

同位素在风成沉积物物源判别中的运用

张树恒¹, 安福元², 郭守鋈¹, 马 鸣¹, 张启兴¹, 樊启顺²

(1. 青海省水文地质、工程地质、环境地质调查院 青海 西宁 810008;

2. 中国科学院青海盐湖所, 青海 西宁 810008)

摘 要: 同位素示踪方法在风成沉积物物源研究领域应用较广泛, 由于风成物质在风化、传输和沉降过程中其同位素地化特性不会发生变化, 因此通过物源区和沉积区风成沉积物同位素组成的对比, 相似同位素组成的地区可确定为物源区。同位素物源示踪的主要方法有石英颗粒的 $\delta^{18}\text{O}$ 、硅酸盐部分的 Sr-Nd 组成、沉积物的 Hf 和 Pb 组成特征等。这些方法在中国西部盆地(如塔里木盆地)沙漠砂来源、黄土高原黄土物源(如柴达木盆地对黄土高原的物源贡献)等领域得到了广泛应用, 取得了众多成果。

关键词: 同位素; 风成沉积物; 物源判别

中图分类号: P512

文献标识码: A

文章编号: 1008-858X(2013)01-0067-06

1 前 言

风成堆积物的物源问题是近年来第四纪研究的热点方向之一。风成堆积物源示踪方法中, 主要的方法有粒度法^[1-2]、石英颗粒表面特征^[3-4]、常量和微量元素法^[5-7]、稀土分布特征法^[6-7]以及同位素对比研究法^[5, 8], 其中同位素对比法是应用最广泛、效果最好的方法之一, 在国内外不同地区得到了广泛应用, 本文将介绍不同同位素在风成物源追踪领域中的应用和研究进展, 总结和归纳出有关同位素方法反映物质来源、物质成因和其环境意义的有用信息。

2 氧同位素组成在风成物源示踪中的应用

在研究沙漠砂或者沙丘砂的物源问题时, 应用最广泛的是石英颗粒的氧同位素组成, 因

为石英矿物在自然界普遍存在, 在各种沉积物尤其是风成堆积中含量较大^[9]。石英矿物的元素组成和晶体结构特征决定了其在不同物理化学风化(受到温度、盐度和挤压力的影响)、搬运介质和搬运方式(水力和风力的作用)、沉积环境下, 表面微结构和氧同位素组成($\delta^{18}\text{O}$)等改变很小, 故成为研究风成粗颗粒物(尤其是沙漠砂)物源问题的良好载体。

而沙漠或者风成沙丘中石英颗粒的 $\delta^{18}\text{O}$ 组成含有丰富的关于大气环流系统演化的信息, 前人的研究表明 $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ 比值对理解碎屑物质的沉积过程有着重要的意义^[10]。在硅酸盐中氧同位素的组成取决于次生石英的含量和碎屑硅质矿物的同位素组成。由于在搬运、堆积等风成循环过程中, 石英颗粒的同位素组成不会发生改变, 故精确测量石英矿物中的氧同位素组成, 可以精确指示该石英矿物所在的风成堆积的物源^[11]。在中国的北方沙漠地区, 不同地区石英颗粒的氧同位素组成有着明显的不同。

收稿日期: 2012-08-22; 修回日期: 2012-11-05

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41002060)

