
大城市应对气候变化的可持续发展研究

——以上海为例

史军， 穆海振

（上海市气候中心， 上海 200030）

【摘要】在全球气候变化背景下，社会城镇规划与自然气候变化之间的关系越发密切，城镇规划体系需要纳入气候变化的影响并考虑适应气候变化的策略。首先以发达国家及世界著名大城市为参考，对美国、德国和日本在应对气候变化的城镇可持续发展规划方面的成功经验和实践措施分别进行了综述和提炼；然后，以上海为例，对照分析了我国大城市在城镇化过程中面临的气候变化挑战及存在的脆弱性，包括城镇发展规划与气候环境的相容性考虑不够、城镇化过程对气候环境的影响缺乏充分论证、城镇基础设施抵御气象灾害的能力较低、气候变化对城镇人体健康的影响未给予高度关注等；最后，指出了我国大城市应对气候变化的城镇可持续发展思路及重点方向，即充分考虑区域气候容量、大力构建生态绿色通风廊道；深入开展城镇功能布局的气候可行性论证和气象灾害风险评估；加强城市气候变化研究和实验，不断更新城市规划设计参数和标准规范；加大对脆弱人群和外来常住人口生命安全和人体健康监测预警；积极完善城镇化适应气候变化的机制等，以期城镇发展体系的编制和应用提供参考和借鉴。

【关键词】应对气候变化；大城市；可持续发展；规划；上海；综述

【中图分类号】 P468

【文献标识码】 A

【文章编号】 1004-5227 (2016) 01-0001-05

DOI: 10.11870/cjlyzyyhj201601001

据世界银行（WBG）报告^[1]，城市人口占世界总人口的50%，城市温室气体排放却占全球总排放量的80%。城市已成为全球CO₂最大的排放源，减少城市温室气体排放成为国际社会应对气候变化的主战场和关键。另一方面，城市是高密度人口、建筑、财富和基础设施的集中地区，也是受气候变化影响的高风险区^[2, 3]，极端天气和气候事件对城市造成的灾害巨大，

收稿日期: 2015-05-06；**修回日期:** 2015-08-02

基金项目: 中国清洁发展机制基金项目（2012043）[China Clean Development Mechanism (CDM) Fund Project (2012043)]；国家自然科学基金项目（41571044）[National Natural Science Foundation of China (41571044)]；中国气象局气候变化专项项目（CCSF201503）[Climate Change Special Foundation of China Meteorological Administration (CCSF201503)]

作者简介: 史军（1975-），男，高级工程师，博士，主要从事气候监测和气候变化研究。E-mail: shij@climate.sh.cn

影响深远，带来的财产损失也愈发严重^[4]。因而人们更多地开始思考城市规划如何应对气候变化，城市功能结构和布局空间怎样才能具有更强的抗灾能力。

城镇化与气候变化之间的关系十分密切。一方面，城镇化的过程选择会对气候变化产生影响，城镇人口的增加将导致碳排放量的增加，城镇人类活动通过对局地气候和环境产生影响而形成诸如“热岛效应”、“雨岛效应”，等城市局地气候变化特征^[5, 6]。另一方面，气候变化对城市规划与建设也有诸多影响，尤其在沿江沿海低海拔地区、内陆高污染地区以及城市居民生活环境舒适性等方面关系甚为紧密^[4, 6]。在全球气候变化背景下，极端天气气候事件和灾害发生频数和强度都在变化，城镇化建设将面临更大的脆弱性和风险性^[4]。因此，推进城镇可持续发展，就要在城市治理和规划设计中协同考虑减排温室气体和应对气候变化带来的风险和灾害，打造低碳韧性城市^[7]。

发达国家大城市已经发展到相对成熟的阶段，城市大规模改建扩建的可能性较小，成本也较高^[8]。发展中国家城市则面临着重要挑战，因为这些国家的城镇化速度更快。我国城镇化已从城乡分割的二元型社会进入到城乡一体、以城市为主体的阶段，城镇已经成为支撑我国经济快速发展的核心力量^[3]。但我国城镇化的可持续发展受到多重阻碍：一是很多城市缺乏土地综合、集成利用，规划不够科学合理；二是城镇规划对当地气候、气候变化和气象灾害考虑不够；三是政府对可持续发展的认识不足，难以做出有力度、有创新的决策。一项全球性城市调查显示^[9]，世界范围内越来越多的城市开始在基础城市规划中考虑应对气候变化问题。因此，转变传统的城镇管理模式和治理理念，引入气候变化适应性规划和新式的自适应城市治理策略^[2]，提高城镇规划的科学性、创新性和可持续性，是我国未来城镇发展的必然趋势。

