

智慧低碳城镇研究进展

庞 博^{1,2}, 方创琳^{1*}

(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)

摘 要:智慧低碳城镇是城市健康可持续发展研究的热点和前沿。本文利用文献计量方法和通过对相关文献资料的回顾, 梳理总结了智慧低碳城镇的研究概况、含义、测度方法和指标体系、应用实践、基本模式和主要政策。结果表明: 智慧低碳城镇研究尚处于初期起步阶段, 虽然众多应用实践已进入规划、试点和示范阶段, 政策支持也不断充足完善, 但迄今尚无确切统一的定义, 缺乏通用性和权威性的指标体系, 发展机制和模式研究较少。因此, 未来应在明晰基本含义的基础上, 构建适用的测度评价体系, 并注重相应的动力机制、模式路径和模拟优化调控研究, 为城市的健康可持续发展提供科学依据。

关键词:智慧低碳; 城镇发展; 进展; 评述

1 引言

世界各地迅速崛起的现代化城市, 将人类带入了一个物质生活水平大幅提高、生存环境不断变化、科技与文化更加多样的全新时代。但同时, 这一全新的“城市时代”的到来也伴随着大量能源资源被掠夺、自然生态环境和景观破坏日益严重、各类污染排放量激增等一系列不可忽视的自然环境问题, 以及城镇地区人口膨胀、交通拥挤、可利用土地缩减、社会阶层极化日益显著和污染严重等各类“城市病”。那么, 如何在全球气候变暖、生态环境恶化、传统产业模式难以为继、世界经济金融不振等困境和信息技术日新月异、互联网产业迅猛发展、城镇化进程快速前进等挑战与机遇并存的情况下, 推动城镇的健康可持续发展, 实现“城市时代”的真正繁荣, 已成为各国关心的热点。为此, 在可持续发展和低碳理念的基础上, 借助于新一代信息技术产业革命的契机, 各国展开了融“绿色生态、低碳高效、智慧便捷”于一体的“智慧低碳城镇”研究和实践。作为城镇化进展最快的发展中大国, 中国的城镇发展是否科学、合理、可持续, 不仅对本国人

民和国家的长远发展产生影响, 而且将对全球的城镇化进程和稳定产生深远影响。因此, 中国紧抓第三次产业革命和新能源革命的历史机遇, 提出了建设生产更加高效、社会更加包容、整体更加可持续的中国特色现代化新型城镇的战略目标, 并在后经济金融危机时代开展了以“低消耗、高效益, 低污染、高品质, 低浪费、高水平”为特征的智慧低碳城镇试点建设。截至2014年, 中国的试点低碳城市共36个、智慧城市(镇)共286个(扣除重合城市)、中欧绿色智慧城镇共15个。可见, 建设智慧低碳城镇, 不仅是缓解中国日益严重的“城市病”的有效途径, 更是建设中国现代化新型城镇的重要方向和实现高效、包容、可持续的中国特色城镇化的必然要求。

智慧低碳城镇研究, 可为未来中国各类城镇实现健康可持续发展, 以及有效、有序、有质的新型城镇化奠定重要的理论基础, 并提供科学的实践方法。基于此, 本文对智慧低碳城镇的相关国内外研究进行了文献梳理, 并从以下几个方面进行了较为系统地总结: 在介绍有关智慧低碳城镇的研究概况和基本含义的基础上, 归纳了智慧低碳城镇发展的测度方法和测度评价指标体系, 梳理了智慧低碳城

收稿日期: 2015-02; 修订日期: 2015-05。

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(71433008)。

作者简介: 庞博(1987-), 女, 陕西宝鸡人, 博士生, 研究方向为城市与区域发展、城市经济, E-mail: pangbo.13b@igsrr.ac.cn。

通讯作者: 方创琳(1966-), 男, 甘肃庆阳人, 博士, 研究员, 博士生导师, 主要从事城市发展与城市规划等方面研究,

E-mail: fangcl@igsrr.ac.cn。

引用格式: 庞博, 方创琳. 2015. 智慧低碳城镇研究进展[J]. 地理科学进展, 34(9): 1135-1147. [Pang B, Fang C L. 2015. Smart low-carbon city: progress and prospect[J]. Progress in Geography, 34(9): 1135-1147.]. DOI: 10.18306/dlkxjz.2015.09.006

镇的主要建设实践和基本模式,总结了智慧低碳城镇发展的主要支持政策,最后对目前的研究进展进行评述与讨论。

2 智慧低碳城镇研究概况与基本含义

2.1 研究概况

利用文献计量方法和Citespace文献计量软件对收录于Web of Science和中国知网上的相关研究文献的总体情况进行了分析,发现有关智慧低碳城镇的研究始于20世纪末。截至2014年,以“智慧低碳城镇”为关键词的相关外文研究文献共3651篇,研究主题聚焦于城镇、空气污染、可吸入颗粒物、排放和智慧城市等(图1a),研究学科主要集中于环境科学、生态学、工程学、计算机科学、气象学和城市研究(图1b),主要研究国家包括美国、中国、英国、加拿大、德国、西班牙、意大利和日本(图1c)。同期,以“智慧低碳城镇”为关键词的中文研究文献仅1篇,其他与“智慧低碳城镇”主题相关的中文文献则有4445篇,其研究重点包括行业指导、工程技术、基础研究和政策研究(图2a),研究学科集中在宏观经济管理与可持续发展、建筑科学与工程、工业经济和计算机等领域(图2b)。总体来看,国内相关研究的起步较晚,但自2007年起,相关研究文献数量出现“井喷式”增长,并开始超过相关外文文献数量;从学科分类来看,国外研究主要涉及环境科学、生态学、工程学、地理学、计算机科学等领域,国内研究主要集中在宏观经济管理与可持续发展、建筑科学与工程、工业经济、经济体制改革等领域。与国外研究相比,国内研究偏重宏观层面和理论探讨。同时还发现,目前明确提出“智慧低碳城市(镇)”并对其开展的研究相当有限。为此,本文将与其密切相关的智慧城市(镇)、低碳城市(镇)、城市(镇)可持续发展等内容作为梳理总结的重点。

2.2 基本含义

虽然与智慧低碳城镇相关的研究得以不断深入和拓展,但除了少数学者和机构提出的“智慧生态城/绿色城”、“智慧低碳示范区/园区/社区”等概念之外(Antrobus, 2011; 沈清基, 2013),尚无公认的智慧低碳城镇的定义。不过,相当一部分学者认为,智慧低碳城镇应该是基于新一代信息通信技术(ICT)的迅速发展(Washburn, 2010),将城镇的智能化与低碳生态化相结合(张亮等, 2014),强调智

