

# 新疆天山北坡山区流域水文特征分析

穆艾塔尔·赛地<sup>1</sup>, 阿不都·沙拉木<sup>1</sup>, 崔春亮<sup>1</sup>, 迈丽娅木·巴斯提<sup>2</sup>

(1.新疆水利水电科学研究院,新疆 乌鲁木齐 830049;2.新疆水文水资源局,新疆 乌鲁木齐 830000)

**摘要:**以天山北坡的乌鲁木齐河、玛纳斯河和奎屯河作为典型流域,以出山口水文站多年序列水文气象实测资料作为分析样本,基于定性和定量相结合的研究方法,利用多种水文统计模型,全面分析典型流域近50年的流域水文综合特征、判断径流年内/年际变化特征及变化趋势,为深入了解天山北坡内陆河径流的多年变化过程和规律提供科学参考。研究表明,天山北坡典型流域在近50年水文特征及其变化趋势上具有较大的相似性:径流年内分配不均匀,集中度高;年际变化较稳定、 $C_v$ 值逐步增大、多年平均径流量的距平变化幅度偏大,特别是1990年后各流域 $C_v$ 值增大与径流变化增大趋势较明显。

**关键词:**天山北坡;径流变化;水文特征

中图分类号:P333

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2013)02-0087-06

## 1 引言

分析河川径流的变化过程与规律有助于深入了解区域水文与水资源综合特征及其变化趋势<sup>[1]</sup>。我国西北新疆干旱内陆河流域中,以天山北坡河流为代表的山区冰雪融水与降水径流是山前绿洲水资源的主要来源,占到年径流量的80%;而新疆干旱区90%以上的社会财富和95%以上的人口集中在仅占干旱区总面积4%~5%的山前绿洲地带<sup>[2]</sup>。因此,流域径流的变化对当地的生活、生产与生态有着直接影响和决定性作用。

50年来,以冰雪融水与降水为主要补给来源的天山北坡内陆河径流水文特征发生了显著变化。位于天山北坡的乌鲁木齐河、玛纳斯河和奎屯河均发源于天山北坡中段,在自然地理特征上具有一定的相似性。因此,本文以这三个流域作为典型流域,获得序列的水文实测资料,基于定性和定量相结合的研究方法,利用多种水文统计模型,全面分析典型流域的水文综合特征、判断径流的变化过程与趋势,由此为深入了解天山北坡典型流域水文特征变化和规律提供科学依据与参考。

## 2 流域概况

乌鲁木齐河水系位于天山北坡中段,发源于天山天格尔峰附近一号冰川,源头海拔4479m以上,西接头屯河水系,东到乌拉泊和柴窝堡洼地之间的分水岭,大致由南至北各支流泉沟汇合后流到东道海子,穿过乌鲁木齐市,至米泉市西北部的古尔班通古特沙漠消失,全长为214km;乌鲁木齐河流域位于86°45'~87°56'E,43°00'~44°07'N之间,流域总面积为4684km<sup>2</sup>,在英雄桥水文站出山口后河水进入山前平原<sup>[3-5]</sup>。

玛纳斯河水系位于天山北坡中段,发源于喀拉乌成山和依连哈比尔尕山,由玛纳斯河及东侧的塔西河、西侧的金沟河、宁家河、巴音沟河、大小南沟河、沙湾河等组成,顺天山北坡向北流入准噶尔盆地内的玛纳斯湖(已干枯),流域地理位置在85°00'~86°30'E,43°20'~45°55'N之间,主要包括玛纳斯县、沙湾县及农八师石河子垦区,流域总面积为2.67×10<sup>4</sup>km<sup>2</sup>,全长约为400km,在天山山地中山区和前山区汇合了干支流,至前山的肯斯瓦特水文站流出山区进入山前平原<sup>[6-8]</sup>。

奎屯河水系位于天山北坡中段,源于依连哈比尔

收稿日期:2012-06-04

基金项目:国家自然科学基金项目(51069017);水利部公益性行业科研专项经费项目(201001065);新疆大学绿洲生态重点实验室项目(XJDX0206-2010-03);中国水利水电科学研究院流域水循环模拟与调控国家重点实验室项目(IWHR-SKL-201104)

