

毛炜峰,白素琴,陈鹏翔. 2016. 1951—2015年乌鲁木齐市降温过程频数及强度气候特征. 气象, 42(11):1351-1363.

1951—2015年乌鲁木齐市降温过程频数 及强度气候特征^{*}

毛炜峰^{1,2} 白素琴^{2,3} 陈鹏翔^{2,3}

1 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 乌鲁木齐 830002

2 中亚大气科学研究中心, 乌鲁木齐 830002

3 新疆气候中心, 乌鲁木齐 830002

提 要: 利用乌鲁木齐市气象站 1951 年 1 月 1 日至 2015 年 12 月 31 日的逐日气温资料, 以日最低气温及其降温幅度为指标, 整理出乌鲁木齐市近 65 年降温过程数据库, 将降温过程分为 I 级(弱)、II 级(中等强度)、III 级(较强)、IV 级(强)以及 V 级(寒潮)5 个等级, 分析了乌鲁木齐市各级降温过程的频数、持续日数、过程不同时段降温幅度、过程最低气温、过程最低气温距平偏低幅度等要素气候特征。结果如下: (1) 1951—2015 年, 乌鲁木齐市出现降温过程 5834 次, 平均每年 89.8 次, 其中 I 级(弱)降温过程占 78.1%。降温过程的频数季节分布较均匀, 但 IV 级(强)和 V 级(寒潮)降温过程在春季最多。在降温过程异常偏多与偏少年之间, 6—8 月的过程频数差异最大, 4 和 9 月过程频数差异较小。年平均降温过程频数在 7 个年代际中差异不大; 随年代际增长, I 级(弱)降温过程频数在增加, V 级(寒潮)降温过程频数却在减少。(2) 1951—2015 年, 乌鲁木齐市 5834 次降温过程的持续日数平均为 1.89 d, 其中持续 1 d 的过程占 49.0%。随降温过程等级由 I 级到 V 级提高, 过程持续日数最高出现频率也从 1 d 过渡到 3 d。IV 级(强)和 V 级(寒潮)降温过程均表现为秋末到冬季各月的持续日数长, 春季各月短。(3) 65 年来, 乌鲁木齐市过程降温幅度平均为 -4.4℃, 秋季降温幅度最强, 夏季最弱。IV 级(强)以及 V 级(寒潮)过程的降温幅度最强的月份分别是 6 和 12 月。65 年来, 乌鲁木齐市降温过程的最大 24、48 和 72 h 降温幅度平均值分别为 -3.1、-5.5 和 -7.4℃, 最大 24 h 降温幅度是春季最强, 冬季最弱; 48 h 降温幅度是春季最强, 夏季最弱; 72 h 降温幅度是冬季最强, 夏季最弱。(4) 1951—2015 年, 乌鲁木齐市降温过程的最低气温平均值为 0.3℃, 冬季各月最低, 夏季各月最高, 带有显著的季节背景特征。过程最大日气温距平的平均值为 -1.9℃, 随降温过程等级由 I 级到 V 级提高, 距平偏低幅度依次增强, V 级(寒潮)降温过程平均达到 -8.5℃。(5) 在乌鲁木齐市降温过程频数异常偏多月份, 对应在 500 hPa 高空新疆主要受纬向西风气流控制, 较稳定的西风气流上多短波槽脊东移影响新疆; 在降温过程频数异常偏少月份, 在 500 hPa 高空新疆主要受西北气流控制, 处于高纬地区冷空气自北向南的侵袭通道上, 更有利于较强冷空气入侵新疆。

关键词: 降温过程, 频数, 持续日数, 强度, 乌鲁木齐

中图分类号: P463, P466

文献标志码: A

doi: 10.7519/j.issn.1000-0526.2016.11.007

Climate Characteristics of Frequency and Intensity of Cooling Process in Urumqi During 1951—2015

MAO Weiyi^{1,2} BAI Suqin^{2,3} CHEN Pengxiang^{2,3}

1 Institute of Desert Meteorology, CMA, Urumqi 830002

2 Center of Central Asia Atmospheric Science Research, Urumqi 830002

3 Xinjiang Climate Center, Urumqi 830002

Abstract: Based on the daily temperature data of Urumqi Meteorological Station from 1 January 1951 to 31 December 2015 and using daily minimum temperature and temperature drop range as the index, database of cooling process in Urumqi City over the past 65 years is established. The cooling process is divided into 5

* 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(IDM201502)资助

2015 年 12 月 18 日收稿; 2016 年 6 月 26 日收修定稿

第一作者: 毛炜峰, 主要从事气候诊断、预测和气候变化影响等研究. Email: mao6991@vip.sina.com

grades, i. e. I (weak), II (medium), III (relatively strong), IV (strong), V (cold wave). Some climate characteristics of cooling process are analyzed, such as frequency, continuous days, temperature drop range in different periods, minimum temperature, and anomaly of minimum temperature. The results show that: (1) From 1951 to 2015, there were 5834 cooling processes, annually 89.8 processes in average, of which 78.1% is of Grade I (weak) cooling process. The seasonal distribution of the frequency of cooling process is uniform, but the largest number of Grade IV (strong) and V (cold wave) cooling processes is in spring. Annual mean frequency of cooling process in the seven decades is not so different. Between the years with more and less cooling processes, the largest process frequency difference is in June—August, and the smallest difference is in April and September. With the decadal increases, the average annual frequency increased in Grade I (weak) cooling process, and decreased in Grade V (cold wave) process. (2) The continuous days of cooling process is 1.89 days in average and 49.0 % of the process lasts one day. The highest frequency of the continuous days changes from one day to three days as the grade changes from I (weak) to V (cold wave). The continuous days of Grade IV (strong) and V (cold wave) cooling processes are relatively more from late autumn to winter and less in spring. (3) The drop range of temperature of process is -4.4°C in average and the largest drop in temperature is in autumn and the smallest drop in summer. The largest drop ranges of Grade IV (strong) and V (cold wave) processes are in June and December. The maximum drop range of temperature in 24 h, 48 h and 72 h is -3.1°C , -5.5°C and -7.4°C in average, respectively. For 24 h, the largest temperature drop range happens in Spring and the smallest in winter. For 48 h, the largest drop is in spring and the smallest in summer. For 72 h, the largest drop is in winter and the smallest in summer. (4) The minimum temperature of the cooling process is 0.3°C in average, the lowest is in winter and the highest is in summer with distinct seasonal characteristics. The maximum daily temperature anomaly is -1.9°C in average. As the grade changes from I (weak) to V (cold wave), the temperature anomaly gets much lower. The maximum daily temperature anomaly of Grade V (cold wave) is -8.5°C . (5) During the months with more cooling processes in Urumqi, the 500 hPa high level is mainly controlled by zonal westerlies in Xinjiang Region, the short-wave trough and east ridge with the stable westerlies affecting Xinjiang. In the abnormally less cooling process months, the 500 hPa high level is controlled by northwest airflow in Xinjiang Region, in the high latitudes of cold air from the north to the south channel, which is more favorable for the strong cold air to enter Xinjiang.

Key words: cooling process, frequency, continuous days, intensity, Urumqi

引 言

气温是表示大气冷热程度的物理量,理论上气温变化只有三种情形:上升、下降或保持不变。气温上升或下降是普遍现象,而保持不变是极个别情形。现代气候业务中多从年代际、年际、季节、月、旬、候等时间尺度来分析气温及其变化,而天气业务中更多从日、小时等时间尺度探讨气温变化规律。从气候角度分析气温变化的业务产品和相关研究成果异常丰富,各类气候监测、评估产品,以及气候变化研究中都少不了气温要素。从气候角度研究冷空气活

动异常规律及其成因的成果十分丰富。近年来一些研究分析了近 50 年我国寒潮活动规律(康志明等, 2010)以及冷空气活动特征(周琳等, 2015),还分析了全球变暖背景下我国春季温度时空变化特征(董李丽等, 2015)。更多的成果分析了区域季节尺度气温异常的成因。2004 年以来欧亚北部区域冷冬年与北极涛动、北大西洋涛动位相关联密切,与 500 hPa 乌拉尔—贝加尔湖阻塞高压偏强、中亚地区多低值系统活动相对应(乔少博等, 2014),还有研究进一步揭示了亚洲东部冬季地面温度变化与平流层弱极涡联系的可能机制(易明建等, 2013),指出我国冬季冷空气活动与同期东亚副热带急流和温带急流协

