

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.003

云南省岩溶地区石漠化土地动态变化研究

阮方佑, 吴宁, 安科, 任晓东, 彭正武, 余正才

(云南省林业调查规划院昆明分院, 云南 昆明 650200)

摘要:将云南省岩溶地区第四次石漠化监测成果与第一次监测进行对比分析研究。结果表明, 2006—2021年16年间, 云南省石漠化土地面积减少116.86万 hm^2 , 减少40.56%, 年均减少7.30万 hm^2 , 年均减少率为2.53%; 云南省石漠化土地面积呈下降趋势, 石漠化程度减轻趋势明显。国家和地方实施的石漠化综合治理工程、森林抚育工程、长江珠江防护林工程、生态公益林建设、退耕还林(草)工程等生态修复类工程在石漠化土地面积及程度变化中起到主要作用。

关键词:岩溶地区; 石漠化土地; 动态变化; 生态修复; 云南省

中图分类号:[S719]; P931.5 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0013-06

引文格式:阮方佑, 吴宁, 安科, 等. 云南省岩溶地区石漠化土地动态变化研究[J]. 林业调查规划, 2023, 48(3): 13-18.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.003

RUAN Fangyou, WU Ning, AN Ke, et al. Dynamic Change of Rocky Desertification Land in Karst Area of Yunnan Province[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 13-18. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.003

Dynamic Change of Rocky Desertification Land in Karst Area of Yunnan Province

RUAN Fangyou, WU Ning, AN Ke, REN Xiaodong, PENG Zhengwu, YU Zhengcai

(Kunming Branch of Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650200, China)

Abstract: The results of the fourth rocky desertification monitoring in karst areas of Yunnan Province were compared and analyze with the first monitoring. The results showed that from 2006 to 2021, the area of rocky desertification in Yunnan Province decreased by 1.1686 million hm^2 , a decrease of 40.56%, with an average annual decrease of 73 000 hm^2 and an average annual decrease rate of 2.53%; the land area of rocky desertification showed a downward trend, and the degree of rocky desertification decreased obviously. The state and local governments have implemented forest and grass management and protection projects, and ecological restoration projects such as the comprehensive control project on rocky desertification, the forest tending project, the shelterbelt project along the Yangtze River and Pearl River, the construction of ecological public forest, and the project of returning farmland to forest (grassland) have played a leading role in the change of the area and degree of rocky desertification land.

Key words: karst area; rocky desertification land; dynamic change; ecological restoration; Yunnan Province

石漠化(rocky desertification)是指在热带、亚热带湿润半湿润、半干旱气候条件和岩溶极其发育的

自然背景下,受人为活动干扰,使地表植被遭受破坏,造成土壤严重侵蚀,基岩大面积裸露,砾石堆积

收稿日期:2022-01-03;修回日期:2022-02-20.

第一作者:阮方佑(1970-),男,云南陆良人,高级工程师.从事林业和草原调查规划工作. Email:893211885@qq.com

的土地退化现象,是岩溶地区土地退化的极端形式。岩溶地区土地石漠化是土地退化、生态恶化的一种极端形式,被称为“生态癌症”。严重的石漠化土地,不仅加剧水土流失,恶化生态环境,引发自然灾害,压缩人民群众的生存与发展空间,也严重制约地区经济社会的可持续发展,对区域国土生态安全和生态文明建设构成严重威胁。通过对云南省岩溶地区 4 次的石漠化监测成果的对比分析,对云南省岩溶地区石漠化动态变化的直接和间接原因进行研究,旨在为科学合理制定云南省岩溶地区石漠化防治对策、管理决策等提供科学依据。

1 石漠化土地动态监测情况

云南省岩溶地区石漠化土地动态监测范围是纳入国家同步动态监测的 65 个县,经 2006 年、2011 年、2016 年、2021 年 4 次监测,第一次监测主要以基础调查为主,第二次至第四次在第一次监测数据基础上进行动态监测。监测间隔期内,岩溶监测区范围保持不变,监测县级行政单位与上期保持一致,乡级行政单位与上期基本保持一致,只是存在部分乡镇拆分与合并的情况。

