

贵阳城区气温日变化特征及其季节差异分析

周林, 胡婕, 王君军, 罗乃兴, 彭科曼

贵阳市气象局, 贵州 贵阳

收稿日期: 2024年4月21日; 录用日期: 2024年5月20日; 发布日期: 2024年5月28日

摘要

基于贵阳国家气象观测站2011~2022年逐小时气温观测资料, 分析了贵阳城区气温的日变化规律及季节差异特征。结果表明: 贵阳城区日最高气温集中出现在15~16时, 最低温度出现在06~08时。夏季日最低气温出现时间最早为06时, 冬季出现时间最晚为08时, 温度日变化的特征有明显的季节差异; 日最高(低)气温出现率都存在“双峰”型结构, 最高气温出现时间一年四季均较为集中, 而最低气温出现时间在夏季最为集中, 其余季节均较为分散。贵阳城区1 h最大正(负)变温时间集中在10~13时(18~20时), 升温 and 降温过程具有不对称性特征, 升温比降温过程缓慢, 最强变温过程发生在3 h以内; 春季、夏季和秋季变温幅度较大, 而冬季最小; 最大正变温出现时间在冬季最为集中, 夏季最为分散, 而最大负变温出现时间在各月间的差异较大。

关键词

贵阳, 气温日变化, 最高气温, 最低气温

Diurnal Temperature Variations Characteristics of Urban Areas in Guiyang and Its Seasonal Difference

Lin Zhou, Jie Hu, Junjun Wang, Naixing Luo, Keman Peng

Guiyang Meteorological Bureau, Guiyang Guizhou

Received: Apr. 21st, 2024; accepted: May 20th, 2024; published: May 28th, 2024

Abstract

Based on hourly temperature datasets of Guiyang national ground meteorological observation stations from 2011 to 2022, the characteristics of diurnal temperature variations and seasonal

文章引用: 周林, 胡婕, 王君军, 罗乃兴, 彭科曼. 贵阳城区气温日变化特征及其季节差异分析[J]. 气候变化研究快报, 2024, 13(3): 599-608. DOI: 10.12677/ccrl.2024.133067

differences over urban areas in Guiyang were analyzed. The results show as follows: The maximum high temperature in urban areas of Guiyang is concentrated on 15~16 o'clock, while the minimum low temperature at 06~08 o'clock in the daily cycle. In all seasons, the daily minimum temperature appears earliest at 06:00 in summer and the latest at 08:00 in winter. The diurnal temperature variations characteristics change obviously with the season. The occurrence of both daily maximum and minimum temperature exhibited "double-peak" structure. For the maximum high temperature, the emergence time is relatively concentrated throughout the year, while the emergence times of the minimum low temperature is centralized in summer but dispersive in other seasons. The one-hour maximum positive (negative) temperature change time over urban areas in Guiyang is concentrated on 10 to 13 o'clock (18 to 20 o'clock). The temperature rising and cooling changes are asymmetric, and the temperature rising changes more slowly than the temperature cooling. Analyses of the temperature change rate in different time intervals showed that the sharpest change takes place in three hours. The temperature change range is larger in spring, summer and autumn, and the smallest in winter. The probability distribution analysis of the occurrence time of the maximum temperature change shows that the time at which the maximum positive temperature appears is the most concentrated in winter but the most dispersive in summer. However, the time at which the maximum negative temperature appears exhibit significant difference in each month.

Keywords

Guiyang, Diurnal Variations of Temperature, Maximum Temperature, Minimum Temperature

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

气温是反应气候变化的重要表征指标,同时也是影响人类生产生活的重要气象指标之一。而气温日变化与人体健康密切相关,呼吸道系统疾病、心脑血管疾病等作为气象敏感性疾病,受气温的影响显著[1][2][3]。认识气温日变化特征,有利于提高气温精细化预报水平,对高温、寒潮、霜冻、低温冷害等与气温变化密切相关的灾害性天气预报都有重要意义[4][5][6]。

近年来随着自动气象站的发展和完善,高分辨率的气象观测资料为系统开展气温日变化研究提供了可能性。下垫面状态的不同、天空状况的差异对气温日变化规律有一定程度的影响[7][8]。受太阳辐射日变化影响,我国大部地区近地面日最高气温一般出现在午后14时至15时(北京时,下同),日最低气温一般出现在日出前后[9]。杨萍等[10]利用北京地区自动气象站资料,分析了北京城区和郊区气温的日变化差异及季节特征,指出城市热容量差异是城、郊气温差异的主要原因。杨霞等[11]研究了乌鲁木齐市主城区气温日变化特征,结果表明各月的最高气温出现频率的日分布曲线以“双峰”型为主,最低气温出现频率的日分布曲线在春、夏、秋三季均呈“单峰”型,冬季峰值特征不明显。高红燕等[12]基于西安及其郊区站咸阳1日4次气温观测资料,对比分析了二者在年、季节和6小时变温及昼夜温差上的变化特征,揭示了城市化对西安气温日变化特征的影响。

关于城市化对气温变化的影响受到广泛的关注,城市的快速发展对局地气温的变化具有重要的影响,城市化加剧了局地气温的升高[13][14][15],且这种城市的增温作用在春季最为明显,而夏季最弱。贵阳作为贵州省的省会城市,随着城市化的快速发展,在城市下垫面的热力和动力作用影响下,城市日最高

