

# 上海市极端高温天气数据集

姜 荣

上海华闵环境科技发展有限公司, 上海 200062

**摘 要:** 基于“中国地面气候资料日数据集”(中国气象数据共享服务网)中的 1960–2013 年上海徐汇站气象数据(包括日最高气温、日最低气温和相对湿度等)和上海市夏季日最高气温和日最低气温数据(上海市气象局 2004–2014 年气象统计数据),分析上海市极端高温天气的变化特征,得到上海市极端高温天气数据集。数据集包括 8 个统计表:(1)上海市历年与高温相关的气象参数数据(1960–2013 年);(2)上海市高温分析的特征参数数据(1960–2013 年);(3)2004–2014 年上海市各区历年最高气温数据;(4)2004–2014 年上海市各区历年高温天数数据;(5)2004–2014 年上海市各区历年暖夜天数数据;(6)2004–2014 年上海市各区热浪次数数据;(7)2004–2014 年上海市各区热浪天数数据;(8)2004–2014 年上海市各区热浪强度数据。数据集存储为 Excel 文件,数据量 27.4 KB。

**关键词:** 上海; 天气; 极端高温

**DOI:** 10.3974/geodp.2018.01.13

## 1 前言

上海市极端高温天气变化数据集基于“中国地面气候资料日数据集”(中国气象数据共享网站)中的 1960–2013 年上海市徐汇站气象数据(包括日最高气温、日最低气温和相对湿度等)和上海市夏季日最高气温和日最低气温(上海市气象局 2004–2014 年气象统计数据),通过上海全市及各区极端高温天气指数分析,包括日最高气温、日最低气温、高温日数、暖夜日数、高温热浪发生频次、高温热浪日数、高温热浪强度、炎热日数等,得到上海市极端高温天气数据集。

## 2 数据集元数据简介

上海市极端高温天气数据集(ExtrHighTemShanghai)的数据集<sup>[1]</sup>名称、作者、地理区域、数据年代、时间分辨率、空间分辨率、数据集组成、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息见表 1。

## 3 数据研发方法

基于气象数据采用线性趋势系数法初步分析 1960–2013 年上海市夏季最高气温、夜间最

---

收稿日期: 2018-02-22; 修订日期: 2018-03-22; 出版日期: 2018-03-25

作者信息: 姜荣 C-2756-2018, 上海华闵环境科技发展有限公司, jiangrong512@163.com

数据引用方式: [1] 姜荣. 上海市极端高温天气数据集[J]. 全球变化数据学报, 2018, 2(1): 79–85. DOI: 10.3974/geodp.2018.01.13.

[2] 姜荣. 上海市极端高温天气数据集[DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2018. DOI: 10.3974/geodb.2018.01.18.V1.

低气温和暖夜日数的变化趋势。基于阈值法确定高温热浪的判定标准，并统计上海市历年夏季高温热浪发生频次、热浪日数和热浪强度。引入炎热指数，从气象角度评价不同气候条件下人体的舒适感状态。采用广义极值分布函数表征极端高温天气的变化趋势。

表 1 上海市极端高温天气数据集元数据简表

条目	描述
数据集名称	上海市极端高温天气数据集
数据集短名	ExtrHighTemShanghai
作者信息	姜荣 C-2756-2018, 上海华闵环境科技发展有限公司, jiangrong512@163.com
地理区域	中国上海, 地理范围: 30°40'N-31°53'N, 120°52'E-122°12'E
数据年代	1960-2013 年和 2004-2014 年
数据格式	.xlsx
数据量	27.43 KB
数据集组成	1960-2013 年上海全市高温气象数据和 2004-2014 年上海各区高温气象数据
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 <a href="http://www.geodoi.ac.cn">http://www.geodoi.ac.cn</a>
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101, 中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享政策	全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据(中英文)、实体数据(中英文)和通过《全球变化数据学报》(中英文)发表的数据论文。其共享政策如下: (1) “数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放, 用户免费浏览、免费下载; (2) 最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源; (3) 增值服务用户或以任何形式散发和传播(包括通过计算机服务器)“数据”的用户需要与《全球变化数据学报》(中英文)编辑部签署书面协议, 获得许可; (4) 摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10% 引用原则, 即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%, 同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 <sup>[2]</sup>

