

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 10 期 Vol.32 No.10 **2012**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 10 期

2012 年 5 月 (半月刊)

目次

基于系统动力学的城市住区形态变迁对城市代谢效率的影响.....	李旋旗,花利忠 (2965)
居住-就业距离对交通碳排放的影响	童抗抗,马克明 (2975)
经济学视角下的流域生态补偿制度——基于一个污染赔偿的算例	刘涛,吴钢,付晓 (2985)
旅游开发对上海滨海湿地植被的影响.....	刘世栋,高峻 (2992)
汶川地震对大熊猫主食竹——拐棍竹竹笋生长发育的影响.....	廖丽欢,徐雨,冉江洪,等 (3001)
江西省森林碳蓄积过程及碳源/汇的时空格局.....	黄麟,邵全琴,刘纪远 (3010)
伊洛河流域草本植物群落物种多样性.....	陈杰,郭屹立,卢训令,等 (3021)
新疆绿洲农田不同连作年限棉花根际土壤微生物群落多样性.....	顾美英,徐万里,茆军,等 (3031)
荒漠柠条锦鸡儿 AM 真菌多样性.....	贺学礼,陈杰,郭辉娟,等 (3041)
彰武松、樟子松光合生产与蒸腾耗水特性	孟鹏,李玉灵,尤国春,等 (3050)
中亚热带常绿阔叶林粗木质残体呼吸季节动态及影响因素.....	刘强,杨智杰,贺旭东,等 (3061)
盐土和沙土对新疆常见一年生盐生植物生长和体内矿质组成的影响	张科,田长彦,李春俭 (3069)
长白山北坡林线灌木草本植物与岳桦的动态关系.....	王晓东,刘惠清 (3077)
不同生态条件对烤烟形态及相关生理指标的影响.....	颜侃,陈宗瑜 (3087)
基于因子分析的首蓿叶片叶绿素高光谱反演研究	肖艳芳,官辉力,周德民 (3098)
三峡库区消落带水淹初期土壤种子库月份动态.....	王晓荣,程瑞梅,唐万鹏,等 (3107)
三种利用方式对羊草草原土壤氨氧化细菌群落结构的影响.....	邹雨坤,张静妮,陈秀蓉,等 (3118)
西洋参根残体对自身生长的双重作用	焦晓林,杜静,高微微 (3128)
不同程度南方菟丝子寄生对入侵植物三叶鬼针草生长的影响	张静,闫明,李钧敏 (3136)
山东省部分水岸带土壤重金属含量及污染评价.....	张菊,陈诗越,邓焕广,等 (3144)
太湖蓝藻死亡腐烂产物对狐尾藻和水质的影响.....	刘丽贞,秦伯强,朱广伟,等 (3154)
不同生态恢复阶段无瓣海桑人工林湿地中大型底栖动物群落的演替.....	唐以杰,方展强,钟燕婷,等 (3160)
江西鄱阳湖流域中华秋沙鸭越冬期间的集群特征.....	邵明勤,曾宾宾,尚小龙,等 (3170)
秦岭森林鼠类对华山松种子捕食及其扩散的影响	常罡,王开锋,王智 (3177)
内蒙古草原小毛足鼠的活动性、代谢特征和体温的昼夜节律	王鲁平,周顺,孙国强 (3182)
温度和紫外辐射胁迫对西藏飞蝗抗氧化系统的影响.....	李庆,吴蕾,杨刚,等 (3189)
“双季稻-鸭”共生生态系统 C 循环	张帆,高旺盛,隋鹏,等 (3198)
水稻籽粒灌浆过程中蛋白质表达特性及其对氮肥运筹的响应.....	张志兴,陈军,李忠,等 (3209)
专论与综述	
海水富营养化对海洋细菌影响的研究进展	张瑜斌,章洁香,孙省利 (3225)
海洋酸化效应对海水鱼类的综合影响评述.....	刘洪军,张振东,官曙光,等 (3233)
入侵种薇甘菊防治措施及策略评估.....	李鸣光,鲁尔贝,郭强,等 (3240)
研究简报	
渭干河-库车河三角洲绿洲土地利用/覆被时空变化遥感研究	孙倩,塔西甫拉提·特依拜,张飞,等 (3252)
2009 年冬季东海浮游植物群集	郭术津,孙军,戴民汉,等 (3266)
新疆野生多伞阿魏生境土壤理化性质和土壤微生物.....	付勇,庄丽,王仲科,等 (3279)
塔里木盆地塔里木沙拐枣群落特征	古丽努尔·沙比尔哈孜,潘伯荣,段士民 (3288)
矿区生态产业共生系统的稳定性.....	孙博,王广成 (3296)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 338 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 36 * 2012-05	



封面图说: 哈巴雪山和金沙江——“三江并流”自然景观位于青藏高原南延部分的横断山脉纵谷地区,由怒江、澜沧江、金沙江及其流域内的山脉组成。它地处东亚、南亚和青藏高原三大地理区域的交汇处,是世界上罕见的高山地貌及其演化的代表地区,也是世界上生物物种最丰富的地区之一。哈巴雪山在金沙江左岸,与玉龙雪山隔江相望。图片反映的是金沙江的云南香格里拉段,远处为哈巴雪山。哈巴雪山主峰海拔 5396 m,而最低江面海拔仅为 1550 m,山脚与山顶的气温差达 22.8℃,巨大的海拔差异形成了明显的高山垂直性气候。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201104250542

李旋旗, 花利忠. 基于系统动力学的城市住区形态变迁对城市代谢效率的影响. 生态学报, 2012, 32(10): 2965-2974.

Li X Q, Hua L Z. Landscape aesthetic assessment based on experiential paradigm assessment technology. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(10): 2965-2974.

基于系统动力学的城市住区形态变迁 对城市代谢效率的影响

李旋旗^{1,2,*}, 花利忠¹

(1. 中国科学院城市环境研究所, 城市环境与健康重点实验室, 厦门市城市代谢重点实验室, 厦门 361021;

2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 改革开放以来我国的城市化率急速提高, 城市住区形态变迁呈现出大规模、翻新频率快和多样化的特点。研究不同城市住区形态变迁前后的代谢效率变化, 对我国的可持续人居环境构建有着重大的意义。运用功能分类法设计了城市代谢系统分类框架作为构建城市代谢系统动力学模型的基础, 继而通过对住区与住区形态的文献调研与形态分析, 将典型住区类型分为旧式住区、传统单位住区、普通商品房住区、新式商品房住区与半城市化住区。选择厦门市为研究区域, 采用调查问卷进行了数据收集, 并用能值分析法计算出不同住区类型的代谢效率, 随后用 Vensim 软件构建了住区形态变迁对城市代谢效率影响的系统动力学模型。通过情景模拟后发现: 住区形态的更迭过程基本上都会带来福利效率的提升, 但在很多情况下会给城市整体物质代谢效率带来负面影响, 交通效率与住房效率的下滑是最主要的原因。旧式住区向半城市化住区转变是仅有一个城市整体物质代谢效率提高的情景。半城市化住区和普通商品房住区向新式商品房住区转变的情景下, 城市整体物质代谢效率的下降幅度与福利效率的增长幅度都较为适中。

