

长江三峡库区梯田稳定性分析与对策^{*}

——以鄂西秭归县为例

蔡强国^① 张光远^② 吴淑安^① 丁树文^②

中国科学院 地理研究所 北京 100101
^① 国家计划委员会

^② 华中农业大学土壤化学系 武汉 430070

摘 要 三峡库区历史上就是滑坡、崩塌作用强烈的地带,在调查分析秭归县滑坡、崩塌对梯田稳定性的影响的基础上,探讨了四种不稳定梯田培坎的特征、性质和现状,提出了利用优势植物固土护坎等相应的对策。

关键词 三峡库区 梯田稳定性 分析与对策

分 类 中图法 P343.3

库区移民安置是长江三峡工程实施的关键问题之一。为农村移民安置,计划要在库区和邻近地区修建近 $7 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 水平梯田,近几年已经将约 $2 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 坡耕地、荒坡地修建成为梯田,但是,尚有与之有关的一些科学技术与经济问题有待解决。通过实地调查和试验研究,本文探讨了地质地貌条件对石坎梯田的稳定性影响,分析不同岩性石坎的抗风化能力,希望在三峡库区不同地质地貌条件的坡地上,寻求有效的方法,修建投资少、稳定性强、效益高的水平梯田和缓坡梯田,为安置库区农村移民,发展山区大农业经济作出贡献^[1,2]。

1 滑坡、崩塌对梯田稳定性的影响

大量调查研究表明,建在滑坡体、次生的浅层或中等规模堆积体上的成片石坎梯田,其稳定性将受到这些滑坡体、堆积体滑动和蠕动的威胁。梯田使得降雨的入渗率大大提高,更容易触发蠕动、移动,甚至急剧滑动,这是修建梯田必须认真考虑的问题。

长江三峡库区历史上就是滑坡、崩塌作用强烈的地带,主要滑坡、崩塌体发生的平均坡度随岩性的不同而变化。三峡河谷段滑坡的平均坡度在 $10^\circ \sim 30^\circ$ 之间。巴东组地层的谷坡坡度大多在 $20^\circ \sim 40^\circ$ 之间,大部分侏罗系地层的滑坡坡度在 $10^\circ \sim 30^\circ$ 之间,该地层中的滑坡体平均坡度为 13° ^[3]。而且从滑坡崩塌的规模上看,有从西向东逐渐增大的趋势,发生在秭归县境内的滑坡为三峡库区之冠。据《秭归县志》记载,1949年至1982年,全县共发生滑坡、岩崩范围达 $2\,148 \text{ km}^2$,相当于全县总面积的94%。1982年至1987年,全县共出现滑

^{*} 国家自然科学基金重点资助项目 (49231020)

收稿日期:1995-05-30,收到修改稿日期:1996-09-14

坡体 510 处，其中发生在长江两岸达 $300\times10^4\text{ m}^3$ 的滑坡体有 9 处^[4]。

据近几年在三峡库区的调查资料，降雨历时、暴雨强度和累积降雨量是影响滑坡和崩塌发生的重要因素，当累积降雨量为 50 mm~100 mm、日降雨量在 50 mm 以上时常有小型的浅层滑坡发生；当累积降雨量在 150 mm 以上、日降雨量大于 100 mm 时，随着降雨量的增加，滑坡的数量也增多，中等规模的堆积体滑坡和破碎岩石滑坡开始出现。大量降雨水入渗是滑坡尤其是浅层堆积物滑坡的重要原因，它对浅层堆积物的初始位移的激发、间歇性蠕变、堆积物的局部滑动变形、以及堆积物失稳剧滑的各个阶段都有着很大的影响^[5]。

