

研究论文

极地雪冰中表征大气浊度的 微粒和各类污染物

韦丽佳^{1,2} 李院生¹ 谭德军¹ 周丽娅^{1,2}
闫明¹ 胡凯² 温家洪¹ 孙波¹ 刘雷保¹

(¹中国极地研究所, 上海 200129;

²南京大学地球科学系, 南京 210093)

摘要 全球气候变化和环境问题是当代人们共同关注的热点。两极地区在地理上具有特殊性, 其大气和冰芯的微粒记录包含了火山, 沙尘暴以及人类活动等特殊事件的信息。本文在总结前人研究的基础上, 重点讨论了硫化物、碳黑、氮氧化物及硝酸盐、有机污染物以及重金属等大气中与人类活动密切相关的微粒物质。

关键词 微粒 大气浊度 冰芯 气溶胶

1 引言

气候变化和环境污染与环境保护一直是人们关心的热点。两极由于其地理上的特殊性, 在反映全球气候环境变化方面具有独特的优势。极地的冰芯、大气中所记录的环境变化信息, 包含在气体、游离在大气中的各类化学物种、同位素、微粒等各个方面。近年来, 极地大气中研究的热点问题主要集中于火山喷发及人类活动在全球大气中的输送、转化和扩散机制, 硫酸盐粒子及其降温机制等方面。

南北极在地形上具有各自的特征(见图 1)。北极被人类密集居住的各个大陆所包围, 在地形上较南极大陆平坦, 其大气的下方是北冰洋。南极则远离人类活动的聚集区, 被南太平洋所环绕, 地形上主要是大陆, 其上被巨大的冰盖所覆盖, 范围包括从南纬 65° 到海拔 3—4 km 高度的地区, 形成一个高原型的大陆。南北极也是地球最重要的冷端, 由于与赤道地区存在温差的作用, 成为地球大气循环和气候系统最重要的驱动源。相对而

[收稿日期] 2003 年 9 月收到来稿, 2003 年 10 月收到修改稿。

[基金项目] 国家自然科学基金(49973006)、科技部社会公益研究专项(2001 DIA50040-05)、科技部科技基础性工作专项(2001 DIA50040)、国家海洋局极地考察办公室 1999 年科学考察专项基金资助项目。

[作者简介] 韦丽佳, 女, 1979 年生。硕士研究生, 主要从事微粒、冰川化学与气候变化研究。

[通讯作者] 李院生(e-mail: yshli@sh163e.sta.net.cn)

言,南极气温比北极要低得多,在全球气候系统中的作用表现出特殊性。自然和人类活动起源的痕量气体的特征和行为在北极和南极有着很大的区别,其具有化学气候学的分异特征。与南极相比,北极地区的海洋飞沫、风吹尘、海洋生物活动产生的物质、火山物质都具有独特的季节特征与浓度。由于这两个区域独特的地形学和地理特征,北极地区大气中人类活动起源的微粒浓度要远高于南极地区。

冰芯中记录的信息与所处的大气环境密切相关,悬浮在大气中的微粒通过干、湿沉降进入雪冰。大气污染物主要有两种物理形式:其一为气相污染物,如硫的氧化物、气态烃、氮的氧化物;其二为悬浮在大气中的微粒物质,如烟尘、飞尘、薄雾。极地大气和冰芯中的污染物包括:硫化物与碳黑、硝酸盐、火山尘、微量的有机污染物、重金属、烃类及卤素物质、微量温室气体。

