

北京地区近 53 年最大 1 小时降雨强度的时空变化规律

钟一丹^{1,2}, 贾仰文¹, 李志威³

(1. 中国水利水电科学研究院水资源研究所, 北京 100044; 2. 北京市水文总站, 北京 100089;
3. 清华大学水沙科学与水利水电工程国家重点实验室, 北京 100084)

摘要:北京市 50 多年以来的城市化发展、土地利用变化和人口膨胀对区域短历时降雨的时空变化有显著影响。采用北京市 27 个代表性雨量站 1956~2008 年的最大 1h 降雨量实测数据, 分析了北京市 53 年来短历时降雨量的时空分布和变化规律。结果表明, 53 年来北部、西部地区最大 1h 降雨量呈增加趋势, 而东部和南部地区变化趋势不明显。从空间分析来看, 东部和南部地区是两个短历时暴雨中心, 东部地区的降雨量最大, 其次是南部的降雨量, 中心城区为易出现极端暴雨的区域, 北部地区和西部地区降雨量较小。

关键词:北京地区; 降雨强度; 暴雨; 时空变化; 城市化; 雨量站

中图分类号: TV213

文献标识码: A

文章编号: 1000-0852(2013)01-0032-06

北京市全年近 85% 的降水主要分布在 6~9 月的汛期, 其中又以 7 月下旬和 8 月上旬的主汛期降水较多, 且容易发生短历时高强度的降雨^[1]。1999 年以来, 北京市遭遇了连续多年的干旱天气, 加上近年来人口增加较快, 水资源供需矛盾十分严峻。全年降水较少, 同时短历时强降雨的增加, 不仅恶化了本地的水资源形势, 也严重威胁到北京市的防汛安全。因此, 对北京市短历时暴雨的规律进行研究, 可以为首都防汛安全和水资源管理提供有意义的参考。

近年, 由于北京城市化迅猛发展, 引起了专家学者就城市化对北京地区水文气象因子影响的关注和研究, 取得了较大研究进展。江晓燕等^[2]从不同陆面资料分析了城市化对北京强降水的影响, 李书严等^[3-4]利用北京地区 20 个气象站和水文总站的 82 个雨量站数据分析了北京地区降水分布特征及其城市效应的影响, 指出北京市大雨以上量级的降雨减少的趋势明显, 1990 年之后局部短历时强降雨的特征更加明显, 同时分析了城市化对北京地区气候的影响。司鹏等^[5]研究了城市化引发北京地区气温增暖影响, 且在春、冬季气温升高尤为突出。王喜全等^[6]将北京城市化进程分为慢速期 (1961~1980 年) 和快速期 (1980~

2000 年), 研究了城市化进程对本地区冬季降水分布的影响, 认为本地区冬季降水分布发生了显著和系统性的变化。赵娜等^[7]研究了 48 年城市化发展对北京区域气候的影响。

以上研究进展主要是从气象学的角度探讨城市化进程对北京地区的气象条件的影响, 还没有系统分析北京市降雨形态改变对首都洪涝灾害防治和水资源管理方面的影响。本文利用北京地区 121 个雨量站 (1956~2008 年) 的实测数据, 根据站点分布和数据完整性, 选取有代表性的雨量站数据分析近 53 年本地区最大 1h 降雨强度的时空分布和变化规律, 以通过降雨强度这一因子探讨本地区下垫面条件变化对降雨时空分布与变化的影响, 为更好地利用有限的雨水资源、预测极端强降雨和应对城区短历时暴雨洪涝灾害提供一定参考。

1 区域概况与资料

北京市位于华北平原的西北边缘, 地理坐标南起北纬 39°28', 北至北纬 41°05'; 西起东经 115°25', 东至东经 117°30'。北京的地形为西北部高, 向东南方向地势降低, 最高点为西部门头沟区的东灵山, 海

