

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4701.2021.01-08

基于 CSLE 模型评价江西省土壤侵蚀强度空间分布

廖元群¹, 万小星², 龚长春³, 李相奎², 奚同行³, 齐述华¹

(1. 江西师范大学 鄱阳湖湿地与流域研究教育部重点实验室/地理与环境学院, 江西 南昌 330022;
2. 江西省水政监察总队, 江西 南昌 330009; 3. 江西省水土保持科学研究院, 江西 南昌 330029)

摘 要:江西省是南方红壤丘陵区典型的水土流失省份,水土流失严重,本文利用 CSLE 模型从区域尺度下定量评价江西省土壤侵蚀及其空间分布。结果表明:(1)江西省 2019 年轻度以上土壤侵蚀总面积为 24 151.18km²,占全省国土总面积的 14.45%;(2)江西省土壤侵蚀主要以轻度侵蚀为主,占全省土地总面积的 13.18%;(3)草地侵蚀面积 666.46km²,占草地面积的 29.26%;园地侵蚀面积 1 011.67km²,占园地面积的 19.18%;林地侵蚀面积 19 089.21km²,占总林地面积的 18.07%,以轻度侵蚀为主。

关键词:土壤侵蚀;CSLE;江西省

中图分类号:S157 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-4701(2021)01-0050-06

0 引 言

土壤侵蚀指在外营力(水力、风力、重力、冻融张缩力等)作用下,土壤物质剥离、迁移或沉积的过程。目前,土壤侵蚀仍是全球性的生态环境问题,其形成和发生的过程主要是地形、土壤、降雨、植被以及土地利用方式等多因子共同作用的结果^[1]。由 Wischmeier^[2]等建立的美国通用土壤流失方程 USLE 和 Renard^[3]等修正通用土壤流失方程 RUSLE,以及刘宝元^[4,5]等建立的中国土壤流失方程(CSLE),在土壤侵蚀估算评价中得到广泛运用。

USLE 和 RUSLE 模型适用于坡度为 3°~18°缓坡地的土壤侵蚀评价,并不完全符合我国地形地貌的实际情况,也没有考虑坡耕地水土保持措施的水土保持功能^[6]。江西省位于我国南方红壤丘陵区,经果林种植开发历史由来已久,存在大量由陡坡地改造的经果林,并修建了水平阶(反坡梯田)等水土保持措施。因此在我国南方红壤丘陵区采用 USLE 和 RUSLE 模型来进行土

壤侵蚀评价,会存在一定误差。刘宝元^[4,5]等根据我国实际情况,对 USLE 模型进行修正,构建了中国水土流失方程(CSLE),该模型考虑了水土保持措施对土壤侵蚀评价影响。

本文按照水利部印发《区域水土流失动态监测技术规范(试行)》的要求,基于 CSLE 模型计算 2019 年江西省土壤侵蚀模数和土壤侵蚀强度,分析江西省土壤侵蚀现状及土地利用方式对土壤侵蚀的影响。

1 研究区概况

江西省位于北纬 24°29'14"~30°04'41",东经 113°34'36"~118°28'58"之间。地处长江中下游南岸,东临浙江省、福建省,南连广东省,西接湖南省,北毗湖北省、安徽省。全省面积 16.69 万 km²,属亚热带季风气候区,降雨季节性明显。地形以丘陵山地为主,地势南高北低,东、西、南三面环山,北部为鄱阳湖平原,中南部山地丘陵与河谷平原交错分布。土壤主要以红壤、黄壤为主,以红壤分布最广,占总面积的 56%。由于红壤

收稿日期:2020-12-08

项目来源:国家自然科学基金项目(41867012)。

作者简介:廖元群(1996-),男,在读硕士。

的保水保肥能力较差,透水性差,极易发生土壤侵蚀。2018 年江西省水土保持公报数据显示江西省轻度以上土壤侵蚀面积为 24 464.25km²,其中轻度侵蚀面积为 20 736.3km²,中度侵蚀面积为 2 127.57km²,强烈侵蚀面积为 867.17km²,极强烈侵蚀面积为 552.89km²和剧烈面积为 180.32km²。江西省仍然是土壤侵蚀严重的省份之一,侵蚀治理任务依然艰巨。

