

doi:10. 7522/j. issn. 1000-0240. 2016. 0032

Mao Weiye, Chen Pengxiang, Shen Yongping. Characteristics and effects of the extreme maximum air temperature in the summer of 2015 in Xinjiang under global warming[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2016, 38(2): 291 – 304. [毛伟峰, 陈鹏翔, 沈永平. 气候变暖背景下2015年夏季新疆极端高温过程及其影响[J]. 冰川冻土, 2016, 38(2): 291 – 304.]

气候变暖背景下2015年夏季新疆极端高温过程及其影响

毛伟峰^{1,2}, 陈鹏翔^{2,3}, 沈永平⁴

(1. 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 新疆乌鲁木齐 830002; 2. 中亚大气科学研究中心, 新疆乌鲁木齐 830002; 3. 新疆气候中心, 新疆乌鲁木齐 830002; 4. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃兰州 730000)

摘 要: 用新疆105个气象站监测资料, 分析了2015年夏季高温过程的极端特征. 2015年夏季新疆区域出现高温过程, 从7月上旬后期开始, 南疆东南部以及东疆最早出现日最高气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 的高温天气, 进入中旬后高温范围迅速向西、向北蔓延发展, 下旬初期范围达最大, 南北疆均出现高温天气. 新疆区域该次高温过程在7月中下旬最为强盛, 全疆84.8%的测站(89站)出现高温; 52.4%的测站(55站)的高温持续日数位居历史第1位; 全疆21.9%的测站(23站)极端最高气温位居历史第1位, 极端最高气温出现在吐鲁番东坎, 达到 47.7°C . 这次高温过程造成8站夏季温度位居同期第1位, 南疆及天山山区的7月平均气温位居历史同期第1位, 有54.3%的测站(57站)7月平均气温突破同期历史极值. 海拔3544 m的天山山区大西沟站7月份日最高气温连续突破历史极值, 22日达到 20.7°C . 高温过程中, 新疆区域7月0 $^{\circ}\text{C}$ 层高度位居1991年以来同期第1位, 其中, 7月19–23日连续6 d位居1991年以来的第1位. 天山开都河流域日0 $^{\circ}\text{C}$ 层高度持续33 d高于1991–2015年平均值. 7月上旬到下旬, 在500 hPa高空, 伊朗高压东移并控制新疆, 是造成此次高温过程的直接原因. 在100 hPa高空, 南亚高压的形态、中心位置、强度变化与新疆此次高温过程演变关系密切. 高温过程造成新疆高山区冰雪迅速消融, 引发塔里木河流域出现融雪(冰)型洪水.

关键词: 极端高温过程; 0 $^{\circ}\text{C}$ 层高度; 融雪(冰)洪水; 环流成因; 新疆

中图分类号: TU528 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-0240(2016)02-0291-14

0 引言

新疆是气候变化敏感区和生态脆弱区, 上世纪下半叶以来, 新疆年平均气温以 $0.23^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 的速率增暖, 增暖率高于全球同期平均水平, 也高于我国同期^[1-2]. 由于特殊的地理位置和地形特征, 在新疆区域水循环中, 高山区冰川积雪具有独特的地位, 是特殊形态的水资源, 号称“固体水库”, 也是新疆出山口河流的地表、地下径流的重要补充来源^[3-5]. 冬季出现的极端暖事件已经对新疆冰雪水资源造成显著影响, 如造成北疆盆地在隆冬季节积雪快速消融, 甚至引发冬季

融雪型洪水^[6]. 新疆区域夏季高温过程的影响相对复杂. 一方面, 气温异常偏高是引发区域干旱重要因素, 另一方面, 高山区和高空出现的高温过程又能够引起河流源区冰川消融加剧, 地表、地下径流量增多, 通过河道以及地下水的平移输送, 为绿洲提供更多的可用水资源量, 甚至引发特殊区域河流出现冰川消融洪水、融冰降水混合型洪水以及冰坝溃决型洪水^[3,7]. 近年来, 新疆夏季也呈增暖为主的变化趋势, 在此背景下, 高空0 $^{\circ}\text{C}$ 层高度增高, 引起河流径流量的变化^[8], 新疆塔里木河流域各源流河流径流量增大^[9-10], 洪水和洪灾呈增加趋势^[11-13]. 2015年7–8月全疆范围内出现一

收稿日期: 2015-09-10; 修订日期: 2015-10-20

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(IDM201502); 国家自然科学基金项目(41201062; 41271083)资助

作者简介: 毛伟峰(1969–), 河南淮阳人, 正研级高工, 主要从事气候诊断、预测、气候变化影响等研究.

E-mail: mao6991@vip.sina.com.

次极端高温过程,围绕新疆区域的水资源安全问题,清楚地了解该次高温过程的细致特征,分析其环流成因,再进一步探讨对新疆水资源、水文灾害等产生的影响,对于提高新疆区域应对气候变化能力有一定帮助,尤其是针对极端高温事件引发的灾害,如何提高应对能力,降低气候变化带来的风险,为区域经济社会发展提供保障,提供技术支撑。

1 资料及分析方法

以WMO规定的季节划分标准,6-8月表示夏季。本文选用新疆气候业务中使用的全疆区域(33站)、北疆(10站)、天山山区(8站)以及南疆(15站)的气候分区^[14],用各区域代表站算术平均值代表该区域值,分析了全疆区域以及北疆、天山山区、南疆3个新疆子区域2015年夏季温度极端特征。用1961-2015年新疆105站夏季逐日气温资料分析了新疆极端高温空间分布特征。用新疆10个探空站1991-2015年夏季逐日0℃层高度资料,分析新疆以及塔里木河流域的夏季0℃层高度极端特征。

2 2015年夏季新疆异常高温特征

2.1 高温时段主要出现在7月中下旬

用新疆区域(33站)2015年夏季逐日平均气温与1961-2015年多年平均值比较,根据图1可清晰地发现,2015年夏季新疆高温时段主要集中在7月中下旬,17-28日连续12d的新疆区域日平均气温均突破同日历史最高值,7月合计有16d的日平均气温位居1961年以来的同日历史最高。7月22日,区域日平均气温达到28.8℃,是1961年以来的日平均气温最高值,比历史第2位2004年7月16日(27.6℃)高1.2℃。如果单独计算新疆区域日平均气温,2015年7月19-24日的区域日平均气温均位居历史前5位(2015年7月20日、24日并列第4)。

由图2可见,新疆区域(33站)2015年夏季逐日最高气温与1961-2015年平均值比较,高温时段同样集中在7月中下旬。其中,7月17-25日连续9d的区域平均日最高气温均突破历史同日最高值,7月合计有11d的区域平均日最高气温位居1961年以来的同日最高。7月22日,新疆区域平均日最高气温达到36.4℃,位居历史以来最高,

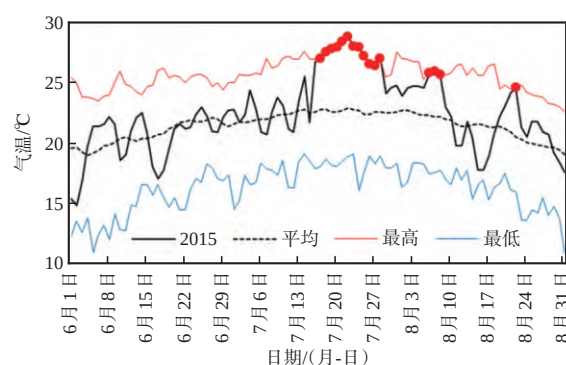


图1 新疆区域(33站平均)2015夏季逐日平均气温曲线(注:黑实线为2015年实测值;黑色虚线为1961-2015年平均;红色实线为1961-2015年极端最高值;蓝色实线为1961-2015年极端最低值;红色圆点为2015年实测值位居1961-2015年最高)

Fig. 1 Daily variations of air temperatures in summer of 2015 averaged from 33 meteorological stations Xinjiang. (Note: black full line represents air temperature observed in 2015, black dash line represents air temperature averaged from 1961 through 2015, red full line represents the extreme maximum air temperature from 1961 to 2015, blue full line represents the extreme minimum values of air temperature from 1961 to 2015, red dot represents maximum value of extreme high air temperature in 2015, red dot represents the maximum air temperature in 2015, which was the maximum from 1961 to 2015)

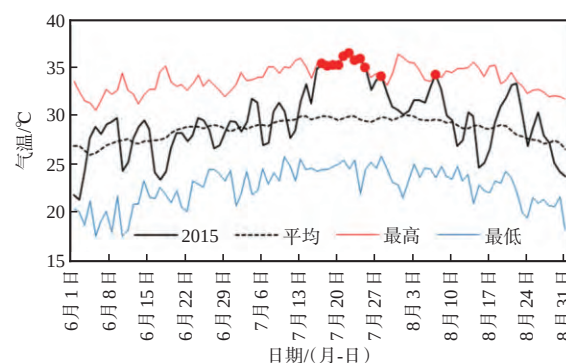


图2 新疆区域(33站平均)2015年夏季逐日最高气温曲线(标识说明同图1)

