

乔娟,张雅斌,程龙,等. 西安地区高温天气分月精细化预报指标[J]. 干旱气象, 2018, 36(1): 141-149. [QIAO Juan, ZHANG Yabin, CHENG Long, et al. Monthly Fine Forecast Indexes of High Temperature Weather in Xi'an Area[J]. Journal of Arid Meteorology, 2018, 36(1): 141-149], DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2018)-01-0141

西安地区高温天气分月精细化预报指标

乔娟¹, 张雅斌¹, 程龙¹, 黄蕾¹, 白国强²

(1. 陕西省西安市气象局, 陕西 西安 710016; 2. 甘肃省人工影响天气办公室, 甘肃 兰州 730020)

摘要:利用1987—2016年西安城区和6个区县的高温天气资料,运用天气学原理和统计学方法,分析 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温天气的时空分布特征。研究表明近30 a西安地区高温日数整体表现为增加趋势, $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温日线性倾向率分别为 3.3 、 3.0 和 $0.2\text{ d}\cdot(10\text{ a})^{-1}$; $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温日7月出现最多, $\geq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温日6月出现最多。根据500 hPa大气环流形势,将西安地区高温天气分为西北气流型、西太平洋副热带高压型(以下简称副高)(细分为副高影响型和副高控制型)以及大陆暖高型3种类型。通过分析高温发生前一天08:00的高低空暖空气温度范围和位置分布、地面气压场分布、24 h变压强度、气温和云量、ECWMF数值模式850 hPa温度和海平面气压场预报结果以及5个指标站08:00 850 hPa和地面温度等因子,细化总结出6—8月逐月 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温精细化预报指标。

关键词:高温;逐月精细化预报指标;西安地区

文章编号:1006-7639(2018)01-0141-09 DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2018)-01-0141

中图分类号:P457.3

文献标志码:A

引言

近年来,高温事件频发,成为日益突出的城市气象灾害。极端高温天气严重威胁人体健康,增加城市供电压力,影响城市正常运转,同时持续高温干旱影响农作物生长,造成减产甚至绝收^[1-5]。已有研究表明,1980年开始,西安地区夏季气温呈上升趋势^[6],随着西安大都市建设步伐的加快,城市热岛效应逐渐增强,西安夏季呈现高温过程日数延长、极端高温事件强度增强的特征^[7]。2016年8月15日西安32个气象监测站最高温度超过 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$,造成电网日最大负荷达722.1万kW,创历史新高。2017年7月20—26日,西安地区连续7 d最高气温超过 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$,高温持续时间和高温极值破历史记录,导致城市分区供电,严重影响城市的宜居性。针对日益凸现的高温事件,国内众多学者已经开展了高温指标的研究工作。如王颖等^[8]以太阳辐射、气温和相对湿度为预报因子建立了杭州高温日逻辑回归模型;周长春等^[9]通过分析南亚高压位置和ECWMF数值模式预报产品,建立了四川省高温热浪天气预

报概念模型;张国华等^[10]从高空环流场、中低空温度场和湿度场、海平面气压场特征着手,建立了京津冀城市高温日预报模型;李玲萍等^[11]分析了中低空暖空气强度及参考站气温,建立了河西走廊东部高温预报指标;吴春英等^[12]从ECMWF数值模式预报产品和14:00地面观测数据着手,总结了辽宁抚顺当日最高气温预报指标;王正旺等^[13]通过分析T213、日本数值模式预报产品、ECMWF数值模式预报产品和850 hPa高空指标站等资料,提炼了山西长治高温预报指标。本文利用1987—2016年30 a气象资料,首次建立西安地区6—8月逐月 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温精细化预报指标,以期进一步提升西安地区高温天气的预报时效和精细化水平,在部署高温防灾减灾工作方面发挥“消息树”作用。

1 资料与方法

将日最高气温 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 定义为一个高温日,如果一日内多个观测站日最高气温 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 仍定义为一个高温日。选取1987—2016年30 a西安、周至、户

收稿日期:2017-07-23;改回日期:2017-11-21

基金项目:西安市气象局火车头计划预报员专项科研基金资助

作者简介:乔娟(1984—),女,陕西宝鸡人,硕士,工程师,主要从事天气预报预警技术研究. E-mail: qiaojuan-aa@163.com。

县、长安、蓝田、高陵、临潼 7 个观测站完整的高空、地面常规观测资料和 ECWFMF 数值模式预报产品,依据 500 hPa 环流形势分类型建立 6—8 月逐月高温精细化预报指标。

2 高温天气时空特征

2.1 空间分布

从图 1 可以看出,1987—2016 年 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温城区出现最多,其次是毗邻城区的长安区和蓝田县, $\geq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温日城区明显多于其他区县。初步分析,城区和长安近年来城市化进程快,下垫面改变,城市热岛效应明显,易出现高温;蓝田四面环山,海拔较低,形成局地小气候,同时夏季地面热低压多发,易造成地面增温。高温日数最少的周至,位于秦岭山脉高处,海拔高,地理位置开阔,高温天气发生较少。

2.2 时间变化

2.2.1 年际变化

由图 2 可以看出,近 30 a 西安地区 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温日数呈波动变化,整体为

增加趋势,高温日线性倾向率分别为 3.3 、 3.0 和 $0.2\text{ d}\cdot(10\text{ a})^{-1}$ 。 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温日 1997 年最多,达到 68 d,1987 和 1993 年最少,仅有 13 d。从年代分布来看,21 世纪后,高温日普遍增多,有 9 a 高于年平均值(31.58 d),之前仅有 4 a 高于年平均值,如图 2(a) 所示。

