

喀斯特山区土壤侵蚀与土地利用关系研究

——以贵州省关岭县石板桥流域为例

吴秀芹¹, 蔡运龙², 蒙吉军²

(1. 北京林业大学水土保持学院, 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083;
(2. 北京大学资源环境与地理学系, 地表过程分析与模拟教育部重点实验室, 北京 100871)

摘要: 土壤侵蚀与土地利用关系密切,但在不同地区表现不一。喀斯特山区由于土壤侵蚀的特殊性,不能直接沿用其它地区已有的相关成果。选取贵州省西南地区喀斯特发育典型的一个小流域为案例,从土地利用的类型、坡度格局和高度格局三方面与土壤侵蚀的关系进行了探讨,研究发现喀斯特山区土地利用/覆被与土壤侵蚀之间的关系与其它地区不尽相同,表现在:喀斯特山区各土地利用类型土壤侵蚀发生率依次为:草地>林地>旱地>难利用地>建筑用地>水田。除水田外,植被覆盖度对土壤侵蚀的控制存在临界值:20%~60%。土壤侵蚀强度与植被覆盖度近似呈正比。土地利用在坡度和海拔上的分布格局对土壤侵蚀的控制同样存在临界值,其中临界坡度在15~25°之间,临界海拔在1485~1505 m之间。

关键词: 土壤侵蚀;土地利用;喀斯特;坡度;海拔;植被覆盖度

中图分类号:S 157;F 301.24 文献标识码:A 文章编号:1005-3409(2005)04-0046-03

Impacts of Land Use on Soil Erosion in Karst Mountainous Area
——A Case Study in Shibianqiao Catchment in Guanling county, Guizhou Province

WU Xiu-qin¹, CAI Yun-long², MENG Ji-jun²

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating, the Ministry of Education, Beijing 100083, China;
2. Department of Resources, Environment and Geography, the Centre for Land Study, Peking University, Laboratory for Earth Surface Processes, the Ministry of Education, Beijing 100871, China)

Abstract: Soil erosion is closely related with land use. But there is no generalized rule in the whole world. Soil erosion presents very differently in Karst area in relative to other regions. Taking a small catchment in Karst mountainous area as a case, the study on relationship between soil erosion and land use type, slope distribution pattern and altitude distribution pattern of land use was carried out. Such conclusions were drawn: the biggest percentage of area exposed to soil erosion in each kind of land use was grassland, and woodland, cropland, land difficult to use, built up and paddy field in sequence. Except for paddy field, there was a threshold in the control of vegetation cover rate on soil erosion. It was 20%~60%. While the severity of soil erosion nearly intensified with vegetation cover rate. There was also a threshold in slope pattern and altitude pattern of land use distribution, the former was 15~25°, and the latter was 1485~1505 m.

Key words: soil erosion; land use; Karst; slope pattern; altitude pattern; vegetation cover rate

土壤侵蚀作为土地利用/覆被变化(LUCC)引起的主要环境效应之一,是自然和人为因素叠加的结果,是全世界瞩目的环境问题。目前,地学、土壤学、岩溶学等领域的专家普遍认为,土壤侵蚀是自然和人为因素叠加的结果,人类活动是造成土壤侵蚀的主要原因,不合理的土地利用和地表植被覆盖的减少对土壤侵蚀具有放大效应^[1-2]。目前,土地利用/覆被及其变化对水土流失过程的影响已成为国际上的研究热点。

中国西南喀斯特地区土壤侵蚀导致的石漠化问题正逐

渐演变为继北方沙漠化和黄土高原地区水土流失之后的我国第三大生态问题。而相对后两者来说,西南喀斯特地区的土壤侵蚀基础研究工作却相对薄弱得多,尚缺乏适合喀斯特地区的侵蚀分级标准,给喀斯特山区的水土保持工作造成极为不利的影 响。本文以地处我国亚热带喀斯特高原的贵州省安顺市关岭县境内的石板桥流域为例,对研究区土壤侵蚀与土地利用的关系进行了初步探讨,以抛砖引玉,推动喀斯特地区石漠化相关问题的深入研究,为研究区土壤侵蚀防治、

