

# 大城市气象服务需求与关键技术

谢璞<sup>1</sup> 李青春<sup>2</sup> 梁旭东<sup>2</sup>

(1 北京市气象局, 北京 100089; 2 中国气象局北京城市气象研究所, 北京 100089)

**摘要:** 基于城市化快速发展所产生的城市气候效应、气象灾害效应的事实, 阐述了城市化对天气、气候的影响和由此导致的城市气象灾害特征。通过对城市气象服务需求的调查分析, 揭示出提高城市气象服务能力需要解决的关键技术问题。通过对目前城市气象研究现状和在气象预报服务中的技术支撑能力的分析, 提出了在新形势下大城市气象预报服务的发展思路和重点任务。

**关键词:** 城市化, 城市边界层, 精细预报, 城市气象服务

## 1 引言

大规模城市化(城市群)是我国经济社会发展的主要驱动力和重大战略。进入21世纪, 我国城市化水平每年以1.2个百分点增长<sup>[1]</sup>, 我国城市化发展规模之大、速度之快前所未有。2010年5月11日发布的《中国城市发展报告(2009年卷)》指出, 中国已进入城镇化加速时期, 截至2009年底中国城镇人口已达6.2186亿人, 城镇化水平达到46.59%。根据近期的城市化发展趋势判断, 在2012—2013年期间, 我国的城市化水平将达到并超过50%。这意味着在“十二五”中期, 我国半数以上的人口将居住在城镇地区<sup>[2]</sup>。

近年来, 伴随着经济高速发展、城市面积快速扩张, 我国已形成长三角、珠三角、京津冀、山东半岛、辽中南、中原、长江中游、海峡西岸、川渝、关中10大城市群。尤其以长江三角洲、珠江三角洲和京津冀三个特大城市群发展迅猛, 随之而来的是巨大的环境压力和不利的环境效应, 城市的承灾能力降低。在全球变暖背景下极端天气频现, 城市安全运行、防灾减灾、重大政治和社会活动、城市生态环境保护、城市可持续发展、应对气候变化等都对城市气象服务提出越来越高的需求。因此需要针对城市环境特点和气象服务需求凝练并解决关键性科学技术问题, 以提高城市气象服务水平。

## 2 城市化影响

### 2.1 城市化气候效应

随着中国城市化进程的明显加快, 各地城市均出现了程度不一的土地利用与空间发展失控、交通拥挤、废弃物排放剧增、水资源短缺与过度开发、能源利用效率低下等严峻的环境恶化态势。

城市化最为突出的表现在下垫面的影响上。下垫面与大气之间进行的质量、能量交换, 影响到大气的属性, 改变低层大气物理过程。与农村下垫面相比, 城市下垫面具有吸热能力强、热容量大、导热率高和

蓄热能力强的特点。这种差异导致城市下垫面增温快、温度升高得多<sup>[3]</sup>, 形成“城市热岛”效应。城市地表粗糙度增加削弱了风速, 限制了通过大气对流损耗的显热。城市的机动车、工业设备、空调装置、居民生活以及建筑物的“人为热”和“废热”直接加热城区大气。这些因素最终导致了城市大气温度、湿度、风、降水和能见度等要素的不同特征, 形成了有别于乡村的城市气候。

“城市热岛”环流使大气层结变得不稳定, 有利于热力对流的产生, 容易形成对流云和对流性降水。城市地区工业生产、交通运输和居民生活排放的废气, 不仅改变了城市大气成分、增加大气浑浊度、消减太阳辐射、降低能见度, 同时为云、雾和降水的形成提供了丰富的凝结核。城市下垫面对天气系统移动的阻滞作用使其移速减慢, 增加降水持续时间。另外, 城市(城市群)效应对大气环流产生显著影响<sup>[4]</sup>。

