

基于生态足迹分析的泰顺县可持续发展状况研究¹

朱文娟, 关潇, 肖能文, 高晓奇, 陈彦君, 臧春鑫

(中国环境科学研究院国家环境保护区域生态过程与功能评估重点实验室, 北京
100012)

【摘要】: 文章基于泰顺县 2011—2015 年统计年鉴数据测算该县这 5 年来人均生态足迹, 同时预测该县 2020 年生态足迹及生态承载力以对其可持续发展状况进行评价。结果表明: (1) 泰顺县 2011—2015 年总人均生态足迹介于 0.318 3~0.392 4 hm^2/cap , 整体呈现“先增后减再增”的变化趋势, 耕地和草地是人均生态足迹的最大组成部分; (2) 2020 年泰顺县预测总人均生态足迹为 0.441 1 hm^2/cap , 2016—2020 年总人均生态足迹呈现“持续增长”的变化趋势, 草地对人均生态足迹贡献量最大且持续增长, 耕地贡献量逐渐降低, 化石能源用地贡献量逐渐增大; (3) 2020 年泰顺县表现为生态盈余, 人均生态盈余指数为 0.179 6 hm^2/cap 。泰顺县社会经济压力对于生态环境的冲击力较小, 土地利用仍能维持当地可持续发展。

【关键词】: 生态足迹; 生态承载力; 土地利用结构; 泰顺县

【中图分类号】: F062.2; X22 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2019)08-057-04

1 引言

人类社会经济高速发展加剧了对土地资源的利用和自然资源的开发, 生态问题日益凸显, 区域可持续发展是否能够维持、生态承载能否继续支撑社会经济快速发展成为当今社会不得不考虑的问题之一^[1-2]。为衡量自然资本可持续发展状况^[3-4], 加拿大生态学家 Rees^[5]1992 年提出了生态足迹的概念, 1996 年, Wackemagel^[6]对生态足迹的概念进一步完善, 即生产一定的人口消费的各种资源和吸纳这些人口所产生的废弃物所需要的生物土地面积的总和^[7], 用于揭示区域资源与经济的关系, 评价区域可持续利用能力^[8]。

泰顺县坚持“生态立县、绿色崛起”, 将生态保护与生态建设放在首位, 已创建国家级生态县及第六批全国生态文明建设试点地区, 生态环境良好。但近年来, 居民需求不断增长, 区域可持续发展压力突显。本研究拟通过核算泰顺县 2011—2015 年生态足迹, 并结合《泰顺县土地利用总体规划(2006—2020 年)》(2014 调整完善版)中土地利用结构对该县 2020 年生态足迹及生态承载力进行预测, 分析生态盈亏状况, 为评价泰顺县未来可持续发展状况提供定量依据^[9], 同时, 为当地生态空间有效配置、产业规划发展、生态环境保护提供参考。

2 研究区概况

泰顺县(27° 17' 58"~27° 48' 42"N, 119° 37' 12"~120° 14' 44"E)位于浙江省南部, 隶属温州市, 东南接福建省福鼎市、拓

¹基金项目: 生态环境部生物多样性保护专项“生物多样性调查与评估”

第一作者简介: 朱文娟(1990—), 女, 山西大同人, 硕士, 研究方向为生物多样性保护及生态环境。E-mail: zn109st@163.com

通讯作者简介: 臧春鑫(1983—), 男, 山东临沂人, 博士, 研究方向为生物多样性保护。E-mail: zangchunxin@126.com

荣县，西南连福建省福安市、寿宁县，西北靠景宁县，东北接文成县，东面邻苍南县，土地总面积 1 762 km²。属中亚热带海洋性季风气候，年均气温 16.9° C, 极端最低温-4.7° C (2月)，极端最高温 35.8° C (7月)，年总降水量 2 518.1 mm。属低中山区高丘山地地貌，境内峰峦叠嶂，山脉逶迤，有“浙南屋脊”之称。地势由西逐渐向东倾斜。大小溪流分属飞云江、交溪、沙垵港、鳌江四大水系。土壤以红壤为主。

3 数据来源及研究方法

3.1 数据来源

本研究数据主要来源于 2012—2016 年的《泰顺县统计年鉴》《泰顺县国民经济和社会发展统计公报》《泰顺县土地利用总体规划(2006—2020年)》(2014 调整完善版)。为统一数据统计口径，采用泰顺县各消费项目产量替代其消费量。

