

中国水土流失敏感性分布规律及其区划研究

王效科, 欧阳志云, 肖 寒, 苗 鸿, 傅伯杰

(中国科学院生态环境研究中心 系统生态开放研究室, 北京 100080)

摘要:以水土流失通用方程为理论基础, 利用我国已有的水土流失研究成果及地貌、土壤和植被分布图, 分析了降水、土壤质地、地形坡度坡长和地表覆盖因子对我国水土流失敏感性的影响及其形成的区域差异。在综合评价我国水土流失敏感性区域差异基础上, 提出了中国水土流失敏感性区划方案。

关键词:水土流失; 敏感性; 区域差异; 区划

Distribution and division of sensitivity to water-caused soil loss in China

WANG Xiao-Ke, OUYANG Zhi-Yun, XIAO Han, MIAO Hong, FU Bo-Jie (Department of Systems Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: Based on Universal Soil Loss Equation and maps of soil loss and topography, soil and vegetation in China, we assessed the influences of precipitation, soil texture, slope length and steepness factors, and land cover on sensitivity to soil loss by water and their spatial heterogeneity. A sensitivity division of soil loss by water was proposed on an integrated assessment in China.

Key words: soil loss; sensitivity; spatial heterogeneity; regionalization

文章编号: 1000-0933(2001)01-0014-06 中图分类号: Q149, S157.1, S159.2 文献标识码: A

水土流失是一种危害严重、分布范围广的生态环境问题。我国每年流失到江河的泥沙量达 50 多亿 t, 由此引发了河流淤积, 河床抬高, 水库淤积, 库容减少, 严重危及到了我国的水利建设和防洪能力^[1]。水土流失, 也造成土壤退化, 粮食减产。据估计, 我国每年由于水土流失而造成的经济损失可达 100 亿元以上^[2]。因此, 防止水土流失, 是我国生态建设的一项重要内容。

由于我国地形复杂、气候多样, 不同地方的水土流失敏感性有明显差异^[3]。对这种差异性的研究, 有利于制定水土流失防治的区域对策和措施, 将水土流失对河流、农业和林业生产的影响减少到最低限度。本研究从分析影响水土流失敏感性因素的分布规律出发, 探讨了主要自然因素对中国水土流失敏感性的影响规律, 编制了生态环境敏感性分布图和敏感性区划图。

1 方法

1.1 通用水土流失方程 经过几十年的发展, 人们对影响水土流失的因素的认识已经越来越明确, 特别是利用水土流失方程, 将影响因素与水土流失很好地结合了起来^[4]:

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (1)$$

其中, A 为土壤侵蚀量, R 为降水侵蚀力, K 为土壤质地因子, LS 为坡度坡向因子, C 为地表覆盖因子, P 为农业措施(耕作)因子。

在我国, 通用水土流失方程已经被广泛地应用在水土流失的预测和治理工作中^[5], 例如, 周伏建等^[6]、孙立达等^[7]、牟金泽等^[8]和肖寒等^[9]利用通用水土流失方式分别计算了福建省、山西省西吉县、黑龙江省

和海南岛的水土流失量,普遍认为水土流失通用方式能够较好的适用于我国的水土流失估算和分析。

1.2 水土流失敏感性评价 水土流失敏感性评价是为了识别容易形成水土流失的区域,评价水土流失对人类活动的敏感程度。由通用水土流失方程(1)可以看出,影响水土流失的因素主要有 5 个。这些因素同样影响着—个区域对水土流失的敏感性。在考虑人类活动的情况下,各因素影响水土流失敏感性的方式是不同的。降水侵蚀力(R)、土壤质地因子(K)和坡度坡向因子(LS)与人类活动的关系不大,纯粹是自然力所控制的,反映了自然的作用过程。有人也将由 R 、 K 和 LS 决定的水土流失称为潜在水土流失量。地表覆盖因子(C)主要是由植被决定的。在目前情况下,植被的分布是自然因素和人类活动共同作用的产物。—个地区的原生植被和植被的自然恢复能力是由自然因素决定的。水土流失的敏感性是自然因素所决定的生态系统对人为影响的反映敏感程度,因此水土流失敏感性研究时, C 应该主要是考虑自然植被和潜在植被。农业措施因子(P)是与人类活动密切相关的因子,与生态系统的自然敏感性关系不大,这里就不做考虑。