* 收稿日期: 2005-04-26
基金项目: 国家自然科学基金重点项目(40335046)资助
作者简介: 吴秀芹(1974-),女,辽宁阜新 人,博士。

合理利用土地和生态重建提供科学和决策依据。

1 喀斯特地区土壤侵蚀的特殊性

1.1 石漠化地区恢复治理难度大

据第二次全国土壤侵蚀调查,2000 年,喀斯特广布的贵州省有明显水土流失发生的面积比例为 37.16%,在同期全国各省份排名中居第6 位(表1)。从该结果来看,贵州省水土流失问题处在黄土高原和四川盆地之后,但贵州省的水土流失有其特殊性:喀斯特地区土层薄,成土速度慢,土壤侵蚀的严重后果是大面积的“石漠化”。石漠化作为喀斯特地区土壤侵蚀的终极状态,标志着生态环境已崩溃,实质是生态环境系统逆向演替的顶级阶段,土地一旦发生石漠化,恢复治理就相当困难,而且恢复速率也极慢^[3]。

表 1 第二次全国土壤侵蚀调查中侵蚀发生比例居前 6 位的省市							%
侵蚀程度	重庆	山西	陕西	四川	宁夏	贵州	
轻度侵蚀	15.76	19.38	21.49	20.79	13.85	21.77	
中度侵蚀	33.02	24.07	14.28	16.76	11.76	10.38	
强度侵蚀	10.62	5.86	6.65	5.20	12.21	4.30	
极强度侵蚀	2.35	5.04	7.27	0.59	4.02	0.72	
剧烈侵蚀	0.16	5.76	6.20	0.07	0.00	-	
总计	61.90	60.11	55.89	43.41	41.85	37.16	

1.2 土地石漠化后,侵蚀模数降低

喀斯特地区土地在石漠化发生以前是水土流失的贡献者,石漠化后由于可侵蚀的土被减少,反而使侵蚀模数降低,甚至变成完全没有侵蚀的地段,这将造成一些调查统计上的偏差,而实际上该类地段的侵蚀力是很强的。

1.3 绝对侵蚀量小、允许侵蚀量低

据前人研究^[4~6],相对黄土高原和四川盆地等非喀斯特地区来讲,碳酸盐岩区域物理侵蚀速率较小,却导致区域土层处于负增长状态,基岩裸露,石山荒漠化趋势加剧。这主要是由于喀斯特地区成土速率极低,土体的总量小,土壤允许流失量也相应要低得多造成的。研究表明喀斯特地区土壤允许流失量约为 $50\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ^[7,8],仅为我国所规定的西南土石山区土壤允许流失量的 1/10。

2 研究区概况

2.1 自然概况

石板桥流域地处挽近强烈隆升的云贵高原向广西丘陵盆地过渡的斜坡地带,以岩溶地貌为主,岩石裸露,植被覆盖率低,水土流失较为严重。区内属亚热带季风湿润气候,冬无严寒,夏无酷暑,年平均气温在 13.5~15.3 之间。降水 5~9 月约占全年降水的 75%,暴雨洪水多发生在 5~8 月,每年 11 月至次年 3 月为枯水期。

据关岭县国土资源局 2000 年实地调绘统计,流域内土地利用/覆被类型以荒山荒坡面积最大(占总面积的 57.2%),其次是耕地(占总面积的 21.2%)和林地(占总面积的 8.5%),再次为建筑用地(占总面积的 3.4%)和难利用地(占总面积的 3.3%),天然草地面积最少,仅占总面积的 1.1%。

流域内土壤主要是在碳酸盐母岩上形成的黄色石灰土、黑色石灰土,及人为作用下形成的黄大泥土、大泥土、大黄泥田、黄胶泥土、沙黄泥土等。其中,大黄泥土和沙黄泥土分布面积最大。

2.2 社会经济状况

流域内共包括永宁镇及沙营乡的 3 个村,14 个组。据 2000 年统计,共有住户 458 户,总人口 2 084 人,其中农村人口占 99%。流域内,土层薄,农业生产科技含量低,因而单位产粮低,仅为 $4\,056\text{ kg}/\text{hm}^2$,人均产粮 338 kg,人地关系紧张。流域发展是以农业为主导,农业总产值中净产值占 70%(据 2000 年流域统计数据)。农业人均纯收入 454 元,居民生活水平还远远没达到小康标准。

