

东北地区 2002 年春季沙尘暴的物质特征和成因分析

介冬梅^{1,2}, 胡克^{2*}, 霍新疆³, 李津¹, 吕金福¹

(1. 东北师范大学城市与环境科学学院, 长春 130024; 2. 吉林大学地球科学学院, 长春 130061; 3. 大庆石油学院勘测系, 大庆 157000)

摘要:沙尘暴是东北地区冬春季一种常见的灾害性天气, 研究东北地区沙尘颗粒的特征、来源和成因是防止沙尘暴的关键。通过对东北地区 2002 年春季沙尘暴物质的粒度分析和孢粉分析, 发现沙尘暴物质中孢粉丰富, 主要以草本中的蒿属和藜科为主。沙尘颗粒的中值粒径为 $10 \sim 20 \mu\text{m}$ 。通过粒度分布曲线和孢粉组合可以从新的角度分析沙尘来源。通过对扬沙和沙尘暴季节分布规律、多年分布规律和地质历史时期及人类历史时期的出现规律的研究, 发现东北地区扬沙沙暴以冬春型为主, 50 年中冬春季发生沙尘天气的次数占总次数的 75%。在地质历史时期和人类历史时期扬沙和沙尘暴就频繁出现, 50 年来, 扬沙和沙尘暴在波动中减少, 2000 年开始在东北地区扬沙和沙尘暴出现频率增强。东北地区扬沙和沙尘暴出现频次、强度和分布的南界受冬季风强度控制, 冷干组合是沙尘暴高发的有利条件。

关键词:东北地区; 沙尘暴; 物质特征; 成因分析

中图分类号: X43 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2004)02-0027-05

The Material Character of Sand Dust and Analysis on the Cause of Formation of the Sand Dust Storm in Northeast District in Spring of 2002

JIE Dong-mei^{1,2}, HU Ke^{2*}, HUO Xin-jiang³, LI Jin¹, LÜ Jin-fu¹

(1. Urban and Environment Science College, Northeast Normal University, Changchun 130024, China; 2. College of Earth Science, Jilin University, Changchun 130061, China; 3. The Oil School of Daqing, Daqing 157000, China)

Abstract: The paper analyzed the particle distribution, pollen combination of sand dust storm in northeast district in spring, 2002. It was found that there is abundant pollen, based on pollen combination sand source at new angle can be analyzed, and the distribution laws of the blowing sand and sand dust storm in season, in yearly, in geological periods and mankind historic periods can be explained. The blowing sand and sand dust storm often appeared in geological period and mankind historic period in northeast district, and mainly appeared in winter and in spring and they dropped fluctuationally in fifty years. The frequency of the sand dust storm increased since 2000. The frequency of blowing sand and sand dust storm was controlled by the strength of the monsoon wind in winter. Which the Enino and anti-Enino alternately occurs was influenced by the periodic change of the strength of monsoon wind in winter in Eastern Asia. The cold and dry climate combination in winter and spring was favorable of the occurrence of sand dust weather. The frequency of the sand dust weather will not obviously increase in several years.

Key words: northeast district; sand dust storm; material character; analysis of forming cause.

2000 年春季以来, 东北地区的沙尘暴灾害有增加的趋势, 影响区域有东移的趋势。

以往对沙尘成分的研究主要集中在沙尘暴物质的粒度分布特征、矿物组合和元素成分的分析上, 并以此与沙源区的粒度分布特征、矿物组合和元素成分对照探讨沙尘来源^[1~5], 关于沙尘暴的形成原因也众说不一, 张德二认为沙尘暴发生对应于冷干气候, 长江流域的扬沙和浮尘天气与内蒙中东部的干湿变化有着极好的对应关系^[6,7], 史培军认为中国北方的沙尘活动不仅仅是一个气候变化的函数, 而且表现为一系列复杂的地表人地系统动力学过程。风沙活动的驱动力因素, 有气候变化、地表植被覆盖变化和土地利用变化。气候变暖导致土壤干燥化, 土地利用覆盖格局变化中的植被覆盖比例减少, 是中

