

都市密集区的气候风险与适应性建设

——以上海为例

摘要：频繁发生的极端气候灾害正在挑战都市密集区的气候风险管理能力。气候脆弱性评价和适应性建设需求是气候风险管理及政策制定的关键。研究着重探讨都市密集区的气候风险特殊性及其脆弱性影响因素。此外，研究基于参与式利益相关者分析法，以上海为例，分析了都市密集区利益相关者对气候风险的认知和适应需求差异。上海最主要的致灾因子为台风、暴雨和热浪，它们对上海社会经济的影响主要集中在交通物流、能源供给、农业发展和城市积涝。在适应需求方面，上海居民对高温适应需求较高，气象专家更关注农业的气候适应，上海市政管理者最关注暴雨洪涝的风险管理。研究结果表明：都市密集区的气候风险主要来自于：沿海地理区位的气候高敏感性、城市人口老龄化和高密度造成的人口的脆弱性、生态系统的承载能力恢复力不断下降造成的生态脆弱性和经济结构的气候脆弱性。总体而言，都市密集区在增量型适应建设具有较大空间，而上海的适应性建设应特别注重社区适应能力和城市生态适应能力的建设。

关键词：气候风险，都市密集区，适应，参与式分析法，上海

基金项目：国家自然科学基金重点项目“长三角城市密集区气候变化适应性及管理对策研究”（编号：70933005）；国家社会科学基金青年项目“我国低碳发展的激励问题研究”（编号：11CJL055）。

近年来，气候极端事件频发，人口和产业相对集聚的都市密集区正在遭遇日趋严重的气候风险挑战。气候变化影响的事实与脆弱性评估已经引起学术界的广泛关注，目前的气候风险研究多集中在脆弱性和适应能力评估^[1-2]，即对风险的量度和评估。但理想的风险管理是尽可能地将最大损失及最可能发生的风险事件优先处理，即风险管理的绩效关键在于优化抉择的过程。本文选择上海为研究对象，试图在评估都市密集区气候风险驱动因素的特殊性基础上，采用参与式分析法研究其气候风险的优先行动领域。

1 问题与背景：都市密集区气候风险凸显

中国的城市化已经进入快速发展的高潮期，城市发展的中心集聚化和区域集群化趋势日益明显，并形成了以特大、超大型城市为核心，若干不同规模的城市（镇）相对集聚发展的都市密集区。都市密集区具有要素集聚能力强、人口密集、城市空间格局紧凑等特点。以长江三角洲、珠江三角洲和京津唐为例，三大都市密集区在 2% 的国土面积上，集聚了超过 12.5% 的常住人口，创造的国内生产总值占全国的 37.7%^[3]。但快速的城市化与频繁的气候灾害相互叠加，不断加剧都市密集区的气候风险。一方面，膨胀的人口和集聚的工业生产，消耗大量能源，使得都市密集区与周边地区的局部气候相比，呈现出“热岛”、“雨岛”、“干岛”效应，增加了区域气候风险因子的危害性；另一方面，在全球气候变化的背景下，海平面上升、热浪、干旱、暴雨、台风等极端天气、气候灾害等越来越频繁，规模庞大的都市密集区域，更容易遭受灾害，其发生机理和表现形式也更加复杂，灾害风险预测和管理的难度较大^[4]。

如在气候变化背景下，海平面上升使海水从地下潜渗和地面浸渍进一步加剧。2011 年春夏之交，受长江中下游 50 年来最严重旱情影响，长江来水量严重不足，约减少 50%。长江水量不足就引来海水倒灌，使上海在 5 月出现了原本在冬季才会出现的罕见严重咸潮。2011 年 4 月 19-29 日，上海经历了“历史同期之最”的咸潮，持续了 9 天 16 个小时^[5]。

高温热浪是气候变化和城市化共同作用的典型性气象灾害。最新数据显示，2009 年 7 月，广州在高温酷暑中有 39 人热死，他们中大多数是弱势老人；2010 年，江淮、江汉、重庆、贵州东部、四川东部等地区持续出现 35℃–37℃ 的高温天气，由于高温应对机制空白，持续酷热挑战医疗、供电等公共服务系统。

