

黄利萍,苗峻峰,刘月琨,等. 2013. 天津地区夏季海陆风对城市热岛日变化特征影响的观测分析[J]. 大气科学学报,36(4):417-425.
Huang Li-ping, Miao Jun-feng, Liu Yue-kun, et al. 2013. Observational analysis of influence of sea-land breeze on diurnal characteristics of urban heat island in Tianjin during summer[J]. Trans Atmos Sci, 36(4):417-425. (in Chinese)

天津地区夏季海陆风对城市热岛日变化特征影响的观测分析

黄利萍^{1,2}, 苗峻峰¹, 刘月琨³, 许启慧¹

(1. 南京信息工程大学 大气科学学院, 江苏 南京 210044; 2. 亳州市气象局, 安徽 亳州 236800; 3. 天津市气象局, 天津 300074)

摘要:应用2008年天津市14个自动气象站逐小时观测资料、北京站探空资料和天津站6 h一次的地面常规观测资料,分析了2008年天津地区夏季海陆风对城市热岛日变化特征的影响。结果表明:在大气层结稳定条件下,海陆风日与非海陆风日相比,天津市热岛强度的日变化幅度增大,海风能使城市降温,削弱城市热岛强度,推迟夜间热岛的出现时间,而陆风能使夜间热岛显著增强;天津市热岛强度与海风向内陆传播的距离有密切关系,在海陆风日,当天气尺度地转风与离岸风的方向一致时,海风的传播距离较近,而当天气尺度地转风与向岸风方向一致时,海风的传播距离较远,当海风只能到达津南、东丽或宁河站时,天津市热岛强度增幅最大,随着海风传播距离的增加,热岛强度的总体增幅减小。

关键词:天津;城市热岛;海陆风

中图分类号:P463.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-7097(2013)04-0417-09

Observational analysis of influence of sea-land breeze on diurnal characteristics of urban heat island in Tianjin during summer

HUANG Li-ping^{1,2}, MIAO Jun-feng¹, LIU Yue-kun³, XU Qi-hui¹

(1. School of Atmospheric Sciences, NUIST, Nanjing 210044, China;

2. Bozhou Meteorological Bureau, Bozhou 236800, China; 3. Tianjin Meteorological Bureau, Tianjin 300074, China)

Abstract: Based on the hourly observations of 14 automatic weather stations in Tianjin, the Beijing radiosounding data, and the 6-hourly surface conventional observation data in Tianjin during summer 2008, this paper studies the relationship between the sea-land breeze and the diurnal characteristics of urban heat island in Tianjin. Results show that, under the atmospheric stable stratification condition, the diurnal variation of urban heat island intensity in Tianjin increases on the sea-land breeze days compared to the non sea-land breeze days. The sea breeze can cool the city, reduce the urban heat island intensity, and delay the appearance of the urban heat island in the nighttime, while the land breeze can significantly enhance the urban heat island intensity at night. We also find that the urban heat island intensity is closely related to the distance of sea breeze propagating. On the sea breeze days, when the synoptic scale geostrophic winds are in the same direction with the offshore wind, the sea breeze can only spread short distance; when the synoptic scale geostrophic winds are in the same direction with the onshore wind, the sea breeze can propagate farther; when the sea breeze can only reach Jinnan, Dongli or Ninghe stations, the urban heat island intensity in Tianjin has the maximum increase; with the increasing of sea breeze propagating distance, the overall increase rate of urban heat island intensity decreases.

Key words: Tianjin; urban heat island; sea-land breeze

收稿日期:2011-04-04; 改回日期:2012-07-16

基金项目:公益性行业(气象)科研专项经费项目(GYHY201006004);教育部留学回国人员科研启动基金项目

通信作者:苗峻峰,博士,教授,博士生导师,研究方向为中尺度数值模拟, miaoj@nuist.edu.cn.

0 引言

热岛效应是城市气候中最显著的特点之一,随着城市化进程的不断加快,城市热岛效应及其对全球气候变暖的贡献已经引起了广泛的关注。自 Howard(1833)提出伦敦热岛效应之后,城市热岛的研究方法随着技术手段的发展,从观测研究、数值模拟到卫星遥感反演等不断更新。城市热岛一方面对天气系统产生影响,如夏季强对流天气的增多和城市下风方向降水的增加(Bornstein and Qing, 2000; Hughes, 2006);另一方面也会因大尺度天气条件、城市规模、人为热源和局地地形的影响而使城市热岛呈现复杂多变的时空特征(Oke, 1973; Landsberg, 1981)。近年来,国内外很多学者都对海滨城市的热岛环流与海陆风环流的相互作用进行了大量的观测研究和数值模拟研究。Kim and Baik(2004)研究了韩国几个大城市的日最大热岛强度,发现海滨城市与内陆城市相比,即使城市规模大于内陆城市,日最大热岛强度的年平均值仍然小于内陆城市。Gedzelman et al. (2003)通过中尺度天气站网的观测发现,春夏季节海陆风效应通常使得纽约市的热岛中心向西部内陆地区偏移。Freitas et al. (2007)的研究表明,城市热岛环流能使海风锋向城市中心的推进速度比在没有城市存在的情况下增加 $0.32 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。Yoshikado(1992)利用二维静力边界层模型,研究了东京地区白天的城市热岛效应,发现热岛环流使得海风在城市郊区发生停滞,减缓了海风向内陆推进的速度。Lin et al. (2008)认为,台湾北部的热岛环流白天能使海风增强,夜间则能削弱陆风。天津紧邻渤海湾西岸,是我国环渤海地区的中心城市之一。刘树华等(2008)研究发现,天津地区的地理环境特征能使城市热岛环流和海陆风环流相互耦合,通常海陆风环流极盛时可深入陆地 200 km 左右,而城市热岛环流只发生在城市中心周围几十米的范围内。于恩洪和陈彬(1987)的研究表明,渤海湾西部海陆风与天津城市热岛效应的相互作用主要表现为:在城市东部,海风环流和城市热岛环流的叠加使海风加强,在城市西部热岛环流又阻止了海风的西伸,海陆风效应和城市热岛效应使海风加强西伸到天津市中心,进而又削弱了城市热岛效应。

