

# 复合地埂在黑土侵蚀山区坡耕地治理中的应用研究

吕志学<sup>1</sup>, 陈英智<sup>1</sup>, 屈远强<sup>2</sup> (1. 黑龙江省水土保持科学研究院, 黑龙江哈尔滨 150070; 2. 穆棱市水务局, 黑龙江八面通镇 157500)

**摘要** [目的]结合“全国坡耕地水土流失综合治理试点工程”建设,探索复合地埂措施在黑土侵蚀山区坡耕地治理中应用的可行性。[方法]根据单位长度复合地埂拦蓄量与单位面积坡面来水量确定不同坡度复合地埂定型参数;根据调查研究确定施工方法;采用小区及实测对比的方法确定效益。[结果]选择穆棱市跃进北沟项目区进行复合地埂为主的坡耕地治理典型模式建设,项目区保水率和保土率分别达到96.14%和99.73%,实施治理坡耕地平均每年产粮 $797 \times 10^4$ kg,比当地平均水平提高12.38%,取得了较好的治理效果。[结论]复合地埂是低山坡耕地中的一项有效水土保持治理措施。

**关键词** 黑土侵蚀山区;坡耕地;复合地埂;模式

**中图分类号** S157 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)18-370-02

## Applied Research of Composite Ridge on Sloping Farmland Governance in Black Soil Erosion Mountains

LU Zhi-xue<sup>1</sup>, CHEN Ying-zhi<sup>1</sup>, QU Yuan-qiang<sup>2</sup> (1. Heilongjiang Provincial Soil and Water Conservation Scientific Research Institute, Harbin, Heilongjiang 150070; 2. Water Authority of Muling City, Bamiantong, Heilongjiang 157500)

**Abstract** [Objective] Explore the feasibility of the application in the treatment of the biomass waste composite ridge measures in black soil erosion mountains combined with the "national farmland soil and water loss comprehensive pilot project" construction. [Method] Analyzing different gradient composite ridge finalize the design parameters according to the unit length and unit area slope of composite ridge; Determine the construction methods according to the investigation and study method; The plot and the measured can be compared to the method to determine benefits. [Result] Choose Yuejin north ditch project area of Muling City for composite ridge typical patterns of farmland management construction, soil and irrigation water retention and rate reached 96.14% and 99.73%, respectively, to implement governance slope to grain production per year on average 7.97 million kg, 12.38% higher than that of local average, good governance effects have been achieved. [Conclusion] Composite ridge is an effective control measures of soil and water conservation in the hilly land.

**Key words** Black soil erosion mountains; Sloping farmland; Composite ridge; Mode

在东北黑土区坡耕地实施的主要治理措施为梯田、地埂、改垄等,有关这几项措施的研究历史较长,资料也相对丰富<sup>[1]</sup>,但黑龙江省低山区坡耕地由于其主要土壤为棕色针叶林土和山地暗棕壤。该种土壤土层薄,无法修筑水平梯田,而单埂易被冲毁达不到治理效果。面对这种实际状况,受1991年穆棱市八面通镇东坡洪成功实行的“复合生物带”治理措施的启发<sup>[2]</sup>,2011年以来,水土保持坡耕地治理工程逐渐形成了以“复合地埂”为主的新局面。

在国外,复合地埂作为复合农林业的一项措施被提出,复合农林业的概念是在20世纪60年代由国际农林业研究委员会(ICRAF)第一任主席 King KFS 及其同事提出的,近20多年来已经发展成为一个活跃的研究领域,并且将来可能会发展成为一个独立学科<sup>[3]</sup>。近年来,在非洲、印度研究较多,主要在对土壤水分的影响、梯田地埂植物与土壤养分的关系上做了一些研究,肯定了坡面工程是有效的水土保持措施<sup>[4]</sup>,但复合地埂作为一项坡面治理措施,其拦蓄降雨的效果主要是在各种坡度和坡形的耕地上,埂间距离与坡度的密切关系,直接影响降雨拦蓄情况,这方面的研究无论是国内还是国外,目前均还是空白。