最低温出现时间如何,昼夜气温变化的特征如何等问题至今仍未进行过深入研究。另外,以往针对贵阳市气温的研究大多是从年代际、年际、季节等时间尺度来进行分析,更多关注气温的长期变化趋势及其影响[16][17][18][19],而对城市气温的精细化特征,特别是日变化特征的研究相对较少。为探讨城市化进程下贵阳城区气温的日变化特征,深入认识贵阳市气温的精细化特征,本文利用2011~2022年贵阳城区国家气象站逐小时气温观测资料,分析其日最高、最低气温出现时间以及不同时间间隔变温的大小,对日极值气温、变温日变化规律及不同季节差异特征进行分析,以期在日常业务中城市精细化天气预报和服务提供科学参考依据。

2. 资料和方法

2.1. 资料

本文所用资料来源于贵州省气象数据中心提供的2011~2022年贵阳国家气象站逐小时气温观测资料。文中春季为当年的3月至5月,夏季为当年6月至8月,秋季为当年的9月至11月,冬季为当年的12月至次年2月。

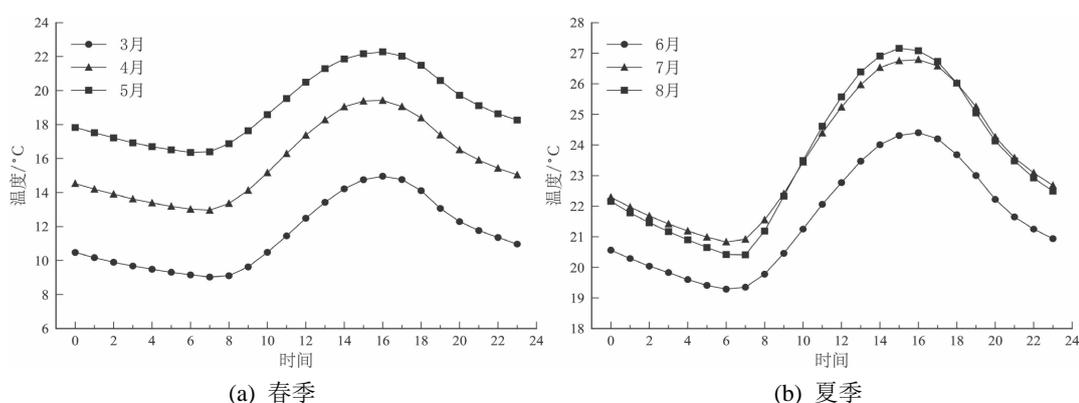
2.2. 方法

利用出现率[10](出现次数与总次数)来表征日最高(低)气温在各时次出现的概率;变温指单位时间内气温的变化幅度,包括1小时变温、3小时变温、6小时等三种情况, t 时刻的变温用 $\Delta x_t = x_t - x_{t-k}$ ($k=1, 3, 6$)表示。

3. 结果与分析

3.1. 气温的日变化特征

图1为贵阳城区全年各月的气温日变化特征,可以看出,1~7月的日最高气温均出现在16时,而8~12月都出现在15时。贵阳城区日最低气温在5~8月出现时间最早,为06时;冬季各月最晚为08时;其余各月均出现在07时。从季节分布来看,秋季各月日最高气温和最低气温出现时间均相同,其中日最高气温均出现在16时,最低气温出现在07时;春季各月日最高气温出现时间较为一致,均为16时,而日最低气温出现时间并不一致,其中3月和4月出现在07时,5月偏早一小时;夏季和冬季日最低气温出现时间来看,夏季出现在06时,冬季出现在08时,但日最高气温出现时间不相同,最大相差1h。综上所述,贵阳城区日最高气温在全年主要出现在15~16时,最低温度出现在06~08时。夏季日最低气温出现时间最早为06时,冬季日最低气温出现时间最晚为08时,从夏季到冬季日最低气温出现时间呈现出随季节推迟1h的特征。



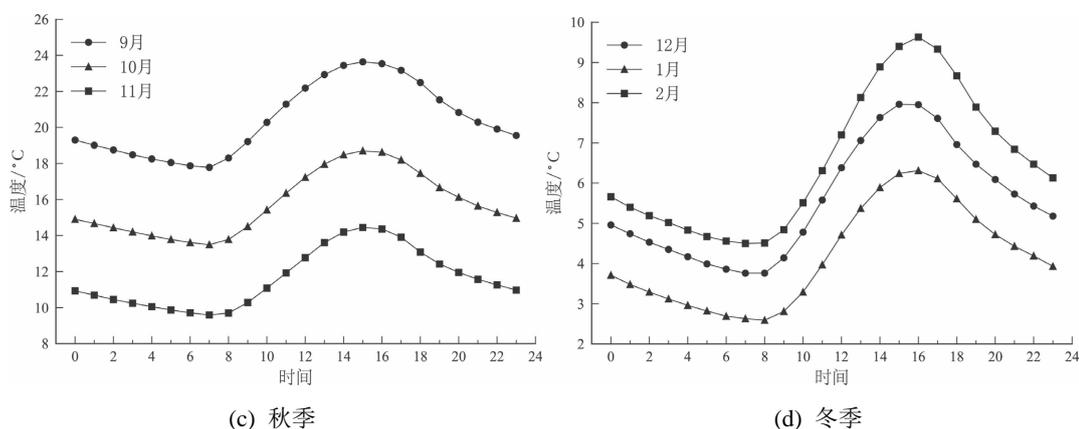


Figure 1. Diurnal temperature variation characteristics in urban areas of Guiyang
图 1. 贵阳城区气温日变化特征

