

基于生态足迹的辽宁省可持续发展研究

林楠 李法云

辽宁大学环境学院 沈阳市皇姑区崇山中路66号辽宁大学环境学院 110036

摘要 生态足迹分析法是近年来用于定量研究可持续发展状况的新方法。利用生态足迹的方法,对辽宁省1995年、2000年和2005年的生态足迹和生态承载力进行了计算和分析,并将辽宁省与广东省、海南省的生态足迹进行了比较分析。结果表明,辽宁省人均生态赤字呈逐年增加的趋势,从1995年的 1.6538hm^2 增加至2005年 3.9330hm^2 ,化石能源消费量的增加是导致生态赤字增加的主要原因。根据辽宁省的具体情况提出了减少生态赤字,提高可持续发展能力的对策措施。

关键词 生态足迹 可持续发展 生态承载力 生态赤字 辽宁省

一、引言

人类生存和经济发展的必要条件是资源与环境,但由于资源的有限性及环境容量的限制,定量衡量人类对自然资源或资源的利用是否处于生态系统的承载力范围内是实现可持续发展的关键。继1992年里约热内卢联合国环境与发展大会之后,一些国际组织及有关学者就开始探讨能够定量衡量国家或地区发展的可持续性指标,并先后提出了一些有价值的成果,生态足迹就是其中一种方法。该方法以其较为科学完善的理论基础,形象明了的概念框架,精简统一的指标体系以及方法本身的普遍适应性而被各国学者广泛运用。

生态足迹(Ecological footprint)概念是加拿大生态经济学家William Rees^[1]教授1992年首次提出,并在1996年由William Rees教授和他的博士生Wackernagel逐步完善的一种定量测量人类对自然资源利用程度的方法^[2]。生态足迹的概念于1999年被引入我国,很快作为一种新的理论方法被应用于国内可持续发展领域。辽宁省是我国的重工业省,位于我国东北地区的南部,是中国东北经济区和环渤海经济区的重要结合部,其可持续发展是东北老工业基地振兴的目标之一。因此,本文采用生态足迹的方法,较为系统地分析了辽宁省自然生态系统的供给能力,定量衡量了该省的可持续发展状况,以期构建和谐辽宁及生态省建设提供了科学依据。

二、生态足迹的计算模型

由于生态足迹模型本身所具有的局限性,其计算基于以下两个基本假设^[3]:①人类可以确定自身消费的绝大多数资源和能源,及其产生的废弃物的数量;②这些资源、能源和废弃物能转换成相应的生物生产性面积。它假设所有类型的物质消费、能源消费和废水处理需要一定数量的土地面积和水域面积。

(一) 生态足迹的计算模型

生态足迹的计算公式一般为^[1]

$$EF = N \cdot e_j = N \cdot r_j \cdot \sum (aa_i) = N \cdot r_j \cdot \sum (C_i/n) \quad (j=1, 2, 3\cdots 6; i=1, 2, 3\cdots n) \quad (1)$$

式中:EF为总的生态足迹;N为人口数; e_j 为人均生态足迹; r_j 为不同类型生物生产性土地的均衡因子; aa_i 为第*i*种消费项目折算的人均生态足迹分量; c_i 为第*i*种消费项目的人均消费量; p_i 为第*i*种消费项目的平均生产能力。生物生产性土地面积分为化石燃料土地、可耕地、林地、草场、建筑用地和水域6大类。由于这6种类型的生物生产能力不同,需要靠均衡因子来消除。

均衡因子的选取^[4]依据徐中民等对中国生态足迹计算时的取值,均衡后的6种生物生产性面积即为具有全球平均生产力的可以相加的世界平均生态生产面积。

(二) 生态承载力的计算模型

生态承载力的计算公式为

$$EC = N \cdot e_c = N \cdot \sum (a_j \cdot r_j \cdot y_j) \quad (j=1, 2, 3 \dots 6) \quad (2)$$

式(2)中: EC 为总生态承载力; e_c 为人均生态承载力(公顷/人); a_j 为人均生物生产面积; r_j 为均衡因子; y_j 为产量因子; j 生物生产面积类型。不同国家或地区由于资源禀赋不同,同类生物生产性土地的面积是不能直接进行对比的,对此 Wackernagel 引入产量因子对其进行调整。本文中产量因子是根据辽宁省各种不同类型生态生产性土地的平均生产力与全球平均生产力的比值,产量因子的选取^[5]依据徐中民等对中国生态足迹计算时的取值,同时出于谨慎性考虑,在生态承载力计算时还应扣除12%的生物多样性保护面积。

