

文章编号: 1007-6301 (2003) 06-0541-10

土地利用动态与风力侵蚀动态对比研究 ——以内蒙古自治区为例

胡云锋, 刘纪远, 庄大方, 杨风亭

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘 要: 内蒙古是我国土壤风力侵蚀较为严重的地区之一, 同时也是我国土地利用方式剧烈变化的地区之一。依据两期土地利用数据以及相应年代的土壤风力侵蚀数据, 研究了 20 世纪 90 年代末期内蒙古自治区土地利用和风力侵蚀的静态、动态格局。根据土地利用和风力侵蚀的空间分布及动态变化特点, 设计了内蒙古土地利用—风力侵蚀动态区划, 基于该区划详细讨论了内蒙古不同地区占主导地位的土地利用动态与风力侵蚀动态, 由此揭示了两者之间存在的驱动——被驱动关系。研究发现, 在 20 世纪 90 年代末期, 内蒙古土地利用和风力侵蚀的基本格局没有太大变化, 但风力侵蚀强度在总体上增强了; 土地利用的变化主要反映为草地的退化和耕地的扩张。土地利用动态与风力侵蚀动态有着良好的时空对应关系: 草地的退化与耕地的扩张导致了显著的风力侵蚀增强, 而草地的改善以及耕地的收缩对风力侵蚀的影响不如前者明显, 这表明了土地利用动态对风力侵蚀动态正、反向驱动的不平衡性。

关 键 词: 土地利用; 风力侵蚀; 动态变化; 内蒙古

中图分类号: F301.24; P512

1 引言

内蒙古自治区是我国风力侵蚀非常严重的地区之一^[1~3], 同时也是我国土地利用变化剧烈的地区之一: 它既是农牧交错带草地——耕地转换区, 同时也是草场严重超载退化区^[4~6]。对 2000 年席卷我国华北、华东, 进而影响到朝鲜、日本和美国的强沙尘暴研究表明, 为沙尘暴提供主要沙尘源的就是我国内蒙中西部以及河北省西北部约 25 万平方公里的退化草场、撂荒耕地以及旱作耕地^[7~9]。对比分析内蒙古地区风力侵蚀动态与土地利用动态之间的关系, 对于揭示内蒙古自治区土地利用与风力侵蚀之间的相互作用, 妥善协调草地、耕地、林地及其它土地利用类型之间的关系具有重要意义; 它对于促进内蒙古自治区的社会经济可持续发展、生态环境的保护及恢复, 科学合理地实施退耕还林还草工程以及全国防沙治沙“一圈三带”工程来说, 都是至关重要的。

收稿日期: 2003-09; 修订日期: 2003-11

基金项目: 国家 973 项目“中国陆地生态系统碳循环及其驱动机制研究”(2002CB412500)、中国科学院知识创新重大方向性项目(KZCX-2-308)。

作者简介: 胡云锋 (1974-), 男, 江西赣州人。中国科学院地理科学与资源研究所博士生, 主要研究方向为土壤侵蚀与陆地生态系统碳循环研究。E-Mail: huyf@lreis.ac.cn

2 数据说明

本次研究的关键数据有: 1995/1996 年、1999/2000 年内蒙古土地利用数据(以下称 1995 年数据和 2000 年数据), 1995/1996 年、1999/2000 年内蒙古风力侵蚀数据(以下称 1995 年数据和 2000 年数据), 研究中还使用了中国 1:400 万基础地理底图以及行政区划图。

中国科学院地理科学与资源研究所提供了土地利用数据, 该数据是“国土资源环境遥感动态调查与空间服务体系”的核心数据之一。该数据以 TM 影像为数据源, 由专家通过计算机屏幕进行人工解译, 形成满足 1:10 万比例尺成图标准的数字化土地利用/土地覆盖专题地图。野外调查显示, 土地利用数据的位置误差平均小于 50m, 图斑的正确判读率达 98.7%^[4, 10]。两期的土地利用数据的分类系统完全相同, 具体包括耕地、林地、草地、水域、城乡工矿居民用地和未利用土地 6 个一级类型和 25 个二级类型。根据研究的需求, 本文对耕地、林地、水域、城乡工矿居民用地和未利用土地只保留一级类型, 代码分别是 10、20、40、50 和 60; 草地保留二级类型, 分别为: 低覆盖度草地(31)、中覆盖度草地(32)和高覆盖度草地(33)。又根据内蒙古的实际情况, 由于内蒙古自治区境内的未利用土地基本上都是沙地、戈壁与裸土地等, 因此在本文的研究中, 未利用土地均用沙地代替。

风力侵蚀数据来自于国家水利部, 它是国家第二次和第三次遥感侵蚀调查的成果。它以 TM 影像为遥感信息源, 结合地形图、土地利用图、区域土壤侵蚀调查及其治理成果, 参考泥沙径流资料, 采用人机交互方式, 按 1:10 万比例尺成图要求集成得到的数字化土壤侵蚀专题地图。土壤侵蚀的类型和强度分级遵照《土壤侵蚀分类分级标准》(SL 190-96), 调查中采用了“全流程管理、分环节控制”的数据质量控制体系^[11]。两期风力侵蚀数据所采用的分级系统相同, 包括微弱侵蚀、轻度侵蚀、中度侵蚀、强度侵蚀、极强烈侵蚀以及剧烈侵蚀 6 级, 其代码分别为 21、22、23、24、25、26。

