DOI: 10.13758/j.cnki.tr.2018.02.025

基于 ^{137}Cs 的新疆准东地区不同土地利用类型土壤风蚀特征研究①

丁肇龙[1,2]，汪 君[3]，胥鹏海[4]，曹月娥[1,2]，刘 巍[1,2]，杨建军[1,2*]

(1 新疆大学资源与环境科学学院，乌鲁木齐 830046；2 教育部绿洲生态重点实验室，乌鲁木齐 830046；
3 核工业 216 大队，乌鲁木齐 830001；4 陕西中圣环境科技发展有限公司，西安 710043)

摘 要：风力侵蚀是准东干旱与半干旱地区土地沙漠化的关键因素，通过野外考察和土壤 ^{137}Cs 取样分析，对准东地区不同土地利用类型下土壤 ^{137}Cs 分布特征及风力侵蚀进行了初步研究。研究表明，不同土地利用类型土壤 ^{137}Cs 剖面分布特征不同，^{137}Cs 基本分布在 0 ~ 20 cm，甚至更浅，^{137}Cs 活度值介于 0 ~ 65.50 Bq/kg 各样点 ^{137}Cs 总量介于 0~1 698.29 Bq/m^2，其中背景值为 1 698.29 Bq/m^2，不同地类 ^{137}Cs 总量排序为：低平地草甸(背景值样点) >灌丛沙堆>荒漠草地>砾石戈壁>盐碱地>耕地>固定沙地>半固定沙地>风蚀裸地；估算出耕地和非耕地各样点的风蚀速率，耕地平均风蚀速率为 744.50 t/(km^2·a)，非耕地风蚀速率介于 945.06 ~ 4 404.01 t/(km^2·a) 之间，平均值为 2 589.96 t/(km^2·a)。

关键词：^{137}Cs；风力侵蚀；土地利用；准东

中图分类号：S157.1 文献标识码：A

土壤风蚀是土地沙漠化最重要的标志，是干旱与半干旱地区形成风沙流、沙漠化和沙尘暴的主要原因。我国干旱与半干旱区域面积大，是世界上土壤风蚀最为严重的国家之一，土壤风蚀容易造成扬沙、沙尘暴和浮尘等恶劣天气，且会导致土壤日趋贫瘠，土地的生产力水平急剧下降。据新疆维吾尔自治区第一次水利普查报告(2011 年)，新疆水土流失面积达 88.54 万 km^2，其中水力侵蚀面积 8.76 万 km^2，而风力侵蚀面积则高达 79.78 万 km^2，严重的风力侵蚀加剧了新疆土地荒漠化进程，导致耕地大量减少和土地退化，严重制约新疆经济可持续发展。

^{137}Cs 是 20 世纪 50—70 年代原子弹爆炸试验产生的放射性尘埃，降落到地表后，被土壤黏粒强烈吸附，基本不被植被吸收和淋溶流失，在土壤中的损失和富集主要伴随土壤侵蚀和沉积活动发生，是研究泥沙沉积和土壤侵蚀的一种良好的示踪物质，通过测定土壤剖面中 ^{137}Cs 含量，与背景值相比较即可确定土壤侵蚀速率，探讨土壤侵蚀规律。自 Rogowski 和 Tamura[1]1965 年首次发现 ^{137}Cs 具有测量土壤流失速率的潜质后几十年，^{137}Cs 法在全球土壤侵蚀研究中已取得大量成果[2-4]，国内利用 ^{137}Cs 法研究土壤侵蚀也取得了显著的成就[5-8]。新疆作为中国土壤侵蚀最为严重的地区之一，鲜有利用 ^{137}Cs 示踪技术在土壤侵蚀方面的研究[9]。

因此，本研究以新疆准噶尔东部为研究区，通过 2015 年的野外考察，选取不同土地利用类型进行土壤 ^{137}Cs 取样测定，分析准东地区不同土地利用类型的 ^{137}Cs 剖面分布特征，计算各样点土壤 ^{137}Cs 总量，确定研究区 ^{137}Cs 背景值，估算各样点的土壤风蚀速率。以期进一步认识准东地区土壤侵蚀机制，为研究区防治土壤风力侵蚀提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于新疆准噶尔盆地东部风蚀区，是“三北”戈壁沙漠及沙地风沙区一部分，地理位置为 88°10′ ~ 91°10′E，43°30′ ~ 45°00′N，总面积约为 2.23 万 km^2。研究区属典型的极端干旱大陆气候，日照充足，热量丰富，常年少雨，昼夜温差大，春秋季多风，平均气温 7.0 ℃，多年平均降水量 183.5 mm。全年主导风向为西北风，一般风力 3 ~ 5 级，多年平均风速 2.0 ~ 3.7 m/s，最大风速为 16 m/s。主

