

文章编号:1673-8411 (2017) 02-0052-05

影响广西风电开发的主要气象灾害分析及评估

卢小凤¹, 凌俐嘉², 周绍毅^{1, 3}, 何如^{1, 3}, 罗红磊^{1, 3}

(1.广西区气象服务中心, 南宁 530022; 2.浙江水利水电学院, 杭州 310018; 3.广西区气候中心, 南宁 530022)

摘要:利用 1951–2014 年广西 90 个气象站雷暴、结冰、雨淞、大风以及热带气旋资料,对影响广西风电开发的主要气象灾害进行特征分析和影响评估。结果表明:广西各地历年最大风速极值一般出现在 3–9 月,推算几个代表气象站 70m 高度 50a 一遇最大风速小于 37.5m/s;广西雷暴活动频繁,主要出现在每年的 4–9 月,各风能潜力区受雷暴影响均较大;结冰集中出现在 12 月至次年 2 月,结冰影响由桂北向桂南递减,主要影响区为桂北和部分高海拔山区;热带气旋 4–12 月影响广西,大部分可给风电场带来良好的效益,少数中心进入内陆的破坏型热带气旋可能会造成较大破坏。

关键词:风电场;气象灾害;特征分析;影响评估;广西

中图分类号:P46

文献标识码:A

Analysis and assessment of major meteorological disasters affecting the exploitation of wind power in Guangxi

Lu Xiaofeng¹, Ling Lijia², Zhou Shaoyi^{1,3}, HeRu^{1,3}, Luo Honglei^{1,3}

(1.Guangxi Meteorological Service Centre, Nanning Guangxi 530022; 2.Zhejiang University of Water Resources and Electric Power, Hangzhou Zhejiang 310018; 3. Guangxi Climate Center, Nanning Guangxi 530022)

Abstract: Based on the thunderstorm, freezing, glaze, wind and tropical cyclone data from 90 meteorological stations of Guangxi between 1951 to 2014, the main meteorological disasters affecting the development of wind power were analyzed and evaluated. The results show that: maximum wind speed appears from March to September, with the historical maximum wind speed less than 37.5 m/s at the height of 70m; the thunderstorm in Guangxi is frequent, which mainly occurs from April to September, and the wind power potential areas are affected by thunderstorm; the icing mainly occurs from December to the following February, the icing influence is reduced from north to south in Guangxi, the main influencing areas are north and some high elevation areas; tropical cyclones affect Guangxi from April to December, most of them could bring good benefits to wind farms, only a few destructive tropical cyclones which centre entered the mainland may cause damage.

Keywords: wind power farm; meteorological disaster; characteristic analysis; impact evaluation; Guangxi

按照风能资源状况和工程建设条件,广西属于国家划分的第四类风电资源区。广西风能资源主要集中在湘桂走廊、海拔较高的开阔山地和沿海地区。

近几年风电项目在广西风能潜力区发展速度迅猛、风电容量日益增大,2015 年累计核准装机容量达 365 万千瓦。但由于风力发电机组是在自然环境下

收稿日期:2017-01-21

基金项目:广西气象服务中心科研项目 (201607)

作者简介:卢小凤 (1986-),女,广西凌云人,工程师,主要从事应用气象研究与服务工作。

工作,当遭遇灾害性天气影响时,风电场的安全运营会受到威胁,甚至损失惨重。柳艳香、杜树成等^[1-2]分析了影响风电场安全运行的气象灾害种类,郑有飞、杨梦兮、吴琼等^[3-5]分别对江苏省、江苏北部沿海、江西省风电场的气象灾害风险进行评估。广西某地风能资源分析评估方面的研究已有阶段性成果^[6-9],但未涉及气象灾害的分析与评估。广西地理位置特殊、地形复杂,灾害性天气频发,热带气旋、雷暴、大风、积冰等灾害性天气对广西北部山区、南部沿海等不同风能潜力区的影响具有差异。因此,本文进行广西影响风电场安全运行的气象灾害的时空分布特征分析,并结合广西风电场的实际情况对气象灾害的影响进行评估,为广西风电开发减少气象灾害影响、提高营运效益提供参考依据。

1 资料来源

表 1 1951–2014 年各月影响广西的热带气旋个数及累年平均频数

月份	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计
影响个数	2	9	38	74	91	74	27	10	1	326
累年平均频数	0.0	0.1	0.6	1.2	1.4	1.2	0.4	0.2	0.0	5.1



图 1 进入广西内陆热带气旋的基本路径^[10]