国北方风沙活动加剧的主要驱动力^[8]。高尚玉等指出, 中国风沙灾害的加剧是在气候趋于干燥化的背景下, 人类大面积开发沙区生产造成的。并认为未来中国风沙灾害的发展主要取决于气候增暖的背景下降水时空分布, 沙区风力变化和土地利用格局调整^[9]。M. Blank, J. M. Prosper 等, J. T. Merrill 等美国学者在研究西北太平洋上空粉尘气溶胶后发现, 高空西风是亚洲粉尘输向太平洋等区域的主要营力, 沙尘暴受行星风系控制^[10~12]。关于沙尘暴物

收稿日期: 2003-04-16; 修订日期: 2003-07-04

基金项目: 国家“973”重点基础研究发展规划项目(G2000048703); 国家自然科学基金项目(40201052); 东北师范大学青年基金资助项目。

作者简介: 介冬梅(1969-), 女, 辽宁盖州人, 博士, 副教授, 主要研究全新世古生态学和沙尘暴。

* 通讯联系人

质的孢粉分析尚未见报道.根据孢粉组合特征和特征孢粉可能从另一个侧面分析沙尘来源,了解风媒传粉植物孢粉的特点.东北地区位于中国北方沙漠和沙地东部边缘,是亚洲沙尘暴的影响区和历史降尘集中分布区.本文选用东北地区 2002 年 4 月 6 ~ 8 日沙尘暴过程接收沙尘暴物质,对其进行孢粉分析,以期确定其孢粉组合.通过对不同时间尺度沙尘暴出现规律进行分析,以期明确沙尘暴形成的根本原因,为沙尘暴生态防治措施的制定提供依据.

1 沙尘颗粒特征和来源

1.1 粒度特征

沙尘暴物质的 pH 值为 7.58 ~ 8.08,粒度分布曲线(图 1)呈现出双峰型,峰值出现在 15 ~ 35 μm 沙尘粒度,是以粉砂为主,中值粒径约为 10 ~ 20 μm .

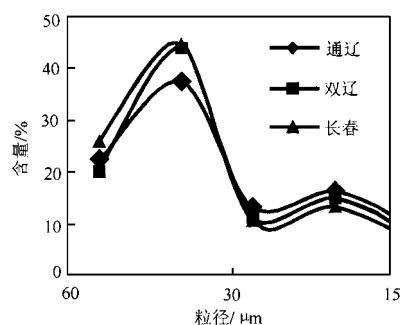
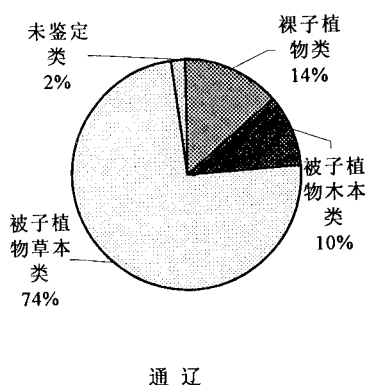


图 1 东北地区 2002 年春季沙尘暴物质的粒度分布曲线

Fig.1 The particle distribution curve of sand dust storm in northeast district in spring of 2002

1.2 孢粉组合



通过鉴定本次沙尘样品的孢粉可分为 32 个科 20 个属.

(1) 裸子植物花粉以松属(*Pinus* sp.) 为主,还有少量的云杉属(*Picea* sp.) 和麻黄属(*Ephedra* sp.) 花粉.

(2) 被子植物木本类花粉有桦属(*Betula* sp.)、鹅耳枥属(*Carpinus* sp.)、槭属(*Alnus* sp.)、榛属(*Corylus* sp.)、胡桃属(*Juglans* sp.)、榆属(*Ulmus* sp.)、栎属(*Quercus* sp.)、杨属(*Populus* sp.)、柳属(*Salix* sp.)、白刺属(*Nitraria* sp.)、槭属(*Acer* sp.)、椴属(*Tilia* sp.) .

(3) 被子植物草本类花粉有菊科(*Compositae*)、蒿属(*Artemisia* sp.)、藜科(*Chenopodiaceae*)、豆科(*Leguminosae*)、蓼属(*Polygonum* sp.)、旋花科(*Convolvulaceae*)、唇形科(*Labiatae*)、十字花科(*Cruciferae*)、蒺藜属(*Humulus* sp.)、毛茛科(*Ranunculaceae*)、唐松草属(*Thalictrum* sp.)、苋科(*Amaranthaceae*)、地榆属(*Sanguisorba* sp.)、禾本科(*Gramineae*)、苔草属(*Carex* sp.)、蔷薇科(*Rosaceae*)、茄科(*Solanaceae*)、石竹科(*Caryophyllaceae*)、香蒲属(*Typha* sp.) .

