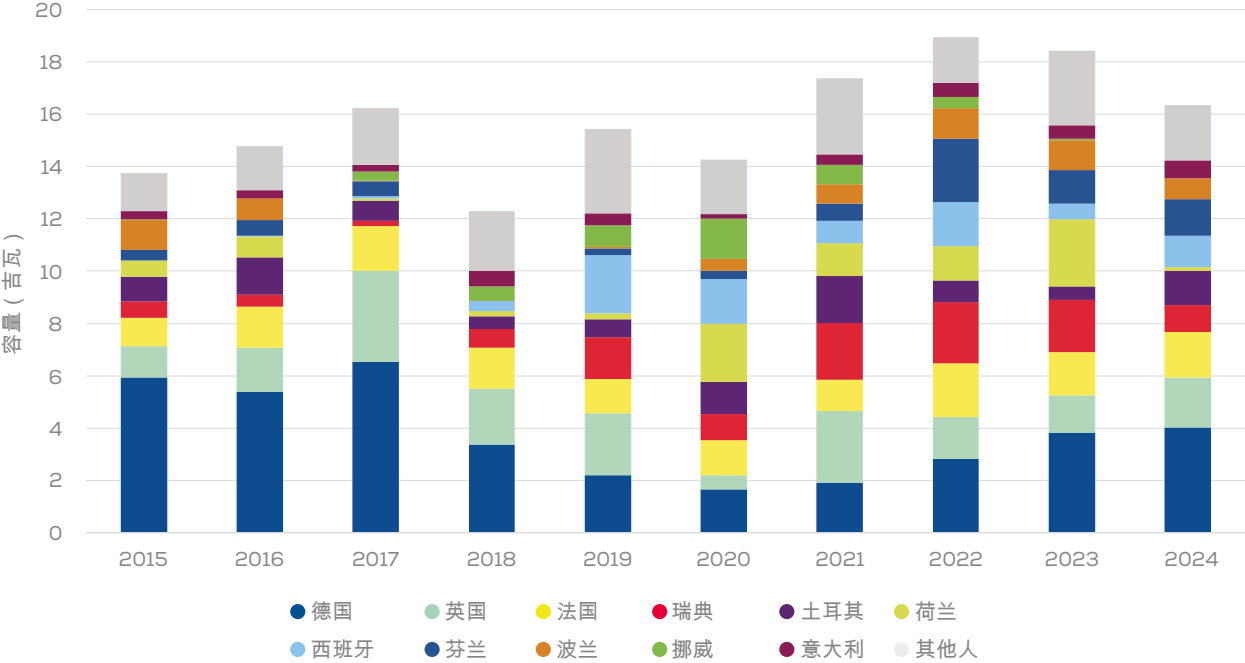
波兰 装机容量为805兆瓦，较2023年的1.2吉瓦有所下降。目前正在废除的10H法案严重限制了涡轮机的高度，导致安装了相对较小的涡轮机型号。这意味着2024年安装的陆上涡轮机的平均功率为3.3兆瓦。

意大利 2024年安装了685兆瓦的陆上风电容量，比2023年增加了32%。2024年安装的风机平均功率为4.1兆瓦。

英国 安装了739兆瓦，平均功率为3.7兆瓦。

立陶宛 去年实现了迄今为止最佳的一年，并网风电装机容量达到522兆瓦。去年安装的风机平均功率评级为6.3兆瓦，与罗马尼亚并列欧洲最高。

图3. 2015-24年各国新风电装机容量分布



来源：WindEurope

1.3 海外安装

WindEurope报告称，新并网的海上风电能源容量，而非仅新增装机容量。总体而言，海上风电场通常比陆上风电场规模更大，建设周期也往往更长。可能存在涡轮机已在风电场安装，但尚未接入电网，此时尚未向能源系统输送可再生能源电力的时期。

去年，2.6吉瓦的海上风电容量在欧洲并网——分布在三个不同国家的8个风电场。

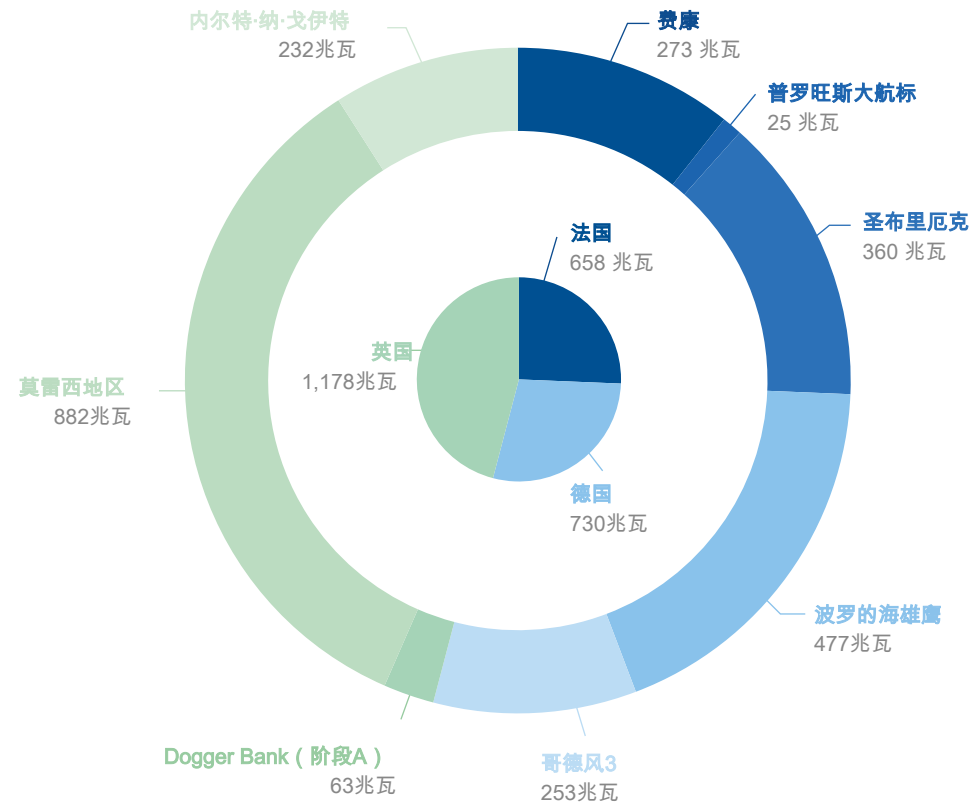
英国 连接了最多的离岸风力发电能力，共计1,178兆瓦，分布在三个风电场。Moray West离岸风电场的所有60台风机均已连接，新增882兆瓦。此外，Near na Gaoithe (448兆瓦) 和Dogger Bank Phase A (1.2吉瓦) 也新增连接了296兆瓦。总共连接了93台风机，平均功率额定值为12.7兆瓦。

在 **德国** 730兆瓦的海上风电容量通过Baltic Eagle (477兆瓦) 和Gode Wind 3 (253兆瓦) 的并网运行得以接入。共接入73台风机，平均功率为10兆瓦。

最后， **法国** 2024年并网了658兆瓦的离岸风电。这包括来自圣布里厄克 (496兆瓦)、费坎 (497兆瓦) 以及试点项目普罗旺斯大海洋浮式项目 (25兆瓦) 的风机。共并网了87台风机，平均功率为7.6兆瓦。

在英国、法国和德国的另外六个风力农场开展了工作，但没有任何风力涡轮机连接到电网。

图4. 2024年欧洲新增海上风电装机容量



来源：WindEurope

退役、正在改造的产能和改造后的产能

风电场具有有限的使用寿命。对于最老的风电场，这通常是15至25年。新建设备采用更现代的风机的风电场可能会具有更长的使用寿命。

当风力发电场达到其运营寿命结束时，假设没有通过更换组件或叶片进行延长，涡轮机将被关闭，拆除并移除。这个过程被称为退役。

通常情况下，对风力农场进行改造是有意义的，因为这涉及到用更强大和高效的现代涡轮机和配件替换所有涡轮机、电缆和电网连接。被替换的原始容量被称为改造容量。

风力场中已退役但未重新并网的能力已完全退役。

最后，由于自早期涡轮机时代以来取得的巨大技术进步，新建风力发电场通常更少的新涡轮机下仍能提高产能。这种提高的产能被称为增容产能。

退役产能 = 产能改造中的产能 + 完全退役的产能

重新配置的产能 = 新风电场的产能

1.4 退役及改造

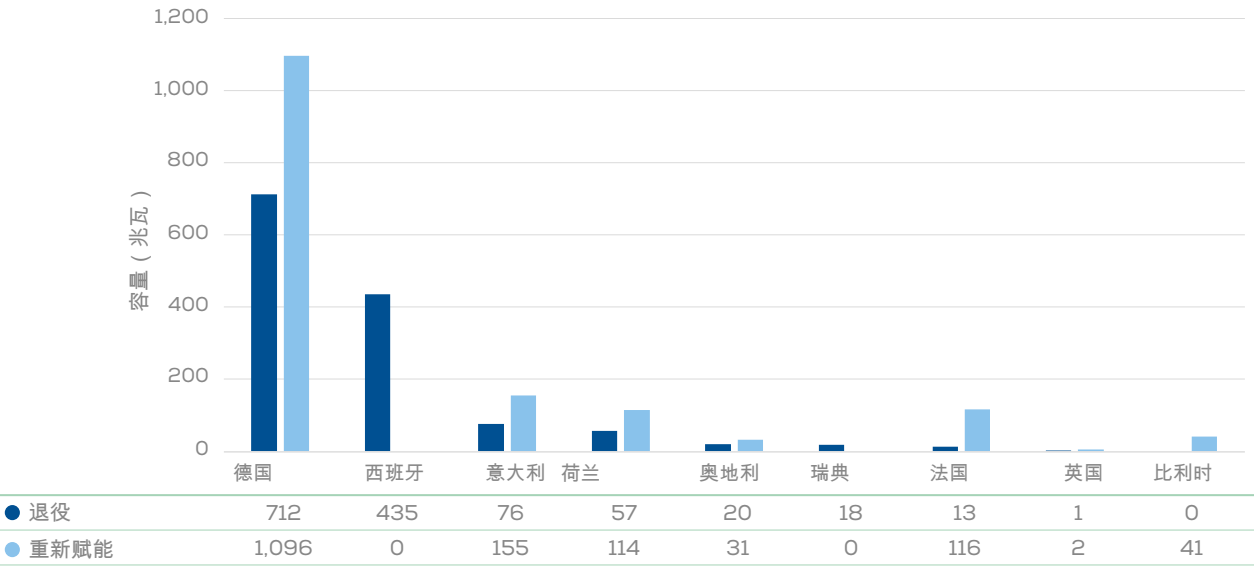
2024年，八个国家共退役了1.3吉瓦。这包括德国（712兆瓦）、西班牙（435兆瓦）、意大利（76兆瓦）、荷兰（57兆瓦）、奥地利（20兆瓦）、瑞典（18兆瓦）、法国（13兆瓦）和英国（1兆瓦）。

在2024年欧洲安装的16.4吉瓦风能容量中，1.6吉瓦来自翻新项目。大部分翻新发生在德国（1.1吉瓦），意大利（155兆瓦）、法国（116兆瓦）、荷兰（114兆瓦）、比利时（41兆瓦）、奥地利（31兆瓦）和英国（2兆瓦）也有部分翻新项目。

重整代表了一个快速提升欧洲风力发电装机容量的重大机遇。不仅较老的项目往往位于最佳的风能资源地点，而且资产所有者应该非常熟悉场地条件，拥有多年的运营数据。大部分基础设施已经到位（道路、变电站），并且通常来自当地社区的反对意见较少（尽管鉴于涡轮机规模的预期增加，与社区进行互动仍然非常重要）。

因此，获取新的许可证应比绿色场项目更快且更高效。

图5. 2024年退役和改造的发电能力



来源：WindEurope

1.6 吉瓦

2024年全面革新

欧盟在2023年修订的《可再生能源指令》中通过专门措施认可了再能源项目的潜力。该立法要求成员国确保所有可再生能源项目的许可程序应在两年内完成，而再能源项目则应在一年内完成（除非在可再生能源加速区域，新项目和再能源项目的截止期限为六个月）。

在国家层面上，仍然存在障碍，这阻碍了重新装机（repowering）的可能性。例如，在意大利，重新装机项目可以参与拍卖，但它们需要降低他们的报价，因为立法者认为重新装机项目的开发成本低于绿色field项目。事实上，这种情况并不总是如此——例如，与绿色field项目不同，重新装机项目往往涉及拆除费用。目前，重新装机项目的许可时间表与新项目的时间表相似。

1.5 电力生成

风力发电在2024年满足了欧盟27国19%的需求，与2023年持平，尽管发电量有所增加。欧盟的电力需求从全球能源危机中有所恢复，2024年的电力需求比2023年高1.4%。

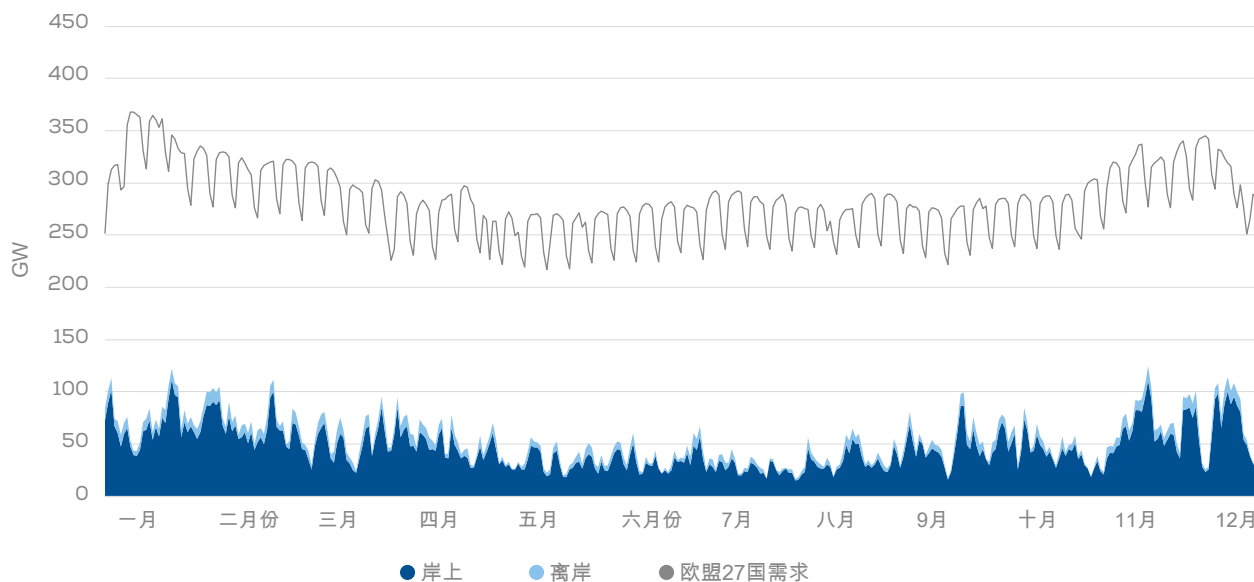
风能在满足需求中的份额，得益于欧盟创纪录的发电水平，这在很大程度上是由新增产能驱动的。欧洲陆上风电条件混合，北部条件良好，而西部和南部则不太有利。近海条件与往年相似。

在欧洲，风力发电部分受限，因为新增容量超过了电网的扩展和现代化。这导致了潜在发电量的损失。

风力发电站在欧盟生产了475太瓦时（TWh）的电力，满足了19%的电力需求（其中陆上风力发电占16.6%，近海风力发电占2.5%）。11月24日，风力发电创造了历史最高日产量（2,995吉瓦时），平均输出功率为125吉瓦，相当于整个电站当天以最大功率运行的大约60%。