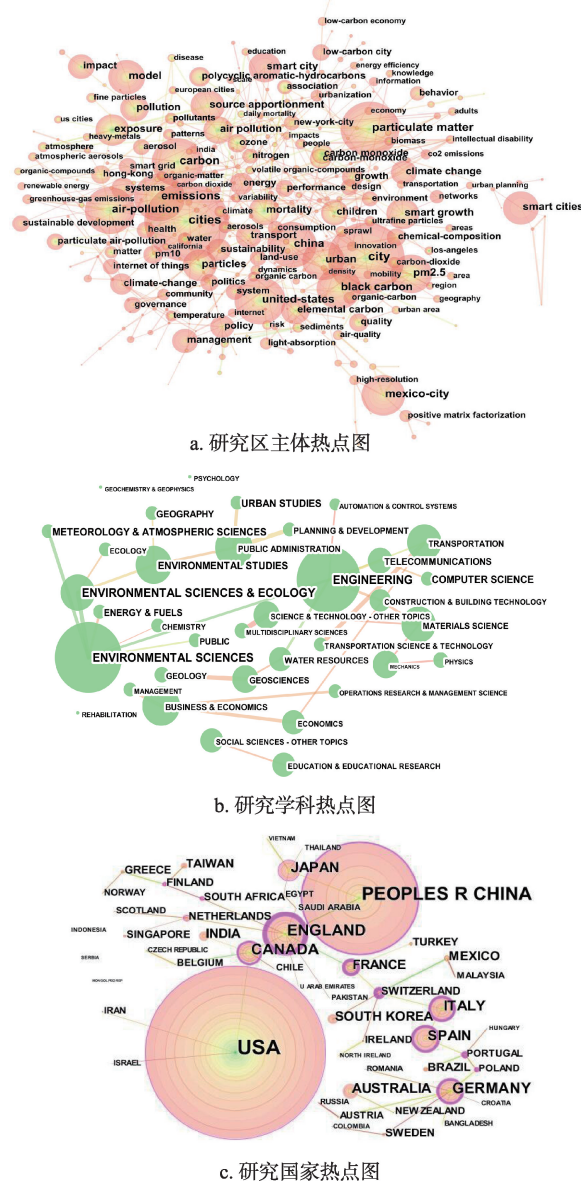


图1 国外研究的相关热点图

Fig.1 Hotspots of smart low-carbon city research internationally

慧、低碳、有弹性的现代化新型可持续发展的城镇发展模式(张娜等, 2014)(图3)。

3 智慧低碳城镇发展的测度方法与指标体系

3.1 主要方法与模型

智慧低碳城镇测评的主要方法包括多元统计分析、常规数学和模糊数学、计算机模拟等。例如,侧重于智慧特征的测评包括信息利用潜力模型、经

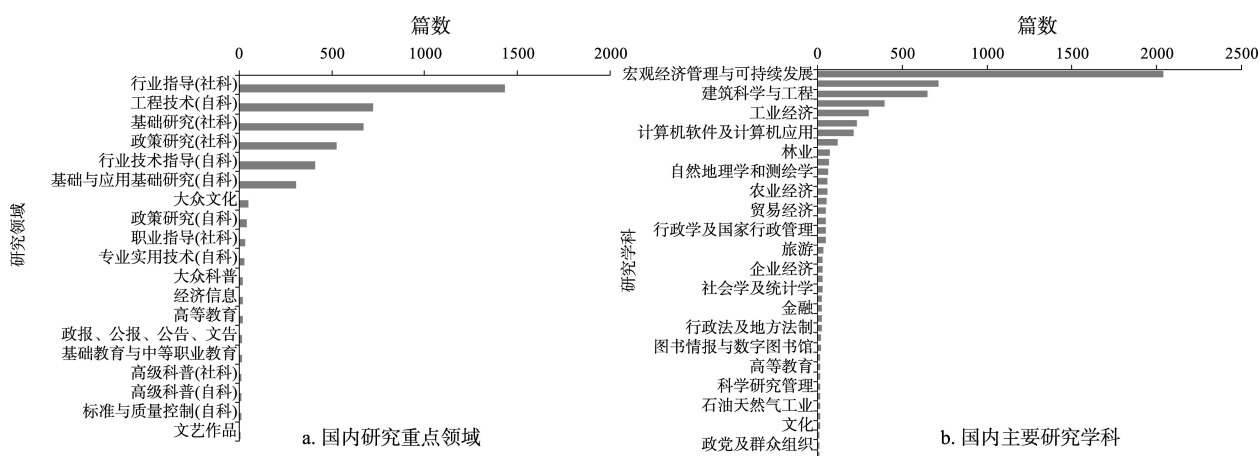


图2 国内研究的主要内容与学科分布图

Fig.2 Main contents and disciplines of smart low-carbon city research in China

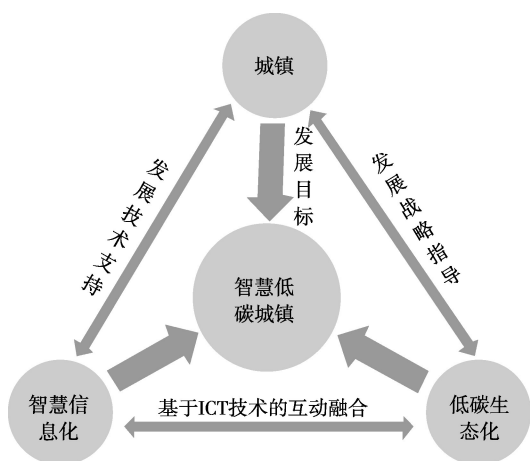


图3 智慧低碳城镇概念示意图

Fig.3 Concept of smart low-carbon city

济—信息活动相关分析模型、维也纳六边模型、金字塔模型等(陈勇等, 2009);侧重于低碳特征的测评包括网络层次分析法(华坚等, 2011)、层次分析法(易绵阳等, 2013)和系统动力学方法模型(刘伟等, 2014)等;侧重于可持续发展的测评多利用生态足迹模型(Rees et al, 1996)、遥感与GIS方法(高志强等, 1999)、人工神经网络法(朱明峰等, 2005)、灰色系统模型(李松等, 2006)、环境效率综合评价体系(CASBEE)(Murakami et al, 2011)等。此外,还包括主成分分析法(李晓燕等, 2010)、压力响应模型(邵超峰等, 2010)、数据包络分析(冯白等, 2011)、集对分析法(Su et al, 2013)、逼近理想解法(项勇等, 2014)等较常用的方法模型。总体来看,关于智慧低碳城镇的测评方法从最初较为单一的测评方法

和模型日益向综合性、系统性、现代化的多指标方法和模型转变。

3.2 主要指标体系

智慧低碳城镇的发展是一个包含自然、经济、社会、政治、文化等各方面要素相互作用、彼此影响的动态复杂过程,因此,其测度评价指标就必然涉及到众多要素。根据科学性、综合性、易量化性和前瞻性等原则,众多学者对与智慧低碳城镇发展相关的内容进行了量化研究。但目前还没有综合完备的明确针对智慧低碳城镇发展的通用指标体系,而是要么侧重于智慧的特征和内容,要么侧重于低碳和可持续发展的特征与内容(表1)。不过,从现有研究中仍可以归纳出智慧低碳城镇测评指标体系涉及的主要领域和内容(图4),对今后建立更为通用权威的智慧低碳城镇综合测评指标体系有一定的参考和借鉴作用。

4 智慧低碳城镇的应用实践与基本模式

随着第三次产业革命带来的信息技术和创新理念的迅猛发展,以信息化和智能化为特征的“智慧城镇”建设浪潮为传统的城镇可持续和低碳发展带来了新的机遇和路径。虽然全球很多城市提出了“智慧城镇”、“低碳城镇”等看似互不相关的发展建设口号,但从广义层面来说,“智慧城镇”建设的内容包含了绿色低碳的实质,“低碳城镇”发展的可持续和创新也需要现代化智能技术的有力支持。因此,虽然名称和侧重点不一样,但事实上这些城市都融入了“智慧低碳”发展理念。