3.2 研究方法

3.2.1 生态足迹

生态足迹核算基于以下假设^[10]：一是人类可以确定自身消费的绝大多数资源及其所产生的废弃物的数量；二是这些资源和废弃物能统一转换为相应的生物生产性土地面积。生态足迹计算模型如下^[11-12]：

$$EF = N \times ef \quad (1)$$

$$ef = \sum_{i=1}^n r_j \times (aa_i)$$

$$= \sum_{i=1}^n r_j \times (c_i / p_i)$$

$$= \sum_{i=1}^n r_j \times (P_i + I_i - E_i) / (p_i \times N) \quad (2)$$

式中：EF 为区域总生态足迹 (hm²)，N 为区域人口总数，ef 为人均生态足迹 (hm²/Cap)，aa_i 为第 i 种消费项目折算的人均占有生物生产土地面积 (hm²/cap)，c_i 为第 i 种消费项目的人均消费量，p_i 为第 i 种消费项目的年产量平均值 (kg/hm²)；P_i 为第 i 种消费项目的年生产量；I_i 为第 i 种消费项目的年进口量；E_i 为第 i 种消费项目的年出口量；r_j 为均衡因子，j=1, 2, 3, …, 6，表示 6 种生物生产土地面积。

3.2.2 生态承载力

本研究采用下式计算泰顺县生态承载力^[13]：

$$EC=N \times ec \quad (3)$$

$$ec = (1 - 12\%) \sum_{j=1}^{n=6} (a_j \times r_j \times y_j) \quad (4)$$

式中：EC 为区域生态承载力 (hm²)，N 为区域人口总数，ec 为人均生态承载力 (hm²/cap)，a_j、r_j、y_j 乃分别为第 j 种消费项目人均生物生产面积、均衡因子 (equivalence factor) 及产量因子 (yield factor)。世界环境与发展委员会《我们共同的未来》报告指出，生态供给中应扣除 12% 的生物多样性土地面积以保护生物多样性^[14-15]。

3.2.3 生态赤字或盈余

本研究以下式核算生态赤字 (盈余)^[16]：

$$ED=EC-EF \quad (5)$$

$$ed=ec-ef \quad (6)$$

式中：ED、ed 分别为区域生态赤字 (盈余) (hm²)、人均生态赤字 (盈余) (hm²/cap)。

当 ed < 0 时，表现为生态赤字 (ecological deficit)，表明该区域生态环境已超载，社会经济发展处于不可持续状态。反之则为生态盈余 (ecological surplus)，表明该区域生态足迹供给大于需求，发展处于生态承载力范围内。

本研究均衡因子、产量因子、生物资源世界年均产量及能源全球平均土地产出率等均参照相关研究及数据库^[17]进行取值。由于泰顺县尚未设置专门吸收 CO₂ 的土地，计算生态承载力时不予考虑化石能源用地生态承载力。

本研究基于上述公式计算得到泰顺县 2011—2015 年生态足迹，利用 GM(1, 1) 灰色预测模型^[18]对该县 2020 年各类土地利用下生态足迹进行预测，同时，核算泰顺县 2020 年生态承载力。相关数据计算及分析分别在 EXCEL 2003 及 R 3.5.0^[19]环境下进行。

4 结果与分析

4.1 泰顺县生态足迹核算

依据式 (2) 计算得出泰顺县 2011—2015 年各年人均生态足迹值 (表 1)。基于计算得出的人均生态足迹值，利用 GM(1, 1) 灰色预测模型分别对上述 5 年各年度泰顺县耕地、林地、草地、水域、建筑用地及化石能源用地人均生态足迹进行预测，结果可知，2011—2015 年人均生态足迹真实值与预测值间相对误差均较小，可用于对未来 5 年人均生态足迹的预测，到 2020 年，泰顺县总人均生态足迹值为 0.441 1 hm²/cap (表 2)。

表 1 2011—2015 年泰顺县人均生态足迹值

单位：hm²/cap

土地利用类型	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年

耕地	0.168 4	0.177 2	0.170 1	0.138 7	0.138 1
林地	0.020 6	0.021 6	0.026 5	0.023 4	0.029 3
草地	0.1172	0.124 0	0.161 3	0.121 7	0.152 8
水域用地	0.009 8	0.009 6	0.009 8	0.010 5	0.010 8
建筑用地	0.007 2	0.008 6	0.009 0	0.009 4	0.009 8
化石能源用地	0.012 8	0.016 6	0.015 9	0.014 7	0.032 8
总人均生态足迹	0.336 0	0.357 6	0.392 4	0.318 3	0.373 6

