

空间效益导向替代简单扩张： 城市治理关键评价指标

吴志强 刘晓畅 赵刚 敖翔 李俊 刘治宇 何珍 周士奇

提 要 中国正处于从“体力城镇化”走向“智力城镇化”的关键窗口期，能否以生态文明的建构为目标导向，促进社会创新和创造经济价值，是衡量中国城镇化是否能够“华丽转型”走上高质量发展道路的重要标准。根据指标的关键性、客观性、易获性，遴选碳汇指数(CSI)、税收指数(LTI)、专利指数(IPI)共3大关键指标，以各个指标年度之间的变量作为核心依据，对我国城市空间使用的生态效益、经济效益、社会效益进行评价，并构建城市空间效益综合指数(SEI)。基于SEI的年度变化及其提升或下降的幅度，为国土空间规划的二次审批提供科学支撑，为每年城市建设土地空间的指标分配提供量化依据，以促使空间效益导向替代简单扩张，推进城市空间使用及其治理的可持续发展。

关键词 空间使用；碳汇；税收；专利；综合效益评价；治理；关键指标

中图分类号 TU984 文献标识码 A
DOI 10.16361/j.upf.202105003
文章编号 1000-3363(2021)05-0015-08

作者简介

吴志强，中国工程院院士，同济大学建筑与城市规划学院，高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室，教授，博导，wus@tongji.edu.cn
刘晓畅，同济大学建筑与城市规划学院，博士研究生
赵刚，上海同济城市规划设计研究院有限公司，规划师
敖翔，上海同济城市规划设计研究院有限公司，规划师
李俊，上海同济城市规划设计研究院有限公司，规划师
刘治宇，同济大学设计创意学院，硕士研究生
何珍，上海同济城市规划设计研究院有限公司，规划师
周士奇，同济大学设计创意学院，博士研究生

Replacing Expansion-oriented with Efficiency-led Spatial Goals: Key Evaluation Indicators for Urban Governance

WU Zhiqiang, LIU Xiaochang, ZHAO Gang, AO Xiang, LI Jun, LIU Zhiyu, HE Zhen, ZHOU Shiqi

Abstract: China is now situated at a critical juncture of urbanization from one based on physical transformations to one built on smart approaches. Whether China's urbanization will be gloriously transformed depends the realization of its ecological civilization, high-quality social innovation, and economic value creation. Based on the criteria of relevance, objectivity, and accessibility, the paper selects three key indicators for evaluating the ecological, economic, and social effectiveness of urban spaces and governance, namely carbon sink index (CSI), land tax index (LTI), and innovation patent index (IPI). In addition, by combining the three indicators, the paper also constructs a spatial effectiveness index (SEI) for evaluating comprehensive effectiveness of urban space use based on extent of annual change. It can serve as a quantitative indicator for making decisions on urban land use and construction land allocation each year and promoting sustainable development of urban spaces and governance.

Keywords: urban space use; carbon sink index; land tax index; innovation patent index; space effectiveness index; evaluation; governance; key indicator

1 大势研判

改革开放以来，我国经历了人类历史上最为波澜壮阔的城镇化进程：城镇化率由17.90%（1978年）快速提升至61.43%（2020年），提升了43.53个百分点。同时，我国城市建成区面积由7438km²（1980年）扩张至60 312.45km²（2019年），提升了8.11倍；GDP更是由0.15万亿USD飙升至14.72万亿USD，提升了近100倍（图1）。因此，我国城镇化进程不仅推动了城市建设土地空间的快速扩张，还成为了城市空间经济效益提升的核心动力。

对标纽约、伦敦、东京等全球城市的建成区地均GDP（表1），我国主要城市北京、上海、广州、深圳、天津、重庆等建成区地均GDP仍具有巨大潜力空间：纽约建成区地均GDP高达11.62USD/km²，2.54倍于深圳、4.6倍于广州、4.82倍于重庆、5.14倍于上海、6.84倍于北京、14倍于天津。伦敦建成区地均GDP为2.75亿USD/km²，远高于北京、上海、广州、天津、重庆等城市（图2）。

2000年至2019年期间，虽然中国建成区地均税收由560.69万元/km²提升至2619.70万元/km²，提升了4.67倍（图3），但是中国建成区的地均税收增速呈现波动下降趋势（图4），2019年的地均税收增幅跌破0，仅为-2.09%，较近20年的最高增

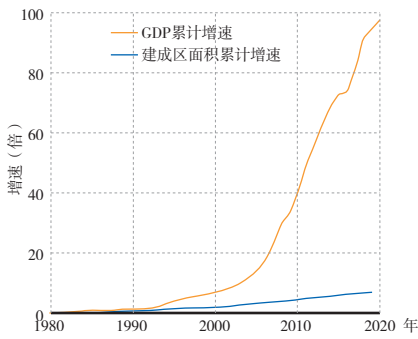


图1 我国GDP与城市建成区面积累计增速 (1979—2020年)

Fig.1 Cumulative growth rate of GDP and urban built-up area (1979–2020)
资料来源：作者自绘。

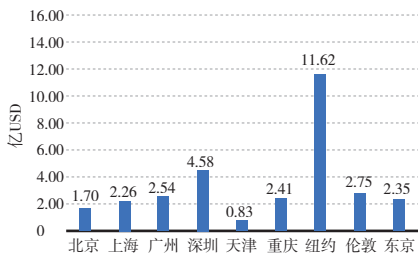


图2 我国主要城市与全球城市建成区地均GDP比较 (2019年)

Fig.2 Comparison of GDP per km² of urban built-up area between major cities in China and selected global cities (2019)
资料来源：作者自绘。

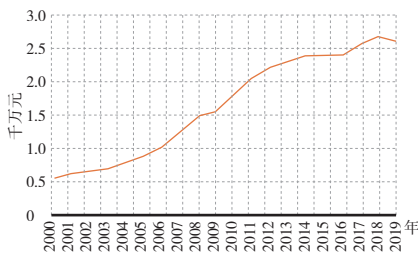


图3 我国建成区地均税收演进 (2000—2019年)

Fig.3. Changes in tax revenue per km² of urban built-up area in China (2000–2019)
资料来源：作者自绘。

