

# 瓯江流域低丘缓坡区生产建设项目 水土流失防治措施效果研究

王忠禹<sup>1,2</sup>, 贾洋海<sup>1,2</sup>, 李华斌<sup>1,2</sup>, 李健<sup>1,2</sup>, 毛伟华<sup>3</sup>, 牛振华<sup>1,2</sup>

(1. 中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司, 浙江 杭州 310014;

2. 浙江省华东生态环境工程研究院, 浙江 杭州 310014; 3. 丽水市水利局, 浙江 丽水 323000)

[关键词] 生产建设项目; 水土流失; 防治措施; 低丘缓坡区; 瓯江流域

[摘要] 开发利用瓯江流域低丘缓坡区土地可缓解浙江省土地供给紧张的状况, 然而该区属南方红壤丘陵区, 土壤抗蚀性差, 易发生水土流失。在属于瓯江流域低丘缓坡区的浙江省丽水市石牛水文站石牛坡面径流场设立原状小区和水土保持工程措施小区、植物措施小区、临时措施小区、综合防护措施小区 5 个径流小区, 以实地试验的方式对比分析水土保持工程、植物、临时措施的水土流失防护效果, 结果表明: ①采取水土保持工程、植物、综合防护措施的径流小区土壤流失量分别减少了 78.24%、98.58%、83.11%, 而采取水土保持临时措施的径流小区土壤流失量增加了 11.21%; ②水土保持工程、植物措施可有效减少土壤流失量, 其中植物措施控制水土流失的效果最好, 而临时措施的控制效果不佳, 甚至会造成土壤流失量的增加。

[中图分类号] S157 [文献标识码] A DOI:10.3969/j.issn.1000-0941.2024.12.002

[引用格式] 王忠禹, 贾洋海, 李华斌, 等. 瓯江流域低丘缓坡区生产建设项目水土流失防治措施效果研究[J]. 中国水土保持, 2024(12): 4-7.

近年来, 浙江省提出综合开发利用瓯江流域低丘缓坡地, 以缓解人多地少的矛盾和土地供给紧张的状况, 实现耕地占补平衡, 保障经济社会可持续发展<sup>[1]</sup>。根据相关规划, 截至 2020 年, 瓯江流域低丘缓坡区有生产建设用地重点区块约 3 600 hm<sup>2</sup>, 耕地垦造重点区块超过 8 000 hm<sup>2</sup><sup>[2]</sup>。依照全国水土流失类型区划分, 瓯江流域属南方红壤丘陵区, 主要侵蚀类型为水力侵蚀, 主要表现形式是坡面面蚀。红壤黏土的矿物质以氧化铁、铝为主, 土壤间的黏结力弱, 抗蚀性差, 低丘缓坡区开发建设过程中若不能及时采取科学合理、全面有效的水土流失防治措施, 则极易发生严重水土流失, 不仅会造成土壤养分的大量流失, 而且会导致瓯江水质的下降<sup>[2-3]</sup>。因此, 开展低丘缓坡区生产建设项目水土流失防治措施效益研究对于控制水土流失问题、保护瓯江水质等具有重要意义。

国内许多学者针对低丘缓坡区水土流失防治开展了相应研究。楼琦等<sup>[1]</sup>通过对浙江省低丘缓坡区水土流失现状进行研究, 提出开发与保护相结合、增强水土资源保护意识、加强退耕还林(草)补助与扶持、改进低丘缓坡资源利用的工程技术措施等低丘缓坡区水土流失综合防治对策。张茨林等<sup>[4]</sup>通过地面观测和调查监测相结合的方法, 对江西省生产建设项目产生的人为水土流失进行调查研究, 认为低丘缓坡区城镇建设类项目是江西省生产建设项目水土流失的最大来源, 并针对不同生产建设项目类型提出了低丘缓坡区水土

流失防治建议。牛俊文等<sup>[5]</sup>总结了低丘缓坡区园区开发的水土流失特点, 并概括提出了相应的防治措施。然而, 目前大部分的相关研究偏向于理论指导, 很少开展水土流失定量监测。因此, 本研究通过在瓯江流域低丘缓坡区设置 5 个不同水土保持措施的坡面径流小区, 开展为期 10 个月的土壤流失量监测, 分析不同水土保持措施的水土流失防治效果, 以期能为瓯江流域低丘缓坡区生产建设项目水土保持高质量发展提供支撑。