表 2 2016—2020 年泰顺县人均生态足迹预测值

单位：hm²/cap

土地利用类型	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
耕地	0.122 0	0.110 8	0.100 7	0.091 5	0.083 1
林地	0.030 6	0.033 2	0.035 9	0.038 9	0.042 2
草地	0.151 9	0.157 0	0.162 3	0.167 8	0.173 5
水域用地	0.011 3	0.011 8	0.012 3	0.012 8	0.013 4
建筑用地	0.010 2	0.010 7	0.011 2	0.011 7	0.012 2
化石能源用地	0.037 2	0.049 6	0.065 9	0.087 7	0.116 7
总人均生态足迹	0.363 2	0.373 1	0.388 3	0.410 4	0.441 1

表 3 2020 年泰顺县人均生态承载力指数

单位：hm²/cap

年份	耕地	林地	水域用地	建筑用地	总人均生态承载力
2020	0.248 3	0.306 9	0.000 9	0.064 6	0.620 7

4.2 泰顺县生态承载力核算

本研究基于《泰顺县土地利用总体规划(2006—2020年)》(2014调整完善版)中2020年泰顺县土地利用调整结构及县域常住人口数,依据式(4)计算得到泰顺县2020年人均生态承载力(表3)。由于总体规划对草地调整情况未做说明,故2020年总人均生态承载力中未含草地。

4.3 核算结果分析

2020年,泰顺县总人均生态足迹为0.4411hm²/cap,总人均生态承载力为0.6207hm²/cap,依据式(6)计算可知,2020年泰顺县表现为生态盈余,人均生态盈余指数为0.1796hm²/cap(表4)。

表 4 2020 年泰顺县生态赤字/盈余状况

单位：hm²/cap

年份	总人均生态足迹	总人均生态承载力	人均生态盈余
2020	0.441 1	0.620 7	0.179 6

5 讨论

泰顺县 2011—2015 年总人均生态足迹介于 $0.3183\sim 0.3924\text{ hm}^2/\text{cap}$, 整体呈现“先增后减再增”的变化趋势, 峰值 $0.3924\text{ hm}^2/\text{cap}$ 出现在 2013 年, 整体远低于《地球生命力报告中国·2015》^[20] 测算的中国人均生态足迹 $2.2\text{ hm}^2/\text{cap}$, 这可能与泰顺县人口总量较大有关, 2011—2015 年泰顺县人口总量均超过 36 万, 且 2015 年逼近 37 万。就泰顺县人均生态足迹构成来看, 耕地和草地是人均生态足迹的最大组成部分(图 1)。其中, 2011—2014 年, 耕地对生态足迹的贡献最大, 介于 $43.35\%\sim 50.12\%$; 2015 年, 草地贡献量超过耕地, 占比 40.90% 。泰顺县三产结构中, 第一产业仍以农业为主产, 但农产品种植面积 2013 年后明显下降, 以粮食作物播种面积不断减小占主导, 粮食作物产量明显下降, 农产品产量总体下降, 耕地人均生态足迹 2013 年后降幅 18.46% 与农产品产量下降有着密不可分的关系。近年来, 泰顺县肉类产品产量呈现增长趋势, 牛奶产量成倍增长, 畜牧业不断发展, 而这也表现在 2015 年草地在生态足迹组成中占比最大。林地、水域用地、建筑用地及化石能源用地占比均小于 10% , 其中以建筑用地占比最小。



图1 2011—2015年泰顺县人均生态足迹

通过预测得到的 2016—2020 年泰顺县人均生态足迹介于 $0.3632\sim 0.4411\text{ hm}^2/\text{cap}$, 呈现“持续增长”的变化趋势。草地对人均生态足迹贡献量最大, 介于 $39.33\%\sim 42.08\%$, 且 5 年来持续增长(图 2)。根据泰顺县产业发展状况来看, 畜牧业不断发展, 尤其是牛奶产业的壮大可能是导致草地人均生态足迹最大的直接原因。而 5 年中, 耕地贡献量逐渐降低, 化石能源用地贡献量则逐渐增大, 对照 2011—2015 年泰顺县粮食产量的变化趋势, 耕地占有量有下降的趋势, 而以近年来泰顺县人口总量不断增加的趋势来看, 人口压力逐渐增大, 全社会用电量可能呈现增加趋势, 这可能是 2020 年人均生态足迹构成中化石能源用地不断增加的原因。