影响的频数最多,占全年影响的 60%以上,7–9 月累年平均每月大约有 1 个。

(1) 基本资料: 广西 90 个国家气象站 1951–2014 年逐月雷暴日数、结冰日数、雨淞日数以及年最大风速观测资料来自广西气象信息中心。

(2) 热带气旋资料: 1951–2014 年上海台风研究所编制的《台风年鉴》、《热带气旋年鉴》。

(3) 灾害资料: 来自《中国气象灾害大典–广西卷》、广西气象灾情数据库(1984–2014 年)、《广西气候评价》、近几年灾情调查以及新闻报道等。

2 热带气旋影响评估

2.1 热带气旋时间分布特征

本文统计的热带气旋指中心进入 19°N 以北、112°E 以西区域的影响广西的热带气旋。从表 1 可见,4–12 月是热带气旋影响广西的季节,平均每年约有 5 个热带气旋影响广西。其中,在 7–9 月期间

2.2 热带气旋空间分布特征

在影响广西的热带气旋中,约有 40%的热带气旋其中心移入广西内陆。李菁等^[10]将热带气旋路径分为三类(图 1)。Ⅰ类(沿海型),在北海市(包括北海市)以西登陆进入内陆。Ⅱ类(桂东南型),从广西的东南部地区(玉林市到梧州市以南一带地区)进入内陆。Ⅲ类(桂东北型),从广西的东北部地区(梧州市以北到贺州和桂林市一带地区)进入内陆。根据此标准统计,1951–2014 年间从Ⅱ类路径进入广西内陆的热带气旋个数最多,占 48%;其次是Ⅰ类路径,占 36%;从Ⅲ类路径进入的最少,占 16%。从进

表 2 1951–2014 年中心进入广西内陆的热带气旋效益分类

	最大风速 (m/s)	64 年总数 (个)	占总数比例 (%)
效益型	<24.5	101	74
防御型	24.5~32.6	29	21
破坏型	>32.6	6	5
总数		136	

入时热带气旋的强度分析,由Ⅲ类进入的热带气旋强度普遍较弱,而由Ⅰ类和Ⅱ类路径进入的热带气旋强度较大,热带风暴或台风以上强度可由此路径进入广西内陆。

2.3 热带气旋对广西风电场的影响评估

热带气旋对风电场的影响利弊兼有,强度不大的热带气旋及其外围环流影响时,风电场的风速基本在风电机的运行范围内,风电机处于满发或者接近满发的状态,可给风电场带来良好的发电效益;但是对于强度较强的热带气旋,则风电场设备会受到较大影响甚至损坏^[11]。根据大型风力机的性能技术指标以及我国现行的热带气旋预报发布技术规定,对中心移入广西内陆的热带气旋进行统计分类^[12](表 2)。

从表 2 可以看出,1951 年以来广西 74%的热带气旋为效益型,可提高发电量给风电场带来效益;21%的热带气旋为防御型,在进行适当防御后不会造成损失;有 5%的热带气旋为破坏型,可能对风电场造成较大破坏。热带气旋经过时,不仅产生强风,还通过湍流强度的突变、风向的剧烈变化影响风电机组的正常运行,还会对输电线路造成破坏,另外随之而来的大量降水可能引发次生灾害等^[11]。但对于某地单个风电场来说,遭遇破坏型热带气旋正面袭击的几率较小。可见,广西大部分热带气旋可带来良好的效益,少数中心进入内陆地区的破坏型热带气旋可能会造成较大破坏。

3 大风影响评估

3.1 大风的时空分布特征

根据气象站的历年最大风速分析,广西各地历年最大风速主要出现在 3-9 月,即春季、夏季以及初秋较容易发生大风灾害,热带气旋和强对流天气系统是造成广西大风灾害的主要天气系统。在最大风速的地理分布上,北海、钦州、防城港等沿海市县各站由于受到热带气旋带来的大风影响,最大风速

相对较大。

3.2 大风对广西风电场的影响评估

极端大风事件不仅会影响风机的安全运行,还会威胁周边的公共安全。风电场的设计载荷必须考虑一些潜在的、严重的极端外部条件和正常外部设计条件。其中,风况是影响风机结构完好性的主要外部条件。利用广西目前风能开发较集中地区周边的

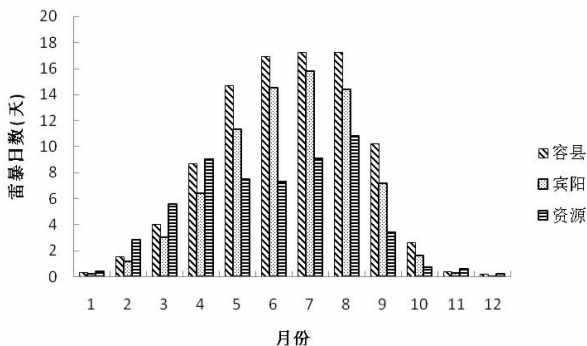


图 2 资源、宾阳、容县雷暴日数月际变化直方图

8 个代表气象站 30a 以上气象资料,对历年最大风速序列进行一致性订正之后,采用极值Ⅰ型概率分布函数,计算 10m 高度处 50a 一遇最大风速。再依据《建筑结构荷载规范》(GB 500009-2012)中推荐的风切变指数 0.15,推算一般风电场轮毂高度(70m)50a 一遇最大风速(表 3)。