3.2. 日极值气温出现时间的概率分布

图 2 为贵阳城区最高气温出现率的日分布特征。从图 2 可见, 1~7 月和 12 月日最高气温最大出现率的时次均为 16 时, 占出现率的 24%~33%, 8 月至 11 月日最高气温最大出现率的时次偏早一小时, 为 15 时, 占出现率的比率在 27% 到 31% 之间。其中, 2 月日最高气温最大出现率为全年最高(33.24%), 5 月最低(23.59%)。从日最高气温出现率的季节分布来看, 虽然各季节日最高温度出现率的日分布特征曲线尽管有差异, 但基本形态较为一致, 均呈“双峰”型分布, 主峰值时次位于 15 时或 16 时, 而次峰值时次在 21 时, 同时夏季三个月的次峰值最小, 其出现率均不超过 10%。各季节来看, 春季和夏季日最高气温出现率排前三的时次分别是 15 时、16 时和 17 时, 季节内各月三个时次出现率占比都在 62% 以上; 秋季 9 月和 10 月日最高气温出现率前三位的时次与春季和夏季相同, 每月出现率占比在 69% 以上, 而 11 月日最高气温出现率最多的时次是 15 时、16 时和 21 时, 其出现率占比为 74%; 冬季日最高气温出现频率占比最多的时次分别是 15 时、16 时和 21 时, 三个时次各月占的比例均超过了 69%。综上可知, 贵阳城区日最高气温出现时间在四个季节中均相对集中, 各月中排在前三位的最大出现率所占比例相差不大, 均在 60% 以上。

图 3 给出了贵阳城区日最低气温出现率的时间分布曲线, 从图 3 中可以看出, 日最低气温出现率也呈“双峰”型特征, 主峰值出现在 06~08 时, 次峰值出现在 20 时。5~8 月日最低气温最大出现率的时次在 06 时, 其出现率在 31%~47% 之间; 3 月、4 月和 9~12 月出现在 07 时, 其出现率在 20% 到 37% 之间; 1 月和 2 月出现在 08 时, 其出现率分别为 21.0% 和 19.8%, 综合来看, 2 月日最低气温最大出现率为全年最低, 而 7 月为全年最高达 46.5%。对于最低气温的最大出现率对应的时次冬季最晚(08 时), 春季和秋季次之(07 时), 夏季最早(06 时)。就日最低气温出现的时间来看, 夏季较为集中, 最大出现率占的比例较高, 每月均超过了 36%, 冬季较为分散, 其各个月的最大出现率均不超过 21%。

日最高气温和最低气温出现率对比来看, 全年中 2 月日最高气温最大出现率全年最高, 而其日最低气温则相反, 最大出现率全年最低; 日最高气温出现时间一年四季均相对集中, 而日最低气温出现时间, 除了夏季外, 均较分散; 此外, 还可以看出, 日最高气温和最低气温出现率均表现为“双峰”型结构, 其分别在 21 时和 20 时存在一个出现率的相对高值, 主要原因是在气象业务工作中是以 20 时作为“日界”划分的, 当白天遇到较强冷空气影响时, 白天气温比夜间温度低, 日最高气温往往出现在前一日 21 时, 同理日最低气温可能出现在当天的 20 时。

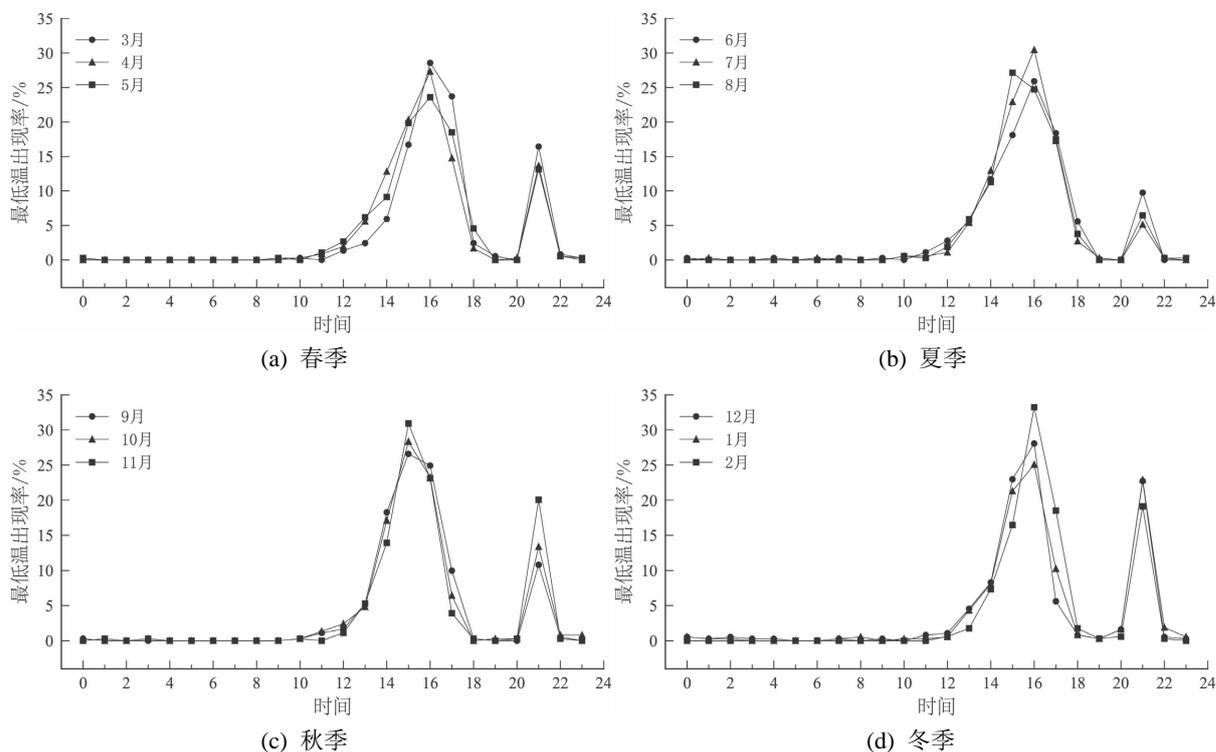


Figure 2. Diurnals variation of maximum temperature occurrence rate in urban areas of Guiyang
图 2. 贵阳城区日最高气温出现率的日变化

