

# 基于生态足迹模型的小流域水土保持可持续发展定量评估

——以王家沟小流域为例

张勇 (山西省水土保持科学研究所, 山西太原 030045)

**摘要** 以黄土丘陵区王家沟小流域为研究对象, 利用生态足迹模型对该流域近 50 年(1959~2008 年)的生态足迹与生态承载力进行了测算。结果表明, 近 50 年来王家沟小流域的生态承载力总体上是大于生态足迹, 处于生态盈余状态, 且呈现稳中增长的趋势, 小流域生态系统处于一种可持续发展状态。其中, 耕地和林地的生态盈余较大, 呈现逐年增加的态势; 草地处于生态赤字状态, 生态压力较重。

**关键词** 生态足迹; 生态承载力; 水土保持可持续发展; 王家沟小流域

中图分类号 S181.3 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2013)17-07653-03

## Evaluation of Sustainable Development for Soil and Water Conservation of Wangjiagou Small Watershed Based on Ecological Footprint Model

ZHANG Yong (Shanxi Soil and Water Conservation Institute of Science, Taiyuan, Shanxi 030045)

**Abstract** With Wangjiagou small watershed in the loess hilly and gully region as the object, ecological footprint model was applied to calculate the ecological footprint and ecological capacity in recent 50 years (1959 - 2008). The results showed that the ecological carrying capacity of Wangjiagou small watershed in recent 50 years was generally larger than ecological footprint, in the ecological surplus state and showing steady growth trend. The ecological system was in a sustainable development state. The ecological surplus of arable land and forest land was large, showing an increasing trend year by year. Grassland was in the state of ecological deficit, and the ecological pressure was heavy.

**Key words** Ecological footprint; Ecological carrying capacity; Sustainable development for soil and water conservation; Wangjiagou small watershed

可持续发展已成为当代人类面对资源枯竭、生态环境恶化等一系列问题时做出的一种必然选择。那么测度、实现“生态”与“经济”协调发展则是区域可持续发展的永恒主题<sup>[1]</sup>。生态足迹正迎合了这一主题的需求, 成为评价区域可持续发展的主流方法。生态足迹概念是由著名生态学家 William E. Rees 教授和他的博士生 Mathis Wackernagel 于 1992 年提出的, 后来 Mathis Wackernagel 等于 1996 年完善了生态足迹的方法和模型<sup>[2]</sup>, 为计算和衡量人类对自然资源利用程度以及自然界为人类提供服务功能的大小提供了一种新方法<sup>[2-3]</sup>。目前, 国内外对不同空间尺度所开展的应用研究主要集中在以行政区划为单位的全球、国家、省、市<sup>[4-5]</sup>, 而以自然地理为单元的小流域所开展的研究相对较少<sup>[6-7]</sup>。笔者以黄土丘陵区王家沟小流域为研究对象, 通过对该流域近 50 年生态足迹的计算与分析, 评价王家沟小流域在水土保持综合治理过程中, 可持续发展能力的动态变化。

### 1 研究区概况

王家沟小流域地处山西离石城北 4 km 处(110°09' E, 37°33' N), 面积为 9.1 km<sup>2</sup>。地貌类型属黄土丘陵沟壑区第一副区, 主要特征是梁峁起伏、沟壑纵横、支离破碎。流域主沟长 4.6 km, 沟道平均比降 2.7%, 沟壑密度为 7.01 km/km<sup>2</sup>。流域海拔为 950~1 320 m, 相对高差 370 m。气候属典型暖温带大陆性季风气候, 春季干燥多风, 夏季酷热多雨, 秋季温凉适中, 冬季严寒少雪, 多年(1955~2005 年)平均降水量为 475.2 mm, 年均日照时数为 2 592 h, 年均气温 8.9 °C, 年 > 10 °C 积温为 3 298.3 °C, 无霜期 150~180 d, 年均风

