

浙江省风力发电发展规划背景研究之一：

国内外风力发电发展现状及趋势

目 录

1、国际上风电发展的现状与趋势	1
1.1 世界及主要国家的风电发展现状.....	1
1.2 世界风电技术研发动态.....	2
1.3 世界风电设备制造业的发展.....	3
2、国内风电发展态势	4
2.1 国内的风电发展现状.....	4
2.1.1 资源总量及分布状况.....	4
2.1.2 目前国内风电装机情况.....	4
2.1.3 项目融资方式及经营管理.....	9
2.1.4 各风电场风电上网电价一览表(含税价).....	9
2.2 国内风电技术的研发水平.....	10
2.3 国内风电设备制造的发展现状.....	11
2.3.1 国内风电场规模和布局.....	11
2.3.2 国内风电场装机类型.....	11
2.3.3 各制造商在中国风电场市场份额.....	12
2.3.4 中国风力发电设备制造业情况.....	13
3、浙江省风电发展现状	16
3.1 现有风电场及运行情况等.....	16
3.2 技术研发水平及实力.....	17
3.3 风电设备制造能力.....	17
3.4 存在的问题.....	18

国内外风力发电发展现状及趋势

1、国际上风电发展的现状与趋势

1.1 世界及主要国家的风电发展现状

到 2003 年底，全球风力发电装机容量已突破四千万千瓦，风力发电占全球电力供应的 0.5%。2003 年全球新增风电装机容量便超过 830 万千瓦，而过去 5 年来全球风电装机容量年均增长速度超过 26.3%。目前全世界风电工业规模约为 120 亿美元，预计到 2020 年可望达到 1200 亿美元。

欧洲是全世界风力发电发展速度最快，同时也是风电装机最多的地区。2003 年底欧洲地区累计风电装机容量为 2930 万千瓦，约占全球风电总装机容量的 73%。尽管 2003 年欧洲风电装机增长幅度有所放缓，年增幅由 02 年的 35% 降为 23%，不过随着一些欧洲国家海上风电项目的发展，预计欧洲地区风电装机仍将维持快速增长的势头。美洲地区风电装机容量达 690 万千瓦，占全球风电总装机的 17%。亚洲地区风力发电与美欧相比还比较缓慢，除印度一支独秀以外，其它国家风电装机容量均很小。

风电累计装机容量居前五位(到 2003 年底)的国家依次是：德国(14612MW)、西班牙(6420MW)、美国(6361MW)、丹麦(3076MW)和印度(2120MW)。世界各国风力发电现状如下：

德 国

80 年代后期德国仅有 1.5 万千瓦风电装机，得益于 90 年代初出台的一系列鼓励可再生能源利用的政策，1999 年底风电装机跃升至 444.3 万千瓦，2003 年底累计装机更高达 14,612MW，是目前世界上风电装机最多的国家，占全球风电总装机容量的三分之一以上(36.3%)。尽管 2003 年德国风力发电增幅有所放缓，但仍然维持较高水平。德国雄心勃勃的海上风电计划将为其风电发展提供新的动力，预计未来五年间德国还将新增 13,450MW 风电装机，约占全球新增装机容量的 25%。

美 国

2003 年美国风力发电发展迅速，新增装机 169 万千瓦，累计装机 636 万千瓦。过去 5 年来，美国风电年均增速达 24%，目前有超过 27 个州有风电场建成。

美国是全球最重要的风电市场之一，虽然政府政策方面的不延续性和不稳定性使得风电的发展充满了不确定性，但仍存在着有利于风电发展的积极因素。

西 班 牙

2003 年西班牙新增风电装机 138 万千瓦，目前风电装机总量达 642 万千瓦，仅次于德国居世界第二。西班牙官方对风电发展定下的目标是，到 2010 年装机容量要达到 1300 万千瓦（预计这一目标有望在 2008 年提前实现）。

丹麦

目前丹麦并网风电机组已达 3,000MW，风力发电满足其电力消费的 20%。鉴于丹麦风电市场发展水平已经很高，预计未来其风电发展将保持温和增长的势头。尽管如此，丹麦政府最近宣布将进一步发展 400MW 的海上风电计划。

英国

目前英国有 600MW 的陆上风电招标项目正在规划之中，第一轮海上风电建设项目总装机容量将达 1500MW，而第二轮更将高达 7000MW。预计英国将成为继德国和西班牙之后欧洲第三大风电市场。

印度

印度的风电发展在亚洲可谓一支独秀，目前风电装机达 2125MW，其风电发展潜力高达 45,000MW。印度的风力发电技术国产化水平已经较高，2003 年印度本国制造商在印度风电市场上占有最大份额。

1.2 世界风电技术研发动态

作为提高风能利用率和发电效益的有效途径，风力发电机单机容量不断向大型化发展。兆瓦级风力机逐步成为国际风电市场上的主流产品。美国已经研制成功 7 兆瓦风力机，而英国正在研制 10 兆瓦的巨型风力机。

变速恒频机组应运而生。变速恒频风力机组可在风速低于额定风速时，通过调节发电机转子转速，尽可能最大地捕获风能，同时稳定发电机输出电能的频率；在风速高于额定风速时通过变桨距保持额定发电功率，仍可捕获“最大”能量。

定桨距机组逐步向变桨距机组转换；同时高可靠性的大中型定桨距机组仍然得到发展。变桨距的驱动技术则主要有液压与电气传动两类。前者适合在大中型机组中应用，后者具有可靠和桨叶独立可调的特点。与液压系统相联系的还有近期发展的柔性刹车技术，可减少机身振动和刹车片磨损。

叶片、齿轮箱、发电机等关键部件不断在可靠性、大型化等方面取得进步。基于空气动力学及商用软件的设计优化使叶片叶型趋于成熟；新材料新结构的桨叶也不时出现，如美国国家风能技术中心正在研制的自适应变桨距风力机，在低于额定风速下桨叶能保持最优捕获风能状态；当风速高于额定风速时，桨叶在风力的作用下，根据风速的大小做出相应的变形，从而自动改变桨叶的节距角。双馈电机是变速恒频机组的关键部件之一，受到国内外普遍的重视。除进一步致力于提高齿轮箱的设计、使用寿命外，直接驱动（无齿轮箱）的新型机组也在研制、实验之中。

