

沿海风工程设计风速中泊松-耿贝尔法的应用^{* 1}

张容焱¹⁾²⁾ 张秀芝³⁾ 蔡连娃⁴⁾

¹⁾(福建省气候中心,福州 350001) ²⁾(福建省气象科学研究所,福州 350001)

³⁾(国家气候中心,北京 100081) ⁴⁾(福建省东山县气象局,东山 363400)

摘 要

每年西北太平洋热带气旋(TC)发生的次数、移动路径和强度都是随机的,我国东南沿海各地每年受 TC 影响的次数便构成了某种离散型分布,而 TC 影响下的最大风速则可以构成某种连续型分布。该文采用上海台风研究所提供的 1961—2006 年 TC 中心风速和 TC 影响期间各台站大风资料,利用泊松-耿贝尔联合极值风速计算方法,计算了沿海各气象站 TC 影响大风的多年一遇风工程设计最大风速。结果表明:当观测资料样本序列较短,特别是像 TC 这样随机性很强的天气事件,泊松-耿贝尔联合极值算法更具优势;我国沿海地区有 53.9% 的台站 50 年一遇最大风速在 25 m/s 以下,最大风速大于 42.5 m/s 以上的台站分布于浙江的大陈岛、嵎山、石浦,福建的北茭和台山,广东的遮浪、上川岛和海南的西沙岛,在这些地区进行风电开发风险较大,应引起足够重视。

关键词: 热带气旋; 泊松-耿贝尔联合极值分布; 风力发电机组安全参数

引 言

根据国家标准《风力发电机组安全要求》^[1] 规定,风力发电机组(WTGS)安全参数的参考风速分为 4 级,分别为 50 m/s, 42.5 m/s, 37.5 m/s 和 30 m/s。我国沿海极值风速多由热带气旋(以下简称 TC)引起,特别是长江口以南沿海,TC 最大风速可达 40 m/s 以上,受 TC 影响,我国沿海风工程设计风险明显增大。

实际上,TC 对风电场的影响利弊兼有,强度较弱(如热带低压和热带风暴)的 TC 及强度较强的 TC 外围环流影响区域,可以给风电场带来较长的“满发”时段(风力机以额定风速运转的时段),但是强 TC(如台风、强台风、超强台风)登陆,会给风电场带来极大地、甚至是毁灭性地破坏。如 2006 年第 1 号强台风“珍珠”5 月 18 日凌晨穿过广东南澳岛,在澄海登陆,登陆时风力为 12 级,风速达到 35 m/s,受其影响,南澳某风电场风速长时间超过 40 m/s,瞬时达到 56.5 m/s(线路停电前监测到),是南澳 57 年不遇的强台风,多台风机受损。2006 年第 8 号超强台风“桑美”8 月 10 日在闽浙交界处沿海登陆,登陆

时中心附近最大风力达 17 级(60 m/s),中心气压为 920 hPa,浙江苍南霞关观测到的极大风速为 68.0 m/s,福建福鼎合掌岩(海拔高度 700 m 左右)观测到的极大风速为 75.8 m/s,受其影响,温州某风电场 28 台发电机组全部受损,其中 5 台倒塌,损失惨重。

国内、外已有一些关于风电开发中 TC 灾害方面的研究,如宋丽莉等^[2]研究了 TC 大风对风电开发的利弊影响,按效益型、防御型和破坏型 3 类划分 TC,指出登陆 TC 威胁较大的地区主要在浙江、福建、广东、海南,同时还指出 TC 经过的区域风速和湍流强度均发生突变现象。阎俊岳^[3]研究了我国近海 TC 迅速加强的气候特征,指出 9 月是发生近海 TC 迅速加强的高频月份,多发区集中在南海北部,且海面水温在 28℃ 以上的区域。田辉等^[4]分析了华南、华东沿海登陆台风暴雨和大风,指出无论是华南沿海还是华东沿海登陆台风其平均最大风速都超过 27 m/s。乐群等^[5]通过对西北太平洋台风活动和中国沿海登陆台风暴雨及大风气候特征的研究,应用经验分布函数 Γ 分布估计未来 20, 30, 50 年一遇的登陆台风的最大降水量和最大风速,得出 50 年一遇的极值与相应的历年出现的最大风速基本相

