

文章编号: 1000-0240(2002)05-0563-04

# 天山奎屯河哈希勒根 51 号冰川表面运动特征分析

井哲帆, 叶柏生, 焦克勤, 杨惠安

(中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000)

**摘 要:** 奎屯河哈希勒根 51 号冰川位于新疆奎屯市以南的天山依连哈比尔尕山北坡, 奎屯河上游支沟哈希勒根河源区. 1999 年 8 月, 在该冰川上布设了用于冰川运动和冰川物质平衡观测研究的测杆 18 根, 并进行了冰川表面运动、冰川物质平衡和冰川末端变化的首次观测. 根据 2000 年 8 月和 2001 年 8 月的冰川运动观测资料, 分析了奎屯河哈希勒根 51 号冰川的运动特征和冰舌末端的变化状况. 结果表明: 奎屯河 51 号冰川应属于亚大陆型冰川; 1999/2000 年度和 2000/2001 年度的表面运动值不大, 最大流速点的年运动速度为  $3.15 \text{ m a}^{-1}$ ; 运动速度垂直分量  $U_z$  的变化规律同乌鲁木齐河源 1 号冰川的变化规律相同, 即消融区的显出流作用和积累区的显入流作用. 该冰川的冰舌末端处于相对稳定的退缩状态, 1964—1999 年间平均退缩量约为  $1.4 \text{ m a}^{-1}$ , 而 1999—2001 年间的平均退缩量为  $5.0 \text{ m a}^{-1}$ , 反映出冰川退缩增大的趋势.

**关键词:** 奎屯河哈希勒根; 51 号冰川; GPS(全球定位系统); 运动; 特征

**中图分类号:** P343.6 **文献标识码:** A

## 1 简述

冰川运动特征分析是冰川变化研究的基础. 运动是冰川区别于其它自然冰体的主要标志之一, 运动使冰川具有生命力. 冰川是气候的产物, 它的存在与变化不仅对气候变化具有明显的反馈、调节和指示作用, 而且对于生态环境、水资源变化等具有重要影响<sup>[1~3]</sup>. 因此, 对冰川运动特征的研究分析是尤其重要的.

天山冰川观测试验站在逐步规范、完善、巩固和提高观测试验基础研究项目的基础上, 为了继续扩大和丰富我国冰川观测研究空间, 充实和积累我国冰川观测研究基础, 于 1998 年决定选择和开辟天山冰川站第二个冰川观测点, 拟开展冰川的物质平衡、冰川表面运动、冰舌末端进退变化等方面的定期监测工作.

1999 年 8 月, 经过选点考察, 确定了天山奎屯河哈希勒根 51 号冰川为天山冰川站第二个冰川定位观测点. 在该冰川上布设了用于冰川运动和冰川

物质平衡观测研究的测杆 18 根, 并进行了冰川表面运动、冰川物质平衡和冰川末端变化的首次观测.

2000 年 8 月, 第二次对奎屯河哈希勒根 51 号冰川进行了上述项目的观测, 获得了一个周年的冰川变化资料, 标志着天山奎屯河哈希勒根 51 号冰川的表面运动速度、物质平衡和冰川末端变化研究项目正式实施.

2001 年 8 月, 又进行了上述项目的观测. 本文即根据 1999—2001 两个周年的冰川表面运动观测资料, 对天山奎屯河哈希勒根 51 号冰川的运动特征进行分析.

## 2 奎屯河哈希勒根 51 号冰川概况

奎屯河哈希勒根 51 号冰川位于新疆奎屯市以南的天山依连哈比尔尕山北坡, 奎屯河上游支沟哈希勒根河源区. 根据 1964 年 9 月航空摄影, 1972 年出版的  $1:5 \times 10^4$  地形图量算获得的主要数据结果为: 51 号冰川的地理位置为  $84^{\circ}24' \text{ E}$ ;  $43^{\circ}43' \text{ N}$ ,

收稿日期: 2002-03-20; 修订日期: 2002-08-02

基金项目: 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所知识创新工程项目(CACX210017); 中国科学院天山冰川观测试验站基金项目(F200106)

作者简介: 井哲帆(1963—), 男, 陕西蒲城人, 助理研究员, 1985年毕业于武汉测绘学院, 现为中国科学院寒区旱区环境与工程研究所在职博士生, 主要从事冰川变化研究. E-mail: jingzf@ns.lzb.ac.cn

其形态特征属于冰斗冰川,冰川朝向 NE,最高海拔 4 000 m,冰舌末端高度 3 400 m,雪线高度 3 610 m,冰川面积 1.48 km<sup>2</sup>,最大长度 1.7 km. 冰面较为平整、洁白,裂隙不甚发育.