### 2.2 城市化气象灾害效应

城市气象灾害是天气、气象要素与城市系统相互作用和冲突的产物。当气象条件不利于城市系统的正常运转和功能发挥, 并对城市居民的生命与健康, 对城市建筑与设施、城市各行各业, 以及城市资源与生态环境造成损害时, 就形成了城市气象灾害。灾害的程度不仅取决于天气和气象要素的异常程度, 与城市系统的状态与承灾能力也有关<sup>[5]</sup>。

由于历史原因, 我国的城市基础设施建设欠账较多, 特别是供水、排水、供电、供暖等城市生命线系统不完善, 在发生气象灾害时抗灾能力薄弱。城市地表被房屋、混凝土或沥青路面所覆盖, 透水性明显降低, 加上现代城市的立体交通和地下设施发达, 使得暴雨后易发涝灾。 “城市热岛”效应增加高温热浪的影响强度。城市下垫面粗糙度加大使城市地区风速变小, 在特殊天气条件下, 城市生产、生活和汽车尾气排放将引发雾霾天气, 甚至造成严重的大气污染; 现代城市高大建筑物和电子、通信与计算机网络系统往往是雷电的攻击目标, 感应雷击的潜在威胁增

收稿日期: 2011年4月27日; 修回日期: 2011年5月18日

第一作者: 谢璞(1959—), Email:xiepu@bjmb.gov.cn

大，造成人员伤亡和财产损失；城市建筑物对气流的阻挡能改变风速和风向，出现涡旋、升降气流、穿堂风等各种“怪风”现象，特别是城市建筑物周围产生风的“狭管效应”，对下风向建筑物、汽车和行人的安全形成威胁。

城市系统与气象条件相互作用造成城市气象灾害，在特定条件下会引发一系列连锁反应形成灾害链。暴雨造成城市淤涝，导致城市交通中断（甚至瘫痪）、房屋倒塌、地下设施进水，给城市各行各业造成经济损失甚至造成重大生命和财产损失。如2004年7月10日下午—傍晚北京城区遭遇局地大暴雨造成多处立交桥下严重积水，引发城市交通系统瘫痪，多处地下设施进水。2007年7月18日济南主城区持续3小时的特大暴雨造成34人死亡，171人受伤，直接经济损失约12.3亿元；高温热浪导致城市供电紧张，加剧城市干旱，影响生产生活，引发中暑和疾病；大雾天气的低能见度影响交通安全，导致机场、高速公路关闭。电网闪污掉闸，造成大范围停电事故。城市生产、生活、汽车尾气排放，在浓雾天气引发严重的大气污染影响人体健康；雷电天气导致电子设备、通讯、计算机网络中断、轨道交通停驶；低温冰雪天气造成交通中断、能源供应紧张。如2004年冬季气温持续偏低，造成采暖供气形势空前严峻。

城市是政治、经济、文化、教育、科技和信息中心，是劳动力、资本、各类经济、生活基础设施高度聚集地。一旦发生灾害，灾害损失会出现放大效应。据统计，近20多年来我国城市洪涝灾害损失每年正以5%的比例增加。因此，开展我国城市和城市群区域气候及灾害天气预报预警及其影响研究是城市安全运行管理、国家防灾减灾的重大迫切需求。

### 3 城市气象服务的需求与挑战

城市气象服务的需求主要为：高影响天气预报预警和城市生命线系统安全保障，气象灾害和突发公共事件应急气象服务，重大政治和社会活动气象保障；空气污染预报和城市生态改善、城市规划和绿色能源、城市化对气候变化的影响评估、应对气候变化，以及旅游、保险、建筑等行业发展的新需求等。

#### 3.1 城市气象预报信息服务需求

在全球气候变暖背景下城市突发性、局地性、极端性天气明显增多，灾害天气预报预警难度增大。对北京城市安全运行气象服务需求进行的调查分析表明，城市气象服务涉及的多领域、多部门，防汛（水务）、城市交通（交通管理、路政）、市容、电力、供暖等部门对定点、定量、定时天气预报和高影响天气的预警能力的要求极高，气象服务在整个城市安全

