

海上风电场防台风措施研究

戎晓洪

(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)

摘要: 广东省珠江口海域每年7月至9月为台风雨季,是西太平洋、南海形成的台风经常登陆之地。根据广东省珠江口地理位置和自然条件,针对本区域台风分布、风机抗台风策略设计、风电场设计时需要考虑的预防措施等内容进行了详细阐述,对新建的海上风电场工程从设计角度提出防台风措施要求,可为在台风频发海域的海上风电场建设提供参考。

关键词: 海上风电; 台风; 基础结构; 风机

中图分类号: TM315

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2016)S1-0077-05

Study on Typhoon Prevention Measures of Offshore Wind Farm

RONG Xiaohong

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

Abstract: During July and September each year, typhoon and rain often happen in Pearl River Estuary at Guangdong Province, where the typhoon from Western Pacific and South China Sea often lands. According to the geographical location and natural condition of Guangdong Province, this paper describes the typhoon distribution in this area, design of turbine's anti typhoon strategy and prevention measurements needed to consider during design of wind farm. From view of design, it also introduces some typhoon prevention measurements for new offshore wind farm. It provides a reference for the construction of offshore wind farm where typhoon often happens.

Key words: offshore wind; typhoon; foundation; turbine

广东省珠江口海域每年7月至9月为台风雨季,是西太平洋、南海形成的台风经常登陆之地。台风对工程建设会产生影响,并可能造成一定程度的经济损失,应引起各方重视。本文以新建的海上风电场工程防台风设计为例,针对广东区域台风分布的自然条件、气候特征和主要气象要素,风机抗台风策略设计,风电场设计时需要考虑的预防措施等内容进行了研究,可为台风频发海域的海上风电场建设提供参考。

1 自然条件、气候特征和主要气象要素

1.1 气候特征

广东省沿海海域春夏秋冬气候各异,春季是全年天气多变的季节,季内以偏东风为主,风向多变,气温变幅大;夏季,5月至6月是雨季的前汛期,珠江口海域高空处于西太平洋副热带高压脊的西北侧,常受高空低压槽的影响,多暴雨、骤雨等强对流天气,雨量增多。盛夏,从7月至9月中旬,为台风盛行期,受热带天气系统影响,每年在南海和西太平洋形成的热带气旋,有时会袭击和影响珠江口海域,并常因台风暴雨而成灾。

珠江口海域濒临南海,后汛期常受热带风暴的影响则以台风雨为主,暴雨强度大。夏秋季的4—9月为热带风暴活动季节,尤以7—9月最为活跃。珠江口海域周边有横澜岛气象站、珠海气象站和斗

收稿日期: 2015-07-30

基金项目: 中国能建广东院科技项目“海上风电场前期、建设期EPC总承包风险管控与投融资管理”(EV03461W)

作者简介: 戎晓洪(1968),男,广东广州人,高级工程师,学士,主要从事电力工程项目管理工作(e-mail) rongxiaohong@gedi.com.cn。



图1 各气象站相对位置示意图

Fig. 1 Relative position of each weather stations

斗门气象站, 横澜岛具有长期风速观测资料, 比较适宜作为珠江口海域风资源评估的参证站。观测结果显示, 过去数十年横澜岛的风速并没有明显变化趋势。与之形成鲜明的对比是城市气象站风速明显受到城市化和观测环境变化的影响, 风速呈现明显下降趋势。图1表示珠江口海域各气象站的分布。

由图2可以看出, 横澜岛气象站风向主要集中在 $N \sim E$ 方向扇区之间, 其中 E 向为主导风向, ENE 和 N 向为次主导风向。年盛行风向和季节变化基本一致, 夏季盛行东南风, 冬季以东北风为主。

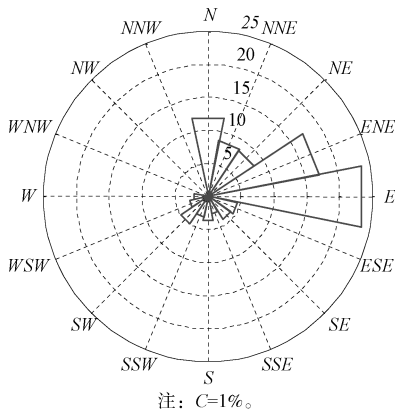


图2 横澜岛气象站多年平均风向玫瑰图

Fig. 2 Average wind direction rose diagram for many years of henglan island

1.2 热带气旋

有研究表明, 热带气旋最大风速半径(热带气旋最大风速处距其中心距离)约为 $15 \sim 90$ km, 热带气旋发展过程中最大风速半径会不断变化, 不同特性、强度的热带气旋, 其最大风速半径也会