2006 年进行岩溶地区第一次石漠化监测,监测面积为 791.25 万 hm^2 ,而 2011 年进行的岩溶地区第二次石漠化监测,监测面积为 794.56 万 hm^2 ,比第一次岩溶区监测面积增加 3.31 万 hm^2 。其主要原因是石林、陆良、会泽、宣威、华宁、镇雄等县前期部分监测乡内的岩溶石漠化土地存在漏划,按国家规定作为新增图斑纳入监测范围,但不纳入前期动态变化分析。2016 年进行的岩溶地区第三次石漠化监测,监测面积为 794.13 万 hm^2 ,较第二次监测范围减少 0.43 万 hm^2 ,占第二次监测范围的 0.05%。其原因是云南省界有调整,该次监测使用了国家林业和草原局石漠化监测中心提供的最新省界,在此基础上数据由北京 54 坐标转为西安 80 坐标,对岩溶地区土地进行了面积求算,各县的面积有一些误差,但均在允许值之内。经二次微调后,第三次监测的岩溶土地面积为 794.13 万 hm^2 ,较第一次岩溶区监测面积增加 2.88 万 hm^2 ,岩溶区监测面积变动率为 0.40%。第四次调查范围包括云南省第三次石漠化调查的 65 个县,新增《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划(2021—2035 年)》中长江上中游岩溶石漠化综合治理工程中云南境内的 11 个县(含完成省级调查县 10 个)及云南省自行组织开展省级调查的石漠化严重、面积较大、集中连片的 12

个县,最终确定本次云南省调查县为 88 个,为了数据的可比性,第四次调查数据采用纳入国家监测的 65 个县的数据,岩溶土地面积 797.31 万 hm^2 ,较前期调查范围增加了 3.18 万 hm^2 ,岩溶区监测面积变动率为 0.40%,其原因是由于第四次调查技术标准的变化,第四次调查使用了最新国土三调界线,新增部分调查范围,对比分析具有可比性。

2 石漠化土地动态变化

2.1 石漠化土地面积动态变化分析

间隔期 2006—2021 年内,岩溶地区针对纳入国家监测的 65 个县共开展了 4 次石漠化监测,岩溶土地石漠化状况由 2006 年石漠化土地面积 288.14 万 hm^2 ,潜在石漠化土地 172.57 万 hm^2 ,非石漠化土地 330.54 万 hm^2 ,转变为 2021 年石漠化土地面积 171.28 万 hm^2 ,潜在石漠化土地 251.74 万 hm^2 ,非石漠化土地 374.29 万 hm^2 。石漠化、潜在石漠化、非石漠化土地面积 16 年变动率分别为 -40.56%、45.88% 和 13.24%,年均变化分别为 -2.53%、2.86% 和 0.83%。云南省石漠化土地监测结果动态变化及变化趋势见表 1 和图 1。

表 1 云南省石漠化土地监测结果动态变化

Tab. 1 Dynamic changes in monitoring results of rocky desertification land in Yunnan Province 万 hm^2

年度	监测区土地	石漠化	潜在石漠化	非石漠化
2006 年	791.25	288.14	172.57	330.54
2011 年	794.56	283.98	177.10	333.48
2016 年	794.13	235.19	204.17	354.77
2021 年	797.31	171.28	251.74	374.29
2021 年与 2006 年相比	6.06	-116.86	79.17	43.75
变动率/%	0.77	-40.56	45.88	13.24

2.2 石漠化程度动态变化分析

间隔期 2006—2021 年内,石漠化土地面积减少 116.86 万 hm^2 ,变动率为 -40.56%。其中,轻度石漠化面积减少 5.95 万 hm^2 ,变动率为 -6.69%;中度石漠化面积减少 66.88 万 hm^2 ,变动率为 -49.03%;重度石漠化面积减少 34.14 万 hm^2 ,变动率为 -70.61%;极重度石漠化面积减少 9.89 万 hm^2 ,变动率为 -68.59%。

