

# 不同土壤侵蚀背景下土地利用的时空演变

王思远<sup>1</sup>, 刘纪远<sup>2</sup>, 张增祥<sup>1</sup>, 张宗科<sup>1</sup>

(1. 中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

**摘 要:** 为了研究土地利用、土地覆盖的时空变化, 本文在遥感技术与 GIS 技术的支持下, 对不同土壤侵蚀背景下土地利用的时间动态特征和空间动态特征进行了定量分析。具体表现为通过空间分析, 对中国近五年来不同土壤侵蚀背景下的土地利用类型, 如耕地状况、森林植被覆盖、城镇工矿建设用地等时空特征进行了动态分析。研究表明: 我国土壤侵蚀以水力、风力、冻融侵蚀为主, 水力侵蚀以微度水力侵蚀为主, 在微度水力侵蚀区, 耕地、草地、建设用地面积增加, 其中耕地增加最多, 林地、未利用地面积逐渐减少。风力侵蚀以剧烈风力侵蚀为主, 在微度风力侵蚀区, 草地面积减少, 而未利用地的面积增加; 在轻度、中度、强度风力侵蚀区, 耕地、林地、未利用地面积增加, 草地面积减少。在冻融侵蚀区, 草地面积有显著增加, 而未利用地面积减小。

**关键词:** GIS; 土壤侵蚀; 土地利用; 时空特征

中图分类号: S152.7<sup>+</sup>3

文献标识码: A

我国地域辽阔, 自然资源与社会经济发展的空间差异显著, 特别是随着近年来的经济发展, 土地资源的利用方式、区域土地利用结构、土地利用程度同样具有明显的区域特点。只有开展我国广大区域的土地利用的空间信息特征及其变化特征的空间差异性分析和对比研究, 才能充分了解土地利用的时空演变过程, 保证国家宏观战略决策的针对性、有效性, 从而可以从国土资源与环境的可持续利用性来保证区域经济发展的可持续性, 实现国家经济的高速、协调发展。本文在遥感技术与 GIS 技术支持下, 对不同土壤侵蚀背景下的中国土地利用的时空特征进行了分析, 为研究土地利用、土地覆盖的时空演变规律提供依据。

## 1 研究区和所采用的数据集

研究区为整个中国境内。

所使用的数据集主要来源于中国资源环境数据库, 有 1996 年采集的反映中国九十年代中期的 1:10 万土地利用数据和 2000 年采集的反映九十年代末期的 1:10 万的土地利用数据和 1998 年采集的反映

九十年代中后期土壤侵蚀情况的 1:10 万土壤侵蚀数据。土地利用数据与土壤侵蚀数据都是通过对 LANDSAT TM 图像进行目视判读得到的, 在判读过程中, 充分利用了如地形地貌图等辅助数据, 并进行了实地勘察。根据全国《土地利用现状调查技术规程》和土地的用途、经营特点、利用方式和覆盖特征等因素作为土地利用的分类依据, 区分差异性, 归纳共同性, 从高级到低级逐级划分, 将土地利用类型分为耕地、林地、草地、水域、城乡工矿居民用地和未利用土地共 6 个一级类型和 24 个二级类型。土壤侵蚀数据根据全国《全国土壤侵蚀调查技术规程》, 并充分分析土壤环境、气候环境、植被环境、物质文化环境以及地形地貌的基础上, 将土壤侵蚀分为水力侵蚀、风力侵蚀、冻融侵蚀、重力侵蚀、工程侵蚀 5 个一级类型, 水力侵蚀与风力侵蚀分别又分为六个等级, 分别为微度、轻度、中度、强度、极强和剧烈。冻融侵蚀被分为四级, 微度、轻度、中度和强度。

在 ARC/INFO 的 GIS 软件环境下, 将两种数据都由矢量转化为 ARC/INFO GRID 数据。同时两种数据均被统一到统一的坐标系和投影下。所采用的

收稿日期: 2001-05-08; 改回日期: 2001-08-23。

基金项目: 中国科学院知识创新重大项目(KZCX1-Y-02-01)和(KZCX1-Y-02-02-03)。

作者简介: 王思远(1972-), 男, 河北人。1994年毕业于武汉测绘科技大学, 现为中国科学院遥感应用研究所博士研究生, 主要从事遥感影像处理、模式识别、地理信息系统以及生态、自然资源环境遥感等方向的研究工作。通讯地址: 北京市 9718 信箱中国科学院遥感应用研究所再生室, 邮政编码: 100101

