

doi: 10. 7522/j. issn. 1000-0240. 2014. 0084

Nuerlan Hazaiz , Shen Yongping , Mahat Mulatibiek. Impacts of climate change on hydrological processes in the Ulungur River watershed , Altay Mountains [J]. Journal of Glaciology and Geocryology , 2014 , 36( 3) : 699 - 705. [努尔兰·哈再孜, 沈永平, 马哈提·穆拉提别克. 气候变化对阿尔泰山乌伦古河流域径流过程的影响 [J]. 冰川冻土, 2014, 36( 3) : 699 - 705. ]

# 气候变化对阿尔泰山乌伦古河流域径流过程的影响

努尔兰·哈再孜<sup>1</sup>, 沈永平<sup>2\*</sup>, 马哈提·穆拉提别克<sup>1</sup>

(1. 阿勒泰水文水资源勘测局, 新疆 阿勒泰 836500; 2. 中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000)

**摘 要:** 由于气候变化导致的我国西北地区气温、降水量的变化引起了社会的广泛关注. 乌伦古河流域位于阿勒泰地区的东南部, 发源于阿尔泰山的东南坡, 季节性积雪和夏季降水是乌伦古河的主要补给源. 根据乌伦古河 50 多年的实测水文、气象资料分析, 结果表明: 50 多年来, 乌伦古河流域的气温、降水呈波动性上升趋势, 上升幅度高于北疆的上升率. 4-5 月水量有增加趋势, 而 6-8 月水量有减少趋势, 说明积雪消融水量提前; 径流受气温影响明显, 径流对气温的变化较为敏感. 气温升高和冬季降水量增多, 导致融雪洪水增多, 洪峰流量增大, 破坏性加大.

**关键词:** 径流变化过程; 气候变化; 乌伦古河; 阿尔泰山

中图分类号: P339 文献标识码: A 文章编号: 1000-0240(2014) 03-0699-07

## 0 引言

气候是形成和影响河流水资源的最重要因素, 气象因子在河川径流量的形成与变化中起着重要作用. 而径流对气候变化的响应是一个复杂的过程, 河流域的气候条件、补给特点和人类活动影响程度的不同, 其径流对气候变化的响应也不尽相同<sup>[1-3]</sup>. IPCC 第一工作组第五次评估报告指出<sup>[4]</sup>, 全球气候系统变暖的事实是毋庸置疑的, 1880 - 2012 年全球平均温度已升高 0.85 °C, 过去 30 a, 每 10 a 地表温度的增暖幅度高于 1850 年以来任何时期. 自 1950 年以来, 气候系统观测到的许多变化是过去几十年甚至近千年以来史无前例的. 已观察到的长期气候趋势呈现升温, 但受到自然变率的调节, 短期气候记录不见得会立即反映长期趋势; 自 1901 年以来, 北半球中纬度陆地的降水量已经在增加, 陆地上越来越多的地区出现强降水的频率、强度和/或降水量在增加. 在全球变暖大背景下, 作为干旱区域的我国西北地区的气候变化也引起关

注<sup>[5]</sup>. 山区的气温决定着降水的状态(雨、雪), 进而影响到径流的形成<sup>[6]</sup>. 研究表明, 山区流域的径流季节变化对气候变暖特别敏感. 全球气候变暖很可能已经对许多水资源系统的水文循环产生重大影响, 许多山区流域的径流过程已经发生变化, 高山流域水文循环变化对此反映敏感, 温度增加已经改变了流域的径流模式<sup>[7]</sup>, 研究气候变化对寒区水循环及河流水文情势的影响具有极大的科学意义.

乌伦古河作为新疆阿勒泰地区青河、富蕴、福海县和兵团农十师 182 团的农牧业、工业和生活的主要水源地, 随着上游土地开发和工业用水量的增加, 将导致下游用水紧张, 甚至出现断流现象, 给原本脆弱的生态环境带来新的影响. 因此, 基于气候变暖趋势下径流变化影响进行分析, 对本流域水资源可持续开发利用、缓解水资源供需矛盾和促进区域经济发展, 以及对生态环境的保护具有积极意义.

