

基于生态足迹的青岛市可持续发展定量研究

唐晓城

(中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640)

[摘要] 运用生态足迹法对青岛市2000—2012年的生态足迹进行时间序列测度,将青岛市资源利用的动态特征融入生态足迹模型中,在此基础上进行横向与纵向比较。结果表明:目前青岛生态足迹在区域尺度、国家尺度和全球尺度上均处于不可持续发展状态,但在与部分资源富集国的贸易尺度上处于可持续发展状态;2000—2012年,青岛市的人均生态足迹和生态赤字随人均GDP的增长而持续增长,万元GDP的生态足迹一直在下降,但生态经济效率仍明显低于发达国家和地区以及国内先进省市水平。总体上,青岛市2000—2012年的可持续发展状况不容乐观,为此,从中长期看,必须采取一系列措施来提高青岛市的可持续发展能力。

[关键词] 生态足迹;生态承载力;生态赤字;青岛市

[中图分类号] F062.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-5595(2014)05-0031-06

生态足迹方法是一种对区域、国家或全球的可持续发展状况进行定量分析的新方法,它从全新的视角描述人类所面临的世界的现状与未来,并告诉人们是否接近或远离了可持续发展目标,由于生态足迹法将可持续发展理念上升到定量测度的可操作层面,所以,它得到了学界的重视。本文基于生态足迹理论,以青岛为案例,定量研究青岛的生态可持续发展状况,为该区域的生态建设及可持续发展提供合理的对策建议。

一、生态足迹理论概述

生态足迹(Ecological Footprint)法是由加拿大生态经济学家W. Rees和M. Wackernagel提出的定量测度可持续发展状况的分析工具。任何已知人口的生态足迹被定义为“生产这些人口所消费的所有资源和吸纳这些人口所产生的所有废弃物所需要的生物生产性土地的总面积”^[1-2]。以生态足迹来测度人类对生态资产的需求,然后同自己所拥有的生态能力进行比较,就能判断一个国家或地区的发展是否处于生态承载力的范围内。Wackernagel提出了生态足迹理论中的六个基本假设^[3]:(1)人类消耗的大部分自然资源和产生的废弃物是可以准确计量的;(2)这些资源或废物流可以转换为生产或消费它们的生物生产性土地的面积;(3)各类具有生

物质生产能力的土地,可根据其产量换算成标准单位“全球性公顷”(ghm²),1全球性公顷的生物物质生产力相当于当年全球土地平均生物物质产量;(4)各种土地类型在空间上是互斥的,经等效因子加权后得到人类需要的生物生产性土地;(5)自然的生态服务的供应也可以用以全球公顷表示的生物生产面积表达;(6)生态足迹可以超过生态承载力,生态赤字是由从其他地区输入资源、在其他区域处置废弃物或耗竭区域内部的自然资本存量等产生的。

(一) 计算步骤与方法

1. 消费项目的划分

在生态足迹计算过程中,主要分为生物资源消费和能源消费两部分。生物资源消费按照生态生产性土地类型划分为:耕地(粮食作物及蔬菜用地)、林地(林产品用地)、草地(畜牧业用地)和水域(水产品用地)。能源消费按照生态生产性土地类型划分为:建筑用地(热力、电力)和化石能源用地(煤炭、焦炭、原油、汽油、煤油、柴油等)。同时,在计算国家生态足迹的时候还应考虑国际贸易修正项。

2. 计算生态足迹

第一步,计算人均生态足迹,公式为:

$$ef = \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_i + I_i - E_i}{WAP_i} \right) r_j \quad (j=1, 2, 3, 4, 5, 6) \quad (1)$$

[收稿日期] 2014-07-09

[作者简介] 唐晓城(1975-),男,山东曹县人,中国科学院广州地球化学研究所博士研究生,研究方向为环境科学。

式中, ef 为 人均生态足迹; P_i 、 I_i 、 E_i 分别为第 i 种消费项目的年人均生产量、进口量与出口量; WAP_i 为第 i 种消费项目的年世界平均产量; r_j 为均衡因子; j 为生物生产性土地类型。

