

基于 GIS 的广东省水土流失潜在危险度评价

郑国权, 张晓远, 刘协亭

(广东省水利电力勘测设计研究院, 广东 广州 510635)

摘要: 以 GIS 为支撑, 选取整个广东省为研究区域, 基于对自然界潜在水土流失强度的客观认识, 综合考虑区域内坡度、坡长、土壤、降雨及地质等因子, 通过空间叠加分析, 对区域水土流失潜在危险度进行了度和评价, 生成了广东省水土流失潜在危险度分布图。分析结果表明, 广东省水土流失潜在危险分布区以无险、轻险型区为主, 其面积占全省面积的 80% 以上, 主要分布在平原区; 重险型区域面积占该省面积的 18.3%, 主要分布在东部、南部、北部地势较高, 降雨量较大的山丘区, 区内植被一旦遭到破坏, 极易发生流失, 是水土保持工作中的重点预防保护区域。

关键词: GIS; 水土流失; 潜在危险度; 广东省

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2014)02-0139-03

中图分类号: S157.1

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.02.030

Assessment on Potential Danger Degree of Soil and Water Loss in Guangdong Province Based on GIS

ZHENG Guo-quan, ZHANG Xiao-yuan, LIU Xie-ting

(Guandong Institute of Hydropower Planning & Design, Guangzhou, Guangdong 510635, China)

Abstract: The degree of soil and water loss in Guangdong Province was studied by using GIS technology. Factors relating to the degree of soil erosion, such as slope steepness, slope length, soil, rainfall and geological lithology, were considered. By the method of spatial overlay analysis, the potential danger degree of soil and water loss in Guangdong Province was measured and assessed, and finally a map of its distribution was generated. Analysis results show that most of the soil erosion potential danger areas in Guangdong Province were no risk or light risk areas, which covered more than 80% of the whole province area, mainly distributed in the plains. It is worth noting that the heavy risk areas are the key prevention and protection areas in soil and water conservation, which covered 18.3% of the whole province area and was mainly scattered in hilly areas with higher relief and larger rainfall. Once the vegetation in these areas is destroyed, they are prone to erosion.

Keywords: GIS; soil and water loss; potential danger degree; Guangdong Province

水土流失潜在危险度是指在各种人为不可控制自然因素的驱动下, 水土流失发展可能达到的程度, 其大小取决于水土流失相关因子驱动力的大小, 用于预测、评估某一区域引起或加剧水土流失的可能性大小; 人为不可控制的自然因素即水土流失潜在危险因子, 包括地形、土壤、地质和降雨等因子。研究潜在的水土流失是一个复杂问题, 涉及的影响因子较多, 且研究区分布范围广, 通常难以做到大范围的常规调查, 加上现状水土流失在不断变化, 利用常规方法难以进行不同时间的侵蚀比较^[1], 利用 GIS 技术, 可为研究潜在的水土流失时空变化提供先进的技术支撑。

本研究选取整个广东省为研究区, 以 GIS 为支撑, 通过建立一系列指标体系对研究区内潜在的水土

流失危险程度进行分析、评价, 生成广东省水土流失潜在危险度分布图, 并通过研究其在广东省各地区空间分布规律, 为广东省及其各市县级水土保持规划提供科学依据, 进而为广东省水土流失预防保护及水土保持综合治理、监督管理提供支撑。

1 研究区概况

广东省位于我国大陆南部, 地处北纬 20°13'—25°31', 东经 109°39'—117°19' 之间, 东西长 800 km, 南北宽 600 km, 陆地总面积约 1.80×10^5 km²。截止 2010 年末, 广东省共有 21 个地级行政区划单位, 全省常住人口 10 430 万人, 排名全国第一。广东省属热带和亚热带季风气候区, 由南而北为热带常绿季雨

收稿日期: 2013-02-17

修回日期: 2013-05-29

作者简介: 郑国权(1972—), 男(汉族), 甘肃省定西市人, 硕士, 高级工程师, 主要从事水土保持、环境保护方面的研究工作。E-mail: zheng.gq@gpdiwe.com。

