



“十二五”“十三五”国家重点图书出版规划项目

风力发电工程技术丛书

海上风电 发展研究

HAISHANG FENGDIAN
FAZHAN YANJIU

毕亚雄 赵生校 孙强 李炜 等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



“十二五” “十三五” 国家重点图书出版规划项目

风力发电工程技术丛书

海上风电 发展研究

毕亚雄 赵生校 孙强 李炜 等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

本书是《风力发电工程技术丛书》之一，主要介绍了国外海上风电发展；我国海上风能资源特点和发展规划；海上风电机组；海上风电机组基础结构和发展；海上风电施工装备与施工技术发展；海上风电场并网；海上变电站发展；海上风电场海缆技术；海上风电场运行维护；海上风电场建设和环境保护；海上风电发展展望和政策建议等内容。

本书可作为海上风电的工程技术人员学习、培训用书，也可作为风电工程领域研发人员和高等院校研究人员参考。

图书在版编目（C-I-P）数据

海上风电发展研究 / 毕亚雄等编著. — 北京：中国水利水电出版社，2017.5
（风力发电工程技术丛书）
ISBN 978-7-5170-5477-1

I. ①海… II. ①毕… III. ①海上一风力发电—发电厂—电气工程—研究 IV. ①TM62

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第112629号

书 名	风力发电工程技术丛书 海上风电发展研究 HAI SHANG FENGDIAN FAZHAN YANJIU
作 者	毕亚雄 赵生校 孙强 李炜 等 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京博图彩色印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 24.75印张 587千字
版 次	2017年5月第1版 2017年5月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	188.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

海上风电开发是沿海国家风电发展的方向，是风电技术进步的制高点和推手，同时也面临诸多的挑战。欧洲是海上风电发展的先驱，我国海上风电也已初具规模，本书用较大篇幅介绍了欧洲及我国海上风电发展经验、项目案例，为研究我国海上风电发展提供借鉴。

根据世界风能理事会发布的 2015 年全球海上风电统计数据（图 0-1），全球海上风电新增装机容量 339.2 万 kW，比 2014 年增长了 38.86%，其中，我国增长了 54.86%，远超过陆上风电的发展速度，令人备受鼓舞和鞭策。

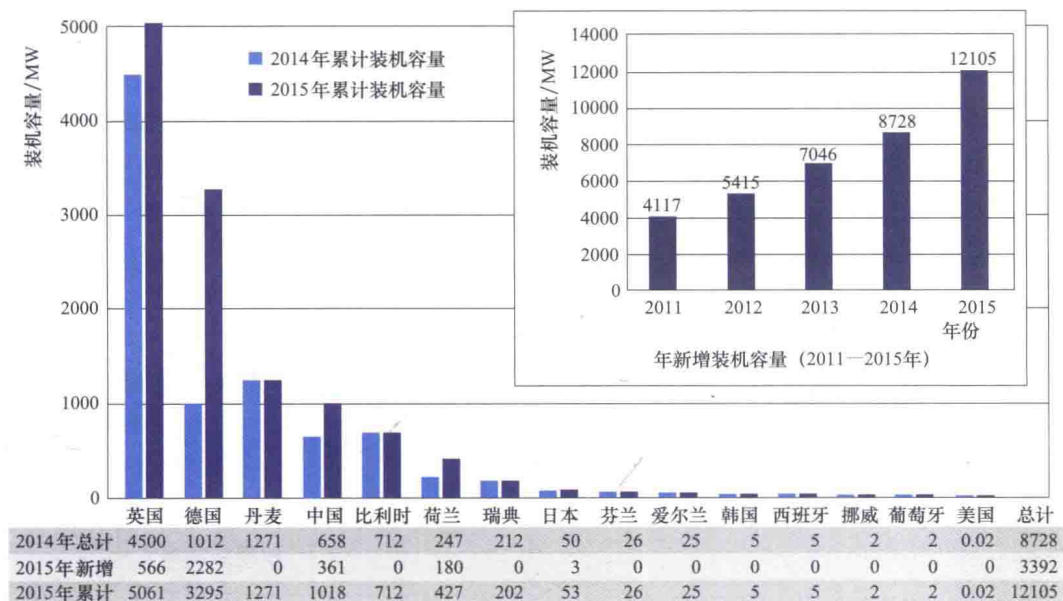


图 0-1 全球海上风电累计装机容量

（注：瑞典和英国分别有 20MW 和 6MW 海上风电退役容量；图中数据为四舍五入后的数据）

本书为《风力发电工程技术丛书》之一，由三峡集团副总经理毕亚雄和华东海上风电省级高新技术企业研究开发中心主任赵生校主编，三峡新能源公司副总经理孙强和华东海上风电研发中心总工李炜任副主编。毕亚雄、孙

