

# 南方红壤坡地几种典型治理措施的径流调控效应

胡建民, 胡欣, 谢颂华

(江西省水土保持科学研究院, 江西 南昌 330029)

**摘要:** 应用小区观测资料,对南方红壤坡地几种典型治理措施的径流调控效应进行了分析研究。结果表明,与裸地比较,水土保持植物措施的径流调控效益达到 21.1%~94.2%,顺坡与横坡耕作措施的径流调控效益分别达到 59.7%和 72.3%;在其它措施相同的条件下,南方普遍采用的梯田、水平竹节沟、鱼鳞坑这 3 种水土保持坡面工程措施,径流调控效益均在 68.3%以上;与单一措施比较,工程措施与植物措施、耕作措施优化组合的综合性水土保持措施,径流调控效益高达 91.6%,这些优化组合的水土保持措施可在南方红壤区因地制宜地广泛推广。

**关键词:** 红壤坡地; 径流; 调控; 效应

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)06-0032-05

中图分类号: 157.2

## Effects of Several Typical Measures on Regulating Runoff in Slope Land of Red Soil in Southern China

HU Jian-min, HU Xin, XIE Song-hua

(Jiangxi Institute of Soil and Water Conservation, Nanchang, Jiangxi 330029, China)

**Abstract:** With observation data of runoff plots, the paper analyzed the effects of several typical measures on regulating runoff in slope land of red soil in south china. The results showed that compared with the bare plot, the effect of vegetation measures to runoff reduction was 21.1%~94.2%, the effects of down-slope tillage and contour tillage to runoff reduction were 59.7% and 72.3%, respectively. Under the same condition of other measures, the effects of engineering measures such as terraces, level ditches, and fish-scale pits, which are widely adopted in the south of China, were above 68.3%. Compared with single measures, the effect of comprehensive measures of engineering measures with vegetation measures and tillage measures to runoff reduction reached 91.6%, and comprehensive measures should be widely popularized in the south of China.

**Keywords:** slope land of red soil; rainfall; regulation; effects

红壤遍布于我国南方 15 个省区,总面积约  $2.18 \times 10^6 \text{ km}^2$ ,约占全国土地总面积的 22.7%。仅山地丘陵红壤面积就达  $1.06 \times 10^6 \text{ km}^2$ ,其中低丘岗地红壤面积有  $4.30 \times 10^5 \text{ km}^2$ <sup>[1-4]</sup>。南方红壤区是我国南方水土流失的主要类型区,也是重要的农作物生产基地。本研究应用赣北、赣中、赣南等地区红壤坡地小区观测资料,对植物措施、工程措施、耕作措施<sup>[5-6]</sup>及其相互组合的几种典型治理措施的径流调控效应进行对比分析,以指导红壤坡地的科学治理开发,建设现代高效生态农业。

## 1 试验区概况

试验区位于我国南方典型红壤丘陵水力侵蚀区,

涉及江西水土保持生态科技园(以下简称科技园)和修水县、泰和县、宁都县水土保持站。科技园位于赣北的德安县境内( $115^\circ 23' - 115^\circ 53' \text{ E}$ ,  $29^\circ 10' - 29^\circ 35' \text{ N}$ ),地貌类型属低丘岗地,海拔 30~100 m,土壤类型为第四纪红黏土发育的红壤<sup>[7]</sup>。修水县水土保持站位于赣西北的修水县白岭镇( $114^\circ 9' \text{ E}$ ,  $29^\circ 2' \text{ N}$ ),地貌类型为低矮丘陵,海拔 180~230 m,土壤为花岗岩发育的红壤<sup>[8]</sup>。泰和县水土保持站位于赣中吉泰盆地内的泰和县澄江镇( $114^\circ 52' - 114^\circ 54' \text{ E}$ ,  $26^\circ 50' - 26^\circ 51' \text{ N}$ ),地貌类型属低丘岗地,海拔 30~200 m,土壤类型为第四纪红黏土发育的红壤<sup>[9]</sup>。宁都县水土保持站位于赣南的宁都县会同乡( $116^\circ 15' \text{ E}$ ,  $26^\circ 30' \text{ N}$ ),其地貌类型属低山丘陵,海拔高度约

收稿日期:2013-04-17

修回日期:2013-05-19

资助项目:国家自然科学基金项目“红壤坡面径流及溶质垂向分层输出过程观测与模拟研究”(41101266);江西省水利科技项目“水土保持维护河流健康生命的作用研究”(200607)

作者简介:胡建民(1974—),男(汉族),江西省宁都县人,高级工程师,研究方向为土壤侵蚀与水土保持。E-mail:hjmhx@jxsl.gov.cn.