(4) 孢子有卷柏属(*Selaginella* sp.) 和石松属(*Lycopodium* sp.) .

东北地区 2002 年 4 月 6 ~ 8 日沙尘中含有丰富的孢粉.其中,木本花粉含量约为 20 % ~ 30 %,裸子植物花粉以松属花粉为主,被子植物木本花粉以桦属、榆属、栎属、柳属、鹅耳枥属花粉为主,被子植物草本花粉以菊科、蒿属、藜科花粉为主(见图 2) .

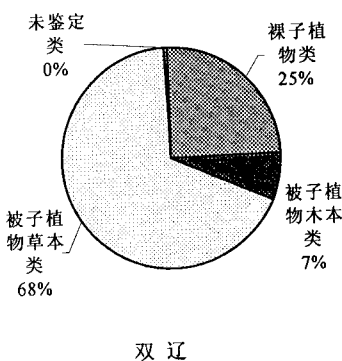


图 2 东北地区 2002 年春季沙尘暴物质的孢粉组合

Fig.2 The pollen combination of sand dust storm in northeast district in spring 2002

所有的花粉类型都属于北方干旱和半干旱区的植物科和属的花粉类型,木本植物花粉都是风媒花

粉,应是远源花粉,4 月 6 ~ 8 日双辽、长春沙尘暴的粒度分布规律曲线也说明本地尘源不是主要的.这

和气象卫星云图监测的结果是一致的。

白刺属和麻黄属花粉是沙漠和沙漠化地区的典型植物,上述 4 个样品中均含有白刺属和麻黄属花粉,说明东北地区沙尘来源于沙漠和沙漠化地区。

2 变化规律及成因分析

2.1 沙尘暴的季节变化及成因分析

根据内蒙古通辽气象站 1951 ~ 2002 年累计的扬沙和沙尘暴日数的季节变化曲线(图 3),发现扬沙和沙尘暴的季节分布以冬春季为主,是冬春多夏秋少型,与我国华北、内蒙古中西部干湿变化规律一致^[13]。据张德二统计,公元 1470 ~ 1901 年共查到 24 例沙尘记录,其中 22 例为春季发生的。扬沙和沙尘暴的季节变化与大风日数的季节变化相当一致(图 3),这说明扬沙和沙尘暴的出现多少受冬季风控制。3 月份冬季风开始减弱,夏季风从副热带向北移动,冬季风在波动中减弱。冬春季经常出现寒潮大风降温天气,地面解冻,回暖,沙尘源充足,夏季风带来水汽促使沙尘沉降,完成沙尘起沙、传输和沉降过程。东亚沙尘暴具有春季活动性强的特点,此与东亚冬季风的活动规律一致。

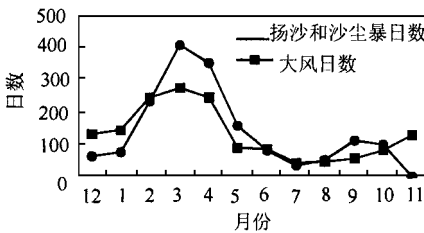


图 3 通辽站 50 年扬沙沙尘暴和大风日数月累计曲线

Fig.3 The accumulated curve of blowing sand and sand dust storm and the strong wind days of Tongliao station in fifty years

2.2 沙尘暴的多年变化规律及成因分析

通辽站 1951 ~ 2002 年沙尘发生总日数为 1589 次,其中扬沙发生次数为 1265 次,沙尘暴发生日数为 324 次,1951 ~ 2002 年扬沙和沙尘暴变化曲线(图 4)表明扬沙和沙尘暴日数在波动中减少,1951 ~ 1960 年间沙尘暴日数最多,最多为 168 天。根据通辽站 1992 ~ 2002 年扬沙沙尘暴变化曲线(图 5)说明 90 年代扬沙和沙尘暴很少发生,东北地区在 90 年代很少受到沙尘天气的影响。2000 年扬沙和沙尘暴开始明显增多,通辽站 1951 ~ 2002 年累计冬季发生沙尘天气 204 次,春季发生沙尘天气 991 次,冬春比为 20%。1951 ~ 1960 年冬季发生沙尘天气 283