3 土地利用/覆被类型对土壤侵蚀的影响

3.1 流域土壤侵蚀现状

石板桥流域植被差,岩石裸露率高,属于强度水土流失区,已列入“关岭县水土保持生态环境建设规划项目”。据当地水利部门实地调查,流域内水土流失面积达 3.593 km^2 ,占集水区面积的 62%。侵蚀类型以遍布全区的水蚀为主,另有少量分布在库区周围的土坝、及河坝两侧的细沟状侵蚀,及石板桥村后山大坡偶发的重力侵蚀。

研究区 2000 年土壤侵蚀状况如表 2、图 1,此次土壤侵蚀调查是当地水利部门在石板桥水库小流域实地调查得到的,土壤侵蚀强度的划分标准参照了我国水利部 1997 年发布并实施的土壤侵蚀分类分级标准,并在其基础上取中间值。从表 2 可以看出,轻度侵蚀 2.29 km^2 (占侵蚀面积的 63.63%),中度侵蚀 1.16 km^2 (32.16%),强度侵蚀 1.51 km^2 (4.21%)。从调查结果来看,流域土壤侵蚀以轻度侵蚀为主。但由于裸岩和荒山坡占全区 17.5%,此类型多为前几年遭受强烈侵蚀,目前呈现无土可流的状况。因此,必须考虑这种情况才能更准确地反映土壤侵蚀状况。



图 1 研究区 2000 年侵蚀现状图

表 2 研究区 2000 年土壤侵蚀现状

侵蚀强度	无明显侵蚀	轻度侵蚀	中度侵蚀	强度侵蚀
面积/ hm^2	242.2	228.6	115.6	15.1
比例/%	40.26	38.01	19.21	2.52
总计/%	40.26	59.74		

3.2 土地利用/覆被类型与土壤侵蚀产沙的关系

在 GIS 技术支持下,将土壤侵蚀分布图与 2001 年土地利用类型图叠加,可以得到不同土地利用类型中土壤侵蚀的状况(表 2)。由于水田和旱地的侵蚀差异很大,故在做统计时没有将水田与旱地合并。

由表 2 可以看出,不同土地利用类型的侵蚀和产沙效应存在较大差异。旱地发生各级侵蚀的面积都最大;其次是裸地、草地、林地和建筑用地;水田是发生水土流失面积最小的

土地利用类型。这种结果,一方面与各种用地类型的面积大小有关,同时也是由土地利用类型本身对土壤侵蚀贡献的特性决定的。由于侵蚀强度分级是以土壤侵蚀模数划分的,所以侵蚀越强,对流域产沙的贡献也越大。因此,可以得出结论:旱地、难利用地及草地发生侵蚀面积占侵蚀总面积 90%

表 3 研究区 2001 年各土地覆被类型内部侵蚀发生的比例 %

侵蚀强度	水田	旱地			林地		草地		建筑用地	难利用地
		高覆盖度	中覆盖度	低覆盖度	高覆盖度	中覆盖度	中覆盖度	中覆盖度		
轻度侵蚀	21.06	34.17	52.02	41.33	26.58	75.55	64.32	64.88	18.09	44.55
中度侵蚀	5.49	26.03	13.16	18.82	17.99		13.42	2.38	13.24	15.27
强度侵蚀	0.95	2.84	0.12	2.05	11.84			0.65	0.29	2.65
汇总		63.04	65.30	62.20	56.41	75.55	77.74	67.91	31.62	62.47
	27.50		63.51		65.98		72.83		31.62	62.47

从侵蚀强度来看,林地中发生强度侵蚀的比例最高。从植被覆盖度来看,除了水田外,植被的覆盖度与土壤侵蚀的发生并非呈简单的反比关系,中覆盖度的旱地、林地和草地侵蚀发生的比例都大于高覆盖度的旱地、林地和草地;而当覆盖度降低时,侵蚀发生的比例反而减小。说明,中覆盖度的土地利用/覆被类型发生土壤侵蚀风险最高;而土壤侵蚀强度与植被覆盖度呈近似正比关系。

