

文章编号:0253-2328(2010)01-0088-05

民勤绿洲沙源分析

任孝宗¹, 王振亭^{1,2}

(1. 兰州大学 西部环境教育部重点实验室, 甘肃 兰州 730000;
2. 中国科学院沙漠与沙漠化重点实验室, 甘肃 兰州 730000)

摘要:通过对巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠、乌兰布和沙漠和民勤绿洲地表沙样的微量元素测定,用标准化方法建立三源混合模型示踪民勤地表流动沙丘物源。结果表明,民勤南、北2区流动沙丘具有多源特征,混合物源为7 2 1时(巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠与乌兰布和沙漠的比值),与民勤南部的标准化模型相对一致;混合物源为5 4 1时与民勤北部标准化模型相对一致,微量元素示踪风成沉积物虽然有一定缺陷,但仍然不失为一种较理想的示踪手段。

关键词:民勤绿洲;微量元素;示踪;沙漠化防治

分类号:(中图)S288 **文献标志码:**A

民勤古绿洲曾经是“土沃泽饶、可耕可渔”的一道阻沙天堑,素有“小江南”的美誉,近2 000 a以来,随着全新世干冷变化^[1]和人为因素的共同驱动^[2],民勤绿洲逐渐退化为“十地九沙、非灌不殖”的干旱荒漠环境^[3-4],成为当今北方4大沙尘暴发源地之一^[5]。20世纪末对该地区的沙漠化监测表明,其荒漠化程度正在由中轻度向重度和极重度逐步加剧发展^[6-7],随着经济发展及社会需求增加,荒漠化对人类生存环境的影响越来越明显^[8]。

探究沙区沙源被认为有助于沙漠化防治^[9],是有目的、有重点地防治沙漠化的前提。赵强等^[10-11]认为民勤盆地地处东亚季风边缘区,当受冬季风影响时,以多风干旱气候为主,沙源主要是强劲风力搬运的远方风成沉积物;当受夏季风影响时,风沙活动萎缩,降水增加,沙源主要以黏土为主的当地浅湖相和湖相沉积物。

追踪地表物质中元素迁移提供了一种判断物源的方法。通过对比民勤绿洲及其潜在物源区表层沉积物间元素特征的变化,以确定不同沙漠对民勤的影响程度,进而判断沙源。根据本区干燥少雨、风大且频的气候特征,有针对性地选取了22种示踪元素,采用标准化法,利用三源混合模型分析绿洲沙源。

1 研究区概况

甘肃省民勤县位于河西走廊东北部、石羊河流

域最下游,东、西、北3面连接腾格里沙漠和巴丹吉林沙漠,东北与乌兰布和沙漠遥相呼应。全县面积为 $1.6 \times 10^4 \text{ km}^2$,其中沙化土地为 $1.5 \times 10^4 \text{ km}^2$,绿洲面积约为 $1\ 000 \text{ km}^2$ ^[12]。民勤绿洲则是指红崖山—黑山—阿拉古山以北地区^[13]。本区位于现代夏季风的西北边缘区^[14],年均风沙日数为139 d,年均风速为2.2 m/s,8级以上大风日数为29 d,全年平均扬沙为59 d,沙尘暴日数为37 d,年降水量为110 mm,年蒸发量高达2 644 mm,属于典型的温带大陆性极干旱荒漠气候区^[15]。

2 样品采集与元素测定

在绿洲南部和北部共采集3个地表沙样,巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠和乌兰布和沙漠共采集10个表层沙样,采样点的具体分布见图1。

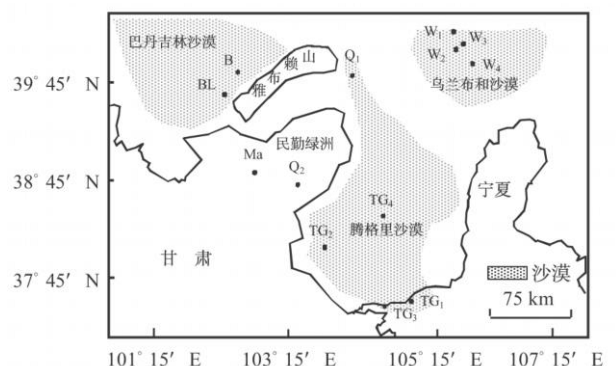


图1 采样点地理分布

收稿日期:2009-03-20

基金项目:国家科技基础基金资助项目(2006FY110800)

