

文章编号:1000-0240(2005)04-0539-06

雪冰中的黑碳记录研究的历史回顾

明镜^{1,2,3}, 秦大河², 效存德^{2,3}

(1. 中国科学院 地质与地球物理研究所新生代地质与环境研究室, 北京 100029;

2. 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; 3. 中国气象科学研究院, 北京 100081)

摘要:黑碳(Black carbon)是一类大气气溶胶,也是重要的气候驱动因子之一,它与人类活动密切相关.迄今发现,雪冰是保存和记录历史时期黑碳变化的最好介质.根据前人对南极冰芯、格陵兰冰芯、中低纬度山地冰川冰芯以及雪坑样品中的黑碳记录的研究成果,讨论了不同研究地区雪冰中黑碳含量的变化,黑碳对气候环境突变、大气环流变化的响应,总结了人类活动与雪冰黑碳记录之间的关系.雪冰黑碳记录还可以获得如森林大火这样的特殊事件的信息.

关键词:黑碳;冰芯;气候;环境

中图分类号:P343.6 **文献标识码:**A

目前,随着气候变化科学研究的深入,大气气溶胶的气候效应问题已经成为国际关注的热点之一.黑碳是一类大气气溶胶,主要由烟煤、木炭和其它不完全燃烧的产物组成,是生物燃烧(森林火灾和秸秆焚烧)以及化石燃料不完全燃烧的最终产物.当前,化石燃料是主要能源,与化石燃料有关的工业活动的不断加剧会向大气排放大量的CO₂,硫化物及黑碳,并对气候产生影响^[1].现今,甚至在地球表面最遥远的雪冰中也能找到黑碳的痕迹^[2-13].黑碳是大气气溶胶中主要的光吸收组分^[14],黑碳能通过影响云层^[15,16]和雪盖^[17,18]的反射率改变对太阳辐射的吸收并进一步影响到大气的能量平衡.

尽管黑碳为各种化学反应提供了一个合适的界面,但是它本身并不参与反应,可以保持数千年稳定^[9],由于这一特殊优势,雪冰中的黑碳就可为古气候、古环境的研究提供宝贵的信息,例如历史时期黑碳的产生能力以及从源头到沉降地点的大气传输途径等.随着人们对气候变化的日益关注,寻找作用于环境的人类活动方面的因素就非常必要.储存于现代雪冰中的黑碳就是一种重要因素.

1 雪冰中黑碳记录的研究进展

冰川是良好的大气化学沉降载体,雪冰中的各种记录已对全球变化研究做出很大贡献.冰芯以其时间序列长(几十万年)、分辨率高(年、季)、信息量大和保真度高(低温环境)而受到科学家的青睐^[19].大气中黑碳的主要来源有3个:森林大火、化石燃料和其它生物有机质的燃烧,并最终通过干、湿沉降方式进入雪冰中.目前,雪冰中的黑碳研究主要集中在北极和南极地区,最近几年,中低纬度地区山地冰川雪冰黑碳的研究也逐渐展开.欧美国家在20世纪80年代初就开始雪冰黑碳的研究,并已经取得大量成果,我国在这方面的研究还鲜有报道.1980年代以来,国际上关于雪冰黑碳记录的研究迅速发展,主要从“冰”和“雪”这两方面展开,目前,其势头方兴未艾,主要研究结果见表1.表中雪样的黑碳浓度代表的是黑碳空间上的浓度分布,而冰芯中黑碳的最大值与最小值反映的是采样地点这段冰芯所代表的时间尺度上黑碳浓度的变化情况.下文将从表层雪和冰芯两方面的研究结果展开阐述.

收稿日期:2004-12-04;修订日期:2005-02-25

基金项目:青年科学基金项目(5091-02/2004-5k-5);中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX3-SW-344);中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-10-09;KZCX2-SW-118)资助

作者简介:明镜(1980—),男,安徽宁国人,2002年毕业于浙江大学,现为研究生,主要从事第四纪气候与环境变化方面的研究.