本文首先选取几个典型的发达国家和城市，从区域的视角审视它们通过空间规划减缓气候变化、建设低碳城市的经验，然后以上海为例，深入分析我国大城市在城镇化过程中面临的气候变化相关问题及挑战，最后从多个方面给出了我国大城市应对气候变化的城镇可持续发展思路，以为大城市的城镇发展体系建设和气候变化应对提供借鉴。

1 国外城镇化进程中应对气候变化的可持续发展规划经验概述

1.1 以社会可持续发展和碳减排为目标，集成模拟预估等多种技术手段，开展城市适应和减缓气候变化的综合规划

近年来，随着气候变化的加剧，美国很多城市在总体规划中把应对气候变化作为重要任务，城市管理者将预期气候变化的目标纳入到已有的城市规划目标框架中^[10]，根据气候监测和预估结果以及其他社会因素制定符合自身情况的预期减排目标，用以指导城市实践^[11]，尤其是在应对海平面上升、改善土地利用和交通模式、减少温室气体排放的城镇布局等方面开展了较多研究^[12]。对交通、居住和商业等行业或领域，努力通过城市规划途径减少温室气体排放，实现社会的可持续发展，具体包括提高土地使用强度，限制城市朝郊区化蔓延，鼓励更加紧凑的发展和公交优先，减少交通出行等^[13]。

与其他沿海地区和一些小岛屿国家一样，在气候变化带来的海平面上升、风暴、洪水等增加面前，美国所有海岸也很脆弱^[14]。因此，近年来美国将研究重心从单一应对海平面上升转向综合考虑海平面上升、飓风、洪水等因素影响的规划和应对措施制定，通过在德拉维尔河（Delaware River）上修建防洪闸、在受洪水影响大的地区局部填高土地、修建防洪墙、防洪堤、设置湿地、洪水公园等来缓冲洪水，并完善城市的排洪系统^[13]。针对海平面上升及风暴对沿海交通系统的影响，在规划设计和建设方面将交通系统同城市的应急及疏散规划结合为一个整体。

美国各地政府积极参与创建绿色空间，制定绿色建筑标准。绿色建筑是指在建筑的全生命周期内，最大限度地节约资源（节能、节地、节水、节材）、保护环境和减少污染，为人们提供健康、适用和高效的使用空间，与自然和谐共生的建筑^[15]。美国地方政府基本上都为公共设施制定了绿色建筑标准，而且越来越多的商业和住宅楼宇都遵循绿色建筑建设指引，城市规划部门也将绿色建筑技术标准融入区划条例中指导城市开发^[11]。例如《费城绿色计划》用创新的方法开发空间，制定出环境、经济和生活质量 3 个相互依存的网络系统，为城市可持续带来最大化效益^[16]。

纽约是美国第一大城市和人口最多的城市。2001 年，纽约提出了“规划纽约 2030”计划。2006 年又成立了长期可持续发展市长办公室，负责“规划纽约 2030”的更新和发展。规划首要点是防止城市蔓延，包括建造可持续的租赁住宅、在居民地附近修建公园、创造更健康美丽的公共空间、扩充发展公共交通、污染土地和滨水地区再开发等^[8]，并采取节能和高效道路照明、街道植树、翻新城市建筑、填埋气回收利用、新能源汽车以及固体废物回收利用等行动^[17]。2013 年 6 月，纽约前市长布隆伯格宣布了一项耗资 200 亿美元的计划，旨在提高纽约市应对海平面上升和炎热夏季的能力，涉及建设防洪墙、升级电力和电信基础设施等措施^[18]。

1. 2 尊重自然和气候变化规律，强调气候适应性区域规划和保护气候的城市规划

德国早在 20 世纪 70 年代就开始探索城市气候应用问题，并开发了都市环境气候图这一城市气候信息应用平台^[19]，其主要目的有：（1）改善城市热环境，降低城市热岛效应，满足居民舒适度要求；（2）改善城市风环境，提高城市新风流量；（3）降低空气污染，改善空气质量。近年来，德国各大城市和区域都在积极开展气候条件评估，并将其作为城市结构调整与居住区选址的重要依据^[20]。例如，在“柏林环境图集（Umweltatlas Berlin 2005）”和“斯图加特区域气候图集（Klimaatlas Region Stuttgart 2008）”中，气候条件评估均被作为最重要的城市气候研究成果而提交给规划部门^[21]。

