

盆地地形下西安城市热岛效应对周边降水的影响

王建鹏¹, 孙继松², 王式功³, 张弘¹, 薛荣¹, 惠英¹

(1. 陕西省西安市气象局, 陕西 西安 710016; 2. 北京市气象局, 北京 100089;
3. 兰州大学大气科学学院, 甘肃 兰州 730000)

摘要:利用陕西省西安市及周边14个气象观测站最近40 a(1966~2005年)冬季(12~2月)、夏季(6~8月)平均气温、降水量和降水日数、各站风向资料及西安站逐时降水资料,运用统计对比分析方法,研究城市热岛效应的年代际变化及其对区域降水的影响,并尝试给予简要的原因分析与讨论。结果表明:(1)由于城市规模的发展,冬夏季均形成了以西安为中心的明显“热岛”,西安城区与临近区域的温度梯度在加大。热岛强度、影响范围冬季强于夏季;(2)无论冬夏季,温度空间距平差0℃线都呈Ω形,在其东西2侧分别有冷中心或冷区,暖区(暖中心)冬季强于夏季,西侧冷区(冷中心)夏季强于冬季,东侧冷区(冷中心)冬季强于夏季。冬夏季,降水总体分布的第1特征是:在Ω形东、西、南侧冷中心(冷区)降水量均增加,在暖舌北侧均减少;总体分布第2特征为:夏季东北少、西南多,冬季西少东多。2季节都存在个别站点的局地性差异;(3)第1特征的形成机制是明显的“温度锋区”;第2特征形成机制是由热岛效应和季节性变化的环境风场间相互作用,降水的季节空间分布差异是由冬夏盛行风变化引起的;因地形造成盛行风方向的不同是导致降水空间分布复杂的主要原因。

关键词:盆地;地形;热岛效应;降水

中图分类号:P463.21

文献标识码:A

引言

近几十年来,我国的城市化进程在不断发展,在全球气候普遍变暖的情况下,城市化进程对全球气候变化的影响已经受到气象学者的关注。近年来在气候变化研究中对于气候变暖的趋势及增温幅度^[1]、城市热岛及气候变暖原因^[2]的研究较多。而在城市热岛方面的研究大致集中在4个方面:一是基于气象或非气象要素对具体城市热岛现象时空分布的揭示^[3];二是对热岛效应进行数值理论研究。桑建国^[4]从大气热力—动力方程组出发,分析了单纯由于城市的加热作用而引起的热岛环流特征,卢敬华等^[5]分析了城市加热及摩擦共同作用下的热岛环流特征,随后李国平等^[6]给出了不稳定层结下的热岛环流特征;三是基于数值模式的模拟和实验,苗曼倩等^[7]和李维亮等^[8]运用数值模拟证实,由于海风、(江)湖风环流与城市热岛效应之间存在相互增强的过程,长江三角洲地区沿江一带容易形成水

平风速辐合,并和该地区降水量的增加形成直接关系;四是在热岛效应对城市及周边地区大气环境、天气现象(降水)及天气系统等相互作用的研究。Daniel^[9]认为在气候状态下,城市化和工业污染将造成下游的降雨、降雪量的增加。王文等^[10]研究了北京市气温和降水的变化,发现北京的气温和降水的变化趋势相反。束炯^[11]研究表明:海风锋和城市热岛可对最大降水落区起到触发机制或“诱导”、增幅作用。白虎志^[12]认为冬季逆温层、夏季城市下垫面对热岛效应的季节差异影响较大。孙继松等^[13]研究了北京城市热岛效应的年际变化及其对降水的影响,结果表明热岛效应对降水量、降水日数影响在冬夏季及城市不同部位表现出不同特征。周健康等^[14]研究表明受城市化的影响,南京地区发生大雨、暴雨的频率及年降水量有增加的趋势。以上研究均表明城市热岛效应和城市周边天气系统密切联系,气象要素(气温、降水)分布也将因城市热岛效应而发生改变。

