

试论科尔沁南部大青沟地区沙漠化土地的地表形态特征及其发育过程*

史培军

前言

科尔沁南部系指西拉木伦河以南、教来河以东、西江河以西、养畜牧河以北的科尔沁沙地。大青沟地区则位于科尔沁南部科左后旗及库伦旗境内,面积 334.1 平方公里。本区土地沙漠化的研究,前人做了不少工作^{[1][2][3][4]},但对沙漠化土地地表形态的特征及其发育过程的专门研究还未见到。鉴于此,笔者撰写了此文。

沙漠化就是英文 Sandy desertification, 它的本质含义如下。第一,它发生在地质时期,也发生在人类历史时期,并具有不同的时间尺度。第二,它发生在干旱荒漠地区、半干旱草原地区,也发生在半湿润的森林草原地区,并具有不同的空间尺度。第三,它是在各种因素影响下的气候地貌过程,在诸因素中,人类活动是一个诱导因素,而不是这一过程的主宰者,但是由于这种过程具有不同的时空尺度,所以各种因素在这一过程中又表现出不同的地位来。第四,这一过程具有阶段交替性,即在不同时空条件下,这一气候地貌过程有尺度不同的循环性(亦可称之为旋回性)。这种交替性或循环性,就是指这一过程的“强盛期”与“衰弱期”的交替。第五,这一过程的典型景观标志是发育程度不等、规模大小有异的风蚀地和风成沙丘。其结果加强了地表的起伏程度,使区域生产力下降、土地滋生潜力衰弱、可资土地资源丧失及土地负载能力减低。

简言之,我们理解的沙漠化是:在有沙物质分布的干旱、半干旱及部分丰湿润地区,不同时间尺度下,以风为动力,以及其它条件作用的一系列气候地貌过程。

一、沙漠化土地地表形态发生发展的因素

(一) 自然因素

从本区看,利于沙漠化发生发展的自然因素主要有三个:一是疏松的地面组成物质,在 0—50 厘米内物理性沙粒平均达 95% 以上,远远超过 57% 的临界值^[5]。二是干旱多风的气候,该区正处在半湿润气候向半干旱气候区的过渡地带,虽然历年干燥度平均为 1.38,但波动甚大,最大可达 2.64 (1982 年),最小为 0.91 (1969 年),历年平均风速 4.3 米/秒,最大达 50 米/秒 (1969 年),最小为 3.5 米/秒 (1981 年、1982 年),沙暴年平均 3.6 天,大风日数年平均 26.1 天,二者的年际变化也很大(图 1),而且大风日数与风速的波动相一致,大都在干旱少雨季节。三是地貌组合、起伏程度不等的地貌单元。本区以坨、甸地貌相间排列为特色,随海拔高度的增加,依次为平沙地、微起伏波状固定沙地和缓起伏梁窝状固定沙丘。植被以疏林草原为主,甸子地则为草甸草原。土壤以灰沙土和沙质浅色草甸为主。组成这些地貌单元的地表及地下物质均以第四系沉积的沙物质为

* 本文是作者硕士学位论文的缩写稿。指导老师朱震达研究员对本文给予热情地指导,内蒙古师范大学孙

主，厚达 200 米左右^[6]。沙多、风频、雨量变幅大，从而构成脆弱的生态系统。

（二）人为因素

人为因素也主要有三：一是过渡开垦，在历史上，特别是近几十年对坨甸的开垦，这对后来沙漠化过程的发展留下遗患。仅就科左后旗来讲，1958 年由坨转甸，一年开荒 8 万亩，没种几年全部撂荒，1964 年推广坨子地夺高产，又一次较大规模地开垦，使坨子地地表植被遭到破坏，减低了抗风蚀能力。二是过度放牧，本区按每百亩草场十四个羊单位计算载畜量^[7]，并按 1978 年牧草面积（1080 万亩）计算，自 1963 年以来，已经超载。三是樵柴量的增加和道路的践踏。本区燃料绝大部分靠当地的灌木、半灌木及农作物秸秆和牛

