

陕西省土地整理工程生态承载力模型

费良军¹, 黄宝友¹, 孙胜祥²

(1. 西安理工大学水资源研究所, 西安 710048; 2. 陕西省地下水管理监测局, 西安 710003)

摘要: 该文在深入分析土地整理生态效益评价问题特点的基础上, 将基于生态足迹模型的生态承载力定量计算应用到陕西省土地整理工程中, 并按土地整理地貌分区对生态承载力进行分析计算。研究表明, 实施土地整理后陕北黄土高原沟壑区、渭北黄土台塬区、关中平原区人均生态承载力分别净增加 0.0538 hm²、0.0735 hm² 和 0.0698 hm²; 人均生态赤字分别减少了 21.33%、18.27% 和 36.95%。可见通过土地整理有效缓解了陕西省的生态环境压力。

关键词: 土地整理; 生态足迹; 生态承载力; 生态赤字

中图分类号: F311

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2008)-8-0080-04

费良军, 黄宝友, 孙胜祥. 陕西省土地整理工程生态承载力模型[J]. 农业工程学报, 2008, 24(8): 80-83.

Fei Liangjun, Huang Baoyou, Sun Shengxiang. Ecological foot-print model of land consolidation project in Shaanxi Province[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(8): 80-83.(in Chinese with English abstract)

0 引言

土地整理以增加耕地面积、提高土地质量为主要目标, 该工程主要是通过土地平整、农田水利设施建设、生态防护林网、田间道路建设等工程来实现土地的可持续利用。在补充耕地数量、实现耕地占补平衡和动态平衡的同时, 保障 18 亿亩耕地的低限。近年来国内外关于土地整理项目的评价研究不少, 国内主要有张妍^[1]等借用对农牧交错带的生态评估对土地整理项目进行了研究, 张正峰^[2]等利用模糊综合评判模型对耕地整理潜力进行了研究, 王瑗玲等^[3]采用特尔菲法和层次分析法相互校正评价指标权重对土地整理项目后综合评价。生态承载力研究主要集中在模型改进和宏观研究, 陈成忠等^[4]生态足迹与承载力非线性动力学分析, 张瑜英等^[5]对陕西省进行了生态承载力进行了定量评估, 王晓荣等^[6]陕北粮食生产潜力及土地人口承载力研究。国外关于土地整理研究起步较早, 波思大学埃利希·魏斯(Erich Weir)教授等^[7]在土地整理的理论与技术程序方面作了研究。但土地整理涉及面广, 又受到各地社会经济、自然要素的影响, 加之具有综合性、动态性、区域性等特点, 使得对其进行定量描述十分困难, 尤其在对项目生态评价方面定量计算方法上到现在尚无可操作的理论方法。本文是利用 20 世纪 90 年代意大利学者 William 和 Wackenagel 等^[8,9]提出的生态足迹模型, 对陕西省实施土地整理重大工程项目按地貌分区情况下的生态承载力进行了定量研究, 以期以后的土地整理项目效益评价提供一定的理论依据。

1 生态足迹和生态承载力分析方法及其模型

生态足迹最初是指能够持续提供资源或消纳废物

的、具有生物生产力的地域空间, 它从具体生物物理量角度研究自然资本消费的空间^[10]。是在一个区域范围内给定人口的消费负荷、用生产性土地面积来度量一个确定人口或经济规模的资源消费和废物吸收水平的帐户工具, 一种将全球关于人口、收入、资源应用和资源有效性汇总为一个简单、通用的进行国家或区域间比较的帐户工具。

任何特定人口的生态足迹, 就是其占用的用于生产所消费的资源与服务以及利用现有技术消化其所产生的废弃物的生物生产土地或海洋(水域)的总面积。

1.1 生态足迹模型

在生态足迹帐户核算中, 各种物质消费、能源消费等均应按相应的换算比例折算成相应的土地面积。生物生产性土地面积主要考虑 6 种类型: 耕地、林地、草地、化石能源用地、建筑用地和水域。生态足迹模型表达式为^[11]:

$$EF = N \cdot ef = N \sum_{i=1}^n (r_j c_i / p_i)$$
$$ef = \sum_{i=1}^n (r_j c_i / p_i) \quad j = 1, 2, \dots, 6$$

式中 j ——生产性土地; i ——交换商品和投入的种类; p_i ——第 i 种交易商品的平均生产能力; c_i ——第 i 种商品的人均消费量; r_i ——均衡因子; N ——人口数; ef ——人均生态足迹; EF ——总的生态足迹。

