

The Benefit of Tropical Cyclone on Cooling Effect in Shanghai

Xiaotu Lei¹, Shouting Gao²

¹Shanghai Typhoon Institute of China Meteorological Administration, Shanghai

²Institute of Atmosphere Physics of Chinese Academy of Sciences, Beijing

Email: leixt@mail.typhoon.gov.cn

Received: Jun. 2nd, 2014; revised: Jun. 29th, 2014; accepted: Jul. 6th, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

For a long time, people usually pay much attention to the catastrophe of tropical cyclone (TC). A large quantity of studies has been carried out to improve forecasting accuracy, protect against and diminish TC disasters. However, few studies on TC benefits have been involved. In this paper, the benefits of TC on mitigating the summer heat wave have been preliminarily studied by using the data of Shanghai's temperature from 1873 to 2006. The result shows that in the last hundred years in Shanghai, about 69% heat waves breaking are associated with the activity of TC in northwest Pacific. During the day of heat wave breaking, daily maximum temperature is 1.78°C lower than the day before on average. What's more, this trend will sometimes last for 8 days or more, and temperature decrease adds up to 11°C averagely, which can save about 56,015,000 kwh power being used for summer heat wave prevention, adding up to 34,281,180 Yuan RMB (the maximal as high as 155 million Yuan).

Keywords

Tropical Cyclone, Benefit, Heat Wave, Charge

热带气旋对上海益处之 缓解盛夏酷暑

雷小途¹, 高守亭²

¹中国气象局上海台风研究所, 上海

²中国科学院大气物理研究所, 北京

Email: leixt@mail.typhoon.gov.cn

收稿日期: 2014年6月2日; 修回日期: 2014年6月29日; 录用日期: 2014年7月6日

摘要

长期以来, 人们多关注热带气旋的灾害性, 并开展了大量旨在提高预报精度和防台减灾效益的研究, 而少有涉及热带气旋益处方面的分析。本文利用上海的百年器测气温等资料, 对热带气旋在缓解盛夏高温方面的益处进行初步分析, 结果表明: 百年来上海地区约有69%的热浪中断时伴有西北太平洋热带气旋的活动; 这类热浪中断的当天, 日最高气温较前一天平均降低约1.78℃, 该降温趋势有时可持续8天以上, 累计降温平均可达11℃以上, 可节约用于防暑的电量约5601.5万kwh, 约合3428.118万元人民币(最高可达1.55亿元)。

关键词

热带气旋, 益处, 高温热浪, 用电量

1. 引言

热带气旋(Tropical Cyclone, 泛指热带低压、热带风暴、强热带风暴、台风、强台风和超强台风, 以下简记“TC”)因其伴随的狂风、暴雨、巨浪和风暴潮, 常常拔树倒屋、毁坏海堤、使海水倒灌和致洪致涝并引发泥石流等, 给人类造成巨大的灾难, 有时其破坏力骇人听闻[1]。如1922年8月TC登陆汕头时, 震山撼岳、暴雨倾盆, 平地水深丈余、乡村多被卷入海涛之中, 并造成7千余人死亡; 1970年11月袭击孟加拉湾的热带风暴造成30余万人员死亡; 1975年8月深入内陆的TC引发了河南驻马店地区的特大洪水, 损失惨重; 2005年8月的“卡特里娜”飓风给美国新奥尔良市造成了重创……

TC是全球主要的灾害性天气系统之一, 我国是深受TC影响的重灾国之一。据统计, 1980-2004年间, 我国平均每年因TC造成的直接经济损失为168.94亿元人民币, 约占当年国民生产总值(GDP)的0.36%, 而且正以约14.6亿元/年的速率逐年递增[2]。

然而, 当人们饱尝夏季连续高温闷热煎熬之际, 一场伴随着台风的狂风和骤雨袭来, 气温立刻随之降低, 高温酷暑也由此缓解。例如2003年7月下旬正是台风“伊布都”结束了江南大部分地区持续40℃左右的高温天气。再如2004年江南的持续高温也正是被8月中旬的“云娜”台风终结的。此外, 伴随高温酷暑的缓解, 用于防暑降温的生活用水和用电量大幅减少, 从而缓解能源(电力)供应的紧张程度, 其社会和经济效益也相当可观。因此, 热带气旋并非一无是处。但是, 对TC益处的研究极少, 本文旨在以上海为例, 对TC在缓解盛夏高温和供电紧张方面的益处进行初步分析。