关键词: 城市代谢; 住区形态变迁; 住区代谢效率; 系统动力学

Landscape aesthetic assessment based on experiential paradigm assessment technology

LI Xuanqi^{1,2,*}, HUA Lizhong¹

1 Key Laboratory of Urban Environment and Health, Key Laboratory of Urban Metabolism of Xiamen, Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen, 361021, China

2 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China

Abstract: As urbanization rapidly advances around the globe, there is a simultaneous increase in human welfare and an increase in resource and environmental burdens. In 2008, the world's urban population exceeded its rural population for the first time in history, and urban areas have entered the spotlight in various conflicts between humans and nature. Research into solving urban problems has thus become key to the reconciliation of many such conflicts. As the world's second-largest economy, China is a rapidly developing country, and it is affected by many kinds of urban problems; such problems are likely to become exacerbated and more complex. Statistics indicate that urbanization in China has rapidly increased from 17.92% at the beginning of its reform and opening-up in 1978 to 46.6% in 2009. In the process, urban settlements have undergone transformation in terms of large scale, fast pace of restructuring, and diversification. To study the changes in efficiency before and after this urban transformation took place has great implications for establishing sustainable human settlement in China. Urban metabolism studies, which are considered an important approach toward building sustainable

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KZCX2-YW-450)

收稿日期: 2011-04-25; 修订日期: 2011-11-25

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lixq@chinaeeb.gov.cn

cities and improving the urban operational efficiency, are a suitable means of investigating the effects of settlement transformation on urban metabolic efficiency.

Through a literature review of settlements, settlement forms, and morphological analysis, typical urban settlement forms have been identified in this study as old neighborhood, traditional welfare neighborhood, average commercial neighborhood, modern commercial neighborhood, and peri-urban neighborhood. Using a functional classification method, an urban metabolic system classification framework was designed as the basis for developing a dynamic model for an urban metabolic system. Through model simulation, the changes in efficiency can be analyzed as one typical settlement form transforms into another.

Xiamen in China was selected for the case study area, and a questionnaire interview was used to collect the data; 44 neighborhoods were chosen for the questionnaire interview, and 1482 responses were received. Emergy analysis was applied to calculate the efficiency of different settlement forms. Vensim software was used to monitor the effect of settlement transformation on the dynamic model for the urban metabolic efficiency system, and four scenarios were designed in connection with development patterns in China.

Through scenario simulation, the following findings were made. Generally, all settlement-transformation processes increase welfare efficiency; however, in most cases negative trends in overall urban material metabolic efficiency appeared, with declines in transport efficiency and housing efficiency being the main reasons. The highest growth in welfare efficiency appeared in the scenario of an old neighborhood transforming into a traditional welfare neighborhood, but it was accompanied with the largest fall in overall urban metabolic efficiency. Although there was the least welfare-efficiency improvement in the scenario of an old neighborhood transforming into a peri-urban neighborhood, it was the only scenario in which the overall urban metabolic efficiency increased—and by a large margin. In the scenario of an average commercial neighborhood transforming into a modern commercial neighborhood, the decline in the overall urban metabolic efficiency and increase in welfare efficiency were both moderate. This was a typical transformation model whereby consumption was traded for welfare. Similarly, in the scenario of a peri-urban neighborhood transforming into a modern commercial neighborhood, there was an average increase in welfare efficiency and an average decrease in overall urban metabolic efficiency. The scenario of an old neighborhood transforming into a peri-urban neighborhood was the only scenario in which the overall urban material metabolic efficiency increased. In the scenario of a peri-urban neighborhood and average commercial neighborhood transforming into a modern commercial neighborhood, the increase in welfare efficiency and decrease in overall urban material metabolic efficiency were both moderate.

Key Words: urban metabolism; settlement transformation; settlement metabolic efficiency; system dynamics

全球城市化正在急速推进,在给人类带来巨大利益的同时也给资源与环境带来了日益严重压力。2008年,世界城市人口有史以来第一次超过了农村人口,城市成为各种矛盾的焦点,研究和解决城市问题实质上也成为缓解各种矛盾的根本所在。中国作为一个快速崛起的发展中国家和当今的世界第二大经济体,也无法摆脱种种城市问题的束缚,甚至在某些方面可以说问题更加严重和复杂。统计显示我国的城市化率从改革开放之初 1978 年的 17.92% 迅速发展 to 2009 年 46.6%,急速城市化过程中,我国居民住区变迁过程呈现出大规模、翻新频率快和多样化的特点。研究不同城市住区形态变迁前后及过程中物质、能量消费的变化情况,对指导我国的可持续人居环境构建、城市建设和社会经济的高效率发展有着重大的意义。城市代谢研究,作为建设可持续城市,提高城市的运行效率的一项重要手段,用来研究住区形态变迁对城市代谢效率的影响,实为上佳之选。该理论由 1965 年 Wolman 首次提出,通过模拟一个有 100 万人口的虚拟城市,对其水、材料和废水的流进流出通量进行定量化代谢分析,旨在对比分析当时美国城市水供应紧张、空气质量低下以及排水系统发展滞后等问题。他将城市的代谢需求解释为“用来维持城市居民生活、工作和娱乐的所有材料和商品,以及

在一段时间内城市构建和维护所需的建筑材料;而代谢循环的整个过程,直到废弃物和生活残留物完成危害最小化处理后才算真正完结^[1]”。

早期的代谢研究如 Rappaport, Hanya 和 Ambe 和 Newcombe 集中在对城市代谢理论的解释,及尝试对宏观尺度的城市真实案例的各种物质代谢过程与效率进行分析^[2-4];20 世纪 90 年代以来,由于其针对性和现实指导性等特点,城市代谢相关研究已经成为现代城市生态研究领域的焦点,研究内容逐渐丰富拓展,包括了元素、能量、物质与非物质等研究^[5-7],并被认为是达成城市可持续性的关键^[8]。有调查显示,近些年来城市的物质投入总量和废弃物的输出总量都在急剧增长^[9],许多学者逐渐意识到现代城市的不可持续性往往是由于微观或者邻里尺度的失败设计所导致^[10]。近 10a 来城市代谢的研究尺度逐渐深入到微观视角(社区、建筑物、家庭)^[5,9,11-12],住区作为城市基本的组成单元之一,其形态依据人类社会发展的需求在不断变换革新,形态上的改变与内在过程的变化必然存在某种联系,这种形态与过程之间的关系将最终反应到整个城市的运转和代谢过程之中。家庭及住区尺度的代谢吞吐量大小对于城市环境压力具有举足轻重的作用^[9],在我国,住区及家庭微观尺度的代谢研究刚刚起步^[13-14],而城市多种类型住区的代谢综合研究还尚缺乏。通过对住区尺度的城市代谢研究,有助于认识整体城市生态系统代谢,从根本上解开系统“黑箱”,从而提高城市代谢和运行效率,对探索我国可持续住区形态,以及可持续城市发展模式具有现实意义。本研究选取城市不同类型的住区作为研究案例,对不同的物质、能量代谢过程的效率进行统一化评估,由此建立住区形态能量代谢效率综合评价指标体系,通过系统动力学模拟,探明住区形态变迁对能量代谢效率的主要影响因子及其机制,进而提出调控能量代谢效率的可行规划手段。

