

福建省永定县的水土流失动态变化

王庚, 查轩, 黄少燕, 白永会, 康佩佩, 刘根华, 戴金梅

(1. 湿润亚热带山地生态国家重点实验室培育基地 福建师范大学 地理研究所, 福建 福州 350007)

摘要: [目的] 研究永定县近10 a来水土流失动态变化, 为该区后期进行水土流失的治理提供科学依据。[方法] 应用2000, 2010年的Landsat TM影像数据, 结合1:10 000数字地形图对永定县的水土流失进行了动态监测研究。[结果] 永定县水土流失分布主要集中于东北部、东南部两大区域; 水土流失强度主要以轻度侵蚀、中度侵蚀、强度侵蚀为主, 极强烈、剧烈侵蚀只在区域内呈点状、少量分布; 水土流失主要集中在300~800 m的低山丘陵地带; 近10 a来, 永定县水土流失呈现面积减小、侵蚀强度下降的趋势。[结论] 永定县水土流失范围较广, 强度较大, 治理时间长, 因此近10 a来的水土流失的动态变化在南方红壤区具有较强的代表性; 目前该区水土流失严重的区域也是开发建设项目和人口活动密集的区域, 因此应该加强对开发建设项目水土保持的监测和治理, 减少人类活动对水土流失的影响。

关键词: 水土流失; 动态变化; 防治对策; 永定县

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2016)06-0272-06

中图分类号: S157.1

文献参数: 王庚, 查轩, 黄少燕, 等. 福建省永定县的水土流失动态变化[J]. 水土保持通报, 2016, 36(6): 272-277. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2016.06.045

Dynamic Changes of Soil and Water Loss in Yongding County of Fujian Province

WANG Geng, ZHA Xuan, HUANG Shaoyan, BAI Yonghui, KANG Peipei, LIU Genhua, DAI Jinmei

(Key Laboratory of Subtropical Resources and Environment, College of

Geography Science, Fujian Normal University, Fuzhou, Fujian 350007, China)

Abstract: [Objective] The change research of soil and water loss in the previous 10 years in Yongding County of Fujian Province was expected to make scientific basis for the rehabilitation of soil erosion in the region. [Methods] Landsat TM images of 2000 and 2010, combined with the 1:10 000 digital topographic map of Yongding County were used for the dynamic monitoring research of soil and water loss. [Results] The results showed that the soil and water loss in Yongding County mainly occurred in two main areas of north-east, southeast. In Yongding county, mild erosion, moderate erosion, and intensified erosion were mainly distributed. Very strong, intense erosion were sparsely distributed. Soil erosion is mainly distributed in low mountain foothills of 300~800 m. Over the past 10 years, a reducing trend with regard to the area and level was observed. [Conclusion] Yongding County has the representative traits in southern red soil region of wide range of water loss and soil erosion, large harness strength, prolonged management. The serious soil erosion in that area are the outcome of overburdened development projects and human activities. Therefore the monitoring and management of soil and water loss in the course of projects development should be strengthened, and the influence of human activities should be reduced.

Keywords: soil and water loss; dynamic change; countermeasures; Yongding County

水土流失是指在水力、风力、重力及冻融等自然营力和人类活动作用下, 水土资源和土地生产能力的破坏和损失, 包括土地表层侵蚀及水的损失^[1-3]。在

中国南方红壤丘陵区, 早期由于自然因素和人为不合理的开发利用, 造成了严重的水土流失^[4-6]。永定县位于福建省西南部, 属于南方红壤丘陵区, 水土流失

收稿日期: 2016-02-23

修回日期: 2016-03-17

资助项目: 国家科技支撑计划项目“强度侵蚀退化生态系统修复关键技术的研究与集成”(2014BAD15B02)

第一作者: 王庚(1990—), 男(汉族), 陕西省汉中市人, 硕士研究生, 主要研究方向为土壤侵蚀和水土保持。E-mail: 3655877902@qq.com。