2. 使用方法和资料说明

本文使用的1949~2006年TC资料取自上海台风研究所整编的《热带气旋年鉴》(1989年以前为《台风年鉴》)、1884~1948年的TC资料取自美国联合台风预警中心(JTWC)的整编资料, 使用的1884~2006年间上海气温资料和2003~2006年间上海用电数据均由上海市气候中心提供。

本文首先对上海的高温热浪天气特征进行了普查, 然后对上海高温热浪中断与西北太平洋热带气旋活动的关系进行了统计分析, 并在此基础上估算了因热带气旋活动使高温热浪中断而减少的用电量。

3. 上海之高温热浪特征

为考察 TC 对缓解上海高温的作用, 本文首先对上海的高温热浪特征进行了初步分析。众所周知: 上海地处东亚副热带地区, 夏季因受西北太平洋副热带高压的控制易出现高温及热浪天气。事实上, 1884~2006 年间上海共出现高温天气(日最高气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$)1679 天, 平均每年 13.7 天, 其中 1934 年最长达 55 天, 1884 年和 1999 年最少仅 1 天。图 1 给出了历年上海高温日数的分布, 可见: 1890 年代、1930~1940 年代和 1990 年代至今是上海高温频发时期, 1900~1940 年代、1980 年代以来的高温日数有逐年增多的趋势。

上海的高温季节长达 145 天(自 5 月 5 日至 9 月 27 日), 图 2 给出了历年高温起始日(该年最早出现高温天气的日期)和终止日(该年最晚出现高温天气的日期)序号(1 月 1 日起记), 可见: 1930 年代以前, 高温的起止日呈平稳起伏状; 1930~1940 年代, 高温起始日逐年提前、终止日逐年延迟, 高温季节延长、高温日数增多; 1940~1970 年代, 高温的起始日逐年延迟、终止日逐年提前, 高温季节缩短、高温日数减少; 1980 年代至今, 高温的起始日逐年提前、终止日逐年延迟, 高温季节延长、高温日数增多。

1884~2006 年间, 上海共发生了 194 次高温热浪过程(连续 3 天以上的高温天气, 以下简称“称热浪”或“酷暑” [3]), 平均每年约有 1.6 次, 最多的年份高达 5 次(1940、1942、1947、1995、2006 年), 最少的年份(1884、1888、1901、1904、1907、1911、1916、1918、1919、1928、1943、1951、1955、1956、1961、1963、1968~1970、1972~1976、1979~1982、1985、1986、1991、1996、1997、1999 年, 共 34 年)未发生高温热浪过程。与高温日数的年代际变化特征类似: 1890 年代、1930~1940 年代和 1990 年代至今是上海高温热浪过程的频发时期, 1900~1940 年代、1980 年代以来的高温热浪过程逐年增多; 1950~1970 年代高温热浪过程逐年减少, 1970 年代是高温热浪过程的低发时期(如图 3 所示)。

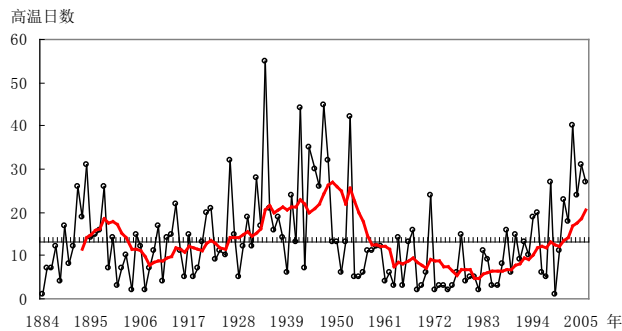


Figure 1. Days of heat wave in Shanghai during 1884-2006 (red line: slipping average of 10 yr)
图 1. 1884~2006 年间上海历年高温日数分布(红线为 10 年滑动平均)

