

## 三工河流域气候、水文变化及其影响

刘新春,梁 云,赵 玲,杨 青

(中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所,乌鲁木齐 830002)

**摘 要:**选取三工河流域内的山区和平原区 40 a 来气候资料和流域内三条河流 20 a 来径流资料,对气候和径流资料进行计算和相关性分析,结果表明:山区和平原区气温总体都呈上升趋势,90 年代是升温幅度最大的年代,冬季气温升高幅度最大;山区和平原区降水整体呈增湿趋势,80 年代增加显著,秋季是山区降水增多的季节而平原区降水增加最多的是夏季;三条河流径流量年内分配比较集中,主要出现在汛期,春冬两季径流量很少,90 年代较 80 年代径流量减少,减少  $310.9 \times 10^4 \text{ m}^3$ ;夏季的降水是影响流域各季节的径流量主要季节,季节气温对流域的径流量变化影响不大。

**关键词:**三工河流域;气温;降水;径流

**中图分类号:**P331;P461

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2006)03-0021-03

## Change of Climate and Hydrology in the Sangong River Basin and Their Impact

LIU Xin chun, LIANG Yun, ZHAO Ling, YANG Qing

(Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Urumqi 830002, China)

**Abstract:** Based on 40 years climate materials of the mountainous and plain area, 20 years runoff materials of the three rivers in the Sangong River Basin, calculating and correlation analyzing the climate and runoff materials, the main results are as follows: the temperature of the mountainous and plain area shows a rising trend, the 1990s is the largest rising range of the temperature, and the winter is the largest rising range of the temperature in the seasons; the precipitation of the mountainous and plain area shows an increasing trend, the 1980s increases markedly, the autumn has the most precipitation in the mountainous area but the summer has the most precipitation in the plain area; the runoff of three rivers is centralized in the year and mainly appears in flood season, the runoff is little in winter and spring, the runoff was reduced from the 1980s to the 1990s and was reduced by  $310.9 \times 10^4 \text{ m}^3$ ; the precipitation in summer has much influence on the runoff of every seasons in the basin, but the season temperature changes has little influence on the runoff of the basin.

**Key words:** the Sangong River basin; air temperature; precipitation; runoff

### 1 研究区与资料及研究方法

#### 1.1 研究区概况

本文研究的区域为新疆天山北坡的三工河流域(图 1),发育有典型的冲洪积扇-冲积平原型人工绿洲。流域地处中纬度欧亚大陆腹地,属内陆干旱区,夏季炎热干旱,冬季寒冷多风,年平均降雨量 220 mm,年平均蒸发量 1 817 mm,年平均气温 6.9℃。它位于天山北麓中段东部,准噶尔盆地南缘。整个流域由三工河、四工河和水磨河组成,地势南高北低,由东南向西北倾斜,形成鲜明的山区、平原、沙漠三个地貌单元,而且受山区和沙漠气候影响都比较大<sup>[1]</sup>。三条河流均发源于博格达山北麓的冰雪林,经高、中、低山峡谷至出口,除渠道引水灌溉外,其余均流入戈壁砾石带渗入补给地下水。只有特大洪水时才能到达沙漠边缘。由于河流的补给来自冰川积雪融水及中部山区的大气降水,因此,河流径流量的年内分配情况是,每年 6~8 月为洪水期,11 月至翌年 3 月为枯水期,其余月份为平水期,洪枯水期流量相差可达十余倍。据水文站多年统计资料:水磨河多年平均径流

量为  $1 984.1 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,三工河平均为  $502.2 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,四工河年平均径流量为  $2 510.7 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,三条河流年总径流量为  $9 516.9 \times 10^4 \text{ m}^3$ <sup>[2~5]</sup>。

