

新疆极端水文事件年际变化及对气候变化的响应

孙桂丽¹ 陈亚宁¹ 李卫红¹

(1. 中国科学院新疆生态与地理研究所 中国科学院沙漠与绿洲生态国家重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830011;

2. 新疆农业大学林学与国学学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要:利用 1901 ~ 2010 年极端水文事件资料, 采用 Mann-kendall 统计检验研究其年际、年代际变化及对气候变化的响应。结果表明: 年际变化总体为增加趋势, 20 世纪 70 年代以来增加显著; 各地区由于主导灾害不同, 年代际变化不尽相同, 冰雹为主导灾害的地区 80 年代的发生频次最多, 其它地区呈逐年代平稳增加; 各类型极端水文事件年际变化也不尽相同, 但于近 10 a 达最大值; 极端水文事件增加趋势与气温、降水一致, 不同极端水文事件对气候变化因子响应略有不同。

关 键 词:极端水文事件; Mann-kendall 统计检验; 年际变化; 响应; 新疆

中图分类号: P339 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2011)11-1389-07

随着全球气候的持续变暖, 与气温有关的极端事件频繁发生, 另外由于全球变暖水循环加快, 极端水文事件趋于增多^[1]。愈来愈多资料证实, 近 10 a 世界各地因极端水文事件所造成的直接经济损失呈指数上升趋势^[1, 2], 相比于一般水文事件, 极端水文事件成因更为复杂, 预测更困难, 成为众多学者关注热点^[1, 2]。极端水文事件是指在一定时期内发生频率低、突发性强, 且对人类社会有重要影响的灾害性水文事件^[1, 3]。在西北干旱区, 极端水文事件包括暴雨洪水、冰雪融水、突发洪水(冰凌洪水、冰川湖突发洪水)、冰雹、泥石流(暴雨型泥石流、冰川型泥石流)、雪灾(暴风雪、积雪、风吹雪、雪崩)等^[4-8]。本文基于 1901 ~ 2010 年资料, 深入分析新疆极端水文事件年际变化特征, 并对比分析不同区域、类型极端水文事件的年际变化及其对气候变化响应, 预测新疆极端水文事件基本规律及发展演变趋势, 减少甚至避免对工农业生产带来的损失, 为采取积极的防灾、减灾、抗灾措施提供科学依据。

1 研究区域概况

新疆位于中国西北地区, $32^{\circ}22' \sim 49^{\circ}33'N$, $73^{\circ}21' \sim 96^{\circ}21'E$, 地处欧亚大陆腹地, 远离海洋, 气候干燥, 降水稀少, 属典型的内陆干旱区。新疆

地貌轮廓呈“三山夹两盆”的格局, 南边是昆仑山, 北边是阿尔泰山, 天山山脉横贯中央, 将新疆分为南、北两部分, 再加上天山山间断线谷地形成吐-哈盆地, 习惯上称为南疆、北疆、东疆^[5-7](图 1)。南疆统称为塔里木盆地, 包括巴音郭楞蒙古自治州(巴州)、阿克苏地区、克孜勒苏柯尔克孜自治州(克州)、喀什地区和和田地区; 北疆为准噶尔盆地, 包括阿勒泰地区、塔城地区、伊犁哈萨克自治州(伊犁州)、昌吉回族自治州(昌吉州)、博尔塔拉蒙古自治州(博州)、石河子市和乌鲁木齐市; 东疆包括吐鲁番-哈密盆地。独特的山、盆地貌格局给新疆自然灾害的频繁发生提供了有利条件。三大山系高山带广泛分布着大量的冰川、永久积雪, 突发洪水较为突出, 中山带是新疆降水最丰富的地带, 流水切割十分强烈, 洪灾、雪灾较为突出。中低山带是活动性大断裂带发育地区, 如遇暴雨或季节性积雪融水, 发生洪水、滑坡或泥石流将不可避免^[6, 8]。

2 资料来源与研究方法

本文极端水文事件资料源于新疆水文、气象、农业和民政等部门组织编撰的新疆自然灾害史料, 统计到 1997 年, 具体见参考文献[17~20], 该史料对新疆自然灾害史料进行广泛收集与较系统整理,

