

# 珠三角地区台风条件下不同时距风速的换算关系

蔡彦枫<sup>1</sup>, 黄增浩<sup>2</sup>, 王海龙<sup>1</sup>

(1. 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663; 2. 南方电网科学研究院有限责任公司, 广州 510663)

**摘要:** [目的]为全面了解台风条件下的不同时距风速换算关系,并为珠江三角洲沿海地区各类电力工程的设计风速评价复核提供依据。[方法]利用海岛气象站1991—2009年间共计14次登陆热带气旋影响期间的3 s、10 min、1 h平均风速资料,统计了3 s与1 h平均风速,以及10 min平均与1 h平均风速之间的阵风系数,并分析了上述阵风系数随平均风速、风向以及台风路径的变化情况,在此基础上确定了不同时距风速的换算关系。[结果]结果表明:阵风系数与平均风速和地表粗糙度关系密切,对台风路径不敏感。阵风系数随平均风速的增大而逐步减小并稳定在一定范围内;离岸风倾向于比向岸风出现更大的阵风系数。[结论]研究成果验证了世界气象组织推荐的阵风系数取值在珠三角沿海地区具备适用性。

**关键词:** 台风; 风速; 阵风系数

中图分类号: P444

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2019)S1-0113-06

## Conversion Relationship of Different Time Interval Averaged Wind Speed for Tropical Cyclone in Pearl River Delta Coastal Area

CAI Yanfeng<sup>1</sup>, HUANG Zenghao<sup>2</sup>, WANG Hailong<sup>1</sup>

(1. China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China;

2. China South Grid Electric Power Research Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

**Abstract:** [Introduction]The paper aims to investigate the conversion relationships of different time interval averaged wind speeds in tropical cyclone and evaluate extreme wind speed of electric projects. [Method]Wind speed records from an island meteorological station in Pearl River Delta during 14 samples from 1991 to 2009 were employed to calculate gust factor between 3 s, 10 min, 1 h wind speed and effects of wind speed, terrain roughness, and typhoon track were analyzed. [Result]Results show that gust factor gradually decreases and approaches to a certain range when corresponding mean wind speed increasing while statistical distribution of gust factor is relatively insensitive to typhoon track. Offshore wind appears higher gust factor than onshore wind with different roughness. [Conclusion]This work supports the availability of recommended values from World Meteorological Organization in Pearl River Delta coastal area.

**Key words:** tropical cyclone; wind speed; gust factor

广东沿海地区分布着数量众多、类型各异的电力工程及设施(核电厂、火电厂、陆上风电场、海上风电场、变电站与架空输电线路等)。登陆台风

对上述电力工程及设施的影响不容忽视。根据《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)、《核电厂工程气象技术规范》(GB/T 50674—2013)、《电力工程期限勘测技术规程》(DL/T 5158—2012)等相关规程规范,电力工程的设计风速为离地10 m高10 min平均风速,核电厂还需进一步计算3 s风速。但目前国内外各气象机构所发布的台风风速时距并不统一,如美国联合台风预警中心(JTWC)采用的是1 min平均风速,中国气象局(CMA)采用的是2

收稿日期: 2018-12-11 修回日期: 2019-04-22

基金项目: 南方电网科学研究院有限公司科技项目“沿海输电线路走廊台风实时观测与预警技术研究”(ZBKJXM20170046); 2018年度广东省促进经济发展专项基金(海洋经济发展用途)项目“广东海域风资源分布状况与风能储量调查”(GDME-2018B001)

min 平均风速, 日本气象厅(JMA)和香港天文台(HKO)则采用 10 min 平均风速。因此, 建立台风风速的不同时距换算关系, 正确评价与复核设计风速取值, 对电力行业勘察设计、工程建设以及防灾减灾均具有现实意义。

