

文章编号: 1000-5013(2008)01-0097-05

福州与厦门城市生态系统的能值分析对比

胡晓辉, 黄民生

(福建师范大学 地理科学学院, 福建 福州 350007)

摘要: 以福建福州和厦门两市为研究对象, 对其城市主要生态流进行计算和归类, 建立相应的城市复合生态系统与可持续发展能值指标, 并对两城市复合生态系统中自然、经济、社会子系统进行能值综合评估与对比分析. 结果表明, 厦门在经济发展水平和社会人均福利优于福州; 在生态安全和可持续发展能力则落后于福州. 从能值角度出发, 福州应加快城市基础设施建设, 加强城郊地区能值反馈, 科学引导人口转移; 厦门应积极发展绿色产业, 降低生产能耗、物耗, 提高废弃物循环利用率; 两城市应加强区际资源互补和消除技术壁垒, 促成两城市互补、互利, 可持续发展.

关键词: 城市复合生态系统; 能值综合分析; 可持续发展; 福州; 厦门

中图分类号: X 196(257)

文献标识码: A

城市生态系统是城市居民与其周围环境组成的一种特殊人工生态系统, 是人们在改造和适应自然环境的基础上建立起来的自然-经济-社会复合生态系统^[1]. 20 世纪 80 年代, 美国生态学家 Odum 在其长期系统生态研究的基础上, 创造性地提出的一套完整的分析方法——能值理论(Emergy Theory). 能值分析以同一客观标准——太阳能值衡量不同类别、不同能质的能量的真实价值和数量关系. 应用能值的分析方法, 把生态环境系统和人类社会经济系统结合起来, 定量地分析系统中自然资源和人类投入对系统的贡献, 通过对系统中的能量流、物质流、货币流、信息流的能值转换, 可为资源的合理利用、经济发展方针的制定提供了一个重要的度量标准^[2-3]. 城市作为人口集聚和高强度经济活动的主体, 具有旺盛的资源、能源、原料需求和严格的生态环境质量要求. 福州与厦门作为福建省的两大中心城市, 同时面临着常规能源短缺, 能源对外依存度高等问题^[4-5]. 本文从自然-社会-经济复合生态系统的角度将两地各种能量流转化成能值, 并建立相应的城市复合生态系统和可持续发展力的能值指标, 比较分析福州与厦门在资源利用、社会经济发展与对外贸易等方面的差异和地位.

1 研究区域概况

福建福州是我国第一批沿海开放城市之一, 地处中国东南部, 海岸线长达 1 148.8 km. 但其一次能源资源贫乏, 而可更新资源相对富足, 森林覆盖率达 54.8%, 是中国三大林业基地之一, 非金属矿产丰富, 叶腊石矿产储量居全国首位, 闽江河砂矿是世界知名的高级建筑用砂. 2005 年, 福州淡水和海水水产品产量达 171.28 万 t, 福州市实现生产总值 1 482.06 亿元, 比 2004 年增长 9.8%, 全市人均生产总值 22 388 元.

厦门市是中国最早的经济特区之一, 作为轻型产业城市, 其传统能源资源稀缺, 一次能源结构以煤和石油为主, 各种重要能源如电、煤、油、气几乎都依靠省外调入和国外进口. 2005 年, 厦门市旅游总收入达 252.64 亿元, 占当年国内生产总值(GDP)的 24.54%. 旅游业的巨大收益和连锁效应, 促进了外界对厦门的投资, 带动了相关产业的发展. 2004, 2005 年经济增长率连续保持 16% 左右.

收稿日期: 2007-10-31

作者简介: 胡晓辉(1983-), 男; 通讯作者: 黄民生(1955-), 男, 教授, 硕士生导师, 主要从事城市生态经济与可持续发展的研究. E-mail: mshuang@fjnu.edu.cn.