德国适应气候和保护气候的城市规划涉及面很广。为应对气候变化，德国从构建气候变化的区域模型入手，提出了一系列气候变化适应性发展策略，开展了气候适应性区域规划和城市规划实践，如节约用地的居住区结构规划，保护气候的城市功能布局和建设用地选址，鼓励公共交通、步行和自行车交通等^[22]。为了缓解城市热岛效应，满足人们休闲运动的需要，居住区建设用地不占用城市通风道及对区域通风至关重要的开放空间^[20]，城市绿带、公园、滨水走廊等都作为城市通风走廊的空间

被事先规划保留^[22]。为长效解决洪水问题，德国大幅度增加河流洪水滞留带面积，同时，在河流流域范围内规划雨水收集点以增加地下水资源^[19]。

随着气候变暖，建筑从原来主要考虑冬季日照和保暖到现在需要考虑夏季遮阳和自然通风，通过建筑上及公共空间中采用遮阳设施，创造居住小气候^[22]。绿化对当地微气候有着积极的影响，一方面植被可以在夜间吸收 CO₂ 产生新鲜冷空气，另一方面高覆盖植被还可以降低热负荷。所以绿化空间应尽可能地保护，防止过度开发成建筑用地^[19]。通过发展高密度的居住区，提高能源供给效率和市政设施服务强度，并减少交通量，从而有效地降低 CO₂ 排放。降低房屋供暖能耗也有利于缓解空气污染，因此供暖能耗与地形的关系也在规划中给予充分考虑^[22]。

法兰克福是德国第五大城市，也是德国乃至欧洲重要工商业、金融和交通中心。法兰克福的智慧城市建设和绿色发展，并成功提名为“2014 年欧洲绿色之都”的候选城市。法兰克福全市绿化覆盖率高达 52%，由花园、公园、树林、水泽和沙丘等多样化地貌组成，人均占有公园绿地达到 40 m²。面对不断增加的城市人口，法兰克福没有从城市外围绿地入手，而是从城市内部寻找空间，更好地利用和改造已建成区；同时，在城市规划中考虑了气候变化的影响，通过在高密度区保留绿带提高居住质量，保证新鲜空气供给。80% 的法兰克福市民与绿地的距离不超过 300m，最小绿地的面积不小于 1hm²。在过去的 10a 里，法兰克福的休闲空间增长了 17%^[22]。

1. 3 以能源和建筑部门节能减排为抓手，鼓励广大市民积极参与，开展低碳社会规划

日本是世界上节能最先进的国家，同时也是新能源开发最领先的国家，不仅太阳能发电水平世界第一，在风能、海洋能、地热、垃圾发电、燃料电池等新能源领域也都处于世界顶尖水平。2004 年，日本发起“面向 2050 年的日本低碳社会情景”，研究计划，提出在 1990 年的基础上到 2050 年碳减排 80% 的低碳社会目标^[23]。2008 年，日本发布《面向低碳社会的十二大行动》，依靠技术创新和观念更新，全面推进低碳社会建设^[24]，对住宅、工业、交通、能源转换等提出了预期减排目标。2009 年又公布了《绿色经济与社会变革》政策草案，目的是通过减排强化低碳经济。已有研究表明^[25]，通过低碳社会行动，到 2050 年日本碳减排 80% 的目标是可行的，经济代价最小的减排路线图依次为到 2020 年减排 16%–20%，到 2030 年减排 31%–35%，到 2040 年减排 53%–56%。

日本在低碳社会建设规划中，将整个经济社会领域分为能源部门、产业部门、家庭、商业部门、客运交通部门和货运交通部门，并针对每个部门都建立了相应的减排指标体系，涵盖低碳能源体系的建立、低碳产业体系的建立、发展低碳建筑、构建低碳交通体系、民众低碳意识的建立几个方面^[24]，其国民的低碳环保意识的形成与日本减碳节能成效显著有重要的关系，