3.1 指数定义和计算

(1) 暖夜日数

研究表明, 安静时人体在 28 °C 气温时产生热量明显增加, 此后产热量随着气温升高而增加, 进而影响人体代谢<sup>[3]</sup>, 参考气候变化和预测 (Climate Variability and Predictability, CLIVAR)<sup>[4]</sup>组织对暖夜的定义, 本文定义夜间温度 (即日最低气温) ≥28 °C 为一个暖夜日。

(2) 高温热浪

高温热浪指数反映了夏季高温持续的时间。本文参考中国气象局对极端高温的定义, 定义 ≥35 °C 为高温天气, 即每个站点出现连续 5 d ≥35 °C 的高温天气即定义为一次高温热浪过程<sup>[5]</sup>。分析上海地区高温热浪发生频次、高温热浪日数和高温热浪强度, 高温热浪发生频次是指某站某年夏季出现高温热浪过程的次数; 高温热浪日数是指某站某年夏季全部高温热浪过程的累积日数, 一次高温热浪过程的长短也反映了高温热浪影响的大小, 一般来说, 高温热浪持续时间越长, 影响越大; 高温热浪强度是指某站某年夏季所有的高温热浪过程日最高气温超过高温阈值的累积数, 更能定量地反映某年高温热浪的影响强度, 高温热浪日数和高温热浪强度的公式为:

$$N = \sum_{i=1}^m n_i \tag{1}$$

$$I = \sum_{n=1}^N (T_n - 35) \tag{2}$$

式中,  $N$  为热浪天数,  $n_i$  为一次热浪过程的天数,  $m$  为热浪次数,  $I$  为热浪强度,  $T_n$  为热浪

过程中的日最高气温。

### (3) 炎热天数

炎热指数是热应力的舒适指标，最初由 Tom 提出，Bosen 进行了修改与发展<sup>[6]</sup>，具体计算过程如下所示：

$$E_T = 1.8T_a - 0.55(1.8T_a - 26)(1 - 0.6) + 32 \quad RH \leq 60\% \quad (3)$$

$$E_T = 1.8T_a - 0.55(1.8T_a - 26)(1 - RH) + 32 \quad RH > 60\% \quad (4)$$

式中， $E_T$  为炎热指数（℃）， $T_a$  为环境温度（℃），一般取当日最高温度， $RH$  为空气相对湿度（%）。

为确定上海市高温炎热天数，首先根据炎热指数确定炎热临界值，利用研究区 1960–2013 年 6–9 月逐日气象数据（包括日最高气温和相对湿度），参考黄卓等（2011）<sup>[7]</sup> 中对炎热指数的定义，计算其中最高温度  $\geq 33$ ℃ 的炎热指数，并对其进行排序，选取第 50 百分位的值作为临界炎热指数。其次，计算炎热指数大于临界炎热指数的天数，所得即为高温炎热天数。

### (4) 广义极值分布函数

广义极值（Generalized Extreme Value, GEV）分布函数的三个分布特征参数（形状参数、尺度参数、位置参数）能够从三个方面反映极端温度的长期变化趋势，其中位置参数表征效果最好。本研究通过 GEV 分布函数表征研究区夏季极端高温天气变化趋势，模型原理和数据处理方法简介如下：

#### ① 原理

设  $F(x)$  的样本为  $x_1, x_2, \dots, x_n$ ，其中  $x_1, x_2, \dots, x_n$ ，称为次序统计量。样本极小值和样本极大值分别为  $x_1$  和  $x_2$ ，其对应的分布称为极值分布。统计学家 Fisher 和 Pete 研究显示，分布函数经过线性变换后的样本极大值的概率收敛于一个随机变量。GEV 模型理论分布函数表达式如下：

$$F(x) = \begin{cases} \exp\{1 - k(x - \xi)/a^{1/k}\}, & k < 0, x > \xi + a/k \\ \exp\{-\exp[-(x - \xi)]\}, & k = 0 \\ xp\{-[1 - k(x - \xi)/a]^{1/k}\}, & k > 0, x < \xi + a/k \end{cases} \quad (5)$$