2 数据与方法

2.1 CSLE 模型

按照水利部印发的《区域水土流失动态监测技术规范(试行)》的要求,采用刘宝元^[4]等提出的中国土壤流失方程 CSLE 模型计算:

$$A=R \times K \times L \times S \times B \times E \times T$$

式中: A 为土壤侵蚀模数, $t/(hm^2 \cdot a)$, 表示单位面积坡面多年平均年土壤流失量; R 为降雨侵蚀力因子, $MJ \cdot mm/(hm^2 \cdot h \cdot a)$, 由水利部信息中心分发; K 为土壤可蚀性因子, $t \cdot hm^2 \cdot h/(hm^2 \cdot MJ \cdot mm)$, 由水利部信息中心分发; L 和 S 分别为坡长和坡度因子: 坡长因子指其他条件一致的情况下, 某种坡长的坡面土壤侵蚀量与 22.13m 坡长坡面土壤侵蚀量的比值^[7], 坡度因子是指降雨、土壤、坡长、地表状况等条件一致时, 某坡度下的坡面土壤侵蚀量与坡度为 5.14° 时坡面土壤侵蚀量的比值^[7]; 采用江西省 1:50 000 地形图重采样生成 10m 空间分辨率 DEM 基础上, 利用符素华等^[7]研发的地形因子模块完成计算; B 为植被覆盖与生物措施因子: 通过收集 2016~2018 年江西省范围内 23 期 Landsat TM 和 MODIS 影像, 采用融合法计算得到 24 个半月尺度的 30m 空间分辨率的 NDVI 数据, 根据像元二分模型计算植被覆盖度(FVC), 分别计算各地类的 B 因子值; E 和 T 因子分别为工程措施因子和耕作措施因子: 根据水利部印发《区域水土流失动态监测技术规范(试行)》中各工程措施因子赋值表和耕作措施因子赋值表进行赋值。

利用 ArcGIS 软件对各个土壤侵蚀计算因子进行栅格叠加运算, 获取土壤侵蚀模数, 并根据《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-2007)^[8], 实现土壤侵蚀强度空间分布制图。

2.2 土地利用数据

根据 2019 年高分 1 号 2m 分辨率卫星遥感影像,

参照水利部印发《区域水土流失动态监测技术规范(试行)》中的土地利用分类系统, 将土地利用类型划分为 8 个一级地类和 25 个二级地类, 通过人机交互解译方法, 获取 2019 年江西省土地利用数据。

3 结果与分析

3.1 土地利用现状

根据土地利用分类结果(见图 1), 统计耕地、园地、林地、草地、建设用地、交通运输用地、水域及水利设施用地和其他土地的面积和占比, 表明: 江西省耕地面积为 32 428.17km², 占国土总面积的 19.41%; 园地面积为 5 273.79km², 占国土总面积的 3.16%; 林地面积为 105 623.39km², 占国土总面积的 63.22%; 草地面积为 2 277.38km², 占国土总面积的 1.36%; 建设用地面积为 9 843.32km², 占国土总面积的 5.89%; 交通运输用地面积为 1 300.62km², 占国土总面积的 0.78%; 水域及水利设施用地面积为 10 174.3km², 占国土总面积的 6.09%; 其他土地面积为 143.03km², 占国土总面积的 0.09%。