强为本书策划人。

本书共分11章：第1章主要介绍国外海上风电发展，第2章主要介绍我国海上风能资源特点和发展规划；第3章主要介绍海上风电机组；第4章主要介绍海上风电机组基础结构和发展；第5章主要介绍海上风电施工装备与施工技术发展；第6章主要介绍海上风电场并网；第7章主要介绍海上变电站发展；第8章主要介绍海上风电场海缆技术；第9章主要介绍海上风电场运行维护；第10章主要介绍海上风电场建设和环境保护；第11章主要提出海上风电发展展望和政策建议。

华东海上风电研发中心胡晓清编写第1章；研发中心王涛编写第2章和第11章；浙江运达风电公司国家级研发中心主任潘东浩编写第3章；研发中心总工程师李炜编写第4章；研发中心荣洪宝编写第5章；研发中心副主任杨建军、三峡新能源总工吴启仁编写第6章、第8章；研发中心副主任俞华锋、三峡响水公司总经理吕鹏远编写第7章；三峡新能源公司张鹏、邵秋葵编写第9章，研发中心蒋欣慰编写第10章。华东海上风电研发中心的陈晓锋、王尼娜、夏露等参加部分编写工作。对各位作者、编辑的辛勤劳动和无私奉献表示衷心感谢。全书由赵生校负责总体审阅与校核。

本书在编写过程中得到三峡集团、中国电建集团华东勘测设计研究院科技信息部、新能源工程设计院和中国水利水电出版社等单位领导的大力支持，同时参阅了国内外大量优秀的风电领域技术资料，作者在此表示衷心感谢！对文本中列举的和没有列举的文献作者表示感谢和敬意！

由于作者水平所限，尽管付出了很大的努力，但是疏漏与不尽人意之处在所难免，恳请读者给予批评指正。

作者

2016年10月

目 录

前言

第 1 章 国外海上风电发展	1
1.1 海上风电发展历史	1
1.1.1 开发现状	1
1.1.2 发展趋势	3
1.2 英国	4
1.2.1 风能资源	4
1.2.2 政策支持	4
1.2.3 开发现状及规划	5
1.3 丹麦	8
1.3.1 风能资源	8
1.3.2 政策支持	8
1.3.3 开发现状	9
1.3.4 未来规划	9
1.4 德国.....	10
1.4.1 政策支持.....	10
1.4.2 开发现状及规划	10
1.5 比利时.....	11
1.5.1 风能资源.....	11
1.5.2 政策支持.....	11
1.5.3 开发现状及规划	12
1.6 典型工程简介.....	12
1.6.1 丹麦 Horns Rev 海上风电场.....	12
1.6.2 英国 London Array 海上风电场	14
1.6.3 德国 Baltic 2 海上风电场.....	16
参考文献	19
第 2 章 我国海上风能资源特点和发展规划	20
2.1 我国海上风能资源特点和观测评估技术.....	20

2.1.1	风能资源	20
2.1.2	观测评估技术	21
2.1.3	气象灾害分析	23
2.2	我国典型海上风电场场址规划和设计案例	24
2.2.1	上海东海大桥海上风电场	24
2.2.2	江苏如东潮间带风电场	27
2.3	我国海上风电发展规划	28
2.3.1	规划目标	29
2.3.2	国家能源发展“十二五”规划	29
2.3.3	可再生能源发展“十二五”规划	30
2.3.4	风电发展“十二五”规划	30
2.4	海上风电规划过程和各省主要成果	31
2.4.1	辽宁(大连)	32
2.4.2	河北	36
2.4.3	山东	44
2.4.4	江苏	50
2.4.5	浙江	58
2.4.6	福建	64
2.4.7	广东	67
2.4.8	海南	76
第3章	海上风电机组	82
3.1	海上风电机组历史与现状	82
3.1.1	概述	82
3.1.2	海上风电机组在欧洲的应用	83
3.1.3	我国海上风电机组的发展现状	84
3.1.4	美、日、韩海上风电机组的发展	85
3.2	海上风电机组特点	87
3.2.1	单机容量	87
3.2.2	传动系统	88
3.2.3	发电系统	97
3.2.4	特殊化要求	100
3.3	海上风电机组标准及认证	116
3.3.1	IEC 61400—3 标准	116
3.3.2	GL 海上风电指南	117
3.3.3	DVN 标准及认证	118
3.3.4	鉴衡认证指南	119
3.3.5	认证要求	119
3.4	海上风电机组发展趋势	120

