

豫西南土坎水平梯田田坎稳定性分析

杨 柳¹, 郝仕龙^{2,3}, 范云鹏⁴

(1. 南阳市水土保持监督监测站, 河南 南阳 473000; 2. 华北水利水电大学 资源与环境学院, 郑州 450045;
3. 南阳师范学院 南水北调中线水源区水安全河南省协同创新中心, 河南 南阳 473061; 4. 南阳市水利局, 河南 南阳 473068)

摘 要:坡改梯对提高耕地的经济效益和环境生态效益具有重要的作用, 梯田断面设计是保证梯田功能实现和运行的关键, 梯田断面稳定性与土壤的抗剪强度有关, 土壤抗剪强度与土壤类型有着直接的联系, 针对豫西南坡改梯的重大需求, 选取豫西南坡耕地分布区 5 种主要土壤类型并进行基本的物理性试验和固结不排水三轴剪切试验, 得到了 5 种土壤类型日常工况和暴雨工况下的抗剪强度指标, 采用暴雨工况下不同土壤的抗剪强度指标, 分别设计 4 种梯田田坎高度和田坎坡度样式, 利用理正软件进行土坎梯田田坎稳定性分析。结果表明: 在相同工况下, 立黄土梯田在设定的 4 种田坎高度和边坡样式条件下, 都满足稳定性要求, 黄刚土在田坎高度为 2.5 m 时, 梯田最大边坡不宜超过 60° 时, 当边坡超过 60° 时, 土坎梯田稳定性不满足安全要求。棕壤、褐土和黄棕土壤土坎梯田设计高度不宜超过 2 m, 边坡不宜超过 65°。这说明在相条件下, 立黄土土坎梯田边坡稳定性最好, 其次是黄刚土, 棕壤、褐土和黄棕土壤土坎梯田稳定性相对较差, 研究结果可为豫西南土坎水平梯田多样化的设计提供依据。

关键词:豫西南; 水平梯田; 田坎; 稳定分析

中图分类号: S157.3⁺1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2018)01-0282-05

Analysis of the Ridge Stability of Level Terrace in Southwest He'nan Province

YANG Liu¹, HAO Shilong^{2,3}, FAN Yunpeng⁴

(1. *Supervision and Monitoring Station of Soil and Water Conservation in Nanyang City, Nanyang, He'nan 473000, China*; 2. *School of Resources and Environment, North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450011, China*; 3. *Collaborative Innovation Center of Water Security for Water Source Region of Mid-line of Source Region of Mid-line of South-to-North Diversion Project of He'nan Province, Nanyang Normal University, Nanyang, He'nan 473061, China*; 4. *The Water Conservancy Bureau of Nanyang City, Nanyang, He'nan 473068, China*)

Abstract: Slope-terrace transformation project has obvious effect on improving the cultivated land economic and ecological benefits. The proper cross section design is the key to ensure the function implementation and operation of terrace, the terrace ridge stability is mainly affected by the ridge height, lateral slope, cohesion, internal friction angle and other factors, which have direct contact with the soil types. According to the great demand of slope-terrace transformation project in the southwest of He'nan Province, we selected the 5 major soil types and sampling in slope farmland distribution area of southern He'nan, after the tests of the basic physical and the triaxial consolidated-undrained shear tests on the soil samples in laboratory, we obtained the shear strength indexes of 5 kinds of soil types under the daily working conditions and heavy rain conditions. According to the different soil indicators of total cohesion, total internal friction angle, we designed 4 kinds of terrace ridge height and slope style, respectively, to different soil types, and with the software of Lizheng, analyzed the terrace stability of different soil types and different ridge and slope in the rainstorm conditions. The result show that: in the same condition, loess terrace meets the stability requirements under all kinds of loess terrace ridge height and slope style conditions, as to the Huanggang soil, when the ridge

收稿日期: 2016-09-12

修回日期: 2016-11-21

资助项目: 水利部黄土高原水土流失过程与控制重点实验室开放课题基金“豫西黄土丘陵区坡耕地水土流失控制理论与技术研究”(201604)