速 1.3 m/s, 多年水面平均蒸发量为 1 850.8 mm。流域内主要土地利用类型为坡耕地、梯田、坝地和沟坡地等 4 种。流域治理前, 耕地全部为坡耕地, 经过 50 多年的连续治理, 流域的土地利用结构发生了很大变化。流域内林木现存有刺槐、柠条、杨、柳、油松, 还有少量枣、苹果、桃、杏、山楂、核桃等。王家沟小流域共涉及 3 个行政村, 6 个自然村。

### 2 研究方法

**2.1 人均生态足迹计算** 在计算生态足迹时, 各资源消费项目被折算为耕地、草地、林地、建筑用地、化石能源土地和水域等 6 种生物生产面积类型。人均生态足迹计算公式为:

$$ef = \left[ \sum_{i=1}^n \frac{P_i + I_i - E_i}{EP_i} \right] EQ_j / N \quad (1)$$

式中,  $ef$  为人均生态足迹量 (hm<sup>2</sup>/cap);  $EP_i$  为生态生产力 (全球平均);  $P_i$  为资源生产量;  $I_i$  为资源进口量;  $E_i$  为资源出口量;  $EQ_j$  为均衡因子。

**2.2 人均生态承载力计算** 生态承载力是指区域内所能够提供给人类的生态生产性土地总和。人均生态承载力计算公式为:

$$ec = \left[ \sum_{i=1}^n A_i EQ_i Y_i \right] / N \quad (2)$$

式中,  $ec$  为人均生态承载力;  $A_i$  为不同类型生态生产性土地面积;  $EQ_i$  为均衡因子;  $Y_i$  为不同类型生态生产性土地产量调整系数;  $N$  为总人口数。

**2.3 可持续发展能力计算** 生态足迹如果超过了区域所能提供的生态承载力, 就出现生态赤字, 即不可持续; 如果小于生态承载力, 则表现为生态盈余, 即可持续。可持续发展能力的计算公式为:

$$C = ef \times (- \sum [S_i \times \ln S_i]) \quad (3)$$

式中,  $C$  为可持续发展能力;  $S_i$  是  $i$  种土地类型在总生态足迹

**基金项目** 山西省软科学研究计划项目(2009041044-02)。

**作者简介** 张勇(1978-), 男, 山西吕梁人, 工程师, 硕士, 从事水土保持和土地生态方面的研究, E-mail: okokhere@sina.com。

**收稿日期** 2013-04-10

中的比例。

**2.4 数据来源** 近50年(1959~2008年)王家沟小流域生态足迹与生态承载力计算中,采用的基础数据主要来自山西省水土保持科学研究所对王家沟小流域社会经济调查统计成果<sup>[8]</sup>。各种生态生产性土地类型均衡因子采用国际生态足迹计算方法确定,耕地为2.8,林地为1.1,草地为0.5。王家沟小流域是黄土高原区水土保持综合治理措施下典型的生态型小流域,耕地、林地、草地合计面积占流域总土地面积的94.57%,而建筑用地、化石能源用地和水域面积很少或近于零<sup>[8]</sup>,故研究中采用耕地、林地、草地3类生态生产性土地为计算生态足迹和生态承载力的主要对象是可行的。

### 3 结果与分析

**3.1 生态足迹分析** 由图1可知,近50年来王家沟小流域耕地的人均生态足迹居首位,为0.128 535 322~0.388 110 200  $\text{hm}^2/\text{cap}$ 。1965年以后,耕地人均生态足迹呈现持续稳定的增长阶段,1994年达到最高值,为0.388 110 200  $\text{hm}^2/\text{cap}$ 。1965~1986年草地的人均生态足迹呈持续上升趋势,说明这一阶段对草地的压力越来越严重,而1986年之后基本平稳,围绕0.2  $\text{hm}^2/\text{cap}$ 波动。近50年林地的人均生态足迹波动不大且较低,说明该类生产性土地的利用相对较少,压力相对较轻,基本保持平衡。因耕地以人均生态足迹占总人均生态足迹的60%左右,致使总人均生态足迹波动情况大致与耕地的相似。另外,3类生态生产性用地在总人均生态足迹量中所占比重比较恒定,虽有波动,但变化不大,这说明流域人口对生物资源的消费比较单一化。