如市民在日常生活中坚持零垃圾及垃圾资源化，外出时将产生的垃圾带回家进行分类处理；烹饪上主张尽可能生食，或轻微过火；外出吃饭时自带筷子和水杯；浴盆沐浴逐渐向淋浴的冲澡方式过渡等等^[26]。

东京是日本首都及最大城市，也是世界 5 大金融中心之一。在建筑方面，东京都政府要求面积在 $1 \times 10^4 \text{ m}^2$ 的新建建筑进行低碳设计，增加绿化面积，引导市政机构使用绝热性好、节能效率高的电器设备，并将建筑物内的空调、照明、电源、监控、安全设施等子系统联网，对电能控制和消耗进行动态、有效配置和管理。根据《2008 年东京环境总体规划》，东京都政府计划将新建筑的节能标准从 14 % 提高到 2016 年的 65 %，以最大限度地降低房屋的耗能水平^[27]。在能源方面，东京都向全市推广太阳能发电、全面探索海洋温差发电、波浪发电、潮汐发电以及潮流发电等，这为低碳东京的建设提供了重要基础和保证^[28]。

2 我国城镇化发展中面临的气候变化相关问题及挑战——以上海为例

2. 1 城镇发展规划与气候环境的相容性考虑不够

经过 30 多年的快速发展，上海在 GDP 以及社会经济的各方面都取得了显著成就，但随着人口急剧增长，人口与资源环境的矛盾凸显，交通拥挤、空气污染、公共服务不足等“大城市病”旧益突出，城市承载力已经接近极限。上海常住人口从 1978 年的 11.04×10^6 人增加到 2012 年底 23.80×10^6 人（包括 8.98×10^6 流动人口），期间人口密度从 1 785 人/ km^2 ，增加到 3 754 人/ km^2 ^[29]。除人口规模增加外，人口分布结构的缺陷也很明显，仅占全市 1 / 10 土地面积的中心城区承载了全市将近一半的人口。中心城区人口密度为 16828 人/ km^2 ，是东京的 2.4 倍、伦敦的 3.5 倍、巴黎的 4.8 倍^[30]。

随着人口不断膨胀，土地资源紧张、污染防治难度大等一系列问题也日益凸显。全市城镇生活污水占污水排放总量的 7 成多，减排难度不断加大；农业用地总量截至 2012 年末已不到 4×10^2 亩。上述问题的出现与以往城镇发展规划中，对气候环境容量的考虑不够有关。气候容量是一个地区特定气候资源所能够承载的自然生态系统和人类社会经济活动的数量、强度和规模，包括温度、光照、降水、极端气候事件等因子以及水资源、土地资源、生态资源、气候灾害风险等要素^[31]，其不仅可以作为气候变化经济学的概念分析工具，而且可以结合气候变化影响和风险评估，支持地区适应与发展规划的制定。

2. 2 城镇化过程对气候环境的影响缺乏充分论证

城市化进程不仅会改变城市原有的下垫面特征，而且由于消耗大量能源使大气增加了数量可观的人为热和污染物，也会显著改变城区及其周边地区的天气和气候条件，并对全球气候变化与大气环流、区域大气污染物的增长、输送、扩散及沉降等产生深远的影响^[6]。1961 - 2013 年间，上海城市热岛强度呈增强趋势，从 1960 - 1970 年的 0.41°C 增加到 2001 - 2010 年的 1.30°C ，平均每 10a 热岛强度指数增加 0.3°C ^[32]。

上海霾日数在 1961 - 2013 年间也以平均每 10a 18.3d 的线性趋势显著增加^[33]。近年来霾天气呈现出频数增多、持续时间长、影响范围广的特点，其中气象条件的变化，包括静稳天气增多、混合层薄、降水日数减少等是主要原因之一^[33]，而这些气象条件的变化与快速城市化密不可分。据统计，上海 30 层以上房屋从 1990 年的 92x10⁴ m² 增加到 2012 年的 1 207 幢、3 563x10⁴ m²^[29]。高层建筑增多会加大地面粗糙度，影响水平方向风速和污染物扩散。然而目前绝大多数城市在建设项目立项前，缺乏气候可行性论证这一环节，未对规划项目与当地气候环境的相互影响进行深入论证。