土地利用与风力侵蚀数据的原始存储格式为 ARC/INFO 的 Coverage 文件, 在研究中均转化成为 ARC/INFO 的 GRID 文件, grid 大小为 1km × 1km。所有数据均采用 Albers 等积圆锥投影, 中央经线是 105°E, 双标准纬线分别是 25°N 和 47°N。

3 内蒙古土地利用格局与动态

1995 年和 2000 年的内蒙古土地利用现状如图版 I 中图 1 所示。从图上可以清楚地看出, 内蒙古土地利用的基本格局是: “东林中草西沙, 北牧南农”。东部大兴安岭林区是我国三大林区之一, 林地面积占该区总面积的 66%, 次要的土地利用方式为低覆盖草地(19%)和耕地(10%); 东部的呼伦贝尔高平原草地覆盖率达到 76%, 是内蒙古最重要的优质畜牧业基地, 草地类型以中覆盖草地为主(45%), 林地覆盖率也达到 10%, 耕地很少(3%)。在内蒙古北部, 草地覆盖面积占该区总面积的 85%, 但是草场质量不如东部的呼伦贝尔, 主要是低覆盖的草地(47%); 中南部的农牧交错带(包括东南部的通辽、赤峰以及西南部的河套—土默川平原、鄂尔多斯高原等地)是我国传统农区和传统牧区的过渡地带, 耕地、中覆盖草地、低覆盖草地相互交织, 所占面积比例基本相同, 都在 20~25% 之间。西部阿拉善盟荒漠区内沙地占绝对优势, 占总面积的 79%, 但在额济纳旗的东河—西河—弱水流域

以及阿拉善左旗贺兰山西麓有少量草地分布。

使用 GIS 工具将两期土地利用数据进行叠加, 可以提取土地利用变化的动态信息。显然, 两期土地利用叠加后将会有 $8 \times 8 = 64$ 种动态类型。但是, 根据土地利用类型变化的性质, 可以将 64 种土地利用动态重分类为如表 1 所示的 9 种主要动态类型, 由此分类系统可以得到如图版 I 中图 2 所示的内蒙古土地利用动态分布。

表 1 土地利用动态分类
Tab. 1 Classification of land -use dynamics

序号	变化类型	说 明	动态代码							
1	耕地扩张	各种土地利用类型（除沙地外）向耕地的转化	2010,	3110,	3210,	3310,	4010,	5010		
2	耕地收缩	耕地向其它土地利用类型（除沙地外）转化	1020,	1031,	1032,	1033,	1040,	1050		
3	草地退化	高覆盖向低覆盖转化	3332,	3331,	3231,					
4	草地改善	低覆盖向高覆盖转化	3132,	3133,	3233,					
5	耕地—沙地	耕地弃耕撂荒	1060							
6	非耕地—沙地	林草地、水域、建设用地向沙地的转化	2060,	3160,	3260,	3360,	4060,	5060		
7	沙地改善	沙地向其他各种土地利用类型的转化	6010,	6020,	6031,	6032,	6033,	6040,	6050	
8	覆被扰动	林地、草地、水域与建设用地之间的转化，表现为对土地覆被的一种扰动	2031,	2032,	2033,	2040,	2050,	3120,	3140,	
			3150,	3220,	3240,	3250,	3320,	3340,	3350,	
			4020,	4031,	4032,	4033,	4050,	5020,	5031,	
			5032,	5033,	5040					
9	无变化	土地利用类型保持不变	1010,	2020,	3131,	3232,	3333,	4040,	5050,	6060

注: 动态代码的前两位是 1995 年土地利用类型代码, 后两位是 2000 年代土地利用类型代码。

从内蒙土地利用动态分布图可以发现: 在内蒙东部的呼伦贝尔草原区、大兴安岭林区以及内蒙东南部的农牧交错区, 土地利用动态的特点表现为土地利用类型的少动型, 各类土地之间的转变并不显著, 只是在大兴安岭东侧、呼伦贝尔高原中部以及扎鲁特旗南缘零星地存在耕地扩展、草地退化以及沙地改善等变化; 内蒙中北部的草原以及西南部的农牧交错带的土地利用动态特点是: 广泛分布的草地退化与草地改善共存、交织, 还有少量沙地改善、耕地扩张以及林草地转换; 在内蒙西部的荒漠区, 有大量的草地沙化, 零星分布有沙地改善。

4 内蒙古风力侵蚀格局与动态

1995 和 2000 年内蒙古风力侵蚀现状如图版 I 中图 3 所示。从图上可以发现, 内蒙古风力侵蚀的基本格局是: “东无中弱西强, 北低南高”。东部大兴安岭地区风力侵蚀非常微弱, 面积最大的微弱侵蚀也仅占林区总面积的 0.6%, 实际上, 该区的土壤侵蚀类型主要是以存在于大兴安岭山区的水力侵蚀和冻融侵蚀为主; 东部的呼伦贝尔高平原以微弱侵蚀和轻度侵蚀为主, 占该地区总面积的 63%; 内蒙古中北部地区以轻度侵蚀为主, 占总面积的 42%, 其次为微弱侵蚀, 主要分布在锡林郭勒盟, 大约占总面积的 19%; 中南部的农牧交错带 (包括东南部的通辽、赤峰以及西南部的河套—土默川平原、鄂尔多斯等地) 以中度和轻度侵蚀为主, 各占总面积 11~ 12% 左右, 极强侵蚀和剧烈侵蚀开始大幅上升, 合计面积比达到 8%; 西部的荒漠区以强度、极强和剧烈侵蚀为优势等级, 三者合计面积比达到 85%, 其

