

文章编号: 1000-0240(2002)01-0057-06

乌鲁木齐河源1号冰川夏季积雪中 $\delta^{18}\text{O}$ 的时空变化

章新平^{1,2}, 姚檀栋³, 焦克勤³, 孙维贞³

(1. 湖南师范大学 国土学院, 湖南 长沙 410081; 2. 中国科学院 南京地理与湖泊研究所, 江苏 南京 210008;
3. 中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 利用实测资料分析了乌鲁木齐河源1号冰川东支表层和浅层粒雪中 $\delta^{18}\text{O}$ 的变化, $\delta^{18}\text{O}$ 与温度的关系以及消融和蒸发对粒雪中 $\delta^{18}\text{O}$ 的影响. 分析表明: 乌鲁木齐河源1号冰川无高度效应, 受消融的影响, 且有时出现反高度效应; 消融和蒸发的结果使得来自同一降水的表面粒雪易发生稳定同位素的富集, 下伏层中 $\delta^{18}\text{O}$ 的变化受上覆雪层中消融水的影响. 采样期间发现, 不同时段采样系列中的 $\delta^{18}\text{O}$ 与降雪初始平均温度存在一定程度的正相关关系. $\delta^{18}\text{O}$ /温度梯度随采样时间的滞后逐渐变小.

关键词: 乌鲁木齐河源1号冰川; 粒雪; $\delta^{18}\text{O}$; 高度效应; 温度效应

中图分类号: P426.61+2 文献标识码: A

1 引言

冰川区雪盖中的稳定同位素成分来源于大气降水中的稳定同位素成分, 而大气降水中稳定同位素的大小取决于水汽源地以及凝结水汽的不同热力学历史. 在所有影响因子中, 凝结温度是最重要的, 它是温度效应和高度效应产生的基础^[13].

由于降落的雪在随后的沉积过程中经历一系列的变质, 因此沉积雪中的稳定同位素成分也经历一系列的变化. 例如, 由于水汽迁移方向的不同所产生的稳定同位素分馏效应: 在白天, 粒雪表面的蒸发引起表面雪中稳定同位素的富集, 在夜间的低气温下, 水汽在雪表面的凝华造成表面粒雪中稳定同位素的贫化. 上述两个效应的交替出现可形成雪表面稳定同位素成分的周期性日变化^[4].

在消融过程中, 融水不仅使雪层剖面中的稳定同位素匀质化, 并且改变表面粒雪中的稳定同位素含量^[5]. 一方面, 发生在液-冰两相物质之间的稳定同位素分馏使得在同一降水过程中表层雪中的稳定同位素发生富集. 观测结果显示, 固态物质中的稳定同位素成分因消融增加约20‰(对于 δD)和

3‰(对于 $\delta^{18}\text{O}$)^[6]; 另一方面, 由于积雪蒸发和消融的损耗仅产生在雪表层, 尤其是表面5 cm层^[7]. 因此随时间的变化, 表层雪中的稳定同位素逐步地反映不同降水过程的雪积累时期的综合气象状况^[6].

冰川上的风吹雪可导致积雪的重新分配, 其结果造成积雪中初始稳定同位素的重新分布, 从而导致温度效应的混乱以及高度效应的变形^[6,8,9].

尽管分子的扩散在粒雪的稳定同位素成分匀质化过程中起重要作用, 但由于其作用的时间尺度较长, 在季节性积雪变质过程中的作用可忽略.

定量评价上述各种因子对粒雪中稳定同位素的影响程度是困难的. 这是因为不同影响因子在不同时间不同地点的影响作用是不同的. 尽管一些有价值的研究探讨了雪层中与水汽迁移相联系的雪变质问题^[8,10]以及消融对雪盖中稳定同位素分馏的影响^[7], 但这一类的研究仍还不多. 本文籍于对乌鲁木齐河源1号冰川(以下简称1号冰川)粒雪中稳定同位素成分的检测, 分析消融期粒雪中 $\delta^{18}\text{O}$ 的变化, 揭示不同影响因子对粒雪中 $\delta^{18}\text{O}$ 的可能影响.

