

我国低山丘陵区水土流失及生态环境背景分析

邹亚荣, 赵晓丽, 张增祥, 周全斌, 杨存建

(中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101)

摘要: 我国是一个以山地为主的国家, 山地多为大江大河的源头, 而低山丘陵为这些大江大河支流的发源地, 这些区域的水土流失必然会带来环境问题。以 TM 影像为数据源, 以 GIS 为技术支撑, 从 DEM 中获取低山丘陵层, 以此为 MASK 层, 提取水土流失及相应的生态环境背景各层, 包括土地利用、坡度、降水、均温、植被等生态背景层, 这些背景层是多年数据的平均, 然后把水土流失层与环境背景各层分别叠加, 分析不同环境背景下水土流失状况, 从而为治理水土流失提出科学依据。

关键词: RS; GIS; 水土流失; 环境背景

中图分类号: S157; X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2002)04-0049-05

Analysis of Soil Erosion Environment Background in China Hills

ZOU Ya-rong, ZHAO Xiao-li, ZHANG Zeng-xiang, ZHOU Quan-bin, YANG Cun-jian

(Institute of Remote Sensing Applications, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: There is more than 70% mountains in China, and these mountains are the resources of rivers, such as the Yangtze River, the Yellow River. Moreover, these hills are resources of branches of main rivers. Soil erosion in these areas will lead to river environment change, and causes more disasters, such as flood. With RS and GIS supported, the authors analyse features of soil erosion environment background in these hilly areas, then some points are suggested for controlling soil erosion. The steps are as follows: First, extracting hill coverage from DEM with the elevation less than 1 000 m according to traditional method. Second, setting hill coverage as a mask in ARC/INFO to get environment background coverage, that is slope coverage, NDVI coverage, etc. Third, coming these coverages with soil erosion coverage in ARC/INFO. Some treatments for controlling soil erosion are presented.

Key words: RS; GIS; soil erosion; environment background

1 前言

土地资源是自然资源中与人类最密切相关的一种。在人口众多、耕地有限的中国, 人地关系尤为紧张。而在社会高度发展的今天, 土地退化日益严重, 究其原因, 不仅是自然的, 而且很大程度上是同人类活动有关。其中土壤侵蚀是土地退化的一个重要原因, 它不仅使得土地退化, 而且还会造成严重的生态环境问题, 构成对人类的生存危害。我国的水土流失面积达 356 万 km², 占国土面积的 38%, 每年损失 6.7 万 km² 耕地, 流失土壤 50 亿 t^[6]。我国是一以山地为主的国家, 尤其是在我国的东部地区以低山丘陵为多, 而这些地区的土地利用效率高, 土壤侵蚀势必带来土地退化, 给该地区的经济发展造成制约。土壤侵蚀是在一定的环境背景上发生的,

而环境背景因子较多, 植被指数、土地利用、坡度、降水等。但所有的环境因子对土壤侵蚀的影响是不同的。本文分析这些环境背景因子在高程小于 1 000 m 下土壤侵蚀状况。

2 数据基础与方法

以 TM 影像为数据源, 在 MGE 环境下人机交互解译出土地利用类型, 图像处理的几何精校正采用最小二乘法计算, 像元重采样采用最近邻点法或双线性插值法。影像被几何纠正到误差不超过 2~3 个像元, 判读以专家解译为主, 辅助以地形图、航片等资料, 得到土壤侵蚀的 Coverage。根据文献^[1], 从 DEM 中提取高程提取小于 1 000 m 的 Coverage, 以此作为 Mask。在 ARC/INFO 下用 Combine 命令与生态环境背景迭加, 得到不同生态环境背景的土壤侵蚀类型与强