投影为等面积割圆锥投影, 并采用全国统一的中央经线和双标准纬线, 中央经线为东经 105°, 双标准纬线分别为北纬 25° 和北纬 47°, 所采用的椭球体为 KRASOVSKY 椭球体。以上所有数据都被统一成 1000m×1000m 栅格大小的 GRID 数据。图 1, 2 分别为 1996 年采集的反映中国八十年代中后期的土地利用空间分布图和土壤侵蚀空间分布图, 从图中可以看出: 耕地主要分布在中国东部地区, 林地分布在南部、东北部地区, 草地以分布在中部和西南部为最多, 未利用地则主要分布于西北中部地区。土壤侵蚀以水力侵蚀为主, 主要分布于中国的东部与中部地区, 风力侵蚀分布在西北与内蒙古地区, 冻融侵蚀分布于中国的西南部。

2 不同土壤侵蚀下的土地利用时空特征分析

2.1 不同水力侵蚀下的土地利用时空特征分析

在 ARC/INFO Grid 模块支持下, 将全国两期土地利用数据与全国水力侵蚀数据进行空间叠加, 可得到不同水力侵蚀下的两期土地利用特征的空间分布, 统计结果如表 1 和表 2 所示, 其中 % 表示土地利用类型在每一水力侵蚀类型中所占的面积比重。同时, 考虑到 TM 影像不同时相的数据对水域影响较大, 故本次分析不考虑湖泊流域的时空变化。从表 2 可以看出现在的水力侵蚀下土地利用状况: 在水力侵蚀区, 我国的水力侵蚀以微度水力侵蚀为主, 随着侵蚀强度的增加, 侵蚀面积在逐渐减少。其中, 在微度水力侵蚀区, 林地所占的面积最大, 达 45.1%,

未利用地所占面积最小; 在轻度、中度与极强度侵蚀区, 草地所占面积最大, 分别为 39.9%、43.9% 和 46.4%; 在强度与剧烈侵蚀区, 耕地所占面积最大, 为 42.3% 和 44.0%。图 3 为水力侵蚀下两期土地利用时空特征变化幅度统计图, 从图 3 和两期统计数据对比来看, 在微度水力侵蚀区, 耕地、草地、建设用地面积增加, 其中耕地增加最多, 林地、未利用地面积逐渐减少, 其中林地面积减少最多, 其所占地面积由 45.4% 降低到 45.1%; 在轻度与中度水力侵蚀区, 耕地用地面积增加最快, 增加近一个百分点; 其次增加比较多的是建设用地, 而林地、草地面积在减少; 在强度水力侵蚀区, 耕地、草地面积有一定的增加, 林地、未利用地面积减小; 极强度水力侵蚀区土地利用特征变化不太明显, 而在剧烈侵蚀区, 林地面积有一些增加, 而耕地、草地面积都有减少, 原因可能是在剧烈侵蚀区, 人工植树增加, 所以林地面积有增加, 但侵蚀在继续发展, 导致耕地、草地的进一步减少。

2.2 不同风力侵蚀下的土地利用时空特征分析

将全国两期土地利用数据与全国风力侵蚀数据进行迭加, 可得到不同风力侵蚀下的两期土地利用特征的空间分布, 其统计结果如表 3 和表 4 所示, 其中 % 表示土地利用类型在每一风力侵蚀类型中所占的面积比重。从统计表中可以看出: 总体上, 在风力侵蚀区, 我国的风力侵蚀以剧烈风力侵蚀为主, 随着侵蚀强度的增加, 侵蚀面积在逐渐增加。我国耕地、水域、建设用地主要分布在微度风力侵蚀区, 林地、草地主要分布在轻度风力侵蚀区, 而未利用地大多分布于剧烈风力侵蚀区。