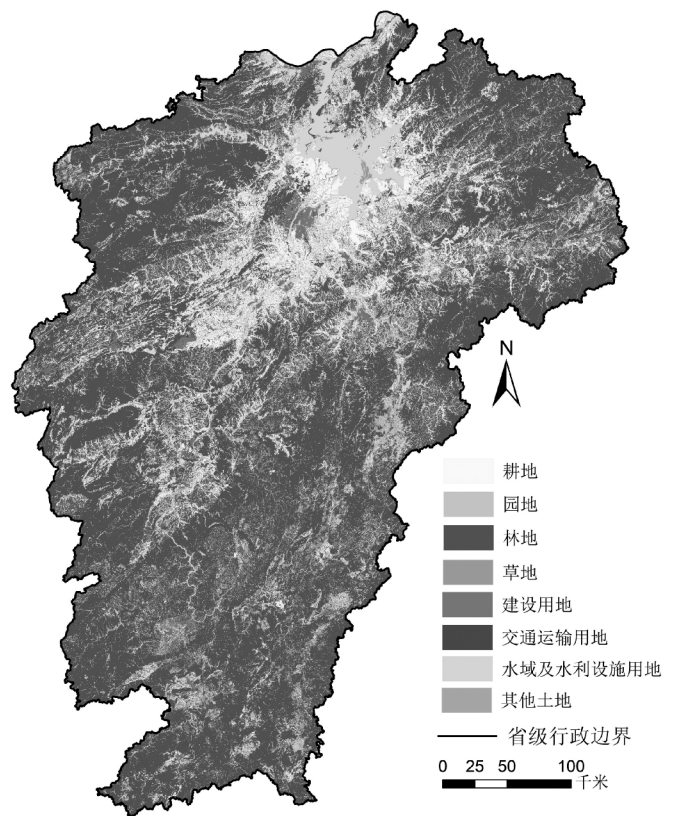


图 1 江西省土地利用图

表1 江西省土壤侵蚀面积及面积占比

侵蚀强度分级	土壤侵蚀模数/[t/(km ² ·a)]	侵蚀面积/km ²	占土地总面积/%	占流失总面积/%
轻度	500~2 500	22 022.2	13.18	91.17
中度	2 500~5 000	1 257.15	0.75	5.21
强烈	5 000~8 000	508.51	0.3	2.11
极强烈	8 000~15 000	282.11	0.17	1.17
剧烈	>15 000	81.21	0.05	0.34
合计		24 151.18	14.45	100

3.2 土壤侵蚀空间分布

江西省轻度以上土壤侵蚀总面积为 24 151.18km², 占全省土地总面积的 14.45%。其中: 轻度侵蚀面积为 22 022.2km², 占侵蚀总面积的 91.17%; 中度侵蚀面积为 1 257.15km², 占侵蚀总面积的 5.21%; 强烈侵蚀面积为 508.51km², 占侵蚀总面积的 2.11%; 极强烈侵蚀面积为 282.11km², 占侵蚀总面积的 1.17%; 剧烈侵蚀面积为 81.21km², 占侵蚀总面积的 0.34%(见表 1)。

