

生态足迹研究

——辽宁省生态足迹计算与分析

董泽琴^{1,2}, 孙铁珩¹

(1. 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要:可持续发展的定量测度研究是当前国际上关于生态经济研究的前沿问题之一。生态足迹分析法是近年来发展的用于定量研究和判断一个国家或地区的可持续发展状况的新方法。应用生态足迹的方法,以辽宁省 2000 年,2001 年,2002 年统计资料为依据,对其 1999~2001 年 3a 的生态足迹进行了实证计算和研究,从纵向比较并分析了辽宁省生态足迹的变化规律及其原因。研究结果表明:辽宁省生态赤字呈逐年增加的趋势,1999 年人均生态赤字为 2.290 hm²,2000 年为 2.368 hm²,2001 年为 2.474 hm²,其主要影响因素是由于资源过度消耗,人口增长以及耕地减少等。通过生态足迹的研究,提出了辽宁省在振兴东北老工业基地,进行可持续发展过程中应采取的对策措施。

关键词:生态足迹; 可持续定量测度; 生态承载力; 辽宁省

Ecological footprints: Calculation and analysis of ecological footprints from 1999 to 2001 in Liaoning Province

DONG Ze-Qin^{1,2}, SUN Tie-Heng¹ (1. Institute of Applied Ecology Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China; 2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(12): 2735~2739.

Abstract: Measuring sustainable development is one of the frontiers of ecological economics. The present study aims to determine whether the ecological carrying capacity of nature can satisfy human beings' needs by quantitative indicators. Ecological Footprint Analysis is a new method for measuring ecologically sustainable development. The method is used to calculate ecological footprints from the facet of need and the ecological carrying capacity from the facet of support. From its results, we can judge the sustainable development situation a country or an area is in.

This paper introduces the concept of ecological footprints and a calculation method, and calculates the ecological footprints from 1999 to 2001 in Liaoning Province, and analyzes the laws and causes of the vertical changes in its ecological footprints.

Liaoning is a heavy-industry province in north-east in China, it was famous for its machine-building industry in past years. Now, it is facing some problems in the process of development. This paper aims to find out what the primary problem is and what causes it, by way of ecological footprints.

Research results show that the ecological deficit of Liaoning Province has gradually increased over the years, and from 2.290 to 2.474 hm² per capita from 1999 to 2001. The ecological footprint per capita over these years in Liaoning is 2.870hm², 2.945hm² and 3.049hm², and its ecological carrying capacity per capita is 0.580hm², 0.577hm² and 0.575hm² respectively. The ecological deficit in 2001 jumped 3.4% above that of the previous year, and in 2002 it jumped 4.5% above 2001. Through analysis of the factors influencing the ecological footprint of Liaoning from 1999 to 2001, it was found that among all the factors, the rates of consumption of fossil energy are all over 50%, creating the primary factor.

Apart from the main causes of over-consumption of fossil-energy, it was also found that arable land, forest and pasture

基金项目:国家自然科学基金重点资助项目(20337010);沈阳大学环境工程重点实验室基金资助项目(04001)

收稿日期:2003-12-27;**修订日期:**2004-07-21

作者简介:董泽琴(1969~),女,博士生,高级工程师,从事污染生态研究。E-mail: dongfortune@hotmail.com. dongzheqin@163.com

Foundation item: National natural science key foundation of China. (No. 20337010); Environmental engineering key laboratory foundation of Shenyang university. (No. 04001)

Received date: 2003-12-27; **Accepted date:** 2004-07-21

Biography: Author: DONG Ze-Qin, Ph. D. candidate, senior engineer, mainly engaged in pollution ecology.

land had become reduced and built-up areas increased which is the other main cause for the ecological deficit in Liaoning. This paper also provides some measures for solving the problem in Liaoning Province, and a model for sustainable development and economic promotion is proposed from the research results.