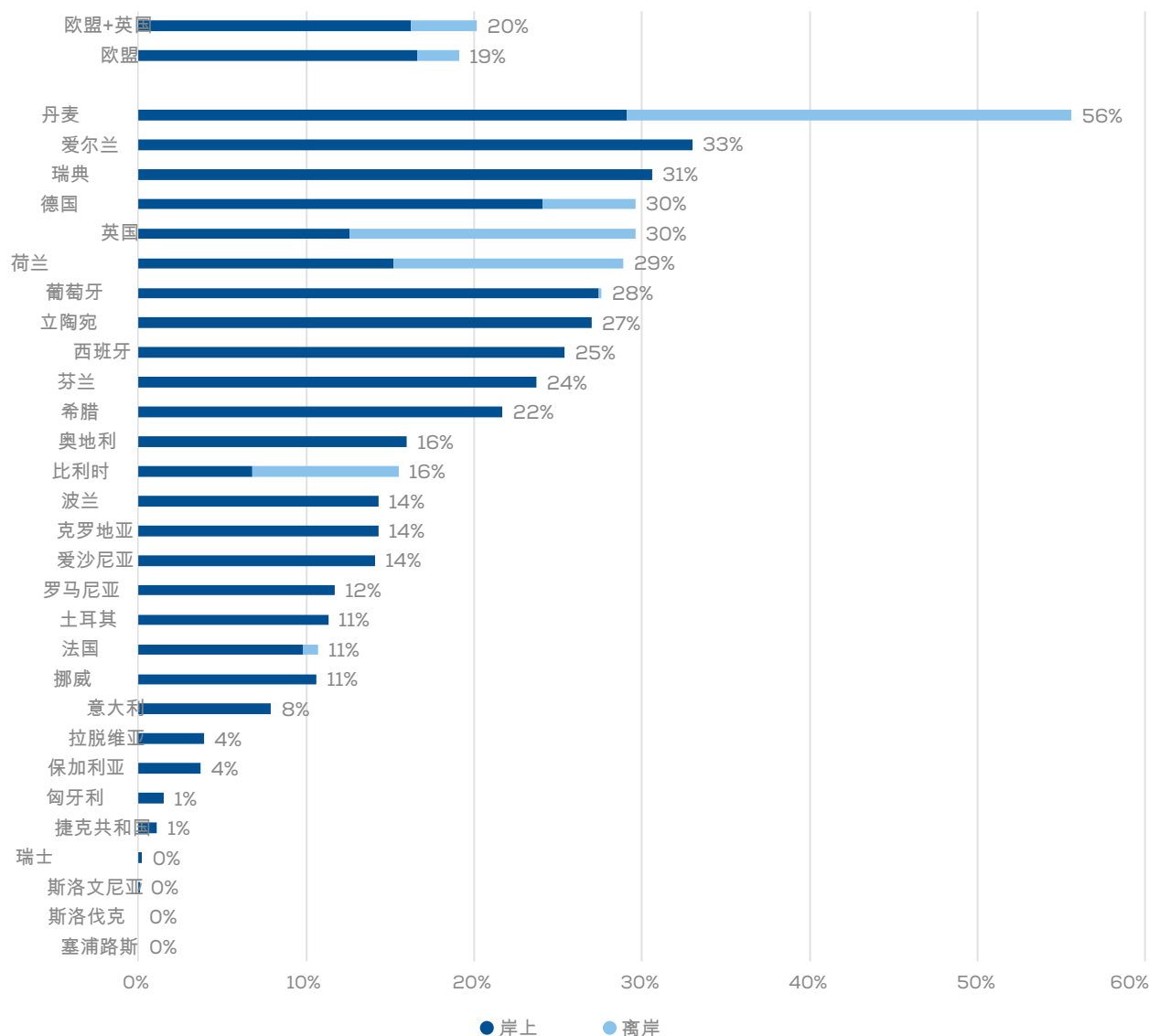
8月5日，风力发电站日发电量达到最低，总计发电量为401 GWh，占当天欧盟需求量的6%。

图6. 2024年欧盟27国电力需求和风力发电（GW）



来源：WindEurope

图7. 2024年风力发电满足的电力需求百分比



来源：WindEurope

风力发电

19%

关于2024年欧盟电力需求的研究 报告

丹麦的风能份额最高，达到56%，其次是爱尔兰，占比33%。瑞典装机容量增长6%以及船队产能系数增长6%的结合使得其需求份额从2023年的26%跃升至2024年的31%，超过了西班牙、荷兰、英国和德国，成为欧洲第三大份额。

爱沙尼亚、芬兰和立陶宛都因强大的建设和有利的风条件而实现了发电量的大幅增长。立陶宛的需求份额从2023年的21%增长到2024年的27%。芬兰的份额从18%增长到24%，爱沙尼亚的份额从10%增长到14%。

英国是非欧盟国家中风电份额最高的国家，占比30%，使它在欧洲排名第五。荷兰（29%）、葡萄牙（28%）和立陶宛（27%）紧随其后，所有这些国家的风力发电量均有所增加，抵消了更高的负荷。

2024年，欧洲所有国家中有一半的国家通过风力发电满足了更大的需求份额。20个国家的风能份额超过10%，包括欧盟的17个国家以及土耳其、挪威。

表2. 2024年欧盟27国和欧盟+英国的风电发电量

	电力消耗 (太瓦时)	陆上风电 能源产量 (太瓦时)	离岸风电 能源产量 (太瓦时)	总风力 能源产量 (太瓦时)	消费份额满足 风能
欧盟27国	2,483	413	62	475	19%
欧盟+英国	2,761	448	109	557	20%

<p>欧盟2024年风能发电实现了绝对产量的又一记录年 (47 5TWh)。风能在总消费中的份额保持稳定在19%，因为欧盟的电力需求仅增长了1%以上。陆上风能满足了16.6%的需求，海上风能覆盖了欧盟2.5%的电力消费。</p>	<p>北部和波罗的海地区的有利风条件导致了瑞典、挪威、芬兰、拉脱维亚、立陶宛和爱沙尼亚的发电量水平提高。在2024年期间，立陶宛、爱沙尼亚和芬兰增加了显著的新产能。这导致了与2023年相比，爱沙尼亚和芬兰全年总发电量分别增长了39%，而立陶宛增长了37%。</p>	<p>他们使用更大的叶片和相对较低的发电机，从而提高了其容量系数。</p>
<p>风力发电在欧盟+英国也达到了创纪录的水平 (557TWh)，满足了两国20%的电力需求。英国的离岸风力发电群产生了47TWh，超过了匈牙利 (43TWh) 的全部电力需求。</p>	<p>欧盟整个风力发电群的容量系数平均为24%。陆上风力发电站的容量系数为23% (较2023年的24%有所下降)，而海上风力发电站的容量系数为35%，较2023年的34%有所上升，与2022年持平。</p>	<p>新陆上风电场的容量系数估计在30-35%之间。对于新海上风电场，这一比例介于42%至55%之间。</p>
<p>在近年来安装的涡轮机越来越强大的背景下，普遍趋势是发电量增加，这一点并不令人惊讶。但是，电力需求和天气条件也影响风能覆盖的消费份额。</p>	<p>与新建风电场相比，整个风力发电机组群的容量系数相对较低，因为它们代表了整个风力发电机组群的表现，包括非常老旧的设施。这些老旧设施通常配备有大型发电机和相对较小的转子 (短叶片)。这些设备最适合非常风大的地区。现代风力涡轮机可以在风能资源较低的地区建造，因此需要利用较低的风速。</p>	
<p>在爱尔兰和英国，相对于装机容量，发电量从2023年下降，这是由于不利的天气条件和报告的风能削减记录水平造成的。</p>		

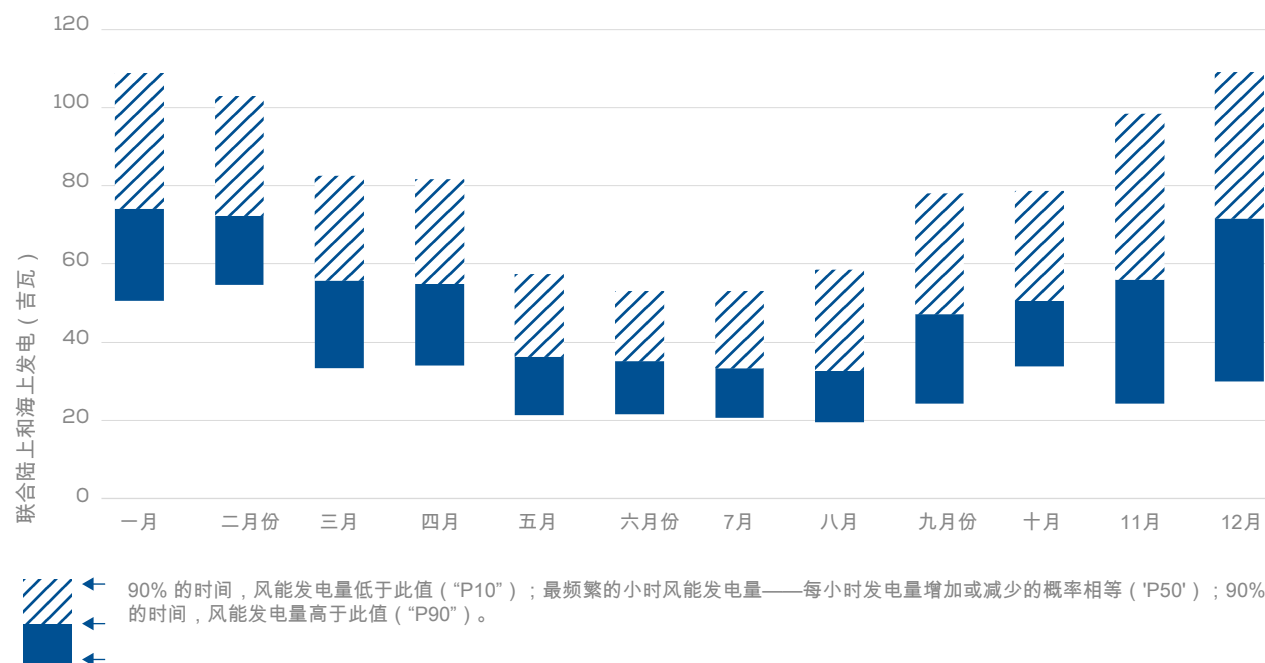
图8展示了2024年每月的风能发电小时数范围。例如，在一月份，风力发电群的平均（中位数）功率输出为74吉瓦，我们大多数时候（90%的时间）可以依赖至少51吉瓦。有几次（所有时间中的10%）输出超过了109吉瓦。在2024年2月，平均（平均值）输出最高，达到77吉瓦。并且，在90%的时间里，欧盟的风能输出超过了25吉瓦，几乎足以覆盖西班牙的平均国家需求。

在5月到8月的暑期期间，每小时的风力发电量（通过方框的大小表示）有所下降，平均发电量也有所降低（通过方框的低位置表示）。

七月和八月平均发电量（中位数和均值分别）最低。90%的小时内的发电量超过了20吉瓦，而10%的小时内的发电量达到了57吉瓦或更高。

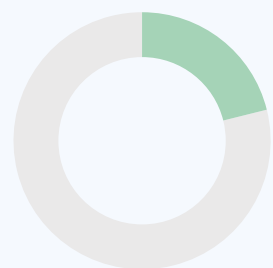
风力发电量是变化的，且小时变化通常遵循一种模式，即冬季月份风能发电量较多且变化较大。在夏季，当稳定、高压的天气系统在欧洲更为常见时，风能发电量往往较低且变化较小。

图8. 2024年欧盟每小时风能发电的分布



来源：WindEurope

2024年欧盟的风能发电



19%

欧盟的电力需求



210 GW
岸上风电容量

17%

欧盟电力需求中由陆上风电满足的部分

23%

平均陆上风电装机容量系数*

475 太瓦时 (TWh)
欧洲风能发电



21 GW
离岸风力发电能力

2%

欧盟电力需求中由海上风电满足的部分

35%

平均 离岸
风力发电容量系数*

最高风电股票



56%



29%



33%



28%



31%



27%



30%



25%



* 整个机队包括旧型涡轮机的产能系数

1.6 发电机尺寸

岸上

欧洲安装的风机的大小和类型在不同国家之间有所差异。2024年在欧洲安装的陆上风机的平均功率额定值为4.6兆瓦，高于2023年的4.5兆瓦。

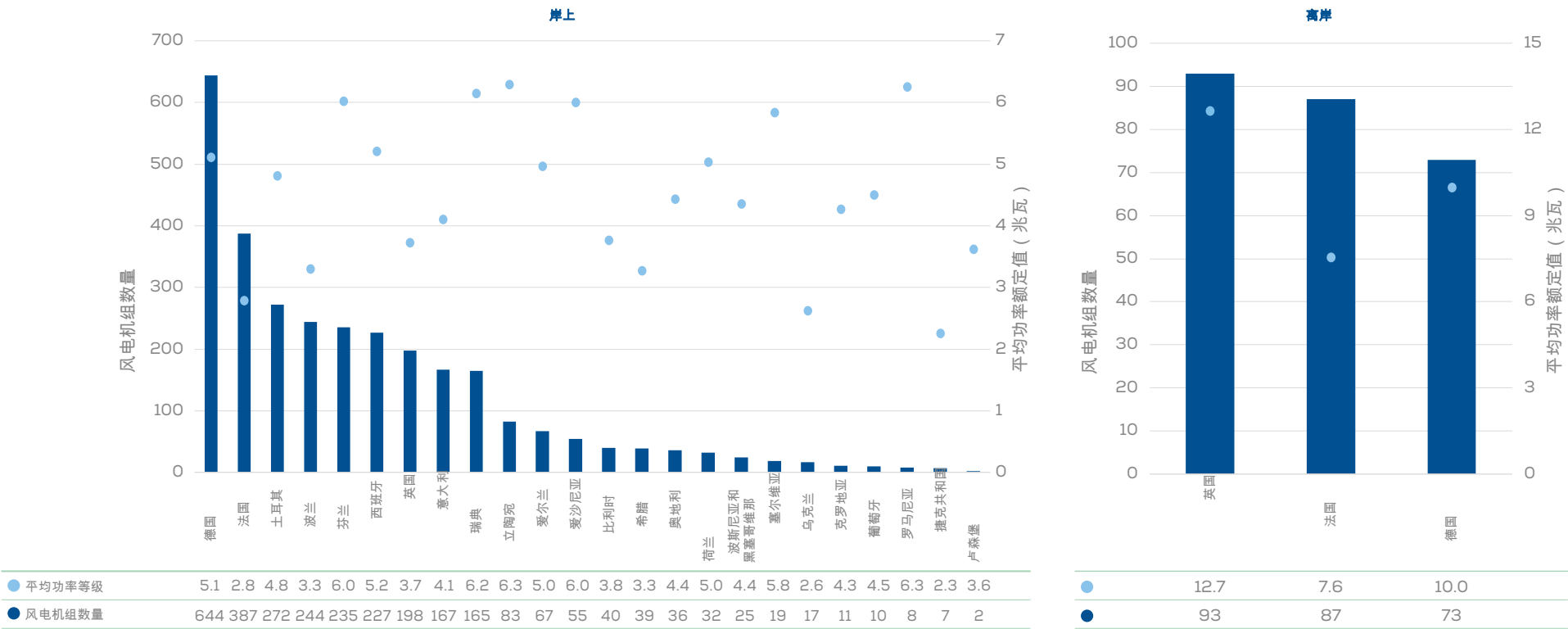
最强大的陆上风力涡轮机安装在立陶宛和罗马尼亚，平均功率评级为6.3兆瓦，其次是瑞典（6.2兆瓦），爱沙尼亚和芬兰（6.0兆瓦）。

捷克共和国的平均功率额定值最低，为2.3兆瓦，尽管仅基于七台安装的涡轮机。乌克兰和法国安装的涡轮机在欧洲的平均功率额定值排名第二和第三，分别为2.6兆瓦和2.8兆瓦。

乌克兰的平均值较低，这是由于工业消费者安装了13台用于自用的二手风力涡轮机，总功率为24兆瓦（每台1.8兆瓦）。排除这些涡轮机后，连接到电网的涡轮机的平均功率评级为5.5兆瓦。

至于法国，严格的身高限制限制了已安装涡轮机的功率等级，导致新安装的涡轮机功率等级平均值为欧洲最低之一，从而限制了陆上风电的潜在效益。

图9. 2024年安装的风机数量及其平均功率评级



来源：WindEurope

基于公开的风机订单，2024年订购的陆上风机的平均功率评级为5.7兆瓦，较2023年的5.5兆瓦有所上升。

离岸

2024年，接入电网的离岸风力发电机组平均功率为10.1兆瓦，高于2023年的9.7兆瓦。英国接入的机组功率最大，无论是平均功率（12.7兆瓦）还是总功率，都在Mo ray West离岸风电场（14.7兆瓦）实现。法国接入的机组功率最小，无论是平均功率（7.6兆瓦）还是在Féca mp风电场安装的7兆瓦机组，都是如此。

2024年海上涡轮机订单的功率额定值平均上升至14.8兆瓦（较2023年的14.7兆瓦有所增长）。这些涡轮机将在未来几年内安装，并可能继续推动新安装涡轮机的功率额定值上升趋势。

1.7 拍卖与招标

2024年，欧洲12个国家共授予了36.8吉瓦的新风力发电容量——陆上风电17吉瓦，近海风电19.9吉瓦。这比2023年授予的容量（27.3吉瓦）高出35%，并创下了单年记录。德国授予的容量最多（19吉瓦），其次是英国（6.3吉瓦）和荷兰（4.1吉瓦）。

