

我国城市内涝灾害的影响因子及气象服务对策*

郭雪梅¹, 任国玉², 郭玉喜¹, 赵彩萍³

(1. 山西省气象局, 山西太原 030002; 2. 中国气象局气候研究开放实验室, 国家气候中心, 北京 100081; 3. 太原市气象局, 山西太原 030002)

摘要:近年来, 一场暴雨导致某座现代化大都市部分功能瘫痪、生命财产损失惨重的案例屡见不鲜。以山西为例, 通过分析认为城市化导致大城市降水量和强降水事件增多、城市规划和排水管网建设滞后、完善的城市内涝灾害气象服务体系尚未建立等是造成城市内涝灾害加重的主要原因, 并提出城市内涝气象服务对策建议。

关键词:城市内涝; 原因; 气象服务; 对策建议; 山西

中图分类号: X43; P333.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2008)02-0046-04

0 前言

城市暴雨内涝是指由于强降水或连续性降水超过城市排水能力致使城市内产生积水灾害的现象。内涝灾害发生时, 城市交通、网络、通信、水、电、气、暖等生命线工程系统瘫痪, 社会经济活动中断, 其灾害损失已远远大于因建筑物和物资破坏所引起的直接经济损失。

2004年7月10日, 北京遭遇特大暴雨的袭击, 造成40多处严重积水, 21处严重堵车, 其中有8个立交桥交通发生瘫痪; 2005年8月16日早晨, 太原市区出现28.2 mm/h的强降雨, 位于市区南郊的观象台06:00~10:00时4h之内降水量52.3 mm, 而位于市中心新建路自动站测到06:00~10:00时4h内的降水量高达105.0 mm, 造成中心城区多条主干道平均积水深度40 cm, 最深积水2 m, 交通瘫痪数小时; 2005年8月28日15:30, 河北省邢台市遭遇一场大暴雨, 造成道路排水不畅, 城市内涝, 给市民出行带来不便, 部分汽车被困在积水的道路中; 2007年7月18日17:00左右, 山东省济南市及其周边地区遭受特大暴雨袭击, 低洼地区积水, 部分地区受灾, 大部分路段交通瘫痪, 造成重大生命财产损失。

城市快速发展, 增加了内涝灾害发生的频率,

内涝灾害损失也以前所未有的速度增长。城市对内涝及其衍生灾害的脆弱性越来越明显, 对气象服务工作提出了更高的要求。本文以山西为例, 通过分析城市暴雨内涝灾害影响因子, 为制定避免风险或削减风险的对策提供科学依据, 进而提出城市内涝气象服务的对策建议。

1 城市内涝的主要影响因子

1.1 城市化导致大城市降水量和强降水事件增多

城市化正在改变大城市的气候。大城市对降水强度和降水量分布有影响, 在都市区及其下风方向有降水强度加大、降水量增多的效应^[1]。

通过比较山西省1960~2004年16个城市站与21个乡村站区域平均降水量的变化, 对山西省降水量受城市化影响的特点进行了分析^[2]。图1为1960~2004年月降水量变化速率柱形图。可以看出, 尽管城市和乡村两类台站6月降水量均明显增加, 但城市站比乡村站降水量增加得快。8、9月两类台站降水量均呈减少趋势, 但减少速率有显著差异, 城市站比乡村站降水量减少得慢。在1960~2004年期间, 城市站与乡村站降水量趋势差的月变化(图2)也表明, 城市站与乡村站的差除5月、11月为负值外, 其余月份都为正值, 即城市站相对于乡村站在多数月份降水量呈增加趋势, 尤以夏季的8月增加最为明显。

* 收稿日期: 2007-09-21

基金项目: 山西省气象局2006年度重点课题“太原市涝涝监测预警系统”(0605)

