

西安市近62年冬季冷暖时空变化特征分析

金丽娜, 徐波, 张高健

陕西省西安市气象局, 陕西 西安

收稿日期: 2023年2月22日; 录用日期: 2023年3月24日; 发布日期: 2023年3月31日

摘要

应用1960年12月~2022年2月西安市6个国家气象站和1个区域气象站的气温、降水数据, 对县区冬季平均气温求气候标准差, 并确定冷暖冬阈值, 判定西安市区域冷暖冬及各区县单站冷暖冬。采用距平、线性、相关性等方法, 分析西安市冬季平均气温及冷暖冬气候特征。结论显示: 西安市近62年冬季气温变化趋势与全国研究结果一致, 冬季平均气温距平以 $0.35^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 的趋势上升, 且为明显的阶段性变化, 2015年至今为暖期, 强冷冬主要发生在20世纪60~70年代, 强暖冬主要发生在21世纪; 周至县、市区冷冬发生频次较高, 蓝田县、高陵区暖冬发生频次较高; 西安市冬季气温变化一致型占比30.6%, 前后相反型占比59.7%, 冷暖交替型占比9.7%; 冬季平均气温与气温要素均呈正相关, 与降水要素多成负相关; 年、春季、秋季、汛期平均气温对冬季气温具有明显的指示性意义; 21世纪以来, 各区县冷暖冬时间重合度较高, 说明区域尺度上的冷暖冬事件的出现是大范围气候状态的反应。

关键词

冬季, 冷暖冬, 时空变化特征, 预测模型

Analysis of Spatial and Temporal Variation Characteristics of Cold and Warm in Recent 62 Winter in Xi'an

Lina Jin, Bo Xu, Gaojian Zhang

Xi'an Meteorological Bureau of Shaanxi Province, Xi'an Shaanxi

Received: Feb. 22nd, 2023; accepted: Mar. 24th, 2023; published: Mar. 31st, 2023

Abstract

Based on the temperature and precipitation data of six national meteorological stations and one regional meteorological station in Xi'an from December 1960 to February 2022, the climate stan-

dard deviation of the average winter temperature in the county is calculated, and it determines the cold and warm winter threshold, determines the regional cold and warm winter of Xi'an and the cold and warm winter of single station in each district and county. The methods of deviation, linearity and correlation are adopted, which analyzes the climatic characteristics of extremely cold and warm winter in Xi'an. The conclusion shows that: the variation trend of winter temperature in Xi'an in recent 62 years is consistent with the national research results, the average temperature in winter is $0.35^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, and it is an obvious stage change, warm period since 2015, the strong cold winter mainly occurred in the 1960s and 1970s, and strong warm winter mainly occurred in the 21st century; the frequency of cold winter in Zhouzhi and urban are high, the frequency of warm winter in Lantian and Lintong are high; in Xi'an, 30.6% of the winter temperature changes are consistent, 59.7% are opposite, and 9.7% are cold and warm alternating; the average temperature in winter is positively correlated with the temperature elements and negatively correlated with the precipitation elements; the average temperature in the year, spring, autumn and flood season has obvious indicative significance to the winter temperature; since the 21st century, the coincidence degree of cold and warm winter in each district and county is high, it shows that the occurrence of cold and warm winter events on the regional scale is the response of a wide range of climate conditions.

Keywords

Winter, Cold and Warm Winter, Spatial and Temporal Variation Characteristics, Prediction Model

Copyright © 2023 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

目前, 全球增温总趋势气候变化显著[1]。IPCC 第 6 次评估报告指出: 从 19 世纪以来, 全球平均升温 1.1°C ; 随着全球气温上升, 我们将面临各种各样的气候危害; 在目前的升温趋势下, 气候韧性发展已面临挑战: 如果全球升温超过 1.5°C , 气候韧性发展将更加受限; 而如果全球升温超过 2°C , 在有些地区这种发展将不可能实现。大量数据证明, 气候变暖在冬季表现更加显著[2] [3] [4] [5], 且对农业生产的影响也最大[6] [7], 如作物安全越冬、病虫害发生发展等; 与此同时, 对人民群众的生产生活也有较大影响[8]。与全球、全国[9]的变化趋势一致, 中国西北地区气温在 20 世纪 90 年代后显著上升, 特别是冬季气温在近半个世纪升高了 2.1°C [10]。冬季增温使中国北方地区的日最低气温小于 0°C 的日数显著减少, 暖冬事件在 1986 年以后发生更为频繁[11]。