由图 2(b) 看出, $\geq 37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温日年际变化特征类似于 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温日,1997 年出现最多,为 45 d,1993 年出现最少,仅有 3 d。2001 年基本为 $\geq 37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温日增多的分界岭,2001 年以前仅有 4 a 高于年平均值(14.93 d),2001 年以后高于年平均值的年份达 11 a,高温日显著增加。

由图 2(c) 看出, $\geq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温日年际分布与 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温日不同,没有明显的变化特征。近 30 a,仅有 6 a 高温日数超过年平均值(1.03 d)。2005 年出现最多,为 6 d,其余年份里有 12 a 没有出现 $\geq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温天气。

2.2.2 月际变化

从图 3 可以看出,近 30 a, $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温日主要出现在 6—7 月,分别占各自高

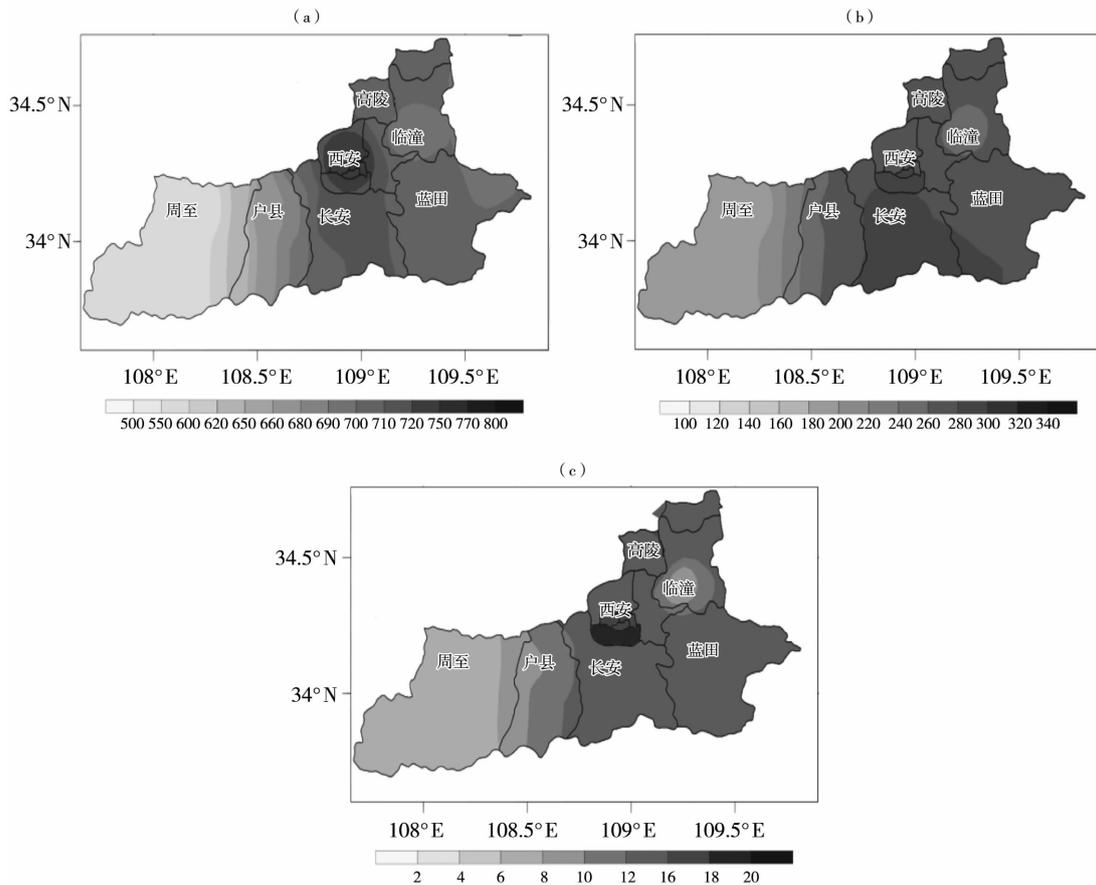


图 1 西安地区 1987—2016 年 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ (a)、 $\geq 37\text{ }^{\circ}\text{C}$ (b) 和 $\geq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (c) 累计高温日空间分布(单位:d)

Fig. 1 The spatial distribution of accumulated days with high temperature above $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ (a), $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ (b) and $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (c) in Xi'an during 1987–2016 (Unit:d)

