

文章编号:1000-0240(2002)02-0186-06

乌鲁木齐河源区水体和大气气溶胶化学成分研究

孙俊英, 秦大河, 任贾文, 李忠勤, 侯书贵

(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, 甘肃 兰州 730000)

摘 要:对天山乌鲁木齐河源区采集的大气气溶胶、大气降水、积雪和径流样品中的主要离子(Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , 其中降水中未测定 NH_4^+)的测定结果进行分析和讨论。结果表明, 所测阳离子当量浓度总和为所测阴离子当量浓度总和的2~8倍, 认为缺失阴离子主要为 HCO_3^- , 因此, HCO_3^- , Ca^{2+} 是各种水体及气溶胶的主导阴、阳离子。在采样时段各种水体中的离子浓度顺序为乌鲁木齐河源1号冰川径流>总控径流>空冰斗径流>降水>积雪, 积雪和降水样品的pH值接近中性, 径流样品明显偏碱性。通过比较不同水体中的离子浓度, 了解到干、湿沉积、积雪淋溶对不同水体中离子浓度的改变及影响。

关键词:乌鲁木齐河源区; 气溶胶; 大气降水; 径流

中图分类号: P426.61⁻² **文献标识码:** A

1 引言

高山区季节积雪初融时, 融水中的离子浓度异常高, 可达全年水平平均值的10倍左右, 这就是所谓的“离子脉冲”现象^[1]。由此而导致的上游河水酸化事件及对水、陆地生态系统造成的影响在北美和北欧广为研究, 而这方面的研究在多变的中亚地区还相当薄弱。前人^[2~10]曾对乌鲁木齐河源区积雪和径流的化学成分、大气降水的化学特征、“离子脉冲”现象有所报道, 并对冬季积雪淋溶作用的主要影响因素进行了探讨。但由于各类样品采集的时间不尽相同, 系统性不够。1996年5~6月间, 我们系统采集了乌鲁木齐河源区冰川表面积雪、融水径流、降水、气溶胶等样品, 本文就这些样品的主要离子的测定结果进行分析, 并对各种介质中离子组成的相互关系给予讨论。

2 采样地点及采集过程

乌鲁木齐河源区位于天山中部喀拉乌成山脉北坡, 西起天格尔峰, 东到望峰道班附近, 包括罗卜

道沟、琼萨尔萨依沟等4条支谷在内, 海拔均在3000 m以上。该区为典型的大陆性气候, 年平均气温-5.4℃, 年降水量470 mm, 其中66%集中于夏季(6~8月)。受地形影响, 山风谷风的转换较为频繁, 春夏季上午山风次数大于谷风, 傍晚时分谷风次数大于山风, 这有利于将后峡镇附近的污染物传输到河源区。后峡镇位于河源区东北方向约50 km, 附近有跃进钢铁厂和水泥厂。

大气气溶胶样品于天山乌鲁木齐河源1号冰川(以下简称1号冰川)东支海拔4030 m处采集, 通过太阳能驱动12V直流泵完成。采样膜是孔径为2 μm , 直径47 mm的Zeflour Teflon滤膜, 采样体积用在线体积流量计测量, 采样期间每隔1 h测量1次大气压和温度值, 用以计算流经滤膜的空气的标准体积。采样时的平均流速为每小时1.27 m³(标准状态), 气溶胶样品的抽气量从2.28 m³到13.6 m³不等, 主要取决于天气状况^[9]。在野外将滤膜装入采样头, 采样时采样膜离雪面1.5 m, 面朝下; 采样结束后, 立即将膜从采样头中取出, 置于干净的容器内。装卸膜时为减少污染, 操作者戴一次性塑

收稿日期: 2001-05-30; 修订日期: 2001-10-26

基金项目: 中国科学院知识创新工程项目(KZCX2-305); 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(CACX210046; CACX210506); 中国科学院天山冰川观测试验站基金; 中国科学院冰冻圈动态变化基础研究(三期); 中国科学院留学经费择优支持回国工作基金资助