1.2 生态承载力

生态承载力是指该地区生态系统对外界干扰特别是人类活动干扰的承受能力^[12,13]。

其生态承载力计算模型:

$$EC = N \cdot ec$$

$$ec = \sum_{j=1}^6 r_j a_j y_j, \quad j = 1, 2, \dots, 6$$

式中 EC ——区域总的生态承载力; ec ——区域人均生

收稿日期: 2007-05-25 修订日期: 2008-06-25

基金项目: 陕西省国土资源厅科研项目

作者简介: 费良军(1963—), 男, 陕西蓝田县人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向: 农业水资源利用、水环境及农业生态环境。西安 西安理工大学水资源研究所, 710048。Email: huangbaoyou@sohu.com

态承载力； j ——各种生物生产土地； a_j ——实际人均占有的第 j 类生物生产土地面积； y_j ——第 j 类生物生产土地的产量因子。

这样计算得到的生态承载力未能体现科技进步、地区差异及环境变化对区域生态承载力的影响，为了合理的分析生态承载能力，特别是趋势分析更加科学、合理，对模型进行改进^[14]：

$$ec = \sum_{j=1}^6 (r_j \sum_{i=1}^n a_{ij} pp_{ij} / p_i) = \sum_{j=1}^6 (r_j \sum_{i=1}^n w_{ij} / p_{ij})$$

$j = 1, 2, \dots, 6$

式中 EC ——总的生态承载力； pp_{ij} ——为区域内第 j 类生物生产土地中第 i 类消费的平均生产力； p_{ij} ——为第 j 类生物生产土地中第 i 类消费的平均生产力； a_{ij} ——区域内第 j 类生物生产土地中用于第 i 类消费生产的土地； w_{ij} ——区域内第 j 类生物生产土地中用于第 i 类消费生产的土地。

1.3 生态赤字计算公式

生态足迹与生态承载力的差值反应生态盈亏。应用生态盈亏来反映当地生态环境状况。其计算公式为：

生态赤字=生态承载力-生态足迹

本次研究采用生态赤字的绝对值来表示生态赤字数量大小。

2 陕西省土地整理生态承载力分析

根据陕西省实施西部生态建设地区农田整治工程所提供的资料，计算出人均生态足迹和生态承载力，也就是人均生态足迹需求和人均生态足迹供给量。由于土地整理主要是对农田的开发整理，提高农田单位面积产量和增加耕地（对荒草地、废弃建设用地等进行开发、复垦）。以 2004 年为现状年，对实施土地整理项目前后进行生态承载力计算，从而分析生态足迹和生态承载力的变化情况。

本文均衡因子采用 Wackernagel^[7]确定的 6 种生物生产土地均衡因子；产量因子是指国家或地区某类土地的产量因子是其平均生产力与世界同类土地的平均生产力的比率，本文产量因子采用 2004 年我国平均生产能力与世界同类土地的平均生产能力的比率计算。见表 1。

表 1 均衡因子值与产量因子值

Table 1 Values of equivalence factor and yield factor

项 目	耕地	林地	草地	水域	化工石油 能源用地	建筑 用地
均衡因之	2.8	1.1	0.5	0.2	1.1	2.80
产量因子	1.66	0.91	0.19	1.00	0	1.66

实施土地整理后的耕地主要用于种植小麦、玉米、油菜等大田作物，故本文仅以土地整理前、后种植的大田作物作为生物资源账户进行计算。原始数据来源于《陕西省统计年鉴》、《2004 年陕西省国土开发整理规划》及陕西省国土资源厅编制的《西部生态建设地区农田整治

实施方案（陕西省 2005—2008）》等资料。

生态足迹的分析按陕西自然地貌单元在西部生态建设地区农田整治工程区中分为 3 个大区（即陕北黄土高原沟壑区、渭北黄土台塬区和关中平原区），此分区可使区内气候、水土、种植作物等自然条件、自然资源相近，作物复种指数在各分区相同，这样便于生态资源账户计算，符合生态足迹分析的基本理论。

最终得出土地整理工程实施前后人均生态承载力，如表 2、表 3 所示。

表 2 2004 年土地整理前人均生态承载力计算

Table 2 Calculation of ecological carrying capacity before land consolidation in 2004 /hm²

