

陆琛莉, 范晓红, 宋文英, 等. 杭州湾北岸持续热浪天气特点及城市化发展的影响[J]. 气象, 2012, 38(3): 329-335.

杭州湾北岸持续热浪天气特点 及城市化发展的影响^{*1}

陆琛莉 范晓红 宋文英 张雪慧

浙江嘉兴市气象局, 嘉兴 314050

提 要: 伴随 21 世纪的到来, 杭州湾北岸持续热浪事件出现频率高、持续时间长、影响范围广、强度强、出现的气温极值高。使用 NCEP 资料和天气学方法, 对 4 次持续热浪过程进行分析, 在副高持续增强脊线北移至 30°N, 当高层南亚高压分裂东移, 高低空负涡度出现垂直叠加, 或因台风外围环流影响, 出现强烈的下沉和晴空辐射增温, 再加上平流增温、以及前期持续高温的累积效应等综合因素, 杭州湾北岸出现持续区域热浪。21 世纪以来, 持续热浪期间, 白天高温和酷热时长都出现延长, 且酷热时长延长得更明显。此外, 嘉兴日照时数出现减少, 而气温仍较快升高的现象可能与城市化快速发展导致的城市“热岛效应”有关。目前, 杭州湾北岸城市群“热岛效应”已经综合影响到热浪期间城市间的温差关系上。

关键词: 持续热浪, 酷热时长, 城市温差, 热岛效应

Characteristics of Continuous Heatwave Weather over the North Area of Hangzhou Bay and the Connection with Urbanization

LU Chenli FAN Xiaohong SONG Wenying ZHANG Xuehui

Jiaxing Meteorological Office of Zhejiang, Jiaxing 314050

Abstract: Since the year 2000, continuous heatwave events have some new characteristics, such as high frequency, long duration, broad influence, strong intensity and high extreme temperature. Analyzed the four times of continuous heatwave weather by use of the NCEP data and synoptic meteorology method, it was found that continuous heatwave weather over north area of Hangzhou Bay seems to appear under the intense warming by descending drafts and clear sky radiation, which is due to the powerful control of the subtropical high with ridge line strengthened up to 30°N, and high and low altitude negative vorticities have a vertical superimposition when the South Asian high moves eastwards, or in the influence of typhoon periphery circulation, and the advection warming, also synthesizing the earlier period continuous high temperature factors. In the 21st century, during the heatwave days, the high-temperature hours and extremely hot hours are both growing up, and the latter grows up more. Although the sunshine hours decreased, the temperature still quickly elevated, maybe it is connected with the urban heat island effect (UHIE) which is caused by the development of cities. Nowadays, this effect of cities over the north area of Hangzhou Bay is already extended to the temperature difference relations among cities.

Key words: heatwave weather, extremely hot hours, temperature difference among cities, UHIE (urban heat island effect)

* 2011 年 2 月 11 日收稿; 2011 年 8 月 8 日收修定稿

第一作者: 陆琛莉, 主要从事气象预报预测服务工作. Email: jxzoe@163.com

引 言

持续的高温热浪不仅对公众身体健康和正常生活造成重大影响,酷热及闷湿天气使突发疾病明显增多,中暑人数多,死亡率增加,并且还造成城市供电、供水日趋紧张,使农田失墒加快,加剧旱情发展,给农林畜牧业生产带来很大危害,使工矿企业生产严重受损^[1-3]。

2010年8月长江下游和江南等地遭受持续高温热浪侵袭,高温日数异常偏多^[4],有多站多项气象记录突破当地历史极值,上海、江苏、浙江大部分地区8月平均气温、月最高和最低气温均创新高,其中8月12—15日上海徐家汇测站连续4天最高气温超39℃,这在上海百年气象史上前所未有。本文着眼于此次高温热浪事件,结合历史上(1966、1978和2007年)出现的3次持续热浪过程进行天气形势分析和总结,对近年来持续热浪天气下一些气象要素的变化进行统计,并探索分析了杭州湾北岸浙沪地区城市化发展的影响,为今后对高温热浪的预报和服务提供一些参考。

1 高温热浪的定义和使用的资料方法

1.1 高温热浪的定义

根据我国气候和环境特点,并参照气象灾害预警发布和传播条例规定,将我国日极端高温分为三级:高温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$,危害性高温 $\geq 38^{\circ}\text{C}$,强危害性高温 $\geq 40^{\circ}\text{C}$ 。定义连续3 d以上 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 高温为一次持续高温过程,连续3 d以上 $\geq 38^{\circ}\text{C}$ 高温为一次持续热浪事件^[5-7]。此外,将气温升至 37°C 以上规定为酷热指标^[8-9]。