作者简介: 孙俊英(1969—), 女, 河北南官人, 研究员, 1994年在兰州大学化学系获理学硕士学位, 现为中国科学院寒区旱区环境与工程研究所博士生, 主要从事雪冰化学与环境研究。E-mail: jysun@ns.lzb.ac.cn

料手套, 且面朝上风向。

积雪样品采集于 1 号冰川东支海拔 4 030 m, 距气溶胶采样点为 50~100 m, 采样时按雪层剖面分层取样, 将样品装入洁净塑料袋内, 待其自然融化后装入样瓶。

大气降水采样点为天山冰川观测试验站高山营地(海拔 3 545 m), 该处距 1 号冰川末端约 2 km, 降水开始后应立即将事先用蒸馏水洗净的镀瓷器皿置于约 0.5 m 高的支架上收集, 降水结束后, 用样品冲洗样瓶 3 遍后装样。如果为降雪, 待其在室温下自然融化后, 进行同样处理。

径流样品采集于 1 号冰川水文点、空冰斗水文点和总控水文点, 直接用采样瓶采集, 采样时间为北京时间 14:00。1 号冰川水文点位于 1 号冰川冰舌末端下游 315 m, 海拔 3 695 m, 控制面积 3.34 km²。空冰斗水文点位于空冰斗排水道上, 海拔 3 805 m, 控制面积 1.68 km²。总控水文点位于罗卜道沟与大西沟汇合处, 海拔 3 408 m, 控制面积 28.9 km² (其中冰川面积约 5.6 km²)。图 1 给出各采样点的位置。

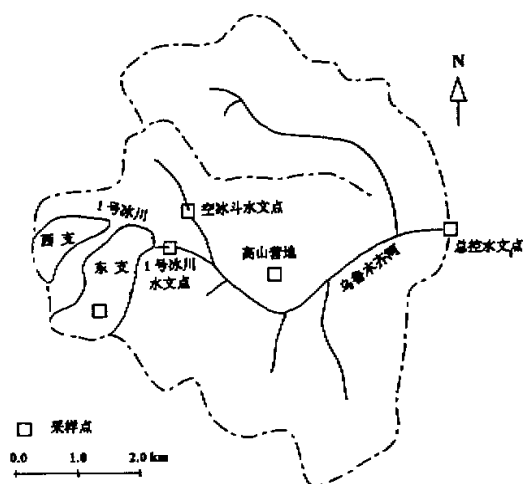


图 1 乌鲁木齐河源区采样地点位置示意图

Fig. 1 Map showing the sampling sites at the headwaters of the Ürümqi River

积雪、降水、径流样品从野外运回后于 -15 °C 低温保存, 分析前取出样品, 待自然融化后分析。

3 样品分析过程

气溶胶样品及空白膜首先用 200 μ L 光谱纯乙醇润湿, 然后用 25 mL 超纯水提取, 用力振荡 10 min, 溶液直接用于分析, 色谱条件为阳离子: CS12

分析柱, 22 mM MSA 淋洗液, 阳离子自身抑制器, 25 μ L 样品管; 阴离子: AS11 分析柱, 6.3 mM NaOH 淋洗液, 7.2 mM H₂SO₄ 再生液, 125 μ L 样品管。实验室空白膜的平均浓度 (μ eq $\cdot$ L⁻¹): Na⁺ (0.43), NH₄⁺ (0.08), K⁺ (0.06), Mg²⁺ (0.07), Ca²⁺ (0.48), Cl⁻ (0.05), NO₃⁻ (0.02), SO₄²⁻ (0.03), 其含量比样品浓度低 3~50 倍, 文中样品浓度已扣除空白值, 其分析工作在美国新罕布什尔大学气候变化研究中心内完成。

