

1960~2019年塔城地区春秋季节大降水气候特征及环流分型

井立红¹, 高婧^{2*}, 杨霏³, 井立军², 陈瑶¹, 扎璐¹

¹塔城地区气象局, 新疆 塔城

²沙湾县气象局, 新疆 沙湾

³新疆气象科技服务中心, 新疆 乌鲁木齐

Email: 463275155@qq.com, *2271339700@qq.com

收稿日期: 2020年11月7日; 录用日期: 2020年11月23日; 发布日期: 2020年11月30日

摘要

利用近60年(1960~2019年)塔城地区7个气象台站春、秋季逐日降水量资料, 运用数理统计方法分析了塔城地区春秋季节大降水的气候统计特征及变化特征; 利用NECP/NCAR再分析资料, 对春秋季节大降水的环流形势进行天气学分型, 结果表明: 塔城地区春秋季节大降水极值为64.6 mm, 出现于塔城站(2015年9月21日); 春秋季节单日大降水出现次数比过程大降水多近2倍, 且以5月最多, 3月最少; 春秋季节单日大降水以21世纪10年代最多, 其后依次为1980年代、21世纪初年、1970年代和1990年代, 最少为1960年代; 春秋季节过程大降水以21世纪10年代最多, 其后依次为1960年代、21世纪初年、1980年代、1970年代, 最少为1990年代; 春秋季节大降水出现次数线性倾向率及气候趋势系数均表现为增多趋势, 其中乌苏、塔城、裕民、沙湾分别以0.31 mm/10a、0.2.0 mm/10a、0.20 mm/10a、0.12 mm/10a的速率不显著增多(未通过显著性检验); 春秋季节单日大降水降水变率均小于过程大降水降水变率, 表明单日大降水较过程大降水稳定; 根据主要影响系统, 把造成塔城地区春秋季节大降水的大气环流分成4种类型, 即: 西北气流型、欧洲脊发展, 乌山大槽东移型、低槽(低涡)东移型、里海长脊, 西西伯利亚低槽东移。

关键词

塔城地区, 春秋季节大降水, 气候特征, 环流分型

Nearly 60 Years Age Season End Region Climate Characteristics of Precipitation and Circulation Parting Zone

Lihong Jing¹, Jing Gao^{2*}, Xian Yang³, Lijun Jing², Yao Cheng¹, Lu Zha¹

¹Tacheng Meteorological Bureau, Tacheng Xinjiang

²Shawan County Meteorological Bureau, Shawan Xinjiang

*通讯作者。

文章引用: 井立红, 高婧, 杨霏, 井立军, 陈瑶, 扎璐. 1960~2019年塔城地区春秋季节大降水气候特征及环流分型[J]. 气候变化研究快报, 2020, 9(6): 878-890. DOI: 10.12677/ccrl.2020.96093

³Xinjiang Meteorological Science and Technology Service Center, Urumqi Xinjiang
Email: 463275155@qq.com, *2271339700@qq.com

Received: Nov. 7th, 2020; accepted: Nov. 23rd, 2020; published: Nov. 30th, 2020

Abstract

Based on the data of daily precipitation in spring and autumn of seven meteorological stations in Tacheng area in recent 60 years (1960 - 2019), the climate statistical characteristics and variation characteristics of heavy precipitation in Tacheng area in spring and autumn were analyzed by mathematical statistics method. By using NECP/NCAR reanalysis data, the circulation pattern of spring and autumn heavy precipitation was calculated. The results showed that the extreme value of spring and autumn heavy precipitation in Tacheng area was 64.6 mm, which appeared at Tacheng station (September 21, 2015). In spring and autumn, the occurrence times of one-day heavy precipitation are nearly 2 times more than that of the regular heavy precipitation, and the precipitation is the most in May and the least in March. The largest amount of precipitation in spring and autumn was in the 2010s, followed by the 1980s, the early 2000s, the 1970s and the 1990s, and the least was in the 1960s. In the spring and autumn period, the largest amount of precipitation was in the 2010s, followed by the 1960s, the early 21st century, the 1980s and the 1970s, and the least was in the 1990s. The linear trend rate and climate trend coefficient of the occurrence times of heavy precipitation in spring and autumn show an increasing trend. Among them, the rates of Wusu, Tacheng, Yumin and Shawan are not significantly increased (failing the significance test) at 0.31 mm/10a, 0.2.0 mm/10a, 0.20 mm/10a and 0.12 mm/10a, respectively. In spring and autumn, the precipitation variability of one-day heavy precipitation is lower than that of course heavy precipitation, indicating that one-day heavy precipitation is more stable than that of course heavy precipitation. According to the main influencing systems, the atmospheric circulation that causes heavy spring and autumn precipitation in Tacheng region is divided into four types: northwest air current type, European ridge type, Wushan trough moving to the east, low trough (low vortex) moving to the east, Caspian Ridge type and west Siberia low trough moving to the east.

Keywords

Tacheng Area, Heavy Precipitation in Spring and Autumn, Climatic Characteristics, Circulation Parting

Copyright © 2020 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

降水是径流的主要补给来源，降水的多少和地区分布直接影响着水资源的数量和地区分布，其年际和长期变化对社会经济生活有着重要影响，近年来，国内众多学者对降水的变化特征进行了诸多研究，取得了很多的研究成果。文献[1] [2]的研究表明，中国年降水量呈增加趋势，但西部降水量增长趋势明显，其中西北最为明显，而西南一些地区有减少趋势。同时，冬季降水普遍增多，秋季大部分地区降水量趋于减少。20世纪80年代新疆气象学者就开始针对新疆的降水开展了一系列较深入的研究，张家宝[3]系统地总结了新疆降水的气候学和天气学特征，提出了新疆强降水过程的天气学模型。文献[4] [5]的研究表明，全球气候变暖背景下，新疆极端降水频次在1980年代以后明显增多，新疆极端降水量的变化导致年

降水量的变化。文献[6][7]分别对新疆地区发生的两次特大暴雨过程进行诊断分析,指出新疆大暴雨是在南亚高压双体型的环流背景条件下发生的,新疆极端降水的发生与一定大气环流型相联系。