收稿日期: 2001-04-16; 修订日期: 2001-06-29

基金项目: 中国科学院天山冰川观测试验站基金项目(TZ2000-02); 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所冰芯与寒区环境重点实验室基金项目资助

作者简介: 章新平(1956—), 男, 湖北天门人, 教授, 1993年在中国科学院兰州冰川冻土研究所获博士学位, 现主要从事全球变化研究.

E-mail: zhangxp@niglas.ac.cn

2 研究区域和采样

本文的研究区域为乌鲁木齐河源 1 号冰川东支 (图 1)。

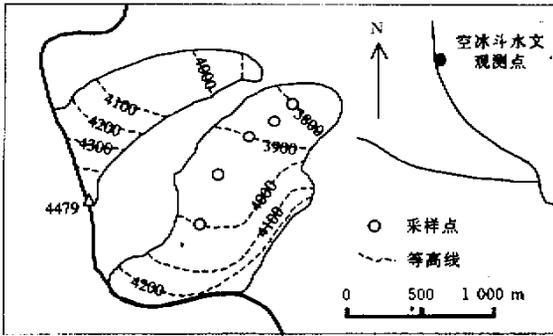


图 1 乌鲁木齐河源 1 号冰川采样点示意图

Fig. 1 A map showing the sampling points in the Glacier No. 1 at the headwaters of the Bortai River

表面粒雪的梯度采样均由下自上在海拔 3 800 m, 3 850 m, 3 900 m, 3 950 m 和 4 000 m 采样点实施。采样深度为表层约 2 cm。所有采样均在 11 00 (乌鲁木齐时间,下同)前完成。整个采样期间(2000 年 6 月 24 日至 7 月 14 日)1 号冰川区共有 5 次降水过程。因此,采集的表面粒雪样品分为 5 类,各自代表对应的降水过程(表 1)。其中,对后 3 次降水又分别实施了 3 次取样。

为追踪不同降水过程所形成的雪层中稳定同位素的变化,在海拔 4 000 m 处另设观测场。以白色粗孔窗纱作为不同降雪的分层标志。这样,既保证层位标志的醒目,又不对消融水产生大的阻碍。相邻两层窗纱所夹的雪层来自同一次降水过程。每次取样只在所夹雪层的上部约 2 cm 内。另外,在取样日的 12 00 还进行气温观测。

所有采集的雪样均放入双层保鲜塑料袋中,室温融化后密封于 50 mL 水样瓶中。水样的测试分析在中国科学院寒区旱区环境与工程研究所冰芯与寒区环境重点实验室的 Delta-Plus 气体质谱仪上进行。分析结果以相对于标准平均大洋水(Standard Mean Ocean Water, 记作 SMOW)的千分差来表示:

$$\delta^{18}O = \left[\frac{(^{18}O/^{16}O)_{\text{样品}}}{(^{18}O/^{16}O)_{\text{SMOW}}} - 1 \right] \times 1\ 000$$

测试精度为 $\pm 0.5\text{‰}$ 。

3 粒雪中 $\delta^{18}O$ 的变化

3.1 表层粒雪中 $\delta^{18}O$ 随海拔的变化

高度效应是温度效应的一种表现形式。通常,在中高纬度,随着海拔的升高,温度降低,降水中稳定同位素比率减少。在对 1 号冰川东支的采样中发现,这里不存在高度效应。有时甚至出现粒雪中 $\delta^{18}O$ 随高度升高反而递增的现象——反高度效应。如 I, II, III-2 和 III-3 (图 2)。

