

北京“7·21”特大暴雨过程时空特征解析

尤焕苓^{1,2,3} 任国玉^{2*} 吴方^{1,3} 刘伟东¹ 杨萍⁴

(1 北京市气象局, 北京 100089; 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 中国气象局北京城市气象研究所, 北京 100089; 4 中国气象局气象干部培训学院, 北京 100081)

摘要 利用高密度自动站观测记录和长序列气象站观测资料, 对 2012 年 7 月 21 日北京地区特大暴雨过程的时空演化规律进行了分析。结果表明:“7·21”特大暴雨期间, 全市累积降雨量大于 100 mm 的站数达到 211 个, 占全部测站数的 92%, 96 个站累积雨量大于 200 mm, 12 个站大于 300 mm; 多数地区降雨时长超过 16 h, 密云大成子站降水时间最长, 达到 20 h, 强降雨时长在西南房山和门头沟最大; 最大小时雨强中心出现在东北和西南区域, 东北部最大雨强中心较突出; 平均雨强高值阶段出现在 21 日 18:00—21:00, 其中 19:00 雨强最大, 达到 22 mm/h, 但最大雨强在 70 mm/h 以上的高强度降雨发生在 21 日 13:00—14:00(门头沟龙泉站)和 19:00—22:00, 20:00—21:00 平谷挂甲峪站高达 100.3 mm/h; 城区及其附近地带 20 mm 以上量级的小时降雨强度较大, 同时傍晚阶段平均累积雨量增长速率快, 平均小时降水强度偏大; 房山站 21 日雨量位居 1961 年以来逐年最大日降水量第 2 位, 仅次于 1979 年 7 月 18 日降雨量, 而全市 15 站平均 21 日雨量打破了 1961 年以来的最大日降水量记录, 比处于第 2 位的 1963 年 8 月 9 日平均雨量高出 43 mm。

关键词 特大暴雨 累积雨量 降雨时长 降雨强度 城市热岛效应

引言

2012 年 7 月 21—22 日, 北京地区出现历史罕见的特大暴雨过程, 简称“7·21”特大暴雨。“7·21”特大暴雨始于 21 日上午 10:00, 结束于 22 日清晨 06:00, 持续近 20 h。在本次降雨过程中, 北京市大部分地区出现大暴雨到特大暴雨, 暴雨引发房山地区山洪暴发, 引起重大人员伤亡和经济损失。研究表明, 近 50 年北京不同量级的降水均呈下降趋势, 大雨和暴雨雨强减小趋势明显^[1], 暴雨或强降水日数总体表现为波动式的缓慢下降, 20 世纪 90 年代后期以来强降水事件发生频率和降水量减少尤其显著^[2]; 观测研究还表明, 近几十年北京市夏季降水发生了结构性调整, 短持续性降水的降水总量逐步增多, 而长持续性降水事件的降水总量却大幅减少^[3]。在这样的年代到多年代尺度气候变异背景下, 发生持续时间长、雨强大的“7·21”特大暴雨, 非同寻常。

深入分析、了解这场特大暴雨过程的时空演化规律及其成因, 是改进北京地区极端强降水预报技术的基础性工作。本文根据北京地区自动站和国家站地面观测记录, 对此次特大暴雨过程的时空演化规律进行了分析, 对其孕育和发生发展过程获得了比较清晰的认识。

1 资料和方法

资料包括北京地区 241 个自动气象站 2012 年 7 月 21 日 10:00 到 7 月 22 日 06:00 降水及 15 个常规气象站 1961 年 1 月至 2012 年 7 月日降水观测数据(图 1)。城区范围包括城 6 区(朝阳、海淀、丰台、石景山、东城、西城), 共有自动站 55 个, 常规站 4 个, 分别为朝阳、海淀、丰台和石景山站。房山区自动站 13 个, 常规站 2 个(房山站和霞云岭站)。15 个常规气象站长序列日降水资料经过严格质量控制, 241 个自动站降水资料经过质量检查和确认。

