

新疆巴州平原北部降水时空分布特征 及其主要环流形势分析

陈艳丽^{1,2}, 杨 霏^{3*}, 周雪英⁴, 姜爱红⁵

¹新疆铁门关市气象局, 新疆 铁门关

²成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都

³新疆气象服务中心, 新疆 乌鲁木齐

⁴新疆巴音郭楞蒙古自治州气象局, 新疆 库尔勒

⁵新疆图木舒克市气象局, 新疆 图木舒克

收稿日期: 2023年7月27日; 录用日期: 2023年8月24日; 发布日期: 2023年8月31日

摘 要

本文利用新疆巴音郭楞蒙古自治州(以下简称“巴州”)平原北部共计9个国家气象观测站1981~2020年月降水量资料,运用数据统计法、线性趋势、Morlet小波分析等方法对新疆巴州平原北部降水量时空的分布特征及多时间尺度下的演变趋势进行了研究分析;并利用NCEP/NCAR $1^\circ \times 1^\circ$ 再分析资料,总结分析了新疆巴州平原北部大范围降水天气过程的主要影响系统和环流形势。结果表明:1) 新疆巴州平原北部年降水量最多出现在焉耆盆地的和硕,最少出现在库尉轮地区的尉犁。2) 20世纪80年至90年代,新疆巴州平原北部整体处于相对较湿润的年代,其中焉耆盆地在90年代具有区域性增湿的显著特征。21世纪00年代至10年代,巴州平原北部整体增湿趋势放缓,但仍有区域性增湿的特征。近40年,库尉轮地区增湿的趋势则相对较弱。3) 在近40年来的年降水量序列研究时段内,新疆巴州平原北部的焉耆盆地存在4a、8a、22a振荡周期,库尉轮地区存在8a、12a振荡周期;其中8a尺度周期是新疆巴州平原北部全区域性的。该区域降水序列在时间上具有多尺度特征,空间分布差异显著,时间域与频率域的联合分布具有较强的局部特征。4) 造成新疆巴州平原北部大范围降水天气过程的环流形势主要为:西西伯利亚低槽(涡)型、中亚低槽(涡)型、西西伯利亚低槽和中亚低槽形成的南北结合型。

关键词

年降水量, 周期性特征, 小波分析, 环流形势

Temporal and Spatial Distribution Characteristics of Precipitation and the Analysis of Its Main Circulation Situation in the Northern Bazhou Plain, Xinjiang

*通讯作者。

文章引用: 陈艳丽, 杨霏, 周雪英, 姜爱红. 新疆巴州平原北部降水时空分布特征及其主要环流形势分析[J]. 气候变化研究快报, 2023, 12(5): 846-852. DOI: 10.12677/ccrl.2023.125087

Yanli Chen^{1,2}, Xian Yang^{3*}, Xueying Zhou⁴, Aihong Jiang⁵

¹Xinjiang Tiemenguan Meteorological Bureau, Tiemenguan Xinjiang

²School of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan

³Xinjiang Meteorological Service Center, Urumqi Xinjiang

⁴Xinjiang Bayingoleng Mongolian Autonomous Prefecture Meteorological Bureau, Korla Xinjiang