大气降水、积雪、径流样品的分析工作于冰芯与寒区环境重点实验室室内完成。降水样品中 Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺ 使用 PE-2380 原子吸收光谱仪测定, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻ 使用 Dionex-100 型离子色谱测定, 积雪、径流样品中阴阳离子均使用 Dionex-300 型离子色谱仪测定, 阳离子分析条件同上, 阴离子分析条件如下: AS4A-GC 分析柱, AG4A-GC 保护柱, 1.7 mM NaHCO₃/1.8 mM Na₂CO₃ 淋洗液, 阴离子自身抑制器, 200 μ L 样品管。

4 结果与讨论

表 1 给出了采样时段内乌鲁木齐河源区不同水体及气溶胶的离子浓度的平均值, 可以看出, 所测阳离子浓度总和 (Σ^+) 是所测阴离子浓度总和 (Σ^-) 的 2~8 倍; 各种水体中的离子浓度总和顺序为 1 号冰川径流 > 总控径流 > 空冰斗径流 > 降水 > 积

表 1 天山乌鲁木齐河源区大气气溶胶、降水、积雪和径流的平均离子浓度 (μ eq $\cdot$ L⁻¹)

Table 1 Mean ionic concentration of aerosol, precipitation, snow and runoff at the headwaters of the Ürümqi River

	气溶胶 (μ eq $\cdot$ m ⁻³)	降水 (n=32)	积雪 (n=79)	1号冰川 径流 (n=4)	空冰斗 径流 (n=41)	总控径流 (n=40)
pH		6.91	6.92	7.71	7.51	7.69
Na ⁺	10.68	35.64	14.45	44.74	53.06	59.46
NH ₄ ⁺	14.91		4.41	1.97	1.63	1
K ⁺	1.47	7.07	5.35	40.24	9.58	20.48
Mg ²⁺	6.36	24.09	34.15	131.3	102.9	150.99
Ca ²⁺	68.15	125.7	110.32	936.97	499.32	792.36
Cl ⁻	9.94	22.52	14.58	31.07	55.95	44.22
NO ₃ ⁻	9.82	10.78	1.31	18.23	26.74	16.07
SO ₄ ²⁻	25.33	54.41	5.62	240.55	48.33	96.06
HCO ₃ ⁻	56.47	104.78	147.15	865.37	535.03	867.95
Σ^+	101.56	192.5	168.67	1155.22	666.06	1024.3
Σ^-	45.09	87.71	21.52	289.85	131.03	156.35
Σ^+/Σ^-	2.25	2.19	7.84	3.99	5.08	6.55

注: $\Sigma^+ = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{NH}_4^+$; $\Sigma^- = \text{Cl}^- + \text{NO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$; $\text{HCO}_3^- = \Sigma^+ - \Sigma^-$ 。

表 2 各种水体及气溶胶中的离子浓度顺序

Table 2 The order of ionic concentration of aerosol, precipitation, snow and runoff at the headwaters of the Ürümqi River

气溶胶	$\text{Ca}^{2+} > \text{NH}_4^+ > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$	$\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^-$
降 水	$\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$	$\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^-$
积 雪	$\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{NH}_4^+$	$\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^-$
1号冰川径流	$\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{NH}_4^+$	$\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^-$
空冰斗径流	$\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{NH}_4^+$	$\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^-$
总控径流	$\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{NH}_4^+$	$\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^-$

雪。前人的研究表明^[5,8]该区积雪和冰川冰的水化类型为 $\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+}$, Mg^{2+} , 也就是说积雪和冰川冰中阴离子以 HCO_3^- 占绝对优势。Whilliams *et al.*^[4,7]认为该区径流中 HCO_3^- 是主导的阴离子。该区 14m 的冰芯中生物有机酸的研究结果表明^[11], 乙酸的浓度最大(平均值为 $6.0 \mu\text{eq} \cdot \text{L}^{-1}$), 甲酸的浓度次之(平均值为 $1.3 \mu\text{eq} \cdot \text{L}^{-1}$), 其它有机酸的含量极微。与该区主要阴阳离子的浓度相比, 有机酸对该区水体中离子浓度总量的贡献较小。表 1 显示该区各种水体的 pH 值接近中性或略偏碱性, 说明该区各种水体中 H^+ 的浓度亦很低。尽管本文所用样品均未测 HCO_3^- , 但是由于 H^+ , HCOO^- , CH_3COO^- 等对离子平衡的贡献较小, 可近似认为 HCO_3^- 的浓度为所测阴、阳离子浓度之和的差值 ($\text{HCO}_3^- = \Sigma^+ - \Sigma^-$)。

