

上海地区大气贴地逆温的气候特征

郑庆锋, 史 军

(上海市气候中心, 上海 200030)

摘 要: 利用上海市宝山气象站探空气象资料, 统计分析了 1991~2009 年上海地区贴地逆(等)温出现的频率、逆(等)温层厚度和逆温层强度。结果表明, 1991~2009 年期间, 上海逆温日数和逆温层平均厚度在 08 时和 20 时呈线性趋势减少, 而逆温平均强度则没有明显变化。逆温日数和强度冬季最多和最强, 逆温平均厚度夏季最小。08 时和 20 时贴地等温日数和等温层平均厚度在过去 19 a 也都呈线性趋势减少。等温出现日数夏季最多, 冬季最少; 而贴地等温平均厚度冬季最大, 夏季最小。

关键词: 上海; 贴地逆温; 贴地等温; 逆温强度; 逆温层厚度

中图分类号: P423.6

文献标识码: A

引 言

近地面 2 km 左右大气边界层是人类生活和生产活动的主要空间, 该层大气污染及气候变化与人类活动密切相关^[1]。在对流层中, 一般情况下大气温度是随高度的升高而降低的, 但有时也会在某些层次出现气温不随高度的升高而变化或者随高度的升高反而增高的现象, 分别称为等温层和逆温层。从热力学角度看, 无论是等温层还是逆温层都表示大气层结是稳定的, 如果出现在地面附近, 则会限制近地面层强烈对流运动的发生, 会阻止近地面空气中的水汽和污染物向高层扩散^[2], 使之大量聚集在对流层底部, 加剧大气污染的程度, 降低空气环境质量, 危害人体健康^[3]。国内外很多城市都利用探空气象资料分析研究了逆温层特征, 如刘增强等^[1]利用探空观测资料对乌鲁木齐低空大气逆温特征进行分析研究; 王晓明等^[2]利用长春、临江和延吉 3 站探空资料, 分析了吉林省冬季发生逆温的时空分布特征、逆温的统计特征、逆温属性以及逆温的天气气候特征; 邹玉玲等^[4]利用青岛逐日高空资料统计分析了青岛地区低空逆温层的结构和特征; 刘焕彬等^[5]利用济南高空观测资料统计分析了低层逆温结构分布特征; 陈榛妹等^[6]研究了兰州地区逆温的时空分布特征、生消规律及其形成原因。也有一些

研究分析了逆温和大气污染影响方面的相互关系^[7-14]。

上海地处东亚副热带季风气候区, 近年来随着人口和社会经济的快速增长, 土地利用和植被覆盖也发生了显著变化, 并带来了一系列气候环境问题^[15-20]。这势必会对大气环流特征^[21-22]、污染物的扩散^[23]以及局地海陆风特征^[24]等产生影响。开展上海贴地逆温气候变化特征的研究, 可以从一个侧面反映出近年来上海城市化和土地利用变化对大气环境的影响, 同时对制定区域可持续发展战略也具有十分重要的现实意义。鉴于此, 本文利用 1991~2009 年上海宝山逐日探空资料, 统计分析了上海地区低空大气逆温层的时空分布特征和变化规律。

1 资料与方法

1.1 资料来源

探空资料来自上海市气象档案馆, 站点为上海市宝山国家基本气象站(站号 58362, 121°27'E, 31°24'N)。资料取自逐日北京时 08:00 和 20:00 施放的 GTS1 型数字式探空仪的探测资料。统计时间为 1991~2009 年, 统计要素有地面层气压、气温, 规定层和特征层的气压、高度和气温。

1.2 方法

在对流层大气中, 平均情况下温度随高度的升

收稿日期: 2011-03-07; 改回日期: 2011-03-21

基金项目: 上海市自然科学基金项目(09ZR1428800)和国家自然科学基金项目(40901031 和 41001283)共同资助

作者简介: 郑庆锋(1978-), 男, 浙江三门人, 硕士, 工程师, 主要从事应用气象和环境评价。Email: zqf_23f@126.com

高是降低的。但也经常在某些层次出现气温不随高度变化或随高度的升高反而增高的现象。气象上把温度不随高度变化的大气层称为等温层,而把温度随高度的升高而增高的大气层称为逆温层。从热力学的角度看,无论是等温层还是逆温层都表示大气层结是稳定的,如果它们出现近地面附近时,则会限制贴地气层强烈乱流运动的发生,如果它们形成在对流层中某一高度上,则又会阻碍下方垂直运动的发展。根据成因逆温可分为辐射逆温、平流逆温、湍流逆温、下沉逆温、锋面逆温等,对上海而言,最主要为辐射逆温和平流逆温。