岸上

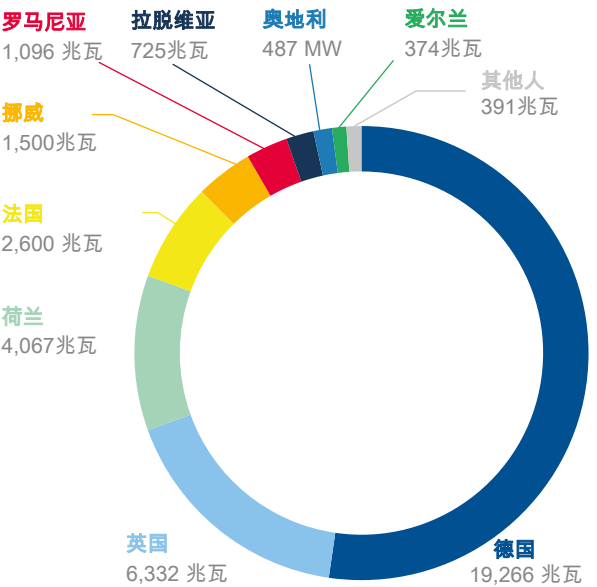
2024年，欧洲国家通过拍卖和招标提供了超过20.6吉瓦的风电，总计奖励了17吉瓦（占提供电力的83%）。

浮动的上网电价奖励分配给了11.5吉瓦的陆上风电容量，其中96%位于德国。获得奖励的项目中，20年支持的平准价格为每兆瓦时73.6欧元，略低于2023年的水平，当时在德国和奥地利的拍卖中分配了6.7吉瓦的陆上风电。

双向差价合约（双边CfDs）在捷克、法国、爱尔兰、意大利、波兰、罗马尼亚和英国共授予总计4.7吉瓦。平均履约价格为81.8欧元/兆瓦时。

在双边合约CfD的情况下，项目能够为他们出售的电力获得最低价格——就如同浮动上网电价模式下所做的一样——但超过这个最低价格销售的电力收益将返回国家。因此，项目为他们出售的电力获得一个固定价格。由于项目无法获得“上侧”收益（价格较高时），敲定价格往往会高于上网电价。

图10. 2024年风电拍卖中获得的资助份额



来源：WindEurope

最后，在2024年，拉脱维亚通过拍卖授予了开发至少725兆瓦陆上风能所需的土地。在这些拍卖中，开发商竞标支付开发陆上风电场的权利费用，但不是为了获得发电支持。

见附录1获取更多按国家划分的详细信息。

离岸

在2024年，七个国家至少提供了对23.3吉瓦的近海风电支持，其中授予85%——或19.9吉瓦。

德国、荷兰、丹麦、爱沙尼亚、挪威和英国新批准的底置式海上风电项目新增产能总计为18.4吉瓦。剩余的1.2吉瓦则授予了法国（750兆瓦）和英国（400兆瓦）的浮式海上风电项目。

负标投标被用于在德国（8.3吉瓦）和荷兰（4吉瓦）分配12.3吉瓦的新容量。开发商将向国家政府支付总计41.4亿欧元的费用以获得开发10.5吉瓦容量的权利——用于开发其中一个获授德国海上风电场所支付的具体金额未公开。

剩余的7.6吉瓦获得了双边合同支持。在英国（3.4吉瓦）和挪威（1.5吉瓦）新授予的底部固定容量获得了为期15年的支持，平均成交价为99.4欧元/兆瓦时。自2022年AR4以来，由于成本显著上涨，1.6吉瓦的英国项目也对其部分产能进行了重新投标。

在法国，A05布列塔尼南部和AO6地中海浮式项目获得了从每兆瓦时85.5欧元到92.7欧元的竞标底价。

这创造了海上浮式风力发电的最低记录。但法国的招标在许多方面都是独特的。项目开发商无需为出口电缆或海上变电站的电网连接付费。海上浮式风力发电是一个相对较新的行业，我们预计在欧洲，价格将根据项目的具体情况和拍卖特性而大幅波动。

在英国，例如，400兆瓦的绿色伏特浮动风电项目获得了每兆瓦时236.3欧元的固定价格。尽管法国的海上风电能源项目被授予了20年的双边合同融资协议，但英国的项目只得到了15年的支持。此外，英国的离岸风电项目开发商必须参加海底租赁拍卖的投标，而在法国并非如此。

关键的是，37吉瓦的离岸风力发电容量未被分配，因为在各自2024年离岸风电招标中，丹麦（3吉瓦）和立陶宛（0.7吉瓦）未授予任何合同。

一些原计划于2024年下半年进行的离岸风能拍卖轮次现已被安排至2025年。这包括爱尔兰的ORESS 2.1（900兆瓦），以及意大利和葡萄牙首次进行的离岸风能拍卖。

见附录1获取更多按国家划分的详细信息。

表 3. 2024 年风力能源支持项目的拍卖和招标

岸上	拍卖	MW 获奖	拍卖类型	支持机制	价格 (欧元/兆瓦时)
奥地利	EAG - 2024年4-5月轮次	162	特定技术	可再生能源购电溢价 (浮动)	96
	EAG - 2024年7-8月轮次	35	特定技术	可再生能源购电溢价 (浮动)	95
	EAG - 2024年9-10月轮次	30	特定技术	可再生能源购电溢价 (浮动)	96
	EAG - 2024年11月-12月轮次	231	特定技术	可再生能源购电溢价 (浮动)	96
	EAG - 2024年5月轮	29	技术中立	可再生能源购电溢价 (浮动)	101
克罗地亚	2024拍卖轮	-	特定技术	差异合约	-
捷克共和国	第四次通话	25	技术中立	差异合约	125
	第五次通话	89	技术中立	差异合约	124
法国	AO PPE2 中性	37	技术中立	差异合约	84
	AO PPE2 陆上风电第七轮	1.058	特定技术	差异合约	88
	AO PPE2 陆上风电第八轮	755	特定技术	差异合约	88
德国	脑电图 - 2024年2月轮次	1.795	特定技术	可再生能源购电溢价 (浮动)	73
	脑电图 - 2024年5月调研轮	2.379	特定技术	可再生能源购电溢价 (浮动)	73
	脑电图 - 2024年8月轮次	2.724	特定技术	可再生能源购电溢价 (浮动)	73
	脑电图 - 2024年11月轮次	4.098	特定技术	可再生能源购电溢价 (浮动)	72
爱尔兰	RESS 4	374	技术中立	差异合约	90
意大利	FER 1 - 第14轮	98	技术中立	差异合约	76
	FER 1 - 第15轮	88	技术中立	差异合约	76
拉脱维亚	2023年土地租赁	725	技术中立	零补贴报价	-
波兰	2024年轮次针对1兆瓦以上的系统	91	技术中立	差异合约	35-41
罗马尼亚	2024轮	1.096	特定技术	差异合约	65
荷兰	SDE++ 2024	67	特定技术	可再生能源购电溢价 (浮动)	
乌克兰	2024轮	-	特定技术	可再生能源购电溢价 (浮动)	-
英国	第六轮陆地风电分配	990	特定技术	差异合约	86

离岸	拍卖	MW 获奖	拍卖类型	支持机制	价格 (欧元/兆瓦时)
丹麦	北海I-区域1	-	底部固定	零补贴报价	-
	北海I - 区域2	-	底部固定	零补贴报价	-
	北海I - 区域3	-	底部固定	零补贴报价	-
法国	AO5 - 布里特尼南1	250	浮动的	差异合约	86
	AO6 - Narbonnaise 1	250	浮动的	差异合约	93
	AO6 - 福斯湾 1	250	浮动的	差异合约	86
德国	N-11.2 (该站点未进行预调查)	1.500	底部固定	零补贴报价	n.a.
	N-12.3 (该地点未进行预先调查)	1.000	底部固定	零补贴报价	n.a.
	N-9.1 (预调查地点)	2.000	底部固定	零补贴报价	n.a.
	N-9.2 (预调查场所)	2.000	底部固定	零补贴报价	n.a.
	N-9.3 (预调查现场)	1.500	底部固定	零补贴报价	n.a.
	N-6.7 (预调查地点)	270	底部固定	零补贴报价	n.a.
立陶宛	第二次海上拍卖	-	底部固定	差异合约	-
荷兰	IJmuiden Ver Alpha	2.000	底部固定	零补贴报价	n.a.
	IJmuiden Ver Beta	2.000	底部固定	零补贴报价	n.a.
挪威	索尔吉莱·诺斯约II	1.500	底部固定	差异合约	99
英国	CFD 分配第六轮 - Hornsea 4	2.400	底部固定	差异合约	99
	CfD分配轮次6 - 东盎格利亚2	963	底部固定	差异合约	99
	CfD分配轮次6 - Inch Cape (许可的减少)	266	底部固定	差异合约	92
	CfD 分配轮次 6 - Moray 西部 (许可的减少)	74	底部固定	差异合约	92
	CFD 配额第六轮 - 东盎格利亚3 (许可的减少)	159	底部固定	差异合约	92
	CfD分配轮次 6 - 霍恩西 3 (许可的减少)	1.080	底部固定	差异合约	92
	CfD 配额分配第六轮 - 绿色伏特	400	浮动的	差异合约	236

欧洲风力发电：全景图

2.1 欧洲总风力发电装机容量

现在欧洲已安装的风电装机容量为285吉瓦。其中87% (248吉瓦) 位于陆上，13% (37吉瓦) 位于海上。

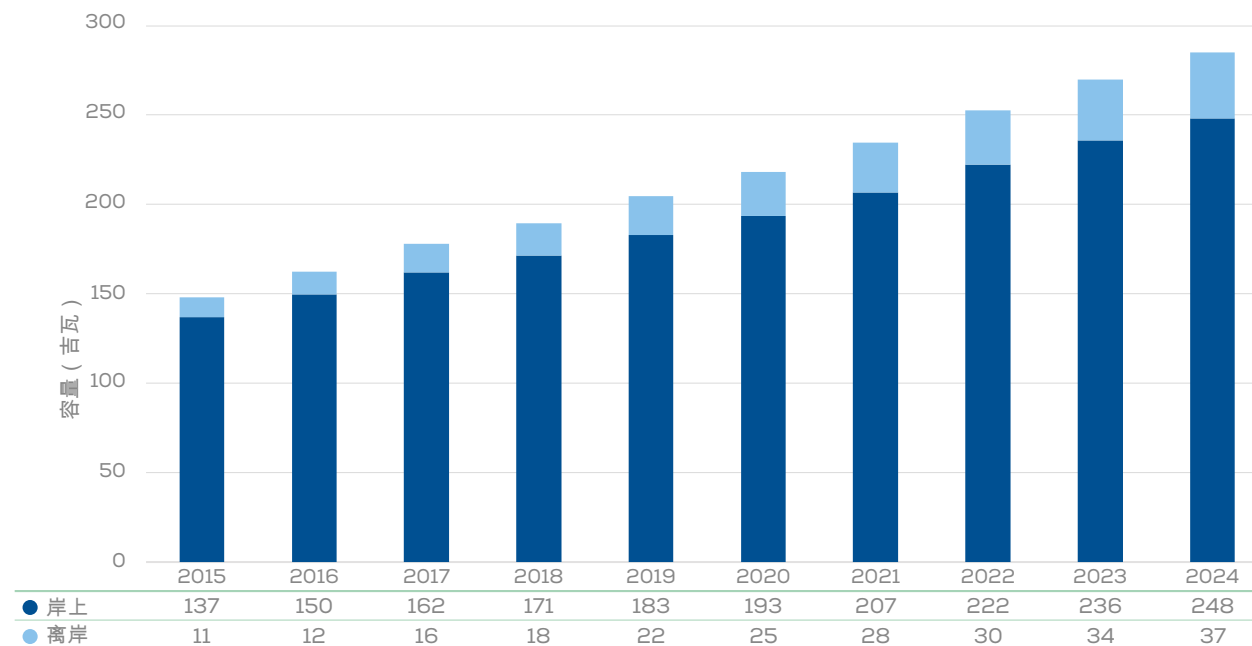
在欧盟27国，总装机风电容量已达到231吉瓦，其中陆上风电容量为210吉瓦 (占91%)，海上风电容量为21吉瓦 (占9%)。

欧洲现在拥有

285 GW

风电装机容量

图11. 2015-24年欧洲风能装机容量增长



来源：WindEurope

2/3

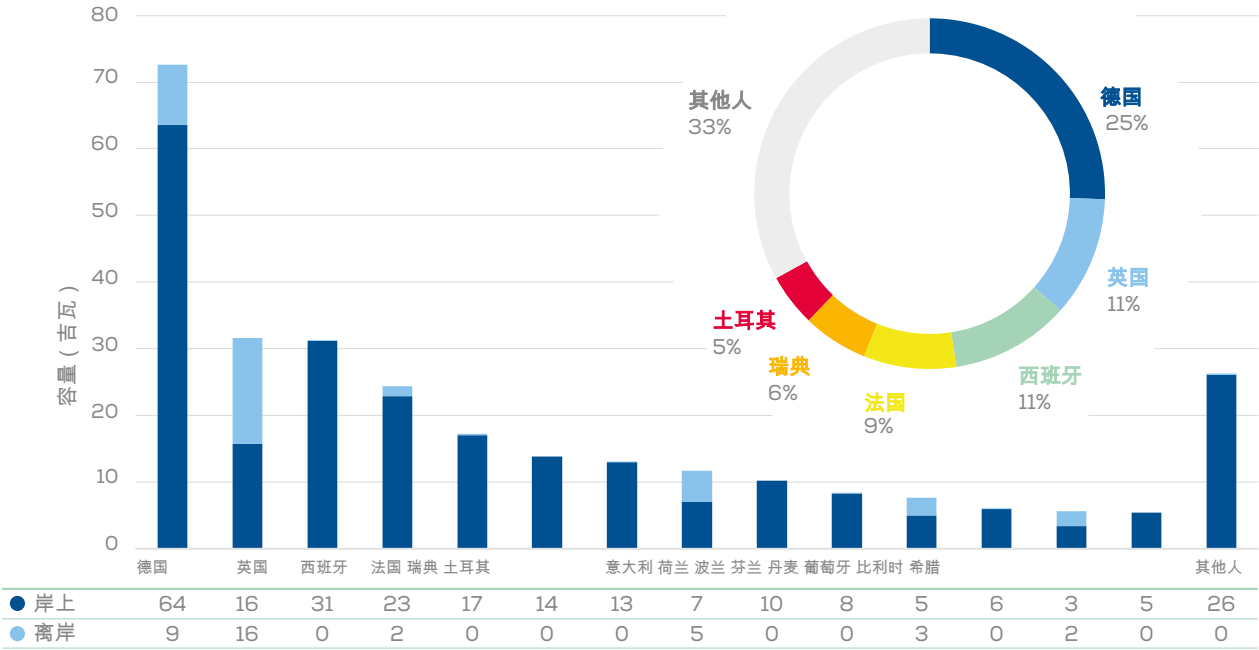
欧洲风力发电装机容量仅安装于六个地区国家

德国继续在欧洲保持最大的已安装风电容量，达到72.7吉瓦。英国超过西班牙，成为第二大已安装风电容量国家，达到31.6吉瓦。西班牙（31.2吉瓦）、法国（24.4吉瓦）、瑞典（17.2吉瓦）和土耳其（13.8吉瓦）共同占据了欧洲总已安装容量的三分之二。意大利（12.9吉瓦）、荷兰（11.7吉瓦）以及首次进入前十名的波兰（10.2吉瓦）共同构成了欧洲已安装风电容量超过10吉瓦的国家。