2. 3 气象灾害对城镇基础设施的防御能力提出新的考验

随着全球气候变化及城市化进程的加剧，气象灾害对城市安全、社会经济可持续发展的影响和威胁日趋严重。统计表明，近年来上海高温热浪和短时强降水发生频次都呈显著增加趋势。1961 - 2013 年间，上海中心城区高温热浪平均每 10a 增加 0.8 次，强降水事件（1h 降水量 ≥ 35.5 mm）在 1981 - 2013 年间平均每 10a 增加 1.1 次^[32]。1949 - 2006 年间，我国热带气旋登陆区域更加向 23° - 35° N 集中，而在 35° N 以北和 23° N 以南都减少，且登陆强度在华南和东部地区都有增强趋势^[34]。1978 - 2007 年间，华东沿海各省（市）海平面上升幅度由高至低依次为：上海 115mm、浙江 98mm、山东 96 mm、江苏 78 mm、福建 47 mm^[3]。长江三角洲地区近几十年来海平面上升速度（4.7 mm / a）最为显著，远远高于华东其他沿海地区。

短时强降水增加和海平面上升使得上海濒江临海地区城镇防汛排水面临新的挑战，尤其是当天文大潮、台风雨和风暴潮“三碰头”时，防汛形势十分严峻。如 2013 年台风“菲特”造成全市 12.1 万人受灾，2 人死亡，直接经济损失 3.7 亿元^[35]。另一方面，上海城镇经济的高度集聚也使得城市安全和城市生命线系统（供电、供水、供气、供暖、通讯和交通等）对气象灾害的暴露度和风险等级增加。长江上游来水减少和海平面上升也加剧了上海海岸带侵蚀和盐水入侵，影响到沿江沿海工程的安全性设计、投资成本和运营效益。以长江口为例，在海平面上升 30、50 和 100cm 的条件下，盐水楔将分别向上游推进 3.3、5.5 和 12km^[3]。对上海暴雨强度的研究也表明，上海城市排水系统设计雨量已由 36 mm / h 提高到 40 mm / h^[36]。

2. 4 气候变化对城镇人体健康的影响需引起高度关注

以气候变暖为主要特征的气候变化对人口密集区上海的人体健康有重要影响。高温热浪强度和持续时间的增加，除直接造成人口死亡率增加外，还导致心脑血管、呼吸系统疾病发病率的提高。城市热岛效应、高密度人口和高空气污染状况进一步加剧了高温热浪对人体健康的危害^[4]。例如，2013 年 7 月，上海地区持续高温使各大医院门诊量节节攀升，中心城区 120 救护车维持在每天出车 1 000 次左右^[37]。此外，气候变化也会引起疾病分布范围的扩大和流行强度的增加，加剧传染病的传

播和出现重大公共卫生和安全问题。研究表明^[3]，华东沿海地区包括福建北部、浙江、上海、江苏和山东南部已经成为中国登革热的高风险区之一。

另一方面，伴随着大规模的城市化进程，上海也成为迄今为止我国老龄化程度最高的城市，老年人口比例高于全国 8 % - 10 %。截至 2013 年底，上海户籍 60 岁以上老年人口 387.62 万，占总人口的 27.1 %；80 岁及以上高龄老年人口 71.55 万，占 60 岁及以上老人的 18.5 %，占总人口的 5.0 %^[38]。同样的气候条件变化，老年人比青壮年要远远脆弱。同时，在上海城郊结合部居住者大量外来常住人口，截至 2012 年末，上海外来常住人口达 960.24 万人^[29]。由于收入水平、工作环境、防灾意识等方面的原因，该部分人群对气候变化高度敏感。在新一轮城镇化规划中，需要对这些脆弱人群和外来常住人口加以关注，提高其生命安全和人体健康水平。

3 我国大城市应对气候变化的城镇可持续发展思路

全球气候变化正成为当前世界最紧迫的环境问题，城市规划对减弱气候变化的影响和保护气候具有决定意义。应对气候变化是大城市未来发展的核心问题之一，从更长、更广的时空范围思考低碳城镇建设、开展多维的、根本上的城市结构转型是大城市可持续发展的共同趋势^[30]。具体对我国大城市城镇体系发展规划而言，需要对以下内容给予重点关注。