第二步, 计算生态足迹, 公式为:

$$EF = N \times ef \tag{2}$$

式中, EF 为生态足迹; N 为总人口数; ef 为 人均生态足迹。

3. 计算生态承载力

第一步, 计算人均生态承载力, 公式为:

$$ec = \sum_{j=1}^6 A_j r_j y_j \quad (j=1, 2, 3, 4, 5, 6) \tag{3}$$

式中, ec 为 人均生态承载力; A_j 为第 j 类生物生产性土地的实际总面积; r_j 为均衡因子; y_j 为产量因子。

第二步, 计算生态承载力, 公式为:

$$EC = N \times ec \tag{4}$$

式中, EC 为生态承载力; N 为总人口数; ec 为 人均生态承载力。

4. 计算生态赤字或生态盈余

生态赤字(或生态盈余)计算公式为:

$$ED = EF - EC \tag{5}$$

如果 $ED = EF - EC > 0$, 为生态赤字;

如果 $ED = EF - EC < 0$, 为生态盈余。

(二) 数据处理方法

在生态足迹计算中, 要将生物生产性土地用“均衡因子”调整为等价生产力的土地面积。结合

中国各类土地生物生产力实际情况, 本文综合 W. Rees 和 M. Wackernagel^[4-5] 以及中国科学院地理科学与资源研究所研究员谢高地^[6]、刘某承、李文华^[7] 等国内外学者的研究成果, 将耕地、林地、草地、水域、建筑用地、化石燃料用地的均衡因子分别定为 2.8、1.34、0.5、0.36、2.8、1.34。同样, 在生态承载力计算中, 也需要对不同类型的土地面积用“产量因子”进行标准化。本文计算所涉及的产量因子采用刘某承、李文华、谢高地基于净初级生产力的中国生态足迹产量因子的计算方法^[8], 根据山东各类土地的平均生产力与世界同类土地的平均生产力的比率, 将耕地、林地、草地、水域、建筑用地的产量因子分别确定为 1.97、0.97、0.98、1.43、1.97, CO_2 吸收为 0, 同时还应扣除 12% 的生物多样性保护面积。

二、青岛市生态足迹及生态承载力的计算

(一) 青岛市人均生态足迹的计算

人类消费分为生物物质消费和能源物质消费, 在青岛市人均生态足迹的计算中, 这两类资源的消费量数据均来源于青岛市历年统计年鉴。

在计算生物资源生产土地面积时, 采用联合国粮农组织 2008 年统计的有关生物资源的世界平均产量资料, 将不同时期的生物资源消费量统一转化为生物生产性土地面积, 以便于比较不同时期、不同地域之间的生态足迹。计算结果见表 1。

表 1 青岛市 2000—2012 年人均生物资源消费足迹账户 ghm²/人

品种	土地类型	2000	2002	2004	2006	2008	2009	2010	2011	2012
小麦	耕地	0.3116	0.2851	0.2206	0.2066	0.1918	0.1817	0.1711	0.1707	0.1684
稻谷	耕地	0.0585	0.0561	0.0541	0.0522	0.0490	0.0499	0.0486	0.0434	0.0466
玉米	耕地	0.0152	0.0148	0.0142	0.0137	0.0134	0.0134	0.0128	0.0126	0.0119
蔬菜	耕地	0.0193	0.0191	0.0191	0.0188	0.0185	0.0179	0.0180	0.0182	0.0184
花生	耕地	0.0351	0.0392	0.0402	0.0410	0.0425	0.0399	0.0386	0.0382	0.0394
猪肉	耕地	0.2225	0.2328	0.2306	0.2507	0.2705	0.2593	0.2656	0.2723	0.2746
食糖	耕地	0.0077	0.0080	0.0080	0.0084	0.0080	0.0076	0.0074	0.0065	0.0072
卷烟	耕地	0.0065	0.0070	0.0063	0.0065	0.0064	0.0071	0.0069	0.0072	0.0074
酒类	耕地	0.0089	0.0073	0.0070	0.0085	0.0076	0.0079	0.0087	0.0085	0.0093
籽棉	耕地	0.0565	0.0694	0.0861	0.1047	0.1060	0.1133	0.1153	0.1254	0.1276
牛羊肉	草地	0.0088	0.0108	0.0116	0.0132	0.0168	0.0170	0.0184	0.0195	0.0223
禽肉	草地	0.0132	0.0153	0.0162	0.0170	0.0178	0.0179	0.0184	0.0188	0.0196
牛羊奶	草地	0.0154	0.0177	0.0196	0.0209	0.0229	0.0233	0.0225	0.0250	0.0275
蛋类	草地	0.0155	0.0168	0.0185	0.0203	0.0213	0.0213	0.0209	0.0228	0.0234
皮革	草地	0.0364	0.0466	0.0570	0.0661	0.0747	0.0759	0.0817	0.0823	0.0832
毛类	草地	0.0063	0.0097	0.0109	0.0128	0.0141	0.0175	0.0203	0.0225	0.0238
鱼虾	水域	0.0034	0.0037	0.0039	0.0044	0.0049	0.0050	0.0054	0.0072	0.0084
水果类	林地	0.0069	0.0081	0.0086	0.0091	0.0096	0.0098	0.0102	0.0132	0.0144
茶叶	林地	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0008	0.0009
木材	林地	0.0010	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017	0.0018	0.0019	0.0021	0.0024