⁵Xinjiang Tumushuke Meteorological Bureau, Tumshuke Xinjiang

Received: Jul. 27th, 2023; accepted: Aug. 24th, 2023; published: Aug. 31st, 2023

Abstract

This paper uses the monthly precipitation data from 1981 to 2020 from nine national meteorological observation stations in the northern plains of Bayingoleng Mongolian Autonomous Prefecture (hereinafter referred to as “Bazhou”) in Xinjiang. The spatial and temporal distribution characteristics of precipitation in the northern Bazhou Plain of Xinjiang and the evolution trend under multiple time scales are studied and analyzed by means of data statistics method, linear trend and Morlet wavelet analysis. Using the NCEP/NCAR $1^\circ \times 1^\circ$ reanalysis data, the main influencing systems and circulation situation of the large-scale precipitation weather process in the northern Bazhou Plain of Xinjiang are summarized and analyzed. The results show that: 1) The annual precipitation in the northern Bazhou Plain of Xinjiang is the largest in Heshuo in the Yanqi Basin, and the least in Yuli in the Kuyulun area. 2) From the 1980s to the 1990s, the northern Bazhou Plain in Xinjiang was relatively humid as a whole, and the Yanqi Basin was characterized by regional humidification in the 1990s. From the 2000s to the 2010s, the overall growth trend in the northern Bazhou Plain slowed down, but it still had the characteristics of regional humidification. In the past 40 years, the trend of humidification in the Kuweilun area was relatively weak. 3) During the research period of the annual precipitation series in the past 40 years, the Yanqi Basin in the northern Bazhou Plain of Xinjiang has oscillation periods of 4a, 8a, and 22a, and the Kuweilun area has oscillation periods of 8a and 12a; among them, the 8a scale period is the Bazhou Basin in Xinjiang. North of the state plains are all regional. The precipitation sequence in this region has multi-scale characteristics in time, and the spatial distribution is significantly different. The joint distribution of time domain and frequency domain has strong local characteristics. 4) The circulation patterns that cause the large-scale precipitation weather process in the northern Bazhou Plain of Xinjiang are mainly: the West Siberian low trough (vortex) type, the Central Asian low trough (vortex) type, and the north-south combination formed by the West Siberian low trough and the Central Asian low trough type.

Keywords

Annual Precipitation, Periodic Characteristics, Wavelet Analysis, Circulation Situation

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

全球气候变暖倍受社会各界关注，是气象领域学术界的重要议题。气候变化对人类生活环境、经济和社会发展的影响逐渐加剧，也将导致越来越多极端灾害性天气的发生[1][2]。

施雅风先生最早提出,新疆以天山西部为主地区于 1987 年起出现了气候转向暖湿的强劲信号;并在研究中根据相关标准,将西北地区当前的气候变化科学地划分为显著转型区、轻度转型区和未转型区[3][4]。水资源是制约地区产业布局、发展高效低耗的生态型农业的重要因素之一,对于干旱区域农业和社会经济发展的影响更甚,降水量对其生态和环境保护的意义重大。学者们针对副热带西风急流与中亚夏季降水的研究发现[5],当中亚副热带西风急流位置偏南时,该区域上空受异常气旋控制,咸海以东区域则主要盛行偏南风,为降水天气提供有利的动力条件;而西亚急流轴位置偏南则会造成新疆夏季降水偏多[6]。目前,已有大量关于新疆夏季降水事件的研究结果表明,新疆极端降水与海拔密切相关,具有短持续性、局地性等特征,且具有明显的日变化;逐时降水频率峰值时间与降水量峰值时间在空间特征上基本表现一致[7][8][9][10][11]。此外,也有学者针对不同区域降水量的时空分布特征及其变化趋势等方面进行了分析[12][13][14]。新疆巴州平原北部地形特殊、下垫面复杂,因其自然条件恶劣,该区域的生态系统较为脆弱;通过研究该区域降水时空的分布特征及其演变趋势,有助于深入了解、认识该区域的气候变化规律,以期不断提高应对气候变化的能力,同时也将在该区域社会经济与生态环境协调发展发挥积极指导意义。

2. 研究区概况

新疆巴州位于新疆维吾尔自治区东南部,历史悠久的巴州作为古丝绸之路的必经之路,巴州东邻甘肃、青海,西连新疆和田、阿克苏地区,南倚昆仑山与西藏相接;北以天山为界与伊犁、塔城等 6 个地州市相连。新疆巴州属于典型的大陆性气候,降水分布不均,按地理位置和气候特征主要分为 3 个气候相似区域,即焉耆盆地(和静、和硕、焉耆)、库尉轮地区(库尔勒、尉犁、轮台)、平原南部地区(若羌、且末)。本文的研究区域主要针对巴州平原北部,即焉耆盆地及库尉轮地区,其范围大致介于 $81^{\circ}\sim 90^{\circ}\text{E}$ 和 $40^{\circ}\sim 43^{\circ}\text{N}$ 之间(图 1);焉耆盆地位于新疆塔里木盆地东北侧,是天山主脉与其支脉之间的形成的山间盆地,由西北向东南倾斜;库尉轮地区位于天山山脉及其支脉南麓。