E-mail: mingjing@mail.igcas.ac.cn

2 表层雪中的黑碳的环境效应及其反映的人类活动

国际上雪冰黑碳记录的研究首先是从表层雪开始的. 自从 20 世纪 80 年代初, 大气中黑碳气溶胶对光的强吸收效应被发现以来^[2], 科学家继而发现雪盖对可见光的反照率很大程度上取决于雪中黑碳的含量^[18, 20], 并开始把目光投向与大气密切相关的雪冰, 从表层雪开始了一些尝试性研究^[4, 6, 8, 11, 21].

首先是 Clarke *et al.*^[4]对北极地区积雪中的黑碳进行检测之后, 指出源于人类活动的黑碳气溶胶已经进入北极地区, 并且成为北极雪盖主要的光吸收物质. 由于对光强烈的吸收作用, 北极雪盖的反照率在晚冬的时候被削弱约 1% ~ 3%, 而春季北极积雪对短波辐射的吸收则比没有黑碳的积雪高 5% ~ 10%. 由此可以看出, 由存储于雪层中的黑碳引起的对北极雪盖反照率造成的减小, 对太阳辐射收支的影响是十分显著的, 据估计在 75° N 雪盖反照率的减弱对北极地区太阳辐射收支的影响与大气中“北极霾”造成的影响相当^[4]. 然而, 在人迹罕至的南极点附近, Warren *et al.*^[8]对采集的雪样进行检测后发现, 黑碳的浓度很低, 平均只有 $0.2 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 附近地区每千克大气中黑碳的含量也仅有 $1 \sim 2 \mu\text{g}$. 有意思的是, 在位于南极点站下风向采集的雪样中黑碳的浓度比上风向高出一个数量级. 他们提出南极地区由于受人类影响较小, 雪盖中的黑碳不会对反照率产生显著影响^[8]; 但人类的活动对局地黑碳的影响是不可忽视的.

Chylek *et al.*^[6, 9, 11]首先对现代降雪和冰芯中的黑碳记录做了初步的对比研究, 1982—1985 年在南新墨西哥和西德克萨斯采集了 29 个雪样, 检测出黑碳浓度在 $4.9 \sim 15.9 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间变化, 指出在乡村偏远地区黑碳浓度约为 $5 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 而到城市地区这一数值上升到 $16 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 左右, 反映了人类活动对区域范围内黑碳浓度的影响. 而在南极地区和格陵兰 Camp Century 采集的一些新鲜雪样中的黑碳平均浓度为 $2.5 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$. 如前所述, 南极地区和格陵兰半岛不受或很少受人类活动——尤其是工业活动——影响, 因此这个值可以作为全球黑碳本底值. 如果把这一数值与在 Camp Century 采集的两个冰芯样(年龄分别是 4 000 a 和 6 000 a)中的黑碳浓度值(分别是 2.5 和 $1.1 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)比较, 并没有太大的差别, 这说明几千年来全球大气黑碳

含量并没有显著改变^[8]. 无独有偶, Chylek *et al.*^[11]对 GISP2 冰芯中的一段(320 ~ 330 A. D.)以及冰芯附近采集的表层雪样(1989—1990 A. D.)分析后发现, 这二者中的黑碳浓度几乎一样, 说明 1989—1990 年大气中的黑碳含量与 1 670 a 前差不多.

Cachier *et al.*^[21]首先从人类活动角度对表层雪中的黑碳进行研究. 过量硫酸盐是指除了海洋来源的那一部分外, 多余出来的那一部分硫酸盐的数量, 可表示为 nssSO_4^{2-} . 格陵兰冰盖位于工业化程度较高的北美、西北欧地区的包围之中, 其雪冰内记录到的人类活动来源的 SO_4^{2-} 较为明显^[22], 一般认为这里的过量的硫酸盐是工业污染造成的, 可以反映人类的工业活动. Cachier *et al.*^[21]对格陵兰中部采集的 2 a 雪坑样分析表明, 雪样中的黑碳浓度与过量的硫酸盐浓度呈现很好的同步变化现象, 从浓度—时间曲线上看, 都呈现出夏季低, 春季高的变化趋势(图 1).