不同时距风速的换算关系主要通过阵风系数实现。就研究历程而言, 早在 1960 年, Durst 对不同时距的风速换算因子开展研究<sup>[1]</sup>, 所形成的成果配合美国建筑荷载规范 ASCE 7 一直应用至今。Krayner 和 Marshall 根据地面自动气象站和浮标观测资料, 对 4 次飓风过程的阵风系数进行统计, 结果显示台风影响下的阵风系数更高<sup>[2]</sup>。上世纪 80~90 年代, 美国、日本、澳大利亚等国的学者利用机场、海岛、石油钻井平台、海上浮标等多种观测资料, 对大西洋飓风、西北太平洋台风以及南太平洋热带风暴等不同个例的阵风系数开展了相关研究<sup>[3-9]</sup>。进入本世纪后, 世界气象组织(WMO)在其关于台风不同时距风速换算导则中<sup>[10]</sup>对上述研究成果进行汇总, 提出了 In-Land(陆上平坦开阔环境)、Off-Land(海陆交界受离岸风影响区域)、Off-Sea(海陆交界受向岸风影响区域)、At-Sea(离海岸线 20 km 以外的海面环境)等 4 种不同环境的阵风系数推荐值。

国内的相关研究工作起步于本世纪初, 依托于沿海港口、桥梁、核电、高层建筑等工程的前期环境调查, 以及专项的台风观测研究, 开展了江苏、福建、广东、海南等地的阵风系数研究<sup>[11-16]</sup>, 但研究成果往往仅反映单次或若干次登陆台风个例, 代表性有限。为了获取更具普遍意义的阵风系数, 本文将利用珠江三角洲沿海地区的海岛气象站长年代的登陆台风资料, 提出台风条件下的风速换算关系, 并对 WMO 推荐值在该地区的适用性给出评价。

## 1 资料说明

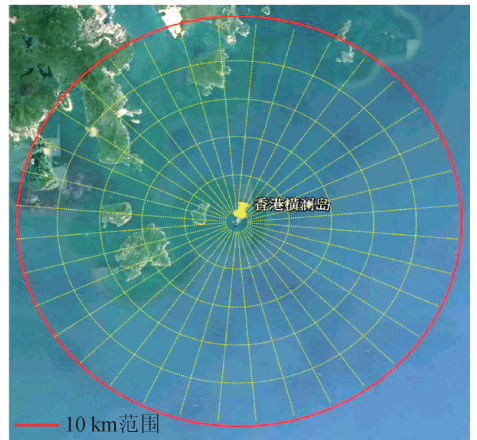
### 1.1 气象站资料

气象站资料来自 HKO 下属的横澜岛气象站。横澜岛位于香港蒲台群岛最东端, 距离香港本岛约 5 km, 周边环境稳定少变, 测风环境优异(如图 1 所示)。横澜岛气象站建于 1952 年, 自建成后从未迁站; 测风点位于全岛最高处, 地面海拔 56 m。该站持续利用自记仪器测风, 积累了历史上多次台风

过程中的实测风速记录, 是整个珠三角近海台风特性研究不可或缺的重要参考站。本文选用该站 1991~2009 年的风速(3 s、10 min、1 h 平均)与风向观测记录进行分析。



(a) 横澜岛气象站观测环境实景图



(b) 横澜岛气象站周边 10 km 范围内海陆分布

图 1 横澜岛气象站的测风环境

Fig 1 Observation environment of Waglan Island meteorological stations

### 1.2 台风路径资料

台风路径资料来自中国气象局上海台风研究所整编的西北太平洋热带气旋最佳路径数据集<sup>[17]</sup>(CMA-BST)。现行版本的 CMA-BST 数据集提供 1949 年以来西北太平洋(含南海, 赤道以北, 东经 180°以西)海域热带气旋每 6 h 的中心位置和强度; 其中, 位置由地理纬度和地理经度表示, 精度均为 0.1°, 所选用的资料年限与气象站资料相同。

