

不同高程带上的土壤侵蚀特征分析

杨存建^{1,2}, 刘纪远¹, 张增祥¹, 赵晓丽¹, 周全斌¹

(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: 利用遥感和地理信息系统技术对中国不同高程带上的土壤侵蚀情况进行了分析, 结果表明轻度以上水蚀的百分比和水蚀综合指数的最高值都出现在第 6 级高程带上, 即在 1 000~ 3 500 m 的高程带上, 分别为 49.2% 和 180。风蚀综合指数和土壤侵蚀综合指数最高值分别为 599 和 367, 均在第 6 级高程带上。冻融侵蚀综合指数最高值为 218, 出现在第 8 级高程带上。在各个高程带上均有水蚀分布, 在 1, 8 级, 极强和剧烈的水蚀分布比例几乎为 0, 而在 6 级高程带上, 却均在 69.9% 以上。高程等级从 1 级到 5 级, 均以水蚀为主。在 6 级, 以水蚀和风蚀为主, 分别占 51.1% 和 45.2%。在 7 和 8 级, 主要以冻融侵蚀为主。

关键词: 地理信息系统; 土壤侵蚀; 高程带

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2001)04-0015-04

中图分类号: S157, S159-3

Analysis of Soil Erosion Under Different Elevation Condition

YANG Cun-jian^{1,2}, LIU Ji-yuan¹, ZHANG Zeng-xiang¹, ZHAO Xiao-li¹, ZHOU Quan-bin¹

(1. Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, PRC;

2. Institute of Geographies and Resources, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, PRC)

Abstract: Soil erosion under different elevation was analyzed by using remote sensing and geographical information system technologies. It is shown that the maximum of percentage of water erosion above light and water soil erosion index are 49.2% and 180 respectively, it takes place in the region with the altitude between 1 000 and 3 500 meters. The maximum of the wind erosion index and soil erosion integrative index are 599 and 367 respectively, takes place in the region with the altitude between 1 000 and 3 500 meters. The maximum of frozen soil erosion index, 218, in the region with altitude above 5 000 meters. The water erosion dominates in the region with altitude under 1 000 meters. The Water erosion and wind soil erosion dominate in the region with altitude between 1 000 and 3 500 meter. The frozen soil erosion dominates in the region with altitude above 3 500 meters.

Keywords: GIS; soil erosion; altitude zone

1 前言

土壤侵蚀是土地退化的主要原因, 全球 83% 的土地退化是由土壤侵蚀引起^[1]。我国是土壤侵蚀最严重的国家之一, 水土流失面积达 $3.67 \times 10^6 \text{ km}^2$, 占国土面积的 38%, 每年损失 $6.7 \times 10^4 \text{ km}^2$ 耕地, 失掉土壤达 $5.0 \times 10^9 \text{ t}$ ^[2]。对不同高程带上的土壤侵蚀特征进行分析, 可以为土壤侵蚀的防治和治理提供决策依据。本文正是利用地理信息系统技术对不同高程带上的土壤侵蚀特征进行了分析, 以在大尺度上探讨土壤侵蚀与高程带的空间关系, 为土壤侵蚀的防治、土地合理利用和减轻土壤侵蚀提供决策依据。

2 试验区 and 数据

试验区为整个中国, 所使用的数据有 1: 100 000

的土壤侵蚀数据和全国 1: 25 万的数字地图数据。土壤侵蚀数据是通过 LANDSAT TM 图像进行目视判读和屏幕数字化而得到的矢量数据。在判读过程中, 充分利用了诸如地形、地貌和降雨等因子的辅助数据。根据土壤侵蚀的成因, 将土壤侵蚀分为: 水蚀、风蚀、冻融侵蚀、重力侵蚀和工程侵蚀 5 种。水蚀和风蚀分别被分为 6 个等级, 它们分别为微度、轻度、中度、强度、极强和剧烈。冻融侵蚀被分为 4 级, 即微度、轻度、中度和强度。在 ARC/INFO 的 GIS 软件环境下, 将其栅格化成 $100 \text{ m} \times 100 \text{ m}$ 的 GRID 数据。在 ARC/INFO 地理信息系统软件的支持下, 利用 1: 25 万的数字地图数据建立地面数字高程模型。参考有关资料^[3], 将高程分为 8 级, 不同的等级 I_d 对应着不同的高程带, 如表 1 所示。其高程带的空间分布如图 1 所示。