由表 3 可见,8 个代表气象站 70m 高度 50a 一遇最大风速均小于 $37.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,桂北和桂中地区极端风况大部相对较小,桂南沿海的极端风况较大。其中,防城气象站建站以来观测到的最大风速是由 1984 年 9 月 6 日的 8410 号热带气旋影响而引起。

4 雷暴影响评估

4.1 雷暴的时间分布特征

广西全年各月都有可能出现雷暴,主要出现在每年的 4-9 月,其中夏季(6-8 月)最多。利用分布于桂北、桂中、桂南风能开发区附近的 3 个代表气象站,进行雷暴日数月际变化分析(图 2),发现位于桂

表 3 广西几个代表站点轮毂高度 50a 一遇最大风速(m/s)

桂北			桂中		桂南		
灌阳	富川	乐业	贵港	宾阳	容县	浦北	防城
28.1	23.3	20.5	32.1	24.2	27.6	29.3	37.4

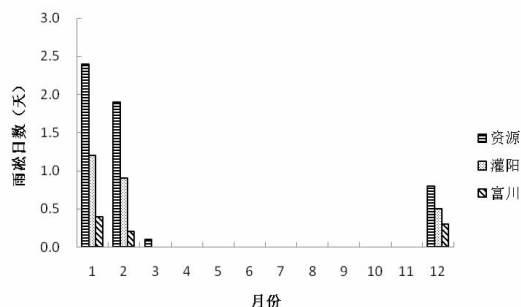


图4 资源、灌阳、富川雨淞日数月际变化直方图

北的资源站雷暴日数月际变化呈“双峰型”,即从1月上升到4月达到峰值后略有下降,又继续回升到8月达到另一个峰值后下降;位于桂中的宾阳、桂南地区容县站则呈“单峰型”,即从1月上升到7月后下降。可见,桂北地区的雷暴高峰来得较早,而桂中、桂南地区雷暴高峰来得相对较晚。

4.2 雷暴的空间分布特征

广西各地年平均雷暴日数约为51~100d,超过国家多雷区(年雷暴日数40d)的标准,是我国雷暴活动最频繁的地区之一。从广西各地年平均雷暴日数分布情况(图3,见彩页)来看,除了桂北少数地方,广西大部分地区的年平均雷暴日数都在60d以上。雷暴日数主要呈现北部少,南部多的分布规律。其中,玉林、梧州、钦州、防城港等市的雷暴活动最为频繁,年平均雷暴日数接近或超过80d。

4.3 雷暴对广西风电场的影响评估

雷击对风电场的损害主要有以下几种形式:直击雷对风机叶片造成的损害;机舱内部金属间隙产生电火花引起火灾和爆炸;过电压对风机内部电子设备造成的损害;由于跨步电压和接触电压以及爆炸碎片引起火灾造成的损害^[13]。据报道,2013年3月13日凌晨,广西多地出现雷电,其中资源县某风电场遭受雷击,4台风机的箱变压器损坏,直接经济损失91万元。可见,广西各地雷暴活动频繁,全年各月都有可能出现雷暴天气,目前广西风电场多位于高海拔的山顶或山脊,这些地点风速较大,但也存在土壤电阻率高和大地导电性低的风险,加上风电场建设规模大、系统设备构成复杂、风电机高耸突出,广西各风能开发区的雷击风险均较大。

5 结冰影响评估

5.1 结冰的时间分布特征

结冰是雨淞、雾淞及二者混合体凝附或湿雪冻结在物体上的现象,广西电线结冰主要是雨淞造成的。结冰的形成不仅要求气温在0℃附近,还与降水、相对湿度、风等因素密切相关。因此,本文利用气象站观测到的结冰和雨淞日数进行分析。广西11月至次年3月有可能出现结冰,结冰现象集中出现在冬季(12月至次年2月)。利用位于桂北风能资源开发区附近的3个代表气象站,进行雨淞日数月际变化分析(图4),可见,3个站点的变化趋势较为一致,即从12月份开始增多到翌年1月份达到峰值,2月份之后减少。

