

上海地区不同重现期的风速估算研究

史 军¹, 徐家良¹, 谈建国², 刘坚刚³

(1.上海市气候中心, 上海 200030; 2.上海市气象科学研究所, 上海 200030; 3.上海市防雷中心, 上海 200030)

摘要:基于上海气象站历史风速观测资料,采用极值I型和皮尔逊III型分布估算了上海市不同重现期最大风速的时间变化以及各区(县)不同重现期最大和极大风速的空间分布。结果表明,1901~2011年,上海市10、30、50和100 a重现期的最大风速分别为21.0、24.9、26.7和29.2 m/s。1974~2011年期间,上海各区(县)10 m高度10、30、50和100 a重现期的最大风速都是以南部沿海地区南汇或金山最大,分别为19.0、21.4、22.6和24.1 m/s;各重现期极大风速也是以南汇或金山最大,分别为32.3、36.4、38.4和41.0 m/s。中心城区各重现期的最大和极大风速都最小。

关键词:重现期;最大风速;极值I型分布;皮尔逊-III型分布;上海

中图分类号:P425.4+7

文献标识码:A

文章编号:1000-0690(2015)09-1191-07

气象上定义瞬时风速(亦称极大风速)达到或超过17.0 m/s(或目测估计风力达到或超过8级)者为大风^[1]。大风是一种灾害性天气现象,常造成农业受灾、屋毁墙倒、人员伤亡和财产损失,在江湖海面大风还会造成圩堤、海塘破坏和船翻人亡灾难^[2]。如果大风伴随其他灾害天气(如雷暴、雪暴、冰雹、暴雨、沙尘暴、风暴潮等)共同侵害,则造成的破坏更大^[2]。因此,开展大风变化特征以及灾害影响评估研究,是社会经济发展及资源环境保护的迫切需要。

随着国民经济的高速发展,大型桥梁、高耸建筑物、港口、码头、输变电路等大型工程项目日益增多,抗御大风是这些风易损结构工程设计和生产建设中必须考虑的问题^[3,4]。重现期风速、风压等设计参数,尤其是工程应用中称为基本风速的50和100 a一遇风速^[5],直接影响到工程的安全性和投资造价。合理、准确地估算工程项目在使用期内可能遇到的风速极值和不同重现期最大风速,是一个具有重要实际意义的问题。

不同重现期最大风速是指大于某风速的最大风速在统计意义上平均多少年可遇一次。目前常用的极值分析方法有极值I型(Gumbel)分布、威布尔(Weibull)分布、皮尔逊III型(P-III型)分布等^[6],

并采用剩余方差、拟合相对偏差和柯尔莫哥洛夫检验指标等检验其拟合优度^[7]。研究上述3种分布对中国各气候区最大风速和极大风速的适用性表明^[8],极值I型是最佳模式,威布尔分布最差,而且这个结论几乎适合于全中国。

上海地处中亚热带季风气候区,每年夏季的台风、冷空气南下引起的寒潮大风、强对流引起的飑线大风、雷雨大风以及龙卷风常引发灾害^[2,9]。而且,由于城市建设的发展^[10],上海高层建筑林立,在一定的天气尺度环流背景下,城市热岛效应和高层建筑狭管效应促使城市街巷内小尺度、瞬时强风增强,严重威胁到人民生命财产安全。对上海城市极端气温^[11,12]、台风风暴潮^[13]、暴雨内涝^[14]灾害以及高层建筑群布局的风环境影响^[15]已有较好的研究,但对城市大风灾害还鲜有报道。鉴于此,本文利用历史风速序列重构方案和极值风速分布方法,估算了上海不同重现期风速的时间变化和空间分布,以为上海大型工程项目风灾防御以及城市建设布局规划提供参考。