1.2 资料和方法

根据以上定义,查找了杭州湾北岸位于杭州、上海之中的嘉兴观测站逐日最高气温资料。1954—2010年嘉兴共出现了4次持续热浪事件,分别为1966年8月4—7日、1978年7月7—9日、2007年7月28日至8月2日、2010年8月12—15日。对比上海、杭州同期最高气温,基本都持续出现了 $\geq 38^{\circ}\text{C}$ 的危害性高温,因此,这4次过程可称为杭州湾北岸的区域热浪事件。

使用NCEP间隔6小时的逐日再分析高度场、

温度场、风场和垂直速度资料,对4次持续高温热浪天气形势进行分析和总结。同时对比分析了持续热浪期间杭州湾北岸浙沪城市间(上海、杭州、嘉兴以及平湖)最高气温的变化差异。需要指出的是,本文使用的是上海徐家汇的温度资料。在20世纪80年代以前,上述4个观测站测得的气温基本都能代表4个城市城郊周围的气温变化,21世纪后,由于受城市发展影响,上海徐家汇和杭州观测站测得的气温不同程度地代表了上海和杭州中心城区的温度,而嘉兴、平湖观测站测得的气温则仍代表这两个城市城郊气温变化。此外,文章还对热浪期间嘉兴城市的一些气象要素变化进行了分析,其中1966和1978年高温和酷热时长的统计采用了气温自记纸资料(使用之前对气温先进行了订正),2007和2010年使用了气温的自动站分钟资料。

2 持续热浪的天气特点和形势分析

2.1 持续热浪天气特点

杭州湾北岸发生的4次持续热浪事件分别出现在20世纪60、70年代,以及21世纪初期,其中21世纪初期发生了2次,间隔时间短,发生频率大。这4次事件都发生在盛夏7—8月(表1),以8月上旬前后发生较多,如1966年持续热浪发生在8月上旬、2007年发生在7月下旬至8月上旬、2010年则发生在8月中旬前期,是发生时间最晚的一年,但1978年持续热浪发生时间较早,在7月上旬。持续热浪发生前期一般都已出现持续4~6天的区域高温天气,但2010年有些例外,前期区域高温仅出现了2天,然后区域持续热浪爆发。区域持续热浪一般维持3~4天,但2007年持续时间较长,达到了6天。

4次持续热浪期间,上海、杭州、嘉兴的区域平均最高气温都超过 38°C ,其中2010年达到了 39.4°C ,较前3次高 $0.7\sim 1.3^{\circ}\text{C}$,是4次热浪事件中强度最强的一次。持续热浪期间出现的区域极端最高气温有3次出现在上海、杭州等大城市,极端高温为 40.0°C (2010年上海)。另外,2010年江苏、杭州湾南岸等地也都同时出现持续4天以上日最高气温超 38°C ,嘉兴6个国家气象观测站中有5个站点(沿海平湖站除外)都出现了持续热浪天气,所以此次热浪还具有影响站点多、范围广、空间分布密集等特点。

由此可见,进入21世纪后,影响杭州湾北岸的高温热浪具有持续时间长、强度大、出现的气温极值

表 1 杭州湾北岸 4 次持续高温热浪概况
 Table 1 The situations of four heatwaves over the north area of Hangzhou Bay

| 热浪发生时间 | 热浪持续时间/d | 前期高温持续时间/d | 热浪期间最高气温/℃ | 热浪期间区域平均最高气温/℃ |
|--------------------------|----------|-------------------|-------------------|----------------|
| 1966 年 8 月 4—7 日 | 4 | 4 | 38.6(嘉兴 8 月 6 日) | 38.1 |
| 1978 年 7 月 7—9 日 | 3 | 6 | 39.9(杭州 7 月 7 日) | 38.3 |
| 2007 年 7 月 28 日至 8 月 2 日 | 6 | 5 | 39.6(上海 7 月 29 日) | 38.7 |
| 2010 年 8 月 12—15 日 | 4 | 40.0(上海 8 月 13 日) | 39.4 | |

高等特点。

2.2 高温热浪天气形势

2.2.1 2010 年高温热浪天气形势

2010 年 8 月 10 日随着 7 号台风圆规北上转向东移之后(图略),西太平洋副热带高压(以下简称副高)开始新一轮西伸扩张,受其控制,10—15 日长江下游出现持续高温热浪,期间副高势力异常强盛,11 日 592 dagpm 副高中心迅速控制了我国中华华东地区,受副高中心强烈的晴空辐射增温和低层平流增温的共同作用,杭州、嘉兴最高气温迅速攀升至 38℃;与此同时,高层 200 hPa 南亚高压 1264 dagpm 中心逐渐分裂东移至 120°E 以东,12—13 日杭州湾上空 200 hPa 出现明显的负涡度区,与中低层副高