<http://www.qxkj.net.cn> 气象科技

国家公益性行业专项(GYHY201206012, GYHY201206031)资助

作者简介: 尤焕苓, 女, 1973 年生, 高级工程师, 主要从事应用气象及城市气象服务等研究, Email: you_hl@sina.cn

收稿日期: 2013 年 10 月 8 日; 定稿日期: 2014 年 3 月 10 日

* 通信作者, Email: guoyoo@cma.gov.cn

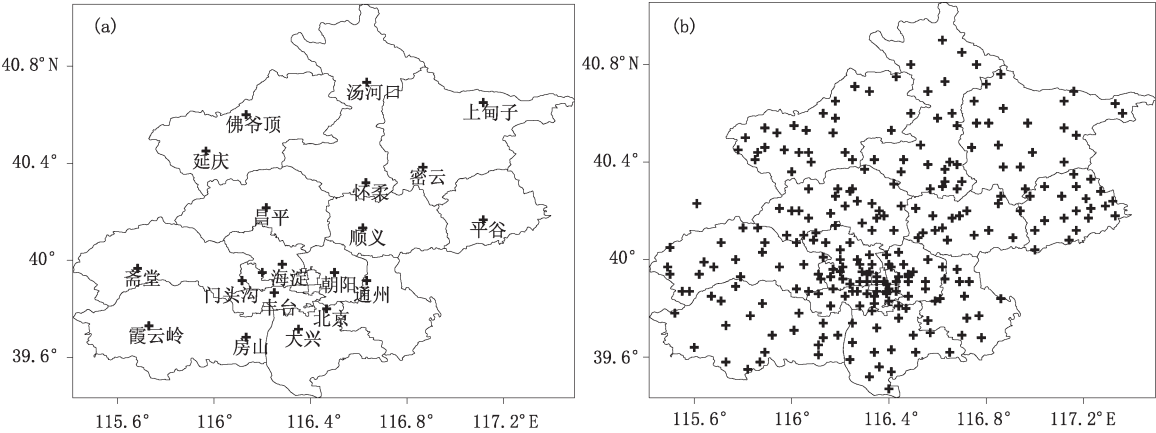


图 1 北京地区气象观测站分布:(a)常规观测气象站,(b)自动气象站

本文中的降水量为每小时大于等于 0.1 mm 的累积降水量,降水时长为降水持续过程的小时数,降水强度为单位时间(h)内的降水量。为了比较区域降水差异,分别统计分析了 2012 年 7 月 21 日 10:00 到 7 月 22 日 06:00 房山、北京城区和北京全市的面积平均小时雨量特征值,包括小时雨量、总雨量、降水时长和平均降水强度,绘制了单站和区域平均累积雨量时间演变曲线图以及平均逐时降雨量演变曲线图、特征时刻累积雨量等值线分布图、特征降水量的等时线分布图、不同强度降水时长等值线分布图等。门头沟区的龙泉站记录到本次降水过程最大降雨量,将其单独进行分析,并与各个区域平均序列进行比较。

此外,为了解本次降水过程的历史地位,还统计分析了 1961 年 1 月至 2012 年 7 月期间全市 15 个常规站平均和房山站逐年最大日降水量时间序列。

2 结果分析

2.1 降水量

图 2 表示不同区域范围内累积水量的时间演变过程。可以看出,北京地区降水时间始于 7 月 21 日 10:00 以后,房山地区开始最早,城区略晚;13:00—21:00 是各地区累积雨量迅速增长时期,此期间降雨量达到或超过总降雨量的 2/3;房山区平均降雨结束时间最早,在 22 日 01:00,龙泉站在 22 日 02:00 左右,城区平均大约在 22 日 03:00—04:00,到 22 日 06:00 全市降雨结束。整个降雨过程中,房山降雨量都明显高出城区,门头沟龙泉站降雨量在 21 日 13:00 以后一直显著高于房山区和城区,

18:00 以后与房山和城区的累积雨量差值更大,到 22 日 03:00,龙泉站累积降雨量接近 400 mm,为城区平均累积雨量的近 2 倍。

门头沟龙泉站降水快速增长主要发生在 21 日 12:00—14:00、16:00—19:00 和 22 日 00:00—02:00 三个阶段,其中 21 日 16:00—19:00 呈持续快速增长趋势,在 3 h 内累积雨量从 150 mm 左右急速增加到 330 mm 左右。这种阶段性快速增长特点也在一定程度上出现在北京城区,但似乎比龙泉站延迟 1 h 左右,而且平均增长速率更为和缓。在 21 日 18:00 之前,城区降水量累积曲线与全市平均十分接近,但此后二者出现明显分叉,主要和 18:00—20:00 之间城区降水的相对快速增长有关。

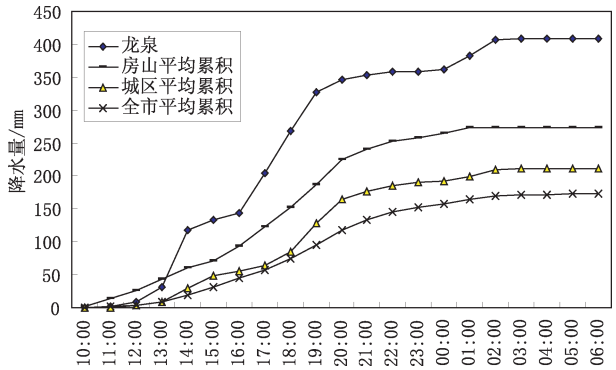


图 2 北京地区 21 日 10:00 至 22 日 06:00 平均累积降水量的时间变化

图 3(彩页)给出从 21 日 10:00 开始的不同时段累积降水量等值线分布形势。西南部地区于 7 月 21 日 10:00 左右首先出现降雨,10:00—12:00 出现明显累积降水量中心,降雨区域自西南向东北方向

扩展,降雨范围覆盖北京西部、南部及城区,10 mm以上降雨范围覆盖房山大部分地区,房山西南部多数站雨量在25~50 mm,其中张坊和南窖雨量超过50 mm(图3a)。

到21日15:00,降雨范围迅速扩展到全市。超过50 mm的累积降水量的有61个自动站,6个站累积雨量超过100 mm,主要集中在房山、门头沟和城区南部,门头沟龙泉镇降雨最大,达到134 mm(图3b);到21日18:00,暴雨区继续扩大,累积降水量超过100 mm的观测站达到70个,6个站累积雨量大于200 mm,同样集中分布在房山、门头沟和城区南部,房山南窖雨量最大,为276.5 mm(图3c);到当日21:00,累积降水量大于200 mm的站点已经达到37个,有3个站超过300 mm,分别是房山的坨里355.4 mm、门头沟龙泉镇353.6 mm和丰台北宫森林公园320.8 mm,此时累积降水量大于50 mm的范围已经达到北京市面积的2/3,大于100 mm的范围超过了1/2(图3d)。

此后,暴雨范围继续扩大,但扩展速率明显减小,从22日00:00至22日06:00,特定累积降水量等值线范围变化比较小(图3e~g)。到22日00:00,累积降水量大于200 mm的区域在东北部明显增大,6个站雨量超过300 mm,门头沟龙泉最大,为361.7 mm;截止22日03:00,大部分地区降雨结束;到06:00,累积降水量大于100 mm的站数为211个,除西北部的延庆外均出现了100 mm以上的大暴雨,其中有96个站累积雨量大于200 mm,12个站累积雨量大于300 mm。

