
综
合
研
究

三峡库区坡耕地埂坎类型、结构与利用状况

李进林¹, 韦杰^{1,2}

(1. 重庆师范大学 地理与旅游学院, 重庆 401331;

2. 三峡库区地表过程与环境遥感重庆市重点实验室, 重庆 401331)

摘要: [目的] 分析三峡库区埂坎的类型、结构及其功能和利用状况, 为坡耕地整治、高标准基本农田建设规划设计提供依据。[方法] 应用野外实地调查资料, 结合文献总结。[结果] (1) 三峡库区坡耕地现有埂坎按筑坎材料可以分为土坎、石坎、土石复合坎和水泥砖坎 4 种基本类型; 按埂坎型式可分为坎沟一体化、有坎有埂、有坎无埂和不规范埂坎 4 种类型; 按功能定位可分为田间便道坎、土地权属分界坎和水土保持坎 3 种类型。(2) 三峡库区坡耕地现有埂坎结构多样, 不同结构埂坎的功能有所差异, 其中, 利用上土下石复合坎构建植物篱在耕地资源紧张的地方比较常见。下土上石复合坎主要用作田间便道。(3) 三峡库区坡耕地现有埂坎中土坎比例较高, 约占 65%, 其次是石坎, 约占 15%, 土石复合坎和水泥砖坎共 8% 左右。另外, 近 10% 的坡耕地没有埂坎。[结论] 三峡库区特殊的地形地貌和复杂的人地关系背景下形成了多样的埂坎类型和结构, 又决定了埂坎的功能多样性。目前, 土坎的比例和利用率均较高。土石复合坎是三峡库区新的埂坎类型, 兼顾土坎和石坎的优点, 今后应加强结构优化研究, 并在坡耕地整治、高标准基本农田建设中推广。

关键词: 坡耕地埂坎; 水土保持措施; 埂坎结构; 三峡库区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2017)01-0229-05

中图分类号: S157.2

文献参数: 李进林, 韦杰. 三峡库区坡耕地埂坎类型、结构与利用状况[J]. 水土保持通报, 2017, 37(1): 229-233. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.01.041; Li Jinlin, Wei Jie. Types, structure and utilization of fieldridges on sloping farmland in Three Gorges Reservoir region, China[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(1): 229-233. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.01.041

Types, Structure and Utilization of Fieldridges on Sloping Farmland in Three Gorges Reservoir Region, China

LI Jinlin¹, WEI Jie^{1,2}

(1. College of Geography and Tourism Science, Chongqing Normal University,

Chongqing 401331, China; 2. Chongqing Key Laboratory of Surface Process and

Environment Remote Sensing in the Three Gorges Reservoir Area, Chongqing 401331, China)

Abstract: [Objective] The objective of the study is to analyze the types, structure and functions of various extant fieldridges on farmlands and their application in practice, in order to provide support for planning and designing high standard basic farmlands in the Three Gorges Reservoir area. [Methods] The analysis was done through field investigation and literature reviews. [Results] (1) According to used materials, fieldridges could be classified into four types including stone fieldridge, soil fieldridge, soil-stone fieldridge and cement brick fieldridge. The fieldridge pattern could also be categorized into four types including combination of fieldridge and ditches, fieldridge with lynchets, fieldridge without lynchets and irregular fieldridge. In terms of functions, fieldridges include the fieldridge for walking, the fieldridge as a boundary of land ownership, and for the soil conservation. (2) The structure of extant fieldridges varies on sloping farmlands in the Three Gorges Reservoir area. Usually, the main functions and purposes of the fieldridges depend on their struc-

收稿日期: 2016-06-14

修回日期: 2016-07-14

资助项目: 国家自然科学基金项目“紫色土坡耕地土石复合坎结构与水土保持效应研究”(41471234); 重庆市基础与前沿研究计划项目(cstc2015jcyjBX0141); 重庆市教委科技项目(KJ1500315)

第一作者: 李进林(1991—), 男(汉族), 重庆市开州区人, 硕士研究生, 主要研究方向为水土保持与生态建设。E-mail: cqnuljinlin@sina.com。

