

基于生态足迹的大学食堂餐具生态影响分析

谢鸿宇^{1,2}, 林媚珍^{1,*}, 陈妃端³, 赵美婵¹, 招华庆¹

(1. 广州大学地理科学学院, 广州 510006; 2. 广州大学广州发展研究院, 广州 510006; 3. 雷州市第一中学, 湛江 524200)

摘要: 以生态足迹为定量分析方法, 以广州大学食堂为例, 分析计算了一次性餐具和公用餐具对生态环境的影响, 并比较分析了各种型号的餐具生态足迹。分析了一次性餐具和公用餐具生产过程中的原料消耗及能耗。广州大学食堂所用的餐具主要为塑料制餐具、不锈钢餐具、木制和竹制筷子。消耗的资源主要为钢铁、乙烯、木材和竹材等, 可归于化石能源地足迹和林地足迹。调查了公用餐具洗涤过程中的资源消耗, 主要为洗涤过程中的水电消耗以及废水处理能耗, 可归于化石能源地足迹和可耕地足迹。最后结合学校食堂餐具的使用方案, 计算了一次性餐具和公用餐具(以 1a 为限)的生态足迹。研究表明, 公用餐具组合的足迹为 $3.7236 \times 10^{-3} \text{ gm}^2$ (全球平方米, 记为 gm^2), 使用竹筷的一次性餐具组合足迹为 $2.2085 \times 10^{-2} \text{ gm}^2$, 使用木筷一次性餐具组合足迹为 $9.3781 \times 10^{-2} \text{ gm}^2$ 。公用餐具足迹是一次性餐具的 3.97% ~ 16.8%。此外, 由于竹筷的足迹是木筷 23.55%, 因此使用竹筷能大大降低一次性餐具对生态的影响。

关键词: 生态足迹; 一次性餐具; 公用餐具

文章编号: 1000-0933(2009)05-2669-06 中图分类号: Q149 文献标识码: A

The ecological impact analysis of tableware in college canteen based on ecological footprint

XIE Hong-Yu^{1,2}, LIN Mei-Zhen^{1,*}, CHEN Fei-Duan³, ZHAO Mei-Chan¹, ZHAO Hua-Qing¹

1 Geography Science School, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China

2 Guangzhou Development Academe, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China

3 Leizhou City number middle school, Zhanjiang 524200, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(5): 2669 ~ 2674.

Abstract: In this paper, Guangzhou University as example, the ecological impact of disposable tableware and public tableware was quantitatively analyzed and compared by calculated theirs ecological footprint. Firstly, the consumption of material and energy used in making disposable and public tableware were analyzed. The tableware used in Guangzhou University canteen includes plastic tableware, stainless steel tableware, wooden chopsticks and bamboo chopsticks. The resource consumption includes ethylene, steel, wood and bamboo. Their footprint belong fossil energy footprint and forest footprint. And then, the resource consumption of clean for public tableware was investigated. It main include the electricity consumption of water, power and waste water treatment. Its footprint belong fossil energy footprint and arable land footprint. Finally, the ecological footprint of disposable tableware and public tableware (only use one year) was calculated on basis of different tableware match in college canteen. The results show that the footprint of public tableware match is $3.7236 \times 10^{-3} \text{ gm}^2$, disposable table ware match (using bamboo chopsticks) is $2.2085 \times 10^{-2} \text{ gm}^2$ and disposable table ware match (using wooden chopsticks) is $9.3781 \times 10^{-2} \text{ gm}^2$. The ecological footprint of public tableware is about 3.97% — 16.8% of disposable tableware. In addition, because the footprint of bamboo chopsticks is 23.55% of wooden chopsticks, using bamboo chopsticks can effectively reduce the ecological impact of disposable tableware.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40771002); 广州市属高校科技计划资助项目(62037); 广州市科技计划资助项目(2007J1-C0491); 广东省科技计划资助项目(2008B030302046)

收稿日期: 2008-01-20; 修订日期: 2008-03-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lmzh888@163.com