式中， $-\infty < \xi < \infty$ ，为位置参数； $a > 0$ ，为尺度参数； $-\infty < k < \infty$ ，为形状参数； $k < 0$  和  $k > 0$  分别对应 Weibull 分布和 Frechet 分布， $k = 0$  对应 Gumbel 分布。

#### ② 数据处理过程

第一步：将上海市 1960–2013 年共 54 年的数据划分成 43 个周期，即 1960–1970 为第一周期，1961–1971 为第二个周期，以此类推，2003–2013 为第 43 个周期；

第二步：每年提取 3 天最高温数据，对每个周期中的 33 个数据进行排序，选取中间年作为典型代表年份；

第三步：计算 GEV 分布，因此本文主要分析位置参数的变化趋势。

## 3.2 技术路线

基于“中国地面气象资料日数据集”的上海市徐汇站气象数据（1960–2013 年）得到上海全市尺度高温指标、高温热浪指标、炎热天数、广义极值分布特征等数据；基于“上

海市气象局 2004–2014 年气象统计数据”得到上海区县尺度日最高气温、高温天数、暖夜天数和高温热浪指标等数据。上海市极端高温天气数据集生成的流程图示于图 1。

## 4 数据结果

### 4.1 上海市全市极端高温数据

#### (1) 四个高温指标数据

上海市 1960–2013 年夏季日最高温和日最低气温统计, 最高温为  $39.9\text{ }^{\circ}\text{C}$  (2013 年 8 月 6 日), 平均最高温为  $37.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 且日最低气温也有明显上升趋势。2000 年前夏季日最高气温基本在均值以下, 2000–2013 年期间夏季日最高气温均在均值以上。在过去 54 年中, 上海市极端最高气温以  $0.47\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{a}$  的线性倾向率显著增加。

根据先前学者对极端高温与健康的关系的研究<sup>[2]</sup>, 对极端高温进行分级:  $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$  为高温,  $\geq 38\text{ }^{\circ}\text{C}$  为危害性高温。分析上海市高温出现频次, 结果显示: 1960–2013 年, 上海市高温 ( $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) 日数和危害性高温 ( $\geq 38\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) 日数分别为 541 天和 33 天, 年平均值分别为 10.02 天和 0.61 天, 其中高温日数以 2013 年的 44 天为最多。

#### (2) 高温热浪指标数据

结果显示, 1960–2013 年, 上海市每年经历的热浪次数最多为 3 次, 最少为 0 次, 其中, 1960–1997 年, 上海市热浪次数最多为一次, 共经历 11 次热浪过程, 占有热浪次数的 39.29%, 共经历热浪天数为 91 天, 占有热浪天数的 39.91%, 共经历热浪强度为  $117.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 占有热浪强度的 32.64%。可以看出, 某年经历的热浪次数越多, 热浪天数和热浪强度也更多, 2013 年最明显。但是, 相同的热浪次数不一定代表相同的热浪天数和热浪强度, 热浪次数、热浪天数和热浪强度之间呈显著相关。热浪次数和热浪天数与热浪天数和热浪强度的 Pearson 相关系数分别为 0.951 和 0.954 在 0.01 水平上显著, 热浪次数和热浪强度的 Pearson 相关系数略低, 为 0.876, 在 0.01 水平上显著。

#### (3) 炎热天数数据

从整体看来, 1960–2013 年炎热天数呈上升趋势, 线性倾向率为 0.174,7, 观察数据分布特征, 即在 1972–1984 年间呈现低值分布现象, 考虑将炎热天数分为两个阶段进行分析。为分别计算 1972–1984 年为转折年的两个阶段的线性倾向率, 两个阶段的线性倾向率差值 (第二阶段线性倾向率减第一阶段线性倾向率) 最大的年份即为转折年份。炎热天数在 1960–1975 年呈下降趋势, 1976–2013 年呈上升趋势。分别对 1976 年前后两个阶段进行线性拟合, 第一个阶段线性倾向率为 -0.375, 第二个阶段线性倾向率为 0.376,1, 呈现明显的上升趋势。