西安市气候特征为暖温带半湿润大陆性季风气候, 冷暖干湿四季分明。冬季寒冷、风小、多雾霾、少雨雪; 春季温暖、干燥、多风、气候多变; 夏季炎热多雨, 伏旱突出, 多雷雨大风; 秋季凉爽, 气温速降, 秋淋明显。研究西安市冬季冷暖气候变化特征, 可为完善西安市区域性气候变化提供理论依据, 为西安市区域性冬季天气气候趋势预测提供理论基础, 为科学防灾提供决策依据。对了解区域性气候变化对全球变暖的贡献, 提高应对气候变化能力具有重要意义。

2. 资料与方法

2.1. 数据来源

研究应用 1960 年 12 月~2022 年 2 月西安市 6 个国家气象站(周至县、鄠邑区、长安区、临潼区、高

陵区、蓝田县)和 1 个区域气象站(西安市气象局内)的气温、降水数据(图 1), 其中西安市气象局区域站 1960~2013 年为国家气象站, 2014 年后降级为区域气象站, 因 2014 年 12 月和 2015 年 1 月、2 月、12 月数据缺失, 采用内插法进行补充。

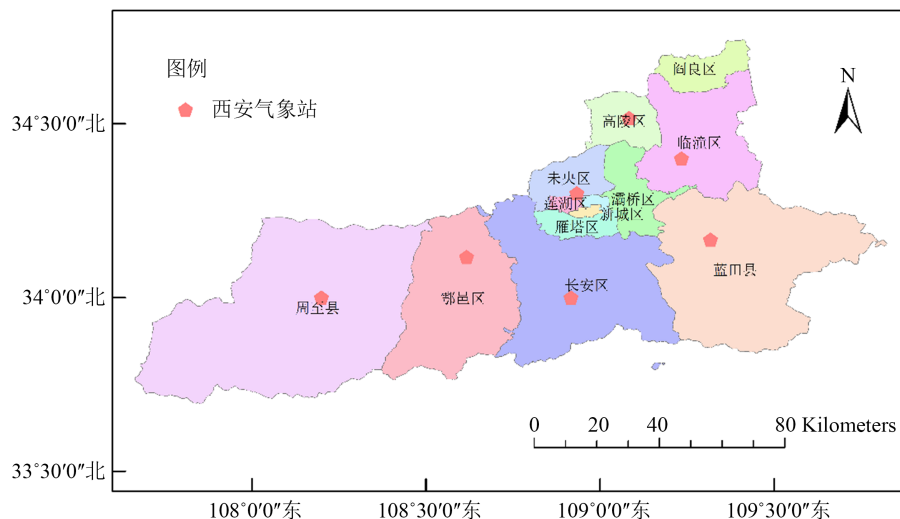


Figure 1. Spatial distribution of meteorological stations in Xi'an

图 1. 西安市气象站点空间分布图

分析利用距平分析、线性倾向评估、相关性分析等方法, 研究西安市冬季平均气温及冷暖冬气候特征, 及不同要素与冬季平均气温的相关性。

2.2. 单站、区域冷暖冬标准

冷、暖冬等级采用《GB/T 33675-2017 冷冬等级》[12]、《GB/T 21983-2008 暖冬等级》[13]中单站(表 1)和区域等级划分指标(区域范围内冷、暖冬站数超过站点总数的 50%, 定义为区域冷、暖冬; 在区域冷、暖冬年, 区域范围内强冷、暖冬站点数大于等于冷、暖冬站点数的 50%, 定义为区域强冷、暖冬, 否则为区域弱冷、暖冬)。

