

城市生命线系统适应气候变化危机及其对策

付琳 杨秀 冯潇雅*

摘要:气候变化是全球性挑战,深刻影响着人类生存和发展。城市是人类社会经济活动、生产生活的核心地带与主要聚集地。2020年,我国常住人口城镇化率将达到60%左右,至2030年,我国将有超过70%的人口居住在城市。城市生命线系统的安全性直接关乎城市生产建设的正常运行。因此,积极适应气候变化,尽可能提升城市生命线系统适应气候变化的能力,对全国经济社会的持续健康发展具有重要意义。本文分水分、温度和气流等三种致灾因子,将其对应的常见的城市极端气候事件进行分类,并进一步梳理不同极端气候事件对城市供/排水、能源、交通运输和通讯等生命线系统造成的潜在适应气候变化危机,结合新型城市化建设提供了对策分析。最后提出城市生命线系统适应气候变化的政策建议。

关键词:城市;气候变化;适应;生命线系统

一、引言

气候变化是全球性挑战,深刻影响着人类生存和发展。应对气候变化是全人类共同的事业,以温室气体减排等为主的减缓行动有助于减小气候变化的速率与规模,而以提高防御和恢复能力为目标的适应行动可以将气候变化的影响降到最低(潘志华、郑大玮,2013)。近年来,全球范围内与极端气候有关的自然灾害造成的经济损失有所增加,不断增长的暴露区人口和经济资产的数量及其脆弱性是极端气候造成损失的主要原因和关键因素(IPCC,2012)。我国遭受的气候灾害频率高、强度大、影响面广,造成的直接损失严重,是受气候变化影响最严重的地区之一。2014年,我国因洪涝和地质灾害造成直接经济损失达1030亿元,因旱灾造成直接经济

*付琳(通讯作者),国家应对气候变化战略研究和国际合作中心政策法规部,邮政编码:100038,电子信箱:fulin@nesc.org.cn;杨秀,国家应对气候变化战略研究和国际合作中心政策法规部,邮政编码:100038,电子信箱:yangxiu@nesc.org.cn;冯潇雅,北京建筑大学北京应对气候变化研究和人才培养基地,邮政编码:100044,电子信箱:xiaoya.feng@foxmail.com。

本文系国家发展和改革委员会应对气候变化业务经费课题“城市适应气候变化现状分析”(2015033)的阶段性研究成果。感谢匿名审稿人提出的宝贵建议,文责自负。

损失达836亿元,因低温冷冻和雪灾造成直接经济损失129亿元(中华人民共和国政府,2016)。《第三次气候变化国家评估报告》也指出,我国的自然灾害风险等级处于全球较高水平,对气候变化敏感性高,防灾减灾应成为应对气候变化的主要内容(中华人民共和国科学技术部,2014)。

应当指出,城市积极适应气候变化不利影响的工作与已开展的防灾减灾工作之间并不等同,也不可互相替代。主要原因是现阶段我国已开展的防灾减灾工作并不能完全满足适应气候变化工作的迫切需求。城市适应气候变化工作,除了积极适应和减轻极端气候事件带来的灾害本身外,还包括积极削弱和消除气候变化带来的其他潜在影响和风险,如城市生命线系统运行效率与性能降低、城市生命线系统应对极端气候事件的脆弱性不断加剧、因极端气候事件造成城市居民的生活不便(如饮用水和电力供应中断)甚至生命财产损失等。同时,城市适应气候变化工作与防灾减灾工作开展的角度也不尽相同。防灾减灾工作旨在“避害”,侧重于对灾害前兆和各种致灾因子的动态监测预警、灾害事件的应急处置、救援救助能力建设等,而适应气候变化工作主要从增强城市和居民的适应能力出发,旨在“调整”,侧重对气候变化影响的整体评估、气候变化风险的识别和削弱、针对气候变化的新形势对适应和减灾策略作出的调整等,一定程度上也能够带动城市减灾能力的提升(郑大玮等,2016)。