收稿日期:2011-01-07;改回日期:2011-01-24

基金项目:财政部、科技部公益性行业(气象)科研专项(GYHY201006032)资助

作者简介:王建鹏(1972-),男,陕西西安人,硕士,高级工程师,主要从事天气预报和灾害性天气研究. E-mail: xawjp@163.com

裴欢等^[15]分析计算了南京市夏季热岛特征及其与土地利用覆盖的关系。田武文等^[16]应用气候统计的方法分离了气候变暖过程中由于城市热岛效应引起的增温作用。但城市热岛效应对西安及周边地区的天气现象(降水)和天气系统具有什么影响特征还未给予揭示。同时城市热岛特征及其效应因和城市所处的地形不同而表现出不同的特征,关中盆地南倚秦岭,北界“北山”,介于陕北高原与秦岭山地之间,西安处于关中盆地腹部,境内海拔高度差异悬殊,位居全国各城市之冠,秦岭山地与渭河平原界限分明,城区建在渭河平原的二级阶地上,构成西安市的地貌主体。处于关中盆地中的西安城区及临近区域,冬夏季节的平均风场与北京、上海等相比,“城市上游”、“城市下游”除随季节不同而变换外,还表现在同一季节中,上下游区域及方位的多向性,相对而言表现更为复杂一些。那么在复杂地形背景下,城市热岛效应与相对复杂的平均流场之间的相互作用对局地降水空间分布产生了何种影响?这些影响又有什么季节变化特征?这些问题的解决将为城市精细化降水预报提供一定的技术支撑。本文将对西安城市热岛效应年代际变化特征分析的基础上,重点研究热岛效应对降水的影响,并尝试给予简要的原因分析与讨论。

1 资 料

选取西安及周边高陵、临潼、蓝田、长安、户县、周至、富平、泾阳、咸阳(农试站)、礼泉、兴平、武功、乾县共14个观测站1966~2005年的冬季(12~2月)、夏季(6~8月)逐年平均降水量、平均气温资料及逐日、逐时(西安站)降水资料。其中高陵站1966~1969年、泾阳及礼泉1968年因建站晚或缺测等原因,用气候平均值替代。所选周边站与西安站,经度相差最大44'E(乾县)、纬度29'N(富平),均处于关中平原或浅塬区,最大海拔高差238.7 m,这样即满足研究热岛效应的站点分布条件^[17],又能把地形因素加入,见图1。把以上各站进行如下划分:西安代表城区,临潼、高陵、长安、泾阳代表临近城区站,兴平、武功、周至、户县、长安、泾阳、高陵、临潼代表平原,蓝田、礼泉、乾县代表浅塬(山)区,研究表明所选各站为同一气候区^[18]。由于研究地区冬季天气过程的降雨(雪)量较小,同时为了尽可能避免遗漏夏季相对孤立的中小尺度天气系统的降水过程,在本文中,某一个测站的日降水量 ≥ 0.0 mm(微量

降水)记为一个降水日。

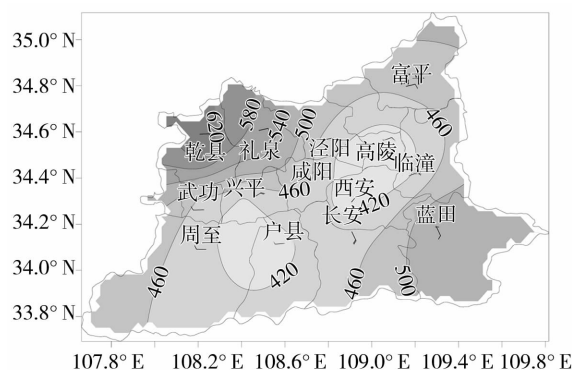


图1 研究区域各站海拔高度(单位:m)及夏季盛行风向图

Fig. 1 The elevation (Units:m) and prevailing wind direction of each station in research region

2 热岛效应年代际变化特征

利用西安地区1958~1997年冬夏季气温平均垂直递减率(冬季:0.5℃/100 m,夏季:0.65℃/100 m),把14个站的平均气温统一订正到平原地区的平均高度(取398 m),以消除因海拔高度而导致的差异。在分析年代际变化时取1966~1975年、1976~1985年、1986~1995年、1996~2005年4个阶段,各站10 a平均气温与14个站同期平均气温的差值(即空间距平值)就可以认为能够反映城市效应在空间的分布^[18]。