通讯作者: 韦杰(1979—), 男(汉族), 四川省苍溪县人, 博士, 教授, 硕士生导师, 主要研究方向为土壤侵蚀与水土保持。E-mail: wei_jie@mails.ucas.ac.cn。

tures. For example, the upper-soil-bottom-stone fieldridges were used to establish hedgerow in most places where the high quality cultivated land was deficient, and the bottom soil-upper stone fieldridges were mainly used as a path for farming. (3) The proportion of soil fieldridges and stone fieldridges was about 65% and 15%, while the total of soil-stone fieldridges and cement brick fieldridges was about 8%. In addition, about 10% of sloping farmlands has no fieldridges in the Three Gorges Reservoir area. [Conclusion] The fieldridges with various types and structures are formed on sloping farmlands in the Three Gorges Reservoir area in the context of the specific geomorphologic features and complicated human-land relation, and different structures result in functional diversity of fieldridges. Currently, soil fieldridge has higher ratio and usage in the Three Gorges Reservoir area. The soil-stone fieldridge with merits of both soil bund and stone fieldridge, is a new widely used fieldridge in the Three Gorges Reservoir area. In the future, more focus should be put on the structure optimization, and popularizing this new fieldridge in sloping farmland consolidation and high standards basic farmland construction.

Keywords: fieldridges on sloping farmlands; soil conservation practice; fieldridge structure; the Three Gorges Reservoir area

埂坎是坡耕地重要的水土保持措施,通过分割坡长和降低坡面坡度控制水土流失及其导致的农业面源污染^[1-2],是坡耕地整治和高标准基本农田建设中的重要内容^[3]。全世界耕地埂坎类型多样,区域特色明显,如埃塞俄比亚(Ethiopia)北部地区耕地埂坎以石质埂坎、土质埂坎、土石复合坎和生物埂坎(又称植物篱)为主^[4-6]。台湾地区超过 80%的耕地埂坎为土质埂坎和混凝土埂坎,还有少量的砂袋埂坎和复合埂坎(在土质埂坎表层浇筑薄混凝土层或者覆盖土工布)^[7]。中国东南地区以土质埂坎为主^[8],西北秦巴山区除了土质埂坎和水泥预制件埂坎外,还有“土质地埂+石坎”模式埂坎^[9]和 PP 织物袋埂坎^[10]。耕地修建埂坎一般占地 8%~15%^[11],但能有效减控坡耕地土壤侵蚀,明显改善农业生产环境和增加农民收入^[12-15],如,一定降雨条件下,黄土高原建有地埂的水平梯田减沙达 35%~82%^[16],耕作面土壤含水量可增加 10%左右,耕地抗旱能力明显提高^[17]。

目前,耕地埂坎分类方法很多,如柳向阳等^[18]根据地埂的底宽和高度,将地埂分为大地埂(埂底宽>1.5 m,埂高>2 m),中地埂(埂底宽 1~1.5 m,埂高 1~2 m)和小地埂(埂底宽 0.3~1 m,埂高<1 m)。曹世雄等^[19]以筑坎工艺和埂坎生态适应性为分类标准,将耕地埂坎分为软埂坎和硬埂坎。杨才敏等^[20]以埂坎建筑结构型式为分类标准,将埂坎分为单墙式(单排砌石)和双墙式(双排砌石)2 种类型。李光录^[21]等根据埂坎断面形态,将埂坎划分为单型埂坎、L 型埂坎和反坡 L 型埂坎 3 种类型。不难看出,目前还没有形成统一的耕地埂坎分类标准,现有的分类标准也没有明确的界定。相比较而言,以筑坎材料为标行埂坎分类最普遍^[4-10]。

三峡库区耕地土壤侵蚀严重,尤其是坡耕地侵蚀模数高达 3 464~9 452 t/(km²·a)、年均侵蚀量达 1.50×10⁸ t,年均入库泥沙 4.00×10⁸ t^[22]。为抑制三峡库区耕地土壤质量持续下降、农业面源污染日益加剧的趋势,先后实施了退耕还林还草、坡改梯、坡面水系配套、保土耕作、种植模式优化、植物篱等水土保持措施^[23]。目前关于三峡库区水土保持措施研究主要集中在植物篱的构建技术和效益评价^[24-26],有关耕地埂坎的研究相对较少。本文拟通过野外实地调查,并结合文献报道,旨在了解三峡库区耕地埂坎类型、结构与利用状况,为库区耕地埂坎水土保持规划、耕地埂坎相关后续研究等提供科学依据。

