

P-Ⅲ型和极值Ⅰ型分布曲线在最大风速计算中的应用

庞文保 白光弼 滕跃 王骊华

(陕西省气象局气象科技服务中心, 西安 710015)

摘要 P-Ⅲ型和极值Ⅰ型分布曲线是国内外采用的最大风速极值计算方法。用陕西省乾县和扶风两个气象站 1972~2004 年 10 min 平均最大风速资料, 用 P-Ⅲ型、极值Ⅰ型分布曲线进行 30 年一遇和 50 年一遇自记 10 min 平均最大风速的极值推断。分析结果表明: P-Ⅲ型、极值Ⅰ型分布曲线可根据经验散布点与理论曲线拟合程度反复调整计算参数, 特别应注意小概率事件的拟合, 能使理论曲线拟合满足设计部门的要求, 比较好用。

关键词 工程气象保障 最大风速 P-Ⅲ型分布 极值Ⅰ型分布

引言

《中国气象事业发展战略研究成果》中指出: 加强重大工程气象保障可行性论证, 为重大工程建设和运行提供气象保障。重大工程建成运行后, 也可能遭受各种极端天气气候灾害的袭击, 造成严重后果。为了减少气象灾害对重大工程的影响, 使工程应对各种气象灾害的能力增强, 必须加强对重大工程立项的气候论证, 保障工程的建设与运营安全。近年来全国各地都开展了工程气象保障及专业气象服务。桥梁气象专题研究与服务^[1]、大城市专业气象服务^[2]、公众气象服务效益评估^[3]、采暖气象服务^[4]等工作都证明了做好气象保障的重要性。随着我国经济的发展, 高大建筑物日益增多, 如高楼、高塔、高压线路等工程的设计都需要最大风速的推断。如果最大风速取值太小, 就存在着工程安全隐患; 取值太大, 又会造成投资太大而浪费资金, 应该做出较客观的大风估计, 达到既安全又经济。重大工程气象保障可行性论证就是如何充分利用气候资源, 趋利弊害。根据架空送电线路设计技术规程规定和电力设计院的要求, 送电线路的最大设计风速应采用离地面 20 m 高处、30 年一遇和 50 年一遇 10 min 平均风速最大值。极值分布和皮尔逊(P-Ⅲ)型分布曲线是国内外常采用的拟合方法。张强等分析了京沪沿线大风频率分布特征^[5], 林两位等用 P-Ⅲ概率分布推算重现期年最大日雨量^[6], 朱瑞兆、谭冠日等

也曾做过这方面的细致研究^[7~9, 12], 本文结合本地实际地理环境和气象条件, 根据近年来多次为相关设计部门所作的大风极值评估的经验, 对采用的推断方法^[10, 11]进行比较, 说明两种统计方法的使用效果。

1 距地面 20 m 高度最大风速的计算

本文所指最大风速均为自记 10 min 平均最大风速, 以陕西省乾县、扶风高压送电线路的设计而计算分析最大风速取值为例。此条线路地处关中旱原区, 海拔高度较低, 地势相对较平。气候资料为乾县、扶风 2 个气象站自记 10 min 平均最大风速, 乾县为 1972~2004 年共 33 年资料; 扶风气象站自记 10 min 平均最大风速记录开始于 1983 年, 1972~1982 年的 11 年资料通过 4 次定时观测资料用回归分析方法计算, 得到与乾县资料序列长度一致而完整的 33 年大风资料。高压电线设计要求 20 m 高度最大风速, 根据气候原理先用近地层风速廓线方程计算出距地面 20 m 高度的最大风速。

描写近地层风速廓线一般采用下式:

$$V = V_{10} (Z/Z_{10})^a \quad (1)$$

式中 V 为距地面 20 m 高度上的最大风速, Z 为高度 (20 m)。 V_{10} 和 Z_{10} 分别为实测最大风速和风速感应器距地面的高度, a 是与地面粗糙度有关的参数, 取 0.20。用式 (1) 将各站历年约 10 m 高的最大风速订正到距地面 20 m 高的最大风速。

2 30 年一遇和 50 年一遇最大风速计算

经过距地面 20 m 高度订正和序列延长插补后,形成 2 个气象站 33 年的长序列最大风速序列。利用 P-Ⅲ型和极值 I 型概率分布模型计算其 30 年一遇和 50 年一遇 10 min 平均最大风速。