参考文献	122
第4章 海上风电机组基础结构和发展	124
4.1 概述	124
4.2 桩(承)式基础	125
4.2.1 单立柱单桩基础	125
4.2.2 单立柱多桩基础	126
4.2.3 桁架式导管架基础	128
4.2.4 多桩承台基础	129
4.3 重力式基础	131
4.4 桶式基础	132
4.5 浮式基础	134
4.6 工程案例	136
4.6.1 英国 Sheringham Shoal 海上风电场单桩基础	136
4.6.2 英国 Greater Gabbard 海上风电场单桩基础	139
4.6.3 英国 Thanet 海上风电场单桩基础	141
4.6.4 丹麦 Horns Rev 1 海上风电场单桩基础	142
4.6.5 英国 London Array 海上风电场单桩基础	143
4.6.6 比利时 Thornton Bank 海上风电场重力式、桁架式导管架基础	144
4.6.7 丹麦 Nysted 海上风电场重力式基础	153
4.6.8 德国 Alpha Ventus 海上风电场桁架式导管架、三桩导管架基础	157
4.6.9 丹麦 Frederikshavn 海上风电场负压桶基础	161
4.6.10 挪威 Hywind 风电机组及葡萄牙 WindFloat 风电机组浮式基础	162
4.6.11 上海东海大桥海上风电场高桩承台基础	164
4.6.12 江苏如东潮间带示范风电场	167
4.7 发展趋势	168
参考文献	168
第5章 海上风电施工装备与施工技术发展	170
5.1 施工装备	170
5.1.1 运输设备	170
5.1.2 起重与安装设备	174
5.1.3 特种施工装备	176
5.2 施工技术	178
5.2.1 基础施工	178
5.2.2 安装施工	196
5.2.3 海底电缆施工	206
5.3 海上风电施工技术的发展	225
5.3.1 单机大型化的挑战与考验	226

5.3.2 远海、深海运输的发展	229
参考文献	230
第6章 海上风电场并网	231
6.1 电气系统	231
6.1.1 电气系统组成	231
6.1.2 电气系统特点	231
6.2 并网的主要问题	232
6.2.1 海上风电场并网的主要问题	232
6.2.2 海上风电场并网规范	233
6.3 交流并网	234
6.4 柔性直流并网	238
6.5 并网方式的比较	240
6.5.1 并网方式的技术比较	240
6.5.2 并网方式的经济比较	241
6.6 并网实例	242
6.6.1 海上风电场交流并网实例	242
6.6.2 海上风电场柔性直流并网实例	252
参考文献	255
第7章 海上变电站发展	256
7.1 概述	256
7.1.1 海上变电站简介	256
7.1.2 国外海上变电站概述	257
7.1.3 国内海上变电站概述	258
7.2 欧洲海上变电站发展	258
7.3 欧洲海上变电站技术	261
7.3.1 设备选型	261
7.3.2 基础型式	261
7.3.3 运行方式	263
7.4 欧洲海上变电站典型案例	264
7.4.1 英国 Barrow 风电场海上变电站	264
7.4.2 英国 Sheringham Shoal 风电场海上变电站	265
7.4.3 德国 HelWin Alpha 风电场海上变电站	266
7.5 我国海上变电站发展	270
7.5.1 技术概况	270
7.5.2 发展展望	272
7.6 我国海上变电站案例	272
7.6.1 江苏如东 110kV 海上变电站	272

7.6.2 江苏响水 220kV 海上变电站	273
参考文献	273
第 8 章 海上风电场海缆技术	274
8.1 海缆的主要种类	274
8.1.1 充油式海缆	274
8.1.2 浸渍纸包绝缘海缆	274
8.1.3 挤包绝缘海缆	274
8.2 海缆的发展趋势	275
8.2.1 海缆的特点	275
8.2.2 国内外海缆发展历程和工程概要	275
8.2.3 海底电缆型式比较和发展趋势	278
8.2.4 直流海底电缆	279
8.3 海上风电场集电线路和送出线路海缆	280
8.3.1 海缆路由调查	280
8.3.2 集电线路海缆	281
8.3.3 送出线路海缆	283
8.4 国内外主要厂家制造能力	285
8.4.1 国外厂家概况	285
8.4.2 国内厂家概况	287
8.4.3 海缆工厂制造的一般流程	288
8.5 海上风电场海缆敷设施工	289
8.5.1 国内主要海缆敷设施工企业	289
8.5.2 施工敷设方案的制订	290
8.5.3 敷设施工前的准备工作	291
8.5.4 敷缆船与设备选择	292
8.5.5 海底电缆保护设计与实施	295
8.5.6 现场试验、验收及试运行	296
8.6 海上风电场海缆在线监测	296
8.6.1 海缆在线监测的主要考虑	296
8.6.2 海缆在线监测方案	296
8.6.3 海缆在线监测技术的应用和发展	298
参考文献	299
第 9 章 海上风电场运行维护	300
9.1 期望目标	300
9.1.1 保障海上风电场的安全	300
9.1.2 提升海上风电场的收益	300
9.2 控制策略	301