作者简介:穆艾塔尔·赛地(1984-),女,维吾尔族,新疆策勒人,工程师,硕士,主要从事水文水资源研究。E-mail:bahar08@sina.com

通讯作者:阿不都·沙拉木(1968-),男,维吾尔族,新疆巩留人,研究员,主要从事水文水资源研究。E-mail:shalamu@yahoo.cn

表1 天山北坡典型流域水文特征参数统计表

Table 1 The hydrological characteristics of the typical watersheds in the north Tianshan

河流名称	水文站	集水面积 / km <sup>2</sup>	平均径流量 / 10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	平均径流深 / mm	资料统计年限
乌鲁木齐河	英雄桥	924	2.42	262	1958~2009
玛纳斯河	肯斯瓦特	4 637	12.41	268	1956~2009
奎屯河	将军庙	1 900	6.41	330	1959~2009

表2 天山北坡典型流域水文测站特征信息表

Table 2 The characteristic information of the hydrometry stations in the north Tianshan

水文站	经度	纬度	海拔高程 / m	年降水量 / mm	年平均气温 / °C	资料统计年限
英雄桥	87°12'	43°22'	1 920	456.8	1.6	1958~2009
肯斯瓦特	85°57'	43°58'	900	339.8	6.8	1956~2009
将军庙	84°43'	44°05'	1 407	219.9	6.1	1959~2009

\*奎屯河年平均气温用将军庙1988~2009年气温资料。

尔山北坡, 位于 83°30'~85°08'E, 43°30'~45°00'N 之间, 流域从东向西分布有奎屯河、四棵树河、古尔图河及十几条小沟, 穿过独山子区、奎屯市、乌苏市和农七师灌区后, 在下游汇集于奎屯河最终注入艾比湖, 流域总面积 2.54×10<sup>4</sup>km<sup>2</sup>, 流域干流长 360km, 地势总体为东高西低、南高北低, 由东南向西北倾斜。其中奎屯河是最大的河流, 全长为 260km, 流域面积 1 909km<sup>2</sup>。奎屯河上设有将军庙水文站, 处在流域出口<sup>[9-10]</sup>。天山北坡典型流域水文特征参数统计见表 1、表 2。

### 3 计算方法与数据

#### 3.1 计算方法

##### 3.1.1 径流集中度与集中期

径流集中度(Runoff Concentration Degree)和集中期(Runoff Concentration Period)是描述径流年内变化特征常用的指标, 是用逐月实测径流反映年径流量的集中度和最大径流量出现时段<sup>[11-13]</sup>。径流集中度和集中期的计算方法是将把月径流作为向量看待, 径流量大小为向量的长度, 径流所处的月份为向量的方向; 向量方向的确定把一年 365 天近似看成是一个圆周(360°), 每天近似于 0.986°, 以 1 月份月径流向量所在位置作为零度, 后续各月概化成按 30°等差角度递增表示各月径流分向量方向; 最后把每个月的径流分向量分解为 X 和 Y 两个方向上的分量, 将一年中各月径流分向量求和, 合成向量的大小与年平均径流量的比值为集中度; 合成向量的方向与 1 月零度向量的夹角为集中期<sup>[1, 11-12]</sup>。

$$R_x = \sum_{i=1}^{12} R_i \cos\theta_i, R_y = \sum_{i=1}^{12} R_i \sin\theta_i, R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \quad (1)$$

$$C_d = R / \sum_{i=1}^{12} R_i, D = \arctg(R_y/R_x) \quad (2)$$

公式(1)~(2)中:  $R_i$  和  $\theta_i$  为月径流向量的大小和方向;  $R_x$ 、 $R_y$ 、 $R$  为 X、Y 方向的分向量和合成总向量;  $C_d$  为集中度;  $D$  为集中期。

##### 3.1.2 年径流变差系数与年际极值比

年径流变差系数  $C_v$  和年际极值比  $C_l$  是反应年径流量相对变化幅度的主要特征值<sup>[14-15]</sup>。年径流变差系数  $C_v$  按如下公式计算:

$$C_v = \frac{\sigma_Q}{\bar{Q}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2 / (n-1)}{\bar{Q}^2}} \quad (3)$$

式中:  $C_v$  为径流变差系数;  $n$  为径流样本时间序列;  $\sigma_Q$ 、 $\bar{Q}$  和  $Q_i$  分别为统计年限内的径流标准差、径流均值和径流样本值。