同变化有关系(叶丹等,2014)。青藏高原冬季风演变新特征对中国西南气温也有明显影响(王颖等,2015),东亚冬季风影响我国东北地区冬季气温,而且这种影响关系存在年代际差异(刘实等,2014)。结合气温预测业务需要,有研究指出中国冬季温度与前期秋季北极海冰变化有关(谢永坤等,2014),张宗婕等(2012)综合分析了冬半年中国区域持续性低温事件的前期信号,李维京等(2013)在分析我国冬季气温与影响因子关系的年代际变化特征基础上,提出了在不同年代际背景下分别建立预测模型的思路,以改进冬季气温预测效果。从天气角度来分析气温变化的相关研究更多地集中在寒潮过程上。早在 20 世纪 50 年代,陶诗言(1957)和李宪之(1955)就针对寒潮天气预报业务需求,对东亚寒潮进行了分型,并且指出了影响中国大陆的冷空气源地和路径。随后几十年间,我国北方各省(区、市)几乎都开展了寒潮中短期预报研究,其中西北地区的研究成果十分突出,张家宝等(1986)整理了 20 世纪 60—70 年代新疆 56 次寒潮个例,分析了新疆寒潮的冷空气活动路径和主要高空环流型,阐述了寒潮天气过程的天气学类型、条件和演变特点;徐羹慧(1985)则系统归纳了新疆寒潮中期预报方案。近些年来,甘肃(陶健红等,2012;杨晓玲等,2016)、宁夏(冯建民等,2012)以及内蒙古(顾润源等,2012)也有诸多综合研究成果。近期,张俊兰等(2015)对新疆寒潮天气过程预报再次进行了归纳总结。这些研究为我国区域寒潮过程天气预报业务奠定了扎实的基础。

关于降温过程的气候特征研究成果与天气研究情况类似,同样集中在寒潮的区域时空特征上。20 世纪 80 年代末就开展了全国寒潮气候评价(刘传凤,1990),进入 21 世纪以来,有研究分析了我国 1951—2006 年的寒潮活动特征(康志明等,2010),探讨分析了我国 1951—2004 年的寒潮变化与冬季风的关联成因(王遵娅等,2006)。除了上述全国大范围寒潮活动规律研究外,我国东北(孟祥君等,2013)、长江中下游(姚永明等,2011)以及广东(林爱兰等,1998)等区域寒潮活动特征研究各具特色。不过已有的大多数研究都是聚焦于寒潮频数气候特征及其变化分析。新疆是寒潮多发区,近年来持续有关于新疆区域寒潮特征的研究报道,有研究给出了新疆最北部阿勒泰地区寒潮频数活动变化特征(白松竹等,2015),还有用 4 站表示的乌鲁木齐市区域寒潮频数变化特征(郑玉萍等,2015)等。但是,新疆

天气过程的气候特征研究并不多见,陈洪武等(1997)普查新疆气象台的天气过程业务值班业务记录,统计后初步分析了 1964—1995 年新疆中弱以上天气过程的频数统计特征及前后期气候变化特点,包括了降水和降温过程。降温过程定量评估也应是现代气候业务的重要内容,是对年、季、月、旬等固定时间尺度气温评价的补充。乌鲁木齐是新疆首府,位于天山北麓,该市地处中纬度地区,四季分明,研究日气温变化特征极具代表性。通过分析,可以提高对乌鲁木齐市降温过程基本规律的认识,为当地防御强降温过程的不利影响和危害提供技术支持。

1 资料与分析方法

1.1 资料

选取乌鲁木齐市气象站日最低气温资料,资料长度从 1951 年 1 月 1 日至 2015 年 12 月 31 日。以 1 月 1 日至 12 月 31 日计 1 年,共计 65 个完整年度,3—5 月为春季,6—8 月为夏季,9—11 月为秋季,12 月至翌年 2 月为冬季。

1.2 降温过程定义

《冷空气等级》(中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会,2006)中给出了 5 级冷空气活动级别,分别是:Ⅰ级(弱)、Ⅱ级(中等强度)、Ⅲ级(较强)、Ⅳ级(强)和Ⅴ级(寒潮)冷空气过程,具体定义见表 1。该标准根据 48 h 降温幅度和最低气温来判识冷空气活动等级,强调的是:48 h 降温幅度(降温过程必须是连续的)与日最低气温标准,以及“达标”测站数占区域内总站数的百分率标准。该标准可以判识出“单站寒潮日”、“区域寒潮日”等,不过该标准中弱化了从温度随时间变化的角度考虑单站降温过程中的降温幅度标准问题,限制了更加深入地分析降温过程的细致特征。

在研究乌鲁木齐市的降温过程时,为了弥补《冷空气等级》(中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会,2006)中定义的不完备性,本文以日最低气温及其变化量为指标,明确了描述降温过程的 11 个基本概念,包括单站降温日、单站降温过程(初日、终日及持续日数)、过程降温幅度、过程不同时段内的降温幅度、过程最低气温、过程最强日气温距平偏低幅度(表 2)。将表 1

中的 48 h 降温幅度定义细化为降温过程中的最大 48 h 降温幅度,将国标中的“降温日”定义扩展到“降温过程”,为进一步识别降温过程等级奠定了基础。

表 1 不同等级降温过程标准
Table 1 Standard of cooling process at different levels

降温过程等级	过程最低气温	48 h 降温幅度
I 级 (弱)	无	$\Delta T_{48} > -6^{\circ}\text{C}$
II 级 (中等)	无	$-8^{\circ}\text{C} < \Delta T_{48} \leq -6^{\circ}\text{C}$
III 级 (较强)	最低气温 $T_D > 8^{\circ}\text{C}$	$\Delta T_{48} \leq -8^{\circ}\text{C}$
IV 级 (强)	最低气温 $T_D \leq 8^{\circ}\text{C}$	$\Delta T_{48} \leq -8^{\circ}\text{C}$
V 级 (寒潮)	最低气温 $T_D \leq 4^{\circ}\text{C}$	$\Delta T_{24} \leq -8^{\circ}\text{C}$, 或 $\Delta T_{48} \leq -10^{\circ}\text{C}$, 或 $\Delta T_{72} \leq -12^{\circ}\text{C}$

注:根据《冷空气等级》编制。
Note: Compiled based on *Grading of Cold Air*.

表 2 降温过程基本概念
Table 2 Basic concept of cooling process

概念	定义
降温日	测站日最低气温较前一天下降,即当天的 $\Delta T_{24} < 0^{\circ}\text{C}$,则定义为一个气温下降日,简称为降温日
降温过程、过程初日、过程终日	测站 24 h 变温 ΔT_{24} 由 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 转为 $< 0^{\circ}\text{C}$ 的第一天定义为降温过程初日;持续到 ΔT_{24} 再次出现 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的前一天,称为降温过程终日;从过程初日到终日称为一次降温过程
持续日数	过程初、终日之间(含初、终日)的天数称为降温过程持续日数
过程降温幅度	降温过程终日与过程初日的前一天之间的日最低气温差定义为过程降温幅度
过程最大 24 h 降温	降温过程中所有 ΔT_{24} 中的下降幅度最大者称之为过程最大 24 h 降温
过程最大 48 h 降温	降温过程中所有 ΔT_{48} 中的下降幅度最大者称之为过程最大 48 h 降温,如果降温过程持续日数不足 2 d,不统计过程最大 48 h 降温
过程最大 72 h 降温	降温过程中所有 ΔT_{72} 中的下降幅度最大者称之为过程最大 72 h 降温,如果降温过程持续日数不足 3 d,不统计过程最大 72 h 降温
过程最低气温	过程中的日最低气温值
过程最强日气温距平偏低幅度	过程中所有日最低气温与当日历年平均值之差中的绝对值最大者,称之为过程最强日气温距平偏低幅度