收稿日期: 2011-01-22; 修订日期: 2011-04-03

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划 2010CB951003) 资助。

作者简介: 孙桂丽(1979-), 女, 河南兰考人, 博士研究生, 主要从事气候变化与水文灾害研究。E-mail: sxfgl@126.com

通讯作者: 陈亚宁, 研究员。E-mail: chenyn@ms.xjb.ac.cn

且由地方志编撰人员参考大量已有成果和观测资料编写而成,所辑资料数据具有较高可信度。1997年以后的查阅新疆各地区地方志、县、市志、地方年鉴、新疆通志——水利志、民政志,另有一部分来源于国家民政部减灾中心、新疆防汛抗旱办公室。以上部门由专业人员组成,是为减灾防灾提供数据的机构,故较统计结果为准确,具有可信性。以县为单位录入,建立数据库,经反复核对校订,整理出新疆1901~2010年发生的极端水文事件。本文所用数据均以上述数据库为基础,并用Excel和SPSS软件进行处理分析。新疆各地区统计数据基本按行政区划,考虑研究需要和其位置关系把克拉玛依归为塔城地区,奎屯与石河子归为一个区。由于统计资料限制,本文主要研究6种类型的极端水文事件,即暴雨洪水、融雪洪水、突发洪水、冰雹、雪灾、泥石流。

文中应用参数 t 检验和非参数 $M-K$ 统计检验,检验气温、降水和极端水文事件的可能趋势,用 $M-K$ 突变检验,检验极端水文事件的年代际突变特征,检验公式参阅文献[8~11]。

3 结果与讨论

3.1 新疆各类型极端水文事件年际变化

新疆极端水文事件 $M-K$ 检验虽未发生突变,但其 $UF>0$,说明其呈增加趋势,20世纪50年代后增加趋势显著;其发生频次也呈逐年增加趋势(图1)。通过对新疆发生相对较为均匀且占比例最大的暴雨洪水进行突变检验及趋势分析,50年代发生突变,于70年代后增加趋势显著,这与新疆气候变暖密切相关(新疆气温50年代以来逐年代升高,于1987年发生突变,之后升温显著^[12])。

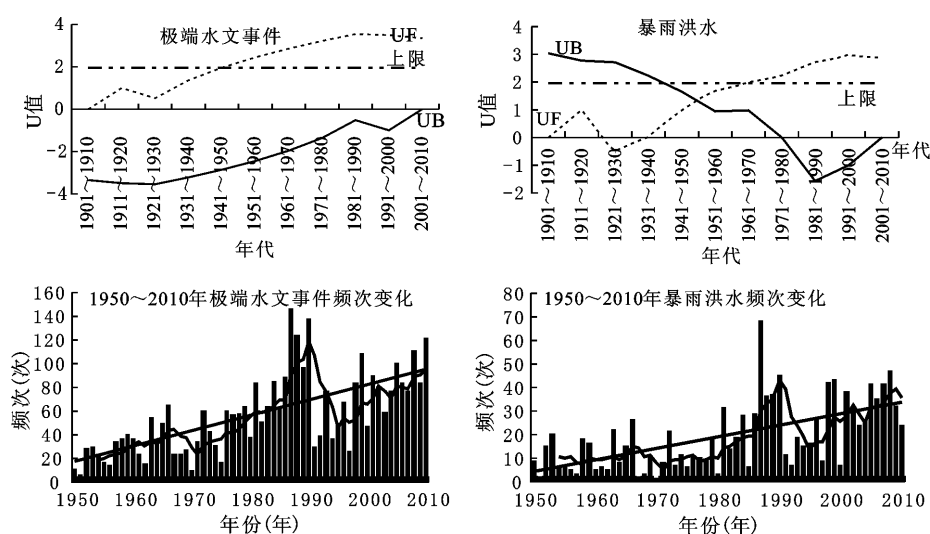


图1 新疆极端水文事件突变检验及频次分布

Fig.1 Abrupt test and frequency distribution of extreme hydrological events in Xinjiang