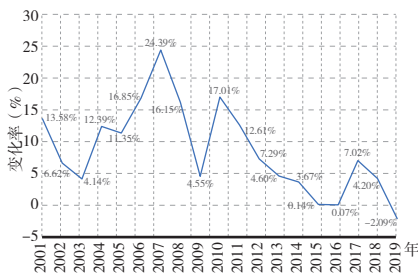


图4 我国建成区地均税收变化率演进 (2000—2019年)

Fig.4 Annual rate of change of tax revenue per km² of urban built-up area in China (2000–2019)
资料来源：作者自绘。

表1 我国主要城市与全球城市基本数据比较 (2019年)

Tab.1 Comparison of some basic information between major cities in China and selected global cities (2019)

城市名称	GDP (亿USD)	管辖区面积 (km²)	建成区面积 (km²)	人口数量 (万)	管辖区地均GDP (亿USD/km²)	建成区地均GDP (亿USD/km²)	城市人均GDP (万USD/km²)
北京	5415	16 410	3183	2189	0.33	1.70	2.47
上海	5805	6341	2565	2487	0.92	2.26	2.33
广州	3753	7434	1475	1868	0.50	2.54	2.01
深圳	4151	1997	907	1756	2.08	4.58	2.36
天津	2113	11967	2541	1387	0.18	0.83	1.52
重庆	3750	82 402	1555	3205	0.05	2.41	1.17
纽约	10 650	1213	916	834	8.78	11.62	12.77
伦敦	6482	1583	2353	1217	4.09	2.75	5.33
东京	9737	13 556	4139	3739	0.72	2.35	2.60

资料来源：作者自绘。

幅下降了26.48个百分点。因此，中国城镇化的品质与效率发展还有巨大的提升空间，推动新型城镇化高质量发展迫在眉睫（吴志强，2016）。

通过对全世界214个国家和地区城镇化发展过程的大量模拟结果，发现中国正处于从“体力城镇化”走向“智力城镇化”的关键窗口期（吴志强，等，2015），能否以生态文明建构为目标导向提升城市空间使用效益，在每一寸土地上产出高价值的智力产品，促进社会创新和创造经济价值，进一步发展积累自主创新动力，是衡量中国城镇化是否能够“华丽转型”走上智力化可持续道路的重要标准（吴志强，2018）。因此，亟需对我国城市空间使用效益进行科学评价。

2 概念辨析

2.1 效率与效益

效率（efficiency）是在做某事或产生预期结果时避免浪费材料、能源、努力、金钱和时间等的的能力，表示使用最少的输入量来实现最多的输出量的性能水平^①。

效益（effectiveness）是指产生期望结果的能力或产生期望输出的能力，强调效率与质量。效率是把事情做对（doing things right），而效益是把事情做好（doing right things）^②，具有正向价值观。

因此，对于空间评价而言，应从“单一效率”向“综合效益”变革。

2.2 土地与空间

联合国粮农组织（FAO）在其“FESLM: An international framework for evaluating sustainable land management”

中对于土地的定义是包括地质、地貌、气候、水文、土壤、植被等多种自然要素在内的自然综合体^③，具有空间边界或有载体、可明确产权、经济价值易计量的天然生成物（林坚，2018）。

空间，是由各种自然要素和人文要素组成的物质实体，是国家经济社会发展的物质基础或资源，是国民生存和从事各种活动的场所和环境。按照自然特征划分，空间可分为陆地（土地）、陆上水体（水域）、海洋、领空；按照立体分布划分，空间可分为地表空间、地上空间、地下空间；按照提供产品的类别划分，空间可分为城市空间、农业空间、生态空间和其他空间。国土空间规划的对象本质是在一定时期内基于不同等级行政管辖下的域空间：“7+1”域（国域、区域、省域、市域、县域、镇域、村域/社区域以及跨国域），对涉及空间资源保护和利用的空间要素进行配置和空间用途分类的各单项规划和规划体系（吴志强，2020）。

因此，对于空间规划而言，应从“单维土地”向“多维空间”变革（吴志强，2007）。

2.3 利用与使用

利用，出自老子《道德经》：“三十辐共一毂，当其无，有车之用。埴埴以为器，当其无，有器之用。凿户牖以为室，当其无，有室之用。故有之以为利，无之以为用”^④。其意思和解释多指贬义：以人或事物为凭借来得到好处与达到目的，蕴含欺骗、隐瞒、虚假的心理手段。

使用，有别于利用的多指贬义，多为中性，其强调使用者与被使用者之间的相互尊重、相互平等、互利互惠、和谐永续的状态。

因此,对于空间使用而言,应从“利用榨取”向“平等永续”变革。

3 关键指标遴选原则及其算法

在城市空间使用效益评价及其治理的过程中,必须把控城市作为人类文明重要载体的生态性、经济性、社会性(吴志强,2018)。

第一,把握城市与所处自然环境之间的关系;第二,把握城市内部不同子系统之间的关联;第三,把握城市代际之间传承与创新的永续(吴志强,等,2014)。

目前,我国城市空间使用效益评价指标普遍为表象数据且过于庞杂,亟需进行关键指标遴选。基于指标的关键性、客观性、易获性原则,本研究选取碳汇指数(carbon sink index,以下简称“CSI”)^⑤、税收指数(land tax index,以下简称“LTI”^⑥)、专利指数(innovation patent index,以下简称“IPI”^⑦)作为我国城市空间使用效益评价及其治理关键指标,并以年度间的演进变量作为核心依据。

3.1 城市空间生态效益评价关键指标遴选及其算法

3.1.1 CSI指标遴选的关键性原则

在可持续发展中国人均环境评价体系中,衡量城市资源与环境发展水平指标包含了人均耕地面积、人均园林绿地面积、环境噪声达标面积百分比、建成区绿化覆盖率、地均SO₂排放量等(吴志强,等,2004)。当今,我国力争2030年前实现碳达峰,2060年前实现碳中和,这是党中央经过深思熟虑作出的重大战略决策,事关中华民族永续发展和构建人类命运共同体。1997年通过的《京都议定书》首次在国际气候变化协议中承认碳汇对应气候变化的作用,并要求签署方加强对碳汇的发展和管理,并尝试构建相应的碳汇机制。随着气候变化问题的逐渐显现,各个国家积极推动《巴厘岛路线图》(2007)、《哥本哈根协议》(2009)、《巴黎协定》(2016)的签署与生效,成立碳排放交易市场,建构清洁发展机制,其中碳汇是清洁发展机制的重要组成部分,也是实现碳中和目标的关键一环。因此,本研究选取CSI作为城市空间生态效益评价关

