

气候变暖对广东海岛风能发电影响的初步分析^{*}

郑兆勇¹, 汤超莲¹, 陈特固², 蔡兵¹, 邓松¹

(1. 国家海洋局南海分局 广州 510300; 2. 中国科学院南海海洋研究所 广州 510301)

摘 要: 风能是一种清洁的可再生能源, 具有极高的开发价值, 风力发电是风能利用的主要形式。文章根据《中国海岛志·广东东部海岛》编纂过程中收集的沿海台站实测风速资料, 采用对比方法分析全球气候变暖对广东海岛风速及风能发电的可能影响, 得出近40年随着全球气候持续变暖, 广东沿海近地层年平均风速下降率为 $0.2\sim 0.1(m\cdot s^{-1})/10a$ 。风速减弱对风能发电有轻微影响。

关键词: 气候学; 气候变化; 风力发电; 广东海岛

风能是一种清洁的可再生能源, 具有取之不尽, 用之不竭, 可再生, 不污染环境等许多优点。风力发电是风能利用的主要形式。广东拥有全国最长海岸线, 海岛风能资源十分丰富, 年有效风功率密度 $\geq 200 W/m^2$, 是风能开发的高产区^[1]。根据文献[2]估计广东沿海10 m高处风力发电可能装机容量为600万kW, 其中上、下川岛为50万kW, 南澳岛为20万~23万kW^[2]。至2009年5月, 广东已有11个风电场, 总装机容量44万kW, 其中, 粤东沿海分布着9个风电场, 总装机容量占全省的85%。此外, 广东省沿海在建的风力发电项目有10个, 总装机容量为52万kW。近期有研究得出, 广东省的年平均风速呈显著减弱趋势^[3]。随着全球气候持续变暖, 未来风速是否继续减弱, 对风力发电影响如何是一个大家十分关注的问题。笔者根据《中国海岛志·广东东部海岛》编纂过程中收集的风电资料及粤港沿海台站实测风速资料, 以广东省海岛为例, 就上述问题进行初步分析, 旨在为风电建设及气候变化评估提供参考。

1 资料来源和分析方法

笔者研究的范围为广东沿海海域, 文中提及的各海洋站位置如图1所示。闸坡、云

澳、大万山和遮浪等海洋站的风速资料取自国家海洋局南海档案馆。海洋站的风速资料在1995年7月前使用的是EL型电传风向风速仪; 1995年7月后使用的是XFY3-1风向风速仪, 每小时测1次, 取24 h平均为日平均风速。东山站风速取自文献[4]。广东省站风资料取自广东省气象局。广东省气温资料取自文献[3]。全球温度距平资料取自J. Palutikof的统计值, 其气候平均值为1961—1990年平均。

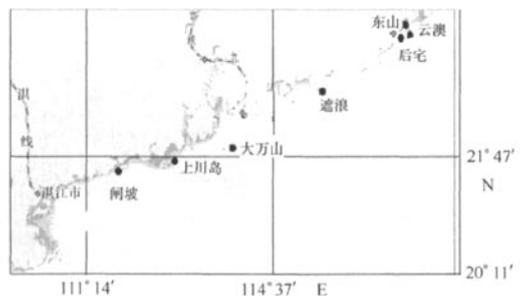


图1 广东省沿海海岛测风站位置

注意到20世纪70年代以前的测风主要是使用风压板, 存在较大误差, 在分析风速减弱趋势时, 笔者着重分析最近40年由电传测风仪观测的资料。在分析风速减弱对风能发电影响时采用对比方法^[2,4]。

