

海上风力发电技术

上海电气风电设备有限公司 王 徽
上海清洁能源研究与产业促进中心 黄成力

摘要: 风力发电是一种清洁的能源利用方式。随着风力发电技术的发展,海上风力发电已逐渐成为风电发展的新领域。因为海上风资源丰富,而且不会受土地使用的限制。目前,一些欧洲国家已成功建立了自己的海上风电场,证实了海上风力发电是可行的。中国具有很长的海岸线,邻近海域具有丰富的风资源,如能充分利用这些风能,将有助于解决我国的能源和环境问题。我国的海上风力发电技术刚刚起步,开发设计适合我国海域特点,并具有自主知识产权的海上风力发电设备,对我国的风力发电技术及能源战略具有重大意义。

关键词: 风资源;海上风力发电;新领域

Offshore Wind Power Generation Technology

Shanghai Electric SEWIND,CO.Ltd Wang Hui

Shanghai Clean Energy Research and Industry Promotion Center Huang Cheghli

Abstract: With the development of wind power generation, a clean way of energy utilization, offshore wind power generation has become a new field in wind power generation. With the abundant wind resources and no limit of land use, some European countrise have managed to build their own offshore wind farms, which prove to be feasible. If we can make full use of our long coastlines and abundant wind resources, it will help to solve our energy and environmental problems. It is of strategic meaning to develop offshore wind power facilities of independent intellectual property rights which are well suited to our sea features.

Keywords: Wind Resources; Offshore Wind Power Generation; New Field

随着世界经济的快速发展,人们对能源的需求与日俱增,能源对环境的污染也随之加大,引起了人们对清洁能源使用的关注。特别是在《京都议定书》签订以后,清洁能源越来越受到各国政府和人民的重视。在清洁能源中,风能是一种干净的可再生能源,具有取之不尽、无污染、不需要燃料等优点。目前,风能技术较为成熟,经济可行性比较高,是一种较理想的发展能源。

经过几十年的研究和发展,风力发电机组设计、制造技术的日趋成熟,风电成本大幅度降低,为了更好地利用风力发电,除了发展陆上风力发电机组外,许多国家正在把目光投向海上风力发电场的开发。

1 海上风力发电的优点

海上风况优于陆地。风流过粗糙的地表或障碍物时,风速的大小和方向都会改变,而海面粗糙度

小, 离岸 10km 的海上风速通常比沿岸陆上高约 20%, 发电量可增加 70%。海水表面粗糙度低, 海平面摩擦力小, 因而风切变, 即风速随高度的变化小, 不需要很高的塔架, 可降低风电机组成本; 海上风的湍流强度低, 且有稳定的主导风向, 没有复杂地形对气流的影响, 因此作用在机组上的疲劳强度可以大大的降低, 可以延长机组的使用寿命。一般在陆地上设计使用寿命为 20 年的发电机组在海上可延长到 25~30 年。还有, 在海上利用风能, 受噪声、景观影响、土地使用、电磁干扰、鸟类影响等问题的限制较小。

2 海上风力发电的现状

自 1990 年在瑞典(Nogersund)安装了世界上第一台海上风力发电机组—Windworld 制造的 220kW 风力发电机以来, 世界上近海风电的总装机容量已达到 789MW, 但是只占全球风电总装机容量的 1.5%。目前所有的海上风场都在欧洲, 具体的分布见表 1。上世纪 90 年代是小型近海风电场的研究示范阶段, 2002 年丹麦 Horns Rev 项目的运行具有里程碑的意义, 标志着欧洲开始进入大规模开发海上风电的阶段。丹麦处于全球领先地位, 装机容量超过 400MW。英国是后起之秀, 装机容量超过 300MW。

表 1 全球海上风电场的装机容量(2006 年 8 月)^[2]