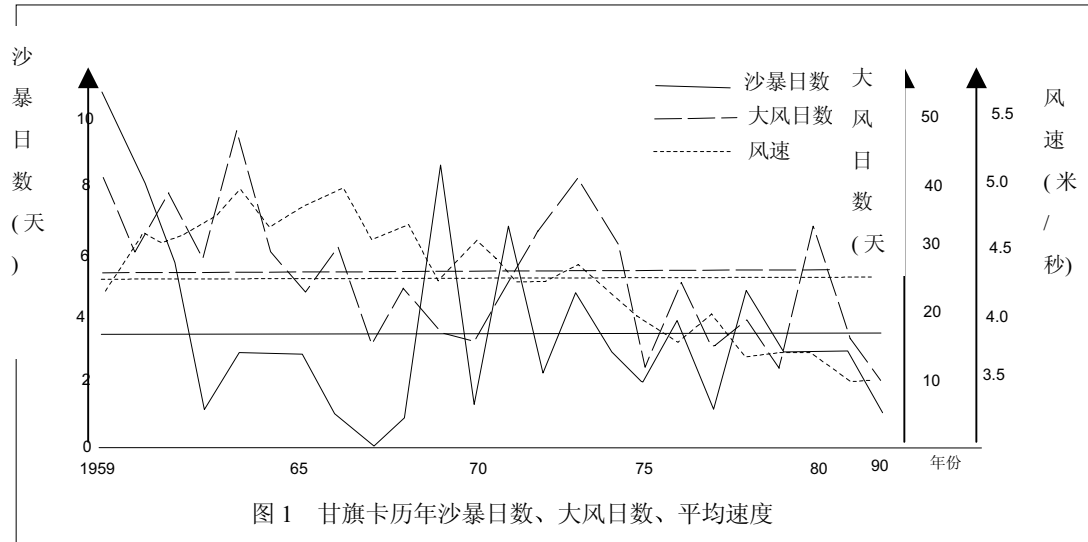


图 1 甘旗卡历年沙暴日数、大风日数、平均速度

羊粪便等。由于人口与年俱增，对燃料需求量加大，加剧了樵柴量。道路的践踏破坏了地表植被和土壤结构，减低土壤抗风蚀能力，造成长条状分布的沙漠化土地地表形态。以上三种人为因素，根本原因是人口的增加，构成这一地区自然资源的第一性压力。从该区所属的渤海、满斗苏木的人口统计资料看出，近 20 年来自然人口增长率达 20%，因而加大了土地压力，如潮海苏木，1963 年人均土地 117 亩，到 1981 年人均土地减为 52 亩，人口密度由每平方公里 12.8 人提高到 28.8 人。该区已超过 1977 年联合国沙漠化会议提出的半干旱地带（湿润系数 0.2—0.5）20 人/平方公里^[1]的临界指标。基于上述三种人为因素的诱导，加速了沙漠化土地地表形态（以下略称他表形态）的发育，构成了该区以“人类干扰—气候地貌过程”为特色的沙漠化过程。

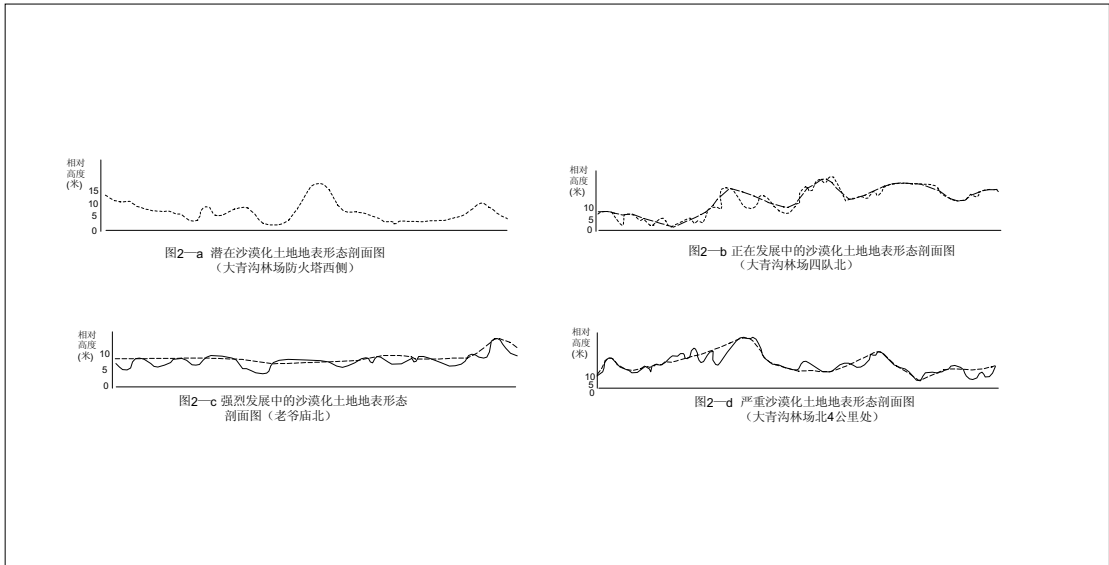
二、地表形态特征

（一）潜在沙漠化土地的地表形态特征

这一类型的沙漠化土地主要分布在大青沟保护区境内，基本上保持了原始固定沙丘（地）的景观。1）地表形态剖面（图 2—a）除个别地段发育有浅风蚀窝和槽及风蚀沙饼外，地面轮廓完整，相对起伏度平均为 16 厘米，各种形态多沿樵柴点、牲畜蹄印、畜道、道路及耕地展布，很少反映该区起沙风主风合成风方向。2）地表形态以原固定沙丘（地）为主，地表粗糙度较高，平均为 2.3 厘米，除在风蚀窝及风蚀沙饼周围有风沙活动外（表 1），大部分地段无风沙活动。从风沙流结构（表 1）及断面风积（蚀）值来看，以堆积搬运为主。3）从地表发育强度看，以微风蚀（积）*占优势，达到总面积的 95%（表 4）。

金铸付教授也对本文的修改给予了帮助，在此表示感谢。

* S 代表相对风积厚度，E 代表相对风蚀深度（单位均为厘米），则 $E(S) \leq 2$ 属风蚀、风积明显建区，



4)、地表物质的分选系数平均为 1.01，几乎等于原始固定沙丘（地）的分选系数，分选较差。5) 植被基本上保持了疏林草原的特色。主要植被有榆、山杏、胡枝子，铁杆蒿、麻黄、禾草等。植被总盖度达 40%以上。6) 土壤以灰沙土和浅色草甸土为主，土壤有机质含量比较高，在不少地段有厚 1—2 厘米灰黑色土壤结皮，干沙层较厚，平均 57.2 厘米，水分含量为 0.61%，湿沙层水分含量较低为 1.10%。

表 1 大青沟地区沙漠化土地地表形态粗糙度、风沙流强度及风沙流结构表

项目 地表 形态	地表粗糙度		风沙流强度				风沙流结构	
	观测 季节	地表粗 糙度(厘 米)	输沙量与风速的关系 $q-v$ 输沙量 v -风 速	相 关 系 数	在 0.01 水平 下相关系数 检验值	$V=6$ 米/秒 时风沙流 强度(克/厘 米/分)	观 测 风 速 (米 / 秒)	风 沙 流 结 构 $S=Q_{max}/Q$
流动沙丘	风 季	0.0011	$Q=1.51 \cdot 10^{-4} \cdot v^{4.73}$	0.93	0.83	2.82	11.2	1.88
							9.3	2.91
半流动灌丛 沙堆	风 季	0.2851	$Q=1.10 \cdot 10^{-3} \cdot v^{3.64}$	0.87	0.74	2.13	18.3	0.91
							10.2	1.73
半固定灌丛 沙堆	风 季	1.6003	$Q=1.78 \cdot 10^{-4} \cdot v^{3.56}$	0.88	0.71	0.29	10.1	0.84
							10.0	2.10
具零星浅风 蚀穴薄层覆 沙的固定沙 丘	风 季	2.3340	$Q=1.70 \cdot 10^{-6} \cdot v^{4.57}$	0.83	0.77	0.02	10.9	4.78
							9.6	1.33