控制与监控技术不断完善。包括先进控制规律的应用、快速无冲击并网技术、远程监控技术、独立桨叶控制技术、孤立风机或弱电网运行技术以及风电与光伏混合控制技术等。

海上风能利用技术及其风电场建设受到重视。

风力发电成本不断下降，已经由 1980 年代早期的 38 美分/kWh 降至 2003 年初的 4 美分/kWh 左右（世界主要风电场），2003 年初美英等国的一些风电场以 3 美分/kWh 供电。预计到 2010 年，世界风电平均发电成本将降至 2.6 美分/kWh 左右。

1.3 世界风电设备制造业的发展

为了降低风力发电的成本，提高风电的市场竞争能力，随着现代风电技术的发展与日趋成熟，风力发电机组的技术沿着增大单机容量、减轻单位千瓦重量、提高转换效率的方向发展。上世纪末，风电机组主流规格在欧洲是 750kW，在美国是 500kW。到 2002 年前后，主流机型已经达到 1.5MW 以上。1997 年兆瓦级机组占当年世界新增风电装机容量的比例 9.7%，2001 年占到了 52.3%，2003 年占到了 71.4%。随着海上风电场的建设，需要单机容量更大的机组，欧洲 3.6MW 机组已批量安装，4.2、4.5 和 5MW 机组也已安装运行。

在 MW 级以下，失速调节方式仍以其独特的优势被广泛采用，失速型机组在当今的大型风电机市场上仍占据相当的份额。但随着机组大型化的发展，MW 级以上的机组技术普遍采用了变桨变速的先进技术。尽管变桨变速型机组的造价高于额定功率相同的失速型机组，但它的综合效益并不低，技术特点也很明显。随着风电机组单机容量的不断增大，变速恒频变桨距型风电机组逐渐占据了主导地位。近几年直接驱动技术在风电领域得到了重视，这种风力发电机组采用多极发电机与叶轮直接连接进行驱动的方式，从而免去了齿轮箱这一传统部件，由于其具有很多技术方面的优点，特别是采用永磁发电机技术，其可靠性和效率更高，处于当今国际上领先地位，在今后风电机组发展中将有很大的发展空间。

由于海上风力资源品质较好、陆地面积少等种种原因，国外风电场建设正在向近海发展。1990 年在瑞典(Nogersund)安装了世界上第一台海上风力发电机组---Wind world 制造的 220kW 风力发电机组；1991 年丹麦（Vindeby）建设第一个海上风电场，共 11 台 Bonus 制造的 450kW 风力发电机组。至 2002 年，丹麦建设了 5 个海上风电场，海上风电总装机容量达 250MW。2003 年丹麦在 Nysted 海域建成了世界上最大的近海风电场，拥有 72 台 2.3MW 机组，装机容量 165MW。到 2003 年底世界近海风电总装机容量达到 530MW，预计 2005 年以后德国也将大规模开发。据 BTM-C 预测评估，到 2005 年，海上风电场的装机容量将占国际风电市场的 10%；今后五年，丹麦、瑞典、德国、荷兰、英国、计划建设 3000MW

海上风电场。随着海上风电场的发展，与其相关的基础技术也正在研究和发展，如：基础和安装方法，提高可靠性技术；发电量预报技术；报废叶片处理技术，巨型叶片的防雷技术以及运输技术；更先进的机组控制和功率调节系统技术等。

2、国内风电发展态势

2.1 国内的风电发展现状

2.1.1 资源总量及分布状况

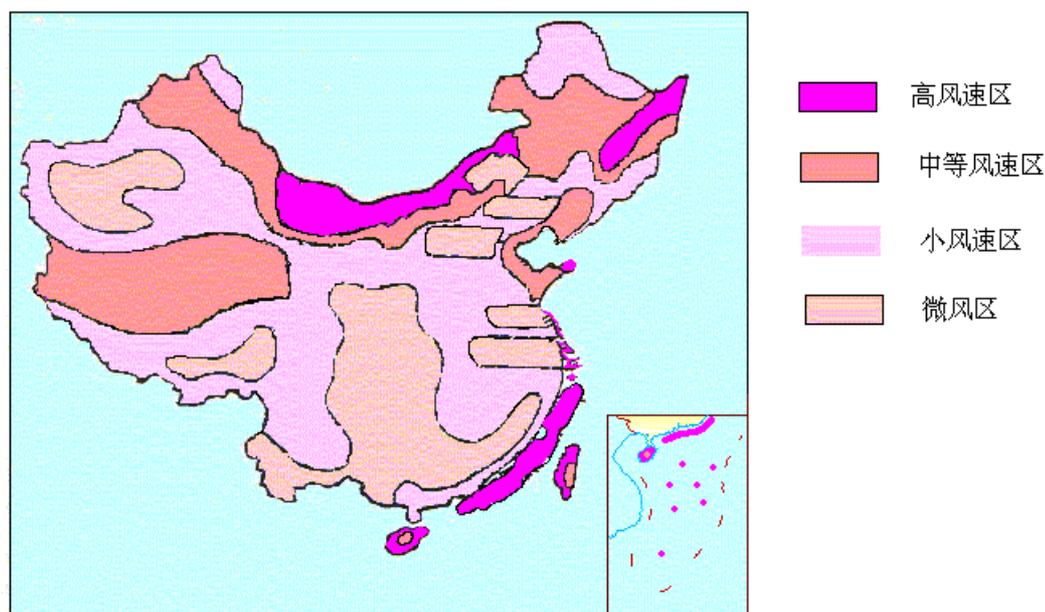


图 1 中国风能资源分布情况

根据初步测定结论，我国陆地风能的实际可开发总量大约是 2.53 亿千瓦。根据资源、土地、交通和电网条件确定近期具备开发条件的风电场址约有 50 个，分布在全国 16 个省(市，自治区)，其中新疆达坂城、内蒙古辉腾锡勒、河北张北、吉林通榆和广东南澳等场址均具备装机 100 兆瓦的条件。

表 1 中国风能分区及其占全国面积的百分比

指 标	丰富区	较丰富区	可利用区	贫乏区
年有效风能密度(W/m^2)	>200	200~150	150~50	<50
风速 $\geq 3m/s$ 的年累计小时数(h)	>5000	5000~4000	4000~2000	<2000
风速 $\geq 6m/s$ 的年累计小时数(h)	>2200	2200~1500	1500~350	<350
占全国面积的百分比(%)	8	18	50	24