作者简介:任孝宗(1983—),男,硕士研究生,主要从事沙漠第四纪方面的研究。

在实验室中,先将样品烘干,并研磨至 200 目(75 μm) 以下,使用 YYJ-40 型半自动油压仪,将样品压制成直径 4 cm,厚约 8 mm 的外层裹硼酸的圆饼状标本,然后采用荷兰飞利浦公司 PW2403 型 X

荧光分析仪测定元素量.该仪器一次可以测量 40 种元素的含量,对同一样品的测量标准差为 2% 左右.样品的制备和测试在兰州大学西部环境教育部重点实验室完成,其实验数据见表 1.

表 1 微量元素分析结果

元素 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	巴丹吉林沙漠		民勤绿洲			乌兰布和沙漠				腾格里沙漠				UCC
	B	BL	Ma	Q ₁	Q ₂	W ₁	W ₂	W ₃	W ₄	TG ₁	TG ₂	TG ₃	TG ₄	
Cr	28.1	33.7	21.3	60.2	5.9	96.0	45.0	35.7	15.6	33.0	59.4	40.9	40.6	39.6
W	1.8	2.6	2.6	2.9	1.2	3.2	2.7	1.1	0.6	2.9	3.7	2.8	3.0	2.4
Mn	189.7	225.7	221.9	269.6	157.6	453.7	297.7	238.9	122.1	198.0	373.4	269.6	239.3	250.6
Cu	11.3	9.5	10.8	13.8	7.9	17.1	14.6	12.6	10.2	11.9	16.0	10.5	12.1	12.2
Ni	13.3	14.7	9.9	18.4	5.8	20.8	15.8	15.6	6.0	13.4	20.9	11.2	14.0	13.8
Ti	1105.7	1392.0	1242.0	1760.9	625.6	2437.8	1569.4	1502.2	754.7	1356.7	2297.7	1910.8	1637.0	1507.1
V	33.5	33.8	29.5	41.9	18.0	61.0	42.5	38.6	16.6	33.2	48.0	38.3	38.9	36.4
Ba	517.2	600.9	531.9	712.2	576.6	680.8	668.7	706.4	745.4	702.6	666.5	648.4	820.8	659.9
U	3.5	3.9	4.5	2.4	2.2	2.2	3.4	2.5	2.0	4.0	4.5	3.8	3.6	3.3
Ce	183.0	132.7	158.0	110.7	135.5	103.5	100.1	174.1	110.3	104.3	114.7	98.0	96.0	124.7
Hf	1.6	1.8	2.6	1.8	1.6	1.9	1.5	2.0	1.0	1.6	4.4	3.8	1.6	2.1
Co	346.7	311.2	195.6	269.8	307.3	302.8	313.8	583.8	386.0	228.2	216.5	261.1	271.2	307.2
Nb	4.6	3.8	4.5	5.5	3.3	7.2	5.0	4.9	2.7	5.2	8.5	7.7	6.0	5.3
Y	11.0	11.7	12.9	11.5	10.0	13.7	11.4	11.2	8.8	10.9	17.9	14.1	12.4	12.1
Zr	73.8	78.3	96.3	86.5	73.0	91.4	76.1	94.0	64.1	77.6	169.6	151.1	82.4	93.4
Bi	10.7	9.9	9.3	9.8	11.4	11.4	9.1	10.2	9.3	8.3	11.7	8.7	12.3	10.2
Mo	1.9	1.9	1.9	2.0	1.9	2.0	1.9	2.2	1.9	1.8	2.6	2.6	1.9	2.0
Ga	17.2	20.2	18.9	19.9	17.7	20.7	19.3	19.3	18.5	17.7	20.4	17.1	18.7	18.9
Pb	6.9	13.0	13.8	12.2	9.3	10.5	7.1	4.2	7.8	13.2	19.1	15.6	14.2	11.3
Sr	118.5	149.6	158.6	151.0	132.1	155.3	154.3	144.1	140.1	116.0	149.3	114.1	153.6	141.3
Nd	11.2	14.6	15.9	18.4	15.9	18.5	17.8	16.4	15.8	17.3	22.1	17.6	20.2	17.1
Rb	57.5	66.7	84.3	72.9	63.1	63.6	64.1	64.6	55.8	76.7	84.8	79.4	76.0	70.0