## 2 分析方法

### 2.1 样本个例

用于分析的台风个例样本按如下条件进行筛选: (1) 台风中心距离横澜岛 100 km 以内; (2) 气象站实测 10 min 风速超过 8 级(17.2 m/s), 台风影响期间的最大风速超过 10 级(24.5 m/s);

(3) 气象站实测风向变幅超过 150°。在与横澜岛气象站资料同期的时段内, 共筛选出 14 个台风个例, 如表 1 所示。在满足上述条件的台风个例影响期间, 横澜岛站的风速可以被认为受到台风中心附近环流控制, 具有台风期间的强风代表性。需要注意的是, 上述个例的风速记录全部订正至离地 10 m 高度。

表 1 台风样本个例说明

Tab. 1 Introduction to tropical cyclone samples

编号	名字	登陆强度	登陆时间	登陆地
9108	BRENDAN	台风	1991. 7. 24	珠海
9206	FAYE	热带风暴	1992. 7. 18	珠海
9316	BECKY	台风	1993. 9. 17	台山-斗门
9505	HELEN	强热带风暴	1995. 8. 12	惠阳
9710	VICTOR	强热带风暴	1997. 8. 2	香港
9908	SAM	强热带风暴	1999. 8. 22	深圳
9910	YORK	强热带风暴	1999. 9. 16	香港
0104	尤特	强热带风暴	2001. 7. 6	海丰-惠东
0313	杜鹃	台风	2003. 9. 2	惠东
0409	圆规	热带风暴	2004. 7. 16	香港
0707	帕布	热带风暴	2007. 8. 10	香港
0806	风神	热带风暴	2008. 6. 25	深圳
0812	鸚鵡	强热带风暴	2008. 8. 22	香港
0906	莫拉菲	台风	2009. 7. 19	深圳

## 2.2 统计指标

根据 WMO 的定义, 阵风系数(gust factor,  $G$ )是考虑在一个较长的时距  $T_0$  内, 持续时间达到  $\tau$  的阵风风速与整个  $T_0$  的平均风速的比值, 其表达式为:

$$G(\tau, T_0) = V_\tau / V_{T_0} = 1 + g_{\tau, T_0} I \quad (1)$$

式中:  $G(\tau, T_0)$  表示时距在  $\tau$  与  $T_0$  之间的阵风系数;  $V_\tau$  与  $V_{T_0}$  分别为阵风风速与平均风速;  $g_{\tau, T_0}$  为峰度因子;  $I$  为湍流强度。

在本文的计算中, 根据横澜岛站的风速资料时距分类(3 s、600 s、1 h 平均), 以小时平均风速  $V_{1h}$  为基底, 统计  $G(3 \text{ s}, 1 \text{ h})$  和  $G(600 \text{ s}, 1 \text{ h})$ ;  $G(3 \text{ s}, 600 \text{ s})$  可进一步表示为:

$$\begin{aligned} G(3 \text{ s}, 600 \text{ s}) &= \frac{V_{3 \text{ s}}}{V_{600 \text{ s}}} = \frac{V_{3 \text{ s}}}{V_{1 \text{ h}}} \cdot \frac{V_{600 \text{ s}}}{V_{1 \text{ h}}} \\ &= G(3 \text{ s}, 1 \text{ h}) / G(600 \text{ s}, 1 \text{ h}) \end{aligned} \quad (2)$$

另外, 已有研究显示, 对于海面或吹向岸风的地带,  $G(\tau, T_0)$  与  $\log(\tau)$  之间通常具有线性关系,

因此  $G(120 \text{ s}, 1 \text{ h})$  可进一步表示为:

$$\begin{aligned} G(120 \text{ s}, 1 \text{ h}) &= G(3 \text{ s}, 1 \text{ h}) - \\ &\frac{G(3 \text{ s}, 1 \text{ h}) - G(600 \text{ s}, 1 \text{ h})}{\log 600 - \log 3} (\log 120 - \log 3) \end{aligned} \quad (3)$$

