

文章编号:1673-8411 (2014) 04-0063-04

玉林大容山地区风能资源分析评估

李斌喜¹, 何如², 周绍毅², 苏志²

(1. 钦州市气象局, 广西 钦州 535000; 2. 广西气象服务中心, 广西 南宁 530022)

摘要:利用风能资源评估方法对广西玉林大容山的风能资源状况进行分析,结果表明,当地风能资源丰富,风能资源等级为3级,其中30m~70m年平均风速和年平均风功率密度分别为7.6~8.0m·s⁻¹、396.7~497.0W/m²,30m高度的风速和风功率密度最大;一年中2~5月、7月和10月是风能资源利用的最佳时期,一天中夜间特别在20~03时是风能资源量最好时段;各高度3~25m·s⁻¹有效风时数为7279~7806h;主导风向和风能密度都主要集中在SSE~S扇区,70m高度风能密度累计频率达61.9%。

关键词:大容山;风能资源;风速;风功率密度;评估

中图分类号:P49

文献标识码:A

Analysis and Evaluation of Wind Energy Resource in Darongshan Area of Yulin

Li Bin-xi¹, He Ru², Zhou Shao-yi², Su Zhi²

(1. Qinzhou Municipal Meteorological Service, Qinzhou, Guangxi 535000;

2. Guangxi Meteorological Service center, Nanning, Guangxi, 530022)

Abstract: Based on method of wind energy resource assessment, the status of wind energy resource in Darongshan, Yunlin, Guangxi were analyzed. The results showed that wind energy resource was rich in Darongshan, and its wind energy standard reached the third level, in which The annual average wind speed and specific energy of 30~70m fall in between 7.6~8.0m·s⁻¹ and 396.7~497.0 W/m² respectively, the maximum is in 30m. From Feb. to May, Jul. and Oct. were the best months to utilize wind energy resource. The best period of using wind energy resource in a day was usually in the night time, especially at 8:00p.m.~3:00a.m. Time of wind velocity in between 3~25m·s⁻¹ on all heights of wind tower layers in between 7279 and 7806 hours. The dominant wind direction and wind power intensity are both concentrated in SSE~S sectors, accumulated frequencies of 70m can reach 61.9%.

Key words: Darongshan; Wind energy resource; Wind speed; Wind power density; Wind shear; Evaluation

在世界能源日益紧缺的今天,风能作为一种清洁的可再生能源,越来越受到世界各国的重视。能源是广西加快富民强桂新跨越、与全国同步实现全面小康社会的重要支撑和保障。随着广西经济持续快速的发展,能源环境问题日益显现,开发和利用风能资源作为广西能源发展“十二五”规划的重要举措之一,对增加能源供应,改善能源结构,保障能源安全,保护生态环境有重要的作用^[1-3]。

玉林大容山位于广西东南部北流市境内,山脉呈东西走向,总面积2930hm²,一般在海拔在1000m

左右,最高主峰海拔1275.6m。大容山是广西风能资源丰富的地区之一^[4]。本文以大容山测风塔的观测资料为基础,根据《风电场风能资源评估方法》(GB/T18710—2002)^[5],对大容山地区的风能资源状况进行计算分析,为更合理、充分、有效的利用当地风能资源提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 资料

本文利用广西玉林大容山一座70m高测风塔,

收稿日期:2014-09-12

作者简介:李斌喜(1980-),男,学士,从事气象科技服务中心工作。

2009年11月1日至2010年10月31日一个完整年的风速风向(风速4层,风向3层)以及气温、气压、相对湿度的观测数据,且测风塔观测资料通过了数据有效质量控制的审核。观测期间测风数据的有效数据完整率为92.41%,满足《风电场风能资源评估方法》(GB/T18710—2002)^[5]对数据观测质量的要求。测风塔海拔高度1087m。