辐射逆温是夜间因地面、雪面或冰面等的强烈辐射冷却,使紧贴其上的气层比上层空气有较大的降温而形成的。近地层的辐射逆温,一般是在日落前后由地面开始形成,夜间随着辐射冷却的加强,逆温层逐渐加厚,黎明前达到最大厚度,日出后从地面开始逐步消失。这种逆温在中高纬地区大陆上都能发生。形成辐射逆温的有利条件是:晴朗(或少云)而有微风(2~3 m/s)的夜晚。这是因为云能减弱地面的有效辐射,不利于地面冷却。只有在风速适当时,才能使逆温层既有相当的厚度而又不至于因乱流混合作用过程而遭到破坏。

平流逆温是由暖空气平流到冷地面上,贴近地面的空气层受冷地面的冷却作用,比上层空气有较大的降温而形成。平流逆温的形成也是由地面开始逐渐向上扩展的,其强弱由暖空气和冷地面间温差的大小决定,温差越大,逆温越强。它可以在一天中的任何时刻出现,有的还可以持续好几个昼夜。冬季,在中纬度的沿海地区,因海陆温差甚大,当海上暖湿空气流到大陆上时,常出现较强的平流逆温。这种逆温常伴随着平流雾的形成。与辐射逆温不同,出现平流雾时,不但不要晴朗少云,而且风速也可以较大。

本文首先对近 19 a 上海探空资料数据进行整理和统计,包括逆(等)温层起始点和终止点高度、温度和气压,然后对 08:00 以及 20:00 时次的逆(等)温在每年及四季出现的次数、逆(等)温层厚度、逆温强度进行统计分析。文中按照气象学方法划分春、夏、秋、冬季节,即分别为 3~5 月、6~8 月、9~11 月和 12~2 月。逆(等)温层厚度和温差计算公式如下:

$$\text{逆(等)温层厚度: } \Delta H = H_2 - H_1$$

$$\text{逆(等)温层温差: } \Delta T = T_2 - T_1$$

其中 H_1 为逆温层的底高, H_2 为逆温层的顶高,单位为 m; T_1 为逆温层底部的温度, T_2 为逆温层顶部的温度,单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。

逆温强度定义为逆温层内每升高 100 m 温度的逆增值($^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$),用 I 表示:

$$I = \frac{\Delta T}{\Delta H} \times 100$$

2 研究结果与分析

2.1 上海地区贴地逆温变化特征

2.1.1 逆温年际变化

1991~2009 年间,上海每年 08 时出现逆温日数都较 20 时明显偏多。08 时出现逆温日数 1992 年最多,为 93 d;2001 年最少,为 44 d。20 时出现逆温日数 1992 年最多,为 82 d;2000 年最少,为 18 d(图 1a)。过去 19 a,上海逆温日数无论是在 08 时还是在 20 时,总体上都呈减少趋势,其中 08 时逆温日数以 9.3 d/10 a 的线性趋势明显减少($R=0.45$),而 20 时逆温日数以 13.6 d/10 a 的线性趋势明显减少($R=0.45$)(图 1a)。

过去 19 a,上海每年 08 时平均逆温厚度也较 20 时逆温平均厚度要大。08 时逆温厚度最大值出现在 1991 年 3 月 7 日,为 1 158.5 m,20 时逆温厚度最大值出现在 1991 年 3 月 5 日,为 833.7 m(图 1b)。19 a 间,无论是 08 时还是 20 时,逆温层平均厚度总体趋势也都是减少的,其中 08 时逆温层厚度以 4.8 m/10 a 的线性趋势减少($R=0.11$),20 时逆温层厚度以 18.3 m/10 a 的线性趋势明显减少($R=0.45$)(图 1b)。

上海 08 时与 20 时平均贴地逆温强度都呈现出先减少后增加的变化趋势,2000 年以前呈减弱趋势,2000 年以后呈增强趋势。08 时与 20 时平均逆温强度都在 2000 年最小,分别为 0.63 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 和 0.55 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 。在 1991 年,08 时逆温强度最大,平均为 1.94 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$,而在 2009 年,20 时逆温强度最大,平均为 1.75 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ (图 1c)。

