

县域土壤侵蚀严重性评价方法初探

——土壤侵蚀严重指数的定义与应用

李智广¹, 罗志东²

(1. 水利部 水土保持监测中心, 北京 100053; 2. 北京林业大学, 北京 100083)

摘要: 为评价县级行政单位土壤侵蚀的严重性, 提出了“土壤侵蚀严重性指数”及计算方法, 并在计算我国各县级行政单位土壤严重指数数值的基础上, 讨论了土壤侵蚀严重指数的分级。土壤侵蚀严重指数不仅全面反映了县域的土壤侵蚀面积, 而且区别反映了各级土壤侵蚀强度。土壤侵蚀严重县的分布及其侵蚀面积占全国土壤侵蚀总面积的比重, 表明了土壤侵蚀严重指数不仅可以用来比较县与县之间土壤侵蚀严重程度的差异, 而且可以评价土壤侵蚀在分布上的集中性。

关键词: 区域; 土壤侵蚀; 严重性; 土壤侵蚀严重指数; 方法

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2006)04-0041-03

中图分类号: S157

On Method for Evaluating Soil Erosion Severity in County Scal

——Index of Soil Erosion Severity and Its Application

LI Zhi-guang¹, LUO Zhi-dong²

(1. The Center of Soil and Water Conservation Monitoring, Beijing 100053, China;

2. Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: The authors defined an index of soil erosion severity, calculated its value for each county, and analyzed index classification. Based on these works, 745 counties with sever soil erosion in China were presented. The area and distribution of soil erosion for the counties prove the index of soil erosion severity. The index is the weighted mean of erosion degree and area, which not only reflects erosion area in the round, but also discriminates each grade of soil erosion severity.

Keywords: region; soil erosion; severity; index of soil erosion severity; method

在评价某个区域土壤侵蚀, 或分析某个区域土壤侵蚀动态变化, 或比较不同区域土壤侵蚀程度时, 常用“严重”、“严峻”等字眼, 而体现严重或严峻的定量因素往往是侵蚀面积、或者不同强度的侵蚀面积。在开展“中国水土流失与生态安全综合科学考察”(由水利部、中国科学院和中国工程院等共同组织)中, 为了全面分析我国土壤侵蚀严重地区的分布, 为我国水土保持决策提供依据, “水土流失状况与基础数据集成专题研究组”提出“土壤侵蚀严重指数”的概念, 并据此分析了全国土壤侵蚀严重地区的分布状况。

1 研究方法

1.1 土壤侵蚀严重指数定义

土壤侵蚀严重指数是既能全面反映某区域的土壤侵蚀面积, 又区别反映不同强度侵蚀影响程度的综合指数, 用该区域各类各级侵蚀强度面积的加权平均数表示。土壤侵蚀严重指数的计算方法为:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^6 M_i \cdot A_i}{A} \quad (1 \leq i \leq 6) \quad (1)$$

式中: I —— 土壤侵蚀严重指数; M_i —— 某级侵蚀强度的权重; A_i —— 第 i 级土壤侵蚀的面积; A —— 各级侵蚀强度的总面积(区域总面积), 即 $A = \sum A_i$; i —— 土壤侵蚀强度等级, 其取值为 1~6 的整数, 分别对应微度、轻度、中度、强度、极强度和剧烈等侵蚀强度等级。

1.2 不同土壤侵蚀强度的权重

在公式(1)中, 权重 M_i 是为了反映某级土壤侵蚀强度对土壤侵蚀严重指数的贡献。参考 SL190-96《土壤侵蚀分类分级标准》中水蚀和风蚀各级强度侵蚀模数的界定, 用各级强度侵蚀模数的中值作为权重 M_i 的基本数值。同时, 为了扩大差异, 突出反映不同强度侵蚀的严重性, 在此中值的基础上, 采用等比数列, 确定相应侵蚀强度等级在土壤侵蚀严重指数

计算中的权重 M_i 。由于微度侵蚀的侵蚀模数相对较小,其流失量小于规定土壤容许流失量,在实际生产中对生态环境影响不大,在水土保持综合治理中也基本不予以考虑,所以将其权重指标确定为 0。对于

剧烈侵蚀,水蚀和风蚀侵蚀模数都大于 15 000 t/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$),结合我国实际中侵蚀模数的最大可能值,将其模数中值确定为 23 000 t/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$),其权重定为 24。各级侵蚀强度等级权重如表 1 所示。

