

# 土地整理对生态系统服务影响的评价研究进展\*

刘世梁<sup>1</sup> 安南南<sup>1</sup> 王 军<sup>2</sup>

(1. 北京师范大学环境学院/环境模拟与污染控制国家重点联合实验室 北京 100875;

2. 国土资源部土地整治重点实验室 北京 100812)

**摘 要** 土地整理是实现土地资源集约利用,提高土地生产力和利用率的重要途径。土地整理所带来的生态效应受到越来越多的关注,从生态系统服务的角度切入评价其服务的变化是土地整理研究的发展趋势。本文通过介绍不同土地整理工程类型、特点及其产生的生态效应,论述土地整理对不同生态系统服务功能的影响,并结合当前生态系统服务价值理论的研究进展,从能值分析、物质量评价和价值量评价 3 个角度评价生态系统服务功能,并对比三者的异同点及其相关指标体系。同时,结合不同土地整理案例总结了不同生态系统服务计算方法在土地整理项目中的应用效果。通过介绍生态评价在土地整理生态系统服务中的重要性和景观生态设计在土地整理中的应用,指出了我国目前土地整理的生态系统服务价值研究中存在的问题及其未来发展趋势。

**关键词** 土地整理 生态效应 生态系统服务 价值评价方法

中图分类号: F311 文献标识码: A 文章编号: 1671-3990(2014)09-1010-10

## Research progress on the effects of land consolidation on ecosystem services

LIU Shiliang<sup>1</sup>, AN Nannan<sup>1</sup>, WANG Jun<sup>2</sup>

(1. State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control/School of Environment, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. Key Laboratory of Land Consolidation and Rehabilitation, Ministry of Land and Resources, Beijing 100812, China)

**Abstract** Land consolidation has been a vital process of realizing the intensive use of land resources and improving land productivity and utilization rate. Regional economic output and level of protection have been improved through land consolidation. However, land consolidation has also influenced regional ecological environment. With growing attention to the ecological effects of land consolidation, evaluation of ecological benefits of land consolidation has gained significant momentum in recent years. In this paper, we analyzed the economic valuation models of the ecological benefits of regional land consolidation based on the theories of ecosystem services value. Then in view of different land consolidation projects, the features and ecological effects of the projects were discussed and the influences of land consolidation on different ecosystem services highlighted. Energy analysis of current research progress and ecosystem services were compared with material and value assessment methods for different land consolidation projects. Furthermore, different quantitative methods corresponding to the land consolidation projects were discussed and their strengths and weaknesses analyzed. Meanwhile, the paper showed the application of the assessment methods in land consolidation along with different cases of land consolidation projects. Based on the introduction of the importance of ecological assessment and the application of landscape ecological design in land consolidation, we put forward the problems of ecosystem services valuation in the present land consolidation systems and the future development trends.

**Keywords** Land consolidation; Ecological effect; Ecological service; Assessment method of value

(Received Mar. 28, 2014; accepted Jun. 3, 2014)

土地整理是指在一定地域范围内,按照土地利用和工程技术手段<sup>[1-2]</sup>,对土地利用现状调整改造、综合整治,提高土地利用率和产出率,改善生产、生

\* 国土资源部土地整治重点实验室开放课题(20140137)和国家自然科学基金项目(41171152)资助

刘世梁,主要从事景观生态学、GIS与RS研究。E-mail: shiliangliu@bnu.edu.cn

收稿日期: 2014-03-28 接受日期: 2014-06-03

活条件和生态环境, 实现土地集约利用目标的一种措施<sup>[3]</sup>。土地整理项目是为改善土地利用结构、提升土地利用价值、改善农业生产条件和生产环境而对项目区的田、水、路、林、村开展的综合整治措施<sup>[4]</sup>。

国内对土地整理的研究起步较晚, 主要集中于土地整理的技术研究, 土地整理潜力的研究, 土地整理新增耕地的土壤质量、生产力研究, 土地整理的产权研究等方面。我国目前开展的大都属于狭义的土地整理, 以增加耕地面积、提高耕地利用率和产出率为根本目的, 而土地整理作为一种时效性较强的人类干扰行为, 对生态系统及其景观格局会产生剧烈影响<sup>[5]</sup>。土地整理过程中容易忽略生态质量

建设, 引发的生态效应还没有得到足够的重视, 进而产生一些生态问题<sup>[3]</sup>。比如, 土地整理过程不可避免地会对项目区及周边地区的水文、土壤、植被、大气、生物等环境要素及其生态过程产生直接或间接、正面或负面的影响, 土地整理后会改变土地利用空间结构的改变, 会对景观格局产生影响<sup>[6]</sup>。

生态系统服务是指生态系统与生态系统过程所形成及所维持的人类赖以生存的生物资源和自然环境条件及其效用<sup>[7]</sup>(表 1)。土地整理的生态系统服务评价可将项目区土地整理前后生态系统服务的变化量来衡量土地整理的生态效益, 能更定量、直观地了解土地整理对生态环境的影响, 进而提出改进措施。

表 1 不同生态系统服务、价值及其举例  
Table 1 Different ecosystem services, values and examples

| 服务分类<br>Services type        | 服务价值<br>Services value                 | 服务功能举例<br>Examples of services function   |
|------------------------------|--|---|
| 生态系统服务<br>Ecosystem services | 物质生产服务<br>Material production services | 提供原材料、燃料、食品等<br>Providing raw materials, fuel, food, et al.   |
|                              | 调节服务<br>Regulation services            | 气候调节、洪水调节、疾病调节、水质净化等<br>Climate regulation, flood regulation, disease control, water purification, et al.   |
|                              | 支持服务<br>Support services               | 营养循环、土壤形成、初级生产等<br>Nutrient cycling, soil formation, primary production, et al.   |
|                              | 文化服务<br>Culture services               | 娱乐、美学、文化、旅游等<br>Entertainment, aesthetics, culture, tourism, et al.   |
|                              |  | 木材、燃料等的生产; 通过农耕、渔、采集获取食物<br>Production of timber, fuel; gaining food through farming, fishing and gathering, et al.   |
|                              |  | 调节温度、降水及其他气候过程, 调节水流动, 储存和保持水<br>Regulating the global temperature, precipitation and other climate processes; regulating the water flow, storing and keeping water, et al. |
|                              |  | 养分的储存及内部循环<br>Storage and internal cycle of nutrient, et al.  |
|                              |  | 生态系统的美学、艺术、教育、精神和科学价值; 生态旅游等活动<br>Spirit and scientific values of aesthetics, art, education of ecosystem; ecological tourism, and other activities, et al.                 |

在国内, 随着土地整理工作的广泛开展, 学者们结合土地整理的理论及实践, 对土地整理的含义、内容、模式、评价内容及产生的生态效应等进行基础性研究。付光辉等<sup>[8]</sup>评估南京市土地整理项目的生态系统服务价值的生态效益, 结果表明, 项目实施后生态服务价值(废物处理功能、食品生产、土壤形成与保护和气候调节、生物多样性保护)增加显著。郝仕龙等<sup>[9]</sup>采用物质质量与价值量评价法对黄土丘陵沟壑区农业生态系统服务功能进行评价, 土地整理后, 该生态系统服务功能得到增强。目前, 土地整理的生态系统服务价值研究尚且较少, 主要偏重增加耕地面积来提高粮食产量, 导致项目区土地利用结构简单, 生态系统脆弱, 影响系统中的物种迁移、物质循环和能量流动以及生态系统稳定平衡, 不利于耕地的可持续发展<sup>[10]</sup>, 对于土地整理这种人为扰动生态系统进而影响生态系统服务价值的研究还有待深入。因此土地整理生态效益的研究是必要的, 生态效益是经济和社会效益实现的保证。