250 m,土壤为花岗岩发育的红壤<sup>[10]</sup>。本文所选试验小区概况详见表1。

## 2 试验方法

分别在科技园和修水县、泰和县、宁都县水土保持站4个试验区内的同一坡面上布设不同处理的径流小区,分不同组别进行试验观测。应用小区观测资料,并设对照组进行分析。

(1) 设裸地与植物措施对照组3组。分别为科技园第4小区(裸地)与第5小区(乔草植被),第4小区(裸地)与第10小区(纯乔植被),第18小区(裸地)与第16小区(纯草植被)。

(2) 设植物措施与植物+工程综合措施对照组3组。分别为植物措施与植物+水平梯田对照组科技园第10小区(植物措施)与第13小区(植物+水平梯

田),植物措施与植物+水平竹节沟对照组修水县水土保持站第1小区(植物措施)与第2小区(植物+水平竹节沟),植物措施与植物+鱼鳞坑对照组宁都县水土保持站第1小区与第2小区。

(3) 设农业耕作措施对照组3组。分别为裸地与顺坡耕作措施对照组科技园第4小区(裸地)与第9小区(顺坡耕作),裸地与横坡耕作措施对照组科技园第4小区(裸地)与第8小区(横坡耕作),顺坡耕作与横坡耕作对照组科技园第9小区(顺坡耕作)与第8小区(横坡耕作)。

(4) 设单一措施与综合措施对照组5组。科技园第5小区(柑橘+草),第9小区(柑橘+顺坡耕作),第8小区(柑橘+横坡耕作),第13小区(梯田+柑橘净耕)和第11小区(梯田+柑橘+草)分别与第10小区(柑橘净耕)比较。

表1 南方典型红壤坡面径流小区概况

小区编号	坡度/ (°)	坡长/ m	小区面 积/m <sup>2</sup>	岩性	土壤	水保措施 类型	处理措施
科技园第4小区	12	20	100	第四纪 红黏土	红壤	裸地	
科技园第5小区	12	20	100	第四纪 红黏土	红壤	植物措施	无工程措施,坡面种植柑橘和宽叶雀稗
科技园第8小区	12	20	100	第四纪 红黏土	红壤	横坡耕作	柑橘及黄豆、萝卜等经济作物(横坡间种)
科技园第9小区	12	20	100	第四纪 红黏土	红壤	顺坡耕作	柑橘及黄豆、萝卜等经济作物(顺坡间种)
科技园第10小区	12	20	100	第四纪 红黏土	红壤	植物措施	坡面种植柑橘,定期清除地面杂草,为柑橘净耕区
科技园第11小区	12	20	100	第四纪 红黏土	红壤	植物+ 工程措施	前埂后沟水平梯田,田埂高0.3 m,顶宽0.3 m;排水沟位于台面内侧,深0.3 m,宽0.2 m;梯壁植百喜草;台面植柑橘和百喜草
科技园第13小区	12	20	100	第四纪 红黏土	红壤	植物+ 工程措施	水平梯田,梯壁裸露;台面植柑橘,定期清除地面杂草,为柑橘净耕区
科技园第16小区	14	15	75	第四纪 红黏土	红壤	植物措施	坡面种植百喜草
科技园第18小区	14	15	75	第四纪 红黏土	红壤	裸地	
修水县第1小区	30	12.5	50	花岗岩	山地黄壤	植物措施	自然坡面,坡面种植马尾松
修水县第2小区	30	12.5	50	花岗岩	山地黄壤	植物+ 工程措施	竹节水平沟整地,种植马尾松
宁都县第1小区	14	20	100	花岗岩	红壤	植物措施	自然坡面,坡面种植马尾松、铁芒萁、芭茅
宁都县第2小区	18	20	100	花岗岩	红壤	植物+ 工程措施	鱼鳞坑整地,种植马尾松、铁芒萁、芭茅
泰和县第1小区	10	20	100	第四纪 红黏土	红壤	裸地	
泰和县第5小区	10	20	100	第四纪 红黏土	红壤	植物+ 工程措施	标准水平梯田,梯壁裸露,台面植香根草