1 研究区域、研究方法和数据来源

1.1 研究区域

厦门市地处我国东南沿海,福建省东南部、九龙江入海处,背靠漳州、泉州平原,濒临台湾海峡,面对金门诸岛,与宝岛台湾和澎湖列岛隔海相望。厦门市由厦门岛、鼓浪屿、内陆九龙江北岸的沿海部分地区以及同安、翔安等组成,陆地面积 1565.09 km²,海域面积 390 km²,下辖思明、湖里、集美、海沧、同安、翔安 6 个行政区。主体厦门岛南北长 13.7 km,东西宽 12.5 km,面积约 128.14 km²,是福建省第四大岛屿,因古时为白鹭栖息之地而称“鹭岛”。

30 年代,厦门岛的建设始于岛西南部老城区^[15],自 1980 年设立经济特区以来,厦门市很长一段时间以岛内为核心的发展模式使得岛内外住区形态呈现显著差异^[16]。近几年来厦门经济加速发展,居民生活水平提高,岛外建设步伐逐渐加大。随着海湾型城市的推进,城市空间向岛外蔓延,城市的快速发展与城乡结合部的剧烈演变使得厦门市的住区形态更显多元化,是住区形态变迁调查的理想对象。

1.2 研究方法

1.2.1 能值分析法

80 年代,各种系统学说与能量理论的兴起与发展为在城市代谢过程中追踪多种物质能量流提供了条件,目前与住区代谢相关的分析方法主要包括物质流分析(Materials Flow Analysis, MFA)、能量流分析(Energy Analysis, EA)、焓分析(Exergy Analysis, EXA)、生命周期评价、能值分析等^[17],其中尤其以 Odum 的能值分析法最具影响^[18]。能值分析理论是以太阳能为基准能量对一切物质和能量进行量化转换,进而进行分析评价的理论体系。其最主要的概念包括能值,其定义是物质或服务生成过程中所需要的直接或间接投入能量的总和;能值转换率,是指单位产品或服务所需要的能量与太阳能能值之间转化率。

能值的基本计算公式如下:

$$E_m = \sum_i \text{transformity}_i \times E_i \quad (1)$$

式中, E_m 为能值量, Transformity_i 为资源 i 的能值转换率, E_i 为资源 i 的实际投入量。

1.2.2 住区代谢效率评价方法

为统一计算住区代谢过程中的物质能量输入,本文包括了影响住区代谢效率的 3 个主要物质消耗过程:

住房运转与维护,饮食的准备与消费,私人或公共交通工具的使用^[9]。除此之外还加上了一个非物质方面的福利效率指标。本研究为统一核算需要,将住房运转与维护效率(简称住房效率)、饮食的准备与消费效率(简称人体效率)交通运输效率(简称交通效率)通过能值核算法进行换算,而福利效率则采用了极值标准化法对住区福利相关数据进行无量纲标准化处理。

住区代谢总体效率的计算公式如下:

$$E_i = P_i \times (\frac{S_f \times Inx_f}{I_{if} - O_{if}} + \frac{S_m \times Inx_m}{I_{im} - O_{im}} + \frac{S_t \times Inx_t}{I_{it} - O_{it}}) + Sat_i \times Inx_s$$

(2)

式中, i 代表住区, E 为住区代谢效率, P 为住区居民人数, S 为完成某一过程所需的最小物质质量, I 为物质总输入量, O 为物质总输出量, f 为住房运转与维护过程, m 为人体代谢过程, t 为交通运输过程, Inx 代表权重值, Sat 表示住区福利效率。

权重由《2010 厦门经济特区年鉴》^[19]居民消费数据中相关各类物质所占消费比重转换为能值比后求得。

1.3 数据来源

本研究所需的各类消费数据均采用调查问卷进行收集,数据的收集过程分为问卷设计、调查实施、数据统计与检验 3 个步骤。问卷内容涵盖家庭基本信息、住房状况、家庭用能、家庭用水、家庭食品消费、交通出行、居住满意度及垃圾产生情况几个方面。本研究根据“三明治空间抽样模型”抽样方法^[20]对厦门市住区代谢调查点位进行了筛选,在厦门市选取了 44 个住区实施问卷调查,各住区的地理位置分布如图 1 所示。

