

我国阿尔泰山的降水及河流径流分析

周 伯 诚

(中国科学院兰州冰川冻土研究所)

一、阿尔泰山南坡河流水系

阿尔泰山横亘于中、苏、蒙边界。在我国境内发源于该山南坡的大河有两条：额尔齐斯河和乌伦古河。这两条河流沿着构造线由东南流向西北。额尔齐斯河是我国唯一流入北冰洋的河流，其支流有哈巴河、布尔津河、克兰河、卡拉额尔齐斯河、卡依尔特斯河等。这些支流大致平行地在额尔齐斯河北侧汇入，成梳状水系，水量沿程增加。乌伦古河支流主要有大青河、小青河及布尔根河，呈辫状水系，在二台以下无支流汇入，水量沿程减少，最后流入乌伦古湖，成为内陆河流。

二、阿尔泰山南坡的降水

1. 降水量的分布

阿尔泰山常年受西风气流的影响，气团经苏联斋桑谷地，沿额尔齐斯河谷深入，受阿尔泰山的阻挡抬升，产生降水。愈向东南山地，高度渐变低，降水量也减少。年降水量等值线大致沿西北—东南方向分布。降水量等值线在山区分布密集，额尔齐斯河与乌伦古河之间分布稀疏。降水量为150毫米的等值线，基本上沿山麓分布。降水量的垂直梯度由西北向东南方向减少，西部为40毫米/100米，中部为30毫米/100米，东部仅20毫米/100米。因此，降水量范围山区西部为150—900毫米，中部为150—500毫米，东部为150—300毫米(图1)。

降水量的年内分配，从1月到7月，降水量逐渐增加。以布尔津的降水量为例，1月到7月的降水量由3.8毫米增加到18.3毫米，7月份降水量最多，占全年降水量的15.4%；7月到9月，降水量逐渐减少，9月份的降水量为8.8毫米；10月或11月份降水量稍有回升，达到9.9毫米；12月份降水量又减少到6.8毫米。全年降水量中，1月降水最少，7月降水最多(见表1)。

2. 降雪及积雪深度

从10月到下年的4月，降水以降雪形式出现，高山地区夏季亦有降雪。在山麓一带，降雪量占全年降水量的30%，随着地形升高，降雪的比值逐渐增加，到海拔2700米高度时，降雪量占全年降水的50%以上。

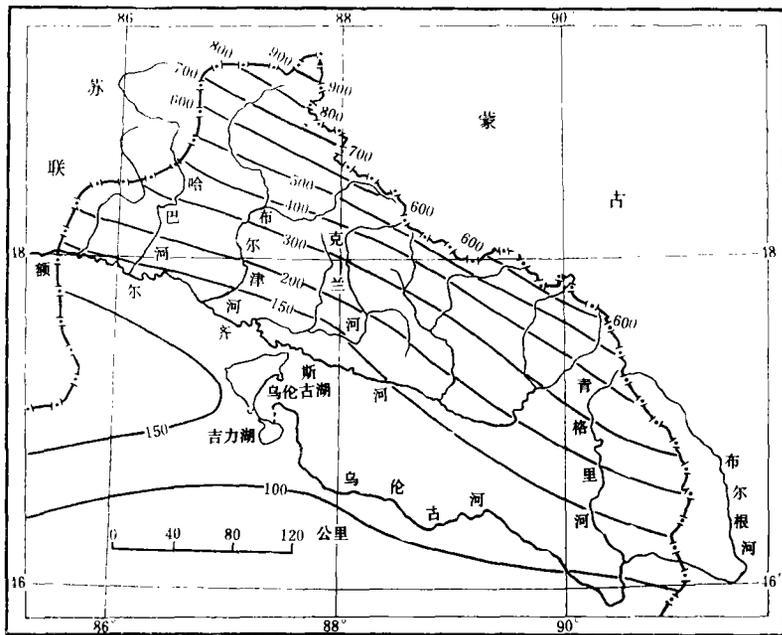


图1 降水等值线(单位:毫米)

Fig.1. Isohyet (mm)

在哈巴河、布尔津河冲积平原上,10月份地面开始积雪,至12月地面积雪深达最高值,地面积雪深在哈巴河县为2.4—15.2厘米,在布尔津县为0.7—9.6厘米;12月份以后,积雪深渐减,4月中旬仅为1.5厘米和0.5厘米。处在山麓沿线上的阿勒泰县和富蕴县,地面积雪深在2月份达到最高值,分别为35.3厘米和27.8厘米;4月份积雪深下降到4.5厘米(图2)。