基金项目: 国家社会科学基金资助项目(05BJY075); 福建省自然科学基金资助项目资助(D0610004)

2 城市生态系统能值分析

2.1 数据来源

研究所用的原始数据来自《福建省统计年鉴(2006)》、《福州市统计年鉴(2006)》、《厦门经济特区统计年鉴(2006)》。借助产品和要素的能量折算系数^[6],以及能值转化率^[7-9],对福州和厦门 2005 年国民社会经济统计数据处理和计算得到各种能值数据。

2.2 能值分析过程

能值分析过程主要有如下 4 个步骤。(1) 了解城市生态系统内部结构与能量流动规律。其城市生态系统的能量系统图,如图 1 所示。(2) 从社会、自然和经济 3 个亚系统层面出发,选取了可更新资源、自产可更新资源、不可更新资源消耗、货币流和废物流 5 个主要部分,构建能值分析的主框架(限于篇幅,分析表略去)。(3) 对各项能流数据进行汇总,建立相应的城市复合生态系统能值指标,如表 1 所示。表 1 中,所用计算公式引自文[7-8],能值单位为太阳能焦耳(sej),就是其所具有的太阳能值。(4) 根据指标评价结果,对两个城市的社会、经济、自然和谐度和可持续发展力进行比较和分析,并将主要能值指标同其他地区相比,定位城市发展方向,评估其所处的社会经济地位。

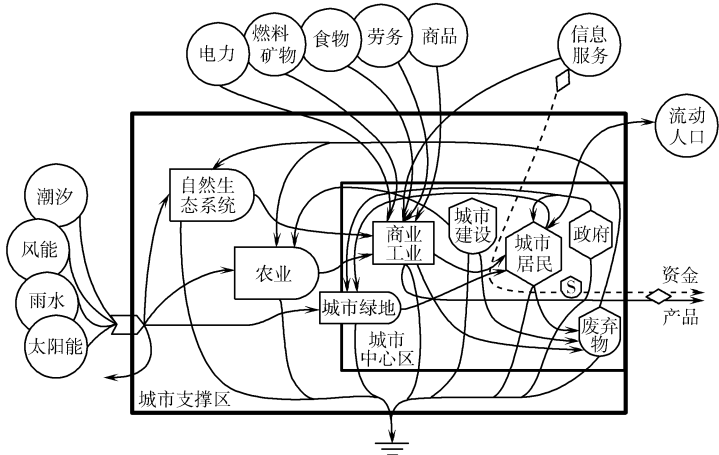


图 1 城市生态系统能量系统图

Fig. 1 The energy system diagram of urban ecosystem

表 1 2005 年福州与厦门城市复合生态系统能值指标表

Tab. 1 Emergy indices of complex ecosystem in Fuzhou and Xiamen (2005)

亚系统	指标	福州	厦门
社会亚系统	人均能值量/ $\text{Psej} \cdot \text{人}^{-1}$	10.72	36.74
	能值密度/ $\text{Tsej} \cdot \text{m}^{-2}$	5.51	35.97
	人口承载力/ 10^4 人	185.63	87.37
	人均燃料能值/ $\text{Psej} \cdot \text{人}^{-1}$	1.283	2.173
	人均电力能值/ $\text{Psej} \cdot \text{人}^{-1}$	1.30	6.13
经济亚系统	能值/货币比率/ $\text{Tsej} \cdot \text{美元}^{-1}$	3.66	4.47
	能值投资率	0.21	1.31
	能值交换率	1.39	1.26
	电力能值比/ %	12.09	16.70
	能值自给率/ %	73.29	43.34
自然亚系统	可更新能值比/ %	3.47	0.44
	能值废弃率	1.13	5.32
	环境负荷率	2.23	14.76
	新能值可持续发展指标(EISD)	1.810	0.144