芬兰（8.4吉瓦）、丹麦（7.6吉瓦）、葡萄牙（6吉瓦）、比利时（5.6吉瓦）、希腊（5.4吉瓦）和挪威（5.2吉瓦）均拥有超过5吉瓦的安装风力发电容量。

三个国家的装机容量超过30吉瓦——爱尔兰（49吉瓦）、奥地利（40吉瓦）和罗马尼亚（32吉瓦）。

图12.各国总风力发电装机容量



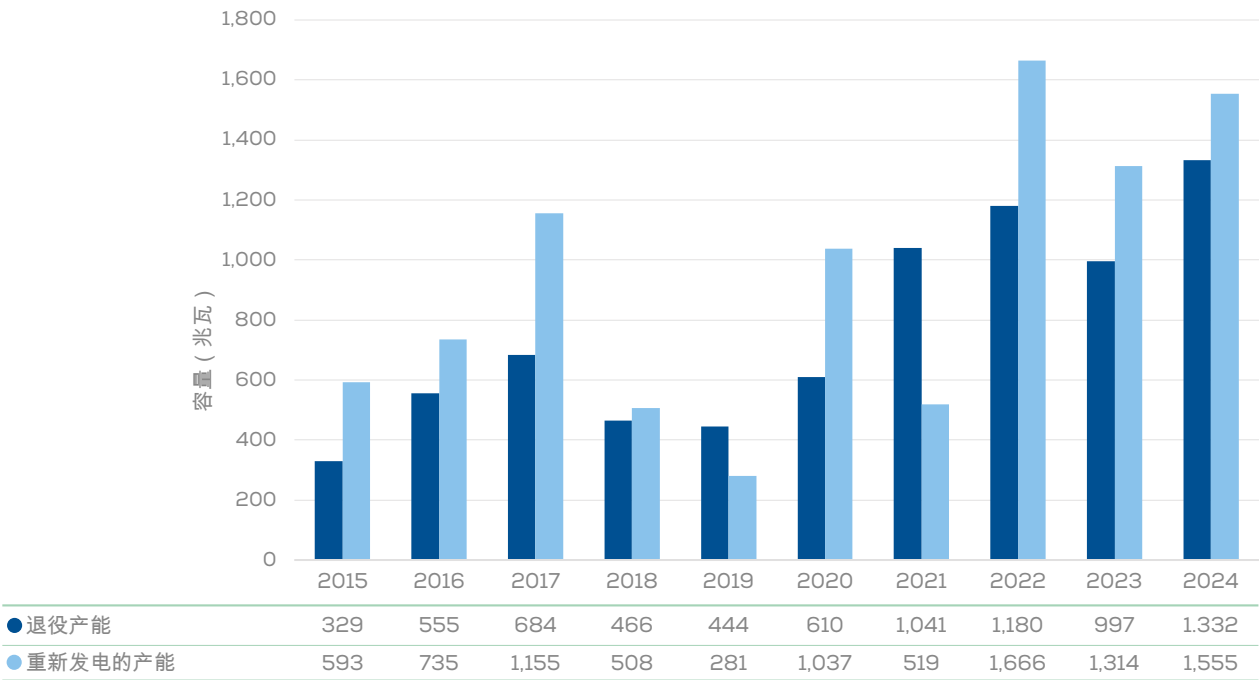
来源：WindEurope

2.2 停运和改造趋势

1.3吉瓦的风电装机容量在2024年从欧洲退役。德国占这个数字的一半以上，关停了712兆瓦。连同西班牙（435兆瓦）和意大利（76兆瓦），这些国家占去年退役装机容量的90%以上，所有的都是陆上风电。

在2024年安装的16.4吉瓦中，1.6吉瓦来自翻新项目。德国安装的翻新能力最多（1.1吉瓦），意大利以155兆瓦的成绩位居第二，两国均有净增长。与此同时，西班牙没有安装任何翻新能力。

图13. 2015-24年欧洲退役及改造后的产能



来源：WindEurope

随着欧洲的风机机队老化，预期改造量将增加。一些政府正制定新规定以促进改造。但只要电力价格保持在预期之上，经济状况将继续有利于延长涡轮机的使用寿命。

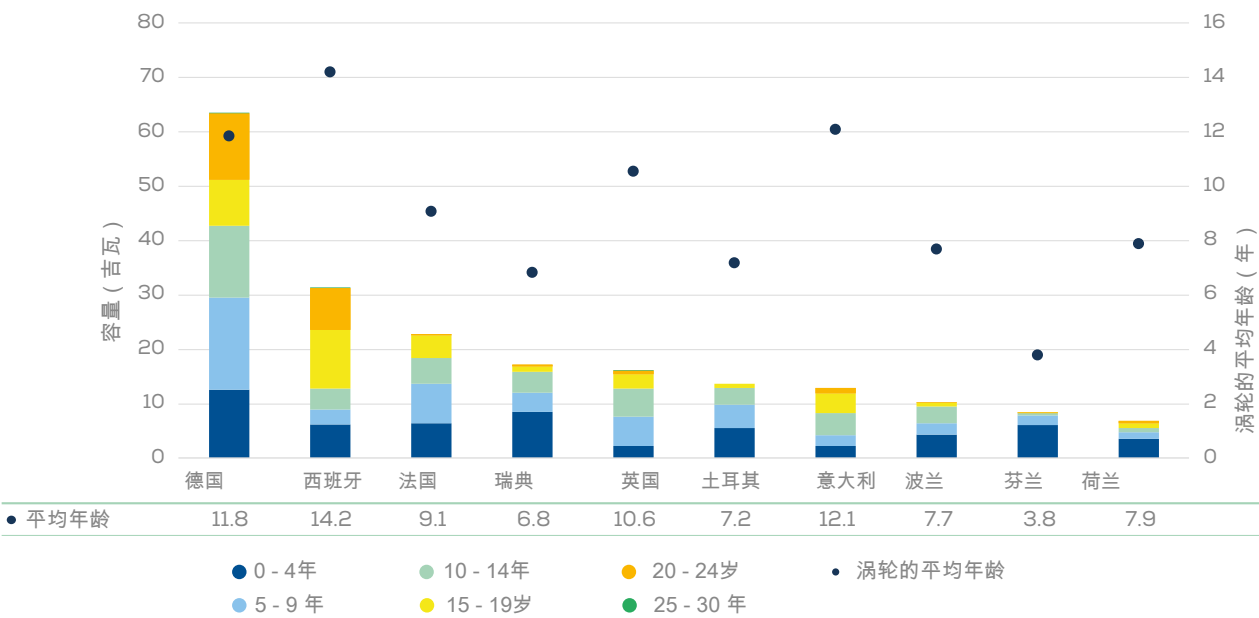
许多欧洲的陆上风电场正接近支持其发电合同（通常在过去的支持制度下为陆上20年，海上15年）的结束。欧洲现有的风电场中已有26吉瓦的运行时间超过20年。到2030年，将有57吉瓦的容量超过20年。平均而言，丹麦、西班牙和葡萄牙拥有最老的风电舰队。德国和西班牙的装机容量最大，可能需要升级改造，分别有21吉瓦和19吉瓦的容量超过15年。

但是，大多数目前达到其发电支持机制末期的风力农场都选择了某种形式的生命周期延长，这不仅仅是因为在许多情况下，关于升级改造的立法框架未能认可升级改造所带来的额外价值。这在西班牙尤为如此，因为与获取新的电网连接相关的障碍、陆上风电支持机制的缺失以及繁琐的许可程序，所有这些都结合起来，为升级改造创造了不吸引人的环境。

风力场改造使平均输出量翻三倍，同时减少了风力涡轮机的数量。因此，这是快速提高欧洲风能生产的好方法。

到2030年，几乎所有重新发电的产能都来自陆上风电。

图14. 欧洲陆上风电场平均年龄



来源：WindEurope

第二点三：涡轮机趋势

岸上

2024年在陆地上安装的风机平均功率评级为4.6兆瓦，较2023年的4.5兆瓦有所上升。在此之前，平均功率评级从2015年的2.5兆瓦增长，在过去十年中增长了84%。

除了新型、更强大的机器之外，近年来还推出了直径更大、功率较低的涡轮机，这些涡轮机适用于风速较低的地区。这增加了经济上可行的项目的潜在地点数量。

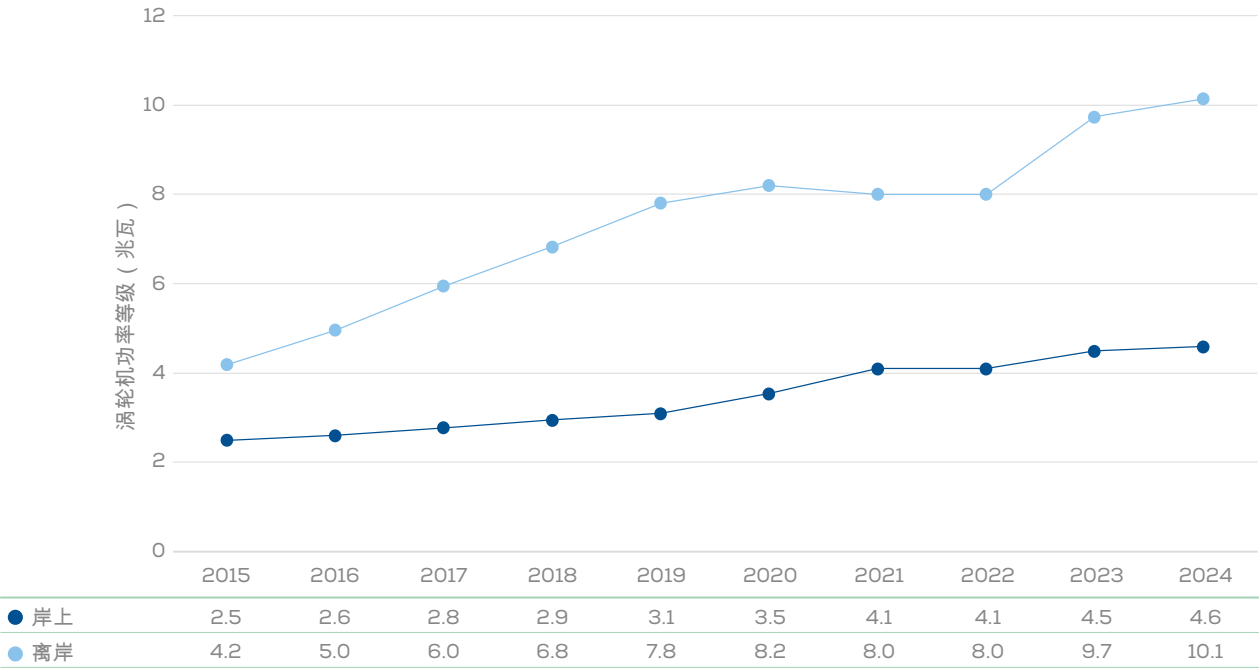
海上涡轮机在过去一年订购的平均功率评级达到创纪录的5.7兆瓦（比2023年的5.5兆瓦有所上升）。在未来几年在地面部署这些涡轮机，可能会进一步推高已安装的陆上涡轮机的平均功率评级。

离岸

欧洲安装的海上风力涡轮机的平均功率在过去十年增长了2.4倍，自2022年以来增长了超过四分之一。

评级对于订购的离岸涡轮机也达到了去年的历史最高水平，平均功率为14.8兆瓦，略高于2023年的14.7兆瓦。随着新型、更强大的涡轮机即将进入市场，未来几年安装的离岸风力涡轮机的平均功率评级应继续上升。

图15. 欧洲安装的涡轮机的平均功率评级，2015-24



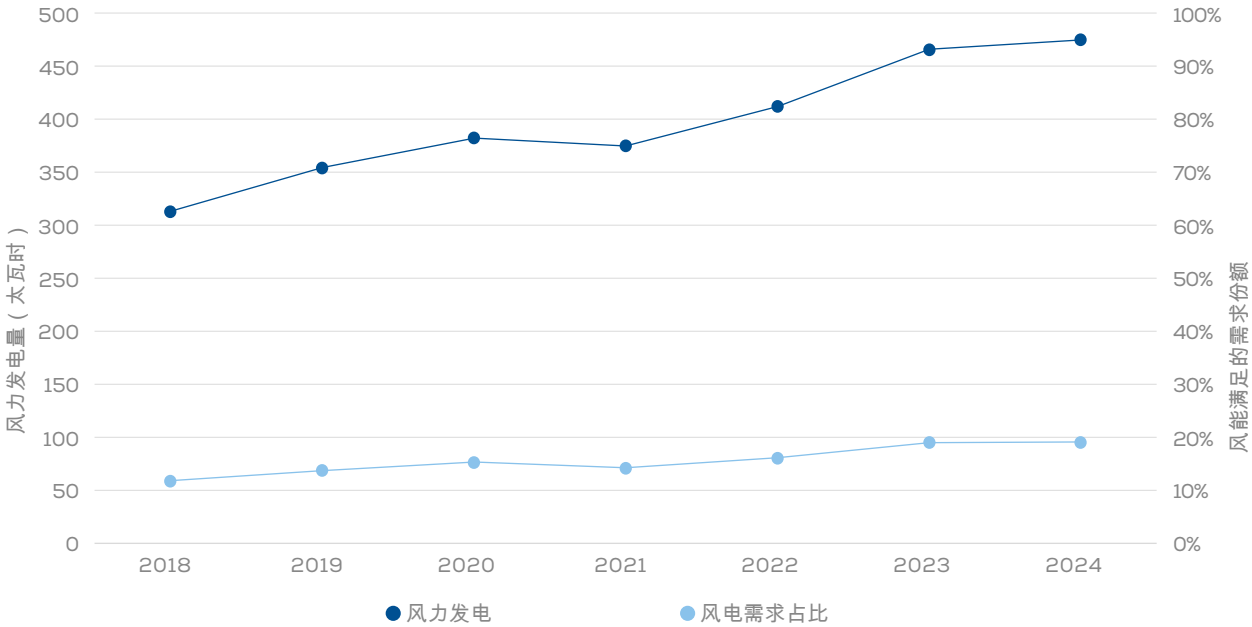
来源：WindEurope

2.4 电力发电趋势

欧盟的风能发电量从2018年的313太瓦时稳定增长到2024年的475太瓦时，其中2021年是一个异常年份，发电量低于2020年。同一时期，电力需求从2018年的2652太瓦时下降到2024年的2483太瓦时。这在一定程度上是由于2020年的COVID-19大流行和随后在2022年俄罗斯入侵乌克兰后出现的能源危机。

风力发电在2018年满足了欧盟12%的总需求，到2024年这一比例上升至19%，与2023年持平。总体而言，随着风力涡轮机技术的进步，风力涡轮机的容量系数随着时间的推移而增长。在过去几年中，许多国家在其风力涡轮机机队中观察到容量系数的上升，因为它们安装了更多现代型号。

图16. 欧盟的风能发电量和需求份额，2018-2024年



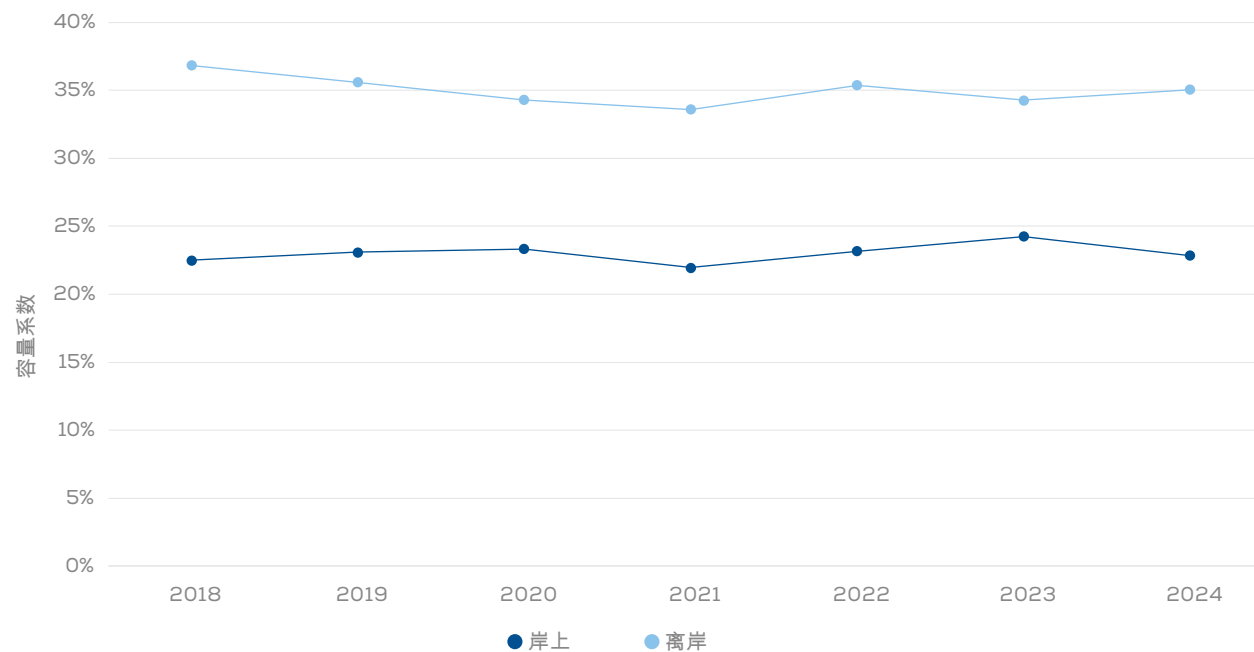
来源：WindEurope

在整体观察欧洲时，其他因素便显现出来。各国安装的风机尺寸对整体影响极大。如果在通常安装尺寸较小的风机（例如由于更严格的法规）的国家中，安装的风机更多，这将会提升低容量系数的风机比例。