暴雨洪涝也正成为都市密集区频发的气象灾害。2011 年长江中下游流域先后多次遭遇强降雨过程，局部洪涝灾害造成城市电力中断、交通瘫痪、污染扩散、食品供应链断裂、工农业生产受损等，极端气候事件“牵动”了脆弱的城市系统功能。

可见，尽管都市密集区的社会经济发展较快，基础设施也较为完善，但其作为巨大的承载体，更容易遭受重大灾害损失。因此，都市密集区的气候风险分析和适应能力建设是必要且亟需的。

2 都市密集区气候风险特征

2.1 气候风险的影响因素

所谓气候风险(Climate Risk)是指气候变化危险(Hazards)可能对自然生态系统和社会经济系统造成的各种具体的负面影响(如作物减产、财产损失、人员伤亡)^[6]。直接的气候风险是指极端气候事件、未来不利气候事件发生的可能性和可能损失；间接的气候风险是指气候变化风险影响与承灾体脆弱性之间相互作用而导致的社会经济与资源环境的可能损失。

气候风险由许多因素决定，包括：灾害频率、人口以及经济发展、教育、环境品质、卫生设施等因子的气候脆弱性^[7]。其概念性公式如下：

$$\text{风险}(R) = f\{\text{气候危害发生概率}(H); \text{暴露程度}(E); \text{适应能力}(AP)\} \quad (1)$$

从公式看，气候风险来自三个层面。一是气候灾害层面，即气候致灾因子及其致灾频率。其包括：长期的气候变化，如温度、降水，海平面上升等；以及短时间的气候灾害，如干旱、暴雨洪涝、热带气旋(台风)、沙尘暴、低温冷冻害和雪灾、雾、雷电、高温热浪、酸雨等因子。

二是区域系统在气候变异中的暴露程度，即人口和社会经济环境受到气候异常的影响程度。暴露程度越高，其遭遇气候异常影响的可能性越大。暴露程度主要取决于区域所处的地理位置(如：距离川河的距离)、区域的人口密度和人口结构(脆弱人口比重)、脆弱性产业比重(如水利、农业和粮食安全、林业、健康和旅游业比重)等。可见，决定系统暴露性的因素与城市化的水平、区域的集聚度和工业化水平相关。

三是区域系统的适应能力。系统的适应能力不仅体现在“硬能力”如：气候防护基础设施(土地规划、农田保护、建筑加固、防护堤坝等)、气候容量(森林覆盖率、资源环境容量等生态支撑能力)、人口和经济恢复力(卫生医疗、可支配财政收入等)上，还体现在制度和治理的“软能力”上，如：气候风险认知水平、气象防灾减灾教育、气象灾害监测预警、风险分担和转移机制以及灾害保险体系建设等。

2.2 都市密集区气候风险的特征分析：以上海为例

都市密集区的气候风险受城市化和经济社会发展程度的影响，其暴露程度、脆弱性以及成灾机理等气候风险特征具有一定特殊性(见表 1)。以上海为例，从 4 个维度如气候致灾因子、城市生态因素、社会经济因素、人口因素，分析都市密集区气候风险的特征。

表 1 气候风险的驱动因素评价表

Tab. 1 Driving force factors for climate risks

项目 Item		气候因素 Climate factors	资源环境 Environmental factors	城市化 Urbanization factors	经济活动 Economic factors	人口增长 Population factors
直接气候风险	海平面上升	√				
	暴雨	√				
	台风	√				
	高温热浪	√	√	√		√
间接气候风险	城市内涝	√	√	√		
	交通等基础设施供给紧张	√	√	√	√	√
	环境污染	√	√	√	√	√
	农、林、渔业等经济受损	√	√		√	
	人体健康	√	√	√		√
	建筑物坍塌等次生灾害	√	√	√	√	√

(1)气候致灾因子。主要指不利气候事件发生的频率，以及可能导致的社会经济损失。上海地处长江三角洲东端，海岸线长约 172 km，而上海境内地势平坦，且地处环太平洋沿岸的主要自然灾害带，每年自然灾害较多，尤其是洪涝灾害最为突出。基于上海市气象局的气象数据和灾情数据，上海市的主要气候致灾因子包括台风、暴雨洪涝和大风(见表 2)。其中，暴雨洪涝、台风和雷电的致灾频率较高，台风和暴雨洪涝对上海农业发展的影响最为突出，雷电导致年均死亡人数最高。