拔 2 303m, 最低点为通州区东南边界, 海拔不足 10m。西部地区为属于太行山余脉的西山, 山脊平均高程在 1 400~1 600m 之间; 北部和东北部为属于燕山山脉的军都山, 山脊平均高程在 1 000~1 500m。北京地区属于暖温带半干旱半湿润大陆性季风气候, 冬季受蒙古高压影响, 盛行偏北风, 天气晴朗且少雨雪; 夏季受大陆热低压影响, 盛行偏南风, 气候潮湿多阴雨。山前平原区的年平均气温在 11℃~12℃, 向山区方向, 随着地势的增高, 年平均气温逐步减低, 高程每升高 100m, 气温下降约 0.7℃。近年, 随着经济和城市规模的发展, 城区人口和人为热源大量增加, 导致城区年平均气温较周边郊区高 1.1℃~1.4℃, 形成了较明显的“热岛效应”。北京多年平均降雨量为 585mm, 其中山区多年平均降水量 591mm, 平原多年平均降水量 600mm。全年近 85% 的降水主要集中在 6~9 月的汛期, 多年平均汛期降水量为 488mm (1950~2000 年系列)。1999 年以来, 北京市年降水量一直保持较低水平, 且主要由汛期的几场较大降雨提供。北京市特大暴雨的天气系统主要是蒙古低涡低槽、东北低涡、台风、西南低涡; 其次是西北低涡和内蒙古低涡在一定的环流形势天气系统影响下, 加上特殊地形的作用而产生。

本文采用的 1956~2008 年最大 1h 降雨量资料主要来自于北京市水文总站的整编降雨资料, 雨量站点共计 121 个, 遍布在北京地区 16 个区县及官厅水库库区。121 个雨量站共计 53 年的最大 1h 降雨量集中反映了短历时局部强降雨过程, 有助于清晰认识局部强降雨的分布与 53 年的变化规律。为了分析降雨强度的空间分布和变化规律, 在选取雨量站时, 考虑了雨量站的区域代表性。

基于以上最大 1h 降雨量数据和站点选取原则, 将北京地区分为北部、东部、南部、西部和中心城区 5 个区域, 从这 5 个区域选取代表性和数据系列长的雨量站, 雨量站的地理位置分布图如图 1 所示。北部 6 个站点(番字牌、半城子、喇叭口门、汤河口、下堡和千家店), 东部 5 个站点(海子水库、平谷、西峪水库、桑园和黄松峪), 南部 7 个站点(十渡、张坊、漫水河、琉璃河、凤河营、南各庄、赵村), 西部 6 个站点(官厅水库、燕家台、雁翅、上苇甸、王家园和延庆), 中心城区 3 个站点(松林闸、右安门、高碑店), 代表性雨量站点共计 27 个。



图 1 代表性雨量站点分布图

Fig.1 Distribution of the representative precipitation stations in Beijing

2 研究结果

2.1 年际变化特征

北京市近 53 年 (1956~2008) 的城市化进程大致分为两个阶段, 即城市化缓慢发展阶段 (1956~1980) 和快速城市化阶段 (1981~2008)。在华北平原目前趋干旱的气候背景下, 北京市的年均降雨量呈减少趋势, 已为大家所共识, 但对于最大 1h 降雨量的年际变化特征尚不完全清楚。为了便于分析, 本文将北京市划分为北部、东部、南部、西部和中心城区 5 个区域, 每个区域选取几个位置代表性好和降雨系列长的雨量站点, 以便了解各个区域短历时降雨量的年际变化规律。因北京市面积并不大, 采用北京市水文总站降雨监测数据分析表明, 上述单个区域内站点的最大降雨发生时间具有一致性。因此应用上述 27 个代表雨量站的年最大 1h 降雨数据计算, 通过计算得到每个区域的平均值, 从而得到各区域平均的最大 1h 降雨的年际时间变化序列 (见图 2~6)。

北部地区包括延庆、怀柔 and 密云三个区县, 其最大 1h 降雨量在整个 1956~2008 年序列中波动比较剧烈, 最小为 2.8mm (1956 年), 次小为 12mm (1961 年), 最大为 47.3mm (1992 年), 最大与最小比值为 16.9。除 1969~1976 年呈现持续增长趋势, 1992~2004 年呈现持续减少的趋势外, 年际间的变化都较为剧烈。1956~

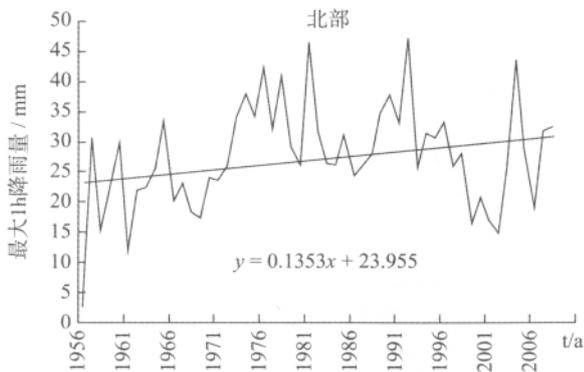


图2 1956~2008年北京市北部区域的最大1h降雨量
Fig.2 The maximum 1h precipitation in the northern part of Beijing from 1956 to 2008