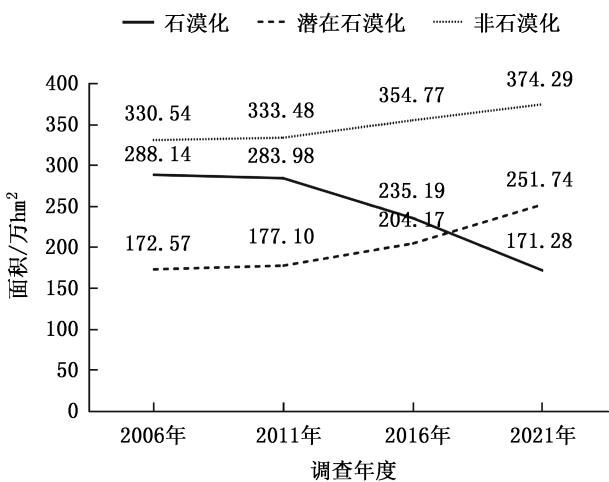


图 1 云南省石漠化土地动态变化趋势

Fig. 1 Dynamic change trends of rocky desertification land in Yunnan Province

轻度石漠化、中度石漠化、重度石漠化和极重度石漠化面积 16 年间变化分别为-0.42%、-3.06%、-4.41%和-4.29%。云南省石漠化程度动态变化见表 2。

表 2 云南省石漠化程度动态变化

Tab. 2 Dynamic changes of rocky desertification degree in Yunnan Province 万hm²

年度	轻度石漠化	中度石漠化	重度石漠化	极重度石漠化	合计
2006 年	88.96	136.41	48.35	14.42	288.14
2011 年	137.40	111.98	25.00	9.60	283.98
2016 年	113.11	97.26	19.07	5.75	235.19
2021 年	83.01	69.53	14.21	4.53	171.28
2021 年与 2006 年相比	-5.95	-66.88	-34.14	-9.89	-116.86
变动率/%	-6.69	-49.03	-70.61	-68.59	-40.56

2.3 植被覆盖类型、植被综合盖度动态变化

1) 植被覆盖类型动态变化

2006—2021 年监测期内,岩溶地区植被覆盖类型形成由无植被或简单植被群落结构向复植被群落结构演变的趋势。其中乔木型面积增加 183.23 万 hm²,增加 104.16%;灌木型面积减少 2.58 万 hm²,减少 1.76%;草丛型面积减少 15.10 万 hm²,减少 23.17%;作物型面积增加 124.58 万 hm²,增加 170.40%;无植被型面积减少 303.23 万 hm²,减少 98.75%。

植被覆盖类型为乔木型和作物型面积增加,草丛型和无植被型面积减少,期内大量的植被覆盖类型为草丛型和无植被型的土地转化为乔木型和灌木

型,说明岩溶地区植被质量在监测期内呈上升趋势,植被群落结构正逐步向更高级演变,石漠化发生率在逐步降低。云南省岩溶土地植被覆盖类型动态变化见表 3。

表 3 云南省岩溶土地植被覆盖类型动态变化

Tab. 3 Dynamic changes of vegetation cover types in karst area of Yunnan Province 万hm²

年度	乔木型	灌木型	草丛型	作物型	无植被型
2006 年	175.91	146.79	65.18	73.11	307.08
2016 年	292.57	174.74	37.27	259.21	7.17
2021 年	359.14	144.21	50.08	197.69	3.85
2021 年与 2006 年相比	183.23	-2.58	-15.10	124.58	-303.23
变动率/%	104.16	-1.76	-23.17	170.40	-98.75

2) 植被综合盖度动态变化

监测间隔期内岩溶地区植被综合盖度总体呈上升趋势。岩溶地区平均植被综合盖度由 2006 年的 49.2% 上升到 2021 年第四次监测时的 59.9%,提高了 10.7%,年均提高 0.7%。