### 3 观测资料

#### 3.1 观测方法

使用 GPS (全球卫星定位系统, SOKKIA GSS1A 型) 测量技术在冰川外围测定了 2 个基本控制点(K<sub>1</sub> 和 K<sub>2</sub>, 以便于长期定位观测)和 3 个冰舌末端变化观测控制点, 建立起观测控制网. 冰川表面运动速度的观测是使用精密光学经纬仪, 从控制点 K<sub>1</sub>、K<sub>2</sub> 上对布设在冰川表面的测杆进行重复前方交会, 以坐标法计算出冰体单位时间内的空间位移. 冰舌末端变化测量采用距离丈量法观测.

#### 3.2 资料说明

坐标系的建立, 由于是小区域的观测, 所以选用独立坐标系, 以 K<sub>1</sub>—K<sub>2</sub> 方向为横坐标 Y 轴, X 轴为垂直于 Y 轴的纵坐标, Z 为垂直于 XY 平面竖直向上的坐标轴. 以 K<sub>1</sub> 点坐标 X = 1000.00 m、Y = 1000.00 m、Z = 3435.00 m 为起算点.

表 1 为 1999/2000 年度和 2000/2001 年度的冰川表面运动速度, 表 2 是冰舌末端的年进退变化量, 表 1 中  $U_x$ 、 $U_y$ 、 $U_z$  是分别平行于 X、Y 和 Z 轴的速度分量,  $U_{xy}$  为速度的水平分量. 图 1 为天山奎屯河哈希勒根 51 号冰川表面运动点示意图.

根据上述观测方法求得速度的误差分析方法<sup>[4, 5]</sup>可知, 水平分量  $U_{xy}$  最大误差为  $\pm 0.06 \text{ m} \cdot \text{a}^{-1}$ , 垂直分量  $U_z$  最大误差为  $\pm 0.08 \text{ m} \cdot \text{a}^{-1}$ .

### 4 运动特征分析

#### 4.1 运动速度的年际变化

奎屯河 51 号冰川 1999/2000 年度和 2000/2001 年度的表面运动速度值  $U_{xy}$  不大. 从表 1 中可以看出, 该冰川 1999/2000 年度的最大流速点为 E<sub>1</sub> 点, 高度在海拔 3 600 m 的平衡线处, 其年流速为 3.02 m. 2000/2001 年度的运动速度变化也不大, 约有 50% 的点(靠近雪线), 其运动速度略有增大, 但是增幅较小, 在 0.01 ~ 0.15 m a<sup>-1</sup> 间, 另有 30% 的点(冰舌下部), 运动速度值略有减小. 最大流速点仍为 E<sub>1</sub> 点, 其速度值为 3.15 m a<sup>-1</sup>, 比 1999/2000 年度的最大速度增大了 0.13 m a<sup>-1</sup>.

