

风蚀粉尘和粉尘沉积物的一些环境效应研究述评

顾世成¹, 彭淑贞², 杨得福², 韩军青¹

(1. 山西师范大学城市与环境科学学院, 山西 临汾 041004; 2. 泰山学院旅游与资源环境系, 山东 泰安 271021)

[摘要] 近年来, 沙尘天气, 特别是沙尘暴的频繁爆发所输出的粉尘带来的环境问题日益引起人们的关注。本文根据近年来一些研究成果, 从粉尘与大气环境、海陆生态系统以及人类的生活、生产关系等角度对粉尘及粉尘沉积物的环境效应进行了综述, 并在此基础上对今后该领域的研究提出了一些看法。

[关键词] 粉尘; 粉尘沉积物; 环境效应

[中图分类号] X43 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-2590(2006)06-0064-05

粉尘一般被认为是大气中悬浮的固体颗粒或颗粒的沉积物^[1]。在大气体系中, 习惯上往往将颗粒相的悬浮物称之为大气粉尘气溶胶(或称矿物粉尘), 其来源主要有土壤和沉积物风蚀、火山喷发、宇宙陨石的分解以及人类活动等作用产生细颗粒物。据计算, 在全球范围内各种来源向大气中释放的粉尘气溶胶总量约为 $1000 \sim 3000 \times 10^6 \text{ t}$ ^[2]。粉尘在输出、搬运和沉积等一系列环节中往往给人们的生活和生产环境带来重大影响。首先, 沙尘天气, 特别是沙尘暴所输出的粉尘物质往往在较短时间内造成重大的生态破坏和社会经济损失^[1]; 其次, 粉尘气溶胶对大气化学过程和地-气辐射平衡等影响对全球环境变化亦起到关键作用^[3~7]。此外, 降落到大洋的矿物粉尘对全球的生物地球化学循环也起到重要的影响作用^[8~10]。因此, 对大气粉尘的环境效应研究已成为当前国际全球变化研究的热点问题之一。

目前, 对粉尘的环境效应已有较多学者进行了详细阐述, 一些研究多数侧重于粉尘对环境的危害等负面影响^[11~12]。近年来, 一些学者开始注意到粉尘环境效应的积极作用, 但相对而言这方面的报道还相对较少^[13], 这可能影响到人们对粉尘环境效应的全面认识。笔者主要从事粉尘堆积与古环境变化研究, 也一直关注现代粉尘环境效应方面的研究, 本文试图对粉尘环境效应领域的一些研究成果, 对粉尘环境效应进行简要论述, 以使更多的人关注粉尘与环境的关系, 特别是对粉尘的环境效应产生比较全面的认识。

1 对大气环境状况的影响

1.1 加重大气污染程度

在地球大气中, 以悬浮方式传输的粉尘颗粒几乎都小于 $100 \mu\text{m}$, 而小于 $10 \mu\text{m}$ 的颗粒能够在数星期内保持悬浮态^[1]。在大气化学上, 国际标准化组织(ISO)将粒径 $\leq 10 \mu\text{m}$ 的粒子称为可吸入粒子(IP), 即 PM10, 并将该参数作为重要的污染指标。

在强烈的沙尘天气条件下, 细颗粒的粉尘物质使沙尘源地、周边地区以及下风向地区能见度显著降低。在我国西北、华北等广大地区冬春季节经常形成沙尘天气, 沙尘高峰时往往使水平能见度小于 1 km 形成沙尘暴天气, 极端条件下形成强沙尘暴。在 2002 年 3 月 18~23 日爆发了数次席卷北方大部分地区的强烈沙尘天气。在此次沙尘暴期间, 北京大气 PM10 浓度从 3 月 19 日的 0.253 mg/m^3 猛增到 3 月 22 日的 0.616 mg/m^3 , 增加了将近 2.5 倍; 天津的大气 PM10 浓度从 0.178 mg/m^3 增到 0.815 mg/m^3 , 增加了 4.6 倍; 辽宁省大连市也在 3 月 22 日出现重污染事件, 大气中 PM10 浓度为 0.382 mg/m^3 。由此可见, 在这次沙尘天气中上述城市 PM10 指标均严重超过《环境空气质量标准》(GB3095-1996)所规定的适合居民生活的二级标准(日平均的 0.15 mg/m^3), 甚至在特定工业区所规定的三级标准(日平均的 0.25 mg/m^3)。