本文利用 2008 年天津市 14 个地面自动气象站的逐小时观测资料、北京站探空资料和天津站 6 h 一次的地面常规观测资料,分析了 2008 年天津地区夏季海陆风对城市热岛日变化特征的影响。

1 资料和方法

1.1 数据来源

本文数据采用 2008 年 6—8 月天津市 14 个地面自动气象站的逐小时气温、风向、风速资料;北京探空站 12 h 一次的风向、风速资料;天津市地面常规气象观测站 6 h 一次的云量和降水资料。天津地区 14 个地面自动气象观测站的空间分布见图 1(黄利萍等, 2012)。

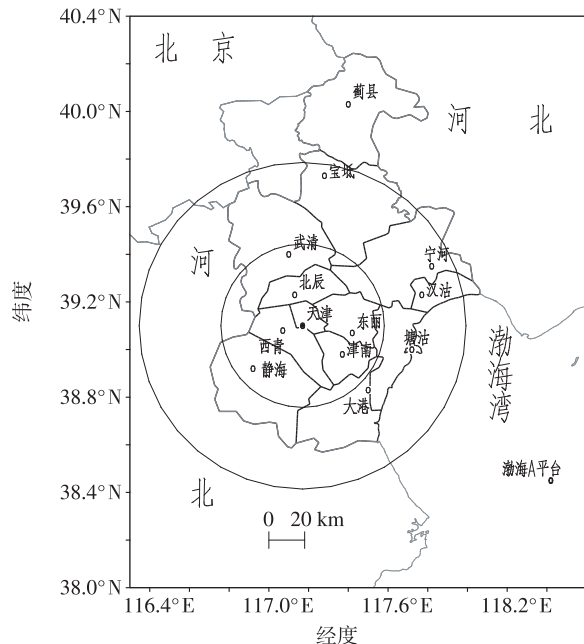


图 1 天津地区自动气象站分布(以天津站为圆心的两个同心圆,内、外圆半径分别为 45.5 km、91 km)

Fig. 1 Distribution of automatic weather stations in Tianjin(Tianjin station is the center of two concentric circles, and the radius of the inside and outside circles is 45.5 km and 91 km, respectively)

1.2 分析方法

城市热岛的强度反映的是一个地区的均量,故而城、郊代表性观测站点的选择尤为重要(刘继韩, 1987)。因此,选择合理的城、郊站点作为天津市热岛效应的研究对象,并在此基础上使用比较客观的方法来计算城市热岛强度,揭示天津市夏季热岛强度的日变化规律,进一步探讨海陆风对天津市热岛强度的影响是本研究的主要目的。而文中关于天津城市热岛效应的研究站点的选择方法、热岛强度的定义方法以及热岛强度等级的划分标准等详细内容参考黄利萍等(2012)对天津城市热岛效应的时空变化特征的研究。

天津市热岛强度的计算公式为: $\Delta T_{U-R} = T_{Ur} -$

\bar{T}_{R_t} 。其中: ΔT_{U-R} 为 t 时刻天津市热岛强度值; T_{U_t} 为 t 时刻天津站气温; \bar{T}_{R_t} 为 t 时刻天津地区6个近郊站(武清、北辰、西青、静海、东丽、津南)气温的平均值。

1.3 数据质量控制

对天津地区14个自动气象站2008年6—8月的逐小时资料进行质量控制:一日内(00—23时;北京时间,下同)缺测时次达10h及以上,该日不参加统计;一日内缺测时次少于10h,缺测时次不参加统计,该日其余时次仍参加统计。结果显示:大港站参加统计的时次为2194个,塘沽站为2206个,其余12站均未出现缺测,统计时次均为2208个。因此,“天津市热岛强度”的样本容量为2208个。

2 夏季海陆风对天津城市热岛效应的影响

天津地区夏季海陆热力差异最显著,盛行风为东南风,若天气尺度的地转风较小,可以观测到海陆风环流。当地面风来自西风的两个象限时,天津市热岛强度较大,而当地面风来自东风的两个象限时,则使得沿海测站降温幅度大于内陆测站。根据天津地区海岸线的走向,与塘沽站附近海岸线垂直的海风风向为ESE,与汉沽站附近海岸线成90°的海风风向为SE,所以文中规定:海风方向为ENE—S,陆风方向为SSW—NNE(陈彬和于恩洪,1989)。