^{*} 基金项目: 国家海洋局“908”专项《中国海岛志》(908-ZC-II-01)。

2 结果

2.1 近地层风速减弱事实

美国科学家的研究也得出自1973年以来, 该国的平均风速和最大风速都出现了显著下降^[5]。Xu Ming等^[6]分析中国305个气象站测风资料得出: 1969—2000年, 年平均风速下降28%, 冬、夏两季平均风速的下降值为 $0.2 \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1}) / 10\text{a}$ 。李艳^[7]等分析全国186个地面站的常规风速观测资料得出, 全年平均风速在1970—1999年平均减少了 0.53 m/s , 相当于年代下降 $0.18 \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1}) / 10\text{a}$ 。路屹雄等^[8]的研究得出, 江苏省1971—2000年区域平均风速呈下降趋势。郑礼新等^[9]的研究得出: 1961—2005年福建沿海年平均风速的倾向率为 $-0.05 \sim -0.08$, 其中与广东省毗邻的东山站(测站海拔高度 56.2 m)年平均风速下降率为 $0.5 \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1}) / 10\text{a}$ 。钱光明等^[3]根据1971—2001年广东省气象站的观测资料, 分析得出全省年平均风速的际年变化呈下降的趋势, 20世纪70年代平均风速为 2.2 m/s , 80年代为 1.9 m/s , 90年代降至 1.8 m/s 。图2给出了1970—2008年沿海7个海岛站年平均风速变化趋

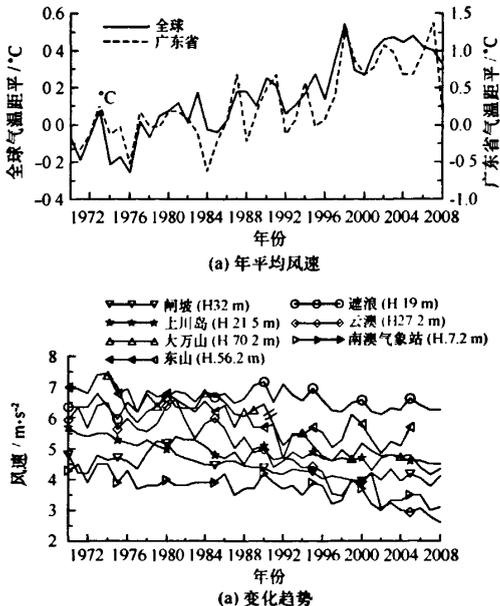


图2 1978—2008年温度距平

注: //号表示前后风杯高度有变化; H: 表示气象观测场的海拔高度, m。

势。图2显示各站的年平均风速均呈显著下降趋势, 斜率在 $0.22 \sim 0.99 \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1}) / 10\text{a}$ 之间, 且四季都呈下降趋势。大万山的年平均风速呈较大波动下降趋势与观测场海拔高度有较大变化有关。该站1992年以前的观测场海拔高度为 91.8 m , 1992年开始观测场的海拔高度为 70.2 m 。

2.2 风速减弱与气候变暖的关系

文献[3]指出广东年平均风速减小的原因有两个: 一是气象站周围环境的变化, 观测环境代表性受到影响; 二是气候变暖的影响。这两个原因也是广东沿海岛屿风速减弱的主要原因。图2中7个海岛站的年平均风速序列只有闸坡和上川岛站可视为均一序列。其余5个站均受环境变化或风杯离地高度变化的影响, 其中云澳站的影响最为典型。该站测风点位于拔海 27.2 m 的滨海小山丘顶, 20世纪60年代该山丘是有草无树, 年平均风速高于后宅站 $2 \sim 3 \text{ m/s}$, 后来封山造林, 至90年代末, 观测场围栏外的树冠高度有的已经高出测场地面, 各个来向的风均受到减弱, 导致与后宅站和东山站的年平均风速差达 1 m/s 左右。南澳气象站的测风点1990年以前位于平地, 以后迁至办公楼顶, 2006年再次迁回平地。遮浪和大万山的风杯离地高度在20世纪90年代都有过变化。1993—2008年东山、遮浪、大万山的年平均风速都是均一序列, 都一致显示减弱趋势。

注意到1976—1977年东亚发生过气候突变, 导致中国近海风速减弱^[10], 在分析气候变暖与风速减弱关系时, 笔者着重分析最近30年的对应情况。图3给出闸坡和上川岛站的1978—2008年年平均风速与全球气温距平的关系, 统计得出两者之间存在显著负相关, 置信度达 0.01 。近30年全球温度以 $0.2 \text{ } ^\circ\text{C} / 10\text{a}$ 、广东省温度以 $0.3 \text{ } ^\circ\text{C} / 10\text{a}$ 上升; 广东沿海的风速以 $-0.2 \sim -0.1 \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1}) / 10\text{a}$ 下降。气候变暖已是不争的事实, 若未来全球平均温度继续以 $0.2 \text{ } ^\circ\text{C} / 10\text{a}$ 上升, 估计2030年广东沿海的年代平均风速还会下降约 $0.4 \sim 0.2 \text{ m/s}$ 。