运行保障工作中起着至关重要的作用。

气象灾害和突发公共事件应急气象服务需要在前期对本区域气象灾害进行风险评估和风险区划，对灾害性天气实施有效监测，及时发布准确的预报预警信息，快速传递气象服务信息，提高预警信息覆盖面，并形成高速有效的多部门应急联动机制。针对发生的突发公共事件（火灾、有毒气体泄露、环境灾害和恐怖袭击事件），需要进行现场气象观测、气象场扩散能力数值模拟等针对性现场服务。

针对重大活动（如，北京奥运会、国庆60年庆典活动、上海世博会，以及广州亚运会等）对气象保障提出刚性要求：信息产品精细化程度要高（活动场所的要素、时间、落区预报），预报预警要准（明确影响时间、范围、强度及其变化），预报、预警信息发布要早（用户来得及应急处置，半小时差异带来的防御效果的差别可能会很大）。预报、预警信息传递和更新要快（如赛事需要短时临近信息，赛事进程具有阶段性、时间短等特点）。

针对城市规划、应对气候变化与气候资源开发利用，以及旅游、保险、建筑等行业发展的新需求，需要开展城市气象学理论和应用方法研究。

另外，根据政府间气候变化专门委员会第四次评估报告指出：城市区域的排放和土地利用对局地到全球尺度气候可能有显著影响，这种影响需要被揭示并在气候模式中表征。城市群（带）大气污染与东亚季风空间尺度匹配是否影响东亚季风变化和旱涝空间格局，已成为国际关注的重大科学问题。

#### 3.2 气象服务技术支撑的关键问题

为了满足城市气象预报服务信息的“精、准、早、快”需求，需要解决的关键问题是提高城市气象监测、预报预警能力，解决精细化、无缝隙预报的关键技术，深入开展城市灾害性天气形成机理及数值模式应用研究。

已有大量研究表明，城市中的局地暴雨常常是由中小尺度天气系统引发的。各种天气现象成因各异，但城市局地暴雨、浓雾、高温、雷电等与城市群复杂下垫面和边界层过程有关。目前气象监测网基本上都是针对天气系统监测的需要而设计的，观测内容、密度受限，无法辨识城市对天气的影响。城市复杂下垫面、城市环流、海陆风（山谷风）环流及其相互作用对中小尺度天气系统的影响机制尚未弄清。中尺度数值预报模式的精细化程度和预报能力与需求存在差距。

因此，需要合理布局和建设城市气象综合观测系统，建立城市冠层模式，发展能够合理有效描述地

形、城市复杂下垫面作用的精细数值预报模式，以满足城市预报服务业务支撑的需求，提高对边界层过程和中小尺度天气和局地环流的数值模拟能力。

## 4 气象服务支撑能力分析

### 4.1 城市气象学及应用

近二十年来城市气象学的研究包括：城市边界层结构与边界层气候研究、城市大气环境研究等方面<sup>[6]</sup>。应用研究主要集中在“城市热岛”效应及控制研究、城市规划、城市致灾性天气气候形成机理研究等方面。

大气边界层是地球大气动量、热量和各种物质上下输送的重要通道，大气边界层中发生的物理过程是大尺度天气气候形成的重要因子。为提高天气气候预报的准确性，预测大气污染以及推动其他应用气象学科与气候学的发展，必须深入研究大气边界层的结构特征的观测和数值模拟研究。

欧洲（法国、瑞士等）、美国、日本、墨西哥等进行了一系列城市边界层观测试验研究<sup>[7-13]</sup>。我国规模最大的城市气象边界层观测研究是BECAPEX(Beijing City Air Pollution Observation Experiment)项目<sup>[14,15]</sup>。另外，中科院大气所<sup>[16]</sup>、北京市气象局（北京城市气象研究所）、南京大学<sup>[17]</sup>和天津市气象科学研究所等先后开展了城市冠层与边界层的观测和数值模拟研究<sup>[18,19]</sup>。