1 三峡库区坡耕地埂坎类型

筑坎材料决定了埂坎的稳定性、抗蚀性、生态适应性等基本性质,以筑坎材料对耕地埂坎进行分类,便于快速判断各类埂坎的基本性质差异,也是目前耕地埂坎分类中最普遍的做法。按照筑坎材料可将三峡库区坡耕地现有埂坎分为土坎、石坎、土石复合坎、水泥砖坎这 4 种基本类型,各类埂坎的主要优点、缺点和农民接受意愿见表 1。近年来,三峡库区新建的耕地埂坎多为石坎和水泥砖坎,主要原因可能是这 2 种类型埂坎的稳定性相对较高,能更好的发挥水土保持效益。根据砌坎石材几何形态差异,可将石坎进一步分为块石(形态不规则)坎和条石(形态规则)坎 2 种类型。根据砌坎水泥砖的构型差异,可将水泥砖坎进一步分为六角实心砖坎、六角空心砖坎和通用主体砖坎 3 种类型。根据土料和石材的搭配方式,可将土石复合坎分为上土下石复合坎、上石下土复合坎和土石混合坎 3 种类型。

表 1 4 种基本类型耕地埂坎优点、缺点和农民接受意愿比较

埂坎类型	主要优点	主要缺点	农民接受意愿
石坎	稳定性好、可兼做道路且行走方便	修筑成本高、劳动力投入多、石材匮乏的地区难以推广、维护难度大	较高
土坎	修筑成本低、劳动力投入少、易推广、能增加土地利用率、维护简单、生态适应性高	稳定性差、不便于行走、抗侵蚀能力弱	较高
土石复合坎	稳定性较好、能提高土地利用率、修筑成本低于石质埂坎、维护简单、适应范围广、生态适应性较高	建造工艺相对复杂	高
水泥砖坎	筑坎材料最容易获取、稳定性高、行走方便	修建成本高、劳动力投入多、经济欠发达地区难以推广、维护难度大、生态适宜性低	低

三峡库区特殊的地形地貌和农民长期的耕作习惯形成了多样化耕地埂坎型式。按照型式,可将三峡库区耕地埂坎分坎沟一体化、有坎有埂、有坎无埂和不规范埂坎 4 类。“坎沟一体化+沉砂池”通过埂坎保土、边沟导水和沉砂池蓄水淤沙达到“土不下坡、水不出田”的目的,是近年来大力推广的一种坡耕地水土保持措施^[23]。有坎有埂型主要存在于耕地资源不紧张的地区,主要是因为这些地区的坡耕地土壤很少利用,有利于完整形态的埂坎保存;近年来坡耕地整治项目中新建的石坎和水泥坎大多属于有坎有埂型。研究表明,有坎有埂控制耕作侵蚀的效果明显^[27],是一种比较完整的埂坎型式。有坎无埂型在三峡库区最普遍,主要是因为三峡库区内大多数地方的农业用地比较紧张,土埂被充分利用,耕作行为使其逐步消退直到完全消失,最终形成了有坎无埂型。不规范埂坎是指没有经过修缮的垮塌埂坎或原本不规则的埂坎,这类埂坎在通达条件较差的乡镇较普遍,当地农民迫于生计又不能弃耕,此类耕地水土流失治理大多依靠“大横坡+小顺坡”耕作、“挑沙面土”、“反坡挖地”等传统水土保持措施。

气候条件、地形地貌、人地关系背景等环境特征的差异导致了不同地区的耕地埂坎功能各有侧重,在中国北方地区,耕地埂坎主要起通行及区分土地权属的作用;在南方地区,耕地埂坎起“三保”(保水、保土、保肥)、田间便道和土地权属分界作用^[28]。按照耕地埂坎的功能定位,可将三峡库区坡耕地埂坎分为田间便道坎、土地权属分界坎和水土保持坎 3 种类型。实际上,大多数埂坎同时具备多种用途。图 1 是根据不同分类标准的分类结果。