①基金项目：国家自然科学基金项目(4166010047、414610056)资助。

* 通讯作者(yjjdfly@sina.com)

作者简介：丁肇龙(1992—)，男，新疆特克斯人，硕士研究生，主要从事干旱区水土保持与荒漠化防治研究。E-mail: 577491757@qq.com

要土地利用类型为耕地、林地、灌木、沙地(固定沙地和半固定沙地)、戈壁、风蚀裸地、裸岩砾石和盐碱地，研究区内天然植被类型少、结构单一，植被生长矮小且稀疏，多为荒漠植被，土壤类型以风沙土和灰棕漠土为主。

1.2　研究方法

1.2.1　样品采集与测定　^{137}Cs 样品采集于 2015 年 4—5 月，本研究根据研究区内不同土地利用类型共设 14 个采样点(表 1)，其中：2 个采集于耕地(ZHD1 和 ZHD10，新开垦农田，临近沙地)，2 个采集于固定沙地(ZHD4 和 ZHD8)，2 个采集于半固定沙地(ZHD6 和 ZHD9)，3 个采集于砾石戈壁(ZHD3，ZHD5 和 ZHD12)，1 个采集于灌丛沙堆(ZHD2)，1 个采集于风蚀裸地(ZHD7)，1 个采集于盐碱地(ZHD11)，1 个采集于牧草地(ZHD13)，1 个采集于低平地草甸(ZHD14)。每个样点分层取样，取样间隔为 2 cm，根据研究区土壤侵蚀状况将取样深度设为 20 cm，野外采集共计 140 个土壤样品，经风干、研磨、过筛(2 mm)和称重后封装待用。^{137}Cs 活度在核工业北京地质研究院分析测试研究中心利用 GMX-20A-Plus 高纯锗 γ 能谱仪测定。采用配备 n 型高纯锗探头的低能量、低本底 γ 能谱仪，根据 662 KeV 谱峰面积测算了样品 ^{137}Cs 含量。样品测重＞400 g，测定时间≥50 000 s，测试误差为±5%(95%信度)。

表 1　研究区 **^{137}Cs** 采样点一览表

Table 1　Background information of ^{137}Cs sampling sites

样点	经纬度	土壤类型	地貌类型	植被状况与覆盖
ZHD1	44.38902N, 88.60051E	灌耕土	耕地	小麦
ZHD2	44.37021N, 88.59976E	风沙土	灌丛沙堆	梭梭、琵琶柴、白麻，5%
ZHD3	45.04564N, 89.20479E	灰漠土	砾石戈壁	无植被
ZHD4	44.65644N, 89.17236E	风沙土	固定沙地	琵琶柴，2%
ZHD5	44.79412N, 89.61124E	棕漠土	砾石戈壁	无植被
ZHD6	44.26524N, 89.61073E	风沙土	半固定沙地	蛇麻黄、梭梭，3%
ZHD7	44.88141N, 90.02522E	灰漠土	风蚀裸地	无植被
ZHD8	44.27048N, 90.34991E	风沙土	固定沙地	琵琶柴、梭梭、蒿类，1%
ZHD9	45.11038N, 88.58902E	风沙土	半固定沙地	梭梭、沙拐枣、蒿类，2%
ZHD10	44.24088N, 89.11397E	灌耕土	耕地	小麦
ZHD11	44.49952N, 89.91495E	盐碱土	盐碱地	芦苇、盐角草、白麻，65%
ZHD12	44.78669N, 89.35170E	棕漠土	砾石戈壁	无植被
ZHD13	44.31591N, 90.09002E	灰漠土	荒漠草地	芨芨草、白刺、蒿类，30%
ZHD14	43.88627N, 88.73796E	草甸土	低平地草甸	羊茅、针茅等，95%

