

我国风电发展情况调研报告

风电发展情况调研组

风能作为一种清洁的可再生能源，党中央、国务院对其开发利用非常重视，有关部门出台了一系列的方针政策，对增加我国能源供应、调整能源结构和保护生态环境起到了积极作用，促进了可再生能源的发展。

华北、西北、东北三个地区是我国陆上风能资源最丰富地区，江苏是海上风能资源最丰富地区之一，这四个地区风电发展具有一定代表性。为深入研究大规模风电接入系统对电网稳定运行的影响，制定完善相应的标准和管理规范，电监会组织并邀请中国科学院、中国电力科学研究院风电专家组成调研组，先后对东北三省、内蒙古、甘肃、新疆、江苏等七省（区）的风电场建设、运行情况进行了调研。调研组与地方政府有关部门、电网公司、风电企业进行了座谈，并实地考察了相关电力调度中心和部分风电场。

在此次调研的基础上，形成此报告，供参考。

一、风电建设与运行情况

我国风能资源丰富，根据全国风能资源普查最新成果统计，初步探明陆域离地 10 米高度风能资源总储量为 43.5 亿千瓦，其

中技术可开发量约为 3 亿千瓦，如果推算到风电机组轮毂高度，风能的技术可开发量约为 6 亿千瓦¹，主要分布在我国西北地区大部、华北北部、东北北部、青藏高原腹地以及沿海地区（见图 1）。

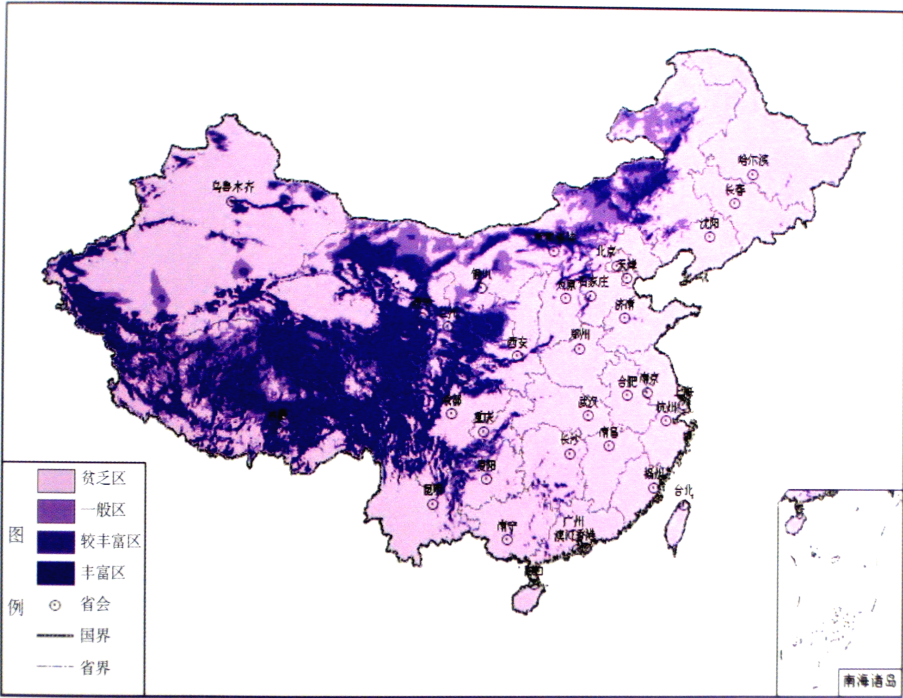


图 1 全国风能资源区划图（高度为 50 米）

（一）风电装机容量

2006 年《可再生能源法》颁布后，我国风电取得跨越式发展。截至 2008 年底，全国风电装机容量为 894 万千瓦²，占全国

¹引自国家能源局《2008 中国风电发展报告》
²引自中国电力企业联合会《全国电力工业统计快报》（2008 年）。该数据和有关部门统计的 2008 年底风电吊装容量 1217 万千瓦存在差别，主要因为部分风电场机组未通过 240 小时试运行或接入工程滞后尚未进入商业化运行。

