

西南岩溶石山区石漠化成因探讨及其防治对策

康志强, 王增银, 毛凌云, 池永翔

(中国地质大学环境学院, 武汉 430074)

摘要: 分析了西南岩溶石山区石漠化形成的原因, 着重从地质、水文地质及气象等方面对石漠化的形成机制进行了探讨, 并在总结前人治理石漠化成果的基础上, 提出了现阶段较为可行的治理思路及方法。

关键词: 岩溶石山区; 石漠化成因; 对策

中图分类号: X141

文献标识码: A

文章编号: 1671-1556(2006)04-0005-05

Causes of Rocky Desertification and Control Countermeasures for Karst Mountain Region in Southwest China

KANG Zhi-qiang, WANG Zeng-yin, MAO Ling-yun, CHI Yong-xiang

(School of Environmental Studies, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: This paper analyzes the natural and factitious causes of rocky desertification of karst mountain region in Southwest China and its harmfulness, and puts forward a series of feasible countermeasures against the rocky desertification based on the earlier studies.

Key words: karst mountain region; causes of rocky desertification; countermeasure

0 引言

石漠化, 是指在亚热带湿润的岩溶地区, 土壤遭受严重侵蚀, 基岩大面积裸露, 地表呈现出类似荒漠化景观的土地退化现象^[1,2]。在中国西南特有的岩溶环境下, 有些学者认为石漠化是指在喀斯特脆弱生态环境下, 由于人地矛盾突出, 人类不合理的社会经济活动而造成植被破坏、水土流失、土地生产能力衰退和丧失, 地表呈现类似荒漠化景观的岩石逐渐裸露的过程及结果^[3]。

我国石漠化形势严峻, 据中国地质调查局公布的数据, 到上世纪末, 在西南岩溶石山地区 74 万 km² 调查区内, 石漠化面积达 10.5 万 km², 占调查区面积的 14.2%, 其中, 轻度石漠化面积为 4.0 万 km², 中度石漠化面积为 3.9 万 km², 重度石漠化面积为 2.6 万 km²。石漠化主要发生在云南、贵州和广西三省区, 总面积为 8.8 万 km², 其中, 贵州省的石漠化面积为 3.3 万 km², 云南省的石漠化面积为

2.8 万 km², 广西壮族自治区的石漠化面积为 2.7 万 km²。西南岩溶地区石漠化面积年均增长 1 650 km², 年增长率为 2%。

1 石漠化的成因

石漠化的形成因素有自然因素和人为因素。从石漠化分布的规律可以看出, 自然因素是形成石漠化的物质基础和必备条件, 而人为因素只是在自然因素的基础上为石漠化发展起到促进作用。

1.1 自然因素

自然因素主要包括地质、水文地质及气象环境等, 是石漠化发展的基础因素。

1.1.1 地质因素

(1) 地层岩性。古地质海相沉积背景是石漠化形成的最原始因素, 为石漠化的形成奠定了物质基础。我国西南地区位于古亚洲、濒太平洋与特提斯—喜马拉雅三大构造区域之间, 大部分属于扬子准地台, 它是晚古生代末扬子旋回构造形成的地台, 从

震旦纪至三叠纪沉积了厚达 5 000~6 000 m 的海相沉积,以碳酸盐岩类建造为主,形成自滇东经贵州的北东—南西向的西南碳酸盐岩类分布区^[4]。虽然质地较纯的碳酸盐岩抗风蚀能力极强,却很容易受到酸的侵蚀,在含 CO_2 的水的作用下形成重碳酸钙直接溶解于水中。碳酸盐岩易溶物质的含量极高,酸不溶物含量很小,风化后仅有约 10 % 左右的物质能残留下来形成土壤。根据王克林等^[5]对贵州 132 个点的分析资料计算,灰岩风化剥蚀速率为 23.7~110.7 mm/ka,若按平均 61.68 mm/ka 的剥蚀速率、平均酸不溶物 3.9 % 计算,1 000 a 中只有风化残余物 2.47 mm,也就是说每形成 1 cm 厚的风化壳需要 4 000 余年,慢者需要 8 500 a,成土模数为 45~75 $\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$,较非喀斯特地区慢 10~80 倍,且厚度不均。因此,喀斯特地区成土过程缓慢,土壤资源十分缺乏,有机质含量低且土壤侵蚀极其严重。