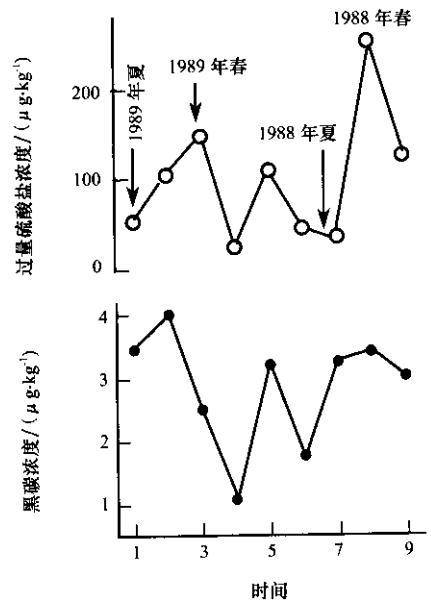


图 1 格陵兰中部雪坑中黑碳与过量硫酸盐同步变化现象^[21]

Fig. 1 Covariation between excess sulfate and BC in snow pit, central Greenland^[21]

3 冰芯中的黑碳浓度记录

由于大气组分通过干湿沉降会在雪冰中累积, 冷冰川和极地冰层是存储大气化学成分的重要载体^[23]. 极地冰芯记录了关于大气物理化学组分和全球排放的长期信息, 可以揭示关于地球气候和古代大气组分几十万年来演化的历史.

3.1 冰芯中的黑碳浓度指示的气候环境变化信息

冰芯中的黑碳记录的长期变化特征与气候环境变化有一定的关系. 对南极 Byrd 站冰芯样品中的黑碳研究表明, 从威斯康星末次冰期 - 全新世过渡时期 (13 000 ~ 10 800 a BP) 黑碳浓度在 $0.1 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 附近振荡, 但在这之后的全新世早期 (10 800 ~ 10 200 a BP), 浓度有一个跃迁, 上升到 $0.95 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 进入全新世以后的黑碳浓度在 $0.5 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 附近振荡 (图 2)^[10]. Chylek *et al.*^[10] 提出, 全新世早期黑碳浓度突然增高, 不能归结为一般大气环流的改变或者沙尘暴的增加, 因为并没有证据表明有类似情况出现^[23]; 相反, 格陵兰和南极冰芯都显示在末次冰期过渡到全新世的过程中大陆性沙尘含量有相当程度的减弱^[24~27]. Chylek *et al.*^[11] 认为这一现象可能由全新世早期生物量增长以及由此引起的可燃烧物质质量的增加造成, 另外, 由人类活动而诱发的森林大火, 灌木和草地燃烧也是可能原因. 很有意思的是, 与标志末次冰期结束的 $\delta^{18}\text{O}$, CO_2 以及 CH_4 的浓度增长的时间相比, 黑碳浓度的增长滞后几百年.

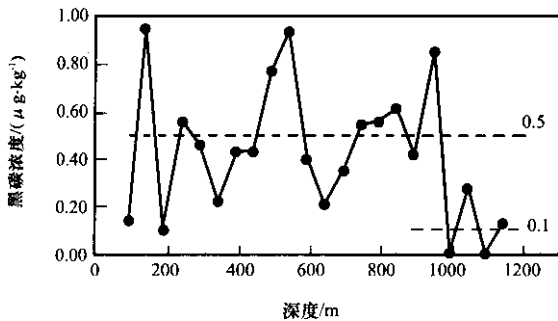


图 2 Byrd 站冰芯中黑碳浓度随深度的变化^[10]

Fig. 2 Black carbon concentration varies with the depth below surface, Byrd station, Antarctica^[10]