能源消费量转化为化石燃料生产土地面积时, 采用世界上单位化石燃料生产土地面积的平均发热

量为标准, 将当地能源消费折算成化石燃料土地面积, 结果见表 2。

表2 青岛市2000—2012年人均能源消费足迹账户

ghm²/人

能源	2000	2002	2004	2006	2008	2009	2010	2011	2012	土地类型
原煤	0.5603	0.5821	0.6948	1.0134	1.1269	1.0648	1.1687	1.1706	1.1784	化石燃料用地
焦炭	0.0642	0.0892	0.0130	0.1285	0.1470	0.1403	0.1289	0.1325	0.1434	
焦炉煤气	0	0	0	0.0001	0.0003	0.0003	0.0005	0.0004	0.0005	
原油	0.1726	0.2860	0.3897	0.1997	0.5923	0.8622	1.0930	1.1260	1.1246	
汽油	0.0027	0.0029	0.0036	0.0106	0.0172	0.0330	0.0249	0.0346	0.0374	
煤油	0.0003	0.0003	0.0005	0.0009	0.0008	0.0007	0.0003	0.0003	0.0006	
柴油	0.0074	0.0084	0.0113	0.0186	0.0158	0.0173	0.0146	0.0155	0.0163	
燃料油	0.0398	0.0222	0.1277	0.0796	0.0934	0.1132	0.0862	0.0982	0.1124	
液化石油气	0.0004	0.0020	0.0009	0.0016	0.0013	0.0016	0.0122	0.0148	0.0152	
炼厂干气	0.0023	0.0040	0.0071	0.0052	0.0206	0.0277	0.0374	0.0486	0.0456	
天然气	0	0	0.0003	0.0011	0.0020	0.0020	0.0027	0.0032	0.0042	
热力	0.1344	0.0924	0.1585	0.3525	0.3830	0.3660	0.3466	0.3455	0.3582	建筑用地
电力	0.0034	0.0039	0.0048	0.0078	0.0081	0.0084	0.0087	0.0092	0.0096	

现综合表1和表2,将不同年份生物生产性土地面积进行分类汇总,即可得到按世界平均生产力

计算的青岛市2000—2012年的人均生态足迹,见表3。

表3 青岛市2000—2012年人均生态足迹

ghm²/人

年份	耕地	草地	水域	林地	化石燃料土地	建筑用地	人均生态足迹
2000	0.7418	0.0956	0.0034	0.0083	0.85	0.1378	1.8369
2002	0.7388	0.1169	0.0037	0.0098	0.9971	0.0963	1.9626
2004	0.6862	0.1338	0.0039	0.0104	1.2489	0.1633	2.2465
2006	0.7111	0.1503	0.0044	0.0112	1.4593	0.3603	2.6966
2008	0.7137	0.1676	0.0049	0.012	2.0176	0.3911	3.3069
2009	0.698	0.1729	0.005	0.0123	2.2631	0.3744	3.5257
2010	0.693	0.1822	0.0054	0.0129	2.5694	0.3553	3.8182
2011	0.703	0.1909	0.0072	0.0161	2.6447	0.3547	3.9166
2012	0.7108	0.1998	0.0084	0.0177	2.6786	0.3678	3.9831