林、亚热带季风常绿阔叶林及亚热带常绿阔叶林,森林覆盖率 56.7%,林草绿化率 59.7%;年平均气温 22.3℃,年平均降水量为 1 777 mm。降水的年内分配不均,年内降水主要集中在 4—10 月,约占全年降水量的 75%~95%。

2 研究方法

2.1 技术路线及水土流失潜在危险构成因子

本研究利用地理信息系统软件 ArcGIS,从广东省 DEM 数据中提取坡长因子 L 和坡度因子 S ,利用广东省 188 个市级雨量站 30 a 观测的日均降雨数据,计算出各雨量站的年均降雨量、月均降雨量和暴雨频次。同时,利用 ArcGIS 空间分析功能将坡长和坡度、年均降雨、暴雨频次、土壤可蚀性及地质图层数据分别栅格化处理,将广东省面积分割成 30 m×30 m 网格,然后计算单个因子的数值,因水土流失潜在危险度为 0~1 之间的数值,需对各计算因子参考公式(1)进行标准化处理,再对标准化后各因子用公式(2)^[2]逐个单元进行计算,得出广东省水土流失潜在危险度指数分布。

$$F = \frac{f - f_{\min}}{f_{\max} - f_{\min}} \quad (1)$$

式中: F ——标准化后水土流失潜在危险因子值; f ——各水土流失潜在危险因子值; f_{\max} , f_{\min} ——水土流失潜在危险因子最大值和最小值。

$$I_e = \sum_{i=1}^N W_i P_i \quad (2)$$

式中: I_e ——侵蚀潜在危险性指数(0~1); N ——评价因子数; P_i ——侵蚀因子的第 i 个指标值; W_i ——侵蚀因子的第 i 个权重。

各侵蚀因子的权重值,参考《中国水土流失防治与生态安全(南方红壤卷)》中水土流失影响因子权重确定方法,并结合广东省实际情况确定(表 1)。

表 1 水土流失潜在危险指数因子及权重值

水土流失潜在危险因子	指标	W_i
地形地貌	坡度 C	0.20
	坡长 L	0.18
降雨	年均降雨量 P	0.12
	暴雨频次 N	0.15
土壤	土壤可蚀性 K 值	0.25
地质	土壤岩性 D	0.10

2.2 潜在危险度单因子信息提取及量化处理

2.2.1 地形因子 LS 提取及量化

地形因子是指将坡度 S 和坡长 L 对坡面水土流失的影响进行综合描述的因子^[3],本研究计算的基础数据采用空间分辨为 30 m 的 DEM。

(1) 坡度因子提取及量化。 S 是指在其它条件相同的情况下,特定坡度的土壤流失量与坡度为 5°(即标准径流小区的坡度)的坡地土壤流失量的比值^[4]。计算坡度采用的公式为卜兆宏等^[5]据实测数据推算出适用于我国的坡度计算公式:

$$S = 0.6211 \times 203.1576 \sin \beta \quad (3)$$

式中: S ——坡度因子; β ——坡度。

由于水土流失潜在危险度为 0~1 之间的数值,因此需对其各单因子参考公式(1)进行量化处理。

(2) 坡长因子提取及量化。坡长 L 是指在其它条件相同的情况下,特定坡长的坡地土壤侵蚀量与标准小区坡长的坡地土壤侵蚀量之间的比值^[4]。本研究采用卜兆宏等^[5]在基于 USLE 坡长因子计算公式的基础上提出的基于像元的坡长计算公式:

$$L_i = \left[\left(\sum_1^i D_i / \cos \theta_i \right) - \left(\sum_1^{i-1} D_i / \cos \theta_i \right) \right] = D_i / \cos \theta_i \quad (4)$$