不同。

众多热带气旋中, 0812号台风“鹦鹉”和1208号台风“韦森特”这两个台风对珠江口海域影响较大且具有较完整的观测资料。其中, “鹦鹉”是2008年度正面袭击珠三角现场测风区域的最强台风, 其台风中心穿越现场测风区域; “韦森特”则是2012年对珠江口海域影响最大的台风。

1.2.1 台风“鹦鹉”

0812号台风“鹦鹉”于22日16时55分在香港西贡沿海地区登陆, 登陆时中心附近最大风力12级, 登陆后迅速减弱为强热带风暴, 当晚22时10分在中山再次登陆, 登陆时最大风力达10级, 是2008年度正面袭击珠三角现场测风区域的最强台风。三角岛1号测风塔距离“鹦鹉”中心路径最近约38 km。

1.2.2 台风“韦森特”

1208号台风“韦森特”于24日04时在台山市赤溪镇登陆, 登陆后向西北偏西移动。“韦森特”是2012年登陆广东省最强的热带气旋, 具有“路径曲折、近海加强、风大雨强”的特点。

研究台风对风力发电机等高耸构筑物的影响主要是研究台风过程的强风特性。根据热带气旋等级划分标准和台风系统的风场结构特点, 判断台风中心眼区是否经过观测点的条件为同时满足以下两点: (1)台风过程出现的8级以上强风(10 min 平均风速 ≥ 17.2 m/s)风速时程曲线呈明显的“M”型双峰分布, 双峰之间的底部出现小于11 m/s(5级)的风速(近地层); (2)台风过程8级以上强风(10 min 平均风速 ≥ 17.2 m/s)风向角发生大幅度的连续转

换达到 120°以上。依据上述台风强风数据代表性判别条件，对“韦森特”的过程观测数据进行判别。

三角岛 2 号塔距离台风“韦森特”中心路径约 65 km，在 8 级以上强风区内风速时程有不明显非对称的“M”型变化特征，10~80 m 高度层的最大风速在 29.2~36.4 m/s 之间，“M”型底部的风速较大(超过 18 m/s)。强风区内各层风向的转向角度介于 71°至 77°之间，幅度较小(见图 3)。由此判断，台风“韦森特”中心眼区未正式穿过三角岛 2 号塔，但眼区边缘擦过该测风塔。

大头洲测风塔距离台风“韦森特”中心路径约

60 km，较前两个测风塔稍近一些，在 8 级以上强风区内风速时程有明显非对称的“M”型变化特征，前面的峰值风速明显大于后面的峰值风速，10~100 m 高度层(90 m 高度层风向、风速资料异常，未予采用)前面的峰值风速在 33.0~43.1 m/s 之间，后面的峰值风速在 24.8~33.3 m/s 之间，“M”型底部的风速较大(除 10 m 高度较小为 13.2 m/s 外，其余均超过 17 m/s)。强风区内 10 m 和 50 m 高度层的风向转向角度介于 130°至 150°之间(见图 4)。由此判断，台风“韦森特”中心眼区擦过大头洲测风塔。

