

# 哈密庙尔沟平顶冰川积雪中粉尘微粒沉积特征

董志文<sup>1,3\*\*</sup> 李忠勤<sup>1,2</sup> 张明军<sup>2</sup> 王文彬<sup>1</sup> 王飞腾<sup>1</sup>

(1 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 冰冻圈科学国家重点实验室/天山冰川站, 兰州, 730000)

2 西北师范大学地理与环境科学学院, 兰州, 730070 3 中国科学院研究生院, 北京, 100049)

**摘 要** 通过 2004—2005 年夏季在天山哈密庙尔沟平顶冰川采集的雪坑样品, 对冰川积雪中大气粉尘的沉积特征进行了分析研究. 分析结果表明, 哈密庙尔沟平顶冰川粒径介于  $0.57 < d < 26 \mu\text{m}$  微粒的平均质量浓度是  $3690 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 粉尘年均沉积通量约  $92.3 \mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$ ; 与北半球其它地区类似研究相比明显较高, 哈密庙尔沟平顶冰川受中亚粉尘源区影响很大. 雪坑微粒浓度剖面和离子相关性分析表明, 庙尔沟平顶冰川积雪中厚污化层富含亚洲粉尘颗粒的富  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{Na}^{+}$  矿物; 微粒体积粒径分布众数介于  $3\text{--}23 \mu\text{m}$  并且表现出明显的沙尘与非沙尘季节的分布差异. 同时, 用后向气团轨迹分析法验证了该区大气粉尘的传输路径, 发现研究区沙尘与非沙尘季节大气粉尘来源不同, 分别来源于西北和西南方向, 这对研究区大气粉尘的传输和沉降造成了很大影响.

**关键词** 庙尔沟平顶冰川, 积雪, 大气粉尘, 沉积特征.

雪冰是大气中各种物质的储存器, 沉积在高海拔雪冰中的大气粉尘信息能够被很好地记录和保存. 在全球许多地区, 包括极地地区和青藏高原都进行过广泛的雪冰微粒特征研究, 并且取得了很多研究成果和进展<sup>[1-10]</sup>. 然而, 对于中亚内陆尤其是天山山区雪冰中微粒特征的研究则比较缺乏. 我国境内天山东部的哈密庙尔沟平顶冰川, 位于亚洲沙尘活动的源区范围内. 化学分析和气象相关性表明, 哈密冰川积雪中发现的厚污化层主要通过春季发生的大气沙尘暴微粒沉积形成. 然而, 对于该区冰川积雪污化层的形成过程和微粒特征仍然不清楚, 亟待进行相关研究. 通过研究接近于成云高度积雪中沉积的微粒数量和浓度, 可以对中亚内陆上空自由对流层粉尘输送的认识提供一个有用依据<sup>[11-13]</sup>.

本文主要研究了近年哈密庙尔沟平顶冰川积雪中微粒的浓度、通量、化学离子组成、粒径分布以及季节差异等特征, 并对研究区大气粉尘随大气气团的来源路径进行了分析.

## 1 实验方法

哈密庙尔沟平顶冰川 ( $43^{\circ}03'N$ ,  $94^{\circ}19'E$ ), 在中国冰川目录上该冰川为庙尔沟 3 号冰川, 位于天山山脉哈尔里克山西连巴里坤山. 2004—2005 年 7—9 月, 在天山哈密庙尔沟平顶冰川积累区不同海拔 (海拔分别是 4450 m, 4510 m 和 4500 m) 共挖了 3 个雪坑 (表 1), 深度范围 0.53 m 至 1.2 m. 采样过程严格按照冰雪采样程序进行<sup>[14]</sup>. 采样时穿洁净的工作服、戴面罩、聚乙烯手套, 使用预先清洁的不锈钢铁铲等. 所挖雪坑底部到达冰面, 采样密度为每 10 m<sup>2</sup> 一个样品, 每个雪样 100 g 共取得 20 多个样品.