夏季,在图形结构上具有明显的变化(图2a、b)。第一个10 a包括西安在内的中部平原地区处在负值区内,0℃线大致沿浅塬(山)区与盆地地形分界线走向,呈现为浅塬(山)区暖、盆地冷的形态,虽然当时城乡建设规模有差异,但是由于城区规模发展还不是足够大,所以因城市发展造成的城郊温度差别不明显。到最近10 a负值区北移,西安城区成了明显的“岛”形暖中心,东西2侧为明显的冷中心区,以西侧最为偏冷,南部的长安也表现为弱的冷区,热岛效应明显。4个阶段中,西安站相对于区域平均的气温变化强度变化分别为-0.30℃、-0.11℃、0.00℃、0.39℃,最近10 a的热岛强度明显加速,这与最近10 a来城市加速发展的趋势是一致的。

冬季,第一个10 a,温度呈现南高北低,即温度分布服从低纬暖高纬冷的一般规律,西安处于0℃线附近,同样未呈现出明显热岛特征(图2c)。1996~2005年在西安形成了明显的正值闭合中心,且这

个“岛”形暖中心的强度要强于夏季(图 2d), 东部负值区增大, 形成西正东负态势。4 个阶段, 西安站

气温空间距平强度变化分别为 $0.16\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $0.05\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $0.18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $0.67\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

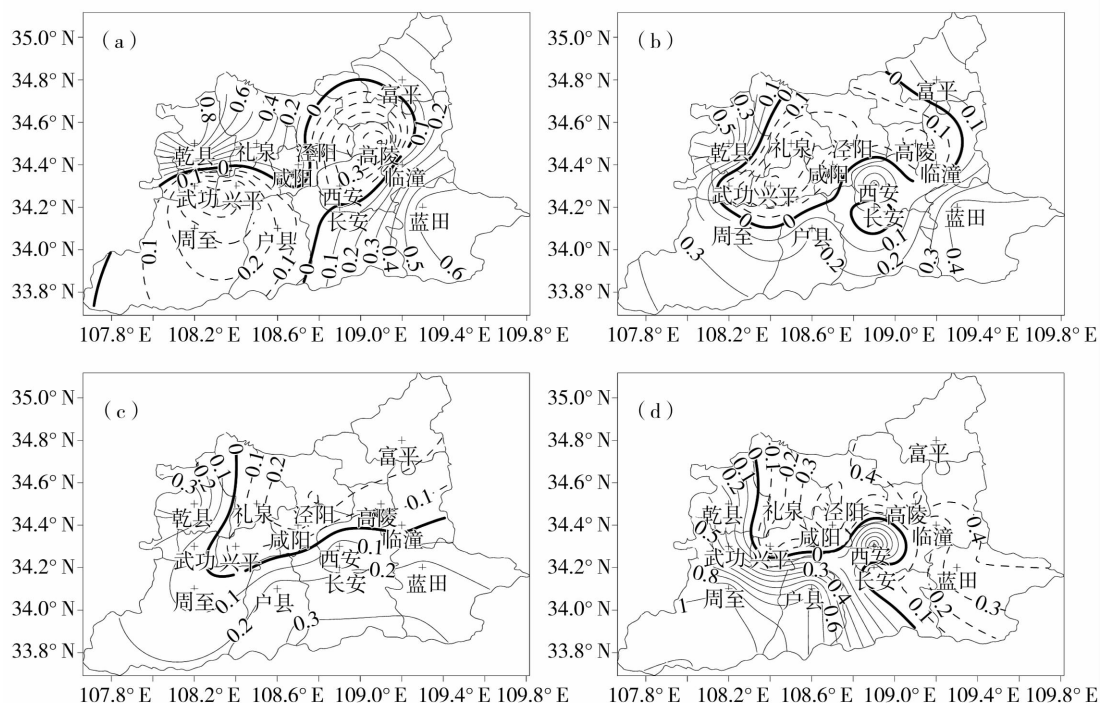


图 2 气温空间距平(间隔 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$)分布

(a) 夏季:1966~1975 年; (b) 夏季:1996~2005 年; (c) 冬季:1966~1975 年; (d) 冬季:1996~2005 年

Fig. 2 The spatial distribution of temperature anomaly (interval is $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$)

(a) in summer from 1966 to 1975; (b) in summer from 1996 to 2005;