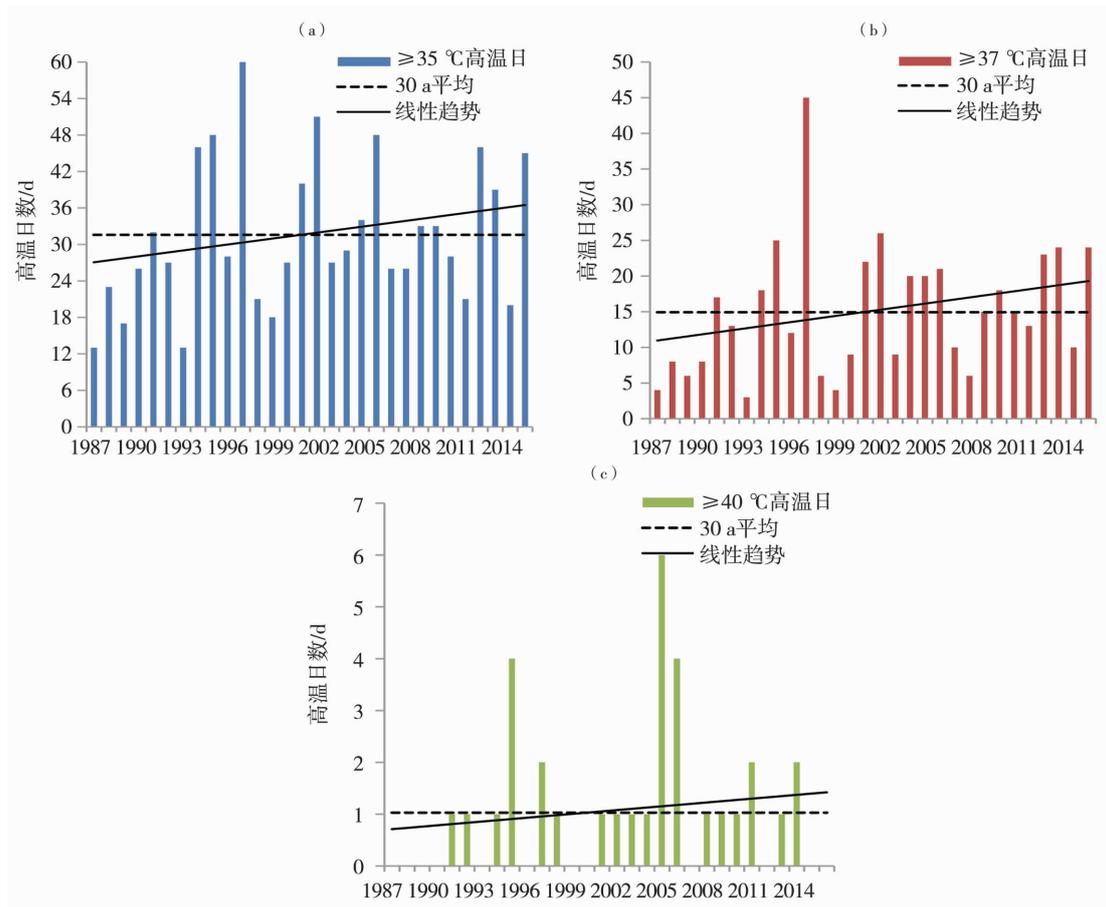


图 2 西安地区 1987—2016 年 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ (a)、 $\geq 37\text{ }^{\circ}\text{C}$ (b) 和 $\geq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (c) 累计高温日历年际变化

Fig. 2 The annual variation of accumulated high temperature days above $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ (a), $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ (b) and $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (c) in Xi'an during 1987 - 2016

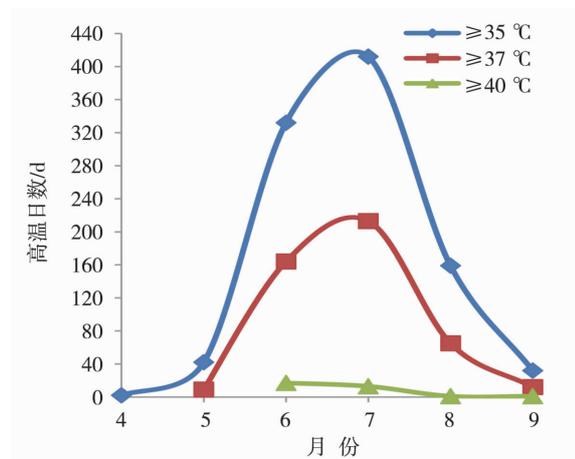


图 3 西安地区 1987—2016 年 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 累计高温日月际变化

Fig. 3 The monthly variation of accumulated days with high temperature above $35\text{ }^{\circ}\text{C}$, $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ in Xi'an during 1987 - 2016

温总日数的 76.0%、81.4% 和 93.8%。 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温日 7 月出现最多, $\geq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温日 6 月出现最多。初步分析, 6 月西安上空多为西北气流控

制, 晴空辐射强导致白天温度上升快, 易出现高温极值; 7 月西安日照时数长, 多受西太平洋副热带高压影响, 湿度高, 云量多, 最低温度高, 导致白天容易出现 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温, 但较多的云量又影响白天升温, 造成温度不易升至 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上, 所以西安地区 7 月高温日数多, 但 $\geq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温日却比 6 月少。

3 高温类型及大气环流形势

3.1 高温类型及分布特征

按照 500 hPa 大气环流形势, 西安地区的高温天气主要分为 3 种类型: (1) 西北气流型(占高温日数 53.3%), 西安处于高压脊前, 以 NW 或 WNW 气流为主; (2) 副高型。可细分为副高影响型(占高温日数 13.1%), 西安位于副高 588 dagpm 线附近; 副高控制型(占高温日数 17.0%), 西安处于副高 588 dagpm 线的控制之内; (3) 大陆暖高型(占高温日数 16.6%), 高原地区出现中心值为 588 dagpm, 甚至 592 dagpm 的暖高压。

由 3 种高温类型在 4—9 月的具体分布百分比

(表 1)可以看出,4—6 月和 9 月,西北气流型为高温天气的主导类型,副高型从 7 月开始发挥重要作用,是 8 月西安高温天气的主要影响类型,大陆暖高型则为 7—8 月高温天气的重要环流形势。

表 1 1987—2016 年 4—9 月高温天气类型分布百分比

Tab. 1 The percentage distribution of accumulated high temperature weather types from April to September during 1987 - 2016 单位:%

天气类型	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月
西北气流型	100.0	100.0	92.0	27.0	0.0	100.0
副高影响型	0.0	0.0	0.9	23.0	26.0	0.0
副高控制型	0.0	0.0	1.8	19.0	54.0	0.0
大陆暖高型	0.0	0.0	5.3	31.0	20.0	0.0

分析不同高温天气过程后发现,西安地区长时间持续的高温天气多是由两种不同天气类型共同作用形成,称为混合影响型。据统计,混合影响型主要包括西北气流 + 副高型、大陆暖高 + 副高影响型和大陆暖高 + 西北气流型 3 类。