本文根据新疆阿尔泰山东南坡的乌伦古河流域内实测水文、气象资料, 分析气候变化对流域径流过程产生的影响.

收稿日期: 2013-12-05; 修订日期: 2014-03-03

基金项目: 国家自然科学基金项目(41201062; 41271083; 41271035) 资助

作者简介: 努尔兰·哈再孜(1963 -), 男, 哈萨克族, 新疆哈巴河人, 高级工程师, 1986 年毕业于新疆大学, 现主要从事水文水资源分析评价和水文情报预报研究. E-mail: xjaltswjurl@163.com

\* 通讯作者: 沈永平, E-mail: shenyyp@lzb.ac.cn

表 1 使用的水文和气象资料情况  
Table 1 Date information of hydrological and meteorological stations

站名	河名	集水面积/km <sup>2</sup>	测站海拔/m	经度/E	纬度/N	测站地点
大青河	青格里河	1 702	1 240	90°19′	46°44′	青河县青河镇
小青河	基什克奈青格里河	1 326	1 240	90°24′	46°40′	青河县青河镇
青河	气象站(51186)		1 218.2	90°22.8′	46°40.2′	青河县青河镇

## 1 流域概况和资料

阿尔泰山地区是北半球中、低纬度冰雪最为发育的地区之一,也是北半球中纬度地区多年冻土的特殊地区,处于纬度多年冻土的南界区域,夏季干热少雨,冬季严寒多雪<sup>[6]</sup>. 乌伦古河流域位于新疆阿勒泰地区,阿尔泰山的东段南麓,地理位置为45°00′~47°19′ N,87°00′~91°50′ E间,是流向准噶尔盆地的内陆河. 乌伦古河流域主要支流有青格里河(大青河)、基什克奈青格里河(小青河)、查干郭勒河、强罕沟以及由蒙古人民共和国入境的布尔根河五大支流组成,各支流均由北向南流入二台水文站以上合流,流出山口折向西北后再无支流汇入. 乌伦古河以青格里河为干流,全长573 km,乌伦古河流域总面积37 882 km<sup>2</sup>,其中,国外面积为10 310 km<sup>2</sup>,山区产流区面积为18 375 km<sup>2</sup>,河流全长为811 km<sup>[8]</sup>. 落差2 183 m,平均坡降3.8‰,年径流量12.52×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>,最后注入布伦托海(乌伦古湖与考勒湖的统称). 流域最高峰乌伦昆达巴提,海拔3 659 m,干流二台站以上是以山地为主,二台站以下的平原荒漠为径流散失区. 据我国第一次冰川编目《中国冰川目录》II(阿尔泰山区)的统计<sup>[9]</sup>,乌伦古河有现代冰川8条,总面积1.16 km<sup>2</sup>,其中,大青格里河上游有7条冰川;第二次冰川目录结果表明,目前只剩下一条冰川,面积仅0.15 km<sup>2</sup>.

乌伦古河流域具有中国干旱区的特点:1)地处欧亚大陆中心,由于远离海洋,使海洋水汽难以进入;2)区域四周高山环绕,在阻挡水汽进入的同时,又拦截大量水汽,使山区成为产流区,是干旱区中的一个湿岛,出山口以下为径流散失区<sup>[10]</sup>. 冬季严寒漫长,11月至次年3月降水以季节性积雪形式存在流域内,到5-6月期间,山区积雪随气温的上升,消融汇入河槽,使该区域具有明显的春汛特点. 河流冬季封冻长达半年,河流水量由流域内冻土层以下地下水补给,因此,水量十分稳定<sup>[10]</sup>.

本次研究使用的气象资料为青河气象站的资

料,时段为1961-2010年,来自于新疆气象局资料中心;水文资料为乌伦古河山区径流站大青河和小青河站的资料. 资料具体状况如表1.