Fig. 2 Daily variations of the daily maximum air temperature in summer of 2015 averaged from 33 meteorological stations (the labeling instruction is the same as in Fig. 1)

超过历史第2位2006年7月31日(36.3℃)0.1℃。如果单独计算新疆区域平均日最高气温,2015年7月22日、21日的日最高气温分别位居历史第1、3位。

2.2 高温演变过程

由图3可见该次高温过程的演变特征。2015年

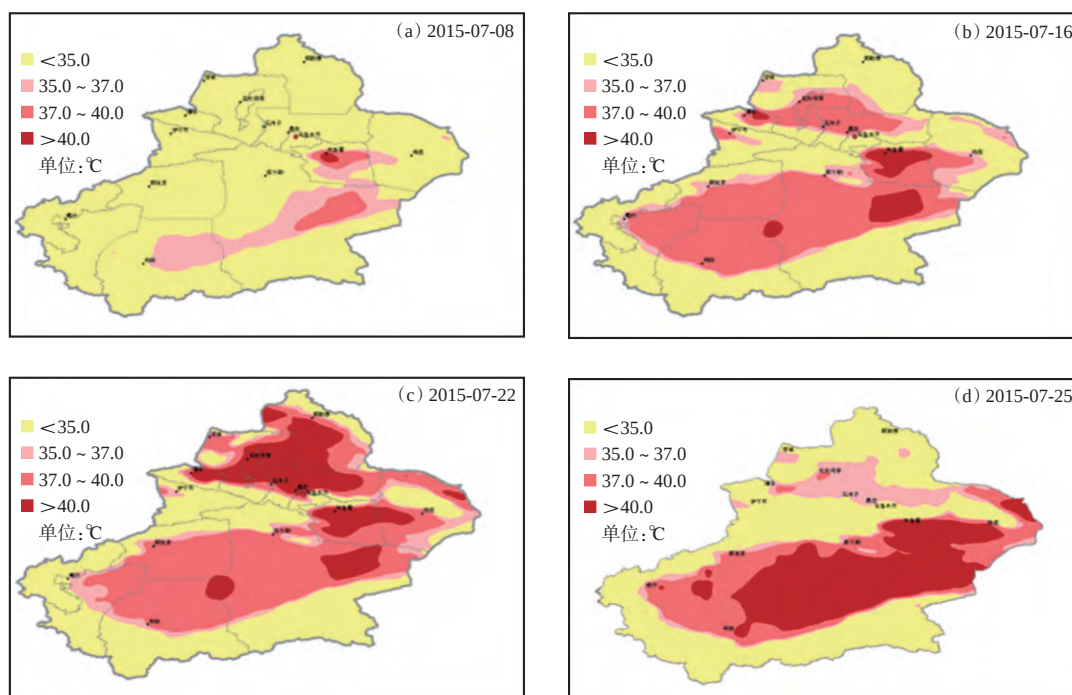


图3 2015年7月新疆高温过程不同时段日最高气温分布图

Fig. 3 Distribution of the daily maximum air temperature on 8, 16, 22 and 25 July, 2015

7月8日开始,巴州南部、和田地区和吐鲁番、哈密开始出现日最高气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 的高温天气;11日,高温范围向西扩大到喀什、克州和阿克苏等地;13日,高温范围进一步扩展到巴州北部,同时北疆西部、北疆沿天山一带出现高温天气;16日,北疆北部的塔额盆地、阿勒泰地区出现高温。21日高温影响范围达到最大;25-31日,受到弱冷空气影响,高温范围开始自西向东、由北向南逐渐减小。

3 高温过程特征

3.1 影响范围广

这次高温过程,全疆105站中,除海拔较高的山区站外,共计89站出现日最高气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 的高温天气,占84.8%。其中83站日最高温度 $\geq 37^{\circ}\text{C}$,50站 $\geq 40^{\circ}\text{C}$ (图4)。2015年7月16-24日,新疆每天出现日最高气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 高温的测站均超过75个,尤其以7月21日的高温范围最大,当天新疆平原地区85个测站的日最高气温均 $\geq 35^{\circ}\text{C}$,其中71站 $\geq 37^{\circ}\text{C}$,22站 $\geq 40^{\circ}\text{C}$ 。

3.2 持续时间长

7月1-31日,南疆、东疆以及北疆伊犁河谷与北疆沿天山一带合计36站持续高温日数在10d以上,占全疆105站的34.3%。其中,塔中站24

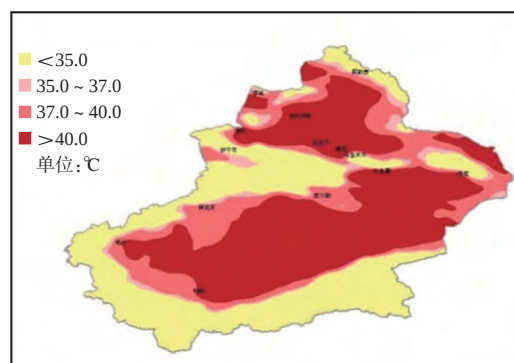


图4 2015年7月新疆极端日最高气温空间分布图

Fig. 4 Distribution of the extreme maximum daily air temperature in July 2015

d,且末、皮山、洛浦和民丰20d,库尔勒和伽师18d,阿图什、柯坪和英吉沙17d,尉犁、麦盖提、泽普、和田和于田16d,阿克苏和沙雅15d(图5)。7月1-31日,全疆44站持续高温日数破历史极值,11站平历史极值,合计55站占全疆105站的52.4%。由图5、6可见,破极值的测站几乎遍布全疆各地州,仅哈密、吐鲁番未出现。

3.3 高温强度强

此次高温过程,南北疆均出现日最高气温 $\geq 40^{\circ}\text{C}$ 以上高温天气,北疆北部阿勒泰地区福海县极端日最高气温 42.6°C ,实为罕见。7月24日东疆吐鲁番东坎极端日最高气温为 47.7°C ,为此次

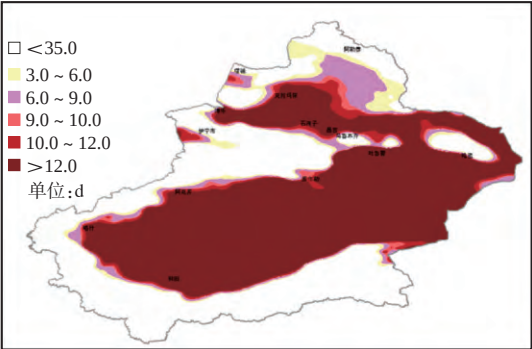


图 5 7 月 1 – 31 日新疆最长高温持续日数空间分布图
Fig. 5 Distribution of the longest duration of high temperature from 1st to 31th July



图 6 7 月 1 – 31 日新疆最长高温持续日数突破历史极值情况
Fig. 6 Situation of breaking through historical records of the longest duration of high temperature from 1st to 31st July

全疆高温过程的最高值；7 月 22 日昌吉蔡家湖站日最高气温 44.4℃，是北疆区域的最高值；7 月 25 日塔中站日最高气温 43.6℃，是南疆区域最高值。过程中有 19 站极端日最高气温破有气象记录以来历史极值，4 站平历史极值，具体见表 1，合计 23 站占新疆 105 站的 21.9%。

4 2015 年多站的夏季和 7 月气温破历史记录

4.1 新疆各区域夏季气温位居历史同期前列

1961 – 2015 年新疆区域夏季平均气温呈逐步上升的趋势，增温率 0.22℃·(10a)⁻¹，尤其是 20 世纪 90 年代以后增温幅度更加明显，由图 7 可见，北疆、天山山区和南疆的夏季气温均呈上升趋势，增温率分别为 0.14℃·(10a)⁻¹、0.29℃·(10a)⁻¹和 0.21℃·(10a)⁻¹，以天山山区最为显著。新疆区域 2015 年夏季平均气温 22.4℃，偏高 0.9℃，排 1961 年以来的同期第 3 位。北疆、天山山区和南疆的夏季平均气温分别为 22.5℃、14.4℃

表 1 7 月 1 – 31 日新疆极端最高气温历史排位表
Table 1 Information of the extreme maximum air temperature from 1st to 31st July, 2015, in Xinjiang, together with historical rank

