

Assessment of Wind Energy Resource in Qinghuangdao Coast

Liwen CHEN, Chang LIU, Fengli LI

College of Ocean, Agricultural University of Hebei, Qinghuangdao, China

Email: liwenchen2003@126.com, dachang_242@163.com, lifengli19811108@163.com

Abstract: Based on the data observed at wind of field measurement on the coast land of Qinghuangdao and the date of weather station with distance from coast line, the parameters of wind energy resources that service the proposed wind farm is calculated. By analyzing the date and nearby weather stations to monitor wind data for years, it's concluded that, The coastal wind resource rich for Qinghuangdao is located in Bohai Bay. Average wind speed is greater than 6.12m/s at 40m high. The average effective wind power density can be achieved 559 W·m⁻². Qinghuangdao has large reserves of coastal wind power. The date promoted land planning and construction of wind farms in Qinghuangdao. It is significance that explore large-scale wind farm construction at offshore.

Key words: qinghuangdao; coast ;wind energy resource; wind power density

秦皇岛沿海风能资源评估

陈丽文, 刘昌, 李凤丽

河北农业大学海洋学院, 秦皇岛, 中国, 066003

Email: liwenchen2003@126.com, dachang_242@163.com, lifengli19811108@163.com

摘要: 以秦皇岛站、昌黎站和山海关船厂站现场实测风资料及其临近的气象站风资料为依据, 对拟建风电场的风能资源各参数进行了计算及分析, 通过与其临近的气象站长年监测风资料的对比分析, 秦皇岛地处渤海湾, 沿海风能资源丰富, 40m高度的年平均风速大于6.12m/s, 年平均有效风功率密度559 W·m⁻², 具有较大的沿海风能贮量。对于推进秦皇岛陆上风电场的规划和建设, 探索滨海大型海上风电场建设具有实际意义。

关键词: 秦皇岛; 沿海; 风能资源; 风功率密度

1 引言

秦皇岛市地理位置优越, 风能资源丰富, 常风向为西南西(WSW), 出现频率为10.6%; 强风向为东北东(ENE), 实测年平均风速6.12m/s, 最大风速23.93 m/s; 春、秋季多西南风或西南西风, 冬季为东北或东北东风, 夏季多南风; 特别是昌黎县、山海关一线沿海区域, 地形平坦开阔, 适于陆上风电场的开发建设。此外北部山区也具有发展风电的良好条件和潜力。同时秦皇岛海域位于渤海湾内, 可有效避免自然灾害带来的影响, 比如台风、海啸等。秦皇岛沿海因为受到冬春季冷空气季热带气旋的影响, 有效风能密度大, 且无破速, 海上风能资源丰富。据有关方面测算, 在国内, 规划海洋风电网的最佳位置就是渤海湾内^[1]。因此, 分析秦皇岛沿海风能资源状况及其特点, 对秦皇岛市风能开发具有重要意义。

2 秦皇岛大风气候变化的规律

本文以秦皇岛站、昌黎站和山海关船厂站统计大风情况的各种数据为例, 应用曲线拟合的方法, 找到各数据的变化规律, 为分析秦皇岛沿海风能资源状况及其特点提供依据^[2-5]。

2.1 月变化

秦皇岛、昌黎大风次数的月变化基本一致(见图1)。大风次数从1月到4月逐渐增加, 全年以4月最多, 占全年大风次数的22%。4月到9月逐渐减少, 9月最少, 9月以后大风次数又开始逐渐增多, 而11月、12月大风次数变化不大。

2.2 年变化

秦皇岛沿海地区大风呈现明显的年变化, 36年资

料共出现大风 726 次, 平均每年 15 次。最多年份 30 次(1966 年), 最少年份 4 次(2002 年), 相差 7 倍。年大风次数 20 次以上的年份共 11 年, 10 次以上、20

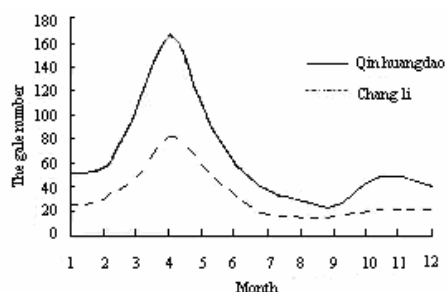


Figure.1 Monthly evolution of the gale in Qinhuangdao coastland
图 1. 秦皇岛沿海地区大风月变化

次以下的年份 25 年, 约占总年份的 50%, 10 次以下的年份 12 年。从大风年代分布表可以看出, 秦皇岛的大风年代次数从 60 年代到现在呈明显的递减趋势, 而昌黎的大风年代次数呈明显的递增趋势, 以 80 年代最多, 70 年代后秦皇岛大风次数明显比昌黎站少, 为 55 次/10 年以下, 而昌黎站则为 145~179 次/10 年, 差距比较大。这可能与秦皇岛撤县建市, 发展迅速, 观测站在市区内, 建筑物增多, 影响了大风频次。