3 结果分析与讨论

3.1 社会亚系统能值分析

3.1.1 人均能值使用量与能值密度

从表 1 可知,2005 年福州人均能值使用量为 10.72 Psej ,厦门则高达 36.74 Psej ,说明厦门市民人均财富和生活水平优势明显。这不仅超过了国内大多数经济发达城市,而且还达到了 2000 年美国人均的生活水平,如表 2 所示。表 2 中的数据年度,美国为 2000 年^[7],上海和广州为 2002 年^[10],宁波为 2000 年^[11],北京为 2001 年^[12],澳门为 2003 年^[13],新能值指标(EISD)由相应参考文献计算得出。从表 2 可知,福州和厦门两城市社会福利和生活质量均处于国内上游水平,厦门初步具备了中等发达国家的生活水平,同世界发达城市与地区相比,仍有很大差距和提升空间。

能值密度反映一个国家或地区的经济发展集聚程度和经济发展等级,该比值与土地面积成反比,但可作为城市生态经济发展的一个度量标准^[3]。厦门的能值密度为 35.97 $\text{Tsej} \cdot \text{m}^{-2}$,为福州的 6.5 倍之多,略低于上海的 39.54 $\text{Tsej} \cdot \text{m}^{-2}$,处于国内领先水平。这与厦门面积狭小,工业化程度和城市经济密度相对较高,单位面积内经济活动频繁,能量利用强度和频度高等有密切关系。黄书礼等^[14]认为,最大的能值利用都集中于面积不大的城市中心区,而低能值利用则分散在城市周遍的农村地区。周遍地区与

中心区距离与能值利用强度成反比, 并产生了一定的等级关系. 由于福州中心区(1 043 km²) 面积狭小, 而周边农村地区(10 925 km²) 面积却十分广阔, 从能值密度反映出福州经济发展带有明显的地区不平衡性和中心集聚性. 从整体角度来看, 福州单位面积的经济效率和福利远低于厦门.

表 2 城市生态系统主要能值指标比较

Tab. 2 Mayor indices comparison based on emergy evaluation

指标	福州	厦门	上海	北京	广州	宁波	澳门	美国
人均能值量/ Psej· 人 ⁻¹	10. 72	36. 74	23. 19	13. 77	19. 73	5. 43	49. 00	29. 79
人均电力能值/ Psej· 人 ⁻¹	1. 30	6. 13	2. 78	1. 68	1. 97	1. 51	2. 41	5. 82
能值密度/ Tsej· m ⁻²	5. 51	35. 97	39. 54	11. 18	19. 12	3. 14	805. 00	1. 25
能值自给率/ %	73. 29	43. 34	61. 00	40. 00	67. 00	68. 12	1. 76	77. 18
能值交换率	1. 39	1. 26	2. 56	1. 65	2. 32	1. 29	1. 47	1. 75
能值投资率	0. 21	1. 31	0. 91	1. 5	0. 49	0. 47	55. 80	0. 38
环境负载率	2. 23	14. 76	17. 34	7. 46	4. 74	17. 14	813. 00	9. 32
EISD	1. 81	0. 144	0. 13	0. 21	0. 43	0. 27	0. 001 2	0. 159

3. 1. 2 人口承载力 人口承载力是指在目前生活标准下, 系统所能容纳的最大人口数量, 从侧面反映了系统环境压力的大小. 2005 年, 福州人口承载力为 185. 63 万人, 厦门为 87. 37 万人, 而两者实际人口分别为 614. 38, 153. 22 万人, 为其人口承载量的 3. 3, 1. 75 倍. 虽然数据上显示厦门人口压力小于福州, 但由于福州和厦门均地处沿海, 地震、海啸、台风、水土流失等自然灾害发生频繁, 且两城市腹地不足, 城市发展受地理因素所限制, 加上外来务工者的不断流入, 使得原本不大的人口容量面临更大压力.