塔城地区位于新疆西北部,是新疆乃至全国天气的上游,属于中温带大陆性干旱和半干旱崎岖,降水量的年际分布和季节分布极不均匀,近年来虽然对本地区诸如雷暴、风、日照等气象要素的气候变化趋势做了一些研究,文献[8][9][10]利用塔城地区降水资料分析了塔城地区冷季降水的变化特征,结果表明,近50a北疆的塔城冷季降水自1970年代以后显著增多;近45a塔城地区年降水量变化不明显,除乌苏以12.2 mm/10a的速率显著增湿且高于北疆6.7 mm/10a的增湿率外,其他6站增湿不明显。但对本地区降水最多的春季、秋季大降水气候特征及变化趋势的研究仍处于空白阶段,本文利用近60a塔城地区春秋逐日降水实况资料分析了塔城地区春秋大降水的气候统计特征、变化特征,对于更好地理解区域气候对全球变暖的响应是十分必要的;同时利用NECP/NCAR再分析资料,对春秋大降水的环流形势进行天气学分型,以期对提高塔城地区春秋大降水短期预报预警、气候预测的准确率有所帮助。

2. 资料与方法

资料:使用新疆气象局信息中心提供的经过严格质量控制,具备较好完整性,未经过任何查补延长处理的塔城地区7个气象观测站(包括:塔城、额敏、裕民、托里、和布克赛尔、乌苏、沙湾)近60年(1960~2019年)春秋各月、逐日降水实况资料。

参照文献[11]给出大降水的定义:以日降水量(20~20 h) ≥ 12.0 mm,定义为一个单日大降水;以一次连续性降水期间累计降水量 ≥ 12.0 mm,且其中必须有一日降水量(20~20 h) ≥ 6.0 mm,定义为一次过程大降水;在统计大降水出现日数(次数)时,依据《地面气象观测规范》以20:00为日界,当某次大降水跨越20:00,按两个大降水日统计。研究过程中不区分雨雪,只分析降水量。

一日内塔城地区2站或3站同时出现单日(或过程)大降水,定义为一次局地大降水;4站同时出现单日(或过程)大降水,定义为一次区域大降水; ≥ 5 站同时出现单日(或过程)大降水,定义为一次全区大降水。

连续性大降水:以某站连续2天(或3天)日降水 ≥ 12.0 mm,定义为一次连续性大降水。

季节划分:以每年的3、4、5月定义为春季,以9、10、11月为秋季。

由于塔城7站分属三个气候区,降水时空分布差异较大,结合实际业务需求,将塔城地区划分为塔城盆地(包括:塔城、额敏、裕民、托里)、地区南部(包括:乌苏、沙湾)、和布克赛尔谷地(简称“和丰”)。

方法:采用一元线性回归方程描述春秋大降水出现次数的变化,即 $y(t) = a + bt$,其趋势变化率可表示为 $\frac{dy(t)}{dt} = b$,利用最小二乘法原理求取 b 值,并将 $b \cdot 10a$ 定义为大降水次数增加或减少率,计算了研究区域内7站春秋大降水出现次数的线性倾向率,采用F检验方法对其进行显著性检验,统一以显著性水平达到0.05作为通过检验的标准;计算研究区域内春秋大降水的气候趋势系数,即求取 n 个时刻(年)的要素序列与自然数列 $1, 2, 3, \dots, n$ 的相关系数,其中 n 为年数, x_i 为第 i 年的降水要素值, \bar{x} 为其样本平均值, $t = \frac{(n+1)}{2}$ 。 , R 为正(负)时表示该要素在所计算的 n 年内有线性增(减)的趋势,同时将 R 取绝对值后与各临界相关系数 R_a 比较,如果 $|R| \geq R_a$,则认为该要素的线性趋势在显著性水平 α 下是显著的;为反映研究区域内春秋降水的稳定性程度及降水变异程度,分别计算了塔城7站春秋降水变率(s)和降水变差系数(cv%)。

3. 塔城地区春秋大降水的气候统计特征

3.1. 大降水极值分布

从图1可以看出,塔城地区春秋大降水极值为64.6 mm,2015年9月21日出现于塔城站,其后依次为额敏44.4 mm(1996年5月28日)、乌苏44.1 mm(1998年5月19日)、沙湾42.1 mm(2016年4月

30日)、托里 34.7 mm (2017年9月12日)、裕民 33.2 mm (1972年5月21日), 最小值为 21.2 mm, 出现于和丰(2003年5月10日)。

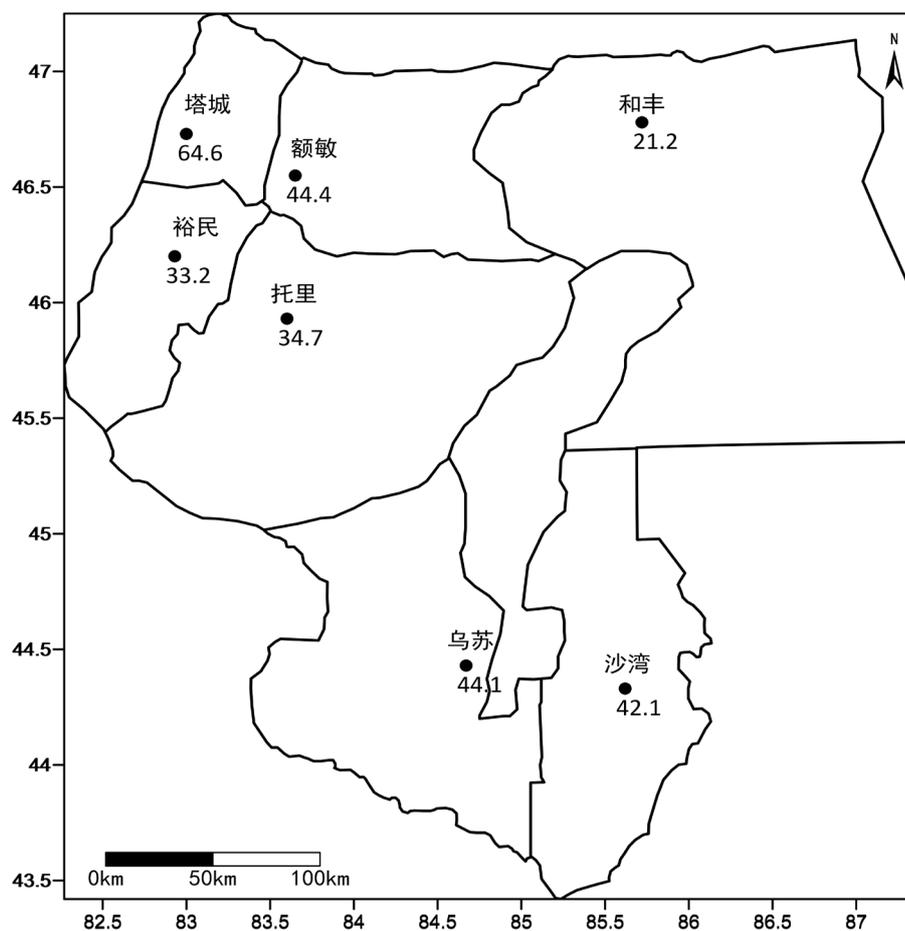


Figure 1. Spatial distribution of extreme precipitation during spring and autumn in Tacheng area
图 1. 塔城地区春秋大降水极值空间分布