* 收稿日期: 2002-02-22

作者简介: 邹亚荣, 男, (1967-), 江西南昌人, 讲师, 博士生, 主要从事 GIS 研究与应用研究。

度。生态环境背景数据是多年的综合值。所有数据在统一的坐标下, 均转化成 100 m × 100 m 的栅格数据。土壤侵蚀分类以水利部的规范, 分成不同的等级^[5]。各个生态环境背景层的指标确定^[2~ 4], 如表 1:

表 1 各个生态环境背景层的指标

ID	干燥度	ID	降水量	坡度	ID	ID	> 10 积温/	ID	> 10 积温/
1	0 5	1	250	0~ 5	1	1	< 2100	8	8200~ 9000
2	0 5~ 1. 00	2	250~ 400	5~ 8	2	2	2100~ 3900	9	9000~ 10000
3	1. 00~ 1. 49	3	400~ 800 春旱较重	8~ 15	3	3	3900~ 5500	10	> 10000
4	1. 50~ 2. 00		400~ 800 春旱较轻	15~ 25	4	4	5500~ 6100	11	2100~ 4000
5	2. 00~ 4. 00	4	800~ 1000	25~ 35	5	5	6100~ 7000	12	4000~ 5700
6	> 4. 00	5	1000~ 1600	35~ 90	6	6	7000~ 8200	13	< 500
- 9	不可计算	6	> 1600			7	4000~ 6000	14	500~ 1500
								15	1500~ 3000

表 2 不同干燥度下低山丘林土壤侵蚀状况

											hm ²
干燥度	面积	类型	干燥度	面积	类型	干燥度	面积	类型	干燥度	面积	类型
- 9	873	31	5	852170	21	2	53187	40	4	201283	21
- 9	330371	11	5	1622071	23	2	4192	33	4	556074	24
- 9	1336	13	5	995378	22	3	57215997	11	4	47680	25
- 9	1332	12	5	1162515	24	3	12394462	12	4	484008	13
- 9	4211	25	5	580262	11	3	8425770	13	4	6419632	11
- 9	542	15	5	1423377	26	3	177985	31	4	448561	12
- 9	39	33	5	257932	13	3	45596	32	4	158298	14
1	1531740	11	5	283951	12	3	2561329	23	4	4910	50
1	178853	13	5	16	33	3	8206510	21	4	8551	26
1	213001	12	5	3244	50	3	7165682	22	4	146333	15
1	34709	14	5	8603	14	3	949794	24	4	142641	16
1	3413	15	5	53292	25	3	615806	15	4	816	31
1	1035	16	5	1004	31	3	343878	25	4	199	33
1	535	50	5	205	15	3	64815	50	4	5	32
1	5340	31	5	3	32	3	2302763	14	2	905231	15
2	177791805	11	6	2330053	11	3	328246	16	2	88292	23
2	6929669	31	6	2502282	22	3	169	26	2	1471	24
2	17001508	13	6	795071	12	3	21	33	2	38	25
2	5721700	32	6	6179596	23	3	654	40	2	181756	16
2	27846016	12	6	403484	13	4	1036241	23	6	373	32
2	262250	50	6	4096520	21	4	2955916	22	6	82	33
2	4922723	14	6	9710086	24				6	374	14
2	110109	22	6	15708811	26		4053283	25	6	1153	31
2	253401	21	6	25680	50		181756	16	6	4053283	25
2	905231	15	6	373	32	2	1471	24	6	374	14
2	88292	23	6	82	33	2	38	25	6	1153	31

3 生态背景分析

3.1 干燥度因素分析

在干燥度为- 9 的土壤侵蚀, 总的侵蚀面积为 338 704 hm², 侵蚀类型为水蚀、风蚀、冻融, 其面积分别占 98%, 1. 2%, 0. 2%。水蚀为主要的侵蚀类型, 且侵蚀强度以微度为主。在干燥度为 1 的土壤侵蚀, 总的侵蚀面积为 1 968 626

hm², 主要侵蚀为水蚀, 占约 99%, 主要侵蚀强度为微度。

在干燥度为 2 的土壤侵蚀, 总的侵蚀面积为 24 073 348 hm², 侵蚀类型为水蚀、风蚀、冻融等, 水蚀侵蚀面积占 94. 5%, 其它的占 5. 5%。侵蚀强度以微度与轻度为主。

