

中国城市紧凑度与城市效率关系的时空特征

黄永斌^{1,2} 董锁成¹ 白永平³

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院大学, 北京 100049;

3. 西北师范大学地理与环境科学学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要 运用熵值法和超效率 DEA 对 2001、2005 和 2012 年中国 279 个地级以上城市紧凑度和城市效率进行测算后, 通过象限图法分析二者的关系, 探讨各地区、各规模等级城市紧凑度与城市效率关系的时空特征, 通过分析中国城市紧凑度与城市效率的关系, 探讨中国城镇紧凑发展可持续性。研究表明: ①城市紧凑度整体小幅提高, 反映出城市高强度与高密度的开发程度有所增强; 而城市效率波动提升且普遍偏低, 城市效率评价价值低于 0.6 的城市占比高达 90% 以上; ②城市紧凑度与城市效率非同步演进, 城市紧凑度下降时, 城市效率下降较明显, 而紧凑度的提升不一定有效提升城市效率; ③二者关系整体上以低级协调为主, 大多数城市紧凑度与城市效率较低, 其次为紧凑优先、高级协调和效率优先型。区域尺度上, 二者关系类型的区域差异明显, 低级协调型城市连绵分布于东北和中西部地区, 东部地区高级协调和紧凑优先突出, 其中高级协调型城市团块状分布于京津冀、长三角和珠三角地区; ④二者关系存在较弱的规模等级递增效应, 城市规模等级越高, 紧凑优先型的比重越大。大型城市紧凑度较高, 而城市效率较低, 说明其集聚不经济现象突出, 应合理疏导城市功能外移, 形成大都市-都市区-城镇群的空间组织模式, 核心引领周边区域发展的同时, 降低大型城市发展的社会经济成本和环境成本, 提高城市效率; 中小城市城市紧凑度较低, 其城镇建设用地开发模式粗放低效, 应有效控制建设用地无序扩张, 提高城镇公共服务设施和基础设施的规模效应, 提升中小城镇建设用地的土地经济密度和利用效率, 推动中小城镇集聚紧凑发展。

关键词 城市紧凑度; 城市效率; 时空特征; 紧凑城市; 地级以上城市

中图分类号 F293.2 文献标识码 A 文章编号 1002-2104(2015)03-0064-10 doi: 10.3969/j.issn.1002-2104.2015.03.009

改革开放以来, 中国城市进入快速发展阶段, 城市规模呈现快速增长特征, 但城镇建设用地的过度扩张, 导致城市空间对周边农用地的侵占以及水资源和能源的过度消耗, 加重了中国的资源环境压力。欧美国家为应对城市蔓延问题提出的“紧凑城市”理念, 成为中国城市发展的借鉴模式之一。与西方国家相比, 中国城市土地利用效率低下、经济增长水平较低^[1], 城市人居环境与生态环境亟待提高。紧凑城市在提升城市建设用地利用率的同时, 能否逐步改善城市人居环境和生态环境, 稳步提升城市效率需要仔细分析, 这对认识新型城镇化和提高中国城镇化建设水平具有重要意义。

“紧凑城市”最早由 Dantzig 和 Satty 提出^[2], 其后几十年间, 紧凑城市在实证研究和规划应用层面不断充实和完善, 针对西方城市蔓延、内城贫困、远程通勤、社会隔离等问题具有重要的指导意义^[3-5]。紧凑城市本是为抑制建

成区向郊区扩大、诱导居民回归市中心择居而提出的一种城市模型, 它要求更多考虑对中心区城市资产的灵活运用、中心区商业及文化活动的再开发、倡导使用公共交通、抑制小汽车交通、维持高密度的城市空间和高强度的开发模式等, 但 Neuman 指出尽管紧凑城市的使用非常广泛, 尚未形成一个广为接受的概念^[5]。紧凑城市的研究存在三种导向, 包括形态导向、目标导向和过程导向。形态导向将紧凑视作城市蔓延的对立面, 强调城市形态与空间结构的集中与分散^[6-12]; 目标导向认为“紧凑”是一种具体的城市规划目标, 是强调高密度、高强度的发展模式^[6, 13]; 过程导向将“紧凑”置于城市演变的动态背景之下, 倾向于将紧凑视为一种城市发展过程^[5]。大量学术文献从形态导向角度探讨紧凑城市, 这—是因为形态导向直接面向概念本源, 目标较明确; 二是因为形态导向将紧凑度视作一种城市形态特征的测度量, 根据城市最小外接圆面积、

收稿日期: 2014-09-17

作者简介: 黄永斌, 博士生, 主要研究方向为城市与区域发展。

基金项目: 国家自然科学基金项目“宁蒙沿黄地带城市化与环境耦合机理与调控研究”(编号: 41271556)。

最长轴长度等指标量化^[14-15],在实证研究中易于表达。此外,这三种研究导向存在相互融合的趋势,说明紧凑城市的研究尺度越发多元化^[16]。因概念内涵的不同,紧凑城市可持续性的研究亦处于靶心移动的状态(moving target)。从类型学上看,紧凑城市可持续性的研究多从侧面切入,探讨城市紧凑度与宜居性^[5]、交通成本^[10-12]、能源消费^[12]、社会成本^[17-18]与环境成本^[9,18-20]等其他城市要素的关系。Neuman指出当城市蔓延被贴上不可持续的标签时,它的对立面——紧凑——被想当然的认为是一种可持续的空间发展模式^[5];Echenique对英国3个典型城市区域的可持续性进行研究,指出城市紧凑发展的经济成本要高于蔓延、扩散型城市,无法证明紧凑型优于蔓延型的城市形态^[18];Liu指出紧凑城市的建设或许能提高生态效率和资源效率,但如果人口密度过高,不断增加的人均污染暴露程度和污染成本将降低环境效率^[21],城市紧凑度的提升未必会进一步提升城市综合效率。国外学者多认为城市紧凑度与城市效率、社会公平、环境成本之间并非简单的线性关系^[5-6]。