二、城市适应气候变化的重要性

城市是人类社会经济活动、生产生活的核心地带与主要聚集地。根据IPCC第五次评估报告,不同的研究显示,城市能源消耗量约占全球能耗总量的67%~76%,经济总量占全球GDP约80%。目前,世界人口的50%以上居住在城市,而预计到2050年将会超过70%(徐振强等,2014);2020年,我国常住人口城镇化率将达到60%左右,户籍人口城镇化率将达到45%左右;至2030年,我国将有超过70%的人口居住在城市,城市人口总数超过10亿,城市对国内生产总值的贡献率将达到75%。

城市是一个复杂的人工生态系统,具备极高的人口和社会经济活动聚集度。城市生命线系统是维系和保证城市正常运转的系统综合体,主要包括能源系统、供/排水系统、交通运输系统和通讯系统四种物质、能量和信息的传播系统(Duke、肖光先,1983;童林旭,2000)。由于城市内部原有的自然环境受到强烈的人工改造,因此抗干扰和自然修复能力较弱,尤其是一些特大城市的选址和建设极易受到气候变化带来的不利影响,致使气候变化的直接和间接影响都会被加倍放大(王迎春等,2009;尤建新等,2006)。城市生命线系统的安全性直接关乎城市生产建设的正常运行。随着我国经济的快速发展、城镇化进程的加速推进和城市规模的不断扩张,我国城市的发展对城市生命线系统的依赖程度也越来越高。与此同时,交通堵塞、资源短缺、环境污染、生态破坏等“城市病”日益蔓延,也对我国城市抵御气候变化不利影响的能力和管理

水平提出更高要求。

气候变化及其引发的一系列极端气候事件会影响城市生命线系统的正常运转,严重时可能导致城市生命线系统重大事故的发生,或引发火灾等次生灾害,危及城市的正常运作。常见的具有破坏性的极端天气事件主要包括干旱、热浪、短时强降雪/降雨、暴雨、低温冰冻、严重雾霾、台风和风暴潮等。气候变化能够从危害的规模和发生的频次这两个层面,对城市生命线系统造成不利影响。一是极端气候事件的规模增加,或多种气候事件产生协同效应,可能在短时间内严重侵占城市生命线系统的运行空间,迅速导致城市生命线系统的满负荷甚至超负荷运作,导致系统崩溃。例如,气候变暖与城市热岛效应叠加,可能加剧高温、热浪等城市极端天气的发生,引发城市用电负荷和用水量激增;城市风速降低和城市热岛效应使得城市污染物扩散能力减弱、扩散条件变差,增加了大气污染天气的持续时间和严重程度。二是愈发频繁出现的极端气候事件,提升了城市生命线系统发生事故的概率,可能引发严重的生命线系统事故和城市灾害。例如,气候变化可能导致某些区域内的洪水风险增加,或强降水事件数量增加,这将导致城市排水系统长期超负荷运行,暴露出部分城市储水排涝设备负荷设计不足、年久失修等设计标准、运维和管理缺陷(IPCC, 2013)。因此,城市积极适应气候变化,尽可能减小气候变化对城市生命线系统带来的不利影响,对保证经济社会的持续健康发展具有十分重要的现实意义。

三、城市适应气候变化的影响因素

作为人类生产生活和经济活动的重要载体,城市的正常健康运作为人类生存和发展的基本前提。有效甄别城市面临的不同类型的气候变化领域的灾害及其影响,分析其对城市各项生命线系统形成的潜在影响,针对性地开展城市适应气候变化研究工作,强化适应气候变化决策科学基础,是支撑我国开展城市适应气候变化行动、减小气候变化对城市带来不利影响的重要技术力量。

本文以尽可能减小气候变化对城市生命线系统的不利影响为基本目标,以水分因子、温度因子、气流因子等影响城市适应性的因素为分类依据,将我国主要城市在适应气候变化领域面临的突出问题初步归纳为以下三大类(王迎春等, 2009)。