中剧烈侵蚀就占 35.1%，是内蒙风力侵蚀最为严重的地区。

使用 GIS 工具将两期风力侵蚀数据进行叠加，可以提取风力侵蚀变化的动态信息，显然，两期风力侵蚀数据叠加后将会有 $7 \times 7 = 49$ 种动态类型。但是，根据风力侵蚀变化的性质，可以将 49 种风力侵蚀动态重分类为如表 2 所示的 5 种主要动态类型，由此分类系统可以得到如图版 II 中图 4 所示的内蒙古风力侵蚀动态分布。

表 2 风力侵蚀动态分类
Tab. 2 Classification of wind erosion dynamics

序号	变化类型	动态代码
1	侵蚀加强	2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2223, 2224, 2225, 2226, 2324, 2325, 2326, 2425, 2426, 2526
2	侵蚀减弱	2221, 2322, 2321, 2423, 2422, 2421, 2524, 2523, 2522, 2521, 2625, 2624, 2623, 2622, 2621
3	新增侵蚀	9921, 9922, 9923, 9924, 9925, 9926
4	侵蚀消失转型	2199, 2299, 2399, 2499, 2599, 2699
5	无变化	2121, 2222, 2323, 2424, 2525, 2626, 9999

注：风力侵蚀动态代码的前两位是 1995 年风力侵蚀代码，后两位是 2000 年风力侵蚀代码。

从内蒙古风力侵蚀动态分布图可以发现：内蒙东部的大兴安岭地区的风蚀状况基本没有什么改变，仍然保持了原有的微弱风蚀等级或非风力侵蚀类型；东部的呼伦贝尔高平原上同时出现了大面积的风力侵蚀减弱和增强，风蚀减弱主要发生在新巴尔虎右旗以及鄂温克族自治旗辉河—伊敏河流域，风蚀增强则主要发生在鄂温克族自治旗和新巴尔虎左旗远离辉河—伊敏河流域的地区；在内蒙中部，苏尼特左旗及周边县旗、通辽市的中部和南部以及位于鄂尔多斯高原上的鄂托克旗北部，风力侵蚀的增加比较明显，呈连片分布。内蒙中部其余地区风力侵蚀的增强和减弱同时交织在一起，以星点状广泛分布，在四子王旗以及扎鲁特旗出现了显著的新增风力侵蚀。在内蒙西部荒漠区，阿拉善左旗贺兰山西麓地区风力侵蚀有明显增强，其余地区的风力侵蚀等级没有太大变化，仅有零星分布的侵蚀增强和减弱。

5 土地利用动态与风力侵蚀动态的对比分析

为了分析内蒙古风力侵蚀动态与土地利用动态之间的联系，在 GIS 的支持下，我们将风力侵蚀动态与土地利用动态叠加。根据前文已经分析的风力侵蚀及土地利用的静、动态格局特点，并结合行政区划界线以及自然地理界线（如山川及流域界线等），我们将内蒙古全境划分为如图版 II 中图 5 所示的 7 个子区域，并对这些区域内的关系进行详细考察。如前所述，风力侵蚀动态共有 5 种类型（包括无变化在内），土地利用动态共有 9 种类型（包括无变化在内），因此，在数学上，我们可以得到 $5 \times 9 = 45$ 种对应关系，但在实际中有些对应关系是不存在的，如草地的明显改善与风蚀程度的恶化是不可能共存于同一地区的。分析中，我们将着重关注占优势地位的土地利用动态以及占优势地位的风力侵蚀动态，继而分析两者之间的时空关联关系，这种在特定地区的占优势地位的特定对应关系就是该地区风力侵蚀变化（或不变化）的驱动因子（或维持因子）。

大兴安岭林区 (I 区) 动态叠加后进行面积统计的结果如表 3 所示, 对照土地利用动态分布图与风力侵蚀动态分布图, 可以发现大兴安岭林区的土地利用类型的变动不大, 主要的土地利用变动表现为耕地的扩张。耕地扩张面积仅为 3723km^2 , 并且耕地的扩张对于风力侵蚀并没有什么影响。主要的风力侵蚀动态是风力侵蚀的消失或转型, 达到 176km^2 , 并且都发生在土地利用无变动地区。事实上, 总该区面积 98% (20.5 万 km^2) 以上的绝大部分地区仍然保持原有的风力侵蚀等级和类别, 即微弱侵蚀或非风力侵蚀 (水力侵蚀和冻融侵蚀)。

表 3 大兴安岭林区 (I 区) 土地利用动态—风力侵蚀动态关系 (单位: km^2)

Tab. 3 Relation between land-use dynamics and wind erosion dynamics in region I (km^2)

	侵蚀加强	侵蚀减弱	新增侵蚀	侵蚀消失转型	无变化	合计
耕地扩张	1	0	0	5	3717	3723
耕地收缩	0	0	0	2	181	183
草地退化	0	0	0	0	4	4
草地改善	0	0	0	0	5	5
耕地—沙地	0	0	0	1	104	105
非耕地—沙地	1	1	0	0	146	148
沙地改善	0	0	0	0	434	434
覆被扰动	0	0	0	0	228	228
无变化	27	75	37	168	205302	205609
合 计	29	76	37	176	210121	210439