1.2.2　计算方法　由于土壤表层扰动方式不同，土壤侵蚀速率的计算模型主要分为耕地和非耕地两大类。

1) 非耕地风蚀速率计算。对于非耕地，在大多数情况下 ^{137}Cs 的活度 C(Bq/kg)随距地表的深度 z(m)呈指数分布，因而本文选用张燕等[10]研究中所使用的计算模型，其公式为：

$$C = \int(z) = ae^{-bz}\ (\mathrm{a, b} > 0) \tag{1}$$

式中：a(Bq/kg)、b(1/m)分别为 ^{137}Cs 指数分布函数的系数，可通过对背景值分布的拟合确定。因此侵蚀土壤 ^{137}Cs 丢失量 ΔA (Bq/m^2)为：

$$\Delta A = A_{\mathrm{ref}} - A = \int_0^h D\int(z)dz \tag{2}$$

式中：A，A_{ref} 分别为取样点土壤剖面 ^{137}Cs 的含量和背景值(Bq/m^2)；D 为容重(kg/m^3)；h 为年平均侵蚀厚度(m)。通过分析侵蚀地点 ^{137}Cs 的丢失量 ΔA 确定背景值有关参数后，即可求得 T 年中土壤总侵蚀厚度 H(m)，整理得：

$$H = -\frac{1}{\mathrm{b}}\ln\left(\left|1-\frac{\Delta A\mathrm{b}}{\mathrm{a}D}\right|\right) \tag{3}$$

则侵蚀速率 E_R (t/(km^2·a)) 为：

$$E_R = 10Dh \tag{4}$$

2) 耕地风蚀速率的计算。质量平衡模型由 Kachanoski 和 Jong[11]首次提出，随后由 Fredericks 和 Perrens[12]对模型做了改进，国内张信宝等[13]将模型进行简化，使其形式更加简单，应用更为容易。本文选用简化质量平衡模型计算耕地，其公式为：

$$A = A_{\mathrm{ref}}\left(1-\frac{h}{H_0}\right)^{T-1963} \tag{5}$$

式中：H_0 是犁耕层厚度(m)；T 是采样时间；其他同上。

除质量平衡简化模型外，比例模型也常用于计算

耕地侵蚀速率[14]，国内外已有很多学者在研究中使用[6,9,15-18]，其公式为：

$$E_R = \frac{10DH_0\Delta A}{100T} \quad (6)$$

以上两个耕地侵蚀速率计算模型各有其优点，为提高结果的可靠度，本文分别利用以上两个模型计算耕地样点风蚀速率，以两者的平均值代表耕地样点的风蚀速率。

2 结果与讨论

2.1 ^{137}Cs 的垂直分布特征

^{137}Cs 沉降到地表其含量随土壤剖面的深度增加而急剧降低，一般遵循指数递减规律，通常集中于土壤表层 0 ~ 30 cm 左右[19]，不同地域也会因各种因素而分布深度有所不同，本研究区主要分布在 0 ~ 20 cm。土壤剖面 ^{137}Cs 浓度的分布值可直观地反映土壤垂直空间上交换强度以及人类活动对土地的利用强度，通过 ^{137}Cs 的深度分布亦能反映出样点土壤的侵蚀–沉积特征。由于风力侵蚀和人为扰动的作用使得研究区不同土地利用类型的 ^{137}Cs 深度分布差异明显，通过对研究区不同土地利用类型土壤剖面的 ^{137}Cs 取样，分析研究区典型剖面的 ^{137}Cs 深度分布特征。

1) 耕地(图 1 A)。由于人为耕作及田间管理的混合作用，使 ^{137}Cs 在耕作土壤中呈均匀分布，因此 ^{137}Cs 在耕作层内一般表现为典型的均一分布特征[20]。ZHD1 的 ^{137}Cs 深度分布为典型的人为扰动剖面，^{137}Cs 活度介于 2.14 ~ 2.85 Bq/kg 之间，活度均值为 2.07 Bq/kg，^{137}Cs 均匀地分布在 0 ~ 20 cm 深度，20 cm 以下基本不含 ^{137}Cs 或者仅含少量的 ^{137}Cs，因而表明该样点耕作深度大致在20 cm，其影响深度可能达到20 ~ 25 cm。