## 3 结果与讨论

### 3.1 随平均风速的变化

图 2 显示了所有台风个例中  $G(3 \text{ s}, 1 \text{ h})$  和  $G(600 \text{ s}, 1 \text{ h})$  与小时平均风速  $V_{1h}$  之间的对应关系。由图可知, 随着  $V_{1h}$  增大,  $G(3 \text{ s}, 1 \text{ h})$  和  $G(600 \text{ s}, 1 \text{ h})$  均呈现出减小趋势, 散点分布趋向于集中; 并且随着  $V_{1h}$  进一步增大,  $G(3 \text{ s}, 1 \text{ h})$  和  $G(600 \text{ s}, 1 \text{ h})$  的变化趋势消失, 只在一定区间内波动。值得注意的是, 湍流强度  $I$  随平均风速的变化也有类似现象。根据阵风系数的表达式,  $G(\tau, T_0)$  与  $I$  在物理机制上联系紧密, 说明上述现象实质反映出阵风脉动特性随平均风速的普遍变化规律。

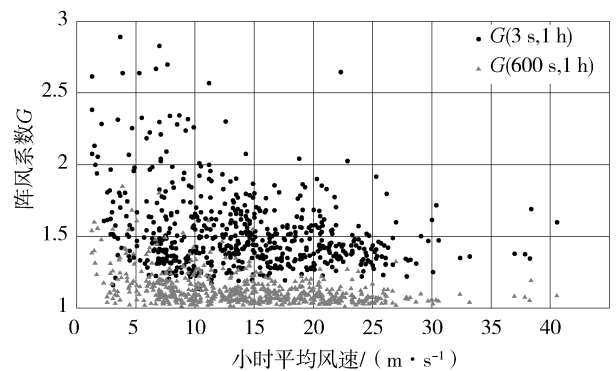


图 2 阵风系数与小时平均风速关系散点图

Fig. 2 Scatter plot for gust factor versus one hour averaged wind speed

而根据表 2 的统计结果, 在 8 级风速以上,  $G(600 \text{ s}, 1 \text{ h})$  的各项统计指标基本趋于稳定; 在 10 级风速以上,  $G(3 \text{ s}, 1 \text{ h})$  的各统计指标基本趋于稳定。

由表所示, 对于  $G(600 \text{ s}, 1 \text{ h})$  而言, 相应的均值分别为 1.09 和 1.08, 较全风速段均值下降 4%; 标准差为 0.05, 较全风速段标准差下降超 50%。对于  $G(3 \text{ s}, 1 \text{ h})$  而言, 8 级风速与 10 级风速以上的均值分别为 1.45 和 1.42, 较全风速段均值下降 6%~8%; 标准差分别为 0.18 和 0.15, 较全风速段标准差下近一半。说明  $G(3 \text{ s}, 1 \text{ h})$  比  $G(600 \text{ s}, 1 \text{ h})$  对  $V_{1h}$  变化的响应更显著,  $G(3 \text{ s}, 1 \text{ h})$  在整体上大于  $G(600 \text{ s}, 1 \text{ h})$ 。

表2 阵风系数随平均风速的变化说明

Tab. 2 Function of one hour averaged wind speed to gust factor

小时平均风速/ ( $m \cdot s^{-1}$ )	$G(3 s, 1 h)$				$G(600 s, 1 h)$			
	样本数目	平均值	标准差	变化范围	样本数目	平均值	标准差	变化范围
<5	49	1.88	0.59	1.16~4.20	49	1.28	0.19	1.02~1.85
5~10	147	1.61	0.42	1.21~3.67	153	1.15	0.12	1.01~1.80
10~15	155	1.53	0.23	1.13~2.57	162	1.13	0.10	1.01~1.61
15~20	122	1.46	0.17	1.19~2.04	124	1.10	0.05	1.02~1.25
20~25	95	1.46	0.19	1.22~2.65	96	1.08	0.05	1.01~1.27
25~30	28	1.41	0.15	1.22~1.92	29	1.08	0.06	1.02~1.32
30~35	6	1.46	0.18	1.25~1.72	6	1.05	0.02	1.03~1.10
35~40	4	1.45	0.16	1.35~1.69	4	1.10	0.06	1.05~1.19
ALL	607	1.54	0.33	1.14~4.20	624	1.13	0.11	1.01~1.85