1 资料与方法

1.1 数据资料

本文所用的资料有:①《上海气象资料(1873~

收稿日期:2014-05-27;修订日期:2014-07-10

基金项目:中国清洁发展机制基金赠款项目(2012043)、国家自然科学基金项目(41001283)资助。

作者简介:史 军(1975-),男,山西天镇人,博士,高级工程师,主要从事气候监测和变化研究。E-mail:shij@climate.sh.cn

1972)》,由上海市气象局^[16]编制;②《风压论文选辑》^[17],由上海科技出版社出版,本文主要利用了“华东地区的风压”一节中表3(上海逐年最大风速)数据;③上海龙华气象站(站号:58367)1954~1998年观测报表资料和上海其余10个区(县)气象站(分别为闵行、宝山、嘉定、崇明、南汇、浦东、金山、青浦、松江和奉贤气象站)1974~2011年逐年最大风速资料,以及上海11个气象站2005~2011年极大风速观测记录,数据都来自于上海市气候中心。

1.2 研究方法

1) 上海市百年长时间序列的最大风速资料构建。文中基于上海徐家汇站多种来源风速数据,建立了上海市1901~2011年期间历年最大风速序列,其中1901~1915年和1951~1953年历年最大风速取自《上海气象资料(1873~1972)》^[16]。在这些年份,最大风速均是1 h平均风速,测风高度介于35~41 m不等,需要将这些测风风速转换为10 m高度的10 min平均风速。具体转换方法为^[3]:根据10 min平均风速与1 h平均风速的时距关系,即 $0.94 \times 10 \text{ min} = 1 \text{ h}$,将1 h风速转换成10 min风速;然后根据风速随高度变化的指数公式,幂指数取0.16^[5],得到10 m高度10 min平均最大风速。

1915~1950年历年最大风速取自《风压论文选辑》^[17],由于表中的风速为30 m高度,仍取幂指数0.16换算为10 m高度风速。1954~1998年历年最大风速取自龙华气象站观测报表资料。1999年起龙华气象站搬迁至上海市气象局大院徐家汇,周围高楼林立,观测场周围环境完全不符合国家相关的观测场规范,虽然风仪高度提高至23 m,但测得风速仍明显偏小,年最大风速都小于10 m/s,故1999~2011年的历年最大风速用相距8 km左右的闵行气象站最大风速取代。

2) 上海市不同重现期最大风速时间变化的估算。计算不同重现期最大风速,需要先假设重现期最大风速计算的理论频率满足某个概率分布模型。对极值I型分布、威布尔分布和P-III型分布模型进行了拟合检验,结果表明极值I型和P-III型概率分布拟合效果最好,而且这两种分布是目前极值概率分布计算最常用的^[18],故文中各重现期最大风速计算的理论频率分布曲线采用极值I型和P-III型分布,并用最小二乘法进行极值I型分布参数的求解,P-III型分布的参数则是通过寻求拟合

曲线和经验值最小离差的适线法计算。计算方法的拟合精度指标为均方差,即(1)式。

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (w_j - wc_j)^2}{n}} \quad (1)$$

式中, S 为均方差; w_j 为最大风速序列中第 j 个风速观测值; wc_j 为相应与最大风速观测值 w_j 的风速计算值; n 为最大风速序列的样本个数。

3) 上海地区不同重现期最大风速空间分布的估算。1955~1960年,上海郊区各区(县)陆续建立了10个正规气象站,并在1966~1974年期间各气象站陆续开始24 h自记风观测(10 min平均风速)。目前,上海除中心城区有徐家汇气象站外,在其余10个区(县)分别各有1个气象站。为便于地区间的比较,统一用1974~2011年上海全部11个气象站逐年年最大风速资料,其中徐家汇站1999~2011年期间风速用闵行气象站观测值替代,采用极值I型和P-III型概率分布,估算了上海地区不同重现期的最大风速。

4) 上海地区不同重现期极大风速空间分布的估算。2000年以前,上海地区仅1个气象站(龙华站)有极大风速观测记录。2001~2005年期间,其它10个站陆续具有极大风速记录。为获得上海地区各重现期极大风速,只能通过计算各气象站极大风速与10 min平均最大风速的比值,即阵风系数,再估算1974~2011年期间上海11个气象站各重现期的极大风速。