从表 2 可以看出,西北气流型是造成 1~3 d 短时间高温天气的主要类型,而 ≥ 4 d 长时间高温天气过程中,副高是重要影响因子,据统计,副高型和混合影响型中的西北气流 + 副高型是导致西安地区长时间持续高温的主要天气形势。大陆暖高压多造成 3 d 以下短时间高温天气。

表 2 1987—2016 年不同高温持续时间天气类型分布百分比

Tab. 2 The percentage distribution of high temperature weather types for different lasting duration during 1987 - 2016 单位:%

天气类型	持续时间/d			
	≥ 4	3	2	1
西北气流型	23.30	52.60	68.40	64.20
副高影响型	10.00	5.30	5.30	20.50
副高控制型	20.00	10.50	15.80	5.10
大陆暖高型	0.00	15.80	0.00	10.20
混合影响型	46.70	15.80	10.50	0.00

3.2 大气环流形势

3.2.1 西北气流型

西北气流型表现为:500 hPa 中高纬度环流形势为两槽一脊型,乌拉尔山地区以及我国东北至大陆东岸地区为冷槽,青藏高原北部至贝加尔湖以北为

高压脊,西安地区受暖脊前 NW 气流或脊内 WNW 气流控制(图 4)。此类型高温环流形势主要出现在初夏或夏末,多形成 3 d 及以下较短时间的晴热天气。

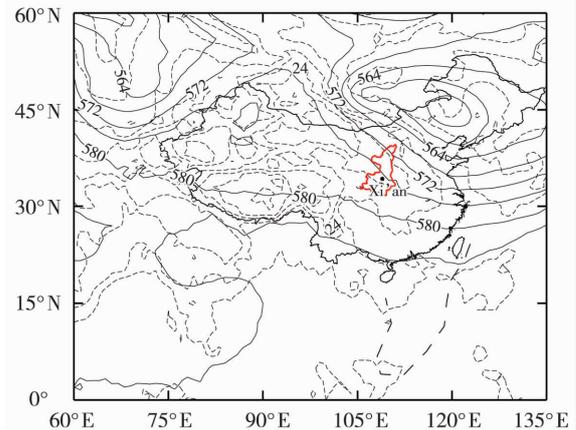


图 4 西北气流型高温天气 500 hPa 高度场(实线,单位:dagpm)和温度场(虚线,单位:°C)

Fig. 4 The 500 hPa height field (solid line, Unit:dagpm) and temperature field (dotted line, Unit:°C) of high temperature weather under the influencing of northwest airstream type

3.2.2 副高型

3.2.2.1 副高影响型

此类型大气环流特点:40°N—50°N 多为平直西风环流,阻挡冷空气南下。副高 588 dagpm 线北抬至 35°N 附近,西伸至 105°E 附近,控制着长江中下游大部分地区(图 5)。此类高温多出现在 7 月中下旬至 8 月上中旬,空气湿度较大,且易发展为副高控制型高温。

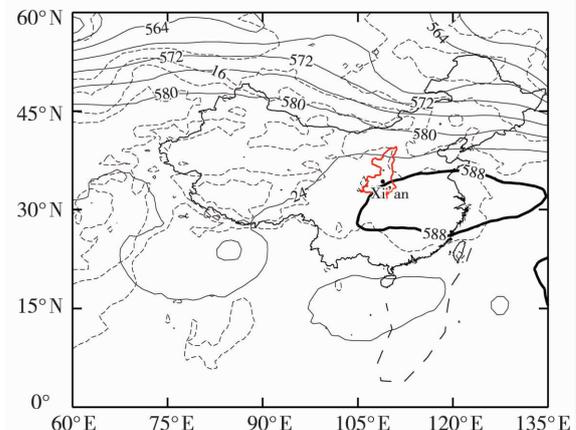


图 5 副高影响型高温天气 500 hPa 高度场(实线,单位:dagpm)和温度场(虚线,单位:°C)

Fig. 5 The 500 hPa height field (solid line, Unit:dagpm) and temperature field (dotted line, Unit:°C) of high temperature weather under the influencing of subtropical anticyclone impact type

3.2.2.2 副高控制型

按照此类型高温形成前的500 hPa形势场分为2类:第1类是在30°N—40°N、92°E—102°E区域内存在中心值为588 dagpm(592 dagpm)的暖高压,同时副高588 dagpm线最西端伸至120°E附近,高压迅速发展,大陆暖高压与副高打通,副高588 dagpm线北端可越过40°N,西端最远可伸至75°E附近,形成副高控制型高温(图略);第2类是由副高影响型发展而来,此类型高温形成前,高原地区没有形成暖高压,形势场上先表现为副高影响型,副高继续西伸北抬,发展为副高控制型,但影响范围远没有第1类广阔,副高588 dagpm线北脊点在40°N附近,西伸点在95°E—105°E范围。此类高温多出现在7月中下旬至8月上中旬,由于副高系统形势稳定,多造成持续4 d以上的高温闷热天气(图6)。