(1)水分因素:包括暴雨(强降雨)和干旱。其中,暴雨、局地强降雨事件,常常引发洪水或城市内涝,导致局部交通中断,并可能间接影响城市水质,增加疾病通过水体传播的几率;城市水资源短缺或干旱事件,再加上持续的、大规模的人口增长和城市扩张,导致城市工业和生活用水对水资源需求的巨额增长,缺口不断加大,危及城市用水安全,甚至可能引发人口迁移。对于沿海城市来说,水分因素的影响还可能包括海平面上升引发的海水入侵。其中,海平面上升将使沿海地区风暴潮更为频繁,并加剧洪涝灾害,侵蚀沿海低地和海岸,使滨海地区用水受

到污染、土壤盐渍化,减弱沿岸防护堤坝的能力,加剧河口海水倒灌。

(2)温度因素:包括高温热浪、低温冰冻和冰雪灾害。其中,高温热浪天气可导致城市用水和制冷能耗激增,并可促进各种次级大气污染物的产生和传染病的传播,危害城市居民健康;低温冰冻、冰雪灾害和霜冻,将导致生活采暖需求不稳定,还可破坏电力和供水管网并导致停电和供水中断,危及多个城市生命线系统。

(3)气流因素:包括台风、沿海城市风暴潮等天气。强风极端天气可导致城市内涝,可造成城市建筑物或绿化林受损和倒塌、伤及行人,甚至损坏电线杆、高压铁塔等供电系统设施,引发沿海城市大风翻船事故等。

四、城市生命线系统适应气候变化的风险及对策

目前,我国城市生命线系统的主要问题是缺乏对非常态下的生命线运行的充分考虑,在应对突发事件时表现出脆弱性和不完善性(奚江琳等,2007)。因此,干旱、洪涝、台风等极端气候事件往往会直接影响甚至破坏城市的心跳系统,导致城市部分功能瘫痪,危害公共健康安全。本研究选取干旱、年降水量增加与频繁强降水、高温热浪、低温冰冻、海平面上升、台风/沿海洪灾等常见的极端气候天气事件,针对其可能对城市生命线系统造成的不利影响进行了简要分析和梳理(详见表1),并分别提出对策建议。

(一) 城市供/排水系统气候变化风险和对策分析

城市供/排水系统面临的气候变化风险主要有城市储水量减少、水耗增加、破坏城市供水水质和供/排水系统。沿海城市还面临着海岸侵蚀、海水倒灌侵蚀供/排水系统等气候风险。为了应对和削弱城市供/排水系统的气候变化风险,应通过合理统筹自然降水、地表水和地下水的系统性,协调给水、排水等水循环利用各环节,考虑其复杂性和长期性,提高城市供/排水系统适应气候变化能力。具体对策包括:

(1)提高城市的供水能力。适当开展人工增雨作业;因地制宜开发利用雨洪资源,补充地下水。

(2)提高水资源综合利用率。包括提高雨水的再利用率和污水处理率;在城市建设雨洪调蓄设施,增加城市绿地和透水面积,兴建透水管、渗水井,作为临时储水空间。

(3)大力促进节水。包括利用价格杠杆促进节水,严格控制干旱城市的景观用水等。

(4)加强城市供排水系统的建设与维护。包括提高城市排水设计标准;提升地下设施防御洪涝能力;加大对年久失修的供排水设施的排查力度;健全沿海防潮体系,加强管理,提高防水水平;在沿海滩地筑堤,阻挡风浪、抗御海潮袭击等。