阵风系数与周围环境及下垫面粗糙度关系密切,其随着下垫面粗糙度增大而增大,并随风速和高度的增加而减小。国家标准《建筑结构荷载规范》^[9]中对近海海面、海岸、乡镇、城市郊区以及城市市区的离地10 m高度阵风系数推荐值为1.63~2.76。本文也尝试计算了上海11个气象站的阵风系数,结果表明差异较大,在1.61~2.29之间。如各气象站取不同系数计算重现期极大风速,有可能会产生中心城区的极大风速大于沿海地区的不合理结果。

为了避免这种现象,取11个气象站阵风系数的平均值,具体方法是:先取11个气象站出现日最大10 min平均风速大于或等于1~12 m/s不同大小的风速,筛选2005~2010年同站同步的日极大风速样本,计算11个气象站阵风系数的平均值,结果发现阵风系数随着风速的增大而减小(图1),当风速

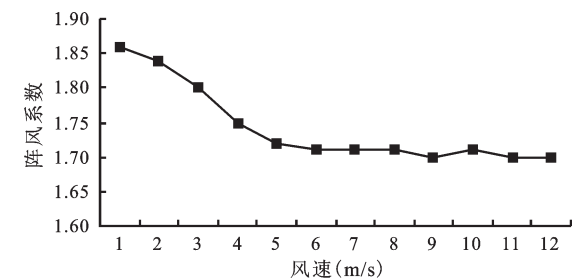


图1 上海阵风系数与风速大小变化的关系
Fig.1 The relationship between gustiness factor and wind speed in Shanghai

在 6 m/s 以上时,阵风系数稳定在 1.70~1.71。因本文最大风速的估算主要是关注大风,所以取阵风系数为 1.70 进行站点各重现期的极大风速估算。

2 结果与分析

2.1 上海市各重现期最大风速的统计特征

根据 1901~2011 年期间上海徐家汇气象站年最大风速资料,对上海市最大风速估算表明(表 1),利用极值 I 型分布估算上海 10、30、50 和 100 a 重现期的最大风速分别是 21.0、24.9、26.7 和 29.2 m/s;利用 P-III 型分布估算上海 10、30、50 和 100 a 重现期的最大风速分别是 20.9、24.4、26.0 和 28.0 m/s,两种方法的均方差分别为 0.37 和 0.46。比较而言,极值 I 型分布的拟合精度优于 P-III 型方法。

表1 上海市各重现期最大风速统计特征(单位: m/s)

Table 1 Maximum wind speed for different recurrence intervals in urban areas of Shanghai during 1901-2011(Unit: m/s)

概率分布	重现期(a)				均方差	资料年代 (年)
	10	30	50	100		
P-III 型	20.9	24.4	26.0	28.0	0.461	1901~2011
极值I型	21.0	24.9	26.7	29.2	0.370	1901~2011

表 2 是利用 P-III 型分布估算的上海市 5 个不同时期各重现期最大风速,可以看出,在起始年不变的情况下,随着资料结束年的推后,各重现期最大风速均朝减小的方向变化,以 50 a 重现期为例,用 1901~1961 年最大风速序列估算的风速比用 1901~2001 年最大风速序列估算值偏大 1.4 m/s。

上海最大风速极值大部是由台风影响造成的,当强台风在浙江北部登陆时,对上海的影响最大;其次是强冷空气南下造成的寒潮大风。图 2 是 1901 年以来上海市最大风速的变化,可以看出,

表2 不同年代上海市各重现期最大风速的比较(单位: m/s)
Table 2 Maximum wind speed for different recurrence intervals in urban areas of Shanghai(Unit: m/s)