3 方法

3.1 示踪元素的选取

示踪元素通常可选用大量元素和微量元素,特别是大量元素因为其测定简单而被广泛应用,如郭正堂等^[16]用 Fe 元素的变化指示黄土沙尘源区的变化.Zhang X. Y 等^[17]通过 Mg/Ti、Mg/K、Al/Fe 比值确定源区,取得了很好的效果.但影响大量元素变化的因素通常过于复杂,不能有效区分源区,所以更多学者倾向于使用相对恒定的微量元素,本工作亦采用微量元素作为示踪元素.

Kamber B. S 等^[18]认为,稀土元素在陆相环境中能够稳定存在,在遭受风化作用的情况下也不易发生改变,是优良的示踪元素.即使在风化过程中含量发生变化,稀土元素通常会在原地重新沉积下来,仍然具有很好的指示源区的作用^[19-20].因为稀土元素极不溶于水和酸碱,所以化学风化强烈的河、湖等地区其含量仍然稳定存在.其含量主要受母岩种类的控制^[21].Petherick L. M^[22]等认为,Sr 和 Ba 是 2 种极易

溶于水的元素,不宜作为示踪元素.但本样品采集地区属于极端干旱的沙漠地区,对本区而言仍然不失为理想的示踪元素.最后,根据示踪元素要尽可能地反映源区特征的原则,选取 Cr, W, Mn, Cu, Ni, Ti, V, Ba, U, Ce, Hf, Co, Nb, Y, Zr, Bi, Mo, Ga, Pb, Sr, Nd, Rb 等 22 种示踪元素进行分析.

3.2 标准化分析

为了更有效地区分微量元素的变化,Marx S. K 等认为^[23],采用微量元素标准化后再分析的方法可行.3 大沙漠和民勤绿洲地表沉积物是地壳表层不断风化的产物,并继承了地壳元素的部分特征,标准化处理能揭示沙漠沉积物和地壳的亲疏关系,这种关系能够更明确地表明物源的来龙去脉.理论上标准化分析以地壳元素作为标准比对元素,而实际中通常采用潜在源区的样品均值作为标准比对元素.本文采用该区地壳表层元素的平均组分(记作 Upper Crustal Composition,简称 UCC)作为标准元素组,即以巴丹吉林沙漠、民勤绿洲、腾格里沙漠和乌兰布和沙漠各地表沙样的平均组分为标准元素组.

标准化分析按照以下公式计算

$$a_1 = a_1 / b_1,$$

$$a_2 = a_2 / b_2,$$

.....

$$a_n = a_n / b_n,$$

式中: $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ 为 a 样品所有元素; $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ 为 b 样品所有元素; $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ 为样品 a 按照样品 b 标准化后的对应结果, 即 b 为标准元素.

4 结果

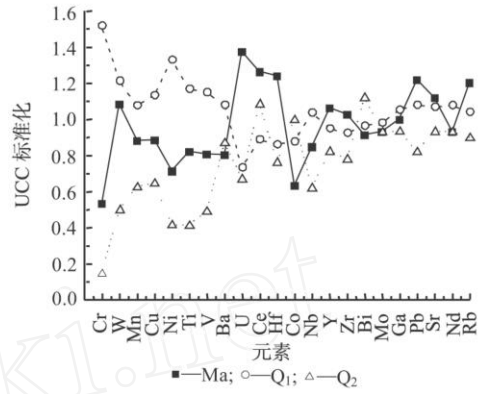
巴丹吉林沙漠、民勤绿洲、乌兰布和沙漠和腾格里沙漠的样品 UCC 标准化处理后的结果见图 2.