样品的储存保持在  $-18^{\circ}\text{C}$  冷冻状态, 在中国科学院冰冻圈科学实验室分析. 微粒的粒度分析使用 Accusizer 780 A 光学粒径检测仪, 可测量微粒的粒径范围是 0.57—400  $\mu\text{m}$ . 分析前使样品在室温下自动融化. 实验从融化、取样、注样到分析整个过程都在洁净等级设计标准为 100 级的超净工作台内完成, 微粒分析和测量的精度在 5% 以内<sup>[14]</sup>. 同时分析了雪样化学离子组成,  $\text{Na}^{+}$  和  $\text{Ca}^{2+}$  等离子浓度由

2009 年 4 月 7 日收稿.

\* 国家重点基础研究发展规划 (973) 项目 (2007CB411501); 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KZCX2-YW-127); 国家自然科学基金项目 (40631001, 40571033, 40701034, 40371028, J0630966); 国家自然科学基金委创新群体项目 (40121101) 资助.

\*\* 通讯联系人, E-mail: happyabea@163.com

用 D10nex600型离子色谱仪测定<sup>[15-17]</sup>, 测试数据误差小于 5%。依照 Wakel 和 Steffensen 等人的方法<sup>[4, 10]</sup>, 计算体积随粒径变化的对数分布, 并用反映微粒正态分布的多项式曲线进行拟合, 其拟合公式为:

$$\frac{dV}{d \lg r} = \frac{V_0}{\sqrt{2\pi} \sigma} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{\lg r - \mu}{\sigma} \right)^2 \right]$$

式中,  $V$  表示微粒的体积;  $r$  是微粒半径, 是微粒粒径  $d$  的一半;  $V_0$  是该粒径范围内微粒对数分布的总体积;  $\sigma$  是正态分布的标准偏差;  $\mu$  是粒径的数学期望值。

## 2 结果与讨论

### 2.1 粉尘颗粒的浓度及通量

表 1 为哈密庙尔沟平顶冰川取样点 2 个雪坑得到的微粒平均数量浓度和质量浓度。分析发现, 哈密庙尔沟平顶冰川 2004 年雪坑 (snowpit1) 和 2005 年雪坑 (snowpit2, snowpit3) 粉尘浓度存在较大差异, 数量浓度和质量浓度之间没有很好的一致性 (表 1)。

表 1 哈密庙尔沟平顶冰川不同雪坑微粒浓度比较

Table 1 Comparison of dust concentration in three sites of eastern Tianshan, China

海拔 /m	0.57 < d < 26 μm		d < 26 μm	
	数量浓度 (×10 <sup>3</sup> ) /个 · m <sup>-3</sup>	质量浓度 /μg · kg <sup>-1</sup>	数量浓度 (×10 <sup>3</sup> ) /个 · m <sup>-3</sup>	质量浓度 /μg · kg <sup>-1</sup>
Snowpit1	4450	166	2838	74
Snowpit2	4510	269	4442	112
Snowpit3	4500	299	4210	116
平均	—	222	3690	94

估算了研究点的粉尘沉积通量。根据取样雪坑的深度、密度和物理化学要素的季节变化来确定年积累量<sup>[15]</sup>, 从而得到雪坑 snowpit1、snowpit2 和 snowpit3 的年净积累率分别约是 210 mm、240 mm、300 mm, 粉尘平均通量分别为 64.6 μg · cm<sup>-2</sup>, 99.8 μg · cm<sup>-2</sup> 以及 115.2 μg · cm<sup>-2</sup>。因而哈密庙尔沟平顶冰川的平均年沉积通量为 92.3 μg · cm<sup>-2</sup>。雪坑之间粉尘沉降的浓度和通量存在显著差异, 造成雪坑之间粉尘浓度和沉积通量差异的主要原因: (1) 研究点受周边粉尘活动影响的年际性差异, 哈密庙尔沟平顶冰川周边沙尘暴活动 2005 年比 2004 年强烈, 因而雪坑 2005 年雪坑受附近沙尘源区影响较大, 表现为质量浓度和通量很大; (2) 局地环境差异, 哈密庙尔沟冰川三个雪坑不同的坡向、海拔, 决定了其中沉降粉尘浓度的差异。