此外, 从 Chylek *et al.*^[9] 对格陵兰 Dye-3 冰芯样品 (时间跨度为 3 380 ~ 100 a BP) 的分析结果也能发现冰芯中的黑碳的变化与环境变化的关系. 在 750 ~ 100 a BP 期间的黑碳浓度较低, 平均仅为 $0.64 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 而更早时期样品 (3 380 ~ 900 a BP) 的平均值为 $1.93 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 在 900 ~ 750 a BP (即 1100 ~ 1250 A. D.) 期间, 至少有一个影响黑碳浓度的因子发生了显著改变. 注意到这一时间段 (1 100 ~ 1 250 A. D.) 与小冰期开始的时间非常接近, 而大气环流和降水模式的显著改变正是小冰期的特征. 当时不断增加的海冰覆盖和不断降低的冬季温度最终结束了向格陵兰半岛的殖民, 因此, 排

除当地人类活动的黑碳源^[9]. 当时大气环流的普遍向南移动^[28]可能降低了黑碳的沉降速率, 从而造成 750 ~ 100 a BP 期间的黑碳浓度较低.

冰芯中的黑碳浓度变化还可以反映工业时代以前森林大火的发生. 全新世期间, 电导率 (ECM) 的突然降低已被认为与由生物质燃烧引起的 NH_4^+ 浓度增加相关^[29]. Chylek *et al.*^[11] 对 GISP2 冰芯中的一段 2 m 长 (时间跨度 320 ~ 330 A. D.) 的冰芯研究发现, 在这段时间里, 有 4 个 ECM 值低谷, 4 个 NH_4^+ 浓度峰值, 相应的有 4 个黑碳浓度峰值, 而且 ECM 的低谷, NH_4^+ 的峰与黑碳的峰吻合的非常好, 说明冰芯中的黑碳信息可以用来指示森林大火的发生.

综上所述, 冰芯中的黑碳记录与地球古气候及环境之间关系密切, 气候或环境发生变化, 甚至突发事件, 如森林大火, 都可以对雪冰黑碳记录造成明显的影响. 因此, 利用冰芯黑碳记录, 可以很好地有助于反演地球古气候与环境的历史.

3.2 冰芯黑碳记录与人类活动的关系

在工业时代以前, 大气中的黑碳来源主要是生物量燃烧. 对南极 Byrd 站冰芯样品中的黑碳研究发现, 全新世早期黑碳浓度的突然增加, Chylek *et al.*^[11] 认为可能原因之一就是人类的活动诱发的森林大火.

进入工业时代以来, 人类对化石燃料的需求越来越旺盛. 除了原有的生物燃烧可以产生黑碳气溶胶之外, 大量的化石燃料的燃烧也产生了大量黑碳气溶胶进入大气, 最终通过干、湿沉降进入雪冰中并保存下来. 因此, 冰芯中的黑碳浓度记录很大程度上反映了人类的活动. 1994 年, Cachier *et al.*^[21] 对在格陵兰地区中部提取的 Eurocore 冰芯样品进行分析, 并作出黑碳浓度-时间曲线发现, 在工业时代以前, 冰芯中黑碳的浓度很低, 基本在 $2 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 左右波动, 但从 1850 年全球大规模工业化开始就明显升高, 到 1900 年达到 $4 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 至于 1900 年以后曲线下降可能是能源结构由以消费木炭为主向以消费石油为主转化, 而 1950 年前后, 黑碳浓度又开始升高, 同时分析中发现其它的工业微粒的含量, 如硫酸盐和硝酸盐也升高了, 这可能是由于发达国家的石油消费增加造成的 (图 3)^[21].

虽然冰芯中的黑碳浓度记录与气候具有相关性, 但从冰芯中获得的黑碳浓度的历史记录还是很少的, 而且也没有任何反映黑碳排放历史的报道. 1982 年, 在瑞士 Monte Rosa 山脉 (海拔 4 450 m) 高

阿尔卑斯冰川鞍部的 Colle Gnifetti 处钻取了一根长 109 m 的冰芯. 对这根冰芯化学记录的研究已多有报道, Lavanchy *et al.*^[12] 的研究为我们提供了第一份可以反映欧洲地区人类排放历史的黑碳记录, 记录中反映出 1755—1975 年 220 a 间雪冰中黑碳的浓度(取 10 a 滑动平均值)由 $15 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 上升到 $80 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 从前工业时代(1755—1890 年)到现代(1950—1975 年)黑碳值增长了 4 倍^[12]. 根据 1890—1975 年的化石燃料消费情况计算的德国、法国、瑞士和意大利等 4 国的黑碳排放与冰芯中的黑碳记录相关系数达到 0.56, 说明冰芯中的黑碳记录反映了西欧的排放, 其中 1860 年的黑碳高值说明当时向大气中排放的黑碳已经非常显著了.