2.1.2 逆温季节变化

1991~2009 年期间,上海 08 时和 20 时逆温平均出现日数冬季最多,08 时逆温夏季出现日数最少,20 时逆温出现日数春季最少。08 时逆温在春、夏、秋和冬季出现的日数平均为 13.3、4.5、19.6 和 30.8 d;20 时逆温在春、夏、秋和冬季出现的日数平均为 8.5、9.2、11.8 和 15.3 d(图 2a)。

过去 19 a,上海 08 时和 20 时逆温平均厚度都

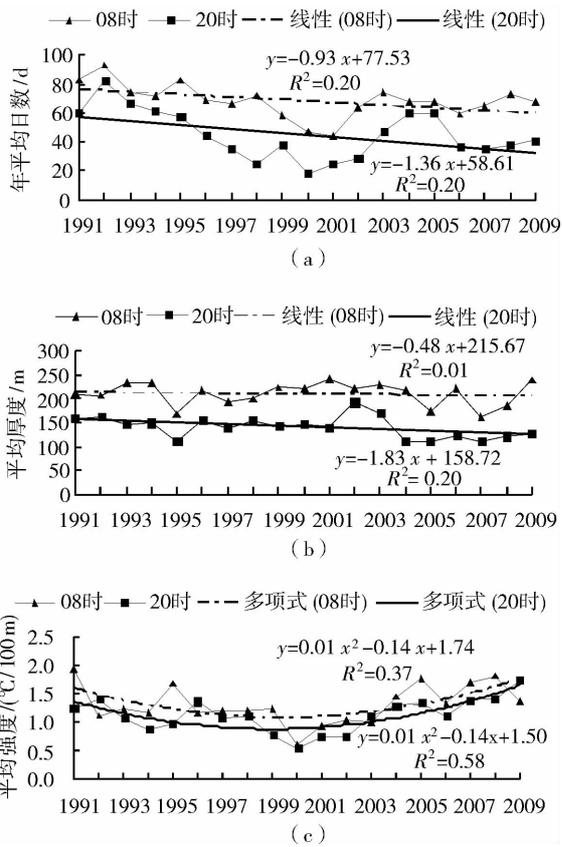


图1 1991~2009年上海贴地逆温层年际变化 (a)平均日数;(b)平均厚度;(c)平均强度

Fig.1 Annual variation of ground inversion layer in Shanghai from 1991 to 2009

(a) for averaged days, (b) for averaged thickness, (c) for averaged intensity

是以夏季最小,08时逆温厚度以春季最大,20时逆温厚度则是以冬季最大。08时逆温在春、夏、秋和冬季的平均厚度分别为258.1、99.3、168.5和218.9m;20时逆温在春、夏、秋和冬季的平均厚度分别为158.5、97.9、127.5和167.2m(图2b)。

上海08时和20时逆温平均强度冬季最大,08时逆温强度夏季最小,20时逆温强度春季最小。08时逆温在春、夏、秋和冬季的平均强度分别为0.93、0.48、1.28和1.44℃/100m;20时逆温在春、夏、秋和冬季的平均强度分别为0.80、0.81、1.18、1.44℃/100m(图2c)。