[收稿日期] 2006-09-08

[基金项目] 国家自然科学基金项目(40402026), 中国博士后科学基金项目(2005037432)

[作者简介] 顾世成(1978-), 男, 辽宁瓦房店人, 山西师范大学城市与环境学院研究生。

另外, 工厂、矿山、城市垃圾焚烧以及交通工具向大气释放的粉尘常常含有大量有毒的重金属等污染物质会带来大气严重污染, 特别是在一些特殊的地形和气象条件下污染物质的扩散受到限制, 有可能造成严重的地方性大气污染事件。

1.2 粉尘气溶胶的气候效应

1.2.1 削弱太阳辐射

粉尘气溶胶对太阳辐射的影响主要有两条途径, 一是通过吸收和散射来自太阳光与地面的辐射直接影响气候系统, 这种作用被称为直接辐射强迫; 另一种则是作为凝结核(CNC)改变云的光学特性和生命周期而间接影响气候系统, 即间接辐射强迫。目前, 对粉尘气溶胶辐射强迫的气候效应估算还存在相当大的不确定性, 这主要是由于区域和全球粉尘气溶胶理化性质, 包括粉尘浓度、颗粒大小及形状、矿物和元素组成、源区位置和释放量, 以及在大气中粉尘颗粒的结合方式等方面的研究不足。

尽管如此, 一些模型输出的结果均显示, 由于气溶胶的辐射强迫效应, 使地面的平均辐射强迫呈现负值。Andrean(1995)对不同类型的气溶胶的直接辐射强迫进行了估算, 其模型输出结果显示, 在全球粉尘气溶胶的释放量为 1500 Tg yr^{-1} , 平均大气滞留时间为 4 天, 平均光学厚度为 0.023 时, 辐射强迫为 $-0.75 \text{ W m}^{-2[3]}$ 。Tegen 等(1996)对人类扰动土壤产生的粉尘气溶胶的辐射强迫进行了研究, 粉尘上升到对流层上层, 吸收并阻挡太阳辐射, 其中粉尘在大气层顶的辐射强迫平均值为 $+0.09 \text{ W m}^{-2}$, 对地面平均辐射强迫为 $-0.96 \text{ W m}^{-2[4]}$ 。由此可见, 粉尘的辐射强迫作用可能使地面温度降低。一些学者基于 20 世纪温度资料的分析后认为, 1945 年以前人类活动对“温室”效应有加强作用, 而此后的粉尘冷却作用可能超过了这种增暖。特别是 1991 年皮纳图博火山的喷发, 导致此后的两年内温度下降了 $0.3 \sim 0.7^\circ\text{C}$, 至 1994 年温度才开始上升^[14]。

1.2.2 降低 CO_2 浓度

一些细颗粒的粉尘可以远距离输送到大洋中, 其中所含的一些可供生物吸收的营养元素(如铁等)。近几年研究发现, 沙尘中含有丰富的铁进入大洋表层后对浮游植物的生长起到施肥作用, 使海洋浮游绿色植物吸收大气 CO_2 的能力大大加强, 这对平衡大气中的碳循环过程起到积极作用。同时, 增加海洋大气中的二甲硫化物和云量, 间接地起到冷却大气的作用^[7~10]。研究显示, 每年大气中约有 1000 亿 t 的 CO_2 被吸收了, 其中浮游植物能将大约 450 亿~500 亿 t 的 CO_2 合成到自己的细胞中, 而另一半被陆生植物所吸收。由此可见, 海洋浮游植物在吸收温室气体方面和陆生植物一样, 在平衡大气 CO_2 收支过程中起到重要作用, 间接缓和全球变暖的趋势。并且, 与陆生植物相比, 海洋浮游植物的繁殖速度快, 发展空间更大。不仅如此, 一些学者将新生代以来全球环境呈现变冷的趋势部分原因也归因于主要来自陆地粉尘物质输入的增加, 该假说认为冰期时冰量增加, 气候呈现干冷的特征, 落入大洋的粉尘增加, 导致“铁施肥”作用加强, 海洋浮游生物繁盛, 这些生物吸收 CO_2 的能力加强, 最后导致全球气温在新生代以来呈现降低的趋势^[8~9]。

