

The Necessary Conditions for the Karst Rocky-Desertification and Its Governance Footprint

Xixia Zou¹, Haixu Chen², Yanying Chen³, Kangning Xiong⁴, Yunlong Fan⁵

¹Bijie Circular Economy Research Institute, Guizhou University of Engineering Science, Bijie Guizhou

²School of Civil and Architect Engineering, Guizhou University of Engineering Science, Bijie Guizhou

³Academy for Bijie Experimental Region, Guizhou University of Engineering Science, Bijie Guizhou

⁴School of Karst, Guizhou Normal University, Guiyang Guizhou

⁵School of Geography and Resource Science, Guizhou Normal University, Guiyang Guizhou

Email: zouxixia@163.com

Received: Nov. 6th, 2019; accepted: Nov. 22nd, 2019; published: Nov. 29th, 2019

Abstract

Karst rocky desertification area is not only the main battlefield for ecological construction, but also the main battlefield for poverty alleviation. In order to scientifically “cure stone” and “cure poverty” and smoothly promote the construction of ecological civilization in karst rocky desertification areas, based on the definition and connotation of karst rocky desertification, this paper analyzes the role of natural and human factors in its formation, the core tasks, stages and trends of control, so as to reveal the footprint of rocky desertification control. Research shows that vegetation destruction and forest extinction caused by excessive disturbance of karst ecosystem are the necessary conditions for karst rocky desertification. According to the important viewpoints put forward by academic circles and the government in the process of rocky desertification control and the timing of major events, the stages of karst rocky desertification control are divided into five stages and levels: rocky desertification control, academic exploration control, government-led control, scientific control and legal control. The core tasks of karst rocky desertification control include three aspects and levels of vegetation restoration and reconstruction, poverty control and ecological civilization construction. The control trend has entered the stage of residents’ conscious participation and legal control. The control path has changed from “blood transfusion” to “hematopoiesis” and ecological industry has been used to realize industrial development. Rocky desertification areas can strengthen forest management and protection, and use new technologies, new materials, multi-industry and multi-mode to promote ecological civilization construction in rocky desertification areas. This study can provide reference value for future research karst rock-desertification (Control).

Keywords

Karst Rock-Desertification, Necessary Condition, Governance Process, Governance Task, Governance Trend

喀斯特石漠化产生的必要条件及其治理足迹

邹细霞¹, 陈海旭², 陈燕英³, 熊康宁⁴, 樊云龙⁵

¹贵州工程应用技术学院毕节循环经济研究院, 贵州 毕节

²贵州工程应用技术学院土木建筑工程学院, 贵州 毕节

³贵州工程应用技术学院毕节试验区研究院, 贵州 毕节

⁴贵州师范大学喀斯特研究院, 贵州 贵阳

⁵贵州师范学院地理与资源学院, 贵州 贵阳

Email: zouxixia@163.com

收稿日期: 2019年11月6日; 录用日期: 2019年11月22日; 发布日期: 2019年11月29日

摘要

喀斯特石漠化地区既是生态建设的主战场, 也是脱贫攻坚的主战场。为了科学“治石”和“治贫”, 顺利推进喀斯特石漠化地区生态文明建设, 文章在阐述喀斯特石漠化的概念和内涵基础上, 分析了自然动力因素及人为动力因素在其形成中的作用, 治理的核心任务、阶段以及趋势, 以此来揭示石漠化治理足迹。研究表明, 喀斯特生态系统过度干扰导致的植被破坏、森林消亡是喀斯特石漠化产生的必要条件。根据学界和政府石漠化治理过程中提出的重要观点及发生重大事件的时间节点, 将喀斯特石漠化治理的阶段划分为岩漠化治理、学界探索治理、政府主导治理、科学治理以及依法治理等五个阶段和层次。喀斯特石漠化治理的核心任务包括植被修复与重建、贫困治理和生态文明建设三个方面和层次, 治理趋势进入居民自觉参与及依法治理阶段, 治理路径从“输血式”治理方式转向“造血式”治理方式, 并利用生态产业来实现产业化发展。石漠化地区可加强森林管护, 利用新技术、新材料、多行业、多模式来促进石漠化地区生态文明建设。该研究可为今后石漠化(治理)研究提供参考价值。

关键词

喀斯特石漠化, 必要条件, 治理阶段, 治理任务, 治理趋势

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

土地荒漠是全球环境问题之一, 而喀斯特石漠化只是中国严重的环境问题。美国、英国、斯洛文尼亚等国家, 虽然喀斯特地貌比较发育, 但是由于生态现状良好、人口压力小, 不存在严重的石漠化问题, 研究重点更多偏向于喀斯特地貌与洞穴、水文地质过程、生态维护与水土保持等方面, 石漠化防治在国际上缺乏可借鉴的研究成果, 石漠化防治技术与模式为中国所特有[1]。喀斯特石漠化理论研究起初主要侧重于石漠化成因、分布、区划等, 随着国家加大石漠化治理力度, 逐渐转向技术及模式研究, 并取得了不少的成功经验[2]。喀斯特石漠化是自然因素和人为因素相结合的共同产物, 得到学术界的认同, 而这两种因素在石漠化发生中发挥怎样的作用还在探讨之中, 系统地分析喀斯特石漠化治理阶段和核心任

务较为欠缺。根据中国·岩溶地区石漠化状况公报显示,截止 2016 年底,喀斯特地区石漠化土地总面积为 1007 万公顷,占喀斯特面积的 22.3%,占区域国土面积的 9.4%。为了科学的“治石”和“治贫”,顺利推进喀斯特石漠化地区生态文明建设,文章在阐述喀斯特石漠化概念和内涵的基础上,分析了自然动力因素及人为动力因素在石漠化产生中的作用,喀斯特石漠化治理的核心任务、阶段以及趋势,以此来揭示石漠化治理足迹。该研究可为今后喀斯特石漠化(治理)研究提供参考价值。

