

研究论文

南极洲伊丽莎白公主地区两雪坑内 环境气候时间序列记录初步研究^{*}

张明军¹ 李忠勤¹ 秦大河¹ 李军² 慕富强¹

(中国科学院兰州冰川冻土研究所, 兰州 730000; 澳大利亚南极局南极研究中心, 霍巴特 7001, 澳大利亚)

提要 对1996/1997年中国首次南极内陆冰盖考察获得的南极洲伊丽莎白公主地区两个雪坑样品的阴离子、阳离子和 $\delta^{18}\text{O}$ 进行对比分析, 结果表明 NO_3^- 的浓度变化和 $\delta^{18}\text{O}$ 的变化同相, Cl^- 的浓度变化和 $\delta^{18}\text{O}$ 的变化异相, 两者的变化和 $\delta^{18}\text{O}$ 的变化一样, 都形成明显的季节变化层, 这为研究者在本地区冰盖内划分年层、建立时间序列提供了重要的依据, 但与之相反的是, 各种阳离子的时间序列却不明显。另外, 两个雪坑中的 ssSO_4^{2-} 在1995/1996和1993/1992都表现出非常高的浓度值, 很可能是1991年6月和1991年8月的Pinatubo火山和Cerro Hudson火山的爆发在本地区冰雪中的反应。

关键词 伊丽莎白公主地 阴离子 阳离子 $\delta^{18}\text{O}$ 火山爆发

1 引言

浅层雪坑内的主要阴、阳离子含量的分析研究, 可获得现代环境气候条件下高分辨率、短时间序列环境气候变化的精细记录。从理论上讲, 如果在一个物质平衡年的雪层中采样数不少于5个, 则可获得以季节为周期的时间序列变化的记录。这种分辨率, 加上90年代条件下高精度、高灵敏度的测试仪器, 使浅层雪坑内的记录研究对全球变化研究的贡献在各类沉积物中独占鳌头, 使冰川化学在环境气候研究中的若干方面保持了独特的优势。但也存在不少问题, 例如, 南极冰盖浅层雪坑内时间序列的确定, 即年层划分问题, 长期以来一直是困扰冰川学家的难题, 又如, 主要阴、阳离子沉积到雪层后变化过程, 即现代环境过程的研究也是一个薄弱环节。只有较好地解决这些难题, 雪坑乃至冰芯内的记录之真实性、可靠性才能得到保证, 冰川化学在全球变化研究中的地位才能巩固, 其研究也就更有意义(秦大河, 1995)。

^{*} 国家自然科学基金(49771022)、国家科技攻关计划(98-927)和中国科学院9重大项目A(KZ951-A1-205)资助项目

近年来,南极冰盖业已完成的雪坑雪层内高分辨率冰川化学分析的地点逐渐增多(如南极点、Dome G Vostok站等),但与面积广大,自然地理条件复杂的南极洲相比而言,这方面的资料还是太少。下面,本文将以中国首次南极内陆冰盖考察的地区——南极洲伊丽莎白公主地区两个雪坑内的冰川化学资料进行讨论。

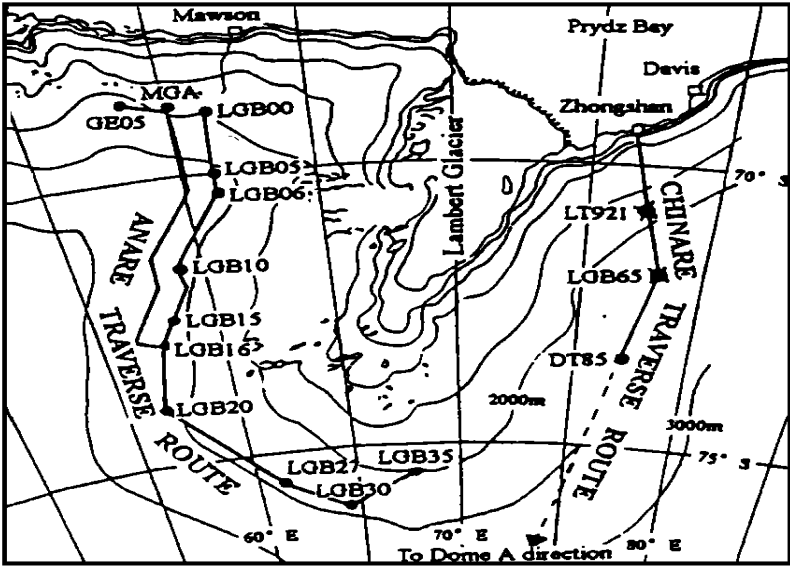


图 1 中国首次南极内陆冰盖 (1996/1997)考察路线图。LT921和 LGB65为两雪坑挖取地点
Fig. 1. Map showing the route of the Chinese First Antarctic Interior Traverse 1996/1997. LT921 and LGB65 represent the location of the two snow pits.