同样, 对呼伦贝尔高平原区 (II 区) 的深入分析结果如表 4 所示, 对照土地利用动态分布图与风力侵蚀动态分布图后可以看出: 呼伦贝尔高平原区土地利用类型变动主要的是草地的退化 (2389km^2)、沙化 (1519 km^2) 以及沙地的改善 (1001km^2), 而主要的风力侵蚀动态则是侵蚀的增强 (11563 km^2) 和减弱 (10477 km^2)。大约有 50% 的草地退化严格地对应了风力侵蚀的增强, 反映在两个动态图上上则是位于鄂温克族自治县北部的草地退化与侵蚀增强斑块。在鄂温克族自治县中部辉河—伊敏河地区, 沙地的改善则对应了侵蚀的减弱。但在西部新巴尔虎左旗以及新巴尔虎右旗远离辉河—伊敏河地区, 土地利用方式并没有明显变化, 仍然为低覆盖草地 (新巴尔虎右旗) 和中覆盖草地 (新巴尔虎左旗), 但是风力侵蚀也有增强或减弱, 我们推测这可能是草地分类等级太粗, 没有反映出等级内部的变化缘故, 也即: 新巴尔虎右旗低覆盖草地已经改善但尚未达到中覆盖草地标准, 但是它对于风力侵蚀等级的影响已经体现。新巴尔虎左旗的情形则正好与此相反, 即中覆盖草地已经退化但又未完全退化到低覆盖草地标准, 但退化已经对风力侵蚀等级产生了影响。上述情形反映在表 4 上则体现为土地利用无变化区域占据了风力侵蚀增强及风力侵蚀减弱的主要部分。

内蒙东南部的通辽、赤峰 (III 区) 总体上属于农牧交错带, 但是境内主要以耕地和沙地为主。土地利用动态以耕地扩张 (2342 km^2)、沙地改善 (1864 km^2) 以及耕地收缩 (1093km^2) 为主, 风力侵蚀的动态主要是侵蚀的增强 (11502 km^2)、侵蚀减弱 (4896 km^2) 以及新增侵蚀 (1552 km^2)。科尔沁左翼后旗耕地的扩张则导致了相应的侵蚀增强, 但是在耕地收缩区, 并没有见到明显的风力侵蚀减弱图斑。其余部分地区, 如阿鲁科尔沁、开鲁县、科尔沁左翼中旗一带, 土地利用方式没有明显变化, 土地覆被仍为低覆盖草地, 但

是也发生侵蚀恶化（从轻度侵蚀向中度侵蚀变化）现象，这可能是低覆盖草地进一步退化但是又尚未退化成沙地，但却已足以引起风力侵蚀等级变化的缘故。反映在表 5 上，表现为 93% 的风力侵蚀增强发生在土地利用类型无变化地区。

表 4 呼伦贝尔地区（Ⅱ区）土地利用动态— 风力侵蚀动态关系（单位: km²）

Tab. 4 Relan between land-use dynam ics and wind erosion dynam ics in region Ⅱ (km ²)						
	侵蚀加强	侵蚀减弱	新增侵蚀	侵蚀消失转型	无变化	合计
耕地扩张	67	11	0	1	283	362
耕地收缩	100	34	1	2	626	763
草地退化	1192	2	3	4	1188	2389
草地改善	0	2	0	0	191	193
耕地—沙地	0	0	0	0	0	0
非耕地—沙地	145	71	0	1	1302	1519
沙地改善	110	47	3	4	837	1001
覆被扰动	31	72	1	0	421	525
无变化	9918	10238	49	44	56033	76282
合 计	11563	10477	57	56	60881	83034

表 5 通辽— 赤峰地区（Ⅲ区）土地利用动态— 风力侵蚀动态关系（单位: km²）

Tab. 5 Relan between land-use dynam ics and wind erosion dynam ics in region Ⅲ (km ²)						
	侵蚀加强	侵蚀减弱	新增侵蚀	侵蚀消失转型	无变化	合计
耕地扩张	260	76	9	5	1992	2342
耕地收缩	343	42	4	0	704	1093
草地退化	13	133	2	1	86	235
草地改善	23	46	6	6	527	608
耕地—沙地	3	4	1	0	49	57
非耕地—沙地	30	13	2	1	242	288
沙地改善	39	33	398	26	1368	1864
覆被扰动	8	8	4	1	139	160
无变化	10783	4541	1126	457	121306	138213
合 计	11502	4896	1552	497	126413	144860

在内蒙中北部，主要的土地利用动态是草地改善（37180km²）、草地退化（14814 km²）以及草地沙化（11756 km²），主要的侵蚀动态则是侵蚀无变化（245355 km²）、侵蚀增强（46605km²）、侵蚀减弱（11150 km²）以及新增侵蚀（2091 km²）。在苏尼特右旗南部、阿巴嘎旗西部，草地退化有着明显的侵蚀增强对应图斑；但是在广大的草地改善地区，由于 90 年代的风力侵蚀等级为轻度，因此，草地的改善对于风力侵蚀等级的进一步降低作用不大，只是在那些原有风力侵蚀等级为中度及中度以上地区，风力侵蚀等级的降低才能体现出来，反映在表 5 则体现为大约有 82% 的草地改善地区风蚀等级没有变化。与此相类似的原因，在苏尼特左旗、西乌珠穆沁旗以及锡林浩特市，土地利用方式并没有明显变化，仍为中、低覆盖的草地，但是风力侵蚀等级却大范围、明显的增强（主要是由微弱侵蚀转向轻度侵蚀，轻度侵蚀转向为中度侵蚀），这是由于这些地区的草地发生了退化，虽然这种退化不足以引起草地类型变化，但是却足以导致风力侵蚀发生变化的缘故，反映在表 5 中，则

