

关于风电发展规划的思考

○ 施鹏飞



施鹏飞

教授级高级工程师。现任中国水电工程顾问集团公司（水电水利规划设计总院）专家委员会委员。

1965年毕业于北京机械学院机械系。1981年至1983年作为访问学者出国留学。

1995年至1998年在电力部（1997年后为国家电力公司）水电水利规划设计总院任新能源处处长。1998年至2000年任副总工程师。2001年退休返聘任中国水电工程顾问集团公司专家委员会委员。现在主要从事风电场项目的规划、可行性研究报告的评估、组织编制风电前期工作中需要的规程规范、国家标准等。

风电规划和实际发展状况

1993年，原电力工业部确定风力发电是新的电源，和火电、水电及核电一样成为电力工业的一部份，而且规定水电规划设计总院承担风电前期工作的管理。如何规划风电的发展规模是个新的课题，常规火电和水电是按照负荷需求的预测来安排发展规模的，而当时风电难以满足负荷需求。但是风能属于清洁的可持续发展的能源，而我国电力结构以燃煤火电为主，1995年全国电力装机2.14亿千瓦，电量1万亿千瓦时，其中煤电占装机容量的75%和电量的81%（见表1），风电只有4.4万千瓦，因此只能以改善电源结构，增加清洁能源作为发展风电的目的，为了显示风电具有一定规模，原电力部提出到2000年底风电装机达到100万千瓦的发展目标。

1998年电力体制开始改革，原则是建立发电企业要竞价上网的电力市场，风电没有竞争能力又缺乏明确的激励政策，结果100万千瓦的装机目标到2005年才实现，累计达到126万千瓦（见表2），比规划推迟了5年。累计装机的增长率在1996年到2000年期间平均为53%，2001年到2005年期间平均为30%。

2004年在当时风电年新增装机10~20万千瓦的情况下，初步设想风电累计装机2010年400万千瓦，2020年2000万千瓦，2007年国家发展改革委公布《可再生能源中长期发展规划》，提出2010

年风电发展目标为500万千瓦，2020年为3000万千瓦，实际上当年风电已经达到590万千瓦。2008年3月公布的《可再生能源十一五规划》将2010年风电的目标增加一倍，即1000万千瓦，但是当年实际又达到了1200万千瓦。累计装机的增长率在2006年到2009年期间每年都超过100%，平均为113%，现在可以肯定2020年装机3000万千瓦的目标将提前10年实现。

1995年时提出用5年达到100万千瓦风电装机，实际花了10年时间，而2009年内一年就新增了13个100万千瓦，因而如何制定合理的规划目标值得深思。

不同发展阶段的驱动因素和激励政策

从原电力部确定风力发电是新的电源到2003年的10年期间，并网风电处于初期商业化发展阶段，主要驱动因素是在燃煤火电电量占80%以上的情况下，增加清洁电源，即改善电源结构。当时电力部出台的激励政策是必须收购风电所发电量，上网电价按照成本加合理利润的原则核定，风电高出火电上网电价的部分要在风电项目所在省（自治区）内分摊。由于风电机组完全从欧洲进口，风电的利用小时数（等效满负荷小时数）低，发电成本高，风电上网电价相当于火电标杆电价3倍，达到0.8~1.2元/千瓦时，风能资源丰富的省区如内蒙、新疆等均是经济比较落后的地



区，多发展风电会增加当地电价负担，因此进展缓慢。

为了大规模开发风能资源，2003年国家发展改革委推行风电特许权项目，明确风电不参与电力市场竞争，由政府承诺固定的上网电价和收购全部所发电量，要求所使用风电机组的部件按成本计算达到50%（后来增加到70%）国产化率，目的是通过增大项目规模，培育稳定的风电市场，增强国产设备的制造能力，降低风电机组价格。省政府作为招标人采用招标的方式选择风电项目投资商，承诺上网电价低是主要的中标条件。2006年生效的《可再生能源法》规定风电高出火电上网电价的部分由全国电力用户分摊，有利于激发风能资源丰富省区的积极性，百万千瓦级和千万千瓦级风电基地规划的编制，促进风电市场迅速扩大。这个阶段发展风电的驱动因素主要是建立国产风电设备的制造能力。

从表3可以看出2000年时中国品牌风电机组制造商累计装机的市场份额不到3%，2003年才11%，只有金风和运达两个品牌。那时制造商担心的是没有市场，产品卖不出去，风电特许权项目