* 国家自然科学基金项目(90915002)、福建省自然科学基金项目(2007J0122)和福建省青年人才项目(2007F3019)共同资助。
2008-11-07 收到,2010-01-11 收到再改稿。

符;在华南和华东沿海登陆台风异常多和异常少年份,台风最大降水和最大风速无明显差异。张光智等^[6]采用外场观测试验资料对登陆台风“黄蜂”的风场及湍流特征的观测研究,发现台风登陆形成的强灾害与登陆时台风内强扰动的发展有显著关系。Clausen 等^[7-8]研究指出,国际电工委员会(IEC)制定的主要参数^[9]不能应用于受热带气旋影响频繁的地区,特别是西北太平洋地区,通过分析 TC 中心气压和风速计算了 50 年一遇的海上最大风速,有针对性地探讨了菲律宾地区风机涡轮设计参数,其负载的安全系数比欧洲或美国要大 0.35,意味着在西北太平洋沿岸国家发展风电投资将比国际标准增加 20%~30%。

由此可见,通过对 TC 影响下风速的分析,运用数理统计方法,得出风速的概率预估具有实际意义,可满足沿海风电开发参数设计需要。本文利用登陆影响我国沿海 TC 大风资料,采用泊松-耿贝尔复合极值法,探讨基于 WTGS 安全参数的我国沿海热带气旋风速频率分布。

1 资料

1.1 资料来源

采用 1961—2006 年上海台风研究所编制的《台风年鉴》、《热带气旋年鉴》和 TC 影响期间各站大风资料。

1.2 资料处理

以距海岸 3 个纬距左右的距离划分警戒线(图 1),进入警戒区的 TC 定义为影响我国沿海的 TC,

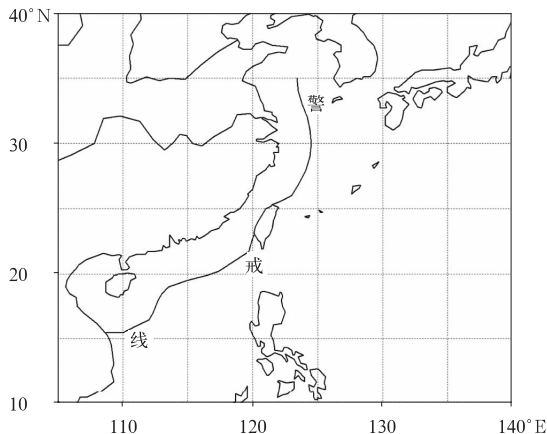


图 1 热带气旋警戒区

Fig. 1 The warning line denoting a security zone to the west

TC 强度用进入警戒线后 TC 中心最大风速的最大值表示,按文献^[10]标准(表 1)划分等级。1961—2006 年间,进入警戒区对沿海有明显影响的 TC 共 428 个,其中台风和强热带风暴最多,频率分别占 33.6%和 25.7%,合计频率为 59.3%。超强台风和强台风出现频率分别占 7.9%和 13.6%,此强度的 TC 常给风电场造成损失。热带风暴和热带低压出现频率分别占 10.3%和 8.9%,合计频率为 19.2%,此强度的 TC 一般可为沿海风电场带来很高的发电量。

表 1 1961—2006 年进入警戒区的 TC 强度等级标准及发生总数

Table 1 The category of 1961—2006 TC of interest with their total

风速/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	风力/级	名称	总数/个
≥ 51	≥ 16	超强台风	34
41.5~50.9	14~15	强台风	58
32.7~41.4	12~13	台风	144
24.5~32.6	10~11	强热带风暴	110
17.2~24.4	8~9	热带风暴	44
10.8~17.1	6~7	热带低压	38

2 计算方法

在工程设计过程中,从安全性和经济性综合考虑,要合理确定一个设计最大风速。由于气候要素的极值是随观测年代和年限而变化的,用实测极值作为设计依据显然不合理。通常采用概率分布描述气候极值,这是因为气候要素极值出现的概率是稳定的^[11-12]。通过概率统计推断,求取满足某种概率条件 P 的最大风速。