作者简介: 张树恒(1966-), 男, 工程师, 主要从事水工环地质工作。

通信作者: 安福元。E-mail: dongzhu8@sina.com。

同,表明了其不同的物质来源和风成过程。根据石英颗粒的氧同位素组成的不同,可以将石英矿物分为变质成因和火成成因。Savin 和 Epstein^[11] 研究后认为岩浆成因石英颗粒的 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 $8\text{‰} \sim 11\text{‰}$, 而变质成因的则为 $11\text{‰} \sim 17\text{‰}$ 。在硅质化石中,石英颗粒的 $\delta^{18}\text{O}$ 值在 18‰ 至 27‰ 之间。在矿物形成时,石英的 $\delta^{18}\text{O}$ 值随着温度的升高而降低^[12], 比如高温的岩浆中石英 $\delta^{18}\text{O}$ 值降低到 6‰ 的水平,而低温的沉积物中却高达 40‰ 。这两种不同成因石英颗粒在非洲的碱性湖泊中被发现过。常见的一种石英颗粒 $\delta^{18}\text{O}$ 组成在 $20\text{‰} \sim 30\text{‰}$ 之间,而另一种比较少见,其值在 $30\text{‰} \sim 40\text{‰}$ 之间^[13]。湖相沉积中的石英颗粒形成于蒸发环境中,其 $\delta^{18}\text{O}$ 值的组成亦高达 30‰ 至 40‰ 之间^[12]。因此,测量沉积物中的不同石英颗粒的 $\delta^{18}\text{O}$ 值可以作为其物源的良好指示剂;而且,通过对比地面样品和大气气溶胶样品中的 $\delta^{18}\text{O}$ 组成,可以判断尘暴粉尘物质的源区^[12]。

Yang 等^[9] 研究了塔克拉玛干沙漠、巴丹吉林沙漠、浑善达克地区沙丘和呼伦贝尔地区沙丘后发现,中国北方的荒漠地带的石英颗粒并没有因为风成作用而混合。浑善达克地区沙丘和呼伦贝尔地区的风成沙丘石英砂 $\delta^{18}\text{O}$ 值表明两地区的石英颗粒来自火山岩。而塔克拉玛干沙漠、巴丹吉林沙漠的石英颗粒则来自变质岩。然而,即使相同物源的石英颗粒也有细微的差别,比如在巴丹吉林沙漠,石英颗粒的 $\delta^{18}\text{O}$ 值表明其一部分沙粒来自南部和东南部的山区,而另一部分则来自变质地区,两者在该地区沙粒进行了混合。候圣山等^[14] 等对比了灵台剖面红粘土和黄土高原不同剖面马兰黄土石英颗粒的氧同位素组成后认为,影响马兰黄土氧同位素组成的主要因素是源区物质地球化学性质,而不是风化作用。同时他们指出该剖面红粘土的 $\delta^{18}\text{O}$ 值与马兰黄土相似,证明它们都是相同的风成沉积,并且 $4 \sim 16 \mu\text{m}$ 石英颗粒的氧同位素变化曲线在很大程度上反映了源区的气候变化过程。Aleon 等^[12] 研究了非洲西部和中部不同地区的地表样品和大气粉尘样品,认为不同地区的地表样品有不同的 $\delta^{18}\text{O}$ 值,代表着不同的物质来源(如湖相物质、地幔物质、地

壳物质等)。而撒哈拉沙漠地区尘暴的粉尘物质在源区就发生了一定的混合(细颗粒由于进入高空而未发生混合)。不同地区不同样品的氧同位素组成对比发现撒哈拉沙漠地区的尘暴主要来自尼日尔的荒漠地区。

3 Sr-Nd 同位素在风成物源示踪中的应用

近年来,关于黄土高原物源的问题成为一个研究热点,众多学者做了大量的工作^[8,15-17],而 Sr-Nd 同位素方法成为研究上述问题的重要手段之一^[8]。不同的沉积物由于物源和形成年代的不同而拥有不同的 Sr、Nd 同位素特征,并且在风化、传输过程中沉积物的 Sr、Nd 同位素组成也不会发生变化,故沉积物的 Sr-Nd 同位素组成特征是判断其物质来源的良好指示剂^[18]。对于风成堆积而言, Sr、Nd 同位素有如下特点。1) 不管是沙漠砂还是黄土等风成堆积, Nd 同位素组成在地表过程中(如风化、传输、沉积、矿物分选等)不会发生大的变化,这意味着 Nd 同位素是稳定的物源追踪剂。相反, Sr 同位素容易会受到上述地表过程的影响而发生变化,对物源追踪的灵敏度没有 Nd 同位素高。2) Sr 同位素只有在样品的前处理非常好的情况下才能作为一种良好的物源指示剂。比如选取适当的粒度范围去除矿物分选对样品测量的影响;用弱酸去除样品中的不溶碳酸盐后的硅酸盐部分来测量等。3) 前人的研究表明,中国北方地区沙漠的 Sr-Nd 同位素组成在空间上存在差异,这也为追踪黄土高原物源提供了可能。