由此可见,研究区内土地覆被类型(植被覆盖度)与土壤侵蚀的关系,与非喀斯特地区在水土保持效果上通常林地>草地>旱地的结论有所不同,也与通用水土流失方程,如 USLE 和 WEPP 中根据植被盖度设定方程参数大小的经验不符。这种差异,是喀斯特地区土壤侵蚀的特殊性决定的,喀斯特地区物理风化作用较弱,岩石碎屑较少,土壤是侵蚀物质的直接来源。因此,土壤的存在与否及土层厚度是决定土壤侵蚀发生及强弱的关键。

喀斯特地区的植被类型与覆盖度主要取决于土壤状况,有土壤才发育植被。通常,土层越厚,土被的连续性越好,植被的覆盖度也相应越高。植被覆盖度低的地方,多半是没有可侵蚀物质的裸岩镶嵌其中。因此,植被覆盖度在一定程度

以上,是泥沙来源的主要贡献者。
从土地利用/覆被类型发生侵蚀面积占该类型总面积的比例来看(表 3),总体表现为:草地>林地>旱地>难利用地>建筑用地>水田,植被覆盖度较低的难利用地侵蚀发生率反而小于植被覆盖度相对高的林地、草地和旱地。

上是和土被覆盖度相关的,只有一定植被覆盖度背景下,才有植被覆盖度越高,土壤侵蚀越弱的一般规律。当植被覆盖度低于这个临界值时,土壤侵蚀的发生和土壤侵蚀强度皆因侵蚀源的影响而降低,极端状况就是裸岩上基本没有土壤侵蚀发生。这也进一步印证了前面得出的‘研究区土壤侵蚀以轻度侵蚀为主是由于受土壤限制’的结论。

3.3 土地利用坡度格局对土壤侵蚀产沙的影响

坡度是地形因素中影响土壤侵蚀强弱的重要因素,直接影响着径流的冲刷能力。在一定坡度范围内,随着坡度的增加,土壤侵蚀也加剧,当坡度超过某一点时,土壤侵蚀反而随坡度的增加而降低。研究结果表明,坡度与土壤侵蚀的关系,还受土地覆被等下垫面和其它因素的影响。因此,摸清一定地区土地利用/覆被坡度格局下的土壤侵蚀分布规律,对土壤侵蚀规律研究和治理具有指导意义。

借助GIS技术和空间分析方法,将研究区2001年土壤侵蚀数据与坡度等级数据进行空间叠加和统计(图2,表4),分析不同坡度级别内土壤侵蚀的发生规律,并结合土地利用/覆被情况,探讨在不同的土地利用/覆被下流域土壤侵蚀的坡度分布特征。

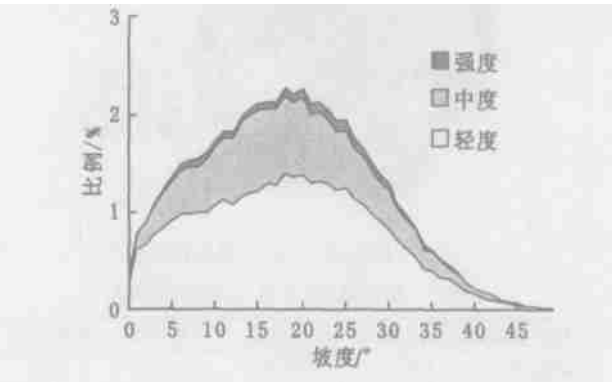


图2 侵蚀类型在坡度上分布比例累积曲线
从图2可以看出,侵蚀发生的比例以15~25°为界,在0~15°随着坡度的增大侵蚀发生的比例增大,而在25°以上,侵蚀发生的比例有所下降。另外还看出,轻度、中度和重度侵蚀在15~25°区间都显著发生,说明15~25°坡度所面临的土壤侵蚀最为严重。这一结论与15~25°间较易发生侵蚀的草地、林地、农田分布的面积比例最大有关。当坡度继续增大时,如在25~35°之间,侵蚀发生的比例略有降低,是由于草地、林地、农田比重降低,受土壤条件限制的难利用地比重升高的缘故。