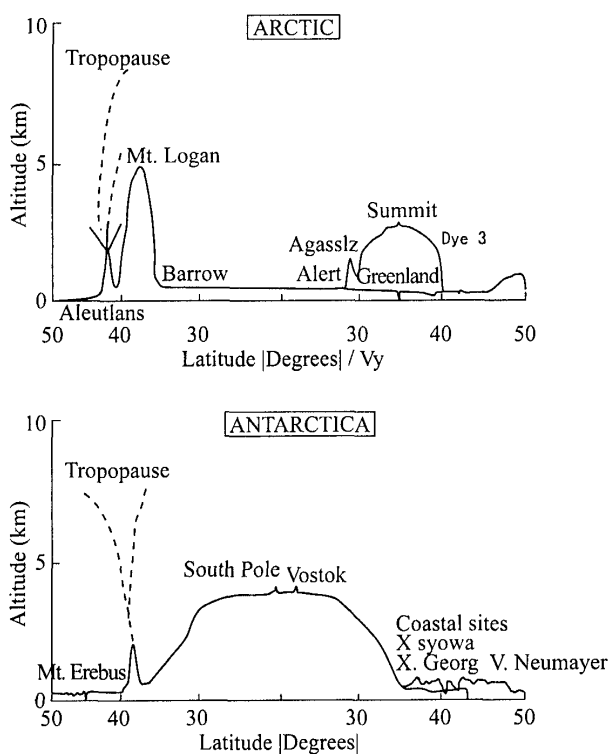


图1 南北极断面地形图

Fig. 1. The topographical plot of Arctic and Antarctic Region (Leonard A. Barrie, 1996)

2 主要污染物

2.1 气溶胶

气溶胶是悬浮在空气中的固体或液体微粒与气体载体共同组成的多相体系。气溶胶在大气物质循环中扮演了一个很重要的角色,包含在雪冰中的不溶性与可溶性的微粒物质基本都是通过气溶胶的形式沉降存储的。它不仅是一系列自然及人为过程的产物,而且在沉降过程中及沉降后,经历了一系列的物理及化学变化。气溶胶在雪冰中被保存下来时,其组分和当时地球大气成分有一定关联,也能表征某些自然与人类活动的痕迹,如生物体燃烧,化石燃料燃烧、海洋生物活动,火山活动等。

北极大气气溶胶的主要成分是硫。其气体来源包括:阿留申或冰岛的火山、格陵兰以及加拿大诸岛的灰尘、北冰洋的海洋飞沫、北冰洋海冰覆盖或者开放区域的生物海洋起源物质以及石油和煤炭的燃烧。另外,欧亚大陆的沙漠尘埃,北大西洋及太平洋的海源组分,都会对北极大气产生影响。一些自然的组分也会进入北极大气对流层,例如来源于宇宙的 ^7Be 和 ^{10}Be (Dibb *et al.*, 1994),以及存在于气相或者冰晶体中的硝酸盐。人类起源的痕量气体在地球表面被释放以后进入北极大气。在 2km 处达到最高值。从冰芯化学记录中反映的大气组分和化学过程来看,极地对流层中痕量气体组分的浓度与沉降地区海拔高度有着极其密切的联系。

与北极相比,南极气体的来源则相对单纯许多。南极冰盖中的气溶胶主要是次生气溶胶,包括南极及其周围海洋上对流层内产生成长的二次粒子以及远距离传输的二次粒子和一次粒子,主要是一些海盐微粒、海洋生物活动产生的微粒以及全球大气环流输送到南极的陆源微粒、火山物质以及微量的宇宙尘。但南极气溶胶质量的 70%—80% 为非海盐硫化物(Shaw, 1989),常以硫酸盐或亚硫酸盐的形式出现。

2.2 硫和碳黑

大气中的硫化物种类很多,主要有: H_2S 、 CH_3SCH_3 、 CS_2 、 COS 、 SO_2 以及 SO_4^{2-} 。目前,大气中的 S 的总量(不包含海盐及土壤微粒的贡献)估计为 $98\text{--}120\text{Tg} \cdot \text{a}^{-1}$,其中,人类活动的贡献占了 75%,而在北半球达到 90%(Seinfeld and Pandis, 1998)。

硫微粒可以主要归因于三种来源:人类活动起源、海洋生物、海盐组分。利用 $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ 的比率以及海盐组分中钠的含量可以确定这三种组分的比例(Li, Barrie, 1993)。除此之外,硫化物还可以来自火山喷发及少量的陆源灰尘。不定期的火山喷发所释放出的含硫化合物,可以达到平流层(Stoiber *et al.*, 1987),进而通过大气环流的作用,在两极沉降下来。大型的火山喷发甚至可以在冰芯中形成明显的标志层。