负涡度垂直叠加^[10],导致从高空到近地层出现一致下沉气流(图 1a),下沉气流绝热增温效应明显;另外,12 日开始,贝加尔湖有冷槽东移南下,受强大的副高阻挡,14—15 日 500 hPa 槽尾东移至 35°N 以东黄淮流域,杭州湾北岸逐渐转受副高 592 dagpm 北缘西南气流影响,850 hPa 出现 $12 \times 10^{-5} \text{ K} \cdot \text{s}^{-1}$ 暖平流中心。受冷锋来临前强烈的低空暖平流增温作用(图 1b),以及前期持续高温累积效应^[11]等综合因素,长江下游和杭州湾地区出现持续热浪,12—15 日 4 天时间中嘉兴有 3 天、杭州连续 3 天、上海则连续 4 天日最高气温超 39℃,其中 13 日上海还出现了 40.0℃ 的强危害性高温,与 1934 年 8 月 25 日并列第一,此次上海出现的持续 4 天超 39℃ 的气象记录在上海百年气象史上是前所未有的。

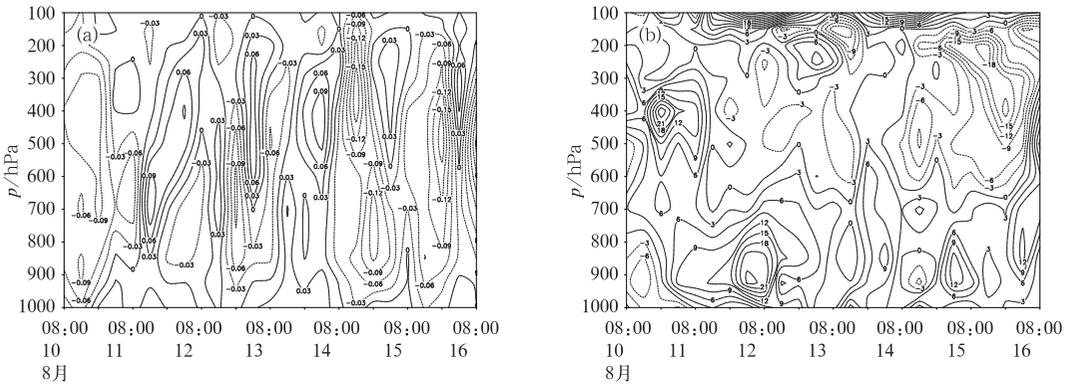


图 1 2010 年 8 月 10—16 日杭州湾北岸垂直速度(a,单位: $10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{s}^{-1}$)、温度平流(b,单位: $10^{-5} \text{ K} \cdot \text{s}^{-1}$)的时间-高度剖面图

(取 4 个格点 $30^{\circ}\text{N}, 120^{\circ}\text{E}, 30^{\circ}\text{N}, 122.5^{\circ}\text{E}, 32.5^{\circ}\text{N}, 120^{\circ}\text{E}, 32.5^{\circ}\text{N}, 122.5^{\circ}\text{E}$ 的差分)

Fig.1 The time-height cross sections of vertical velocity (a, unit: $10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{s}^{-1}$) and temperature advection (b, unit: $10^{-5} \text{ K} \cdot \text{s}^{-1}$) over the north area of Hangzhou Bay during 10—16 August 2010 (taking 4 grid-point differences of $30^{\circ}\text{N}, 120^{\circ}\text{E}, 30^{\circ}\text{N}, 122.5^{\circ}\text{E}, 32.5^{\circ}\text{N}, 120^{\circ}\text{E}$ and $32.5^{\circ}\text{N}, 122.5^{\circ}\text{E}$)

2.2.2 2007 年高温热浪天气形势

2007 年持续高温也是受西太平洋副高和高层反气旋共同影响所致(图略)。7 月 23 日副高增强西进,杭州湾北岸受其 588 边缘西南气流影响,开始出现高温天气。26—27 日副高脊线北移至 30°N ,华东沿海出现弱的 592 dagpm 副高环流,这时由于副高增强导致地处副高中心附近的杭州湾北岸气温

骤升,28 日上海、嘉兴、杭州出现区域性 $\geq 38^{\circ}\text{C}$ 的热浪天气。与 2010 年类似的是,2007 年持续热浪出现期间,高层南亚高压在 29 日分裂出一个 1252 dagpm 高压中心东移至长江中下游,30—31 日长江下游上空 200 hPa 出现 $-8 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 负涡度中心,与中低层副高负涡度区叠加,杭州湾附近从高空到低层出现一致下沉(图略),因强烈的下沉增温和副

