

文章编号:1000-0240(2012)01-0012-09

# 天山乌鲁木齐河源1号冰川近雪面 气象要素观测分析

王敏仲<sup>1,2</sup>, 魏文寿<sup>1</sup>, 陈荣毅<sup>1</sup>, 刘新春<sup>1,2</sup>

(1. 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 新疆 乌鲁木齐 830002; 2. 塔克拉玛干沙漠大气环境观测试验站, 新疆 塔中 841000)

**摘要:** 利用中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所于2009年1月20日至12月31日在天山乌鲁木齐河源1号冰川冰雪表面实施大气科学观测实验观测取得的资料和同期大西沟气象站资料, 分析了1号冰川四季大气温度、风速、风向以及总辐射的变化特征, 对比、探讨了冰川尺度上冰雪表面与周边山地的辐射和地-气热量传输特性, 在此基础上揭示了二者气温、风速、大气湿度变化的差异及其成因。研究表明: 1) 由于冰川冰雪对太阳辐射的反射率高, 冰雪表面得到的净辐射和热量少, 使得冰川四季大气温度比大西沟站平均偏低 $2.9^{\circ}\text{C}$ ; 2) 冰川与周边山地下垫面的不同, 引起太阳净辐射-温度场-气压场-风场的连锁变化, 造成冰川轴向风以下行偏南气流为主导, 法向风盛行偏东气流; 冰川夜间风速大于大西沟, 白天却小于大西沟风速; 3) 冰川和大西沟大气含水量较高, 相对湿度在 $40\%\sim 80\%$ 之间变化, 因大西沟地表蒸发大, 其相对湿度略高于冰川。

**关键词:** 1号冰川; 大西沟山地; 气象要素特征; 差异和成因

**中图分类号:** P436.25 **文献标识码:** A

## 0 引言

天山乌鲁木齐河源1号冰川(以下简称1号冰川)位于中国天山中段( $43^{\circ}06' \text{N}$ ,  $86^{\circ}49' \text{E}$ ), 地处副热带西风急流盛行的高山地区, 平均海拔在3600 m以上, 由两支朝向东北的山谷冰川组成, 面积约 $1.677 \text{ km}^2$ , 是中国冰川的典型代表。20世纪60年代以来, 河源区气候变化给1号冰川带来深刻的影响, 近年来呈现加速消融态势, 末端后退、雪线升高、面积缩小, 它的发展变化已受到国内外学者的广泛关注<sup>[1-6]</sup>。中国科学院寒区旱区环境与工程研究所及相关单位曾对1号冰川开展过系统观测和研究, 积累了大量宝贵的资料, 取得了丰硕的科研成果。李忠勤等<sup>[7]</sup>曾研究了1号冰川消融对气候变化的响应, 指出: 由于气温的升高, 近50 a来1号冰川在表面粒雪特征、冰川温度、面积、厚度及末端位置等方面发生了显著变化。其他许多学者不同时期均曾对冰川雪层剖面特征、成冰作用和

成冰带变化进行系统分析<sup>[8-12]</sup>, 这些研究多集中在冰川对气候变化的响应、冰雪物理、化学现代过程方面。

乌鲁木齐河源1号冰川地区人烟稀少, 交通不便, 是良好的大气环境本底区域, 由于该地区特殊的地理条件和恶劣的气候环境给野外观测带来极大的困难, 很多试验只能在河谷区域或在大西沟气象站附近开展, 有关1号冰川冰雪表面气象特征方面的文献较少, 冰川冰雪面气象观测研究几乎处于空白。在1号冰川, 冰雪面对太阳辐射具有较高的反射率, 使入射的太阳辐射能量仅有很少部分被冰雪覆盖区域所吸收, 冰雪与近地层大气相互作用过程尚需进一步观测分析, 这些利用大西沟气象站常规资料是没有办法进行的。因此, 有必要在气候变暖的大背景下, 监测和研究冰川冰雪表面气象特性及其变化规律。在新疆气象局气象行业专项“干旱内陆区冰雪资源动态监测与可持续利用评估研究”项目的支持下, 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所

收稿日期: 2011-08-17; 修订日期: 2011-12-20

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目(2010CB951001); 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201006012)资助

作者简介: 王敏仲(1979—), 男, 甘肃民勤人, 助理研究员, 2008年在新疆师范大学获硕士学位, 现为兰州大学大气科学学院在职博士研究生, 主要从事气候与环境变化研究。E-mail: yurenkeji@sina.com

于 2009 年 1 月 20 日—2009 年 12 月 31 日在 1 号冰川实施大气科学实验, 对冰川表面太阳辐射和气象参量进行观测. 本文利用观测期间取得的气象资料, 统计分析了冰川近雪面大气温度、风速、风向、相对湿度和总辐射等气象要素的变化特征, 并与同期大西沟气象站资料进行对比, 讨论了冰川和大西沟站气象要素的异同及其差异形成原因, 这将为今后进一步开展 1 号冰川冰雪—大气相互作用、冰雪表面能量平衡等提供更准确的理论依据.

## 1 试验场地、观测仪器和资料

2009 年 1 月 20 日—12 月 31 日, 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所在天山 1 号冰川实施大气科学实验, 对冰川表面太阳辐射和气象参量进行观测. 该试验在冰川东支中部冰雪表面布设了一个自动气象站 ( $43^{\circ}06'49''$  N,  $86^{\circ}49'39''$  E, 海拔 3 886 m), 观测要素包括风速、风向、气温、相对湿度、气压、总辐射. 1 号冰川东支地形呈南高北低, 自动气象站南北方向开阔, 没有遮挡, 与东西

山脊的距离约为 100 m 左右(图 1). 探测仪器的感应器出厂前均作过严格的标定, 其各自性能见表 1. 采样时间间隔根据需要从 1 s 到 1 h 可以自行调整选择, 本次观测试验设定为 10 s、10 min 和 1 h 三个时段. 需要说明的是 2 月 21 日—4 月 28 日采集器出现故障, 无观测数据. 此外, 为了解 1 号冰川近雪面气象要素与周围大气的异同, 文中还选取大西沟气象站 2009 年四季典型月份的气温、风速、风向、湿度资料.

