

关岭县不同等级石漠化区土壤侵蚀特征

陈起伟^{1,2}, 熊康宁¹, 周梅², 徐丰³

(1. 贵州师范大学喀斯特研究院, 贵阳 550001; 2. 贵州师范学院地理与旅游学院,
贵阳 550018; 3. 贵州省水土保持监测站, 贵阳 550002)

摘要:为分析不同等级石漠化土壤侵蚀特征,以典型喀斯特区贵州关岭县为研究对象,以 ZY-3 影像为数据源,综合运用“3S”技术,非喀斯特区根据《岩溶地区水土流失综合治理技术标准》标准,喀斯特区根据《喀斯特地区土壤侵蚀综合治理技术》中石漠化与土壤侵蚀等级划分标准,解译出关岭县 2015 年土壤侵蚀与石漠化图,分析了不同等级石漠化区土壤侵蚀特征。结果表明:关岭县不同等级石漠化区的土壤侵蚀特征存在一定的规律,关岭县喀斯特区土壤侵蚀发生率比非喀斯特区低 9.4 个百分点,非石漠化区土壤侵蚀发生率略低于石漠化区,严重石漠化区土壤侵蚀发生率低于石漠化等级轻的区域。关岭县石漠化与土壤侵蚀区域分布及强度并不一致,在土壤侵蚀治理过程中应加强石漠化程度较弱区域的治理,同时更需要加强还未发生石漠化区域土壤侵蚀的防治。

关键词:喀斯特; 石漠化; 土壤侵蚀; 特征分析; 贵州关岭县

中图分类号: S157.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2018)05-0024-05

Characteristics of Soil and Water Loss in Different Rocky Desertification Areas in Guanling County

CHEN Qiwei^{1,2}, XIONG Kangning¹, ZHOU Mei², XU Feng³

(1. Department of Geography and Tourism, Guizhou Normal College,
Guiyang 550018, China; 2. Karst Research Institute, Guizhou Normal University,

Guiyang 550001, China; 3. Guizhou Monitoring Station of Soil and Water Conservation, Guiyang 550002, China)

Abstract: In order to analyze the characteristics of soil erosion in different grades of rocky desertification area, taking the typical karst area Guanling County of Guizhou Province as the research object, according to the classification of ‘standard for classification and gradation of soil erosion’ and ‘techniques standard for comprehensive control of soil erosion and water loss in karst region’, we used ZY-3 remote image as the data source, made the soil erosion and rocky desertification map in Guanling County in 2015 by comprehensive using the ‘3S’ technology. We analyzed the characteristics of soil erosion in different rocky desertification areas. The results showed that the characteristics of soil erosion in different grades of rocky desertification areas in Guanling county had certain regularity, soil and water loss rate of Guanling karst area was 9.4% lower than in non-karst area, and soil and water loss rate in non-rocky desertification area was slightly lower than rocky desertification area, high grade rocky desertification area was lower than low grade rocky desertification area also. The regional distribution and intensity of rocky desertification and soil erosion in Guanling County were not consistent. In the process of comprehensive control of soil erosion, Guanling County should strengthen the management of lower level rocky desertification area, at the same time, it is necessary to strengthen the prevention of soil erosion in non-rocky desertification area.

Keywords: Karst rocky desertification area; soil erosion; feature analysis; Guanling County of Guizhou

收稿日期: 2017-10-26

修回日期: 2017-11-15

资助项目: 国家自然科学基金(41561066); 国家“十三五”重点研发计划(2016YFC0502607); 贵州省水利科技经费项目(KT201602); 贵州省科技计划课题(黔科合 SY 字[2013]3160 号)

第一作者: 陈起伟(1981—), 男, 重庆渝北人, 博士研究生, 副教授, 主要从事喀斯特生态治理与地理信息系统研究。E-mail: cqw863@163.com