表 1 各级侵蚀强度等级权重

侵蚀等级	水蚀平均侵蚀模数/ ($\text{t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)	风蚀侵蚀模数/ ($\text{t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)	模数中值/ ($\text{t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)	权重指标 M_i
微度	< 200, 500, 1 000	< 200	200	$M_1 = 0$
轻度	200, 500, 1 000~ 2 500	200~ 2 500	1 300	$M_2 = 1.5$
中度	2 500~ 5 000	2 500~ 5 000	3 750	$M_3 = 3$
强度	5 000~ 8 000	5 000~ 8 000	6 500	$M_4 = 6$
极强度	8 000~ 15 000	8 000~ 15 000	11 500	$M_5 = 12$
剧烈	> 15 000	> 15 000	23 000	$M_6 = 24$

1.3 土壤侵蚀严重指数的侵蚀学意义

结合权重 M_i 的界定,对公式(1) 可以进行如下分析。

(1) 当 $A_1 = A$, 即该区域全部为微度侵蚀时, $I = M_1 = 0$, 这可以理解为该区域土壤侵蚀基本(根本)不严重。

(2) 当 $A_6 = A$, 即该区域全部为剧烈侵蚀时, $I = M_6 = 24$, 可理解为该区域土壤侵蚀极度严重。

(3) 当 $A_1 \sim A_5$ 全部存在或其中 2 个以上存在, 即该区域存在不同强度的土壤侵蚀时, $I \in [M_1, M_6]$ 或 $I \in [0, 24]$, 这可以理解为该区域土壤侵蚀严重性在基本(根本)不严重和极度严重之间。

(4) I 值的取值范围介于 M_1 和 M_6 (或 0 和 24) 之间, 即: $I \in [M_1, M_6]$ 或 $I \in [0, 24]$ 。

由此可知, 土壤侵蚀严重指数 I 相当于某区域平均单位面积上的土壤侵蚀强度(其数值约为侵蚀模数的 1/1000)。也就是说, 用平均土壤侵蚀强度来反映一个区域的土壤侵蚀严重性。这就是土壤侵蚀严重指数的侵蚀学意义。

1.4 土壤侵蚀严重指数分级

利用式(1), 以全国土壤侵蚀普查的结果为基础数据, 计算全国 2 204 个县级行政单位(除以冻融侵蚀为主的西藏自治区和台湾省外)的土壤侵蚀严重指数分布如表 2 和表 3 所示。

表 2 土壤侵蚀严重指数计算结果

I	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12
n	0	0	0	0	0	0	0	2	4	5	9	13	19
$P/\%$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.4	0.6	0.9
I	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
n	26	31	37	51	56	65	78	99	140	264	745	2 204	
$P/\%$	1.2	1.4	1.7	2.3	2.5	2.9	3.5	4.5	6.4	12.0	33.8	100.0	

注: n —— 土壤侵蚀严重指数 I 大于等于某值时, 县级行政单位的个数; P —— 土壤侵蚀严重指数 I 大于等于该值时的县级行政单位个数占县级行政单位总数的百分比, 即: $P = n/N \times 100\%$ (N 为参与分析的县级行政区总数, 数值等于 2 204)。下同。

表 3 土壤侵蚀严重指数 $I < 3.0$ 计算结果

I	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2
n	149	157	163	173	187	197	210	222	250	264
$P/\%$	6.8	7.1	7.4	7.8	8.5	8.9	9.5	10.1	11.3	12.0
I	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1
n	283	314	345	378	428	472	533	585	673	745
$P/\%$	12.8	14.2	15.7	17.2	19.4	21.4	24.2	26.5	30.5	33.8
I	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0
n	824	904	991	1 094	1 192	1 313	1 453	1 586	1 734	2 204
$P/\%$	37.4	41.0	45.0	49.6	54.1	59.6	65.9	72.0	78.7	100.0

从土壤侵蚀严重指数 I 的分布来看, 在 I 值的取值范围[0, 24]之间(如表2), 全国在3~24范围内的县级行政区仅仅占6.3%, 0~3范围内的县级行政区占到93.7%, 因此, 对土壤侵蚀严重指数 I 值的分级, 应集中在0~3之间(见表2, 3)。当 I 值小于0.5, 从侵蚀学意义上讲, 区域基本上不存在严重土壤侵蚀; 当 I 值为1即侵蚀强度接近轻度侵蚀时, 从侵蚀学意义上讲, 区域平均单位面积上存在较严重土壤侵蚀, 这是一个关键的转折点。基于上述分析, 将土壤侵蚀严重指数 I 分为0~0.5, 0.5~1, 1~3和3~24这4个等级, 分别定义为不严重、较严重、严重和极严重, 并按照该分级统计各严重等级的县级行政单位数量(详见表4)。

表4 土壤侵蚀严重指数 I 分级指标

土壤侵蚀严重等级	土壤侵蚀严重指数	包含县数	占全国县比重/%
不严重	< 0.5	1012	45.8
较严重	0.5~1	447	20.3
严重	1~3	605	27.4
极严重	> 3	140	6.4