9.2.1	售电收入损失	301
9.2.2	运行维护成本	301
9.2.3	运行维护效益	302
9.2.4	海上风电场环境条件	302
9.2.5	海上风电场的进入	303
9.2.6	海上风电机组可靠性	303
9.2.7	运行维护交通工具	304
9.2.8	运行维护人力	304
9.2.9	备品备件供应	305
9.2.10	运行维护的基本方式	305
9.2.11	海上风电场运行维护策略优化	306
9.3	内容及要求	306
9.3.1	海上风电场运行维护总则	307
9.3.2	海上风电场运行维护对人员的要求	307
9.3.3	海上风电场运行维护对风电场设备的要求	307
9.3.4	海上风电场运行维护对海上作业的基本要求	308
9.3.5	海上风电场运行工作内容及要求	309
9.3.6	海上风电场维护工作内容及要求	309
9.4	运行现状	312
9.4.1	国外海上风电场运行维护现状	312
9.4.2	国内海上风电运维现状	319
9.5	市场需求及其他	320
9.5.1	运维港口	321
9.5.2	运维船	321
9.5.3	直升机运输	321
9.5.4	起重船服务	321
9.5.5	海上运维基地	322
9.5.6	风电机组维护	322
9.5.7	风电机组备件	322
9.5.8	海上变电站维护	323
9.5.9	海缆检查维护	323
9.5.10	陆上电气维护	323
9.5.11	集电线路检查维护	323
9.5.12	冲刷和钢结构检查	324
9.5.13	风电机组基础维修	324
9.5.14	起重、攀爬和安保设备检验	324
9.5.15	SCADA 系统和状态监测	325
9.5.16	海事协调	325

9.5.17	天气预报	325
9.5.18	行政管理	326
9.6	发展展望	326
9.6.1	运维船专业化	326
9.6.2	运行维护自动化	326
9.6.3	运行维护业务细化	327
9.6.4	跨行业竞争	327
	参考文献	327
第 10 章	海上风电场建设和环境保护	329
10.1	海上风电场选址环境保护要求	329
10.1.1	风电场规划环境保护原则	329
10.1.2	国外海上风电场选址要求	330
10.1.3	国内海上风电场选址要求	330
10.2	环境现状调查和评估	331
10.2.1	自然环境现状调查和评估	331
10.2.2	社会经济现状和发展调查评估	331
10.2.3	海洋资源和海域开发利用现状调查评估	332
10.2.4	海洋环境现状调查和评估	332
10.2.5	海洋环境敏感区现状调查和评估	332
10.3	环境影响预测及环境保护措施	333
10.3.1	国内外海洋工程环境保护基本要求	333
10.3.2	常规环境的保护措施	333
10.3.3	特殊环境的保护措施	334
10.3.4	重点关注的环境影响趋势	335
10.4	环境管理要求及环境影响后评估	336
10.4.1	环境管理要求	336
10.4.2	环境影响跟踪监测及监理计划	337
10.4.3	竣工环境保护“三同时”要求	337
10.4.4	环境影响后评估	338
10.4.5	环境保护研究方向及内容	338
10.5	海上风电项目环境影响案例	339
10.5.1	浙江某海上风电场	340
10.5.2	上海某海上风电场	361
	参考文献	367
第 11 章	海上风电发展展望和政策建议	369
11.1	发展存在的主要问题和展望	369
11.1.1	主要问题和障碍	369

第 1 章 国外海上风电发展

1.1 海上风电发展历史

目前,欧洲仍是全球海上风电开发的绝对主力,全球风电中有 90% 以上的装机容量在欧洲,因而欧洲海上风电发展历史有着全球性代表意义。从 1991 年丹麦建成世界上首个海上风电场 Vindeby,至今已有 20 多年的历史,欧洲海上风电的开发也经历了试验示范、规模化应用、商业化发展三个阶段。