年际极值比  $C_l$  是多年最大年径流量和多年最小年径流量的比值, 反应径流的年际变化幅度。

$$C_l = Q_{\max} / Q_{\min} \quad (4)$$

式中:  $C_l$  为径流年际极值比;  $Q_{\max}$  和  $Q_{\min}$  分别为最大和最小年径流量。

##### 3.1.3 距平分析

距平分析是一种较常用的判断变化趋势的方法, 通过对距平变化的观察, 可以判断径流的变化趋势<sup>[16]</sup>。径流时间序列  $Q_i$  的距平表示为:

$$S_i = (Q_i - \bar{Q}) / (\bar{Q}) \times 100\% \quad (5)$$

表3 天山北坡典型流域径流季节性分布特征表

Table 3 The seasonal runoff distribution in the typical watersheds of the north Tianshan

河流名称	水文站点	春季径流量 / %	夏季径流量 / %	秋季径流量 / %	冬季径流量 / %
乌鲁木齐河	英雄桥	10.3	69.2	15.7	4.8
玛纳斯河	肯斯瓦特	8.2	70.4	16.4	5.1
奎屯河	将军庙	7.5	64.0	20.8	7.7

式中:  $S_i$  为对应  $Q_i$  的距平, 用百分数来表达;  $Q_i$  为径流样本值;  $\bar{Q}$  为径流样本的平均值。

### 3.2 数据来源

本文研究所利用数据包括乌鲁木齐河出山口的英雄桥水文站、玛纳斯河干支流控制肯斯瓦特水文站和奎屯河出山口的将军庙水文站的多年序列实测径流、气温、降水数据(资料统计年限见表1、表2), 以及各水文站2005~2007年的实测日平均流量资料。对于序列资料中缺乏的个别样本数据用SPSS软件进行线性插值求得。

## 4 径流的年内变化

### 4.1 径流的季节性分配特征

根据英雄桥、肯斯瓦特、将军庙等水文站的多年序列月平均流量资料, 经统计计算获得径流年内季节性分配特征(见表3)和多年月平均流量变化曲线(见图1)。

从表3可知, 典型流域的径流主要集中在夏季(6~8月), 夏季径流量占年径流量的比重均超过60%。其中玛纳斯河夏季径流量的比重最大, 为70.4%。乌鲁木齐河为其次, 为69.2%。奎屯河为最小, 为64.0%; 秋季(9~11月)径流量仅次于夏季, 在各流域约占年径流量的15%~20%。其中奎屯河秋季径流量比重最大, 为20.8%, 而乌鲁木齐河与玛纳斯河分别为15.7%和16.4%; 春季(3~5月)径流量占年径流量的比重较小, 除了乌鲁木齐河有10.3%径流比重外, 玛纳斯河与奎屯河分别为8.2%和7.5%; 径流量比重最小值出现在冬季(12~2月), 其中乌鲁木齐河和玛纳斯河冬季径流量比重较小, 约为5%, 而奎屯河冬季径流量比重较大, 为7.7%, 与奎屯河春季径流量比重大约相等。以下利用多年序列月平均流量资料进一步分析月平均流量的年内分配情况(见图1)。

由图1可知, 典型流域1~3月月平均流量变化处在较稳定的状态, 基本没有涨落; 从4月开始随气温升高, 山区发生冰雪融化、降雨丰富, 月平均流量开始明显增大, 集中在6~8月, 7月达到最大值; 8~10月月平均流量变化开始呈明显的下降趋势, 这时高山带气温

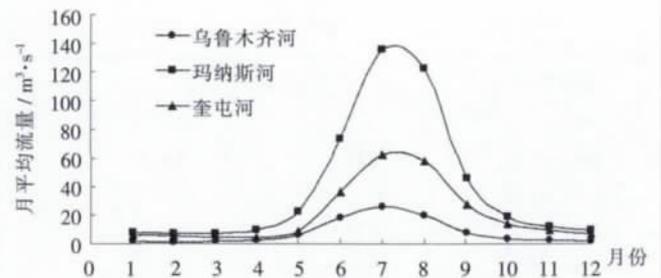


图1 天山北坡典型流域多年月平均流量变化曲线

Fig.1 The mean monthly runoff in the typical rivers of the north Tianshan

降低、冰雪融化缓慢或无冰雪融化, 径流补给靠中低山带季节性融雪和降水; 10~12月月平均流量缓慢减少到来年的3月出现最小值。

总之, 典型流域径流的年内分配不均匀, 这与河流补给来源有密切的关系。天山北坡河川径流是以高山冰雪融水和降水为补给来源的内陆河径流, 河流水情主要取决于流域气温和降水。在春夏季随着气温升高, 冰雪开始融化, 山区降水也相对丰富。在高山带, 径流补给主要以冰川和积雪融水为主; 在中低山带径流补给主要以季节性积雪和降水为主。因此, 典型流域径流主要集中在冰雪融化和降水丰富的夏季和秋季, 冬季和春季较少<sup>[14,17]</sup>。