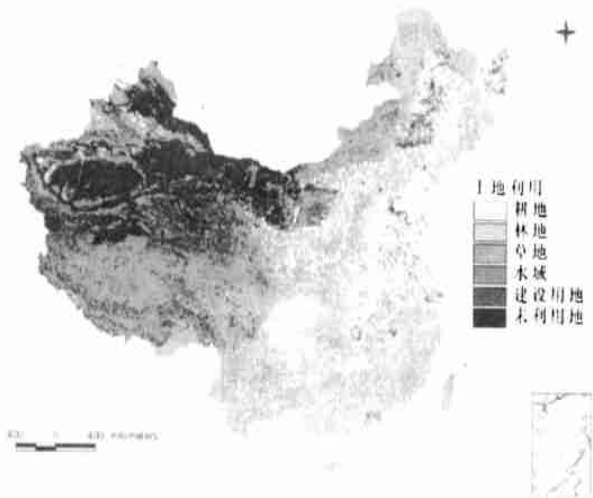


图 1 土地利用特征空间分布图(1996 年数据)

表 1 1990 年代中期不同水力侵蚀下的土地利用时空特征分布(km<sup>2</sup>)

Table 1 The distribution of land use under different water soil erosion in 1990s, unit: sq. km

ID	耕地	%	林地	%	草地	%	水体	%	建设用地	%	未利用地	%	总面积
微度	1100242	31.6	1581603	45.4	451798	13.0	124035	3.5	139598	4.0	88280	2.5	3485556
轻度	213968	24.2	274929	31.1	358061	40.4	3759	0.4	6540	0.7	27983	3.2	885240
中度	180701	28.3	151132	23.6	284470	44.5	3301	0.5	3245	0.5	16571	2.6	639420
强度	81090	42.0	37770	19.6	68545	35.5	516	0.3	825	0.4	4316	2.2	193062
极强	26095	46.3	3340	5.9	26206	46.5	124	0.2	151	0.3	486	0.9	56402
剧烈	10963	45.6	654	2.7	12040	50.0	14	0.0	51	0.2	342	1.4	24064

表 2 1990 年代末期不同水力侵蚀下的土地利用时空特征分布(km<sup>2</sup>)

Table 2 The distribution of land use under different water soil erosion in the end of 1990s, unit: sq. km

ID	耕地	%	林地	%	草地	%	水体	%	建设用地	%	未利用地	%	总面积
微度	1106295	31.7	1572526	45.1	457361	13.1	124070	3.5	143020	4.1	81870	2.3	3485142
轻度	222310	25.1	270128	30.5	353039	39.9	5158	0.6	7096	0.8	27476	3.1	885207
中度	186507	29.1	148848	23.3	280450	43.9	3384	0.5	3521	0.6	16696	2.6	639406
强度	81717	42.3	36219	18.8	69769	36.1	631	0.3	890	0.5	3835	2.0	193061
极强	26085	46.2	3443	6.1	26152	46.4	132	0.2	138	0.2	452	0.8	56402
剧烈	10589	44.0	1278	5.3	11769	48.9	20	0.1	52	0.2	356	1.5	24064

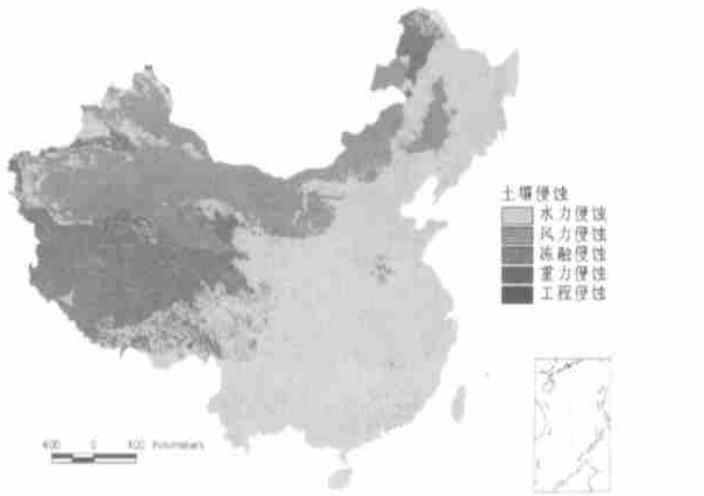


图 2 土壤侵蚀特征空间分布图

Fig. 2 The distribution of soil erosion in China

图 4 为风力侵蚀下两期土地利用时空特征变化图,从图 4 和两期统计数据对比来看,五年间,在微度风力侵蚀区,草地面积在减少,而未利用地的面积在增加;在轻度、中度、强度风力侵蚀区,耕地、林地、未利用地用地面积增加,其中未利用地面积增加幅度最大,分别从九十年代中期的占地面积 11.8%、

