

大气气溶胶中 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 研究

李忠勤 姚檀栋 谢自楚

(中国科学院兰州冰川冻土研究所 兰州 730000)

提 要 根据对国内外有关文献资料的总结归纳,对气溶胶中 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 的研究现状及其在不同类型样品中的浓度量值分别进行了阐述;对雪冰层中的 NO_3^- 和 SO_4^{2-} 进行了本底划分,并对这些本底的来源、组成及特征进行了分析。

关键词 气溶胶 冰盖 沉积 亚洲粉尘

80年代以来,国际上强调重视全球大气化学循环和其与大气动力过程、气候变化之间关系的研究^[1~5]。当今,有关大气气溶胶化学组成、传输及来源的研究已成为国际热点。

气溶胶定义为飘浮在大气中的各种细微固体、液体物质。一般通过采集3种不同类型的样品对其进行化学组成的研究,即气溶胶样品、降水样品和雪冰样品。目前,在气溶胶化学研究中,有关 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 的研究吸引了众多科学家的参与,研究成果不断涌现,并已积累了相当多的资料。

1 NO_3^- 研究

1.1 气溶胶和降水中的 NO_3^- 研究

NO_3^- 是氮元素族氧化形成的最终产物。大气圈中氮的来源有多种渠道,主要是人类活动源和自然源。人类活动主要集中在北半球中纬度地区,人类使用的矿物燃料燃烧产生的氮成分向大气圈注入率为 $21 \times 10^{12} \text{ g N/a}^{[6]}$ 。大陆大气降水化学组成的分析表明,在北美,人为成因的污染气体主要集中在美国东部和中部工业发达、人口密集的地区,这些地区降水中 NO_3^- 含量高达 $40 \sim 50 \mu\text{eq/kg}$ 。从降水的 NO_3^- 分布等值线上看,高于 $10 \mu\text{eq/kg}$ 的地区都可能受到人为成因氮气的影响^[7]。从先前零星报导的中国各地降水中 NO_3^- 含量来看, NO_3^- 浓度普遍低于美国。最高值在北京市为 $28.0 \mu\text{eq/kg}$ 。这一差别可以解释为引起大气中氮含量增加的燃料主要是石油燃料而不是煤^[8]。当今,人类活动产生的氮成分向大气圈的注入量已超过了自然源(自然源约 $20 \times 10^{12} \text{ g N/a}^{[6]}$),并仍在增加。然而,至于它以何种比例参与全球化学循环,如何影响全球氮化物气溶胶“本底”(如果存在的话),仍然所知甚少。

地球生物圈产生的氮气无疑与区域及全球生态变化相联系,这些变化包括地面生物种

第一作者简介:李忠勤,男,1962年4月出生,副研究员(博士生),主要从事冰川化学研究。

收稿日期:1994-04-07,修改稿:1994-09-28

类和光合速率^[9]及土壤酸化^[10,11]。目前,人们对生物圈产生的氮气无论在量值和过程上的认识都有限^[12]。

与极地类似,海洋上空的 NO_3^- 气溶胶来自长距离输送的氮源。据此推测存在一种较为均一的“纯海洋型 NO_3^- 本底”,对此开展的研究一直受到广泛关注。Prospero 等 (1989)^[13] 报导了太平洋气溶胶采集网络收集到的多年气溶胶样品的 NO_3^- 分析结果。该结果表明,太平洋赤道附近和南太平洋中部上空的 NO_3^- 气溶胶可视为“纯海洋型本底”,本底值约为 $0.11 \mu\text{gm}^{-3}$ 。相比之下,受亚洲粉尘影响强烈的北太平洋海域 NO_3^- 气溶胶含量可高达 $0.3 \mu\text{gm}^{-3}$ 以上。南半球陆源 NO_3^- 仅占南太平洋中部气溶胶中 NO_3^- 含量的 10% 左右。估计该地区一半以上的 NO_3^- 来自平流层,部分证据为,赤道南部美属 Samoa 岛大气气溶胶中 NO_3^- 的季节变化与 O_3 相似,而后者已知存在有平流层源。然而, Savoie 等最近又指出,通过对气溶胶中 NO_3^- 与 ^{210}Pb 、 ^7Be 的同时测定分析证明平流层不是 NO_3^- 的重要来源。

