

上海低碳城市建设的内涵、目标及路径研究

周冯琦 陈宁 程进

摘要：城市是全球温室气体排放的主要来源，也是应对气候变化的主战场。上海作为以建设全球城市为目标的特大型城市，建设低碳城市不仅是应对国际减排压力、完成国家碳减排目标的需要，也是城市自身可持续发展的内在要求。本文的研究思路：一是测算上海的碳足迹：建立核算架构和测量进程的基准线。确定基准排放水平和排放源，确定上海低碳城市建设的起点；二是规划远景和设定低碳目标：在识别碳排放的主要影响因素及其未来变动趋势的基础上，建立碳排放情景分析模型，分情景预判上海未来 30 年可能的碳排放格局，根据高站位、宽视野、可实现的原则，提出“1 强度+3 峰值”目标，并将这些发展目标分解成 55 个单项指标的低碳城市建设指标体系，并给定相应的目标值。三是剖析实现上海低碳城市建设及所面临的主要挑战和差距。四是提出上海低碳城市建设的分阶段目标及六大实现路径。

关键词：气候变化；低碳城市；碳减排；上海

中图分类号：F290 **文献标识码：**A **文章编号：**0257 - 5833 (2016) 06 - 0041 - 13

作者简介：周冯琦，上海社会科学院生态与可持续发展研究所常务副所长、研究员；陈宁，上海社会科学院生态与可持续发展研究所助理研究员；程进，上海社会科学院生态与可持续发展研究所助理研究员（上海 200020）

一、上海低碳城市建设的内涵

（一）低碳城市的内涵

国内外学者从各自不同的角度对低碳城市进行了界定和研究，本文在梳理不同学者针对不同城市的研究基础上，提出本文对上海建设低碳城市的内涵界定。

低碳能源和低碳治理角度对低碳城市的阐释：胡鞍钢^①、余猛^②、龙惟定^③、戴亦欣^④从低碳能源和低碳治理的角度阐释低碳城市是城市经济以低碳产业和低碳化生产为主导模式、市民以低碳生活为理念和行为特征、政府以低碳社会为建设蓝图的城市。强调发挥不同主体在基于城市地理空间单元的低碳经济发展中的作用。

低碳理念和低碳规划角度对低碳城市的阐释：戴亦欣^①、刘志林^②、秦耀辰^③、戴星翼^④从低碳理念和低碳规划的角度认为低碳城市是一种发展理念，同时也是一种发展模式。低碳城市是以低碳经济为发展模式及方向、市民以低碳生活为理念

收稿日期：20 16 - 03 - 08

① 胡鞍钢：《中国如何应对全球气候变暖的挑战》，《国情报告》2007 年第 29 期。

② 余猛、吕斌：《低碳经济与城市规划变革》，《中国人口·资源与环境》2010 年第 20 期。

③ 龙惟定、白玮、梁浩等：《低碳城市的城市形态和能源愿景》，《建筑科学》2010 年第 2 期。

④ 戴亦欣：《低碳城市发展的概念沿革与测度初探》，《现代城市研究》2009 年第 11 期。

和行为特征、政府以低碳社会为建设标本和蓝图的城市。低碳城市发展旨在通过经济发展模式、消费理念和生活方式的转变，在保证生活质量不断提高的前提下，实现有助于减少碳排放的城市建设模式和社会发展方式。从低碳城市的内部建设，包括城市规划与建设的低碳化、城市运行低碳化以及生活方式低碳化三个层面，来论述低碳城市建设的架构及其内在联系，全生命周期的碳排放管理是贯穿低碳城市建设各个层面的核心理念，不同层面的低碳化措施可以相互影响、协同作用，从而构成了低碳城市的有机整体。低碳城市规划与传统城市规划有所不同，传统的规划主要包括人口预测、城市布局、工业用地布局、交通等内容。低碳城市规划主要强调的是如何使城市实现低碳。低碳城市规划在产业选择上，要选择低能耗的产业，在产业选择和布局上应做出更加系统的规定；在城市交通上，应做出更加细致的安排，包括交通形式的调整、就业与居住的平衡等。

低碳生产和低碳消费角度对低碳城市的阐释：周潮^⑤、夏堃堡^⑥、付允^⑦从低碳生产和低碳消费的角度认为低碳城市的本质就是在城市实现低碳生产和低碳消费模式，以低碳消费带动低碳生产，以低碳生产促进低碳消费，建立资源节约型、环境友好型社会，形成一个良性的可持续发展的城市能源生态体系。这类学者观点的共同之处在于通过技术创新转变生产方式和经济发展模式，形成低碳的生活理念和消费模式，从而实现低碳城市建设和区域可持续发展。

对上海低碳城市的研究：周冯琦^⑧、陈琳^⑨、郭茹^⑩、吴开亚^⑪、朱聆^⑫、李莉^⑬、黄蕊^⑭等学者对上海低碳城市以及上海能源活动碳排放作了相关研究，测算了上海碳排放水平并作了碳排放结构分析。