浅层堆积物滑坡是滑坡中分布最为广泛、发生频率高、持续危害性较大的一种类型。浅层堆积物的物质组成一般是次生堆积体，通常厚度 10 m 左右，其物质组成、结构性状及其堆积厚度决定了它对降雨入渗特性和滑坡下伏滑动床面汇流状况的影响。近期对滑坡普查资料表明，秭归县 $50\times10^4\text{ m}^3$ 以上的浅层堆积体滑坡共有 154 处，其中受降雨激发的滑坡达 149 处，占 96.7%。这些浅层堆积物大多以次生岩土堆积物为主，结构松软破碎，整体连续性较差，局部地段常可以见到滑动床面出露。在降雨时，由于堆积物厚度不大，且入渗率较高，所以其表层、内部以及下伏软弱结构面能在较短时间内受到入渗水流的影响，这是浅层堆积物滑坡容易受降雨激发的主要原因。

为了比较梯田与坡耕地的入渗量差异，我们在秭归县王家桥小流域内的试验径流小区上进行了模拟降雨试验，试验小区土壤为紫色土，其母质为侏罗系蓬莱镇组地层，模拟降雨雨强为 0.8mm/min，降雨历时约 60min，从试验结果（表 1）可以清楚看到，在类似降雨条件下，同样种植玉米、黄豆的坡耕地产流量是梯田的 3 倍，所拟合得到的径流量随时间变化过程线，两条直线的斜率分别为 0.223 与 0.074，说明梯田的水流入渗量远远大于坡耕地。

表 1 坡耕地与梯田的不同径流量过程线
Tab. 1 The process of runoff on slope lands and terraces

地类	坡度 (°)	雨强 (mm/min)	降雨历时 (T, min)	累积径流量 (R, mm)	累积径流过程线	确定系数	样本数
梯 田	0	0.8	60	3.97	$R=-0.539+0.074T$	0.88	28
坡耕地	25	0.8	60	12.4	$R=-6.778+0.223T$	0.96	36

紫色土堆积体的力学性质随含水量不同有很大差异。随着降雨入渗，堆积层含水量不断增加，岩土组合体内摩擦角迅速减小，当入渗水量达到一定程度时，内摩擦角将大大减小，甚至在短时间内会趋近于零，胁迫岩土体解除“自锁”状态，其内部力学性质发生突变，这样在入渗水和其它外力作用下，浅层堆积体容易发生张剪性裂缝。在浅层堆积体滑动床面上常有一层膨胀土，其强度与含水率明显负相关，很容易软化，一旦外部条件适宜，坡体或局部坡体就会发生滑动。对紫色土的野外抗剪强度实际测试表明，当含水量增加时，其抗剪强度迅速降低。

雨水迅速沿堆积物缝隙及裂缝下渗，汇集于滑动床面（一般为下伏不透水层），往往大大降低滑动床面的摩擦阻力，而且随着入渗水量的不断补给，产生一种动态浮托力；同时，由于入渗水量不断充填缝隙、裂缝及软弱结构面，产生一种顺坡向的动态张力，使裂缝扩大，逐步加剧堆积体的变形和位移；水流入渗会导致坡体因含水量增大而自重增加，加大

了堆积体沿斜坡的自重推动力; 所以, 在堆积体上修建梯田将会增加水流的入渗量, 加快水流的入渗过程, 不利于堆积体的稳定。

将石庙浅层堆积物滑坡监测点不同时段监测资料整理分析, 并点绘于图 1, 可以看到滑坡体位移量随降雨量增大而增加, 其根本原因是雨水入渗导致滑坡体位移, 入渗水量是决定滑坡体位移量变化的主要因素之一^[6]。滑坡体上的梯田会大大增加雨水的入渗量, 成为加速滑坡体位移量增加的重要因素。例如, 秭归水田坝乡王家桥流域发育于水田坝-凉风垭断层, 断面向西倾斜, 在其上盘发育了大滑坡, 滑坡延长方向与断层方向一致, 长约 6 km, 滑坡体后缘裸露出基岩, 滑坡体上有两个明显大台阶和多个不连续小台阶, 说明滑坡具有多期活动特点。近 10 多年来, 王家桥流域得到较全面的治理, 基本实现了梯田化。但是, 群众反映, 经常可以见到滑坡体的蠕动和小型滑动, 如树木倾斜、梯田培坎被破坏等。又如, 水田坝乡姜家坡由于在浅层堆积体上修建石坎梯田, 成为影响浅层滑坡蠕动重要因素之一, 结果石坎梯田培坎向外鼓出, 又反过来影响到梯田石坎的稳定。在石庙, 由于局部浅层滑坡蠕动, 甚至使农民住房受到威胁。

