

# Research on Optimization Strategy of the Urban Spatial Form under the Perspective of Low Carbon

—A Case Study of Xi'an city

Qianqian Tang, Kaiyu Li\*, Meiyue Liu, Yan Li, Lei Wang

School of Tourism and Research Institute of Human Geography, Xi'an International Studies University, Xi'an Shaanxi

Email: [734176161@qq.com](mailto:734176161@qq.com), \* [381672007@qq.com](mailto:381672007@qq.com)

Received: Jul. 14<sup>th</sup>, 2015; accepted: Jul. 31<sup>st</sup>, 2015; published: Aug. 4<sup>th</sup>, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

Under the background of global warming, the construction of low carbon city has become an important content in the world to reduce carbon emissions. With the accelerating urbanization process in Xi'an, the contradiction between the increase of population and the construction land is increasingly prominent, and it brings more challenges to the construction of low carbon city. Urban spatial form of city operation and all elements of the city with a certain lock-in effect are the core means of the planning of low carbon city. Low carbon urban spatial form has become an important research field of low carbon city. Taking Xi'an city as an example, we discuss the influence mechanism of urban spatial form on carbon emissions, and put forward the optimization strategy of low carbon urban spatial morphology.

## Keywords

Low Carbon, Urban Spatial Form, Xi'an

---

# 低碳视角下城市空间形态优化策略研究

—以西安市为例

唐倩倩, 李开宇\*, 刘美月, 李彦, 王垒

\*通讯作者。

西安外国语大学旅游学院人文地理研究所, 陕西 西安  
Email: [734176161@qq.com](mailto:734176161@qq.com), [381672007@qq.com](mailto:381672007@qq.com)

收稿日期: 2015年7月14日; 录用日期: 2015年7月31日; 发布日期: 2015年8月4日

## 摘 要

在全球变暖的背景下, 建设低碳城市已成为世界范围内降低碳排放的重要内容。随着西安城镇化进程不断加快, 城市人口增加与建设用地之间的矛盾日益突出, 给低碳城市的构建带来更大的挑战。城市空间形态对城市运行及城市各要素具有一定锁定效应, 是低碳城市规划的核心手段, 低碳城市空间形态已成为低碳城市研究的重要领域。本文以西安市为例, 探讨城市空间形态对碳排放的影响机制, 并提出低碳城市空间形态优化策略。

## 关键词

低碳, 城市空间形态, 西安

## 1. 引言

作为人类生产与生活的重要空间载体, 城市是碳排放的最主要的地域单元。最新研究显示: 自 20 世纪中叶以来, 大部分已观测到的全球平均气温升高很可能是人为温室气体排放不断增加所致。城市是人类活动强度最大的区域, 其温室气体排放占全球总量的 75% [1]。因此, 城市是实现全球减少碳排放的关键所在。构建“低碳城市”已成为政府部门以及学术界研究的重要议题[2]。城市空间形态对城市运行及各城市要素有一定锁定效应[3], 对提升城市能源使用效率, 降低碳排放水平有重要作用[4], 逐渐成为城市碳排放的研究热点。城市规划与空间形态优化被认为是应对气候变化、建设低碳城市、实现可持续发展目标的重要政策手段[5] [6]。随着新型城镇化进程不断加快, 西安市人口不断聚集, 造成用地紧张、交通堵塞、碳排放增加等问题, 给低碳城市的构建带来极大的挑战。因此, 研究西安城市空间形态优化策略对其实现低碳发展具有重要意义。

## 2. 相关概念及理论发展

### 2.1. 低碳城市

随着全球变暖形势日益严峻, 国内外学者对低碳城市内涵的认识逐步深入, 对低碳研究领域也不断拓宽。许多学者都对低碳城市概念进行界定, 其中, 中国能源和碳排放研究课题组的观点具有一定代表性: 低碳城市是以低碳经济为发展模式和方向, 市民以低碳生活为理念和行为特征、政府公务管理层以低碳社会为建设标本和蓝图的城市[7]。尽管学者对低碳城市概念的界定表述不一致, 但实质内涵基本相同, 都要求提倡低碳环保的生活方式, 最大限度地实现节能减排。随着工业低碳技术的发展和产业结构的调整, 工业碳排放比重将持续下降, 城市交通碳排放将成为碳排放构成的核心。