国内学者对于“紧凑城市”的探讨源于精明增长和新城市主义等理念的引入,与国外不同,针对于中国城市中心城区持续繁荣与城镇建设用地扩张并存的特殊性^[22],国内对于紧凑城市的研究集中于概念内涵的建构、样本城市用地扩展的有效控制和城市空间形态上^[23-24],对紧凑城市是否可持续的关注较少。概念建构方面,国内学者对于紧凑城市的理解更侧重于认为“紧凑”是一种城市发展战略,而非一种具体的城市空间形态^[25-26]。样本城市用地扩展和城市空间形态方面的研究可分为全国类型城市^[1,27-28]、省域^[29]、跨省域^[30-31]、市域^[32]和社区微观层面^[33]。国内针对紧凑城市可持续性的研究中,范进对中国220个地级市交通、家庭能耗与城市密度的关系进行了探讨,表明城市低密度发展会导致城市能耗增加^[34];郑思齐估算了1999-2006年间254个地级以上城市的居住碳排放量,表明气候条件适宜、城市发展紧凑的城市,人均居住碳排放水平显著较低^[35];郭腾云通过GIS和Malmquist方法研究了31座特大城市空间紧凑度与城市效率的相关关系,认为特大城市的空间紧凑度与城市效率之间存在一定的互动关系^[36];程开明对三大地带城市紧凑度与能源消耗的关系进行了分析,表明城市紧凑度越高人均能源消费量越低^[37],国内学者的研究理论更多的认为城市紧凑度能很好地降低能耗,提高城市效率。

文章从城市紧凑度与城市效率相互协调的角度,分析2001、2005和2012年地级以上城市紧凑度与城市效率关系的时空特征,以期通过探讨不同地区、不同规模等级间城市紧凑度与城市效率的关系,识别各类型城市的发展状

态,为城市可持续发展的研究提供新视角,为新型城镇化建设提供参考和借鉴。

1 研究方法

1.1 指标体系构建和测度方法

1.1.1 测度指标体系构建

作者认为若“紧凑”概念的理解不同,则紧凑度的度量便有一定的差异。从紧凑度测度的途径来看,可分为市域宏观途径、街区和市区的微观途径以及空间结构途径。市域宏观途径将整个市域(建成区或城市行政区)视为一个均质高密度的研究单元,街区和社区微观途径则将视角置于城市内部的街区和社区,空间结构途径侧重分析中心与郊区、单中心与多中心、集中与分散的空间类型及其对居住、就业等的影响^[13]。总体来看,从不同空间尺度测算城市紧凑度,其尺度选择根据研究目标而确定,但无论研究采用哪种导向或尺度,紧凑城市都强调高强度开发(intensification)、高密度(high density)及混合利用(mix of uses)三种特征^[38]。与城市紧凑度类似,城市效率的测度也有多种角度,包括城市土地效率、城市空间效率、城市生态效率等。文章中的“城市效率”采用传统经济学投入产出比概念,指在一定的生产技术条件下,城市物质资源要素的有效总产出与总投入的比值,是城市投入要素资源的有效配置、运行状态和经营管理水平的综合体现。

城市紧凑发展提升城市效率的作用机制可分为四个层面:一,通过土地节约集约利用,城市建设用地高强度开发,这便于资本集中和积累,加速资金周转,同时有利于生产协作和专业分工,从而大大提高劳动生产率;二,通过吸引人口向市中心集中,强化社会接触,降低经济、社会、科技、文化信息的交流成本,激活城市经济活力,同时便于对劳动者的劳动技能进行多方面的培养和提高,增加劳动者的就业本领和选择就业的机会;三,城市空间高密度混合利用,高效配置公共资源、水资源和能源,提高公共基础设施和服务设施的规模效益,从而大量节约生产成本;四,通过倡导短距离通勤和发展公共交通,缩短通勤成本,降低汽车污染物排放。城市紧凑发展通过高强度开发、高密度及混合利用,降低城市经济运营成本,激活城市社会活动,降低资源浪费与能源消耗,进而提高城市效率。

文章从城市空间形态结构、社会经济要素空间组织和生态环境协同能力三方面构建城市紧凑度综合评价体系。相关研究表明中国城市空间形态对城市紧凑度影响较小^[32],这里量化城市空间形态结构因子时,侧重于城市土地利用结构,而未引入城市形态因子;社会经济要素的空间组织从经济紧凑、人口紧凑、公共服务紧凑和基础设施紧凑4个维度展开;生态环境因子从生态环境协同维度展

开。指标体系含6个一级指标和33个二级指标,采用复合指标法,尽可能涵盖紧凑城市土地开发强度和结构、经济发展规模和结构、经济和人口发展的“密度”和“弹性”、配套基础设施能效、公共服务可获得能力和生态环境可持续发展能力等环节和方面,以此构建城市紧凑度综合评价指标体系^[39](见表1)。城市效率的评估将土地、劳动力、资金作为投入要素,将经济效益、社会效益和环境效益作为目标产出。投入指标方面,土地投入使用城市建设用地面积表示;劳动力指标采用市区非农从业人员数表示;资金投入选用全社会固定资产投资额。产出指标方面,经济效益指标选取市区二、三产业产值表示,社会效益采用人均社会消费品零售总额表示^[40],人均社会消费品零售总额由社会商品的供给和有支付能力的商品需求的规模所决定,主要反映城市居民生活水平状况;环境效益,反映城市绿色生态空间的存量与供应,采用人均绿地面积表征。

1.1.2 测度方法

(1) 熵值法。在综合指标体系的测度中,熵值法赋权根据指标本身提供的信息量决定指标权重,可使赋权客观有效。一般认为,某项指标值变异程度越大,信息熵值越小,则该指标的权重越高;反之,某项指标值变异程度越小,信息熵值越高,则该指标的权重越低。紧凑度测度指标体系中各指标的权重采用基于标准化变换改进后的广义熵值法^[41](见表1),计算过程如下:

①构建原始指标数据矩阵:样本城市 m 个,评价指标 n 项,形成原始数据矩阵 $X = \{x_{ij}\}_{m \times n} (0 \leq i \leq m, 0 \leq j \leq n)$;

②数据标准化处理: $x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\sigma_j}$, \bar{x}_j 、 σ_j 分别为 x_j 的平均值和标准差;

③计算第 j 项指标的熵值 e_j : $e_j = -\mu \sum_{i=1}^m (Y_{ij} \cdot \ln Y_{ij})$ ($\mu = 1/\ln^{(m)}, 0 \leq e_j \leq 1$), 其中 $Y_{ij} = x'_{ij} / \sum_{i=1}^m x'_{ij}$;

④计算评价指标 j 的权重 w_j : $w_j = d_j / \sum_{j=1}^n d_j$, 其中 $d_j = 1 - e_j$;

⑤最后计算城市 i 的紧凑度得分 $C_i = \sum_j C_{ij}$, 其中 $C_{ij} = w_j \times Y_{ij}$ 。

(2) 超效率DEA评价方法。城市效率的评价有指标体系法、全生产要素评价法(索罗残差法、含参数前沿生产函数法)和数据包络分析法。数据包络分析法(DEA)是在“相对效率评价”概念基础上发展起来的一种系统分析方法,较适用于多投入多产出决策单元的绩效评价^[42]。传统CCR和BCC模型计算得出的城市效率评价价值介于0与1之间,当 $\theta = 1$ 时表示决策单位属于有效决策单元,否则为无效决策单元。其缺点在于无法对有效单元进一步加以区分,而超效率DEA能有效区别有效决策单元之间

