1982—2022 年新疆昌吉州冬季降雪气候特征

阿丽哈德克·哈德尔汗[1]　阿来依·阿依丁[2]　王春燕[1]　王江华[1]
沙那提[1]　阿帕尔·肉孜[1*]

（1 新疆昌吉回族自治州气象局，昌吉 831100；2 乌鲁木齐市气象局，乌鲁木齐 830002）

摘要　基于新疆昌吉州 10 个国家站 1982—2022 年冬季逐日降雪观测资料，运用线性倾向估计、Morlet 小波分析、Mann-Kendall 突变检验、Arcgis 反距离权重插值等方法，分析了昌吉州冬季降雪量、降雪日数、降雪强度的气候学特征，揭示出一些较有意义的事实，结果表明：冬季降雪变化存在显著的区域差异，平原区和北塔山区降雪量显著增加，速率分别为 2.6 mm/10a 和 2.8 mm/10a，而天池与蔡家湖趋势不显著，降雪增多的主导月份不同，平原区主要贡献来自 12 月，北塔山则来自 2 月；各区域降雪日数的减少一致由小雪日数显著减少所致，其中天池及平原区大雪日数显著增多，冬季降雪强度显著增强，表明降雪过程向强降雪事件发展；地形是影响降雪分布的关键因子，降雪量与大雪日数均呈现山区（天池）高、绿洲-平原次之、沙漠（蔡家湖）与干旱山地（北塔山）最低的格局。本研究揭示了新疆昌吉州冬季降雪在暖湿化背景下的“量增、日减、强度增”的变化特征，对区域水资源评估与雪灾防范具有参考意义。

关键词　昌吉州；降雪；不同等级降雪；时空变化

中图分类号：P467　**DOI**：10.19517/j.1671-6345.20250185　**文献标识码**：A

引言

新疆地处欧亚大陆腹地，西北与亚洲中部干旱区的重要组成部分，降水作为干旱区重要水汽来源，对生态与可持续发展起着至关重要的作用[1]。施雅风院士发现自 1987 年起，西北气候存在由暖干到暖湿的转变，在新疆北部及天山山区特征尤为明显[2]，但暖湿程度不足以扭转干旱与半干旱气候本质[3]，1997 年之后随着温度的升高，由暖湿向暖干转型，在干湿之间又发生了一次转变[3]，西北干旱区冬季降水量在 80 年代后期到 90 年代初发生突增[4]，西北西部和东部的局地是降水增加和减少较显著的区域[5-7]，尤其到 20 世纪 80 年代后期被认为降水格局发生显著转变的关键期[8]。

以往针对夏季降水[9]、汛期降水[10]以及对冬季降水[11-12]的研究取得了一系列有益进展。马素艳等[13]对内蒙古东南部一次特大暴雪过程的分析表明，回流型暴雪的形成与多尺度系统相互作用密切相关，李进等[14]总结了杭州市典型雨转雪天气的预报模型，为南方地区冬季降水相态预报提供了参考，杨晓君等[15]揭示了低层冷垫和偏东急流在华北回流型暴雪中的决定性作用。北疆阿勒泰、塔城及乌鲁木齐的暴雪及暖区暴雪[16-18]也是学者们比较关心的话题之一。

针对不同等级降水的研究发现，我国冬半年降水日数普遍减少，降水强度增强，降水过程向极端化趋势发展[19]，西北干旱区也表现出降雪量增加而降雪日数减少的总体趋势[20]。新疆冬季降雪日数自南向北逐渐递增[21]，北疆降雪整体呈增加趋势，中量及以上降雪事件增多尤为明显[22-23]，降雪日数以西部最多[24]，极端雪灾风险加大[25]，中天山北坡降雪量与降雪日数呈城区多、山区少的空间分布特征，

新疆维吾尔自治区气象局引导性项目（YD2024010）、昌吉回族自治州科技计划项目（2023S02-04）、昌吉回族自治州气象局气象科技研究课题（CJ202303）资助

作者简介：阿丽哈德克·哈德尔汗，女，1991 年生，硕士，工程师，主要从事天气预报与气候等方面的研究，Email：1486346704@qq.com

收稿日期：2025 年 6 月 5 日；定稿日期：2025 年 11 月 10 日

* 通信作者，Email：apar-ek@sohu.com

降雪量的增加由中雪和暴雪量增加所致[26]，昌吉地区冬季降雪量日变化呈双峰型特征[27]，阿勒泰地区冬季各级降雪日数与总降雪强度均呈增加趋势[28]，与中天山北坡的部分结论存在差异，凸显了新疆冬季降雪变化的复杂性与区域差异。

以往对新疆西部、北部及天山山区降水的研究较多，而在较小区域尺度上对于不同等级降水精细化时空分布特征的系统性研究较少，昌吉州作为天山北坡经济带的核心区域，社会经济活动密集，冬季频发的降雪及其引发的次生灾害是区域可持续发展的潜在瓶颈，揭示该区域冬季降雪特征，不仅有助于深化对天山北坡区域气候的认识，更是提升冬季降雪预报、水资源优化利用及雪灾风险评估等工作提供有利参考依据，因此有必要开展研究工作。

1　资料与方法

1.1　研究区概况

位于西北干旱区的昌吉州地处天山山脉北坡，准噶尔盆地南缘，由四种地貌单元组成，南部为天山山脉，中部为倾斜平原，北部为沙漠，东北角为北塔山山地，它是天山与阿尔泰山的山结，此区域称为“天山北麓”，地形复杂，山-盆相间，沙漠与绿洲共存，水汽输送差，降水稀少，生态环境脆弱。区域内有 10 个国家站，玛纳斯、呼图壁、昌吉位于西部，东部包括阜康、吉木萨尔、奇台、木垒四个县市以及位于东北角的北塔山山地及阜康市南部山区站天池，北部为蔡家湖站（在昌吉州行政区外）（图 1）。

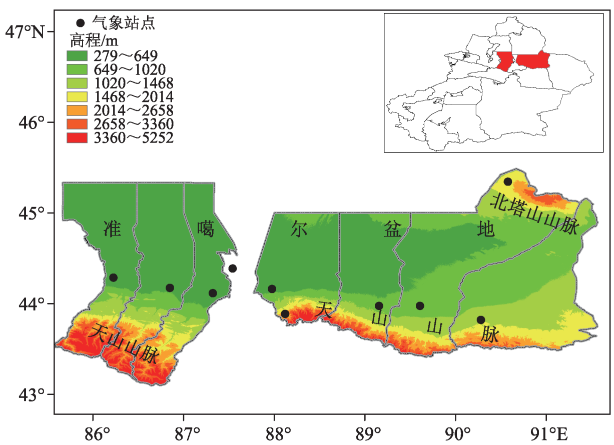

图 1　研究区高程及气象站点分布

Fig. 1　Elevation of the study area and meterological stations

1.2　数据与方法

本文利用 1982—2022 年冬季（1982 年冬季指的是 1981 年 12 月至 1982 年 2 月，以此类推）10 个国家站的日降水资料（20:00 至次日 20:00），数据经过严格的质量控制，降水划分采用地方标准 DB65/T3273—2011，降水日为日降水量 $R \geqslant 0.1$ mm 的日数，按 24 h 降水量（20:00 至次日 20:00）划分为：小雪（0.1 mm $\leqslant R \leqslant$ 3 mm）、中雪（3.1 mm $\leqslant R \leqslant$ 6 mm）、大雪（6.1 mm $\leqslant R \leqslant$ 12 mm）和暴雪（12.1 mm $\leqslant R \leqslant$ 24 mm）四个等级，各等级日数分别为对应量级范围的降雪日数。

