

江西省 2007—2011 年水资源生态足迹和生态承载力动态特征

孟丽红¹, 叶志平¹, 袁素芬², 刘光旭¹

(1. 赣南师范学院 地理与规划学院, 江西 赣州 341000; 2. 广东环境保护工程职业学院, 广东 佛山 5282161)

摘要: [目的] 为定量评价江西省水资源可持续发展状态。[方法] 以水资源生态足迹的基本原理和计算模型为基础, 分析了江西省 2007—2011 年水资源生态足迹、生态承载力和水资源负载指数的动态变化。[结果] 2007—2011 年江西省水资源生态承载力整体上呈现增加的趋势, 从 2007 年的 $2.02912 \times 10^8 \text{ hm}^2$ 增加到 2010 年的 $4.15151 \times 10^8 \text{ hm}^2$ 。总水资源生态足迹 5 a 整体上呈现增加的趋势, 从 2007 年的 $3.88209 \times 10^7 \text{ hm}^2$ 增加到 2011 年的 $4.3447 \times 10^7 \text{ hm}^2$ 。万元 GDP 生态足迹呈逐渐增加的势, 水资源利用率有所降低。[结论] 水资源生态足迹的变化与社会经济发展密切相关。应该充分调整产业结构, 合理调度、利用水资源, 促进江西省整个社会经济的持续发展。

关键词: 江西省; 生态足迹; 生态承载力; 水资源负载指数

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)01-0256-06

中图分类号: X821

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.01.047

Dynamic Characteristics of Ecological Footprint and Ecological Carrying Capacity of Water Resources in Jiangxi Province During 2007—2011

MENG Lihong¹, YE Zhiping¹, YUAN Sufen², LIU Guangxu¹

(1. School of Geography and Planning, Gannan Normal University, Ganzhou, Jiangxi 341000, China;

2. Guangdong Vocational College of Environmental Protection Engineering, Foshan, Guangdong 528216, China)

Abstract: [Objective] To evaluate the sustainable development condition of water resources in Jiangxi Province. [Methods] Based on the principle and calculation model of water resources ecological footprint, the ecological footprint and ecological carrying capacity of water resources in the years from 2007 to 2011 were analyzed. [Results] The total water resources capacity gradually increased from $2.02912 \times 10^8 \text{ hm}^2$ in 2007 to $4.15151 \times 10^8 \text{ hm}^2$ in 2010. The total ecological footprint of water resources increased in the past five years, and it increased from $3.88209 \times 10^7 \text{ hm}^2$ in 2007 to $4.3447 \times 10^7 \text{ hm}^2$ in 2011, and the water resources ecological footprint of per ten thousand yuan GDP in Jiangxi Province continued to increase. This indicated that the utilization of water resources in Jiangxi Province gradually decreased in the past five years. [Conclusion] The changes of ecological footprint of water resources are closely related to socio-economic development. People should adjust the industrial structure fully, manage and use of water resources rationally, to promote the sustainable development of the overall socio-economy of Jiangxi Province.

Keywords: Jiangxi Province; ecological footprint; ecological capacity; load index of water resources

水资源是人类社会不可替代的重要资源。随着水资源短缺形势的日益严峻, 时空分布不均匀, 人口、生产力、资源的匹配状况不理想、生态与环境相对脆弱, 以及在区域水资源的开发利用中存在种种问题, 使得区域可持续发展在很大程度上取决于水资源的可持续开发利用^[1]。国内相关研究主要从生态足迹理论出发, 评价水资源生态压力和可持续利用状况。

生态足迹是衡量资源可持续利用的一种综合核算的工具, 主要用于某一区域可持续发展的定量测度和评价^[2]。这一理论是由 William E. Rees 于 1992 年提出的, 其学生 Wackernagel 等对其计算原理及方法进行了进一步的发展和完善, 指的是一定区域范围内生产所有人口消费的资源并吸纳其产生的废弃物需要的生物生产性面积^[3]。生态足迹反映出区域的资源