在这种情况下，欧洲船队的容量系数可能会下降。整个大陆的风力条件也会影响船队整体的容量系数趋势。2021年，北欧的风力低于平均水平。尽管南欧的情况相反，但大部分的风电装机容量位于北方。这种影响可以从那一年的容量系数统计中看出。2023年，尽管北欧的不利条件导致海上风电容量系数下降，但欧盟陆上风电的创纪录装机量抵消了这一点，这一年是发电量创纪录的一年。

海上风电在全欧盟船队中的容量因素通常比陆上风电更具变异性，因为船队集中在较小的地区（尽管是在规模更大、风资源更强且更稳定的农场）。2024年，欧盟陆上风电的容量因素有所上升。这表明资源多样化的好处；风总是在欧洲的某个地方吹着。

图17. 欧盟已安装风力涡轮机的平均容量系数，2018-24



来源：WindEurope

2.5 投资

2024年，风力发电场投资价值达330亿欧元，为19.9吉瓦的新风力发电能力提供资金——预计将在未来几年内投入使用。

欧洲陆上风电投资总额达到247亿欧元，为大约17.3吉瓦的新陆上风电容量提供资金。这是自2016年以来新陆上风电投资的最大年度投资额，当时陆上风电投资为19.5吉瓦的新容量提供资金。

在欧洲，陆上投资总额约为190亿欧元，为13.1吉瓦的新项目提供资金。仅德国和西班牙的投资就几乎占到了总额的一半。

欧洲的海上风电投资总额达到79亿欧元，为约2.6吉瓦的新海上风电产能提供资金——这些产能全部位于欧盟境内。其中，四个获得融资的风电场中有三个位于德国（Nordseecluster A&B和Windanker），剩下的一个，Oranjewind，位于荷兰。

离岸投资额从2023年的记录水平下降近80%，而2023年是创纪录的一年。然而，这对于离岸风电的年度投资来说是一种正常变化。由于离岸风电场往往非常庞大（通常按吉瓦计量），每年仅做出少量的最终投资决定（FIDs）。这使得年度投资额范围广泛，这些数据高度依赖于这些交易的时机。

波罗的海2号和英奇角项目最初希望于2024年获得融资，但最终于2025年1月作出最终投资决定（FID），为2.6吉瓦的产能筹集了107亿欧元。这些金额将被纳入2025年的统计数据。

风力能源行业仍然面临诸多挑战：成本上升、审批流程缓慢、拍卖效率低下

设计，以及全球供应链竞争——所有这些都影响融资。

最初，供应链被认为是主要的瓶颈。但自2022年以来，制造商和供应商重申了至少投资110亿欧元以显著扩大机舱、叶片、塔架、基础、电缆、变电站和其他电网部件的制造设施的计划，以及海上风电的港口基础设施和船只。

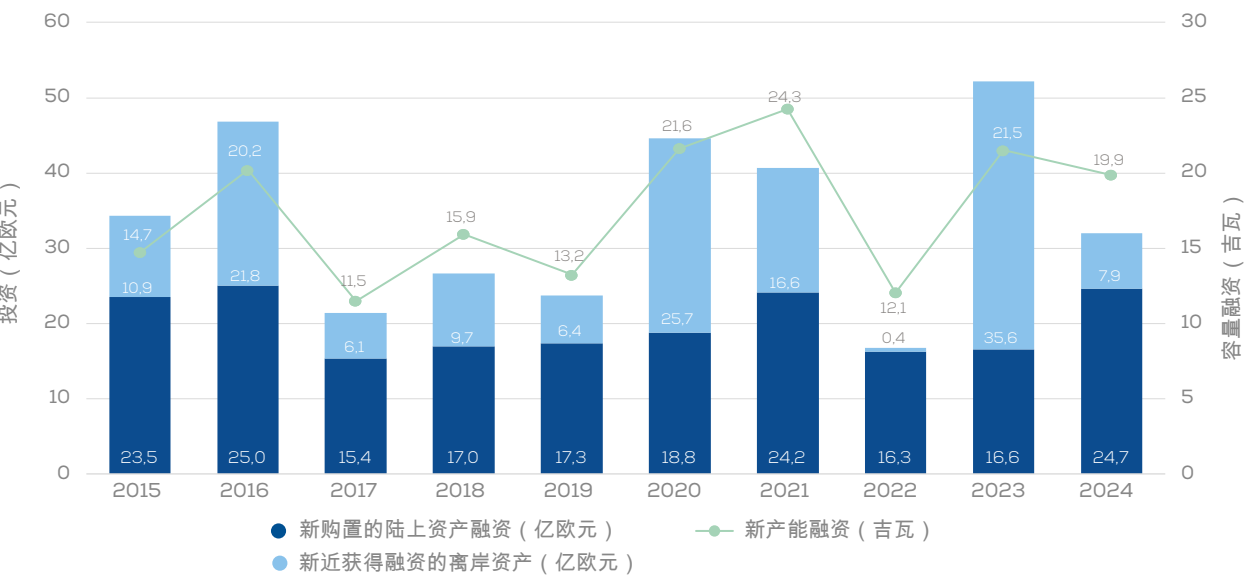
电缆和电网技术是推动工厂扩建和新建的关键领域。对于涡轮机，基础建设投资最大，预计在未来三年内生产能力将几乎翻倍。这些投资应该足以满足欧洲未来3-4年的安装管道需求。

但需要继续规划以应对下一次安装规模的扩大——预计在十年末，主要是在海上。

欧洲投资银行（EIB）的反担保计划支持中介机构（商业银行）为风力涡轮机制造商及其相关产业链发行预付款和履约保函。他们已经以至少30亿欧元分六个批次向德国、法国、意大利和西班牙的商业银行提供担保。

释放更多投资将需要结合私人资本、由管道整合触发的资本，以及旨在扩大技术和制造规模的不同机制。

图18. 2015-2024年新风力发电场投资（GW和€bn）



来源：WindEurope



展望2025-2030

3.1 WindEurope的前景展望

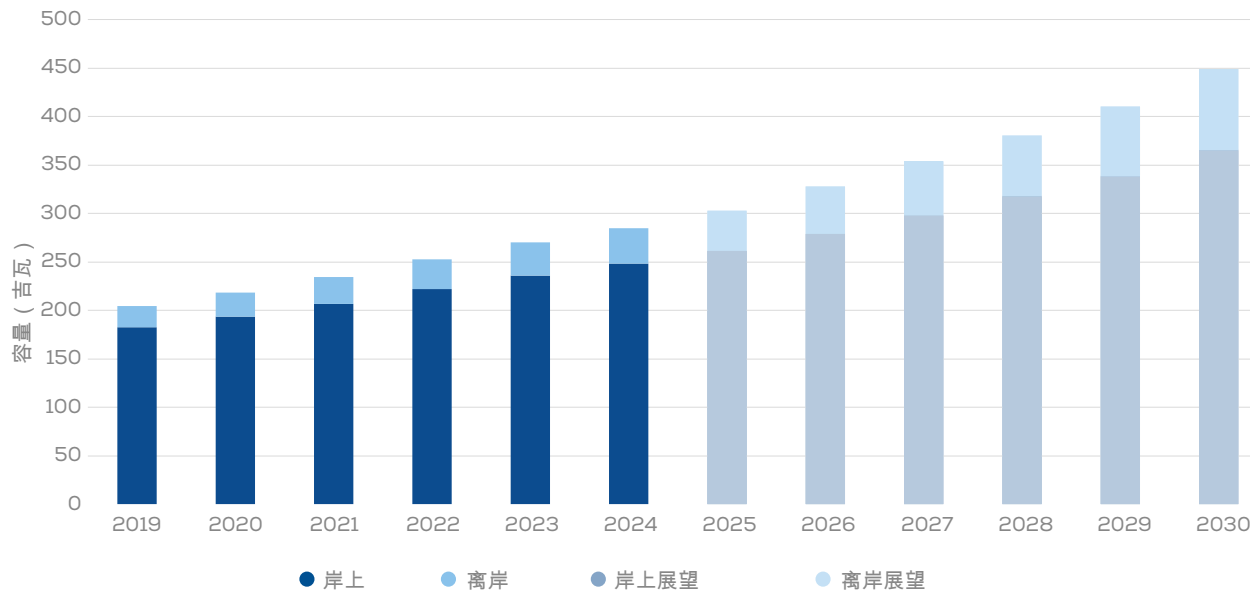
欧洲风能协会的 **展望** 关于风力发电装机容量，本报告审视了到2030年欧洲风力发电容量可能的发展趋势。

The **展望** 本报告概述了未来六年欧洲装机容量的最佳估计，包括可能影响安装的任何政治或经济变化。我们考虑了欧盟法规的最新进展、国家政策、已签署的电力购买协议（PPA）的公告、项目开发时间表以及风力发电在即将到来的拍卖和投标中获取更多装机容量的能力。在此情景下，欧洲将安装187吉瓦，平均每年装机率为31吉瓦。

在欧盟，我们预计在2025年至2030年之间将安装140吉瓦，平均每年安装23吉瓦。

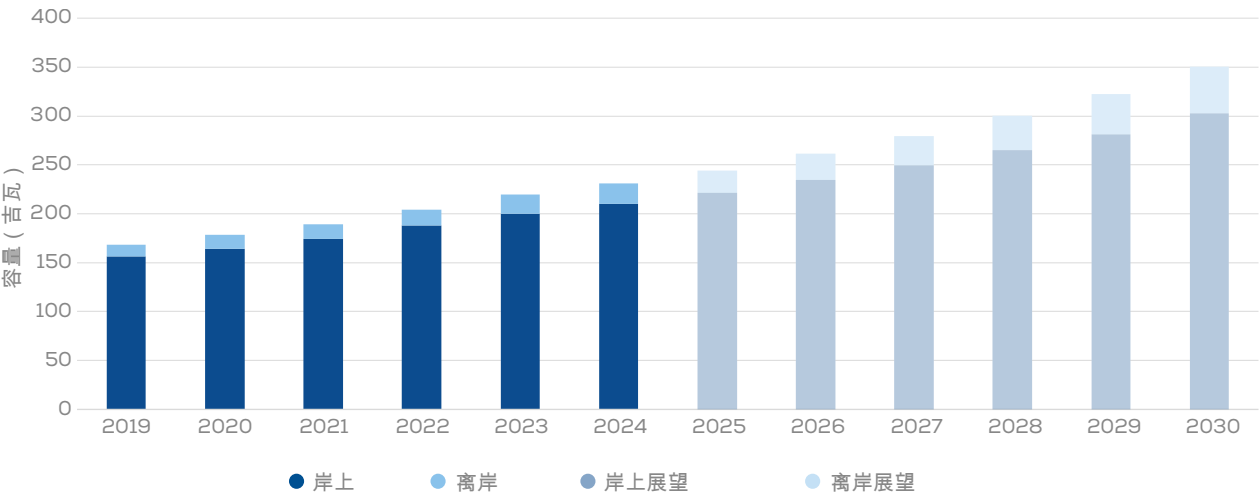
欧洲新增陆上风电装机预计将占新建项目的近75%，以及欧盟新装机容量的81%。到2030年，我们预计欧洲的风电装机容量将达到450吉瓦。

图19. 欧洲新增风力发电容量 - WindEurope展望



来源：WindEurope

图20. 欧盟新增风能发电容量 - WindEurope的前瞻



来源：WindEurope

预计2025-2030年年度建设规模的预期增长将使欧盟达到351吉瓦。欧盟的2030年目标是425吉瓦。

欧盟的装机容量预计将在2025年达到17.4吉瓦。这比2024年安装的容量多出4.5吉瓦，包括原本计划于2024年安装但推迟至2025年的容量，以及波兰首次并网的风电容量。

在欧洲范围内，我们预计2025年的陆上（18吉瓦）和海上（4.5吉瓦）风力发电装机容量将比2024年有所增加。对于陆上装机容量，这包括2024年延迟的项目以及在2023年和2024年陆上风力发电项目授予创纪录量中的成功项目。海上方面，我们预计将有几个大型风电场投入运营，包括法国的尤伊/诺里穆蒂耶岛（496兆瓦）、英国的尼尔特·纳·高伊特（448兆瓦）以及德国的赫德赖特（960兆瓦）。

到未来六年内，在欧盟新建的42%陆上产能将来自于未来拍卖中中标的项目。在离岸领域，未来六年新增的10%装机量也将来自于未来拍卖中中标的项目。

任何拍卖延迟也将推迟新项目的建设，并导致欧盟的装机容量低于最初预测的水平。

3.2 陆上风电展望

陆上风电预计将在2030年之前的安装中占据压倒性多数。我们预计在2025-2030年期间，陆上风电新增总容量将达到140吉瓦，占欧洲预测新增187吉瓦容量的75%。

考虑到本时期预期的退役，我们预计到2030年欧洲的陆上安装总容量将达到366吉瓦。

在欧洲，我们预计到2030年将有113吉瓦的额外陆上风力发电能力，占总装机容量140吉瓦的81%。预计欧盟的陆上风力发电总装机容量将达到304吉瓦。

图21列出了欧盟按支持类型分类的年度陆上安装预期总装机量。标有“已在拍卖中授予”的容量表示那些已在拍卖中成功并已设立收入支持的项目。因此，这些项目极有可能被开发，并在2025-2027年期间代表大约26吉瓦的装机量。

蓝色标签类别“计划拍卖”包括我们预计将在已安排的拍卖中获得容量的部分，这些拍卖将在接下来的几年内进行。我们不假设所有提供的容量都将被分配，我们预计在不同市场上，提供的容量获得分配的比例将会有不同的成功率。每个国家的分配率假设介于65%至100%之间。

我们预计在2025-2030年期间，通过拍卖总共将有35吉瓦的风力发电容量获得授权。

模式化的浅蓝色标签“预期将进行拍卖”表示的是在尚未最终确定拍卖的拍卖中可能分配到的容量。在许多情况下，拍卖已经宣布，但细节尚未确定，或者尚未制定时间表。在本十年剩余的时间里，即到2030年，本类别总容量为13吉瓦。

在整个2025-2030年期间，预计欧盟境内总装机容量将达到113吉瓦。

因此，我们假定至少74吉瓦或65%的容量将来自通过拍卖分配的风力发电场。

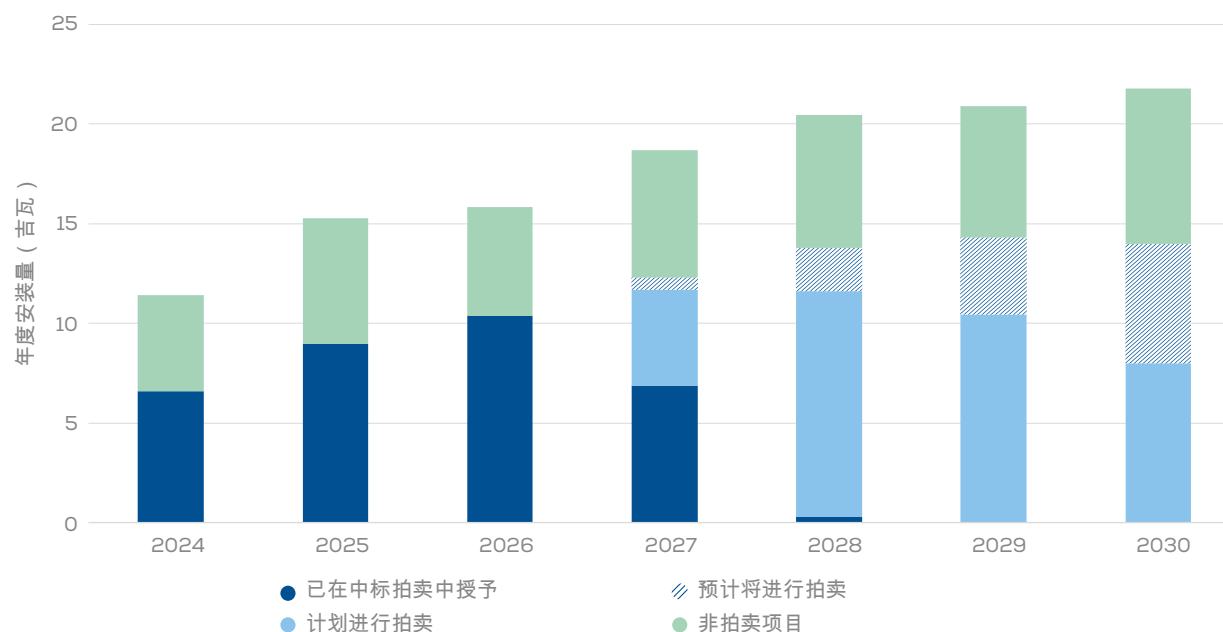
绿色光线区域标有“非拍卖项目”表示通过非拍卖方式开发的太阳能发电能力。

正在通过中央拍卖系统进行，即那些将通过电力购买协议（PPAs）得到支持的项目，或完全基于批发商基础进行开发的项目。

在一些市场，如瑞典和芬兰，政府不提供支持，因此所有项目都以这种方式开发。在批发或PPA基础上将要开发的产能包括这些市场以及在其他市场（包括那些采用集中拍卖系统的市场）中一定比例的项目产能。我们预计从2025年至2030年，将有39吉瓦的总产能以批发/PPA方式进行开发。