1.2 方法

1.2.1 空气密度

空气密度直接影响风能的大小,在同等风速条件下,空气密度越大风能越大。空气密度,计算公式如下^[1]:

$$\rho = \frac{1.276}{1+0.00366t} \frac{p-0.378e}{1000} \quad (1)$$

(1)式中 ρ 为气密度(kg/m^3), P 为气压(hPa), t 为气温($^{\circ}\text{C}$), e 为水汽压(hPa)。

根据测风塔的实测气温、气压、相对湿度观测数据,计算测风塔70m高度(近似为风机轮毂高度)观测年度各月空气密度值。

1.2.2 平均风功率密度

平均风功率密度由下式计算^[1]:

$$\overline{D_{WP}} = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \rho \cdot v_i^3 \quad (2)$$

(2)式中, $\overline{D_{WP}}$ 为设定时段的平均风功率密度(W/m^2); n 为设定时段内的记录数; v_i 为第 i 记录风速($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)值, ρ 为空气密度,由(1)式给出。

1.2.3 风向和风能密度分布

以16方位各风向频率描述风的方向分布特征。风向频率指设定时段各方位风出现的次数占全方位风向出现总次数的百分比。

风能密度计算公式为^[1]:

$$D_{WE} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \rho v_i^3 t_i \quad (3)$$

(3)式中 D_{WE} 为风能密度($\text{W}\cdot\text{h}/\text{m}^2$), n 为风速区间数目, ρ 为空气密度(kg/m^3), v_i 为第 i 风速区间的

风速($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)值的立方, t_i 为某扇区或全方位第 i 个风速区间的风速发生的时间(h)。

风能密度分布是指设定时段各方位的风能密度占全方位总风能密度的百分比。

1.2.4 切变指数

风切变指数采用幂指数公式,其表达式为^[5]:

$$V_2 = V_1 \left(\frac{Z_2}{Z_1} \right)^{\alpha} \quad (4)$$

(4)式中 V_2 为高度 Z_2 处的风速($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$); V_1 为高度 Z_1 处的风速($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), Z_1 一般取10m高度; α 为风切变指数,其值的大小表明了风速垂直切变的强度。

2 风能资源分析

2.1 空气密度

利用公式(1)计算得到测风塔的年空气密度为 $1.061\text{kg}/\text{m}^3$,由于空气具有热胀冷缩的特性,冬半年空气密度较大,夏半年相对较小,其中最大值出现在11月份($1.092\text{kg}/\text{m}^3$),最小值出现在7月份($1.035\text{kg}/\text{m}^3$),空气密度上半年呈现逐步下降趋势,下半年则呈现出逐步上升趋势的特点(图1)。

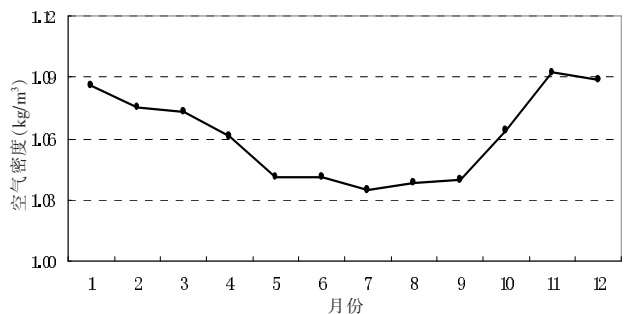


图1 大容山测风塔空气密度各月分布图

2.2 风速和平均风功率密度分析

2.2.1 年变化

利用公式(2)–(3)计算得到大容山测风塔的风能参数结果见表1。由表1可见,测风塔30m、50m和70m高度的年平均风速分别为 $8.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $7.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

表1 大容山地区风电场测风塔风能参数表

测风高度 (m)	3–25 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时数百分率	平均风速 ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	平均风功率 密度(W/m^2)	有效风功率 密度(W/m^2)	有效风能 时数(h)	风能密度 ($\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$)	平均风功率 密度等级
10	83	5.9	185.7	222.3	7279	1626.7	3
30	89	8.0	497.0	558.0	7792	4353.8	
50	89	7.5	396.7	446.9	7764	3475.4	
70	89	7.6	419.6	470.2	7806	3676.0	