图4(彩页)表示25 mm、50 mm和100 mm 3个特征累积降水量值的等时线分布。可以看出,累积降水量达到25 mm、50 mm和100 mm的时间均自西南向东北方向推移。累积降水量达到25 mm的时间,在西南部是21日14:00以前,由此向东和东北逐渐推迟;累积降水量达到50 mm的时间,在西南部是21日15:00,城区发生在16:00—19:00,东南部和东部推迟至21:00—23:00;累积降水量达到100 mm的时间,西南部在21日19:00之前,城区出现在19:00—20:00,而东北部推迟到22日00:00—02:00。

就代表站的降水来看,房山张坊站在11:00降雨量达到58.1 mm,12时强降雨在房山霞云岭、南窖等地迅速扩展,南窖、张坊雨量都超过了50 mm;100 mm降雨首先在14:00出现于门头沟龙泉和南

窖,龙泉更大,为118.4 mm;房山南窖、佛子庄和门头沟龙泉早在17:00出现200 mm以上的累计降雨量;龙泉在21日19:00降水量首先超过300 mm,达到327.3 mm。

2.2 降水时长

图5(彩页)给出北京地区小时雨量大于等于0.1 mm、10 mm和20 mm等不同量级降水时长等值线分布。对于雨量大于等于0.1 mm的量级,全市多数地区降水时长达到或超过16 h,西南门头沟、房山等地一般在17 h或以上,密云大成子降水时间最长,达到20 h,门头沟龙泉为19 h;西北延庆和东南通州、大兴等地小于16 h。结合本次过程累积降水量空间分布分析,可以看到降雨量分布与降水时长分布存在一定的正相关。

小时雨量大于等于10 mm和20 mm较强量级降水时长空间分布情况具有不同特点。10 mm降水时长在西南房山和门头沟构成高值中心,房山霞云岭、石景山老山、海淀五棵松达到了10 h,房山龙泉和潭柘寺为9 h,降水时长分布自西南向东北方向逐渐递减,北部山区最短,其分布态势与累积降水量分布更为相似;小时雨量大于等于20 mm的强降水时长分布,除了在西南房山和门头沟仍为最大中心外,在东北部平谷、顺义、密云等地区分布有次高值中心。门头沟龙泉和大台20 mm以上小时降水达到7 h,房山14个观测站平均达到近4 h,其中坨里有3 h雨量超过50 mm,龙泉和大兴南各庄则有4 h雨量超过50 mm。

由此可见,西南部地区不但累积降水量大,而且较强量级的降水时间长,暴雨和大暴雨持续时间久,成为本次过程最高和最强降水中心。一个有趣的现象是,西南地区尽管10 mm以上量级降水时长最大中心发生在最西南端,但20 mm以上量级降水时长却出现在以龙泉站为中心的门头沟、石景山和丰台三区交界处。这个现象在一定程度上也出现在累积降水量空间分布上(图3d~g)。另一个有趣的现象是,城区及其附近地带20 mm以上降水时长比较小,短于3 h,成为次级低值中心。由于这种现象在累积降水量分布上并不明显,说明城区及其附近地带20 mm以上量级的降水强度较大。此外,相比于西南部地区,另一高值降水中心东北部地区无论弱降雨还是强降雨,其降水时长均相对较短,其中10 mm以上量级降水时长明显偏短。