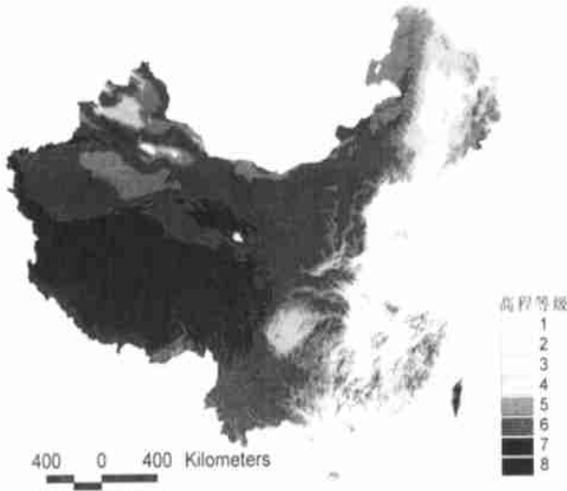


图 1 不同高程等级的空间分布

表 1 高程的分级

等级	高程带/m	地貌	等级	高程带/m	地貌
1	< 0	低凹地	5	500~ 1000	低山
2	0~ 100	低平原	6	1000~ 3500	中山
3	100~ 200	低平原	7	3500~ 5000	高山
4	200~ 500	高平原	8	> 5000	极高山

以上 2 种数据均被处理到统一的坐标系和投影下。所采用的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。所有数据都被统一成 100 m×100 m 栅格大小的 GRID 数据。

3 不同高程带上的土壤侵蚀特征分析

3.1 土壤侵蚀综合指数

为了对不同高程带上的土壤侵蚀情况进行比较分析,就需要能反映这些带内土壤侵蚀强度的一个综合指标,该指标的大小反映土壤受侵蚀的严重程度,可用土壤侵蚀的综合指数(INDEX) I_D 来表示,其计算公式如下:

$$I_D = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m W_{ij} A_{ij}$$

式中: W_{ij} ——第 i 类第 j 级的土壤侵蚀强度分级值;
 A_{ij} ——第 i 类第 j 级的土壤侵蚀强度面积比重。

不同土壤侵蚀类型的不同强度等级的分级值划分如下,水力侵蚀中的轻度、中度、强度、极强和剧烈的分级值分别为 2, 4, 6, 8, 10。重力侵蚀的分级值为 8,工程侵蚀的分级值为 4,微度侵蚀的分级值为 0。分级值越高表示对土壤侵蚀的综合指数的贡献越大。

3.2 不同高程带上的水蚀特征分析

将高程分级数据和水蚀数据进行空间叠加分析统计,得到如表 2 所示的结果。

从表 2 中可以看出,高程等级在 1—6 级,轻度以上水蚀所占的百分比和水蚀综合指数均逐渐增加,而 6—8 级,又逐渐减少。在第 6 级高程带上,即在 1000~3500 m 的高程带上,其轻度以上水蚀所占的百分比和水蚀综合指数均为最高,分别为 49.2% 和 180。在 1 和 2 级,水蚀指数均比较低,而在 5—8 级,均比较高。