## 2 结果与分析

### 2.1 总辐射变化特征

1 号冰川地区海拔高、空气稀薄、大气洁净, 因而到达冰川冰雪表面的辐射能量较高. 本文太阳总辐射、气象参数的小时平均值(时均值)均为某时刻前 1 h 的平均值, 时间采用北京时. 为了清楚地了解冰川区域四季辐射的变化特征和规律, 介于观测期间 2 月 21 日—4 月 28 日采集器出现故障, 这里选取 1 月 20 日—2 月 20 日、5 月、7 月、10 月分

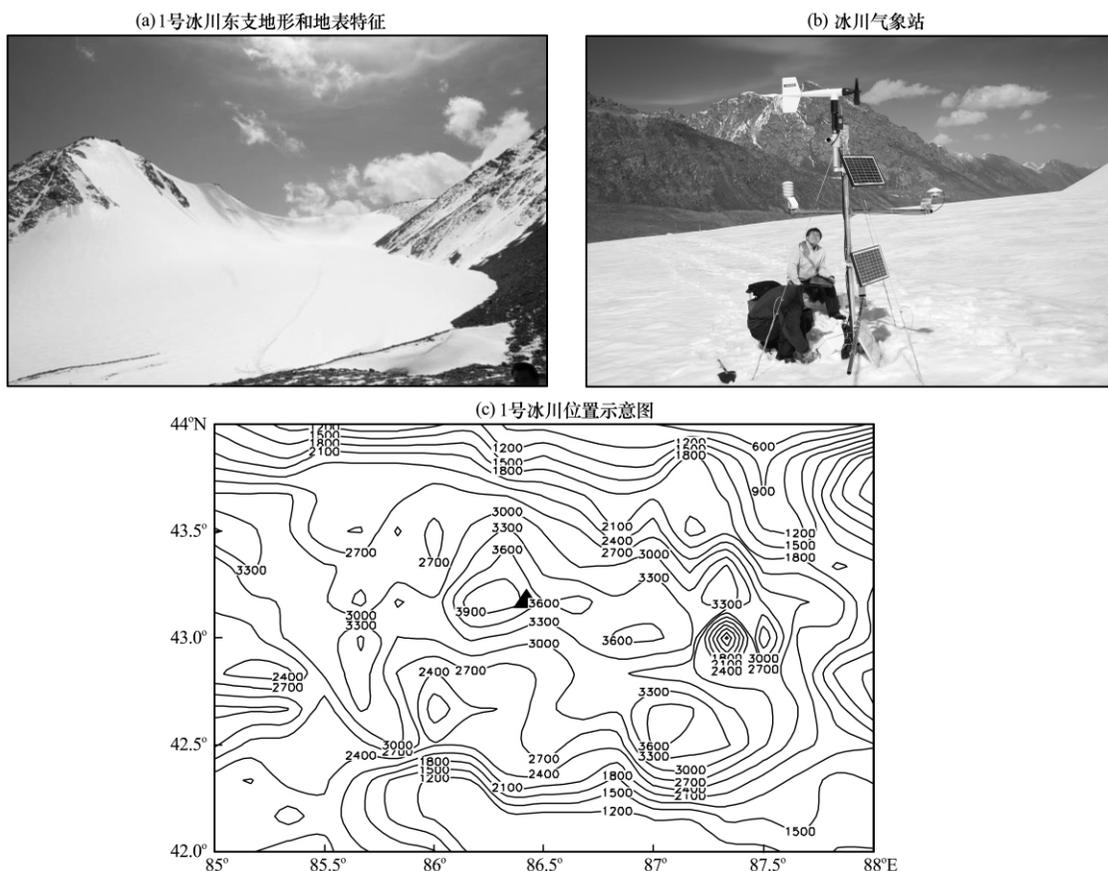


图 1 天山 1 号冰川东支地形、地表特征和冰川气象站示意图

(图中实线、数字和黑三角分别表示地形等高线、海拔和观测地点)

Fig. 1 The Glacier No. 1, (a) photo showing the east tributary, (b) photo showing the meteorological station on glacier surface and (c) map around the glacier

表 1 自动气象站主要技术参数

Table 1 The main parameters of the automatic meteorological station

测量项目	感应元件	生产厂商	测量范围	测量精度
总辐射	光电二极管	Kipp & Zonen	$<2000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$<2\%$
温度	铂电阻温度探头	芬兰 Vaisala	$-40 \sim 60 \text{ }^\circ\text{C}$	$<\pm 3\%$
湿度	HUMICAP 180	芬兰 Vaisala	$0\% \sim 100\%$	$\pm 2\%$ ( $0\% \sim 90\%$ ) $\pm 3\%$ ( $90\% \sim 100\%$ )
风向	风向标	R. M. YOUNG	$0 \sim 360^\circ$	$<\pm 3^\circ$
风速	旋转风杯风速计	R. M. YOUNG	$0 \sim 60 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	$<\pm 0.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
气压	硅元素	芬兰 Vaisala	$600 \sim 1100 \text{ hPa}$	$\pm 0.3 \text{ hPa}$