请参阅附录2，查看按国家划分的详细情况。

图21. 欧盟拍卖和非拍卖陆上新建项目的分解



来源：WindEurope

3.3 海上风电前景展望

欧洲对近海风能抱有雄心勃勃的期望。从许多方面来看，它非常适合——拥有丰富的浅海资源，并且风力资源非常好，尤其是在北海和波罗的海地区。并且，欧洲在全球近海风电开发中一直处于领先地位，拥有强大的供应链和长期的成功记录。

欧洲各国政府已经认可了离岸风的益处。他们最初于2021年开始设定了一个总计114吉瓦的2030年联合目标，随后进行了修订，并于2022年9月将最高目标提高至158吉瓦。

自该峰值以来，许多国家政府已下调其2030年目标，因为他们意识到建立海上风电政治框架、升级电网以连接项目以及发展当地供应链所需的时间，使得在2030年前交付项目成为一个重大挑战。

尽管我们不太可能像希望的那样迅速发展离岸风电以满足2030年的目标，市场仍在继续开发。许多人将会在十年之交后不久看到新项目进入电力系统。

在欧洲范围内，也存在着阻止2030年前离岸风电快速发展的主要障碍。离岸风电招标的实施进度比预期慢，一些计划的拍卖因规则制定或缺乏监管框架而被推迟。这导致了风力发电场的并网日期不确定性，从而复杂化了供应链扩张。

尽管大多数供应链的增长与在拍卖中授予的项目或在进行最终投资决定前的谈判阶段达到一致，但某些方面需要更多的规划和更长的提前期。这为扩大安装规模带来了挑战。

最紧迫的难题可能是港口吞吐能力。就目前情况来看，我们相信欧洲拥有足够的港口吞吐能力来服务到2028年的扩建需求。但到2029年，我们预计计划中的安装速度将超过港口吞吐能力，即使考虑了新的扩建。

因此，我们预计从2029年起，离岸项目延误将成为欧洲的一个主要瓶颈。

港口容量也是我们海上风电建设的重点优先事项，因为其在价值链中的开发周期最长。港口的扩建通常从许可到投运需要6至10年时间。这使得尽早进行投资至关重要，以最小化潜在的延误。

其他可能限制到2030年欧洲离岸风电发展的关键因素包括：**电力网格发展速度及电网接入申请管理不力。**在欧洲，陆上和海上电网的扩建和加强正面临重大延误，且几乎没有或根本无法按时为新连接提供容量。与此同时，许多国家当局继续采用“先到先得”的方法来处理电网许可，而不是采用动态方法来筛选可行的项目，并优先考虑成熟和战略性的项目。

最后，存在关于

船舶可用性 目前，在欧洲的风电场建设和安装中，大约有80艘船只活跃。然而，其中只有五艘能够处理最新项目中使用的最大14-15兆瓦的风机。到本世纪末，大部分安装的风机将是这个规模或更大。此外，能够安装大型海底结构（如变电站和换流平台）的船只数量也有限。

船舶供应也受全球需求影响。在冬季，由于恶劣的海况使得涡轮机安装几乎不可能，船舶通常被租用至南半球的各个市场。其他市场，如美国市场的增长，可能会在未来进一步影响欧洲的船舶可用性。

新船的交货周期为2-3年，这使得在未来的几年中评估全球产能需求变得至关重要。如果我们希望避免项目延误，对能够安装最大型涡轮机和电网基础设施的新船进行充分投资将是必不可少的。

近期其他挫折和延误影响了比利时和丹麦的拍卖规划，而电网部署的延误持续影响着包括德国、荷兰和爱尔兰在内的市场。

虽然我们已经表明，到2030年海风建设的扩展不太可能达到政府的宏伟目标，但我们并不预计会出现装机量下降——在很多情况下只是延迟1-2年。欧洲各国政府依然致力于海风开发，且该行业的展望依旧积极。

图22列出了按其当前状态分类的欧盟预期年度海上风电装机容量。包括2024年安装的14吉瓦，总量为29吉瓦，这将使得 **欧盟到2030年的装机容量将达到48吉瓦。**

深蓝色部分标注为“已在拍卖中授予”的区域是指在整個欧盟（包括未授予收入支持的国家）通过拍卖已授予的全部容量。这些容量很可能按时安装，因为项目已经做出了最终投资决定（FIDs）——或者预计很快将做出这样的决定。因此，他们应该已经具备了所有必要的供应和建设合同。在2025-2030年期间，这类项目的总容量为24吉瓦。

容量在标记为“计划拍卖”的浅蓝色类别中，来源于将在未来几年内参加拍卖的项目。这些项目可能得到开发，但由于它们尚未获得开发权，因此关于时间上存在一些不确定性。

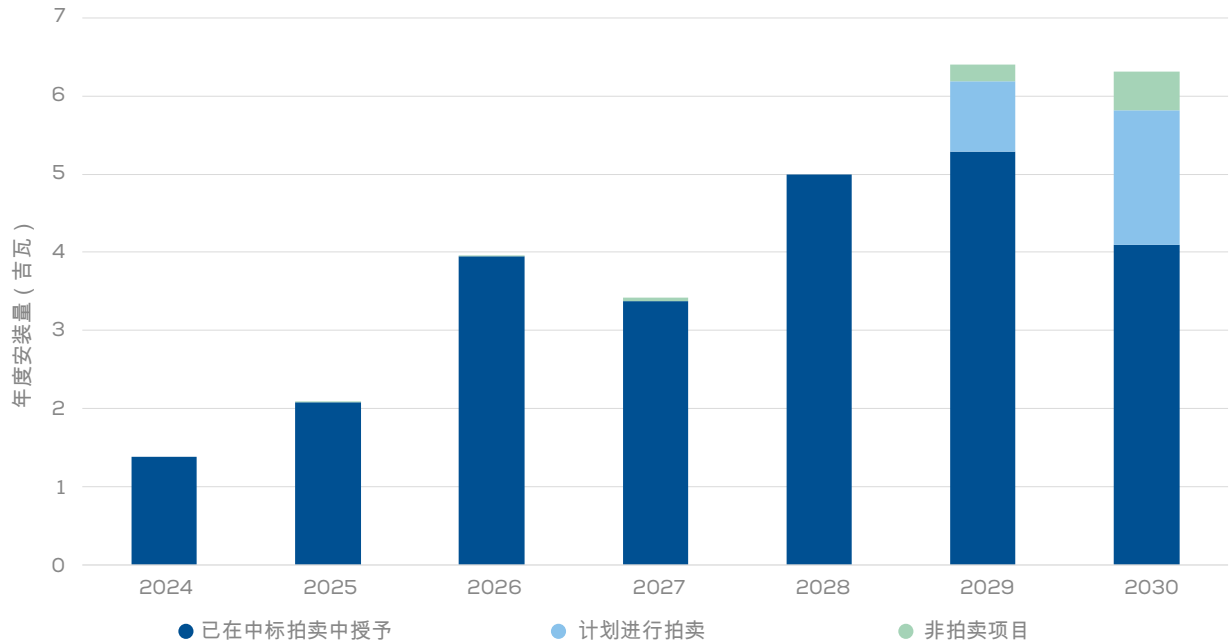
这些项目代表额外的30吉瓦，可以在欧盟安装至2030年。

绿色轻区域被标注为“非拍卖项目”，代表的是少量将在开放发展系统中管理的项目，例如瑞典和芬兰的情况。在这些能力范围内的项目在时间安排方面具有最大不确定性，但我们认为它们有实际的可能在2030年之前安装完成。在2025至2030年期间，此类项目的总容量约为1吉瓦。

在欧洲，48吉瓦预计总安装量中有39吉瓦已经通过拍卖分配完成，未来几年预期还将有另外8吉瓦通过拍卖。到2030年，在拍卖体系外开发的项目的总和预计也将不足1吉瓦。这将意味着 **欧洲到2030年的总装机离岸容量将达到84吉瓦。**

请参阅附录2，查看按国家划分的详细情况。

图22. 欧盟新建设 offshore 项目中拍卖和非拍卖项目的细分



来源：WindEurope

表4. 2025-30年各国预期新增装机量 - WindEurope的展望

	2025		2026		2027		2028		2029		2030		总计安装量 到2030年	
欧盟27国	岸上	离岸	岸上	离岸	岸上	离岸	岸上	离岸	岸上	离岸	岸上	离岸	岸上	离岸
奥地利	340	-	250	-	620	-	720	-	350	-	350	-	6,230	-
比利时	180	-	180	-	250	-	250	-	250	-	250	-	4,230	2,260
保加利亚	30	10	90	-	100	-	130	-	140	-	150	-	1,080	10
克罗地亚	120	-	50	-	50	-	170	-	120	-	260	-	2,070	-
塞浦路斯	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	170	-
捷克共和国	20	-	30	-	50	-	90	-	110	-	130	-	770	-
丹麦	120	-	230	500	260	550	270	-	280	220	280	210	5,600	4,080
爱沙尼亚	-	-	-	-	150	-	240	-	430	-	460	-	1,900	-
芬兰	1,130	-	970	-	1,210	-	1,470	-	1,490	-	1,500	180	15,530	250
法国	1,850	560	1,850	950	2,000	-	2,000	-	2,000	180	1,630	630	31,790	3,820
德国	5,130	960	5,590	1,560	6,230	770	6,740	1,470	6,740	2,220	7,380	2,190	96,290	18,290
希腊	450	-	470	-	400	-	400	-	350	-	350	-	7,580	-
匈牙利	-	-	20	-	50	-	100	-	150	-	180	-	810	-
爱尔兰	450	-	550	-	480	-	380	150	480	400	500	480	7,080	1,050
意大利	740	-	770	-	1,200	-	1,500	-	1,800	-	1,800	10	20,050	40
拉脱维亚	-	-	290	-	280	-	320	-	360	-	390	-	1,760	-
立陶宛	350	-	450	-	350	-	300	-	300	320	300	320	3,780	630
卢森堡	10	-	70	-	50	-	80	-	40	-	50	-	500	-
马耳他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
荷兰	300	-	280	380	190	780	210	1,900	230	1,840	250	780	7,440	10,410
波兰	450	570	380	570	570	1,320	680	1,470	860	1,230	1,130	870	13,400	6,040
葡萄牙	230	-	230	-	380	-	500	-	500	-	500	-	6,640	20
罗马尼亚	380	-	490	-	600	-	550	-	500	-	500	-	6,100	-
斯洛伐克	60	-	50	-	80	-	100	-	120	-	120	-	530	-
斯洛文尼亚	-	-	-	-	-	-	30	-	40	-	40	-	120	-
西班牙	1,500	-	1,500	-	2,450	-	2,470	-	2,500	-	2,500	290	39,970	300
瑞典	1,440	-	1,060	-	700	-	740	-	760	-	790	350	22,200	540
欧盟27国总计	15,280	2,100	15,850	3,960	18,700	3,420	20,440	4,990	20,900	6,410	21,800	6,310	303,620	47,740

其他 (MW)	2025		2026		2027		2028		2029		2030		总计安装量 到2030年	
	岸上	离岸	岸上	离岸	岸上	离岸	岸上	离岸	岸上	离岸	岸上	离岸	岸上	离岸
阿尔巴尼亚	-	-	-	-	-	-	150	-	150	-	150	-	460	-
白俄罗斯	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
波斯尼亚 & 黑塞哥维那	-	-	130	-	140	-	130	-	100	-	80	-	830	-
法罗群岛	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70	-
冰岛	-	-	60	-	60	-	-	-	-	-	-	-	120	-
科索沃	-	-	-	-	-	-	20	-	50	-	80	-	290	-
列支敦士登	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
摩尔多瓦	-	-	-	-	50	-	50	-	-	-	-	-	110	-
黑山	-	-	120	-	160	-	-	-	-	-	-	-	390	-
北方 马其顿	30	-	200	-	200	-	-	-	-	-	-	-	500	-
挪威	-	-	-	-	-	-	150	-	180	-	190	780	5,380	880
塞尔维亚	70	-	300	-	300	-	300	-	130	-	160	-	1,880	-
瑞士	-	-	40	-	30	-	110	-	50	-	40	-	360	-
土耳其	1,600	-	1,900	-	2,300	-	2,240	-	2,240	-	2,240	-	26,150	-
英国	720	2,420	1,060	4,430	2,090	3,070	1,510	1,720	1,950	3,290	1,840	4,680	23,510	35,500
乌克兰	300	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,060	-
总计其他	2,720	2,420	4,310	4,430	5,330	3,070	4,660	1,720	4,850	3,290	4,780	5,460	62,110	36,380
欧洲总计	18,000	4,520	20,160	8,390	24,030	6,490	25,100	6,710	25,750	9,700	26,580	11,770	365,730	84,120

3.4 更新改造

重燃决策受到许多因素的影响，并且是按个案进行的。在做出重燃决策时，最相关的因素包括：

- 当前及未来批发电力价格；
- 现有改造升级激励与寿命延长之间的平衡；以及
- 关于近年来变化的环评法规和其他环境限制。

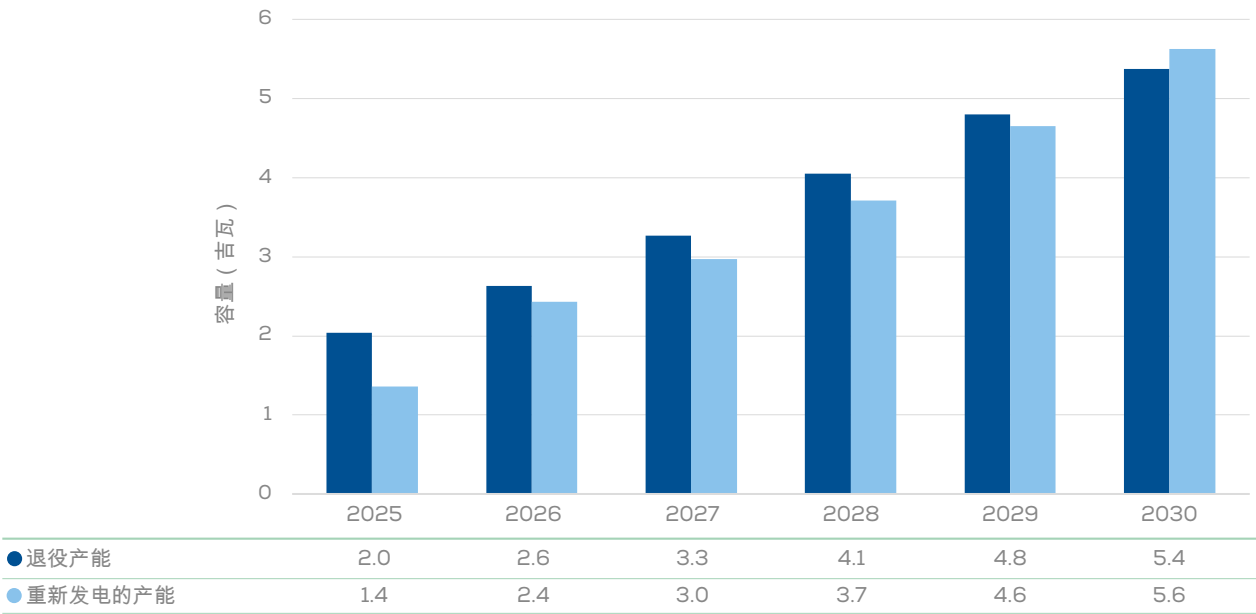
在未来六年内，我们预计翻新项目的年度装机容量将从1.4吉瓦增长到2030年超过5吉瓦，翻新风电场总计装机容量接近21吉瓦。

在同一时期，我们预计将有超过22吉瓦的老旧风电场退役。考虑再利用可能对每年总装机量影响甚微，因为在预测中，每年退役和再利用的量大致相当。然而，平均而言，我们假设再利用项目的容量是原始风电场的两倍以上。

年度改造项目容量通常不会超过同一年度退役的容量，主要原因有两个。首先，并非所有现有项目都会进行改造。改造项目的比例在不同地区和政策管理改造方面存在很大差异。其次，每年改造的容量来源于之前年份改造的项目。

