

乌鲁木齐河源地气候与冰川变化特征 及其对径流的影响

刁平¹, 吕斌¹, 杨秀兰²

(1. 乌鲁木齐市气象局, 新疆 乌鲁木齐 830002; 2. 新疆气象业务中心, 新疆 乌鲁木齐 830002)

摘要:根据位于乌鲁木齐河源地大西沟气象站 40 年(1958 - 1998 年)气候资料,分析了温度、降水量分布规律与冰川变化特征,得出气候、冰川的变化对径流量影响的几点结论。表明,在全球性气候变暖背景下,中天山高山区呈变暖,自然降水(雪)资源增多,冰川资源减少趋势;继续发展,将会严重影响冰川的调节功能。

关键词:气候;冰川变化;径流量

中图分类号: P426.616 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-0799(2000)01-0010-03

Features of Climate and Glacier Change in Source of Urumqi River and It's Effect on Runoff

Diao Ping¹, Lu Bin¹, Yang Xiulan²

(1. Urumqi Meteorological Bureau, Urumqi 830002, China; 2. Xinjiang Meteorological Operating Center, Urumqi 830002, China)

Abstract: According to the climatic data of Daxigou weather station near the source of Urumqi River from 1958 to 1998, the distributive rule of temperature and precipitation and the features of glacier change were analyzed. Several conclusion about the effect of climate and glacier change on runoff of Urumqi River were educed. It indicated that the trends of temperature rising, precipitation increasing and glacier decreasing in upper part of middle Tianshan Mountain appear in the background of the global climate warms. It will affect the adjustive function of glacier if it continue.

Keyword: climate; glacier change; runoff

乌鲁木齐市水量供需矛盾早在 70 年代中期就已显现,迄今是全国人均供水量最低的大城市之一,严重地制约着乌鲁木齐市经济发展。面对 21 世纪,水已成为自治区首府城市的生命线,如何更合理利用水资源,已关系到经济发展和城市现代化的重大问题。乌鲁木齐的水资源主要来自 4 个方面:自然降水、地表河流、地下水补给、冰川。4 个方面相互关联,而自然降水是水资源补给的主要和根本来源。冰川作为“固体水库”受气候的制约,从而对乌河产生影响。

乌鲁木齐河源地大西沟气象站位于天格尔山腰海拔 3539.4m(86°50'E, 43°06'N),属天山山区高寒湿润区。其附近的乌鲁木齐河上游有冰川面积 38km²,占流域面积 4.1%。冰川作为“固体水库”受气候变化影响,通过融化速度对乌河水资源进行调节,这种调节作用,可分为短期气候调节(几十年)和长期气候调节(数世纪)两种。本文从短期气候的角度分析,在高温的干旱年份,冰川的消融加强,储存于冰川上的大量冰雪融化补给河流,使河流的水量增加,从而减小或缓解用水矛盾。相反在低温的丰水年,又有大量的降水被储存于冰川。

收稿日期:1999-08-15 修订日期:1999-11-17

作者简介:刁平(1963-),男,四川泸州人,工程师,学士,从事气象预报服务。

1 大西沟气温分布规律及冰川变化

1.1 大西沟气温分布规律

乌鲁木齐大西沟气象站 1958 年建站,根据 1959~1998 年的大西沟气象站观测资料可反映出 1 号冰川地区气温变化状况。该地区年平均气温 -5.2℃。以月平均气温通过 0℃划定冷、暖季,冷季平均为 9 月中旬至翌年 5 月,暖季为 6 月至 9 月上旬。多年平均,冷季气温 -9.5℃,暖季气温 3.2℃。从 60 年代到 90 年代气温呈升高趋势,而 90 年代又较 70~80 年代升高更明显,这一点与平原地区同步,如表 1。

表 1 60~70 年代大西沟、乌鲁木齐市气温(℃)

	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代	平均
暖季	3.0	3.1	3.1	3.5	3.2
冷季	-9.6	-9.4	-9.7	-9.1	-9.5
大西沟气温	-5.4	-5.2	-5.4	-4.9	-5.2
乌市年气温	6.8	6.6	6.6	7.3	6.8

冰川,冷季以冰雪的储存为主,暖季以融化为主。为了分析冰川融化变化规律,研究其物理过程,更好地反映年和暖季的波动情况,我们分析了 1959~1998 年暖季 3 年滑动曲线(图 1),可以得到以下几点结论:

1.1.1 河源高山带气温变化趋势与平原地区基本一致。

1.1.2 气温呈现波动变化,出现了 4 个暖期分别为:1963~1967 年、1978~1980 年、1990~1992 年、1997~1998 年。出

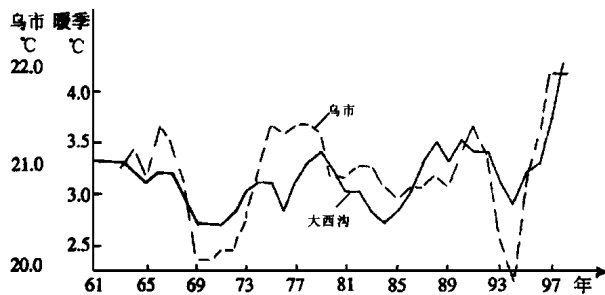


图1 1959~1998年乌鲁木齐站、大西沟站

6~9月气温三年滑动平均

现了3个冷期分别为1969~1972年、1983~1985年、及不明显的1993~1995年。

1.1.3 从1985年起平原与高山带气温逐年位相变化一致,而且,从1996年以来气温变暖。

1.2 乌鲁木齐河源1号冰川变化规律

乌鲁木齐河源1号冰川是我国冰川观测资料最长的冰川,根据1959~1998年的观测资料,冰川长度面积一直处于退缩减少的状态,累积物质平衡达-5.7m,即冰川平均减薄5.7m,年平均减薄量为150mm,冰川退缩146.5m,面积相应减少了1.83km²(减少6%)。

图2可看出1959~1998年冰川变化呈波动递减趋势。在3个相对冷期中,冰川累积物质平衡相对回升。1969~1972年,冰川从-800mm增加到-500mm;1983~1985年,冰川从-2100mm增加到-1800mm;1993~1995年高山带气温降低幅度小,对冰川影响不大。

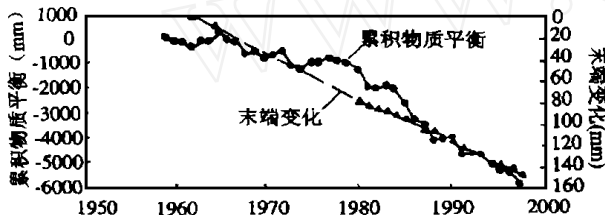


图2 1号冰川末端变化和累积物质平衡变化

从冰川变化看:1984年是转折点,此前冰川末端呈波动递减,1959~1984年累积物质平衡从0递减到-2000mm,递减幅度不大,而1984年以后呈现直线下降。这与大西沟地区1989~1998年暖期最强,持续时间最长相一致。

2 气候变化对冰川的作用

2.1 气温变化对冰川的作用

从图3可以看出,气温的波动变化对冰川的作用明显,1959~1979年气温变化比较平缓,可以说缓慢上升,冰川变

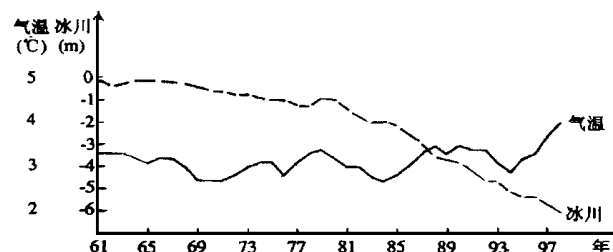


图3 1959~1998年乌河源暖季气温、冰川三年滑动平均

化相对较小,呈现缓慢减薄。而1979~1998年暖季气温滑动值从3℃上升到4℃左右,冰川滑动值接近直线下降。

为了更清晰地了解气温、冰川的“显著性”变化,我们进一步计算暖季气温、冰川3年滑动值的方差、标准差及相关性分析(表2)。

表2 60~90年代乌河源气温、冰川方差、标准差及相关性分析

	60年代	70年代	80年代	90年代	平均
气温方差	0.03	0.06	0.06	0.09	1.2
冰川方差	0.01	0.05	0.71	0.39	4.3
气温标准差	0.18	0.25	0.25	0.31	1.1
冰川标准差	0.10	0.22	0.84	0.62	2.0
气温与冰川相关性	-0.58	-0.69	-0.58	-0.34	-0.57

