

万州城市空间演变与碳排放量耦合分析

陈雅轩 袁犁
西南科技大学

摘要: 本文主要通过对城市空间形状、城市空间扩张、城市空间紧凑度和碳排放量的测算与耦合分析,从历史数据着手,探寻其中的时空规律,提出低碳的城市空间形态优化调控建议,落实五大功能区战略“面上保护、点上开发”的紧凑发展要求、低碳要求,使万州朝着生态低碳的可持续方向发展。

关键词: 城市空间演变; 低碳; 碳排放量

一、研究背景

万州是重庆市渝东北地区中心城市,由于一带一路、长江经济带等国家战略、万开云发展板块、成渝高速、翻坝高速的相继建设使万州的发展速度显著提高,至2017年底万州城区面积69.6平方公里,人口84.2万人,城镇化率为65.45%。2017年实现地区生产总值达965.81亿元,在重庆市排名第5位。近年来经济的快速发展和人口的迅速增长,城市建设用地扩张异常激烈,对城市的生态环境系统造成了一定的威胁。

表1 不同时期万州城区形状指数统计表

年份	1928	1941	1958	1964	1979	1985	1993	2003	2011	2017
SBC	39.245	59.453	36.900	35.408	39.434	45.729	46.898	52.445	51.703	49.797

发现万州城区形状指数与标准形状H形、星形及长条矩形的形状指数较接近。1928—1941年,城市形状指数由低变高,表明城市正在快速的沿长江呈线型扩张。万州在1941年至1964年,城市形状指数总体上由高变低,呈下降之势,城市形状经历了由长条矩形向星形形态的演变过程,表明城市空间形态演变有一定的趋圆性,该时期万州城市扩张以填充式扩张为主。1964—2003年城市形状指数总体上由低变高,城市形状经历了由1964年的星形形态向H形形态演变的过程,表明在该时期万州城市扩张以外沿式扩张为主。2003—2017年城市相关指数虽有所下降,但变化幅度不大,趋于稳定,城市形态维持在H形形态,表明这一时期万州经历城市多中心组团式带状发展,城市形态呈现出明显的团状特征。

总体上来看万州城区形状指数是呈上升的趋势,说明万州表现出土地结构扩张的发展趋势,但从2003-2004年开始,万州中

(一) 万州城市空间形状与碳排放耦合分析

(1) 万州城区形状特征及时空变化

根据Boyce-clark形状指数模型,以万州城区中心点——和平广场为优势点,在CAD中提取1928年、1941年、1958年、1964年、1979年、1980年、1985年、1993年、2003年、2011年、2017年优势点到边界线的半径长度,通过公式计算出万州城市形态指数。

Boyce-Clark形状指数(Boyce and Clark shape index)方法是1964年Boyce和Clark提出的。其计算公式为:

$$SBC = \sum_{i=1}^n \left| \left(\frac{r_i}{\sum_{i=1}^n r_i} \right) \times 100 - 100/n \right|$$

通过计算可得到万州各时期的形状指数。

结果表明,万州城区形状指数在39.245——59.453之间,

心城区城市形状指数呈现出下降的趋势,说明该时期万州城市开始注重城市内部空间填充,以填充式发展为主宜居城市、旅游城市的目的。

(2) 万州城区碳排放特征及其时空变化

根据系数法公式,可以算出万州城市二氧化碳排放量,公式表示如下:

$$CO_2 = K * E$$

其中:系数K表示碳排放强度,目前中国普遍采用的CO₂排放系数为2.42-2.72^[1],由于燃烧1吨标准煤排放2.45吨二氧化碳,因此本论文采用的CO₂排放系数为2.45。E表示不同种类能源消耗的数量,可以按照标准统一换算为标准煤。

通过上表可以得出,2005年至2017年城区碳排放量随着社会经济的发展,城市二氧化碳排放量均呈现整体上升趋势。

(3) 万州城区空间形状与碳排放的耦合分析

表2 万州城区历年人口数、人均GDP、单位GDP能耗表

	人口(万人)	人均GDP(万元)	单位GDP能耗(吨标准煤/万元)	碳排放总量(万吨)
2005	56.5	1.0368	1.4445	207.3132533
2009	69.5	2.5132	1.201	513.9500911
2013	80.5	4.4174	0.973	847.6987287
2017	84.2	5.92	0.972	1187.042117

表3 万州不同时期城区形状与碳排放的相关关系表

年份	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2017
形状指数	55.56	55.03	54.08	53.03	52.96	52.05	51.70	50.05	50.02	49.80
单位土地面积碳排放量(万吨)	5.18	6.19	7.26	9.65	11.42	13.28	13.17	13.40	14.72	15.24