Key Words: ecological footprint; disposable tableware; public tableware

大学食堂的餐具主要有一次性餐具和公用餐具 2 种。其中,一次性餐具主要有餐盒、勺子、木筷、竹筷等;公用餐具主要有塑料餐具、不锈钢餐具两种。学校食堂餐具多为配套使用,以广州大学为例,一次性餐具的组合有 2 种,组合 1 为塑料大餐盒、塑料汤匙、塑料碗、竹筷;组合 2 为塑料小餐盒、塑料汤匙、塑料碗、木筷。公用餐具有 4 重,组合 1 为钢制碟子、钢制汤匙、钢制碗、塑料筷子;组合 2 塑料托盘、塑料盘子、塑料汤匙(一次性)、塑料碗(一次性)、竹筷;组合 3 为塑料托盘、塑料大汤碗、塑料汤匙(一次性)、竹筷;组合 4 为塑料托盘、塑料小汤碗、塑料汤匙(一次性)、竹筷;其中一次性餐具的组合 2 和公用餐具中的组合 1 用于学校餐厅;其他则用于学校商业城美食中心。公用餐具的 4 种组合中,后 3 种用于为学校商业城美食中心,它们既包括公用餐具,也包括一次性餐具,且用量相对于组合 1 少 10 倍以上,故在本文忽略不计。

由于上述餐具的原料各不相同(有塑料、钢铁、木材、竹材等 4 种),而且公用餐具在使用中还消耗了水电等能源。因此,要想分析它们对生态环境造成的影响就必须将上述各类资源的消耗归入到一个统一的量纲中。

生态足迹(ecological footprint)是由加拿大生态经济学家 William Rees 提出的,其定义是:任何已知人口(某个人、一个城市或一个国家)的生态足迹是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态生产土地的总面积^[1]。它是将人类的全部消费即社会经济运行过程中的物质吞吐量定量地归结为提供相应生态产品和服务的 6 种生态生产性土地(化石能源地、可耕地、牧草地、森林、建成地、水域等)的面积。因此,利用生态足迹这一量纲就可以将上述餐具所消耗的资源换算为相应的土地面积,以比较它们对生态环境造成的影响。

2 一次性餐具的足迹

学校食堂一次性餐具的生态足迹主要为生产过程中的原料消耗及能耗,原料消耗主要有可发性聚苯乙烯(expandable polystyrene, EPS)、木材、竹材。EPS 是石油化工产品,归为化石能源地;另外,木材和竹材都为林业产品,归为林地。由于在一次性餐具生产过程中的能耗比较复杂,而且统计的难度比较大,在此将这部分忽略不计。

EPS 是一次性塑料餐具的主要原料,而它本身的原料是乙烯,生产 1kg EPS 需要 0.2692kg 的乙烯,而生产 1kg 乙烯的综合能耗为 1.004kg 标准煤^[2],则 1kg EPS 的能耗为 0.270277kg 标准煤,由标准煤生态足迹^[3]可得出 EPS 的生态足迹(表 1)。

表 1 1kg EPS 的生态足迹

Table 1 Ecological footprint of 1kg EPS

1kg EPS 原料消耗 Material consumption of 1kg EPS (kg)	1kg 乙烯能耗 Energy consumption of 1kg ethylene (kg)	标准煤足迹 Footprint of standard coal (m ²)		足迹 Footprint (m ²)	
		森林 Forest	草地 Grassland	森林 Forest	草地 Grassland
0.2692 (乙烯 ethylene)	1.004 (标准煤 standard coal)	1.726988	1.449510	0.466765	0.391769

各种类型的一次性塑料餐具的生态足迹,见表 2。

表 2 各种型号一次性塑料餐具的生态足迹

Table 2 The ecological footprint of all kinds of disposable tableware made by plastic

餐具 Tableware	原料 Material	原料消耗* Material consumption (kg)	足迹 Footprint (m ²)	
			森林 Forest	草地 Grassland
大餐盒 Big meal-box	EPS	0.009	4.200882×10^{-3}	3.525920×10^{-3}
小餐盒 Small meal-box	EPS	0.00489	2.282479×10^{-3}	1.915750×10^{-3}
汤匙 Spoon	EPS	0.00079	3.687440×10^{-4}	3.094970×10^{-4}
碗 Bowl	EPS	0.00135	6.301320×10^{-4}	5.288880×10^{-4}

* 原料消耗量是指餐具的重量 material consumption means the weight of tableware

木材全球年平均产量为 $0.0774\text{kg}/\text{m}^2$,竹子的全球年平均产量为 $0.35\text{kg}/\text{m}^{2[4-6]}$,则一次性筷子的生态足迹见表 3。