(2)生态环境因素。生态环境的恶化或城市生态服务功能的减少，可能降低生态系统恢复力^[8]。尽管自 2003 年以来，上海中心城区的生态服务功能价值总量呈现出缓慢上升趋势，特别是绿地的生态系统服务功能增加幅度加大，增长率为 19.45%。但较 60 年前的生态服务价值总量，已经减少了 87.96%^[9]。上海作为中国最大的经济中心，城市规模不断扩大，其高强度的开发，对城市生态环境容量提出严峻挑战，其中，水环境、耕地和生态多样性的服务功能显著下降。以水为例，上海城市在长期高强度开发的驱动下，大量河道被填埋，河道淤积情况严重，河网水系呈现锐减趋势，1990-2009 年期间，上海市河网密度由 6.5 km/km²

降至 3.4 km/km²，河面密度下降了 67%，其中 200-1 000 m 的中小河道消减最快，占总消亡河道的 60%^[10]。在土地利用方面，激增的土地需求，造成土地利用结构、布局和强度的不合理化，同时加剧城市环境容量的下降。如耕地、土壤、水面等逐渐减少，城市的不透水表面不断增加，加剧了城市热岛效应。上海城区人口规模每增长 100 万人，可导致热岛效应强度增加 0.91℃^[11]。而土地的立体化使用使城市建筑密集，大气扩散能力降低，上海城区气候环境的脆弱性增加。从图 1 看，上海市对于气候敏感地带主要分布在河口的沿岸、水源地和生态湿地等生态功能型区域。

表 2 上海市各灾种年均致灾程度比较

Tab. 2 Annual average losses resulted from different disaster in Shanghai

灾害种类	发生频次(次)	年均经济损失(万元)	年均农业受灾面积(hm ²)	年均死亡人数
Category	Frequency	Economic losses	Areas of affected crops	Death population
台风	143	8 895.7	8 529	2.4
暴雨洪涝	163	2 315.0	6 501.9	1.1
大风	90	618.6	530.7	1.8
龙卷	48	437.6	756.5	2.0
雷电	142	149.9	231.8	3.4
大雾	35	0	0	1.3

资料来源：上海气候中心，《长三角城市群气候变化特别评估报告》，2012



图 1 上海市受气候变化影响的脆弱区域

Fig. 1 Vulnerable areas mostly affected by climate change in Shanghai

注：深色区域为上海气候脆弱区，包括：崇明岛东南部河口湿地、淀山湖及周边淀泖洼地，黄浦江及沿岸缓冲区、上游水源地，南汇东滩、杭州湾北部岸线、以及主要自然保护区和森林公园等。

资料来源：王祥荣. 河口城市气候变化脆弱性评估 2008，7.

(3) 人口因素。气候风险的人口因素主要包括两个方面：人口密度和脆弱性人口结构。在人口密度方面，2010 年上海的人口密度已经膨胀至 3 632 人/km²，比 2000 年的 2 588 人/km² 增长了 40.3%，成为全国人口密度最大的城市。而上海 50% 以上的人口居住在占全市总面积 1/10 的中心城区^[12]，最为密集的虹口区人口密度高达 36 299 人/km²，黄浦区、静安区和卢湾区的人口密度也都突破 30 000 人/km²。内密外疏的人口分布格局给中心城区的基础设施、各种资源供应和防灾减灾带来巨大压力，增加了城市暴露于气候异常的风险。另一方面，上海的人口结构也存在气候风险的不利因素。上海气候脆弱的潜在人口（17 岁以下少年和 60 岁及以上老年）占总人口比例的 33.8%，且 80 岁以上高龄人口呈现出增长态势。这些因素都可能会导致上海灾害风险的增加。