表 1 流速点运动速度

Table 1 Surface velocities of surveying points

点名	1999 年 8 月 26 日—2000 年 8 月 22 日				2000 年 8 月 22 日—2001 年 8 月 22 日			
	$U_x/\text{m}$	$U_y/\text{m}$	$U_z/\text{m}$	$U_{xy}/(\text{m} \cdot \text{a}^{-1})$	$U_x/\text{m}$	$U_y/\text{m}$	$U_z/\text{m}$	$U_{xy}/(\text{m} \cdot \text{a}^{-1})$
A <sub>1</sub>	-1.03	-2.52	-1.47	2.75	-1.02	-2.54	-1.48	2.74
A <sub>2</sub>	-1.12	-2.56	-1.45	2.82	-1.16	-2.54	-1.46	2.79
A <sub>3</sub>	-1.18	-2.45	-1.51	2.75	-1.22	-2.42	-1.50	2.71
B <sub>1</sub>	-1.57	-1.66	-1.22	2.31	-1.52	-1.67	-1.20	2.26
B <sub>2</sub>	-1.43	-1.48	-1.30	2.08	-1.45	-1.50	-1.28	2.09
B <sub>3</sub>	-1.41	-1.53	-1.26	2.10	-1.41	-1.53	-1.27	2.08
C <sub>1</sub>	-1.16	-1.34	-1.15	1.79	-1.18	-1.35	-1.16	1.79
C <sub>2</sub>	-1.11	-1.27	-1.23	1.71	-1.14	-1.29	-1.21	1.72
C <sub>3</sub>	-1.04	-1.18	-1.19	1.59	-1.08	-1.20	-1.17	1.61
C <sub>4</sub>	-1.26	-1.09	-1.16	1.69	-1.28	-1.11	-1.15	1.69
D <sub>1</sub>	-1.33	-1.46	-1.11	1.99	-1.36	-1.48	-1.09	2.01
D <sub>2</sub>	-1.21	-1.52	-1.14	1.96	-1.26	-1.54	-1.12	1.99
D <sub>3</sub>	-1.42	-1.23	-1.20	1.90	-1.47	-1.26	-1.17	1.94
D <sub>4</sub>	-1.96	-1.17	-1.52	2.31	-1.98	-1.19	-1.53	2.31
E <sub>1</sub>	-2.73	-1.22	-2.16	3.02	-2.87	-1.29	-2.19	3.15
E <sub>2</sub>	-2.85	0.76	-1.10	2.98	-2.91	0.78	-1.11	3.01
E <sub>3</sub>	-2.80	0.82	-1.34	2.95	-2.85	0.88	-1.33	2.98
F	-1.61	-0.62	-1.38	1.75	-1.64	-0.65	-1.36	1.76