从60~90年代乌鲁木齐河源气温方差、标准差及相关性可以看出:60~70年代暖季气温、冰川物质平衡方差、标准差较小,说明气温、冰川变化幅度较小,比较平稳,而且气温与冰川变化相关性较好,相关系数为-0.58~-0.69。80~90年代这种趋势发生变化,冰川的方差、标准差值明显增大,反映在图上冰川变化幅度大,而气温方差、标准差变化不大,90年代相关系数仅-0.34,说明由于气温在暖季变化不大,而冰川在暖季急骤下降,使得气温与冰川相关性变小。

2.2 冰川融化速度分析

以冰川累积物质平衡的年递减来表征冰川融化速度。递减公式为:

$$M = M_i - M_{i+1}$$

$$\bar{V}_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (M_i - M_{i+1})$$

其中 $\bar{V}_m$:平均融化速度(mm/年) M :冰川年物质平衡 i :年 n :样本长度。

经过计算(表3),冰川融化速度80年代以后明显加快,60~70年代融化速度为50~60mm/年;80~90年代融化速度加大到240~260mm/年,年平均融化速度为150mm/年。

表3 60~90年代冰川融化速度及融水量

	60年代	70年代	80年代	90年代	平均(合计)
融化速度(mm/年)	50	60	260	240	150
融水量(万m ³)	1898	2277	9867	9108	(23150)

乌鲁木齐河上游有冰川面积38km²,因此可计算1959~1998年冰川融水量(W):

$$W = n \bar{V}_m S$$

其中 n :样本长度, S :冰川面积。

通过计算可知1959~1998年冰川融水量为23149.5万m³。另外,根据60~90年代的融化速度计算融水量。60~90年代冰川对乌河的径流贡献呈现增大趋势,从60~70年代的1898~2277万m³增大到80~90年代的9108~9867万m³。但是冰川的这种贡献是以厚度减薄和面积减少为代价,据1号冰川观测,冰川面积减少6%,厚度减薄6m。

以上冰川融化速度是计算公式推导出的平均融化速度,

现进一步分析实际融化情况。从天山乌鲁木齐河流域的冰川区和非冰川区 15 年径流可以看出:两区域所处的位置和高度非常相近,可假设 1 号断面以上流域内非冰川区与冰川区产流量相等,但冰川区较非冰川区高出 160.8mm 径流深,其原因除冰面蒸发较小外,冰川融化补给是一个重要原因,这与理论计算基本相符。

3 气候、冰川变化对径流量的影响

3.1 气候、冰川变化对“丰积欠补”效果的影响

据统计,截止到 1998 年河源年平均降水量为 439.3mm,其中暖季(6~9 月)4 个月 335.1mm,占全年的 76.3%,冷季(10~5 月)8 个月 104.2mm,占 23.7%。

气温、降水量对乌河径流的贡献主要是,在丰水年份冰川径流明显减少而在枯水年冰川径流明显增加。根据源区径流资料,在丰水年冰川径流只占 5.1%,而在枯水年则高达 28.0%。冰川作为“固体水库”在气候变化时对乌河径流起着“丰积欠补”的作用。

3.2 对近 10 年气候、冰川、径流的再分析

近 10 年河源气温升高,暖季升高 0.5℃左右,冷季升高 0.6℃左右。近 10 年降水量偏多主要是暖季偏多,降水量 367.7mm,较 60~80 年代偏多 27.1~66.5mm;冷季 118.2mm,较 60~80 年代变化不大(表 4)。

表 4 60~90 年代乌鲁木齐河源降水量(mm)

	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代	平均
暖季	340.6	330.8	301.2	367.7	335.1
冷季	99.6	97.9	101.7	118.2	104.2
暖季%	77.4	77.2	74.9	75.7	76.3
冷季%	22.6	22.8	25.1	24.3	23.7

由于冷季降水量只占年降水量的 23.7%,而暖季占 76.3%,使得乌河河源降水主要表现在夏季径流上。作为冰川由于冷季降水量偏少,而且 60~90 年代变化不大,80 年代以来持续“暖冬”,对冰川物质增长不利,造成 80 年代以来,冰川递减速度加快。