收稿日期: 2014-01-10

修回日期: 2014-05-12

资助项目: 江西省教育厅科技项目“江西省水资源生态足迹和生态承载力时空分析”(GJJ14671); 赣南师范学院招标课题“赣江流域水资源生态足迹与生态承载力研究”(14zb19); 国家自然科学基金项目“中国土壤系统分类水耕人为土微形态诊断指标研究”(41301226)

第一作者: 孟丽红(1981—), 女(汉族), 云南省宣威市人, 博士, 讲师, 研究生导师, 主要从事水资源评价。E-mail: mlh8158@163.com。

需求水平,生态承载力则反映出区域的资源供给能力,揭示了人类持续生存和发展的生态阈值。通过计算区域生态足迹(总供给)与生态承载力(总需求)之间的差值——生态赤字或生态盈余,可以衡量不同层次的区域可持续发展状况,对未来社会经济发展做出科学规划和建议^[4]。

国内外学者对传统生态足迹模型的研究从静态转向动态,从定性转为定量,从单一要素转向多要素乃至整个生态系统,朝着回顾性、动态性和预测性多元方向发展^[5-7]。Haberl 等对长时间段生态足迹计算方法进行探讨,分别采用恒定世界单产、可变世界单产和可变地方实际单产法计算了奥地利 1926—1955 年的生态足迹^[8];Wackernagel 等分别采用全球年平均产量和当地实际年平均产量计算了菲律宾、韩国、奥地利 3 国 1961—1999 年的生态足迹和实际土地需求^[9]。国内学者对生态足迹的实证研究范围逐步扩大,涵盖国家^[10-11]、省市行政区^[12-14]、行业^[15]、产品^[16]等各个层次;利用生态足迹数学模型和以统计数据为基础,计算生态足迹、生态承载力并分析生态赤字产生的原因^[17-22]。水资源是一种同时具有经济价值和社会价值的自然资源,对维持生态环境和进行社会生产具有不可替代的地位和作用,即 Wackernagel 的生态模型在计算中缩小了水资源用途的范围^[7]。为解决这一问题,黄林楠等将水资源用地作为第Ⅶ类土地类型,纳入生态足迹计算,并建立了水资源生态足迹的计算模型^[23]。目前已有多名学者对水资源生态足迹模型的基本理论、计算方法进行了进一步的探讨,并对陕西、宁夏、黑龙江、疏勒河流域等地区的水资源生态足迹进行了实证分析研究^[24-29]。

江西省位于长江中下游南岸,是水资源大省,但是水资源在时空分布上表现出极为不均的特点,同时面临洪涝干旱灾害频繁^[30];水资源供需矛盾较突出,水资源开发利用率低;水环境日益恶化等问题^[31]。根据 Wackernagel 的生态足迹计算模型,叶长盛等利用生态足迹模型对江西省 2004 年的生态足迹进行了

计算和分析,结果表明江西省 2004 年人均生态足迹 1.640 6 hm²,人均生态承载力 0.767 2 hm²,人均生态赤字 0.873 4 hm²,已处于不可持续发展状态^[32]。目前为止,对江西省水资源生态足迹和生态承载力的研究尚是空白。

鉴于此,本文应用水资源生态足迹模型,对江西省 2007—2011 年水资源生态足迹和生态承载力动态特征进行分析,以期对江西省水资源开发利用和科学管理、区域可持续发展评估与规划方面提供一定的参考依据。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

江西省位于长江中下游南岸,东邻福建、浙江省,南接广东省,西连湖南省,北毗湖北、安徽省。江西省南北长约 620 km,东西宽约 490 km,国土面积 1.67 × 10⁵ km²。江西省水资源较为丰沛,该省多年平均降水量为 1 638.4 mm,多年平均水资源总量为 1.57 × 10¹¹ m³,单位面积水资源 9.39 × 10⁵ m³/km²,是中国水资源较为丰沛地区之一。