2.1 天津市夏季热岛强度的日变化特征

根据上文中天津市热岛强度的计算方法,得到了2008年天津市夏季热岛强度的日变化曲线(黄利萍等,2012):热岛强度呈“两峰一谷”型分布—午夜(23—24时)和日出前(02—04时)各有一个峰值,最大值约1.2℃,白天午间(14—16时)存在一个谷值,最小值约0.1℃。天津市夏季热岛强度的这种分布型与城郊地表辐射收支情况相吻合,也与以往研究所得结论一致(孙奔敏和边海,1988)。

2.2 海陆风日的挑选方法

海陆风日的挑选标准通常因资料限制和地理位置的不同而呈现多样化,如何合理地挑选海陆风日是研究夏季海陆风对城市热岛效应影响的前提。渤海湾属于内海,三面环陆,无法精准地确定海岸线边界,因此需要选择一种能解决复杂环境下海风挑选问题的既简单又实用的方法。挑选海风日的首要标准就是必须具备稳定的天气背景条件,其次要满足海陆风发生的条件,即存在海陆温差,最后是在24h内地面站的10m风向出现明显的转向,并且这种变

化不是因天气尺度环流改变所致。因此,本文采用Borne et al. (1998)提出的大气稳定条件下瑞典西海岸海风日的挑选方法,同时根据天津地区气候特征和海岸线走向进行修正。该方法的优势在于所给的标准具有一般性,便于根据海风的局地特征进行调整,稍做修改就能方便地应用于不同的环境。

本研究选取了5个过滤器依次滤除不符合要求的日数,最终获得16个典型的夏季海陆风日。数据来源于14个地面自动站逐小时资料和700hPa风向、风速探空资料,探空资料样本容量为184个时次。5个过滤器的约束条件分别如下:

1)700hPa的24h风向变化小于90°(前一日20时至当日20时),不考虑风向顺、逆时针的差距(最大值为180°)。

2)700hPa的12h风速变化小于 $6\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (08—20时)。

3)700hPa风速小于 $11\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (08时和20时同时满足条件)。

4)日最大海陆温差大于2℃(00—23时),选取渤海A平台站的气温代表海温,塘沽站气温代表陆温。

5)地面风向的变化大于30°(日出后1h至日落前5h,即06—14时),站点选取塘沽站。

本文对Borne et al. (1998)提出的6个过滤器进行了调整,将第4个过滤器的海陆温差修正为2℃,并将第5个过滤器中日出和日落的时间根据天津地区夏季的实际情况进行了修正,同时去掉了第6个过滤器。图2为2008年夏季白天和夜间时天津站和塘沽站分别与渤海A平台站小时温差的频率分布情况:白天时(05—19时),天津站与渤海A平台站、塘沽站与渤海A平台站的温差出现频率最大的分别是3℃和2℃,夜间时(20时—次日04时)分别为2℃和1℃,且塘沽站的最大频率均大于天津站,因此选择塘沽站与渤海A平台站的日最大温差大于2℃作为海陆温差的约束条件。

上述5个过滤器中,前3个条件剔除了大尺度天气形势不稳定和天气尺度风很强的日数,第4个过滤器只保留了海陆温差较大的日数,第5个过滤器保证了海风出现时风向发生突变的特征,并且风向必须满足天津地区的海风标准(ENE—S)。这种方法主要用来挑选海风日,没有单独给出挑选陆风日的方法,考虑到大多数时候海风和陆风会在一日之内相继出现,所以文中假设只要海风持续时间超过3h,且海风停止后风向转为陆风方向(SSW—

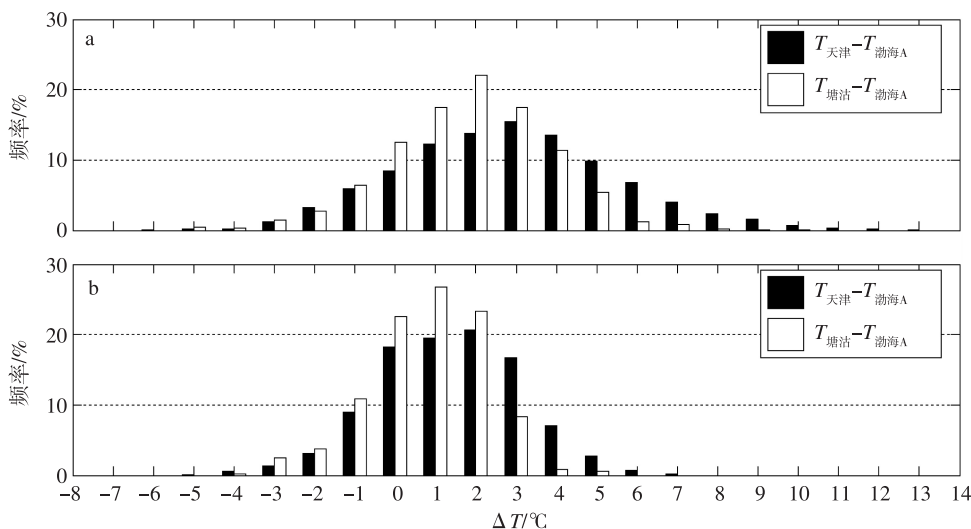


图 2 2008 年夏季白天(a)和夜间(b)天津站、塘沽站与渤海 A 平台站的小时温差的频率分布

Fig. 2 Frequency distributions of hourly temperature difference between Tianjin station/Tanggu station and A platform of Baohai Sea station in (a) daytime and (b) nighttime during summer 2008