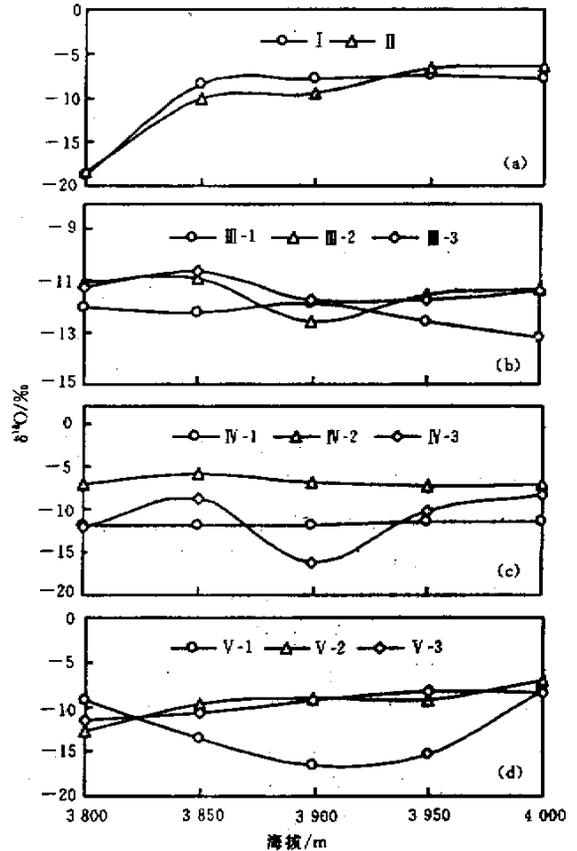


图 2 表层粒雪中 $\delta^{18}O$ 随高度的变化

Fig. 2 The $\delta^{18}O$ in surface snow/firm changing with altitude in the Glacier No.1 at the headwaters of the Bortai River

缺失高度效应表明降水起源于一个具有相同凝结高度的降水云团。对于像 1 号冰川这样一个小尺度区域尤其如此。

降水中 $\delta^{18}O$ 随海拔递增现象在玉龙山白水 1 号冰川的夏季^[11]、1 号冰川的冬季^[8]都曾被观测到。前者的递增现象与降水量效应有关。因为在最大降水高度以上,降水量随高度的增加而减小,从而降水中 $\delta^{18}O$ 增加;后者的递增现象与风吹雪有

表 1 表面粒雪梯度采样的日期和分类

Table 1 The gradient sampling day and classification of the surface snow/firn in the Glacier No. 1 at the headwaters of the Mrtimqi River

降水日(降水量)	采样日期(月-日)										
	06-25	06-27	06-30	07-01	07-02	07-04	07-06	07-08	07-10	07-12	07-14
6月24日(0.9 mm)	I										
6月27日(1.1 mm)		II									
6月30日(11.0 mm)			III-1	III-2	III-3						
7月4日(18.1 mm)						IV-1	IV-2	IV-3			
7月9日(5.6 mm)									V-1	V-2	V-3

注 括号内降水量来自空冰斗水文观测。

关。冬季强烈的风吹雪可把形成在高海拔冰川上的具有低值 $\delta^{18}\text{O}$ 的雪吹向低海拔处。1 号冰川夏季表层粒雪中 $\delta^{18}\text{O}$ 随高度递增现象则可能与该季节强烈的消融和蒸发有关。因为雪盖的融水主要在上部 5 cm 层产生^[6]，物质的蒸发损耗也主要发生在雪表面。所以，不断的消融和蒸发使表面物质产生不断的更替，消融和蒸发愈强，更替的速度愈快。于是，不同时间所采集的表面粒雪中的稳定同位素就可能来自不同的降水过程。由于消融也存在高度效应，即低海拔处的消融强于高海拔。因此，在经历了强消融和蒸发的影响后，低海拔处表层粒雪所代表的降水事件可能较早，例如图 2a 中，海拔 3 800 m 高度的 $\delta^{18}\text{O}$ 与其它高度上的 $\delta^{18}\text{O}$ 相差 1 倍以上。显然，所采集的表面雪样属于不同的降水过程。除了随高度保持不变和递增现象外，表层粒雪中 $\delta^{18}\text{O}$ 随高度还呈不规则变化，如 IV-2, IV-3, V-1 等。这些变化可能与局地因子的影响有关。

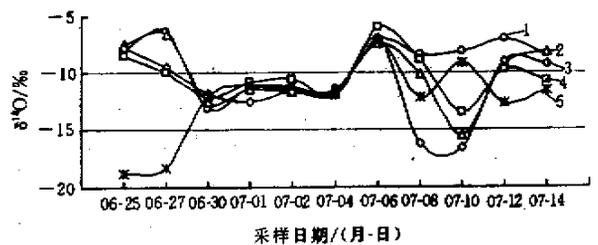
另外，由于 6 月 24 日和 27 日的降水量都很小（分别为 0.9 和 1.1 mm），因此，所采集的雪样可能含有前一次的降雪部分。这可能是 I 类和 II 类表面粒雪样中 $\delta^{18}\text{O}$ 的海拔梯度相似而与其它 3 类存在差异的一个原因。

