

[环保·安全]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2012.06.028

基于 WAsP 模式的风电场安全等级评估

谈宏飞, 王 茜, 徐 璋*, 钟英杰

(浙江工业大学 能源与动力工程研究所, 浙江 杭州 310014)

摘 要:首先根据《全国风能资源评价技术规定》中的极值 I 型概率分布方法估算定海气象站 10 米高度的 50 年一遇最大 10 分钟平均风速。然后通过拟合计算,确定该气象站最大 10 分钟风速和极大 3 秒风速的相关性,由此计算出气象站 50 年一遇的极端最大风速。然后以此为依据,采用 WAsP 模式模拟岑港风电场各风力机机位机轮毂高度处的 50 年一遇的极端最大风速。最后通过各风力机机位机轮毂高度处的 50 年一遇的极端最大风速确定风力机机型等级。图 1 表 3 参 9

关 键 词:风电场;安全等级;WAsP 模式;最大风速;极大风速

中图分类号:TK89;X924.4 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2012)06-0102-04

Safety Class Evaluation of Wind Farm Using WAsP Model

TAN Hongfei, WANG Qian, XU Zhang*, ZHONG Yingjie

(Institute of Energy and Power Engineering, Engineering Research Center of Pulse Technology,
Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

Abstract: According to the *national wind energy resource assessment of technical regulations*, 10-minute averaged maximum wind velocity of 10-meter-height during 50 years at Ding-hai meteorological station is estimated using extreme value I-type probability distribution method in this paper. The results are used for determining the extreme wind velocity during 50 years by the fitting correlation of 10 minutes averaged maximum wind velocity and extreme wind velocity. Then the extreme wind velocity at hub height of the wind turbine in CenGang wind farm is simulated with WAsP model, by which the safety class of the wind turbines is determined. [Ch, 1 fig. 3 tab. 9 ref.]

Key words: wind farm; safety class; WAsP mode; maximum wind velocity; extreme wind velocity

0 引言

风能作为一种可再生的清洁能源,越来越受到重视。开发风能已经成为解决能源和环境问题的一个重要选择^[1]。从风能的角度来看,风资源的最显著特征是其变化性^[2],所以进行风能的开发利用和风电场的建设,首先要知道风资源的时空分布状况,即进行风能资源评估,风能资源的评估是风电场建设成败的关键^[3]。风能的蕴量巨大,具有大能量、变化性等特点^[4],以至于会对风电场造成很大的破坏性,影响风电场的安全性。例如,1998年12月竣工并投入运行的浙江苍南鹤顶山风电场工程一期使用的2台丹麦 Nordtank 500 kW 风力发电机组和二期使用的德国

Vestas 公司的 15 台 600 kW 风力发电机组,在 2006 年 8 月的“桑美”超强台风中全部受损,其中 5 台倒塌^[5],造成了巨大经济损失。所以其中对风电场的安全等级进行评估尤为重要,成为建设风电场的基础性工作。

应用丹麦风能资源评估软件 WAsP,通过对浙江省舟山市岑港风电场的 WAsP 模型的计算分析,对该风场的安全性进行了探讨。

1 风电场的等级划分

根据 IEC61400-1-2005 规定,风电场 50 年一遇的最大风速和极大风速是决定风电机组极限载荷的关键指标^[6]。最大风速是指 10 分钟内的平均风速,极大风速是指 3 秒内的平均风速,并且极大风速的确定关系

收稿日期:2012-04-19;修回日期:2012-05-15

作者简介:谈宏飞(1987),男,浙江德清人,浙江工业大学热能工程硕士研究生,主要研究方向为新能源开发与利用。E-mail: tan_hongfei@126.com

到风机能否在风电场中安全运行^[7-8]。按照 50 年一遇的极端最大风速范围,风电场安全等级分为 3 级,见表 1,对应的风机等级类型也有 3 级。

表 1 风电场安全等级划分表

Table 1 Table of the safety class evaluation of wind farm

IEC 等级	50 年一遇极端最大风速(3 s)/(m·s ⁻¹)
1	<70.0
2	<59.5
3	<52.5

50 年一遇的极端最大风速越大,需要的风机等级也越高。虽然风机的抗风性增强,但是造价也相应提高,所以准确地计算出各个风力机组轮毂高度处的 50 年一遇极大风速,对风机机型确定、排除安全隐患、提高风电场安全性意义重大。文中将在实测测风数据进行分析的基础上,建立气象站最大风速与极大风速的关系,用 WAsP 软件模拟计算各个风机机位轮毂高度处的 50 年一遇极端最大风速,分别确定每个风机的安全等级,以提高风电场建设的安全性,为安全合理地利用风能资源提供可靠依据。