(二) 青岛市人均生态承载力的计算

将青岛市现有各类用地等物理空间的面积用相应的均衡因子和当地的生产力系数进行调整,就可以得到带有世界平均产量的生态承载力面积。由于不

会专门留出用于吸收CO²的化石能源用地,因此化石能源用地面积规定为0。出于谨慎性考虑,还应扣除12%的生物多样性保护面积。计算后得出青岛市2000—2012年人均生态承载力,如表4所示。

表4 青岛市2000—2012年人均生态承载力

ghm²/人

年份	耕地	林地	草地	水域	建筑用地	人均生态承载力	扣除12%用于保护生物多样性的土地	可利用的人均生态承载力
2000	0.4264	0.0433	0.0091	0.0047	0.1056	0.5891	0.0707	0.5184
2002	0.4101	0.0472	0.0083	0.0042	0.1087	0.5785	0.0694	0.5091
2004	0.3840	0.0598	0.0042	0.0045	0.1078	0.5603	0.0672	0.4931
2006	0.3589	0.0641	0.0023	0.0043	0.1182	0.5477	0.0657	0.4820
2008	0.3295	0.0677	0.0030	0.0035	0.1190	0.5227	0.0627	0.4600
2009	0.3171	0.0690	0.0033	0.0036	0.1204	0.5134	0.0616	0.4518
2010	0.3037	0.0705	0.0035	0.0038	0.1218	0.5033	0.0604	0.4429
2011	0.3121	0.0742	0.0037	0.0038	0.1264	0.5202	0.0624	0.4577
2012	0.3145	0.0776	0.0041	0.0041	0.1272	0.5275	0.0633	0.4642

(三) 青岛市人均生态赤字的计算

根据生态赤字与生态盈余定义,计算得出青岛市人均生态赤字情况,如表5所示。

三、计算结果与分析

(一) 青岛市人均生态足迹动态分析

从生物资源消费来看,耕地占用的足迹逐年减少,而草地、林地和水域足迹则稳步增长,耕地、草

地、林地、水域各自占总的生物资源足迹的比例由2000年的87.36%、11.26%、0.4%、0.98%变为2012年的75.88%、21.33%、0.9%、1.89%。这反映出随着经济发展,居民的消费结构发生了变化,谷类逐年减少,而肉、蛋、奶、鱼虾的消费逐年增长,对穿戴和家居品质要求逐步提高,人民生活稳步改善。

表5 青岛市2000—2012年人均生态足迹、生态承载力与生态赤字 $\text{ghm}^2/\text{人}$

年份	人均生态足迹	可利用的人均生态承载力	人均生态赤字
2000	1.8369	0.5184	1.3185
2002	1.9626	0.5091	1.4535
2004	2.2465	0.4931	1.7534
2006	2.6966	0.4820	2.2146
2008	3.3069	0.4600	2.8469
2009	3.5257	0.4518	3.0739
2010	3.8182	0.4429	3.3753
2011	3.9166	0.4577	3.4589
2012	3.9831	0.4642	3.5189

从年度变化看,能源消费的生态占用一直在不断增加,足迹从2000年的0.9879 ghm^2 增加到2012年的3.0464 ghm^2 ,这反映了过去12年青岛工业化、城市化的加速推进导致了能源消费快速增长的事实。从内部构成来看,煤炭消费的生态占用最大,绝大多数年份均在50%以上,其次是原油、热力和燃料油。目前,青岛化石燃料总的生态足迹占总的人均消费足迹的比例高达76.48%,温室气体减排压力较大。但从比例变化趋势看,煤炭足迹自2006年已连续下降,油类足迹逐年增长,这说明青岛能源利用结构正朝着环境友好的方向变化。