26.3%和 70.7%增加到九十年代末期的 13.8%、31.9%和 75.3%,面积减少的主要是草地,分别从九十年代中期的占地面积 75.2%、64.6%和 27.1%减少到九十年代末期的 72.1%、57.5%和 22.1%;在极强度和剧烈风力侵蚀区,草地、耕地面积略有增加,未利用地面积减少。由于在草场中风力侵蚀的结

表 3 1990 年代中期不同风力侵蚀下的土地利用时空特征分布(km<sup>2</sup>)

Table 3 The distribution of land use under different wind soil erosion in 1990s, unit: sq. km

ID	耕地	%	林地	%	草地	%	水体	%	建设用地	%	未利用地	%	总面积
微度	54940	19.0	9306	3.2	122986	42.6	16539	5.7	6790	2.4	77969	27.0	288530
轻度	29048	8.4	10840	3.1	259084	75.2	2224	0.6	2662	0.8	40796	11.8	344654
中度	26602	7.1	5041	1.3	243255	64.6	1489	0.4	1376	0.4	98962	26.3	376725
强度	5859	1.6	1536	0.4	100692	27.1	427	0.1	362	0.1	263116	70.7	371992
极强	2701	0.7	147	0.0	12548	3.2	222	0.0	138	0.0	373173	95.9	388929
剧烈	204	0.0	236	0.0	10233	2.0	123	0.0	23	0.0	507390	97.9	518209

表 4 1990 年代末期不同风力侵蚀下的土地利用时空特征分布(km<sup>2</sup>)

Table 4 The distribution of land use under different wind soil erosion in the end of 1990s, unit: sq. km

ID	耕地	%	林地	%	草地	%	水体	%	建设用地	%	未利用地	%	总面积
微度	54679	19.0	9444	3.3	120394	41.7	15213	5.3	6960	2.4	81835	28.4	288525
轻度	31664	9.2	10559	3.1	248533	72.1	3651	1.1	2775	0.8	47462	13.8	344644
中度	28816	7.6	6861	1.8	216629	57.5	2669	0.7	1560	0.4	120189	31.9	376724
强度	6512	1.8	2027	0.5	82184	22.1	843	0.2	425	0.1	280001	75.3	371992
极强	3049	0.8	274	0.0	14092	3.6	1087	0.3	157	0.0	370270	95.2	388929
剧烈	1161	0.2	483	0.1	14730	2.8	123	0.0	364	0.0	500728	96.6	518205

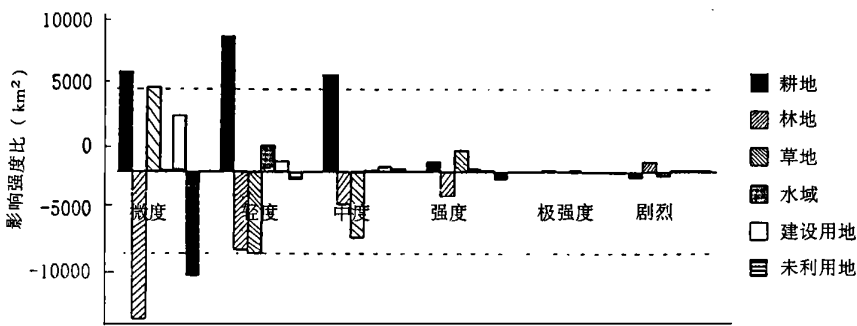


图 3 不同水力侵蚀下土地利用时空特征变化统计图

Fig. 3 The statistical map of land use change under different water soil erosion

果, 会使陆地表层中最有用的细颗粒成分流失, 最终丧失对植被的承载能力, 从而造成土地的沙漠化, 所以这部分地区应当是对沙漠化最敏感的区域, 也是防治沙漠化应当最优先考虑的范围, 我们可以把这部分单独提取出来, 作为沙漠化的危险区加以研究。图5 为中国草场沙漠化危险区分布图, 通过比较两期统计数据, 可发现草场危险区的面积继续减小, 也就是沙漠的面积在继续增加, 沙漠化的倾向在进一步增大。因此, 如何防治风力侵蚀, 如何治理沙漠、