表1 智慧低碳城镇测度评价的主要指标体系

Tab.1 Main assessment index systems of smart low-carbon city

侧重点	主要文献来源	主要指标结构
智慧特征	郑建明等, 2000	信息资源、信息网络、信息产业、信息人才(21)
	Giffinger et al, 2007; Lazaroiu et al, 2012	智慧产业、智慧公民、智慧治理、智慧沟通、智慧环境、智慧生活(74)
	邓贤峰, 2010; 陈铭等, 2011	网络互联、智慧产业、智慧服务、智慧人文(21)
	李贤毅等, 2011	泛在网络、智慧应用、公共支撑平台、价值实现(57)
	中国工信部, 2012	智慧设施、智慧应用、智慧产业、智慧保障(58)
低碳特征	顾德道等, 2012; 毛艳华, 2012	智慧人群、智慧基础设施、智慧治理、智慧民生、智慧经济、智慧环境、智慧规划建设(48)
	中国软件测评中心, 2013	智慧准备、智慧管理、智慧服务(36)
	朱守先, 2009; 张炜铃等, 2012	人均碳排放、碳生产率、碳能源排放系数(3)
	英国查塔姆研究所, 2010	低碳生产力、低碳消费、低碳资源、低碳政策(12)
	马军等, 2010	经济发展、产业发展、科技发展、社会支撑、环境支撑(31)
	李晓燕等, 2010	经济、科技、社会、环境(27)
	倪外等, 2010	低碳建筑、低碳交通、低碳产业、低碳能源、低碳消费、碳捕获与封存技术、低碳管理与制度(22)
	杨德志, 2011	经济发展、低碳技术、低碳环境、低碳社会(21)
	辛玲, 2011	经济低碳化、基础设施低碳化、生活方式低碳化、低碳技术发展、低碳政策完善度(37)
	Baeumler et al, 2012	碳排放、能源、绿色建筑、可持续交通、智慧城市模式(9)
可持续特征	中国绿色发展高层论坛, 2013	环境质量评价、能源资源高效利用、废物处理率、城市绿化、环境治理投资、可再生能源利用、公众满意度、环保法规政策落实等(23)
	方创琳等, 2001	经济可持续发展能力、生态环境保护能力、社会可持续发展能力(52)
	张灵莹, 2003	可持续发展综合实力、社会经济发展协调性、资源利用可持续性、生态环境状况(14)
	赵连静等, 2004	成长潜力、创新能力、环保能力(25)
	宋锋华, 2008	经济发展指数、社会进步指数、资源环境支持指数(38)

注:括号中为总指标数量。

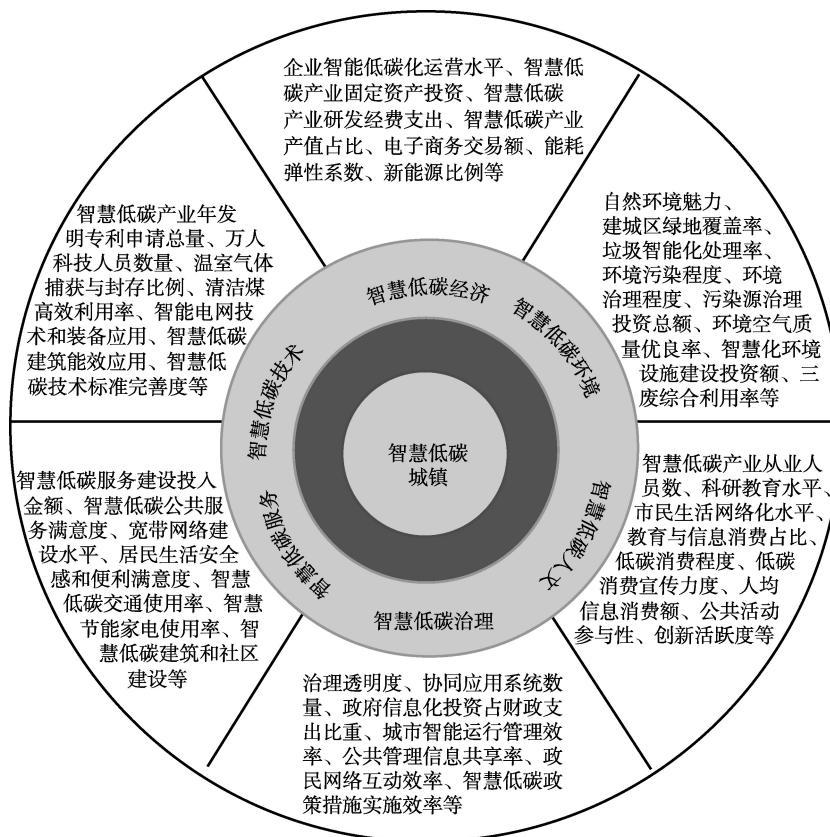


图4 智慧低碳城镇测评主要领域

Fig. 4 Main areas of smart low-carbon city assessment

4.1 国外主要应用实践

世界范围内的智慧低碳城镇建设方兴未艾,目前全球已有1200多个智慧城镇项目和1500多个低碳城镇在实施中(屠启宇, 2013)。随着信息化智能技术手段的应用,“低碳城镇智慧化、智慧城镇低碳化”的趋势愈加明显,不少城市在两者有机融合互动的实践上进行了有益的探索(Dirks et al, 2010; Cohen, 2012)(表2)。

4.2 国内主要应用实践

在信息化、现代化、智能化技术和创新的激励下,中国的智慧低碳城镇建设也开始快速推进。虽然目前还没有一个真正意义上名副其实的智慧城市,但作为处于智慧低碳城镇建设探索起步阶段的发展中国家,从已有的相关建设试点来看,中国的智慧低碳城镇建设还是取得了一定进展

(图5)。其中,深圳、广州、杭州、上海、北京等一些基础条件相对较好的城市在智慧低碳建设方面逐步深入,成为国内智慧低碳城镇发展的排头兵和引领者(李向阳等, 2010; 秦洪花等, 2010; 许晶华, 2012)(表3)。

4.3 智慧低碳城镇的基本模式

虽然智慧低碳城镇目前并没有公认的定义,但许多城镇根据自身的发展需求,积极利用现代化的信息技术手段,在城镇建设中探索实践了智慧低碳的内容。通过对目前涉及到智慧低碳的国内外智慧城市和低碳城镇的建设经验和相关研究进行总结,可从侧重领域、参与主体和建设应用这三大视角,将智慧低碳城镇的基本模式概括为三大类,共10种发展模式(王根祥等, 2012; UK Government, 2013; Zygiaris, 2013)(图6)。

表2 国外智慧低碳城镇建设的主要领域
Tab.2 Main areas of smart low-carbon city development internationally

	交通	生活	建筑	市政	其他
新加坡“智慧花园”	整合交通管理系统(ITMS)减少了拥堵带来的碳排放、节省了约4000万美元的时间成本	全域 (OneMap) 和 MyTransport.SG 服务提高了居民生活的效率	智能零碳建筑,多功能外墙,导光和感应器设置	污水新生二级处理后的再处理工艺;综合水利基础设施和市政设施多功能共享利用	垃圾发电和生物质能利用
阿姆斯特丹“欧洲典范”	Energy Dock项目利用清洁能源为游船与货船充电,通过移动终端与靠岸电站联系进行自动收费	Geuzenveld 和 WestOrange 智慧化节能技术项目;智慧电表和能源反馈显示设备;新型能源管理系统	智能大厦项目对大楼能源使用数据进行分析,促进电力系统更有效运行	气候街道项目;自动控制节能路灯照明、太阳能垃圾箱等	—
首尔“泛在之城”	智能交通系统,“智慧首尔地图”等	就近上班的智能工作中心,“首尔开放数据广场”,公共场所低能耗电子芯生态显示屏,远程教育、医疗、税务,智慧化的房间能耗控制	建筑节能效率改善项目 (BRP),新能源和可再生能源循环利用,高性能保温材料屋顶,定期公布大型建筑的能耗数据	借助智能感知设备和网络对道路、管道、突发事件等进行信息监控和提醒,提供近百项在线市政服务	智能环境系统可监控生态环境指标,并自动发送信息,为节能减排和保护环境提供实时信息
迪比克“首例智慧城市”	利用射频识别技术追踪公交线路运营,以便更好地规划交通路线和提高公交系统的调度效率	设置智能水表、电表、天然气表、数控水电计量器等,防止公共设施和民宅水电泄漏造成的浪费,实现节水6.6%	—	可持续发展综合监测平台对城市的水、电、气、交通、公共服务等资源连接数据进行监测、传输、分析和展示	—
东京“低碳智慧倡导者”	智能交通系统(ITS)新方案大大改善了道路拥堵状况,减少了40%的CO ₂ 排放量	利用来自于垃圾焚烧、废热能和其他形式的能量提供能源,极大地减轻了环境负担、提高了能源利用率	制定建筑节能技术标准、倡导节能住宅、使用节能设备;通过兼容性系统进行智能分析,对电能控制和消耗进行有效配置管理	低耗能控制系统被广泛用于城市湿度、温度、气压、降雨量等监测分析和信息提供	推广太阳能、光能和地热能使用
斯德哥尔摩“欧洲绿色首都”	智能收费系统减少了8%~14%的道路交通废气排放量和40%的CO ₂ 等温室气体排放量	智能化的生活废弃物处理系统;分类电子垃圾桶按需要循环利用	智能化信息化的改造建设、高效低碳的运行发展	—	增加低碳燃料使用;循环利用系统
伦敦“未来城市范本”	智能交通监控,每辆火车搭载全球定位系统(GPS),向控制室和乘客提供相应信息	信息化生活服务,全覆盖免费Wifi网络,全数字化餐厅运营;城市网络数据中心,逐步开放的智能数据库共享与应用	采用氢燃料电池供能的建筑使得体积庞大的建筑物能耗仅为使用普通燃料供电建筑的1%	低碳智能市政设施, iPad 控制的LED智能灯;太阳能电池供应电能的数字化回收箱;绿色可循环利用地砖	贝丁顿零碳社区通过智能技术使热消耗比其他普通社区减少了45%以上