2. 喀斯特石漠化

石漠化是一个广泛的概念,基石裸露的荒漠化现象,可以发生在砂页岩、红色岩系和石灰岩中,不仅仅局限于特定的碳酸盐岩地区,尽管发育于碳酸盐岩地区的石漠化占有绝对的份额,但不能代替全部,只有发生在喀斯特地区的石质荒漠化才能算上喀斯特石漠化[2]。即使在喀斯特地区,自然形成的裸岩景观如冰川刨蚀形成的裸岩地和人为活动如陡坡开垦造成表土冲刷致基岩裸露的石质坡地成因明显不同,后者才能称之为石漠化[3]。自然石漠化过程只能算地质尺度石漠化,是亚热带湿热环境下喀斯特地区生态系统特殊的生态过程形成特有的土地类型,完全由地球化学演化形成,喀斯特石林属于这种土地类型,它属于喀斯特特殊地貌。由于喀斯特生态系统的地表面层结构脆弱性特点决定了喀斯特生态系统有潜在石漠化的趋势,被称之为喀斯特潜在石漠化[4]。喀斯特石漠化现象最早称之为喀斯特岩漠化,是 20 世纪 80 年代后期,为喀斯特山区发展进行相应研究中,提出喀斯特岩漠化,于 1989 年在瑞士苏黎世召开的第 22 届国际水文地质学家会议上提交的论文中用了岩漠化一词,来描述我国西南碳酸盐岩裸露造成的荒芜景观,局部地区已失去生存条件[5] [6] [7]。20 世纪 90 年代初,由袁道先先生在美国科技促进年会上第一次使用石漠化概念,表征一种原本有植被、土壤覆盖的岩溶地区转变为岩石裸露的岩溶景观的过程[8]。随后熊康宁、王世杰等发展和完善了石漠化概念,认为喀斯特石漠化是石质荒漠化,是指在亚热带脆弱的喀斯特生态环境下,人类不合理社会经济活动的干扰下,造成人地矛盾突出、植被破坏、水土流失、岩石逐渐裸露、土地生产力衰退甚至丧失,地表呈现类似于荒漠景观的演变过程或结果[9] [10]。

3. 自然动力因素及人为动力因素在喀斯特石漠化产生过程中的作用

喀斯特石漠化是地球内在驱动力和外在驱动力共同作用下形成的。内在驱动力全是自然因素,外在驱动力有自然因素也有人为因素。内在驱动力是石漠化产生的根本原因,外在驱动力是石漠化产生的直接原因。

1) 自然动力因素是石漠化产生的基础条件

石漠化产生的自然动力因素首先是碳酸岩与碳酸盐岩系广泛分布并大面积出露,虽然碳酸盐地区没有全都演化为石漠化地区,但碳酸岩与碳酸盐岩系广泛分布并大面积出露是喀斯特石漠化产生的物质基础,只有发生在碳酸岩与碳酸盐岩系地区的石质荒漠化才能称为喀斯特石漠化。其次,自然动力因素还包括特殊气候条件、地质构造作用、特殊水文地质系统及土体结构。自然动力因素共同形成了脆弱的喀斯特环境,包含了可溶岩、上覆盖层以及岩溶生物群落等,在很长的时间内趋于一个较为稳定态势。碳酸岩与碳酸盐岩地区,特殊的岩性及土体结构,使土壤难容成分少,可溶成分多,成土较慢,并形成地表地下二元水文地质系统,是喀斯特石漠化形成的物质基础。构造运动塑造了陡峭而破碎的喀斯特高原地貌,强降水及多暴雨这些强烈的自然外动力作用,使平地少山地多的喀斯特高原产生较大切割度和较大坡度,是喀斯特石漠化产生的潜在动因[11] [12]。

虽然自然因素形成了山高坡陡、土层很薄或几乎没有的峰林、峰丛、洼地、石林等喀斯特地貌,具有奇峰异洞二元地貌系统和双层水系结构,并且地面蓄水条件差,地表缺水,土壤侵蚀快,水土流失严

重。但水土流失仅仅是石漠化过程的一个环节,并不能完全反映石漠化产生的全过程和科学内涵[13]。而且喀斯特地区气候暖湿,年平均降水量 1000~2000 mm,平均气温 15°C~20°C,一般雨热同季,适合植被生长。常常有石生、耐旱、喜钙,并有很长根系的植物生长,形成喀斯特原始森林[14]。喀斯特原始森林虽然不多了,但是所幸的是仍然存在(贵州茂兰喀斯特原始森林、广西木论喀斯特原始森林),即使在干旱、洪涝、暴雨、滑坡、泥石流等自然灾害下也是小面积破坏,不会产生大面积荒漠景观,并随着时间的推移,植被会得到一定程度的恢复。因此,自然因素是喀斯特石漠化发生的基础条件、潜在动因,决定了喀斯特环境的脆弱性,如果没有人为直接诱因外,只存在石漠化发生的危险,存在潜在石漠化。

2) 人为动力因素是石漠化产生的必要条件

喀斯特生态系统的生物地球化学场高敏感,受到外部干扰力度超出整个系统所能维持的最高能力时,平衡遭到破坏,其结构和功能随之改变,并发生逆向演替形成石漠化[2]。特别是中、低山、丘陵地区的石漠化,是人类掠夺森林和土地造成的,而且这种活动早在远古时期就开始了[13]。随着农业人口增长、木材和能源需求增加,又无限制人类活动的管理制度,人类滥垦乱牧、滥采滥挖、过度砍伐和刀耕火种。据测算,峰丛洼地石山、峰丛槽谷、岩溶盆地和岩溶丘陵的理论人口密度分别为 52~100 人/km²、100~150 人/km²和 150~200 人/km² [10],但实际上石漠化地区多是老、少、边、穷地区,人口密度已大大超出理论人口容量,多数土地超出其承载能力 1~2 倍以上,人口压力大,极易产生对生态资源的破坏现象[15]。

为了养活超出承载力的人口,人类进行掠夺式土地开发利用、毁灭性地破坏植被,使原生植被遭受破坏、森林消亡。森林具有涵养水源、保持水土和减少自然灾害的功能,没有了森林的庇佑,喀斯特地区干旱、洪涝、暴雨、酸雨、滑坡、泥石流发生频繁,人地矛盾突出、水土流失加重、岩石逐渐裸露、土地生产力衰退甚至丧失。喀斯特生态系统潜在石漠化逐渐向轻度、中度、强度乃至极强度石漠化转变。到新中国第二次森林普查,森林覆盖率从远古时代大约 60%下降到 12%,森林覆盖率年下降率(森林覆盖率年下降率 $a = \frac{\text{初始年森林覆盖率 } R - \text{终止年森林覆盖率 } r}{\text{初始年 } H - \text{终止年 } h}$)达 14%,为历年森林覆盖率年下降率最高点(表 2)。这个时期喀斯特生态问题才引起了国内外学者的高度重视,到 1993 年提出了石漠化概念,并把喀斯特地区视为一种同沙漠边缘一样的脆弱环境[5] [6] [7] [16]。

如有相关的管理措施加强森林管护,防止人类滥垦乱牧、滥采滥挖、过度砍伐以及森林火灾等活动对喀斯特环境的过度干扰,原生植被就不会遭受破坏、森林不会消亡,喀斯特地区会生长着原始植被,向顶级森林生态系统演化,最多是个潜在石漠化生态系统,石漠化程度不会加深,面积不会扩大。顶级森林生态系统是稳定的喀斯特生态系统,只有人类对该系统的干扰强度超出其所能维持的最高能力时,植被遭到破坏、森林消亡,喀斯特石漠化才会产生。因此,人类活动对喀斯特生态系统过度干扰,导致的植被破坏、森林消亡是石漠化产生的必要条件(图 1)。