新疆各类型极端水文事件大体呈现逐年代增加趋势,20世纪70年代以来增加尤为显著,20世纪80年代达到一个高峰,近10a达到最多(图2)。暴雨洪水发生频率持续增加;冰雹一般伴随暴雨而生,建国后迅速增加,于80年代达到最多(原因可能与防雷技术的应用和发展有关),之后又持续增加。雪灾于80年代迅速增加,频率由20世纪10年代的0.2次/a到21世纪的18.7次/a,全球变暖,气温升高,积雪和冰川大量融化,导致冰雪融水于20世纪80年代以后增加迅速,在近10a达到高峰,2010年表现尤为明显,据不完全统计达44次之多。突发洪水(冬季冰凌洪水和冰川湖突发

洪水)增加趋势相对较为平缓,频率由20世纪10年代的0.1次/a到21世纪的3.9次/a。泥石流发生在特定的地形地貌条件下,为局部性水文灾害,增加速率较缓,频率由20世纪50年代的0.6次/10a到21世纪的8.1次/a。

3.2 新疆各地区极端水文事件年际变化规律

各地区极端水文事件大体表现为增加趋势,建国后增加显著,或许与人为记录有关,但其后也呈增加趋势,与新疆气候变化有一定关系,不同地区主导灾害不同,对气候变化响应略有差异^[13~15],故表现出细微差别(图3)。

主导灾害或次主导灾害为冰雹(防雷技术于

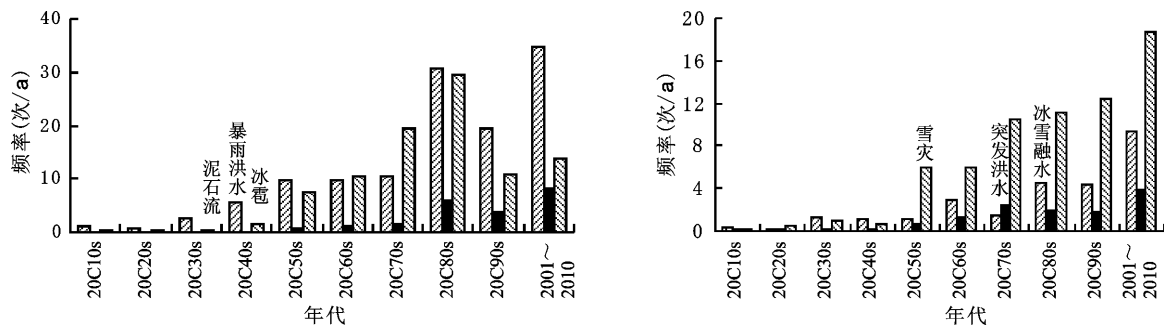
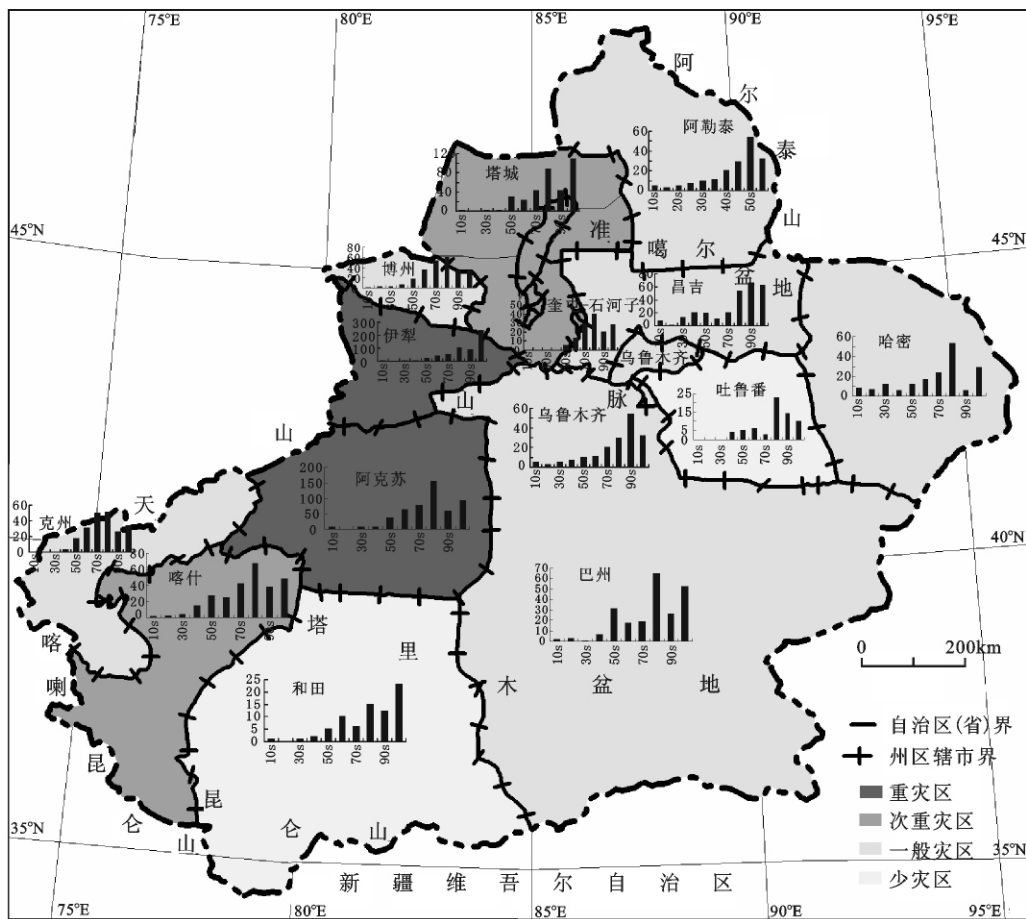