资料年代 (年)	重现期(a)				均方差
	10	30	50	100	
1901~1961	22.8	26.3	27.9	30.0	0.603
1901~1971	22.3	25.8	27.4	29.4	0.546
1901~1981	21.8	25.4	26.9	29.0	0.506
1901~1991	21.6	25.1	26.7	28.7	0.465
1901~2001	21.1	24.8	26.5	28.7	0.444

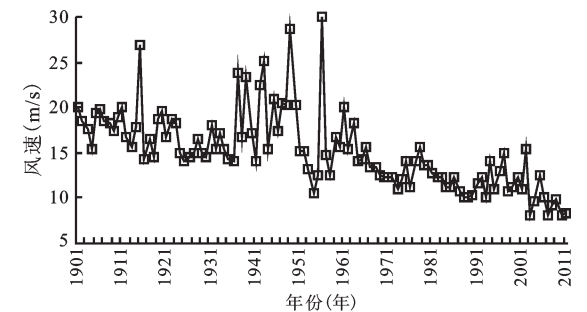


图2 1901~2011 年上海市最大风速年际变化
Fig. 2 The inter-annual variation of maximum wind speed in urban areas of Shanghai during 1901-2011

1901~2011 年期间,上海市年最大风速以 0.8 m/(s·10 a) 的线性趋势显著减少,其中年最大风速在 1956 年最大(30.0 m/s),而在 2003 年和 2007 年最小(8.0 m/s)。近 10 a 以来,年最大风速偏小更为显著,其中近 5 a(2007~2011 年)年最大风速均小于 10 m/s。

由于受区域城市化进程加快^[19]以及全球气候变化引起的台风路径走向变化、寒潮强度减弱等影响,上海城市年最大风速有明显减小趋势(图 2)。在 1901~1956 年期间,上海遭受台风影响最为显著的年份是 1915、1949 和 1956 年,这 3 a 都是强台风在上海或其附近登陆,其中 1915 年 7 月 27~28 日强台风穿行舟山群岛后又 在上海登陆,徐家汇最大风速为 38.3 m/s(35 m 高);1949 年 7 月 24~25 日强台风在上海金山至浙江平湖间登陆北上,徐家汇最大风速 34.2 m/s(30 m 高),1956 年 8 月 1~3 日,强台风在浙江象山登陆后向西北移行,经杭州附近距上海约 100 km,龙华站最大风速 30.0 m/s。而在 1957~2011 年期间,登陆上海的台风仅有 2 次,分别是 1977 年 9 月 10~11 日 7708 号台风在崇明岛登陆和 1989 年 8 月 3~5 日 8913 号强热带风暴

在川沙(浦东新区)登陆,最大风速均小于20.0 m/s。近30 a来,在浙江北部登陆台风也较少,对上海风速影响显著的仅为海葵(2012年8月7~8日)台风,影响期间上海南部沿海金山气象站最大风速为18.4 m/s,但徐家汇气象站最大风速仅为4.2 m/s,这表明风速大小除了台风的强度和路径有关外,也与测站周边环境密切相关。总体上上海的风速在近50 a来相对较低,所以最大风速序列呈下降趋势。

已有研究也表明,1971~2000年期间,中国江南、江淮和黄淮及黄河以北区域雷暴大风发生频率均呈减少趋势,并呈现出明显的年代际递减^[20]。邹立尧等^[21]对黑龙江省1961~2004年近地层风速变化趋势分析也表明,黑龙江省大部分地区年和四季风速呈现显著减小趋势。刘学锋等^[22]对河北地区边界层内不同高度风速变化分析表明,城市化以及台站附近观测环境的改变引起地面风速明显减弱,背景大气环流的变化也是地面风速下降的原因之一。因此用不同年代的最大风速序列估算上海市各重现期的最大风速必然有较大差异,且是逐渐减小。

2.2 上海地区不同重现期最大风速的空间分布

基于1974~2011年上海各区(县)共11个气象站逐年年最大风速资料,利用极值I型和P-III型分布估算上海各区(县)不同重现期10 m高度最大风速,结果表明(表3),两种分布估算的10、30、50和100 a重现期的最大风速都是以中心城区最小,其P-III型分布估算的上述重现期的最大风速分别为14.4、15.7、16.3和17.0 m/s,而极值I型分布估算的