(c) in winter from 1966 to 1975; (d) in winter from 1996 to 2005

在夏季, 浅塬(山区)的乾县、富平、蓝田一直处于正值区, 乾县气温的相对变化基本上不存在明显的年代际变化, 富平、蓝田气温的相对变化呈略微降低。在冬季, 乾县为正值且年代际仍无变化, 富平为负值且值略微降低, 蓝田由正变负, 发生了明显的变化。结合冬夏 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 线及西安站气温空间距平的年代际变化对比分析, 不难发现, 冬季热岛效应的强度和影响范围要强于夏季, 夏季影响范围主要是平原区域, 冬季扩展到东南部的浅山区及东北部的浅塬区。但无论冬夏, 热岛效应均未影响到海拔高度较高的西北部浅塬区。

综上所述, 最近 40 a 来, 冬夏季均形成了以西安为中心的明显“热岛”, 城市热岛效应造成西安城区与临近区域的温度梯度加大, 但冬夏季最大热岛强度和部位又有差异, 且冬季强于夏季, 同时冬季热岛效应的影响范围大于夏季。

3 热岛效应对降水相对变化影响的年代际演变

降水量、降水日数空间距平差反应的是因城市发展(热岛效应)造成的降水量、降水日数变化的空间分布^[13]。关中盆地中城市化造成的热岛效应是否可能造成降水分布上的差异呢?

用最近 10 a(1996~2005)与 1976~1985 年空间距平之差来分析探讨热岛效应对降水相对变化影响的年代际演变情况。夏季气温空间距平变化 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 线呈 Ω 形状, 西安为正值舌区中的最大正值中心, 临潼、礼泉为东西 2 侧低值中心(图 3a), 相应临潼与西安、礼泉与西安之间有东西 2 侧“温度锋区”, 对应着降水量空间距平变化(图 3b), 在临潼、礼泉处的 2 个大值凸起区, 总体分布特征为东北少, 西南多。南郊长安站与西安站气温距平变化为反方向, 2

站之间同样存在更强的“温度锋区”,对应着长安站降水量的大幅度增加。降水日数总体分布也是东北少、西南多(忽略武功、兴平的略少区),以高陵偏少最甚,临潼偏少、礼泉偏多(图 3c)。

冬季气温空间距平变化 0°C 线仍呈 Ω 形状,和夏季不同的是暖区变得更暖,西侧的冷区幅度减小,最冷区仍在礼泉附近,但未形成闭和中心,东侧最冷区范围扩大,至东南部的蓝田、长安大部分区域,但强度变化不大,长安变得更冷一些,和西安站之间梯度加大(图 3d)。最冷区礼泉、蓝田降水量增大,以蓝田降水量增幅最大,忽略西侧的礼泉、兴平、武功的降水量略增大区,降水量空间距平差总体表现为西北少、东南多的分布

特点(图 3e)。高陵仍为一个降水日数偏少中心,值得注意的是在平原地区,西部的武功、兴平、周至、户县降水日数减少,东部的西安、长安、临潼增多,即西少东多(图 3f)。

上述分析表明:无论冬夏温度空间距平差 0°C 线都呈 Ω 形,在其东西 2 侧分别有冷中心或冷区,暖区(暖中心)冬季强于夏季,西侧冷区(冷中心)夏季强于冬季,东侧冷区(冷中心)冬季强于夏季,西安与长安之间冬夏始终存在冷暖反向。冬夏在 Ω 形东、西、南侧冷中心(冷区)降水量均增加,在暖舌北侧均减少;降水量及降水日数变化总体分布特征为:夏季东北少、西南多,冬季西少东多,但 2 个季节都存在个别区域的局地性差异。