键指标。

3.1.2 CSI指标遴选的客观性原则

CSI指标的建构包含了光合有效辐射(PAR, photosynthetically active radiation)、植被有效光合辐射吸收比例(FAPAR, fraction of absorbed photosynthetically active radiation)、归一化差分植被指数(NDVI, normalized difference vegetation index)、数字高程数据(DEM, digital elevation model)等多源卫星遥感数据,还包含了基于独立气象观测点的温度、降雨等观测性数据,客观性强。

3.1.3 CSI指标遴选的易获性原则

CSI相关数据来源于“国家地球系统科学数据中心”(National Earth System Science Data Center)^⑧、“中国科学院资源环境科学数据中心”(Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research)^⑨、“美国国家航空航天局”(National Aeronautics and Space Administration)^⑩,易获性强。

3.1.4 CSI算法

$$CSI=100\times[(\Delta CS-\Delta CS_{\min})/(\Delta CS_{\max}-\Delta CS_{\min})]$$

ΔCS , 行政区的地均碳汇环比变化率, $\Delta CS=(CSy/S-CSpy/S)/(CSpy/S)\times 100\%$

$\Delta CS_{\max}$, 为全国所有该类型行政区的地均碳汇环比变化率最大值

$\Delta CS_{\min}$, 为全国所有该类型行政区的地均碳汇环比变化率最小值

CSy: 本期碳汇总量, 单位: t

CSpy: 上期碳汇总量, 单位: t

S: 行政区面积, 单位: km²

$CS=PAR\times FAPAR\times T_{E1}\times T_{E2}\times W_{\varepsilon}\times \varepsilon_{\max}$ ^⑪

PAR: 光合有效辐射, 单位: W/m²

FAPAR: 植被有效光合辐射吸收比例, 单位: %

T_{E1} 和 T_{E2} : 温度胁迫系数, 反映温度变化下对光能利用率的削减作用, 单位: %

W_{ε} : 湿度胁迫系数, 反映湿度变化下对光能利用率的削减作用, 单位: %

$\varepsilon_{\max}$: 最大光能利用率, 单位: gC/MJ

3.2 城市空间经济效益评价关键指标遴选及其算法

3.2.1 LTI指标遴选的关键性原则

在可持续发展中国人均环境评价体系中,衡量城市经济发展水平指标包含了单位土地GDP、农林牧渔业产值、固

定资产投资总额、单位土地税收、第三产业GDP占比等(吴志强,等,2004)。区别于单位土地GDP受数据质量影响,单位土地税收是真金白银,一定程度能够真实反映经济发展的质量。在诸多省份、城市、区县的“亩产论英雄”改革中,用“亩均税收”而非“唯GDP”作为衡量国土空间的经济效益“高权重”关键指标,有利于城市空间使用过程中聚焦科技价值链高端,推动资源要素向优质高效的领域集中,实现经济的永续发展。因此,本研究选取LTI作为城市空间经济效益评价关键指标。

3.2.2 LTI指标遴选的客观性原则

LTI指标的建构包含了税收收入、城市建成区面积等关键数据。其中,税收收入为国家税务总局官方统计数据,城市建成区面积为卫星遥感影像识别数据,客观性强。

3.2.3 LTI指标遴选的易获性原则

LTI相关数据来源于《中国统计年鉴》^⑫、《中国城市统计年鉴》^⑬、“自然资源部国土卫星遥感应用中心”(Land Satellite Remote Sensing Application Center, MNR)、“欧洲航天局”(The European Space Agency)^⑭等,易获性强。

3.2.4 LTI算法

$$LTI=100\times[(\Delta LT-\Delta LT_{\min})/(\Delta LT_{\max}-\Delta LT_{\min})]$$

ΔLT , 行政区的建成区地均税收环比变化率, $\Delta LT=(LTy/S-LTpy/S)/(LTpy/S)\times 100\%$

$\Delta LT_{\max}$, 为全国所有该类型行政区的建成区地均税收环比变化率最大值

$\Delta LT_{\min}$, 为全国所有该类型行政区的建成区地均税收环比变化率最小值

LTy: 本期税收总量, 单位: 万元

LTpy: 上期税收总量, 单位: 万元

S: 行政区的建成区面积, 单位: km²

3.3 城市空间社会效益评价关键指标遴选及其算法

3.3.1 IPI指标遴选的关键性原则

推动新型城镇化高质量发展与创新型国家的建设必须以创新为根本动力(吴志强,2018)。在可持续发展中国人均环境评价体系中,衡量城市社会创新水平指标包含了万元产值用水量、万元产值用电量、科研技术从业人员数量、工业废水排放达标率等(吴志强,等,

表2 31个省级行政区地均碳汇排行

Tab.2 Carbon sink per km² of 31 provincial administrative areas

省级行政区名称	2005 (t/km ²)	2010 (t/km ²)	2015 (t/km ²)	2019 (t/km ²)
海南省	1251.52	1513.48	1487.48	1557.20
福建省	1053.90	1185.35	1264.62	1183.24
云南省	809.37	824.31	1022.12	1131.29
广东省	1011.06	1037.93	1166.39	1097.96
广西壮族自治区	833.56	921.97	1066.73	969.83
江西省	868.09	983.11	1046.26	930.54
浙江省	843.47	917.22	929.25	914.47
湖南省	626.03	738.63	759.84	736.56
安徽省	602.00	620.46	689.61	700.14
湖北省	616.28	636.23	664.08	699.74
贵州省	498.26	554.76	649.18	636.57
重庆市	513.76	569.66	625.79	603.13
江苏省	484.13	430.89	514.93	551.05
河南省	438.64	414.16	429.32	516.55
四川省	409.18	376.01	441.69	513.36
上海市	444.97	378.19	492.66	489.71
陕西省	374.45	355.75	389.68	428.87
山东省	332.77	264.79	293.29	371.30
北京市	268.80	255.77	295.22	335.45
河北省	231.97	215.05	252.84	306.16
辽宁省	296.83	290.10	287.21	303.33
山西省	198.73	185.02	212.31	278.96
天津市	216.74	179.78	213.37	249.88
吉林省	246.63	241.49	254.64	247.47
黑龙江省	203.66	208.50	227.22	200.20
宁夏回族自治区	60.45	65.33	78.01	132.70
甘肃省	88.21	77.57	94.45	123.05
西藏自治区	92.07	91.62	97.07	109.61
内蒙古自治区	76.95	72.61	86.01	105.03
青海省	61.27	58.19	56.37	68.21
新疆维吾尔自治区	25.24	26.62	26.25	31.99