和 $7.6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 平均风功率密度分别为 $497.0\text{W}/\text{m}^2$ 、 $396.7\text{W}/\text{m}^2$ 和 $419.6\text{W}/\text{m}^2$, 按照风功率密度等级标准, 得到大容山地区 50m 高度应用于并网型风力发电的风电场等级为 3 级 ($>300\text{W}/\text{m}^2$),

2.2.2 月变化

从测风塔 70m 高度风速、风功率密度月际变化 (图 2) 来看, 风速主要以 2~5 月、7 月和 10 月风速较大, 其余月份风速相对较小, 其中 7 月最大, 为 $9.6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 8 月最小, 为 $5.8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 最大最小风速差值为 $3.8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; 风功率密度的月际变化规律与风速基本一致, 各月平均风功率密度在 $177.1\sim 684.3\text{W}/\text{m}^2$ 之间, 最大最小的差值为 $507.2\text{W}/\text{m}^2$, 风速和风功率密度的月际变化幅度较大。

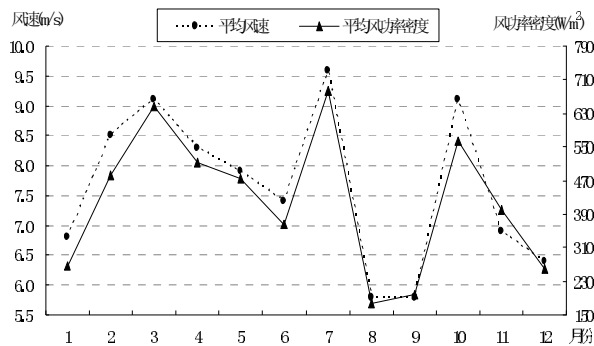


图 2 大容山测风塔 70m 高度风速和风功率密度月际变化曲线

2.2.3 日变化

大容山测风塔白天风速小, 夜间风速大 (图 3), 即 09~19 时的风速较 20~08 时小, 其中 22~24 时风速最大, 为 $8.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 14~15 时风速最小, 为 $6.4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 风速日变幅为 $2.1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; 平均风功率密度也是晚上大于白天, 即 19~08 时较大, 09~18 时较小, 其中 0 时最大, 为 $532.1\text{W}/\text{m}^2$, 14 时最小, 为 $275.7\text{W}/\text{m}^2$, 日变

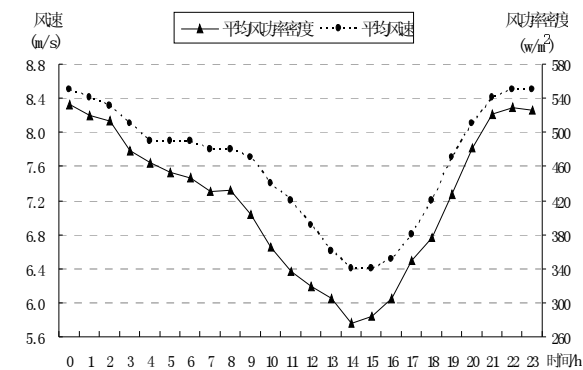


图 3 大容山测风塔 70m 高度风速和风功率密度日变化曲线

幅为 $256.4\text{W}/\text{m}^2$ 。风速、风功率密度之所以出现白天小夜间大的规律, 是由于大容山海拔 (1087m) 高, 白天湍流交换强, 动量下传到低海拔地方, 致使山上白天风速和风功率密度偏小。

2.3 风速及其风能频率分布

从表 1 可见, 测风塔 10~70m 高度 $3\sim 25\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 等级有效风能小时数为 7279~7806h, 30m、50m、70m 高度均占全年的 89%, 全年可发电小时数较高。由图 4 可见, 测风塔 70m 高度有效风速频率为 89%, 且频率较大的风速段大致集中在 $4\sim 9\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 占 69%; 风能频率的分布于风速频率的分布有明显的差异, 风能频率主要集中在 $9\sim 15\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 占 70.4%, 风速和风能密度的分布较为对称。