### 4.2 径流的集中度与集中期

受到补给来源的影响内陆河径流年内分配较集中。通过计算径流集中度和集中期可反映年径流量分配的不均匀性特征。其中, 集中度能够很好地表达径流量在年内的非均匀分配特征。径流量年内分配越不均匀, 集中度越大; 而集中期能够近似表示一年中最大径流量出现的时间。经公式(1)和(2)计算, 可获得典型流域集中度  $C_d$  与集中期  $D$ , 计算结果如表4所示。

计算可知, 典型流域径流集中度均较高, 在3个流域中玛纳斯河流域的径流集中度最高, 为66.66%; 其次为乌鲁木齐河, 集中度为65.19%; 奎屯河的径流集中度最小, 为58.82%。结合典型流域径流的季节性分配特征能够更好地说明径流的集中度, 玛纳斯河年径流量中夏季径流所占的比重最大, 径流主要集中在6~8月, 相应地径流集中度也最高; 与乌鲁木齐河和玛纳

表4 典型流域径流集中度与集中期

Table 4 Concentration degrees and periods of the runoff in the typical rivers

河流名称	水文站点	集中度 / %	合成向量方向 / °	最大径流近似出现时间
乌鲁木齐河	英雄桥	65.19	185.8	7月5~6日
玛纳斯河	肯斯瓦特	66.66	191.1	7月10~11日
奎屯河	将军庙	58.82	196.7	7月16~17日

表5 典型河流径流年际变化参数统计表

Table 5 The variation parameters of the inter-annual runoff in the typical rivers

统计年限	乌鲁木齐河		玛纳斯河		奎屯河	
	$C_v$	$C_l$	$C_v$	$C_l$	$C_v$	$C_l$
1960~1970	0.15	1.6	0.11	1.4	0.11	1.3
1971~1980	0.13	1.5	0.15	1.3	0.10	1.3
1981~1990	0.12	1.5	0.14	1.4	0.16	1.5
1991~2000	0.18	1.5	0.26	2.2	0.17	1.8
2001~2009	0.18	1.7	0.21	1.7	0.14	1.7
1960~2009	0.15	2.0	0.18	2.2	0.13	1.8

斯河相比,奎屯河年径流中夏季径流所占比重较小,而且冬季与春季径流分配也较均匀,相应地径流的集中度也相对较小。总之,天山北坡典型流域径流集中度高,说明径流在年内分配不均匀,径流补给相对集中。

集中期能够近似地表达最大径流量(径流峰值)的出现时间。由计算可知,三个流域最大径流出现时间大约在:乌鲁木齐河为7月上旬,玛纳斯河和奎屯河为7月中旬(见表4)。利用各流域2005~2007年日平均流量资料分析实际最大径流的出现时间,再与集中期的计算结果相比较,检验计算结果。经资料分析可知2005~2007年乌鲁木齐河最大径流出现在7月4~15日;玛纳斯河最大径流出现在7月25~8月3日;奎屯河最大径流出现在7月25~8月3日。由此可知,最大径流出现时间计算结果基本符合实际情况,集中期计算结果能够近似的反映最大径流出现时间。

## 5 径流的年际变化

### 5.1 径流的多年变化特征

径流年际变差系数  $C_v$  表示年径流量总体系列离散程度。 $C_v$  值越大,径流量的年际变化越剧烈,这对水资源的开发利用不利,而且易发生洪涝灾害; $C_v$  值越小,则径流量的年际变化越小,有利于水资源的利用<sup>[14]</sup>。经式(3)和式(4)计算获得典型河流历年值和极值比  $C_l$ , 计算结果如表5所示。