别作为冬、春、夏、秋四季典型月份, 对时均值做平均处理, 得到四季典型月份总辐射的平均日变化(图 2)。首先分析总辐射的月平均日变化, 从图 2 可以看出, 四季典型月份总辐射基本上早晚较低、中午前后达到一日最大值, 符合辐射日变化的一般规律, 但它们在量值和日最大值出现时间方面存在一定差异。从各月总辐射平均日变化最大值出现时间来看, 1 月份总辐射平均日变化最大值出现在午后 15:00 时, 值为  $463.48 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ , 5 月、7 月、10 月最大值都出现在正午 14:00, 值分别为  $909.23$

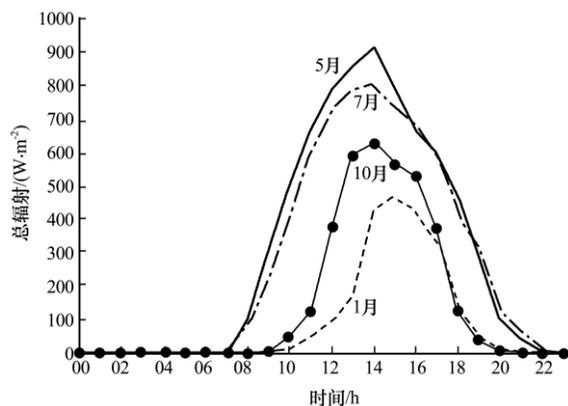
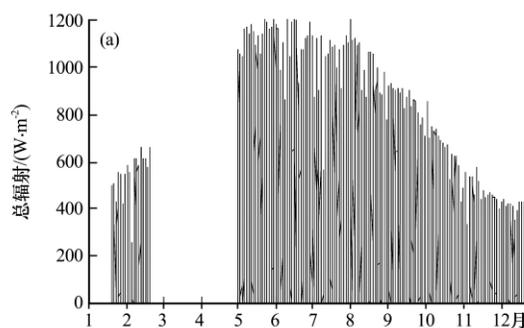


图 2 1号冰川四季典型月份总辐射的平均日变化  
Fig. 2 Mean daily changes of global radiations on the Glacier No. 1 in January, May, July and October



$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 、 $802.34 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 、 $627.49 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。从各月总辐射早晨的变化可以看出, 5 月和 7 月的增加基本上是同步的, 从 07:00 时开始增加, 到中午 14:00 达到最大, 然后开始迅速减小, 到晚上 22:00 时达到最小; 而 10 月和 1 月分别从早晨 09:00 时和 10:00 时开始增加, 到中午 14:00 时和 15:00 时分别达到最大, 到晚上 20:00 时达到最小。从总体来看, 5 月份总辐射月平均值明显大于 7 月、10 月和 1 月, 1 月总辐射平均值最小; 按常理 7 月份总辐射应该最大, 但由于 5 月份云量较少, 日照时间较长, 而 7 月天气过程和云量较多, 日照相对较少, 使得 7 月总辐射平均值略小于 5 月。

## 2.2 气温变化特征

某一地区(或区域)辐射的量值及其分布和变化特征决定着该地区(或区域)气温、风的量值和变化规律。因此综合测量和研究辐射对于气象参量的作用或辐射场对于气象场的驱动作用具有重要意义, 特别是对于 1 号冰川这一特殊而又具有一定代表性的地区。

为研究辐射与气温之间的关系, 这里分析观测期间总辐射和气温变化序列(图 3)。从图 3 可以看出, 观测以来, 总辐射在 1 月 20 日—2 月 20 日期间相对较小, 从 5 月份开始, 总辐射值迅速增大,

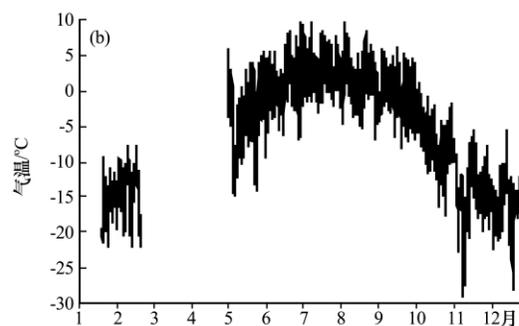


图 3 观测期间总辐射(a)和气温(b)变化序列

(图中曲线不连续的空白处为缺测时段)

Fig. 3 Change sequences of global radiation(a) and air temperature(b) during the observation period

5 月至 8 月上旬总辐射较大, 此后辐射值开始减小, 呈现正态分布规律. 同时, 我们从气温序列也可以看出观测期间气温的分布同样服从正态分布规律, 总辐射最大月份时段正好对应着气温最高的时段. 以上分析说明, 作为地球上唯一的能量来源, 太阳辐射调节和控制着天山 1 号冰川区域的能量输入和分配, 进而决定着冰川近雪面气温的高低冷暖.

图 4 给出了 1 月、5 月、7 月和 10 月气温的月平均日变化图, 从图可见, 各月平均气温日变化规律和趋势较为一致, 但各月平均气温量值差异较

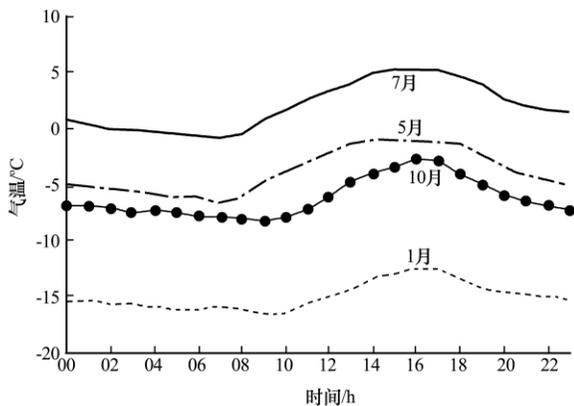


图 4 1 号冰川四季典型月份气温月平均日变化

Fig. 4 Mean daily changes of air temperatures on the Glacier No. 1 in January, May, July and October

大. 从各月月平均气温日变化规律和趋势来看, 各月都是从凌晨 08:00—10:00 左右气温开始升高, 并于午后 16:00 时左右达到最高值, 然后气温开始降低, 到凌晨 07:00—08:00 左右降到最低值. 气温的这种日变化规律与总辐射日变化较为一致, 反映了太阳辐射加热大气的程度, 只不过是气温最大值滞后于太阳总辐射最大值. 从各月月平均气温日变化的量值来看, 7 月气温明显高于其它各月, 平均气温为  $1.96^{\circ}\text{C}$ , 5 月次之, 10 月气温低于 5 月, 1 月气温最低.