Table 1. Classification of cold and warm winter of single station

表 1. 单站冷、暖冬等级划分

等级指标	等级名称
$\Delta T \leq -1.29\sigma$	强冷冬
$-1.29\sigma < \Delta T \leq -0.43\sigma$	弱冷冬
$-0.43\sigma < \Delta T < 0.43\sigma$	常年
$0.43\sigma \leq \Delta T < 1.29\sigma$	弱暖冬
$\Delta T \geq 1.29\sigma$	强暖冬

ΔT 为冬季(上年 12 月~当年 2 月)平均气温距平, σ 为冬季气温标准差。

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (t_j - \bar{T})^2} \quad (1)$$

式中, σ 为标准差, 表示随机变量分布离散程度的统计量之一; j 为年份序号; n 为序列长度, t_j 为冬季

平均气温； $\bar{T}$ 为冬季平均气温的气候平均值。

一般情况下，气候资料的记录年代越长，气候平均值的代表性越好，但是各个气象站的记录年代不同，会影响气候平均值的比较性。为统一判定西安市冷暖冬标准，本研究各个年代气候均值数据采用最新气候均值(1991~2020 年)确定冷暖冬阈值。

对 19 世纪 60 年代~21 世纪 20 年代设有国家气象站的西安县区冬季平均气温求气候标准差(表 2)：标准差是一组数据平均值分散程度的一种度量，标准差越大说明大部分数值和其平均值之间差异较大，标准差越小代表这些数值较接近平均值。

Table 2. Standard deviation of winter temperature in counties and districts with national weather stations in Xi'an from 1860s to 2020s

表 2. 西安市设有国家气象站的县区 19 世纪 60 年代~21 世纪 20 年代冬季气温标准差

	市区	周至县	鄠邑区	长安区	临潼区	高陵区	蓝田区
1961~1990	1.886	1.817	1.607	1.105	1.531	/	0.998
1971~2000	1.481	1.263	1.222	0.808	1.167	1.061	0.807
1981~2010	1.215	1.076	1.026	0.748	0.978	0.909	0.829
1991~2020	1.010	1.024	0.875	0.781	0.970	0.864	0.902

说明：高陵区建站起始时间为 1970 年。

2.3. 线性倾向估算、相关性分析

采用线性倾向评估方法对冬季平均气温距平进行分析，研究西安市区域冷暖冬、单站冷暖冬各年代变化及时空占比特征；利用 SPSS 软件，分析冬季平均气温与各类气象要素的皮尔森(Pearson)相关性，并进行显著性检验。

3. 西安市冬季冷年变化特征

3.1. 西安市冬季平均气温变化特征

对 1961~2022 年西安市冬季平均气温距平(图 2)分析发现，在全球气候变暖的背景下，西安市近 62 年冬季平均气温距平以 $0.35^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 的趋势上升，5 年滑动平均呈现波动上升趋势，表现为明显的阶段性变化，1961~1999 年为冷期，2000~2014 年为持平期，2015 年至今为暖期。

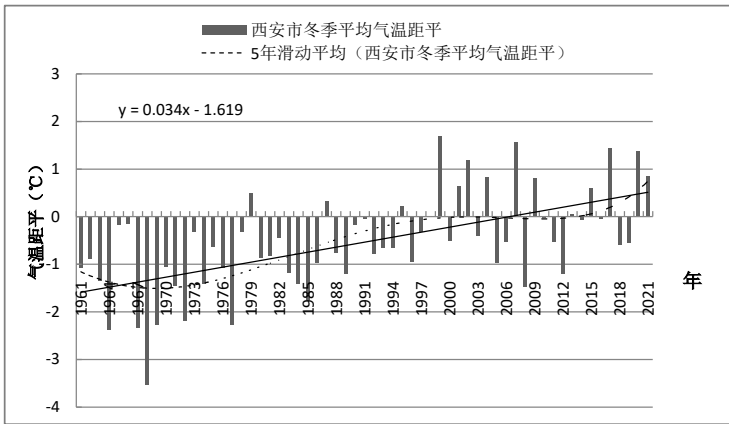


Figure 2. Winter average temperature anomaly in Xi'an from 1961 to 2022

图 2. 1961~2022 年西安市冬季平均气温距平

3.2. 西安市区域冷暖冬气候特征

对西安市各年代区域冷暖冬出现年份及次数(表 3)分析发现,西安市 1961~2022 年共出现 6 个强冷冬、26 个弱冷冬、19 个正常年、8 个弱暖冬、3 个强暖冬,分别占总年数的 9.7%、41.9%、30.7%、12.9%、4.8%;强冷冬主要发生在 20 世纪 60~70 年代,强暖冬主要发生在 21 世纪。