表 3 一次性筷子(木筷、竹筷)的生态足迹(m^2)
Table 3 Ecological footprint of disposable chopsticks

餐具 Tableware	原料 Material	原料消耗 Material consumption(kg)	原料的世界平均产量 Global mean yield of material(kg/m^2)	足迹 Footprint(m^2)
木筷 Wooden chopsticks	木材 Wood	0.005085	0.0774	6.56977×10^{-2}
竹筷 Bamboo chopsticks	竹材 Bamboo	0.00339	0.35	9.68571×10^{-3}

由表 3 可知,一次性木筷的足迹是一次性竹筷的 6.783 倍,主要原因是于竹材的全球平均产量是木材的产量的 4.52 倍,另外,竹筷的原料消耗是木筷的原料消耗的 67%,所以一次性竹筷的对环境的影响更小。

3 公用餐具的生态足迹

学校食堂和饮食中心所用的公用餐具主要有塑料餐具、不锈钢餐具两种。塑料餐具的原料为塑料,可归为化石能源地;不锈钢餐具的足迹可归于其生产原料——钢铁,也归为化石能源地。由于的公用餐具是可循环使用的,所以公用餐具的足迹还应包含洗涤过程中消耗的水和电的足迹,也归为化石能源地,公用餐具的足迹流计算流程如图 1 所示。

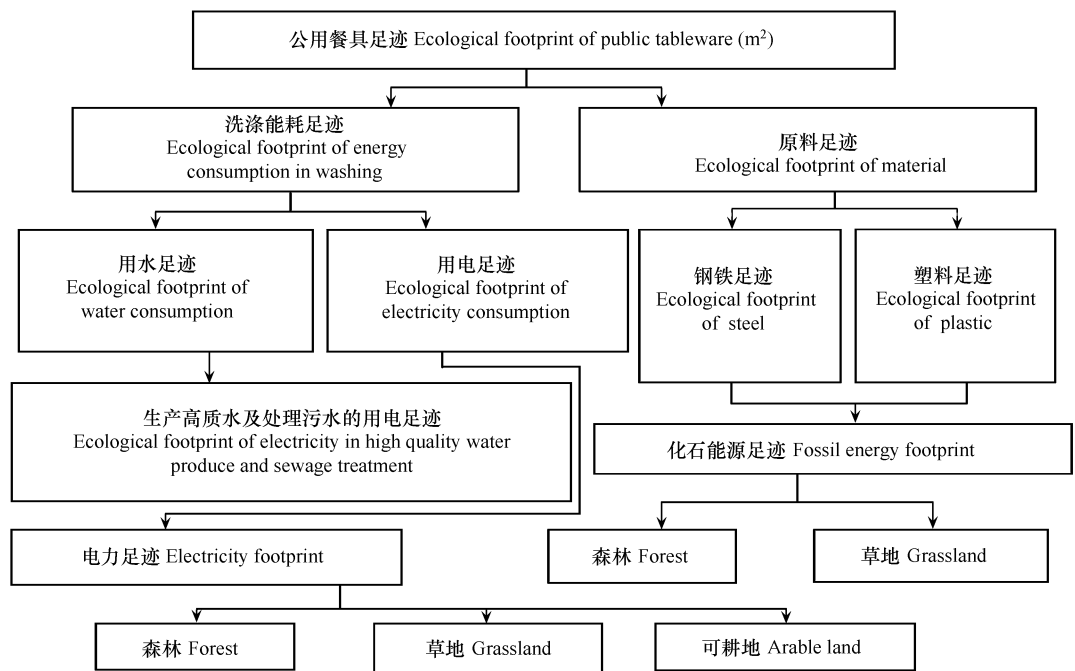


图 1 公用餐具足迹计算流程
Fig. 1 Calculation course of public tableware footprint

3.1 公用餐具原料的足迹

(1) 塑料餐具的原料足迹

塑料的足迹可归于其生产原料乙烯,1kg 乙烯的足迹,见表 4,结合实地调查,可计算出各种型号公用塑料餐具原料足迹,结果见表 5。

(2) 不锈钢餐具原料的足迹

不锈钢餐具的原料主要是钢铁,1kg 钢铁的生产能耗为 0.705kg 标准煤^[2],则钢铁的足迹见表 6,各种型号的不锈钢餐具的原料足迹见表 7。

表 4 1kg 乙烯的生态足迹

Table 4 Ecological footprint of 1kg ethylene

乙烯 Ethylene	1kg 乙烯能耗 Energy consumption of 1kg ethylene	标准煤足迹 Standard coal footprint (m ²)		足迹 Footprint (m ²)	
		森林 Forest	草地 Grassland	森林 forest	草地 grassland
1kg	1.004 kg(标准煤 standard coal)	1.726988	1.449510	1.733896	1.455308