海拔为1,900米的森塔斯气象站,最大地面积雪深为151厘米,出现在3月。可见地面最大积雪深出现的月份,随着海拔的增高而延迟。考察中调查到,阿尔泰山西部高山地区最大积雪深可达2米,出现在4月。

3. 季节雪的分佈

季节雪分布的分析是利用卫星相片进行的。阿尔泰山区有四张不同日期的卫星相片,分别是1975年5月11日、26日和27日,以及1976年6月15日。从这四张卫星相片上,清楚地分辨出季节雪的界线。5月11日季节雪界线自西至东分布高度在1100—2100米以上。5月26日和27日,季节雪界线上升100—200米,分布高度在1200—2300米以上。阿尔泰山南坡雪线高度是3000—3400米,冰川末端高度为2580米。预计季节雪线要向上退到冰舌末端高度和雪线高度的位置,还需10天和20天时间,即6月25日季节雪才能退到冰舌末端,7月5日才能退到雪线位置。也可以说,6月25日冰舌末端纯冰开始消融,7月5日雪线以下的季节雪全部消融(图3)。

表 1 各站降水量的年内分配 (单位: 毫米)

Table 1. Yearly distribution of precipitation at 7 stations

站名	海拔 (米)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年	5-8 (月)	春 3-5月	夏 6-8月	秋 9-11月	冬 12-2月	资料系列
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
哈巴河	523.6 (%)	5.7	7.5	7.8	17.4	20.0	18.2	21.2	18.6	13.5	18.0	13.9	9.1	171.0	78.0	45.2	38.0	45.4	22.3	1958—1979
		3.3	4.4	4.6	10.2	11.7	10.6	12.5	10.9	7.9	10.5	8.1	5.3	45.7	26.5	34.0	26.5	13.0		
布 尔 津	473.0 (%)	3.8	4.6	7.1	10.1	14.8	14.1	18.3	11.0	8.8	9.9	9.4	6.8	118.8	58.2	32.0	43.4	28.1	15.2	1960—1979
		3.2	3.9	6.0	8.5	12.5	11.9	15.4	9.3	7.4	8.3	7.9	5.7	49.1	27.0	36.6	23.6	12.8		
阿 勒 泰	735.1 (%)	12.5	14.2	9.4	13.6	14.9	17.9	20.0	15.4	15.0	14.0	15.8	17.9	181.0	68.2	37.0	53.3	45.0	44.6	1954—1979
		6.9	7.8	5.2	7.5	8.2	10.0	11.1	8.5	8.3	7.8	8.7	10.0	37.8	20.9	29.6	24.8	24.7		
富 蕴	802.7 (%)	9.2	10.0	11.3	18.7	16.6	16.4	25.7	20.2	18.7	14.2	19.8	15.9	196.7	78.9	46.6	62.3	52.7	35.1	1956—1979
		4.7	5.1	5.7	9.5	8.4	8.3	13.1	10.3	10.3	7.2	10.1	8.1	40.1	23.6	31.7	26.8	17.9		
青 河	1218.2 (%)	7.4	8.8	8.9	10.2	13.2	17.3	27.5	17.6	17.5	10.6	14.1	11.1	164.2	75.6	32.3	62.4	42.2	27.3	1958—1979
		4.5	5.4	5.4	6.2	8.0	10.5	16.7	10.7	10.7	6.5	8.6	6.8	45.9	19.6	37.9	25.8	16.7		
森 塔 斯	1900 (%)	22.4	39.8	37.8	35.8	71.2	75.2	88.3	91.3	40.5	39.9	41.0	33.7	617.1	399.8	144.8	255.0	121.4	95.3	1958—1961
		3.6	6.4	6.1	5.8	11.5	12.2	14.3	14.9	6.6	6.5	6.6	5.5	52.9	23.4	41.4	19.7	15.5		
阿 祖 拜	2700 (%)	10.3	11.4	25.8	24.6	52.5	47.4	84.6	50.2	36.1	48.4	38.3	31.6	234.7	234.7	102.9	182.2	122.6	53.3	1967—1969
		2.2	2.5	5.6	5.3	11.4	10.3	18.3	10.9	7.8	10.5	8.3	6.9	50.9	22.3	39.5	26.6	11.6		
各季平均值														47.2	23.4	35.8	24.8	16.0		
														59.2%		40.8%				