将冰川粉尘沉积的平均浓度、通量与北半球其它区域进行比较<sup>[4]</sup> (表 2), 哈密庙尔沟平顶冰川和位于亚洲内陆的慕士塔格、亚洲南部的达索普冰川以及亚洲东部日本的 Tateyama 山等雪冰中微粒浓度具有相似性, 都有比较高的浓度值和通量。然而, 与北极 Penny 冰帽和 Devon 冰帽等相比, 本研究的浓度值显得很高, 远远高于极地冰雪中的微粒浓度。有研究证实, 粉尘在随大气传输过程中, 距离越远, 粒度分选就会越好, 则雪冰中微粒浓度和沉积通量值越小<sup>[4]</sup>。天山哈密地区的地理位置决定了大气气溶胶粉尘微粒的沉积不会经历很长途径。从沙尘发生到粒度分选, 再到沉积, 大气中微粒浓度的下降程度要远远低于到极地的值。因而在亚洲内陆高海拔冰川积雪中微粒表现出高浓度, 同时反映了雪冰微粒与中亚粉尘源区, 如我国塔克拉玛干沙漠、北方的蒙古沙漠、大戈壁等源区密切的关系, 即中亚粉尘源区对天山哈密庙尔沟平顶雪冰中微粒沉积量上有着决定性的贡献。

天山哈密庙尔沟高海拔雪冰中的离子和粉尘等在沙尘与非活动沙尘季节有着比较明显的差异。图 1 显示了 2005 年雪坑 (Snowpit2) 剖面反映的粉尘微粒浓度季节变化, 发现积雪中的污化层与样品中粉尘颗粒的平均浓度的峰值有着较好的对应关系。天山山区的重要大气环境特征是春季为沙尘活动季节, 而夏秋季为降水较多的非沙尘活动季节。冰川积雪中发现的厚污化层主要通过春季发生的大气沙尘暴颗粒沉积形成。粉尘浓度的高值反应了颗粒含量的大小, 粉尘质量浓度越大, 平均粒径越大, 则

粗颗粒所占比重越大. 这种高浓度和粗颗粒的粉尘受到大气沙尘暴活动作用, 反映出明显的季节变化规律(图 1), 即沙尘与非沙尘季节差异明显, 这种季节变化表明庙尔沟冰川区受到了中亚沙尘活动的重大影响. 粉尘浓度和通量计算结果表明, 哈密庙尔沟平顶冰川受中亚粉尘源区影响很大.

表 2 哈密庙尔沟平顶冰川与北半球不同地区雪冰微粒浓度和通量比较

Table 2 Atmospheric dust concentration and flux in snow and ice in various northern hemisphere sites

研究位置 (山脉/冰川)	海拔高度/m	时间/年	浓度及通量				资料来源
			粒径范围 $\mu\text{m}$	数量( $\times 10^3$ ) $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-1}$	质量 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	通量 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{y}^{-1}$	
哈密庙尔沟冰川	4510	2002—2005	0.57—26	222	3690	92.3	本研究
			1—26	94	1016		
崇则冰帽	6327	1980—1987	1—22	616	8220	607	[11]
慕斯塔格	5910	1990—1992	1—22	276.4	6780	247	[11]
达索普冰川(尼泊尔)	5700	1989—1990	1—13	18.17	379	27	[11]
Tateyama山(日本)	2450	1997—2002	0.1—600			770	[13]
Penry冰帽(北极圈)	1980	1988—1994	0.65—12	31.6	143	4.8	[2]
			1—12	13.7	129	4.4	
Devon冰帽(北极圈)	1800	Last 7000 y	>1	8.3	235	4.2	[12]
Alaska range(美国)	2500	近期			300		[4]
Summit(格陵兰)	3207	近期	0.5—12		46	1	[8]