在不利的地质构造、母岩结构和地下水丰富的洪积坡积层上修筑石坎梯田, 会扰动其基础, 容易导致土壤蠕动和浅层滑坡, 将会严重影响石坎梯田的稳定性。由于岩层之间抗风化能力的差异, 往往发生岩崩, 形成浅层破碎岩屑堆积体, 如在秭归县水田坝乡移民安置坡改梯样板李家坡的下部良斗河边, 是基岩崩塌的堆积体, 在这些崩塌岩屑破碎带上建筑的石坎梯田, 由于雨季地下水饱和而常常滑塌, 大大增加了梯田石坎的返工与维修费用。

近 10 多年来, 旱地改水田的面积扩大, 坑塘、堰岸渠道、稻田水长期渗入, 对岩土浸泡软化, 不断削弱岸坡岩土抗剪强度, 从而加速了崩塌滑坡的发育过程。最为典型的例子是 1986 年 7 月, 发生在秭归县的马家坝滑坡, 该滑坡区 70 年代以前多以旱地为主, 当地居民从未听说过滑坡塌山之事, 自 70 年代初, 建水田 40 余 hm^2 , 堰塘 14 口。该滑坡系暴雨触发。从滑坡运动特征分析, 该滑坡运动 30min 后, 一方面暴雨接近尾声, 另一方面滑坡运动自上而下要克服抗阻力, 遇到燕窝巢平台滑坡运动本应就此休止, 但由于当时整个坡体已经拉裂, 40 余 hm^2 水稻田, 14 口堰塘的存水突然因裂缝出现全部转入地下, 润滑了滑坡体的滑动床面, 推动力又得到新的补充, 继续将抗阻力大的燕窝巢平台推向前进。类似例子还有很多, 如在严关, 由于水流入渗导致堆积体的局部地块发生蠕动, 结果部分水田坎随之逐渐向外鼓出, 水田漏水现象增加, 但是水田改旱田后, 类似活动明显减少。

国内外的研究与实践均表明, 尽可能减少滑坡体、堆积体上的重量, 通过排水工程防止或减少雨水入渗是防治滑坡与崩塌的重要措施^[6]。1985 年 6 月发生的新滩滑坡实质上是历史上古滑坡的全面复活^[7], 其发生、发展过程与降雨和水流入渗密切相关。现在又在滑坡体上修建石坎梯田, 运土造田, 实际上加大滑坡体的荷载, 这种滑坡堆积体上的梯田保水能力较差, 降雨入渗能力较高, 大量雨水很容易入渗到滑坡体中, 结果会增加滑坡体的不

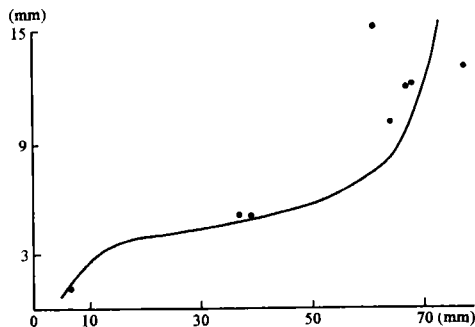


图 1 石庙滑坡位移量与降雨量的关系

Fig. 1 Relationship between the shift of landslide and precipitation in Shimiao

稳定性。

2 不同岩性梯田培坎的稳定性分析及对策

我国建造梯田历史悠久,相传 3 000 年前,长江流域就有水稻梯田^[8]。秭归县位于鄂西南山区,地处长江西陵峡谷地带,长江流经境内 90 km,是三峡水库库首县。1982、1988 年秭归县分别列入葛洲坝、三峡库区水土保持重点防治区,10 多年来完成治理面积 782.6 km²,其中坡地改梯田 3 120 hm²^[9]。以下根据不同岩性讨论梯田培坎的稳定性。