序号	国家	项目名称	年度	机型	台数	容量/MW	国家总容量/MW
1	丹麦	Vindeby	1991	Bonus-450kW	11	4.95	409.9
		TunoKnob	1995	VestasV39-500kW	10	5.0	
		Middlegrunder	2000	Bonus2MW	20	40	
		Horns Rev	2002	VestasV80-2MW	80	160	
		Samsø	2003	Bonus2.3MW	10	23	
		Nysted	2003	Bonus2.3MW	72	165.6	
		Fredrickshavn	2004	Bonus2.3MW VestasV90-3MW NordexN90-3MW	4	11.3	
2	英国	Blyth	2000	VestasV66-2MW	2	4	314
		North Hoyle	2003	VestasV80-2MW	30	60	
		ScrobSands	2004	VestasV80-2MW	30	60	
		Kentish Flat	2005	VestasV90-3MW	30	90	
		Barrow	2006	VestasV90-3MW	30	90	
		Beatrice	2006	REPower 5MW	2	10	
3	爱尔兰	ArklowBank	2003	GE Wind 3.6MW	7	25.2	25.2
4	瑞典	Bockstigen	1997	Wind World 550kW	5	2.75.00	23.3
		Utgrunden	2000	ENRON 1.5MW	7	10.5	
		YttreStengrund	2001	NEGMicon 2MW	5	10	
5	荷兰	Lely	1994	NedWind500kW	4	2	18.8
		Dronten	1996	Nordtank600kW	28	16.8	
6	德国	Wilhelmshaven	2004	EnerconE112	1	4.5	7
		Breitling	2004	NordexN80	1	2.5	
合计							798.2

中国海上风力发电才刚刚起步,目前尚无一座海上风力发电场。中国有着丰富的海上风能资源。中国东部沿海水深2m~15m的海域面积辽阔,可利用风能资源是陆上的三倍,即700GW,而且距离电力负荷中心很近,随着海上风力发电技术的发展成熟,经济上可行,将来必成为重要的可持续能源。表2列出了我国正在筹建的海上风电场。

表2 我国正在筹建的海上风电场^[3]

地点	机组容量/MW
广东南澳	20
上海	600
浙江岱山	200
江苏如东	200
江苏东台	200
河北黄骅	200

3 海上风电技术

3.1 海上风电场选址

海上风电场选址是一个非常复杂的工作。选址不当可能会导致项目的失败和延期。近海选址需要考虑的主要因素有^[2]:

- 1) 是否可以获得项目建设所需的所有审批许可?
- 2) 是否可以获得风场海域的使用权?
- 3) 附近电网的基本情况:陆地变电站位置、电压等级、可接入的最大容量和电网规划等;
- 4) 风场基本情况:范围、水深、风能资源和海底的地质条件;
- 5) 环境制约因素:是否对当地旅游业、水中生物、鸟类、航道、渔业和海防等造成负面影响?

3.2 海上风机的支撑结构

海上风机的基础结构按照结构形式可分为单桩、重力式混凝土沉箱、多桩及吸力式四种类型:

- 1) 单桩基础:单桩基础安装在海床下10m~20m,深度取决于海床类型。桩径一般为2m~4.5m,壁厚约为直径的1/100。单桩基础不需要作海底准备,制造简单。但是,基础受海底地质条件和水深的

约束较大,安装时需要专用的设备,施工安装费用较高。

- 2) 重力式混凝土沉箱:重力式混凝土沉箱基础结构体积大,靠重力使风机保持垂直。这种结构简单,造价低,受海床沙砾影响不大,其稳定性和可靠性已得到证实,但需要进行海底准备,其尺寸和重量较大。

- 3) 多桩基础:多桩基础(一般为三脚桩)桩径较小,钢管桩通过特殊灌浆或桩模与上部结构相连,适于在深海域建造,但目前尚无成功安装多桩基础的经验。

- 4) 吸力式基础:吸力式基础分为单柱及多柱吸力式沉箱基础等。吸力式沉箱基础适于砂性土及软粘土,单柱吸力式沉箱基础施工安装费用较多柱吸力式沉箱基础的高。

3.3 海上风机机组

海上风电的发展大大地促进了大型机组的商业化。目前,一些厂家正在生产和研制大型风机,其目标市场主要是海上风电。海上风机机组与陆地风电机组并没有本质的差别,但有些机型在原有陆地风电的基础上作了很大的改进,以便更好地使用海上的条件及提高风机的可靠性和发电量。在风机设计的过程中,要根据具体海上风场的实际情况设计风机,如:

- 1) 海上风力发电机组的总设计、气动设计技术,它包括海上风力发电机组结构形式、技术指标的确定,叶片气动外形设计及气动载荷计算;
- 2) 动力特性强度分析;
- 3) 海上风力发电机组叶片结构设计;
- 4) 海上风力发电机组的可靠性设计;
- 5) 海上风力发电机组的三防技术。海上风力发电机组复合材料叶片,使用环境中的多种因素对海上风力发电机组的性能影响较大。主要包括防腐蚀设计、防湿热设计、防雷击设计等;
- 6) 海上风力发电机组的腐蚀疲劳分析;
- 7) 海上风力发电机组风轮叶片的防冰、除冰技术的研究;
- 8) 海上风力发电机组电控系统的设计。

4 海上风力发电的经济分析

海上风电的初期投入成本较高,特殊基础结构的建造和并网连接所占有的费用很大,一般占总投资的一半以上;海上风电场的维护费用也很高,为了方便维修往往需要安装特殊设施,从而提高了发电成本;另外,运输、安装的成本比陆上安装风机都要高。

海上风电的成本与单机容量和装机台数有关,同一基础上安装更大容量的风机会更加经济,海上风电场的装机容量在 100MW 以上比较经济。

典型的陆上风电场的成本中,风电机组约占总投资的 70%—80%,基础设施(支撑结构、电网、道路、变电站等)占 20%—30%;通常的海上风电场成本中风电机组占一个风电场全部费用的大约 40%,其它(支撑结构、海底电缆、运行维护设施等)约占 60%。

5 海上风力发电的发展趋势^[9]

5.1 单机容量不断扩大 近年来新型大功率风力发电机正在迅速取代小型风力发电机。大功率风力发电机的市场份额已超过 50%。单机容量已从 300kW、600kW 发展到批量安装 1.5MW、1.7MW、2MW、5MW。海上风电机组的技术沿着增大单机容量、减轻单位 kW 重量、提高转换效率的方向发展。按照年安装的单机容量统计,1998 年德国平均为 780kW,2002 年则为 1400kW。全球 MW 级机组的市场份额明显增大,1997 年及以前还不到 10%,2000 年,世界上单机 1MW 以上风机占 59.3%,2002 年达到 62.1%,2003 年安装的风电机组平均单机容

量 1.2MW。5.2 由浅海向深海发展

欧洲国家如丹麦、荷兰、德国及英国等浅海域较多,特别是北海、波罗的海拥有丰富的浅海域风资源。欧洲海上风电场的建设也集中在浅海域(水深小于 30m)。美国的浅海域风资源则相对匮乏,浅海从东岸延伸数公里,而沿西岸海底迅速降低。美国海上风能总产量估算为 907GW。其中,浅海域风能为 98GW,余下的 810GW 均取自深海域(水深大于 30m)的风资源。可以预见,当浅海域风电开发趋于成熟和饱和后,必然会有向深海域风电场发展的趋势与必要。

6 结语

陆地风力发电场的大力开发,将促进风力发电技术的不断发展和成熟,也使海上风能资源的开发具有更好的条件。中国具有很长的海岸线,具有丰富的海上风能资源,开发设计适合我国海域特点,并具有自主知识产权的海上风力发电设备,充分利用这些风能,对我国的能源战略具有重大意义。也必将推动特别是海上风电产业的发展和进步。

[1]李晓燕,余志.海上风力发电进展.太阳能学报[J],2004,25(2):78—84.

[2]刘颖,高辉.近海风电场发展的现状、技术、问题和展望.中国风能[J],2006,7(3):41—46.

[3]宋础,刘汉中.海上风力发电开发现状和趋势.新能源[J],2006,2(2):55—59.

[4]施鹏飞.风力发电的进展和趋势.中国电力[J],2002,35(9):86—90.