4. 喀斯特石漠化治理的核心任务

4.1. 植被修复与重建

从自然动力因素及人为动力因素在喀斯特石漠化产生的作用来看,在喀斯特生态背景下,人为因素破坏森林植被引起水土流失加重,自然灾害频繁,岩石逐渐裸露,最终形成缺水、缺土、缺林的喀斯特石漠化土地,该土地生产力衰退甚至丧失,使该区居民缺粮、缺钱,人地矛盾更加突出,居民更加贫困,因此,石漠化治理的首要任务就是在土地缺水、缺土,居民缺粮、缺钱的条件下进行植被修复与重建。从不同等级石漠化治理模式来看,无论是轻度、中度、强度、极强度石漠化治理,其共同点都是因地制宜地进行植被修复与重建:轻度石漠化治理采用“经果林 + 农作物”种植结合,灌木林地和未利用地以种植水保林为主,优化配置植被结构,建立林草复合生态系统[17]。中度石漠化治理采用土地梯化,并在周边营造水土保持林,在峰丛坡下部及部分洼地发展高产经果林,坡体中上部条件较好的草地及稀疏林

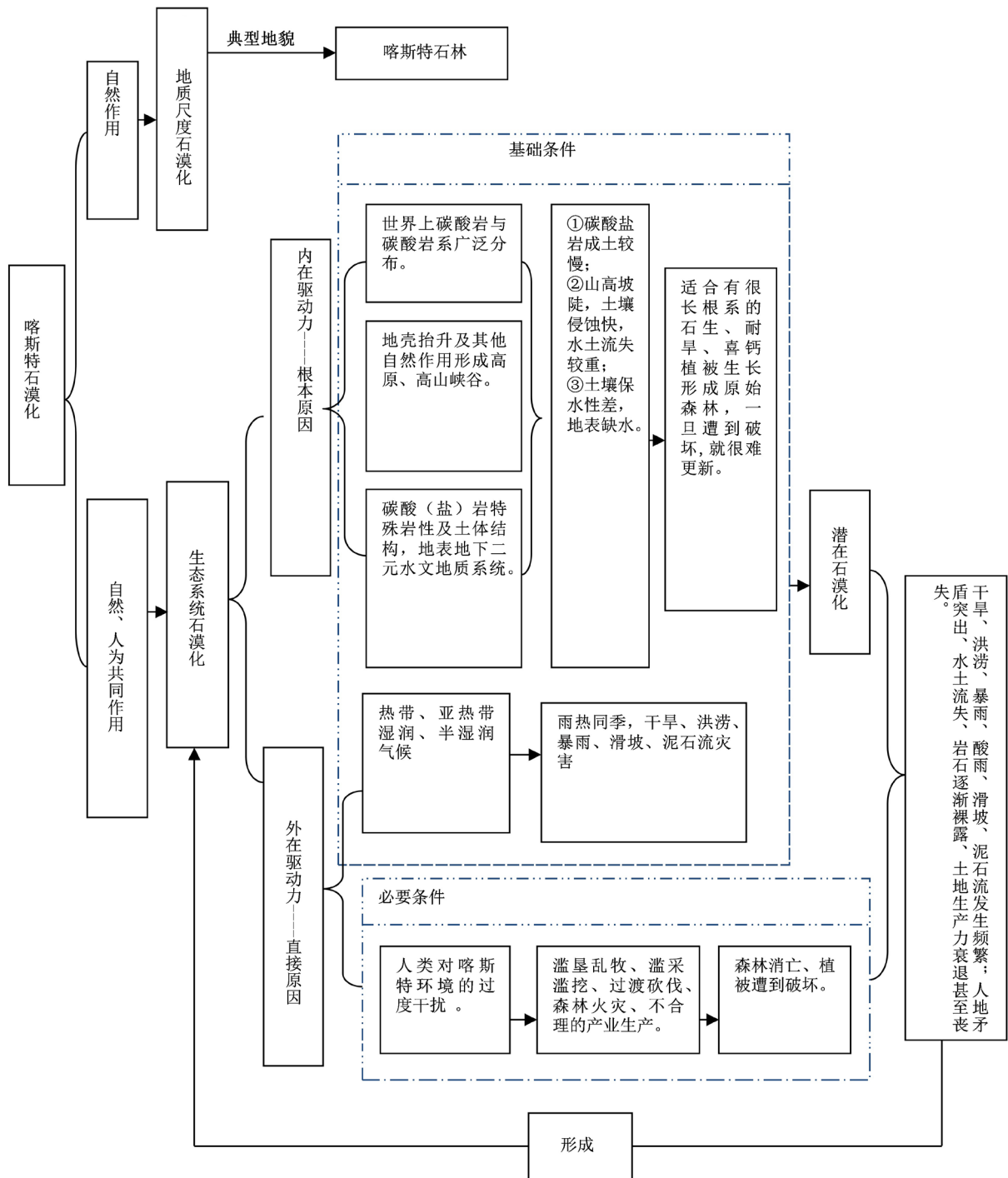


Figure 1. The role of natural and human factors in the process of Karst rocky-desertification
 图 1. 自然、人为因素在喀斯特石漠化产生过程中的作用

地间发展黄金梨[18]。强度石漠化治理通过人工补植补造、适当点播柏木、女贞、构树和乌桕，促进植被恢复；发展经济型树种花椒种植；采用低矮作物与经济林间作模式发展林草间作，选择黑麦草、皇竹草和金银花作为人工种植草，并建立林禽模式；极强度石漠化治理地区一般采取生态移民后进行封山育林[19]。

从贵州石漠化治理典型模式来看，都是因地制宜地发展经济的同时，恢复林草植被。“顶坛模式”

是在低海拔石漠化地区种植花椒；板贵模式是将低海拔石漠化土地梯化后种植火龙果；“坪上模式”是在中海拔地区种植金银花；“晴隆模式”是在高海拔地区发展草地畜牧业；“五子登科”（清镇）模式是在山上植树造林戴帽子，山腰坡改梯配经果林拴带子，陡坡土种植牧草和绿肥铺毯子，山下庭院经济多种经营抓票子，基本农田集约经营种谷子[20] [21]；花江板贵采取炸石取土造田建立林、灌、草复合生态系统石漠化综合治理模式；北盘江镇大石组采取开矿复垦石漠化综合治理模式；北盘江镇银洞湾村采取山地旅游观光园石漠化综合治理模式。这些石漠化综合模式根据都是根据不同石漠化等级因地制宜地采取不同的治理措施，其重要目标及其核心任务就是解决石漠化地区居民缺粮、缺钱的同时，进行植被修复与重建。从历代森林覆盖率及其年下降率来看，进行植被修复与重建，从而提高森林覆盖率，森林覆盖率年下降率连续六次全国森林普查变成负值，这说明森林覆盖率没有减少反而增加(表 1)。到 2016 年，喀斯特地区植被综合盖度为 61.4%，较 2011 年增长 3.9 个百分点，较 2005 年增长 7.9 个百分点，石漠化面积持续减少，缩减速度加快。石漠化程度呈现逐步减轻的趋势，轻度石漠化的占比逐渐增加，极重度与重度石漠化土地面积逐步下降[22] [23] [24]。