根据风工程设计规范要求,通常需要 100 年、50 年、30 年、20 年一遇(重现期)的极端风,它表明了未来相应的若干年内工程所在区域可能遇到的极值风速荷载。通常在多年一遇设计风速计算过程中,每年选取 1 个最大风速组成样本序列,由于 TC 的移动路径是随机的,对于某个站点而言,每年 TC 影响的次数和强度随机性更大,有的年份可有几次 TC 影响,有的年份没有 TC 影响,难以由每年 TC 最大风速组成样本序列,常规的极值计算方法不能使用,因此本文使用泊松-耿贝尔联合概率分布进行计算。

2.1 泊松-耿贝尔联合极值风速计算方法

由于每年的 TC 路径、强度、次数都是随机的,它们构成了某种离散型分布,而 TC 影响下的最大

风速可以构成某种连续型分布^[13-14],因此可以推算出当 TC 出现频次 n 的概率分布为 P_k 的情况下,最大风速 ξ_n 的分布函数 $G(x)$ 。

首先假定 TC 影响的频次 n 符合泊松分布,记为

$$P_k = e^{-\lambda} \frac{\lambda^k}{k!} \quad (1)$$

式(1)中, $\lambda = \frac{N}{M}$, N 为 TC 影响总次数, M 为总年数。

再假设 TC 影响下风速服从耿贝尔分布,记为

$$G(x) = \exp\{-\exp[-\alpha(x-\delta)]\}, \quad (2)$$

由此可得泊松-耿贝尔复合极值分布的分布函数

$$F(x) = \sum_0^k P_k [G(x)]^k = \exp\{-\lambda[1-G(x)]\} = P. \quad (3)$$

则

$$G(x) = 1 + \frac{1}{\lambda} \ln P, \quad (4)$$

$$\exp\{-\exp[-\alpha(x-\delta)]\} = 1 + \frac{1}{\lambda} \ln P. \quad (5)$$

取两次对数,可得

$$\alpha(x-\delta) = -\ln[-\ln(1 + \frac{1}{\lambda} \ln P)], \quad (6)$$

从而得到概率为 P 的大风极值为

$$V_p = \delta + \frac{-\ln[-\ln(1 + \frac{1}{\lambda} \ln P)]}{\alpha} \\ = \delta + \frac{-\ln[-\ln(1 + \frac{1}{\lambda} \ln(1 - \frac{1}{T}))]}{\alpha}. \quad (7)$$

应用有限样本(N)分布函数代替总体分布函数的耿贝尔法^[15-17]估算参数 α 和 δ :

$$\alpha = \frac{S_y}{S_x}, \quad (8)$$

$$\delta = \bar{x} - \frac{S_x}{S_y} \bar{y}. \quad (9)$$

式(8)和式(9)中, \bar{y} 及 S_y 只与有限样本数 N 有关,可查表求得^[17], \bar{x} 和 S_x 为有限样本的平均值和标准差。

2.2 计算个例

福建崇武几乎每年都会受到 TC 的影响,以其为例说明使用泊松-耿贝尔联合极值分布计算 50 年一遇最大风速。

第 1 步:挑选 1961—2006 年每个影响崇武的 TC 过程中的最大风速,以保证大风速序列中样本间的相互独立性。为了使样本序列符合泊松分布,需确定一个风速阈值,大于该阈值入选 TC 最大风速

序列,根据经验,该阈值大小应使 46 年中个别年份没有 TC 影响,但没有 TC 影响的年份不能超过总年数的 1/10,最终建立影响崇武的 TC 最大风速序列。

第 2 步:检验 TC 出现频数是否符合泊松分布。对每年 TC 出现频数进行分组统计(见表 2),表 2 中 f_i 为各组实际出现的次数, M 为实际总年数, P_i 为由式(1)计算各组理论分布频数, k 为分组数。

$$\lambda = (\sum_{i=0}^k n_i \cdot f_i) / n = 171 / 46 = 3.7174, \quad k = 10.$$