3.1 城镇发展规划要充分考虑气候环境的制约性，科学参考区域气候容量阈值，大力建设生态绿色通风廊道

城镇规划首先要对区域气候容量及其阈值开展科学合理的评估，结合气候变化风险评估，测算出不同气候变化情景下的最优人口容量和社会经济发展规模，并将城市气候韧性的概念模型发展成为规划设计人员可以操作的技术框架^[40]，为社会经济发展和适应气候规划提供决策支持。在新的城镇规划中，要留出生态绿色通风廊道，而且应在风道上广泛布绿，实现其在吸收 CO₂ 的同时减少空气中的尘埃，通过更新空气来缓解城市热岛效应，并拦截和减少雨水径流，从而补充地下水和降低排水管网压力，充分发挥其生态系统服务功能^[41]。通风廊道设计要尽可能长和宽，同时要控制主要风道两侧建筑物的密度和高度。城市建筑布局要适应城市的冬夏季盛行风向和海陆风环流特点，建筑高度从内陆向沿江、沿海逐渐减低。

3.2 基于多种方法和工具，深入分析城镇化对局地气候环境的影响，开展城镇规划气候可行性论证

基于模式、GIS 等方法 and 工具，开发用户友好的城市设计平台^[5]，从城市规划布局、城市人居环境、资源能源利用和居民保健等多角度开展城镇化对局地气候环境的影响以及未来气候变化背景下气象灾害对规划的影响和破坏。对大范围的气候变化和气候调节适应，包括城镇排涝防汛、采暖、通风和空调设计、污染气象条件等进行研究和多方面的、深入的论证，开展城镇功能布局对环境影响的定量评估、未来气象灾害的风险评估等。另一方面，针对近年来我国大城市快速建设的一些高长、密集的建筑（群）和大型文娱活动场所，从工程的安全性设计、投资成本和运营效益方面深入论证这些重大项目对当地气候环境的影响（如狭管风效应）及其对气候变化背景下气象灾害的敏感性。

3.3 加强科学研究，提高未来气候要素及高影响天气变化的预估准确率，更新城镇基础设施应对气象灾害的标准及规划

在全球气候变化背景下，近 30a 来我国沿海地区一些极端天气气候事件，如暴雨洪涝和高温热浪等发生机率增大，加之沿海城市极易遭受台风、大风、浓雾等气象灾害的侵袭，因此，需要加强未来气候变化背景下城市气象灾害频数和强度预估，更新老旧的、不合时宜的城市规划设计参数、气候参数和标准规范，并增加城市避灾场所建设。城市规划应该更加关注人与城市、人与人、人与自然的关系，强调可持续发展、生态保护理念。在规划设计和建设方面要充分考虑到气候变化带来的影响，运用多样化技术手段，开展城市气候变化实验^[42]，并将城市交通系统同城市的应急及疏散规划结合成为一个整体。

3. 4 建立健全疾病监控网络和预警体系，提高脆弱人群和外来常住人口对气候变化的适应能力

气候变化对人体健康的影响受到多种条件的影响，如发展水平、贫困和受教育的程度、公共卫生基础设施、土地利用等。城镇化规划需要建立健全疾病监控网络和预警体系，关注重点职业人群、卫生基础设施薄弱地区、脆弱人群（65 岁以上老人及 14 岁以下儿童）和外来常住人口，提高其应对气候变化带来的各种突发事件的能力，特别要注重城市化带来的热岛效应、雨岛效应、混浊岛效应等对生命安全和人体健康的影响^[43]。通过合理城镇规划和布局减缓城市气候效应，改善居住环境，并将灾害风险减缓、贫困人口消除和城市韧性建设结合起来，减少气候变化的负面影响^[44]。开发气候变化与人体健康早期预警系统，编制应急预案，发挥保险业在应对气候变化与人体健康中的作用，加强公众自我保护意识的宣传与健康教育活动，切实提高公众对气候变化的适应能力。

3. 5 从地方立法、组织协调、资金来源、培训宣传等多方面入手，完善大城市城镇化过程中适应气候变化的机制

适应气候变化涉及农、林、水、公共健康、建筑、交通等方方面面，既要顶层设计，统筹安排，也应该分部门、分领域、分区域地进行合理规划。大城市首先需要通过立法确立适应气候变化的目标和行动，为适应气候变化工作长效化、机制化奠定基础。由于气候变化适应工作的区域特殊性和部门联动性，可以采取“顶层协调+区县部门自主”的做法，给予地方充分的自由度，确保地方行动符合自身适应特点和发展需求。在未来相当长的一个时期，公共部门仍将是适应气候变化资金的主要来源，利用保险等金融方式进行适应气候变化融资是发展方向，但需要很长时间的 effort。此外，还需要通过报纸、电视、网站、现场咨询、培训以及印发宣传手册等多种形式，宣传气候变化对城镇化、市民生产生活的影响，完善城镇化适应气候变化的机制。