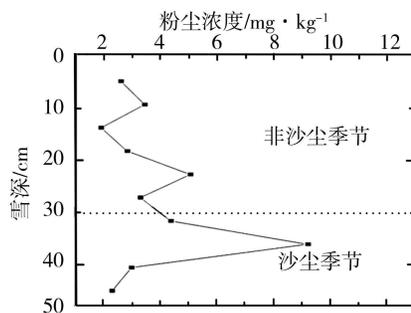


图 1 2005年雪坑 snowpit2剖面粉尘微粒浓度季节变化

Fig 1 Seasonal variation of dust profiles in the snowpit of 2005

## 2.2 积雪中不溶粉尘的离子组成与粒径分布

图 2显示了哈密庙尔沟平顶冰川雪坑剖面离子浓度、 $\text{pH}$ 值和粉尘微粒浓度之间的关系. 由于取样点所处海拔较高(表 1), 雪坑受到消融淋融作用很小, 而且, 雪坑剖面明显的季节变化特征表明了雪坑仍然可以反演积雪沉积时的环境. 图 2中冰雪中不溶微粒的质量浓度剖面能够很好地代表厚污化层. 污化层与  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 等浓度以及电导率剖面之间有很好的对应性. 通过相关系数验证, 它们之间有较好的相关性(表 3), 表明了其来源的一致性. 表层雪和雪坑剖面中  $\text{Ca}^{2+}$ 浓度与微粒浓度的明显相关性说明, 考虑其它源区影响, 积雪中污化层中微粒可以推断为主要来源于周边的中亚内陆粉尘源区, 因为强碱性的  $\text{Ca}^{2+}$ 是来自于亚洲大陆沙漠和黄土地区矿物微粒的一种示踪剂, 是亚洲源区粉尘的指示物质<sup>[1]</sup>.  $\text{Na}^+$ 浓度与电导率的值也与微粒浓度有很好的对应关系, 分析天山山区的周边环境认为, 积雪中大多数的  $\text{Na}^+$ 来自于中亚内陆富含盐矿的沙尘源区, 因为位于亚洲内陆的中国新疆等地有世界上最为丰富的盐矿. 盐矿中的  $\text{Na}^+$ 与  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 的浓度有很好的相关性. 在日本中部 Tateyama山的研究结果是日本高山积雪中污化层与  $\text{Na}^+$ 没有相关性, 本研究结果与其不同, 因为日本高山积雪  $\text{Na}^+$ 主要来源于海洋源<sup>[1]</sup>, 与粉尘沉积没有密切的关系, 而天山庙尔沟地区的大气粉尘带来了大量粉尘源区的  $\text{Na}^+$ .  $\text{pH}$ 值反映了雪坑酸碱性的, 与电导率(ECM)有很好的相关性. 污化层剖面与  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 浓度和  $\text{pH}$ 值、电导率变化一致性及其相关性证明, 积雪中粉尘主要来自于中亚内陆的粉

尘源区, 这些离子随着微粒的沉降而沉积在雪层中.

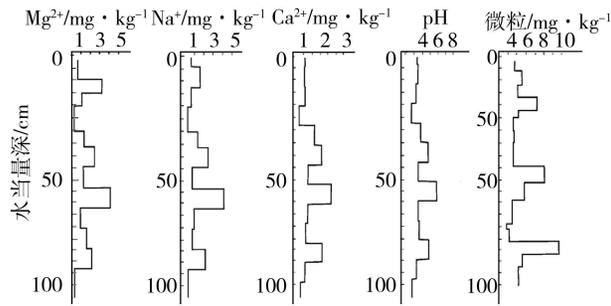


图 2 2005年夏季哈密庙尔沟平顶冰川雪坑离子浓度、PH值和微粒浓度剖面比较

Fig 2 Vertical profiles of ionic concentrations, pH and dust concentration on Miaoergou Glacier in summer 2005

表 3 哈密庙尔沟平顶冰川雪坑离子浓度与微粒浓度的相关系数

Table 3 Correlation coefficient of ions and dust in the snow

	微粒	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	pH	电导率
微粒	—					
Ca <sup>2+</sup>	0.85***	—				
Na <sup>+</sup>	0.62***	0.65**	—			
Mg <sup>2+</sup>	0.49**	0.51**	0.57*	—		
pH	0.58**	0.69	0.75*	0.64*	—	
电导率	0.89*	0.94***	0.52**	0.78***	0.88**	—
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.68**	0.76***	0.53*	0.64**	0.87**	0.85*

\*表示显著性<0.05 \*\*表示显著性<0.001 \*\*\*表示显著性<0.0001

图 3和图 4显示了雪层中微粒的数目粒径和体积 粒径分布. 粉尘微粒的粒径分布研究具有重要的气候意义<sup>[18-22]</sup>. 从数目来看, 微粒数量主要分布在  $d < 2\mu\text{m}$  的范围内 (图 3). 哈密庙尔沟雪坑微粒体积分布的粒径众数介于 3—23  $\mu\text{m}$  (图 4), 分布结构是一种单一模式, 反映了来源的单一性, 说明天山哈密庙尔沟地区微粒主要来源于单一的沙尘源地.

