

小流域综合治理对水土流失强度的影响研究

邝高明¹, 刘超群¹, 范建友², 王敬贵¹

(1. 珠江水利科学研究院, 广州 510611; 2. 珠江水利委员会, 广州 510611)

摘 要:小流域综合治理工程是目前区域水土流失治理中应用较为广泛和相对成熟的一种技术,为研究其对水土流失强度变化的影响,基于 eCognition、ArcGIS 软件和治理前后的两期遥感影像,对尖山河小流域北部水土流失变化情况进行了研究。结果表明:2002—2006 年尖山河小流域北部土壤侵蚀整体呈现由强变弱的趋势,实施水土保持小流域综合治理工程前,强度侵蚀以上的面积占土地总面积的 46.89%,而在治理后,这一比例降为 31.03%;治理后中度以上侵蚀面积均比治理前有不同程度的减少,而微度侵蚀面积显著增加。因此,小流域综合治理工程取得了显著效果。

关键词:小流域综合治理; 水土流失变化; 状态指数

中图分类号:S157.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2013)03-0019-04

Study on the Effect of Comprehensive Management of Small Watershed on Soil Erosion Intensity

KUANG Gao-ming¹, LIU Chao-qun¹, FAN Jian-you², WANG Jing-gui¹

(1. Pearl River Water Resources Research Institute, Guangzhou 510611, China;

2. Pearl River Water Resources Commission, Guangzhou 510611, China)

Abstract: Comprehensive management of small watershed is a kind of relatively mature technology which was extensively applied to regional soil erosion governance. In order to investigate its effect on the change of soil erosion intensity, based on eCognition, ArcGIS and two period remote sensing images of pre-and post-governance, the change of soil loss in the north of Jianshanhe valley was studied. The results indicated that soil loss showed a strong to weak trend between 2002 to 2006 in the north of Jianshanhe valley, before implementing comprehensive management of small watershed, the erosion intensity over serious erosion occupied 46.89% of the total land area, after implementing, the proportion decreased to 31.03%, moreover, the area of erosion intensity over middle intensity erosion has decreased with different degree, however, micro-degree erosion area significantly increased. So, comprehensive management of small watershed has achieved the significant effect.

Key words: comprehensive management of small watershed; soil loss change; state index

水土流失是我国生态环境面临的主要问题之一。在水土流失严重的地区,由于土壤肥力下降、耕作层变薄等,当地的经济发展水平受到了严重制约^[1]。因此,水土流失也引起了国家相关部门及各级政府的重视,投入了大量资金和人员进行治理^[2],其中,小流域综合治理技术较成熟、应用较广,也取得了显著的综合效益^[3-4],而目前对于小流域综合资料效益的研究主要集中在治理后的生态效益、经济效益、社会效益等方面^[5-9],鲜有具体针对治理引起的水土流失强度变化的研究^[10-12]。

本文在小流域尺度上,基于云南澄江尖山河小流

域北部实施的水土保持综合治理工程前后的两期遥感影像,分析这一时期内尖山河小流域北部水土流失变化情况,以期对小流域综合治理工程在控制水土流失效果方面的研究提供理论支撑。

1 研究区概况

尖山河小流域地处云南省澄江县西南部,位于北纬 24°32'00"—24°37'38",东经 102°47'21"—102°52'02"。流域总面积 35.42 km²,最高海拔为 2 347.4 m;年均温 14.2℃,无霜期 265 d;流域内多年平均降雨量 1 050 mm,雨季为 5 月下旬—10 月下旬,雨季降雨量

占全年总降雨量的 75%。流域内常出现单点暴雨,遇特大暴雨时,尖山河下游常遭受洪涝灾害。流域内岩石风化严重,坡积层厚,且人为开垦的>25°的坡耕地较多,极易发生水土流失。尖山河小流域作为珠江上游南北盘江综合治理试点小流域于 2003 年开展了小流域综合治理工作,并于 2006 年顺利通过了竣工验收。