资料来源：作者自绘。

2004)。近年来，笔者团队在用以描述城市创新能力的众多指标中，通过超过千次的数据模型迭代，基于数据的独立性和重要性原则筛选出衡量城市创新力的关键6要素（吴志强，2020）。“创新专利数”是衡量城市创新力（urban innovation index，UII）最为关键的指标。因此，本研究选取IPI作为城市空间社会效益评价关键指标。

3.3.2 IPI指标遴选的客观性原则

IPI指标的建构包含了发明专利授权数、城市建成区面积等关键数据。其中，发明专利授权数为国家知识产权局官方统计数据，城市建成区面积为卫星遥感影像识别数据，客观性强。

3.3.3 IPI指标遴选的易获性原则

IPI相关数据来源于《中国统计年鉴》^③《中国城市统计年鉴》^④、“自然资源部国土卫星遥感应用中心”（Land Satellite Remote Sensing Application Center，

表3 31个省级行政区CSI排行

Tab.3 CSI ranking of 31 provincial administrative areas

省级行政区名称	2005—2010 变化率（%）	2010—2015 变化率（%）	2015—2019 变化率（%）	平均 变化率（%）	CSI
宁夏回族自治区	8.07	19.40	70.11	32.53	100.00
甘肃省	-12.07	21.77	30.27	13.33	41.29
山西省	-6.90	14.75	31.39	13.08	40.54
云南省	1.85	24.00	10.68	12.17	37.77
内蒙古自治区	-5.65	18.46	22.12	11.64	36.15
河北省	-7.29	17.57	21.09	10.46	32.52
贵州省	11.34	17.02	-1.94	8.81	27.47
新疆维吾尔自治区	5.50	-1.41	21.86	8.65	26.99
四川省	-8.11	17.47	16.23	8.53	26.62
北京市	-4.84	15.42	13.63	8.07	25.21
海南省	20.93	-1.72	4.69	7.97	24.90
天津市	-17.06	18.69	17.11	6.25	19.65
河南省	-5.58	3.66	20.32	6.13	19.30
西藏自治区	-0.49	5.95	12.92	6.13	19.27
湖南省	17.99	2.87	-3.06	5.93	18.68
广西壮族自治区	10.61	15.70	-9.08	5.74	18.10
重庆市	10.88	9.85	-3.62	5.70	17.99
山东省	-20.43	10.76	26.60	5.64	17.80
安徽省	3.07	11.15	1.53	5.25	16.58
江苏省	-11.00	19.50	7.01	5.17	16.36
上海市	-15.01	30.27	-0.60	4.89	15.49
陕西省	-4.99	9.54	10.06	4.87	15.42
湖北省	3.24	4.38	5.37	4.33	13.78
青海省	-5.03	-3.13	21.01	4.28	13.65
福建省	12.47	6.69	-6.43	4.24	13.51
广东省	2.66	12.38	-5.87	3.06	9.89
江西省	13.25	6.42	-11.06	2.87	9.32
浙江省	8.74	1.31	-1.59	2.82	9.17
辽宁省	-2.27	-1.00	5.62	0.78	2.94
吉林省	-2.08	5.45	-2.81	0.18	1.10
黑龙江省	2.38	8.98	-11.89	-0.18	0.00

资料来源：作者自绘。

MNR）、“欧洲航天局”（The European Space Agency）^⑤等，易获性强。

3.3.4 IPI算法

$$IPI=100\times [(\Delta IP-\Delta IP_{\min})/(\Delta IP_{\max}-\Delta IP_{\min})]$$

ΔIP ，行政区的建成区地均创新专利环比变化率， $\Delta IP=(IP_y/S-IP_{py}/S)/(IP_{py}/S)\times 100\%$

$\Delta IP_{\max}$ ，为全国所有该类型行政区的建成区地均创新专利数量环比变化率最大值

IP_y ：本期创新专利总量，单位：件

IP_{py} ：上期创新专利总量，单位：件

S ：行政区的建成区面积，单位：km²

4 31个省级行政区城市空间效益评价^⑥

4.1 CSI评价

在31个省级行政区中，海南省地均碳汇为1557.20t/km²，位居第一，排名前

五位的分别为：福建省（1183.24t/km²）、云南省（1131.29t/km²）、广东省（1097.96t/km²）、广西壮族自治区（969.83t/km²）（表2）。

根据3.1的评价方法，进行31个省级行政区的CSI评价，研究发现：CSI高值区呈现“T”形分布（图5），分别为：宁夏回族自治区、甘肃省、山西省、云南省、内蒙古自治区、河北省、贵州省、新疆维吾尔自治区、四川省、北京市、海南省等（表3）。

4.2 LTI评价

在31个省级行政区中，排名前五的省级行政区分别为：上海（2.42万元/km²）、北京（1.51万元/km²）、海南（1.08万元/km²）、重庆（0.99万元/km²）、贵州（0.98万元/km²）（表4）。