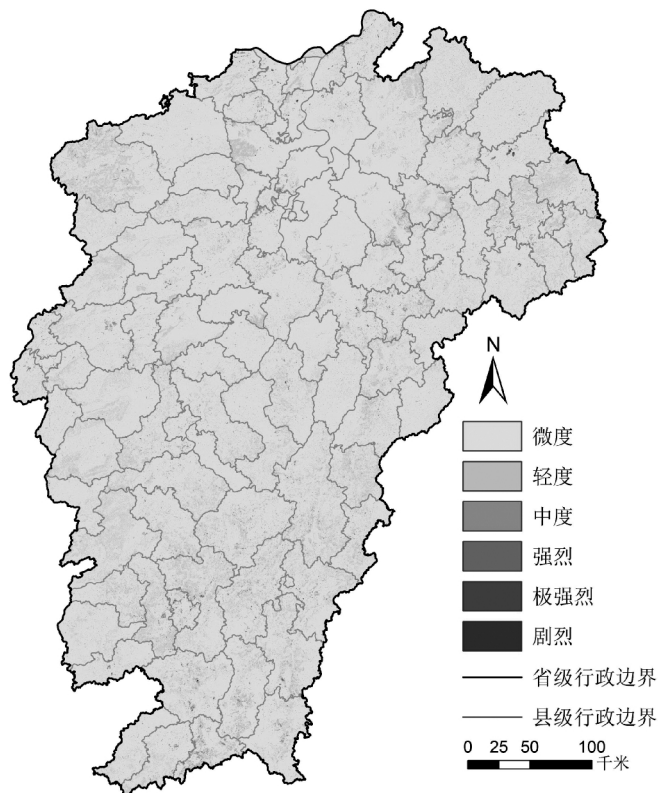


图2 江西省土壤侵蚀强度空间分布图

3.2.1 各县(市、区)土壤侵蚀结果

从分县土壤侵蚀面积来看: 修水县土壤侵蚀面积最大, 达到 1 123.81km², 占土地总面积的 24.95%; 其次为宁都县、遂川县、赣县和鄱阳县, 土壤侵蚀面积依次为 820km²、710.11km²、705.13km² 和 627.3km²; 于都县、兴国县和信丰县土壤侵蚀面积也相对较大, 侵蚀面积在 500~600km² 之间; 其余县土壤侵蚀面积均在 500km² 以下, 其中浔阳区、西湖区、青云谱区、东湖区和珠山区均为城市建成区, 土壤侵蚀面积较小, 侵蚀面积均在 0~1km² 范围内。

从分县土壤侵蚀面积占比来看: 南康区土壤侵蚀面积占比最大, 占总国土面积的 28.15%, 其次为昌江区、广昌县、修水县和定南县, 土壤侵蚀面积占比依次为 27.89%、27.16%、24.95% 和 24.88%。

从各地级市辖区统计来看(图 3): 赣州市的土壤侵蚀面积、侵蚀面积占比和强烈以上侵蚀面积都为最大, 分别为 7 051.12km²、17.91% 和 298.84km²。赣州市作为江西省面积最大的地级市, 下辖 18 个县(市、区)中有 14 个县(市、区)为国家级水土流失重点监测区, 4 个县(市、区)为省级水土流失重点监测区, 土壤侵蚀治理任务艰巨。其次为上饶市, 土壤侵蚀面积和强烈以上侵蚀面积均排在各市前列。

3.2.2 土地利用方式对土壤侵蚀的影响

土壤侵蚀受多种因素的综合影响, 土地利用类型是影响土壤侵蚀最重要的因素, 土地利用方式不同对土壤侵蚀具有明显的分异效应^[9]。土地利用改变了原有地表植被类型及其覆盖度和微地形, 从而影响土壤侵蚀的动力和侵蚀阻力系统, 在区域土壤侵蚀发展中起重要作用。将江西省土地利用现状结果与土壤侵蚀结