### 3 结果与分析

#### 3.1 植物措施径流调控效应

应用小区实测数据,对裸地与植物措施的地表径流状况进行了对比分析。结果表明,采取植物措施的小区,观测期内的地表径流总量、年地表径流量和径

流系数均比坡面裸露小区的相应值小,说明植物措施径流调控效益显著,而且不同的林草结构模式其地表径流调控效应存在显著差异。3组对照中,与裸地相比,纯草结构的植被径流调控效益最好,高达94.2%;其次是乔草植被,其径流调控效益为93.3%;再次为纯乔植被,其径流调控效益为21.1%(表2)。

表2 科技园植物措施径流调控效益对比分析

组别	项目	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	合计
对照组 I	第4小区(裸地)/m <sup>3</sup>	29.08	74.06	47.06	47.12	19.80	24.87	241.99
	第5小区(乔草植被)/m <sup>3</sup>	2.38	6.75	3.79	1.39	0.57	1.39	16.27
	径流量减少值/m <sup>3</sup>	26.70	67.31	43.27	45.73	19.23	23.48	225.72
	径流调控效益/%	91.8	90.9	91.9	97.1	97.1	94.4	93.3
对照组 II	第4小区(裸地)/m <sup>3</sup>	29.08	74.06	47.06	47.12	19.80	24.87	241.99
	第10小区(纯乔植被)/m <sup>3</sup>	21.60	68.20	34.36	37.06	16.08	13.54	190.84
	径流量减少值/m <sup>3</sup>	7.48	5.86	12.70	10.06	3.72	11.33	51.15
	径流调控效益/%	25.7	7.9	27.0	21.4	18.8	45.6	21.1
对照组 III	第18小区(裸地)/m <sup>3</sup>	16.84	43.29	32.68	30.32	17.49	14.99	155.61
	第16小区(纯草植被)/m <sup>3</sup>	1.39	1.84	1.36	1.53	1.84	1.12	9.08
	径流量减少值/m <sup>3</sup>	15.45	41.45	31.32	28.79	15.65	13.87	146.53
	径流调控效益/%	91.8	95.8	95.8	95.0	89.5	92.5	94.2

就单场降雨情况下径流调控效益对比分析表明,采取了植物措施的小区,无论是中雨、大雨、暴雨、大暴雨还是特大暴雨,产生的地表径流量和径流系数均

比坡面裸露小区的相应值小,5种不同雨型情况下,植物措施的径流调控效益达40.0%~95.6%,且随着降雨量的增大,径流调控效益呈上升趋势(表3)。

表3 科技园植物措施次降雨径流调控效益对比分析

日期	雨型	降雨量/ mm	降雨强度/ (mm·d <sup>-1</sup> )	径流量/m <sup>2</sup>			径流系数/%			径流调控 效益/%
				第4小区	第5小区	减少值	第4小区	第5小区	减少值	
20060815	特大 暴雨	42.2	357.5	2.48	0.11	2.37	58.77	2.61	59.57	95.6
20030903		18.7	244.8	0.79	0.05	0.74	42.25	2.67	39.57	93.7
20060823		52.0	200.2	2.91	0.13	2.78	55.96	2.50	53.46	95.5
20020506	大暴雨	82.2	174.1	9.38	1.05	8.33	114.11	12.77	101.34	88.8
20020717		28.3	123.5	0.92	0.09	0.83	32.51	3.18	29.33	90.2
20040425		26.3	140.3	1.09	0.08	1.01	41.44	3.04	38.40	92.7
20020726	暴雨	127.9	84.5	10.7	0.93	9.77	83.66	7.27	76.39	91.3
20020420		70.4	67.3	4.87	0.62	4.25	69.18	8.81	60.37	87.3
20010430		125.8	59.0	10.67	0.55	10.12	84.82	4.37	80.45	94.8
20010325	大雨	60.6	38.7	2.06	0.36	1.7	33.99	5.94	28.05	82.5
20011103		49.9	41.1	1.71	0.20	1.51	34.27	4.01	30.26	88.3
20020417		56.0	45.8	2.85	0.44	2.41	50.89	7.86	43.04	84.6
20020627	中雨	31.3	48.3	1.01	0.13	0.88	32.27	4.15	28.12	87.1
20010627		31.8	22.6	0.14	0.06	0.08	4.40	1.89	2.52	57.1
20020619		17.2	24.4	0.10	0.05	0.05	5.81	2.91	2.91	50.0
20021031		19.9	24.3	0.10	0.06	0.04	5.03	3.02	2.01	40.0