NNE),并能维持该风向 3 h 以上不变(只要满足风向始终在陆风风向的范围内即可),则将该日选为海陆风日。

2.3 海陆风对城市热岛日变化特征的影响

在海陆风出现的日数,通常是海风强于陆风,2008 年天津地区夏季海风平均值约为 $3.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,陆风平均值约为 $2.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。夏季日出时间早,太阳辐射度强,因而海风出现的初始时刻较早,持续时间较长。统计表明:2008 年天津地区海风时段一般为 13—20 时,陆风时段一般为 02—09 时。

2.3.1 大气稳定条件下海陆风日与非海陆风日的城市热岛的日变化特征

Oke and East(1971)提出,在城郊地形平坦、高压控制、晴朗小风的静稳天气条件下热岛现象显著,根据这一要求选出了静稳条件下的非海陆风日数共 16 d。文中天津站云量、风速和降水数据的样本容量均为 364 个时次。静稳条件下非海陆风日的挑选步骤如下:

1)从符合挑选海陆风日前三约束条件(大气稳定条件)的日数中剔除 16 个海陆风日。

2)从剩余日数中挑选出满足:天津站风速小于等于 $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、总云量小于等于 2 成、降水量小于 0.1 mm 的日数(02 时、08 时、14 时和 20 时)。

在符合海陆风日前三约束条件(大气稳定条件)的日数中依次剔除 16 个海陆风日和 16 个满足静稳条件的非海陆风日后,剩余 21 d 为大气稳定条件下的其他非海陆风日。这样就能够剔除其他天气系统对热岛强度的影响,在大尺度天气形势稳定的

统一前提下,来对比分析海陆风日与非海陆风日的热岛日变化特征。本文将静稳条件下的非海陆风日和大气稳定条件下的其他非海陆风日分别称为:非海陆风日 1 和非海陆风日 2。

对比 2008 年夏季海陆风日、静稳条件下非海陆风日和大气稳定条件下其他非海陆风日的天津市热岛强度的日变化曲线(图 3),可以发现:三者的日变化趋势基本一致,呈“两峰一谷”型分布,峰值出现在夜晚和日出前,谷值出现在白天午后,结论与上文一致。在海陆风出现的夜晚,天津市热岛出现时间(20 时左右)与非海陆风日 1(19 时)、非海陆风日 2(18 时)相比发生了延迟,热岛重新出现后强度也小于非海陆风日;在非海陆风日 1 和非海陆风日 2 中,热岛强度达到日最大值的时间均为夜间 24 时,而海陆风日与非海陆风日相比,热岛强度的日最大值出现时间(04 时)推迟了 4 h。在海风时段内(13—20 时),海陆风日的热岛强度明显小于该时段内的两类非海陆风日;在陆风时段内(02—09 时),海陆风日的热岛强度最大,静稳条件下的非海陆风日次之,大气稳定条件下的其他非海陆风日最小。3 种天气条件下,热岛强度的日极大值为:海陆风日最大、非海陆风日 1 次之、非海陆风日 2 最小,而热岛强度的日极小值为:非海陆风日 2 最大、非海陆风日 1 次之、海陆风日最小。因此,天津市热岛强度的日变化幅度为海陆风日最大、静稳条件下的非海陆风日次之、大气稳定条件下的其他非海陆风日最小。海陆风日与非海陆风日的热岛日变化差异的原因可能是:海风生成后最初只传播到沿海站和东南近郊站,

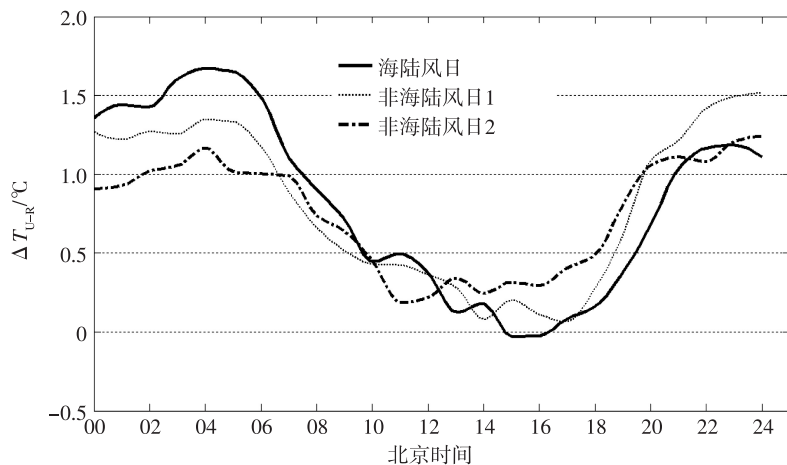


图3 海陆风日与非海陆风日天津市热岛强度的日变化曲线(非海陆风日1为静稳条件下的非海陆风日,非海陆风日2为大气稳定条件下的其他非海陆风日;单位:°C)