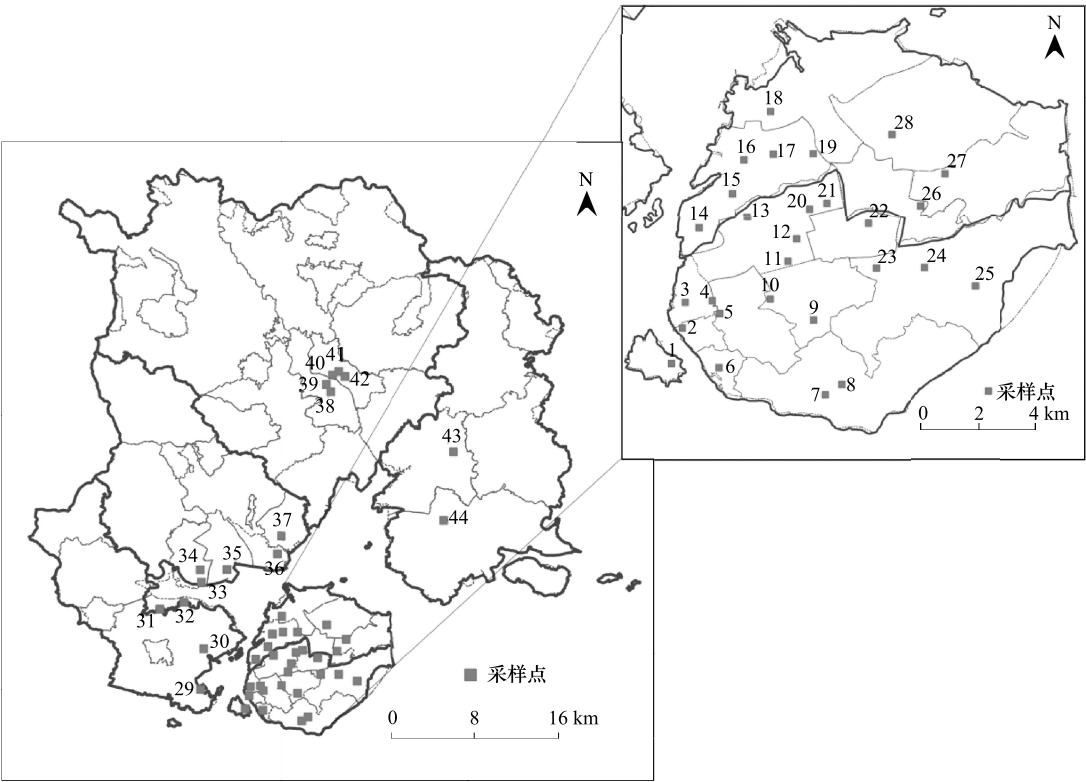


图 1 厦门住区问卷调查点位分布

Fig. 1 Location of Study Settlements in Xiamen

2 不同类型住区的代谢效率

2.1 数据处理

2.1.1 物质输入与输出

此次问卷调查所获得的物质输入数据水、电、燃气以及食品消耗均是以货币消费量元为单位,为将货币消

费转换为实际的物质与能量值,本文参照问卷调查当月《厦门城市市场价格监测旬报表》的价格《2010 年厦门经济特区年鉴》^[19]中居民食品消费结构(消费金额比例),再赋以旬报表中的价格求得各类食品的消费量。问卷调查获得的垃圾产量数据是以斤每户每天为单位,为将其转化实际物质输出,本文依据《厦门市城市生活垃圾管理与综合治理规划》^[21]研究中厦门市生活垃圾结构数据计算得出。

2.1.2 公共交通出行方式能耗

本研究对各类公共交通出行方式能耗的计算公式如下:

$$ECR_t = \frac{TOD_t \times FCR_t \times ATT_t}{TAT_t} \quad (5)$$

式中, t 为交通出行类型,ECR 代表能耗速率,单位为 L/100km;TOD 为研究区域内指定交通方式的总运营里程,单位为 100 km/a;FCR 为研究区域内指定交通方式的平均油耗,单位为 L/100km;TAT 为研究区域内指定交通方式的总运载人数,单位为人次/a;ATT 为研究区域内人均出行时间,单位为 min·人⁻¹·次⁻¹。

本研究参照 McArdle 的人体体重、运动方式、速度与能量消耗对照表计算得到非机动车化出行方式(自行车与步行)的能耗,各类公共交通方式的年运营里程、年运送人次、平均出行耗时大部分由厦门市交通委员会编制的《2008 厦门交通邮电发展报告》^[22]中获得,而常规公交、出租车以及快速公交 BRT 的百公里油耗数据则结合了文献调研及与公交司机的访谈结果。在本研究中私家车与出租车能耗被视为一致。年总运营里程百公里数据中,BRT 数据为向快速公交公司咨询而得,中小巴企业用车为向厦门市交通委咨询,系 2007 年底测得数据,电摩、电瓶车与出租车数据源于相关网络报道。最终获得的不同出行方式能耗换算值如表 1。

表 1 不同出行方式能耗

Table 1 Energy Consumption of Different Travel Modes

出行方式 Travel mode	步行 Walking	自行车 Cycling	电瓶车与电摩 Electrical Bike	普通公交 Bus
能耗 Energy consumption/(kJ/min)	17.2	29.3	20.58	152.88
出行方式 Travel mode	BRT 快速公交 Bus rapid transit	出租车与私家车 Taxi and car	定点班车 Scheduled bus	
能耗 Energy consumption/(kJ/min)	58.24	3590.4	116.48	

2.1.3 类型住区的代谢效率

分析不同形态住区之间代谢效率的差异首先需要对所调查的住区进行形态分类。基于不同住区的形态结构特征,参考不同时期厦门岛建成区扩张的空间特征,辅以实地考察,Google Earth 影像分析等手段,完成了分类工作,分类结果如表 2 所示。

住区福利效率的 5 项指标的取值范围均为 1 至 5,交通效率所有调查住区人均交通能耗的比较值,为进行最后的效率统一核算,在此采用极值标准化法对住区福利效率与物质效率相关数据进行无量纲标准化处理。为突显出不同住区之间福利值的差异性,且便于分析对比,本研究中[new_Xmin, new_Xmax]的取值区间被定为 0.01 到 1。物质效率为加权综合住房效率、交通效率、人体模型效率后的值。

遵照以上分类计算获得不同住区类型的效率(表 3)。

3 模型分析

3.1 系统动力学模型构建

系统动力学(System Dynamics,简称 SD)是一门分析研究信息反馈系统的学科,也是一门认识系统问题和解决系统问题的交叉综合学科。它起源于 1956 年,创始人美国麻省理工学院的 Jay W. Forrester 教授。最初系统动力学是为了分析生产管理及库存管理等企业问题而提出的系统仿真方法,它基于系统论,吸收了控制论、信息论的精髓,是一门综合自然科学和社会科学的横向学科^[23]。

表 2 主要住区形态特征与变迁时间

Table 2 Typical settlement form's timely and morphological feature					
住区类型 Settlement form	旧式住区 Old neighborhood	传统单位住区 Traditional welfare neighborhood	普通商品房住区 Average commercial neighborhood	新式商品房住区 Modern commercial neighborhood	半城市化住区 Peri-urban neighborhood
主要建筑特征 Main features	自建房、骑楼等2—3层低层历史建筑,	单位小院式福利房,以4—7层为主	早期商品住房,5—12层为主	新式商品住房,市区以12层以上公寓小区为主,城市外围主要以别墅形式出现	多为3—5层自建或改建房,建筑质量较差,无活动空间和绿化设施
上升期 Rising period	经济欠发展时期	国有企业大发展时期	1994年开始逐渐兴起,1998年以后成为主要扩张形态	2003年以后随着经济的发展日益兴盛	快速城市化导致的过渡型住区
衰退期 Declining period	伴随着经济发展而逐渐减少	1994年以后逐渐减少,至1998年完全停止	2003年以后逐渐被新式商品房压缩	尚未显现	随着城市化日渐成熟而消亡

表 3 不同住区类型效率对比

Table 3 Efficiency of different settlement forms					
住区类型 Settlement form	物质效率 Material efficiency	福利效率 Welfare efficiency	人体效率 Occupant efficiency	住房效率 Housing efficiency	交通效率 Transport efficiency
旧式住区 Old neighborhood	0.38	0.44	0.41	0.33	0.20
传统单位住区 Traditional welfare neighborhood	0.34	0.57	0.37	0.30	0.12
普通商品房住区 Average commercial neighborhood	0.42	0.63	0.46	0.36	0.14
新式商品房住区 Modern commercial neighborhood	0.40	0.72	0.46	0.28	0.06
半城市化住区 Peri-urban neighborhood	0.42	0.49	0.44	0.43	0.25