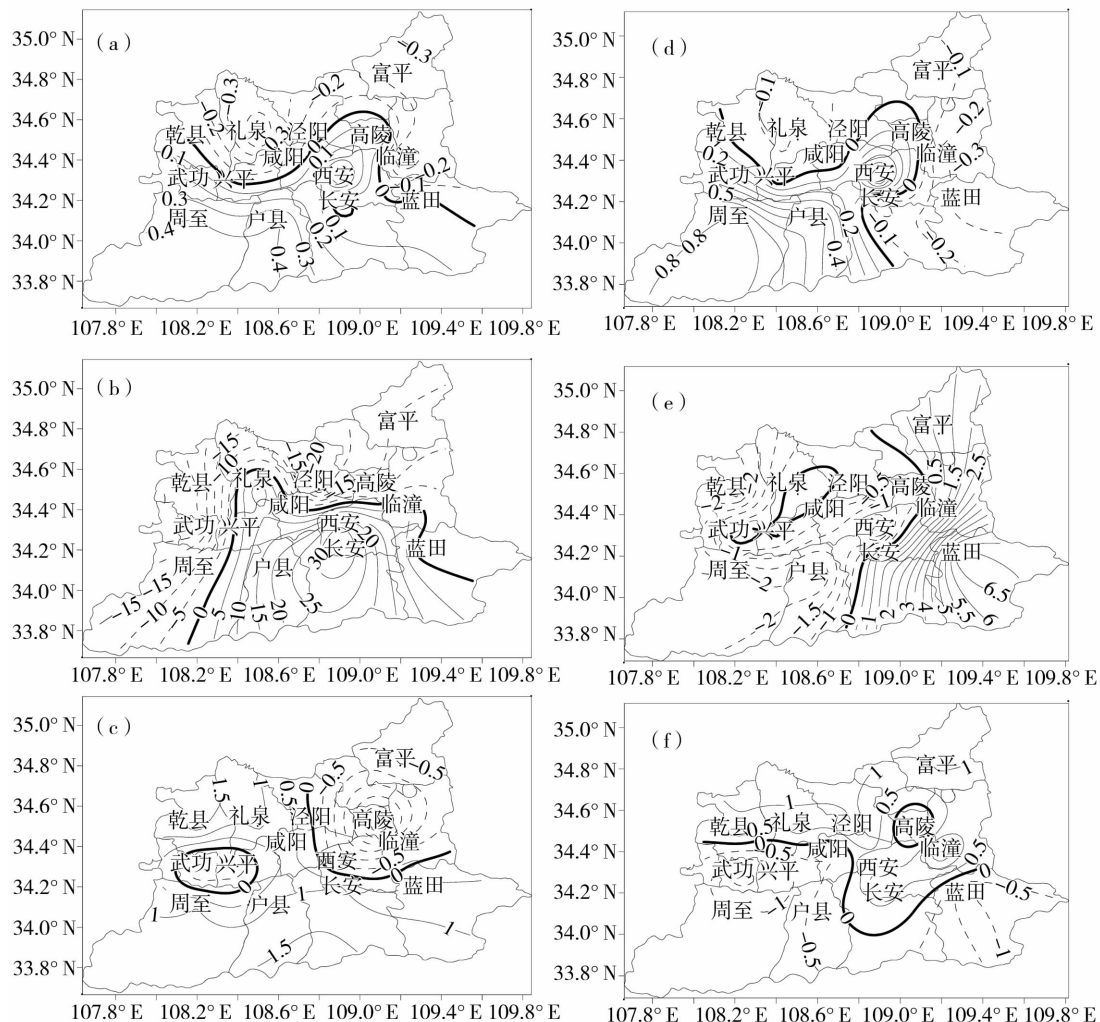


图3 1996~2005年与1976~1985年气温、降水量、降水日数空间距平差
(a、b、c为夏季,间隔 0.1°C 、 0.5d 、 5mm ;d、e、f为冬季,间隔 0.1°C 、 0.5d 、 0.5mm)

Fig. 3 The spatial difference of temperature, precipitation and precipitation days anomalies from 1996 to 2005 and from 1976 to 1985 (a, b and c are in summer and interval are 0.1°C , 0.5d and 5mm ; d, e and f are in winter and interval are 0.1°C , 0.5d and 0.5mm)

4 盆地地形下的热岛效应对降水影响的机制探讨

以上分析表明:西安热岛效应及受其影响的降水分布,在空间上、季节变化上具有一定的总体分布规律,但在局部又有不同,表现出一定的复杂性。那么影响总体分布规律的原因是什么?导致局部差异的原因又是什么?地形在其中起到什么作用?

4.1 总体规律分布原因的探讨

既然西安城市热岛效应对区域性降水总体分布有着明显的影响,那么热岛效应是通过何种机制来改变降水分布的?