Savoie 等 (1987)^[14] 还报导了在西北印度洋 3 个不同地点三条船上采集到的 1979 年 1~6 月 96 个气溶胶样品分析结果,该研究为全球气象实验 (GWE) 的一部分。文章认为, $0.16 \mu\text{gm}^{-3}$ 这一量值可以代表南半球海洋中部气溶胶 NO_3^- “本底”。进一步讨论其来源问题时,文章引用了 Grutzem 等 (1983)^[15] 的 NO_3^- 浓度计算模型,在仅考虑 NO_x 的平流源和内电源情况下,该模式计算出 NO_3^- 浓度值具有显著的纬度效应,假定从海面到 4.5 km 高度内的大气为混合很好的对流层大气,并在同一纬度带内保持一致,则 NO_3^- 在 $0^\circ \sim 5^\circ\text{N}$ 范围内浓度值为 $0.19 \sim 0.26 \mu\text{gm}^{-3}$; 在 $0^\circ \sim 20^\circ\text{S}$ 为 $0.13 \mu\text{gm}^{-3}$ 。根据这一计算结果,很容易得到这样的结论:赤道附近的南半球印度洋、太平洋及热带南太平洋上空气溶胶中的 NO_3^- 均来自大气平流层和内电源。

1.2 NO_3^- 在雪冰中的记录

气溶胶在雪冰层中的记录受到沉积机制和冰内的变化影响,因此,如何选取、评价雪冰地层中的 NO_3^- 浓度值,是必须注意的问题。从山岳冰川化学研究看,同一冰川上不同类型的样品,如新雪、粒雪、冰川冰等,所含的化学成分浓度量值具有明显差别(通常是一种对数正态分布形式),即便是同一类型的样品,如冰心样品,其中化学成分浓度的纵向变化也可能十分显著,甚至可相差达几千倍。此外,如果雪层发生消融,则融水对化学成分的迁移也会产生很大影响^[16,17]。通常,冰川中化学成分浓度的年平均值,消除了季节变化的影响,较为稳定,而且年与年之间的变化一般很小,具有较强代表性。

表 1 列出了世界各地主要冰心中 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 浓度的算术平均值。为便于对比,时间序列的选择均相同或相近,浓度值一律换算成 $\mu\text{eq/kg}$ 。

在此,我们根据 NO_3^- 在冰心中的含量和来源,将其划分为三种类型的“本底”。

(1) 南极型 NO_3^- 本底。南极大多数地区和少数亚极地地区冰心中的 NO_3^- 浓度平均值较为均一,低于 $1.0 \mu\text{eq/kg}$ 。由于雪层中没有突出的 NO_3^- 高峰值,因而排除了来自火山喷发的可能性。许多地区雪层中 NO_3^- 含量具有季节性变化^[23~25],但产生高峰值的季节似乎并不相同。例如,大多数地区出现在初夏, South Pole 出现在初秋,而大气中陆源气溶胶中的 NO_3^- 含量高峰值在春季^[26]。从冰心时间序列上看,南极冰盖中的 NO_3^- 和 SO_4^{2-} 浓度在近代没有增加。

表 1 全球雪冰中的 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 平均浓度比较(单位: $\mu\text{eq/kg}$)