体现为大约 82% 的土地风蚀等级加强了。

表 6 内蒙中北部地区 (IV 区) 土地利用动态— 风力侵蚀动态关系 (单位: km²)

Tab. 6 Relation between land-use dynamics and wind erosion dynamics in region IV (km²)

	侵蚀加强	侵蚀减弱	新增侵蚀	侵蚀消失转型	无变化	合计
耕地扩张	200	16	18	10	575	819
耕地收缩	77	47	10	1	406	541
草地退化	1202	835	27	21	12729	14814
草地改善	5373	1051	292	78	30386	37180
耕地—沙地	2	2	1	1	28	34
非耕地—沙地	1198	907	26	11	9614	11756
沙地改善	317	1000	28	15	5343	6703
覆被扰动	163	206	8	40	2843	3260
无变化	38073	7086	1681	666	183431	230937
合 计	46605	11150	2091	843	245355	306044

区域 V 是河套—土默川平原。该区是我国华北黄土高原的一部分。该区土质疏松、沟壑发达, 主要的侵蚀类型为水力侵蚀, 主要的土地利用方式是依靠黄河水的灌溉农业, 土地利用变化以及风力侵蚀变化都比较小, 只占总面积的 7% 左右。较为显著的土地利用动态就是发生在杭锦旗西南缘的草地改善图斑 (由中覆盖草地改善成为高覆盖草地), 但是风力侵蚀等级并没有发生太大变化, 仍然保持了原有的微弱侵蚀或轻度侵蚀。其他地区, 侵蚀类型主要表现为水力侵蚀或风水两相侵蚀, 风力侵蚀不占主导地位。

表 7 内蒙河套—土默川地区 (V 区) 土地利用动态— 风力侵蚀动态关系 (单位: km²)

Tab. 7 Relation between land-use dynamics and wind erosion dynamics in region V (km²)

	侵蚀加强	侵蚀减弱	新增侵蚀	侵蚀消失转型	无变化	合计
耕地扩张	17	61	32	12	1891	2013
耕地收缩	24	21	24	20	2947	3036
草地退化	27	26	29	23	1789	1894
草地改善	212	243	180	69	7342	8046
耕地—沙地	11	0	17	9	412	449
非耕地—沙地	43	76	37	33	1061	1250
沙地改善	62	159	61	39	1739	2060
覆被扰动	34	35	33	26	1242	1370
无变化	1616	2428	1639	756	82753	89192
合 计	2046	3049	2052	987	101176	109310

区域 VI 是内蒙鄂尔多斯高原牧区, 该地区的土地利用变动主要是以草地的改善 (6784km²) 以及草地的退化 (3681km²), 主要的风力侵蚀变化则是侵蚀增强 (6859 km²) 与侵蚀减弱 (3398 km²)。在乌审旗, 草地的改善对应着风力侵蚀减弱; 在鄂托克旗, 以及鄂托克前旗, 由西向东, 草地动态逐渐由改善型向退化型发展, 与此相对应, 风力侵蚀动态也随之有侵蚀减弱向侵蚀增强变化。

表 8 内蒙西南农牧交错区（Ⅵ区）土地利用动态— 风力侵蚀动态关系（单位: km²）

Tab. 8 Relation between land-use dynamics and wind erosion dynamics in region VI (km²)

	侵蚀加强	侵蚀减弱	新增侵蚀	侵蚀消失转型	无变化	合计
耕地扩张	31	9	12	1	203	256
耕地收缩	0	1	5	0	14	20
草地退化	538	280	115	11	2737	3681
草地改善	850	291	139	36	5468	6784
耕地—沙地	0	0	1	0	10	11
非耕地—沙地	251	84	44	14	1389	1782
沙地改善	50	155	18	11	921	1155
覆被扰动	44	25	11	1	374	455
无变化	5095	2553	632	152	22933	31365
合 计	6859	3398	977	226	34049	45509

在阴山以西的阿拉善高原（Ⅶ区），主要的土地利用动态是草地沙化（35585km²），主要的风力侵蚀动态是侵蚀增强（6835km²）。由于该地区除阿拉善左旗贺兰山西麓附近以外，其余地区侵蚀等级已经是强烈侵蚀、极强烈侵蚀或剧烈侵蚀，风力侵蚀等级系统已经不能对土地利用方式的变化作出响应，但是可以推测，这些地区的侵蚀模数将进一步提高；草地的沙化对风力侵蚀等级的影响主要体现在阿拉善左旗贺兰山西麓，90 年代的侵蚀类型主要为轻度侵蚀和中度侵蚀，因此，随着中低覆盖草地向沙地的转化，风力表现为大面积、显著的侵蚀增强，迅速发展成为强度侵蚀和极强烈侵蚀。反映在表 9 当中，则体现为有 4100km² 的沙化草地导致了侵蚀增强，也即有 60% 风力侵蚀增强是由草地沙化引起的。