2.1.2 目前国内风电装机情况

至 2000 年底，新增风电装机容量为 305.74 兆瓦，占目前风电总装机容量的

88.67%。5年中全国平均每年增加装机容量约60兆瓦(如表2所示),平均年增长率为59.14%。

到2003年6月,全国风电场总装机容量为494765千瓦,37个风电场。

表2 全国风电场装机情况

序号	业主、风电场名称	机组型号	单机容量(千瓦)	安装台数	总容量(千瓦)	供货厂商	安装日期	备注
01	新疆风电公司(达坂城风电二场)	Bonus 300	300	4	90300	丹麦 Bonus 公司	92.12	
		NTK-300/31	300	4		丹麦 NTK 公司	92.12	
		NTK-300/31	300	4		丹麦 NTK 公司	93.05	
		NTK-300/31	300	15		丹麦 NTK 公司	94.12	
		NTK-300/31	300	2		丹麦 NTK 公司	95.07	
		Bonus 450	450	4		丹麦 Bonus 公司	94.05	
		Bonus 600	600	12		丹麦 Bonus 公司	97.05	
		V-42/600	600	66		丹麦 Vestas 公司	97.05	98.3全部完成
		NM48/750	750	10		荷兰 NEG-Micon	03.03	
	Nedwind500	500	51		荷兰	97.12	未装完	
02	新疆风能公司(达坂城风电一场)	Bonus 150	150	13	24160	丹麦 Bonus 公司	88.	
		Vincon-100	100	1			86.	已报废
		Tacke 600	600	2		德国 TACKE 公司	96.	
		ANBonus 450	450	3		德国	96.	
		Jacobs 500	500	3		德国	97.	
		金风 S43/600	600	10		新疆金风科技	98.~00.	
		金风 S43/600	600	8		新疆金风科技	03.06	准备安装
AE 46/I	660	11	一施-美德公司	03.10	准备安装			
03	新疆自治区水利厅(布乐津风电场)	ANBonus 150	150	7	1050	丹麦 Bonus 公司	96.	
04	新疆建设兵团农五师(阿拉山口风电场)	金风 S43/600	600	2	1200	新疆金风科技	00.10	
05	内蒙古风力发电	Mode156-100	100	5	55735	美国美风风能公司	89.04	
				6			91.08	
		Bonus-HEEW	120	10		丹麦 Bonus 公司	94.04	
		HSW-250T	250	4		德国 Husum 公司	93.04	

总公司	辉腾锡勒风电厂	NTK-300/31	300	3	1200	丹麦 NTK 公司	94.04		
		Made -AE30	330	6		西班牙 MADE 公司	99.08		
		M1500/600	600	9		丹麦 Micon 公司	96.04		
		M1500/600	600	33		丹麦 Micon 公司	96.11		
		V-42/600	600	9		丹麦 Vestas 公司	97.04		
		Z-40	550	10		美国 Zond 公司	97.04		
		NM 48/600	600	1		丹麦 Micon 公司	98.10	木制 桨叶	
		WD 646	600	1		北京万电公司	99.07		
		N-43/600	600	9		Nordex 公司	02.01		
		锡林风电厂	HSW-250T	250		4	德国 Husum 公司	95.04	
			Made -AE30	330		6	西班牙 MADE 公司	99.08	
		商都风电厂	NTK 300/31	300		12	丹麦 NTK 公司	94.04	
			国产华风	55		5		93.06	
		06	内蒙创建集团公司(达尔罕风电场)	N43/ 600		600	2	1200	丹麦 Nordex 公司
07	东电茂霖风能发展有限公司(内蒙古克什克腾风电场)	Made AE46/I	660	6	18960	西班牙 Made 公司	01.12		
		NM 48/750	750	7		丹麦 NEG Micon 公司	99.12		
			750	13			01.12		
08	张家口长城风电公司(张北风电场)	TW-300	300	11	9850	德国 TACKE 公司	97.03		
		AWT-275	275	2		美国 AWT 公司	97.04		
		NTK-300/31	300	2		丹麦 NTK 公司	96.02		
		N43/600	600	1		丹麦 Nordex 公司	97.11		
		V44/600	600	8		丹麦 Vestas 公司	98.10		
09	河北承德风电场	新风-600	600	6	3600		01.04		

10	锦州峪龙风力发电有限公司	NM 48/750	750	1	3750	丹麦 NEGMicon 公司	99.02		
				4			00.12		
11	营口风力发电股份有限公司(仙人岛风电场)	Made AE64/I	660	9	31660	西班牙 MADE 公司	99.09		
		N60/1300	1300	4		德国 Nodex 公司	01.03		
		N43/600	600	1		西安维德公司	01.06		
		N43/600	600	10			03.03		
				17			00.01	试验机组	
				1					
		AE 46/I	660	1		一拖-美德公司	00.01	试验机组	
		SX 43/600-50	600	2		上海申新公司	02.06	试验机组	
N43/600	600	1	西安维德公司	03.02	试验机组				
AE 46/I	660	1	一拖-美德公司	03.02	试验机组				

12	大连供电公司	横山风电场	HSW 250T	250	4	14000	德国 Husum 公司	93.	
			M600-250/50	250	16		丹麦 Micon 公司	96.	
			金 风 S43/600	600	4		新疆金风科技	02.	试运行
		长海风电场	金 风 S43/600	600	6		新疆金风科技	02.12	
			运达 250	250	12		浙江省机电院	02.07	
13	沈阳东方风力发电有限公司	法库四家子风电场	N 50/800	800	12	32050	德国 Nordex 公司	02.12	
			东岗风电场	NTK 300/31	300		5	丹麦 NTK 公司	94.11
		NTK 550/41		550	9		丹麦 NTK 公司	96.11	
		Z-40		550	10		美国 Zood 公司	98.03	
		NM 48/750	750	14	丹麦 NEG Micon 公司		02.03		
14	丹东海洋红风力发电有限责任公司	NM 48/750	750	28	21000	丹麦 NEG Micon 公司	00.03		
15	吉林风电公司（通榆风电场）	AE 46/1	660	11	30060	西班牙 MADE 公司			
		N 43/600	600	38		丹麦 Nordex 公司			
16	山东长岛风力发电有限责任公司	N 43/600-mk2	600	9	5400	丹麦 Nordex 公司	99.09		
17	海南国信能源公司（东方风电场）	V 55/11	55	1	8755	丹麦 Vestas 公司	85.06		
		HSW -250T	250	6		德国 Husumex 公司	96.03		
		AN Bonus600	600	12		德国 Bonus 公司	97.04		
18	广东集华风能公司（红海湾风电场）	V 47/660	660	15	16500	丹麦 Vestas 公司	02.09		
				10			03.03		
19	广东省风力发电有限公司（惠来风电场）	N 43/600	600	22	13200	德国 Nordex 公司	98.10		
20	汕头南方风能发展有限公司	Z 40	550	10	5500	美国 Zond 公司	98.04	几个单位参股合资	
21	汕头福澳风力发电公司	NTK 200F/25	200	15	3000	丹麦 NTK 公司	98.04		

