

南水北调中线工程水源地可持续发展评价

吴战勇

(中国地质大学(武汉), 武汉 430074)

摘要: 在全面掌握南水北调中线工程水源地的生态环境现状与问题的基础上, 采用生态足迹模型, 对研究区可持续发展现状进行了实证分析。结果表明, 研究期间水源地的生态足迹总量呈现波动上升趋势、人均生态承载力不断增加, 生态赤字呈现先增加后下降的特点, 但仍未出现生态盈余, 表明水源地在研究期内处于不可持续发展状态。研究成果可为南水北调中线工程相关管理部门的生态建设工作提供参考。

关键词: 水源地; 生态足迹; 生态承载力; 生态赤字; 可持续发展; 南水北调中线工程

中图分类号: X 24; F301(244) **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-1683(2014)04-0072-05

Evaluation of Sustainable Development of the Water Source Area in the Middle Route of the South to North Water Diversion Project

WU Zhan yong

(China University of Geosciences (Wuhan), Wuhan, 430074 China)

Abstract: Based on a comprehensive evaluation of the present situation and problems of the ecological environment at the water source area in the Middle Route of South to North Water Diversion Project, an empirical analysis of the sustainable development in the area was conducted using the ecological footprint model. The results showed that the total ecological footprint of the water source area has an increasing trend with fluctuations, the ecological carrying capacity per capita is also increasing, and the ecological deficit increases first but then decreases without ecological surplus, which indicates that the water source area is unsustainable during the research period. The findings can provide reference for the ecological construction of the relevant departments of South to North Water Diversion Project.

Key words: water source area; ecological footprint; ecological carrying capacity; ecological deficit; sustainable development; Middle Route of the South to North Water Diversion Project

生态足迹^[1]作为地区可持续发展程度的定量评价方法, 已经得到学界和政府部门的广泛认可。目前, 已有20多个国家利用“生态足迹”指标计算各类承载力问题, WWF(世界野生动物基金)和RP(美国发展重定义组织)也自2000年起每两年公布一次世界各国生态足迹资料^[2]。自1999年生态足迹理论引入我国以来, 在许多省市或地区可持续发展问题^[3-8]的定量分析中得到了应用。

南水北调中线工程的开工, 标志着改善国家水资源配置的重大基础性战略工程已进入实施阶段。根据南阳市南水北调中线工程办公室提供的资料: 南水北调中线工程水源地淅川县区域内, 由于大量种植香菇、木耳等农副产品和对树木进行掠夺性的采伐, 有些地方成为光山秃岭, 水土流失非常严重; 由于掠夺性开发矿产资源, 工农业污染日益严重, 水库上游水质较差。总之水源地良性生态经济系统建设的长

期和连续性与农民短期内急需增加经济收入的矛盾日益增大。基于此, 本文试图对水源地的可持续发展程度进行定量评价, 以期对相关决策部门提供依据。

1 研究区概况

南水北调中线工程水源地包括汉江和丹江两大水系, 涉及陕、甘、豫、鄂、渝、川6省(市)48个县(市、区), 土地总面积9 730 000 hm², 其中河南省781 534 hm², 而涉及南阳市境内的面积为636 194 hm², 总耕地面积69 400 hm², 林地372 100 hm², 人口112.58万, 农业人口103.35万。在涉及南阳境内的面积中, 淅川县的面积占到44.3%, 而且丹江口水库淅川流域面积241 000 hm², 占水库控制流域面积的56.9%, 是南水北调中线工程渠首县。据此, 本文将淅川县作为本文的研究区域。

收稿日期: 2013-11-25 修回日期: 2014-01-06 网络出版时间: 2014-06-11

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13476/j.cnki.nsbdtk.2014.04.001.html>

作者简介: 吴战勇(1976-), 男, 河南南阳人, 副教授, 主要从事资源经济与管理、农业经济方面研究。E-mail: wuzhany@163.com

浙川县是位于河南省西南边陲,为鄂、豫、陕3省7县结合部,东经 $110^{\circ}58' - 110^{\circ}53'$,北纬 $32^{\circ}35' - 33^{\circ}23'$ 之间,总面积 $282\ 000\text{ hm}^2$,其中耕地面积 $57\ 500\text{ hm}^2$,地理特征大体为“七山一水二分田”。浙川县辖4个乡、11个镇和2个街道办事处,总人口75万人,其中农业人口55.22万人,人口自然增长率 4.61% 。中线工程将在丹江口大坝现有基础上(162 m)加高14.6 m,176.6 m的坝高将使浙川涉淹集镇3个,新增淹没面积 $14\ 400\text{ hm}^2$,耕地 $8\ 733\text{ hm}^2$,需要移民16.6万人。