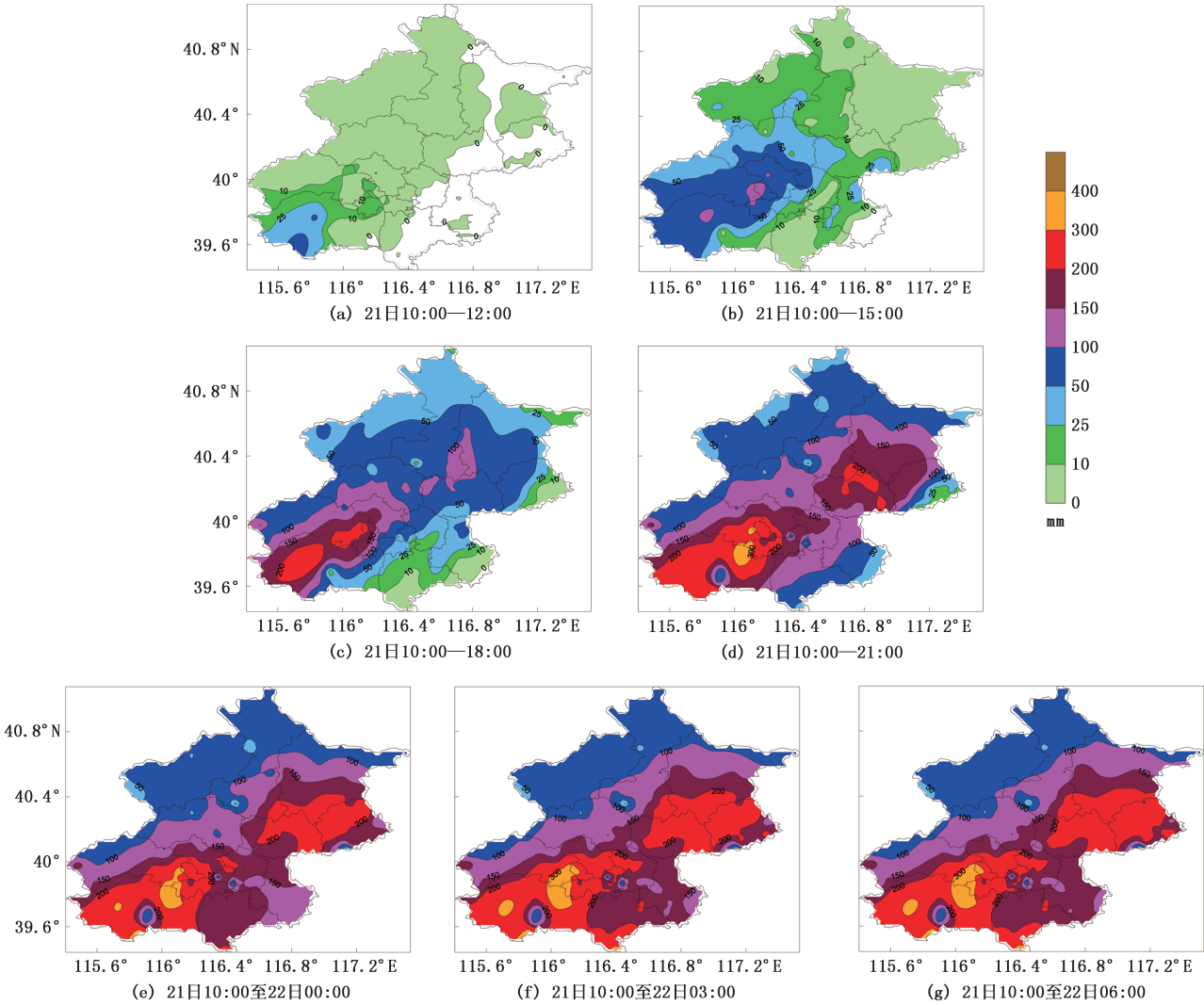


图 3 不同时段累积降水量(mm)等值线分布

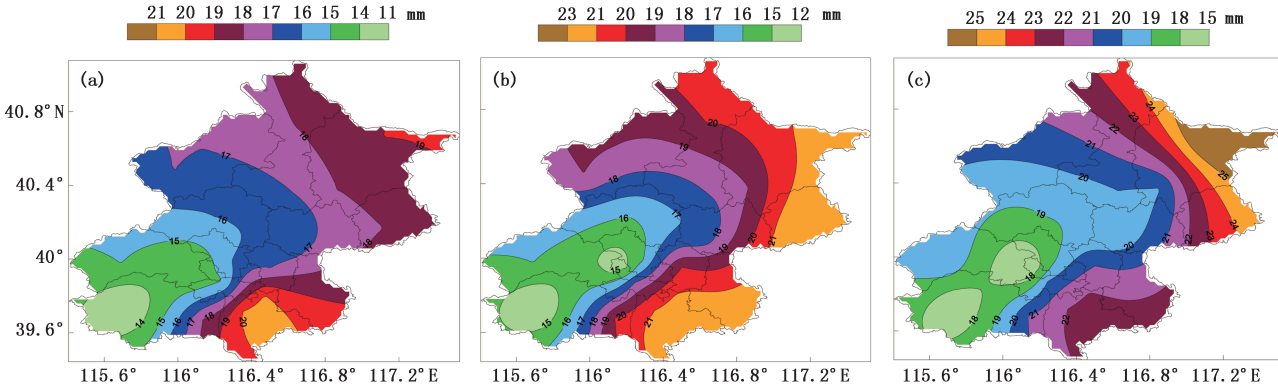


图 4 3 个特征累积降水量值等时线分布 (图中数字为 7 月 21 日整时时间):
(a) 25 mm, (b) 50 mm, (c) 100 mm

2.3 降水强度

不同区域平均和龙泉站逐时降水量(即小时降雨强度)时间演变曲线(图 6)表明,全市、城区和房山区域平均曲线均为单峰型,龙泉站则为 3 峰型。全市平均降雨最强时期在 18:00—21:00,雨强达到 20 mm/h 左右,19 h 雨强最大,达到 22 mm/h;房山平均雨强在 16:00—21:00 雨强较大,超过 20 mm/h,20 h 降雨强度最大为 39 mm/h;城区在 18:00—20:00 雨强较大,平均雨强超过了 20 mm/h,19 h 降雨强度最大为 45 mm/h;城区和房山共同的降雨最强时间段为 18:00—20:00,平均降雨强度达到 30~40 mm/h;龙泉站 13:00—14:00 雨强达到 86 mm/h,此时强降雨集中在龙泉和石景山模式口、八大处等区域,16:00—19:00 龙泉雨强第 2 次达到峰值,为 60 mm/h 左右。在本次强降雨过程中,各地 15:00—16:00 及 21 h 以后降雨强度都较小,仅龙泉站在 22 日 01:00—02:00 降雨强度出现第 3 次峰值,达到 20~22 mm/h。

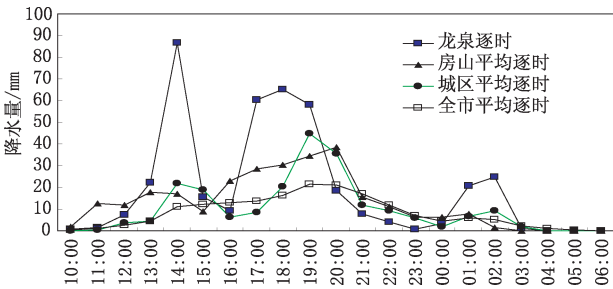


图 6 全市、城区、房山平均和龙泉站逐时降水量变化曲线

一个值得注意的现象是,在 18:00—21:00 之间,城区平均小时降水强度比全市平均明显偏大,19:00 也比房山区域平均偏大。这个现象不能用各个区域台站数量差异和平均方法解释,因为城区自动站分布最为密集,数量达到 55 个,远远多于房山区。造成这个现象的原因可能与城市热岛强度在傍晚开始明显增加以及城区下垫面粗糙度较大等因素有关^[1,4-5]。另一个异常现象是,门头沟龙泉站在 14:00 左右表现出整个过程最大的降雨强度,14:00 附近雨强高达 86 mm/h,经核实不是仪器故障所致,可能与当时中低空强盛的东南气流和其所处地理位置和地形特点有关^[6-8],但具体机制还有待进一步研究。