站名	极端最高气温/℃	出现日期/(年-月-日)	历史排序
蔡家湖	44.4	2015-07-22	1
米泉	44.0	2015-07-22	1
阜康	43.7	2015-07-22	1
呼图壁	42.9	2015-07-22	1
阿克达拉	42.7	2015-07-22	1
福海	42.6	2015-07-22	1
伽师	41.5	2015-07-18	1
哈巴河	41.0	2015-07-22	1
博乐	40.5	2015-07-22	1
库尔勒	40.5	2015-07-24	1
布尔津	39.8	2015-07-22	1
吉木乃	39.5	2015-07-22	1
阿勒泰	39.5	2015-07-22	1
温宿	38.8	2015-07-18	1
和布克赛尔	37.7	2015-07-22	1
小渠子	33.0	2015-07-22	1
白杨沟	32.7	2015-07-22	1
巴音布鲁克	29.8	2015-07-21	1
克拉玛依	44.0	2015-07-22	1
塔中站	43.6	2015-07-25	1
拜城	38.3	2015-07-24	1
北塔山	34.3	2015-07-22	1
大西沟	20.7	2015-07-22	1

和 24.6℃，较历年同期分别偏高 1.0℃、0.8℃和 0.9℃，北疆和天山山区的偏高幅度居历史同期第 3 位，南疆居历史同期第 2 位。2015 年全疆大部分地区夏季平均气温较历年同期偏高，其中阿克达拉、大西沟、巴音布鲁克、库尔勒、且末、阿克苏、温宿、洛浦 8 站偏高幅度居历史同期第 1 位（表 1），小渠子、白杨沟、铁干里克在内的 15 站的气温偏高幅度居历史同期第 2 位，图 8 为 2015 年夏季平均气温位列前 3 位的站点空间分布图。

4.2 南疆及天山山区 7 月平均气温偏高幅度均居历史同期第 1 位

7 月份，南疆地区和天山山区月平均气温分别为 27.9℃和 17.8℃，较常年偏高 2.3℃和 2.6℃，偏高幅度均居历史同期第 1 位。北疆地区月平均气

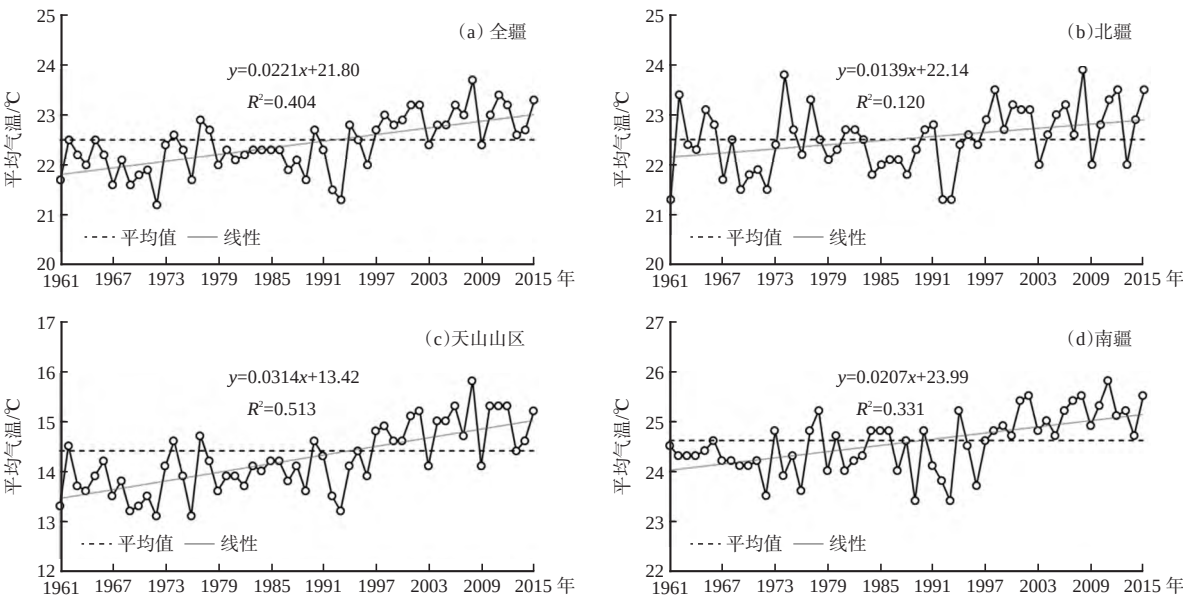


图 7 1961 – 2015 年新疆各区域夏季平均气温变化趋势图

Fig. 7 Variations of average summer air temperatures in (a) Xinjiang, (b) northern Xinjiang region, (c) Tianshan Mountains and (d) southern Xinjiang region

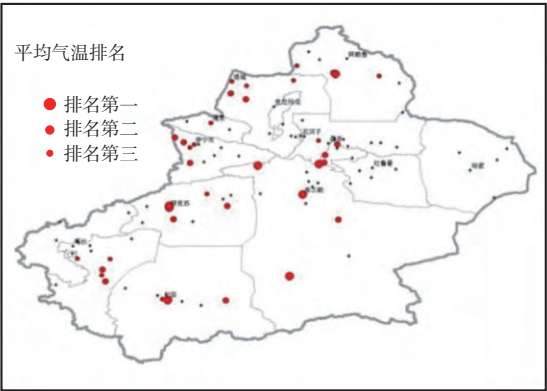


图 8 新疆 2015 年夏季平均气温排名前 3 位的站点分布

Fig. 8 Distribution of the stations where the air temperature averaged in summer of 2015 ranked third in the past record of the same season



图 9 新疆 2015 年 7 月气温排历史同期第 1 位的站点分布图

Fig. 9 Distribution of the stations where the air temperature averaged in July, 2015, ranked first in the past record of the same month

温为 25.7℃，较常年偏高 2.1℃，偏高幅度居历史同期第 2 位(仅次于 1974 年)。由图 9 可见，全疆共计 57 站 7 月平均气温突破同期历史极值，遍布全疆各地州(市)，占 105 站的 54.3%。

5 山区高海拔测站日最高气温破历史纪录

2015 年 7 月，天山山区气温位居 1961 年以来同期第 1 位。进一步分析了天山山区的大西沟(海拔 3 544 m)和巴音布鲁克(海拔 2 459 m)、帕米尔高原吐尔尕特(海拔 3 507 m)以及西昆仑山区塔什库尔干(海拔 3 094 m)的日最高气温在该次高温过

程中的极端特征。

由图 10 可见，2015 年夏季，天山大西沟站日最高气温高于多年平均值的最长持续日数为 22 d(7 月 12 日 – 8 月 1 日)，其中有 10 d 的日最高气温位居 1961 年以来当日最高，7 月 22 日最高气温达 20.7℃，是该站最高气温纪录。7 月 22、23 日最高气温均达到或超过 20.0℃，是该站有气象观测记录以来仅有两个≥20℃的日数。由图 11 可见，1961 – 2015 年，大西沟站夏季日最高气温≥10℃和≥15℃的日数均呈显著的增加趋势，变化率分别为 3.65 d·(10a)⁻¹和 0.66 d·(10a)⁻¹。2015 年日最

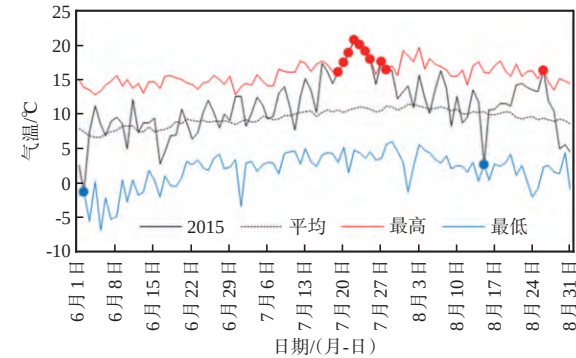


图 10 大西沟站 2015 年夏季逐日最高气温曲线
(标识说明同图 1)

Fig. 10 Variation of the daily maximum air temperature in summer, 2015, in the Daxigou Meteorological Station (the labeling instruction is the same as in Fig. 1)

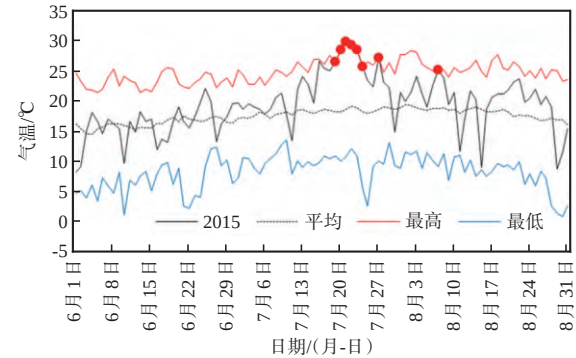


图 12 巴音布鲁克站 2015 年夏季逐日最高气温曲线
(标识说明同图 1)

Fig. 12 Variation of the daily maximum air temperature in summer, 2015, in the Bayinbuluke Meteorological Station (the labeling instruction is the same as in Fig. 1)