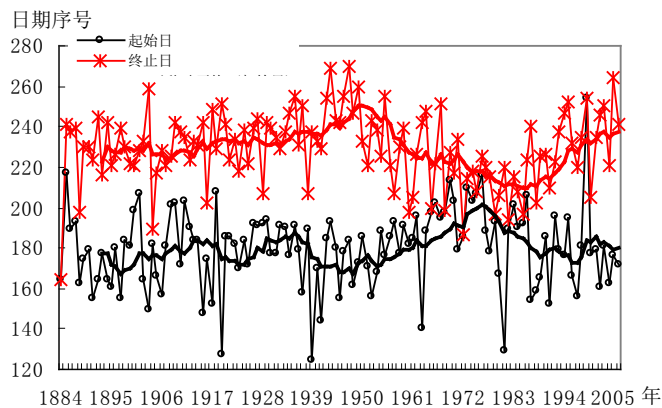


Figure 2. Start and end days of heat wave in Shanghai during 1884-2006 (heavy line: slipping average of 10 yr)
图 2. 1884~2006 年间上海历年高温起始日与终止日期分布(粗实线为 10 年滑动平均)

热浪事件的频数随高温持续日数的延长而快速递减(如图4所示)。1884~2006年间的194次高温热浪事件中,半数以上热浪事件的高温天气持续不足5天,但热浪事件持续日期最长的高温天气达24天(1926年7月22日~8月14日)之久。

4. 热带气旋与酷暑中断

上海高温热浪最为集中的盛夏季节,也正是西北太平洋TC最为活跃的季节。通常,伴随着TC的狂风和骤雨袭来,气温也将随之降低,从而导致高温热浪过程的中断(或结束)。统计表明:1884~2006年间,上海共有134次(约占总数的69%)高温热浪过程中断时,西北太平洋区域(包括海上和登陆后)有TC活动,且高温热浪的持续时间越长,其中断时西北太平洋上有TC活动的比例越高(图5)。对于上海而言,持续时间达10天以上的高温热浪事件(24次)中的75%,在其中断时西北太平洋上有TC活动;持续20天以上的高温热浪事件(4次),其中断时西北太平洋上均有TC活动。

图6为历年上海热浪中断时有、无TC的频数(a)和比例(b)。可见:1890年代,上海的高温热浪中断时,西北太平洋上有、无TC活动的比例相当(有TC的比例略少);但是,在1884~2006年百余年间,上海的高温热浪中断时,西北太平洋上有TC活动的比例呈增加的趋势(递增率约为0.41/年),至2000年以来上海的热浪中断时西北太平洋上有TC活动的比例平均高达约90%。

统计表明,1884~2006年间,有TC活动时上海的高温热浪平均的中断日期为8月1日,而无TC活动时的热浪平均中断日期约提早4天(7月28日)。图7给出了1884~2006年的百余年间上海历次高温热浪过程中断日期的散点分布,可见:偏晚中断的热浪在其结束时西北太平洋上大多有TC活动,而偏早

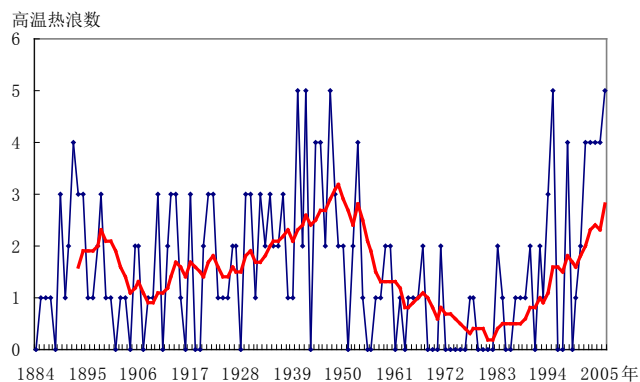


Figure 3. Frequency of heat wave in Shanghai during 1884-2006 (heavy line: slipping average of 10 yr)

图3. 1884~2006年间上海历年高温热浪过程数分布(粗实线为10年滑动平均)