通信作者: 熊康宁(1958—), 男, 贵州威宁人, 教授, 博士生导师, 主要从事喀斯特与洞穴、资源与环境及石漠化生态治理等方面的研究。

E-mail: xiongkn@163.com

土壤侵蚀是全球范围内发生最广泛、危害最严重的生态环境问题之一,它通过减少表土层的有机质和养分含量而降低土壤生产力,加速土地荒漠化^[1-2]。根据水利部2013年颁布的《第一次全国水利普查公报》数据,贵州、云南、广西三省区土壤侵蚀面积达21.5万km²,占该区总面积的26.7%^[3],以贵州为中心的西南喀斯特区是全球三大喀斯特集中分布区之一^[4],喀斯特地区土壤侵蚀直接后果就是基岩裸露而发展成为石漠化,滇黔桂三省区石漠化面积超过7.79万km²,占该地区喀斯特面积的21.1%。石漠化和土壤侵蚀是土地退化过程中两个不同的阶段,土壤侵蚀是石漠化形成过程中某一阶段的表现形式^[5]。石漠化与土壤侵蚀之间存在着因果关系,要治理石漠化必须防治土壤侵蚀^[6]。我国很早就开展了以小流域为单位的土壤侵蚀综合治理,相关的学者在黄土高原区、黑土漫岗区、西南紫色土山丘区、南方红壤区等开展了大量研究^[7-11],在土壤侵蚀的理论与技术应用^[12]、土壤侵蚀模型^[13-14]、土壤侵蚀监测与评价^[15-16]、治理措施^[17]等方面取得了大量的研究成果。但喀斯特地区土壤侵蚀研究成果还不多,针对不同强度石漠化区的土壤侵蚀特征差异对比研究相对较少。因此,论文以典型石漠化区关岭县为研究对象,综合运用“3S”技术,分析关岭县不同等级石漠化区土壤侵蚀特征,为关岭县土壤侵蚀和石漠化协同治理提供理论依据,为喀斯特地区当前正在紧张开展的石漠化治理与土壤侵蚀防治提供参考。

1 研究区概况

关岭县位于云贵高原东部,隶属于贵州省安顺市,地处105°15′—105°49′E,25°33′—26°41′N,属于珠江水系北盘江流域。境内地层主要为侏罗系、白垩系,从二叠系下到第四系均有出露,岩石主要为浅海相碳酸盐岩沉积,喀斯特地貌与常态地貌交错分布。山地面积大,境内最高海拔为1800m,最低海拔400m。境内亚热带季风气候明显,四季分明、平均气温温和适中,年平均气温16℃,年降水量在1205~1656mm,受亚热带湿润季风气候和地势影响,降雨多集中到6—8月。关岭县水资源丰富,主要以北盘江、打邦河两条河流为主,理论水藏量达 2.5×10^7 kW。县内土壤类型丰富,有7个土类、20个亚类分布,分布最广的是黄壤,占土壤总面积的14.5%^[18]。关岭县辖9镇2乡2街道办,146个行政村。2016年,全县总人口35.70万人,自然增长率为6.31‰,全县生产总值78.89亿元。

2 数据源与研究方法

研究区影像数据源以2景中国资源卫星ZY-3影像拼接而成,影像获取时间为2015年7月和2016年4月,空间分辨率为8m。地质岩性数据采用贵州省地矿局发行的贵州省1:5万地质图,坡度数据采用研究区1:10000数字化地形图生成。首先在ERDAS软件下对影像进行辐射校正及拼接,根据关岭县地形图对影像进行几何校正配准,保证遥感影像和地形图高度配准。石漠化等级根据《岩溶地区水土流失综合治理技术标准》标准中石漠化等级划分标准^[19],提取基岩裸露并综合分析图斑坡度图、地质图、土地利用图等相关资料^[20],解译喀斯特石漠化图。关岭县喀斯特面积超过总面积的70%以上,在喀斯特区土壤侵蚀进程中,岩溶区土壤流失允许量比非喀斯特区小,土壤侵蚀的方式存在着很大差异,统一采用全国土壤流失强度标准明显不符合客观实际,因此,在关岭县喀斯特区与非喀斯特区分别采用喀斯特区、非喀斯特区的土壤侵蚀强度界定标准^[21-22]。根据分级标准中土壤侵蚀遥感调查方法,分别提取标准中土壤侵蚀间接指标中的岩性、坡度、植被覆盖度等5个专题因子图层,根据图斑5个专题因子属性,在非岩溶区采用《岩溶地区水土流失综合治理技术标准》判定土壤侵蚀等级,在岩溶区采用《岩溶地区土壤侵蚀综合治理技术标准》判定土壤侵蚀等级。运用ArcGIS软件空间叠加分析功能将石漠化图和土壤侵蚀图进行空间叠置生成石漠化与土壤侵蚀相关性图,得到同一图斑石漠化与土壤侵蚀等级属性,分析关岭县各等级石漠化区土壤侵蚀的特征。