22	汕头丹南风电公司	NTK 600/41	600	40	24000	丹麦 NEG Micon 公司	98.	几个单位参股合资	
23	广东南澳县风能开发总公司	New Wind90	90	1	10080	瑞典 Newwind 公司	89.08	还剩1台150在运行	
		New Wind150	150	2		丹麦 NTK 公司	91.06		
		NTK 130/22	130	3			92.08		
		NTK 150/25	150	6		丹麦 Nordex 公司	95.12		
		N27/250	250	16			97.08		
		N 29/250	250	13		浙江省机电院	98.08		
		运达-200	200	2			00.01		
		运达 250	250	3					
24	南澳振能风电公司	国产 FD-300	300	2	600	上海蓝天等几个单位合资组装	98.		
25	汕头华能南澳风电公司	NM48/750	750	18	13500	丹麦 NEG Micon 公司	00.07		
26	福建平潭长江澳风电开发公司(平潭风电场)	Bonus 600/mk	600	10	6000	西班牙 Bazan 公司	99.10		
27	福建省电力公司(东山风电场)	Bonus 600/mk	600	10	6000	西班牙 Bazan	99.10		
28	福建省科委(平潭风电场)	WindMaster	200	4	1000		86.10		
		FD 32-200	200	1		国产杭机所	93.04	试验机	
29	浙江风电公司	括苍山风电场	M1500/600	600	33	33650	丹麦 NEG Micon 公司	97.12	
		鹤顶山风电场	运达-250	250	3		浙江省机电院	02.12	
			NTK 500/41	500	2		丹麦 NTK 公司	95.12	
			V -42/600	600	15		德国 Vestas 公司	98.12	
			Dewind D4/600	600	6		德国 Dewind 公司	02.10	
30	浙江省科委(嵊泗风电场)	FD 16/55	55	1	605	国产	93.	试验机	
		FD 250	250	1		国产	95.	试验机	
		Aeroman	30	10		德国	91.06	赠送	
31	甘肃洁源风电有限责任公司(玉门风电场)	NTK 300/31	300	4	8400	丹麦 NTK 公司	97.06		
		Gamesa 600	600	12			01.03		

说明：1) 本表内容统计截止日期为 2003 年 6 月；

2.1.3 项目融资方式及经营管理

投资主体已初步形成并且已趋于多元化。按照现代企业制度和公司化的原则，组建了近 20 家具备独立法人地位的项目公司和股份有限公司。

在运行机制上，从风电场资金筹措、建设施工、生产运营到资金偿还全过程逐步建立和推行项目法人责任制、资本金制、招投标制、建设监理制为主要内容的管理体制。

从投资来源构成中，和“八五”期间完全依靠国外政府贷款状况相比，也发生了较大的变化。投资渠道进一步拓宽，融资方式增多，国内投资力度明显增加，也说明我国风电开发开始向着商业化的运营模式发展。

2.1.4 各风电场风电上网电价一览表(含税价)

“八五”及“九五”初期，风电场平均综合造价约为 10000 元/千瓦。到“九五”末期，风电场平均综合造价降到 8500 元/千瓦，约降低 15%。同时上网电价也有了一定的下降。目前的电价水平约为 0.60~0.70 元/千瓦 h。

序号	风电场名称	上网电价 (元/千瓦 h)
1	浙江苍南风电场	1.2
2	河北张北风电场	0.984
3	辽宁东岗风电场	0.9154
4	辽宁大连横山风电场	0.9
5	吉林通榆风电场	0.9
6	黑龙江木兰风电场	0.85
7	上海崇明南汇风电场	0.773
8	广东汕尾红海湾风电场	0.743
9	广东南澳风电场	0.74
10	甘肃玉门风电场	0.73
11	海南东方风电场	0.65
12	广东惠来海湾石风电场	0.65
13	内蒙古锡林浩特风电场	0.64786
14	广东南澳振能风电场	0.62
15	内蒙古朱日和风电场	0.6094
16	内蒙古辉腾锡勒风电场	0.609
17	内蒙古商都风电场	0.609
18	新疆达坂城风电场一厂	0.533
19	新疆达坂城风电场二厂	0.533
20	福建东山澳仔山风电场	0.46

特许权招标项目中标价：

- 1 广东石碑山（粤电公司） 0.501
- 2 江苏如东一期（华睿公司） 0.436
- 3 江苏如东二期（龙源） 0.519
- 4 吉林通榆（龙源，华能） 0.509 ~ 0.5096
- 5 内蒙辉腾锡勒（内蒙龙源） 0.426

广东省物价局粤价[2004]110号文定价(对广东新投产项目)：
0.528元（未含配套送出工程还本付息及其运行费用）

2.2 国内风电技术的研发水平

国内主要开发单位主要有新疆金风科技股份有限公司、中科院电工所、一拖美德合资公司、西安维德合资公司、北京万电有限责任公司、上海申新有限责任公司等，在浙江省有浙江省机电设计研究院、浙江大学。

此外，还有浙江电力修造、内蒙古电力修造厂、上海蓝天公司在前几年介入过风力发电制造。合资公司诺得麦康国投已在中国设厂准备组装风力发电机。丹麦著名的风电企业 Vestas 声明要在中国独资建厂。

主要部件制造厂有：

◆ 齿轮箱

风力发电机组齿轮箱目前已有杭州齿轮箱厂、重庆齿轮箱厂、南京齿轮箱厂、洛阳第一拖拉机厂等单位进行研制和生产。600kW、750kW 级齿轮箱生产已能满足要求。更大型的风力发电机组的齿轮箱还需试制。

◆ 发电机

风力发电机组发电机要求转换效率高、滑差大。现已有兰州电机厂、上海电机厂等单位生产。生产的 600kW 级异步发电机已基本能满足要求。新型双馈型、变速恒频和更大型的风力发电机组的发电机还需试制。

