

土地复垦视角的低排放控制研究

黄燕, 吉冬青, 赵宇* (广东省生态环境与土壤研究所, 广东广州 510650)

摘要 随着经济社会的高速发展, 生态环境逐步恶化, 土地资源正面临严峻挑战, 为实现土地资源持续利用和土地生态的健康发展, 新一轮土地整治工作正全面展开。在此背景下, 该研究结合国家新颁布的《土地复垦条例》以及多年来土地复垦工作所取得的成效和存在的问题, 重点研究当前土地复垦中低排放控制的关键技术与方法。结果表明: 土地复垦作为土地资源可持续发展的必要保障措施, 目前缺乏相关低排放控制研究; 现行土地复垦模式在当前社会经济发展的新形势、新要求下, 其传统的复垦模式具有一定的局限性、缺乏新理念; 通过文献综述法, 结合土地复垦的内容与特征, 总结归纳了边坡治理低排放、自然灾害损毁土地低排放、矿区固体废弃物和水污染低排放、土壤与植被固碳减排等关键技术; 低碳排放与土地复垦息息相关, 做好土地复垦与低碳排放工作, 对我国碳排放控制目标具有积极贡献。

关键词 土地复垦; 低排放; 碳排放; 控制

中图分类号 S181.3; Q958.113 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)16-297-03

The Study of Low Emission Control in Perspective of Land Reclamation

HUANG Yan, JI Dong-qing, ZHAO Yu* (Eco-Environment and Soil Institute of Guangdong, Guangzhou, Guangdong 510650)

Abstract Under the background of economic and social rapid development, the ecological environment deteriorated gradually, and land resources faces serious challenges. For sustainable utilization of land resources and healthy development of land ecology, a new round of land reclamation work was carried out comprehensively. This study is to combine the new issued "land reclamation regulations" and land reclamation achievements and problems over the years, key technology and methods of low emissions in land reclamation were studied. The results showed that: As a necessary safeguard measures for sustainable development, the study of low emissions was missing in land reclamation; Under the new circumstance of current socio-economic development today, the existing model of land reclamation has some limitations and lack of new concept; Through the documentary method and the contents and characteristics of land reclamation, low emissions technology in treating slope, land by natural disaster damage, mining area solid wastes and the water pollution, soil and vegetation reconstruction were summarized; Low carbon emissions is closely related to land reclamation, the proper work at land reclamation and carbon emissions has a positive contribution for the targets of carbon emission control in China.

Key words Land reclamation; Low emissions; Carbon emissions; Control

土地是人类生存与发展的基础, 是宝贵的不可再生资源。随着我国土地复垦事业的持续发展, 土地复垦步入了法制化、规范化管理, 但不容忽视的是, 现阶段土地复垦仍存在不足之处, 主要表现在土地复垦工作仍然沿袭传统的复垦模式与复垦理念, 过于侧重经济效益和对耕地的保护, 在对环境具有积极贡献的低污染减排、节能降耗、增强外部正效应等方面的探索尚有欠缺。

纵观国内外发展现状, 土地复垦较先进的国家一般都有健全的法律法规、专门的管理机构、有效的资金渠道、较高的技术标准, 在保证土地恢复利用的同时, 注重生态环境的恢复与治理, 并组织专门的学术团体和研究机构, 学术活动十分活跃。相对于国外土地复垦先进国家, 我国《土地复垦条例》的颁布具有里程碑式的意义, 但在土地的生态修复与治理、学术团体和研究机构、多学科参与和技术标准等方面仍存在较大欠缺。

当前环境问题日益突出, 对人类的生产和生活和社会经济的可持续发展构成了严重威胁。为保护人类共同的家园, 各行业都应加强行业自律、节能减排, 为经济、社会和环境协调可持续发展积极探索。因此, 探索新的土地复垦模式和复垦理念, 使土地复垦达到低消耗、低排放和低污染是当前研究的重点, 也是目前土地复垦工作、土地生态和环境保护的突破点。笔者介绍了《土地复垦条例》中土地损毁类型及其生

态环境影响, 分析了土地复垦低排放的关键技术, 为树立低碳排放的土地复垦新理念提供参考。

1 土地损毁类型及其生态环境影响

根据《土地复垦条例》, 损毁土地类型分为生产建设项目损毁土地(建设类项目和生产类项目)和自然灾害损毁土地(崩塌、滑坡、泥石流和塌陷), 其直接表现是造成土地原有功能部分或完全丧失的过程, 从对环境的影响来看, 不同的土地破坏类型各有所侧重。