根据3.2的评价方法，进行31个省级行政区的LTI评价，研究发现，LTI高

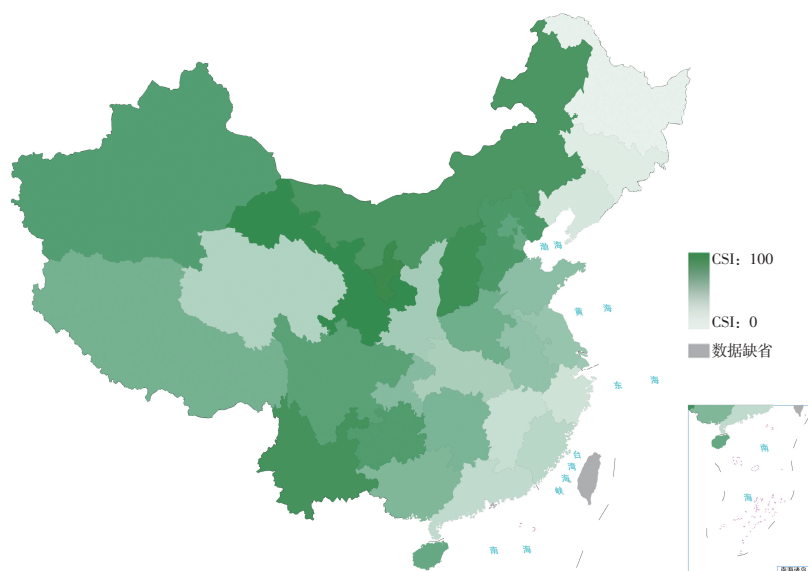


图5 31个省级行政区CSI空间分布

Fig.5 CSI of 31 provincial administrative areas

注：此图基于国家自然资源部地图技术审查中心标准地图服务网站的标准地图（GS（2019）1823号）绘制，底图无修改。

资料来源：作者自绘。

表4 31个省级行政区建成区地均税收排行（2017—2019年）

Tab.4 Tax revenue per km² of urban built-up area of 31 provincial administrative areas

省级行政区名称	2017年建成区地均税收 (万元/km ²)	2018年建成区地均税收 (万元/km ²)	2019年建成区地均税收 (万元/km ²)
上海市	3.39	2.46	2.42
北京市	2.17	1.58	1.51
海南省	1.34	1.04	1.08
重庆市	1.53	1.03	0.99
贵州省	1.62	1.05	0.98
广东省	1.10	0.80	0.82
浙江省	1.00	0.75	0.79
湖北省	0.97	0.69	0.70
四川省	0.93	0.69	0.70
江苏省	0.92	0.67	0.68
天津市	1.07	0.69	0.64
湖南省	0.81	0.59	0.62
西藏自治区	0.78	0.61	0.58
江西省	0.79	0.54	0.56
陕西省	0.70	0.52	0.53
云南省	0.66	0.49	0.49
安徽省	0.68	0.48	0.49
广西壮族自治区	0.62	0.42	0.43
福建省	0.54	0.40	0.40
山西省	0.46	0.36	0.37
青海省	0.54	0.41	0.34
甘肃省	0.58	0.41	0.34
新疆维吾尔自治区	0.52	0.37	0.33
内蒙古自治区	0.52	0.35	0.32
山东省	0.42	0.31	0.30
宁夏回族自治区	0.60	0.35	0.28
河南省	0.35	0.26	0.28
辽宁省	0.44	0.32	0.28
吉林省	0.34	0.24	0.19
河北省	0.24	0.19	0.19
黑龙江省	0.17	0.12	0.11

资料来源：作者自绘。

值区呈现沿“长江流域”与“京广线”的“十”字形分布（图6），分别为：河南省、海南省、浙江省、山西省、河北省、湖南省、陕西省、四川省、广东省、云南省等（表5）。

4.3 IPI评价

在31个省级行政区中，北京市建成区地均专利数为16.69件/km²，位居第一，排名前五的分别为：北京市（16.69件/km²）、上海市（8.86件/km²）、广东省（4.90件/km²）、浙江省（4.55件/km²）、重庆市（4.49件/km²）（表6）。

根据3.3的评价方法，进行31个省级行政区的IPI评价，研究发现，IPI高值区呈现“H”形区域分布（图7），分别为：西藏自治区、湖北省、广东省、北京市、海南省、重庆市、福建省、吉林省、江西省、河北省、陕西省、浙江

表5 31个省级行政区LTI排行

Tab.5 LTI ranking of 31 provincial administrative areas

省级行政区名称	2017—2018 变化率 (%)	2018—2019 变化率 (%)	平均 变化率 (%)	LTI
河南省	-25.18	6.71	-9.23	100.00
海南省	-22.20	3.73	-9.23	100.00
浙江省	-25.05	5.18	-9.93	96.69
山西省	-22.05	2.08	-9.98	96.46
河北省	-21.86	0.12	-10.87	92.27
湖南省	-27.67	4.80	-11.44	89.61
陕西省	-24.91	1.42	-11.75	88.14
四川省	-25.58	1.84	-11.87	87.56
广东省	-27.29	3.36	-11.97	87.11
云南省	-24.98	-0.63	-12.81	83.15
江苏省	-27.23	0.48	-13.38	80.46
西藏自治区	-22.53	-4.44	-13.49	79.94
湖北省	-29.35	2.21	-13.57	79.56
福建省	-26.38	-1.01	-13.69	78.96
江西省	-31.80	3.80	-14.00	77.52
安徽省	-29.60	1.03	-14.29	76.18
上海市	-27.37	-1.50	-14.43	75.49
山东省	-26.93	-2.32	-14.63	74.57
广西壮族自治区	-32.50	2.05	-15.23	71.73
北京市	-27.27	-3.85	-15.56	70.16
重庆市	-32.33	-4.11	-18.22	57.63
辽宁省	-26.50	-13.33	-19.92	49.64
青海省	-25.25	-15.11	-20.18	48.40
黑龙江省	-26.19	-14.38	-20.29	47.90
内蒙古自治区	-33.12	-8.07	-20.60	46.43
贵州省	-35.34	-6.00	-20.67	46.08
新疆维吾尔自治区	-28.90	-12.77	-20.84	45.29
天津市	-35.64	-6.56	-21.10	44.07
甘肃省	-29.76	-15.90	-22.83	35.91
吉林省	-29.52	-20.52	-25.02	25.60
宁夏回族自治区	-42.02	-18.88	-30.45	0.00