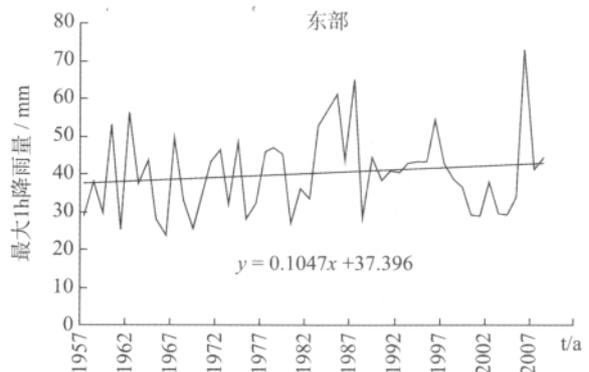


图3 1957~2008年北京市东部区域的最大1h降雨量
Fig.3 The maximum 1h precipitation in the eastern part of Beijing from 1956 to 2008

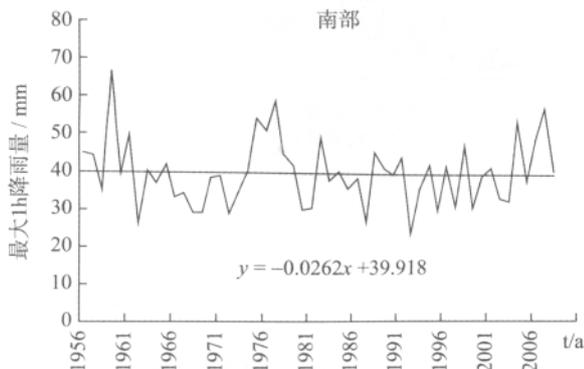


图4 1956~2008年北京市南部区域的最大1h降雨量
Fig.4 The maximum 1h precipitation in the southern part of Beijing from 1956 to 2008

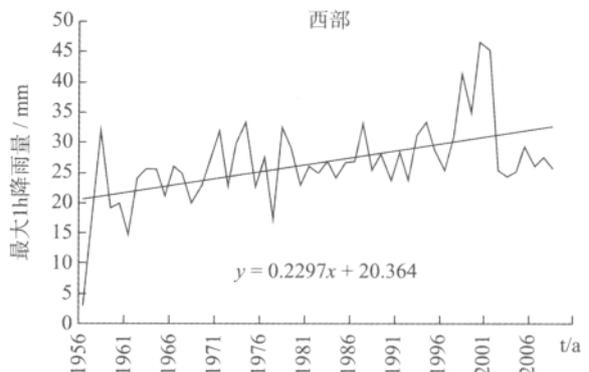


图5 1956~2008年北京市西部区域的最大1h降雨量
Fig.5 The maximum 1h precipitation in the western part of Beijing from 1956 to 2008

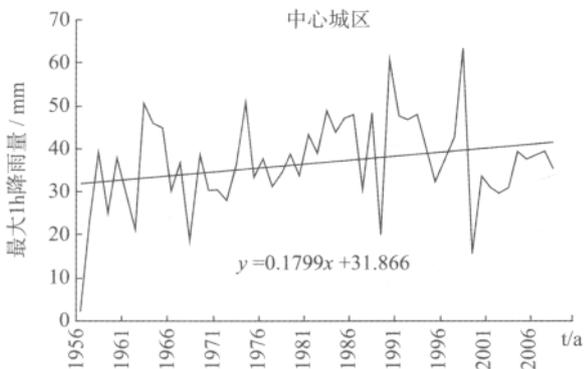


图6 1956~2008年北京市城区的最大1h降雨量
Fig.6 The maximum 1h precipitation in the urban region of Beijing from 1956 to 2008

1979年,北京市多年平均降雨在约800mm,同期最大1h降雨均在32mm以下;但在2000~2008年,年降水量平均在500mm以下,最大1h降水量却达到44mm(2004年)。近场次降雨的全市平均降雨量在减小,但最大1h降雨量却有所增加,说明极端天气和北部短历