Xu等^[6]的分析得出1969—2000年中国年平均风速($Y, \text{ m/s}$)和中国年平均气温($X, \text{ } ^\circ\text{C}$)存在下述关系:

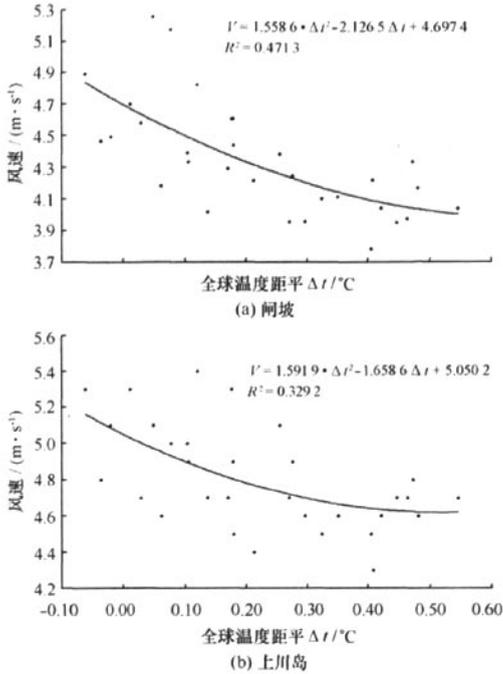


图 3 台站风速与全球气温的关系 (1978—2008 年)

$$Y = -0.335 \cdot X + 5.515 \quad (1)$$

$$(R^2 = 0.49, P < 0.001)$$

其斜率和图 3 极为接近。注意到年平均风速随气温上升的减弱不会趋向静风, 显然用抛物线拟合比较合适。

气候变暖导致风速减弱的原因主要是中国位于东亚季风区, 近地层气候变暖中, 升温幅度陆地大于海洋; 中、高纬度大于低纬度, 导致陆/海间气压差减小。

2.3 风速减弱对风能发电的影响

图 4 给出广东沿海某风电厂多台风机、风功率 (y) 与风速 (x) 的统计关系^[4]。y 与 x 的关系为

$$y = 5.4932x^2 + 66.53x - 159.38 \quad (2)$$

假定风速由 6.0 m/s 下降至 5.6 m/s, 则由式 (2) 得出风机功率约下降 11.9%; 风速由 10 m/s 下降至 9.5 m/s, 风机功率下降 8.2%。

据比较, 遮浪站与大万山站的全年风速频率分布与图 4 相近, 即 3~10 m/s 风速频数占全年总频数 90% 左右, 而 <2 m/s 及 >10 m/s 的频数分别只占 1% 及 9% 左右, 式 (2) 的计算结

果有一定的参考价值。

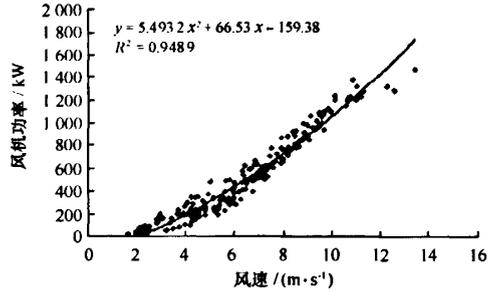


图 4 风速与多风机风功率的关系

根据文献 [2] 提供的广东省沿海 14 个测点风能参数, 统计得出年平均风速 v (m/s) 与风速 3~20 m/s 区间的年有效风能密度 P (W/m²) 存在显著正相关关系 (图 5)。