² ① 戴亦欣：《中国低碳城市发展的必要性和治理模式分析》，《中国人口·资源与环境》2009年第19期。

② 刘志林、戴亦欣、董长贵等：《低碳城市理念与国际经验》，《城市发展研究》2009年第16期。

③ 秦耀辰、张丽君、鲁丰先等：《国外低碳城市研究进展》，《地理科学进展》2010年第19期。

④ 戴星翼、陈红敏：《城市功能与低碳化关系的几个层面》，《城市观察》2010年第2期。

⑤ 周潮、刘科伟、陈宗兴：《低碳城市空间结构发展模式研究》，《科技进步与对策》2010年第22期。

⑥ 夏堃堡：《发展低碳经济，实现城市可持续发展》，《环境保护》2008年第2期。

⑦ 付允、汪云林、李丁：《低碳城市的发展路径研究》，《科学对社会的影响》2008年第2期。

⑧ 周冯琦：《社会资源环境发展报告2010：低碳城市》，社会科学文献出版社2010年版。

⑨ 陈琳、石裕、王玲慧：《低碳城市理念在上海新城规划中的实践应用》，《上海城市规划》2011年第5期。

⑩ 郭茹、曹晓静、李严：《上海市应对气候变化的碳减排研究》，《同济大学学报（自然科学版）》2009年第4期。

⑪ 吴开亚、郭旭、王文秀：《上海市居民消费碳排放的实证分析》，《长江流域资源与环境》2013年第5期。

⑫ 朱聆、张真：《上海市碳排放强度的影响因素解析》，《环境科学研究》2011年第1期。

⑬ 李莉：《上海市能源CO₂排放及节能减排的减碳效果分析》，《环境科学与技术》2011年第4期。

⑭ 黄蕊、朱永彬、王铮：《上海市能源消费趋势和碳排放高峰估计》，《上海经济研究》2010年第10期。

（二）本文对低碳城市内涵的界定

相关研究从以上三个不同角度提出的低碳城市概念是相互交叉关联的，并不是相互独立的，只是关注的侧重点不同。实际上，低碳城市建设涉及城市发展的各个领域，是低碳能源、低碳生产、低碳消费、低碳治理等方面内容的综合。从发展脉络来看，低碳城市是工业文明向生态文明转换过程中的新实践，从空间尺度来看，低碳城市是全球低碳行动背景下城市建设的空间响应，从建设过程来看，低碳城市建设是一个全社会化、全流程化的过程。结合当前低碳城市的建设实践，我们对低碳城市的理解是，低碳城市就是在一定的城市空间范围内，将低碳发展理念融入从规划到建设、从生产到消费、从政策制定到执行等各环节，通过城市发展战略、发展规划的转型，通过技术创新和制度创新，引领和推动生产模式和生活方式的转变，形成节约、高效、环保、低碳的城市发展模式。

（三）全球城市低碳发展趋势特征

“努力建设成为具有全球资源配置力、较强国际竞争力和影响力的全球城市”是上海 2050 城市发展的中长期目标。就全球资源配置能力和国际影响力、国际竞争力的坐标定位及参照系来看，未来上海全球城市建设的目标应是伦敦、纽约、东京这样的顶级全球城市，纽约、伦敦、东京等全球城市已呈现出低碳发展趋势。

1 . 全球气候变化趋势明显。2013 年 IPCC 公布第五次评估报告认为，气候变化要比原来认识到的更加严重，而且有 95 % 以上的把握认为气候变化是人类的行为造成的，城市在气候变化中扮演关键角色。根据国际能源署的估算，2006 年城市温室气体排放占全球能源相关温室气体排放总量的 71 %。重要的全球城市一般都位于海拔较低的沿海地区，因此很容易受到海平面上升的影响。可以说城市不仅是导致气候变化的重要原因，其本身也非常容易受到气候变化的影响。同时由于城市拥有巨大的经济实力，集中了大量技术人员，且相关政府部门实施的改革措施也会影响温室气体排放，因此城市在解决气候变化问题上发挥着独特的作用，是极为重要的行动主体。

2 . 全球城市呈现出低碳发展趋势。全球城市一般都是经济社会功能强大，生态环境建设先进的城市。同时，为了应对国际气候变化的挑战，顶级全球城市又是低碳的。全球城市大都制定了低碳发展战略和相关行动计划，尤其是伦敦、纽约、东京等城市在低碳城市建设方面起到了领跑者的作用。自 2005 年以来，主要全球城市的碳排放水平出现显著下降，即使是在 2008 年国际金融危机之后，发达国家谋求经济复苏和中长期发展，出台了一系列经济刺激政策，碳排放仍然处于较低水平，并实现不间断的减排。以纽约市为例，根据纽约市长办公室的统计，2005 — 2013 年，纽约市 GDP 增长了 5 %，建筑物面积增加了 6 %，人口总量增长 4 %，而能耗下降 8 %，碳排放减少了 19 %。可见纽约市在经济社会不断发展的背景下，虽然人口不断集聚，相配套的建筑物不断兴建，仍然取得了城市减排目标的成功实现。

3 . 颠覆性技术创新重塑世界经济和碳排放格局。随着信息技术的不断进步，以及技术创新成为新一轮全球竞争的焦点，全球技术突破和创新的范围越来越广，影响力越来越深远。并且新形势下的技术创新将不再是现有技术格局下的完善和提升，而是破坏性创新或颠覆性创新（Disruptive Innovation），并对人类生活、商业和全球经济具有重大的变革性影响。

这些变革性技术的创新及推广将可能极大地改变未来人们的生活与工作现状，为未来创造新的发展机会，改变未来国家间的比较优势，并使未来城市进一步低碳发展成为可能。如移动互联技术、物联网技术及云技术等新一代信息技术的推广将促使大规模生产、专业化分工、有组织的生产方式被分散化、个性化和自由的工作方式取代，网络化环境可使每个企事业单位员工在家中从事创造性工作和服务，并彼此间随时进行远程交流。城市边界弱化，通勤需求减少，这对于节能减排和缓解交通拥堵更为有效。以添加制造（Additive Manufacturing）为核心理念的 3D 打印技术突破现有切削制造技术的弊端，并使生产更贴近消费者，将使制造、运输以及使用全过程中的碳排放量显著降低，从而大幅提高全球的资源利用效率，减少碳排放量。自动驾驶技术、机器人技术、人工智能技术都将对人类的生产和生活方式产生重要影响，间接对碳排放以及能源消费模式产生影响。