在干燥度为 3 的土壤侵蚀, 总的侵蚀面积为 100 799 477 hm², 侵蚀类型为水蚀、风蚀等, 以水蚀为主要, 占总侵蚀面积的 81%, 风蚀占 12%。侵蚀强度以轻度与微度为主。

在干燥度为 4 的土壤侵蚀, 总的侵蚀面积为 14 423 067

hm², 侵蚀类型为水蚀、风蚀等, 水蚀面积占 54%, 风蚀面积占 45%。侵蚀强度水蚀为微度, 轻度, 中度, 重度, 风蚀为中度, 重度为主。

在干燥度为 5 的土壤侵蚀, 总的侵蚀面积为 7 244 375 hm², 侵蚀类型为风蚀、水蚀等, 风蚀面积占 84%, 其强度以轻度, 中度, 重度为主。

在干燥度为 6 的土壤侵蚀, 总的侵蚀面积为 45 806 848 hm², 侵蚀类型为风蚀、水蚀等, 风蚀面积占 92%, 而且强度以剧烈, 重度为主。

随干燥度值的增加, 侵蚀类型由水蚀为主变成风蚀为主, 并且风蚀的强度面积扩大。在水蚀区, 强度以微度、轻度为主, 表明土壤的水蚀不重。具体如表 2:

3 2 降雨因素分析

表 3 不同降雨下低山丘林土壤侵蚀状况 hm²

降雨	面积	类型	降雨	面积	类型	降雨	面积	类型	降雨	面积	类型
1	3029	13	2	2457953	11	6	72620533	11	5	96450975	11
1	8317276	26	2	2865050	22	6	8095198	12	5	9693292	13
1	1652143	23	2	784976	12	6	6139602	13	5	5697549	31
1	2095761	21	2	5378780	23	6	2009270	14	5	4470302	32
1	5037228	24	2	474312	13	6	353664	15	5	16855287	12
1	110036	11	2	2486933	21	6	107576	16	5	83979	50
1	500849	22	2	5186318	24	6	147194	50	5	2805849	14
1	8445	50	2	8303475	26	6	43958	40	5	561616	15
1	55016	12	2	17518	50	6	4104	22	5	150705	21
1	2142950	25	2	370	32	6	181	23	5	81764	22
3	8127622	21	2	57	33	4	39	33	5	6309	23
3	8413468	22	2	411	14	4	159556	16	5	47191	16
3	1998988	24	2	1963116	25	4	4841	26	5	238	24
3	359870	15	2	826	31	4	179	25	5	4229	25
3	1944	31	7	17447518	11	4	285589	15	5	8	306
3	814780	14	7	2100655	12	3	3418833	13	5	4192	33
3	261	33	7	1300586	13	4	5733804	13	3	300046	16
3	22631708	11	7	531722	14	4	59748	50	3	8	32
3	4490788	12	7	110871	15	4	1860197	22	4	34837435	11
3	3756580	23	7	39333	16	4	689084	23	4	1416951	31
3	391422	25	7	11788	50	4	2554174	21	4	1297203	32
3	33573	50	7	1587	40	4	1266977	14	4	9614226	12
3	515273	26	7	10	22	4	154825	24			

3 3 植被因素分析

从 1 到 8 级, 各种土壤侵蚀类型均存在。其中主要以水蚀和风蚀为主。随NDVI 值的变化, 水蚀与风蚀表现出明显的地域分布。由于植被的由东向西呈地带变化, 水蚀的变化从东南向西北逐级变化, 从 1 到 8 级, 水蚀的比例依次为 0 3%, 3 3%, 45%, 70%, 76%, 74%, 68%, 81%。其中 2 到 3 的变化最大。而风蚀与水蚀相反方向变化, 从 1 到 8 级, 依次为 90%, 97%, 54%, 29%, 20%, 11%, 3 3%, 1 5%。其中 2 到 3 的变化最大。表现出两者的地域差别。从表中看出, 水蚀与风蚀交错变化, 但在风水交错带, 以水蚀为强, 风蚀稍弱。植被覆盖度大的地方, 土壤侵蚀少, 在交错带, 水蚀强, 说明植被破坏严重。具体如表 4:

从降雨因子来看, 有明显的地域性, 从 1 到 7, 风蚀由强到弱, 水蚀由弱到强, 在 1 的轻度以上风蚀占该带的 99%, 其强度为极强, 剧烈。水蚀仅 0 32%。由 2 到 7 风蚀的变化为 62%, 61%, 30%, 0 22%, 0 1%。从 3 到 4, 由 4 到 5, 风蚀减少非常快。表明在低山丘陵风水交错带, 水蚀比风蚀强。侵蚀强度也由剧烈, 强度变为轻度。而轻度以上水蚀由 2 到 7 的变化为 0 5%, 38%, 67%, 74%, 99%。水蚀由 2 到 3 的增加最快, 侵蚀强度一般以微度为主。侵蚀的变化与降雨的分布有很大的一致性, 说明降雨生态因子是土壤侵蚀的主要因素。其它的侵蚀类型在 1 到 7 均有发生。其中在 5 带, 冻融轻度以上占该带侵蚀的 11%, 在海拔小于 1 000 m, 发生这样面积较大的冻融侵蚀, 应引起重视。具体如表 3:

3 4 坡度因素分析

在各级坡度, 都有不同的类型与强度的土壤侵蚀。侵蚀面积在 1 级最大, 有 1 118 万 hm²。风蚀占 51%, 水蚀 41%, 说明在较平缓地区, 风蚀强于水蚀。随坡度的增加, 水蚀在不断地加强, 而风蚀则在逐渐减弱。从 1 到 6 级, 水蚀的变化依次为 41%, 58%, 78%, 94%, 98%, 98%。由 1 到 4, 增加明显, 在 2 到 3 级最大, 表明在这一级 坡度对土壤侵蚀最为严重, 以后则相对平缓。风蚀的变化依为 51%, 12%, 4 1%, 1%, 0 3%, 0 6%, 由 1 到 2, 降低程度最大, 以后则相对平缓。坡度对水蚀的影响要大于对风蚀的影响。冻融侵蚀在 2 级为 17%。具体如表 5:

表 4 不同植被指数下低山丘林土壤侵蚀状况

万 hm²

植被 类型	面积	植被 类型	面积	植被 类型	面积	植被 类型	面积	植被 类型	面积	植被 类型	面积
1 11	208 2	7 11	5758	5 11	5880	3 23	157. 5	3 12	125. 4	8 25	0 015
1 13	1. 329	7 31	275	5 13	844 7	3 24	48 72	3 31	0 368	8 26	0 464
1 21	287. 6	7 13	370 1	5 31	70 92	3 25	10 65	3 32	0 136	8 33	0 038
1 22	58 89	7 32	263 6	5 32	61. 47	3 50	3 616	3 13	97. 71	8 15	5 085
1 25	326 6	7 12	744 7	5 12	1206	3 26	33 34	3 14	41. 63	8 16	1 179
1 23	240 3	7 50	2 256	5 50	11. 09	3 33	0 014	3 21	176 2	8 40	0 165
1 24	614	7 14	112 5	5 14	222 5	3 15	31. 44	3 22	146 7	2 16	3 19
1 26	1174	7 22	46 65	5 22	408 8	3 16	34 06	6 21	318 5	2 40	0 003
1 12	5 332	7 23	13	5 21	332 1	3 40	0 043	6 24	16 76	3 11	467. 9
1 50	2 044	7 21	50 8	5 23	126	4 11	1742	6 15	49. 19	2 33	0 011
1 31	0 01	7 15	21. 52	5 15	39 89	4 13	332 4	6 25	1 241	4 26	8 261
1 32	0 004	7 24	1 35	5 25	3 692	4 31	2 429	6 26	1 326	4 33	0 009
1 14	0 267	7 25	0 08	5 24	45. 49	4 32	3 415	6 16	7 911	4 15	17 98
1 16	0 001	7 26	0 305	5 26	3 548	4 12	486 7	6 40	1 933	4 16	7 41
1 15	0 143	7 33	0 224	5 16	6 572	4 50	7 767	6 33	0 159	4 40	0 329
1 33	7E- 04	7 16	5 048	5 40	1 82	4 14	80 65	8 24	0 019	2 14	2 06
2 11	178 1	7 40	1 098	5 33	3E- 04	4 22	200	8 14	23 23	2 31	0 138
2 12	33 17	8 11	953 2	6 11	9589	4 21	257. 2	2 50	1 592	2 15	1 906
2 13	16 78	8 31	24 96	6 31	338 1	4 23	128 6	6 23	81. 06	2 26	494 2
2 21	118 1	8 13	62 65	6 13	951 8	4 24	44 14	2 32	0 017	8 22	3 034
2 23	402 4	8 32	23 17	6 32	225	4 25	4 323	8 23	0 805	6 22	309. 6
2 22	201. 4	8 12	135. 7	6 12	1465	2 24	467. 9	8 21	3 028	6 14	260 1
2 25	103 6	8 50	0 434	6 50	7. 856						

表 5 不同坡度下低山丘林土壤侵蚀状况

万 hm²

坡度	面积	类型	坡度	面积	类型	坡度	面积	类型	坡度	面积	类型	坡度	面积	类型	坡度	面积	类型
1	17145	11 5	1 766	31 3	8 334	24 2	0 01	33 6	0 118	24 6	0 153	23					
1	1538	13 5	121. 3	13 3	23 96	15 3	2645	11 6	0 02	26 2	103	32					
1	409. 7	31 5	1 809	32 3	1 615	25 3	134 1	31 6	13 58	14 2	1 968	16					
1	311. 7	32 5	174 6	12 3	36 65	26 3	419 8	13 6	0 036	50 2	0 337	40					
1	2635	12 5	46 26	14 3	0 041	33 3	127. 7	32 6	5 346	15 2	259 1	12					
1	31. 85	50 5	0 658	23 3	9 239	16 3	563 9	12 6	1 114	16 2	1 401	50					
1	377. 4	14 5	0 275	21 3	1 086	40 3	2 081	50 6	0 026	40 2	42 61	14					
1	1359	22 5	0 216	22 4	2873	11 3	125 3	14 6	0 054	33 2	9 639	22					
1	1120	23 5	0 029	25 4	21. 24	31 3	4 411	22 2	13 59	23 6	0 495	21					
1	1534	21 5	0 271	24 4	386 2	13 3	10 48	23 2	4 353	21 6	0 308	25					
1	1212	24 5	0 141	26 4	32 03	32 3	2 34	21 2	15 1	24 6	0 105	22					
1	83 87	15 5	0 198	50 4	515 1	12 5	956 1	11 2	6 259	15 6	33 64	13					
1	444 2	25 5	14 17	15 4	1 096	50 4	0 106	33 2	3 383	25 4	1 866	24					
1	1613	26 5	3 698	16 4	137	14 4	0 76	40 2	59 25	26 4	0 147	25					
1	0 16	33 5	0 132	40 4	0 915	22 4	10 93	16 6	50 53	12 6	0 134	32					
1	38 25	16 5	0 084	33 4	0 724	21 4	5 47	26 2	175 9	13 2	144 1	31					
1	3 04	40 6	0 48	31 4	33 34	15 2	872	11 6	270 5	11 4	3 66	23					