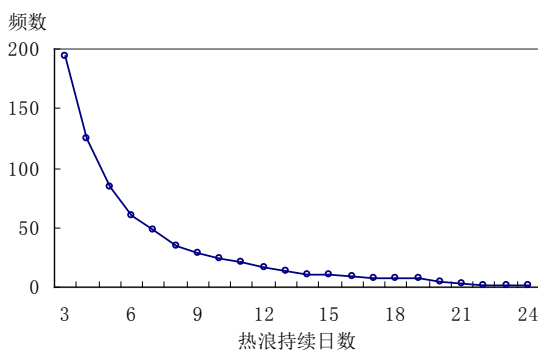


Figure 4. Relationship between the frequency and the sustained days of heat wave in Shanghai during 1884-2006

图4. 1884~2006年间上海高温热浪事件的频数随高温持续日数的分布

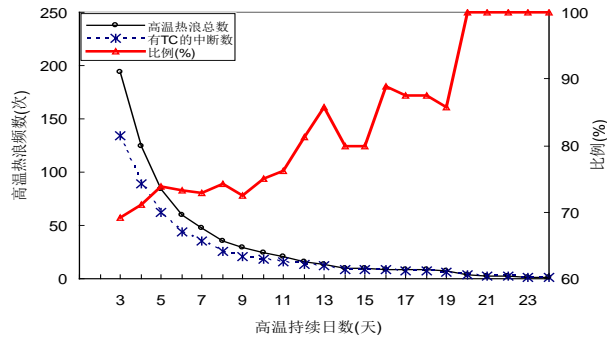


Figure 5. The frequency of heat wave and interrupted by tropical cyclone during 1884-2006 in Shanghai
 图 5. 1884~2006 年间上海总的及被热带气旋中断的高温热浪事件频数随高温持续日数的分布

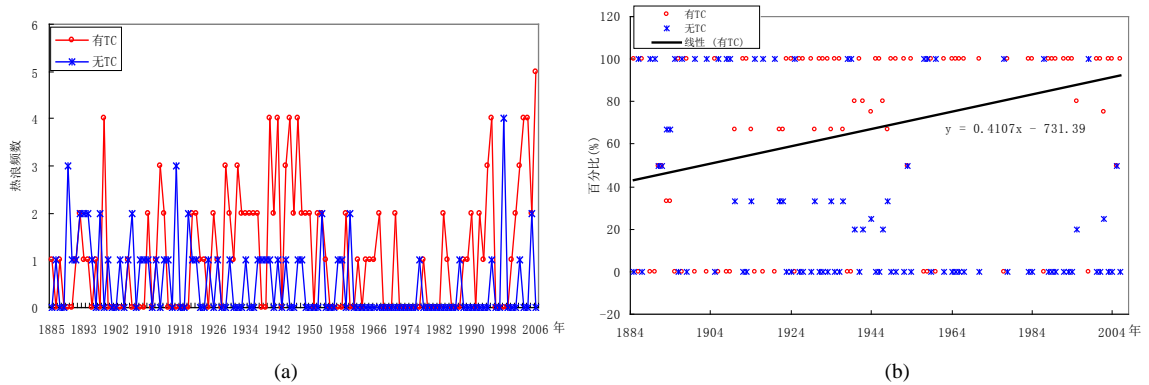


Figure 6. The frequency (a) and ratio (b) of with or without tropical cyclone in Northwest Pacific region when heat wave interrupted during 1884-2006 in Shanghai (red—with tropical cyclone, blue—without tropical cyclone)
 图 6. 历年上海热浪中断时有无 TC 的过程数(a)和比例(b)(红——西北太平洋上有 TC 活动, 蓝——无 TC)

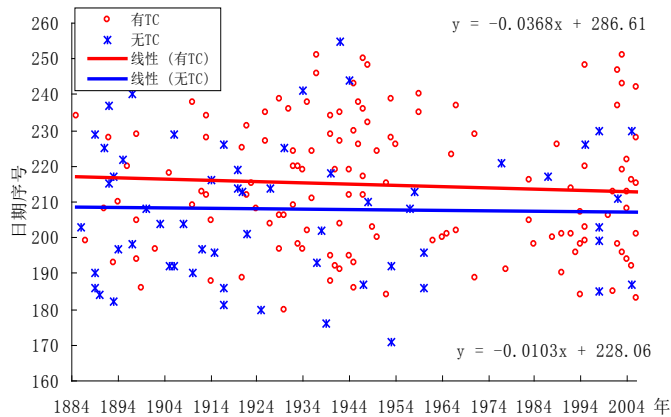


Figure 7. The date scatters of heat wave interrupted in Shanghai during 1884-2006 (red—with TC when heat wave interrupted, blue—without TC when heat wave interrupted)
 图 7. 1884~2006 年间上海高温热浪事件中断日期的散点分布(红——热浪中断时有 TC 活动, 蓝——热浪中断时无 TC 活动)