3.2 粒雪中 $\delta^{18}\text{O}$ 随时间的变化

图 3 给出了不同海拔表层粒雪中 $\delta^{18}\text{O}$ 随时间的变化。这些变化过程不仅反映不同降雪过程 $\delta^{18}\text{O}$ 的变化，也反映表层粒雪中 $\delta^{18}\text{O}$ 因消融和蒸发而发生的变化。

结合图 2 可以看出，6 月 25 日和 6 月 27 日采集的雪样中，不同高度之间的 $\delta^{18}\text{O}$ 具有较大差异。产生于 6 月 30 日的一场较大降水过程使得不同高度的 $\delta^{18}\text{O}$ 值差异较小，平均 $\delta^{18}\text{O}$ 为 -12.37‰ 。在随后的 2 d 中（7 月 1 日和 2 日），由于消融和蒸发是在同一降雪过程所形成的雪层中发生，不同高度 $\delta^{18}\text{O}$ 之间的差异仍不明显，但平均 $\delta^{18}\text{O}$ 不同程度地增

加。在另一场产生于 7 月 4 日的较大降雪之后，表层雪中平均 $\delta^{18}\text{O}$ 为 -11.77‰ 。不同高度之间的 $\delta^{18}\text{O}$ 差异非常小。在采自 7 月 6 日的雪样中，虽不同高度 $\delta^{18}\text{O}$ 之间的差异仍不明显，但表层粒雪的平均 $\delta^{18}\text{O}$ 已达到 -6.95‰ 。在同一降水中出现如此大的 $\delta^{18}\text{O}$ 变化，这与强烈蒸发产生的汽-固相以及强烈消融产生的液-固相之间稳定同位素分馏有关^[4,6]，两种分馏均使表面粒雪中稳定同位素发生富集。据当日观测，海拔 4 000 m 处 12:00 的气温高达 6.2℃ ，在随后的几天里，强烈的消融和蒸发已使不同高度表层粒雪中 $\delta^{18}\text{O}$ 的代表性完全混乱，既使 7 月 9 日出现一场达 5.6 mm 的降水，但仍未改变这种局面。至 7 月 14 日，从 1 号冰川东支的冰舌末端到海拔 4 000 m 处，整个冰川表面仅部分地方残留薄层雪，该雪层中的 $\delta^{18}\text{O}$ 值是冰川变质雪中稳定同位素经过一系列分馏后的结果。

图 3 不同海拔表层粒雪中 $\delta^{18}\text{O}$ 随时间的变化

1. 海拔 4 000 m; 2. 海拔 3 950 m; 3. 海拔 3 900 m;
4. 海拔 3 850 m; 5. 海拔 3 800 m

Fig. 3 The $\delta^{18}\text{O}$ in surface snow/firn at different altitudes changing with time

受消融水下渗的影响，下伏雪层中的稳定同位素也发生变化。我们对海拔 4 000 m 高度上 6 月 24 日的降雪（I 层）以及 6 月 30 日的降雪（III 层）进行跟踪采样，考察这两个层位中 $\delta^{18}\text{O}$ 的变化（图 4）。

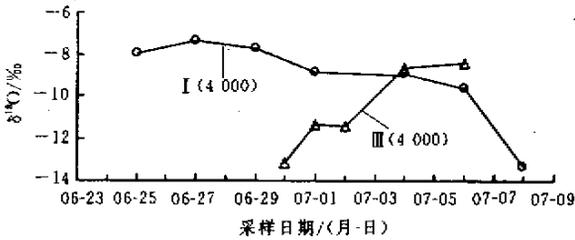


图4 海拔4 000 m 高度上 I 层和 III 层粒雪中 $\delta^{18}\text{O}$ 随时间的变化

Fig. 4 The $\delta^{18}\text{O}$ in the Layers I and III at 4 000 m a.s.l. changing with time