2.1 P-Ⅲ型曲线分析

P-Ⅲ型曲线在我国电力设计的大风计算中应用很广^[7~9,12]。其密度函数:

$f(v) = [\beta/\Gamma(\alpha)(v - v_0)^{\alpha-1}] \exp[-\beta(v - v_0)]$ (2)

式中 $\Gamma(\alpha)$ 是 α 的伽玛函数, α, β, v_0 是参数: $\alpha=4/C_s^2$, $\beta=2/(\bar{v}C_vC_s)$, $v_0=\bar{v}[1-(2C_v/C_s)]$, $\bar{v}$ 是最大风速平均值, C_v 是离差系数, C_s 是偏态系数。

首先要计算能反映相对变动程度的离差系数(或称变差系数) C_v , 以及计算能反映频率分布不对称性的偏态系数 C_s :

$C_v = s/\bar{v} = (1/\bar{v})\{1/(n-1)[\sum(v_i - \bar{v})^2]\}^{1/2}$ (3)

$C_s = \{n/[(n-1)(n-2)]\}\{[\sum(v_i - \bar{v})^3]/s^3\}$ (4)

式中 s 为均方差(或称标准差), n 为资料序列的长度, $\bar{v}$ 为平均风速, v_i 为序列中第 i 年的最大风速。

根据 C_v, C_s 计算出各种概率下的最大风速计算值,点绘在概率格纸上,依次连接各点,划出一条光滑的曲线。在曲线上读出 30 年一遇风速和 50 年一遇风速值。其计算参数及 30 年一遇风速和 50 年一遇风速值如表 1 所示。

表 1 P-Ⅲ型曲线参数及大风风速估算					
	均值	离差系	偏态系	30 年一遇风速	50 年一遇风速
	m/s	数 C_v	数 C_s	m/s	m/s
乾县站	19	0.131	0.655	23.5	24.4
扶风站	14	0.199	0.597	19.9	21.0

2.2 极值 I 型曲线分析

极值 I 型曲线是最大风速极值推断中广泛使用的方法^[7~9,12]。其密度函数:

$f(v) = a \exp\{-a(v-u)[-\exp\{-a(v-u)\}]\}$ (5)

通过积分可得到分布函数:
 $F(V_P) = P(V < V_P) = \exp\{-\exp[-a(V_P - b)]\}$ (6)

从分布函数可以看出是双指数形式,所以又称双指

数分布。式中 V 为随机变量,即所有的最大风速, V_P 是发生概率为 P 时的最大风速,本文为 30 年一遇或 50 年一遇。即 $P=l/30\approx0.033$ 或 $P=l/50\approx0.020$ 。 V_P 为 30 年一遇或 50 年一遇的最大风速。 a, b 为待定参数。根据分布函数,通过用耿贝尔分布的适线法,得到: $V_P = \bar{v}(\Phi_p C_v + 1)$ 。 Φ_p 称为耿贝尔分布离均系数^[9],它只与保证率有关,计算时可查表。这里同样也要计算能反映相对变动程度的离差系数 C_v ,计算方法与上述 P-Ⅲ型中的 C_v (式(3))相同。其计算参数及 30 年一遇风速和 50 年一遇风速如表 2 所示。

表 2 极值 I 型曲线参数及大风风速估算				
	均值 m/s	离差系 数 C_v	30 年一遇风速 m/s	50 年一遇风速 m/s
乾县站	19	0.131	24.0	25.0
扶风站	14	0.199	20.5	21.6

2.3 概率曲线调整

根据经验散布点与理论曲线拟合程度可反复调整计算参数, P-Ⅲ型曲线可反复调整参数 C_s 值和 C_v 值,使理论曲线与经验曲线拟合达到最佳。检验其拟合效果时,通常要求各经验点与理论曲线的距离的平方和达到最小,在点聚图中,理论曲线是从众多散布点的中间穿过。实际工作中,人们关心的是小概率时的风速值。即理论曲线拟合以小概率事件为主,再兼顾其他概率事件。要使小概率方面计算值增大,可以加大 C_s 和 C_v 。调整 C_s 和 C_v 时应满足 $C_s \geq 2C_v$ 。同理,极值 I 型曲线计算的风速也可根据经验散布点与理论曲线拟合程度反复调整参数。不同的是,极值 I 型曲线只有一个参数 C_v 可调整。当加大 C_v ,可使小概率方面计算值增大,大概率方面计算值减小,中等概率的计算值变化较小,即使得拟合曲线以大风平均值为支点,两头上下摆动。经验散布点与理论曲线拟合程度可反复调整参数 C_v 值再进行重复计算,使曲线拟合到理想程度为止。

