

近期中国天山冰川状况和气候变化

胡汝骥

(中国科学院新疆地理研究所)

提 要 据中国冰川目录 和天山南北树木年轮年表恢复近500年的气候要素 我国天山现代冰川8900条,面积9192.43km²,冰储量1010.5km³,主要分布在天山西部5000m以上的高山地带。近30年的天山冰川考察及29年乌鲁木齐河源1号冰川物质平衡;观测资料分析表明,中国天山现代冰川普遍处于退缩阶段。预计2000年气候将出现降水偏多的趋势。

关键词 冰川状况 气候变化 物质平衡

1 近期冰川的基本状况

中国天山横亘新疆中部,东起哈密以东,西达中苏边界,绵延1700多km。山系由廿多条大致平行的山地和谷地组成。西部宽度达400km以上。山脉海拔多在4000m以上。托木尔峰7435m,是天山最高峰。从西向东,山体逐渐收敛,到哈密山体宽度变得更为狭窄,只有不到百公里的山幅!按照国际冰川编目规范。刘潮海^[1]等统计中国天山冰川有8900条,面积9192.43km²。冰储量1010.5km³。约占全国冰川总面积的16%是我国最大的冰川作用地区之一;是新疆河川径流的重要源地。

冰川是气候的产物。它作为山地生态形成的因素,不仅反应气候的变化,而且影响干旱区水源的丰歉;冰川与绿洲的生产状况更为密切。

近年世界范围的气候异常。中国天山冰川的实际变化情况如何?引起人们密切的关注。为此,对近期中国天山冰川的实际考察资料与定位观测资料进行综合分析,以期获得满意的答案。

作者在1960年,用平板仪施测过,设有若干标记的天山哈密庙儿沟2号冰川。后于1973年夏,进行重复测量(经纬仪)发现,13年间,该冰川不同冰舌部位退缩了85.8m和112.8m,平均每年退缩6.6m和8.7m。较之天山中段乌鲁木齐河源1号冰川1962—1971年,冰舌不同部位的年平均退缩6.9m和5.1m值略大^[2]比天山西段托木尔峰区的卡拉格玉勒冰川1964—1978年间,平均退缩15m小。然而,却较穹台兰冰川1962—1973年间,不同冰舌部位年平均退缩1.9m和3.6m为大。冰川分离,冰体瓦解,冰舌退缩在中国天山现代冰川分布地区屡见不鲜。

天山乌鲁木齐河源1号冰川,位于天山中段喀拉乌成山脊北坡海拔4477.4m的天格尔第二峰东北侧,为双支合流的冰斗—山谷冰川,长2.33km,面积1.84km²。1959年起进行冰川物质平衡观测研究。

小冰川对气候变化的反应更为灵敏,因此成为监测气候变化的重要对象。乌鲁木齐河源1号冰川1959年—1986年间,收支状况、冰川的长度、厚度、面积以及运动速度等都发生了明显的变化。反映出天山近期气

候变化的一般趋势。

表 1 给出了 1 号冰川 1959—1986 年间的物质平衡变化值。29 年中有 18 年消融量大于积累量, 尤其是 1978—1987 年间, 仅有一年是正平衡, 8 年间负平衡年份占 90%。1959—1969 年间, 1 号冰川物质平衡累计差值为 $-43\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$; 1970—1979 年, 为 $-48\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$; 1980—1986 年突增到 $-235\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, 累计达 $-326\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ 。冰川亏损的持续增大, 必然导致冰川面积的缩小和长度的减少。根据孔作哲等^[3]的研究, 从 1962 年到 1980 年, 1 号冰川面积缩小 0.11km^2 , 冰川主流线长度缩短 80m。冰舌末端平均每年退缩约 4.7m。

表 2 给出 1 号冰川 1959—1983 年间不同海拔多年平均运动速度^[4]。由此得知, 近 20 多年来, 1 号冰川表面的运动正在衰减。进入 80 年代后, 这种衰减变得更明显。

表 2 1959—1983 年 1 号冰川不同高度多年平均运动速度 ($\text{m}\cdot\text{a}^{-1}$)