### 3.2 随风向的变化

图3进一步显示了所有台风个例8级风速以上时段内,  $G(3 s, 1 h)$ 和  $G(600 s, 1 h)$ 与平均风向的对应关系。由图可知,  $G(3 s, 1 h)$ 中的较大值基本落于  $330 \sim 360^\circ$  风向扇区内, 出现比例远高于其他扇区;  $330 \sim 360^\circ$  扇区内的均值达到 1.61, 比全风向均值高 11%。 $G(600 s, 1 h)$ 也有类似现象, 但相应的风向扇区为  $300 \sim 330^\circ$ , 均值达到 1.14, 比全风向均值高 5%。

上述情况实际反映了地表粗糙度对阵风系数的影响。结合图1可知, 香港本岛位于横澜岛的西北侧, 地表类型为山地, 而其他方位均为零星岛屿或海面。则对于横澜岛而言,  $300 \sim 360^\circ$  方位内的地表粗糙度显著大于其他方位, 因此当气流途经上述区域到达横澜岛时, 由于气流扰动加剧, 湍流强度  $I$  升高, 导致阵风系数的增大。而其他方位内的来流由于受到海面影响, 气流扰动较小, 湍流强度  $I$  较低, 阵风系数则保持稳定。

### 3.3 不同台风路径的对比

为了考察台风路径对阵风系数统计结果的影响, 在表1所示的台风个例中进一步挑选 9108 号、9316 号和 9910 号形成“西登”(在珠江口以西登陆)集合, 9908 号、0313 号和 0906 号形成“东登”(在珠江口以东登陆)集合, 分别记为 G1 和 G2。对于 G1, 随着台风中心持续移动, 横澜岛的风向转变历程可大致归纳为  $N \rightarrow E \rightarrow S$ 、 $SW$ 。而对于 G2, 横澜岛的风向转变历程可大致归纳为  $NNW \rightarrow W \rightarrow S$ 、 $SE$ 。

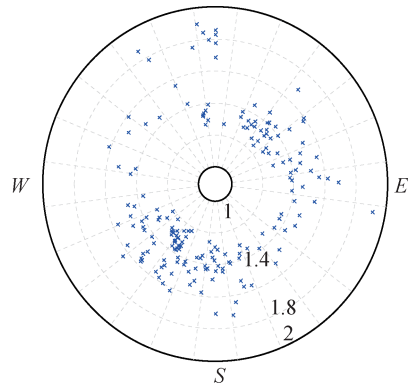
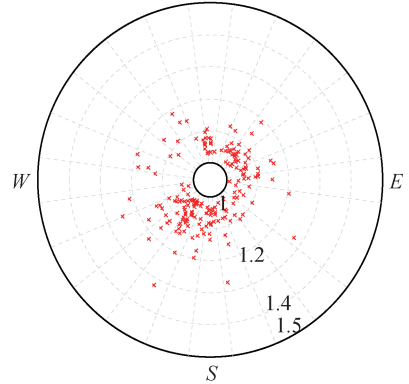
(a)  $G(3 s, 1 h)$ (b)  $G(600 s, 1 h)$ 

图3 阵风系数与平均风向关系散点图

Fig. 3 Scatter plot for gust factor versus mean wind direction

图4显示了 G1 和 G2 的阵风系数统计特征值的对比。由图可知, 无论  $G(3 s, 1 h)$  还是  $G(600 s, 1 h)$ , 在 G1 和 G2 中的下四分位数、中位数、上四分位数均非常接近, 最小值和最大值的差异也不明显。可以说阵风系数对“东登”或“西登”的台风路径变化不敏感。

