第20卷 第4期 气 象 科 学 Vol. 20, No. 4
2000年12月 SCIENTIA METEOROLOGICA SINICA Dec., 2000

如东海滨风能资源分析①

冯芝祥 缪剑波 梁玉楼
(如东县气象局 226400)

摘 要 风能是绿色能源。利用风能发电是我国今后能源建设的重点。测量证明,如东的风力资源比较丰富,尤其是近海沙洲及海岸沿线,适宜建大型风力发电厂。

关键词 如东海滨 风能密度 风力发电
分类号 P425

引 言

文献[1]介绍,中国风能资源比较丰富,仅次于美国、苏联。丰能区在新疆、内蒙及沿海岛屿。中国风能分布图[1]上江苏沿海在东南沿海地区中都是相对贫乏区。然而在江苏沿海海滨过去进行实际测量的不多。计算时以陆地站为代表,比较粗略。如东县近三年对近海沙洲、海岸附近进行了实测,并经较为精密的计算,初步得出了一些有用的结论。

1 2分钟和10分钟测风资料的分析比较

如东县气象站有近40年的测风资料。先是目测,一日4次或3次。从1968年到现在改为器测。器测记录和目测记录之间有一个明显的不连续。累年平均风速目测为4.2m/s,器测为3.3m/s,差值达0.9m/s。同一时间的定时观测和自记记录也有差别。我们以吕泗国家基准站1997年测风记录来分析(见表1)。

吕泗站1997年各月平均风速(单位:m/s)

Table 1 Average monthly wind speed of Lu Si weather station in 1997(Unit:m/s)

月 别	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
2分钟平均	3.7	3.5	4.0	3.7	3.5	3.4	3.4	4.1	3.5	2.7	3.5	3.7	3.6
自记记录	3.4	3.0	3.6	3.2	3.1	3.1	2.9	3.7	3.1	2.5	3.2	3.4	3.2
差 值	0.3	0.3	0.4	0.5	0.4	0.3	0.5	0.4	0.4	0.2	0.3	0.3	0.4

从表1可以看出,各月定时目测值比自记值大0.2—0.5m/s,平均偏大0.4m/s。如东站也是这种状况。造成这一差异的原因是:目测值是2分钟平均,自记值是10分钟平均:目测值一天取4次平均,自记值一天取24次平均:定时值记录取整数记之,自记值取小数一位记之。二

① 收稿日期:1999—05—12;修改稿日期:1999—07—12

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

者本应该有差别。计算风能目前都是以 10 分钟平均风速进行计算，若要进行几个测点风能比较，都应以自记风速日平均值来计算。

2　海陆风力的空间分布

1996 年 7 月起，如东县气象局在海边建起了洋口港自动测风站，区站号为 58355，地址在 32°24′48″N，121°17′42″E。使用的仪器为长春气象仪器研究所生产的“N—DZF”自动测风仪。1996 年 11 月江苏省电力局委托国家海洋局海洋二所建起了太阳沙自动气象站。地址在 32°11′30″N，121°24′32″E。使用的仪器是美国“STRUN8210”自动气象站。取 4 站都有记录的 8 个月对比，其中吕泗站距海岸 4Km，如东站距海岸 19Km，洋口港站在堤内 0.12Km，太阳沙在岸外 15Km。见表 2。可见，陆地站由于距海岸远近的不同，造成风速差异是明显的。太阳沙站在海中，受气压梯度风、海陆风、潮汐风之综合影响，且下垫面摩擦小，其风力最大，平均风力达 5.7m/s。其次是洋口港站，其下垫面摩擦系数开始增大，风力次之，平均风速达 4.2m/s。再其次是吕泗站，位于乡村，虽然距海岸只有 4Km 平均风力只有 3.3m/s。比洋口港小 0.9m/s。相对风力最小的是如东站，其下垫面摩擦系数更大，且潮汐和海陆温差影响也显著减小，其平均风力只有 2.6m/s，还不到太阳沙的一半。由上述可知，如东的风力资源沿海沙洲最丰富，其次是沿海岸一线，距海岸即使不太远处，其风力减弱也是比较明显的。因此建风力发电场越近海岸越好。有条件的，建在近海岛屿或沙洲上更好。