2 50 年一遇的极大风速的计算

我国现在风电项目开发中,多用 2004 年发改能源颁布的《全国风能资源评价技术规定》中的极值 I 型概率分布方法估算有长期资料的气象站 10 米高度的 50 年一遇最大 10 分钟平均风速。再确定该气象站 10 分钟最大风速和 3 秒极大风速的相关性,计算出气象站 50 年一遇的极端最大风速。然后以此为依据,推算风电场各机位 50 年一遇的极端最大风速。

2.1 测风站 50 年一遇的最大风速

《全国风能资源评价技术规定》^[9]中测风站 50 年一遇最大风速的年最大值 x 采用极值 I 型的概率分布,其分布函数为

$$F(x) = \exp\{-\exp[-\alpha(x-u)]\} \quad (1)$$

其中, u —分布的位置参数,即分布的众值; α —分布的尺度参数。

分布的参数与均值 μ 和标准差 σ 的关系按下式确定

$$\begin{cases} \mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i \\ \sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (v_i - \mu)^2} \\ \alpha = \frac{c_1}{\sigma} \\ u = \mu - \frac{c_2}{\alpha} \end{cases} \quad (2)$$

其中, v_i 为连续 n 个年最大风速样本序列($n \geq 15$)

通过中国气象科学中心数据,选取国家基准舟山定海气象站 1980 ~ 2009 年的连续 30 年的年最大风速资料。

若记该最大风速序列为: $v_1, v_2, \dots, v_{30}$,查表 c_1 取 1.112 38, c_2 取 0.536 22。代入公式(2),则 μ 和 σ 的值可按下式计算

$$\begin{cases} \mu = \frac{1}{30} \sum_{i=1}^n v_i \\ \sigma = \sqrt{\frac{1}{29} \sum_{i=1}^n (v_i - \mu)^2} \\ \alpha = \frac{1.112\ 38}{\sigma} \\ u = \mu - \frac{0.536\ 22}{\alpha} \end{cases} \quad (3)$$

则测风站 50 年一遇最大风速 v_{50_max} 的计算公式转化为

$$v_{50_max} = u - \frac{1}{\alpha} \ln \left[\ln \left(\frac{50}{50-1} \right) \right] \quad (4)$$

由于公式(3)和(4)计算时工作量比较大,所以采用 MATLAB 辅助计算,通过计算,定海测风站 10 米高度 50 年一遇的最大风速为 26.18 m/s。

2.2 气象站最大风速和极大风速的关系

通常认为 3 秒极大风速为 10 分钟平均风速的 1.4 倍,但这种方法的问题是,不同的地形存在差异;另外,风电场内不同高度风速的相关性都是随着风速的增大而变化的。文中选用定海气象站 2008 年全年的日值数据作样本,通过拟合得到该测风站最大风速和极大风速之间的数学关系式为 $y = 1.7612x - 0.5922$, x 为 10 分钟最大风速, y 为 3 秒极大风速,如图 1 所示。

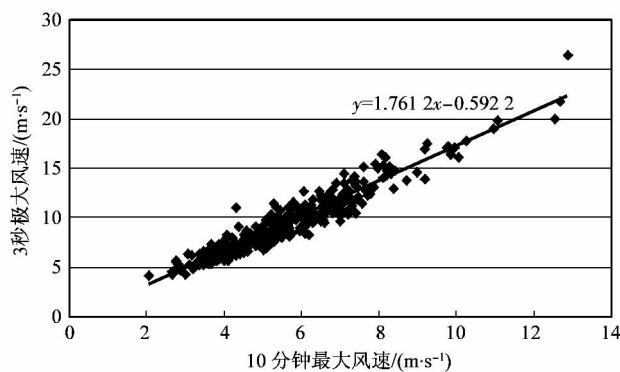


图 1 10 分钟最大风速与 3 秒极大风速相关曲线

Figure 1 Related curve of the 10min maximum wind velocity and 3s extreme wind velocity