计算可知,过去50年三条河流多年平均  $C_v$  值均较小,为0.10~0.26,极值比  $C_l$  也较小,为1.3~2.2,说明

天山北坡典型流域各河流径流量年际变化相对较稳定,径流量相对变幅较小,有利于水资源的开发利用。但值得注意的是,从  $C_v$  值的序列变化来看,典型河流  $C_v$  值在不同时间段之间具有较大的变幅, $C_v$  值呈逐步增大趋势。特别是从1990年后  $C_v$  值的增大十分显著,径流极值比  $C_l$  的变化幅度也相应增大。在1991~2000年内各河流  $C_v$  值变化分别达到最大值,与1981~1990年的  $C_v$  值相比,玛纳斯河  $C_v$  值的变化最大,由0.14增大到0.26;其次为乌鲁木齐河, $C_v$  值由0.12增大到0.18;再次是奎屯河, $C_v$  值由0.16增大到0.17;在2001~2009年内,各河流  $C_v$  值有所减少,但均超过1960~2009年的  $C_v$  平均值。

$C_v$  值的大小与径流补给来源紧密相关。在干旱、半干旱地区的内陆河,径流主要是以高山冰雪融水为补给来源,冰雪融化形成汇流主要取决于气温,而气温的年际变化较小,所以冰雪融水为补给的河流  $C_v$  值较小<sup>[14]</sup>;天山北坡典型河流  $C_v$  值逐步增大在一定程度上反映了全球气候变暖对以冰雪融水与降水为主要补给来源的内陆河径流的影响。冰川和积雪对气候变化十分敏感。据张家宝等人研究,近50年来,在全球气候变暖的大背景下新疆气候变暖、降水增多的趋势明显。北疆、天山山区、南疆都存在明显的增温趋势,增温率分别为0.34°C/10a、0.32°C/10a、0.30°C/10a<sup>[18]</sup>。气温升高将在一定程度上加快山区冰雪融化的过程,导致径流增大,造成径流年际变差增大;其次是流域人口增大与生产规模扩大使得流域水资源开发利用日益增强,在一定

表6 典型流域径流量距平变化统计表  
Table 6 The anomaly changes of the annual runoff in the typical rivers

	乌鲁木齐河		玛纳斯河		奎屯河	
	平均径流量 / $10^8\text{m}^3$	距平 / %	平均径流量 / $10^8\text{m}^3$	距平 / %	平均径流量 / $10^8\text{m}^3$	距平 / %
1960~1970	2.27	-5.63	12.11	-2.34	6.08	-4.96
1971~1980	2.31	-3.90	11.08	-10.66	6.64	3.71
1981~1990	2.40	-0.17	11.44	-7.71	6.13	-4.16
1991~2000	2.74	13.70	13.94	12.39	6.74	5.24
2001~2009	2.33	-3.34	13.58	9.51	6.47	1.13

程度上改变了流域原有的水资源开发利用模式,间接影响到区域水循环和水量平衡,由此对径流年际变化带来一定的影响。本文所提的全球气候变化与人类活动的影响是导致典型河流  $C_v$  值增大可能存在的原因,为了揭示  $C_v$  值变化内在的原因需要进行深入地专题研究。

## 5.2 径流的多年变化趋势

年径流的变化特征综合了地带性因素(气候、植被等)和非地带性因素(地质、地貌、人类活动等)的影响,分析多年序列径流量与多年平均径流量的距平变化能够较好地反映径流量的总体趋势特征<sup>[1]</sup>。距平取值表明在序列径流量与多年平均流量相比之下的径流增大或减少趋势。距平值为正,代表径流的增加趋势;距平值为负,代表径流的减少趋势。经公式(5)计算获得距平结果如表6所示。

从表6可知,三个流域的径流量多年距平变化较复杂,1990年前正负距平值交替出现;而1990年后三个流域距平值均为正值(2001~2009年乌鲁木齐河除外),说明与多年平均径流量相比径流量增加明显,径流增大变化幅度偏大,特别是1991~2000年各流域平均径流量增大、距平值均为正值,与长期平均值相比偏多分别为13.7%、12.39%和5.24%,这种变化趋势与1991~2000年  $C_v$  值的变化特征具有一致性;2000年后径流距平值变化与前期相比有所减少,但还是以正值为主,代表径流变化幅度的增大趋势。总体上看,1990年前径流变化呈波动性变化特征,而1990年后径流变化幅度开始偏大,并呈现一定的增大趋势。

## 6 结论

以天山北坡的乌鲁木齐河、玛纳斯河和奎屯河为典型流域,结合流域多年实测水文资料,进行了典型流域水文特征综合分析。经计算与分析可知,以冰雪融水与降水为主要补给来源的天山北坡典型流域在水文特