保护植被资源是一个值得深入研究的课题。

2.3 不同冻融侵蚀下的土地利用时空特征分析

将全国两期土地利用数据与全国冻融侵蚀数据进行空间迭加, 可得到不同冻融侵蚀下的两期土地利用特征的空间分布, 其统计结果如表 5 和表 6 所示。从中可以看出: 总体上, 在冻融侵蚀区, 我国的冻融侵蚀以微度冻融侵蚀为主, 随着侵蚀强度的增加, 土地利用面积在逐渐减小。

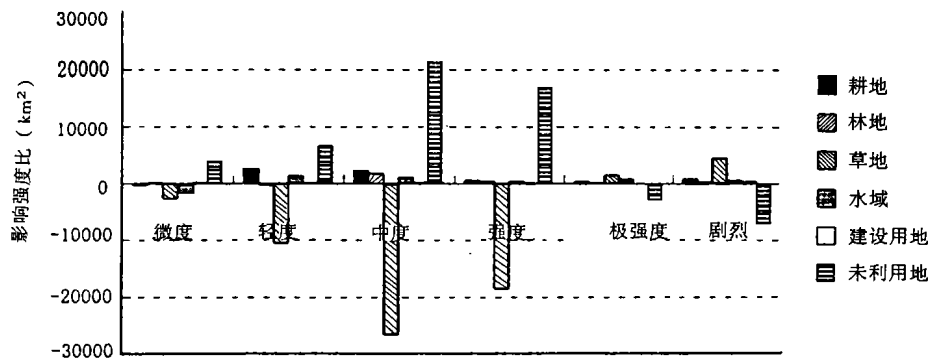


图 4 不同风力侵蚀下土地利用时空特征变化统计图

Fig. 4 The statistical map of land use change under different wind soil erosion

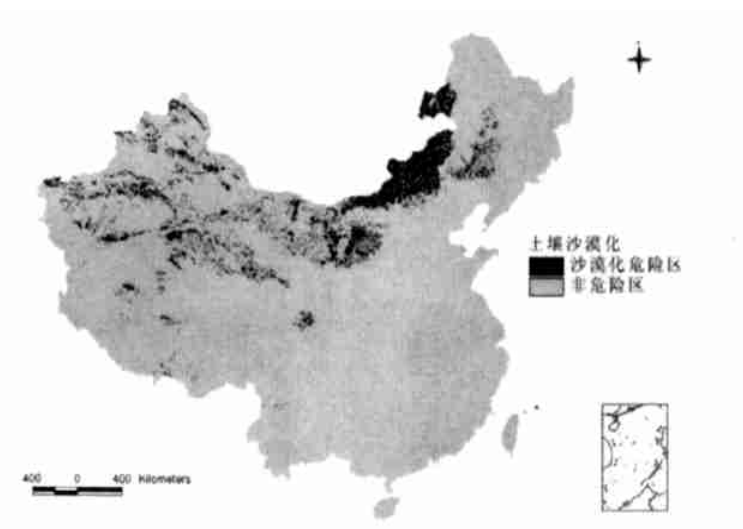


图 5 中国草场沙漠化危险区分布图

Fig. 5 The desertification danger zone of meadow in China

表 5 1990 年代中期不同冻融侵蚀下的土地利用时空特征分布(km<sup>2</sup>)

Table 5 The distribution of land use under different frozen soil erosion in 1990s, unit: sq. km

ID	耕地	%	林地	%	草地	%	水体	%	建设用地	%	未利用地	%	总面积
微度	3012	0.3	91981	10.6	406971	46.7	96403	11.1	304	0.0	273037	31.3	871708
轻度	1882	0.3	55539	9.6	359959	62.1	4707	0.8	131	0.0	157690	27.2	579908
中度	54	0.0	2771	0.9	202653	68.6	3220	1.1	0	0.0	86683	29.3	295381
强度	29	0.0	1347	1.4	66833	67.1	1053	1.1	0	0.0	30310	30.4	99572