表 5 公用塑料餐具(原料)足迹

Table 5 The ecological footprint of public tableware made by plastic (material part)

餐具 Tableware	原料消耗 * Material consumption (kg)	1kg 乙烯足迹 Footprint of 1kg ethylene (m ²)		足迹 Footprint (m ²)	
		森林 Forest	草地 Grassland	森林 Forest	草地 Grassland
托盘 Tray	0.5	1.733896	1.455308	0.866948	0.727654
大碗 Big bowl	0.32	1.733896	1.455308	0.554847	0.465699
小碗 Small bowl	0.21662	1.733896	1.455308	0.375596	0.315249
盘 Disc	0.29959	1.733896	1.455308	0.519458	0.435996
筷子 Chopsticks	0.029985	1.733896	1.455308	0.051991	0.043637

* 原料消耗量是指餐具的重量 material consumption means the weight of tableware

表 6 1kg 钢铁的足迹

Table 6 ecological footprint of 1kg steel

钢铁 Steel	1kg 钢铁能耗 Energy consumption of 1kg steel kg	标准煤足迹 Standard coal footprint (m ²)		足迹 Footprint (m ²)	
		森林 Forest	草地 Grassland	森林 Forest	草地 Grassland
1kg	0.705 kg(标准煤 standard coal)	1.726988	1.449510	1.217526	1.021905

表 7 各种型号不锈钢餐具(原料)的足迹

Table 7 ecological footprint of all kinds of tableware made by stainless steel (material part)

餐具 Tableware	原料消耗 * Material consumption (kg)	1kg 钢铁足迹 Footprint of 1kg steel (m ²)		餐具足迹 Tableware footprint (m ²)	
		森林 Forest	草地 Grassland	森林 Forest	草地 Grassland
盘 Disc	0.17174	1.217526	1.021905	0.209098	0.175502
碗 Bowl	0.08497	1.217526	1.021905	0.103453	0.086831
汤匙 Spoon	0.01526	1.217526	1.021905	0.018579	0.015594

* 原料消耗量是指餐具的重量 material consumption means the weight of tableware

3.2 消耗资源的足迹

公用餐具洗涤过程的资源消耗主要是水和电力。水的足迹主是制水和洗涤后的污水处理所消耗的电力，也归为电力足迹。以广州大学为例,餐具的清洗流程如图 2 所示。

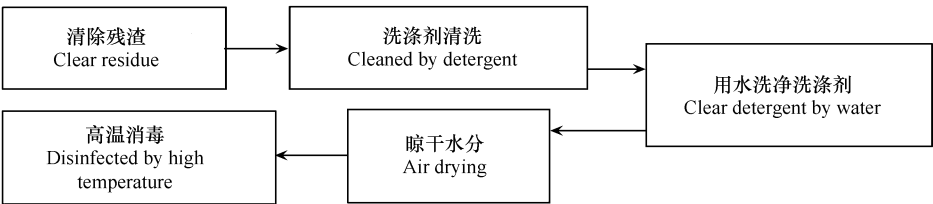


图 2 广州大学餐具清洗标准流程

Fig. 2 Standard course of tableware clean in Guangzhou University

广州市用电是由广东省电网提供的,按电源分为水电与火电。广东省电网 2000 ~ 2004 年火电与水电发

电量^[7]见表 8。

由表 8 可知,广州市用电中火电与水电之比例 89.35%:10.65%,我国 1kWh 火电的生态足迹为 0.64799m²森林和 0.54387m²牧草地,1kWh 水电的生态足迹是 0.0206m²可耕地^[3],则广州 1kWh 的电的足迹是 0.0021948m²的可耕地、0.57895m²的森林和 0.48592m²的草地。

广州大学的用水由广州市自来水公司南洲水厂提供,每吨水的综合能耗为 0.345kWh/t;而污水则由沥窖污水处理厂处理,该厂处理 1t 污水的耗电量是 0.23 ~ 0.25kWh,取 0.24kWh,则 1t 洗涤用水耗电为 0.585kWh,足迹为 0.33869m²的森林、0.28427m²的牧草地和 0.0012839m²的可耕地。