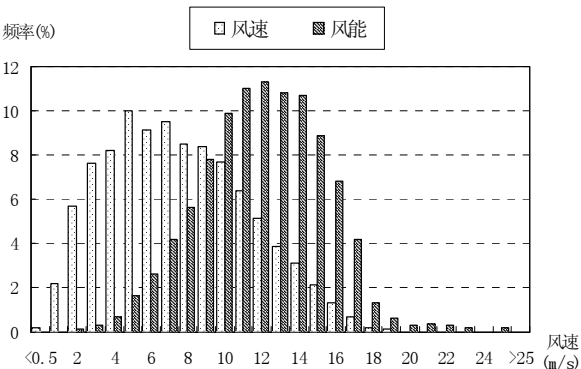


图 4 大容山测风塔 70m 高度风速和风能频率分布直方图

2.4 风向和风能密度密度分布

从图 5~图 6 可见, 测风塔 10m、70m 高度的主导风向都集中分布在 SSE~S 扇区, 分别占全年风向频率的 60.2% 和 57.2%; 风能密度方向和风向分布具有很好的一致性, 也主要集中分布在 SSE~S 扇区, 10m、70m 高度分别占全年的 62.1% 和 61.9%。总体上看, 测风塔的风能很好的集中在 SSE~S 方向上, 有利于风机排布和风能捕获率的提高。

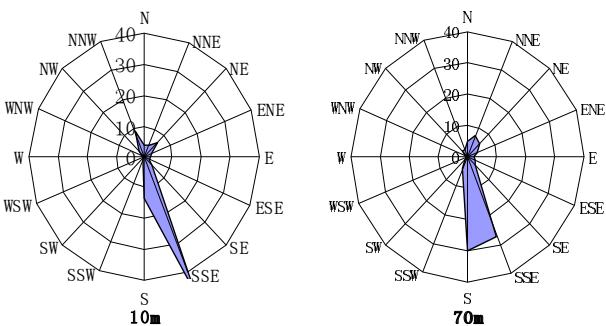


图 5 大容山测风塔 10m (左) 和 70m (右) 风向玫瑰图

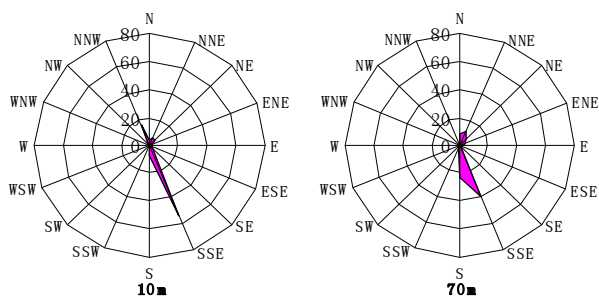


图6 大容山测风塔 10m(左)和 70m(右)风能密度玫瑰图

2.5 风速的垂直变化

利用公式(4)的幂指数方法推算得到大容山测风塔的风切变指数为 0.140,风速实测和模拟的风廓线见图 7,从图中可以看出,测风塔平均风速廓线出现了 30m 高度的风速大于 50m、70m 高度的反常现象,这是由于受下垫面地形和植被状况等因素的影响所致。当风吹过 大容山南坡山脊时,地形原因造成了 30m 高度层的风速加速,改变了风廓线的形状,进而影响测风塔不同高度的风切变指数。

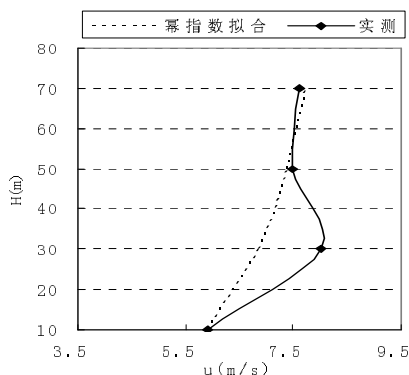


图7 大容山测风塔平均风速廓线

3 结论与讨论

(1) 大容山测风塔 30m、50m 和 70m 高度的年平均风速分别为 $8.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $7.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 $7.6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,平均风功率密度分别为 $497.0\text{W}/\text{m}^2$ 、 $396.7\text{W}/\text{m}^2$ 和 $419.6\text{W}/\text{m}^2$,按照风功率密度等级标准,得到该地区风能资源等级为 3 级($>300\text{W}/\text{m}^2$),风能资源较好。