巴丹吉林沙漠样品中 77% 以上的标准化值为 0.6 ~ 1.3, 有 3 种元素(W, Ce 和 Pb)差异较大(图 2a).

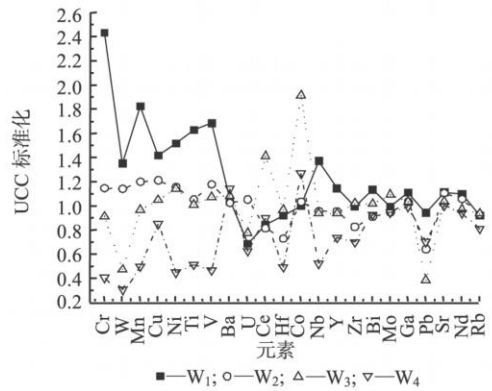
民勤南部样品 Ma 中 73% 的标准化值为 0.8 ~ 1.2, Q₂ 中 77% 标准化值为 0.6 ~ 1.1; 民勤北部样品 Q₁ 中 73% 的标准化值为 0.9 ~ 1.2; 民勤绿洲南、北 2 区域间有显著差异的元素为 Cr, W, Ni, Ti, V 和 U (图 2b).

乌兰布和沙漠 UCC 标准化值可以分为 2 类, 第 1 类 W₁ 和 W₂, 73% 的标准化值为 0.9 ~ 1.2; 第 2 类 W₃ 和 W₄, 80% 的标准化值为 0.5 ~ 1.1. 这 2 类差异显著的元素包括 Cr, W, Mn, Cu, Ni, Ti, V, Ce, Co, Nb 和 Pb(图 2c).

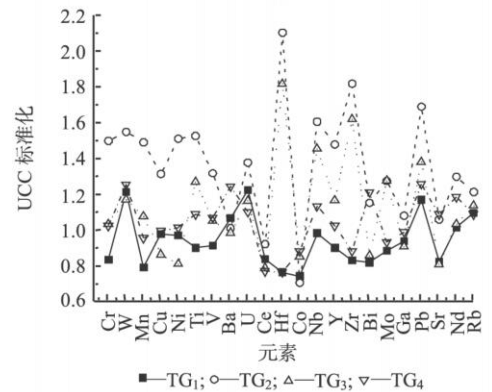
腾格里沙漠 UCC 标准化值可以分为 2 类, 第 1 类 TG₁ 和 TG₄, 其中 TG₄ 在 TG₁ 的上风向, 75% 的标准化值为 0.9 ~ 1.1; 第 2 类 TG₂ 和 TG₃, 其中 TG₂ 在 TG₃ 的上风向, 73% 的标准化值为 0.9 ~ 1.4. 这 2 类变化显著的元素包括 Cr, Mn, Cu, Ni, Hf, Nb, Y 和 Zr(图 2d). 元素 Zr 和 Hf 的含量在这 2 类中的差异都比较大, 可能是由主要成分为 Zr 和 Hf 的锆石造成的, 因为不同样品中锆石的含量可能会很不相同.