## 1 研究的地域概况

2011年实施的“全国坡耕地水土流失综合治理试点工程穆棱市跃进北沟项目区”位于穆棱市马桥镇境内,距离

穆棱市城区直线18 km,涉及跃进、北盛等2个村,总人口2 628人。地理坐标为东经130°30'19"~130°37'04",北纬44°41'18"~44°46'10",地处长白山脉向东延伸的老爷岭山脉地带,海拔高度为320~630 m,相对高差为310 m。项目区总面积为17.16 km<sup>2</sup>,水土流失面积14.22 km<sup>2</sup>,占总面积的82.89%,为强烈水蚀类型区。其中轻度水蚀250.08 hm<sup>2</sup>,中度水蚀277.37 hm<sup>2</sup>,强烈水蚀894.89 hm<sup>2</sup>。耕地坡度组成为3~4°的坡耕地20.80 hm<sup>2</sup>,4~5°的89.02 hm<sup>2</sup>,5~8°的408.36 hm<sup>2</sup>,8~15°的884.17 hm<sup>2</sup>,分别占坡耕地面积的1.48%、6.35%、29.12%和63.05%,总耕地面积为1 402.35 hm<sup>2</sup>,均为大于3度坡耕地,且以8~15°所占比重最大,主要种植作物为玉米和大豆。项目区土壤为山地暗棕壤,坡度较大,黑土层较薄。

## 2 研究内容与方法

结合工程建设,主要进行了不同坡度定型参数、施工方法和效益的研究,不同坡度定型参数主要根据单位长度复合地埂拦蓄量与单位面积坡面来水量确定;施工方法主要根据调查研究确定;效益主要采用小区及实测对比的方法确定。

**2.1 复合地埂定型参数** 跃进北沟项目区的复合地埂一般在5~15°的坡耕地上实施,复合地埂实际是大竹节壕式截水沟与地埂植物带的结合体,它具有蓄排结合,抗蚀能力强,防洪标准高,增加林草覆盖度等多种功效,是集水土保持工程、植物和农业措施于一身的综合治理措施,断面详见图1。按10年一遇,24 h最大降雨量设计,结合布设断面及工程施工实际,研究确定了不同地面坡度定型参数见表1。

**2.2 复合地埂施工方法** 根据调研,复合地埂施工工序为:首先根据实际地形,选择有代表性的地方,根据复合地埂的

**基金项目** 黑龙江省科技攻关项目“黑龙江省山丘区坡耕地综合整治措施体系研究”(GC05B304)。

**作者简介** 吕志学(1968-),男,黑龙江哈尔滨人,教授级高级工程师,硕士,从事水土保持基础和应用研究。

**收稿日期** 2015-04-20

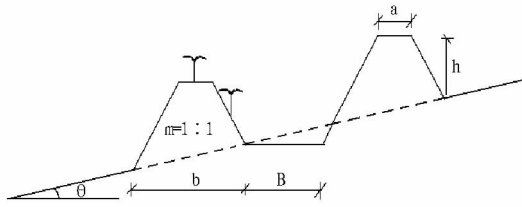


图1 复合地埂断面

比降要求(一般为 1/100~1/200),测出一条水平或基本水平的线,作为第一条埂基线。以第一条埂基线为基础,向上或向下逐条测定各条埂线;第2,进行表土剥离,剥离宽度包括

埂宽 4.2 m 和中间取土宽 0.9 m,剥离的表土要集中堆置在埂坎上、下方待用;第3,用推土机带筑埂犁沿线的两侧筑埂,中间留出 0.9 m 宽备挖掘机挖沟筑埂;第4,挖掘机挖沟筑埂、人工整形拍实;第5,将堆积的表土均匀的覆盖在埂坎表面。需要注意的是,①沟的比降是逆主沟道方向排水,即将坡面径流排向主沟道上游,以延缓汇流时间;②遇侵蚀沟处要修筑高标准蓄水池或浆砌石谷坊;③壕长 6 m,中间土挡 0.5 m;④表土剥离以埂基线为中心线,分别向上、向下堆积表土;⑤下一年春季埂带要进行植物固埂护底,以保证措施持续发挥作用。