Vindeby 海上风电场于 1991 年在丹麦近海运行,安装了 11 台单机容量为 450kW 的风电机组,此后直到 2000 年,海上风电的发展一直处于试验示范阶段,主要是在丹麦和荷兰的海域安装了少量的风电机组,单机容量均小于 1MW,至 2000 年累计装机容量仅 36MW。

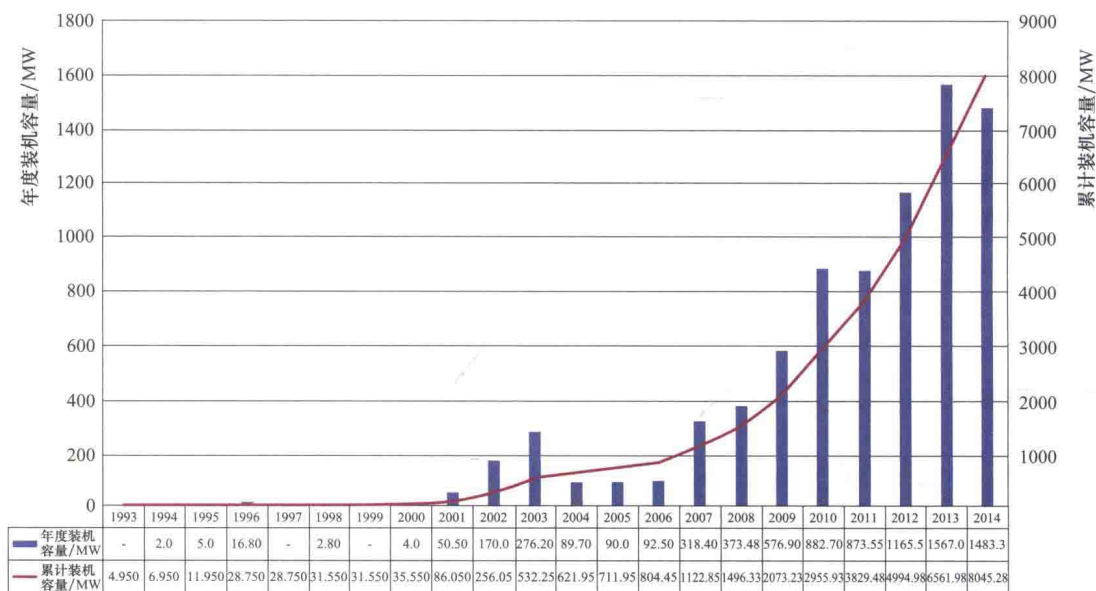
2001 年,丹麦 Middelgrunden 海上风电场建成运行,安装了 20 台 2MW 的风电机组,总装机容量 40MW,成为首个规模级海上风电场。欧洲海上风电从此进入规模化应用阶段,此后每年都有新增海上风电容量,风电机组单机容量均超过 1MW,至 2010 年欧洲海上风电累计装机容量达 2946MW。同时,仅从 2010 年开始,欧洲以外地区才开始建设海上风电场。

进入 2011 年,欧洲新建海上风电场的平均规模达近 200MW,风电机组平均单机容量 3.6MW,离岸距离 23.4km,水深 22.8m,欧洲海上风电开发进入商业化发展阶段,朝着大规模、深水化、离岸化的方向发展。2012 年比利时建成的 Thornton Bank 2 海上风电场风电机组单机容量已达 6MW;2013 年建成的目前世界最大的海上风电场——英国的 London Array 海上风电场,总装机容量 630MW。

1.1.1 开发现状

据欧洲风能协会(European Wind Energy Association, EWEA)统计,截至 2014 年年底,欧洲海上风电总装机容量 8045.3MW,年度装机容量和累计装机容量如图 1-1 所示,包括 11 个国家的 74 个海上风电场的 2488 台风电机组。正常风况年的发电量 29.6TW·h,可满足欧盟总用电量的 1%。

英国是欧洲海上风电产业的领导者,截至 2014 年年底,总装机容量 4494.4MW,占欧洲总装机容量的 55.87%;其次是丹麦,总装机容量 1271MW,接下来分别为德国(1048.9MW)、比利时(712MW)、荷兰(247MW)、瑞典(212MW)、芬兰(26MW)、爱尔兰(25MW)、西班牙(5MW)、挪威(2MW)和葡萄牙(2MW),如图 1-2 所示。