◆ 偏航系统

风力发电机组的偏航系统的作用是对准风向，一般由两到三套对风伺服装置加电控组成。无论风力发电机组有多大，其原理和基本要求都差不多，目前国内许多单位都能够生产或根据具体要求研制，技术问题不大。

◆ 风轮（叶片）

风轮是发电机组的重要部件，一般由叶片和轮毂组成，叶片是关键。我国风力发电机组叶片研制近年来获重大进展：上海玻璃钢研究所研制成功 300kW 级失速叶片并已小批量生产，质量不错，正准备研制大型叶片；保定螺旋桨厂研制的 600kW 失速叶片已通过技术和产品鉴定，性能质量均佳，已投入小批量生产，同时飞机发动机集团公司、保定螺旋桨厂拟和美国美腾公司组成合资公司，在保

定新技术开发区建厂，准备大规模生产风力发电机组叶片；航天部万电公司自行研制的 600kW 变桨距叶片，正在运行考核。此外，世界最大的风力机叶片生产厂——丹麦的 LM 公司准备在中国建厂，并已在天津选定厂址。

◆ 控制系统

控制系统对风力发电机组运行系统进行调控。对于定桨距风力发电机组的控制系统，其控制原理和要求较为简单，南京自动化研究所、中科院电工研究所、新疆工学院、浙江机电研究设计院、沈阳一拖和西安飞机公司都有制造，已基本能满足要求。但对于采用变桨距或者变速恒频技术的风力发电机组，其控制原理和要求要复杂得多，目前国内还没有成功的例子。

此外还有清华大学、浙江大学、北方交通大学、沈阳工业大学、汕头大学等研究院所也都曾参与了风力发电相关技术的研究。

2.3 国内风电设备制造的发展现状

2.3.1 国内风电场规模和布局

自 1985 年在海南东方风电场安装首台 Vestas55kW 风力发电机组以来，风电场装机逐年增长，1997 年至 2003 年风电场装机增长速度较快，每年装机量为 50000kW 到 80000kW 之间，年平均增长率达 49%。建设规模在 1 万 kW 以上的有 18 个风电场，即：新疆达坂城二场、新疆达坂城一场、甘肃玉门、宁夏贺兰山、内蒙古克什克腾、内蒙古辉腾锡勒、吉林通榆、辽宁仙人岛、辽宁丹东、辽宁康平、辽宁彰武、大连东岗、山东即墨、浙江括苍山、浙江鹤顶山、广东南澳、广东惠来、广东汕尾。

由于辽宁省地方政府支持，且当地风力资源较好，该省共建设了 11 个风电场，安装 202 台风力发电机组，累计装机容量达 126460kW，占全国第一位。其次是新疆自治区，已安装 208 台风力发电机组，累计装机容量达 103450kW；第三是内蒙古自治区，安装 174 台风力发电机组，累计装机容量达 88340kW；第四是广东省，安装了 177 台机组 86390kW；第五是浙江省，共安装了 66 台 33350kW；第六是吉林省，共安装了 49 台，30060kW。其它如山东、甘肃、河北、福建、宁夏、海南、黑龙江、上海等地区也都建设了风电场。目前，我国风电产业开始步入稳步发展阶段，截止 2003 年底，已建成风电场 40 个，安装 1042 台风力发电机组，风力发电机组装机容量达 567020kW。

2.3.2 国内风电场装机类型

随着风电技术水平不断提高，一个明显的趋向是朝着单机容量大型化发展。2001 年 5 月辽宁营口仙人岛风电场安装了 4 台 1300kW N60 风力发电机组，2003 年又在山东即墨风电场安装了 12 台 1300kW N60 风力发电机组，这是我国迄今为止单机容量最大的机组。

600kW 风力发电机组是我国风电场安装最多的机型，累计安装 483 台；占总安装台数的 46.35%，其次是 750kW 风力发电机组，累计安装 99 台；250kW 风力发电机组累计安装 82 台，300kW 风力发电机组累计安装 70 台。

我国各容量机组在国内安装量见下表：

表 3 我国风电机组成情况

单机容量(kW)	1300	850	800	750	660	600	550	500	450	350	330	300
安装台数(台)	16	40	12	99	53	483	39	44	3	1	16	70
总容量(MW)	20.8	34	9.6	74.25	34.98	289.8	21.45	22	1.35	0.35	5.28	21
单机容量(kW)	275	250	200	150	130	120	100	55	30	总计		
安装台数(台)	2	82	21	28	3	10	6	4	10	1042		
总容量(kW)	0.55	20.5	4.2	4.2	0.39	1.2	0.6	0.22	0.3	567.02		

2.3.3 各制造商在中国风电场市场份额

目前，国外风力发电机组仍然占据着国内风电市场的主要地位。截止 2003 年底，外国风力发电机组销售量累积的市场份额占 84.65%，其中 NEG Micon 公司销售业绩最好，销售量累积的市场份额占 30.06%，Vestas 占有 16.92%、Nordex 占有 15.62%。国产风力发电机组销售量累积的市场份额只占 15.35%，其中新疆金风科技股份有限公司占中国风电总装机比例为 8.84%，占本地产机组比例 57.57%。2003 年累积外国制造商和中国制造商的市场份额和见如下两表。

表 4 2003 年外国风机制造商的累计市场份额

制造商	容量	占进口机组比例	占中国风电总装机比例
NEG Micon	170390	35.52%	30.06%
Vestas	95920	20.00%	16.92%
Nordex	88550	18.46%	15.62%
Gamesa	20800	4.34%	3.67%
MADE	18480	3.85%	3.26%
Nedwind	17500	3.65%	3.09%
Zond	16500	3.44%	2.91%
Bonus	13550	2.82%	2.39%
Bazan-Bonus	12000	2.50%	2.12%
AN Bonus	9600	2.00%	1.69%
HSM-250T	4500	0.94%	0.79%
Tacke	4500	0.94%	0.79%
Dewind	3000	0.63%	0.53%
Jacobs	1500	0.31%	0.26%
Windmaster	800	0.17%	0.14%
AWT-275	550	0.11%	0.10%

US Windpower	500	0.10%	0.09%
Darrious	350	0.07%	0.06%
Newind	300	0.06%	0.05%
Aeroman	300	0.06%	0.05%
Wincon	100	0.02%	0.02%
合计	479690	100.00%	84.65%