1.1 建设类项目对环境的影响 建设类项目对环境的影响包括: ①增加碳排放。土壤结构和原生植被的破坏, 使土地形成新的裸露表面, 减少碳固存载体, 增加大气碳排放量, 形成新的碳源。②造成水土流失。被破坏的土地在遭大雨冲刷后, 由于没有植被的拦截防护, 势必形成水土与养分的流失, 加快了土壤侵蚀的速度。

1.2 生产类项目对环境的影响 生产类项目相对于建设类项目来说, 其对环境的影响除增加碳排放和造成水土流失外, 还包括水污染和固体废弃物污染。主要表现在: ①水文地质环境的破坏。井巷开掘、矿床排水疏干所形成的降压漏斗的水力影响半径有时可达数十公里以外, 可能造成区域性水文环境的破坏。②对水体的严重污染。废矿堆和尾矿长期处在氧化、风蚀、溶滤过程中, 会使各种有毒矿物成分或有害物质随水转入地下、地表水体、农田及土壤之中, 影响深远。③对土壤的严重污染。矿山开采产生的废石和尾矿中, 常含有 Cu、Pb、Zn、Ni、Co、Ag、Cd、As 等有害元素, 经风化淋滤后有害元素易转移到土壤中, 造成土壤质量下降和农产品

作者简介 黄燕(1986-), 女, 湖南岳阳人, 助理工程师, 硕士, 从事土地资源管理研究。* 通讯作者, 工程师, 硕士, 从事土地资源管理研究。

收稿日期 2015-04-10

污染^[1-2]。

1.3 自然灾害损毁土地对环境的影响 自然灾害损毁土地按灾害类型划分,包括崩塌、滑坡、泥石流和塌陷,其对环境的影响主要有:①水土流失影响。自然灾害导致土地废弃,植被退化,水土流失严重,使原本脆弱的环境进一步遭到破坏;由于土壤贫瘠,植被立地条件差,土地难以利用。②群落结构影响。泥石流发生以后,景观的稳定性立即被打破,最直接的表现就是自然植被受到不同程度的影响和破坏致使土壤养分流失殆尽,同时破坏土壤与植被的碳汇功能,易形成新的碳源。

2 土地复垦低排放关键技术

基于前人研究,结合多年的土地复垦经验,笔者认为,土地复垦中的低排放控制技术主要体现在边坡治理、矿区污染控制、土壤和植被固碳减排等方面。

2.1 边坡防护低排放控制措施 边坡治理的难点在于弃渣场、取土场或开挖形成的边坡,原生植被被完全破坏,坡面裸露,复垦后在多雨气候下,表土易被冲刷,影响植被的形成,容易发生水土流失和其他次生灾害。总的来说,边坡生境条件恶劣,植被的自然恢复和人工恢复均存在较大困难。

常用生态护坡施工技术有铺草皮、液压喷播植草、喷混植生、三维植被网喷植、浆砌片石骨架植草。

综合边坡治理的研究现状,在边坡治理中,生态护坡设计应遵循综合治理、生态效应与景观效应相结合、植物自然演替规律、增强景观和谐度等原则^[3],其设计与治理应通过调查分析,确定护坡目标和边坡稳定性,采取针对性的选择治理措施。生态护坡总体设计流程见图 1。

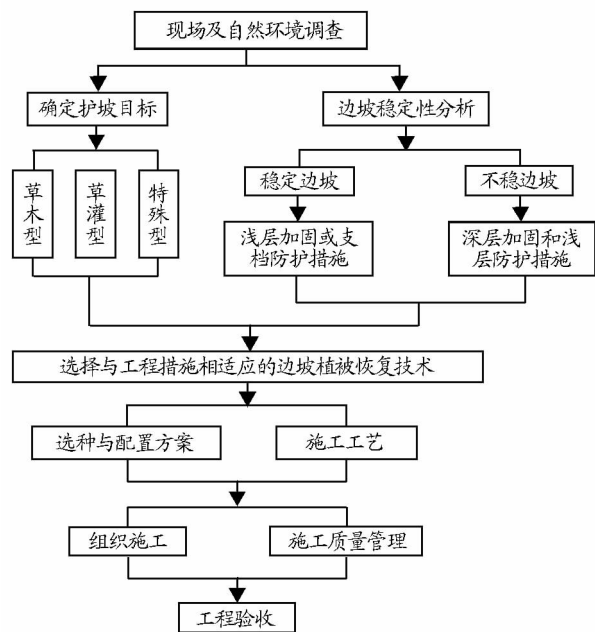


图 1 生态护坡总体设计流程

2.2 矿区固体废弃物污染复垦与修复工程的低排放控制

2.2.1 固体废弃物。 矿区复垦中,固体废弃物具有污染特殊性和再利用价值,徐晓军等认为,矿区减污减排措施应遵循资源化利用、先利用后处置的原则^[4]。根据低排放控制的