时强降雨的水文现象时有发生。

东部地区即平谷区和顺义区,其最大1h降雨变化规律较为稳定,呈现前期年际波动剧烈,但波动幅度比北部地区弱的特点。1990年以后,年际波动有所减缓,波动区间较为稳定。1956~2008年,东部地区最大1h降雨量主要分布在30~50mm之间,总体呈现小幅度增加,但波动幅度有所减缓的趋势。这说明东部地区最大1h降雨量较大,年际波动较小,近53年波动趋势较稳定。

南部地区包括房山区、大兴区和通州区,其最大1h降雨波动区间同样比较稳定,基本上分布在30~50mm之间,但是与东部地区不同的是,南部地区在1980年以前年际间波动幅度较小,1980年以后年际间波动剧烈。

西部地区包括门头沟区、昌平区和延庆县的南部,其最大1h降雨量呈现明显的逐年增强趋势。1980年之前,年际间波动幅度稍小,其他年代波动均较剧烈,特别是1996年以后波动幅度剧烈。可知,西部与北部

的年际变化规律非常相似。

中心城区主要包括东城区、西城区、海淀区、朝阳区、丰台区和石景山区,其最大1h降雨年际间变化非常剧烈,尤其是1989年以后,变化幅度较以前有所增大。中心城区最大1h降雨量总体呈现增长的趋势,且增加幅度较为明显,反映城区面积快速扩大的背景下,城市局地暴雨的强度有所增强,此特征与北京市水文总站的实测降雨监测数据所反映出的特征一致。根据北京市水文总站实测暴雨资料统计,近年北京市中心城区局地短历时强降雨的趋势愈发显著,对城区防洪防涝带来了严峻考验,特别会直接导致城区交通堵塞,甚至大面积瘫痪。近8年以来,主要的短历时强降雨事件,如2004年“7·10暴雨”,天安门站1h降雨量68mm,丰台站1h降雨量52mm,天坛站1h降雨量51mm。2006年7月9日,海淀区香山站1h降雨量81mm。2007年8月1日和8月6日,海淀区安华桥站1h降雨量均达到82mm。2008年6月13日,海淀区知春里站1h降雨量100mm。2009年7月13日,丰台区玉泉营站1h降雨量78mm,7月30日,天安门站1h降雨量80mm,广安门内站1h降雨量88mm,8月8日,海淀区展春桥1h降雨量74mm,8月9日朝阳站1h降雨量73mm。2011年6月23日,石景山站1h降雨量128.9mm,五棵松站1h降雨量93mm,海淀区永定路站1h降雨量87mm。自1999年以来,北京市遭遇连续的干旱,除2008年全年累计降水超过600mm外,其他年份均低于多年平均的585mm,其中有9年降水低于500mm。可见,在全年降水保持较少的情况下,局地暴雨1h雨量却呈现出越来越大的趋势,反映了极端天气和短历时强降雨愈发强烈。

综上所述,北部、西部和中心城区的最大1h降雨量呈增加趋势,年际波动较大。东部和南部地区的最大1h降雨量变化趋势不明显,年际波动较小。

2.2 年代变化特征

分析北京市最大1h降雨量年代变化,可用10a的时间尺度分析解降雨量的变化特征(见图7)。北部地区在20世纪70年代以前呈现快速增加的趋势,70~80年代进入了一个下降的阶段,80~90年代又出现了小幅的增加,90年代之后又进入了一个减小的阶段。东部地区80年代以前缓慢增加,之后呈现减小的趋势。南部地区在50~60年代呈增加趋势,70~90年代呈减少的趋势,90年代之后呈现增长的趋势。西部地区在整个统计时段中,除70~80年代呈现微弱的减小

