

广州城市大气环境监测系统建设的探讨

常越^{1,2} 许建明² 何金海²

(1. 广州市气象局, 广州 510080; 2. 南京信息工程大学大气科学系, 南京 210044)

摘要:根据 WMO 城市气象观测指南, 在充分考虑广州城市结构和局地气候特征的基础上, 针对广州高温高湿的天气特征, 利用现有大气探测体系, 结合广州实际情况和气象部门特点, 提出建立一套布局合理、密度适宜、技术先进的城市大气环境监测系统, 试图实现城市大气环境的预报预警服务。

关键词:城市气象; 大气观测; 预报预警

1 问题的提出

进入 21 世纪, 我国的城市化已进入高速发展阶段。这种快速增长势头将持续较长时间。城市在我国的国民经济和社会发展中占有举足轻重的地位。目前, 中国工业总产出的 50%、国内生产总值的 70%、国家税收的 80%、第三产业增加值的 85%、高等教育和科研力量的 90% 以上都集中在城市。如此迅速的城市化进程, 必将对我国脆弱的生态环境构成更大冲击, 巨大的人口压力, 日益紧缺的资源 and 环境质量的恶化, 已成为我国城市发展的重要制约因素^[1]。

城市气候是一种有别于乡野山村的独特气候。它是在区域气候背景上, 经城市化作用和人类活动影响而形成的一种局地气候, 其机理、特征和变化趋势的研究, 对城市的规划发展和人们的日常生活日益重要^[2]。在城市区域, 工业、交通和人类活动高度集中, 其下垫面主要被混凝土和沥青所覆盖; 主要表现为高大密集的建筑楼群和纵横交错的道路、立交桥。城市特殊的下垫面性质和人类活动改变了近地层的蒸发、空气湿度结构和地表反照率分布等特征, 使其热传导和热容量增大。高大的建筑楼群增大了城市动力粗糙度, 使城区的地表风速减小、湍流加强, 形成城市大气边界层特殊的动力热力特征, 与郊区自然状况存在显著差异^[3]。受地理环境、工业布局、能源结构等因素影响, 不同城市的大气环境特征存在显著差异, 其地方特性日益突出; 社会经济的发展又使多个城市相互联系相互作用, 构成城市群落或都市带, 从而影响区域的大气辐射平衡及能量循环过程^[4]。

由此可见, 城市大气边界层是涉及物理、化学、

生物等多过程的复杂耦合体系^[5], 直接影响社会经济的发展, 其研究工作需要大量高时空分辨率的气象资料。观测研究一直是城市大气环境研究的重点内容, 建立适应地方社会经济的城市气象观测网络, 对于研究局地城市气候特征、实现城市大气环境的预报预警至关重要, 是深入研究城市大气边界层结构特征及其变化规律的基础。

20 世纪 50 年代至 70 年代, 城市大气外场观测主要研究城市气流的大尺度特征, 从气候学角度研究城市与农村气象条件之间的差异^[6-7]。70 年代以后, 随着大气探测技术的发展, 特别是系留气艇、风廓线仪、激光雷达等先进遥感设备的出现, 城市下垫面与大气之间的相互作用逐渐成为研究热点, 如城市近地层中湍流通量和湍流特征的观测^[8-9]。近几十年, 由于城市大气污染问题日益受到重视, 深入研究大气污染与气象条件之间的关系, 为气象模式及大气污染模式的改进和发展提供观测资料, 成为城市大气环境外场观测的重要内容, 各国相继在一些大城市开展了一系列大规模边界层观测试验, 如 70 年代在美国 St. Louis 开展的 METROMEX^[10] 试验; 90 年代中期在法国巴黎开展的 ECLAP^[11-12] 试验; 1994 年在希腊雅典开展的 MEDCAPHOT - TRACE 试验^[13-14], 近期在瑞士 Basel 开展的 BUBBLE 试验^[15]等。

我国从 20 世纪 80 年代开始研究城市边界层结构和城市大气污染问题, 先后在兰州、北京、广州等地进行了大气环境的观测及分析工作。国家科技部“973”项目(“首都北京及周边地区大气、水、土环境污染机理与调控原理”)以北京城郊南北剖面为主线, 采用卫星遥感和地面观测相结合的方法, 利用大气廓线仪、系留气艇、声雷达等先进的边界层探测设