**3.2 生态承载力分析** 由图2可知,近50年来,王家沟小流域耕地的人均生态承载力亦居首位,呈现增长的趋势,且

占总人均生态承载力比例亦是60%左右,这与土地质量的持续提高是分不开的。林地的人均生态承载力呈现增加趋势,且在总人均生态承载力中所占比例亦呈增大趋势。1989年之后,草地的人均生态承载力基本稳定在0.1  $\text{hm}^2/\text{cap}$ 左右。

**3.3 生态赤字/盈余分析** 由图3可知,20世纪70年代以后,王家沟小流域总人均生态承载力高于总人均生态足迹,处于生态盈余状态,且生态盈余值呈现稳中增长的趋势。1994年生态盈余值达到近50年来的最大值,流域生态系统处于一种可持续状态。近50年来,耕地生态承载量最大,生态盈余最多,且呈现逐年增加的趋势,这与坝地和人工梯田面积的增加以及土地产出率的提高是分不开的;林地的生态承载量次之,生态盈余低于耕地,亦呈现逐年增加的趋势;草地呈现生态赤字状态,20世纪90年代以后基本维持在0.1  $\text{hm}^2/\text{cap}$ 左右。可见,流域人口对草地资源的索取远远超过了其生态承载力的范围。主要原因,一是忽视了对草地水土流失的治理,虽对林草结构进行了调整,但效果不佳,二是村民的放牧习惯加大了生态需求。

**3.4 发展状态分析** 通过对1959~2008年王家沟小流域生态足迹供需比较,表明王家沟小流域处于水土保持可持续发展能力先递增后递减,说明流域发展能力处于下降状态。这一变化主要是由于王家沟小流域经过多年水土保持综合治理,更加之“七五”、“八五”、“九五”期间的集中强化治理,极大提高了流域的发展能力;但“十五”后流域治理力度减弱,各项生物措施、工程措施等得不到很好的管护,故其发展能力有下降的趋势。