式中: D_i ——沿径流方向每个像元坡长的水平投影距离; θ_i ——像元 i 的坡度。同坡度因子,计算后需参考公式(1)对坡长因子进行量化处理。

2.2.2 降雨因子(年均降雨量 R 和暴雨频次 N)分析

降雨的分配(具体表现为年均降雨量和暴雨频次)同样作为降雨引起水土流失的一个重要因素^[6]。本研究利用涵盖广东省各市县的 188 个雨量站近 30 a(1980—2010 年)的日降雨量推求出各雨量站的年均降雨量和暴雨频次数据,然后在利用 ArcGIS 中的空间分析、统计分析功能,对雨量站范围内的年均降雨和暴雨频次进行空间内插,从而得到整个研究区的年均降雨和暴雨频次空间分布数据,再根据得到的年均降雨和暴雨频次数据参考公式(1)对其进行量化处理。

2.2.3 土壤可蚀性提取与量化分析 土壤可蚀性因子 K 表征某一类型土壤发生侵蚀的敏感程度,描述了土壤对降雨冲刷和径流搬运的抵抗力^[7]。 K 取值依赖于土壤的物理和化学属性,如结构、剪切力,聚合稳定性,有机物含量,渗透性等^[8]。通过广东省土壤分布图可知,广东省内土壤主要为红壤和赤红壤等。选用 Wischmeier^[9]建立的计算公式计算研究区域内的 K 值。

$$K = [2.1(N_1 \cdot N_2)^{1.4} \times (12 - O_M) \times (10^{-4}) + 3.25(S - 2) + 2.5(P - 3)] / 100 \quad (5)$$

式中: N_1 ——粒径介于(0.002~0.1 mm)的粉砂与极细砂百分比含量(%); N_2 ——粒径介于(0.002~2.0 mm)的粉粒与砂粒百分比含量(%); O_M ——有

机质含量的百分比(%)；S——土壤结构等级；P——土壤渗透等级。

2.2.4 地质因子的提取与量化分析 地质岩性因子是一种定性指标,在地形地貌、降雨等因子相同条件下,土壤侵蚀强度的强弱与成壤基岩有密切关系^[10-11]。根据不同岩类风化的难易程度和成土后抗蚀能力,结合广东省地质岩性特征,并参照水利部《中国水土流失防治与生态安全(南方红壤卷)》中南方红壤区地质岩性分类,广东省水土流失潜在危险度地质因子中地质岩性只考虑花岗岩区、紫色砂页岩区,其它区域均归属为其它岩性区,然后根据不同地质岩性分布对其属性赋值,并参考公式(1)对其进行量化处理生成广东省地质岩性因子分布图。

3 结果分析

通过 ArcGIS 的空间分析模块的栅格计算工具,在 ArcGIS 中将上述各水土流失潜在危险度单因子图层依据公式(1)~(2)表述的关系进行空间叠加分析,得到广东省行政区划内的水土流失潜在危险度分布图及属性数据,如附图 4 和表 2 所示。

根据公式(2)计算得出广东省水土流失潜在危险度(I_e)值在 0~0.635 9 之间,据各级 I_e 在广东省行政区域占的比例,结合广东省水土保持规划专家咨询组意见,将其分为 3 级,即: $I_e < 0.2$,为无险型水土流失潜在危险性区; $0.2 \leq I_e < 0.35$,为轻险型水土流失潜在危险性区; $I_e \geq 0.35$,为重险型水土流失潜在危险性区^[2],结果详见表 2。

由表 2 可知,广东省范围内水土流失潜在危险度为无险型的区域面积为 $8.790 \times 10^4 \text{ km}^2$,占广东省总面积的 48.9%,主要分布在广东省西南部的雷州半岛、珠江三角洲平原、广东省中部及部分潮汕平原区,粤北的韶关市区,南雄盆地也有分布。由分布区域内社会经济条件资料可知,无险型区域内一般是工农业生产活动及居民生活集中的场所,受人类活动影响大^[12],结合广东省土壤分布图,无险型区域土地利用类型复杂多样,表层土壤经常受到扰动,但由于该地区坡度通常在 5° 以下,土壤侵蚀强度以微度、轻度侵蚀为主,水土流失潜在危险度较小。