2 生态足迹模型介绍

生态足迹模型从人类的需求方面来计算生态足迹的大小,同时从区域生产性土地的供给方面来计算其生态承载力的大小,进而将两者进行比较,以此来衡量区域的可持续发展状况。“生物生产性土地”是生态足迹衡量区域可持续发展的基础。在生态足迹账户核算中,依据生产力的差异,可将地球表面的生物生产性土地分为6大类,即耕地、林地、牧草地、建筑用地、化石能源用地以及可提供人类食用的生物水域。

生态足迹模型的计算可概括为5个主要分析步骤:

(1)划分消费项目。根据区域的消费情况,计算区域的直接家庭消费、间接消费、最终使家庭受益的商业和政府消费等消费项目的自然资源消费量。其数据的获取方法有“自上而下”和“自下而上”两种方式,前者是通过全国或地区统计年鉴获得数据的方式,后者是指通过调查问卷的方式来统计人均消费量值。

(2)生态足迹的计算。根据消费项目的值,利用全球平均产量数据,将其折算为具有生态生产力的六类生物生产性土地面积,计算公式如下:

$$EF = N \cdot ef = N \sum_{i=1}^6 (A_i) = N \sum_{i=1}^6 (C_i / Y_{\text{average}}) = N \sum_{i=1}^6 (P_i + I_i - E_i) / N Y_{\text{average}} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

式中:EF为总的生态足迹(hm^2),ef为区域的人均生态足迹(hm^2/cap),N为区域的人口数。i为区域消费商品的类型(化石能源用地、耕地、牧草地、建筑用地和水域); C_i 为i种商品的人均消费量,其中生物资源消费量($\text{kg}/\text{人}$),能源消费项目的单位为 $\text{GJ}/\text{人}$; Y_{average} 为i种消费商品的全球平均产量,其中生物资源消费的全球平均产量单位为 kg/hm^2 ,能源消费项目的全球平均产量单位为 GJ/hm^2 ; P_i 为区域第i种消费商品的总产量(t); I_i, E_i 为示区域第i种资源消费的进、出口量(t); A_i 为区域人均i种消费商品折算的生物性生产面积(hm^2)。

由公式(1)计算出的各类生物生产土地面积还不能够直接进行加总和比较,因为这6类生物生产土地面积的生产能力差异很大。故此,通常将每种生物生产土地面积乘以均衡因子 R_j ,将其转化为统一的、可比较的生物生产土地面积。故此,将公式(1)转化如下:

$$EF = N \cdot ef = N \sum_{i=1}^6 (A_i) = N \sum_{i=1}^6 (C_i / Y_{\text{average}}) R_j = N \sum_{i=1}^6 ((P_i + I_i - E_i) / N Y_{\text{average}}) R_j \quad (i = 1, 2, \dots, n), (j = 1, 2, \dots, 6) \quad (2)$$

R_j 的值根据世界各国生态足迹报告来确定。根据前人

研究^[11]的结果,本文的林地和化石能源用地、耕地和建筑用地、草地、水域的均衡因子分别取1.14、2.82、0.54、0.22。同时,因为煤、石油、天然气和电力等能源消费所占用的是化石能源土地面积,因此借鉴Wackernagel等的全球平均土地生产率,四种能源消费占用面积分别取 $55\text{ GJ}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ 、 $77\text{ GJ}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ 、 $93\text{ GJ}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ 、 $1\ 000\text{ GJ}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ 。