### 2.2. 城市空间形态

城市地理学对于城市形态的理解主要基于城市空间结构的视角, 认为城市空间形态是以城市用地为功能空间, 以城市交通为载流空间, 以城市组织结构为空间肌理的结构体系[8]。城市空间形态分为外部

物质轮廓形态和内部功能结构空间形态。外部形态可运用 Goolgearth 遥感影像绘制,直观反映城市空间外部轮廓形态;城市内部功能结构空间形态可通过城市土地利用方式多样性、功能混合、城市密度、基本公共服务设施可达性等指标来衡量。目前,国内外学者从不同角度研究城市空间形态,且没有形成统一的定义,但普遍认为,城市空间形态是指由城市用地的结构、功能及其空间关系所决定的城市的空间布置方式。

### 2.3. 城市空间形态理论发展阶段

城市空间形态理论发展阶段如图 1 所示。

如图 1 所示,城市密度、土地利用多样性、公共通勤度是测度城市空间形态的重要指标。低碳城市的构建与城市空间形态具有较强的关联性。城市密度越大,人口越集中,适宜发展公共交通体系(公交、地铁、轻轨等),从而减少私家车出行量,进而减少碳排放;城市布局越紧凑,城市内部功能空间越集中,从而缩短人们出行距离,可通过步行代替私家车出行,使得碳排放量降低;土地功能的混合利用,居住、工作、购物、医疗、教育、文娱中心布局紧凑,同样也能减少碳排放,进而实现低碳城市的构建。

## 3. 国内外相关研究

### 3.1. 国外相关研究

国外学者对城市空间形态与碳排放之间关系研究大多属于实证分析范畴。1989 年 Newman 通过对世界 100 多个大型城市实证研究指出,城市密度与人均能耗量之间存在着规律性的联系,即城市密度越低的城市能耗量越高,相反密度越高的城市,如香港却产生了较少的能耗[9]。Valle & Niemeier 基于工具变量统计分析法对美国加州进行研究表明,居住密度增加 10%能够减少 1.9%的机动车使用里程[10]。Gleaser & Kahn 采用回归分析法对美国 66 个都市区进行研究表明,土地利用规制强度与家庭碳排放水平存在显著负相关关系[11]。Banister & Watson 通过对英国和荷兰 6 个城市进行调查研究发现,城市密度、就业分布和私人汽车拥有量可以对碳排放产生影响[12]。国外学者已经意识到紧凑的城市空间形态对减少碳排放的重要性。高密度、公交导向的紧凑型城市能有效地减少城市居民私家车出行量,提高步行或乘坐公共交通出行比例,从而降低碳排放。

### 3.2. 国内相关研究

国内对城市空间形态与碳排放关系的研究起步较晚,从实证方面进行深入研究较少。韩笋生、秦波认为紧凑的城市空间形态是我国城市减少碳排放,实现可持续发展的核心理念[13]。郝寿义认为紧凑的城市空间形态、土地混合利用能够减少居民的通勤时间和距离,从而减少交通成本和能源消耗[14]。连玉明通过对城市空间形态主要影响因素进行分析,指出紧凑多中心空间形态、公交主导空间形态、生态主导空间形态是符合低碳发展理念的城市空间形态[15]。吕斌选取我国近百个不同规模类型的城市,运用 GIS 及遥感影像对交通通勤度等指标进行研究分析,指出组团城市的功能空间形态紧凑度最高,片状其次,带状最低,可通过提高公共交通的效率促进城市低碳化发展[16]。功能混合、土地开发利用多样性的城市空间形态能减小城市基本公共服务设施平均服务半径,从而缩短居民出行距离,实现低碳化发展。