根据地形与气候特征，将昌吉州分为四种子区域，以揭示不同环境下降雪分布规律，以天池站代表天山山区，揭示高海拔山区的降雪情况。城市群所在的绿洲-平原区，包括玛纳斯县至木垒县的 7 个县市站，其空间分布连续，下垫面均一，代表人口与农业主要分布区。北塔山站代表东北部干旱山地荒漠区，揭示干旱山区环境下降雪的演变规律。蔡家湖站位于古尔班通古特沙漠南缘，反映典型沙漠环境下的降雪变化规律，该分区策略有助于刻画不同区域的雪情特征。

本文降雪量和降雪日数为在同一冬季内（上年 12 月至当年 2 月），针对不同站点的降水量和降雪日数平均值。降雪强度为某一冬季内总降水量与其相应累积降雪日数之比；针对不同等级降雪，分别计算各等级降雪的降水量与其对应的降雪日数的比。昌吉州冬季降雪日数、降雪量为 41 年的平均值。

文中采用线性倾向估计法[29]揭示气候变化趋势；采用 Mann-Kendall 法[29]对降雪量、降雪日数进行突变检验；为探究降雪的多时间尺度特征，利用 Morlet[29]小波分析技术，此方法能同时在时域和频域上揭示时间序列的局部特征；空间插值采用 Arcgis 的反距离权重插值法（IDW）将站点数据空间化，展示空间分布特征。

2　冬季降雪的年际变化特征

2.1　冬季降雪量的年际变化

图 2 展示 1982—2022 年昌吉州不同区域冬季降雪量变化，研究发现，昌吉州平原冬季降雪量为 26.2 mm，并表现出显著增加趋势，速率达 2.6 mm/10a（$p < 0.05$），近 41 年降雪量增多约 10.7 mm，最大值出现在 2000 年，达 54.3 mm，最小值出现在 1986

年，仅为 9.6 mm，降雪量年际波动较大。北塔山区域冬季平均降雪量最少，为 17.6 mm，但增湿速率最大，达 2.8 mm/10a($p<0.05$)，增幅略高于平原地区。天池区域平均冬季降雪量最大，为 30.1 mm，但天池与蔡家湖区域表现出不显著增湿趋势，增湿速率分别为 2.3 mm/10a($p>0.05$)、0.9 mm/10a($p>0.05$)，其中蔡家湖站的增湿速率仅为平原地区的 1/3，具体来看增湿趋势在北塔山区域＞绿洲-平原区＞天池区域＞蔡家湖区域，降雪变化存在显著的区域差异。

从月际变化来看，降雪趋势月分布不均匀，差异显著，12 月仅平原区降雪显著增加，速率达 1.4 mm/10a($p<0.05$)；1 月各区域降雪量变化趋势，均未通过显著性检验；2 月仅北塔山降雪量显著增加 1.2 mm/10a($p<0.05$)，贡献率[30]分析进一步揭示，平原冬季降雪量的增多，主要贡献来源于 12 月降雪量的增多，占 53.8%，而北塔山冬季降雪增多由 2 月降雪增多为主，占 42.9%，可知不同区域冬季增雪的主要驱动月份存在差异。

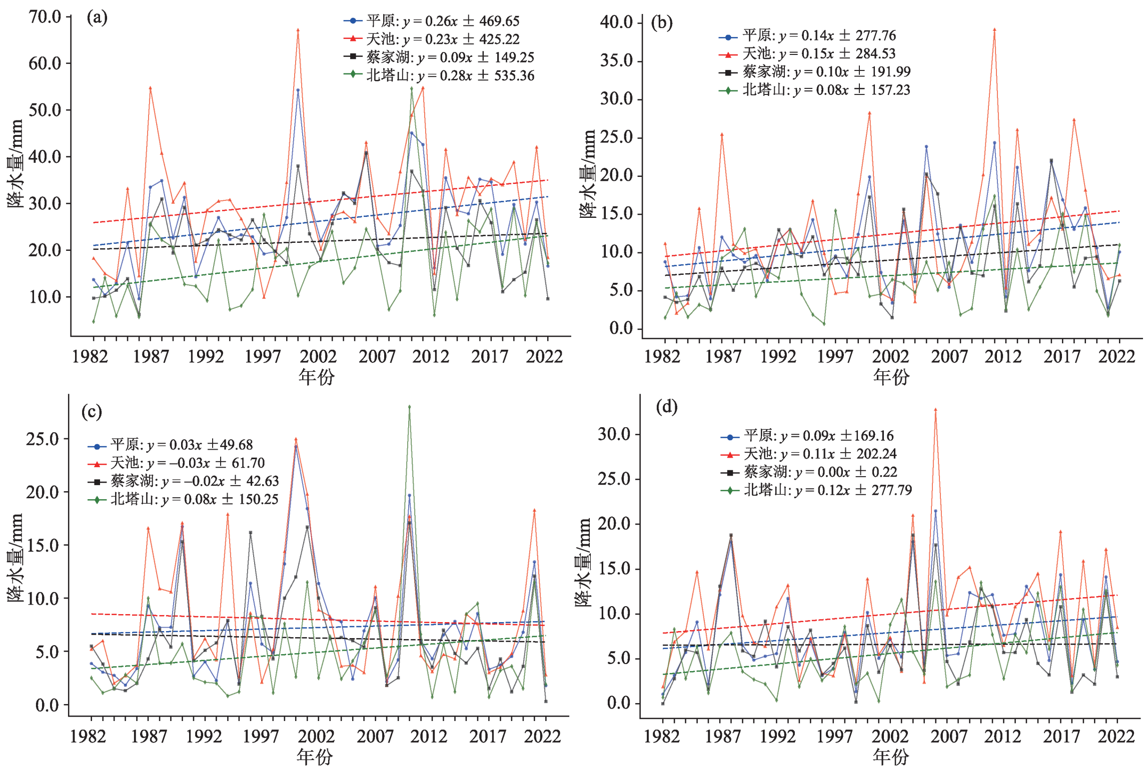

图 2 1982—2022 年昌吉州不同区域降雪量年际变化：(a)冬季，(b)12 月，(c)1 月，(d)2 月

Fig. 2 Annual variation of winter snowfall in the Changji areas from 1982 to 2022: (a) winter, (b) December, (c) January, (d) February

2.2 不同等级降雪日数及降雪强度的年际变化

图 3 展示了 1982—2022 年昌吉州平原不同等级降雪日数变化，分析表明，冬季总降雪日数呈不显著的微弱较少，减少速率为－1 d/10a($p>0.05$)，其中 2010 年降雪日数最多为 35 d，2022 年最少为 9.9 d，小雪和大雪日数分别呈显著的减少－1.4 d/10a($p<0.05$)和增多 0.15 d/10a($p<0.01$)趋势，中雪日数呈不显著的微弱增多趋势，速率达 0.21 d/10a($p>0.05$)，表明平原冬季总降雪日数的减少主要归因于小雪日数的显著减少。

对昌吉州三个子区域降雪日数的研究中发现(图略)，天池(－1.4 d/10a，$p<0.05$)与蔡家湖(－3.5 d/10a，$p<0.01$)总降雪日数显著减少，蔡家湖站尤其明显，两站小雪日数同样出现显著减少趋势，而天池区域的大雪日数 0.3 d/10a($p<0.05$)显著增多，北塔山区域总及各等级降雪日数中只有中雪日数 0.4 d/10a($p=0.01$)显著增多。同理可知，天池与蔡家湖站冬季总降雪日数的减少主要归因于