(2)地形因素。石漠化主要分布于地形坡度大、切割较深的盆地外围岩溶山区和盆地周边岩溶峰丛地区,而地形平坦的盆地溶丘台地、槽谷及沉积盆地中心则很少有石漠化发育。其原因主要是地形坡度直接控制堆积土层的厚度及土壤的侵蚀量。据有关数据显示^[6],地形坡度与土壤厚度呈负相关(见图 1),而与土壤侵蚀量呈正相关(见表 1)。因此在坡度较大的地区不利于土壤层堆积,水土流失较快,植物难以生长,致使大面积基岩裸露。因此大坡度的地形为石漠化的扩展起到促进作用。

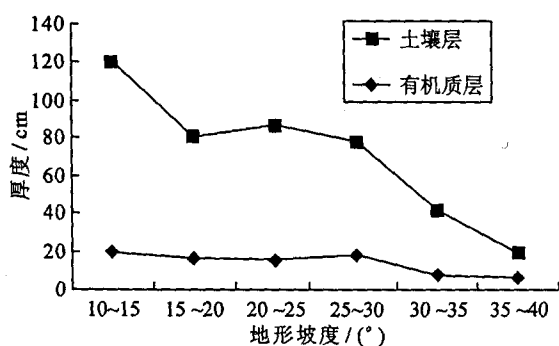


图 1 地形坡度与土层厚度的关系

Fig. 1 Soil thickness versus ground slope in bare karst area

表 1 地形坡度与土壤(黄壤)侵蚀量的关系

Table 1 Relationship between erosion rate of soil and ground slope

土壤类型	坡度/(°)	每亩土地的侵蚀量/t	每平方公里侵蚀量/t
黄壤	15	1.9	2 850
黄壤	25	2.1	3 150
黄壤	31	7.8	11 700
黄壤	46	214.0	321 000

1.1.2 土壤环境因素

就土壤本身结构而言,石山区基质碳酸盐母岩和上覆土壤之间缺乏过渡层,存在着软硬明显不同的界面,使岩土之间的粘着力与亲和力大为降低,极易遭受侵蚀;而从土壤起源上讲,岩溶山区的土壤是由碳酸盐岩被淋失时不溶物残留风化堆积的结果。所以,该地区的土壤要受到碳酸盐“岩(CaCO_3)—气(CO_2)—水(H_2O)”岩溶动力系统作用^[7],在土壤中盐基离子(Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+)大量淋失的同时,岩溶作用产生的富钙环境又补充了其含量,因此循环的结果是形成了偏碱性的土壤环境。这使石灰岩土阳离子交换量提高,从而降低了土壤中其他微量元素(如锰、铁、磷、锌等)的含量,也造成喀斯特地区土壤肥力低下,生物容量变小,生境先天不足,生态系统脆弱。加之土层浅薄,岩体裂隙、漏斗发育,喀斯特地表干旱严重,这种土壤环境对植物生长有极大的限制作用,降低了生物多样性,客观上促进了石漠化进程。

1.1.3 水文地质因素

岩溶地区特殊的水文地质条件为土地石漠化创造了条件。水是岩溶系统中物质运移与能量交换的载体。西南地区气候暖湿,地面封闭洼地、溶蚀盆地等岩溶形态发育,地表水往往通过地下水文网排泄。而石漠化地区大多数分布在石灰岩地区,由于此处地下水文网较为发达,雨水直接下渗,地表溢流较少,流水对岩体的直接冲刷很弱,特别是在某些植被良好且地形起伏缓和的地貌面上,地表的直接冲刷很微弱。因此物理风化作用对成土速率基本上没影响,土壤层主要是碳酸盐物质溶解时难溶物质的堆积。而对于在地形起伏较大、地下水以垂向作用为主的地区,随着岩溶作用的进行,逐渐拓宽了岩石裂隙,使得表层土随裂隙水流带入岩石空洞中。所以地表不可能积累大范围连续分布的溶蚀残余物质,只能出现不连续的薄层有机质土。此过程使岩溶山区土壤和母岩形成双层结构,非常不利于表层水土保持,同时也加速了土地石漠化的形成和发展。