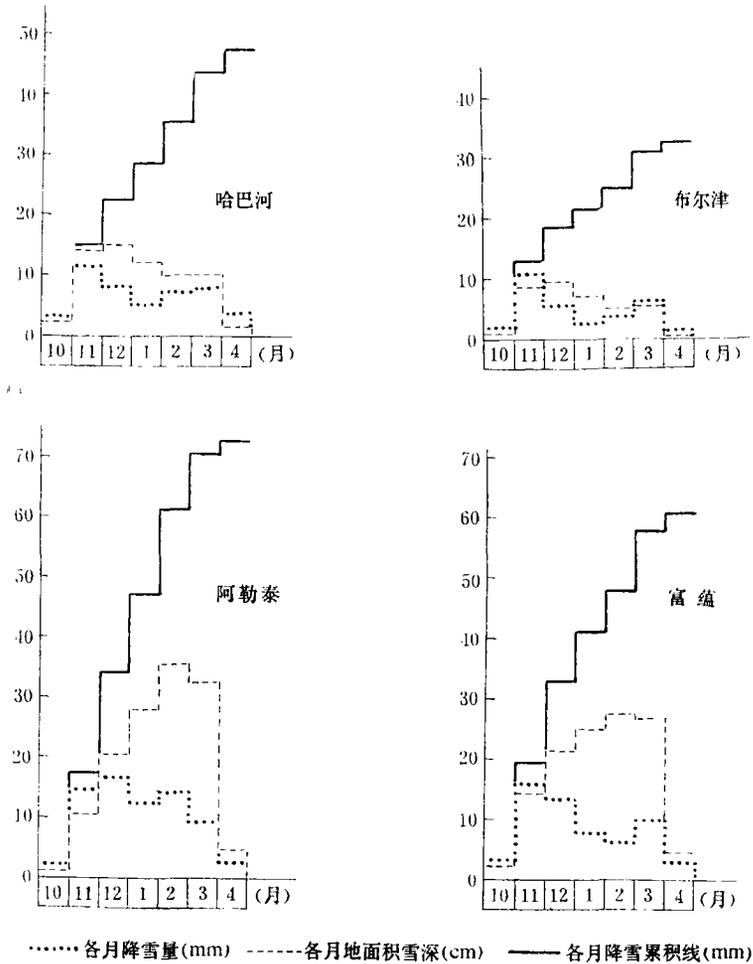


图2 各月降雪量、累积降雪量、地面积雪深度

Fig. 2. Monthly amount of snowfall, monthly depth of snowfall, and monthly accumulation amount of snowfall

三、河流径流的特征

1. 各径流成分的补给作用

为了确定阿尔泰山南坡各种补给来源在径流组成中的比重, 选择平水年(1964年)的流量过程线进行分割, 结果列于表2。

从表2中可以看出, 阿尔泰山区的河流, 是由融雪水、降雨、冰川融水和地下水补给的。山区海拔2700米以上的高山地区, 降水主要是以固态降水为主, 2700米以下的山区, 主要是液态降水。在总径流中, 融雪径流占有很大比重, 平均占41.2%; 降雨径流平均占29.0%; 由于高山地区的冰川分布较少, 冰川融水平均只占1.6%; 地下水是上述几种补给来源的转换形式, 平均占总径流的28.2%。

表 2 各补给来源的比重

Table 2. Percentage of different source supplies of 6 rivers

河 名	站 名	流域面积 (平方公里)	流域平均 高程 (米)	冰川面积 (平方公里)	年径流量 (亿立方米)	冰川融 水补给 (%)	融雪补给 (%)	降雪径量 补 给 (%)	地下水补给 (%)
哈巴河	克拉他什	6032	1900	19.48	19.42	1.0	34.8	27.4	36.8
布尔津河	群库勒	8422	2700	243.14	38.05	7.3	40.7	27.2	24.8
克兰河	阿勒泰	1541	2400	0.11	5.57	0.2	42.5	29.6	27.7
库依尔特斯河	富蕴	1990	2500	6.91	6.23	1.3	45.3	31.5	21.9
青格里河	大青河	1697	2400	1.06	3.58	0.3	45.7	31.8	22.2
基什克奈青格里河	小青河	1285	2300		1.87		37.9	26.4	35.7
平 均						1.6	41.2	29.0	28.2