### 2.3 1 号冰川与大西沟气象站四季气温的对比

为了认识 1 号冰川近雪面大气温度与周边山地大气温度的差异, 深入分析两种不同下垫面的辐射特性, 揭示由于辐射差异引起的下垫面与近地层大气之间的能量传输异同, 我们选取大西沟气象站 2009 年四季典型月份(1 月 20 日—2 月 20 日作为 1 月、5 月、7 月、10 月)气温与冰川气象站进行对比. 图 5 给出了大西沟站和冰川典型月份平均气温的对比曲线, 总体来看, 二者四季气温均有明显的日变化规律, 夜间气温较低, 日出后逐渐升高, 午后气温达到最高. 同时也可以看出, 冰川四季气温明显低于大西沟站气温, 统计分析表明, 1 月平均偏低  $2.8^{\circ}\text{C}$ , 5 月比大西沟站低  $2.7^{\circ}\text{C}$ , 7 月偏低

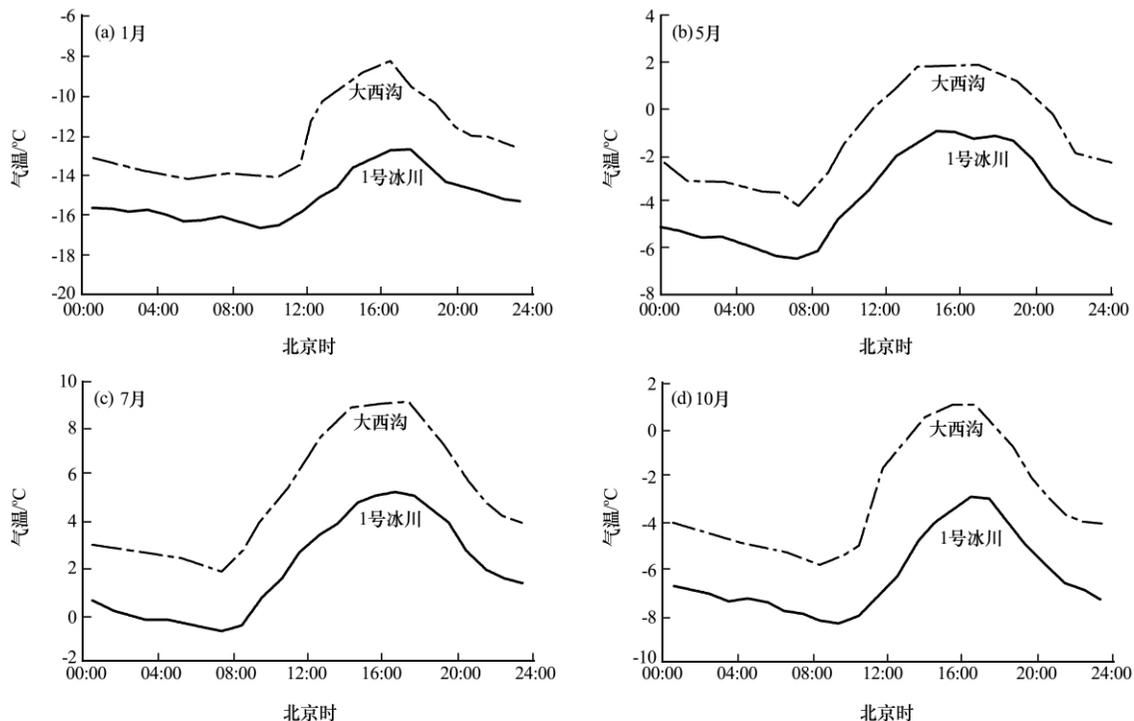


图 5 1 号冰川气象站与大西沟气象站四季典型月份气温平均日变化对比

Fig. 5 Mean daily changes of air temperatures on the Glacier No. 1 and at Daxigou Meteorological Station in January, May, July and October

3.1 °C, 10 月偏低 3.2 °C. 冰川气象站比大西沟站海拔高约 343 m, 这对于冰川气温偏低有一定的贡献, 但最主要的原因可能是冰川冰雪对近地面大气的辐射冷却作用.

这里对二者气温变化差异的机制进行简单的讨论. 太阳辐射是调节和控制该区域气温变化的能量源, 尽管冰川和大西沟站有一定海拔高差, 但所接收到的总辐射在量级上相当. 在总辐射一定的条件下, 冰川冰雪面和大西沟站下垫面均吸收太阳短波辐射, 同时又以长波辐射的形式向大气输送辐射能, 由于冰川冰雪对太阳辐射的反射率高, 冰雪表面得到的净辐射小, 最终吸收到的热量也就相对少, 在这种情况下, 冰雪面只能以相对较小的感热和潜热形式向大气输送热量, 因此, 大气得到的热量偏少, 冰川大气温度也就偏低. 而大西沟气象站地处高山山地和草甸下垫面, 在总辐射一定的条件下, 大西沟站下垫面对太阳辐射的反射率要明显小于冰川, 所得到的太阳净辐射相对较高, 地表吸收的热量就多, 向大气输送的感热、潜热明显大于冰川, 因此大西沟气象站四季气温明显高于冰川. 由于大西沟站和冰川气象站都没有安装涡动相关、净辐射、地热流板等观测设备, 无法定量进行冰雪—大气—山地辐射热量平衡分析, 这里只能依据近地面气温变化差异对其进行定性的分析和讨论.