(3)生态承载力的计算。在生态足迹模型中,生态承载力是指一个区域实际提供给人类的所有生物生产土地面积(包括水域)的总和。但是在实际中,由于所处区域和位置的不同,同类生物生产性土地面积的生产力也有所差异,因此,Wackernagel等引入产出因子 Y_j ,来解决解决生态足迹和生态承载力指标不同而无法进行比较的问题。产出因子 Y_j 用一个国家或地区某类生物生产土地的平均生产力与此类土地的世界平均生产力之间的比率来表示。根据国内学者^[10,12,13]对中国生态承载力的计算取值,本文对草地、林地、水域的产出因子分别取0.19、0.91、1。同时,根据世界环境与发展委员会的建议,扣除了12%的生物多样性保护面积。故此,生态承载力的计算公式如下:

$$EC = N \cdot ec = N \sum_{j=1}^6 A_j R_j Y_j * (1 - 12\%) \quad (j = 1, 2, \dots, 6) \quad (3)$$

式中:EC为区域总的生态承载力(hm^2);ec为人均生态承载力(hm^2/cap);N为人口数, A_j 为区域实际人均占有的j类土地类型的实际面积(hm^2); R_j 为均衡因子; Y_j 产出因子。

(4)生态盈余/赤字的计算

生态赤字或生态盈余,反映了该区域人口对其自然资源的利用状况。如果区域生态足迹没有超过其所能提供的生态承载力,就会出现生态盈余,用ER表示;反之就会出现生态赤字,用ED表示。

$$ER = EC - EF > 0; ED = EC - EF < 0 \quad (4)$$

3 水源地生态足迹的计算

3.1 数据来源

本文采用的数据来源于《浙川经济统计年鉴2002-2007》、《浙川经济统计年鉴2008》——《浙川经济统计年鉴2009》、《浙川县统计局关于2010年国民经济和社会发展的统计公报》、《浙川县国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》,以及南阳市南水北调领导小组中线工程办公室提供的相关数据资料。

3.2 水源地生态足迹的计算

由于生态足迹计算中所涉及的基础数据较多,不能一一罗列基础数据,因此,本文仅以水源地2002年生态足迹中的生物资源消费的为例来说明生态足迹的计算过程。根据本文所搜集整理的数据库资料,结合生态足迹模型的计算步骤,代入公式(2),即可得出水源地2002年的生物资源消费的生态足迹的计算结果见表1。

同理,可得出水源地2002年的其它消费项目的生态足迹结果,将结果汇总即可得出2002年水源地的生态足迹结果见表2。同理,根据公式(3)和公式(4)可计算出2003年-2009年的生态承载力汇总结果见表3和生态赤字/盈余汇总结果见表4。

表 1 水源地 2002 年生物资源生态足迹消费

Table 1 The ecological footprint consumption of biological resources at the water source area in 2002

资源类型	全球平均产量 ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	水源地生物量 /t	总生态足迹 / hm^2	人均生态足迹 ($\text{hm}^2 \cdot \text{cap}^{-1}$)	生物生产性 土地面积类型	
农产品	水稻	2 744	11 560	11 880.175	0.01636	耕地
	小麦	2 744	112 481	115 596.36	0.15921	耕地
	谷子	2 744	315	323.724 49	0.00045	耕地
	玉米	2 744	64 628	66 417.988	0.09148	耕地
	豆类	1 568	4 245	6 449.838 4	0.00888	耕地
	油料	1 856	41 509	63 068.631	0.08686	耕地
	棉花	1 000	170	479.4	0.00066	耕地
	烟叶	1 548	4 263	7 765.930 2	0.01070	耕地
	薯类	12 607	43 154	9 652.913 5	0.01329	耕地
	蔬菜	18 000	142 447	22 316.697	0.03074	耕地
	瓜果类	18 000	3 490	546.766 67	0.00075	耕地
	茶叶	566	13	64.770 318	0.00009	耕地
	蚕茧	1 000	2 813	157.457 44	0.00022	耕地
动物产品	牛肉	33	10 754	175 974.55	0.24236	草地
	马肉	33	0	0	0.00000	草地
	猪肉	74	29 456	214 949.19	0.29604	草地
	羊肉	33	5 009	81 965.455	0.11289	草地
	家禽肉	33	3 466	56 716.364	0.07811	草地
	羊毛	15	5	81.818182	0.00011	草地
	牛奶	502	155	2 536.3636	0.00349	草地
	禽蛋	400	15 466	20 879.1	0.02876	草地
林产品	木材采伐量 (立方米)	199*	7 800*	44.683417	0.00006	林地
	核桃	3 000	27	10.26	0.00001	林地
	板栗	3 000	120	45.6	0.00006	林地
	花椒	1 600	0	0	0.00000	林地
	油桐籽	1 600	4 950	3 526.875	0.00486	林地
水产品	水产品	3 500	26 281	8 560.0971	0.01179	林地
水产品	水产品	29	13 000	98 620.69	0.13583	水域