Key words: ecological footprints; measuring sustainable development; ecological carrying capacity; Liaoning Province

文章编号:1000-0933(2004)12-2735-05 中图分类号:F062.2 文献标识码:A

自 1987 年《我们共同的未来》报告中首次提出“可持续发展”的概念后,可持续发展正式成为全球共同的责任。为了能够定量地衡量自然的可持续利用状况,早自 20 世纪 60 年代开始,研究人员就一直在努力探索、不断发展和完善可持续发展的指标体系^[1~14]。其中 Wackernagel 等提出的“生态足迹(ecological footprint)分析法”对生态状况进行定量,以确定人类是否处于其生态系统的承载力范围之内^[15]。它是现今得到不断应用、发展和流行的一种全新的生态评价方法。

辽宁省是我国的重工业省,辽宁省的可持续发展是东北老工业基地振兴的目标之一。因此进行可持续发展的定量测度研究,从纵向研究辽宁省生态足迹的变化规律,找出原因,提出发展应采取的对策措施,是实施可持续发展的关键。

1 辽宁省生态足迹计算

根据生态足迹的概念及其计算方法^[15~18],对辽宁省 1999 年,2000 年,2001 年 3a 的生态足迹进行了计算分析。纵向研究的目的是为了探寻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 2000~2002 年辽宁省统计年鉴^[19~21],总人口分别为:41032000 人,41353000 人和 41470000 人,能供给的生物生产面积数据见表 1。

辽宁省 1999~2001 年生态足迹的计算主要包括两部分:
(1)生物资源消费帐户;(2)能源消费帐户。

生物资源消费帐户主要分农产品、动物产品、林产品、水果和木材等大类。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世界平均产量资料^[18,22](采用这一公共标准主要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 1999 年、2000 年、2001 年的生态足迹生物资源帐户计算结果见表 2。

表 1 辽宁省可供生物生产面积

Table 1 The biologically productive area provided by Liaoning Province

土地类型 Type	人均面积(hm ² /cap)Area per capita (hm ² /cap)		
	1999 年	2000 年	2001 年
耕地 Arable land	0.1015	0.1007	0.1002
牧草地 Pasture	0.0093	0.0093	0.0093
林地 Forest	0.1372	0.1372	0.1372
海洋(水域) Sea	0.0152	0.0156	0.0164

表 2 辽宁省生态足迹计算生物资源消费帐户

Table 2 The ecological footprint's ledger of the biotic resources in Liaoning Province

分类 Type	全球平均 产量(kg/hm ²) Average output	生物量(t) Biomass			毛足迹(hm ²) Gross footprint			人均足迹(hm ² /cap)Footprint per capita			生产型面 积类型 Type
		1999 年	2000 年	2001 年	1999 年	2000 年	2001 年	1999 年	2000 年	2001 年	
农产品 Products											
小麦 Wheat	2744	592400	354100	157000	215889.21	129045.19	57215.74	0.0053	0.0031	0.0014	耕地 Arable-L
豆类 Bean	852	148326	230823	382009	174091.55	270919.01	448367.37	0.0042	0.0066	0.0108	耕地 Arable-L
水稻 Rice	2744	4158400	3754700	3412000	1515451.90	1368330.90	1243440.23	0.0369	0.0331	0.0300	耕地 Arable-L
玉米 Maize	2744	9882700	5478800	8337000	3601567.06	1996647.23	3038265.31	0.0878	0.0483	0.0733	耕地 Arable-L
洋芋 Potato	12607	510300	614900	547000	40477.51	48774.49	43388.59	0.0010	0.0012	0.0010	耕地 Arable-L
大豆 Soybean	1856	401800	487000	567000	216487.07	262392.24	305495.69	0.0053	0.0063	0.0074	耕地 Arable-L
其它 Others	3800	879000	1138300	879000	231315.79	299552.63	231315.79	0.0056	0.0072	0.0056	耕地 Arable-L
糖 Sugar	4893	45000	21000	40000	9196.81	4291.85	8174.94	0.0002	0.0001	0.0002	耕地 Arable-L
棉花 Cotton	1000	4574	5604	7508	4574.00	5604.00	7508.00	0.0001	0.0001	0.0002	耕地 Arable-L
油料 Oil	1856	192797	293457	461817	103877.69	158112.61	248823.81	0.0025	0.0038	0.0060	耕地 Arable-L
烤烟 Tobacco	1548	27700	27982	18240	17894.06	18076.23	11782.95	0.0004	0.0004	0.0003	耕地 Arable-L
甜菜 Sugar beet	18000	263581	286894	355910	14643.39	15938.56	19772.78	0.0004	0.0004	0.0005	耕地 Arable-L
动物产品 Animal products											
肉类产品 Meat	33	2211000	2324035	2453433	67000000.00	70425303.03	74346454.55	1.6329	1.7030	1.7928	牧草地 Pasture
鲜鸡蛋 Egg	400	1344000	1403100	1483600	3360000.00	3507750.00	3709000.00	0.0819	0.0848	0.0894	牧草地 Pasture
牛奶 Milk	502	182000	188800	243300	362549.80	376095.62	484661.35	0.0088	0.0091	0.0117	牧草地 Pasture
林产品 Forest products											
木材(m ³) Timber	1	1272700	1234100	601900	1272700.00	1234100.00	601900.00	0.0310	0.0298	0.0145	林地 Forest
水果 Fruit	18000	2544000	2477612	2399954	141333.33	137645.11	133330.78	0.0034	0.0033	0.0032	林地 Forest
水产品 Aquatic products	2.8	3132000	3162529	3227776	1118571.43	1129474.64	1152777.14	0.0273	0.0273	0.0278	海洋 Sea