总装机容量的 1.1%。其中，内蒙古、辽宁、吉林、甘肃、江苏、新疆、黑龙江等（以下简称“七省（区）”）风电装机容量为 705.5 万千瓦，占全国风电总装机的 78.9%，具体见表 1。

表 1 2008 年底七省（区）风电装机

省（区）	内蒙古	甘肃	新疆	江苏	辽宁	吉林	黑龙江
装机容量（万千瓦）	321.78	64.66	49.05	60.5	85.4	76.3	47.8
占全国风电装机比例	36%	7.2%	5.5%	6.8%	9.6%	8.5%	5.3%

2008 年七省（区）风电发电量为 92.82 亿千瓦时，占全国风电发电量的 72.5%。具体情况见表 2。

表 2 2008 年七省（区）风电发电量

省（区）	发电量（亿千瓦时）	占省（区）统调电量比例（%）	占全国风电发电量比例（%）
内蒙古	35	0.1	27.3
甘 肃	6.3	0.93	4.9
新 疆	7.77	1.73	6
江 苏	7.75	0.3	6
辽 宁	10	0.88	7.8
吉 林	13	2.46	10.16
黑龙江	13	1.77	10.16

（二）风电投资企业

据统计，七省（区）风电企业共有 92 家，其中，中央企业占总数的 73%，装机容量占 81%。七省（区）风电企业具体情况

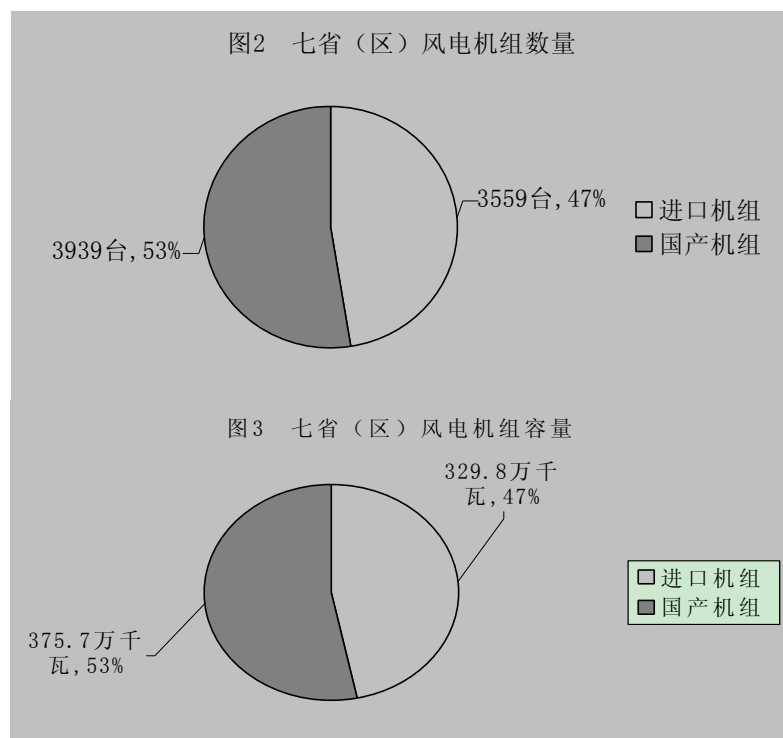
见表 3。

表 3 七省（区）风电企业

省 份	中央企业		地方企业	
	数量（家）	装机容量（万千瓦）	数量（家）	装机容量（万千瓦）
内 蒙 古	17	251.19	11	70.59
甘 肃	6	43.78	2	20.88
新 疆	3	42.28	3	6.77
江 苏	4	50.5	1	10
辽 宁	25	82.4	1	3
吉 林	7	69.3	4	7
黑 龙 江	5	33.4	3	14.43
合 计	67	572.85	25	132.67