## 1 研究区概况

瓯江发源于浙江省丽水市龙泉市与庆元县交界的百山祖, 自西向东贯穿整个浙南山区, 干流长 384 km, 流域面积 18 100 km<sup>2</sup>, 属亚热带季风气候区, 温暖湿润, 四季分明, 年降水量 1 400~2 100 mm。本研究试验场地位于浙江省丽水市石牛水文站石牛坡面径流场内, 地理坐标为 28°24'38"N, 119°50'04"E, 属中亚热带季风气候区, 年均气温 17.7℃, 年均降水量 1 500 mm, 降水主要集中在 4—9 月, 地貌类型为典型的低山缓坡, 主要土壤类型为第四纪红色黏土和其他基岩发育的地带性红壤, 主要植被类型为亚热带常绿阔叶林。

## 2 试验设计

本研究在石牛坡面径流场共设置 5 个径流小区: 1<sup>#</sup>小区, 保持原状, 不采取水土保持措施, 并定期清除

小区内的杂草,保证小区内表土裸露;2#小区,仅采取排水沟和挡墙等工程措施,排水沟设置在小区四周及中间位置,采用C15混凝土结构,排水沟宽10 cm、深10 cm,混凝土厚5 cm,并在小区底部设置高10 cm的小区挡墙;3#小区,仅采取植物措施,通过铺植狗牙根草皮进行防护;4#小区,仅采取填土草包和临时土质排水沟等临时措施,填土草包是用白色蛇皮袋填充土壤制成,在小区四周堆高15 cm,临时土质排水沟宽10 cm、深10 cm;5#小区,采取包含工程、植物、临时措施的综合防护措施,包括C15混凝土结构排水沟、挡墙、铺植草皮、填土草包等。5个径流小区的布设模式见图1(a)。

5个径流小区采用标准径流小区设计,小区垂直投影长20 m、宽5 m,坡度为15°。小区下方设置砖砌集流池,并采用当地典型土石混合渣作为每个径流小区的垫层,垫层深度不小于30 cm。5个径流小区的现场实景见图1(b)。

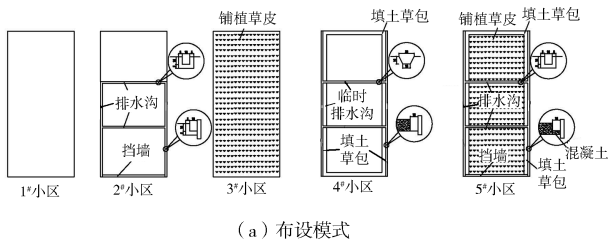


图1 试验布设的5个径流小区

试验时长10个月,从第一年8月至第二年6月。监测期间,若当次降水发生产流或日降水量大于10 mm,则进行数据采集;若连续数天降水,则分别观测记录每天的降水量和水土流失量。每次取样时,首先记录各径流小区集流池内水的体积;然后将集流池内的水搅拌均匀,用试剂瓶取出1 000 mL,将试剂瓶静置一周后,倒去上清液,洗出悬移质,烘干称量,计算泥沙质量;最后根据径流量计算泥沙浓度,作为此次的土壤流失量,并记录取样时间内对应的降水量。采样完毕后,