能源消费帐户主要包括了煤、焦炭、原油、汽油、煤油、燃料油和电力。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^[15],将当地的能源消费所消耗的热量折算成一定的化石燃料生产土地面积^[23],辽宁省 1999 年、2000 年、2001 年的生态足迹能源帐户计算结果见表 3。

表 3 辽宁省生态足迹计算能源消费帐户

Table 3 The ecological footprint's ledger of energy in Liaoning Province

分类 Type	全球平均能源 足迹(GJ / hm ²) Average footprint	折算系数 (GJ / t) Coefficient	消费量(t) Consumption			人均足迹 (hm ² / cap) Footprint per capita			生产型面 积类型 Type
			1999 年	2000 年	2001 年	1999 年	2000 年	2001 年	
煤 Coal	55	20.9	97137200	105831100	105622200	0.8996	0.9725	0.9678	化石燃料土地 Fuel land
焦炭 Charcoal	55	28.4	8775800	8781100	8981400	0.1104	0.1096	0.1118	化石燃料土地 Fuel land
原油 Crude oil	93	41.87	29122900	35417300	36693900	0.3195	0.3856	0.3984	化石燃料土地 Fuel land
汽油 Gasoline	93	43.12	744200	1489600	2312900	0.0084	0.0167	0.0259	化石燃料土地 Fuel land
煤油 Kerosene	93	43.12	207100	182600	178800	0.0023	0.0020	0.0020	化石燃料土地 Fuel land
柴油 Diesel oil	93	42.71	1418500	1960600	2788100	0.0159	0.0218	0.0309	化石燃料土地 Fuel land
燃料油 Fuel oil	71	50.2	1910500	942600	-753200	0.0329	0.0161	-0.0128	化石燃料土地 Fuel land
电力 Power	1000	3.6	71451000	74872000	76379000	0.0063	0.0065	0.0066	建筑用地 Buildup area

2 辽宁省生态足迹变化分析

表 4 分别计算和汇总 1999~2001 年 3a 辽宁省生态足迹与生态承载力计算结果。

(1) 从计算结果可以得出,辽宁省 1999~2001 年 3a 人均生态足迹分别为 2.870 hm², 2.945 hm² 和 3.049hm²,呈现出逐年增加的趋势;而人均生态承载力分别为 0.580 hm², 0.577 hm² 和 0.575hm²,呈现出逐年下降趋势;3a 的人均生态赤字呈上升发展,2001 年生态赤字比 2000 年增加 3.4%,2002 年生态赤字又比 2001 年增加 4.5%。生态赤字存在表明人类对自然的影响已超出了其生态承载能力的范围。