既然影响 Sr-Nd 同位素组成的主要是粒度和碳酸盐,那么在样品的前处理和分选过程中要选取适合的粒度范围并除去碳酸盐。Chen 等^[16] 在研究中国北方沙漠和西部盆地风尘堆积对黄土高原物源的贡献时,采用了 $< 75 \mu\text{m}$ 和 $< 5 \mu\text{m}$ 的粒度组分,因为 $< 75 \mu\text{m}$ 组分代表着中国黄土的粒度特征,而 $< 5 \mu\text{m}$ 的组分则代表着北太平洋和格林兰冰芯中粉尘的粒度特征。该两种粒度组分的 Sr-Nd 同位素能很好地反映黄土高原的物质来源。同时,用 0.5 mol/L

纯化的醋酸浸泡样品 8 h 以消除碳酸盐的影响。通过研究,他们发现北方沙漠地区的 Sr-Nd 同位素组成范围较宽, <75 μm 组分硅酸盐颗粒组分的 $\varepsilon_{\text{Nd}}(0)$ 值范围在 -17.2 至 -0.8 之间,而 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值的范围在 0.710 59 至 0.719 22 之间; <5 μm 组分硅酸盐颗粒组分的 $\varepsilon_{\text{Nd}}(0)$ 值范围在 -17.7 至 -4.0 之间,而 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值的范围在 0.716 079 至 0.733 06 之间。 $\varepsilon_{\text{Nd}}(0)$ 值的相似说明风成物质在传播过程中, Nd 同位素并没有因为粒度的分选而发生改变,而 <5 μm 组分的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值高于 <75 μm 组分,说明 Sr 同位素的改变跟粘土的含量有关。因此,在应用 Sr-Nd 同位素追踪物源时,用相同粒度组分的同位素组成进行对比为宜。他们研究认为,中国北方沙漠地区 Sr-Nd 同位素组成差异主要是不同的构造板块和造山带造成的,其风成砂的来源也是来自沙漠周围的山脉。而末次冰期以来黄土高原的黄土主要来自于巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠和柴达木盆地。近年来,在应用 Sr-Nd 同位素追踪风成堆积物源方面取得了不少研究进展。Grousset 等^[19]通过对撒哈拉沙漠及周边沉积物的 Sr-Nd 同位素的研究,探讨了其物质来源,查明了末次冰期盛冰期该地区的主导风系。Sun^[20]对过去 8 Ma 黄土高原风尘剖面 Sr-Nd 同位素地球化学进行了研究,探讨了风成物质来源变动特征及影响因素。Wang 等^[21]研究了黄土高原不同剖面的红粘土序列和黄土-古土壤序列,发现东亚冬季风改变造成的粒度变化是导致红粘土和黄土 Sr-Nd 同位素组成变化的重要原因,而且通过红粘土序列的 Sr-Nd 同位素组成一致的现象,认为 7 Ma 以来黄土高原红粘土的物源稳定,未发生改变。Li 等^[22]通过对黄土、现代粉尘和潜在源区的 Sr-Nd 同位素特征,发现青藏高原北部为黄土高原黄土的物源区。这种粉尘在春季甚至可以吹到南京以远。