## 2 流域气温与降水变化

据施雅风等<sup>[5]</sup>的研究,西北气候在1987年前后发生由暖干向暖湿转型;据杨明等<sup>[11]</sup>的研究,新疆区域年降水量呈显著增加趋势;张家宝等<sup>[12]</sup>指出,近40 a来新疆气温呈明显的上升趋势,降水量变化的总体趋势明显增加;庄晓翠等<sup>[13-14]</sup>对阿勒泰地区1960-2003年的月降水分析认为,该地区降水量呈增多趋势,平均以11.3 mm·(10a)<sup>-1</sup>的倾向率增多,四季中冬季增多最为显著,春季最弱. 古里扎提等<sup>[15]</sup>对阿勒泰地区近50 a气候变化分析认为,该地区平均气温呈上升趋势,降水总体呈增加趋势,其中冬季降水增加趋势最高,气候变暖引起的阿勒泰地区小循环气流活动增强是该区降水增多的原因之一.

根据乌伦古河流域源头气候代表站青河气象站1960-2010年气温和降水量资料分析发现,51 a来年均气温以0.49℃·(10a)<sup>-1</sup>的上升率上升,其中,夏季气温以0.47℃·(10a)<sup>-1</sup>的上升率上升,而冬季气温以0.63℃·(10a)<sup>-1</sup>的上升率上升,冬季气温的上升幅度比夏季高(图1). 年降水量以14.8 mm·(10a)<sup>-1</sup>的倾向率增加,其中,夏季降水量以38.9 mm·(10a)<sup>-1</sup>的倾向率增加,而冬季以49.5 mm·(10a)<sup>-1</sup>的倾向率增加,冬季降水量的倾向率比夏季高(图2),与古里扎提等<sup>[15]</sup>认为的48 a来阿勒泰地区年平均气温上升倾向率为0.49℃·(10a)<sup>-1</sup>,年降水量上升倾向率为10.0 mm·(10a)<sup>-1</sup>,增长速度较我国和北疆平均气温上升率大的结论一致,充分说明阿勒泰地区是我国和新疆平均气温升高最明显的地区之一. 沈永平等<sup>[7]</sup>对阿勒泰地区中部克兰河流域分析,克兰河流域降水量总体是增加趋势,上升率为4.32 mm·(10a)<sup>-1</sup>,随着全球变暖,高纬度地区和高山地区降雪量将增加. 贺斌等<sup>[16]</sup>认为:富蕴气象站比阿勒