### 3.4 讨论

结合 3.1 节至 3.3 节的分析, 台风个例中的阵风系数对平均风速、风向的变化较为敏感, 而对台风路径的变化不敏感。上述敏感因素通过湍流强度和峰度因子等阵风脉动特性参量对阵风系数产生影响。对于台风强风影响期间(8 级风速以上), 本文的统计结果显示,  $G(3 s, 1 h)$  和  $G(600 s, 1 h)$  统计值为 1.45 和 1.09, 进一步利用 2.2 节中的线性关系式推算得到  $G(600 s, 1 h)$  统计值为 1.20,  $G(3 s, 600 s)$  和  $G(120 s, 600 s)$  也可通过上述取值构建比例关系推算而得, 分别为 1.33 和 1.11。

表3列出了本文所取得的成果与已有研究成果的对比。由表可知, 在 WMO 所定义的 4 种环境

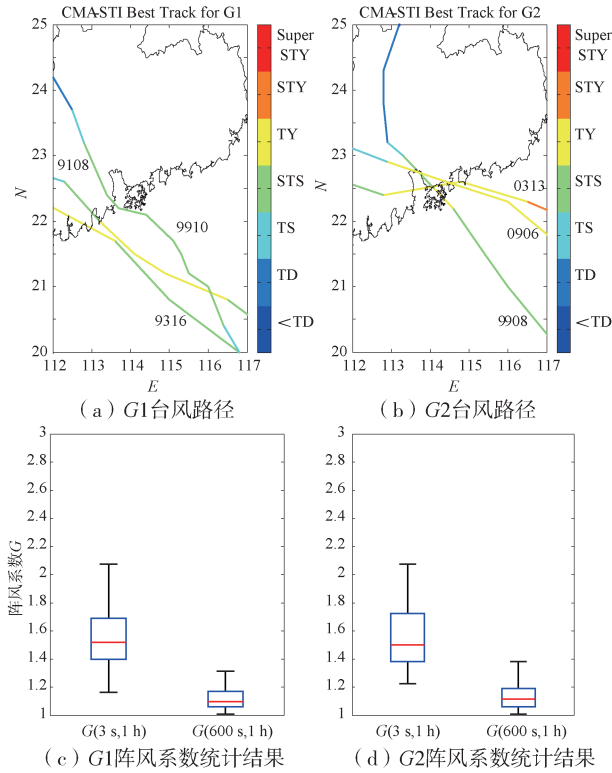


图 4 阵风系数与台风路径关系

Fig. 4 Comparison of gust factor under different typhoon track

中, 本文与针对 Off-Sea (海陆交界受向岸风影响区域) 的研究成果更为接近。而 3.2 小节的分析也显示, 横澜岛气象站在大部分风向扇区的气流性质更接近于向岸风。另一方面, 实际工作中通常需要将气象局发布的台风风速 (2 min 平均), 特别是台风中心登陆时的最大风速 (2 min 平均) 换算成 10 min 平均风速, 用于评估工程的抗风能力以及设计风速取值的保守性。对比来看, Off-Sea 对于上述情形的描述更为合适。综合来看, 本文归纳的阵风系数取值运用在台风条件下的不同时距风速换算具有合理性。

值得注意的是, 就本文结果与 WMO 推荐成果相比而言, 按照以下推算过程: 将台风预报或监测报告中的 2 min 平均风速换算成 10 min 平均风速, 作为平均风速推算成果; 再根据需要将 10 min 平均风速换算成 3 s 风速, 作为阵风风速推算成果。利用 WMO 推荐值所得到的推算风速更具保守性, 对设计风速校核、风险研判、安全性评估与灾后复建等更加有利。