图2 1901~2010年新疆各类极端水文事件年代际变化

Fig. 2 The interdecadal variations of various types of extreme hydrological events in Xinjiang from 1901 to 2010



柱状图横坐标为年代 纵坐标为频次 (次)

图3 1901~2010 新疆极端水文事件年代际变化

Fig. 3 The interdecadal variations of extreme hydrological events in Xinjiang from 1901 to 2010

20 世纪 80 年代后予以重视) 的塔城、奎屯-石河子、博州、吐鲁番、哈密、巴州、喀什、克州、阿克苏九地区 20 世纪 80 年代频次几乎均为 90 年代两倍, 且为年代中发生频次最多, 塔城地区 2001~2010 年的超过 80 年代, 该地区雪灾和冰雪融水较多。阿勒泰地区以雪灾为主, 频率变化平缓, 于 2001~

2010 年达到极值 2009~2010 年冬季雪灾尤为严重, 达 13 次之多, 损失颇为惨重。昌吉、乌鲁木齐、和田均以暴雨洪水为主导灾害, 其基本逐年代增加。伊犁也是较为特殊的地区, 主导灾害丰富为冰雹、暴雨洪水、雪灾、泥石流, 多种灾害类型相互补充, 使该地区极端水文事件随着新疆气候变暖变湿平稳上升。

3.3 新疆极端水文事件对气候变化的响应

分析新疆 1950 ~ 2010 年气温、降水和极端水文事件资料,发现自 20 世纪 50 年代以来,均呈上升趋势,三者保持一致(图 4,表 1)。1950 ~ 2010 年气温、降水和极端水文事件均值分别为 9.58℃、135.6 mm 和 57.5 次/10 a,50 ~ 70 年代气温、降水低于平均值,为负距平;80 年代以来高于平均值,为正距平;极端水文事件 80 年代以前为相对少发期,频率为 40 次/10 a,而 80 年代以后为多发期,频率为 78 次/10 a,与气温、降水变化保持一致(图 3,表 1)。暴雨洪水自 50 年代呈增加趋势,80 年代后迅速增加,与新疆气候变化一致(图 3)。通过参数检验和非参数 M - K 检验也发现相似结果(表 1)。

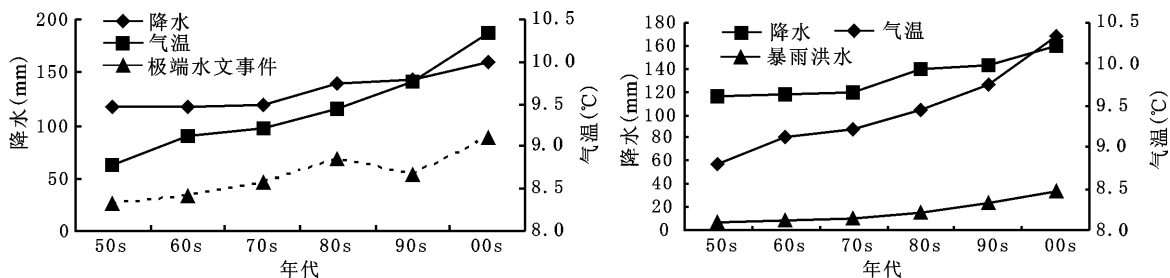


图 4 新疆气温、降水和极端水文事件年代际变化关系

Fig. 4 Change relation of temperature , precipitation and extreme hydrological events in Xinjiang