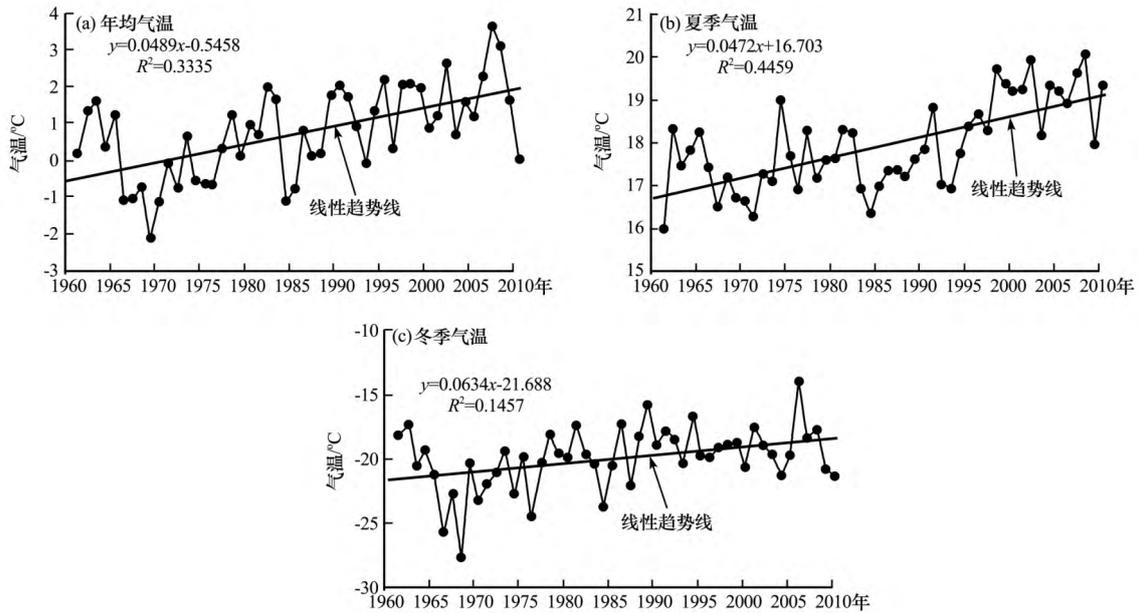


图 1 青河气象站气温变化

Fig. 1 Annual variation of temperatures in Qinghe station

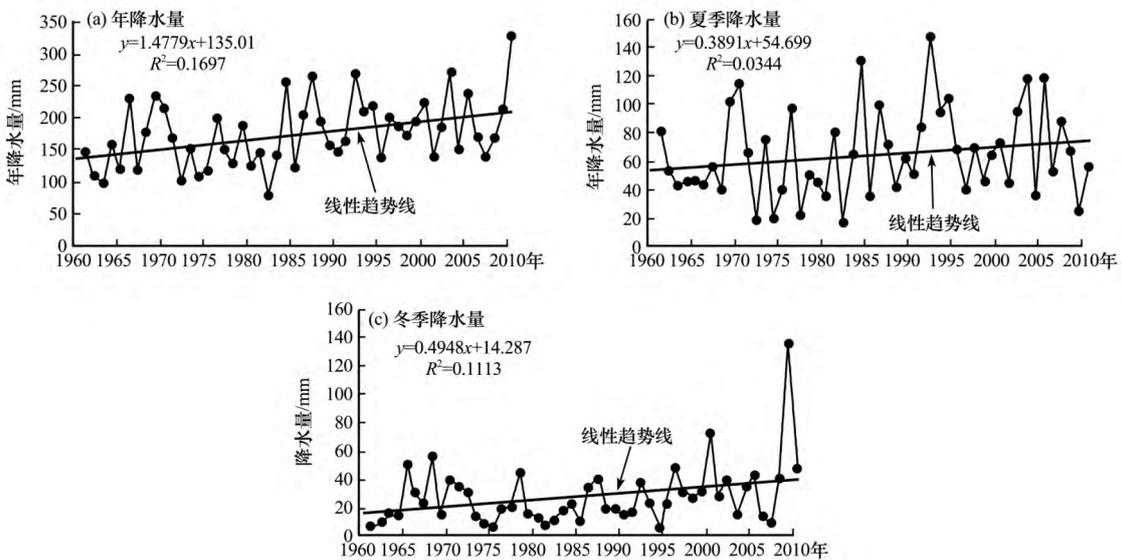


图 2 青河气象站降水量变化

Fig. 2 Annual variations of precipitations in Qinghe station

泰站的增温趋势快的分析结果相一致,进一步证实阿勒泰地区海拔较高的东部气候变化趋势比海拔较低的中部高.

### 3 流域径流变化分析

从乌伦古河流域概况可知,本流域内没有大范围的冰川和永久积雪分布,径流来源主要是山区季节性积雪融水和降雨补给.因此,径流组成单一,年内变化表现为月分配极为不均.

#### 3.1 径流年内分配

由于乌伦古河流域水量补给源是山区的季节性积雪融水和降雨,因此,径流的年内分配过程主要受春夏季气候影响.春夏季气温急剧升高,季节性积雪大量融化补给河流,加上降雨径流的汇入,春季水量占年水量的 31%;夏季水量占年水量的 52%;秋季水量占年水量的 14%;冬季气温低,降水以固态水的形式存储于山区,河流水量是冻土以下地下水补给.因此,冬季水量较小,且稳定,

表2 乌伦古河流域各站径流量年内分配  
Table 2 Seasonal distribution of runoff in typical hydrological stations in the Ulungur River watershed

河名	站名	春季/	夏季/	秋季/	冬季/	连续最大4个月 (5-8月) /%	最大月		最小月	
		(3-5月) /%	(6-8月) /%	(9-11月) /%	(12-2月) /%		%	月份	%	月份
大青格里河	大青河	28.4	57.6	10.5	3.5	80.3	32.5	6	0.9	2
基什克奈青格里河	小清河	40.0	44.5	11.4	4.1	76.5	32.0	5	1.1	2
布尔根河	塔克什肯	23.5	54.7	19.0	2.8	70.4	23.4	6	0.5	2