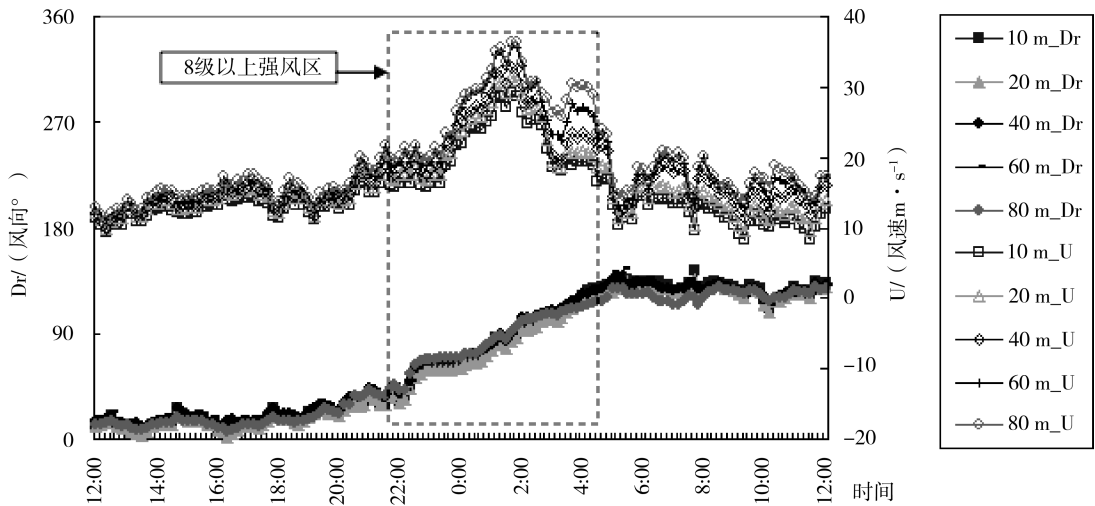


图 3 三角岛 2 号塔观测的台风“韦森特”强风过程曲线

Fig. 3 Process curve of tropical storm vicente measured by No. 2 anemometer tower in sanjiao island

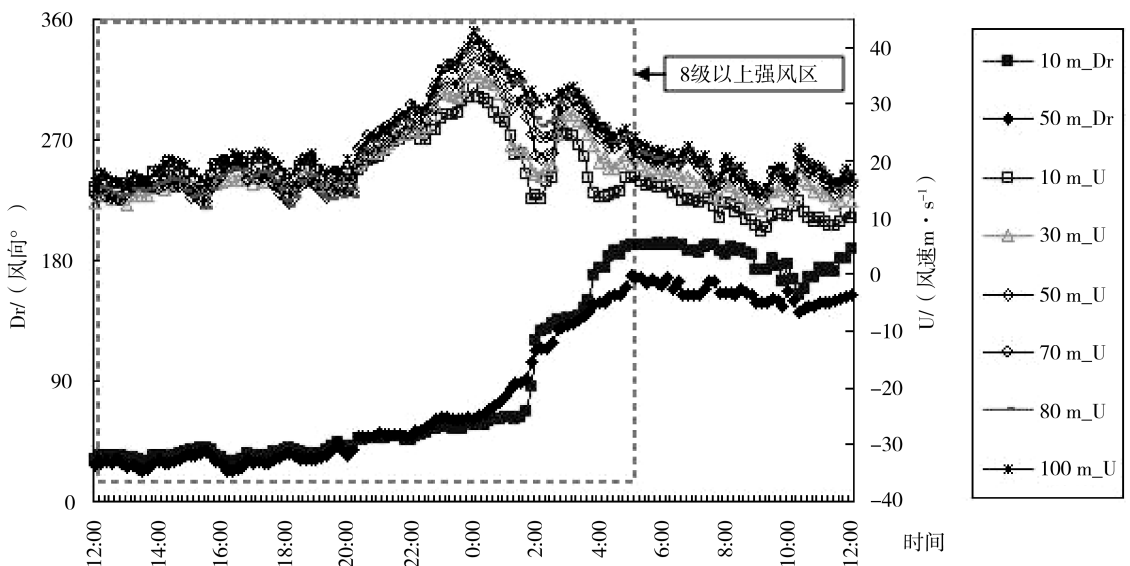


图 4 大头洲测风塔观测的台风“韦森特”强风过程曲线

Fig. 4 Process curve of tropical storm vicente measured by anemometer tower in datouzhou island

根据以上分析判断, 1208 号台风“韦森特”的中心眼区擦过上述三个观测塔, 影响风速较大, 其强风特性具有较高的参考价值。

2 台风对海上风电场影响

台风对风力发电机组的破坏机理主要是对设备结构的静载荷和动载荷叠加效应。台风对风力发电机组的破坏有以下几种:

1) 台风会破坏叶片表面, 轻则影响叶片气动性能, 产生噪音, 严重的将因此破坏叶片表面强韧性由此降低叶片整体强度。

2) 台风带来的狂风暴雨对陆上输电线路的破坏非常严重, 轻则出现小故障, 重则损坏设备以及导致整个系统崩溃。

3) 破坏测风装置, 使风力发电机组不能正确偏航避风, 给机组带来很大危害。

4) 台风施加在设备上的静力效应和动力效应共同作用下, 不断施加疲劳荷载, 最后达到或者超过叶片和塔架的设计荷载极限, 轻则引起部件机械磨损, 缩短风力发电机组的受命, 严重的使叶片损坏及塔架倾覆。

我国东南沿海是风能资源丰富的地区, 但该地区夏秋季台风多发还伴有雷击, 易对风电场带来极大的破坏。台风对风电机组的主要损坏有: 叶片因扭转刚度不够而出现通透性裂纹或被撕裂; 风向仪、尾翼被吹毁; 偏航系统受损等。

历史的经验教训给我们很好的借鉴, 做好防风措施是减低台风对工程损失的最好途径。要使台风对工程影响减至最低, 必须首先从设计上做好防患措施。

3 防台风措施

3.1 风电场设计

充分利用风能资源, 减少台风给风电场带来的损失, 不仅要求风电机组要考虑抗台风设计, 同时前期的风电场设计时也要进行深入的考虑和相关的技术保证。

3.1.1 风力发电机组微观选址的前期预防

在风电场前期设计过程中, 进行风机机位微观选址时, 尽量将风机布置在风机高度范围内风垂直切变值及地面粗糙度都较小、各种风况下都不容易形成端流的地方, 在海上, 一般主要避免风机之间

形成较大的湍流。

3.1.2 提高供电可靠性和配备备用电源

只有在供电正常的情况下, 风电机组才可能始终处于可控状态, 确保安全运行。供电可靠分输电海缆可靠和供电电源可靠。海缆分送出海缆和场内集电线路海缆, 一般而言, 海缆对由于埋在泥面以下, 台风对其影响较小, 主要是陆上集控中心的架空线路会受台风影响较大, 需加以考虑。

3.2 基础结构设计

从以往经验, 只要结构设计严格执行国家规范规定对风载取值进行设计, 尚未出现因结构不能满足抗台风要求而出现破坏的情况。

根据最新的 DNV-OS-J101 规范^[1], 一般海上风电机组基础的设计级别为正常安全等级, 为了保证基础的安全性, 将基础设计的安全水平提升到高安全水平也是明智的。

此外, 海上风机基础受波浪、海流、风荷载等多种荷载作用, 基础结构设计、施工以及风机安装均严重受其影响。如何选择一种适应于台风高发区的高强度、刚度的风机支承结构, 确保整体结构的频率特性以及在极端海况下的结构的转角、位移满足要求, 需要在风机基础设计时加以考虑。

3.3 设备的设计

性能可靠的测风仪器是提高风能利用率和机组安全运行的保证。使用受风面积小、不易受破坏且能精确测量风速、风向的红外超声波感应仪, 它能不间断的向风机控制系统提供可靠的风速、风向等气象数据, 在保证设备合理采能及安全运行的同时还能收集台风信息, 积累丰富的现场第一手资料为研究和防范台风做资料储备; 也可设置智能偏航控制装置用以降低强风所增加的机组载荷。

选用高强度的叶片。台风施加在叶片上的静力效应和动力效应共同作用下不断施加疲劳荷载, 最后达到或者超过叶片和塔架的设计荷载极限, 轻则引起部件机械磨损, 缩短风力发电机组的寿命, 严重的使叶片损坏及塔架倾覆。针对台风频发海域的海上风电场风机应选择 IEC I 类及以上标准的风机。

根据 IEC 规范^[2], 机组载荷工况 DLC6.1、6.2、7.1 为极端风速工况, 机组保持处于上述停机自保护状态时, 叶片根部、塔架底部的载荷, 叶片、塔架和基础设计的极限载荷即以此载荷为输入

条件, 因此机组要能保证在台风模式下自身的安全。塔架和基础也需根据 70 m/s, 3 s 的极限载荷进行的载荷计算与设计, 完全满足抗台风的设计要求。

叶片的选用考虑了最大可能适合沿海风电场的风能资源, 采取了抗台风、防盐雾、抗雨和抗沙尘的措施。叶片材料自身具备抗腐蚀和抗盐雾能力, 同时叶片有充分的涂层, 其前缘做了防腐蚀处理。其外表涂敷丙烯酸聚氨酯抗紫外线的涂层, 有效地提高了叶片抗老化性能。