1.3 降温过程等级划分标准

根据上述定义,整理出 1951—2015 年乌鲁木齐市的 5834 次降温过程。根据《冷空气等级》(中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会,2006)中的标准(表 1),在为乌鲁木齐市 5834 次降温过程划分等级时碰到了具体问题。首先,乌鲁木齐市 65 年来有 2860 次降温过程仅持续了 1 d,如 1993 年 5 月 8 日乌鲁木齐市日最低气温 16.6°C ,9 日降到了 0.0°C ,24 h 降温幅度达到了 -16.6°C 。根据该指标是无法客观判识这些持续 1 d 的降温过程等级。其次,该标准中将降温过程按照强度被划分为 5 级,分级结果有交叉现象,未能满足降温过程分级结果唯一的要求。根据表 1,I~IV 级降温过程都是以 48 h 降温幅度作为判识级别的主要指标,再结合过程中日最低气温来判断具体等级,但 V 级降温过程(寒潮)判别却使用了 3 个降温指标(24、48 以及 72 h 降温幅度),只要符合其中之一,再加上日最低气温符合条件,即判断为寒潮过程。显然,V 级(寒潮)与 I~IV 级降温过程之间存在分级交叉的现象。表 3 中列举出了乌鲁木齐市 65 年来的 21

次降温过程。例如,2005 年 12 月 31 日至 2006 年 1 月 6 日以及 2010 年 5 月 11—14 日,这两次过程的最大 48 h 降温幅度分别为 -7.8 和 -7.9°C ,应当被判识为 II 级(中等强度)降温过程;表 3 中其余 19 次过程的最大 48 h 降温幅度超过了 -8°C ,最低气温都在 8°C 以下,被判识为 IV 级(强)降温过程。同样根据表 2 中的寒潮标准,这 21 次降温过程中最大 72 h 降温幅度均超过了 -12°C ,加上日最低气温也在 4°C 以下,都是 V 级(寒潮)降温过程。

综上所述,为了客观定量地分析乌鲁木齐市降温过程气候特征,本文对降温过程分级指标作补充规定:首先判识降温过程等级按照“就高的原则”,对满足多个等级标准的过程级别按能达到的最高级别判定,比如表 3 的过程能达到 V 级的就最终定为 V 级(寒潮),在未达到 V 级(寒潮)的降温过程中,再依次进行 IV~I 级判识;其次,对于降温时间仅 1 d 的过程,用过程最大 24 h 降温幅度等同于 48 h 降温指标来判断降温过程级别。这样既符合《降温过程等级》(中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会,2006)的标准,又满足了每次降温过程分级结果的唯一性要求。

表 3 1951—2015 年乌鲁木齐等级分类不唯一的降温过程

Table 3 Cooling process of unexclusive levels in Urumqi during 1951—2015

序号	开始日期			结束日期			持续日数/d	FD/℃	TD/℃	JP/℃	FD ₂₄ /℃	FD ₄₈ /℃	FD ₇₂ /℃
	年	月	日	年	月	日							
1	1952	10	4	1952	10	9	6	-16.7	-5.5	-10.9	-4.7	-8.8	-12.2
2	1953	1	4	1953	1	6	3	-14.0	-24.1	-6.3	-8.0	-9.6	-14.0
3	1957	1	25	1957	1	29	5	-17.1	-27.5	-9.6	-5.0	-9.6	-13.5
4	1959	1	7	1959	1	10	4	-16.1	-31.3	-13.7	-5.1	-8.2	-12.0
5	1971	10	11	1971	10	13	3	-12.7	3.3	-0.6	-5.0	-8.3	-12.7
6	1974	11	30	1974	12	3	4	-12.9	-20.1	-8.7	-6.0	-9.3	-12.2
7	1977	12	13	1977	12	16	4	-13.8	-21.4	-7.1	-6.7	-9.6	-13.0
8	1981	1	22	1981	1	25	4	-14.0	-28.5	-10.5	-5.7	-8.9	-12.3
9	1983	11	6	1983	11	8	3	-12.2	-9.9	-7.1	-5.0	-8.0	-12.2
10	1993	11	13	1993	11	16	4	-14.7	-14.7	-9.2	-4.7	-8.9	-13.0
11	1995	5	15	1995	5	17	3	-12.2	2.7	-9.5	-5.0	-8.3	-12.2
12	1996	2	13	1996	2	15	3	-12.1	-18.3	-3.5	-4.7	-9.1	-12.1
13	1998	11	13	1998	11	17	5	-15.3	-12.6	-6.8	-5.8	-9.8	-12.6
14	2001	4	26	2001	4	28	3	-13.3	-1.9	-10.5	-8.1	-8.8	-13.3
15	2003	1	24	2003	1	27	4	-13.8	-22.8	-4.9	-5.5	-9.5	-13.0
16	2003	11	26	2003	11	28	3	-12.2	-16.0	-5.4	-4.6	-8.9	-12.2
17	2005	10	23	2005	10	25	3	-12.2	0.2	-1.1	-4.8	-8.4	-12.2
18	2005	12	31	2006	1	6	7	-20.3	-26.4	-8.6	-5.1	-7.8	-12.6
19	2010	4	8	2010	4	10	3	-12.0	-4.2	-7.5	-5.3	-8.4	-12.0
20	2010	5	11	2010	5	14	4	-15.1	1.4	-9.7	-6.5	-7.9	-13.3
21	2014	1	6	2014	1	8	3	-12.4	-24.6	-6.9	-5.9	-8.9	-12.4

注:FD 表示过程降温幅度,TD 表示过程中极端最低气温,JP 表示过程中日气温距平偏低幅度最大量,FD₂₄、FD₄₈和 FD₇₂分别表示过程中 24、48 和 72 h 最大降温幅度。

Note:FD represents temperature drop range; TD minimum temperature of cooling process; JP is for the low amplitude maximum of daily temperature anomaly in the cooling process; FD₂₄, FD₄₈ and FD₇₂ represent the largest temperature drop ranges in 24 h, 48 h and 72 h, respectively, during the process.

1.4 季、月过程频数及强度统计标准

春、夏、秋、冬四季降温过程出现频数统计标准为:过程的开始日期与结束日期在同一季节,则记为该季节 1 次过程,如果降温过程的开始日期和结束日期跨两个相邻季节,则两个季节各记录 0.5 次降温过程。各月的降温过程频数统计方法类似。

各季的降温过程强度要素统计标准为:过程的开始日期与结束日期在同一季节内,则该过程要素参与该季节统计;如果降温过程的开始日期和结束日期跨两个相邻季节,则计算两个季节的降温过程强度要素指标时均考虑该过程贡献。各月的降温过程强度统计方法类似。

2 降温过程频数

2.1 季节分布特征

根据上述定义,1951—2015 年,乌鲁木齐市共

出现降温过程 5834 次,平均每年 89.8 次,1981 年降温过程最多,达到 102 次,2010 年最少,仅 76 次。65 年来,乌鲁木齐市 I 级(弱)降温过程 4559 次,占降温过程总次数的比率达到 78.1%,平均每年 70.1 次;II 级(中等强度)、III 级(较强)、IV 级(强)以及 V 级(寒潮)降温过程分别出现了 633、151、226 和 265 次,占降温过程总频数的 10.9%、2.6%、3.9%和 4.5%,平均每年分别出现 9.7、2.3、3.5 和 4.1 次。乌鲁木齐市的降温过程以降温幅度在 6℃以内的弱降温过程为主。

由表 4 可见,1951—2015 年,乌鲁木齐市春、夏、秋、冬各季降温过程频数分别占年度总数的 24.0%、25.8%、24.0%和 26.2%,分布较均匀。各级降温过程频数的季节分布呈不同特征。I 级(弱)降温过程:冬、夏季频数百分率略高于春、秋季;II 级(中等强度)降温过程:夏季频数百分率略高于其他三季;III 级(较强)降温过程:夏季频数百分率高达 75.5%,远高于其他三季;IV 级(强)和 V 级(寒潮)降温过程:春、秋季频数百分率较大,IV 级(强)降温过

表 4 近 65 年乌鲁木齐市不同等级降温过程频数

降温过程等级		春季	夏季	秋季	冬季	全年
Ⅰ 级	频数/次	1060	1204.5	1060	1234.5	4559
	百分率/%	23.3	26.4	23.3	27.1	100.0
Ⅱ 级	频数/次	156	180.5	150.5	146	633
	百分率/%	24.6	28.5	23.8	23.1	100.0
Ⅲ 级	频数/次	14	114	23	0	151
	百分率/%	9.3	75.5	15.2	0.0	100.0
Ⅳ 级	频数/次	74	9	77	66	226
	百分率/%	32.7	4.0	34.1	29.2	100.0
Ⅴ 级	频数/次	98.5	0	87	79.5	265
	百分率/%	37.2	0.0	32.8	30.0	100.0
Ⅰ ~ Ⅴ 级	频数/次	1402.5	1508	1397.5	1526	5834
	百分率/%	24.0	25.8	24.0	26.2	100.0