资料来源:作者整理总结。



图5 国内智慧低碳城镇试点地区分布示意

Fig.5 Smart low-carbon city pilot projects in China

5 智慧低碳城镇发展的政策

5.1 国外主要政策

为建设智慧低碳城镇,不少国家和地方政府出台了相应的政策、计划和战略,提供政策支持、创造制度环境(表4)。例如,在欧洲,发展建设智慧低碳城镇的相应战略和政策框架涵盖了整个欧盟、城市群和城市各个层面,较为完善;在亚洲,新加坡、日本和韩国通过制定一系列适合国情的发展政策和行动计划,为本国智慧低碳城镇的建设提供了广泛的政策支持;在英国,相关研究与实践规划政策指引从多方面入手,较为系统、全面,形成了具有长期约束力的有效制度环境;在美国,联邦政府、州政府、县市政府都从不同层面和角度制定了相应的政策、法案和行动计划,多方推动智慧低碳城镇发展(Forte et al, 2005; Correia et al, 2010)。此外,俄罗

斯、巴西、印度、泰国、马来西亚等国也根据国情特点和优势,从节能减排、绿色低碳、智慧创新等方面提出了各自的国家级战略、行动计划和政策框架(Washburn et al, 2010)。

5.2 国内主要政策

5.2.1 国家层面

随着全球智慧城市建设热潮的兴起,中国在利用智能化技术手段推进新型城镇发展、打造现代化的智慧低碳城镇方面,表现得更加积极主动。特别是2014年3月发布的《国家新型城镇化规划(2014-2020年)》,明确将绿色低碳城市和智慧城市建设作为重要目标,为未来中国城镇发展的智慧低碳有机互动与深度融合提供了可操作的思路。同时,国家有关部委和研究机构也从多个角度为中国的智慧低碳城镇建设提供科学支撑、创造制度政策环境(表5)。

表3 国内智慧低碳城镇建设的主要领域

Tab.3 Main areas of smart low-carbon city development in China

	交通	生活	建筑	市政	其他
深圳	全球公用交通领域新能源汽车应用规模最大的城市;“智能交通网”、智能化枢纽(场站)服务系统、公交电子站牌	远程教育、远程医疗、出行监测、智能信息网络、微气候优化等	低能耗设计、可再生能源规模化利用、结构形体系统、既有建筑节能改造等	环境监测、气象预警、政务公开、应急指挥等多个领域均实现了服务、管理信息化和资源高效整合	中国首个碳排放交易平台,实现了635家企业万元工业增加值碳强度下降33.5%、碳排放降幅11.7%、工业增加值增幅42.6%的成效
杭州	智能化交通设施建设对人、车、路进行监控、联系和调度;建立停车诱导系统、道路信息采集终端	社区老人信息化监护服务,居民小区安全监控服务,电子健康档案服务,家校信息化互动和网络教学,电子化的综合旅游服务平台等	智能化的办公大楼能源需求与使用管理系统,建筑健康档案,危旧房屋的智能化环保节能改造	智慧城管系统,地表水环境质量自动化监测,环境污染智能化监管	推进电子商务、即时通讯等互联网和物联网经济,积极发展太阳能光伏、生物质能、新能源汽车等高科技含量的低碳产业集群
上海	智能交通和信息实时查询的智慧公交系统不断完善	利用智慧化手段改善医疗健康、食品安全监测等	大型商业建筑的能源审计;建筑能耗的智能化控制与低碳化改造	上网速度更快,电子政务更便利;具备太阳能驱动的带摄像头、微基站的LED路灯	促进可再生能源的有效利用;推动功能性设施、通信枢纽、下一代互联网、无线电管理等专项建设
武汉	联网全覆盖的智能交通	智能生活服务;智慧物流实现商品全生命周期的精细化管理;智慧电子病历实现医院间电子病历共享	低碳智能社区和建筑;现有建筑智能低碳改造实现了中心城区新建居住建筑节能65%	智能电网、光电互动传感网络、网络基础设施、云平台 and 公共数据中心等	智慧低碳创新产业和技术应用;太阳能LED,地热泵、水热泵和土壤热泵空调等智能技术供热与制冷
北京	建成了指挥调度、交通管理、交通监控、公交服务与监测、货物运输、电子收费、交通信息服务等80多项智能化的应用系统	高清交互数字电视网络升级改造、无线物联网专网和无线宽带专网建设、Wifi等无线网络全覆盖	应用自动变频器、水计量系统、智能灯控、热回收装置、新风系统、智能家居控制系统、自动布防的安防系统等	信息化城市运行监测平台和管理系统实现了对大气污染、交通拥堵、各类碳排放的系统化监管,减少了近30%的碳排放	水文水质监测、供水监测、环境质量监测、污染源监测、一氧化碳监测等
广州	一站式智能交通解决方案,实时交通状况监控,汽车信息化整合服务	智能物流、智能食品溯源、智能医护、智能支付、智能安全监管、智慧社保等	智能化信息化的改造建设、高效低碳的运行发展	智能电网、市政排水综合管网平台、城市管网监控信息平台	微信智慧社区
宁波	公交车无线通信系统,智能调度信息,城市交通诱导服务,智慧交通云,智慧公路综合管理系统等	城市信息网络、无线网络、基础信息共享等;智慧医卫协作平台、公共健康服务平台	建筑节能标准、可再生能源建筑应用、低碳建筑技术开发、建筑的全生命周期低碳化设计	政府云计算中心、基础数据库和信用信息等专业数据库	建筑和基础设施的各个系统有效整合后与城市空间布局相衔接
南京	智慧交通管理系统和智慧铁路解决方案	居民健康信息电子档案	—	现代智能电网	—

资料来源:作者整理总结。

5.2.2 地区层面

截至目前,中国几乎所有的省区和副省级以上城市都在其“十二五”的国民经济与社会发展规划中提出了发展建设的智慧化和低碳化相关内容,部分地区还发布了相关的产业规划、基础设施建设规划和战略合作框架协议,对本地区发展智慧低碳城镇的整体内容和子领域进行了顶层设计和详细规划(张西增等, 2013)。特别是北京、上海、深圳、广州、杭州等特大城市和大城市,为智慧低碳城镇建设提供了多方面的法律政策、规划方案、行动计划、实施纲要等政策性的支持(表6)。

6 评述与讨论

6.1 总体评述

综上所述,目前学界已将智慧低碳城镇作为城镇可持续发展研究的重点方向,并从多个角度进行了探索性研究。总体来说,智慧低碳城镇的相关研究数量迅速增加、领域不断扩展、内容逐步深入,研究主体日益多样化,研究区域以美国、中国和欧洲地区为主,相关的测评方法模型和指标体系越发多元化,应用实践逐步进入规划、试点和示范阶段,且政策支持逐步完善。但仍然存在一定的不足:

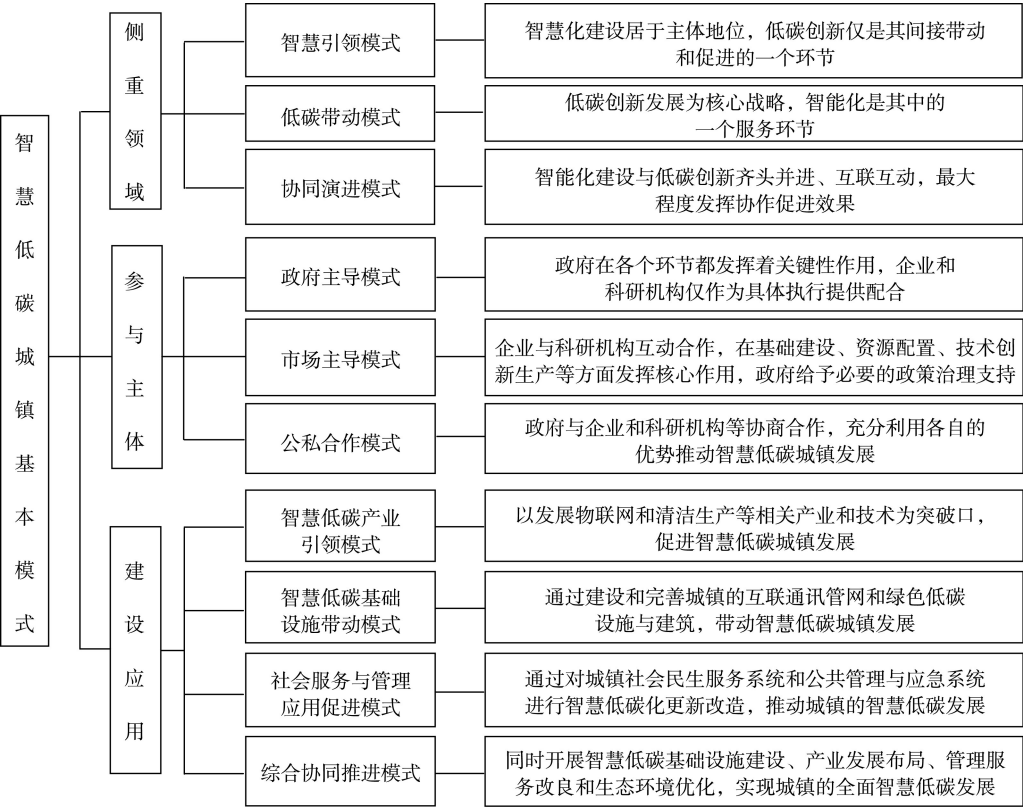


图6 智慧低碳城镇的基本模式

Fig.6 Basic patterns of smart low-carbon city

表4 国外智慧低碳城镇建设的主要政策

Tab.4 Policies and programs for smart low-carbon city development internationally	
国家/地区	主要政策
欧洲	欧盟层面：“欧洲2020战略”、“信息社会”计划、《物联网战略研究路线图》等；城市群层面：“SMARTip项目”、“Fireball协同行动”、“Life 2.0”等；城市层面：哥本哈根的“灯塔计划”(lighthouse projects)、阿姆斯特丹的“智慧城市行动计划”等。
英国	国家层面：《气候变化法案》、《英国低碳转型》战略方案、《英国可再生能源战略》、《低碳产业战略远景》、《低碳交通战略》、“Digital Britain”计划等；城市层面：《伦敦能源策略》、《市长应对气候变化的行动计划》、《气候变化行动纲要》、设立伦敦气候变化署。
日本	《新国家能源战略》、《21世纪环境立国战略》、《东京气候变化战略——低碳东京十年计划的基本政策》、“低碳技术计划”、《低碳社会规划行动方案》、《面向2050年日本低碳社会情景的12大行动》、《为扩大利用太阳能发电的行动计划》、《绿色经济与社会变革》政策草案、“U-Japan计划”、“I-Japan战略2015”、“智慧城市计划”等。
美国	《低碳经济法案》、《美国复苏与再投资法案》、国家信息基础设施(NII)、全球信息基础设施(GII)计划等。
韩国	《数字时代的人本主义：IT839战略》、《低碳和绿色增长的总体规划》、“U-Korea”政策、“泛在城市”计划、“Smart Seoul2015”计划等。
新加坡	IT2000“智慧岛计划”、“智慧国家2015”计划(iN2015)、“智慧国家2025”计划等。
泰国	“智慧泰国”发展战略、“ICT2020”国家ICT发展框架等。
马来西亚	《国家环境政策》、《国家绿色科技政策》、《国家气候变化政策》、多媒体超级走廊、依斯干达开发计划等。
印度	“气候变化国家行动计划”、“新能源和可再生能源五年计划”、国家云计划“梅格拉杰”等。
巴西	低碳农业计划、城市可持续发展的“弹性”计划、巴西智慧城市开发计划等。
俄罗斯	《2007–2010年及至2015年高能效经济联邦专项计划》、《2010–2015年及2020年新一代核能技术》、《2020年前利用可再生能源提高电力效率国家政策重点方向》等。

资料来源：作者整理总结。

(1) 基本概念和定义不明确。虽然中国学者已经对智慧低碳城镇进行了探讨和概念框架性研究，但仍没有公认的定义和统一的规范标准。因此，对于智慧低碳城镇的概念和内涵的界定，基本还是以信息化背景下的“低碳城镇”、低碳背景下的“智慧城镇”、或智能化技术支持下的“可持续城镇”为主。

表5 国家层面的智慧低碳城镇建设主要政策和方案

Tab.5 Main national policies and programs for smart low-carbon city development in China	
侧重点	主要政策和方案
智慧	政策:《2006-2020年国家信息化发展战略》、《国务院关于促进信息消费扩大内需的若干意见》(国发[2013]32号)、《关于加快实施信息惠民工程有关工作的通知》、《“十二五”智慧城市建设战略合作协议》、《智慧城市时空信息云平台建设试点技术指南》、《智慧城市时空信息云平台建设试点技术大纲》、《国家智慧城市试点暂行管理办法》、《国家智慧城市(区、镇)试点指标体系(试行)》,以及《关于促进智慧城市健康发展的指导意见》等。 方案:中国智慧城市建设与推进战略研究、两批国家“863智慧城市主题项目”、三期国家智慧城市试点、国家智慧旅游城市试点和金关、金卡重大信息化应用工程等重要研究和建设项目等。
低碳	政策:《全国生态环境保护纲要》、《生态县、市、省建设指标(试行)》、《关于开展低碳省区和低碳城市试点工作的通知》(发改气候[2010]1587号)、《关于绿色重点小城镇试点示范的实施意见》、《关于开展第一批绿色低碳重点小城镇试点示范工作的通知》、《关于促进新能源汽车发展和合同能源管理》的政策等。 方案:“十城千辆”节能与新能源汽车示范推广应用工程、“十城万盏”半导体照明应用示范城市方案、《可再生能源建筑应用城市示范实施方案》、两批绿色低碳重点小城镇试点等。
综合性	党的第十八次全国代表大会报告、《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》和《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》、《国家新型城镇化规划(2014-2020年)》等。