从平均降雨强度等值线分布图(图 7,彩页)可以看出,本次过程平均降雨强度整体呈自东南向西

北递减趋势,与累积降雨量的空间分布有较明显一致性,尤其是西南部大值中心对应累积降水量高值中心,房山大部分地区平均降雨强度超过了 16 mm/h,城区东北部形成次大值中心,平均降雨强度超过 14 mm/h,北部山区和山间盆地降雨强度最小,不足 6 mm/h。城区平均降雨强度比其西南和东北部区域小。为了进一步分析高强度降水分布情况,图 8(彩页)给出了各站大于等于 20 mm/h 平均降雨强度等值线分布情况。在这个级别上,平均降雨强度超过 50 mm/h 的高值中心也主要集中在房山为主的南部和城区东北部。后者比弱降雨强度更为明显,与南部中心区一样,均超过 50 mm/h。

从各站最大小时雨强的空间分布(图 9,彩页)可以看出,最大雨强分布存在东北和西南两个高值中心,这与累积降雨量的分布大体一致,但东北部最大雨强中心表现得更为明显。大于 70 mm/h 的最大雨强发生在以房山东北为核心的西南部地区和东北部的平谷、密云地区,西北和北部山区最大雨强一般低于 30 mm/h。从全市和各区最大小时雨强的时间演变来看,最大雨强在 70 mm/h 以上的高强度降雨发生在两个时间段,分别是下午 13:00—14:00(门头沟龙泉站)和 19:00—22:00,20:00—21:00 平谷挂甲峪降雨强度达到了 100.3 mm/h,成为此次降水过程中的最大降雨强度。最大雨强 50 mm/h 以上的强降雨在北京近 1/2 地区出现,全市共有 33 个站点最大雨强超过 70 mm/h,占全部有观测记录台站数的 13%。

2.4 历史记录

由于精细观测资料的限制,要了解 2012 年 7 月 21 日北京特大暴雨过程的精确历史地位,目前还有困难。本文根据 1961—2012 年全市 15 个站长序列逐年最大日降水量观测资料,对“7·21”特大暴雨期间单日极端最大降水量的历史地位进行初步探讨。

图 10 表示北京地区 1961 年以来 15 个站平均、观象台和房山站逐年最大日(24 h)降水量时间序列。房山站 61 年间最大日降水量存在较大的年际和年代际波动,20 世纪 60 至 80 年代出现较多最大日降水量高值年份,年际之间波动幅度也较大,90 年代以后高值年份较少,年际之间波动较小,2012 年 7 月 21 日 24 h 降水量陡然上升,达到 180 mm,成为 1980 年代以来的最大值,仅比 1979 年的次高值 182 mm 小 2 mm(表 1)。因此,从 24 h 最大降水