本研究从目前生态系统服务功能研究进展着手, 结合项目区土地整理产生的生态效应, 系统分析土地整理对生态系统服务的影响, 针对具体工程措施, 比较能值分析、物质质量评价与价值量评价方法在实践中的应用及其各自具有的优缺点, 提出区域生态系统服务功能评价的展望。

## 1 土地整理工程类型、特点及其生态效应

### 1.1 土地整理工程类型

土地整理是一项长期而复杂的社会系统工作, 土地整理的内容随着国家经济、社会的发展而不断变化。我国现阶段土地整理的主要内容包括以下几个方面:

#### 1.1.1 土地平整工程

土地平整工程一般包括土石方开挖、回填及运输、平整土地等项目, 土地平整工程将原来土地资源空间配置不合理、利用率低的耕地, 通过改变耕作田地的形状、表面高度、面积等方式利于田间管理, 适于农作物生长, 发挥机械耕作效率, 浇灌方便均匀, 来满足作物高产稳产对水分及土质的需要<sup>[11]</sup>。

### 1.1.2 农田水利工程

农田水利工程是根据项目区农业生产的需要而建设的灌溉与排水工程及附属设施系统,主要是通过沟渠改造以实现水资源合理利用、水资源的可持续性。通常包括水源的维护、沟渠的新建和维修、泵站的合理配置<sup>[12]</sup>。沟渠深度和间距的设计一方面要满足农田灌溉排水的需要,另一方面必须考虑项目区地下水位的深度,地下水位较高的项目区排水沟间距应较小,以降低地下水位,防止渍害。

### 1.1.3 田间道路工程

田间道路工程是指为满足整理区生产与生活需要而建设的田间路、生产路以及配套的农桥等工程系统。田间道路的修建主要包括路面铺垫、路基建设及其他道路附属工程等。其目的主要是方便农业生产,提高生产效率。

### 1.1.4 水土保持及生态防护林工程

水土保持工程是指为减少自然因素和人为活动造成水土流失所采取的预防和治理措施。其目的在于减少水土流失,促进水土资源的合理利用,维护和提高土地生产力,建设良好生态环境。一般包括山坡防护工程、山沟治理工程、山洪气压层工程和小型蓄水用水工程4种类型<sup>[13]</sup>。

### 1.1.5 农村居民点合并等其他工程

农村居住点是指建制镇以下农村居民的聚居地,按其政治、经济地位和人口规模,可分为集镇、村庄两类<sup>[14]</sup>。农村居民点土地整理主要运用工程技术及土地产权调整,通过村庄改造、归并和再利用,使农村建设逐步集中,提高农村居民点土地利用强度,促进土地利用合理化,改善农民生产、生活条件和农村生态环境<sup>[15]</sup>。

## 1.2 土地整理工程的特点

土地整理工程是一项复杂的工作,它具有空间尺度性、影响过程的动态性、影响因子地域性<sup>[11]</sup>、整理目标的多元性等特点。

空间尺度性。土地整理是土地利用变化的驱动因素之一,引起景观格局及功能的变化。景观格局与生态功能的产生、演变均处于特定的时空尺度范围内,具有一定的尺度依赖性<sup>[16]</sup>。有些学者利用景观格局指数从项目区尺度、乡镇尺度和区域尺度定量研究了土地整理的景观效应<sup>[17-19]</sup>。王军等<sup>[15]</sup>在村域、镇域和县域 3 种不同尺度下,采用生态系统服务价值量评估方法分析了土地整理对生态服务价值的影响。

影响过程的动态性。土地整理的最终目的是通过调整土地利用方式及结构,综合开发利用土地资源,协调人地关系。但是,在土地整理的不同

时期,随着土地利用实际情况及经济社会的发展,土地整理的内容和目标可能和实际达到的目标不尽相同<sup>[20-21]</sup>。我国实施土地整理项目时,从国情出发,借鉴国内外的成果经验,不断发展和完善我国的土地整理工作。

影响因子的地域性。我国土地资源丰富,地域跨度大,各地区的自然条件及人为干扰程度不同,导致土地整理工作在开展过程中不同区域的目标及技术工序存在差别。在土地整理工作开展之前,应实地调查,充分考虑当地社会经济发展的需要,结合自然地理条件,确定土地整理的实施方案,从而提高土地整理的工作效率<sup>[22]</sup>。

整理目标的多元性。随着土地整理的不断发展,其目标也不断发生着变化。由单纯的增加耕地面积,提高土地利用效率发展为在增加经济效益的同时更加注重生态效益,通过科学整理土地资源,提高生态系统服务多重功能,实现生态系统可持续发展。

## 1.3 土地整理工程产生的生态效应

土地整理生态效应是指土地整理项目实施后,项目区的生态环境功能、成分等的变化引起生态系统服务的变化。土地整理是一种短期内人类剧烈改变土地利用结构的行为,在促进区域经济效益和社会效益提升的同时,必然会影响自然生态系统空间分布格局和服务功能,并产生不同生态效应<sup>[7]</sup>。土地整理项目在建设过程中会导致区域土地利用结构变化,不同土地利用类型的面积、种类、空间位置也随之改变<sup>[23]</sup>,从而生态系统的生物组成、物质循环、能量和信息流动特征发生变化。这种变化既有正向的也有反向的(表 2)<sup>[24-26]</sup>。

## 2 土地整理对生态系统服务的影响及其研究进展

由于不同土地利用类型具有不同的生态服务及价值,区域土地利用结构变化会导致区域生态服务功能和价值发生变化。根据目前较为公认的生态系统服务分类方法<sup>[27]</sup>,主要分为 4 个方面,即物质生产、调节功能、支持功能和文化功能。土地整理引起区域土地生态服务价值的变化,这种变化可能是正向的,也可能是逆向的。

### 2.1 土地整理对物质生产的影响

生态系统不断向人类提供食物、原材料、能源等物质资源。土地整理利于提高土地利用率和增加可利用面积,另一方面由于整理区的植被组成逐步走向单一的农作物可生产更多的粮食,降低了植被覆盖率和覆盖程度,导致次生自然植被及人工植被面积增加。通过土地整理活动可改变土壤结构和土

表 2 不同土地整理工程的生态效应<sup>[24-26]</sup>  
Table 2 Ecological effects of different land consolidation projects