b 民勤绿洲 3 个样品的 UCC 标准化结果

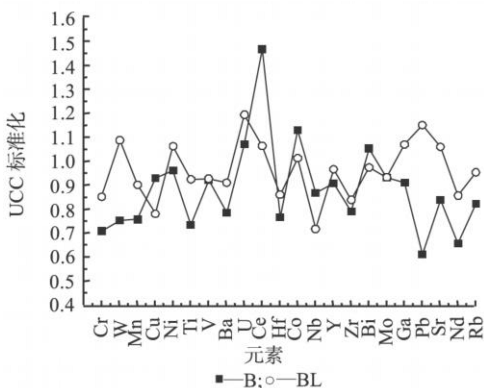


c 乌兰布和沙漠 4 个样品的 UCC 标准化结果



d 腾格里沙漠 4 个样品的 UCC 标准化结果

图 2 UCC 标准化后的巴丹吉林沙漠、民勤绿洲、乌兰布和沙漠和腾格里沙漠元素特征



a 巴丹吉林沙漠 2 个样品的 UCC 标准化结果

5 讨论

以上分析表明, 首先, 民勤绿洲存在 2 个明显的区域, 一个是 Ma 和 Q₂ 所在的民勤绿洲南部; 另一个是 Q₁ 所在的民勤绿洲北部. 其次, 巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠和乌兰布和沙漠各自样品基本可以代表其地区特征. 风成沉积物和其物源之间是继承与被继承的关系, 沉积区和物源区具有相似的元素含量, 由于在风成的过程中有旧元素的损失和新元素的加入, 所以不可能完全一致. 通过标准化分析, 可以把物源区和沉积区内微量元素的特征放大, 达到示踪元素源区的目的.

5.1 绿洲南部风成沉积物示踪

通过 UCC 标准化值对比发现,单独的 3 大沙漠标准化值与民勤南部(样品 Ma 和 Q₂)并不一致或相似,这说明民勤南部沉积物并不直接来源于 3 大沙漠,而是各大沙漠的混合物,其沙源呈现出多源特征.对于夹杂了多个沙漠信息的 Ma 和 Q₂,单独与某一个沙漠的元素特征对比不具有明显的相似关系,所以,采用多源分析的三源混合模型重新示踪物源,用巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠和乌兰布和沙漠的元素作为物源,并按不同比例混合,与民勤南部标准化均值(记作 MS)比较.通过对 3 大沙漠比例关系的不断调整,最后,当巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠和乌兰布和沙漠的样品按照 7 2 1(记作 B TG W)比例混合之后与 MS 比较,除少数元素(如 Cr, W, Ni, Ti, V 和 Co)之外,2 者相似程度很高(图 3),其中 77% 的标准化值为 0.8~1.1.表明民勤南部沙源的 7 成来自巴丹吉林沙漠,2 成来自腾格里沙漠,而乌兰布和沙漠只占 1 成.

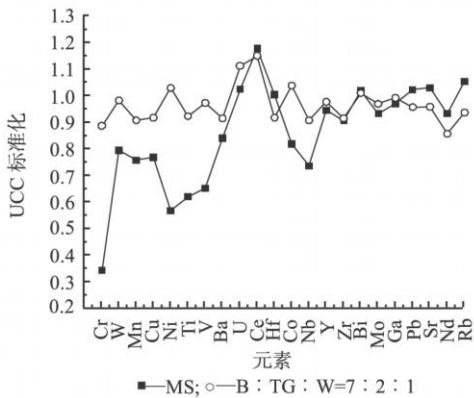


图 3 民勤南部地区元素示踪

5.2 绿洲北部风成沉积物示踪

绿洲北部沉积物示踪同样采用三源混合模型,并把民勤北部的样品(记作 MN).当巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠与乌兰布和沙漠比值为 5 4 1 时,混合物与民勤北部除少数元素(如 Cr, W, Cu, Ni, Ti, U, Ce 和 Hf)之外,相似程度最高(图 4),其中 80% 的标准化值为 0.9~1.1.结果表明,民勤北部物源 5 成来自巴丹吉林沙漠,4 成来自腾格里沙漠,乌兰布和沙漠只占 1 成.与民勤南部三源混合模型相比,首先,民勤北部混合物与 MN 相似程度下降,表明北部地区物源更加复杂,可能存在更多物源或者受周边工业的污染;其次,民勤北部物源中巴丹吉林沙漠所占部分明显减少,可能与雅布赖山的阻隔有关.雅布赖山为东北—西南走向,能有效阻隔巴丹吉林沙漠风沙流的入侵,使携沙风在雅布赖山以北沉降下

来从而减少其对民勤绿洲的影响.