4 其他同位素在风成物源示踪中的应用

除了石英颗粒的 ^{18}O 同位素和 Sr-Nd 同位素外, Hf、Pb 同位素亦可以应用到沉积物的物

源示踪。U-Pb 和 Lu-Hf 与 Sm-Nd 同位素体系的相似性,地壳物质的 Pb、Hf 同位素往往与 Nd 同位素相关性较强^[23],由于质谱仪器的广泛应用,使得 Pb、Hf 同位素的测试变得非常快捷。而且 Hf 同位素半衰期较短,有利于区分潜在物源区之间的差异。此外,各矿物间的 Lu/Hf 比值差别较大,特别是 Zr 和 Hf 性质相似导致锆石强烈富集 Hf。故锆石是 Hf 同位素示踪很好的载体矿物,但要注意分选程度影响 Hf 同位素组成^[24]。Pettke 等^[23]研究了亚洲大陆地壳和北太平洋深海沉积岩芯样品的 Hf 同位素组成,认为 20 Ma 以来造成太平洋海水 Lu-Hf 变化的原因并非是从 3.5 Ma 以来大量增加的亚洲粉尘通量,而是由大陆流向海洋的河流及其沉积物。Lupker 等^[25]通过研究格陵兰冰芯中风尘和大西洋气溶胶的 Hf 同位素,认为格陵兰冰芯中的风尘是混合的,主要来源与亚洲的塔克拉玛干、戈壁沙漠和鄂尔多斯沙漠,此外撒哈拉沙漠在传输的过程中和上述地区的粉尘进行了混合,对格陵兰冰芯中的古风尘也是一个很重要的贡献。

Pb 同位素组成不因物理化学过程而改变,分布在大气、水、土壤等环境中的 Pb 仍保留着原物源的 Pb 同位素特征,同时 Pb 具有 4 种同位素组成和 5 种比值,可以从多个角度识别源区差异,这些特点使 Pb 同位素在物源示踪方面应用广泛^[26]。李锋^[26]通过研究中国北方各沙漠的 Pb 同位素组成,发现各地区 Pb 同位素存在显著差异, Pb 同位素在中国北方黄土、格陵兰冰芯粉尘和北太平洋深海沉积物源区示踪方面具有良好的有效性。Sun 和 Zhu^[5]研究了黄土高原黄土和老红粘土样品中的硅酸盐颗粒样品,认为在 2.6 Ma 的界限上,红粘土和黄土的 Pb 同位素发生变化,说明了两种物质的不同来源,而自从 2.6 Ma 以来北半球冰盖的形成致使高山地区风化的加大,从而导致了红粘土和黄土物质来源的不同。