通过上表可以看出，万州城市空间形状指数与单位面积土地碳排放量呈反比，即城市空间形状指数下降，而单位面积土地碳排放量上升。万州城市空间形状指数越大，单位面积土地碳排放量越多，说明万州的碳排放量表现出异于常规的状态，这是由于万州目前正处于工业化中后期，城市以工业发展为主要带动力，因此碳排放量逐年增大。

二、城市空间扩张与碳排放的相关性分析

(一) 万州城区用地空间扩张特征

根据扩展强度公式，结合万州中心城区各个时期建成区面积数据，从而计算出空间扩展的强度指数，再通过研究万州中心城区空间扩展强度，可以看出万州中心城区空间扩展强度的变化特征，可大致分为低速扩展、中速扩展、与高速扩展三种类型。

扩展强度指数的表达式为：

$$I_{ue} = \Delta U_{ij} / (\Delta t_j \times TLA_i) \times 100$$

(公式中： ΔU_{ij} 为j时段第i个研究单元建成区扩展数量， Δt_j 为j时段的时间跨度， TLA_i 为第i单元土地总面积。)

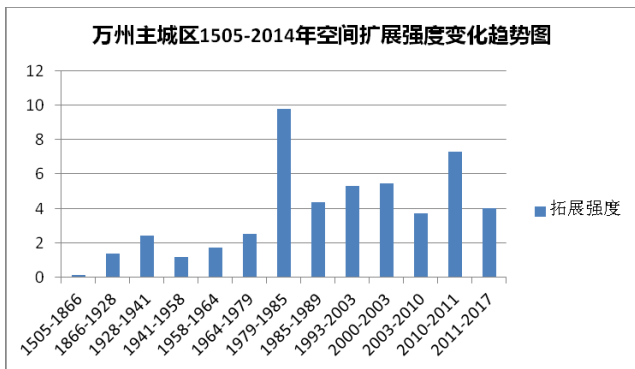


图1 万州主城区1505-2017年空间扩展强度变化趋势图

1505年至2017年的512年间，万州中心城区建成用地面积由0.12平方公里增加到69.6平方公里，面积增长了580倍，平均每年扩展0.136平方公里。用地扩展在1928年以前，由于万州处于农业化时代和战争时代，城市建设未能得到足够重视，导致城市扩张呈缓慢增长的态势，年均增加面积不足0.0036 km²/年。1928年—1978年，在新中国成立的大背景下，城市用地扩展速度有所加快，年均增加面积达到0.0622 km²/年。1978年改革开放至三峡工程期间保持着稳定的增长速度，平均每年用地扩展速度在0.975km²/年左右，三峡工程开工后，城市建成区面积期间曾经一度出现过爆发性的增加，扩展速度也上升至2.024km²/年，这与万州作为第二大移民城市，承载着库区人口转移有着紧密的关系。

1505-1979年为低速扩展型，1979-1985年、2010-2011年为高速拓展型，1985-2010年、2011-2017年年为中速拓展型。1979年改革开放以前，万州由于生产力水平低下、战乱等原因城市空间一下处于低速拓展阶段。改革开放以后，由于国家政策支持、城市建设者重视等原因，万州城市发展呈现出高速拓展的态势。随后伴随着三峡工程的建设，万州的空间拓展速度有所降低，一直维持着中速拓展的态势。

(二) 万州城区用地空间扩张与碳排放的相关性

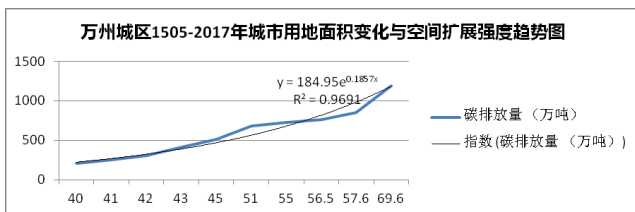


图2 万州城区1505-2017年城市用地面积变化与空间扩展强度趋势图

由上图可以看出万州城市建设用地空间扩张程度越强，城市碳排放量越多，也就是说万州中心城区碳排放量与建设用地面积呈正比例函数关系。造成这种现象的原因可归结为二点，一是万州城镇建设用地扩张使通勤距离加大，汽车使用量的增多，加速了城市碳排放量；二是部分林地和草地被开发成城镇建设用地，不仅直接增大能源的消耗量，还减少碳汇，增加碳源。因此限制城镇无序扩张，优化土地功能布局、调整用地结构、提倡城市紧凑发展，对降低城市碳排放量，推动城市朝着低碳化方向建设与发展具有极其重要的促进意义。