注: ¹ 数据来源《浙川经济统计年鉴 2002-2007》。^o * 为 m^3/hm^2 。

表 2 水源地 2002 年-2009 年人均生态足迹汇总

Table 2 Annual summary of ecological footprint per capita at water source area between 2002-2009

年份	hm^2/cap						合计
	耕地	林地	牧草地	建设用地	水域	化石能源	
2002	0.419 682 1	0.004 995 9	0.761 770 9	0.008 458 3	0.135 827 1	0.099 689 5	1.430 424
2003	0.378 046 9	0.005 115	0.845 268 5	0.014 527 9	0.140 450 8	0.102 683 6	1.486 093
2004	0.466 768	0.006 008 5	0.904 287	0.014 481	0.145 701 3	0.102 349 8	1.639 596
2005	0.509 128 9	0.009 643 9	0.960 535 9	0.022 754 6	0.170 208 6	0.172 092 7	1.844 365
2006	0.557 139	0.008 280 4	0.803 274 8	0.022 789 2	0.173 710 8	0.185 864 5	1.751 059
2007	0.613 104 5	0.012 248	0.791 133 9	0.026 269 8	0.1427 639	0.171 703 7	1.757 224
2008	0.658 020 5	0.010 298 3	0.799 399 8	0.032 032 5	0.158 632 8	0.179 342 1	1.837 726
2009	0.699 224 2	0.011 201 3	0.789 998 2	0.038 477 5	0.149 680 1	0.193 313 5	1.881 895

注: 表中的人均生态足迹均是乘过相应的均衡因子后的均衡数据。

4 水源地可持续发展的结果分析

4.1 生态足迹总量和人均生态足迹的变化分析

4.1.1 生态足迹总量变化

从水源地 2002 年-2009 年历年生态足迹总量(表 4)可

以看到,水源地生态足迹总量整体上随着人口的增长呈现波动上升的趋势,从 2002 年的 $1\ 038\ 595\ 04\ \text{hm}^2$ 增加到 2005 年的 $1\ 356\ 356\ 79\ \text{hm}^2$,2006 年出现下降的趋势,2007 年开始又出现上升趋势,尤其是 2008 年后快速增长,反映了生物资源和能源的消费量不断增长。

表3 水源地 2002 年- 2009 年人均生态承载力汇总

Table 3 Annual summary of ecological carrying capacity per capita at water source area between 2002- 2009

年份	hm ² /cap							人均生态承载力
	耕地	林地	牧草地	建设用地	水域	合计	BD	
2002	0.401 790 5	0.115 168 4	0.000 517 2	0.120 211 7	0.012 254 5	0.649 942 4	0.077 993	0.571 949
2003	0.394 853 1	0.114 936 2	0.000 514 8	0.154 330 1	0.012 067 5	0.676 701 6	0.081 204	0.595 497
2004	0.388 407 1	0.114 814 4	0.000 512 9	0.198 321 8	0.011 894 6	0.713 950 9	0.085 674	0.628 277
2005	0.381 261 5	0.114 451	0.000 51	0.254 316 5	0.011 699 6	0.762 238 5	0.091 469	0.670 77
2006	0.374 440 3	0.114 147 6	0.000 507 3	0.326 288 9	0.0115 137	0.826 897 7	0.099 228	0.727 67
2007	0.362 618 6	0.114 001 3	0.000 504	0.539 270 1	0.011 321 6	1.027 715 6	0.123 326	0.904 39
2008	0.355 475 6	0.114 888 9	0.000 506 6	0.699 125 7	0.011 258 3	1.181 255 1	0.141 751	1.039 505
2009	0.343 281 7	0.114 058 5	0.000 501 7	0.692 565 6	0.011 028 5	1.161 435 9	0.139 372	1.022 064