的效率差异^[43],其基本思想是在进行第 k 个决策单元效率评价时,使第 k 个决策单元的投入和产出被其他所有决策单元投入和产出的线性组合代替,而将第 k 个决策单元排除在外。设有 n 个决策单元 DMU_j , $x_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})^T$ 为 DMU_j 的 m 个输入指标, $y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})^T$ 为 DMU_j 的 s 个输出指标。其模型如下:

$$\text{Min } \theta \text{ s. t. } \sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j y_j \geq y_k, \sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j x_j \leq \theta x_k, \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n$$

模型不作任何限制,表示固定规模报酬,即为超效率CCR-DEA模型。附加限制条件 $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ 时,表示变动规模报酬,即超效率BCC-DEA模型。在超效率DEA模型中,无效决策单元效率值与CCR模型和BCC模型一致;而对于有效决策单元,可以使其投入按比率增加,而效率可保持不变,其投入增加比率即其超效率DEA评价价值。超效率DEA模型是一种核算相对相率的方法,只要各个研究对象保持相对一致性,其结果不会有大的偏差。

1.2 象限图法

象限图法源于笛卡尔平面直角坐标系,将横坐标轴 X 与纵坐标轴 Y 形成的区域称作象限,以公共原点为中心,通过 X 、 Y 轴划为4个象限。其具体绘制方法是将UE(城市效率)和UC(城市紧凑度)进行标准差标准化处理,生成新的变量ZUE和ZUC,并将ZUE作为 Y 轴,ZUC作为 X 轴,从而绘制成点集(ZUC, ZUE),即在坐标轴上绘制出散点样式的象限图^[41]。

基于象限图法,城市紧凑度与城市效率的关系可分四类:高级协调、效率优先、低级协调和紧凑优先型。具体为:第一象限,高级协调型($ZUC > 0, ZUE > 0$),城市紧凑度较高,城市效率同步,呈双高状态;第二象限,效率优先型($ZUC < 0, ZUE > 0$),城市效率较高,而城市紧凑度较低;第三象限,低级协调型($ZUC < 0, ZUE < 0$),城市紧凑度、城市效率较低,呈双低状态;第四象限,紧凑优先型($ZUC > 0, ZUE < 0$),城市紧凑度较高,而城市效率相对较低。

2 研究对象及数据来源

2.1 研究对象

至2012年底,中国大陆共有地级以上城市289个,考虑到数据可获得性和行政变更等因素,确定本文的研究单元为279个地级以上城市,剔除的10个城市为广东省阳江、云浮和揭阳市,海南省三沙市,贵州省毕节市和铜仁市,云南省临沧市和丽江市,甘肃省陇南市以及西藏的拉萨市(拉萨市三年数据皆有很多缺漏,阳江、云浮与揭阳市2004-2012年居住、生产、基础设施用地面积数据缺失,临

表1 城市紧凑度评价指标体系
Tab.1 Comprehensive evaluation index system of urban compactness

要素名称 Name	指标名称 Index	含义 Meaning	权重(%) Weights(%)
土地利用紧凑(LUC) (12%)	市区开发利用强度	建成区面积/市区面积	6.7
	用地利用率	城市建设用地面积/建成区面积	0.8
	居住用地占比	居住用地面积/建成区面积	2.1
	生产用地占比	公共设施、工业和仓储用地面积/建成区面积	0.7
	基础设施用地占比	对外交通、市政设施和道路广场用地面积/建成区面积	1.4
	土地利用结构熵	城市土地利用结构特征	0.3
经济紧凑(EOC) (22.3%)	人均GDP	GDP/市区总人口	4.5
	二三产业产值占GDP比重	二三产业产值/GDP	0.5
	二三产业从业人员比重	二三产业从业人员数/单位从业人员数	0.2
	经济增长弹性	GDP增长率/城市建设用地面积增长率	0.4
	单位面积投入强度	固定资产投资总额/市区面积	8.7
	单位面积产出强度	GDP/市区面积	8.0
人口紧凑(POC) (13.1%)	市区人口密度	市区人口/市区面积	4.9
	建成区人口占比	(建成区人口+建成区暂住人口)/市区人口	2.1
	人口就业密度指数	单位从业人员/市区面积	2.9
	人口增长弹性	(建成区人口+建成区暂住人口)增长率/城市建设用地面积增长率	0.1
	居住人口密度	(建成区人口+建成区暂住人口)/居住用地面积	3.1
基础设施紧凑(IFC) (18.1%)	人均道路面积	市区道路面积/(建成区人口+建成区暂住人口)	2.9
	建成区路网密度	市区道路长度/市区面积	1.8
	公交系统效率	公共汽电车客运总数/年末实有公共营运汽电车	2.4
	用水普及率	建成区用水人口/(建成区人口+建成区暂住人口)	1.5
	排水管道密度	建成区排水管道长度/建成区面积	1.9
	燃气普及率	建成区用气人口/(建成区人口+建成区暂住人口)	1.7
	基础设施运营成本	城市维护建设资金/(建成区人口+建成区暂住人口)	5.9
公共服务紧凑(PSC) (11.8%)	教育服务	市区中小学在校专任教师数/市区中小学在校学生数	0.3
	医疗服务	万人医院床位数;万人医院医生数	2.0
	文化服务	每百人公共图书藏书量	4.8
	社会保障完善程度	社会福利业从业人员数/(建成区人口+建成区暂住人口)	1.5
	社会福利水平	社会消费品零售总额/(建成区人口+建成区暂住人口)	3.2
生态环境协同(EEC) (22.7%)	人均公共绿地面积	建成区公园绿地面积/(建成区人口+建成区暂住人口)	2.7
	建成区绿化覆盖率	建成区绿化覆盖面积/建成区面积	1.1
	污水处理厂集中处理率	污水处理厂处理的污水量/污水排放量	13.4
	生活垃圾无害化处理率	生活垃圾无害化处理量/生活垃圾清运量	5.5

注: 土地利用结构熵为 $H = -\sum_{i=1}^N P_i \log P_i$, N 为用地类型数, P_i 为各类用地面积比重^[44]; 生活垃圾无害化处理率为生活垃圾无害化处理量/生活垃圾产生量, 但生活垃圾产生量不易取得, 这里用生活垃圾清运量代替。