2) 灌丛沙堆(图 1 B)。ZHD2 样点 ^{137}Cs 主要集中在地表 0 ~ 6 cm，占整个样点的 85%，6 cm 以下 ^{137}Cs 含量急剧下降，个别层位未检出 ^{137}Cs。灌丛沙堆是干旱、半干旱地区分布范围较广的一种地貌形态，当风沙流遇到地表的灌丛时受到阻拦，使风沙在灌丛周边堆积[21]，从而导致 ^{137}Cs 在地表富集。

3) 砾石戈壁(图 1 C，E)。ZHD3 和 ZHD5 均是砾石戈壁，但从深度分布图可以看出两个样点的 ^{137}Cs 深度分布有所差异。ZHD3 样点 ^{137}Cs 主要集中在剖面顶层 0 ~ 2 cm 处且活度较高，10 cm 以下则未检出 ^{137}Cs。而从 ZHD5 的 ^{137}Cs 剖面分布可以看到在 0 ~ 2 cm 和 8 ~ 10 cm 处上出现两个明显的峰值，可推测该样点地表在前期遭到剧烈的风力侵蚀，使得地表 ^{137}Cs 大量流失，而后期又发生沉积，地表 ^{137}Cs 再次富集，但是剖面顶层 0 ~ 2 cm 的 ^{137}Cs 活度小于 8 ~ 10 cm，由此推测该地在遭受风蚀之前地表 ^{137}Cs 活度应该远大于 8 ~ 10 cm。

4) 固定沙地(图 1 D)和半固定沙地(图 1F)，从两点的 ^{137}Cs 总体深度分布可以看出 ZHD4 的 ^{137}Cs 活度大于 ZHD6。ZHD4 土壤表层 ^{137}Cs 主要分布在地表 0 ~ 6 cm 处，6 cm 以下仅个别层位检出少量 ^{137}Cs。ZHD6 样点 ^{137}Cs 仅分布在 0 ~ 6 cm 且活度极低，6 cm 以下未检出 ^{137}Cs，以此推测该点前期曾遭到严重的风蚀，且地表沙土风蚀厚度很高，以至于该点 ^{137}Cs 完全损失，后期虽有 ^{137}Cs 再沉积但是非常少。

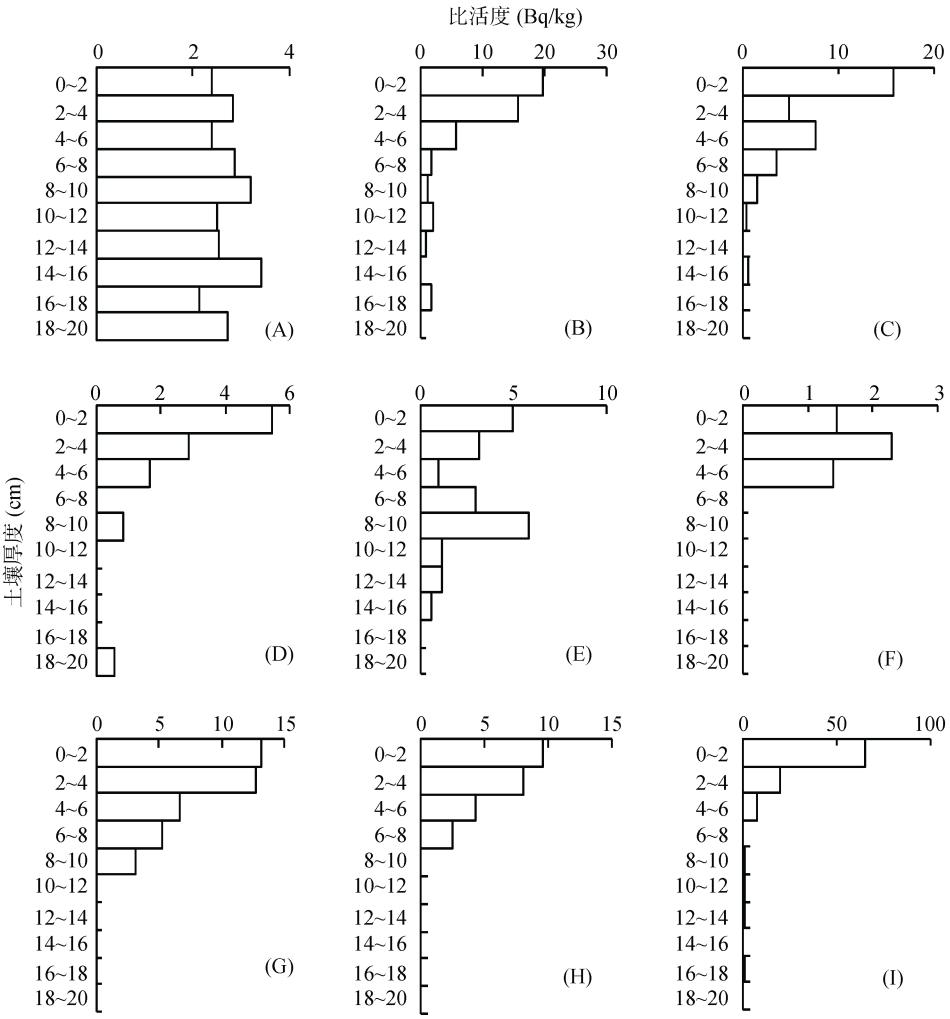
5) 盐碱地(图 1 G)，ZHD11 样点 ^{137}Cs 分布在 0 ~ 10 cm 处，在 0 ~ 4 cm 处富集，10 cm 以下则未检出 ^{137}Cs。这是因为 ZHD11 为高盐渍化多年盐湖盆地，植被覆盖为 65% 且土壤含水率较高，土壤抗侵蚀性高，因而地表有大量 ^{137}Cs 富集。