资料来源：作者自绘。

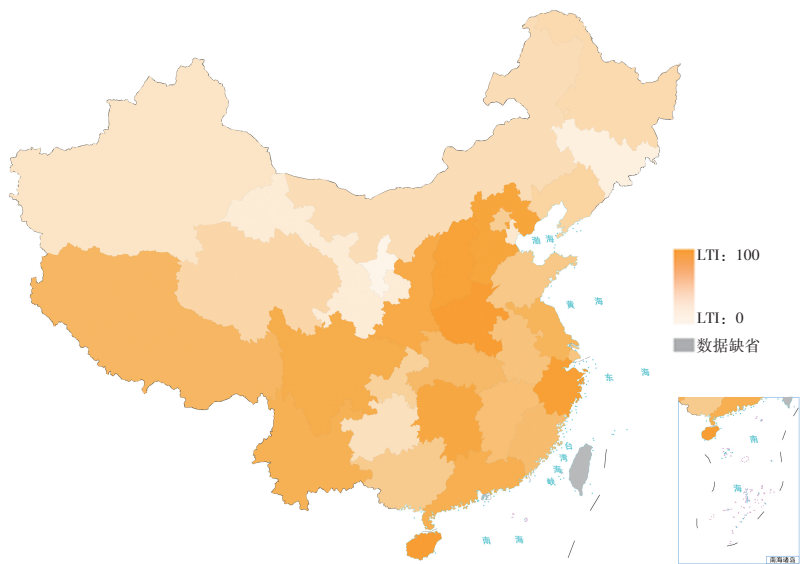


图6 31个省级行政区LTI空间分布

Fig.6 LTI of 31 provincial administrative areas

注：此图基于国家自然资源部地图技术审查中心标准地图服务网站的标准地图（GS（2019）1823号）绘制，底图无修改。
资料来源：作者自绘。

表6 31个省级行政区建成区地均专利排行（2016—2019年）

Tab.6 Patent per km² of urban built-up area of 31 provincial administrative areas (2016–2019)

省级行政区名称	2016年地均专利数 (件/km ²)	2017年地均专利数 (件/km ²)	2018年地均专利数 (件/km ²)	2019年地均专利数 (件/km ²)
北京市	18.15	21.35	14.84	16.69
上海市	11.84	11.94	8.35	8.86
广东省	4.84	5.66	4.36	4.90
浙江省	5.55	5.83	4.37	4.55
重庆市	5.44	6.35	4.23	4.49
湖北省	3.84	4.72	3.19	3.95
江苏省	6.01	5.92	3.89	3.66
安徽省	5.42	4.31	3.28	3.29
四川省	3.99	4.34	2.86	2.93
陕西省	3.66	4.13	2.63	2.84
湖南省	3.35	3.66	2.48	2.54
天津市	3.58	3.88	2.38	1.98
福建省	1.91	2.31	1.76	1.61
贵州省	3.07	2.58	1.72	1.55
山东省	1.84	1.83	1.29	1.29
广西壮族自治区	3.08	2.67	1.62	1.27
辽宁省	1.58	1.86	1.17	1.08
海南省	0.97	0.92	0.81	0.87
江西省	1.06	1.16	0.81	0.87
云南省	1.19	1.21	0.80	0.74
吉林省	0.94	1.23	0.78	0.73
河南省	1.01	1.19	0.82	0.69
甘肃省	1.50	1.41	0.85	0.68
宁夏回族自治区	1.50	1.47	0.87	0.64
青海省	0.88	0.71	0.59	0.51
山西省	0.82	0.79	0.50	0.47
黑龙江省	0.77	0.91	0.54	0.47
河北省	0.46	0.54	0.38	0.37
西藏自治区	0.23	0.27	0.29	0.29
新疆维吾尔自治区	0.55	0.53	0.33	0.27
内蒙古自治区	0.39	0.34	0.22	0.19

资料来源：作者自绘。

省、湖南省、四川省、上海市等（表7）。

5 城市空间效益综合评价：SEI

城市空间是经济、社会、生态的载体，城市空间背后的经济、社会、生态三者之间转型交互是最重要的。习近平总书记提出“绿水青山就是金山银山”，“邻里和谐，金山难买”等论述，体现了经济、社会、生态不是三股平行的力量，而是相互为支撑的，城市空间使用的水平在于经济、社会、生态这三个相位的相互搭接的水平。因此，综合生态效益、经济效益、社会效益的三大关键指标：CSI，LTI，IPI，建构城市空间效益综合

表7 31个省级行政区IPI排行

Tab.7 IPI ranking of 31 provincial administrative areas

省级行政区名称	2016—2017 变化率 (%)	2017—2018 变化率 (%)	2018—2019 变化率 (%)	平均 变化率 (%)	IPI
西藏自治区	18.80	5.98	2.09	8.96	100.00
湖北省	22.93	-32.50	23.83	4.75	87.50
广东省	16.98	-22.87	12.18	2.10	79.62
北京市	17.63	-30.51	12.48	-0.13	72.99
海南省	-5.91	-11.81	8.13	-3.20	63.88
重庆市	16.66	-33.31	6.10	-3.52	62.93
福建省	20.77	-23.64	-8.81	-3.89	61.82
吉林省	30.79	-36.62	-6.87	-4.23	60.80
江西省	9.05	-29.93	7.42	-4.49	60.05
河北省	18.91	-30.03	-2.66	-4.60	59.73
陕西省	12.75	-36.36	7.99	-5.21	57.91
浙江省	4.95	-24.93	3.95	-5.34	57.50
湖南省	9.09	-32.16	2.24	-6.94	52.75
四川省	8.83	-33.99	2.43	-7.57	50.87
上海市	0.83	-30.09	6.15	-7.70	50.49
辽宁省	17.26	-37.25	-7.20	-9.07	46.45
河南省	17.86	-30.86	-16.36	-9.79	44.29
山东省	-0.40	-29.76	0.17	-10.00	43.68
黑龙江省	18.11	-40.89	-12.67	-11.82	38.27
云南省	1.00	-33.90	-7.70	-13.53	33.17
江苏省	-1.42	-34.25	-6.10	-13.92	32.01
安徽省	-20.39	-24.08	0.46	-14.67	29.79
山西省	-3.62	-36.53	-5.16	-15.10	28.51
天津市	8.47	-38.53	-17.05	-15.71	26.72
青海省	-19.00	-17.15	-13.87	-16.67	23.84
新疆维吾尔自治区	-3.68	-37.96	-16.32	-19.32	15.98
贵州省	-15.95	-33.17	-9.75	-19.62	15.07
内蒙古自治区	-10.47	-37.36	-11.89	-19.91	14.24
甘肃省	-5.53	-39.83	-19.84	-21.73	8.80
宁夏回族自治区	-2.24	-40.51	-27.23	-23.32	4.08
广西壮族自治区	-13.31	-39.53	-21.25	-24.70	0.00