生物地类	地貌分区		
	陕北黄土高原沟壑区	渭北黄土台塬区	关中平原区
耕地	0.7363	0.6110	0.8299
林地	0.0272	0.0138	0.0038
草地	0.0067	0.0030	0.0020
水域	0.0006	0.0014	0.0005
建筑用地	0.0011	0.0091	0.0045
合计	0.7719	0.6383	0.8406

注：上述表中计算均已扣除 12%生物多样性保护面积，下同。

表 3 土地整理后的人均生态承载力计算

Table 3 Calculation of ecological carrying capacity after land consolidation /hm²

生物地类	地貌分区		
	陕北黄土高原沟壑区	渭北黄土台塬区	关中平原区
耕地	0.7924	0.6839	0.8987
林地	0.0256	0.0149	0.0038
草地	0.0061	0.0021	0.0016
水域	0.0006	0.0005	0.0004
建筑用地	0.0011	0.0073	0.0039
合计	0.8257	0.7088	0.9084

本研究由于按地貌分区计算生态足迹还处于探索阶段，在计算消费性生态足迹方面还不成熟，为了数据的准确性和分析结果合理性，结合陕西省实际地貌情况，本次只计算了陕西省平均人均生态足迹值，结果见表 4。

表 4 2004 年陕西省人均生态足迹

Table 4 Ecological footprint per capita in Shaanxi Province in 2004 /hm²

耕地	林地	草地	水域	建筑 用地	化石能 源用地	人均总 生态足迹
0.5601	0.0301	0.0272	0.0082	0.0121	0.3864	1.0241

表 5 实施土地整理前后生态赤字分析

Table 5 Analysis of ecological deficit implementation before and after land consolidation

项 目	陕北黄土高原 沟壑区	渭北黄土 台塬区	关中 平原区
土地整理前人均生态赤字/hm ²	0.2522	0.3858	0.1835
土地整理后人均生态赤字/hm ²	0.1984	0.3153	0.1157
人均生态赤字减少量/hm ²	0.0538	0.0705	0.0678

3 陕西省实施土地整理地区生态承载力变化分析

依据上述资料以及生态承载力计算结果,分析陕西省土地整理重大工程前后生态承载力变化情况;不同地貌分区生态赤字变化情况。

3.1 按地貌分区生态足迹产出变化

由图 1 可知,实施重大工程后对当地的生态承载力均增加,3 个区域人均生态承载力分别净增加 0.0538、0.0735、0.0698 hm^2 。实施土地整理项目能促进当地的生态经济可持续发展。同时,按地貌分区计算当地生态足迹产出量,关中平原区生态足迹值最高,其次是陕北高原沟壑区,渭北黄土台塬区最低,由于关中平原区农业发达,生态环境相对要好些。

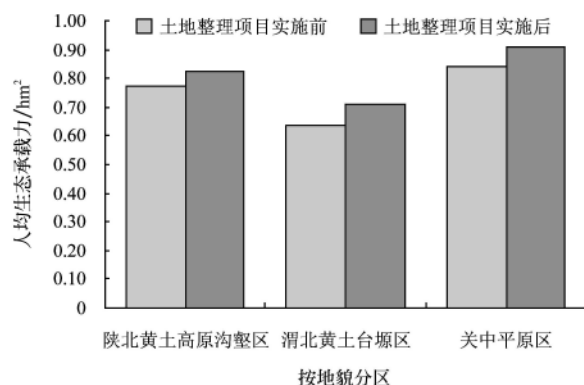


图 1 三区生态承载力变化

Fig.1 Changes of ecological capacity in three regions

3.2 生态承载力变化分析

由图 2~4 可知,从北到南 3 个地貌分区通过土地整理工程,对人均耕地的生态承载力影响较大,分别净增加了 0.0561、0.0729 和 0.0688 hm^2 。其他土地类型生态足迹供给变化不大,因为土地整理主要是对基本农田的整理和开发,增加了有效灌溉面积,提高了单位面积产量从而增加了耕地生态足迹供给面积值。

人均生态承载力总值 3 区均小于陕西省人均总生态足迹值,仍存在着生态赤字,处于不可持续发展状态。但 3 区的耕地面积值均有盈余,其中关中平原区通过土地整理后人均生态盈余量最大为 0.3386 hm^2 。表明关中平