5.2 结冰的空间分布特征

统计广西各气象站的年平均结冰日数、雨淞日数。广西各地累年平均年结冰日数约为0~18d。从广西年平均结冰日数分布情况来看,结冰日数主要呈现北部多,南部少的分布规律。桂东北年平均结冰日数最多,年平均结冰日数为4~18d,其它地区为0~3d。广西各气象站累年平均雨淞日数为0~5d,历年气象站观测到的雨淞现象主要出现在桂东北地区,其中资源、全州、兴安三个县基本上每年都出现雨淞,造成输电线路不同程度的结冰,另外桂中北部的柳州各县市,桂南的大明山、大容山、十万大山、六万大山都出现过结冰现象。

5.3 结冰对广西风电场的影响评估

结冰对风电场安全运营有诸多不利影响:风轮叶片结冰会造成风电机组效率降低;风轮叶片有甩冰、落冰的风险;另外,电线结冰也会增大对电线和杆塔的负荷从而引起断线或倒杆等。利用2008年广西受冰冻灾害影响严重的输电线路周边气象站的分析表明:冷空气南下的通道附近积冰很严重,如湘桂走廊;纬度越高的地区积冰越严重,地形突出的地方易发生积冰。近年来对桂北几个高海拔风电场风能资源评估发现,1月份风电场的测风数据偶有连续几天不准,随后自行恢复正常,结合附近气象站的同期资料分析为测风仪结冰引起。据报道,2016年1月份广西大范围低温雨雪冰冻过程,北流市海

拔 1000m 以上的大容山某风电场,17 架风车全部被冻住,输电线路也出现结冰的情况。可见,广西积冰主要影响区为桂北和部分高海拔山区,尤其桂东北地区历年受到积冰影响频数较多,影响较为严重,需要重点防范积冰的不利影响。

6 结论与讨论

总体而言,广西雷暴活动频繁,各风能潜力区受雷暴影响均较大;由于地理环境和气候条件的差异,积冰影响由桂北向桂南递减,主要影响区为桂北和部分高海拔山区,南部和沿海地区基本不受积冰影响;热带气旋的影响由沿海至内陆减弱,大部分影响广西的热带气旋可带来良好的效益,少数中心进入广西内陆的破坏型热带气旋可能会对风电场造成较大破坏。

本文利用广西风能开发较集中地区附近气象站的长序列资料推算轮毂高度 50a 一遇最大风速,作为大风影响的初步分析,风电场设计风速应根据实际场址的实测风速进行推算。目前广西风电场多分布于山区,随着海拔升高气温下降,气象站观测到的结冰、雨淞日数并未能完全反映风电场受积冰影响的情况。另外,由于风电场分布各地,同一个进入广西内陆的热带气旋,对于遭遇正面袭击的风电场而言可能是防御型或者破坏型,而对于相距较远的风电场则可能为效益型。因此,本文给出了广西范围内主要气象灾害影响的总体评价,对广西风电开发的气象灾害防御及风险管理具有一定参考意义,而具体单个风电场还需利用场地实测资料进一步分析和评估。

参考文献:

- [1] 柳艳香,袁春红,朱玲,等.近 12 年来影响风电场安全运行的气象灾害因子分布特征 [J].风能,2013,(5): 70-74.
- [2] 杜树成,何如,苏志.灾害性天气对风电场的影响与对策研究 [J].气象研究与应用,2013,34 (S2): 120-122.
- [3] 郑有飞,林子涵,吴荣军,等.江苏省风电场的气象灾害风险评估 [J].自然灾害学报,2012,21 (4): 145-151.
- [4] 杨梦兮,班欣.江苏北部沿海风电场气象灾害风险评估 [J].气象科技,2014,42 (3): 522-529.
- [5] 吴琼,贺志明,聂秋生,等.江西省风电场气象风险及其特征分析 [J].资源科学,2013,35 (1): 173-181.
- [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] 李斌喜,何如,周绍毅,等.玉林大容山地区风能资源分析评估 [J].气象研究与应用,2014,35 (4): 63-66.
- [9] 何如,谭敏玲,罗红磊,等.南宁市横县地区风能资源评估 [J].气象研究与应用,2015,36 (3): 59-63.
- [10] 李菁,祁丽燕.不同路径进入广西内陆台风气候特征分析 [J].灾害学,2015,30 (2): 115-119.
- [11] 张秀芝,阎俊岳,杨校生,等.台风对我国风电开发的影响与对策 [M].北京:气象出版社,2010: 57-69.
- [12] 宋丽莉,毛慧琴,钱光明,等.热带气旋对风力发电的影响分析 [J].太阳能学报,2006,27 (9): 961-965.
- [13] 付国振,王海霞.沿海风电场雷电危害的特点及防护措施 [A].第 29 届中国气象学会年会论文集 [C].2012.