3. 2 经济亚系统能值分析

3. 2. 1 能值交换率 对外贸易的真实利益获得情况, 取决于国际贸易中的能值交换率^[3]. 即是指在贸易或买卖过程中输入能值与输出能值的比率. 2005 年, 福州和厦门的能值交换率分别为 1. 39 和 1. 26, 同北京(1. 65)、宁波(1. 29)、澳门(1. 74)等城市处于相似水平. 能值交换率大于 1 说明, 在经济贸易过程中获得相对较多真实的财富利益^[6]. 可知, 福州与厦门在对外贸易都处于有利的积极地位, 福州比厦门获得较多的真实财富. 与上海的 2. 56, 广州的 2. 32 相比, 福州与厦门在对外贸易上虽处于优势地位, 但是凭借贸易所带来经济发展和社会财富的刺激与驱动力不足. 能值交换率与贸易中产品类别也有密切关系^[15]. 福州和厦门均需要进口高能值的资源产品如石油、煤炭、天然气等, 并通过输出附加值不高的工业低端产品的工业成品或半成品如机械、半导体、电子产品等来推动经济发展. 鉴于福州有大量非金属矿石出口, 如能适当调整进出口产品结构, 福州将在

表 3 能值流动汇总表

Tab. 3 Summary of major emergy flows

项目	福州	厦门
可更新资源能值/ Zsej	2. 29	0. 248
自产可更新有机能值/ Zsej	26. 2	3. 55
不可更新资源能值/ Zsej	81. 0	24. 2
粗放使用的资源/ Esej	296. 0	48. 1
集约使用的资源/ Zsej	45. 7	24. 1
直接输出的资源/ Zsej	35. 0	N. A
输入能值/ Zsej	17. 6	31. 9
输出能值/ Zsej	12. 7	25. 3
系统总应用能值/ Zsej	65. 9	56. 3
燃料能值/ Zsej	7. 89	3. 33
电力能值/ Zsej	7. 97	9. 40
废弃物能值/ Zsej	2. 59	1. 32

对外贸易中获得更多利益和发展潜力.

3. 2. 2 能值投资率 能值投资率是衡量经济发展程度和环境负载程度的指标, 其值越大, 表明外界投入的能值越大, 经济发展程度越高, 但生态环境所面临的压力也越大. 2005 年福州能值投资率为 0. 21, 厦门则达到了 1. 31, 为福州的 6. 23 倍. 一方面说明了厦门作为特区, 投资环境和对外吸引力都优于福州; 另一方面, 则反映了厦门经济效益虽高, 却面临着更大的环境压力, 生态脆弱度高. 表 3 为福州和厦门主要资源类别的能值流动汇总. 表 3 中, 可更新资源来自雨水势能、雨水化学能和地球旋转能的贡献, 为避免重复计算, 其他可更新资源包含其中. 不可更新资源为表土净损耗、土壤流失消耗能、原煤用量、各种燃料消耗、用电、化肥、水泥、钢材用量, 以及各种矿石输出的总和. 福州自然可更新资源相对丰富, 外界对系统的反馈能值输入不足, 所以数值偏小.

3. 3 自然亚系统能值分析

3. 3. 1 能值自给率 能值自给率和环境负载率, 可以客观的反映城市自然亚系统的资源禀赋和生态环境

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

境压力情况. 能值自给率越高, 表明地区的自给自足能力越强. 区域内系统自身资源相对比较丰富. 2005 年, 福州的能值自给率为 73. 29%, 比厦门(43. 34%) 高出近 30 个百分点. 表明福州本地资源相对厦门丰富, 而从外地购入能值不足, 对外依赖度不高, 发展基础较好. 厦门需要大量外界投资和能源输入, 同其他港口城市如宁波(68. 12%) 、上海(61%) 、广州(67%) 相比, 厦门经济发展对外依存度高, 容易受外界环境的干扰和影响.

3. 3. 2 环境负载率 环境负载率是购入能值和自产的不可更新资源能值的总和与无需付费的环境能值的比率. 2005 年, 福州和厦门的环境负载率分别为 2. 23 和 14. 76. 较高的环境负载率说明, 与福州相比, 厦门在社会经济发展水平和科技发展水平都处于优势地位. 但厦门生态环境自我调节能力差、生态脆弱度高, 在表面优美的环境下承受着较多的生态压力. 较高的环境负载率同时, 也给厦门环境起到了警示作用.