Table 1. Forest coverage and annual decline rate from ancient times to the present
表 1. 历代森林覆盖率及其年下降率

时间	森林普查	森林覆盖率	森林覆盖率年下降率
4000 年前	远古时代	60%	≤0.78%
2200 年前	战国时期	46%	0.78%
1100 年前	唐代	33%	1.2%
600 年前	明代	26%	1.4%
1949 年	新中国成立前夕	12.57%	2.54%
1973 年~1976 年	第一次森林普查	12.7%	-0.48%
1977 年~1981 年	第二次森林普查	12%	14%
1984 年~1988 年	第三次森林普查	12.98%	-14%
1989 年~1993 年	第四次森林普查	13.92%	-18%
1994 年~1998 年	第五次森林普查	16.55%	-52.6%
1999 年~2003 年	第六次森林普查	18.21%	-33.2%
2004 年~2008 年	第七次森林普查	20.36%	-43%
2009 年~2013 年	第八次森林普查	21.63%	-25.4%

4.2. 贫困治理

喀斯特作用导致的生态脆弱，主要是个地质生态问题，但喀斯特石漠化不是一种纯自然过程，而是与人类活动密切相关，具有明显的自然和社会学属性[10]。喀斯特石漠化地区缺水、缺土、缺林，使该区土地生产力衰退甚至丧失，导致该区居民缺粮、缺钱，人地矛盾更加突出，居民更加贫困，是生态建设的主战场也是脱贫攻坚的主战场。喀斯特地区人口的容量小，不宜大于 100 人/km²，严重人口超载，导致人类毁林开荒，在 25° 以上的石灰岩山坡上毁掉原生植被，并在溶蚀裂隙中刨土种庄稼，实现广种薄收。加上人口压力和不合理的人类活动以及缺乏经济支撑的人文状况和缺乏文化基石的经济行为相互促动、叠加，加剧了深层次的贫困[25]。石漠化综合治理工程“十三五”建设规划指出，中国石漠化区域国土面

积达 105.9 万平方公里，占全国国土面积的九分之一，人口 2.29 亿人，却占全国人口的六分之一，有集中连片特殊困难县和国家扶贫开发工作重点县共 217 个，贫困人口约 3000 万人，占到全国贫困人口的 40% 左右，人均 GDP 仅为 26,586 元，农民人均年纯收入为 8510 元。喀斯特地貌独自の“先天缺陷”加上“后天失调”使喀斯特山区群众背上了石漠化和贫困化的双重包袱，贫困化加重了石漠化，石漠化又加剧了贫困化。石漠化既是灾害之源，也是贫困之源，被称为“地球癌症” [26]。一些石漠化严重的地区，群众要付出巨大的努力去解决饮水问题，在石缝中仅存的浅薄土壤上种粮食以求生存，连解决温饱，甚至生存都十分困难，更难于脱贫 [14]。

石漠化地区既是生态建设的主战场，也是脱贫攻坚的主战场，喀斯特石漠化治理的重要任务是如何铲除石漠化地区的“穷根”。经过“十五至十三五”喀斯特地区石漠化综合治理，与 2011 年相比，2015 年喀斯特地区生产总值增长 65.3%，高于全国同期的 43.5%，农村居民人均纯收入增长 79.9%，高于全国同期的 54.4%。5 年间，区域贫困人口减少 3803 万人，贫困发生率由 21.1% 下降到 7.7%，下降 13.4 个百分点，区域经济发展加快，贫困程度减轻 [27]。

4.3. 生态文明建设

在当前全国生态文明建设大背景下，利用生态补偿、生态移民、生态产业、生态技术等技术和途径促进喀斯特石漠化地区生态文明建设，实现“山绿民富”尤为必要。生态产业能使生态资本增值，能实现“治石”与“治贫”相结合，是当前石漠化治理的发展趋势，是有发展生态产业条件的喀斯特石漠化地区生态文明建设的首要载体。生态文明建设要求人类必须尊重自然、顺应自然、保护自然，像对待生命一样对待生态环境，人类对大自然的伤害最终会伤及人类自身。党的十九大报告 12 次提及生态文明建设，要求推进绿色发展，改革生态环境监管体制，着力解决突出环境问题，推进荒漠化、石漠化、水土流失综合治理，加快生态文明体制改革，建设美丽中国。习近平主席在十九大报告中要求，坚持人与自然和谐共生，树立社会主义生态文明观，推动形成人与自然和谐发展现代化建设新格局，为保护生态环境做出我们这代人的努力。因此，在适合发展生态产业的喀斯特石漠化地区发展生态产业，促进喀斯特石漠化地区生态文明建设，尤为必要。“山绿民富”是石漠化地区的梦想，这不是几年，十几年就能实现的，但它绝不是幻想，防治的决心和科技的进步是可以实现的，因此，喀斯特石漠化治理的目标任务是实现喀斯特石漠化地区生态文明——山绿民富。

5. 喀斯特石漠化治理历程

喀斯特石漠化治理之路至今已走过二十多年，根据学界和政府石漠化治理过程中提出的重要观点及发生重大事件的时间节点，将喀斯特石漠化治理的阶段划分为岩漠化治理、学界探索治理、政府主导治理、科学治理以及依法治理等五个阶段和层次。

5.1. 岩漠化治理阶段

自 1973 年 Legrand 在 Science 上发表了《喀斯特地区水文及生态问题》文章后，喀斯特区地面塌陷、森林退化、旱涝灾害、原生环境中的水质等生态环境问题受到重视 [16]，1989 年在瑞士苏黎世召开的第 22 届国际水文地质学家会议上中国地质学者提交的论文中用了岩漠化一词，这一阶段主要是利用生态修复技术开展喀斯特岩漠化治理 [5]。

5.2. 学界探索治理阶段

1993 年袁道先提出喀斯特石漠化概念 [8]，1994 年中国科学院地学部常委会决定将西南喀斯特石山地区纳入“我国生态脆弱地区持续发展与科技脱贫”调研咨询活动地区，并作为第一个重点治理地区。应