第1个总体分布特征是:无论冬夏在 0°C 线 Ω 形的东、西2侧的冷中心(冷区)降水量增加,这是由于这2侧均有温度对比明显的“温度锋区”,同时2侧海拔高度相对暖区较高,暖空气在暖区斜升到冷区后凝结降水。所以冬夏季在 Ω 形东、西、南侧冷中心(冷区)降水量均增加。显然总体分布的第1个特征的形成机制是明显的“温度锋区”。

孙继松等^[13]在研究指出:热岛效应和季节性变化的环境风场间相互作用是导致降水变化的原因。取 x 坐标轴沿盛行风方向,假定水平方向只存在该方向上的扰动量,导出了能够阐明这种机理的公式:
$$\frac{\partial D}{\partial z} = -\frac{\lambda \partial \theta}{u \partial x} - \frac{\omega \partial^2 u}{u \partial z^2}$$
在略去公式右段第2项的影响下,水平散度的垂直变化受平均温度梯度和水平风速的大小制约。由于热岛效应是沿城市中心区向四周逐渐减弱的,在城区的上风方, $\frac{\partial \theta}{\partial x} > 0$,水平散度随高度减小,表现为低层辐散气流随高度减弱,或者辐合气流随高度加强,根据质量方程,边界层的垂直运动表现为下沉气流,而在城区的下风方向,表现为上升运动。和同处于季风气候区的北京明显不同,北京冬季盛行偏北风,夏季盛行偏南风,由于本文研究区域处于盆地地形,受地形的影响,在不考虑个别站特殊情况下,夏季盛行偏东北风,冬季虽然部分站仍维持东风,但西风加强,对本区域风的多年统计结

果也反映了这一特征(图略)。在夏季,盛行气流为东北风,随着热岛效应的加强,西安上游方向(东北部)边界层内不断增强的下沉运动,不仅削弱了天气尺度系统的上升运动,而且增强了气流因越塬后地形强迫的下沉运动,因此使得系统性降水过程趋于减弱或不利于局地天气过程的产生,所以导致东北部降水量和降水日数偏少,而下游(西南)方向则相反,为偏多。冬季由于西风的加强,致使西部在一定程度上为上风方向,所以降水量及降水日数变化总体分布特征表现为西少东多。这是降水总体分布的第2个特征,形成机制是由热岛效应和季节性变化的环境风场间相互作用。

4.2 导致复杂性原因的探讨

复杂性之一表现为空间总体规律分布中个别站的差异。冬季虽然西风加强,处于上游(西部)的礼泉和暖区温度对比明显,且处于冷区,因温度对比强烈造成的降水增加作用大于因处于盛行风上游所导致的减少作用,礼泉降水表现为增多(图3e),所以导致总体上降水量减少的区域内出现了礼泉这个个别站的偏多。另外,总体分布的第2个特征是在假定整个区域每个站冬夏季具有一致盛行风向的基础上得出的,但是由于研究区域处于关中盆地中,且南北高、中间低,这样由于地形的作用,导致在研究区域不同部位,盛行风方向不同:北部以东北气流为主,南部多西风气流(图1)。因地形作用,盆地内气流的气旋性旋转,这样使得盛行风“上、下游”的界定变得复杂些。在夏季,降水量总体分布的第2特征是上游(东北)少,下游(西南)多,若考虑整个区域为一致的东北气流,那么周至、武功处在“下游”,就应为偏多,但实际却为偏少(图3b、c),这是因为武功、周至实际为偏西风,处于暖区“上游”的原因所致。所以地形对盛行风方向的改变是导致降水空间分布复杂的主要原因。

复杂性之二表现为降水量与降水日数变化的对应关系差异。现在重点考察一下冬夏降水量与降水日数之间的变化关系,考察部位见表1。

表1 冬夏不同部位降水量与降水日数变化关系

Tab. 1 The relationship between precipitation and precipitation days in summer and winter in different position

	暖舌北侧 (高陵)	Ω 形西侧 (礼泉)	Ω 形东侧 (临潼)	暖中心城区 (西安)	城区南侧 (长安)
夏季	少/少	多/多	多/少	多/少	多/多
冬季	少/少	多/多	多/多	少/多	多/多