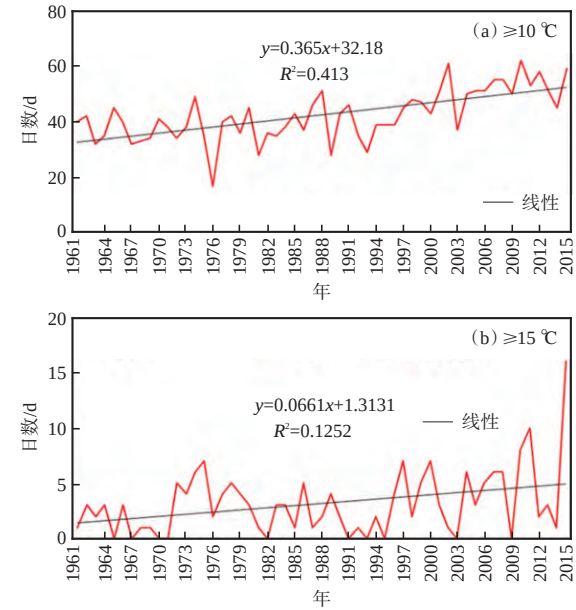


图 11 大西沟站 1961 - 2015 年夏季日最高气温 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 日数曲线

Fig. 11 Variations of days when the daily maximum air temperature exceeded $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ from 1961 to 2015 in the Daxigou Meteorological Station

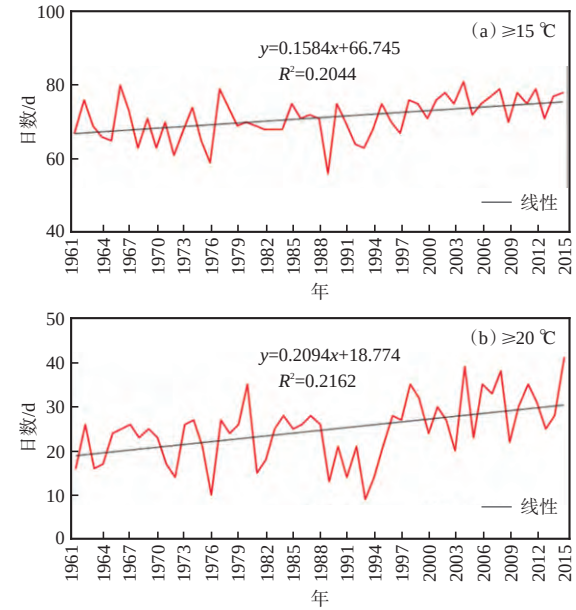


图 13 巴音布鲁克站 1961 - 2015 年日最高气温 $\geq 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 日数曲线

Fig. 13 Variations of days when the daily maximum air temperature exceeded $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ from 1961 to 2015 in the Bayinbuluke Meteorological Station

高温 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 日数达到 59 d, 仅次于 2010 年的 62 d 和 2002 年的 61 d, 位居同期历史第 3 位; 日最高气温 $\geq 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 日数达到 16 d, 排历史同期第 1 位, 比位居第 2 位的 2011 年多 6 d.

由图 12 可见, 2015 年夏季, 巴音布鲁克站日最高气温高于多年平均值的最长持续日数为 18 d (7 月 12 - 29 日), 其中有 8 d 的日最高气温位居 1961 年以来当日最高, 7 月 21 日最高气温达到 $29.8\text{ }^{\circ}\text{C}$, 是该站最高气温纪录. 由图 13 可见, 1961 - 2015 年, 巴音布鲁克站夏季日最高气温 $\geq 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

的日数均呈显著的增加趋势, 变化率分别为 $1.58\text{ d} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 和 $2.09\text{ d} \cdot (10\text{a})^{-1}$. 2015 年日最高气温 $\geq 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 日数达到 78 d, 位居历史同期并列第 4 位; 日最高气温 $\geq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 日数达到 41 d, 排历史同期第 1 位, 比位居第 2 位的 2004 年夏季多 2 d.

由图 14 可见, 2015 年夏季, 吐尔尕特站日最高气温高于多年平均值的最长持续日数为 27 d (7 月 2 - 28 日), 7 月 23 日的日最高气温位居 1961 年以来同日第 1 位. 由图 15 可见, 1961 - 2015 年吐尔尕特站夏季日最高气温 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的日数均

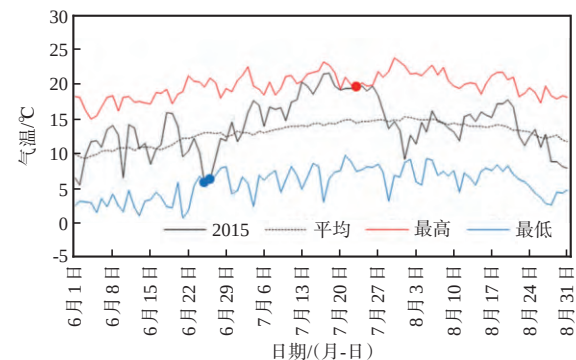


图 14 吐尔尕特站2015夏季逐日最高气温曲线
(标识说明同图1)

Fig. 14 Variation of the daily maximum air temperature in summer, 2015, in the Tuerqate Meteorological Station
(the labeling instruction is the same as in Fig. 1)

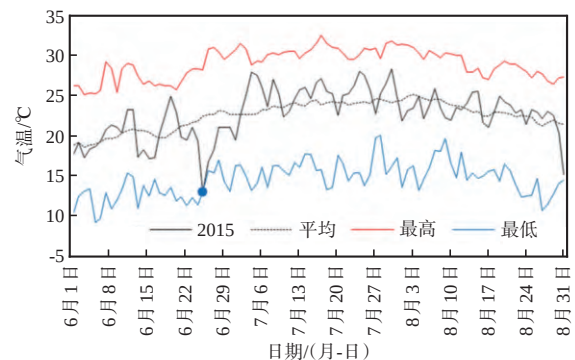


图 16 塔什库尔干站2015夏季逐日最高气温曲线
(标识说明同图1)

Fig. 16 Variations of the daily maximum air temperatures in summer, 2015, in the Tashikuergan Meteorological Station
(the labeling instruction is the same as in Fig. 1)

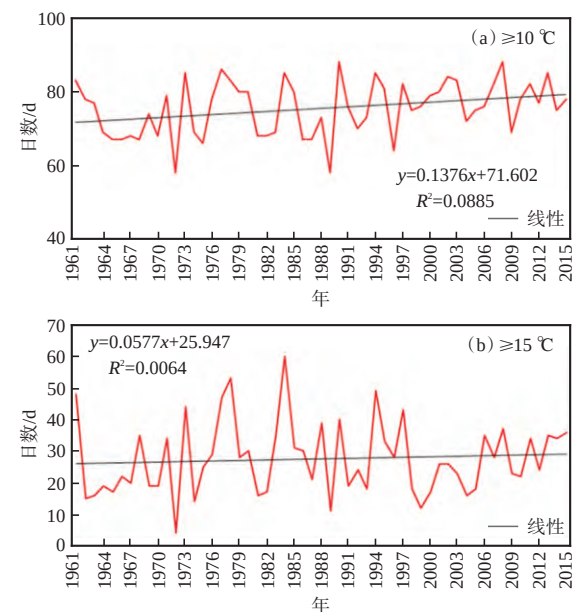


图 15 吐尔尕特站1961 – 2015年日最高气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 日数曲线

Fig. 15 Variations of the days when the daily maximum air temperature exceeded 10°C and 15°C from 1961 to 2015 in the Tuerqate Meteorological Station

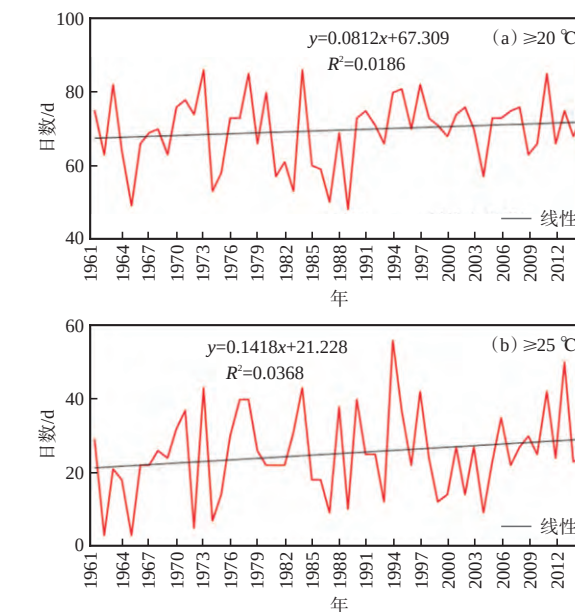


图 17 塔什库尔干站1961 – 2015年日最高气温 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 日数曲线

Fig. 17 Variations of the days when the daily maximum air temperature exceeded 20°C and 25°C from 1961 to 2015 in the Tashikuergan Meteorological Station

呈增加趋势，但不显著，变化率分别为 $1.38\text{ d}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 和 $0.58\text{ d}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 。2015年日最高气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 日数达到78 d，位居历史同期并列第4位；日最高气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 日数达到36 d，比近55年平均值多8.4 d。