资料来源：作者自绘。

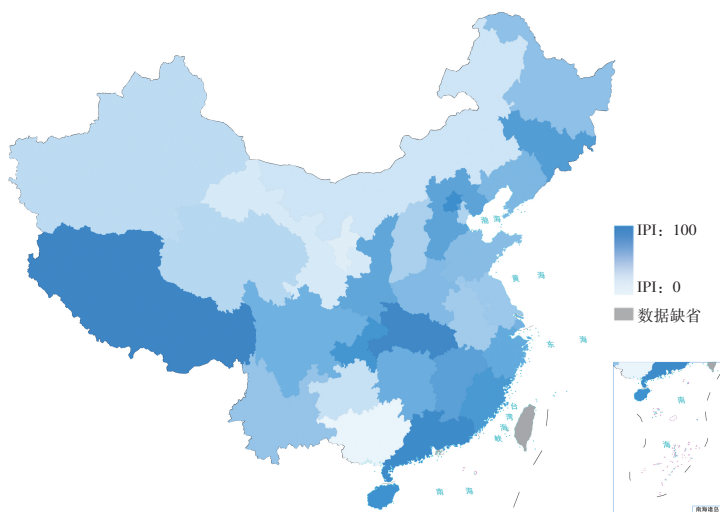


图7 31个省级行政区IPI空间分布

Fig.7 IPI of 31 provincial administrative areas

注：此图基于国家自然资源部地图技术审查中心标准地图服务网站的标准地图（GS（2019）1823号）绘制，底图无修改。
资料来源：作者自绘。

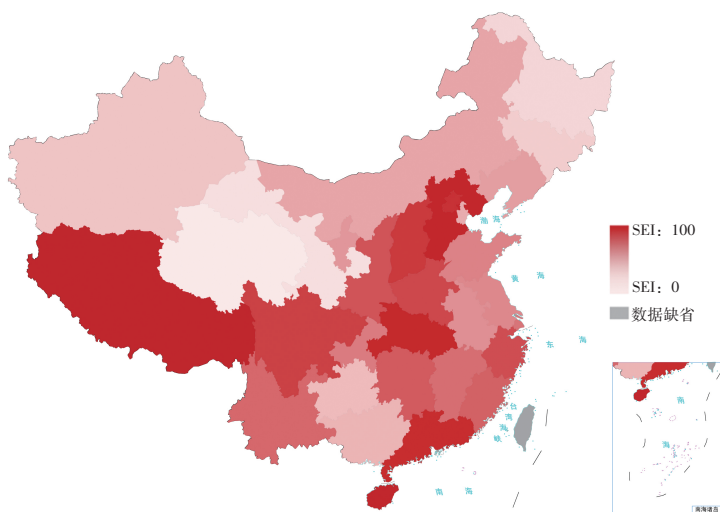


图8 31个省级行政区SEI空间分布

Fig.8 SEI of 31 provincial administrative areas

注：此图基于国家自然资源部地图技术审查中心标准地图服务网站的标准地图（GS（2019）1823号）绘制，底图无修改。
资料来源：作者自绘。

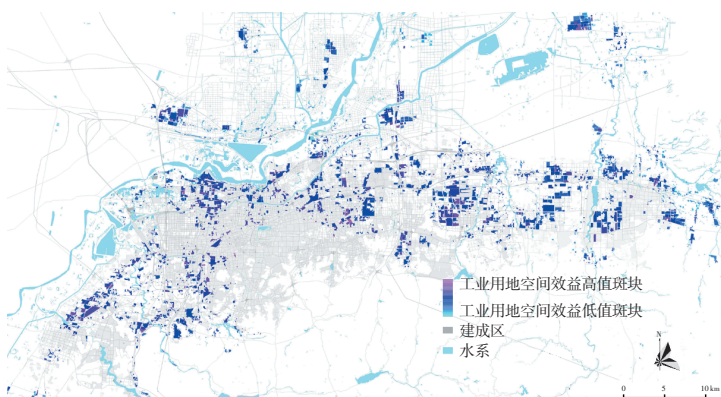


图9 城市空间使用综合效益科学评价与动态监测（以济南市中心城区为例）

Fig.9 Evaluation and dynamic monitoring of urban space use effectiveness (taking Jinan Central City as an example)
资料来源：作者自绘。

表8 31个省级行政区SEI排行

Tab.8 SEI ranking of 31 provincial administrative areas

省级行政区名称	CSI	LTI	IPI	SEI
西藏自治区	19.27	79.94	100.00	66.40
海南省	24.90	100.00	63.88	62.93
河北省	32.52	92.27	59.73	61.51
湖北省	13.78	79.56	87.50	60.28
广东省	9.89	87.11	79.62	58.87
北京市	25.21	70.16	72.99	56.12
山西省	40.54	96.46	28.51	55.17
四川省	26.62	87.56	50.87	55.02
河南省	19.30	100.00	44.29	54.53
浙江省	9.17	96.69	57.50	54.45
陕西省	15.42	88.14	57.91	53.83
湖南省	18.68	89.61	52.75	53.68
福建省	13.51	78.96	61.82	51.43
云南省	37.77	83.15	33.17	51.36
江西省	9.32	77.52	60.05	48.96
上海市	15.49	75.49	50.49	47.16
重庆市	17.99	57.63	62.93	46.18
山东省	17.80	74.57	43.68	45.35
江苏省	16.36	80.46	32.01	42.95
安徽省	16.58	76.18	29.79	40.85
宁夏回族自治区	100.00	0.00	4.08	34.69
辽宁省	2.94	49.64	46.45	33.01
内蒙古自治区	36.15	46.43	14.24	32.27
天津市	19.65	44.07	26.72	30.14
广西壮族自治区	18.10	71.73	0.00	29.94
贵州省	27.47	46.08	15.07	29.54
新疆维吾尔自治区	26.99	45.29	15.98	29.42
吉林省	1.10	25.60	60.80	29.17
黑龙江省	0.00	47.90	38.27	28.72
甘肃省	41.29	35.91	8.80	28.67
青海省	13.65	48.40	23.84	28.63