第一作者: 杨柳(1970—), 女, 河南南阳人, 本科, 高级工程师, 主要从事水土保持与生态环境研究。E-mail: 809572716@qq.com

通信作者: 郝仕龙(1972—), 男, 江西永修人, 博士, 教授, 主要从事土地资源利用研究。E-mail: haoshilong24@163.com

height is 2.5 m, the maximum slope terrace should not exceed 60° , otherwise, the terrace ridge slope does not meet the safety requirements of the stability, while as to brown soil, cinnamon soil and yellow-brown soil, the ridge terrace design height should not exceed 2 m and the slope should not exceed 65° , showing that, in the same condition, the stability of the loess terrace is the best, followed by Huanggang soil, while the stability of the brown soil, cinnamon soil and yellow-brown soil terrace is relatively weak. The results of this study can provide the scientific basis for the diversified design of ridged level terrace in southwest of He'nan Province.

Keywords: southwest He'nan; level terrace; ridge; stability analysis

河南省是我国第一粮食生产大省,2010年底,耕地面积为720.22万 hm^2 ^[2-3],其中坡耕地面积为78.96万 hm^2 ,坡改梯是我国开发利用坡地、发展农业生产的一种传统方式^[4-6],也是我国坡耕地治理的一项重要工程措施^[7-10],对水土保持与粮食稳产增产方面发挥巨大的生态效益和社会效益^[11-16],建设至今,水平梯田已成为山地丘陵区面广量大的基本农田,是水土保持、坡面、田间工程措施的主要组成部分^[17-21]。梯田设计要求开挖土方工程量小、省工、土地利用率高、田坎稳定等。能最大限度满足这些要求的梯田断面,设计上称为最优断面^[22]。

梯田的设计保证了梯田功能的实现和运行,传统上由于工程的实施者为广大的农民群众,大多凭经验进行设计施工,存在随意性,因此修筑的梯田规格、质量不一,对农业生产的促进大打折扣^[23]。近年来,学者针对梯田设计和修筑的问题,从各学科和技术方面阐述梯田设计思路与优化方案,取得了一定的成果,但在优化方案上,没有形成统一的认识。究其原因,不同区域客观条件和需要存在较大差异,从而造成梯田优化设计上的混乱和争论。梯田田坎必须保持稳定,是梯田设计中最基本的要求,影响田坎稳定性的主要因素有田坎高度、外侧坡度、土壤密实程度、土壤的内摩擦角、黏聚力、修筑方法和施工质量等^[23]。一般田坎低,侧坡缓,施工质量高,田坎稳定。反之,不利于稳定。但如果梯田修得过缓,使耕地净面积减少,降低土地的利用率,打消农户坡改梯的积极性,豫西南区域自然条件差异大,坡改梯优化方案也存在着较大的差异,长期以来,由于缺乏科学依据,坡改梯工程经验性、随意性较强,远远达不到优化设计的要求,本文从豫西南区域自然条件出发,在科学试验的基础上,分析豫西南坡改梯不同土壤类型及不同设计方案条件下的田坎稳定性,为该区域坡改梯工程方案设计提供参考。