3 结果与分析

3.1 关岭县土壤侵蚀现状

遥感监测数据表明(表1),关岭县国土面积为1470.57km²,以微度侵蚀面积最大,占国土面积的69.3%。全县土壤侵蚀面积451.09km²,占总面积的30.7%,轻度、中度侵蚀面积分别为209.99km²,163.61km²,强烈侵蚀及以上等级面积占侵蚀总面积的5.2%,从各种侵蚀类型等级结构分析,关岭县主要以轻度、中度侵蚀为主,强烈及以上侵蚀等级面积相对较小,土壤侵蚀强度不高。关岭县土壤侵蚀空间分布特征明显(图1),空间分布不均,土壤侵蚀主要发生在县域西部和南部区域,特别是岗乌镇—新铺—板贵沿线土壤侵蚀较强,关岭县土壤侵蚀受地形坡度影响较大,主要分布在北盘江和打邦河沿岸。

关岭县绝大部分区域为碳酸盐岩出露,其喀斯特

面积 1 273.07 km², 占国土面积的 86.6%。同时, 潜在石漠化分布较广, 面积为 441.17 km², 轻度及以上石漠化等级面积为 581.06 km², 占总国土面积的 39.5%, 石漠化主要以轻度、中度石漠化为主, 轻度石漠化占石漠化面积的 69.5%, 面积为 404.12 km²。中度石漠化占石漠化总面积的 23%, 面积为 133.69 km²; 强度石漠化占石漠化面积比例较小, 只有 43.24 km², 关岭县石漠化空间分布广、石漠化在全县各乡

镇都有分布, 而且等级都不轻。但是, 县域南部石漠化等级较高, 石漠化更为严重, 中部、北部石漠化等级相对较轻。

表 1 关岭县土壤侵蚀面积统计

土壤侵蚀等级	微度侵蚀	轻度侵蚀	中度侵蚀	强烈侵蚀	极强烈侵蚀	剧烈侵蚀
面积/km ²	1019.48	209.99	163.61	60.53	10.52	6.44
比例/%	69.33	14.28	11.13	4.12	0.72	0.44

