

关于哈尔滨地区沙尘暴物源以及路径的研究

赵 焱

(黑龙江省地质调查研究总院 哈尔滨 150036)

【摘要】对收集的哈尔滨地区地表土壤样和降尘样进行粒度分析，常量、微量、稀土等地球化学元素的分析以及Sr、Nd同位素示踪，确定了其物质成分的特点，通过与潜在源区样品的比较，示踪其来源路径与地区。

【关键词】沙尘暴；粒度特征；化学成分特征；同位素示踪

哈尔滨地区的沙尘暴天气日益严重，通过科学的研究寻找比较准确的物质来源，对沙尘暴的源头进行重点治理，已是哈尔滨市所面临的紧迫问题。

本次研究根据在呼兰、双城的气象站采集的沙尘样品，对收集的地表土壤样和降尘样进行了粒度分析，地球化学元素的分析以及同位素示踪，确定了其物质成分的特点，通过与潜在源区样品的比较，示踪其来源路径与地区。

1 沙尘暴降尘物粒度特征

1.1 土壤粒度特征

从239个土壤测试结果中，哈尔滨市及周边地区地表土粒度以粉砂(4-8Φ)为主，占50%以上，其中粗粉砂(4-6Φ)占的比例大于细粉砂(6-8Φ)的比例；从地区来看，双城市的草甸土、盐碱土、沼泽土、风沙土众数值均为粗粉砂(6 > Φ > 4)，呼兰区的5种土壤类型虽都以粗粉砂为主，但是总体偏向细粒，呈现头粗尾细的特征；嫩江流域的土壤类型粒度特征表现为盐碱土众数值为细砂，是三个区域中最粗的。

土壤类型看，双城、哈尔滨到齐齐哈尔嫩江流域的盐碱土中砂粒级含量较高；呼兰、哈尔滨到齐齐哈尔沼泽土中的粘土含量高，可达25%-35%，但双城的沼泽土中粘土含量较低，只占到3%-4%，三个地区黑土均以砂粒级为主，可以推断，其土壤沙化现象比较明显，黑土层不同程度的被破坏，露出了下边厚层的河流冲积层，以粉砂和砂为主，当地表裸露，在大风的条件下，可以为沙尘暴提供丰富的物源。

1.2 降尘样粒度特征

双城市粒度分析结果表明，沉降物以粉砂(4-8Φ)为主，占63.4%-77.6%，其中粗粉砂(4-6Φ)和细粉砂(6-8Φ)分别占12.3%-36.4%和39.6%-56.9%；其次为砂粒组分(<4Φ)，占11.8%-28.6%，其中细砂(2-4Φ)、中砂(1-2Φ)和粗砂(-1-1Φ)分别以细砂居多；粘土(>8Φ)含量最少，仅占10%左右，其中粗粘土(8-10Φ)和细粘土(<10Φ)分别平均占4.8%和2.3%。

1.3 与其它地区对比分析

根据粉尘动力学研究，在一般风暴条件下，粒径中大于62.5um的粗粒组分不太可能来源于远距离的哈尔滨内蒙古等地，沙尘中大量的粗颗粒只能来源于近源物质堆积。综上所述，哈尔滨降尘中的粗粉砂、细砂、中砂、粗砂均为近源堆积，占70%左右。

细沙粒的来源应该按照风向的耦合

关系和粒度粗细搬运的距离来看，是来自内蒙古境内沙地的沙尘，从所经路径看，应该包括科尔沁沙地、浑善达克沙地。

2 沙尘暴降尘物化学成分特征

2.1 判别函数

用来判断待判采样点沉积物与某一标准端元沉积物(来源沉积物)的接近或相似程度，常用于沉积物物源判别：

$$DF = |(C_{x1}/C_{x2}) / (C_{Ref1}/C_{Ref2}) - 1|,$$

式子中(C_{x1}/C_{x2})表示待判采样点沉积物中两种元素的比值，(C_{Ref1}/C_{Ref2})表示标准端元沉积物(来源沉积物)中这两种元素的比值。

一般DF的绝对值小于0.5即认为两种沉积物接近。选择沉积物元素与Al的比值来计算哈尔滨沙尘呼兰、双城的沙尘与潜在沙源区嫩江流域的土壤的DF值，探讨之间的关联性。呼兰和双城与嫩江流域的潜在沙源区未见明显区别，后期污染元素与嫩江流域的关联性较高，推测与工业开采有关。

2.2 物源指数

物源指数(PI)常用于物源分析，其计算如下：

$$PI = \sum |C_{ix} - C_{il}| / (\sum |C_{ix} - C_{il}| + \sum |C_{ix} - C_{i2}|)$$