(二) 正在发展中的沙漠化土地的地表形态特征

这一类沙漠化土地主要分布在大青沟保护区外围，距居民点较远的地方。1) 风蚀窝、片状风蚀地、风蚀槽、斑点状分布的半固定草灌丛沙堆与农田、原固定沙丘（地）交错分布，相对起伏度大（图 2—b），达 61 厘米。2) 主要地表形态一半固定草灌丛沙堆和风蚀窝，前者地表粗糙度平均为 1.60 厘米，风沙流强度平均为 0.29 克 / 厘米 / 分（表 1），从风沙流结构平均值（表 2）及断面风蚀（积）看，以非堆积搬运为主。3) 地表形态发育强度，虽然以弱风蚀、中覆沙为主。但各种类型所占比例相差不大（表 2）。4) 地表物质

2<E≤25 是弱风蚀，25<E≤50 是中风蚀，50<E≤100 是强风蚀，E>100 是严重蚀，2<S≤10 是浅覆沙；10<S≤50 是中覆沙；50<S≤100 厚覆沙；S>100 是很厚覆沙。

表 2 大青沟地区不同类型沙漠化土地（典型地段）地表形态发育程度统计表

类型 统计值 沙漠化 土地类型	风蚀区（%）				风积区（%）				风蚀（积）不明显区	非沙漠化土地	
	E>100	50<E100	25<E50	22E5	S>100	50<S100	10<S50	24S0	12%	湿甸地 %	积水泡子 %
潜在沙漠化土地	—	0.3	2.5	0.6	—	—	1.0	0.6	95.0	—	—
正在发展中的沙漠化土地	9.2	2.2	6.3	21.4	6.1	7.4	29.1	18.3	17.7	—	—
强烈发展中的沙漠化土地	17.41	1.8	0.3	4.9	15.0	33.8	17.1	9.7	—	—	—
严重沙漠化土地	10.0	0.3	0.3	—	35.1	29.2	13.7	7.6	—	3.1	0.7

说明：表中 1) 各测区总面积 420000 米²

2) E—风蚀深度（厘米）；S—风蚀厚度（厘米）

已出现明显粗化，粗沙和中沙在原固定沙丘（地）基础上增加了 67.8%，分选系数平均为 0.82。5) 植被虽然可见散生的榆树，部分地段具有疏林草原景观，但差巴嘎蒿已成了建群种，沙米、叉分芨、黄蒿等已成为主要植物，植被总盖度 35—40%。6) 土壤以半固定风沙土为主，土壤有机质含量减少，很少见到薄层灰黑色土壤结友，干沙层厚度减少，平均为 52.2 厘米，其水分含量下降为 0.55%，而温沙层水分含量有所提高，达 1.30%。

（三）强烈发展中的沙漠地土地的地表形态特征

这一类型的沙漠化土地主要分布在距居民点、道路、牧场较近的地区，分布面积在该区占绝对优势。1) 以风蚀碟、长条风蚀槽、半流动草灌丛沙堆为主，活动沙丘或流动草灌丛沙堆及部分弃耕地、半固定草灌丛沙堆点缀其间。从整个地表形态剖面看（图 2—c），地表变得又比较完整，相对起伏度增大到 66 厘米。2) 地表形态的主体——风蚀碟形地和半流动灌丛沙堆，后者地表粗糙度平均为 0.29 厘米，风沙流强度为 2.13 克/厘米/分，从风沙流结构平均值（表 1）及断面风蚀（积）状况看，也以非堆积搬运为主。3) 地表形态发育强度，以厚覆沙和严重风蚀为主，次为中覆沙和很厚覆沙（表 2）。4) 地表物质粗化程度及分选程度与前者相差不大。5) 原始疏林草原景观现已不复存在，以差巴嘎蒿为主的蒿属植物占绝对优势，植被覆差度为 15—35%。6) 土壤以半流动风沙土为主，土壤有机质含量再度减少，也无灰黑色土壤结交，干沙层厚度明显变薄，平均为 5.4 厘米，干沙层水分含量则降为 0.14%，而温沙层水分含量却有明显提高，平均为 1.84%

（四）严重沙漠化土地的地表形态特征

这一类型的沙漠化土地主要分布在靠近居民点、道路、牧场周围，所占面积不大。1) 以密集连片的流动沙丘、流动半流动草灌丛沙堆、风蚀盘、风蚀残墩、风蚀残梁占绝对优势，从整个地表形态剖面（图 2—d）看，地表完整，小曲折则在已形成的各种地表形态上进一步切割而成；相对起伏度更大，平均为 90 厘米。2) 占优势的地表形态——流动沙丘。地表粗糙度仅为 0.0011 厘米，风沙流强度高达 2.82 克/厘米/分；随风速大小，非堆积搬运和堆积搬运交互出现（表 1）。从断面蚀积状况看迎风坡仍以风蚀为主。3) 地表形态发育强度，以很厚覆沙、厚覆沙占绝对优势，其次为中覆沙和严重风蚀（表 2）。4) 地表物质粗化程度更强，粗沙和中沙在原固定沙丘（地）的基础上增加 3.78 倍；分选系数平均为 0.58，地表各种形态几乎顺起沙风、合成风的方向延伸。5) 地表呈现一片流沙、半流沙的荒凉景观，仅有少量的差巴嘎蒿、沙米、白草、黄柳等植物，植被总盖度小于 15%。