2 三峡库区坡耕地埂坎结构和功能

耕地埂坎包括地坎和地埂 2 个部分,其中地坎是基础,主要功能是维持梯地(田)边坡的重力稳定性,防止边坡失稳发生坍塌和滑坡。地埂是指埂坎顶部

超出田面的部分,主要功能是拦截田面降水产生的径流和径流携带的泥沙^[29]。调查表明(图 2),三峡库区耕地中现有的石坎和通用主体砖坎外边坡均为 90°,土坎、土石复合坎和六角(实心/空心)砖坎外边坡介于 56°~67°;外边坡坡度决定了埂坎的占地面积,坡度越陡,占地面积越小,这可能是近年来坡耕地整治和高标准基本农田建设中多采用石坎的另一原因。

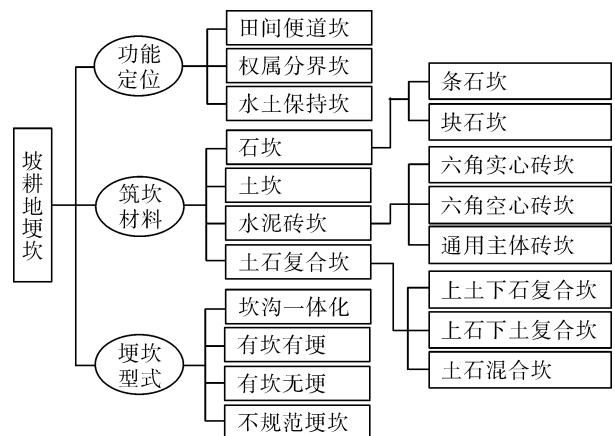


图 1 三峡库区坡耕地埂坎分类

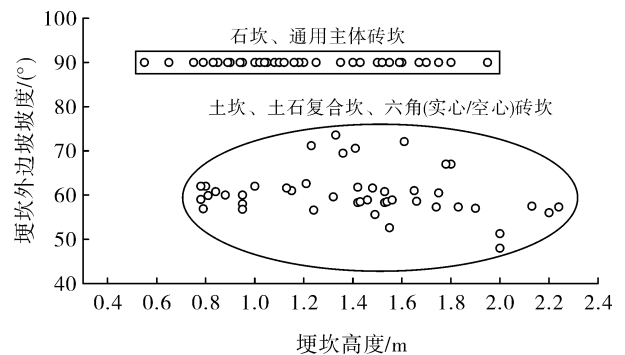


图 2 坡耕地埂坎高度与外边坡坡度关系

各类埂坎高度均介于 0.55~2.2 m,高度影响埂坎的稳定性,高度越低,稳定性越高;由于土壤的天然休止角较小,三峡库区的土质埂坎多为 1 m 以下的

“低坎”。当地埂作为田间便道时,顶宽多在 0.5~0.8 m。当地埂作为土地权属分界线时,顶宽在 0.3 m 左右。调查中没有发现土石复合坎(除土石混合坎外)的土坎部分和石坎部分的高度存在特定比例,通常情况下,上土下石复合坎的土坎高度低于石坎部分,上石下土复合坎的土坎高度高于石坎部分,这主要是因为三峡库区耕地埂坎的修建大多依靠当地农民的经验,科学指导明显不足。

从结构特征来看,土坎、石坎和水泥砖坎的结构相对单一,土石复合坎较为复杂,这主要是因为只有当土石复合坎的结构为最优状态时才能兼顾土坎和石坎的优点。3 种不同土石复合坎的结构也存在明显差异,上土下石复合坎的下部为条石(或块石)砌成的硬料层,硬料层上部覆土夯实形成土坎,下部硬料层能提高埂坎的稳定性,上部土坎层可以种植作物,通过提高土地利用率直接增加农民收入,这种埂坎在耕地资源紧张的地方比较常见。下土上石复合坎的下部用土壤夯实而成,坎面一般生长杂草,这样即能节约修筑成本又能通过植物根系穿插缠绕固结土体提高埂坎稳定性。上部覆盖一定厚度的石板,能防止雨水对埂坎顶部的击溅作用,有效降低埂坎的维护成本,这种埂坎主要是作为田间便道埂坎。土石混合坎