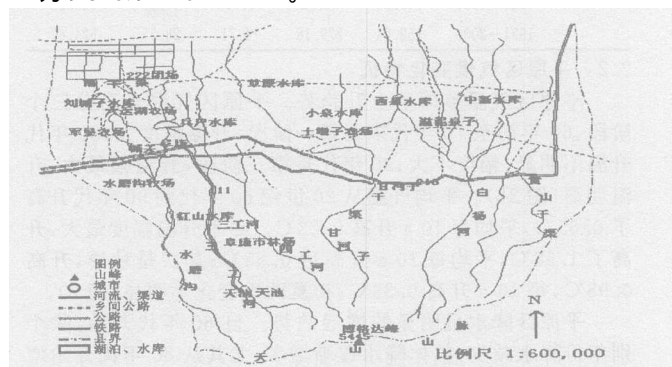


图 1 三工河流域位置示意图

#### 1.2 资料与研究方法

选取流域内的山区和平原区两个气象台站,阜康站代表平原区,天池站代表山区,选取 1961~2000 年 40a 来两个台

收稿日期:2005-09-22

基金项目:中国气象局“沙漠气象及其生态环境的动态评估系统”项目;中国沙漠气象科学研究基金(Sqj2005012)资助

作者简介:刘新春(1977-),男,助理研究员,主要从事干旱区生态学、环境科学及相关学科研究工作,已发表论文 20 多篇。

站的逐月月平均气温和降水资料,同时还选取了三工河流域 1980~1999 年 20 a 来三工河、四工河及水磨河三条河流的逐月径流资料。按季节、年及年代对平原区和山区的气温、降水变化进行统计和对比分析,同时利用统计方法对三条河流的径流变化也进行分析,并在此基础上对气候资料与径流进行相关性分析,探讨其间的关系及影响。

2 三工河流域近 40 a 气候变化趋势

2.1 山区气候变化特征

山区气温变化总体呈波动上升趋势。图 2 a 是三工河流域山区气温、降水变化曲线,从图中可以看出:在过去的 40 a 中,山区的气温在 60~70 年略有下降,70 年代是山区气温的低谷期;自 80 年代开始,气温又逐渐回升,升温现象比较明

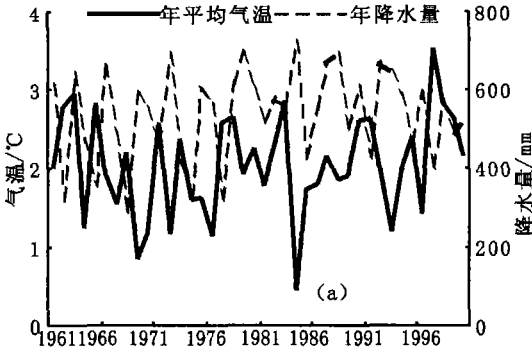


图 2 三工河流域山区(a)、平原区(b)气温、降水变化

表 1 三工河流域山区气温、降水年代际变化

项目	年代	春(3~5)	夏(4~7)	秋(8~11)	冬(12~2)	年平均(合计)
气温/	1961~1970	1.90	14.17	2.27	-10.56	1.95
	1971~1980	1.29	14.20	3.00	-10.53	1.99
	1981~1990	1.34	14.07	2.54	-10.18	1.94
	1991~2000	1.58	14.16	3.00	-9.65	2.27
降水量/mm	1961~1970	126.16	276.63	80.92	13.33	497.47
	1971~1980	146.31	270.7	88.04	23.9	529.07
	1981~1990	149.85	288.2	116.54	26.85	581.53
	1991~2000	152.04	279.18	74.71	28.55	524.67

2.2 平原区气候变化特征

平原区气温整体呈上升趋势。平原区气温升高分三个阶段,60 年初至 70 年代末为第一阶段,升温幅度大;80 年代升温不明显,幅度不大;90 年代是第三阶段,升温幅最大,升温明显(图 2b)。平均气温从 20 世纪 60 年代到 90 年代升高了 0.65 ,平均每 10 a 升高 0.22 。冬季升温幅度最大,升高了 1.58 ,平均每 10 a 升高达 0.53 ;其次是秋季,升高 0.98 ,每 10 a 升高 0.33 ;初夏两季变化不明显(表 2)。

平原区降水呈明显的增湿趋势。自 60 年代开始,除个别年份降水减少,整体降水逐渐增多,尤其从 80 年代开始增湿显著,90 年代初降水略有减少,但恢复较快,增湿明显(图 2b)。降水从 60 年代的 184.72 mm,增加到 90 年代 251.89 mm,增加了 67.17 mm,平均每 10 a 增加 22.39 mm;夏季降水增加最多,其次是春季,秋冬两季变化不大(表 2)。降水量的增加对于处于干旱区的三工河流域的绿洲及其荒漠过渡带而言,有益植被的增加和生态环境的改善。