将集流池内积水、泥沙全部清空,清洗集流池,并及时关闭排水管阀门,以便下一次数据采集。

### 3 结果与分析

#### 3.1 水土流失量

监测期间,共记录了43组降水数据和对应的土壤流失量数据,见表1。

表1 监测记录的43组降水和土壤流失量数据

序号	降水量/ mm	土壤流失量/kg				
		1#小区	2#小区	3#小区	4#小区	5#小区
1	13.5	0.39	0	0.57	1.38	0.30
2	23.3	1.51	0.16	0	2.99	0.58
3	10.0	1.67	0.49	0	2.49	0.92
4	11.1	3.01	0.07	0	4.84	6.25
5	14.5	3.66	0.10	0	4.90	0.35
6	18.1	4.89	0.19	0.08	3.78	0.38
7	9.5	3.04	0.34	0.01	2.84	0.42
8	2.9	2.88	0.15	0.03	3.70	0.41
9	2.5	2.88	0.22	0.02	3.88	0.35
10	21.8	24.40	3.79	0.06	13.05	0.23
11	20.1	11.40	2.21	0.03	8.32	0.86
12	1.0	6.60	2.35	0.06	8.87	0.73
13	29.0	1.71	0.27	0	1.32	0.08
14	10.2	1.24	0.28	0	0.98	0
15	17.9	0.46	0.11	0	0.33	0
16	29.1	0.31	0.21	0	0.41	0.01
17	58.5	2.65	0.63	0.02	3.60	0.07
18	13.4	1.46	0.99	0.01	2.06	0.11
19	22.0	0.46	0.09	0	0.36	0.03
20	36.2	2.70	0	0	2.12	0.15
21	30.5	3.06	0.42	0	3.91	0.94
22	24.0	0.82	0.06	0	0.59	0
23	15.8	0.91	0.09	0.91	0.91	0.05
24	44.5	4.61	0	0	1.91	1.27
25	22.5	1.08	0.18	0	0.82	0.23
26	49.5	2.75	1.61	0.08	2.23	0.83
27	48.5	1.55	0.88	0	1.28	0.41
28	19.3	1.19	0.67	0	0.92	0.45
29	65.0	1.25	5.68	0	2.77	0.54
30	17.6	21.31	4.12	0	17.89	0.48
31	12.1	6.94	1.48	0	3.78	0.16
32	45.2	1.29	0.39	0	13.37	0.19
33	20.1	2.57	0.92	0	7.73	1.01
34	19.2	0	2.63	0	7.53	0.28
35	28.1	3.15	0.29	0	3.45	0.13
36	33.0	8.56	0.35	0	3.48	0.48
37	41.0	2.87	0.38	0	3.13	0.43
38	66.7	3.90	0.40	0	4.03	1.37
39	46.9	1.54	0.17	0	2.07	0.40
40	72.5	5.42	0.23	0	4.78	1.33
41	42.2	0.98	0.19	0	0.79	0.29
42	9.0	1.82	0.49	0	2.67	1.02
43	120.0	4.73	0.46	0.39	15.25	2.44
合计	1 257.8	159.62	34.74	2.27	177.51	26.96

经统计,监测期间降水总量为 1 257.8 mm,1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>、4<sup>#</sup>、5<sup>#</sup>小区的土壤流失量分别为 159.62、34.74、2.27、177.51、26.96 kg。相比于不采取防护措施的 1<sup>#</sup>小区,2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>、5<sup>#</sup>小区的土壤流失量分别减少了 124.88、157.35、132.66 kg,减幅分别为 78.24%、98.58%、83.11%;而采取临时措施的 4<sup>#</sup>小区土壤流失量增加了 17.89 kg,增幅达 11.21%。通过对比每次降水时 1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>、4<sup>#</sup>、5<sup>#</sup>小区的土壤流失量可以发现,2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>、5<sup>#</sup>小区的单次土壤流失量基本均小于 1<sup>#</sup>小区,其中 3<sup>#</sup>小区的土壤流失量下降显著,而 4<sup>#</sup>小区的土壤流失量与 1<sup>#</sup>小区基本相近。由此可以看出,水土保持工程、植物措施的布设对减少径流小区土壤流失量具有显著作用,而临时措施的布设对土壤流失防护效果不佳,甚至存在消极影响。植物措施在减少土壤流失量方面的效果优于工程措施,其原因可能是狗牙根草皮的铺植使土壤表层逐渐形成物理和生物结皮,土壤结皮可以有效遏制表层土壤侵蚀的发生<sup>[6]</sup>,且随着时间的推移,土壤结皮不断完善,植物措施的水土流失控制效果会不断增强,而工程措施仅能在一定程度上拦截已发生的水土流失。试验中发现,临时土质排水沟和填土草包会引起小区内土壤流失量的增加,其原因:一是降雨条件下坡面上的临时土质排水沟会导致大量坡面汇水进入沟内,加剧侵蚀沟发育,增加土壤侵蚀;二是填土草包由白色蛇皮袋包装,蛇皮袋经风化作用易破损,会导致大量填土外露,进而加剧土壤流失。填土草包的破损也是导致 5<sup>#</sup>小区的土壤流失量高于 3<sup>#</sup>小区、水土流失综合防护措施的土壤流失控制效果弱于植物措施的原因。