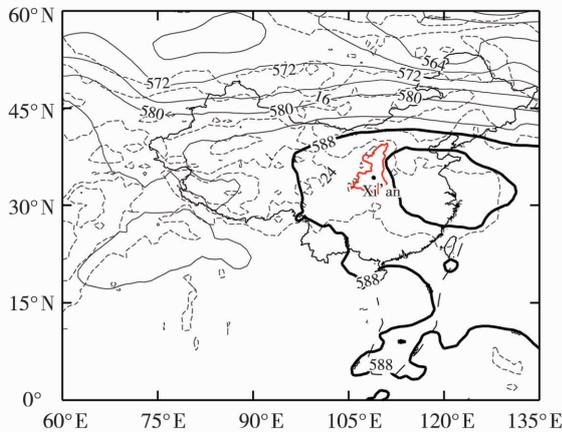


图6 副高控制型高温500 hPa高度场(实线,单位:dagpm)和温度场(虚线,单位:°C)
Fig.6 The 500 hPa height field (solid line, Unit:dagpm) and temperature field (dotted line, Unit:°C) of high temperature weather under the influencing of subtropical anticyclone control type

3.2.3 大陆暖高型

大陆暖高型主要表现为:588 dagpm暖高压控

制43°N以南、105°E以西的高原区域(图7),大陆高压发展旺盛时在高原中部可形成闭合的592 dagpm暖高压中心。此类型高温多出现在盛夏,容易演变为副高控制型高温,多形成3 d以下的“干热”天气。

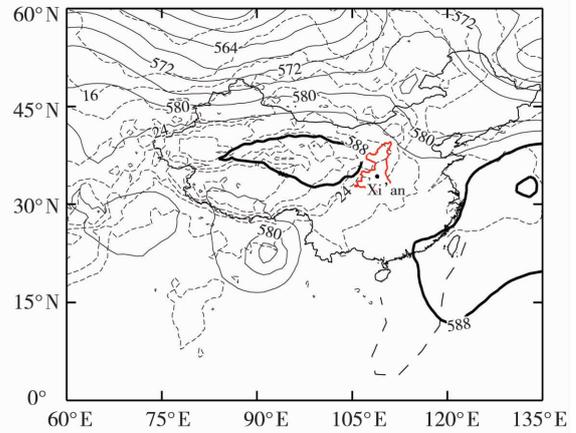


图7 大陆暖高型高温500 hPa高度场(实线,单位:dagpm)和温度场(虚线,单位:°C)
Fig.7 The 500 hPa height field (solid line, Unit:dagpm) and temperature field (dotted line, Unit:°C) of high temperature weather under the influencing of continental warm anticyclone type

4 6—8月高温逐月高空、地面、数值模式、参照站预报指标

以1474个高温日为样本,对6—8月高温发生前一日08:00 850 hPa气温和地面温度进行统计分析,最终在32°N—40°N、105°E—115°E范围内选取银川、崆峒、延安、郑州、太原5站作为指标站,并进一步分析≥35 °C、≥37 °C和≥40 °C高温发生前一日08:00三种(4类)高温类型的高空(表3)、地面(表4)、ECWFM数值预报(表5)和指标站天气预报指标(表6),该预报指标只有预报次日无冷空气影响,无明显降水发生时才能套用。

表3 西安地区6—8月高温天气高空预报指标

Tab.3 Upper forecast indexes of high temperature weather from June to August in Xi'an

月份	天气类型	850 hPa 温度			500 hPa 暖中心			850 hPa 暖中心		
		≥35 °C	≥37 °C	≥40 °C	≥35 °C	≥37 °C	≥40 °C	≥35 °C	≥37 °C	≥40 °C
6月	西北气流型	16~20 °C	18~22 °C	21~23 °C	20°N—35°N、80°E—105°E、-2~1 °C暖中心	同左列	同左列	30°N—50°N、70°E—90°E、24~30 °C暖中心。70%个例	35°N—50°N、75°E—100°E、26~31 °C暖中心	40°N—50°N、90°E—100°E、25~31 °C暖中心、同时
								25°N—40°N、95°E—110°E、14~17 °C冷中心		30°N—40°N、105°E—120°E、21~25 °C暖中心