是将土壤和石块按照一定比例混合后作为筑坎材料修建而成的耕地埂坎,坎体内土石比例无明显规律,其结构类似于土坎,但稳定性比土坎高。

3 三峡库区坡耕地埂坎利用状况

三峡库区坡耕地现有埂坎中土坎约占 65%,农民对土坎的接受意愿较高,但由于土坎的稳定性相对较低,在当前的坡耕地整治和高标准基本农田建设中很少采用。石坎占 15% 左右,近几年新建的石坎比较规整。调查发现“农业学大寨”期间修建的石质埂坎多数保存较为完好,但部分由抗风化能力较弱的紫色泥岩、砂岩等石材修建的石坎经过长期风化作用后已经垮塌。受劳动力缺乏、资金投入大、机会成本高等因素的影响,垮塌的埂坎只有极少数得到了修缮或重建。土石复合坎和水泥砖坎共 8% 左右,土石复合坎虽然兼顾了土坎和石坎的诸多优点,但其最优结构、建造工艺仍不清楚,目前采用的比例不高。水泥砖坎在优质石材匮乏的地区比较常见,其比例仍然远低于石坎。调查发现,将近 10% 的坡耕地没有埂坎,但采用了水平沟等传统水土保持措施。图 3 是三峡库区几种典型的坡耕地埂坎。