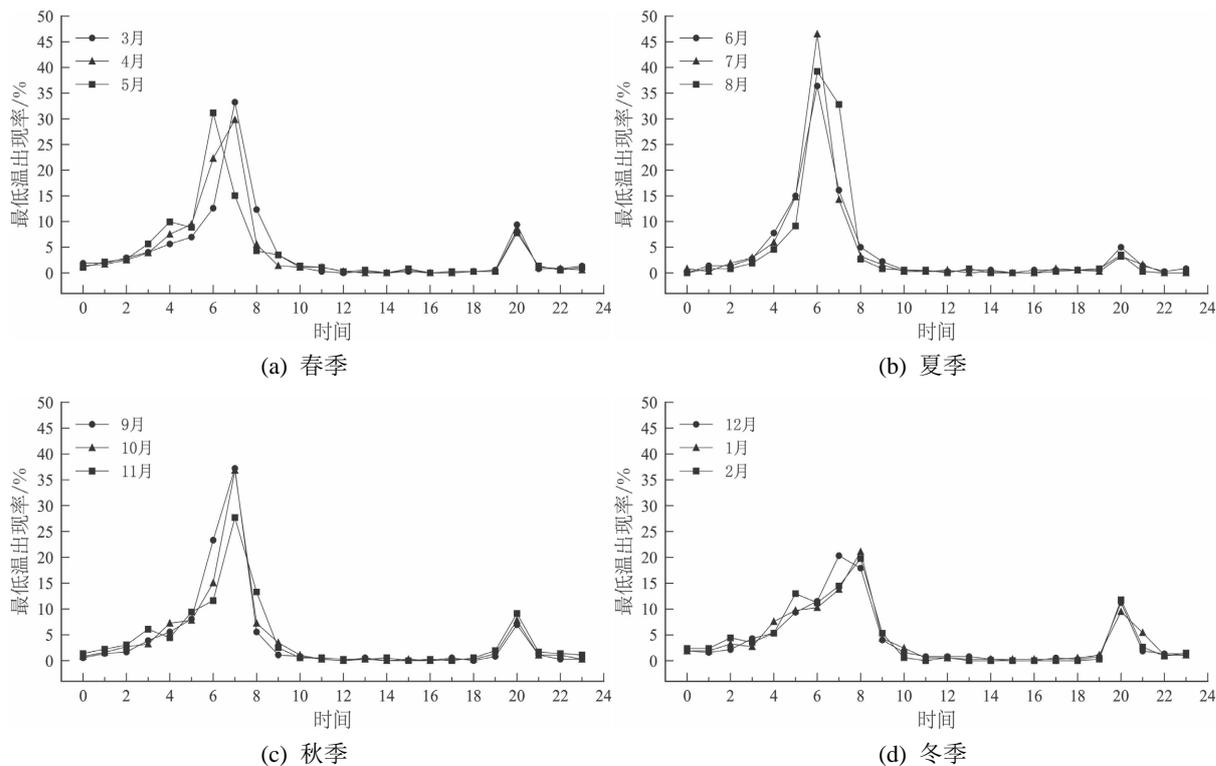


Figure 3. Diurnals variation of minimum temperature occurrence rate in urban areas of Guiyang
图 3. 贵阳城区日最低气温出现率的日变化

3.3. 变温的日变化特征及其季节差异

不同时间间隔内温度的变化幅度是表征天气变化强度的重要指标,在 1 小时变温(图 4)的日变化特征中,正(负)变温的峰值时间主要出现在 10~13 时(18~20 时),最大正(负)变温的幅度为 $0.7^{\circ}\text{C}\sim 1.2^{\circ}\text{C}$ ($0.5^{\circ}\text{C}\sim 1.0^{\circ}\text{C}$)。夏季的 1 h 最大升温出现在 10 时,为全年最早,最大降温出现在 20 时,为全年最晚,其余季节内,1 h 最大升(降)温出现时间不尽相同,最大相差 1 h。春季、夏季和秋季贵阳城区 1 h 最大正(负)变温幅度相差不大,最大幅度值超过 1.0°C ,而冬季则相对偏小,最大幅度值不超过 0.9°C 。从 1 h 变温的日变化特征曲线来看,正负变温的不对称性特征比较明显,以冬季为例,正变温从 09 时开始,到 12 时达最大值,用时 3 h 左右完成正变温过程,而负变温过程从 17 时开始,在 18 或 19 时达到峰值,仅用 1~2 小时完成变温过程,可见 1 h 变温过程中正变温要比负变温过程缓慢。