表 2　4 站月平均风速之比较(1996.11～1997.6，单位：m/s)

Table 2　Comparison of average wind speed among four weather stations (1996.11～1997.6, Unit: m/s)

年　月　别	如东(A)	吕泗(B)		洋口港(C)		太阳沙(D)	
	f	f	(B−A)	f	(C−A)	f	(D−A)
1996.11	2.8	3.7	0.9	5.0	2.2	6.8	4.0
12	2.3	2.8	0.5	3.1	0.8	5.1	2.8
1997.1	2.6	3.4	0.8	3.9	1.3	6.0	3.4
2	2.4	3.2	0.8	4.5	2.1	5.5	3.1
3	2.9	3.6	0.7	4.4	1.5	5.8	2.9
4	2.9	3.2	0.3	4.8	1.9	5.6	2.7
5	2.6	3.1	0.5	3.8	1.2	5.2	2.6
6	2.6	3.1	0.5	4.1	1.5	5.5	2.9
平　均	2.6	3.3	0.6	4.2	1.6	5.7	3.1

注：洋口港 1997.7 仪器故障，太阳沙 1997.8 测站毁于 9711 号台风，故取至 6 月止

3　洋口港站风能状况

从目前环境条件来看，建风力发电场于近海沙洲可能性不大，当以建在海岸以内最符合经济原则。以 1995 年 7 月到 1996 年 6 月，洋口港测风记录进行统计。考虑到选用风机是美国安然公司所产。它的风机架设高度为 65 米，启动风速为 3m/s，关机风速为 25m/s。因此，我们必须将地面风速订正到 65 米高度上才比较接近于真实。根据弗洛斯特(Frost)风速随高度变化的经验公式[1]：

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

$$V_H = V_1(\frac{H}{H_1})^n$$

式中：H_1 为地面测风仪风杯高度，V_1 为地面风速，H 为风机轮毂高度，V_H 为 H 高度上的风速，n 为经验系数，取决于下垫面性质：下垫面平滑（海面、沙、雪地），n 取 0.10～0.13；中等不平（乡村、草地、庄稼地），n 取 0.13～0.20；不平（树木、市郊），n 取 0.20～0.27；非常不平（城区、高大建筑），n 取 0.27～0.40[1]。

洋口港站 H_1 取 10 米，H 取 65 米，n 取中等不平系数的中值 0.16，经过订正，我们得到洋口港站 65 米高度处全年各等级风出现次数，并以此绘制了洋口港站各风速界限以上值持续时数曲线（见图 1）。

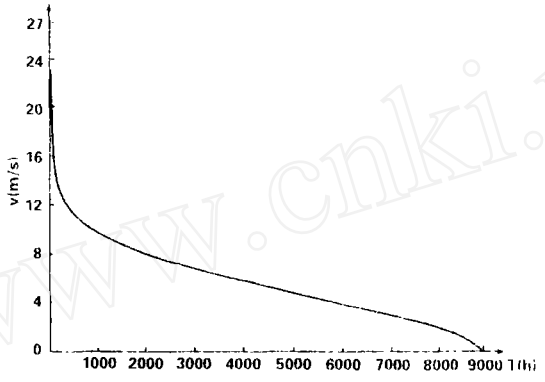

图 1 洋口港风速持续时数曲线（资料 1995.7～1996.6）

Fig. 1 Duration curve of wind speed in Yang Kou port (Date: 1995.7～1996.6)

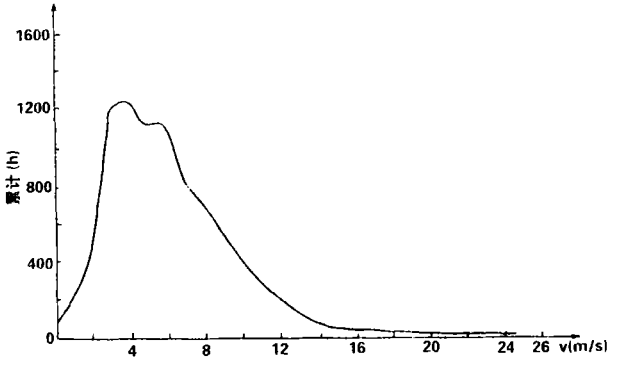

图 2 洋口港风速频率曲线（资料 1995.7～1996.6）

Fig. 2 Frequency curve of wind speed in Yang Kou port (Date: 1995.7～1996.6)