表 5 2003 年底中国风机制造商的累计市场份额

制造商	容量(kW)	占本地机组比例	占中国风电总装机比例
新疆金风	50100	57.57%	8.84%
西安维德	21000	24.13%	3.70%
浙江运达	6150	7.07%	1.08%
一拖—美德	5280	6.07%	0.93%
北京万电	2400	2.76%	0.42%
上海申新	1200	1.38%	0.21%
FD28-300	600	0.69%	0.11%
FD31-300	300	0.34%	0.05%
合计	87030	100.00%	15.35%

2.3.4 中国风力发电设备制造业情况

在国家科技部等有关部门的主持下，通过“六五”、“七五”、“八五”、“九五”的科技攻关，在原国家计委“乘风计划”和原国家经贸委“国债风电”项目的带动下，我国大型风力发电机组及其部件的设计制造方面取得很大的进展。形成了以风力发电机组总装企业为龙头、风力发电机组零部件制造厂相配套的格局；完成了以 600kW 风力发电机组为主导机型的国产化进程，截止到 2003 年，600kW 风力发电机组国产化率达 96%，国产化机组在国内风电市场累计占有率为 15.35%，2003 年度国产化机组在国内风电市场销售量占当年风电市场新增容量的 33.46%；“十五”期间，为了满足国内风电场的需求，科技部又投入资金支持研制开发 MW 级风力发电机组。

我国共有六家风力发电机组设备制造厂，他们是：新疆金风科技股份有限公司、浙江运达风力发电工程公司、西安维德风电设备公司（中外合资公司）、一拖-美德（洛阳）风电设备有限公司（中外合资公司，已进入破产程序）、上海申新风力发电设备有限公司（新疆金风公司参股，共生产了 2 台 600KW 机组，目前该公司已基本停止运作）、北京万电有限责任公司（共生产了 3 台变桨距 600KW 机组，继续发展能力较弱）。

这些企业大多数是近 3~5 年组建完成的，通过技术引进、消化吸收引进国外成熟技术，现已掌握了以 250Kw、600Kw 为代表的百千瓦级风力发电机组尤其是 600kW 风力发电机组设计、制造能力，但总的说来，开发研制具有自主知

识产权风力发电机组的能力还是相对较弱。拥有完全自主知识产权仅有浙江运达的 200/250Kw 风力发电机组。

表 6 中国现有风机制造商一览表

制 造 商	企业性质	注册资本	生产机型	预计 产能(台)	技术来源
新疆金风科技股份有限公司	股份制, 经营层 参股	约 8500 万	600KW	100	引进德国 JACOBS
			750KW	100	引 进 德 国 REPOWER
浙江运达风力发电工程公司	股份制, 经营层 少量参股	2551 万	200/250KW	50	自主研发
			750KW	50	引 进 德 国 REPOWER
西安维德风电设备公司	中外合资	500 万美元	600 KW	小批量	NODEX 技术
北京万电有限责任公司	火箭研究院控股		600KW	小批量	
一拖-美德(洛阳)风电设备 有限公司	中外合资	400 万 美元	660KW	已进入破 产程序	MADE 及时
上海申新风力发电设备有限 公司	上海电机厂控 股, 新疆金风参 股		600KW	基本停产	新疆金风提供技 术

目前我国风力发电机组设备制造厂生产机型有 200kW、250kW、600kW、660kW、750kW 风力发电机组, 这些机组除北京万电有限责任公司生产的 600kW 风力发电机组是采用变桨距调节外, 其它都是失速型机组。目前相对国外风力发电机组制造厂商提供的产品来讲品种单一, 可供国内业主选择的余地较小。

2003 年度, 中国风力发电机组总装厂在国内安装国产化风力发电机组 55 台共 32900kW, 占当年国内风电市场新增容量的 33.46%; 2002 年共安装国产化风力发电机组 55 台 28510kW, 占当年风电市场新增容量的 42.6%; 2001 年共安装国产化风力发电机组 26 台 15960kW, 占当年风电市场新增容量的 47.6%。

2003 年新疆金风科技股份有限公司销售量占当年中国风电市场新增容量的 25.94%, 2003 年度中国风力发电机组制造商新增的国内风电市场份额见下表:

表 7 国内风电制造商在国内的市场份额

制 造 商	单机容量 (kW)	台数 (台)	总 容 量 (kW)	占当年本地 产机组比例	占当年新增总装 机比例
新疆金风科技股份有限公司	600/750	40/2	25500	76.60%	25.94%
西安维德风电设备公司	600	6	3600	10.94%	3.66%
浙江运达风力发电工程公司	250/750	2/2	2000	6.09%	2.03%
北京万电有限责任公司	600	3	1800	5.47%	1.83%
合 计		55	32900	100%	33.46%

风力发电机组零部件制造企业详见下表。

表 8 国内风力发电机组零部件制造主要企业

制 造 商	叶片	齿轮箱	发电机	电控设备	偏航系统	塔架
中航（保定）惠腾风电设备有限公司	●					
上海玻璃钢研究所	●					
重庆齿轮箱有限责任公司		●				
南京高速齿轮箱厂		●				
杭州前进齿轮箱集团有限公司		●				
上海电机厂有限公司			●			
杭州发电设备厂			●			
永济电机厂生产发电机			●			
湘潭电机集团有限公司			●			
中科院电工所				●		
新疆工学院				●		
浙江运达风电公司				●		
金风科技股份有限公司				●		
徐州罗特艾德回转支撑公司					●	
浙江乐清机械厂					●	
洛阳轴承厂					●	
浙江瑞安泰胜电力工程机械有限公司						●
青岛电站辅机厂						●
沈阳重型机械厂						●
中石油第七公司金属结构厂						●

风力发电机组主要零部件如叶片、齿轮箱、发电机、偏航装置、电控系统、塔架等已经国产化，并可进行批量生产。中航（保定）惠腾风电设备有限公司是中外合资企业，专业生产风力发电机组叶片，截至目前已组织生产、销售 200 多台套 600kW 风力发电机组叶片，已完成了 750kW 机组配套叶片的开发，正在开发研制 1300kW 风力发电机组叶片。重庆齿轮箱有限责任公司已开发研制出了 600kW、750kW 齿轮箱，正在开发研制 1300kW 的齿轮箱。兰州电机厂、湘潭电机厂、永济电机厂完成了 600kW、750kW 风力发电机组发电机国产化设计、制造，正在开发研制 1300kW 发电机。