1959—1962 断面位置 高度 (m)	测点数	速度 ($\text{m}\cdot\text{a}^{-1}$)	1973 断面位置 高度 (m)	测点数	速度 ($\text{m}\cdot\text{a}^{-1}$)	1980—1983 断面位置 高度 (m)	测点数	速度 ($\text{m}\cdot\text{a}^{-1}$)
3800	6	7.09	3850	2	4.39	3834	1	2.53
3870	3	7.13	3870	2	10.92	3872	2	5.99
3990	4	11.41	3900	3	11.63	3993	5	6.83
4055	4	22.15	4050	2	11.12	4067	4	5.90
平均		11.95			9.52			5.31

km, 面积 21.45km^2 。位于该山西部北坡, 是祁连山最长的山谷冰川。作者 1959 年曾在这里进行过冰川水文观测、研究、工作。那时我国冰川测绘工作者 (米德生、孙作哲等) 在该冰川进行地面立体摄影测量, 获得了我国最早的地面摄影图。事隔 16 年以后,

从表 3 中, 我们可以清楚地看到: 1 号冰川近 30 年来不断退缩, 与冰川消融期间 (5—8 月) 的气温和降水变化有密切的关系。从 60 年代起, 消融期的气温就有上升的趋势, 到 80 年代就变得很明显了。而同期内降水却呈现不断减少的规律。

天山的永久积雪和冰川作为寒区冷温下垫面, 对于山地气候的作用与反作用的性质是相同的。山区那种气温上升, 降水减少决定着天山冰川近期处于普遍退缩阶段。据报导苏联天山外伊犁阿拉套的图尤克苏 (TU yuksu) 冰川 (约 4km^2), 在近 30 年 (1957—1984 年) 内退缩 380m ^[5]。相当于我国乌鲁木齐河源 1 号冰川同期变化量的 3.8 倍更有意义的是: 该冰川负平衡年份也达 17 次之多。这就不难看出, 天山山系的现代冰川在近数十年间均处于退缩状态。

祁连山大雪山老虎沟 12 号冰川长 10

孙作哲又一次对该冰川进行地面摄影。将所获得的两张 $1:10000$ 地形图, 重叠比较, 分析计算, 发现 16 年间该冰川冰舌末端退缩 81—100m, 最大减薄值为 18—22m。冰舌边缘也相应地退缩了 10—40m。冰川海拔 4475m 以下, 16 年间面积缩小了 0.11km^2 ^[6]。