Table 3. Years and times of regional cold and warm winter in each interdecadal
表 3. 各年代区域冷暖冬出现年份及次数

年代	强冷冬	弱冷冬	正常年	弱暖冬	强暖冬
1961~1970	1964、1967、 1968、1969	1961、1962、1963、 1970	1965、1966	/	/
1971~1980	1972、1977	1971、1974、1975、 1976、1980	1973、1978	1979	/
1981~1990	/	1981、1983、1984、 1985、1986、1988、 1989	1982、1987、1990	/	/
1991~2000	/	1992、1993、1994、 1996	1991、1995、1997、 1998、2000	1999	/
2001~2010	/	2005、2008	2003、2006、2010	2001、2002、 2004、2009	2007
2010~2020	/	2011、2012、2018、 2019	2013、2014、2016	2015	2017、2020
2021~2022	/	/	2022	2021	/
出现频次/a	6	26	19	8	3

3.3. 单站冷暖冬气候特征

根据西安市 7 个国家气象站各年代冷暖冬发生次数及占比分布图(表 4、图 3)分析发现:周至县为冷冬发生频次最高的区县,蓝田县为暖冬发生频次最高的区县;20 世纪 60~80 年代西安市及各区县以冷冬占比居多;20 世纪 90 年代周至县过度为暖冬占比居多,其他区县仍以冷冬占比居多,但年份差距有所缩小;21 世纪 00 年代除临潼区外,其余区县均为暖冬占比居多;21 世纪 10 年代,位于西安市北部地区的市区、临潼区、高陵区暖冬占比居多,位于南部地区的其余区县冷冬占比居多;2021~2022 年未出现冷冬。

Table 4. Frequency and proportion of cold and warm winter at single station in each interdecadal
表 4. 各年代单站冷暖冬出现次数及占比

年代	市区(冷/暖)	周至(冷/暖)	鄠邑(冷/暖)	长安(冷/暖)	临潼(冷/暖)	蓝田(冷/暖)	高陵(冷/暖)
1961~1970	8/0	10/0	8/0	7/0	8/0	5/2	/
1971~1980	9/0	9/0	7/0	6/1	6/1	5/1	7/1
1981~1990	8/0	8/0	8/0	5/1	7/0	7/1	7/0
1991~2000	4/1	0/1	3/1	2/1	4/1	4/3	6/1
2001~2010	2/4	2/3	0/7	3/5	4/3	3/5	4/5
2010~2020	1/3	7/3	4/2	4/3	1/4	4/3	4/5
2021~2022	0/2	0/1	0/1	0/1	0/2	0/0	0/2
合计	32/10	36/8	30/11	27/12	30/11	28/15	28/14
占比(%)	49.2/16.1	58.1/12.9	48.4/17.7	43.5/19.4	48.4/17.7	45.2/24.2	45.2/22.6