I 层从 6 月 27 日起位于新雪层之下。除了 6 月 27 日降雪中 $\delta^{18}\text{O}$ 与 I 层的 $\delta^{18}\text{O}$ 接近外, 主要覆盖在 I 层之上的两次降雪过程(III 和 IV)中 $\delta^{18}\text{O}$ 均相对较低, 分别为 -13.18‰ 和 -11.48‰ 。受上覆雪层中具有较低 $\delta^{18}\text{O}$ 消融水的影响, 自 6 月 27 日后, I 层中 $\delta^{18}\text{O}$ 不断减小。到 7 月 8 日, 该雪层中 $\delta^{18}\text{O}$ 已降至 -13.33‰ , 比初始值低约 5‰ , 与上覆 III 层和 IV 层的初始 $\delta^{18}\text{O}$ 值相当。I 层位因消融于 7 月 8 日后消失。

III 层从 6 月 30 日到 7 月 4 日之前均位于表层。受消融和蒸发的影响, 该层的稳定同位素一直处于富集状态。至 7 月 4 日后, 由于上覆 IV 层的影响, 富集速率明显减缓。可以看出, III 层的变化趋势与 I 层相反。III 层在 7 月 6 日之后消失。

4 粒雪中 $\delta^{18}\text{O}$ 与温度的相关关系

温度是制约相变过程中稳定同位素分馏的主要因素。观测表明^[8, 12], 乌鲁木齐河源大气降水中 $\delta^{18}\text{O}$ 与温度之间存在密切的正相关关系, 即温度效应。那么, 在经历了一段时间消融后的雪层中的 $\delta^{18}\text{O}$ 与温度之间的正相关关系是否能够保存? 本研究根据采样期间仅有的 5 次降水在海拔 4 000 m 处的观测场进行采样。第一次采样(系列 1)分别在降雪日的当天或降雪日的第二天实施, 共得 5 个样品; 第二次采样(系列 2)在第一次采样后的 12 d 实施。由于第二次降水形成的 II 层仅保存 2 d 便消失, 故系列 2 只有 4 个样品; 第三次采样(系列 3)在第二次采样后 12 d 实施, 共得 4 个样品(表 1 和图 2)。

在 11 次采样期间, 我们曾对海拔 4 000 m 处观测点 12 00 的气温进行了观测。这 11 次气温观测记录与当日空冰斗水文点日平均气温存在非常好的相关关系:

$$t_{\text{空冰斗}}(\text{℃}) = 0.7918t_{4000\text{m}}(\text{℃}) + 0.8172 \quad (2)$$

式中: $t_{4000\text{m}}$ 为采样日海拔 4 000 m 处 12 00 的气温; $t_{\text{空冰斗}}$ 为采样日空冰斗日平均气温。二者的相关系数达 0.96, 说明空冰斗水文点的日平均温度可作为 1 号冰川海拔 4 000 m 处气温的一个参照。

它们的回归方程分别为:

$$\delta^{18}\text{O}(\text{‰}) = 1.0036 \times \%(\text{℃}) - 12.344 \quad (\text{系列 1}, r = 0.70)$$

$$\delta^{18}\text{O}(\text{‰}) = 0.6757(\text{℃}) - 10.116 \quad (\text{系列 2}, r = 0.73) \quad (3)$$

$$\delta^{18}\text{O}(\text{‰}) = 0.4938(\text{℃}) - 10.407 \quad (\text{系列 3}, r = 0.67)$$

可以看出, 不同采样系列的 $\delta^{18}\text{O}$ 与初始温度均存在一定程度的正相关关系。然而, 消融已使二者之间的对比关系发生了变化, $\delta^{18}\text{O}$ /温度梯度随采样时间的滞后逐渐变小。说明乌鲁木齐河源 1 号冰川积雪中 $\delta^{18}\text{O}$ 在消融期对温度的敏感性随时间减弱, 同时也表明积雪中所包含的天气气候信息随时间而发生变化。