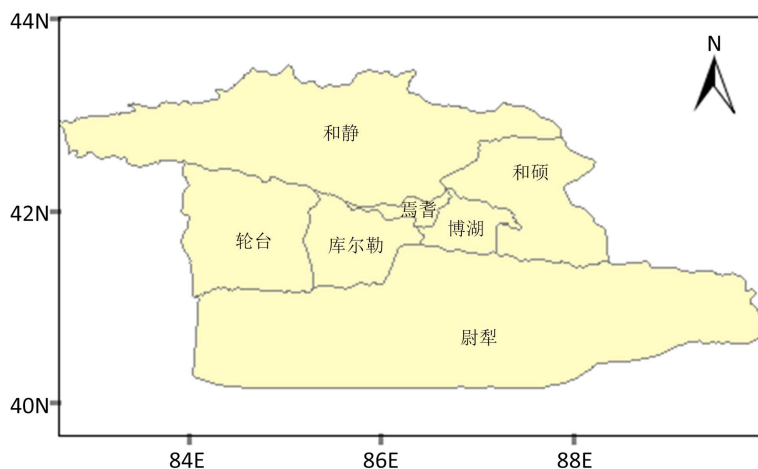


Figure 1. Schematic diagram of the study area

图 1. 研究区域示意图

3. 资料与方法

新疆巴州占新疆总面积的四分之一,区域跨度大,自动气象站的站网布局较稀疏,气象监测资料不足,空间分布不均匀。为了尽可能地反映巴州平原北部的降水分布特征,按照区域代表性和长期观测资料的可比性,本文利用巴州平原北部的焉耆盆地、库尉轮地区共计 9 个国家气象观测站 1981 年 1 月至

2020 年 12 月共计 40 年的月降水量数据，数据资料均经过严格的质量控制；利用数据统计法、线性趋势分析出年降水量序列和年代际变化特征，再利用 Morlet 小波分析方法对该区域降水量时空的分布特征及多时间尺度下的变化规律进行了研究分析。文中并利用 NCEP/NCAR $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 再分析资料，总结分析了新疆巴州平原北部大范围降水天气过程的主要影响系统和环流形势。

4. 降水量的年代际变化及周期性特征分析

4.1. 降水量的年代际变化

Table 1. Interdecadal variation characteristics of precipitation in the northern Bazhou Plain, Xinjiang
表 1. 新疆巴州平原北部降水年代际变化特征

年代	参数	巴州平原北部气候区								
		焉耆盆地					库尉轮地区			
		和硕	焉耆	和静	21 团	22 团	29 团	库尔勒	轮台	尉犁
1981~2020	多年平均值/mm	97.7	80.0	74.5	71.2	88.1	81.6	62.7	73.0	50.9
1981~1990	距平值/mm	-11.8	2	-7.7	-0.2	8.1	8.3	8.8	18.6	19.4
	正距平年数比率/%	40	50	40	50	40	40	50	60	40
1991~2000	距平值/mm	15.9	20	14.3	15.2	21	-0.5	-10	2.7	11.2
	正距平年数比率/%	80	60	60	80	80	40	30	30	20
2001~2010	距平值/mm	-0.8	-5.7	-12	-17.8	-7.6	-12.5	-15.6	1.3	-14.8
	正距平年数比率/%	50	30	50	20	30	30	40	50	20
2011~2020	距平值/mm	-3.4	-16.5	5	3	-5.1	4.4	16.9	-22.3	-15.8
	正距平年数比率/%	30	30	50	50	30	50	60	20	20

地理位置和地形是新疆巴州平原北部降水的时空分布及其演变趋势的主要影响因素。焉耆盆地(和静、和硕、焉耆、博湖)受特殊地形影响，在天山山脉南麓有相对丰富的降水，而库尉轮地区(库尔勒、轮台、尉犁)的降水量相对较少。经统计，焉耆盆地年降水量为 71.2~97.7 mm，库尉轮地区年降水量为 50.9~81.6 mm；巴州平原北部年降水量最多出现在焉耆盆地的和硕，最少出现在库尉轮地区的尉犁。