| 土地整理工程<br>Land consolidation project  |  | 生态效应 Ecological effect  |  |
|---|--|---|--|
|   |  | 正面 Positive   | 负面 Negative  |
| 土地平整工程<br>Land leveling project   | 土地平整<br>Land leveling  | 利于灌溉, 增加有效利用面积, 提高生产能力和抵御自然灾害能力<br>Good for irrigation, increasing the effective area; improving productivity and ability to withstand natural disasters  | 直接破坏整理区地表植被及土壤种子库; 大型机械的使用有可能会造成土壤板结, 破坏表层土, 降低土壤质量; 造成土壤流失<br>Destroying surface vegetation and soil seed bank directly; heavy machinery may cause soil harden, topsoil destruction, and soil quality decreasing; inducing soil loss  |
|   | 废弃沟渠坑塘填埋<br>Landfill of abandoned ditches and pits   | 改变地貌, 增加可使用土地<br>Changing landscape and increasing available land   | 表土流失, 碾压使土地板结<br>Surface soil loss, soil hardening due to soil pressing  |
|   | 梯田修筑<br>Terraces built   | 利于耕作, 改变地貌, 保持水土能力增强<br>Good for farming, changing landform; enhancing conservation ability of soil and water   | 植被缺失, 景观变化<br>Loss of vegetation, landscapes change  |
| 农田水利工程<br>Agricultural hydraulic engineering                                      | 农田灌溉排水, 合理利用水资源<br>Increasing cultivated land, improving traffic convenience; farmland design suitable for irrigation and drainage, as well as rational utilization of water resources   | 耕地面积增加; 通行方便改善; 沟渠设计利于农田灌溉排水, 合理利用水资源<br>Improving farmland small environment and traffic convenience; constructed road corridor good for the space motion, existence and continuity of species | 沟渠设计使水易流失, 生物生境破碎化; 水泥的大量使用影响生物的多样性, 阻隔物种迁移; 改变地下水文结构, 影响水循环, 导致土壤次生盐碱化<br>Design ditch made water loss and fragmentation of biology habitats; the extensive use of cement affected biological diversity and block species migration; structure of underground hydrology was changed; the water cycle was affected leading to soil secondary salinization  |
|   | 田间道路工程<br>Country road engineering   | 改善农田小环境; 通行方便; 道路廊道利于物种的空间运动及其生存和延续<br>Improving farmland small environment and traffic convenience; constructed road corridor good for the space motion, existence and continuity of species   | 建设期间, 水土流失严重, 破坏土壤环境; 生物生境破碎化, 不利于物种扩散; 人为践踏使土地板结, 植被减少; 人类活动的增多, 改变景观格局和过程, 损害斑块内部物种和稀有物种, 最终导致生物多样性降低<br>During construction period, soil and water lost, soil environment was destructed; fragmentation of biological habitats was bad for the species diffusion; people trample made soil harden and vegetation reduction; increased human activities changed landscape pattern and process, damaged species and rare species within patches, decreased biological diversity finally |
| 水土保持及生态防护林工程<br>Soil and water conservation and ecological shelter forest project | 保持水土, 改善环境景观及保持生态平衡, 防风固沙, 调节和净化空气, 提供动物栖息地<br>Conservation of soil and water, improving environmental landscape and maintaining ecological balance; windbreak and sand-fixation; adjusting and purifying air; providing habitat for animals |   |  |
| 居民点等的归并<br>Merging of residential areas   | 土地利用类型改变; 减少环境污染; 提高生活质量<br>Changing land use type, reducing environmental pollution, improving life quality   |   | 不合理的城镇、农村合并导致水资源消耗增多, 造成水污染<br>Unreasonable towns and rural merger led to increased water consumption and water pollution  |

壤质地、影响土壤肥力、造成土壤污染和加剧土壤退化等, 从而影响土壤的各种理化性质及相关生态过程, 影响土壤植被及农作物的生长<sup>[28]</sup>。土地整理的目的是增加斑块面积和减少土地斑块数量, 可能会忽视多样性和异质性。

### 2.2 土地整理对调节功能的影响

生态系统的调节功能主要包括气候调节、洪水调节、疾病调节、水质净化等方面。田块间的田埂、道路两侧的农田防护林可以成为一些动植物的栖息地, 对病虫害发生的减少、农田生态系统的生物多样性的维持有积极的作用。土地整理过程中涉及植被类型、面积、数量的变化, 干扰区域 CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub> 平衡和生境对主要植被结构控制环境变化的反应能力, 对当地生态系统气候产生影响。张正峰等<sup>[24]</sup>认为排水工程可带走土壤中多余的盐分, 改善土壤质量。谭志海<sup>[29]</sup>评价了湖南农村土地整理项目, 结果表明采取作物常年轮作换茬生长、表土植被恢复等

措施, 可提高植被覆盖度, 空气净化, 美化环境。土地整理带来一系列正面效应的同时, 一些负面效应是不可避免的。罗明等<sup>[30]</sup>认为水利水电工程、农田灌溉工程以及坡地垦殖与梯田建设等往往会改变地表水系的网络结构, 影响水文循环, 干扰区域水环境调节。

### 2.3 土地整理对支持功能的影响

生态系统的支持功能主要包括营养循环、土壤形成及初级生产等方面。农用机械对土壤的扰动, 使得土壤环境发生剧烈的变化, 破坏土壤中的微生物生境, 从而导致土壤微生物大量死亡。徐畅等<sup>[31]</sup>的研究认为实施土地整理能促进土壤理化性状和生物学性状的改善, 提高土壤综合质量。张正峰等<sup>[24]</sup>及张野等<sup>[32]</sup>认为通过土地平整, 可以增厚土层, 提高土壤持水保土能力, 减少农耕地水土流失, 保护水土资源。然而土地整理中大型机械的使用和机械化的挖填, 有可能会造成土壤板结, 破坏表土熟化层, 降低土地质量。

## 2.4 土地整理对生态系统文化功能的影响

生态系统文化功能主要包括休闲、娱乐、文化遗产、艺术素养、生态美学等方面。这类服务部分是有形的,部分是无形的,为人类提供的惠益部分是直接的,部分是间接的<sup>[33]</sup>。土地整理中有序的景观格局变化可以提高区域整体的环境美学价值,生态系统中的各景观要素和组成种类的大小、形态、时间及空间分配的差异都会影响环境美学价值。森林采伐、湿地开发、生物资源开发利用以及土地利用方式的改变,都会使全球生态系统的格局发生极大变化,导致自然生态系统面积减少,受人控制的生态系统面积迅速增加,历史气息可能会减弱<sup>[34]</sup>。

## 2.5 研究进展

我国的土地整理项目仍处于初级阶段,大部分地区土地整理以新增耕地率、投资回收期为目标,对景观生态设计和生态保护重视不够。王军等<sup>[6]</sup>分析了土地整理前后的土地利用结构和景观格局变化。在近年来的不断发展完善中,越来越重视土地整理对生态系统所产生的生态效益(多指生态系统服务的间接使用价值),将生态效益用价值量评价方法转化成货币的形式来衡量。比如杨健<sup>[12]</sup>分析了土地整理前后的生态效益,其中固碳制氧、净化空气、气候调节、水源涵养、干扰调节、文化服务功能价值都不同程度地提高,温室气体排放功能价值有所降低,可见该项目实施对项目区生态环境起到了一

定的改善作用。另外,土地整理各项建设工程对区域生态环境带来正面效应的同时,土地整理所采取的一系列生物措施和工程措施会打破原有生态系统平衡,对该区域的土壤理化性质及结构质地、水资源分配及水文结构、植被覆盖率及空间结构和农田景观格局等的环境要素及其生态过程产生负面影响。张晓锁<sup>[35]</sup>通过实证研究湖北省枝江市桃花档基本农田土地整理项目实施后,该项目区农田温室气体排放量增加,蓄水功能弱化。随着土地整理在我国的不断研究和发展,不断完善土地整理的政策、制度、技术,提出土地整理过程中不良影响的减缓措施,仍需继续探索研究。除理论研究需要完善外,还需深入研究土地整理对土壤、水环境、生物资源、植被、小气候、景观等要素变化过程的影响,揭示土地整理对生态环境的影响机理,提出土地整理实施后生态环境的发展演化趋势,将景观生态学理论融入土地整理规划与实践,积极引导土地整理对生态环境的正面影响,减少对生态环境的负面影响。