最大风速分别为14.5、16.4、17.3和18.5 m/s。P-III型和极值I型分布估算的各区(县)10年重现期的最大风速也都是以金山最大,分别为19.0和18.9 m/s,但P-III型分布估算的30、50和100 a重现期的最大风速是以南汇最大,分别为21.4、22.6和24.1 m/s,而极值I型分布估算的对应重现期的最大风速是以浦东最大,分别为22.2、23.9和26.1 m/s。

从表3均方差项还可以看出,上海11个区(县)用P-III型分布估算的拟合精度均优于极值I型。进一步根据各区(县)不同重现期的最大风速估算值,结合各区(县)气象站的地理位置和周围环境来看,用P-III型方法估算结果更为合理。

图3a是根据上海各区(县)P-III型分布估算结果,利用克里格(Kriging)插值方法绘制的1974~2011年上海地区50 a重现期最大风速的空间分布图,可以看出,最大风速的空间分布在沿海——内陆和中心城区——郊区之间具有较为明显差异,总体而言,中心城区风速最小,50 a重现期的最大风速为16~17 m/s,而崇明东部和浦东南部(南汇)风速最大,达22 m/s左右。

2.3 上海地区不同重现期极大风速的空间分布

基于1974~2011年上海各区(县)利用P-III型分布估算的各重现期最大风速,取阵风系数1.70,进行各区(县)各重现期的极大风速估算,结果表明(表4),上海地区10 m高度10、30、50和100 a重现期的极大风速都是以中心城区最小,分别为24.5、26.7、27.7和28.9 m/s,10 a重现期的极大风速是以金山最大,为32.3 m/s,30、50和100 a重现期

表3 1974~2011年上海地区各区(县)10 m高度各重现期最大风速(单位: m/s)

Table 3 Maximum wind speed at the height of 10 m for different recurrence intervals in each counties of Shanghai during 1974-2011(Unit: m/s)

区(县)	P-III型					极值I型				
	10 a	30 a	50 a	100 a	均方差	10 a	30 a	50 a	100 a	均方差
中心城区	14.4	15.7	16.3	17.0	0.254	14.5	16.4	17.3	18.5	0.386
闵行	16.9	18.6	19.3	20.1	0.462	16.9	19.5	20.6	22.2	0.811
浦东	18.4	20.7	21.7	22.8	0.548	18.5	22.2	23.9	26.1	0.846
嘉定	16.6	18.3	19.0	19.9	0.241	16.7	19.3	20.4	22.0	0.443
青浦	18.0	20.2	21.1	22.3	0.400	18.1	20.8	22.0	23.6	0.433
松江	16.4	18.1	18.7	19.6	0.278	16.5	18.8	19.9	21.4	0.464
宝山	16.2	18.0	18.7	19.8	0.248	16.1	18.1	19.0	20.2	0.283
崇明	18.3	20.0	20.7	21.6	0.390	18.3	20.5	21.6	23.0	0.527
南汇	18.7	21.4	22.6	24.1	0.336	18.5	21.4	22.7	24.4	0.367
奉贤	17.5	19.7	20.7	21.9	0.319	17.5	20.0	21.1	22.6	0.369
金山	19.0	20.8	21.6	22.5	0.385	18.9	21.6	22.8	24.5	0.642