根据 10 分钟最大风速与 3 秒极大风速的函数关

系式,结合上节该站点 10 米高度 50 年一遇最大风速 26.18 m/s,计算得到定海测风站 50 年一遇的极大风速为 45.52 m/s。

2.3 风电场 50 年一遇极端最大风速

风电场安全等级是以整个风电场而言,但是由于每个风机所处地形和海拔差异,舟山岑港风电场马目山的 23 个风力发电机组的风速必有差异,准确地计算出各风力机轮毂处的 50 年一遇极端最大风速,既可以确保不同机位的各个风机均能安全运行,又可以对整个风电场综合布局,按实际情况确定不同区域安装风机的等级和机型。这样既可确保风电场免受灾害性天气的破坏,提高风电场的安全性,又提高了经济性。下面应用 WAsP 软件根据测风站 50 年一遇的极大风速模拟各风力机轮毂处的 50 年一遇的极端最大风速。

依照黑龙江省电力勘察设计院张江华等提出的方法,将测风站主导风向上的所有风速资料用 50 年一遇的极端最大风速值替换。采用 WAsP 模式模拟风电场各风力机机位轮毂高度处的 50 年一遇的极端最大风速。

本例中测风站主导风向为东南风,位于风向 16 方位图的第 7 方位。测风数据为 2008 年 1 月 1 日至 2010 年 12 月 31 日 3 年的日值测风资料,只是主导方向上的风速用 50 年一遇的极大风速为 45.52 m/s 替换,这样共进行了 187 处替换,通过 WAsP 模式对 5 号机位的计算,其轮毂高度各方位的风速计算结果如表 2 所示。该机位 50 年一遇的极端最大风速即第 7 方位的风速值,为 49.28 m/s。

表 2 5 号机位轮毂高度风速计算结果

Table 2 Result of the wind velocity on number five machine wheel height

序号	扇区		区域风气候/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)		
	角度/(°)	频率/%	威布尔尺度参数(W-A)	威布尔形状参数(W-k)	风速/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
1	0	6.8	3.1	2.79	2.80
2	22.5	9.6	2.9	2.35	2.57
3	45.0	6.9	2.5	2.43	2.20
4	67.5	10.4	2.0	2.34	1.79
5	90.0	1.4	2.9	2.04	2.53
6	112.5	3.0	2.2	1.92	1.94
7	135.0	17.1	45.8	64.00	49.28
8	157.5	12.6	3.0	2.16	2.69
9	180.0	3.0	2.1	1.64	1.91
10	202.5	1.9	1.6	1.90	1.39
11	225.0	0.6	1.2	2.72	1.11
12	247.5	0.4	1.6	2.29	1.40
13	270.0	2.5	1.6	1.81	1.46
14	292.5	2.6	2.2	2.15	1.97
15	315.0	12.3	3.7	0.82	4.11
16	337.5	8.9	2.7	2.39	2.41

同样的方法,也可以得到其他机位的轮毂高度处 50 年一遇的极端最大风速。最终马目山风电场 23 台风力发电机组各机位 50 年一遇极端最大风速的计算结果见表 3。

表 3 风场各机位 50 年一遇极端最大风速(3s) 计算结果

Table 3 Result of the 3s extreme wind velocity of each machine

机位号	极端风速/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	机位号	极端风速/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
1	51.32	13	50.00
2	53.69	14	48.01
3	52.68	15	51.96
4	52.64	16	52.29
5	49.28	17	51.36
6	49.57	18	50.42
7	52.08	19	49.44
8	53.62	20	46.59
9	51.11	21	45.48
10	50.76	22	48.64
11	49.95	23	53.79
12	49.44	-	-

从表中可以看出,不同机位处,即不同的坐标和海拔处的 50 年一遇极端最大风速值存在差异,该值将成为我们最终确定风力机机型等级的依据。

3 风力机机型等级的确定

风场各机位 50 年一遇的极端最大风速已经确定,结合表 1 风机等级和 50 年一遇极端最大风速的对应关系,可知 2、3、4、8、23 号机位风机等级为 IEC2 级,其他 18 个机位为 IEC3 级。