## 3 生态系统服务评价方法在土地整理的应用

1997年,Holden和Ehrlich首次指出生态系统服务的概念以来,许多生态学者和经济学家开始对全球或区域生态系统的服务功能和价值进行评价研究,对生态系统服务的评价方法主要有3类:能值分析法、物质质量评价法与价值量评价法(表3)。

表 3 3种生态系统服务评价方法的比较<sup>[7-8,16,35-39]</sup>

Table 3 Comparison of 3 evaluation methods of ecological services

| 评价方法<br>Evaluation method     | 优点<br>Advantage  | 缺点<br>Disadvantage   | 指标体系<br>Indicator system  | 参考文献<br>Reference |
|-------------------------------|--|--|---|-------------------|
| 能值分析法<br>Emergy analysis      | 充分考虑自然资源对生态系统的重要作用;采用一致的能值标准,避免了偏颇生态或经济某一方面的常规不足<br>The important role of natural resources on the ecosystem was fully considered; Consistent energy standard was adopted to avoid the biased ecology or the routine deficiency of economics   | 获得产品的转换率较难,没有统一的折算标准;需要大量、全面、连续的数据作支撑,耗时<br>Hard to get the product conversion, no unified translation standards; abundant, comprehensive, and continuous data was needed as support, time-consuming                                     | 构建土地整理能值图,输入能值方面选取有关可更新与不可更新投入因子;在输出能值方面选取经济、社会和大气、土壤、水分、生物多样性等生态因子<br>Land consolidation energy chart; input energy including renewable and nonrenewable factors; output energy including economic, social, and ecological factors such as atmosphere, soil, water, biodiversity | [39]              |
| 物质质量评价<br>Material assessment | 评估比较客观;能反映出生态系统服务功能动态变化过程及可持续性<br>Evaluation was objective; Dynamic process of ecosystem service function and sustainability was reflected   | 评估过程中各项生态系统服务功能的单位量纲不同,很难加和汇总;物质及量纲不同,无法直观判断<br>Unit dimensions of different ecosystem service functions were different, it was difficult to summary; Difference in materials and dimensions led to difficulty of direct judgment direct | 对比土地整理前后各项生态系统服务功能进行核算<br>Comparing all kinds of ecosystem services before and after the land consolidation   | [35]              |
| 价值量评价<br>Value assessment     | 可统计某一生态系统的各项服务功能的总价值,可以直观比较;以货币形式表示,易为接受;结果可促进生态资源价值评估并提供依据<br>Total value of ecosystem services function was counted and compared directly; The value was expressed in monetary, easily to be accepted; The results could promote the value evaluation of ecological resources and provided the reference | 货币化过程受市场失灵和主观性影响较大;某些服务功能的评估方法不同,产生的影响不同<br>Market failure and the subjectivity greatly affected monetization; Different service function evaluation method had different effects  | 计算各项服务功能的变化,结合各物质市场价格,进行货币化换算<br>The changes of ecological service functions was calculated and monetized according to market price   | [7-8,16]          |

### 3.1 能值分析法

能值分析法是第一次将能量流、信息流与经济流联系在一起, 能流的基础是物质, 这样生态系统中的这几个功能过程不再是孤立的, 即能值把不同类别、不可直接比较的能量转化成相同量化尺度的同一标准, 一般为太阳能值转换率为标准。能值方法与技术的采用不是取代货币对经济行为的度量功能, 而是弥补货币价值方法的不足<sup>[40]</sup>。

### 3.2 物质质量评价法

物质质量评价法是指把生态系统提供的各项服务用生态过程中产生的物质质量来进行定量评估的一种方法。实际上物质质量是指不同生态系统或其中的物种提供的产品和服务中所包括的净光合作用生产量或者经济产量<sup>[41]</sup>。赵景柱等<sup>[36]</sup>研究认为, 从物质质量的角度对生态系统进行评价时, 如果该生态系统提供服务的物质质量不随时间推移而减少, 那么通常认为该生态系统是处于比较理想的状态。

### 3.3 价值量评价法

价值量评价法是将生态系统所提供的各种服务及其价值用货币来量化的方法, 因为利用此方法计算生态系统服务能力所得的结果都是货币值, 所以通过利用人们对货币有明显的感知, 引起人们对区域生态系统服务足够的重视。该方法有利于得出某一生态系统的各单项服务综合值, 有利于纳入国民经济核算体系。主要有直接市场价格法<sup>[42]</sup>、替代市场价格法<sup>[19,42]</sup>和模拟市场法<sup>[43-44]</sup>等。

### 3.4 可用于土地整理中的生态系统服务计算方法

土地整理通过实施多种技术措施对田、水、路、林、村等项目进行综合整治, 这种人为的重组和改变土地利用结构必将影响到区域生态的结构和功能, 在实现土地整理目标的同时, 使原有生态系统平衡遭到破坏, 各类生态系统服务功能会出现不同程度的变化。将这种变化量化是土地整理生态系统服务评价中的重要内容(表 4)。

实际应用中, 通常以物质质量法为基础, 再将其乘以价值系数换算成货币形式, 利于直观比较。通过统计土地整理前后土地利用的变化面积, 计算研究区总生态系统价值与单项生态系统服务价值<sup>[7,23,44]</sup>。一般方法为本文采用谢高地等<sup>[14]</sup>的生态服务价表, 套用 Costanza 的 ESV 计算公式来计算:

$$ESV = \sum(A_k \cdot VC_k) \quad (1)$$

$$ESV_f = \sum(A_k \cdot VC_{fk}) \quad (2)$$

式中:  $ESV$  为生态系统服务价值,  $\text{元} \cdot \text{a}^{-1}$ ;  $A_k$  为项目区第  $k$  种土地利用类型的面积,  $\text{hm}^2$ ;  $VC_k$  为生态价值系数,  $\text{元} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ;  $ESV_f$  为生态系统单项服务功能价值,  $\text{元} \cdot \text{a}^{-1}$ ;  $VC_{fk}$  为单项服务功能价值系数,

$\text{元} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

不同的生态系统服务功能价值评估案例因所选用的评估方法不同导致评价结果差异较大, 必须针对具体的评估案例, 比较各种评估方法<sup>[37]</sup>(表 5)。相比之下, 物质质量是生态服务的基础, 区域生态系统的结构和过程决定了生态系统服务功能的物质质量, 通过对土地整理区生物物质质量种类及测算, 可以表达出生态系统服务功能的可持续性。运用此方法可以客观地揭示生态系统结构、功能和生态过程, 所以能比较准确地反映生态系统服务功能的结果。而且物质质量评估方法对生态系统服务功能进行评估是比较客观的。从生态系统过程进行物质评估能反映出生态系统服务功能的动态变化过程。具体来说, 土地整理前后生态服务的动态监测方法缺乏, 没有形成统一的评价指标体系与标准, 而且案例研究缺乏。

## 4 讨论

土地整理引起土地利用结构变化, 导致区域生态系统服务价值的变化<sup>[8]</sup>。合理开发利用土地资源, 适当增加和保护生态服务价值高的地类, 补充一定生态用地, 应成为土地整理的重要内容。与国外土地整理相比, 我国土地整理的目标仍主要是增加耕地或其他农用地面积, 尚未进入以提高生产能力、改善生态环境为主要目标的阶段。对土地整理生态效益的研究是必要的, 生态效益是项目区长期经济效益和社会效益实现的保证。我国土地整理虽然进展很快, 但实际工作中, 对各种土地利用类型的灵活选择并协调各种单项生态功能的价值, 仍未达到一种平衡。现阶段要评估生态系统服务的单项价值和总价值, 至少要保证项目区的生态系统服务总值在土地整理后要有所提高。