沧州市(2004年设立)、丽江市(2003年设立)和陇南市(2004年设立)缺少2001年城市建设相关数据,毕节市和铜仁市(2011年设立),三沙市缺少2001年和2005年城市建设相关数据;研究区域涵盖东北地区(黑吉辽三省34个地市和内蒙古的赤峰、通辽和呼伦贝尔三市)37个城市、北部沿海地区(京津冀鲁)30个城市、华东沿海地区(苏沪浙)25个城市、南部沿海地区(闽粤琼)29个城市、中部地区(晋豫皖鄂湘赣)80个城市、西北地区(陕甘宁青新和内蒙古的呼和浩特、包头、乌海、鄂尔多斯、巴彦淖尔和乌兰察布六市)35个城市以及西南地区(川渝桂黔云藏)43个城市。

2.2 数据来源

选择2001、2005和2012年作为分析年份,2012年为最新分析数据,反映实证分析时效性,2001年与2005年皆有重要城市土地政策发布,这极大地影响了城市土地配置。2001年《关于加强国有土地市场管理的通知》发布,是国有土地试行市场机制的第一个国家政策,成为经营性土地由非市场配置向市场配置转变的分水岭,对土地资源市场配置制度的确立具有历史意义。2005年,继续推进实行《关于深化改革严格土地管理的决定》中农田保护和存量建设用地普查的工作,而且《关于做好土地利用总体规划编修前期工作意见的通知》首次明确提出全面落实科学发展观要以严格保护耕地为前提,坚持最严格的土地管理制度。

数据来源于2002、2006和2013年《中国城市统计年鉴》^[45]以及2001、2005和2012年《中国城市建设统计年鉴(报)》^[46],部分地市缺失数据根据相应年份各省(市、地区)统计年鉴予以补齐;仍有难以查找的数据,则通过多年平均增长率进行插值。

3 紧凑度、城市效率的时空特征

3.1 城市紧凑度时空特征

从中国城市紧凑度得分的统计性描述(见表2)可看出,紧凑度得分平均值由0.192上升至0.293,中位数从0.176上升至0.289,说明中国城市紧凑度整体小幅提高,反映出城市高强度与高密度的开发程度有所增强。标准差系数由0.095降为0.073,说明紧凑度得分的离散程度逐渐减弱,城市间差距有所降低。中国城市紧凑度的空间格局呈东高西低的特征,表现为东部地区(华东沿海、南部沿海和北部沿海)城市平均紧凑度较高,其次为中部和东北地区,最后为西北和西南地区,这与区域经济发展水平的格局基本一致(见图1)。

3.2 城市效率时空特征

超效率DEA结果显示中国城市效率先升后降,城市

表2 中国城市紧凑度统计性描述

年份 Year	最大值 Max	最小值 Min	平均数 Average	中位数 Median	标准差 Std.
2001	0.528	0.041	0.192	0.176	0.095
2005	0.564	0.062	0.231	0.224	0.102
2012	0.594	0.093	0.293	0.289	0.073

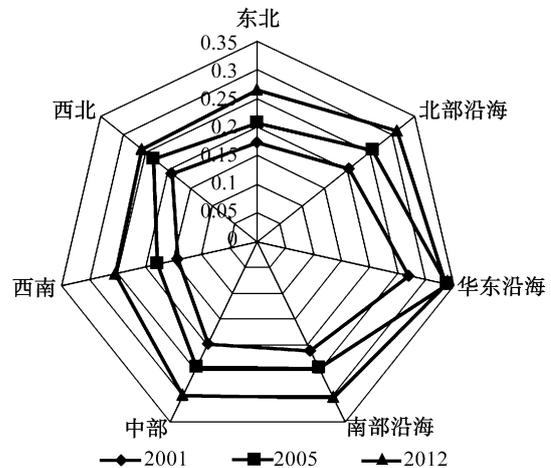


图1 各地区城市紧凑度平均值
Fig. 1 Mean of urban compactness for regions

效率普遍较低。2001年城市效率平均值为0.440,2005年增至0.498,而后降至0.394,城市效率呈先增大再减小的趋势。从城市效率评价值的分布区间来看,2012年有效城市只占全部样本的3.94%,而评价值0.6以下的城市比重高达90.68%,这充分显示出中国的城市效率普遍未达到理想状态,城市效率较低。中国城市效率呈东高西低的空间格局,南部沿海、华东沿海城市效率较高,其次为北部沿海和中部地区,最后为西北、东北和西南地区(见图2)。

4 相关关系分析

4.1 二者非同步演进

根据各期城市紧凑度和城市效率的评价值,对二者进行线性相关分析,发现二者相关系数较低,且从线性、指数、幂指数、双对数等方程的估计结果来看,二者关系较难通过函数形式表达。遂对城市紧凑度(UC)与城市效率(UE)在2001-2005年、2005-2012年、2001-2012年的变化进行分析,以UC与UE演进判断二者关系,该判别依据二者提升或下降的同步性,四种结果分别是 C^+E^+ (UC提升、UE提升)、 C^+E^- (UC提升、UE下降)、 C^-E^- (UC下降、UE下降)、 C^-E^+ (UC下降、UE提升)。

结果显示,城市紧凑度与城市效率变化并不同步,其

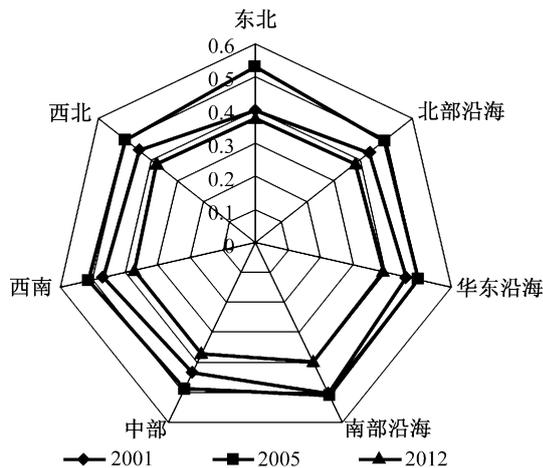


图2 各地区城市效率平均值
Fig. 2 Mean of urban efficiency for regions

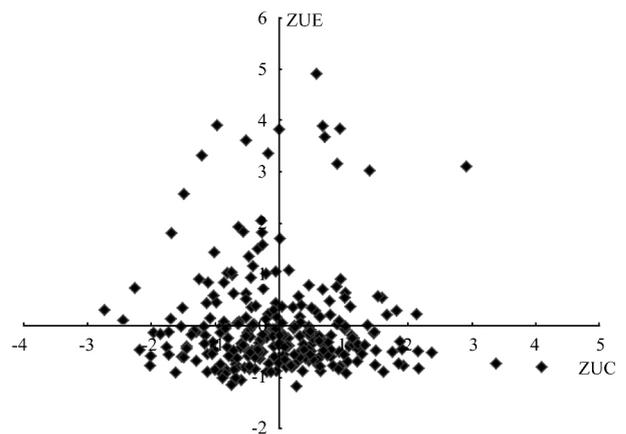


图3 2012年中国UC与UE关系象限图
Fig. 3 Quadrant plot of relationship between UC and UE, 2012