参考文献:

- [1]中国城市科学研究会. 中国低碳生态城市发展战略[M].北京: 中国城市出版社, 2009 : 1-792.
- [2]BIRKMANN J , GARSCHAGEN M , KRAAS F , et al . Adaptive urban governance: new challenges for the second generation of urban adaptation strategies to climate change [J] . Sustainability Science, 2010 , 5 (2) : 185-06 .
- [3]王伟光, 郑国光. 气候变化绿皮书: 应对气候变化报告(2013) [M].北京: 社会科学文献出版社出版, 2013 : 1-371.
- [4] SHI J , CUI L L . Characteristics of high impact weather and meteorological disaster in Shanghai, China [J] . Natural Hazards, 2012 , 60 : 951-69 .
- [5] WONG N H , JUSUF S K , TAN C L . Integrated urban microclimate assessment method as a sustainable urban development and urban design tool [J] . Landscape and Urban Planning , 2011 , 100 (4) : 386-389 .

-
- [6] 史军, 梁萍, 万齐林, 等. 城市气候效应研究进展[J]. 热带气象学报, 2011 , 27 (6) : 942-51 .
- [7] LEICHENKO R . climate change and urban resilience [J]. Current Opinion in Environmental Sustainability , 2011 , 3 (3) : 164-168 .
- [8] 白栋. 特大城市低碳空间策略的经验借鉴——以伦敦、东京、纽约为例[J]. 南方建筑, 2013 , (4) : 13-17 .
- [9] 陈丹. 应对气候变化渐成城市规划主流理念[EB/OL]. 人民网-环保频道. [2014-05-05]. <http://env.people.com.cn/n/2014/0808/c1010-25428397.html> .
- [10] WHEELER S M . State and municipal climate change plans : the first generation [J]. Journal of the American Planning Association , 2008 , 74 (4) : 481-496 .
- [11] 宋彦, 刘志丹, 彭科. 城市规划如何应对气候变化——以美国地方政府的应对策略为例[J]. 国际城市规划, 20H , 26 (5) : 3-10 .
- [12] HAMIN E M , GURRAN N . urban form and climate change : balancing adaptation and mitigation in the U . S . and Australia [J]. Habitat International , 2009 , 33 (3) : 238-45 .
- [13] 黄鹤. 美国关于应对气候变化的城市规划研究进展[J]. 动感 (生态城市与绿色建筑) , 2010 (2) : 36-2 .
- [14] 王忠会. 报告称美国海岸面对气候变化很“脆弱”[EB/OL]. 新华网. [2013- 01-29] . <http://www.chinanews.com/gj/2013/01-29/4529608.shtml> .
- [15] 中华人民共和国建设部, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 绿色建筑评价标准 (G B/T 50378-2006) [J]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006 : 1-93 .
- [16] 苏博, 杨素贞. 2011 ASLA 费城绿色计划[EB/OL]. [2011-12-29] . 景观中国. <http://landscape.cn/works/Photo/ASLA/20ASLAzhuanyeshejijiang/fenxiyuguihualeirongyujiang/23530.html>.
- [17] 任泽平. 美国低碳城市建设的基本经验[EB/OL]. [2014-02-09]. <http://finance.eastmoney.com/news/1371,20140209358533958.html>.
- [18] 窦莉新. 纽约气候变化应对措施见效碳排放下降 19 % [EB/OL]. 人民网-环保频道 [2014-01 -12] . <http://www.bjweather.com/climate/2014/01/qhbhyw/2035080.shtml> .
- [19] 任超, 吴恩融, 卢茨·卡施纳. 城市环境气候信息在德国城市规划中的应用及其启示[J]. 国际城市规划, 2013 , 28 (4) : 91-99 .
- [20] 刘姝宇, 徐雷. 德国居住区规划针对城市气候问题的应对策略[J]. 建筑学报, 2010 (8) : 20-23 .
- [21] REN C , NG E Y , KATZSCHNER L . Urban climatic map studies : a review[J]. International Journal of Climatology , 2011 , 31 (15) : 2213-2233 .