(二)青岛市万元GDP生态足迹分析

为反映青岛经济发展资源利用效率,本研究计算了万元GDP生态足迹,即人均生态足迹除以人均GDP,见表6。

表6 青岛市2000—2012年万元GDP生态足迹

年份	人均生态足迹 (ghm^2)	人均GDP (万元)	万元GDP生态足迹 ($\text{ghm}^2/\text{万元GDP}$)
2000	1.8369	1.6858	1.0896
2002	1.9626	2.2127	0.8870
2004	2.2465	3.1050	0.7235
2006	2.6966	4.2477	0.6348
2008	3.3069	5.7796	0.5722
2009	3.5257	6.3623	0.5542
2010	3.8182	7.4200	0.5146
2011	3.9166	7.7563	0.5050
2012	3.9831	8.2680	0.4817

从表6看出,青岛市万元GDP生态足迹呈明显下降趋势,12年共下降了55.79%。这说明青岛市

表7 青岛市2000—2012生态协调系数和生态缺陷度变化

年份	2000	2002	2004	2006	2008	2009	2010	2011	2012
<i>DS</i>	1.2340	1.2190	1.1911	1.1604	1.1282	1.1190	1.1086	1.1093	1.109
<i>DLEC</i>	0.7178	0.7406	0.7805	0.8213	0.8609	0.8718	0.8840	0.8831	0.8835

(四)青岛市人均生态足迹的横向比较分析

为了更全面地了解青岛市人均生态足迹情况,本研究将青岛市2010年生态足迹状况放在全国、全

经济社会发展的资源利用效率在提高。因目前尚未将自然资源 and 环境的损耗价值纳入GDP核算,这导致GDP偏高。只有通过纳入万元绿色GDP,才可以全面真实地反映青岛地区人与自然协调发展的状况。

(三)青岛市人均生态赤字分析

青岛的人均生态赤字一直在扩大,从2000年的1.3185 ghm^2 扩大到2012年的3.5189 ghm^2 。主要是生态足迹快速增长和生态承载力下降所致。生态足迹快速增长主要是由能源消费快速增长所致,生态承载力下降主要是由于工业化和城市化快速扩张导致耕地被大量占用而改为建设用地。

生态赤字只是一个绝对数值,同样的生态赤字对于发达地区和落后地区的意义是不一样的。为弥补生态赤字的不足,引入人均生态协调系数*DS*及生态缺陷度指标*DLEC*(development of lack ecological capacity)。

$$DS = (ec + ef) / \sqrt{ec^2 + ef^2} \quad (6)$$

$$DLEC = 1 - \frac{ec}{ef} \quad (7)$$

*DS*作为衡量生态协调的重要指标,其从数学值域说明了地区生态可持续性状况,生态足迹与生态承载力相差越大即*DS*越接近1(极小值),说明协调发展程度越差;反之,生态足迹与生态承载力越接近即*DS*越接近1.414(极大值),说明区域发展程度越好。而*DLEC*作为衡量生态缺陷度的指标,生态足迹与生态承载力相差越大即*DLEC*越接近1(极大值),说明生态缺陷度越大;反之,生态足迹与生态承载力越接近即*DLEC*越接近0(极小值),说明区域发展生态缺陷度越小,也就是说生态协调度越好。有关青岛市2000—2012年生态协调系数和生态缺陷度变化情况见表7。

