

哈尔滨沙尘天气的源地分析^{*}

张丽娟, 张冬有, 谢远云, 周嘉

(哈尔滨师范大学生命与环境学院地理系, 黑龙江 哈尔滨 150080)

提 要 本文对哈尔滨2002年3月20日的沙尘暴沉积物进行了粒度分析研究。结果表明:沉积物 $4-8\phi$ 的粉砂占71.18%, $>4\phi$ 的砂粒组分占21.7%, $<8\phi$ 的粘土组分仅占7.13%。粒度分布呈现三峰态特征, $4.85-5.10\phi$ 粒级组成第一主峰, $1-1.25\phi$ 粒级为第二主峰, $10.25-10.5\phi$ 粒级形成第三主峰;平均粒径 M_z 为 5.14ϕ 。哈尔滨沙尘暴沉积物是迄今为止有见报道中最粗的,是不同来源沙尘远距离和近距离搬运的混合物。本文认为哈尔滨市沙尘暴的远距离沙源为内蒙古境内沙地、科尔沁沙地、近距离沙源为松嫩平原和哈尔滨周边地区。

关键词 哈尔滨;沙尘暴;沉积物;源地分析

中图分类号 P425.5⁺5

文献标识码 A

沙尘暴作为一种灾害性天气,国内外就其发生的理论进行了深入研究,尤其是针对区域性沙尘暴的发生规律和成因进行了广泛的探讨^[1-4]。黑龙江省作为我国北方地区,也是受沙尘暴影响地区之一。2002年春季,我国北方大部分地区频发的沙尘天气引起了人们的普遍关注。逐渐认识到沙尘天气不仅仅是一种自然现象,它的严重程度和频繁出现还会带来严重的生态和环境问题。有关对哈尔滨市沙尘暴的发生规律及影响因子曾经有过研究^[5],但对哈尔滨市沙尘暴沙源的较详细的分析还未见报道。本文利用2002年3月20日的沙尘暴沉积物粒度的分析,对哈尔滨市沙尘暴沙源进行了推断,为哈尔滨市沙尘暴的预测、预报及防治提供依据。

1 数据来源与测试方法

2002年3月20日,哈尔滨遭遇了特大沙尘天气。到傍晚时分,哈尔滨上空已弥漫着一片灰黄色粉尘物质,能见度降到100m以下,风力虽不大,但可呼吸到明显的尘土味。沙尘过后,所有建筑物上甚至树叶上都布满了厚厚的沙尘沉积物。作者于次日上午在哈尔滨师范大学行政楼楼顶处收集到这些沙尘样品。沉积物为干燥、松散而又十分新鲜的浅黄褐色粉末体。沙尘暴的前一天(19日),哈尔滨普遍降雨,雨水将建筑物顶部表面冲刷的较干净,因此,沙尘过后在这些建筑物顶部平面所采集的样品纯净度较高,基本能代表当时的降尘情况。

经以下步骤测量沙尘粒尺度:

- (1)除去有机质及碳酸盐等。将样品0.1g低温烘干,加入10—30ml双氧水,摇匀并加热煮沸至无细小气泡为止,再加入10ml的10%盐酸,加热到不产生气泡。
- (2)颗粒沉降。在烧杯中加入蒸馏水,静置24h,直至溶液清亮。
- (3)去清液。加入0.05N的分散剂六遍磷酸钠,摇匀置于超声波振荡器中震荡15min。
- (4)用Mastersize2000激光粒度仪分析粒度。

^{*} 收稿日期:2006-1-5。

基金项目:黑龙江省自然科学基金项目(G0213),黑龙江省教育厅科学技术研究项目(10553020)。

作者简介:张丽娟(1965-),女(汉族),河北唐山人,副教授,在读博士,主要从事应用气象方面的研究。

E-mail: zlj19650205@163.com.