表 2 广东省水土流失潜在危险度分级标准及面积

危险度类型分布	危险度值	面积/ 10^4 km^2	面积 比例/%
无险型	< 0.2	8.790	48.9
轻险型	$0.2 \sim 0.35$	5.896	32.8
重险型	0.35	3.289	18.3
合计		17.975	100

水土流失潜在危险度为轻险型的区域面积为 $5.896 \times 10^4 \text{ km}^2$,占广东省总面积的 32.8%,轻险型区域在广东省分布较零散,各区均有分布,主要集中于广东省东北部,该区域一般坡度较缓($5^\circ \sim 9^\circ$),该区域地势相对较低,山丘区植被覆盖度较大的密林地区,年均降雨强度集中于 1 400~1 800 mm 之间,土壤侵蚀强度以轻度侵蚀为主。

水土流失潜在危险度为重险型面积为 $3.289 \times 10^4 \text{ km}^2$,占广东省总面积的 18.3%,主要分布在东部的莲花山脉、珠三角北部的青云山脉、九连山脉及南部的天露山,一般分布于山丘上部的岭坡地带,该区地势较高,降雨强度较大,土壤侵蚀强度主要为轻度、中度侵蚀为主,受人类活动影响极易加剧水土流失。

4 结果讨论

根据新修订的《中华人民共和国水土保持法》,应当将水土流失潜在危险较大的区域划定为水土流失重点预防区,通常指水土流失潜在危险度较高区域,是今后重点防治和需要治理区域^[11]。广东省位于中国大陆南部,就自然条件而言,林草植被覆盖率高,年平均降水量大。通常水土流失较轻微,但由于区域内降雨量大且较为集中,植被或其它水土保持设施一旦遭到破坏,很容易发生水土流失,造成的危害也较大。广东省水土流失潜在危险度的研究,可作为水土流失两区划分专题中水土流失重点预防区划分的重要指标,也可准确地反映出广东省水土流失重点区划分特点,其结果可为大范围(广东省或各市县)的水土保持规划提供科学依据,具有较强的现实指导意义。

5 结论

(1) 以运用 GIS 和 RS 技术为基础,对引起潜在水土流失危险度的各因子及综合因子进行分析与评价,得出广东省水土流失潜在危险度的空间分布数据。

(2) 形成了相对完善的广东省水土流失潜在危险度评价指标体系,为研究水土流失潜在危险区域提供科学支撑。

(3) 通过建立一系列指标体系对研究区内潜在的水土流失危险程度进行分析、评价,并通过研究其在广东省各地区空间分布规律,为广东省及其各市县水土保持规划提供科学依据,从而为广东省水土流失预防保护及综合治理、监督管理提供支撑。

(下转第 146 页)

态和可持续性状态进行评估时,有必要建立一套符合国情和典型区域实际的生态足迹测算因子,更为准确地判断典型区域的可持续发展状态。当然,改进生态足迹因子的方法一定程度上增加了对原始数据统计和收集的难度。

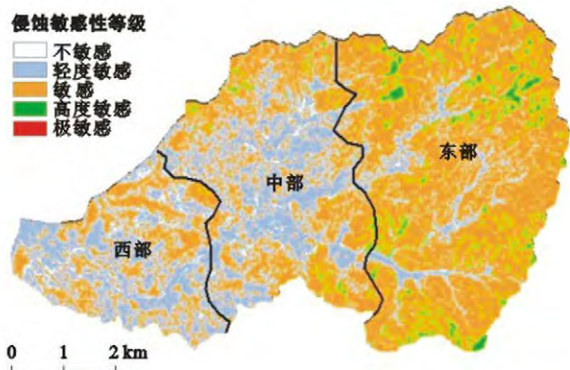
[参 考 文 献]