(上接第 8 页) 8、加强职工队伍建设,节能事业的发展关键是培养人才,计划与上海理工大学建立节能产学研基地,输送在职人员再教育,吸收在读研究生工作,创造人才培养机制,不断壮大节能技术人员的队伍。同时,我们要保持“市经委直属单位先进党支部”的称号,创造良好的企业文化氛围,用效益激励工作,以事业凝聚人心,不断提高干部队伍和职

工队伍的素质。

随着市场经济发展,我们面临着新的形势与任务,根据国家“节能十大工程”的要求,上海市节能服务中心将肩负起新的工作。2007 年是我们服务于政府开拓新局面的关键一年,我们真诚希望与上海市节能协会等相关单位合作,加强与企业的联系,争取为节能事业作出新贡献。

海上风力发电技术

作者: [王徽](#), [黄成力](#), [Wang Hui](#), [Huang Changli](#)
作者单位: [王徽, Wang Hui \(上海电气风电设备有限公司\)](#), [黄成力, Huang Changli \(上海清洁能源研究与产业促进中心\)](#)
刊名: [上海节能](#)
英文刊名: [SHANGHAI ENERGY CONSERVATION](#)
年, 卷(期): 2007, ""(1)
被引用次数: 1次

参考文献(4条)

1. [李晓燕](#), [余志](#) [海上风力发电进展](#)[期刊论文]-[太阳能学报](#) 2004(02)
2. [刘颖](#), [高辉](#) [近海风电场发展的现状、技术、问题和展望](#) 2006(03)
3. [宋础](#), [刘汉中](#) [海上风力发电开发现状和趋势](#)[期刊论文]-[新能源](#) 2006(02)
4. [施鹏飞](#) [风力发电的进展和趋势](#)[期刊论文]-[中国电力](#) 2002(09)

相似文献(2条)

1. 期刊论文 [陈振千](#). [CHEN Zhen-qian](#) [加大力度积极发展上海风力发电](#) -[能源技术](#)2006, 27(6)
总结上海市推进风力发展的现状,阐述了上海市风力发展的远景,重点介绍了上海积极发展海上风力电场的风资源,选址原则,示范项目,为海上风力发电的发展创造了良好条件.
2. 期刊论文 [刘勇](#). [孔祥威](#). [白珂](#). [LIU Yong](#). [KONG Xiangwei](#). [BAI Ke](#) [大规模海上风电场建设的技术支撑体系研究](#) -[资源科学](#)2009, 31(11)
海上风力发电是今后保障能源消费安全、保持经济增长和保护环境等方面的一个强有力的手段.随着风电技术的进步,以及海上资源丰富、风速相对稳定、开发利益相关方较少、不与其他发展项目争地、可以大规模开发等优势,大规模海上风电场建设已成为风电产业发展的新趋势.但是,海上风电场施工困难、对风电机组质量和可靠性要求较高、对抗击海上台风等灾害性天气要求苛刻,因此要健康、快速、有序地发展海上风电,除了要海上复杂的风资源和环境条件进行深入研究分析外,强有力的技术支持更是不可或缺的.大规模海上风电场建设的特征是现有众多技术的集成,其中既包含海上建设项目的共有技术,如海上平台、海上桩基、海上桥梁等成熟技术;又包含海上风电场建设的专有技术,如海上风电场的施工、安装、运输、维护等配套实施的投入和建设等技术难点.本文首先分析大规模海上风电场建设的技术支撑体系内涵和总体框架,然后重点从海上大功率专用风力机、海上风电场施工安装、海上风电登陆传输、海上风电场抗台风等自然灾害以及海上风电大规模应用等方面,深入阐述大规模海上风电场建设的技术支撑体系,可为大规模建设海上风电场提供科学的依据和指导.

引证文献(1条)

1. [王旭东](#), [曹燕燕](#) [海上风力发电技术现状及发展趋势](#)[期刊论文]-[科技创新导报](#) 2008(5)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_shjn200701009.aspx

授权使用: 华北电力大学(huabeidianli), 授权号: 1c7aea17-2907-48dc-8ab3-9e070182c217

下载时间: 2010年10月6日