2 结果与分析

2.1 2002 年 3 月 20 日天气形势分析

2002 年 3 月 18—22 日在北方地区发生了一次沙尘暴过程,部分地区发生了强沙尘暴(图 1),最大风速达到 21m/s,最小能见度为 0.1km,沙尘路径为西北路径型,沙尘暴范围包括南疆盆地中西部、内蒙古中西部和东部偏南地区、青海西北部和东部、甘肃河西地区中东部、宁夏大部、陕西北部、山西西北部、河北北部、黑龙江西南部、吉林西部、辽宁西南部。

2002 年 3 月 20 日 08 时 500hPa 和 14 时地面天气图(图 2、图 3)。可以看出,在 500hPa 图上,哈尔滨位于蒙古气旋的前部,自蒙古气旋中心向南有一条切变线,高空为西南气流,风速为 24—28m/s,上方为来自新疆中西部和内蒙古高空的西北气流,高空形势为地面沙尘的垂直辐合输送和向下游的水平输送提供了动力条件,在地面天气图上,哈尔滨位于冷锋的前部,而冷锋的西北和东南部均为高气压控制,因此冷暖空气交换及大风辐合异常强烈。在气流控制下,沙尘被卷入锋面辐合区,大颗粒由于重力作用只在边界层内进行近距离输送,使内蒙古大部出现强沙尘暴,同时也增加黑龙江西南部的沙尘浓度,而细小颗粒则被垂直输送至自由大气,沿辐合带向气旋中心进行远距离输送,且输送高度逐渐增高。

由以上环流形势可以推测,哈尔滨沙尘暴的沙源应该是气流流经路径中的内蒙古境内的巴丹吉林沙漠、乌兰布和沙漠、库布齐沙地和浑善达克沙地,以及科尔沁沙地、松嫩平原等。

2.2 沉积物的粒度组成

沙尘暴沉积作为第四纪沉积的特殊类型—气下沉积,其沉积物的粒度组成与大气搬运时的动力环境密切相关。粒度测量采用 Mastersize 2000 激光粒度分析仪,图 4 为其频率曲线、累积频率曲线和概率累积曲线。沉积物以粉砂(4—8 Φ)为主,占 71.18%,其中粗粉砂(4—6 Φ)及细粉砂(6—8 Φ)分别占 52.01% 及 19.17%;其次为砂粒组分(>4 Φ),占 21.7%,其中细砂(2—4 Φ)、中砂(1—2 Φ)和粗砂(<1—1 Φ)分别占 15.76%、4.44% 和 1.49%;粘土(<8 Φ)组分含量最少,仅占 7.13%,其中粗粘土(8—10 Φ)及细粘土(<10 Φ)分别占 4.82% 及 2.31%。沉积物的平均粒径 M_z 为 5.14 Φ ,第一众数为 4.85—5.10 Φ ;分选系数 SD 为 1.81,偏态 SK 为 0.044,峰态 KG 为 1.494。

从反映沉积物粒度分布特征的频率曲线中可以看到(图 4),这是一条头短而尾细长的三峰型近对称的尖锐曲线,细尾延伸的频率曲线与细粒尾较长的“S”型累积频率曲线(图 4)所反映的特征是一致的,即粒度分布曲线由众数值向粗粒一侧变化时较迅速,向细粒一侧变化时有一明显缓和段。说明沙尘天气不仅带来大量粗粒物质,还有相当量的细粒物质。此外沉积物粒度曲线(图 4)呈明显的三峰态分布特征,4.85—5.10 Φ 粒级的粗粉砂组成第一主峰,含量约占 7.4%,1—1.25 Φ 粒级的中砂组分组成第二主峰,含量约占 1.29%,而 10.25—10.5 Φ 粒级的细粘土组分组