表现为城市紧凑度下降时,城市效率下降较明显,而城市紧凑度的提升不一定有效提升城市效率。具体而言,2001-2012年城市紧凑度提升的253个城市中,仅有99个城市的城市效率同步提升,占比达39.13%,2001-2005、2005-2012年该比重为61.25%和27.53%,说明城市紧凑度的提升不一定有效提升城市效率。而2001-2012年城市紧凑度下降的26个城市中有73.08%的城市效率出现下降,2001-2005年和2005-2012年该比重达到39.62%、89.79%,反映出城市紧凑度下降时,大部分城市的城市效率会出现下降(见表3)。

表3 城市紧凑度与城市效率各期变化统计
Tab. 3 Changes of UC and UE in three periods

时期 Period	C ⁺ E ⁺	C ⁺ E ⁻	C ⁻ E ⁻	C ⁻ E ⁺
2001-2005	165	61	21	32
2005-2012	47	183	44	5
2001-2012	99	154	19	7

4.2 整体以低级协调为主

从城市紧凑度和城市效率的象限图(以2012年为例,图3)可知,中国城市紧凑度和城市效率以低级协调型为主,城市紧凑度、城市效率整体不高。2001年低级协调型城市共100个,比重达35.84%,居于主体地位,其次为紧凑优先、高级协调和效率优先型,三者的比重分别为28.31%、17.92%和17.92%;2005年低级协调型城市略有减少,降至96个,比重达34.41%,仍处主体地位,其次为紧凑优先、效率优先和高级协调型城市;2012年依然以低级协调型城市为主,其比重为34.05%(95个),其次为紧凑优先、效率优先和高级协调型城市,比重分别为

33.69%、19.35%和12.9%,中国城市紧凑度与城市效率的双低状态进一步加深。

4.3 东部紧凑优先型突出,其余地区以双低状态为主

中国城市紧凑度与城市效率的关系类型存在较为明显的区域差异,低级协调型连绵分布于东北和中西部地区,高级协调型团块状分布于东部沿海地区。2001、2005和2012年低级协调型城市分别有91、87、82个分布于东北和中西部地区,占该类型城市总数的91%、90.62%、86.31%;高级协调型城市团块状集中于东部沿海地区。2001、2005、2012年高级协调型城市中,分别有32、28和23个分布于东部沿海地区,占该类型城市总数的64%、58.33%和63.89%;自北向南,北部沿海地区高级协调型城市多分布于京津冀和山东半岛,其中京津冀地区的高值集聚较为明显;华东沿海地区高级协调型城市多分布于长三角地区,如上海、杭州、苏州、无锡、常州、宁波等市;南部沿海地区高级协调型城市多分布于珠三角和海西地区,如广州、深圳、东莞、佛山、厦门等市(见图4)。

各地区城市所属类型存在差异,东部地区城市紧凑度较高,城市效率存在差异,导致高级协调和紧凑优先型突出,而东北、中部和西部地区城市紧凑度、城市效率较低,大多属于低级协调型,双低状态显著。具体而言,2012年东部地区紧凑优先型、高级协调型城市分别有41和23个,占比达48.81%和27.38%,其次为低级协调型和效率优先型城市,分别占14.29%和9.52%。其中,北部沿海地区以紧凑优先型城市为主,占比达70%,再次为高级协调型城市;华东沿海地区以紧凑优先型城市(48%)为主,而南部沿海地区城市类型难分伯仲,各类型比重相对均匀,城市发展特征存在较大的内部差异。东北地区、中部和西部地区城市以低级协调型为主,其比重分别达到45.95%、

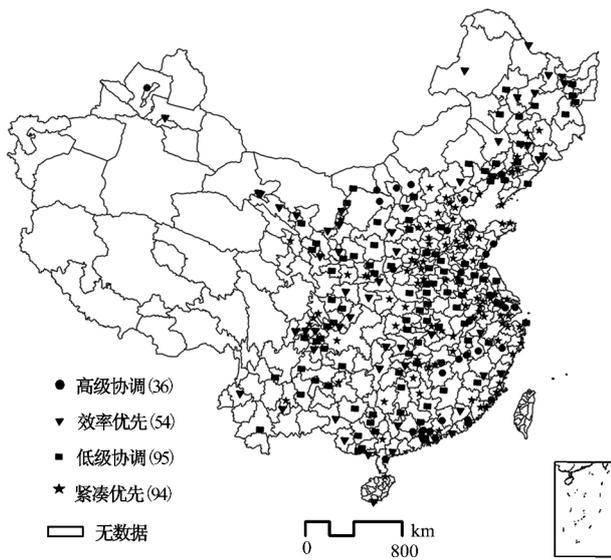


图4 2012年中国UE与UC关系类型空间分布
Fig.4 Spatial distribution of relationship types of UC and UE, 2012

37.5%和44.87% 城市紧凑度、城市效率皆较低。

4.4 城市规模等级越高,紧凑优先可能性越大

根据《国家新型城镇化规划(2014-2020年)》,按市辖区人口,将城市分为超大城市(500万以上)、特大城市(300-500万)、大城市(100-300万)、中等城市(50-100万)和小城市(50万以下)。从规模等级角度考虑,中国城市紧凑度与城市效率关系表现为城市的规模等级越高,城市紧凑度、城市效率水平越高,高级协调类型越突出,双高状态越明显。以2012年为例,75%的超大城市属于紧凑优先型城市,特大城市、大城市、中等城市和小城市高级协调型比重分别为42.86%、42.99%、20.47%和10.42%。整体呈现出城市的规模等级越高,紧凑优先状态越明显的特征,这说明中国较大城市的城市紧凑度较高,而城市效率相对较低,这可能导致城市集聚不经济的现象,诱发高房价、居住拥挤、城市生态环境恶化、教育医疗设施难堪重任等问题,不利于提高人居质量和城市宜居性。中等城市低级协调型较为显著,二者的比重分别为43.81%和18.75%,说明中等城市大多城市紧凑度、城市效率双双较低。另外,有19.05%和52.08%的中小城市属于效率优先型,城市效率较高,而城市紧凑度较低。中小城市城市效率较高与相关研究的结论类似^[40],中小城市通过扩大城镇建设用地面积、增加物质投资等措施,获得较高的城市效率,而Deng的研究指出中国小城市的城镇建设用地扩展快于大城市^[28],显示出中小城市建设用地扩张蔓延、过度建设等问题较为突出,城市紧凑度较低,