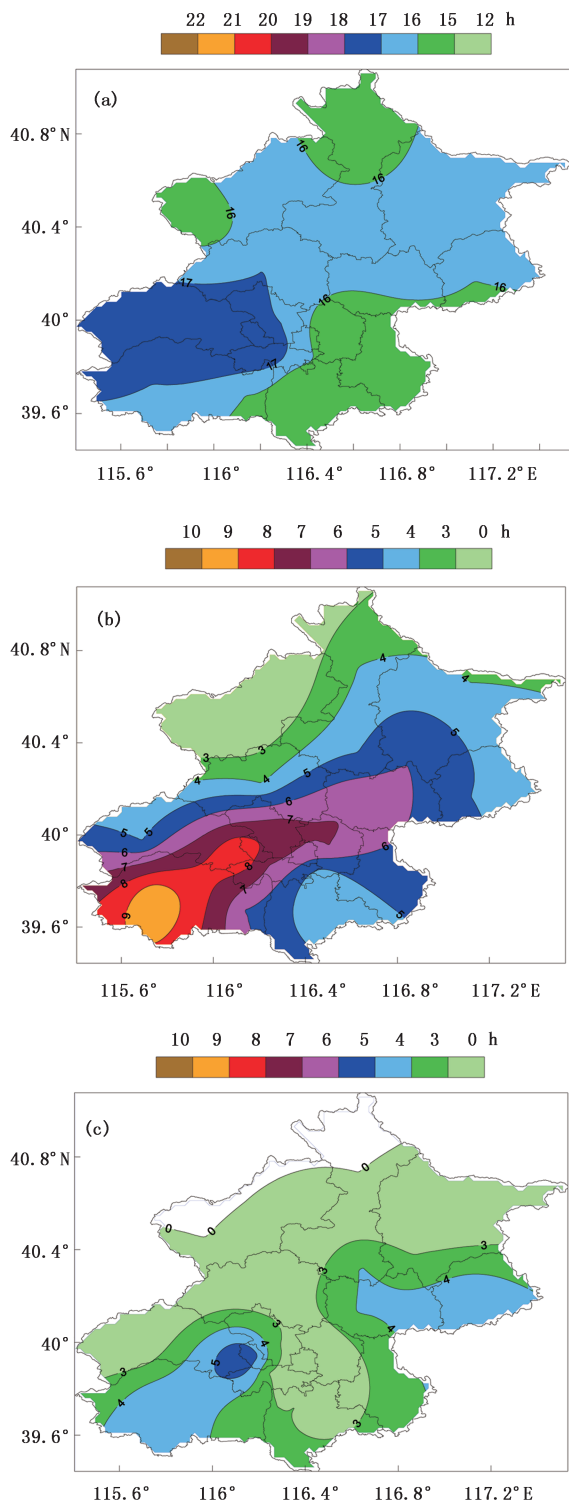


图 5 北京地区降水时长等值线分布:
(a)小时雨量 ≥ 0.1 mm,(b)小时雨量 ≥ 10 mm,
(c)小时雨量 ≥ 20 mm

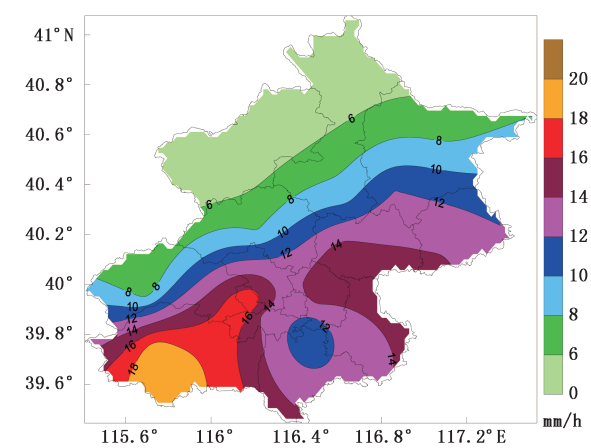


图 7 大于等于 0.1 mm/h 平均降雨强度等值线分布

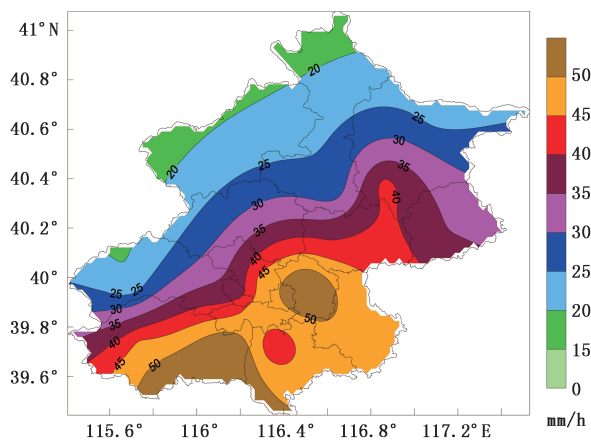


图 8 大于等于 20 mm/h 平均降雨强度等值线分布

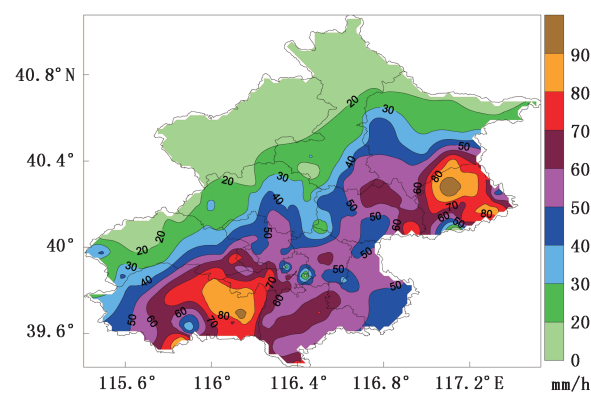


图 9 北京地区 7 月 21 日 10:00 至 7 月 22 日 06:00
各站最大雨强空间分布

量来看,“7·21”特大暴雨期间房山站观测尚未突破历史记录,但它确实终结了 2001 年以来缺少特大暴雨的枯、平水期历史。

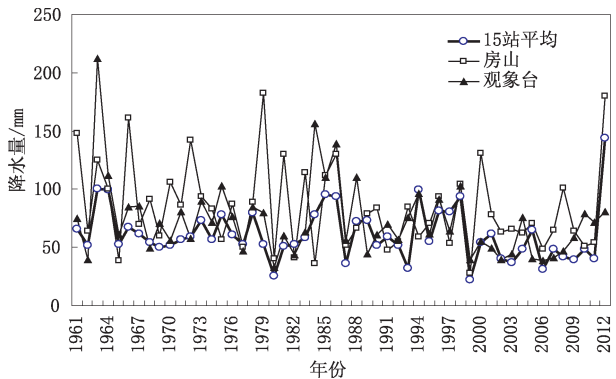


图 10 北京地区 15 站平均、观象台、房山站 1961 年以来逐年最大日降水量时间变化

南郊北京观象台 61 年间最大日降水量年际变化更为明显。20 世纪 60 年代初期和 80 年代中期为明显的高值期,日最大降水量超过 100 mm,其中 1963 年 8 月 9 日降水量达到了最高值 212 mm,其他时期都相对波动平缓,多在 50~100 mm 之间。进入 21 世纪,出现了连续多年极端日最大降水量不足 50 mm 的情况,与全市 15 站平均时间变化相近。与全市和房山站不同,在 2012 年“7·21”暴雨过程

中,南郊观象台 21 日降水量仅为 81 mm,在 1961 年以来历史排序中表现平平,历史上年极端日最大降水量从大到小排序的前 5 位都在 110 mm 以上(表 1)。因此,如果以南郊观象台记录看,“7·21”暴雨的极端性并不突出。造成这个现象的原因主要是南郊观象台远离“7·21”特大暴雨中心区域。

全市 15 站平均年最大日降水量与观象台和房山站有较好的关系,但平均后年际和年代际波动幅度较小。1965—1976 年之间最大日降水量年际波动尤其不明显,是一个缺少大暴雨和特大暴雨的时期,20 世纪 70 年代末到 90 年代末,年际和年代际波动增大,但进入 21 世纪以后再次比较平静,缺少全区性大暴雨和特大暴雨。2012 年“7·21”特大暴雨从根本上扭转了这种平静形势,21 日 15 站平均降水量达到 144 mm,打破了 1961 年以来的年最大日降水量记录,比位于第 2 位的 1963 年 8 月 9 日 101 mm 高出 43 mm。