3 石漠化土地的演变

根据第四次石漠化调查结果分析,截至 2021 年底,全省 65 个原调查县顺向演变类型面积总计为 73.94 万 hm²,占可比面积的 9.27%;稳定型面积 713.13 万 hm²,占可比面积的 89.44%;逆向演变类型面积 10.23 万 hm²,占可比面积的 1.28%,顺向演变类型比逆向演变类型面积多 63.71 万 hm²。在顺向演变类型中,明显改善型面积为 58.00 万 hm²,占顺向演变类型面积的 78.45%;轻微改善型面积为 15.94 万 hm²,占顺向演变类型面积的 21.55%。监测间隔期内石漠化面积在减少、石漠化程度在降低,石漠化正朝顺向方向演变。

4 石漠化土地动态变化原因分析

4.1 动态变化直接原因

4.1.1 在石漠化土地和潜在石漠化土地实施林草管护类工程项目

云南省石漠化土地和潜在石漠化土地面积 423.02 万 hm²,实施林草管护类工程土地面积 221.36 万 hm²,占 52.33%,其中,天然林资源保护工程面积 105.73 万 hm²;生态公益林保护工程面积 54.88 万 hm²;草原生态保护补助奖励面积 27.89 万

hm²;其他管护工程面积 32.86 万 hm²。实施这些管护类工程使石漠化土地和潜在石漠化土地的林草植

被得到修生养息和有效保护。云南省石漠化土地和潜在石漠化土地管护类工程见表 4。

表 4 云南省石漠化土地和潜在石漠化土地管护类工程统计

Tab. 4 Statistics of management and protection projects for rocky desertification land and potential rocky desertification land in Yunnan Province

管护类工程	石漠化					潜在石漠化	合计
	轻度	中度	重度	极重度	小计		
天然林资源保护工程	22.18	5.29	1.27		28.74	76.99	105.73
生态公益林保护工程	9.75	5.09	1.35	0.23	16.42	38.46	54.88
草原生态保护补助奖励	5.18	12.89	4.22	1.10	23.39	4.50	27.89
其他管护工程	5.50	3.54	0.26	0.05	9.35	23.51	32.86
合计	42.61	26.81	7.10	1.38	77.90	143.46	221.36

4.1.2 实施各类生态修复类工程

2006—2021 年监测期内,云南省在岩溶地区实施各类生态修复类工程的总土地面积为 67.14 万 hm²,其中,石漠化综合治理工程面积 34.31 万 hm²,占 51.10%;森林抚育工程面积 9.17 万 hm²,占 13.66%;长江珠江防护林工程 6.21 万 hm²,占 9.24%;生态公益林建设 5.49 万 hm²,占 8.18%;退耕还林(草)工程 4.11 万 hm²,占 6.12%;农业综合开发工程 2.81 万 hm²,占 4.18%;自然保护区建设工程 1.39 万 hm²,占 2.07%;速生丰产林工程 0.92 万 hm²,占 1.37%;中央财政造林补贴面积 0.16 万 hm²,占 0.24%;其他重点工程 2.57 万 hm²,占 3.83%。云南省岩溶地区生态修复各类工程面积见表 5。

表 5 云南省岩溶地区生态修复类工程土地面积统计

Tab. 5 Land area statistics of ecological restoration projects in karst areas of Yunnan Province

生态修复类工程	石漠化	潜在石漠化	非石漠化	合计
石漠化综合治理工程	11.23	17.89	5.19	34.31
森林抚育工程	1.40	6.82	0.95	9.17
长江珠江防护林工程	2.42	2.77	1.02	6.21
生态公益林建设	0.44	1.88	3.17	5.49
退耕还林(草)工程	1.37	1.35	1.39	4.11
农业综合开发工程	1.10	0.75	0.96	2.81
自然保护区建设工程	0.03		1.36	1.39
速生丰产林工程	0.67	0.08	0.17	0.92
中央财政造林补贴	0.10	0.05	0.01	0.16
其他重点工程	1.23	0.80	0.54	2.57
合计	19.99	32.39	14.76	67.14