来源：EWEA

图 1-1 欧洲海上风电年度装机容量和累计装机容量

按风电机组所在海域统计，具体如图 1-3 所示。其中：大部分装机位于北海海域，占总装机容量的 63.3%；波罗的海和大西洋分别占 14.2%和 22.5%。

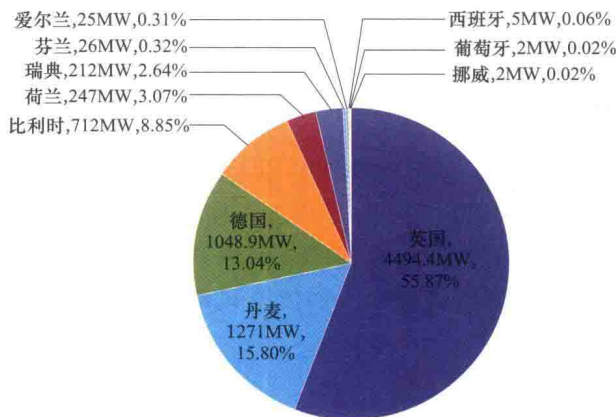
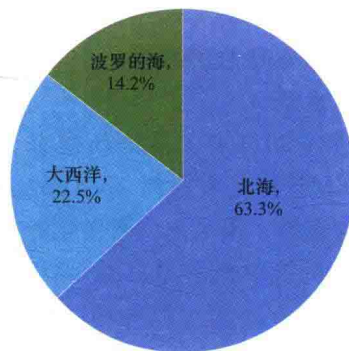


图 1-2 各国装机容量及占比



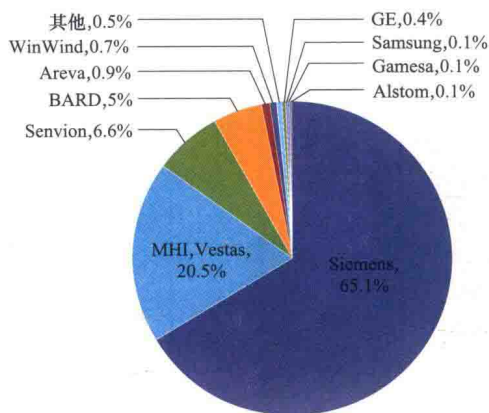
来源：EWEA

图 1-3 风电场所在海域装机容量占比

德国西门子股份有限公司（以下简称“Siemens”）是欧洲海上风电机组最大的供应商，提供的风电机组总容量占全部风电机组容量的 65.1%，其次是维斯塔斯（Vestas，20.5%），接下来是 Senvion（REpower）（6.6%）、BARD（5%）、Areva（0.9%）、WinWind（0.7%）和 GE（0.4%），其他类型风电机组（包括 Samsung、Alstom 和 Gamesa）占 0.8%，如图 1-4 所示。

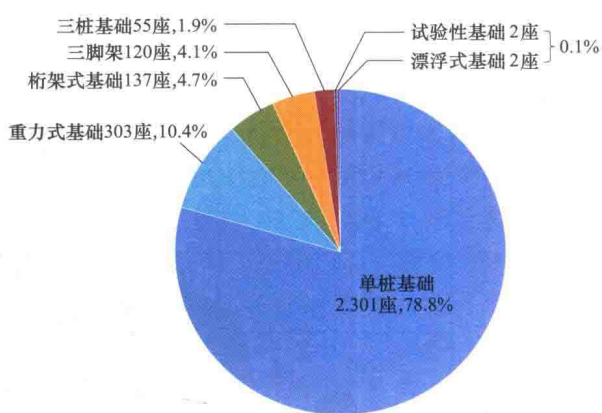
单桩基础是目前海上风电场使用最为普遍的基础型式，截至 2014 年年底，欧洲完成 2920 座风电机组基础的安装，其中单桩基础 2301 座，占总数的 78.8%，其次是重力式基

础 (303 座, 占 10.4%), 其余为桁架式基础 (137 座, 占 4.7%)、三脚架 (120 座, 占 4.1%) 和三桩基础 (55 座, 占 1.9%), 另外还有 2 个试验性基础和 2 个漂浮式基础, 如图 1-5 所示。