从表7可见,青岛市2000—2012年生态协调系数没有改善,生态缺陷度指标持续恶化,这说明目前青岛发展还处于不合理阶段,经济发展是以牺牲资源环境为代价取得的。

世界范围内进行比较,从而横向分析青岛市生态足迹情况,见表8。

表8 2010年部分国家(地区)和国内部分省市生态足迹比较

	人均 GDP (美元)	人均生态足迹 (ghm ² /人)	人均生态承载力 (ghm ² /人)	人均生态赤字 (ghm ² /人)	万美元 GDP 生态足迹 (ghm ² /万美元 GDP)
全球	8 985	2.8	1.87	0.93	3.1163
美国	47 132	8	3.87	4.13	1.6974
日本	42 325	4.73	0.6	4.13	1.1175
德国	40 512	5.08	1.92	3.16	1.2539
韩国	20 165	4.87	0.33	4.54	2.4151
巴西	10 471	2.91	8.98	-6.07	2.7791
俄罗斯	10 521	4.41	5.75	-1.34	4.1916
澳大利亚	54 869	6.84	14.71	-7.87	1.1699
加拿大	45 888	7.01	14.92	-7.91	1.5276
印度	1 176	0.91	0.51	0.4	7.7381
阿富汗	560	0.62	0.54	0.08	11.0714
老挝	984	1.28	1.58	-0.3	13.0081
新加坡	42 653	5.34	0.02	5.32	1.2520
中国	4 283	2.21	0.98	1.23	5.1599
上海	11 404	3.94	0.42	3.52	3.4549
江苏	7 681	3.19	1.12	2.07	4.1530
浙江	7 689	3.15	1.16	1.99	4.0967
广东	7 587	3.08	0.96	2.12	4.0596
山东	6 071	3.04	1.42	1.62	5.0070
香港	31 799	5.1	0.034	5.066	1.6038
台湾	18 303	4.3	0.2	4.1	2.3493
青岛	8 038	3.82	0.44	3.38	4.7524

数据来源:①各国 GDP 美元数采用 IMF 公布的数据,国内各省市 GDP 美元数采用当年统计年鉴数据按当年汇率换算而成。②外国生态足迹和生态承载力数据采用全球足迹网络(www.footprintnetwork.org)公布的数据,国内部分省市生态足迹和生态承载力数据采用《2010年中国生态足迹报告》上公布的数据。

从表8可见,发达地区的生态足迹普遍比不发达地区的生态足迹高。这是因为经济发展始终需要自然资本投入,总会形成生态占用,发展程度较高的地区人均自然资源消耗水平一般也较高。青岛2010年人均GDP超8000美元,分别是全国、山东人均GDP的1.9倍、1.32倍,在国内算是发展水平较高的地区。青岛人均生态足迹2010年为3.82ghm²,分别是山东、全国、世界人均生态足迹的1.26倍、1.73倍、1.36倍,人均生态占用应该算是国内较高的地区,大体与青岛的经济发展水平相适应。绝大多数发达地区的人均生态赤字绝对水平普遍比不发达地区高。青岛2010年人均生态赤字为3.38ghm²,分别是山东、全国、世界人均生态赤字的2.09倍、2.75倍、3.63倍,在国内与上海相差无几,在国际上虽不及美国、日本、韩国,但也超过多数欧洲国家,算是一个比较高的水平。

从生态经济效率来看,发达国家和地区明显优于发展中国家和地区。美欧日以及新加坡、中国的香港等发达国家和地区的万美元GDP生态足迹均在2.0ghm²以下,是生态经济效率全球最高的地区;韩国、巴西、东欧等新型工业化国家和地区的万美元GDP生态足迹均在3.0ghm²以下,是生态经济效率次高的地区;大多数发展中国家和地区的万

美元GDP生态足迹均在3.0ghm²以上,尤其是如阿富汗、老挝等最不发达国家和地区生态经济效率最低,万美元GDP生态足迹甚至达到10ghm²以上。青岛2010年万美元GDP生态足迹为4.7524ghm²,虽在全国和山东的平均水平之下,但也明显高于上海、浙江、江苏、广东等省市,生态经济效率不仅明显低于世界发达和新型工业化国家和地区的水平,也明显低于国内经济发达省市。从生态经济效益而言,青岛还有很大的提升空间。

四、结论与建议

(1) 纵向分析表明,2000—2012年,青岛生态足迹随人均GDP增长而快速增长,人均生态赤字逐年扩大,从2000年的1.3185ghm²扩大到2012年的3.5189ghm²,总人口生态赤字达到27080047ghm²。这表明青岛的生产消费模式对自然的需求已远超过该区域的生态承载力。因此,在区域尺度上,青岛人地矛盾尖锐,生态系统已处于过度开发的状态。

(2) 横向比较分析表明,2010年青岛人均生态足迹均已超过了山东省、全国和全世界的人均生态承载力水平,因此,在省域尺度、国家尺度、全球尺度上均是不可持续的。当然,青岛的人均生态足迹水平与个别生态承载力特别强的国家和地区相比而