通过生态修复各类工程项目的实施,云南省石

漠化土地治理程度为:基本治理 238.20 万 hm²,中等治理 33.33 万 hm²,初步治理 59.96 万 hm²,治理失败 5.97 万 hm²,已治理面积共计 331.49 万 hm²,云南省石漠化土地治理程度见表 6。

表 6 云南省岩溶地区石漠化土地治理程度统计

Tab. 6 Control degree of rocky desertification land in karst areas of Yunnan Province

治理程度	石漠化	潜在石漠化	非石漠化	合计
治理失败	5.90	0.07		5.97
初步治理	59.20	0.76		59.96
中等治理	32.78	0.54	0.01	33.33
基本治理	0.02	174.50	63.68	238.20
合计	97.90	175.87	63.69	337.46

国家和地方实施林草管护类项目,石漠化综合治理工程、森林抚育工程、长江珠江防护林工程、生态公益林建设、退耕还林(草)工程等生态修复类工程在石漠化土地面积及程度变化中起到了主导作用。岩溶区生态环境明显改善,逐步建设成一个功能稳定、结构合理的生态系统,使生态环境逐步趋于良性循环;经济效益显著提高,着力促进生态价值向经济价值转换,增加了群众收入;社会效益逐步显现,营造良好的生态环境、投资环境、发展环境,推动乡村振兴起到有效的促进作用,实现了石漠化综合治理重点县生态环境和经济的可持续发展,维护社会的和谐稳定。

4.1.3 自然修复

以实施林草生态重点工程为依托,通过封山管护、封山育林育草等林草措施,实施农村能源结构调整,减少人对山林的依赖,减轻对岩溶土地植被的破

坏,降低土地的承载压力,促进了石漠化地区植被的自然修复,前期石漠化状况、程度逐年降低,自然修复石漠化土地共计 52.65 万 hm^2 。

4.1.4 工程建设

间隔期内,在石漠化区域实施工程建设,如水库建设、道路建设、城镇建设等工程建设,导致石漠化土地减少,根据本期调查数据统计,属于工程建设发生变化的石漠化土地面积共计 11.29 万 hm^2 。

4.1.5 灾害和人为破坏因素

间隔期依然存在部分岩溶地区土地发生退化演变,总面积为 10.23 万 hm^2 ,其中,退化加剧型面积为 2.08 万 hm^2 ,退化严重加剧型面积为 8.16 万 hm^2 。通过分析部分岩溶土地发生退化演变的原因主要有以下两方面:

1) 灾害因素,主要是地质灾害(滑坡、泥石流等)、灾害气候,如小范围局部地区的雨雪冰冻灾害、干旱等导致石漠化逆向演替。

2) 人为破坏因素,其中主要是火烧、工业污染、不当经营方式等因素,但人为破坏因素和规模均呈现大幅下降趋势。

4.2 动态变化间接原因

4.2.1 建立健全森林和草原督查长效机制

云南省建立了“天地空”一体化森林和草原督查体系,打击毁林草专项行动、森林和草原督查案件查处、林草资源综合监测、林草监测核查执法全覆盖等常态化工作,有效遏制了破坏石漠化土地林草资源的违法违规行为,减少石漠化土地的逆向演替。

4.2.2 农村能源结构优化调整

通过实施农村能源工程,农村能源结构逐渐趋向多元化,薪材比重逐年下降,间接地保护了石漠化地区林草植被。

1) 云南加大改造农村电网力度,于 2012 年 10 月提前实现全省户户通电,城乡实现同网同价,有力促进了农民减负和农村发展。农村居民用电价格由约 0.9 元/度下降到目前的约 0.36 元/度,电价的下调,使大量的村民生产生活逐渐以用电为主,各种节能型家电进入农村家庭,加上家电下乡等各种国家优惠政策的实施,使电能在农村中占主导地位。

2) 提高商品型与高新型能源比重。农村大力推广以沼气、太阳能热水器和小型光伏发电为主题的新型能源和液化气等商品型能源,据统计,截至 2021 年底,共完成沼气池 29.5 万户,按一口 8 m^3 的沼气池年产沼气 450 m^3 以上,节约薪材相当于 0.35 hm^2 薪炭林地一年的生长量,相当于每年减少薪炭