#### 3.2 工程措施径流调控效应

选择南方普遍采用的梯田、水平竹节沟和鱼鳞坑

三种水土保持坡面工程措施进行了径流调控效益的试验研究。

3.2.1 水平梯田径流调控效应 在植物措施和耕作措施相同的条件下,对科技园采取水平梯田与未采取工程措施的小区观测数据进行比较分析。结果表明,水平梯田的径流调控效益非常显著。未采取工程措施的小区观测期内2001—2006年的地表径流总量达190.84 m<sup>3</sup>,而采取水平梯田的小区相应的地表径流总量仅为60.55 m<sup>3</sup>,减少了130.29 m<sup>3</sup>,表明在植物措施和耕作措施相同的条件下,水平梯田的地表径流调控效益达68.3%。

3.2.2 水平竹节沟径流调控效应 应用修水水保站花岗岩侵蚀区采取水平竹节沟与未采取工程措施的小区观测数据进行比较分析。结果表明,在相同的植物措施条件下,有水平竹节沟的径流调控效益更加显

著。对照组中,未采取工程措施的小区观测期内的年均地表径流总量达22.14 m<sup>3</sup>,而采取水平竹节沟的小区观测期内的年均地表径流总量只有6.39 m<sup>3</sup>,比未采取工程措施的对照区减少了15.75 m<sup>3</sup>,意味着在植物措施相同的条件下,水平竹节沟的地表径流调控效益达71.1%。

3.2.3 鱼鳞坑径流调控效应 根据在宁都县水土保持站花岗岩侵蚀区小区试验观测资料分析。结果表明,在无工程措施的自然坡面小区,观测期内的地表径流总量达301.87 m<sup>3</sup>,而采取鱼鳞坑整地的小区,观测期内的地表径流总量只有83.05 m<sup>3</sup>,比前者减少了218.82 m<sup>3</sup>。表明在植物措施相同的条件下,鱼鳞坑的地表径流调控效益高达72.5%(表4)。

表4 宁都县水保站鱼鳞坑径流调控效益对比分析

项目	1980年	1981年	1982年	1983年	1984年	1985年	1986年	合计
第1小区径流量/m <sup>3</sup>	23.13	44.49	46.49	46.05	86.24	32.18	23.29	301.87
第2小区径流量/m <sup>3</sup>	11.29	15.52	18.86	10.81	13.57	6.98	6.02	83.05
径流量减少值/m <sup>3</sup>	11.84	28.97	27.63	35.24	72.67	25.2	17.27	218.82
径流调控效益/%	51.2	65.1	59.4	76.5	84.3	78.3	74.2	72.5
第1小区径流系数/%	16.40	29.04	42.08	36.11	54.02	29.77	30.07	34.40
第2小区径流系数/%	8.00	10.13	17.07	8.46	8.50	6.46	7.77	9.46
径流系数减小值/%	8.40	18.91	25.01	27.65	45.52	23.31	22.30	24.94
径流调控效益/%	51.2	65.1	59.4	76.5	84.3	78.3	74.2	72.5

注:研究组别为植物措施与植物+鱼鳞坑对照组。

### 3.3 耕作措施径流调控效应

通过对顺坡耕作、横坡耕作与裸露小区的对比分析。结果显示,地表裸露小区观测期内地表径流总量高达241.99 m<sup>3</sup>,而顺坡耕作的小区相应地表径流总量仅为97.59 m<sup>3</sup>,横坡耕作的小区相应地表径流总量

只有66.96 m<sup>3</sup>,分别比裸露小区减少了144.4和175.03 m<sup>3</sup>,相当于顺坡耕作措施比裸地的径流调控效益提高了59.7%,横坡耕作措施比裸地的径流调控效益提高了72.3%(表5)。