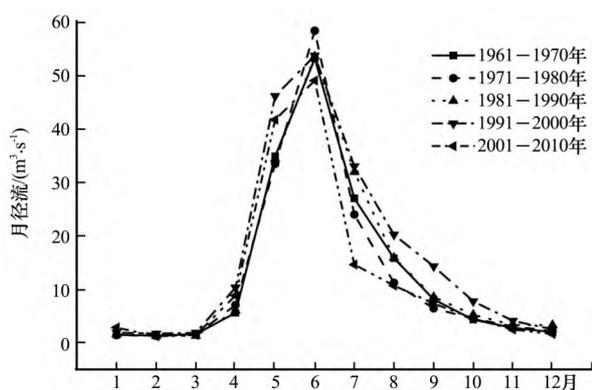


图3 大青河水文站 1960-2010 年代际年内变化过程  
Fig. 3 Decadal mean monthly runoff changes in Da Qinghe hydrological station during 1960-2010

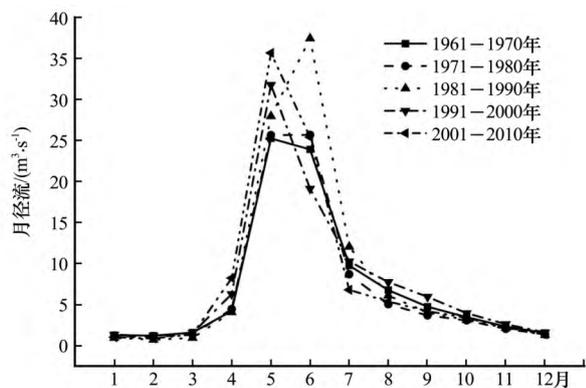


图4 小青河水文站 1960-2010 年代际年内变化过程  
Fig. 4 Decadal mean monthly runoff changes in Xiao Qinghe hydrological station during 1960-2010

其水量仅占年水量的3%(表2)。

为了分析流域水量与气候的关系,对乌伦古河源头干流青格里河和基什克奈青格里河 1961-2010 年的实测逐月水量过程,按年代际年内过程进行分析(图3、图4)。从图可看到,1990年代起有

大水月从原来的6月提前到5月份的趋势。

### 3.2 径流年际分配

乌伦古河流域径流的变差系数  $C_v$  值、最大年与最小年比值比额尔齐斯河其他流域比值大(表3),径流年际间这种变幅说明乌伦古河丰枯年水量相差较大。据赵勇等<sup>[17]</sup>的研究,6-7月阿勒泰地区最易发生连旱,7-8月阿勒泰地区东部最易发生连旱。因此,乌伦古河下游在枯水年天然来水量非常有限,加上近几年上游土地过度开发和新型工业用水增加,下游已出现长时间断流现象,给下游农牧业生产和河谷生态产生较大影响。据实测资料2009年从4月下旬到12月下旬断流长达249 d,断流时间比最枯时的1978年还长,这是因上游引水量增加缘故,而且近几年出现这种现象的频率剧增,断流时间也越来越长。

## 4 气候对乌伦古河流域径流影响分析

### 4.1 对径流年内分配的影响

乌伦古河流域径流主要受降水、气温的综合影响,冬季降水是径流的主要来源。因此,径流的年内分配与降水在时间上是不同步的。径流的变化过程明显滞后于降水,且降水年内分配过程较径流年内分配过程更趋于均匀,春季降水所占比例要小于同期径流所占比例。从气温、径流年内分配过程来看,基本上是同步,反映出该流域径流年内分配过程主要受气温的影响,具体见表4。

从大青河与小清河站 1961-2010 年年代际年内流量变化过程图3、图4来看,基本上大青河的大水月在6月,而小清河受河源高程低、源头较近缘故大水月在5月。但从各年代际月水量比例来看,1960-1980年代大青河6月水量的比例比5月

表3 阿勒泰地区各站径流量年际变化特征  
Table 3 Characteristic values of annual runoff in different stations in the Altay region

特征值	群库勒	阿勒泰	库威	大青河	小清河	塔克什肯
$C_v$	0.25	0.33	0.33	0.43	0.50	0.43
最大年/最小年	2.42	3.10	3.56	4.32	5.74	4.6