资料来源:作者整理总结。

表6 主要城市智慧低碳建设的政策和规划方案

Tab.6 Regional and urban policies and plans in major smart low-carbon cities in China	
主要城市	主要政策和规划方案
北京	《北京市绿色建筑标准》、《北京市大气污染防治条例》、《北京技术创新行动计划(2013-2017)》、《北京市国民经济和社会发展的第十二个五年规划纲要》、《低碳城市发展纲要》、《北京市“十二五”时期城市信息化及重大信息基础设施建设规划》、《北京信息化基础设施提升计划(2009-2012年)》、《智慧北京行动纲要》等。
上海	《上海市国民经济和社会发展的第十二个五年规划纲要》、《上海市推进智慧城市建设行动计划》、《上海推进云计算产业发展行动方案》、《上海市促进电子商务发展规定》、《上海中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020年)》等。
宁波	《共同推进浙江省信息化和工业化深度融合和“智慧城市”建设试点战略合作框架协议》、《中共宁波市委宁波市人民政府关于建设智慧城市的决定》、《加快创建智慧城市行动纲要(2011-2015)》、《2012年宁波市加快创建智慧城市行动计划》等。
深圳	“国家低碳生态示范市”协议、《珠江三角洲地区改革发展规划纲要(2008-2020年)》、《深圳市低碳发展中长期规划(2011-2020年)》、《深圳经济特区建筑节能条例》、《深圳新能源产业振兴发展政策》、《深圳经济特区建筑节能条例》、《深圳市绿色建筑认证标准规范》、《深圳市建筑废弃物减排与利用条例》、《深圳生态文明建设行动纲领》、《可再生能源建筑应用管理办法》、《关于打造绿色建筑之都的行动方案》、《深圳市综合配套改革总体方案》、《深圳城市总体规划(2007-2020)》、《深圳国家创新型城市总体规划(2008-2015)》、《深圳市国民经济和社会发展的第十二个五年规划纲要》、《智慧深圳建设实施方案(2013-2015年)》、《智慧深圳规划纲要(2011-2020年)》等。
广州	《珠江三角洲地区改革发展规划纲要(2008-2020年)》、《广州市国民经济和社会发展的第十二个五年规划纲要》、《广州国家创新型城市建设总体规划(2011—2015年)》、《关于实施“智慧广州”战略建设国家中心城市意见》、《关于建设智慧广州的实施意见》、《广州南沙智慧岛建设战略规划》、《关于加快云计算产业发展行动计划(2011-2015年)》等。
武汉	“数字武汉”、“武汉光城计划”、《武汉建设智慧城市总体规划与设计方案》、《武汉市国民经济和社会发展的第十二个五年规划纲要》等。
杭州	《杭州市“十二五”低碳城市发展规划》、《杭州市低碳交通运输体系建设试点实施方案》、《杭州市“十二五”信息化发展规划》、《杭州市智慧城市建设总体规划》、《“智慧杭州”建设总体规划(2012—2015)》。

资料来源:作者整理总结。

(2) 缺乏通用权威的量化测评指标体系。一方面,目前几乎没有针对智慧低碳城镇的定量标准,该领域仍为空白;另一方面,已有的相关定量研究以宏观论述、量化思路 and 框架为主,指标的动态性、弹性欠佳,指标体系众多却缺乏内在有机联系,尚无较为综合完整的、具有通用性和权威性的测评指标体系。

(3) 多学科交叉的系统性研究不足。智慧低碳城镇是一个动态复杂系统,其研究必然要涉及到众多学科领域。但目前的研究以管理学、计算机科学和生态学为主,通过多学科交叉的系统性分析的研究

相当少,一些工程学、经济学和地理学领域的合适概念和模型技术难以应用于智慧低碳城镇研究,限制了其研究的进一步深入。

(4) 发展机制和模式优化研究几乎未涉及。对于智慧低碳城镇的研究关注重点仍然在技术的应用、测度评价、建设方式等方面,而有关其发展的动力机制、演化机理、动态变化规律、适应性模式与评估、建设路径与优化调控等重要内在机理和规律性内容的解析与识别相当欠缺,即使有少量研究,也是以定性为主。特别是,针对智慧低碳城镇发展中的各主要影响因素之间的交互耦合关系、互动演变

方式、协调适应渠道、典型发展模式等关键问题的研究几乎空白。

6.2 讨论

有关智慧低碳城镇的研究尚处于起步阶段,未来研究有待在以下方面进行深入探索和分析。

(1) 明确界定基本概念与内涵外延。在充分掌握和借鉴现有研究的基础上,应全面考察智慧低碳城镇的基本特征、内容、本质等内涵,形成一个概念明确、内涵丰富、特征鲜明、外延确切的综合完整的智慧低碳城镇定义。

(2) 加强多学科交叉整合研究。通过学习借鉴地理学、城市规划学、生态学、经济学、工程学、管理学等各学科的理论方法,对智慧低碳城镇的相关内容进行多角度分析研究和实证检验,对其发生发展机制、演化机理规律、互动耦合过程等进行深入研究,不断丰富智慧低碳城镇研究的内容体系。

(3) 建立适合中国的智慧低碳城镇理论和方法研究体系。中国城镇发展所处国情环境的独特性和学术界对于智慧低碳城镇研究阶段的起步性,使得建立一套适合中国的智慧低碳城镇的理论和方法研究体系尤为重要。从更综合全面、更新颖系统、更切合实际的视角对智慧低碳城镇的基本内涵、发展演化动力机制、建设模式路径和优化调控等问题进行研究,对建立合理可操作的测度评价研究模型和方法指标体系和识别判断中国智慧低碳城镇的发展水平和趋势有重要的作用。

(4) 注重对智慧低碳城镇发展的实证研究。尽量采用连续时段的数据和跟踪式研究,重点选择不同层次、尺度、规模、特征的典型城镇进行实证研究,并总结提炼多情景视角和多因素影响下智慧低碳城镇发展演化动力机制、建设主要模式、优化调控路径和可操作的政策规范标准。

参考文献(References)

陈铭,王乾晨,张晓海,等. 2011. "智慧城市"评价指标体系研究:以"智慧南京"建设为例[J]. 城市发展研究, (5): 84-89. [Chen M, Wang Q C, Zhang X H, et al. 2011. Study on the system of evaluation for Wisdom City construction: Nanjing as the case[J]. Urban Studies, (5): 84-89.]

陈勇,杨未来. 2009. 信息化水平测度方法研究[J]. 科技情报开发与经济, 19(6): 90-92. [Chen Y, Yang W L. 2009. The research on how to measure the level of informatization [J]. Sci-Tech Information Development & Economy,

19(6): 90-92.]

邓贤峰. 2010. "智慧城市"评价指标体系研究[J]. 发展研究, (12): 111-116. [Deng X F. 2010. "Zhihui chengshi" pingjia zhibiao tixi yanjiu[J]. Development Research, (12): 111-116.]

方创琳, Wei Y D. 2001. 河西地区可持续发展能力评价及地域分异规律[J]. 地理学报, 56(5): 561-569. [Fang C L, Wei Y D. 2001. Evaluation on the sustainable development capacity and regularity of its regional differentiation in Hexi region[J]. Acta Geographica Sinica, 56(5): 561-569.]

冯白,郭存芝. 2011. 江苏城市可持续发展能力及其影响因素:基于DEA评价与paneldata模型的实证分析[J]. 中国城市经济, (30): 22-23. [Feng B, Guo C Z. 2011. Jiangsu chengshi kechixu fazhan nengli jiqi yingxiang yinsu [J]. China Urban Economy, (30): 22-23.]

高志强,刘纪远,庄大方. 1999. 基于遥感和GIS的中国土地资源生态环境质量同人口分布的关系研究[J]. 遥感学报, 3(1): 66-70. [Gao Z Q, Liu J Y, Zhuang D F. 1999. The relations analysis between the ecological environmental quality of Chinese land resources and the population distribution based on remote sensing and GIS[J]. Journal of Remote Sensing, 3(1): 66-70.]

顾德道,乔雯. 2012. 我国智慧城市评价指标体系的构建研究[J]. 未来与发展, (10): 79-83. [Gu D D, Qiao W. 2012. Study on the construction of evaluation index system of China's smart city [J]. Future and Development, (10): 79-83.]

华坚,任俊. 2011. 基于ANP的低碳城市评价研究[J]. 科技与经济, 24(6): 101-105. [Hua J, Ren J. 2011. Research on low-carbon city evaluation with ANP[J]. Science & Technology and Economy, 24(6): 101-105.]