由此可见, 通过增加大洋中施加“铁肥”可以增大浮游生物的产量, 消除大气中的 CO_2 , 同时粉尘颗粒起着形成云雨凝结核的作用, 增加海洋上空的云量, 从而减缓全球增温的速度。但是, “铁肥”作用降低温度的机制以及发展趋势还有许多未知的地方, 而且相当多的粉尘中含有大量的污染物质, 大量粉尘物质的释放还会造成大气污染, 特别是随着人类对气候系统的扰动的加强, 这种作用是否还会产生一些消极影响还需要进一步的研究。

1.2.3 缓解酸雨

酸雨是当代世界面临的重大环境问题之一, 它对生态环境、工农业生产及人类健康带来许多不利影响。一般认为酸雨主要是 SO_2 、 NO_x 和氯化物等大气污染物, 经过一系列的物理、化学和物理化学过程所形成的 H_2SO_4 、 HNO_3 和 HCl 并随雨、雪等降落到地表。一些研究发现, 在含有较多钙等碱性离子的粉尘颗粒能够对大气中的酸性物质进行中和, 起到缓解酸雨的作用^[15]。在我国, SO_2 是导致酸雨的主要物质, 南北方 SO_2 排放程度大致相当, 但酸雨分布大致与自然环境分异状况吻合, 秦岭淮河以南是主要的酸雨区, 以北相对较少, 这可能与我国北方多沙尘天气, 来自沙漠的沙尘中含有大量的钙等碱性离子, 含钙的硅酸盐和碳酸盐中和大气中的一些酸性物质。在沙尘天气过境的 2001 年 3 月 22 日, 北京市 SO_2 浓度从 0.093 mg/m^3 减少到 0.036 mg/m^3 , 比平时浓度减少 39%; 天津 SO_2 的浓度减少了约 67%; 呼和浩特 SO_2 的浓度减少了 65%; 青岛减少 64%; 济南减少约 47%; 连云港减少 47%。另外, 沙尘可以大量吸收有害工业烟尘和汽车尾气中的氧化硫和氮氧化物, 加上沙尘减弱阳光, 降低气温, 因而城市中出现沙尘天气时对光化学雾的产生起到制约作用。

2 对陆地生态系统的影响

风蚀粉尘在侵蚀、搬运和堆积过程中对陆地生态系统带来的影响是比较深远的。自上个世纪,由于人类活动的影响,在全球的一些干旱和半干旱地区土地退化现象日益严峻。在世界沙尘暴中心之一的非洲萨赫勒地区,迅速增长的畜牧业和干旱化使土壤表面失去了对风力、降水的片状和面状流水等侵蚀作用的保护,大片土地荒漠化,如在苏丹,1958至1975年撒哈拉沙漠南界就向南推移了80~100 km^[16]。大面积荒漠地区的出现,无疑为粉尘的产生提供了重要的物质条件。在这些环境脆弱地区,强烈的沙尘天气可使草场和农田等农地严重风蚀,造成土壤物质流失^[17]。我国每次因沙尘暴的爆发导致粉尘源区和影响区呈现的风蚀深度可在1~10 cm,每年由沙尘暴产生的细颗粒物物质流高达109~1010 kg,土壤有机质和营养元素,如氮、磷和钾大量流失^[12]。同时,这些受到严重侵蚀的草场和农田,进一步导致土地退化面积扩大,又为粉尘的产生提供重要的物质来源,结果致使生态环境进入恶性循环。