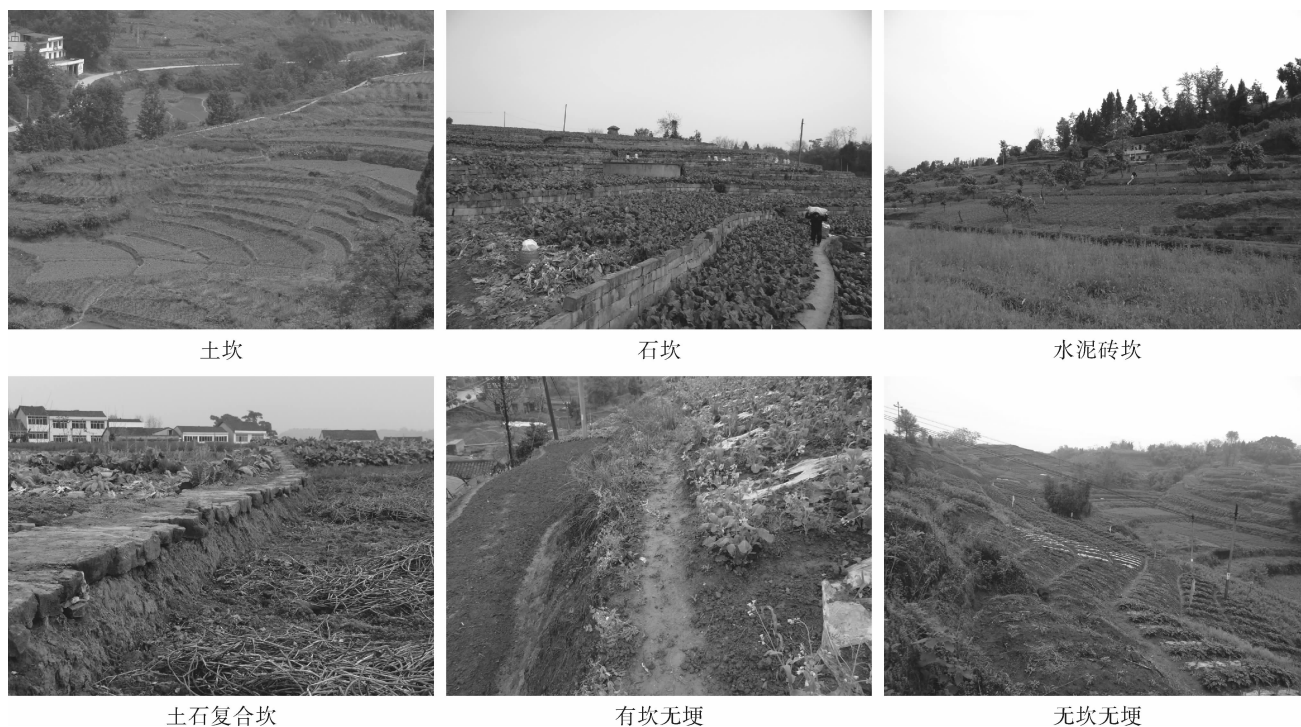


图 3 三峡库区坡耕地典型埂坎

调查发现,三峡库区耕地现有土坎利用率超过 80%。这主要是因为三峡库区耕地资源比较紧张,人均耕地面积约 0.047 hm²,远低于全国平均水平,农

民通过种植蚕豆(*Vicia faba*)、豌豆(*Pisum sativum*)、黄豆(*Glycine max*)等“小粮”和黄花(*Hemerocallis citrina*)、花椒(*Zanthoxylum bungeanum*)等

经济作物的方式利用土坎以提高土地利用效率,增加收入。研究表明,土坎上种植多年生植物后,植物根系的“加筋”作用能够明显提高埂坎土体的抗剪强度和边坡的稳定性^[29]。虽然作物覆盖对抗蚀能力较弱的土质埂坎起到了一定的保护作用,但作物收获时秸秆“连根拔起”对耕地埂坎造成不同程度的破坏,不利于其水土保持效益的发挥。

4 结 论

(1) 三峡库区坡耕地埂坎按筑坎材料可分为土坎、石坎、土石复合坎和水泥砖坎 4 种基本类型,这种分类方法契合了传统的埂坎称谓规则和基本性质。按埂坎型式分类可以拓展和细化埂坎的属性,三峡库区坡耕地埂坎可分为坎沟一体化、有坎有埂、有坎无埂和不规范埂坎 4 种类型。按功能定位可分为田间便道坎、土地权属分界坎和水土保持坎 3 种类型,虽然坡耕地埂坎同时兼顾多重功能,但各有明显的侧重点。

(2) 三峡库区坡耕地埂坎的结构具有多样化特征。4 种基本类型埂坎中的土坎、石坎和水泥砖坎结构较为简单,土石复合坎的结构相对复杂。不同结构埂坎的功能和用途有所差异,其中,利用上土下石复合坎构建植物篱在耕地资源紧张的地方较常见,下土上石复合坎主要用作田间便道。各类埂坎的外边坡坡度 $56^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 和高度 $0.55\sim 2.2$ m 主要是受原坡面地形条件和筑坎材料的影响,地埂的主要用途决定埂坎的顶宽 $0.3\sim 0.8$ m。

(3) 三峡库区坡耕地中现有的各类埂坎比例差异显著。其中,土坎比例最高,约占 65%,其次是石坎,约占 15%,土石复合坎和水泥砖坎共占 8% 左右,另外,近 10% 的坡耕地没有埂坎,这类耕地保水保土主要依靠传统的水土保持措施。

[参 考 文 献]