表 4 乌伦古河流域降水、气温和径流量年内过程  
Table 4 Monthly variation of precipitation, temperature and runoff in the Ulungur River watershed

站名	项目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
青河气象站	降水/%	5.1	3.5	4.9	6.5	8.7	11.5	15.8	10.1	8.9	7.5	10.6	6.9
	气温/℃	-22.3	-18.2	-7.1	5.1	12.6	17.7	19.2	17.1	11.1	2.9	-9.5	-19.6
大青河水文站	径流量/%	1.1	0.9	0.9	4.6	22.9	32.4	15.9	9.3	5.3	3.3	1.9	1.5
小青河水文站	径流量/%	1.3	1.1	1.5	6.5	32.0	26.6	10.8	7.1	5.0	3.9	2.5	1.7

表 5 乌伦古河流域大青河和小青河站年代际径流年内过程(%)  
Table 5 Monthly variations of runoffs in the Ulungur River watershed(%)

站名	年代际	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
大青河	1961-1970	0.7	0.5	1.0	3.6	22.5	33.0	17.5	10.3	5.0	2.9	1.7	1.3
	1971-1980	1.0	0.7	1.0	4.4	22.1	37.1	15.7	7.4	4.2	2.9	2.0	1.5
	1981-1990	0.9	0.7	0.9	3.4	20.9	31.7	19.5	9.8	5.0	3.2	2.0	2.0
	1991-2000	1.0	0.8	1.0	5.2	23.8	26.6	17.0	10.3	6.9	4.0	2.1	1.3
	2001-2010	1.4	0.8	1.0	5.9	28.9	32.8	10.6	7.5	4.9	3.1	1.8	1.3
小青河	1961-1970	1.3	1.3	1.8	4.8	30.0	27.7	11.5	7.9	5.3	4.0	2.6	1.8
	1971-1980	1.4	1.4	1.8	5.5	31.0	30.1	10.0	6.4	4.6	3.7	2.3	1.8
	1981-1990	1.2	0.8	1.3	4.6	31.4	29.7	13.0	6.7	4.2	3.3	2.5	1.3
	1991-2000	1.6	1.2	1.6	6.6	34.6	20.3	11.0	8.5	6.1	4.1	2.8	1.6
	2001-2010	1.2	0.8	1.6	7.8	37.7	26.2	7.1	5.6	4.4	3.6	2.4	1.6

表 6 乌伦古河流域年代际年平均气温、年降水量、冬季降水量和年径流量统计  
Table 6 Decadal changes in annual mean temperatures, annual precipitations, winter precipitations and annual runoff in the Ulungur River watershed

年代际	年平均气温/℃	年降水量/mm	冬季降水量/mm	大青河年径流量/ $10^8 \text{ m}^3$	小青河年径流量/ $10^8 \text{ m}^3$
1961-1970	-0.1	159.6	23.4	4.18	2.27
1971-1980	0.0	143.9	21.7	4.07	2.19
1981-1990	0.8	171.0	19.2	4.40	2.39
1991-2000	1.5	196.0	25.4	5.22	2.46
2001-2010	1.6	195.0	41.4	3.88	2.52

水量偏大程度高,20世纪90年代以后偏大程度有所降低,而小青河1960-1980年代5月水量比例比六月水量偏大程度高,90年代以后5月水量偏大程度有所降低.同时,1990年代以后大青河和小青河4月水量比例均有增加趋势,比例均大于1960-1980年代,说明气候变化对本流域水量的提前融化产生了明显影响,与沈永平等<sup>[12]</sup>对阿勒泰地区中部克兰河的分析是一致的,具体见表5.

#### 4.2 对径流年际变化的影响

通过对年代际的平均气温、降水量和冬季降水量的统计来看,1990年代后都是增加的趋势,流域年径流量也进入增加的趋势.总体来看,乌伦古河流域的年径流主要受气温影响,对气温变化较为敏

感,具体见表6.

## 5 结论

通过以上的分析,得出以下结论:

(1) 50多年来,乌伦古河流域的气温、降水呈波动性上升趋势,上升幅度高于北疆的上升率,并且在阿勒泰地区是上升最快的区域.