来源: EWEA

图 1-4 风电机组供应商市场占比

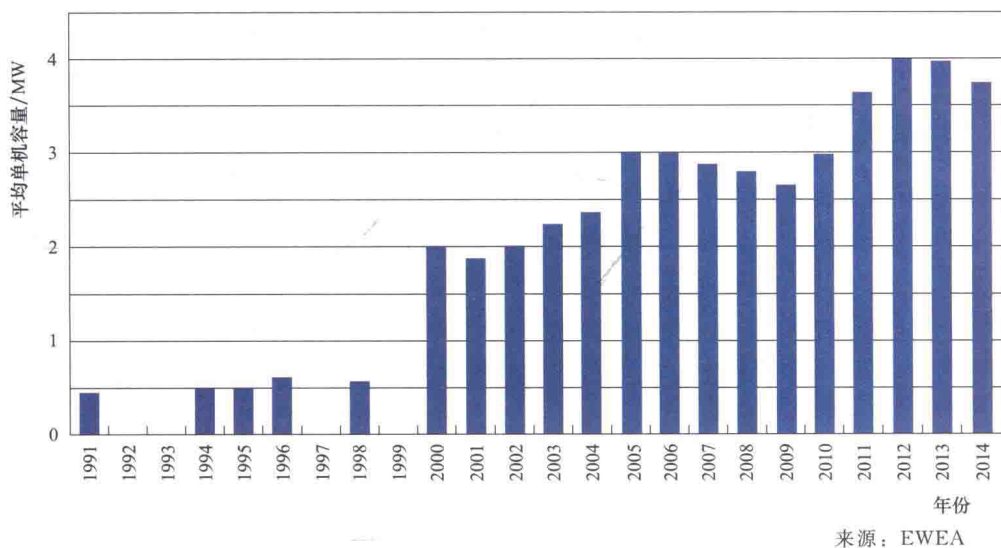


来源: EWEA

图 1-5 风电机组基础型式统计及占比

1.1.2 发展趋势

从 1991 年至今, 欧洲海上风电机组单机容量从 450kW 发展到如今的 7~8MW, 海上风电机组的设计与安装均取得了巨大进展。2014 年, 新装风电机组的平均容量为 3.7MW, 目前风电机组市场以 Siemens 3.6MW 风电机组为主导, 2014 年起升级为 4MW, 海上风电机组平均单机容量的发展如图 1-6 所示。



来源: EWEA

图 1-6 海上风电机组平均单机容量的发展

近年来, 欧洲海上风电场已远离海岸, 向更深的水域发展。截至 2014 年年底, 已建海上风电场的平均水深为 22.4m, 平均离岸距离为 32.9km。长远看来, 观察已建、在



建、获批的海上风电场，其平均水深和离岸距离更深、更远，如图 1-7 所示。

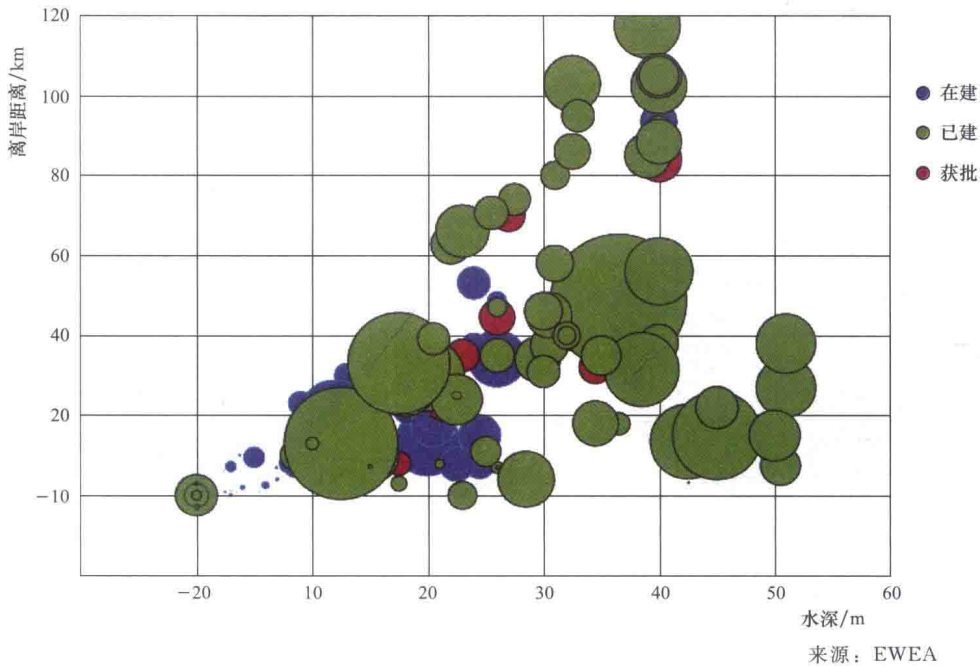


图 1-7 已建、在建和获批海上风电场平均水深和离岸距离

1.2 英国

英国是世界海上风能资源最丰富的国家之一，占欧洲海上风能可开发潜能的 1/3 以上。截至 2014 年年底，英国海上风电累计装机容量 4494.4MW^①，超过全球总装机容量的一半，是目前世界海上风电产业的最大市场。