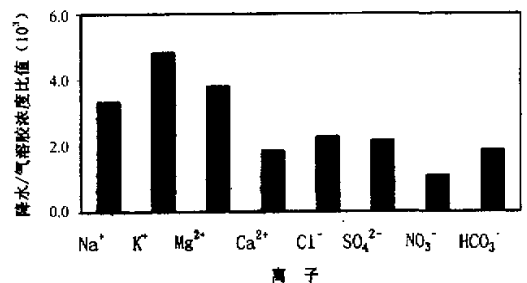
由此可见, 对各种水体及气溶胶来说, HCO_3^- , Ca^{2+} 都是主导的阴、阳离子, 分别占阴、阳离子总量的 55%~87% 和 65%~81%, 但各种离子浓度的排列顺序不尽相同(表 2)。气溶胶与降水中各种离子的排列顺序相同, 积雪和径流样品中阳离子的排列顺序亦相同, 但阴离子 SO_4^{2-} 与 Cl^- 的排列顺序有差异。气溶胶中 NH_4^+ 是一个贡献较大的阳离子, 积雪和径流中 NH_4^+ 的贡献很小, 降水中没有测定 NH_4^+ 的浓度。Galloway *et al.*^[12]报道中国北部地区降水中 NH_4^+ 的浓度一般比其它地区降水中的浓度高。本地区潜在的 NH_3 的来源有碱性土壤释放、动物粪便等, 估计本地区降水中 NH_4^+ 的浓度亦应较高。气溶胶和降水中 Na^+ 含量大于 Mg^{2+} , SO_4^{2-} 的含量大于 Cl^- , 而积雪及径流样品中的 Mg^{2+} 含量大于 Na^+ , 积雪及空冰斗径流中 Cl^- 含量大于 SO_4^{2-} , 1 号冰川径流、总控径流中 SO_4^{2-} 含量大于 Cl^- , 造成各种离子顺序改变的原因可能是: 1) 干沉积对各种离子的补给不同; 2) 积雪融

化时不同离子的淋溶强度不同; 在不同的条件下, 各种离子的淋溶顺序不尽相同, 但总体上讲 SO_4^{2-} , NO_3^- 较 Na^+ , Cl^- 更易被淋溶; 3) 融水流经土壤和碎屑岩石时, 各种离子被吸附的程度及释放的机制不同。另外, 还有可能与采样时段及采样时段的大气降水的补给有关。

降水及积雪样品的 pH 值接近中性(6.91), 径流样品的 pH 值偏碱性(7.5~7.7), 这与刘凤景等^[3]报道空冰斗雪坑及径流的结果一致, 说明积雪融化时, 融水在流出过程中, 与下伏土壤和碎屑岩石相互作用, 造成径流 pH 值的增加。

大气气溶胶和大气降水是两种不同的介质, 其离子浓度的单位不同, 因此通过离子浓度的直接比较想给出确切的结论不够现实。然而, 对这两种介质来说, 所测阳离子浓度总和都是所测阴离子浓度总和的 2 倍多(表 1), 这说明大气降水和大气气溶胶基本上能较为一致地反映了大气的状况, 尽管各种离子的相对比值不同(图 2)。相对于气溶胶而言, 降水中富集 K^+ , Mg^{2+} , Na^+ , 这说明降水对 K^+ , Mg^{2+} , Na^+ 这些离子的清除效率比较高^[13]。

除 Mg^{2+} 之外, 降水中其它离子的浓度均大于

图 2 大气降水和大气气溶胶离子浓度比值(10^3)Fig. 2 The mean ionic concentration ratio of precipitation to aerosol (10^3)