## 4. 低碳视角下西安市空间形态优化背景与动因

### 4.1. 西安市空间形态优化的背景

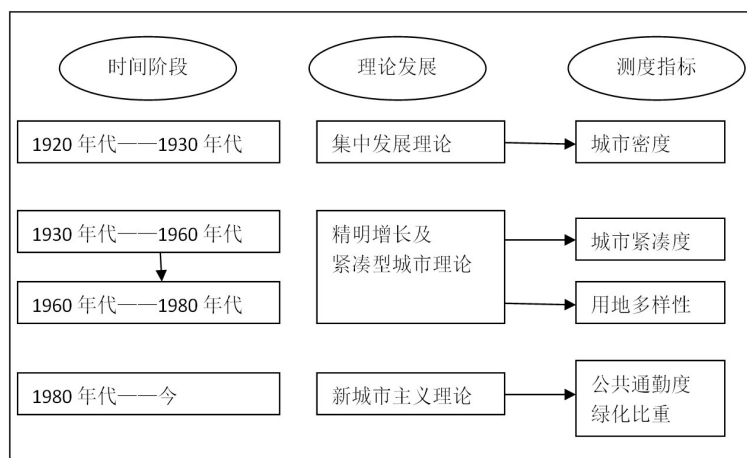
#### 4.1.1. 全球变暖的威胁

近年来的研究表明,全球气候变暖有 90%以上来源于由人类活动排放的等温室气体,城市居民日常

生活、工业、交通等引发的碳排放已占到全球碳排放总量的 75%左右。从末端使用的角度来看，全球温室气体排放的主要部门为工业、交通和建筑；随着工业结构不断调整，工业碳排放比重不断下降，而交通碳排放比重不断提升。全球碳排放结构中，交通部门占到 23%左右(图 2)，且该比例将在 2030 年和 2050 年分别达到 50%和 80% [17]。由于城市空间形态对城市运行及各城市要素有一定锁定效应，对降低碳排放水平有重要作用。因此，研究城市空间形态对于降低碳排放，缓解全球变暖具有重要的意义。

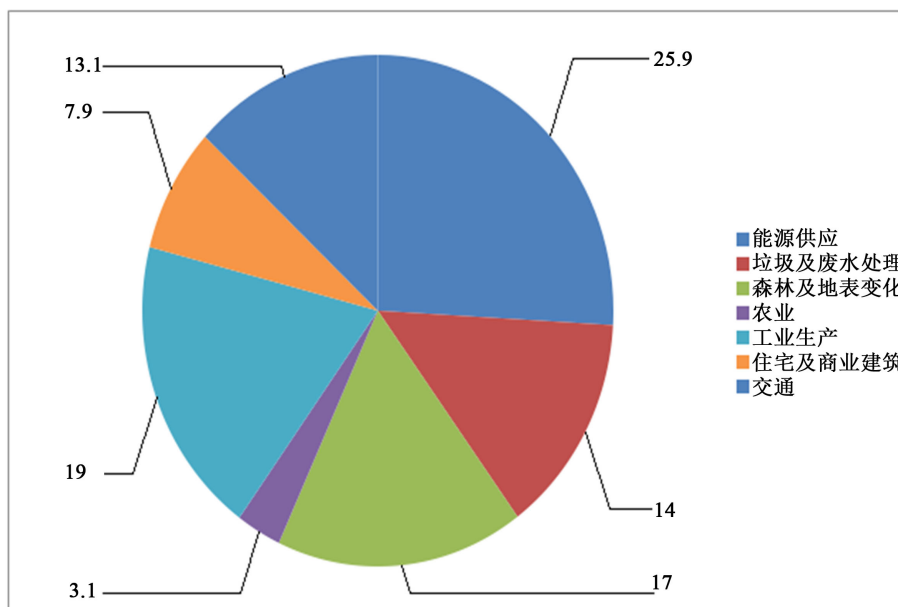
#### 4.1.2. 新型城镇化进程加快的挑战

近年来，陕西城市化进程不断加快，2012 年陕西省城市化率首次超过 50%，城镇人口占总人口比重达到 50.02%。随着城市建设用地不断增加，乡村人口大规模向城市集聚，特别是在居民生活水平不断提