图 1 2002 年 3 月 18—22 日沙尘暴区域分布

Fig. 1 The distribution of the dust - storm on March 18st—22st 2002

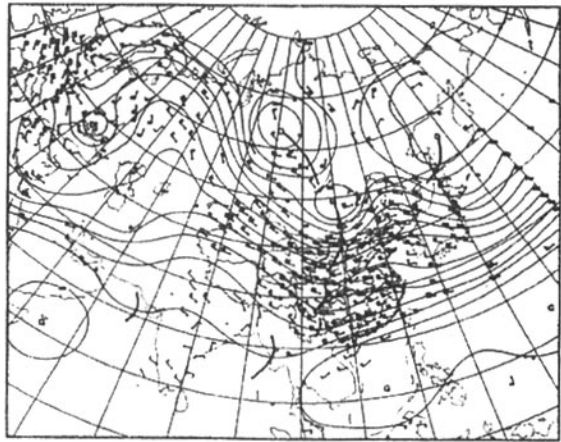


图 2 2002 年 3 月 20 日 500hPa 天气图

Fig. 2 The 500hPa synoptic chart on March 20st 2002

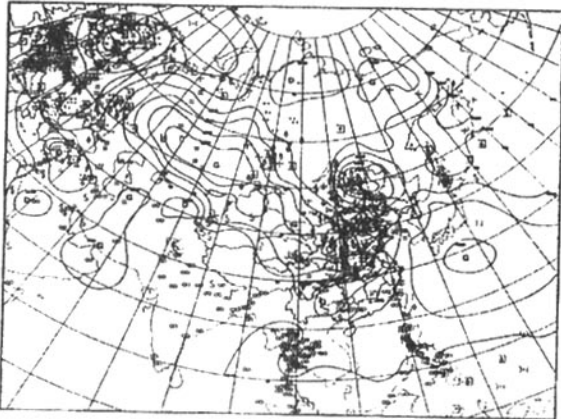


图 3 2002 年 3 月 20 日地面天气图

Fig. 3 The synoptic chart of sea level on March 20st 2002

成第三主峰,含量约占 0.52%。现代降尘物粒度的多峰态分布特征在沙尘暴多发区有过报道^[6,7],其形成原因可能是远距离搬运细颗粒和近距离搬运粗颗粒的混合。

对比 1993 年兰州^[8]、1996 年敦煌^[9]、1995 年武威^[9]、2000 和 2002 年北京^[6,8]等沙尘沉积物的粒度组成发现,哈尔滨沙尘沉积物粒度远大于上述地区,是迄今为止有见报道中最粗的(表 1)。哈尔滨沙尘沉积物的粒度也大大高于黄土高原区的黄土(表 1)。

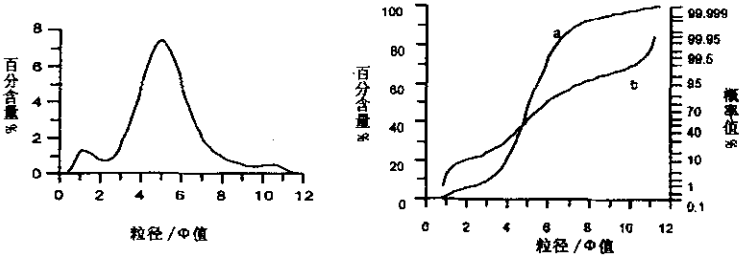


图 4 哈尔滨沙尘沉积物粒度分布的频率曲线
(左)和累积频率曲线(右 a)及概率累积曲线(右 b)

Fig. 4 Frequency curve, cumulative frequency curve and probability cumulative curve for dust fallout in Harbin

表 1 哈尔滨沙尘沉积物粒度组成与其它地区对比

Tab. 1 Correlation of grading formation of dust fallout in HarBin with other areas

	砂 (>4φ)/%	粗砂粉(4~6φ)/%	细砂粉(6~8φ)/%	粘土(<8φ)/%	平均粒径/φ
哈尔滨沙尘物	21.7	52.01	19.17	7.13	5.14
兰州沙尘物	0.08	69.07	10.08	20.77	6.44
北京沙尘物	1	41	43	15	6.18
民和黄土	12.02	70.53	8.94	8.51	5.59
兰州黄土	7.44	43.02	25.13	27.02	6.25
洛川黄土	5.92	46.75	12.23	34.65	6.64
西安黄土	0.53	25.93	11.48	62.07	9.17

与已有的关于长春、双疗、通辽等地沙尘暴粒度特征对比^[8],这些地区的粒度分布曲线呈现出双峰型,峰值出现在 15—35μm 沙尘粒度,是以粉砂为主,中值粒径约为 10—20μm;以及与戴国荣、张宁、庄国顺等研究^[11—13]对比,哈尔滨 2002 年 3 月 20 日的沙尘沉降物的粒度也是迄今为止有见报道中最粗的。