表 3 阵风系数成果对比表

Tab. 3 List of different gust factor research results

来源	$G(3\text{ s}, 1\text{ h})$	$G(600\text{ s}, 1\text{ h})$	$G(120\text{ s}, 1\text{ h})$	$G(3\text{ s}, 600\text{ s})$	$G(120\text{ s}, 600\text{ s})$
Durst <sup>[1]</sup>	1.52	1.07	—	1.42	—
K&M <sup>[2]</sup>	—	—	—	1.55	—
Black <sup>[8]</sup> *	—	—	—	1.33	—
M&B <sup>[4]</sup> *	1.45	—	—	—	—
M&T <sup>[5]</sup> *	—	—	—	1.39	—
Powell <sup>[3]</sup> *	1.47	—	—	1.40	—
V&S <sup>[9]</sup> *	1.39/1.59	—	—	—	—
WMO <sup>[10]</sup> **	1.45/1.60	1.05/1.06	1.11/1.15	1.38/1.44	1.05/1.09
林雯等 <sup>[15]</sup>	1.43/1.67	1.10/1.13	1.20/1.30	1.34/1.47	1.11/1.15
本研究	1.45	1.09	1.20	1.33	1.11

注: \* 引自参考文献 [10] 中附录 C, \*\* 引自参考文献 [10] 中表 1.1。“/”之前的数据为 Off-Sea 下垫面, 之后的数据为 Off-Land 下垫面。

## 4 结论

本文利用香港横澜岛气象站 1991 ~ 2009 年间共计 14 次登陆热带气旋影响期间的 3 s、10 min、1 h 平均风速资料, 统计了 3 s 与 1 h 平均风速, 以及 10 min 平均与 1 h 平均风速之间的阵风系数取值, 并分析了上述阵风系数随平均风速、风向以及台风路径的变化情况, 在此基础上确定了不同时距风速的换算关系。结论如下:

1) 阵风系数随平均风速增大而出现减小趋势, 散点分布趋于集中; 并且当平均风速进一步增大时, 阵风系数的变化趋势消失, 只在一定区间内波动。3 s 与 1 h 平均风速之间的阵风系数比 10 min 平均与 1 h 平均风速之间的阵风系数对平均风速变化的响应更显著。

2) 地表粗糙度对阵风系数有显著影响。气流途经山地等高地表粗糙度区域后, 阵风系数有所增大, 并在整体上高于海面气流的阵风系数。

3) 阵风系数对台风路径的变化不敏感。“西登”台风个例与“东登”台风个例中的阵风系数在其统计分布的下四分位数、中位数、上四分位数均非常接近, 而最小值和最大值的差异也不明显。

4) 本文的阵风系数研究成果与 WMO 针对 Off-Sea 环境的阵风系数推荐值差异不大。本文认为 WMO 推荐值在珠三角沿海地区具有适用性。建议在台风风速换算中使用 1.38 (3 s 与 10 min 平均) 以