总体来看,冬、春季逆温平均日数最多,平均厚度最大和平均强度最强,这与冬、春季冷空气活动频繁而且活跃有关。

2.1.3 逆温月际变化

1991~2009年间,上海08时出现逆温日数在1

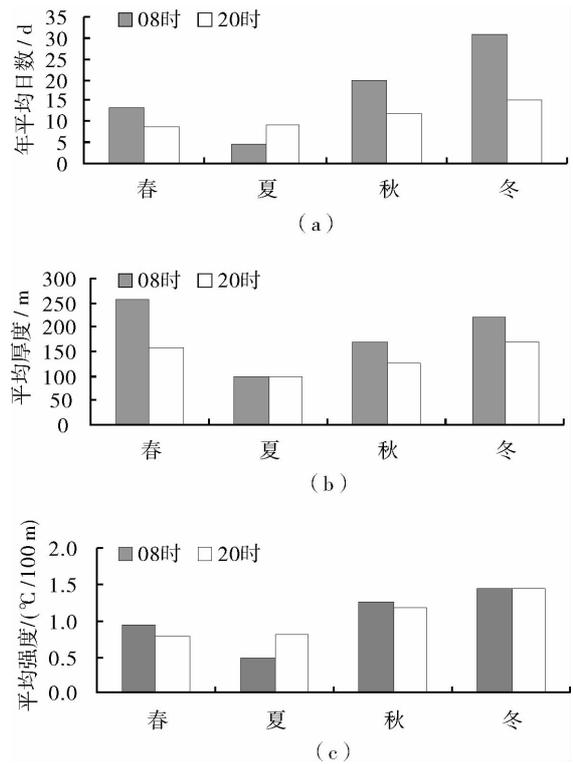


图2 1991~2009年上海贴地逆温层季节变化 (a)平均日数;(b)平均厚度;(c)平均强度

Fig.2 Seasonal variation of ground inversion layer in Shanghai during 1991-2009

(a) for averaged days, (b) for averaged thickness, (c) for averaged intensity

~12月间分布呈2头高一中间低的“U”形分布,逆温出现的日数12月最多,平均为12.6d,8月最少,平均为1.1d(图3a)。20时出现逆温日数在2~10月间总体上较少,而在11、12和1月较多。在9月,20时出现逆温日数最少,年均1.8d,而在12月,20时出现逆温日数最多,年均6.9d。08时与20时的逆温日数相比,除了5~8月份较少外,其它月都较多。

上海08时逆温层厚度以2~4月较大,以6~9月较小,其中在4月最大,平均厚度为286.7m,在8月最小,平均厚度为70.1m(图3b)。20时逆温层厚度1~4月和11~12月较大,5~10月较小,其中在2月最大,平均厚度为191.1m,在8月最小,平均厚度为86.5m。08时与20时的逆温厚度相比,除了7和8月较小外,其它月都较大。

上海08时和20时逆温强度1~3月和10~12月较大,4~9月较小(图3c)。08时逆温强度在11月最大,平均强度为1.77℃/100m,在8月最小,平

均强度为 0.30 °C/100 m。20 时逆温强度在 11 月最大,平均强度为 1.59 °C/100 m,在 5 月最小,平均强度为 0.66 °C/100 m。

总之,08 时、20 时逆温平均日数,厚度和强度月际变化趋势比较一致,大多数情况下,08 时大于 20 时。

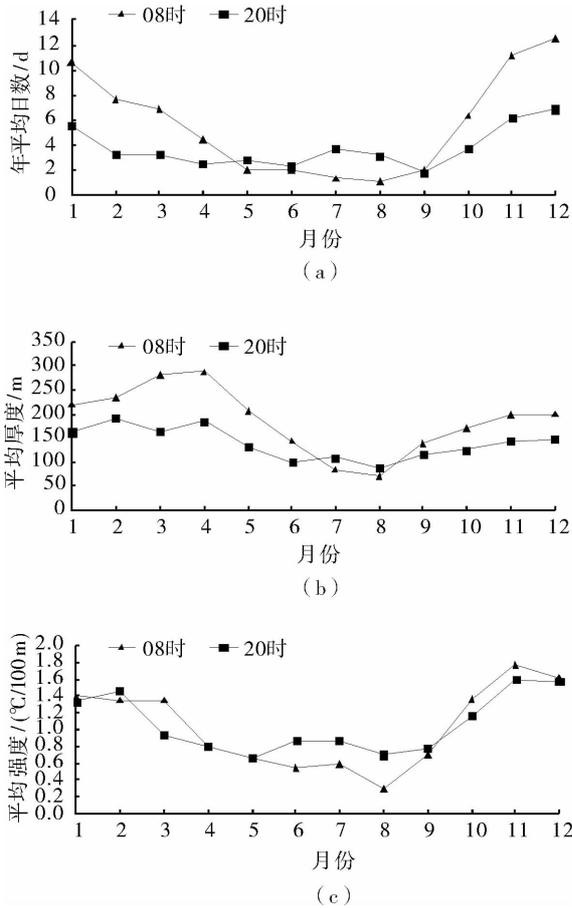


图3 1991~2009年上海贴地逆温层月际变化
(a)平均日数;(b)平均厚度;(c)平均强度

Fig.3 Monthly variation of ground inversion layer in Shanghai during 1991-2009

(a) for average days, (b) for average thickness, (c) for average intensity

2.2 上海地区贴地等温变化特征

2.2.1 等温年际变化

1991~2009年,上海每年08时出现等温日数和20时出现等温日数相比无明显差异。08时出现等温日数1996年和1997年最多,都为18d;2007年最少,为0d。20时出现等温日数1992年最多,为31d;2007年最少,为0d(图4a)。上海等温日数无论是在08时还是20时,总体上都呈减少趋势,