1.3 影响水土流失敏感性的因素分析 根据目前对中国水土流失和有关生态环境研究的资料,确定了影响水土流失的各因素的敏感性等级(表 1)。 R 值是根据王万忠等^[10]利用降水资料计算的中国 100 多个城市的 R 值,采用内插法,用 ArcView 绘制了中国 R 值分布图。然后根据表 1 中的分级标准,绘制了水土流失对降水的敏感性分布图(图 1)。

对于大尺度的分析,坡度坡长因子 LS 是很难计算的。这里采用地形的起伏大小反映地形因素对水土流失敏感性的影响(表 1)。再根据中国地貌类型图中的各地形起伏类型的分布,用 ArcView 绘制中国水土流失对地形的敏感性分布图(图 1)。

土壤对水土流失的影响主要与土壤质地有关。土壤质地影响因子 K 可用雷诺图表示。通过比较土壤质地雷诺图和 K 因子雷诺图,将土壤质地对水土流失敏感性的影响分为 5 级(表 1)。根据中国土壤质地图,绘制中国水土流失对土壤的敏感性分布图(图 1)。

覆盖因子 C 与潜在植被分布关系密切。根据我国植被分布图的较高级分类系统,将覆盖因子对水土流失敏感性的影响分为 5 级(表 1),并利用中国植被图绘制中国水土流失对植被的敏感性分布图(图 1)。

表 1 降水、土壤质地、地形和植被对水土流失敏感性影响的分级
Table 1 Classifying influences of precipitation, soil texture, topography and vegetation on sensitivity of soil loss

分级 Grade	不敏感 Insensitive (1)	较敏感 Less sensitive (2)	敏感 Sensitive (3)	相当敏感 More sensitive (4)	极敏感 Most sensitive (5)
R 值	0~100	100~500	500~800	800~1000	1000~1300
土壤质地 Soil texture	石砾、沙	粗砂土、细砂土、 粘土	面砂土、壤土	砂壤土、粉粘土、 壤粘土	砂粉土、粉土
地形* Topography	平原	丘陵(<200m)	小起伏(200~500m)	中起伏(500~ 1000m)	大起伏(1000~ 2500m)、极大起 伏(>2500m)
植被 Vegetation	阔叶林、湖泊 湿地	针叶林、草甸和 草本沼泽	灌丛和萌生矮林、草原 和稀疏灌木草原、1 年 2 熟粮作、1 年水旱 2 熟、 单(双)季稻连作、双季 稻	荒漠、1 年 1 熟 粮作	无植被

* 括号内为相对高度,单位为 m. Relative height is included in parenthesis

1.4 水土流失敏感性综合评价 从单因子分析得出的水土流失敏感性,只反映了某一因子的作用程度,没有将我国水土流失敏感性的区域变异综合地反映出来。利用(1)式,将以上得到的反映各因素对水土流失敏感性影响的分布图,用 ArcView 进行乘积运算,再采用自然分界法(Natural break)将乘积结果分为 5 级。ArcView 的这种分类方法是利用统计学的 Jenk 最优化法得出的分界点,能够使各级的内部方差之和最小^[10]。水土流失敏感性综合评价分两种情况,考虑和不考虑覆盖因子。用 ArcView 绘制出两种情况下的水土流失敏感性分布图。