#### (4) 广义极值分布表征

广义极值分布函数能够排除极端高温出现的偶然性, 更科学地表征极端高温天气的变化趋势。广义极值分布位置参数见图 2, 结果显示, 位置参数值在第 13 个周期之后逐

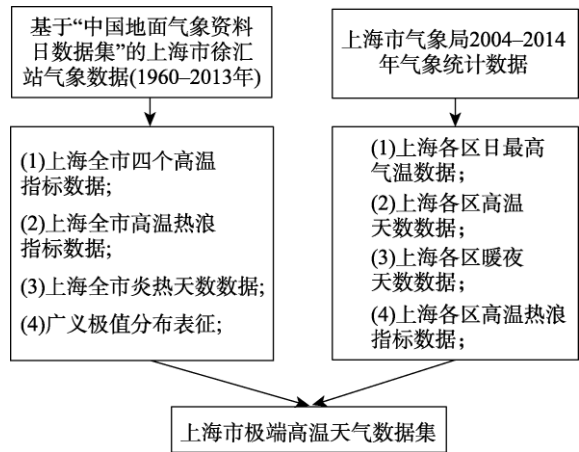


图1 上海市极端高温天气数据集生成的流程图

渐升高，也就是说，1976 年以后，极端高温明显升高，这与上海市城市化进程发展阶段具有一致性。

4.2 上海市各区极端高温天气数据

(1) 各区日最高气温数据

2004-2014 年，各区夏季日最高气温最高值出现在代表市区的市区（2014 年），最低值出现在奉贤区（2012 年）。为避免单个站点偶然值的影响，计算各区多年日最高气温的平均值，排序为：市区（38.63℃）> 松江区（38.38℃）> 闵行区（38.37℃）> 青浦区（38.14℃）> 嘉定区（38.11℃）> 浦东新区（38.04℃）> 宝山区（37.88℃）> 崇明县（37.33℃）> 奉贤区（37.16℃）> 金山区（36.87℃）。上海市各区多年日最高气温的平均值见图 3。

(2) 各区高温天数数据

为反映 10 个站点的均衡和整体情况，对 2004-2014 年上海市各区的高温天数总和进行研究，10 个气象站中高温天数最大值和最小值均出现在 2013、2014 年。与各区日最高气温排序相比，各区高温天数排序略有不同：市区都排在首位，崇明县、奉贤区和金山区都处在末尾，而其余六个区的排序次序不太一致，表明多年平均日最高气温略高的城区未必出现相应多的高温天数，这也与六个区的多年平均日最高气温相差较小有关，六个区多年平均日最高气温最大值（松江区）与最小值（宝山区）仅差 0.5℃，而全市 10 个站点中多年平均日最高气温最大值（市区）与最小值（金山区）相差高达 1.76℃，可见六个区多年日最高气温差别不大。上海市各区多年日最高气温天数平均值见图 4。

(3) 各区暖夜天数数据

为反映 10 个站点的均衡和整体情况，对 2004-2014 年上海市各区暖夜天数总和进行研究（图 5），各区暖夜天数变化趋势与日最高气温和高温天数都有所不同，其排序为：市区>金山区>宝山区>闵行区>松江区>嘉定区>崇明县>奉贤区>浦东