贵州、云南两省人民政府邀请，地学部和生物学部六位院士赴西南喀斯特石山地区考察，并提交了《关于西南岩溶石山地区持续发展与科技脱贫咨询建议》，从生态经济关系、科技投入、治理对策、治理资金、政策等方面提出建议[28]。

5.3. 政府主导治理阶段

学界专家提出《关于西南岩溶石山地区持续发展与科技脱贫咨询建议》后，“加快推进黔桂滇岩溶石漠化的综合治理”才进入了我国政府“十五”工作报告，石漠化治理工作开始陆续启动。2002年3月，为了推进黔、滇、桂喀斯特地区石漠化综合治理，中国科学院组织了近40位院士与专家在广西平果、马山、桂林地区考察了石漠化、水文生态以及山区人畜饮水等问题；同年4月又组织12位院士和专家对贵州普定、独山、广西河池、都安等县喀斯特区进行了考察[29]。2005年，第一次对石漠化进行较为全面的监测，两年后胡锦涛总书记在党的十七大报告中提出要加强荒漠化、石漠化治理，促进生态修复的要求；随后国务院发布的《国家环境保护“十一五”规划》中提出“西部地区要强化生态保护，继续推进各类生态建设工程，加大荒漠化和石漠化治理力度”。喀斯特石漠化受到学界和政府的高度重视以后，国家在石漠化地区实施退耕还林还草工程，加大长江、珠江防护林等重点生态工程建设投入，防治速度明显加快，成效显著，而专家学者则在石漠化成因、分布、区划等进行广泛研究，取得了不少成果。

5.4. 科学治理阶段

2008年国务院批复了《岩溶地区石漠化综合治理规划纲要》(2006~2015年)，又将西南8省(区、市)的石漠化治理县扩展到451个，重点试点县增加至100个[30]。该规划大纲健全了喀斯特石漠化治理依据，是石漠化的治理指南，启动了石漠化综合治理试点工作，进一步加快了石漠化治理步伐。截至2011年底，喀斯特地区石漠化土地总面积为1200.2万公顷，占喀斯特土地面积的26.5%，占区域国土面积的11.2%，与2005年(第一次石漠化监测信息基准年)相比，石漠化土地面积减少96万公顷，减少了7.4%，年均缩减率为1.27% [15]。截止2015年底，治理喀斯特石漠化面积7万平方公里[31]。2016年，国家发改委进一步印发了《岩溶地区石漠化综合治理工程“十三五”建设规划》指出，要推进重点区域生态修复，坚持源头保护、系统恢复、综合施策，推进荒漠化、石漠化、水土流失综合治理。根据中国·岩溶地区石漠化状况公报显示，截止2016年底，喀斯特地区石漠化土地总面积为1007万公顷，占喀斯特面积的22.3%，占区域国土面积的9.4%，石漠化土地减少率为16.1%，年均缩减率为3.45%，石漠化扩展态势得到控制[27]。2017年10月，党的十九大报告进一步指出人与自然是生命共同体，必须像对待生命一样对待生态环境，坚持人与自然和谐共生，建立生态文明，树立和践行绿水青山就是金山银山的理念，开展国土绿化行动，推进荒漠化、石漠化、水土流失综合治理。这一时期专家学者则对不同的喀斯特地貌区进行石漠化治理模式、技术方面进行了大量研究，取得了不少的成功经验。

5.5. 依法治理阶段

要想巩固和推进石漠化治理成果，顺利推进石漠化地区生态文明建设，就必须依法治理石漠化，加强对生态破坏行为的执法力度，就必须出台石漠化防治相关法律法规，因此，石漠化治理的下一阶段应该是依法治理阶段(表2)。

6. 喀斯特石漠化治理趋势

6.1. 喀斯特石漠化地区居民自觉参与当地生态建设

近年来，石漠化治理主体逐渐从政府相关部门、科研院所、企业逐渐扩大到广大群众，除了相关部

Table 2. The control stage and its levels of Karst rocky-desertification
表 2. 喀斯特石漠化治理阶段及其层次

时间	阶段	治理节点	重大事件	研究进展	石漠化发展情况
1973~ 1992 年	岩漠化 治理	开始关注喀斯 特环境问题	1989年在瑞士苏黎世召开的 第 22 届国际水文地质学家 会议上提交的论文中用了岩 漠化一词。	喀斯特生态环境问题受到国内 外专家学者重视, 20 世纪 80 年 代末, 提出喀斯特岩漠化[5] [6] [7] [16]。	平均每年约 933 平 方公里速度石漠化 [14]。
1993~ 1996 年	学界探 索治理	石漠化概念提 出	1993 年提出石漠化概念。科 学院院士赴西南喀斯特石山 地区考察, 并提出了咨询建 议。	提出石漠化概念, 对喀斯特地区 进行实地考察。建议“西南喀斯 特石山地区综合开发治理”列入 国家“九五”科技攻关计划优先 项目[8] [14] [29]。	平均每年≥933 平方 公里速度石漠化 [14]。
1997~ 2007 年	政府主 导治理	治理工作进入 国家政府工作 计划	“加快推进黔桂滇岩溶石漠 化的综合治理”进入了我国 政府“十五”工作报告。	石漠化治理工作陆续开始启动, 选取试点治理。专家学者则在石 漠化成因、分布、区划进行广泛 研究, 取得了不少成果[2] [4] [8] [12] [21]。	石漠化面积年均缩 减率约为 1.27%
2008~	科学治 理	综合治理依据 出现	2008 年, 国务院批复了《岩 溶地区石漠化综合治理规划 大纲》(2006~2015 年), 2016 年, 国家发改委印发了《岩 溶地区石漠化综合治理工程 “十三五”建设规划》	因地制宜地制定治理规划, 根据 小流域地形及水土保持配套特 征生物、工程措施进行综合治 理。专家学者则对不同的喀斯特 地貌区进行石漠化治理模式、技 术方面进行了大量研究, 取得了 不少的成功经验[32]-[38]。	石漠化面积年均缩 减率约为 3.45%。
未来~	依法治 理	专项治理法律 法规出现	《石漠化防治法》或 《石漠化防治条例》	出台《石漠化防治相关法律法规》……	石漠化面积年均缩 减率≥3.45%。

门将任务分配到群众执行以外, 广大群众主动参与到石漠化治理中来主要有三种情况, 一是石漠化地区年轻人都外出务工了, 家里只有老人, 缺乏劳动力, 老人将大面积耕翻种改成窝耕, 挖一个坑种一窝作物, 发现这样的耕作方式并没有降低产量, 水土流失的情况比以前减轻很多, 因此, 村民现在都用这种方式耕种(花江峡谷村)。二是在石漠化治理区, 农村土地流转给企业发展生态产业, 当地居民在企业上班, 实现生态建设的目的(大方县凤山乡)。三是石漠化地区有思路、有志向的当地居民利用自家承包的土地发展生态产业, 实现生态建设的目的(大方县羊场坝药王蒋育民)。