表 2 不同高程带上的水蚀情况 %

I_d	轻度以上	微度	轻度	中度	强	极强	剧烈	I_D
1	0.8	99.2	0.5	0.1	0.2	0.0	0.0	3
2	7.9	92.1	4.3	2.5	0.8	0.2	0.0	25
3	25.1	74.9	14.0	8.2	2.3	0.4	0.1	80
4	30.5	69.5	17.6	10.1	2.3	0.4	0.1	93
5	34.3	65.7	16.4	12.4	3.8	1.1	0.6	120
6	49.2	50.8	22.5	17.1	6.1	2.4	1.1	180
7	48.3	51.7	22.8	21.0	4.4	0.1	0.0	157
8	45.0	55.0	25.7	17.6	1.7	0.0	0.0	132

注: I_d ——高程带等级; I_D ——土壤侵蚀综合指数。

3.3 不同高程带上的风蚀特征分析

将高程等级数据和风蚀数据进行空间叠加分析统计,得到如表 3 所示的结果。

从表 3 中可以看出,高程带 3—8 级,轻度以上的风蚀所占百分比逐渐增加。1—3 级,风蚀综合指数逐渐降低。而 3—6 级,逐渐增加。然后,6—8 级,又逐渐降低。在 4—8 级,轻度以上的风蚀所占百分比均在 81.6%。在 3 级风蚀综合指数最低,而在 6 级风蚀综合指数最高。

表 3 不同高程带上的风蚀情况 %

I_d	轻度以上	微度	轻度	中度	强	极强	剧烈	I_D
1	37.6	62.4	5.3	18.3	4.0	0.4	9.6	207
2	53.9	46.1	31.7	13.2	4.5	0.0	4.5	188
3	44.9	55.1	21.5	16.1	5.3	0.0	2.0	160
4	81.6	18.4	15.5	24.3	21.7	1.7	18.5	457
5	86.7	13.3	18.0	13.4	18.2	8.4	28.7	553
6	91.1	8.9	13.0	16.2	15.9	23.5	22.5	599
7	93.9	6.1	19.3	24.0	19.2	8.9	22.4	545
8	97.8	2.2	19.4	45.4	10.0	1.8	21.2	507

3.4 不同高程等级下的冻融侵蚀情况分析

将降雨等级数据和冻融侵蚀数据进行空间叠加分析统计,得到如表 4 所示的结果。

从表 4 可以看出,在 8 级,冻融侵蚀的百分比和冻融侵蚀综合指数均为最高,分别为 62.9% 和 218。高程带 4—8 级,冻融侵蚀指数逐渐增加。

表 4 不同高程带上的冻融侵蚀情况

I_d	轻度以上		微度		轻度		中度		强度		I_D
	面积/ hm^2	比例/%									
1	154	9.0	1 560	91.0	2	0.1	152	8.9	0	0.0	36
2	13	9.4	125	90.6	1	0.7	12	8.7	0	0.0	36
3	1 879	28.0	4 820	72.0	691	10.3	1 188	17.7	0	0.0	92
4	206 365	19.2	867 492	80.8	204 033	19.0	2 332	0.2	0	0.0	39
5	5 561 326	47.1	6 241 129	52.9	5 560 461	47.1	865	0.0	0	0.0	94
6	6 170 382	53.8	5 304 342	46.2	5 582 929	48.7	557 732	4.9	29 721	0.3	118
7	49 885 348	48.2	53 700 805	51.8	31 855 069	30.8	13 428 933	13.0	4 601 346	4.4	140
8	35 591 376	62.9	21 012 165	37.1	14 738 441	26.0	15 532 645	27.4	5 320 290	9.4	218

3.5 不同高程带上的土壤侵蚀结构

将高程等级数据和土壤侵蚀数据进行空间叠加分析统计,得到如表 5 所示的土壤侵蚀类型结构。

从表 5 可以看出,高程等级从 1 级到 5 级的区域,均以水蚀为主,所占面积比例均在 57.8% 以上。

尤其是在 2—4 级,水蚀面积所占比例均在 82.3% 以上。高程等级在 6 级,以水蚀和风蚀为主,分别占 51.1% 和 45.2%。高程等级在 7 和 8 级主要以冻融侵蚀为主,所占面积比例均在 65.2% 以上,尤其是在 8 级,所占面积比例达到了 92.7%。