与 1 h 变温日变化结果相比,贵阳城区 3 h 变温(图略)过程中,其正负变温过程开始至最大变温峰值所需要的时间相差不大,但是各个月最大正负变温发生时次均比 1 h 变温结果偏晚 1 小时,以夏季为例,夏季 3 h 最大正变温发生时次在 10 时,而最大负变温发生时次在 20 时。6 小时变温曲线(图略)呈倒“V”型,特征变化比较均匀,具体就不再赘述。

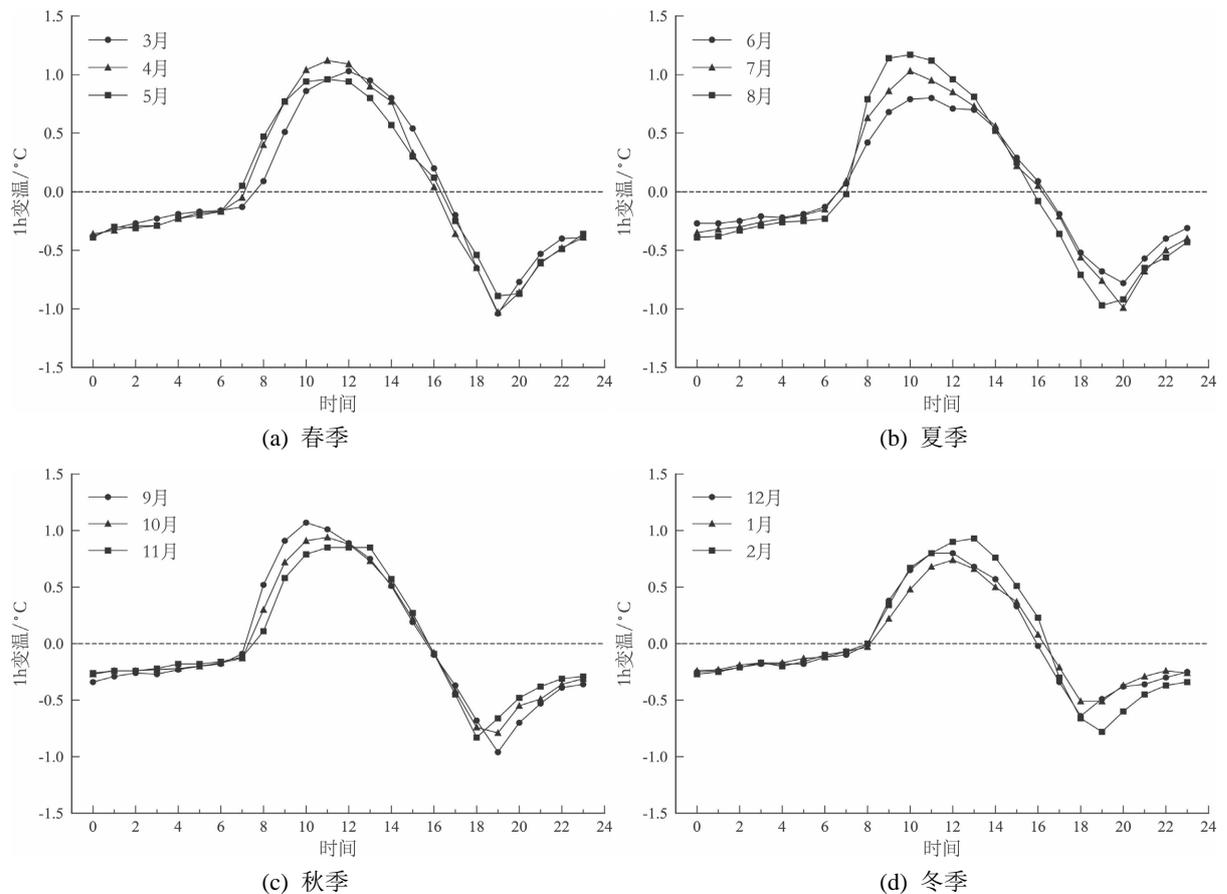


Figure 4. Diurnal temperature variations for 1 hour in urban areas of Guiyang

图 4. 贵阳城区 1 h 变温的日变化特征

上文分析了贵阳城区不同月份 1 h、3 h 和 6 h 的变温情况,为进一步了解在一天的气温变化中,究竟多长时间效的变温对贵阳城区日气温变化贡献最大,为此,我们分别计算了贵阳城区每个月的 1 h、3 h

和 6 h 的最大变温速率(表 1)。可以看出,贵阳城区 1 h 和 3 h 最大变温速率的差别不大,二者相差在 0.08℃ 以内,但是 3 h 和 6 h 最大变温速率的差别较大,其最大相差 0.14℃,最小相差 0.06℃,平均为 0.12℃。由此可以推断,贵阳城区平均的最大变温主要发生在 3 h 以内。

Table 1. Average maximum climate rate of temperature variation in urban areas of Guiyang per month ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}^{-1}$)

表 1. 贵阳城区各月平均最大变温速率 $^{\circ}\text{C}/\text{h}$

月份	1 h 变温速率	3 h 变温速率	6 h 变温速率
1	0.74	0.69	0.57
2	0.93	0.88	0.76
3	1.03	0.98	0.86
4	1.12	1.08	0.95
5	0.96	0.95	0.83
6	0.80	0.77	0.71
7	1.03	0.95	0.84
8	1.17	1.14	1.00
9	1.07	1.00	0.86
10	0.94	0.91	0.78
11	0.85	0.85	0.75
12	0.80	0.76	0.65