资料来源：作者整理

Figure 1. The development stage of the theory of urban spatial form  
图 1. 城市空间形态理论发展阶段



资料来源：参考文献[18]

Figure 2. Global greenhouse gas emissions structure  
图 2. 全球温室气体碳排放结构

高的背景下, 私家车拥有量不断增加, 对处在新型城镇化进程加速阶段的西安而言, 如果不通过有效的城市空间形态规划来引导居民交通选择, 必然造成人口拥挤、交通拥堵、环境恶化等问题, 这都将导致西安市区与区域空间格局的调整和城市内部空间的重构, 从而给控制温室气体排放带来更大的压力。这对西安市探索低碳城市发展路径提出了更加紧迫的要求[18]。

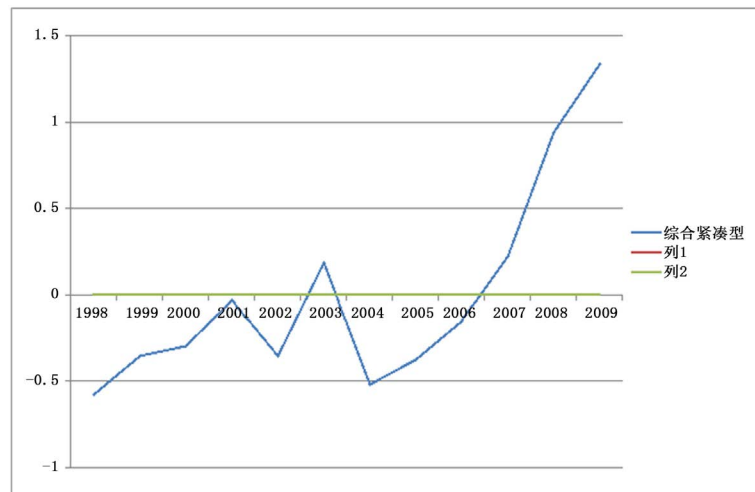
## 4.2. 西安市空间形态优化的动因

### 4.2.1. 可持续发展的内在要求

研究表明, 具有较高密度、功能混合、公交导向的“紧凑城市”被认为是有效地实现城市可持续发展的空间策略[19]。国内外许多实证研究和模型都证实了紧凑的城市空间形态缩短了居民出行距离, 减少私家车出行量, 有利于降低碳排放, 实现城市的低碳发展。从纵向来看, 虽然近年来西安城市空间形态紧凑度整体呈现上升趋势(图 3), 但从横向来看, 如济南、哈尔滨、昆明、合肥等城市空间形态紧凑度都比西安高(表 1) [16]。因此, 为了实现经济的低碳发展, 提出西安市空间形态优化策略具有重要的意义。

### 4.2.2. 有利于提升居民生活质量

研究表明, 在城市内部交往过程中, 由于居住、工作、商业、娱乐等城市功能的分异, 所产生



资料来源: 参考文献[20]

Figure 3. The urban spatial compactness change trend of Xi'an from 1998-2009  
图 3. 1998~2009 年西安城市空间综合紧凑度变化趋势图

Table 1. The general situation of city and the average service radius of facilities in 2009 (unit: km)  
表 1. 2009 年城市概况及各服务设施平均服务半径(单位: km)

城市	商业平均服务半径	医疗平均服务半径
济南	3.45	1.08
哈尔滨	3.27	1.23
西安	3.76	1.24
昆明	3.15	1.12
合肥	2.95	1.22
武汉	4.42	1.94
广州	5.1	1.42

的交通需求是城市空气污染和温室气体的主要来源[21]。城市内部功能空间形态越紧凑,即服务设施平均服务半径越短,人们距离购物、工作、医疗、文化体育等服务设施越近,居民通过步行或公共交通体系即可获得生活服务设施,降低对私家车出行的依赖度,减少因私家车出行过程中所产生的碳排放量。与此同时,也减少因大规模私家车出行所产生的交通堵塞造成的时间浪费,利于居民生活质量和满意度的提升。