(2) 一年中 2 月~5 月、7 月和 10 月是大容山地区风能资源利用的最佳时期;一天中夜间特别在 20 时~03 时是风能资源最好的时段。应当根据风速的月际和日变化特点,充分利用风能资源较好的季节和时段获取最佳效益。

(3) 各高度有效风能时数均在 7200h 以上,全年可发电小时数较高;70m 高度有效风速频率为 89%,频率较大的风速段集中在 $4\sim 9\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,占 69%,风能频

率主要集中在 $9\sim 15\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,占 70.4%,风速和风能分布较为对称,有利于风电机组对风能资源的利用。

(4) 大容山地区的主导风向和风能密度都较好的集中在 SSE~S 扇区,70m 高度风能密度累计频率达 61.9%,风能较为集中,有利于风机的排布和风能捕获率的提高。

(5) 测风塔的风切变指数为 0.140,由于下垫面地形和植被状况等因素,出现 30m 高度风速大于 50m、70m 高度风速的反常现象,建议在充分考察该地区的风切变情况后,适当选择风机安装高度。

(6) 由于仅有 1 个完整年的观测数据,且测风塔代表的范围有限,本文的分析结果只能大致地反映大容山地区的风能资源状况。因此,今后在积累更多的测风塔观测资料后,根据大容山的复杂地形利用数值模式与风能资源实测相结合的方式,进一步对该地区风能资源进行精细化评估研究。

参考文献:

- [1] 李应业, 时兴和, 戴升, 等.环青海湖风能资源的评估——以沙珠玉为例 [J]. 山地学报, 2011, 29 (3): 285-290.
- [2] 袁家峰, 何春汛.马龙县风力发电可行性研究 [J]. 广西气象, 2006, 27 (S3): 64-66.
- [3] 杨凤群, 林苗青, 翁永安.南澳岛风能资源的评估 [J]. 气象研究与应用, 2011, 32 (3): 58-61.
- [4] 黄梅丽, 史彩霞, 谭强敏, 等.广西山地风能资源开发利用可行性分析——以大容山为例 [J]. 成都信息工程学院学报, 2007, 22 (2): 247-252.
- [5] 中国水利水电建设工程咨询公司.风电场风能资源评估方法 (GB/T18710—2002) [S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [6] 孙小龙, 苏志, 何如, 等.富川地区风能资源分析 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (3): 25-28.
- [7] 谭敏玲, 周绍毅, 范万新.广西北流市风电场风能资源分析 [J]. 气象研究与应用, 2013, 34 (3): 47-50.
- [8] 李泽椿, 朱蓉, 何晓风, 张德.风能资源评估技术方法研究 [J]. 气象学报, 2007, 65 (5): 708-717.
- [9] 刘兴正, 杨柱龙, 徐焕.广西风能资源 [J]. 广西气象, 1982, (4): 37-43.
- [10] 甘一忠.广西风能资源评价工作探讨 [J]. 广西气象, 2005.26 (4): 55-56.
- [11] 徐焕, 杜慧珠, 刘兴正等.广西北部湾沿海风能资源利用效益的测算 [J]. 广西气象, 1983, 2: 29-35.
- [12] 陈如杰.北海风能储量及其开发利用 [J]. 广西气象, 1996, 17 (2): 21-23.
- [13] 史彩霞, 刘世学, 苏志.广西风能资源监测评估系统平台的设计和开发 [J]. 气象研究与应用, 2007, 30 (1): 40-42.