1.1.4 气象环境因素

降水的动力作用是石漠化形成的又一个主要因素。西南地区地处亚热带热带气候区,化学淋溶作用强烈^[8],上层土体中的物理粘粒(粒径 <0.01 mm)容易发生垂直向下的移动累积,从而造成土体上松(质地轻,通透性强)与下紧(质地粘、重,通透性差),形成一个物理性质截然不同的界面而缺乏柔性过渡层,土壤遇到降雨冲刷极易产生流失和块体滑

移,导致水土流失的产生。据实测数据^[6](见表2)显示,降雨量与土壤侵蚀量呈正相关。同时水环境也是石漠化发育的一个必要因素,它与气候、地质、地形、植被共同作用于岩溶区促进石漠化发育。由于岩溶地区土壤颗粒细小,土壤层与下伏基岩结合不紧密,极易受雨水冲刷,低洼处经常有落水洞、漏斗和地下河天窗发育。降雨形成的地表径流常携带土壤进入地下空间,堵塞地下管道,而引起岩溶内涝,使土地频繁遭受涝灾而淋失,使得石漠化进一步发展。

表2 金沙水保站实测降雨与土壤侵蚀情况

降雨量/ mm	降雨历 时/min	降雨强度/ (mm·min ⁻¹)		径流量/ (t·km ⁻²)	土壤冲 刷量/ (t·km ⁻²)	前期降 雨情况
		平均	最高 10 min			
20.4	480	0.055	0.09	210	17.10	
20.5	707	0.029	0.15	377.25	30.75	前四天
10.0	183	0.055	0.60	531.45	37.35	连续降雨
64.8	758	0.086	0.85	3 193.95	184.5	44.5 mm
41.1	620	0.066	0.25	6 212.85	432.45	

1.2 人为因素

人为因素是对自然因素的二次诱发和放大,其主要作用是对石漠化的发育起到加速作用,笔者以人口、土地利用及工业活动对石漠化的影响加以讨论。

1.2.1 人口压力过大

我国西南岩溶石山区人口众多,达2 500~3 000万人^[9]。长期以来人们为了获取生活资料,不加节制地对资源进行开发,致使大量的森林遭到破坏。开矿、采石的同时也破坏了原有的生态平衡,使石漠化愈演愈烈,导致经济落后与生态破坏形成恶性循环。

1.2.2 土地利用不合理

生存的压力致使人们盲目地追逐眼前利益,不合理地开垦荒山及采石采矿,大量土地资源被滥用,大面积原生植被遭到破坏。而森林覆盖率降低导致地表坡流加大,水土被冲刷更加严重,调节径流与改善环境的功能降低,空气和土壤中的水分也大大降低,同时土壤涵养水的能力下降,坡地地下水位降低,致使土地不断退化,水土流失加剧。这既促进了石漠化发展,反过来又加剧了土壤侵蚀量的剧增,形成恶性循环。

1.2.3 工业活动频繁

由于近些年受工业活动的影响,使岩溶地区水、土、气污染物超过其自净能力,土壤条件逐渐恶化。

化石燃料的大量燃烧使空气中的CO₂、SO₂等酸性气体的含量显著增加,使降水的pH值降低,从而形成酸雨。酸雨对碳酸盐岩及土壤的溶蚀恰恰起到了加速的作用,使部分土壤成分被淋失。另外,酸雨还会杀死许多依附于岩石表面起造土作用的嗜碱生物和微生物,降低成土的速度,同时也造成大面积的植被破坏,客观上加速了石漠化的进程。

2 石漠化的危害

我国石漠化地区人民均以农牧业为生。由于生态环境严重恶化,可耕地逐年减少,许多农民只能在石缝里种点玉米杂粮,正所谓“一培土一棵粮”。由于石漠化地区岩石裸露,表层带储水能力低,甚至无储水能力,在雨季极易发生山洪、滑坡和泥石流,而雨过天晴则立即形成缺水干旱。因此水旱灾害频繁发生,几乎连年旱涝相伴,形成了“植被破坏—土壤流失—石漠化扩展—生活贫困”的恶性循环怪圈。