-
- [22] 魏薇, 秦洛峰. 德国适应气候变化与保护气候的城市规划发展实践[J]. 规划师, 2012 , 28 (11) : 123-127.
- [23] 王新, 李晓萌. 国外低碳社会建设经验及其启示[J]. 商业时代, 2010 (34) : 97-99.
- [24] 王军锋, 闫勇, 杨春玉. 日本低碳社会建设规划分析及对我国的启示[J]. 中国城市经济, 2010 (7) : 271-172.
- [25] ASHINA S , FUJINO J , MASUI T , et al. A roadmap towards a lowcarbon society in Japan using backcasting methodology: feasible pathways for achieving an 80 % reduction in CO2 emissions by 2050 [J]. Energy Policy , 2012 , 41 : 584-598.
- [26] 王京钰, 吴敏. 浅析日常生活与日本人的低碳环保意识[J]. 辽宁工业大学学报(社会科学版), 2012 , 14 (5) : 60 - 63.
- [27] 任泽平. 日本低碳城市建设的基本经验[EB/OL]. 中国经济新闻网--中国经济时报社. [2014 -02-24]. http://jjsb.cet.com.cn/show_175047.html.
- [28] 初晓波. 日本的低碳城市建设——以东京都为中心的研究[J]. 科学中国人, 2011 (12) : 52-59.
- [29] 上海市统计局编. 上海统计年鉴——2013 [R]. 北京: 中国统计出版社, 2013 .
- [30] 熊晓辉. 上海 2400 万人口压顶: 新城功能不完善外迁受阻[EB/OL]. 中国经营报, [2013-03-23]. <http://sh.sina.com.cn/news/g/2013-03-23/090139438.html>.
- [31] 潘家华, 郑艳, 王建武, 等. 气候容量: 适应气候变化的测度指标[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24 (2) : 1-8 .
- [32] 上海市气候中心. 上海市气候变化监测公报(2013) [Z]. 上海, 2014 : 1-35 .
- [33] 史军, 崔林丽. 长江三角洲城市群霾的演变特征及影响因素研究[J]. 中国环境科学, 2013, 33 (12) : 2113-2122.
- [34] 杨玉华, 应明, 陈葆德. 近 58 年来登陆中国热带气旋气候变化特征[J]. 气象学报, 2009 , 67 (5) : 689-696 .
- [35] 中国气象局. 中国气象灾害年鉴(2014) [M]. 北京: 气象出版社, 2014 : 1-222 .
- [36] 徐卫忠, 史军, 徐家良. 上海短历时设计暴雨强度的时空分布特征[J]. 上海水务, 2013 , 29 (2) : 1-4.
- [37] 陈里予. 救急: 上海 120 招人招到海南岛[EB/OL]. 新闻晨报, [2013- 07-24]. <http://news.sina.com.cn/o/2013-07-24/073927755448.shtml> .
- [38] 市民政局, 市老龄办, 市统计局联合发布. 2013 年上海市老年人口和老龄事业监测统计信息[EB/OL]. [2014-04-11] <http://www.shmzj.gov.cn/gb/shmzj/node4/node10/node1775/ulai37519.html> .

[39] MCCORMICK K , ANDERBERG S , COENEN L , et al. Advancing sustainable urban transformation [J] . Journal of Cleaner Production , 2013 , 50 : 1-11 .

[40] TYLER S , MOENCH M . A framework for urban climate resilience [J] . Climate and Development , 2012 , 4 (4) : 311-326 .

[41] JANSSON A . Reaching for a sustainable , resilient urban future using the lens of ecosystem services [J] . Ecological Economics , 2013 , 86 : 285-291 .

[42] BROTO V C , BULKELEY H . A survey of urban climate change experiments in 100 cities [J] . Global Environmental Change , 2013 , 23 (1) : 92-102 .

[43] 史军, 崔林丽, 贺千山, 等. 华东雾和霾日数的变化特征及成因分析[J] .地理学报, 2010 , 65 (5) : 533-542.

[44] SILVA J D , KERNAGHAN S , LUQUE A . A systems approach to meeting the challenges of urban climate change [J] . International Journal of Urban Sustainable Development , 2012 , 4 (2) : 125-145 .