表 2 TC 频数拟合检验

Table 2 Test of TC frequency fitting for different categories

TC 次数	f_i	P_i	$\frac{(f_i - MP_i)^2}{MP_i}$
0	1	0.0243	0.0124
1	3	0.0903	0.3210
2	10	0.1679	0.6716
3	9	0.2080	0.0339
4	10	0.1933	0.1378
5	5	0.1437	0.3930
6	4	0.0891	0.0023
7	1	0.0473	0.6351
8	2	0.0220	0.9678
9	1	0.0091	0.8125

采用 $\chi^2 = \sum_{i=0}^k \frac{(f_i - MP_i)^2}{MP_i}$ ($i=0, 1, 2, \dots, 9$) 分布,

检验 TC 出现频数是否符合泊松分布(自由度 $k-3$),本例中 $\chi^2 = 3.9873$;取显著水平 $\alpha = 0.05$,查自由度为 7 的 χ^2 表,得 $\chi_{0.05}^2 = 14.07$,可见 $\chi^2 < \chi_{0.05}^2$,表示影响福建崇武的 TC 频数符合泊松分布。

如果 TC 出现频数不能通过检验,可提高阈值大小减少样本量,再进行表 1 的计算,直至通过检验。

第 3 步:根据式(7)、式(8)、式(9)计算福建崇武 50 年一遇 TC 最大风速为 33.6 m/s。

2.3 与年最大风速序列的计算结果比较

为了说明泊松-耿贝尔联合极值分布计算的合理性,从浙江、福建、广东和海南各挑选了 1 个基本上每年都有 TC 影响的台站,每年取 1 个 TC 影响的风速最大值,无 TC 影响年份则取该年其他天气系统造成的最大风速值补充。其中,无台风年玉环为 3 年,平潭为 2 年,汕尾为 1 年,琼海为 7 年。使用耿贝尔分布^[15,18]进行计算,比较结果见表 3。

由表 3 可见,除了浙江玉环站两种方法计算结果相差大一些外,其余站结果相差不大;重现期小于 30 年的最大风速,泊松-耿贝尔联合极值分布计算的结果接近耿贝尔算法,当重现期大于 50 年时,泊松-耿贝尔联合极值分布计算的结果小于耿贝尔算法。

原因有两方面:一方面,耿贝尔分布计算结果往往偏大,特别当序列中存在1~3个较大值时,其适应性较差^[14];另一方面,泊松-耿贝尔联合分布的样本选取时,每个影响TC只要其风速大于某个阈值便可挑取,这样序列中相对小的风速样本可能增多,计算结果特别是100年一遇以上的计算结果可能偏小,但本文在计算过程中,对199个站逐一进行了不同阈值试验,挑选其阈值较高且通过泊松分布0.05显著性检验的计算结果。对于观测年代较短的台站,泊松-耿贝尔联合分布的优势更为明显,这里以差别较大的玉环站为例,将原序列分为两段:1961—1983年,1984—2006年。两段时间的泊松-耿贝尔法样本

数分别为70和81,耿贝尔法的样本数同为23。两段计算结果见表4,可以看到,泊松-耿贝尔联合分布两段推算的风速值比较接近,而耿贝尔分布计算的两段风速值差别较大,表明观测年代较短的站,泊松-耿贝尔联合分布的计算结果比耿贝尔分布稳定。可见,这对于观测年代不够长、TC影响频繁的测站(约占使用观测站的10%),使用泊松-耿贝尔联合分布计算极值风速合理,且准确。另外,由于每年的TC路径、强度、次数都是随机的,沿海80%的测站有些年份没有TC影响,使用耿贝尔分布计算TC影响下的极值风速将无法进行,而泊松-耿贝尔联合分布则是有效的。

表3 1961—2006年最大风速序列与每年使用多个TC影响最大风速序列计算结果比较(单位:m/s)

Table 3 Comparison between calculations of 1961—2006 annual maximum winds by the Gumbel method and yearly multiple-station TC maxima treated by Poisson-Gumbel scheme (unit: m/s)