如表 1 所示：20 世纪 80 年代，新疆巴州平原北部的降水变化特征较为一致，正降水距平年数比例为 40%~60%。20 世纪 90 年代，焉耆盆地的距平值在 14.3~20.0 mm 之间，正降水距平年数比例为 60%~80%，增湿趋势明显；库尉轮地区的正降水距平年数比例为 20%~40%。21 世纪 00 年代，新疆巴州平原北部的正降水距平年数比例为 20%~50%，处于负距平时段，增湿趋势放缓；其中和硕、和静、轮台正降水距平年数比例为 50%；21 世纪 10 年代，新疆巴州平原北部的正降水距平年数比例为 20%~60%，最高出现在库尔勒为 60%。综上分析可得，20 世纪 80 年代至 90 年代巴州平原北部的降水距平主要以正距平为主，新疆巴州平原北部整体处于相对湿润时段，库尉轮地区增湿的趋势相对较弱；其中 90 年代焉耆盆地有区域性增湿趋势。21 世纪 00 年代至 10 年代，增湿趋势放缓，但仍有区域性增湿的特征。近 40 年，库尉轮地区增湿的趋势相对较弱。

4.2. 降水量的周期特征分析

将新疆巴州平原北部近 40 年(1981~2020 年)降水量序列进行标准化处理，采用 Morlet 小波变换分析(具体方法见文献[15])，用 MATLAB 软件编写数据处理程序，计算小波系数，并用 Surfer 15 绘制巴州平

原北部的降水量序列 Morlet 小波变换系数实部时频变化图。通过(图 2)可以看出：在时间演变上，新疆巴州平原北部年降水量序列中，焉耆盆地在整个研究时段内存在明显的 4a、8a、22a 振荡周期，其中 4a、22a 振荡周期为最强；库尉轮地区在整个研究时段内存在 8a、12a 振荡周期，其中 8a 尺度振荡周期最强。总体来看，8a 尺度周期是新疆巴州平原北部全区域性的。降水序列具有多尺度的时间分布特征，表现为多种周期尺度相互嵌套，具有很强的时频局部特征，且这种多尺度特征在空间上具有明显差异。

新疆巴州平原北部降水分布不均匀，相对较少的绝对降水量极大影响着当地农林牧业发展、荒漠生态环境的保护等方面。在全球气候变暖的气候背景下，新疆巴州平原北部降水是否保持持续增长的态势，与其密切相关的水文循环、生态系统和地表过程又会相对有何种响应，这些诸多关键领域的核心问题还有待相关学者进一步深入研究。