3 5 大于 10 积温因子分析

土壤冻融侵蚀与温度因素有密切关系。在 1 到 3 级,冻融侵蚀占相应各带侵蚀的 100%, 88%, 73%, 但随积温的增加,冻融侵蚀减少的非常快,有 73% 到 4 6%,说明温度对冻融侵蚀的影响。在 5, 6, 7 级,冻融侵蚀很小,水蚀与风蚀呈交错。两者的比例在 5, 7 级接近,而风蚀稍强。水蚀随积温的变大,在各级的比例也增加,在 11 级后开始减少,但也为主要侵蚀类型,分别为 7%, 4 8%, 61%, 46%, 46%, 97%, 97%, 88%, 93%, 83%, 73%。风蚀在 5, 6, 7 级最大,为 53%, 79%, 51%, 向两头递减。积温大的区域,风蚀相对小,从 9 到 13 级,风蚀比例小于 2%。就侵蚀强度,各强度的侵蚀均有,由弱到强,一般表现为减少。在每一级都有工程侵蚀,但面积不大。具体如表 6:

3 6 土地利用因子分析

土地利用不合理是造成土壤侵蚀的主要因素之一。从水蚀来看,随侵蚀强度的增加,耕地侵蚀比例逐渐加大,在 16 为变小,但也有 36%,说明人类开垦严重,由于受到自然的影响而限制。轻度以上分别为 39%, 41%, 53%, 64%, 36%。林地则随侵蚀强度增强而减少,比例为 38%, 32%, 24%, 9 7%, 5%。草地变化基本在 20% ~ 25% 之间,但在侵蚀最强处变为 56%。其它类土地利用则比例相对较小。风蚀的情况以草地的侵蚀最重。轻度以上分别为 69%, 60%, 20%, 2 7%, 2%。随侵蚀强度增加,其它土地类型的侵蚀比例加大,12%, 19%, 76%, 97%, 99%。而耕地的侵蚀则相对较小,一般为 12%, 17%, 在侵蚀强度大的区域则为小于 1%。林地的侵蚀比例也小,小于 4%。冻融侵蚀则以林地侵蚀为主,分