表 5 不同高程带上的土壤侵蚀结构情况

I_d	水蚀		风蚀		冻融		重力侵蚀		工程侵蚀	
	面积/ hm^2	比例/%	面积/ hm^2	比例/%	面积/ hm^2	比例/%	面积/ hm^2	比例/%	面积/ hm^2	比例/%
1	1 196 538	69.6	508 821	29.6	1 714	0.1	0	0.0	12 090	0.7
2	95 155 488	97.5	2 259 866	2.3	138	0.0	11 397	0.0	180 815	0.2
3	43 803 671	82.2	9 432 867	17.7	6 699	0.0	15 599	0.0	57 766	0.1
4	99 311 205	89.0	11 087 251	9.9	1 073 857	1.0	16 696	0.0	72 137	0.1
5	86 765 942	57.8	51 382 802	34.3	11 802 455	7.9	10 132	0.0	43 964	0.0
6	160 736 874	51.1	14 223 648	45.2	11 474 724	3.6	7 608	0.0	71 391	0.0
7	44 541 476	28.1	10 616 536	6.7	103 586 153	65.2	13 617	0.0	1 768	0.0
8	3 150 437	5.2	1 328 685	2.2	56 603 541	92.7	0	0.0	0	0.0

3.6 不同高程带上的土壤侵蚀强度情况分析

对不同高程等级下的土壤侵蚀强度进行统计得到如表 6 所示的结果。

从表 6 可以看出,轻度以上的土壤侵蚀所占百分比最低为 9.1%,其土壤侵蚀综合指数也最低为 30,均出现在第 2 级。

轻度以上侵蚀所占百分比和土壤侵蚀综合指数随着高程带从 2—6 级而逐渐增加。在 5 级以上,轻度以上侵蚀所占百分比均在 50% 以上。在 6 级,轻度以上的土壤侵蚀所占百分比和土壤侵蚀综合指数均为最高,分别为 68.3% 和 367。而在 2 级,均为最低,分别为 9.1% 和 30。

表 6 不同高程带上的土壤侵蚀强度

I_d	%									I_D
	轻度以上	微度	轻度	中度	强度	极强	剧烈	重力侵蚀	工程侵蚀	
1	12.4	87.6	1.9	5.5	1.3	0.1	2.8	0.0	0.7	65
2	9.1	90.9	5.0	2.7	0.9	0.2	0.1	0.0	0.2	30
3	28.7	71.3	15.3	9.6	2.8	0.4	0.5	0.0	0.1	94
4	35.5	64.5	17.4	11.4	4.2	0.5	1.9	0.0	0.1	129
5	53.3	46.7	19.4	11.7	8.4	3.5	10.2	0.0	0.0	266
6	68.3	31.7	19.1	16.2	10.3	11.9	10.7	0.0	0.0	367
7	51.3	48.7	27.8	16.0	5.4	0.6	1.5	0.0	0.0	172
8	62.7	37.3	25.9	27.3	9.0	0.0	0.5	0.0	0.0	220

3.7 不同类型的土壤侵蚀在各高程带上的分布及构成情况

对不同的土壤侵蚀及其强度分别统计其在各个高程带上的分布,其结果如表 7 所示。从表中可以看出,就水蚀在各个高程带的分布而言,在各个带上均有分布。就极强和剧烈的水蚀而言,在 1 级和 8 级的

分布比例几乎为 0,而分布在 6 级上却均 69.9% 以上。就风蚀而言,在各个高程带上均有分布,但是主要集中在 6 级,占 62.2%。冻融侵蚀主要分布在 7 级,占 56.1%,其次是在 8 级,占 30.7%。在 3 级以下,几乎不存在冻融侵蚀,在 4—6 级,其分布的比例均在 6.2% 以下。