通讯作者: 查轩(1961—), 男(汉族), 陕西省咸阳市人, 博士, 研究员, 博士生导师, 主要从事水土保持与生态恢复方面的研究。E-mail: xzha@fjnu.edu.cn。

严重。严重的水土流失在成了土壤养分大量流失,土地生产力急剧下降,流失的土壤破坏道路,淤积河道,破坏地表景观,威胁生态环境^[7]。随着人们对水土流失问题的重视,采取了小流域综合治理、开发建设项目水土保持措施的实施等一系列植物措施和工程措施来治理水土流失,大量的治理措施的实施需要一个综合的评价方法来对其治理成效做出评价。近年来,随着3S技术在水土保持中的广泛应用,利用遥感影像作为信息源,基于RS和GIS对水土流失的动态变化展开研究和预测取得了一定成果^[8-10]。本文以2000,2010年遥感影像和DEM数据,结合1:10 000数字地形图和综合调查资料,从水土流失的面积和侵蚀强度两个方面研究永定县近10 a来水土流失的动态变化。致力于探究水土流失的变化规律,为后期进行水土流失的治理提供科学依据。

1 研究区概况

永定县位于福建省西南部,其地理位置为东经 $116^{\circ}24'31''$ — $117^{\circ}04'45''$,北纬 $24^{\circ}21'25''$ — $25^{\circ}06'27''$ 。永定县人口约49.2万人,人口密度210人/ km^2 ,辖10镇14乡^[11]。气候属中亚热带海洋性季风气候,全县年均气温为 20.1°C ,年均降雨量为1 663.8 mm,时空分布不均,集中分布在夏季,雨量充沛,适宜亚热带作物和林木的生长^[12]。土壤类型为南方典型的红壤。永定县地处丘陵山地,山峦起伏,沟壑密布。地势从西北、东南向永定河谷地倾斜。西部以中低山为主,系玳瑁山南段;东南部以中低山为主,属博平岭西坡,全县最高峰赤岩头海拔1 547 m。由于植被破坏以及人为不合理开发山地资源,造成严重的水土流失。永定县是全省重点水土流失区之一,水土流失造成生态环境破坏,致使抵御洪旱涝等自然灾害能力大大降低,严重地影响经济发展,威胁着人民的生命财产安全。

2 数据来源与研究方法

本研究采用2000和2010年Landsat TM影像和1:10 000数字地形图,同时调查收集研究区土壤、植被、水土流失现状数据。

影响土壤侵蚀发生的有气候土壤、地质、地形、植被和人为6大因素,其中坡度、土地利用、植被覆盖度的综合作用导致了不同强度侵蚀级别的发生^[13]。这3个因子可以通过“3S”技术获取,再依照《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-96)将永定县水力侵蚀按平均侵蚀模数 $[\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})]$ 进行侵蚀强度分类。

植被覆盖度采用人机交互式目视解译法,将两期图像合成假彩色图像,用目视解译方法提取植被覆盖度信息^[14]。根据《水土保持技术规范》中植被盖度分级指标,依据植被覆盖度的解译标志,输出永定县植被覆盖度图。坡度通过ArcGIS软件可以较快的获取坡度图。土地利用通过IMAGING ERDAS 8.4软件,运用遥感判读人机互化解译方法得到2000和2010年土地利用类型。利用GPS进行野外样区的准确定位,用数码相机拍摄样区照片,建立土壤侵蚀强度的室内判读标志。判读完成后用GIS,进行图形编辑,数据集成,得到永定县土壤侵蚀现状图。