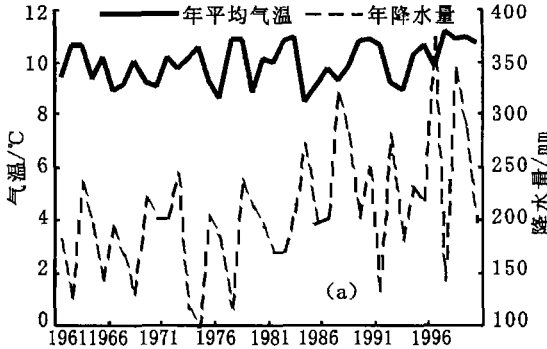
3 河流径流变化趋势

3.1 径流的年内分配

由于三工河流域主要河流的补给来自冰川积雪融水及中部山区的大气降水,因此,河流径流量的年内分配情况

显,尤其是进入 90 年代,表现更突出。平均气温从 20 世纪 60 年代到 90 年代升高了 0.32 ,平均每 10 a 上升 0.1 。冬季气温升高幅度最大,为 0.91 ,平均每 10 a 上升 0.3 ,其次是秋季,春夏两季变化不大,春季气温略有下降(表 1)。

山区降水变化整体呈增湿趋势。从 60 年代初至 80 年代末,降水明显增多,尤其是 80 年代增加显著;进入 90 年代,降水有小的下降的趋势,但不影响降水的整体上升趋势(图 2a)。从 60 年代到 90 年,年降水量分别为 497.97 mm、529.07 mm、581.53 mm、524.67 mm,可见 80 年代增湿明显;秋季是降水增多的主要季节,其它季节变化不大(表 1)。在干旱区,山区降水作为绿洲河川径流稳定而主要补给源,三工河流域山区春、夏季稳定降水有利于三工河绿洲的生产(春、夏时节是农业生产的主要期)及生活用水。



是,每年 6~8 月为洪水期,11 月至翌年 3 月为枯水,其余月份为平水期,洪枯水期流量相差可达 10 余倍。

表 2 三工河流域平原区气温、降水年代际变化

项目	年代	春(3~5)	夏(4~7)	秋(8~11)	冬(12~2)	年平均(合计)
气温/	1961~1970	10.01	23.96	6.95	-14.88	9.66
	1971~1980	9.20	24.52	7.82	-14.58	9.92
	1981~1990	9.70	23.98	7.55	-13.36	9.98
	1991~2000	10.41	24.14	7.93	-13.30	10.31
降水量/mm	1961~1970	62.34	65.24	46.34	10.80	184.72
	1971~1980	65.96	63.19	45.13	17.07	191.35
	1981~1990	71.24	75.54	72.64	19.48	238.90
	1991~2000	79.21	97.60	50.26	24.82	251.89

表 3 是三工河流域三条河流径流量年内分配年代变化情况。径流量比较集中,主要出现在汛期,春冬两季径流量很少。具体来看:80 年代三工河径流,汛期流量为 3 142.9 ×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup> 占全年径流量的 66.1 %,春秋两季共占 18.9 %,90 年代汛期流量为 3 029.9 ×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup> 占全年径流量的 66.2 %,春秋两季共占 18.3 %;四工河 80 年代汛期与春秋两季的径流量分别占全年径流量的比率为 74.3 %、20.0 %,90 年代分别为 76.9 %、17.8 %;水磨河 80 年代分别为 57.8 %、31.7 %,90 年代分别为 62.7 %、28.6 %。

春季河流的径流量小,而春季正是各种农作用水最集中的时期,供需极不平衡,成为影响农业林业生产的重要原因。由于河流径流季节分配不均,春季缺水,而夏季和冬季则供过于求。三工河流域除水磨河有红山水库是拦河水库,三工河有天池海子天然调节部分洪水外,大部分的夏洪和冬闲水都白白流失。全流域 12~2 月份冬闲水 825.5 ×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup> 能进入水库的不到 30 %,而大量夏洪则因无控制性水库不能调余补缺<sup>[2]</sup>。