表 4 辽宁省生态足迹与生态承载力计算结果汇总表

Table 4 Ecological footprint and ecological capacity of Liaoning Province

人均生态足迹 Ecological footprint per capita								人均生态承载力 Ecological capacity per capita							
土地类型 Type	人均面积 Area per capita (hm ² / cap)			均衡因子 Balance factor	均衡面积 Balance area (hm ² / cap)			土地类型 Type	人均面积 Area per capita (hm ² / cap)			产出因子 Output factor	均衡面积 Balance area (hm ² / cap)		
	1999 年	2000 年	2001 年		1999 年	2000 年	2001 年		1999 年	2000 年	2001 年		1999 年	2000 年	2001 年
耕地 Arableland	0.1498	0.1107	0.1366	2.8	0.4194	0.3100	0.3825	耕地 Arableland	0.1015	0.1007	0.1002	1.66	0.4718	0.4681	0.4657
草地 Pasture	1.7236	1.7969	1.8939	0.5	0.8618	0.8985	0.9470	草地 Pasture	0.0093	0.0093	0.0093	0.19	0.0009	0.0009	0.0009
森林 Forest	0.0345	0.0332	0.0177	1.1	0.0380	0.0365	0.0195	森林 Forest	0.1372	0.1372	0.1372	0.91	0.1373	0.1373	0.1373
化石能源 Fossil energy	1.3891	1.5244	1.5239	1.1	1.5280	1.6768	1.6763	CO ₂ 吸收 CO ₂	0	0	0	0	0.0000	0.0000	0.0000
建筑用地 Buildup	0.0063	0.0065	0.0066	2.8	0.0176	0.0182	0.0185	建筑面积 Area	0.01	0.01	0.01	1.66	0.0465	0.0465	0.0465
海洋(水 域)Sea	0.0273	0.0273	0.0278	0.2	0.0055	0.0055	0.0056	海洋(水 域)Sea	0.0152	0.0156	0.0164	1	0.0030	0.0031	0.0033
人均生态足迹 Ecological footprint per capita					2.870	2.945	3.049	人均生态承载力 Ecological capacity per capita					0.660	0.656	0.654
								减去生物多样性保护面积(12%) Area of bioversatility					0.079	0.079	0.078
								可利用的人均生态承载 Available ecological capacity per capita					0.580	0.577	0.575

* 建筑面积、产出因子取自文献中的中国平均值,均衡因子取自文献值^[18,22]The value of building area and output factor and balance factor were all from references^[18,22]

从年际间生态足迹的纵向比较,可以排除在采用生态足迹分析法计算各区域生态足迹中因选择的某些消费指标的差异而带来的影响,可以相对准确地判断出一个地区的可持续性状况。由计算结果可知,辽宁省连续 3a 的生态赤字不断加大,说明自

然的供给已不能完全满足人类的需要,影响已经超出了其生态承载能力,难以支撑辽宁省的可持续发展需要。而且由于生态足迹模型本身侧重于生态承载力方面,而忽略经济、社会、技术和环境方面的一些可持续发展的根本问题,因此计算的结果还属一种比较乐观的估计,这无疑给辽宁省敲响了生态警钟。

(2)根据 Wackernagel 等的计算^[18,22],中国 1997 年的人均生态足迹为 1.2 hm²,人均生态承载力仅为 0.8hm²,人均生态赤字为 0.4hm²。就全球平均而言,1997 年的人均生态足迹为 2.8 hm²,全球人均生态承载力为 2.0hm²,全球人均生态赤字为 0.8hm²。而辽宁省 1999 年其人均生态足迹为 2.870 hm²,是 1997 年中国人均生态足迹的 2.4 倍,人均生态赤字则达 1997 年的 5.7 倍。

明显看出,辽宁省作为重工业省,其消耗的自然资本存量远远高于全国平均水平,并且在生态足迹影响因子中,化石能源所占的比例最大,如图 1 所示。化石能源消耗的增长,极大地促进了生态足迹需求的增长,研究结果显示辽宁省 3a 的化石能源消耗对生态足迹的影响均超过了 50%,是产生生态赤字的主要影响因素;其次,大量耕地的占用,森林、草地的减少和建筑用地的增加这些人类的侵入,是生态赤字的另一大类影响因素。生态足迹的变化也显示了辽宁省目前的发展模式属于不可持续的状况,辽宁省目前是在一种高消耗自然资本存量的发展模式中,这可能与其传统的工业生产产业结构不尽合理相关。

(3)万元 GDP 生态足迹的分析 为了能直观地反映辽宁省生物生产面积的利用效率,计算得到辽宁省 1999~2001 年 3a 的万元 GDP 生态足迹分别为:2.82 hm²,2.61 hm² 和 2.51hm²。

万元 GDP 生态足迹由高向低的变化反映出辽宁省这 3a 的发展是朝区域生物生产面积利用效率提高的趋势发展,这是与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,高新技术产业发展较快的现状较吻合的。经济越发展,其万元 GDP 的生态足迹需求就会越小。相比较单纯依赖农牧业经济及自然生态环境恶劣的地区,工业经济的发展能较大地提高资源的利用效率。这说明作为重工业省,辽宁省的发展仍然是具有较大的潜力的。