注: 表中的 BD 为生物多样性保护面积。

表4 水源地 2002 年- 2009 年生态赤字/盈余汇总

Table 4 Annual summary of ecological the surplus/deficit at the water source area between 2002 and 2009

年份	人均生态足迹/(hm ² ·cap ⁻¹)	总生态足迹/hm ²	人均生态承载力/(hm ² ·cap ⁻¹)	总承载力/hm ²	生态赤字/盈余/(hm ² ·cap ⁻¹)
2002	1.430 424	1 038 595.04	0.571 949	415 278.07	- 0.858 475
2003	1.486 093	1 083 547.37	0.595 497	434 192.07	- 0.890 595
2004	1.639 596	1 199 342.81	0.628 277	459 576.28	- 1.011 319
2005	1.844 365	1 356 356.79	0.670 770	493 288.19	- 1.173 595
2006	1.751 059	1 293 971.15	0.727 670	537 722.65	- 1.023 389
2007	1.757 224	1 305 857.98	0.904 390	672 085.46	- 0.852 834
2008	1.837 726	1 358 079.48	1.039 505	768 193.83	- 0.798 221
2009	1.881 895	1 403 893.56	1.022 064	762 459.44	- 0.859 831

4.1.2 人均生态足迹变化

由于水源地近年来林地、建设用地和水域的人均生态足迹只发生很小的变化见图 1。在此不再详细分析, 以下主要分析草地、耕地和化石燃料的人均足迹的变化规律。

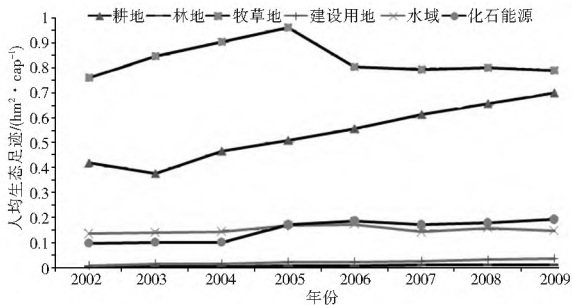


图1 水源地 2002 年- 2009 年各类生产性土地人均生态足迹变化折线

Fig.1 Variations of ecological footprint per capita of various types of productive land at the water source area between 2002- 2009

(1) 水源地耕地的生态足迹: 除 2003 年外, 其余年份的耕地生态足迹呈上升趋势, 但上升的幅度不大。这反映水源地对农产品的需求弹性较小, 且对农副产品的依存度逐渐降低。

(2) 水源地草地的生态足迹: 研究期内, 呈现出先上升后下降的特点。从 2002 年开始上升, 到 2006 年达到最大值 0.960 535 9 hm²/cap; 其后, 只能说明对生物资源的产量较大, 能说明别。同时, 语言打桩呈现出小幅度下降, 到 2009 年下降到 0.789 998 2 hm²/cap, 但未低于 2002 年的最低值。可见, 2005 年南水北调中线工程开工以来, 水源地加强了水土流失的治理和生态环境建设, 取得了一定的成效^[4]。此外, 这一结果可能还与 2007 年河南省发生了猪瘟

疫造成了猪肉类产品的产量相对较低有关。虽然 2002 年- 2008 年期间, 草地的生态足迹呈现小幅度下降, 但在六类生物生产面积中比重一直最大, 这在一定程度上反映了肉类产品、禽蛋产品及奶制品等在需求结构中的比重较大。

(3) 水源地化石能源用地的生态足迹: 研究期内呈现初期平稳、后期迅速增加的特点。以 2003 年为界, 水源地化石能源用地的生态足迹从 2004 年的 0.102 350 hm²/cap 增长到 2009 年的 0.193 314 hm²/cap, 年均变化量为 0.015 161 hm²/cap, 年均增长率 11.18%。反映了水源地的经济水平提高后, 小轿车以及空调等家用电器得到普及, 能源的需求量随之增加, 同时经济的快速发展需要消耗大量的化石能源, 尤其是第二产业的发展, 如制造业、钢铁行业、电力等。