表 1 乌鲁木齐河源1号冰川的物质平衡(1958--1987)。

年度	消融区 面积 (Km ²)	积累区 面积 (Km ²)	纯消融 (10 ⁴ m ³)	纯积累 (10 ⁴ m ³)	消融区 季节 积雪 (10 ⁴ m ³)	积累区 消融 (10 ⁴ m ³)	总消融 (10 ⁴ m ³)	总积累 (10 ⁴ m ³)	物质差额		备 注
									10 ⁴ m ³	mm 水柱	
1958-59	0.78	1.17	47.0	63.9	36.9	5.1	89.0	105.9	-16.9	+ 87	
1959-60	1.09	0.86	86.2	49.6	59.5	9.5	155.2	118.6	-36.6	-183	
1960-61	1.04	0.91	60.3	53.9	60.0	9.0	129.3	122.9	- 6.4	- 33	
1961-62	1.09	0.86	84.2	51.6	60.5	9.5	154.2	121.6	-32.6	-167	
1962-63	0.60	1.35	39.5	85.2	33.4	5.0	77.9	123.6	+45.7	+234	
1963-64	1.02	0.93	55.5	55.9	51.6	7.3	114.4	114.8	+ 0.4	+ 2	
1964-95	0.42	1.53	26.8	99.8	23.7	3.4	53.9	126.9	+73.0	+374	
1965-66	1.24	0.71	107.5	34.6	54.0	11.0	172.5	99.6	-72.9	-374	
1966-67	1.06	0.89	72.0	58.4	51.9	8.4	132.3	118.7	-13.6	- 70	
1967-68	1.27	0.68	127.0	38.0	55.8	12.5	195.3	198.3	-89.0	-456	
1968-69	0.80	1.15	48.6	77.4	42.6	6.2	97.4	126.2	+28.8	+148	
1969-70	1.22	0.73	102.0	41.0	53.5	10.6	166.1	105.1	-61.0	-313	
1970-71	0.84	1.11	51.2	71.1	44.3	6.5	102.0	121.9	+19.9	+102	
1971-72	0.64	1.31	39.0	90.1	35.3	5.1	29.4	130.5	+51.1	+262	
1972-73	1.35	0.60	165.0	27.0	56.1	15.1	236.2	98.2	-138.0	-708	
1973-74	1.11	0.84	80.0	55.7	53.3	9.1	142.4	118.1	-24.3	-125	
1974-75	0.60	1.27	36.0	89.8	43.1	6.7	85.8	139.6	+53.8	+288	
1975-76	1.02	0.85	43.0	48.4	41.9	6.4	91.3	96.7	+ 5.4	+ 29	
1976-77	0.66	1.20	37.0	70.4	53.4	9.0	99.4	132.8	+33.4	+180	
1977-78	1.34	0.52	48.4	28.1	46.4	7.6	102.4	82.1	-20.3	-110	
1978-79	1.24	0.61	46.7	31.2	47.5	6.7	100.9	85.4	-15.5	- 84	
1979-80	0.96	0.83	82.4	20.7	42.4	8.6	133.4	71.7	-61.7	-335	
1980-81	1.30	0.54	135.1	15.2	69.4	14.0	218.5	98.6	-119.9	-652	
1981-82	0.96	0.88	70.3	62.1	50.1	8.5	128.9	120.7	- 8.2	- 45	
1982-83	0.80	1.04	46.8	65.2	49.3	8.4	104.5	122.9	+18.4	+100	
1983-84	0.77	1.07	46.0	30.8	40.9	12.0	98.9	83.7	-15.2	- 83	
1984-85	1.28	0.56	132.2	19.6	59.4	9.0	200.6	88.0	-112.6	-612	
1985-86	1.43	0.50	134.3	1.3	61.5	15.8	211.6	78.6	-133.0	-732	
1986-87	0.92	0.92	61.6	25.1	63.4	11.5	136.5	100.0	-36.5	-198	
平均	0.99	0.91	72.8	50.4	49.7	8.9	129.7	105.0	-23.6	-12.0	

*据张金华、刘瀚海资料。

表 3 1960—1986年乌鲁木齐河源大西沟气象站气温、降水值

时 间	消融期(5—8月) 平均气温℃	消融期(5—8月) 降水 mm	平均年气温 ℃	平均年降水 mm
1960—1970	2.9	342.0	-5.4	431.2
1970—1980	2.9	321.5	-5.2	423.8
1980—1986	3.0	299.7	-5.5	391.4

综合上述资料：我们可以比较清楚的看出，处在中亚干旱环境中的现代冰川，目前处于普遍退缩阶段。

2 气候变化预测

雪冰作为干旱区山地生态环境形成的重要因素。它对气候、水文等自然地理要素有一定的作用。而大气运动的能量来源于太阳。

这样太阳活动、大气环流与气候、水文等自然地理要素之间，就存在着相应的规律性的变化关系。

2.1 太阳活动与新疆水文变化

根据新疆水文总站的研究：新疆地表水总径流量为884亿 m^3 ，且均产于山区。从图1可以看到：新疆30年来地表总径流量的变化，出现了10年周期性的小波动。第三时段