林消耗 10.3 万 hm^2 。同时,实施太阳能热水器 19.59 万台的农村能源建设,间接地减少薪材在农村能源结构中的比重。

3) 积极推进节柴灶、节煤炉等设施,提高能源利用效率。截至 2021 年底,云南省岩溶地区共完成节柴灶 48.56 万户,目前农村配置节柴灶具的农户数超过 70%,多功能节柴灶与传统柴灶相比可节约用柴 50%以上,有效地减少了石漠化地区的薪材消耗,节约了大量的生物质能源,为石漠化区域植被生态修复奠定了坚实基础。

4.2.3 岩溶地区城镇化率提高了农村劳动力人口的劳务输出

土地石漠化的根本原因是人口密度过大,岩溶地区的人口密度达 159 人/ km^2 ,远超岩溶土地的生态合理承载量。加之岩溶地区城乡经济相对较差,村民对森林资源,特别是对用材林、薪材的采伐,以满足日益增加的物质和能源的需要特别强烈,造成岩溶地区巨大生态压力。

近年来,随着国家经济的发展,岩溶地区通过推进当地城镇化建设,提高城镇化率,2021 年云南省城镇化率为 51.05%,比 2006 年提高了 20.55%,农村居民到附近的县城、昆明及广东等沿海城市打工人口数量日益增加,各地政府部门也通过各种方式积极促进当地劳动力的劳务输出,带来了农村家庭收入的增加,使农村家庭增加了电器、太阳能热水器的支出,使农村能源结构得到优化,减少了对岩溶地区生态的破坏。

4.2.4 其他政策的实施

1) 教育科技扶贫治理石漠化

义务教育的全面实施解决了农村家庭子女上学的教育费用,既减少家庭负担和土地压力,又提高岩溶石漠化地区农村子女教育水平,提升劳动人口教育水平与外出就业升学比例,减少石漠化土地承载力;科技治理石漠化依靠农村农业生产良种普及率,主要是玉米、马铃薯的良种化,提高单产,减少广种薄收面积,减少盲目开荒垦殖面积,森林植被得到保护。

2) 旅游收入反哺农村治理石漠化

利用特色岩溶景观,如石林县石林喀斯特、丘北县普者黑峰林湖盆、湿地、建水泸西溶洞群、玉龙雪山等发展旅游业,既增加农村人口的非农就业,增加特色农林果牧生态产品与民族民俗文化产品,开展农村家庭旅游接待服务,改变农村农民单一收入来源和就业,又通过保护岩溶地质地貌景观恢复植被,

实现石漠化区经济、社会、政治、生态、文化全面协调的石漠化治理。通过喀斯特旅游收入反哺石漠化地区农村、农业、农民,有效治理石漠化,实现了森林植被恢复、生物多样性保护、岩溶水源地保护的协同。

3) 云南省争当全国生态文明建设排头兵

云南省委、省政府始终高度重视石漠化综合治理工作,先后出台了加速林业发展、木本油料林产业发展、山区综合开发、低效林改造、森林云南建设等一批政策创新、措施有力、含金量高、操作性强的文件,把石漠化综合治理作为构建西南生态安全屏障的重大措施,加快森林云南、争当全国生态建设排头兵的主要抓手,形成了有关部门合力推进,社会各界共同参与的工作格局,强有力地推动了云南省石漠化综合治理工作的顺利开展。

5 结论与讨论

5.1 结论

在 2006—2021 年石漠化土地监测间隔期内,国家与地方政府实施的林草管护类项目,如石漠化综合治理工程、森林抚育工程、长江珠江防护林工程、生态公益林建设、退耕还林(草)工程等生态修复类工程,在石漠化土地面积及程度变化中起到了主导作用。岩溶地区的植被结构得到明显改善,植被覆盖度逐年增加,石漠化土地面积逐年净减少,石漠化程度逐年减轻,石漠化状况总体上呈现好转态势,石漠化防治取得了显著成绩。