表1 复合地埂定型设计

| θ 地面坡度<br>° | A 埂上宽<br>m | B 埂下宽<br>m | H 埂高<br>m | B 沟底宽<br>m | 沟埂占地<br>m <sup>2</sup> /hm <sup>2</sup> | 占地比例<br>% | 沟埂长度<br>m/hm <sup>2</sup> | 复合地埂间距<br>m |
|-------------|------------|------------|-----------|------------|---|-----------|---------------------------|-------------|
| 5           | 0.5        | 2.10       | 0.7       | 0.9        | 1 443                                   | 14        | 283                       | 35          |
| 6           | 0.5        | 2.10       | 0.7       | 0.9        | 1 622                                   | 16        | 318                       | 31          |
| 7           | 0.5        | 2.10       | 0.7       | 0.9        | 1 775                                   | 18        | 348                       | 29          |
| 8           | 0.5        | 2.10       | 0.7       | 0.9        | 1 913                                   | 19        | 375                       | 27          |
| 9           | 0.5        | 2.10       | 0.7       | 0.9        | 2 035                                   | 20        | 399                       | 25          |
| 10          | 0.5        | 2.10       | 0.7       | 0.9        | 2 147                                   | 21        | 421                       | 24          |
| 11          | 0.5        | 2.10       | 0.7       | 0.9        | 2 249                                   | 22        | 441                       | 23          |
| 12          | 0.5        | 2.10       | 0.7       | 0.9        | 2 336                                   | 23        | 458                       | 22          |
| 13          | 0.5        | 2.10       | 0.7       | 0.9        | 2 423                                   | 24        | 475                       | 21          |
| 14          | 0.5        | 2.10       | 0.7       | 0.9        | 2 499                                   | 25        | 490                       | 20          |

### 3 结果与分析

复合地埂效益分析主要采取现有小区观测资料和实地测产资料相结合的方法进行。跃进北沟项目区基础效益主要以牡丹江实验站 2012~2013 年的观测数据为准,按流域内坡耕地各项措施实施面积比例进行加权计算<sup>[5]</sup>。典型模式的增产效益均以实测对比结果为准进行加权计算。项目区共实施复合地埂 1 073.07 hm<sup>2</sup>,占项目区坡耕地治理总面积的 96.57%。水平梯田 38.12 hm<sup>2</sup>。

**3.1 生态效益** 跃进北沟项目区通过实施以复合地埂为主的坡耕地治理,林草覆被率提高 5.42 个百分点,综合治理措施平均每年可拦蓄径流总量达 170.92 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>,保土总量达 3.21 × 10<sup>4</sup> t,保水率和保土率分别达到 96.14% 和 99.73%,土壤侵蚀模数由治理前的 2 900 t/km<sup>2</sup>·a 降至微轻度。坡耕地土壤侵蚀被有效控制,土壤结构逐年改善,地面小气候明显好转,基本农田面积逐年扩大,为农业可持续发展奠定了坚实基础。

表2 牡丹江试验场观测期累计观测结果

| 年份   | 试验处理    | 降雨总量 | 产流次数 | 产流降雨量 | 平均径流量                           | 平均泥沙量              | 保水率   | 保土率   | 备注    |
|------|---------|------|------|-------|---------------------------------|--------------------|-------|-------|-------|
|      |         | mm   |      | mm    | m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> | kg/hm <sup>2</sup> |       |       |       |
| 2012 | 8度横坡垄作  | 450  | 6    | 360   | 673                             | 6 222              | 94.50 | 99.10 | 梯田比横垄 |
|      | 8度水平梯田  | 450  | 6    | 360   | 37                              | 56                 |       |       |       |
|      | 12度横坡垄作 | 450  | 6    | 360   | 682                             | 7 000              | 95.89 | 99.70 | 复埂比横垄 |
|      | 12度复合地埂 | 450  | 6    | 360   | 28                              | 21                 |       |       |       |
| 2013 | 8度横坡垄作  | 695  | 7    | 540   | 906                             | 11 143             | 94.70 | 99.30 | 梯田比横垄 |
|      | 8度水平梯田  | 695  | 7    | 540   | 48                              | 78                 |       |       |       |
|      | 12度横坡垄作 | 695  | 7    | 540   | 997                             | 16 000             | 96.49 | 99.80 | 复埂比横垄 |
|      | 12度复合地埂 | 695  | 7    | 540   | 35                              | 32                 |       |       |       |

**3.2 经济效益** 经实测推算,跃进北沟项目区实施治理坡耕地平均年总产量 797 × 10<sup>4</sup> kg,比当地平均水平提高 12.38%,平均年增产 88.72 × 10<sup>4</sup> kg,增加收入 182.45 万元,按总农业人口计算,平均每人增收 964 元,比当地平均水平提高 33.25%,这些都不含新增枝条等收益。