Michael J. Brown在以中尺度气象模式的参数化为题的论述中认为<sup>[20,21]</sup>：必须定量估算由城市建筑群和土地利用诱生的对湍流生成、拖曳阻力的面平均影响程度以及增热和地面能量平衡的修正量。将城市冠层影响引入到城市中尺度模拟及其参数化的实施中，给出城市对局地气象影响方面的认识。Chen Fei<sup>[22,23]</sup>、Miao等<sup>[24]</sup>将WRF模式中的城市冠层模式（UCM）引入了城市冠层风速计算和人为热影响，并开展数值模拟研究，得出城市冠层模拟量比常规量与观测的一致性更好，对地表温度、屋顶/墙壁/道路温度等均有较合理的模拟。苗世光等<sup>[25]</sup>利用WRF/Noah/SLUCM模拟系统对北京城区局地暴雨过程的数值模拟及敏感性试验，分析了城市化热动力效应对边界层结构及降水的影响。

随着城市化的发展，城市气象学研究的意义和任务更加重大。城市对强天气的形成和生命史具有显著的影响。不少观测事实证明，天气尺度天气系统（如气旋、锋面）经过大城市时，特殊地形和城市下垫面粗糙度等动力、热力作用会影响天气的落区、强度和发生时间（见图1）。

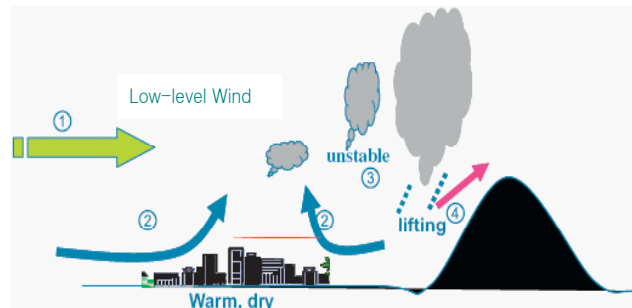


图1 地形、城市化对降水的影响示意图（引自[26]）

### 4.2 城市气象服务技术的支撑能力 (以北京为例)

城市气象服务技术支撑能力主要体现在城市高影响天气监测和城市精细预报、城市大气环境监测预报技术方法上。

#### (1) 城市高影响天气监测和精细预报

建立了高分辨率的中小尺度气象观测网和特种观测项目（微波辐射计、雷达风廓线仪地基GPS水汽监测等）。目前的气象观测网布局主要侧重灾害性天气系统的监测，围绕着各行业用户针对性的服务需求的专业专项气象监测能力存在明显不足。城区道面监测、电线积冰监测、能见度监测等需要纳入观测系统考虑。

研发了服务于大城市强天气预警业务的自动临近预报系统（BJ-ANC）和快速更新循环中尺度数值预报系统（BJ-RUC）。为城市精细预报、强天气临近预报和预警业务、城市安全运行和重大活动气象服务，以及专项、专业气象服务提供客观方法和技术支撑，发挥了十分重要的作用。开展了城市加密自动站降水量、GPS/PWV资料在数值天气预报变分同化中的应用<sup>[27]</sup>，探讨非常规探测资料对于初始湿度场和降水预报的影响。

#### (2) 城市大气环境监测预报与专项专业气象服务

建立了综合性区域大气成分观测网，酸雨、紫外线观测系统和气溶胶激光雷达观测等项目。建立了城市及周边区域空气质量数值预报系统、紫外线强度数值预报业务系统。开展城市边界层和大气环境移动观测，获取的观测数据用于研究局地环流、边界层结构特征以及城市地区大气污染成因研究。整合城市加密自动站气象观测、道面观测、卫星观测资料和数值预报产品，建立了用于道路交通安全保障的城市交通气象预报信息系统等，为城市专项、专业气象服务提供多种环境气象服务产品。