由于样本数偏少, 采样期偏短, 上述结果有待长序列资料的进一步验证。

5 结论

(1) 乌鲁木齐河源 1 号冰川东支无高度效应。说明该地降水起源于具有相同凝结高度的降水云团。受消融和蒸发的影响, 1 号冰川表层粒雪中 $\delta^{18}\text{O}$ 有时会出现随高度增加而增加的现象。

(2) 消融和蒸发的结果使得来自同一降水的表面粒雪发生稳定同位素的富集, 下伏层中 $\delta^{18}\text{O}$ 的变化受上覆雪层中消融水的影响。

(3) 采样期间, 海拔 4 000 m 高度不同时间采样系列中的 $\delta^{18}\text{O}$ 与空冰斗水文观测点降水日的日平均温度存在一定程度的正相关关系。 $\delta^{18}\text{O}$ /温度梯度随采样时间的滞后逐渐变小。

参考文献 (References):

- [1] Jouzel J. Isotopes in cloud: multiphase and multistage condensation process [A]. Handbook of Environmental Isotope Geochemistry (2) [C]. Rotterdam. Elsevier Scientific Publishing Company, 1986. 61-112.
- [2] Zhang Xinping, Xie Zichu, Yao Tandong. Mathematical modeling of variations on stable isotopic ratios in falling raindrops [J]. Acta Meteorologica Sinica, 1998, 12(2): 213-220.
- [3] Zhang Xinping, Yao Tandong. Mathematical modeling on fractionation process of oxygen isotope in atmospheric precipitation [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 1994, 16(2): 156-165. [章新平, 姚檀栋. 大气降水中氧同位素分馏过程的数

- 学模拟[J]. 冰川冻土, 1994, 16(2): 156 - 165.]
- [4] Hachikubo A, Hashimoto S, Nakawo M, *et al.* Isotopic mass fractionation of surface snow due to hoarfrost formation [J]. *Seppyo*, 2000, 6(3): 263 - 277.
- [5] He Yuanqing, Yao Tandong, Yang Meixue, *et al.* Contemporary significance of snow and ice indicated by the record in a shallow ice core from a temperate glacier in southwestern monsoon region [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2000, 2(3): 235 - 242. [何元庆, 姚檀栋, 杨梅学, 等. 玉龙山温冰川浅冰芯记录现代指标意义 [J]. 冰川冻土, 2000, 2(3): 235 - 242.]
- [6] Moser H, Stichler W. Environmental isotopes in ice and snow [A]. *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry (1)* [C]. Rotterdam: Elsevier Scientific Publishing Company, 1980. 141 - 178.
- [7] Zhou Shiqiao, Sakai A, Nakawo M, *et al.* Verification of different empirical formulas for the calculation of turbulent heat on the snow surface [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Normalis Hunanensis*, 2000, 2(2): 88 - 92. [周石乔, 坂井亚规子, 中尾正义, 等. 对积雪表面不同乱流热经验计算式的验证 [J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2000, 2(2): 88 - 92.]
- [8] Hou Shugui, Qin Dahe, Li Zhongqin, *et al.* Present environmental processes of ice core $\delta^{18}\text{O}$ records of the No. 1 Glacier at the headwater of Tirimqi River, Xinjiang, China [J]. *Geochimica*, 1998, 27(2): 109 - 116. [侯书贵, 秦大河, 李忠勤, 等. 乌鲁木齐河源 1 号冰川冰芯 $\delta^{18}\text{O}$ 记录的现代环境过程分析 [J]. 地球化学, 1998, 27(2): 109 - 116.]
- [9] Hou Shugui, Qin Dahe, Ren Jiawen. Re-examination on the climatological significance of the ice core $\delta^{18}\text{O}$ records from the No. 1 Glacier at the head of Tirimqi River [J]. *Geochimica*, 1999, 2(5): 438 - 442. [侯书贵, 秦大河, 任贾文. 乌鲁木齐河源 1 号冰川冰芯 $\delta^{18}\text{O}$ 记录气候意义的再探讨 [J]. 地球化学, 1999, 2(5): 438 - 442.]
- [10] Hou Shugui, Qin Dahe, Ren Jiawen, *et al.* The present environmental processes of ice core pH and conductivity records: a case study at the headwaters of Tirimqi River [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 1999, 2(4): 371 - 379.
- [11] He Yuanqing, Yao Tandong, Yan Meixue, *et al.* The new results of $\delta^{18}\text{O}$ studies on the system of precipitation, snow - ice and glacial runoff at the Glacier Baishui No. 1 region in Mt. Yulong, China [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2000, 2(4): 391 - 393. [何元庆, 姚檀栋, 杨梅学, 等. 玉龙山白水 1 号冰川区大气降水 - 冰雪 - 水文系统内 $\delta^{18}\text{O}$ 研究的新结果 [J]. 冰川冻土, 2000, 22(4): 391 - 393.]
- [12] Yao Tandong, Sun Weizhen, Pu Jianchen, *et al.* Characteristics of stable isotope in precipitation in the inland area—a case study of the relation between $\delta^{18}\text{O}$ in precipitation and temperature in Tirimqi River, China [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2000, 2(1): 15 - 22. [姚檀栋, 孙维贞, 蒲健辰, 等. 内陆河流域系统降水中的稳定同位素——乌鲁木齐河流域降水中 $\delta^{18}\text{O}$ 与温度关系研究 [J]. 冰川冻土, 2000, 2(1): 15 - 22.]