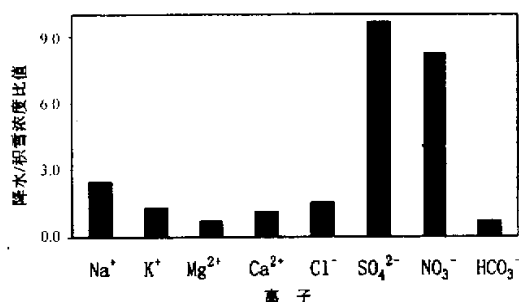


图3 大气降水和积雪离子浓度比值

Fig. 3 The mean ionic concentration ratio of precipitation to snow

积雪, 降水与积雪中 SO_4^{2-} , NO_3^- 的比值远大于 Cl^- , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} 的比值(图3)。我们知道, 大气降水是冰川的物质来源, 然而冰川表层积雪中离子的浓度是由干、湿沉降、粒雪化过程、淋溶事件等共同作用的结果。大量研究报道不同离子的淋溶顺序不同, 一般认为 $\text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- > \text{Cl}^-$, $\text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Na}^+$ 。 SO_4^{2-} 和 NO_3^- 较强的淋溶作用导致其在积雪中的浓度较低, 因此它们在降水和积雪的浓度比值较大, 也正是因为 SO_4^{2-} 较强的淋溶作用改变了积雪中 Cl^- 和 SO_4^{2-} 的浓度顺序。对于阳离子来说, 在采样时段内, 亚洲尘暴的活动增加了雪层中的尘埃颗粒, 在反复冻融过程中颗粒物的溶解增加了阳离子的含量, 与部分淋溶作用抵消, 造成降水及积雪中浓度相似。积雪样品中有一明显的尘埃层, 出现于1996年5月25~26日, 其 Mg^{2+} ($227 \mu\text{eq} \cdot \text{L}^{-1}$)、 Ca^{2+} ($417 \mu\text{eq} \cdot \text{L}^{-1}$)、 K^+ ($8.4 \mu\text{eq} \cdot \text{L}^{-1}$) 的浓度分别为积雪平均浓度的7、4、1.6倍。其它离子的浓度均低于积雪的平均浓度; 可见尘埃对积雪中 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 K^+ 含量的贡献很大。尽管 Mg^{2+} 和 Ca^{2+} 的淋溶强度比 Na^+ 大, 但是尘埃的补给量更大, 因此积雪和径流样品中出现了 Mg^{2+} 大于 Na^+ 的结果。

1号冰川径流与积雪中的各种离子的浓度比值相差很大(图4), SO_4^{2-} 的比值异常高, Na^+ , Cl^- 的比值最小, Ca^{2+} , HCO_3^- 的比值(8.5, 5.9)与刘风景等^[3]报道的空冰斗径流与积雪的比值(8.2, 6.7)一致。可是, 本研究中 SO_4^{2-} 的比值(42.8)为空冰斗径流与积雪的比值(6.8)的6.4倍, 而空冰斗径流与积雪中 Mg^{2+} 的比值(11.5)是本研究中 Mg^{2+} 的比值(3.85)的3倍。这可能是两处水文点所反映的过程不尽相同造成的。空冰斗流域为季节积雪^[14, 15], 控制融雪径流的因素除积雪淋溶作用

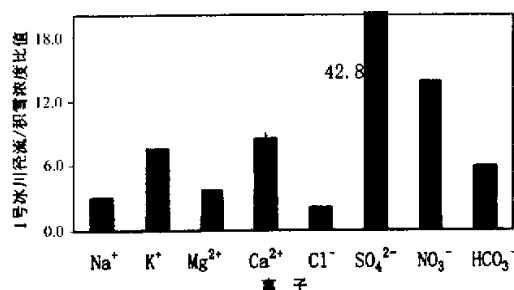


图4 1号冰川径流和积雪离子浓度比值

Fig. 4 The mean ionic concentration ratio of runoff from the Glacier No. 1 to snow