例如,面临着雨涝频繁与河流湖泊干涸并存的气候环境问题,北京市在对水文过程进行模拟分析的基础上,筛选出具有较高生态系统服务功能的地区,恢复城市水系自然形态、建立河

表1 城市生命线系统在适应气候变化领域面临的潜在风险

城市 生命线	水分因素		温度因素		气流因素
	干旱	年降水量增加与频繁强降水	高温热浪	低温冰冻	台风/沿海洪灾
供/排水 系统	储水量减少; 生活、市政用 水量增加; 沿海城市海水 倒灌,腐蚀设 备、威胁饮水 安全。	破坏供水水质; 破坏供/排水系统; 增加河道清淤工作量; 应急排水系统负荷增加,排水系统严重 超载; 致疾病传播; 海水入侵,损坏基础设施; 海岸侵蚀、低洼地带洪灾和盐沼侵蚀。	生活、市政、商业、 工业用水量激增; 易发生水华; 供水难度加大。	损坏城市供水管 线,影响城市供 水。	应急排水设备 负荷增加; 供水管线受 损,影响城市 供水; 排水系统超 载。
能源 系统	水电厂能源供 应量降低。	污染电厂水质,提升运营成本; 增加排水设施负荷、增加能耗; 损坏供能管线; 燃气管压低; 海水入侵,损坏能源基础设施、设备; 海水污染电厂水质,提升运营成本。	能耗激增; 供电系统超负荷; 供能管线中断几率 提高; 电压不稳、损坏设 备,频繁断电; 能源输送成本增加。	供电线路损坏, 可致电路中断或 漏电; 生活供暖和市政 照明能耗增加; 供电、供气系统 运维费用增加。	供能管线损 坏; 控制洪水所需 能耗增加。
通讯 系统	通讯设备负荷 增加。	通讯设备负荷增加; 地下通讯设施浸水、使用率下降; 通讯系统损坏; 海水入侵,损坏通讯基础设施、设备。	通讯设备受损; 通讯设备维护工作 增加; 通讯设备负荷增加; 用能激增致电压不 稳、损坏通讯设备, 中断服务。	通讯设备受损; 检修防护费用增 加。	应急通讯设备 负荷增加; 管线设施淹泡 受损。
交通 系统	交通基础设备 负荷加大; 影响航运和渔 业生产。	交通基础设备负荷加大; 排水系统超载,影响运输和相关设施; 污染航道; 交通运输延误; 交通事故发生几率提高;海水入侵,损 坏交通基础设施; 桥下通行高度降低。	交通基础设备负荷 加大; 公路和铁路等基础 设施热胀受损; 交通事故发生几率 提高。	交通拥堵,影响 物资运送; 交通事故发生几 率提高。	交通基础设施 的结构性损 坏; 交通拥堵,影 响物资运送。

流生物廊道系统,最终构建起北京市适应型的综合水安全格局(俞孔坚等,2015)。作为国家绿色生态示范城区,西安浐灞生态区在开展全面系统的研究工作、编制绿色发展纲要的基础上,明确了生态区的总体规划思路和规划格局,并采用创新河道生态修复方式改善城市环境,城市的宜居程度和适应能力都大大提升(冯利芳、范弘颖,2014)。

(二) 城市能源系统(供电、供气、供热)气候变化风险和对策分析

城市能源系统面临的气候变化风险主要有城市能源供应量降低、能耗大幅增加、影响能源

供应系统的正常运行、破坏能源系统基础设施设备等。一定程度上,潜在的气候变化风险将大幅提升一座城市的瞬时能源需求量,甚至破坏城市的能源输送系统、影响能源供应的畅通、提升系统的运维成本,危及城市的能源安全,由此导致的断电、漏电等极端事件亦将严重侵害城市居民的生命财产安全。针对城市能源系统面临的气候变化危机,应该对气候变化对城市能源系统的影响进行综合评估,提升并修订相关设计标准,加强城市能源系统的稳定性和抗风险能力。主要对策包括:

(1)有序用电,减少用电高峰的电量负荷。包括加快电网结构改造、优化调度及改善运行方式、提升电网输送负荷等;利用价格杠杆,鼓励错峰用电和节电;加强用电管理,对重点耗能企业采取错峰、轮休等措施,降低用电高峰时期能耗;防范因电力设备负荷过大而引发火灾等次生灾害。

(2)提升能源系统抵御破坏的能力。包括提升新建电力和天然气管网的建设标准、加强既有管网的修护和改造,防止泄漏和损坏,防止电网被淹之后的电击事故;提升地下设施的建设标准、加强维护,增强防御洪涝的能力;优化城市污水处理系统,实行雨污分流,提高污水处理负荷和处理效率,增加应对突发暴雨的保护设施,提升电厂应对突发洪涝的能力。

(3)及时补充水力发电缺口。包括加快电网结构改造、优化调度及改善运行方式,建设电网的恢复系统,制定应急预案并在监测到水力发电量不足时及时启动,保护电厂免受水资源短缺的威胁等。