3.4. 最大正(负)变温出现时间的概率分布

小提琴图是箱线图与核密度图的结合,可以较好的反应数据的分布及概率密度,其内部是箱式图,外部是核密度图,通过核密度曲线显示出数据的整体分布和多峰值分布等特征。以图 5(a)为例中间黑色粗条表示四分位数范围,从其延伸的幼细黑线代表 95% 置信区间,而白点则为中位数,外部曲线所包围的填色区域代表概率密度,其宽度越大则代表所包含的数据越多出现的频率越高,较窄部分则对应较低的概率。为进一步说明最大正(负)变温出现时间的概率分布特征,利用小提琴图对最大正(负)变温出现时间进行统计分析。

图 5 为贵阳城区 1 h 最大正变温出现时间的小提琴图,可以看出,1 h 最大正变温最大概率对应时次在 3 月和 4 月为 12 时,5 月和 6 月以及 10 月和 11 月为 11 时,7~9 月为 10 时,12 月和 1 月为 12 时,而 2 月出现时次最晚为 13 时,1 h 最大正变温最大概率对应的时次,从春季到夏季呈现出提早 1 h 的特征,而从夏季到冬季呈现出随着季节变化推迟 1 h 的特征。综上可见全年 1 h 最大正变温最大概率出现时间主要分布在 10 时至 13 时。另外还可以发现,冬季上下四分位数的范围较其他季节小,仅为 3 个小时,而夏季四分位数范围较其他季节大,达 5 个小时,说明冬季 1 小时最大正变温出现时间最为集中,而夏季最为分散,其中 1 h 最大正变温峰值时刻出现概率冬季最高(25.2%),秋季次之(21.1%),春季第三(20.0%),冬季最小(19.0%)。

从贵阳城区 1 h 最大负变温出现时间的概率分布可以看出(图 6),1 h 最大负变温最大概率对应时次在 2~5 月以及 8~10 月在 19 时,6 月和 7 月份为 20 时,11 月、12 月和 1 月出现在 18 时,综上可见,全年 1 h 最大负变温最大概率出现时间主要分布在 18 时至 20 时。根据上下四分位数范围,1 h 最大负变温出

现时间的概率分布,在季节内及季节间差异较大,全年来看9月份最为集中,为3个小时,12月和1月最为分散,其时间范围达7个小时,就1 h最大负变温峰值时刻出现概率来看,秋季最高(28.4%),春季次之(24.4%),夏季第三(23.4%),冬季最小(22.1%)。最大负变温出现的平均时间与日落时间、天空状况及冷空气入侵活动密切相关,例如春季冷空气活动频繁,气温起伏较大,最大负变温在各个时次出现的随机性较大,这也解释了为啥春季表现为2个峰值大值区。

贵阳城区1 h最大正、负变温出现时间的概率分布对比发现,1 h最大正变温出现时间较1 h最大负变温出现时间集中,1 h最大正变温出现时间在冬季最为集中,而在1 h最大负变温中则相反,最为分散。贵阳城区3小时最大正(负)变温、6小时最大正(负)变温的季节差异基本与1小时最大正(负)变温类似(图略)。