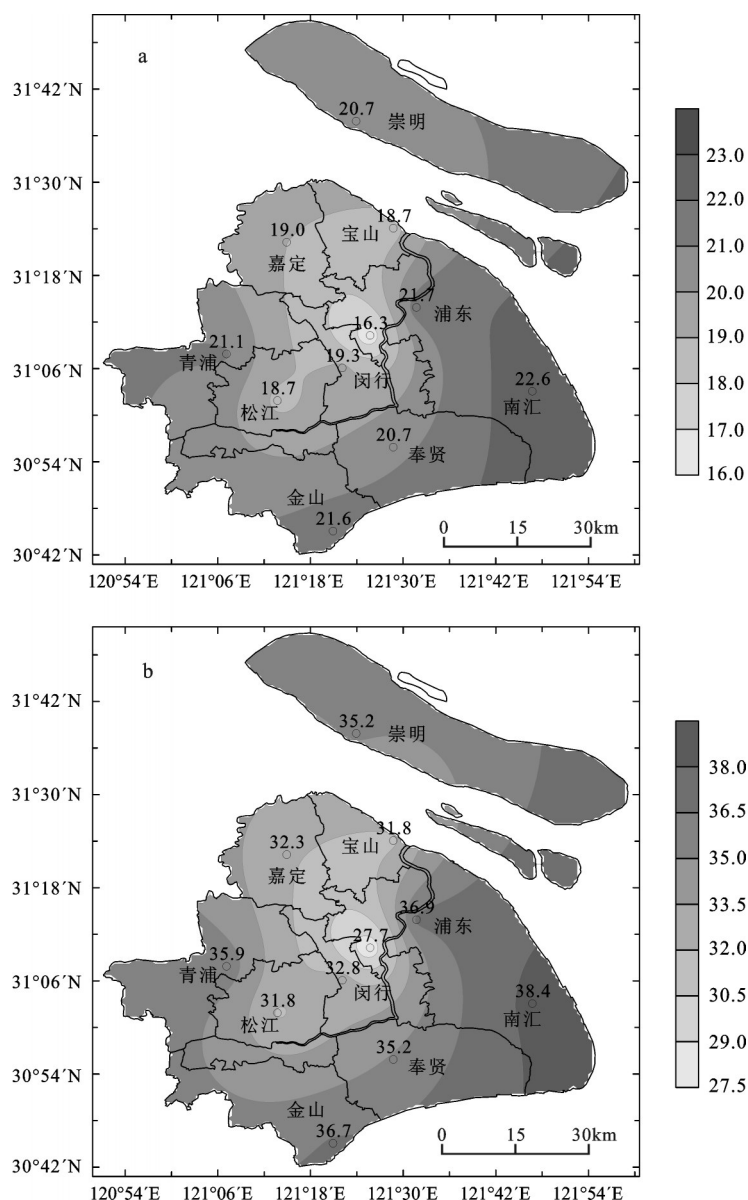


图3 1974~2011年上海地区50 a 重现期最大风速(a)和极大风速(b)空间分布(单位: m/s)

Fig. 3 The distribution of maximum (a) and extreme (b) wind speed for a recurrence interval of 50 years in Shanghai during 1974-2011

的极大风速都是以南汇最大,分别为36.4、38.4和41.0 m/s。

图3b是利用克里格(Kriging)插值方法绘制的1974~2011年上海地区50 a 重现期极大风速的空间分布图,可以看出,上海中心城区风速最小,50 a 重现期的极大风速为28~30 m/s,而崇明岛的东端、横沙岛和浦东南部风速最大,50 a 重现期的极大风速达37~38 m/s左右。

3 结 论

本文基于上海11个气象站历史风速观测资

料,利用极值I型和P-III型分布估算了上海城市不同重现期最大风速的时间变化以及各区(县)不同重现期最大风速和极大风速的空间分布,并得出如下主要结论:

1) 1901~2011年期间,利用极值I型分布估算的上海10、30、50和100 a 重现期的最大风速分别是21.0、24.9、26.7和29.2 m/s,利用P-III型分布估算的上海对应重现期最大风速分别是20.9、24.4、26.0和28.0 m/s。比较而言,极值I型分布的拟合精度优于P-III型分布。

2) 1974~2011年期间,上海各区(县)10 m高

**表4 上海地区各区(县)10 m高度各重现期
极大风速(单位: m/s)**

Table 4 Extreme wind speed at the height of 10 m for
different recurrence intervals in each counties of
Shanghai during 1974-2011(Unit: m/s)