地 点	时 段	NO_3^-	SO_4^{2-}
南极各地⁽¹⁸⁾			
Siple	1965~1985	0.45	0.77
Gomez Nunatak	1942~1980	~0.4	~0.8
Dolleman Island	1973~1985	~0.4	~5.0
James Ross Island	1964~1978	0.4	1.8
South Pole	1959~1969	1.44	1.5
Dome C	1960~1978	~0.23	~1.9
Ross Iceshelf	1971~1986	~2.0	
格陵兰地区⁽¹⁹⁾			
Dye 3	1968~1984	1.9	1.8
North Cent.	1973~1977	2.6	2.7
Camp Cent.	1976~1977	1.9	2.5
青藏高原及相邻地区			
希夏邦马峰	1984~1990	1.68	1.87
古里雅冰帽	1977~1992	3.8	6.7
敦德冰帽		4.2	18.9
Gregoriev(天山)	1940~1990	5.1	15.6
其它山岳冰川			
Quelccaya ⁽²⁰⁾ (热带秘鲁)	1981~1982	1.1	<3
Mount Logan ⁽²¹⁾ (北美)	1953~1966	0.9	0.9
Colle Gnifetti ⁽²²⁾ (瑞士)	本世纪初	1.0	2.3

国际上对南极冰盖中 NO_3^- 的来源问题已提出了许多可能的成因,如南部海洋气团的裹挟、太阳黑子活动、平流层源等等,并从极地大气环流和外层大气物理学角度进行了分析解释,但争论十分激烈。从南极 NO_3^- 浓度的空间分布上看, South Pole 处最高,该点附近的平流层物质可以通过平流层—对流层交换或直接的平流云降水而注入地表⁽²⁷⁾,这说明至少在南极点附近, NO_3^- 具有平流层源。最近,新罕布什尔大学的 J. Dibb 对 South Pole 和 Southern Victoria 地区雪层中 ^7Be 通量的测定分析结果(尚未发表),也支持了这个观点。如果南极冰盖中的 NO_3^- 的确来自大气平流层,则它代表着一种经长距离输送的高纬度气溶胶。秦大河对沿南极冰盖最长线路(5736km)采集的大批雪层样品中 95 个表层(25cm 厚)样品中 NO_3^- 浓度的分析研究,得出了一些颇为引人瞩目的结论:极光卵投影(aurora zone)所在区内雪层中 NO_3^- 浓度的特殊高值,很可能与极光活动有关,电离层下部($\leq D$ 层)的电子沉降亦会造成雪层中的 NO_3^- 浓度上升⁽²⁸⁾。这项研究为更深入的国际南极冰盖雪冰化学空间变化研究项目(ITAES)建立了总框架。

(2) 北极与海洋型 NO_3^- 本底。从前面所述气溶胶中 NO_3^- 的研究中得知,在远离海岸的大洋上空, NO_3^- 气溶胶来自长距输送源,并有较为均一的量值。可以推定,某些地区的冰川记录了这种长距输送源“本底”。在此,我们借用“海洋型 NO_3^- 本底”一词来定义。在表 1 中,可视为具有海洋型 NO_3^- 本底浓度的冰心为热带秘鲁的 Quelccaya 冰心和北美加拿大的 Mount Logan 冰心。两冰心中的 NO_3^- 浓度平均值分别为 $1.1\mu\text{eq/kg}$ 和 $0.9\mu\text{eq/kg}$ 。海洋型 NO_3^- 本底可能由多种来源组合而成,包括人为大气污染源,平流层源和内电源以及占一定比例的陆源地质成分。其气溶胶的主要特征为细型微粒(直径小于 $1\mu\text{m}$),多由气—粒转换机制形成,在大气中经历了反复筛选^(20,21)。冰川中的海洋型 NO_3^- 本底与南极本底的最大差

异在于后者可能以平流层源为主。

北极冰盖中的 NO_3^- 具有与海洋型 NO_3^- 本底大致相同的形成机理,因此可归结为一类。北极冰盖中的 NO_3^- 含量存在明显的季节性变化,其成因一直受到人们的广泛关注^[29],冰盖中 NO_3^- 浓度在 40 年代以前为 $0.8 \sim 1.0 \mu\text{eq/kg}$,而如今翻了一番(见表 1),并仍在继续增长,这可归结为北半球大气污染的侵入^[19]。