高中心晴空辐射出现持续热浪。但不同的是,北方冷空气受贝加尔湖阻高影响,不断在其南侧 $35 \sim 40^\circ\text{N}$ 小股东移,受其影响,2007 年 8 月 1—2 日副高减弱,但在此期间,西太平洋 135°E 附近 0705 号强台风正朝西北方向移动,由于台风气旋对周围水汽强烈的抽吸作用导致其外围(杭州湾地区)出现大范围晴空少云区,同时受台风外围强烈的下沉气流增温影响^[12-13],8 月 1 日上海、杭州、嘉兴气温一致上升至 39°C 以上,2 日台风逐渐远离,区域热浪减退。

2.2.3 1978 和 1966 年高温热浪天气形势

1978 年和 1966 年出现的持续高温热浪也是由于副高增强控制,长江中下游低空(850 hPa)持续受 24°C 暖区影响,前期地面出现一段持续高温,积蓄较多的热量后,当杭州湾北岸处于 592 dagpm 副高脊线附近或者高层有南亚高压分裂东移入海,在晴空辐射、平流增温和下沉增温的共同作用下,出现 $\geq 38^\circ\text{C}$ 的持续区域热浪。同样,中高纬度西风带不断有冷空气从贝加尔湖东移南下至 35°N 河套以东黄淮流域,

受冷空气影响,副高减弱东退,持续热浪结束^[14]。

综上所述,杭州湾北岸持续热浪总体发生在副高持续增强,脊线北移至 30°N 附近,低层 850 hPa 在华东地区出现持续的 24°C 暖中心,当高层南亚高压东移入海,高低空负涡度在垂直方向出现叠加,从高空到地面出现一致下沉气流,因副高中心强烈的晴空辐射和深厚的下沉增温作用,出现区域热浪;当 500 hPa 西风带贝加尔湖冷空气不断补充南下至 35°N 河套以东黄淮流域,杭州湾北岸处于副高北缘西南气流影响,受冷锋前部强烈的暖平流增温作用,以及前期持续高温热浪的累积效应等综合因素,或者因台风外围强烈的下沉增温和水汽抽吸导致的晴空辐射作用,区域热浪持续。而后副高东退(或台风远离),区域热浪结束。

此外,从图 2 中可见,2010 年持续热浪期间华东地区上空的副热带高压尤其强大,588 和 592 线副高环流控制的面积和强度都较 1966、1978 和 2007 年大得多,这是长江下游地区 2010 年高温热

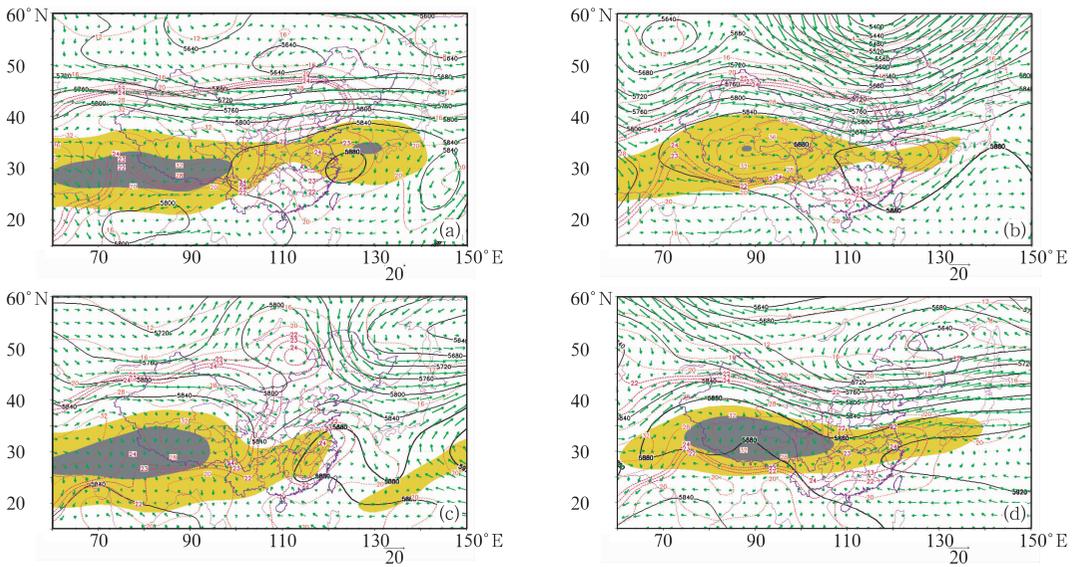


图 2 持续热浪期间欧亚地区平均环流场

(a) 1966 年, (b) 1978 年, (c) 2007 年, (d) 2010 年

(注:图中实线为 500 hPa 高度场,虚线为 850 hPa 温度场,矢量为 500 hPa 风场,阴影代表 200 hPa 南亚高压)