收稿日期: 2006-04-19; 修订日期: 2006-05-08。

基金项目: 广东省自然科学基金(N0.0400391)资助。

作者简介: 常越, 女, 1972 年生, 工程师, 主要从事气象业务管理工作, E-mail: changx@tqxb.com.cn。

备,在2001年冬季实施了 BECAPEX^[8] 大气环境动力综合观测试验;为了进一步认识夏季边界层结构对大气污染的影响,2003年继续加强了奥运期间城市边界层研究,集中力量对奥运场馆附近的大气物理化学特征进行观测。BECAPEX 科学试验初步建立了城市边界层大气综合数据库,有关卫星遥感和地面观测相结合的技术为城市大气污染监测提供了重要思路,揭示了城市边界层动力化学结构及其变化规律^[16]。

城市大气环境综合观测系统是城市预警预报体系的重要组成部分。高时空分辨率和高质量的大气观测资料对于气象预报、城市建设、交通通信、防灾减灾等工作具有重要意义。但目前其建设工作尚有一定困难,原因在于城区的气流结构、辐射变化、废热废气等因素,使站点的设置和仪器安装不能与常规的气象观测规范标准一致,这就需要建立一套适应局地气候特点的探测网络和预报预警服务系统。

2 WMO(世界气象组织)城市气象观测指南

气象探测是对地球表面一定范围内的气象状况及其变化过程进行系统、连续地观察和测定,为天气预报、气候分析、气象服务等工作提供重要的科学基础资料。因此,必须具备代表性、准确性和可比较性。与常规观测相比,城市地区的气象观测具有很强的局地特殊性,其非均匀和高粗糙的下垫面增大了城市动力粗糙度,使城区地表风速减小、湍流加强,建筑群“狭管效应”可形成局地风灾,不渗水的道路和建筑材料取代天然的土壤与植物,改变了大气辐射平衡以及能量和水份循环过程,形成城市边界层特殊的动力热力特征,与传统均匀下垫面之上的大气边界层具有很大差别^[17]。

因此,WMO城市气象观测指南特别指出:

(1)为保证城市地区有意义的观测,必须注意到城市具有独特的某种原理和概念,以便人们应用这些原理和概念在城区特别环境下,以巧妙的方式进行观测,原有的硬性规则几乎没有多少可用性。在城区,有时需要接受在非标准地表和非标准高度,分别在两处或多处或者在靠近建筑物和废、热排放处进行观测。

(2)设定城市观测站的2个目的是:希望在站点得到通常有代表性的气候、气象环境资料;希望提供实际应用需要的资料。

对上述2种情况,必须定义各自的时间和空间尺度;它们的站点设置和仪器安置应根据各自目标设计。

3 广州城市大气环境监测系统建设的探讨

3.1 广州城市大气环境的现状

城市的大气环境受周边大地形影响。另外,即便在相同的气象条件下,局地建筑群结构亦是不可忽视的因素。因此,城市大气观测方案的设计必须根据其物理化学耦合机理,结合城市区域气候特征、建筑群布局 and 周边大地形,建设具有本地特色的城市大气探测网络。正如中国气象局的有关领导所指出:城市大气监测系统环境建设的内容应包括增加观测站数量和观测内容,尤其需要增加遥测自动站数量和遥测项目,结合天气雷达和气象卫星等遥测手段建立综合立体监测网。

广州地处珠江三角洲北缘,广东省中南部,地势东北—西南向倾斜。近年来,广州社会经济发展较快,全市国民生产总值在全国排在前列。与此同时,经济发展和人口增加促使城区规模迅速扩大,与经济快速发展相伴随的是城市气候的变化和局地性气候特征的日益凸显。过去20年间,广州城市经历了迅速发展,城市功能、综合实力以及城市形态与环境面貌等都发生了巨大变化,城市下垫面状况亦更加复杂,并且在某些方面改变了城市气候特征,如粗糙度的增加对边界层结构的影响;地表覆盖的改变对长波辐射的效应等。城市的快速发展使得人们对城市生产、生活质量和居住环境提出了更高要求,在当前倡导人与自然和谐发展的主题下,在大力实施社会经济全面可持续发展的背景下,应充分考虑城市建设与局地气候的相互关系。

广州城市目前主要受暴雨、高温、霾雾、雷电这4种灾害性天气影响。近几年,随着广州新一代天气雷达和城市自动气象站的投入使用,天气预报预警的准确率有了一定程度的提高,但政府和公众对气象预报的要求日益提高,对日常天气预报“定时、定点、定量”的要求也更加迫切,这正是目前气象部门面临的一大课题。为了做好这项工作,更好地满足政府和社会对气象预报服务的各种需求,广州市迫切需要加强气象基础设施建设,以获取更多、更全面的气象信息资料,用于气象监测和预报服务工作。