(4) 社会经济因素。上海作为中国最大的经济中心城市之一，2011 年，全年生产总值 17 165.98 亿元，其中工业产值贡献率占 66.6%，但上海的大型工业如上海石油化工股份有限公司、临高新城机械装备业、外高桥电厂、石洞口电厂、上海化学工业园区等，主要集中在沿江沿海的气候脆弱带。泰国多数工业特别是汽车制造业也多“临江而建”，而 2011 年的洪水直接冲击了泰国的经济命脉，并造成 4 750 亿泰铢工业损失和 1 480 亿泰铢的出口损失。可见，上海的工业发展同样存在潜在受灾风险。一般而言，农业是主要的气候脆弱性产业，上海年平均农业受灾面积为 16 549.9 hm²，但由于农业产值仅占上海生产总值的 1.67%，上海农业受灾损失对城市经济发展命脉影响不大。

3 基于参与式研究的上海市气候风险分析

3.1 参与式利益相关者分析法

目前，国内外学者对气候风险适应性政策研究多基于脆弱性评估模型和成本-收益分析^[13-15]。脆弱性评估和成本-收益分析可以帮助中央和各级地方政府制定行之有效的气候适应行动方案，但成本-收益分析只能评估预期政策的经济可行性或已经实施政策措施的经济效率，该种分析方法无法为非货币性适应收益评估提供科学依据。为此，笔者拟应用“参与式利益相关者分析（Participatory Stakeholder Analysis）”方法来探讨上海气候风险的适应措施和优先行动领域。

基于“参与式利益相关者分析”的气候风险评估和适应性政策探讨目前较为少见。所谓“参与式利益相关者分析”是指让利益相关者通过参与打分排序、画“关系树”图等研究活动，来评价他们在发展干预中的相应兴趣、需求、能力和影响（权力）等，从而确定如何才能使得各利益相关方在发展干预的设计和实施过程中相互协调。值得注意的是，参与活动的利益相关者们不是被分析的对象，而是研究团队的成员，参与分析他们自己的生存状况、处境风险、需要解决的问题和行动方案。因此，“参与式利益相关者分析”过程也是利益相关者的认知过程和行为改善过程，而研究成果则充分体现利益相关者的视角、观点、现状与需求^[16]。

利益相关者包括发展干预中的主要角色（actor）和利益相关方（stakeholder）。本研究以上海为例，界定利益相关者为三组群体：一是市政管理机构，他们是上海都市气候适应行动的主要干预者和实施者，即 actor 角色，包括：城市规划、水利、交通、医疗卫生、林业、减灾（三防办，应急办等）多个政府部门；二是气象领域专家，主要包括上海气象局工作者、气候应对的相关科研人员；三是社区居民，选择徐汇区部分居民为研究样本。

参与式行为性研究的工具包括：半结构性访谈、图解（问题树图、决策树图等）、打分排序、关键指标（目标的、成果的、绩效的等）和案例研究等。本研究中主要应用了前三种分析工具，即：访谈、打分排序和图解方法。

3.2 利益相关者对上海气候风险的认知

对上海市公共管理部门(政府)、气象工作者和社区分别开展访谈，基于利益相关者的认知和直接感官，了解他们对气候风险的关注领域。访谈结果如表 3 所示。

气象工作者更多关注气候变化的特征和致灾因子，特别是风暴潮、高温、洪涝、冰冻、干旱和雷电等让他们印象深刻。市公共管理部门主要关注了气候风险的社会经济影响。如：“台风暴雨导致户外广告、树木倒塌，影响交通运营”、“风暴潮导致市区垃圾无法航运至南汇老港填埋场”、“城市积涝”、农作物受损、人员伤亡等。社区居民主要关注气候风险的影响结果，即气候风险的损失。比较三组利益相关者的访谈结果，他们均认识到台风、暴雨和高温是上海的主要气候风险，且居民从自身感受的角度提出，高温(如热浪)对老人和儿童的健康影响更为显著。气象工作者表示基于气象监测技术水平，目前台风和高温的气象预报准确率较高，暴雨的预报准确率相对偏低，但高温的预报和预防的实际行动措施尚待加强。而防洪防涝是市政管理部门主要关注的适应性问题。

整体而言，政府和公众对气候风险的认知差距较大，特别是居民对气候风险的认知呈现“依赖”心理。访谈过程，居民们表示在参与调查之前“感觉气候变化和我们没有关系”，“这是全球性的问题和政府的工作”、“我们没有什么可以做的”，可见居民对气候风险认知的不足，也是导致都市密集区气候脆弱性的因素之一。