三、辽宁省生态足迹计算与分析

根据生态足迹的概念及其计算方法,对辽宁省1995年、2000年、2005年3年的生态足迹进行了计算与比较分析,研究辽宁省生态足迹和生态承载力的变化规律及其主要影响因素。文中资料取自1996年、2001年和2006年辽宁省统计年鉴^[6-8],总人口分别为: 4.034×10^7 人、 4.135×10^7 人和 4.189×10^7 人。

(一) 辽宁省生态足迹计算

生态足迹的计算由三部分组成:①生物资源的消费;②能源的消费;③贸易调整。需要说明的是,由于进出口所携带的足迹比例不大,辽宁省的进出口贸易对总生态足迹的影响较小,因此贸易调整部分不进行讨论。

1. 生物资源消费账户

生物资源消费主要分农产品、动物产品、水果、水产品和木材等几大类。生物资源生产面积折算的具体计算中采用联合国粮农组织1993年计算的有关生物资源的全球平均生物产量作为标准^[3]。采用这一公共标准是为了使计算结果可以进行国与国、地区与地区之间的比较。辽宁省1995年、2000年、2005年的生态足迹生物资源消费账户计算结果见表1。

表1 辽宁省生态足迹计算生物资源消费账户

分 类	全球平均产量 /kg · hm ⁻²	生物量/t			人均足迹(公顷/人)			生产面积 类型
		1995年	2000年	2005年	1995年	2000年	2005年	
粮食	2744	14235000	11400000	17458000	0.1286	0.1005	0.1519	耕地
谷物	2744	13115000	10261700	18770000	0.1185	0.0904	0.1633	耕地
小麦	2744	633000	354100	89000	0.0057	0.0031	0.0008	耕地
豆类	1856	403000	501000	493000	0.0054	0.0065	0.0063	耕地
薯类	12607	359000	614900	500000	0.0007	0.0012	0.0009	耕地
油料	1856	197717	295527	368411	0.0026	0.0039	0.0047	耕地
棉花	1000	23666	5604	2685	0.0006	0.0001	0.0001	耕地
甜菜	18000	504147	286894	62379	0.0007	0.0004	0.0001	耕地
烤烟	1548	21913	28589	31742	0.0004	0.0004	0.0005	耕地
猪肉	74	1416000	1273200	1847000	0.4743	0.4161	0.5958	草地

分 类	全球平均产量 /kg · hm ⁻²	生物量/t			人均足迹 (公顷/人)			生产面积 类型
		1995 年	2000 年	2005 年	1995 年	2000 年	2005 年	
牛肉	33	297000	258400	422000	0.2231	0.1894	0.3053	草地
羊肉	33	26000	33700	119000	0.0195	0.0247	0.0861	草地
奶类	502	183000	219500	788000	0.0090	0.0106	0.0375	草地
禽蛋	400	1028000	1403100	2240000	0.0637	0.0848	0.1337	草地
水产品	29	1979000	3384600	4253000	1.6917	2.8223	3.5008	水域
水果	3500	2200000	2500000	3293000	0.0156	0.0173	0.0225	林地
木材	1.99 *	864000	1234100	1470700	0.0108	0.0150	0.0176	林地

注: 木材单位为 m³; * 单位为 m³/hm²。

2. 能源消费账户

能源消费账户主要包括煤炭、焦炭、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、天然气和电力。计算能源消费足迹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^[4], 将当地能源消费所消耗的热量折算成相应的化石燃料的土地面积。计算结果见表 2。

表 2 辽宁省生态足迹计算能源消费账户

分 类	全球平均 能源足迹 (GJ/hm ²)	折算 系数 (GJ/t)	消费量 (t)			人均足迹 (公顷/人)			生产面积类型
			1995 年	2000 年	2005 年	1995 年	2000 年	2005 年	
煤炭	55	20.93	24272000	105831100	130696700	0.2290	0.9739	1.1872	化石燃料土地
焦炭	55	28.47	9522000	8781100	17034100	0.1222	0.1099	0.2105	化石燃料土地
原油	93	41.87	24477000	39097300	54108900	0.2732	0.4257	0.5815	化石燃料土地
汽油	93	43.12	1454000	1489600	3571700	0.0167	0.0167	0.0395	化石燃料土地
煤油	93	43.12	113000	182600	264000	0.0013	0.0020	0.0029	化石燃料土地
柴油	93	42.71	1679000	1960600	5344000	0.0191	0.0218	0.0586	化石燃料土地
燃料油	71	50.20	3918000	2984600	1898800	0.0687	0.0510	0.0320	化石燃料土地
天然气	93	38.98	2528000	201500	148100	0.0263	0.0020	0.0015	化石燃料土地
电力	1000	11.84	6064000	7487200	11105400	0.0018	0.0021	0.0031	建筑用地