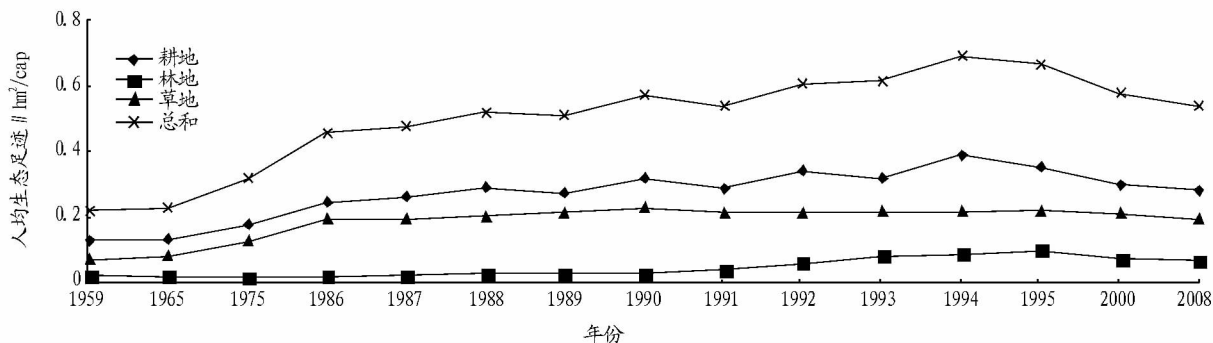


图1 1959~2008年王家沟小流域生态足迹变化趋势

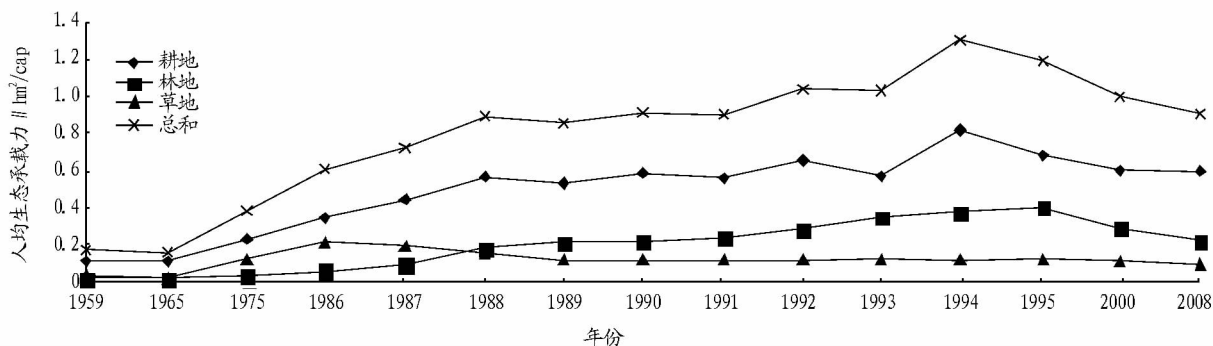


图2 1959~2008年王家沟小流域生态承载力变化趋势

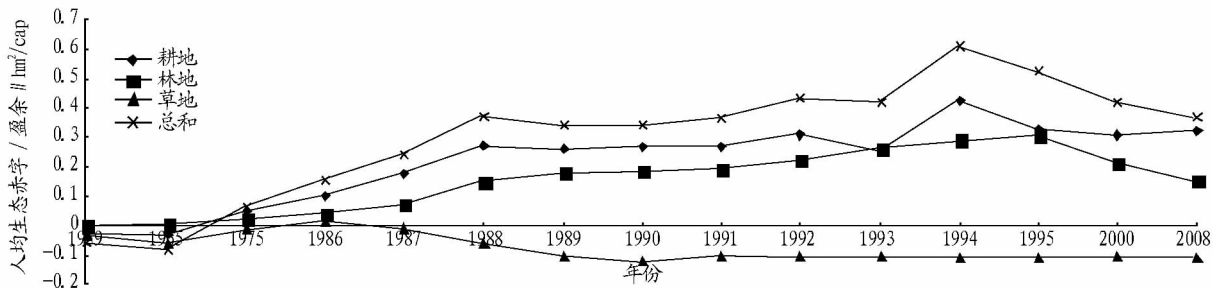


图3 1959~2008年王家沟小流域人均生态足迹供需变化

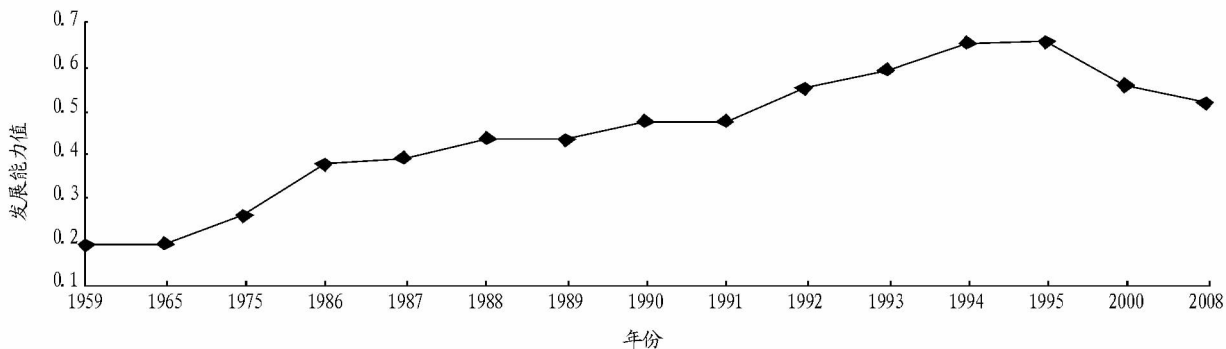


图4 1959~2008年王家沟小流域发展能力变化

## 4 建议

**4.1 注重以“人”为本的思想** 流域内人口的数量、质量、消费水平、意识形态等各个方面直接或间接的影响着流域生态需求水平和供给能力的高低。生态足迹的计算也只是以特定人口规模、消费水平、技术为前提的,因此以“人”为对象的调控对策的实施是生态重建战略的最根本对策。也就是说,必须坚决贯彻计划生育基本国策,严格控制人口数量,提升以生态文化培养为主的人口素质,提倡适度的生产和生活消费水平,倡导理性消费,适时适度的实施引导性移民办法。

**4.2 注重技术水平的提高** 技术是提高生态足迹供给和合理减少生态足迹需求的有效途径。技术水平的提高,有利于生产水平的提高,土地产出率的提高,也就为生物生产能力的提高提供前提。同时,也有利于对资源的高效利用,降低或减少对资源的消耗。多年来,山西省水土保持科学研究所一直致力于水土保持新技术、新方法的研究与推广。

**4.3 注重生态结构调整** 调整生态结构是环境资源合理开发与利用的重要手段。合理生态结构的小流域生态系统是一个开放性,物种多样性,动植物组成是协调的,土壤、水分与植物有很好的匹配性。

**4.4 注重政策导向作用** 山西省针对矿产资源开采利用中存在的诸多问题,积极制定和出台了许多的政策、法规及条例,目的只有一个——千方百计实施山西的转型、跨越,打造出一个“绿色山西”。