夹杂着沙尘的起沙风也会对农牧业生产造成直接危害。1998年4月,我国西北12个地、州受沙尘暴侵袭,46.1万亩农作物受灾,11.09万头(只)牲畜死亡^[18]。由于我国西北地区经济发展相对滞后,农牧业又是大多数农村地区的支柱产业,沙尘暴的爆发严重影响和制约着农牧业生产的发展,甚至对一些地区农业生产带来的可能使毁灭性打击。另外,降尘颗粒使植物叶面被遮盖,影响植物的光合作用和呼吸作用,沉降到地表会改变土壤的酸碱度和养分供给,所有这些现象的发生也会间接影响农作物产量^[19]。

不仅如此,在地质历史上,一些学者认为粉尘对古生物的演化也起了关键作用,如白垩纪末发生的恐龙灭绝事件可能与陨石撞击引起的稠密粉尘云导致的太阳辐射减少和全球显著变冷有关^[20]。此外,粉尘对陆地生态系统的良性作用也是存在的,如气携氮化物添加到土壤中^[21],在干旱地区富含粉尘的粘结性结壳的形成使沙丘和其它活动地表的固定,以及有巨大的农业重要性的肥沃黄土高原等^[22]。

3 粉尘的海洋生态学意义

沙尘暴发生后,一般粒径在0.1~10 μm之间较小的沙尘颗粒,能够在数小时乃至数星期内悬浮,在合适的流场条件下能够输送到数千米的距离,如来自亚洲内陆的粉尘约有一半远距离输送到中国海区乃至北太平洋地区^[23]。沙尘细颗粒物中的大量矿物元素对全球生物地球化学循环产生了深远影响^[8~10]。

如前所述,粉尘气溶胶所携带的铁往往是某些海区初级生产力的重要限制因素。其主要机理是由于粉尘远距离输送过程中,其中大量的 Fe^{3+} 转化为 Fe^{2+} ,并在大洋表层海水溶解成为生物吸收的营养元素。太平洋上空的海气交换研究项目(The Sea—Air Exchange, SEAREX)^[24]和大西洋上空的海洋化学实验(The Atmosphere—Ocean Chemistry Experiment, AEROCE)^[25],提供了两个大洋上空的沙尘气溶胶的浓度、沙尘沉降速率及其时空分布的观测数据。结果显示,海洋中的许多元素,如Pb、Al、Mn、Zn以及某些碳氢化合物和某些有机合成化合物,经由大气远距离的输送比河流入海更为重要,直接影响海洋生物的营养盐供应,为浮游植物的生长“施肥”,控制海洋的初级生产力。

值得注意的是,一些海区的实例研究也表明,赤潮的爆发也可能与粉尘输送大量的 Fe^{2+} 有关,如在1999年7月1日前后,撒哈拉沙漠沙尘暴颗粒跨越大西洋到达西弗罗里达,使墨西哥湾附近海水中可溶性二价铁的浓度增加了300%,使有毒的红色硅藻大量繁殖而形成赤潮^[26]。也有研究显示,我国的渤海和黄海频繁爆发的赤潮可能也与源于我国西北部的沙尘暴爆发有很大的相关性。赤潮的爆发影响水体的酸碱度和光照度,竞争性地消耗水体中的营养物质,大量消耗水体中的溶解氧,并分泌有毒物质,从而导致大量的海洋动物死亡,对海洋生态系统产生严重的危害。

4 对健康、安全和通讯系统等的影响

一些沙尘暴和强沙尘暴甚至还会危及人的生命。据统计,从1998—2003年近5年的时间,我国西北地区累计遭受到的沙尘暴袭击有20多次,死亡失踪人数超过200多人^[19]。因此,沙尘天气尤其是沙尘暴、强沙尘暴的发生对人畜和建筑物的危害绝不亚于台风和龙卷风。