而碳捕捉技术的开发和成熟推广直接会对气候变化的减缓方式产生重大影响，尤其是对煤炭资源丰富的中国影响也更大，上海的能源消费结构也因此产生变化。

4. 可持续发展的驱动力不断强化。在全球气候变暖的风险以及环境对健康的影响风险日趋明显的背景下，资源环境对区域可持续发展的约束日渐突出，世界各国以及地区追求可持续发展的驱动力日渐强化。全球城市都能够具备吸引全球一流人才的软硬件环境，尤其是生态环境。因此全球城市在追求全球资源配置能力、全球影响力提升的同时，可持续发展的驱动力和竞争力也不断得到强化和提升。

二、上海低碳城市建设的目标

上海低碳城市建设目标的确定，一是要基于上海低碳城市建设的起点；二是要在识别碳排放的主要影响因素及其未来变动趋势的基础上，建立碳排放情景分析模型，分情景预判上海未来 30 年可能的碳排放格局。

（一）上海低碳城市建设的起点

根据 2006 年 IPCC 为制定的国家温室气体清单指南提供的参考方法，通过各种能源消费导致的碳排放估算量加总得出上海市二氧化碳排放量。同时，根据 IPCC 指南中提出的“生产属地”原则，本文估算的上海市碳排放总量不包含使用外调电力或热力产生的碳排放。主要燃料种类的二氧化碳排放系数参考周冯琦整理的系数表^③。通过估算可以发现近年来，在能源结构优化、产业结构调整、能效提升等多领域努力下，上海城市的碳减排也取得了一定的成绩，单位 GDP 碳排放下降趋势明显，但碳排放总量和人均碳排放仍处于高位，碳排放的结构性特征也仍然凸显。

1. 上海碳足迹已与经济增长相对脱钩

“十二五”以来，上海市碳排放总量出现筑平台趋势，上海经济增长与碳排放的关系呈现相对脱钩的状况。2014 年上海市碳排放有一定程度下降，主要原因在于上海外调电比重提高，但仅此并不能确认上海碳排放总量已进入拐点。与此同时，上海近年来碳排强度下降速度快于“十二五”国家给予上海的约束性指标，至 2013 年底已完成十二五碳强度减排指标，2014 年上海碳排放强度已低于 1 吨 / 万元。上海市 2011 年人均二氧化碳排放量在国内超过人口能级相当的北京、香港等城市，在国外已经超过发达国家城市包括纽约、伦敦、东京、巴黎等城市。经测算，在千万人口能级的世界级大城市中，上海市的人均 CO₂ 排放量处于较高地位。

³ ① 周冯琦：《上海资源环境发展报告 2010：低碳城市》，社会科学文献出版社 2010 年版，第 29 页。

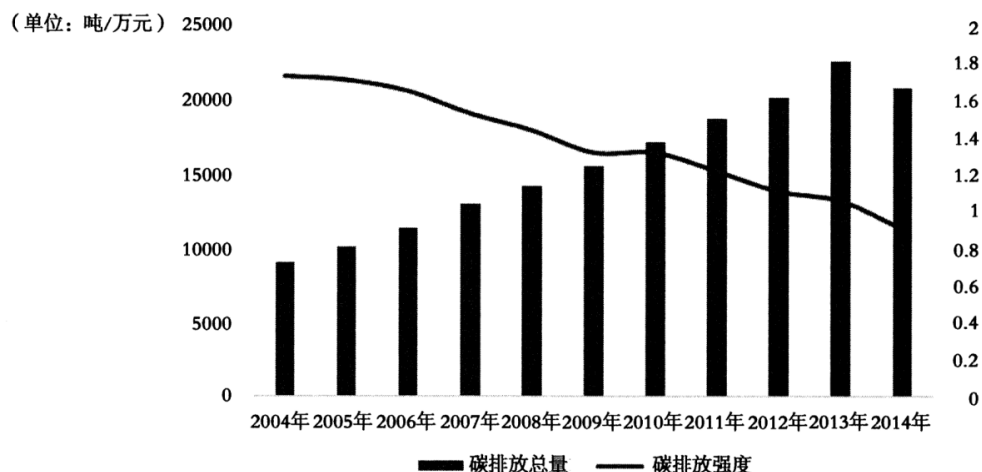


图1 2004—2014年上海碳排放总量及碳排放强度（按2010年可比价）

资料来源：根据《上海能源统计年鉴》（2005—2015）计算。

2. 上海碳排放部门仍以工业和电力为主

与纽约、东京以交通和建筑排放为主导不同，上海碳排放仍是以工业和电力为主导型。交通运输、建筑虽然占比低于工业和电力，但交通运输的碳排放强度很高，且交通运输、建筑碳排放总量出现快速增长的趋势。上海制造业碳排主要集中于黑色金属冶炼和压延、石油化工和化学原料制造业三大产业。上海火力发电中煤炭装机占比高，本地装机占全市电力供给的70%左右，是碳排放以及城市空气污染的主要来源之一。长距离交通型城市格局仍是上海建设低碳城市的重要因素之一。从历史趋势看，电力与热力生产供应部门占碳排放的比重缓慢下降，交通运输和邮政业的比重缓慢增长。此外，城市居民生活及其他的部门碳排放也有明显增长。