1.5 水土流失敏感性区划 为了反映水土流失出现可能性大小的区域差异和影响水土流失敏感性的因

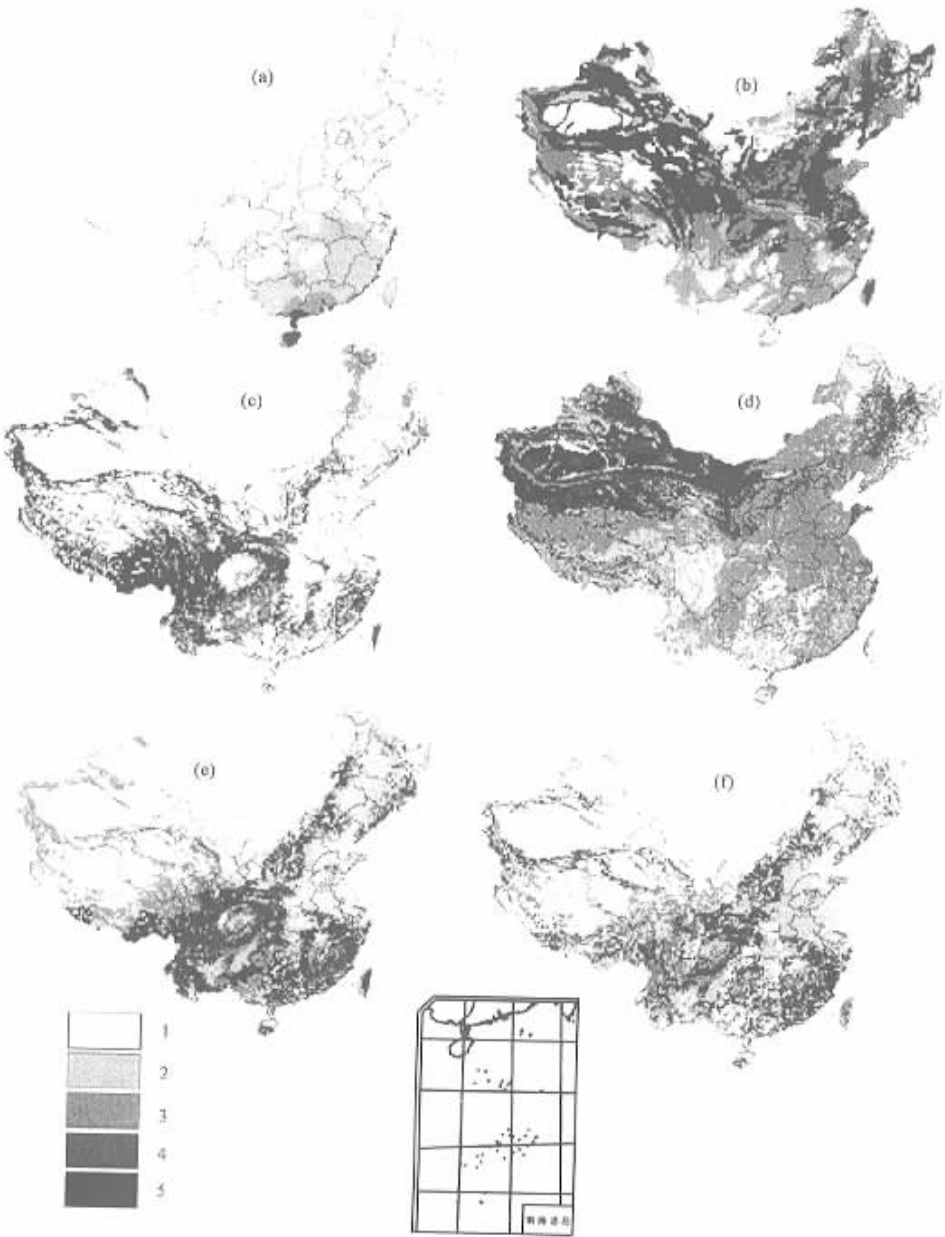


图 1 中国水土流失敏感性分布图

a. 降水影响, b. 土壤质地影响, c. 地形的坡度坡长影响, d. 植被影响, e. 不考虑植被的综合评价, f. 考虑植被的综合评价, 1. 不敏感, 2. 较敏感, 2. 敏感, 4. 相当敏感, 5. 极敏感

Fig. 1 Distribution of sensitivity of soil loss in China

a. Precipitation influence; b. Soil texture influence; c. Slope and length influence; d. Vegetation influence; e. Integrated assessment without; f. With considering vegetation influences 1. Insensitive; 2. Less sensitive; 3. Sensitive; 4. More sensitive; 5. Most sensitive