小雪日数的显著减少，且天池区域的大雪日数表现为增多趋势，说明降雪向强降雪过程发展。

冬季国家站上出现暴雪的概率很低，北塔山站在研究期内无暴雪，尽管 2000 年后暴雪频次略有增加，但趋势未通过显著性检(图略)。

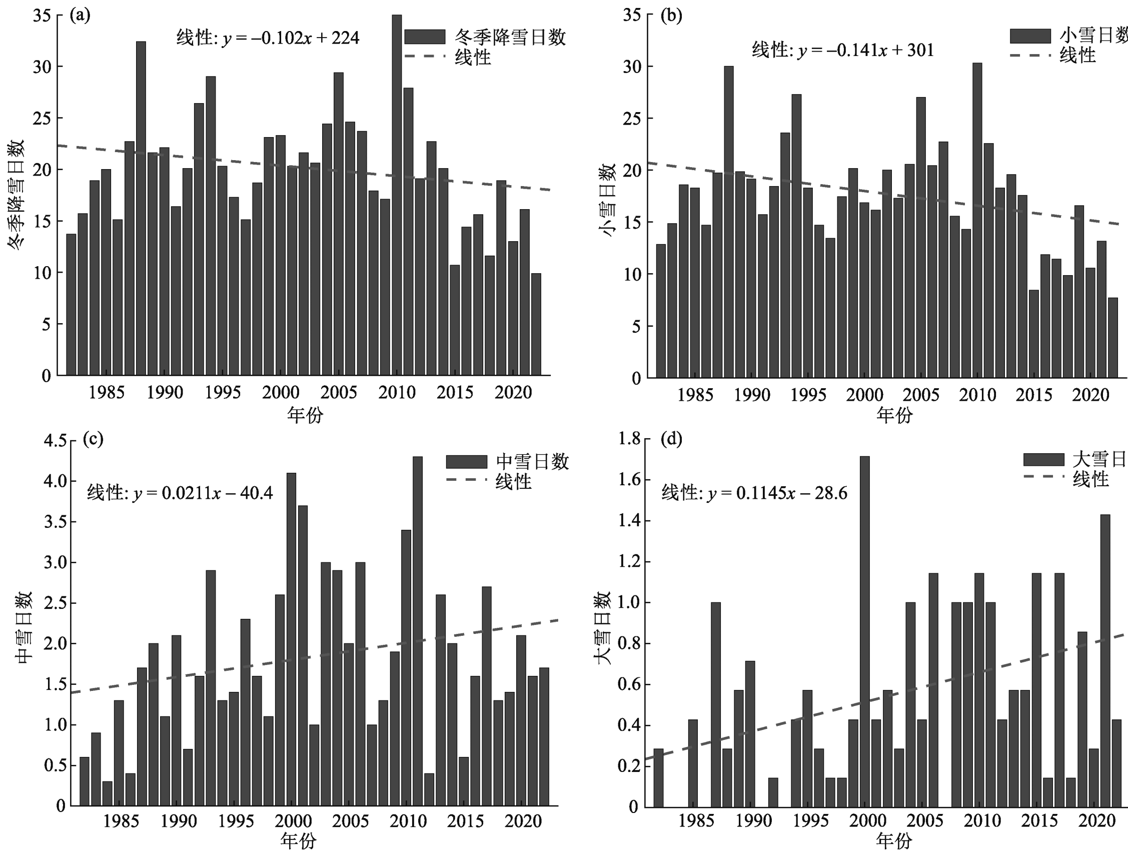

图 3　1982—2022 年昌吉州平原地区不同等级降雪日数的年际变化：
(a)总降雪，(b)小雪，(c)中雪，(d)大雪

Fig. 3　Annual variation of snowfall days at different intensity levels in plain areas of Changjie from 1982 to 2022：
(a) total snowfall，(b) light snow，(c) moderate snow，(d) heavy snow

图 4 展示了 1982—2022 年昌吉州平原降雪强度变化，分析表明，总降雪强度存在以 0.2 $(mm \cdot d^{-1})/10a$ ($p<0.01$)的显著增强趋势，进一步说明冬季强降雪天气逐渐增多，分析月降雪强度发现，平原 12 月 0.2 $(mm \cdot d^{-1})/10a$，($p<0.01$)、1 月 0.1 $(mm \cdot d^{-1})/10a$，($p>0.05$)、2 月 0.3 $(mm \cdot d^{-1})/10a$，($p<0.01$)降雪强度都存在显著增强趋势。从各月的贡献来看，2 月降雪强度的显著增强是冬季总趋势的主导因子，其贡献率高达 50%；而 12 月和 1 月贡献率分别为 33.3%、16.7%，贡献相对较小。

3　冬季降雪的周期特征

图 5 展示了 1982—2022 年昌吉州平原地区冬季降雪量的小波分析图，结果表明，平原地区冬季降雪量具有显著周期性，且各周期强度各异。其中5～6 a 的周期信号最为强烈，是该序列的主周期，此外序列中还存在 12～15 a 的年代际振荡次周期，序列中持续的时间较短，主要活跃在 1982—2006 a 之间。而 12 月降雪量周期呈现出显著的阶段性变化特征，最显著的周期为 5～6 a，此周期比较稳定且贯穿整个研究时段，是 12 月降雪变化的核心周期，与冬季降雪量的主周期较一致，此外序列中还存在较弱的 16～18 a、1～2 a 的次周期。1 月降雪量在整个时间序列总存在明显的 10～15 a 的主周期振荡，次周期特征较弱，2 月降雪量 5～6 a 的周期振荡在时间序列中的周期强度不强，且时间有断裂，其他次周期的特征也不明显。

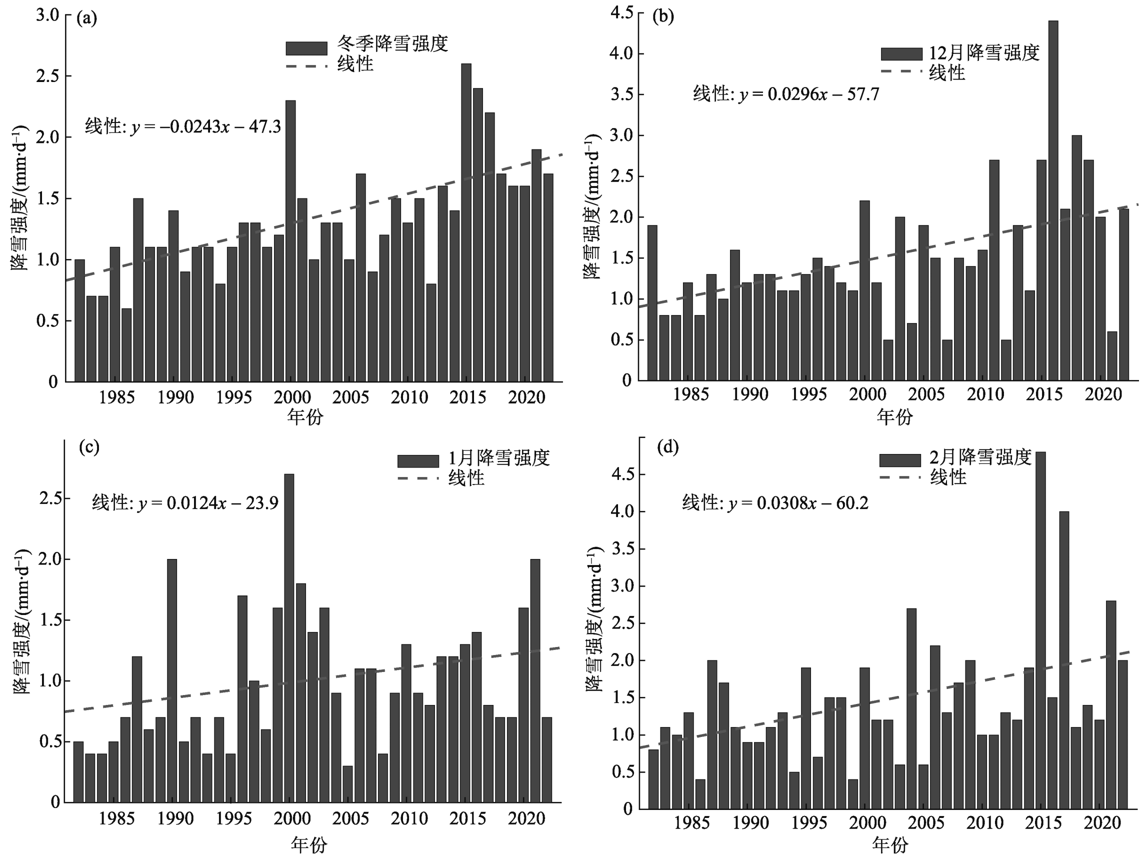

图 4 1982—2022 年昌吉州平原地区冬季降雪强度的年际变化：

(a)冬季，(b)12 月，(c)1 月，(d)2 月

Fig. 4 Annual variation of snowfall intensity in plain areas of Changjie from 1982 to 2022：