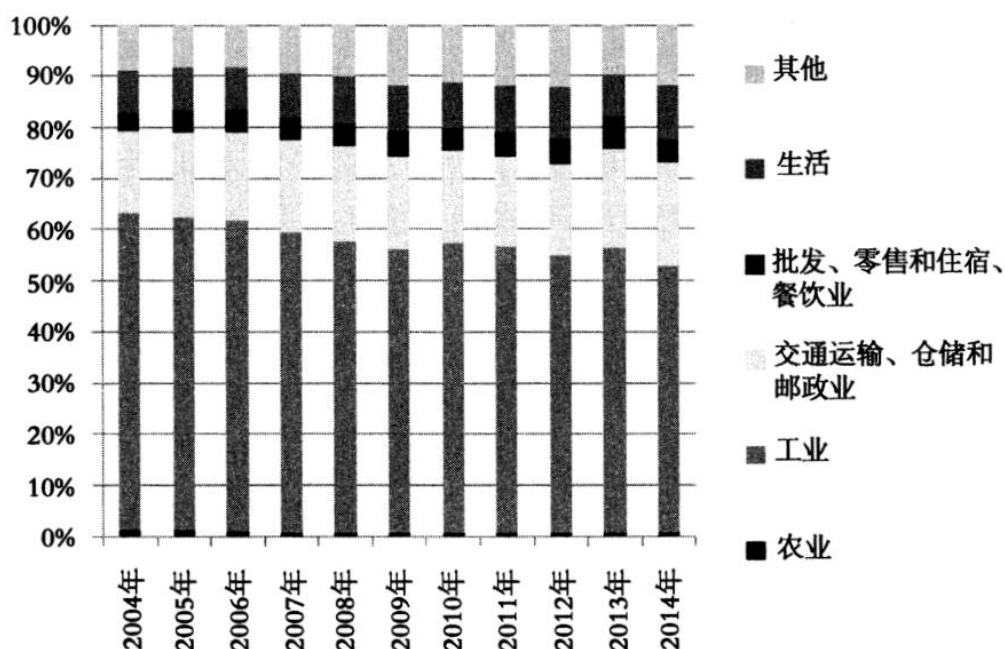


图2 2004—2014年上海各部门碳排放占比

资料来源：根据《上海能源统计年鉴》（2005—2015）计算。

3 . 上海城市碳排放呈现出郊区大于中心城区的空间格局

上海工业碳排放主要集中于宝山、浦东及金山。104 地块中，公告开发区碳排放总量占比较高。各开发区碳排强度和土地产出绩效差异明显。上海电力碳排放主要集中于宝山、金山、浦东新区的外高桥等区域。浦东新区和宝山区的电力碳排放占全市电力碳排放的比重均超过 30 %。

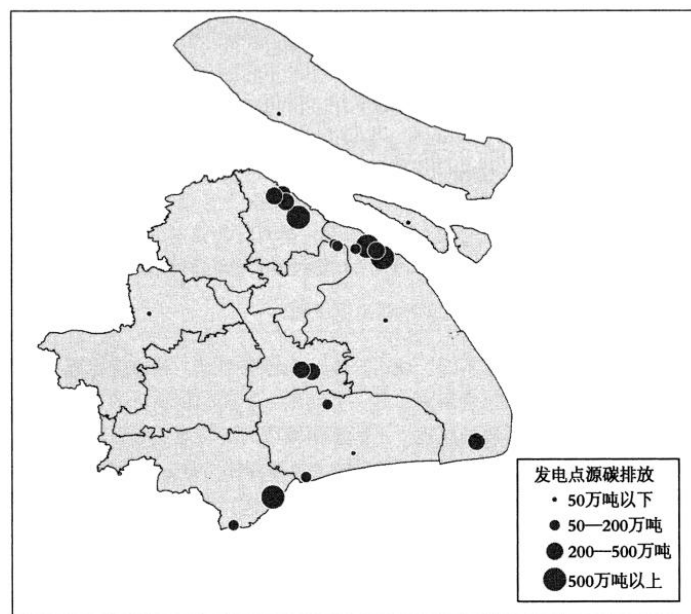


图3 上海市电力碳排放的空间分布

资料来源：根据《上海市能源统计年鉴》测算。

上海的碳汇主要以绿地、湿地和耕地为主，碳汇空间格局表现出远郊区大于近郊区，近郊区大于中心城区的特征。主要集中于崇明和浦东、青浦次之。中心城区生态空间总量不足，规模较小，并未与人口分布和经济活动形成合理配比。城市绿化很大程度上局限于按道路、河流或建筑物的周际规划绿地，而未能按人口稠密程度、环境质量等来规划绿地整体布局。这种分布格局不仅不能满足城市居民日益增长的生态休闲需求，也在一定程度上影响生态空间的碳汇能力。此外，近十年来，上海的碳汇总量一直处于下降趋势。