素区域差异,为不同地区制定生态建设目标和水土流失治理方案提供理论根据,有必要进行全国性的水土流失敏感性区划。

水土流失敏感性的区划是在敏感性评价的基础上,首先根据降水对水土流失影响的 R 值,将全国分为两大区。然后每一大区内,根据地貌单位分为若干个 2 级区,2 级区内,根据地貌、土壤质地和植被恢复能力对水土流失敏感性影响的差异,进一步划为若干个 3 级区。

2 结果

2.1 降水对水土流失敏感性的影响 降水是产生水土流失的第一主导因子。由于我国降水分布的不均匀性,形成了降水引发水土流失的能力差异。在我国 R 的范围为 $1\sim1296$ (图 1a)。平均值为 203。大部分地区的 R 值小于 100。 R 值从西北向东南逐渐增加。在西北地区,由于降水的能量少,水土流失的敏感性低。而东南地区,降水的能量大,水土流失的敏感性高。

2.2 土壤质地对水土流失敏感性的影响 土壤,特别是土壤质地,对水土流失的敏感性有很大影响。在我国中部地区,由于粉沙质土壤分布较广,造成水土流失的敏感性较高(图 1b)。

2.3 地形对水土流失敏感性的影响 地形是影响水土流失产生和变化的重要因子。山地占我国国土面积的 $2/3$,这也造成了我国的水土流失比较严重。地形的区域差异也形成了水土流失敏感性的差异(图 1c)。由于地形的作用,我国大部分地区对水土流失都比较敏感,特别是西南起伏特别大的山地。

2.4 植被对水土流失敏感性的影响 植被对水土流失敏感性的影响,与降水的影响正好相反。首先,在我国的西北地区,由于植被的生长和恢复比较困难,对水土流失的敏感性特别高,东南地区相对较低(图 1d)。

2.5 水土流失敏感性分布格局 在只考虑降水、土壤和地形的情况下(图 1e),水土流失极敏感区大面积分布在我国中部,包括燕山、太行山区、黄土高原、云贵高原、青藏高原的东南部边缘以及东南丘陵山地。在东南地区,主要由于降水量大,产生对地面的冲击力也较大,水土流失的敏感性高。而在西北地区,水土流失的敏感性低。由于地形的影响,黄土高原、太行山地、大小兴安岭和长白山地,水土流失的敏感性也较大。如果再考虑植被(图 1f),水土流失敏感区的分布格局变化不大,东北东部和青藏高原东南边缘,由于植被发育良好,水土流失的敏感性等级有所降低。

2.6 区划方案及各区主要特点 全国可以分为 2 个 1 级区,7 个 2 级区和 31 个 3 级区(表 2 和图 2)。

1 级区 2 个:东部水土流失常发区和西部水土流失少发区。前一区降水比较丰沛,水土流失比较容易产生。后一区气候干燥,降水稀少,水土流失主要发生在暴雨季节。

东部大区可以分为 5 个 2 级区:东北丘陵区、华北平原区、黄土高原区、南方丘陵区 and 西南山区。西部大区可以分为 2 个 2 级区:三北干旱荒漠区和青藏高原区。

3 讨论和结论

3.1 水土流失敏感性的分布 由于降水、土壤、地形和植被等自然因素的综合作用,我国水土流失敏感地区的分布主要集中在燕山、太行山区、黄土高原、云贵高原、青藏高原的东南部边缘以及东南丘陵山地等地。北方的干旱和半干旱地区,水土流失敏感地区所占的范围较小。

3.2 敏感性与水土流失严重地区 如果将绘制的中国水土流失敏感性分布图与我国的水土流失严重地区分布图比较,敏感性高的地区基本上就是我国现在水土流失的严重地区。从宏观上看,我国目前的水土流失分布主要是受自然因子控制的,水土流失严重地区分布与我国人口、农业和工业的分布关系不大。

3.3 人类活动与水土流失敏感性 水土流失敏感地区,意味着人类活动容易形成水土流失问题,一旦植被破坏和耕作措施不当,就会发生非常严重的水土流失。因此,在水土流失敏感地区,应该加强生态建设,采用防止植被破坏、增加地表覆盖、坡地退耕还林和等高线耕作等措施,减少人类活动可能引发的严重水土流失问题。