在北极的对流层中,硫化物组分占有很重要的部分。硫作为北极及北部海洋生物活动的产物(Li and Barrie, 1993),可以引起可视度的下降,干扰辐射(Blanchet and Girard, 1995)。人为原因的硫化物初级产物为二氧化硫气体以及它的氧化物硫酸根颗粒。海洋生物活动可以释放出 DMS(二甲基硫)的氧化物及另一种相对不挥发的产物 MSA(酸性硫酸甲烷酸)(Restelli and Angeletti, 1993)。在 Alert, Greenland(Li and Barrie, 1993; Li *et al.*, 1993a, b), Iceland(Prospero *et al.*, 1995)的观察显示北部区域海洋 DMS 的氧化中

MSA/SO₄²⁻ 的比率约为 0.3。这比在温带及热带海区观测到的比率(0.04—0.07)要高出许多。因此,不仅 MSA 可以作为海洋生物的示踪物质,并且,它与 SO₄²⁻ 的比率也可以作为其来源的海区纬度的指示。

碳黑是释放到大气的一种细微的纯碳颗粒,主要来源于交通、工业污染、城市中煤与各种生物体化石燃料的燃烧。对于碳黑的研究最早始于 1896 年,作为工业革命的产物以及全球燃料燃烧的问题而被讨论。近几年来,北极雪冰和冰芯以及山地冰川雪冰中的碳黑引起了科学家的重视。碳黑与 SO₄²⁻ 在北极大气中因能源消费所造成的污染物中占有独特的地位。它和含硫气体一样,都是极好的云的凝结核,它们在大气中的浓度可以影响云层中水滴的数量,进而使云的颜色深浅发生变化,改变太阳能的反射量,影响地球的辐射收支。较白的云可以反射较多的太阳辐射到宇宙空间中,因此,碳黑和硫化物气溶胶扮演了影响气候的角色。另外,在无云的时候,它们也起了同样的作用。它们反射了太阳光,使入射的太阳能减少(Barrie, 1996)。近年来,能源燃烧与碳黑的问题越来越得到重视。NASA 的研究者发现,碳黑在全球大气的含量中日益增加,作为一种浅色污染物,由于其能够反射太阳的辐射,对全球气候变化以及洪水与干旱等灾害性天气具有一定的影响(SATO, 2003)。

在全球范围内,人类活动来源及自然生物起源的硫化物产生的气溶胶以及化石燃料燃烧产生的碳黑与温室气体产生的效应相反,其原理是基于上述减少入射的太阳能而引起的气候变冷。然而,这种效应在北极地区并不适用。Blanchet 和 Girard(1995)提出,这种温室效应与变冷趋势的中和是由于低层大气的脱水作用,而这种脱水作用则是由人源的北极薄雾气溶胶所致。由于水蒸气也是一种很重要的温室气体,它的减少则引起更大的红外反射,因而可能导致气候的变冷。

南极的碳黑物质不存在自然源,但由于大气传输途径的限制,其不可能形成如北极薄雾的污染问题,再加上分析技术上的困难,不易被大规模检测出来。但是,在各国考察站的附近,对单质碳的研究,仍可以作为考察站污染的示踪剂。另外,南极近海岸的站点观测表明,MSA 和 nnsSO₄²⁻ 具有明显的季节变化(Minikin *et al.*, 1998; Savioe *et al.*, 1993),在夏季表现出峰值,冬季达到低谷。

2.3 氮氧化物与硝酸

大气中过量的氮氧化物是化石燃料燃烧的结果。它们通常与酸性硫化物一起,存在于酸雨薄雾污染之中(Bottenheim *et al.*, 1993)。在全球尺度内,NO_x 的主要来源有化石燃料的燃烧、生物体的燃烧、闪电、土壤中微生物过程、NH₃ 的氧化、平流层的输入等。冰芯中 NO₃⁻ 的记录被认为是太阳活动(Laird *et al.*, 1982)、高层大气的电子沉降(Qin *et al.*, 1992)、超新星爆炸(Rood *et al.*, 1979)、热核事件(Holdsworth, 1986)、极地平流层云的升温(McElroy, 1989)、热带地区的闪电(Legrand and Delmas, 1986)等的反映。