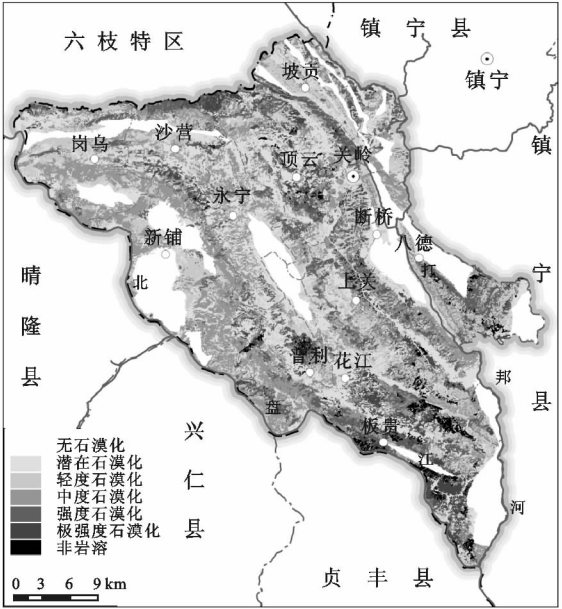
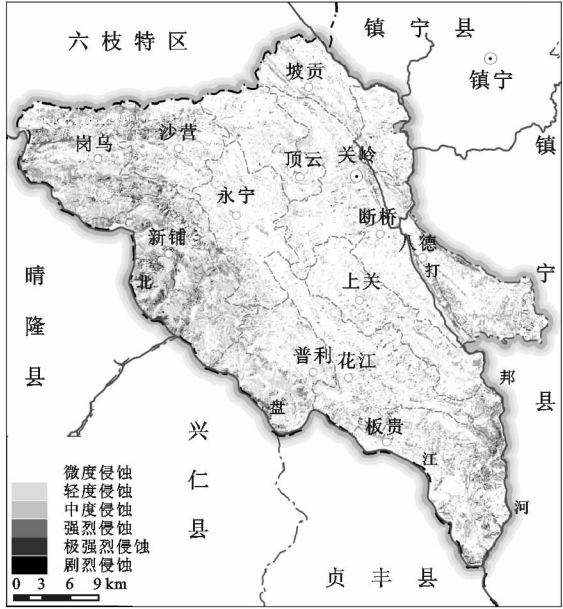


图 1 关岭县土壤侵蚀与石漠化

3.2 喀斯特区与非喀斯特区的土壤侵蚀差异

通过关岭县喀斯特区与非喀斯特区的土壤侵蚀对比, 分析喀斯特区与非喀斯特区的土壤侵蚀差异。从表 2 可以看出, 关岭县喀斯特区和非喀斯特区土壤侵蚀特征基本一致, 整体随土壤侵蚀等级提高而面积减小, 都是微度侵蚀面积最大, 轻度、中度侵蚀是土壤侵蚀的主要类型。但是喀斯特区土壤侵蚀发生率及强度明显低于非喀斯特区, 喀斯特区土壤侵蚀面积为 374.43 km², 土壤侵蚀发生率为 29.4%; 非喀斯特区面积为 197.50 km², 土壤侵蚀面积为 76.66 km², 土壤侵蚀发生率 38.8%, 喀斯特区土壤侵蚀发生率低于非喀斯特区 9.4 个百分点。除非喀斯特区中度侵蚀发生率大于轻度侵蚀发生率外, 喀斯特区与非喀斯特区的土壤侵蚀面积基本都随着侵蚀等级的增强而逐渐减少, 其发生率也随侵蚀等级的升高而降低。喀斯特区轻度以上侵蚀类型发生率均小于非喀斯特区, 同时, 喀斯特区强烈及以上侵蚀等级所占比例均小于非喀斯特区, 喀斯特区强烈及以上等级占喀斯特区总面积的 4.1%, 而非喀斯特区强烈及以上等级占非喀斯特区总面积的 12.5%, 由此可得, 喀斯特区土壤侵

蚀强度明显小于非喀斯特区。非喀斯特区中度及以上侵蚀等级所占比例均大于喀斯特区, 非喀斯特区比例为 28.1%, 喀斯特区比例只有 14.5%, 非喀斯特区比喀斯特区多 13.6 个百分点, 同时, 非喀斯特区中度、强烈侵蚀分别占总面积的 15.6%, 9.1%, 喀斯特区中度、强烈侵蚀分别占总面积的 10.4%, 3.3%, 非喀斯特区中强烈侵蚀面积比例明显大于喀斯特区。

表 2 关岭县非喀斯特区与喀斯特区土壤侵蚀等级统计

岩性类型	喀斯特区		非喀斯特区	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
微度侵蚀	898.63	70.60	120.85	61.20
轻度侵蚀	188.98	14.80	21.01	10.60
中度侵蚀	132.76	10.40	30.85	15.60
强烈侵蚀	42.53	3.30	18.00	9.10
极强烈侵蚀	6.67	0.50	3.85	1.90
剧烈侵蚀	3.49	0.30	2.95	1.50
合计	1273.07	100.00	197.50	100.00