重现期/a	玉环			平潭			汕尾			琼海		
	耿贝尔	泊松-耿贝尔	偏差	耿贝尔	泊松-耿贝尔	偏差	耿贝尔	泊松-耿贝尔	偏差	耿贝尔	泊松-耿贝尔	偏差
20	35.9	33.7	2.2	31.8	32.1	-0.3	32.2	32.2	0	30.7	30.8	-0.1
30	38.1	35.3	2.8	33.8	33.8	0	34.5	34.2	0.3	32.9	32.7	0.2
50	40.8	37.3	3.5	36.4	35.9	0.5	37.3	36.7	0.6	35.7	35	0.7
100	44.4	40.1	4.3	39.8	38.8	1	41.2	40.1	1.1	39.5	38.1	1.4

注:琼海统计年份为1966—2006年。

表4 浙江玉环站最大风速泊松-耿贝尔联合极值分布和耿贝尔分布分段统计比较(单位:m/s)

Table 4 Comparison between calculations of Gumbel and Poisson-Gumbel method with subsection of Zhejiang Yuhuan annual maximum winds sequence and yearly multiple-station TC maxima treated sequence (unit: m/s)

重现期/a	泊松-耿贝尔			耿贝尔		
	1961—1983年	1984—2006年	偏差	1961—1983年	1984—2006年	偏差
20	34.6	35.8	1.2	36.9	40.3	3.4
30	36.4	37.7	1.3	39.1	43.2	4.1
50	38.6	40.2	1.6	41.9	46.8	4.9
100	41.5	43.5	2	45.7	51.6	5.9

3 TC影响多年一遇最大风速分布

经统计,通过泊松分布0.05显著水平检验的台站有180个,分布于靠近海岸线的区域和岛屿。考虑到沿海工程设计需要,本文分别给出20年和50年一遇的最大风速分布(图2)。

3.1 20年重现期的最大风速分布

沿海地区有68.9%的台站20年一遇的最大风速在25 m/s以下,5.6%的台站大于37.5 m/s。最大的是浙江南几山,最大风速为47.6 m/s,其次是广东遮浪的45.7 m/s,再次是浙江嵊山的40.1 m/s。

按WTGS安全参数的4个级别分析,30 m/s

以上的站点有27个,主要出现在浙江的中部沿海、闽浙交界处沿海、闽粤交界处沿海、广东东部沿海以及上川岛和闸坡、雷州半岛的东部、海南东方和琼海,大于30 m/s风速最北的台站是山东千里岩岛,其中37.5~42.5 m/s之间的最大风速分布除浙江省三门处于三门湾内外,都分布在浙江、福建、广东、海南的半岛突出部位或海岛上;42.5 m/s以上的最大风速分布在广东遮浪和浙江南几山。

3.2 50年重现期的最大风速分布

沿海地区有53.3%的台站50年一遇最大风速在25 m/s以下,9.4%的台站大于37.5 m/s。最大风速为54.0 m/s(浙江南几山),广东遮浪的51.5 m/s居次,浙江嵊山的45.0 m/s排第三。福建