南极冰盖雪冰中的 NO₃⁻ 和 NH₄⁺ 主要源于大气圈中 HNO₃ 和 NH₃ 的沉积。NO₃⁻ 是极地雪冰中主要的可溶性杂质,在南极内陆通常占阴离子总量的 30%,在海岸带由于海盐 Cl⁻ 的贡献很大,NO₃⁻ 占阴离子总量的 7% 左右。南极最近 100—200 年来 NO₃⁻ 的浓度相当恒定,只是最近 10 多年来春夏降雪中出现高浓度的 NO₃⁻。

在北极对流层中,氮氧化物的前身主要是硝酸过氧化乙酰硝酸(PAN),这占了总量的 50%—60%。硝酸羟(Alkylnitrate)气体则占 7%—20%,剩余为 HNO_3 以及 NO_3^- 微粒(Bottenheim *et al.*, 1993; 1994; Muthuramu *et al.*, 1994, Barrie *et al.*, 1994a)。比较北极 PAN 和 NO_3^- 微粒(后者代表了大多数空气中的非有机 NO_3^-),PAN 峰值出现于春季,这与 SO_4^{2-} 相同,而 NO_3^- 峰值则出现于当年 12 月到次年 2 月。根据氮氧化物在大气与冰川雪层之间交换的研究表明,非有机 NO_3^- 组分是雪层中 NO_3^- 的先驱(Barrie and Sirois, 1995)。对北极平流层的微粒组分的分析显示,过冷态的三水硝酸微粒(NAT)为其主要成分。NAT 颗粒的出现,在一定程度上加强了极地地区氯化物对臭氧层的破坏作用,尤其是初冬和晚冬时期。在冬季的这种低温条件下,NAT 是在平流层云层(PSC)条件下最稳定的微粒组分,而 PSC 的形成是导致臭氧空洞形成的原因之一。因此,Christane 认为,NAT 与臭氧层空洞存在一定的联系(Christane Voigt, 2000)。

雪层中 NO_3^- 的富集现象说明,雪层在捕捉 NO_3^- 方面比捕捉 SO_4^{2-} 更为有效。前者的微粒大小要大于后者。而大微粒物质较易被落下的冰晶体捕捉到。 $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ 的比率也存在季节变化,峰值分别出现于降雪季节的开始和结束。这种变化反映了氮氧化物总量在比例上有一定上升,它是以微粒和气体非有机硝酸盐的形式出现的。并且,在较温暖的气候下,PAN 分解为 NO_x ,进而转化为这些产物。PAN 和硝酸羟是不可溶的,并且不和雪层表面发生反应,因此,不会对雪层中的硝酸作出贡献。

近来的研究表明,极地地区近地表的大气与雪层之间相互作用,可以释放出氮氧化物、硝酸、低碳醛、丙酮和卤素分子等。其中,光解作用具有很大的影响。Summit 地区 2000 年 6 月的 NO_x 的剖面数据表明,太阳照射处的雪层间隙里的该气体浓度要远大于上层大气(R. Honrath, 2002),此外,Jones 与 Weller 的在南北极的 NO_x 测量实验也证明了这一点。

2.4 有机污染物

极地地区很容易受到长期留存于环境中的合成有机物质的污染(Barrie *et al.*, 1992; MacKay and Wania, 1995)。这些物质来源于工业活动或者农业生产。由于许多工业产生的有机物在自然界并不存在,因而,有机污染物可以给出比重金属更直接的污染指示。在南极中现在已经检测出 DDT 和 PCBs(McNeely, Gummer, 1984; Tanabe, 1983)。但在雪冰中由于含量很低,很难被检测到,有关有机污染物的研究报道很少,特别是在南极地区,还未能做出有机污染物确定的时间分布趋势。

在过去的 30 年中,北极地区接受了这些物质释放出来的很大的不成比例的污染。可以归因于以下几点:1. 在较冷的北极水中气体溶解性增加;2. POPs 的趋势使得在低温情况下更容易沉积而气体交换作用减弱;3. 对于某些 POPs 组分(例如 HCH),在极地地区比其他地区降解作用更为缓慢。它们通过生物累积作用进入食物链,因此,北部地区的生态系统及其人类在日常生活中更容易受到这些物质的影响。