3.3 石漠化区与非石漠化区的土壤侵蚀差异

对比分析关岭县石漠化区与非石漠化区的土壤侵蚀特征, 分析石漠化区与非石漠化区土壤侵蚀的差异。从表 3 可以看出, 关岭县石漠化区总面积为

581.06 km²,非石漠化区总面积为 889.51 km²。其中已经发生石漠化的区域土壤侵蚀面积达到 194.21 km²,占石漠化区总面积的 33.4%;而非石漠化区土壤侵蚀面积只有 256.88 km²,占非石漠化区面积的 28.9%,石漠化区的土壤侵蚀发生率略高于非石漠化区。关岭县石漠化区土壤侵蚀面积都随土壤侵蚀强度等级的增强而减少,而非石漠化区中度侵蚀面积大于轻度侵蚀。石漠化区,强烈及以上侵蚀的面积为 16.20 km²,发生率只有 2.7%;而非石漠化区强烈及以上侵蚀类型的面积达到 61.29 km²,发生率达到6.9%,非石漠化区强烈侵蚀及以上等级的发生率明显高于石漠化区,但并不是石漠化区强烈侵蚀及以上等级土壤侵蚀不严重,而是石漠化区强烈侵蚀及以上等级已经无土可流,其发生率与非石漠化区相比较小。

表 3 关岭县石漠化区与非石漠化区土壤侵蚀统计

石漠化 类型	石漠化区		非石漠化区	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
微度侵蚀	386.85	66.60	632.63	71.10
轻度侵蚀	115.90	19.90	94.09	10.60
中度侵蚀	62.11	10.70	101.50	11.40
强烈侵蚀	14.17	2.40	46.36	5.20
极强烈侵蚀	1.90	0.30	8.62	1.00
剧烈侵蚀	0.13	0.00	6.31	0.70
合计	581.06	100.00	889.51	100.00

3.4 不同等级石漠化区土壤侵蚀差异

石漠化等级强度是否和土壤侵蚀强度等级有直接关系,高强度石漠化区土壤侵蚀是否越严重,因此,分析关岭县不同等级石漠化区土壤侵蚀特征。将轻度、中度石漠化划分为低等级石漠化,将强度和极强度石漠化划分为高等级石漠化。从表 4 可以看出,关岭县低等级石漠化区土壤侵蚀面积明显大于高等级石漠化区,特别是石漠化等级较弱的区域轻度、中度土壤侵蚀面积明显大于石漠化严重的区域,土壤侵蚀面积仍随着土壤侵蚀等级的增强而减少。关岭县低等级石漠化区土壤侵蚀面积为 191.63 km²,占整个低等级的石漠化区总面积的 35.63%;高等级石漠化区土壤侵蚀面积只有 2.57 km,而只占高等级石漠化区面积的 5.94%,关岭县低等级石漠化区发生率明显高于高等级石漠化区发生率。同时,低等级石漠化区强烈侵蚀及以上等级占类型总面积的 3.0%,高等级石漠化区强烈侵蚀及以上等级占类型总面积的 0.09%,石漠化等级较低的区域土壤侵蚀强度等级明显高于石漠化等级高的区域。石漠化等级程度高的区域土壤侵蚀严重程度与土壤侵蚀发生率都明显低于石漠化等级较弱的区域,但是并不能

简单的理解为高等级石漠化区水土流失不严重,而是由于强度石漠化区域自然生态环境恶化,表层土壤流失殆尽基岩裸露率增大到了无土可流的程度,因此土壤侵蚀总量相比低等级石漠化区小。

表 4 关岭县不同等级石漠化区土壤侵蚀统计

石漠化 类型	高等级石漠化区		低等级石漠化区	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
微度侵蚀	40.67	94.06	346.18	64.37
轻度侵蚀	1.56	3.61	114.34	21.26
中度侵蚀	0.97	2.24	61.14	11.37
强烈侵蚀	0.02	0.05	14.14	2.63
极强烈侵蚀	0.02	0.05	1.88	0.35
剧烈侵蚀	0.00	0.00	0.13	0.02
合计	43.24	100.00	537.81	100.00