#### 2.4 1 号冰川风的日变化

为了清晰地表达沿河谷的气流, 我们将地面风按照 1 号冰川河谷走向投影为轴向风和法向风, 即沿河谷轴线和正交于河谷轴线的分量. 向河谷下游方向(偏北)的轴向风为正, 反之为负; 向轴向风正方向右侧(偏东)的法向风为正, 左侧为负. 使用上述风向分解资料, 对地面风沿 1 号冰川河谷走向的分量进行分析. 图 6 给出了 2009 年观测期间平均

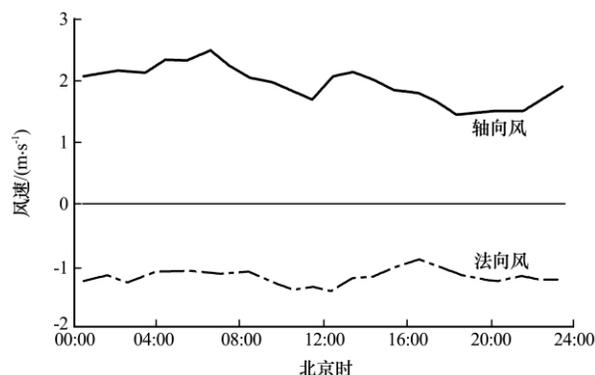


图 6 平均轴向风和法向风风速日变化图

Fig. 6 Mean daily changes of the axial direction and normal direction wind velocities on the Glacier No. 1

的地面轴向风和法向风日变化过程. 可以看出, 该地区地面轴向风没有明显的日变化规律, 全天盛行偏南下行气流, 整个河谷中轴向风速相对较大, 平均风速接近  $1.95 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . 夜间轴向风风速总体略大于白天轴向风风速, 在傍晚 18:00—21:00 左右轴向风风速达到最小. 同时可以看出, 在观测期间平均的法向风全天盛行偏东风, 平均法向风风速为  $1.18 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 略小于轴向风风速.

由上述分析可见, 1 号冰川河谷的轴向风是由强烈的下行偏南气流为主导的, 法向风盛行偏东风, 这一日变化过程与珠峰北坡绒布河谷轴向气流和法向气流的日变化过程较为一致<sup>[13]</sup>.

结合 1 号冰川河谷地形和热力条件, 我们这里仅对河谷轴向风日变化的控制机制进行简单讨论. 1 号冰川东支处于山间谷地之中, 地势南高北低; 冰川北部脚下, 地表以碎石山地为主. 当冰川和北部山地受到太阳辐射后, 由于山地反射率小于冰川, 其地表得到的净辐射会大于冰川, 使得山地对大气的加热程度高, 山地大气温度高于冰川气温. 由于冰川和山地区域温度分布不均, 会引发山地近地层空气密度减小、浮力增大, 冰川脚下大气产生垂直上升运动, 其气压场减弱, 从而产生沿冰川向北部山地的气压梯度力, 为了补偿冰川北部低层空气的垂直上升运动, 在气压梯度力的作用下, 冰川近地面大气沿河谷下泄, 形成了强烈的下行偏南气流. 以上分析表明: 1 号冰川区域因下垫面不同, 地表接收到的净辐射会有差异, 从而引起区域温度场的不均匀分布, 温度的不均匀分布又会促使气压场变化, 产生沿冰川向北的气压梯度力, 最终导致冰川下行偏南气流的形成.

#### 2.5 风向分布差异及其与地形的关系

本文统计了该站观测期间每小时平均风向的出现频率, 从风向玫瑰图(图 7)和表 2 可以看出, 1 号冰川河谷的主导风向为南风, 占总风向的 58.9%, 其次为东南风和东北风, 分别占 11.3%、8%. 通过分析认为: 1 号冰川东支地势南高北低, 由于冰川表面大气保持着相对较低的温度, 而冰川相邻大气的温度相对较高, 这一冰川表面大气与相邻大气的温度差造成冰川表面大气沿河谷下泄, 形成下行偏南的下泄流, 因此主导风向为南风.

#### 2.6 1 号冰川与大西沟气象站四季风速的对比

图 8 给出 1 号冰川和大西沟气象站四季典型月份平均风速的对比曲线, 可以看出, 冰川四季风速日变化较为平缓, 白天和夜间风速差异不是很大;

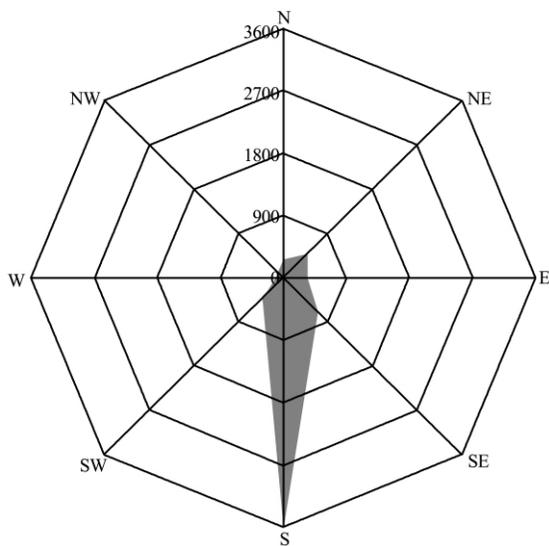


图 7 1 号冰川风向分布特征  
Fig. 7 Wind rose on the Glacier No. 1

大西沟站风速日变化较为显著，白天风速明显大于夜间。就二者比较而言，大西沟站夜间风速整体小于冰川，但早晨日出后，随着地面的加热，大西沟站风速开始迅速增大，午后 13:00 到 20:00 左右为风速最大时段，此时，风速值明显大于冰川风速。从季节角度来看，二者的变化趋势相同。无论是冰川还是大西沟站，四季平均风速都主要在  $1.5 \sim 5.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  范围变化。