表4 2012年各规模等级城市关系类型比重(%)
Tab.4 Proportion of relationship types of UC and UE amongst different scale-size cities, 2012

地区 Region	高级协调型 High Coordination	效率优先型 Efficiency Preference	低级协调型 Low Coordination	紧凑优先型 Compactness Preference
超大城市	25	0	0	75
特大城市	42.86	0	14.28	42.86
大城市	13.08	8.41	35.51	42.99
中等城市	6.67	19.05	43.81	20.47
小城市	18.75	52.08	18.75	10.42

这不利于中小城市的合理健康发展(见表4)。

5 结论与讨论

文章在运用熵值法和超效率DEA对2001、2005和2012年中国地级以上城市紧凑度和城市效率进行测算后,通过象限图法分析二者关系,并对各地区、各规模等级城市紧凑度与城市效率关系的时空特征进行了阐释。主要得到以下结论:

(1) 在空间格局上,城市紧凑度与城市效率皆显现出东高西低的特征;时间进程上二者存在差异,城市紧凑度整体小幅提升,城市效率先升后降。

(2) 中国城市紧凑度与城市效率不存在简单的线性关系,二者非同步演进。当城市紧凑度下降时,城市效率下降较明显,而紧凑度的提升不一定有效提升城市效率。这有别于国内学者提出的正向相关关系的观点^[36],即提高城市紧凑能够有效提升城市效率,这部分因为本文“城市效率”的测度不仅是经济效益的单目标产出,而是强调经济-社会-环境的多目标产出。

(3) 象限图的分析表明二者关系整体上以低级协调为主,大多数城市紧凑度与城市效率较低。区域尺度上,二者关系类型的区域差异突出,东部地区城市除呈现出高级协调的特性外,城市集聚不经济的现象亦十分突出,这反映出城市居住和休憩功能的恶化,城市发展应注重构建合理协调的生产-生活-生态空间,改善城市生态环境,提高城市宜居性;东北和中西部地区中小城市城市紧凑度、城市效率较低,这些中小城市在增加物质投入时并未获得合理的产出,城镇建设用地扩张过快,单纯依靠“土地换财政”的方式并不能实现城市的可持续发展,所以东北和中西部地区的双低型中小城市应控制城镇建设用地无序扩张,提升城市建设用地利用效率。

(4) 城市紧凑度与城市效率之间存在较弱的规模等级递增效应,规模等级越高,紧凑优先型的比重越大,而中小城市低级协调型城市比重较大。这反映出,小城市以低

级协调为起点,伴随城市规模扩大,中小城市通过土地、劳动力、资本等物质投资获得较高的城市效率,而物质投入同样使得城市空间扩展。在中小城市建设用地快速扩张时,若未能加以合理地规划调控,城市发展会陷入低级协调的状态,城市紧凑度与效率难以提高。大型城市因高昂的交通成本、环境成本和社会成本,紧凑优先状态突出,大型城市发展应在强调空间紧凑的同时,注重城市内部结构与物质投入的合理组织,降低城市运营成本。

政策建议方面,应严格控制特大城市、超大城市的人口规模,合理疏导特大城市功能外移,形成大都市-都市区-城镇群的空间组织模式,核心引领周边区域发展的同时,降低大型城市发展的经济成本、环境成本和社会成本;中小城市应有效控制建设用地无序扩张,提高城镇公共服务设施和基础设施的规模效应,提升中小城镇建设用地的土地经济密度和利用效率,推动中小城镇集聚紧凑发展。

紧凑城市持续与否不仅与物质投入有关,还与技术水平、城市治理水平等因素有关,本文在物质投入与空间结构的框架下探讨城市紧凑度与城市效率的关系,对其他因素影响的论述并未涉及,后续研究可于此展开;其次,因TM轨道数据要求量较大,论文在测算紧凑度时未能有效引入城市空间形态因子,这对传统意义紧凑度的影响需要考量;另外,在不同空间结构、不同发展阶段、不同职能属性的城市切实践行“紧凑城市”会面临更为具体的问题,这需要针对典型城市做更深刻的剖析。

(编辑:田红)

参考文献(References)

- [1] 马丽,金凤君.中国城市化发展的紧凑度评价分析[J].地理科学进展,2011,30(8):1014-1020. [Ma Li, Jin Fengjun. Evaluation of Chinese Urban Compactness [J]. Progress in Geography, 2011, 30(8): 1014-1020.]
- [2] Dantiz G, Satty T. Compact City: A Plan for a Livable Urban Environment [M]. San Francisco: Freeman Company, 1973.
- [3] Ewing R H. Characteristics, Causes, and Effects of Sprawl: A Literature Review [J]. Environment and Urban Issues, 1994, (4): 1-15.
- [4] Burton E. Measuring Urban Compactness in UK Towns and Cities [J]. Environment and Planning B, 2002, 29: 219-250.
- [5] Neuman M. The Compact City Fallacy [J]. Journal of Planning Education and Research, 2005, 25(1): 11-26.
- [6] Burton E, Jenks M, Williams K. Compact City: A sustainable Urban Form [M]. London; New York: Routledge, 1996.
- [7] Jenks M, Burgess R. Compact Cities: Sustainable Urban Forms for Developing Countries [M]. London; New York: Routledge, 2000.
- [8] Jabareen Y R. Sustainable Urban Forms: Their Typologies, Models, and Concepts [J]. Journal of Planning Education and Research, 2006, 26(1): 38-52.
- [9] Stone B, Rodgers M O. Urban Form and Thermal Efficiency: How the Design of Cities Influences the Urban Heat Island Effect [J]. Journal of American Planning Association, 2001, 67(2): 186-198.
- [10] Camagni R, Gibelli M C, Rigamonti P. Urban Mobility and Urban Form: The Social and Environmental Costs of Different Pattern of Urban Expansion [J]. Ecological Economics, 2002, 40(2): 199-216.
- [11] Chowdhury T A, Scott D M, Kanaroglou P S. Urban Form and Commuting Efficiency: A Comparative Analysis across Time and Space [J]. Urban Studies, 2013, 50(1): 191-207.
- [12] Holden E, Norland I T. Three Challenges for the Compact City as a Sustainable Urban Form: Household Consumption of Energy and Transport in Eight Residential Areas in the Greater Oslo Region [J]. Urban Studies, 2005, 42(12): 2145-2166.
- [13] Gordon P, Richardson H W. Are Compact Cities a Desirable Planning Goal? [J]. Journal of American Planning Association, 1997, 63(1): 95-106.
- [14] 林炳耀.城市空间形态的计量方法及其评价[J].城市规划汇刊,1998,(3):42-45. [Lin Bingyao. Quantitative Methods and Assessment of Urban Spatial Form [J]. Urban Planning Review, 1998, (3): 42-45.]
- [15] 吕斌,孙婷.低碳视角下城市空间形态紧凑度研究[J].地理研究,2013,32(6):1057-1067. [Lv Bin, Sun Ting. Study on Spatial Form Compactness from Low-carbon Perspective [J]. Geographical Research, 2013, 32(6): 1057-1067.]
- [16] 燕月,陈爽,李广宇,等.城市紧凑性测度指标研究及典型城市分析:以南京、苏州建设用地紧凑度为例[J].地理科学进展,2013,32(5):733-742. [Yan Yue, Chen Shuang, Li Guangyu, et al. Urban Compactness Index and its Application: Compactness of Built-up Areas in Nanjing and Suzhou [J]. Progress in Geography, 2013, 32(5): 733-742.]
- [17] Dempsey N, Brown C, Bramley G. The Key to Sustainable Urban Development in UK cities [J]. Progress in Planning, 2012, 77: 89-141.
- [18] Echenique H M, Hargreaves J A, Mitchell G, et al. Growing Cities Sustainably [J]. Journal of American Planning Association, 2012, 78(2): 121-137.
- [19] Gaigne C, Riou S, Thisse J F. Are Compact Cities Environmentally Friendly? [J]. Journal of Urban Economics, 2012, 72(2-3): 123-136.
- [20] Schweitzer L, Zhou J P. Neighborhood Air Quality, Respiratory Health, and Vulnerable Populations in Compact and Sprawled Regions [J]. Journal of American Planning Association, 2010, 76(3): 363-371.
- [21] Liu Y, Song Y, Hans P A. Examination of the Relationship Between Urban Form and Urban Efficiency in China [J]. Habitat International, 2012, 36: 171-177.
- [22] 兰肖雄,刘盛和,胡章.我国城市蔓延概念的界定与思考[J].地域研究与开发,2012,31(3):53-57. [Lan Xiaoxiong, Liu