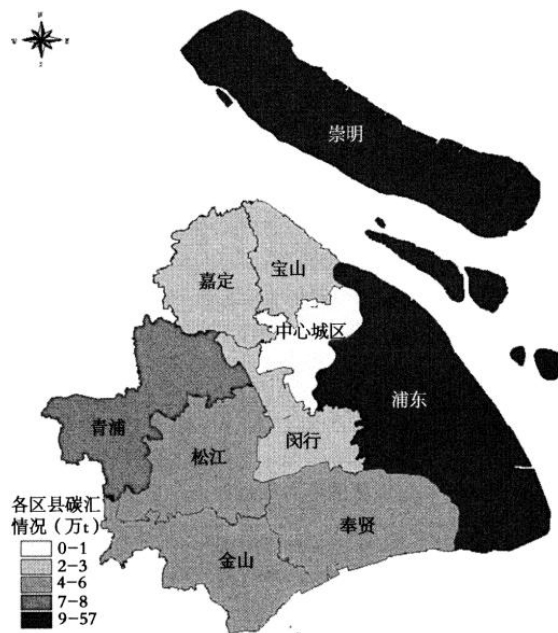


图4 2012年上海各区县生态空间碳汇情况

资料来源：根据《上海统计年鉴2013》、2013年上海市各区县统计年鉴计算。

（二）上海碳排放情景分析

本文通过构建 CGE 模型，对未来近三十年上海碳排放进行情景分析，从而为确定上海低碳城市建设的目标提供依据。

1．上海碳排放影响因素识别

由于城市的资源禀赋地理区位不同，城市产业的能源密集度、城市能源服务的需求等都会有所差异，城市碳足迹的起点就会有不同；另一方面城市发展的根本目的在于为居民提供经济机会和优质的生活，改变城市碳排放的轨迹，不能影响城市的经济增长和宜居性。城市碳排放的变化取决于城市的形态、GDP、经济结构、能源结构、能源供给方式、建筑模式、消费模式等的变化。能源是经济活动的支撑要素，不同能源品种能相互替代；能源部门是经济组成部分，能源供求受经济活动水平影响。

2．影响碳排放情景分析的不确定性因素

上海未来发展存在三大不确定因素，也影响着中长期碳排放的轨迹。首先，未来上海城市发展定位的不确定性，尤其是国家战略对上海制造业定位不确定，进而难以确定上海的产业结构、人口规模和城市空间形态；第二，技术创新的不确定性，新技术的出现，以及由此兴起的新产业、新业态、新模式的发展变动趋势不确定，会产生不同的城市空间形态和布局要求，如互联网技术对生产、生活方式可能会产生革命性影响，进而对交通、建筑格局产生不确定影响；第三，未来上海城市经济发展的模式是以行政区域为边界、自成体系的传统发展模式，还是以开放无边界的发展模式，将对上海的产业体系和城市空间产生重大影响，低碳城市建设重点会有所差异。

3．上海碳排放情景分析建模

情景分析建模思路：建模的核心是基于上海未来中长期发展的愿景，以全球城市建设为中长期目标，模型以人民生活和社会建设需求为驱动因素，侧重分析经济、社会、能源、环境、技术相互影响—全局性均衡。

模块设计：

CGE 均衡模块：全局均衡 * 能源均衡价格、居民收入…

技术优化模块：能源总量、CO₂ 总量、能源结构、能源效率

本地能源供应模块：交通用能需求

4 . 情景设定

对于未来上海不同经济转型路径和技术进步水平下的能源发展情景，本文共定义了 4 个情景：参照情景（REF）、节能情景（CMI）、低碳情景（CM2）和强化低碳情景（CM3）。具体的情景定义如下：

参照情景（REF）：不实施经济转型和节能减排政策的“对照”情景，延续以往经济增长“重规模、轻效益”模式，走“先污染、后治理”的发展道路，在能源节约、环境治理和气候变化领域不采取积极主动的应对措施。这个情景不会发生，仅用于对照趋势。

节能情景（CMI）：经济转型缓慢，但节能减排战略获得持续推进。在经济转型方面，产业结构调整举步维艰，上海仍延续工业和服务业并重发展格局；同时在工业内部，石化、钢铁等高耗能产业转型升级缓慢。但在技术层面，节能减排战略的持续推进实施，促使能源技术效率稳步提升，非化石能源获得长足发展。这个情景是“十二五”初期上海乃至我国能源发展的趋势性延续。

低碳情景（CM2）：加快推进经济转型升级，更积极地应用推广节能低碳环保技术。体制改革加速了上海的经济转型进程，科技创新成为拉动经济增长的新引擎，不合理的能源消费需求得到遏制。同时在雾霾等污染的生态环境约束条件下，先进高效地能源利用技术和非化石能源技术获得广泛应用。这个情景是未来能源可持续发展的较理想情景。

强化低碳情景（CM3）：在加快经济转型升级基础上，在低碳经济领域投入更多的资源，绿色建筑大量推广，城市空间格局实现调整，碳捕捉和储存等关键减碳技术得到普及应用，并进一步考虑国际间低碳技术合作。该情景实现难度和成本较高。

表 1 情景定义和特征

情景	REF 参照情景	CM ₁ 节能情景	CM ₂ 低碳情景	CM ₃ 强化低碳情景
宏观经济	缓慢转型 BAU		加速转型 TRAN	
	维持现有经济发展方式。 经济结构/要素结构/产业结构自然发展，无政策干预。		顺利实现经济发展方式转变。 引导投资结构，鼓励消费并优化消费结构，转变增长方式。	
能源技术	低 REF	中 CM1	高 CM2	激进 CM3
	能源效率进步缓慢； 对能源供应结构不做干预	持续推进节能减排战略，能源效率水平稳步提高； 非化石能源稳步发展	大力推广节能环保的新型能源技术，快速提升能源效率水平； 推进非化石能源跨越式发展，重点推进天然气对煤炭的替代	环境治理对能源形成倒逼机制，以更高昂的成本推进能源技术革新； 推进非化石能源对传统能源的强力替代

5 . 情景分析结果

(1) 上海市一次能源消费情景

节能情景：2040 年达到峰值 1 . 4 亿吨标煤，2040 — 2050 年在这一平台上徘徊。低碳情景：2020 年达到峰值 1 . 2 亿吨标煤，2020 — 2030 年在这一平台附近徘徊，2040 — 2050 年能源消费总量负增长。