3. 4 可持续发展性能评价

1998 年, 能值应用专家 Brown 和 Ulgianti 首先提出了能值的可持续指标(ESI)^[3], 定义为系统能值产出率与环境负载率之比. 同时, 还规范了 ESI 的量化标准, 即 $ESI < 1$ 为发达国家, $1 < ESI < 10$ 为发展中国家, $ESI > 10$ 为不发达国家. 但是, 许多专家学者在微观区域应用中发现, ESI 存在着许多不科学性和不准确性^[16-17]. 2002 年, 陆宏芳等^[17] 在 ESI 的基础上, 结合中国实际提出了新的能值指标(EISD), 定义为原可持续发展指标和能值交换率的乘积. 经广州、上海、乌鲁木齐城市复合生态系统的实证研究^[14, 17], 表明 EISD 值能更好地评价同等环境压力下, 不同产品生产结构对社会经济发展贡献的不同. EISD 值越高, 说明在单位环境压力下的社会效益越高, 则系统的可持续发展性能越好. 经计算, 2005 年福州的 EISD 值为 1. 81, 厦门 EISD 值为 0. 144. 说明, 福州在获得单位社会效益的同时环境压力比厦门小, 城市生态系统可持续发展性能优于厦门. 与其他地区相比, 福州以其独特的山海资源优势在国内各城市中有明显发展潜力, 而厦门由于过度开发导致其可持续性性能较差.

4 结论及建议

从能值角度可看出, 厦门城市复合生态系统中, 社会亚系统和经济亚系统的各项指标均优于福州市. 厦门作为经济特区, 经济活动的频率高和强度大, 对外贸易自由度高, 资源利用和能值应用强度都高于福州. 对自然亚系统的能值分析可知, 厦门由于本地资源匮乏, 经济发展本地驱动力不足, 过多的依靠外部投资和贸易, 对外依赖度高. 虽然, 目前厦门在经济发展水平和人民生活质量上优于福州, 但从环境负载率和可持续发展性能指标看出, 厦门环境压力大, 系统可持续发展能力不强. 从长远角度来看, 福州比厦门有较强的竞争力和发展潜力.

据此提出以下 4 点发展对策和建议. (1) 福州输入反馈能值仅占总能值的 26. 71%, 应增加反馈能值投入, 发展区内交通, 使城市、城镇、乡村之间形成便捷的交通网络, 加速城市内部各能量等级区之间的转化和交流. 加大福州农村地区的投资和乡镇企业的发展, 改善交通和城市基础设施, 发挥沿海开放城市和省会城市的优势, 积极引进高能值资源(如高级劳动力、资金、管理信息等). 厦门应以港口为依托, 加快深水港建设, 继续发挥对外贸易的优势. (2) 由于台湾海峡的“峡管效应”, 福州风能资源潜力巨大. 应充分利用该区域的清洁无污染的绿色能源, 加大投入, 优化电网结构, 使福州能源利用趋于多样化和产业化. 厦门应立足本地雄厚的科研和教育资源, 致力于研发高新技术, 如海洋能源利用的新领域, 拓展资源利用面并提高资源利用的综合效率. (3) 能值分析说明两城市之间有较强的资源互补性, 应重视两城市间的合作和交流. 如厦门可以将高能值的信息、服务、智力输入福州; 而福州可向厦门输出各种可更新资源产品, 如食品和原材料等. 使区域间能值交换跨越以等级梯度为规律的递进模式, 缩短能量转化周期, 提高经济社会发展效率, 形成资源互补、信息共享、互利共赢的合作机制. (4) 福州和厦门人口都高度集中于城市中心区, 为了缓解所带来的资源运输成本与能源供需关系紧张等问题, 政府应该积极引导人口向城镇与郊区转移, 优化农村地区、小城镇、郊区、中心区之间的能值流动态关系, 使资源流动效率提高. 同时, 政府应该探索建立一种“不求所有, 但求所用”的科技合作创新机制, 通过开展定期产品信息、科技创新交流会和学术探讨会等, 来强化并提升区内科技创新水平和城市内部共享机制.

