

文章编号:1673-8411 (2015) 04-0034-04

广西钦州湾台风“启德”风场特征实测研究

何如^{1,2}, 周绍毅^{1,2}, 苏志^{1,2}, 李强^{1,2}

(1.广西气象服务中心, 南宁 530022; 2.广西气候中心, 南宁 530022)

摘要:利用在广西钦州湾设立的一座55m高测风塔上的超声风观测仪器,收集到台风“启德”影响过程的脉动风数据,对湍流脉动风场特征参数进行了分析研究,结果表明:(1)台风“启德”影响期间观测到的最大风速为 $26.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,过程风向由北风转向东北风、东风,过程转向幅度最大为 157° ,风攻角绝大部分在 $\pm 3^\circ$ 范围内;(2)三维方向的湍流强度平均值比值为1:0.73:0.50,湍流积分尺度分别为313m、224m、163m,表现为均匀平稳的湍流变化过程;(3)湍流功率谱在惯性副区内基本满足 $-5/3$ 律,其斜率随着风速的增大有减小的趋势。

关键词:台风“启德”;现场实测;脉动风场;湍流强度

中图分类号:P457.8

文献标识码:A

Measurement on Wind-Field Characteristics of Typhoon " Kai-tak" in Qinzhou Bay of Guangxi

HE Ru^{1,2}, ZHOU Shaoyi^{1,2}, SU Zhi^{1,2}, LI Qiang^{1,2}

(1.Guangxi Meteorological Service Center, Nanning 530022, China;

2.Guangxi Climate Center, Nanning 530022, China)

Abstract: Based on the field measurements, which is measured by the observation instruments of ultrasonic anemometer on a 55m-height wind tower in Qinzhou Bay of Guangxi, of the fluctuating wind field of Typhoon Kai-tak, the characteristics were analyzed. The results show that: (1) the maximum observed wind speed is $26.0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; the wind direction turned from N to EN and then to E with the maximum turning range of 157° and most of the wind attacking angel within $\pm 3^\circ$. (2) The average ratio of turbulence versus in 3 D direction is 1:0.73:0.50, the turbulence integral scales are 313m, 224m and 163m respectively with even and stable turbulence variation. (3) The turbulence power spectrum obeys the well-know $-5/3$ power law in inertial subrange, the slope of which appears a decreasing trend with the increasing the wind speed.

Key words: Typhoon Kai-tak; measurement; fluctuating wind field; turbulence intensity

1 引言

广西南部沿海地处低纬度,是我国台风灾害较为频繁的地区之一,平均每年影响广西的台风为5个,最多的年份达9个^[1],该地区几乎每年都会受到台风的袭击,由此带来的强风和暴雨等气象灾害对人民群众的生命和财产安全构成巨大的威胁。2012

年13号台风“启德”(Kai-tak)8月13日08时在菲律宾以东洋面生成,一路向西北偏西方向移动,强度逐渐加强,15日傍晚进入南海东北部海面,16日05时加强为台风,最强时中心附近风速达 $40\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右,17日12时30分前后,以13级台风的强度在广东湛江麻章区湖光镇登陆,14时30分前后移入北部湾北部海面后,台风中心穿过涠洲岛与北海之间

收稿日期:2015-03-18

基金项目:广西自然科学基金青年基金项目(2015GXNSFB139189)

作者简介:何如(1983-),女(侗族),广西柳州人,硕士研究生,从事气象能源开发与气候应用服务研究.E-mail:past014@163.com

继续西行,21时前后在中越边境的交界处沿海地区再次以12级台风强度登陆,18日在越南东北部地区逐渐减弱为热带低压^[2]。“启德”具有强度强、移速快、风雨大等特点,给广西南部沿海地区造成严重影响。

通过超声风测风仪开展对台风影响过程的风参数实测分析,是捕捉台风近地层风场特征的较为有效的方法之一^[3-6],能为台风影响地区防灾减灾的科学研究提供有益参考。根据在广西钦州湾设立的一座距地55m高测风塔,利用安装在43m高度处的超声风测风仪采集到台风“启德”过程的脉动风数据,分析研究台风“启德”影响期间近地层的湍流脉动风场特征,为开展台风“启德”对广西沿海地区的影响评估提供了有价值的实测参考依据。