作者简介: 郭雪梅(1972-), 女, 山西吕梁市人, 高级工程师, 硕士, 主要从事区域气候变化和气象科技服务方面的工作。

E-mail: guoxm72@126.com

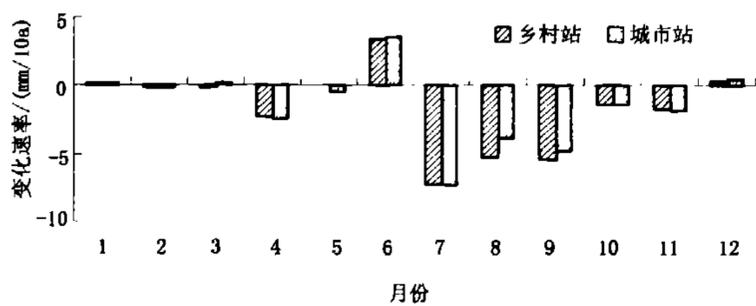


图1 1960~2004年山西省城市站与乡村站平均降水量的月变化趋势

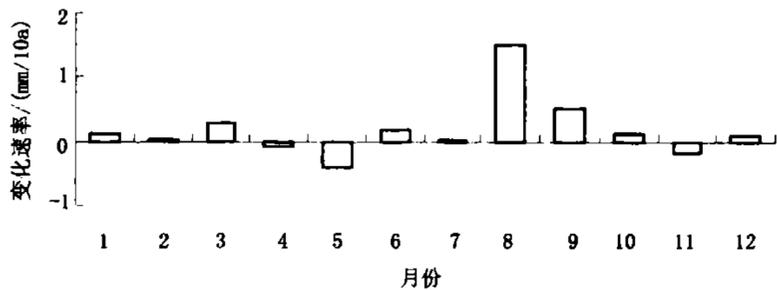


图2 1960~2004年山西省城市站与乡村站平均降水量月变化趋势差值

有研究表明,1960年代以来华北降水量虽然在持续减少^[3-5],但北京地区在1961~2000年间城区<10 mm的降雨日数比郊区少603 d,而>50 mm的降水日数城市却略多于郊区^[6]。北京、石家庄等城市市区附近的降水量相对于偏远郊区也呈增加趋势^[7]。周淑贞等^[8]对广州的降水量研究也表明:城市对降水的影响主要表现在盛夏的对流性降水。

造成城市降水与郊区不同的机制是多方面的。城市由于热岛效应,使空气层结不稳定,城市上空的空气对流发展旺盛,城区和郊区湿度差也逐渐增大^[9,10],容易产生强对流天气,有利于形成对流云和对流性降水,包括各种强度的强降水和暴雨事件。城市的建筑物导致城市下垫面粗糙度增大,引起机械湍流,而且对移动滞缓的降水系统有阻滞效应,使其移动速度减慢,因而导致城区的降水强度增大,降水的时间延长。建筑群还使城区的平均风速减小^[11,12],静止的空气使得湿空气在城区堆积,夏天的雷雨变得更加猛烈^[13]。另外,排放到大气中的污染物中如果含有特别大的水溶性颗粒物,这些大颗粒物可能也会诱发降水过程^[1]。因此,城市化产生了更多的大城市,而大城市特殊的下垫面和人为热排放等可使局地对流性降水增多,降水总量和降水强度增大,从而加剧城市内涝灾害。

1.2 城市发展迅速,城市规划和排水管网建设滞后

近年来我国城市建筑规模不断扩大,原有的绿地、农田变成了高楼大厦或道路,以屋顶、道路及各种铺装型式出现的不透水区域持续扩张,极大地改变城区降水的人渗过程。降水没有了渗透,使暴

雨产生的地面径流增大^[14],加重了排水压力。

在快速的城市化过程中,城市规划的科学性还需要不断提高。各种城市功能区域和建筑的布局,对城市暴雨和防洪问题的重视需要增强。城市规划要考虑当地特殊的地理条件和气候特点,还要预见未来气候和环境的可能变化。例如,太原市东、西、北三面环山,市区位于中南部的汾河冲积扇平原上。东西两侧沟壑纵横,有大小20余条山洪沟谷横穿城市,注入汾河。城区地势低洼,地形平缓,排水不畅,遇暴雨或连续强降水时,极易形成内涝灾害^[15];济南市交通干道呈网格状分布,大多数为东西、南北走向,而济南的地势南高北低,发生强降水水时,这些南北向的通道成了引导南部山区洪水抵达市中心的行洪干渠,增加了市区的水流量和内涝风险^[16,17]。