Fig. 2 The Eurasia atmospheric circulations during continuous heatwave days

for (a) 1966, (b) 1978, (c) 2007 and (d) 2010

(Note: the solid line is the 500 hPa height field, the dashed line is 850 hPa temperature field, the vector is the 500 hPa wind field, and the shadow represents the 200 hPa South Asia high)

浪强度超历史的直接原因。

3 持续热浪期间气象要素的变化

进入 21 世纪后,各地高温热浪天气发生愈来愈频繁,出现的气温极值愈来愈高,在持续的高温热浪

下城市天气究竟还有些什么变化,下面以嘉兴观测站的气象资料进行分析和讨论。

3.1 高温和酷热时长的变化

对 4 次持续热浪期间嘉兴气温的日变化进行统计分析,从表 2 中可以看到,平均而言 $\geq 35^\circ\text{C}$ 的高温

时间大致出现在上午 10:00 前后,下午 17:20 后高温逐渐消退,高温持续约 7 小时 16 分; $\geq 37^{\circ}\text{C}$ 的酷热时段大约出现在正午 12 时前后,16 时以后气温下降,酷热转为高温,酷热时长接近于 4 小时。经比较,1966、1978 和 2007 年高温出现时间都在 10 时以后,1978 年甚至在 10:30 以后,但 2010 年高温出现时间明显提早(约半小时),在 09:30 气温就已升至 35°C 以上,同时高温结束时间也推迟了约半小时,从而导致高温时长延长大约 1 小时多。2010 年嘉兴酷热出现时间也明显提早,在 11:18 时气温就升至 37°C ,较 1966、1978 和 2007 年气温升至 37°C 的时间分别提早了 1、2 和 0.5 小时,同时酷热结束

时间也明显推迟,大致在 16:56 时结束,比 1966、1978 和 2007 年推迟了 1~2 小时,酷热持续时间延长至 5 小时 38 分。因此,无论是高温还是酷热,其时长在 2010 年都较前几年明显延长,并且酷热时长延长比高温时长延长还要多 33 分钟。

此外,从表 2 中还可以看到,2007 年高温持续时间(7 小时 09 分)与 1966 年(7 小时 24 分)相差不大甚至还略短些,但期间出现的酷热时长 4 小时 16 分比 1966 年 3 小时 41 分延长了 35 分钟。由此可以认为,21 世纪后,一方面持续高温热浪发生频繁,另一方面热浪影响期间,白天出现的酷热时长在增长,更加剧了人体感觉的不适,并导致对城市各方面

表 2 持续热浪期间嘉兴出现高温($\geq 35^{\circ}\text{C}$)和酷热($\geq 37^{\circ}\text{C}$)时段的统计
Table 2 The statistics of high temperature time ($\geq 35^{\circ}\text{C}$) and extremely hot time ($\geq 37^{\circ}\text{C}$) during continuous heatwave days

| 年 | $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 起止时间 | 高温持续时间 | $\geq 37^{\circ}\text{C}$ 起止时间 | 酷热持续时间 |
|------|--------------------------------|------------|--------------------------------|-----------|
| 1966 | 10:00—17:24 | 7 小时 24 分 | 12:35—16:17 | 3 小时 41 分 |
| 1978 | 10:44—16:45 | 6 小时 01 分 | 13:12—15:01 | 1 小时 48 分 |
| 2007 | 10:06—17:16 | 7 小时 09 分钟 | 11:47—16:04 | 4 小时 16 分 |
| 2010 | 9:30—18:01 | 8 小时 30 分 | 11:18—16:56 | 5 小时 38 分 |
| 平均 | 10:05—17:21 | 7 小时 16 分 | 12:13—16:04 | 3 小时 51 分 |

的不利影响也在增强。

3.2 气温和日照等的变化

表 3 是持续热浪期间嘉兴各气象要素的平均值,可以看到,2007 和 2010 年持续热浪期间嘉兴气温日较差(最高气温—最低气温)都 $> 11^{\circ}\text{C}$,较 1966 年 10.2°C 、1978 年 10.0°C 增大了 $1.0\sim 1.5^{\circ}\text{C}$,2007 和 2010 年白天日照时数却较 1966 和 1978 年少(约 $2.0\sim 2.8$ 小时)。众所周知,气温升高一般与日照时间呈正比,但 2007 和 2010 年高温热浪期间出现的这种日照时数减少,而气温仍有较快升高的现象似乎表明了目前虽然得到的太阳辐射能量减少,但