2.5 来源于人类活动的重金属

最近几十年来,人类活动显著地影响着全球的环境。最直接的表现是 Pb 浓度的升高。1750—1965 年间,格陵兰的雪层中 Pb 的浓度升高了近 20 倍。

从表 1 中可以看出,自然源的重金属含量很低。自人类工业化以来,矿石冶炼、化石燃料的使用等均向大气输送了大量金属元素,造成大气的重金属污染。

表 1 大气中金属元素自然来源和人类活动来源的通量($\times 10^6 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$) 比值(据 Nriagu,1989)
Table 1. The flux of metal of nature and human source in atmosphere(from Nriagu,1989)

元素	自然来源	人类活动来源	总量	自然源/ 总量
As	12(0.86—23)	19(12—26)	21(13—40)	0.39
Cd	1.3(0.15—2.6)	7.6(3.1—12)	8.9(3.2—15)	0.15
Cr	44(4.5—83)	30(7.3—54)	74(12—137)	0.59
Cu	28(2.3—54)	35(20—51)	63(22—105)	0.44
Hg	2.5(0.10—4.9)	3.6(0.91—6.2)	6.1(1.0—11)	0.41
Mn	317(52—582)	38(11—66)	355(63—348)	0.89
Mo	3.0(0.14—5.8)	3.3(0.79—5.74)	6.3(0.93—11)	0.48
Ni	30(3.0—57)	56(24—87)	86(27—144)	0.35
Pb	12(0.97—23)	332(289—376)	344(290—399)	0.04
Sb	2.4(0.07—4.7)	3.5(1.5—5.5)	5.9(1.6—10)	0.41
Se	9.3(0.66—18)	6.3(3.0—9.7)	16(2.5—24)	0.58
V	28(1.6—54)	86(30—142)	114(32—220)	0.25
Zn	45(4.0—86)	132(70—194)	177(74—280)	0.34

极地重金属是通过大气环流输送到两极的。北极由于被各个人类密集居住的大陆所包围,人为原因的气溶胶要远大于南极。南极冰盖远离人类聚集地,加上南大洋上空强烈的西风环流在南极辐合带地区所起的隔绝作用,使人类污染物较难传输到南极地区。因而,南极的重金属浓度很低。目前,各国在南极各站所使用的燃料、废品焚烧都增加了局部地区的大气、雪冰中的重金属含量。根据 Rosman *et al.* ,1994 年对南极冰雪中 Pb 的同位素研究证实,南极现代降水中 Pb 的本底值 $2.3 \text{ pg} \cdot \text{g}^{-1}$,主要来源于人类活动。因此,对痕量元素铅、锌、镉、铜、汞等重金属的精确测定,成为南极冰雪化学分析的重要工作之一。目前,在雪冰研究中,除了关心重金属的总含量以外,还很关心重金属的存在状态,这是因为,元素的化学状态强烈影响着重金属的传输过程及对环境的破坏作用,金属的毒性与其在环境中的存在形式密切相关。

北极中的重金属包括 Pb、Cu、Zn 以及非土壤的 $V(x - V)$ 、Hg 等。据报道,自从 1960 年开始,格陵兰的 Summit 地区的重金属浓度有下降趋势。在冰川冰里,Pb 和 Zn 完全是人为的来源,而 Cu 则部分来源于土壤。在北极 Alert 地区,空气中这些金属物质的浓度显示出明显的季节特征,在 1 月到 3 月达到峰值,夏季则是最小值(Barrie *et al.* ,1995)。在 1980 年到 1993 年间,冬季北极站的 Pb 和 $V(x - V)$ 的长期趋势是显著下降。对比而言,Zn 和 Cu 的变化则不明显。对于这种差异是否体现出俄罗斯冶炼工业的经济状态仍然在探讨中。对 Greenland 中 GRIP 的深冰芯分析发现,北半球对流层中自然来源的 Pb、Cu、Zn、Cd 的浓度变化与气候变化存在密切的联系,气候的变化是使大气环流中各种微粒平均组分发生变化的主要原因。在冰期与间冰期的重金属浓度比较中,各种元素均呈现较