从图 1 我们可以一目了然地看出一年中大于某个等级风速的小时数。从有效风能来看，大于等于 3m/s 的风一年中有 7100 多小时；大于等于 8m/s 的理想风速一年中也有 2100 个小时；小于 3m/s 的无效风一年中只有 1572 小时，其中静风 98 小时。大于关机风速 25m/s 的只有一次。因此，洋口港站风能属于丰富的地区。而且很有利于风力发电。

根据风速持续曲线，我们绘制了洋口港站风频曲线（见图 2）。图 2 显示，频度最高的风比

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

平均风速略小一些，频度最高的风基本上集中在平均风速周围，4—10m/s 的风占全年总时数的 2/3。这说明洋口港站风速可用性强，基本能保证风机常年正常运转。选用风力发电机时，应考虑充分利用 4—10m/s 的风。实际上，洋口港一年中静风只有 98 小时，相当于 4 天。

洋口港站的风能密度。为了避免在地面为无效风而到 65 米空中为有效风或在地面为有效风而到 65 米空中为无效风。我们采取了最笨的办法，先将地面风订正到 65 米高处再统算。以前人们各等级风都是以 m/s 整数来计算，小数 4 舍 5 入过程中有偏大的倾向，我们这次取 0.1m/s 为计算单位，相对来说更精确一点，根据有效风能表达式[1]：

$$E = \sum_{3}^{25} \frac{1}{2}\rho N_i V_i^3$$

式中 N_i 为 3－25m/s 某级风速全年累计小时数，V_i 为 3－25m/s 间某级风速值，ρ 为空气密度取 1.2076 单位千克/米³。

根据各级风速值及对应的累计小时数，计算得 e＝2093 千瓦/米²。

根据有效风能密度表达式[1]

$D=\frac{1}{N}\sum_{3}^{25}\frac{1}{2}\rho N_i V_i^3$　　N 为全年有效小时数

则 $D=291 w/m^2$

据计算，洋口港地面风能密度为 $140 w/m^2$，射阳站地面风能密度为 $103.7 w/m^2$。我们海边的风能密度要比射阳站大 35%。就洋口港本身而言，65 米高度风能密度是地面的 2 倍多一些，这说明洋口港及其沿海岸一线具备建大型风电场的条件。

4　小　结

(1)沿海地区风能比较丰富，特别是近海沙洲海岸附近。从目前环境条件来讲，沿海岸建大型风电场最为适宜。距海岸越远条件越差。

(2)海岸附近风能优越，风能启动不了风机的小风及风力太大而停机的大风年出现次数都很少，3－25m/s 有效风时全年在 7100 小时以上，大于等于 8m/s 的理想风时也在 2100 小时以上。可利用价值高。

(3)海岸附近有效风能达 2000 千瓦/米² 以上。有效风能密度达 $291 w/m^2$，4－10m/s 的风出现频次达 67%以上，应充分利用该频段的风能。

(4)上面洋口港风能计算只有一年的记录，风能有年际变化。计算结果虽有一定的代表性，但还不能完美地反映如东沿海风能的全貌，有待于更深入细致地去测量、去计算。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

参 考 文 献

1 蔺金印,等. 实用农村能源手册. 北京:化学工业出版社,1989. 270～277
2 陈元. 射阳县风能资源分析. 江苏农业气候资源文集. 1984. 201～205
3 程仪,等. 海安风能资源分析. 南通气象,1998,(11):44～46
4 蒋凤英. 风力发电大有作为. 中国气象报,1998年2月26日

ANALYSIS OF RUDONG SEASHORE WIND ENERGY DATA

Feng Zhixiang Miao Jianbo Liang Yulou

(*Rudong County Meteorogical Bureau* 226400)

Abstract Wind energy is non-pollution energy. Utilizing wind energy to generate electricity is the future focal point of our country in power development. It is proved that wind power resource in Rudong is very abundance, especially in the offshore sanbank and seashore along the line where is suitable to construct a big power plant.

Key words Rodong Seashore Wind power density Generating electricity by wind power

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net