李松,邸彦彪. 2006. 灰色关联度用于可持续发展协调度评价的探讨[J]. 辽宁工学院学报, 8(2): 76-80. [Li S, Di Y B. 2006. Huise guanliandu yongyu kechixu fazhan xietiaodu pingjia de tantao[J]. Journal of Liaoning Institute of Technology, 8(2): 76-80.]

李贤毅,邓晓宇. 2011. 智慧城市评价指标体系研究[J]. 电信网技术, (10): 43-47. [Li X Y, Deng X Y. 2011. Zhihui chengshi pingjia zhibiao tixi yanjiu[J]. Telecommunications Network Technology, (10): 43-47.]

李向阳,黄芳,李瑞晴. 2010. 低碳城市理论和实践的发展、现状与走向[J]. 甘肃行政学院学报, (3): 20-30. [Li X Y, Huang F, Li R Q. 2010. The present situation and development trend of low-carbon city theory and practice[J]. Journal of Gansu Institute of Public Administration, (3): 20-30.]

李晓燕,邓玲. 2010. 城市低碳经济综合评价探索:以直辖市为例[J]. 现代经济探讨, (2): 82-85. [Li X Y, Deng L.

2010. Chengshi ditan jingji zonghe pingjia tansuo[J]. Modern Economic Research, (2): 82-85.]
- 刘伟, 陈超凡, 桓汉青, 等. 2014. 基于系统动力学模型的低碳城市发展研究[J]. 环境污染与防治, 36(4): 86-91. [Liu W, Chen C F, Huan H Q, et al. 2014. Research on low-carbon city development based on system dynamics model[J]. Environmental Pollution & Control, 36(4): 86-91.]
- 马军, 周琳, 李薇. 2010. 城市低碳经济评价指标体系构建: 以东部沿海6省市低碳发展现状为例[J]. 科技进步与对策, 27(22): 165-167. [Ma J, Zhou L, Li W. 2010. Indicator system construction for urban low carbon economy development[J]. Science & Technology Progress and Policy, 27(22): 165-167.]
- 毛艳华. 2012. 基于SOP模型的智慧城市治理模式及评价体系研究[J]. 未来与发展, 35(11): 11-16, 74. [Mao Y H. 2012. A research of smart city management mode and evaluation system based on subject-object-process model [J]. Future and Development, 35(11): 11-16, 74.]
- 倪外, 曾刚. 2010. 低碳经济视角下的城市发展新路径研究: 以上海为例[J]. 经济问题探索, (5): 38-42. [Ni W, Zeng G. 2010. Ditan jingji shijiao xia de chengshi fazhan xinlujing yanjiu[J]. Inquiry Into Economic Issues, (5): 38-42.]
- 秦洪花, 李汉清, 赵霞. 2010. "智慧城市"的国内外发展现状[J]. 信息化建设, (9): 50-52. [Qin H H, Li H Q, Zhao X. 2010. "Zhihui chengshi" de guoneiwai fazhan xianzhuang [J]. Informatization Construction, (9): 50-52.]
- 邵超峰, 鞠美庭. 2010. 基于DPSIR模型的低碳城市指标体系研究[J]. 生态经济, (10): 95-99. [Shao C F, Ju M T. 2010. Study of the index system of low-carbon cities based on DPSIR model[J]. Ecological Economy, (10): 95-99.]
- 沈清基. 2013. 智慧生态城市规划建设基本理论探讨[J]. 城市规划学刊, (5): 14-22. [Shen Q J. 2013. A study on fundamentals of planning and building smart-ecological city [J]. Urban Planning Forum, (5): 14-22.]
- 宋锋华. 2008. 城市可持续发展综合评价指标体系研究[J]. 新疆大学学报: 哲学·人文社会科学版, 36(1): 15-18. [Song F H. 2008. A study of the comprehensive evaluation index system of urban sustainable development[J]. Journal of Xinjiang University: Philosophy, Humanities & Social Sciences, 36(1): 15-18.]
- 屠启宇. 2013. 全球智慧城市发展动态及对中国的启示[J]. 南京社会科学, (1): 47-53. [Tu Q Y. 2013. On the global trend of smart city development and China's practices[J]. Social Sciences in Nanjing, (1): 47-53.]
- 王根祥, 李宁, 王建会. 2012. 国内外智慧城市发展模式研究[J]. 软件产业与工程, (16): 11-14. [Wang G X, Li N, Wang J H. 2012. A research on the development mode of smart city at home and abroad[J]. Software Industry and Engineering, (16): 11-14.]
- 项勇, 任宏. 2014. 基于ANP-TOPSIS方法的智慧城市评价研究[J]. 工业技术经济, (4): 131-136. [Xiang Y, Ren H. 2014. The study of smart city evaluation based on the ANP-TOPSIS method[J]. Journal of Industrial Technological Economics, (4): 131-136.]
- 辛玲. 2011. 低碳城市评价指标体系的构建[J]. 统计与决策, (7): 78-80. [Xin L. 2011. Ditan chengshi pingjia zhibiao tixi de goujian[J]. Statistics and Decision, (7): 78-80.]
- 许晶华. 2012. 我国智慧城市建设的现状和类型比较研究[J]. 城市观察, (4): 5-18. [Xu J H. 2012. The status-quo and types of smart city construction in China[J]. Urban Insight, (4): 5-18.]
- 杨德志. 2011. 基于主成分分析法的低碳城市发展综合评价[J]. 通化师范学院学报, 32(4): 7-8. [Yang D Z. 2011. Jiyu zhuchengfen fenxifa de ditan chengshi fazhan zonghe pingjia[J]. Journal of Tonghua Teachers College, 32(4): 7-8.]
- 易棉阳, 张小娜, 曾鹃, 等. 2013. 基于主成分和层次分析的低碳城市指标体系构建与评价: 以株洲市为实证[J]. 生态经济: 学术版, (1): 37-41. [Yi M Y, Zhang X N, Zeng J, et al. 2013. Research on designing of low-carbon city index system and path selection via PCA and AHP: taking Zhuzhou as an example[J]. Ecological Economy, (1): 37-41.]
- 英国查塔姆研究所, 中国社会科学院, 国家发改委能源研究所, 等. 2010. 吉林市低碳发展计划[R/OL]. 2010-03-30 [2014-10-24]. <http://www.docin.com/p-87675848.html>. [Chatham House, Chinese Academy of Social Sciences, National Development and Reform Commission, et al. 2010. Low-carbon development programme roadmap for Jilin City[R/OL]. 2010-03-30[2014-10-24]. <http://www.docin.com/p-87675848.html>.]
- 张亮, 任立肖. 2014. 城市智能化与低碳创新的双螺旋联动机制[J]. 科技进步与对策, 31(4): 30-35. [Zhang L, Ren L X. 2014. Chengshi zhinnehua yu ditan chuanguan de shuangluoxuan liandong jizhi[J]. Science & Technology Progress and Policy, 31(4): 30-35.]
- 张灵莹. 2003. 城市可持续发展综合评价方法及应用[J]. 数学的实践与认识, 33(7): 30-35. [Zang L Y. 2003. The comprehensive evaluation on city's sustainable development[J]. Mathematics in Practice and Theory, 33(7): 30-35.]
- 张娜, 陈伟平. 2014. 智慧城市与低碳城市共生机理研究: 基