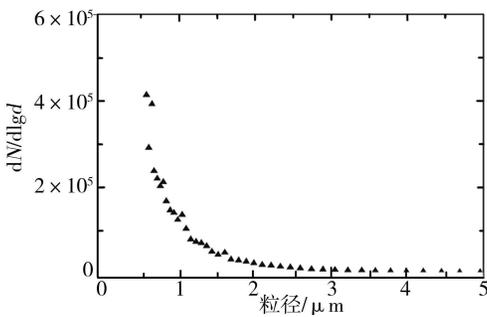


图 3 哈密庙尔沟平顶冰川典型雪坑微粒的数目 粒径对数分布

Fig 3 Number size distribution of dust in the snow samples of Miaoergou glacier

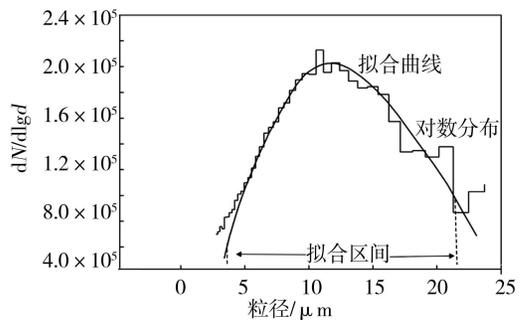


图 4 哈密庙尔沟平顶冰川雪坑微粒的体积 粒径对数分布

Fig 4 Characteristics of volume size distribution obtained from Miaoergou Glacier

尽管粒径分布趋势极其相似, 但是沙尘季节的污化层样品和其它样品 (图 1) 体积 粒径分布的众数值仍有差别 (图 5). 粒径众数值  $\mu$ ; 沙尘期 (曲线 a) 为 13  $\mu\text{m}$ ; 非沙尘期 (曲线 b) 为 12  $\mu\text{m}$ . 沙尘季节相应的粒径众数很大, 对应的粉尘质量浓度很大; 非沙尘季节雪样中的粉尘粒径众数较小, 对应的质量浓度也低. 这是由于季节大气环境的变化以及降水的作用, 使得大气中悬浮的大量粉尘颗粒不断被清除, 浓度不断降低.

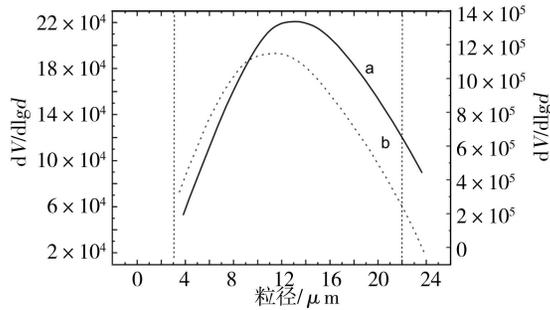


图 5 哈密庙尔沟平顶冰川典型雪坑微粒的体积-粒径对数分布

(a 沙尘季节; b 非沙尘季)

Fig 5 Characteristics of volume size distribution obtained from Hamimiaoergou Glacier

哈密庙尔沟冰川区大气气溶胶 3—5月主要来自于中亚内陆的西北方向, 从干旱沙尘源区带来粉尘; 非沙尘季节 6—9月来自于西南方向帕米尔高原, 可能带来西南印度洋的水汽, 并且下垫面的地质条件, 使得在夏季到达研究区粉尘颗粒相对较少. 已有研究报道大气粉尘远距离传输过程中化学组分的变化, 尤其是单个颗粒性质的变化<sup>[3]</sup>, 结果表明, 如果高浓度的污染物附着在矿物粉尘表面并被传输, 那么大气粉尘中酸性物质如  $\text{SO}_4^{2-}$  等的浓度就会在沙尘活动期间升高, 并且可能与亚洲粉尘中的高碱性  $\text{Ca}^{2+}$  反映结合, 形成稳定的盐类物质, 从而达到中和大气中的酸性物质的效果. 哈密庙尔沟冰川中的  $\text{SO}_4^{2-}$  与  $\text{Ca}^{2+}$  之间的明显相关性(表 3), 说明了这种吸附作用的存在可能性, 这对于大气环境变化有着十分重要的意义, 然而, 对于其过程和作用详细深入的研究需要进一步开展.