C_{ix} 为待判沉积物中元素i的质量分数； C_{il} 、 C_{i2} 分别为端员沉积物1、端员沉积物2种元素i的质量分数。该公式中包含了大部分地球化学性质较稳定的分析元素，因此它反映的是沉积物之间化学成分总的接近程度。

表2-1 哈尔滨降尘中常量元素的PI指

化学元素	PI指数			
	草甸土 (F ₁)	黑土 (F ₂)	风沙土 (F ₃)	沼泽土 (F ₄)
Cr	0.673013	0.685809	0.259292	0.633737
Co	0.573183	0.820011	0.754947	0.873796
Cu	0.554703	0.679271	0.239061	0.437759
Zn	0.611805	0.533901	0.320866	0.399269
Cd	0.517561	0.527382	0.466436	0.473573
Pb	0.526193	0.635735	0.095213	0.720637
Al ₂ O ₃	0.612181	0.545926	0.766239	0.645047
MgO	0.50255	0.472621	0.365426	0.408297
CaO	0.536877	0.877824	0.504414	0.485211
Na ₂ O	0.512666	0.567041	0.424585	0.619846

PI介于0~1，PI小于0.5表明待判沉积物与端员沉积物1化学组成相近，PI大于0.5表明待判沉积物与端员沉积物2化学组成相近。本次分析中哈尔滨沙尘暴沉降物为待判沉积物，西北呼兰区沙尘为端员沉积物1，西南双城沙尘沉降物为端员沉积物2。哈尔滨的物源指数PI(h-l)明显大于0.5，表明哈尔滨的元素组成非常接近西南双城沉降物端员沉积物2，而明显不同于呼兰区沙尘。

3 沙尘暴的物源及路径分析

3.1 沉降物的同位素示踪

在地表过程中，沉积物Sr同位素比值受母岩特征、粒度变化和化学风化的制约。一般地，母岩Sr同位素比值高，和/或细

颗粒组分多，和/或化学风化作用强，沉积物Sr同位素比值就高；反之，则低。Nd同位素比值仅与母岩同位素特征相关，因此引入 $\epsilon_{Nd}(0)$ 参数，其定义如下：

$$\epsilon_{Nd}(0) = \left[\frac{(^{143}Nd / ^{144}Nd)_{\text{测定}}}{(^{143}Nd / ^{144}Nd)_{\text{CHUR}}} - 1 \right] \times 10^4$$

式子中 $[n(^{143}Nd) / n(^{144}Nd)]$ 为实验测定值， $[n(^{143}Nd) / n(^{144}Nd)]_{\text{CHUR}}$ 的现代值(0.512638)；

根据公式，计算得出：双城市 $\epsilon_{Nd}(0) = -6.3205$ ；呼兰区 $\epsilon_{Nd}(0) = -4.2915$ 。双城市降尘的 $\epsilon_{Nd}(0)$ 值与科尔沁沙地的 $\epsilon_{Nd}(0)$ 一致，基本上在-6.6~-6.4之间变化。因此，内蒙古的科尔沁沙地是哈尔滨市沙尘的主要远源地。

3.2 沙尘暴的源地分析

通过以上的分析认为：哈尔滨沙尘暴沉积物是不同来源沙尘远距离和近距离搬运的混合体。

西南路：科尔沁沙地～双城市～哈尔滨市区。存在沙尘最近源和远源两种：远源主要为科尔沁沙地，近源主要为双城市旱田和拉林河沿岸分布的沙地。其中，远源科尔沁沙地对哈尔滨沙尘暴的贡献率为40%-75%，近源的贡献率为25%-60%。

西北路：齐齐哈尔市～大庆市～安达市～肇东市～哈尔滨市区。远源主要为齐齐哈尔嫩江流域的沙地、盐碱地、旱田等，近源主要为肇东市及哈尔滨市境内的旱田及退化的土地。其中，远源嫩江流域对哈尔滨沙尘暴的贡献率为42%-84%，近源的贡献率为16%-84%。

东北路：呼兰区～哈尔滨市区。无远源提供，只存在近源，主要是呼兰区旱田和退化的土地。

4 结论

(1) 同位素示踪结果显示：内蒙古的科尔沁沙地是哈尔滨市沙尘的主要远源地。

(2) 影响哈尔滨沙尘暴的移动路径主要有三条：西南路、西北路、东北路。

(3) 哈尔滨沙尘物源有近源和远源之分，远源主要为内蒙古科尔沁沙地、齐齐哈尔等地沿嫩江流域分布的沙化土地；近源主要为哈尔滨市、双城市、呼兰区的旱田和沙化地。

参考文献

[1] 王式功, 董光荣, 陈惠忠, 等. 沙尘暴研究的进展 [J]. 中国沙漠, 2000, 20(4): 349-356.

[2] 邱新法, 曾燕, 缪启龙. 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, 56(3): 316-322.

[3] 庄国顺, 郭敬华, 袁蕙, 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.