第3卷 第6期
2009年12月
沙漠与绿洲气象
Desert and Oasis Meteorology

达坂城1961—2008年来风的气候特征及风能现状分析

郑玉萍,李景林,刘盛梅,杜 敏
(乌鲁木齐市气象局,新疆 乌鲁木齐 830002)

摘 要:分析了达坂城气象站1961—2008年风的气候特征及48a来风速最小年2008年的风能参数。结果表明:达坂城一日之中17—18时风速最大,07—08时最小;一年之中4—5月风速最大,9—10月最小;风速变化分4个阶段,其中1986—2008年风速呈减小趋势,特别是2000年以来风速明显偏小,2008年出现了近48a来的最低值;一年之中以4—9月风速减小最为显著。2008年的风能参数达到了"风能较丰富"的指标,近期为风能资源偏少时期,特别是夏半年风能偏弱。

关键词:风;气候特征;风能
中图分类号:P425 **文献标识码**:B **文章编号**:1002-0799(2009)06-0029-05

Climate Characteristics of Wind over Dabancheng Region during 1961-2008 and the Status of Wind Energy Resources

ZHENG Yu-ping, LI Jing-lin, LIU Sheng-mei, DU Min
(Urumqi Meteorological Bureau, Urumqi 830002, China)

Abstract: The climatic characteristics of wind during 1961-2008 and the parameters of wind power of 2008 with the minimum wind speed were analyzed on the basis of observations from Dabancheng weather station. The results were as follows: the daily maximum wind speed of the Dabancheng region appeared at 17:00-18:00, the minimum at 7:00-8:00, the annual maximum wind speed appeared in Apr.-May, and the minimum in Sep.-Dec. The changes of the wind speed in recent 48a possessed four phases, in which the wind speed was decreasing during 1986—2008, particularly evident since 2000, and the lowest value appeared in 2008. the most significant decrease was from Apr. to Sept. of a year. Parameters of the wind energy in 2008 reached only an indicator of "wind energy rather rich". Recently, the wind energy resource of Dabancheng is in the period of negative anomaly, especially in summer half year.

Key words: wind; climate characteristic; wind energy

风能是一种清洁的、无污染、可再生的气象能源,在发电、供暖、运输等方面的应用十分广泛[1]。近年来受环境污染加剧和能源危机的冲击,人们对风能的开发利用更加重视。达坂城风区位于西天山和博格达山南麓之间的谷地,呈西北—东南走向,西北起乌鲁木齐乌拉泊,东南至达坂城山口,长约80km,

收稿日期:2009-05-17
基金项目:新疆气象局科研项目(200309)(C2008001)
作者简介:郑玉萍(1973-),女,工程师,主要从事气象预报服务工作。E-mail:hs_zyp@163.com

宽约15~30km。由于其特殊的地理环境形成狭管效用，是南北疆气流的通道，有着丰富的风力资源，是新疆风能资源丰富地区之一[2]。1995年建成了亚洲最大的风力发电厂，近年来风能开发建设力度不断加大。

由于风是由空气的水平流动造成的，其方向和速度本身就存在多变性，同时在以气候变暖为主要特征的全球变化背景下，乌鲁木齐地区的气候也发生了较明显的变化[3]，气候变暖十分明显，气温变化势必对风造成影响。为了提高风能的利用率，很有必要对达坂城地区风随时间的变化规律及风能指标进行分析。包能胜等[4]曾分析了1993年达坂城风电场的风能指标，陈勇航[5]对1998年风电场的风的气候特征也进行了分析，但进入21世纪以来，这方面的研究工作开展不多，因此，分析近期达坂城的风能状况非常有必要。本文分析了48a来达坂城气象站风的气候特征，并重点对2008年的风能参数进行了分析评价。

1 资料与分析方法

资料来自达坂城气象站1961—2008年各月平均风速、大风日数、最大风速、各风向频率和2001—2008年各月逐小时10min风向风速及2008年各月气温、气压、水汽压资料，统计分析了48a来达坂城风的主要气候特征以及2008年的各项风能指标。

风能评估方法参照《风能资源评价技术规定》和有关文献[6]，统计方法如下：

平均风速：在风能资源评估中，平均风速按下式计算：

$$\overline{V}_E=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}V_i \quad (1)$$

$\overline{V}_E$为平均风速，V_i为风速观测序列，n为平均风速计算时段内(年、月)风速序列个数。

风向频率：根据风向观测资料，按16个方位统计观测时段内(年、月)各风向出现的小时数，除以总的观测小时数即为各风向频率。

风能方向频率(F)：根据风速、风向逐时观测资料，按不同方位(16个方位)统计计算各方位具有的能量，其与总能量之比作为该方位的风能频率。例如，按下式计算年风能方向频率：

$$F_{东}=\frac{\frac{1}{2}\rho\sum_{i=1}^{m}V_i^3}{\frac{1}{2}\rho\sum_{i=1}^{n}V_i^3} \quad (2)$$