可以看出,冬夏季降水量与降水日数变化的对应关系并不十分一致,冬季要好于夏季,这可能是由于冬季的局地降水天气过程的降水量一般很小,而夏季的局地天气过程以对流性降水为主,过程降水量变率很大。夏季虽然在 Ω 形东西2侧降水量均增加,但降水日数变化相反。统计出近20 a来,东、西侧年平均微量降水日数分别为9.6 d、10.2 d,这可能和热岛效应往往造成下游(西侧)边界层内上升运动加强,有利于弱降水天气发生,从而总降水日数多于上游(东侧)。

在城区不仅降水量和降水日数变化相反,且冬夏反向,这可能和城市特殊下垫面、冬夏季节湿度、城郊湿度的差异、污染物浓度效应有着密切的关系,有待进一步分析研究。

5 结 论

(1)由于城市规模的发展,冬夏季均形成了以西安为中心的明显“热岛”,西安城区与临近区域的温度梯度在加大。热岛强度、影响范围冬季强于夏季。

(2)无论冬夏,温度空间距平差 0°C 线都呈 Ω 形,在其东西2侧分别有冷中心或冷区,暖区(暖中心)冬强于夏,西侧冷区(冷中心)夏强于冬,东侧冷区(冷中心)冬强于夏。冬夏季,降水总体分布的第1特征是:在 Ω 形东、西、南侧冷中心(冷区)降水量均增加,在暖舌北侧均减少;总体分布第2特征为:夏季东北少、西南多,冬季西少东多。2个季节都存在个别区域的局地性差异。

(3)第1特征的形成机制是明显的“温度锋区”;第2特征形成机制是由热岛效应和季节性变化的环境风场间相互作用,降水在不同季节的空间分布差异是由冬夏盛行风变化引起的;因地形造成盛行风方向的不同是导致降水空间分布复杂的主要原因。

(4)在 Ω 形东西2侧的冷区(临潼、礼泉)、城区及南侧,由于热岛效应,是降水量(降水强度)增

大或降水日增多的区域,在制作精细化预报时要予以特别关注。

参考文献:

- [1] 左敏,陈洪武,江远安,等. 新疆近50 a气温变化趋势和演变特征[J]. 干旱气象,2010,28(2):160-166.
- [2] 王绍武. 全球气候变暖的检测及成因分析[J]. 应用气象学报,1993,4(2):226-236.
- [3] 林学椿,于淑秋. 北京地区气温的年代际变化和热岛效应[J]. 地球物理学报,2005,48(1):39-45.
- [4] 桑建国. 城市热岛效应的分析解[J]. 气象学报,1986,44(2):251-255.
- [5] 卢敬华,李国平. 城市热岛效应的分析[J]. 成都气象学院学报,1991(Z1):31-37.
- [6] 李国平,刘凯文. 不稳定层结下的热岛环流[J]. 应用气象学报,1992,3(4):431-436.
- [7] 苗曼倩,唐有华. 长江三角洲夏季海陆风与热岛环流的相互作用及城市化影响[J]. 高原气象,1998,17(3):280-289.
- [8] Li Weiliang, Liu Hongli, Zhouxiuji. Analysis of influence of Taihu lake and urban heat island on local circulation in Yangze Delta[J]. Science in China(series D),2003,46(4):405-415.
- [9] Daniel R. Suppression of rain and snow by urban and industrial air pollution[J]. Science, 2000,287(10):1793-1796.
- [10] 王文,张薇,蔡晓军. 近50 a来北京市气温和降水的变化[J]. 干旱气象,2009,27(4):350-353.
- [11] 束迦. 上海城市在热岛和海风锋影响下特大暴雨的初步分析[J]. 华东师范大学学报(自然科学版),1987(4):81-87.
- [12] 白虎志,任国玉,方锋,等. 兰州城市热岛效应特征及其影响因素研究[J]. 气象科技,2005,33(6):492-500.
- [13] 孙继松,舒文军. 北京城市热岛效应对冬夏季降水的影响研究[J]. 大气科学,2007,31(2):1-10.
- [14] 周健康,黄红虎,唐运忆,等. 城市化对南京市区域降水量的影响[J]. 长江科学院院报,2003,20(4):44-46.
- [15] 裴欢,房世峰. 南京市夏季热岛特征及其与土地利用覆盖关系研究[J]. 干旱气象,2008,26(1):23-27.
- [16] 田武文,黄祖英,胡春娟. 西安市气候变暖与城市效应问题研究[J]. 应用气象学报,2006,17(4):438-443.
- [17] 刘继韩. 论城市热岛强度的表示方法[J]. 地理研究,1987,6(3):50-56.
- [18] 王建鹏,孙继松,杜继稳,等. 西安地区气温的年代际变化及其受城市化进程的影响[J]. 气候与环境研究,2009,14(4):434-444.