2 实测概况

在广西钦州湾内湾、紧邻茅尾海入海口一座海拔17m高的平坦开阔小岛上设立了一座距地55m高的气象测风塔(图1),测风塔在距地43m高度层安装 Gill WindMaster Pro 三维超声测风仪对台风



图1 测风站地理位置示意图

的脉动风场进行观测。

2012年13号台风“启德”中心路径距离测风站约15公里。(图2)测风站对台风“启德”影响过程收集的数据完整,原始观测资料经过野点判别及插值订正后,全部分为长度为10分钟的分析样本。过程大风时段集中出现在2012年8月17日,选取8月17日全天24h的超声观测资料,对“启德”的脉动风场特性进行分析。

3 脉动风场参数计算分析

3.1 台风过程的风速风向和风攻角



图2 台风路径和测风站点

风攻角对建筑物特别是柔性结构物的影响比较突出,其长期作用会加速或加重结构的疲劳损害,强风时,风攻角的改变可能会对结构造成突然损伤甚至破坏^[7]。风攻角按下式计算:

$$U\sqrt{\overline{u(t)^2} + \overline{v(t)^2}}; \quad (1)$$

$$W = \overline{w(t)}; \quad (2)$$

$$WAA = \arctg \frac{W}{U}. \quad (3)$$

三维超声测风仪记录了台风“启德”2012年8月17日经过测风站附近时的强风影响状况。过程24h测风站在距地43m高度层的风速、风向变化见图3(a)、图3(b)。由图可见,台风“启德”到来之前,测站的风速较小,随着台风的接近,风速逐渐加大,之后随着台风远去,风速开始减小,过程最大风速为 $26.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,出现在8月17日19:20;过程风向由北风转向东北风、东风,过程转向幅度最大为 157° 。测风站观测到台风“启德”过程的风攻角绝大部分都在 $\pm 3^\circ$ 范围内(图3(c)),其对应的风速相对较小(图3(a))。

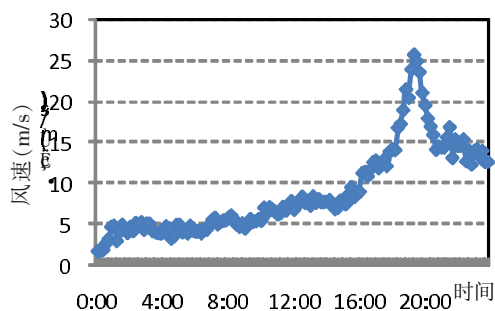
3.2 湍流强度和湍流积分尺度

湍流强度为某时距的脉动风速标准方差与平均风速的比值,计算公式为^[8]:

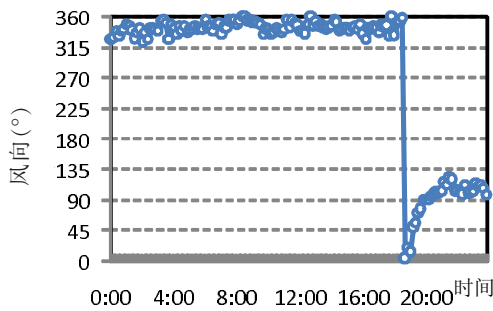
$$I_i = \sigma_i / U. \quad (4)$$

式中: $i=u, v, w$; σ_i 表示 u, v, w 方向的脉动速度 u', v', w' 的标准差; U 为某时距的子样本中风的主流方向的平均风速。

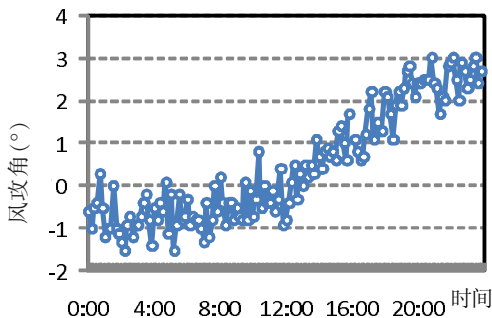
湍流积分尺度表示的是湍流的平均空间尺度,它表示总体湍流的平均大小。采用Taylor假设自相关函数法^[9],该方法假设脉动风速为平稳过程,其公