#### (3) 其他

开展城市气象灾害风险源调查，对暴雨、高温、雾和霾、雷电、冰雹、大风等城市灾害进行风险评估

与区划，为城市减灾防灾、重大活动气象服务提供科学依据。

开发应用城市街区模式，为城市规划提供依据。研发有毒气体扩散模式，并在应急、反恐气象服务提供决策信息方法。开展城市化对区域气候变化的影响研究，评价气候变化对城市人居环境的影响及适应对策研究。

## 5 未来发展思路和主要任务

未来几年大城市气象服务发展的总体思路（见图2）是以社会需求为牵引，以发展、促进天气学、中尺度气象学、城市气象学的学科发展为前提，加强城市综合气象观测业务系统建设和气象预报业务建设，面对城市发展新形势下的城市安全运行、防灾减灾、气候资源合理利用和应对气候变化的新需求，努力提升气象服务科技支撑能力，以保障经济社会可持续发展和人民福祉安康。

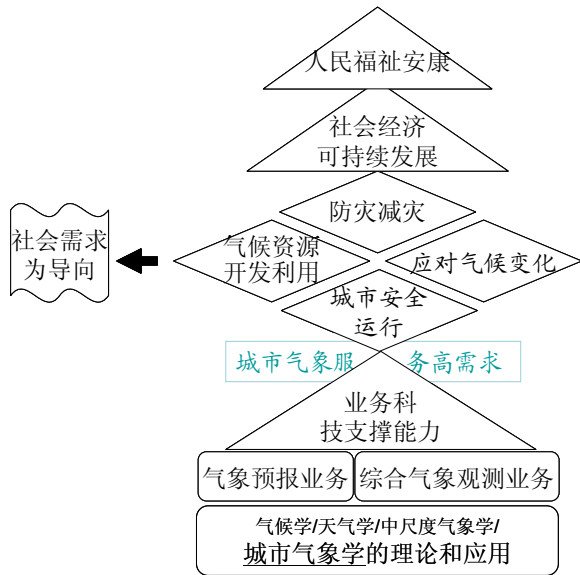


图2 大城市气象服务发展的思路框架

围绕城市气象综合观测业务系统和气象预报业务建设重点开展以下工作：城市气象综合观测系统建设、计算机与网络系统建设，开展无缝隙、精细化预报技术研发，提高城市灾害性天气监测、预报预警能力，满足城市（生命线系统）安全运行和应急气象保障需求。

需要在联合开展城市气象综合观测的基础上形成适合我国城市（群）的冠层、边界层理论和模型。深入开展城市气候效应、城市大气环境效应形成机理和理论模型研究，特别是需要开展城市环境效应与各尺度天气系统相互作用引发极端天气的机理和变化规律研究。

## 5.1 城市综合气象观测系统建设

为了揭示城市非线性、多时空尺度的影响、提高数值模式模拟和天气预报水平，推动城市气象学科发展，需要开展城市气象综合观测系统建设。

未来几年需要根据目前气象业务观测系统存在的探测类型、空间布局、时间密度、观测数据质量等存在的问题与不足，在充分利用已有地面观测台站、探空站、气象卫星、雷达观测网、区域中小尺度监测网的基础上，增建观测设施、拓展观测项目、增加时空密度、提高数据质量，建立固定与移动相结合的城市气象综合观测系统。加强城市高影响天气敏感区气象观测网站建设。完善城市大气环境监测系统。

## 5.2 城市群复杂下垫面边界层过程的精细数值预报模式关键技术研究

建立典型城市和城市群下垫面参数数据集，开展城市地表能量平衡与边界层特征的观测分析。

发展、建立城市（群）精细数值预报系统（见图3），重点是改进或发展适用于中尺度数值模式的城市冠层模式和边界层方案。通过城市群精细数值预报系统的改进与应用，提高现有数值预报业务模式对城市局地环流的模拟能力，提高近地面要素预报准确性，为城市气象环境气象服务和突发环境事件应急响应提供应用方法。