江西省河流众多,流域面积大于 10 km² 的河流有 3 700 余条,绝大部分河流汇入鄱阳湖流域,形成鄱阳湖水系。鄱阳湖水系主要有赣江、抚河、信江、饶河、修河 5 大河流,流域面积均在 1.00 × 10⁴ km² 以上,其中赣江为鄱阳湖 5 大河流之首,是江西省第一大河流,流域总面积 8.28 × 10⁴ km²,外州水文站以上面积 8.09 × 10⁴ km²。此外还有直接入湖的清丰山溪、潼津河、漳田河、博阳河等河流,鄱阳湖流域汇水面积 1.622 × 10⁵ km²,其中江西境内面积 1.567 × 10⁵ km²,占全省面积 94%,直接流入长江或流向省外河流的流域面积占全省的 6%^[30]。

随着人口的增加和经济的发展,江西省的水资源用量逐年增加。到 2050 年,预计江西省总人口将达到 6 027 万人,人均拥有水资源量将减少到 2 300 m³ 左右,届时水资源紧张状况将进一步加剧。

表 1 江西省 2007—2011 年社会经济及用水量

项目	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
人口/万人	4 368.41	4 400.10	4 432.16	4 462.25	4 488.2
GDP/亿元	5 500.25	6 480.33	7 655.18	9 451.26	11 583.8
年降水量/mm	1 298.00	1 536.00	1 392.00	2 086.20	1303.6
水资源总量/10 ⁸ m ³	1 112.96	1 356.16	1 166.91	2 275.50	1037.88
农业用水量/10 ⁸ m ³	154.22	151.75	176.24	154.51	175.32
工业用水量/10 ⁸ m ³	58.60	59.92	53.18	57.35	60.64
居民生活用水量/10 ⁸ m ³	17.01	17.38	19.24	19.93	20.26
城镇公共用水/10 ⁸ m ³	3.02	3.14	3.52	4.07	4.58
生态环境用水量/10 ⁸ m ³	2.02	2.01	4.77	3.89	2.06

1.2 数据来源

人均消耗水资源量(W)、水资源总量(Q)等数据来源于《2007—2011年江西省水资源公报》,人口数和GDP数据来源于历年的《江西省统计年鉴》。具体数值见表1。

2 研究方法

2.1 水资源生态足迹模型

水资源生态足迹可以定义为:任何已知人口(某个人、一个城市、一个区域或全球)的水资源足迹是生产这些人口所消耗的所有资源所需要的水资源量。这里的所有资源既包括人类生活所必须的直接消耗的水资源,也包括为人类提供生态系统服务和功能的环境资源^[33]。根据Wackernagel的生态足迹模型,水资源生态足迹如同其他各个账户,将消耗的水资源量转化为相应账户的生产面积—水资源用地面积。因此,在水资源生态足迹下建立5个水资源生态足迹二级账户,分别为农业用水、工业用水、城镇公共用水、生活用水和生态环境用水。农业用水包括农田灌溉用水、林牧渔畜用水。工业用水主要指工业生产过程所用的水。城镇公共用水主要指建筑业和服务业用水。生活用水包括城镇生活用水和农村生活用水,生态环境用水指河道外通过供水工程的供水量,不包括降水,径流自然满足的水量,包括城市环境用水和农村生态用水量。其计算公式分别为:

$$EF_a = \gamma_w \times (W_a / p_w) \quad (1)$$

$$EF_i = \gamma_w \times (W_i / p_w) \quad (2)$$

$$EF_c = \gamma_w \times (W_c / p_w) \quad (3)$$

$$EF_l = \gamma_w \times (W_l / p_w) \quad (4)$$

$$EF_e = \gamma_w \times (W_e / p_w) \quad (5)$$

$$EF_w = \gamma_w \times (W / p_w) \quad (6)$$

式中: EF_a ——农业用水生态足迹(hm^2); γ_w ——水资源的全球均衡因子; W_a ——农业用水量(m^3); p_w ——水资源全球平均生产能力(m^3/hm^2); EF_i ——工业用水生态足迹(hm^2); W_i ——工业用水量; EF_c ——城镇公共用水生态足迹(hm^2); W_c ——城镇公共用水量; EF_l ——生活用水生态足迹(hm^2); W_l ——生活用水量; EF_e ——生态环境用水生态足迹(hm^2); W_e ——生态环境用水量; EF_w ——总水资源生态足迹; W ——水资源用水总量。其中因子 γ_w 和 p_w 的确定方法主要参照黄林楠等^[23]的研究结果:水资源全球均衡因子 γ_w 是某种生物生产面积的均衡因子等于该类生物生产面积的平均生态生产力除以全球各类生物生产面积的平均生态生产力。所以,水资源的全球均衡因子等于水资源生物生产面积的平均

生态生产力除以全球各类生物生产面积的平均生态生产力。为便于比较,本研究选择根据WWF2002确定的水资源均衡因子5.19作为计算值。水资源全球平均生产能力 p_w :采用水文学中的产水模数来描述水资源生产能力,根据学者研究结果,世界水资源平均生产能力为 $3\ 140\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ 。

2.2 水资源生态承载力模型^[23]

基于生态足迹模型的水资源承载力兼具自然属性、社会属性以及空间属性,为某一区域存某一具体历史发展阶段,水资源最大供给量可供支持该区域资源、环境和社会(生产、生活和生态)可持续发展的能力,即水资源对生态系统和经济系统良性发展的支撑能力。

$$EC_w = N \times ec_w = 0.4 \times \phi \times \gamma_w \times Q / p_w \quad (7)$$

式中: EC_w ——水资源承载力(hm^2); N ——人口数; ec_w ——人均水资源承载力($\text{hm}^2/\text{人}$); γ_w ——水资源的全球均衡因子; ϕ ——区域水资源的产量因子,为该区域水资源平均生产能力与世界水资源平均生产能力的比值,2007—2011年江西省水资源平均生产能力为 $86.84 \times 10^4\ \text{m}^3/\text{km}^2$,世界水资源平均生产能力为 $31.4 \times 10^4\ \text{m}^3/\text{km}^2$ ^[23],计算得出江西省水资源产量因子为2.76。 Q ——水资源总量(m^3); p_w ——水资源全球平均生产能力(m^3/hm^2)。一个国家和地区的水资源承载力中60%用于维持生态环境,因此在水资源承载力的计算中要乘以系数0.4。

2.3 水资源生态盈余和水资源生态赤字

将区域内水资源消耗产生的生态足迹和生态承载力相比较,就会产生水资源生态赤字和水资源生态盈余,此指标可用于判断研究区域内水资源的可持续利用情况^[34]。

$$\text{水资源生态盈余(赤字)} = EC_w - EF_w \quad (8)$$

当 $EC_w > EF_w$ 时,水资源生态盈余;当 $EC_w = EF_w$ 时,水资源生态平衡;当 $EC_w < EF_w$ 时,水资源生态赤字。

2.4 万元GDP水资源生态足迹

万元GDP水资源生态足迹是指区域水资源生态足迹与地区内生产总值GDP的比值,可以用来衡量水资源的利用效率,其值越小表示水资源利用效率越高,反之越低,计算公式如下^[34]:

$$\text{万元GDP水资源生态足迹} = EF_w / \text{GDP} \quad (9)$$

2.5 水资源负载指数

水资源负载指数用于描述区域水资源的开发利用前景,其物理意义是区域水资源量与人口和国内生产总值决定的水资源需求量的关系,反映了区域水资源的利用水平及今后水资源开发的难易程度,水资源