下面对冰川和大西沟站风速变化差异的机制进行简单讨论。太阳辐射及下垫面属性决定着区域温度场的分布，温度场的分布不均会引起气压场的改变，从而产生由高压指向低压的气压梯度，大气在气压梯度力的作用下就会产生空气的运动——风。在大西沟气象站，夜间下垫面冷却较快，冰川夜间冷却相对较慢，受热力驱动，冰川的风速略大于大西沟站，而到早上日出后，在太阳辐射的加热下，

表 2 观测期间风向统计频率

Table 2 Wind direction frequency during the observation period

风向	北风	东北风	东风	东南风	南风	西南风	西风	西北风
出现频率	269	497	340	685	3568	462	127	100

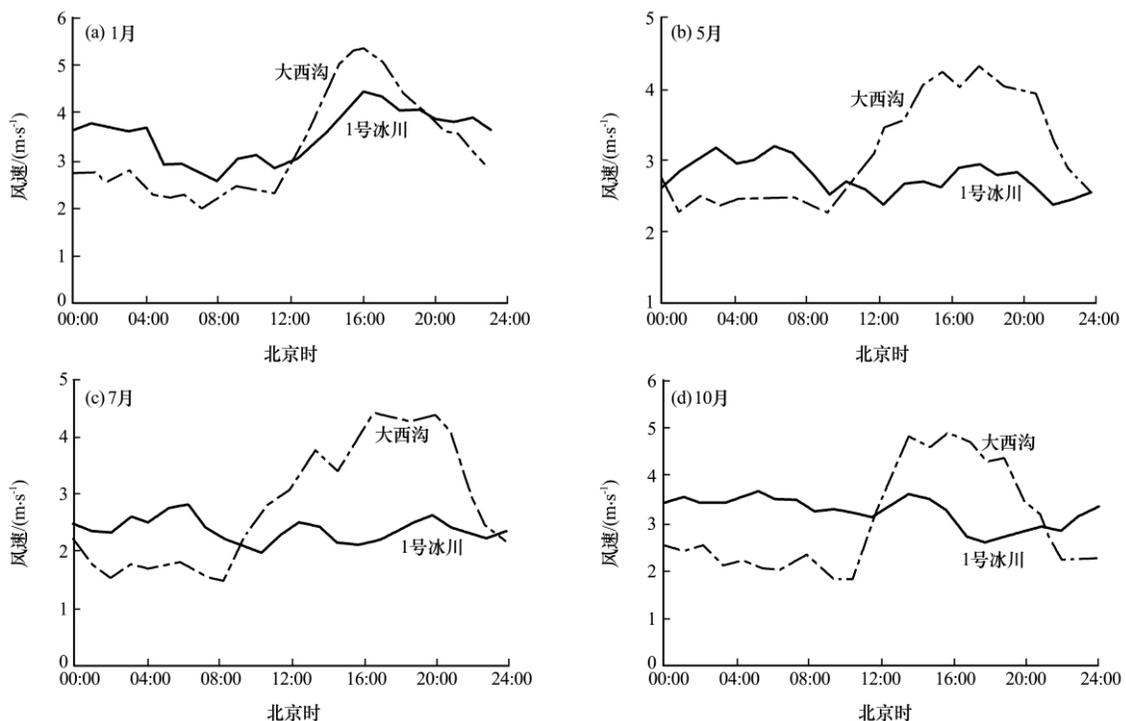


图 8 1 号冰川与大西沟气象站四季典型月平均风速日变化的对比

Fig. 8 Mean daily changes of wind velocities on the Glacier No. 1 and at Daxigou Meteorological Station in January (a), May (b), July (c) and October (d)