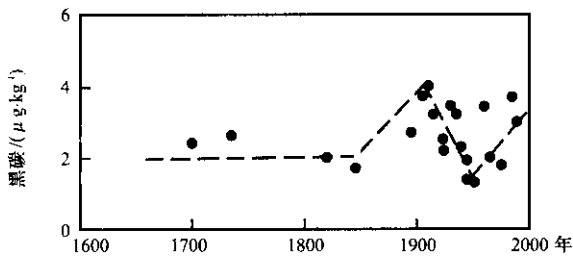


图 3 EUROCORE 冰芯中的黑碳浓度变化^[21]

Fig. 3 The change of black carbon concentration in the EUROCORE ice core^[21]

此外, 局地人类活动对于雪冰中黑碳的含量也有一定影响. 从 Hansen *et al.*^[13] 的研究可以看出, 在人类活动较多的阿拉斯加、加拿大、瑞典和斯皮茨卑尔根等地区, 现代表层雪中的黑碳浓度普遍较高, 而人类活动较少的极地、格陵兰等地区, 黑碳浓度普遍较低, 在人迹罕至的南极点, 其浓度甚至只有 $0.2 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$.

4 结语

近年来, 全球科学家越来越关注黑碳的全球增暖效应, 这个问题具有科学和政治两个方面的双重意义, 但我国科学界对其环境和气候效应的科学认识还不够深入, 对其区域和全球影响的研究更薄弱. 当前, 国际上对于黑碳的环境和气候效应的研究是从其辐射强迫着手的, 而所得结果却不尽相同, 如国际政府间气候变化专门委员会(IPCC)对黑碳的全球年平均辐射强迫做过两次评估, 但两次评估报告都认为可靠性很差^[30]. 大气中的黑碳气溶胶有气候效应, 沉降并存储于雪盖中的黑碳同样具有气候效应^[14]. 迄今为止, 雪冰是保存和记录历史时期黑碳变化的最好介质. 笔者认为对黑碳的气候

效应的研究应该不仅仅局限于大气圈, 而应该把大气圈和冰雪圈结合起来, 并最终结合到大气辐射平衡计算中, 从而更好地解释气候问题.

自 20 世纪中叶第一根冰芯提取以来, 冰芯研究已经开展半个世纪之久, 但许多方面仍处于初始阶段, 研究地区也大多是两极和高海拔山地冰川. 雪冰黑碳记录研究在南极, 格陵兰和其它北极地区的研究进行得比较多, 而青藏高原上的雪冰黑碳研究尚未见报道. 目前已经发表的关于冰芯中黑碳记录的资料主要反映了末次冰盛期以来的信息, 还没有获得更长时间序列的冰芯黑碳记录. 进行雪冰中黑碳序列自身的变化特征与其它参数的对比研究, 可以揭示全球和区域的古气候、古环境信息以及人类活动信息. 同时, 随着冰芯研究的发展, 冰芯中的黑碳研究将可能与 $\delta^{18}\text{O}$ 、 CO_2 、 CH_4 以及化学离子等多种参数的研究相结合, 从而发展新的研究增长点. 有“世界屋脊”之称的青藏高原, 对全球气候环境有着重要影响, 而且青藏高原上也分布着大量的冰川, 因此, 在青藏高原展开雪冰黑碳方面的研究工作是非常有益的.