王家沟小流域内的煤炭采掘企业

虽已关闭,但采矿过程给生态环境带来了许多后遗症,比如矿区水土保持及生态修复这个问题就比较棘手,严重影响着流域水土保持可持续发展<sup>[9]</sup>。其次,近年来水利等相关部门投入大笔资金进行水土保持科教示范园区的设计与建设,这无疑是对水土保持可持续发展的推动。希望有关部门高度重视,在这样一个大好形势下,借助以上两个有利“东风”,在着手新的水土流失治理区的同时,也要继续保护好现有的,因为现有的是成功的典范,也是几代水保人的心血。

## 参考文献

- [1] 郑海霞,秦耀辰. 区域可持续发展系统的评价——以河南省为例[J]. 地理科学进展,2002,21(2):173-179.
- [2] WACKERNAGEL M, REES W E. Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth[M]. Gabriola Island: New Society Publishers, 1996.
- [3] 李红,张凤荣,孙丹峰,等. 北京西部山区1999年生态足迹计算与可持续性分析[J]. 农业工程学报,2005,21(S1):207-211.
- [4] 王书华,毛汉英,王忠静. 生态足迹研究的国内外进展[J]. 自然资源学报,2002,17(6):776-782.
- [5] 龙爱华,张志强,苏志勇. 生态足迹评介及国际研究前沿[J]. 地球科学进展,2004,19(6):971-981.
- [6] 肖莉,蒋莉,陈治谏,等. 小流域可持续发展能力的生态足迹法分析——以重庆市万州区五桥河流域为例[J]. 农村生态环境,2005,21(4):22-27.
- [7] 王印传. 太行山区小流域生态足迹研究[J]. 农业系统科学与综合研究,2007,23(4):438-442,446.
- [8] 张勇,蔡继清,孙雁君,等. 王家沟小流域50a土地利用动态变化分析[J]. 山西农业科学,2011,39(8):897-899.
- [9] 杜轶,王小平,张勇. 关于水土保持可持续发展概念的探讨[J]. 山西农业大学学报:社会科学版,2010,9(4):416-418.