负载指数分为 5 个等级(见表 2),其计算公式为^[35]:

$$c = k \sqrt{pG/W} \quad (10)$$

式中: c ——水资源负载指数; p ——人口(万人); G ——国内生产总值(亿元); W ——水资源总量(亿 m^3); k ——与降水有关的系数,其取值如下公式:

$$k = \begin{cases} 1.0 & (R \leq 200) \\ 1.0 - 0.1(R - 200)/200 & (200 < R \leq 400) \\ 0.9 - 0.2(R - 200)/400 & (400 < R \leq 800) \\ 0.7 - 0.2(R - 200)/800 & (800 < R \leq 1600) \\ 0.5 & (R > 1600) \end{cases} \quad (11)$$

表 2 水资源负载指数分级

水资源负载指数	级别	水资源利用程度	水资源开发条件
>10	I	很高,潜力不大	需要外流域调水
5~10	II	高,潜力不大	困难
2~5	III	中等,潜力较大	中等
1~2	IV	较低,潜力大	较容易
<1	V	低,潜力很大	容易

3 结果与分析

3.1 江西省历年水资源生态足迹与水资源承载力

计算 2007—2011 年江西省农业用水、工业用水、城镇公共用水、生活用水和生态环境用水 5 个水资源账户的生态足迹(表 3)。由表 3 可以看出,江西省农业用水生态足迹远远高于其他 4 个水资源账户生态足迹。2007—2011 年平均农业用水生态足迹为

$2.684 \times 10^7 \text{ hm}^2$, 占总生态足迹的 66.09%, 农业用水生态足迹整体呈增加趋势, 2009 年最高达到 $2.913 \times 10^7 \text{ hm}^2$; 其次是比例较大的是工业用水生态足迹, 平均为 $9.575 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 占总生态足迹的 23.57%。工业用水生态足迹除 2009, 2010 两年有所下降外, 总体呈现上升的趋势; 生活用水生态足迹平均为 $3.101 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 占总生态足迹的 7.63%。生活用水生态足迹一直保持稳定上升趋势, 从 2007 年 $2.812 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 增加到 2011 年 $3.349 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 。城镇公共用水足迹平均为 $6.059 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 占总生态足迹的 1.5%; 生态环境用水生态足迹平均为 $4.875 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 占总生态足迹的 1.2%。生态环境用水生态足迹整体呈上升趋势, 尤其 2009 年和 2010 年分别达到 $7.884 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 和 $6.429 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 表明江西省生态环境治理越来越受到政府的重视。

同时 2007—2011 年江西省总水资源生态足迹整体上呈现增加的趋势, 最高的是 2011 年总水资源生态足迹达到 $4.345 \times 10^7 \text{ hm}^2$, 主要原因是农业用水量 and 工业用水量的增加。2007—11 年江西省水资源承载力整体上呈现增加的趋势, 尤其 2010 年增加幅度最大, 达到 $4.152 \times 10^8 \text{ hm}^2$, 水资源承载力的变化与区域降水量有密切关系, 江西省水资源承载力与降水量之间相关系数为 0.99(见图 1)。2007—2011 年江西省出现不同程度的生态盈余, 2010 年达到最大值。2007—2011 年江西省万元 GDP 生态足迹呈逐渐增加的趋势, 从 2007 年的 1.41 hm^2 增加到 2011 年的 2.66 hm^2 , 表明水资源利用率有所降低(见表 3)。

表 3 江西省历年水资源生态足迹与生态承载力

项目	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
农业用水生态足迹/ 10^7 hm^2	2.549	2.508	2.913	2.554	2.898
工业用水生态足迹/ 10^6 hm^2	9.686	9.904	8.790	9.479	10.023
生活用水生态足迹/ 10^6 hm^2	2.812	2.873	3.180	3.294	3.349
城镇公共用水足迹/ 10^5 hm^2	4.992	5.190	5.818	6.727	7.570
生态环境用水生态足迹/ 10^5 hm^2	3.339	3.322	7.884	6.429	3.405
总水资源生态足迹/ 10^7 hm^2	3.882	3.871	4.247	3.963	4.345
水资源承载力/ 10^8 hm^2	2.029	2.474	2.128	4.152	1.892
生态盈余/ 10^8 hm^2	1.641	2.087	1.703	3.755	1.458
万元 GDP 生态足迹/ hm^2	1.410	1.670	1.800	2.380	2.660