1 研究区域概况

项目研究区位于黄河以南,大别山、桐柏山以北,

郑州、许昌西部,地理位置为 $110^{\circ}20' - 116^{\circ}00'E$, $31^{\circ}20' - 35^{\circ}10'N$ 。包含豫西及豫南各市县区,其中豫西主要包括洛阳市、平顶山市、三门峡市及郑州市部分县区,豫南主要包括许昌市、南阳市、驻马店市及信阳市各县区,研究区国土总面积为 9.66 万 km^2 , 占全省国土总面积 16.55 万 km^2 的 58.39% 。豫西南坡耕地总面积为 68.88 万 hm^2 , 占全省坡耕地总面积的 87.23% 。梯田面积为 25.02 万 hm^2 。仅占全省耕地面积的 3.5% , 研究区域各县区的地理位置及空间分布如下图(图 1)。地形有包括山地、丘陵、岗地、盆地,海拔 $23.2 \sim 2414 \text{ m}$, 降雨量 $516 \sim 1370 \text{ mm}$, 土壤的地带性主要包括暖温带落叶阔叶林干旱森林草原棕壤褐土地带和北亚热带含常绿阔叶树种的落叶阔叶林黄棕壤地带, 根据河南省土壤分类系统^[24], 豫西南山地丘陵区土壤分布区土类主要有褐土、棕壤及黄棕壤三大土类, 其中褐土类主要包括褐土、白面土、红黏土、立黄土及油黄土 5 个土壤亚类, 棕壤土类包括棕壤和棕黄土 2 个土壤亚类, 黄棕壤土类包括黄棕壤、黄褐土和黄刚土 3 个土壤亚类。从土壤亚类的角度, 豫西南坡耕地分布区土壤类型主要包括豫西丘陵立黄土、白面土及红黏土亚类、豫西伏北山地棕壤亚类、豫西伏北低山丘陵褐土亚类、伏牛山南部山地丘陵黄刚土亚类及豫南大别山桐柏山山地丘陵黄棕壤亚类(图 2)。

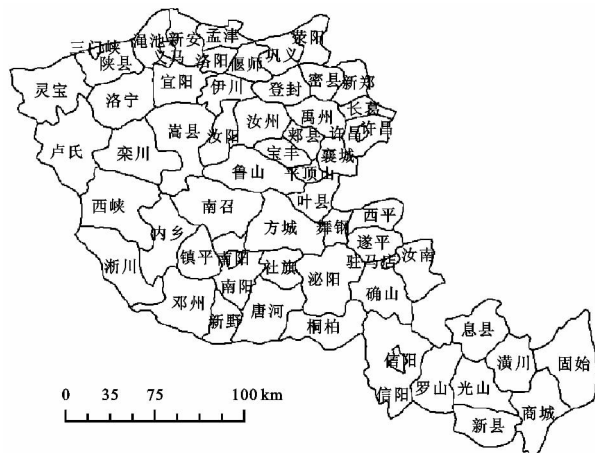


图 1 研究区域

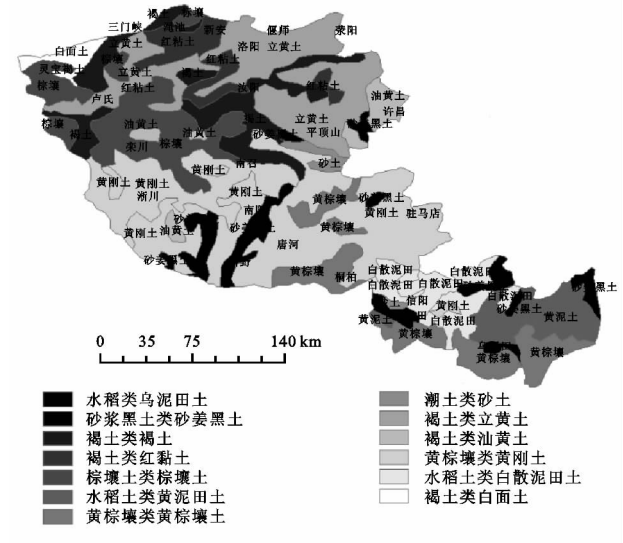


图 2 豫西南土壤类型分布

2 试验材料与方法

2.1 试验材料

试验土样分别为立黄土、棕壤土、褐土、黄刚土及黄棕壤,取土时间为 2013 年 5 月,土样分别采自河南省陕县、嵩县、新密市、南召县和商城县。土样取样为各土壤类型区坡耕地分布区域,取土深度为 1 m,土量为 30 kg。对试样进行基本的物性试验,所得的物理性质指标见表 1,施工过程中土壤含水率以 12%~16%为宜^[22-23]。