- [1] Teshome A, Rolker D, de Graaff J. Financial viability of soil and water conservation technologies in Northwestern Ethiopian highlands[J]. *Applied Geography*, 2013, 37:139-149.
- [2] Taye G, Poesen J, Vanmaercke M, et al. Evolution of the effectiveness of stone bunds and trenches in reducing runoff and soil loss in the semi-arid Ethiopian highlands [J]. *Zeitschrift Für Geomorphologie*, 2015, 59 (4): 477-493.
- [3] 韦杰,鲍玉海,金慧芳,等. 三峡库区坡耕地有限顺坡耕作模式及减蚀效应[J]. *灌溉排水学报*, 2012, 31(6): 45-48.
- [4] Nyssen J, Poesen J, Gebremichael D, et al. Interdisciplinary on-site evaluation of stone bunds to control soil erosion on cropland in Northern Ethiopia[J]. *Soil & Tillage Research*, 2007, 94(1):151-163.
- [5] Amare T, Zegeye A D, Yitafaru B, et al. Combined effect of soil bund with biological soil and water conservation measures in the northwestern Ethiopian highlands [J]. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 2014, 14 (3): 192-199.
- [6] Sabita G. The Effect of Rural Land Registration and Certification Programme on Farmers' Investments in Soil Conservation and Land Management in the Central Rift Valley of Ethiopia[D]. Wageningen: Wageningen University, 2010.
- [7] Huang Hanchen, Liu Chenwung, Chen Shihkai, et al. Analysis of percolation and seepage through paddy bunds[J]. *Journal of Hydrology*, 2003, 284(1):13-25.
- [8] Janssen M, Lennartz B. Water losses through paddy bunds: Methods, experimental data, and simulation studies [J]. *Journal of Hydrology*, 2009, 369 (1): 142-153.
- [9] 涂洋. 秦巴山区“土质地埂+石坎”梯田模式稳定方法研究与优化[D]. 北京:中国水利水电科学研究院, 2013.
- [10] 高霞,李光录,王新功. 陕南秦巴山区 PP 织物袋梯田筑坎土压力分布研究[J]. *水土保持通报*, 2013, 33(6): 37-41.
- [11] Vancampenhout K, Nyssen J, Gebremichael D, et al. Stone bunds for soil conservation in the Northern Ethiopian highlands: Impacts on soil fertility and crop yield [J]. *Soil & Tillage Research*, 2006, 90(1):1-15.
- [12] 薛蕙,刘国彬,张超,等. 黄土高原丘陵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.
- [13] 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.
- [14] Taye G, Poesen J, Wesemael B V, et al. Effects of land use, slope gradient, and soil and water conservation structures on runoff and soil loss in semi-arid Northern Ethiopia[J]. *Physical Geography*, 2013, 34 (3):236-259.
- [15] 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):793-799.
- [16] 焦菊英,王万中,李靖. 黄土丘陵区不同降雨条件下水平梯田的减水减沙效益分析[J]. *水土保持学报*, 1999, 5(3):59-63.
- [17] 杜旭,李顺彩,彭业轩. 植物篱与石坎梯田改良坡耕地效益研究[J]. *中国水土保持*, 2010, 24(9):39-41.

- 转移特征:以广州市为例[J]. 生态环境学报, 2009, 18(1):210-215.
- [2] 张林波, 李伟涛, 王维, 等. 基于 GIS 的城市最小生态用地空间分析模型研究:以深圳市为例[J]. 自然资源学报, 2008, 23(1):69-78.
- [3] 张健, 高中贵, 濮励杰, 等. 经济快速增长区城市用地空间扩展对生态安全的影响[J]. 生态学报, 2008, 28(6):2799-2810.
- [4] URGE-Team. Making Greener Cities: A Practical Guide[R]. Leipzig: UFZ Centre for Environmental Research Leipzig-Halle, 2004:120.
- [5] Weber T, Sloan A, Wolf J. Maryland's Green Infrastructure Assessment: Development of a comprehensive approach to land conservation[J]. Landscape and Urban Planning, 2006, 77(1):94-110.
- [6] 王世东, 慎利, 王新闯. 基于 RS 和 GIS 的生态用地评价:以辽宁省大洼县为例[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(5):628-637.
- [7] 荣冰凌, 陈春娣, 邓红兵. 城市绿色空间综合评价指标体系构建及应用[J]. 城市环境与城市生态, 2009, 22(1):33-38.
- [8] 李晓丽, 曾光明, 石林, 等. 长沙市城市生态用地定量分析及优化[J]. 应用生态学报, 2010, 21(2):415-421.
- [9] 邬建国. 景观生态学:格局、过程、尺度与等级[M]. 北京:高等教育出版社, 2007.
- [10] 陈利顶. 景观生态学中的格局分析:现状、困境与未来[J]. 生态学报, 2008, 28(11):5521-5531.
- [11] 张秋菊, 傅伯杰, 陈利顶. 关于景观格局演变研究的几个问题[J]. 地理科学, 2003, 23(3):264-270.
- [12] 彭建, 王仰麟, 张源, 等. 土地利用分类对景观格局指数的影响[J]. 地理学报, 2006, 61(2):157-168.
- [13] Tischendorf L. Can landscape indices predict ecological processes consistently[J]. Landscape Ecology, 2001(16):235-254.
- [14] Li Harbin, Wu Jianguo. Use and misuse of landscape indices[J]. Landscape Ecology, 2004(19):389-399.
- [15] 林孟龙, 曹宇, 王鑫. 基于景观指数的景观格局分析方法的局限性:以台湾宜兰利泽简湿地为例[J]. 应用生态学报, 2008, 19(1):139-143.
- [16] 徐广才, 康慕宜, 赵从举. 阜康市生态敏感性评价研究[J]. 北京师范大学学报:自然科学版, 2007, 43(1):88-92.
- [17] 颜磊, 许学工, 谢正龙, 等. 北京市域生态敏感性综合评价. 生态学报, 2009, 29(6):3117-3125.
- [18] 宋晓龙, 李晓文, 白军红, 等. 黄河三角洲国家级自然保护区生态敏感性评价[J]. 生态学报, 2009, 29(9):4836-4846.
- [19] 李淑芳, 马俊杰, 唐升义, 等. 基于 GIS 的宝鸡市土地生态环境敏感性评价[J]. 水土保持通报, 2009, 29(4):200-204.
- [20] 周锐, 王新军, 苏海龙. 平顶山新区生态用地的识别与安全格局构建[J]. 生态学报, 2015, 35(6):2003-2012.
- [21] 陈彩虹, 刘照程, 余济云, 等. 基于 GIS 的城市生态公园生态敏感性评价研究:以广西南丹城市生态公园建设为例[J]. 中国农学通报, 2011, 27(14):187-191.
- [22] 吴金华, 李纪伟, 朱鸿儒. 基于 ArcGIS 区统计的延安市土地生态敏感性评价[J]. 自然资源学报, 2011, 26(7):1180-1188.