区(县)	重现期(a)			
	10	30	50	100
中心城区	24.5	26.7	27.7	28.9
闵行	28.7	31.6	32.8	34.2
浦东	31.3	35.2	36.9	38.8
嘉定	28.2	31.1	32.3	33.8
青浦	30.6	34.3	35.9	37.9
松江	27.9	30.8	31.8	33.3
宝山	27.5	30.6	31.8	33.7
崇明	31.1	34.0	35.2	36.7
南汇	31.8	36.4	38.4	41.0
奉贤	29.8	33.5	35.2	37.2
金山	32.3	35.4	36.7	38.3

度10、30、50和100 a重现期的最大风速都是以中心城区最小,10 a重现期的最大风速以金山最大,30、50和100 a重现期的最大风速是以南汇或浦东最大。各区(县)用P-III型分布估算的拟合精度均优于极值I型分布。

3) 选取阵风系数1.70,进行上海各区(县)1974~2011年期间极大风速估算表明,上海地区10 m高度10、30、50和100 a年重现期的极大风速都是以中心城区最小,10 a重现期的极大风速是以金山最大,30、50和100 a重现期的极大风速都是以南汇最大,分别为36.4、38.4和41.0 m/s。

参考文献:

- [1] 中国气象局发布.地面气象观测规范第4部分:天气现象观测(QX/T48-2007)[M].北京:气象出版社,2007:1~10.
- [2] 中国气象灾害大典编委会.中国气象灾害大典:上海卷[M].北京:气象出版社,2006:1~222.
- [3] 张相庭.工程抗风设计计算手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1998:1~216.
- [4] 王静静,刘敏,权瑞松,等.沿海港口自然灾害风险评价[J].地

理科学,2012,32(4): 516~520.

- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国质量监督检验检疫总局.建筑结构荷载规范(GB50009-2012)[S].北京:中国建筑工业出版社,2012:1~246.
- [6] 丁裕国,刘吉峰,张耀存.基于概率加权估计的中国极端气温时空分布模拟试验[J].大气科学,2004,28(5):770~782.
- [7] 屠其璞,丁裕国.气象应用概率统计学[M].北京:气象出版社,1984:196~206.
- [8] 孙安健,刘小宁.极端风速分布模式在我国各气候区域的适用性[J].气象,1993,19(10):12~15.
- [9] 牛海燕,刘敏,陆敏,等.中国沿海地区近20年台风灾害风险评价[J].地理科学,2011,31(6):764~768.
- [10] 刘沁萍,杨永春,付冬暇,等.基于DMSP_OLS灯光数据的1992~2010年中国城市空间扩张研究[J].地理科学,2014,34(2):129~136.
- [11] 崔林丽,史军,周伟东.上海极端气温变化特征及其对城市化的响应[J].地理科学,2009,29(1):93~97.
- [12] 史军,崔林丽,梁萍,等.长江三角洲极端高温与西太平洋副热带高压的关系[J].地理科学,2013,33(11):1383~1389.
- [13] 殷杰,尹占娥,于大鹏,等.基于情景的上海台风风暴潮淹没模拟研究[J].地理科学,2013,33(1):110~115.
- [14] 权瑞松,刘敏,张丽佳,等.基于情景模拟的上海中心城区建筑暴雨内涝暴露性评价[J].地理科学,2011,31(2):148~152.
- [15] 应小宇,朱炜,外尾一.高层建筑群平面布局类型对室外风环境影响的对比研究[J].地理科学,2013,33(9):1097~1103.
- [16] 上海市气象局.上海气象资料1873~1972[R].上海:上海市气象局,1974:1~291.
- [17] 上海中心气象台.风压论文选辑[M].上海:上海科学技术出版社,1960:1~176.
- [18] 庞文宝,白光弼,滕跃,等.P-III型和极值I型分布曲线在最大风速计算中的应用[J].气象科技,2009,37(2):221~223.
- [19] 陈雯,王珏.长江三角洲空间一体化发展格局的初步测度[J].地理科学,2013,33(8): 902~908.
- [20] 余蓉,张小玲,李国平,等.1971~2000年我国东部地区雷暴、冰雹、雷暴大风发生频率的变化[J].气象,2012,38(10):1207~1216.
- [21] 邹立尧,国世友,王冀,等.1961~2004年黑龙江省近地层风速变化趋势分析[J].气象,2010,36(10):67~71.
- [22] 刘学锋,任国玉,梁秀慧,等.河北地区边界层内不同高度风速变化特征[J].气象,2009,35(7):46~53.