表 7 不同类型的土壤侵蚀在不同高程等级强度下的分布及构成情况

I_d	水 蚀								风 蚀								冻融侵蚀					重力 侵蚀	工程 侵蚀	
	总体	微度	轻度	中度	强度	极强	剧烈	总体	微度	轻度	中度	强度	极强	剧烈	总体	微度	轻度	中度	强度					
	1	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			0.0
2	17.8	24.7	4.6	3.7	4.2	2.6	0.9	1.0	3.6	2.1	0.8	0.3	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.2	41.1
3	8.2	9.3	6.9	5.6	5.3	3.4	2.2	4.1	18.0	5.9	4.0	1.3	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8	13.1
4	18.6	19.5	19.6	15.7	11.9	6.3	2.9	4.8	7.1	5.0	7.1	6.5	0.5	4.0	0.6	1.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.2	16.5
5	16.2	16.1	16.0	16.7	17.1	17.4	21.1	22.5	23.7	26.8	18.4	25.0	11.1	28.4	6.4	7.2	9.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.6	10.0
6	30.1	23.1	40.6	42.8	51.0	69.9	72.4	62.2	44.1	53.5	61.1	60.9	85.9	61.8	6.2	6.1	9.6	1.9	0.3	0.0	0.0	0.0	10.1	16.2
7	8.3	6.5	11.4	14.6	10.2	0.4	0.5	4.6	2.3	5.9	6.8	5.5	2.4	4.6	56.1	61.6	55.0	45.5	46.2	18.1	0.4	0.0	0.0	0.4
8	0.6	0.5	0.9	0.9	0.3	0.0	0.0	0.6	0.1	0.7	1.6	0.4	0.1	0.5	30.7	24.1	25.4	52.6	53.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

[参 考 文 献]

[1] 史德明, 韦启藩, 梁音, 等. 中国南方侵蚀土壤退化指标体系研究[J]. 水土保持学报, 2000, 14(3): 1—9.

[2] 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, 19(2): 20—23.

[3] 李维能, 方贤铨. 地貌学[M]. 北京: 测绘出版社, 1983.

欢迎订阅 2002 年《水土保持科技情报》

《水土保持科技情报》是您了解国际水土保持动态的窗口,是您获取水土保持科技信息的捷径,是您科研立项、成果鉴定的佐证。欢迎订阅,敬望投稿,恳请批评,协同促进。

《水土保持科技情报》是水利部主管的惟一以译文为主的全国性水土保持科技期刊。主要是传递国内外水土保持先进研究成果、治理经验、测试技术、执法监督、要闻简讯、产业开发等科技动态,以及与水土保持有关的农业、林业、水利、土壤、环境保护等综合内容。融方针政策、科技新闻、实用技术、致富开发为一体,为科研单位、大中专院校、水利水保管理机构、基层水利水保站、情报部门、图书馆等单位提供系统的国内外水保科技动态、信息反馈,为您在进行政策决策、选取科研课题、指导一线工作时,提供科学依据,是您撰写科技论文的参考资料。一刊在手,博览全球。

本刊自 2001 年起已改为双月刊,标准 16 开本,48 页,印刷用纸 70g 双胶纸。每册定价 5.00 元,全年 30.00(包括寄费)。国内统一刊号:CN21—1159/S,邮发代号 8—111。全国各地邮局(所)均可订阅,也可直接向本编辑部汇款邮购,请在汇款单上工整注明收件人姓名、地址、邮政编码,在附言中注明份数,回寄本刊编辑部。

本刊地址:辽宁省朝阳市龙山街四段 235 号
电 话:(0421)2911717—8318; 8319; 8321
E-mail: SBKJQB@ mail. cyptt. ln. cn

邮编:122000
传真:(0421)2917149

《水土保持科技情报》编辑部