表 3 三工河流域三条河流径流量年内分配年代变化 $10^4 \text{ m}^3$							
河流	年代	春(3-5)	夏(6-8)	秋(9-11)	冬(12-2)	汛期(6-9)	年平均(合计)
三工河	1980~1989	487.3	2430.6	1420.4	412.9	3142.9	4751.3
	1990~1999	447.7	2310.3	1428.8	387.4	3029.9	4574.3
四工河	1980~1989	384.2	1727.6	295.1	119.6	1877.1	2526.5
	1990~1999	292.3	1561.9	263.9	102.4	1707.4	2220.5
水磨河	1980~1989	496.3	1096.8	366.9	184.3	1239.3	2144.3
	1990~1999	450.6	1289.8	364.7	211.4	1451.4	2316.4

3.2 径流的年际变化

三工河流域河流均发源于博格达山北麓的冰雪林,经高、中、低山峡谷至出山口,除渠道引水灌溉外,其余均流入戈壁砾石带渗入补给地下水。表 4 是三工河流域三条河流年代径流量变化情况。从流域总径流量看,90 年代较 80 年代减少,减少  $310.9 \times 10^4 \text{ m}^3$ ;具体变化情况为,三工河减少  $177 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,四工河减少最多为  $306 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,水磨河略有增加为  $172.1 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。三工河、四工河、水磨河三条河流中径流量最大的是三工河,占整个流域多年平均径流量的 52.8%,径流量分别为  $5\,022.1 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、 $2\,510.7 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、 $1\,984.1 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。80 年代中,1982 和 1984 年是径流量发生最大的年,1986 年是最小的年,年际极值比在 1.69~2.20 之间;而 90 年代中,1997 和 1999 年是径流量发生最大的年,1992 和 1993 年是最小的年,年际极值比在 1.42~1.83 之间。1980 年至 1999 年间,三工河的最大径流量为  $6\,311.2 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,最小径流量为  $3\,731.1 \times 10^4 \text{ m}^3$ ;四工河最大与最小径流量分别为  $3\,079.2 \times 10^4 \text{ m}^3$  和  $1\,573.5 \times 10^4 \text{ m}^3$ ;水磨河为  $3\,278.0 \times 10^4 \text{ m}^3$  和  $1\,490.0 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。流域的径流量的减少必然影响到农业生产用水,同时也必将影响到生态需水,影响生态环境的变化。

表 4 三工河流域三条河流年代径流量变化 $10^4 \text{ m}^3$									
河流	多年平均 径流量 <sup>[2]</sup>	年代	年平均	最大	最小	际极 值比	距平		
			径流量	径流量	径流量				
三工河	5022.1	1980~1989	4751.3	6311.2	1984	3731.1	1986	1.69	-271.0
		1990~1999	4574.3	5318.6	1999	3734.2	1992	1.42	-447.8
四工河	2510.7	1980~1989	2526.5	3079.2	1982	1814.7	1986	1.70	16.0
		1990~1999	2220.5	2643.2	1997	1573.5	1993	1.68	-290.2
水磨河	1984.1	1980~1989	2144.3	3278.0	1984	1490.0	1986	2.20	160.0
		1990~1999	2316.4	3203.4	1999	1747.3	1993	1.83	332.3
流域总量	9516.9	1980~1989	9422.1	12503.0	1984	7035.9	1986	1.78	-94.8
		1990~1999	9111.2	10790.6	1998	7055.1	1992	1.53	-405.7

4 气候变化对径流的影响

三工河流域河流的补给源主要来自冰川积雪融水及中部山区的大气降水,因此,气候的变化必然影响到河流径流量的变化。在本文中,选择 80 至 90 年代平原与山区季节气温、降水、流域径流量资料,分析它们之间的相关关系(表 5)。总体来看,在各季节降水与流域各季节的径流量相关系中,夏季的降水与流域各季节的径流量相关系数多为正值,大多数通过 0.05 的显著性检验,表明它们之间为正相关,其它影响不明显;各季节气温与流域各季节的径流量相关程度都不大,说明各季节气温对流域的径流量变化影响不大。山

参考文献:

[1] 李述刚. 中国科学院阜康荒漠生态系统观测试验站的自然条件和建站依据[J]. 干旱区研究, 1990, 7(增刊): 1-5.  
[2] 年福华, 李新. 三工河流域水量转换特征及水资源利用[J]. 干旱区研究, 2000, 17(1): 5-11.  
[3] 陈曦, 夏军, 钱静, 等. 三工河流域分布式水文模型研究[J]. 干旱区地理, 2003, 26(4): 305-308.  
[4] 王志杰, 迪里木拉提, 李从林. 天山北麓低山丘陵地区春季融雪洪水的研究[J]. 干旱区地理, 2002, 25(4): 302-308.  
[5] 黄玉英, 商思臣, 田万荣. 三工河径流系列重建及未来趋势预测[J]. 干旱区地理, 2004, 27(1): 71-74.

区夏季的降水与流域各季节的径流量相关系数都比较大, 通过 0.05 的显著性检验, 说明山区夏季的降水是流域径流量的主要贡献者; 平原的降水对流域各季节的径流量相关程度也较大, 基本上通过显著性检验, 说明平原夏季的降水也是影响流域径流量变化的主要因素。这与上部分河流径流变化趋势分析结果一致, 即夏季是主要的降水季节同时也是河流径流量主要产生季节。以上分析结果对掌握气候变化对流域的径流量的影响具有积极意义, 同时对农业生产、保护生态环境及合理利用水资源具有指导意义。

表 5 三工河流域河流季节径流与季节气温、降水的相关性

区域	季节	春季径流	夏季径流	秋季径流	冬季径流	汛期径流
山区气温	春	0.020	-0.469 *	-0.302	-0.319	-0.468 *
	夏	0.170	-0.149	-0.052	0.119	-0.137
	秋	0.259	0.201	0.122	0.124	0.205
	冬	-0.006	-0.506 *	-0.276	-0.175	-0.492 *
山区降水	春	0.485 *	-0.023	-0.102	-0.085	-0.041
	夏	-0.48 <sup>0</sup> *	0.467 *	0.581 *	0.011	0.447 *
	秋	-0.160	0.107	0.028	-0.159	0.098
	冬	0.078	0.114	0.015	0.083	0.112
平原气温	春	-0.067	-0.457 *	-0.281	-0.272	-0.443
	夏	0.164	-0.016	0.016	0.152	-0.005
	秋	0.305	0.373	0.157	0.172	0.364
	冬	-0.016	-0.410	-0.267	-0.209	-0.386
平原降水	春	-0.020	0.266	0.255	0.253	0.278
	夏	-0.179	0.541 *	0.601 *	0.423	0.584 *
	秋	-0.185	0.120	0.112	-0.035	0.123
	冬	-0.320	0.063	0.114	-0.077	0.102

注: 带 \* 的为通过 0.05 的显著性检验。

5 结 论

通过对三工河流域山区和平原近 40 a 的气候资料的分析 and 比较, 同时结合三工河流域三条主要河流近 20 a 的径流资料的分析, 可以得到以下变化事实和结论:

(1) 山区气温变化总体呈波动上升趋势, 80 年代开始气温上升明显, 90 年代更加突出, 60 年代到 90 年代升高了 0.32, 冬季气温升高幅度最大; 山区降水变化整体呈增湿趋势, 80 年代增加显著, 秋季是降水增多的主要季节。

(2) 平原区气温整体呈上升趋势, 90 年代是升温幅度最大的年代, 平均每 10 a 升高 0.22, 冬季升温幅度最大; 平原区降水呈明显的增湿趋势, 80 年代开始增湿显著, 平均每 10 a 增加 22.39 mm, 夏季降水增加最多。

(3) 三条河流径流量年内分配为径流量比较集中, 主要出现在汛期, 春冬两季径流量很少; 年代际径流量变化为 90 年代较 80 年代减少, 减少  $310.9 \times 10^4 \text{ m}^3$ , 流域的径流量的减少必然影响到农业生产用水, 同时也必将影响到生态需水, 影响生态环境的变化。

(4) 气候的变化影响到河流径流量的变化, 夏季的降水与流域各季节的径流量相关系数多为正值, 大多数通过 0.05 的显著性检验, 表明它们之间为正相关, 其它影响不明显; 各季节气温与流域各季节的径流量相关程度都不大, 说明各季节气温对流域的径流量变化影响不大。