参考文献:

[1] 杨志峰,何孟常,毛显强,等.城市生态可持续发展规划[M]. 北京:科学出版社,2004: 2-8.

[2] 何兴元.应用生态学[M]. 北京:科学出版社,2004: 630-726.

[3] 蓝盛芳,钦佩,陆宏芳.生态经济系统能值分析[M]. 北京:化学工业出版社,2002: 77-95.

[4] 福州市统计局.福州统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2006.

[5] 厦门市统计局.厦门经济特区年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2006.

[6] 陈阜.农业生态学[M]. 北京:中国农业大学出版社,2002: 114-211.

[7] ODUM H T. Environmental accounting: Emergy and environmental decision making[M]. New York: Johan Wilay & Sons, 1996: 192-237.

[8] ODUM H T, BROWN M T, WILLIAMS S B. Handbook of emergy evaluation: Follos 1[M]. Gainesville: Florida University Press, 2000: 34-69.

[9] HUANG S L, CHIA W C. Theory of urban energetics and mechanisms of urban development[J]. Ecological Modelling, 2005, (1): 49-71.

[10] 隋春花,蓝盛芳.广州与上海城市生态系统能值的分析比较[J]. 城市环境与城市生态, 2006, 19(4): 1-3.

[11] 李加林,张忍顺.宁波市生态经济系统的能值分析研究[J]. 地理与地理信息科学, 2003, 19(2): 73-76.

[12] 李占玲,陈飞星,李占杰.北京市城市生态系统能值分析[J]. 城市问题, 2005, (6): 25-29.

[13] 李金平,陈飞鹏,王志石.城市环境经济能值综合和可持续性分析[J]. 生态学报, 2006, 26(2): 440-448.

[14] HUANG S L, KAO W C, LEE C L. Energetic mechanisms and development of an urban landscape system[J]. Ecological Modelling, 2007, (5): 495-506.

[15] BROWN M T, ULGIATI S. Emergy measures of carrying capacity to evaluate economic investments[J]. Populat Environ, 2001, 22 (5): 471-501.

[16] 陆宏芳,蓝盛芳,彭少麟.系统可持续发展的能值评价指标的新拓展[J]. 环境科学, 2003, 24(3): 150-154.

[17] 陆宏芳,蓝盛芳.评价系统可持续发展能力的能值指标[J]. 中国环境科学, 2002, 22(4): 380-384.

[18] 李秀花,吕光辉,潘晓玲.城市复合生态系统能值分析及可持续发展评估——以乌鲁木齐市为例[J]. 农业科学研究, 2005, 26(2): 31-34.

A Comparative Study of Fuzhou and Xiamen Urban Ecosystem
Based on Emergy Synthesis

HU Xiao-hui, HUANG Min-sheng

(College of Geographical Sciences, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, Fujian, China)

Abstract: This paper take Fuzhou and Xiamen city as the research object, calculated and classified various urban ecological flow of Fuzhou and Xiamen, established corresponding urban complex ecosystem and sustainable development of emergy evaluation indicates. Fuzhou was compared with Xiamen on the view of nature-economy-society complex ecosystem for comprehensive evaluation and comparative analysis. It indicated that: the level of economic development and social welfare per capita in Xiamen were higher than Fuzhou, Xiamen were behind Fuzhou in the field of ecological safety and sustainable development capability. Therefore, for Fuzhou, the urban infrastructure construction should be improved; emergy feedback support to suburban area should be strengthened. Governments should pay more attention to guide population transfer. Xiamen should actively develop the green industry, reduce industrial energy consumption and emissions and raise the level of waste reuse. Fuzhou and Xiamen are suggested to complement and benefit from each other to achieve a sustainable development through strengthening of resources complementarity and eliminating of technical barriers between the two cities.

Keywords: urban complex ecosystem; emergy synthesis; sustainable development; Fuzhou; Xiamen

(责任编辑:黄仲一)