3.2. 各月大降水极值分布

Table 1. Extreme value unit of heavy precipitation in spring and autumn in Tacheng area, unit: mm

表 1. 塔城地区春秋各月大降水极值 单位: mm

	塔城	额敏	裕民	托里	和丰	乌苏	沙湾
3月	极值	29.6	23.3	23.5	17.4	无	23.8
	时间	1968.3.2	1968.3.2	1964.3.30	1969.3.16		2005.3.14
4月	极值	42.5	28.8	25	14.7	13.9	36.3
	时间	1976.4.19	2006.4.7	1994.4.28	1994.4.28	1976.4.19	2016.4.30
5月	极值	42.7	44.4	33.2	31.5	17.4	44.1
	时间	1998.5.17	1996.5.28	1972.5.21	2010.5.27	2003.5.10	1998.5.19

Continued

9月	极值	64.6	33.7	23.9	34.7	21.2	27.6	21.3
	时间	2015.9.21	2015.9.5	1979.9.16	2017.9.12	2019.9.2	1999.9.6	2019.9.30
10月	极值	37.1	23.4	21.6	18.9	无	31.2	15.2
	时间	1979.10.13	1979.10.13	2002.10.14	1987.10.7		2013.10.11	1990.11.6
11月	极值	30.1	24.9	41.4	17.9	无	26.9	24.3
	时间	2002.11.21	2009.11.6	2016.11.12	2016.11.12		1987.10.8	2012.11.8

对表 1 的分析表明, 3 月、4 月大降水极值分别为 29.6 mm、42.5 mm 均出现在塔城(1968 年 3 月 2 日、1976 年 4 月 19 日), 5 月 44.4 mm 出现在额敏(1996 年 5 月 28 日), 9 月 64.6 mm 出现在塔城(2015 年 9 月 21 日), 10 月 37.1 mm 出现在塔城(1979 年 10 月 13 日), 11 月 41.4 mm 出现在裕民(2016 年 11 月 12 日), 和丰 3、10、11 月未出现大降水。

3.3. 局地、区域、全区大降水分布

对近 60a 年塔城地区春秋大降水统计分析表明, 全区共出现 88 次局地单日大降水, 33 次局地过程大降水; 共出现 66 次区域单日大降水, 28 次区域过程大降水; 共出现 39 次全区单日大降水, 12 次全区过程大降水。

塔城地区连续性大降水共出现 32 次, 其中塔城站出现次数最多, 达 10 次, 额敏、裕民、乌苏站各出现 5 次, 托里、沙湾各出现 3 次, 和丰未出现。塔城地区大降水月最多出现 4 次, 年最多出现 4 天, 最长持续 10 天, 出现于裕民、乌苏。

4. 塔城地区春秋大降水的变化特征

4.1. 月变化特征

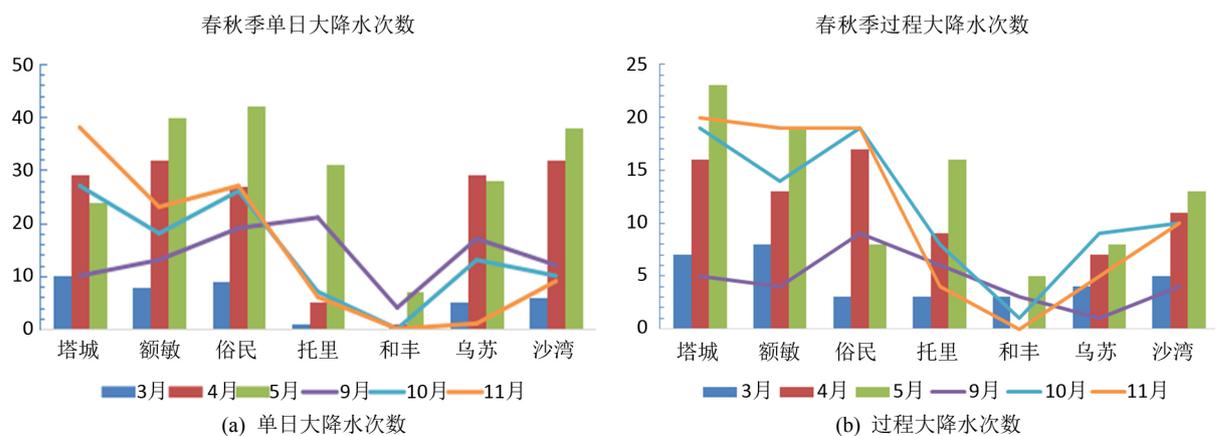


Figure 2. (a) (b) Monthly distribution of heavy precipitation times in spring and autumn in 7 stations near 60a Tacheng

图 2. (a) (b)近 60a 塔城 7 站春秋大降水次数月际分布

如图 2(a) (b)所示, 塔城地区春秋大降水共出现 705 次, 其中裕民最多, 达 150 次, 其后依次为塔城、额敏、沙湾、乌苏、托里, 和丰最少, 仅 4 次; 月分布表现为: 5 月最多, 其后依次为 4 月、11 月、10 月、9 月, 最少 3 月, 仅 39 次; 各站单日大降水月分布各不相同, 其中塔城以 11 月最多, 其后依次为 4 月、10 月、5 月, 最少为 3 月和 9 月, 额敏、裕民均以 5 月最多, 其后依次为 4 月、11 月、

10月、9月, 3月最少, 乌苏以4月最多, 其后依次为5月、9月、10月, 11月最少; 托里以5月最多, 其后依次为9月、10月、11月、4月, 最少为3月, 和丰以5月最多, 其后依次为9月、4月, 3月、10月和11月均未出现过, 沙湾以5月最多, 其后依次为4月、9月、10月、11月, 3月最少。