6) 荒漠草地(图 1 H)，ZHD13 样点 ^{137}Cs 深度分布特征与 ZHD11 相似，主要分布在 0 ~ 8 cm 内，8 cm 以下几乎未检出 ^{137}Cs，但是整体上各土层的 ^{137}Cs 含量比 ZHD11 样点少，ZHD13 地表植被覆盖虽然达到 30%，但是地表植被多为蒿类低矮植被，且地表土壤松散，土壤颗粒容易遭到风力侵蚀。

7) 低平地草甸(图 1 I)，ZHD14 为本研究区的背景值样点，从剖面分布上可以看出 ^{137}Cs 沉降到地表其含量随土壤剖面深度的增加而急剧减少的正常趋势，剖面顶层 0 ~ 2 cm 的 ^{137}Cs 含量最高，2 cm 以下开始急剧下降，个别层位未检出 ^{137}Cs 或者几乎为检出下限，剖面形态为指数递减分布，拟合方程为 $Y = 0.12159e^{-0.031z}$，$R^2 = 0.745$。

2.2 土壤 ^{137}Cs 总量与土壤风蚀速率

根据各样点 ^{137}Cs 在土壤中分布深度，计算出各样点的 ^{137}Cs 总量。其中背景值样地 ZHD14 的 ^{137}Cs 总量为 1 698.29 Bq/m^2，此值接近于齐永青等[22]模拟计算的新疆阿克苏的本底值(1 763 Bq/m^2)，大于库尔勒(1 025 Bq/m^2)和罗布泊(1 344 Bq/m^2)的本底值。研究区几乎全部处在风力侵蚀范围内，很难找到合适的背景值采样点，因此本研究综合考虑各种因素根据样点相邻原则，选择研究区附近封育的草甸草地作为背景值样点[23]，该点地势平坦且植被覆盖度为 95%，无人为干扰，符合背景值样点的选取条件，作为本研究背景值相对可信度高。其他 13 个样点 ^{137}Cs 总量在 0 ~ 1 136.78 Bq/m^2 之间，平均值为 544.72 Bq/m^2，^{137}Cs 在经历不同程度和方式的分配过程之后，形成一定的区域差异，除背景值样点外，^{137}Cs 总量在研究区不同土地利用类型上表现为：矮灌木地＞荒漠草



(A. 耕地 ZHD1；B. 灌丛沙堆 ZHD2；C. 砾石戈壁 ZHD3；D. 固定沙地 ZHD4；E. 砾石戈壁 ZHD5；F. 半固定沙地 ZHD6；G. 盐碱地 ZHD11；H. 荒漠草地 ZHD13；I. 低平地草甸 ZHD14)