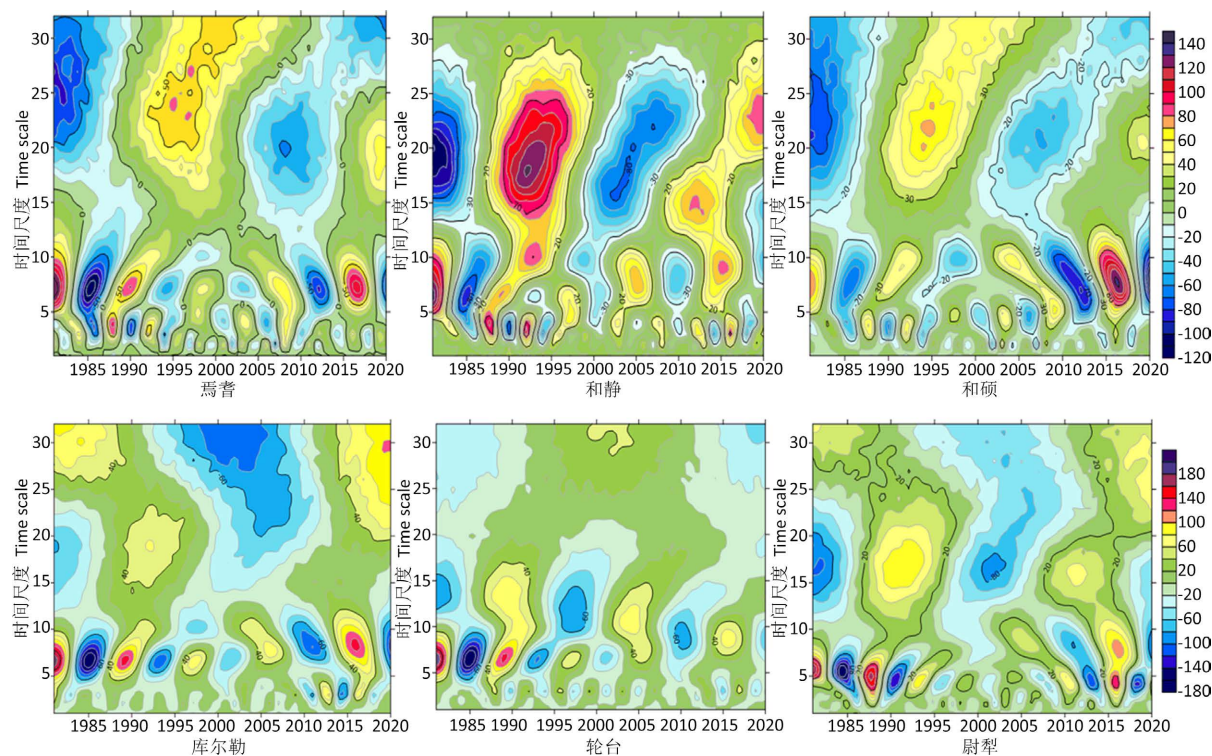


Figure 2. Time-frequency distribution of the real part of Morlet wavelet transform in the northern Bazhou Plain, Xinjiang
图 2. 新疆巴州平原北部 Morlet 小波变换实部时频分布

5. 巴州平原北部大范围降水天气过程的环流形势分型

利用 NCEP/NCAR $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 再分析资料，通过 GrADS 绘图软件[16]绘制了巴州平原北部大范围降水天气过程历史个例的 500 hpa 高空天气图，总结分析了 1981~2020 年造成该区域大范围降水的主要影响系统。

5.1. 西西伯利亚低槽(涡)型(图 3(a))

500 hpa 高空形势图上，欧亚范围 $60^{\circ} \sim 100^{\circ} \text{E}$ 为低槽活动区，环流经向度较大；上游有欧洲脊或乌拉尔山高压脊发展，脊线的最佳位置位于 $45^{\circ} \sim 65^{\circ} \text{E}$ ，其中对新疆偏北区域有明显影响的平均脊线位于 50°E 附近。随着上游脊的发展或西退，脊前偏北气流引导北方冷空气南下或西南下，槽底可南伸至 45°N 以南。西西伯利亚低槽(涡)型属于北支低值系统，当低槽位于 $70^{\circ} \sim 90^{\circ} \text{E}$ ，则为新疆巴州平原北部降水大范围降水主要关注的冷空气活动区域。

5.2. 中亚低槽(涡)型(图 3(b))

此类环流形势主要以经向环流为主，主要呈淮南北向，槽的振幅可达 20 个纬距以上。500 hpa 高空形势图上，欧亚范围 60°~90°E，35°~50°N 出现明显的低槽或两条以上闭合等高线；40°N 附近南支锋区较强，其上游的黑海、里海或乌拉尔山以西有高压脊发展(或阻塞高压形成)；随着上游脊的更替或东南衰退，使得中亚低槽或低涡东移或西退，长波槽可南伸至 35°N 以南。中亚低槽(涡)型属于南支低值系统，是造成南疆大部、天山山区及其两侧大范围降水的主要影响系统。

5.3. 西西伯利亚低槽和中亚低槽形成的南北结合型(图 3(c))

500 hpa 高空形势图上，西西伯利亚低槽东移至巴尔喀什湖附近，受地形影响，低槽底部不断分裂短波，且北段移速略快于南段，槽线位于 70°~80°E 之间；同时，中亚低槽在东移的过程中与西西伯利亚低槽南北结合，南疆大部位于受槽前西南气流影响。西西伯利亚低槽槽前偏西气流与南支中亚低槽槽前西南暖湿气流交汇至伊犁河谷至天山及其两侧，而中亚偏南低槽移速缓慢，不断分裂短波进入南疆盆地，与南疆塔里木盆地东灌的冷空气形成“东西夹攻”形势，有利于南疆降水的形成，这种环流型式有利于天山山区及其两侧产生明显降水。