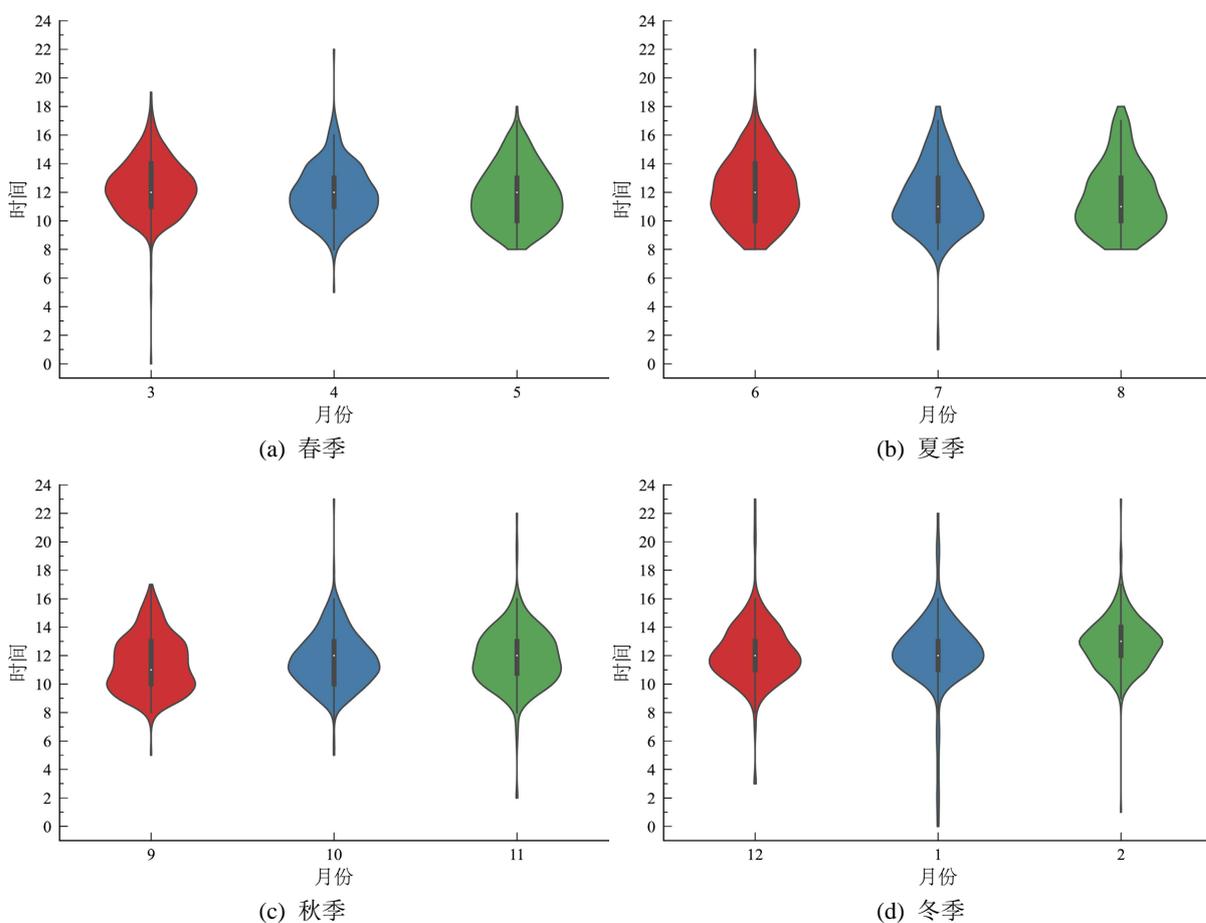


Figure 5. Violin plots of occurrence rate of maximum positive temperature increment for 1 hour in urban areas of Guiyang

图 5. 贵阳城区 1 h 最大正变温出现时间的小提琴图

4. 结论

1) 贵阳城区日最高气温在全年主要出现在 15~16 时,最低温度出现在 06~08 时。春季和秋季日最高气温出现时间一致,均在 16 时,夏季和冬季日最高气温出现时间不相同,最大相差 1 h。夏季日最低气温出现时间最早为 06 时,秋季日最低气温则出现在 07 时,而冬季日最低气温出现时间最晚为 08 时,从夏季到冬季日最低气温出现时间呈现出逐季节推迟 1 h 的特征。

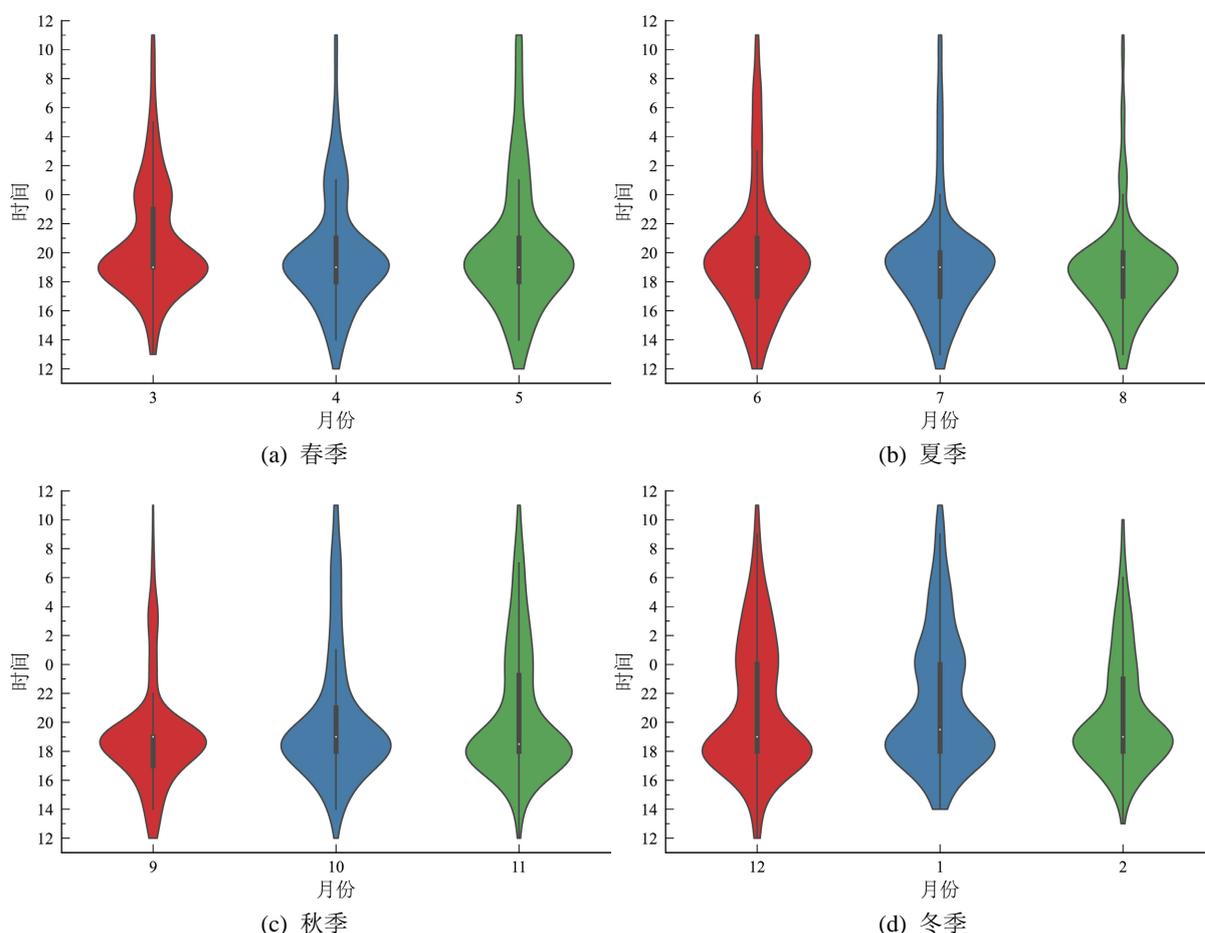


Figure 6. Violin plots of occurrence rate of maximum negative temperature increment for 1 hour in urban areas of Guiyang
图 6. 贵阳城区 1 h 最大负变温出现时间的小提琴图