土地整理追求的是经济效益、社会效益、生态效益的统一, 如果偏重经济效益和社会效益往往会导致不良后果, 失去土地整理的本来意义。在土地整理效益评价时, 除了进行相关的经济和社会效益评价外, 生态评价也是非常必要的。土地整理的生态效益是土地整理过程对生态环境组成成分及生态过程产生的影响, 土地整理活动完成后, 区域的生态过程和生态服务功能发生变化。在进行评价时, 不能仅仅注重耕地面积的增加, 还要重视生态系统的调节功能和支持功能产生的生态效益, 而这些功能和效果是无法直接衡量的, 必须通过将其转换成实物形式进行评价。潘岩等<sup>[39]</sup>通过能值分析法将生态效益分类为涵养水源效益、土壤肥力保持效益、生物多样性效益等, 对其进行量化研究与评价。

表 4 生态系统不同服务功能的定量描述方法  
Table 4 Quantitative methods of evaluation of different service functions of ecosystem

| 一级功能<br>Primary function    | 二级功能<br>Secondary function          | 主要方法及参考文献<br>Main method and reference  | 计算公式<br>Computational formula       | 参数说明<br>Parameter description   |
|-----------------------------|-------------------------------------|---|-------------------------------------|---|
| 物质生产<br>Material production | 产品生产<br>Products production         | 生物量法 <sup>[45]</sup> 、市场价值法 <sup>[46-48]*</sup> 、影子工程法 <sup>[49]</sup><br>Biomass Method <sup>[45]</sup> ,<br>Market Value Approach <sup>[46-48]*</sup> ,<br>Shadow Project Method <sup>[49]</sup>                      | $V = \sum S_i Y_i P_i$              | $V$ : 物质产品价值, 既包括水产品价值, 又包括原材料生产价值; $S_i$ : 第 $i$ 类物质的可收获面积; $Y_i$ : 第 $i$ 类物质的单产; $P_i$ : 第 $i$ 类物质的市场价格。 $V$ : material products values, including values of aquatic products and raw material production; $i$ : material; $S_i$ : harvest area of $i$ ; $Y_i$ : per unit yield of $i$ ; $P_i$ : market price of $i$ .                    |
|                             | 维持生物多样性<br>Biodiversity maintenance | 支付意愿法 <sup>[47]</sup> 、机会成本法 <sup>[49]*</sup><br>Willingness to Pay <sup>[47]</sup> ,<br>Opportunity Cost Method <sup>[49]*</sup>   | $U_b = S_b \cdot A$                 | $U_b$ : 保护生物多样性价值; $S_b$ : 单位面积物种损失的机会成本; $A$ : 各地类面积。 $U_b$ : value of protection biodiversity; $S_b$ : opportunity cost of species loss per unit area; $A$ : area of every type of land.  |
| 调节功能<br>Regulation function | 气候调节<br>Climatic regulation         | 替代成本法 <sup>[47]*</sup> 、成果参照法 <sup>[33]</sup><br>Alternative Cost Method <sup>[47]*</sup> ,<br>Benefit Transfer Method <sup>[33]</sup>  | $P = (B_i/B) P_i$                   | $P$ : 订正后的单位面积生态系统服务价值; $i$ : 生态系统类型; $P_i$ : 生态系统服务价值基准单价; $B_i$ : 生态系统生物量; $B$ : 中国某类生态系统单位面积平均生物量。 $P$ : corrected ecosystem service value per unit area; $i$ : ecosystem type; $P_i$ : benchmark price of the ecosystem services value; $B_i$ : ecosystem biomass; $B$ : average biomass per unit area in China.                        |
|                             | 水质净化<br>Water purification          | 替代工程法 <sup>[50]</sup> 、生产成本法 <sup>[46]</sup> 、影子价值法 <sup>[49]*</sup><br>Alternative Project Method <sup>[50]</sup> ,<br>Product Cost Method <sup>[46]</sup> ,<br>Shadow Value Method <sup>[49]*</sup>                   | $U_w = 10K \cdot A(P - E)$          | $U_w$ : 植被净化水质价值; $K$ : 水净化费用; $P$ : 降水量; $E$ : 植被蒸散量; $A$ : 植被面积。 $U_w$ : water quality purification value of vegetation; $K$ : water purification cost; $P$ : precipitation; $E$ : vegetation evaporation; $A$ : vegetation area.   |
|                             | 土壤保持<br>Soil conservation           | 机会成本法 <sup>[47]</sup> 、影子工程法 <sup>[49]*</sup><br>Opportunity Cost Method <sup>[47]</sup> ,<br>Shadow Project Method <sup>[49]*</sup>  | $U_s = A_i C_s \cdot (X_2 - X_1)/p$ | $U_s$ : 植被固定土壤价值; $A_i$ : 面积; $C_s$ : 挖取和运输单位体积土方所需费用; $X_1$ : 有植被土壤侵蚀模数; $X_2$ : 无植被土壤侵蚀模数; $p$ : 土壤容重。 $U_s$ : value of vegetation fixing soil; $A_i$ : area; $C_s$ : cost of excavating and transporting unit volume soil; $X_1$ : erosion modulus with vegetation; $X_2$ : erosion modulus without vegetation; $p$ : soil bulk density. |
|                             | 固碳<br>Carbon sequestration          | 碳税法 <sup>[46]</sup> 、造林成本法 <sup>[46]*</sup> 、能值分析法 <sup>[51]</sup><br>Carbon Tax Law <sup>[46]</sup> ,<br>Afforestation Cost Method <sup>[46]*</sup> ,<br>Emergy Analysis <sup>[51]</sup>                               | $V_p = \sum NPP_i \cdot 1.62P_c$    | $V_p$ : 碳固定的价值量; $NPP_i$ : 土地类型的净初级生产力; $i$ : 土地利用类型; $P_c$ : 市场固定 CO <sub>2</sub> 的价格。 $V_p$ : value of fixed carbon; $NPP_i$ : net primary productivity; $i$ : land use type; $P_c$ : market price of CO <sub>2</sub> .   |
|                             | 产氧<br>Production of oxygen          | 造林成本法 <sup>[46]</sup> 、工业制氧法、影子价格法 <sup>[45-46]*</sup><br>Afforestation Cost Method <sup>[46]</sup> ,<br>Industrial Oxygen Generation Method, Shadow Cost Method <sup>[45-46]*</sup>                                    | $U_o = G_o C_o = 1.19 C_o A B_y$    | $U_o$ : 植被年释氧价值; $G_o$ : 林分年释氧量; $C_o$ : 氧气价格; $A$ : 植被面积; $B_y$ : 植被净生产力。 $U_o$ : value of oxygen released by vegetation per year; $G_o$ : value of oxygen released by forest per year; $C_o$ : oxygen price; $A$ : vegetation area; $B_y$ : vegetation net productivity.  |
|                             | 涵养水源<br>Water conservation          | 替代工程法 <sup>[47,50]</sup> 、水量平衡法 <sup>[48]</sup> 、影子工程法 <sup>[48]*</sup><br>Alternative Project Method <sup>[47,50]</sup> ,<br>Water Quantity Balance Method <sup>[48]</sup> ,<br>Shadow Project Method <sup>[48]*</sup> | $V = W \cdot C$                     | $V$ : 坑塘蓄水价值; $W$ : 坑塘蓄水量; $C$ : 水库蓄水成本。 $V$ : value of pond impoundment; $W$ : capacity of pond; $C$ : reservoir water storage cost.   |
|                             | 净化空气<br>Air purification            | 市场价值法 <sup>[48]</sup> 、影子价格法 <sup>[50]</sup><br>Market Valuation Method <sup>[48]</sup> ,<br>Shadow Cost Method <sup>[50]</sup>   | $V = C \cdot Q$                     | $V$ : 净化空气价值; $C$ : 治理有害物质成本; $Q$ : 治理气体量。 $V$ : value of air purification; $C$ : cost of governing harmful substance; $Q$ : gas volume.  |
| 文化功能<br>Culture function    | 娱乐<br>Entertainment                 | 旅行费用法 <sup>[46,52-53]</sup> 、费用支出法*、产业关联法、消费者剩余价值法<br>Travel Consume Method <sup>[46,52-53]</sup> ,<br>Cost Method*, Industry Association Method, Consumer Surplus Value Method   | $U_t = t \cdot P \cdot N$           | $U_t$ : 某地区年旅游价值; $t$ : 人均停留时间; $P$ : 人均旅游花费; $N$ : 年游客总人数。 $U_t$ : tourism value of a region; $t$ : average residence time per person; $P$ : travel cost per person; $N$ : yearly total number of visitors.  |