塔城地区春秋季节过程大降水共出现387次, 其中塔城最多, 达90次, 其后依次为额敏、裕民、沙湾、托里、乌苏, 和丰最少, 仅12次; 月分布表现为: 5月最多, 其后依次为10月、11月、4月、3月, 最少9月, 仅32次; 各站过程大降水月分布各不相同, 其中塔城、额敏以5月最多, 其后依次为11月、10月、4月、3月, 最少9月, 裕民、乌苏以10月最多, 其后依次为11月、4月、5月、10月, 3月或9月最少, 托里、沙湾以5月最多, 其后依次为4月、10月或11月, 3月或9月最少; 和丰以5月最多, 其后依次为3月和9月、10月, 11月和4月未出现。

塔城地区春秋季节单日大降水出现次数比过程大降水多近2倍, 且均以5月最多, 3月最少。

4.2. 春秋季节大降水次数年代际分布

4.2.1. 春秋季节单日大降水次数年代际分布

Table 2. Interdecadal distribution unit of daily precipitation times in Spring and autumn in Tacheng area, unit: times

表 2. 塔城地区春秋季节单日大降水次数年代际分布 单位: 次

站名	1960年代	1970年代	1980年代	1990年代	21世纪初年	10年代	合计
塔城	20	16	20	25	22	35	138
额敏	18	21	24	19	19	33	134
裕民	22	27	22	21	25	33	150
托里	8	14	14	9	11	15	71
和丰	1	2	0	2	3	4	12
乌苏	6	10	15	20	18	24	93
沙湾	17	17	21	11	15	26	107
合计	92	107	116	107	113	170	705

由表2可以看出, 塔城地区春秋季节单日大降水出现次数以21世纪10年代最多, 达170次, 占出现总次数的21%, 其后依次为1980年代、21世纪初年、1970年代和1990年代, 最少为1960年代。

就站点而言, 7站均以21世纪10年代最多, 塔城以1970年代最少, 额敏、托里、乌苏以1960年代最少, 裕民、沙湾以1990年代最少, 和丰1980年代最少; 各站春秋季节单日大降水年代际分布各不相同, 差异性较大, 其中, 塔城表现为多-少-多-多-少-多的交替演变, 额敏表现为少-多-多-少-少-多的交替演变, 裕民表现为少-多-少-少-多-多的交替演变, 托里表现为少-多-多-少-多-多的交替演变, 和丰表现为少-多-少-多-多-多的交替演变, 乌苏表现为少-多-多-多-少-多的交替演变, 沙湾表现为少-少-多-少-多-多的交替演变。

4.2.2. 春秋季节过程大降水次数年代际分布

Table 3. Interdecadal distribution unit of heavy precipitation times in spring and autumn in Tacheng area, unit: times

表 3. 塔城地区春秋季节过程大降水次数年代际分布 单位: 次

站名	1960年代	1970年代	1980年代	1990年代	21世纪初年	10年代	合计
塔城	13	14	23	9	15	16	90

Continued

额敏	20	12	10	12	14	9	77
裕民	16	5	13	12	15	14	75
托里	8	7	5	8	8	10	46
和丰	2	2	1	1	3	3	12
乌苏	3	9	5	4	5	8	34
沙湾	7	9	8	8	8	13	53
合计	69	58	65	54	68	73	387

由表 3 可以看出, 塔城地区春秋季节过程大降水以 21 世纪 10 年代最多, 达 73 次, 占出现总次数的 18%, 其后依次为 1960 年代、21 世纪初年、1980 年代、1970 年代, 最少为 1990 年代。

就站点而言, 塔城以 1980 年代最多, 1990 年代最少, 额敏、裕民以 1960 年代最多, 21 世纪 10 年代或 1970 年代最少, 托里、和丰、沙湾以 21 世纪 00 年代或 10 年代最多, 1980 年、1990 年代或 1960 年代最少, 乌苏以 1970 年代最多, 1960 年代最少; 各站春秋单日大降水年代际分布各不相同, 差异性较大, 其中, 塔城表现为少-多-多-少-多-多的交替演变, 额敏表现为多-少-少-多-多-少的交替演变, 裕民表现为多-少-多-少-多-少的交替演变, 托里表现为多-少-少-多-多-多的交替演变, 和丰表现为多-多-少-少-多-多的交替演变, 乌苏表现为少-多-少-少-多-多的交替演变, 沙湾表现为少-多-少-少-多-多的交替演变。

4.3. 春秋季节大降水的变化趋势

Table 4. Linear trend rate and climatic trend coefficient of heavy precipitation times in Spring and autumn in Tacheng area, unit: mm/10a

表 4. 塔城地区春秋季节大降水次数线性倾向率及气候趋势系数 单位: mm/10a

	塔城	额敏	裕民	托里	和丰	乌苏	沙湾	盆地	南部	全区
倾向率	0.20 ⁻	0.07 ⁻	0.20 ⁻	0.01 ⁻	0.09 ⁻	0.31 ⁻	0.12 ⁻	0.06 ⁻	0.04 ⁻	0.18 ⁻
气候趋势系数	0.19 ⁻	0.06 ⁻	0.21 ⁻	0.18 ⁻	0.02 ⁻	0.35 ⁻	0.13 ⁻	0.19 ⁻	0.26 ⁻	0.23 ⁻

注: -表示未通过显著性检验。

从表 4 可以看出, 7 站春秋季节大降水出现次数均表现为增多趋势, 其中乌苏、塔城、裕民、沙湾分别以 0.31 mm/10a、0.20 mm/10a、0.20 mm/10a、0.12 mm/10a 的速率不显著增多, (未通过显著性检验); 塔城盆地春秋大降水出现次数以 0.06 mm/10a 的速率不显著增多(未通过显著性检验), 和丰以 0.09 mm/10a 的速率不显著增多, 地区南部以 0.04 mm/10a 的速率不显著增多, 全区而言, 以 0.18 mm/10a 的速率不显著增多。

计算了塔城 7 站春秋季节大降水出现次数的气候趋势系数, 结果发现, 塔城各站气候趋势系数均为正值, 即表现为增多趋势, 其中乌苏、裕民、塔城、托里、沙湾增多趋势较明显, 但均未通过显著性水平检验, 即表现为不显著增多趋势; 塔城盆地春秋大降水出现次数气候趋势系数为 0.19, 和丰为 0.02, 南部为 0.26, 全区而言, 春秋季节大降水气候趋势系数为 0.23。

4.4. 降水变率

降水的变率(S)是反映一地降水稳定性的指标(公式见下式), 一般说来, 平均降水量大的地方降水变率小。我国年降水变率多在 0.1~0.3 之间, 江南地区年变率最小为 0.1~0.15 [1]。