$F_{东}$为一年内东风所具有的能量占总能量的比值。其中，$i=1,\cdots,m$；m为风向为东风的小时数；$j=1,\cdots n$；$n=8760$或8784（平年为8760，2008年闰年为8784）。

风速频率：以1m/s为一个风速区间，统计代表年测风序列中每个风速区间内风速出现的频率。每个风速区间的数字代表中间值，如5m/s风速区间为4.6~5.5m/s。

有效小时数(H)：统计出代表年(月)测风序列中风速在3~20m/s之间的累计小时数，是风力机能够运转的时间。

平均风功率密度：

$$D_{wp}=\frac{1}{2n}\sum_{i=1}^{n}(\rho\cdot V_i^3), \quad (3)$$

式中：D_{wp}—平均风功率密度(w/m²)；n—计算时段内风速序列个数；ρ—各月平均空气密度；V_i—风速序列。

平均风功率密度的计算应是设定时段内逐小时风功率密度的平均值，不可用年、月平均风速计算年平均风功率密度。ρ取决于当地月平均气温、月平均气压、月平均水汽压：

$$\rho=\frac{1.276}{1+0.0366t}\left[\frac{P-0.378e}{1000}\right], \quad (4)$$

式中：ρ—空气密度(kg/m³)；P—平均大气压(hPa)；e—平均水汽压(hPa)；t—平均气温(℃)。

有效平均风功率密度(D_e)：

$$D_e=\frac{1}{2n_{3\le V_i\le 20}}\left(\rho V_i^3\right), \quad (5)$$

式中：D_e—有效平均风功率密度(w/m²)；n—为计算时段内风速在3~20m/s之间的序列个数；ρ—月平均空气密度；V_i—风速在3~20m/s之间的风速序列。

2 达坂城风的气候特征分析

2.1 盛行风向

由于受河谷地形和狭管效应的影响，达坂城的多年盛行风向较为稳定，全年盛行偏西风和偏南风，其中全年WNW风占20%，W风占18%，SE风占12%，SSE占9%。冬季11月—2月盛行SE风和SSE风，3—10月盛行WNW和W风。

2.2 风速的日变化和年变化

利用 2001—2008 年的逐小时 10min 平均风速分析了达坂城的风的日变化，一日之中白天风速大于夜间,下午风速大于上午。风速自日出后 10 时开始逐渐增大,其中 14—20 时风速均大于 6m/s,17—18 时达最大,平均风速达 7.0m/s,随后又逐渐减小,02—09 时风速均小于 4m/s,其中 07—08 时最小,为 3.4m/s。

一年之中达坂城的风速存在明显的季节变化,表现为春季 4—5 月风速最大,为 6.8~6.9m/s;其次是冬季 12—1 月,平均风速为 6.4~6.7m/s;夏季 6 月份居第三，为 6.2m/s；风速最小出现在秋季 9—10 月,均为 5.0m/s;其余 2—3 月和 7—11 月平均风速为 5.2~5.9m/s,

2.3 风速和大风的年际变化

达坂城 48a 年平均风速为 6.0m/s，年平均风速最大值出现在 1971 年和 1979 年,均为 7.3m/s,最小值出现在 2008 年，为 4.1m/s。年平均大风日数为 149d,年大风日数最多为 228d,出现在 1985 年,最少年出现在 2008 年,为 90d。

48a 来达坂城的年平均风速变化分 4 个明显阶段:1961—1966 年风速偏小，均低于多年平均值;1967—1988 年为风速偏大时期,年平均风速为 6.0~7.3m/s;1989—1999 年风速基本接近多年平均值,年平均风速为 5.8—6.3m/s;2000 年至 2008 年为风速偏小阶段，风速逐年减小,2008 年出现了近 48a 来的最低值(图 1)。1986—2008 年 23a 间风速呈明显的减小趋势,平均每 10a 递减 0.80m/s。历年大风日数及年最大风速的变化趋势也基本一致,20 世纪 80 年代中后期至今为明显的减少(小)趋势,2008 年均出现了 48a 年来的最小值(图 2)。