5.2 讨论

云南省第四次石漠化调查范围新增了 23 个县,共调查了 88 个县,据调查结果统计:石漠化土地 212.85 万 hm^2 ,石漠化土地绝对面积仍很大,此外还有潜在石漠化土地 342.97 万 hm^2 ,石漠化仍是岩溶地区的重要生态问题。岩溶生态系统非常脆弱,石漠化土地基岩裸露度高,缺土少水,土层瘠薄,治理难度大,奋进新时代,提高岩溶地区森林和草原质量,分区施策进行土地石漠化治理模式研究,这是林草人的使命。此外,云南省脱贫攻坚的 88 个县中有 56 个县有石漠化土地分布,虽已脱贫,但这些仍属老、少、边、穷地区,边治理、边破坏现象在石漠化地区仍存在。因此,今后要以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导,认真践行习近平生态文明思想,坚定贯彻“绿水青山就是金山银山”的发展理念,推进石漠化防治工作向纵深发展。

参考文献:

[1] 云南省林业和草原局. 云南省岩溶地区第四次石漠化

调查报告[R]. 2022.

- [2] 吴宁,李世成,任晓东,等. 云南石漠化[M]. 北京:中国林业出版社,2020.
- [3] 吴照柏,但新球,吴协保,等. 岩溶地区石漠化土地动态变化与原因分析[J]. 中南林业调查规划,2013,32(2): 62-66.
- [4] 赵玲华,太佩荣. 曲靖市岩溶地区第二、第三次石漠化监测结果对比分析[J]. 绿色科技,2018(16): 146-147,149.
- [5] 陈贵友. 喀斯特地区石漠化综合治理的经验与启示研究[J]. 绿色科技,2018(16): 148-149.
- [6] 张云,周跃华,常恩福. 云南省石漠化问题初探[J]. 林业经济,2010(5): 72-74.
- [7] 刘拓,周光辉,但新球. 中国岩溶石漠化[M]. 北京:中国林业出版社,2009.
- [8] 天海川. 云南岩溶地区石漠化综合治理见成效[N]. 经济日报,2011-04-22(4).
- [9] 屠玉麟. 贵州土地石漠化现状及成因分析[C]//李簪. 石灰岩地区开发治理. 贵阳:贵州人民出版社,1996.
- [10] 皇甫江云. 西南岩溶地区草地石漠化动态监测与评价研究——以贵州省晴隆县为例[D]. 北京:北京林业大学,2014.
- [11] 苏维词,周济祚. 贵州喀斯特山区的“石漠化”及防治对策[J]. 长江流域资源与环境,1995,4(2): 177-182.
- [12] 王德炉,朱守谦,黄宝龙. 石漠化的概念及其内涵[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2004,28(6): 87-90.
- [13] 国家林业和草原局. 喀斯特石漠化地区植被恢复技术规程:LY/T 1840-2019[S]. 2020.
- [14] 王世杰. 喀斯特石漠化概念演绎及其科学内涵的探讨[J]. 中国岩溶,2002,21(2): 101-105.
- [15] 赖兴会. 云南石漠化的生态特征及其危机表现[J]. 林业调查规划,2004,29(2): 80-82.
- [16] 国家林业局. 岩溶地区石漠化状况公报[N]. 中国绿色时报,2006-06-23.
- [17] 王宇,张贵. 滇东岩溶石山地区石漠化特征及成因[J]. 地球科学进展,2003,18(6): 933-938.
- [18] 任海. 喀斯特山地生态系统石漠化过程及其恢复研究综述[J]. 热带地理,2005,25(3): 195-200.
- [19] 李阳兵,王世杰,容丽. 关于喀斯特石漠化和石漠化概念的讨论[J]. 中国沙漠,2004,24(6): 689-695.
- [20] 云南省林业厅. 云南省岩溶地区第三次石漠化监测报告[R]. 2016.
- [21] 孔德昌,瞿林,任晓东,等. 基于生态空间保护的云南省石漠化土地现状及生态修复策略[J]. 林业调查规划,2022,47(4): 160-165.

责任编辑: 许易琦