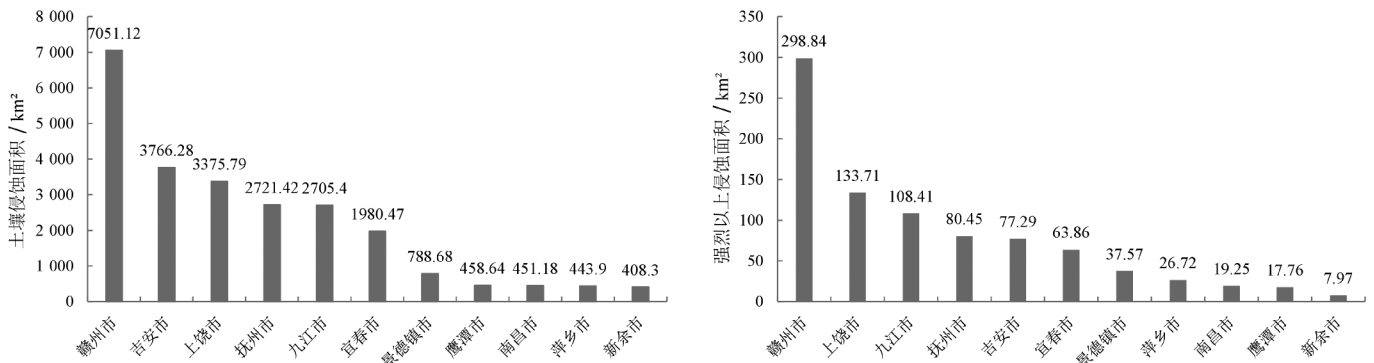


图 3 各地级市土壤侵蚀面积及强烈以上侵蚀面积

果进行叠加分析,得到各个土地利用类型的土壤侵蚀结果(见表 2 和图 4)。

江西省各地类侵蚀面积大小依次为:林地

(19 089.21km²) > 建设用地 (1 671.64km²) > 耕地 (1 638.13km²) > 园地 (1 011.67km²) > 草地 (666.46km²) > 交通运输用地 (64.42km²) > 其他用地 (9.65km²); 各地类

表 2 不同土地利用类型的土壤侵蚀面积

土地利用类型	土壤侵蚀面积/km²				
	轻度	中度	强烈	极强烈	剧烈
耕地	1 218.31	228.02	98.59	75.26	17.95
园地	920.35	77.31	9.41	3.29	1.31
林地	18 562.66	401.68	82.44	30.42	12.01
草地	542.93	106.71	16.09	0.62	0.11
建设用地	736.71	431.66	293.73	166.21	43.33
交通运输用地	37.85	9.84	7.13	4.89	4.71
水域及水利设施用地	0	0	0	0	0
其他土地	3.39	1.93	1.12	1.42	1.79

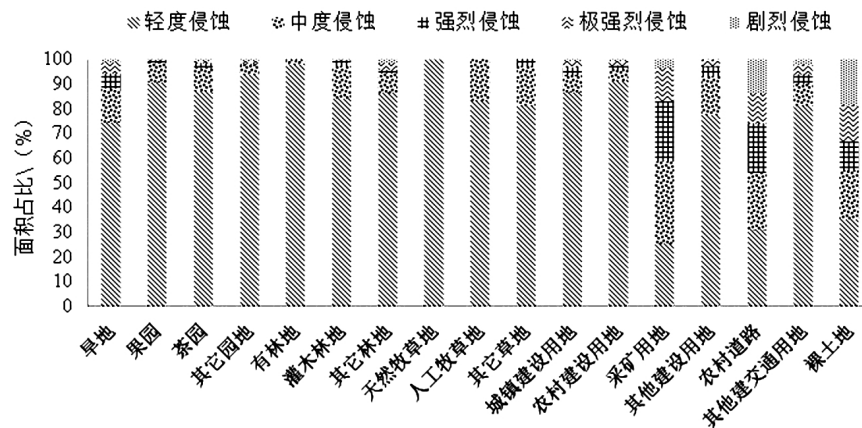


图 4 不同土地利用类型的土壤侵蚀面积占比

侵蚀面积占该地类总面积的比例大小依次为：草地(29.26%)>园地(19.18%)>林地(18.07%)>建设用地(16.98%)>其他用地(6.75%)>耕地(5.05%)>交通运输用地(4.95%)。

江西省不同土地利用类型土壤侵蚀主要以轻度侵蚀为主,主要分布在耕地、园地和林地。江西省水田和水浇地多分布于地势平坦的平原地区和山谷盆地之间,且修建土坎水平梯田等水土保持措施。旱地则多分布于坡地上,水土保持措施分布较少,在暴雨的冲刷下易造成土壤侵蚀,因此江西省耕地土壤侵蚀主要以坡耕地土壤侵蚀为主。林地侵蚀以轻度侵蚀为主,轻度侵蚀面积占其土地利用面积的17.57%,中度以上侵蚀面积只占其土地利用面积的0.5%;强烈以上侵蚀面积主要集中在采矿用地,面积为503.27km²,占强烈以上侵蚀总面积的57.73%。由于采矿用地在开采和生产建设过程中对地表造成极大的生态破坏,且缺乏天然植被保护和有效的水土保持措施,因此极易造成土壤侵蚀。