Table 5. Precipitation variability in Tacheng region in spring and autumn
表 5. 塔城地区春秋季节大降水降水变率

		塔城	额敏	裕民	托里	和丰	乌苏	沙湾
3 月	单日大降水	0.24	0.19	0.15	-	-	0.24	0.20
	过程大降水	0.67	0.73	0.46	0.84	0.59	0.51	0.43
4 月	单日大降水	0.26	0.17	0.18	0.06	-	0.21	0.23
	过程大降水	0.49	0.59	0.68	0.70	-	0.52	0.55
5 月	单日大降水	0.29	0.26	0.22	0.22	0.13	0.32	0.24
	过程大降水	0.54	0.71	0.63	0.66	0.76	0.43	0.56
9 月	单日大降水	0.49	0.24	0.14	0.24	0.07	0.17	0.16
	过程大降水	0.57	0.44	0.63	0.59	0.71	0.79	0.57
10 月	单日大降水	0.24	0.18	0.12	0.13	-	0.24	0.23
	过程大降水	0.58	0.68	0.53	0.67	0.26	0.66	0.79
11 月	单日大降水	0.21	0.13	0.23	0.11	-	-	0.15
	过程大降水	0.63	0.63	0.65	0.65	-	0.79	0.66
春秋季	单日大降水	0.26	0.21	0.19	0.21	0.14	0.25	0.22
	过程大降水	0.59	0.65	0.62	0.68	0.67	0.63	0.62
全区春季	单日大降水	0.23	全区秋季	单日大降水	0.20	全区春秋季	单日大降水	0.22
	过程大降水	0.62		过程大降水	0.64		过程大降水	0.63

注：-表示无。

由表 5 的计算结果可知，塔城 7 站春秋季单日大降水降水变率月际分布表现为，3 月各站降水变率在 0.15~0.24 之间，4 月在 0.06~0.26 之间，5 月在 0.13~0.32 之间，9 月在 0.07~0.49 之间，10 月在 0.12~0.24 之间，11 月在 0.11~0.21 之间，除个别站外各月大降水均较稳定。全区春秋季单日大降水降水变率为 0.22，表明降水较稳定。

塔城 7 站春秋季过程大降水降水变率月际分布表现为，3 月各站降水变率在 0.43~0.84 之间，4 月在 0.49~0.70 之间，5 月在 0.43~0.76 之间，9 月在 0.44~0.79 之间，10 月在 0.26~0.79 之间，11 月在 0.63~0.79 之间，7 站各月各站大降水均不稳定。全区春秋季过程大降水降水变率为 0.63，表明降水不稳定。

4.5. 降水变差系数

统计学中通常用变差系数(CV%)的大小确定其变异程度，当 $CV\% \leq 10\%$ 时为弱变异性，当 $10\% < CV\% < 100\%$ 时为中等变异性，当 $CV\% \geq 100\%$ 时为强变异性。变差系数计算公式中： $CV\%$ 为变差系数大小， S 为标准差， \bar{X} 为变量均值。

Table 6. Unit of precipitation variation coefficient in Tacheng area in spring and autumn, unit: %
表 6. 塔城地区春秋季节大降水降水变差系数 单位: %

		塔城	额敏	裕民	托里	和丰	乌苏	沙湾
3 月	单日大降水	33%	25%	20%	-	-	33%	28%
	过程大降水	75%	81%	54%	100%	72%	69%	54%
4 月	单日大降水	35%	24%	28%	7%	-	32%	35%
	过程大降水	59%	67%	76%	87%	-	59%	66%

Continued

5月	单日大降水	40%	37%	28%	27%	16%	45%	31%		
	过程大降水	62%	81%	76%	76%	86%	50%	64%		
9月	单日大降水	77%	30%	19%	37%	10%	23%	20%		
	过程大降水	66%	53%	71%	68%	87%	112%	72%		
10月	单日大降水	32%	21%	16%	17%	-	32%	40%		
	过程大降水	66%	78%	63%	74%	36%	77%	87%		
11月	单日大降水	27%	18%	35%	20%	-	-	22%		
	过程大降水	74%	74%	76%	81%	-	98%	79%		
春秋季	单日大降水	74%	29%	26%	29%	18%	36%	31%		
	过程大降水	68%	75%	72%	79%	77%	73%	71%		
全区春季	单日大降水	33%		全区秋季	单日大降水	32%		全区春秋季	单日大降水	32%
	过程大降水	70%		过程大降水	72%			过程大降水	72%	

注：-表示无。

从表 6 可以看出，塔城 7 站春秋季单日大降水变差系数月际分布表现为，3 月各站降水变差系数在 20%~33%之间，4 月在 7%~35%之间，5 月在 16%~45%之间，9 月在 10%~77%之间，10 月在 16%~40%之间，11 月在 18%~35%之间；各月除个别站表现为弱变异性外，其余各站均表现为中等变异性；全区而言，春秋季单日大降水变差系数为 32%，表现为中等变异性。

塔城 7 站春秋季过程大降水变差系数月际分布表现为，3 月各站降水变差系数在 54%~100%之间，4 月在 59%~87%之间，5 月在 50%~86%之间，9 月在 53%~112%之间，10 月在 36%~87%之间，11 月在 74%~98%之间，各月除个别站表现为强变异性外，其余各站均表现为中等变异性；全区而言，春秋季过程大降水变差系数为 72%，表现为中等变异性。

5. 环流分型

5.1. 500 hPa 环流分型

利用 1960~2019 年美国国家气象中心 NECP/NCAR 再分析资料(2.5°*2.5°，6 h 一次)，统计分析了近 60 年塔城地区春秋季共 51 场全区性大降水个例发生时 500 hPa 环流形势及其距平场进行统计分析，并对每种分型得到的个例进行合成分析，根据主要影响系统，把造成塔城地区大降水的大气环流分成 4 种类型，即：西北气流型(简称“Ⅰ型”)、欧洲(里海)长脊，乌山大槽东移型(Ⅱ型)、低槽(低涡)东移型(Ⅲ型)、里海长脊，西西伯利亚低槽东移(Ⅳ型)。

5.2. 各型环流特征

5.2.1. Ⅰ型环流特征

如图 3 所示，Ⅰ型环流特征表现为：中高纬度地区环流经向度较大，上游主导系统在里咸海地区活动，发展不强盛，脊顶东伸不够强烈，在东移过程中不断西退；下游影响系统发展强盛，巴尔喀什湖至我区为强西北风带控制，锋区较强，低槽呈现“u 型”槽特征，有明显的西北风与西南风的切变存在，槽底宽而直，西风气流增强，动力条件好。