(3) 亚洲粉尘 NO_3^- 本底。从全球边远地区(远离人类密集活动区)雪冰化学资料上看,中亚青藏高原和喀拉昆仑山地区以及尼泊尔境内的高山冰川中 NO_3^- 含量可高达 $5 \mu\text{eq/kg}$ (见表 1)。尽管 NO_3^- 浓度在这些地区的不同冰川上存在一定差异,但无疑构成了全球边远地区含量最高的 NO_3^- “本底”,其浓度范围大约为 $2.0 \sim 5.0 \mu\text{eq/kg}$ 。 NO_3^- 在这些地区的产生机制尚不十分清楚,但冰层中的高峰值均与陆源矿物性成分 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 浓度相吻合,同时存在于粗型微粒层之中,因而可推定其来源为中亚干旱—半干旱土壤地层。

瑞士 Colle Gnifetti 冰心的 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 受西欧工业污染气体影响严重,其 NO_3^- 浓度在本世纪为 $1.0 \mu\text{eq/kg}$,属海洋型 NO_3^- 本底,而目前则增长了 3 倍以上。

2 SO_4^{2-} 研究

2.1 气溶胶和降水中的 SO_4^{2-} 研究

SO_4^{2-} 是硫元素家族氧化形成的最终产物。大气中 SO_4^{2-} 的来源同样可归结为自然源和人类活动源两大类。与 NO_3^- 不同的是,自然界中海洋生物活动可以分解出大量硫化物气体,大气圈中硫元素的循环因此受到强烈影响。从全球范围看,大气中起因于人类活动源的硫化物气溶胶等于或多于来自自然源的硫化物气溶胶,并至少是海洋生物源硫化物气溶胶的 2 倍。已报导的气溶胶、降水及雪冰中的 SO_4^{2-} 含量资料显示, SO_4^{2-} 浓度变化幅度较大,这说明其来源的多渠道性。

北美大陆的降水化学组成研究表明,降水中 $1 \sim 10 \mu\text{eq/kg}$ 的 SO_4^{2-} 平均浓度值代表北美西北部自然源 SO_4^{2-} “本底”浓度,其来源与大气中非酸性粉尘有密切的联系。美国中部和东部的降水具有较高 SO_4^{2-} 含量,最高值分布在俄亥俄州地区,平均为 $40 \mu\text{eq/kg}$,主要成因为区域性矿物燃料燃烧形成的硫化物污染气体^[17]。中国东部主要大城市降水中的 SO_4^{2-} 含量普遍高于美国主要城市^[18],多数在 $100 \mu\text{eq/kg}$ 以上,最高为 $400 \mu\text{eq/kg}$ 左右,形成高 SO_4^{2-} 含量的主要原因是,与美国相比,煤是中国所使用的主要燃料。

Savoie 等对太平洋气溶胶的研究表明,北太平洋中纬度海域上空气溶胶中 80% 的 NSS. SO_4^{2-} (非海盐 SO_4^{2-}) 可归结于海洋生物活动源注入^[30]。他们报导的关于印度洋的研究也有类似结论:印度洋南部水域大气气溶胶中的 NSS. SO_4^{2-} 主要来自海洋,这一“本底”浓度范围为 $0.3 \sim 0.6 \mu\text{gm}^{-3}$ ^[14]。但笔者认为以上的研究存在一个明显的问题,就是气溶胶样品均采自海洋边界层,距海洋生物源较近。

看来,海洋生物活动产生的硫化物气体在全球偏远地区硫化物气溶胶循环中扮演了十分重要的角色。Charlson 等(1987)^[31]对此进行了分析,并得出了一个推测性结论:海藻、浮游植物及细菌通过 DMS(Dimethylsulphide, 硫二甲酯)的各种产物控制了地球反照率和气候。相对不溶性 DMS 进入大气后氧化成 SO_2 、 SO_4^{2-} 及 MSA(Methanesulphonate, 甲基磺

酸)最终成为凝结的 H_2SO_4 水合物微滴,这种微滴可与阳光及地面辐射光相互作用,在云中水汽的核化、凝结以及决定云的反光率方面扮演了极为重要的角色。但是, Schwartz 对这一假定提出了挑战,他指出,人类活动排出的大量气体使北半球大气中 SO_2 含量急剧增加,但从卫星资料上看,并未造成对全球反射率中云层部分的影响,或者对全球 100 年气温记录的影响,因而,海洋中 DMS 通量的变化对上述问题并不产生多大作用。