表 6 1990 年代末期不同冻融侵蚀下的土地利用时空特征分布(km<sup>2</sup>)

Table 6 The distribution of land use under different frozen soil erosion in the end of 1990s, unit: sq. km

ID	耕地	%	林地	%	草地	%	水体	%	建设用地	%	未利用地	%	总面积
微度	3211	0.4	82864	9.5	391865	45.0	103692	11.9	314	0.0	289708	33.2	871654
轻度	2092	0.4	56653	9.8	390680	67.4	3438	0.6	129	0.0	126900	21.9	579892
中度	84	0.0	1707	0.6	237588	80.4	1850	0.6	0	0.0	54141	18.3	295370
强度	49	0.0	1501	1.5	84235	84.6	591	0.6	1	0.0	13193	13.3	99570

图6为不同冻融侵蚀下土地利用时空特征变化统计图,比较两期统计数据与图6可以看出:在微度冻融侵蚀区,林地、草地退化比较严重,而未利用地有显着的增加,从九十年代中期的占地面积31.3%增加到末期的33.2%;在轻度、中度和强度侵蚀区,草地面积有显著增加,用地面积从62.1%、68.6%和67.1%增加到67.4%、80.4%和84.6%,而未利用地面积在减少,占地面积从27.2%、29.3%和30.4%减少到21.9%、18.3和13.3%。总体上,冻融侵蚀区草地面积有显著增加,未利用地面积在减小。

2.4 不同重力与工程侵蚀下的土地利用时空特征分析

将全国两期土地利用数据与全国重力侵蚀数据和工程侵蚀数据进行空间迭加,可得到不同重力侵蚀和工程侵蚀下的两期土地利用特征的空间分布,其统计结果如表7和表8所示。从统计表中可以看出:总体上,我国重力侵蚀与工程侵蚀比较弱,占地面积比较小,分布也比较零星。在重力侵蚀区,土地利用以林地、耕地为主,两者十年间变化不是太明显;在工程侵蚀区,土地利用以建设用地为主,两期数据相比,建设用地占地面积略有减少。

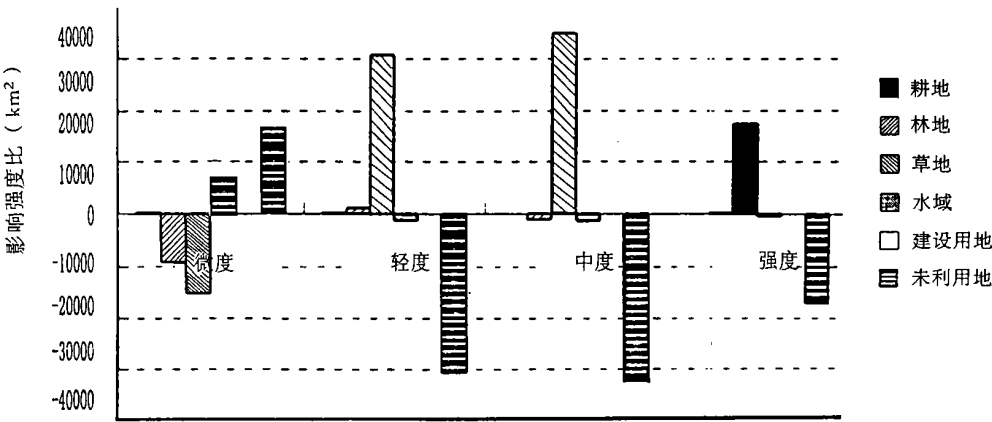


图6 不同冻融侵蚀下土地利用时空特征变化统计图

Fig. 6 The statistical map of land use change under different frozen soil erosion

表7 1990代中期不同重力和工程侵蚀下的土地利用时空特征分布(km²)

Table 7 The distribution of land use under different gravity and engineer soil erosion in 1990s. unit: sq. km

ID	耕地	%	林地	%	草地	%	水体	%	建设用地	%	未利用地	%	总面积
重力	196	33.2	319	54.0	56	9.5	1	0.2	19	3.2	177	29.9	768
工程	795	18.2	320	7.3	197	4.5	51	1.2	2937	67.2	69	1.6	4369