- Shenghe, Hu Zhang. Definition and Reflection of Urban Sprawl in China[J]. *Areal Research and Development*, 2012, 31(3): 53 - 57.]
- [23] 王新生, 刘纪远, 庄大方, 等. 中国特大城市城市空间形状变化的时空特征[J]. *地理学报*, 2005, 60(3): 392 - 400. [Wang Xinsheng, Liu Jiuyan, Zhuang Dafang, et al. Spatial-temporal Changes of Urban Spatial Morphology in China [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2005, 60(3): 392 - 400.]
- [24] 乔林凰, 杨永春, 向发敏, 等. 1990 年以来兰州市的城市空间扩展研究[J]. *人文地理*, 2008, (3): 59 - 63. [Qiao Linhuang, Yang Yongchun, Xiang Famin, et al. Research on Lanzhou City Spatial Expansion since 1990[J]. *Human Geography*, 2008, (3): 59 - 63.]
- [25] 方创琳, 祁巍锋. 紧凑城市理念与测度研究进展及思考[J]. *城市规划学刊*, 2007, (4): 65 - 73. [Fang Chuanglin, Qi Weifeng. Research Progress and Thinking of Compact City and its Measurement Methods [J]. *Urban Planning Forum*, 2007, (4): 65 - 73.]
- [26] 李琳. 紧凑城市中“紧凑”概念释义[J]. *城市规划学刊*, 2008, (3): 41 - 45. [Li Lin. A Conceptual Analysis on ‘Compact’ [J]. *Urban Planning Forum*, 2008, (3): 41 - 45.]
- [27] 郑蔚, 梁进社, 张华. 中国省会城市紧凑程度综合评价[J]. *中国土地科学*, 2009, 23(4): 11 - 17. [Zheng Wei, Liang Jinshe, Zhang Hua. Comprehensive Analysis of Urban Compactness of Provincial Capital Cities in China[J]. *China Land Sciences*, 2009, 23(4): 11 - 17.]
- [28] Deng Xiangzheng, Huang Jikun, Rozelle S, et al. Economic Growth and the Expansion of Urban Land in China [J]. *Urban Studies*, 2010, 47(4): 813 - 843.
- [29] 毛广雄, 丁金宏, 曹蕾. 城市紧凑度的综合测度及驱动分析: 以江苏省为例[J]. *地理科学*, 2009, 29(5): 627 - 633. [Mao Guangxiong, Ding Jinhong, Cao Lei. Comprehensive Level and Impetus of City Compactness: A Case of Jiangsu Province [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2009, 29(5): 627 - 633.]
- [30] 方创琳, 祁巍锋, 宋吉涛. 中国城市群紧凑度的综合测度分析[J]. *地理学报*, 2008, 63(10): 1011 - 1021. [Fang Chuanglin, Qi Weifeng, Song Jitao. Research on Comprehensive Measurement of Compactness of Urban Agglomeration in China [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2008, 63(10): 1011 - 1021.]
- [31] 白永平, 狄保忻, 王鹏龙, 等. 陇海 - 兰新 - 北疆铁路沿线城市紧凑度及其影响因素研究[J]. *经济地理*, 2012, 23(7): 37 - 42. [Bai Yongping, Di Baoxin, Wang Penglong, et al. Comprehensive Evaluation of Urban Compactness and its Influencing Factors: a Case of Cities along Longhai-Lanxin-Beijing Railway [J]. *Economic Geography*, 2012, 23(7): 37 - 42.]
- [32] 余颖, 扈万泰. 紧凑城市: 重庆都市区空间结构模式研究[J]. *城市发展研究*, 2004, 66(4): 59 - 63. [Yu Ying, Hu Wantai. Compact City: A Study on the Space Structure Pattern of Chongqing Urban Area[J]. *Urban Studies*, 2004, 66(4): 59 - 63.]
- [33] 陈海燕, 贾倍思, Ganesan S. “紧凑住区”: 中国未来城郊住宅可持续发展的方向? [J]. *建筑师*, 2004, (1): 4 - 11. [Chen Haiyan, Jia Beisi, Ganesan S. Compact Settlement: Sustainable Development Direction for Exurban Housing in China in Future? [J]. *Architect*, 2004, (1): 4 - 11.]
- [34] 范进. 城市密度对城市能源消耗影响的实证研究[J]. *中国经济问题*, 2011, (6): 16 - 22. [Fan Jin. Empirical Study of Impact of Urban Density on Energy Consumption [J]. *Economic Issues in China*, 2011, (6): 16 - 22.]
- [35] 郑思齐, 霍焱, 曹静. 中国城市居住碳排放的弹性估计与城市间差异性研究[J]. *经济问题探索*, 2011, (9): 124 - 130. [Zheng Siqi, Huo Yi, Cao Jing. Elasticity Estimation of Household Carbon Dioxide Emission of China Cities and Its Heterogeneity [J]. *Inquiry into Economic Issues*, 2011, (9): 124 - 130.]
- [36] 郭腾云, 董冠鹏. 基于 GIS 和 DEA 的特大城市空间紧凑度与城市效率分析[J]. *地理信息科学学报*, 2009, 11(4): 482 - 492. [Guo Tengyun, Dong Guanpeng. Study on the Relationship Between Metropolitan Spatial Compact Ratios and Their Efficiencies in China in 1990 and 2000 [J]. *Journal of Geo-information Sciences*, 2009, 11(4): 482 - 492.]
- [37] 程开明. 城市紧凑度影响能源消耗的理论机制与实证分析[J]. *经济地理*, 2011, 31(7): 1107 - 1112. [Cheng Kaiming. Theoretical Mechanism and Empirical Study about the Influence of City Compactness on Energy Consumption [J]. *Economic Geography*, 2011, 31(7): 1107 - 1112.]
- [38] Lin J J, Yang A T. Does the Compact-city Paradigm Foster Sustainability? An Empirical Study in Taiwan [J]. *Environment and Planning B*, 2006, 33(3): 365 - 380.
- [39] 黄永斌, 董锁成, 白永平, 等. 中国地级以上城市紧凑度时空演变特征研究[J]. *地理科学*, 2014, 34(5): 531 - 538. [Huang Yongbin, Dong Suocheng, Bai Yongping, et al. Spatio-temporal Evolution of Urban Compactness in China [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2014, 34(5): 531 - 538.]
- [40] 戴永安. 中国城市效率差异及其影响因素[J]. *上海经济研究*, 2010, (12): 12 - 19. [Dai Yongan. Empirical Research on the Chinese Urban Efficiency and Its Influencing Factors [J]. *Shanghai Journal of Economics*, 2010, (12): 12 - 19.]
- [41] 陈明星, 陆大道, 刘慧. 中国城市化与经济发展水平关系的省际格局[J]. *地理学报*, 2010, 65(12): 1443 - 1453. [Chen Mingxing, Lu Dadao, Liu Hui. The Provincial Pattern of the Relationship between China's Urbanization and Economic Development [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2010, 65(12): 1443 - 1453.]
- [42] 魏权龄. 数据包络分析 [M]. 北京: 科学出版社, 2004. [Wei Quanling. *Data Envelopment Analysis* [M]. Beijing: Science Press, 2004.]
- [43] 武春友, 吴琦. 基于超效率 DEA 的能源效率评价模型研究. *管理学报*, 2009, 6(11): 1460 - 1465. [Wu Chunyou, Wu Qi. Evaluation Model of Energy Efficiency Based on Super-efficiency-