原则,对应的低排放控制技术包括资源化利用技术和固体废弃物堆置复垦减排技术。

(1)资源化利用减排措施是指合理利用矿业工程中产生的可资源化利用的固体废弃物,包括煤矸石、选矿尾矿、煤泥、矿山废石。针对不同的固体废弃物,通过采取相应分离提取固体废弃物中的有效组分或资源再利用措施,达到污染防治与减排控制的目的。我国于 20 世纪 80 年代中期提出了“资源化、无害化和减量化”作为控制固体废物污染的技术政策。

(2)固体废弃物堆置复垦减排措施是指用安全、可靠的方法堆存矿山固体废物,同时加以复垦,以达到污染减排、保护环境和供将来利用的目的。矿业固体废弃物的处置方法主要包括矿业固体废弃物的排土场和尾矿堆存库。尾矿堆存库具有保护生态环境、保护矿产资源的作用,在复垦中应针对不同的尾矿堆存库类型,采取具有针对性的方法。

2.2.2 水污染。 矿区复垦中,水污染具有排放量大、持续时间长、污染范围大、影响范围广、成分复杂等特点。

根据矿区水污染特点和低排放目的,矿区水污染复垦与修复工程的低排放控制关键技术在于“减源、减污、减量”。①“减源”即采取一切措施尽可能地减少通过各种途径进入矿山水体的水源,以减少矿山(特别是井下)的水量,尽可能减少矿岩与空气的接触面积及时间,是预防矿山水污染的关键措施。主要措施有拦截地表水、密封措施、矿坑封闭、水流改道、排水疏干和抑制或杀灭微生物等措施。②“减排”即设立专门的排水系统,集中排酸性水,并在地表拦蓄起来使其蒸发浓缩,而后加以处理,免除污染。主要措施包括:采用深井灌注及集水办法储存矿山酸性废水,防止扩散;减少矿井水在井下的停留时间,在一定程度上降低微生物对煤种硫化物的氧化作用,从而有助于减少酸性矿井水的形成。③“减量”即从改进工艺入手,杜绝或降低污染的产生,以求最大限度地降低污染物的排放量或浓度,是防止水污染的根本途径。如采用尽量不用或少用易产生污染的原料、设备及生产工艺;采用无毒药剂代替有毒药剂;选用高效、高选择性的药剂以减少药剂的投放量和减少金属在废水中的流失;选择产生污染少的选矿方法。

2.3 自然灾害损毁控制关键技术 自然灾害损毁的土地,具有地貌损毁严重、水土流失严重、丧失原生植被等特点。

自然灾害损毁的土地,应用较多的治理技术包括采取对滑坡、崩塌和危陡变形边坡实施削方卸荷、排水及修建挡土墙等,对地面塌陷、开裂变形的耕地、林地和道路采取充填、夯实恢复其土地功能等综合治理方案,努力做到工程加固与复垦相结合。

不同的地质灾害治理,其复垦与修复低排放控制措施具有一定的差异。①崩塌治理可采用“搬迁避让危岩卸载+砌挡石墙+定期清理渣石+加强监测”等方法进行治理^[5];②滑坡防治工程主要采用抗滑体系、排水体系、减载与反压体系、预应力体系、滑体性质改良体系等^[6];③泥石流隐患的治理可采取分层修建阶梯式拦截方式,整理渣堆后种草种树,修建排水系统等方法^[7];④塌陷区治理处理办法是在剥离放

坡、爆破后,采取人工处理危石、活石,使其崩落确保安全,但仍存在裂隙、断裂、节理等引起的潜在崩塌隐患^[5]。

2.4 土壤与低排放控制 全球变化研究引起了许多科学家对陆地生态系统中碳平衡以及碳存储和分布的关注,土壤中所存储的碳大约是植被中的 1.5~3.0 倍^[8]。土地利用/土地覆盖变化既可改变土壤有机物的输入,又可通过对小气候和土壤条件的改变来影响土壤有机碳的分解速率,从而改变土壤有机碳储量。此外,农业用地不仅是温室气体的主要排放源之一,同时也可能是温室气体的吸收汇。农业土壤固碳减排作为可以有效减缓温室效应的重要途径受到国内外高度关注。