5.2.2. II 型环流特征

如图 4 所示, II 型环流特征表现为: 500 hPa 高度场上, 环流经向度较大, 欧洲(里海)脊发展强烈,

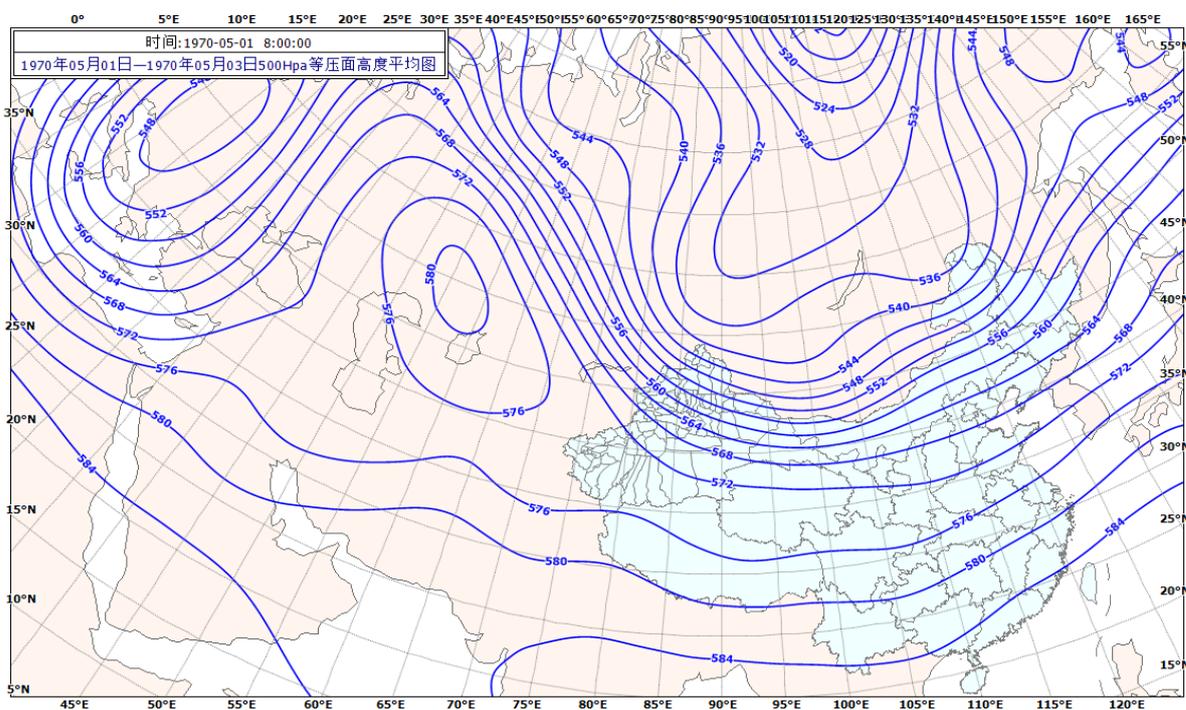


Figure 3. 1-3 May 1970, 500 hPa type I caused great rainfall process composite image

图 3. 1970 年 5 月 1~3 日 I 型造成大降水过程 500 hPa 合成图

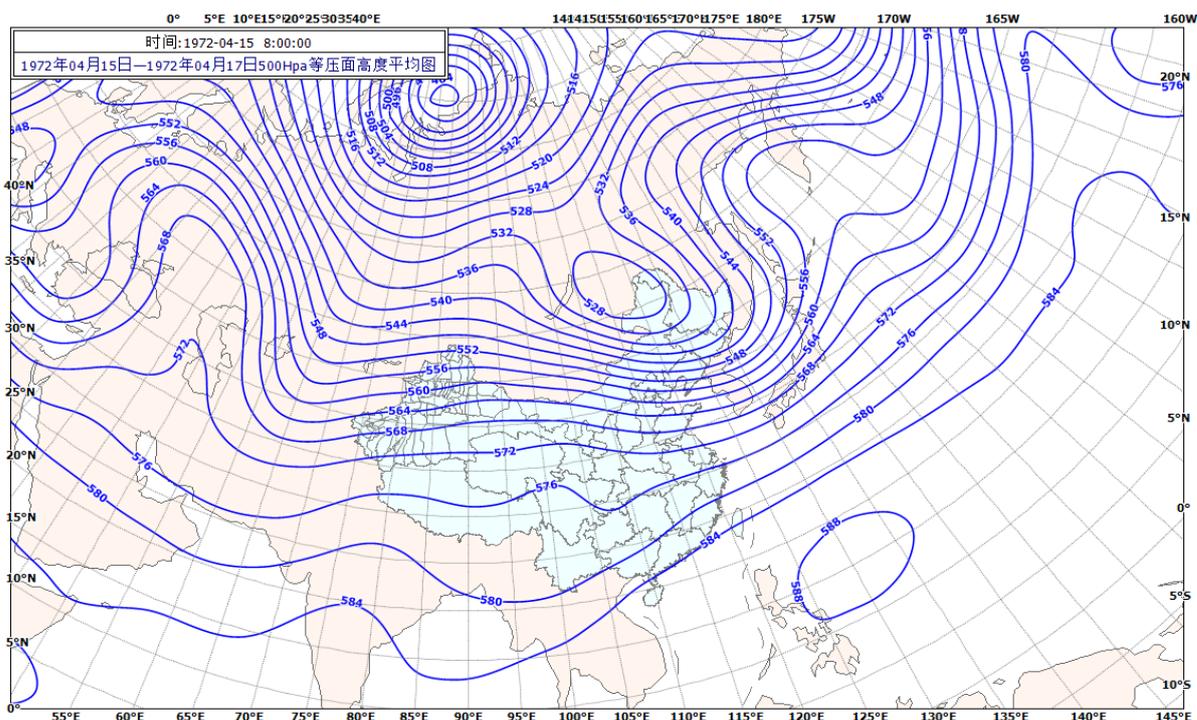


Figure 4. April 15 to 17, 1972, 500 hPa type II caused great rainfall process composite image