三、城市空间紧凑度与碳排放强度相关性分析

(一) 万州城区空间紧凑度测算

根据Batty的紧凑度公式，计算得到万州城区紧凑度指数，并绘制折线图，可动态反映万州城区紧凑度指数的变化过程。1866年、1928年、1941年、1958年、1964年、1979年、1980年、1985年、1989年、1993年、2003年、2008年、2011年、2017年的城市建成区面积与周长数据借助城市现状图自己绘制CAD获得。

城市形态紧凑度计算方法为 $BCI = 2\sqrt{\pi A}/P$ 。

公式中，BCI代表城市用地的紧凑度，A代表建成区面积，P代表城市轮廓周长。

城市用地紧凑度取值范围为(0, 1)，紧凑度值越大，城市形状就越紧性，当数值越趋近于0时，城市用地紧凑性越差，形态越狭长，当值越趋近于1时，城市形态越接近圆形^[2]。

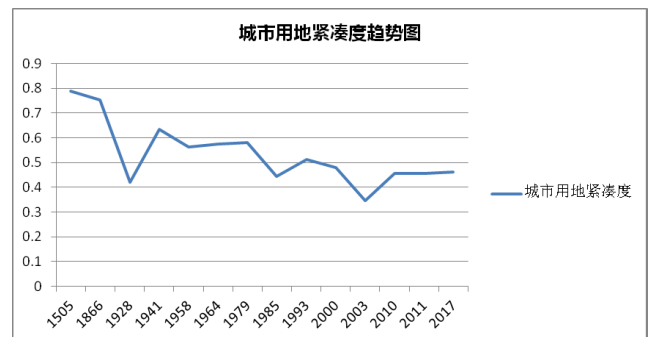


图3 万州1505-2017年城市用地紧凑度趋势图

通过以上折线图可以得出，万州中心城区紧凑度指数处于0-1之间，计算结果是合理的，紧凑度指数在1505年表现为最大，为0.79，紧凑度指数在2003年表现为最小，为0.35，此时期城市形态变得狭长。从总体发展来看，紧凑度指数变化较大，但就某一时期来看，紧凑度指数变化幅度仍然是相对稳定的。

从折线图变化趋势可以得出，城市紧凑度在1505—1928年开始出现整体下降的趋势；城区紧凑度在1928—1941年开始出现整体上升的趋势；城区紧凑度在1941—2003年开始出现整体下降的趋势；城区紧凑度在2003—2015年又开始出现上升的趋势。

通过以上分析，我们可以发现城市紧凑度与城市空间扩展的方式密切相关。1505—1866年万州城区仅是一个不到0.3平方公里的县城，城市呈块状布局，紧凑度最高，形状呈葫芦形，接近圆形。1866-1928年城市开始跨越苎溪河发展，随着万州开埠，城市逐渐开启了带状式沿江发展的模式，至1928年，城市紧凑度下降至0.42。1928—1941年万州由于遭受战乱，因此城市空间扩展速度缓慢，期间城市扩展主要以城市内部填充式发展为主，紧凑度略有上升的趋势。1941—2003年，城市空间进入快速扩展的时期，城市形态开始出现剧烈变化，此期间紧凑度波动较大，由1941年的0.42先上升到1941年的0.63，再下降到1958年的0.56，最终下降到2003年的0.35，此时达到万州城市紧凑度的最小值。2003—2017年，随着城市空间多中心组团式带状发展模式的出现，此时城市开始以填充式发展为主，从而提高了土地使用效率，城市紧凑度指数开始由小变大。

(二) 万州城区空间紧凑度与碳排放强度相关性分析
表4 万州城区2005-2017年城市用地面积变化
与空间扩展强度类型对比表

年份	城市空间紧凑度	碳排放量(万吨)
2005	0.372	207.31
2006	0.391	253.61
2007	0.4105	305.03
2008	0.4206	414.96
2009	0.4401	513.95
2010	0.4571	677.70
2011	0.4564	724.70
2012	0.4582	757.05
2013	0.4600	847.70
2017	0.4617	1187.04