因此,从单日极端最大降水量历史演化来看,房山站和北京站 2012 年 7 月 21 日 24 h 降水量都不是有完整观测记录以来最大的,前者仅排第 2 位,后者则没有进入前 5 名;但全市平均的 7 月 21 日 24 h 降水量很可能是 1961 年以来的最大值。

表 1 北京 15 站平均、观象台、房山站 1961 年以来最大日降水量前 5 位排序(括号内数字为出现日期) mm

	1	2	3	4	5
15 站平均	143.9 (2012-07-21)	101 (1963-08-09)	99.7 (1994-07-13)	99.5 (1964-08-01)	98.1 (1963-08-08)
观象台	212.2 (1963-08-09)	156.2 (1984-08-09)	139.2 (1986-06-27)	125.2 (1963-08-08)	111.8 (1964-08-01)
房山	182.6 (1979-07-18)	180.2 (2012-07-21)	161.1 (1966-08-14)	148.3 (1961-08-22)	142.2 (1972-07-19)

3 讨论

对于“7·21”特大暴雨的环流条件和天气成因,已有若干分析研究。谌芸等^[9]、孙军等^[10]和方翀等^[11]对北京“7·21”特大暴雨的降水特点、水汽特点、中尺度对流系统的环境场条件和发生发展过程进行了分析,指出这次过程发生在高层辐散、中低层低涡切变和地面辐合线等高低空系统耦合的背景下。俞小鼎^[12]分析了北京“7·21”特大暴雨的成因,

认为高空低槽伴随地面冷锋东移,东南风/南风低空急流输送的充分水汽,起源于河套地区低层涡旋的中尺度对流系统的发展等,都对此次极端降水过程的形成起到关键作用。孙继松等^[6]分析指出,高空急流与对流层中低层的低涡、切变线及地面倒槽构成的深厚辐合区,副热带高压外围的东南水汽通道和西南低空急流的水汽输送,边界层内长时间维持的东南风与山地地形相互作用,都是造成此次特强降水特别是北京西南部山区降水过程维持和发展的

重要条件。

本文侧重分析北京“7·21”特大暴雨过程中降水本身的时空演化规律,没有探讨此次天气过程的成因。但是,本文分析结果将有助于今后深入认识这次特大暴雨过程维持和发展的影响因子及其相互作用。例如,本文分析发现,北京城区及其附近地带20 mm以上量级的小时降水强度明显偏大,同时在7月21日18:00—21:00之间城区平均累积降雨量增长速率较快,平均小时降水强度也比全市平均明显偏大,19:00比房山区域平均偏大。这些观测事实与北京6环以内建成区城市热岛效应在午后和傍晚迅速加强的规律一致^[13],说明尽管“7·21”特大暴雨过程主要起源于各种尺度的异常天气系统及其与地形的相互作用,但城市热岛效应和下垫面粗糙度等因素可能仍具有一定影响^[14],值得今后开展进一步研究。

关于城市化对夏季降水的影响,已经有研究从气候学角度进行了分析。例如,Li等^[15]发现北京地区夏季傍晚降水以短持续时间事件为主,且这种类型降水事件频率有随时间增加趋势。Yin等^[16]通过分析降水和风向观测资料建议,北京城区夏季降水可能受到山谷风和城市热岛环流的共同作用。Yang等^[5]利用高密度自动站资料分析了北京夏季降水的气候学特征,验证了Li等^[15]发现北京地区夏季小时降水量和降水强度以及短历时强降水频率等降水指标在市区及其附近出现明确的高值中心,说明城市化因素对夏季降水影响可能确实存在。识别城市热岛效应、下垫面粗糙度和边界层气溶胶浓度等因素在北京地区单个重大天气过程中的作用具有更大难度,但可以结合多种观测手段和数值模拟技术进行探索。

4 结论

根据北京市高密度自动站观测资料和长序列国家站观测记录,对2012年7月21日特大暴雨过程的时空演化规律进行了分析,得到以下结论:

(1)本次降雨过程始于7月21日10:00,13:00—21:00累积雨量迅速增长。降雨和暴雨区域自西南向东北扩展,西南部于21日10:00首先出现降雨和累积降雨量中心,到15:00降雨范围迅速扩展到全市,到21:00累积降雨量大于200 mm的站点达到37个,22日06:00全市所有地区降雨结

束。整个过程中累积降雨量大于100 mm的站数达到211个,占全部测站数的92%,仅西北部的延庆没有出现大暴雨。

(2)全市多数地区降雨时长超过16 h,西南门头沟、房山等地达17 h或以上,密云大成子降水时间最长,达到20 h。雨量大于等于20 mm的强降水时长在西南房山和门头沟为大值中心,在东北部平谷、顺义、密云等地存在次高值中心。西南部地区不仅累积降水量大,而且较强量级的降水持续时间长,成为本次过程最高和最强降水中心。

(3)全市平均雨强高值阶段出现在21日18:00—21:00,19:00雨强最大,达到22 mm/h;房山平均雨强在20:00最大,为39 mm/h;城区雨强在19:00最大,为45 mm/h。平均雨强自东南向西北递减,房山大部分地区超过16 mm/h。整个过程的平均最大雨强中心出现在东北和西南两个区域。全市最大雨强在70 mm/h以上的高强度降雨发生在21日13:00—14:00(龙泉站)和19:00—22:00,其中20:00—21:00平谷挂甲峪站达到100.3 mm/h,成为此次过程的最大点降雨强度。