资料来源：作者自绘。

指数（space effectiveness index, SEI）精准量化诊断与评价城市空间使用现状。SEI的计算方式为： $SEI = (CSI + LTI + IPI) / 3$ ，满分为100分。31个省级行政区SEI（图8）排名前10的为：西藏自治区、海南省、河北省、湖北省、广东省、北京市、山西省、四川省、河南省、浙江省（表8）。

6 结语

城市空间使用与治理的长效治本机制是：建立城市空间使用综合效益科学评价与动态监测平台（图9），创新效益导向的城市空间供给与使用模式。基于SEI的年度变化及其提升或下降的幅度，为国土空间规划的二次审批提供科学支撑，为城市建设用地指标的年度分配提供量化依据，以促使空间效益导向替代简单扩张，推进城市空间高品质使用及其治理可持续发展。

注释

- ① Efficiency.en.wikipedia.org/wiki/Efficiency, 2021-07-30。
- ② Effectiveness.en.wikipedia.org/wiki/Effectiveness, 2021-07-30。
- ③ Food and Agriculture Organization of the United Nations.FESLM: An international framework for evaluating sustainable land management.FAO, 1993。
- ④ 老子.道德经.张景, 张松辉译注.北京: 中华书局, 2021。
- ⑤ 净初级生产力 (net primary product, NPP) 作为碳循环的主要组成部分, 是植被生态系统通过吸收二氧化碳而增加的干有机物质总量。因此, 本研究使用 NPP 作为各地区碳汇量的表征。
- ⑥ <http://www.geodata.cn/>
- ⑦ <https://www.resdc.cn/>
- ⑧ <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/>
- ⑨ 朱文泉, 潘耀忠, 张锦水. 中国陆地植被净初级生产力遥感估算[J]. 植物生态学报, 2007, 31 (3): 413-424。
- ⑩ <https://data.cnki.net/Yearbook/Single/N2020100004>
- ⑪ <https://data.cnki.net/yearbook/Single/N2021050059>
- ⑫ <http://www.esa-landcover-cci.org/>
- ⑬ <https://data.cnki.net/Yearbook/Single/N2020100004>
- ⑭ <https://data.cnki.net/yearbook/Single/N2021050059>
- ⑮ <http://www.esa-landcover-cci.org/>
- ⑯ 未包括香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾省。

参考文献

- [1] 林坚. 空间治理问题的思考[J]. 土地科学动态, 2018(6): 4-7. (LIN Jian. Thoughts of space governance [J]. Land Science Development, 2018(6): 4-7.)
- [2] 吴志强, 邓雪媛, 干靛. 面向包容的城市规划, 面向创新的城市规划——由《世界城市状况报告》系列解读城市规划的两个趋势[J]. 城市发展研究, 2015, 22(4): 28-33. (WU Zhiqiang, DENG Xueyuan, GAN Jing. Inclusive urban planning, innovative urban planning: two trends through serials of states of the world's cities [J]. Urban Development Studies, 2015, 22(4): 28-33.)
- [3] 吴志强. 国土空间规划的五个哲学问题[J]. 城市规划学刊, 2020(6): 7-10. (WU Zhiqiang. Five philosophical concerns of the territorial spatial planning[J]. Urban Planning Forum, 2020(6): 7-10.)
- [4] 吴志强, 干靛, 胥星静, 等. 城镇化与生态文明——压力、挑战与应对[J]. 中国工程科学, 2015, 17(8): 88-96. (WU Zhiqiang, GAN Jing, XU Xingjing, et al. Urbanization and ecological civilization——pressure, challenge and strategies[J]. Strategic Study of CAE, 2015, 17(8): 88-96.)
- [5] 吴志强, 刘朝晖. “和谐城市”规划理论模型[J]. 城市规划学刊, 2014(3): 12-19. (WU Zhiqiang, LIU Zhaoxue. “Harmonious city”: a general urban planning theory model[J]. Urban Planning Forum, 2014(3): 12-19)
- [6] 吴志强. “人居三”对城市规划学科的未来发展指向[J]. 城市规划学刊, 2016(6): 7-12. (WU Zhiqiang. The future of urban planning discipline from the perspective of habitat III[J]. Urban Planning Forum, 2016(6): 7-12)
- [7] 吴志强. 用水桶原理分析创新城市群落世界上最好的脑子跟着环境走[EB/OL]. <http://n.eastday.com/pnews/1603491565021284>, 2020-10-24. (WU Zhiqiang. Urban cooperation innovation communities follow the cannikin law and the talents yearn for best environment [EB/OL]. 2020-10-24.)
- [8] 吴志强. 对规划原理的思考[J]. 城市规划学刊, 2007(6): 7-12. (WU Zhiqiang. Urban land use planning: reflection its 5 editions and 50 years 1957-2007[J]. Urban Planning Forum, 2007(6): 7-12)
- [9] 吴志强. 论新时代城市规划及其生态理性内核[J]. 城市规划学刊, 2018(3): 19-23. (WU Zhiqiang. Urban planning in new era and the core of ecological rationality[J]. Urban Planning Forum, 2018(3): 19-23.)
- [10] 吴志强, 蔚芳, 等. 可持续发展中国人居环境评价体系[M]. 北京: 科学出版社, 2004. (WU Zhiqiang, WEI Fang, et al. China's human settlement evaluation system for sustainable development[M]. Beijing: Science Press, 2004.)
- [11] 吴志强, 杨秀, 刘伟. 智力城镇化还是体力城镇化——对中国城镇化的战略思考[J]. 城市规划学刊, 2015(1): 15-23. (WU Zhiqiang, YANG Xiu, LIU Wei. Intelligent urbanization or labor urbanization: strategic thinking on urbanization path of China[J]. Urban Planning Forum, 2015(1): 15-23.)

修回: 2021-09