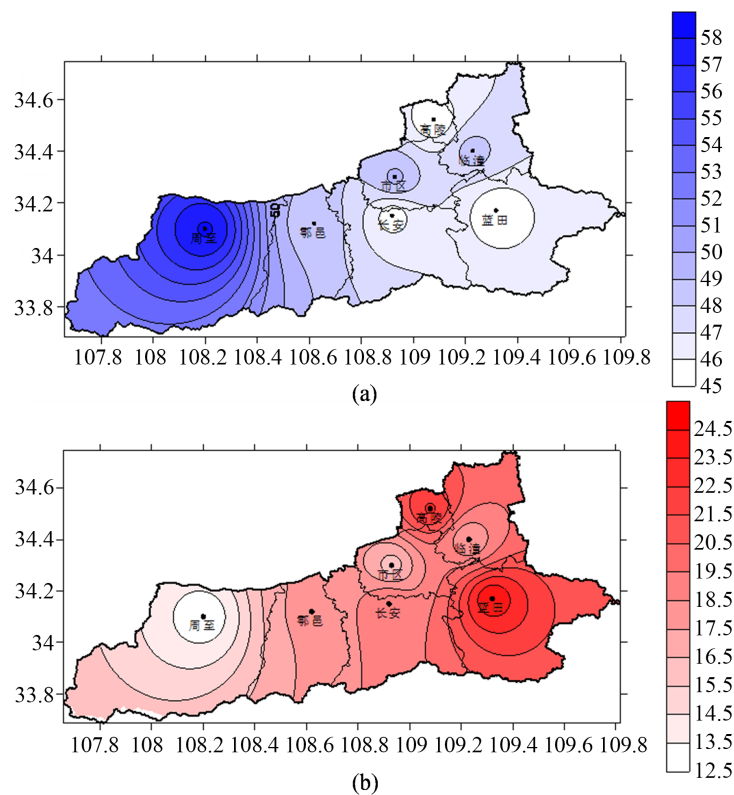


Figure 3. Distribution of cold and warm winter proportion (%) in all districts and counties of Xi'an from 1961 to 2022 cold winter (a), warm winter (b)
图 3. 1961~2022 年西安市各区县冷暖冬占比(%)分布图冷冬(a), 暖冬(b)

3.4. 西安市冬季气温分型

将西安市冬季各月平均气温进行分解, 研究冬季气温分型(表 5): 变化一致型表示冬季各月气温具有很好的一致型, 气候形势多受大尺度天气系统影响, 这种分型共 19 年, 占比 30.6%, 其中一致偏冷型占比 9.7%, 一致偏暖型占比 20.9%; 前后相反型表示前暖后冷或前冷后暖的气候特征, 共 37 年, 占比 59.7%, 均为前暖后冷型; 冷暖交替型表示两头冷中间暖或是两头暖中间冷, 共 6 年, 占比 9.7%, 均为中间冷型。

Table 5. Classification of winter temperature in Xi'an
表 5. 西安市冬季气温分型

类型		年数	年份
变化一致型	一致偏冷型	6	1964、1967、1968、1969、1972、1977
	一致偏暖型	13	1966、1979、1987、1999、2001、2002、2004、2007、2013、2015、2017、2020、2021
前后相反型	前暖后冷	37	1961、1962、1963、1965、1970、1971、1974、1975、1976、1978、1980、1981、1982、1983、1984、1985、1986、1988、1989、1990、1991、1992、1994、1995、1996、1997、2000、2005、2008、2010、2011、2012、2014、2016、2018、2019、2022
	前冷后暖	0	/
冷暖交替型	中间暖型	0	/
	中间冷型	6	1973、1993、1998、2003、2006、2009

4. 西安市冬季气温相关性分析

分析 1960~2021 年逐年冬季平均气温与上年的年度、四季、汛期平均气温、降水量和极端最高最低气温，以及与同年的春夏秋三季、汛期平均气温、降水量和极端最高最低气温的皮尔森(Pearson)相关系数(表 6)：发现冬季平均气温与气温要素均呈正相关，其中与上年的年、春季、秋季以及同年的春季、秋季、汛期平均气温呈显著正相关，均通过了 0.01 的显著性检验；冬季平均气温与上年春夏秋三季和同年春秋两季降水量呈不显著负相关，与汛期、上年冬季、同年夏季降水量呈不显著正相关。说明西安年、春季、秋季、汛期平均气温对冬季气温具有明显的指示性意义。

Table 6. Analysis of significant relationship between winter temperature in Xi'an
表 6. 西安市冬季气温显关系分析

要素	上年	同年	要素	上年	同年
年平均气温	0.665**	/	年降水量	0.003	/
春季平均气温	0.518**	0.395**	春季降水量	-0.141	-0.267
夏季平均气温	0.089	0.044	夏季降水量	-0.022	0.236
秋季平均气温	0.340**	0.455**	秋季降水量	-0.161	-0.124
冬季平均气温	0.322	/	冬季降水量	0.146	/
年极端最高气温	0.184	0.152	汛期平均气温	0.251	0.346**
年极端最低气温	0.029	0.157	汛期降水量	0.108	0.059