据实地调查,学校餐厅餐具洗涤用水量为 133260kg/d,用电量为 612kWh/d。另外,早餐师生绝大多数使用一次性餐具,故餐厅每天计清洗 2 次,1 套餐具有 4 件餐具,则每天平均清洗餐具量计算如下:

每天平均清洗餐具量 = 学校公用餐具用量 × 4 × 2 + 美食中心公用餐具用量 × 4

表 8 广东省电网 2000 - 2004 年火电与水电发电量(10⁸ kWh)

Table 8 power generation of Guangdong power grid by hydraulic and fossil energy in 2000 ~ 2004

年份 Year	火电发电量 Thermal power	水电发电量 Hydropower	火电/火电 + 水电 Thermal power/thermal power + hydropower	水电/火电 + 水电 Hydropower /thermal power + hydropower
2000	1049.354	155.7348	0.8708	0.1292
2001	1091.1884	190.728	0.8512	0.1488
2002	1230.8137	169.1339	0.8792	0.1208
2003	1433.5124	149.2954	0.9057	0.0943
2004	1693.89	110.07	0.9390	0.0610
平均 Mean	1299.7517	154.9924	0.8935	0.1065

全校餐厅共计 30000 套餐具,午晚餐几乎全部使用;美食中心全天约使用 6750 套餐具,由此得出每天清洗餐具量为 267000 只次,则每只餐具平均消耗的电力为 0.002292kWh/只,水为 0.4991kg/只。由此计算每只公用餐具的洗涤过程资源消耗的生态足迹,见表 9。

表 9 每只餐具洗涤的足迹

Table 9 ecological footprint of clean of per tableware

资源 Resource	消耗量 consumption	餐具足迹 Tableware footprint (m ²)		
		森林 Forest	草地 Grassland	可耕地 Arable land
水(kg/只) Water (kg/per tableware)	0.499101	0.000169	0.000142	6.40818 × 10 ⁻⁷
电(kWh/只) Power (kWh/per tableware)	0.002292	0.001327	0.001114	5.03043 × 10 ⁻⁶
合计 Total	-	0.001496	0.001256	5.67125 × 10 ⁻⁶

4 餐具足迹的比较分析

由于公用餐具是可以重复使用的,因此,它使用 1 次的原料足迹应为总原料足迹除以使用次数(整个使用周期),以广州大学为例,以 1a 使用期限,非假期共 275d,寒暑假共 90d,餐具 1d 使用 2 次(正餐),则公用餐具 1a 使用 615 次以上。

由于各类生产性土地的生产力不同,需要将不同类型土地进行等量化,以便于比较,公式如式(1):

$$A_{tw} = \sum_{i=1}^n eF \times A_i$$

式中, A_{tw} 为餐具组合足迹; eF 为各类生态生产性土地等量化因子,在此森林为 1.34、牧草地 0.49、可耕地 2.21^[8]; A_i 为餐具组合内各餐具的足迹。

等量化后,可得出一次性餐具及公用餐具使用 1 次的足迹见表 10。

由表 10 可知,公用餐具足迹为远小于一次性餐具,公用餐具的足迹只相当于一次性餐具组合 1 足迹的 3.97% 和一次性餐具组合 2 足迹的 16.8%。

表 10 一次性餐具与公用餐具足迹比较

Table 10 ecological footprint comparison of disposable tableware and public tableware

餐具 Tableware	足迹 Footprint(m ²)			等量化后面积 Equivalence area (gm ²)	合计 Total (gm ²)
	森林 Forest	草地 Grassland	可耕地 Arable land		
一次性餐具组合 1 disposable tableware 1					2.2085 × 10 ⁻²
大餐盒 Big meal-box	4.2009 × 10 ⁻³	3.5259 × 10 ⁻³		7.3569 × 10 ⁻³	
汤匙 Spoon	3.6874 × 10 ⁻⁴	3.0950 × 10 ⁻⁴		6.4577 × 10 ⁻⁴	
碗 Bowl	6.3013 × 10 ⁻⁴	5.2889 × 10 ⁻⁴		1.1035 × 10 ⁻³	
竹筷 Bamboo chopsticks	9.6857 × 10 ⁻³			1.2979 × 10 ⁻²	
一次性餐具组合 2 disposable tableware 2					9.3781 × 10 ⁻²
小餐盒 Small meal-box	2.2825 × 10 ⁻³	1.9158 × 10 ⁻³		3.9972 × 10 ⁻³	
汤匙 Spoon	3.6874 × 10 ⁻⁴	3.0950 × 10 ⁻⁴		6.4577 × 10 ⁻⁴	
碗 Bowl	6.3013 × 10 ⁻⁴	5.2889 × 10 ⁻⁴		1.1035 × 10 ⁻³	
木筷 Wooden chopsticks	6.5698 × 10 ⁻²			8.8035 × 10 ⁻²	
公用餐具 Public tableware					3.7236 × 10 ⁻³
盘 Tray	3.4000 × 10 ⁻⁴	2.8537 × 10 ⁻⁴		5.9543 × 10 ⁻⁴	
汤匙 Spoon	3.0210 × 10 ⁻⁵	2.5356 × 10 ⁻⁵		5.2906 × 10 ⁻⁵	
碗 Bowl	1.6822 × 10 ⁻⁴	1.4119 × 10 ⁻⁴		2.9459 × 10 ⁻⁴	
筷子 Chopsticks	8.4538 × 10 ⁻⁵	7.0954 × 10 ⁻⁵		1.4805 × 10 ⁻⁴	
清洗 Clean	1.4960 × 10 ⁻³	1.2560 × 10 ⁻³	5.6713 × 10 ⁻⁶	2.6326 × 10 ⁻³	