Fig. 3 Daily variation of urban heat island intensity in Tianjin on sea-land breeze days and non sea-land breeze days (non sea-land breeze day 1: non sea-land breeze days under static stability conditions; non sea-land breeze day 2: non sea-land breeze days under the other stability conditions; units: °C)

但海风环流与热岛环流的叠加使海风向内陆加速推进,海风到达城市中心后使城区降温,天津市热岛强度迅速减弱;当海风继续向城市西北郊区推进时,热岛环流反而又阻止了海风的深入,使海风逐渐减弱消失(于恩洪和陈彬,1987);在海风消失后,热岛又开始重新出现,当地面转受陆风控制后,在弱的西北陆风作用下,天津市热岛强度显著增加。因此,海风能使城市降温,削弱城市热岛强度,推迟夜间热岛的出现时间,而陆风则使夜间热岛显著增强,故海陆风日热岛强度的日变化大于非海陆风日,该结论与 Gedzelman et al. (2003) 的研究基本一致。

2.3.2 海风传播距离对城市热岛日变化特征的影响

当海风环流较强时,海风能够深入内陆,并与热岛环流相互作用,下文主要分析海风的传播距离对天津市热岛强度的影响。图4a显示的是2008年8月2日海风能传播到天津站的情形(图中13个自动站自下而上的排列顺序为:按离海岸线的距离由远及近排列,距离相近的由北向南排列):在00—10时,除蓟县外各站几乎均为西北风;11时开始沿海站风向开始发生顺时针旋转,进入陆风向海风转换阶段;13时左右海风开始出现,14时沿海站和远郊的宁河站风向均转为东南风,18时海风传播到天津站,直至21时海风停止,地面转为西南方向的陆风控制,并且在该日内700 hPa上地转风方向一直为离岸风方向。由此可见,可以使用这种方法来判断

海风向内陆的传播距离。

为了进一步分析海风传播距离对天津市热岛强度的影响,根据海风最远能够到达的测站离海岸线距离的远近,将16个海陆风日进行分类,最终得到了海风传播距离的5种类型:1)到达津南、东丽或宁河站;2)到达天津站;3)到达西青、北辰或静海站;4)到达武清站;5)到达宝坻站。

图4b表明:当海风出现时间较晚且海风强度较弱时,海风只能到达津南、东丽或宁河站,天津市热岛迅速增强至极大值,海风阶段内(16—20时)热岛增幅约1.8°C;当海风出现较早且海风较强时,能够传播到天津站甚至到达宝坻站,并且当海风分别能到达天津、静海、武清、宝坻站时,海风阶段内(13—20时)天津市热岛增幅分别为0.56°C、0.6°C、0.51°C、0.49°C。由此可见,海陆风日天津市热岛的日变化与海风向内陆传播的距离有关,当海风到达津南、东丽或宁河站时,热岛强度增幅最大,但随着海风传播距离的增加,热岛强度增幅减小。这可能是因为海风最初到达东南近郊站使其降温,天津市热岛增强;海风传播到天津市市区后使城市降温,同时海风携带丰沛的水汽,空气湿度增加,故热岛迅速减弱消失;当海风穿过市区传播到西部近郊站时,由于近郊站的降温,天津市热岛强度略有回升;随着海风继续向北部远郊传播,热岛强度继续减弱。当地面转受陆风控制后,无论海风传播距离远近,热岛强度均呈上升趋势,且在日出前均达到日极大值,这是因为