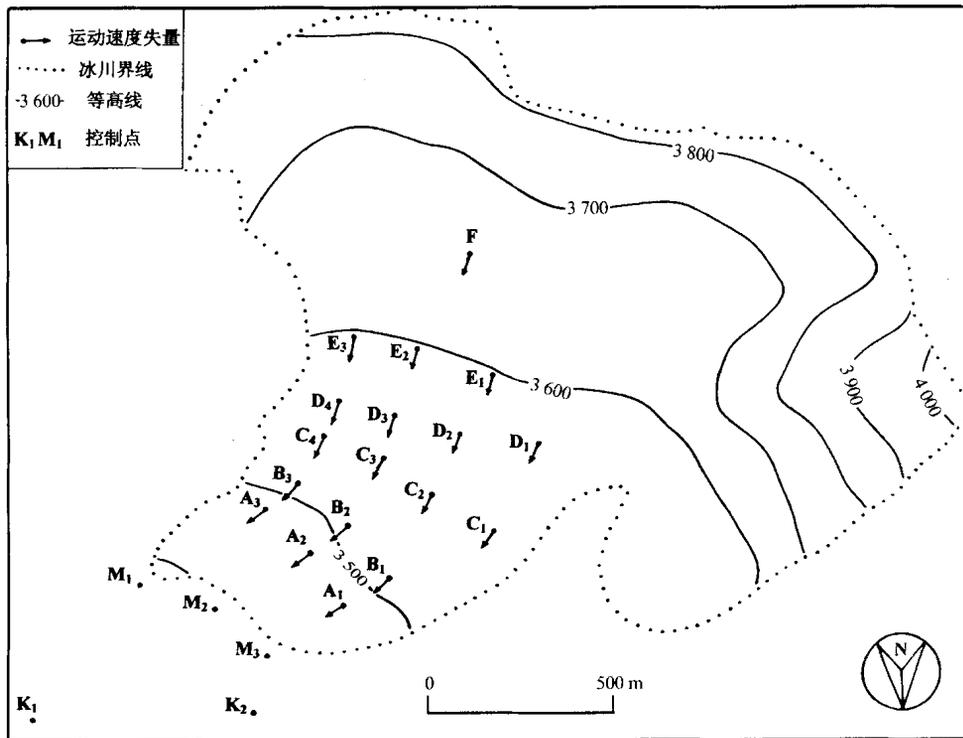


图 1 奎屯河 51 号冰川表面运动点示意图

Fig. 1 Points for surface velocity surveying

该冰川运动速度的水平分布表现为：运动速度矢量基本向主流线幅合，或平行于主流线(图 1)。

由图 2 可以看出，运动速度的纵向分布表现为：A 断面为第一个高速区，流速在这里加速的主要原因是该断面布设在冰舌末端的上沿，纵向坡度较陡。B—D 断面，冰面坡度较缓，为局布压缩区，流速必然减慢。E 断面正好位于平衡线高度处，其运动速度为最大区，完全符合冰川运动的一般规律。

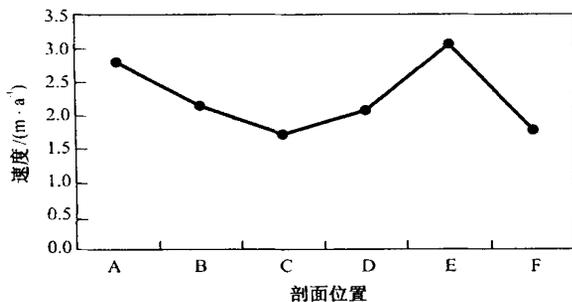


图 2 表面运动速度纵剖面图

Fig. 2 Longitudinal profile of surface velocities

运动速度垂直分量  $U_z$  的变化规律同乌鲁木齐河源一号冰川的变化规律完全相同<sup>[6~8]</sup>。即消融区的显出流作用和积累区的显入流作用。

#### 4.2 冰舌末端变化

冰川末端进退的观测方法是通过在 GPS 测定

表 2 冰舌末端变化(1964—2001)

Table 2 Variation of the glacier terminus

时间	1964-09 ~ 1999-08	1999 \   08 ~ 2000-08	2000-08 ~ 2001-08
末端变化/m	- 49	- 4.83	- 5.20
年平均变化/m	- 1.40	- 4.83	- 5.20

注：“—”表示为后退。

的控制观测点进行重复距离丈量得出的。表 2 反映了 1964—2001 年的冰舌末端变化量，其中 1964—1999 年的变化量，是根据 GPS 测量结果与 1964 年地形图资料对比得出。35 a 间该冰川末端仅退缩了 49 m，平均每年退缩量为 1.4 m，说明在这期间，该冰川末端变化不大，处于相对稳定状态。从表中可以看出，1999/2000 年度冰舌末端的平均退缩量为 4.83 m。2000/2001 年度的平均退缩量为 5.20 m，反映出自 20 世纪 90 年代末期以来，冰川退缩增大的趋势。这与 20 世纪以来气候的变化特征是密切相关的<sup>[9]</sup>，从 19 世纪 80~90 年代起，我国气温开始上升，到 20 世纪 40 年代达到最高，冰川消融增大，出现退缩。此后转为降温，60~70 年代初达到低点，冰川积累并出现前进或处于稳定状态。70 年代后又趋于转暖，至 90 年代，气温达到 20 世