- [1] 王书华,毛汉英,王忠静. 生态足迹研究的国内外近期进展[J]. 自然资源学报,2002,17(6):776-782.
- [2] 牛文元. 持续发展导论[M]. 北京:科学出版社,1994.
- [3] Hardi P, Barg S, Hodge T, et al. Measuring sustainable development: Review of current practice[R]. Occasional Paper, 1997;1-2,49-51.
- [4] 杨开忠,杨咏,陈洁. 生态足迹分析理论与方法[J]. 地球科学进展,2000,15(6):630-636.
- [5] 徐中民,张志强,程国栋. 甘肃省 1998 年生态足迹计算与分析[J]. 地理学报,2000,55(5):607-616.
- [6] Rees W E. Ecological footprint and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out[J]. Environment and Urbanization, 1992, 4(2):121-130.
- [7] Rees W E. Revisiting carrying capacity: Area-based indicators of sustainability[EB/OL] // Wackernagel M. Ecological Footprint Nation. <http://www.ecouncil.ac.cr/rio/focus/report/english/footprint>, 1997.
- [8] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. National natural capital accounting with the ecological footprint concept[J]. Ecological Economics, 1999, 29(3):375-390.
- [9] 谢高地,鲁春霞,成升魁,等. 中国的生态空间占用研究[J]. 资源科学,2001,23(6):20-23.
- [10] 赵先贵,王书转,马彩虹,等. 西安市 2002 年生态足迹分析[J]. 干旱区资源与环境,2005,19(6):33-37.
- [11] 赵先贵,马彩虹,高立峰,等. 基于生态压力指数不同尺度区域生态安全评价[J]. 中国农业生态学报,2007,15(6):135-138.
- [12] 李泽红,董锁成,汤尚颖,等. 基于生态足迹模型的石嘴山市生态经济可持续性评价[J]. 中国地质大学学报:社会科学版,2008,8(3):41-45.
- [13] 欧阳志云,王效科,苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究[J]. 生态学报,1999,19(5):19-25.
- [14] 张恒义,刘卫东,万世忠,等. “省公顷”生态足迹模型中的均衡因子及产量因子的计算:以浙江省为例[J]. 自然资源学报,2009,24(1):82-93.
- [15] Wackernagel M, Monfreda C, Schulz N B, et al. Calculating national and global ecological footprint time series: resolving conceptual challenges[J]. Land Use Policy, 2004, 21(3):271-278.
- [16] Monfreda C, Wackernagel M, Deumling D. Establishing national natural capital accounts based on detailed ecological footprint and biological capacity assessments[J]. Land Use Policy, 2004, 21(3):231-246.
- [17] 牛若峰,刘天福. 农业技术经济手册[M]. 修订版. 北京:农业出版社,1983.
- [18] 吴介军,蔡琳,张秋花,等. 1993—2004 年陕西省生态足迹分析与评价[J]. 陕西师范大学学报:自然科学版,2006,34(4):104-108.
- [19] 徐坡,张阳生. 陕西省生态足迹动态变化分析[J]. 安徽农业科学,2011,39(8):4862-4866.
- [20] 王伟,韦苇. 动态生态足迹测度与分析:陕西省可持续发展研究[J]. 重庆工商大学学报:西部论坛,2007,17(4):52-56.

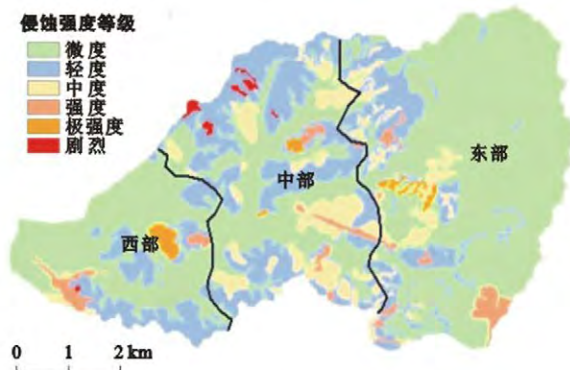
(上接第 141 页)

[参 考 文 献]