表 9 内蒙西部荒漠区（Ⅶ区）土地利用动态— 风力侵蚀动态关系（单位: km²）

Tab. 9 Relation between land-use dynamics and wind erosion dynamics in region VII (km²)

	侵蚀加强	侵蚀减弱	新增侵蚀	侵蚀消失转型	无变化	合计
耕地扩张	75	5	0	1	71	152
耕地收缩	6	3	0	0	58	67
草地退化	3	2	7	4	101	117
草地改善	44	15	2	1	504	566
耕地—沙地	0	4	3	0	33	40
非耕地—沙地	4100	477	96	251	30661	35585
沙地改善	110	62	0	0	2641	2813
覆被扰动	60	37	0	0	927	1024
无变化	2437	2933	366	42	190065	195843
合 计	6835	3538	474	299	225061	236207

6 结论与讨论

通过对土地利用以及风力侵蚀静、动态格局分析与对比研究，可以得到以下结论：

1、20 世纪 90 年代末期，内蒙“东林中草西沙，北牧南农”土地利用的基本格局没有发生根本性的变化。但是在不同地区，土地利用的主要变化类型以及变动程度有所不同：东部土地利用变化较小，仅有少量土地出现草地退化、沙地改善以及耕地扩张；中部则表现

为大量、广泛分布的草地退化与草地改善共存、交织, 还有少量沙地改善、耕地扩张以及林草地转换; 西部则表现为大量的草地沙化, 零星分布有沙地改善。

2、20 世纪 90 年代末期, 虽然风力侵蚀增强与风力侵蚀减弱现象在内蒙古各地都有发生, 但是“东无中弱西强, 北低南高”的基本格局没有发生根本性的变化; 但是风力侵蚀加重和新增风力侵蚀面积远远大于风力侵蚀减弱或消失转型面积, 从整体上看, 内蒙古自治区的土壤风力侵蚀强度加重了, 尤其是以广大的内蒙中北部的苏尼特左旗、鄂温克族自治旗、阿拉善左旗等地的风力侵蚀恶化最为严重。

3、土地利用动态格局与土壤风力侵蚀动态格局有着较好的时空对应关系, 这种时空相关性充分表明土地利用形式对于风力侵蚀的控制作用, 也即土地利用变化与风力侵蚀等级变化之间存在的驱动——被驱动关系。这种驱动关系作用的机制是: 当土地利用类型发生变化时, 土地覆盖、土壤水分等风蚀影响因子也会随之发生变化, 土壤风力侵蚀强度将随着植被盖度的减少而以指数方式快速响应, 土壤风力侵蚀的起动风速随着土壤水分含量减小呈线性方式减小^[8]。值得注意的是: 轻微的草地退化以及耕地扩张必然引起风力侵蚀的增强, 而草地、耕地则必须有较大幅度的改善才有可能使风力侵蚀减弱。这反映了土地利用动态对风力侵蚀动态正、反向驱动的不平衡性, 同时也体现了风沙治理中存在的“破坏易, 恢复难”这一规律。

4、在研究中, 我们发现部分地区存在土地利用类型(主要是草地)无变化区域成为风力侵蚀变化的主要成份, 同时也存在土地利用类型发生明显转变, 但风力侵蚀等级却没有相应改变的现象。考虑到在过去 30 年里, 一些研究表明内蒙古地区降水量呈增加趋势^[12~13], 本文的研究也指出风力侵蚀的增强为点状、块状分布而非气候驱动的典型带状分布, 因此风力侵蚀的变化难以归因到气象要素的驱动作用上, 风力侵蚀的动态仍然是受到土地利用方式转变的控制。出现上述情况的原因可能是研究中所使用的数据的量化精度不够高, 即草地类型与风力侵蚀等级分级过粗导致精细的土地利用变化以及侵蚀变化没有被如实反映出来: 当草地发生退化时, 虽然退化不足以引起过粗的草地二级类型变化, 但是却足以导致风力侵蚀发生变化, 或者是草地的退化已经引起风力侵蚀模数的变化, 但是没有导致过粗的风力侵蚀等级发生变化。此外还有可能是因为研究尺度不够小的缘故, 即采用 1km 栅格数据太粗, 湮没了部分精细的空间结构。

总的来说, 通过 GIS 工具, 将基于遥感调查技术得到的不同时期的土壤侵蚀与土地利用数据进行综合对比分析, 可以提供土地利用与土壤侵蚀的类型、强度及其变化动态的时空信息, 有利于迅速、准确地发现风力侵蚀治理的关键地区和驱动因子, 这一技术路线完全可以应用到全国防沙治沙的“一带三圈”工程中, 从而在节约资源的同时达到更好的治理效果。

参考文献

- [1] 董治宝, 陈广庭. 内蒙古后山地区土壤风蚀问题初论, 土壤侵蚀与水土保持学报. 1997, 3 (2): 84~ 90.
- [2] 张国平, 张增祥, 刘纪远. 中国土壤风力侵蚀空间格局及驱动因子分析, 地理学报. 2001, 56 (2): 146~ 158.
- [3] 敖特根, 李勤奋. 内蒙古草地风蚀状况与影响其主要自然因素. 内蒙古草业. 2001, (1): 31~ 34.
- [4] 刘纪远, 张增祥, 庄大方等. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化时空特征及其成因分析, 地理研究. 2003, 22 (1): 1~ 12.
- [5] 刘纪远, 刘明亮, 庄大方等. 中国近期土地利用变化的空间格局分析, 中国科学—D. 2002, 32 (12): 1031~ 1040.