2.1 秭归县不同紫色砂页岩的抗风化能力分析

岩石的稳定性,是指岩石成分抵抗风化的能力,即母岩在一定环境中发生风化时,其矿物组成和化学成分阻止变化的性能。在各种母岩中风化速度最快的是紫色泥(页)岩。研究表明,石灰岩发育成土要经历 3 000 多年时间,国外观察岩石风化成土 1 cm 厚需要 328 年,而紫色岩从岩石暴露地面开始,大约在 10 年之内即可风化成土。

秭归盆地及相邻地区的紫色砂页岩共有 7 组,其中三叠系有巴东组(T_{2b});侏罗系有 6 组:香溪组(J_{1x})、聂家山组(J_{1-2n})、下沙溪庙组(J_{2x})、上沙溪庙组(J_{2s})、遂宁组(J_{3s})、蓬莱镇组(J_{3p}) (图 2),侏罗系各组地层岩性特征见表 2。我国侏罗系紫色砂泥岩均沉积于大小不同的盆地,它们的沉积环境有一定的差异,这就导致现在所见紫色岩在颜色、厚度、粒径、矿物组成、风化速度、成土好坏等诸多性质的差别。沙溪庙组岩层属较湿润条件下的河流碎屑岩相沉积,遂宁组岩层属较干旱条件河漫湖泊的洪水泛滥至正常河流碎屑岩相沉积,蓬莱镇组岩层属较干旱条件下河流及间隙湖泊碎屑岩相沉积^[10]。

对 14 个不同地层紫色岩样品采用露天自然风化法试验观察^[11],结果是风化 1 个月后有 64% 的样品产生细裂缝,少数发生崩解,有 46% 的样品普遍崩解为小碎块。2 个月后有近一半的样品出现球状风化,有的大部或全部崩解为碎屑或碎块。4 个月后全部崩解者占 64%,大部崩解者占 21%,部分崩解及无崩解者仅 15%。不同岩石其崩解强度不同,试验结果是沙溪庙组>遂宁组>蓬莱镇组。以上岩石风化 1、2、3 年后的颗粒组成见表 3。实际上农民将深挖的岩石半风化体暴露在露天,经过一年风化即形成可耕种的土壤。