注: 电力单位为 kW · h, 在计算时应按能源转化系数折算为 GJ。

(二) 辽宁省生态足迹变化分析

从表 3、表 4 可以看出: 1995 - 2005 年, 随着经济的发展和人民生活水平的不断提高, 辽宁省人均生态足迹的需求呈不断上升趋势, 人均生态足迹从 1995 年的 2.3363hm², 增加至 2005 年 4.5775hm², 增长了 95.92%, 说明辽宁省对自然资源的利用度逐年增加。而辽宁人均生态承载力呈下降趋势, 扣除生物多样性保护面积后的人均生态承载力从 1995 年的 0.6825hm², 下降至 2005 年 0.6445hm², 减少了 5.57%, 说明在自然资源总量相对稳定的情况下, 由于人口数量的增长, 导致人均生态承载力的逐步下降。生态足迹远远超出了自然生态系统的生态承载能力, 生态系统处于一种生态赤字状态, 且人均生态赤字呈逐年增加趋势。人均生态赤字从 1995 年的 1.6538hm² 增加至 2005 年 3.9330hm²。人均生态赤字的不断增加说明辽宁省当前的生物资源的生产能力和能源消费的能力远超过辽宁省生态承载能力。

表3 辽宁省生态足迹计算结果汇总

生物生产 土地类型	均衡因子	1995年		2000年		2005年	
		人均面积 (公顷/人)	均衡面积 (公顷/人)	人均面积 (公顷/人)	均衡面积 (公顷/人)	人均面积 (公顷/人)	均衡面积 (公顷/人)
耕地	2.8	0.2632	0.7370	0.2605	0.7294	0.3286	0.9201
草地	0.5	0.7896	0.3948	0.7256	0.3628	1.1584	0.5792
林地	1.1	0.0264	0.0290	0.0323	0.0355	0.0401	0.0441
化石燃料地	1.1	0.7565	0.8322	1.6031	1.7634	2.1138	2.3252
建筑用地	2.8	0.0018	0.0050	0.0021	0.0059	0.0031	0.0087
水域(海洋)	0.2	1.6917	0.3383	2.8223	0.5645	3.5008	0.7002
人均生态足迹			2.3363		3.4615		4.5775

表4 辽宁省生态承载力计算结果汇总

生物生产 土地类型	产量因子	1995年		2000年		2005年	
		人均面积 (公顷/人)	均衡面积 (公顷/人)	人均面积 (公顷/人)	均衡面积 (公顷/人)	人均面积 (公顷/人)	均衡面积 (公顷/人)
耕地	1.33	0.1041	0.3877	0.1006	0.3746	0.0977	0.3638
草地	0.19	0.0095	0.0009	0.0092	0.0009	0.0084	0.0008
林地	0.12	0.1393	0.0184	0.1361	0.0180	0.1358	0.0180
CO ₂ 吸收	0	0	0	0	0	0	0
建筑用地	1.33	0.0313	0.1166	0.0300	0.1117	0.0292	0.1087
水域(海洋)	1.00	0.3619	0.0724	0.3531	0.0706	0.3473	0.0695
人均生态承载力			0.5960		0.5758		0.5608
生物多样性面积 (-12%)			0.0715		0.0691		0.0673
可利用人均生态承载力			0.5245		0.5067		0.4935

从人均生态足迹的组分来看,化石燃料地的增长量最大为1.493hm²,2005年占总足迹的50.80%;其余依次为水域0.3619hm²,2005年占总足迹的15.30%;草地0.1844hm²,2005年占总足迹的12.65%;耕地0.1831hm²,2005年占总足迹的20.10%;林地0.0151hm²,2005年占总足迹的0.96%;建筑用地0.0037hm²,2005年占总足迹的0.19%。表明化石燃料地是影响生态足迹的重要因素,其能源结构中又以不可再生资源煤和原油为主,生物资源的消费主要以农产品为主,这种对自然资源的过度依赖,是辽宁省出现生态赤字的主要原因之一。