2 数据来源及研究方法

2.1 数据来源

研究中采用的遥感数据包括两个时期的卫星影像,分别是:1 m 全色和 4 m 多光谱捆绑的 Ikonos 数据,成像时间为 2002 年 1 月 13 日,作为小流域水土保持综合治理实施前的影像;0.61 m 全色和 2.44 m 多光谱捆绑的 Quickbird 数据,由两景成像时间不同的遥感影像数据组成,流域北部数据成像于 2006 年 3 月 16 日,无云,成像质量好;流域南部数据成像于 2006 年 9 月 2 日,约 1/3 面积为云所覆盖,成像质量一般,作为综合治理实施后影像;另有小流域 2002 年 6 月矢量地形数据。对上述影像均分别进行正射校正、融合、镶嵌、匀色等处理,获得两期尖山河小流域模拟真彩色遥感影像图。由于 Quickbird 数据南部云覆盖面积较大,为避免其对研究结果可靠性的影响,本次只对流域北部共 21.37 km² 的水土流失变化情况进行研究。

2.2 研究方法

2.2.1 水土流失计算 本文按照《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190—96)进行水土流失强度分级。按照这一分级标准,影响土壤侵蚀的主要因子为土地利用类型、坡度和植被盖度,本研究中,小流域综合治理工

程实施前后的土地利用现状和植被盖度是通过 eCognition 软件解译和分类获得,并利用 ArcGIS 中的 Spatial Analyst 工具中的坡度分析功能获得研究区坡度数据,另外,将植被盖度划分为<0.30,0.30~0.45,0.45~0.60,0.60~0.75 和>0.75 5 个等级,坡度划分为<5°,5°~8°,8°~15°,15°~25°,25°~35°和>35° 6 个等级。

2.2.2 水土流失强度变化速率及状态指数 一定的时期内,水土流失强度的变化是一个动态过程。对特定的一种水土流失强度而言,整个变化过程不仅包括了该种水土流失强度转变为其它的水土流失强度的转出过程,也包含了其它水土流失强度转变为该种水土流失强度的转入过程。本文引入土地利用/覆盖变化过程的土地利用/覆盖转入速率、转出速率及变化状态指数的概念(表 1),对 2002—2006 年间尖山河小流域北部不同程度的水土流失强度变换情况进行分析。

$$V_{i,out}=[A_{(i,t_1)}-UA_i]/A_{(i,t_1)}/(t_2-t_1)\times 100\% \quad (1)$$

$$V_{i,in}=[A_{(i,t_2)}-UA_i]/A_{(i,t_1)}/(t_2-t_1)\times 100\% \quad (2)$$

$$D_i=\frac{V_{i,out}-V_{i,in}}{V_{i,out}+V_{i,in}} \quad (3)$$

式中: $V_{i,out}$ ——第 i 类水土流失强度在监测时期 t_1 至 t_2 期间的转出速率; $V_{i,in}$ ——第 i 类水土流失强度在监测时期 t_1 至 t_2 期间的转入速率; $A_{(i,t_1)}$ ——第 i 类水土流失强度在监测初期的面积; $A_{(i,t_2)}$ ——第 i 类水土流失强度在监测末期的面积; UA_i ——监测期内第 i 种水土流失强度未发生变化的面积; t_1 ——监测初期的时间; t_2 ——监测截止的时间; D_i ——变化状态指数。对以上数据的分析和统计工作均是在 ArcGIS 和 Excel 软件中完成。

表 1 状态指数含义趋势对照表

D_i 的范围	含义	趋势
$0\leq D_i\leq 1$	转入速度大于转出速度	规模增大的趋势
D_i 接近于 1	转入速度远大于转出速度	面积大量增大
D_i 接近于 0	转入速度略大于转出速度,都很小	土地类型不明显增大,平衡状态
	转入速度略大于转出速度,都很大	双向高速转换下的平衡状态
$-1\leq D_i\leq 0$	转入速度小于转出速度	规模减小的趋势
D_i 接近于 0	转入速度略小于转出速度,都很小	土地类型不明显减小,平衡状态
	转入速度略小于转出速度,都很大	双向高速转换下的平衡状态
D_i 接近于 -1	转入速度远小于转出速度	面积大量减小