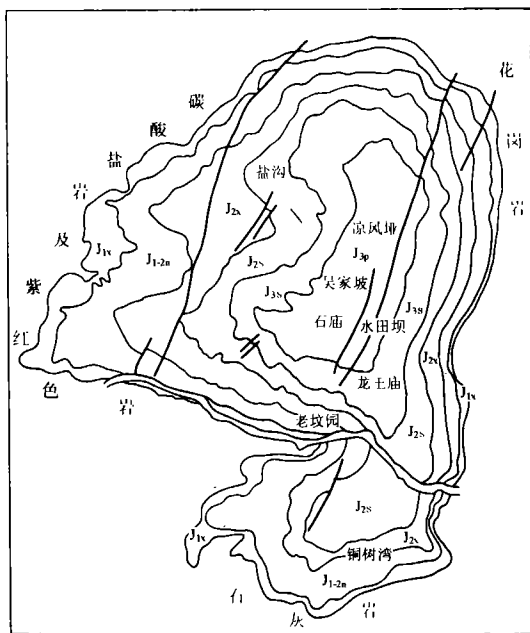


图 2 秭归盆地地质图

Fig. 2 Geological Map of the Zigui Basin

表 2 侏罗系各组地层岩性特征

Tab. 2 Lithological features of the groups in the Jurassic Period

地 层		岩 性 描 述		出露面积(km ²)
上统	蓬萊鎮組 J _{3p}	紫紅色泥質粉砂岩，粉砂質泥岩及細-中粒長石石英砂岩		103.2
	遂寧組 J _{3s}	紫紅色泥質粉砂岩，粉砂質泥岩夾灰綠色細粒長石砂岩，灰白色長石石英岩夾紫紅色粉砂岩		124.0
中統	上沙溪廟組 J _{2s}	紫紅色粉砂岩，泥質粉砂岩並含石膏，灰白色長石石英砂岩		171.2
	下沙溪廟組 J _{2a}	紫紅色粉砂質泥岩，泥質粉砂岩夾長石砂岩		191.6
	聂家山組 J _{1-2n}	紫紅色粉砂岩，細砂岩夾灰綠色長石石英砂岩		222.8
下统	香溪組 J _{1x}	綠色砂岩，粉砂岩，泥岩		104.0

表 3 不同紫色泥页岩风化碎屑颗粒组成 (%)

Tab. 3 Grain size composition of the wheathered debris from different purple shales

母岩类型	粒径>10 mm			粒径 10~5 mm			粒径 5~2 mm			粒径<2 mm		
	1 年	2 年	3 年	1 年	2 年	3 年	1 年	2 年	3 年	1 年	2 年	3 年
沙溪廟組(J _{2s})	30.6	36.1	18.4	19.9	4.0	8.6	33.9	34.8	38.8	84.1	74.9	65.8
遂寧組(J _{3s})	11.6	4.4	2.6	26.4	17.2	9.0	42.8	44.4	36.6	80.8	66.0	48.2
蓬萊鎮組(J _{3p})	13.3	7.2	4.5	10.4	6.2	4.4	34.1	30.9	14.2	57.8	44.3	23.1

紫色岩主要是內陸河湖相沉積，砂質含量高，泥鈣質膠結，固結性差，岩性鬆軟，抗壓強度低，砂岩一般在 200~500 kg/cm² 範圍內，鈣質礫岩多大于 500 kg/cm²，泥岩僅 100~300 kg/cm²，風化砂岩常低於 100 kg/cm²，最低僅 40~50 kg/cm²。岩石越堅硬，抗壓強度越大，風化越慢，抗蝕力越強。不同岩性的石料作為梯田石坎的穩定性有比較大的差異，其順序為：石英砂岩>長石石英砂岩>粉砂岩>泥質粉砂岩>粉沙質泥岩及泥岩。紫色泥岩粉砂粒多，泥鈣質膠結，固結力弱，礦物成分複雜，富含深色礦物及石膏、鈣芒硝、方解石等可溶性鹽類，膨脹系數大，脹縮交替，節理發育，風化裂隙率高，物理風化迅速，抗蝕力弱。自然狀態下裸露泥岩年風化厚度，一般平均可達 2~4 cm，最高可達 6~8 cm 以上。據試驗，紫色泥岩岩塊在露天下自然風化 2 個月，全部崩解為碎塊或碎屑。

蓬萊鎮組紫紅色泥岩屬粉質或沙粘土顆粒成分，其中粉粒含量約占 50%，碎屑礦物以石英為主，長石次之，其它如白雲母、黑雲母、电气石、綠帘石等礦物偶見，粘土礦物以伊利石為主，另有綠泥石和高嶺石。在岩體完整、膠體結構未被破壞時，單軸抗壓強度可達到 150 kPa，能維持高邊坡的穩定；但這類岩土의抗風化力弱，耐水性差，經風化后岩塊的單軸抗壓強度可衰減到 0.2 kPa，產生強烈的軟化，在水的長期作用下，可以泥化成土。

2.2 易風化紫色砂页岩梯田石坎

如以上分析結果，在水田壩鄉用蓬萊鎮組長石石英砂岩石料作培坎修成的石坎梯田，穩定性能較好。而在郭家壩鄉桐樹灣村和上河坪村出露的下沙溪廟組泥質粉砂岩容易風化。這種石料體積小，其作為梯田石坎穩定性較低，比較容易風化。新修僅兩年的梯田，其石坎表面可以見到明顯的風化層，有的石塊已近于酥鬆，可以用手很容易將其撞擊而破碎。如果不採取相應措施，5 年左右這類梯田石坎就會因風化而崩塌毀壞。