图 1　典型样点的 ^{137}Cs 深度分布

Fig. 1　Distribution of ^{137}Cs in profiles of sampling sites

地＞砾石戈壁＞盐碱地＞耕地＞固定沙地＞半固定沙地＞风蚀裸地。风蚀裸地样点由于地表无植被覆盖且地表土壤松散，地表土壤遭到强烈风蚀，各采样层土壤均未检出 ^{137}Cs。固定沙地、半固定沙地和砾石戈壁是研究区分布较广的土地利用类型，地表植被覆盖度很低，研究区全年主导风向为西北风，固定沙地和半固定沙地均分布在地势较为平坦的地带，且沿主风向分布，常年受到风蚀作用，两者 ^{137}Cs 总量都很低，固定沙地的 ^{137}Cs 总量均值(363.48 Bq/m^2)大于半固定沙地(138.31 Bq/m^2)，砾石戈壁 ^{137}Cs 总量均值为 706.56 Bq/m^2，远大于固定沙地和半固定沙地。耕地是研究区较特殊的土地利用类型，研究区内唯一受人为扰动影响最大的地类，从表 2 中可以看出两个耕地样点 ^{137}Cs 总量几乎相等。盐碱地作为研究区含水率较高的地类，地表植被覆盖度为研究区内最高，能够有效地降低地表土壤的风力侵蚀，该样点 ^{137}Cs 总量却较少，这可能与盐碱地形成过程有关，但盐碱地在形成过程土壤中的 ^{137}Cs 的迁移和再分配机制缺少有关学者的研究，因而在此文中无法以确定的答案来解释这一结果。荒漠草地同样是研究区内植被覆盖度较高的地类，受土壤风蚀较轻，但是 ^{137}Cs 含量低于盐碱地。灌丛沙堆由于其独特的形成过程，使得地表 ^{137}Cs 富集，因此其 ^{137}Cs 总量为研究区最高值。

根据中华人民共和国水利部发布的土壤侵蚀分类分级标准，风力侵蚀的强度分级为：微度、轻度、中度、强烈、极强烈和剧烈。在相同的气候和地理环境下，土壤风蚀速率也必然会因为不同土地利用方式而发生变化，根据公式 1 ~ 5 分别估算出耕地和非耕地的风蚀速率(表 2)：①耕地，从表 2 可以看出，ZHD1

和 ZHD10 样点是所有地类中土壤侵蚀较轻，虽然两个耕地样点相隔很远，但是两点风蚀速率几乎相等，这可能是由于两个样点农田开垦年限一样，且耕种作物以及田间管理方式相似，因而使得两个样点具有相同的侵蚀和沉积特征。②非耕地，ZHD7 样点地表土壤已完全被吹蚀，为强烈侵蚀，ZHD3、ZHD4、ZHD6、ZHD8 和 ZHD9 样点为中度侵蚀，ZHD2、ZHD5、ZHD11、ZHD12 和 ZHD13 样点为轻度侵蚀。

表 2 研究区各样点 ^{137}Cs 总量和风蚀速率
Table 2 ^{137}Cs contents and wind erosion rates of sampling sites

样点	容重(kg/m^3)	^{137}Cs 总量 (Bq/m^2)	侵蚀速率 E_R(t/(km^2·a))
ZHD1	1 062.27	573.22	739.66
ZHD2	1 212.31	1 136.78	945.06
ZHD3	837.7	600.25	4 404.01
ZHD4	1 281.24	312.16	3 538.01
ZHD5	1 126.87	812.91	1 720.08
ZHD6	1 491.87	171.52	3 644.22
ZHD7	1 278.59	–	–
ZHD8	1 486.62	414.8	2 644.08
ZHD9	1 537.7	105.09	3 855.57
ZHD10	1 079.19	592.34	749.35
ZHD11	915.19	690.43	1 871.13
ZHD12	1 441.11	706.51	1 840.09
ZHD13	1 161.43	916.29	1 437.38
ZHD14	991.04	1 698.29	–