程夏季极少出现,Ⅴ级(寒潮)夏季未出现过。

2.2 月分布特征

由图 1 可见,1951—2015 年,乌鲁木齐市各月降温过程频数占年总频数百分率在 7.6%~9.6%,分布较均匀。Ⅰ级(弱)降温过程:各月频数百分率在 7.1%~10.1%,相差不太大;Ⅱ级(中等强度)降温过程:各月频数百分率在 6.5%~11.8%,8 月最高,11 月最小,8 月是 11 月的 1.83 倍;Ⅲ级(较强)降温过程:11 月至次年 3 月未出现,其余各月的频数百分率在 0.7%~30.8%,8 月最高,4 与 10 月并列最低;Ⅳ级(强)降温过程:7 月未出现,其余各月的频数百分率在 1.8%~14.2%,5 月最高,8 月最低;Ⅴ级(寒潮)降温过程:6—8 月未出现,其余各月的频数百分率在 4.7%~18.3%,4 月最高,9 月最低。

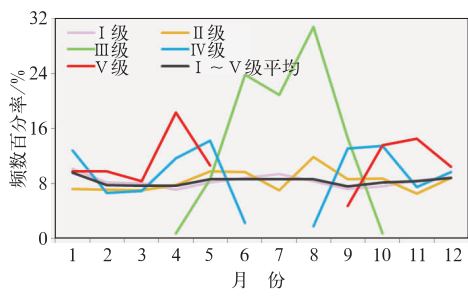


图 1 1951—2015 年乌鲁木齐不同级别降温过程各月频数百分率

Fig. 1 Monthly frequency percentage of cooling process at different levels in Urumqi during 1951—2015

1951—2015 年,乌鲁木齐市 5834 次降温过程的频数月分布较均匀,但不同级别降温过程的频数月分布则分为三种类型。第一类:各月频数分布相对均匀,以Ⅰ级(弱)、Ⅱ级(中等强度)降温过程较为典型;第二类:6—8 月出现频数异常多,以Ⅲ级(较强)降温过程较典型;第三类:在 10—11 月和 4—5 月有两个频数高发时段,月分布呈双峰型分布,以Ⅳ级(强)和Ⅴ级(寒潮)降温过程最为典型。

在降温过程异常偏多与偏少年份,乌鲁木齐市过程频数月分布是否有差异呢?挑选出年降温过程频数 ≥ 95 次的年份作为异常偏多年,共有 7 年,分别为:1957、1981、1989、1990、1994、2006 和 2012 年;年降温过程频数 ≤ 85 次的年份为异常偏少年,共有 8 年,分别为:1953、1959、1966、1993、1996、1999、2000 和 2010 年。分别合成比较降温过程频数异常偏多、少年的频数月分布特征(图 2)。

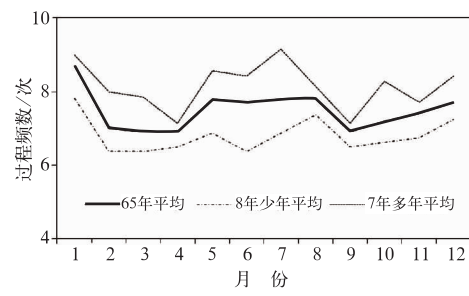


图 2 1951—2015 年乌鲁木齐降温过程频数异常偏多、偏少年的过程频数月分布

Fig. 2 Monthly frequency distribution of abnormally more or less cooling processes in a year in Urumqi during 1951—2015

由图 2 可见,65 年来,乌鲁木齐市以 1 月的降温过程最多,平均每年 8.7 次,5—8 月是另一个降温过程较多的时段,平均每年的月降温过程 7.7~7.8 次,2—4 月和 9 月相对较少,平均每年的月过程频数 6.9~7.0 次。在 7 个降温过程异常偏多年,月过程频数的双峰型分布特征更加显著,7 月最多(9.1 次),次峰值出现在 1 月(9.0 次)。在 8 个降温过程异常偏少年,月过程频数分布也呈双峰型,1 月(7.8 次)和 8 月(7.4 次)最多。降温过程频数异常偏多年与偏少年比较,偏多年的各月频数都高于偏少年;偏多年的 6—7 月降温过程频数明显多于偏少年,两者之间的差异最大;4 与 9 月的降温过程频数差异最小,无论是偏多年或是偏少年,降温过程频数

相对其他月份均比较少。

2.3 年代际分布特征

统计从 1951 年起乌鲁木齐市每个年代际(10 年)的年平均降温过程频数,结果见表 5。从 20 世纪 50 年代以来到近 5 年,对比 7 个年代际的年平均频数,乌鲁木齐市年平均降温过程频数的年代际差异不大,20 世纪 90 年代最少(86.5 次·a⁻¹),近 5 年最多(91.8 次·a⁻¹)。Ⅰ级(弱)降温过程的年平均频数以近 5 年最多(73.8 次·a⁻¹),明显高于之前的 6 个年代际;Ⅱ级(中等强度)与Ⅳ级(强)降温过程年平均频数均以 20 世纪 70 年代最多,但近 5 年仍高于 65 年平均值;Ⅲ级(较强)降温过程年平均

表 5 1951—2015 年乌鲁木齐市各年代际的年平均降温过程频数(单位:次·a⁻¹)

Table 5 The annual average frequency of cooling process in different decades in Urumqi during 1951—2015 (unit: frequency·a⁻¹)

年代际/年	I~V 级	I 级	Ⅱ 级	Ⅲ 级	Ⅳ 级	V 级
1951—1960	89.1	69.4	9.2	1.1	3.6	5.8
1961—1970	89.7	69.5	9.7	3.2	3.2	4.1
1971—1980	91.5	69.2	12.3	2.4	4.0	3.6
1981—1990	90.1	69.4	10.4	2.2	3.6	4.5
1991—2000	86.5	67.7	9.0	2.4	3.2	4.2
2001—2010	88.9	69.3	9.9	3.8	2.9	3.0
2011—2015	91.8	73.8	10.0	1.6	4.0	2.4
1951—2015	89.8	70.1	9.7	2.3	3.5	4.1

频数以 21 世纪 10 年代最多,20 世纪 50 年代最少,近 5 年仅多于 20 世纪 50 年代,明显少于 65 年平均值;Ⅴ级(寒潮)降温过程年平均频数以 20 世纪 50 年代最多(5.8 次·a⁻¹),近 5 年最少(2.4 次·a⁻¹),逐年代际递减。乌鲁木齐市弱降温过程频数随年代际增长而增加,但寒潮降温过程频数却在减少。

3 过程持续日数

3.1 降温过程持续日数特征

1951—2015 年,乌鲁木齐市 5834 次降温过程的持续日数 1~11 d 不等,平均 1.89 d。随着降温过程持续日数增加,对应的过程频数百分率迅速下降(表 6)。Ⅰ级(弱)、Ⅱ级(中等强度)、Ⅲ级(较强)、Ⅳ级(强)以及Ⅴ级(寒潮)过程分别出现了 4559、633、151、226 和 265 次,平均持续日数分别为

1.67、2.61、2.34、2.91 和 2.87 d。乌鲁木齐市 5834 次降温过程中持续 1 d 的最多,达到 2860 次,占总频数的 49.0%;持续日数在 6 d 及以上的降温过程次数极少,均不足 1%。Ⅰ级(弱)降温过程持续日数以 1 d 为主,占该级过程总频数的 59.1%;Ⅱ级(中等强度)、Ⅲ级(较强)和Ⅳ级(强)降温过程持续日数均以 2 d 为主,分别占同级过程总频数的 39.8%、50.3%和 41.6%;Ⅴ级(寒潮)降温过程持续日数以 3 d 最多,占该级过程总频数的 34.0%。乌鲁木齐市的Ⅱ级(中等强度)及以上级别的降温过程持续日数绝大多数在 2~4 d。随着降温过程级别从Ⅰ到Ⅴ级提升,乌鲁木齐市各级降温过程出现频次最多的持续日数由 1 d 过渡到 3 d。

3.2 降温过程持续日数的季、月分布特征

由表 7 可看出,1951—2015 年,乌鲁木齐市春、夏、秋、冬季降温过程的平均持续日数分别为 1.76、1.77、2.13 和 1.96 d,春季最短,秋季最长。各级降