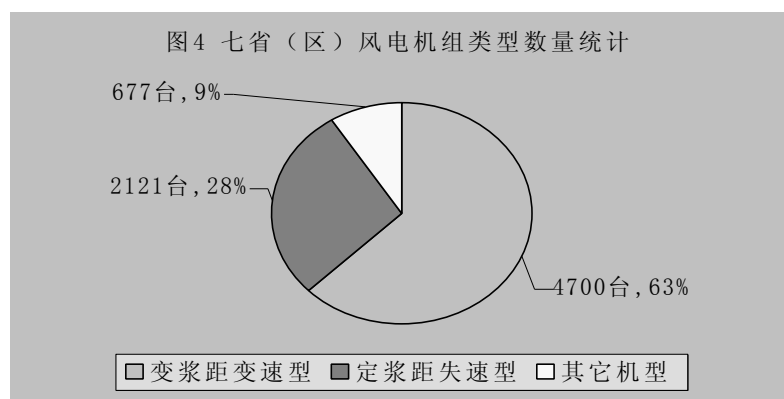
（三）风电机组技术状况

2002 年前，全国共建设了 34 个风电场，装机容量 46.8 万千瓦，风电机组主要使用进口设备。2003 年起，国家推行风电项目特许权建设方式，明确提出国产化率要求，促进了我国风电设备国产化进程。2008 年底，七省（区）国产机组台数、机组容量见图 2、图 3。



目前，国产风电机组单机容量已达到1.5兆瓦、2兆瓦甚至更高。代表技术发展方向兆瓦级直驱式变速恒频风电机组和兆瓦级双馈式变速恒频风电机组已实现批量生产，其轴承、变流器及控制系统等核心技术仍然依靠国外厂家。

并网运行的风电机组主要有变桨距变速型和定桨距失速型两类。其中，变桨距变速型风电机组是风电行业主流机型；定桨距失速型风电机组技术相对比较成熟，运行维护成本低，设备性能稳定。七省（区）风电机组类型统计见图4。



（四）风电场并网运行管理现状

目前，七省（区）有 65 个风电场接入 110 及以下配电网，容量 316.12 万千瓦；有 51 个风电场接入 220 千伏系统，容量 389.35 万千瓦。具体情况见表 4。国家特许权项目中的风电接入工程能够按期完成。

表 4 七省（区）风电接入系统

省 份	接入风电场数量（座）			接入风电容量（万千瓦）		
	35（66）kV	110kV	220kV	35（66）kV	110kV	220kV
内 蒙 古	7	4	41	6.65	30.64	284.49
甘 肃	0	9	—	0	64.66	—
新 疆	0	5	1	0	23.15	25.9
江 苏	0	4	2	0	40.9	19.6
辽 宁	25	—	1	80.42	—	4.95
吉 林	8	—	4	36.4	—	39.9
黑 龙 江	3	—	2	33.3	—	14.51

调研中，多数风电场反映，风电场等效满负荷利用小时低于设计值。2008 年典型风电场等效满负荷利用小时见表 5。

表 5 2008 年典型风电场等效满负荷利用小时

省份	风电场名称	容 量 (万千瓦)	设计等效满负 荷利用小时(h)	实际等效满负 荷利用小时(h)	运行小时 差值(h)
内蒙古	辉腾锡勒风电场	10.05	2588	2042	-546
甘肃	安西风电场	10.05	2358	1650	-708
新疆	小草湖风电场	9.9	2345	1823	-522
江苏	东台风电场	13.8	2126	1900	-226
吉林	大安大岗子风电场	19.8	2309	2121	-188
辽宁	昌图泉头风电场	9.86	2100	1645	-455
黑龙江	大箐山风电场	4.93	2300	3000	700

