

东亚风尘源区的同位素证据

杨杰东^{1,2}, 陈骏³, 李高军³, 饶文波⁴, 季峻峰³

(1. 南京大学现代分析中心, 江苏 南京 210093; 2. 南京大学成矿机制研究国家重点实验室, 江苏 南京 210093;

3. 南京大学地球科学系, 江苏 南京 210093; 4. 河海大学科学研究院同位素水文研究所, 江苏 南京 210098)

Isotopic Evidences for Provenances of East Asian Dust

YANG Jie-dong^{1,2}, CHEN Jun³, LI Gao-jun³, RAO Wen-bo⁴, JI Jun-feng³

(1. Center of Modern Analysis, Nanjing University, Nanjing 210093, China ;

2. State Lab of Mineral Deposits Research, Institute of Surficial Geochemistry, Nanjing University, Nanjing 210093, China ;

3. Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China ;

4. Institute of Isotope Hydrology, Research Academy of Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Based on systematical investigations on Nd-Sr isotopes of both the $< 75 \mu\text{m}$ and $< 5 \mu\text{m}$ silicate fractions of loess, sand, river and lacustrine sediment samples for ten major deserts, gobi, the Loess Plateau, and the northeast part of the Tibetan-Qinghai Plateau, the following results are obtained. Three isotopic regions of Chinese deserts are identified. Region A (A1 and A2), which is the deserts on the northern boundary of China with the highest $\epsilon_{\text{Nd}}(0) > -7.0$. Region B, which is the deserts on the northern margin of Tibetan Plateau with $\epsilon_{\text{Nd}}(0)$ ranges from -11.9 to -7.4 . Region C, which is the deserts on the Ordos Plateau with the lowest $\epsilon_{\text{Nd}}(0) < -11.5$. The distribution of the three isotopic regions is controlled by the tectonic setting in North China. The reliable isotope ranges of the Loess Plateau are $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ from 0.71784 to 0.71944, $\epsilon_{\text{Nd}}(0)$ from -9.2 to -11.3 , which fall in Region B of the Qaidam Desert, Badain Jaran Desert and Tengger Desert. This indicates that the possibility of the Gurbantunggut Desert, Hunlun Buir sandy land, Onqin Daga sandy land, Horqin sandy land, the Hobq Desert and Mu Us Desert, as provenances for the loess are excluded. The isotopic range of the northeast part of the Tibetan-Qinghai Plateau coincides with those of the Badain Jaran Desert and Tengger Desert, and loess in the Loess Plateau, suggesting that the predominant source area of the Loess Plateau is most likely to be the northeast part of the Tibetan-Qinghai Plateau, and the Qaidam Desert, Badain Jaran Desert and Tengger Desert are middle transport stations of loess materials. The comparison with isotopic data of dust extracted from snow deposits at Greenland and sediments of North Pacific confirms the Badain Jaran Desert, Tengger Desert and the Tibetan-Qinghai Plateau to be main source. The analyzed results for dust samples in Beijing region demonstrate that aeolian dust in normal time in 2006 is mostly derived from mixing of Region B and bed rock soil, but the provenances of dust storm in April, 2006 mainly is Region C, i.e. the Mu Us Desert and Hobq Desert.

Keywords: isotope; loess; desert; dust; loess plateau; Tibetan-Qinghai Plateau

中图分类号: O657.63

文献标识码: A

文章编号: 1004-2997 (2007) 增刊-05-03

中国沙漠沙物质是通过沙尘暴的方式或者在高空被西风环流所载,被搬运到黄土高原、北京等我国东部发达地区、北太平洋地区、甚至于格陵兰地区。进行中国沙漠及其周边的戈壁进行 Nd-Sr 同位素研究可以为北京沙尘暴的源区、黄土高原黄土的源区、北太平洋地区,甚至于格陵兰地区风尘源区研究开辟一个新的研究途径。

近两年,我们对中国 10 个沙漠或沙地采集了样品。对于 < 75 μm 粒级酸不溶部分的测定表明,各沙漠的 Nd 和 Sr 同位素组成显示出不同的范围,根据 $\epsilon_{\text{Nd}}(0)$ 变化范围从高到低,10 个沙漠或沙地可以分为四个区域:

A1——古尔班通古特沙漠和呼伦贝尔沙地 (- 1.2 ~ - 4.0);

A2——浑善达克沙地和科尔沁沙地 (- 4.4 ~ - 6.8);

B——塔克拉玛干沙漠、柴达木沙漠和阿拉善高原 (巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠) (- 7.4 ~ - 11.7);

C——鄂尔多斯高原 (毛乌素沙漠和库布齐沙漠) (- 11.8 ~ - 17.2)。

中国 10 个沙漠或沙地 Nd 同位素组成的分区性与中国北方的地块构造、缝合带和造山作用形成的山脉分布密切相关。

A1、A2、B 和 C 四个区域 Nd 同位素组成 ($\epsilon_{\text{Nd}}(0)$) 范围从高到低,而 Sr 同位素组成范围从低到高,Nd 和 Sr 同位素组成大体上呈反相关。但是在每两个区域之间,Sr 同位素组成都有一部分重叠,表明与 Nd 同位素相比,Sr 同位素的分区性差一些。这是因为,虽然样品经过了酸处理去除了碳酸盐,但是在风化淋滤作用下,硅酸盐矿物中的锶 (特别是放射成因锶) 有一些丢失,使得 Sr 同位素比值发生了变化。但是,硅酸盐矿物中的 Nd 同位素却非常抗化学风化,Nd 同位素组成没有变化,因此 Nd 同位素可以很好地应用于沙漠沙的物源区示踪。