(a)2012 年 8 月 17 日“启德”风速



(b)2012 年 8 月 17 日“启德”风向



(c)2012 年 8 月 17 日“启德”风攻角

图 3 台风“启德”过程测风站的风速风向和风攻角

式为:

$$L_i^x = \frac{U}{\sigma_i^2} \int_0^\infty R_i(\tau) d\tau \quad (5)$$

式中: $R_i(\tau)$ ($i=u, v, w$) 为脉动风的自相关函数。

台风“启德”过程中 u, v, w 三维方向湍流强度平均值分别为 0.149、0.109、0.074, 其比值为 $I_u:I_v:I_w=1:0.73:0.50$, 与规范^[10]推荐的三个方向的湍流强度比值 $I_u:I_v:I_w=1:0.88:0.50$ 基本一致; 结合图 4a(见彩页)可见, “启德”影响期间测风站附近近地层湍流强度 u 方向最大、 v 方向次之、 w 方向最小。总体上看, 三维方向湍流强度变化比较稳定, 在大风时段的波动较小, 湍流强度值也较小。

图 4b(见彩页)为台风“启德”过程测风站附近 u, v, w 三维方向的湍流积分尺度, 三个方向最大空间尺度分别为 313m、224m、163m, 符合三维湍流积分尺度以纵向风最大, 横向风其次, 竖向风最小的变化规律。“启德”影响过程中, 测风站附近观测到的三维方向湍流积分尺度变化不大, 表现为均匀平稳的湍流变化过程, 满足 Taylor 假设自相关函数法的假定。

3.3 湍流功率谱

根据“kolmogrove-5/3 率”, 湍流功率谱在惯性副区 (频率大致为 0.1~5Hz) 的双对数坐标斜率应

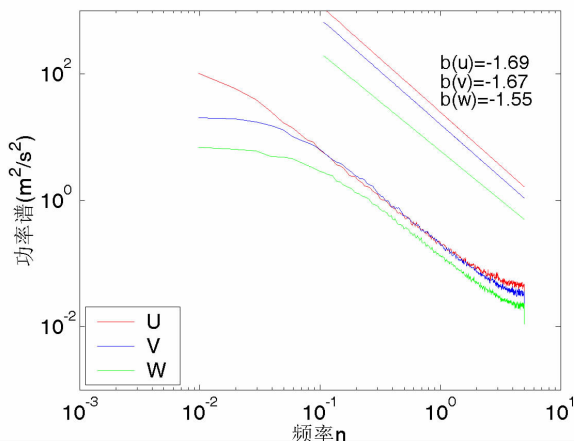


图 5 台风“启德”过程的湍流功率谱

为 $-5/3$ (约 -1.667)。因此对惯性副区的曲线进行幂函数拟合, 拟合函数模型设为:

$$y = p_1 x^{p_2} \quad (6)$$

在双对数坐标中有 $\log y = \log p_1 + p_2 \log x$, 拟合曲线表现为一条斜率为 p_2 的直线, 由“kolmogrove-5/3 率”可知 p_2 应在 $-5/3$ 左右。

选取台风“启德”过程的最大风速样本, 计算 u, v, w 三维各向脉动风功率谱, 结果见图 5。在拟合区间 0.1~5Hz 频率范围内, 分析惯性副区的湍流功率谱特征: 台风“启德”过程的大风湍流功率谱在惯性副区内基本满足 $-5/3$ 律, 没有出现明显偏离的现

象,并且满足各向同性的假设;“启德”过程的中心环流距离测风站较近,风速较大,对应的功率谱在惯性副区的斜率略低于 $-5/3$ 。可见,随着风速的增大,湍流功率谱斜率在惯性副区有减小的趋势。