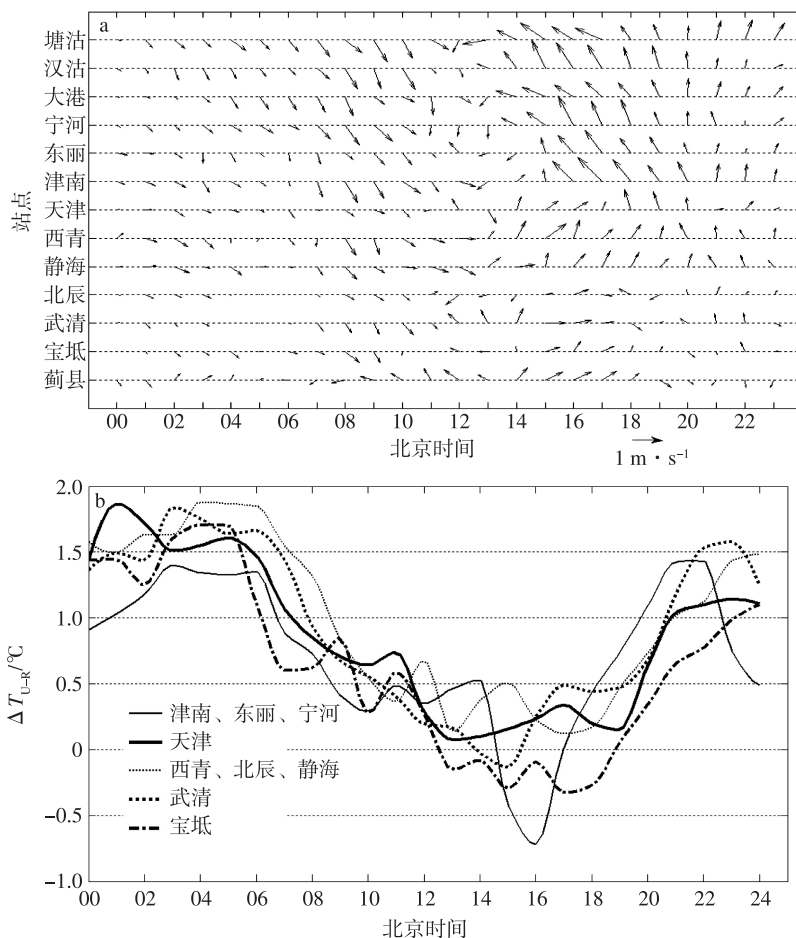


图 4 2008 年 8 月 2 日天津地区 13 个自动站 10 m 风矢量的日变化 (a; 单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) 和海陆风日海风传播距离不同的天津市热岛强度的日变化曲线 (b; 单位: $^{\circ}\text{C}$)

Fig. 4 (a) Daily variation of 10 m wind vectors for 13 automatic weather stations in Tianjin on 2 August 2008 (units: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$), and (b) daily variation of urban heat island intensity in Tianjin on sea-land breeze days when the sea-land breeze reaches different distances (units: $^{\circ}\text{C}$)

陆风主导风向为干冷的西北风,且陆风风速一般都较小,满足强热岛发生的天气条件。

当天气尺度环境风场与海陆风环流相叠加时,将会改变海陆风环流的强度,并对海风的传播距离及城市热岛的日变化规律产生影响。如图 5 所示,当 700 hPa 地转风方向与向岸风的方向一致时,若地面在海风控制下 (13—20 时),则热岛迅速减弱,这是由于地转风方向不利于使海风环流的建立,海风环流的强度较弱,但由于地面风方向与海风方向相同,所以海风能够传播到城市中心甚至西北郊区,故天津市热岛减弱消失;而地面为陆风时 (02—09 时),因地转风有利于陆风环流的建立,陆风环流较强,地面基本为弱的西北风控制,所以天津市热岛强度最大可达到强热岛标准。当 700 hPa 地转风为离

岸风方向时,若地面在海风控制下 (13—20 时),则地转风的存在有利于海风环流的建立,海风环流较强,但由于地面风与海风方向相反,海风只能传播到东南近郊站,很难到达天津市中心,所以天津市热岛不断增强;若地面为陆风控制 (02—09 时),地转风不利于陆风环流的建立,陆风环流较弱,故天津市热岛强度稍弱。因此,当地转风方向与向岸风的方向一致时,天津市热岛强度的日变化较大,而天气尺度风向与离岸风方向一致时,天津市热岛强度日变化幅度较小。

2.3.3 典型海陆风日的城市热岛效应的日变化特征

2008 年 8 月 2 日是一个典型的海陆风日,海风的生消和传播过程如图 4a 所示。从该日 14 站气温

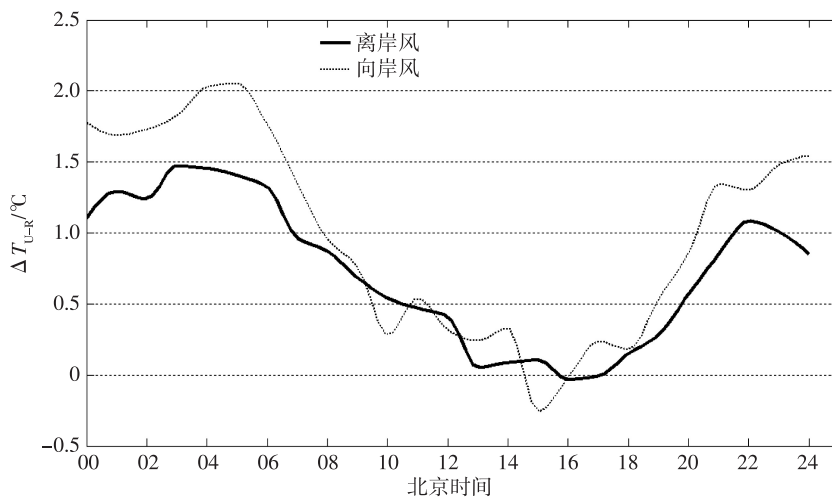


图5 海陆风日700 hPa地转风方向分别与离岸风(实线)和向岸风(虚线)的方向相同时天津市热岛强度的日变化曲线(单位:°C)

Fig. 5 Daily variation of urban heat island intensity in Tianjin on sea-land breeze days when the 700 hPa geostrophic winds are in the same direction with the offshore breeze (solid line) and onshore breeze (dashed line), respectively (units: °C)

的日变化(图6a)可以发现,14时开始,海风使得东南沿海各站普遍降温,17—20时在西部近郊的静海、西青、北辰、武清站附近出现了高温中心,19时天津站气温比西部近郊的静海站低1°C左右(图6b),直至21时高温中心又重新回到天津站和沿海站。该日天津市热岛强度的日变化曲线如图6c所示,海风出现初期(14—16时)热岛强度稍有增强,此后随着海风向城市中心的推进,热岛迅速消失,18时海风传播到天津市区,热岛强度达到该日极小值,20时以后海风减弱消失,天津市热岛重新出现并且迅速增强,此后在陆风作用下热岛强度在8月3日06时达到极大值。