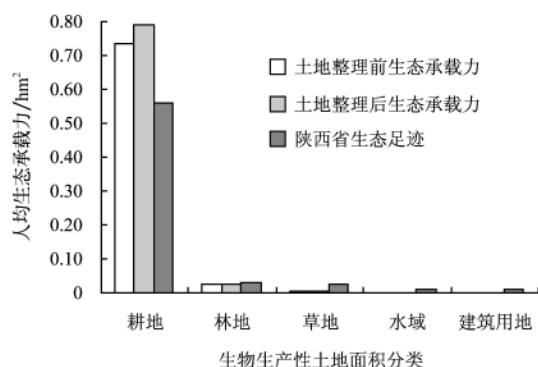


图 2 陕北黄土高原沟壑区生态承载力与生态足迹

Fig.2 Ecological capacity and ecological footprint in the loess hilly and gully region of Northern Shaanxi

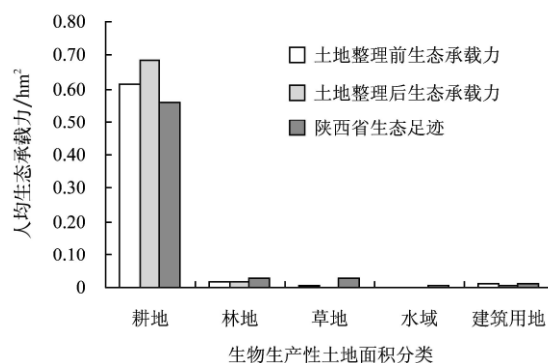


图 3 渭北黄土台塬区生态承载力与生态足迹

Fig.3 Ecological capacity and ecological footprint in Weibei losses plateau region

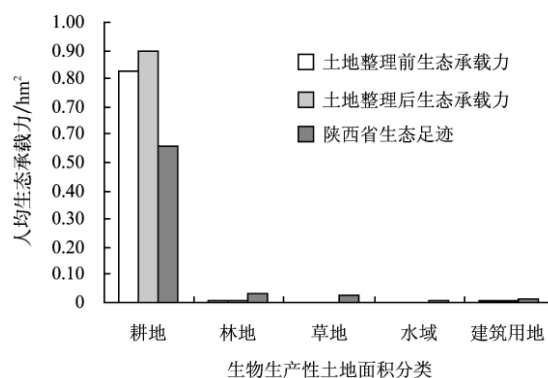


图 4 关中平原区生态承载力与生态足迹

Fig.4 Ecological capacity and ecological footprint in Guanzhong plain

原区是人们生活所需生物资源的主要产地,也证明了关中平原作为陕西省的主要粮食生产基地的地位。

3.3 人均生态赤字分析

从图 5 可知,项目实施前后不同地貌分区总的生态赤字变化趋势为:渭北黄土台塬区>陕北黄土高原沟壑区>关中平原区。陕北黄土高原沟壑区人均生态赤字由 0.2522 hm^2 降到了 0.1984 hm^2 ,降低了 21.33%;渭北黄土台塬区生态赤字由 0.3858 hm^2 降到了 0.3153 hm^2 ,降低了 18.27%;关中平原区生态赤字由 0.1835 hm^2 降到了 0.1157 hm^2 ,降低了 36.95%。减少生态赤字百分比最高区域是最低区域的 2 倍,但人均生态赤字净减少量渭北黄

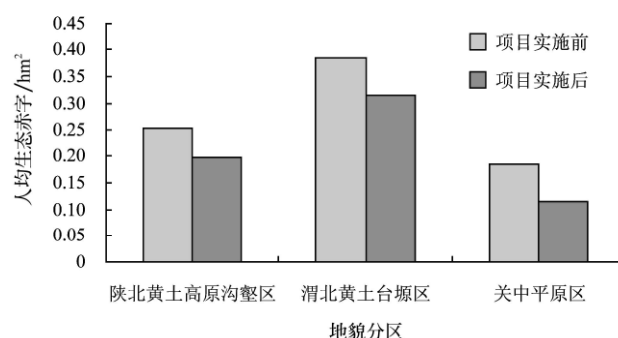


图 5 不同分区实施土地整理前后生态赤字变化

Fig.5 Changes of ecological deficit before and after implementation landconsolidation in different regions

土台塬区是 0.07 hm^2 , 在 3 区中 (其他两区为 0.05 hm^2 和 0.068 hm^2) 是最高。表明在今后的土地整理中更要加大对生态脆弱地区的治理力度, 以减少生态赤字, 改变现有的发展模式的不可持续状况。