6.2. 喀斯特石漠化综合治理将进入依法治理阶段

想要顺利推进石漠化地区生态文明建设, 就必须加大对破坏生态行为的执法力度。尽快研究制订《石漠化防治法》或《石漠化防治条例》, 完善石漠化防治法律体系; 加大普法教育力度, 增强广大群众的生态保护意识和法制观念; 严格执行《森林法》、《水土保持法》、《草原法》等法律法规, 有效地开展石漠化综合防治工作。因此, 石漠化治理的下一阶段应该是依法治理阶段。

6.3. 喀斯特石漠化治理路径从“输血式”转向“造血式”

石漠化治理以生态为主, 保护优先, 因地制宜原则, 将治石与治贫相结合, 多行业、多模式、科学地开展综合治理。目前, 石漠化治理模式主要有林草植被恢复模式、水土保持工程模式、生态移民模式、生态产业模式以及小流域综合治理模式[36] [37] [38] [39]。这些治理模式的实现路径有输血式和造血式两种, “输血式”治理方式主要依靠政府巨大投入, 市场的力量参与有限, “造血式”治理方式主要依靠当地经济主体、市场经济主体将石漠化地区生态建设产业化, 产业发展生态化。石漠化治理初期一般以“输血式”治理方式为主, 除了水土保持工程模式外, 其他模式在石漠化治理区具有一定的生态经济服

务功能后,从最初“输血式”逐步转向“造血式”治理方式。因此,随着治理进程的推进,石漠化地区从最初的“输血式”治理方式逐步转向“造血式”治理方式。

6.4. 加大科技投入,用生态修复新技术促进石漠化地区植被修复与重建

众所周知,石漠化治理的瓶颈因素是水,而法国著名的菌根专家 F. Le Tacon 教授研究发现年年造林不见林的原因主要是缺少相应的菌根真菌[40]。经研究丛枝菌根真菌 AMF (*Arbuscular mycorrhizal fungi*) 可以通过提高宿主植物在干旱条件下对矿质营养元素尤其是磷的吸收进而加强其抗旱性,提高植物的抗病性和抗逆性,改善土壤理化性质,稳定土壤结构和植物相互作用控制植物群落的组成、物种多样性和演替,以此来稳定生态系统[41]。Cuenca 等已成功地将 AMF 接种技术应用在委内瑞拉南部因修筑全国最大的水电站而毁坏的萨王那植被恢复工程上。因此,通过喀斯特地区大量的种植资源调查,充分认识喀斯特地区 AMF 的多样性和分布状况后,利用丛枝菌根真菌接种技术对具有经济效益的石灰岩适生植物进行接种,提高植物的成活率及生长速度,促进石漠化土地植被修复与重建[42]。

6.5. 利用生态产业来实现石漠化治理产业化发展

生态建设产业化使生态资本增值,将石漠化防治与发展经济密切结合起来,运用既防治石漠化又促进经济发展的生态经济模式来推进石漠化的防治。培植替代产业,寻求新的经济增长点,这一模式体现了自然再生产与经济再生产的良性结合,是喀斯特石漠化治理的必然趋势[43]。石漠化治理产业化发展以人地矛盾为线索,以生态建设为目的,以生态经济建设为中心,将石漠化治理寓于生态经济建设中,来促进该区生态文明建设[44]。喀斯特石漠化产业化建设的基本思路是依托“山、水、田、林(草)、路”综合治理工程,对喀斯特生态系统的组成结构进行科学调控,形成物质、能量多级循环利用,多时序与多层次开发,“林、牧、农、中药材、微生物、渔、副”协调发展的高效生态产业模式。由于喀斯特石漠化地区大都属于生态修复区,经济限制开发区,因此,生态服务功能是石漠化产业选择的基本原则,林、草、药、旅游业具有较高的生态服务功能,是石漠化治理的重要产业[45]。中药煎用方式从传统的液体药代变为固体颗粒,给病人带来方便,是中药煎用方式的一场革命,使很多喜欢中药却因煎药方式麻烦而选择西医的病人将选择中药,中药材的需求量将大大增加,也为石漠化治理形成的中药材产业提供契机。

目前,贵州典型喀斯特石漠化治理区高效生态产业主要以中药材种植及衍生产业、草食畜牧业、特色经林果与衍生产业以及石漠化旅游业为主。2016年,普定县启动大规模生态建设,走一条石漠化治理产业化之路,生态经济日益壮大。截至目前,该县已完成19万亩退耕还林的经果林种植,茶叶种植已达14.17万亩、蔬菜12.68万亩。关岭-贞丰花江示范区以花椒、火龙果、金银花为主导生态种植业,以其他生态种植业和生态养殖业为次要生态产业。在花江示范区,花椒、火龙果、金银花已具有规模,产值在经济林草收入中占很大比重。毕节撒拉溪示范区种植核桃、板栗、刺梨及其他经济生态物种,发展生猪、羊、鸡、鹅等养殖产业,并以核桃、板栗为主导生态种植业,以饲养肉牛、鸡为主导生态养殖业[46]。

6.6. 加强喀斯特森林管护,生产木料替代产品

森林的消亡主要有三个原因,一是大规模砍伐森林:农业文明及以前,人们能源是薪柴,建筑材料是乔木。高大乔木用作宫殿、民居等建筑材料,低矮灌木丛用作薪柴和生产工具用料,剩下荒草坡焚烧后开垦出来种粮或开山取石,一片片森林就这样消失了。新中国大炼钢铁时期大规模的砍伐活动和推行的“以粮为纲,开荒种粮”的政策使森林锐减,森林覆盖率下降到10%左右。二是森林大火,星星之火可以毁掉百年林;三是过度放牧:一头山羊在一年内可以将10亩3~5年生的石山植被吃光[47]。为了,喀斯特石漠化地区植被修复与重建,必须加强森林管护避免大规模砍伐或毁坏,禁止放火烧山和过度放