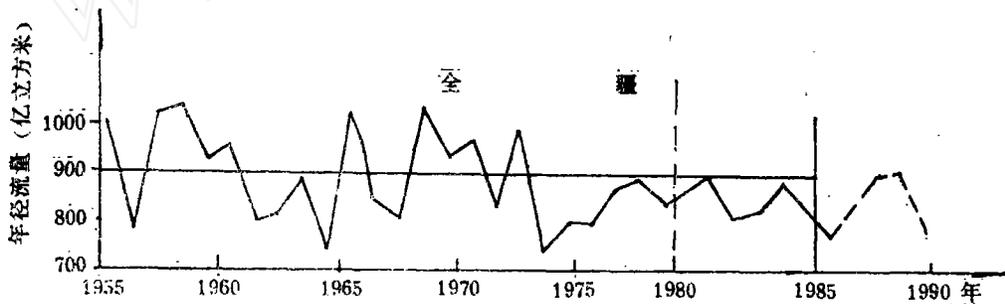


图1. 新疆年径流量过程线图

(即1976—1985年)较前两个10年的均值减小约5%。

若将新疆分为北疆、东疆和南疆三片。并且以10年为一计算时段，便可发现：北疆片每10年平均下降27亿 m^3 。东疆片下降4.1亿 m^3 ，南疆片每10年平均上升10亿 m^3 。导致这种情况出现的原因是：各地降水中雨、雪所占比重不同，冰川固体水库的多年调节作用，以及气候的差异等。

大气运动的能量来源于太阳，太阳活动与水文状况有密切的关系。根据瑞士苏黎世天文台和我国紫金山天文台对太阳黑子相对数1755—1987年间多年变化资料(图2)，与新疆近30年径流变化相对应分析，发现当太阳黑子相对数距平累积值为正时，南疆片年平均总径流处于上升时期。另外，从1749—1984年的236年间的太阳黑子相对数距平累积资料的分析中，可以看出，世纪循环的第

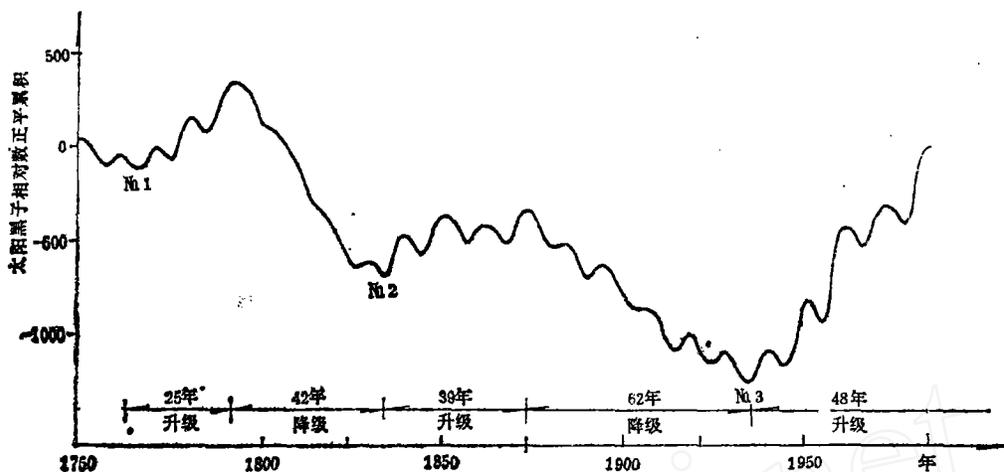


图2. 太阳黑子相对数年平均距平累积曲线

一个最高值出现在1792年。第二个是1873年，这一循环的降枝为42年（1792—1834年），升枝是39年（1835—1873年）。整个循环是81年。第三个世纪循环持续了110年。1935年是236年中距平累积最低值。预计第四个世纪周期的降枝从1984—2025左右。新疆在本世纪30—50年代降水偏多，此后，则逐渐减少，向干暖方向变化。这在相应的世纪周期中，即处于1935—1983年太阳黑子相对数距平累积曲线的升枝段。1983年甚至是第三个世纪周期的最高值。所以新疆近30年来地表水总径流量以10年为一计算时段，北疆和东疆有明显的下降趋势，而南疆则呈上升趋势。

本世纪80年代将是一个转折点，天气形势不稳定，南北气流交换增强，新疆的降水出现偏多的趋势，同时暴雨洪水现象增大，因此，预计从1984—2025年左右，新疆的年径流量变化，将出现南疆持平或略偏多，而北疆和东疆将逐渐增加的趋势。