表 1 土壤试样的物理性质指标

土样	含水率/ %	干密度/ (g·cm ⁻³)	饱和前 质量/g	饱和后 质量/g	饱和后 含水率/%
立黄土	16.1	1.45	161.12	191.59	38.1
黄刚土	16.0	1.37	152.19	183.37	39.8
棕壤	16.1	1.40	160.07	188.63	40.3
褐土	12.5	1.41	149.61	187.56	38.5
黄棕壤	16.0	1.44	163.50	187.60	35.4

2.2 试验设计与计算方法

(1) 试验设计。按试验要求分别制取五个区域土壤重塑样各一个,各进行一组固结不排水三轴剪切试验。分别在 100 kPa,200 kPa,300 kPa 围压下进行。本次试验采用北京华勘有限责任公司 KTG 全自动三轴仪,参照《岩土工程勘察规范(GB50021—2001(2009 年版))》和《土工试验方法标准(GB/T50266—99)》的规定进行试验和结果与分析。

(2) 边坡稳定性分析。理正系列软件为一款常用的国产土木工程辅助设计计算软件,本项目采用的是理正岩土中的边坡稳定性分析系统。该软件采用瑞典条分法、简化 Bishop 法、JanBu 法进行圆弧破裂面稳定计算,自动搜索最危险滑动面,并输出最危险滑动面的边坡稳定系数彩色云图等参数。该软件在边坡稳定性分析领域得到了广泛的应用。

3 结果与分析

3.1 土样应力和抗剪强度

试验结束后,利用计算机内自带试验处理软件,将所得结果进行处理分析,得到总应力、抗剪强度指标 c_{cu} , φ_{cu} 和有效应力、抗剪强度指标 c' , φ' 。试验结果汇总(表 2)。分两种工况,第一种工况为日常工况条件下,在该工况条件下,土体含水量适中,土体在自重条件下固结已经完成,对应试样的有效应力指标。暴雨工况条件下,此种工况条件下,土体含水量急剧增加达到饱和,土体没有充分的时间排水固结,对应试样的总粘聚力和总内摩擦角。两种工况都采用固结不排水剪切强度来计算边坡稳定性。表 2 为各土壤试样在两种工况条件下的粘聚力、内摩擦角取值。

表 2 土壤试样三轴固结不排水剪切试验结果

土壤类型	c_{cu} /kPa	$\varphi_{cu}/(^{\circ})$	c' /kPa	$\varphi'/(^{\circ})$
立黄土	11	16.2	25	16.2
黄刚土	8	14.7	22	15
棕壤	7	13.5	13	15.6
褐土	7	14.5	23	14.5
黄棕壤	7	13	17	14.1

根据不同土壤试样三轴固结不排水剪切试验结果,暴雨工况条件下,立黄土的土壤黏聚力要强于其他土壤类型,土壤内摩擦角也大于其他土壤类型,其次是黄刚土,棕壤、褐土和黄棕壤土壤黏聚力大小一致,内摩擦角褐土要稍大于棕壤和黄棕壤。日常工况条件下,立黄土也同样具有较好的黏聚力,其次是褐土和黄刚土,棕壤的土壤黏聚力相对要差,土壤的内摩擦角相差不大,最大为立黄土,其土壤的内摩擦角为 16.2°,最小为黄棕壤,其土壤的内摩擦角为 14.1°。日常工况条件下,各土壤试样土壤黏聚力要强于暴雨工况条件下土壤黏聚力,土壤内摩擦角也大于暴雨工况条件下内摩擦角,其中土壤黏聚力在不同工况条件下其强度相差尤为显著,立黄土的土壤黏聚力在日常工况条件下为 25 kPa,而在暴雨工况条件下其黏聚力下降至 11 kPa,因此,立黄土在日常工况条件下的土壤黏聚力是暴雨工况条件下的 2.27 倍,而褐土的土壤黏聚力相差最为明显,日常工况条件下的土壤黏聚力是暴雨工况条件下的 3.29 倍。