3 水土流失现状分析

3.1 2000年水土流失现状分析

监测结果表明,2000年永定县水土流失总面积 $27\,355\text{ hm}^2$,占全县土地总面积的12%。流失强度主要轻度侵蚀和中度侵蚀为主,轻度侵蚀 $10\,351\text{ hm}^2$,中度侵蚀 $9\,217\text{ hm}^2$,轻度和中度侵蚀占总侵蚀面积的72%。侵蚀强度和侵蚀面积成反比例关系,侵蚀强度越高,对应的侵蚀面积越小,强度侵蚀 $6\,772\text{ hm}^2$,极强烈和剧烈侵蚀分别为661和 354 hm^2 ,只占流失总面积的2.42%,1.30%(表1)。由表2可知,2000年永定县水土流失分布主要集中在东北和东南2个区域,东北部集中在抚市镇、湖雷镇、坎市镇、高陂镇、虎岗乡、堂堡乡6个乡镇,水土流失面积都超过 $1\,300\text{ hm}^2$ 。东南部集中在湖坑镇、下洋镇、古竹乡、大溪乡、高头乡5个乡镇。从各乡镇来看,湖坑镇、湖雷镇、仙师乡是水土流失面积最大的3个乡镇,分别达到 $2\,819, 2\,145$ 和 $1\,762\text{ hm}^2$,3个乡镇水土流失面积占总面积的25%。各乡镇水土流失面积占该乡镇土地总面积的比值称为水土流失率,反映了该乡镇水土流失的严重程度。由表2可知,高头乡水土流失最严重,水土流失率达到42.8%,其次为湖坑镇(27.37%)、古竹乡(21.3%)坎市镇(19.67%)、堂堡乡(18.29%),其中水土流失最严重的几个乡镇都集中在永定县东南部,也是海拔相对较高的区域(700~800 m)。水土流失较轻的几个乡镇基本都位于永定县西部,分别是城郊乡(2.91%)、洪山乡(3.2%)、岐岭乡(3.68%),凤城镇(6.31%)、海波也相对较低(100~200 m)。永定县海拔在100~1 200 m之间,水土流失的海拔分布主要是在300~900 m的丘陵地带,大部分轻度侵蚀主要分布在400~800 m范围,中度侵蚀主要分布在400~800 m范围,强度侵蚀主要分布在500~1 200 m范围。从侵蚀强度的地

域分布来看,轻度侵蚀主要分布在永定县的高坡、湖坑、虎岗等乡镇,中度侵蚀主要分布在抚市镇、高头乡、湖雷镇,强度侵蚀主要分布湖坑、湖雷镇,极强度侵蚀在主要分布在坎市、仙师乡,剧烈侵蚀大部分分布在峰市镇,其余零碎的分布在全县各个区域,无明显集中的区域。从坡度方面来看,永定县水土流失主要分布在陡坡和斜坡地上,缓坡、平坡相对分布较少。

表 1 2000 年永定县水土流失面积统计

侵蚀级别	侵蚀面积/hm ²	占流失面积比例/%	占总面积比例/%
轻度	10 351	37.84	4.54
中度	9 217	33.69	4.04
强度	6 772	24.76	2.97
极强度	661	2.42	0.29
剧烈	354	1.30	0.16
合计	27 355	100.00	12.00

表 2 2000 年永定县各乡镇水土流失面积统计

行政单位	水土流失		流失级别				
	总面积/hm ²	流失率/%	轻度侵蚀	中度侵蚀	强度侵蚀	极强度侵蚀	剧烈侵蚀
湖坑镇	2 819	27.37	942	766	1 059	52	5
湖雷镇	2 145	13.28	531	815	777	22	31
仙师乡	1 762	11.99	695	445	413	209	30
抚市镇	1 742	13.07	415	975	347	5	31
下洋镇	1 733	9.43	366	731	600	36	0
高陂镇	1 619	13.96	968	460	181	10	21
堂堡乡	1 386	18.29	621	564	180	21	0
虎岗乡	1 382	10.92	979	246	152	5	4
坎市镇	1 318	19.67	659	428	231	0	6
培丰镇	1 296	12.11	586	538	172	0	0
高头乡	1 284	42.80	953	227	104	0	5
古竹乡	1 279	21.32	689	395	184	11	6
大溪乡	1 197	15.83	224	404	569	0	0
峰市镇	970	11.56	218	473	96	183	192
龙潭镇	890	9.89	293	268	312	17	0
陈东乡	813	12.39	290	241	272	10	21
合溪乡	742	6.38	250	287	172	33	0
湖山乡	687	5.50	96	283	276	32	0
西溪乡	527	14.10	110	279	138	0	0
洪山乡	371	3.21	44	43	275	9	2
岐岭乡	302	3.68	133	57	106	6	0
城郊乡	279	2.91	172	63	44	0	0
金砂乡	257	5.00	57	136	64	0	0
凤城镇	202	6.36	60	93	48	0	0
全县	27 355	12.00	10 351	9 217	6 772	661	354