生态盈亏分析可以反映出人类生产活动对于自然的占用与自然提供的生态服务间的关系，而地区经济发展越发达，则对自然的需求、资源的消耗越大，即越容易表现为生态赤字，反之则为生态盈余^[21-22]。根据《泰顺县土地利用总体规划》核算生态承载力，2020年泰顺县表现为生态盈余，社会经济压力对于生态环境的冲击力较小，当地土地利用仍能维持可持续发展，但仍需看到人口总量的不断增加将会带来生态足迹总量的增加，土地压力会随之增大，未来泰顺县应合理引导居民适度消费，减缓生态压力；进一步调整产业结构，提升第三产业占比；加大科学技术投入，推进农业供给侧结构性改革，大力发展绿色农业、生态农业、时尚农业，提高资源利用率，不断提高农业现代化水平，打造生态高地、养生福地，实现泰顺县可持续发展。

6 结论

本研究核算 2011—2015 年泰顺县人均生态足迹，并在此基础上，结合 2020 年土地利用结构和人口总量对 2020 年人均生态足迹和生态承载力进行预测，得到如下结论：（1）泰顺县 2011—2015 年总人均生态足迹整体呈现“先增后减再增”的变化趋势，耕地和草地是人均生态足迹的最大组成部分；（2）2016—2020 年泰顺县人均生态足迹呈现“持续增长”的变化趋势，草地对人均生态足迹贡献量最大，5 年来持续增长，耕地贡献量逐渐降低，化石能源用地贡献量逐渐增大；（3）2020 年泰顺县表现为生态盈余，人均生态盈余指数为 0.179 6hm²/cap。

参考文献:

- [1]魏黎灵, 李岚彬, 林月, 等. 基于生态足迹法的闽三角城市群生态安全评价[J]. 生态学报, 2018 (12) : 4317-4326.
- [2]刘东, 封志明, 杨艳昭. 基于生态足迹的中国生态承载力供需平衡分析[J]. 自然资源学报, 2012 (4) : 614-624.
- [3]王琦, 易桂花, 张廷斌, 等. 基于生态足迹模型的四川省耕地资源评价[J]. 长江流域资源与环境, 2018 (1) : 80-87.
- [4]Wackernagei M, Rees W E. Perceptual and structural barriersto investing in natural capital: Economics from an ecologicalfootprint perspective [J]. Ecological Economics, 1997, 20(1):3-24.
- [5] Rees W E. Ecological footprints and appropriated carryingcapacity: What urban economics leaves out [J]. Environmentand Urbanization, 1992, 4(2): 121-130.
- [6]Wackernagel M, Rees W E. Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth [M]. Philadelphia: New

Society Publishers, 1996.

- [7]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 (5) : 607-616.
- [8]熊娜娜, 谢世友. 成都市水资源生态足迹及承载力时空演变研究[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2018 (6) : 124-131.
- [9]江平平, 陈银蓉, 张苗. 低碳概念下武汉市生态足迹的动态分析与预测[J]. 水土保持研究, 2015 (1) : 247-251.
- [10]马维兢, 刘斌, 杨德伟, 等. 基于生态足迹模型的流域生态承载力时空演变研究[J]. 环境科学与技术, 2018 (1) : 163-171.
- [11]夏惠萍. 中国进出口贸易生态足迹的测度与分析[D]. 杭州: 浙江大学, 2012.
- [12]周丽萍, 戚瑞生, 冯进军. 2002—2015 年临夏州耕地生态足迹动态研究[J]. 中国农学通报, 2018 (2) : 35-41.
- [13]岳东霞, 李自珍, 惠苍. 甘肃省生态足迹和生态承载力发展趋势研究[J]. 西北植物学报, 2004 (3) : 454-463.
- [14]WWF. Living planet report 2016 [M]. Gland: World Wide Fund for Nature, 2016.
- [15]Gössling S, Hansson C B, Horstmeier O, et al. Ecological footprint analysis as a tool to assess tourism sustainability [J]. Ecological Economics, 2002, 43(2-3): 199-211.
- [16]杨屹, 加涛. 21 世纪以来陕西生态足迹和承载力变化[J]. 生态学报, 2015 (24) : 7987-7997.
- [17]Wackernagel M, Omsto L, Bello P, et al. National natural capital accounting with the ecological footprint concept [J], Ecological Economics, 1999, 29(3): 375-390.
- [18]李桃桃, 耿红, 赵筱青. 基于生态足迹的孟连县土地利用结构优化研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2018 (3) : 205-209.
- [19]R Core Team. R: A language and environment for statistical computing [M]. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2018.
- [20]世界自然基金会, 中国环境与发展国际合作委员会. 地球生命力报告·中国 2015[EB/OL]. [2018-06-10]. <http://www.wwfchina.org/content/press/publication/2015/地球生命力报告·中国 2015.pdf>.
- [21]张芳, 徐伟锋, 李光明, 等. 上海市 2003 年生态足迹与生态承载力分析[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2006 (1) : 80-84.
- [22]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 (5) : 654-662.