3 辽宁省可持续发展对策与措施

通过对辽宁省 1999~2001 年 3a 生态足迹变化的纵向研究,辽宁省生态赤字的主要直接原因在于化石能源的极大消耗造成对自然资源的过度利用,以及人为影响造成的耕地减少,草地荒漠化和建筑用地增加等。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。

在以传统重工业发展模式为主的发展阶段,辽宁省产业结构的不合理也会造成辽宁省的生态赤字,其发展模式和产业结构仍需不断调整。万元 GDP 生态足迹的研究还说明通过提高资源生产率可以保持一定的经济增长,然而,任何一个发展的空间终究会有一个允许其实现最大经济发展的生态承载,对于辽宁省来说,实现可持续性地发展,应该结合辽宁省的特点,除了从战略上选择尽可能少地使用自然资本,而尽可能多地开发和利用现有的人力资本的产业发展模式外,着重从以下几个方面有步骤地调整:

(1) 发挥重工业地区优势,采用高新技术,重塑制造业优势,加快工业化进程,提高资源的利用效率;

(2) 培育优势农产品,加快农产品的转化,提高自然资源单位面积的生物产量;

(3) 高效利用现有资源存量,开发利用可再生能源;这些是实现以技术变革来提高资源生产率的重要环节。

(4) 改变人们的生产和生活消费方式,建立资源节约型的社会生产和消费体系^[18],争取资源消耗和废物排放减少;这是从人口、消费的角度促进整个社会发展模式转变的重要环节。

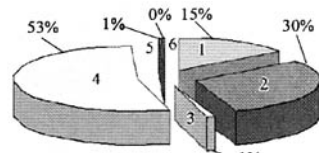
(5) 提高企业技术水平,采用清洁生产工艺,发展循环经济,推行“资源-产品-可再生资源”的发展模式,这是实现可持续发展的重要一环。

4 结束语

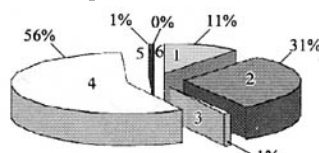
生态足迹分析法通过引入生物生产面积的概念为自然资本核算提供了一种简单框架,提供了测量和比较人类经济系统对

- 1 耕地 Arable land
- 2 草地 Pasture
- 3 森林 Forest
- 4 化石能源 Fossil energy
- 5 建筑用地 Buildup area
- 6 海洋(水域)Sea

1999 年生态足迹影响因素比例图
The rate of influencing factors in ecological footprints in 1999



2000 年生态足迹影响因素比例图
The rate of influencing factors in ecological footprints in 2000



2001 年生态足迹影响因素比例图
The rate of influencing factors in ecological footprints in 2001

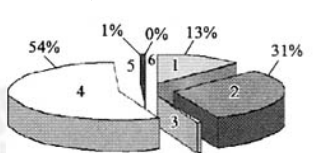


图 1 生态足迹影响因素比例图

Fig. 1 The rate of influencing factors in ecological footprints

自然生态系统服务的需求和自然生态系统的承载力之间差距的生物物理测量方法^[24]。尽管方法本身还不尽完善,模型还存在缺点^[25],但它是不断发展的,是紧扣可持续发展理论,涉及系统性、公平性和发展的一个综合指标,容易进行尝试性测算并能简洁明了地反映一个国家或地区的可持续性状况。运用生态足迹分析法对辽宁省的可持续性现状进行初步研究,探寻辽宁省生态赤字的成因,无疑有助于制定宏观的生态经济决策,推动东北老工业基地振兴。生态足迹分析及其应用中尚存在很多值得完善的地方,将有待于进一步深入地研究、补充和改进。

References:

- [1] Meadows D, Meadows D, Randers J, et al. *Limits to Growth*. New York: Universe Books, 1972.
- [2] Meadows D, Meadows D, Randers J. *Beyond the Limits*. Toronto: McClelland & Stewart Inc., 1992.
- [3] Holdren J, Ehrlich P. Human population and the global environment. *Am. Sci.*, 1974, **62**: 282~292.
- [4] Whittaker R H. *Communities and Ecosystems*. New York: Macmillan Publishing, 1975.
- [5] Lieth H, Whittaker R H, eds. *The Primary Productivity of the Biosphere*. New York: Springer, 1975.
- [6] Vitousek P M, Ehrlich P R, Ehrlich A H, et al. Human appropriation of the products of photosynthesis. *BioScience*, 1986, **34**(6): 368~373.
- [7] Odum H T. *Ecological and General Systems*. Revised edition. Boulder: University of Colorado Press, 1994.
- [8] Ye W H. Review of sustainable development indicators of UN. Chinese population. *Resource and Environment*, 1997, **7**(3): 83~87.
- [9] Hardi P, Barg S. *Measuring sustainable development: Review of current practice*. occasional paper number 17. November 1997. International Institute for Sustainable Development, 1997.
- [10] Davy Pearce. *Blueprint of green economics——measuring of sustainable development*. Beijing: Beijing teacher-training college Press, 1993.
- [11] Wang J N. *Environmental economics*. Beijing: Tsinghua university Press, 1993. 126~150.
- [12] Cataned B E. An index of sustainable economic welfare (ISEW) for Chile. *Ecological Economics*, 1999, **28**: 231~244.
- [13] Hamilton C. The genuine progress indicator methodological developments and results from Australia. *Ecological Economics*, 1999, **30**: 13~28.
- [14] Hans Wener Holub, Gottfried Tappeiner, Ulrike Tappeiner. Some remarks on the system of integrated environmental and economic accounting of the united nations. *Ecological Economics*, 1999, **29**: 329~336.
- [15] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. *Ecological Footprints of Nations*. Commissioned by the Earth Council for the Rio+5 Forum. International Council for Local Environmental Initiatives. Toronto, 1997.
- [16] William E R. Revisiting Carrying Capacity: Area Based Indicators of Sustaionability. In: Wackernagel M, ed. *Ecological Footprints of Nations*[EB/OL] <http://www.ecouncil.ac.cr/rio/focus/report/english/footprint/>, 1996.
- [17] Hardi P, Barg S, Hodge T, et al. *Measuring sustainable development: Review of current practice*. Occasional paper number 17. November 1997 (IISD). 1~2, 49~51.
- [18] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. National natural capital accounting with the ecological footprint concept. *Ecological Economics*, 1999, **29**(3): 375~390.
- [19] Editorial Board of Liaoning Yearbook. *Liaoning Yearbook in 2000*. Beijing: China Statistical Press, 2000.
- [20] Editorial Board of Liaoning Yearbook. *Liaoning Yearbook in 2001*. Beijing: China Statistical Press, 2001.
- [21] Editorial Board of Liaoning Yearbook. *Liaoning Yearbook in 2002*. Beijing: China Statistical Press, 2002.
- [22] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. *Ecological Footprints of Nations: How much nature do they use? How much nature do they have?* Commissioned by the Earth Council for the Rio+5 Forum. International Council for Local Environmental Initiatives, Toronto, 1997.
- [23] Qiu D X. *Energy Planning & Systematic Analysis*. Beijing: Tsinghua University Press, 1995. 48.
- [24] Herendeen R A. Should sustainability analyses include biophysical assessments. *Ecological Economics*, 1999, **29**: 17~18.
- [25] Xu Z M, Cheng G D, Zhang Z Q. Measuring sustainable development with the ecological footprint method——take Zhangye prefecture as an example. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(9): 1484~1493.

参考文献:

- [8] 叶文虎. 联合国可持续发展指标述评. 中国人口·资源与环境, 1997, **7**(3): 83~87.
- [10] 大卫皮尔斯. 绿色经济的蓝图-衡量可持续发展. 北京: 北京师范大学出版社, 1993.
- [11] 王金南. 环境经济学. 北京: 清华大学出版社, 1993. 126~150.
- [19] 辽宁年鉴编委会编. 辽宁省统计年鉴 2000. 北京: 中国统计出版社, 2000.
- [20] 辽宁年鉴编委会编. 辽宁省统计年鉴 2001. 北京: 中国统计出版社, 2001.
- [21] 辽宁年鉴编委会编. 辽宁省统计年鉴 2002. 北京: 中国统计出版社, 2002.
- [23] 邱大雄主编. 能源规划与系统分析. 北京: 清华大学出版社, 1995. 48.
- [25] 徐中民, 程国栋, 张志强. 生态足迹方法: 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. 生态学报, 2001, **21**(9): 1484~1493.