随着广州社会经济的快速发展,市民的生活水平有了相当程度的提高,但城市热岛效应和温室气体排放使区域气候变暖愈加明显,导致高温日数增加和强对流、干旱等极端天气气候事件增多和海平面上升等现象。

根据广州市农业气象中心的统计资料分析,在过去50a(1955~2005年)中,广州市区温度平均每年上升0.02℃,约为全球气温变化的2.5倍;近5a

广州平均温度 22.8 ℃, 相比 50 a 前平均升温 0.8 ℃。广州市区温度的上升是城市热岛效应和全球气候变化共同作用的结果, 为了在广州的城市建设和政策法规制定过程中充分考虑上述因素, 必须在郊外合适地点建立城市气候本底站, 对广州市的城市热岛和气候环境变化进行持续的监测和评估。

城市化和工业化对广州城市产生的另一个负面影响是大气能见度不断下降, 城市建筑物的增加和冷空气活动次数的减少, 使广州城市上空大气逆温层加强、风速减小, 致使灰霾和大雾日数增加, 严重影响了居民生活和交通安全。根据气象统计数据, 2002 年广州灰霾和雾出现的日数为 85 d; 2003 年则上升到 98 d, 主要发生在 10 月至次年 3 月, 例如 2003 年 11 月的强灰霾天气使广州上空被大量气溶胶所覆盖, 大气能见度极差, 政府、媒体和百姓都很关注; 又如 2005 年 2 月 18 日, 广州由于大雾弥漫, 导致近 2 万辆机动车受阻, 广佛高速公路发生绵延 15.7 km 的大塞车现象。

气候和大气能见度、大气雾霾的监测预测一直是气象部门的工作职责。针对上述日趋恶化的自然现象, 为了把广州建设成为既适宜经济高速发展又适宜生活居住的城市, 目前迫切需要建立自动连续监测能见度、城市热岛和大气边界层结构的设施系统, 对观测数据进行质量控制和综合分析, 并结合数值模拟技术为政府决策和制定地方法规提供科学依据。

针对广州高温高湿的天气特征, 应在现有大气探测体系基础之上, 结合广州实际情况和气象部门特点, 应建立一套布局合理、密度适宜、技术先进的城市大气环境监测系统, 迅速获取基本城市气象观测资料, 并相应制定先进、实用、简便的城市气象观测规范, 满足可操作性原则, 作为对现有气象观测业务的补充。

围绕上述目标和任务, 本文根据 WMO 城市气象观测指南, 充分考虑了广州城市结构和局地气候特征, 借鉴国内外先进的探测技术和有关成果, 设计广州城市大气环境三维综合观测方案, 内容包括城市大气霾雾监测、城市雨情监测、城市热岛监测、城市雷电监测等。该方案基于现有的常规地面气象观测网和车载移动监测工具, 采用先进的边界层观测仪器如大气廓线仪、声雷达、激光雷达、系留气艇、超声风温仪、近地层微气象梯度观测系统、不同楼层上的大气污染物自动观测设备等, 将地面观测和卫星遥感相结合, 目的在于进一步揭示广州边界层的动力热力特征及其变化规律, 完善城市防灾减灾和预

警预报系统, 为各种模式调试试验提供科学依据, 进而推动相关理论的深入研究。

3.2 系统建设的构成

广州城市气象建设期望达到如下目标。

3.2.1 建立一个自动化程度高的大气立体监测网, 实现每个街镇和重点地区的降水、温度和风监测, 改变广州无高空气象观测现状, 自动获取逐小时高空资料, 提高广州市灾害性、转折性天气的监测能力, 使灾害性天气预警区域和农业气象服务细化到各区各镇; 建立移动气象观测系统, 提高对重大活动以及有毒气体泄漏等突发事件的气象服务能力。

3.2.2 建立广州市大气能见度和雾霾天气的自动监测网, 获取 24 h 连续观测资料, 通过对资料的分析研究, 掌握本地大气雾霾的分布特征和演变规律, 实现广州大气能见度和雾霾天气的预报预警业务。

3.2.3 建立广州市雷电监测网, 获取覆盖整个广州市上空闪电的时间、位置、强度、极性等信息资料, 达到开展广州市雷暴预警业务的目的。利用雷电监测资料, 提高灾害天气的预警预报能力, 并通过资料共享协助相关部门进行安全生产事故和森林火灾起因的调查工作。