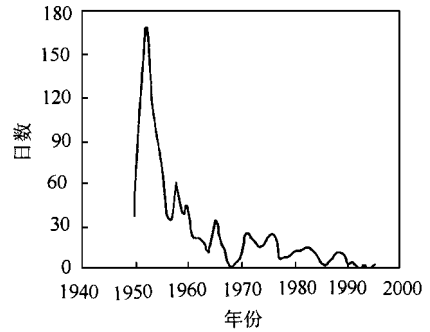


图 4 通辽站 1951 ~ 2002 年扬沙和沙尘暴日数的年际变化

Fig.4 The annual change of blowing sand and sand dust storm of Tongliao station in 1951 ~ 2002

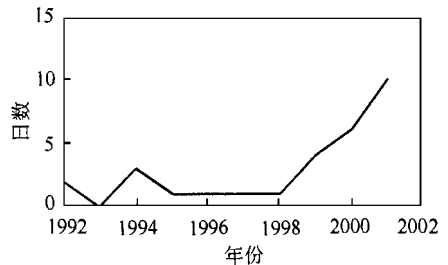


图 5 通辽站 1992 ~ 2002 年扬沙沙尘暴变化曲线

Fig.5 The blowing sand and sand dust storm changeable curve of Tongliao Station in 1992 ~ 2002

次,春季发生沙尘天气 433 次,冬春比为 65%。50 年代冬季温度偏低(图 6),1951 ~ 1954 年冬季连年干旱,冬季降水量几乎为 0,这种冷干的气候使冷高压的势力加强,冬季沙尘天气比例增多,这与张德二的结论不谋而和。1951 ~ 2000 年春季大风日数和春季沙尘暴日数曲线(图 7)表明,60 年代开始春季沙尘暴的变化规律与大风日数的变化规律一致。50 年代大风日数较少,连年的冬春干旱低温,土壤墒情极差,一次沙尘过程持续时间很长,因此沙尘天气日数较多。60 年代通辽站春季降水量总和为 438.9 mm,比 90 年代同期少 100 mm,春季积温为 245℃比 90 年代同期高 18℃,因此,60 年代东北地区春季低温干旱多扬沙和沙尘暴。90 年同期高温高湿,扬沙和

沙尘暴很少发生. 以上分析表明沙尘天气的多少受冬春季寒潮大风的控制, 而冬春季大风的多少与东亚冬季风的强度有关^[14].

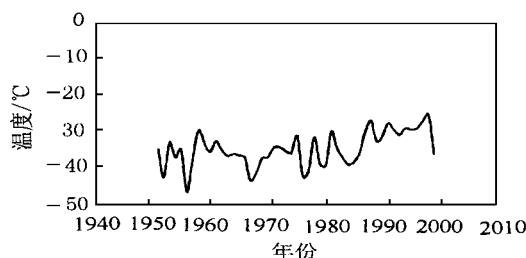


图 6 通辽站冬季温度变化曲线(1951~2002)

Fig. 6 The average temperature in winter changeable curve of Tongliao station in 1951 ~ 2002

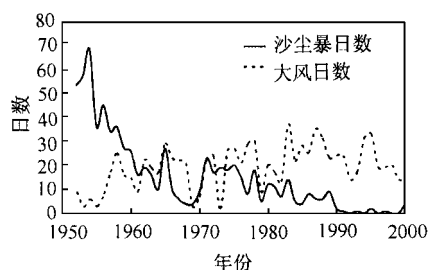


图 7 1951~2000 年春季沙尘暴和大风日数变化曲线

Fig. 7 The sand dust storm in spring and the strong wind days changeable curve of Tongliao station in 1951 ~ 2000