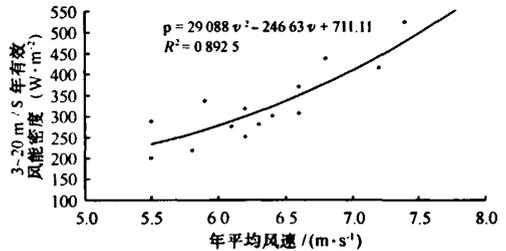


图 5 广东沿海年平均风速与有效风能密度的对应关系

P 与 v 的关系为

$$P = 29.088 \cdot v^2 - 246.63 \cdot v + 711.11 \quad (3)$$

$$(n = 14, R = 0.9447)$$

由式 (3) 估算出, 年平均风速由 6.0 m/s 下降至 5.6 m/s, 则年有效风能密度 (3~20 m/s) 下降 12.9%, 约为 36 W/m²。

2.4 影响预估

风机的使用寿命一般为 20 年。根据 IPCC AR4 [11], 从 1880—2005 年, 温室气体增加了约 150 ppmv 二氧化碳当量浓度, 全球温度增加了 0.6℃ 左右, 如果今后继续保持这种比例关系, 则到 2030 年大气二氧化碳浓度再增加 40 ppmv 左右, 相应的全球温度比 2005 年增加 0.3~0.4℃。广东沿海的海岛山顶年平均风速大多为 6~8 m/s, 按图 5 中的对应关系, 若年代际平均风速下降 0.3~0.4 m/s, 对年代际风

能发电的效率有轻微的影响,平均每年约下降0.5%~1%。

设未来20年年平均风速由6.0 m/s下降至5.6 m/s,由简易公式 $P = \frac{1}{2} \rho V^3$ (ρ 为空气密度 kg/m^3)计算得出 P 值平均每年约下降1%。笔者认为,在开展风能资源的调查与评估时应加以考虑。

3 结束语

笔者的初步分析结果得出,随着全球气候的变暖,风速呈明显的下降趋势,从而导致风能密度减小,对广东沿海的风能发电效率有轻微的影响,我们认为有关部门在大力开发风力发电过程中需考虑全球变暖的影响。但必须指出,这是一个十分复杂的问题。同一气候变暖背景下风速的减小量可能还与测风点地理位置、海拔高度、海岛的大小、离岸远近、海陆风的强弱等有关。建议风电建设的评估部门开展专项研究。广东省沿海地区有72个风能测风塔资料^[1],南澳岛是中国风能发电的试验地,1989年5月18日第一台风机开始发电,至2008年已投产风机12.9万kW,为亚洲海岛最大发电场,为深入研究提供了有利条件。

参考文献

- [1] 毛慧琴,宋丽莉,黄浩辉,等.广东省风能资源区划研究[J].自然资源学报,2009,20(5):679-684.
[2] 广东省计划委员会,广东省电力工业局.1996广东

省风力发电调研报告[R].1996.

- [3] 钱光明.广东省气候业务技术手册[M].北京:气象出版社,2008.
[4] 孙川永,陶树旺,罗勇,等.海陆风及沿海风速廓线在风电场风速预报中的应用[J].地球物理学报,2009,52(3):630-636.
[5] 鹏致.气候变暖可导致地球“风速”越来越慢[EB/OL].(2009-06-12).[2009-06-13].http://www.sciencenet.cn/htmlnews/2009/6/220365.shtm.
[6] XU Ming, CHANG Chi Pei, FU Congbin, et al. Steady decline of east Asian monsoon winds, 1969-2000: Evidence from direct ground measurements of wind speed [J]. Journal of geophysical Research, 2006, 111;
[7] 李艳,王元,汤剑平.中国近地层风能资源的时空变化特征[J].南京大学学报:自然科学版,2007,43(3):280-291.
[8] 路屹雄,王元,李艳.江苏风能资源代表年选择的方法比较[J].气象科学,2009,29(4):523-526.
[9] 郑礼新,张少丽,陈德龙,等.台湾海峡西岸地面风气候变化分析[J].台湾海峡,2009,28(4):569-576.
[10] 蔡榕硕,陈际龙,黄荣辉.我国近海和邻近海的海洋环境对最近全球气候变化的响应[J].大气科学,2006,30(5):1019-1033.
[11] IPCC. Climate Changes 2007 The Physical Science Basics: The IPCC Working Group I Fourth Assessment Report Summary for Policymakers[EB/OL].(2007-02-05).[2007-10-20].http://ipcc-wg1.ucar.edu/index.html.