及 1.05(2 min 与 10 min 平均)的阵风系数取值。

### 参考文献:

- [1] DURST C S. Wind speeds over short periods of time[J]. Meteorological Magazine, 1960, 89(1056): 181-187.
- [2] KRAYER W R, MARSHALL R D. Gust factors applied to hurricane winds [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 1992, 73(5): 613-617.
- [3] POWELL M D. The transition of the hurricane frederic boundary-layer wind field from the open gulf of mexico to landfall [J]. Monthly Weather Review, 1982, 110(12): 1912-1932.
- [4] MELBOURNE W H, BLACKMAN D R. Wind turbulence over seas in tropical cyclones [R]. U. S. A: ASCE, 1982: 370-383.
- [5] ISHIZAKI H. Wind profiles, turbulence intensities and gust factors for design in typhoon-prone regions [J]. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 1983, 13 (1): 55-66.
- [6] MITSUTA Y, TSUKAMOTO O. Studies on spatial structure of wind gust [J]. Journal of Applied Meteorology, 1989, 28 (11): 1155-1160.
- [7] Bureau of Meteorology, Commonwealth of Australia. Report on cyclone orson - april 1989 [R]. Australia: Bureau of Meteorology, 1992.
- [8] BLACK P G. Evolution of maximum wind estimates in typhoons [R]. Beijing: International Council of Scientific Unions, 1993: 104-115.
- [9] VICKERY P J, SKERLJ P F. Hurricane gust factors revisited [J]. Journal of Structural Engineering, 2005, 131 (5): 825-832.
- [10] HARPER B A, KEPERT J D, GINGER J D. Guidelines for converting between various wind averaging periods in tropical cyclone conditions [R]. U. S. A.: World Meteorological Organization, 2009.
- [11] 陈雯超, 宋丽莉, 植石群, 等. 不同下垫面的热带气旋强风阵风系数研究 [J]. 中国科学: 技术科学, 2011, 41(11): 1449-1459.
- CHEN W C, SONG L L, ZHI S Q. Analysis on gust factor of tropical cyclone strong wind over different underlying surfaces [J]. Science China (Technology Science), 2011, 54 (10): 2576-2586.
- [12] 胡尚瑜, 宋丽莉, 李秋胜. 近地边界层台风观测及湍流特征参数分析 [J]. 建筑结构学报, 2011, 32(4): 1-8.
- HU S Y, SONG L L, LI Q S. Monitoring of typhoons in surface boundary layer and analysis of wind turbulence characteristics [J]. Journal of Building Structures, 2011, 32(4): 1-8.
- [13] 王志春, 植石群, 丁凌云, 等. 强台风纳沙(1117)近地层风特性观测分析 [J]. 应用气象学报, 2013, 24 (5): 595-605.

- WANG Z C, ZHI S Q, DING L Y. Observation and analysis on gales of severe typhoon Neasat(1117) [J]. Journal of Applied Meteorological Science, 2013, 24(5): 595-605.
- [14] 许向春, 辛吉武, 邢旭煌, 等. 琼州海峡南岸近地面层大风观测分析 [J]. 热带气象学报, 2013, 29(3): 481-488.
- XU X C, XIN J W, XING X H, et al. Observation and analysis of Qiongzhou Strait southern coastal gales in the near-surface layer [J]. Journal of Tropical Meteorology, 2013, 29 (3): 481-488.
- [15] 林雯, 方平治, 雷小途, 等. 台风条件下不同时距最大平均风速之间的转换系数研究 [J]. 热带气象学报, 2016, 32 (1): 42-50.
- LIN W, FANG P Z, LEI X T, et al. Study on the converting coefficients of maximum wind speed with different averaging periods for landfall typhoons [J]. Journal of Tropical Meteorology, 2016, 32(1): 42-50.
- [16] 赵小平, 朱晶晶, 樊晶, 等. 强台风海鹰登陆期间近地层风特性分析 [J]. 气象, 2016, 42(4): 415-423.
- ZHAO X P, ZHU J J, FAN J, et al. Analysis on wind characteristics in surface layer during landfall of typhoon Kalmaegi [J]. Meteorological Monthly, 2016, 42(4): 415-423.
- [17] YING M, ZHANG W, YU H, et al. An overview of the China meteorological administration tropical cyclone database [J]. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 2014, 31 (2): 287-301.

### 作者简介:



CAI Y F

#### 蔡彦枫(通信作者)

1986-, 男, 广西柳州人, 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司高级工程师, 南京大学大气物理学与大气环境硕士, 主要从事电力工程水文气象条件评估工作 (e-mail) caiyanfeng@gedi.com.cn.

#### 黄增浩

1991-, 男, 安徽六安人, 南方电网科学研究院有限公司工程师, 硕士, 主要从事输电线路防风研究工作 (e-mail) 1287880567@qq.com.

#### 王海龙

1976-, 男, 山东滨州人, 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司高级工程师, 博士, 主要从事近海海洋水文级工程应用, 台风及电力工程防灾研究 (e-mail) wanghailong@gedi.com.cn.

(责任编辑 李辉)