\*表示后面的计算公式为该种方法的计算公式。 \* indicates the method from which the computational formula in the next column comes.

土地整理通过土地平整工程、农田水利工程、田间道路工程等一系列的工程措施改变了区域景观类型、斑块大小及廊道的连通性, 必然会影响生态系统的营养循环、土壤形成、固氮释氧、动植物的扩散等生态过程。在改变土地利用/覆盖的进程中, 应将景观生态设计理念融入到土地整理中, 在提高土地综合生产力的同时, 通过提高景观生境的连通性和景观多样性, 设计和保留生态廊道, 注重生态

系统功能的保持与提升。

土地整理的首要目标是增加耕地, 在调整土地利用结构的同时, 项目实施可能会引起一定程度的生态价值损失。坑塘水面及沟渠等在生态价值的构成中尤为重要, 而这些部分又是新增耕地的主要来源, 这正是开发与保护的矛盾所在。土地整理提出初期, 特别注重经济效应, 对生态效益的考虑较少, 在今后的工作中应更加重视生态系统服务功能在土

表 5 不同评价方法下土地整理项目的生态效益研究实例  
Table 5 Case study of ecological benefits in land consolidation project area according to different evaluation methods

| 计算方法<br>Evaluation method   | 项目<br>Project   | 效益<br>Benefit  | 参考文献<br>Reference |
|---|---|----------------|-------------------|
| 调节服务功能测算<br>Calculation of regulation service function                      | 重庆市长寿区木耳村土地整理项目<br>Land consolidation of Muer Village in Chongqing City   | 增加<br>Increase | [16]              |
| 土地生态系统服务价值系数法<br>Non-market value method                                    | 徐州市贾汪区土地整理项目<br>Land consolidation project of Jiawang County in Xuzhou City   | 降低<br>Decrease | [8]               |
| 公式计算<br>Formula computation   | 河北省南和县乡和湖北省枝江市基本农田土地整理项目<br>Land consolidation projects of Nanhe County in Hebei Province and Zhijiang City in Hubei Province | 增加<br>Increase | [12,33]           |
| 修正后的 Costanza 服务价值估算模型<br>Corrected Costanza service value estimation model | 安徽省宣城市南湖村项目<br>Land consolidation project of Nanhu Village of Xuancheng City, Anhui Province                                  | 降低<br>Decrease | [39]              |
| Costanza 的 ESV 计算公式<br>Ecosystem services value formula of Costanza         | 浙江省临安市横畈镇土地整理项目区<br>Land consolidation project of Lin'an County, Zhejiang Province  | 降低<br>Decrease | [22]              |

地整理中的重要性。上述列举的评价方法不断发展,使土地整理的生态效益评价逐步从定性到定量过渡,是基于土地整理的生态系统服务价值评价的重大突破。每种评价方法在实际土地整理产生的生态效益评价时得出的结论有时是不同的,这就需要对比不同方法的差异,采取合理的评价方法,使测算出的生态系统服务功能价值的准确程度有所提高,更为科学地评价土地整理的生态效益。

土地整理在短时间内会显著改变土地利用方式及结构,改变景观结构、功能及过程<sup>[54-55]</sup>。土地整理格局的差异导致整理区不同尺度上的生态服务价值不同。其中,土地整理具有尺度性这一特点,因此在土地整理实施中,应逐步重视不同尺度上生态服务价值的变化。

参考文献

[1] 郑拥军, 孙鹏军. 土地整理研究综述[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(8): 3680-3683  
Zheng Y J, Sun P J. A review on land consolidation[J]. Journal of Anhui Agricultural Science, 2009, 37(8): 3680-3683

[2] 田华文, 孟庆香, 曲晨晓, 等. 土地整理对区域生态系统服务价值的影响分析[J]. 水土保持研究, 2008, 15(6): 167-169  
Tian H W, Meng Q X, Qu C X, et al. Impact of regional ecosystem service value on land consolidation[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2008, 15(6): 167-169

[3] 孙一铭. 土地整理的生物多样性影响研究综述[J]. 中国国土资源经济, 2008(7): 15-17  
Sun Y M. Review on the effect of the biodiversity by the land consolidation[J]. Natural Resource Economics of China, 2008(7): 15-17

[4] 张晓芳. 土地整理对区域生态系统服务价值的影响[J]. 黑龙江科技信息, 2010(13): 70  
Zhang X F. Impact of regional ecosystem service value on land consolidation[J]. Heilongjiang Science and Technology Information, 2010(13): 70

[5] 张贞, 高金权, 杨威, 等. 土地整理工程影响下农业生态系统服务价值的变化[J]. 应用生态学报, 2010, 21(3): 723-733  
Zhang Z, Gao J Q, Yang W, et al. Changes of agroecosystem services value under effects of land consolidation[J]. Chinese

Journal of Applied Ecology, 2010, 21(3): 723-733

[6] 王军, 李正, 白中科, 等. 土地整理对生态环境影响的研究进展与展望[J]. 农业工程学报, 2011, 27(增刊 1): 340-345  
Wang J, Li Z, Bai Z K, et al. Progress and prospect of ecological environment impact of land consolidation[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2011, 27(Supp. 1): 340-345

[7] 赵微, 闵敏, 李俊鹏. 土地整理区域生态系统服务价值损益规律研究[J]. 资源科学, 2013, 35(7): 1415-1422  
Zhao W, Min M, Li J P. Regulation of ecosystem services in land consolidation regions[J]. Resources Science, 2013, 35(7): 1415-1422

[8] 付光辉, 陆守超. 基于生态系统服务价值的区域土地整理生态效益评价——以南京市为例[J]. 生态经济: 学术版, 2010(5): 142-145  
Fu G H, Lu S C. Study on economic valuation of regional land consolidation ecological benefits based on ecosystem service value: A case of Nanjing[J]. Ecological Economy, 2010(5): 142-145

[9] 郝仕龙, 李春静, 李壁成. 黄土丘陵沟壑区农业生态系统服务的物质质量及价值量评价[J]. 水土保持研究, 2010, 17(5): 163-171  
Hao S L, Li C J, Li B C. Assessment on mass and value for agro-ecosystem services in Loess Hilly and Gully Region[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2010, 17(5): 163-171