5 同位素在柴达木盆地粉尘示踪中应用

柴达木盆地作为黄土高原风成物质的主要

源区之一,越来越成为物源研究的热点地区^[15-17,27],而这些研究中同位素方法已成为主流的方法之一。来自柴达木的风尘物质主要是盆地的戈壁、山前冲积扇和古湖相物质^[15,28]。而这些物质为柴达木周边山区迎风坡和下游地区提供了丰富的物源物质^[16,29]。对于柴达木盆地物质物源贡献问题,目前争论最大的是柴达木是否为黄土高原风成堆积提供了物源。许多学者采用同位素的方法对上述问题进行了深入的研究。孙继敏^[29]采集了黄土高原、准格尔盆地下风向区、塔里木盆地下风向区和柴达木盆地下风向区的黄土样品,通过 Sr 同位素以及其他方法认为来自柴达木盆地在内的西部盆地的物源物质要么堆积在下风向区的迎风坡上形成山麓黄土,要么飙升到高空,被西风激流携带,移出盆地而降落在北太平洋地区,并非是黄土高原的主要物质来源。上述观点得到了其他学者的认同,Wu 等^[30]研究了敦德冰芯中粉尘的 Sr-Nd 同位素,并同柴达木盆地和塔里木盆地物质的 Sr-Nd 同位素进行了对比,他们发现敦德冰芯中和两盆地中的 Sr-Nd 同位素组成比较相似,因此他们推测上述两盆地中的粉尘物质进入高空,随西风带到达北太平洋地区,甚至可能到达格陵兰地区。与此相反,也有一些学者通过柴达木盆地样品的同位素研究表明,柴达木盆地可能是黄土高原风成物质的重要源区之一。Chen 等^[16]对柴达木盆地样品的 Sr-Nd 同位素研究认为柴达木盆地同塔里木盆地以及中国北方沙漠为黄土高原黄土的主要来源,而这些盆地和地区本身的物源与周围的高大山系密切相关,且在短尺度的构造时间尺度上保持不变。除此之外,Chen 等也认同柴达木盆地为北太平洋和格陵兰冰层输出了大量粉尘物质。Li 等^[22]研究了黄土高原不同地区的黄土的 Sr-Nd 同位素并同潜在物源区(包括柴达木盆地)的样品进行对比,认为黄土高原东北部地区的黄土具有高的 $\varepsilon_{\text{Nd}}(0)$ 值,同北方沙漠样品的值相似,而西北地区的黄土具有低的 $\varepsilon_{\text{Nd}}(0)$ 值,与柴达木及其周边盆地的样品值相似,说明青藏高原的隆升对黄土高原风成黄土的形成起着重要的作用。而柴达木盆地较细的粉尘物质可以一直输送到南京,甚至更远。北京地区的春

季沙尘暴样品的 $\varepsilon_{\text{Nd}}(0)$ 值则表明,该地区的沙尘暴粉尘来源具有二元性,即来自北方沙漠地区粉尘和包括柴达木盆地在内的中国西部盆地粉尘的混合物。由于柴达木盆地物质主要由第三系、第四系湖相物质构成,因此,石英颗粒的 $\delta^{18}\text{O}$ 为手段的研究较少,同时 Hf、Pb 等同位素物源示踪方法应用尚为空白,需要今后进一步研究。

6 结 语

随着黄土高原黄土、北太平洋粉尘、格陵兰冰芯粉尘物源等科学研究的深入,同位素物源示踪方法越来越受到学者们的重视。无论是中国西部盆地沙漠砂的形成与来源,还是黄土高原风成堆积物源的研究,都应用到了 $\delta^{18}\text{O}$ 、Sr-Nd、Hf 和 Pb 等同位素。尤其近年来,中国境内春季频发的沙尘暴天气,越来越威胁着中国东部主要大城市的安全,而准确确定这些大规模沙尘的来源地区,可以有针对性的进行沙源地生态治理,对减缓沙漠化对中国东部地区的破坏具有重要的意义。

参考文献:

- [1] Sun D H, Bloemendal J, Rea D K *et al.* Bimodal grain-size distribution of Chinese loess and its palaeoclimatic implications [J]. *Catena* 2004, 55(3): 325-340.
- [2] Sun donghuai, Bloemendal J, Rea D K *et al.* Grain-size distribution function of polymodal sediments in hydraulic and aeolian environments and numerical partitioning of the sedimentary components [J]. *Sedimentary Geology* 2002, 152(3-4): 263-277.
- [3] Sun J M, Li S H, Han P, *et al.* Holocene environmental changes in the central Inner Mongolia, based on single-aliquot-quartz optical dating and multi-proxy study of dune sands [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 2006, 233(1-2): 51-62.
- [4] 李珍, 张家武, 马海州. 西宁黄土石英颗粒表面结构与黄土物质来源探讨 [J]. *沉积学报*, 1999, 17(2): 221-225.
- [5] Sun J M, Zhu X K. Temporal variations in Pb isotopes and trace element concentrations within Chinese eolian deposits during the past 8 Ma: Implications for provenance change [J]. 2010, 290(3-4): 438-447.
- [6] Yang X P, Zhu B Q, Paul D *et al.* Provenance of aeolian