利用有經濟效益的優勢植物護坎是我們正在桐樹灣開展的一項試驗研究。植物根系對

土壤和碎石块有穿插、缠绕、网络和固结作用,特别是一些适于作植物篱笆的植物,具有错综复杂的庞大根系,能牢固的固结土壤,增强防冲抗蚀能力。有的植物,其根系可以深入土壤和岩隙达数米,甚至 10 m 以上,能促成表土、心土、母质和基岩连成一体,增强固持土体能力,减少土壤崩滑侵蚀。据研究^[12],在紫色砂泥岩地区,36°(石骨子休止角)以上的坡面上,不可能凭重力堆积保留坡积母质形成的土壤,在有植被的地方才有土被。在陡坡上,一丛生的黄荆或核塔,可固持 0.1~1 m² 以内的土体。

为了能使试验结果得以在库区推广,使农民愿意接受,自愿推广维护,对护坎植物必须要考虑到:①有发达的根系能起到固土护坎、防止崩滑的作用;②有一定的经济效益,能增加农民的收入;③尽可能少的与农地作物争光、争水、争肥。自 80 年代以来利用地埂发展经济,已经在全国各地得到广泛推广,成为致富的新途径,而且出现了“地埂经济”一词^[13]。地埂经济的大发展,既保护地埂,又充分利用土地,发挥了山区资源优势,同时又美化、改善了农田生态环境^[14],我国在地埂利用上已经具有广阔前景。

参照各地先进经验,通过对当地优势植物的调查,我们选择并在石坎上试种的护坎植物主要有龙须草(*Eulaliopsis binata*. (Retz) C. E. Hubb),是优质造纸原料,丹江口库区、湖北省郧县推广龙须草使农民致富,已经取得成功的经验,郭家坝乡移民站对推广龙须草倍加赞赏,希望能在移民区梯田坎上大力推广。矮化桑(*Morus alba* L.),文化乡已经发展桑蚕基地 5 000 亩,秭归县计划发展 10 000 亩,所以桑蚕的收购可以有保证;其它种植的护坎植物还有茶、紫穗槐、黄花菜等。地瓜藤(*Ficus tikoua* Burea,当地称地巴子)也是一种很有希望、有待开发的护坎植物。

2.3 土坎梯田

在秭归县江北曳滩老坟园村发育有较厚的风化壳,土体中碳酸钙含量高,富含碳酸钙结核,土体抗剪强度及内聚力较高,其稳定高度可以在 2 m 以上。这里缺乏修梯田培坎的石料,但可以利用这种土体的稳定特性修建土坎梯田。1985 年在葛洲坝库区曾修 100 余亩,在梯田土坎上常常自然生长有黄荆、巴茅、地巴子、马桑以及其它杂草,由于没有经济价值,而且与农地争水、争肥、挡阴,农民每年两次将土坎上的草灌修整干净,结果常引起土坎滑塌、座蹋,梯田的质量难以保证,所以这里没有进一步发展土坎梯田。类似的地方还有位于秭归县城附近的望江村,长江南岸郭家坝乡头道河村以及童庄河口附近,八角庙村,以及沙溪镇和文化乡土珠庙等地。