图 4. 1972 年 4 月 15~17 日 II 型造成大降水过程 500 hPa 合成图

脊顶明显北伸, 乌拉尔山地区为长波槽控制区, 长波槽南伸至 40°N 一线, 槽底西南气流较强, 最强时达到 40 m/s, 槽后有明显的偏北急流, 槽前有明显的偏西急流, 槽前后风向切变明显。由于欧洲脊西北方不稳定小槽的侵袭, 切断了暖平流的输送, 使得乌拉尔山大槽南掉东移, 当其东移至中亚地区时, 环流发生明显调整, 经向度逐渐减弱, 大槽分为南北两段, 北段快速东移, 南段滞留在中亚地区, 演变成为明显的中亚槽, 然后沿 45°N 一线东移进入塔城地区, 由于系统移动速度较快, 造成的降水强度相对较大, 但天气影响时间不长, 此型低槽一旦移出, 降水随之结束。

5.2.3. III 型环流特征

如图 5 所示, III 型 3 月、4 月、5 月、10 月、11 月发生全区性大降水的概率较大, 其中 5 月发生最多。环流特征表现为: 大降水发生前期, 北欧地区为高压脊控制区, 西西伯利亚地区为范围广阔的低槽控制区, 冷空气主体位于西西伯利亚地区, 高空配合有 -40°C 或以下的冷中心; 由于上游地区暖平流的输送使得北欧地区高压脊得以加强, 脊前偏北急流加强, 部分正变高东南落, 导致北方冷空气沿脊前偏北气流南下, 在西西伯利亚地区形成东北—西南向的低槽, 槽的主体进入中亚地区, 槽前配合有大片强的西风或西南风, 且风速较大 500 hPa 高空风速基本在 25~30 m/s 左右, 来自北方的冷空气与来自中亚地区的西南暖湿气流(即极锋锋区与副热带锋区)在 45°N 一线汇合并加强; 此外, 地面图上中亚地区有明显的锋生现象, 在云图上可清楚的发现在西部国境线外巴尔喀什湖—塔城地区有明显的锋面云带配合, 当汇合后的锋区向东移或在东移过程中低槽东南落时, 可看出在本区域内有明显的北支云系南支云系的现象, 此种类型出现时降水强度大、持续时间长(达 24 小时以上), 同时由于系统在东移过程中有东南下的趋势, 故降水范围广, 常造成区域性大降水。此型中两支锋区能否汇合或补充叠加, 以及汇合点的位置是预报的关键, 统计分析发现, 当汇合点在 70°E~80°E、46°N 附近时, 本区域降水最大, 分布最广。

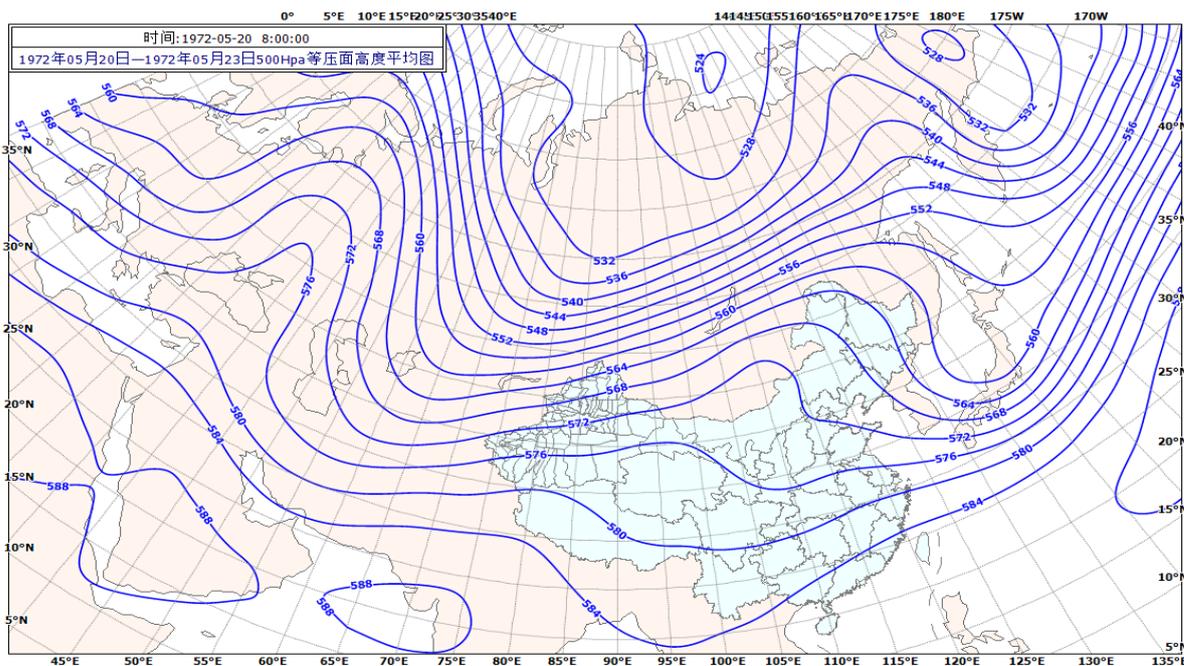


Figure 5. 20-23 May 1972 500 hPa type III caused great rainfall process composite image

图 5. 1972 年 5 月 20-23 日 III 型造成大降水过程 500 hPa 合成图

5.2.4. IV 型环流特征

如图 6 所示, IV 型造成的大降水天气多出现在 5 月, 其次为 10 月, 4 月、11 月, 环流特征表现为:

欧亚范围内环流经向度加大, 位于上游里海地区的高压脊强烈发展, 脊顶东伸明显, 达到 90°E 地区, 下游咸海 - 巴尔喀什湖地区为范围广阔的西西伯利亚低槽活动区, 低槽中有明显的锋区, 低槽南伸至 35°N 以南地区, 在 35°N~50°N, 里海到新疆上空有一支强劲的西风带, 锋区上有短波东移, 当槽后脊前有较强暖平流(等温线 ≥ 3 根)和正变高 ≥ 50 位势米时, 槽在东移过程中常常逐渐加深, 当其移动至西部国境线外时, 槽前有强的西南风, 故造成塔城地区区域性大降水。