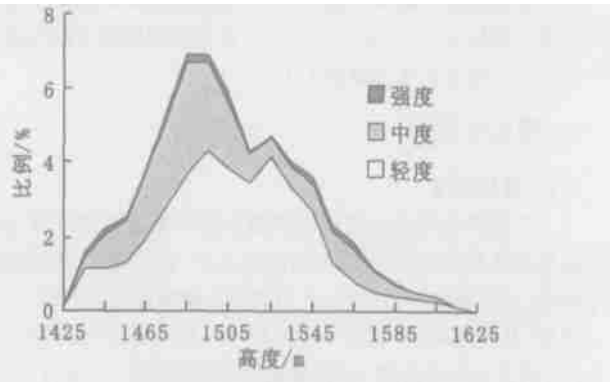


图3 侵蚀类型在高程上分布比例累积曲线
3.4 土地利用/覆被的高程分异对土壤侵蚀的影响

在GIS支持下,将研究区2001年土壤侵蚀数据与高程数据进行空间叠加和统计(图3,表5),进而分析在不同高程带土壤侵蚀的发生规律。

从图3、表5可以看出,侵蚀主要发生在1450~1550m之间,此海拔范围之外,侵蚀都有所减弱。其中随海拔分布的转折点大体在1485~1505m之间。1450~1550m高程区间基本位于各石灰岩丘陵的相对缓坡地带,绝大部分为旱地, (下转第77页)

多种功能和作用的地域综合体,是观光旅游、休憩和从事科学文化活动的特定场所。考虑到现有森林景观的空间分布及其功能特征,规划建设的森林公园有:乌川、黑麋峰、天竹寺、法华庵森林公园及天际岭国家森林公园。

(2) 风景名胜区。长株潭地区自然景物变化多样,地文人脉历史悠久,各种风景名胜丰富多样,地区分布较为广泛。规划建设的风景区有:岳麓山风景区、湘江风光带、樱花温泉风景区、昭山风景区、桃园洞风景区和农园风光风景区。

(3) 湿地。湿地作为区域景观结构中的重要类型,是优化区域景观生态功能不可或缺的部分。它不仅是区域景观生态的重要聚汇区和净化器,也是动植物栖息的保护地。根据地区景观格局的基本特征,本着多样性与生态安全原则,重点规划建设如下两处湿地:岳麓山南缘、湘江西岸低漫滩;浏阳

参考文献:

[1] 傅伯杰,陈利顶,马克明,等. 景观生态学原理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
[2] 王仰麟. 渭南地区景观生态规划与设计[J]. 自然资源学报, 1995, 10(4): 372– 379.
[3] 傅伯杰. 景观生态学的对象和任务. 景观生态学——理论、方法及应用[M]. 北京: 中国林业出版社, 1991.
[4] 李团胜,石铁矛,肖笃宁. 大城市区域的景观生态规划理论与方法[J]. 地理学与国土研究, 1999, 15(2): 52– 55.
[5] 高冠民, 龚秀英. 湖南自然地理[M]. 长沙: 湖南人民出版社, 1981.

(上接第 48 页)

草坡和林地有分布,旱地在 1 485 ~ 1 505 m 之间达到顶峰。此高度以上,土壤侵蚀已发展到顶端,逐渐出现了难利用地,从而使土地侵蚀反而下降。因此,分布在石灰岩丘陵缓坡上的旱地是水库的主要沉积物源。

表 4 研究区各侵蚀类型内部不同坡度级所占的比例									
坡度	坡度汇总		无明显侵蚀		轻度侵蚀		中度侵蚀		强度侵蚀
	面积	比例	面积	比例	面积	比例	面积	比例	面积
0~6	99.519	16.55	65.106	26.55	8.944	7.76	0.841	5.99	24.384
6~15°	153.153	25.46	58.919	24.03	32.750	28.40	3.578	25.49	57.537
15~25°	189.710	31.54	61.133	24.93	44.457	38.56	5.316	37.88	78.662
25~35°	123.117	20.47	44.048	17.96	23.691	20.55	3.801	27.08	51.551
>35°	35.985	5.98	15.993	6.52	5.459	4.73	0.500	3.56	14.030