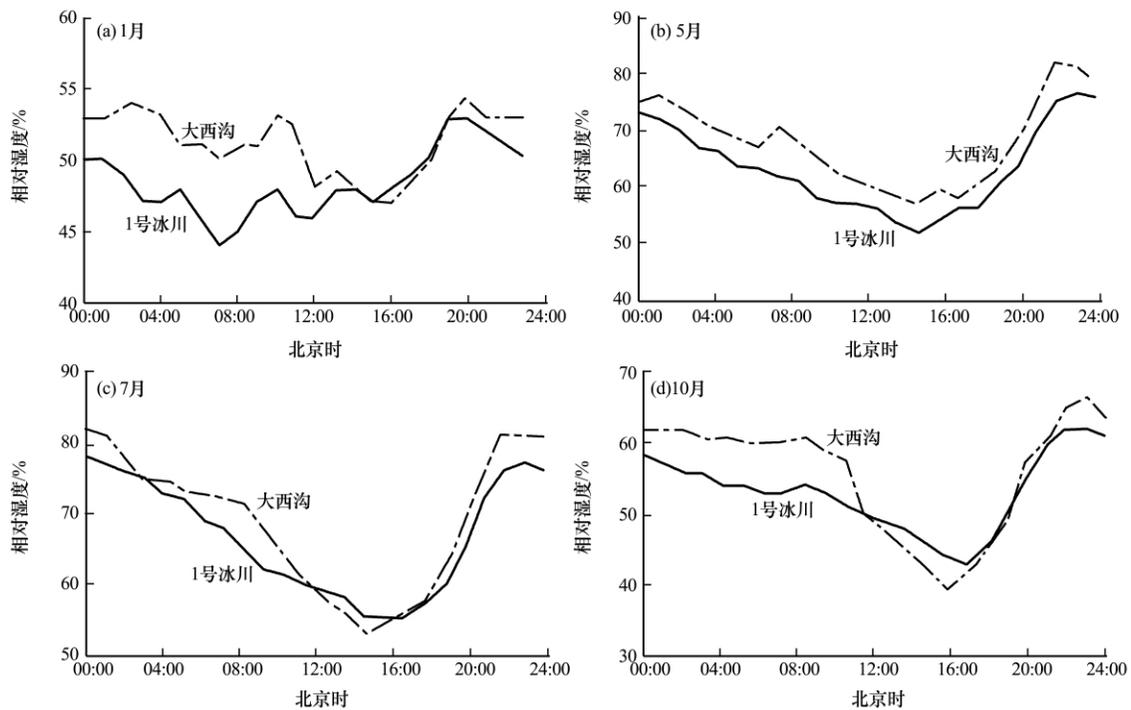


图9 1号冰川与大西沟气象站四季典型月相对湿度平均日变化的对比

Fig. 9 Mean daily changes of relative humidity on the Glacier No. 1 and at Daxigou Meteorological Station

由于大西沟站下垫面反射率小于冰川, 所接收到的净辐射大于冰川, 近地面温度会很快升高, 并且明显高于冰川气温, 温度的变化会引起该区域气压梯度力以及风的产生, 从而使得大西沟站白天风速明显大于冰川风速.

从图8也可以清晰的看到, 大西沟平均最大风速出现的时间与最高气温出现时间相一致, 都在下午16:00时左右, 这说明1号冰川区域风速的大小主要取决于太阳辐射、下垫面属性以及近地面受热状况, 太阳辐射加热地表, 会引起温度场和气压场的变化, 最终引起局地大气的运动以及风速的大小分布.

### 2.7 1号冰川与大西沟气象站四季平均相对湿度的对比

图9给出了1号冰川和大西沟气象站四季典型月份平均相对湿度的对比曲线, 可以看出, 冰川气象站和大西沟气象站相对湿度的日变化趋势基本一致, 呈“V”字型变化, 白天午后温度最高的时间段对应着相对湿度最小的时段, 此后, 相对湿度开始增大, 到20:00—22:00左右相对湿度达到最高, 23:00以后相对湿度开始降低, 一直降到次日午后15:00左右. 从季节角度来看, 二者夏季7月相对湿度日变化幅度最大, 5月和10月次之, 冬季1月日变化幅度最小. 总体来看, 1号冰川和大西沟气象

站相对湿度较高, 在40%~80%之间变化, 说明该地区近地层大气水汽含量较为丰富. 此外, 从相对湿度的高低来看, 大西沟站相对湿度比冰川略大一些. 分析认为: 大西沟气象站地表主要为高山草甸, 对太阳辐射反射相对较小, 所吸收到的净辐射多, 地表向大气输送的感热和潜热强, 太阳辐射加热地表后蒸发较大, 大气含水量高, 因此大西沟站观测到的大气湿度高, 而1号冰川对太阳辐射的反射大, 冰雪表面温度低, 热量输送小, 地表蒸发弱, 大气含水量相对小, 所以大气湿度比大西沟站偏低.

### 3 结论

通过对1号冰川近雪面气象观测资料与同期大西沟站资料进行对比分析, 可以初步得到以下几点结论:

(1) 1号冰川地处山间谷底, 地形复杂, 在无天气系统影响的情况下, 太阳辐射、下垫面属性及受热状况是决定该地区气象要素变化的主导因素.

(2) 冰川表面和周边山地对太阳辐射的反射及接收的净辐射差异较大, 会造成区域地表温度分布不均. 由于冰川对太阳辐射的反射率高, 冰雪表面得到的净辐射和热量少, 使得冰川四季大气温度比大西沟站平均偏低 $2.9^{\circ}\text{C}$ .

(3) 冰川与周边山地下垫面的不同, 引起太阳净辐射—温度场—气压场—风场的连锁变化, 造成冰川轴向风以下行偏南气流为主导, 法向风盛行偏东气流; 冰川夜间风速大于大西沟, 白天却小于大西沟站风速。