6) 土壤以流动风沙土占优势, 有机质含量甚微。地表于沙层平均为 4.8 厘米, 水分含量仅为 0.13%, 而温沙层的水分含量平均达 1.96%。

需要指出的是: 1) 前述各种地表形态或是镶嵌在原各种地貌单元上, 或在原丘间地上继续发展。2) 今天所见高大流动沙丘、深大的风蚀洼地有不少并非其真实高度或深度, 这主要取决于下状地貌的起伏状况及原固定丘间洼地的深浅。

三、地表形态的发育过程

地表形态的发育包括其历史过程和现代过程。简单地说, 历史过程就是指形成潜在沙漠化土地地表形态发育过程, 现代过程就是指从潜在沙漠化土地到严重沙漠化土地的地表形态发育过程。然而, 不论是其历史过程, 还是其现代过程, 都表现出一系列具有不同时空尺度的风沙物理过程, 其中心环节就是在风力作用及人为干扰、诱导下, 以风蚀、风运和风积为特征的气候地貌过程。

(一) 在不同地貌单元上, 地表形态的发育过程

经起伏梁窝状固定沙丘是本区地貌的主体, 即是历史时期沙漠化过程地表形态发育的产物, 这种地貌形态相对起伏度平均为 6 米, 最高可达 25 米以上, 且分布较密, 坡度多在 30 度以上。在这种地貌条件下, 不仅使作用于其上的风场发生改变, 而且不利农垦, 故常作为牧场。

(1) 迎风坡风蚀破口的出现, 风蚀穴及其周围特别是背风坡浅层斑点状覆沙的固定草灌丛沙堆的产生。

由于过度的放牧、樵柴及耕种, 减低了植被盖度, 诱导了缓起伏固定沙丘的风蚀, 在局部地段或是直接造成人为穴坑, 或破坏土壤结皮、疏松土层, 使土壤水分状况变坏, 地表粗糙度减小, 形成脆弱的抗风点。若它们恰好分布在固定沙丘的迎风波上, 在较大的风力作用下, 便产生了风蚀破口。风蚀破口进一步扩展形成为风蚀穴(图 3A-a)。与此同时, 风力从风蚀破口携带的沙粒堆积在其周围, 尤以背风坡明显, 因为虽然迎、背风坡均有草丛阻拦, 但背风波的风力相对减弱, 携带沙粒的能力减小, 从而发生堆积。

(2) 边风坡出现风蚀窝、背风坡及背风坡丘间地出现中层覆沙的半固定草灌丛沙堆。

风蚀窝的出现, 一方面改变了迎风坡上风场的运动路线; 另一方面增大了风沙流的强度一般在其顶部的风沙流强度比原来增大了一个数量级。这样就使作用在风蚀穴上的风压力增加; 又因风蚀穴处在斜坡上, 风力的拖曳力也相对增大[8]。此外风蚀穴本身的粗糙度、土壤性状等都利于风蚀。风蚀穴持续不断地扩大, 就形成了迎风坡上的风蚀窝。伴之风蚀窝的出现, 在背风坡中上部就有中层覆沙的半固定草灌丛沙堆(图 3A-b)产生。此时原始地面出现了明显波折, 其上的风场运行变得更为复杂。在风蚀窝中也产生了水平轴的涡旋, 类似现象也出现在背风坡, 使中上部沙粒堆积加强。其原因主要有三: 一是背风坡风速小; 二是风力从迎风坡留带的沙粒, 越过丘须受地表植被的阻拦而沉积, 使近地表风沙流浓度从背风坡上部到下部逐渐减少; 三是背风坡造成的负压区使背风坡脚的沙粒被带走。

另外, 若是一个独立的固定沙丘, 则由于背风坡脚还受侧向风场造成的垂直轴涡流的作用, 产生后拉力, 也使背风坡脚沙粒被带走。故此在背风坡靠近沙丘的丘间地也会出现草灌丛沙堆。

(3) 迎风坡风蚀碟形地的产生, 背风坡及背风坡丘间地厚层覆沙的半流动草灌丛沙堆的出现。

风力的继续作用, 使风蚀窝扩大, 发展成为碟形地, 中层覆沙的半固定草灌丛沙堆发展成为厚层覆沙的半流动草灌丛沙堆(图 3A-C)。由于风蚀窝的扩大, 使风场受到更大的改变, 进而出现了垂直轴的涡流, 这种涡流又随风向与形成的风蚀窝长轴方向而不同(图