虽然石漠化地区年降雨量都在1 000 mm以上,但由于涵养水源功能差,地表却严重缺水,连人畜用水都难有保证。广西壮族自治区的百色地区9个县的石漠化地区,农民饮水要从数公里至数十公里以外去取水,根本没有生产用水可用^[10]。另外,石漠化地区主要位于珠江、长江的上游地段,由于严重的土壤侵蚀导致河床淤高,淤塞河道,危及长江和珠江沿岸及下游人民群众生命财产安全。贵州最大的乌江渡水电站,库区5年淤积近2亿m³泥沙和山石,已严重影响电站的安全和寿命^[11]。贵州省著名的旅游风景区,我国第一大瀑布黄果树瀑布,因这一地区日益严重的石漠化,不仅在枯水期水量及瀑布宽度明显减少,而在雨季水量也有减少,问题日益严重,不少专家断言:如果不解决这一地区日益严重的石漠化问题,黄果树瀑布将会干涸^[12]。

3 治理石漠化的思路、措施及建议

3.1 治理思路

石漠化的治理是一个系统工程,必须从改善区内的生态环境现状和自然、社会经济情况出发,以生态学和生态经济学原理为基础,在有效保护岩溶山区现有的生物多样性的前提下,实现人与自然的和谐统一。使生态修复措施、工程措施及管理措施等多方面有机结合,综合治理,促进石漠化地区生态、经济和社会的协调发展。

3.2 治理石漠化的措施及建议

3.2.1 生态修复措施

人为的生态修复方法主要是植树造林,包括封山育林(自然调节为主,人工种植为辅)和人工造林(人工种植为主)两种措施,可根据当地实际情况适当选择。

(1)封山育林。封山育林^[13]是石漠化地区生态重建最为直接有效的措施,它能充分利用植物天然更新能力和西南地区优越的气候条件,实现自我更新演替,形成物种多样、结构合理、复杂稳定的植物群落。因此,在岩石裸露率高、立地条件差、人工造林困难的地段应实行封山育林措施,根据现有母树、根桩、幼树的分布情况及当地的实际,采取合理的封育类型、封育方式及封育年限,确定正确的培育方向和管护措施;对局部空地及立地条件好的地段,在保留原生植被的前提下,可采取人工补植、补播的方式,适当补植、补播目的树种或阔叶树,使其较快恢复植被,形成乔木林或灌木林。还要注意在封育区禁止任意放牧、割草、割灌、砍柴等一切人畜活动。由于草类的生长周期短、速度快,可利用周围地区的天然下种能力,先培育草类,进而培育灌木,通过较长时间的封育,最终发展成乔、灌、草相结合的植被群落。

(2)人工造林。对于立地条件差、地表温度高、易受干旱和日灼、土层瘠薄、土壤肥力低、淋溶层呈碱性、天然林恢复难度大的石漠化地区可采取人工造林。然而,在石漠化地区造林首先要因地制宜,选择并培育适应性强、喜钙喜碱、生长较快的优良树种,其次是保护好现有植被,采取“见缝插针,局部整地”的方式。在土层瘠薄、肥力差的地方进行“穴垦客土”或“爆破造穴堆土”的方式植树造林,但要禁止全垦;再者是大力推广先进适用的科学技术和成果^[13],应用容器苗和切根苗造林、使用生根粉浸根、施用抗旱保水剂等努力提高造林成活率。当然,最主要的仍是造林后及时加强管护,及时补植,力保植树工作成果。

3.2.2 工程措施

(1)改变水文地质结构,有效利用表层岩溶水。有条件的石山地区建设梯田,以提高土壤蓄水能力,减少水土流失,有效地减少泥沙输出量,保护土壤。另外,据研究^[14]显示,西南石山区表层岩溶带具有调节岩溶水的功能,对用水量不大的岩溶石山区居民来说,能提供正常的生活饮用水及灌溉用水。因此,修建各种水资源调蓄工程调蓄表层岩溶水,能解决岩溶水的时空分配不均与农业用水节令产生矛盾的状况,有效解决旱涝问题,减少水土流失,从而起

到防治石漠化的作用。

(2)改变土壤结构。在石漠化比较严重的石山、半石山地区,由于其水土流失严重,土壤稀薄贫瘠,如果直接植树种草,成活率势必很低。在条件允许的情况下,可以采用一些工程技术,如铺设人工土、借鉴河堤的边坡护理技术往其中喷注草种泥浆等,以减弱水土流失强度,促使生态环境恢复。