其中08时等温日数以5.0 d/10 a的线性趋势明显减少($R=0.49$),而20时等温日数以3.8 d/10 a的线性趋势明显减少($R=0.28$)(图4a)。

上海每年08时平均等温厚度和20时平均等温平均厚度相比也没有明显差异。08时等温厚度最大值出现在2003年8月2日,为289.9 m,20时等温厚度最大值出现在1992年12月25日,为231.0 m(图4b)。无论是08时还是20时,等温层平均厚度总体趋势也都是减少的,其中08时等温层厚度以21.4 m/10 a的线性趋势减少($R=0.39$),20时等温层厚度以24.0 m/10 a的线性趋势明显减少($R=0.56$)(图4b)。

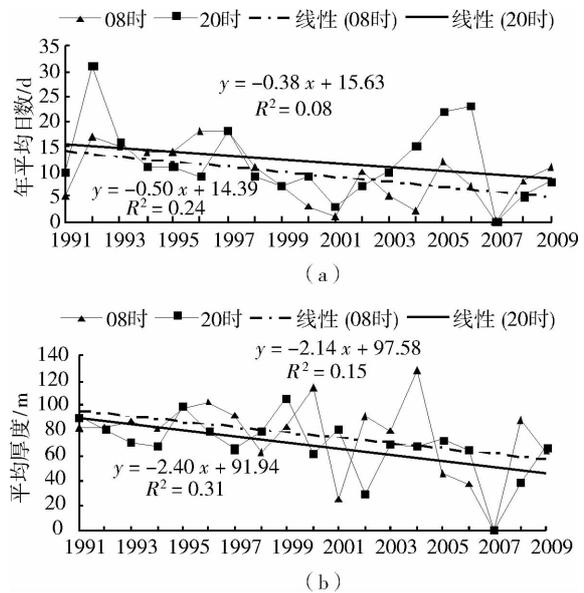


图4 1991~2009年上海贴地等温层年际变化
(a)平均日数;(b)平均厚度

Fig.4 Annual variation of ground isothermal layer in Shanghai during 1991-2009

(a) for averaged days and (b) for averaged thickness

2.2.2 等温季节变化

1991~2009年期间,上海08时和20时等温平均出现日数夏季最多,冬季最少。08时等温在春、夏、秋和冬季出现的日数平均为2.00、4.95、1.32和1.05 d;20时等温在春、夏、秋和冬季出现的日数平均为2.84、6.00、1.89和0.89 d(图5a)。

上海08时和20时等温平均厚度则冬季最大,夏季最小。08时等温在春、夏、秋和冬季的平均厚度分别为96.8、41.4、139.8和182.1 m;20时等温在春、夏、秋和冬季的平均厚度分别为93.9、43.0、131.8和159.1 m(图5b)。

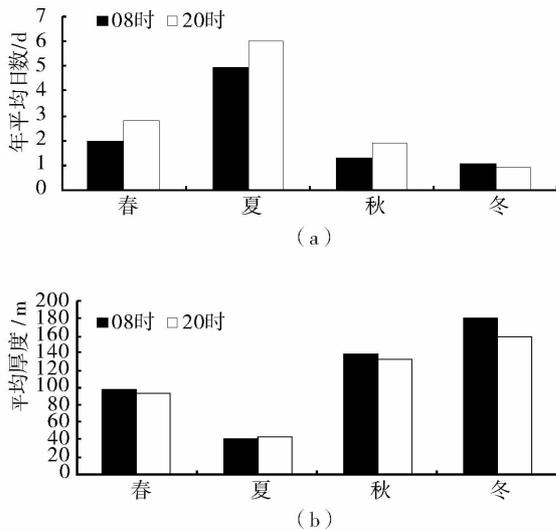


图5 1991~2009年上海贴地等温层季节变化
(a)平均日数;(b)平均厚度

Fig. 5 Seasonal variation of ground isothermal layer in Shanghai during 1991-2009