3 结果与分析

3.1 不同水土流失强度面积

由表 2 可知,2002 年尖山河小流域北部无明显水土流失土地面积共 791.52 hm²,占土地总面积的 37.04%,而其余 62.96%的土地均存在不同程度的水土流失。其中强度侵蚀面积最大,占到水土流失面

积的 34.67%,极强度侵蚀和中度侵蚀面积次之,分别占水土流失面积的 34.28%及 22.50%,剧烈侵蚀及轻度侵蚀面积最小,分别占水土流失面积的 5.51%和 3.03%。整体上来看,强度侵蚀以上面积共 1 002.03 hm²,占土地总面积的 46.89%,而中度侵蚀以上面积占土地总面积的 61.23%,因此 2002 年尖山河小流域北部水土流失情况比较严重。

表 2 2002 年尖山河小流域北部水土流失分级分类统计 hm²

水土流失 强度	非生产 用地	灌木林	荒山 荒坡	难利 用地	坡耕地	乔木林	疏幼林	水田	水域	梯田	总计
极强度侵蚀	0.00	0.89	222.74	2.03	200.09	30.76	4.79	0.00	0.00	0.00	461.30
剧烈侵蚀	0.00	0.00	37.74	1.11	21.69	12.38	1.28	0.00	0.00	0.00	74.19
强度侵蚀	0.00	5.08	98.99	8.41	287.54	48.88	17.64	0.00	0.00	0.00	466.54
中度侵蚀	0.00	44.75	3.40	17.19	50.72	102.78	83.93	0.00	0.00	0.00	302.78
轻度侵蚀	0.00	11.96	0.00	0.00	4.40	8.65	15.82	0.00	0.00	0.00	40.83
微度侵蚀	59.21	125.84	0.64	0.35	1.46	76.91	87.28	63.98	17.53	358.32	791.52
总计	59.21	188.51	363.51	29.08	565.91	280.37	210.74	63.98	17.53	358.32	2137.15

土地利用类型是影响水土流失强度的一个重要因素。荒山荒坡和坡耕地是强度侵蚀以上水土流失地块中的主要土地利用类型,这两种土地利用类型合计占到极强度侵蚀面积的 91.66%,剧烈侵蚀面积的 80.10%和强度侵蚀面积的 82.85%。这是由于荒山荒坡和坡耕地植被覆盖度低,在同样的降雨和地形条件下,能产生较大的地表径流,水土流失较为严重。另外,中度侵蚀和轻度侵蚀地块中的土地利用类型主要为灌木林、乔木林和疏幼林,而梯田是微度侵蚀地块中的主要土地利用类型。

由表 3 可知,2006 年尖山河小流域北部无明显

水土流失面积共 1 212.59 hm²,占土地总面积的 56.74%,是 2002 年的 1.53 倍。从水土流失强度分级来看,2006 年水土流失仍以强度以上侵蚀为主,但极强度侵蚀、剧烈侵蚀、强度侵蚀和中度侵蚀面积分别比 2002 年分别减少了 199.72,56.79,82.42,94.06 hm²,而轻度侵蚀面积增加了 11.92 hm²(附图 2)。这主要是由于随着各类水保措施的实施,之前水土流失比较严重的地块土地利用类型发生了改变,例如坡耕地通过坡改梯变更为梯田,荒山荒坡营造水保林后变更为有林地等,这也表明了通过人为布设各类水土保持措施,能比较快速有效的控制水土流失。

表 3 2006 年尖山河小流域北部水土流失分级分类统计 hm²

水土流失 强度	非生产 用地	灌木林	荒山 荒坡	难利 用地	坡耕地	乔木林	疏幼林	水田	水域	梯田	总计
极强度侵蚀	0.00	34.38	138.17	22.16	65.04	1.83	0.00	0.00	0.00	0.00	261.58
剧烈侵蚀	0.00	0.62	12.17	3.24	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.40
强度侵蚀	0.00	32.14	26.38	52.26	247.80	3.30	22.23	0.00	0.00	0.00	384.12
中度侵蚀	0.00	53.53	1.06	10.11	20.34	70.28	53.39	0.00	0.00	0.00	208.71
轻度侵蚀	0.00	1.86	0.00	0.00	0.00	30.05	20.85	0.00	0.00	0.00	52.75
微度侵蚀	64.44	131.88	0.00	0.58	1.85	571.75	25.21	89.12	12.48	315.30	1212.59
总计	64.44	254.41	177.78	88.35	336.39	677.21	121.68	89.12	12.48	315.30	2137.15