由图 16 可知，2015年夏季，塔什库尔干站从7月12 – 19日，持续9 d的日最高气温高于多年平均值，夏季的日最高气温没出现超过历史同日极值的现象。由图 17 可见，1961 – 2015年塔什库尔干站夏季日最高气温 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 的日数均呈

增加趋势，但不显著，变化率分别为 $0.81\text{ d}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 和 $1.42\text{ d}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 。2015年日最高气温 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 日数达到74 d，比近55年平均值多4.4 d；日最高气温 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 日数达到24 d，比近55年平均值少1.2 d。

以日最高气温距平值以及持续日数为指标，2015年夏季，天山大西沟和巴音布鲁克的日最高气温偏高的最长持续日数分别为22 d和18 d，帕米尔高原吐尔尕特、西昆仑山塔什库尔干最长持续日数分别为27 d和9 d。比较而言，在天山山区、

帕米尔高原以及西昆仑山区,无论是最高气温还是超过界限温度持续日数,其极端特征指标都反映出天山东部区域在2015年夏季高温过程中强度相对更强。

6 2015年夏季新疆高空0℃层高度位居同期前列

上述分析中选出的大西沟站(海拔3 544 m)是新疆最高的有人值守气象站,该测站位于天山1号冰川末端附近。新疆山区的冰川随地形分布高差较大,很多冰川的主体高度都超过4 000 m,尤其是塔里木河流域的主要源流区域,天山托木尔峰区、帕米尔高原区以及昆仑山区等高海拔地区,都有大量冰川分布^[15]。这次高温过程中,反映冰雪融化的0℃层高度有何特征?进一步分析2015年夏季新疆0℃层高度变化特征。整理阿勒泰、塔城、克拉玛依、伊宁、乌鲁木齐、哈密、库尔勒、阿克苏、喀什、和田10个探空站逐日12:00(世界时)的0℃度层高度资料,统计给出10站6、7、8月以及夏季0℃层高度,用10站平均值代表新疆区域值,用库尔勒、阿克苏、喀什、和田4站平均值代表塔里木河流域值。

6.1 新疆区域7月0℃层高度位居1991年以来第1位

由图18可见,2015年夏季新疆区域0℃层高度为4 428 gpm,位居1991年以来同期第4位,其中7月份的0℃层高度达到4 756 gpm,位居1991年以来同期第1位。由图19可见,从2015年7月中旬到8月上旬,全疆10站平均的夏季逐日12:00(世界时)0℃层高度持续1个月高于1991-2015年同期平均值,其中有8 d位居1991-2015年同日第1位。

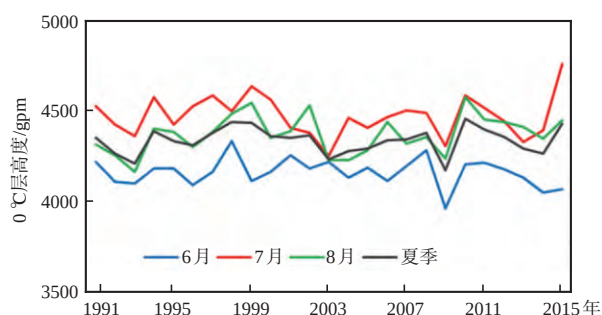


图18 新疆区域1991-2015年夏季各月0℃层高度变化

Fig. 18 Monthly variations of 0℃ level height in summer from 1991 to 2015 in the region

6.2 塔里木河流域7月0℃层高度位居1991年以来第1位

2015年夏季塔里木河流域0℃层高度为4 782 gpm,较1991-2015年平均值偏高82 gpm,居1991年以来同期第2位。2015年7月,塔里木河流域0℃层高度达到5 130 gpm,偏高308 gpm,居1991年以来同期第1位(图20)。2015年库尔勒、阿克苏、喀什以及和田的7月0℃层高度分别为4

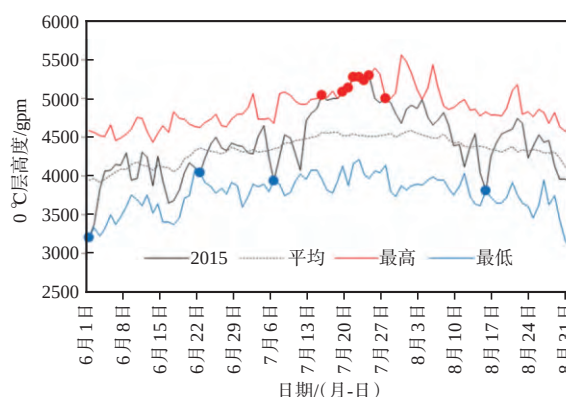


图19 新疆区域(10站平均)2015年夏季逐日0℃层高度曲线(注:黑实线为2015年实测值;黑色虚线为1991-2015年平均值;红色实线为1991-2015年极端最高值;蓝色实线为1991-2015年极端最低值;红色圆点为2015年实测值位居1991-2015年最高)

Fig. 19 Daily variations of 0℃ level heights in summer, 2015, averaged over 10 meteorological stations (Note: black full line represents the one observed in 2015, black dash line represents the one averaged from 1991 to 2015, red full line represents the extreme maximum one from 1991 to 2015, blue full line represents the extreme minimum one from 1991 to 2015, red dot represents the maximum one in 2015, which was the maximum from 1991 to 2015)

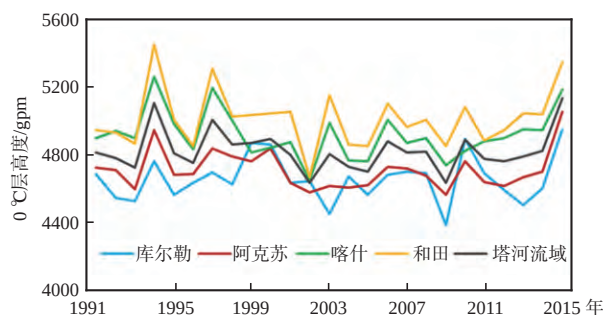


图20 塔里木河流域各站1991-2015年7月0℃层高度变化

Fig. 20 Annual variations of 0℃ level heights in July from 1991 to 2015 in the Tarim River basin

946 gpm、5 051 gpm、5 183 gpm 和 5 339 gpm, 偏高幅度分别为 290 gpm、342 gpm、269 gpm 和 330 gpm, 其中库尔勒、阿克苏两站居 1991 年以来的同期第 1 位, 和田、喀什分别居同期第 2 位、第 3 位. 塔河流域内阿克苏偏高 342 gpm, 幅度最大.

6.3 塔里木河流域中开都河流域 0 °C 层高度偏高持续日数达 33 d

2015 年昆仑山北坡和田 0 °C 层高度最高 6 138 gpm, 西昆仑山山区喀什 5 572 gpm, 天山南坡阿克苏、库尔勒分别达到了 5 507 gpm 和 5 636 gpm, 都远远高于当地山区雪线高度. 由图 21 可见, 天山开都河流域 33 d (7 月 12 日 – 8 月 13 日) 的 0 °C 层高度高于 25 年平均值, 有 5 d 的 0 °C 层高度位居 1991 年以来当日最高. 天山阿克苏河流域 19 d (7 月 11 – 29 日) 的 0 °C 层高度高于 25 年平均值, 有 10 d 的 0 °C 层高度位居 1991 年以来当日最高. 西昆仑山叶尔羌河流域 19 d (7 月 11 – 29 日) 的 0 °C 层高度高于 25 年平均值, 有 3 d 的 0 °C 层高度位居 1991 年以来当日最高. 昆仑山北坡和田河流域最长连续 20 d (7 月 11 – 30 日) 的 0 °C 层高度高于 25 年平均

值, 有 4 d 的 0 °C 层高度位居 1991 年以来当日最高. 从高空 0 °C 层高度持续偏高日数开看, 开都河流域的异常程度最高.