系统动力学的诞生与计算机技术密不可分,早在 20 世纪 50 年代系统动力学发展初期就出现了 DYNAMO 计算机语言,随着系统动力学和计算机的发展,相应的软件和设计语言也日新月异,Ventana 公司推出的 Vensim 是当今运用最为广泛的系统动力学软件之一。本研究使用 Vensim 版本 5.7a 进行住区形态变迁对城市代谢效率影响的建模与分析。

任何系统动力模型的建立都离不开其变量之间因果关系的分析。在以往的系统动力学建模过程中,对系统边界内变量的选择及因果关系的确定,基本上是根据相关领域专家的定性分析^[24]。根据城市代谢的主要功能结构,本研究设置城市供能系统、城市工商业系统、城市运输系统、城市住建系统(进一步分为城市住区系统和事业建筑系统)、城市排泄系统 5 个主体功能系统作用为状态变量,构建了城市代谢系统流程图(图 2)。

将不同系统之间相互的代谢效率影响关系加入到物质流程当中,得到住区形态变迁对城市总体代谢效率的影响模型的完整模型(图 3)。

此外为进一步比较不同情景下住区福利效率的变化情况,构建了住区形态变迁对住区福利效率的影响基础模型(图 4)。

3.2 情景设置与参数设定

基于以上两个城市代谢模型,设置 4 种情景模式对不同住区形态变迁情景下城市总体效率与住区福利效率的演变情况加以分析:

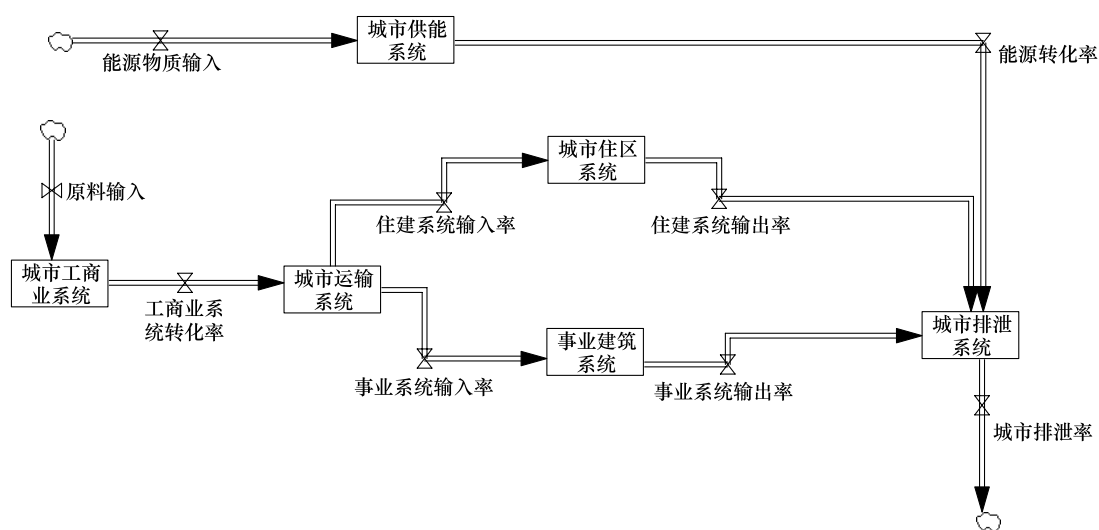


图2 城市代谢系统流程图

Fig. 2 Urban metabolism flow chart

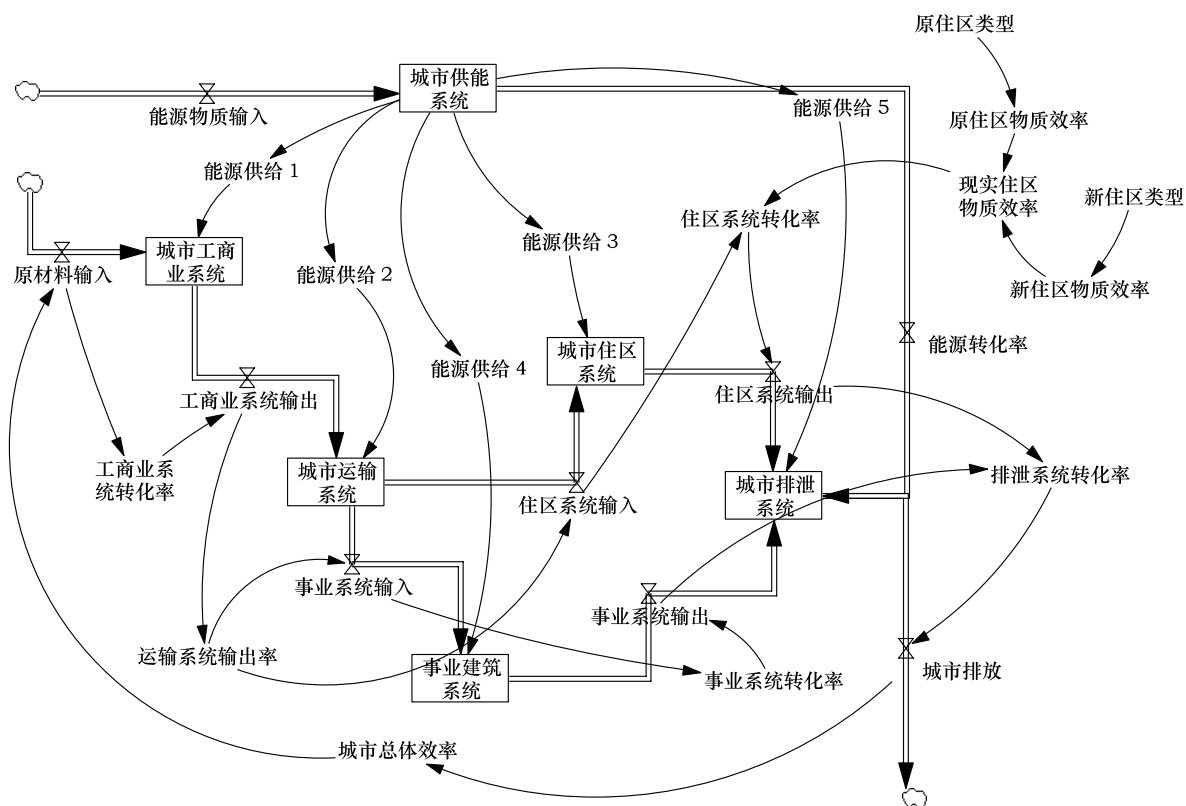


图3 基于SD的住区形态变迁对城市总体物质代谢效率的影响模型

Fig. 3 SD based settlement transformation effect urban metabolic efficiency model