2.3 各季出现大风的时间分布

定义白天(6-18 时), 夜间(18-06 时), 白天夜间同时出现大风按白天统计, 获得结果如图 2: 春季白天出现大风的频率明显高于夜间, 昌黎比秦皇岛更明显; 夏季夜间出现大风的频率明显高于白天, 秦皇岛占 69.8%; 秋季白天出现大风的频率明显高于夜间, 秦皇岛表现较明显占 72.0%; 冬季白天出现大风的频率明显高于夜间, 昌黎占 70.7%。说明了冬季大风多是系统性天气制造的。

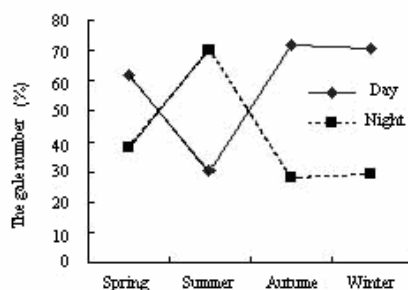


Figure.2 Seasonal distribution of the gale in Qinhuangdao
图 2. 秦皇岛四季大风的时间分布

2.4 大风气候规律分析及海上大风的预测

在山海关船厂沿海进行每日定时 6 次风(05、08、11、14、17 和 20 时)的观测, 并与秦皇岛观测站数据进行对比分析, 对沿海风和内陆风的关系进行了对比分析, 山海关船厂与秦皇岛月平均最大风速比较见图 3。

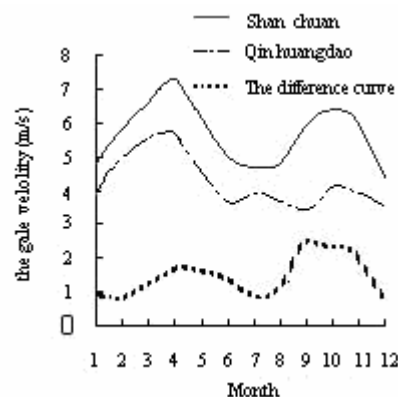


Figure.3 Comparison of the maximum wind speed between Shanchuan and Qinhuangdao
图 3. 山船与秦皇岛月平均最大风速比较图

图 3 所示, 秦皇岛的日最大风速各月平均值在 3~4m/s 之间, 而山船的最大风速各月平均值在 4.7~6.4m/s 之间, 七月份两地差值最小为 0.8m/s。差值最大的月份在 9 月为 2.5m/s, 山海关船厂沿海风的风速要明显大于秦皇岛观测站的风速。当欧亚地区处于相对稳定的天气形势时, 在风向相对稳定的情况下, 秦皇岛观测站和山船沿海两地风向小于 45 度时, 沿海的风要比秦皇岛的大, 其差值与秦皇岛的风速大小成正比。当秦皇岛的风如果大于 8m/s 时, 山船的风已经接近或者超过 12m/s 了, 海上已出现大风。所以, 当陆地风 ≥ 5 级时(8m/s)时, 海上风资源更加丰富。

3 风速随高度变化规律

大型风机塔架的高度在 30~50m 左右, 而用气象站沿海现场实测风资料, 其高度一般只有 10m 左右, 因此, 需将 10m 高度的风速推算到风机安装高度的风速。

近地层风随高度的变化与地面粗糙度关系密切, 除地面粗糙状态外, 低层大气的层结状态也是决定扰动强弱的一个重要因子, 但是在实用上一般仍然使用指数律和对数律公式推算^[6], 由于对数律公式只适用于大气中性平衡或接近于中性平衡及高度较低的情况,

所以本文采用指数律公式进行计算。

$$u_2 = u_1 \left(\frac{z_2}{z_1} \right)^m \quad (1)$$

式中: u_1 、 u_2 为风速, z_1 、 z_2 为高度, m 为幂指数。由秦皇岛、山海关和昌黎实测资料中取离地10m平均风速 ≥ 4.0 m/s 样本,计算得到三地沿海日平均风速的 m 值在0.118~0.121之间,因而塔高30~50m 处的年平均风速分别是5.418、6.124、7.623 m/s。

4 年风功率密度、有效风力时数的计算

4.1 风能功率密度

风能功率密度是气流在单位时间垂直通过单位面积的风能。它是衡量一个地方风能大小,评价一个地区风能潜力最有价值的参数。有效风能功率密度的计算公式为^[7]:

$$W = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k \frac{1}{2} \rho N_i V_i^3 \quad (2)$$