7 高温过程的环流成因及其灾害影响

7.1 高温过程的环流成因初步分析

新疆地处中纬度地区, 位于亚欧大陆腹地, 在高压系统稳定控制下, 天气晴好, 气温会持续上升. 从气候平均状况看, 南、北疆盆地绿洲区域在夏季经常会出现日最高气温 ≥ 35 °C 的高温天气, 又以吐鲁番盆地最为著名, 在夏季日最高气温 ≥ 40 °C 会经常见到, 新疆气象台发布吐鲁番地区的高温预警时, 将预警指标从 35 °C 提高到了 37 °C. 2015 年夏季的高温过程中, 有多站的 7 月平均气温、极端最高气温、高温持续日数等高温指标均位居历史同期前列, 甚至突破历史记录. 又是什么原因造成 2015 夏季新疆异常高温呢? 下面通过诊断 500 hPa、100 hPa 不同层次高压环流系统演变特征来分析这次新疆高温环流成因. 利用中国气象局国家气候中心网站 (<http://cmdp.ncc-cma.net>) 中的

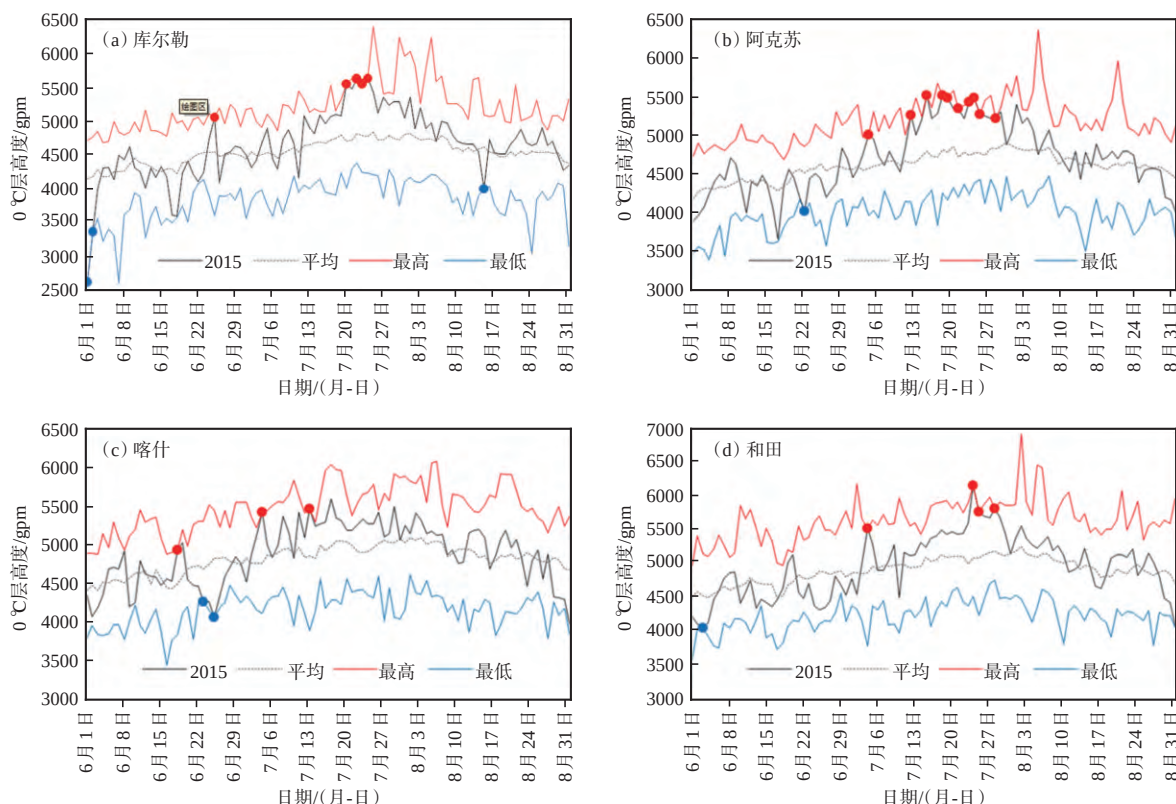


图 21 2015 年夏季塔河流域 4 站逐日 0 °C 层高度曲线
(标识说明同图 19)

Fig. 21 Daily variations of 0 °C level heights in summer, 2015, in the four stations in the Tarim River basin
(the labeling instruction is the same as in Fig. 19)

大气环流监测模块提供的在线分析功能, 绘制基于NCEP再分析环流资料($2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$)的区域位势高度场以及距平场图, 气候平均场指1981–2010年30年平均。

从图22可见, 在500 hPa, 2015年7月上旬, 高压中心以及高压北侧的脊线均位于在伊朗高原上空, 中心强度超过5 940 gpm, 距平中心位于高压北部区域, 中心偏高幅度超过80 gpm。7月中旬, 该高压主体东移, 高压中心出现在帕米尔高原上空, 高压北侧的脊线则出现在中亚巴尔喀什湖区域, 但是强度略有减弱, 中心位势高度5 880 gpm, 距平中心同样出现在中亚巴尔喀什湖区域, 中心偏高幅度超过80 gpm。7月下旬, 高压略东移, 高压中心位于新疆南部, 中心强度有所加强, 青藏高原北部以及南疆盆地均在5 890 gpm闭合线区域内, 距平场上的正距平中心则出现在北疆, 北疆及天山山区都在60 gpm的正距平区域中心控制下。8月上旬, 高压中心位置变化不明显, 但是5 890 gpm闭合线区域仅仅出现在青藏高原北部, 与7月下旬比较, 影响范围明显缩小, 新疆上

空的高压脊减弱, 北疆处于40 gpm正距平范围内, 南疆则位于20 gpm正距平区域内。

对比500 hPa高压中心位置、强度的逐旬变化以及新疆该次高温过程演变, 可以发现, 2015年7月到8月上旬, 伊朗高压开始东移并控制新疆, 随后在新疆上空稳定维持、强度增强, 接着高压中心向南移、强度减弱, 伊朗高压演变引起新疆区域高温强度与高温落区产生相应变化, 是引起此次高温过程的直接原因。

高温过程的持续时间、影响区域都超过降水过程, 因此有必要从更广阔的时空尺度来讨论分析引起此次高温过程的行星尺度环流系统演变特征。在100 hPa, 南亚高压是北半球一个能够影响从北非到西太平洋的行星尺度高压环流系统, 南亚高压的形态变化、高压中心位置移动、强度变化等对于这次新疆的高温过程也有明显的指示意义。如图23所示, 在100 hPa位势高度及其距平场上, 可以清晰地发现南亚高压从2015年7月上旬到8月上旬的逐旬变化特征。7月上旬, 南亚高压中心及其北侧的高压脊线位于伊朗高原一带, 中

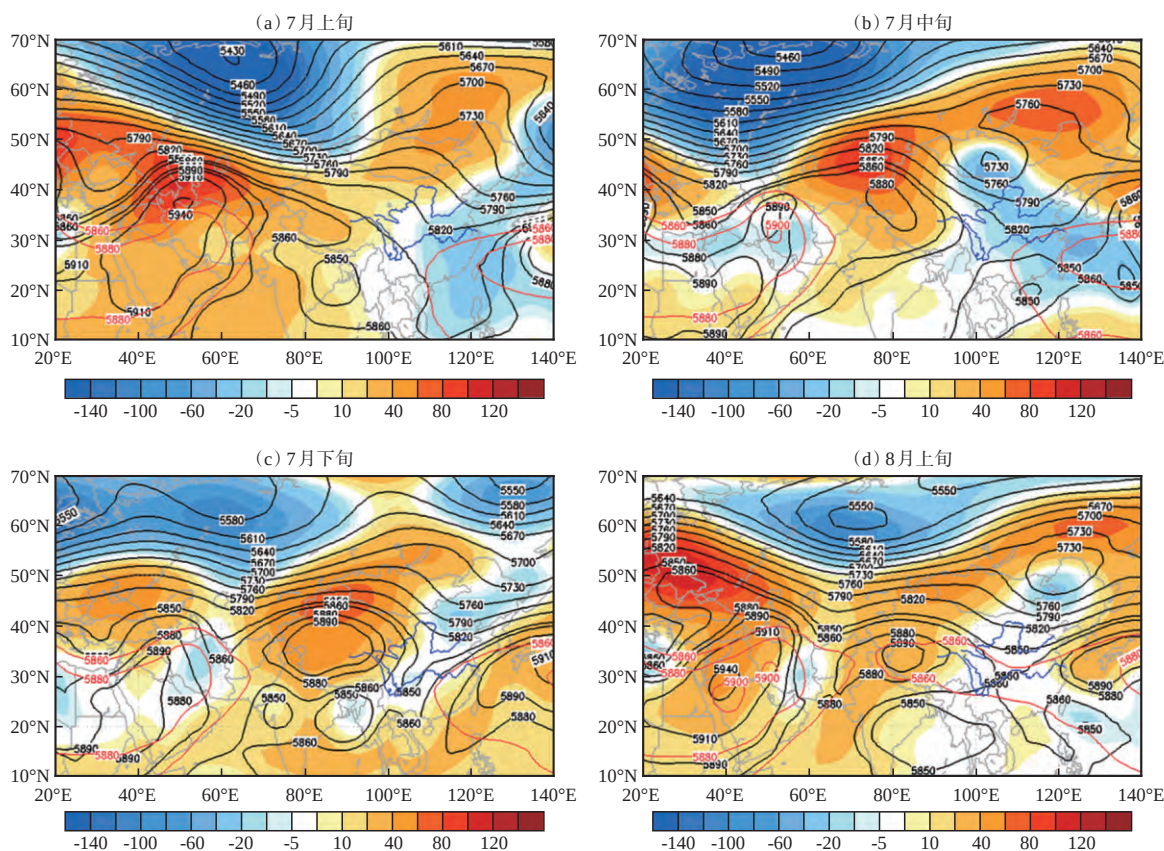


图22 2015年7月上旬到8月上旬500 hPa位势高度及其距平场

Fig. 22 Distributions of geopotential height of 500 hPa and departure fields in 2015: in early July (a); in middle July (b); in late July (c) and in early August (d)

心强度超过 16 900 gpm, 正距平中心位于高压北侧, 超过 120 gpm. 7月中旬, 南亚高压中心有所东移, 中心强度超过 16 850 gpm, 其北侧的高压脊线出现在中亚巴尔喀什湖地区, 但是距平中心加强, 中心超过 150 gpm. 7月下旬, 南亚高压中心及其北侧的脊线略东移, 高压中心强度有所加强, 在青藏高原西北部出现了 16 900 gpm 的闭合中心, 距平场上的正距平中心则覆盖了北疆、天山山区, 中心强度超过了 90 gpm. 8月上旬, 南亚高压位置相对稳定, 但是强度减弱, 青藏高原西北侧中心强度不到 16 900 gpm, 同时, 16 850 gpm 闭合线影响的区域范围明显缩小.