3.3 上海气候风险的影响分析

对应对气候风险影响的部门，即：上海市市政管理部门和上海市气象局，通过打分排序方法来评价他们认知的气候变化影响因素和影响程度(见表 4，表 5)。

从参与式评估的结果来看，市政管理部门和气象专家都认为上海气候致灾因子为台风、高温和暴雨，而它们对社会经济的影响集中在交通运输、能源、农业和城市积涝。但是气象专家和市政管理部门的认知存在差异。气象专家认为上海农业生产受到气候变化的影响最大，其次是能源供应和交通运输。但市政部门对农业受气候风险的影响缺乏认知，他们也表示上海在农业气候风险防范方面的投入较少。市政管理部门认为城市交通和能源受气候影响的潜在风险最大。上海作为能源输入型城市，所需能源资源基本上全靠外省市输入或从国外进口。因此，气候变化对上海能源供应和安全的影响是上海经济社会发展必须面对的考验。

表 3 让利益相关者印象深刻的上海市极端气候事件

Tab. 3 Extreme climate events impressed the stakeholders in Shanghai

气象专家 Meteorological expert	市政管理者 Municipal managers	社区居民 Communities
1977. 8. 21 特大暴雨; 2009. 8. 25 暴雨; 2001. 8. 5 暴雨	2008 低温冰冻, 骨折患者增多, 食品 应急物品短缺,	特大暴雨, 黄浦江决口, 水漫南京路
1987. 12 持续浓雾, 轮渡全停	输电线路受损台风, 基础设施遭破坏、 折断树木影响交通	龙卷风, 掀掉房子一角

1997 太湖流域大水；1999 上海大水	暴雨，城市排水险情；市区垃圾无法运出，居民上访	四季不分明，春秋缩短；冬天变冷；高温低温差距大
2003.8 持续高温 10 天以上；2010.8 高温	城市绿化带树木的花期异常，以前的梅前杨花变为梅中杨花	暴雨，容易积水，水至膝盖
2004.12.30 低温冰冻雨雪；2008 低温冰冻	高温，中暑人员增多	梧桐树的杨花特别多，7 月份还在飘
2005.8 麦莎台风		气温的变化，影响心情，暴躁
2010.4 东方明珠遭雷击		
2011.1-5 持续 5 个月的干旱		

3.4 上海气候风险的适应需求分析

气候适应是指生态、社会和经济系统对实际或预期的气候变化影响作出的一种调整反应^[7]。潘家华和郑艳将适应的方法分为工程性、技术性、生态和制度性三种类型。工程性适应活动主要包括修建水利设施、环境基础设施，跨流域调水工程等；技术性适应包括研发农作物新品种、开发生态系统适应技术等；制度性适应指通过政策、立法等制度化建设，促进相关领域增强适应气候变化的能力，如碳税、流域生态补偿、科普宣传等措施^[17]。

表 4 上海市气象局对气候脆弱性参与评估的结果

Tab. 4 The evaluation results of climate vulnerabilities in Shanghai meteorological administration

项目 Item	能源供应 Energy supply	城市积涝 Urban flooding	交通拥堵 Traffic congestion	人员伤亡 Casualties	农作物受损 Crop damage	致灾合计 Added up hazard
台风	1/1	7/16	7/7	14/3	11/8	40
高温	20/26	0/0	2/0	3/6	3/3	28
暴雨	0/0	14/15	/12	4/12	6/8	36
影响合计	27	31	18	10	19	

注：表内数值斜线上侧为致灾分值，斜线下侧为影响分值。

资料来源：中国社科院城市发展与环境所，《上海气候变化风险与适应对策调研报告》，2011。

表 5 上海市政管理部门对气候脆弱性参与评估结果

Tab. 5 The evaluation results of climate vulnerabilities in Shanghai municipal departments

项目 Item	暴雨 Rainstorm	台风 Typhoon	高温 Heat weave	影响分值 Influence score
交通	5	0	1	16
能源	3	2	0	13
农业	0	2	3	7
水环境	0	1	1	2
建筑	0	0	0	1
洪堤	0	1	1	2