(a) for averaged days and (b) for averaged thickness

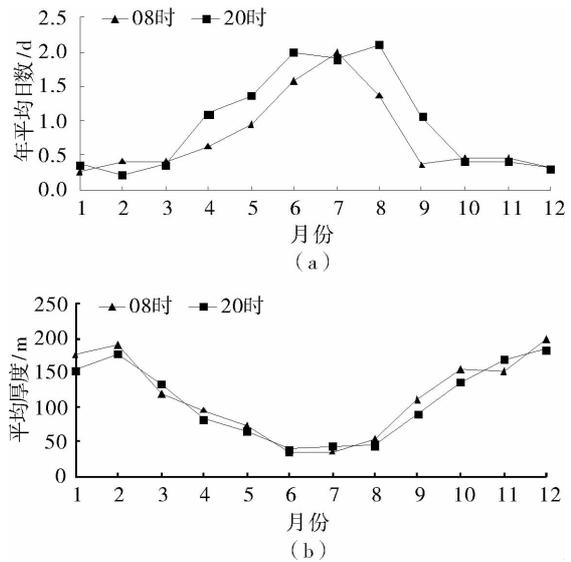


图6 1991~2009年上海贴地等温层月际变化
(a)平均日数;(b)平均厚度

Fig. 6 Monthly variation of ground isothermal layer in Shanghai during 1991-2009

(a) averaged days; (b) averaged thickness

2.2.3 贴地等温月际变化

1991~2009年,上海08时出现等温日数在1~12月间呈中间多、2头少的倒“U”形分布(图6a)。等温出现的日数7月最多,年均2.00 d,1月最少,年均0.26 d。20时出现等温日数在1~12月间分布与08时分布较相似,呈倒“U”形分布,以6~8月较多,在1~3月以及10~12月较少。20时出现等温日数在8月最多,年均2.11 d,而在2月最少,年均0.21 d。与20时出现等温日数相比,08时等温日数在4~6月和8~9月明显偏少,而在其它月份都相差较小。

上海08时和20时等温层厚度在1~12月间总体上都相差较小,并且都呈“U”形分布,都是以12月最大,以6月最小(图6b)。08时等温层平均厚度最大为198.5 m,最小为34.6 m;20时等温层平均厚度最大为183.6 m,最小为39.4 m。

3 讨论

上海地处我国东部沿海地区,近年来随着城市化和经济的迅猛发展,高层建筑物不断增多,土地利用状况和气候环境都发生了显著变化^[15-17]。计算

发现1991~2009年期间,上海宝山平均风速为3.2 m/s,市区徐家汇站平均风速为2.1 m/s。已有研究表明,1959~2005年期间,上海平均风速以 $0.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}/10 \text{ a}$ 的速率显著降低,而同期低云量变化不显著^[25],也就是说,在全球气候变化和上海城市化的双重影响下,上海风速的变化使气候环境朝着不利于逆温发生的方向变化。另一方面,由于上海城市规模的不断扩大,人口的高度密集,能源消耗迅猛增长,导致上海地区气候变暖和城市热岛效应更加显著^[26]。统计表明,上海城市热岛强度多以每日19~20时最大*。城市热岛效应也会间接减弱地面辐射降温,使统计的逆温发生频次减少。因此,上海近年来的城市化和人类活动对下垫面影响加剧是逆温发生频率和逆温层厚度都呈线性减少的可能原因,两者之间具体内在机制还有待于进一步研究。

对上海空气质量影响最大的是辐射逆温。尤其是冬季晴朗无风的天气里,一到傍晚日落时,地面强烈地向空中辐射热量,使地面和近地面空气温度迅速下降,而上层空气降温较慢,从而出现气温上高下低的现象,形成逆温层。又因为冬季昼短夜长,晚上辐射降温时间长,往往使低空辐射逆温层更多出现。白天,由于日照增温不足,使逆温层终日难以破坏。

*:史军,崔林丽.上海市城市生态监测评价报告.2007.