表 1 新疆气温、降水和极端水文事件时间序列的趋势检验

Table 1 Monotonic trend test for temperature , precipitation and extreme hydrological events in Xinjiang

	t 检验			Mann - Kendall 检验			
	β_0	β_1	T_c	H_0	$Z_0\beta H_0$		
温度	6.313	0.0233	15.38	R	3.428	0.0252	R
降水	141.22	0.6706	23.61	R	1.702	0.6883	A
极端水文事件	126.57	0.4835	20.64	R	2.381	0.4950	R

R. 拒绝; A. 接受; 显著性水平 $\alpha = 0.05$

分析 1950 ~ 2010 年降水发现: 20 世纪 80 年代以来,北疆大雪日数呈显著增加趋势,前年 11 月到次年 1 月降水量也呈显著增多,1979 ~ 1980、1987 ~ 1988、1994 ~ 1995、1996 ~ 1997、1997 ~ 1998、1998 ~ 1999、2000 ~ 2001、2009 ~ 2010 年冬季大雪日数异常偏多,异常偏少年主要在 20 世纪 80 年代以前,历史上最严重的三次雪灾分别 2009 ~ 2010、2000 ~ 2001 和 1998 ~ 1999 年,而北疆冬季自 1979 年以来出现明显增暖^[12,17],从这些事实可看出新疆暴雪增多、冬季降水量增加均与冬季增暖存在一定联系,具体关系有待进一步分析。

冬季降水也是影响融雪洪水的一个重要因素,

气温的参数检验和非参数检验都拒绝 H_0 假设,表明在 5% 显著水平下,气温上升趋势明显;降水的 t 检验拒绝 H_0 假设,但 M - K 检验接受 H_0 ,表明降水也呈增加趋势,对极端水文事件检验均拒绝 H_0 ,表明极端水文事件增加趋势显著,气温、降水、极端水文事件三者变化趋势一致。气温升高、降水量增加加剧水文循环,二者均影响极端水文事件增加的速度和强度^[16]。

3.4 典型极端水文事件对气候变化响应

北疆地区主要发生雪灾和冰雪融水,特别是阿勒泰、塔城、伊犁和昌吉,2009 ~ 2010 最严重的即为此类型,故具体分析影响雪灾和融雪洪水的气候因素。

冬季降水量偏多且后冬降水量又明显偏多的年份,一般积雪就深,二者相关系数 > 0.6 ,发生融雪洪水可能性也较大(表 2),可作为预测融雪洪水发生的一个因子来考虑。发生严重春洪年份,冬季降水距平、平原积雪深普遍大于历年。

1985、1988、2005 和 2010 年冬季降水、雪深距平百分数平均分别为 30% ~ 70%、20% ~ 50%,尤其 1988 年,在塔城、伊犁、天山北坡乌苏至呼图壁一带平原区积雪深达 30 ~ 50 cm,比历年偏多 50% ~ 60%。2009 年 12 月至 2010 年 2 月北疆平均总降水量为 75.7 mm,比常年偏多 1.5 倍,为历史同期最大值,阿勒泰、塔城等 21 个站冬季降水突破历史

表2 融雪洪水发生前期冬季降水和平原气象站累积积雪深距平百分数(%)

Table 2 Winter precipitation and cumulative depth of snowpack anomaly before snowmelt occurred

年份(年)		塔城	阿勒泰	伊犁	石河子	昌吉	乌鲁木齐
1985	冬季降水距平	35	52	14	9	-16	18
	2月底积雪深	26	35	16	12	-20	30
1988	冬季降水距平	31	50	76	68	31	32
	2月底积雪深	37	56	42	52	63	5
2005	冬季降水距平	-3.5	41	62	67	16	21
	2月底积雪深	-57	27	50	47	14	35
2010	冬季降水距平	110	130	87	65	81	96
	2月底积雪深	52	60	45	41	26	39