资料来源：中国社科院城市发展与环境所，《上海气候变化风险与适应对策调研报告》，2011。

调研结果发现，上海市政管理部门和居民对气候适应需求的认知存在差异。上海居民认为高温和暴雨对自身的影响最大。通过访谈发现，上海多数居民对市政府的城市积涝治理工作较为满意，但认为上海市应对高温气候的措施，如气象异常的早预报、医疗救助、用水用电压力缓解、热浪危害知识普及等还有待提高。

上海市政管理部门认为台风和暴雨对基础设施的影响最大，因此，其对暴雨洪涝的适应举措较为关注。从图 2 看出，上海适应暴雨洪涝灾害的需求主要是增量型适应，即在对原有适应措施的基础上作增量投入。

以上海应对暴雨洪涝的工程性措施为例。目前上海在城市排水系统的基础设施建设方面已经进行了较大投入。截止到 2010 年，全市共有公共排水管道 11 488 km，在全国处于领先地位。自 2008 年以来，上海积极开展道路积水点的改造工程。现在每年市区所有排水管道平均会疏通 2 次，排水管道的排水功能得到明显提升。但由于上海市区轨道交通的规划，挤压了地下排水管道的敷设空间，甚至常常会导致排水管位被迫下穿、上穿、改道或者截断，从而影响排水能力。总体而言，上海的排水系统建设仍然滞后于城市发展。此外，上海由于城市化引起的透水面积不断增加，减少了集水区地表的入渗能力和滞蓄能力。因此，上海需要改善城市集水区的规划，强化河道治理和河道沿岸生态修复工程。

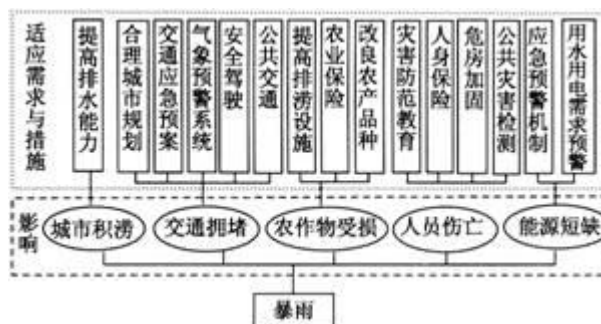


图2 气候适应行动因果树

Fig. 2 Cause-consequence tree for adaptive actions

在暴雨的气候风险分析中，不同部门的管理者对上海城市的制度性适应措施提出了相关建议。上海气象专家表示，为增加城市对气候变化的适应能力，除了气象的常规预报外，气象影响预报包括气候对呼吸系统疾病等的健康影响预报、航空气象预报、农业影响预报等需要加强；建交委、水务局等管理者认为，尽管上海已经出台《防汛防台专项应急预案》，但城市灾害预警系统有待在交通、极端气候事件等的应急处理方面进一步完善；农业部管理者认为农业气候适应除了增加和改良农产品种类外，应注重农业和商业相结合的金融衍生品发展，如农产品保险。民政部门和教育部门的专家表示，上海的物资比较丰富，但是在应对灾害的物资储备和应急物资供应管理方面存在软肋。社区的防灾减灾设施建设和相关教育宣传比较滞后。从上海 11·15 大火等次生灾害的案例中，已经反映出居民灾害防范意识、逃生意识的薄弱，因此，需要加强城市应急基础设施建设，提高突发性公共灾害检测和预警的能力，并加强对民众的灾害防范教育。

4 上海市适应气候变化的政策建议

4.1 上海市在城市增量型适应建设方面具有较大空间

如加强土地利用与城市交通的耦合发展，将城镇体系的规划与区域性公共交通体系结合，控制无序出行，降低交通的能耗；通过开展气候影响预报项目等制度建设，提高了交通系统在极端天气下的适应能力，提出气候变化对重大工程、城市建设、人体健康等的影响及相应的应对措施；通过技术培育，加强气候变化背景下农业种植区划和作物种植气候适应性分析，培育抗逆性强、高产优质的作物新品种，采取防灾抗灾、稳产增产的技术措施预防可能受气候影响而加重的农业病虫害；通过生态保护和改建等工程，提高城市河道、绿地等的生态环境容量。