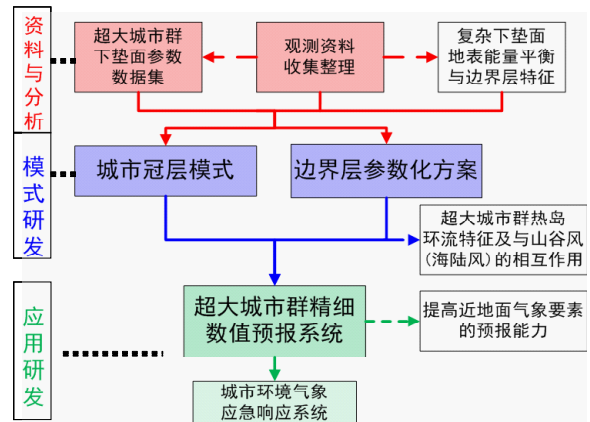


图3 城市（群）精细数值预报系统总体架构图

发展建立城市环境大气污染预测模式。考虑城市大气环境多尺度特征，陆面过程、边界层动力热力及其相互作用的复杂结构，如“城市热岛”效应、建筑群粗糙度、城市特殊下垫面的能量、水平平衡，湍流混合等，深入研究城市大气的物理、化学过程的耦合作用。充分考虑特定天气背景下、城市边界层污染物的扩散、传输及化学反应等综合作用过程，采用城市边界层加密观测资料开展四维同化研究，开展城市大气环境预测和评价。

### 5.3 提高城市精细天气预报水平

建立与快速更新循环同化中尺度数值预报系统相融合的无缝隙天气预报技术方法, 满足城市精细天气预报和城市气象服务的需求。

改进和优化稠密资料同化系统, 建立边界层四维热力和动力气象分析场, 为研究城市地区强对流天气系统特征和触发机制提供中小尺度精细气象要素及物理参量的分析工具。

有效利用数值模式系统与综合观测资料, 研究城市边界层大气结构及热动力演变特征, 城市(群)边界层中尺度环流(海陆风、山谷风、城市热岛)结构、演变特征及相互作用机制, 揭示城市(群)非均匀复杂下垫面对天气系统演变过程的影响、对局地(区域)天气的影响, 气溶胶对城市群地区降水的影响。提高对城市地区高影响天气的预报预警能力, 为政府决策部门、城市生命线安全运行(水务防汛、交通路政、电力、供热等)气象服务, 以及突发公共安全事件应急保障提供科学支持。

### 5.4 专项专业气象服务

针对大城市专项专业气象服务发展的需求, 建立、发展基于GIS的城市交通气象预报服务系统; 开展极端天气气候对电网设施影响和预报预警技术研究, 建立城市用电安全气象保障服务系统; 研究城市生活气象指数预报方法, 开展与居民健康生活和出行有关的城市生活气象指数预报, 为城市居民提供实用服务信息; 建立专业气象服务产品制作系统和发布系统, 提高专业气象服务能力。

基于城市精细地理信息系统、社会经济指标等开展城市气象灾害风险和损失评估及技术方法研究, 开展城市气象风险评估与区划工作。开展气候区划、气候影响评估。开展城市化对区域(或全球气候变化)影响评估、气候变化对宜居城市(环境、水资源、人体健康等)的影响研究。满足城市规划、旅游、建筑、保险等行业的新需求, 为城市环境保护、应对气候变化和气候资源开发利用提供科学依据。

致谢: 苗世光、曹伟华、陈明轩、刘伟东等同志为本文撰写提供了大量素材, 在此表示感谢!