4 结 论

根据设立在广西钦州湾的一座55m高的测风站,利用距地43m处的超声测风仪收集到台风“启德”影响期间测风站附近近地层的脉动风数据,通过对测风站实测台风过程的风攻角、湍流强度、湍流功率谱等脉动风参数进行计算分析,得到主要结论如下:

(1)台风“启德”影响期间,观测到的最大风速为 $26.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,出现在8月17日19:20;过程风向由北风转向东北风、东风,过程转向幅度最大为 157° ;风攻角绝大部分都在 $\pm 3^\circ$ 范围内,其对应的风速相对较小。

(2)台风“启德”三维方向湍流强度平均值分别为0.149、0.109、0.074,其比值为 $I_u:I_v:I_w=1:0.73:0.50$,三者变化比较稳定,在大风时段的波动较小,湍流强度值也较小;三维方向最大湍流积分尺度分别为313m、224m、163m,且三个方向湍流积分尺度变化不大,表现为均匀平稳的湍流变化过程,满足Taylor假设。

(3)台风“启德”过程的大风湍流功率谱在惯性副区内基本满足 $-5/3$ 律,没有出现明显偏离的现象,并随着风速的增大其斜率在惯性副区有减小的趋势。

参考文献:

- [1] CHEN Bo, DONG De-xin, CHEN Xian-yun, et al. Analysis of historical causes of tropical cyclones and their affecting on Guangxi coast based on data [J]. Marine Science Bulletin, 2014, 16 (1): 3-14.
- [2] 中国气象局.热带气旋年鉴(2012年) [M].北京:气象出版社,2013.
- [3] 李秋胜,戴益民,李正农,等.强台风“黑格比”登陆过程中近地风场特性 [J].建筑结构学报,2010,31

(4): 54-61.

- [4] 刘东海,宋丽莉,李国平,等.强台风“黑格比”实测海上风电机组极端风况特征参数分析和讨论 [J].应用气象学报,2011,27(3): 317-326.
- [5] 王旭,黄鹏,顾明.台风“梅花”影响下近地风脉动特性研究 [J].土木工程学报,2013,46(2): 54-61.
- [6] 刘科,韩湘逸,王修勇,等.台风“启德”登陆过程中近地风场特征 [J].湖南工程学院学报,2014,24(4): 62-66.
- [7] 宋丽莉,吴战平,秦鹏,等.复杂山地近地层强风特征分析 [J].气象学报,2009,67(3): 452-460.
- [8] 庞加斌,林志兴,葛耀君.浦东地区近地强风特性观测研究 [J].流体力学实验与测量,2002,16(3): 32-39.
- [9] FLAY R, STEVENSON D C. Integral length scales in strong winds below 20m [J]. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics.1984,28: 21-30.
- [10] 中交公路规划设计院.中华人民共和国交通部行业标准:公路桥梁抗风设计规范(JTG/TD60—01—2004) [S].2004.
- [11] 肖仪清,孙建超,李秋胜.台风湍流积分尺度与脉动风速谱—基于实测数据的分析 [J].自然灾害学报,2006,15(5): 45-53.
- [12] 顾明,匡军,全涌,等.上海环球金融中心大楼顶部风速实测数据分析 [J].振动与冲击,2009,28(12): 114-118,122.
- [13] 刘尉,吴艳标,王志春.强热带风暴“北冕”登陆前后的风场变化 [J].广东气象,2009,31(3): 10-12.
- [14] 黄静,李海鹰,吴嘉豪.用风廓线资料分析热带气旋“帕布”的风场结构 [J].广东气象,2009,31(1): 5-8.
- [15] 林良根,罗森波,林少冰.不同天气类型广州新电视塔高层风速与地面风速的比较分析 [J].气象研究与应用,2014,35(1): 1-6.
- [16] 黄雪松,廖雪萍,覃卫坚.广西热带气旋特征变化与灾损变化态势 [J].气象研究与应用,2014,35(1): 1-6.
- [17] 王军君,陈见,梁维亮.1213号台风“启德”路径和暴雨成因分析 [J].气象研究与应用,2013,34(A01): 9-11.
- [18] 黄莉莉.两个移速快、强度强、路径相似的台风过程分析 [J].广东气象,2010,32(5): 5-7.