3.2 永定县 2010 年水土流失现状分析

2010 年永定县水土流失面积为 21 031 hm²,占土地总面积的 9.22%。永定县主要以轻度侵蚀和中度侵蚀为主,轻度侵蚀面积最大,为 9 275 hm²,其次为中度侵蚀 7 505 hm²,强度侵蚀 3 748 hm²,极强度侵蚀 225 hm²,经过治理 2010 年强烈侵蚀已经转化为轻度和中度侵蚀。轻度侵蚀占水土流失的面积近

1/2,为 44.10%,中度侵蚀为 35.69%,强度和极强度侵蚀所占比例较小分别为 17.82%,为 2.39%(详见表 3)。

由表 4 可以看出,2010 年永定县水土流失主要分布在东北和东南 2 个区域,水土流失面积最大的主要有下洋镇、龙潭镇、高陂镇、仙师乡、抚市镇、大溪乡 6 个乡镇,其水土流失面积是全县总流失面积的

43%。从水土流失程度来看,高头乡水土流失最严重,水土流失率达到 30%,下来依次是培丰镇(21.62%)、大溪乡(17.55%)、龙潭镇(17.26%)、坎市镇(15.84%)。水土流失较轻的主要分布在永定县中西部地区,主要有城郊乡(3.09%)、湖山乡(3.82%)、湖雷镇(3.98%)、虎岗乡(4.41%)(表 4)。

表 3 2010 年永定县水土流失面积统计

侵蚀级别	侵蚀面积/hm ²	占流失面积比例/%	占土地总面积/%
轻度	9 275	44.10	4.10
中度	7 505	35.69	3.30
强度	3 748	17.82	1.64
极强度	225	2.39	0.10
合计	21 031	100	9.22

表 4 2010 年永定县各乡镇水土流失面积统计

行政单位	水土流失		不同级别水土流失面积			
	总面积/hm ²	流失率/%	轻度侵蚀	中度侵蚀	强度侵蚀	极强度侵蚀
下洋镇	1 899	10.33	835	666	357	41
龙潭镇	1 553	17.26	762	668	116	7
高陂镇	1 534	13.22	750	591	188	5
仙师乡	1 379	9.38	527	486	346	20
抚市镇	1 359	10.20	924	347	86	20
大溪乡	1 327	17.55	310	561	450	6
培丰镇	1 216	11.36	690	432	94	0
湖坑镇	1 164	11.30	703	110	350	1
坎市镇	1 062	15.84	528	407	126	1
高头乡	900	30.00	363	410	127	0
洪山乡	845	7.32	276	219	298	52
陈东乡	773	11.78	230	300	241	2
古竹乡	734	12.28	352	300	84	1
合溪乡	678	5.83	268	302	108	0
峰市镇	663	7.91	278	225	140	20
湖雷镇	642	3.98	332	250	60	0
岐岭乡	629	7.67	173	241	209	6
虎岗乡	558	4.41	163	261	133	1
湖山乡	478	3.82	156	244	78	0
堂堡乡	393	5.18	186	175	22	10
城郊乡	296	3.09	147	95	51	3
金沙乡	243	4.71	118	84	40	1
凤城镇	231	7.30	76	73	54	28
西溪乡	206	5.51	128	58	20	0
全县	21 031	9.21	9 275	7 505	3 748	225