2.3 沙尘源地分析

风沙动力学表明^[10]:<4φ 的砂颗粒,随粒径的变粗,在空气中的浮动性能越来越差。粗砂粒不能在空气中悬浮搬运,只能在地面跳跃迁移,细砂可以进入地面以上 2m 高度,但不能做长途悬浮搬运,粉砂颗粒在空气中极易浮动,为风沙的基本粒组,可被带入 1500m 以上的高空,作较长距离的搬运,粘粒可悬浮于对流层中并被搬运到几千千米以外。来源于我国内陆戈壁沙漠的黄土高原黄土的粒度具有自西(西北)而东(东南)趋于变细的空间分布规律^[8],如果哈尔滨沙尘来源于西北的沙漠沙地和黄土高原,根据风沙堆积粒度与其搬运距离的相关关系,哈尔滨远离源区,沙尘沉积物粗颗粒含量应低于敦煌、武威、兰州、西安和北京等地,而粘粒含量应高于上述地区。但现在的情况恰相反,哈尔滨沙尘沉积物中的粗颗粒物质(>63μm 砂粒组分)远高于上述地区,而粘粒含量则大大低于上述地区。这似乎说明:哈尔滨的沙尘沉积物不太可能是高空气流携带而来的内陆远源物质(例如,西北沙漠沙地和黄土高原粉尘)堆积,而是低空气流搬运的近源物质堆积。更何况,我国西北沙漠沙地中的砂粒等粗颗粒组分也不可能作远距离搬运至哈尔滨沉积。

表 2 沙土颗粒在风力吹扬下(平均风速 15m/s)所能达到的距离和高度

Tab. 2 The distance and hight of sand - dust (the average wind - speed is 15m/s)

粒径(mm)	沉积速度(cm/s)	在空中悬浮的持续时间	运行距离	悬浮高度
0.001	0.0083	0.95—9.5a	4.5×10 ⁵ —4.5×10 ⁶ km	7.75—77.5km
0.01	0.824	0.83—8.3h	45—450km	78—775km
0.1	82.4	0.3—3s	4.5—45m	0.78—7.75m

而且因为哈尔滨的沙尘沉降物的粒度是迄今为止有见报道中最粗的,来自近距离沙源的沉降物的比例较大。哈尔滨 2002 年 3 月 20 日的风速为 13.35m/s,风向为南南西,参照相关的研究成果(玛林娜(F. J. Malina),1941,表 2),在风速为 13.35 m/s 时,29.16—34.67μm 粒级的沙粒运行最大距离接近 450km,悬浮高度大约为 1000m,由此进一步证明,哈尔滨市沙尘暴的发生源地有远距离沙源为科尔沁沙地。由于沙粒中还有 0.52% 的细小沙粒,参照相关的研究成果(玛林娜(F. J. Malina)),这部分细小沙粒在空中可悬浮 1—10 天,运行距离可达 4.5×10⁵—4.5×10⁶Km。从高空形势看,哈尔滨位于蒙古气旋的前部,当日

500hpa 高空的风速为 24—28m/s ,因此细小沙粒的运行距离可能更远。参考图 2 高空风向为西北风转西南风 ,因此细小沙粒的来源应该是来自内蒙古境内沙地的沙尘 ,从所经路径看 ,应该包括巴丹吉林沙漠、乌兰布和沙漠、库布齐沙地和浑善达克沙地。

3 结论与讨论

通过对 2002 年 3 月 20 日的地面和高空环流形势 ,利用实地观测资料并结合有关的研究结论 ,同时通过计算沙土颗粒搬运的距离 ,认为哈尔滨沙尘暴沉积物是迄今为止有见报道中最粗的 ,是不同来源沙尘远距离和近距离搬运的混合体。本文认为哈尔滨市沙尘暴的远距离沙源为内蒙古境内沙地、科尔沁沙地、近距离沙源为松嫩平原和哈尔滨周边地区。