20 世纪 70 年代东亚冬季风甚强, 从 80 年代到 90 年代, 东亚冬季风甚弱. 穆明权、李崇银研究指出: 东亚冬季风与厄尔尼诺事件有密切关系, 东亚冬季风的强度在厄尔尼诺年弱, 而在拉尼娜年强, 厄尔尼诺年后的冬季东亚大槽偏深, 冬季风偏强^[15]. 70 年代拉尼娜事件占优势, 寒潮大风引起扬沙和沙尘暴较频繁, 80~90 年代厄尔尼诺事件占优势, 扬沙和沙尘暴较少. 1998 年 10 月开始拉尼娜年, 2000 年达到高峰^[16], 导致 21 世纪初东亚沙尘暴次数有所增加, 最近几年春季沙尘暴发生的频次与 70~80 年代的频次相似, 是 50 年代的 1/3~1/5. 从春季沙尘暴和大风日数曲线(图 7)可以看出, 60~90 年代春季沙尘暴日数的多少与大风日数的多少基本一致, 但 70 年代与 80 年代相比, 70 年代春季沙尘暴日数较大风日数多得多, 而 80 年代二者相差不多, 这与 70 年代冬春季干旱有关. 厄尔尼诺事件和拉尼娜事件具有 2 年和 5 年气候准周期, 未来几年可能进入气候的厄尔尼诺年, 同时全球暖冬趋势明显, 气候冷干组合几率减少. 从这个角度来看笔者预测未来几年扬沙和沙尘暴出现的次数不会明显增加. 据报道

21 世纪第一次厄尔尼诺年于 2002 年 5 月已初步形成^[17].

2.3 人类历史时期和地质历史时期沙尘暴的出现规律及成因分析

中国科学家根据中国北方黄土高原的红土研究发现, 我国的干旱在 2200 万年前就有发生. 根据地质记录, 在过去的几百万年里, 亚洲中纬度干旱和半干旱区已经是全球沙尘暴发生的源地之一, 如果按黄土堆积年代计算, 我国西北地区沙尘暴吹袭已经有二三百万年了. 由此可见, 历史时期沙尘暴发生的频繁程度. 因此, 沙尘暴在人类出现之前就已经频繁发生.

现代沙尘影响区的南界为温州、湘潭一线, 与张德二统计的 1621~1650 年典型的干旱时期雨土的南界(北纬 28.5°)一致, 可见, 扬沙和沙尘暴的影响范围受气候因素控制.

240 万年黄土沉积结果表明, 黄土是寒冷的冰期阶段的沉积, 冬季风强度较大^[18], 粉尘从沙漠向中国内陆区域尺度的输送方向为由西北向东南, 显示出与近地面层风场一致的方向^[11, 12], 晚更新世以来亚洲粉尘的区域尺度输送受控于近地面层东亚冬季风, 历史上当西风强或纬向环流发展期, 与亚洲季风环流相关联的近地面层冷空气活动会增加其偏西路径的频次和强度. 干冷气候背景为黄土堆积的加速期, 间冰期则正好相反, 在炎热的气候条件下, 黄土堆积速度减慢, 土壤化作用加强, 冰期尘暴的作用明显, 间冰期粉尘堆积量不取决于尘暴过程^[19], 在气候类似现今的间冰期, 只有发生在亚洲粉尘源区的尘暴才能将粉尘吹至海拔 5000 m 的高空, 并由高空西风携带至东半球甚至全球的输送^[20, 21]. 以上说明地质历史时期和人类历史时期沙尘暴的发生与冬季风的强度有关, 发生的频次和强度受控于冬季风的强度.

笔者发现沙尘暴和扬沙分布的南界, 出现的强度和频次与东亚冬季风的强度关系极为密切, 气候的厄尔尼诺年和反厄尔尼诺年(即拉尼娜年)的交替出现是东亚冬季风强度周期性变化的表现, 冬春冷干的气候组合是沙尘暴高发的有利条件. 人为活动改变地表植被覆盖, 调整土地利用格局, 只能或多或少增强或削弱沙尘暴和扬沙的强度, 改变大气沙尘的浓度. 沙尘暴是由于天气过程和地面过程共同作用的产物. 因此, 一方面遏制中国草原带和农牧交错带这 2 个生态空间进一步沙化; 另一方面建立和完善沙尘天气的监测和预警系统. 只有科学地掌握沙

尘暴的规律,才能或多或少在减弱沙尘暴的实践中取得预期的效果.