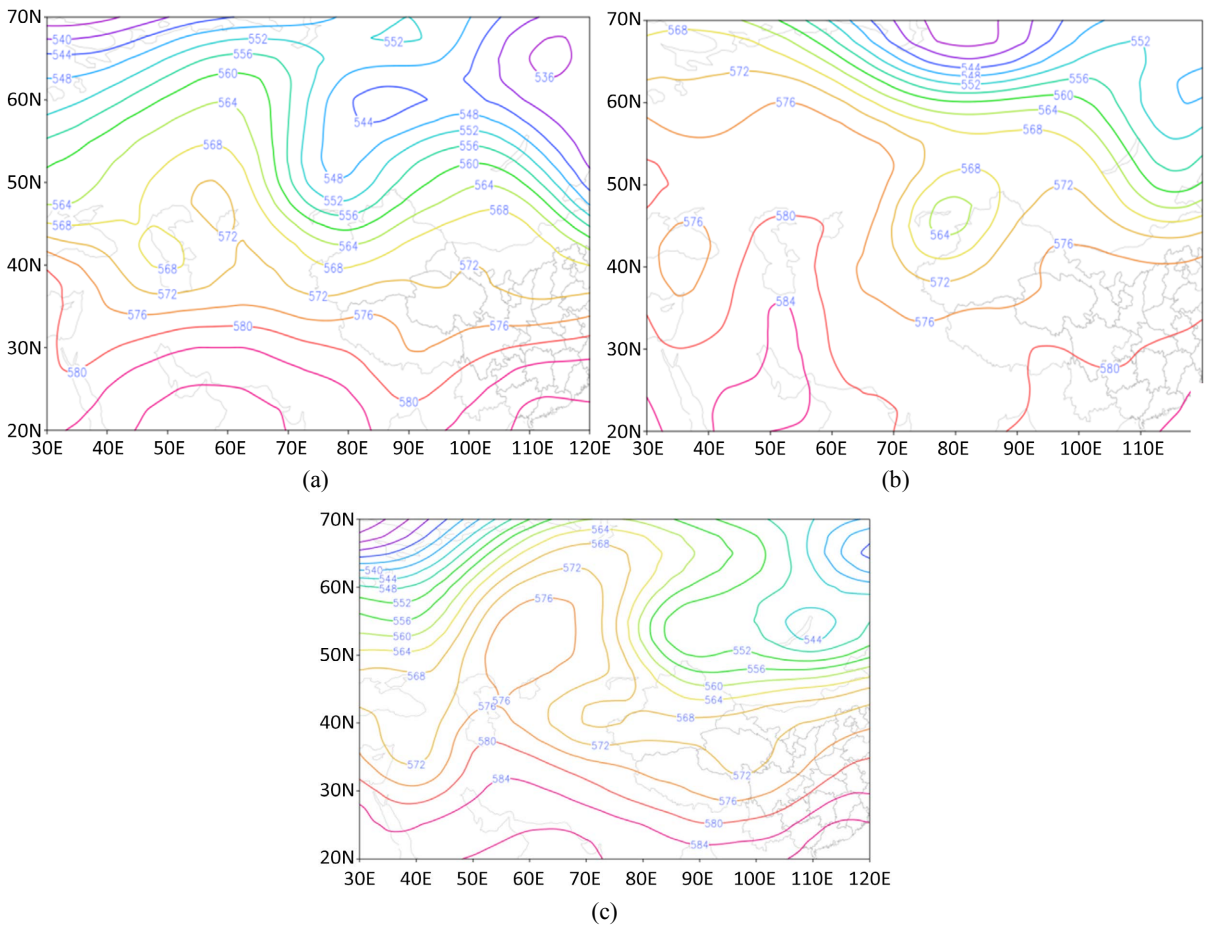


Figure 3. The main circulation pattern of the large-scale precipitation weather process in the northern Bazhou Plain; (a) West Siberia low trough (vortex) type; (b) Central Asia low trough (vortex) type; (c) The north-south combined type formed by the West Siberian low trough and the Central Asian low trough

图 3. 巴州平原北部大范围降水天气过程的主要环流形势；(a) 西西伯利亚低槽(涡)型；(b) 中亚低槽(涡)型；(c) 西西伯利亚低槽和中亚低槽形成的南北结合型