(a) winter, (b) December, (c) January, (d) February

图 6 展示 1982—2022 年昌吉州平原降雪日数的小波分析图，结果表明，冬季降雪日数呈双主导周期并存的特征，存在两个显著周期，分别是 5～6 a 和 15～20 a，且 5～6 a 的周期强度稍高于 15～20 a。小雪日数与总降雪日数的周期类似，存在 5～6 a 和 15～20 a 周期。中雪日数的主周期位于 15～20 a 间，在短时间周期中也存在 5 a 较弱的次周期，且存在阶段性变化特征。大雪日数存在 5～6 a 主周期，信号主要在 1991 年之后表现的很显著，10～15 a 之间也存在一个次周期。

4 冬季降雪的突变特征

图 7 展示了昌吉州 1982—2022 年冬季降雪量的 Mann-Kendall 突变检验结果，序列中 UF 与 UB 统计量于 1987 年出现交点，此后 UF 统计量持续上升，并通过 0.05 显著性水平线(±1.96)，说明冬季降雪量在 1987 年发生突变，此后显著上升。12 月降雪量在 1990 年发生突增，突变年份稍落后于冬季降雪量，并在突变后呈明显的增加趋势。1 月降雪量在 1986 年也存在一个位于置信区间内的交点，且其后降雪量有微弱增加趋势，但 UF 统计量未超过 0.05 显著性水平线，该突变点及之后的增加趋势均未通过显著性检验。因此 1 月降雪量没有统计意义上的显著变化趋势。2 月降雪量在时间序列中存在多交点及趋势变化，意味着 2 月降雪量可能并未发生气候突变，其变化可能受到年代际尺度波动或其他气候因素的影响，其长期趋势有待更长时间序列的进一步验证。

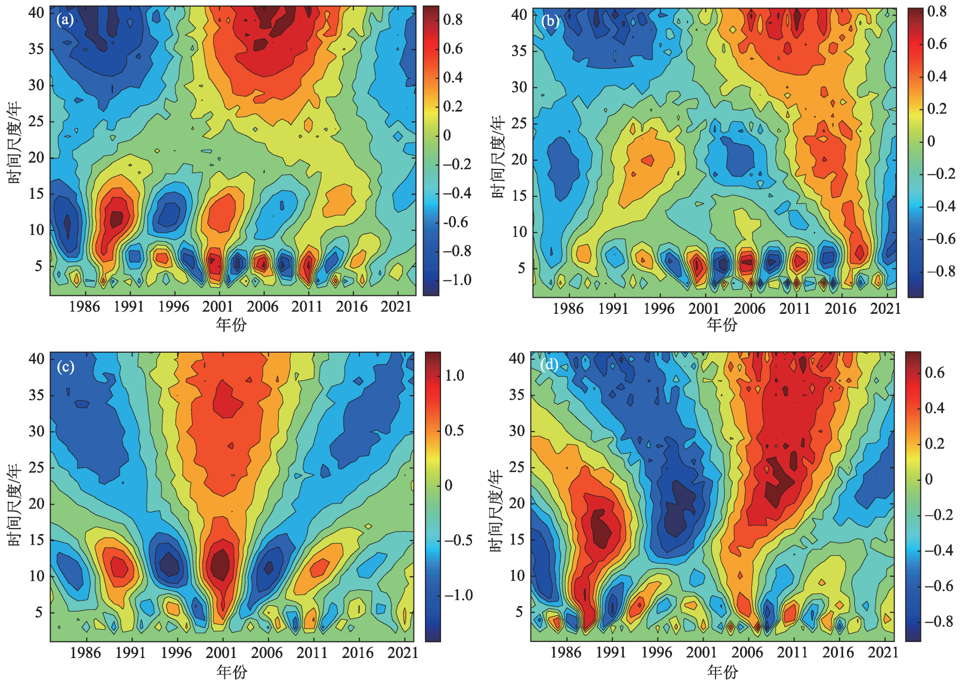

图 5　1982—2022 年昌吉州平原地区降雪量的小波分析：

(a)冬季，(b)12 月，(c)1 月，(d)2 月

Fig. 5　Wavelet analysis of snowfall in plain areas of Changjie from 1982 to 2022:

(a) winter, (b) December, (c) February, (d) January

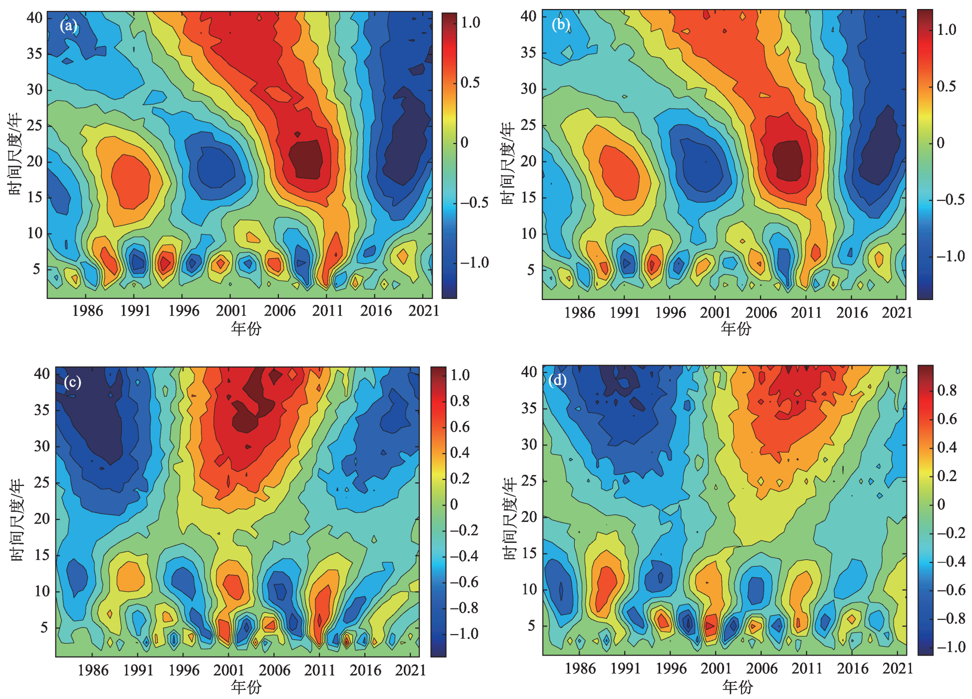

图 6　1982—2022 年昌吉州平原地区不同等级降雪日数的小波分析：

(a)总降雪，(b)小雪，(c)中雪，(d)大雪

Fig. 6　Wavelet analysis of snowfall days at different intensity levels in plain areas of Changjie from 1982 to 2022:

(a) total snowfall, (b) light snow, (c) moderate snow, (d) heavy snow

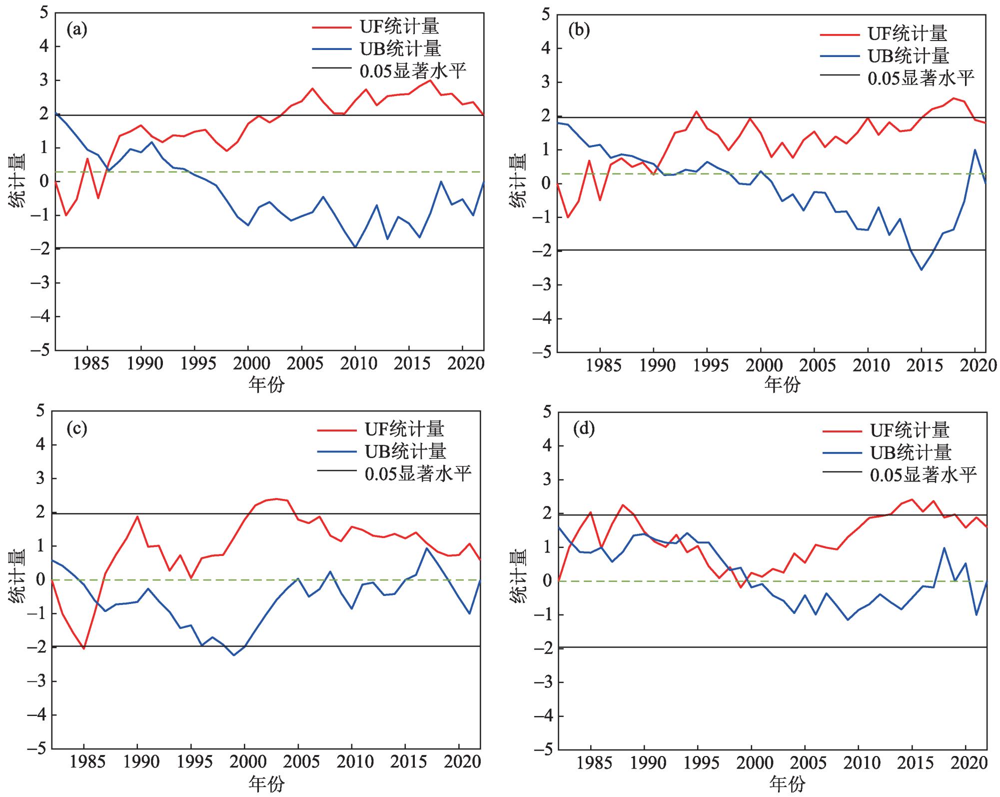

图 7 1982—2022 年昌吉州平原地区降雪量的 M-K 检验：
(a)冬季,(b)12 月,(c)1 月,(d)2 月

Fig. 7 Results of the Mann-Kendall trend test for snowfall in plain areas of Changjie from 1982 to 2022:
(a) winter, (b) December, (c) January, (d) February

图 8 展示了昌吉州 1982—2022 年冬季降雪日数的 Mann-Kendall 突变检验结果,分析表明,降雪日数趋势稳定性不足,在 2013 年后有减少趋势,在 2018 年前后 UF 与 UB 统计量在显著性水平线内出现交点,但未形成持续且稳定的超越显著性水平的趋势,表明降雪日数在序列末期可能发生减少趋势,但未通过显著性检验,因此不足以认定发生了统计意义上的气候突变。这一末期的交点更可能预示着降雪日数变化趋势进入了不稳定震荡阶段,其是否构成真正的突变,需后续更长时间数据来进一步验证。

对不同等级降雪日数的检验中发现,小雪与大雪日数的 M-K 检验结果与冬季降雪日数表现出相似特征,即均在序列中出现置信区间内的交点,但交点前后的趋势同样未通过 0.05 的显著性水平,唯独中雪日数出现显著的突变特征,其突变点发生于 1987 年,此后 UF 统计量持续上升并超越 0.05 显著性水平线,表明该突变点具有统计学意义。

5 冬季降雪的空间分布特征

图 9 展示了昌吉州 1982—2022 年冬季降雪量的空间分布,冬季及各月降雪量的分布大致相同,但分布格局并非简单的纬向或经向,而呈现出明显的地形与区域分布特征,降雪量总体跨度较大,从 17.6～30.5 mm。其中天池站为全区最大降雪中心,充分体现高海拔与迎风坡地形对降雪的显著增强作用。绿洲-平原区降雪量整体较高,但仍呈现自玛纳斯县(29.2 mm)向奇台县(24.4 mm)缓降的趋势,其中木垒县(27.7 mm)位列第 3,反映该人口农业密集区的整体雪情格局。与之对比,代表沙漠环境的蔡家湖站(21.9 mm)与代表干旱山地的北塔山站(17.6 mm),分别受水汽匮乏和背风坡焚风效应影响,成为全州降雪最低的两个区域,进一步印证了不同地理气候环境下降雪机制的鲜明差异。

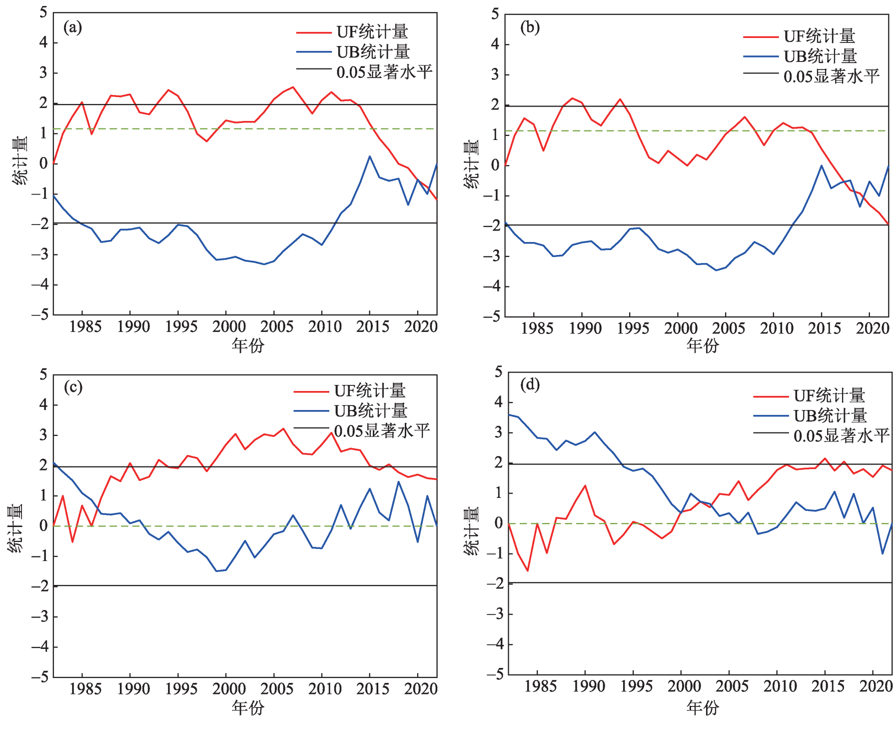

图 8　1982—2022 年昌吉州平原地区不同等级降雪日数的 M-K 检验：

(a)总降雪，(b)小雪，(c)中雪，(d)大雪

Fig. 8　Results of the Mann-Kendall trend test for snowfall days at different intensity levels in plain areas of Changjie from 1982 to 2022：