续表

月份	天气类型	850 hPa 温度			500 hPa 暖中心			850 hPa 暖中心		
		≥35 °C	≥37 °C	≥40 °C	≥35 °C	≥37 °C	≥40 °C	≥35 °C	≥37 °C	≥40 °C
6 月	副高影响型	17~20 °C	20~22 °C	20~22 °C	30°N—40°N、 85°E—100°E、 0~1 °C 暖中心	同左列	同左列	35°N—45°N、 95°E—100°E、 24~25 °C暖中心、 60% 个例 30°N—40°N、 100°E—110°E、 17~18 °C冷中心	35°N—45°N、 95°E—100°E、 24~25 °C暖中心	同左列
	大陆暖高型	17~19 °C	20~22 °C	—	无暖中心	25°N—35°N、 80°E—90°E、 有-1~0 °C 暖中心	—	35°N—45°N、 85°E—95°E、 23~26 °C暖中心	30°N—45°N、 80°E—105°E、 25~30 °C暖中心	—
	副高控制型	17~19 °C	20~23 °C	—	30°N—40°N、 90°E—110°E、 0~3 °C 暖中心	同左列	—	25°N—40°N、 105°E—120°E、 21~23 °C暖中心	同左列	—
7 月	西北气流型	18~20 °C	19~23 °C	20~23 °C	30°N—40°N、 100°E—115°E、 -1~0 °C 暖中心	28°N—35°N、 90°E—100°E、 0~2 °C 暖中心	同左列	35°N—45°N、 95°E—105°E、 26~29 °C暖中心	35°N—40°N、 85°E—90°E、 25~30 °C暖中心、 35% 个例同时在 32°N—45°N、 97°E—110°E、 27~30 °C暖中心	30°N—45°N、 85°E—92°E、 27~32 °C暖中心
	副高影响型	18~21 °C	20~23 °C	21~25 °C	35°N—45°N、 100°E—110°E、 0~3 °C 暖中心、 20% 个例 无暖中心	35°N—40°N、 90°E—105°E、 1~4 °C 暖中心	30°N—40°N、 90°E—105°E、 2~4 °C 暖中心	35°N—45°N、 90°E—110°E、 23~29 °C暖中心、 25% 个例在 30°N—36°N、 103°E—110°E、 16~17 °C冷中心	35°N—45°N、 95°E—110°E、 27~30 °C暖中心	30°N—40°N、 100°E—110°E、 28~32 °C暖中心
	大陆暖高型	19~22 °C	20~23 °C	—	30°N—38°N、 95°E—110°E、 0~2 °C 暖中心	30°N—35°N、 85°E—92°E、 0 °C暖中心	—	35°N—42°N、 80°E—90°E、 25~32 °C暖中心、 30% 个例同时在 32°N—40°N、 100°E—110°E、 24~26 °C暖中心	35°N—42°N、 80°E—95°E、 29~32 °C暖中心	—
	副高控制型	20~22 °C	21~23 °C	22~25 °C	30°N—37°N、 85°E—100°E、 -1~0 °C 暖中心	30°N—40°N、 85°E—100°E、 0~2 °C 暖中心	30°N—40°N、 90°E—100°E、 0~3 °C 暖中心	30°N—45°N、 95°E—105°E、 22~25 °C暖中心	35°N—42°N、 95°E—110°E、 25~29 °C暖中心	35°N—42°N、 100°E—110°E、 25~32 °C暖中心、 40% 个例在 35°N—40°N、 78°E—90°E、 24~26 °C暖中心
8 月	副高影响型	20~22 °C	22~24 °C	23~25 °C	30°N—40°N、 90°E—110°E、 0~1 °C 暖中心	30°N—40°N、 95°E—110°E、 0~2 °C 暖中心	30°N—40°N、 100°E—110°E、 1~2 °C 暖中心	28°N—35°N、 100°E—110°E、 23~26 °C暖中心	30°N—40°N、 105°E—115°E、 25~28 °C暖中心	30°N—37°N、 105°E—115°E、 28~32 °C暖中心
	大陆暖高型	19~22 °C	20~23 °C	—	33°N—40°N、 90°E—100°E、 1~2 °C 暖中心	33°N—40°N、 90°E—100°E、 2~4 °C 暖中心	—	35°N—42°N、 85°E—100°E、 26~30 °C暖中心	32°N—38°N、 95°E—105°E、 28~32 °C暖中心	—
	副高控制型	20~22 °C	21~23 °C	—	30°N—38°N、 85°E—95°E、 -2~0 °C 暖中心	30°N—38°N、 95°E—110°E、 -1~1 °C 暖中心	—	35°N—42°N、 85°E—100°E、 25~28 °C暖中心	35°N—40°N、 85°E—100°E、 29~32 °C暖中心	—

注：“—”表示没有出现≥40 °C高温，因此无预报指标，下同。

表 4 西安地区 6—8 月高温天气地面预报指标

Tab. 4 Surface forecast indexes of high temperature weather from June to August in Xi'an

月份	天气类型	海平面气压/hPa			24 h 变压/hPa			气温和云量		
		≥35 °C	≥37 °C	≥40 °C	≥35 °C	≥37 °C	≥40 °C	≥35 °C	≥37 °C	≥40 °C
6 月	西北气流型	1 005 ~ 1 010	1 000 ~ 1 008	997 ~ 1 003	-2 ~ 1	-3 ~ 0	-8 ~ -3	≥24 °C, 云量≤3 成	≥26 °C, 云量≤3 成	≥29 °C, 云量≤1 成
	副高影响型	1 002 ~ 1 005	1 000 ~ 1 005	997 ~ 1 002	-2 ~ 2	-1 ~ 1	-3 ~ 1	≥24 °C, 云量≤2 成	≥27 °C, 云量≤5 成	≥29 °C, 云量≤1 成
	大陆暖高型	1 002 ~ 1 010	1 002 ~ 1 005	—	-2 ~ 2	-1 ~ 3	—	≥24 °C, 云量≤2 成	≥26 °C, 云量≤2 成	—
	副高控制型	1 000 ~ 1 005	995 ~ 1 002	—	-2 ~ 1	-4 ~ -1	—	≥24 °C, 云量≤1 成	≥26 °C, 云量≤1 成	—
7 月	西北气流型	1 000 ~ 1 008	997 ~ 1 005	997 ~ 1 003	-2 ~ 1	-4 ~ 0	-5 ~ -3	≥24 °C, 云量≤1 成	≥27 °C, 云量≤3 成	≥30 °C, 云量≤3 成
	副高影响型	1 002 ~ 1 007	1 000 ~ 1 005	997 ~ 1 003	-2 ~ 2	-1 ~ 1	-3 ~ 1	≥25 °C, 云量≤2 成	≥28 °C, 云量≤4 成	≥30 °C, 云量≤4 成
	大陆暖高型	1 002 ~ 1 007	1 000 ~ 1 005	—	-1 ~ 0	-3 ~ 0	—	≥25 °C, 云量≤3 成	≥28 °C, 云量≤1 成	—
	副高控制型	1 002 ~ 1 007	1 000 ~ 1 005	998 ~ 1 002	-2 ~ 0	-3 ~ 0	-4 ~ -1	≥25 °C, 云量≤1 成	≥27 °C, 云量≤1 成	≥29 °C, 云量≤1 成
8 月	副高影响型	1 002 ~ 1 007	999 ~ 1 005	997 ~ 1 002	-1 ~ 2	-2 ~ 1	-3 ~ 0	≥25 °C, 云量≤5 成	≥27 °C, 云量≤3 成	≥29 °C, 云量≤3 成
	大陆暖高型	1 002 ~ 1 008	1 000 ~ 1 005	—	-1 ~ 1	-2 ~ 0	—	≥26 °C, 云量≤3 成	≥28 °C, 云量≤2 成	—
	副高控制型	1 002 ~ 1 008	1 000 ~ 1 005	—	-2 ~ 2	-4 ~ 0	—	≥25 °C, 云量≤3 成	≥27 °C, 云量≤3 成	—