3.2 土坎梯田边坡稳定性分析

采用理正软件对土坎梯田进行边坡稳定性分析。暴雨条件下,雨水入渗使得土体的饱和度更高,总压力增大,强度降低,同时土体的排水条件较差,此时土坎梯田边坡稳定性差,容易发生滑坡,因此本文采用固结不排水剪总应力指标,这将获得土坎边坡稳定性更高的设

计参数^[25-28]。取土坎的稳定安全系数 $K=1.3^{[29-30]}$ 。其中的田坎高度定为 1 m,1.5 m,2 m,2.5 m 四种样式,外侧坡角设为 60°,65°,70°,75°四种样式,分别进行土坎梯田的稳定性分析,得到的结果见表 3—7。

表 3 立黄土土坎梯田稳定安全系数

田坎 高度/m	田坎坡角/(°)			
	75	60	65	70
1	3.714	3.584	3.372	3.259
1.5	2.615	2.488	2.363	2.241
2	2.066	1.963	1.862	1.761
2.5	1.734	1.646	1.559	1.473

表 4 黄刚土土坎梯田稳定安全系数

田坎 高度/m	田坎坡角/(°)			
	75	60	65	70
1	2.783	2.678	2.519	2.450
1.5	1.977	1.879	1.784	1.694
2	1.575	1.494	1.416	1.337
2.5	1.330	1.261	1.193	1.126

根据立黄土土坎梯田的稳定性分析结果(表 3),立黄土土坎梯田的稳定性较好,当田坎高度为 2.5 m 时,梯田地面最大坡角可设为 75°,此时土坎梯田稳定性相对较好, $F_s=1.473$,满足土坎梯田稳定性要求。根据黄刚土土坎梯田的稳定性分析结果(表 4),当田坎高度为 2 m 时,梯田地面最大坡角可设为 75°,此时土坎梯田稳定性较好,当田坎高度达 2.5 m 时,梯田地面最大坡角不宜超过 60°。

表 5 棕壤土坎稳定安全系数

田坎 高度/m	田坎坡角/(°)			
	75	60	65	70
1	2.452	2.360	2.219	2.160
1.5	1.745	1.658	1.574	1.496
2	1.392	1.321	1.251	1.182
2.5	1.178	1.116	1.056	0.996

表 6 褐土土坎稳定安全系数

田坎 高度/m	田坎坡角/(°)			
	75	60	65	70
1	2.481	2.389	2.246	2.147
1.5	1.772	1.683	1.597	1.519
2	1.418	1.344	1.273	1.202
2.5	1.203	1.139	1.077	1.015

表 7 黄棕壤土坎稳定安全系数

田坎 高度/m	田坎坡角/(°)			
	75	60	65	70
1	2.437	2.345	2.206	2.146
1.5	1.732	1.646	1.563	1.484
2	1.380	1.309	1.240	1.172
2.5	1.166	1.105	1.045	0.986

根据棕壤、褐土和黄棕壤土土坎梯田的稳定性

分析结果(表 5—7),当田坎高度小于等于 1.5 m 时,土坎梯田地面坡角为 75°时,土坎梯田边坡稳定性较好,当田坎高度达 2 m 时,土坎坡角不宜超过 65°,当田坎高度超过 2.5 m 时,四种设定土坎坡角均处于不稳定状态。说明棕壤、褐土和黄棕土壤土土坎梯田的稳定性较类似。