- [6] 姚云峰, 王明玖, 董智. 加强内蒙古林草业建设, 构筑我国北方生态防线, 内蒙古草业. 2001, 22 (1): 111~115.
- [7] 叶笃正, 丑纪范, 刘纪远等. 关于我国华北沙尘天气的成因与治理对策. 地理学报. 2000, 55 (5): 513~ 521.
- [8] 王涛, 陈广庭, 钱正安等. 中国北方沙尘暴现状及对策. 中国沙漠. 2001, 21 (3): 322~ 327.
- [9] 李令军, 高庆生. 2000 年北京沙尘暴源地解析. 环境科学研究. 2001, 14 (2): 1~ 3.
- [10] 刘明亮, 唐先明, 刘纪远. 基于 1km 格网的空间数据尺度效应研究. 遥感学报. 2001, 5 (3): 183~ 190.
- [11] 水利部水土保持监测中心. 全国土壤侵蚀遥感调查工作报告 (2001 年 4 月). [http: //www. swcc. org. cn](http://www.swcc.org.cn)
- [12] 李青丰, 李福生, 乌兰. 气候变化与内蒙古草地退化初探. 干旱地区农业研究. 2002, 20 (4): 98~ 102.
- [13] 尤莉, 沈建国, 裴浩. 内蒙古近 50 年气候变化及未来 10~ 20 年趋势展望. 内蒙古气象. 2002 (4): 14~ 18.

Study on the Relationship Between Land-use Dynamics and Wind Erosion Dynamics in Inner Mongolia During Late 1990s

HU Yunfeng, LI Jiyuan, ZHUANG Dafang, YANG Fengting

(Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: Inner Mongolia municipality, lying in the North China, is one of the zones with strong wind erosion and rapid land-use changes. It covers the grassland-cropland transition zone and the over-grazing grassland. The degraded grasslands, deserted croplands and dry-farming croplands of Inner Mongolia were the source regions of dust-storm which affected North and East China, Korea, Japan and America in 2000. Based on 2 sets of land-use data and the correspondent wind erosion data, the static spatial distribution and the dynamic spatial changes are outlined. According to the features of static and dynamic spatial distributions, the sub-regions of Inner Mongolia are divided. The details about the land-use dynamics and wind erosion dynamics are discussed in each specific sub-region, and the driving-driven relationship between the two dynamics is then analyzed. It can be inferred that the basic patterns of both land-use and wind erosion in Inner Mongolia did not change greatly during late 1990s. However, the main types of land-use changes are degradation of grasslands and the expansion of croplands, and the wind erosion is intensified in general. The degradation of grasslands and the expansion of croplands caused obviously intensified wind erosion, while the amendment of grasslands and the shrink of croplands affected wind erosion slightly, all of which show that there exist non-balanceable influences on wind erosion caused by different land-use change orientation.

Key words: land-use; wind erosion; dynamic change; Inner Mongolia

图版 I

胡云锋等：土地利用动态与风力侵蚀动态对比研究——以内蒙古自治区为例

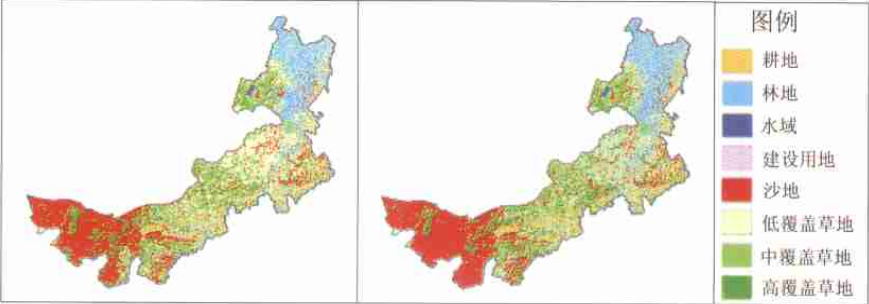


图 1 内蒙古 1995 年（左）、2000 年（右）土地利用类型分布图
Fig.1 Distribution of land-use types in Inner Mongolia in 1995 (left) and 2000 (right)

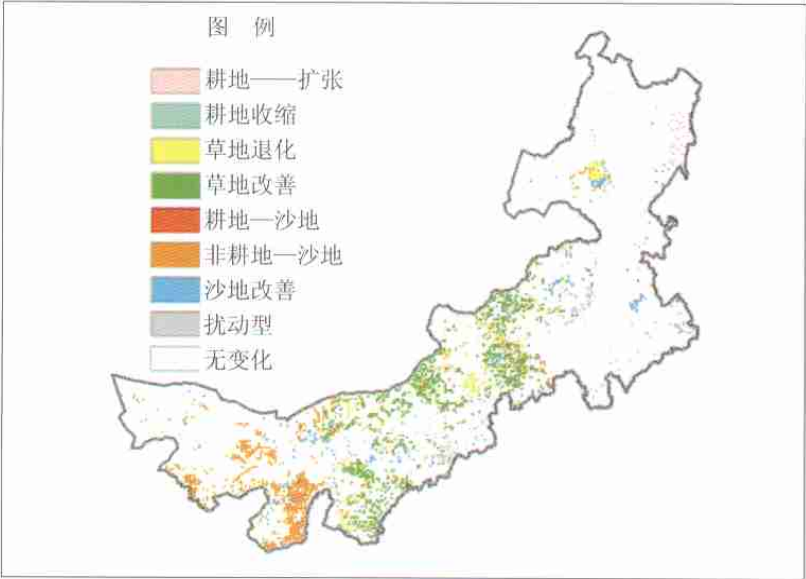


图 2 1995-2000 年间内蒙古土地利用动态
Fig.2 Land-use dynamics in Inner Mongolia during 1995-2000