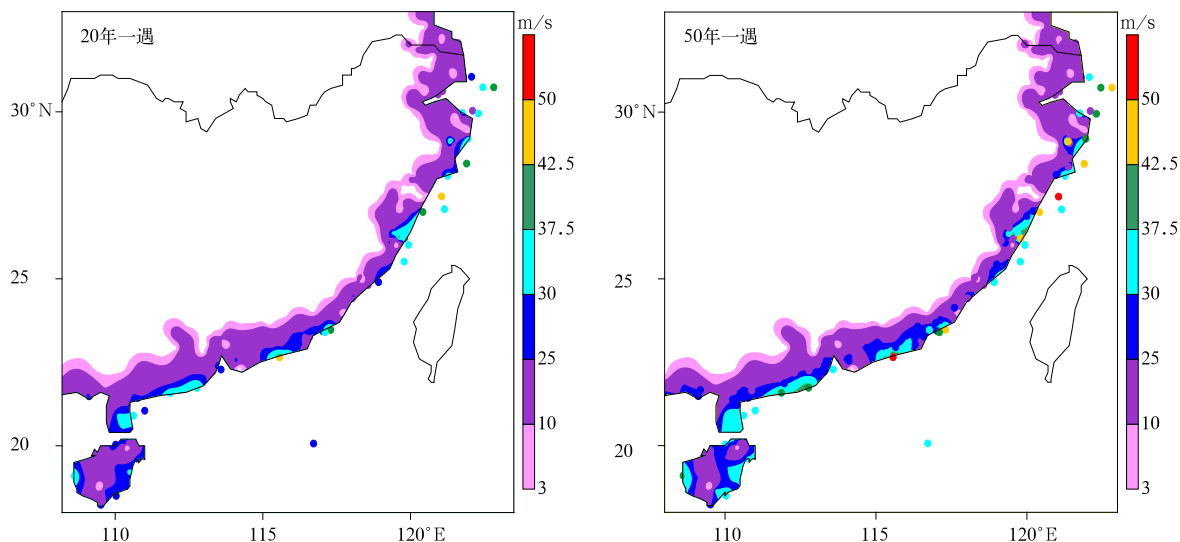


图2 20年、50年一遇10 min平均最大风速

Fig. 2 Calculated 10-min-mean maximum winds in a 20-year and 50-year return period for the coastal areas

中南部沿海风速明显小于其他区域。

与20年一遇最大风速分布的不同点是风速大于30 m/s以上的站点增加了13个,最北的台站北伸到了辽宁海洋岛(图略);37.5~42.5 m/s风速区位于浙江中北部沿海的普陀、石浦、嵊泗,闽粤交界的东山和云澳,广东珠江口以西的闸坡和上川岛,海南东方;42.5 m/s以上的台站分布于浙江南几山、嵊山、大陈岛、三门,福建台山、北茭,广东的遮浪和海南西沙群岛。

4 小 结

1) 1961—2006年,进入警戒区以台风和强热带风暴居多,占总数的59.5%,超强台风和强台风频率分别占7.9%和13.6%,大部分TC影响沿海时其风速是可以利用的。

2) 当观测资料年代较短,特别像TC这样随机性很强天气事件,泊松-耿贝尔联合极值算法优势更明显,估算的不同重现期风速更稳定。

3) 沿海地区50年一遇最大风速有53.9%的台站在25 m/s以下,30 m/s以上最大风速出现在浙江的中北部沿海、闽浙交界处沿海、闽粤交界处沿海、广东遮浪和上川岛、雷州半岛、海南东方,这些地方都是暴露于宽阔洋面上的岛屿或大陆突出部位,在风电开发中应引起充分的重视。

参 考 文 献

[1] 风力发电机组安全要求(GB 18451.1-2001). 北京:中国标准

出版社,2002.

- [2] 宋丽莉,毛慧琴,钱光明,等.热带气旋对风力发电的影响分析.太阳能学报,2006,27(9):961-965.
- [3] 阎俊岳.近海热带气旋迅速加强的气候特征.应用气象学报,1996,7(1):28-35.
- [4] 田辉,马开玉,林振山.华南、华东沿海登陆台风暴雨和大风的分析.应用气象学报,1999,10(增刊):148-152.
- [5] 乐群,董谢琼,马开玉.西北太平洋台风活动和我国沿海登陆台风暴雨及大风的气候特征.南京大学学报,2000,36(6):741-749.
- [6] 张光智,徐祥德,王继志,等.采用外场观测试验资料对登陆台风“黄蜂”的风场湍流特征的观测研究.应用气象学报,2004,15(增刊):110-115.
- [7] Clausen Niels-Erik, Soren Ott, Niels-Jacob Tarp-Johansen, et al. Design of Wind Turbines in an Area with Tropical Cyclones// Proceedings of the European Wind Energy Conference & Exhibition. Athens, Greece, 2006.
- [8] Clausen Niels-Erik, Anaflor Candelaria, Soren Gjerding, et al. Wind Farms in Regions Exposed to Tropical Cyclones// Proceedings of the European Wind Energy Conference & Exhibition. Athens, Greece, 2007.
- [9] International Electro-technical Commission(IEC), IEC 61400-1. Wind Turbines—Part 1: Design Requirements. 2005.
- [10] 热带气旋等级(GB 19201-2006). 北京:中国标准出版社,2006.
- [11] 贺德馨,陈坤,张亮亮,等.风工程与工业空气动力学.北京:国防工业出版社,2006.
- [12] 马开玉,丁裕国,屠其璞,等.气候统计原理与方法.北京:气象出版社,1993:1-518.
- [13] 天津大学水文水力学教研室.海洋石油工程环境水文分析计算.北京:石油工业出版社,1983:1-522.
- [14] 阎俊岳,陈乾金,张秀芝,等.中国近海气候.北京:科学出版