别为 80% , 68% , 77%。工程侵蚀以城镇为主, 达 62%。重力侵蚀则以林地、耕地为主, 侵蚀比例 51% , 38%。

表 6 不同坡度下低山丘林土壤侵蚀状况

万 hm²

积温	面积	类型	积温	面积	类型	积温	面积	类型	积温	面积	类型	积温	面积	类型	积温	面积	类型
1	1E- 04	31	8	5 644	26	12	86 63	13	6	137. 1	24	10	96 38	13	5	462	22
2	2 107	31	8	1 233	23	12	2832	11	6	180 2	11	10	4 015	15	5	4 902	50
2	5 942	32	8	2 753	21	12	1 18	32	6	34 27	22	10	155 3	12	5	105 6	14
2	47. 2	11	8	0 154	22	12	223 2	12	6	40 91	13	10	0 94	16	5	765 6	21
2	0 247	13	8	1228	11	12	6 066	31	6	0 84	50	10	0 078	40	5	413 9	24
2	0 183	12	8	0 321	50	12	0 027	33	6	114 1	23	10	0 008	31	5	449 3	26
2	0 435	25	8	1 837	24	12	15 22	14	6	19 45	21	11	0 467	21	10	25 74	14
2	0 169	15	8	164 1	12	12	3 68	15	6	0 026	31	11	0 149	23	4	22 56	24
2	0 005	33	8	111. 4	13	12	0 48	16	6	97. 23	25	11	3317	11	10	1 647	50
3	470 4	11	8	31. 51	14	12	13 09	50	6	12 18	14	11	0 009	22	14	1E- 04	14
3	659 7	31	8	4 663	15	12	0 704	22	6	9 633	15	11	124 4	14	10	0 604	26
3	8 331	13	8	0 652	16	12	2 564	40	6	6 614	16	11	24 15	15	7	0 002	33
3	516 3	32	8	0 098	40	12	0 007	23	7	621 2	24	11	318 5	13	7	722 8	13
3	69 61	12	8	9E- 04	31	13	16 47	13	7	955	26	11	363 5	12	7	0 007	31
3	0 185	50	9	7 533	26	13	501 6	11	7	186 1	22	11	7 776	16	7	302 4	25
3	262 1	22	9	6 035	23	13	0 273	32	7	348 2	23	11	3 114	50	7	0 023	32
3	55 75	23	9	5 389	21	13	31 79	12	7	6727	11	11	1 137	40	7	275 3	14
3	240 6	21	9	2243	11	13	5 088	31	7	963 3	12	11	0 162	32	7	73 09	15
3	38 48	24	9	2 938	24	13	0 39	33	7	397 2	21	11	0 487	31	7	11 85	16
3	2 199	25	9	1 652	22	13	1 542	14	7	5 505	50	11	0 002	33	7	0 592	40
3	0 218	14	9	1 554	50	13	0 161	40	4	107 2	21	14	0 184	23	4	97 78	26
3	0 024	33	9	99 89	14	13	2 367	50	4	2 56	50	10	776 2	11	14	1 115	12
4	3411	11	9	358 2	13	13	0 167	15	4	96 64	23	14	1 255	22	14	43 24	11
4	748 8	12	9	446 9	12	13	1 24	22	4	423 1	22	10	3 194	23	10	0 291	22
4	394 8	13	9	11 15	15	13	8E- 04	16	4	0 65	15	14	0 065	50	9	0 006	31
4	38 08	31	9	2 855	16	13	0 29	23	4	51 11	14	10	3 496	21			
4	52 9	32	9	0 754	40	14	3 092	13									

4 结 语

土壤侵蚀是在多种因素共同作用下形成的。本文讨论了低山丘陵土壤侵蚀发生的生态环境背景因素。我国的低山丘陵土壤侵蚀比较严重, 各种不同类型与强度的侵蚀均存在。在温度、降雨、植被、干燥度等因素有地域规律变化下, 土壤

侵蚀也随之发生地域性改变。由于低山丘陵主要集中于我国的东部地区, 温度、降雨、植被、干燥度等因子有地带的规律, 以上的结果, 水蚀土壤侵蚀从东向西递减, 表明东部的土壤侵蚀不容乐观。不同的水蚀与风蚀的变化方向是相反的, 在风水交错带, 水蚀强度要大于风蚀。坡度与土壤侵蚀有密切的关系。土地利用是人类可改变的因素。

参考文献:

[1] 李维能, 方贤铨. 地貌学[M]. 北京: 测绘出版社, 1983. 2. 11- 13.

[2] 邓先瑞. 气候资源概论[M]. 华中师范大学出版社, 1995. 7. 171.

[3] 丘宝剑, 卢其饶. 农业气候区划及方法[M]. 北京: 科学出版社, 1987. 141.

[4] 侯光良, 李继由, 张谊光. 中国自然资源丛书, 中国农业气候资源[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1993. 130- 131.

[5] 中华人民共和国水利部. 土壤侵蚀分类分级标准(SL 190- 96)[S]. 1997-02-13 发布. 1997-05-01 实施.

[6] 李国英. 对我国水土保持工作的几点思考[J]. 中国水土保持, 1998, 2: 20- 23.

[7] 杨存建, 等. 遥感和 GIS 支持下的云南省退耕还林还草决策分析[J]. 地理学报, 2001, 2: 181- 187.

[8] 潘剑君, 张桃林, 赵其国. 应用遥感技术研究余江县土壤侵蚀时空演变[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 4: 25- 28.

[9] 张增祥, 等. 西藏自治区中部地区资源环境遥感监测与综合评价研究[M]. 北京: 宇航出版社, 1997.