- sediment in the Taklamakan Desert of western China, inferred from REE and major-elemental data [J]. Quaternary International 2007, 175(1): 71–85.
- [7] Ding Z L, Sun J M, Yang S L *et al.* Geochemistry of the Pliocene red clay formation in the Chinese Loess Plateau and implications for its origin, source provenance and paleoclimate change [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta 2001, 65(6): 901–913.
- [8] Sun J M. Provenance of loess material and formation of loess deposits on the Chinese Loess Plateau [J]. Earth and Planetary Science Letters 2002, 203(3–4): 845–859.
- [9] Yang X P, Zhang F, Fu X D *et al.* Oxygen isotopic compositions of quartz in the sand seas and sandy lands of northern China and their implications for understanding the provenances of aeolian sands [J]. Geomorphology 2008, 102(2): 278–285.
- [10] Savin S, Epstein S. The oxygen isotopic compositions of coarse grained sedimentary rocks and minerals [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta 1970, 34(3): 323–329.
- [11] Silverman S. The isotope geology of oxygen [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta 1951, 2(1): 26–42.
- [12] Aleon J, Chaussidon M, Marty B *et al.* Oxygen isotopes in single micrometer-size quartz grains: tracing the source of Saharan dust over long-distance atmospheric transport [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta 2002, 66(19): 3351–3365.
- [13] O'Neil J, Hay R. $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ratios in cherts associated with the saline lake deposits of East Africa [J]. Earth and Planetary Science letters 1973, 19: 257–266.
- [14] Hou S S, Yang S L, Sun J M *et al.* Oxygen isotope compositions of quartz grains (4–16 μm) from Chinese eolian deposits and their implications for provenance [J]. Science in China (Series D) 2003, 46(10): 1003–1011.
- [15] Kapp P, Pelletier J D, Rohrmann A *et al.* Wind erosion in the Qaidam basin, central Asia: Implications for tectonics, paleoclimate and the source of the Loess Plateau [J]. GSA Today 2011, 21(4–5): 4–10.
- [16] Chen J, Li G, Yang J, Rao W *et al.* Nd and Sr isotopic characteristics of Chinese deserts: implications for the provenances of Asian dust [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta 2007, 71(15): 3904–3914.
- [17] An F Y, Ma H Z, Wei H C *et al.* Distinguishing aeolian signature from lacustrine sediments of the Qaidam Basin in northeastern Qinghai-Tibetan Plateau and its palaeoclimatic implications [J]. Aeolian Research 2012, 4: 17–30.
- [18] Grousset F E and Biscaye P E. Tracing dust sources and transport patterns using Sr, Nd and Pb isotopes [J]. Chemical Geology 2005, 222(3–4): 149–167.
- [19] Grousset F E, Ginoux P, Bory A. Case study of a Chinese dust plume reaching the French Alps [J]. Geophysical Research 2003, 30(6): 1–4.
- [20] Sun J M. Nd, Sr isotopic variations in Chinese eolian deposits during the past 8 Ma: Implications for provenance change [J]. Earth and Planetary Science Letters 2005, 204(2): 454–466.
- [21] Wang Y X, Yang J D, Chen J *et al.* The Sr and Nd isotopic variations of the Chinese Loess Plateau during the past 7 Ma: Implications for the East Asian winter monsoon and source areas of loess [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 2007, 249(3–4): 351–361.
- [22] Li G J, Chen J, Ji J F *et al.* Natural and anthropogenic sources of East Asian dust [J]. Geology 2009, 37(8): 727–730.
- [23] Pettke T, Lee D C, Halliday A N *et al.* Radiogenic Hf isotopic compositions of continental eolian dust from Asia, its variability and its implications for seawater Hf [J]. Earth Planetary Science Letters 2002, 202(2): 453–464.
- [24] 陈骏, 李高军. 亚洲风尘系统地球化学示踪研究 [J]. 中国科学: 地球科学 41(9): 1211–1232.
- [25] Lupker M, Aciego S M, Bourdon B *et al.* Isotopic tracing (Sr, Nd, U and Hf) of continental and marine aerosols in an 18th century section of the Dye-3 ice core (Greenland) [J]. Earth Planetary Science Letters 2010, 295(1–2): 277–286.
- [26] 李峰. 中国北方沙尘源区铅同位素分布特征及其示踪意义的初步研究. 中国沙漠 [J], 2007, 27(5): 738–744.
- [27] Pullen A, Kapp P, McCallister A T *et al.* Qaidam Basin and northern Tibetan Plateau as dust sources for the Chinese Loess Plateau and paleoclimatic implications [J]. Geology, 2011, 39(11): 1031–1034.
- [28] Guan Q Y, Pan B T, Gao H S *et al.* Geochemical evidence of the Chinese loess provenance during the Late Pleistocene [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2008, 270(1–2): 53–58.
- [29] 孙继敏. 中国黄土的物质来源及其粉尘的产生机制与搬运过程 [J]. 第四纪研究 2004, 24(2): 175–183.
- [30] Wu G J, Zhang C L, Zhang X L *et al.* Sr and Nd isotopic composition of dust in Dunde Ice core, Northern China: Implications for source tracing and use as an analogue of long-range transported Asian dust. [J]. Earth Planetary Science Letters 2010, 299(3–4): 409–416.