征上具有较大的相似性。首先从径流的年内分配特征上看,径流的年内分配极不均匀,主要集中在夏秋两季,从径流的集中度和集中期来看,受到径流补给来源的影响径流集中度均较高,集中期主要分布在7月;其次是从径流长期变化特征来看,径流的年际变化较稳定、变幅较小,但在过去50年中,径流的年际变化开始逐步变大,相应的径流年际变差系数  $C_v$  和径流极值比  $C_t$  也开始增大,特别是20世纪90年代后径流的年际变化十分明显;再次是从多年平均径流量与距平值的变化来看,20世纪90年代前径流呈波动性变化趋势,从90年代至今径流变化有所增大,径流变化幅度较大。由此可知,天山北坡典型流域在20世纪90年代后水文特征产生了较显著的变化,主要体现在径流年际变化特征与变化趋势上,但这种变化趋势的形成需要在今后的相关工作中结合新疆多年的气温、降水等水文气候因子的变化特征进行深入研究。

### 参考文献:

- [1] 蒋艳,周成虎,程维明.新疆阿克苏河流域年径流时序特征分析[J].地理科学进展,2005,24(1):87-96.(JIANG Yan, ZHOU Chenghu, CHENG Weiming. Analysis on the characteristics of runoff time series in Akesu basin[J]. Progress in Geography, 2005,24(1):87-96.(in Chinese))
- [2] 瓦哈甫·哈里克,杜小梅.且末绿洲规模扩张预警指标体系框架构建[J].农业系统科学与综合研究,2009,25(4):445-449.(Wahap HALIK, DU Xiaomei. Thresholds and pre-warning indicators of Qerchen oasis expansion [J]. System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture,2009,25(4):445-449. (in Chinese))
- [3] 吴素芬,刘志辉,韩萍,等.气候变化对乌鲁木齐河流域水资源的影响[J].冰川冻土,2006,28(5):703-706.(WU Sufen, LIU Zhihui, HAN Ping, et al. Impact of climate change on water resources of the Urumqi river basin [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2006,28(5):703-706.(in Chinese))
- [4] 普宗朝,张山清,李景林,等.乌鲁木齐河流域参考作物蒸散量时空变化特征[J].沙漠与绿洲气象,2008,2(1):41-45.(PU Zongchao, ZHANG Shanqing, LI Jinglin, et al. Change characteristics of reference crop