表5 科技园耕作措施径流调控效益对比分析

组别	项目	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	合计
裸地与顺坡耕作措施对照组	第4小区径流量/m <sup>3</sup>	29.08	74.06	47.06	47.12	19.80	24.87	241.99
	第9小区径流量/m <sup>3</sup>	6.22	48.32	4.67	27.38	5.24	5.76	97.59
	径流量减少值/m <sup>3</sup>	22.86	25.74	42.39	19.74	14.56	19.11	144.40
	径流调控效益/%	78.6	34.8	90.1	41.9	73.5	76.8	59.7
裸地与横坡耕作措施对照组	第4小区径流量/m <sup>3</sup>	29.08	74.06	47.06	47.12	19.80	24.87	241.99
	第8小区径流量/m <sup>3</sup>	5.88	20.74	3.95	28.26	2.95	5.18	66.96
	径流量减少值/m <sup>3</sup>	23.20	53.32	43.11	18.86	16.85	19.69	175.03
	径流调控效益/%	79.8	72.0	91.6	40.0	85.1	79.2	72.3

从表5可以看出,横坡耕作与顺坡耕作比较,横坡耕作小区观测期内的地表径流总量比顺坡耕作小区减少了30.63 m<sup>3</sup>,相当于横坡耕作措施比顺坡耕作措施的径流拦蓄效率高31.4%。

就单场降雨分析,在中雨的降雨强度条件下,横坡耕作与顺坡耕作的产流量与径流系数相差不大,但随着降雨强度的增大,横坡耕作的径流调控效益愈加明显(表6)。

表 6 科技园横坡耕作与顺坡耕作单场降雨径流调控效益比较

降雨日期	雨型	降雨量/ mm	降雨强度/ (mm·d <sup>-1</sup> )	径流量			径流系数			径流调控 效益/%
				第 9 小区	第 8 小区	减少值	第 9 小区	第 8 小区	减少值	
20020405	特大暴雨	47.6	214.2	2.42	1.87	0.55	50.84	39.29	11.55	22.7
20060815		42.2	357.5	0.35	0.23	0.12	8.29	5.45	2.84	34.3
20050626	大暴雨	103.3	149.8	1.22	0.55	0.67	11.81	5.32	6.49	54.9
20050516		47.8	132.4	0.41	0.25	0.16	8.58	5.23	3.35	39.0
20060624	暴雨	28.7	93.7	0.17	0.13	0.04	5.92	4.53	1.39	23.5
20020420		70.4	67.3	3.01	2.35	0.66	42.76	33.38	9.38	21.9
20050711		62.7	63.8	0.29	0.24	0.05	4.63	3.83	0.80	17.2
20020417	大雨	56.0	45.8	0.84	0.75	0.09	15.00	13.39	1.61	10.7
20011103		49.9	41.1	0.22	0.19	0.03	4.41	3.81	0.6	13.6
20010325		60.6	38.7	0.31	0.25	0.06	5.12	4.13	0.99	19.4
20060512		30.6	36.0	0.15	0.13	0.02	4.90	4.25	0.65	13.3
20021031	中雨	19.9	24.3	0.08	0.08	0	4.02	4.02	0	0
20010627		31.8	22.6	0.08	0.08	0	2.52	2.52	0	0
20040323		21.1	21.2	0.10	0.09	0.01	4.74	4.27	0.47	10.0

### 3.4 综合措施径流调控效应

根据科技园几类典型治理措施的小区观测资料进行分析。结果表明,综合性治理措施的径流调控效益明显优于单一治理措施。2001—2006年,与单一的柑橘净耕措施相比,柑橘+草措施和梯田+柑橘+草措施径流调控效益最佳,达90%以上;其次是梯田

+柑橘净耕措施,径流调控效益为68.3%;再次是柑橘+横坡耕作措施,径流调控效益为64.9%;最后是柑橘+顺坡耕作措施,径流调控效益为48.9%(表7)。表明工程措施与植物措施、耕作措施优化组合的综合性水土保持措施能够有效拦蓄地表径流,提高径流调控效益,增强土壤保墒抗旱的能力。