因此上海地区冬季贴地逆温发生频率高,强度强,厚度厚。这对大气污染扩散产生了相当不利的作用,加剧了大气中污染物质的积累,使得空气质量恶化,进而影响市民的身心健康。

4 结 论

(1)1991~2009年期间,无论08时还是20时,上海逆温日数和逆温层平均厚度都呈线性趋势减少,而逆温平均强度则没有明显的变化。08时和20时逆温出现日数冬季最多,平均厚度夏季最小,平均强度冬季最大。08时和20时逆温日数12月最多,厚度8月最小,强度11月最大。

(2)无论08时还是20时,等温日数和等温层平均厚度都呈线性趋势减少。08时和20时等温出现日数都是以夏季最多,冬季最少;而等温平均厚度冬季最大,夏季最小。08时和20时出现贴地等温日数7月和8月最多,在1月和2月最少;等温层厚度12月最大,6月最小。

参考文献:

- [1] 刘增强,郑玉萍,李景林,等. 乌鲁木齐市低空大气逆温特征分析[J]. 干旱区地理,2007,30(3):351-356.
- [2] 王晓明,云天,张智勇,等. 吉林省冬季逆温天气特征分析[J]. 气象,2009,35(8):91-92.
- [3] 霍雨佳. 冬季逆温与人体健康[N]. 新民晚报,2011-02-14.
- [4] 邹玉玲,刘朝晖,马亚维,等. 青岛低空逆温层特征分析[J]. 山东气象,2007,27(1):28-29.
- [5] 刘焕彬,冯俊杰,王恒明. 济南低空逆温层特征分析[J]. 山东气象,2005,25(1):27-28.
- [6] 陈榛妹,黄玉宝. 兰州的逆温特征. 甘肃环境研究与监测[J]. 1982(3):33-42.
- [7] 夏恒霞. 北京城区逆温气象特征及其对大气污染的影响[J]. 城市管理与科技,2004,6(2):64-65.
- [8] 周颖,靳小兵,曾涛. 成都市冬季逆温对大气污染的影响分析[J]. 四川气象,2006(2):22-23.
- [9] 郑红,郑凯,张桂华,等. 哈尔滨冬季大气污染及逆温对污染物扩散影响[J]. 自然灾害学报,2005,14(4):39-43.
- [10] 胡晏玲,陈思萍. 乌鲁木齐市冬季近地逆温特点及其与可吸入颗粒物浓度的相关关系分析[J]. 干旱环境监测,2004,18(2):88-90.
- [11] 张继红,徐盛荣,赵淑敏. 逆温天气对大气污染的影响分析[J]. 黑龙江环境通报,2008,32(2):24-25.
- [12] 任震英,李海华. 从兰州大气污染看逆温层对城市的影响[J]. 城市规划,1978(5):36-39.
- [13] 张强. 兰州大气污染物浓度与局地气候环境因子的关系[J]. 兰州大学学报(自然科学版),2003(1):103-110.
- [14] 乔艳君,尉元明,郭宇萍,等. 兰州市冬季冷锋前、后空气污染指数变化的个案分析[J]. 甘肃环境研究与监测,2003(4):24-26.
- [15] 陈春根,史军. 长江三角洲地区人类活动与气候环境变化[J]. 干旱气象,2008,26(1):28-34.
- [16] 史军,崔林丽,李军. 上海地表湿润度变化特征及成因分析[J]. 自然资源学报,2009,24(6):1090-1098.
- [17] Shi J, Cui L L, Tian Z. Urbanization and its environmental impacts in Shanghai[A]. The second conference on earth observation for global changes (EOGC2009)[C]. May 25-29, 2009, Chengdu, China, 355-361.
- [18] 孙国武,李耀辉. 关于环境蠕变问题的研究[J]. 干旱气象,2007,25(2):5-11.
- [19] Michael H. Glantz. 王涓力(译). 环境蠕变问题[J]. 干旱气象,2005,23(3):85-88.
- [20] 靳利梅,史军. 上海地区雷暴气候特征及变化研究[J]. 干旱气象,2010,28(1):54-58.
- [21] Baik J J, Kim Y H, Chun H Y. Dry and moist convection forced by an urban heat island[J]. Appl Meteor, 2001(411):1462-1475.
- [22] Guo X L, Fu D H, Wang J. Mesoscale convective precipitation system modified by urbanization in Beijing City[J]. Atmospheric Research, 2006(82):112-126.
- [23] Cheng M T, Tsai Y I. Characterization of visibility and atmospheric aerosols in urban, suburban, and remote areas[J]. The Science of the Total Environment, 2000(263):101-114.
- [24] 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的影响[J]. 高原气象,1998,17(3):280-289.
- [25] 史军,崔林丽,周伟东. 1959~2005年长江三角洲气候要素变化趋势分析[J]. 资源科学,2008,30(12):1803-1810.
- [26] Cui Linli, Shi Jun, Gao Zhiqiang. Urban heat island in Shanghai, China[J]. Proc SPIE, 2007, 6679(11):1-9.