**3.3 社会效益** 模式建设立足流域珍贵的耕地资源,实现耕地利用与保护相结合,达到保持水土,提高土地生产力,引导群众脱贫致富的目的。坡耕地经过治理,粮食产量大幅度

提高,农民生活质量将明显改善,加快了全面建成小康社会步伐。

### 4 结论

复合地埂做为低山区坡耕地的一项治理措施,对解决因该区土层薄而不能修筑水平梯田,水土流失无法彻底控制难题提供了很好的办法。通过小区观测、调查研究及实地测产,给出了不同坡度复合地埂定型设计表,明确了施工方法。

(下转第 374 页)

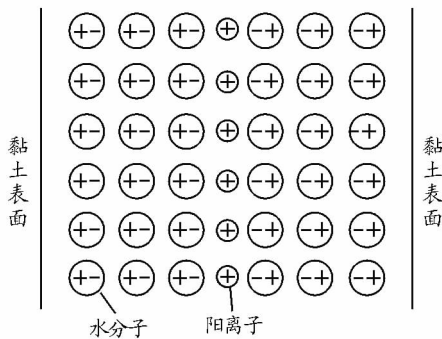


图3 公共双电层示意<sup>[3]</sup>

同时含水量的变化会直接影响到结合水膜厚度的变化,因此对于同一种土来说,双电层力与含水量密切相关。

4 结论

已有关于非饱和土抗拉强度特性的研究多集中在影响因素层面,没能从机理方面系统地探究其来源。该研究立足于非饱和土土颗粒之间的联结作用,分别从吸力联结力和非吸力联结力 2 个方面分析了非饱和土抗拉强度的来源,证明土体抗拉强度与土体本身的性质相关,主要由土颗粒、胶结物、孔隙液和气体等三相之间的物理化学作用提供。吸力联结力受干密度、含水量和土体的级配影响。非吸力联结力中的胶结力主要与胶结物的成分和含量有关,有机质含量越高则胶结力越大,而含水量越大,矿质胶结物越容易溶解,胶结力越小;范德华力与分子间的距离相关,宏观体现在土体的级配和干密度上;双电层力与孔隙溶液的浓度、含水量、还有阳离子的价态有关。综合分析非饱和土抗拉强度的形成因素,对于同一地区受环境影响较小的土体来说,土体的级配、有机质、矿质胶结的类型和阳离子的价态变化不大,因此非饱和土的抗拉强度的大小此时主要取决于含水量和干密度,这也是前人学者通过试验方法集中研究的影响因素。该研究仅是理论上分析了抗拉强度的来源,建立在一定的假设条件下,因此还需要结合前人对抗拉强度的试验成果设计新的试验方法进一步验证该理论的合理性。

参考文献

[1] 魏瑞. 压实黏土拉伸特性试验研究[D]. 北京:清华大学,2007.  
 [2] 黄文熙. 土的工程性质[M]. 北京:水利水电出版社,1983:290-291.  
 [3] 李广信. 高等土力学[M]. 北京:清华大学出版社,2004:196-198.  
 [4] BISHOP A W, GEOGIA V K. Drained tension tests on london clay[J]. Geotechnique, 1969, 19(3): 310-313.  
 [5] TCHBOTARIOFF G P, WARD E R, DEPHILIPPE A A. The tensile strength of distributed and recompacted soils[C]//Proceedings of the 3rd international conference on soil mechanics and foundation engineering. Switzerland, 1953.  
 [6] NAHLAWI H, CHAKRABARTI S, KODIKARA J. A direct tensile strength testing method for unsaturated geomaterials[J]. Geotech Test Journal,