中断的热浪在其结束时西北太平洋上则少有 TC 活动。而且, 上海百余年来的高温热浪过程中断的日期有提前的趋势, 西北太平洋上有 TC 活动时热浪的中断日期平均每 10 年约提前 0.4 天、无 TC 时提前约 0.1 天/10 年。

如前所述, 上海地区的高温热浪过程中断时, 西北太平洋地区常伴有 TC 的活动。统计表明, 1884~2006

年间,上海高温热浪中断时西北太平洋上同时有 2 个 TC 的情况有 24 次,同时有多个 TC 在西北太平洋区域活动的情况共有 14 次(其中 3 个和 4 个 TC 的情况分别有 11 次和 3 次,详见表 1)。

图 8 给出了 1884~2006 年间上海高温热浪中断时在西北太平洋地区活动的 TC 位置(左图)及其全程移动路径(右图),可见:当 TC 沿 20°N 左右的纬线向偏西方向移动(TC 位于距上海以南至西南方约 8~10 个经纬距的 110~130°E、20°N 附近)及在 120~130°E 附近的近海转向(TC 位于距上海以东至东南方约 8~10 个经纬距的 20~30°N, 125°E 附近)时,易使上海地区的高温热浪中断。

进一步分析表明:当 TC 沿 20°N 左右偏西移动并位于 110~130°E 附近时,伴随 TC 的偏西移动,来自 TC 东北侧的东南气流源源不断地将海面的凉爽空气输送到上海地区(图略),从而缓解或中断上海的高温热浪过程;而当 TC 在 120~130°E 附近的近海转向并位于 20~30°N 附近时,往往伴随有西北太平洋副热带高压的东撤或位置偏东且多位于海上,上海因受副高西南沿来自海上的东南气流影响而降温。此外,来自海上的东南气流在携带水汽向西北方向推进的过程中,因遇西风带系统并发生相互作用极易成云降水并最终降温。

5. 热带气旋与缓解供电紧张

随着近年来城市经济社会的发展,上海的用电量呈增加的趋势(图 9),递增率约为 6.39 kwh/天(由于资料等原因,仅取 2003 年 1 月至 2006 年 7 月为研究时段)。图 9 表明,夏季是上海用电的高峰期。众所周知,夏季也是上海受 TC 影响最为明显的季节,在 134 次伴有 TC 活动的热浪中断事件中,均集中在 7~9 月。

高温热浪中断,日最高气温明显降低。统计表明:在 134 次伴有 TC 活动的上海高温热浪中,热浪中断当天的最高气温平均较前一天降低 1.78°C。热浪中断后,有时气温会很快升高并在第 2 天再度出现高温(如:2004 年 7 月 27 日受 TC 影响,使自 16 日以来持续了 11 天的高温热浪中断,但 28 日气温即上升了 1.1°C,并出现 35.8°C 的高温天气),有时则能维持 3 天以上的持续降温(如:2004 年 8 月 10 日,受 TC 影响使自 5 日以来持续了 5 天的热浪中断,且降温一直持续至 13 日,如图 10 所示最长可达 8 天)。

伴随高温热浪的中断和气温的持续降低,用于防暑降温的用电量将随之减少,从而使紧张的电力供应得到一定程度的缓解,并产生一定的社会和经济效益。图 11 为 2003 年 1 月至 2006 年 7 月间伴有 TC 活动的上海热浪及其中断前后的最高气温和日用电量分布,可见:日用电量随着热浪的持续呈线性增长的趋势;当热浪中断、最高气温回落时,日用电量则随之明显减小。

热浪中断后,视日最高气温的明显上升为 TC 的影响结束,并假定:如果没有 TC 活动的影响,热浪将持续,且日最高气温和日用电量也都将维持(其量值均至少与热浪最后一天持平)。则在 2003 年 1 月~2006 年 7 月间的 12 次热浪中断事件中,TC 共使日最高气温降低了 133.6°C(平均每个过程降低 11.13°C),减少日用电量共 67,218 万 kwh(平均每个过程节约用电 5601.5 万 kwh,单次最多可达 25,375 万 kwh)。