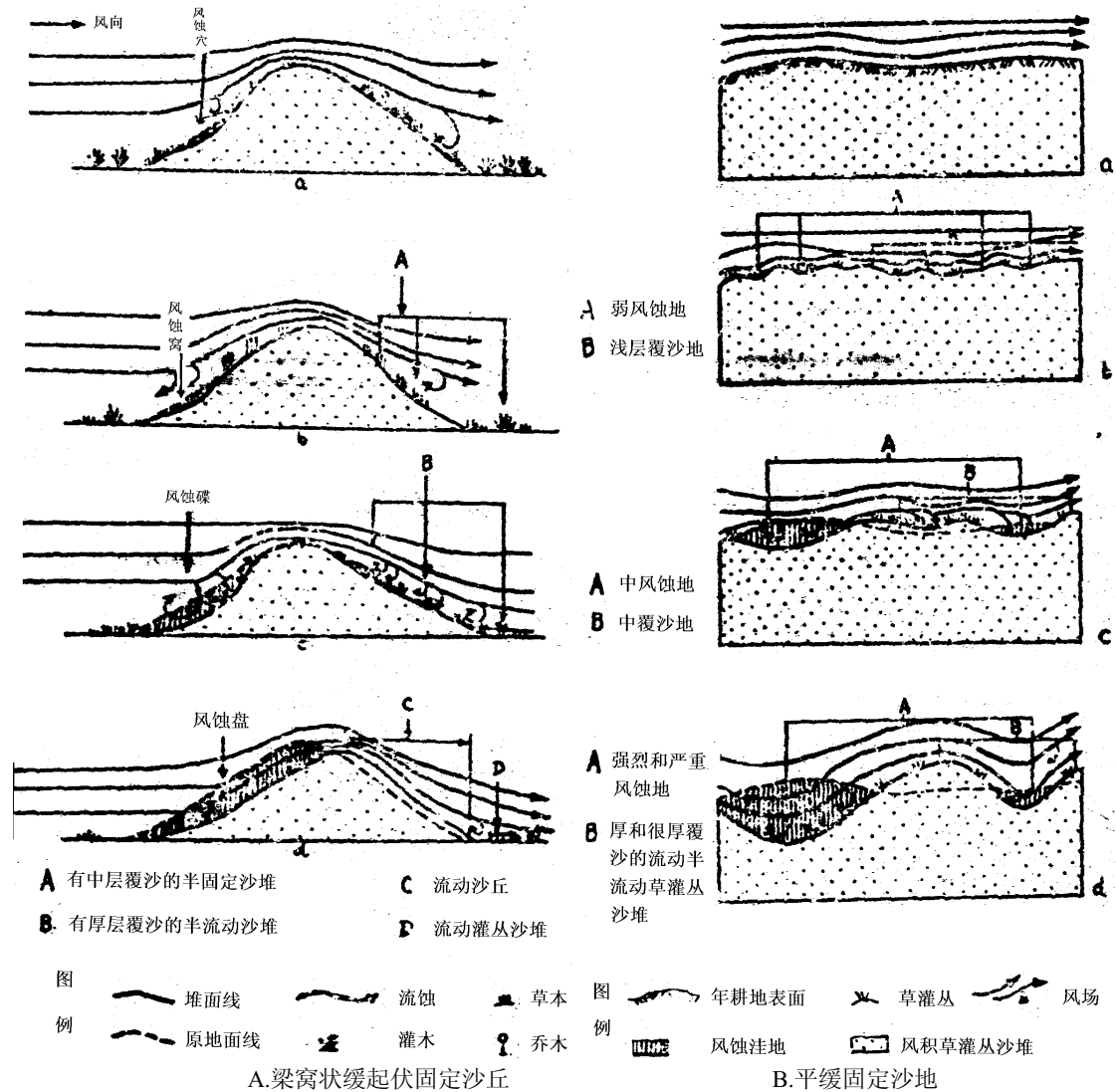


图3 不同地貌单元上地表形态发育过程模式图

4)。本区起沙风以偏南和偏西北风为主。风蚀窝往往沿两种风的合力方向延伸。然而，在这一形态上，一定频率的西南或东南风作用，因它们同风蚀窝两侧成一定的夹角，使风场产生垂直涡旋。这样就使风蚀窝在南北向延伸的同时，也向东西向发展。这也是该区大小不同的风蚀洼地扁率近似相等的一个主要原因，据我们选择的部分风蚀洼地计算，它们的扁率多在1.14—1.23之间。也正是因为风蚀窝的广大，在风蚀碟及风蚀盘，不仅各部位的风蚀状况不同，而且风蚀强度也相对减弱。其原因主要与风蚀洼地中风力状况及局部涡流的强弱有关。如在一个长轴方向为北偏东29度的风蚀盘中，自迎风坡下部经中部到上部，风速比值分别为97%、100%和78%，其相应的风蚀（积）程度分别为风积24毫米、风蚀117毫米和风积135毫（为25天之平均值）。

（4）迎风坡出现风蚀盘，背风坡及背风坡丘间地形成流动沙丘和流动草灌丛沙堆。

风蚀碟形地的发展演变成风蚀盘，半流动草灌丛沙堆演变成流动沙丘和流动草灌丛沙堆这些地表形态的发育使原来的固定沙丘顶部向前移动。至此，地表形态由量变发生质变，出现片状类似沙漠的地貌。到这一阶段，各种地表形态的发育，多沿本区起沙风合成风方

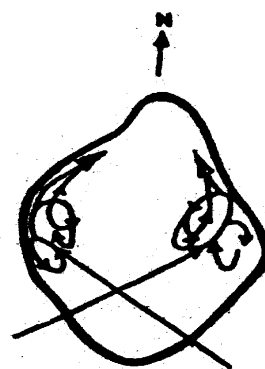


图4 风蚀窝中垂直轴涡流模式图

向蔓延,历史时期人类活动的遗迹很少存在。自此,在这一地貌单元上地表形态的进一步发育几乎与沙漠地区风成沙丘的发育过程没有什么两样。然而,随着半区以风力为主要动力的气候地貌条件的变化,地表形态的发育将经历一个新的发育过程,一般来讲,就是风成沙丘的复杂化或风成沙丘的固定化过程。

2. 在平缓固定沙地上地表形态的发育过程

平缓固定沙地包括微起伏波状固定沙地和固定平沙地,也是历史时期沙漠化过程地表形态发育的产物。微起伏波状固定沙地多分布在缓起伏梁窝状固定沙地外围,相对起伏度在 2—5 米之间,平均为 3.2 米,坡度在 15 度左右,并有零星分布的低矮固定沙丘;平沙地主要分布在甸子地的外围,以干甸子地为主体。另外,在垄状固定沙地间也有分布。它们相对起伏度在 2 米以下,平均为 1.1 米,偶见丘状固定沙丘。坡度均在 10 度以下,有的干甸子近乎平坦。这些以起伏和坡度小为特点的地貌单元,不仅对风扬的改变甚微,而且往往是该区农垦及道路的主要用地,放牧利用集中在冬春非作物生长期。因此,在这一地貌单元上,地表形态的发育就以农垦为主要诱导因素,在风力的作用下经历着如下过程。