#### 参考文献

- [1] 李善同. 十二五时期至2030年我国经济增长前景展望. 经济研究参考, 2010, (43): 2-26.
- [2] 毛其智. 中国城市发展现状及展望. 战略与决策研究, 2009, 24 (4): 378-384.
- [3] 徐祥德, 汤绪, 等. 城市化环境气象学引论. 北京: 气象出版社, 2002: 13.
- [4] Lowry W P, Proc Hung-Amer, Bilateral S G. Charact. Urban develop., Budapest, 1978: 231-251.
- [5] 王迎春, 郑大玮, 李青春. 城市气象灾害. 北京: 气象出版社, 2009: 2-3.

- [6] 蒋维楣, 苗世光, 张宁, 等. 城市气象与边界层数值模拟研究. 地球科学进展, 2010, 25(5): 463-473.
- [7] Allwine K J, Shinn J H, Streit G E. Overview of URBAN 2000: A multiscale field study of dispersion through an urban environment. Bulletin of the American Meteorological Society, 2002, 83: 521-536.
- [8] Fisher B, Kukkonen J, Piringer M, et al. Meteorology applied to urban air pollution problems: concepts from COST 715. Atmos. Chem. Phys, 2006, 6: 555-564..
- [9] Craig K J, Bornstein R D. Urbanization of numerical mesoscale models. Proceedings of the 2001 International Symposium on Environmental Hydraulics. 2001, ISEH and IAHR.
- [10] Mestayer P G, Durand P, Augustin P. The urban boundary-layer field campaign in Marseille(UBL/CLU- ESCOMPTE): Set-up and first results. Boundary-Layer Meteorology, 2005, 114: 315-365.
- [11] Oke T R, Sproken-Smith R A, Jauregui E, et al. The energy balance of central Mexico City during the dry season. Atmospheric Environment, 1999, 33: 3919-3930.
- [12] Kanda M, Moriwaki R, Roth M, et al. Area-averaged sensible heat flux and a new method to determine zero-plane displacement length over an urban surface using scintillometry. Boundary-Layer Meteorology, 2002, 105: 177-193.
- [13] Rotach M W, Vogt R, Bernhofer C, et al. BUBBLE an urban boundary layer meteorology project. Theoretical and Applied Climatology, 2004: 10.1007/s00704-004-0117-9.
- [14] 徐祥德, 周丽, 周秀骥, 等. 城市环境大气重污染过程周边源影响城. 中国科学D辑(地球科学), 2004, 34(10): 958-966.
- [15] 徐祥德, 周秀骥, 施晓晖. 中国科学D辑(地球科学), 2005, 35 (增刊 I): 1-19.
- [16] 张美报, 胡非, 邹捍, 等. 大气边界层物理与大气环境过程研究进展. 大气科学, 2008, 32(4): 923-934.
- [17] 刘罡, 孙鉴泞, 蒋维楣, 等. 城市大气边界层的综合观测研究-实验介绍与近地层微气象特征分析. 中国科技大学学报, 2009, 39(1): 23-32.
- [18] 蒋维楣, 王咏薇, 张宁. 城市陆面过程与边界层结构研究. 地球科学进展, 2009, 24(4): 411-419.
- [19] 王咏薇, 蒋维楣, 刘红年. 大气数值模式中城市效应参数化方案研究进展. 地球科学进展, 2008, 23(4): 371-381.
- [20] Brown M J. Urban parameterizations for meteorological models// Mesoscale Atmospheric Dispersion. Boston: WIT Press, 2000.
- [21] Brown M J, Williams M. An urban canopy parameterization for mesoscale meteorological models// 2<sup>nd</sup> Urban Environment Symposium, Albuquerque, New Mexico. American Meteorological Society, 1998: LA-UR-98-3831.
- [22] Chen F, Kusaka H, Tewari M, Bao J W, Hirakuchi H. Utilizing the coupled WRF/LSM/Urban modeling system with detailed urban classification to simulate the urban island phenomena over Greater Houston area. Fifth conference on urban environment, Vancouver, BC, Canada: Amer.meteor/Soc., CD-ROM, 2004: 9.11.
- [23] Chen F, Tewari M, Kusaka M, Warner T T. Current status of urban modeling in the community weather research and forecast (WRF) model. Joint with sixth symposium on the urban environment and AMS Forum: Managing our physical and NATURAL resources: Successes and Challenges, Atlanta, GA, USA: Amer.meteor.Soc., CD-ROM, 2006: J1.4.
- [24] 苗世光, Chen Fei, 李青春, 等. 北京城市化对夏季大气边界层结构及降水的月平均影响. 地球物理学报, 2010, 53(7): 1580-1593.
- [25] Miao Shiguang, Chen Fei, Qingchun Li, Shuiyong Fan. Impacts of urban processes and urbanization on summer precipitation: A case study of heavy rainfall in Beijing on 1 Aug 2006. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 2011, 50(4): 806-825.
- [26] Lin C Y, Chen W C, Liu S C, Liou Y A, Liu G R, Lin T H. Numerical study of the impact of urbanization on the precipitation over Taiwan. Atmospheric Environment, 2008, 42: 2934-2947.
- [27] 陈敏, 仲季芹, 郑祥芳. 北京地区一次强降水过程的多种观测资料四维变分同化试验. 北京大学学报(自然科学版), 2008, 44(5): 756-764.