(2) 本流域4-5月水量有增加趋势,而6-8月水量有减少趋势,说明气候变化对该流域水量的提前融化产生了明显的影响.

(3) 径流受气温影响明显,说明对气温变化较为敏感.气温升高和冬季降水量增多,将导致融雪洪水的增多,且洪峰流量增大,破坏性加大.

## 参考文献(References):

- [1] Su Hongchao, Shen Yongping, Han Ping, *et al.* Precipitation and its impact on water resources and ecological environment in Xinjiang Region [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2007, **29**(3): 343 – 350. [苏宏超, 沈永平, 韩萍, 等. 新疆降水特征及其对水资源和生态环境的影响 [J]. *冰川冻土*, 2007, **29**(3): 343 – 350.]
- [2] Shen Yongping, Su Hongchao, Wang Guoya, *et al.* The responses of glacier and snow cover to climatic change in Xinjiang (I): Hydrological effects [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2013, **35**(3): 513 – 527. [沈永平, 苏宏超, 王国亚, 等. 新疆冰川、积雪对气候变化的响应(I): 水文效应 [J]. *冰川冻土*, 2013, **35**(3): 513 – 527.]
- [3] Shen Yongping, Su Hongchao, Wang Guoya, *et al.* The responses of glaciers and Snow cover to climate change in Xinjiang (II): Hazards Effects [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2013, **35**(6): 1355 – 1370. [沈永平, 苏宏超, 王国亚, 等. 新疆冰川、积雪对气候变化的响应(II): 灾害效应 [J]. *冰川冻土*, 2013, **35**(6): 1355 – 1370.]
- [4] Shen Yongping, Wang Guoya. Key findings and assessment results of IPCC WGI Fifth Assessment Report [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2013, **35**(5): 1068 – 1076. [沈永平, 王国亚. IPCC 第一工作组第五次评估报告对全球气候变化认知的最新科学要点 [J]. *冰川冻土*, 2013, **35**(5): 1068 – 1076.]
- [5] Shi Yafeng, Shen Yongping, Hu Ruji. Preliminary study on signal, impact and foreground of climatic shift from warm-dry to warm-humid in Northwest China [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2002, **24**(3): 219 – 226. [施雅风, 沈永平, 胡汝骥, 等. 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.]
- [6] Wang Guoya, Mao Weiyi, He Bin, *et al.* Changes in snow covers during 1961 – 2011 and its effects on frozen ground in Altay region, Xinjiang [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2012, **34**(6): 1293 – 1300. [王国亚, 毛炜峰, 贺斌, 等. 新疆阿勒泰地区积雪变化特征及其对冻土的影响 [J]. *冰川冻土*, 2012, **34**(6): 1293 – 1300.]
- [7] Shen Yongping, Wang Guoya, Su Hongchao, *et al.* Hydrological processes responding to climate warming in the upper reaches of Kelan River Basin with snow-dominated of the Altay Mountains Region, Xinjiang, China [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2007, **29**(6): 845 – 254. [沈永平, 王国亚, 苏宏超, 等. 新疆阿尔泰山区克兰河上游水文过程对气候变暖的响应 [J]. *冰川冻土*, 2007, **29**(6): 845 – 254.]
- [8] Zhou Yuchao. Hydrology and Water Resources of Rivers in Xinjiang [M]. Ürümqi: Xinjiang Medical Science Press, 1998: 333 – 335. [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, 1998: 333 – 335.]
- [9] Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, Chinese Academy of Sciences. Glacier Inventory of China. II: Aertay Mountains [M]. Beijing: Science Press, 1986: 82 – 87. [中国科学院兰州冰川冻土研究所. 中国冰川目录 II (阿尔泰山区) [M]. 北京: 科学出版社, 1986: 82 – 87.]
- [10] Nuerlan Hazaizi. River hydrological features in Altay region, Xinjiang [J]. *Hydrology*, 2001, **21**(4): 53 – 55. [努尔兰·哈再孜. 阿勒泰地区河流水文特征 [J], *水文*, 2001, **21**(4): 53 – 55.]
- [11] Yang Ming, Li weiliang, Liu Yu, *et al.* Characters of the climate change in west China in recent 50 years [J]. *Journal of Applied Meteorological Sciences*, 2010, **21**(2): 198 – 205. [杨明, 李维亮, 刘煜, 等. 近 50 年我国西部地区气象要素的变化特征 [J]. *应用气象学报*, 2010, **21**(2): 198 – 205.]
- [12] Zhang Jiabao, Shi Yuguang. Study of Climate Change and Short-Term Weather Forecast in Xinjiang [M]. Beijing: Meteorological Press, 2002. [张家宝, 史玉光. 新疆气候变化及短期气候预测研究 [M]. 北京: 气象出版社, 2002.]
- [13] Zhuang Xiaocui, Guo Cheng. Climatic change characteristic analysis in Altay [C] // Academic Annual Meeting of 2005 of China Association of Science. Climatic Change and Climate Variation: Ecology-Environment Evolution and Sustainable Development Paper Collection. Beijing: Meteorological Press, 2006: 285 – 290. [庄晓翠, 郭城. 阿勒泰地区气候变化特征分析 [C] // 中国科学协会 2005 年学术年会. 气候变化与气候变异: 生态环境演变及可持续发展论文集. 北京: 气象出版社, 2006: 285 – 290.]
- [14] Zhuang Xiaocui, Guo Cheng, Liu Dafeng, *et al.* The character of precipitation change in Altay Area [J]. *Xinjiang Meteorology*, 2005(2): 4 – 6. [庄晓翠, 郭城, 刘大锋, 等. 阿勒泰地区降水变化特征分析 [J]. *新疆气象*, 2005(2): 4 – 6.]
- [15] Gulzat Habiken, Zhao Jingbo. Analysis on climate change in recent 50 years in Altay Prefecture, Xinjiang [J]. *Arid Zone Research*, 2011, **28**(2): 268 – 274. [古里扎提·哈布肯, 赵景波. 近 50 年来新疆阿勒泰地区的气候变化 [J]. *干旱区研究*, 2011, **28**(2): 268 – 274.]
- [16] He Bin, Wang Guoya, Su Hongchao, *et al.* Response of extreme hydrological events to climate change in the regions of Altay Mountains, Xinjiang, China [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2012, **34**(4): 927 – 934. [贺斌, 王国亚, 苏宏超, 等. 新疆阿尔泰山地区极端水文事件对气候变化的响应 [J]. *冰川冻土*, 2012, **34**(4): 927 – 934.]
- [17] Zhao Yong, Yang Qing, Ma Yufeng. Analysis on features of regional and continuous drought in North Xinjiang in spring and summer [J]. *Arid Zone Research*, 2012, **29**(3): 472 – 478. [赵勇, 杨青, 马玉芬, 新疆北部地区春夏季干旱的区域性和持续性特性 [J]. *干旱区研究*, 2012, **29**(3): 472 – 478.]