牧, 并生产木料产品的替代产品, 减少使用木料及相关产品, 以此来减少喀斯特石漠化地区人为干扰, 巩固该区生态文明建设成果。

7. 结论与讨论

1) 自然驱动力因素使喀斯特生态系统存在石漠化潜在风险, 人为驱动力因素才是产生石漠化的直接原因, 是潜在喀斯特石漠化变成喀斯特石漠化的必要条件。喀斯特地区, 独特的岩性、气候、水文地质系统及土体结构等自然因素共同形成了脆弱的喀斯特生态环境。在这脆弱的生态环境里, 常常有石生、耐旱、喜钙, 并有很长根系的植物生长, 形成喀斯特原始森林。该森林系统是一个开放、较为稳定的生态系统, 在没有超强干扰力的情况下, 趋于一个较为稳定态势, 但该系统也是一个生物地球化学场高敏感、平衡遭到破坏, 并发生逆向演替的生态系统。当人类对喀斯特生态系统滥垦乱牧、滥采滥挖、过渡砍伐, 制造森林火灾及进行不合理的产业生产时, 喀斯特生态系统受到外部干扰力度超出了整个系统所能维持的最高能力, 其结构和功能被改变, 并逆向演替形成几乎丧失生产力的石漠化生态系统。

2) 喀斯特石漠化治理的核心任务有植被修复与重建、贫困治理以及生态文明建设等三个方面和层次。首先, 喀斯特石漠化治理的首要任务是植被修复与重建: 从自然动力因素及人为动力因素在喀斯特石漠化产生的作用来看, 石漠化治理的首要任务就是在土地缺水、缺土, 居民缺粮、缺钱的条件下进行植被修复与重建; 从不同等级石漠化治理模式来看, 无论是轻度、中度、强度、极强度石漠化治理, 其共同点都是因地制宜地进行植被修复与重建; 从贵州石漠化治理典型模式来看, 都是因地制宜地发展经济的同时, 恢复林草植被; 从历代森林覆盖率及其年下降率来看, 石漠化治理是进行植被修复与重建, 从而提高森林覆盖率。其次, 喀斯特石漠化治理的重要任务是铲除石漠化地区的“穷根”: 喀斯特作用导致的生态脆弱, 主要是个地质生态问题, 但喀斯特石漠化不是一种纯自然过程, 而是与人类活动密切相关, 具有明显的自然和社会学属性。喀斯特石漠化地区缺水、缺土、缺林, 使该区土地生产力衰退甚至丧失, 导致该区居民缺粮、缺钱, 人地矛盾更加突出, 居民更加贫困。经过“十五至十三五”喀斯特地区石漠化综合治理, 与 2011 年相比, 2015 年喀斯特地区生产总值增长 65.3%, 高于全国同期的 43.5%, 农村居民人均纯收入增长 79.9%, 高于全国同期的 54.4%。5 年间, 区域贫困人口减少 3803 万人, 贫困发生率由 21.1% 下降到 7.7%, 下降 13.4 个百分点, 区域经济发展加快, 贫困程度减轻[27]。最后, 喀斯特石漠化治理的目标任务是实现喀斯特石漠化地区生态文明——山绿民富: 生态产业能使生态资本增值, 将“治石”与“治贫”相结合, 能实现“山绿民富”, 是当前石漠化治理的发展趋势, 是有发展生态产业条件的喀斯特石漠化地区生态文明建设的首要载体。在适合发展生态产业的喀斯特石漠化地区发展生态产业, 促进喀斯特石漠化地区生态文明建设, 尤为必要。“山绿民富”是石漠化地区的梦想, 这不是几年, 十几年就能实现的, 但它绝不是幻想, 防治的决心和科技的进步是可以实现的。

3) 根据学界和政府石漠化治理过程中提出的重要观点及发生重大事件的时间节点, 将石漠化治理划分为岩漠化治理、学界探索治理、政府主导治理、科学治理以及依法治理等五个阶段和层次。石漠化治理过程中提出的重要观点和重大事件的时间节点主要包括① 20 世纪 80 年代末, 提出喀斯特岩漠化; ② 20 世纪 90 年代初提出喀斯特石漠化; ③ 石漠化治理工作进入国家政府工作计划(十五工作报告), 石漠化治理工作陆续开始启动, 选取试点治理, 石漠化面积开始缩减, 程度开始减轻; ④ 2008 年国务院批复的《岩溶地区石漠化综合治理规划纲要》(2006~2015 年)健全了喀斯特石漠化综合治理依据, 是石漠化治理的指南, 是科学治理石漠化的依据; ⑤ 未来某年将出台《石漠化防治法》或《石漠化防治条例》: 要实现喀斯特石漠化地区“山绿民富”, 就得出台相应的法律法规, 加强对生态破坏行为的执法力度, 以此巩固和推进石漠化治理成果, 顺利推进石漠化地区生态文明建设, 因此, 石漠化治理的下一阶段应该是依法治理阶段。

4) 根据喀斯特石漠化治理的经验及历程来推导喀斯特石漠化治理趋势。根据喀斯特石漠化治理的经验及历程来看喀斯特石漠化治理区居民已自觉参与该区生态建设, 喀斯特石漠化综合治理将进入依法治理阶段, 治理路径从“输血式”转向“造血式”。今后将加大科技投入, 用生态修复新技术促进石漠化地区植被修复与重建, 并利用生态产业来实现石漠化治理产业化发展, 加强喀斯特森林管护, 生产木料替代产品, 以此减少对喀斯特生态系统的干扰, 最终实现喀斯特地区“山绿民富”。

基金项目

贵州 2017 年科技支撑计划项目(黔科合支撑[2017]2872); 贵州教育厅青年科技人才成长项目(黔教合 KY 字[2016]284); “十一五”社会发展攻关项目(黔合同 SZ 字[2008]3015); 国家重点研发计划项目(2016YFC0502600); 国家自然科学基金项目(41501006); 贵州省社发攻关项目(黔科合 SY 字[2012]3009)。