## 5. 西安市空间形态优化策略

吕斌基于城市内部商业设施服务点的 GIS 数据,采用 GIS 的密度分析函数,进而确定城市商业中心分布位置及数量,指出西安属于复合中心(城市内部有多个市级商业中心,并大多集中在城市核心区域)类。由于西安的商业中心过度聚集在城市核心地区(如钟楼、小寨等),导致城市边缘的市民距离市级商业中心较长。西安市商业平均服务半径较大,拉长居民出行距离,导致居民选择私家车出行方式比例提高,从而增加碳排放,这不利于低碳城市的构建。为此,下文提出城市空间形态优化策略以期望西安市能实现低碳化发展。

### 5.1. 合理控制城市规模,实现可持续发展

一般来说,城市规模与碳排放成正比。城市规模越大,各项服务设施平均服务半径越长,从而增加居民出行距离,提高私家车出行比例,导致碳排放量增加。反之,紧凑的城市空间形态,居民可通过步行或者公共交通即可获得各种服务设施,降低对私家车出行需求量,从而减少碳排放量。目前,城市增长边界已经成为合理控制城市规模的重要规划管制手段,在新型城镇化进程加快的背景下,西安市要杜绝“摊大饼”式无限扩张的发展模式,可通过确定城市增长边界范围,合理控制城市规模,也可以通过其他财政政策,如鼓励都市农业或休闲农业以提高农田经济收益来降低城市化的推力,或者通过相应的财税政策激励和引导开发重点转向建城区的低效用地来达到合理控制城市规模的目的,实现可持续发展。

### 5.2. 提倡土地混合利用和多样性开发

世界银行 2010 年发布的《城市与气候变化》报告中提出了城市降低碳排放的空间形态规划措施,其核心是城市土地利用规划、交通规划、城市设计与建筑设施设计规范之间的结合[22]。西安市在对土地利用规划进行管理时应制定提高土地开发密度规定,划分土地功能分区,改变单一功能分区并鼓励混合用地分区,实现商业、医疗、教育、文化娱乐活动等内部服务功能设施紧凑布局,并要求新开发项目为社区服务设施供给做出贡献,加强职住平衡并控制单一住宅功能的郊区建设,以减少机动车出行,增加公共交通、步行等方式出行。同时,鼓励已有居住区及空置建筑的维修再利用,以充分利用已有基础设施,这是提升城市容量的同时并能够充分利用已有基础设施和服务设施提升可达性的有效措施。

### 5.3. 推行公交导向型开发模式

公交导向型的开发模式(TOD: Transit Oriented Development)是近年来广受推崇的一种开发模式,即以公共交通站点为核心,在其 10 分钟的步行圈内配置居住、商业、办公、开放绿地、公共设施等功能。西安市可以通过发展大容量快速公交体系,引导开发项目、就业与商业服务向主要公交站点集聚(例如提供密度奖励等),建设紧凑且可达的社区。扩大公共交通服务范围,提升公交容量和改善公共交通服务质量等措施来提高公交吸引力,从而增加公交出行率,并加强多种交通方式换乘,鼓励步行、自行车、公交等低碳出行方式。居住区规划设计可以提倡步行友好型的社区路网体系,塑造良好安全的慢行环境,向居民提供便利舒适的替代出行方式,而道路可达性的提高则可以通过设立道路连接度标准和限制社区最大规模等措施来实现。

## 6. 结论与讨论

基于前文的分析, 紧凑的城市空间形态有利于提高居住、就业与商业服务活动的邻近度与可达性, 缩短居民出行距离, 减少私家车出行的比例, 增加步行、自行车、公共交通等出行方式, 可以达到降低碳排放的目的。本文充分分析城市空间形态与低碳发展的关系, 基于西安市新型城镇化进程加快的背景, 指出与其他城市相比, 西安城市空间形态紧凑度不高, 不利于实现低碳化发展, 并为其提出了切实可行的低碳发展策略建议及未来发展方向。西安市应该坚持低碳城市空间形态的规划原则, 抓住现阶段转瞬即逝的机遇, 为未来留下适应和减缓气候变化的空间格局, 真正推动城市的低碳可持续发展。