4 结 论

本文提出了用生态足迹模型及生态承载力的改进模型对陕西省实施土地整理项目进行定量计算, 得出按地貌分区的人均生态承载力及生态赤字变化情况。从北到南 3 个区域人均生态承载力分别净增加 0.0538 hm^2 、 0.0735 hm^2 和 0.0698 hm^2 ; 生态赤字百分比分别减少了 21.33%、18.27% 和 36.95%。通过分析可知, 陕西省通过实施土地整理项目使本地区的生态承载力有所增加, 在一定程度上缓解了生态环境的压力。

同时, 本文提出的用改进模型和按地貌分区计算该地区的生态承载力, 使生态承载力的计算更加合理、有效。但所用的改进生态承载力计算模型并没有进行本质上的改进, 因此也无法克服原模型自身的一些缺陷, 如计算结果的时滞、对统计数据高度依赖这些不足, 我们将在以后结合土地整理工作中逐步建立适合该方面的新模型, 以适应发展的要求。

[参 考 文 献]

- [1] 张妍, 杨志峰, 李 巍. 农牧交错地带的生态评估对土地整理的启示[J]. 自然资源学报, 2005, 20(4): 555—563.
- [2] 张正峰, 赵 伟. 北京市大兴区耕地整理潜力模糊评价研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(2): 83—88.
- [3] 王瑗玲, 赵庚星, 李占军. 土地整理效益项目后综合评价方法[J]. 农业工程学报, 2006, 22(4): 58—61.
- [4] 陈成忠, 林振山, 陈玲玲. 生态足迹与承载力非线性动力学分析[J]. 生态学报, 2006, 26(11): 3814—3816.
- [5] 张瑜英, 李占斌. 基于生态足迹模型的陕西省生态承载力定量评估[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(1): 6—11.
- [6] 王晓荣, 高九红. 陕北粮食生产潜力及土地人口承载力研究[J]. 水土保持通报, 2006, 26(5): 53—56.
- [7] Mathis Wackernanel, Chad Monfreda. National Footprint and Biocapacity Accounts 2005[EB/OL]. The underlying calculation method[2005-05-25]. <http://www.footprintnetwork.org/download.Php>.
- [8] Rees W E. Ecological footprint and appropriated carrying capacity. what urban economics leave out[J]. Environment Urban, 1992, 4(2): 120—130.
- [9] Wackemagel M, Reel W. Our Ecological Footprint-Reducing Human Impact on the Earth[M]. New Society Publishers 1990: 61—83.
- [10] 徐中民, 张志强, 程国栋. 甘肃省 1998 年生态足迹计算与分析[J]. 地理学报, 2000, 55(5): 607—615.
- [11] 卢 旭, 刘邵权. 都江堰市生态足迹与生态经济持续性评价[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2006, 31(6): 143—147.
- [12] 刘宇辉, 彭希析. 中国历年生态足迹计算与发展可持续性评估[J]. 生态学报, 2004, 24(10): 2257—2262.
- [13] 蔡海生, 朱德海, 张学玲, 等. 鄱阳湖自然保护区生态承载力[J]. 生态学报, 2007, 27(11): 4751—4757.
- [14] 张彦宇, 韩晓卓, 李自珍, 等. 生态承载力模型的改进及其应用[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2007, 43(1): 75—79.
- [15] 吴介军, 蔡 琳, 张秋花, 等. 1993-2004 年陕西省生态足迹分析与评价[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2006, 34(4): 104—108.

Ecological foot-print model of land consolidation project in Shaanxi Province

Fei Liangjun¹, Huang Baoyou¹, Sun Shengxiang²

(1. Institute of Water Resources, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China;
2. Bureau of Ground Water Shaanxi Province, Xi'an 710003, China)

Abstract: The paper analysis problem of ecological environmental evaluation of land consolidation, calculation on ecological capacity which is used the land consolidation project based on ecological footprint model, and quantify evaluation the ecological capacity of geomorphologic land consolidation division of regions. Results show that increase by 0.0538 hm^2 , 0.0735 hm^2 and 0.0698 hm^2 of ecological carrying capacity; ecological deficit per capita decrease by 21.33%, 18.27% and 36.95% in the loess hilly and gully region of Northern Shaanxi, Weibei losses plateau region, and Guanzhong plain. Land consolidation can effectively alleviate the pressuring on the ecological environment.

Key words: land consolidation; ecological foot-print; ecological capacity; ecological deficit