损毁土地对土壤固碳的影响表现在原有植被的破坏与地表扰动,破坏了土壤固碳能力,释放温室气体,使土地成为碳源。根据土地复垦规定,在一般情况下,土地复垦为耕地的面积有增无减,对于耕地增长具有巨大的潜力,但从低碳经济的角度出发,土地复垦为耕地后土壤极易变为碳源,而复垦为林地则易形成碳汇。因此,在土地复垦中,如何做到耕地保护与土壤固碳成为土地复垦的关键问题,同时,土壤固碳也成为土地复垦与修复工程低排放控制的关键技术。

土地复垦与修复工程的低排放控制措施应结合不同的复垦类型,施以不同的低排放控制工程。①复垦为农业用地的,应加强农业生态系统中碳和氮的有效管理,减少温室气体排放,例如通过合理施氮提高作物氮肥利用效率来抑制 N₂O 排放^[9]。②保存土壤碳库增容的最主要措施是加大对土壤的有机物质投入,增加土壤的生物循环量。这就要求在复垦为耕地的土壤上增施有机肥、绿肥,在草原土壤上降低草场载畜量与实现分区轮牧,减少牲畜对草被的过度采食;同时,还要通过各种保护性耕作管理措施,调控温度、水分与通气状况,增加土壤有机质的积累,减少土壤有机质的分解;此外,在可能的条件下,调整土地利用方式,如退耕还林还草、实行轮作等也可增加土壤有机碳的积累。所以,利用农业有机废弃物,增加有机肥投入,是培育土壤碳库的核心措施^[10]。③增加土壤碳。通过少耕、减少氮肥用量和防止水土流失,最大限度地提高土壤碳吸收能力^[11]。④种植多年生植物。在粮食、能源和牲畜饲料生产中,可通过种植多年生乔木、灌木、棕榈树和种草提高根枝的固碳能力。

2.5 植被重建与低排放控制 植物重建的低排放作用表现在植物通过光合作用,把碳固定在生物体内,起到碳固存的作用;在植物容限范围内植物是大气的天然“净化器”,对污水具有较好的吸附作用,是净化空气、净化污水的有效途径;同时,植物还具有阻隔噪音、监测污染的作用。

植被重建作为土地复垦的主要组成部分,也是低排放控制的关键技术,积极探索破坏土地复垦为林地,不仅可以形成新的碳汇,减少大气二氧化碳含量,同时,科学的植物选种,对于防治大气污染同样意义重大。常见的主防尘和抗有害气体绿化植物见表 1^[12]。