人类活动对水土流失的影响主要是通过改变水土流失方程中的 CP 值来完成的。如果土壤侵蚀容许量(Soil loss tolerance)为 $T^{[1,12,13]}$,则人类活动所引起的 CP 改变应该满足下式:

万方数据

$$CP < T/RKSL$$

(2)

在同样的 T 值下,水土流失敏感性越高, CP 值就应该保持越小,这就要求尽量减少会引起 CP 值增加

的人类活动,尽可能的采取水土保持措施,减少 CP 值。

3.4 各水土流失敏感性分区的土壤侵蚀容许量和敏感性等级 根据水利部制定的各侵蚀区土壤侵蚀容许量标准,得出了我国各水土流失敏感性分区的 T 值(表 3),黄土高原地区的 T 值较大,可取 $10\text{ t/hm}^2 \cdot \text{a}$;南方丘陵地区和西南山地区,可取 $5\text{ t/hm}^2 \cdot \text{a}$;其它地区取小于 $2\text{ t/hm}^2 \cdot \text{a}$ 。

将水土流失敏感性分区图叠放到水土流失对降水、土壤质地、地形、植被的敏感性分布图及水土流失敏感性综合评价图上,可以得出各敏感性分区的敏感性等级(表 3)。从表可以看出,影响不同分区的水土流失敏感性的因素明显不一样。如太行山区,土壤、地形影响的水土流失敏感性较高,形成了综合性敏感性很高。在黄土高原北部区和南部区,土壤质地和植被是引起水土流失敏感性较高的主要原因。这就要求不同地区,针对敏感性高的因素,制定切实可行的水土流失整治方案。

表 2 中国水土流失敏感性区划表			
Table 2 Division of sensitivity to soil loss in China			
一级	二级	三级	编码
1st	2nd	Third	Code
order	order	order	
东部水土流失常发区	东北丘陵区	松嫩平原	111
		大小兴安岭山地	112
		长白山地	113
		三江平原	114
		松辽平原	115
黄土高原区	华北平原区	太行山区	121
		辽西冀北山地区	122
		山东丘陵区	123
		黄淮海平原区	124
		鄂尔多斯高原区	131
	南方丘陵区	黄土高原北部区	132
		黄土高原南部区	133
		长江中下游区	141
		江南山地区	142
		岭南丘陵区	143
西部水土流失少发区	西南山区	台湾岛区	144
		海南岛区	145
		秦岭大别山鄂西山区	151
		四川丘陵区	152
		川西山地区	153
	三北干旱荒漠区	云贵高原区	154
		横断山区	155
		蒙新青高原盆地	211
		内蒙古高原草原区	212
		准葛尔绿洲草原荒漠区	213
	青藏高寒区	阿尔泰山区	214
		天山区	215
		塔里木绿洲荒漠区	216
		藏北高原区	221
		藏南高原区	222
		青海东部及河源区	223

表 3 各水土流失敏感分区的土壤侵蚀容许量和敏感性等级						
Table 3 Soil tolerance and sensitive class for each division of sensitivity of soil loss						
水土流失敏感性分区 3 级分区单元 Third order of sensitivity division to water and soil losses	T 值 * Soil Loss tolerance ($\text{t/hm}^2 \cdot \text{a}$)	敏感性等级				
		Sensitivity grade				综合 Inte- gral
		R	K	LS	V	
松嫩平原	2	2	3	2	3	2
大小兴安岭山地	2	2	3	4	1	3
长白山地	2	2	3	3	2	3
三江平原	2	2	4	2	3	1
松辽平原	2	2	5	1	4	2
太行山区	2	2	4	4	3	5
辽西冀北山地区	2	2	3	4	3	3
山东丘陵区	2	2	3	3	4	2
黄淮海平原区	2	2	4	1	3	2
鄂尔多斯高原区	10	1	4	2	3	2
黄土高原北部区	10	2	4	3	4	4
黄土高原南部区	10	2	4	2	4	3
长江中下游区	2	3	3	1	3	2
江南山地区	5	3	2	3	2	4
岭南丘陵区	5	4	2	2	2	3
台湾岛区	5	4	4	4	2	3
海南岛区	5	5	3	3	3	3
秦岭大别山鄂西山区	5	2	2	4	2	4
四川丘陵区	5	2	4	3	3	3
川西山地区	5	2	3	5	1	3
云贵高原区	5	3	2	3	3	3
横断山区	5	2	2	5	2	3
蒙新青高原盆地	2	1	2	1	4	1
内蒙古高原草原区	2	1	2	2	3	1
准葛尔绿洲草原荒漠区	2	1	1	1	4	1
阿尔泰山区	2	1	3	2	4	2
天山区	2	1	4	3	4	3
塔里木绿洲荒漠区	2	1	2	1	5	1
藏北高原区	2	1	3	3	3	2
藏南高原区	2	1	2	4	2	3
青海东部及河源区	2	1	4	4	2	3