参考文献

- [1] 熊康宁, 朱大运, 彭韬, 等. 喀斯特高原石漠化综合治理生态产业技术与示范研究[J]. 生态学报, 2016, 36(22): 7109-7113.
- [2] 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): 31-35.
- [3] 屠玉林. 贵州土地石漠化现状及成因分析[C]//李箐. 石灰岩地区开发治理. 贵阳: 贵州人民出版社, 1996: 58-70.
- [4] 李阳兵, 王世杰, 容丽. 关于喀斯特石漠和石漠化概念的讨论[J]. 中国沙漠, 2004, 24(6): 29-35.
- [5] 杨汉奎. 脆弱的喀斯特环境[J]. 贵州科学, 1989(1): 1-10.
- [6] 邓自民, 杨泊. 喀斯特环境地质灾害[J]. 贵州科学, 1992(2): 17-21.
- [7] 百度百科. 岩漠[EB/OL]. <https://baike.baidu.com/item/%E5%B2%A9%E6%BC%A0/5129559>, 2019-08-24.
- [8] Yun, D.X. (1997) Rock Desertification in the Subtropical Karst of South China. *Zeitschrift für Geomorphologie*, **108**, 81-90.
- [9] 熊康宁, 兰安军. 喀斯特石漠化过程、演化特征与人地矛盾分析[C]//高贵龙. 中国西南(贵州)喀斯特生态环境治理与可持续发展咨询会议论文集. 2003: 154-163.
- [10] 王世杰, 李阳兵, 李瑞玲. 喀斯特石漠化的形成背景、演化与治理[J]. 第四纪研究, 2003, 23(6): 657-666.
- [11] 蓝安军, 熊康宁, 安裕伦. 喀斯特石漠化的驱动因子分析: 以贵州省为例[J]. 水土保持通报, 2001, 21(6): 19-23.
- [12] 张殿发, 王世杰, 周德全, 等. 贵州省喀斯特地区土地石漠化的内动力作用机制[J]. 水土保持通报, 2001, 21(4): 1-6.
- [13] 郑翀. 贵州省大方地区石漠化现状及成因分析[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2015.
- [14] 中国科学院地学部, 中国科学院生物学部. 关于西南岩溶石山地区持续发展与依靠科技脱贫的咨询建议[J]. 中国科学院院刊, 1994(4): 343-345.
- [15] 国家林业局. 中国石漠化状况公报[N]. 中国绿色时报, 2012-06-18(003).
- [16] LeGrand, H.E. (1973) Hydrological and Ecological Problems of Karst Regions. *Science*, **179**, 859-864. <https://doi.org/10.1126/science.179.4076.859>
- [17] 熊康宁, 陈永毕, 魏鹏, 等. 喀斯特山区轻度石漠化的治理方法[P]. 中国专利, CN103931372A, 2014-07-23.
- [18] 熊康宁, 梅再美, 李晓娜, 等. 喀斯特山区中度石漠化的治理方法[P]. 中国专利, CN103891573A, 2014-07-02.
- [19] 熊康宁, 陈启伟, 随喆, 等. 喀斯特山区强度石漠化的治理方法[P]. 中国专利, CN103907421A, 2014-07-09.
- [20] 邓家富. 黔西南州石漠化治理的主要做法及成功模式[J]. 中国水土保持, 2014(1): 4-7+23.
- [21] 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: 128-150.
- [22] 樊宝敏, 董源. 中国历代森林覆盖率的探讨[J]. 北京林业大学学报, 2001, 23(4): 60-65.
- [23] 国家林业局. 第八次全国森林资源清查结果[J]. 林业资源管理, 2014(1): 1-2.
- [24] 国家林业局森林资源管理司. 第七次全国森林资源清查及森林资源状况[J]. 林业资源管理, 2010(1): 1-8.
- [25] 贵州省林业厅. 贵州省喀斯特石漠化地区生态重建工程建设的探讨[J]. 贵州林业科技, 1998(4): 1-6+65.

- [26] 王世杰. 攻克“地球癌症”——记民革贵州省委主委、全球变化重大计划项目首席科学家王世杰[N]. 贵州日报, 2014-4-9(001).
- [27] 中国自然资源报. 我国岩溶地区石漠化状况公报[N]. 2019-01-09(005).
- [28] 关于西南岩溶石山地区持续发展与科技脱贫咨询建议[J]. 科技导报, 1994(12): 53-54+20.
- [29] 中国科学院学部. 关于推进西南岩溶地区石漠化综合治理的若干建议[J]. 地球科学进展, 2003, 18(4): 489-492.
- [30] 苏醒, 冯梅, 颜修琴, 等. 我国西南地区石漠化治理研究综述[J]. 贵州师范大学学报(社会科学版), 2014(2): 92-97.
- [31] 殷雪薇. 贵州省喀斯特石漠化生态破坏经济损失价值评估[D]: [硕士学位论文]. 贵阳: 贵州财经大学, 2017.
- [32] 王克林, 岳跃民, 马祖陆, 等. 喀斯特峰丛洼地石漠化治理与生态服务提升技术研究[J]. 生态学报, 2016, 36(22): 7098-7102.
- [33] 曹建华, 邓艳, 杨慧, 等. 喀斯特断陷盆地石漠化演变及治理技术与示范[J]. 生态学报, 2016, 36(22): 7103-7108.
- [34] 蒋勇军, 刘秀明, 何师意, 等. 喀斯特槽谷区土地石漠化与综合治理技术研发[J]. 生态学报, 2016, 36(22): 7092-7097.
- [35] 熊康宁, 许留兴, 刘凯旋, 等. 喀斯特山区生态畜牧业发展与石漠化治理耦合关系[J]. 家畜生态学报, 2016, 37(10): 72-79.
- [36] 陈磊, 熊康宁, 杭红涛, 等. 我国喀斯特石漠化地区林下经济种植模式及问题分析[J]. 世界林业研究, 2019, 32(3): 85-90.
- [37] 陈永毕, 熊康宁, 池永宽. 我国南方喀斯特石漠化治理进展[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(1): 17-21.
- [38] 付秀成. 山区石漠化治理的小流域模式[J]. 绿色科技, 2018(18): 18-20.
- [39] 郑群威, 周奉, 邓广山. 典型峰丛洼地不同治理模式类型对比研究[J]. 绿色科技, 2018(12): 6-9.
- [40] 白淑兰, 阎伟. 菌根生物技术在西部生态环境建设中的应用前景[J]. 内蒙古农业大学学报, 2002, 23(1): 115-118.
- [41] 魏源, 王世杰, 刘秀明, 等. 丛枝菌根真菌及在石漠化治理中的应用探讨[J]. 地球与环境, 2012, 40(1): 84-92.
- [42] Cuenca, G. and Lover, A.M. (1992) Vesicular Arbuscular Mycorrhizae in Disturbed and Revegetated Sites from La Gran Sabana, Venezuela. *Canadian Journal of Botany*, **70**, 73-79. <https://doi.org/10.1139/b92-009>
- [43] 肖智慧, 谭文雄, 陈富强. 基于生态产业化建设的喀斯特岩溶地区石漠化防治: 以粤北乐昌为例[C]//中国林学会. 长江流域生态建设与区域科学发展研讨会优秀论文集. 北京: 中国林学会, 2009: 102-106.
- [44] 李应. 我国西南喀斯特地区石漠化的成因及治理对策[J]. 现代化农业, 2014, 424(11): 27-29.
- [45] 梅再美. 试论喀斯特石漠化产业的构建: 以贵州省为例[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 2017, 35(6): 1-8.
- [46] 胡正伟. 喀斯特石漠化治理的生态产业发展模式与经济效益研究[D]: [硕士学位论文]. 贵阳: 贵州师范大学, 2014.
- [47] 董再昌. 浅谈茨营镇石漠化成因与综合治理措施及建议[J]. 民营科技, 2014(8): 257-259.