1.2.1 风能资源

英国拥有极为丰富的海上风能资源，周围海域海水浅、风力强，海上风电可开发量达到 466GW (1940TW·h/年)，其中通过固定基础式风电机组技术可开发量为 116GW (406TW·h/年)，其余风能资源可通过漂浮式风电机组进行利用^②。

英国原商业、企业与监管改革部 (Department for Business, Enterprise and Regulatory Reform, BERR) 2008 年发布海洋可再生能源图集，给出了英国海域海平面上 100m 高度处的风能资源分布图。

1.2.2 政策支持

与丹麦、荷兰等国家相比，英国海上风电起步并不是最早的，2000 年建成首个试验

① 来自于 EWEA，数据包括所有接入电网的风电机组容量，部分发电的海上风电场入网容量也计算在内。

② The Offshore Valuation Project (PIRC)，2010。

性风电场 Blyth, 2004 年才有首个大规模海上风电场 North Hoyle, 但此后在政府的大力推动下, 英国海上风电产业得到了迅速发展。

2000 年, 英国政府提出, 到 2010 年可再生能源发电量达到全国电力生产 10% 的目标。2002 年, 引入可再生能源义务 (Renewables Obligation, RO), 规定供电商所提供的电力中必须有一部分来自于可再生能源。在此机制下, 电力企业利用可再生能源发电, 按照比例可获得一定数量的可再生能源证书 (Renewables Obligation Certificates, ROCs)。若超额完成, 则多余的 ROCs 可在市场进行交易; 若未达标, 则需在市场购买 ROCs 或向监管机构天然气与电力市场办公室 (Office of Gas and Electricity Markets, Ofgem) 缴纳罚金。英国政府于 2008 年修订了《电力法案》, 并于 2009 年开始实施对可再生能源利用的分类管理, 规定每 1MW 的陆上风电可获得 1 个 ROCs, 而每 1MW 海上风电可得到 2 个 ROCs。自 2002 年设立以来, 可再生能源义务已经将英国可再生能源装机容量从 2002 年的 3.1GW 提高到了 2011 年的 12.3GW。

根据能源与气候变化部 2013 年 7 月公布的《有关从可再生能源义务向差价合同过渡的意见征求》, 英国从 2014 年开始实施差价合同政策计划 (Contracts for Difference), 并在 2017 年前与可再生能源义务并行运行。在差价合同下, 发电商像往常一样通过电力市场出售电力产出, 然后获得电力售价与执行价 (Strike Price) 之间的差别支付 (Difference Payment)。当电力市场价格高于执行价时, 发电商需要返还电力售价与执行价之间的差价, 从而避免对发电商的过度支付。2013 年 12 月, 英国政府公布的《电力市场改革执行计划》给出了适用于 2014/2015—2018/2019 最终的差价合同执行价, 表 1-1 给出了风电部分差价合同执行价。

表 1-1 差价合同执行价 (2012 年价格水平) 单位: 英镑/(MW·h)

技术类型	2014—2015	2015—2016	2016—2017	2017—2018	2018—2019
海上风电	155	155	150	140	140
陆上风电 (大于 5MW)	95	95	95	90	90

1.2.3 开发现状及规划

从 2000 年开始, 英国对海上风能资源分阶段进行开发。第一轮开始于 2000 年 12 月, 政府首次向开发商出租海域用于海上风电场开发, 作为示范性阶段, 该轮项目一般不超过 30 个风电机组, 规模相对较小, 离岸距离较近, 目前 13 个工程均已全面投入使用; 第二轮开始于 2003 年 7 月, 涉及 16 个海上风电场, 总装机容量约 6GW, 目前超过一半装机已经投产运行, 部分还处于在建或待建中; 第三轮海上风电场项目于 2010 年公布, 规模更大, 离岸更远, 大部分装机容量都超过 1GW, 总装机容量约 31GW, 第三轮首个项目正在施工, 预计 2018 年全面运行。

截至 2014 年年底, 英国已建海上风电场 24 座, 总装机容量 4.05GW; 另有 1GW 正在建设中; 11.76GW 已取得规划许可但尚未开始建设; 23.23GW 的开发海域已由皇家财产局 (The Crown Estate) 授予开发商。英国已建、在建及规划海上风电场见表 1-2 和表 1-3。