天山 - 阴山 - 大兴安岭造山带一线缝合带是由中国板块和西伯利亚板块碰撞形成的,包含原初古洋壳的部分,广泛分布喷发性玄武岩。A1 区位于天山 - 阴山 - 大兴安岭造山带一线缝合带上,因此有最高的 $\epsilon_{\text{Nd}}(0)$ 值和最低的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值;A2 区位于该缝合带附近具有比较高的 $\epsilon_{\text{Nd}}(0)$ 值和稍低的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值;C 区位于华北板块之上。华北板块是在元古代和震旦纪形成的中国境内时代最古老的稳定板块,因而 C 区具有最低的 $\epsilon_{\text{Nd}}(0)$ 值和较高的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值。B 区的塔克拉玛干沙漠、柴达木沙漠、巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠物质都是青藏高原北缘抬升后风化侵蚀的结果,它们具有与青藏高原北缘相似的 $\epsilon_{\text{Nd}}(0)$ 值和 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值。

1 北京地区沙尘暴的物源区

近年来,通过多种手段对北京地区沙尘暴的物源区进行研究认为,在我国境内,除东北外,我国北方的所有沙漠和沙地以及其沙漠周围的戈壁、干盐湖和盐渍土都可能是物源区,这个范围太大了,目前没有准确的答案。研究结果显示:

2006 年北京平时的降尘有两个来源:

- a. 主要是 B 区 (塔克拉玛干沙漠、柴达木沙漠、阿拉善高原 (巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠)) 和少量 C 区 (鄂尔多斯高原 (毛乌素沙漠和库布齐沙漠));
- b. 北京地区基岩风化物质 (以官厅水库沙代表)。

2006 年 4 月北京强沙尘暴主要来源于 C 区 (鄂尔多斯高原 (毛乌素沙漠和库布齐沙漠))。

北京及周边地区黄土主要来源于 B 区,即塔克拉玛干沙漠,阿拉善高原 (巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠), 以及柴达木沙漠所代表的青藏高原部分。

2 北太平洋中部和北部风尘, 以及格陵兰地区的亚洲风尘的可能源区

国内外的研究认为,中国西部沙漠和北部沙漠及其邻近地区的广大地区都是东亚风尘的可能源区。目前,只有一个笼统的认识,源区准确地在哪些沙漠或地区并不清楚。研究结果显示:

北太平洋中部和北部风尘主要来源于 B 区, 即阿拉善高原(巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠), 以及柴达木沙漠所代表的青藏高原部分;

格陵兰地区的亚洲风尘主要来源于 B 区, 即阿拉善高原(巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠), 以及柴达木沙漠所代表的青藏高原部分。塔克拉玛干沙漠也可能有少量贡献。

3 黄土高原黄土的源区

长期以来, 我国研究人员提出在蒙古国南面的戈壁, 以及其临近的中国黄土高原北边的戈壁和沙漠(巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠、乌兰布和沙漠、库布齐沙漠和毛乌素沙漠)都可能成为中国黄土高原黄土的主要源区。目前的研究把黄土高原黄土源区圈的范围很大而且笼统, 意见不一, 争议较大。

将黄土高原黄土的同位素数据与沙漠同位素分区进行比较, 结果显示, 黄土高原黄土主要来源于 B 区阿拉善高原(巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠), 以及柴达木沙漠所代表的青藏高原部分。通常认为最可能源区的最邻近黄土高原北面的鄂尔多斯高原(毛乌素沙漠和库布齐沙漠)却不是黄土高原黄土的主要源区。在青藏高原东北部采集的黄土、沙、河湖沉积物进行测定, 青藏高原东北部样品的同位素范围与黄土高原完全吻合, 结合野外观察和白云石的碳同位素组成, 得出黄土高原主要源区是青藏高原的东北部, 而阿拉善高原(巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠)可能仅仅是中转站。

参考文献:

- [1] BORY A J M, BISCAYE P E., SVENSSON A, et al. Seasonal variability in the origin of recent atmospheric mineral dust in NorthGRIP, Greenland[J]. *Earth Planet Sci Lett*, 2002, 196 (3/4): 123-134.
- [2] JAHN B.M, GALLET S, HAN J M. Geochemistry of the Xining, Xifeng and Jixian sections, Loess Plateau of China: Eolian dust provenance and paleosol evolution during the last 140 Ka[J]. *Chem Geol*, 2001, 178: 71-94.
- [3] LIU T, DING M, DERBYSHIRE E. Gravel deposits on the margin of the Qinghai-Xizang Plateau, and their environmental significance[J]. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol*, 1996, 120: 159-170.
- [4] NAKAI S, HALLIDAY A N, REA D K. Provenance of dust in the Pacific Ocean[J]. *Earth Planet Sci Lett*, 1993, 119 (1/2): 143-157.
- [5] YOKOO Y, NAKANO T, NISHIKAWA M, et al. Mineralogical variation of Sr-Nd isotopic and elemental compositions in loess and desert sand from the central Loess Plateau in China as a provenance tracer of wet and dry deposition in the northwestern Pacific[J]. *Chem Geol*, 2004, 204 (1/2): 45-62.
- [6] 杨杰东, 陈骏, 张兆峰, 等. 距今 7 Ma 以来甘肃灵台剖面 Nd 和 Sr 同位素特征[J]. *地球化学*, 2005, 34:1-6.