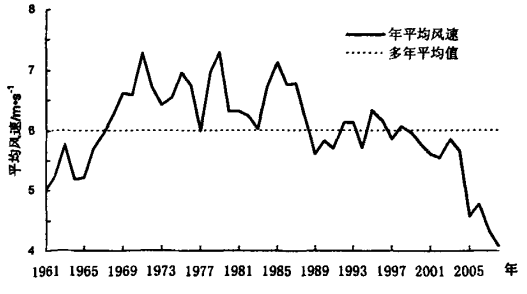

图 1 达坂城 1961—2008 年年平均风速变化图

从年代际变化来看(表 1),年平均风速最大时段出现在 20 世纪 70 年代,平均为 6.7m/s,比 20 世纪 60 年代增大了 0.9m/s,20 世纪 80 年代至 21 世纪初风速逐渐减小,2001—2008 年平均风速最小,为 5.0m/s，比 20 世纪 90 年代减小了 1.0m/s，比 20 世纪 70 年代减小了 1.7m/s。大风日数则表现为 20 世纪 60 年代至 80 年代逐渐递增,80 年代最多,平均为 176d,90 年代之后逐渐减少,2001—2008 年平均为 118d。年最大风速和年平均风速的年代际变化一致。

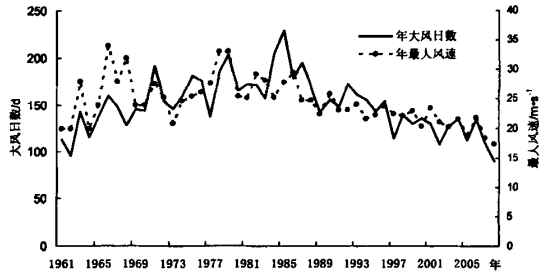

图 2 达坂城 1961—2008 年大风日数和最大风速变化图

表 1 达坂城风速和大风日数年代际变化

	1961—1970 年	1971—1980 年	1981—1990 年	1991—2000 年	2001—2008 年
平均风速/(m/s)	5.8	6.7	6.4	6.0	5.0
大风日数/d	133	169	176	144	118
最大风速/(m/s)	24.9	26.8	26.1	22.5	20.2

48a 来各月平均风速随年代的递增也呈逐渐减小趋势,其中 4—9 月减小趋势非常显著,各月历年平均风速与年代之间相关系数为-0.3 328~-0.4 060,通过了信度为 0.05 的显著性检验(r=0.288),风速平均每 10a 递减 0.24~0.29m/s (图 3)。

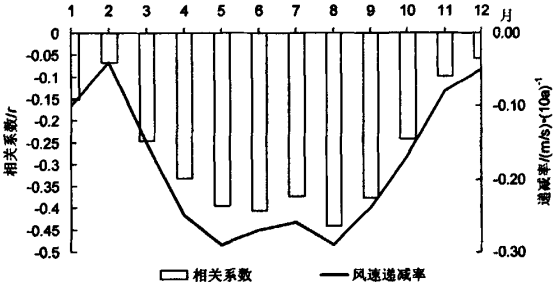

图 3 各月风速变化图

3 达坂城风能现状分析

由以上分析中可以看出，近 23a 来特别是2000

年以来达坂城的风速呈明显的减小趋势，这将直接造成风能减弱。为了进一步深入了解达坂城的风能现状，即利用48a来风速的最小年份2008年作为代表年，对达坂城的各项风能指标进行分析。

3.1 风向频率和风能方向频率

2008年的主导方向与多年平均状况基本相符，以WNW风为主导方向，出现频率为20.2%，其次为W风，出现频率为19.9%，再次为SE风，出现频率为16.7%，出现频率较多的风向还有NW和SSE。风能方向频率和风向频率基本相符，W风和WNW风的能量比例最大，分别占38.1%和32.5%，其次为SE方向，能量比例为16.7%(表2)。

表2 风向频率和风能方向频率(%)

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
风向频率	3.0	1.9	2.7	4.0	4.3	4.9	14.3	6.5	0.9	0.6	0.7	2.2	19.9	20.2	7.8	4.0
风能方向频率	0.1	0.0	0.1	0.3	0.5	1.8	16.7	6.3	0.0	0.0	0.1	0.4	38.1	32.5	2.7	0.3

3.2 风速频率分布

从风速的频率分布来看，风速频率集中出现在0~8m/s的范围，其中1~2m/s的出现频率过大，1m/s的出现频率为19.2%，2m/s出现频率为11.8%，3~8m/s风速的出现频率为5.4%~11.0%，随后逐渐递减，16m/s以上风速的出现频率为0%(图4)。

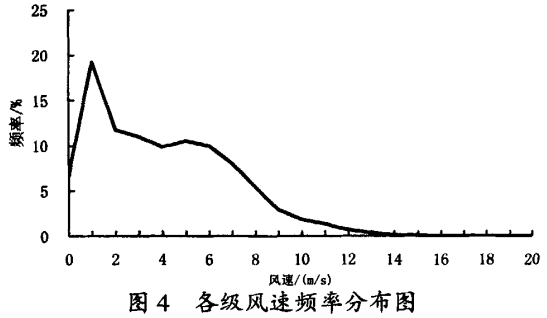

图4 各级风速频率分布图

3.3 风能资源参数

经统计，2008年年平均风速为4.1m/s，全年风速3~20m/s的有效小时数H为5 073h，年平均风功率密度D_{wp}为98w/m²，年有效风功率密度D_e为170W/m²，风能参数低于"风能非常丰富区"的指标(D_e>200W/m²，H>5 000h)，达到了"风能较丰富"的指标(150≤D_e≤200W/m²，4 000≤H≤5 000h)[1]。由各月风能参数来看，冬季12月至次年春季4月的风能丰富，有效风功率密度均在200W/m²以上，而5—11月的风能资源较少，其中7—10月的有效风功率密度在100W/m²以下(表3)。