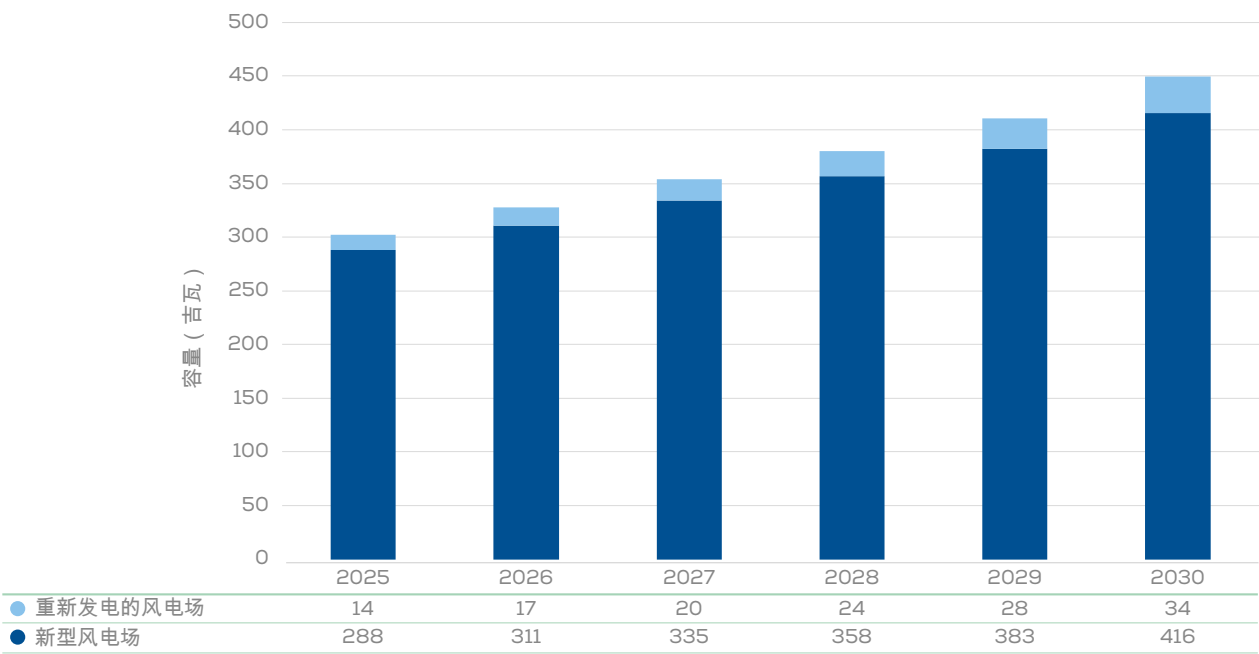
德国、英国、荷兰和西班牙预计到2030年将安装欧洲大约三分之二的重启容量。

图23. 欧洲已退役和改造的风电装机容量 - WindEurope的展望



来源：WindEurope

图24. 欧洲新增及翻新风电装机容量 - WindEurope的前瞻报告



来源：WindEurope

重新启动的风机将在2030年仅代表欧洲所有安装电力容量的8%，但我们预计未来六年将有49GW的项目达到20年或以上。同时，将有21GW的项目达到25年，5 GW的项目达到30年，我们将会面临75GW的项目需要决定是进行重启，延长资产的寿命，还是报废它。

对于2030年将要达到20年历史规模的49吉瓦中，我们预计将有3吉瓦进行翻新或进行翻新，以及1.4吉瓦将完全退役。我们使用的翻新率对于较早退役的风电站更高，因为我们预期翻新的经济效益。

成为早期退役的主要推动因素。风力农场越老，它被翻新的可能性就越低，因为我们预计如果可能的话，它已经被翻新了。因此，我们假设最老的风力农场会一直运营到最终退役。

剩余的45吉瓦将继续运行，并可能被评估进行使用寿命延长服务——可能包括某些部件的部分更换，例如变速箱或叶片。

风力场的改造对于欧洲实现其能源和气候目标至关重要，但当前的改造障碍阻止了我们充分利用其优势。

4.

实现电气化

4.1 实现电气化

电气化是提高弹性和实现欧洲经济脱碳的最经济、最节能的方式。

在欧洲委员会2025年1月发布的“竞争力指南针”文件中强调：“欧盟约有三分之二的能源依赖化石燃料进口。俄罗斯在其对乌克兰的侵略战争背景下操纵这种依赖性，是最近价格飙升的主要驱动因素。这种依赖性只能通过逐步增加欧洲从去碳化发电中产生的能源份额来减少。因此，欧盟必须加快清洁能源转型，并推动电气化。”

电气化将有助于提高我国经济的韧性和竞争力，同时保持低碳发展的方向。在过去10年中，欧盟经济电气化的速度一直坚如磐石般保持平坦。

但是，对支持需求的关注新焦点，包括通过提供运营和资本支出支持以脱碳工业流程，主要通过基于可再生能源的电气化，正如欧洲委员会在其清洁工业协议中提出的，可以改变这一状况。

水泥、化工和铝等行业，它们是欧洲经济的核心，都预计其电力需求将在2040年前显著增长。并且它们已经在与风能行业合作，以帮助满足其需求。

根据欧洲委员会支持到2040年将温室气体排放量削减90%的影响评估，电力在最终能源消费中的份额将从目前的不足25%翻倍至2040年的50%。电力发电量将从2030年的3,360太瓦时增加至2040年的4,560太瓦时。

表5. 预计欧洲化工、水泥和铝行业的需求，2030年和2040年

	电力需求 (单位：太瓦时)	
	2030	2040
化学品 ⁴	195	290
水泥 ⁵	32	76
铝 ⁶	70	100

梅吉迪亚水泥厂电气化

建筑材料生产商CRH已成功完成其在罗马尼亚梅齐吉迪亚的水泥厂风力发电场的建设。

这个30兆瓦的风力发电场，于2024年11月投入运营，由五台诺德士 (Nordex) 风力涡轮机组成，每台涡轮机容量为6兆瓦。

风力发电场预计每年可发电约80吉瓦时，满足Medgidia水泥厂约50%的能源需求。

4. <https://cefic.org/app/uploads/2024/12/The-Carbon-Managers-iC2050.pdf>
5. <https://cembureau.eu/media/ulxj5lyh/cembureau-net-zero-roadmap.pdf>
6. https://european-aluminium.eu/wp-content/uploads/2023/11/23-11-14-Net-Zero-by-2050-Science-based-Decarbonisation-Pathways-for-the-European-Aluminium-Industry_FULL-REPORT.pdf

满足这一需求，以脱碳且具有竞争力的电力来满足，对欧盟竞争力战略的成功至关重要。

风能在相对较短的时间内大规模部署，并将是满足额外需求的重大贡献者。2030年代，欧盟每年持续部署30吉瓦的风能将使风力发电量几乎增至今天的四倍，达到1,830太瓦时。

这场持续到2030年代的投资部署需要持续简化许可程序，因为目前这一程序正阻碍着部署速度。解决方案明确。通过实施欧盟关于许可的强制性规则，尤其是公共利益优先的原则，德国在过去四年里成功将许可速率提高了7倍。数字化还可以加速这一趋势。

主要瓶颈是电网。

欧盟一直在对其电网投资不足，这导致了巨大的电网接入排队、削减电量供应和破坏新建项目企业的商务可行性。

国家政府必须采取紧急行动来管理长期的电网接入排队问题。目前，克罗地亚、法国、德国、爱尔兰、意大利、挪威、波兰、罗马尼亚、西班牙和英国的累计风力发电容量超过500吉瓦，正在等待电网接入评估。为了处理这一巨大积压，国家当局、输电系统运营商（TSOs）和配电系统运营商（DSOs）需要紧急摆脱“先到先得”的做法。

“先到先得”原则在处理电网接入请求中的应用。他们需要采用智能和动态的管理方法来处理电网接入队列，并设定适当的准入标准、筛选和优先级。他们还需要制定策略，以确保所有战略性的零排放技术和电气化需求的电网接入得到平衡。英国电网接入改革⁷这是一个非常有希望例子。

输电系统运营商（TSOs）和配电系统运营商（DSOs）必须根据欧洲的气候中立承诺来规划电网投资。根据欧盟的电网行动计划，欧洲需要在本十年投资超过5840亿欧元。其中最大份额将用于国家电网的建设。为了达到国家目标，系统运营商必须在10至12年的时间框架内预测电网投资。国家政府必须通过网络费用提供风险缓解工具来支持TSOs和DSOs的投资回收。他们还需要允许私人第三方在遵守相应的分离规则的同时，融资和发展电网项目。

能源是欧洲竞争力挑战的核心。投资我们的电网将有助于释放可再生能源的巨大潜力，满足不断增长的能源需求，同时取代昂贵的化石燃料，并创建一个可持续的碳减排投资环境。

表 6. 欧盟风力发电，2024年、2030年和2040年

		2024	2030	2040
总装机容量 容量 (GW)	岸上	210	303	440
	离岸	21	48	150
	总计	231	351	590
		2024	2030	2040
生成 (TWh)	413	413	720	1,210
	62	62	180	620
	475	475	900	1,830

7. <https://www.neso.energy/industry-information/connections/connections-reform>



附录

附录1 按国家划分的拍卖与招标

2024年在拍卖中授予的岸上产能

德国 2024年举办了四轮特定于技术的拍卖，为12.1吉瓦的陆上风电提供支持，并授予了11吉瓦（91%的分配率）。授予的量比2023年多了72%，当时德国为6.4吉瓦的陆上风电项目提供了支持。提供的支持为20年的上网电价附加费。授予的基准价格不随通货膨胀指数调整。

法国 2024年举行了两次针对特定技术的拍卖轮次，其中为1,850兆瓦的陆上风电提供了支持，几乎全部（1,813兆瓦）都被授予。2024年授予的量显著低于2023年授予的量（3,097兆瓦），因为提供的轮次减少了一次。

法国还进行了一轮技术中立的竞标，为500兆瓦的陆上风电和太阳能光伏发电提供支持。虽然这一总量已全部分配，但仅有37兆瓦的陆上风电获得了支持。这两种方案下的支持均为为期20年的双向合同资助（CfD），其strike prices完全指数化，以陆上风电相关的通货膨胀指数为基准。

罗马尼亚 获得其首次内陆风电源拍卖中1,096兆瓦的奖励。此次拍卖超出预期，因为其原本只想支持1吉瓦的内陆风能。提供的支持是一份20年期的双边CfD（固定费用差额）。

英国 获得6次分配轮次（AR）中第一部分（包括陆上风电在内的既定可再生能源技术）近1吉瓦的陆上风电项目。在此轮次中，提供了为期15年的双向合同债务（CfD）。虽然对陆上风电提供的支持没有固定的兆瓦容量配额，但第一部分的预算设定为1.85亿英镑。大部分容量奖项授予苏格兰，仅有三个项目位于威尔士（73兆瓦）和一个项目位于英格兰（8兆瓦）。2023年，英国对1,705兆瓦的陆上风电项目提供了支持。提供的支持是一项为期15年的双向合同债务，折算价格与消费者价格指数挂钩。

奥地利 在2024年，奥地利通过四个针对特定技术的拍卖轮次，对458兆瓦的陆上风电项目提供支持。这占其最初计划分配支持量的79%（582兆瓦）。最终，对1,142兆瓦的陆上风电项目提供了支持，因为在任何一轮中未分配的量都会被转入下一轮。此外，在一场技术中立的拍卖轮次中，水力发电也参与了竞争，奥地利还额外对29兆瓦的陆上风电项目提供了支持。这两种方案下的支持均为20年的上网电价溢价。授予的基准电价不随通货膨胀指数调整。

爱尔兰 2024年单一可再生能源拍卖轮次为374兆瓦的陆上风电项目提供支持。这比2023年支持的项目规模增加了2.5倍。提供的支持为16.5年的双边合同支持协议（CfD）。授予的基准价格部分与通货膨胀挂钩。

意大利 2024年在其FER 1可再生能源拍卖方案下举办了两次拍卖轮次，为陆上风电项目分配了186兆瓦的支持。在2023年，意大利举办了三次技术中立的拍卖轮次，为897兆瓦的陆上风电项目提供了支持。提供的支持为20年期双边CfD。

捷克共和国 在2024年授予了114兆瓦的陆上风电，同时试图为125兆瓦的风电分配支持（分配率为91%）。该国提供20年期的双边合同Fördragskrav（CfD）。

波兰 该国的年度技术中性可再生能源拍卖方案为91兆瓦的陆上风电提供了支持。该国提供20年的双向合同债务融资（CfD），其执行价格与消费者价格指数挂钩。

拉脱维亚 未对陆上风电项目进行拍卖支持。然而，负责管理国家森林财产的拉脱维亚国家森林公园公司，在2024年划拨土地用于至少开发725兆瓦的陆上风电。

两者 **克罗地亚** 和 **乌克兰** 未能在2024年举行的各自陆上风电招标中授予任何陆上风电项目以支持。

2024年拍卖中授予的海外产能

德国 2024年共获得8吉瓦离岸风力发电项目，分布于五个地点。其中N-11.2地点（1.5吉瓦）和N-12.3地点（1吉瓦）的特许权已通过动态竞价程序获得，如果在某一地点收到多个零标价的投标，则竞价者将进入多轮负竞价环节。

N-9.1（2吉瓦）、N-9.2（2吉瓦）和N-9.3（1.5吉瓦）项目通过负向竞价和非价格标准获得授权——包括其对脱碳的贡献、购电协议（PPA）、噪音水平和对劳动力发展的贡献。

英国 已根据方案3（底桩固定式海上风电）和方案2（新兴技术，包括浮式海上风电）的CfD AR6向5.3吉瓦的海上风电能源项目提供分配支持。特别是，底桩固定式海上风电项目共获得了4942兆瓦的奖项。但其中1579兆瓦的容量来自那些在英国CfD AR4中获得奖项，但仍获允许重新投标部分容量以争取更高中标价的项目。还有一个400兆瓦的浮式项目也获得了奖项。

尽管对海上风电提供的支持没有固定的兆瓦容量配额，但第三轮预算被设定为11亿英镑，而第二轮预算被设定为2.8亿英镑。奖项仅基于价格。提供的支持是一种为期15年的双边合同债务融资（CfD）。授予的基准价格与消费者价格指数挂钩。

荷兰 2024年上半年，获得4吉瓦海上风电项目，均匀分布在IJmuiden Ver Alpha和Beta站点。投标根据负标书和非价格标准进行排名，重点考虑Alpha站点的生态环境和Beta站点的系统集成。

挪威 授予2024年首次海上风电拍卖中Sørlige Nordsjø I项目1.5吉瓦海上风电项目的支持。投标评估基于投标价格（提供了一份为期15年的双边合同支持，执行价格与消费者价格指数挂钩）和预选资格标准。后者包括执行能力、可持续性和积极溢出效应。

法国 授予了三个海上风电项目总计750兆瓦的支持，每个项目价值250兆瓦。报价排名包括了价格和非价格标准，重点关注社会和地区发展问题以及环境问题。提供支持的形式为20年的双边合同融资债务（CfD），地中海两个地点的最高成交价格为每兆瓦时130欧元，大西洋地点为每兆瓦时140欧元。成交价格与行业相关的通货膨胀指数挂钩。

丹麦 2024年，在北海I区成功拍卖的三处海上风电场未能吸引到投标，总计3吉瓦。投标将基于财务出价（负出价）和非价格标准进行评估，重点关注可持续性和社会责任。

立陶宛 我国在2024年上半年举办了第二次海上风电拍卖。该国试图通过为期15年的双边合同支持方案（CfD）为700兆瓦的风电场分配支持。然而，仅收到一个投标，导致拍卖失败。预计拍卖将在2026年初再次举行。

附录2：各国展望

岸上

德国

德国将继续成为欧洲最大的市场，在未来六年内，陆上风力发电总装机容量将增至38吉瓦。

2022年，德国议会通过了《陆上风电法》（WindLandG），设定了从2025年开始每年安装10吉瓦的目标。该法案还确立了可再生能源扩张是“压倒性公共利益”的原则，并在大多数欧盟成员国中得到系统实施——这是例外而非规则。改善陆上风电许可对新建项目和改造项目的益处已经显现，2024年有13.8吉瓦的项目获得许可，比2023年的7.6吉瓦和2022年的4.3吉瓦有所增加。

但与此同时，运输许可证已成为一个独立的瓶颈。运输公司平均需要150个许可证才能运输一台风力涡轮机，目前积压了15,000份申请，这可能会阻碍安装进程。⁸

德国境内风力拍卖的计划也进行了修订。在2024年，对11吉瓦的境内风力发电提供了支持。最初，支持仅计划提供给10吉瓦的境内风力发电。然而，联邦网络局（BNetzA）将这一支持量增加到12.1吉瓦。对于2025年，该机构已将首轮拍卖的容量从2.5吉瓦调整为4.1吉瓦。