[10] 易兴翠. 景观生态学在土地整理项目中的应用研究——以武汉市蔡甸区消泗等 2 个乡镇基本农田土地整理项目为例[J]. 天津农业科学, 2012, 18(6): 55-60  
Yi X C. Study on the ecology landscape application in land consolidation projects — Taking the basic farmland consolidation in Xiaosi Village, Caidian District, Wuhan for example[J]. Tianjin Agricultural Sciences, 2012, 18(6): 55-60

[11] 申坤. 浅谈土地整理中的土地平整问题[J]. 华北国土资源, 2010(2): 39-41  
Shen S. Study on the land leveling in land consolidation[J]. Huabei Land and Resources, 2010(2): 39-41

[12] 杨健. 基于生态系统服务价值分析的土地整理生态效益研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2011  
Yang J. Study on ecology benefit of land arrangements based on the ecosystem services value analysis[D]. Beijing: Beijing Forest University, 2011

[13] 高照良, 田红卫, 王冬, 等. 水土保持工程措施生态服务功能的物质量化分析[J]. 生态经济, 2012(11): 149-153  
Gao Z L, Tian H W, Wang D, et al. Soil and water conservation ecological service function engineering measures things quality



- calculation[J]. *Ecological Economy*, 2012(11): 149–153
- [14] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. *自然资源学报*, 2003, 18(2): 189–195  
Xie G D, Lu C X, Leng Y F, et al. Ecological assets valuation of the Tibetan Plateau[J]. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18(2): 189–195
- [15] 王军, 邱扬, 杨磊, 等. 基于 GIS 的土地整理景观效应分析[J]. *地理研究*, 2007, 26(2): 258–264  
Wang J, Qiu Y, Yang L, et al. Landscape effect analysis of land consolidation using GIS[J]. *Geographical Research*, 2007, 26(2): 258–264
- [16] 李靖, 廖和平. 基于生态系统服务功能价值土地整理生态效益评价研究——以重庆市长寿区木耳村土地整理项目为例[J]. *西南师范大学学报: 自然科学版*, 2013, 38(10): 94–99  
Li J, Liao H P. Study on eco-benefit evaluation on land consolidation based on ecosystem service value — A case study on land consolidation of Muer Village in Chongqing[J]. *Journal of Southwest China Normal University: Natural Science Edition*, 2013, 38(10): 94–99
- [17] 邓劲松, 王珂, 沈掌泉, 等. 桐乡市乡镇耕地整理对耕地景观格局的影响及其分析[J]. *农业工程学报*, 2005, 21(3): 79–82  
Deng J S, Wang K, Shen Z Q, et al. Impact of farmland consolidation on farmland landscape: A case study in Tongxiang County[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2005, 21(3): 79–82
- [18] 王瓊玲, 赵庚星, 王瑞燕, 等. 区域农地整理质量评价及其时空配置研究——以山东省青州市为例[J]. *自然资源学报*, 2006, 21(3): 369–374  
Wang A L, Zhao G X, Wang R Y, et al. Quality evaluation for regional farmland consolidation and spatio-temporal collocation — A case study in Qingzhou County, Shandong Province of China[J]. *Journal of Natural Resources*, 2006, 21(3): 369–374
- [19] 王军, 严慎纯, 余莉, 等. 土地整理的生态系统服务价值评估与生态设计策略——以吉林省大安市土地整理项目为例[J]. *应用生态学报*, 2014, 25(4): 1093–1099  
Wang J, Yan S C, Yu L, et al. Evaluation of ecosystem service value and strategies for ecological design in land consolidation: A case of land consolidation project in Da'an City, Jilin Province, China[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2014, 25(4): 1093–1099
- [20] 苏辉. 土地开发整理规划中耕地整理潜力分级方法比较[J]. *平原大学学报*, 2005, 22(4): 112–121  
Su H. The comparison of the different grading methods about the rural land consolidation potentiality in the land exploitation and consolidation planning[J]. *Journal of Pingyuan University*, 2005, 22(4): 112–121
- [21] 黄中华, 王占岐, 龚健. 多因素综合评定法对土地整理潜力的评价研究——以湖北省保康县重阳土地整理项目区为例[J]. *国土资源科技管理*, 2004, 21(1): 31–34  
Huang Z H, Wang Z Q, Gong J. A preliminary research into potential evaluation of farmland rearrangement by multi-factors assessment — With Baokang County, Hubei Province as an example[J]. *Scientific and Technological Management of Land and Resources*, 2004, 21(1): 31–34
- [22] 张正峰. 土地整理中的生态服务价值损益估算[J]. *农业工程学报*, 2008, 24(9): 69–72  
Zhang Z F. Estimation of gains and losses of ecosystem services value with land consolidation[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2008, 24(9): 69–72
- [23] 于漳佩, 朱红梅, 王乐, 等. 基于土地整理的生态服务价值损益估算——以洪江市洗马乡土地整理项目为例[J]. *湖南农业科学*, 2013(1): 73–75  
Yu Z P, Zhu H M, Wang L, et al. Estimation of gain and loss for ecosystem service value based on land consolidation — A case study of land consolidation project in Xima Town of Hongjiang City[J]. *Hunan Agricultural Sciences*, 2013(1): 73–75
- [24] 张正峰, 赵伟. 土地整理的生态环境效应分析[J]. *农业工程学报*, 2007, 23(8): 281–285  
Zhang Z F, Zhao W. Effects of land consolidation on ecological environment[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2007, 23(8): 281–285
- [25] 艾东, 朱道林, 赫晓霞. 土地整理与生态环境建设关系初探[J]. *生态环境*, 2007, 16(1): 257–263  
Ai D, Zhu D L, He X X. The Relationship of land consolidation and bio-environmental rehabilitation[J]. *Ecology and Environment*, 2007, 16(1): 257–263
- [26] 叶艳妹, 吴次芳, 俞婧. 农地整理中路沟渠生态化设计研究进展[J]. *应用生态学报*, 2011, 22(7): 1931–1938  
Ye Y M, Wu C F, Yu J. Ecological design of ditches in agricultural land consolidation: A review[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2011, 22(7): 1931–1938
- [27] Wallace K J. Classification of ecosystem services: Problems and solutions[J]. *Biological Conservation*, 2007, 139(3/4): 240–242
- [28] 李岩, 欧明豪, 赵庚星. 土地整理的区域生态环境影响评价研究[J]. *生态环境学报*, 2010, 19(2): 398–403  
Li Y, Ou M H, Zhao G X. Impact of land consolidation on regional ecology and environment[J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2010, 19(2): 398–403
- [29] 谭志海. 土地开发整理对湘南农村环境的影响研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2009  
Tan Z H. Impact of land consolidation and rehabilitation on the rural environmental of Southern Hunan[D]. Changsha: Hunan University, 2009
- [30] 罗明, 张惠远. 土地整理及其生态环境影响综述[J]. *资源科学*, 2002, 24(2): 60–63  
Luo M, Zhang H Y. Land consolidation and its ecological and environmental impacts[J]. *Resources Science*, 2002, 24(2): 60–63
- [31] 徐畅, 高明, 谢德体, 等. 土地整理年限对紫色丘陵区土壤质量的影响[J]. *农业工程学报*, 2009, 25(8): 242–248  
Xu C, Gao M, Xie D T, et al. Effect of land consolidation history on soil quality of purple hilly region[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2009, 25(8): 242–248
- [32] 张野, 苏芳莉. 土地整理过程中的水土流失与防治对策[J]. *水土保持应用技术*, 2008(5): 31–32  
Zhang Y, Su F L. Soil and water loss and countermeasures during the process of land consolidation[J]. *Technology of Soil and Water Conservation*, 2008(5): 31–32
- [33] 邓舒洪. 区域土地利用变化与生态系统服务价值动态变化研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2012  
Deng S H. Dynamic effects on ecosystem services value with regional land use change[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2012
- [34] 欧阳志云, 王如松. 生态系统服务功能、生态价值与可持续