### 3 结论

(1) 采集 2004—2005 年夏季天山哈密庙尔沟平顶冰川的雪坑样品进行分析, 冰川积雪中粉尘微粒粒径介于  $0.57 < d < 26 \mu\text{m}$  微粒的平均质量浓度是  $3690 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 粉尘年均沉积通量约  $92.3 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ ; 与北半球其它地区研究相比明显较高; 哈密庙尔沟平顶冰川受中亚粉尘源区影响很大.

(2) 雪坑微粒浓度剖面 and 离子相关性分析表明, 庙尔沟平顶冰川积雪中厚污化层富含亚洲粉尘颗粒的  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Na}^+$  矿物; 微粒体积-粒径分布众数介于  $3\text{—}23 \mu\text{m}$ , 粒径分布显示了单结构模式. 粒径分布反映出明显的季节变化特征, 沙尘季节和非沙尘季节的微粒浓度和粒径分布的众数都表现出明显的差异.

(3) 研究区沙尘与非沙尘季节大气粉尘分别来源于西北和西南方向, 这对大气粉尘的传输和沉降造成很大影响. 同时, 哈密冰川中的  $\text{SO}_4^{2-}$  与  $\text{Ca}^{2+}$  之间的明显相关性, 说明了高碱性  $\text{Ca}^{2+}$  吸附酸性物质作用的存在可能性.

### 参 考 文 献

- [1] Kazuo O, Hajime I, Mizuka KM et al, Mineral Dust Layers in Snow at Mount Tateyama, Central Japan: Formation Processes and Characteristics [J]. *Tellus* 2004, **56** B: 382—392
- [2] Zdanowicz CM, Zielinski GA, Wake CP, Characteristics of Modern Atmospheric Dust Deposition in Snow on the Penny Ice Cap, Baffin Island, Arctic Canada [J]. *Tellus* 1998, **50** B: 506—520
- [3] Prospero JM, Ginoux P, Torreso et al, Environmental Characterization of Global Sources of Atmospheric Solid Dust Identified with the Nimbus 7 Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) Absorbing Aerosol Product [J]. *Reviews of Geophysics* 2002, **40** (1): 1—30
- [4] Gao Y, Arimoto RM, Zhou Y et al, Relationships between the Dust Concentrations over Eastern Asia and the Remote North Pacific [J]. *Journal of Geophysical Research* 1992, **97** D9: 9867—9872
- [5] Thompson EM, Thompson LG, Glaciological Interpretation of the Microparticle Concentration in the 905-Meter Dome C Core [J]. *Antarctic Journal of the United States* 1980, **11**: 71—75
- [6] Oerlemans J, Anderson B, Hubbard A et al, Modeling the Response of Glaciers to Climate Warming [J]. *Climate Dynamics* 1998, **4**: 267—274