(下转第181页)

- and stratus[J]. J Atmos Sci, 1963, 20(5): 425 – 437.
- [22] 樊琦, 王安宇, 范绍佳, 等. 珠江三角洲地区一次辐射雾的数值模拟研究[J]. 气象科学, 2004, 24(1): 1 – 8.
- [23] 石红艳, 王洪芳, 齐琳琳, 等. 长江中下游地区一次辐射雾的数值模拟[J]. 解放军理工大学学报(自然科学版), 2005, 6(4): 404 – 408.
- [24] 何晖, 金华, 刘建忠, 等. 北京地区一次辐射雾的数值模拟[J]. 气候与环境研究, 2009, 14(4): 391 – 398.

Simulation Analysis of a Radiation Fog Occurred in the East of China

LIU Hanwei¹, PAN Xiaobin¹, ZANG Zengliang¹, HE Hongrang¹, FAN Hongjun²

(1. College of Meteorology, PLA University of Science and Technology, Nanjing 211101, China;
2. Institute of Science, PLA University of Science and Technology, Nanjing 211101, China)

Abstract: The non – hydrostatic mesoscale model WRF3.2 was utilized to simulate a radiation fog occurred in the east of China on November 17, 2010. The results show that this fog was a typical radiation fog, and the stable circulation position, plenitudinous vapor and temperature drop caused by radiation were the main reasons of this dense fog. WRF model had a good ability to simulate this fog event, the time of the fog formation and dissipation, the intensity of the fog and fog area, especially the center of the fog simulated by the model were close to the fact. The cumulus parameter sheme was sensitive to simulation of the fog, the fleet convection Kain – Fritsch cumulus parameter scheme has the best simulating effect.

Key words: radiation fog; the non – hydrostatic mesoscale model WRF3.2; numerical simulation

(上接第 173 页)

Impact of Basin Terrain Urban Heat Island Effect on Precipitation in Surrounding Region of Xi'an

WANG Jianpeng¹, SUN Jisong², WANG Shigong³, ZHANG Hong¹, XUE Rong¹, HUI Ying¹

(1. Xi'an Meteorological Bureau of Shaanxi Province, Xi'an 710016, China; 2. Beijing Meteorological Bureau, Beijing 100089, China; 3. College of Atmospheric Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Based on observation data including mean temerature, precipitation and rainfall days in summer and winter, wind direction information at each station obtained from Xi'an and its surrounding meteorological stations during 1966 – 2005, as well as hourly precipitation at Xi'an station, the inter – decadal variation of the urban heat island effect and its influence on regional precipitation were analyzed by using statistical comparison method, in addition, a brief analysis and discussion on the causes of the effect was made in this paper. The results are as follows: (1) Heat island is obviously formed in Xi'an in summer and winter because of city expansion, the temperature gradient between the center of Xi'an and its surrounding regions is increasing, and both the intensity and influence sphere of urban heat island effect are larger in winter than those in summer; (2) The spatial temperature anomaly difference (0 °C line) in both summer and winter appears to be an Ω pattern and there is a cold zone or cold center at its east and west sides. The warm center in winter is stronger than that in summer, and western cold center is stronger in summer, but eastern cold center is stronger in winter. And the first distribution characteristic of precipitation in both summer and winter is that the precipitation in cold centers at eastern, western and southern sides of the Ω pattern increases and that at the northern side decreases. The second characteristic is that the amount of precipitation is larger in southwest and smaller in northeast in summer, and larger in eastern region and smaller in western region in winter. Besides, there are local differences in some stations in both summer and winter; (3) The seasonal distribution difference of precipitation is caused by prevailing wind change in winter and summer, and the complex spatial distribution of the precipitation is caused by different prevailing wind direction because of topography.

Key words: basin; topography; urban heat island effect; precipitation