由此可见,在温度达到一年中峰值的夏季各月,海风的降温作用自午后至夜间逐渐减小,这就减缓了夜间热岛的增强幅度,使天津地区的气温高值中心向西北近郊漂移,天津市热岛减弱甚至消失,海风停止后不久,高温中心又逐渐回到天津市区和东南沿海站,此后天津地区转受陆风控制,热岛强度迅速增大。

3 结论

本文应用中尺度天气站网提供的原始资料,对2008年夏季天津地区海陆风效应对城市热岛效应日变化特征的影响进行了分析。结论如下:

1)对比海陆风日、静稳天气条件下的非海陆风日和大气稳定条件下的其他非海陆风日的天津市热岛强度的日变化情况可知:三者均分别在夜间和日

出前出现热岛强度的日极大值,在白天午后有一个日极小值。在海风时段内,海陆风日的热岛强度小于该时段内的两类非海陆风日;在陆风时段内,海陆风日的热岛强度最大,静稳条件下的非海陆风日次之,大气稳定条件下的其他非海陆风日最小。在海风出现的夜晚,天津市热岛的出现时间发生了延迟,达到日最大热岛强度的时间也比非海陆风日推迟了4 h。因此,在海陆风日,天津市热岛强度的日变化幅度增大,海风能使城市降温,削弱热岛强度,从而使得夜间热岛的出现时间发生延迟,而陆风则能使夜间热岛强度增大。

2)海风向内陆传播的距离对天津市热岛强度日变化的影响:在海陆风日,天津市热岛强度的增幅与海风向内陆推进的距离有关。当海风到达津南、东丽或宁河站时,热岛强度增幅最大,随着海风传播距离的增加,热岛强度总体增幅减小;当地面转为陆风后,无论海风传播距离远近,天津市热岛强度均呈上升趋势,且在日出前均达到日极大值。天气尺度环境风场与海陆风环流的相互作用,对海风的传播距离和热岛强度的日变化有影响。当天气尺度地转风的方向与离岸风方向一致时,海风向内陆推进的距离较近,天津市热岛强度的日变化较小,当地转风方向与向岸风方向一致时,海风向内陆传播的距离较远,天津市热岛强度的日变化较大。