表 5 西安地区 6—8 月高温天气 ECWFM 数值模式预报指标

Tab. 5 The forecast indexes of ECWFM numerical prediction model of high temperature weather from June to August in Xi'an

月份	天气类型	850 hPa 温度/°C			海平面气压场/hPa		
		≥35 °C	≥37 °C	≥40 °C	≥35 °C	≥37 °C	≥40 °C
6 月	西北气流型	23 ~ 25	25 ~ 27	25 ~ 28	1 000 ~ 1 006	998 ~ 1 004	994 ~ 1 000
	副高影响型	22 ~ 25	24 ~ 27	25 ~ 28	1 001 ~ 1 004	998 ~ 1 001	995 ~ 999
	大陆暖高型	21 ~ 24	23 ~ 27	—	1 000 ~ 1 006	995 ~ 1 002	—
	副高控制型	23 ~ 25	25 ~ 27	—	998 ~ 1 002	995 ~ 999	—
7 月	西北气流型	23 ~ 27	24 ~ 28	25 ~ 29	999 ~ 1 004	996 ~ 1 003	994 ~ 1 000
	副高影响型	22 ~ 25	24 ~ 27	25 ~ 28	1 001 ~ 1 004	998 ~ 1 001	995 ~ 1 000
	大陆暖高型	23 ~ 26	24 ~ 28	—	1 000 ~ 1 006	996 ~ 1 003	—
	副高控制型	23 ~ 26	25 ~ 28	26 ~ 29	1 000 ~ 1 004	997 ~ 1 003	998 ~ 1 002
8 月	副高影响型	22 ~ 26	24 ~ 27	26 ~ 29	1 000 ~ 1 006	999 ~ 1 002	995 ~ 998
	大陆暖高型	23 ~ 26	25 ~ 28	—	1 000 ~ 1 007	999 ~ 1 002	—
	副高控制型	21 ~ 22	23 ~ 27	—	1 002 ~ 1 007	1 002 ~ 1 004	—

表 6 西安地区 6—8 月高温天气参照站预报指标

Tab. 6 Reference station forecast indexes of high temperature weather from June to August in Xi'an

月份	天气类型	850 hPa 温度/°C			地面温度/°C		
		≥35 °C	≥37 °C	≥40 °C	≥35 °C	≥37 °C	≥40 °C
6 月	西北气流型	3 站 ≥18	3 站 ≥20	3 站 ≥24	3 站 ≥20	3 站 ≥22	3 站 ≥23
	副高影响型	3 站 ≥19	3 站 ≥21	3 站 ≥24	3 站 ≥20	3 站 ≥22	3 站 ≥24
	大陆暖高型	3 站 ≥18	3 站 ≥20	—	3 站 ≥20	3 站 ≥21	—
	副高控制型	3 站 ≥18	3 站 ≥20	—	3 站 ≥18	3 站 ≥21	—
7 月	西北气流型	5 站 ≥18	4 站 ≥20	4 站 ≥24	4 站 ≥21	4 站 ≥23	4 站 ≥25
	副高影响型	3 站 ≥19	3 站 ≥21	3 站 ≥24	3 站 ≥20	3 站 ≥22	3 站 ≥24
	大陆暖高型	4 站 ≥19	4 站 ≥20	—	3 站 ≥21	3 站 ≥22	—
	副高控制型	4 站 ≥19	4 站 ≥21	4 站 ≥23	4 站 ≥20	5 站 ≥21	3 站 ≥24
8 月	副高影响型	5 站 ≥19	3 站 ≥21	3 站 ≥24	4 站 ≥21	4 站 ≥23	4 站 ≥24
	大陆暖高型	5 站 ≥19	3 站 ≥22	—	3 站 ≥22	3 站 ≥23	—
	副高控制型	5 站 ≥19	3 站 ≥21	—	5 站 ≥20	4 站 ≥23	—

5 实例检验

2017 年 6—8 月,西安地区出现 ≥35 °C 高温日 33 d,其中 ≥37 °C 14 d, ≥35 °C 10 d。西北气流型高温 11 d,副高影响型高温 4 d,副高控制型高温 8 d,大陆暖高型高温 10 d。套用各月高温预报指标对 2017 年高温日检验结果如下:

6 月:西北气流型 ≥35 °C 高温,拟合率 83.0%;西北气流型 ≥37 °C 高温,拟合率 83.0%。大陆暖高型 ≥35 °C 高温,拟合率 91.0%。大陆暖高型 ≥37 °C 高温,拟合率 91.0%。

7 月:西北气流型 ≥35 °C 高温,拟合率 100%;西北气流型 ≥37 °C 高温,拟合率 91.0%;大陆暖高型 ≥35 °C 高温,拟合率 100%;大陆暖高型 ≥37 °C 高温,拟合率 91.0%;副高影响型 ≥37 °C 高温,拟合率 91.0%;副高影响型 ≥40 °C 高温,拟合率 91.0%;副高控制型 ≥37 °C 高温,拟合率 100%;副高控制型 ≥40 °C 高温,拟合率 83.0%。