风力发电机组国产化为风电场建设采用国产设备提供了优质廉价的选择，另一方面，也迫使国外同类产品参与中国市场竞争时，价格大幅降低，在很大程度上促进了我国风电产业的发展。

风力发电机组整机成本占风电场建设成本 70%左右，因此，降低风力发电机组整机成本将较大幅度地降低建设成本，从而降低度电成本。目前，国产化机组

产量仍然偏小,远未达到规模效益、这使得零部件采购价格偏高,利润空间很小。随着生产规模加大,这种情况将逐步改善。国内制造厂商应加快新产品研制进度,尽快提供适合中国国情的新型风力发电机组,如 MW 级风力发电机组、变速恒频风力发电机组等。

3、浙江省风电发展现状

3.1 现有风电场及运行情况等

浙江现有在运行的风电场两个,其中括苍山风电场(33×600 千瓦)于 1998 年 6 月投产,鹤顶山风电场一期工程(2×500 千瓦)于 1996 年 1 月投产,鹤顶山风电场二期工程(15×600 千瓦)于 1998 年 12 月投产。鹤顶山风电场四期工程(6×600 千瓦)于 2003 年 8 月投产。另外,还安装了浙江运达风电设备公司生产的 250 千瓦风电机 3 台。

● 临海括苍山风电场

浙江省临海市西郊括苍山。位于临海市与仙居县交界处,距临海市城关镇约 20 公里,地处浙江东南第一高峰,主峰米筛浪峰海拔 1382.6 米。在括苍山主峰的县气象站已收集了近 40 年的气象资料,10 米的多年平均风速为 6.2 m/s。

括苍山风电场是使用国家“双加”贷款的“双加”工程,通过招标谈判,从丹麦 Micon 公司引进 17 台 600 千瓦风力发电机整机设备和 16 台 600 千瓦机组关键部件,总装机容量为 19.8 兆瓦。主机设备从 1997 年 10 月开始进场安装,98 年 5 月 18 日完成全部吊装任务,5 月 30 日工程竣工投产。

本项目总投资 2319 万元,其中“双加”专项贷款 13650 万元,其余自筹。

● 苍南鹤顶山风电场

苍南鹤顶山风电场地处东南沿海,风能资源丰富,东南濒临大海,西南与福建省毗邻,距苍南县城灵溪镇 22 公里,主峰海拔高度 989.5 米,自 1990 年就在 1#风电场设立测风仪,累计有近 5 年的测风资料,年均风速 7.1m/s。

1994 年 11 月我公司决定开发鹤顶山风电场。一期工程由浙江风力发电发展公司、温州电力实业总公司和苍南能源总公司以 2:1:1 的比例出资共同建设,项目的建设规模为 1000 千瓦,计划投资 1200 万元人民币,安装两台丹麦 NORDTANK 风力机公司的 500 千瓦风力机,于 1995 年 12 月 10 日运到现场。12 月 22 日和 29 日采用拔杆整机起吊方案一次安装成功。1996 年 1 月 24 日并网发电投入运行。

鹤顶山风电场二期工程是德国政府贷款项目,利用德国政府贷款 1150 万马克,引进 15 台德国 VESTAS 公司的 600 千瓦风力发电机组。工程总投资为 9759.07 万元,工程于 1998 年 12 月 18 日竣工投产。

鹤顶山四期工程是浙江-德国石荷州风电合作项目,工程规模为 6×600 千瓦,总投资为 4535 万元,于 2003 年 8 月投产。

3.2 技术研发水平及实力

浙江省机电设计研究院(运达风电公司)是国内最早从事风力机主机研究开发工作的单位之一,承担“六五”至“十五”期间多项风力机国家攻关项目、863 高科技项目。目前具有设计与小批量生产 750 千瓦、600 千瓦定桨距风力机组的能力。在风力发电机监控、变速恒频等领域拥有自己的技术优势。长期以来该单位与国外主要风力机厂商和研发机构建立了广泛密切的联系,已实现多个项目的合作和人员的交流、培训。该单位目前拥有与风力发电有关的技术骨干 20 多名,在国内风力机行业中享有技术力量强、集成创新能力强的声誉。

浙江大学机械与能源学院、电气学院在风力发电的一些关键技术领域做了不少工作,承担有与风电有关的国家项目多项,有多名教授及其学术梯队从事与风力发电技术有关的研究。建设有能源机械电液控制实验室、变速恒频风力机控制系统实验室等风力机研发基地。实验室内已完成 10KW 双馈电机控制实验台、液压变桨距控制实验台、电气变桨距控制实验台及其与之配套的英国 BLADE 风力机仿真设计软件,可产生随机和极端情况的风负荷,实现对风力机控制单元、操作单元、传感测量单元和整机系统的测试与评价,也可分别完成空气动力学设计、传动系统设计、控制系统设计的校验,通过半物理半数字仿真实验的方式为研究开发新型风力机提供了设计和验证手段。

在浙的一些企业如杭州齿轮箱厂等也进行了一些与风力发电有关的研发工作,具有开发制造风力机部件的能力。

3.3 风电设备制造能力

在国内风力发电的发展史上,我省一直走在前列,在研发、制造方面均在国内外风电界占有重要的地位。

在 90 年代中期,省机电院在研制完成 30kw、50Kw 风力发电机组的基础上,与杭州发电设备厂合作,引进了丹麦 BONUS120KW 风力机技术,生产出国内首批百千瓦级风力发电机组共 12 台。在 90 年代中期,机电院完成国家“八五”攻关项目 200KW 风力发电机的研制,生产出 200KW 样机投入运行。在这基础上,省机电院即对该机组进行了商业开发,成功推出了商业化的 250KW 风力发电机组,并在第四期国债项目中,一次在大连风场装机 12 台。在同期,杭州机科所也研制出了一台 200KW 样机。

通过引进技术,浙江运达风电公司在 2003 年即生产出国产最大容量机组 -WD49/750Kw 风力发电机组并于 2004 年 2 月份最先投入商业运行。

省机电院在 1997 年即成立了全资的浙江运达风力发电设备厂,在 2001 年又

重新注册成立了浙江运达风力发电工程有限公司。通过浙江运达公司(厂)牵头的联合攻关,在浙江省内已有一批企业参与到风电部件的加工制造中。

表 9 浙江风电设备制造企业

制 造 商	生产部件							
	齿轮箱	发电机	电控设备	偏航系统	轮毂	塔架	机舱主轴	机舱罩
杭州前进齿轮箱集团有限公司	●							
杭州发电设备厂		●						
杭州制氧机厂							●	
杭州重型机械厂							●	
宁波泰茂铸造有限公司					●			
杭州华伦电力设备有限公司			●					
浙江乐清机械厂				●				
瑞安泰胜电力工程机械有限公司						●		
杭州电力修造厂						●		
嵊泗永盛玻璃钢厂								●