言,在贸易尺度上仍是可持续的。从生态经济效率来看,青岛处于较低水平,万美元 GDP 生态足迹明显高于发达国家和地区以及国内先进省市,这说明青岛经济社会发展的生态效益有很大的提高空间。

(3) 在不降低现有生活水平的条件下,要减少青岛的生态足迹,减缓生态赤字,提高可持续发展能力,从中长期看应主要采取以下措施:

应继续控制人口增长,提高人口素质,变人口负担为高素质的人力资源优势;落实国家的耕地占补平衡制度,加强土地资源管理,开展土地整理和复耕,适度填海造地,合理开发利用沿海滩涂等未利用土地;采用生物高新技术,提高农林牧渔业的单位面积生物产品产量;加大传统产业高新化、环保化改造力度,降低重污染、重耗能产业比重,大力发展高新技术产业、战略新兴产业和现代服务业;优化能源利用结构,降低传统化石能源比重,大力开发太阳能、风能等清洁能源,高效利用现有资源存量;积极推动区域内企业加入国家发改委主导的“清洁发展机制”(CDM)项目,促进企业主动采用环保技术;强化环保执法,加大对大气、陆域、水体的污染防治,加强生态建设,植树造林、保持水土;积极推行绿色会计、绿色 GDP 核算体系,从微观企业和宏观经济层面实行对经济运行的资源环境成本核算的全覆盖;加强与世界资源富裕国家和地区的大宗资源产品贸易,从国外进口部分资源承载力,弥补自身承载力的不足;建立资源节约型的生产和消费体系,在全社会提倡生态消费,大力发展公共交通体系,降低一次性产

品消费等。

[参考文献]

- [1] Wackernagel M. Ecological Footprint and appropriated carrying capacity: a tool for planning toward sustainability [D]. The University of British Columbia, Canada, 1994.
- [2] Wackernagel M, Rees W. Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth [M]. Canada: New Society Publishers, 1996:9-10.
- [3] Rees W, Wackernagel M. Urban ecological footprints: Why cities cannot be sustainable-And why they are a key to sustainability [J]. Environmental Impact Assessment Review, 1996, 16(4-6): 223-248.
- [4] Wackernagel M, Schulz N, Deumling D. Tracking the ecological overshoot of the human economy [J]. Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America, 2002, 99(14): 9266-9267.
- [5] Wackernagel M, Rees W. Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: Economics from an ecological footprint perspective [J]. Ecological Economics, 1997(20): 3-24.
- [6] 谢高地, 鲁春霞. 生态足迹方法作为生态系统评估工具的潜力[J]. 资源科学, 2006, 28(4): 19-22.
- [7] 刘某承, 李文华. 基于净初级生产力的中国各地生态足迹均衡因子测算[J]. 生态与农村环境学报, 2010, 26(5): 401-406.
- [8] 刘某承, 李文华, 谢高地. 基于净初级生产力的中国生态足迹产量因子测算[J]. 生态学杂志, 2010, 29(3): 592-597.

[责任编辑:赵玲]

Quantitative Analysis of Qingdao Sustainable Development on the Basis of Ecological Footprint

TANG Xiaocheng

(Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong 510640, China)

Abstract: With ecological footprint method, this paper made a time-sequence calculation of Qingdao City from 2000 to 2012, incorporated the dynamic characteristics of the City's resources utilization into ecological footprint model, and based on these, analyzed the development trend of the City. The results show that the ecological footprint was not in sustainable development status on the scales of the City, the whole country and even the globe, but sustainable on the trade scale with several resources-rich countries. From 2000 to 2012, the per capita ecological footprint and per capita GDP of Qingdao City kept increasing while the ecological footprint of 10,000 Yuan GDP presented downward trend, suggesting that the development status of Qingdao City from 2000 to 2012 was not optimistic. Therefore, from a strategic and long-term perspective, a series of measures must be adopted to improve the development sustainability of Qingdao for the future.

Key words: ecological footprint; ecological carrying capacity; ecological deficit; Qingdao City