表 7 科技园单项措施与植物+工程综合措施径流调控效益对比分析

小区类型	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	合计	
第10小区(柑橘净耕区)/m <sup>3</sup>	21.60	68.20	34.36	37.06	16.08	13.54	190.84	
第5小区(柑橘+草)/m <sup>3</sup>	2.38	6.75	3.79	1.39	0.57	1.39	16.27	
第9小区(柑橘+顺坡耕作)/m <sup>3</sup>	6.22	48.32	4.67	27.38	5.24	5.76	97.59	
第8小区(柑橘+横坡耕作)/m <sup>3</sup>	5.88	20.74	3.95	28.26	2.95	5.18	66.96	
第13小区(梯田+柑橘净耕)/m <sup>3</sup>	7.82	16.71	11.03	11.88	7.16	5.95	60.55	
第11小区(梯田+柑橘+草)/m <sup>3</sup>	2.52	4.47	2.54	2.03	1.78	2.71	16.05	
第5小区与第10小区比较	径流量减少值/m <sup>3</sup>	19.22	61.45	30.57	35.67	15.51	12.15	174.57
	径流调控效益/%	89.0	90.1	89.0	96.3	96.5	89.7	91.5
第9小区与第10小区比较	径流量减少值/m <sup>3</sup>	15.38	19.88	29.69	9.68	10.84	7.78	93.25
	径流调控效益/%	71.2	29.2	86.4	26.1	67.4	57.5	48.9
第8小区与第10小区比较	径流量减少值/m <sup>3</sup>	15.72	47.46	30.41	8.8	13.13	8.36	123.88
	径流调控效益/%	72.8	69.6	88.5	23.8	81.7	61.7	64.9
第13小区与第10小区比较	径流量减少值/m <sup>3</sup>	13.78	51.49	23.33	25.18	8.92	7.59	130.29
	径流调控效益/%	63.8	75.5	67.9	67.9	55.5	56.1	68.3
第11小区与第10小区比较	径流量减少值/m <sup>3</sup>	19.08	63.73	31.82	35.03	14.3	10.83	174.79
	径流调控效益/%	88.3	93.5	92.6	94.5	88.9	80.0	91.6

## 4 结论

(1) 南方红壤坡地几种典型的坡面水土保持措施,无论是植物措施、工程措施,还是农业耕作措施,都

能有效拦蓄地表径流,增加地表径流入渗率,提高径流使用效率。拦蓄作用的环节主要有植物截留与蒸散发,坡面工程、林草植被与耕作措施拦截、滞流与下渗等。

(下转第 41 页)