The Application of Isotopic Composition in Aeolian Sediments Provenance Discriminance

ZHANG Shu-heng¹, AN Fu-yuan², GUO Shou-jun¹, MA Ming¹, ZHANG Qi-xing⁴, FAN Qi-shun²
(1. The Survey Institute of Hydrogeology, Engineering Geology and Environmental Geology
of Qinghai Province, Xining 810008, China; 2. Qinghai Institute of Salt Lakes,
Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China)

Abstract: As an effective detector of provenance in the provenance-researching realm of aeolian sediments, the isotopic tracer technique is applied extensively. And the principle of which is: because of the geochemical characteristic of aeolian sediments will not change in the course of weathering, transportation and precipitation, so by the comparison, if they bear the similarity on the isotopic compositions between the provenance area and trap area, we can generally ascertain the origin of the aeolian sediments. The isotopic tracer technique mainly includes the $\delta^{18}\text{O}$ of quartz grains, Sr-Nd isotopic composition of silicate fraction and other isotopes such as Hf and Pb. The above technique was used widely on the phases which were to trace the origin of sand in Chinese western basins (such as the Tarim Basin), to certain the provenance of Chinese Loess Plateau (e. g. the provenance contribution of Qaidam Basin to the loess plateau), and it got tremendous progress on the above researching realm in recent years.

Key words: Isotopic composition; Aeolian sediments; Provenance discriminance

(上接第 56 页)

Study on Scrubbing and Desliming Technique for High Insoluble and Low-grade Solid Potassium Deposit in Mahai Salt Lake

MA Jin-yuan¹, LI Hai-min², ZHU Cui-qin¹, XIA Yi-zhong¹
(1. Qinghai Zhonghang Resources Co. Ltd., Delingha 817000, China;
2. Qinghai Institute of Salt lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China)

Abstract: This paper uses the four kinds of desliming technology of screening desliming, one stage hydrocyclone desliming, two stage hydrocyclone desliming and hydrocyclone-sieving desliming process to have a desliming test for mohair Saline Lake high insoluble, low-grade surface solid potassium deposit, the test results were provided. The test results show that the desliming mine of mohair Saline Lake high insoluble, low-grade surface solid potassium deposit by hydrocyclone-sieving process can produce potassium chloride by flotation method. The high insoluble surface solid potassium deposit has been well developed and utilized, which means the potassium deposit can be used efficiently.

Key words: Low-grade surface solid potassium deposit; Scrubbing; Hydrocyclone desliming; Screening desliming.