4 水土流失动态发展变化及原因分析

4.1 水土流失的动态变化特点

4.1.1 水土流失面积减小 2000—2010 年永定县水土流失面积总共减少了 6 324 hm², 减少了 23.12%(图 1)。由表 5 可以看出,全县 24 个乡镇有 17 个水土流失面积在减小,其中流失面积减少最多的是湖坑镇,流失面积减小 1 655 hm²,流失率减小 16.07%,其次为湖雷镇,减小 1 503 hm²,堂堡乡减小 993 hm²,虎岗乡减小 824 hm²。从各侵蚀级别来看,各个强度的侵蚀都有不同程度的降低,其中强度侵蚀减少侵蚀面积最多,减少 3 001 hm²,占 2000 年强度侵蚀的 44.31%,其次为中度侵蚀,减少侵蚀面积

1 712 hm²,减少比率为 18.57%,轻度侵蚀减少 1 076 hm²,减少 10.40%,极强度侵蚀减少 436 hm²,减少 23.9%。

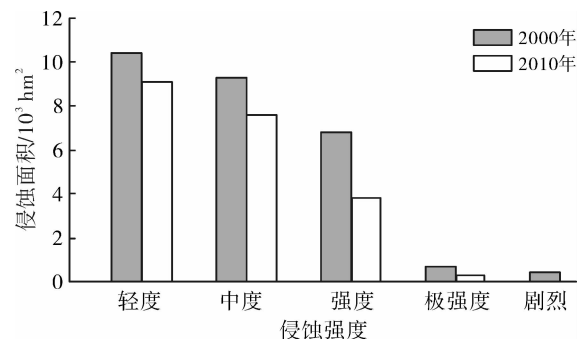


图 1 永定县水土流失面积动态变化

表 5 永定县 2000—2010 年各乡镇水土流失动态变化

行政单位	水土流失		流失级别				
	总面积/hm ²	流失率/%	轻度侵蚀	中度侵蚀	强度侵蚀	极强度侵蚀	剧烈侵蚀
湖坑镇	-1 655	-16.07	-239	-656	-709	-51	15
湖雷镇	-1 503	-9.30	-199	-565	-717	-22	51
堂堡乡	-993	-13.11	-435	-389	-158	-11	60
虎岗乡	-824	-6.51	-816	15	-19	-4	41
古竹乡	-545	-9.04	-337	-95	-100	-10	0
高头乡	-384	-12.80	-590	183	23	0	21
抚市镇	-383	-2.87	509	-628	-261	15	15
仙师乡	-383	-2.61	-168	41	-67	-189	4
西溪乡	-321	-8.59	18	-221	-118	0	6
峰市镇	-307	-3.65	60	-248	44	-163	10
坎市镇	-256	-3.83	-131	-21	-105	1	6
湖山乡	-209	-1.68	60	-39	-198	-32	0
高陂镇	-85	-0.74	-218	131	7	-5	100
培丰镇	-80	-0.30	104	-106	-78	0	0
合溪乡	-64	-0.55	18	15	-64	-33	0
陈东乡	-40	-0.61	-60	59	-38	-8	21
金砂乡	-14	-0.29	61	-52	-24	1	0
城郊乡	17	0.18	-25	32	7	3	0
凤城镇	29	0.94	16	-20	6	28	0
大溪乡	130	1.72	86	157	-119	6	2
下洋镇	166	0.90	469	-65	-243	5	0
岐岭乡	327	3.99	40	184	103	0	0
洪山乡	474	4.11	232	176	23	43	0
龙潭镇	663	7.37	469	400	-196	-10	0
全县	-6 324	-23.12	-1 076	-1 712	-3 001	-436	354