在秭归县城长江南岸的郭家坝镇,楚王井村十一组,深厚的土体中富含碳酸钙结核,有的在土壤中呈盘状。1984 年开始在坡地地边种植紫穗槐,每带栽种两行,行距与株距均为 20 cm,上下行距间呈等腰三角形,坡地土坎原始高度近 1 m,每年定期收割紫穗槐枝干作绿肥或置于猪栏内腐熟成有机肥^[15]。紫穗槐萌发能力强,拦泥效果好。据观测调查,紫穗槐地上部分经过多次砍伐萌发,已经在近地面形成丛状茬,9 年生单株最大幅度可达 38cm×35cm,多株等高横向种植连结成丛状茬带,形成生物活篱笆,它们可以将坡地上冲蚀下移的泥沙拦截,并将其就地固结下来,起着良好的保土作用,10 年来一般拦截土壤厚度达到 30~50 cm。紫穗槐的根系密布于土壤内,具有网络与固结土壤作用,经实地调查可以看出,紫穗槐根系在种植点以下宽约 25 cm,深 5~80 cm 的土壤内盘结成网状,发挥着固结土壤,保持土坎稳定的作用,这是一个很好的成功示范。

茶是秭归的特产,也是一种理想的护坎植物,它喜酸性土壤,根系密集,挡土保水效

益明显。在文化乡土珠庙, 茶在土坎上已经显示其作用。在郭家坝乡桐树湾村的紫色土梯田土坎上, 我们布设了黄花菜、龙须草、紫穗槐、茶等进行护坎试验研究, 在水田坝乡王家桥流域大水田的梯田土坎上也进行了种茶护坎试验, 希望为土坎梯田护坎开辟一条新的途径。

2.4 花岗岩风化壳梯田培坎

秭归茅坪、三间为闪长岩、花岗岩、片麻岩地区, 风化壳深厚, 多呈浑圆丘陵地貌, 容易发生片状和沟状侵蚀。成土母质为前震旦系花岗岩、片麻岩风化物, 母岩很容易物理风化, 土壤含石英多, 土壤剖面层次不完整, 土壤形态特征一般为砂土, 呈单粒状结构, 而且土体较疏松, 土壤含粗砂颗粒多, 当地称之为“鼓眼砂”。在这种风化壳上修建的梯田, 由于培坎土质酥松, 坎边很容易被水流冲蚀, 常可以看见坎的外壁呈层状剥落。其主要原因是这种梯田在新建时虽然是稳定的, 在无突发因素影响时, 培坎剪应力随时间变化不大, 但其抗剪强度会逐渐减小^[16]; 在降雨时, 除了会产生径流侵蚀外, 还会使得培坎的剪切力增加, 所以发生滑塌与崩塌的可能性增加。农民在修梯田时, 往往在梯田培坎外缘下部坎脚处修排水沟, 防止暴雨时水流冲蚀田面, 但每逢暴雨排水沟就会被坎上冲蚀下来的泥沙淤填。

当地部分农民已经有在坎边种植金荞麦 (*Fagopyrum dibotrys* (D. Don) Hara., 当地叫荞麦当归) 来护坎的习惯, 这是一种多年生草本植物, 各种类型土壤上都能生长, 是较受欢迎的猪饲料, 也是蜜源植物, 也可用作绿肥, 其块根和全草可以药用。但由于它是草本, 其挡土与护坎能力有限, 若在坎边同时种植灌木或矮化乔木 (如: 茶、矮化桑、紫穗槐等), 则护坎效果会更好, 而且还可以增加经济效益。

对于老梯田培坎, 由于经常的侵蚀与分层剥落, 已经成为 $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 的陡坎, 必须及时采取护坎措施。秭归县茅坪某农场计划在梯田坎边种植有经济效益的黄花菜、荞麦、当归等, 同时依据梯田培坎的高低, 在陡坎上分层种植紫穗槐、马桑、黄荆等, 保持培坎的稳定。

2.5 卵石梯田石坎

在缺乏合适石料修建梯田的地方, 农民从就近河谷搬运卵石作为石坎修梯田, 在野外考察中发现此类梯田石坎在雨季垮塌的较多。通过调查知道, 卵石石坎的稳定性决定于对梯田的合理布设、规划, 施工时要严格把好技术关^[17]。据有经验的人士介绍, 在卵石石坎施工过程中, 首先要清理好基脚, 保证基脚要稳, 基线要直。垒砌时, 要大块垫底, 块石压茬, 小块填石要密实, 这均是很重要而又容易被忽视的技术问题。