参照“上海市电网夏季销售电价表[<http://www.shdpc.gov.cn/upload/11197/3.xls>]”中较为低廉的居民生活用电的电价(0.612 元/kwh),可以估算出 TC 使单次热浪中断带来的因减少供电量的经济价值平均约为 3428.118 万元。但不同的过程差异较大,如图 10 所示:TC 对热浪中断后的影响最长可持续 8 天(2003 年 8 月 7 日至 14 日),可节约的电价高达 15529.5 万元。

6. 结论与讨论

TC 在给人们带来灾害的同时,也不乏益处。本文通过分析 1884~2006 年间上海地区高温热浪事件的特征,发现:

- 1) 百年来,上海地区共发生 194 次高温热浪,其中约有 69%(134 次)的热浪中断时,西北太平洋上

Table 1. Multi-tropical cyclone in Northwest Pacific region when the heat wave interrupted in Shanghai during 1884-2006 (“*”—the nearest tropical cyclone from Shanghai when the heat wave interrupted)

表 1. 1884~2006 年间上海高温热浪中断时西北太平洋地区的多台风活动(带*号者为热浪中断时距离上海最近的 TC)

序号	年份	高温热浪			热带气旋
		中断日期	持续日数	个数	编号/序号
1	1892	9月3日	5	3	189210, 189211*, 189212
2	1914	7月7日	4	2	140005*, 140006
3	1917	8月14日	5	2	170004*, 170005
4	1920	8月2日	4	2	200006, 200007
5	1921	8月13日	4	2	210009*, 210010
6	1922	7月31日	3	2	220010*, 220011
7	1926	8月15日	22	2	260006, 260007*
8	1930	7月25日	4	2	300011*, 300013
9	1935	8月26日	4	2	350009*, 350010
10	1940	7月7日	3	3	400005, 400006, 400007
11	1940	7月14日	3	2	400009*, 400010
12	1940	8月17日	5	2	400016, 400017*
13	1940	8月22日	3	3	400019*, 400020, 400021
14	1941	8月7日	5	2	410012*, 410014
15	1942	7月23日	8	2	420006*, 420007
16	1944	8月7日	5	2	440009, 440010*
17	1945	8月18日	7	2	450018, 450019*
18	1947	8月24日	16	2	470014*, 470015
19	1949	9月18日	3	2	490021, 490022*
20	1950	8月12日	3	4	500017*, 500019, 500020, 500021
21	1953	8月16日	22	3	530010*, 530013, 530014
22	1953	8月27日	6	3	530010, 530015, 530016*
23	1954	8月14日	4	2	540009, 540010*
24	1965	7月20日	3	3	650919*, 650020, 651021
25	1966	8月11日	11	3	660013, 661015, 661116*
26	1967	7月21日	7	3	670012*, 670013, 670514
27	1967	8月25日	3	4	670027, 671329, 670030*, 671431
28	1971	7月8日	10	3	711015, 711116*, 711217
29	1971	8月17日	3	2	711825*, 710026
30	1989	8月14日	3	2	891618*, 891519
31	1992	8月2日	6	2	920910*, 921011
32	1994	7月17日	4	3	940808, 940909*, 941010
33	1994	7月26日	4	4	940808*, 940012, 941113, 941214
34	2001	8月1日	13	2	010808*, 010009
35	2002	9月4日	3	2	021619*, 021720
36	2004	7月27日	11	2	041013, 041114*
37	2004	8月10日	5	3	041316, 041417*, 041518
38	2006	8月16日	5	2	061012*, 061113