### 3.2 水土流失过程

为分析径流小区降水量与土壤流失量之间的关系,将土壤流失量与日降水量进行回归分析,发现两者间并无显著的相关性,这也表明相比于日降水量,下垫面因素对土壤流失量的影响更大<sup>[7]</sup>。对日降水数据进行筛选,选取与上次降水间隔 10 d 以上的日降水数据组成次降水量数据,并去除异常值,共得到 11 组次降水数据,次降水量为 10.2~66.7 mm。将次降水数据与对应的土壤流失量进行回归分析,结果见图 2,发现除 3<sup>#</sup>小区外,其余径流小区的土壤流失量与次降水量均有较好的相关性( $p < 0.05$ ),1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>、4<sup>#</sup>、5<sup>#</sup>小区土壤流失量与次降水量的回归系数分别为 0.076 7、0.009 9、0.083 4、0.023 8, $R^2$  分别为 0.693 7、0.320 3、0.794 5、0.782 4。次降水量较大时会引起坡面产流过程,造成坡面侵蚀,相比于 1<sup>#</sup>小区,2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>、5<sup>#</sup>小区对次降水的响应较弱,发生相同降水时引起的土壤流失量较少,表明水土保持工程、植物措施对土壤流失的控制效果较好;

而 4<sup>#</sup>小区对次降水的响应与 1<sup>#</sup>小区相近,表明水土保持临时措施对土壤流失的控制效果不佳。

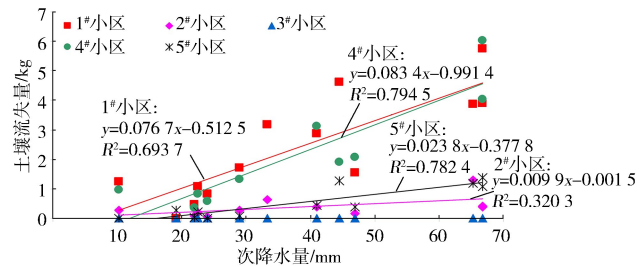


图 2 1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>、4<sup>#</sup>、5<sup>#</sup>小区土壤流失量与次降水量的回归分析

## 4 结束语

瓯江流域低丘缓坡区红壤黏土的土壤抗蚀性差,开发过程中若不采取有效的水土保持措施,则极易发生水土流失,危害瓯江水质。通过建立 5 个采取不同水土保持措施的径流小区进行试验,对比分析水土保持工程、植物、临时措施的水土流失防护效果,结果表明,相比于不采取水土保持措施的对照径流小区,采取水土保持工程、植物、综合防护措施的径流小区土壤流失量分别减少了 78.24%、98.58%、83.11%,而采取水土保持临时措施的径流小区土壤流失量增加了 11.21%。水土保持工程、植物和综合防护措施可有效减少土壤流失量,其中植物措施控制水土流失的效果最好,这主要是因为随着时间推移,植物措施可使径流小区土壤表层形成物理和生物结皮,土壤结皮可有效抑制土壤侵蚀的发生,且在试验后期控制水土流失的效果会更好。而水土保持临时措施的水土流失控制效果不佳,甚至会造成土壤流失量的增加。通过对土壤流失量和降水量进行回归分析,发现土壤流失量与对应的日降水量并无显著相关性;除采取植物措施的径流小区外,其余径流小区土壤流失量与次降水量均有较好的相关性,发生相同降水时,采取工程、植物和综合防护措施的径流小区土壤流失量较少。

综上,在瓯江流域低丘缓坡区生产建设项目的开发建设过程中,需要因地制宜布设水土保持工程和植物措施,以达到更好的水土流失控制效果。而临时措施的布设需要科学合理的规划,避免临时土质排水沟的顺坡布设,同时填土草包需要用质量较好、不易破损的蛇皮袋进行包装,否则临时措施的布设反而有增加水土流失的风险。

### [参考文献]

- [1] 楼琦,王建军. 浙江省低丘缓坡区水土流失及其对策[J]. 中国水土保持科学,2008,6(5):95-99.