同期极值,而 $>20\text{ cm}$ 的积雪覆盖面积占北疆积雪总面积的55%,其中阿勒泰市、青河县等地最大积雪深居历史同期首位。综上可知,发生融雪洪水时:塔城北部地区冬季降水距平 $>30\%$,雪深 $>45\text{ cm}$;伊犁河谷地区冬季降水距平 $>60\%$,雪深普遍 $>30\text{ cm}$,天山北坡中段冬季降水距平 $>25\%$,雪深普遍 $>25\text{ cm}$ 。

除冬季降水、积雪深外,冬季气温偏低、开春气温变化剧烈也是影响融雪洪水的重要因素。从北疆代表气象站冬季(12~2月)气温分析,发生严重

融雪洪水的2010、2005、1988、1985年入春前2月份气温均偏低,3、4月份升温幅度均较大(表3)。1985年2月气温偏低 $0.5\sim 2^{\circ}\text{C}$,3月24~27日天山北坡、塔城北部升温幅度 $1.5\sim 2.5^{\circ}\text{C}/\text{d}$;1988年偏低 $4\sim 6^{\circ}\text{C}$,伊犁、天山北坡3月6~13日升温幅度为 $1.7\sim 2.6^{\circ}\text{C}/\text{d}$;2005年偏低 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$,石河子、昌吉3月3~7日升温幅度达 $2.5\sim 4^{\circ}\text{C}/\text{d}$;2010年偏低 $1.5\sim 3.0^{\circ}\text{C}$,居历史同期第4位,阿勒泰、布尔津、石河子等12个观测站气温偏低幅度均居历史同期首位,4月20~24日升温幅度达 $1.5\sim 2^{\circ}\text{C}/\text{d}$ 。

表3 融雪洪水发生前期冬季气温距平、春季气温升温幅度

Table 3 Winter temperature anomaly and spring temperature extreme change before snowmelt occurred

年 份		塔城	阿勒泰	伊犁	石河子	昌吉	乌鲁木齐
1985	冬季气温距平($^{\circ}\text{C}$)	-2.6	-2.3	-2.1	-1.2	-1.1	-0.6
	春季最大升温($^{\circ}\text{C}/\text{d}$)	2.8	2.3	1.2	1.8	2	1.5
1988	冬季气温距平($^{\circ}\text{C}$)	-4.6	-4.8	-3.5	-2.6	-2.7	-1.7
	春季最大升温($^{\circ}\text{C}/\text{d}$)	1.9	1.8	2.9	1.7	1.8	1.4
2005	冬季气温距平($^{\circ}\text{C}$)	-3	-2.9	-2.2	-2.1	-2.1	-1.2
	春季最大升温($^{\circ}\text{C}/\text{d}$)	2.1	2	1.1	2.2	2.6	2.1
2010	冬季气温距平($^{\circ}\text{C}$)	-3.4	-3.8	-2.1	-3.6	-1.8	-1.6
	春季最大升温($^{\circ}\text{C}/\text{d}$)	2.2	1.9	2.1	0.8	1.0	0.7

后冬气温偏低,积雪消耗少,开春急剧升温,积雪大面积迅速融化,产生较大洪水。根据多次融雪洪水发生时的气温统计:冬季气温偏低 $1.0\sim 4.5^{\circ}\text{C}$,春季升温幅度达到 $1.5\sim 2.5^{\circ}\text{C}/\text{d}$,持续升温3~6 d为其发生的必要条件。因此,可用冷冬、开春升温幅度预测洪水发生,但不同地区由于地形地貌差异而有所不同,应分别考虑,预报预测才更准确。

0°C 层高度反映 0°C 等温线达到山区的高度^[21], 0°C 等温线急剧上升,等温线下积雪大面积融化,产生融雪洪水,据此可根据 0°C 层高度预测

融雪洪水。发生融雪洪水时 0°C 层高度在2 500~3 000 gpm之间,如1985年4月2日天山北坡石河子 0°C 层高度达3 000 gpm,2005年3月8日达到了2 800 gpm,伊犁达2 914 gpm,因此, 0°C 层高度急剧升至3 000 gpm时应做好预防洪水准备。