上表列出的这些单位,都有包括更大的风力发电部件的制造能力。在浙江省,除叶片外,基本可形成以主机厂为龙头的风力发电制造产业。

3.4 存在的问题

◇ 风力资源探明程度低,缺乏足够可靠的基础数据

风能资源具有显著的地形差异和垂直高度差异。到目前为止,风能资源储量主要依据气象站观测资料进行估算。但是,气象站一般设在城市郊区,一个县一个观测场,仅反映当地尤其城市附近的 10 米高风速状况。在沿海滩涂、海岛、高山等风能资源富集地区往往没有观测资料。因此,由于缺乏高分辨率的测风数据,风力资源探明深度不够,资源储量至今不清。

理论上,50 米高度的风能要比 10 米高处多一倍以上,有利地形下的风力往往是相邻不利地形下风力的几倍甚至几十倍。实际情况也证明,风随地形和高度的变化十分显著。浙江省气候中心曾在舟山定海岛附近的小黄蟒、老虎山进行短期测风试验,发现平均风速比定海气象站大 2~3 米/秒,比北仑、普陀气象站大 1~2 米/秒,只比嵊泗气象站小 1 米/秒左右。原因是定海气象站处于舟山定海区北门外,北面有山体阻挡,南面为城区,受地形影响风速明显偏小。显然,以定

海气象站的 10 米高度测风资料计算舟山的风能资源总量必然是偏低的。我省沿海、海岛、近海正是风能资源丰富区，气象观测资料不足问题普遍存在，而内陆风能点上的气象资料则更为稀少。风能资源调查和评估等基础工作薄弱，大规模风力发电缺乏科学性风场评估的可行性论证支持，是制约我省风力发电快速发展的重要因素之一。

◇ 产业规模小、发电成本/电价高、融资渠道不畅

风电是洁净的可再生能源，发展风电对于保护环境，改善能源结构，节约常规能源等有着重要的战略意义，因此，近年来国家加大了支持和扶持风电发展的力度。另一方面，风电的单位千瓦造价居高不下，一次性投资大，投产后又主要是“靠天吃饭”，发电利用小时低，还贷能力弱，造成风电电价居高不下，缺乏竞争力，影响风电的后续发展。

影响风电电价的因素很多，其中主要有：

- 资源条件，主要是发电量多少，由机组容量和满发时间决定
- 系统造价，包括机组造价及配套设施的造价等
- 融资条件，包括贷款利率、偿还年限等因素
- 政策影响，包括对企业税收、资金借贷和价格等方面是否有优惠等因素

因此，要加快我省风电发展步伐，需要省政府给予优惠政策大力扶持。建议：

- 省政府给予风电项目贴息贷款；
- 风电增值税按 6% 征收，以提高风电的还贷能力（因为，目前小水电的增值税为 6%，风电至少应享受与小水电同等待遇）。

◇ 技术研发投入较少

风力发电的技术研发，投入大、周期长、风险高。一般的企业无法承受这样巨大的研发投入，特别是 MW 级风力发电机。这也影响了大型机组的研发进程及一些风力发电关键技术的研究。

◇ 设备制造规模小、产品质量不够稳定

风力发电是一个新兴的产业，同时也是一个非常讲究规模效应的产业，风电场建设如此，风力发电机的制造也是如此。

国外的风机制造商通过近 20 年的发展，规模基本都在 20 亿 RMB 以上。国内新疆金风科技的规模也已达到 0.85 亿 RMB。浙江运达的注册资本仅有 0.2551 亿，显然偏小。

目前国内风电设备的采购，全部采用公开国际招标的方式。招标人对投标人的资质要求很高。在与国外风电制造商以及新疆金风科技的市场竞争中，浙江运

达均处于劣势。由于无法拿到大的订单，也无法进行规模化生产，各配套单位投入的力量也就有限，部件的质量就受到影响，从而影响到整机的质量稳定性。

◇ 缺乏明确的发展目标和有效的激励政策与机制

尽管国家有关部门曾对风电制定了发展规划、浙江省有关部门每个五年计划也制定了可再生能源的发展计划等，这些对我省的风电发展起到了积极的指导作用。但是，由于我国政府以往一直未明确界定风电在整个电力系统中的地位和作用、以及在电力结构中的比例，因此，在行政上难以确定各地区发展风电的责任和义务，也就难以从根本上保证政府规划目标的顺利实现。

到目前为止，我省以实施国家有关发展风电扶持政策和发展计划、以及浙江省支持可再生能源发展的若干措施为主，如，1994年原电力部“并网风力发电的管理规定”，1996年国家计委、国家科委的“2010年我国新能源和可再生能源发展纲要”，国家经贸委的“双加工程”和国债项目，国家科技部的“科技攻关计划”和“863高科技计划”等，以及“浙江省实施《中华人民共和国节约能源法》办法”、“浙江省节能专项资金管理暂行办法”和“《浙江省人民政府办公厅关于印发浙江省先进制造业基地建设重点领域关键技术及产品导向目录（2005—2007年）的通知》[浙政办发(2004)113号]”等。

还必须认识到，原电力部1994年制定的风电并网政策对开拓和扩大风电市场无疑是十分有利的，但是实际中，地方电力部门对风电上网电价和购电协议具有选择权，所以该政策往往对电力部门的风电企业有效，是否适用于其它的风电场却不明确。这种政策实施的不确定性导致其它非电力系统的企业对投资风电存有疑虑，缺乏信心。此外，浙江省还缺乏促进风电（可再生能源）发展的政策、激励机制得体系，不能有效地激励商业性投资，独立发电商也很少，这不利于风电商业化的实现。

◇ 风险评估和基础设施不足，风电企业利润保障存在不确定性

我省风力资源主要集中在沿海岸带、近海海域、海岛等地区。一方面，这些地区受台风等气象灾害影响较大，存在自然灾害方面的风险；另一方面，受季风和海陆风影响风力资源具有季节变化和日变化特性，风电不稳定。由于对这些地区的风能质量和灾害性天气气候环境尚未进行过科学评估，风电企业面临利润保障的不确定性，投资积极性不高。