4.1.2 水土流失强度降低 永定县强度侵蚀减少 3 001 hm², 中度侵蚀减少 1 712 hm², 轻度侵蚀减少 1 076 hm², 剧烈侵蚀减少 436 hm², 极强度侵蚀减少 354 hm², 永定县强度以上水土流失面积共减少了 3 791 hm², 占减少流失总面积的 60%。主要分布在高陂镇、堂堡乡、虎岗乡的剧烈侵蚀, 经过针对性治理已经全部转化为轻度侵蚀和无明显侵蚀地, 治理效果最好。对比研究 2000 和 2010 年永定县水土流失图发现减少的强度侵蚀和中度侵蚀主要转化为轻度侵蚀, 如在下洋镇强度侵蚀和中度侵蚀分别减少 243, 65 hm², 但轻度侵蚀却增加了 469 hm²。同样在 2000 年龙潭乡、大溪乡、抚市镇的强度侵蚀和中度侵蚀的斑块已经转化为轻度侵蚀和无明显侵蚀区。

4.1.3 局部水土流失面积扩大 永定县水土流失大面积减小的同时, 又出现了局部水土流失较快扩大的趋势, 在龙潭镇、洪山乡、岐岭乡和下洋镇尤为突出。其中龙潭镇增加水土流失面积最广, 轻度侵蚀增加 469 hm², 中度侵蚀增加 400 hm², 其次为洪山乡, 轻

度侵蚀增加 232 hm², 中度侵蚀增加 176 hm², 下洋镇轻度侵蚀增加 469 hm², 抚市镇轻度侵蚀增加 509 hm²。

4.2 水土流失变化的主要原因

(1) 水土流失的综合治理。近年来在国家政策的大力扶持下, 全县采取水土保持综合措施的面积接近全县面积的 45%, 主要分布在永定县水土流失严重的东北部永定河上游各小流域和西部棉花滩水库周边区域, 根据各小流域的分布共布设 10 个治理片区, 由于永定县林地所占水土流失比例为 67.24%, 因此治理措施重点布设在林地, 采取的水保措施主要有封禁和造林, 封禁措施有效的减少人类活动对植被的破坏, 造林增加了地表植被覆盖度, 提高了地表涵养水源的能力。坡耕地占水土流失比例为 10%, 采取的措施主要有坡改梯、修建排水沟和蓄水池, 坡改梯减缓了坡面坡度, 排水沟有利于将雨水排入河渠, 减少对地面的冲刷, 蓄水池可以蓄水和拦截泥沙, 有效地减少了坡面水土流失。

(2) 清洁能源普及,就业结构优化。随着电费补助,沼气能源入户等政策实施后,清洁能源的使用,砍伐植被现象减少,植被减少水土流失的作用得以发挥,使流失面积减少和侵蚀强度降低。其次,由于经济的发展,就业结构的优化,大批劳动力开始从事第二、第三产业,从事农、林、牧等第一产业的人数急剧下降,对土地的开发利用强度极大下降,不适宜耕作的土地都已经退耕还林,因此林地面积扩大,耕地面积减少,水土流失减少。

(3) 开发建设项目是新增水土流失的主要原因。永定县拥有煤、石灰石、铁、锰等丰富的地下资源,和龙岩市区相邻的区位优势,使得近年来大量的开发建设活动造成了较为严重的水土流失,据统计,由于位于林地的矿产开发已经导致这些乡镇林地基本完全裸露的面积分别为:龙潭镇 142 hm²,洪山乡 250 hm²,下洋镇 65 hm²,岐岭乡 30 hm²,缺少植被的覆盖,雨季来临极易发生水土流失,极大地危害到生态环境的建设。

5 防治对策和建议

(1) 规范开发建设活动。目前在永定县龙潭镇、洪山乡、下洋镇、岐岭乡矿场开发、公路修建等开发建设较多,在开发过程中存在 2 个容易引起水土流失的问题,第一,部分企业还是先开发后治理的方式,在开发周期比较长的项目时,地表植被的严重破坏会导致水土流失极易发生。第二,部分项目的水土保持措施跟进不及时或者措施实施效果不明显,依然没有起到保持水土的作用。针对以上问题政府应该加监督的力度,对于水保措施不完善的项目不予审批。不仅在项目实施前严格审查,实施过程中也要监督水保措施落实情况,以期既能发展经济又能保护好环境。