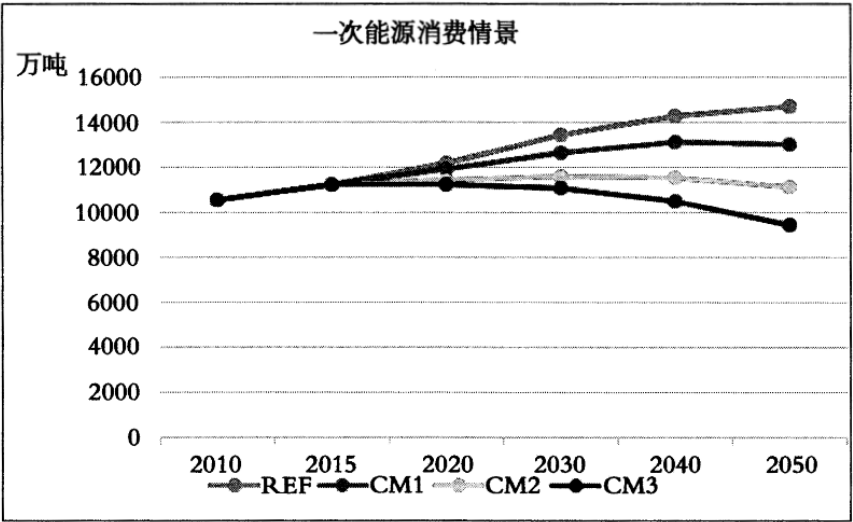


图 5 2010—2050 年上海市一次能源消费情景

强化低碳情景：2015 年达到 1 . 16 亿吨，2020 年达到 1 . 18 亿吨标煤峰值，2030 — 2040 年在峰值平台徘徊，2040 年后稳步实现能耗总量负增长，实现能源消耗与经济增长脱钩。(2) 上海一次能源消费中煤炭消费情景

参照情景：一次能源消费中煤炭继续保持增长，2030 年达到煤炭峰值。

节能情景：2015 — 2017 年达到煤炭总量峰值 4933 万吨，之后出现负增长。

强化低碳情景：2015 年达到煤炭总量峰值 4933 万吨，20 巧— 2020 年实现 12 % 的负增长。(3) 上海市碳排放情景

节能情景：上海碳排放在 2040 年达峰值

低碳情景和强化低碳情景：上海碳排放达峰时间为 2020 年。

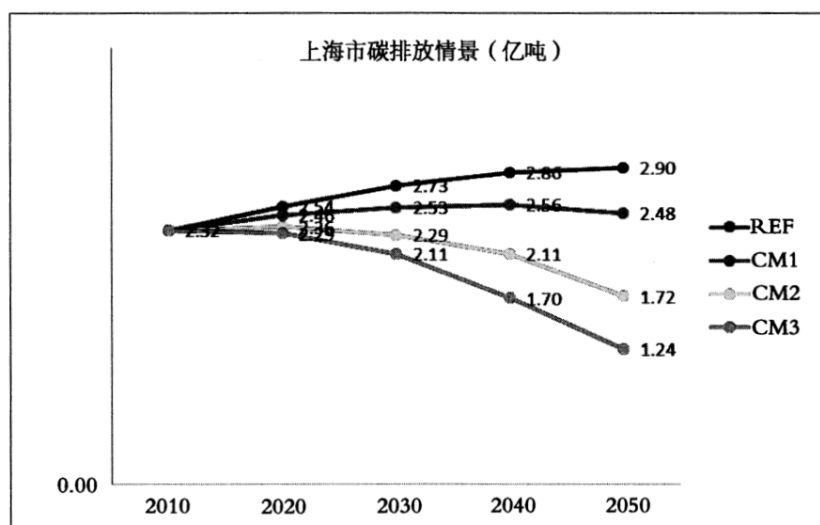


图 6 2010—2050 年上海市碳排放情景

(三) 上海低碳城市发展目标设定

根据高站位、宽视野、可实现的原则，在借鉴纽约、东京等全球城市低碳发展目标的基础上，分情景提出上海未来低碳城市发展“1 + 3”（1 强度+3 峰值）目标。

表 3 上海低碳城市建设阶段性目标（低碳情景）

	2020 年	2030 年	2040 年	2050 年
碳排放总量(亿吨)	2.38	2.31	2.03	1.73
工业碳排放强度(吨/万元)	0.95	0.665	0.475	0.285
工业碳排放强度年均下降率(%)		-3.50	-3.31	-4.98
工业碳排放总量(万吨)	11967.86	8636.6	7402.8	6169
工业碳排放总量年均下降率(%)		-3.21	-1.53	-1.81
居民出行碳排放总量(万吨)	580	460	290	150
住宅建筑单位面积能耗(tce/m ²)	0.013	0.011	0.008	0.006
公共建筑单位面积能耗(tce/m ²)	0.042	0.030	0.022	0.016
人均生活碳排放增速(%)	5	3	0	0

低碳情景下，大力推广节能环保的新兴能源技术，快速提升能源效率水平，重点推进天然气对煤炭的替代，推广分布式能源供应、非化石能源稳步发展、鼓励碳捕捉技术应用，顺利实现经济发展方式转变、引导投资结构转变，鼓励消费并优化消费结构，转变增长方式。1 强度目标是碳排放强度 2020 年比 2005 年下降 60 %；3 峰值目标分别是碳排放在 2020 年达到峰值，能源消费总量 2030 年达到峰值，一次能源消费中煤炭总量 2014 — 2017 年达到峰值。

节能情景下，持续推进节能减排战略，能源效率水平稳步提高，积极发展非化石能源，经济结构、要素结构、产业结构自然发展，无强政策干预。1 强度目标是碳排放强度 2020 年比 2005 年下降 59 % ；3 峰值目标分别是碳排放 2030 年达到峰值，能源消费总量 2040 年达到峰值，一次能源中煤炭总量 2014 — 2017 年达到峰值。