表 5 研究区各侵蚀类型内部不同高程带所占的比例%					
高程/m	1400~1450	1450~1500	1500~1550	1550~1600	1600~1650
轻度侵蚀	1.81	12.51	18.15	4.74	0.49
中度侵蚀	0.73	10.11	4.95	3.03	0.27
强度侵蚀	0.24	0.86	0.76	0.48	-
无明显侵蚀	6.61	17.09	14.08	2.97	0.14

参考文献:

[1] 柳长顺,齐实,史明昌. 土地利用变化与土壤侵蚀关系的研究进展[J]. 水土保持学报, 2001, 15(5): 10– 17.
[2] 邹亚荣,张增祥,周全斌,等. 基于 GIS 的土壤侵蚀与土地利用关系分析[J]. 水土保持研究, 2002, 9(1): 67– 69.
[3] 苏维词,朱文孝. 贵州喀斯特生态脆弱区的农业可持续发展[J]. 农业现代化研究, 2000, 21(4): 201– 204.
[4] 赵齐阳,邓良基,张世熔. 四川省土地退化的现状及防治对策[J]. 四川农业大学学报, 2002, 20(4): 357– 361.
[5] 李阳兵,侯建筠,谢德体. 中国西南岩溶生态研究进展[J]. 地理科学, 2002, 22(3): 365– 371.
[6] 梁其春,薛顺康,黄建胜. 黄河流域水土保持治沟骨干工程 15 年建设成就及发展前景[J]. 水利发展研究, 2003, (1): 44– 47.
[7] 韦启藩. 热带亚热带喀斯特地区土壤退化与对策[A]. 龚子同. 土壤环境变化[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 183– 187.
[8] 陈奇伯,齐实,孙立达. 土壤容许流失量研究的进展与趋势[J]. 水土保持通报, 2000, 20(1): 9– 13.

河、捞刀河下游、湘江东岸低漫滩。

(4) 公共绿地。公共绿地不仅是城市的绿肺,也是美化城市环境不可或缺的重要组成部分。在区域景观结构中,公共绿地还是重要的生态廊道。目前的重点规划是:建立市域绿色林草体系;在长沙市内外环线和各副城区之间建立绿化隔离带,湘潭和株洲按双核一体化布局方式建立环城绿化带,两核之间沿公路线建立绿化隔离带;建设好市区湘江两岸的绿化体系,使之成为株洲及湘潭河东组团与河西组团之间的绿色共享空间,长沙市中心城区与河西组团之间的生态绿色长廊;沿京珠高速路、京广铁路和长潭公路、规划的河西连城公路建立绿色长廊,使之成为沟通长株潭地区南北的绿色生态通道。将长株潭建设成为山中有城、城中有山、山环水绕、四季常青的优美地区。

4 结 论

(1) 喀斯特地区土壤侵蚀有其特殊性,主要表现在:已发生石漠化的地区恢复治理难度大;土地因强烈土壤侵蚀而发生石漠化后,侵蚀模数反而降低;绝对侵蚀量小、允许侵蚀量低。

(2) 石板桥流域土壤侵蚀以水蚀为主,占流域总面积的 62% (除水体外)。按当地采用的侵蚀分类分级标准,侵蚀强度以轻度为主,占有等级侵蚀面积的 63.63%。

(3) 喀斯特山区土地利用/覆被与土壤侵蚀之间的关系与其它地区有所不同,各类型土壤侵蚀发生率比例依次为:草地>林地>旱地>难利用地>建筑用地>水田。考虑到面积因素,对水库泥沙贡献较大的依次为旱地、难利用地和草地。

(4) 除水田外,植被覆盖度与土壤侵蚀之间存在临界值:20%~60%,植被覆盖度高于60%时,土壤侵蚀得到一定的控制;小于20%时,土壤侵蚀发生的比例变小。土壤侵蚀强度与植被覆盖度近似呈正比。

(5) 坡度和海拔与土壤侵蚀关系并不是单一的正比关系,同样存在侵蚀临界坡度和临界海拔区间。临界坡度在 15~25 之间,临界海拔在 1 485~1 505 m 之间,超过临界坡度或海拔,侵蚀发生比例反而减小。