近年建的城市立交桥对强降水引起的内涝和积水等问题缺乏充分考虑。对太原市1995~2006年25个内涝灾害个例的分析发现,当1 h降雨量达5 mm以上时,在无排水管网的立交桥下就会出现影响交通的积水;当降水强度达15 mm/h以上,历时超过2 h,城区各立交桥将大范围积水,发生内涝灾害;即使是强度较小的普通暴雨,当12 h降水量达50 mm以上时,易积水区域发生中度积涝的可能也显著增大。

我国特别是华北地区许多城市现有的骨干排水系统是在老城区的基础上向外延伸修建的,老城改造以及相应的排水系统改造没有跟上。过去的城区面积小,只要将洪水排出城外即可,而目前城市建成区的面积已经远大于老城区,位于城市核心的相对古老的排水管网已纳入新城市排水系统中,但这些管网不仅不利于雨水排泄,有时反而将河水导入城市内部,形成倒灌。此外,随着多年来城市人口的迅速扩张,不少新建居民小区由于匆忙赶工,设计粗糙,并未按标准新建排水设施,而是接入原有的市政管线,加大了排水负荷;一些城市排水设施维护改造投入甚少,维护经费不落实、责任不明确,致使部分排水设施老化失修,许多排水管道长年没有清淤。这些也是造成城市内涝灾害日趋严重的原因^[18,19]。

1.3 完善的城市内涝灾害气象服务体系尚未建立

我国许多大城市的城市强降水与内涝气象服务体系建设还处于起步阶段。城市气象灾害监测预警和影响评价需要高密度的气象监测网络,以及基于观测的大量研究。但是,我国目前大多数大中城市地区的气象观测站点稀少,能够满足气

象灾害服务的观测网尚未形成；相关的研究工作也明显滞后；针对城市内涝等气象灾害的监测、信息加工处理和预警预报服务体系建设经费投入不足，中西部地区大中城市的气象服务体系建设捉襟见肘，城市内涝等气象灾害的预测和评价能力提升步伐较慢，城市抵御灾害的能力较弱。

气象灾害风险评价是城市内涝等灾害气象服务体系的组成部分，目前在城市发展规划中的作用还未得到充分认可和发挥。城市气候明显不同于乡村，市区和郊区气温和降水等气候要素的局地差异非常大；城市气候特别是城市气温和降水强度、降水量等也经历着显著的时间变化。当前我国的城市发展规划和城市建设对城市气候影响评价缺乏应有的重视，现有建筑和规划对城市市区内降水等气候要素时空变化特点很少给予考虑，这应该是造成城市内涝灾害损失严重的原因之一。

2 城市内涝气象服务对策

2.1 建立健全加密的城市气象监测网

目前，我国以城市气象服务为中心的中尺度、高密度自动监测网已经开始组建，针对城市热岛研究的梯度塔气象观测逐步开展，多普勒雷达、闪电定位仪等新型的监测设施也已逐渐投入业务运行，基于地理信息系统(GIS)的涝涝预报仿真模拟系统也逐步建立^[20]。省级中尺度灾害性天气监测网建设及城市气象科研、服务投入增加。所有这些为提高强降水预报准确率、建设和改善城市内涝气象服务手段奠定了基础。

利用中尺度数值预报产品、自动站网实况资料等观测信息，加强对强对流天气的跟踪监测和快速反应能力，结合城市地形、排水管网等GIS资料，进行地面径流和积水深度模拟，并尽最大可能准确及时地向城市居民发布暴雨临近预报、涝涝预警预报。这样政府部门和市民对暴雨影响都会有比较理性、动态的分析判断，有助于进一步采取有效的防范措施。

为了及时有效地发布城市内涝灾害信息，加强气象灾害预警发布平台建设十分必要。目前，国内气象灾害预警发布的渠道主要有：电视气象频道、报纸专版、气象网站、广播电台(气象节目)、气象短信平台、电话语音(121)和咨询热线。这些渠道大部分覆盖范围相对局限，受众群体相对固定。图3是山西省通信及媒体普及率与公众获取天气预报信息的媒体手段比较^[21]。可见，电视