(4) 冰川和大西沟大气含水量较为丰富, 相对湿度在 40%~80% 之间变化。因大西沟地表蒸发大, 其相对湿度略高于冰川。

#### 参考文献(References):

- [1] Shen Yongping, Liang Hong. Global ice melting accelerated would threaten to human environmental safety[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2001, **24**(2): 208—211. [沈永平, 梁红. 全球冰川消融加剧使人类环境面临威胁[J]. *冰川冻土*, 2001, **24**(2): 208—211.]
- [2] Li Zhongqin, Han Tianding, Jing Zhefan, *et al.* A summary of 40-year observed variation facts of climate and Glacier No. 1 at the headwaters of Ürümqi River, Tianshan, China[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2003, **25**(2): 117—123. [李忠勤, 韩添丁, 井哲帆, 等. 乌鲁木齐河源区气候变化和 1 号冰川 40 年观测事实[J]. *冰川冻土*, 2003, **25**(2): 117—123.]
- [3] Jing Z F, Jiao K Q, Yao T D, *et al.* Mass balance and recession of Ürümqi Glacier No. 1, Tianshan, China over the last 45 years[J]. *Annals of Glaciology*, 2006, **43**: 214—217.
- [4] Han T D, Ding Y J, Ye B S, *et al.* Mass-balance characteristics of Ürümqi Glacier No. 1, Tianshan, China[J]. *Annals of Glaciology*, 2006, **43**: 323—328.
- [5] Wang Guoya, Shen Yongping, Mao Weiye. Climate warming at headwater of Ürümqi River, Xinjiang in past 44 years and its impact on glacier shrinking[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2005, **27**(6): 813—819. [王国亚, 沈永平, 毛伟峰. 乌鲁木齐河源区 44 年来气候变暖特征及其对冰川的影响[J]. *冰川冻土*, 2005, **27**(6): 813—819.]
- [6] Li Xiangying, Li Zhongqin, You Xiaoni, *et al.* Study of the ice formation zones and stratigraphy profiles of snow pits on the Glacier No. 1 at the headwaters of Ürümqi River[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2006, **28**(1): 37—44. [李向应, 李忠勤, 尤晓妮, 等. 近期乌鲁木齐河源 1 号冰川成冰带及雪层剖面特征研究[J]. *冰川冻土*, 2006, **28**(1): 37—44.]
- [7] Li Zhongqin, Shen Yongping, Wang Feiteng, *et al.* Response of melting ice to climate change in the Glacier No. 1 at the headwaters of Ürümqi River, Tianshan Mountain[J]. *Advances in Climate Change Research*, 2007, **3**(3): 132—137. [李忠勤, 沈永平, 王飞腾, 等. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川消融对气候变化的响应[J]. *气候变化研究进展*, 2007, **3**(3): 132—137.]
- [8] Xie Zichu, Huang Maohuan, Mi Aili, *et al.* An evolution of the snow-firn layer and ice formation in the Glacier No. 1 at the headwaters of the Ürümqi River, Tianshan[C]//*Studies of Glaciology and Hydrology in the Ürümqi River, Tianshan Mountains*. Beijing: Science Press, 1965: 1—14. [谢自楚, 黄茂桓, 米艾里, 等. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川雪粒雪层的演变及成冰作用[C]//*天山乌鲁木齐河冰川与水文研究*. 北京: 科学出版社, 1965: 1—14.]
- [9] Li Chuanjin, Li Zhongqin, Wang Feiteng, *et al.* A contrast of the ice formation time, ice formation zones and the stratigraphic profiles of snow pits in different time of the Glacier No. 1 at the headwaters of the Ürümqi River, Tianshan Mountains[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2007, **29**(2): 169—175. [李传金, 李忠勤, 王飞腾, 等. 乌鲁木齐河源 1 号冰川不同时期雪层剖面及成冰带对比研究[J]. *冰川冻土*, 2007, **29**(2): 169—175.]
- [10] Wang Feiteng, Li Zhongqin, You Xiaoni, *et al.* Observation and study of the snow to ice transformation in the accumulation zone of Glacier No. 1 at the headwaters of Ürümqi River[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2006, **28**(1): 45—53. [王飞腾, 李忠勤, 尤晓妮, 等. 乌鲁木齐河源 1 号冰川积累区表面雪层演化成冰过程的观测研究[J]. *冰川冻土*, 2006, **28**(1): 45—53.]
- [11] Li Xiangying, Ding Yongjian, Liu Shiyin, *et al.* Further study of ice formation zones on the Glacier No. 1 at the Ürümqi River headwaters, Tianshan Mountains[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2008, **30**(1): 93—99. [李向应, 丁永建, 刘时银, 等. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川成冰带分布特征的再研究[J]. *冰川冻土*, 2008, **30**(1): 93—99.]
- [12] Wang Chunzu, Liu Chaohai. The accumulation, ablation and mass balance of Glacier No. 1 at Ürümqi River head, Tianshan Mts., Xinjiang[J]. *Annual Report on the Work at Tianshan Glaciological Station*, 1991, **10**: 1—9. [王纯足, 刘潮海. 乌鲁木齐河源 1 号冰川积累、消融及物质平衡[J]. *天山冰川观测试验站年报*, 1991, **10**: 1—9.]
- [13] Bai Jianhui, Zou Han, Li Aiguo, *et al.* Characteristics and analyses of solar radiation and atmosphere on the northern slope of the Mount Qomolangma[J]. *Plateau Meteorology*, 2007, **26**(6): 1162—1172. [白建辉, 邹捍, 李爱国, 等. 珠穆朗玛峰北坡山谷太阳辐射和大气的特征与分析[J]. *高原气象*, 2007, **26**(6): 1162—1172.]

## Observations and Analyses of Near Surface Meteorological Elements on Glacier No.1 at Headwaters of Ürümqi River, Tianshan Mountains

WANG Min-zhong<sup>1, 2</sup>, WEI Wen-shou<sup>1</sup>, CHEN Rong-yi<sup>1</sup>, LIU Xin-chun<sup>1, 2</sup>

(1. *Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Ürümqi Xinjiang 830002*; 2. *Taklimakan Desert Atmospheric Environment Observation Experimental Station, Tazhong Xinjiang 841000*)

**Abstract:** Institute of Urumqi Desert Meteorology of China Meteorological Administration held an atmospheric experiment over the Glacier No.1 at the headwaters of the Ürümqi River from January to December in 2009. In this paper, based on the observational data, the daily variations of near surface air temperature, wind speed, wind direction, relative humidity and global radiation are preliminarily analyzed, and compared with the data from Daxigou Meteorological Station. The results show: 1) Because of very high reflection from the glacier, ice and snow surfaces, less net radiation and heat reached the surfaces, and then the air temperature upon the glacier was 2.9 °C lower

than that at Daxigou Station; 2) The underlying surface in the glacier is very different from that around the valley, leading the net radiation-temperature fields-pressure fields-wind fields changing continuously, resulting in that the axial direction wind of the valley was dominated by strong southern air flow, and the normal direction wind was dominated by prevail east wind flow; 3) The daily change of wind velocity on the Glacier No.1 displayed rather smooth for all seasons, while the wind velocity was larger than that at Daxigou Meteorological Station at night, and was obviously less than that at Daxigou Meteorological Station in the daytime.

**Key words:** The Glacier No.1; Daxigou valley; meteorological element characteristics; discrepancy and cause of formation