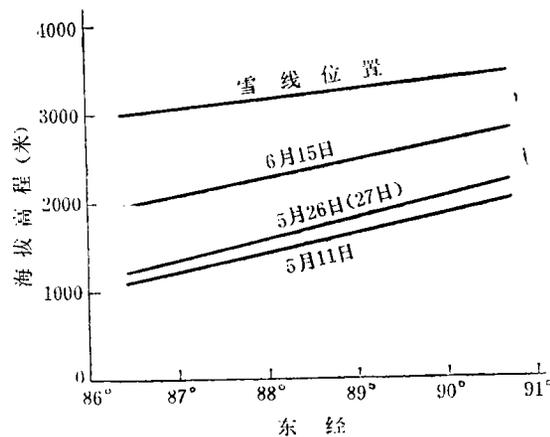
图 3 不同日期的季节雪分布高度
(据卫星相片判读)

Fig. 3. Distributive elevation of seasonal snow on different dates

在西北山区河流中,阿尔泰山区河流径流一个突出的特点是融雪径流占很大的比重。天山的乌鲁木齐河,融雪径流占年径流的32.5%^[1],祁连山的石羊河融雪径流只占10%左右¹⁾。

2. 河流径流的年内分配

每年3月,气温开始回升,河流径流也开始增加,这是春汛的开始。4月径流的上涨很快,主要来自低山地带的积雪融水。5月至6月季节雪分别退到中山带和高山带,再加上当月的降水,径流量继续上涨,为雨雪混合补给。6月份月径流量达到全年最大。7月虽是全年降水量最多的月份,但月径流量开始下降。8月至9月降水量减少,河流径流继续减少。9月份高山带是降雪,已不产流,所以径流急剧减少。10月上旬中山带开始积雪,10月中、下旬低山带和山麓开始积雪,河流径流仍在减少,这种现象一

1) 周伯诚,石羊河径流分析及合理利用途径。

表3 各站径流年内分配

Table 3. Yearly distribution of

河 名	站 名	1	2	3	4	5	6	7	8	9
布 尔 津 河	群 库 勒	20.7	18.8	20.4	49.6	233.1	470.6	333.4	206.3	11.51
		1.3	1.2	1.3	3.1	14.6	29.5	20.9	13.0	7.0
克 兰 河	阿 勒 泰	3.4	3.0	3.2	11.7	59.4	78.0	27.2	15.5	11.8
		1.5	1.3	1.4	5.1	25.8	33.8	11.8	6.7	5.2
库 依 尔 特 斯 河	富 蕴	2.6	2.3	2.6	8.7	51.4	92.3	52.9	28.9	16.1
		0.9	0.8	0.9	3.2	18.7	33.7	19.4	10.5	5.9
青 格 里 河	小 青 河	1.3	1.3	1.6	4.2	24.5	28.3	10.9	6.7	4.7
		1.4	1.4	1.8	4.6	27.0	31.1	12.0	7.4	5.2
乌 伦 古 河	二 台	2.7	2.1	4.1	23.9	71.0	119.0	61.3	37.3	24.8
		0.7	0.6	1.1	6.3	18.8	31.4	16.2	9.9	6.6
各 季 平 均 值										

直继续到下年的2月(表3),因此,阿尔泰山区河流的水文年可以定为3月至下年2月。

对照径流与降水的年内分配(表1和表3),可以看出:径流的年内分配是改变了的降水分配,秋冬季降雪在春夏季形成径流,加重了春夏季的径流比重。在各季降水中,夏季占35.8%,秋季占24.8%,春季占23.4%,冬季占16.0%。春夏两季与秋冬两季各占59.2%与40.8%,相差不大,二者之比为1.44:1。径流在各季的分配中,夏季占57.5%,春季占26.7%,秋季占12.1%,冬季占3.7%。春夏两季与秋冬两季各占84.2%与15.8%,二者之比5.3:1,相差悬殊。如果在降水的年内分配中,把秋冬季中的降雪量移到春夏季中,就可看到这样移置后的降水分配与径流的年内分配几乎一致。秋冬降雪量占年降水量的23.3%,在秋冬季降水量中扣去23.3%,在春夏季中加上23.3%,结果成为82.5%与17.5%,二者之比约为4.7:1,这与径流的分配很接近。上述情况表明,秋冬季的降雪绝大部分要在下年的春夏季内消融,这是影响降水和径流在年内分配上造成差异的根本原因。