(4)提高重点受灾地区的防护标准。包括在沿海滩地筑堤,阻挡风浪、抗御海潮袭击,在易受灾地区修建海堤等防灾工程,提高重点地区防护标准等。

例如,2015年7月,杭州市为应对高温天气导致的供电负荷不断攀升,在局部区域内按照“有多少供多少,缺多少限多少”的原则启动了有序用电应急预案,加大了对高能耗企业的限电措施,对非连续性生产企业按公布的线路轮休表实行周错峰方案,连续性生产企业实行日错峰方案,并按实际需求减少5%以上的用电指标错峰让电。济南市积极在建筑领域推广可再生能源的应用,开展了全市民用建筑能耗统计工作,对公共建筑重点用电单位实施了用电限额管理并下达用电限额,有序调剂城市公共建筑用能。

(三) 城市交通运输系统气候变化风险和对策分析

城市交通运输系统面临的气候变化风险主要集中在增加交通事故发生的几率、破坏交通运输系统基础设施设备、增加交通运输系统的运维成本,造成交通运输系统运行效率低下,严重影响城市交通运输系统的正常运行,甚至影响城市居民的生命财产安全。建议加强对重点灾害事故的监测和预警,提高气候变化风险高发区域的交通基础设施建设标准,适当修订道路排水设计和施工标准,提高城市交通运输系统应对气候风险的适应和防御能力。具体对策如下:

(1)改善道路交通通行条件。包括调整道路设计理念,减少修建深槽路;提高交通道路的设计建设标准,确保立交桥下、深槽路的路面高于排水管道;提高交通道路沿线城市排水管网的设计和施工标准,加大排水负荷。

(2)完善城市交通管理信息系统,实施智能化的交通运行协调。加强对极端天气事件的监测,及时发布极端天气交通预警信息,建立智能化的交通运行协调和应急指挥系统;雨雪天气实时监测道路积排水和结冰情况,加强交通疏导和管制;在重点道路提前加派洒水、蓄水车等作业车。

(3)加大对交通设施的巡查、维护力度。加大巡查和整改力度,对既有交通基础设施进行严格排查,提升交通基础设施运行的稳定性和抵御极端气候事件破坏的能力;一旦交通设施发生故障应立即组织抢修,及时启动应急预案,保障公共交通活动的安全进行;提升地下交通设施的防洪能力。

不少城市也已在科学合理优化城市公共交通体系、完善城市交通管理信息系统方面作出探索。例如,2016年珠海市横琴新区建成全国唯一一条无任何市政排水管网的道路—红旗村宝兴路,该道路按照“海绵城市”的理念,建有一个雨水调蓄管廊,建成后该区域积水情况明显改善,下暴雨期间,阻碍人们交通出行的深积水未再出现,取得了很好的效果。武汉市新编制了轨道交通运营突发事件应急预案,对重点区域、交通要道、公共交通工具实现24小时视频监控。青岛市建成并启用了集一个数据中心、三大管理平台在内的城市智能交通管理服务系统,有效地优化了城市交通组织效率,使市区整体道路通行效率提高约13%~30%,并且实现了交通动态路况的实时发布,多角度、多渠道为道路交通安全提供保障。

(四) 通讯系统气候变化风险和对策分析

城市通讯系统面临的气候变化风险主要有极端气候事件导致的通讯设备负荷增加、通讯系统网络和基础设施的损坏等,这些因素都将增加城市通讯系统的运维成本,危害城市通讯系统的正常运作,严重影响城市居民的日常生活。应对城市通讯系统面临的气候变化风险的具体对策如下:

(1)防止设备损坏。包括实行高峰时段错峰和避峰用电,稳定供电电压;提升地下通讯设施建设标准,增强防御洪涝能力;加固和防护城市通讯管网,防止断裂或裸露。

(2)加强通讯管网和设备管理及维护。加派人力组织巡查和维护,通讯系统一旦发生故障立即组织抢修。

(3)建设城市适应气候变化信息平台,及时发布相关预警信息。建立适应气候变化的信息数据管理平台,整合极端气候天气事件实时监测数据、适应气候变化影响评估结果、重点气候灾害事件的预警等重要气候变化信息,及时向供/排水、能源和交通部门提供相关预警信息。