2.2 环流形势分析

根据张先恭先生1986年作图（图3），我们可以清楚地看出，从70年代起北半球纬

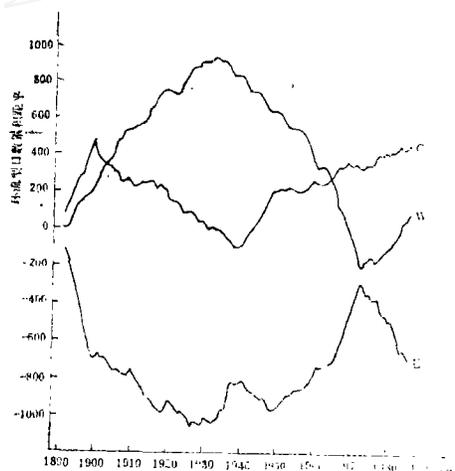


图3. 北半球环流型日数年距平累积曲线

向环流W型开始增强，而径向环流E型开始减弱，一直持续至今。反映在气候上为干暖。但是，从1940年到现在，径向环流C型仍在明显地增强活动。这意味着近期主要是W+C型环流控制新疆。气候多变。预计未来环流，将从以纬向环流型为主的天气形势，向以径向环流为主的天气型式转变。新疆将呈现降水偏多的较湿的气候。

2.3 树木年轮资料

为使气候资料延伸较长的系列,采用树木年轮年表恢复气候要素,进行未来气候变化趋势预测。

分天山南北为三个地区:

- a. 天山北坡东段(乌鲁木齐—木垒);
- b. 天山南坡东段(哈密—上马岩);
- c. 塔里木河下游。

这三个地区共有树木年轮年表20多个。根据主分量法,逐步回归法等建立树木年轮与温度、降水等气候要素间的转移函数关系,所重建的气候要素值,最长序列达500年。

再根据年轮气候要素变化、方差和功率谱分析,对未来气候变化,作趋势预测。

2.3.1 天山北坡东段,根据徐瑞珍(1986年)、张在宥(1980年)的研究,认为树木年轮序列与太阳活动世纪周期相联系。共划分以下几个周期:

1591—1670年,第一干暖期,间隔79年;

1671—1745年,第一冷湿期,间隔75年;

1746—1825年,第二干暖期,间隔80年;

1826—1900年,第二冷湿期,间隔75年;

1900年—至今,第三干暖期;

应该指出,在每一个大的干暖或冷湿期中,包含着波长不同的小波动。在第一干暖期中,存在有两个冷湿波动;冷湿期中有三个干暖期。第二干暖期中有一个长15年的冷湿期;冷湿期中有两个干暖波动。第三个干暖期中有一个长达20年的冷湿波动,即193⁵—1955年。

目前,天山正处在第三干暖期的后期,在不太长的时间内(约10年左右),天山冰川将保持相对稳定或缓慢前进的趋势!

2.3.2 天山南坡东段,根据李江风、徐瑞珍等1984年已重建的7、8、10年表,换算成温度距平曲线(图4)。从年表的温度距平曲

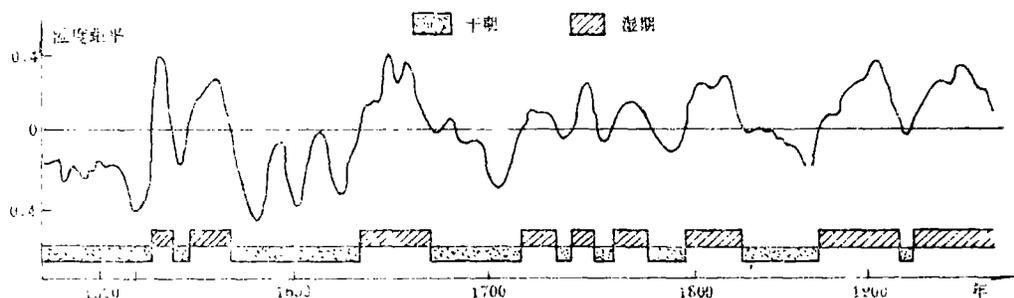


图4.哈密地区年表—温度距平曲线

线可以看出,自19世纪末期气候变暖,温度距平值在均值以上。从年表序列温度曲线演变趋势分析:本世纪末至下世纪初,东疆哈密地区将维持降水偏多、温度变幅不大的气候趋势。