2.2 SO_4^{2-} 在雪冰层中的记录

SO_4^{2-} 在两极冰盖和山岳冰川中含量的空间分布也呈现出变化幅度大的特征(见表 1),但仍可从中看出明显的变化趋势。 SO_4^{2-} 在南极冰盖中的浓度值普遍低于在北极格陵兰冰盖中的浓度。两极冰层中的 SO_4^{2-} 值均存在季节循环变化。南极冰盖许多地区雪层中 SO_4^{2-} 的季节性高峰值出现在夏季,而冬季是低谷值,如在南极半岛^[32,33]、东南极^[34]以及南极点附近^[24]。在分析了近地面气溶胶中 SO_4^{2-} 含量变化之后, Wagenbach 等(1988)^[26]发现了一个与雪层中相似的永久季节性循环。

对南极冰盖来说,海洋生物源及火山喷发物是冰盖中 SO_4^{2-} 的主要来源。大气中的硫化物在形成 SO_4^{2-} 之前,经历了一系列化学变化过程(大气光化学氧化过程),大体上讲,这些过程控制了硫化物向冰盖沉积的速度,因为一旦氧化成 SO_4^{2-} 之后,它便可以作为理想的水汽凝结核而迅速沉降。1975 年 2 月的 Agung 山(08.3°S, 174°E)两次火山喷发物,均在 Jams Ross 岛冰心中被发现^[32],前者还在南极 Siple 站附近的浅层冰心中被发现^[18]。根据已有的研究结果^[35],冰盖中小型火山喷发物形成的 SO_4^{2-} 沉积仅局限在单一年层中,多数出现在夏季雪层。火山喷发与雪层中出现最大 SO_4^{2-} 通量需要经过一定的时间间隔,而这一间隔时间要比 SO_2 在光照条件下氧化形成 SO_4^{2-} 所需的时间长得多。

北极冰盖中的 SO_4^{2-} 除了来自海洋生物源和火山喷发物之外,很大程度上要受北半球大气污染源的控制。冰盖中 SO_4^{2-} 和 NO_3^- 季节性峰值在工业化之后出现在早春,与北极雾的发生一致,似乎与人为成因有关^[29],而在此之前,峰值出现在夏季。当今,格陵兰过量 SO_4^{2-} 沉积是本底水平的 2~4 倍,并似乎已停止了增长。

山岳冰川中的 SO_4^{2-} 含量显然与区域性硫化物来源紧密相关,热带秘鲁 Quelccaya 冰帽中的 SO_4^{2-} 含量小于 $3\mu\text{eq/kg}$ 大于极地多数地区雪层中 SO_4^{2-} 含量,而与所在的 Amazon 盆地降水中 SO_4^{2-} 含量接近,可能来自该地区生物圈气体或风尘物质。Colle Gnifetti 冰心中 SO_4^{2-} 浓度在本世纪初仅为 $2.3\mu\text{eq/kg}$,而目前高达 $10\mu\text{eq/kg}$ 。其增加原因是由于欧洲工业化向大气排放出大量的硫化物气体。北美加拿大的 Logan 山冰心中 SO_4^{2-} 浓度本底在本世纪以来变化不大,值很小,平均为 $0.9\mu\text{eq/kg}$ 。Monaghan 等(1990)认为,该冰心(钻于海拔 5951m 处)中亚微米型气溶胶物质可能来自对流层中部和上部,人为成因的 SO_4^{2-} 没有影响到该大气层。联系到人为硫化物气体对气候的作用问题时,他提出,在过去的一个世纪里,矿物燃料燃烧产生的硫化物气体并未影响到整个北半球对流大气层。人为成因的硫化物气溶胶从工业集中地向其它地区的扩散仅发生在大气对流层的中下部。对这个问题, Galloway 等(1987)等也有类似的观点:北美大陆由于燃烧产生的气体物质大多数都沉降在燃烧区附近及顺风区域^[36]。