温过程持续日数的四季分布特征大致分为三种类型。第一类,秋季最长,夏季最短,I级(弱)和II级(中等强度)降温过程较典型。第二类,秋季最长,春

季最短,III级(较强)降温过程较典型。第三类,冬季最长,春季最短,IV级(强)以及V级(寒潮)降温过程最为典型。

表 6 1951—2015 年乌鲁木齐不同持续日数的降温过程频数

Table 6 Frequency of cooling process in different continuous days in Urumqi during 1951—2015

		过程持续日数/d											合计
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
I 级	频数	2694	1123	467	175	63	29	6		1		1	4559
	百分率/%	59.1	24.6	10.2	3.8	1.4	0.6	0.1		0.0		0.0	100.0
II 级	频数	107	252	139	83	33	14	2	1	2			633
	百分率/%	16.9	39.8	22.0	13.1	5.2	2.2	0.3	0.2	0.3			100.0
III 级	频数	21	76	40	10	3	1						151
	百分率/%	13.9	50.3	26.5	6.6	2.0	0.7						100.0
IV 级	频数	7	94	74	28	13	8	1	1				226
	百分率/%	3.1	41.6	32.7	12.4	5.8	3.5	0.4	0.4				100.0
V 级	频数	31	78	90	41	18	4	2	1				265
	百分率/%	11.7	29.4	34.0	15.5	6.8	1.5	0.8	0.4				100.0
I ~ V 级	频数	2860	1623	810	337	130	56	11	3	3		1	5834
	百分率/%	49.0	27.8	13.9	5.8	2.2	1.0	0.2	0.1	0.1		0.0	100.0

表 7 1951—2015 年乌鲁木齐不同等级降温过程各月平均持续日数 (单位:d)

Table 7 Monthly average continuous days of cooling process at different levels in Urumqi during 1951—2015 (unit:d)

过程等级	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	年度
I 级	1.96	1.97	1.91	2.11	1.67	1.78	1.78	1.80	2.08	2.04	2.27	2.26	1.67
II 级	2.60	2.74	2.77	2.48	2.51	2.71	2.32	2.73	3.01	3.67	4.32	3.36	2.61
III 级	—	—	—	2.00	2.15	2.27	2.50	3.17	2.69	2.00	—	—	2.34
IV 级	2.90	3.07	2.44	2.74	2.80	2.04	—	3.20	2.98	3.41	2.66	4.09	2.91
V 级	4.42	3.21	3.11	3.08	2.59	—	—	—	2.71	3.32	2.94	4.16	2.87
I ~ V 级	2.18	2.20	2.16	2.29	1.96	1.96	1.90	2.15	2.36	2.56	2.67	2.71	1.89

由表 7 可见,1951—2015 年,乌鲁木齐市降温过程持续日数的月平均值在 1.90 d(7 月)~2.71 d(12 月)。各级降温过程的持续日数月分布有三种类型。第一类,各月之间的过程持续日数差异不大,以 11 月略长一些,I 级(弱)、II 级(中等强度)降温过程属于该类;第二类,过程持续日数峰值在 8 月,III 级(较强)降温过程较为典型;第三类,过程持续日数峰值在 12 或 1 月,IV 级(强)和 V 级(寒潮)降温过程最为典型。

4 降温过程强度

4.1 降温幅度

4.1.1 过程降温幅度

由表 8 可见,1951—2015 年,乌鲁木齐市 5834 次过程降温幅度平均为 -4.4°C ,春、夏、秋、冬四季平均分别为 -4.4 、 -4.1 、 -4.8 和 -4.4°C ,秋季降温幅度最强、夏季最弱。III 级(较强)降温过程在春

季的过程降温幅度最强,平均 -10.9°C ;IV 级(强)降温过程在夏季的过程降温幅度最强,平均 -12.7°C ;V 级(寒潮)降温过程在冬季的过程降温幅度最剧烈,平均达 -14.3°C 。由图 3a 可见,I 级(弱)与 II 级(中等强度)过程的各月过程降温幅度变化较平缓,III 级(较强)降温过程在 5 月最强,达 -11.1°C ,IV 级(强)降温过程在 6 月最强,达 -14.5°C ,V 级(寒潮)降温过程在 12 月最剧烈,达 -17.0°C 。

表 8 1951—2015 年乌鲁木齐不同等级

降温过程过程降温幅度(单位: $^{\circ}\text{C}$)

Table 8 The temperature drop range in

cooling process at different levels

in Urumqi during 1951—2015 (unit: $^{\circ}\text{C}$)

过程等级	春季	夏季	秋季	冬季	年度
I 级	-2.6	-2.9	-2.9	-3.0	-2.9
II 级	-7.6	-7.5	-8.6	-8.2	-7.9
III 级	-10.9	-10.2	-10.3	—	-10.3
IV 级	-10.3	-12.7	-10.7	-10.4	-10.6
V 级	-12.5	—	-13.9	-14.3	-13.5
I ~ V 级	-4.4	-4.1	-4.8	-4.4	-4.4

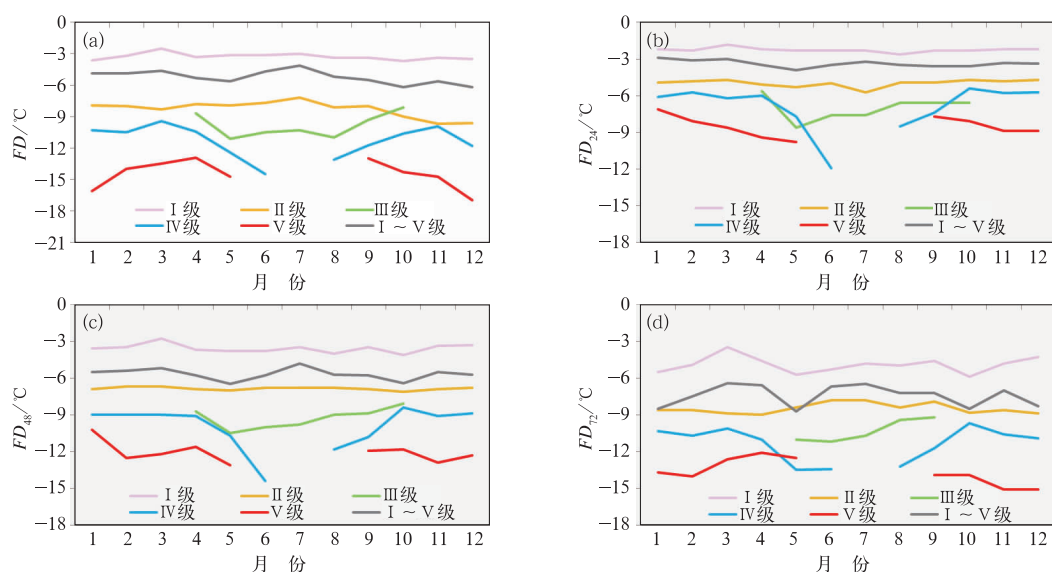


图 3 1951—2015 年乌鲁木齐降温过程中各月平均过程降温幅度

(a) 过程降温幅度, (b) 最大 24 h 降温幅度, (c) 最大 48 h 降温幅度, (d) 最大 72 h 降温幅度

Fig. 3 Monthly average temperature drop range in cooling process in Urumqi during 1951–2015

(a) drop of cooling process, (b) maximum drop in 24 h, (c) maximum drop in 48 h, (d) maximum drop in 72 h

4.1.2 最大 24 h 降温幅度

由表 9 可见, 1951—2015 年, 乌鲁木齐市降温过程的最大 24 h 降温幅度平均为 -3.1°C , 春、夏、秋、冬四季平均分别为 -3.3 、 -3.1 、 -3.2 和 -3.0°C , 春季降温幅度最强, 冬季最弱。由图 3b 可见, III 级(较强)、IV 级(强)以及 V 级(寒潮)降温过程的 24 h 降温幅度最剧烈的月份分别为 5、6 和 5 月, 月平均分别为 -8.6 、 -11.9 和 -9.8°C 。24 h 降温幅度以春、夏之交 5 和 6 月最剧烈。

表 9 1951—2015 年不同等级降温过程最大 24 h 降温幅度(单位: $^{\circ}\text{C}$)Table 9 The 24 h temperature drop range in cooling process at different levels in Urumqi during 1951–2015 (unit: $^{\circ}\text{C}$)