## 基金项目

教育部人文社会科学研究规划基金(10YJAZH041); 中国西部国家社会科学基金项目(13XSH017)。

## 参考文献 (References)

- [1] IPCC(政府间气候变化专门委员会) (2007) 气候变化 2007: 综合报告.
- [2] 顾朝林, 谭纵波, 刘宛, 等 (2009) 气候变化、碳排放与低碳城市规划研究进展. *城市规划学刊*, **3**, 38-45.
- [3] Kahn, M.E. (2008) Urban growth and climate change. <http://repositories.cdlib.org/ccpr/olwp/CCPR-029-08>
- [4] Pacala, S. and Socolow, R. (2004) Stabilization wedges: Solving the climate problem for the next 50 years with current technologies. *Science*, **305**, 968-972. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1100103>
- [5] Elizabeth, W. and Jake, P. (2010) Spatial planning and climate change. Routledge.
- [6] 秦波, 邵然 (2011) 低碳城市与空间结构优化: 理念、实证和实践. *国际城市规划*, **3**, 73-78.
- [7] 中国能源和碳排放研究课题组 (2009) 2050 中国能源和碳排放报告. 科学出版社, 北京.
- [8] 许学强, 朱剑如 (1988) 现代城市地理学. 中国建筑工业出版社, 北京.
- [9] Newman, K. (1989) Gasoline consumption and cities: A comparison of US cities with a global survey and its implication. *Journal of the American Planning Association*, **55**, 24-37. <http://dx.doi.org/10.1080/01944368908975398>
- [10] Valle, D. and Niemeier, D. (2011) CO<sub>2</sub> emissions: Are land-use changes enough for California to reduce VMT? Specification of a two-part model with instrumental variables. *Transportation Research B*, **45**, 150-161. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trb.2010.04.001>
- [11] Gleaser, E.L. and Kahn, M.E. (2008) The greenness of cities: Carbon dioxide emissions and urban development. *Journal of Urban Economics*, **67**, 404-418. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jue.2009.11.006>
- [12] Banister and Watson (2003) Sprawl in the 1990s: Measurement, distribution, and trends. *Urban Affairs Review*, **38**, 325-355.
- [13] 韩笋生, 秦波 (2004) 借鉴紧凑城市理念, 实现我国城市的可持续发展. *国外城市规划*, **6**, 23-27.
- [14] 郝寿义 (2008) 城市空间扩张与土地集约利用. *经济地理*, **3**, 419-424.
- [15] 连玉明, 北京国际城市发展研究院 (2010) 中国城市“十二五”核心问题研究报告. 中国时代经济出版社, 北京, 2-3.
- [16] 吕斌 (2011) 中国城市空间形态的环境绩效评价. *城市规划*, **6**, 43-44.
- [17] International Energy Agency (2009) Transport, energy and CO<sub>2</sub>: Moving toward sustainability. IEA, Paris.
- [18] 刘志林, 秦波 (2013) 城市形态与低碳城市: 研究进展与规划策略. *国际城市规划*, **2**, 4-11.
- [19] Jenks, M., Burton, E. and Williams, K. (1996) The compact city: A sustainable urban form. Spon Press, London.
- [20] 杨晓坤 (2011) 西安城市空间形态紧凑度研究. 西安建筑科技大学, 西安.
- [21] Young, W. and Bowyer, D. (1996) Modelling the environmental impact of changes in urban structure. *Computer, Environment and Urban Systems*, **20**, 313-326. [http://dx.doi.org/10.1016/S0198-9715\(96\)00024-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0198-9715(96)00024-5)
- [22] The World Bank (2010) Cities and climate change: An urgent agenda.