* 根据水利部发布的《土壤侵蚀分类分级标准》^[12]。

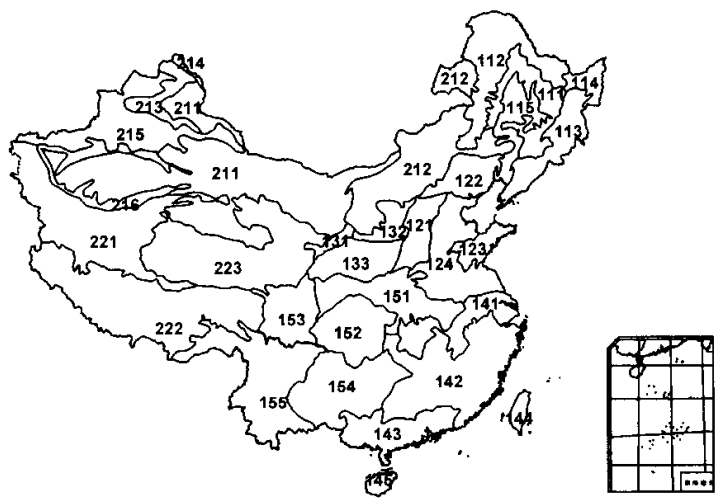


图2 中国水土流失敏感性区划(图中编号参看表2)
Fig.2 Division of sensitivity to soil loss (See Table 2 for numbering)

参考文献

[1] 刘秉正,吴发启. 土壤侵蚀. 西安:陕西人民出版社,1996.

[2] 田纪云. 全国第五次水土保持工作会议上的讲话. 中国水土保持,1992,(7):2~6.

[3] 欧阳志云,王效科,苗 鸿. 中国生态环境敏感性区域差异性研究. 生态学报,2000,20(1):9~12.

[4] Renard K G, Foster G R, Weesies G A, et al. Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planing With the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), Agricultural Handbook No. 537, United States Department of Agriculture, Washington: 1997.

[5] 杨勤科,李 锐. 中国水土流失和水土保持定量研究进展. 水土保持通报,1998,18(5):13~18.

[6] 周伏建,陈明画,林福兴,等. 福建省土壤流失预报研究. 水土保持学报,1995,9(1):25~36.

[7] 孙立达,孙保平,陈 禹,等. 西吉县黄土丘陵沟壑区小流域土壤流失量预报方程. 自然资源学报,1988,3(2):141~153.

[8] 张宪奎,许清华,卢秀琴,等. 黑龙江省水土流失方程的研究. 水土保持通报,1992,12(4):1~3.

[9] 肖 寒,欧阳志云,王效科,等. GIS支持下的海南岛土壤侵蚀空间分布特征. 土壤侵蚀与水土保持学报,1999,5(4):75~84.

[10] 王万忠,焦菊英. 中国的水土侵蚀因子定量评价方法. 水土保持通报,1996,16(5):1~20.

[11] ESIR. ArcView GIS, Environmental System Research Inc., USA, 1996.

[12] 中华人民共和国水利部. 土壤侵蚀分类分级标准,中华人民共和国行业标准,SL 190~196,北京:中国水利水电出版社,1997.

[13] Logan T J. Improved criteria for developing soil loss tolerance levels for cropland. In: Ameracan Society of Agronomy and Soil Science Society of America Eds. *Determination of Soil Loss Tolerance*. ASA Publication No. 45. 1982. 131~138.