(a) total snowfall, (b) light snow, (c) moderate snow, (d) heavy snow

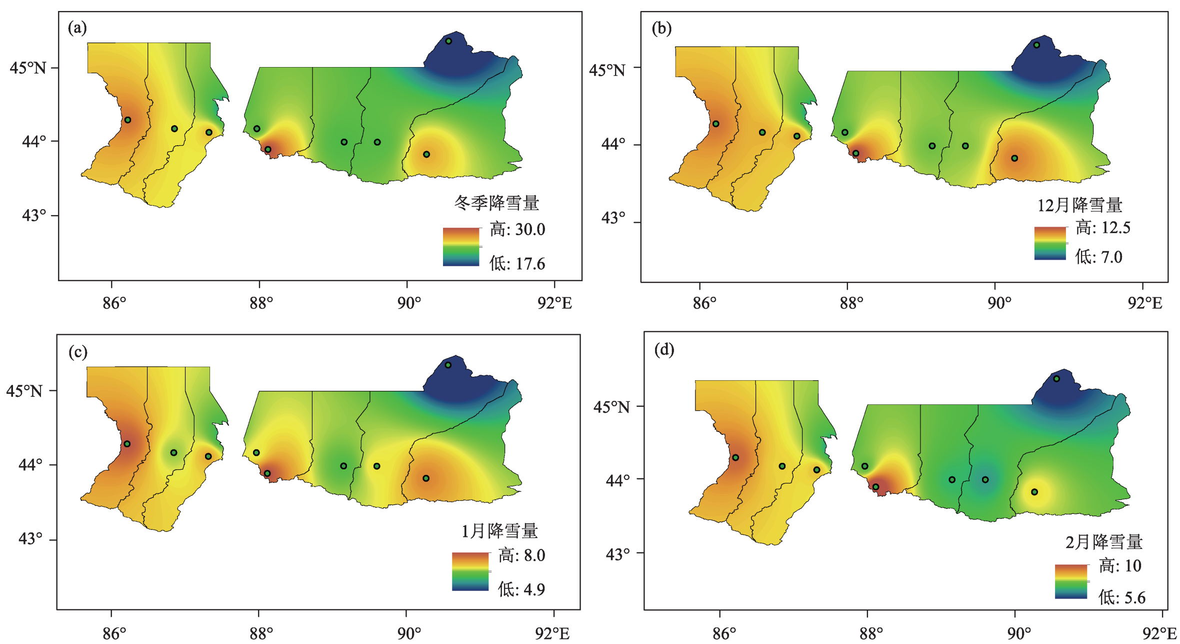

图 9　1982—2022 年昌吉州冬季降雪量的空间分布：

(a)冬季，(b)12 月，(c)1 月，(d)2 月

Fig. 9　Spatial distribution of winter snowfall in Changji from 1982 to 2022：

(a) winter, (b) December, (c) January, (d) February

图 10 展示了昌吉州 1982—2022 年冬季不同等级降雪日数的空间分布，分析表明，各等级降雪日数的空间分布与降雪量存在显著差异，全州小雪日数介于 15.1～20 d 之间，昌吉市和蔡家湖为全州小雪日数最多的两个中心，出现次数分别为 20 和 19.8 d，而木垒县(15.1 d)则为最低值区，表明平原区域的降雪主要由频率高且强度弱的降雪构成，空间上有平原中部到两侧逐渐降低的特征，天池作为总降雪量的大值中心，其小雪日数(16.8 d)仅处于中等水平，说明山区降雪主要由频率低且强度高的降雪构成。

中雪日数空间分布具有从东、西两端往平原中部逐渐降低的特征，玛纳斯县不仅是总降雪量的次中心，更是中雪过程发生频繁的区域，而木垒县高值表明东天山北坡同样是中雪过程的活跃区，最小值出现在蔡家湖和阜康市，蔡家湖作为盆地腹地的代表，在所有强度的降雪上均表现为低值，沙漠南缘的特殊位置水汽条件的匮乏抑制了任何显著降雪过程的发生。

大雪日数的空间分布格局与总降雪量的分布较一致，呈现出山区出现最大值、山前次之、盆地及偏远东部少的特征，天池地区作为大雪日数的大值中心，其大的地形抬升效应迫使过境气流产生上升运动，从而最频繁地触发降雪过程。

暴雪日数与其他等级降雪有不同，暴雪日数出现最多的站点是天池、玛纳斯和木垒站都为 5 次，北塔山站在近 41 a 无暴雪，其余站点出现暴雪的次数也很低。

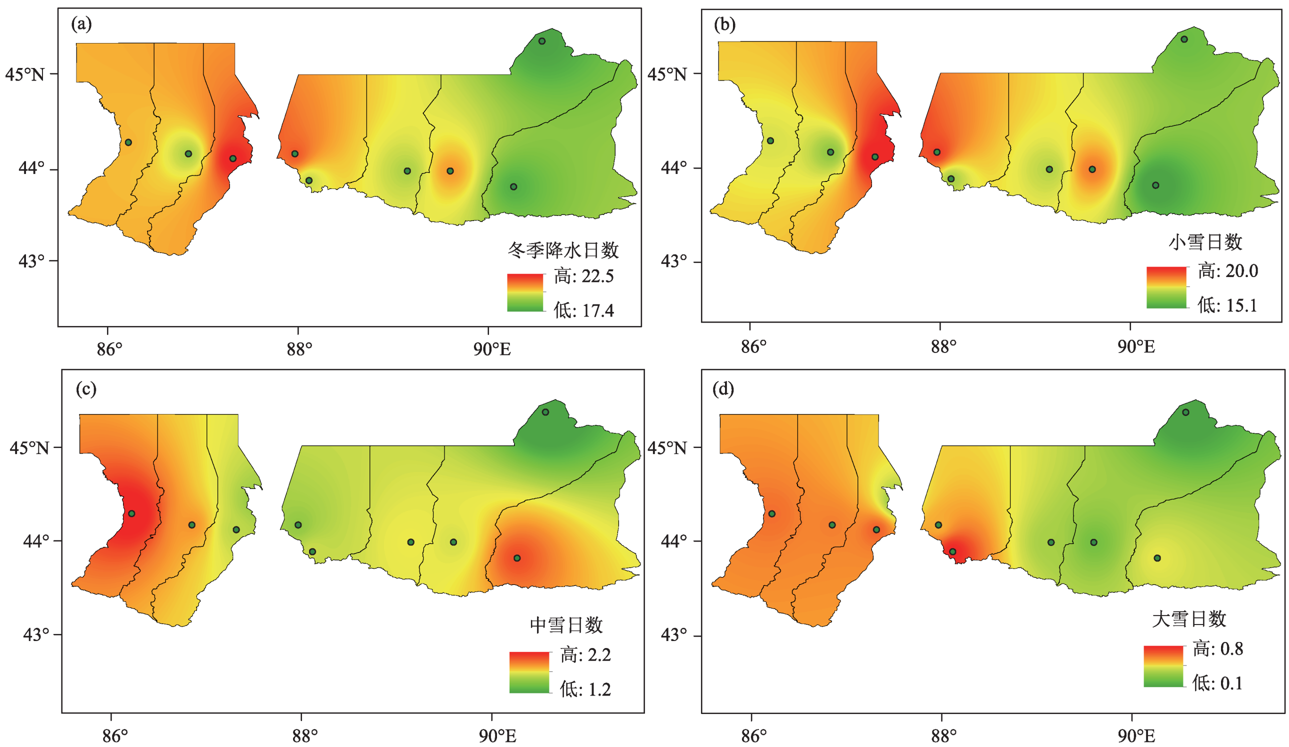

图 10 1982—2022 年昌吉州不同等级降雪日数的空间分布：
(a)冬季，(b)小雪，(c)中雪，(d)大雪

Fig. 10 Spatial distribution at different intensity levels in Changji from 1982 to 2022:
(a) winter, (b) light snow, (c) moderate snow, (d) heavy snow

6 结论

本文基于昌吉州 10 个国家站在 1982—2022 年冬季逐日降水资料，系统分析了昌吉州不同区域，包括绿洲-平原区、南部山区、东北部山区、沙漠边缘等四种典型地貌下降雪的时空演变规律，并探讨了其周期与突变特征。主要结论如下：