3 最大风速计算结果比较

有学者认为,最大风速概率计算近年基本上利用极值 I 型曲线,能较好地拟合经验值,满足电力设计的需要,而 P-Ⅲ型曲线在我国电力部门大风计算中也广泛应用。对两种方法的计算结果进行对比,

极值Ⅰ型与 P-Ⅲ型曲线计算的风速差值见表 3。从表 3 可见,用极值Ⅰ型曲线计算的风速比 P-Ⅲ型曲线的计算风速偏大一些,但偏大的数值很小,对设计影响不大,即用哪种方法均可。综上所述,极值Ⅰ型和 P-Ⅲ型曲线两种计算方法均可满足设计部门的要求。

表 3 两种方法计算大风风速估算值的差值 m/s		
	30 年一遇风速	50 年一遇风速
乾县站	0.5	0.6
扶风站	0.6	0.6

注:风速估算值差值为极值Ⅰ型与 P-Ⅲ型曲线计算结果的差值。

参考文献

[1] 刘聪,张忠义,黄世成. 桥梁气象专题研究与服务[J]. 气象科技,2004,32(6):399-403.

[2] 陆晨,戴莉萍. 大城市专业气象服务产品及规范[J]. 气象科技,2002,30(6):369-372.

[3] 王新生,陆大春,汪腊宝,等. 安徽省公众气象服务效益评估[J]. 气象科技,2007,35(6):853-857.

[4] 庞文保,罗慧,李建科,等. 西安市冬季采暖气象条件分析和预报方法初探[J]. 气象科技,2005,33(6):505-508.

[5] 张强,杨贤为,张永山,等. 京沪沿线强降水频率及大风频率分布特征[J]. 气象科技,2003,31(1):45-49.

[6] 林两位,王莉萍. 用 Pearson-Ⅲ 概率分布推算重现期年最大日雨量[J]. 气象科技,2005,33(4):314-317.

[7] 朱瑞兆. 风压计算的研究[M]. 北京:科学出版社,1976:36-83.

[8] 朱瑞兆. 应用气候手册[M]. 北京:气象出版社,1991:104-115.

[9] 谭冠日,严济远,朱瑞兆. 应用气候[M]. 上海:上海科学技术出版社,1985:54-61,101-114.

[10] 庞文保,李怀川,鲁渊平,等. 330kV 榆神输电线路最大风速取值的推算[J]. 气象,1998,24(1):53-55.

[11] 庞文保,李怀川,鲁渊平,等. 330kV 马汉送电线路最大风速取值的分析研究[J]. 大气科学研究与应用,2001,24(1):65-68.

[12] 屠其璞,王俊德,丁裕国,等. 气象应用概率统计学[M]. 北京:气象出版社,1984:187-216.

Application of Pearson-Type Ⅲ and the Extreme-Value Type I Methods to Calculation of Maximal Wind Speed

Pang Wenbao Bai Guangbi Teng Yue Wang Lihua

(Shaanxi Provincial Service Center of Meteorological Science and Technology, Xi'an 710015)

Abstract: The Pearson-Type Ⅲ and the Extreme-Value Type I curves are widely used in China and abroad for calculating the maximal wind speeds. Based on the 10-minute mean maximum wind speed data of Qianxian and Fufeng (Shanxi Province) from 1972 to 2004, by using the methods of the Pearson-Type Ⅲ, Extreme-Value Type I curves, the extreme values of the 10-minute mean maximum wind speed for occurring once every 30 and 50 years are estimated. The results show that according to empirical scattering points and the fitting degree of the theoretical curve, the methods of Pearson-Type Ⅲ and Extreme-Value Type I distribution can be used to adjust the calculation parameters repeatedly. Special attention should be paid to the fitting of small probability events to make the fitting of theoretical curve satisfy the needs of users.

Key words: meteorological support, maximum wind speed, Pearson-Type Ⅲ, Extrem-Value Type I