是可能有其他更复杂的因素在导致城市升温速度加快。作者认为近些年来嘉兴城市人口增多、城市化进程速度明显加快导致的城市“热岛效应”^[15]是其中一个重要因素,因城市建设区域的扩大、建筑群和水泥柏油路面的增加、以及城市中大量空调的使用、汽车尾气等的排放产生的城市“热岛效应”对城市气温升高有很大作用^[16-17]。

此外,持续热浪期间嘉兴 14 时风速都较小,在 $1.0\sim 1.7\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 之间,2010 年风力略有增加,为 $2.8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,但风力仍在 2 级以下;热浪发生期间,14 时空气相对湿度也都较小,在 51% 以下,其中 2010 年更是降低到了 42%。

表 3 持续热浪期间嘉兴各气象要素的平均值
Table 3 The average values of meteorological elements during heatwave days in Jiaying

| 年 | 平均气温/ $^{\circ}\text{C}$ | 最高气温/ $^{\circ}\text{C}$ | 最低气温/ $^{\circ}\text{C}$ | 日较差/ $^{\circ}\text{C}$ | 日照/h | 14 时风速/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ | 14 时相对湿度/% |
|------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|------|--------------------------------------|------------|
| 1966 | 32.9 | 38.3 | 28.1 | 10.2 | 12.3 | 1.5 | 46.0 |
| 1978 | 32.2 | 38.2 | 28.2 | 10.0 | 12.4 | 1.0 | 50.3 |
| 2007 | 32.0 | 38.4 | 26.9 | 11.5 | 9.6 | 1.7 | 46.0 |
| 2010 | 33.5 | 39.4 | 28.2 | 11.2 | 10.3 | 2.8 | 41.8 |

4 城市间气温的差异变化

嘉兴地处杭州湾北岸太湖流域,北邻上海、南靠

杭州,与这两个大城市都相距 90 多千米,在持续热浪期间这些城市所受的大气环流系统基本一致,同时城市的气候背景也比较相似,因此,在持续高温热浪背景下对这些城市的气温差异进行比较。

4.1 嘉兴与杭州的气温差异变化

图 3 是 4 次高温热浪期间嘉兴与杭州、嘉兴与平湖、嘉兴与上海之间日最高气温的差值(以下简称日最高温差)变化,其中高温时段取自杭州湾北岸出现持续热浪之前 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 的持续高温日,热浪时段即杭州湾北岸出现的持续 $\geq 38^{\circ}\text{C}$ 的热浪日,城市间气温的差值平均为气温差值绝对值的平均。从图 3a 中可以看到,高温时期嘉兴与杭州的日最高温差大于热浪时期嘉兴与杭州的温差,并且 2007 和 2010 年热浪期间嘉兴与杭州的日最高温差与高温期间的温差相比减少比较多,两城市的温差在 2007 和 2010 年出现降低趋势。根据热力学第一定律,在副高控制的天气条件下,平原地区的平流增温和下沉增温作用都非常小^[18],如果忽略由于云、风、湿度等非绝热因子对城市的增温差别,那么这种嘉兴与杭州城市间温差的降低趋势就很可能由于城市“热岛效应”导致的,从而表明目前由于嘉兴城市建设发展加快,人口增多,使得下垫面环境相似于杭州,因此持续热浪期间嘉兴与杭州的日最高温差在缩小,目前温差大致在 $0.6\sim 0.75^{\circ}\text{C}$ 。

4.2 嘉兴与平湖(海陆间城市)的气温差异变化

平湖测站地处嘉兴沿海的乍浦镇,受海风影响,盛夏期间其白天气温一般低于内陆嘉兴。一般而言,海风的大小与海陆间的温度差异有关,海陆温差越大,海风将越明显,从而使海陆城市间的温度差异增大,这与图 3b 中的表现一致,即嘉兴与平湖的温差在热浪时期比高温时期要大。但是,2007 和 2010 年热浪时期平湖与嘉兴的温差与高温时期的温差差距较 1966 和 1978 年在缩小,这与理论上内陆温度越高,造成海风越大,从而沿海城市温度较低,海陆城市间的温差将增大有矛盾,这就表明沿海城市的气温也在增加,也受到了一定的城市化发展影响。而且很有可能是,杭州湾北岸城市群“热岛效应”在持续热浪期间已经蔓延至下游风向(W-SW 风)的沿海城市平湖,或者平湖本身的城市化影响也在增强,从而在一定程度上抵消了由于海风效应导致的海陆城市间的温差。