(下转第204页)

因素之一,降水对乌鲁木齐深层地温的变化有一定的影响。

参考文献:

- [1] 王燕,吕达仁. GMS5 反演中国几类典型下垫面晴空地表温度的日变化及季节变化[J]. 气象学报,2005,63(6):957-968.
- [2] 汤懋苍,王敬香,张建. 利用冬季 0.8 米地温距平场预报春季降水场的初步方法[J]. 高原气象,1987,6(3):244-255.
- [3] 周亚军,汤懋苍. 用地温做年度降水预报的一种改进[J]. 高原气象,1989,8(3):228-240.
- [4] 汤懋苍,张建. 季平均 3.2 m 地温距平场在汛期预报中的应用[J]. 高原气象,1994,13(2):178-187.
- [5] 汤懋苍,董文杰. 利用气象地温资料反演大地热流[J]. 地球物理学报,1992,35(6):733-739.
- [6] 薛燕,韩萍,冯国华. 半个世纪以来新疆降水和气温的变化趋势[J]. 干旱区研究,2003,20(2):127-130.
- [7] 徐贵青,魏文寿. 新疆气候变化及其对生态环境的影响[J]. 干旱区地理,2004,27(1):14-18.
- [8] 何清,杨青,李红军. 新疆 40 a 来气温、降水和沙尘天气变化[J]. 冰川冻土,2003,25(4):423-427.
- [9] 苏宏超,魏文寿,韩萍. 新疆近 50 a 来的气温和蒸发变[J]. 冰川冻土,2003,25(2):174-178.
- [10] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京:气象出版社,1999. 66-72.
- [11] 汤懋苍,尹建华,蔡洁萍. 冬季地温分布与春、夏降水相关的统计分析[J]. 高原气象,1986,5(1):40-52.

Characteristics of Soil Temperature at Deep Layers in Urumqi in Latest 50 Years

JIA Xiaolu¹, YANG Qing², ZHAO Yong², HU Wen²

(1. College of Geography Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China;
2. Institute of Desert and Meteorology, CMA, Urumqi 830002, China)

Abstract: Based on air temperature, precipitation and ground temperature at the depth of 0.8 m, 1.6 m and 3.2 m provided by Urumqi Meteorological Observatory from 1961 to 2009, the variation of ground temperature and its response to climate change are analyzed and discussed. The results show that the inter-annual and seasonal variation of the average ground temperature at each depth presented a rising trend after 1985 in Urumqi, and ground temperature increasing in winter was most significant. The correlation between ground temperature at each depth and air temperature was more than 0.679, which showed that the change of air temperature was the main factor leading to ground temperature change; Precipitation has a certain impact on the deep ground temperature.

Key words: deep ground temperature; Urumqi; air temperature; precipitation; response

(上接第 200 页)

Temperature Inversion Characteristics of Lower Atmosphere over Shanghai

ZHENG Qingfeng, SHI Jun

(Shanghai Climate Center, Shanghai 200030, China)

Abstract: Based on the sounding data from Baoshan weather station, the frequency, thickness and intensity of ground inversion (isothermal) layer in Shanghai were analyzed during the period of 1991-2009. The results indicated that from 1991 to 2009, the annual days of ground inversion decreased, and the average thickness of ground inversion also decreased with a linear trend at 08:00 and 20:00, but the annual mean intensity of ground inversion changed insignificantly at 08:00 and 20:00. In the past 19 years, the temperature inversion days were most in winter, and the average intensity of ground inversion was strongest in winter, but the average thickness of ground inversion was least in summer. Annual days and averaged thickness of ground isothermal layer were also decreased with a linear trend at 08:00 and 20:00 during 1991-2009. The frequency of ground isothermal layer was most in summer and least in winter, but the average thickness of ground isothermal layer was most in winter and least in summer.

Key words: Shanghai; ground inversion; ground isothermal layer; intensity of inversion layer; thickness of inversion layer