- 社,1993:1-600.
- [15] 《公路桥梁抗风设计指南》编写组. 公路桥梁抗风设计指南. 北京:人民交通出版社,1996.
- [16] 陈正洪,向玉春,杨宏青,等. 深圳公路大桥设计风速的推算. 应用气象学报,2004,15(2):226-233.
- [17] 屠其璞,王俊德,丁裕国,等. 气象应用概率统计学. 北京:气象出版社,1984:1-540.
- [18] 谭冠日,严济远,朱瑞兆. 应用气候. 上海:上海科技出版社,1985:1-361.
- [19] 中国建设科学研究院. 建筑结构荷载规范(GB 50009-2001). 北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [20] 中交公路规划设计院. 公路桥梁抗风设计规范(JTG/T D60-01-2004). 武汉:武汉理工大学出版社,2004.

Application of Poisson-Gumbel Distribution to Wind Speed Calculation for the Southeast Coastland of China

Zhang Rongyan¹⁾²⁾ Zhang Xiuzhi³⁾ Cai Lianwa⁴⁾

¹⁾(Fujian Climate Center, Fuzhou 350001)

²⁾(Fujian Institute of Meteorological Sciences, Fuzhou 350001) ³⁾(National Climate Center, Beijing 100081)

⁴⁾(Dongshan Meteorological Bureau of Fujian Province, Dongshan 363400)

Abstract

Tropical cyclone (TC) is the main cause of extreme wind in China southeast coastal, especially in coast to the south of the Yangtze River delta. The TC maximum wind speed may exceed $40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, raising the risks for engineering design near the coast. The 1961—2006 TC/typhoon almanacs published by Shanghai Typhoon Institute and wind data of ground stations are investigated, and the TCs that pass within 3 latitudes away from the coast are defined as influential ones. There are 428 TCs passing through this area from 1961 to 2006. Typhoons and strong tropical storms are major TCs with the percentage up to 33.6% and 25.7%, and 59.3% in total. Super strong tropical cyclones and strong tropical cyclones often cause losses to wind farm, and the percentage of them is 7.9% and 13.6%, respectively. The percentage of tropical storm and cyclone is 10.3% and 8.9%, and these TCs usually bring lots of power for coastal wind farms.

The numbers, motion paths and intensity of TCs generated from Northwest Pacific Ocean are stochastic every year. Therefore, the number of influential tropical cyclones make some kind of discrete distribution in China southeast coast, obeying the Poisson distribution. But maximum wind speed under the influential tropical cyclones (TC) may satisfy some kind of continual distribution, obeying the Gumbel distribution. Based on the Poisson-Gumbel compound extreme distribution, the extreme wind speeds of different time scales can be obtained using TC data of coastal weather stations for the period of 1961—2006. The result indicates that the Poisson-Gumbel joint distributing algorithm is superior and gives stable and accurate results when the observed data sample sequence is short, especially for the strong weather event like TC which is very random. For 53.9% of the stations, the extreme wind speed of 50 years is less than $50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. The extreme wind speed of 50 years exceeds $42.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ in Dacheng, Shengshan, Shanmen, Nanjishan Islands of Zhejiang Province, Beijiao coast and Taishan Island of Fujian Province, Zhelang and Shangchuan Island of Guangdong Province, and Xisha Island of Hainan Province. In these areas, the risks of tropical cyclone for wind farms construction should be paid enough attention.

Key words: tropical cyclone; Poisson-Gumbel method; WTGS security parameter