4.3 嘉兴与上海的气温差异变化

嘉兴与上海的日最高温差关系则较为复杂,一方面由于上海是经济发达的国际大都市,有着显著的城市“热岛效应”^[19-20],另一方面上海又是沿海城

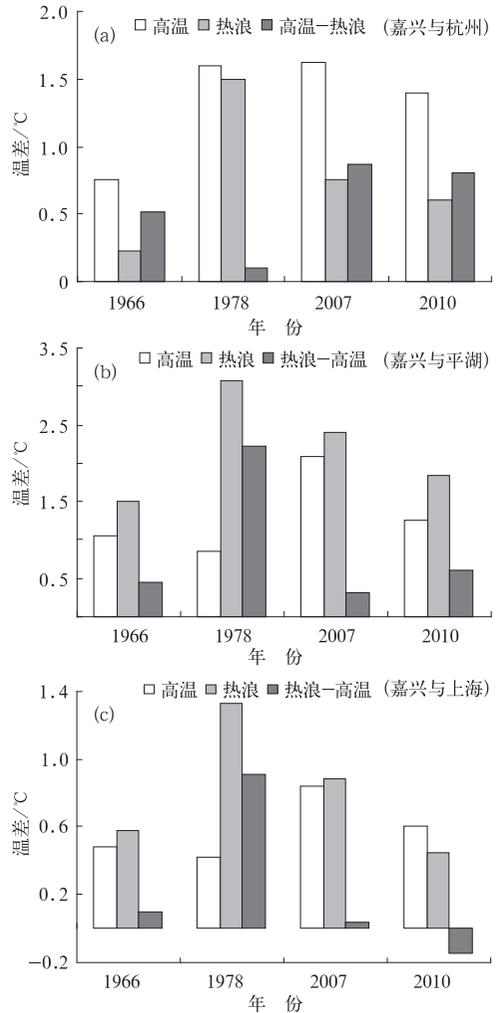


图 3 嘉兴与杭州(a)、嘉兴与平湖(b)、嘉兴与上海(c)日最高气温差值绝对值的平均变化

(注:图中高温时期,是持续热浪出现之前 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 的持续高温日;热浪时期是持续热浪期间 $\geq 38^{\circ}\text{C}$ 的热浪日;高温-热浪(热浪-高温)是高温时期和热浪时期城市温差的变化)

Fig. 3 The absolute difference values of daily highest temperature between Jiexing and Hangzhou (a), Jiexing and Pinghu (b), and Jiexing and Shanghai (c)

(note: the high temperature time in the chart was the days with high temperature $\geq 35^{\circ}\text{C}$ before continuous heatwave; the heatwave time was the days with high temperature $\geq 38^{\circ}\text{C}$; the high temperature - heatwave (heatwave - high temperature) was the urban temperature difference change between high temperature time and heatwave time)

市,受到海陆风的影响也比较明显^[21],因此它的气温变化已综合集成了城市“热岛效应”和海陆风的影响。从图 3c 可以看到,1966、1978 和 2007 年嘉兴与上海的日最高温差在热浪期间大于高温期间的温差,说明在这些年中,嘉兴与上海的温差关系更多地

体现了海陆城市温差关系的变化,但2010年热浪期间嘉兴与上海的温差已经低于高温时期的温差,更多的类似于嘉兴与杭州的温差关系,这可能也是与近些年来嘉兴城市化建设的飞速发展,其衍生的城市“热岛效应”在减弱甚至已经抵消了嘉兴与上海原有的海陆城市间的温差关系。

上述分析表明,杭州湾北岸由于嘉兴等中小城市建设的飞速发展,城市化进程加快导致城市间的“热岛效应”差异减小,或者由于杭州湾北岸浙沪城市群的建设发展使得地区间下垫面差异减小,从而持续热浪期间,嘉兴与杭州的日最高温差在缩小,并且由于城市群“热岛效应”的影响减弱或抵消了沿海城市受到的海陆风影响,使高温热浪期间嘉兴与平湖(海陆城市)温差差距也缩小;嘉兴与上海的温差关系在2010年热浪期间,更多的表现为类似于嘉兴与杭州(内陆城市)之间的关系,即高温时期两城市的温差大于热浪时期的温差,而不是原先表现的海陆城市间的温差关系。

5 结 论

(1) 进入21世纪后,杭州湾北岸发生的持续高温热浪事件具有出现频率高、持续时间长、影响范围广、强度强、出现的气温极值高等特点。2010年控制华东地区的副热带高压特别强大,是导致长江下游高温热浪强度超历史的直接原因。