现阶段，多数风电机组仍处于质保期内，风电场的检修维护由风机制造厂家负责。风电场管理规程规范正在逐步建立，运行情况总体良好。

电监会制定了《电网企业全额收购可再生能源电量监管办法》，开展了全额收购可再生能源电量情况和可再生能源电价政策执行情况的专项检查。有关派出机构对13个风电场进行了并网安全性评价。

（五）风电规划情况

按照国家“建设大基地，融入大电网”的风电规划构想，我国风电已进入大规模基地式集中开发阶段。

内蒙古确定了打造内蒙古“风电三峡”的目标，规划风电装机2010年达到800万千瓦，2015年达到2800万千瓦，2020年达到5000万千瓦，将重点建设巴彦淖尔市乌拉特、包头市巴音、乌兰察布市辉腾锡勒、四子王、锡林郭勒盟灰腾梁、赤峰市赛汗坝、通辽市北清河等百万风电基地；甘肃提出“建设河西风电走

廊，再造西部陆上三峡”的目标，规划风电装机 2010 年达到 500 万千瓦，2015 年达到 1200 万千瓦，2020 年达到 2000 万千瓦，使河西走廊成为世界上最大的风电基地；新疆自治区提出 2010 年前风电装机容量控制在 100 - 155 万千瓦，陆续将建成达坂城和哈密两个百万千瓦风电基地，到 2020 年形成 5 个百万级风电基地，总装机规模达到千万千瓦；江苏省规划风电装机容量 2010 年达到 150 万千瓦，2020 年达到 1000 万千瓦；东北三省规划风电装机容量 2010 年达到 400 万千瓦，2020 年达到 900 万千瓦。

二、存在问题

随着风电快速发展，各级政府和各电力企业不断强化管理，取得了一定成效。但是，受主客观因素制约，风电在建设运行中仍然存在一些问题，主要表现在以下几个方面：

（一）大规模风电并网对电能质量和电力系统安全运行的影响正在显现

风电机组的出力具有一定的随机性和间歇性，从理论分析和实际运行情况看，风电并网对系统电压、频率和稳定性等都会产生一定影响，具体影响情况见表 6。

表 6 大规模风电并网对电能质量和电力系统运行安全的影响

影响类别	影响结果	主要原因
系统电压	电压偏差	无功输出变化
	电压波动和闪变	风电场出力波动

系统频率	频率偏移	风电场切出
谐波	谐波污染	电力电子装置
		无功补偿
系统稳定	有功缺失	风电场切出
	加重电网故障程度	不具备低压穿越能力
负荷平衡	等效负荷峰谷差增大	风电反调峰特性
	系统旋转备用容量增加	风电随机性和间歇性

从调研情况看，随着风电装机容量迅速增加，风电并网对电能质量和电力系统运行安全的影响已初步显现。如内蒙古西部锡林郭勒盟灰腾梁风电基地沿线变电站 220 千伏母线电压接近额定电压的 1.1 倍，大、小负荷方式下电压差值达 16 千伏；新疆达坂城风电变电站 220 千伏母线电压基本在 238 千伏以上。2008 年 2 月—11 月期间，新疆风电在 30 分钟内发电出力波动超过 9 万千瓦达 347 次。此外，部分地区风电的反调峰特性增加了电网调峰压力。

随着风电快速发展、风电装机在电网中所占比例不断提高，风电对电能质量和电力系统运行安全的影响将更加突出。

（二）风电技术装备水平尚有差距，技术创新能力不足

一是风电机组关键技术研发水平和创新能力与国外相比明显落后，仍局限于材料的选用和局部工艺改进，没有形成掌握风电整机总体设计方法的核心技术和人员队伍，变流器、轴承、变桨距系统等关键设备和技术主要依赖进口。