径流的年内分配中,6月份最大,占年径流量的30%以上;2月份最小,仅占年径流量的1.4%。而降水7月份最多,占年降水量的11.1—18.4%。由于秋冬季的积雪基本上在下年3—6月内消融完(据卫片判读),也就是说7月以前的径流是雨雪混合径流,到7月份基本上是当月降水形成的径流。因此,虽然7月的降水比6月降水量多1.1—6.2%,但由于得不到秋冬季的积雪消融补给,使最大径流出现在6月而不是在7月(图4)。阿尔泰山区秋季降水量大于春季的降水量,而径流却是春季大于秋季,这与天山^[1]、祁连山北坡¹⁾河流径流秋季大于春季,春旱缺水,形成鲜明的对照。这是阿尔泰山区河流径流另一个显著的特点。

1) 高前兆、杨新源,河西内陆河流及其水文特征。

(单位：立方米/秒)

runoff at 5 stations

10	11	12	多年平均 流量	5—8月	春 3—5月	夏 6—8月	秋 9—11月	冬 12—2月	资料系列
61.7	38.3	28.2	135.6						1956—1979
3.9	2.4	1.8	(%)	78.0	19.0	63.4	13.3	4.3	
7.9	5.4	4.0	19.5						1959—1979
3.4	2.3	1.7	(%)	78.3	32.3	52.3	10.9	4.5	
8.2	5.0	3.4	22.9						1957—1979
3.0	1.8	1.2	(%)	82.3	22.8	63.6	10.7	2.9	
3.6	2.3	1.5	7.2						1962—1979
4.0	2.5	1.6	(%)	77.5	33.4	50.5	11.7	4.4	
16.5	10.3	5.0	31.6						1957—1979
4.4	2.7	1.3	(%)	76.3	26.2	57.5	13.7	2.6	
				78.5	26.7	57.5	12.1	3.7	
				84.2%			15.8%		

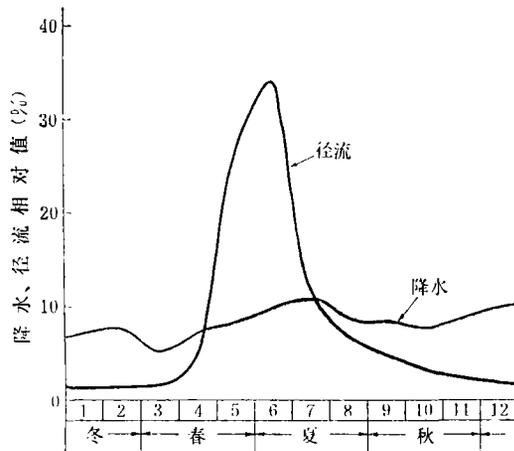


图4 克兰河、阿勒泰站降水、径流多年各月平均相对值分配曲线

Fig. 4. Distributive curves of relative values of precipitation and runoff at Altay station, Kelan river in monthly average of several years

参 考 文 献

- [1] 王文波、陈琴德, 乌鲁木齐河水文特征的分析, 天山乌鲁木齐河冰川与水文研究论文集, 104页, 科学出版社, 1965年。

(本文于1982年7月19日收到)

An Analysis on the Relationship Between Streamflow and Precipitation in Altay Mountainous Region

Zhou Bocheng

(Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology, Academia Sinica)

Abstract

In this paper, by means of an analysis on the relationship between streamflow and precipitation in Altay Mountainous Region, the most important points about them can be summarized as follows: (a) the distribution of precipitation: In pediment, the amount of snowfall is about 30% of total annual precipitation and the snowcover occurs in the middle of October or later. In the middle mountain zone with altitude of 2700m, the snow fall amount rises to 50% of its annual streamflow and its snowcover starts to form in the early October. The maximum thickness of snowcover is more than 2 meters in its western part. Therefore, the snowmelt water is an important replenishment of the stream in the region which has 41% of annual streamflow. (b) the seasonal variation of streamflow: The spring runoff is more than the autumn one. Conversely, the autumn runoff in the northern slope of Tian Shan and Qilian Shan is more than the spring one which causes spring drought in these areas.