5 结论

综上所述,本文以生态足迹为定量分析指标,将一次性餐具和公用餐具在生产和使用中的各种资源消耗统一到同一平台上进行了比较分析。结果表明,广州大学使用的公用餐具或一次性餐具的足迹主要为化石能源足迹。公用餐具的足迹远低于一次性餐具的原因在于公用餐具是可以循环再用的。另外,在一次性餐具中,使用竹筷的组合 1 的足迹是使用木筷的组合 2 的 23.55%,说明使用竹筷可以很好地降低一次性餐具对环境造成的影响。

2004 年我国每年快餐盒用量为 120 亿只,其中 EPS 餐盒为 86 亿只,占一次性快餐盒生产销售使用量的 71.67%^[9]。此外,100% 的小型饭店、99% 中型饭店和 95% 大型饭店都使用一次性木质筷子,平均每年消费一次性木质筷子高达 1400 亿双^[9]。因此,推广公用餐具和使用竹筷子将能很好降低餐具使用对环境的影响。

References:

- [1] Ree W E. Ecological footprint and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environment and Urbanization*, 1992, 4(2): 121-130.
- [2] Wang Q Y. International Comparison of China's Energy Consumption per Unit Products and its Implications. *International Petroleum Economics*, 2006, (2): 24-30.
- [3] Xie H Y, Chen X S. The Ecological Footprint Analysis of Fossil Energy and Electricity. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(4): 24-30.
- [4] Ministry of agriculture of the people republic China. Agriculture statistic data. <http://www.agri.gov.cn/sjzl/nongyety.htm>.
- [5] Food and agriculture organization of the United Nations (FAO). FAOSTAT. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
- [6] Xie H Y, Ye H S. The update computation for global average yield of main agricultural products in China. *Journal of Guangzhou University (Natural Science Edition)*, 2008, 7(1): 76-80.
- [7] China power. China power yearbook. <http://hvdc.chinapower.com.cn/membercenter/yearbookcenter/content.asp?user=yearbook&columnid=120111103>.
- [8] World Wide Fund for Nature (WWF). National Footprint Accounts. <http://www.footprintnetwork.org/AcademicEdition2006-world.xls>.
- [9] Ren W. The situation analysis of disposable tableware of China. *Journal of Inner Mongolia Finance and Economics College*, 2006(3): 28-30.

参考文献:

- [2] 王庆一. 我国能源密集产品单位能耗的国际比较及启示. *国际石油经济*, 2006, (2): 24-30.
- [3] 谢鸿宇, 陈贤生. 基于碳循环的化石能源和电力生态足迹分析. *生态学报*, 2008, 28(4): 24-30.
- [4] 中国农业部. 农业统计数据. <http://www.agri.gov.cn/sjzl/nongyety.htm>.
- [6] 谢鸿宇, 叶慧珊. 中国主要农产品全球平均产量的更新计算. *广州大学学报自然科学版*, 2008, 7(1): 76-80.
- [7] 中国电力网. 中国电力年鉴. <http://hvdc.chinapower.com.cn/membercenter/yearbookcenter/content.asp?user=yearbook&columnid=120111103>.
- [9] 任文. 关于我国一次性餐具使用的情况分析. *内蒙古财经学院学报*, 2006(3): 28-30.