8 月:大陆暖高型 ≥35 °C 高温,拟合率 100%。

6 结论

(1)近 30 a 西安地区 ≥35 °C、≥37 °C 和 ≥40 °C 高温日线性倾向率分别为 3.3、3.0、0.2 d · (10 a)⁻¹。≥35 °C 高温日 1997 年最多,1987 和 1993 年最少。2001 年为 ≥37 °C 高温日的分界岭,2001 年以后 ≥37 °C 高温日明显增多。≥40 °C 高温年际分布没有明显变化特征。

(2)近 30 a 西安地区 ≥35 °C、≥37 °C 和 ≥40 °C

高温日主要出现在 6—7 月,分别占各自高温总日数的 76.0%、81.4% 和 93.8%。≥35 °C 和 ≥37 °C 高温日 7 月出现最多,≥40 °C 高温日 6 月出现最多。

(3)按照 500 hPa 大气环流形势,将西安地区高温天气分为西北气流型、副高型(细分为副高影响型和副高控制型)、大陆暖高型 3 种类型。

(4)西北气流型是春末夏初和夏末高温天气的主导类型,副高型是盛夏高温天气的主要类型,大陆暖高型则是西安整个夏季高温天气的重要环流形势。

(5)西北气流型多造成 1~3 d 短时间的高温天气,副高型以及混合影响型中的西北气流 + 副高型多造成 ≥4 d 长时间持续的高温天气。大陆暖高压影响下多出现 3 d 以下高温天气,且大陆暖高型高温易发展为副高控制型高温。

(6)利用天气学原理和统计学方法,研究建立了西安地区 6—8 月逐月高空、地面、ECWMT 数值模式和指标站的高温精细化预报指标。利用 2017 年高温日对各月高温指标进行检验,拟合率达 83.0% 以上。指标还要在业务运行中继续检验,进一步细化、完善。

参考文献:

- [1] 徐金芳,邓振镭,陈敏. 中国高温热浪危害特征的研究综述[J]. 干旱气象,2009,27(2):163-167.
- [2] 谈建国,陆晨,陈正洪,等. 高温热浪与人体健康[M]. 北京:气象出版社,2009.
- [3] 许遐祯,郑有飞,尹继福,等. 南京市高温热浪特征及其对人体健康的影响[J]. 生态学杂志,2011,30(12):2815-2820.
- [4] 范碧航,李宁,张继权,等. 城市高温灾害性天气影响分析与危

- 害评估——以长春市为例[J]. 灾害学,2011,26(4):93-97.
- [5] 赵鸿,王润元,尚艳,等. 粮食作物对高温干旱胁迫的响应及其阈值研究进展与展望[J]. 干旱气象,2016,34(1):1-12.
- [6] 周正朝,胡娜娜,周华. 西安市气温和降水变化趋势分析[J]. 干旱区研究,2012,29(1):27-34.
- [7] 张旭阳,宁海文,杜继稳,等. 西安城市热岛效应对夏季高温的影响[J]. 干旱区资源与环境,2010,24(1):95-101.
- [8] 王颖,刘丹妮,张玮玮. 1951—2015年杭州市炎热高温天气特征及影响因子[J]. 干旱气象,2017,35(4):611-625.
- [9] 周长春,汪丽,郭善云,等. 四川盆地高温热浪时空特征及预报模型研究[J]. 高原山地气象研究,2014,34(3):51-57.
- [10] 张国华,张延宾,关键,等. 京津冀城市高温及闷热预报概念模型[J]. 干旱区资源与环境,2015,29(11):133-138.
- [11] 李玲萍,李岩瑛,钱莉,等. 河西走廊东部高温天气成因分析及预报研究[J]. 干旱区研究,2010,27(1):142-147.
- [12] 吴春英,高燕,金鑫,等. 抚顺 $\geq 33^{\circ}\text{C}$ 高温天气研究[J]. 安徽农业科学,2010,38(32):18365-18368.
- [13] 王正旺,庞转棠,魏建军,等. 长治市高温天气分析预报[J]. 气象科技,2007,35(6):822-826.

Monthly Fine Forecast Indexes of High Temperature Weather in Xi'an Area

QIAO Juan¹, ZHANG Yabin¹, CHENG Long¹, HUANG Lei¹, BAI Guoqiang²

(1. Xi'an Meteorological Bureau of Shaanxi Province, Xi'an 710016, China;
2. Gansu Weather Modification Office, Lanzhou 730020, China)

Abstract: Based on high temperature weather observation data in Xi'an urban and six counties from 1987 to 2016, the spatial and temporal features of high temperature weather with temperature above 35°C , 37°C and 40°C occurring in Xi'an area were analyzed by using synoptic principle and statistical method. It showed that high temperature days increased in recent 30 years, concretely speaking, for temperature above 35°C , 37°C and 40°C , the increasing rate of high temperature days were 3.3 days per 10 years, 3 days per 10 years and 0.2 day per 10 years, respectively. As for monthly variation, high temperature days with temperature above 35°C and 37°C were most in July, while high temperature days with temperature above 40°C were most in June. According to different atmospheric circulation on 500 hPa, the circulations influencing high temperature weather in Xi'an were classified into 3 types, including northwest airstream type, subtropical anticyclone type (subtropical anticyclone impact type and subtropical anticyclone control type) and continental warm anticyclone type. Furthermore, the monthly fine forecast indexes of high temperature weather with temperature above 35°C , 37°C and 40°C were summarized by analyzing the position and temperature range of warm air in upper and lower level, sea-level pressure, the 24 h surface allobaric field, temperature and cloud cover, EC numerical weather prediction product and temperature on 850 hPa and surface in five reference stations, etc, these forecast factors all occurred at 08:00 BST on the previous day of high temperature.

Key words: high temperature weather; monthly fine forecast indexes; Xi'an area