(上接第 233 页)

- [18] 柳向阳, 马春煜, 李曦. 浅析地埂林草建设技术[J]. 中国水土保持, 2009(4):35-37.
- [19] 曹世雄, 陈莉, 高旺盛. 黄土丘陵区软埂梯田复式配置技术[J]. 应用生态学报, 2005, 16(8):1443-1449.
- [20] 杨才敏, 茹克梯, 赵发云. 浅谈山西省梯田埂坎资源的开发利用[J]. 中国水土保持, 2000(2):42-44.
- [21] 李光录, 高霞, 刘馨. PP 织布袋梯田筑坎破坏形式与稳定性分析[J]. 中国农业大学学报, 2015, 20(2):201-206.
- [22] 李豪, 张信宝, 文安邦, 等. 三峡库区紫色土坡耕地土壤侵蚀的¹³⁷Cs 示踪研究[J]. 水土保持通报, 2009, 29(5):1-6.
- [23] 韦杰, 贺秀斌. 三峡库区坡耕地水土保持措施研究进展[J]. 世界科技研究与发展, 2011, 33(1):41-45.
- [24] 吕文星, 张洪江, 程金花, 等. 三峡库区植物篱对土壤理化性质及抗蚀性的影响[J]. 水土保持学报, 2011, 25(4):69-73, 78.
- [25] 汪三树, 史冬梅, 蒋光毅, 等. 紫色丘陵区坡耕地生物埂的土壤结构稳定性与抗蚀性分析[J]. 水土保持学报, 2012, 26(6):31-35, 40.
- [26] 蒲玉琳, 谢德体, 倪九派, 等. 紫色土区植物篱模式对坡耕地土壤抗剪强度与抗冲性的影响[J]. 中国农业科学, 2014, 47(5):934-945.
- [27] Zhang J H, Wang Y, Zhang Z H. Effect of terrace forms on water and tillage erosion on a hilly landscape in the Yangtze River Basin, China[J]. Geomorphology, 2014, 216(7):114-124.
- [28] 杨利民, 黄宇萍, 刘专. 湖南省耕地田坎分布地理特征研究[J]. 经济地理, 2010, 30(5):841-843.
- [29] 张信宝, 周萍, 严冬春. 梯田与植物篱的结构、功能与适用性[J]. 中国水土保持, 2010(10):16-17.