3 结论

(1)土地复垦作为土地资源可持续发展的必要保障措

施,目前缺乏相关低排放控制研究。

(2)现行土地复垦模式在当前社会经济发展的新形势、新要求下,其传统的复垦模式具有一定的局限性、缺乏新理念。

表 1 主要的防尘和抗有害气体绿化植物

防污染种类		绿化树种名称
防尘		构树、桑树、广玉兰、刺槐、蓝桉、银桦、黄葛菜、槐树、朴树、木槿、梧桐、泡桐、悬铃木、女贞、臭椿、乌桕、桧柏、冻树、夹竹桃、丝棉木、紫薇、沙枣、榆树、侧柏等
	二氧化硫 抗性强	夹竹桃、日本女贞、厚皮香、海桐、大叶黄杨、广玉兰、山茶、珊瑚树、梔子、棕榈、冬青、梧桐、青冈栎、栓皮槭、银杏、刺槐、垂柳、悬铃木、构树、瓜子黄杨、蚊母、华北卫矛、凤尾兰、白蜡、沙枣、加拿大白杨、皂荚、臭椿等
	抗性较强	樟树、枫香、桃、苹果、酸樱桃、李、杨树、槐树、合欢、麻栎、丝棉木、山楂、桧柏、白皮松、华山松、云杉、朴树、桑树、玉兰、木槿、泡桐、梓树、罗汉松、冻树、乌桕、榆树、桂花、枣、侧柏等
氯气	抗性强	丝棉木、女贞、棕榈、白蜡、构树、沙枣、侧柏、枣、地锦、大叶黄杨、瓜子黄杨、夹竹桃、广玉兰、海桐、蚊母、龙柏、青冈栎、山茶、木槿、凤尾兰、乌桕、玉米、茄子、六月木、冬青、辣椒、大豆等
	抗性较强	珊瑚树、梧桐、小叶女贞、板树、泡桐、板栗、臭椿、麻栎、玉兰、朴树、樟树、合欢、罗汉松、榆树、臭荚、刺槐、银杏、华北卫矛、桧柏、云杉、黄槿、蓝桉、蒲、蝴蝶果、银桦、桂花、冻树、杜鹃、菜豆、黄瓜、葡萄等
氟化氢	抗性强	刺槐、瓜子黄杨、蚊母、桧柏、合欢、棕榈、构树、山茶、青冈栎、蒲、华北豆子、白蜡、沙树、云杉、侧柏、接骨木、月季、紫茉莉、常青藤等
	抗性较强	槐树、梧桐、丝棉木、大叶黄杨、山楂、海桐、凤尾兰、杉松、珊瑚树、女贞、臭椿、皂荚、朴树、桑树、龙柏、樟树、玉兰、榆树、泡桐、石榴、垂柳、罗汉松、乌桕、白蜡、广玉兰、悬铃木、苹果、大麦、樱桃、柑橘、高粱、向日葵、核桃到等
氯化氢		瓜子黄杨、大叶黄杨、构树、凤尾兰、无花果、紫藤、臭椿、华北卫矛、榆树、沙枣、怪柳、刺槐、丝棉木等
二氧化氮		桑树、泡桐、石榴、无花果等
硫化氢		构树、桑树、无花果、瓜子黄杨、海桐、泡桐、龙柏、女贞、桃、苹果等
二硫化碳		构树、夹竹桃等
臭氧		樟树、银杏、柳杉、日本扁柏、夹竹桃、栎树、刺槐、冬青、日本女贞、悬铃木、日本黑松、樱花、梨等

(3)根据土地复垦的内容及特征,结合前人研究成果,从低排放视角来看,土地复垦低排放控制关键技术应包括边坡治理低排放、自然灾害损毁土地低排放、矿区固体废弃物和水污染低排放、土壤与低排放、植被重建与低排放等关键技术。

(4)低碳排放与土地复垦息息相关,做好土地复垦与低碳排放工作,对我国碳排放控制目标具有积极作用。

参考文献

[1] 彭建,蒋一军,吴健生,等.我国矿山开采的生态环境效应及土地复垦典型技术[J].地理科学进展,2005(2):38-48.
[2] 国土资源部土地整理中心.土地复垦编制实务[M].北京:中国大地出版社,2011.

坡度略微重要,垦殖率又略微比台面坡度重要,由此得到判断矩阵 $B_2 - C$ 及权重(表 4)。

表 4 判断矩阵 $B_2 - C$

$B_2 - C$	C_3	C_4	C_5	W_2
C_3	1	1/2	1/2	0.493 4
C_4	2	1	2	0.195 8
C_5	2	1/2	1	0.310 8

注:矩阵判断一致性结果为“一致”,其中 $\lambda_{\max}=3.053\ 6$; $CI=0.026\ 8$; $RI=0.58$; $CR=0.046\ 2$ 。

基础设施类指标主要是从侧面反映能否进行土地开发整理,起辅助性判断作用。交通条件相对其余 2 个指标而言略显重要,水利基础设计及其他农业类基础设施同等重要,得出判断矩阵 $B_3 - C$ 及权重(表 5)。

表 5 判断矩阵 $B_3 - C$

$B_3 - C$	C_6	C_7	C_8	W_3
C_6	1	1/2	1/2	0.4
C_7	2	1	1/2	0.4
C_8	2	2	1	0.2

注:矩阵判断一致性结果为“一致”,其中 $\lambda_{\max}=3$; $CI=0$; $RI=0.58$; $CR=0$ 。

经过计算,最终得出不同层次指标相对于目标层的权重值(表 6)。其中土层厚度相对于目标层的权重值最大,为 0.33,这与喀斯特山区可利用土壤在农业生产中的重要地位一致;其次为地形坡度指标,为 0.19,陡坡或是不利于开发为耕地的可通过采取植树造林加以利用;垦殖率和土壤类型的权重差不多,权重值分别为 0.12、0.11;其余指标权重均小于 0.10。

表 6 不同层次评价指标权重层次总排序

指标	$B_1(0.443\ 4)$	$B_2(0.387\ 4)$	$B_3(0.169\ 2)$	层次总排序 W
C_1	0.75	—	—	0.33
C_2	0.25	—	—	0.11
C_3	—	0.49	—	0.19
C_4	—	0.20	—	0.08
C_5	—	0.31	—	0.12
C_6	—	—	0.40	0.07
C_7	—	—	0.40	0.07
C_8	—	—	0.20	0.03