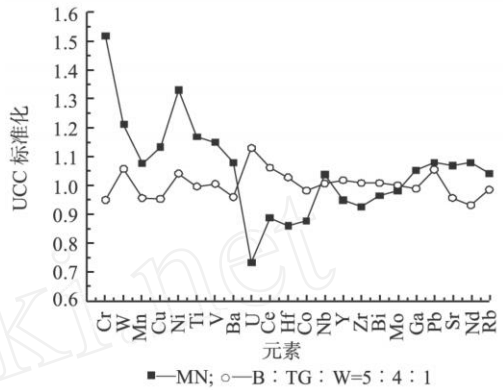


图 4 民勤绿洲北部地区元素示踪

6 结论

微量元素示踪民勤绿洲风成沉积物物源表明,民勤南部受到的沙害以巴丹吉林沙漠为主,腾格里沙漠次之,而乌兰布和沙漠对本区的影响非常有限.民勤北部地区和南部相比有一定差异,主要表现在巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠对其造成的危害程度几乎相当,共同之处是乌兰布和沙漠对该区的影响有限.根据民勤绿洲不同地区沙源各异的现实,并且结合前人对民勤绿洲沙漠化防治与治理已有的研究^[24-28],绿洲南部的防沙治沙工作应重点预防巴丹吉林沙漠南下,同时巩固对腾格里沙漠的治理,避免 2 大沙漠汇合后造成更大的危害.在治理绿洲北部的过程中,要同等程度的重视巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠对本区造成的危害,不可忽视腾格里沙漠对绿洲的危害潜能.民勤绿洲地处东亚季风边缘区,气候波动明显,根据年际变化可以采取不同的防治措施.干旱年份,民勤绿洲处于西风带控制之下,巴丹吉林沙漠东侵的潜在可能性增大,防治的重点应以巴丹吉林沙漠为主;湿润年份,民勤绿洲受夏季风控制为主,巴丹吉林沙漠东侵减缓,可以将更多的精力放在防治腾格里沙漠.

基于微量元素示踪的三源混合模型,基本能反映风成沉积物的物源,为以后有重点地防治日益严重的沙漠化过程提供了可贵的依据.虽然这种方法目前还不太成熟,如样品中某些元素的集中效应、样品采集的不均一性和工业污染等对示踪的可靠性提出了挑战,但是这并不影响总的趋势,所以三源混合模型仍然是一种实用的物源示踪方法.

致谢 感谢巩杰老师,李国强、降同昌同学在野外采样过程中提供的热情帮助,感谢 Dr. Samuel Marx 给予的耐心答疑.

参考文献:

[1] 程弘毅. 河西地区历史时期沙漠化研究[D]. 兰州:兰州大学, 2007.