风蚀粉尘在输送过程中还会对大气、水源、粮食造成严重污染,诱发和传播疾病等方式直接或间接对人类的健康造成危害^[1]。大气中高的沙尘浓度容易使可吸入粉尘进入人体体内,特别是工厂和矿山向大气释放的粉尘中常常含有大量的污染物,如重金属、硫氧化物和氮氧化物等直接引起人们眼疾和呼吸系统等疾病,如风沙尘肺病就是在干旱、半干旱环境中因严重的大气沙尘产生的地方病^[27]。粉尘除了能

直接引发疾病外,还通过携带病原菌进入人体体内,或者附着在皮肤上,作为病菌的媒介间接地给人类及其它生物带来危害,如真菌孢子和花粉等可引起部分人群的过敏症。

当前,由于世界军事政治的发展,核武器试验、核事故和可能的核战争产生的放射性粉尘的扩散及其降落也对人类生命健康存在严重威胁也不容忽视。

另外,随着信息时代的来临,电信通信已成为整个社会的“神经系统”,粉尘对通信的影响也日益受到人们的关注。由于粉尘颗粒的冲击作用可产生巨大的静电负荷,沙尘暴爆发时,粉尘颗粒通过吸收、散射和交叉去极化效应使使无线电波信号能量减弱或方向畸变^[28]。如在1963年,沙特阿拉伯发生沙尘暴时,静电负荷达到150ka,曾使电话和铁路电讯联系中断^[29]。当尘暴引起的静电场对雷达通讯严重干扰时,也会导致飞机在多粉尘环境中起降时产生危险。

5 粉尘沉积物的古环境意义

悬浮的粉尘在一定的条件下降落后沉积形成粉尘沉积物。粉尘沉积物分布相当广泛,在深海、陆地以及南北半球的冰盖中均包含有风尘颗粒物质^[22,23,30]。在古环境研究领域内,基于这些粉尘记录已经有效地揭示区域乃至全球大气环流系统的演化、陆地环境变化以及区域构造地质事件的发生和发展等^[22,23,30,]。

在陆相沉积中,黄土是晚新生代以来最重要的陆相风尘堆积,在世界中纬度的许多地区具有黄土的分布。其中以北半球的中纬度地区分布最为广泛,特别是我国大面积(超过 $4 \times 10^6 \text{ km}^2$)、巨厚(最大厚度超过500 m)而连续的黄土是世界上任何地区所无法比拟的^[22],并且,黄土记录至少可以追溯到2200百万年,与深海沉积和极地冰岩芯一起构成了当前古全球变化研究的三个重要研究支柱。黄土记录与其它记录对比研究显示,黄土所保存在的古环境信息呈现出多重性和多层次性,首先,由于风尘堆积来源于亚洲内陆干旱区,因而黄土沉积有效地指示了亚洲内陆荒漠演化的历史,如目前发现最老的黄土的起源时代在2200百万年前后,这意味着此时我国西北乃至广大的亚洲内陆在此时已经有相当大规模的荒漠区,而在260百万年前后,干旱程度更趋严重^[22];其次,黄土记录显示了各种尺度的东亚古大气环流格局的演化,如在260万年以来,黄土记录显示东亚夏季风环流经历了明显的4次加强过程,时间大致为150、110、85和65万年,季风波动与全球性冰期和间冰期旋回和地球轨道变化有一种整体上的一致性,特别是一些高分辨率的黄土记录显示,在末次冰期—间冰期旋回中冬季风曾发生过千年尺度的变化,与极地冰芯和深海沉积记录有较好的一致性,但夏季风在末次间冰期相对平稳的多,黄土记录的这些突发性和不稳定特征及其与北半球高纬和极地信号的相似性和差异性^[31],对人们认识现代整个气候系统的变化过程,气候因子的各种变化以及未来的气候预测模拟模型的完善都有重要的启示意义;第三,北太平洋的深海粉尘沉积以及格陵兰冰岩芯中的粉尘颗粒也主要来自包括整个黄土高原的亚洲内陆地区,因此已有许多学者认识到中国黄土与全球,特别是对北太平洋海洋生物地球化学循环起到关键作用;另外,对中国黄土的研究也有效地揭示了地球轨道变化、青藏高原隆升及其环境效应和古生物和古人类演化等方面的信息^[22]。更有现实意义的是,由于目前黄土高原位于我国季风区和非季风区的过渡地区,生态环境非常脆弱,上述古环境研究的一些成果对黄土高原大规模地的治理和开发提供了重要的科学依据。