过程等级	春季	夏季	秋季	冬季	年度
I 级	-2.1	-2.3	-2.1	-2.2	-2.2
II 级	-5.3	-5.4	-5.0	-4.9	-5.2
III 级	-8.4	-7.4	-7.2	—	-7.5
IV 级	-7.1	-9.0	-6.5	-5.9	-6.6
V 级	-9.2	—	-8.5	-8.1	-8.6
I ~ V 级	-3.3	-3.1	-3.2	-3.0	-3.1

4.1.3 最大 48 h 降温幅度

由表 10 可见, 1951—2015 年, 乌鲁木齐市有 2974 次降温过程的持续日数在 2 d 或以上, 其中 I 级(弱)、II 级(中等强度)、III 级(较强)、IV 级(强)以及 V 级(寒潮)降温过程分别出现了 742、274、54、125 和 156 次。65 年来, 乌鲁木齐市 1351 次降温过程

219 和 234 次。65 年来, 乌鲁木齐市 2974 次降温过程的最大 48 h 降温幅度平均为 -5.5°C , 春、夏、秋、冬四季平均分别为 -5.8 、 -5.2 、 -5.7 和 -5.3°C , 春季降温幅度最强, 夏季最弱。由图 3c 可见, III 级(较强)、IV 级(强)以及 V 级(寒潮)降温过程的 48 h 降温幅度最剧烈的月份分别为 5、6 和 5 月, 月平均分别为 -10.5 、 -14.4 和 -13.1°C 。48 h 降温幅度同样以春、夏之交 5 和 6 月最剧烈。

表 10 1951—2015 年不同等级降温过程最大 48 h 降温幅度(单位: $^{\circ}\text{C}$)Table 10 The 48 h temperature drop range in cooling process at different levels in Urumqi during 1951–2015 (unit: $^{\circ}\text{C}$)

过程等级	春季	夏季	秋季	冬季	年度
I 级	-3.5	-3.7	-3.5	-3.5	-3.5
II 级	-6.9	-6.9	-7.0	-6.8	-6.9
III 级	-10.3	-9.6	-9.8	—	-9.8
IV 级	-9.6	-11.9	-9.2	-8.9	-9.3
V 级	-11.7	—	-12.0	-11.5	-11.7
I ~ V 级	-5.8	-5.2	-5.7	-5.3	-5.5

4.1.4 最大 72 h 降温幅度

由表 11 可见, 1951—2015 年, 乌鲁木齐市有 1351 次降温过程的持续日数在 3 d 或以上, I 级(弱)、II 级(中等强度)、III 级(较强)、IV 级(强)以及 V 级(寒潮)降温过程分别出现了 742、274、54、125 和 156 次。65 年来, 乌鲁木齐市 1351 次降温过程

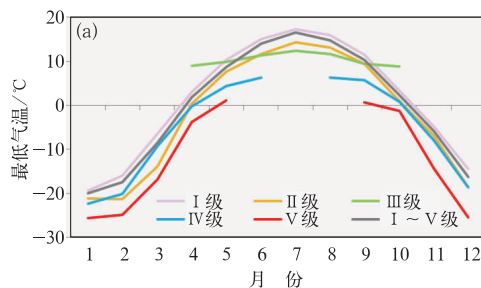
的最大 72 h 降温幅度平均为 -7.4°C ,春、夏、秋、冬四季平均分别为 -7.4 、 -6.8 、 -7.6 和 -7.7°C ,冬季降温幅度最强、夏季最弱。由图 3d 可见,Ⅲ级(较强)、Ⅳ级(强)以及Ⅴ级(寒潮)降温过程的 72 h 降温幅度最剧烈的月份分别为 6、5 和 11 月,月平均分别为 -11.2 、 -13.5 和 -15.1°C 。Ⅲ级(较强)和Ⅳ级(强)降温过程的 72 h 降温幅度均以春末夏初的 5 和 6 月最强,Ⅴ级(寒潮)降温过程以秋末 11 月最强。

表 11 1951—2015 年不同等级降温

过程最大 72 h 降温幅度(单位: $^{\circ}\text{C}$)

Table 11 The 72 h temperature drop range in cooling process at different levels in Urumqi during 1951—2015(unit: $^{\circ}\text{C}$)

过程等级	春季	夏季	秋季	冬季	年度
I 级	-5.0	-5.1	-4.8	-4.8	-5.0
II 级	-8.3	-8.1	-8.6	-8.7	-8.4
III 级	-11.0	-10.4	-11.2	—	-10.7
IV 级	-10.9	-13.3	-10.6	-10.4	-10.7
V 级	-12.9	—	-13.9	-13.9	-13.7
I ~ V 级	-7.4	-6.8	-7.6	-7.7	-7.4



4.2 过程最低气温及气温距平偏低幅度

4.2.1 过程最低气温

由表 12 可见,1951—2015 年,乌鲁木齐市降温过程的最低气温平均为 0.3°C ,春、夏、秋、冬四季平均分别为 2.4 、 15.7 、 1.2 和 -17.4°C ,冬季最低、夏季最高。由图 4a 可见,各级降温过程的最低气温的季节分布以及月分布都带有显著的季节背景特征,均以冬季各月最低、夏季各月最高。

表 12 1951—2015 年乌鲁木齐不同等级降温

过程的最低气温季节平均(单位: $^{\circ}\text{C}$)

Table 12 The minimum seasonal mean temperature in cooling process at different levels in Urumqi during 1951—2015(unit: $^{\circ}\text{C}$)

过程等级	春季	夏季	秋季	冬季	年度
I 级	3.3	16.4	2.1	-16.5	1.1
II 级	0.5	13.4	0.1	-19.2	-0.4
III 级	9.9	12.4	9.9	—	11.8
IV 级	0.6	6.4	-1.1	-20.7	-6.0
V 级	-4.4	—	-8.8	-23.8	-11.6
I ~ V 级	2.4	15.7	1.2	-17.4	0.3

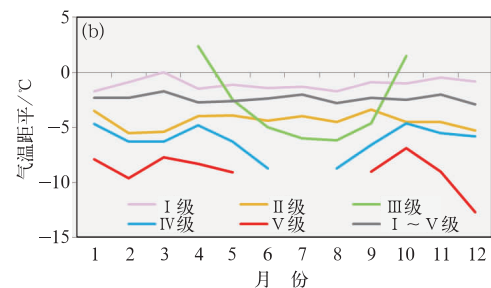


图 4 1951—2015 年乌鲁木齐降温过程中各月平均过程最低气温(a)与过程最低日气温距平(b)

Fig. 4 Monthly average of the daily minimum temperature (a) and the lowest daily temperature anomaly (b) in cooling process in Urumqi during 1951—2015

4.2.2 过程最强日气温距平偏低幅度

由表 13 可见,1951—2015 年,乌鲁木齐市降温过程的最强日气温距平偏低幅度的平均值为 -1.9°C ,春、夏、秋、冬四季平均分别为 -2.0 、 -1.9 、 -1.7 和 -1.8°C ,春季偏低幅度最强。I ~ V 级降温过程的最大日气温距平偏低幅度的平均值分别为 -0.9 、 -4.0 、 -4.4 、 -5.7 和 -8.5°C ,随降温过程等级提高日气温距平偏低幅度依次增强。由图 4b 可见,Ⅲ级(较强)、Ⅳ级(强)和Ⅴ级(寒潮)降温过程的日气温距平偏低幅度最大的月份分别是 8、

表 13 1951—2015 年乌鲁木齐市不同等级寒潮

过程最低日平均气温距平值(单位: $^{\circ}\text{C}$)

Table 13 The lowest temperature anomaly of cooling process at different levels in Urumqi during 1951—2015(unit: $^{\circ}\text{C}$)

过程等级	春季	夏季	秋季	冬季	年度
I 级	-0.7	-1.2	-0.5	-0.9	-0.9
II 级	-4.4	-3.9	-3.8	-3.8	-4.0
III 级	-2.1	-5.0	-3.0	—	-4.4
IV 级	-5.9	-8.7	-5.5	-5.1	-5.7
V 级	-8.5	—	-8.7	-8.3	-8.5
I ~ V 级	-2.0	-1.9	-1.7	-1.8	-1.9

6 和 12 月,月平均分别为 -6.2 、 -8.7 和 -12.7°C 。乌鲁木齐市Ⅲ级(较强)降温过程的日气温距平偏低幅度以夏季 8 月最强,Ⅳ级(强)降温过程以 6 月最强,Ⅴ级(寒潮)降温过程以冬季 12 月最强。