3 结论

1) 通过对准东地区不同土地利用类型地表土壤剖面的 ^{137}Cs 取样分析，不同土地利用类型表现出了不同的侵蚀沉积过程，研究区土壤 ^{137}Cs 主要分布在 0 ~ 20 cm 甚至更浅。耕地地表 0 ~ 20 cm 分布比较均匀，平均活度为 2.7 Bq/kg。非耕地土壤 ^{137}Cs 主要集中地表 0 ~ 4 cm，剖面的分布形态总体上属于侵蚀剖面，个别为侵蚀-沉积剖面和沉积-侵蚀剖面，其中背景值样点的分布形态呈指数递减分布。

2) 通过对样点 ^{137}Cs 总量的计算，各样点的 ^{137}Cs 总量在 0 ~ 1 136.78 Bq/m^2 之间，耕地 ^{137}Cs 总量均值为 582.78 Bq/m^2，非耕地 ^{137}Cs 总量均值为 634.51 Bq/m^2，^{137}Cs 总量排序为：低平地草甸＞矮灌木地＞荒漠草地＞砾石戈壁＞盐碱地＞耕地＞固定沙地＞半固定沙地＞风蚀裸地。

3) 根据 ^{137}Cs 的剖面分布特征，对耕地和非耕地分别使用比例模型和质量平衡模型，估算出不同土地利用类型下的风蚀速率。两个耕地样点风蚀速率基本相等，均值为 744.50 t/(km^2·a)。非耕地风蚀速率在 945.06 ~ 4 404.01 t/(km^2·a) 之间，平均值为 2 589.96 t/(km^2·a)，总体上为中度风力侵蚀。

本次研究涵盖了研究区除林地外的所有土地类型，对研究区不同土地利用类型下土壤风力侵蚀做了初步研究，但仍然存在一些不足：①研究区背景值剖面的选择需要进一步改进，减少背景值对风蚀速率计算的影响；②本研究以不同土地利用类型下的土壤侵蚀特征为研究对象，忽略了土地利用变化与土壤风蚀的关系，在后面的研究中会进一步完善。

参考文献：

[1] Rogowski A S, Tamura T. Movement of ^{137}Cs by runoff, erosion, and infiltration on the alluvial captina silt loam[J]. Health Physics, 1965, 11: 1333–1340

[2] Walling D E, HE Q, Blake W. Use of ^{7}Be and ^{137}Cs measurements to document short and medium-term rates of water-induced soil erosion on agricultural land[J]. Water Resour. Res., 1999, 35(12): 3865–3874

[3] Zhang X, Walling D E, Yang Q, et al. ^{137}Cs budget during the period of 1960s in a small drainage basin on the loess plateau of china[J]. Journal of Environmental Radioactivity, 2006, 86(1): 78–91

[4] Walling D E, He Q. Improved models for estimating soil erosion rates from cesium-137 measurements[J]. Journal of Environmental Quality, 1999, 28(2): 611–622

[5] 杨维鸽, 郑粉莉, 王占礼, 等. 地形对黑土区典型坡面侵蚀-沉积空间分布特征的影响[J]. 土壤学报, 2016, 53(3): 572–581

[6] 严平, 董光荣. 青海共和盆地土壤风蚀的 ^{137}Cs 法研究[J]. 土壤学报, 2003, 40(4): 497–503

[7] 王小雷, 杨浩, 桑利娟, 等. ^{137}Cs 在耕作土壤中的均一性分布研究[J]. 土壤, 2009, 41(6): 897–901

[8] 冯腾, 陈洪松, 张伟, 等. 桂西北喀斯特坡地土壤 ^{137}Cs 的剖面分布特征及其指示意义[J]. 应用生态学报, 2011, 22(3): 593–599

[9] 濮励杰, 包浩生, 彭补拙, 等. ^{137}Cs 应用于我国西部风蚀地区土地退化的初步研究-以新疆库尔勒地区为例[J]. 土壤学报, 1998, 35(4): 441–449

[10] 张燕, 张洪, 彭补拙, 等. 不同土地利用方式下农地土壤侵蚀与养分流失[J]. 水土保持通报, 2003, 23(1): 23–26

[11] Kachanoski R G, Jong E D. Predicting the temporal relationship between soil cesium-137 and erosion rate[J]. Journal of Environmental Quality, 1984, 13, 2(2): 301–304

[12] Fredericks D J, Perrens S J. Estimating erosion using caesium-137: II. Estimating rates of soil loss[J]. International Association of Hydrological Sciences Publication, 1988, 174: 225–231