(2) 杭州湾北岸持续热浪总体发生在副高持续增强,脊线北移至 30°N ,850 hPa在华东地区出现持续的 24°C 暖中心,当高层南亚高压东移入海,高低空负涡度垂直叠加,从高空到地面出现一致下沉气流,因副高中心强烈的晴空辐射和深厚的下沉增温作用,出现区域热浪。当500 hPa贝加尔湖冷空气不断补充南下至 35°N 河套以东黄淮流域,杭州湾北岸处于副高北缘西南气流影响,受冷锋前部强烈的低空暖平流增温作用,以及前期持续高温热浪的累积效应等综合因素,或者因台风外围强烈的下沉增温和水汽抽吸导致的晴空辐射,区域热浪持续。

(3) 进入21世纪后,持续热浪期间,白天高温和酷热时长都明显延长,并且酷热时长延长较高温时长延长还要明显。2010年嘉兴酷热时间长达5小时38分,更加剧了高温热浪对社会的不利影响。同时,日照时数出现减少,而气温仍较快升高的现象表明可能有其他更复杂的因素,如城市化快速发展导致的城市“热岛效应”等复杂因素在使城市升温速度加快。

(4) 持续高温热浪期间,杭州湾北岸城市群的

“热岛效应”已经综合影响到城市间的温差关系上,即嘉兴与杭州(内陆城市)、嘉兴与平湖(海陆城市)的日最高温差都在缩小,而嘉兴与上海的温差关系在2010年热浪期间,更多的表现为类似于嘉兴与杭州(内陆城市)的关系,而不是原先表现的海陆城市间的温差关系。

参考文献

- [1] 陈丽华,周率,党建涛,等. 2006年盛夏川渝地区高温干旱气候形成的物理机制研究[J]. 气象,2010,36(5):85-91.
- [2] 史印山,谷永利,林艳. 京津冀高温天气的时空分布及环流特征分析[J]. 气象,2009,35(6):63-69.
- [3] 张迎新,张守保. 2009年华北平原大范围持续性高温过程的成因分析[J]. 气象,2010,36(10):8-13.
- [4] 赵伟. 2010年8月大气环流和天气分析[J]. 气象,2010,36(11):109-114.
- [5] 张尚印,王守荣,张永山,等. 我国东部主要城市夏季高温气候特征及预测[J]. 热带气象学报,2004,20(6):720-760.
- [6] 张尚印,张海东,徐祥德,等. 我国东部三市夏季高温气候特征及原因分析[J]. 高原气象,2005,24(5):829-835.
- [7] 黄卓,陈辉,田华. 高温热浪指标研究[J]. 气象,2011,37(3):345-351.
- [8] 赵金彪,张健挺,陈丽娜. 北半球大气环流异常与广西夏季高温天气[J]. 气象科技,2006,34(2):157-161.
- [9] 高天赤,方汉杰,马瑞青,等. 杭州市高温气候特征分析[J]. 浙江气象,2002,23(2):1-3.
- [10] 任荣彩,刘屹崧,吴国雄. 1998年7月南亚高压影响西太平洋副热带高压短期变异的过程和机制[J]. 气象学报,2007,65(2):183-197.
- [11] 郭巧红,胡波. 浙江 40°C 以上酷热高温天气统计特征分析[J]. 浙江气象,2009,30(1):7-9.
- [12] 李海鹰,余江华,唐仰华. 热带气旋与珠江三角洲高温天气的关系[J]. 气象科技,2005,33(6):501-504.
- [13] 曹春燕,江鉴,孙向明. 深圳夏季高温天气气候特征与形势分析[J]. 气象科技,2007,35(2):191-197.
- [14] 杨秋明,李熠,钱玮,等. 南京地区夏季高温日数年际变化的主要模态及其与200 hPa经向风的联系[J]. 气象,2011,37(11):1360-1364.
- [15] 葛伟强,周红妹,杨何群. 基于MODIS数据的近8年长三角城市群热岛特征及演变分析[J]. 气象,2010,36(11):77-81.
- [16] 李喜仓,白美兰,马玉峰,等. 呼和浩特市城区发展对大气环境的影响分析[J]. 气象,2011,37(12):1572-1577.
- [17] 施洪波. 1960—2008年京津冀地区夏季高温日数的变化趋势分析[J]. 气象,2011,37(10):1277-1282.
- [18] 尹东屏,严明良,裴海瑛,等. 副热带高压控制下的高温天气特征分析[J]. 气象科学,2006,26(5):558-563.
- [19] 戴晓燕,张利权,仲仲阳,等. 上海城市热岛效应形成机制及空间格局[J]. 生态学报,2009,29(7):3995-4004.
- [20] 孙娟,束炯,乐群,等. 上海市城市热岛效应的多尺度特征[J]. 华东师范大学学报(自然科学版),2007(2):36-43.
- [21] 苗曼倩,唐有华. 长江三角洲夏季海陆风与热岛环流相互作用及城市化的影响[J]. 高原气象,1998,17(3):280-289.