例如,福建省于2014年发布《福建省适应气候变化方案》,方案中提出要加快建立以“数字

福建”平台为依托的气候变化风险评估与信息共享机制,制定实施灾害风险管理措施和应对方案,开展应对方案的可行性论证,提高风险管理水平,并积极开展气候变化对城市生命线系统及重大工程的影响评估。辽宁省朝阳市构建了国土、气象、水利多部门联合的监测预警信息共享平台,并加强了移动应急观测系统、应急通信保障系统,提升预报预警和信息发布支撑能力。

五、推进城市生命线系统适应气候变化工作的政策建议

目前,我国缺乏对中长期气候变化风险的评估,城市综合灾害综合监测系统和城市灾害应急管理体系建设不完善,城市生命线系统的基础设施建设和运维标准尚未充分考虑气候变化的潜在风险,导致我国城市生命线系统应对极端天气气候事件的保障能力较为不足。城市适应气候变化是一个系统工程,需要将几个方面结合起来,进行评估、调整和监测预警,并建立联动的体制机制。城市适应气候变化工作不应分散在各个部门,而是需要从总体进行统筹考虑,形成有机的整体。开展城市适应气候变化工作,应加强对气候风险的长期评估,基于气候变化调整现有工作的部署和安排,建立能够整体协调、联动的适应气候变化的工作机制。城市生命线系统适应气候变化风险的对策主要包括以下五个方面:

一是科学评估适应风险。城市生命线系统的气候变化风险评估是适应气候变化相关工作得以开展的重要基础,这包括全面评估气候变化对城市供/排水系统、能源系统、通讯系统和交通系统等生命线系统的影响和风险,也包括对城市敏感领域、区域和易感人群的气候变化敏感性与脆弱性评估,建立气候变化影响与风险的监测和评估体系,形成有效的城市适应气候变化领域的管理和决策机制。

二是综合规划,将适应气候变化纳入城市生命线系统规划体系。科学合理规划城市生命线系统建设,避免在易遭受洪涝、台风、风暴潮等极端天气事件危害的地点铺设生命线系统管线。综合规划,防止单个生命线系统遭到破坏后相互影响,导致受灾范围的人为扩大。因地制宜建立城市生命线辅助系统和相互独立的生命线子系统(李春祥,2015),以便在突发事件发生时满足城市运行的最基本需求。在新建城区规划布局和新建管线铺设过程中,充分考虑城市干旱、强降雨、低温冰冻等极端气候灾害,确保城市生命线系统的正常稳定运行。

三是实行重点灾害事故的监测和预警。包括加强对受灾范围广、损失大、修复成本高的重点灾害事故的监测,及时为供/排水、能源、交通和通信等系统提供预警信息;制定并适时启动突发事件保障应急预案,一旦发生事故立即组织抢修,保障生命线系统的运行安全。

四是实施重点风险监控。根据城市生命线系统的风险评估结果,及时建立城市供/排水系统、能源系统、通讯系统和交通系统的监测预警平台,实现平台之间的信息共享。采用多种手段,加强对城市短时强降雨、干旱、高温热浪、低温冰冻、台风、风暴潮等天气的监测,同时着重对江河湖与水库水位、城市沟渠水位、城市用电用水量变化情况、城市输电网稳定性等气候

变化敏感因素进行跟踪测量并设置警戒线,及时主动为供水、交通、电力等部门提供天气预报预警信息。

五是修订城市生命线系统设计建设标准。提升生命线系统的安全水平和自身抗灾能力,提高城市供/排水、供电、供气管线、通讯管线的建设强度,提升交通基础设施应对极端天气事件的能力,在城市规划布局过程中充分考虑资源承受能力,提高城市水、电、气资源的综合利用率。完善城市生命线系统的运行、维护和管理机制建设,保障城市生命线系统的安全平稳运行。

六是健全城市生命线适应气候变化应急管理体制。明确城市应急管理的主体,加强城市应急管理的组织构建和能力建设。制定并及时实施干旱、强降水、城市内涝、高温热浪、低温冰冻、台风、风暴潮等威胁城市生命线系统运行安全的应急管理预案,建立水力、电力、交通、通讯等多部门联动协调的管理机制。