的实施和上网电价政策的完善，使中国品牌风电机组制造商可以依托广阔的国内市场迅速发展起来，几乎整个机械制造行业，包括航天、航空、铁道、造船、重工和发电等设备制造商都参与风电机组的生产，通过许可证生产、联合设计等方式引进国外技术，扩大产能，扭转了风电设备供不应求的局面，到了2009年当年装机的市场份额高达88%，累计份额76%。华锐、金风和东方电气等三个中国品牌风电机组制造商进入世界前十位，向国际市场开拓。在此期间外国品牌风电机组制造商也积极在中国培育达到国际水准的零部件供应商，降低了成本，不但满足中国市场的需求，由于采购廉价的中国部件，还增强了外国品牌产品在国际市场的竞争力。

在建立起风电设备制造能力以后，达到了降低机组价格的目的，例如国家能源局组织的百万千瓦规模的风电设备招标，兆瓦级机组2008年投标的平均价格约6500元/千瓦，2009年为5400元/千瓦，2010年初降到4600元/千瓦。

未来10年发展风电的驱动因素是什么？从长远看化石燃料资源越来越少，风电可以作为替代



能源，但是近期风电的成本约是煤电的两倍，中国正处于工业化加速发展阶段，电力需求增长仍然很快，预计到2020年电力装机约16.5亿千瓦，比现在还要增加7亿千瓦，总量居世界第一，但是人均才1个千瓦，相当于目前德国的三分之二，昂贵的风电如果过多，必然影响经济的发展。中国政府在2009年12月哥本哈根举行的气候变化峰会上承诺，2020年中国非化石能源占一次能源消费的比例要达到15%，这就是一个明确的目标，因此应对气候变化实现减排承诺是近期风电发展的驱动因素。

对2020年风电规划目标的设想

2020年中国非化石能源占一次能源消费的比例要达到15%，其中需要风电做出的贡献初步设想约3000亿千瓦时，以全国风电年利用小时数2000计算，运营容量应该达到1.5亿千瓦。根据中国水电工程顾问集团公司的统计，2009年风电运营容量为1767万千瓦，当年上网电量255亿千瓦时，估计2010年运营容量超过2000万千瓦，未来10年运营容量平均每年新增1300万千瓦。虽然增长率降

表1：1995年、2005年和2009年的电源结构

电源	1995		2005				2009					
	装机容量 (GW)	(%)	电量 (TWh)	(%)	装机容量 (GW)	(%)	电量 (TWh)	(%)	装机容量 (GW)	(%)	电量 (TWh)	(%)
煤电	161	75%	812	81%	391	76%	2044	82%	652	75%	2987	82%
水电	51	24%		17%	117	23%	396	16%	197	23%	513	14%
核电	2.1	1%	14	1.4%	6.8	1.3%	53.1	2.1%	9.1	1.0%	70	1.9%
风电	0.04	0.02%	0.05	0.01%	1.2	0.2%	1.5	0.1%	26	3.0%	26	0.7%
合计	214	100%	1000	100%	517	100%	2498	100%	874	100%	3664	100%

资料来源：中电联（风电除外）

表2：1995年至2009年风电装机容量及其增长率

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
当年装机 (MW)	14	35	67	54	25	84	54	67
当年装机增长率	17%	150%	91%	-19%	-54%	236%	-36%	24%
累计装机 (MW)	44	79	146	200	262	352	406	473
累计装机增长率	69%	80%	85%	37%	31%	34%	15%	17%
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010预计
当年装机 (MW)	98	198	498	1334	3287	6246	13750	14000
当年装机增长率	46%	102%	152%	168%	146%	90%	120%	2%
累计装机 (MW)	571	769	1264	2588	5875	12121	25853	39000
累计装机增长率	21%	35%	64%	105%	127%	106%	113%	51%

资料来源：丹麦BTM咨询公司

表3：中国品牌风电机组制造商的市场份额

	2000	2003	2005	2007	2009
当年装机 (%)	1.7	30	29	56	88
当年装机容量 (MW)	1.5	29	148	1847	12105
累计装机 (%)	2.8	11	20	45	76
累计装机容量 (MW)	9.8	61	252	2648	19516