外, 冻土活动层的参与亦很重要, 而对1号冰川而言, 冻土活动层的参与程度可能较弱。另外, 采样时段大气降水的补给, 亦可影响径流和积雪的浓度比值, 更为详尽的过程有待进一步研究。

5 结论

本文报道了天山乌鲁木齐河源区大气气溶胶、大气降水、积雪和径流的化学成分, 结果表明, 该区各种水体及气溶胶都接近中性或偏碱性。尽管这一地区离人为活动区较近, 而且气象条件有利于将污染物传输到河源区, 但是“酸雨”事件并未在这一地区发生。这说明该地区的缓冲能力较强, 大气中的碱性颗粒物和 NH_3 ^[16] 可能起了重要作用。大气降水和大气气溶胶中所测阳离子浓度总和是所测阴离子浓度总和的2倍多的事实说明该区的大气环境呈碱性, 而且大气气溶胶和大气降水基本上反映了大气的状况, 降水相对于气溶胶来说富集 K^+ , Mg^{2+} , Na^+ , 说明大气降水对这些离子有较高的清除效率; 淋溶作用对积雪中的 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 的浓度影响很大而干沉积有效地增加了 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 的浓度; 径流中的离子浓度除受淋溶作用及干、湿沉积共同作用外, 还受水文过程等的影响。以上结论是基于短期的资料而得出的, 长期且系统的工作将更加有效地揭示各种过程的影响因素。

参考文献 (References):

- [1] Johannessen M, Henriksen A. Chemistry of snow meltwater during melting [J]. *Water Resource Research*, 1978, 14: 615-619.
- [2] Liu Fengjing, Mark Williams, Cheng Guodong, et al. Preliminary studies on the ionic pulse of snowmelt runoff in the Ürümqi River, Xinjiang, Northwest China [J]. *Chinese Science Bulletin*, 1997, 42(19): 1 643-1 646.
- [3] Liu Fengjing, Ye Baisheng, Yang Daqing, et al. Components

- and sources of ions within the streamwater and snowpack in an ice-free cirque at the headwaters of the Ürümqi River, Tianshan Mountains [A]. Proceeding of the Fifth Chinese Conference on Glaciology and Geocryology (Vol. 1) [C]. Lanzhou: Gansu Culture Press, 1996. 515-521. [刘风景, 叶佰生, 杨大庆, 等. 天山乌鲁木齐河空冰斗积雪和径流离子成分及其来源[A]. 第五届全国冰川冻土学大会论文集(上)[C]. 兰州: 甘肃文化出版社, 1996. 515-521.]
- [4] Williams M W, Daqing Yang, Fengjing Liu, *et al.* Controls on the major ion chemistry of the Ürümqi River, Tian Shan, People's Republic of China [J]. *Journal of Hydrology*, 1995, 172: 209-229.
- [5] Luo Hongzhen. Hydrochemical features of the No. 1 Glacier in the source region of Ürümqi River, Tianshan [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 1983, 5(2): 55-64. [骆鸿珍. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川的水化学特征[J]. 冰川冻土, 1983, 5(2): 55-64.]
- [6] Wake C P, Mayewski P A, Wang Ping, *et al.* Anthropogenic sulfate and Asian dust signals in snow from Tien Shan, north-west China [J]. *Annals of Glaciology*, 1992, 16: 45-52.
- [7] Williams M W, Tonnessen K A, Melack J M, *et al.* Sources and spatial variation of the chemical composition of snow in the Tien Shan, China [J]. *Annals of Glaciology*, 1992, 16: 25-32.
- [8] Wang Ping. Preliminary chemical study on snow and ice in Mountain Glaciers of China [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 1986, 8(1): 40-51. [王平. 我国冰川的雪冰化学研究[J]. 冰川冻土, 1986, 8(1): 40-51.]
- [9] Hou Shugui. Chemical characteristics of precipitation at the headwaters of the Ürümqi River in the Tianshan Mountains [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2001, 23(1): 80-84. [侯书贵. 乌鲁木齐河源区大气降水的化学特征[J]. 冰川冻土, 2001, 23(1): 80-84.]
- [10] Hou Shugui. Preliminary results of ion elution experiments of winter snow at the headwaters of the Ürümqi River [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2000, 22(4): 362-365. [侯书贵. 乌鲁木齐河源冬季积雪淋溶作用的实验结果[J]. 冰川冻土, 2000, 22(4): 362-365.]
- [11] Lee Xinqing, Dahe Qin, Zhou Hui. Organic acids, differences in ice core records between Glacier 1, Tianshan, China and the polar areas [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2001, 46(1): 80-82.
- [12] Galloway J N, Zhao Dianwu, Xiong Jiling, *et al.* Acid rain: China, United States, and a remote area [J]. *Science*, 1987, 236: 1559-1562.
- [13] Sun Junying, Dahe Qin, Mayewski P A, *et al.* Soluble species in aerosol and snow and their relationship at Glacier No. 1, Tien Shan, China [J]. *Journal of Geophysical Research*, 1998, 103(D21): 28021-28028.
- [14] Yang Zhenjiang, Woo M K, Wang Qiang, *et al.* Slope hydrology in permafrost area of the cirque at the headwaters of the Ürümqi River [R]. Annual Report of Tianshan Glaciological Station, Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, Chinese Academy of Sciences, 1996, 13: 13-22. [杨钊康, 胡鸣高, 王强, 等. 天山乌鲁木齐河空冰斗多年冻土区山坡水文过程[R]. 天山冰川观测试验站年报, 1996, 13: 13-22.]
- [15] Hou Shugui. A Study of the Modern Environmental Processes of Glaciers in the Western Part of China and Its Significance [D]. Lanzhou: Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, Chinese Academy of Sciences, 1997. [侯书贵. 中国西部山地冰川的现代环境过程研究及其意义[D]. 兰州: 中国科学院兰州冰川冻土研究所博士论文, 1997.]
- [16] Zhai Dianwu, Sun Bozen. Air pollution and acid rain in China [J]. *AMBIO*, 1986, 15: 2-5.