(1) 耕作层粗化,弃耕地的出现。

平缓固定沙地开垦以后,首先改变了地面性质。最突出的是:第一,植被覆盖度减少,甚至殆尽。地表只在夏秋有农作物覆盖,这样就使抗风蚀能力减弱。第二,土壤性状的改变。W. S. Chepil 曾做了大量试验研究,证明了它的变化对土壤风蚀的影响^{*}。翻耕使下层含沙相对较高的土层暴露地表,使易蚀颗粒增加。本区土壤本来就是富沙型的,极易引起风蚀;表土中土壤湿度的减少,使易扬颗粒的数量呈线性增加^[9]。这样就使耕层逐渐粗化。已开始粗化的地表,再经耕翻,再经多次风蚀,使耕作层的粗化不断加增,土壤中的细粒,尤其是细尘的损失与热*流也有关系^{[9][10]}。总之,耕作层的逐年粗化,又很少施肥,使地力日趋下降,不得不弃耕。重新开垦土地,仍以上述过程变为弃耕地(图 3B—a)。这一全过程往往不易被人们直接观测到,所造成的地表切割和起伏亦不明显,故可视为这一地表形态发育过程的“微观阶段”。

(2) 弃耕地上风侧斑点状弱风蚀的出现,下风侧斑点状浅覆沙地的形成。

弃耕地再遭受牲畜践踏,或遇干旱多风年份,就使其在上风侧形成弱风蚀和下风侧形成浅覆沙的地表,原地面轮廓受到改变出现波折(图 3B—b)。至于风蚀的深度和风积的厚度往往与犁耕方向和该区主风方向的配置、是否留茬有很大关系,一般不留茬地或顺风向犁沟地风蚀和风积作用比较强烈。这也正是弃耕地中出现风蚀浅槽及残茬与埂边发育一些草灌丛沙堆的主要原因之一。

(3) 弃耕地上风侧片状中风蚀地的出现,下风侧片状中覆沙地的形成。

斑点状的弱风蚀洼地的出现,使耕作层基本上全部风蚀,在风力的继续作用下。进而发展成片状的中风蚀洼地。与此同时,斑点状的浅覆沙地连接成片,形成片状中覆沙地,常是半固定年流动草灌丛沙堆(图 3B—c)。与前不同的是,由于地表相对起伏度的增加,近地表风场发生波折,形成水平轴的涡流。加强了对地表的切割,再加上所切割的地表几乎为沙质土壤母质层,植物根系的作用已很不明显,保水能力更差。因此,就使风力的蚀积作用更加强盛。另外,已形成具有一定高度的草灌丛沙堆,也成了风场运行的障碍,风沙流运行路线更为复杂。所有这些促使地表形态进一步发育。

(4) 弃耕地上风侧强风蚀洼地的形成,下风侧厚覆沙的流动半流动草灌丛沙堆的产生。

风力的继续作用,再加之雨水冲刷,重力塌落(指风蚀洼地)等,前述形态就逐渐发展成强风蚀的洼地、厚覆沙的流动半流动草灌丛沙堆(丘)(图 3B—d)。这两种形态多沿道路的践踏处及其周围发展。在本区老爷庙通往沙家窝堡的路上,可看到非常明显的深达

3米左右的风蚀槽与残墩相间排列。

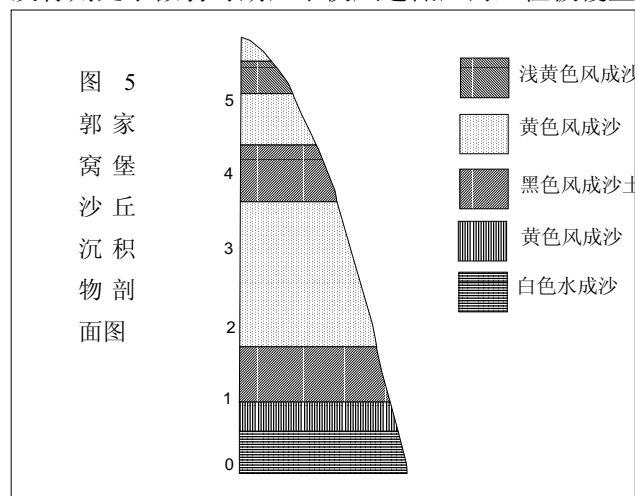
上述的是两种不同地貌单元地表形态发育的一般过程，值得注意的是：第一，上述地貌发育是一般模式。它在时间上不一定是连续的，在空间上也不一定一致，而是呈现出螺旋形的发展。以风蚀为主的风蚀洼地的发展和以风积为主的草灌丛沙准及流沙的发育，二者是同步的。第二，由于本区降水量较多、利于弃耕地的恢复，因此使其他地表形态的发育受到抑制。这不同于在那些起伏较大的梁窝状固定沙丘上各种地表形态（如风蚀洼地）的发育。这主要是即使在同样的降水条件下，弃耕地上仍有一定的土层，利于植物的生长；而在风蚀穴上，因上层殆尽，植物发育非常困难。因此，风蚀穴上的抗风蚀能力就不及弃耕地，而且风蚀穴发育在较高的部位，更利于风蚀。所以，在这两种地貌单元上，地表形态发育的强度还是有差别的，且在平缓沙地上地表形态发育的反复性更加频繁，螺旋性更加复杂。造成的地表相对起伏度也较小。第三，由于在平缓固定沙地上人类利用是开垦和道路践踏；在缓起伏梁窝状固定沙丘上人类利用是放牧和樵柴。所以呈现出地表形态的组合在两种地貌单元上也有差别。在平缓固定沙地上，各种地表形态呈连片或线状分布；而在缓起伏梁窝状固定沙丘上，各种地表形态呈分散点状分布。第四。由于地表形态的发育与人类活动息息相关，因此，不论在哪一种地貌单元上，各种地表形态多围绕居民点呈同心园分布，也正是因为它们的发育与人类活动性质、强度及区域自然条件有关，所以它不象沙漠地貌的发育（主要受自然条件制约）。只有当地表形态的发育出现了质变，才逐渐体现了近地表大气环流的模式（如严重沙漠化土地上的流动沙丘及沙丘链），其空间的展布就沿作用于它上的起沙风合成风方向而延伸。