## Impacts of climate change on hydrological processes in the Ulungur River watershed , Altay Mountains

Nuerlan Hazaiz<sup>1</sup> , SHEN Yongping<sup>2</sup> , Mahat Mulatibiek<sup>1</sup>

( 1. Altay Hydrology and Water Resources Reconnaissance Bureau , Altay 836500 , Xinjiang , China; 2. Cold and Arid  
Regions Environmental and Engineering Research Institute , Chinese Academy of Sciences , Lanzhou 730000 , China)

**Abstract:** The changes in temperatures and precipitation in Northwest China have aroused widespread concern in society. The Ulungur River basin located in the southeastern of Altay region , and originated in the southeast slope of Altay Mountains , the seasonal snow cover and summer rainfall is the main supply water source. Based on the analysis of the hydrological and meteorological data in the past 50 years , the results showed that the temperatures and precipitation is increasing fluctuated , and the extent of rise is higher than that of North Xinjiang. The runoff is increasing in April to May , and decreasing in June to August , which indicating that there is an early trend in snow melting. The runoff affected significantly by temperature indicating that the runoff is more sensitive to temperature. The temperatures rise and the precipitation increases in winter resulted in the snowmelt floods and the peak flow increasing , and the destructive increased.

**Key words:** Change process of runoff; climate change; Ulungur River; Altay Mountains