- [ 7 ] Prospero J M Uematsu M Savoie D L Marine Aerosol Transport to the Pacific Ocean [ J ] . Chemical Oceanography 1989 10 : 188—218
- [ 8 ] Steffensen J P The Size Distributions of MicroParticle from Selected Segments of the Greenland Ice Core Project Ice Core Representing Different Climatic Periods [ J ] . Journal of Geophysical Research 1997 102 ( C12 ) : 26755—26763
- [ 9 ] Thompson L G Wayne L Climato logical Implications of MicroParticle Concentrations in the Ice Core from “Byrd” Station Western Antarctica [ J ] . Journal of Glaciology 1975 14 ( 72 ) : 433—444
- [ 10 ] Uematsu M Duce R A Prospero J M et al. Transport of Mineral Aerosol from Asia over the North Pacific Ocean [ J ] . Journal of Geophysical Research 1983 88 : 5343—5352
- [ 11 ] Wake C P Mayewski P A Li Z et al. Modern Eolian Dust Deposition in Central Asia [ J ] . Tellus 1994 46B : 220—223
- [ 12 ] Wang S Gong D Zhu J Twentieth-Century Climatic Warming in China in the Context of the Holocene [ J ] . The Holocene 2001 11 ( 3 ) : 313—321
- [ 13 ] 邬光剑, 姚檀栋, 冰芯中不溶微粒的研究进展 [ J ] . 冰川冻土, 2005 27 ( 4 ) : 528—538
- [ 14 ] 朱宇漫, 李忠勤, 尤晓妮, 利用光学粒径检测仪测定雪冰样品中的微粒 [ J ] . 现代科学仪器, 2006 3 : 81—84
- [ 15 ] 李忠勤, 王飞腾, 朱国才等, 天山庙尔沟平顶冰川的基本特征和过去 24 年间的厚度变化 [ J ] . 冰川冻土, 2006 29 ( 1 ) : 61—65
- [ 16 ] 尤晓妮, 李忠勤, 王飞腾等, 乌鲁木齐河源 1 号冰川不溶微粒的季节变化特征 [ J ] . 地球科学进展, 2006 21 ( 11 ) : 1164—1170
- [ 17 ] 李宗省, 何元庆, 阮玲玲等, 丽江市降水中常量离子的化学特征 [ J ] . 环境化学, 2008 27 ( 5 ) : 648—654
- [ 18 ] 邬光剑, 姚檀栋, 徐柏青等, 慕士塔格冰芯中大气粉尘记录的季节变化 [ J ] . 科学通报, 2008 53 ( 13 ) : 1576—1581
- [ 19 ] 王宁练, 姚檀栋, 羊向东等, 冰芯和湖泊沉积记录所反映的 20 世纪中国北方沙尘天气频率变化趋势 [ J ] . 中国科学 D 辑, 2007 37 ( 3 ) : 378—385
- [ 20 ] 王宁练, Thompson L G Davis M E 等, 近 1000 年来青藏高原南部和北部大气尘埃载荷变化的冰芯记录 [ J ] . 第四纪研究, 2006 26 ( 5 ) : 752—761
- [ 21 ] 张苗云, 王世杰, 洪水等, 大气降水化学的统计学分析——以浙江省金华市为例 [ J ] . 环境化学, 2007 26 ( 5 ) : 699—703
- [ 22 ] 林雨霏, 刘素美, 纪雷等, 黄海西部春、夏季湿沉降常量离子化学特征研究 [ J ] . 环境化学, 2005 24 ( 5 ) : 617—619

## CHARACTERISTICS OF WATER INSOLUBLE DUST DEPOSITION IN SNOW ON THE MIAOERGOU GLACIERS IN TIANSHAN, CHINA

DONG Zhi-wen<sup>3</sup> LI Zhong-qin<sup>2</sup> ZHANG Ming-jun<sup>2</sup> WANG Wen-bin<sup>1</sup> WANG Fei-teng<sup>1</sup>

(1 The State Key Laboratory of Cryospheric Sciences Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute / Tianshan Glaciological Station CAS Lanzhou 730000 China 2 College of Geography and Environment Science Northwest Normal University Lanzhou 730070 China 3 Graduate University of Chinese Academy of Sciences Beijing 100049 China)

### ABSTRACT

Deposition of atmospheric dust was measured in snow deposited on Miaoergou Glacier in Hami in Tianshan Mountains China. Mean mass concentration of micro-particles with  $0.57 < d < 26 \mu\text{m}$  in the snowpack is  $3690 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Dust flux to the glacier is about  $92.3 \mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$  for particles. Dust layers in the snow cover contain Ca-rich materials typically found in Asian dust particles. Vertical profile of  $\text{Na}^+$  concentration in the snowpack is also very similar with dusts. Volume size distributions of dust particles in the snow showed single-modal structures having volume median diameters from 3— $23 \mu\text{m}$ . Backward trajectory was also employed to examine the transport process of air mass in this region.

Keywords: Miaoergou Glacier glacier snow atmospheric dust characteristics