The Temporal and Spatial Variations of the $\delta^{18}\text{O}$ in Firn of the Glacier No.1 at the Headwaters of the Jürümqi River during Summer

ZHANG Xin-ping^{1,2}, YAO Tan-dong³, JIAO Ke-qin³, SUN Wei-zhen³

(1. Institute of Territory and Environment Research, Hunan Normal University, Changsha Hunan 410081, China; 2. Nanjing Institute of Geography and Limnology, CAS, Nanjing Jiangsu 210008, China; 3. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou Gansu 730000, China)

Abstract: The $\delta^{18}\text{O}$ in the surface and near-surface firn layers of the east breach of the Glacier No. 1 at the headwaters of the Jürümqi River was measured from June to July 2000. Then its variation with altitude and time, the temperature effect of the stable isotope and the effect of melting and evaporation were analyzed.

No altitude effect was found in such a small glacier, showing that precipitation on the glacier was originated from the cloud cluster with same condensation level. Moreover, the anti-altitude effect, namely the $\delta^{18}\text{O}$ in firn increases with altitude, was found sometimes. Such a phenomenon is related to the strong melt and evaporation. Because meltwater generates mainly in the upper part of snow/firn, 5 cm in depth, and because the loss of mass due to evaporation occurs mainly on snow surface, the surface mass is progressively replacing under continuous melt and evaporation. Therefore, the $\delta^{18}\text{O}$ in a sample of surface firn at different time probably comes from different precipitation processes. Usually, the melting and evaporation at low altitude are stronger than that at high altitude. Therefore, the surface firn at low altitude is maybe the outcome of earlier precipitation event after strong melt

and evaporation.

The stable isotopic fractionation generated between gaseous and solid owing to evaporation and between liquid and solid owing to melt makes the stable isotope in the surface firn enriched. The stable isotopic composition in the meltwater from upper snow/firn layers influences that in the lower snow/firn layers. As the $\delta^{18}\text{O}$ in the upper snow/firn layers was low, the $\delta^{18}\text{O}$ beneath the upper layers decreases with time progressively, and vice versa.

The analyses display that there were all the positive correlations between the $\delta^{18}\text{O}$ in the sampling series with three time lags and the mean daily temperature in snowfall day to a certain degree. The correlative coefficients reach 0.70, 0.73, and 0.67, respectively. However, the correlations have shifted owing to melt and evaporation. The ratios of $\delta^{18}\text{O}$ /temperature gradient are 1.0036, 0.6757 and 0.4938 K^{-1} , respectively, progressively decreasing with the delay of sampling time. It is revealed that the temperature-sensitivity of the $\delta^{18}\text{O}$ in firn of the glacier during the melt season is decreasing with time, and consequently the synoptic and climatic information hid in snow/firn will change with time.

Key words: Glacier No.1 at the headwaters of the Jürümqi River; firn; $\delta^{18}\text{O}$; altitude effect; temperature effect