无论是 500 hPa 上的天气尺度高压系统(伊朗副高等)还是 100 hPa 上的行星尺度系统(南亚高压)的形态、中心位置、强度变化, 都能够捕捉到对新疆高温过程演变有价值的对应信息. 数值预报中对于热带副热带地区的位势高度场预测能力较强, 结合数值预报产品释用技术, 进一步加强研究, 对于提高新疆高温过程中期定量预报水平具有积极意义.

7.2 高温过程引发融(雪)冰型洪水等灾害

新疆独特的地理位置、地形地貌特征, 造成了该区域以河流连接高山冰川、山区、平原的特殊绿洲生态系统, 其核心是河道径流, 是绿洲可直接使用的最主要的水资源. 高温过程致使高海拔山区(雪)冰迅速消融, 也会引发洪水等次生灾害. 2015年夏季, 据新疆防汛部门通报信息, 昆仑山北坡和天山南坡的和田、阿克苏、喀什等地海拔高、流域有冰川及永久积雪区的流域, 多条河流在7月下旬都发生了超警戒或超保证流量的洪水, 范围之广、持续时间之长历史罕见(表2), 库玛拉克河洪峰流量达 $2\,090\text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, 发生了有实测资料以来第3位的洪水, 和田地区尼雅河为有实测资料以来第2位的洪水. 喀什塔什库尔干县塔合曼乡白尕吾勒村突发融(雪)冰型洪水泥石流. 许多堤防工程长时间处于高水位和大流量运行状态, 造成多处护岸淘刷, 险情不断, 直接威胁到河流两岸的安全.

据新疆气象灾情直报系统信息, 由于融(雪)冰型洪水, 对南疆的铁路、公路以及水利设施,

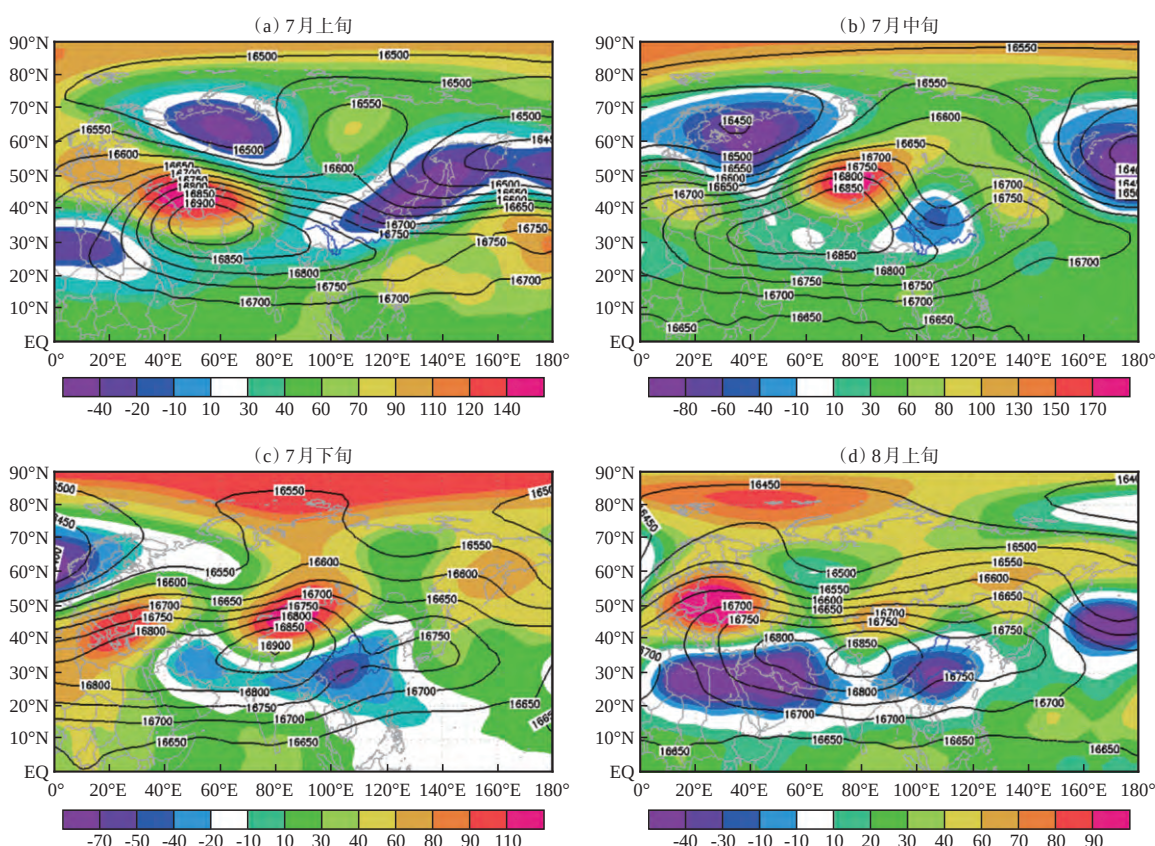


图 23 2015年7月上旬到8月上旬 100 hPa 位势高度及其距平场

Fig. 23 Distributions of geopotential height of 100 hPa and departure fields in 2015: in early July (a); in middle July (b); in late July (c) and in early August (d)

表 2 2015 年新疆夏季洪水统计表
Table 2 Information of summer floods occurred in Xinjiang, 2015

河流	水文站	最大洪峰流量 /($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	出现时间 /(月-日)	洪量/ 10^8m^3	超警戒天数/d	占年径流量比/%
阿克苏河	协和拉	2 090	07-27	6. 46	6	13. 2
	西大桥	1 920	07-27	7. 01	6	10. 7
叶尔羌河	库鲁克栏杆	2 330	07-28	19. 40	18	37. 4
	卡群	2 440	07-28	21. 50	19	32. 2
玉龙喀什河	黑山	941	07-31	11. 20	21	57. 4
	同古孜洛克	1 283	07-31	11. 71	22	51. 1
喀拉喀什河	托满	1 455	07-31	12. 00	21	44. 1
尼雅河	尼雅	149	07-25	0. 51	8	30. 5
塔里木河	阿拉尔	1 600	07-29	14. 30	13	31. 6
	新渠满	1 150	07-31	12. 50	14	33. 5

都造成不同程度损失. 如, 7 月 28 日, 新疆南疆铁路 3 处路段遭遇融雪(冰)型洪水破坏, 导致南疆铁路多处中断; 7 月 31 日, 和田策勒县国道 315 线 K2316 段出现融(雪)冰型洪水, 造成 K2316+292 处奇勒克亚桥被洪水冲毁, 交通中断; 8 月 2 日, 阿克苏温宿县黄羊滩段防洪堤发生溃口, 长度一度达到 120 m 左右.

8 结论

通过分析测站气温、0℃层高度, 给出了 2015 年新疆夏季异常高温事件的极端特征, 及其对月、季时间尺度的温度异常的影响, 初步探讨了这次高温过程的环流演变特征, 简要归纳了高温造成的洪水灾害. 具体结论如下:

(1) 2015 年从 7 月上旬后期开始, 南疆东南部以及东疆最早出现日最高气温≥35℃的高温天气, 进入中旬后高温范围迅速向西、向北蔓延发展, 下旬初期范围达最大, 南北疆均出现高温天气.

(2) 2015 年夏季新疆区域该次高温过程在 7 月中下旬最为强盛, 全疆 84. 8% 的测站(89 站)出现高温; 52. 4% 的测站(55 站)的高温持续日数位居历史第 1 位; 全疆 21. 9% 的测站(23 站)极端最高气温位居历史第 1 位, 极端最高气温出现在吐鲁番东坎, 达到 47. 7℃. 这次高温过程造成 8 站夏季温度位居同期第 1 位. 南疆及天山山区的 7 月平均气温位居历史同期第 1 位, 有 54. 3% 的测站(57 站)7 月平均气温突破同期历史极值.