最后,通过典型个例验证了一次海陆风影响下天津城市热岛效应的日变化特征。本文主要通过观测分析,研究了2008年夏季天津地区海陆风效应对

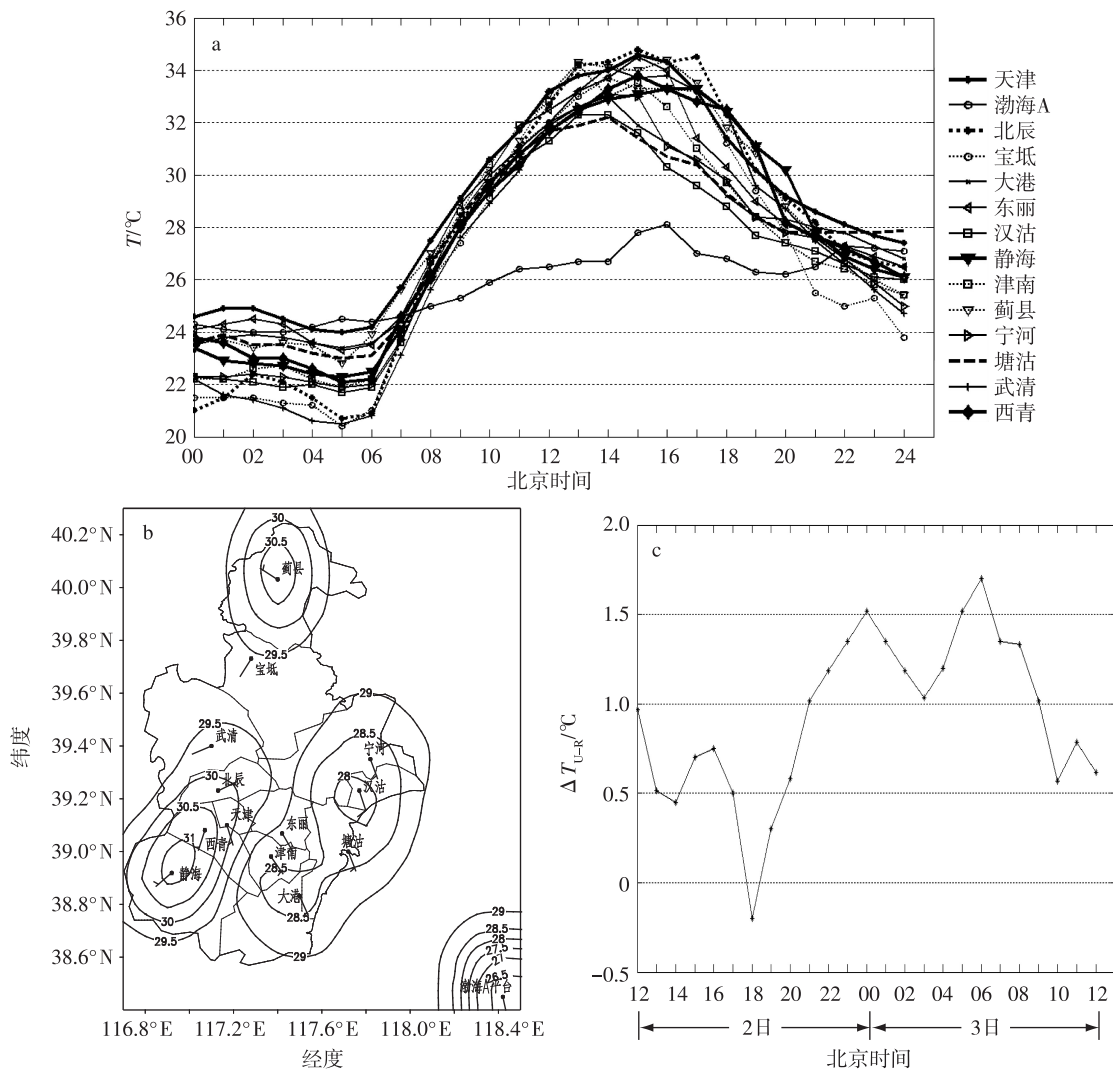


图 6 2008 年 8 月 2 日天津地区 14 个自动站气温的日变化(a;单位:°C)、2 日 19 时天津地区 14 个自动站的等温线(单位:°C)和 10 m 风矢量分布(b),以及 2 日 12 时—3 日 12 时天津市热岛强度的逐时变化(c)

Fig. 6 (a) Diurnal variation of temperature (units: °C) for 14 automatic weather stations in Tianjin on 2 August 2008, (b) distribution of isotherms (units: °C) and 10 m wind bars for 14 automatic weather stations in Tianjin at 19:00 BST 2 August 2008, and (c) hourly variation of urban heat island intensity (units: °C) in Tianjin from 12:00 BST 2 to 12:00 BST 3 August 2008

城市热岛效应日变化特征的影响,但没有具体分析热岛空间结构的变化特征,今后我们将根据多年的自动站逐时资料,采用数值模拟方法来进一步研究海陆风环流与热岛环流的相互作用,以及海陆风日热岛效应的时空变化特征。

参考文献:

陈彬,于恩洪. 1989. 渤海湾西部海陆风的天气气候特征[J]. 海洋通报,8(1):23-29.
 黄利萍,苗峻峰,刘月琨. 2012. 天津城市热岛效应的时空变化特征[J]. 大气科学学报,35(5):620-632.
 刘继韩. 1987. 论城市热岛强度的表示方法[J]. 地理研究,6(3):50-56.

刘树华,刘振鑫,马雁军,等. 2008. 京津冀地区局地大气环流耦合效应与区域可持续发展的战略思考[J]. 前沿科学,4(2):61-74.
 孙弈敏,边海. 1988. 天津市城市热岛效应的综合性研究[J]. 气象学报,46(3):341-348.
 于恩洪,陈彬. 1987. 渤海湾西部海陆风的空间结构[J]. 气象学报,45(3):379-381.
 Borne K, Chen D, Nunez M. 1998. A method for finding sea breeze days under stable synoptic conditions and its application to the Swedish west coast [J]. Int J Climatol, 18(8):901-914.
 Bornstein R, Qing L L. 2000. Urban heat islands and summertime convective thunderstorms in Atlanta: Three cases studies [J]. Atmos Environ, 34:507-516.
 Freitas E D, Rozoff C M, Cotton W R, et al. 2007. Interactions of an urban heat island and sea-breeze circulations during winter over the metropolitan area of Sao Paulo, Brazil [J]. Bound-Layer Meteorol,

- 122(1):43-65.
- Gedzelman S D, Austin S, Cermak R, et al. 2003. Mesoscale aspects of the urban heat island around New York City [J]. *Theor Appl Climatol*, 75:29-42.
- Howard L. 1833. *The climate of London* [M]. London: Harvey and Dorton.
- Hughes K. 2006. The impact of urban areas on climate in the UK: A spatial and temporal analysis, with an emphasis on temperature and precipitation effects [J]. *Earth & Environment*, 2:54-83.
- Kim Y H, Baik J J. 2004. Daily maximum urban heat island intensity in large cities of Korea [J]. *Theor Appl Climatol*, 79:151-164.
- Landsberg H E. 1981. *The urban climate* [M]. New York: Academic Press.
- Lin C Y, Chen F, Huang J C, et al. 2008. Urban heat island effect and its impact on boundary layer development and land-sea circulation over northern Taiwan [J]. *Atmos Environ*, 42:5635-5649.
- Oke T R. 1973. City size and the urban heat island [J]. *Atmos Environ*, 7:769-779.
- Oke T R, East C. 1971. The urban boundary layer in Montreal [J]. *Bound-Layer Meteorol*, 1:411-437.
- Yoshikado H. 1992. Numerical study of the daytime urban effect and its interaction with the sea breeze [J]. *J Appl Meteor Climatol*, 31:1146-1164.

(责任编辑:张福颖)