由于仅仅分析的是一次沙尘暴发生的各例 ,因此本文所得结论会具有一定局限性。如果能实地收集更多的相关资料 ,并结合沙尘的化学成分做进一步分析会使结论更具有科学性。

参考文献

[1] 邱新法 ,曾燕 ,廖启龙. 我国沙尘暴的时空分布规律及其源地和移动路径[J]. 地理学报 ,2001(3) 316 - 322.
[2] 张养才 ,何维勋 ,李世奎. 中国农业气象灾害[M]. 北京 :气象出版社 ,1991. 414 - 438.
[3] 潘耀忠 ,范一大 ,史培军 ,等. 近 50 年来中国沙尘暴空间分异格局及季相分布 - 初步研究[J]. 自然灾害学报 ,2003 ,12(1) :1 - 8.
[4] 张丽娟 ,郑红 ,华德尊 ,等. 黑龙江省沙尘天气发生规律及环境因子分析[J]. 农业环境保护 ,2002 ,21(6) 556 - 558.
[5] 张丽娟 ,郑红 ,郑凯. 黑龙江省沙尘暴发生规律研究[J]. 自然灾害学报 ,2004 ,23(4) :49 - 55.
[6] McTainsh G H , Mckling W G , Lynch A W. Dust deposition and particle size in Mali , West Africa. Catena[J],Catena ,1997 ,29 :307 - 322.
[7] 王赞红 ,夏正楷. 北京 2002 年 3 月 20—21 日尘暴过程的降尘量与降尘粒度特征[J]. 第四纪研究 ,2004 ,24(1) 95 - 99.
[8] 戴雪荣 ,师育新 ,薛滨. 兰州现代特大沙尘暴沉积物粒度特征及其意义[J]. 兰州大学学报(自然科学版) ,1995 ,31(4) :168 - 174.
[9] 张宁 ,陆荫. 沙尘暴降尘的化学组份和粒径分布特征[J]. 甘肃环境与监测 ,1998 ,11(1) 3 - 7
[10] 任明达 ,王乃梁. 现代沉积环境概论[M]. 北京 :科学出版社 ,1981 ,1 - 116
[11] 戴雪荣 ,师育新 ,薛滨. 兰州现代特大沙尘暴沉积物粒度特征及其意义[J]. 兰州大学学报(自然科学版) ,1995 ,31(4) :168 - 174.
[12] 张宁 ,陆荫. 沙尘暴降尘的化学组份和粒径分布特征[J]. 甘肃环境与监测 ,1998 ,11(1) 3 - 7.
[13] 庄国顺 ,郭敬华 ,袁蕙 ,等. 2000 年我国沙尘暴的组成、来源、粒径及其对全球环境的影响[J]. 科学通报 ,2001 ,46(3) :191 - 197.

Research on the Sand - dust Sources of Harbin City

ZHANG Li - juan , ZHANG Dong - you , XIE Yuan - yun , ZHOU Jia

(Harbin Normal University Geography Department ,Heilongjiang ,Harbin 150080 ,China)

Abstract

This research deals with the grain size distribution of dust felled deposits ,took place in Harbin on Mar. 20 , 2002. The results indicated that sand dust sedimentation gave priority to silt (4—8Φ) ,occupied 71. 18% ,sand composition (>4Φ) 21. 7% and clay composition (<8Φ) only 7. 13% . The sedimentation granularity distribution was characted by there - peak states ,thick silt of 4. 85—5. 10Φgrain grade composed first main peak , medium sand of 1—1. 25Φgrain grade composed second main peak , and clay composition of 10. 25—10. 5Φgrain grade composed third main peak. The average grain diameters of sedimentation (Mz) was 5. 14Φ. The granularity of sand dust sedimentation was the coarsest in the reports ,so far. At the same time ,sand - dust sedimentation was admixture ,derived from different sources both far distance and nearby ,and coarse particle was near - sources material that was transmitted by low altitude airflow. The sand - storm sedimentation in Harbin on Mar. 20 ,2002was the mixture of coarse sand and fine dust. It was pointed out that the long range source of dust - storm was Gerqin desert ,and the short range ones were Songnen plain and the surroundings of Hrbin.

Keywords : Harbin ; sandstorm ; sedimentation ; source analysis