表5 土壤侵蚀严重县各级强度侵蚀面积与全国对比

侵蚀强度	全国土壤侵蚀面积/ 10^4km^2			土壤侵蚀严重县土壤侵蚀面积/ 10^4km^2					
	总面积	水蚀	风蚀	总面积		水蚀		风蚀	
				面积	占全国比例/%	面积	占全国比例/%	面积	占全国比例/%
轻度	162.55	82.31	80.25	104.56	64.3	38.17	46.4	66.38	82.7
中度	80.53	52.74	27.79	60.21	74.8	34.47	65.4	25.74	92.6
强度	42.74	17.18	25.55	36.36	85.1	14.09	82.0	22.27	87.2
极强度	32.42	5.94	26.48	31.21	96.3	5.61	94.4	25.62	96.8
剧烈	37.57	2.35	35.22	37.39	99.5	2.24	95.3	35.14	99.8
合计	355.81	160.52	195.29	269.73	75.8	94.58	58.9	175.15	89.7

2.2 土壤侵蚀严重县分布

745个土壤侵蚀严重县的分布情况如图1。由该图可知, 土壤侵蚀严重县最集中的区域在黄河上中游地区的内蒙古、山西、陕西、甘肃、宁夏和长江上游的四川、重庆、贵州、云南, 其次是新疆、黑龙江、辽宁、山东、河北和广东等省份的部分地区。土壤侵蚀严重县的这种分布情况与我国土壤侵蚀的总体分布相一致。

3 结论

(1) 土壤侵蚀严重性指数, 是评价某区域土壤侵蚀严重程度的有效指标, 利用加权平均数的方法计算, 用来评价各级强度土壤侵蚀的影响。它既全面考

2 研究实例分析

2.1 土壤侵蚀严重县侵蚀面积

根据对全国2204个县的计算结果, 将土壤侵蚀严重指数 $I \geq 1$ (即严重以上)的县定义为土壤侵蚀严重县(见表4)。据此统计得到, 全国土壤侵蚀严重县为745个, 占分析总县数的33.9%, 其中严重县605个, 极严重县140个; 土壤侵蚀不严重县1459个, 占分析总县数的66.2%。

在745个土壤侵蚀严重县中, 土壤侵蚀面积 $2.70 \times 10^6 \text{ km}^2$, 占全国土壤侵蚀总面积的75.8%; 水蚀面积 $9.46 \times 10^5 \text{ km}^2$, 占全国水蚀总面积58.9%; 风蚀面积 $1.75 \times 10^6 \text{ km}^2$, 占全国风蚀总面积89.7%。比较土壤侵蚀严重县各级强度侵蚀面积与全国对应强度侵蚀面积可以看出, 土壤侵蚀严重县同时也是全国同级强度土壤侵蚀的主要地区; 而且侵蚀强度越大, 土壤侵蚀严重县的侵蚀面积所占比例越大。最为突出的是, 极强度和剧烈侵蚀的侵蚀面积分别占到全国对应强度侵蚀面积的96.3%和99.5%, 也即全国的极强度和剧烈侵蚀的面积几乎全部集中在土壤侵蚀严重县(见表5)。

虑了土壤侵蚀的面积因素, 又区别反映了各级侵蚀强度的影响差异。利用该指数定量评价区域土壤侵蚀严重程度, 实际上是采用平均侵蚀强度来评价区域土壤侵蚀严重性。在本研究中, 定量分析和界定了我国土壤侵蚀严重县, 这些严重县同时也是全国同级强度土壤侵蚀的主要地区, 其分布反映了我国土壤侵蚀的分布集中程度和严重性。

(2) 土壤侵蚀严重指数的概念, 也许仅仅只是诸多评价土壤侵蚀严重性方法中的一种, 对区域土壤侵蚀严重程度定量评价的其它方法有待进一步深入探讨和开发。

(下转第51页)

家)^[8]。在这些造纸企业中,乡镇企业 667 家,占 78%,平均规模为 400 t/a^[8]。可见 1995 年 COD_{Mn} 污染指数较高的原因之一是造纸企业所引起的。

表 4 关中地区渭河流域造纸企业分布情况

年份	宝鸡	咸阳	西安	渭南	合计
1995 年	214	146	320	175	855
1998 年	96	107	112	85	400

另外,1995 年陕西省气候严重干旱,河水流量大大减少,而且 1995 年宝鸡峡引渭提水工程年引水量占年径流量的比例达到 65.77%^[9],致使水体中的污染物浓度得不到稀释和降解,造成该年度 COD_{Mn} 严重超标。

4 结 语

根据 1991—2002 年渭河水质连续监测资料,分析和研究了渭河流域 13 个断面的高锰酸盐指数、氨氮 $\text{NH}_3\text{-N}$ 指数空间变化和时间变化特征。