二是国产兆瓦级风电机组短期内投入规模化生产，产品质量和运行可靠性存在一定问题。从调研情况看，国产机组可利用率与国外同类机型机组相比明显偏低。

三是已投运风电机组对电网故障和扰动的过渡能力不强，多数机组还不具备有功、无功调节性能和低电压穿越能力。

（三）风电运行和调度管理经验不足

一是我国风电大规模投运时间短，风电运行管理主要参照火力发电运行的经验，尚未形成适合风电场特点的管理模式，安全生产管理制度不完善。目前，大量风电机组处在质保期内，设备检修维护主要依靠生产厂家；由于缺乏对核心技术的掌握，国内还没有形成成熟的专业检修队伍。

二是现行的水、火电调度运行管理制度对风电场并不完全适用，调度机构缺乏对风电的调度管理经验和手段。

三是风电机组稳定计算模型有待深入研究。如内蒙古电网公司在 2009 年稳定计算中较大比例使用了基于个别进口机型的变速恒频双馈风力发电机组模型，而内蒙古电网内运行的双馈风力发电机组尚不能达到该机型调节性能。

（四）风电建设与电网发展不配套，风电送出不落实

一是风电发展规划侧重于资源规划，与电网发展规划不协调。在一些地区的风电发展规划中缺乏具体的风电送出和电力消

纳的方案。如在国家规划中内蒙古蒙东和蒙西有两个千万千瓦级风电基地，但是内蒙古风电的送出方式和落点至今未落实。大规模风电基地建设需要从国家层面统筹考虑输送线路、网络结构及落点等问题。

二是电网建设和风电场建设不协调，造成部分风电场不能及时并网或并网后出力受限。如甘肃酒泉已经投运的 46 万千瓦风电装机最大发电出力只能达到 65% 左右。

三是风能资源开发与水、火电等其它电源还存在不配套的现象，调峰容量不足。如 2009 年春节期间，为保证居民供暖，必须优先保证供热机组运行，导致内蒙古风电场全部停发，吉林风电场部分停发。甘肃嘉酒电网为保风电送出，玉门地区水电限出力运行。目前大规模风电基地建设需要高电压等级线路外送，不配套其它电源，仅外送风电显然不经济。

此外，风能资源开发规划与国土空间规划及主体功能区划确定、环境保护规划还存在不协调的地方。个别地方风电场建设后，在风电场区域内又建设了工业园区，改变了地形地貌，降低了风电场效率。

（五）技术标准及规范不健全

一是部分现行国家、行业标准急需修订。如风电场接入电网的技术标准有效期已过，运行、检修、安全规程都是 2001 年前

制订，其内容不能满足风电大规模开发的需要。

二是风电机组制造、检测和调试方面的标准还没有形成完整的体系，多数关键零部件的相关标准还未发布。

（六）认证检测工作还需要加强

当前，我国风电设备和风电场的认证检测工作尚处在起步阶段，大部分风电机组功率曲线、电能质量、有功和无功调节性能、低电压穿越能力没有经过认证。目前，我国风电企业在设备选购时没有对机组的型式认证提出明确要求。

（七）风电场普遍经营困难

从调研情况看，由于风能资源评估偏差、电网建设与风电场建设不配套、设备选型不当和风电场布局不合理等因素影响，风电场等效满负荷运行小时数普遍低于可行性研究报告中的预测设计值，导致风电场经营困难，甚至亏损。此外，国家特许权项目中标电价相对较低，也是造成部分风电场经营困难的一个重要因素。

三、措施和建议

通过本次调研，提出如下措施和建议：

（一）加强风电电源与电网统一规划，促进电源建设与电网建设协调发展

一要处理好风电电源与电网规划建设的关系。我国大部分风能资源丰富地区远离负荷中心，规划和建设中的百万千瓦级和千

万千瓦级风电基地的电力需要高电压、大容量、远距离输送。要综合考虑风电基地输出电网结构、输电线路、风电消纳等问题，进一步完善包含电网规划在内的风电发展规划，明确风电基地送出线路、电压等级、风电落点，保证风电电源开发规模、开发时序与电网建设协调发展。