地表形态不仅在空间上可变性大，而且在时间上的可变性也是很大的，所以我们认为地表形态的变地也是一个四维空间变化的过程。

（二）在不同时间尺度下，地表形态的发育过程

（1）年内地表形态发育过程

从年内讲，地表形态的发育兴盛时期在冬春季节，尤以2月中旬到5月下旬更加强烈，因为此时正是年内大风季节与干旱季节相吻合的时期，又逢相对地表植被覆盖度较低，对于农田来说，恰处在裸地阶段，无植被保护。处于抗风蚀能力极弱的地表，在较大的风力吹扬下，使各种地表形态向纵深强烈发展。而且，往往是在冬春两季风力达到起沙同临界值的仅几天或十几天内，地表形态强烈发育。据甘旗卡站资料推算，大青沟地区年内达到起沙风（10分钟内11.50米处平均风速为7.8米/秒）持续的时数仅为207.7个小时，约相当于8.5天，可见地表形态发育也并非在冬春季连续进行。至于夏秋季节，地表形态发育则处于微弱时期，不仅风速低，而且植被覆盖度相对较高，农田有作物生长，地表水分状况变好，这都在某种程度上增强了地表的抗风蚀能力，所以使地表形态的发育减缓。但需提及的是，由于这一期间降水较多，在冬春季塑造下的风蚀洼地四周坡度较陡处，发生重力崩塌（负荷地质作用的一种），也使风蚀洼地扩展。



分状况变好，这都在某种程度上增强了地表的抗风蚀能力，所以使地表形态的发育减缓。但需提及的是，由于这一期间降水较多，在冬春季塑造下的风蚀洼地四周坡度较陡处，发生重力崩塌（负荷地质作用的一种），也使风蚀洼地扩展。

（2）年际地表形态的发育过程

第一，地表形态发育的历史过程（以千年为尺度的地表形态发育过程）

* 中国科学院兰州沙漠研究所编译：土壤风蚀问题（内部参考资料） 1978. 5。

从图 5 我们可以看出,地层的沉积韵律几乎真实地记录了地表形态的发育过程。本区潜在沙漠化土地是历经两次规模较大的沙漠化过程强盛期的产物。

在相应于全球中新世中期,在具有广泛分布河流冲积物的科尔沁地区(西辽河平原区),发育了第一期沙漠化过程(其上覆黑沙土 C₁₄ 测年为 $2600 \pm 370 \text{B. p}$)。由于这一期很少见到人类活动的遗迹、并对沙漠化过程、中地表形态的影响不大,故称这一些地表形态发育过程为“人为干扰下的风沙物理过程。”这一期地貌形态的发育,奠定了此后沙漠化过程中地貌和物质的基础。

进入中新世晚期,在最适宜的气候下,前期形成的流动沙丘被植物固定,成为全新世历史时期地表形态发育最微弱的时期。

此后,气候又转为冷干,进入新冰期,从而形成了该区第二次地表形态发育强盛期。在这一时期中,人类活动的干扰程度更加深刻,且范围也比较广泛,我们不妨称其为“气候——人类干扰风沙物理过程”,即本区第一次“古沙翻新”时期。

到中世纪早期(公元 750—1300 年),该区进入全球性所谓的小适宜期,形成了呈穹状分布的黑沙土层(此层的 C¹⁴ 测年为 $1265 \pm 100 \text{B. p}^{**}$)。这样地表形态发育又进入了第二个微弱期。这一期也就真正成为现代沙漠化土地地表形态发育的基础,即前述梁窝状固定沙丘和平缓固定沙地也就在这个时期基本成型。

全新世小适宜期以后,由于人类活动的进一步加强,又伴有尺度更小的气候干湿波动,地表形态伴之沙漠化过程又表现出一些新的特征来。在时间上,是几十年到几百年的波动;人类活动由干扰因素逐渐成为诱导因素,促成地表形态的加速发展;干旱多风的气候条件主宰了这一地表形态发育的风沙物理过程。我们把这一时间尺度范围内的地表形态发育归为地表形态发育的现代过程。这一过程的本质就是所谓的“沙丘活化”过程,即“人为诱导——风沙物理过程”。

第二,地表形态发育的现代过程(以百年、几十年为尺度的地表形态发育过程)

作为该区固定沙丘(地)的活化,主要是近百年、几十年的事情。本区及其周围的建村年代大多在本世纪初。这里村落蒙古文地名多有反映建村时环境的意义;汉文村落地名则多反映建材的一些历史背景。如阎家窝堡,是八十多年前一姓阎的来此种地,盖了窝堡而得名;蒙民居住地潮海准称是“喜林”即树木多的地方;海拉斯台,就是榆树的意思。从这些有指示意义的地名来看,当时的自然环境就和今天大青沟自然保护区内的沙地疏林草原景观相似。固定沙丘(地)的活化就是由此发展而来的。本区大面积的固定沙丘(地)的活化与解放后几次较大的开垦及此期间干旱程度的加剧有着很密切的联系。至于其活化过程中的地表形态演化已如前述。



图 6 大青沟典型区山榆树年轮指数(五棵树的平均值)