(4)从1961—2012年单日极端最大降水量历史记录来看,房山站和北京站2012年7月21日24 h降水量都不是最大的,前者排第2位,仅次于1979年7月18日降雨量,后者则没有进入前5名;但2012年7月21日全市15个站平均24 h降水量为144 mm,成为1961年以来观测到的最大值,比1963年8月9日平均雨量高出43 mm。

(5)北京城区及其附近地带强降水强度偏大,7月21日18:00—21:00城市热岛强度加强期间平均累积降雨量增长速率快,平均小时降水强度也较大,说明此次特大暴雨过程中城区及其附近区域降水可能仍在一定程度上受到了城市化因素的影响。

参考文献

- [1] 尤焕苓,任国玉,刘伟东. 1961—2010年北京地区降水变化特征[J]. 沙漠与绿洲气象, 2012, 6(4): 13-20.
- [2] 孙激. 北京地区暴雨气候特征及其变化分析[J]. 气候与环境研究, 2010, 15(5): 672-676.
- [3] 李建, 宇如聪, 王建捷. 北京市夏季降水的日变化特征[J]. 科学通报, 2008, 53(7): 829-832.
- [4] 孙继松, 舒文军. 北京城市热岛效应对冬夏季降水的影响研究[J]. 大气科学, 2007, 31(2): 311-320.
- [5] Yang P, Ren G Y, Hou W, et al. Spatial and diurnal charac-

teristics of summer rainfall over Beijing Municipality based on a high-density AWS dataset [J]. International Journal of Climatology, 2013, 33(13): 2769-2780.

[6] 孙继松,何娜,王国荣,等. “7·21”北京大暴雨系统的结构演变特征及成因初探[J]. 暴雨灾害, 2012, 31(3): 218-225.

[7] 丁青兰,王令,卞素芬. 北京局地降水中地形和边界层辐合线的作用[J]. 气象科技, 2009, 37(2): 152-156.

[8] 王从梅,吴智杰,刘瑾,等. 城市短时降雨中尺度观测特征分析[J]. 气象科技, 2011, 39(6): 678-684.

[9] 湛芸,孙军,徐晔,等. 北京 721 特大暴雨极端性分析及思考 (一)观测分析及思考[J]. 气象, 2012, 38(10): 1255-1266.

[10] 孙军,湛芸,杨舒楠,等. 北京 721 特大暴雨极端性分析及思考 (二)极端性降水成因初探及思考[J]. 气象, 2012, 38(10): 1267-1277.

[11] 方翀,毛冬艳,张小雯,等. 2012 年 7 月 21 日北京地区特大暴雨中尺度对流条件和特征初步分析[J]. 气象, 2012, 38(10): 1278-1287.

[12] 俞小鼎. 2012 年 7 月 21 日北京特大暴雨成因分析[J]. 气象, 2012, 38(11): 1313-1329.

[13] Yang P, Ren G, Liu W. 2013 Spatial and temporal characteristics of Beijing urban heat island intensity [J]. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 2013, 52(8): 1803-1816.

[14] 田晨,周伟灿,苗峻峰. 中国下垫面特征对强对流天气影响研究进展[J]. 气象科技, 2012, 40(2): 207-212.

[15] Li J, Yu R C, Wang J J. Diurnal variations of summer precipitation in Beijing [J]. Chinese Science Bulletin, 2008, 53 (12): 1933-1936.

[16] Yin S Q, Li W J, Chen D L, et al. Diurnal variations of summer precipitation in the Beijing area and the possible effect of topography and urbanization [J]. Advances in Atmospheric Sciences, 2011, 28(4): 725-734.

Spatial and Temporal Characteristics of a Summer Rainstorm in 2012 in Beijing

You Huanling^{1,2,3} Ren Guoyu² Wu Fang^{1,3} Liu Weidong¹ Yang Ping⁴

(1 Beijing Meteorological Service, Beijing 100089; 2 Laboratory for Climate Studies, China Meteorological Administration (CMA), National Climate Center, Beijing 100081; 3 Institute of Urban Meteorology, CMA, Beijing 100089; 4 CMA Training Center, Beijing 100081)

Abstract: Based on the high-density precipitation data of automatic weather stations (AWS), the spatial-temporal characteristics of extremely intensive precipitation on 21 and 22 July 2012 over the Beijing area are analyzed. The results show that during the rainstorm, there were 211 stations recorded greater than 100 mm cumulative rainfall except for Yanqing Station, 96 stations recorded greater than 200 mm cumulative precipitation, and 12 stations greater than 300 mm. In most regions, the durations of precipitation were above 16 hours, with the largest in the southwestern Beijing, and the secondary in the northeast of Beijing. The average precipitation intensity exceeded 16 mm/h in Fangshan, and 14 mm/h in northeastern parts of the urban zone, in spite of the fact that precipitation intensities were less than 6 mm/h in the mountains of the north and northwest. The maximum hourly precipitation intensity was found in the northeast of Beijing and the second in the southwest. The larger average precipitation intensities occurred during 18:00–21:00 of 21 July, with the maximum of 22 mm/h recorded at 19:00. Abnormally strong precipitation intensities of more than 70 mm/h appeared during 19:00–22:00 over the whole city and 13:00–14:00 at Longquan Station. The analysis also shows that the 24-h maximum precipitation of Fangshan on 21 July 2012 ranks the second for the time period of 1961 to 2012. The average 24-h maximum precipitation of 15 stations broke the record of Beijing since 1961, much larger than the second (9 August 1963).

Key words: rainstorm, accumulated rainfall, precipitation duration, precipitation intensity, urban heat island effect