这些陆上产能的增加将使德国到2030年的总陆上风力发电装机容量达到约96吉瓦。这将使其成为欧洲最大的陆上风力市场，装机容量是下一个最大陆上市场西班牙的两倍以上。

但是，到2030年预计的陆地总装机容量为96吉瓦，将比政府雄心勃勃的115吉瓦目标低19吉瓦。

在2024年11月德国联邦政府崩溃之后，该国于2025年2月底举行了一次大选。反对派的中间右翼基民盟赢得了最多选票，但它需要与其他政党组成联盟。其领导人已排除与第二大党，极右翼的AfD组成联盟的可能性，这使中间左翼的社民党成为最可能的联盟伙伴，目前该党仍在政府中。这可能意味着即将离任的政府实施的卓越的陆上风能措施将得到维持。

西班牙

在西班牙，预计到2030年，陆上风电装机容量将达到近1300万千瓦。这将使其成为欧盟继德国之后的第二大风能市场。尽管2022年拍卖失败以及2023年和2024年没有进行任何拍卖，但电力购买协议（PPA）和现货市场仍然强劲。我们预计新的拍卖方案将在2025年或2026年最终确定。

但是，政府仍需改进该国的许可程序。目前，区域间存在显著差异。例如，在当地法官暂停所有建设项目的情况下，加利西亚地区已无法再开发风力农场。在该自治社区已经有2吉瓦的项目准备建设，但现在却受阻。

在国家层面，许可流程相对低效，并且可能会因漫长的上诉程序而延误。西班牙面临的另一个挑战是电网，其中存在高拥堵风险，以及缺乏新的接入点和连接。

西班牙制定了到2030年实现59吉瓦陆上风电的雄伟目标。但鉴于目前的挑战，我们预测那时将安装仅为40吉瓦的陆上风电装机容量。如果要使装机容量接近政府的既定目标，本世纪的最后几年需要看到建设速度大幅提高。

8. <https://www.reuters.com/business/energy/germanys-wind-power-expansion-stalls-roads-2023-09-07/>

土耳其

在土耳其，能源独立是当前议程上的重要议题，风能获得了强有力的政治和社会支持。2024年10月，该国宣布，从2035年起的每年将进行至少2吉瓦的YEKA招标，2025年初，该国举办了一场1.2吉瓦陆上风电的拍卖，需求量远超预期。此外，该国还宣布了对发电厂许可规则的改变，目标是至少将目前的四年标准处理时间减半。他们还宣布了对输电系统的重大投资，使其能够将29.6吉瓦的风能整合到电网中。我们预计土耳其将额外增加12.5吉瓦的陆上风电，到2030年总陆上风电装机容量将超过26吉瓦。

法国

在法国，该国首部关于可再生能源的国家级法律于2023年生效。《可再生能源加速法》改善了风电和太阳能的拍卖条件，并使得地方选举官员共同负责能源转型的实施。另一方面，2024年则因政治不稳定而特征明显，包括举行了一般选举、四位总理，以及公共债务成为重要议题。这导致了一般的立法瘫痪，影响了未来陆上风电立法。

法国针对特定技术的拍卖方案将于2025年结束，而技术中立拍卖方案（其中陆上风电与太阳能光伏竞争）将于2026年结束。尽管存在持续的政

法国在风能建设中也出现了区域差异，这可能会限制某些地区的未来扩张。例如，该国北部的一些地区在经历了更多的风力发电后，对新开发项目产生了抵触情绪。

在该地区建立的农场数量多于国家其他地区。并且，由于物理电网限制，一些地区面临完全中断的情况。

独立地，陆上风电的部署受到严格的 turbines tip height 规则的影响，因为这些规则受军事和雷达限制。开发商往往只能安装功率等级显著低于平均值的涡轮机，甚至低于今天市场上可用的那些。

尽管存在这些挑战，我们预计未来六年内建设将超过11吉瓦。考虑到32吉瓦的陆上风力发电总容量，这将使法国接近实现其2030年的35吉瓦陆上目标。计划于2026年和以后进行的进一步拍卖将支持实现2030年目标所需额外建设。

英国

正如广泛预期的那样，劳动党在2024年赢得了英国的大选，结束了14年的保守党政府执政。新政府迅速采纳了新的陆上风电规则，特别是取消了自2015年以来在英格兰实施的陆上风电事实上的禁令。

陆地风电产业工作组已启动，汇集了来自政府、行业、监管机构及其他相关机构的重点组织。其目标是为陆地风电建设加速。

新政府还将超过100兆瓦的国内英语项目重新分类为国家重要基础设施项目（NSIP）。这一变化意味着许可审批现在将通过国家层面的加速许可流程来处理。

并且CfD拍卖规则已更改，允许陆上再能化项目参与2025年的第七轮分配。

我们预计英国在接下来的六年里将建设9吉瓦的陆上风力发电，届时总装机容量将达到24吉瓦，这将低于政府到2030年实现27-29吉瓦目标的预期。

芬兰

芬兰将继续扩大其陆上装机容量，尽管装机量将低于2022年创纪录的24.4吉瓦。总体而言，我们预计2025年至2030年期间的总陆上装机量为78吉瓦，届时全国陆上装机量将达到155吉瓦。

不动产税应用于风力涡轮机，并支付给市政府，有助于营造一个支持性的地方政府环境。虽然该国没有政府支持陆上风力发电的机制，但拥有强大的现货和PPA市场。

总的来说，芬兰的低人口有利于内陆风能发展。但一些开发商可能会放缓步伐，因为最终能源消费的电气化和对可再生氢的需求增长可能不会像最初所希望的那样快速。

意大利

意大利设定了一个雄心勃勃的目标，即到2030年实现26吉瓦的陆上风电容量。项目审批过程伴随着许多挑战，项目开发需要从地区和从国家文化及遗产部的地区代表——Soprintendenze——那里获得支持。

对改造成型的风力农场和投机性电网连接实施的惩罚性关税，也阻碍了意大利最老风力项目的重建，鉴于意大利的风力船队在欧洲中算是最古老的，这是一个严重错过快速增加风力能源建设的宝贵机会。

幸运的是，政府现在正在制定一项新的拍卖方案，其条件比之前更有利。该方案包括一个与通货膨胀指数挂钩的底价，以及针对内陆风电的拍卖轮次，这将提供对2025-2028年期间总计16.5吉瓦的支持。在2024年，政府制定了新的法律，将许可规则归入一个法律文本中。

我们预计意大利将在2025-2030年期间增加7.8吉瓦的陆上风电装机容量，到2030年其陆上风电总装机容量将达到20吉瓦，比规定的目标低6吉瓦。

瑞典

瑞典在2025年至2030年期间预计将有5.5吉瓦的新陆上产能增加。虽然当前政府优先发展核能，但也打算支持在其管辖区内允许陆上风力发电场的市政府。

没有中央支持风能，但瑞典在欧洲拥有最成熟和运作良好的电力购买协议（PPA）市场之一。尽管行业需求强劲，例如对绿色钢铁、电池工厂和更广泛的可再生能源氢的需求，但最近一些工业消费者推迟了他们的投资，导致对电力需求的预测放缓。

工业项目延期包括用于生产无化石燃料钢材的Hybrit项目，原计划于2026年开始，但已推迟至2027-2028年，以及Fertiberia的可再生氨和化肥工厂，其原本应在那时投产。

2026年之前将投入运营，但现已推迟至2028年。进一步推迟电力需求的增长可能导致风力发电建设速度放缓。

其他欧盟市场

波兰 预计在2025-2030年间安装超过4吉瓦的陆上风电。该国的拍卖会尚未吸引到风场开发商的显著兴趣。然而，这至少在一定程度上由相对较高的电力批发价格和有前景的电力购买协议市场所补偿。目前正被废除并替换为由建筑后退500米的规则所取代的10H规则，预计将在本十年的后半部分有利于波兰陆上风电的发展。

罗马尼亚 2024年首次举办了陆上风电拍卖，授予了超过1吉瓦的合同支持权。他们现在计划于2025年举行1.5吉瓦的陆上风电拍卖。我们现在预计该国在未来六年内将增加3吉瓦，使总装机容量达到6.1吉瓦，距离其目标还差1.2吉瓦。

爱尔兰 预计在2025年至2030年期间安装2.8吉瓦。2024年的陆上风电拍卖授予了374兆瓦的支持，较2023年的148兆瓦有所增加。目前还安排了额外的对技术中立的陆上风电拍卖，时间为2025年。

爱尔兰在政治光谱上对陆上风电的支持广泛。规划规则也在得到改善，并且大量资金被分配用于加强电网。商人和PPA支持的项目可能将扮演一定角色。数据中心的需求导致亚马逊、Meta和微软近年来签署了陆上风电PPA。爱尔兰设定了2030年陆上风电目标为9吉瓦，我们预计到2030年其总陆上风电发电能力将增至近7吉瓦。

在 **希腊** 在2025-2030年期间，预计陆上风电新增装机容量将达到2.4吉瓦。目前，该国尚未为陆上风电发电提供任何支持机制，这意味着未来的风力发电场将不得不依赖现货市场或PPA收入途径。该国已将2030年的陆上风电装机容量目标修订为8.9吉瓦，而目前已装机5.4吉瓦，为实现这一目标还需新增3.5吉瓦。

葡萄牙 预计在未来六年将增加2.3吉瓦的陆上风电装机容量，到2030年累计装机容量将达到6.6吉瓦。这比该国设定的陆上目标（10.4吉瓦）少了近4吉瓦。

立陶宛 预计在未来六年将新增2.1吉瓦的陆上风电装机容量。这将使该国到2030年达到3.8吉瓦的总陆上装机容量，接近其4.5吉瓦的2030年目标。

丹麦 2025-2030年期间，英国增加风能发电能力的计划预计包括约1.4吉瓦的陆上风电。鉴于船队的老龄化和进一步发展的空间有限，更换设备将发挥重要作用。由于没有设想中央支持方案，增加建设预计将以批发或PPA（购电协议）为基础。修订后的国家能源和气候计划设定了到2030年达到5.9吉瓦陆上风电的目标，我们预计届时将接近或甚至超过这一目标。

比利时 过去10年中，我国海上风电建设规模稳定，平均每年安装220兆瓦。我们预计这一趋势将持续，未来六年总海上风电建设规模将达到14吉瓦，使得我国海上风电装机容量达到42吉瓦。2030年海上风电目标在区域层面设定，但我们预计瓦隆区和弗拉芒区的合并目标将达到51吉瓦。

离岸

联合王国

英国预计将继续成为欧洲最大的离岸风能市场。新当选的工党政府继续执行前政府的清洁技术战略。在2023年的第五轮配额（AR5）失败之后，最新一轮的第六轮配额（AR6）中授予了5.4吉瓦的产能，确保了英国拥有一个稳固的项目管道，延伸至2030年及以后。

我们预计在2025年至2030年之间将有大约20吉瓦的海上风电新增装机容量，届时总预计的海上风电装机容量将达到近36吉瓦。这将成为一项重大成就，但仍将未能达到英国2030年50吉瓦海上风电雄心目标。

德国

德国预计将在2030年前在欧洲联盟中引领海上安装。该国在2024年授予了8吉瓦，并计划在未来四年内再招标12吉瓦。但很可能，如果有的话，到2030年能够安装的授予权限容量将不会太多。

我们预计在2025年至2030年之间将有约9吉瓦的海上风力发电装机容量新增，使总预期的海上风力发电能力超过18吉瓦。德国的海上风力发电目标为到2030年达到30吉瓦。

波兰

波兰是近年来在近海风电领域取得巨大进步的新兴市场之一。随着首个近海风电场于2024年底开始建设，以及2025年预定进行的另一轮合同Förderung（CfD）拍卖，该国已经将自己定位为波罗的海地区的领先市场。

该国预计将在2025年至2030年期间安装约6吉瓦的海上风电装机容量，这将满足2020年海上风电法设定的2030年目标。

荷兰

2023年，荷兰在海上安装方面取得了创纪录的成果，新增约2吉瓦的容量。尽管2024年没有进行任何安装，但该国已授予4吉瓦的项目，即IJmuiden Ver Alpha和IJmuiden Ver Beta项目，并计划在2025年至2027年之间额外授予11吉瓦的项目，以此实现其2030年达到15.8吉瓦的目标。

但是，由于电网连接延迟预计将导致项目并网日期推迟1-2年，我们预计2025年至2030年间仅增加6吉瓦，总计达到10.4吉瓦。

法国

法国在2024年取得了重大进展，首次授予了商业规模漂浮项目，总容量为750兆瓦。政府计划在未来两年内额外授予1500兆瓦，包括尚未官方宣布的AO10轮次。法国的目标是到2030年实现3.6吉瓦的海上装机容量，中长期目标为到2035年达到18吉瓦，到2050年达到45吉瓦。

我们预计法国将在2025年至2030年间增加23吉瓦的离岸风能装机容量，使总装机容量达到38吉瓦。



附件 1

术语表

支持机制	描述
馈电电价	一种基于价格的政策工具，其中合格的可再生能源发电商将按保证的固定价格获得支付。电价水平（不考虑批发价格）对于向电网输送的可再生能源发电电价。
电费附加费（固定）	一种基于价格的政策工具，其中符合条件的可再生能源发电商将获得溢价，该溢价为除了批发价格之外，每兆瓦时支付（€x/MWh）。
输入电价（浮动）	一种基于价格的政策工具，其中符合条件的可再生能源发电商会获得溢价支付，是一项在批发价格之外的付款。浮动溢价将按批发价格与平均批发价格和先前定义的保证价格。实际上，它作为一个底线价格，始终有效。保证最低收入。
远期合约	类似于浮动溢价。然而，在差价合约中，如果批发价格上涨超过保证价格，发电厂需支付保证价格和批发价格之间的差额。价格。
零补贴投标（荷兰模式）	开发商在竞标中争夺建造风电场的权利，而选拔标准并非基于价格。选择是根据投标者的经验、项目设计质量以及生产能力进行的。关于项目及其社会成本，增加了对调查质量、风险评估和缓解措施的关注权重。措施。虽然获胜者没有得到任何价格溢价，但项目的传输费用由承担。政府。
绿色证书	一种可交易的商品，表明使用可再生能源发电的特定电力的存在。可能具有保证。最低价格。证书可以与产生的能源分开交易。

附件 2

关于退役和再发电的假设

9

预测年份	退役率		再发电率		再生的风力农场	
	岸上	离岸	岸上	离岸	岸上	离岸
0	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-
13	1%	-	75%	-	1%	-
14	1%	-	74%	-	1%	-
15	2%	-	72%	-	1%	-
16	4%	-	70%	-	3%	-
17	6%	-	66%	-	4%	-
18	10%	-	63%	-	6%	-
19	13%	-	59%	-	8%	-
20	16%	-	54%	-	9%	-
21	18%	1%	50%	13%	9%	0%
22	19%	1%	45%	18%	9%	0%
23	22%	2%	41%	23%	9%	0%
24	24%	3%	37%	29%	9%	1%
25	27%	4%	32%	35%	9%	1%

预测年份	退役率		再发电率		再生的风力农场	
	岸上	离岸	岸上	离岸	岸上	离岸
26	31%	6%	28%	41%	9%	2%
27	36%	9%	25%	45%	9%	4%
28	42%	12%	21%	48%	9%	6%
29	48%	16%	18%	50%	9%	8%
30	55%	22%	16%	50%	9%	11%
31	62%	29%	13%	48%	8%	14%
32	69%	38%	11%	45%	8%	17%
33	76%	48%	9%	41%	7%	20%
34	82%	58%	8%	36%	7%	21%
35	88%	68%	6%	31%	5%	21%
36	92%	78%	5%	26%	5%	20%
37	95%	86%	4%	21%	4%	18%
38	97%	93%	3%	17%	3%	16%
39	99%	97%	3%	13%	3%	13%
40	99%	99%	2%	10%	2%	10%
41	100%	100%	2%	7%	2%	7%
42	100%	100%	1%	5%	1%	5%
43	100%	100%	1%	3%	1%	3%
44	100%	100%	1%	2%	1%	2%
45	100%	100%	1%	2%	1%	2%
46	100%	100%	-	1%	-	1%
47	100%	100%	-	1%	-	1%
48	100%	100%	-	-	-	-
49	100%	100%	-	-	-	-
50	100%	100%	-	-	-	-

9. 改装风能电站假设代表在特定年份剩余 fleet 中改装的比例。假设因国家而异 - 上面的假设适用于德国。

WindEurope是风力行业的发声者，积极在欧洲和全球推广风力发电。它拥有超过600多个会员，总部遍布35多个国家，包括领先的风力涡轮机制造商、组件供应商、研究机构、国家风能协会、开发商、承包商、电力供应商、金融机构、保险公司和顾问公司。这种联合实力使WindEurope成为欧洲最大、最有影响力的风能网络。



贝尔利亚德街40号，布鲁塞尔1040，比利时
T 32 2 213 1811 · F 32 2 213 1890
windeurope.org