从表 1 可看出,中亚青藏及周围地区的山岳冰川也具有很高的 SO_4^{2-} 含量。在过去几年中,我们通过对高原不同地区雪冰化学空间变化的研究发现,高浓度的 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 均出现

在以粗型微粒层为背景的雪层之中,由每年2~5月“沙暴”期间的亚洲粉尘裹挟而来。青藏高原北部分布广泛的盐湖蒸发岩也是冰川中 SO_4^{2-} 的重要来源,例如,位于柴达木盆地东北边缘的敦德冰心具有十分高的 SO_4^{2-} 含量,达 $18.9\mu\text{eq/kg}$,近年来,我国有关青藏高原雪冰化学研究的进展十分迅速,许多研究成果正在总结和发表之中,相信很快会达到一个新的研究水平。

主要参考文献

- [1] NAS(National Academy of Science). Global tropospheric chemistry program. NAS Press, Washington D C, 1984.
- [2] NAS. Global change in the geosphere-biosphere: Initial priorities for an IGBP. NAS Press, Washington D C, 1986.
- [3] National Aeronautics and Space Administration. Earth System Science-Overview. NASA, Washington D C, 1986.
- [4] International Council of Scientific Unions. IGBP: A Study of global change—the initial core projects. IGBP report 12 (June 1990), IGBP Secretariat, Stockholm, Sweden, 1990.
- [5] World Meteorological Organization. Summary report on the WMO BAPMON program as of 31 December, 1987.
- [6] Logan J A. Nitrogen oxides in the troposphere: global and region Iget. J Geophys Res, 1983, 88: 10785—10807.
- [7] Barrie L A. The spatial distribution of precipitation acidity and Major ion wet deposition in north America during 1980. Tellus, 1984, 36(3): 333—355.
- [8] James N et al. Acid rain: China, United States, and a remote area. Science, 1987, 236: 1559—1562.
- [9] Bowden W B, Bormann F H. Transport and loss of nitrous oxide in soil water after forest clear-cutting. Science, 1986, 233: 867—869.
- [10] Firestone M K. Nitrous oxide from soil denitrification: factors controlling its biological production. Science, 1980, 208: 749—751.
- [11] Martikainen P J. Nitrous oxide emission associated with autotrophic ammonium concentration in acid coniferous forest soil. Appl Environ Micro, 1985, 50: 1519—1525.
- [12] Bowden W B. Gaseous nitrogen emissions from undisturbed terrestrial ecosystem: An assessment of their impacts on local and global nitrogen budgets. Biogeochem, 1986, 28: 249—280.
- [13] Prospero J M, Savoie P L. Effect of continental sources on nitrate concentrations over the Pacific Ocean. Nature, 1989, 339: 687—689.
- [14] Savoie J M, Prospero, et al. Nitrate, non-sea salt sulfate, and mineral aerosol over the northwestern Indian Ocean. J Geophys Res 1987, 92 (D1): 933—942.
- [15] Crutzen P J, Gidel L T. A two-dimensional photochemical model of the atmosphere. J Geophys Res, 1983, 88, 6641—6661.
- [16] Johannessen M, Henriksen A. Chemistry of snow meltwater: changes in concentration during melting. Water Resources Research, 1978, 14 (4): 615—619.
- [17] Tsiouris S et al. The Elution of ions through field and laboratory snowpacks. Annals of Glaciology, 1985, 7: 196—201.
- [18] Mosley—Thompson E, Dai et al. Glaciological studies at Siple Station (Antarctica), Potential ice core paleoclimatic record. J of Glaciology, 1991, 37 (125): 11—22.
- [19] Clausen H B, Langway C C. The ionic deposits in polar ice core. In: The Environmental Records in Glaciers and Ice Sheets. Edited by H Oeschger and C C Langway, New York, 1989.
- [20] Lyons W B, Mayewski P A. The Glaciochemistry of snow-pits from Quelccaya ice cap peru, 1982. Annals of Glaciology, 1985, 7.
- [21] Delmas R J, Legrand M. Snow chemistry on Mount Logan, Yukon Territory Canada. Annals of Glaciology, 1985, 7: 213.
- [22] Schotterer U et al. Information on paleo-precipitation on a high altitude glacier Moute Rosa, Switzerland, Gletscher. Glazial, 1985, 21: 379—388.
- [23] Herron M M Impurity sources of F^- , Cl^- , NO_3^- and SO_4^{2-} in Greenland and Antarctic precipitation. J Geophys Res, 1982, 87(C4): 3052—3060.
- [24] Legrand M R, Delmas R J. The ionic balance of Antarctic snow: a 10-year detailed record. Atmos Environ, 1984,