# 堤岸整治工程水土流失预测及防治

## ——以佛山市眉蕉河水系综合整治工程为例

彭毅

(江西君凌工程咨询有限公司, 江西 南昌 330009)

**[关键词]** 水土流失; 预测; 防治措施; 堤岸整治工程; 眉蕉河水系; 佛山市

**[摘要]** 河道整治作为水土流失防治的关键环节, 其现状直接关系到水资源的可持续利用、生态环境的良性循环及社会经济的稳定发展。以佛山市眉蕉河水系综合整治工程中堤岸整治工程为例, 提出工程水土流失预测内容及方法, 经分析确定: ①工程水土流失防治责任范围为 8.40 hm<sup>2</sup>; ②预测范围施工期为 8.40 hm<sup>2</sup>, 自然恢复期为 5.66 hm<sup>2</sup>; ③预测时段施工期为 1 a, 自然恢复期为 0.7 a; ④土壤侵蚀模数背景值为 568.4 t/(km<sup>2</sup>·a), 施工期堤岸工程区、施工临建区土壤侵蚀模数分别为 5400、1051.5 t/(km<sup>2</sup>·a), 自然恢复期土壤侵蚀模数为 700 t/(km<sup>2</sup>·a); ⑤工程建设期水土流失量为 345.87 t, 新增水土流失量为 301.13 t。基于以上结果, 构建了相应的水土保持措施体系。

**[中图分类号]** S157.1 **[文献标识码]** B **DOI:** 10.3969/j.issn.1000-0941.2024.12.003

**[引用格式]** 彭毅. 堤岸整治工程水土流失预测及防治: 以佛山市眉蕉河水系综合整治工程为例[J]. 中国水土保持, 2024(12): 7-9.

经济快速发展与人口增长导致土地过度开发, 在自然与人类活动双重因素作用下, 区域水土流失现象日益加剧<sup>[1]</sup>。水土流失对河道的危害表现在多个方面, 如河道淤积、水质恶化、生物多样性下降等<sup>[2]</sup>。河道整治作为水土流失防治的关键环节, 其现状直接关系到水资源的可持续利用、生态环境的良性循环及社会经济的稳定发展<sup>[3-4]</sup>。当前, 我国河道水土流失治理工作虽取得了一定的成效, 但仍面临着诸多挑战。笔者以佛山市眉蕉河水系综合整治工程中堤岸整治工程为例, 提出工程水土流失预测内容及方法, 分析确定工程水土流失防治责任范围、预测单元面积、预测时段、土壤侵蚀模数, 预测工程建设期水土流失量, 并基于此构建了相应的水土保持措施体系, 以期对相关工

程项目水土保持工作提供理论支持和实践指导。

### 1 项目概况

眉蕉河上游紧临容桂水道, 下游汇入洪奇沥水道, 是容桂街道的主干河涌, 其水系包括眉蕉河、小黄圃新涌、高黎上涌、高黎下涌等 18 条河涌。随着城市化水平的不断提高, 眉蕉河水系承担了大量的污染负荷, 且水系均为城市内河涌, 其水文特征、地理特点决定了河流的自净能力差, 环境容量小, 致使河流水系水质下降, 部分河涌的水质监测结果为劣 V 类, 水生态环境恶化。根据《让广东河更美大行动方案(2018—2020 年)》及《佛山市水功能区划》(2013 年 9 月), 规划至 2020 年眉蕉河总体水质管理目标为 V 类。2018 年 6

[2] 浙江省低丘缓坡综合开发利用政策调研组. 破解土地瓶颈出新招: 看浙江如何综合开发利用低丘缓坡[J]. 中国土地, 2006(3): 27-29.

[3] 牟信钢, 陈为峰, 史衍玺, 等. 不同措施在防治山地果园水土流失及面源污染中的应用研究[J]. 环境污染与防治, 2007, 29(12): 916-919.

[4] 张茨林, 谢颂华, 曾建玲. 江西省人为水土流失现状调查与防治研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(8): 54-57.

[5] 牛俊文, 张锦娟. 浙江省园区开发水土流失防治模式[J]. 水土保持应用技术, 2010(2): 30-32.

[6] 谢申琦, 高丽倩, 赵允格, 等. 模拟降雨条件下生物结皮坡面产流产沙对雨强的响应[J]. 应用生态学报, 2019, 30

(2): 35-41.

[7] 张玉斌, 郑粉莉. 近地表土壤水分条件对坡面土壤侵蚀过程的影响[J]. 中国水土保持科学, 2007, 5(2): 5-10.

收稿日期: 2023-12-08

基金项目: 水电站高陡硬质边坡水土保持与生态修复关键技术应用研究(KY2022-HS-02-21)

第一作者: 王忠禹(1993—), 男, 河南项城人, 工程师, 硕士, 主要从事水土保持设计、监测及咨询工作。

E-mail: wang\_zy7@hdec.com

(责任编辑 李佳星)