南疆较为特殊的冰川湖突发洪水^[22~24],发生前后8 d的 0°C 层高度差基本 $>500\text{ gpm}$ (表4),1978年除外,1978年洪水发生前8月1~29日,0时、12时 0°C 层高度均平均分别在5 493 gpm,5 022 gpm,再加上1978年9月1~3日降水量达到

表 4 冰川湖突发性洪水年 0℃层高度差(gpm)

Table 4 The 0℃ layer height difference of the flood peak discharge of glacial lake outburst floods above 4 000 m³/s

年份	洪峰流量 (m ³ /s)	0℃层高度差(gpm)	
		0 时	12 时
1961	6270	526	785
1971	4570	835	689
1978	4700	-486	-472
1984	4570	633	798
1997	4040	664	505
1999	6070	543	496
2002	4550	565	554

21.5 mm 其它洪水出现前 8 天降水最大者不足 10 mm^[7] 这次降水对湖水蓄积有一定影响。对 1999 年的洪水发生前后 8 d 的 0℃层高度进行 M-K 突变检验 0.05 水平下发生突变(图略)。洪水发生在 8 月 10 日,历时 56 h 0℃层高度于 8 月 11 日发生突变,之前 8 天 0℃层高度均 > 5 000 gpm,之后迅速降到 4 800 gpm 以下,前后 8 天的 0 时、12 时 0℃层高度均值差分别为 543、496 gpm。0℃层高度越高,冰川消融越强烈,更易发生洪水^[24],但洪水发生并不一定是 0℃层高度达到最大时。只要有一段时间保持较高,促使冰川融化,在冰湖中有一定蓄水,加上湖水对冰坝的物理作用和降水影响,也可诱发洪水(如 1978 年)^[23~24]。

4 结 论

1) 新疆极端水文事件呈增加趋势,未发生突变 20 世纪 80 年代以后增加显著;各地区各类型也呈增加趋势,增加速度表现出细微差别。

2) 新疆极端水文事件 20 世纪 80 年代前为相对少发期,之后为多发期。1901~2010 年增加趋势显著,与气温、降水变化趋势一致。暴雨洪水 20 世纪 50 年代以来也呈增加趋势,80 年代以后迅速增加,与新疆气候变化保持一致。

3) 北疆暴雪天气增多、冬季降水量增加与冬季增暖有一定联系,具体关系有待进一步分析。冬季气温偏低 1.0~4.5℃,冬季降水偏多 10%~50%,平原地区积雪深 30~60 cm,开春前后升温幅度 1.5~2.5℃/d,0℃层高度急剧升至 3 000 gpm 是决定融雪洪水的主要因素。

4) 南疆冰川湖突发洪水发生时 0℃层高度持续上升超过 5 000 gpm,前后 8 d 0℃层高度差值 > 500 gpm,且在洪水发生前后 2 d 发生突变。

随着气候变化和其它因素影响,在一定时期内,新疆极端水文事件将继续表现为增加趋势,尤其是雪灾和冰雪融水事件,2010 年表现尤为明显。今后,应综合考虑各类型极端水文事件变化趋势及其影响因素进行防灾、减灾。

参考文献:

- [1] 邓慧平,李爱贞,刘厚风,等.气候波动对莱州湾地区水资源及极端旱涝事件的影响[J].地理科学,2000,20(1):56~60.
- [2] Hong Y, R F Adler. Predicting global landslide spatiotemporal distribution: Integrating landslide susceptibility zoning techniques and real-time satellite rainfall estimates[J]. International Journal of Sediment Research, 2008, 23(3): 249~257.
- [3] 李志,刘文兆,郑粉莉.年径河流域极端温度事件变化特征.地理科学,2010,30(3):469~474.
- [4] 赵庆云,张武,王式功,等.西北地区东部干旱半干旱区极端降水事件的变化[J].中国沙漠,2005,25(6):904~909.
- [5] 杨莲梅.新疆极端降水的气候变化[J].地理学报,2003,58(4):577~583.
- [6] 冯德光,陈民.新疆天山冰川区融雪洪水规律探讨[J].水文,2006,26(4):88~90.
- [7] 李红军,江志红,魏文寿.近 40 年来塔里木河流域旱涝的气候变化[J].地理科学,2007,27(6):801~807.
- [8] 袁玉江,魏文寿,穆桂金.天山山区近 40 年秋季气候变化特征与南、北疆的比较[J].地理科学,2004,24(6):674~679.
- [9] 符涂斌,王强.气候突变的定义和检测方法[J].大气科学,1999,16(1):111~119.
- [10] 陈亚宁,徐宗学.全球气候变化对新疆塔里木河流域水资源的可能性影响[J].中国科学(D 辑)地球科学,2004,34(11):1047~1053.
- [11] Van Gelder P H A J M, Wang W, Vrijling J K. Statistical estimation methods for extreme hydrological events[J]. Extreme Hydrological Events: New Concepts for Security, 2007: 199~252.
- [12] Shi Y, Y Shen. Recent and Future Climate Change in Northwest China[J]. Climatic Change, 2007, 80(3): 379~393.
- [13] Zhiqing Xie, Du Yin, Jiang Aijun, et al. Climatic trends of different intensity heavy precipitation events concentration in China[J]. Journal of Geographical Sciences, 2005, 15(4): 459~466.
- [14] 丁一汇,张锦,宋亚芳.天气和气候极端事件的变化及其与全球变暖的联系[J].气象,2002,28(3):2~7.
- [15] 姜逢清,胡汝骥.1960~1997 年新疆北部降水序列的趋势探测[J].地理科学,2002,22(6):669~672.
- [16] 徐海量,叶茂,宋郁东.塔里木河源流区气候变化和年径流量关系初探[J].地理科学,2007,27(2):219~224.
- [17] 周聿超.新疆河流水文水资源[M].乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1999:1~444.
- [18] 刘星.新疆灾荒史[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,1999:11~16,169~238.

- [19] 新疆减灾四十年编委会. 新疆减灾四十年[M]. 北京: 地震出版社, 1993: 61 ~ 78, 219 ~ 229.
- [20] 新疆自然灾害研究课题组. 新疆自然灾害研究[M]. 北京: 地震出版社, 1994: 3 ~ 152.
- [21] 贾 兵, 刘志辉, 毛华生. 新疆天山北坡四棵树河冰洪分析[J]. 水科学进展, 2005, 16(1): 121 ~ 126.
- [22] Alexander N V, Kazakov S V, Erochin S A, et al. Assessments and decreasing of risks and damages from outbursts of Tien - Shan high mountains lakes[M]. Uranium, Mining and Hydrogeology, 2008: 819 ~ 826.
- [23] 孙桂丽, 陈亚宁, 李卫红, 等. 新疆叶尔羌河冰川湖突发洪水对气候变化的响应[J]. 冰川冻土, 2010, 32(3): 580 ~ 586.
- [24] 张祥松, 周聿超. 喀喇昆仑山叶尔羌河冰川湖突发洪水研究[M]. 北京: 科学出版社, 1990.

Interannual and Interdecadal Variations of Extreme Hydrological Events and Response to Climate Change in Xinjiang

SUN Gui-li^{1,2}, CHEN Ya-ning¹, LI Wei-hong¹

(1. Key Laboratory of Oasis Ecology and Desert Environment, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi, Xinjiang 830011, China; 2. College of Forestry and Horticulture, Agricultural University of Xinjiang, Urumqi, Xinjiang 830052, China)

Abstract: Based on the data of extreme hydrological events in Xinjiang from 1901 to 2010, the interannual and interdecadal variations and the trend were studied with Mann-kendall abrupt test and Mann-kendall trend test. The results indicated that the frequency of extreme hydrological events exhibited an obvious increasing trend from the 19th to the 21th, significant particularly since 1970s. The changes are different in various areas. The frequency in Tacheng, Kuytun - Shihezi, Bozhou, Hamilton, Turpan, Bazhou, Kashi, Kezhou and Aksu in 1980s is approximate twice compared with that in 1990s. And the frequencies in these areas in 1980s were the highest, which is related to their lead hail hazards. The frequencies in other areas increased steady. The interannual and interdecadal variations are also not so identical, but they get to the maximum during the past 10 year. The trend of extreme hydrological events increases significantly, and is consistent with temperature and precipitation. The responses to the climate change are a little different during various extreme hydrological events.

Key Words: extreme hydrological events; Mann-kendall test; interannual variations; response; Xinjiang