(2) 规范园地开发活动。永定县茶园等坡地开发活动,由于坡地土壤较薄,保水性能差,田面受损,梯壁崩塌,园地前无埂后无沟,不少水利设施老化,渗漏严重,配套设施不合理,不完善,导致蓄水保土能力差,水土流失严重。因此在开发茶园、果园等过程中一定要按照水土保持规范的要求,重新设计园面,配套相应的蓄水池、排水沟、田间便道、梯壁种草等水土保持措施,既要增加农民收入也要做好水土保持。

(3) 林地植草措施。永定县虽然拥有较高植被覆盖率,但是却存在“远看青山在,近看水土流”的问题。地表乔木生长较好,但却缺少灌木和草本植物,没有形成乔灌木的一个完整系统,地表仍缺乏保护,因此严重的消减了保水保土的能力。针对以上问题,应该选择根蘖性强,生长迅速,耐贫瘠的灌木和草本

植物补植,以期较快的恢复地表植被,加强蓄水保土能力。

(4) 南方红壤区的水土流失是仅次于黄土高原的中国第 2 大流失区,在经过多年治理,水土流失已经得到初步控制,面积不断减少。永定县位于福建省西南部,属于典型的南方红壤分布区域,水土流失率较高,近 10 a 的动态变化基本可以反映南方红壤区水土流失的基本特征,水土流失面积减小、侵蚀强度下降、局部出现新增水土流失是其最突出特点。因此南方红壤区在加快水土流失治理的同时也要注意防范基础开发建设活动、山地园林开发活动所产生的新的水土流失,开发过程要严格落实防护措施,做到“三同时”原则,避免造成新的水土流失,影响生态环境的建设。

[参 考 文 献]

- [1] 田卫堂,胡维银,李军,等.我国水土流失现状和防治对策分析[J].水土保持研究,2008,15(4):204-209.
- [2] 郑国权,张晓远,刘协亭.基于 GIS 的广东省水土流失潜在危险度评价[J].水土保持通报,2014,34(2):139-141.
- [3] 李斌斌,李占斌,李智广.西气东输二线西段水土流失动态监测与分析[J].水土保持通报,2015,35(5):117-122
- [4] 柴鹏.永定县水土流失遥感调查方法与技术研究[J].亚热带水土保持,2010,22(1):11-13.
- [5] 王克勤,姜德文,高天天,等.基于层次分析法的生产建设项目水土流失影响综合指数研究[J].水土保持通报,2015,35(3):136-142.
- [6] 杨光徽,付宇文,杜春利,等.不同类型生产建设项目水土流失防治标准等级确定[J].水土保持通报,2015,35(3):132-135.
- [7] 王龙林.永定县水土流失现状及防治对策[J].亚热带水土保持,2005,17(1):54-56.
- [8] 谭泉,王希,王秀茹,等.基于 GIS 的乌梁素海东岸上游地区水土流失动态变化研究[J].水土保持通报,2014,34(1):193-198.
- [9] 谭泉,王希,王秀茹,等.基于 GIS 的乌梁素海东岸上游地区水土流失动态变化研究[J].水土保持通报,2014,34(1):193-198.
- [10] 王姣,万军伟,左帅,等.福建省建瓯市地质灾害发育特征及形成机制[J].水土保持通报,2015,35(3):267-272.
- [11] 李伦,张卫.永定县典型地质灾害成因分析与防治建议[J].安全与环境工程,2011,18(2):5-9.
- [12] 罗惠娇.永定县水土流失治理区的植物修复措施初探[J].农业开发与装备,2014(8):36-37.
- [13] 林敬兰,杨学震.基于“3S”技术的福建省土壤侵蚀动态监测研究[J].水土保持学报,2003,17(1):155-157.
- [14] 陈爱侠,李敏,苏智先,等.基于 RS/GIS 公路路域水土流失动态变化的研究:以榆靖高速公路为例[J].生态学报,2011,31(12):3424-3431.