大的变化因子(Sungmin Hong *et al.*, 1996)。迄今为止,北极大气中 Hg 的分析数据还比较少。Hg 的主要来源是人为的工业生产排放,例如燃烧废物、燃煤和与天然气燃烧相关的金属生产。地壳中的自然释放是通过生物圈及海洋进行的。在后工业时期,高纬北极湖泊的沉积物中,Hg 有增加的趋势(Lockhart, 1993)。现在北极地区 Hg 的沉积较为明显,据认为这种过程与极地日照相关,因此在高纬度地区显得比较独特。雪层中沉积的 Hg 一部分在冰雪融化的时候释放到周围环境中,在动植物的繁衍生息中具有一定的生物利用度。但总的来说,北极地区的 Hg 循环过程还不明朗,但可以确信,它在全球的 Hg 循环中起到一个不为人知的独特作用。

2.6 火山尘

大规模火山喷发可以强烈干扰冰盖气溶胶和可溶离子的记录。喷发出来的火山灰中有一部分直径在微米级或更小的粒子扩散到全球范围,并最终沉降到极地冰盖。被保留的这极小部分的火山灰,经过异质扩散作用,经历过多次化学分选过程和迁移分离,其组成与母岩浆相比,可能有较大的变化。火山活动部分气体反应成为亚微米硫酸微滴。强烈的火山喷发在冰雪中形成的酸度值比本底酸度值 $2\text{--}4\mu\text{eq} \cdot \text{L}^{-1}$ 要高出一个数量级。目前,对火山尘的研究还体现在收集冰芯中的火山玻璃及其他喷发碎屑物等方面,并对其中大颗粒微粒进行微区分析,确定其种类和喷发源。在极地内陆的冰芯中,可以明显看到这种相对较大的微粒物质如火山玻璃。在电子显微镜下对其进行组分、结构等的观察,确定了某些火山信号的喷发源区(Zielinski *et al.*, 2001),此外,对冰芯中所记录的喷发性碎屑的研究还可以推算当时火山喷发的强度(Clausen H. B., Hammer C. U., 1988, Langway *et al.*, 1988)。这种方法是将雪冰融化,使其中的火山灰富集起来制成固体,之后采用扫描电镜和电子探针进行测量分析,通过比对探寻其喷发源。

3 结论

两极地区由于其地理上与大气循环的特殊性,在保存和记录大气本底及特征方面具有很大的优势。极地地区平流层中绕极流的存在,使得微粒和其他污染物能够很好地保存于两极大气之中,进而通过干、湿沉降进入极地雪冰中。两极大气以及冰芯中的微粒组分表明,作为地球大气的偏远地带,这里已受到人类活动的影响。尤其是北极地区,大气中的酸性气溶胶、氮氧化物、有害重金属以及稳定的有机污染物水平都明显高于自然水平。在两极,由于大气强烈的垂直分层作用与极地地形的影响,高海拔地区的化学气候观测值明显不同于海平面的观测值(Leonard A. Barrie, 1996)。

由于两极对气候环境变化的敏感性,基于极地大气和冰川化学联系方面的工作是极具意义的。但是,极地中微粒和其他污染物的研究还存在一些困难。首先,两极地区地理位置上的偏远,使得现阶段微粒、气溶胶、重金属以及有机污染物等方面的采样和观测还不完备也较难进行改进,难点主要集中在雪冰中微量物质的富集以及如何采样过程中避免或者减少人为因素的污染与影响。南极远离人类居住的大陆,使得大量采样变得十分困难,因而面临致力于实验检测条件上的改善,需要开发一些新的技术和新的方法来获取微量物质的信息。其次,微粒及污染物在大气中的传输过程、大气循环机制以及在传输

和沉降过程中的地球化学变化机理还不明朗。其中,氮氧化物在大气平流层与对流层的光化学反应及冰雪-大气间的物质交换过程均十分复杂,变化机制尚在讨论研究之中。近年来对于研究热点之一的碳黑的致冷及致热机制也开展了争论,尽管碳黑在普遍认为是与温室气体相反的一种“降温”作用,但 NASA 的一部分研究者却认为,其与全球变暖的原因有着无法否认的联系。另外,雪冰中的各种元素随时间、温度和压力的变化,还会进一步发生变化,存在着层间的交换和扩散问题等。比如普遍认为,氧同位素在 10 年尺度上的平滑以及硝酸根离子的浓度变化,然而,其变化机制与原因还很难确定,需要开展大量的模拟实验去证实。