三、上海低碳城市建设路径及若干操作建议

低碳城市建设是一个复杂的系统工程，低碳城市实施路径既包括各个细分领域具体的实施路径，又有宏观层面涉及到低碳城市建设各个层面的基础路径（详见表 4 、 5 、 6 ）。需要充分发挥整个社会的力量，涵盖所有的产业部门，积极进行产业结构调整 and 能源结构调整。

（一）低碳城市建设路径

第一，努力通过持续的需求侧能效管理措施减少碳排放，尤其是在工业、电力、供热和建筑部门。增加清洁能源和可再生能源，积极发展分布式功能和智能电网，建立清洁、高效、多元的能源供应体系。

第二，采用新技术，发展城市郊铁、地铁、公交车相结合的多层次、高质量的公共交通体系及非机动车交通条件，最小化交通部门的排放。

第三，管理城市空间增长和城市形态。建立职住融合的多个城市副中心。紧凑型城市会排放更少的温室气体。通过公共交通网络和紧凑城市形态让城市成长为密度更高、更智慧的城市。努力增加城市的绿色生态空间。

第四，寻求市民的支持并在资源效率和低碳生活方式上达成一致。随着收入水平的提高，低碳生活方式是减少上海未来能源需求的关键。打造互联、共享的消费模式，构建为使用权付费的消费方式，并以消费模式的转型推动生产模式转型。完善低碳产品市场机制，倡导责任消费。

第五，上海未来的 GDP 增长是由城市服务和低碳产业驱动的，这是降低碳强度的关键。当然，这并不是简单地将高排放企业搬出城市边界来减少城市的碳足迹，要将产品结构调整与工艺流程选择升级相结合，如钢铁行业缩短炼钢工艺流程，向电路炼钢转型。进一步推进对工业园区的差别化管理，大力发展节能环保服务业以及新技术产业，依托消费模式转型推进制造模式转型，推广再制造模式，构建企业内部循环经济体系。

第六，深入推进碳排放总量限制交易，推进能源消费总量控制与节能量交易或购买绿色电力，所有这些都可以大幅度降低低碳城市建设的成本。

（二）低碳城市建设的对策建议

探索中国城市的低碳发展之路任重道远，需要政府部门、研究机构、企业以及国际组织的多层次、多方位支持参与。我们有许多工作要做，包括新能源、新材料、新装备、环保产业、创意文化，甚至新兴的金融服务产业，都需要做到少排放、能循环、可持续。只有这样，中国经济才能走向循环发展、绿色发展和低碳发展的道路。借鉴国内外低碳城市建设经验，结合上海市经济社会发展实际，本文提出以下若干低碳城市建设的对策建议。

第一，谋求“合”与“和”。所谓“合”，是指城市建设“多规合一”，将经济社会发展规划、城市空间规划、土地利用总体规划与环保、绿化、交通、市政、水利、环卫等专业规划相融合，统筹规划经济社会发展与低碳城市建设；所谓“和”，

是指“区域和共生”。当前不论是资源环境还是气候变化都呈现出高度的区域一体化趋势，低碳城市建设过程中要充分发挥污染物减排与温室气体减排的协同效应，必须实现区域、流域的一体化管理。

第二，低碳经济、低碳建筑、低碳交通、低碳生活、低碳环境、低碳社会“六位一体”。低碳城市源自低碳经济模式，而低碳生活则是低碳城市居民的生活方式。低碳经济是经济基础，低碳城市是上层建筑。低碳城市的标志就是低碳能源与低碳产业体系。推进低碳城市化应该向建立低碳能源体系与低碳产业体系的方向努力。上海应该努力通过持续的需求方能效措施来减少碳排放——尤其在工业、电力、供热和建筑部门。大力开发可再生能源（新能源、绿色能源）代替传统能源（化石能源）。

低碳城市建设需改变城市居民的消费观念与方式。低碳的、生态的衣、食、住、行将逐步成为一种时尚的生活方式，如“衣”，可选用纯天然的纤维做衣服，“食”要注意养生，不要浪费，更不能暴饮暴食；“住”要注意环保宜居，不要住“豪宅”；“行”要使用小排量的汽车或多乘公交车与地铁，骑自行车更应大力推广。长此以往，就会形成良好的、健康养生的生活习惯。应该最小化交通部门的排放，通过采取新技术和提供高质量的公共交通和非机动车交通。

第三，产业空间布局管理的差异化。纽约市的分区制（Zoning）改革一大创新之处就是为不同产业性质的区域设立了不同的绩效标准。建议上海不同产业集聚区研究设立体现产业特征的管理标准、评价体系和退出机制，不同工业区块之间要设立体现区域产业结构特征的管理标准、评价体系和退出机制。上海也应根据不同的区域产业功能定位，制定不同的产业性质区域的产业进入退出标准，不同的环保要求以及投资强度和发展业态要求，通过空间布局的差异化，提高区域能源效率，减少碳足迹。

第四，产业结构调整微观化。简单地将高排放企业搬出城市边界来减少该城市的碳足迹，这对更大的空间范围的碳排放来说是几乎没有差别的。总的来说，对所有城市的指导原则是相对于现有的碳排放强度基准要发展降低其碳足迹的策略。鉴于上海市的一些高耗能行业的重点企业在国内具备较高的技术水平和较强竞争力。建议以制造工艺和制造技术为对象，在市场创新需求推动下，通过产业链的重组，逐步淘汰高能耗高污染环节，通过产业链的关联，发展清洁工艺和清洁技术，避免产业空心化及对国家战略的影响。