试验结果表明,立黄土土坎梯田边坡稳定性最好,在各种梯田断面设计条件下,其土坎边坡都具有较强的稳定性,其次是黄刚土,当土坎梯田高度为 2.5 m 时,梯田地面最大边坡角不宜超过 60°。当土坎梯田高度小于 2.5 m 时,在梯田各种坡角条件下,其土坎边坡稳定性较好,棕壤、褐土和黄棕土壤土土坎梯田具有类似的稳定性特征,当田坎高度达 2 m 时,土坎边坡角不宜超过 65°。从分布区域来看,立黄土主要分布在豫西北三门峡、洛阳(偃师县、宜阳县及孟津县)及郑州西郊(荥阳、登封市和巩义市),由缓岗过渡到残塬阶地而止于丘陵与红黏土带相连,黄刚土主要分布在大别山北坡与淮河干流之间,西部在伏牛山南坡与南阳盆地交接处的丘陵地区。棕壤主要分布在太行山区、伏牛山北坡以及伏牛山南坡较高山地,就行政区划而言,主要分布在卢氏、栾川、灵宝、嵩县、鲁山、洛宁、汝阳、登封、南召、西峡、内乡县较高山地,褐土主要分布于伏牛山北坡与太行山地浅山丘陵地区,黄棕壤主要分布范围大体上在大别、桐柏地丘陵垄岗地区,呈一狭长地带分布,就行政区划而言,主要分布在驻马店地区的泌阳、确山、南阳地区的淅川、西峡、内乡、镇平、南召、方城、桐柏、唐河等县及信阳地区的信阳、罗山、潢川、光山、新县、商城、固始等县大部分地区。

4 结 论

- (1) 日常工况下,各参试土样中,在土壤的黏聚力方面,立黄土的黏聚力最强,达到 25 kPa,褐土、黄刚土、黄棕壤及棕壤的黏聚力强度依次下降,棕壤的黏聚力强度为 13 kPa,在土壤的内摩擦角方面,立黄土的内摩擦角最大,达到 16.2°,棕壤、黄刚土、褐土及黄棕壤的内摩擦角依次下降,其中黄棕壤的内摩擦角为 14.1°。在暴雨工况下,各参试土样的黏聚力强度有较大的降低,在这种工况条件下,立黄土的黏聚力也最强,达到 11 kPa,其次是黄刚土为 8 kPa,棕壤、褐土及黄棕壤的黏聚力一致,为 7 kPa,各参试土样的内摩擦角与日常工况条件总体相差不大。
- (2) 在暴雨工况下,采用固结不排水总应力指

标,分析基于不同田坎高度及边坡角度的水平梯田稳定性,可以为土坎水平梯田安全运行提供可靠保证,试验表明在相同工况下,梯田边坡角度越大,田坎越高,土坎的稳定安全系数越小。5种参试土样中,在相同的土坎梯田设计样式中,立黄土土坎梯田边坡稳定性最高,其次是黄刚土,棕壤、褐土,黄棕土壤土坎梯田边坡稳定性相对较低,这说明在上述相同条件下,立黄土抗剪强度最大,黄刚土次之,棕壤、褐土,黄棕壤的抗剪强度相对较弱。

参考文献:

- [1] 李茂. 河南省耕地和粮食灰色关联分析[J]. 地理科学进展, 2002, 21(2): 163-172.
- [2] 范磊, 王来刚, 程永政, 等. 河南省土地利用变化遥感监测[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(28): 13722-13724.
- [3] 张志国. 改革开放以业河南省耕地面积波动分析[J]. 中国农学通报, 2011, 27(14): 257-261.
- [4] 王道龙, 毕于运. 我国西部生态脆弱带坡耕地水土流失及坡地梯化[J]. 中国人口·资源与环境, 2002, 12(5): 88-90.
- [5] 欧阳昉. 坡改梯是西部贫困山区脱贫致富的有效途径[J]. 中国农业资源与区划, 2006, 27(6): 27-29.
- [6] 熊康宁, 李晋, 龙明忠. 典型喀斯特石漠化治理区水土流失特征与关键问题[J]. 地理学报, 2012, 67(7): 878-888.
- [7] 高海东, 李占斌, 李鹏, 等. 梯田建设和淤地坝淤积对土壤侵蚀影响的定量分析[J]. 地理学报, 2012, 67(5): 599-608.
- [8] 张岩, 杨松, 李镇, 等. 陕北黄土区水平条带整地措施对切沟发育的影响[J]. 农业工程学报, 2015, 31(7): 125-130.
- [9] 张国华, 谢崇宝, 皮晓宇, 等. 不同措施红壤坡地与梯田土地生产潜力[J]. 山地学报, 2015, 33(3): 88-293.
- [10] 陈良. 低山丘陵区水土保持治理与生态环境效应[J]. 长江流域资源与环境, 2004, 13(4): 370-374.
- [11] 胡望舒, 洪浑, 周侃, 等. 黄土丘陵区水平梯田与农民收入的关系及原因: 以宁夏回族自治区固原市为例[J]. 干旱区地理, 2013, 36(3): 536-544.
- [12] 胡建民, 胡欣, 左长清. 红壤坡地坡改梯水土保持效应分析[J]. 水土保持研究, 2005, 12(4): 271-273.
- [13] 陈述文, 邓炜, 邱金根. 不同坡改梯方式的生态环境效应研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(19): 8251-8254.
- [14] 张彦军, 郭胜利, 南雅芳, 等. 水土流失治理措施对小流域土壤有机碳和全氮的影响[J]. 生态学报, 2012, 32(18): 5777-5785.
- [15] 薛莲, 刘国彬, 张超, 等. 黄土高原丘陵区坡改梯后的土壤质量效应[J]. 农业工程学报, 2011, 27(4): 310-316.
- [16] 刘晓燕, 王富贵, 杨胜天, 等. 黄土丘陵沟壑区水平梯田减沙作用研究[J]. 水利学报, 2014, 45(7): 793-800.
- [17] 赵护兵, 刘国彬, 吴瑞俊. 黄土的丘陵区不同类型农地的养分循环平衡特征[J]. 农业工程学报, 2008, 22(1): 58-64.
- [18] 王瑗玲, 赵庚星, 王瑞燕, 等. 区域土地整理生态环境评价及时空配置[J]. 应用生态学报, 2006, 17(8): 1481-1484.
- [19] 王金满, 白中科, 宿梅双. 山地丘陵区坡式梯田土地整治工程量快速测算方法[J]. 中国土地科学, 2013, 27(1): 78-83.
- [20] 赵玉领, 苏强, 吴克宁, 等. 河南嵩县土地整理的数量质量潜力[J]. 农业工程学报, 2008, 24(9): 73-78.
- [21] 刘宁, 郎文聚, 雷廷武. 丘陵地区梯田土方量的快速计算方法及应用[J]. 农业工程学报, 2007, 23(4): 47-51.
- [22] 潘起来, 牛晓君. 土坎水平梯田最优断面设计[J]. 青海大学学报: 自然科学版, 2005, 23(2): 22-24.
- [23] 马良瑞, 梅再美. 梯田断面设计与优化研究[J]. 贵州科学, 2012, 30(2): 45-48.
- [24] 克循. 河南土壤[M]. 郑州: 河南人民出版社, 1979.
- [25] 郭莹, 王跃新. 原状与重塑粉土固结不排水剪切特性的对比试验[J]. 水利学报, 2011, 42(1): 68-75.
- [26] 张海霞, 陈勇, 秦帮民. 三轴不固结不排水剪的试验方法[J]. 水利水电科技进展, 2007, 27(3): 30-34.
- [27] 沈扬, 张明举, 闫俊. 圆弧滑动法中总应力法和有效应力法适用性辨析[J]. 河南大学学报: 自然科学版, 2011, 39(5): 517-522.
- [28] 张军舰, 左红伟, 徐永. 对多级加荷三轴固结不排水剪切试验应用的探讨[J]. 烟台大学学报: 自然科学与工工程版, 2006, 19(1): 58-62.
- [29] 张道兵, 王军, 刘忠恒. 土质边坡的安全系数求解[J]. 湘潭师范学报: 自然科学版, 2004, 26(2): 37-39.
- [30] 王相国, 王洪刚, 王伟. 丘陵区梯田优化设计研究[J]. 水土保持研究, 2001, 8(3): 125-127.