二要统筹考虑风电与其它电源的合理配置。风电随机性、间歇性和等效满负荷运行小时数低的特点，决定其必须与其它电源结合才能保证电网输送效率和电力系统稳定性。要统筹考虑大规模风电开发与其它电源的协调发展，特别要考虑负荷调节性能快速的水电站、抽水蓄能电站、燃气电站建设，提高电网的调峰调频能力。

（二）进一步制定和完善风电技术标准

要抓紧制订、修订风电设备制造和风电场设计、建设、运行、管理的相关标准，及时修订风力发电场安全、运行、检修等规程。

（三）建立健全风电产品检测认证体系，提高国产风电设备技术水平

检测和认证是保证风电机组产品质量和可靠性，提高自主研发能力和风电市场竞争力的重要措施。要尽快实施风电设备检测认证制度，建立健全与国际接轨的检测认证体系，完成必要的基础设施建设，培养专业技术队伍，提高检测和认证能力。

进一步加大对风电设备技术自主研发的支持力度，加强风电设备关键技术的研究，提高我国风电设备技术水平和自供能力。

（四）加强电网建设，提高大规模风电接入后电网运行管理水平

电网公司要按照国家有关规划，加快风电接入系统输变电工程建设，加大电网改造力度，完善网架结构，确保风电场及时并网运行。

电力调度机构要积极研究大规模风电接入后对电网的影响，加强风电功率预测，做好电力系统稳定分析，合理安排运行方式，提高调度管理水平，保障电力系统安全稳定运行。

（五）加强风电场管理，提高风电场运行水平

风电企业要完善风电场管理体系，建立健全风电场安全生产规章制度，加强队伍建设，提高风电场检修维护能力。要积极开展风电功率预测，提高风电机组的可用率，提高风电场运行水平。

（六）加强风电并网监管，促进风电健康发展

电力监管机构要重视风电场与电网的相互影响，制定风电场并网安全性评价管理办法和风电场并网安全性评价标准，尽快开展风电场并网安全性评价工作。

大规模风电并网并全额收购，系统备用容量将大幅增加，电力监管机构要进一步完善辅助服务补偿机制，促进风电健康发

展。

附件

2001—2008 年七省（区）风电发展情况

单位:

万千瓦、%

年份	内蒙古			甘肃			新疆			江苏			辽宁			吉林			黑龙江		
	总装机容量	风电容量	风电比例	总装机容量	风电容量	风电比例	总装机容量	风电容量	风电比例	总装机容量	风电容量	风电比例	总装机容量	风电容量	风电比例	总装机容量	风电容量	风电比例	总装机容量	风电容量	风电比例
2001	1028.31	4.53	0.44	673	0.84	0.12	490.3	8.6	1.75		-	-		-	-	518.3	3	0.58		-	·
2002	1033.81	7.52	0.73	712	0.84	0.12	502.65	10.46	2.08		-	-		-	-	532.5	3	0.56		-	·
2003	1032.61	7.52	0.73	799	4.66	0.58	525.38	11.08	2.11		-	-	1635	12.6	0.77	575	3	0.52		-	·
2004	1173.85	12.71	1.08	900	5.22	0.58	668.78	11.08	1.66		-	-	1650.6	12.6	0.76	599.5	3	0.50		-	·
2005	1577.18	16.456	1.04	972	5.22	0.54	653.48	13.22	2.02		-	-	1753.8	12.6	0.72	658.8	12	1.82		-	·
2006	2254.76	40.446	1.79	1085	6.41	0.59	754.76	22.18	2.94	5207	2	0.04	1834	20.7	1.12	722.7	18	2.49		-	·
2007	3179.27	90.36	2.84	1270	25.98	2.05	837.53	30.24	3.61	5599	25	0.45	2149.6	35	1.63	817.9	34	4.16	1333.9	0.55	0.04
2008	3894.69	321.78	8.26	1530	64.66	4.23	1068.65	49.05	4.59	5434	60.5	1.11	2219.4	85.4	3.85	979.6	76.3	7.8	1568.69	47.83	3.05