(上接第 299 页)

[3] 孙青,卓慕宁,朱利安,等.论高速公路建设中的生态破坏及其恢复[J].土壤与环境,2002(2):210-212.
[4] 徐晓军,张艮林,白荣林,等.矿业环境工程与土地复垦[M].北京:化学工业出版社,2010:96-97.
[5] 编委会.地质灾害勘查与地质灾害防治技术手册[M].北京:地质出版社,2009.
[6] 孙广忠.论地质灾害防治[J].中国地质灾害与防治学报,1996(7):1-5.
[7] 陈宁生,杨成林,周伟,等.泥石流勘查技术[M].北京:科学出版社,2011.

不同指标因子在喀斯特山区土地开发整理可行性评价指标体系中的指标权重不一样;评价指标体系中,评价指标因子权重由大到小依次为地力类、地形类、基础设施类;土层厚度、土壤类型、垦殖率、地形坡度在喀斯特山区土地开发整理评价占有最重要的评价权重;其他农业基础设施等指标权重值较小。喀斯特山区农村耕地后备资源一般开垦为旱地,特殊的,比如以前是水田的灾毁地、沼泽地均是水资源富足的地块,可开垦为水田,因此基础设施类准则层权重较小,水利因子指标权重值较小。

3 结论

喀斯特山区土地开发整理是一项系统工程,其工程开展可行与否是由多种因素共同决定的。结合喀斯特山区实际,该研究选取了 3 个准则层 8 个指标因子构建了土地开发整理可行性评价指标体系,得出不同的指标因子权重值不一致。总的来说,评价指标因子权重由大到小依次为地力类、地形类、基础设施类。选取的评价指标是与喀斯特山区土地开发整理紧密联系的因子,构建的评价指标体系能比较全面地从不同的角度评判喀斯特山区具体的土地开发整理项目的可行性,为喀斯特山区土地开发整理项目实施提供参考。

参考文献

[1] 李桂荣.广西湿地生态学研究[D].桂林:广西师范大学,2008.
[2] 许联芳,刘新平,杨勋林,等.桂西北喀斯特区域的耕地安全性——以环江毛南族自治县为例[J].资源开发与市场,2003,19(5):319-322.
[3] 何冠谔,林昌虎,熊源新,等.喀斯特山区农用地整治项目区土壤调查及改良利用措施[J].天津农业科学,2014,20(7):83-90.
[4] 韩会庆,蔡广鹏,张凤太,等.喀斯特地区土地利用变化对生态服务价值的影响——以贵州省绥阳县为例[J].水土保持研究,2013,20(2):272-275.
[5] 杨庆媛,张明举,图建军,等.喀斯特地貌区土地整治与生态环境建设途径研究——以四川珙县为例[J].西南师范大学学报:自然科学版,2001,26(2):217-221.
[6] 李亮,但文红.喀斯特石漠化地区耕地压力动态变化分析与预测[J].广东农业科学,2014(2):162-166.
[7] 王穗,彭尔瑞,阿泽光,等.宜农荒草地土地开发整理经济效益研究——以云南省宾川县为例[J].安徽农业科学,2010,38(13):6853-6855.
[8] 杨颖瑜.广西喀斯特石山区土地整治与扶贫开发研究[C]//刘彦随,熊康宁,但文红.中国农村土地整治与城乡协调发展研究.贵阳:贵州科技出版社,2012.
[9] 杜栋,庞庆华,吴炎.现代综合评价方法与案例精选[M].2版.北京:清华大学出版社,2012.
[10] 鲍金星,葛霖,刘学涛,等.多视角农村土地整理效益评价[J].农业工程,2012,2(5):54-58.

[8] POST W M, PENG T H, EMANUEL W R, et al. The global carbon cycle[J]. American Scientist, 1990, 78: 310-326.
[9] 周涛,史培军.土地利用变化对中国土壤碳储量变化的间接影响[J].地球科学进展,2006(2):138-148.
[10] 高焕文,李问盈,李洪文.中国特色保护性耕作技术[J].农业工程学报,2003,19(3):1-4.
[11] 杜钦,杨淑慧,任文玲,等.植物根系固岸抗蚀作用研究进展[J].生态学杂志,2010,29(5):1014-1020.
[12] 周德培,张俊云.植被护坡工程技术[M].北京:人民交通出版社,2003.