[13] Zhang X B, Higgitt D L, Walling D E. A preliminary assessment of the potential for using caesium-137 to

estimate rates of soil erosion in the loess plateau of china[J]. Geochimica, 1990, 35(3): 243–252

[14] Walling D E. Improved models for estimating soil erosion rates from cesium137 measurements[J]. Journal of Environmental Quality, 1999, 28(2): 611–622

[15] 严平, 董光荣, 张信宝, 等. 青海共和盆地土壤风蚀的 ^{137}Cs 法研究(ⅱ) -^{137}Cs 景值与风蚀速率测定[J]. 中国沙漠, 2003(4): 57–63

[16] Yan P, Dong Z B, Dong G R, et al. Preliminary results of using ^{137}Cs to study wind erosion in the qinghai-tibet plateau[J]. Journal of Arid Environments, 2001, 47(4): 443–452

[17] Zhang C, Gong J, Zou X, et al. Estimates of soil movement in a study area in gonghe basin, north-east of qinghai-tibet plateau[J]. Journal of Arid Environments, 2003, 53(3): 285–295

[18] Pelt R S V, Zobeck T M, Ritchie J C, et al. Validating the use of Cs measurements to estimate rates of soil redistribution by wind[J]. Catena, 2007, 70(3): 455–464

[19] 张信宝, 赫吉特 D L, 沃林 D E. ^{137}Cs 法测算黄土高原土壤侵蚀速率的初步研究[J]. 地球化学, 1991(3): 212–218

[20] Walling D E, Quine T A, Boardman J, et al. Use of caesium-137 to investigate patterns and rates of soil erosion on arable fields// Soil erosion on agricultural land[C]. Proceedings of a workshop sponsored by the British Geomorphological Research Group, Coventry, UK, 1989, 1990: 33–53

[21] 岳兴玲, 哈斯, 庄燕美, 等. 沙质草原灌丛沙堆研究综述[J]. 中国沙漠, 2005, 25(5): 738–743

[22] 齐永青, 张信宝, 贺秀斌, 等. 中国 ^{137}Cs 本底值区域分布研究[J]. 核技术, 2006(1): 42–50

[23] 李仁英, 杨浩, 赵晓光, 等. ^{137}Cs 在黄土高原地区土壤侵蚀示踪中的应用研究[J]. 土壤, 2004, 36(1): 96–98

Using ^{137}Cs Technique to Study Soil Wind Erosion of Different Land Use Types in Eastern Junggar Basin, Xinjiang

DING Zhaolong[1,2], WANG Jun[3], XU Penghai[4], CAO Yuee[1,2], LIU Wei[1,2], YANG Jianjun[1,2*]

(1 *College of Resource and Environment Sciences, Xinjiang University*, *Urumqi* 830046, *China*; 2 *Key Laboratory of Oasis Ecology*, *Ministry of Education*, *Urumqi* 830046, *China*; 3 *Geology Party No*. 216, *CNNC*, *Urumqi* 830001, *China*; 4 *Shaanxi Zhongsheng Environmental Technology Development Limited Company*, *Xi'an* 710043, *China*)

Abstract: In arid and semi-arid area of Eastern Junggar Basin, wind erosion is the key factor of desertification, and this paper studied ^{137}Cs distribution characteristics and wind erosion of different land use types were studied in this study by field investigation and soil sampling analysis. The results showed: the distribution characteristics of ^{137}Cs were different among the profiles of different land use types, ^{137}Cs mainly distributed in 0–20 cm depth or shallower, ^{137}Cs activity values varied from 0.40 to 65.50 Bq/kg; ^{137}Cs content varied from 0 to 1 698.29 Bq/m^2 with the background value of 1 698.29 Bq/m^2, while the ^{137}Cs inventory of different land types was in the order of lower-flat meadows (background) >nebkhas>desert grassland> gravel gobi> saline-alkali land > cultivated land > fixed sandy land > semi-fixed sandy land >wind erosion bare; The estimated mean wind erosion rates of cultivated land and non-cultivated land were 744.50 t/(km^2·a) for cultivated land and 945.06 ~ 4 404.01 t/(km^2·a) for non-cultivated land with a mean value of 2 589.96 t/(km^2·a).

Key words: ^{137}Cs; Wind erosion; Land use types; East Junggar Basin