2.3.3 塔里木河上游,选取沙雅2、9年表与

气候因子进行重建,得出沙雅温度1807—1981年温度曲线(4—10月)(图5)。该曲线与我国东部物候记录基本一致〔7〕。

综合上述,太阳活动、大气环流、树木年轮与新疆气候、水文之间存在着相应的周期性变化趋势。以此为依据,预测未来新疆

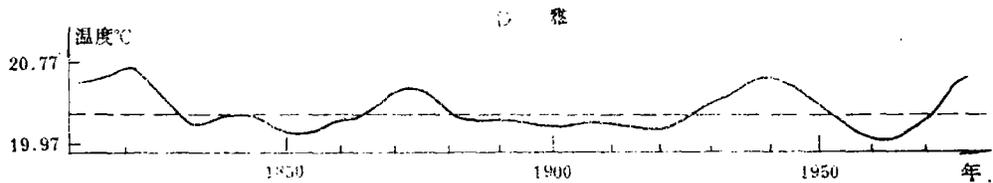


图5 沙雅温度重建序列图

气候、水文、冰川的变化, 将获得可以信赖的成果。

致谢: 何文勤、李江风、张金华、刘潮海先生为本文提供了重要素材; 白重瑗、马虹先生及程玉雯给予很大帮助, 在此一并表示谢意。

参 考 文 献

- [1] 刘潮海、丁良福, 中国天山冰川资源及其分布特征, 冰川冻土, 第9卷第2期, P99-108
 [2] 王文颖等, 1982-1973年天山乌鲁木齐河1号冰川的后退和运动对比测量, 兰州冰川冻土沙漠研究所集刊, 科学出版社, 第1号,

P32-35, 1976.

- [3] 孙作哲等, 天山冰川站年报1-2, 1982. 年
 [4] 王晓军等, 从乌鲁木齐河源1号冰川二十八年来变化看天山地区近期气候变化趋势. 科学通报, P693-696, 1988年, 9月
 [5] Ледника. Туяуксү Алма-Ага, Издательство Канар 1985.
 [6] 孙作哲, 谢白楚, 祁连山大雪山老虎沟12号冰川的近期变化及其趋势. 科学通报, 366-367, 1981年, 6月
 [7] 张家诚, <气候变化及其原因>, 科学出版社, 1976年.

Recent Glacier Development and Climate Changes in the Tianshan Mountains of China

Hu Ruji

(Xinjiang Institute of Geography, Academia Sinica)

Abstract

According to the latest inventory of glaciers, there are 8900 modern glaciers in the Chinese portion of the Tianshan Mountains with a total area of 9192.43km² and a total ice volume of 1010.5km³. These glaciers are mainly distributed over large and high mountains above 5000m a.s.l in the western part of the mountains. Eastward, the number and the size of glaciers decrease. Investigation and the successive fixed-position observations on Glacier No.1 at the headwater of the Urumqi River both show that the modern gl-

(on page 56)

参 考 文 献

- [1]沈小峰等：《耗散结构论》，上海人民出版社，1987年。
 [2]黄润荣、任光跃：《耗散结构与协同学》，贵州人民出版社，1988年。

- [3]浦汉昕：熵与地球表层，《自然杂志》，1988年 第11卷第10期
 [4]刘宗超、孙莉：自然地理系统及其演变，《自然杂志》，1988年第11期第6期
 [5]A·M·格林：地理系统定位站研究的原则和方法，《地理译报》，1987年第4期

附：

英文摘要

Dissipative Structure Theory and Geography system

Fang Chuangling

(Geography Department of Northwest University)

Abstract

With the elementary view of Dissipative Structure Theory this paper discusses geography system as dissipative structure which has four vital characters—geography system is a open system, an unbalance system, a system of which all elements have complicated nonlinear function each other, dynamic up—down system. The ultimate aims of the research at making geography system play fixed role in society and economy.

~~~~~

(from page 14)

acier are generally in the stage of retreating. Dendrochronological analysis indicate that glaciers in the Tianshan Mountains are in the third dry-and-warm cycle since the Little Ice Age, i.e. the glaciers are now in the state of retreating. And prospectively, the climate will tend to increase the precipitation at about year 2000.