表3 2008年风能资源参数表

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
V_{pj}(m/s)	4.1	4.4	4.5	4.9	4.7	4.2	3.5	3.6	3.3	3.4	3.8	4.7	4.1
H/h	442	422	433	455	466	435	397	375	352	359	408	529	5073
D_{wp}/(w/m²)	174	172	139	141	91	62	33	46	42	49	83	150	98
DJ/(w/m²)	289	281	238	222	144	101	60	90	84	99	144	209	170

4 讨论

一个地区的气候变化趋势是基本相同的，达坂城气象站的气候变化也反映了达坂城地区的总体气候变化趋势。自1986年以来达坂城的风速随着年代的推移呈逐渐减小的趋势，近期正处于风速偏小时期，而风能的大小主要取决于风速的大小，风速的减小对风能影响很大。文献[4]统计出1993年达坂城风电场10m高度的年平均风速为6.7m/s，与同年达坂城气象站平均风速(6.1m/s)较为接近，得出的风能指标为年平均风功率密度为428.1W/m²，年有效风功率密度为528.0W/m²，年有效时数为7 107.4h，各项指标远远大于2008年的风能指标，这也反映了随着风速的逐年减小，对达坂城地区的风能资源造成了不利的影响，近期是风能资源偏少时期，特别是夏半年风能偏弱，这一现象应引起有关部门的高度重视。为了能够合理开发、充分利用风能资源，风电场的正确选址、科学布局显得尤为重要，同时要积极做好气候变化导致风速变小的应对措施。

5 结论

(1)达坂城多年盛行偏西风和偏南风，其中冬季11月—2月盛行SE风和SSE风，3—10月盛行WNW和W风。风速存在明显的日变化，一日之中白天风速大于夜间，下午风速大于上午，17—18时风速达最大，早晨7—8时最小。一年之中春季4—5月风速最大，其次是冬季12—1月，秋季9—10月风速最小。

(2)48a来达坂城的年平均风速变化分4个明显阶段：1961—1966年风速偏小；1967—1988年为风速偏大时期；1989—1999年风速基本接近多年平均值；2000—2008年为风速偏小阶段，风速逐年减小，2008年出现了近48a来的最低值。1986—2008年风速呈明显的减小趋势，平均每10a递减0.80m/s，历年大风日数和年最大风速也呈明显减少(小)趋势。48a来各月的平均风速随年代的递增也呈逐渐减小趋势，其中4—9月减小趋势非常显著，风速平均每10a递减0.24~0.29m/s。

(3)48a来风速最小年2008年风的主导方向和风能最大方向与多年主导风向基本相符，以WNW风、W风和SE风为主。风速频率集中出现在0~8m/s的范围,其中以1m/s风速的出现频率最高,其次是2m/s。2008年3~20m/s的有效小时数H为5073h,年平均风功率密度D_{wp}为98W/m²,年有效风功率密度D_e为170W/m²,风能参数达到了"风能较丰富"的指标。其中冬季12月至次年春季4月的风能丰富,而5—11月的风能资源较少，其中7—10月的有效风功率密度在100W/m²以下。

(4)近23a来随着风速的逐年减小,对达坂城地区的风能资源造成了不利的影响，近期是风能资源偏少时期,特别是夏半年风能偏弱,这一现象应引起有关部门的高度重视。建议建设风电场时要正确选址、合理布局,趋利弊害,做好风电开发利用。

参考文献:

[1] 胡毅,李萍,杨建功,等.应用气象学[M].北京:气象出版社,2005:117-134.

[2] 张学文,张家宝.新疆气象手册[M].北京:气象出版社,2006:285-288.

[3] 普宗朝,张山清,纪冬梅,等.近30年乌鲁木齐地区的气候变化[J].新疆气象,2005,28(4):14-16.

[4] 包能胜,刘军峰,倪维斗,等.新疆达坂城风电场风能资源特性分析[J].太阳能学报.2006,27(1):1073-1075.

[5] 陈勇航. 达坂城风力发电厂风的天气气候特征及预报研究[J].新疆气象,2000,23(5):5-7.

[6] 帅士章,潘徐燕,罗楠.贵州省风能资源评价的相关计算[J].贵州气象,2007,31(3):13-15.