式中, W 为平均风能密度, N_i 为某等级风速 V_i 的出现次数, N 为观测风速的总次数, K 为风速分级的次数, ρ 为空气密度。本文各个观测点的空气密度均采用邻近气象站的多年平均空气密度,取值1.224 kg/m³。根据沿海三地实测资料计算分析,秦皇岛沿海10m 高度风能密度为180~316W·m⁻²,为了方便计算,取其平均值248W·m⁻²。由于上述算得的风能密度是10m 高度的风能密度,而风机安装的高度则在30~50m,根据风随高度变化规律—指数律式(1) 和 风能密度计算公式(2),可将10m 高度的风能密度换算到30~50m 高度。见表1。

Table 1. Variation of fan installation height and wind power density

表1. 风机安装高度与风能密度变化规律

高度 (m)	10	30	40	50
风能密度(W·m ⁻²)	248	461	559	656

4.2 有效风力时数

有效风时即统计出代表年测风序列中风速在3~25 m/s之间的累计小时数。一般有效风功率密度大的地区有效风时也长,根据实测,秦皇岛沿海三地有效风时大部分在5 000~7 000 h,有效风时最长的昌黎地区达到了7800 h以上。

5 风能贮量的计算

风能贮量是指在一定高度和水平范围内立体空间的风能贮藏量。其计算公式为^[8]

$$Q = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^n S_i P_i \quad (3)$$

式中: Q —风能贮量(单位:W), n 为风功率等级数; S_i 为年平均风功率密度分布图中各风功率密度等值线间面积,单位为m²; P_i 为各风功率密度等值线间区域的风功率代表值,单位为W/m²。由于大型风机的塔架高度在30~50m或以上,所以分别计算不同高度时秦皇岛沿海风能贮量,见表2。

Table 2. Variation of fan installation height and wind energy reserves

表2. 风机安装高度与风能储量变化规律

高度 (m)	10	30	40	50
风能储量(10 ⁴ KW)	4763	9835	11023	12754

6 小结

- (1) 秦皇岛海域位于渤海湾内,有效风能密度大,且无破速,受台风正面冲击可能性小,对风机无特殊要求,有利于风机选型和风电场电力系统接入。
- (2) 相比秦皇岛,山海关、昌黎沿线平均风速及年有效风功率密度较大,更有利于风机的布局。
- (3) 风机安装高度10 m的年平均风速为4.0 m/s 以上,40 m 高度的年平均风速为6.12 m/s 以上,40 m 高度 3~25 m/s 年有效风时为6000 h以上,年有效风功率密度559 W/m² 以上,风能资源较好,适于风电场的选址和建设。
- (4) 为探索滨海大型海上风电场建设项目做了前期准备工作。

References

- [1] LI Changming. Qinhuaangdao wind energy industry ideas and Countermeasures[J], Industry and Technology Forum, 2010,9(1),P79-81.
李昌明,秦皇岛市风能产业发展的思路与对策研究[J],产业与科技论坛, 2010,9(1),P79-81.
- [2] HAN Qingdong, CHEN Liwen, Disastrous weather effects on fishing in Qinhuaangdao[J], Journal of Agricultural University of Hebei, 2009,32(1):P122-125.
韩青动,陈丽文,秦皇岛市沿海海洋渔业灾害性天气研究[J],河北农业大学学报, 2009,32(1):P122-125.
- [3] SUN Li hua. Windy weather analysis and forecasting of the sea wind. Annual Chinese meteorology (Technical Compendium), 2006, 1(1):P 379-413.
孙丽华.大风气候分析及海上大风的预报.中国气象学会(技

- 术汇编),2006,1(1): 379-413.
- [4] XIN Baoheng. Yellow Sea and Bohai gale Introduction [M].Bei Jing: Meteorological Press, 1991, 5: 18-34.
辛宝恒.黄渤海大风概论[M].北京:气象出版社,1991:18-34.
- [5] ZHAO Qiang. Study on Partial North Strong Wind in Bohai Sea Area in Autumn-Winter Seasons [J]. Navigation of China, 2008, 31(2):P197-201.
赵强,渤海秋冬季偏北大风海陆风力差异的研究[J],中国航海,2008,31(2):197-20.
- [6] ZHI Shiqun,The Analysis and Calculation of Wind Energy on the Coast land of Guangdong[J], Meteorological Monthly, 2010, 27(5): P43-46.
植石群,广东省沿海风能的分析及计算[J],气象, 2010,27(5):P43-46.
- [7] ZHU Zhaorui. Solar energy-Wind energy resources and their use in China [M]. Bei Jing: Meteorological Press, 1988.65-132.
朱瑞兆.中国太阳能·风能资源及其利用[M].北京:气象出版社, 1988.65-132.
- [8] GB/T 18710-2002. Wind energy resource assessment at Wind Farm [S].
GB/T 18710-2002. 风电场风能资源评估方法[S].