从人均生态足迹构成比例来看, 耕地、草地和化石能源生态足迹是水源地生态足迹的主要组成部分, 也是构成生态赤字的重要成分。草地生态足迹比重呈现波动变化, 但总体趋势是越来越小, 从 2002 年的最高值 53.25% 下降到 2009 年的 41.98%; 耕地和化石能源生态足迹比重呈现出增加的趋势, 两者分别从 2002 年的 29.34% 和 6.97% 增加到 2009 年的 37.16% 和 10.27%, 年增长率分别为 3% 和 4.97%, 而且有日益上升的趋势。在 2002 年- 2009 年间, 耕地、草地和化石能源三者综合占整个生态足迹的比重每年都在 89% 以上, 最高值达到 89.86%。

4.2 生态赤字/生态盈余的分析

从表 3、表 4 和图 2 可以看出, 水源地人均生态足迹呈现波动上升趋势, 2005 年以后出现小幅度下降后又开始缓慢增长; 而生态承载力则呈现出缓慢增加的趋势, 尤其是在 2005 年之后, 增加幅度开始变大; 2005 年水源地生态赤字为最大值 1.173 59 hm², 随后生态赤字开始变小。上述结果与近年

来水源地对南水北调中线水源地的保护和生态建设密切相关。总体上来看,研究期内水源地均出现生态赤字,处于不可持续发展状态,但生态赤字呈现出逐年减小的态势。

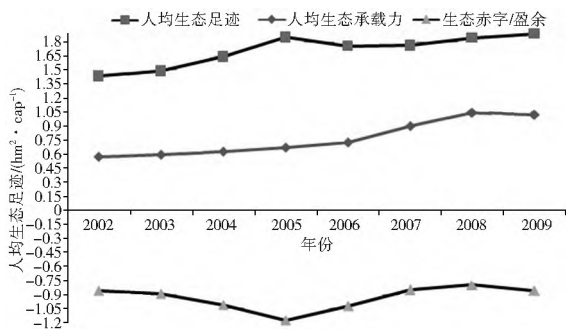


图 2 水源地 2002 年- 2009 年人均生态足迹和人均生态承载力的变化折线

Fig. 2 Variations of ecological footprint and ecological carrying capacity per capita at water source area between 2002- 2009

5 结论

本文基于生态足迹模型,对南水北调中线工程的水源地 2002 年- 2009 年的可持续发展进行了定量评价,得出如下结论:

(1) 2002 年- 2009 年间,水源地生态足迹总量和人均生态足迹整体上呈现波动上升的趋势。生态足迹总量从 2002 年的 1 038 595 04 hm² 增加到 2005 年的 1 356 356 79 hm², 2006 年出现下降的趋势,2007 年开始又出现上升趋势,尤其是 2008 年后增长快速。

(2) 从人均生态承载力的结果看,研究期间呈现出不断增加的趋势,从 2002 年的 0 571 949 hm²/cap 增加到 2009 年的 1 022 064 hm²/cap。

(3) 从生态盈余/赤字的结果看,2002 年- 2009 年生态盈余/赤字呈现出先增加后下降的趋势。2005 年水源地人均生态赤字达到最大值 1 173 59 hm²/cap, 随后虽然生态赤字开始变小,但到研究期末仍未出现生态盈余,说明在此期间水源地仍处于不可持续发展状态。

(4) 水源地生态足迹的上升趋势主要是由于耕地、草地和化石燃料用地生态足迹增长而引起的。水域、林地和建筑用地的生态足迹的变化较小,并没有对生态足迹上升的基本趋势造成影响。因此,未来仍须在耕地、草地和化石燃料用地方面采取积极的措施,以保障南水北调中线工程水源地的健康持续发展。

参考文献(References):

[1] Williamress. Ecological Footprint and Appropriated Carrying: What Urban Economics Leaves out[J]. Environment and Urbanization, 1992, 4(2): 121-130.