本文主要作者之一李忠勤研究员参加了 1996/1997年期间中国首次南极内陆冰盖考察,这一考察是国际横穿南极科学考察计划 (ITASE) 的重要组成部分,其主要目标是完成我国中山站至 Dome A方向内陆 300km的科学考察任务(如图 1所示),而以中山站至 Dome A为轴线的南极大扇形区是南极冰盖研究的薄弱地区,因此,从中山站至 Dome A方向的大断面考察是填补这一薄弱区的关键剖面,考察所获得的冰川化学资料也是完善整个南极洲冰川化学资料的关键资料。

2 样品的采集和分析

在本次考察中,李忠勤研究员分别在 LT921处和 LGB6处挖了两个深 2.5m和 3.5m的雪坑(如图 1所示),沿雪坑从上至下每隔 3cm用不锈钢小铲进行高密度连续取样,样品封装在聚四氯乙烯广口瓶中,并在低温状态下运回到中国科学院兰州冰川冻土研究所低温室冷存(-15℃),直到分析前才开启。

主要阴、阳离子和 $\delta^{18}\text{O}$ 的测试均在中国科学院兰州冰川冻土研究所冰芯与寒区环境开放实验室完成。所有样品测试前置于超净实验室使其自然融化,分析测试过程始终在超净环境下操作,测试过程中所用试验器皿的清洗以及标样的制备均采用去离子水(大于

18.3M)。

主要阳离子 Na^+ 和 Ca^{2+} 的分析采用 Dionex300离子色谱仪测试,最低检测限小于 1ppb,阴离子 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 的测试由 DX-100离子色谱仪测定,最低检测限小于 1ppb, $\delta^{18}\text{O}$ 的测定在 MAT-252气体质谱仪上进行,测得的雪坑中氧稳定同位素的含量为与“标准平均大洋水 (SMOW)”的千分差,其精度在 $\pm 0.5\%$ 之内。

3 结果

从图 2中可以看出: 在两个雪坑中, NO_3^- 的浓度变化基本上与 $\delta^{18}\text{O}$ 的变化同相,而 Cl^- 的浓度变化与 $\delta^{18}\text{O}$ 的变化异相,但两者的变化和 $\delta^{18}\text{O}$ 的变化一样,都形成明显的季节变化层,可见,以稳定同位素比率为基础建立时间序列后, Cl^- 和 NO_3^- 的时间序列与稳定同位素比率的时间序列具有可比性,因此,当稳定同位素资料不全或缺乏时, Cl^- 和