- 发展[J]. 世界科技研究与发展, 2000, 22(5): 45-50  
Ouyang Z Y, Wang R S. Ecosystem services and their economic valuation[J]. World Sci-Teach R&D, 2000, 22(5): 45-50
- [35] 张晓锁. 基于生态系统服务理论的土地整理生态效益研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2009  
Zhang X S. Study on the eco-benefits of land consolidation upon the ESV theory[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2009
- [36] 赵景柱, 肖寒, 吴刚. 生态系统服务的物质量与价值量评价方法的比较分析[J]. 应用生态学报, 2000, 11(2): 290-292  
Zhao J Z, Xiao H, Wu G. Comparison analysis on physical and value assessment methods for ecosystem services[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2000, 11(2): 290-292
- [37] 刘玉龙, 马俊杰, 金学林, 等. 生态系统服务功能价值评估方法综述[J]. 中国人口·资源与环境, 2005, 15(1): 88-92  
Liu Y L, Ma J J, Jin X L, et al. Summary of assessment methods for valuation of ecosystem service function[J]. China Population, Resources and Environment, 2005, 15(1): 88-92
- [38] 郭宝东. 湿地生态系统服务价值构成及价值估算方法[J]. 环境保护与循环经济, 2011(1): 67-70  
Guo B D. The composition of the wetland ecosystem value and assessment methods[J]. Environmental Protection and Circular Economy, 2011(1): 67-70
- [39] 潘岩, 程久苗, 沈非, 等. 基于能值理论的土地整理后效益评价[J]. 科技信息, 2013(3): 463-465  
Pan Y, Cheng J M, Shen F, et al. Land consolidation benefit evaluation based on emergy theory[J]. Science & Technology information, 2013(3): 463-465
- [40] 贾雨岚. 基于能值分析的重庆市绿地系统生态服务价值研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2012  
Jia Y L. Study on ecological service value of Chongqing green space based on emergy analysis[D]. Chongqing: Chongqing University, 2012
- [41] 韩伟, 孙辉, 唐亚. 生态系统服务价值及其评估方法研究进展[J]. 四川环境, 2005, 24(1): 20-26  
Han Y, Sun H, Tang Y. Value of ecosystem services and its assessment methodology[J]. Sichuan Environment, 2005, 24(1): 20-26
- [42] 徐慧, 彭补拙. 国外生物多样性经济价值评估研究进展[J]. 资源科学, 2003, 25(4): 102-109  
Xu H, Peng B Z. Advances of overseas studies on economic valuation of biodiversity[J]. Resources Science, 2003, 25(4): 102-109
- [43] 周宇. 水生态系统服务价值评估方法分析[J]. 现代商业, 2010(8): 78-79  
Zhou Y. Assessment method analysis of water ecosystem service value[J]. Modern Business, 2010(8): 78-79
- [44] 张泽勇, 鲁成树, 李陈. 基于生态系统服务价值的土地整理项目生态效益评价研究——以宣城市南湖村为例[J]. 城市开发, 2011, 10(5): 72-74  
Zhang Z Y, Lu C S, Li C. Study on economic valuation of regional land consolidation ecological benefits based on ecosystem service value: A case of Nanhu Village of Xuancheng City[J]. City Exploitation, 2011, 10(5): 72-74
- [45] 许晴, 许中旗, 王英舜. 禁牧对典型草原生态系统服务功能影响的价值评价[J]. 草业科学, 2012(3): 364-369  
Xu Q, Xu Z Q, Wang Y S. Evaluation on the impact of non-grazing on the services of typical steppe ecosystems[J]. Pratacultural Science, 2012(3): 364-369
- [46] 吴玲玲, 陆健健, 董春富, 等. 长江口湿地生态系统服务功能价值的评估[J]. 长江流域资源与环境, 2003, 12(5): 411-416  
Wu L L, Lu J J, Tong C F, et al. Valuation of wetland ecosystem services in the Yangtze River estuary[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2003, 12(5): 411-416
- [47] 肖强, 肖洋, 欧阳志云, 等. 重庆市森林生态系统服务功能价值评估[J]. 生态学报, 2014, 34(1): 1-7  
Xiao Q, Xiao Y, Ouyang Z Y, et al. Value assessment of the function of the forest ecosystem services in Chongqing[J]. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(1): 1-7
- [48] 塔吉古丽·艾麦提, 努尔巴依·阿布都沙力克, 努热曼古丽·图尔孙. 新疆巴尔鲁克山自然保护区森林生态系统服务功能价值评估[J]. 北京联合大学学报, 2014, 28(1): 44-50  
Tajiguli A, Nuerbayi A, Nuremanguli T. The forest ecosystem services valuation of Barlehtaw Nature Reserve[J]. Journal of Beijing Union University, 2014, 28(1): 44-50
- [49] 黄江效, 上官彦彦, 吴一凡. 惠安县森林生态系统服务功能价值评估[J]. 江西农业学报, 2014, 26(1): 102-106  
Huang J X, Shanguan H Y, Wu Y F. Value assessment of forest ecosystem service function in Hui'an County[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2014, 26(1): 102-106
- [50] 余新晓, 秦永胜, 陈丽华, 等. 北京山地森林生态系统服务功能及其价值初步研究[J]. 生态学报, 2002, 22(5): 783-786  
Yu X X, Qin Y S, Chen L H, et al. The forest ecosystem services and their valuation of Beijing Mountain areas[J]. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22(5): 783-786
- [51] 李丽锋, 惠淑荣, 宋红丽, 等. 盘锦双台河口湿地生态系统服务功能能值价值评价[J]. 中国环境科学, 2013, 33(8): 1454-1458  
Li L F, Hui S R, Song H L, et al. Evaluation of the services provided by the Shuangtai estuary wetland in Panjin based on emergy theory[J]. China Environmental Science, 2013, 33(8): 1454-1458
- [52] 郭中伟, 李典谟. 湖北省兴山县移民安置区内生态系统的管理[J]. 应用生态学报, 2000, 11(6): 819-826  
Guo Z W, Li D M. Ecosystem management of settlement area in Xingshan County[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2000, 11(6): 819-826
- [53] 戴君虎, 王焕炯, 王红丽, 等. 生态系统服务价值评估理论框架与生态补偿实践[J]. 地理科学进展, 2012, 31(7): 963-969  
Dai J H, Wang H J, Wang H L, et al. An introduction to framework of assessment of the value of ecosystem services[J]. Progress in Geography, 2012, 31(7): 963-969
- [54] 黄超, 唐南奇, 林奇胜. 基于景观生态学的土地整理生态效应分析[C]//2009年年会论文集. 福州: 福建省土地学会, 2009: 296-303  
Huang C, Tang N Q, Lin Q S. Analysis of ecological effect of land consolidation based on landscape ecology[C]//Fujian Province Land Society Conference Proceedings in 2009. Fuzhou: Fujian Province Land Society, 2009: 296-303
- [55] 安晨, 刘世梁, 李新举, 等. 景观生态学原理在土地整理中的应用[J]. 地域研究与开发, 2009, 28(6): 68-74  
An C, Liu S L, Li X J, et al. Application of the principles of landscape ecology on land consolidation[J]. Areal Research and Development, 2009, 28(6): 68-74