参考文献

- 秦大河,任贾文(2001):南极冰川学,北京,科学出版社。
- 谢树成(1997):冰芯中的不溶微粒及其气候和环境意义,冰川冻土,19(4),373—377。
- Oeschger H *et al.* (1993): 冰川和冰盖中的环境记录,兰州,甘肃科学技术出版社。
- Andersen KK(1998): Atmospheric dust under glacial and interglacial conditions, *Geophys. Res. Lett.*, 25, 2281—2284.
- Biscaye PE *et al.* (2000): Eurasian air pollution reaches eastern North America, *Science*, 290, 2258—2259.
- Chylek PB, Johnson B and Wu H(1992): Black carbon concentration in a Greenland Dye-3 ice core, *Geophys. Res. Lett.*, 19, 1951—1953.
- Clausen HB, Hammer CU (1988): The Laki and Tambora eruptions as revealed in Greenland ice cores from 11 locations, *Annals of Glaciology*, 10, 16—22.
- David B(2000): Ice cores and the atmosphere: improving ice-core interpretation through intensive study of west Antarctic meteorology, the Pennsylvania State University, University Park, PA.
- Domine F and Paul BS(2002): Air-snow interactions and atmospheric chemistry, *Science*, 297, 1506—1510.
- Finlayson-Pitts BJ and Pitts JNJr. (1997): Tropospheric air pollution: ozone, airborne toxics, polycyclic aromatic hydrocarbons and particles, *Science*, 276, 1045—1051.
- Hong S *et al.* (1996): Changes in natural lead, copper, zinc and cadmium concentrations in central Greenland ice from 8250 to 149 100 years ago: their association with climate changes and resultant variations of dominant source contributions, *Earth and Planetary Science Letters*, Vol. 143(1—4), 233—244.
- Honrath RE *et al.* (2002): Vertical fluxes of NO_x, HONO, and HNO₃ above the snowpack at Summit, Greenland, *Atmos. Environ.*, 36, 2629.
- Jacobson MZ (2002): Atmospheric Pollution: History, Science and Regulation, Cambridge University Press.
- Langway CCJr. (1988): An interhemispheric volcanic time marker in ice cores from Greenland and Antarctica, *Annals of Glaciology*, 10, 102—108.
- Leonard AB(1996): Occurrence and trends of pollution in the Arctic troposphere, NATO ASI Series, Vol. 143.
- Menon *et al.* (2002): Climate effects of black carbon aerosols in China and India, *Science*, 297, 2250—2253.
- Nilsson A(2002): Henry Huntington, Arctic Pollution 2002, AMAP.
- SATO *et al.* (2003): Global atmospheric black carbon inferred from AERONET, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 100, 6319—6324.
- Voigt C *et al.* (2000): Nitric acid trihydrate (NAT) in polar stratospheric clouds, *Science*, 290, 1756—1758.
- Zielinski GA(2001): Holocene Volcanic Records in the Siple Dome Ice Cores, AGU Fall Meeting.

RESEARCH ON MICROPARTICLES IMPLICATING POLLUTION IN POLAR REGION

Wei Lijia^{1,2}, Li Yuansheng¹, Tan Dejun¹, Zhou Liya^{1,2},
Yan Ming¹, Hu Kai², Wen Jiahong¹, Sun Bo¹ and Liu Leibao¹

(¹ Polar Research Institute of China, Shanghai, 200129, China;

² Earth Science Department, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract

Environmental problems and global changes are the hot spots that nowadays people pay attention to. Polar region is special from geographical point of view. The microparticle in polar atmosphere and ice core contains information of volcano, dust storm and human activity, etc. Based on the previous research, this article discussed the sulphide, the nitrate, organic pollution heavy metal and volcanic dust, etc., which tie up to the human activity. The composition of microparticles in the ice-core and atmosphere of the two polar regions indicates that despite the remoteness, these two places have been influenced by human activity especially the Arctic region. There are still a lot of difficulties in the research of microparticle and other impurities in the polar region, such as the analysis method, the sampling and the observation, etc. Advanced works are needed to solve these problems.

Key words particle, atmospheric pollution, ice core, aerosol.