参考文献:

- [1] Zhang X Y, Arimoto R, An Z S, *et al.* Atmospheric trace elements over source regions for Chinese dust: concentrations, sources and atmospheric deposition on the loess plateau[J]. *Atmospheric Environment*, 1993, **27A**(13): 2051 ~ 2067.
- [2] Goudie A S, Middleton N J. Saharan dust storms: nature and consequences[J]. *Earth-science Review*, 2001, **56**(1 ~ 4): 179 ~ 204.
- [3] Zhang T, Wu Yu, Liu C L, Shen Z B, Yu Z G, Zhang Y. Aerosol characters from the desert region of Northwest China and the Yellow sea in spring and summer. Observation at Minqin, Qingdao and Qianliyan in 1995 ~ 1996[J]. *Atmospheric Environment*, 2001, **33**(29): 5007 ~ 5018.
- [4] Mc Taish G H, Nickling W G, Lynch A W. Dust deposition and particle size in Mali, West Africa[J]. *CATENA*, 1997, **29**(3, 4): 307 ~ 322.
- [5] Fan Xiao-biao, Kikuo Okada, Noriko Nii mura, Kenjikai, Kimio Arao, Shi Guang- Yu, Qin Yuan, Yasushi Mitsuta. Mineral particles collected in China and Japan during the same Asian dust-storm event[J]. *Atmospheric Environment*, 1996, **30**(2): 347 ~ 351.
- [6] 张德二. 历史时期“雨土”现象剖析[J]. *科学通报*, 1982, (5): 294 ~ 297.
- [7] 张德二. 中国历史时期降尘记录南界的变动及其对北方干旱气候的推断[J]. *第四纪研究*, 2001, (1): 1 ~ 5.
- [8] 史培军. 中国北方风沙活动的驱动力分析[J]. *第四纪研究*, 2001, (1): 41 ~ 47.
- [9] 高尚玉, 等. 我国北方风沙灾害加剧的成因及其趋势[J]. *自然灾害学报*, 2000, **9**(3): 31 ~ 37.
- [10] Blank M, Leinen M, Prospero J M. Major Asian aeolian dust inputs indicated by the mineralogy of aerosols and sediments in the western North Pacific[J]. *Nature*, 1985, **314**: 84 ~ 86.
- [11] Merrill J T, Uematsu M, Savoie D L. Mineral aerosol transport to the Pacific Ocean[A]. In: Riley J P, Chester R, Duce R A. *Chemical Oceanography*[C]. San Diego Ca: Academic, 1989. 188 ~ 218.
- [12] Merrill J T, Arnold E. Leinen Metal Mineralogy of aeolian dust reaching the North Pacific Ocean; Relationship of mineral assemblages to atmospheric transport pattern[J]. *Journal of Geophysical Research* 1994, **99**: 21025 ~ 21032.
- [13] 周自江. 近 45 年中国扬沙和沙尘暴天气[J]. *第四纪研究*, 2001, (1): 9 ~ 17.
- [14] 龙振夏, 等. ENSO 对其后东亚季风活动影响的 GCM 模拟研究[J]. *气象学报*, 1999, (6): 652 ~ 659.
- [15] 李建芳, 等. 2000 年夏季北方地区沙尘暴天气初探[J]. *陕西气象*, 2001, (1): 1 ~ 4.
- [16] 丁仲礼, 刘东生. 沙尘暴研究迫在眉睫[N]. *科技日报*, 2000-04-17(4).
- [17] 国家海洋环境预报中心. 本世纪首次出现厄尔尼诺[N]. *长春日报*, 2002-07-12(3).
- [18] 刘东生, 等. 黄土与环境[M]. 北京: 科学出版社, 1985, 320 ~ 322.
- [19] Zhang X Y, Arimoto R, An Z S. Glacial and interglacial patterns for Asian dust transport[J]. *Quaternary Science Review*, 1999, **18**: 811 ~ 819.
- [20] 张小曳. 亚洲粉尘的源区分布、释放、输送、沉降与黄土堆积[J]. *第四纪研究*, 2001, (1): 29 ~ 40.
- [21] 掘江義人. 生态环境恶化增加[N]. *朝日新闻*, 2001-04-19, 国际(13).