5 降温过程频数异常月典型环流特征

在上述研究中我们重点给出了乌鲁木齐市降温过程频数、强度的气候特征,但是若从气候业务需求角度分析,这些分析仅是基础,还需要清楚这种频数、强度分布异常的物理机制及其成因,才能够为气候预测业务奠定基础。进一步分析了乌鲁木齐市降温过程频数最多年(1981 年)与最少年(2010 年)之间的月频数分布差异,挑选出差异最大的月份来讨论频数异常的典型月份 500 hPa 位势高度及其距平场对比特征。对比最多年(1981 年)与最少年(2010 年)两个典型年份(图 5),发现在 4、12 月频数差异最

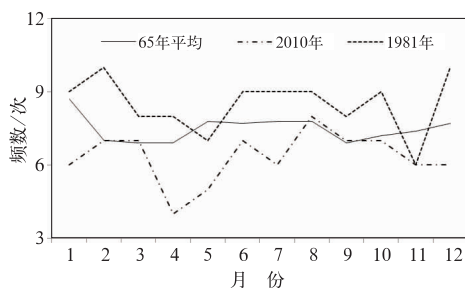
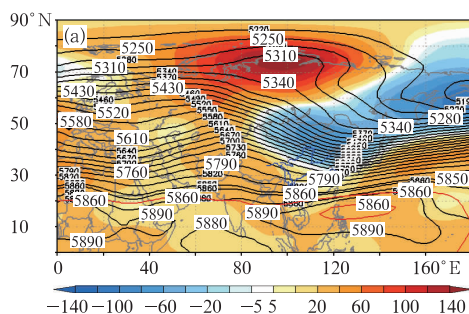


图 5 1951—2015 年降温过程频数异常偏多(1981 年)、偏少年(2010 年)的月过程频数分布

Fig. 5 The monthly frequency distribution in abnormally more cooling process year (1981) and less process year (2010) in Urumqi during 1951—2015



大,都相差 4 次,其中 2010 年是典型的 4 月降温过程频数偏少年,1981 年 4 月作为对比月份,频数偏多;1981 年是典型的 12 月降温过程频数偏多年,2010 年 12 月作为对比月份,频数偏少。

2010 年是典型的 4 月降温过程频数偏少年,由图 6a 可见,在该月 500 hPa 高度场上,欧亚范围内为“一脊一槽”型,欧洲到中亚为宽广的高压脊控制,而东亚为低槽活动区,新疆北部在脊和槽之间的西北气流控制之下。在 500 hPa 位势高度距平场上,中纬度地区欧亚范围内呈西高东低型,东亚槽位置偏西、强度偏强,同时中低纬度青藏高原及其以西的中亚区域同样是受正距平区域控制。

对应的 1981 年 4 月降温过程频数多于常年,由图 6b 可见,该月平均 500 hPa 高度场上欧亚范围内为“一槽一脊”型,欧洲为低槽控制,而东亚为高压脊控制,新疆北部在偏西气流下的浅脊控制中。在 500 hPa 位势高度距平场上,中纬度地区欧亚范围内呈西低东高分布,欧洲到中亚为负距平区控制,负距平中心位于东欧到乌拉尔山区域,东亚为正距平区域,东亚槽东移到西太平洋上空,位置明显偏东、强度偏弱;正距平中心在蒙古高原上空,同时中低纬度从阿拉伯半岛南部到东南亚主要为正距平区域控制。

1981 年是典型的 12 月降温过程频数偏多年,由图 7a 可见,在该月 500 hPa 高度场上,欧亚范围内中高纬度地区为“两槽一脊”型,欧洲与东亚分别为低槽活动区,西西伯利亚被高压脊所控制,而欧亚中纬度地区以纬向西风气流控制为主,中高纬乌拉尔山地区脊与咸海南部西风带上低槽呈南北反位相,新疆在中纬度西风带上的浅脊控制下。在 500 hPa 位势高度距平场上,中高纬度地区欧亚范

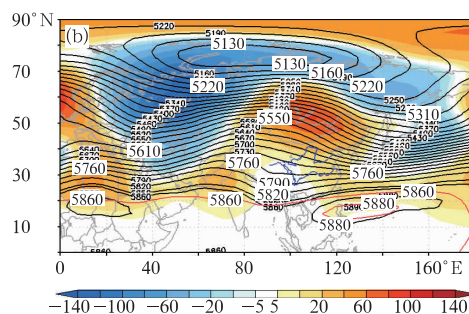


图 6 2010 年 4 月(a)与 1981 年 4 月(b)的 500 hPa 位势高度(等值线)及其距平(阴影)场

Fig. 6 The 500 hPa geopotential height (contour) and anomaly (shadow) field in April 1981 (a) and April 2010 (b)

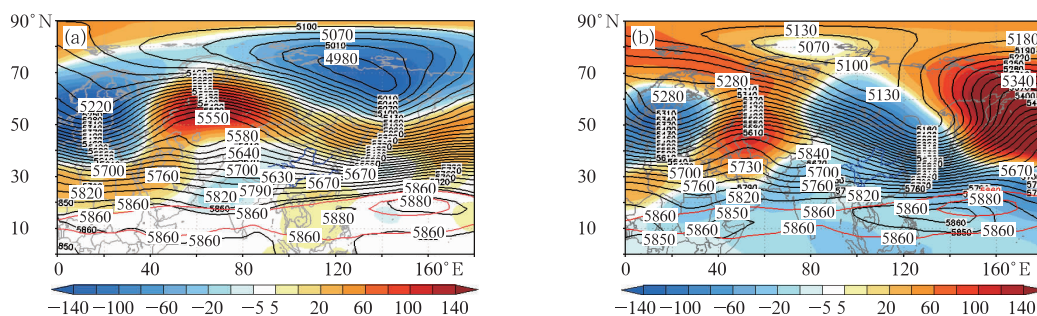


图 7 同图 6, 但为 1981 年 12 月 (a) 与 2010 年 12 月 (b)

Fig. 7 Same as Fig. 6, but for December 1981 (a) and December 2010 (b)

围内呈“一十”分布,欧洲以及东西伯利亚区域分别为两个负距平中心,东欧到西西伯利亚为正距平中心,东亚槽位置偏东、偏弱;中低纬地区从西亚到西太平洋沿岸呈“十”分布,但是距平幅度较小,阿拉伯半岛到伊朗高原为正距平区,青藏高原及其以南、以西区域为负距平,长江以南到东南亚为正距平区;新疆上空的距平幅度都不大,北疆北部为弱正距平区,全疆大部为弱负距平区。

对应的 2010 年 12 月降温过程频数明显偏少,由图 7b 可见,在该月 500 hPa 高度场上,欧亚范围内为“两槽一脊”型,欧洲与东亚分别为低槽活动区,乌拉尔山脊与里咸海及南部脊南北同位相叠加。从东欧到东亚主要受西北气流控制,新疆大部也在此西北气候气流控制之下。在 500 hPa 位势高度距平场上,欧亚范围内中纬度地区呈“一十”分布,欧洲大部地区和 80°E 以东的亚洲区域分别为两个负距平区域,东欧到中亚为正距平区域,正距平中心位于乌拉尔山到里咸海区域,东亚槽位置接近常年,强度偏强;中低纬度从阿拉伯半岛南部到东南亚均被负距平区域控制。

乌鲁木齐市降温过程频数异常偏多的月份,无论是冬季 12 月还是春季 4 月,在 500 hPa 高空,其共同特征是:新疆上空以纬向平直西风气流控制为主,西风气流上槽脊系统时空尺度较小,短波槽脊系统东移新疆造成气温升降变化频繁,降温过程频数就多。在降温过程频数偏少月份,在 500 hPa 高空,无论大尺度环流系统的位置和强度分布有多大差异,但是其共同特征是:新疆都在明显的西北气流控制下,处于冷空气从高纬地区自北向南的活动通道上,降温过程频数少,但是更利于较强冷空气侵袭新疆。

6 结 论

普查 1951—2015 年乌鲁木齐市降温过程,分析了不同等级降温过程的出现频数、过程持续日数、过程降温幅度、最低气温以及最低气温距平诸要素气候特征,得到以下结论:

(1)1951—2015 年,乌鲁木齐市共出现 5834 次降温过程,平均每年出现 89.8 次,Ⅰ级(弱)降温过程占 78.1%。四季的降温过程频数差异不明显,但春季寒潮出现最多。各级降温过程的频数百分率月分布大致分为三类:各月频数分布相对均匀,以Ⅰ级(弱)、Ⅱ级(中等强度)降温过程较为典型;6—8 月出现频数异常多,以Ⅲ级(较强)降温过程较典型;在 10—11 月和 4—5 月有两个高发时段,月分布呈双峰型分布,以Ⅳ级(强)和Ⅴ级(寒潮)降温过程最为典型。在降温过程异常偏多(少)年,6—8 月的过程频数差异最大,4 和 9 月过程频数差异较小。年平均降温过程频数在 7 个年代际中差异不大;随年代际增长,Ⅰ级(弱)降温过程频数而增加、Ⅴ级(寒潮)降温过程频数却在减少。

(2)65 年来,乌鲁木齐市降温过程的持续日数 1~11 d 不等,平均 1.89 d,其中持续 1 d 的过程占 49.0%。随降温过程由Ⅰ级(弱)到Ⅴ级(寒潮)提升,出现频率最高的过程持续日数也从 1 d 过渡到 3 d。秋末到冬季各月的降温过程持续日数最长,春季各月最短。各级降温过程的持续日数月分布有三种类型:各月之间的过程持续日数差异不大,以 11 月略长一些,Ⅰ级(弱)、Ⅱ级(中等强度)降温过程属于该类;过程持续日数峰值在 8 月,Ⅲ级(较强)降温过程较为典型;过程持续日数峰值在 12 或 1 月,Ⅳ

级(强)和 V 级(寒潮)降温过程最为典型。

(3)1951—2015 年,乌鲁木齐市 5834 次过程降温幅度平均为 -4.4°C ,秋季最强,夏季最弱。Ⅲ级(较强)降温过程的过程降温幅度在 5 月最强,达 -11.1°C ,Ⅳ级(强)降温过程在 6 月最强,达 -14.5°C ,V 级(寒潮)降温过程在 12 月最剧烈,达 -17.0°C 。

(4)1951—2015 年,乌鲁木齐市过程最大 24、48 和 72 h 降温幅度平均值分别为 -3.1 、 -5.5 和 -7.4°C ,最大 24 h 降温幅度是春季最强,冬季最弱,48 h 降温幅度是春季最强,夏季最弱,72 h 降温幅度是冬季最强,夏季最弱。乌鲁木齐市Ⅲ级(较强)、Ⅳ级(强)以及 V 级(寒潮)降温过程的 24 h 以及 48 h 降温幅度均以春、夏之交 5 和 6 月最强;Ⅲ级(较强)和Ⅳ级(强)降温过程的 72 h 降温幅度以春末夏初的 5 和 6 月最强,V 级(寒潮)降温过程以秋末 11 月最强。

(5)1951—2015 年,乌鲁木齐市降温过程最低气温的平均值为 0.3°C ,春、夏、秋、冬四季的降温过程最低气温平均值分别为 2.4 、 15.7 、 1.2 和 -17.4°C ,冬季最低,夏季最高,带有显著的季节背景特征。过程最大日气温距平偏低幅度的平均值为 -1.9°C 。随降温过程等级由 I 级到 V 级提高,距平偏低幅度依次增强,V 级(寒潮)降温过程达到 -8.5°C 。乌鲁木齐市Ⅲ级(较强)降温过程的日气温距平偏低幅度以夏季 8 月(-6.2°C)最强,Ⅳ级(强)降温过程以 6 月(-8.7°C)最强,V 级(寒潮)降温过程以冬季 12 月(-12.7°C)最强。

(6)乌鲁木齐市降温过程频数异常偏多月份,无论是冬季 12 月还是春季 4 月,其共同特点就是新疆上空以纬向平直西风气流控制为主,西风气流上多短波槽脊系统东移新疆,气温升降变化频繁,降温过程频数多;在降温过程频数偏少月份,无论大尺度环流系统的位置和强度分布有多大差异,但是新疆都是在明显的西北气流控制下,处于冷空气自北向南的活动通道上,降温过程频数少,但是更利于较强冷空气侵袭新疆。

参考文献

- 白松竹,博尔楠·哈不都拉,谢秀琴. 2015. 气候变暖背景下阿勒泰地区寒潮活动变化特征. 冰川冻土, 37(2): 387-394.
- 陈洪武,杨青. 1997. 新疆天气过程特征与气候变化. 新疆气象, (2): 8-10.
- 董李丽,李清泉,丁一汇. 2015. 全球变暖背景下我国春季气温的时空

- 变化特征. 气象, 41(10): 1177-1189.
- 冯建民,胡文东,陈楠,等. 2012. 宁夏天气预报手册. 北京:气象出版社, 103-135.
- 顾润源,孙永刚,韩经纬,等. 2012. 内蒙古自治区天气预报手册. 北京:气象出版社, 460-475.
- 康志明,金荣花,鲍媛媛. 2010. 1951—2006 年期间我国寒潮活动特征分析. 高原气象, 29(2): 420-428.
- 李维京,李怡,陈丽娟,等. 2013. 我国冬季气温与影响因子关系的年代际变化. 应用气象学报, 24(4): 385-396.
- 李宪之. 1955. 东亚寒潮侵袭的研究. 气象学(1919—1949). 北京:科学出版社, 35-117.
- 林爱兰,吴尚森. 1998. 近 40 多年广东省的寒潮活动. 热带气象学报, 14(4): 337-343.
- 刘传凤. 1990. 我国寒潮气候评价. 气象, 16(12): 40-43.
- 刘实,隋波,涂钢,等. 2014. 我国东北地区冬季气温变化的东亚冬季风背景. 应用气象学报, 25(1): 11-21.
- 孟祥君,吴正方,杜海波,等. 2013. 1961—2010 年东北地区寒潮活动的时空特征分析. 干旱区资源与环境, 27(1): 142-147.
- 乔少博,沈柏竹,王晓娟,等. 2014. 欧亚北部 2004 年以来频繁冷冬的特征分析及机理初探. 气象学报, 72(6): 1143-1154.
- 陶健红,王宝鉴,王隧缠,等. 2012. 甘肃省短期天气预报员手册. 北京:气象出版社, 193-207.
- 陶诗言. 1957. 东亚冬季冷空气活动的研究//中央气象局. 短期预报手册.
- 王颖,李栋梁,王慧,等. 2015. 青藏高原冬季风演变的新特征及其与中国西南气温的关系. 高原气象, 34(1): 11-20.
- 王遵娅,丁一汇. 2006. 近 53 年中国寒潮的变化特征及其可能原因. 大气科学, 30(6): 1068-1076.
- 谢永坤,刘玉芝,黄建平. 2014. 秋季北极海冰对中国冬季气温的影响. 气象学报, 72(4): 703-710.
- 徐羹慧. 1985. 寒潮中期预报方案. 气象, 11(2): 6-10.
- 杨晓玲,丁文魁,马中华,等. 2016. 河西走廊东部强降温变化特征和典型环流型. 气象, 42(6): 756-763.
- 姚永明,姚雷,邓伟涛. 2011. 长江中下游地区类寒潮发生频次的变化特征分析. 气象, 37(3): 339-344.
- 叶丹,张耀存. 2014. 冬季东亚副热带急流和温带急流协同变化与我国冷空气活动的关系. 大气科学, 38(1): 146-158.
- 易明建,陈月娟,周任君,等. 2013. 亚洲东部冬季地面温度变化与平流层弱极涡的关系. 大气科学, 37(3): 668-678.
- 张家宝,苏起元,孙沈清,等. 1986. 新疆短期天气预报指导手册. 乌鲁木齐:新疆人民出版社, 184-217.
- 张俊兰,牟欢,谢霞颖. 2015. 北疆寒潮天气分析及预报. 沙漠与绿洲气象, 9(6): 11-18.
- 张宗姝,钱维宏. 2012. 中国冬半年区域持续性低温事件的前期信号. 大气科学, 36(6): 1269-1279.
- 郑玉萍,宫恒瑞. 2015. 乌鲁木齐市寒潮气候特征分析. 沙漠与绿洲气象, 9(6): 56-61.
- 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 2006. 冷空气等级. GB/T 20482—2006.
- 周琳,孙照渤. 2015. 1961—2010 年我国冷空气的活动特征. 大气科学学报, 38(3): 342-353.