从表 4 可以看出, 从 2007 年到 2011 年, 江西省人均水资源生态足迹总量保持在 $0.89 \sim 0.96 \text{ hm}^2/\text{人}$ 之间, 在各年份之间的变化不太大, 最高值出现在 2009 和 2011 年, 整体呈上升的趋势。人均水资源承载力承载力除 2011 年有所降低以外, 整体呈增加的

趋势, 2010 年达到最高值为 $9.30 \text{ hm}^2/\text{人}$; 从 2007—2011 年全省出现不同程度的生态盈余, 最大值出现在 2008 年。总体来说, 2007—2011 年江西省经济快速发展, 生活用水、工业用水量随之增加, 同时政府对生态环境也越来越重视。因此, 江西省总生态足迹仍

会持续增加,通过产业结构调整,改变农业用水足迹过大的问题,增大生态环境用水,实现江西省生态环境的修复和保护。

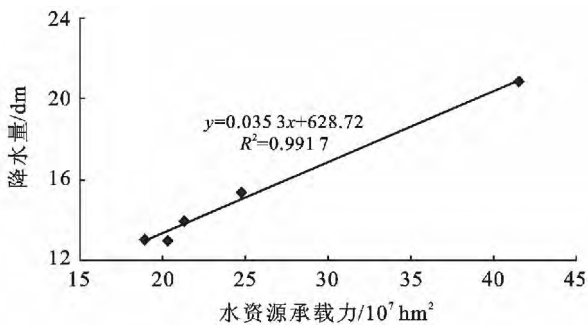


图 1 江西省水资源承载力与降水量之间的关系

3.2 江西省水资源负载指数

为进一步研究江西省水资源利用情况,计算了江西省水资源负载指数(表 5),水资源负载指数是关于

降水、人口、经济规模以及水资源总量的一个综合指标,综合反应了区域水资源利用程度。由表 5 可知,2007—2011 年江西省水资源负载指数变化趋势不大,2007,2008,2010 年水资源负载指数为Ⅳ,水资源利用程度低,开发潜力大,开发条件较容易。2009 年和 2011 年水资源利用程度中等,潜力较大,开发条件中等。总体来说,江西省水资源利用程度较低,开发潜力较大。据统计,1999—2006 年,江西省水资源的开发利用平均为 14.5%。其中 2006 年为 12.62%,低于同年全国 23%的平均水平。另外,江西省的 11 个地市中,2006 年仅南昌、新余的水开发利用超过 20%,其余县市都较低。因此,要进一步提高开发利用率,就必须深入分析水资源及环境的承载能力,也应充分考虑经济有效性;而对于水资源开发率相对较低的地区,则应该提高水的利用效率,充分发掘水源的最大利用潜能。

表 4 江西省历年人均生态足迹、人均生态承载力与生态盈余

hm²

项目	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
人均农业用水生态足迹	0.583	0.57	0.65	0.576	0.645
人均工业用水生态足迹	0.221	0.225	0.198	0.212	0.223
人均生活用水生态足迹	0.064	0.065	0.071	0.073	0.074
人均城镇公共用水生态足迹	0.011	0.012	0.013	0.015	0.016
人均生态环境用水生态足迹	0.0076	0.0075	0.018	0.014	0.0075
人均总水资源生态足迹	0.89	0.88	0.96	0.89	0.96
人均水资源承载力	4.64	5.62	4.80	9.30	4.22
人均生态盈余	3.75	4.74	3.84	8.41	3.26