参考文献 (References):

- [1] Pueschel R F, Barrett E W, Wellman D L, *et al.* Cloud modification by man-made pollutants: effects of coal-fired power plant on cloud drop spectra [J]. *Geophys. Res. Lett.*, 1981, **8**: 221–224.
- [2] Rosen H, Novakov T, Bodhaine B A. Soot in the Arctic [J]. *Atmos. Environ.*, 1981, **15**: 1371–1374.
- [3] Hansen A D A, Rosen H. Vertical distributions of particulate carbon, sulphur and bromine in the Arctic haze and comparison with ground level measurements at Barrow, Alaska [J]. *Geophys. Res. Lett.*, 1984, **11**: 381–384.
- [4] Clarke A D, Noone K J. Soot in the Arctic snowpack: a cause for perturbation in radiative transfer [J]. *Atmos. Environ.*, 1985, **19**: 2045–2053.
- [5] Bodhaine B A, DeLuisi J J, Harris J M, *et al.* Aerosol measurements at the South Pole [J]. *Tellus*, 1986, **38B**: 223–235.
- [6] Chylek P, Srivastava V, Cahenzli L, *et al.* Aerosol and graphitic carbon content of snow [J]. *J. Geophys. Res.*, 1987, **92**: 9801–9009.
- [7] Hansen A D, Bodhaine B A, Dutton E G, *et al.* Aerosol black carbon measurements at the South Pole: initial results, 1986–1987 [J]. *Geophys. Res. Lett.*, 1988, **15**: 1193–1196.
- [8] Warren S G, Clarke A D. Soot in the atmosphere and snow surface of Antarctica [J]. *J. Geophys. Res.*, 1990, **95**: 1811–1816.
- [9] Chylek P, Hohinson B, Wu H. Black carbon concentration in Greenland Dye-3 ice core [J]. *Geophys. Res. Lett.*, 1992, **19**: 1951–1953.
- [10] Chylek P, Hohinson B, Wu H. Black carbon concentration in Byrd Station ice core: from 13,000 to 700 years before present [J]. *Ann. Geophysicae*, 1992, **10**: 625–629.