资料来源：丹麦BTM咨询公司

下来，但是总量还是很大的，几乎与目前全世界风电的规模相同。

经过7年的努力，中国品牌风电设备制造商的产量可以满足国内市场需求，产品质量和技术水平仍有待提高，外国品牌风电机组的价格也有明显下降，仍具备较高品质和先进技术的优势，设备供应的问题已经解决。

当前风电发展受到电网制约的问题十分突出，在政策方面对电网企业的激励机制尚未建立起来，新修订的可再生能源法虽然从法律条文上规定，电网企业

1995年时提出用5年达到100万千瓦风电装机，实际花了10年时间，而2009年内一年就新增了13个100万千瓦，因而如何制定合理的规划目标值得深思。

因接纳风电增加的成本可以从可再生能源发展基金得到补偿，还需要实施细则的制订来落实。在规划方面由于风电建设的速度远远超出原来的预期，而电网规划和建设的程序相对比较复杂，跟不上风电装机的进度。在资源分布方面与当地电力负荷不匹配，中国风能资源丰富的东北、内蒙古和西北地区，电力负荷小，火电调峰的能力有限，不能完全在当地消纳风电，必须从全国的范围对包括风电在内的电源、蓄能、输电、调峰能力和消纳进行统筹规划。在技术方面要对大规模风电场输出功率预测和调度方式、蓄能和负荷配置、远距离输送和智能电网等技术进行研究。

累计风电装机容量连续4年翻番，从2005年的126万千瓦增加到2009年的2585万千瓦，在为高速发展欣喜的同时，更要冷静地反思，数量猛增，质量如何？首先看上网电量，根据中国水电工程

顾问集团公司2009年3月发表的《2008年度中国风电建设成果统计报告》，选择出2008年没有新增容量的76个风电场，即前一年底的装机容量作为运营容量，约595万千瓦有一定的代表性，从当年上网电量计算出各个风电场的年等效满负荷小时数，再按所在省区除去最高和最低值得到15个省区的平均值（见表4），全国平均值约1800，比通常采用的估计值2000低了10%。由于2007年9月公布的《可再生能源中长期发展规划》对非水电可再生能源发电规定了强制性市场份额目标，其中到2010年和2020年，“权益发电装机总容量超过500万千瓦的投资者，所拥有的非水电可再生能源发电权益发电装机总容量应分别达到其权益发电装机总容量的3%和8%以上”。因此国有的风电开发商将此作为自己的义务，风电场所在的地方政府也只将当地吊装完成的容量作为考核业绩的主要指标，2009年出现了项目未核准，电网接不上也开工装机的不正常现象，违规建设的数量超过百万千瓦，经济上造成很大浪费和损失。

在风电装机数量急剧扩张的时候，人才培养和管理跟不上，质量控制机组的生产制造、运输吊装，运行维护各个环节还存在疏漏，2010年初的两个月发生了3起整机倒塌的事故，就是这种状态的反映。

现在应当扭转风电装机越多越好的观念，要以未来20年发电成本最低作为业绩考核的根本标准。明确2020年风电发展的总量取决于应对气候变化我国政府做出的减排承诺，与国家工业化阶段经济发展的需要相适应。7个千万千瓦级风电基地和其他省区风电规划的编制，主要是根据风能资源分布，可以利用的土地面积和其他基础设施的条件等，目前要按照风电的特点将其纳入整个电力系统的规划，在上网、蓄能、输电、负荷配置和最终消纳各个环节对接，落实全额保障性收购制度所规定的风电电量。

表4：2008年76个风电场分省年平均等效满负荷小时数

序号	省场数	年平均等效满负荷小时数	运营容量 (MW)	上网电量 (MWh)
河北	4	2400	164.95	408762
内蒙	13	2127	825.36	1748860
辽宁	13	1433	330.26	510080
吉林	4	2031	118.71	239210
黑龙江	7	2230	227.8	490066
上海	1	1528	3.4	5195
浙江	2	1363	38.35	51431
福建	5	2275	158.15	425754
山东	8	1672	223.25	371930
湖北	1	1333	13.6	18130
广东	8	1753	290.64	530906
海南	1	1628	8.7	14165
甘肃	3	1297	358.8	457644
宁夏	3	1621	257.7	442311
新疆	3	2212	106.11	234378
全国	76	1794	3125.78	5948822

资料来源：中电联（风电除外）