6 结语

通过上述综述我们可以发现,风蚀粉尘及其沉积物对大气环境状况、海陆生态系统、环境演化过程和机制以及人类的日常生活和生产带来的影响是多方面的,既有负面效应,也有正面影响,而且其中相互渗透。因此,全面认识粉尘的环境效应,乃至对沙尘天气全过程的研究,笔者认为至少以下几个方面需要加强和改善:

(1)增强人们的环保意识,唤醒人类思考在利用自然和改造自然过程中环境产生的反馈作用,特别考虑近年来沙尘天气的频繁爆发与当前人类不合理的经济活动之间的关系。

(2)充分利用当今高新技术,包括卫星遥感技术、计算机技术等为收集、处理和分析沙尘天气产生、发展及其影响信息,提高进行长期和立体监测的能力,加强大区域或全球性数据的获取和分析能力。

(3)根据反映沙尘天气变化的文献、资料和地质环境记录等,探索在历史时期沙尘天气形成和演化机理,为沙尘天气研究提供自然历史背景。

(4)强化不同研究领域的相互交叉,集体攻关,充分发挥地球系统科学研究一些特点,多视角地分析和认识粉尘产生和发展及其影响。

[参考文献]

- [1] PYE K. Aeolian Dust and Dust Deposits [M]. London, Academic Press, 1987.
- [2] DUCE R A. Sources, distributions and fluxes of mineral aerosols and their relationship to climate [A]. In: Heintzenberg J ed. Aerosol Forcing of Climate. New York: John Wiley & Sons Ltd, 1995:43~72.
- [3] ANDREA E M O. Climate effects of changing atmospheric aerosol levels [A]. In A Henderson— Sellers (ed.), World Survey of Climatology: Future Climates of the World. New York. Elsevier Science. 1995: 341~392.
- [4] TEGE I, FUNG I. Modeling of mineral dust in the atmosphere: Sources, transport, and optical thickness [J]. Journal of Geophysical Research, 1994, 99(D11): 22897~22914.
- [5] 张仁健, 韩志伟, 浦一芬等. 中国沙尘暴天气的新特征及成因分析 [J]. 第四纪研究, 2002, 22(4): 374~380.
- [6] 王炜, 方宗义. 沙尘暴天气及其研究进展综述 [J]. 应用气象学报, 2004, 15(3): 366~381.
- [7] 庄国顺, 敬敏华, 袁惠等. 2000年我国沙尘暴的组成、来源、粒径分布及其对全球环境的影响 [J]. 科学通报, 2001, 46(3): 191~197.
- [8] Martin J H. Glacial—interglacial CO₂ change: The iron hypothesis. Paleoclimatology, 1985, 5: 1~13.
- [9] MARTIN J H, COALE K H, JOHNSON K S, et al. Testing the iron hypothesis in ecosystems of the equatorial Pacific Ocean [J]. Nature, 1994, 371: 123~129.
- [10] ZHUANG G, YI Z, DUCE R A, et al. Link between iron and sulfur cycles suggested by detection of iron (II) in remote marine aerosols [J]. Nature, 1992, 355(6360): 537~539.
- [11] 孟鑫, 李立华, 孟祥彬. 荒漠化、沙漠化及沙尘暴的危害及治理 [J]. 林业科技, 2004, 29(2): 22~23.
- [12] 卞学昌, 张祖陆. 我国沙尘暴产生的原因、危害及防治对策. 国土与自然资源研究, 2003, (2): 60~61.
- [13] 刘丽芳, 王文丽. 重新认识沙尘暴. 科技情报开发与经济, 2004, 14(9): 167~168.
- [14] 刘东生, 等编译. 气候过程和气候变化 [M]. 北京: 科学出版社, 2004. 102, 144.
- [15] 宋宗水. 产生沙尘暴的自然因素与人类活动因素 [J]. 中国农业资源与区划, 2004, 25(2): 5~8.
- [16] LE HOUOU, H N. The grazing land ecosystems of the African Sahel [M]. Berlin: Springer - Verlag, 1989.
- [17] 王涛, 陈广庭, 钱正安, 等. 中国北方沙尘暴现状与对策 [J]. 中国沙漠, 2001, 21(4): 322~327.
- [18] 王炜, 方宗义. 沙尘暴天气及其研究进展综述 [J]. 应用气象学报, 2004, 15(3): 366~381.
- [19] 赵树利, 徐毅青. 我国沙尘暴现状与生态防治对策 [J]. 浙江树人大学学报, 2004, 4(1): 71~75.
- [20] POLLACK J B, TOOM O B, ACKERMAN T R, et al. Environmental effects of an impact—generated dust cloud: implications for the Cretaceous—Tertiary extinctions [J]. Science, 1983, (219): 287~289.