## [ 参 考 文 献 ]

- [1] 朱建强. 陕南土坎梯地垮坎的原因分析及防治对策[J]. 水土保持通报, 1994, 14(6): 44-47.
- [2] 朱建强, 李靖. 陕南几种黏性土的击实特性与其物性物态的关系研究[J]. 湖北农学院学报, 2000, 2(20): 241-243.
- [3] 朱建强, 李靖. 陕南西部土坎梯地建设研究[J]. 水土保持通报, 1998, 18(2): 19-24.
- [4] 李光录, 柳诗众, 邓民兴, 等. PP 织物袋梯田筑坎技术在陕南秦巴山区的应用[J]. 中国水土保持, 2011(11): 29-30.
- [5] 李光录, 柳诗众, 邓民兴, 等. 陕南秦巴山区 PP 织物袋梯田筑坎结构和坎型研究[J]. 中国水土保持, 2012(9): 44-45.
- [6] Hornsey W P, Scheirs J, Gates W P, et al. The impact of mining solutions/liquors on geosynthetics [J]. Geotextiles and Geomembranes, 2010, 28(2): 191-198.
- [7] Eugeniusz D, Henryk S. Production and use of geotextiles in Poland [J]. Geotextiles and Geomembranes, 1986, 4(1): 9-18.
- [8] Ennio M P. Soil-geosynthetic interaction: Modelling and analysis [J]. Geotextiles and Geomembranes, 2009, 27(5): 368-390.
- [9] 孙彤彤. 我国聚丙烯土工布的生产应用及发展前景[J]. 非织造布, 2011, 9(4): 29-35.
- [10] 高学刚, 周奎, 张晓辉. 土工编织布加筋土挡土墙在建新拦河闸工程中的应用[J]. 吉林水利, 2000(3): 5-9.
- [11] 吕炜, 林杰, 赵武君. 海堤工程中的水下土工布施工[J]. 浙江水利科技, 2011(1): 70-71.
- [12] 高霞, 李光录, 周茂玲. 陕南秦巴山区 PP 织物袋梯田筑坎稳定性分析[J]. 中国水土保持, 2012(12): 21-23.
- [13] 王棣, 李永生, 刘捷, 等. 太行山石灰岩区隔坡复式梯田及稳定性研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1996, 4(4): 66-70.
- [14] 朱建强. 水分对膨胀土膨胀变形与膨胀压力的影响研究[J]. 湖北农学院学报, 1992, 19(1): 59-61.
- [15] 枣世主. 膨胀土与铁路工程[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1984.
- [16] 王年香, 章为民, 顾行文, 等. 膨胀土挡墙侧向膨胀压力研究[J]. 水利学报, 2008, 39(5): 580-587.
- [17] 陈兴亮, 周光余, 熊传祥, 等. 挡土墙主动土压力分布研究[J]. 探钻工程, 2009, 36(3): 36-40.
- [18] 蒋蕊秋. 挡土墙土压力非线性分布解[J]. 土木工程学报, 1964, 10(1): 56-65.
- [19] 陈页开. 挡土墙上土压力的试验研究与数值分析[D]. 浙江 杭州: 浙江大学, 2002.
- [20] 王渭漳, 吴亚中. 重力式挡土墙墙背土压力及其分布的研究[J]. 中南公路工程, 1992, 3(1): 22-29.
- [21] 陆建勇, 郭洪峰. 某挡土墙局部倒塌原因分析[J]. 陕西建筑, 2006(131): 15-17.
- [22] 郭有福. 高填土路堤沉降原因及预防[J]. 黑龙江科技信息, 2010(16): 276-277.

(上接第 36 页)

(2) 与裸地比较, 水土保持植物措施的径流调控效益达 21.1~94.2%; 顺坡与横坡耕作措施的径流调控效益分别达 59.7% 和 72.3%; 在其它措施相同的条件下, 南方普遍采用的梯田、水平竹节沟、鱼鳞坑三种水土保持坡面工程措施, 径流调控效益在 68.3% 以上。

(3) 与单一措施比较, 工程措施与植物措施、耕作措施优化组合的综合性水土保持措施, 径流调控效益高达 91.6%, 应在南方红壤区因地制宜广泛推广。

## [ 参 考 文 献 ]

- [1] 赵其国, 谢为民. 江西红壤[M]. 江西 南昌: 江西科学技术出版社, 1986.
- [2] 赵其国, 王明珠. 江西省农业持续发展与生态环境的建设[J]. 土壤, 1996, 28(1): 1-7.
- [3] 张国华, 张展羽, 王倪进, 等. 南方红壤丘陵区不同生态恢复措施对土壤质量的影响[J]. 水利水电科技进展, 2007, 27(5): 19-22.
- [4] 方少文, 杨洁. 江西省红壤土壤侵蚀与防治技术研究[M]. 河南 郑州: 黄河水利出版社, 2010.
- [5] 李智广, 刘宪春. 第一次全国水利普查水土保持普查方案[J]. 水土保持通报, 2010, 30(3): 87-91.
- [6] 蔡雄飞, 王玉宽. 我国南方山区坡耕地水土保持措施研究进展[J]. 贵州农业科学, 2012, 40(9): 97-100.
- [7] Zuo Changqing, Zhang Xianming, Wu Chiachun. Preliminary Report on Technical Research for Soil and Water Conservation, Flood Control and Natural Disaster Reduction on Red-Soil Hilly and Sloping Lands[C]. Proceedings of 12 th International Soil Conservation Organization Conference (Volume I). Beijing: Tsinghua University Press, 2002: 160-165.
- [8] 杨洁. 红壤侵蚀区水土保持植物配置模式[J]. 中国水土保持科学, 2010, 8(1): 40-45.
- [9] 左长清, 胡根华, 张华明. 红壤坡地水土流失规律研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(6): 89-91.
- [10] 许是清. 宁都县风化花岗岩流失区降雨侵蚀力 R 指标的确定[J]. 江西水利科技, 1994, 20(1): 60-63.