(3) 2015 年夏季, 海拔 3 544 m 的天山山区大西沟站有 10 d 的日最高气温位居 1961 年以来当日

最高, 7 月 22 日最高气温达到 20. 7℃, 夏季日最高气温≥15℃日数达到 16 d, 排历史同期第 1 位. 海拔 2 549 m 的巴音布鲁克站在夏季有 8 d 的日最高气温位居 1961 年以来当日最高, 7 月 21 日最高气温达到 29. 8℃, 是该站建站以来最高气温纪录, 夏季日最高气温≥20℃日数达到 41 d, 排历史同期第 1 位.

(4) 2015 年夏季的高温过程造成新疆区域 7 月 0℃层高度位居 1991 年以来同期第 1 位, 7 月 19 – 23 日连续 6 d 位居 1991 年以来的当日第 1 位. 天山开都河流域日 0℃层高度持续 33 d 高于 1991 – 2015 年平均值.

(5) 500 hPa 上伊朗高压是关键环流系统, 该高压东移控制新疆是引起此次高温过程的直接原因; 100 hPa 上行星尺度环流系统南亚高压的形态、中心位置和强度变化与这次新疆高温演变关系密切.

(6) 高温过程造成新疆高山区冰雪迅速消融, 引发塔里木河流域出现融雪(冰)型洪水, 灾害造成铁路、公路交通以及水利设施不同程度损失.

参考文献(References):

[1] Zhang Jie. Xinjiang regional climate change assessment report summary for policymakers and executive summary [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2013. [张杰. 新疆区域气候变化评估报告决策者摘要及执行摘要[M]. 北京: 气象出版社, 2013.]
[2] Shen Yongping, Wang Guoya. Key findings and assessment results of IPCC WGI Fifth Assessment Report[J]. Journal of Gla-

- ciology and Geocryology, 2013, 35(5): 1068 – 1076. [沈永平, 王国亚. IPCC第一工作组第五次评估报告对全球气候变化认知的最新科学要点[J]. 冰川冻土, 2013, 35(5): 1068 – 1076.]
- [3] Zhang Shuming, Wang Zhijie, You Pingda, *et al.* Surface water resources research in Xinjiang[M]. Beijing: China Water Power Press, 2008. [章曙明, 王志杰, 尤平达, 等. 新疆地表水资源研究[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2008.]
- [4] Chen Yaning. Water resources research in arid region of Northwest China[M]. Beijing: Science Press, 2014. [陈亚宁. 中国西北干旱区水资源研究[M]. 北京: 科学出版社, 2014.]
- [5] Shi Yuguang. Xinjiang temporal distribution of precipitation and water vapor changes[M]. Beijing: China Meteorological Press, 2014. [史玉光. 新疆降水与水汽的时空分布及变化研究[M]. 北京: 气象出版社, 2014.]
- [6] Mao Weiyi, Zhang Xu, Yang Zhihua, *et al.* Winter snowmelt flood in the northwest of Junggar Basin firstmonitored by satellite remote sensing[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2010, 32(1): 211 – 214. [毛炜峰, 张旭, 杨志华, 等. 卫星遥感首次监测到准噶尔盆地西北部的冬季融雪洪水[J]. 冰川冻土, 2010, 32(1): 211 – 214.]
- [7] Shen Yongping, Su Hongchao, Wang Guoya, *et al.* The responses of glaciers and snow cover to climate change in Xinjiang (I): hydrological effects [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2013, 35(3): 513 – 527. [沈永平, 苏宏超, 王国亚, 等. 新疆冰川、积雪对气候变化的响应(I): 水文效应[J]. 冰川冻土, 2013, 35(3): 513-527.]
- [8] Zhang Guangxin. The response of annual runoff to the height changeat the zero temperaturelevel in summer over Xinjiang[J]. Acta Geographica Sinica, 2007, 62(3): 279 – 290. [张广兴. 新疆夏季0℃层高度变化对河流年径流量的影响[J]. 地理学报, 2007, 62(3): 279 – 290.]
- [9] Wang Shunde, Wang Yan, Wang Jin, *et al.* Change of climate and hydrology in the Tarim RiverBasin during past 40 years and their impact[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2003, 25(3): 315 – 320. [王顺德, 王彦, 王进, 等. 塔里木河流域近40 a来气候、水文变化及其影响[J]. 冰川冻土, 2003, 25(3): 315 – 320.]
- [10] Chen Yaning, Xu Changchun, Hao Xingming, *et al.* Fifty-year climate change and its effect on annual runoff in the Tarim River Basin, China [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2008, 30(6): 921 – 929. [陈亚宁, 徐长春, 郝兴明, 等. 新疆塔里木河流域近50年气候变化及其对径流的影响[J]. 冰川冻土, 2008, 30(6): 921 – 929.]
- [11] Wu Sufen, Zhang Guowei. Preliminary approach on the floods and their calamity changing tendency in Xinjiang Region [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2003, 25(2): 199 – 203. [吴素芬, 张国威. 新疆河流洪水与洪灾的变化趋势[J]. 冰川冻土, 2003, 25(2): 199 – 203.]
- [12] Shen Yongping, Wang Shunde, Wang Guoya, *et al.* Response of glacier flash flood to global warming in Tarim river basin[J]. Advance in Climate Change Research, 2006, 2(1): 32 – 35. [沈永平, 王顺德, 王国亚, 等. 塔里木河流域冰川洪水对全球变暖的响应[J]. 气候变化研究进展, 2006, 2(1): 32 – 35.]
- [13] Mao Weiyi, Fan Jing, Shen Yongping, *et al.* Variations of extreme flood of the rivers in Xinjiang region and some typical watersheds from Tianshan Mountains and their response to climate change in recent 50 years[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2012, 34(5): 1037 – 1046. [毛炜峰, 樊静, 沈永平, 等. 近50 a来新疆区域与天山典型流域极端洪水变化特征及其对气候变化的响应[J]. 冰川冻土, 2012, 34(5): 1037 – 1046.]
- [14] Mao Weiyi, Nan Qinghong, Shi Hongzheng. Research of climatic regionalization with climate change in Xinjiang[J]. Meteorological Monthly, 2008, 34(10): 67 – 73. [毛炜峰, 南庆红, 史红政. 新疆气候变化特征及气候分区方法研究[J]. 气象, 2008, 34(10): 67 – 73.]
- [15] Shi Yafeng. Concise Chinese glacier directory [M]. Shanghai: Shanghai Popular Science Press, 2005. [施雅风. 简明中国冰川目录[M]. 上海: 上海科学普及出版社, 2005.]

Characteristics and effects of the extreme maximum air temperature in the summer of 2015 in Xinjiang under global warming

MAO Weiyi^{1,2}, CHEN Pengxiang^{2,3}, SHEN Yongping⁴

(1. Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Ürümqi 830002, China; 2. Center for Central Asian Atmosphere Science Research, Ürümqi 830002, China; 3. Xinjiang Climate Center, Ürümqi 830002, China;

4. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Meteorological datasets from 105 meteorological stations in Xinjiang were utilized to analyze the characteristics of extreme maximum air temperature in the summer of 2015. The extreme maximum air temperature more than 35 °C firstly occurred in early July in southeastern and eastern Xinjiang region, and then spread westwards and northwestwards in mid-July. In the late July, the range of extreme maximum air temperature reached up to the top, both in northern and southern Xinjiang regions. The extreme maximum air temperature mainly occurred in late July in 89 meteorological stations, accounting for 84.8% of total meteorological stations. There were 55 meteorological stations, accounting for 52.4%, had the longest durations of maximum air temperature, ranked first in the historic record. There were 23 meteorological stations, accounting for 21.9%, had the extreme maximum air temperature ranked first in the historic record. An extreme maximum air temperature, 47.7 °C, took place in Turpan. This extreme maximum air temperature resulted in summer average air temperatures in eight meteorological stations ranked first in the historic record. Average air temperature in July ranked first in the historic record in southern Xinjiang region and the Tianshan Mountains, and average air temperature in July exceeded the highest records in 57 meteorological stations, accounting for 54.3%. During air temperature rising process, 0 °C level height in July reached up to the top since 1991. For example, 0 °C level over the Kaidu River basin of the Tianshan Mountains had higher than the value averaged from 1991 through 2015 for 33 days. High-pressure ridge in 500 hPa level over the Iranian Plateau moved eastwards was the direct cause of extreme maximum temperature occurred in Xinjiang in July. The form, center location and intensity of the high pressure at 100 hPa level height in Southern Asia also reflected the evolution of high air temperature in summer of 2015 in Xinjiang. The high air temperature resulted in quick melting of snow and glaciers, causing snow and ice melt flood in the Tarim River basin in 2015.

Key words: extreme high temperature; 0 °C level height; snow and ice melt flood; circulation factors; Xinjiang