3.2 水土流失强度变化速率及状态指数

与 2002 年相似,2006 年尖山河小流域北部强度侵蚀以上地块的土地利用类型主要为荒山荒坡及坡耕地,中度侵蚀和轻度侵蚀地块中的土地利用类型主要为灌木林、乔木林和疏幼林,但 2006 年强度侵蚀以上面积只占土地总面积的 31.03%、中度侵蚀以上面积占土地总面积的 40.79%,均比 2002 年大幅减小。

2002—2006 年间,轻度侵蚀和微度侵蚀转入速率最高,而轻度、剧烈及中度侵蚀转出速率最高。由转出速率和转入速率共同决定的状态指数来看,轻度侵蚀和微度侵蚀状态指数介于-1~0 之间,说明这两种水土流失强度有面积增大的趋势,而微度侵蚀的状态指数为-0.55,因此无侵蚀面积在这一时期内大规模增加,处于极不平衡状态;其它种类水土流失强度状态指数均介于 0~1 之间,表明这四种水土流失强度规模处于减小趋势,而剧烈侵蚀和极强度侵蚀状态指数分别为 0.77,0.52,因此极强度侵蚀和剧烈侵

蚀面积在这一时期内大规模减小(表 4)。

表 4 尖山河小流域北部 2002—2006 年水土流失强度变化速率及状态指数

水土流失强度	转出速率	转入速率	状态指数
极强度侵蚀	0.16	0.05	0.52
剧烈侵蚀	0.22	0.03	0.77
强度侵蚀	0.14	0.10	0.18
中度侵蚀	0.22	0.14	0.22
轻度侵蚀	0.25	0.32	-0.13
微度侵蚀	0.05	0.19	-0.55

3.3 水土流失强度转移分析

由 2002—2006 年尖山河小流域北部水土流失强度转移矩阵(表 5)可知:(1) 极强度侵蚀主要向微度侵蚀、中度侵蚀和强度侵蚀转变,分别占其转出面积的 56.04%,20.60%,19.20%;而剧烈侵蚀、强度侵蚀和中度侵蚀是极强度侵蚀的主要增加源;(2) 剧烈侵蚀转出面积中有 47.62%转变为微度侵蚀,有 34.70%转为极强度侵蚀、有 9.88%转为强度侵蚀;

剧烈侵蚀的增加主要来源于极强度侵蚀;(3) 强度侵蚀主要向微度侵蚀、中度侵蚀和极强度侵蚀转变,分别占强度侵蚀转出面积的 62.97%,17.63%,12.00%;强度侵蚀主要由微度侵蚀和极强度侵蚀转变而来;(4) 中度侵蚀转出面积中有 78.49%向微度侵蚀转变,同时有 10.72%转为强度侵蚀、有 7.18%转为极强度侵蚀、有 3.39%转为轻度侵蚀;中度侵蚀

的增加主要来源于极强度侵蚀、强度侵蚀和微度侵蚀;(5) 轻度侵蚀转出面积中有 68.11%转变为微度侵蚀,另分别有 14.94%,14.69%,2.27%转变为强度侵蚀、中度侵蚀和极强度侵蚀;强度侵蚀、微度侵蚀和极强度侵蚀是轻度侵蚀的主要增加源;(6) 微度侵蚀面积主要增加源为中度侵蚀、强度侵蚀和极强度侵蚀,分别占微度侵蚀增加面积的 34.49%,28.00%,27.61%。