- 18(9): 1867—1874.
- [25] Zeller E J et al. Nitrate flux on the Rens Ice shelf, Antarctica, and its relation to solar cosmic rays. *Geophys Res Lett*, 1986, 13(12): 1264—1267.
- [26] Wagenbach D, et al. Coastal Antarctic aerosol: the seasonal pattern of its chemical composition and radionuclide content. *Tellus*, 1988, 40B: 426—436.
- [27] Jouel J et al. A continuous record of artificial tritium fallout at the South Pole (1954—1978). *Earth Planet Sci Lett*, 1979, 45: 188—200.
- [28] Qin Dahe, et al. The Distribution of nitrate content in the surface snow of the Antarctic ice sheet along the route of the 1990 International Trans-Antarctica Expedition. *J Geophys Res*, 1992, 97 (A5): 6277—6284.
- [29] Barrie L A, et al. Twentieth century trends in Arctic air pollution revealed by conductivity and acidity observations in snow and ice in the Canadian high Arctic. *Atmo Envir*, 1985, 19: 2055—2063.
- [30] Savoie D L, Prospero J M. Comparison of oceanic and continental sources of non-sea salt sulphate over the Pacific Ocean. *Nature*, 1989, 339: 685—687.
- [31] Charlson R, et al. Oceanic phytoplankton, atmospheric sulfur, cloud albedo and climate. *Nature*, 1987, 326: 611—655.
- [32] Aristarain A J et al. Snow chemistry on James Ross Island (Antarctic Peninsula). *J Geophys Res*, 1982, 87(C13): 11004—11012.
- [33] Mulvaney R, Pecl D A. Anions and cations in ice cores from Doleman Island and the Palmer Land Plateau, Antarctic Peninsula. *Ann Glaciology*, 1988, 10: 121—125.
- [34] Legrand M R, Delmas R J. Spatial and temporal variation of snow chemistry in Terre Adelie (East Antarctica). *Ann Glacial*, 1985, 7: 20—25.
- [35] Delmas R J et al. Volcanic deposits in Antarctic snow and ice. *J Geophys Res*, 1985, 90(D7): 12901—12920.
- [36] Galloway J N, Whelpdale P M. Watox-86 overview and western north Atlantic ocean S and N atmospheric budgets. *Global Biogeochem Cycles*, 1987, 1(4): 261—281.

THE STUDIES OF SO_4^{2-} AND NO_3^- IN AEROSOL

Li Zhongqin, Yao Tandong, Xie Zichu

(Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, Academia Sinica 730000)

Abstract

Current emphasis upon the extensive investigation of atmospheric environmental system has drawn attention to increased emissions of nitrogen and sulphur compounds to the atmosphere by human activities. In this overview we discuss recent work on NO_3^- and SO_4^{2-} in atmospheric aerosols and present the concentration ranges of NO_3^- and SO_4^{2-} in both aerosol themselves and their records within precipitation and snow and ice stratum in a global scale. In addition, particular effort has been made in classification of NO_3^- and SO_4^{2-} “backgrounds” in snow and ice records, and analysis of the compositions and characteristics of the backgrounds. This is done to establish a better understanding of order of magnitude of nitrogen and sulphur compound emissions to atmosphere from different sources as well as to add more information to our global understanding of NO_3^- and SO_4^{2-} cycling in atmosphere.

Key words: Aerosol, Ice sheet, Deposition, Asian dust.