Estimation of Wind Speeds for Different Recurrence Intervals in Shanghai

SHI Jun¹, XU Jia-liang¹, TAN Jian-guo², LIU Jian-gang³

(1. Shanghai Climate Center, Shanghai, 200030, China; 2. Shanghai Meteorological Institute, Shanghai 200030, China;
3. Shanghai Lightning Protection Center, Shanghai 200030, China)

Abstract: Strong wind is defined as the instantaneous wind speed (also called maximum wind speed) at or above 17.0 m/s in meteorology. Strong wind is a disastrous weather phenomenon, it often causes agricultural disaster, house and wall destroyed and casualties and property losses. Therefore, it is quite useful and necessary to understand the characteristics of strong wind, and their impacts for the purpose of development of social economy and resource environment protection. Based on the historical wind speed observation data from 11 stations in Shanghai, the temporal changes of maximum wind speed for different recurrence intervals in urban areas of Shanghai during 1901-2011 and the spatial distributions of maximum wind speed for different recurrence intervals in suburbs and exurbs of Shanghai during 1974-2011 were estimated in this paper with extreme value type I distribution (EV-I) and Pearson type III distribution (P-III). Furthermore, the extreme wind speeds with different recurrence intervals were also estimated in each county of Shanghai during 1974-2011 based on the maximum wind speeds with different recurrence intervals estimated by P-III distribution and a gustiness factor of 1.7. The results indicate that the maximum wind speeds with a recurrence interval of 10, 30, 50 and 100 years are 21.0, 24.9, 26.7 and 29.2 m/s respectively with the estimation of extreme value type I distribution, and they are 20.9, 24.4, 26.0 and 28.0 m/s respectively with the estimation of P-III distribution in Shanghai during 1901-2011. In comparison, the fitting precision of extreme value type I distribution is better than that of P-III distribution in urban areas of Shanghai during 1901-2011. Under the impacts of regional rapid urbanization and the reduced intensity of cold waves and the decreased number (and decreased intensity) of land-falling typhoons caused by global climate change, the maximum wind speed has decreased by approximately 0.8 m/s per decade in Shanghai during 1901-2011. During 1974-2011, the maximum wind speed with a recurrence interval of 10 years is the greatest in Jinshan, and the maximum wind speeds with a recurrence interval of 30, 50 and 100 years are the greatest in Nanhui or Pudong. For each county, the fitting precision of P-III distribution is better than that of extreme value type I distribution during 1974-2011. The maximum wind speeds with a recurrence interval of 10, 30, 50 and 100 years are 19.0, 21.4, 22.6 and 24.1 m/s respectively at a height of 10 m with the estimation of P-III distribution. The extreme wind speed with a recurrence intervals of 10 is the greatest in Jinshan, and the extreme wind speeds with a recurrence interval of 30, 50 and 100 years are the greatest in Nanhui. The extreme wind speeds with a recurrence interval of 10, 30, 50 and 100 years are 32.3, 36.4, 38.4 and 41.0 m/s respectively at a height of 10 m. Overall, the maximum wind speed and extreme wind speeds for different recurrence intervals are the least in urban areas, and they are the greatest in the southern coastal areas of Shanghai.

Key words: recurrence interval; maximum wind speed; extreme value type I distribution (EV-I); Pearson type III distribution (P-III); Shanghai