是公众获取灾害天气预报信息的最重要渠道^[22]。由于多数暴雨有阵性强、历时短、发生在午后和傍晚等特点，电视渠道对于多数工作人员获取信息有局限性。充分利用手机和互联网等平台发布灾害信息非常重要。此外，还应当依靠当地政府协调，有效发挥多种现代媒体的作用，及时准确地将预警信息传递到相关部门和社会公众。

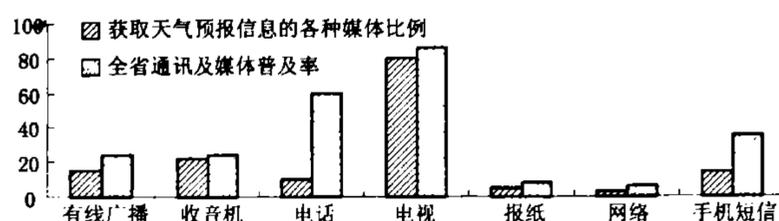


图3 公众获取天气预报信息的媒体传播手段

2.2 加强横向联系，建立联动的防灾减灾机制

以往气象灾害服务的明显不足是：与相关减灾部门之间的联系不够紧密，没有形成统一整体，往往是气象预报做出来了，但其他相关部门该采取的防范措施却没有及时跟上。如何更加充分发挥气象预警信息和应急预案在城市内涝等突发性公共事件处置当中的保障作用，建立健全各部门之间的联动机制，是今后亟待解决的重要问题。要进一步依托通信、网络等平台，联合各级政府和交通、城管、通信、水、电、气、暖等部门，建立多部门协同的应急平台，通过对暴雨、城市内涝等突发事件的预警、跟踪、通报督办、反馈等，使预防为主的应急机制融入有关部门的日常工作之中。

2006年1月8日，国务院发布《国家突发公共事件总体应急预案》，各省、市(地)、县(市)人民政府也制定了相应的地方应急预案，全国应急预案框架体系初步建立。各地《气象灾害防御条例》也纷纷出台。2006年的8月，中国气象局召开了全国气象应急管理的工作电视电话会议；2007年3月22日，中国气象局组织召开了气象应急管理工作座谈会，国防科工委等22个部委派员参加了会议。最近，中国气象局《气象防灾减灾“十一五”规划》也已制定完成。

气象科学研究与业务是防灾减灾的“尖兵”，在减灾中起着先导作用。气象应急管理在国家应急管理体系中正在发挥着越来越重要的作用，气象灾害防御工作逐步成为各级政府处置突发公共事件的主要内容。要以地方政府突发公共事件应急处置预案和部门重大灾害预警应急预案为指导，在已有气象灾害预警应急预案基础上，细化工作细则，达到把工作分类具体化、规范化，针对不同灾害现象和服务对象，以流程形式有效串联，

在总体原则下, 按照部门分工, 根据应急准备、应急响应、后期处置时间顺序处置管理具体事项。

2.3 城市规划和建设要充分重视城市气象评估工作

近 20 年世界各国对城市气象条件研究有了长足的进展, 并在城市规划、建设、能源、水资源等方面发挥重要作用。我国城市气象研究从 1982 年至今, 也取得了许多有意义的成果^[23]。

应以城市气象研究成果为依据, 建立科学的城市建设规划气候可行性评估与论证, 并给出定量结果及应对策略, 预防和减少城市内涝灾害发生, 将自然灾害可能造成的损失降到最低限度。城市规划与建设也要考虑城市化引起了未来气候变化, 特别是降水量和降水强度变化趋势, 采取措施适应和减轻由于更强降水造成的影响。在市区和下风方向城区要提高排水管网的设计标准; 要根据城市气象影响评估结果, 通过合理规划不同功能区的布局, 有效增加绿地和湖泊面积、增加地面透水率, 建设地下储水工程和调洪绿地公园等措施, 切实减少城市内涝灾害发生频率和灾害损失。

参考文献:

- [1] 徐祥德, 汤绪. 城市环境气象学引论[M]. 北京: 气象出版社, 2003.
- [2] 郭雪梅. 山西省近 45 年地面气候变化及其城市化影响研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2006.
- [3] 陆日宇. 华北夏季不同月份降水的年代际变化[J]. 高原气象, 1999, 18(4): 509-519.
- [4] 任国玉, 郭军, 徐铭志, 等. 近 50 年中国地面气候变化基本特征[J]. 气象学报, 2005, 63(6): 942-946.
- [5] 任国玉, 徐德应, 石广玉, 等. 人类活动在中国气候与环境演变中的作用[M]//秦大河, 丁一汇, 苏纪兰. 中国气候与环境演变(上卷), 第九卷. 北京: 科学出版社, 2004: 455-506.
- [6] 宋艳玲, 董文杰, 张尚印, 等. 北京市城、郊气候要素对比研究[J]. 干旱气象, 2003, 21(3): 63-68.
- [7] 刘月丽. 城市化对华北地区城市降水的影响[D]. 兰州: 兰州大学, 2006.
- [8] 周淑贞, 束炯. 城市气候学[M]. 北京: 气象出版社, 1994: 124-125, 224-339, 346, 352.
- [9] Landsberg H. E. City Climate [C]//World Survey of Climatology: General Climatology (Landsberg H. E. ed.) V.3 Elsevier, Amsterdam, 1981: 299-334.
- [10] Landsberg H. E. The Urban Climate [M]. New York: Academic Press, 1981: 275.
- [11] 王传琛, 刘际楹. 杭州城市气候[J]. 地理学报, 1982, 37(2): 164-173.
- [12] 周淑贞, 余碧霞. 上海城市对风速的影响[J]. 华东师范大学学报: 自然科学版, 1988, (3): 30-41.
- [13] Oke T. R. Boundary Layer Climates [M]. Methuen, London, 1978: 372.
- [14] 铁灵芝, 廖文根, 禹雪中. 国外减轻城市洪涝灾害新设施发展综述[J]. 自然灾害学报, 1995, 4(S0): 228-234.
- [15] 刘雪峰, 徐梦华. 城市化与太原市防洪规划实施研究[J]. 城市道桥与防洪, 2004, (3): 51-54.
- [16] 刘秋锋, 赵健, 康慕谊. 济南市城市扩展与城市暴雨洪灾[J]. 灾害学, 2005, 20(4): 39-42.
- [17] 周强, 张祖陆. 济南市城市洪涝灾害浅析[J]. 山东师范大学学报: 自然科学版, 2006, 21(1): 87-89.
- [18] 梁志勇, 何晓燕, 盛振东, 等. 洪水风险与国内外城市防洪规划实例[J]. 灾害学, 2002, 17(2): 57-61.
- [19] 刘俊, 郭亮辉, 张建涛, 等. 宁波市城市防洪能力分析与评价[J]. 灾害学, 2006, 21(4): 50-53.
- [20] 解以扬, 韩素芹, 由立宏, 等. 天津市暴雨内涝灾害风险分析[J]. 气象科学, 2004, 24(3): 342-349.
- [21] 山西省气象局. 山西省 2006 年新农村建设气象服务调研[R]. 2006.
- [22] 邹琳, 彭子舟, 邹武杰. 处置气象灾害中与电视媒体合作机制的思考[J]. 灾害学, 2007, 22(2): 137-140.
- [23] 吴正华. 我国城市气象服务的若干进展和未来发展[J]. 气象科技, 2001, (4): 1-5.

Influential Factors of City Water Logging and the Meteorological Service

Guo Xuemei¹, Ren Guoyu², Guo Yuxi¹ and Zhao Caiping³

(1. Shanxi Provincial Meteorological Bureau, Taiyuan 030002;

2. Laboratory for Climate Studies, China Meteorological Administration,

National Climate Center, Beijing 100081; 3. Taiyuan Meteorology Bureau, Taiyuan 030002)

Abstract: In recent years, the events of heavy rainfalls that result in the failure of some functions of modern metropolis and cause heavy loss of life and property are common occurrences. Taking Shanxi as an example, the analysis show that urbanization development leads to the increase of precipitation and strong rainfalls in big cities. Lag of city planning and construction of drainage network and shortage of perfect meteorological service system are the main reasons of the increase in flood disasters in city. In the paper, some suggestions of meteorological service for mitigating flood hazards in city are given.

Key words: water logging in city; causes; meteorological service; countermeasures; Shanxi