表8 1990年代末期不同重力和工程侵蚀下的土地利用时空特征分布(km²)

Table 8 The distribution of land use under different gravity and engineer soil erosion in the end of 1990s. sq. km

ID	耕地	%	林地	%	草地	%	水体	%	建设用地	%	未利用地	%	总面积
重力	193	25.1	340	44.3	76	9.9	2	0.3	13	1.7	144	18.7	768
工程	947	21.7	344	7.9	176	4.0	71	1.6	2729	62.5	97	2.2	4364

### 3 结论

遥感技术与 GIS 技术相结合, 是进行国土调查与研究的有效工具, 不仅可以节省财力物力, 而且可以对国土时空特征演变进行快速监测, 从而从总体上把握土地利用、土地覆盖时空特征的演变和分布情况, 为政府及时决策提供依据。本文在遥感技术与 GIS 技术的支持下, 对不同土壤侵蚀背景下土地利用的时空特征进行了定量分析。分析结果表明, 就整个中国而言, 土壤侵蚀以水力、风力和冻融侵蚀为主, 我国的国土以位于微度水力侵蚀区、剧烈风力侵蚀区和微度冻融侵蚀区为最多。在微度水力侵蚀区, 耕地、草地、建设用地面积增加, 其中耕地增加最多, 林地、未利用地面积逐渐减少。风力侵蚀以剧烈风力侵蚀为主, 在微度风力侵蚀区, 草地面积减少, 而未利用地的面积增加; 在轻度、中度、强度风力侵蚀区, 耕地、林地、未利用地用地面积增加, 草地面积减少。在冻融侵蚀区, 草地面积有显著增加, 而未利用地面积减小。同时值得注意的是: 风力侵蚀对我国国土威胁最大, 因此, 做好西部地区退耕还林、退

耕还草工作, 积极防治风力侵蚀、阻止沙漠化, 对我们来说, 是一项长期而艰巨的工作。

致谢: 对中科院遥感所共同参加本项目的周全斌、王长有、赵晓丽、刘彬和谭文斌等同志的辛勤工作表示衷心感谢。

#### 参考文献:

- [1] 史培军, 等. 土地利用/土地覆盖变化研究的方法与实践[C]. 北京: 科学出版社, 2000. 99~110.
- [2] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996. 140~158.
- [3] Loveland T. R., Merchant J. W., Ohlen D. O. and Brown J. F., Development of a land cover characteristics database for the continenous U.S., 1991, PE & RS, 57: 1453-1463.
- [4] Jones S. Deconstructing the degradation debate: A study of land degradation in the Uluguru mountains, Tanzania. UNPUBLISHED Ph. D. thesis[M], School of Development Studies, University of East ANGLIA, Norwich, 1995.
- [5] Shi W. Z. and M. Ehlers., Detemining uncertainties and their propagation in dynamic change detection based on classified remote sensed images. *Int. J. Remote Sensing*, 1996, 17(14): 1100-1117.

### The Analyse on Spatial-Temporal Feature of Land Use and Land Cover under the Defferent Background of Soil Erosion

WANG Si-Yuan<sup>1</sup>, LIU Ji-Yuan<sup>2</sup>, ZHANG Zeng-xiang<sup>1</sup> and ZHANG Zong-ke<sup>1</sup>

(1. *Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Science, Beijing 100101, China;*

2. *Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Science, Beijing, 100101 China*)

**Abstract:** The research of spatial-temporal features of land use and land cover is significantly important for better understanding land use/land cover change and environmental management for sustainable development. In order to study the spatial-temporal changes of land use and land cover, the technologies of Remote Sensing and Geographical Information System were used to analyze the spatial distribution of spatial-temporal feature of land use and land cover under the different soil erosion. It is shown that the main types of soil erosion are water soil erosion, wind soil erosion and frozen soil erosion in China. The maximum of percentage of types of water soil erosion and frozen soil erosion are slight water soil erosion and slight frozen soil erosion. The maximum of percentage of types of wind soil erosion is fierce wind soil erosion. So, The wind soil erosion is the most serious environment and socioeconomic problems in China, especially in the north China where sandy desertification is developing rapidly over large areas and receiving widespread attention.

**Key words:** geographical information system; land erosion; land use; spatial-temporal feature