6. 小结

1) 新疆巴州平原北部的焉耆盆地年降水量为 71.2~97.7 mm, 库尉轮地区年降水量为 50.9~81.6 mm; 巴州平原北部年降水量最多出现在焉耆盆地的和硕, 最少出现在库尉轮地区的尉犁。

2) 新疆巴州平原北部在 20 世纪 80 年至 90 年代降水距平主要以正距平为主, 整体处于相对较湿润的年代, 其中焉耆盆地在 90 年代具有区域性增湿的显著特征。21 世纪 00 年代至 10 年代, 巴州平原北部整体增湿趋势放缓, 但仍有区域性增湿的特征。近 40 年, 库尉轮地区增湿的趋势则相对较弱。

3) 在近 40 年来的年降水量序列研究时段内, 新疆巴州平原北部的焉耆盆地存在 4a、8a、22a 振荡周期, 其中 8a、22a 尺度周期较为显著; 库尉轮地区存在 8a、12a 振荡周期, 其中 8a 尺度周期较为显著。由此可见, 8a 尺度周期是新疆巴州平原北部全区域性的; 该区域降水序列不仅在时间上具有多尺度特征, 时间域与频率域的联合分布具有较强的局部特征, 且这种多尺度特征在空间分布存在明显差异。

4) 造成新疆巴州平原北部大范围降水天气过程的环流形势主要为: 西西伯利亚低槽(涡)型、中亚低槽(涡)型、西西伯利亚低槽和中亚低槽形成的南北结合型。

基金项目

新疆生产建设兵团第二师强青科技领军人才计划(2023HZ0105); 新疆气象局重大工程气候可行性论证研究(2023XM08)。

参考文献

- [1] Houghton, J. 全球变暖[M]. 戴晓苏, 等, 译. 北京: 气象出版社, 2001.
- [2] 莫振光, 屠其璞. 我国短期气候变化以其成因研究[M]. 北京: 气象出版社, 1996: 11-17.
- [3] 施雅风, 沈永平, 胡汝骥. 西北气候由暖干向暖湿转型的信号、影响和前景初步探讨[J]. 冰川冻土, 2002, 24(3): 219-226.
- [4] 施雅风, 沈永平, 李栋梁, 等. 中国西北气候由暖干向暖湿转型的特征和趋势探讨[J]. 第四纪研究, 2003, 23(2): 152-164.
- [5] 姚俊强, 曾勇, 李建刚, 等. 中亚区域干湿及极端降水研究综述[J]. 气象科技进展, 2020, 10(4): 7-14.
- [6] 任国强, 赵勇. 副热带西风急流与中亚夏季降水的关系[J]. 高原气象, 2022, 41(6): 1425-1434.
- [7] 朱小凡, 张明军, 王圣杰, 等. 2008-2013 年新疆夏季降水的日变化特征[J]. 生态学杂志, 2016, 35(2): 478-488.
- [8] 秦贺, 陈春艳, 阿不力米提江·阿布力克木, 等. 新疆暖季短时强降水特征[J]. 干旱区研究, 2019, 36(6): 1440-1449.
- [9] 杜雅菡, 周顺武, 亨巴提, 等. 1965-2015 年新疆夏季不同等级降水的空间分布特征[J]. 冰川冻土, 2018, 40(6): 1231-1241.
- [10] 赵勇, 王前, 黄安宁. 南亚高压伊朗高压型与新疆夏季降水的联系[J]. 高原气象, 2018, 37(3): 651-661.
- [11] 杨霞, 许婷婷, 张林梅, 等. 不同气候背景下南疆暖季暴雨特征和差异[J]. 干旱气象, 2022, 40(2): 222-233.
- [12] 姚俊强, 杨青, 刘志辉, 等. 中国西北干旱区降水时空分布特征[J]. 生态学报, 2015, 35(17): 5846-5855.
- [13] 李晔, 曼吾拉·卡德尔. 1991-2020 年新疆降水的时空变化特征[J]. 广东气象, 2022, 44(3): 42-45+53.
- [14] 辛渝, 张广兴, 杨修群, 等. 新疆博州地区降水时空分布特征及典型旱涝年[J]. 中国沙漠, 2007, 27(4): 656-662.
- [15] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2007: 106-113.
- [16] 朱禾. GrADS 绘图实用手册[M]. 第二版. 北京: 气象出版社, 2019: 125-132.