表 5 江西省 2007—2011 年水资源负载指数分级

年份	水资源负载指数	级别	水资源利用程度	水资源开发条件
2007	1.89	Ⅳ	较低,潜力大	较容易
2008	1.46	Ⅳ	较低,潜力大	较容易
2009	2.0	Ⅲ	中等,潜力较大	中等
2010	1.42	Ⅳ	较低,潜力大	较容易
2011	2.92	Ⅲ	中等,潜力较大	中等

4 结论

(1) 2007—2011 年江西省水资源承载力呈现波动上升的趋势,从 2007 年的 2.029×10^8 hm² 增加到 2010 年的 4.152×10^8 hm²,其主要原因是江西省降水量的增加。水资源总生态足迹 5 a 里整体上呈现增加的趋势,农业用水足迹、工业用水足迹和生活用水足迹以及生态环境用水足迹整体均呈上升趋势,表明江西省经济快速发展,生活用水、工业用水量随之增加,同时政府对生态环境也越来越重视。2007—2011 年江西省万元 GDP 生态足迹呈逐渐增加的趋势,

表明水资源利用率有所降低。

(2) 从总体而言,江西省水资源丰富,水资源生态承载力较高,各年出现不同程度的生态盈余,但水资源生态足迹各种账户占的比重差距较大,农业用水生态足迹比重最大,占总生态足迹的 66.09%,且利用率很低(灌溉水利用率只有 30%~40%)。水资源生态足迹各种账户之间的变化反映出江西省产业调整的变化。应该根据江西省水资源的分布情况进行产业调整,提高水资源利用效率,尤其是提高农业用水的重复利用率,促进江西省整个社会经济的可持续发展。

(3) 江西省水资源人均生态足迹相对较低,对水资源的开发利用程度不高,水资源的整体开发潜力较大。江西省水资源主要来自于降水,水资源承载力与降水量相关联,在枯水年,水资源承载力降低,导致生态盈余减少,对水资源的可持续利用造成影响。应该加大水利工程的利用和建设,提高江西省蓄、提、引水的能力,提升对干旱灾害的应对能力。

(4) 江西省地处我国南方湿润地区,水资源相对

丰沛,但同时需水量也大,单位水的效益较低。随着经济社会的发展,用水量的不断增长和用水结构的变化,水资源供需矛盾日益突出,只有保护水资源、合理并可持续开发利用水资源,达到人与水环境的协调统一,水资源才能真正为社会经济的可持续发展服务。

[参 考 文 献]