- DEA. *Chinese Journal of Management*, 2009, 6 (11): 1460 - 1465.]
- [44] 陈彦光, 刘继生. 城市土地利用结构和形态的定量描述: 从信息熵到分数维 [J]. *地理研究*, 2001, 20(2): 146 - 152. [Chen Yanguang, Liu Jisheng. An Index of Equilibrium of Urban Land-use Structure and Information Dimension of Urban Form [J]. *Geographical Research*, 2001, 20(2): 146 - 152.]
- [45] 国家统计局城市社会经济调查司. 中国城市统计年鉴 2002 - 2013 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2002 - 2013. [Department of Urban Socio-Economic Statistics, National Bureau of Statistics, P. R. China. *China City Statistical Yearbook 2002 - 2013* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2002 - 2013.]
- [46] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 中国城市建设统计年鉴 (报) 2001 - 2012 [M]. 北京: 中国计划出版社, 2001 - 2012. [Ministry of Housing and Urban-Rural Development, P. R. China. *China Urban Construction Statistical Yearbook 2001 - 2012* [M]. Beijing: China Planning Press, 2001 - 2012.]

Spatial-temporal Features of Relationship Between Urban Compactness and Urban Efficiency in China

HUANG Yong-bin^{1 2} DONG Suo-cheng¹ BAI Yong-ping³

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research , Beijing 100101 , China;

2. University of Chinese Academy of Sciences , Beijing 100049 , China;

3. School of Geography and Environment Sciences , Northwest Normal University , Lanzhou Gansu 730070 , China)

Abstract This study aims at exploring the relationship between the urban compactness and urban efficiency in China under the perspective of the sustainability of compact city. Quantitative indicators relating to urban compactness and urban efficiency were selected to build the comprehensive evaluation index system and quantified using the entropy method and super-efficiency-DEA model of 280 cities at the prefecture level and above in 2001 2005 and 2012 , and then the quadrant map approach was introduced to explore the relationship between urban compactness and urban efficiency. Urban compactness elevates narrowly , which implies urban land use intensification and densification. Urban efficiency is relatively low and increases in fluctuation , and cities account for more than 90% with efficiency evaluation scores under 0.6. There is no significant correlation between urban compactness and urban efficiency , and changes of them are not coordinated with each other. When urban compactness decreases , it is obvious to detect the synchronization of urban efficiency. However , the efficiency does not increase spontaneously when compactness increases. The quadrant map shows that most of China cities is relative low in urban compactness and urban efficiency , which shows a low coordination pattern overall. As to the regional scale , regional disparities are eminent. The northeastern part , middle part and western part of China mainly locate in the cities of low coordination type , while the cities in eastern part of China are mostly the high coordination and compactness preference type. With respect to cities of high coordination type , they mainly agglomerate in Beijing-Tianjin-Hebei area and Yangtze River Delta and Pearl River Delta. As to the scale-sized characteristics , it shows a weak correlation between the scale-size and the type of the relationship , which the proportion of compactness preference type gets higher and higher as the scale-size increases. The megacities and super and large cities mostly falls into the categories of high coordination and compactness preference types , of which the compactness-preference type means the urban compactness is relatively high while urban efficiency is low , may lead to agglomeration diseconomies , such as high residential density and unlivable housing problem. The middle sized cities and small cities mainly falls into the categories of low coordination and efficiency preference types. The efficiency-preference type , which the urban efficiency is relatively high and urban compactness is low , suggests the over sprawl of urban construction land with crude investment. As the development countermeasures of megacities and super and large cities , it should build urban-metropolitan area-urban agglomeration network systems to disperse central city's functions , thereby decreasing the social and environmental costs. While the middle and small-sized cities should control the over-sprawl of urban construction land to improve urban compactness.

Key words urban compactness; urban efficiency; spatial-temporal feature; compact city; cities at the prefecture level and above