3.2.3 管理措施

(1)改善当地的能源结构。当地砍伐森林的一个主要原因是能源短缺,因此加快能源建设步伐,大力发展沼气池、节柴灶,太阳能等,可节省大量薪材消耗,有效保护石山植被,同时又可以使农作物秸秆和人畜粪便转为优质有机肥用于农业生产。据有关方面测算^[13],建一个沼气池,每年可节柴 2 000 kg 以上,按每亩林地每年生长 500 kg 薪材计算,相当于封育了 0.27 hm² 山林;同样建一口节柴灶,每年可节柴 1 000 kg 以上,相当于封育 0.13 hm² 山林。与此同时,在缺柴的石山地区,适当发展薪炭林,解决农民烧柴问题,也是石漠化治理的重要措施。

(2)降低人口增长率,提高人口素质。人口的快速增长造成石漠化问题愈演愈烈,故在石漠化地区应该注重加强人口政策的宣传教育,通过鼓励少生优育的方式来控制人口增长,使岩溶地区的人口自然增长率逐步达到全国平均水平。对岩石裸露率高、生态脆弱地段的农民实行生态移民,减少人为活动的干扰,也是加快石漠化治理、有效恢复森林植被的重要措施。劳务输出也是一种缓解人口压力比较可行的办法,它不仅能减少对当地粮、柴、水的压力,又能在打工实践中提高劳动者素质,并能将发达地区的经济技术信息传递回原籍,是一种投资省、效益高的积累资金方式,减轻了环境压力。此外,加强教育也是治理石漠化不可缺少的重要手段,通过普及环保知识,提高人口素质,有利于恢复和重建岩溶石山区生态环境。

4 结 语

石漠化是自然地质因素被人为因素促进、放大的结果。治理石漠化是一个科学系统的工程,虽然取得了一些成果,但面临的任务还很艰巨,如何防治和减缓石漠化过程,还需要付出更大的努力。只有在对石漠化的形成机制进行客观科学分析的基础上,综合利用生态修复、工程治理和加强管理等措施,全方位地治理石漠化,才能实现经济和环境的协调发展。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] Wang, S. J., Q. M. Liu, D. F. Zhang. Karst rocky desertification in southwestern China: geomorphology, landuse, impact and rehabilitation [J]. *Land Degradation and Development*, 2004, 48 (9—10): 115—121.
- [3] 沈赤兵. 贵州省石漠化评价体系和等级标准确定[N]. 贵州日报, 2004-12-08.
- [4] 聂树人, 单树模, 常剑桥. 中国自然地理教学法参考书(下册)[M]. 济南: 山东教育出版社, 1998. 449—463.
- [5] 王克林, 章春华. 湘西喀斯特山区生态环境问题与整治战略[J]. 山地学报, 1999, 17(2): 302—305.
- [6] 袁道先, 蔡桂鸿. 岩溶环境学[M]. 重庆: 重庆出版社, 1988. 191—192.
- [7] 何子平, 蒋忠诚, 吕维莉. 岩溶动力系统对典型石灰岩土肥力特征的影响[J]. 中国岩溶, 2001, 20(3): 231—235.
- [8] 李林立, 况明生, 蒋勇军. 我国西南岩溶地区土地石漠化研究[J]. 地域研究与开发, 2003, (3): 71—74.
- [9] 周游游, 韦复才, 祖玲. 西南岩溶山地的自然条件和生态重建问题[J]. 国土与自然资源研究, 2005, (1): 50—51.
- [10] 李育才. 关于我国西南部地区石漠化治理情况的调查报告[N]. 中国绿色时报, 2001-06-11.
- [11] 苏维词, 朱文孝. 贵州喀什特山区生态环境脆弱性[J]. 山地学报, 2000, 18 (5): 429—434.
- [12] 郑北鹰. 石漠化不容漠视[N]. 光明日报, 2004-06-30.
- [13] 胡培兴, 彭继平. 我国西南地区石漠化治理已探索出路子——来自广西平果、阳朔县的调研报告[J]. 中国林业, 2002, (24): 8—10.
- [14] 蒋忠诚. 中国南方表层岩溶带的特征及形成机理[J]. 热带地理, 1998, (4): 106—110.

通讯作者: 王增银(1945—) 男, 教授, 主要从事水文地质和岩溶地质的教学和科研工作. E-mail: wangzy@cug.edu.cn