3.2.4 实现广州城市气候变化的连续观测, 获取广州城市气候变化的基础性数据, 为政府制定城建规划和政策法规提供决策依据。通过评估广州区域太阳能和风能资源, 校准广州区域各类卫星遥感资料, 发挥其在区域气候监测预测、气候资源利用等方面的综合功能。

3.2.5 建立广州市气象信息采集通信网络, 实现本地各类大气探测设备资料的采集、存储及向预警中心的高速传输; 建成广州市气象资料库, 确保气象资料作为海量环境资源永久保存、检索方便。

3.2.6 建立和完善广州城市高密度的灾害性天气预报预警业务系统, 进一步完善气象信息服务网络; 加强气象预警信号在电视、广播等公共媒体上的宣传和发布工作, 利用手机短信、固话短信等方式, 将天气预报、灾害性天气预警和农业气象情报预报及时直接通知到各级领导和有关人员。

我们相信, 随着广州市大气环境监测系统的发展和完善, 必定能够提高气象部门对极端天气的预警预报能力, 从而为广州的社会经济发展和城市建设提供气象服务保障。

参考文献

- [1] 梁重光, 梁本凡, 中国城市经济创新透视[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2002: 2-5.
- [2] 周淑贞, 束炯, 城市气候学[M]. 北京: 气象出版社,

- 1994:19-22.
- [3] 徐祥德,汤绪,城市化环境气象学引论[M].北京:气象出版社,2002:2-6.
- [4] 周秀骥.长江三角洲低层大气与生态系统相互作用研究[M].北京:气象出版社,2004:85-102.
- [5] 雷孝恩,张美根,韩志伟.大气污染数值预报基础和模式[M].北京:气象出版社,1998:34-59.
- [6] 严济远,徐家良.上海气候[M].北京:气象出版社,1996:4-10.
- [7] 黄增明.广州都市气候[M].北京:气象出版社,1994:13-16.
- [8] Tillman J E. The indirect determination of stability, heat and momentum fluxes in the atmospheric boundary layer from simple scalar variables during dry unstable conditions[J]. Journal of Applied Meteorology, 1972, 783-792.
- [9] 徐玉貌,周朝辅,李振华,等.广州近地层大气的湍流微结构和谐特征[J].大气科学,1993,17(3):338-348.
- [10] Changnon S A. METROMEX: A review and summary, Meteorological Monographs[M]. American Meteorological Society, Boston, 1981, 2-5.
- [11] Dupont E, Carissimo B, Pelon J, et al. Comparison between the atmospheric boundary layer in Paris and its rural suburbs during the ECLAP experiment [J]. Atmospheric Environment, 1999, 33(6):979-994.
- [12] Menut L, Flamant C, Pelon J, et al. Urban boundary layer height determination from lidar measurements over the Paris area[J]. Applied Optics, 1999, 38:945-954.
- [13] Svensson G. A numerical model for chemical and meteorological processes in atmospheric boundary layer, Part 2: a case study of air quality simulation in Athens, Greece [J]. Journal of Applied Meteorology, 1995, 35: 955-973.
- [14] Svensson G. Model simulation of air quality in Athens Greece during the MEDCAPHOT - TRACE campaign [J]. Atmospheric Environment, 1998, 32:2239-2268.
- [15] Rotach M W. Overview on the Basel urban boundary layer experiment - BUBBLE[C]. Proceedings of the AMS 4th symposium on the urban environment, Norfolk VA, 2002.
- [16] 徐祥德,卞林根,丁国安,等.城市大气环境观测工程技术 with 原理[M].北京:气象出版社,2003:3-9.
- [17] 徐祥德.城市化环境大气污染模型动力学问题[J].应用气象学报,2002,13(增刊):1-12.

Discussion on an urban atmospheric environment monitoring system in Guangzhou

CHANG Yue XU Jianming HE Jinhai

(1. Guangzhou Meteorological Bureau, Guangzhou 510000;

2. Department of Atmospheric Science, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044)

Abstract: According to the urban meteorological observation manual of WMO, an urban atmosphere monitoring system was put forward with sound distribution, fitting density and advanced technique based on the current atmospheric sounding system, considering the urban structure and local climate characteristics in Guangzhou. Corresponding criteria of urban meteorological monitoring system were also established in order to forecast and alert the urgent events of urban atmospheric environment.

Key words: Urban meteorology; Atmospheric observation; Alarm and forecast