4 讨论

本文以典型石漠化区为研究对象,分析了不同程度石漠化区土壤侵蚀的特征,结果表明,研究区不同等级石漠化区土壤侵蚀具有一定差异性,土壤侵蚀发生率及强度与石漠化等级有较强相关性,研究成果为掌握土壤侵蚀与石漠化内在联系提供了有效依据,为区域土壤侵蚀和石漠化治理提供理论基础和可量化的决策提供支持,为中国南方石漠化地区土壤侵蚀防治及生态文明建设提供参考。论文以关岭县为研究区分析了不同等级石漠化区的土壤侵蚀分布特征,但论文只是分析了两者的相关性,而影响土壤侵蚀的因子很多,论文未考虑与土壤侵蚀相关的其他因子,研究时也没有深入分析自然、地形地貌和地下漏失等因素对土壤侵蚀的影响。同时研究对象尺度较小,研究规律代表性不强,大范围的石漠化与土壤侵蚀规律是否一致不能确定,仍需增加研究区或者扩大研究范围进行总结验证得出更准确的结论。

5 结论

关岭县土壤侵蚀面积 451.09 km²,占总面积的 30.7%,以轻度、中度侵蚀为主,石漠化面积 581.06 km²,占国土面积的 39.5%,中度、轻度石漠化面积比例较大,土壤侵蚀和石漠化都较为严重。关岭县大致呈现出土壤侵蚀面积随着侵蚀等级的增强而逐渐减少的金字塔结构,但不同等级石漠化土壤侵蚀差异特征明显。

关岭县喀斯特区土壤侵蚀面积占整个喀斯特区总面积的 29.4%,而非喀斯特区则达到 38.8%,喀斯特区土壤侵蚀面积比例比非喀斯特区小 9.4 个百分点。喀斯特区强烈以上等级占喀斯特区总面积的

4.1%,而非喀斯特区达到 12.5%,喀斯特区土壤侵蚀强度明显小于非喀斯特区。非喀斯特区中强烈侵蚀以上等级面积比例大于喀斯特区。总体上,喀斯特区土壤侵蚀发生率及土壤侵蚀等级强度都比非喀斯特区小。关岭县石漠化区土壤侵蚀占石漠化区总面积的 33.4%;而非石漠化区则只有 28.9%,石漠化区土壤侵蚀高非石漠化区 4.5 个百分点,石漠化区的土壤侵蚀发生率略高于非石漠化区。石漠化区的土壤侵蚀强度略低于非石漠化区,非石漠化区强烈侵蚀及以上等级的发生率明显高于石漠化区。关岭县高等级石漠化区土壤侵蚀面积和侵蚀强度等级都明显低于低等级石漠化区。

分析结果表明,关岭县不同等级石漠化区土壤侵蚀存在一定的规律,喀斯特区土壤侵蚀发生率低于非喀斯特区,未发生石漠化的区域土壤侵蚀发生率略低于已经发生石漠化的区域,严重石漠化区土壤侵蚀发生率低于石漠化较轻的区域。同时,土壤侵蚀强度等级喀斯特区小于非喀斯特区,非石漠化区小于石漠化区,高等级石漠化区小于低等级石漠化区,土壤侵蚀发生及强度与石漠化存在一定的规律性。同时,可以看出,关岭县石漠化与土壤侵蚀区域分布及强度并不一致,发生石漠化的区域土壤侵蚀并不强,因此石漠化治理和土壤侵蚀防治并不能合并成一个工程进行治理。关岭县进行土壤侵蚀治理过程中应加强石漠化等级较轻的区域的治理,同时更需要加强还未发生石漠化的区域土壤侵蚀的防治。

参考文献:

- [1] Martínez-Casasnovas J A, Ramos M C, Benites G. Soil and water assessment tool soil loss simulation at the sub-basin scale in the Alt Penedès-Anoia Vineyard Region(Ne Spain) in the 2000s[J]. *Land Degradation & Development*, 2016,27(2):160-170.
- [2] Borrelli P, Panagos P, Märker M, et al. Assessment of the impacts of clear-cutting on soil loss by water erosion in Italian forests: First comprehensive monitoring and modelling approach[J]. *Catena*, 2017,149(3):770-781.
- [3] 中华人民共和国水利部. 第一次全国水利普查公报[EB/OL]. (2013-03-21). http://www.mwr.gov.cn/sj/tjgb/dycqgslpcgb/201701/t20170122_790650.html.
- [4] Ford D, Williams P D. Karst hydrogeology and geomorphology[M]. American Manhattan: John Wiley & Sons, 2013:18-22.
- [5] 张珊珊,周忠发,孙小涛,等. 基于坡度等级的喀斯特山区石漠化与土壤侵蚀相关性研究:以贵州省盘县为例[J]. *水土保持学报*, 2017,31(2):79-86.
- [6] Huang Q H, Cai Y L. Spatial pattern of Karst rock desertification in the Middle of Guizhou Province, Southwestern China[J]. *Environmental Geology*, 2007, 52(7):1325-1330.
- [7] 黄秋昊,蔡运龙,王秀春. 我国西南部喀斯特地区石漠化研究进展[J]. *自然灾害学报*, 2007,16(2):106-111.
- [8] 高海东,李占斌,李鹏,等. 基于土壤侵蚀控制度的黄土高原水土流失治理潜力研究[J]. *地理学报*, 2015, 70(9):1503-1515.
- [9] 陈思旭,杨小唤,肖林林,等. 基于 RUSLE 模型的南方丘陵山区土壤侵蚀研究[J]. *资源科学*, 2014, 36(6): 1288-1297.
- [10] 温磊磊,郑粉莉,杨青森,等. 雨型对东北黑土区坡耕地土壤侵蚀影响的试验研究[J]. *水利学报*, 2012,43(9): 1084-1091.
- [11] 梁娟珠. 南方红壤区不同植被措施坡面的水土流失特征[J]. *水土保持研究*, 2015,22(4):95-99.
- [12] 杨亚利,谢永生,赵暄. 红壤区土壤侵蚀危险程度分级初探[J]. *水土保持通报*, 2013,33(3):231-235.
- [13] 蔡晓晓,严力蛟,徐奂. 基于机器学习理论的土壤侵蚀模型构建[J]. *中国生态农业学报*, 2014,22(9):1122-1128.
- [14] 李宏伟,郑钧濤,彭庆卫,等. 国外土壤侵蚀预报模型研究进展[J]. *中国人口·资源与环境*, 2016,26(S1):183-185.
- [15] 赵辉,黎家作,李晶晶. 中国水土流失动态监测与评价的现状与对策[J]. *水土保持通报*, 2016,36(1):115-119.
- [16] 蒋冲,高艳妮,李芬,等. 1956—2010 年三江源区土壤侵蚀状况演变[J]. *环境科学研究*, 2017,30(1):20-29.
- [17] 曹建华,鲁胜力,杨德生,等. 西南岩溶区土壤侵蚀过程及防治对策[J]. *中国水土保持科学*, 2011,9(2):52-56.
- [18] 安顺市年鉴编委会. 安顺市 2010 年统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2010.
- [19] 熊康宁,黎平,周忠发,等. 喀斯特石漠化的遥感—GIS 典型研究:以贵州省为例[M]. 北京:地质出版社,2002.
- [20] 陈起伟,熊康宁,蓝安军. 生态工程治理下贵州喀斯特石漠化演变研究[J]. *贵州农业科学*, 2013,41(7):195-199.
- [21] 中华人民共和国水利部. 土壤侵蚀分类分级标准: SL190-2007[S]. 北京:中国水利水电出版社,2007.
- [22] 中华人民共和国水利部. 岩溶地区水土流失综合治理技术标准: SL461-2009[S]. 北京:中国水利水电出版社,2009.