A Study of Water Chemistry and Aerosol at the Headwaters of the Ürümqi River in the Tianshan Mountains

SUN Jun-ying, QIN Da-he, REN Jia-wen, LI Zhong-qin, HOU Shu-gui

(Key Laboratory of Ice Core and Cold Regions Environment, CAREERI, CAS, Lanzhou Gansu 730000, China)

Abstract: Aerosol, precipitation, snow and runoff samples were collected from the headwaters of the Ürümqi River from May to June 1996. The measurement of major anions and cations (Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+), and pH has been made for these samples, except that ammonium has not been done for precipitation samples. pH measurements show that snow and precipitation samples are near to neutral while runoff samples are slightly alkaline. It is found that the sum of measured cations is 2 to 8 fold of measured anions in equivalent unit for aerosol, precipitation, snow and runoff samples. The fact that the measured cations in aerosol exceed the measured anions also suggests that the atmosphere is alkaline over the glacier. According to the previous studies over this area, the missing anion is assumed to be bicarbonate. Thus, bicarbonate and calcium are the dominant anion and cation, respectively, for aerosol, precipitation, snow and runoff samples in this

area. The total ionic concentration in various waters is in the order: runoff below the Glacier No. 1 > runoff at the control point > runoff below the ice free cirque > precipitation > snow. However, the order of the concentration for different ions is not the same for these waters and aerosol, e. g., $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{NH}_4^+$ for snow and runoff samples, $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$ for aerosol and precipitation samples, while $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^-$ for aerosol, precipitation, runoff below the Glacier No. 1 and at the control point, $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^-$ for snow and below the ice free cirque. Through the comparison of ionic concentration in different waters, the effect of some processes, such as wet deposition, dry deposition, preferential elution etc, on the certain ionic concentration in the waters is revealed. For example, preferential elution results in lower concentration of SO_4^{2-} and NO_3^- and dry deposition enhances concentration of Mg^{2+} , Ca^{2+} and K^+ in snow.

Key words: aerosol; precipitation; runoff; Ürümqi River