- evapotranspiration in Urumqi river basin[J].Desert and Oasis Meteorology, 2008,2(1):41-45.(in Chinese))
- [5] 韩添丁,叶柏生,丁永建,等.乌鲁木齐河流域径流增加的事实分析[J].冰川冻土,2005,27(5):655-659.(HAN Tianding, YE Baisheng, DING Yongjian, et al. Increasing runoff in the Urumqi river basin since 1980s [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2005, 27(5):655-659.(in Chinese))
- [6] 李志忠,韩洪凌.天山北麓的水资源利用与绿洲稳定性—以玛纳斯河流域为例[J].干旱区资源与环境,2004,18(8):139-142. (LI Zhizhong, HAN Hongling. Water resources utilization and oasis stability at Tianshan mountain northern foot—taking the manasi river valley as example [J].Journal of Arid Land Resources and Environment, 2004,18(8):139-142.(in Chinese))
- [7] 刘志明,刘少玉,陈德华,等.新疆玛纳斯河流域平原区水资源组成和水循环 [J]. 水利学报,2006,37 (9):1102-1107. (LIU Zhiming, LIU Shaoyu, CHEN Dehua, et al. Water resources composition and water circulation in plain of Manasi river basin[J].Journal of Hydraulic Engineering, 2006,37(9):1102-1107.(in Chinese))
- [8] 张军民. 新疆玛纳斯河流域水资源及水文循环二元分化研究 [J].自然资源学报,2005,20 (6):858-863. (ZHANG Junmin. Study on the two dimensional division of water resources and hydrologic cycle in Manas river valley of Xinjiang [J].Journal of Natural Resources, 2005,20(6):858-863.(in Chinese))
- [9] 井立军,高婧,井立红,等. 奎屯河流域气候变化与径流量的关系[J].沙漠与绿洲气象,2008,2(6):41-45. (JING Lijun, GAO Jing, JING Lihong, et al. Relations between climatic change and runoff in Kuitun river basin [J]. Desert and Oasis Meteorology, 2008,2(6):41-45.(in Chinese))
- [10] 母敏霞,王文科,杜东. 新疆奎屯河流域地下水资源开发引起的生态环境问题及对策[J].干旱区资源与环境,2007,21(12):15-20. (MU Minxia, WANG Wenke, DU Dong. The eco-environment problems and countermeasures about the development and utilization of the ground water resources in Kuitun river valley, Xinjiang [J].Journal of Arid Land Resources and Environment, 2007,21(12):15-20. (in Chinese))
- [11] 郑红星,刘昌明.黄河源区径流年内分配变化规律分析[J].地理科学进展,2003,22 (6):585-590. (ZHENG Hongxing, LIU Changming. Changes of annual runoff distribution in the headwater of the Yellow river basin [J].Progress in Geography, 2003,22 (6):585-590. (in Chinese))
- [12] 刘贤赵,李嘉竹,宿庆,等.基于集中度与集中期的径流年内分配研究 [J]. 地理科学,2007,27 (6):791-795. (LIU Xianzhao, LI Jiazhao, SU Qing, et al. Interannual runoff distribution based on degree and time of concentration for rivers [J]. Scientia Geographica Sinica, 2007,27(6):791-795.(in Chinese))
- [13] 赵春子,黄微,朱卫红.基于集中度与集中期的图们江流域径流年内分配研究 [J]. 延边大学学报 (自然科学版),2010,36 (3):275-278. (ZHAO Chunzi, HUANG Wei, ZHU Weihong. A study on annual runoff distribution in Tumen river based on degree and time of concentration for rivers [J]. Journal of Yanbian University(Natural Science) 2010,36(3):275-278. (in Chinese))
- [14] 黄锡荃,李惠明,金伯欣.水文学[M].北京:高等教育出版社,1995:116-120. (HUANG Xiquan, LI Huiming, JIN Boxin. Hydrology [M]. Beijing: Higher Education Press, 1995:116-120.(in Chinese))
- [15] 刘俊民,余新晓.水文与水资源学[M].北京:中国林业出版社,1999:78-85. (LIU Junmin, YU Xinxiao. Hydrology and Water Resources [M]. Beijing: China Forestry Press, 1999:78-85.(in Chinese))
- [16] 王渺林,易瑜.长江上游径流变化趋势分析[J].人民长江,2009,40(9):68-70. (WANG Miaolin, YI Yu. The trend of runoff change in upper reaches of Yangtze River[J]. Yangtze River, 2009,40(9):68-70.(in Chinese))
- [17] 刘月兰. 新疆奎屯河水文特征分析 [J]. 安徽农业科学, 2008,36 (15):6460-6461. (LIU Yuelan. Analysis of the hydrological characteristics of Xinjiang Kuitun River [J].Journal of Anhui Agri. Sci. 2008,36(15):6460-6461.(in Chinese))
- [18] 张家宝,陈洪武,毛炜峰,等. 新疆气候变化与生态环境的初步评估 [J]. 沙漠与绿洲气象,2008,2 (4):1-11. (ZHANG Jiabao, CHEN Hongwu, MAO Weiyi, et al. The elementary assessment of climate change and environment in Xinjiang [J]. Desert and Oasis Meteorology, 2008,2(4):1-11. (in Chinese))

## Hydrological Characteristics of Typical Watersheds in North Tianshan

Muattar SAYDI<sup>1</sup>, Shalamu ABUDU<sup>1</sup>, CUI Chunliang<sup>1</sup>, Mailiyamu BASITE<sup>2</sup>

(1. Xinjiang Water Resources Research Institute, Urumqi 830049, China;

2. Xinjiang Hydrology and Water Resources Bureau, Urumqi 830000, China)

**Abstract:** This paper analyzed the hydrological characteristics and change trend in the basins of Urumqi, Manas and Kuitun of the north Tianshan during the last 50 years. Long time series data from the hydrometry stations of the river outlets were used for analysis with certain hydrologic statistical models. The results indicate that the runoff of the rivers have strong similarity in their hydrological characteristics. The distribution of the annual runoff is highly imbalanced between the four seasons, and concentrates in summer. The concentration degree of the runoff is comparatively high in all the three rivers. The value of  $C_v$  is relatively small during the whole study period, but increasing gradually. Significant increase occurred in  $C_v$  value after the 1990s. The runoff changes also show an overall increasing trend, and it is very obvious after 1990s.

**Key words:** North Tianshan; runoff change; hydrological characteristics