4 结论

对舟山岑港风电场马目山区域布置的风电机组进行灾害风速计算,对风电场进行了安全评估,主要结论如下:

1) 取舟山定海气象站 1980 ~ 2009 年连续 30 年的年最大风速,根据《全国风能资源评价技术规定》计算出定海测风站 50 年一遇最大风速为 26.18 m/s。然后依据 2008 年全年日风速中最大风速和极大风速的拟合关系式确定出该站位置 10 米高度 50 年一遇的极大风速为 45.52 m/s。最后应用 WAsP 软件模拟计算出马目山各机位轮毂高度处 50 年一遇的极端最大风速值。

2) 根据风电场安全等级划分,确定出马目山 23 个机位处有 5 个机位的安全等级为 IEC2,其他 18 个机位的安全等级为 IEC3。

(下转第 109 页)

[环保·安全]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2012.06.029

PE埋地管道气密性试验过程中瞬态温度场的数值模拟

祝新伟¹, 卢志明², 徐松强³, 沈美华¹, 杜斌康²

(1. 嘉兴市特种设备检测院, 浙江 嘉兴 314001; 2. 浙江工业大学 机械工程学院, 浙江 杭州 310014;
3. 嘉兴市燃气集团有限公司, 浙江 嘉兴 314033)

摘要:建立了气密性试验过程中PE埋地管道的传热模型,采用有限元软件数值模拟方法,对埋地管道和土壤系统的温度场分布进行了瞬态数值模拟分析。比较了不同管内介质温度对周围温度场的影响。结果表明,在气密性试验开始时,管内气体温度急剧下降,30 min后管内外温度基本达到平衡,管内气体温度保持恒定;随着管内气体温度升高,管内外温度达到平衡所需要的时间增加,且土壤受管内气体温度影响范围增大。图5表2参10

关键词:埋地管道;气密性试验;温度场;数值模拟

中图分类号:TE832;TP391.9

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2012)06-0105-05

Numerical Simulation of the Transient Temperature Field for Buried PE Pipeline During the Air-Tight Test

ZHU Xinwei¹, LU Zhiming², XU Songqiang³, SHEN Meihua¹, DU Binkang²

(1. Jiaxing Special Equipment Inspection Institute, Jiaxing 314001, Zhejiang, China;

2. College of Mechanical Engineering, Zhejiang University of Technology Hangzhou 310014, China;

3. Jiaxing Gas Group Co., Ltd., Jiaxing 314033, Zhejiang, China)

Abstract: The paper set up heat transfer model of the PE buried pipeline during the air-tight test, adopted finite element software transient numerical simulation analysis for the temperature distribution of buried pipeline and earth system. Compared the influence of medium temperature in different tubes on temperature field around. The results show that at the beginning of gas tight test, the temperature in the pipe drops sharply, after 30 minutes the temperature of inner and outside of the tube reach balance basically, the gas temperature of inner tube keeps constant. With gas temperature of inner tube rises, the the time for reaching balance of inner and outside of the tube temperature will increasing, as well as the influence scope of inner tube gas temperature on earth is increased. [Ch, 5 fig. 2 tab. 10 ref.]

Key words: buried pipeline; air-tight test; temperature field; numerical simulation

0 引言

埋地管道运输油气在国民经济中占有重要的地位,而管道发生泄漏事故极其危险,除了损失油气产品之外,还会酿成爆炸或火灾事故,严重威胁管道沿线国家和人民的生命财产安全^[1]。因此,管道的气密性检测是管道生产管理中的重要环节。但实际检测过程

中,管内压力随温度变化而变化,因此,即使管道没有发生泄漏,也会由于温度变化而产生压降,导致无法准确判断管道的气密性。

通过建立土壤和管道的物理模型,实际模拟温度场随时间的变化,得到管内介质不同时刻的温度分布,可以准确地预测管道内介质由于温降造成的压降,有

收稿日期:2012-08-03;修回日期:2012-08-27

基金项目:国家质检总局科技计划项目(2011QK146)

专利项目:嘉兴市特种设备检测院,浙江工业大学,嘉兴市燃气集团有限公司.埋地燃气管道严密性试验方法和系统(201120439156.1)

作者简介:祝新伟(1967),男,浙江嘉兴人,高级工程师,主要从事压力容器安全技术研究。E-mail:zhuxinwei@126.com