- [2] 马金珠,王刚,李丁,等.民勤盆地沙漠化、贫困化与水资源开发利用[J].自然资源学报,2006,21(4):551-558.
- [3] 颜耀文,陈发虎,王乃昂.近 2000 年来甘肃民勤盆地绿洲的空间变化[J].地理学报,2004,59(5):662-670.
- [4] 邹雅林.民勤决不能成为第二个罗布泊——关于武威水资源的合理利用与生态环境建设的可持续研究[J].甘肃科技,2005,21(1):1-10.
- [5] 张学杰.民勤县沙漠化严重的原因及对策[J].中国水土保持,2006(2):40-41.
- [6] 魏怀东,徐先英,丁峰,等.民勤绿洲土地荒漠化动态监测[J].干旱区资源与环境,2007,21(10):12-17.
- [7] 赵生龙,张建东.民勤绿洲荒漠化动态评价[J].安徽农业科学,2007,35(28):8956-8957.
- [8] 王涛.中国沙漠化研究进展[J].中国沙漠,1999,19(4):299-309.
- [9] 徐俊名.宁夏河东沙区沙丘沙的来源[J].地理学报,1965,31(2):142-156.
- [10] 赵强,王乃昂,薛翔燕,等.民勤盆地 12kaBP 以来的沉积旋回[J].兰州大学学报:自然科学版,2004,40(1):90-95.
- [11] 赵强,李秀梅,王乃昂.末次冰消期以来民勤盆地沉积地层记录及年代学研究[J].地层学杂志,2008,32(1):27-32.
- [12] 王禄明.档案记载中的建国初期民勤防沙治沙情况[J].档案,2008(03):42-43.
- [13] 冯绳武.民勤绿洲的水系演变[J].地理学报,1963,29(3):241-249.
- [14] 李吉均.中国西北地区晚更新世以来环境变迁模式[J].第四纪研究,1990(3):197-203.
- [15] 王信建,戴晟懋.关于甘肃民勤县土地沙化防治情况的调查报告[J].林业经济,2006(9):16-18.
- [16] 郭正堂,魏兰英.晚第四纪风尘物质成分的变化及其环境意义[J].第四纪研究,1999(1):41-48.
- [17] ZHANG X Y, AN Z S, LIU D S, et al. Study on three dust storms in China—source characterization of atmospheric trace element and transport process of mineral aerosol particles[J]. Chinese Science Bulletin, 1992,37(11):940-945.
- [18] LIPIN B R, MCKAY G A. Geochemistry and Mineralogy of Rare Earth Elements[M]. Washington, DC: The Mineralogical Society of America, 1989:169-200.
- [19] KAMBER B S, GREIG A, COLLERSON K D. A new estimate for the composition of weathered young upper continental crust from alluvial sediments[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta,2005,69(4):1041-1058.
- [20] ROLLINSON H R. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation[M]. Essex:Longman Scientific & Technical, 1993:352.
- [21] HENDERSON P. Rare Earth Element Geochemistry[M]. Amsterdam:Elsevier, 1984:343-373.
- [22] PETHERICK L M, MCGOWAN H A, KAMBER B S. Reconstructing transport pathways for late Quaternary dust from eastern Australia using the composition of trace elements of long traveled dusts[J]. Geomorphology,2007,12(15):1-13.
- [23] MARX S K, KAMBER B S, MCGOWAN H A. Provenance of long travelled dust determined with ultra-trace element composition: a pilot study with samples from New Zealand glaciers[J]. Earth Surface Processes and Landforms,2005(30):699-716.
- [24] 常兆丰,韩福贵,仲生年.民勤西沙窝生态气候变化原因探究[J].防护林科技,2001(4):62-64.
- [25] 张学杰.民勤县沙漠化严重的原因及对策[J].中国水土保持,2006(2):40-41.
- [26] 戴晟懋,邱国玉,赵明.甘肃民勤绿洲荒漠化防治研究[J].干旱区研究,2008,25(3):319-324.
- [27] 王宝鉴,张强,张杰.对民勤绿洲生态退化问题的探讨[J].干旱气象,2004,22(4):87-92.
- [28] 刘韶斌,刘进琪.民勤绿洲衰变成因及保护对策[J].甘肃农业大学学报,2006,41(5):105-109.

The Provenance of Eolian Sediments in Minqin Oasis, Gansu Province

Ren Xiaozong¹, Wang Zhenting^{1,2}

(1. Key Laboratory of Western China's Environmental Systems, MOE, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China;

2. Key Laboratory of Desert and Desertification, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Science, Lanzhou 730000, China)

Abstract: It is helpful to control the desertification in Minqin oasis by provenance of the moving sand dunes around Minqin. The trace elements samples in Badain jaran desert, Min Qin oasis, Tengger desert and Ulan Buh Desert was analyzed, then the provenance of the moving sand dunes in Minqin oasis was determined using the ternary mixing model which was set up with normalized method. The results were the moving sand dunes in south and north Minqin had a mixing-source character. The mixture of source provided the closest fit to the normalization of the south Minqin when the ratio of Badain Jaran Desert, Tengger Desert and Ulan Buh Desert is 7 2 1. The mixture of source provided the closest fit to the normalization of the north Minqin when the ratio of Badain Jaran Desert, Tengger Desert and Ulan Buh Desert is 5 4 1. There were some disadvantages in provenance of eolian sediments with trace elements, but it still was a ideal provenance method.

Key words: Minqin oasis; trace elements; provenance; desertification control

(责任编辑、校对 周淑霞)