- [11] Chylek P , Hohnson B , Wu H , *et al.* Biomass burning record and black carbon in the GISP2 ice core [J]. *Geophys. Res. Lett.* , 1995 , **22** : 89 – 92.
- [12] Lavanchy V M H , Gaggler H W , Schotterer U , *et al.* Historical record of carbonaceous particle concentrations from a European high – alpine glacier (Colle Gnifetti , Switzerland) [J]. *J. Geophys. Res.* , 1999 , **104** : 21 , 227 – 21 , 236.
- [13] Hansen J , Nazareko L. Soot climate forcing via snow and ice albedos [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences* , 2003 , **101**(2) : 423 – 428.
- [14] Ackerman T , Toon O B. Absorption of visible radiation in atmosphere containing mixture of absorbing and nonabsorbing particles [J]. *Appl. Opt.* , 1981 , **20** : 3 661 – 3667.
- [15] Chylek P , Ramaswamy V , Cheng R. Effect of graphitic carbon on albedo of clouds [J]. *J. Atmos. Sci.* , 1984 , **41** : 3 076 – 3 084.
- [16] Chylek P , Hallett J. Enhanced absorption of solar radiation by cloud droplets containing soot particles in their surface [J]. *Q. J. Roy. Meteorol. Soc.* , 1992 , **118** : 167 – 172.
- [17] Wiscombe W J , Warren S. A model for the spectral albedo of snow II . Snow containing atmospheric aerosols [J]. *J. Atmos. Sci.* , 1980 , **37** : 2 712 – 2 733.
- [18] Chylek P , Ramaswamy V , Srivastava V. Albedo of soot – contaminated snow [J]. *J. Geophys. Res.* , 1983 , **88** : 837 – 843.
- [19] Shi Yafeng , Huang Maohuan , Yao Tangdong , *et al.* *Glaciers and Their Environments in China* [M]. Beijing : Science Press , 2000. 285. [施雅风 , 黄茂桓 , 姚檀栋 , 等. *中国冰川与环境* M]. 北京 : 科学出版社 , 2000. 285.]
- [20] Warren S G. Optical properties of snow [J]. *Rev. Geophys.* , 1982 , **20** : 67 – 89.
- [21] Cachier H , Pertuisot M H. Particulate carbon in Arctic ice [J]. *Analisis* , 1994 , **22** : 34 – 37.
- [22] Qin Dahe. A Study of Present Climatic and Environmental Record in the Surface Snow of the Antarctic Ice Sheet [M]. Beijing : Science Press , 1995. 129. [秦大河. 南极冰盖表层雪内的物理过程和现代气候及环境记录 [M]. 北京 : 科学出版社 , 1995. 129.]
- [23] Oeschger H , Langway Jr. C C. *The Environmental Record in Glacier and Ice Sheets* [M]. New York : John Wiley , 1989. 69 – 83.
- [24] Thompson L G , Mosley – Thompson E. Microparticle concentration variations linked with climatic change : evidence from polar ice cores [J]. *Science* , 1981 , **212** : 812 – 815.
- [25] Petit J R , Briat M , Royer A. Ice age aerosol content from East Antarctic ice core samples and past wind strength [J] , *Nature* , 1981 , **293** : 391 – 394.
- [26] Gaudichet A , Petit J R , Lefevre R , *et al.* An investigation by analytical transmission electron microscopy of individual insoluble microparticles from Antarctic (Dome C) ice core samples [J]. *Tellus* , 1986 , **38B** : 250 – 261.
- [27] Ram M , Gayley R I , Petit R. Insoluble particles in Antarctic ice : background aerosol size distribution and diatom concentration [J]. *J. Geophys. Res.* , 1988 , **93** : 8 378 – 8 382.
- [28] Crowley T J , North G R. *Paleoclimatology* [M]. New York : Oxford University Press , 1991.
- [29] Legrand M , De Angelis M , Staffelbach T , *et al.* Large perturbations of ammonium and organic acids content in the Summit Greenland ice core. Fingerprint from forest fires ? [J]. *Geophys. Res. Lett.* , 1992 , **19** : 473 – 475.
- [30] Houghton J T , Ding Y D , Griggs J , *et al.* IPCC , 2001 , *Climate Change 2001 : The Scientific Basis* [M]. Cambridge : Cambridge University Press , 2001.

Black Carbon in Snow and Ice : A Review

MING Jing^{1,2,3} , QIN Da-he² , XIAO Cun-de^{2,3}

(1. Institute of Geology and Geophysics , Chinese Academy of Sciences , Beijing 100029 , China ; 2. Laboratory of Ice Core and Cold Regions Environment , CAREERI , CAS , Lanzhou Gansu 730000 , China ; 3. Chinese Academy of Meteorological Sciences , Beijing 100081 , China)

Abstract : Nowadays , the topic of the climatic effect of the atmospheric aerosols has been a highlight that human – being pays attention to. Black carbon (BC) is a kind of aerosol , which results from the incomplete combustion of fossil fuels (for example , coal and petroleum) and biomass (for example , vegetation burnt in forest fires and slash – and – burn agriculture). Recent researches have found that black carbon is one of the most significant climate forcing factors among atmospheric aerosols , which is relative to anthropogenic activities. New research from NASA scientists suggests emissions of black carbon alter the way sunlight reflects off snow. According to a computer simulation , black carbon may be responsible for 25 percent of observed global warming over the past century.

Furthermore , besides the necessity to know its cli-

matic effect , black carbon is also a good medium for understanding the change of climate and environment. Up to now , snow and ice is the best archive that preserves and records the historical variation of BC. In this article , variations are discussed of BC concentration in snow and ice at different places on the earth , and its response to the change of atmospheric circulation , climate and environment , according to the available research results from ice cores and snow samples collected from Antarctica , Greenland and mountain glaciers in mid – low latitude regions. The relationships between anthropogenic activities and the BC variations in snow and ice are summarized. Furthermore , natural events like biomass burning were also reflected by high BC concentration in snow and ice.

Key words : black carbon ; ice core ; climate ; environment