2004, 27(4): 356-361.  
 [7] PARRY R H G. Triaxial compression and extension tests on remolded saturated clay[J]. Journal of Geotechnical Engineering, 1960, 10(4): 166-180.  
 [8] NARAIN J, RAWAT P C. Tensile strength of compacted soils[J]. Journal of Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, 1970, 96(6): 2185-2190.  
 [9] CHEN W F. Limit analysis and soil plasticity[M]. Amsterdam, Oxford, New York. Elsevier:Scientific Publishing Company, 1975.  
 [10] FANG H Y, CHEN W F. Further study of double-punch test for tensile strength of soil[C]//Proc. 3rd Southeast Asian conf. soil engineering. ASCE, 1972: 211-215.  
 [11] AJAZ A, PARRY R H G. Analysis of bending stress in soil beams[J]. Geotechnique, 1975, 25(3): 279-291.  
 [12] 清华大学土石坝抗裂研究小组. 黏性土抗拉特性的测量和对土石坝裂缝的初步研究[J]. 清华大学学报:自然科学版, 1973(3): 61-71.  
 [13] 邓猛. 考虑气相硬化影响的非饱和土本构模型试验研究[D]. 北京:北京交通大学, 2012.  
 [14] 钱家欢, 殷宗泽. 土工原理与计算[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2007.  
 [15] 沈珠江. 广义吸力和非饱和土的统一变形理论[J]. 岩土工程学报, 1996, 18(2): 1-9.  
 [16] LU N, LIKOS W J. Suction stress characteristic curve for unsaturated soil[J]. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 2006, 132(2): 131-142.  
 [17] LU N. Is matric suction stress variable? [J]. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 2008, 134(7): 899-905.  
 [18] 赵成刚. 非饱和土力学中几个基本问题的探讨[J]. 岩土力学, 2013, 34(7): 1825-1830.  
 [19] GENS A. Soil-environment interactions in geotechnical engineering[J]. Géotechnique, 2010, 60(1): 3-74.  
 [20] BAKER R, FRYDMAN S. Unsaturated soil mechanics: Critical review of physical foundations[J]. Engineering Geology, 2009, 106(1/2): 26-39.  
 [21] 党进谦, 李靖, 张伯平. 黄土单轴拉裂特性的研究[J]. 水力发电学报, 2001(4): 44-48.  
 [22] 党进谦, 郝月清, 李靖. 非饱和黄土抗拉强度的研究[J]. 河海大学学报:自然科学版, 2001(6): 106-108.  
 [23] 汤连生, 王思敬. 湿吸力及非饱和土的有效应力原理探讨[J]. 岩土工程学报, 2000, 22(1): 83-88.  
 [24] 张鹏程, 汤连生. 非饱和土湿吸力与含水率的定量关系研究[J]. 岩土工程学报, 2012, 34(8): 1453-1457.  
 [25] 汤连生, 颜波, 张鹏程. 非饱和土有效应力及有关概念的解说与辨析[J]. 岩土工程学报, 2006, 28(2): 216-220.  
 [26] 姜力群. 不同粒径与堆积下非饱和土粒间吸力计算及抗剪强度研究[D]. 广州:中山大学, 2013.  
 [27] 张鹏程. 基于湿吸力和结构吸力的非饱和土抗剪强度理论及研究[D]. 广州:中山大学, 2011.  
 [28] 颜波. 花岗岩残积土粒间联结作用与脆弹塑性胶结损伤模型研究[D]. 广州:中山大学, 2009.  
 [29] 程昌炳, 刘少军, 王远发, 等. 胶结土的凝聚力的微观研究[J]. 岩石力学与工程学报, 1999, 18(3): 322-326.  
 [30] 程昌炳, 陈琼, 刘少军, 等. 土中胶结强度的微观研究[J]. 华中农业大学学报, 1998, 17(2): 144-149.  
 [31] 姚海林, 刘少军, 程昌炳. 一种天然胶结土黏聚力的微观本质[J]. 岩石力学与工程学报, 2001, 20(6): 871-874.  
 [32] 程昌炳, 徐昌伟. 花岗岩残积土的胶结特性及其对力学性能的影响[J]. 岩土力学, 1986, 7(2): 61-65.  
 [33] 黄昕, 刘文伦. 黏性糊料颗粒间的作用力及其机理分析[J]. 炭素技术, 2006, 25(5): 28-32.  
 [34] 沈钟, 赵振国, 王果庭. 胶体与表面化学[M]. 北京:化学工业出版社, 2004.

(上接第 371 页)

虽然占地较多,甚至超过了水平梯田,但通过实测,不但保水保土效果好,而且增产明显,考虑占地面积,其总产水平不降反增,是低山区坡耕地值得推广的一项水土保持治理措施。

参考文献

[1] 回莉君, 沈波. 东北地区植物带保护坡耕地水土资源效果研究[J]. 资

源科学, 2004, 26(7): 119-124.  
 [2] 吴欣然, 曲远强, 刘福堂, 等. 复合式生物带在坡耕地水土流失治理中的应用[J]. 黑龙江水专学报, 2002, 29(3): 43-44.  
 [3] 孟平, 张劲松. 中国复合农林业发展机遇与研究展望[J]. 防护林科技, 2011(1): 7-10.  
 [4] 周敦强. 混农林业发展现状及其应用概况[J]. 引进与咨询, 2006(8): 55-56.  
 [5] 陈英智. 黑土区治理措施对土壤水及作物产量影响[J]. 水土保持应用技术, 2012(6): 6-8.