外,基本上处于增长的过程中。中心城区在90年代以前呈现逐渐增加的趋势,其间在60~70年代出现一个稳定的时期,并在90年代达到一个顶峰,以后呈现下降的趋势。

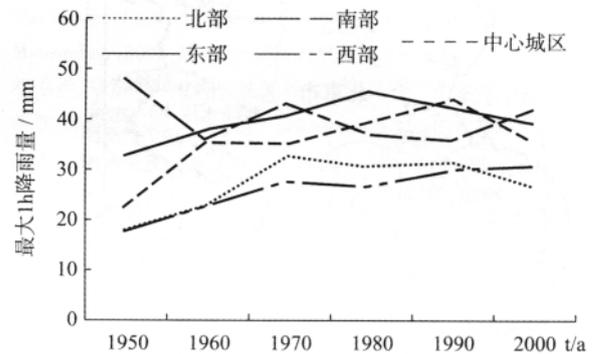


图7 5个区域的最大1h降雨量年代变化

Fig.7 The maximum 1h precipitation changes in the 5 regions in various decades

2.3 空间分布与变化

北京市最大1h降雨量在空间分布上的变化反映了短历时降雨中心区域的变迁。降雨量的空间分布一方面受大气环流、温度、风等多种气象因素的影响,另一方面受地形、植被、土地利用类型等下垫面条件影响。在城市化快速发展阶段,北京市大规模的快速城市化改变了土地利用^[7]、地表植被覆盖和地表热通量等,导致城市化对降雨的影响效应日趋明显。近53年北京城市化发展,以改革开放作为城市化的一个分界点。1980年前为以主城区发展为主,城市发展较为缓慢,人口增加较慢的阶段。1980年后为城市化快速发展阶段,特别是2001年北京申办奥运会成功后,各项基础设施建设快速铺开,城市面积迅速扩大,同时郊区发展的速度也大大加快。以1980年作为城市化发展的转折点,将降雨量的空间分布变化分为1956~1980年、1981~2008年两个阶段,统计分析最大1h降雨量在5个区域的代表性站点的平均降雨量(见图8、图9)。

北部地区选取的6个雨量站点(喇叭口门、汤河口、番字牌、千家店、下堡和半城子),东部地区选取的5个雨量站点(西峪水库、黄松峪、桑园、海子水库和平谷),南部地区选取的7个雨量站点(十渡、张坊、漫水河、琉璃河、赵村、南各庄和凤河营),西部地区选取的6个站点(官厅水库、延庆、王家园、燕家台、雁翅和上苇甸),中心城区面积较小选取3个雨量站点(松林闸、右安门和高碑店)。每个雨量站点位置(见图8和图9),