2) 贵阳城区日最高最低气温出现率都存在“双峰”型结构，其中日最高气温最大出现率时次为 15 时或 16 时，而日最低气温最大出现率时次为 06~08 时。日最高气温出现时间一年四季均相对集中，而日最低气温出现时间，夏季最为集中，其余季节均较分散。日最低气温的最大出现率对应的时次夏季最早 (06 时)，春季和秋季次之 (07 时)，秋季最晚 (08 时)。

3) 夏季 1 h 最大升温出现在 10 时，为全年最早，最大降温出现在 20 时，为全年最晚。春季、夏季和秋季贵阳城区 1 h 最大正(负)变温幅度相差不大，最大幅度值超过 1.0℃，而冬季则相对偏小，最大幅度值不超过 0.9℃。1 h 升温 and 降温存在不对称性特征，其中升温过程比降温过程缓慢，平均的最大变温主要发生在 3 h 以内。

4) 贵阳城区 1 h 最大正变温最大概率对应时间主要分布在 10 时至 13 时，从春季到夏季呈现出提早 1 h 的特征，而从夏季到冬季表现为推迟 1 h 的特征；1 h 最大正变温出现时间在冬季最为集中，夏季最为分散；1 h 最大负变温最大概率时间主要分布在 18 时至 20 时，其在季节内及季节间差异较大，全年来看 9 月份最为集中，12 月和 1 月最为分散。

基金项目

贵州省气象局科研业务项目(黔气科登[2023]06-05 号)；贵阳市气象局科研项目(筑气科合 YW[2023]17)。

参考文献

- [1] 谭玉龙, 尹岭, 王式功, 等. 不同地区温度变化对缺血性心脑血管疾病影响的比较研究[J]. 气象与环境学报, 2019, 35(3): 94-99.
- [2] 杨仁庆, 董继元, 王雁茹, 等. 日均气温对兰州市支气管炎影响的时间序列分析[J]. 气象, 2023, 49(3): 340-350.
- [3] 魏晓钰, 龙怀聪, 尹立, 等. 气温对呼吸和循环系统疾病影响及未来变化预估研究综述[J]. 沙漠与绿洲气象, 2023, 17(6): 15-22.
- [4] 赵宗慈, 王绍武, 徐影, 等. 近百年我国地表气温趋势变化的可能原因[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4): 808-817.
- [5] 任国玉, 郭军, 徐铭志, 等. 近 50 年中国地面气候变化基本特征[J]. 气象学报, 2005, 63(6): 642-956.
- [6] 刘文英, 孙素琴, 刘冬梅, 等. 1959-2020 年江西省持续区域性高温过程特征[J]. 气象与减灾研究, 2021, 44(4): 251-256.
- [7] 赵娜, 刘树华, 虞海燕. 近 48 年城市化发展对北京区域气候的影响分析[J]. 大气科学, 2011, 35(2): 373-385.
- [8] 黄良美, 黄海霞, 项东云, 等. 南京市四种下垫面气温日变化规律及城市热岛效应[J]. 生态环境, 2007, 16(5): 1411-1420.
- [9] 吕达仁, 周秀骥, 李维亮, 等. 30 年来我国大气气溶胶光学厚度平均分布特征分析[J]. 大气科学, 2002, 26(6): 721-730.
- [10] 杨萍, 肖子牛, 刘伟东. 北京气温日变化特征的城郊差异及其季节变化分析[J]. 大气科学, 2013, 37(1): 101-112.
- [11] 杨霞, 赵逸舟, 蔡梅, 等. 乌鲁木齐市主城区气温日变化特征分析[J]. 干旱区地理, 2021, 44(2): 360-368.
- [12] 高红燕, 浩宇, 王丹, 等. 西安气温日变化特征的城郊差异[J]. 中国农学通报, 2017, 33(14): 100-108.
- [13] Zhou, L., Dickinson, R.E., *et al.* (2006) Evidence for a Significant Urbanization Effect on Climate in China. *PNAS*, **26**, 9540-9544. <https://doi.org/10.1073/pnas.0400357101>
- [14] Wang, K., Ye, H., Chen, F., *et al.* (2012) Urbanization Effect on the Diurnal Temperature Range: Different Roles under Solar Dimming and Brightening. *Journal of Climate*, **25**, 1022-1027. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-10-05030.1>
- [15] Chow, W.T.L. and Svoma, B.M. (2011) Analyses of Nocturnal Temperature Cooling Rate Response to Historical Local-Scale Urban Land-Use/Land Cover Change. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, **50**, 1872-1883. <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-10-05014.1>
- [16] 汤锁坤, 刘其顺, 李鹏章, 等. 贵阳市城市气候特征的分析研究[J]. 贵州气象, 1995, 19(2): 3-47.
- [17] 刘益兰. 贵阳近八十年气温变化的小波分析[J]. 贵州气象, 2001, 25(2): 10-14.
- [18] 杨毅, 武伟, 刘洪斌. 贵阳市近 40 年气候变化趋势分析[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2007, 32(2): 82-87.
- [19] 于海英, 陈淑伶, 杨莉琳, 等. 贵阳市近 70 年气候突变检测及变化趋势分析[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2021, 43(9): 115-123.