- [1] 陈家琦,王浩,杨小柳,等. 水资源学[M]. 北京:科学出版社,2003.
- [2] 谭秀娟,郑钦玉. 我国水资源生态足迹分析与预测[J]. 生态学报,2009,29(7):3559-3566.
- [3] Wackernagel M, David Y J. Footprints for sustainability: the next steps [J]. Environment Development and Sustainability, 2000,2(1):23-44.
- [4] Erb K H. Actual land demand of Austria 1926—2000: A variation on ecological footprint assessments[J]. Land Use Policy, 2004,21(3):247-259.
- [5] Rees W E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out[J]. Environment and Urbanization, 1992, 4(2):121-130.
- [6] Wackernagel M, Onisto I, Bello P. National natural capital accounting with the ecological footprint concept [J]. Ecological Economics, 1999, 29(3):375-390.
- [7] Wackernagel M, Rees W E. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth[M]. Gabriola Island: New Society Publishers, 1996.
- [8] Haberl H, Erb K H, Krausmann F. How to calculate and interpret ecological footprints for long periods of time: The case of Austria 1926—1995 [J]. Ecological Economics, 2001(38):25-45.
- [9] Wackernagel M, Chad M, Erb K H. Ecological footprint time series of Austria, the Philippines, and South Korea for 1961—1969 [J]. Land Use Policy, 2004, 21(3):261-269.
- [10] 陈成忠,林振山. 中国 1961—2005 年人均生态足迹变化[J]. 生态学报,2008,28(1):338-343.
- [11] 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,2004,24(10):2257-2262.
- [12] 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):607-616.
- [13] 郭秀锐,杨居荣,毛显强. 城市生态足迹计算与分析:以广州为例[J]. 地理研究,2003,22(5):654-662.
- [14] 徐中民,程国栋,张志强. 生态足迹法:可持续性定量研究的新方法:以张掖地区 1995 年的生态足迹计算为例[J]. 生态学报,2001,21(9):1484-1493.
- [15] 章锦河,张捷. 旅游生态足迹模型及黄山市实证分析[J]. 地理学报,2004,59(5):763-771.
- [16] 符国基. 基于生态足迹的海南农产品结构优化分析[J]. 农业现代化研究,2006,27(5):389-392.
- [17] Gossling S, Borgsteom C H, Horstmeier O, et al. Ecological footprint analysis as a tool to assess tourism sustainability[J]. Ecological Economic, 2002(43):199-211.
- [18] 刘建兴,王青,孙鹏. 中国 1990—2004 年生态足迹动态变化效应的分解分析[J]. 自然资源学报,2008,23(1):61-66.
- [19] 刘建兴,顾晓薇,王青,等. 中国经济发展与生态足迹的关系研究[J]. 资源科学,2005,27(5):33-39.
- [20] 孙兆敏,贾志宽,尚爱军,等. 西部地区生态足迹与苜蓿产业发展战略研究[J]. 中国生态农业学报,2005,13(1):160-163.
- [21] 徐中民,陈东景,张志强,程国栋. 中国 1999 年的生态足迹分析[J]. 土壤学报,2002,39(3):441-445.
- [22] 陈敏,王如松,张丽君. 中国 2002 年省域生态足迹分析[J]. 应用生态学报,2006,17(3):424-428.
- [23] 黄林楠,张伟新,姜翠玲,等. 水资源生态足迹计算方法[J]. 生态学报,2008,28(3):1280-1286.
- [24] 张军,张仁陟,周冬梅. 基于生态足迹法的疏勒河流域水资源承载力评价[J]. 草业学报,2012,21(4):267-274.
- [25] 王俭,张朝星,于英谭,等. 城市水资源生态足迹核算模型及应用:以沈阳市为例[J]. 应用生态学报,2012,23(8):2257-2262.
- [26] 邱微,樊庆铤,赵庆良,等. 黑龙江省水资源生态承载力计算[J]. 哈尔滨工业大学学报,2010,42(6):1000-1003.
- [27] 李培月,钱会,吴健华,等. 银川市 2008 年水资源生态足迹研究与分析[J]. 南水北调与水利科技,2010,8(1):69-71.
- [28] 方炫,刘德林,曹阳,李壁成. 陕西省人均生态足迹动态变化及驱动模型研究[J]. 水土保持通报,2013,33(4):54-58.
- [29] 陈卫平,朱清科,薛智德. 宁夏自治区永宁县 2006 年生态足迹分析[J]. 水土保持通报,2012,32(2):237-241.
- [30] 吴敦银,喻中文,王凤. 江西省水资源分布与旱灾发生规律初探[J]. 江西水利科技,2005,31(1):31-33.
- [31] 龙兴,胡魁德,喻中文. 江西水资源问题研究[J]. 水文,2009,29(5):79-82.
- [32] 叶长盛,刘平辉,陈荣清,等. 江西省 2004 年生态足迹及区域差异分析[J]. 江西农业大学学报:社会科学版,2006,5(2):79-81.
- [33] 龙爱华,张志强,苏志勇. 生态足迹评价及国际研究前沿[J]. 地理科学进展,2004,19(6):971-981.
- [34] 王文国,何明雄,潘科. 四川省水资源生态足迹与生态承载力的时空分析[J]. 自然资源学报,2011,26(9):1555-1564.
- [35] 杨艳昭,张伟科,刘登伟. 内蒙古水土资源平衡及其水资源承载能力[J]. 干旱区地理,2008,31(3):411-436.