参 考 文 献

- 1 黄秉维. 三峡淹没区农业人口安置问题的几点意见. 地理研究, 1993, 12(1).
- 2 黄秉维. 关于三峡工程生态与环境影响的几个问题. 自然地理综合工作六十年——黄秉维文集. 北京: 科学出版社, 1993.
- 3 杜榕桓、刘新民等编著. 长江三峡工程库区滑坡与泥石流研究. 四川科学技术出版社, 1991.
- 4 魏启扬. 三峡库区水土保持问题. 微观探析与对策研究. 湖北省水土保持文集. 湖北省水利厅, 1994.
- 5 王发读. 浅层堆积物滑坡特征及其与降雨的关系初探. 水文地质工程地质, 1995, (1), P20~23.
- 6 山田刚二(日)等著. 滑坡和斜坡崩塌及其防治. 北京: 科学出版社, 1980.
- 7 湖北省秭归县地方志编撰委员会编. 秭归县志. 中国大百科全书出版, 1991.

- 8 钱正英. 中国梯田. 序言, 中华人民共和国水利部编, 吉林科学出版社, 1989.
- 9 宋秀钿. 紧扣三个环节, 狠抓水土保持. 湖北省水土保持文集. 湖北省水利厅, 1994 年 8 月.
- 10 中国科学院成都分院土壤研究室. 中国紫色土(上篇). 科学出版社, 1991.
- 11 郭永明. 紫色泥页岩在自然状态下的风化崩解的观察. 土壤农化通报, 1988, 3(1).
- 12 屈全邦. 试论坡度的农业地文性质. 土壤通讯, 1984(2).
- 13 郭廷辅. 地埂经济大有可为. 中国水土保持, 1992(4), P11~12.
- 14 段义字等. 开发利用梯田硬坎, 提高山区环境容量. 中国水土保持, 1993(3).
- 15 权元安. 坡耕地紫穗槐等高灌木带试验初探. 湖北省水土保持文集. 湖北省水利厅, 1994 年 8 月.
- 16 Carson, M. A. and M. J. Kirkby, Hillslope Form and Process, Cambridge University Press, 1972.
- 17 王允喜. 花岗岩风化层地区梯田的布设与施工. 中国水土保持, 1991(7), P23~28.

AN ANALYSIS ON THE STABILITY OF TERRACE IN THE THREE GORGES RESERVOIR AREA

Cai Qiangguo¹ Zhang Guangyuan² Wu Shuan¹ Ding Shuwen²

(1 *Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101*

2 *Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070*)

Abstract

The key problem of the Three Gorges Project is the people resettlement in the reservoir area. Terracing on slopes is one of the important technical measure for solving it. The reservoir area has been seriously endangered by landslides and collapses in history. There are more than 510 landslides and collapses from 1982 to 1987 in Zigui county. It has been confirmed after field investigation in recent years that the stability of terrace located on accumulation of landslides and collapses has been often imperiled by wriggling and sliding of them. Landslides and collapses are very strangely influenced by rainfall. Generally, if precipitation (daily or time) is more than 50 mm, shallow landslides occur frequently. According to our experimental results, the infiltration rate on terrace is 3 times than slope land, so terrace on accumulation causes slide to happen easily. The anti-weathering ability of the stone bank of terrace is another very important factor influencing the stability of terrace. We have evaluated the classification of purple rocks, which depends on the mineral composition, the chemical and physical behavior, the crack of rocks. Based on field investigation and experimental results, this paper has discussed the characteristics, property and present situation for 4 kinds of unstable bank of terrace in detail: bank with the weathering purple rock, soil ridge of terrace, bank with the weathering crust of granite, cobble bank of terrace. The most important way is living hedge, that means to plant shrubs and grasses along or on the bank of terrace, which can stabilize the bank of terrace, prevent soil erosion and provide some products. The detail description has been given to species selection, experiment design and economic benefit.

Key words the three gorges reservoir area, stability of terrace, analysis and measure