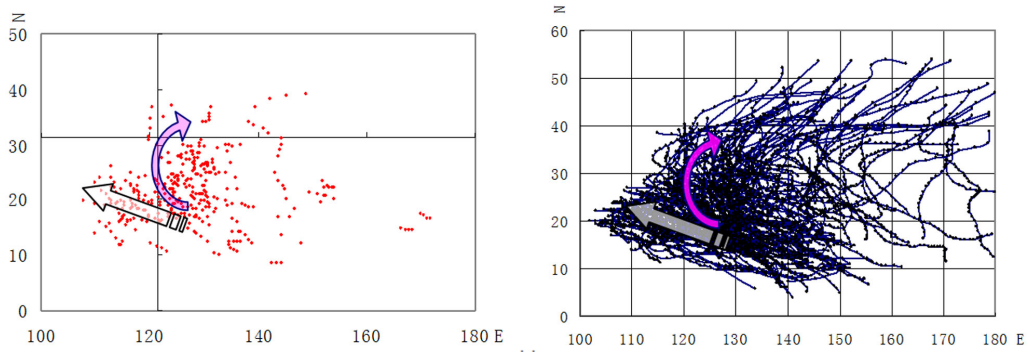


Figure 8. The location (left) and track (right) of tropical cyclone in Northwest Pacific region when the heat wave interrupted in Shanghai during 1884-2006 (the original point of coordinate in left located in Shanghai)

图 8. 1884~2006 年间上海高温热浪事件中中断时西北太平洋地区的 TC 位置分布(左)及其全程路径(右)(左: 坐标原点为上海市, 即(31.40N, 121.480E))

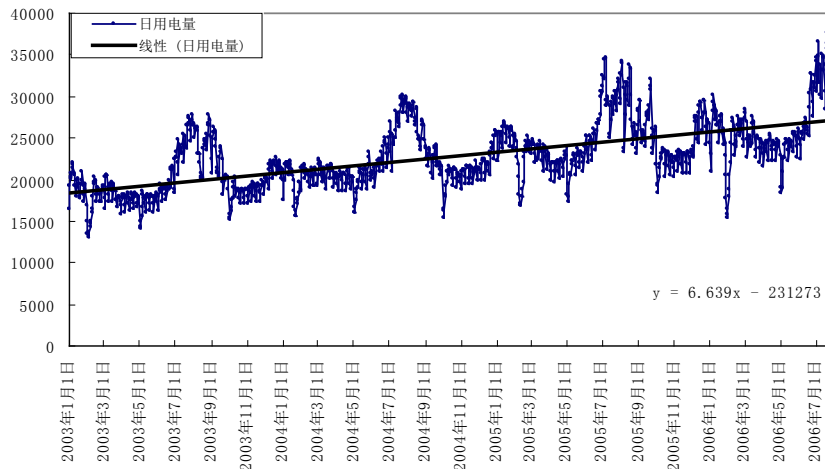


Figure 9. The daily power consumption in Shanghai from January 2003 to July 2006 (unit: ten thousand kwh)

图 9. 2003 年 1 月~2006 年 7 月间上海市日用电量(单位: 万 kwh)

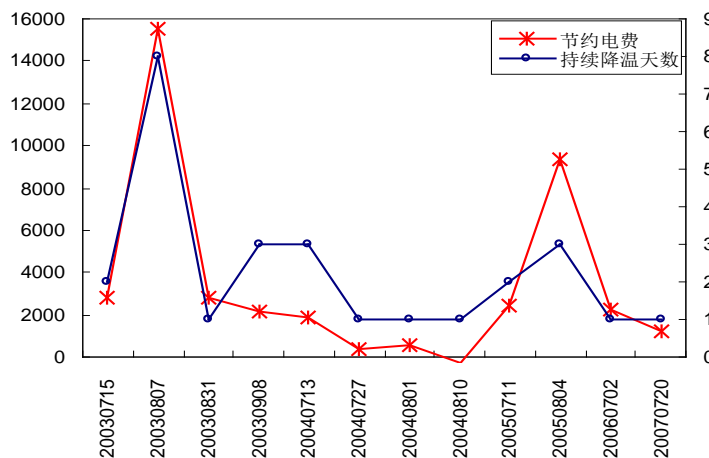


Figure 10. The days of power rate related to the heat wave interrupted by TC in Shanghai from January 2003 to July 2006 (left/right coordinate—the power rate and days)

图 10. 2003 年 1 月~2006 年 7 月 TC 对热浪中断后的影响(持续降温)天数和节约的电费左、右纵坐标分别为节约的电费和影响天数(单位分别为: 万元和天)