情景 A 旧式住区向传统单位住区转变。这一情景的设置回顾了 20 世纪末中国城市住区形态变迁的主体过程,从住区福利和物质代谢效率两个角度分析这两个具有最相近时间特征住区形态的优劣。

情景 B 旧式住区向半城市化住区转变。此情景主要表现出快速城市化过程当中,部分城市区域旧式住区在未被改造之前,当地居民对原有房屋结构进行了大量的改建,之后以出租方式获取收益,致使旧式住区的属性逐渐向半城市化住区转变。

情景 C 普通商品房住区向新式商品房住区转变。这一情景针对近些年来,尤其在国内外的大中城市,伴随着经济的增长与房地产市场的升温,很多地理位置优越的普通商品房住区在建成不久之后即被拆除,取而代之以较高层的新式商品房住区。

情景 D 半城市化住区向新式商品房住区转变。这一情景的设置背景与 C 情景相类似,不过此情景发生的区域多在城市化进程较快的大城市城乡结合部。

模型中各个系统的代谢效率取值大部分运用能值核算法依照 1984—2003《中国城市统计年鉴》^[25] 与 2004—2010 年《厦门市特区年鉴》^[26] 中的各个系统代谢过程的主要物质投入产出数据,参考《福建省地级市代谢系统差异性研究》^[27] 中主要指标的能值转换率计算的多年平均效率值,而事业建筑系统的效率取用了所有调查住区总体代谢效率的平均值。住区系统与事业建筑系统的需求权重被定为 1:1。而各类住区的物质代谢效率与福利效率则使用上一部分基于问卷调查的分析结果。

3.3 模拟结果与讨论

设置模型的开始年代为 1,运行周期为 100a,时间间隔为 1a,住区的转变速率为 1%,除住建系统外,其它各个部分的效率在运行过程中保持不变。模型分析的结果如下:

从总体上来看,一方面在全部 4 种情景之下住区的福利效率都得到了提升,这表示较新型(图 5)的住区能够更好的满足居民对福利增长的需求;另一方面城市的整体物质代谢效率却在情景 A、C 和 D 下出现了下滑(图 6)。

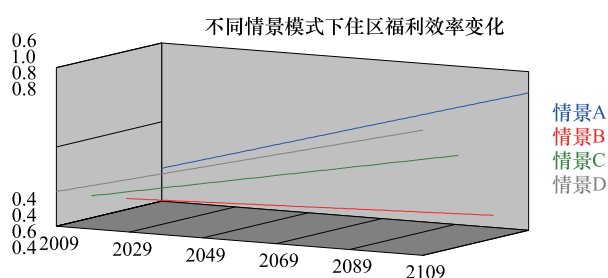


图 5 不同情景模式下住区福利效率变化图

Fig. 5 Welfare efficiency change in scenerio analysis

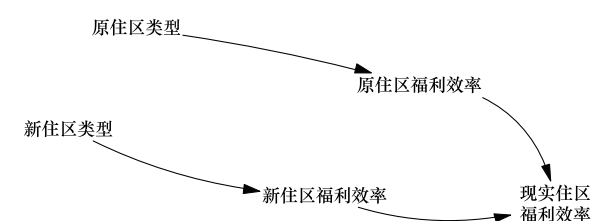


图 4 基于 SD 的住区形态变迁对住区福利效率的影响模型

Fig. 4 SD based settlement welfare efficiency model

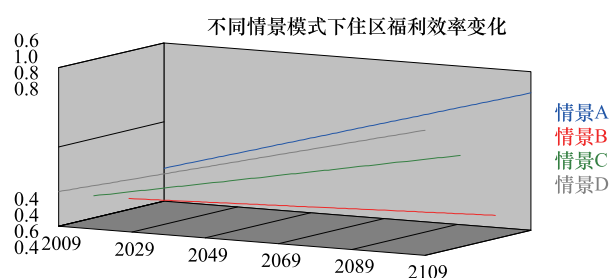


图 6 不同情景模式下城市总体物质效率变化图

Fig. 6 Whole efficiency change in scenerio analysis

情景 A (分析图中以蓝线表示) 在旧式住区向传统单位住区转变的情景下较其它情景福利效率得到了最大幅度的提升,同时城市的总体物质代谢效率却出现最大程度的下滑。这一结果与传统意识上认为单位住区应该比相对分散的传统住区具有更高的物质代谢效率相悖,究其原因可能是由于相对紧凑的邻里结构一方面大大提高了居民生活休闲和社交的满意程度,然而这样的邻里结构无形之中增长了对物质生活的追求,使得物质消费得到提升,这样又进一步提高了住区的整体福利。此外,休闲和通勤出行消耗变化也可能是导致整体物质代谢效率下滑的另一个原因。由情景的分析结果表明

情景 B (分析图中以红线表示) 在旧式住区向半城市化住区转变的情景之下虽然福利效率的提升幅度最小,但却是仅有的一个整体物质代谢效率增高且增幅较大的情景。究其原因可能是居民对原有旧式建筑的结构进行了大量改建,并且面向流动人口出租,使得住区的人口承载力得到了很大的提升,但是却最大程度上保留了原有的生活习性。这是整体物质代谢效率得到较大提升,而福利效率提升很小的最主要原因。此外,原本就不宽裕的生活空间由于人口密度的增加显得更加狭窄、拥挤,进一步阻碍了福利效率的增长。

情景 C (分析图中以绿线表示) 在普通商品房住区向新式商品房住区转变的情景下,整体物质代谢效率的下降幅度与福利效率的增长幅度都较为适中。这表明新型商品房住区针对更为时尚的生活方式而设计能

够更好的满足居民对福利增长的需求。然而时尚新颖生活方式往往需要更多的物质消费来维持,在交通、饮食、住房能耗等方面的消耗都将增加,是典型的消耗换福利的转变模式。

情景 D(分析图中以灰线表示) 在半城市化住区向新式商品房住区转变的情景下,与上一情景的结果十分相似,整体物质代谢效率的下降幅度与福利效率的增长幅度都较为适中。同样是典型的消耗换福利的转变模式。这一结果表明,即便是大众较为认同半城市化住区向新式商品房住区的改造过程,其实质上带来的整体代谢效率收益也并不那么乐观。

4 结论

(1)交通和住房效率低下是阻碍新式商品房住区代谢效率提升的主要原因。因此必须从新式商品房住区的整体规划设计之初就要把交通节能和低能耗生活摆在最重要的位置,否则必将加重城市物质代谢的负担。

(2)从城市物质代谢效率的角度来看,在较旧的住区形态向较新住区形态的更迭过程中,在很多情况下会给城市的整体物质代谢效率带来负面影响,换一句话说即加重了城市的物质消费负担。尤其是在情景 C 和 D 中,普通商品房住区与半城市化住区向新式商品房住区的变迁情景下,即时下最为火热的旧城旧住区的改造过程,新型住区带来的福利效率增长被相应程度的物质效率下滑所中和,加上改造的过程中牵涉到大量的人力、财力和自然资源,从生态效率的角度来说,自然是不应该提倡的。即便是从城市代谢效率的长远角度来看,此类变迁的实际效益也有待商榷。