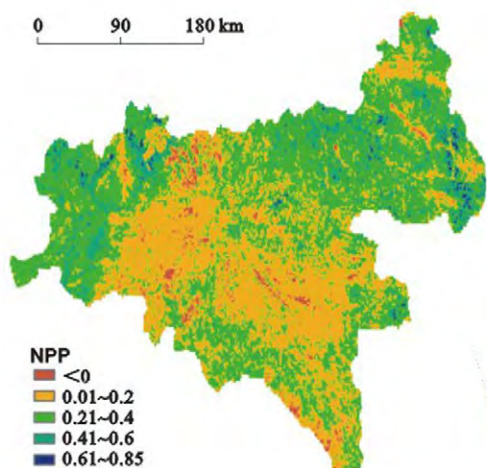
- [1] 孙希华. 基于 GIS 的济南市土壤侵蚀潜在危险度评价研究[J]. 水土保持学报,2003,17(6):47-50.
- [2] 水利部,中国科学院,中国工程院. 中国水土流失防治与生态安全(南方红壤卷)[M]. 北京:科学出版社,2010:194-196.
- [3] 杨子生. 滇东北山区坡耕地土壤侵蚀的地形因子[J]. 山地学报,1999,17(S):16-18.
- [4] 韩佳. 基于 RS 与 GIS 的东川地区水土流失研究[D]. 北京:中国地质大学(北京),2010.
- [5] 卜兆宏,唐万龙,潘贤章. 土壤流失量遥感监测中象元地形因子算法的研究[J]. 土壤学报,1994,31(3):322-323.
- [6] 满建利,姜成,彭红霞,等. 降雨因素和不同土地利用方式对水土流失的影响[J]. 水土保持研究,2010,17(1):31-34.
- [7] 陈军,黄光庆,周阳品. 基于 GIS 的区域水土流失评价研究[J]. 贵州大学学报,2008,25(2):201-205.
- [8] 张晓远,张亦汉. 基于 3S 技术的流溪河流域水土流失分析研究[J]. 广东水利水电,2011,25(6):26-29.
- [9] Wischmeier W H, Smith D D. Predicting rainfall-erosion losses[R]. USDA: Agriculture Handbook US Department of Agriculture, 1978;21-22.
- [10] 高华端. 贵州岩溶地区地质条件对水土流失的影响[J]. 山地农业生物学报,2003,22(1):20-22.
- [11] 姜德文. 解读新《中华人民共和国水土保持法》的法规体系[J]. 中国水土保持科学,2011,9(5):26-30.
- [12] 孙希华,闫福江. 基于遥感与 GIS 的土壤侵蚀潜在危险度评价研究:以青岛市为例[J]. 土壤,2004,36(5):516-521.



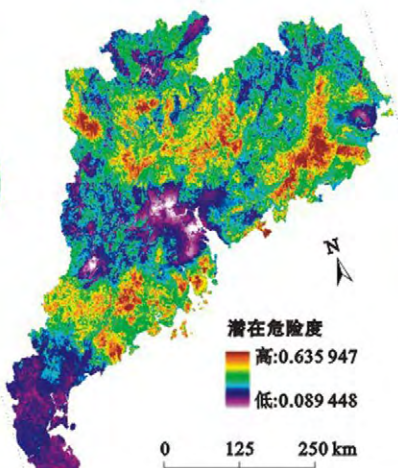
附图1 朱溪小流域土壤侵蚀敏感性综合评价



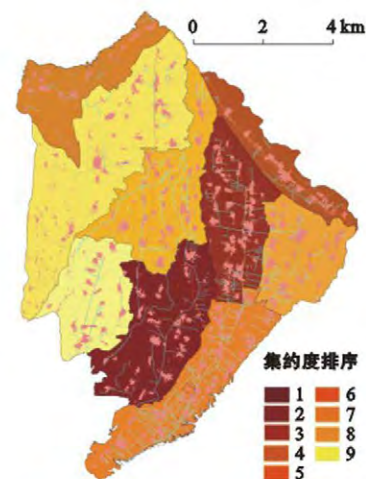
附图2 朱溪小流域土壤侵蚀现状



附图3 陕南地区植被净第一性生产力(NPP)变化趋势



附图4 广东省水土流失潜在危险度分布



附图5 甘肃省临夏县北塬地区农村建设用地集约度评价结果



附图6 宁夏六盘山连片特困区2001, 2007和2011年生态安全指数的空间分布