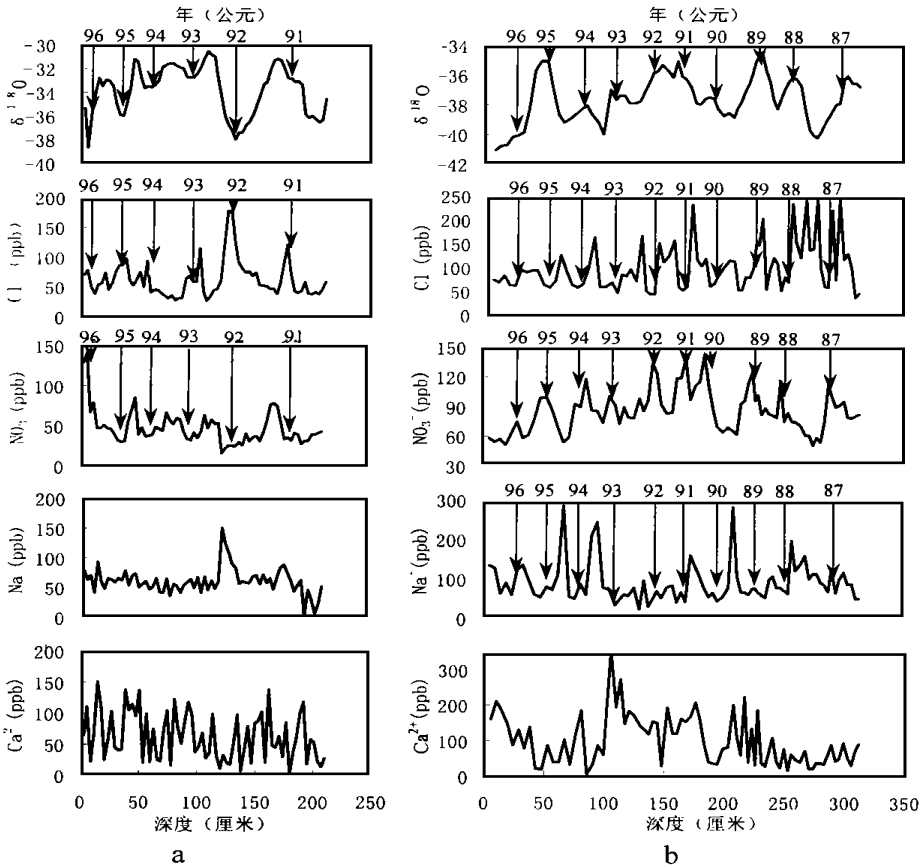


图 2 $\delta^{18}\text{O}$ 、 Cl^- 、 NO_3^- 、 Na^+ 和 Ca^{2+} 浓度剖面的对比。a. 1991~ 1996年 LT921雪坑;b. 1987~ 1996年 LGB65雪坑

Fig. 2. $\delta^{18}\text{O}$, Cl^- , NO_3^- , Na^+ and Ca^{2+} data from the snowpits. a. at LT921 covering the years 1991– 1996 b. at LGB65 covering the years 1987– 1996.

NO_3^- 可以成为研究者在冰盖内划分年层 建立时间序列的重要依据之一。然而在两个雪坑中,只有一个雪坑 (LGB65) 的 Na^+ 与 $\delta^{18}\text{O}$ 的变化基本上异相,另外一个雪坑的 Na^+ 及两个雪坑的 Ca^{2+} 浓度变化基本上看不出季节变化层

从图 3 中可以看出: 两个雪坑在 1995/1994 和 1993/1992 年期间 nssSO_4^{2-} 都显示出高峰值,即两个雪坑中 nssSO_4^{2-} 的变化基本上同相。

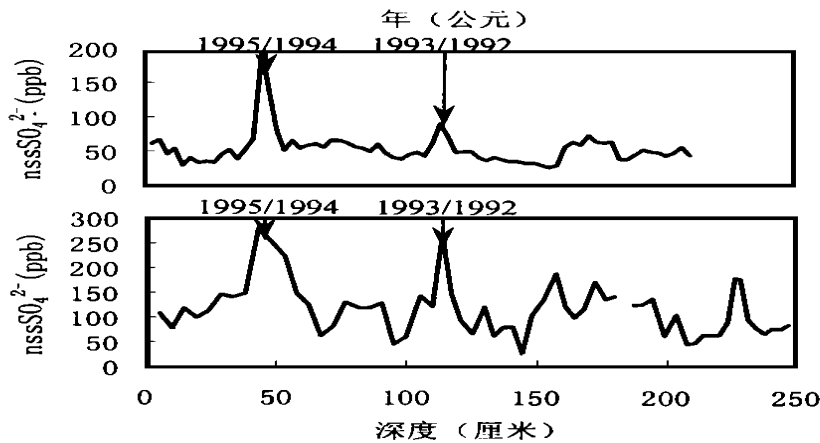


图 3 LT92 处和 LGB6 处两雪坑中 nssSO_4^{2-} 浓度剖面的对比

Fig. 3. Comparison of the variations of nssSO_4^{2-} concentrations from LT921 snowpit and LGB65 snowpit.

4 分析和讨论

从图 2 揭示的规律中,可以得出这样的印象: 在南极洲伊丽莎白公主地区的海盐性离子和陆盐性离子中,海盐性离子更易揭示出气候的季节变化,其原因是伊丽莎白公主地区位于南极洲东海岸,冬季,亚南极地区海洋上空的气旋南侵,频频进入南极冰盖内陆,同时,也将各种海盐性离子一道送入雪冰内,因此,冰盖浅层雪内海盐性离子的浓度在冬季雪内可出现峰值,夏季出现较低值,即在南极冰盖浅层雪冰内形成较清晰的季节旋回,从而使海盐性离子成为划分年层的依据 然而从上图中还发现,在海盐性阴离子和阳离子的比较中,阴离子更易表现出季节变化现象,其原因可能与阴阳离子的沉积过程和“沉积后过程”有关系。很多文献的研究结果表明,海盐性离子,不管是阴离子还是阳离子,都可表现出明显的季节旋回 (Whitlow *et al.* 1992; Legrand and Delmas, 1988),所以这里表明 的仅是我们的研究结果,至于这一结论的正确性及其原因,还需要对各种离子沉积到雪层后的现代环境过程做进一步细致深入的研究

同时,在研究中还意外地发现, NO_3^- 浓度的变化与 $\delta^{18}\text{O}$ 的变化表现出良好的正相关性。文献表明,有学者已发现雪冰中的 NO_3^- 浓度的最大值在夏季,有时也在春季 (Davis *et al.*, 1995; Legrand and Delmas, 1986)。但对 NO_3^- 随季节变化的原因至今尚无完满的解