表 5 2002—2006 年尖山河小流域北部水土流失强度转移矩阵 hm²

水土流失强度	极强度侵蚀	剧烈侵蚀	强度侵蚀	中度侵蚀	轻度侵蚀	微度侵蚀	总计
极强度侵蚀	168.78	6.03	56.15	60.26	6.16	163.92	461.30
剧烈侵蚀	22.61	9.04	6.44	4.97	0.12	31.03	74.19
强度侵蚀	31.68	1.11	202.51	46.56	18.43	166.25	466.54
中度侵蚀	18.73	0.59	27.96	41.86	8.85	27.81	302.78
轻度侵蚀	0.93	0.00	6.10	6.00	0.00	618.80	40.83
微度侵蚀	18.85	0.63	84.97	19.20	298.52	204.79	791.52
总计	261.58	17.40	384.12	208.71	52.75	1212.59	2137.15

2002—2006 年尖山河小流域北部土壤侵蚀整体呈现由强变弱的趋势,尤以中度以上的侵蚀面积变化明显。但另一方面也有部分地块侵蚀程度加重,这可能是由于这一期间人为干扰等原因,使得部分土地出现了退化,例如疏幼林地退化为荒山荒坡、梯田退化为难利用地等。

4 结论

(1) 整体上,2002 年尖山河小流域北部水土流失严重,强度侵蚀以上面积占土地总面积的 46.89%,在实施水土保持小流域综合治理工程后,2006 年极强度侵蚀、剧烈侵蚀、强度侵蚀和中度侵蚀面积均比 2002 年有不同程度的减少,而微度侵蚀面积显著增加,水土流失强度变化指数的分析结果也得出了同样的结论;另外,强度侵蚀以上水土流失主要发生在荒山荒坡和坡耕地这两种土地利用类型。

(2) 实施水土保持小流域综合治理工程后,2002—2006 年尖山河小流域北部土壤侵蚀整体呈现出由强变弱的趋势,尤以侵蚀强度大于中度的侵蚀明显,表明通过人为布设各类水土保持措施,能够有效地控制水土流失。

(3) 小流域综合治理工程通过补植补种、坡改梯、营造经果林等多项措施,改变了地表植被状况^[13],进而改变了小流域的水土流失情况。基于本文的研究结果,如在治理前对小流域水土流失强度分布情况有一定了解的基础上,在水土流失强度较大的地块上有针对性地布设各类措施,防治效果会更好。另外,小流域水土流失强度变化是一个动态过程,由于资料有限,本文选取了小流域 2006 年遥感影像作为治理后的基础资料,而在这一时间,少部分措施由

于布设时间较短,还没有充分发挥其效益,可能对本文的研究结果有一定影响。

参考文献:

[1] 王礼先,朱金兆.水土保持学[M].北京:中国林业出版社,1995.

[2] 陕西省人民政府.陕西省生态功能区划[R].西安:陕西省人民政府,2004.

[3] 李智广,李锐,杨勤科,等.小流域治理综合效益评价指标体系研究[J].水土保持通报,1998,12(7):71-75.

[4] 钟云飞.东北黑土区小流域水土保持综合治理效益分析[D].长春:吉林大学,2011.

[5] 杨子峰,于兴修,马骞.水土保持生态修复效益评价探讨[J].水土保持研究,2006,13(6):175-177.

[6] 李中魁.黄土高原小流域治理效益评价与系统评估研究:以宁夏西吉县黄家二岔为例[J].生态学报,1998,18(3):241-247.

[7] 张霞,刘晓清,王亚萍,等.秦岭生态功能区水土保持治理效益评价[J].水土保持研究,2012,19(2):86-90.

[8] 柳立兵,张璐,郭晓辉.延庆县 2006 年水土保持监测效益分析[J].水土保持研究,2008,15(1):199-201.

[9] 袁希平,雷廷武.水土保持措施及其减水减沙效益分析[J].农业工程学报,2004,20(2):296-300.

[10] 冯晓刚,李锐.西安市水土流失动态变化及对策研究[J].水土保持通报,2010,30(6):107-111.

[11] 葛忠强,赵春江,鲁绍伟,等.北京郊区近 13 年来水土流失变化监测分析:以房山区为例[J].水土保持研究,2006,13(5):288-291,295.

[12] 魏兴萍.基于 RS 和 GIS 的重庆南川区水土流失变化研究[J].水土保持研究,2009,16(5):60-65.

[13] 陈奇伯,余先高,王克勤,等.珠江上游尖山河小流域土地利用调查与评价[J].水土保持通报,2007,27(5):116-119.