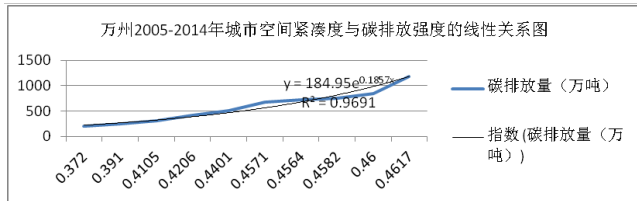


图4 万州2005-2017年城市空间紧凑度与碳排放强度的线性关系图
从上图可以看出,碳排放量与万州城市紧凑度呈正比例函数关系,这主要是由于随着城市碳排放受工业生产、交通、建筑等多个社会经济发展因素影响。万州的城市形态在时间的长河中不断地演变,其城市的产业结构类型、城市通勤距离、能源结构及消费量等多方面的构成具有很强的差异性和未知性,等城市容量趋于饱和状态继而开始下降,而空间紧凑度将随着城市建成区内部的空隙不断被填充而提高^[3]。因此万州应注重城市修补,提升城市的紧凑度水平。

四、万州城市空间低碳发展对策建议

(一) 提高城市空间紧凑度,混合土地功能发展

提倡土地集约发展、混合土地功能对解决万州部分地区用地紧张、生态资源环境矛盾、基础设施配置不足等问题具有重要的

指导意义。万州城市空间应通过高效集约、功能混合的用地,增强土地价值、提高生态环境质量、扩大基础设施服务半径,实现城市空间紧凑化发展,谨防城市用地盲目扩张,造成城市“摊大饼”的现象出现^[4]。

(二) 减小城市空间形状指数,城市用地规整开发

万州可结合山地城市独特的地形地貌条件,尽量采用规整型开发的方式对城市建设用地进行规划建设。城市用地规整开发,可通过开发与利用高效土地资源、构建与优化景观生态网络来实现,即城市空间资源利用效率的提高,进而达到整体空间能效的提升、降低碳排放量的目的。

(三) 严控城市空间扩张,提倡城市修补

城市修补是对城市内部未加以充分利地进行适应的开发与建设,城市修补有利于提高单位面积土地上各类要素资源的投入产出效率,从而减少甚至避免资源浪费和排放污染,避免高能耗、低效率的城市空间外延型发展。达到土地混合高效利用、资源循环利用、城市用地布局紧凑、产业结构发展合理、生态环境优良的战略空间用地布局的目的。

(四) 增强碳汇功能,建设生态绿地

加强建设生态绿地等措施,可为城市增加碳源,从而增强单位面积土地的固碳能力。该措施不仅有利于增氧、减轻热岛效应,还可为城市居民提代一个生态环境优美的户外健身场所和具有观赏性与游览人生态树林绿荫景观带。

结语

通过分析万州城区形状指数、用地空间扩张特征、空间紧凑度特征和碳排放特征之间的相关性,找到规律,为万州今后城市空间发展起到了一定的指导作用。但由于本研究数据来源大部分为统计年鉴,资料有限,因此只能完成2005-2017年对碳排放量数据的收集,缺少更大时间跨度的碳排放的分析。

参考文献

[1]城市空间形状与碳排放强度的相关性研究-城镇化-中国区域发展网
[2]余瑞林,王新生,刘承良.武汉城市圈城市空间形态特征及其变化.资源开发与市场 2008年6期.
[3]王志远.低碳城市空间形态规划研究.中南大学
[4]王志远,廖建军,陈祖展,张丹.城市用地空间扩张与碳排放的相关效应研究——以长沙市为例.南华大学学报(自然科学版) 2013年2期.

(上接第70页)

染产生;比干挂石材减少生产钢材废气排放及节约用电,减少施工现场焊接产生的有害气体及粉尘,有利于保护工人健康并减少大气污染。

(四) 节能和社会效益

解决了聚苯板(挤塑板)抹灰外墙保温系统易开裂、易脱落等无法解决的技术难题;XRY节能装饰板同时具有装饰和保温的双重功能。

由于外墙整体为封闭保温体系,避免了砼及螺杆传热,完全遵循了节能原则,并满足节能规范要求。

节省了钢材用量,缩短了建设工期。

相比较目前普遍采用的各种工法,方案三既满足装饰板使用安全、又满足经济、节能和环保要求,值得推广。

参考文献

[1]JGJ26-95,《民用建筑节能设计标准》[S].
[2]陆明,邢军,郭旭.适应我国养老模式的养老设施分级规划研究[J].华中建筑,2011年08期.
[3]DBJ14-037-2012,山东省《居住建筑节能设计标准》[S].
[4]02J121-1,《外保温建筑构造》[S].
[5]GB 50411-2007,《建筑节能工程施工质量验收规范》[S].
[6]J11763-2010,《装饰板外墙外保温系统应用技术规程》[S].

作者简介:

范运海,男,山东省泰安人,山东矿院土木工程本科毕业,高级工程师、一级建造师、注册监理工程师、注册设备监理工程师、注册咨询师等执业资格,参与了多项施工新技术的探索与应用。