气候变暖,冰川减薄,对乌河径流影响主要体现在:冰川对乌河径流的平衡作用在减弱。虽然 90 年代夏季平均径流与 60~80 年代变化不大(图 4),但是 90 年代夏季径流量的变差系数开始增大,乌河径流进入 90 年代变化有所加大,比较大的径流为 1996 年夏季的 28.9m³/s,1998 年的 25.5m³/s,分别排在历年第 1、3 位,同时,90 年代也出现 1992 年、1997 年的枯水年,夏季平均径流量分别为 14.9m³/s、14.3m³/s,均为 1958 年以来夏季径流量的最低值。这表明由于冰川的调节能力减小,乌河径流受降水的直接作用越来越大,“水”旱时间分布直接影响乌河径流的丰、枯时间分

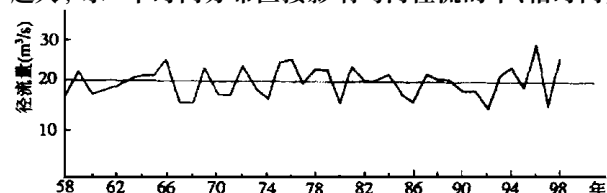


图 4 乌鲁木齐河夏季逐年平均径流量

布。

3.3 气候变化决定未来冰川变化并对乌河径流产生影响

气温和降水量变化对冰川、径流变化起着决定作用,主要有以下几点:

3.3.1 若气温保持目前水平,随着冰川退缩,冰川径流在目前水平上会有所减少,但幅度不大。

3.3.2 如果持续增暖,冰川径流将增加,冰川径流增加幅度与持续时间取决于气温变化的幅度和持续过程。

3.3.3 冰川对径流有多年调节作用,通过对我区一些主要河流冰川覆盖率与年径流变差系数分析,在冰川补给较丰富的河流(冰川覆盖率 > 10%),其年径流变差系数与年降水量变差系数之比 < 0.5,而无冰川补给的河流上述比值 > 1.0。

3.3.4 冰川的存在可以在一定程度上抵消或减弱气候变暖对干旱区水资源的不利影响,当然冰川是用其自身的融化使径流补给增大。

4 结论

根据以上分析可以认为:乌鲁木齐河源气候变化与全球变暖具有同步性,而且冷季变暖比暖季更明显,突出表现在 90 年代。同时,90 年代年降水量平均增加 80mm 左右,其中暖季降水量平均增加 70mm,但冷季降水量变化不大,另外全年降水主要集中在 6~9 月占 76.3%。作为河源区的 38km² 冰川,从 1979 年起呈直线下降,以年平均 0.24~0.26m/年的速度减薄,较 50~60 年代 0.05~0.06m/年减薄速度明显增大。同时,冰川融水 80~90 年代较 60~70 年代增加 8 千万 m³。冰川变化与气温、降水直接相关。由于夏季降水对冰川增加贡献不大,冬季降雪少,再加上气候变暖、冰川减薄趋势仍将持续。

乌河径流受天气、气候以及冰川变化的控制影响,60~80 年代变差系数较小,系列波动不大,而 90 年代变差系数开始增大,系列波动加大。作为乌鲁木齐河从 50~90 年代年径流保持在 2.4 亿 m³ 来水量比较稳定。但是随着气候变暖,冰川面积厚度的减小,径流变差系数将逐渐增大,也就是说从有冰川覆盖的 < 0.5,增大到无冰川覆盖的 > 1.0,表现在径流上丰、枯频率加大。这在 90 年代已有所表现,出现了 1994、1996 年的洪水以及 1991、1997 年的干旱。随着冰川覆盖的减小,“固体水库”调节能力的降低,季节性径流变化也将加大,最终将向季节性河方向变化。

乌鲁木齐河是城市重要的水资源,它的变化直接影响着城市的发展规模,而保护水资源就要作好以下几方面的工作:加大绿化保护生态环境;保护冰川这一“固体水库”减少人为破坏;继续加强乌河上游的气候、水文监测系统;建立科学的气候、水文模拟预测;针对洪“旱”问题,要加强人工影响天气工作以及水利工程的建设,兴修水库,加强水库对洪“旱”的调节能力。

致谢:徐羹慧局长对本文提出了宝贵的指导性意见,特表感谢。