[2] 陶在朴(奥地利). 生态包袱与生态足迹——可持续发展的重量及面积观念[M]. 北京: 经济科学出版社, 2003. (TAO Zai-pu (Austria). Ecological Footprint and Ecological Burden The Weight and Size of the Concept of Sustainable Development [M]. Economic Science Press, 2003. (in Chinese))

[3] 杨开忠, 杨咏, 陈洁. 生态足迹分析与方法[J]. 地球科学进展, 2000, 15(6): 630-636. (YANG Kai-zhong, YANG Yong, CHEN

Jie. Ecological Footprint Analysis and Methods[J]. Advances in Earth Science, 2000, 15(6): 630-636. (in Chinese))

[4] 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. (XU Zhong-min, ZHANG Zhi-qiang, CHENG Guo-dong. Gansu Province Ecological Footprint Calculation and Analysis in the Year of 1998 [J]. Geographical Journal, 2000, 55(5): 607-615. (in Chinese))

[5] 陈东景, 徐中民. 生态足迹理论在我国干旱区的应用与探讨——以新疆为例[J]. 干旱区地理, 2001, 24(4): 305-309. (CHEN Dong-jing, XU Zhong-min. Application and Discussion on Ecological Footprint Theory in the Arid Region of Xinjiang [J]. Arid Land Geography, 2001, 24(4): 305-309. (in Chinese))

[6] 陈东景, 徐中民, 程国栋, 等. 中国西北地区的生态足迹[J]. 冰川冻土, 2001, 23(2): 164-169. (CHEN Dong-jing, XU Zhong-min, CHENG Guo-dong, et al. Ecological Footprint in Northwest China[J]. Glaciology, 2001, 23(2): 164-169. (in Chinese))

[7] 张志强, 徐中民, 程国栋, 等. 中国西部 12 省(区、市)的生态足迹[J]. 地理学报, 2001, 56(5): 599-610. (ZHANG Zhi-qiang, XU Zhong-min, CHENG Guo-dong, et al. Ecological Footprint in 12 Western Province, Regions and Municipalities in China[J]. Geographical Journal, 2001, 56(5): 599-610. (in Chinese))

[8] 张新主, 曹明明. 西安生态足迹计算与分析[J]. 水土保持通报, 2005, 25(2): 92-96. (ZHANG Xin-zhu, CAO Ming-ming. Ecological Footprint Calculation and Analysis of Xi'an[J]. Soil and Water Conservation, 2005, 25(2): 92-96. (in Chinese))

[9] 刘宇辉, 彭希哲. 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(10): 2257-2262. (LIU Yu-hui, PENG Xi-zhe. China Ecological Footprint Calculation and Assessment of Development Sustainability [J]. Ecology Journal, 2004(10): 2257-2262. (in Chinese))

[10] 陈涛, 徐瑶. 基于 GIS 和生态足迹模型的中国可持续发展状况评价[J]. 遥感信息, 2006(03): 73-76. (CHEN Tao, XU Yao. China's Sustainable Development Based on GIS and Ecological Footprint Model Evaluation[J]. Remote Sensing, 2006(03): 73-76. (in Chinese))

[11] 陈成忠, 林振山, 陈玲玲. 生态足迹与生态承载力非线性动力学分析[J]. 生态学报, 2006(11): 3812-3816. (CHEN Cheng-zhong, LIN Zhen-shan, CHEN Ling-ling. Nonlinear Dynamics Analysis of Ecological Footprint and Ecological Carrying Capacity, Ecology Journal, 2006(11): 3812-3816. (in Chinese))

[12] 荆治国, 周杰, 齐丽彬, 等. 基于特征参量调整法的中国省域生态足迹研究[J]. 资源科学, 2007(05): 9-15. (JING Zhi-guo, ZHOU Jie, QI Li-bin, et al. Chinese Provincial Ecological Footprint Adjustment Method Based on Characteristic Parameters[J]. Resources and Science, 2007(05): 9-15. (in Chinese))

[13] 谷文明, 刘瑞楠, 徐大海. 基于生态足迹供给模型的生态承载力评价[J]. 环境科学与管理, 2009(01): 149-151. (GU Wen-ming, LIU Rui-nan, XU Tai-hai. Evaluation of Ecological Carrying Capacity Supply Model Based on Ecological Footprint [J]. Environmental Science and Management, 2009(01): 149-151. (in Chinese))

[14] 李磊, 张瑜. 南水北调中线工程水源地水质保护研究[J]. 创新科技, 2013(2): 11-12. (LI Lei, ZHANG Yu. Research on Water Quality Protection on the Middle Route of the South to North Water Diversion Project[J]. Innovation and Technology, 2013(2): 11-12. (in Chinese))