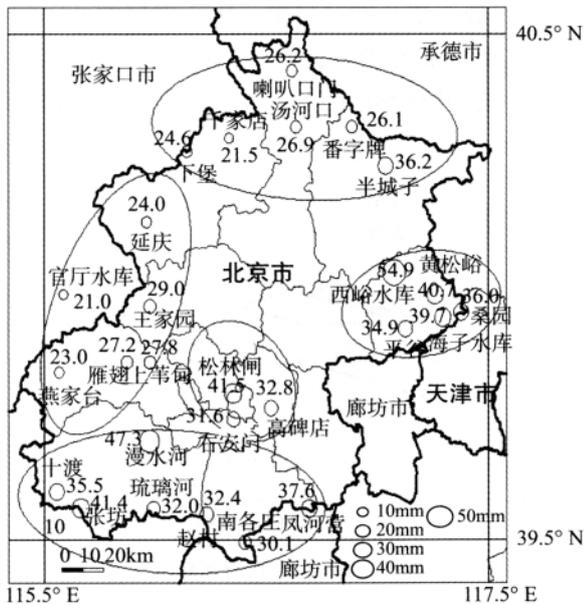


图8 1956~1980年最大1h降雨量的空间分布

Fig.8 Spatial distribution of the maximum 1h precipitation from 1956 to 1980

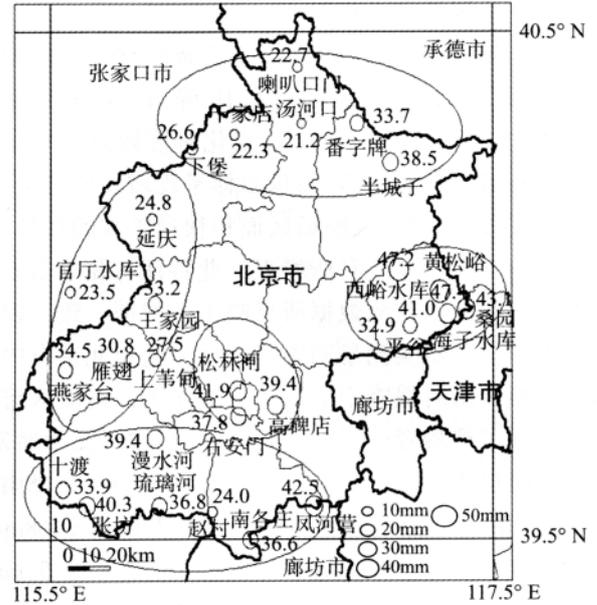


图9 1981~2008年最大1h降雨量的空间分布

Fig.9 Spatial distribution of the maximum 1h precipitation from 1981 to 2008

将1956~1980年及1981~2008年最大1h降雨量的平均值运用圆形表示,以圆形面积表示降雨量的大小。

从图8和图9对比分析可知,东部(平谷区)分布站点的平均降雨量最大,其次是南部(房山区和大兴区),东部和南部地区是两个短历时暴雨中心,而中心城区的分布站点面积小而平均降雨量相对较大,也是一个容易出现极端暴雨的区域,北部地区和西部地区站点的平均降雨量较小,这与图2和图5中北部和西部年际降雨量增大的趋势相反。

以1980年为时间分界点,与1956~1980年北部地区的喇叭口门(26.2mm)、汤河口(26.9mm)相比1981~2008年喇叭口门(22.7mm)、汤河口(21.2mm)有所减少,1981~2008年千家店(22.3mm)、下堡(26.6mm)、番字牌(33.7mm)和半城子(38.5mm)比1956~1980年千家店(21.5mm)、下堡(24.6mm)、番字牌(26.1mm)和半城子(36.2mm)明显增加。东部地区两个时期的降雨量处在较高状况,西峪水库和平谷在降低,其他4个站点均有所增加。南部地区除了琉璃河从32.0mm增加到36.8mm和南各庄从36.1mm增加到36.6mm,其它5个站点均有所减少。西部地区6个点全部呈增加趋势,只是增加幅度不一样,燕家台、雁翅和王家园增加幅度较大。中心城区的松林闸基本不变,高碑店从32.8mm增加到39.4mm,而右安门从31.6mm增加到37.8mm,说明城区极端强降雨有增加趋势。

2.3 时空变化的原因分析

以上分析表明,53年以来北京市的降雨量时间和空间分布规律确实发生了一些明显变化,造成这些变化的原因主要体现在以下两个方面:

一是城市规模快速扩张,下垫面条件变化剧烈。1980年以前,北京城区基本在2环路周边,城市化发展比较缓慢。2环路于1978年建成,3环路于1984年建成,1980年以后北京的城市化进程加快,城区开始向周围迅速如“摊大饼”的模式向外扩张^[8]。2001年4环路完成建设,2003年5环路全线通车,2009年6环路建成通车。北京城区从以前约60km²发展到目前超过1000km²。同时,郊区各区县的城镇化发展也是以惊人的速度展开,1990年后,城市向周边扩展快速,原来属于远郊区的通州、顺义、大兴、房山和昌平等区县的城镇面积也快速增加,导致下垫面条件发生明显改变。城市发展显著改变了土地利用,过去的农田和林地等变成了高楼大厦和街道广场,实质上改变了地表蒸发和热量传递过程。因此北京的短历时强降雨局地性的特征更加明显,降雨分布更加不均匀,强降雨中心的面积明显缩小,形成局地雨量很大,但全市平均雨量不大的降水格局。

二是北京经济社会的快速发展,带来了大量就业机会,外来人口大量涌入,使得北京成为一个人口已经突破2000万(2011)的特大型城市。而大量居民区主

要集中在中心城区和邻近郊区,使得在一定程度上改变了以往的热量传递模式,“热岛效应”更加明显,对局部短历时降雨条件产生了直接影响。

3 结论

本文运用北京市 27 个代表性雨量站的 1956~2008 年的最大 1h 降雨量数据,分析了北京市 53 年来短历时降雨量的时空变化规律,得出如下 3 点结论:

(1)北部、西部地区最大 1h 降雨量呈增加趋势,年际波动较大。东部和南部地区变化趋势不明显,年际波动较小。

(2)从降雨量的空间分布来看,东部和南部地区是两个短历时暴雨中心,东部地区的平均降雨量最大,其次是南部的平均降雨量,中心城区为易出现极端暴雨的区域,北部地区和西部地区平均降雨量较小。对比 1956~1980 年与 1981~2008 年降雨量空间分布来看,西部和中心城区明显增加,北部和东部地区有所增加,南部地区有所减少趋势。

(3)城市化快速发展、土地利用变化和人口膨胀是影响北京市短历时降雨量时间和空间变化的 3 个主要因素。

参考文献:

- [1] 吴息,王晓云,曾宪宁,等. 城市化效应对北京短历时降水特征的影响[J]. 南京气象学院学报, 2000, 23(1):68-72. (WU Xi, WANG Xiaoyun, ZENG Xianning, et al. The effect of urbanization on short duration precipitation in Beijing [J]. Journal of Nanjing Institute of Meteorology, 2000, 23(1):68-72. (in Chinese))
- [2] 江晓燕, 刘伟东. 从不同的陆面资料看城市化对北京强降水的影响[J]. 气象学报, 2006, 64(4):527-536. (JIANG Xiaoyan, LIU Wei-

- dong. Numerical simulation on impacts of urbanization on heavy rain in Beijing Using different land use data [J]. Acta Meteorologica Sinica, 2006, 64(4): 527-536. (in Chinese))
- [3] 李书严,陈洪滨,李伟. 城市化对北京地区气候的影响[J]. 高原气象, 2008, 27(5):1102-1110. (LI Shuyan, CHEN Hongbin, LI Wei. The impact of urbanization on city climate of Beijing region [J]. Plateau Meteorology, 2008, 27(5):1102-1110. (in Chinese))
- [4] 李书严,马京津. 城市化进程对北京地区降水的影响分析[J]. 气象科学, 2011, 31(4):414-421. (LI Shuyan MA Jingjin. Impact of urbanization on precipitation in Beijing area [J]. Scientia Meteorologica Sinica, 2011, 31(4):414-421. (in Chinese))
- [5] 司鹏,李庆祥,轩春怡,等. 城市化对北京气温变化的贡献分析[J]. 自然灾害学报, 2009, 18(4):138-144. (SI Peng, LI Qingxiang, XUAN Chunyi, et al. Contribution of urbanization to change of air temperature in Beijing [J]. Journal of Natural Disasters, 2009, 18(4):138-144. (in Chinese))
- [6] 王喜全,王自发,齐彦斌,等. 城市化进程对北京地区冬季降水分布的影响[J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2008, 38(11):1438-1443. (WANG Xiquan, WANG Zifa, QI Yanbin, et al. The impact of urbanization process on the distribution of winter precipitation in Beijing [J]. Science China (Earth Sciences), 2008, 38(11):1438-1443. (in Chinese))
- [7] 赵娜,刘树华,虞海燕. 近 48 年城市化发展对北京区域气候的影响分析[J]. 大气科学, 2011, 35(2):373-385. (ZHAO Na, LIU Shuhua, YU Haiyan. Urbanization effects on local climate in Beijing in recent 48 Years [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 2011, 35(2):373-385. (in Chinese))
- [8] 徐小黎,史培军,何春阳. 北京和深圳城市化比较研究[J]. 地球科学进展, 2002, 17(2):221-228. (XU Xiaoli, SHI Peijun, HE Chunyang. The urbanization process comparison of Beijing and Shenzhen [J]. Advances in Earth Science, 2002, 17(2):221-228. (in Chinese))
- [9] 张有全,宫辉力,赵文吉,等. 北京市 1990—2000 年土地利用变化机制分析[J]. 资源科学, 2007, 29(3):206-213. (ZHANG Youquan, GONG HuiLi, ZHAO Wenji, et al. Analyzing the mechanism of land use change in Beijing city from 1990 to 2000 [J]. Resources Science, 2007, 29(3):206-213. (in Chinese))

Spatial and Temporal Changes of Maximum 1h Precipitation Intensity in Beijing Region in Last 53 Years

ZHONG Yidan^{1,2}, JIA Yangwen¹, LI Zhiwei³

(1. Department of Water Resources, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100044, China;

2. Beijing Hydrologic Center, Beijing 100089, China;

3. State Key Laboratory of Hydrosience and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: In last 50 years, the urbanization, land use and population expansion have a significant effect on the spatial and temporal changes of short duration precipitation in Beijing region. The observed data of the maximum 1h precipitation from 27 representative precipitation stations during 1956~2008 were used to analyze the spatial and temporal variation of short during precipitation in Beijing region. The results show that the maximum 1h precipitation has an increasing trend in the north and west during the 53 years while there is no obvious change in the east and south. As for the spatial variation, the east and south are two storm centers, with the largest precipitation rainfall in the east and the second in the south. It is easy for the urban center to suffer from extreme rainstorms, and precipitation is smaller in the north and west.

Key words: Beijing region; rainfall intensity; rainstorm; spatial and temporal change; urbanization; precipitation station