4.2 政府气候适应建设的投入要充分体现公众对气候适应的需求

如居民对高温热浪的关注。高温天气是一种特别的灾难，特别对穷人、老人、儿童等社会弱势群体容易造成影响。高温天气作为上海的重要气候影响因素之一，已经对城区居民的生活产生不可忽视的影响。上海政府应该重视日益频繁且日益漫长的高温气候影响，并建立一套城市热灾管理体系，并逐步完善医疗卫生等配套设施和保障制度。

4.3 加强“防灾型社区建设”，降低人口脆弱性

“防灾型社区建设”不仅可以提高公众的防灾意识，增强自救能力，而且有助于增进公共部门、气象专家和公众的信息交流与合作，提高适应性建设的公众参与程度，形成多元主体参与的气候治理结构。“防灾型社区”建设首先要确定不同社区的气候风险，对社区的气候脆弱性领域和适应能力进行排序，从而制定社区减灾计划。此外，在防灾型社区的适应性建设投入方

面，即要弥补社区欠缺的常规型气候适应设施，如：社区公共空间的规划改造和绿化带建设、减少贫困人口、增加社区公共卫生服务点等。也要充分利用社区的现有公共资源做好适应性增量建设，如：危房改造、大型公共空间设置防灾设备等。

4.4 在开展气候适应行动的同时，注重城市规划对气候减缓和适应的协同效用

一方面，上海的社会经济和生活方式呈现典型的能源强依赖，应通过推进低碳技术和产品的生产和使用，加大垃圾回收处理和生态综合治理力度，建立绿色工业体系，推动产业的低碳化发展和社会生活方式朝着低碳方向转型，从而转变上海发展对能源强依赖型为弱依赖型。另一方面，应通过合理的城市发展规划，解决地下空间不断被发展的电力、热力和电信等管道占据的问题，推动下排水管网的设计改造；通过合理规划，提高土地利用结构、布局和强度的合理化，缓解城市交通拥挤现象，降低机动车尾气排放，改善城市气候环境；通过合理规划，提高城市生态系统服务价值，遏制水面率降低的趋势和保障河道通畅，降低城市硬化率，提高城市气候影响的生态恢复力。

5 结论与讨论

基于以上分析，都市密集区的气候风险主要在于 4 个方面：一是处于沿海气候高敏感带的都市密集区，也是中国经济发展最快的地区，风暴潮、海平面上升、咸潮入侵等危害不断增大，不断威胁城市生命系统；二是人口老龄化和人口密度不断增加提高了人口的暴露程度；三是气候变化和大规模城市化对生态系统的叠加影响，导致环境恶化和资源短缺加剧，生态恢复力不断下降；四是都市密集区多处于工业化进程，尽管对气候变化敏感的农产比重下降，但密集区工业发展对能源、水资源的需求等呈现出强依赖，第二、第三产业发展存在气候变化的不适应性。

都市密集区的城市生命系统较为完善，但面对日益频繁的气候风险，需要开展增量型气候适应，特别是生态型适应、技术型适应和制度型适应需求较高。目前长三角区域是我国自然生态系统最脆弱的区域之一，因地制宜地实施生态型适应措施不仅可以减缓暴雨、热浪等气候变化的不利影响，而且可以涵养水源、保持水土、增加城市环境容量，降低城市化在气候风险中的负面影响。另一方面，城镇体系中土地利用、交通和产业发展的合理规划对城市气候的减缓和适应具有良好的协同效应。此外，对上海的适应需求分析表明，不同的利益群体对气候风险的感知和适应需求不同。因此，城市气候风险的综合防御性工程建设不仅需要资金支持，还需要通过制度建设鼓励多方利益相关者的参与。

致谢：潘家华研究员、郑艳博士对该文提出宝贵意见；石尚柏研究员、王建武博士、周亚敏博士、段风华博士，上海市气候中心等单位在调研和数据收集方面提供了帮助，在此一并致谢！

作者简介：宋蕾，博士后，讲师，主要研究方向为气候经济、低碳经济、资源与环境经济。

参考文献(References)

[1]王祥荣，王原. 全球气候变化与河口城市脆弱性评价：以上海为例[M]. 北京：科学出版社，2010. [Wang Xiangrong, Wang Yuan. Global Climate Change and Vulnerability Assessment of Estuary City: A Case Study of Shanghai[M]. Beijing: Science Press, 2010.]