(三) 生态足迹比较

表5为辽宁省与国内部分省城的生态足迹。从表5可以看出,辽宁省与所列的其他城市一样,生态足迹高于其生态承载力。就全球的平均生产能力来看,中国的生态足迹已经超出其生态承载力的94%^[5]。广东省人均生态足迹是人均生态承载力的2.34倍^[9],从国家尺度来看,广东省2000年的人均生态足迹接近中国的平均水平;从全球尺度来看,广东省2000年的人均生态足迹小于世界生态承载力(2ha/人),处于可持续发展状态。海南省人均生态足迹是人均生态承载力的1.38倍^[10],人均生态赤字小于中国1999年的生态赤字。海南生态的优势比较明显,但经济不太发达,自然资源利用效率比较低。将辽宁省与广东省、海南省进行比较有两个原因。一是

广东省地处华南,近20年来经济得到了飞速发展,其发展对整个国家的发展起着重要的作用,而辽宁省地处东北地区,其资源已大部分得到了开发利用,但整体发展速度赶不上发达省份的发展速度,人民生活水平提高较慢,其需求也受到影响^[11]。二是1999年国家环保总局批准海南省为我国第一个生态示范省,为辽宁省在“十一五”期间构建和谐辽宁、建设生态示范省提供了参考依据。

表5 辽宁省与国内部分省城的生态足迹

国家/地区	年代	生态足迹 (公顷/人)	生态承载力 (公顷/人)	生态赤字 (公顷/人)
中国	1999	1.325	0.681	-0.644
广东	2000	1.097	0.463	-0.634
海南	2000	2.153	1.564	-0.589
辽宁	2000	3.462	0.507	-2.955

(四) 万元 GDP 的生态足迹年际变化

为了能直观地反映辽宁省资源的利用效益,分别计算了辽宁省1995年、2000年和2005年3a的万元GDP的生态足迹。万元GDP的生态足迹需求越大,反映资源的利用效益越低,反之,则资源利用效益高。万元GDP的生态足迹计算结果分别为:3.3958公顷/万元、3.0835公顷/万元和2.4114公顷/万元。

万元GDP的生态足迹由高向低的变化反映了辽宁省资源利用效益的发展趋势逐年上升,这是由于近年来随着改革的不断深入,辽宁的经济发展状况有所好转、产业结构调整正在逐步进行、产品竞争力有所提高、高新技术产业发展的较快所带来的。经济发展的越快,其万元GDP的生态足迹需求就会越小,这说明作为重工业省,辽宁省具有巨大的发展潜力。

四、降低生态赤字,实现可持续发展

通过对辽宁省1995-2005年生态足迹变化的研究(图1),化石能源的极大消耗是辽宁省生态赤字的主要原因,化石能源消耗对生态足迹的影响从1995年的36%增加到2000年的51%,以及人为影响造成的大量耕地的占用、森林、草地的减少和建筑用地的增加等也造成了辽宁省的生态赤字。化石能源的极大消耗,最终会导致资源的枯竭,直接影响发展的可持续性。因此提出以下建议和实施方案来减少生态赤字,提高可持续发展能力。