注：*和**分别表示通过 0.05 和 0.01 的显著性检验。

5. 结论与讨论

5.1. 结论

- 1) 西安市近 62 年冬季平均气温距平总体以 0.35℃/10a 的趋势上升，且为明显的阶段性变化，2015 年至今为暖期。近 62 年西安市出现 6 个强冷冬、26 个弱冷冬、19 个正常年、8 个弱暖冬、3 个强暖冬，强冷冬主要发生在 20 世纪 60~70 年代，强暖冬主要发生在 21 世纪。
- 2) 周至县、市区冷冬发生频次较高，蓝田县、高陵区暖冬发生频次较高；20 世纪 60~80 年代各区县以冷冬占比居多，20 世纪 90 年代为过度期，冷暖冬年份差异减少，21 世纪 00 年代大部区县暖冬占比居多；21 世纪 10 年代，西安市北部区县暖冬占比居多，南部区县冷冬占比居多。
- 3) 西安市冬季气温变化一致型共 19 年，占比 30.6%，其中一致偏冷型占比 9.7%，一致偏暖型占比 20.9%；前后相反型共 37 年，占比 59.7%，均为前暖后冷型；冷暖交替型表共 6 年，占比 9.7%，均为中间冷型。
- 4) 冬季平均气温与气温要素均呈正相关，与降水要素多成负相关；其中年、春季、秋季、汛期平均气温对冬季气温具有明显的指示性意义。

5.2. 讨论

全球气候变暖致使西安市冬季气温明显上升，暖冬频次增加显著，冷冬频次有所明显；20 世纪 90 年代开始，冬季气温升高更为明显，整体变化趋势与全国基本一致[12]，随机的“冷事件”为气候变暖大环境下的正常波动[14]；21 世纪以来，西安市发生了 6 次(2002 年、2007 年、2009 年、2017 年、2020 年)全区域性的暖冬事件，各县区的冷暖冬时间重合度较高，进一步说明了区域尺度上的冷暖冬事件的出现是大范围气候状态的反应。

参考文献

- [1] IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Cambridge University Press, Cambridge. http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5_WGI-12Doc2b_FinalDraft_All.pdf
- [2] 林立烽, 刘志涛, 崔方庆, 等. 农业经济可持续发展面临的问题及发展对策: 以揭阳市为例[J]. 湖北农业科学, 2020, 59(增刊 1): 249-253.
- [3] 张霞. 北京市延庆区都市型现代农业发展路径研究[J]. 科技和产业, 2020, 20(12): 85-89.
- [4] 王淼, 宜君县. 1968-2017 年气温变化趋势分析[J]. 陕西气象, 2019(2): 19-21.
- [5] 刘炳涛, 张健, 满志敏. 1724-2016 年上海地区冬季平均气温重建与特征分析[J]. 中国历史地理论丛, 2018, 33(4): 70-77.
- [6] 屈振江, 周广胜. 中国产区苹果越冬冻害的风险评估[J]. 自然资源学报, 2017, 32(5): 829-840.
- [7] 曹锋. 暖冬骤增对江汉平原越冬作物的不利影响初探[J]. 湖北农业科学, 2018, 57(17): 34-36.
- [8] 别芳玫, 陈梦, 童雅芳, 等. 冬季气温对负荷及用电量的影响分析研究[J]. 湖北电力, 2019, 43(2): 42-49.
- [9] 陈峪, 任国玉, 王凌, 等. 近 56 年我国暖冬气候事件变化[J]. 应用气象学报, 2009, 20(5): 29-35.
- [10] 李栋梁, 彭素琴, 姚辉. 我国西北地区冬季平均产气温的气候特征[J]. 大气科学, 1995, 19(3): 192-199.
- [11] 龚道溢, 王绍武. 近百年我国的异常暖冬与冷冬[J]. 灾害学, 1996(2): 64-69.
- [12] 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. GB/T 33675-2017 冷冬等级[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [13] 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. GB/T 21983-2008 暖冬等级[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [14] 王澄海, 李健, 许晓光. 中国 50 年气温变化准 3 年周期的普遍性及气温未来的可能变化趋势[J]. 高原气象, 2012, 31(1): 126-136.