- 于信息通信的视角[J]. 系统科学学报, 22(1): 53-55, 65.
- [Zhang N, Chen W P. 2014. Research of symbiosis mechanism between smart city and low-carbon city: based on the perspective of ICT[J]. Journal of Systems Science, 22(1): 53-55, 65.]
- 张炜铃, 许申来, 焦文涛, 等. 2012. 北京市低碳发展水平及潜力研究[J]. 中国人口·资源与环境, 22(11): 57-61.
- [Zhang W L, Xu S L, Jiao W T, et al. 2012. Comparative study of low carbon level and potential for Beijing[J]. China Population, Resources and Environment, 22(11): 57-61.]
- 张西增, 王新南. 2013. 智慧城市发展战略与国内外实践研究[J]. 现代商贸工业, (13): 5-7. [Zhang X Z, Wang X N. 2013. Zhihui chengshi fazha zhanlue yu guoneiwai shijian yanjiu[J]. Modern Business Trade Industry, (13): 5-7.]
- 赵连静, 陈尧, 杨为民, 等. 2004. 小城镇可持续发展评价指标体系研究[J]. 北京农学院学报, 19(1): 45-48. [Zhao L J, Chen R, Yang W M, et al. 2004. Study on indicators of evaluating sustainable development in small-sized towns[J]. Journal of Beijing Agricultural College, 19(1): 45-48.]
- 郑建明, 王育红, 张庆峰. 2000. 中国社会信息化进程测度报告[J]. 情报科学, 18(10): 865-870. [Zheng J M, Wang Y H, Zhang Q F. 2000. Report on measurement of social informatizing course in China[J]. Information Science, 18(10): 865-870.]
- 中国工信部. 2012. CSIP积极推进《智慧城市评价指标体系》研究[EB/OL]. 2012-02-14[2014-10-24]. http://www.bellsent.com/news_info/2012020917144356.html. [MIIT. 2012. CSIP jiji tuijin "zhihui chengshi pingjia zhibiao tixi" [EB/OL]. 2012-02-14[2014-10-24]. http://www.bellsent.com/news_info/2012020917144356.html.]
- 中国绿色发展高层论坛. 2013. 中国城市绿色发展报告(2012)[R/OL]. 2013-04-21 [2014-10-25]. http://www.chinadaily.com.cn/hqpl/zggc/2013-04-22/content_8829381_6.html. [High-level Forum on Chinese Green Development. 2013. Zhongguo chengshi lvse fazhan baogao [R/OL]. 2013-04-21[2014-10-25]. http://www.chinadaily.com.cn/hqpl/zggc/2013-04-22/content_8829381_6.html.]
- 中国软件测评中心. 2013. 智慧城市评估指标体系研究报告[R/OL]. 2013-01-30[2014-10-24]. http://wenku.baidu.com/link?url=emSR_F5Hg-K91J08AsaVT-V4QkRMgyGmBeyVBix8lvSVs2STsBbCOzCyTmB-Bxjg4_aosnGzoKVpj3KF1q9WlxSzUaO_-jRX4yJsIH-gEBsRi. [CSTC. 2013. Zhihui chengshi pinggu zhibiao tixi yanjiu baogao[R/OL]. 2013-01-30[2014-10-24]. http://wenku.baidu.com/link?url=emSR_F5Hg-K91J08AsaVT-V4QkRMgyGmBeyVBix8lvSVs2STsBbCOzCyTmB-Bxjg4_aosnGzoKVpj3KF1q9WlxSzUaO_-jRX4yJsIH-gEBsRi.]
- 朱明峰, 洪天求, 叶强. 2005. 基于神经网络的资源型城市可持续发展指标体系[J]. 中国科学技术大学学报, 35(3): 423-428. [Zhu M F, Hong T Q, Ye Q. 2005. Sustainable development indicator forecasting for resource-based cities based on neural network[J]. Journal of University of Science and Technology of China, 35(3): 423-428.]
- 朱守先. 2009. 城市低碳发展水平及潜力比较分析[J]. 开放导报, (4): 10-13. [Zhu S X. 2009. On levels of urban low carbon economy and analysis of the potentials [J]. China Opening Herald, (4): 10-13.]
- Antrobus D. 2011. Smart green cities: from modernization to resilience[J]. Urban Research & Practice, 4(2): 207-214.
- Baeumler A, Ijjasz-Vasquez E, Mehndiratta S. 2012. Sustainable low-carbon city development in China[R/OL]. 2012-02-27[2014-10-25]. <http://econpapers.repec.org/bookc-hap/wbkwbpubs/12330.htm>.
- Cohen B. 2012. The top 10 smart cities on the planet[R/OL]. 2012-01-11[2014-10-21]. <http://www.fastcoexist.com/1679127/the-top-10-smart-cities-on-the-planet>.
- Correia L M, Wüstel K. 2010. Smart cities applications and requirements[R/OL]. 2010-05-20[2014-10-21]. <http://www.scribd.com/doc/87944173/White-Paper-Smart-Cities-Applications>.
- Dirks S, Gurdgiev C, Keeling M. 2010. Smarter cities for smarter growth: how cities can optimize their systems for the talent-based economy[R/OL]. 2010-05-01[2014-10-21]. http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2001907.
- Forte F, Girard L F, Nijkamp P. 2005. Smart policy, creative strategy and urban development[J]. Studies in Regional Science, 35(4): 947-963.
- Giffinger R, Fertner C, Kramar H, et al. 2007. Smart cities - ranking of European medium-sized cities[R/OL]. 2007-10-17[2014-10-21]. http://curis.ku.dk/ws/files/37640170/smart_cities_final_report.pdf.
- Lazaroiu G C, Roscia M. 2012. Definition methodology for the smart cities model[J]. Energy, 47(1): 326-332.
- Murakami S, Kawakubo S, Asami Y, et al. 2011. Development of a comprehensive city assessment tool: CASBEE-city [J]. Building Research & Information, 39(3): 195-210.
- Rees W E, Wackernagel M. 1996. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: measuring the natural capital requirements of the human economy[J]. Focus, 6(1): 45-60.

- Su M R, Li R H, Lu W W, et al. 2013. Evaluation of a low-carbon city: method and application[J]. *Entropy*, 15(4): 1171-1185.
- UK Government. 2013. Smart cities background paper[EB/OL]. 2013-10-09[2014-11-04] https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/246019/bis-13-1209-smart-cities-background-paper-digital.pdf.
- Washburn D, Sindhu U. 2010. Helping CIOs understand "Smart City" initiatives: defining the smart city, its drivers, and the role of the CIO[R/OL]. 2010-02-11[2014-10-21]<https://www.forrester.com/Helping%20CIOs%20Understand%20Smart%20City%20Initiatives/fulltext/-/E-RES55590>.
- Zygiaris S. 2013. Smart city reference model: assisting planners to conceptualize the building of smart city innovation ecosystems[J]. *Journal of the Knowledge Economy*, 4(2): 217-231.

Smart low-carbon city: progress and prospect

PANG Bo^{1,2}, FANG Chuanglin^{1*}

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

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

Abstract: At present, urban life on Earth has been greatly improved, and advanced human modernization and diverse opportunities and cultures are prospering. Along with these progresses, over-exploitation of energy and resources, massive destruction of natural ecosystems, worsening pollution of various kinds, and a series of "urban diseases" have appeared. In order to change the imbalance between our natural resource base and environment and socioeconomic development, and facilitate their effective coordination so that modern cities can be healthy and sustainable in the future, with the help of new generation information technology, research and practice about a new type of city—smart low-carbon city—has been started. As one of the academic research hotspots and frontiers, research on smart low-carbon city would be an important field that needs urgent exploration. Therefore, by using bibliometric method and summarizing existing studies, this research conducted a literature review on smart low-carbon city research, including general progress, the concept, the assessment methods and index systems, application practice, basic patterns, and major policies. The results show that: (1) research on smart low-carbon cities is still in its infancy and there is no clear and universal accepted definition; (2) research on the key issues such as methodology, proper model, index system, and assessment criteria are inadequate, and there is no universal and authoritative index system for evaluation; (3) policy supports are gradually improving and the application practices are stepping into the planning, demonstration, and pilot stages; (4) research perspectives are limited, innovative studies from perspectives of other disciplines are far from adequate; and (5) there are still research gaps in the field of smart low-carbon city dynamic mechanism, interaction mechanism, development paths, and patterns. In the future, greater emphasis should be placed on a clear definition of the concept, more appropriate assessment methodology and index systems, the internal dynamic mechanism, formation and evolution mechanism, development paths and patterns, and their optimization and regulation, which can provide a scientific basis for a healthy and sustainable urban development in China.

Key words: smart low-carbon; city development; progress; commentary