释,主要是 NO_3^- 有多种来源,哪一种来源最为重要很难确定,不过,目前的研究结果告诉我们,在伊丽莎白公主地区 NO_3^- 的多种来源中,能反映季节变化的来源可能占主导地位。

另外,正如图 3 所示的那样,在两个雪坑的冰川化学分析中, nssSO_4^{2-} 在 1995/1996 和 1993/1994 都表现出了很高的浓度值,其原因可能是火山爆发在南极雪冰中的表现, Jihong Cole-Dai *et al.* (1997) 已通过对南极点的两个雪坑样品的 nssSO_4^{2-} 分析,检测到分别于 1991 年 6 月和 1991 年 8 月爆发的 Pinatubo 火山和 Cerro Hudson 火山,其 nssSO_4^{2-} 的位相和图 3 中的位相很相似,因此我们认为,南极洲伊丽莎白公主地区 1995/1996 和 1993/1994 期间的高 nssSO_4^{2-} 值也可能是前述两次火山的爆发在本区的表现。

5 结语

通过对南极洲伊丽莎白公主地区两个雪坑冰川化学资料的分析,不但在雪层中检测到发生于 1991 年 6 月的 Pinatubo 火山爆发和 1991 年 8 月的 Cerro Hudson 火山爆发的痕迹 (nssSO_4^{2-} 的高峰值),而且通过对比阴阳离子浓度和 $\delta^{18}\text{O}$ 的变化规律,得出这样的结论:在南极洲伊丽莎白公主地区,海盐性离子比陆盐性离子更易揭示年层的季节变化,同时,在海盐性的阴阳离子中,阴离子比阳离子更能表现出清晰的季节旋回,对于这一点,还需要进一步的深入探讨。

致谢 样品分析中,阴离子由皇翠兰测定,阳离子由王晓香测定, $\delta^{18}\text{O}$ 由孙维贞测定,特此致谢。

[本文于 1998 年 9 月收到]

参考文献

- 秦大河 (1995): 南极冰盖表层内的物理过程和现代气候及环境记录,科学出版社,116~117.
- Davis ME (1995): Recent ice-core climate records from the Cordillera Blanca, Peru. *Annals of Glaciology*, 21, 225~230.
- Jihong Cole-Dai *et al.* (1997): Quantifying the Pinatubo volcanic signal in South Pole snow, *Geophysical Research Letters*, 24(21), 2679~2682.
- Legrand M and Delmas RJ (1988): Formation of HCl in the Antarctic atmosphere, *Journal of Geophysical Research*, 93 (D6), 7153~7168.
- Legrand M and Delmas RJ (1986): Relative contribution of tropospheric and stratospheric sources to nitrate in Antarctic snow, *Tellus*, 38B, 236~249.
- Whitlow S, Mayewski PA and Dibb JE (1992): A comparison of major chemical species seasonal concentration at the South Pole and Summit, Greenland, *Atmospheric Environment*, 26A(11), 2045~2054.

THE PRIMARY RESEARCH ON THE ENVIRONMENTAL CLIMATIC RECORDS OF THE TWO SNOW PITS RECOVERED FROM PRINCESS ELIZABETH LAND, ANTARCTICA

Zhang Mingjun¹, Li Zhongqin¹, Qin Dahe¹, Li Jun² and Mu Fuqiang¹

(¹Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China;

² Antarctic CRC and Australian Antarctic Division, Box 252-80, Hobart 7001, Australia)

Abstract

Snow samples recovered from two snow pits (2.5m and 3.5m deep) along the route of the 1996/1997 Chinese Traverse in Princess Elizabeth Land, East Antarctica, have been measured for chemical composition and oxygen isotope ratio.

In the two snow pits, the seasonal variations of NO_3^- concentrations are partly in phase with the variations of $\delta^{18}\text{O}$ values, while the peaks of Cl^- are at the troughs in $\delta^{18}\text{O}$, but both variations of Cl^- and NO_3^- formed the same seasonal variation stratum as the variations of $\delta^{18}\text{O}$. However, no obvious seasonal variations of cation concentrations were found in the profiles. The results provide a useful tool for dating the snow stratum in this region. Elevated sulfate (SO_4^{2-}) concentrations found in the profiles of the two snow pits for the period, 1992 – 1995 may be due to the June 1991 Pinatubo (Philippines) volcanic eruption and August 1991 Cerro Hudson eruption.

Key words Princess Elizabeth Land, anion cation, $\delta^{18}\text{O}$, volcanic eruption

作者简介 张明军,男,1974年生,1997年毕业于西北师范大学地理系,现在中国科学院兰州冰川冻土研究所攻读硕士学位,主要从事极地冰芯与环境研究