(3)从旧式住区向半城市化住区转变的情景分析(情景 B)看来,尽管在很多城市居民的印象中,此情景模式下产生的半城市化住区都离不开脏、乱、挤、暗、差的形象,但从城市代谢的角度来看,它们以最小的物质投入换来了很大程度上的整体物质代谢效率的提高。尽管有碍于城市整体福利的抬升,但在一定时期内,有其不可磨灭的效率意义。

本研究再次证明了新生住区较传统住区的优越性,传统住区形态向新式住区形态的转变虽是大势所趋,但从物质流和能量流角度,新式住区以消耗更多资源和能源为基础,而城市输入系统依赖于外界,长此以往,城市支撑系统能否维持住区代谢的增长,城市代谢更迭历程是否能向可持续形式转变,是城市化进程中不可忽视的问题,也是城市决策者必须直面的现实。

References:

- [1] Wolman A. The metabolism of cities. *Scientific American*, 1965, 213(3): 179-190.
- [2] Rappaport R A. The flow of energy in an agricultural society. *Scientific American*, 1971, 224(3): 117-133.
- [3] Hanya T, Ambe Y. A study on the metabolism of cities//*Science For A Better Environment*. Tokyo: HESC, Science Council of Japan, 1976.
- [4] Newcombe K, Kalma J D, Aston A R. The metabolism of a city: the case of Hong Kong. *Ambio*, 1978, 7(1): 3-15.
- [5] Baccini P, Brunner P H. *Metabolism of the Anthroposphere*. Berlin: Springer-Verlag, 1991.
- [6] Newman P W G. Sustainability and cities: extending the metabolism model. *Landscape and Urban Planning*, 1999, 44(4): 219-226.
- [7] Sahely H R, Dudding S, Kennedy C A. Estimating the urban metabolism of Canadian cities: Greater Toronto Area case study. *Canadian Journal for Civil Engineering*, 2003, 30(2): 468-483.
- [8] Baccini P. Understanding regional metabolism for a sustainable development of urban systems. *Environmental Science and Pollution Research*, 1996, 3(2): 108-111.
- [9] Codoban N, Kennedy C A. Metabolism of neighborhoods. *Journal of Urban Planning and Development*, 2008, 134(1): 21-32.
- [10] Moles R, Foley W, Morrissey J, O'Regan B. Practical appraisal of sustainable development-methodologies for sustainability measurement at settlement level. *Environmental Impact Assessment Review*, 2008, 28(2/-3): 144-/-165.
- [11] Berg P G, Nycander G. Sustainable neighbourhoods-a qualitative model for resource management in communities. *Landscape and Urban Planning*, 1997, 39(2/3): 117-135.
- [12] Churchill C J, Baetz B W. Development of decision support system for sustainable community design. *Journal of Urban Planning and Development*, 1999, 125(1): 17-35.
- [13] Tao Z P. *Ecological Rucksack and Footprint — Perception of Weight and Area of Sustainable Development*. Beijing: Economic Science

Press, 2003.

- [14] Li D. Ecological Researches on the Energy Metabolism in Urban Human Settlement [D]. Beijing: Research Center for Eco-Environmental Sciences, The Chinese Academy of Sciences, 2008.
- [15] Editorial Board of Xiamen Urban Construction Records. Xiamen Urban Construction Records. Xiamen: Lujiang Press, 2000.
- [16] Lin S. Preliminary Study of the Urbanization and Modern Architecture in Amoy [D]. Xiamen: Huaqiao University, 2001.
- [17] Ma Q F, Huang X J, Yu S T, Chen Y. Review on the research of metabolism. Journal of Natural Resources, 2007, 22(1): 141-152.
- [18] Odum H T, Odum E C. Energy Basis for Man and Nature, Vol 3559. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1983.
- [19] Xiamen Statistical Bureau. Xiamen Statistical Yearbook-2010. Beijing: China Statistics Press, 2010.
- [20] Gao L L, Li X H, Wang C P, Qiu Q Y, Cui S H, Zhao Q J. Survey site selection based on the spatial sampling theory: a case study in Xiamen Island. Geo-Information Science, 2010, 12(3): 358-364.
- [21] Gao P Q. Management and integrated treatment planning of municipal domestic waste in Xiamen City. Environmental Sanitation Engineering, 2007, 15(5): 8-11.
- [22] Xiamen Road Transportation Bureau. Xiamen Traffic Post and Telecommunications Development Report. Xiamen Road Transportation Bureau, 2008.
- [23] Wang Q F. System Dynamics. Shanghai: Shanghai University of Finance and Economics Press, 2010.
- [24] Xie Z L. System dynamics research on correlation between regional economy and regional logistics. Railway Transport and Economy, 2009, 31(11): 82-86.
- [25] National Statistical Bureau. National Statistical Yearbook. Beijing: China Statistics Press, 1985-2003.
- [26] Xiamen Statistical Bureau. Xiamen Statistical Yearbook. Beijing: China Statistics Press, 2004-2009.
- [27] Yao L, Huang M S, Li H, Hu X. The distinction research in urban metabolism system of Fujian Province. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(19): 300-305.

参考文献:

- [13] 陶在朴. 生态包袱与生态足迹——可持续发展的重量及面积观念. 北京: 经济科学出版社, 2003.
- [14] 李栋. 城市人居环境能量代谢的生态学研究 [D]. 北京: 中国科学院生态环境研究中心, 2008.
- [15] 厦门城市建设志编纂委员会. 厦门城市建设志. 厦门: 鹭江出版社, 2000.
- [16] 林申. 厦门近代城市与建筑初论 [D]. 厦门: 华侨大学, 2001.
- [17] 马其芳, 黄贤金, 于术桐, 陈逸. 物质代谢研究进展综述. 自然资源学报, 2007, 22(1): 141-152.
- [19] 厦门市统计局. 厦门经济特区年鉴 2010. 北京: 中国统计出版社, 2010.
- [20] 高丽玲, 李新虎, 王翠平, 邱全毅, 崔胜辉, 赵千均. 空间抽样的理论方法与应用分析——以厦门岛问卷调查为例. 地球信息科学学报, 2010, 12(3): 358-364.
- [21] 高培卿. 厦门市城市生活垃圾管理与综合治理规划. 环境卫生工程, 2007, 15(5): 8-11.
- [22] 厦门市交通委员会. 厦门交通邮电发展报告. 厦门市交通委员会, 2008.
- [23] 王其藩. 系统动力学. 上海: 上海财经大学出版社, 2009.
- [24] 谢自莉. 区域经济和区域物流相关性的系统动力学研究. 铁道运输与经济, 2009, 31(11): 82-86.
- [25] 国家统计局城市社会经济调查司. 中国城市统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 1985-2003.
- [26] 厦门市统计局. 厦门经济特区年鉴. 北京: 中国统计出版社, 2004-2009.
- [27] 姚玲, 黄民生, 李恒, 胡欣. 福建省地级市代谢系统差异性研究. 中国农学通报, 2010, 26(19): 300-305.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 10 May, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Landscape aesthetic assessment based on experiential paradigm assessment technology	LI Xuanqi, HUA Lizhong (2965)
Significant impact of job-housing distance on carbon emissions from transport: a scenario analysis	TONG Kangkang, MA Keming (2975)
The watershed eco-compensation system from the perspective of economics: the cases of pollution compensation	LIU Tao, WU Gang, FU Xiao (2985)
The tourism development impact on Shanghai coastal wetland vegetation	LIU Shidong, GAO Jun (2992)
Effects of the Wenchuan Earthquake on shoot growth and development of the umbrella bamboo (<i>Fargesia robusta</i>), one of the giant panda's staple bamboos	LIAO Lihuan, XU Yu, RAN Jianghong, et al (3001)
Forest carbon sequestration and carbon sink/source in Jiangxi Province	HUANG Lin, SHAO Quanqin, LIU Jiyuan (3010)
Species diversity of herbaceous communities in the Yiluo River Basin	CHEN Jie, GUO Yili, LU Xunling, et al (3021)
Microbial community diversity of rhizosphere soil in continuous cotton cropping system in Xinjiang	GU Meiying, XU Wanli, MAO Jun, et al (3031)
Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of <i>Caragana korshinskii</i> Kom. in desert zone	HE Xueli, CHEN Zheng, GUO Huijuan, et al (3041)
Characteristics of photosynthetic productivity and water-consumption for transpiration in <i>Pinus densiflora</i> var. <i>zhangwuensis</i> and <i>Pinus sylvestris</i> var. <i>mongolica</i>	MENG Peng, LI Yuling, YOU Guochun, et al (3050)
Seasonal dynamic and influencing factors of coarse woody debris respiration in mid-subtropical evergreen broad-leaved forest	LIU Qiang, YANG Zhijie, HE Xudong, et al (3061)
Influence of saline soil and sandy soil on growth and mineral constituents of common annual halophytes in Xinjiang	ZHANG Ke, TIAN Changyan, LI Chunjian (3069)
Dynamics change of <i>Betula ermanii</i> population related to shrub and grass on treeline of northern slope of Changbai Mountains	WANG Xiaodong, LIU Huiqing (3077)
Effects of ecological conditions on morphological and physiological characters of tobacco	YAN Kan, CHEN Zongyu (3087)
A study on the hyperspectral inversion for estimating leaf chlorophyll content of clover based on factor analysis	XIAO Yanfang, GONG Huili, ZHOU Demin (3098)
Monthly dynamic variation of soil seed bank in water-level-fluctuating zone of Three Gorges Reservoir at the beginning after charging water	WANG Xiaorong, CHENG Ruimei, TANG Wanpeng, et al (3107)
Effects of three land use patterns on diversity and community structure of soil ammonia-oxidizing bacteria in <i>Leymus chinensis</i> steppe	ZOU Yukun, ZHANG Jingni, CHEN Xiurong, et al (3118)
Autotoxicity and promoting: dual effects of root litter on American ginseng growth	JIAO Xiaolin, DU Jing, GAO Weiwei (3128)
Effect of differing levels parasitism from native <i>Cuscuta australis</i> on invasive <i>Bidens pilosa</i> growth	ZHANG Jing, YAN Ming, LI Junmin (3136)
Heavy metal concentrations and pollution assessment of riparian soils in Shandong Province	ZHANG Ju, CHEN Shiyue, DENG Huanguang, et al (3144)
Effect of decomposition products of cyanobacteria on <i>Myriophyllum spicatum</i> and water quality in Lake Taihu, China	LIU Lizhen, QIN Boqiang, ZHU Guangwei, et al (3154)
Succession of macrofauna communities in wetlands of <i>Sonneratia apetala</i> artificial mangroves during different ecological restoration stages	TANG Yijie, FANG Zhanqiang, ZHONG Yanting, et al (3160)
Group characteristics of Chinese Merganser (<i>Mergus squamatus</i>) during the wintering period in Poyang Lake watershed, Jiangxi Province	SHAO Mingqin, ZENG Binbin, SHANG Xiaolong, et al (3170)
Effect of forest rodents on predation and dispersal of <i>Pinus armandii</i> seeds in Qinling Mountains	CHANG Gang, WANG Kaifeng, WANG Zhi (3177)
Circadian rhythms of activity, metabolic rate and body temperature in desert hamsters (<i>Phodopus roborovskii</i>)	WANG Luping, ZHOU Shun, SUN Guoqiang (3182)
Effects of temperature stress and ultraviolet radiation stress on antioxidant systems of <i>Locusta migratoria tibetensis</i> Chen	LI Qing, WU Lei, YANG Gang, et al (3189)
Carbon cycling from rice-duck mutual ecosystem during double cropping rice growth season	ZHANG Fan, GAO Wangsheng, SUI Peng, et al (3198)
Protein expression characteristics and their response to nitrogen application during grain-filling stage of rice (<i>Oryza Sativa</i> L.)	ZHANG Zhixing, CHENG Jun, LI Zhong, et al (3209)
Review and Monograph	
Advances in influence of seawater eutrophication on marine bacteria	ZHANG Yubin, ZHANG Jiexiang, SUN Xingli (3225)
A review of comprehensive effect of ocean acidification on marine fishes	LIU Hongjun, ZHANG Zhendong, GUAN Shuguang, et al (3233)
Evaluation of the controlling methods and strategies for <i>Mikania micrantha</i> H. B. K.	LI Mingguang, LU Erbei, GUO Qiang, et al (3240)
Scientific Note	
Dynamics of land use/cover changes in the Weigan and Kuqa rivers delta oasis based on Remote Sensing	SUN Qian, TASHPOLAT. Tiyp, ZHANG Fei, et al (3252)
Phytoplankton assemblages in East China Sea in winter 2009	GUO Shujin, SUN Jun, DAI Minhan, et al (3266)
On the physical chemical and soil microbial properties of soils in the habitat of wild Ferula in Xinjiang	FU Yong, ZHUANG Li, WANG Zhongke, et al (3279)
The community characteristics of <i>Calligonum roborovskii</i> A. Los in Tarim Basin	Gulnur Sabirhazi, PAN Borong, DAUN Shimin (3288)
Stability analysis of mine ecological industrial symbiotic system	SUN Bo, WANG Guangcheng (3296)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 10 期 (2012 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 10 (May, 2012)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100071	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元