- [21] YAALON D H, GANOR E. The influence of dust on soils during the Quaternary. Soil Science. 1973, 116: 146~155.
- [22] 刘东生等. 黄土与环境 [M]. 北京: 科学出版社. 1985. 238~239.
- [23] BLANK M, LEIENE M and PROSPERO J M. Asian eolian dust inputs indicated by the mineralogy of aerosols and sediments in the western North Pacific [J]. Nature, 1985, 314: 84~86.
- [24] RILEY J P, CHESTER R, DUCE R A. Chemical Oceanography, Vol. 10; SEAREX: The Sea/Air Exchange Program, New York: Academic Press, 1989. 404.
- [25] ARIMOTO R, DUCE R A, SAVOIE D L, et al. Trace elements in aerosol particles from Bermuda and Barbados: concentrations, sources and relationships to aerosol sulfate [J]. Journal of Atmosphere Chemistry, 1992, 14(1-4): 439~457.
- [26] 邢磊, 张正斌, 林影等. 我国沙尘暴与赤潮的相关性研究 [J]. 中国海洋大学学报, 2004, 34(1): 245~252.
- [27] BAR—ZIV J and GOLDBERG G M. Simple siliceous pneumoconiosis in Negev Bedouins [J]. Arch Environment Health, 1974, 29: 121~126.
- [28] 黄宁, 郑晓静, 陈广庭等. 沙尘暴对无线电波传播影响的研究 [J]. 中国沙漠, 1998, 18(4): 350~353.
- [29] CLMENTS T, STONE R O, Mann J F, et al. A study of windborne sand and dust in desert areas, Technical Report, ES—8. United States Army, Natick Laboratories, 1963, 61.
- [30] BISCAYE P E, GROUSSET F E, REVEL M, et al. Asian provenance of last glacial maximum dust in the GISP2 ice core, summit, Greenland [J]. Journal of Geophysical Research, 1997, 102, 26765~26781.
- [31] DING Z L, REN J Z, YANG S L, et al. Climate instability during the penultimate glaciation: Evidence from two high—resolution loess records, China [J]. Journal of Geophysical Research, 1999, 104(B9), 20123~20132.

Advance in Environmental Effect of Aeolian Dust and Dust Deposits

GU Shi—cheng¹, PENG Shu—zhen², YANG De—fu², HAN Jun—qing¹

(1. College of Urban and Environmental Sciences, Shanxi Normal University, Linfen 041004;

2. Department of Tourism and Resources Environment. Taishan University, Taian 271021, China)

Abstract: Recently, more and more people have paid much attention to environmental issue resulting from the burst out of the dust, especially sand—dust storm, and new advances and representative literatures have come forth frequently. In this paper, the environmental effect of dust and dust deposition inflicted on atmospheric environment, terrestrial and marine ecosystem and the anthropic activity is briefly reviewed and summarized, and that we raise our primary point of the research in this field, which help to advance our comprehensive understanding toward environmental effect of aeolian dust and dust deposits.

Keyword: aeolian dust; dust deposits; environmental effect