从近八十年来山榆树木年轮指数(图 6)、史料记载的旱涝频率^[4]及二十四年来的沙暴、大风日数、平均风速和干燥度变化可以看出,气候干湿波动和风力大小变化均都很频繁,总的趋势是干旱频率增多,风力相对下降。再从近 20 年来潮海、满斗乡人口、耕地面和牲畜羊单位数的变化看(图 3),总的趋势是对该区土地压力的增加,超过了其负载限度。以上诸因素的配合,以人类强度土地利用为诱导、干燥风力为动力,是本区地表形态在近四、五十年来强烈发育的根本原因,尤其是近 20 年来更加强盛。从 1958 到 1981 年 23 年内,流动沙丘、半流动沙丘的面积分别以年 6.32% 和 5.08% 递增,而半固定沙丘、固定

* 武弘麟,科尔沁沙地沙漠化历史过程初探,1984. 11。

沙丘的面积则以年 1.80% 和 5.79% 递减。此外,地表形态的年际变化与地貌单元的起伏也有关系。在缓起伏梁窝状固定沙丘上,虽然风蚀深度和风积厚度比较大。但其面积的扩展远不如平缓固定沙地上快。在目前均为严重沙漠化土地的两个地貌单元上,利用两期航空像片测得,在 17 年期间内,缓起伏梁窝状固定沙丘上各地表形态年递交率的平均值为 8.22%,而在平沙地上,则为 10.81%。这主要是因为前者地形起伏大,阻挡了蚀积的面状扩展;而后者地表起伏小、地势开阔,利于流沙的蔓延。这与沙漠地貌中沙丘前移速度与其高度成反比^[1]有一定的相似性。

(三) 地表形态发育的强度——年风蚀量的估算

本区地表形态的时空变化构成了地表形态的发育强度,也就是在单位面积上,单位时间内所风蚀与风积总和。由于风蚀和风积是一个地貌过程的两个方面,加之后者在野外不易测量,故根据野外所得有关资料,对本区风蚀强度作一估算。

(1) 本区平均风蚀深度平均为 0.93 米,据访问当地居民及从地名普查资料看,这里的开垦主要是近 80 年来,特别是近 40 年来进行的。如按此估算,年风蚀深度约为 1.16—2.33 厘米,平均为 1.55 厘米。

(2) 根据我们在各风蚀洼地(包括弃耕地上的风蚀地)进行实测,其结果年风蚀量为 1.62 厘米。根据以上两方面的分析,该区年风蚀量约为 1.6 厘米。据 V.A.Kovda^[12]的研究,每年的“正常”风蚀量约为 0.2—0.3 毫米,可见本区人为作用大大加强了地表形态发育的强度。然而,需要说明的是,笔者上述的估算仅是初步的,本区地表形态发育强度是一个很复杂的问题,还有待做深入细致的工作。

结论

1. 该区沙漠化土地地表形态发育是伴随这一地区沙漠化过程的发生、发展而进行的;人类不同性质的过度土地利用,成为地表形态发育的诱导因素;而大于本区起沙风的风力则是地表形态演化的主要动力因素。

2. 本区地表形态的发育,从潜在沙漠化土地到严重沙漠化土地,经历着地表相对起波度、风沙流强度、地表物质粗化程度及分选程度的增加;粗糙度的减少;风蚀洼地和流沙的扩展;地表发育强度的加强;地表完整性的简单——复杂——新质的简单等一系列风沙物理过程。地表形态特征则是这些物理量变化的直观指证。

3. 在不同地貌单元上、不同性质的人类强度土地利用下,地表形态的发育过程是有差异的。在本区主要表现在:(1)缓起伏梁窝状固定沙丘上迎风坡风蚀洼地的扩大——背风坡及背风坡丘间地风积草灌丛沙堆的增高;(2)平缓沙地上耕地土壤粗化及上风侧风蚀——下风侧积沙的螺旋发展过程。

4. 地表形态发育具有不同的时间尺度,既有年内变化、又有年际变化。后者包括地表形态的历史发育过程和现代发育过程。地表形态发育在年内以冬春最为强盛;在年际间比较复杂。若以千年为尺度,则在 Q24 中期 Q34 早期为强盛期。目前是近百年来,沙漠化土地地表形态发育加强期的继续。

5. 地表形态的发育强度,主要体现了区域风蚀风积的程度。初步估算,本区年风蚀量为 1.6 厘米,这个值超出“正常”风蚀量的 7—8 倍。

参考文献

- [1]朱震达等,中国北方地区的沙漠化过程及其治理区划,中国林业出版社,1981. 8
- [2]郭绍礼,我国东部草原地区沙漠化土地的形成及其发展趋势,自然资源,1981。
- [3]孙金铸,内蒙古草原沙漠化及其防治 内蒙古研究 1993 年 1 期

- [4]哲里木盟沙漠化研究会筹委会，哲里木盟土地沙漠化状况及其整治意见，中国沙漠，1982 年第一期
- [5]朱震达等，草原地带沙漠化环境的特征及其治理途径，中国沙漠，1981 第一期。
- [6]朱景郊等，内蒙东南部地貌发育的探讨，干旱区地理学术会议论文选集，科学出版社，1966。
- [7]朱震达等，中国北部农牧交错沙漠化地区农业发展战略的研究，中国科学院兰州沙漠研究所集刊（第三号），科学出版社（待出版）
- [8]W. S. Chepil, wind erodibility of knolly terrain, Journal of soil and Water Conservation. Vol, 19, 1964。
- [9]马玉堂等，呼伦贝尔草原土壤风蚀的研究，中国草原，1981 年第三期。
- [10]谢贤群：呼伦贝尔草原开基地的热量平衡特征及其对土壤风蚀的影响，中国草原，1983 年第三期。
- [11]朱震达等，塔克拉玛干沙漠风沙地貌，科学出版社。1981。
- [12]V. A. KoVda, 土地耕作与尘暴的关系，世界沙漠研究，1982 年第二期。