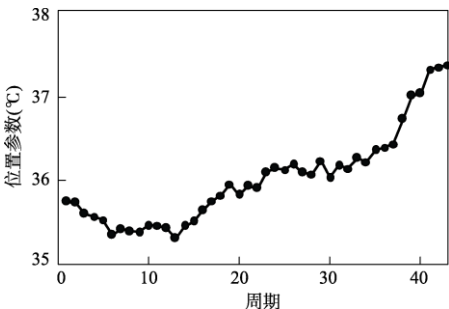


图 2 广义极值分布位置参数图

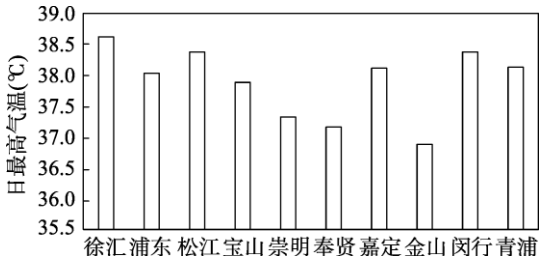


图 3 上海市各区多年日最高气温的平均值图

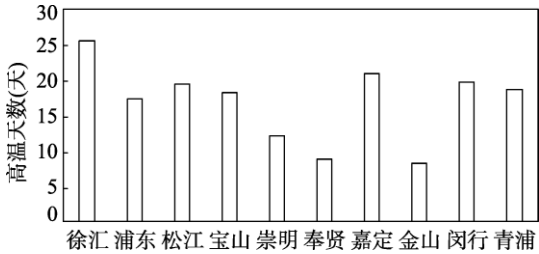


图 4 上海市各区多年高温天数平均值图

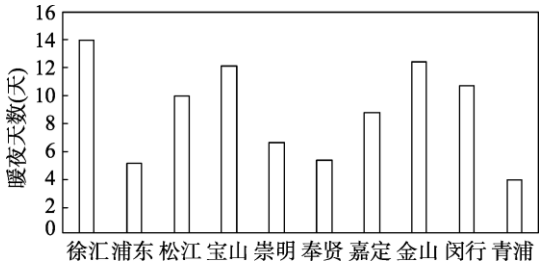


图 5 上海市各区多年暖夜天数平均值图



表 4 上海市各区热浪强度数据（单位：℃·天）

	徐汇区	浦东	松江	宝山	崇明	奉贤	嘉定	金山	闵行	青浦
2004	19.7	6.2	16.9	11.4	0	0	16.3	0	12.1	14.1
2005	37.2	23.7	24.2	13.3	8.1	9.6	12	7.9	29.2	11.8
2006	16.9	4.4	0	0	0	0	6.7	0	0	9.1
2007	43.1	25.1	38.7	18.2	18.4	0	28.3	0	38.8	40
2008	11.6	0	0	8.6	0	0	8.8	0	0	0
2009	14.4	0	13.2	10.4	0	0	0	0	0	0
2010	41.4	22.4	21.9	27.3	12.1	12.8	32.3	11.2	23.3	17
2011	8.9	0	0	7.8	2.6	0	11.1	0	4.9	6.7
2012	18.7	6.7	9.1	0	0	0	9.6	0	8.1	8.3
2013	77.1	48.4	62.4	58.1	23.7	21.1	69.4	22.7	62.3	65.3
2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

5 讨论和总结

该数据集是基于“中国地面气候资料日数据集”和“上海市夏季日最高气温和日最低气温数据”，通过线性趋势系数法初步分析上海全市和各区极端高温天气指数，得到上海市极端高温天气数据集。该数据集较好地反映了上海全市极端高温天气时间变化特征和上海各区极端高温天气空间差异性，受到数据源的限制，空间分辨率不足，今后的研究可以进行更加精细化的极端高温空间分布特征研究。

参考文献

[1] 姜荣.上海市极端高温天气数据集[DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2018. DOI: 10.3974/geodb.2018.01.18.V1.

[2] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策[OL]. DOI: 10.3974/dp.policy. 2014.05 (2017 年更新).

[3] 谈建国, 陆晨, 陈正洪等. 高温热浪与人体健康[M]. 北京: 气象局出版社, 2009.

[4] Climate and ocean-variability, predictability, and change [Z]. <http://www.Clivar.Org/Organization/Etccdi/Etccdi.Php>.

[5] Huynen, M. M., Martens, P., Schram, D., *et al.* The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population [J]. *Environmental Health Perspectives*, 2001, 109(5): 463–470.

[6] Tom, E., C., Bosen, J. R. The discomfort index [J]. *Weatherwise*, 1959, 12: 59–60.

[7] 黄卓, 陈辉, 田华. 高温热浪指标研究[J]. 气象, 2011, 37(3): 345–351.

[8] 姜荣, 陈亮, 象伟宁. 上海市极端高温天气变化特征[J]. 气象与环境学报, 2016, 32(1): 66–74.