(1)昌吉州冬季降雪整体呈降雪量增多、降雪日数减少、降雪强度增强的共性特征，标志着降雪模式向强降雪事件转变。其中绿洲-平原区与北塔山区

域冬季降雪量呈显著增加趋势,增速分别为 2.6 mm/10a、2.8 mm/10a,平原区降雪增多主要归因于 12 月降雪的增多,贡献率达 53.8%,北塔山则以 2 月为主,贡献率达 42.9%。

(2)各区域一致表现出总降雪日数减少的趋势,且降雪日数的减少主要归因于小雪日数的显著减少,同时大雪日数也显著增多,表明总降雪量的增长主要由更强而非频繁的降雪事件所驱动,而降雪强度的增强则表现出地域集中性,在天池区域表现的最为显著,突显了高海拔山区是强降雪事件响应气候变化的敏感区和核心区。

(3)昌吉州冬季降雪量空间分布主要受地形影响,降雪量随海拔升高而增多,天池站成为全区最大的降雪中心(30.5 mm),而蔡家湖(21.9 mm)和北塔山(17.6 mm)则最小,小雪日数高值区出现在平原中部的昌吉市(20 d)和蔡家湖(19.8 d),与降雪量分布不一致,说明绿洲-平原区以强度较弱且频率较高的降雪为主,天池站小雪日数(16.8 d)处于全州中等水平,而大雪日数(0.1 d)分布与总降雪量一致,为最大值中心,表明该地区降雪以中、大雪等强度较大的过程为主,小雪贡献相对较小;冬季降雪存在多时间尺度周期性与突变特征,平原区冬季降雪量存在 5～6 a 主导周期和 12～15 a 次周期,而降雪日数呈现 5～6 a 和 15～20 a 双主导周期,绿洲-平原区降雪量在 1987 年发生显著突增。

参考文献

[1] 朱雅娟,吴波,卢琦. 干旱区对降水变化响应的研究进展[J]. 林业科学研究, 2012, 25(1): 100-106. Zhu Y J, Wu B, Lu Q. Progress in the study on response of arid zones to precipitation change [J]. Forest Research (in Chinese), 2012, 25(1): 100-106.

[2] 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. Shi Y F, Shen Y P, Li D L, et al. Discussion on the present climate change from warm-dry to warm wet in northwest China [J]. Quaternary Sciences (in Chinese), 2003, 23(2): 152-164.

[3] 姚俊强,李漠岩,迪丽努尔·托列吾别克,等. 不同时间尺度下新疆气候"暖湿化"特征[J]. 干旱区研究, 2022, 39(2): 333-346. Yao J Q, Li M Y, Dilinuer T L W B K, et al. The assessment on " warming-wetting " trend in Xinjiang at multiscale during 1961－2019 [J]. Arid Zone Research (in Chinese), 2022, 39(2): 333-346.

[4] 姚俊强,毛炜峄,陈静,等. 新疆气候"湿干转折"的信号和影响探讨[J]. 地理学报, 2021, 76(1): 57-72. Yao J Q, Mao W Y, Chen J, et al. Signal and impact of wet-to-dry shift over Xinjiang, China [J]. Acta Geographica Sinica (in Chinese), 2021, 76(1): 57-72.

[5] 翟盘茂,邹旭恺. 1951—2003 年中国气温和降水变化及其对干旱的影响[J]. 气候变化研究进展, 2005, 1(1): 16-18. Zhai P M, Zou X K. Changes in temperature and precipitation and their impacts on drought in China during 1951－2003 [J]. Advances in Climate Change Research (in Chinese), 2005, 1(1): 16-18.

[6] Liu B H, Xu M, Henderson M, et al. Observed trends of precipitation amount, frequency, and intensity in China, 1960－2000 [J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2005, 110(D8). DOI:10.1029/2004JD004864.

[7] 张扬,楚新正,杨少敏,等. 近 56 a 新疆北部地区气候变化特征[J]. 干旱区研究, 2019, 36(1): 212-219. Zhang Y, Chu X Z, Yang S M, et al. Climate change in north Xinjiang in recent 56 years [J]. Arid Zone Research (in Chinese), 2019, 36(1): 212-219.

[8] 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. Yao J Q, Yang Q, Liu Z H, et al. Spatio-temporal change of precipitation in arid region of the Northwest China [J]. Acta Ecologica Sinica (in Chinese), 2015, 35(17): 5846-5855.

[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. Du Y H, Zhou S W, Heng B T, et al. Spatial distribution of summer graded precipitation in Xinjiang during 1965-2015 [J]. Journal of Glaciology and Geocryology (in Chinese), 2018, 40(6): 1231-1241.

[10] 苗运玲,张云惠,郑玉萍,等. 1978—2018 年乌鲁木齐—昌吉地区汛期不同量级降水日数变化特征及与降水量的关系[J]. 气象与环境科学, 2020, 43(4): 97-104. Miao Y L, Zhang Y H, Zheng Y P, et al. Variation characteristics of different magnitudes precipitation days over the Urumqi-Changji Region in flood seasons of 1978—2018 and its relationship with precipitation [J]. Meteorological and Environmental Sciences (in Chinese), 2020, 43(4): 97-104.

[11] 杨若子,邢佩,杜吴鹏,等. 1961—2017 年华北地区降水气候特征分析[J]. 地理科学, 2020, 40(9): 1573-1583. Yang R Z, Xing P, Du W P, et al. Climatic characteristics of precipitation in North China from 1961 to 2017 [J]. Scientia Geographica Sinica (in Chinese), 2020, 40(9): 1573-1583.

[12] 王澄海,张晟宁,李课臣,等. 1961—2018 年西北地区降水的变化特征[J]. 大气科学, 2021, 45(4): 713-724. Wang C H, Zhang S N, Li K C, et al. Change characteristics of precipitation in northwest China from 1961 to 2018 [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 2021, 45(4): 713-724.

[13] 马素艳,高晶,李一平,等. 2020 年内蒙古东南部一次特大暴

雪伴冻雨灾害天气特征分析[J]. 气象科技, 2022, 50(3): 380-389. Ma S Y, Gao J, Li Y P, et al. Analysis of a disastrous heavy snow with freezing rainfall in 2020 in southeast of Inner Mongolian [J]. Meteorological Science and Technology (in Chinese), 2022, 50(3): 380-389.

[14] 李进,陈勇明,毛则剑,等. 杭州市典型雨转雪天气成因及预报模型[J]. 气象科技, 2020, 48(3): 396-405. Li J, Chen Y M, Mao Z J, et al. Causes and forecast model of typical rain-to-snow weather in Hangzhou [J]. Meteorological Science and Technology (in Chinese), 2020, 48(3): 396-405.

[15] 杨晓君,张楠,陈宏,等. 一次回流型降雪过程的成因和相态判据分析[J]. 气象科技, 2019, 47(1): 98-105. Yang X J, Zhang N, Chen H, et al. Causes and phase criteria of a return-flow snowfall [J]. Meteorological Science and Technology (in Chinese), 2019, 47(1): 98-105.

[16] 高婧,井立红,秦榕,等. 新疆塔城地区大-暴雪特征及其与大气环流和海温的关系[J]. 干旱区研究, 2021, 38(2): 359-368. Gao J, Jing L H, Qin R, et al. Snowstorm characteristics and its relationship with atmospheric circulation and sea surface temperature in Tacheng Region, Xinjiang [J]. Arid Zone Research (in Chinese), 2021, 38(2): 359-368.

[17] 周雪英,庄晓翠,李博渊,等. 中国雪都阿尔泰山暖区暴雪水汽特征分析[J]. 气象科技, 2024, 52(1): 76-89. Zhou X Y, Zhuang X C, Li B Y, et al. Analysis of water vapor characteristics of warm-sector snowstorms of Altai Mountains in China [J]. Meteorological Science and Technology (in Chinese), 2024, 52(1): 76-89.