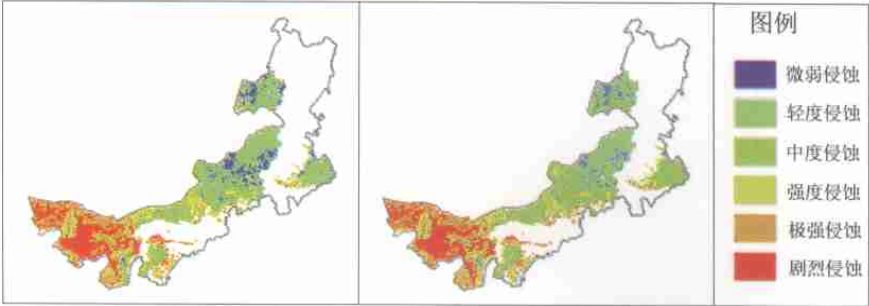


图 3 内蒙古 1995 年（左）、2000 年（右）风力侵蚀等级分布图
Fig.3 Distribution of wind erosion degrees in Inner Mongolia in 1995 (left) and 2000 (right)

图版 II

胡云锋等：土地利用动态与风力侵蚀动态对比研究——以内蒙古自治区为例

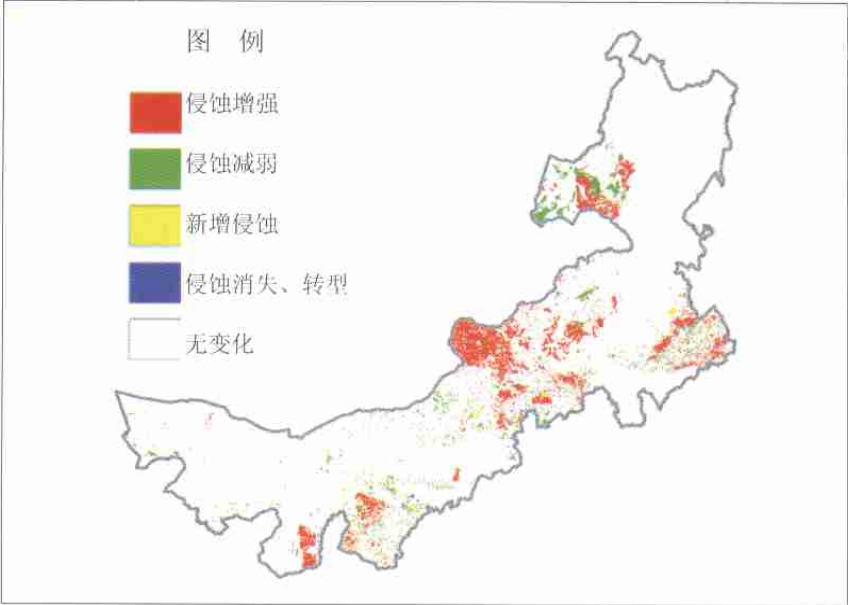


图 4 1995-2000 年间内蒙古风力侵蚀动态
Fig.4 Wind erosion dynamics in Inner Mongolia during 1995-2000

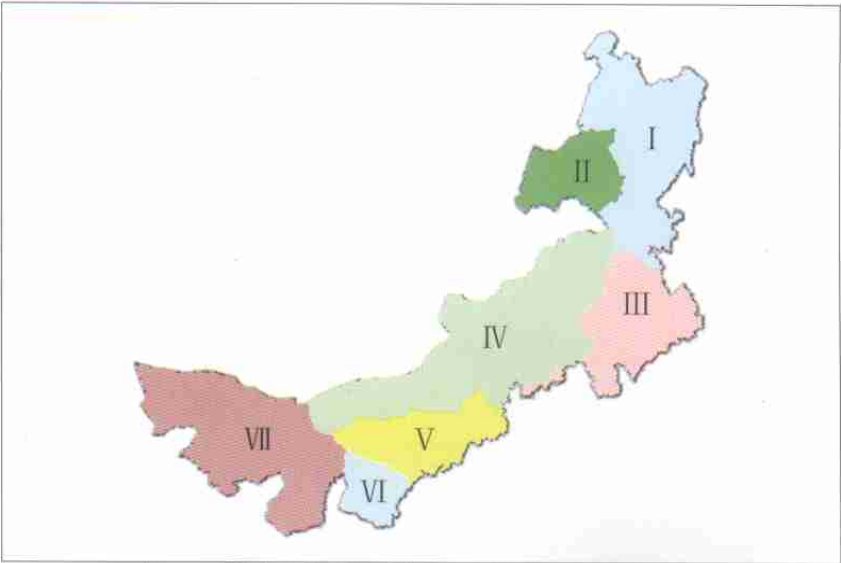


图 5 内蒙古土地利用动态—风力侵蚀动态分区示意图
Fig.5 Sub-regions of Inner Mongolia according to the land-use dynamics and wind erosion dynamics in 1995-2000