以上设计措施大大减少了台风对叶片表面的破坏, 影响叶片气动性能, 从设计源头防止台风原因破坏叶片表面强韧性, 由此降低叶片整体强度。

3.4 风机抗台风控制策略设计

抗台风控制策略设计的要点包括手动进入“台风模式”和自动进入“台风模式”两项。

3.4.1 手动进入“台风模式”

当接收到台风预报后, 风电场中央监控室通过登录风机控制系统, 通过人机交互界面操作, 风机进入台风控制模式。

3.4.2 自动进入“台风模式”

风机还可以通过气象环境传感器测量风速大小来自动激活台风停机程序, 该程序具有最高优先权, 激活条件是瞬时风速达到 30 m/s 或 10 s 风速均值达到 25 m/s 时, 风机自动停机, 机组进入自

我保护状态, 其主要过程由以下几个部分组成:

1) 停机过程描述: 风速过大——主控程序将触发风机的台风停机程序——变浆系统工作使叶片顺浆至 90 度——在叶片变浆和告诉轴制动器作用下叶片停转——转子制动器和液压转子锁定装置激活——液压风轮锁定装置将风轮锁定在水平位置。

2) 偏航制动器动作: 机组偏航制动器为失电制动设计, 在台风(大风)状态下, 机组与电网脱离, 偏航制动器保持全压, 以保护偏航传动机构及控制机组部件承受的惯性力。

3) 台风过后重启动: 当台风风速降到应速度以下时, 风机由台风停机状态切换到启动状态。

4 结论

台风对工程建设会产生影响, 并可能造成一定程度的经济损失, 应引起各方重视。但只要从项目前期选择、设计、施工及现场管理上采取有效预防措施, 尤其是设计阶段, 那么台风的影响还是可有效预防, 并将损失控制在最低限的。

参考文献:

- [1] DNV. Offshore standard, design of offshore wind turbine structures; DNV-OS-J101 [S]. Norway: Det Norske Veritas, 2007.
- [2] IEC. Wind turbines-part 1: design requirements; IEC 61400-1 [S]. Switzerland: IEC, 2005.

(责任编辑 高春萌)

(上接第 76 页 Continued from Page 76)

2 结论

相对其他常规发电设备, 风机运行环境十分恶劣, 不仅不同地域、不同风电场千差万别, 即使同一风场的不同机位间风机也有很大差异性, 特别是山地风电场更是如此。因此, 在日常风机运行维护中我们只有通过仔细观察、用心研究分析, 在这样差异性中找出共性, 同时在共性中发现差异性, 不断摸索找规律, 找出设备故障真正的内在因素进行改进, 才能真正消除故障, 提高设备可靠性。

参考文献:

- [1] 刘振伟. V52-850 kW 风力发电机组安装 [J]. 电力建设, 2007, 28(2): 38-42.
- LIU Z W. Installation of V52-850 kW wind turbine-generators

[J]. Electric Power Construction, 2007, 28(2): 38-42.

- [2] 田忠刚, 聂静媛, 李志如. Vestas V52-850 kW 风力发电机吊装技术 [J]. 包钢科技, 2010, 36(Supp. 1): 58-61.
- TIAN Z G, NIE J Y, LI Z R. Hoisting technology for V52-850 kW wind driven generator [J]. Science & Technology of Baotou Steel, 2010, 36(Supp. 1): 58-61.
- [3] Vestas. V-52 风机运行维护手册 [S]. Aarhus, Denmark: Vestas, 2010.
- [4] Vestas. V-52 风机运行检修手册 [S]. Aarhus, Denmark: Vestas, 2010.
- [5] Vestas. V-52 风机系统工作原理图 [S]. Aarhus, Denmark: Vestas, 2010.
- [6] FT Technologies. FT702LT 超声波传感器工作手册 [S]. Teddington, England: FT Technologies, 2014.
- [7] Vall. 齿轮箱运行维护手册 [S]. [S. 1]: [s. n.], 2014.

(责任编辑 黄肇和)