(下转34页)

# Research Advances and Assessment Review on Agroclimatic Resource Divisions in China

Liu Jingmiao<sup>1,2</sup>, Ding Yuguo<sup>3</sup>, Shen Hongyan<sup>3,4</sup>

(1 Institute of Atmospheric Environment, China Meteorological Administration, Shenyang 110001

2 Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081 3 Jiangsu Key Laboratory of Meteorological

Disaster, NUIST, Nanjing 210044 4 Climatic Center of Qing Hai Province Meteorology Office, Xining 810001)

**Abstract:** Based on the review of researches on agroclimatic resource divisions in recent decades, the classical division methods and their defects are assessed. The current new techniques such as statistical numerical method, GIS, RS, GPS techniques, etc. are described with examples as in the Appendix. The key issues related to the agroclimatic resource divisions that need studying in great depth are discussed. The first issue which needs resolving is a scientific selection of index system of division that combines climate physics with crop biological mechanism. Using the advanced numerical division method, refinement of the agroclimatic resource divisions can be achieved with the aid of remote sensing and information techniques typically represented by GIS, RS, GPS.

**Key words:** Agroclimatic resource division, classical division methods, numerically statistical division method, GIS, RS, GPS information techniques

(上接29页)

# Key Scientific and Technological Problems Study on Metropolitan Weather Services

Xie Pu<sup>1</sup>, Li Qingchun<sup>2</sup>, Liang Xudong<sup>2</sup>

(1 Beijing Meteorological Bureau, Beijing 100089 2 Institute of Urban Meteorology, China Meteorological Administration, Beijing 100089)

**Abstract:** In recent years, rapid urbanization with accompanying environment stress, adverse environment effects, and urban disaster risk has been increasing persistently. In the context of global warming, extreme weather events occur more frequently. The weather services in the city are imminently expected due to city security, disaster reduction, socio-political and economic activities, ecological environment protection, sustainable development and climate change. Based on the fact that rapid urbanization has significant effects on environment, climate and meteorological disasters, this article demonstrates the urbanization impact on weather, climate and meteorological disasters in cities. The key technological problems for improving meteorological service ability are also discussed through investigations and analyses of forecasting services demand. A review of urban meteorological theoretical research and an analysis of forecasting technologies ability are made.

Finally, the development vision and key tasks on future weather forecasting services for metropolis are proposed.

**Key words:** urbanization, boundary layer, refined forecast, urban weather services

## 下期要目

- ◆ 亚洲-太平洋涛动研究进展
- ◆ 气候变化对农业生产的影响及其适应
- ◆ 暴雨洪涝预报研究的若干进展
- ◆ 黄土高原气候环境演变研究进展
- ◆ 英国气象服务