第五，政策工具使用多样化。现有的政策工具使用基本上着眼于行政手段，建议未来更多使用为管制对象提供市场交易机制、提供服务的政策工具，发挥政策工具的协同效应。

目前地方支柱产业的核心企业基本都是高碳企业，这些企业需要进行大幅度的调整。政府要为企业完整的信息和稳定的减排环境。政府通过设定明确的碳排放上限，可以科学界定哪些行业、哪些领域当中还有减排的潜力。如果让市场来推动低碳产品、低碳消费，企业必然会主动追求低碳项目。低碳经济是基于自然规律的经济模式，因此通过对企业的减排进行实时的监测，摸清其减排程度，并对其应尽的减排义务进行客观评估，可使企业获得明确的信息。另外碳排放交易市场手段，促使企业寻求更好的节省能源的技术和方法。此外，稳定的政策和市场环境从长远来说非常重要，企业需要长期的稳定感，从而根据政府制定的目标相应地调整自己的发展计划和重点领域。

表 4

节能情景下低碳城市建设路径

	2015—2020	2021—2030	2031—2040	2041—2050
规划	规划修编			
空间 响应	城市更新 工业用地二次开发			
能源低 碳化	提升能效； 煤炭总量控制	能源结构清洁化； 能源来源多元化	可再生能源利用规模 扩大； CCS 技术研究利用	天然气占一次能源比 重超过 26%；可再生 能源占 3%； 智能能源管理
生产	节能减排； 结构调整	能源结构优化； 提高能源利用效率技 术创新	新型制造技术推广	制造模式转换；企业 内部
消费	倡导责任消费	规范低碳产品市场	形成低碳生活方式	以租赁、共享的消费 模式逐渐取代占有所 有权的消费
交通	提升公共交通便捷性 和人性化	公共交通规模扩大、 功能完善	公交车、出租车、公 务车、公共服务用车 新能源替代	新能源汽车大规模 利用
建筑	节能建筑标准提高	存量建筑大规模节能 改造	新型住宅能源供应	零碳建筑
生态 空间	扩大公共绿地	推进四地（林地、绿 地、湿地、耕地）融 合发展	优化生态空间的组成 要素	提升碳汇能力
减排 机制	节能目标责任制	温室气体与大气污染 物协同减排机制	碳减排市场机制完善	消费模式与生产模式 变革

表 5

低碳情景下低碳城市建设路径

	2015—2020	2021—2030	2031—2040	2041—2050
规划	规划修编			
空间 响应	城市更新 工业用地二次开发			
能源低 碳化	提升能效； 煤炭总量控制	能源结构清洁化； 能源来源多元化； CCS 技术研究利用	可再生能源利用规模 扩大； CCS 技术推广	天然气占一次能源比 重超过 30%；可再生 能源比重接近 4%； 智能能源管理
生产	节能减排； 工业结构调整； 提高能源利用效率技 术创新； 能源结构优化	新型制造技术推广	推广再制造； 发展企业内部循环为 特征的循环经济	企业内部循环为特征 的循环经济普及
消费	倡导责任消费；规范 低碳产品市场	形成低碳生活方式	构建为使用权付费的 消费模式	消费模式转型推动生 产模式转变
交通	提升公共交通便捷性 和人性化	推动就业与居住平衡	新能源汽车大规模 利用	交通领域能源革命
建筑	节能建筑标准提高； 存量建筑大规模节能 改造	新型住宅能源供应	低碳建筑技术推广	零碳建筑推广
生态 空间	扩大公共绿地	推进四地（林地、绿 地、湿地、耕地）融 合发展	优化生态空间的组成 要素	提升碳汇能力
减排 机制	节能目标责任制；温 室气体与大气污染物 协同减排机制	碳减排市场机制完善	消费模式与生产模式 变革	

表 6 强化低碳情景下低碳城市建设路径

	2015—2020	2021—2030	2031—2040	2041—2050
规划	规划修编			
空间 响应	城市更新 工业用地二次开发			
能源低 碳化	提升能效； 煤炭总量控制	能源结构清洁化； 能源来源多元化； 可再生能源技术、储 能技术研究创新推广； CCS 技术推广	大规模利用可再生 能源； CCS 技术普及，占比 达到 90%	天然气占一次能源比 重接近 33%；可再生 能源比重超过 6%
生产	节能减排； 工业结构调整； 提高能源利用效率技 术创新； 能源结构优化	新型制造技术推广； 3D 打印、工业机器 人、自动化认知、新 材料等技术推广	新型制造技术普及； 推广再制造； 发展企业内部循环为 特征的循环经济	企业内部循环为特征 的循环经济普及

续表

	2015—2020	2021—2030	2031—2040	2041—2050
消费	倡导责任消费；规范 低碳产品市场	形成低碳生活方式； 移动互联网、物联网 技术不断创新深刻改 变人类生活	为使用权付费的消费 模式推广	消费模式转型推动生 产模式转变
交通	提升公共交通便捷性 和人性化	城市空间系统优化； 新能源汽车大规模 利用	远程办公普及； 自动/半自动驾驶汽车 推广	城市空间与交通格局 重塑
建筑	低碳建筑技术推广	存量建筑大规模节能 改造；新型住宅能源 供应	零碳建筑推广	零碳建筑普及
生态 空间	扩大公共绿地	推进四地（林地、绿 地、湿地、耕地）融 合发展	优化生态空间的组成 要素	提升碳汇能力
减排 机制	节能目标责任制；温 室气体与大气污染物 协同减排机制	碳减排市场机制完善	消费模式与生产模式 变革	