纪最高的阶段。因此，冰川消融随气候的逐渐变暖而出现加剧的趋势。

### 参考文献(References) :

- [1] Wang Ninglian, Ding Liangfu. Study on the glacier variation in Bujiagangri Section of the East Tanggula Range since the Little Ice Age[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2002, **24** (3) : 234 - 244. [王宁练, 丁良福. 唐古拉山东段布加岗日地区小冰期以来的冰川变化研究[J]. *冰川冻土*, 2002, **24** (3) : 234 - 244. ]
- [2] Liu Shiyin, Shen Yongping, Sun Wenxin, *et al.* Glacier variation since the maximum of the Little Ice Age in the Western Qilian Mountains, Northwest China[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2002, **24** (3) : 227 - 233. [刘时银, 沈永平, 孙文新, 等. 祁连山西段小冰期以来的冰川变化研究[J]. *冰川冻土*, 2002, **24** (3) : 227 - 233. ]
- [3] Shi Yafeng. Estimation of the water resources affected by climatic warming and glacier shrinkage before 2050 in west China[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2001, **23** (4) : 333 - 341. [施雅风. 2050 年前气候变暖冰川萎缩对水资源影响情景预估[J]. *冰川冻土*, 2001, **23** (4) : 333 - 341. ]
- [4] Sun Zuozhe, Chen Yaowu, You Genxiang, *et al.* Flow characteristics of Glacier No. 1 at the headwater of Urumqi River, Tianshan [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 1985, **7** (1) : 24 - 40. [孙作哲, 陈要武, 尤根祥, 等. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川的运动特征[J]. *冰川冻土*, 1985, **7** (1) : 24 - 40. ]
- [5] Wuhan College of Surveying and Mapping. Surveying and Mapping [M]. Beijing: Surveying and Mapping Publishing House, 1979. 198 - 204. [武汉测绘学院. 测量学 [M]. 北京: 测绘出版社, 1979. 198 - 204. ]
- [6] Jing Zhefan. Surface velocity and the termini variations of Glacier No. 1 at the headwater of Urumqi River, Tianshan [R]. Annual Report of Tianshan Glaciological Station, 1997, **14** : 76 - 79. [井哲帆. 乌鲁木齐河源 1 号冰川表面运动速度和冰舌进退变化(1995—1996) [R]. 中国科学院天山冰川观测试验站年报, 1997, **14** : 76 - 79. ]
- [7] Jing Zhefan. Surface velocity and the termini variations of Glacier No. 1 at the headwater of Urumqi River, Tianshan [R]. Annual Report of Tianshan Glaciological Station, 1999, **15** : 154 - 159. [井哲帆. 乌鲁木齐河源 1 号冰川表面运动速度和冰舌末端变化(1996/1997 和 1997/1998 年度) [R]. 中国科学院天山冰川观测试验站年报, 1999, **15** : 154 - 159. ]
- [8] Jing Zhefan. Surface velocity and the termini variations of Glacier No. 1 at the headwater of Urumqi River, Tianshan [R]. Annual Report of Tianshan Glaciological Station, 2001, **16** : in press. [井哲帆. 乌鲁木齐河源 1 号冰川表面运动速度和冰舌末端变化(1998/1999 和 1999/2000 年度) [R]. 中国科学院天山冰川观测试验站年报, 2001, **16** : 待刊. ]
- [9] Pu Jianchen, Yao Tandong, Wang Ninglian, *et al.* Puruogangri ice field and its variations since the Little Ice Age of the Northern Tibetan Plateau [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2002, **24** (1) : 87 - 92. [蒲健辰, 姚檀栋, 王宁练, 等. 普若岗日冰原及其小冰期以来的冰川变化[J]. *冰川冻土*, 2002, **24** (1) : 87 - 92. ]

## Surface Velocity on the Glacier No. 51 at Haxilegen of the Kuytun River, Tianshan Mountains

JING Zhe-fan, YE Bai-sheng, JIAO Ke-qin, YANG Hui-an

(Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou Gansu 730000, China)

**Abstract:** The Glacier No. 51 is located at the headwaters of the Kuytun River in the Tianshan mountains, with an area of about 1.48 km<sup>2</sup> and the largest length of about 1.7 km, of which the ELA ranges from 3 400 to 4 000 m a. s. l. The flow velocities of the glacier have been surveyed since 1999 by using GPS and traditional technique. The surface velocities were determinate over a period of two years (1999 - 2001). The largest surface velocity was 3.15 m a<sup>-1</sup>.

**Key words:** Haxilegen of Kuytun River; Glacier No. 51; GPS; flow characteristics

Velocity vectors appear the flow characteristics of a valley glacier. Positional variation of glacier terminus was obtained by comparing maps of 1:50 000 and field observations from 1964 to 1999. It was found that the terminus of the glacier has retreated by about 49 m, with an average rate of 1.4 m a<sup>-1</sup>, in the period. It retreated 10.03 m from Aug. 1999 to Aug. 2001, with an average rate of 5.0 m a<sup>-1</sup>, showing an intensified retreat.