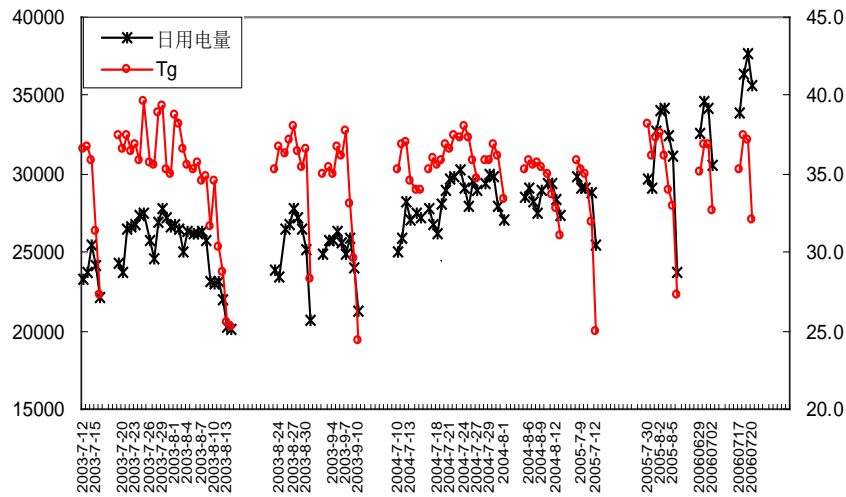


Figure 11. The highest temperature and daily power consumption of the heat wave and during its interrupted process with TC from January 2003 to July 2006 in Shanghai (left/right coordinate—the daily power consumption and highest temperature)

图 11. 2003 年 1 月~2006 年 7 月伴有 TC 活动的上海热浪及其中断前后的最高气温和日用电量左、右纵坐标分别为日用电量和最高气温，单位分别为万 kwh 和 °C

有 TC 活动。热浪持续的时间越长，中断时有 TC 活动的比例越高。持续 10 天(24 次)时比例为 75%，持续 20 天(4 次)时比例高达 100%。

2) 伴有 TC 活动的热浪中断的当天，最高气温较前一天平均降低 1.78°C，而且这种降温趋势有时可持续 8 天以上，累计降温平均可达 11.13°C。

3) 在 2003 年 1 月~2006 年 7 月伴有 TC 活动的 12 次热浪事件中，因日最高气温降低而减少的用于防暑降温的额外支出的电量平均每次约为 5601.5 万 kwh(单次最多可达 25,375 万 kwh)，约合 3428.118 万元人民币(单次最高可节约的电价为 1.55 亿元)。

4) 伴有 TC 活动的热浪中断时，有时还不只一个 TC(双 TC 的情况有 24 次、3TC 和 4TC 的情况分别有 11 次和 3 次)。通常当 TC 沿 20°N 向偏西方向移动且 TC 位于距上海以南至西南方约 8~10 个经纬距，或当 TC 在 120~130°E 附近的近海转向且 TC 位于距上海以东至东南方约 8~10 个经纬距时，易使上海地区的高温热浪中断。

在伴有 TC 活动的高温热浪中断事件中，有些 TC 不任是在其全程移动过程中、还是当热浪中断时的位置，均距离上海较远，如何客观判定热浪的中断是否与该 TC 有关？以及 TC 导致热浪中断的机理？等有待进一步分析。

此外，TC 的益处不仅表现在缓解高温热浪方面，而且还可以缓解内陆的干旱和增加渔民的渔获量等，其带来的益处尚待进一步客观评估。TC 既有灾也有益，人们应善待 TC！以利于防台减灾、趋利避害。

基金项目

国家重点基础研究发展计划(2013CB430305)、公益性行业(气象)科研专项(GYHY201406010)。

参考文献 (References)

- [1] 陈联寿, 丁一汇 (1979) 西太平洋台风概论. 科学技术出版社, 北京.
- [2] 雷小途, 陈佩燕, 杨玉华, 等 (2009) 中国台风灾情特征及其客观评估方法. *气象学报*, **5**, 875-883.
- [3] 张尚印, 王守荣, 张永山, 等 (2004) 我国东部主要城市夏季高温气候特征及预测. *热带气象学报*, **6**, 750-760.