4 结 论

(1) 2019年江西省轻度以上土壤侵蚀总面积为24 151.18km²,与2018年江西省水土保持公报数据相比,全省轻度以上侵蚀面积减少313.07km²,中度以上侵蚀面积减少1 598.97km²,水土流失状况持续好转,水土流失实现面积和强度“双下降”。

(2) 江西省土壤侵蚀以轻度侵蚀为主,占总侵蚀面积的91.17%,主要分布在耕地、园地和林地,强烈以上侵蚀主要分布在采矿用地。

(3) 草地占全省国土面积的1.36%,其中草地侵蚀面积666.46km²,占草地面积的29.26%;园地占全省国土面积的3.16%,其中园地侵蚀面积1 011.67km²,占园地面积的19.18%;林地占全省国土面积的63.22%,其中林地侵蚀面积19 089.21km²,占林地面积的18.07%,以轻度侵蚀为主。

参考文献:

- [1] 王恒松,熊康宁,张芳美. 地形因子对喀斯特坡面水土流失影响的机理研究[J]. 水土保持通报, 2015, 35(4): 1~7.
- [2] 马力,卜兆宏,梁文广,等. 基于USLE原理和3S技术的水土流失定量监测方法及其应用研究[J]. 土壤学报, 2019, 56(3): 602~614.
- [3] 怡凯,王诗阳,王雪,等. 基于RUSLE模型的土壤侵蚀时空分异特征分析:以辽宁省朝阳市为例[J]. 地理科学, 2015, 35(3): 365~372.
- [4] 梁晓珍,符素华,丁琳. 地形因子计算方法对土壤侵蚀评价的影响[J]. 水土保持学报, 2019, 33(6): 21~26.
- [5] 魏梦瑶,张卓栋,刘瑛娜,等. 基于CSLE模型的广西土壤侵蚀规律[J]. 水土保持研究, 2020, 27(1): 15~20.
- [6] 刘桂成,李相玺,万小星,等. 江西省2018年度省级重点监测区水土流失动态监测中存在的问题与建议[J]. 中国水土保持, 2019(12): 29~32.
- [7] 符素华,刘宝元,周贵云,等. 坡长坡度因子计算工具[J]. 中国水土保持科学, 2015, 13(5): 105~110.
- [8] 中华人民共和国水利部. 土壤侵蚀分类分级标准(SL 190-2007)[S]. 中国水利水电出版社, 2008.
- [9] 杜轶,郭青霞,郭汉清,等. 汾河上游不同土地利用方式对坡地水土流失的影响[J]. 水土保持学报, 2019, 33(4): 44~51.

编辑:张绍付

Evaluation of spatial distribution of soil erosion intensity in Jiangxi province based on CSLE

LIAO Yuanqun¹, WAN Xiaoxing², GONG Changchun³, LI Xiangxi², XI Tonghang³, QI Shuhua¹

(1. Key Laboratory of Poyang Lake Wetland and Watershed Research, Ministry of Education/School of Geographic and Environment, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China;

2. Jiangxi Provincial Water Administration Supervision Team, Nanchang 330009, China;

3. Jiangxi Institute of Soil and Water Conservation, Nanchang 330029, China)

Abstract: Jiangxi province is a typical place with soil erosion in the hilly red soil regions of Southern China. Soil erosion is serious. In this paper, CSLE model is used to quantitatively evaluate soil erosion and its spatial distribution in Jiangxi province at regional scale. The research shows: (1) In 2019, the total soil erosion area of Jiangxi province is 24 151.18km², accounting for 14.46% of the total area of the province; (2) The soil erosion in Jiangxi province is mainly mild erosion, accounting for 13.18% of the total land area of the province; (3) The erosion area of grassland is 666.46km², accounting for 29.26% of the grassland area; the erosion area of garden land is 1011.67km², accounting for 19.18% of the garden area; the erosion area of woodland is 19 089.21km², accounting for 18.07% of the total forest land area, and mainly mild erosion.

Key words: Soil erosion; CSLE; Jiangxi province

翻译: 廖元群