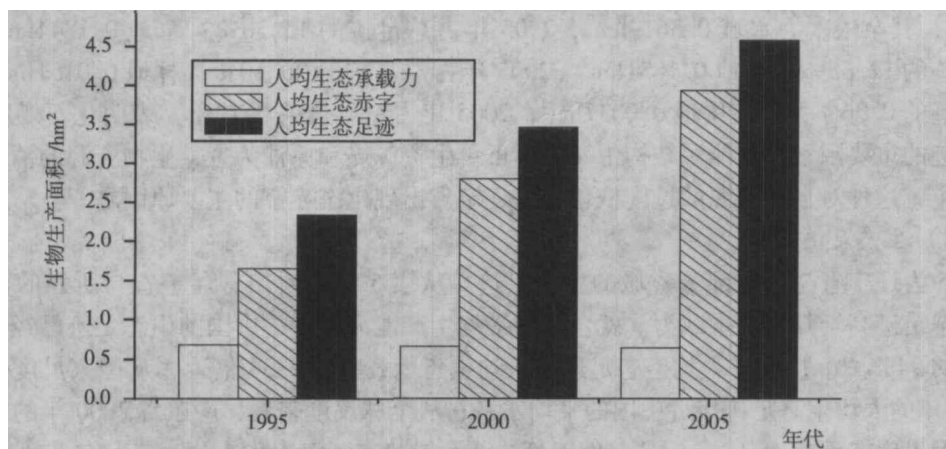


图1 辽宁省生态足迹动态变化

(1) 加强土地、草地和森林资源的保护和管理,可持续利用现有的资源,提高资源利用率。

由于辽宁省部分草地存在不同程度的退化,可以通过草地管理,依靠科技,改变作业方式,使传统的粗放型、数量型转变为质量效益型,可持续利用草地资源。控制土地使用率,高效利用土地资源。此外,加快建设林地资源,并合理使用,制止乱砍乱伐林木、毁林开荒等行为。

(2) 加大水污染防治力度,做好水源地环境保护工作,推进城市中水回用,节约用水。

目前,辽宁省水资源短缺、污染状况严重及海洋生态环境面临严重威胁,应强化水功能区管理,加强对入河排污口的实时监控;完善污水处理的运行、监控体系;推进海水淡化工程建设;对沿海缺水城市,积极开展海水、苦咸水利用和海水淡化,形成海水循环冷却的循环模式。积极推进城市中水回用和水价改革,促进节约用水,提高用水效率,大力建设节水型社会。

(3) 提高全民参与节能减排的意识,开展节能减排工作。

节能减排已成为全面贯彻落实科学发展观、促进经济又好又快发展的极其重要的战略举措,辽宁省也采取了相应的工作措施。首先,进一步完善组织机构,加大管理力度,将节能减排指标完成情况纳入各地、各部门经济社会发展综合评价体系。其次,进一步加大投入,注重科技创新,有效控制高耗能、高污染行业过快增长;对无序发展的高耗能、重污染小企业实施专项整治。最后,设立节能减排科技专项,建立政府引导、企业为主和社会参与的节能减排投入机制,实现节能减排投资的多元化。

(4) 深入开展企业清洁生产工作,调整产业结构,减少污染排放,提高可持续发展能力。

作为全国主要的重化工基地之一,辽宁省面临着巨大的治理环境污染压力。辽宁省自1995年起开始推广低消耗、低污染、高产出的清洁生产模式,受到政府与企业的高度重视。通过全面实施清洁生产,运用高新技术改造传统产业,降低企业的能耗、物耗、水耗和排污强度,提高企业的运行质量和效益;通过结构调整和产业横向耦合,开展企业间物流和能流的梯级利用,能实现区域内资源和能源利用效率最大化,减少污染排放,提高产业的竞争力和区域的可持续发展能力。

参考文献

- [1] REES W E. Ecological footprint and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out [J]. *Environment and Urbanization*, 1992, 4 (2): 196 - 210.
- [2] REES W, WACKERNAGEL M. Urban ecological footprints: why cities cannot be sustainable and why they are a key to sustainability [J]. *Environment Impact Assess Review*, 1996, 16 (4/5/6): 223 - 248.
- [3] WACKERNAGEL M, ONISTO L, BELLO P, et al. National natural capital accounting with the ecological footprint concept [J]. *Ecological Economics*, 1999, (29): 375 - 390.
- [4] WACKERNAGEL M, ONISTO L, BELLO P, et al. Ecological Footprints of Nations [R]. Commissioned by the Earth Council for the Forum. International Council for local Environmental Initiatives, Toronto, 1997.
- [5] 徐中民, 陈东景, 张志强, 等. 中国1999年的生态足迹分析[J]. *土壤学报*, 2002, 39 (3): 441 - 445.
- [6] 辽宁统计局. 辽宁省统计年鉴1996 [M]. 北京: 中国统计出版社, 1996.
- [7] 辽宁统计局. 辽宁省统计年鉴2001 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2001.
- [8] 辽宁统计局. 辽宁省统计年鉴2006 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2006.
- [9] 牛佳. 广东省生态可持续发展状况分析 - 以2000年为例[J]. *生态经济*, 2003, (10): 92 - 95.
- [10] 符国基. 海南生态省生态可持续发展定量研究 - 生态足迹方法的应用[J]. *农业现代化研究*, 2006, 27 (1): 11 - 16.
- [11] 刘卓, 刘昌明. 基于生态足迹的东北地区可持续发展分析[J]. *环境科学与技术* 2007, 30 (1): 76 - 78.