[18] 张云惠,于碧馨,谭艳梅,等. 乌鲁木齐一次极端暴雪事件中尺度分析[J]. 气象科技, 2016, 44(3): 430-438. Zhang Y H, Yu B X, Tan Y M, et al. Mesoscale analysis of an extreme blizzard in Urumqi [J]. Meteorological Science and Technology (in Chinese), 2016, 44(3): 430-438.

[19] 房巧敏,龚道溢,毛睿. 中国近46年来冬半年日降水变化特征分析[J]. 地理科学, 2007, 27(5): 711-717. Fang Q M, Gong D Y, Mao R. Changes of daily precipitation of China in wintertime during the last 46 years [J]. Scientia Geographica Sinica (in Chinese), 2007, 27(5): 711-717.

[20] 赵求东,赵传成,秦艳,等. 中国西北干旱区降雪和极端降雪变化特征及未来趋势[J]. 冰川冻土, 2020, 42(1): 81-90. Zhao Q D, Zhao C C, Qin Y, et al. The change features and future trend of snowfall and extreme snowfall in the arid areas of Northwest China [J]. Journal of Glaciology and Geocryology (in Chinese), 2020, 42(1): 81-90.

[21] 李效收,张明军,汪宝龙,等. 天山地区冬季降雪量及其集中度和集中期的变化特征[J]. 资源科学, 2012, 34(8): 1556-1564. Li X S, Zhang M J, Wang B L, et al. The change characteristics of winter snowfall, snow concentration degree and concentration period in the Tianshan Mountains [J]. Resources Science (in Chinese), 2012, 34(8): 1556-1564.

[22] 秦艳,丁建丽. 1961—2016年中国天山不同级别降雪事件变化特征分析[J]. 水科学进展, 2019, 30(4): 457-466. Qin Y, Ding J L. Change characteristics of different types of snowfall event in China's Tianshan Mountains from 1961 to 2016 [J]. Advances in Water Science (in Chinese), 2019, 30(4): 457-466.

[23] 刘成武,安大维,张俊兰,等. 1961—2019年北疆冬季不同等级降雪变化特征[J]. 沙漠与绿洲气象, 2021, 15(4): 115-122. Liu C W, An D W, Zhang J L, et al. Variation characteristics of different levels of snowfall in winter over northern Xinjiang from 1961 to 2019 [J]. Desert and Oasis Meteorology (in Chinese), 2021, 15(4): 115-122.

[24] 赵勇,崔彩霞,李霞. 北疆冬季降水的气候特征分析[J]. 冰川冻土, 2011, 33(2): 292-299. Zhao Y, Cui C X, Li X. Climatic characteristics of winter precipitation in northern Xinjiang Region [J]. Journal of Glaciology and Geocryology (in Chinese), 2011, 33(2): 292-299.

[25] 王建刚,王盛韬,庄晓翠,等. 新疆北部雪灾气候因子的风险分析试验:以阿勒泰为例[J]. 气象科技, 2014, 42(2): 330-335. Wang J G, Wang S T, Zhuang X C, et al. Analysis test of northern Xinjiang snow climate risk: taking Aletai as an example [J]. Meteorological Science and Technology (in Chinese), 2014, 42(2): 330-335.

[26] 苗运玲,于永波,霍达,等. 中天山北坡冬季降雪变化及其影响因子分析[J]. 干旱区研究, 2023, 40(1): 9-18. Miao Y L, Yu Y B, Huo D, et al. Analysis of winter snowfall variability and its influencing factors on the north slopes of the middle Tianshan Mountains [J]. Arid Zone Research (in Chinese), 2023, 40(1): 9-18.

[27] 蔡仁,李璐,于永波,等. 2012—2019年昌吉冬季降雪日变化特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2024, 18(4): 100-107. Cai R, Li L, Yu Y B, et al. Characteristic of daily variation of winter snowfall in Changji prefecture from 2012 to 2019 [J]. Desert and Oasis Meteorology (in Chinese), 2024, 18(4): 100-107.

[28] 白松竹,胡磊,庄晓翠,等. 新疆阿勒泰地区冬季各级降雪的气候变化特征[J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28(8): 99-104. Bai S Z, Hu L, Zhuang X C, et al. Changing characteristics of different intensities of snowfall in Altay region, Xinjiang [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment (in Chinese), 2014, 28(8): 99-104.

[29] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 3版. 北京: 气象出版社, 2022. Wei F Y. Modern climate statistical diagnosis and prediction technology (in Chinese) [M]. 3rd ed. Beijing: China Meteorological Press, 2022.

[30] 王芬,曹杰,李腹广,等. 贵州不同等级降水日数气候特征及其与降水量的关系[J]. 高原气象, 2015, 34(1): 145-154. Wang F, Cao J, Li F G, et al. Climate characteristics of rain days and the relationship between rain days and total amount of precipitation in Guizhou [J]. Plateau Meteorology (in Chinese), 2015, 34(1): 145-154.

Climate Characteristics of Winter Snowfall in Xinjiang Changji Prefecture from 1982 to 2022

ALHADEH Haderhan[1]　ARAY Ayden[2]　WANG Chunyan[1]
WANG Jianghua[1]　Saltanat[1]　APAR Ruzi[1]
(1 Changji Hui Autonomous Prefecture Meteorological Administration, Xinjiang, Changji 831100;
2 Urumqi Meteorological Bureau, Urumqi 830002)

Abstract: The study of winter snowfall holds great significance for Changji Prefecture, located in the northwestern arid region. Abnormal winter snowfall frequently leads to heavy snowfall, which results in snow disasters and avalanches. Furthermore, blizzards and strong winds often cause snowdrifts that block traffic and severely reduce visibility. Therefore, it is essential to conduct investigations in this area. A notable example occurred in December 2015, when Changji Prefecture experienced an extremely rare blizzard characterised by widespread snowfall and a high number of stations reporting heavy snow, with many stations breaking historical records. Therefore, systematic research on winter snowfall is necessary. This study focuses on the Changji area. Based on daily precipitation records from 10 national meteorological stations between 1982 and 2022, the characteristics of snowfall amount, snowfall intensity, and the number of snowfall days are analysed using methods such as linear regression, the Mann-Kendall test, and wavelet analysis. The results show that, based on the winter daily snowfall observation data from 10 national stations in Changji Prefecture from 1982 to 2022, this study analyses the climatological characteristics of winter snowfall amount, snowfall days, and snowfall intensity using methods such as linear trend estimation, Morlet wavelet analysis, Mann-Kendall mutation test, and ArcGIS inverse distance weighting interpolation. The results reveal several noteworthy findings: (1) Significant regional differences exist in winter snowfall changes. The snowfall amount shows a significant increasing trend in the plain area and the Beitashan region, with rates of 2.6 mm/10a and 2.8 mm/10a, respectively, while the trends in the Tianchi and Caijiahu regions are not significant. The dominant months contributing to the increase differ, with December being the primary contributor in the plain area and February in the Beitashan region. (2) The reduction in snowfall days across various regions is consistently attributed to a significant decrease in light snowfall days. Concurrently, the number of heavy snowfall days increases significantly in the plain and Tianchi areas, and the winter snowfall intensity enhances significantly, indicating a trend towards more intense snowfall events. (3) Topography is a key factor influencing snowfall distribution, with both snowfall amount and heavy snowfall days exhibiting a spatial pattern of high values in mountainous areas (Tianchi), medium values in oasis-plain areas, and low values in desert (Caijiahu) and arid mountainous (Beitashan) areas. This study reveals the characteristics of “increasing amount, decreasing days, and increasing intensity” of winter snowfall in Changji Prefecture against a warming and wetting background, providing references for regional water resource assessment and snow disaster prevention.

Keywords: Changji; snowfall; different levels of snowfall; temporal and spatial variation of snowfall

Received: 2025-6-5　Accepted: 2025-11-10