参考文献:

- [1] 冯利芳,范弘颖. 沪灞十年绿色之路——西安沪灞生态区创建绿色生态示范城区的调查报告[J]. 城市发展研究,2014,21(8):1-6.
- [2] 李春祥. 城市应急管理体系建设研究[J]. 信阳农林学院学报,2015,25(2):51-54.
- [3] 潘志华,郑大玮. 适应气候变化的内涵、机制与理论研究框架初探[J]. 中国农业资源与区划,2013,34(6):12-17.
- [4] 童林旭. 城市生命线系统的防灾减灾问题——日本阪神大地震生命线震害的启示[J]. 城市发展研究,2000,(3):8-12.
- [5] 王迎春,郑大玮,李青春. 城市气象灾害[M]. 北京:气象出版社,2009.
- [6] 奚江琳,黄平,张奕. 城市防灾减灾的生命线系统规划初探[J]. 现代城市研究,2007,22(5):75-81.
- [7] 徐振强,王亚男,郭佳星,潘琳. 我国推进弹性城市规划建设的战略思考[J]. 城市发展研究,2014,21(5):79-84.
- [8] 尤建新,陈桂香,陈强. 城市生命线系统的非工程防灾减灾[J]. 自然灾害学报,2006,15(5):194-198.
- [9] 俞孔坚,李迪华,袁弘,傅微,乔青,王思思.“海绵城市”理论与实践[J]. 城市规划,2015,39(6):26-36.
- [10] 郑大玮,潘志华,潘学标. 气候变化适应200问[M]. 北京:气象出版社,2016.
- [11] 中华人民共和国政府. 中华人民共和国气候变化第一次两年更新报告[R]. 2016.
- [12] 中华人民共和国科学技术部. 第三次气候变化国家评估报告[R]. 2014.
- [13] Duke,C.M., 肖光先. 生命线地震危险性研究规划[J]. 国外地震工程,1983,(04):67-74.
- [14] IPCC. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation[R]. 2012.
- [15] IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis[R]. 2013.

Crisis and Countermeasure Analysis on Climate Change Adaptation of Urban Lifeline System

Fu Lin^a, Yang Xiu^a and Feng Xiaoya^b

(a: Department of Policy and Regulation, National Center for Climate Change Strategy and International Cooperation;

b: Beijing University of Civil Engineering and Architecture)

Abstract: Climate change is a global wide challenge and had influenced human survival and development profoundly. Urban area is the center and the major gathering place of economy and production activities in human society. By the year 2020, urbanization rate of permanent population in China will reach approximately 60%, and above 70% of Chinese living in the urban area by the year 2030. The safety of the urban lifeline system matters the normal operation of the various functions in urban area directly. Therefore, it's crucial to adapt positively and improve the ability of urban lifeline system to extreme climate for urban area, and will be of great importance in the sustainable and healthy of China's economy and development. Commonly seen extreme climate and weather events are classified by moisture, temperature, air flow in this article. The potential climate change adaption crisis of various extreme climate/weather events towards water supply and dewatering system, energy system, transportation system and communication system were also present. Last but not least, new urbanization relevance countermeasure analysis and suggestions were put forward at the end of this article.

Keywords: Urban Area; Climate Change; Adaption; Lifeline System

JEL Classification: P28, Q54, R58

(责任编辑:朱静静)

(上接第41页)

mismatch rate and reducing the total cost of environmental governance. Taking Beijing and Tianjin as an example, the Copula joint distribution, random distribution and normal distribution were used to air pollution prediction. The results show that the allocation of resources to reduce the mismatch rate is more conducive to the Pareto optimal allocation. The distribution of atmospheric pollution in Beijing and Tianjin had a thick lower tail correlation. The forecast data based on Normal-Copula was closer to the actual results.

Keywords: Allocation of Pollution Control Resource; Pareto Improvement; Copula Function; Air Quality Index

JEL Classification: P28, Q44, Q56

(责任编辑:卢玲)