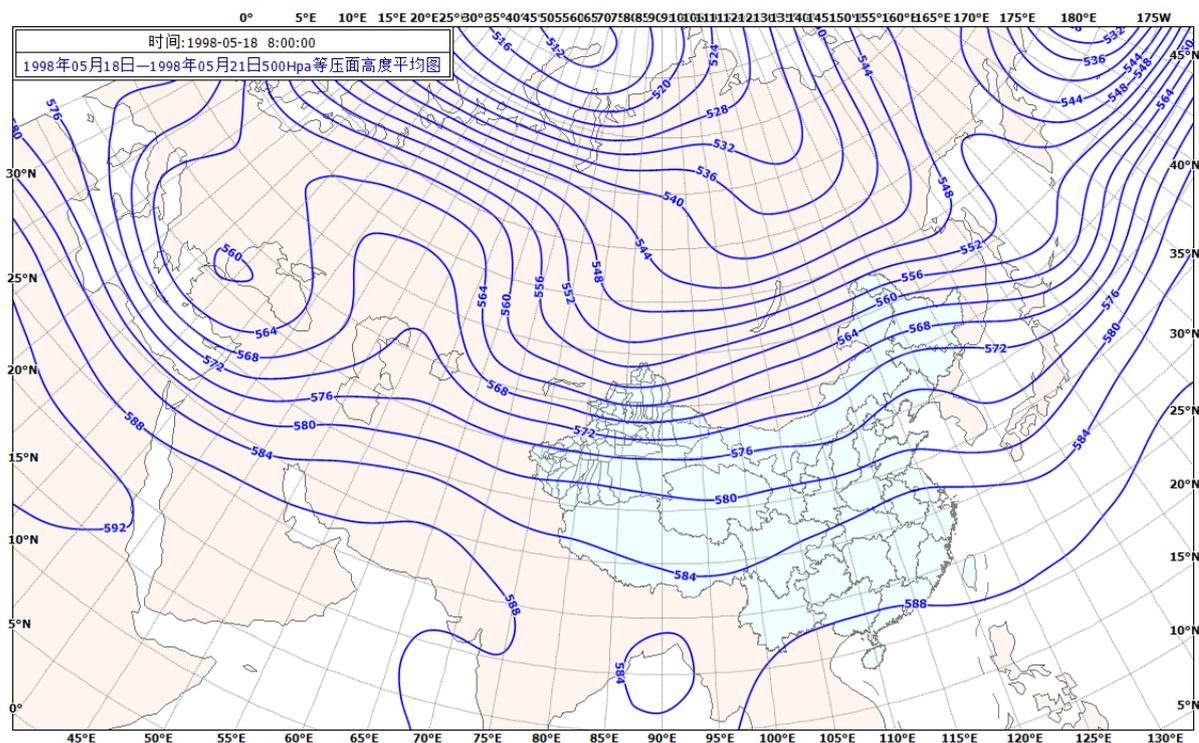


Figure 6. 18-21 May 1998, 500 hPa type IV caused great rainfall process composite image

图 6. 1998 年 5 月 18~21 日 IV 型造成大降水过程 500 hPa 合成图

6. 小结

1) 塔城地区春秋季节大降水极值为 64.6 mm, 2015 年 9 月 21 日出现于塔城; 3 月大降水极值 29.6 mm 出现在塔城(1968 年 3 月 2 日), 4 月 44.4 mm 出现在额敏(1996 年 5 月 28 日), 9 月 64.6 mm 出现在塔城(2015 年 9 月 21 日), 10 月 37.1 mm 出现在塔城(1979 年 10 月 13 日), 11 月出现在裕民(2016 年 11 月 12 日), 和丰 3、10、11 月未出现大降水。

2) 全区共出现 88 次局地单日大降水, 33 次局地过程大降水, 共出现 66 次区域单日大降水, 28 次区域过程大降水, 共出现 39 次全区性单日大降水, 12 次全区过程大降水; 连续性大降水共出现 32 次, 其中塔城最多, 大降水月最多出现 4 次, 年最多出现 4 天, 最长持续 10 天, 出现于裕民、乌苏。

3) 塔城 7 站春秋季节单日大降水出现次数比过程大降水多近 2 倍, 且以 5 月最多, 3 月最少。

4) 塔城地区春秋季节单日大降水以 21 世纪 10 年代最多, 其后依次为 1980 年代、21 世纪初年、1970 年代和 1990 年代, 最少为 1960 年代; 春秋季节过程大降水以 21 世纪 10 年代最多, 其后依次为 1960 年代、21 世纪初年、1980 年代、1970 年代, 最少为 1990 年代。

5) 塔城 7 站春秋季节大降水出现次数均表现为增多趋势, 其中乌苏、塔城、裕民、沙湾分别以 0.31 mm/10a、0.2.0 mm/10a、0.20 mm/10a、0.12 mm/10a 的速率不显著增多(未通过显著性检验), 全区而言,

以 0.18 mm/10a 的速率不显著增多。

6) 春秋季节单日大降水降水变率均小于过程大降水降水变率, 表明单日大降水较过程大降水稳定。

7) 根据主要影响系统, 把造成塔城地区大降水的大气环流分成 4 种类型, 即: 西北气流型、欧洲(里海)长脊, 乌山大槽东移型、低槽(低涡)东移型、里海长脊, 西西伯利亚低槽东移。

基金项目

塔城地区气象局科研项目“塔城地区春秋季节大降水气候特征及环流分型”资助。

参考文献

- [1] 王绍武, 龚道溢. 全新世几个特征时期的中国气温[J]. 自然科学进展, 2000, 10(4): 325-332.
- [2] 翟盘茂. 中国降水极值变化趋势检测[J]. 气象学报, 1999, 57(2): 208-216.
- [3] 张家宝, 苏起元, 孙沈清, 等. 新疆短期天气预报指导手册[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1986: 218-270.
- [4] 杨莲梅. 新疆极端降水的气候变化[J]. 地理学报, 2003, 58(4): 577-583.
- [5] 辛渝, 陈洪武, 张广兴, 等. 新疆年降水量的时空变化特征[J]. 高原气象, 2008, 27(5): 993-1003.
- [6] 刘惠云, 吕新生, 杨莲梅. “96.7”新疆特大暴雨中期过程分析[J]. 新疆气象, 1998, 21(1): 17-20.
- [7] 蒋军, 谭艳梅, 李如琦. 2004 年 7 月新疆特大暴雨过程的诊断分析[J]. 新疆气象, 2005, 28(4): 4-6.
- [8] 井立红, 魏小亚, 高婧, 等. 近 50a 新疆塔城地区冷季降水变化特征[J]. 干旱气象, 2012, 30(1): 39-44.
- [9] 高婧, 井立军, 井立红. 塔城地区近 45a 气候变化分析[J]. 新疆气象, 2006, 29(5): 17-19.
- [10] 井立红, 高婧, 赵忠, 等. 数值预报模式在新疆塔城地区降水预报中的检验[J]. 干旱气象, 2017, 35(1): 134-141.
- [11] 肖开提·多莱特. 新疆降水量级标准的划分[J]. 新疆气象, 2005, 28(3): 7-8.