(1) 从高锰酸盐指数、氨氮 $\text{NH}_3\text{-N}$ 指数空间变化特征可以看出,除入陕林家村断面外, COD_{Mn} , $\text{NH}_3\text{-N}$ 污染因子的综合污染类别在渭河干流均为劣(V)类水质,占评价断面总长的 78%,说明渭河已受到严重污染。其中咸阳铁路桥是 COD_{Mn} 污染最严重的断面;卧龙寺桥、虢镇桥、兴平是 $\text{NH}_3\text{-N}$ 污染较严重的断面。

(2) 从 1991—2002 年的高锰酸盐指数、氨氮 $\text{NH}_3\text{-N}$ 污染指数时间变化特征可见,渭河流域的 COD_{Mn} , $\text{NH}_3\text{-N}$ 污染从 90 年代以来一直呈加重的

趋势,氨氮变化以 1996 年为峰值分界点,高锰酸盐指数以 1995 年为最高。从综合指数来看,1995 年之后,渭河水质受到严重污染,高锰酸盐指数、氨氮 $\text{NH}_3\text{-N}$ 污染指数都达到劣(V)类,其中 1995,1996,1997 年最为严重。

(3) 造纸企业排放的 COD_{Mn} 是造成渭河流域污染的主要污染源;农田因大量施用低质化肥以及化肥工业废水的排放而产生的氨氮是造成渭河氨氮污染的主要原因。

[参 考 文 献]

- [1] 张玉清.渭河流域水污染成因的探析及防治对策[J].西安联合大学学报(自然科学版),2000,3(2):78—82.
- [2] 葛芬莉.关中地区渭河流域水资源与水环境综合治理研究[J].西北水力发电,2004,20(增刊1):160—162.
- [3] 蔡明.渭河水体污染状况及污染防治对策研究[J].陕西水力发电,2001,17(1):38—40.
- [4] 李党生.水质监测与评价[M].北京:中国水利水电出版社,1999.104—105.
- [5] 刘秀华.渭河咸阳段水污染协同控制应用研究[J].水文,2004,24(6):10—13.
- [6] 宝鸡市环境保护监测站.宝鸡市环境质量报告书 1996—2000 年[Z].宝鸡:中宝印务文青印刷,2001.
- [7] 司全印,冉新权,周孝德.区域水污染控制与生态环境保护研究[M].北京:中国环境科学出版社,2000.104—107.
- [8] 陈亚萍.陕西关中段渭河水质评价及污染控制对策[J].杨凌职业技术学院学报,2005,4(2):14—16.
- [9] 邢大伟.陕西渭河流域水文干旱分析[J].西北水资源与水工程,1996,7(1):1—9.

(上接第 43 页)

同时,在土壤侵蚀严重指数定义中,选择了各级强度侵蚀模数的中值作为权重,同时对微度和剧烈两极侵蚀强度的权重进行了微调,这主要是考虑权重的侵蚀学意义。实际上,确定权重的方法有很多种,如层次分析法、专家评分法等,在这方面也需要进一步分析。

(3) 根据土壤侵蚀严重指数的实际分布,按其数值分为不严重、较严重、严重和极严重 4 个等级,并将土壤侵蚀严重指数 $I \geq 1$ (即严重以上)的县定义为土壤侵蚀严重县。这种分级仍需要进一步分析和深入研究。

致谢:在本研究过程中,刘秉正教授、曹炜工程师和梁音副研究员给予了很大的帮助,谨在此表示衷心的感谢!

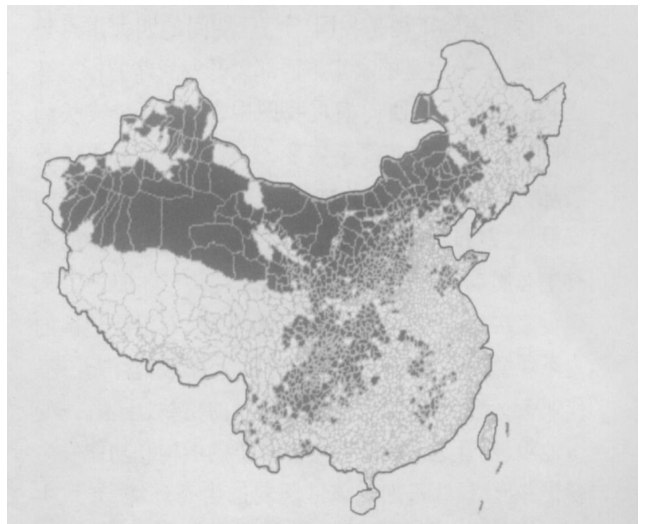


图 1 全国土壤侵蚀严重县分布

(参考文献略)