[2]科学技术部社会发展科技司. 适应气候变化的国家战略研究[M]. 北京：科学出版社，2011. [Department of Social Development in Ministry of Science and Technology. Studies on National Strategy of Climate Change Adaptation[M]. Beijing: Science Press, 2011.]

-
- [3]牛凤瑞, 潘家华, 刘治彦. 中国城市发展 30 年[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2009. [Niu Fengrui, Pan Jiahua, Liu Zhiyan. The 30-year Urban Development in China[M]. Beijing: Social Sciences Academic Press. 2009.]
- [4]郑艳. 适应型城市: 将气候风险管理纳入城市发展规划[J]. 城市发展研究, 2012, 19(1): 47-51. [Zheng Yan, Pan Jiahua. Resilient City: Mainstreaming Climate Risk Management and Adaptation to Climate Change into Urban Planning [J]. Urban Studies, 2012, 19(1):47-51.]
- [5]世界自然基金会. 河口城市气候适应性探索的国内外进展[R]. 上海: WWF 上海办公室. [World Wild Fund. Domestic and International Research Progress of Climate adaptive Exploration in Estuary City[R]. Shanghai: WWF in Shanghai Office.]
- [6]UNDP. Adaptation Policy Framework[R]. 2001, <http://www.undp.org/climatechange/adapt/apf.html>
- [7]Smit B, Wwandel J. Adaptation, Adaptive Capacity and Vulnerability[J]. Global Change, 2006, 16 (3): 282-292.
- [8]Bruneau M, Stephanie E Chang. A Framework to Quantitatively Assess and Enhance Seismic Resilience of Communities [J]. Earthquake Spectra, 2003, 19 (4) :733-752.
- [9]程江, 杨凯, 赵军, 等. 基于生态服务价值的上海土地利用变化影响评价[J]. 中国环境科学, 2009, 29(1): 95-100. [Cheng Jiang, Yang Kai, Zhao Jun, et al. Impact Assessment of the Land Use Change in Shanghai Based on Ecosystem Service Value [J]. China Environmental Science, 2009, 29(1) :95-100.]
- [10]徐启新, 杨凯, 许世远. 上海高速城市化进程对水环境的影响及对策探讨[J]. 世界地理研究, 2003, 12(3): 54-59. [Xu Qixin, Yang Kai, Xu Shiyuan. Study on Water-environment Effects and Counter Measures for High-speed Urbanization Process in Shanghai [J]. World Regional Studies, 2003, 12(3): 54-59.]
- [11]王桂新, 沈续雷. 上海城市化发展对城市热岛效应影响关系之考察[J]. 亚热带资源与环境学报, 2010, 5(2): 1-11. [Wang Guixin, Shen Xulei. On the Relationship betewwn Urbanization and Heat Island Effect in Shanghai[J]. Journal of Subtropical Resources and Environment, 2010, 5(2) :1-11.]
- [12]彭希哲. 人口发展与城市公共安全[N]. 解放日报, 2005-01-17. <http://theory.people.com.cn/GB/40551/3124755.html> [Peng Xizhe. Population Increasing and Urban Public Security [N]. Liberation Daily, 2005-01-17. <http://theory.people.com.cn/GB/40551/3124755.html>]
- [13]World Bank. The Economics of Adaptation to Climate Change[OL/R]. A Synthesis Report. http://siteresources.worldbank.org/EXTCC/Resources/EACC_FinalSynthesisReport0803_2010.pdf
- [14]Keating A, Handmer J. Options for Assessing the Cost of Climate Change for Adaptation Policy in Victoria[R]. Working Paper.
- [15]Parry M. Assessing the Costs of Adaptation to Climate Change, A Review of the UNFCCC and Other Recent Estimates[R]. London: International Institute for Environment and Development.

[16]李鸥. 参与式发展研究与实践方法[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2010. [Li Ou. Participatory Development Research and Practices[M]. Beijing: Social Sciences Academic Press, 2010.]

[17]潘家华, 郑艳. 适应气候变化的分析框架及政策涵义[J]. 中国人口. 资源与环境, 2010, 20(10): 1-5. [Pan Jiahua, Zheng Yan. Analytical Framework and Policy Implications on Adapting to Climate Change[J]. China Population Resources and Environment, 2010, 20(10) :1-5.]