

陈东辉, 汪结华, 宁贵财, 等. 北京市极端降水事件和应对策略分析[J]. 灾害学, 2016, 31(2): 182–187. [Chen Donghui, Wang Jiehua, Ning Guicai, et al. Extreme Precipitation Events and Management Strategy in Beijing[J]. Journal of Catastrophology, 2016, 31(2): 182–187.]

北京市极端降水事件和应对策略分析*

陈东辉^{1,2}, 汪结华³, 宁贵财¹, 张香香⁴, 尚可政¹

(1. 兰州大学 大气科学学院 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 甘肃 兰州 730000;

2. 中国人民解放军 93123 部队, 辽宁 辽阳 111000; 3. 中国人民解放军 92493 部队, 辽宁 葫芦岛 125000;

4. 北京师范大学 全球变化与地球系统科学研究院, 北京 100875)

摘 要: 随着北京城市化进程的不断推进, 极端降水造成的灾害性损失也越来越严重, 有针对性的制定极端降水应急管理对策是降低灾害性损失的有效办法。基于 1981–2014 年北京地区 20 个常规气象站逐日降水资料, 采用百分位法确定 20 个站点各自极端降水阈值, 定义 4 个极端降水指数, 对北京地区极端降水事件进行分析。结果表明: 极端降水阈值的分布和极端降水量、极端降水强度、年最大日降水量的分布十分接近, 大值区都分布在北京市城区(海淀、朝阳、丰台)和城区东北部(顺义、怀柔、密云、平谷), 这些地区因极端降水强度大, 面临的灾害性风险最高, 是灾害应急管理重点关注的地区; 北京市西部(斋堂、霞云岭)和西北部山区(佛爷顶、汤河口)虽然是极端降水日数的大值区, 但由于北京地区特殊的地形和人口分布规律, 这些地区并没有因为极端降水出现概率高而导致过大的灾害性损失。结合北京市极端降水灾害应急管理现状, 提出从提高预报预警能力、加强城市基础设施建设、提高全民应急避险能力几个方面应对极端降水灾害的策略。

关键词: 北京市; 极端降水; 灾害; 应急管理; 应对策略; 百分位法

中图分类号: X43; P468 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2016)02–0182–06

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2016.02.035

根据 IPCC 第 5 次评估报告^[1]指出: 伴随全球平均地表温度的升高, 极端降水事件的强度和出现概率在中纬度大部分陆地地区、较为湿润的热带地区可能加强和增高。极端降水事件与洪涝灾害直接相关, 目前我国城市洪涝灾害十分严重, 主要是因为我国正处于城市化高速发展阶段, 城市扩张建设增长快, 硬质、不透水地表面积逐年增加, 地表径流系数不断提高, 极端降水事件在城市一旦发生, 城市的地表特性使得降水汇流时间显著缩短。极端短时强降水很快形成地表径流, 在城市低洼处形成内涝。

对于极端降水事件, 欧盟的 STARDEX (Statistical and Regional dynamical Downscaling of Extremes for European regions) 计划给出了几种极端气温和极端降水指数的定义^[2], 并对欧洲地区极端天气事件进行了探索。Trenberth^[3]指出, 地球表面温度的升高, 使得地表蒸发量变大, 增强了大气

保持水分的能力, 进而会导致大气中水分可能增加。地面蒸发能力增强将更容易发生干旱, 为了与蒸发维持平衡, 降水就会相应增加, 从而就更容易发生洪涝灾害。Karl 等^[4]和 Kunkel^[5]分析了美国极端降水的变化趋势。国内学者 Zhai 等^[6]、杨金虎等^[7]、迟潇潇等^[8]、李剑锋等^[9]从不同角度对我国极端降水进行了深入研究, 任国玉等^[10]指出在全球气候变暖的大环境下, 总降水量表现为增加的区域, 相应的极端降水事件发生频率有可能增加; 而平均总降水量减少的区域, 个别地区极端降水量、极端降水出现频数也会增加。

上述国内外学者对极端降水的研究大都是对极端降水的成因和演变趋势进行分析, 对于如何科学降低极端降水造成的灾害性损失, 加强灾害应急管理对策的研究相对较少, 尤其是像北京这样高度城市化的人口密集、经济发达区域, 这方面的研究更是不多, 为此, 加强对北京市极端降

* 收稿日期: 2015–10–15 修回日期: 2015–12–03

基金项目: 国家公益性(气象)行业专项项目(GYHY201106034); 国家自然科学基金青年基金项目(41105109); 兰州大学中央高校基本科研业务费专项(lzujbky–2013–m03)

作者简介: 陈东辉(1988–), 男, 内蒙古赤峰人, 硕士研究生, 主要从事现代天气预报技术和极端天气气候研究。

E-mail: chendh13@lzu.edu.cn

通讯作者: 尚可政(1960–), 男, 甘肃景泰人, 博士, 副教授, 主要从事现代天气预报技术和方法研究。

E-mail: shanggz@lzu.edu.cn

水事件时空分布特征的分析, 给出极端降水灾害的高发区域, 在灾害应急管理实践中针对灾害高发区域科学合理的分配有限的应急资源, 确保灾害应急管理预案不是无米之炊, 具有较强的针对性和重要的现实意义。

1 资料来源与研究方法

本文所分析数据为 1981–2014 年北京地区 20 个常规气象站(图 1)的逐日降水资料、探空资料、气象地面危险报、重要天气报和灾情报告等资料。上述资料都已经过北京市气象信息中心业务部门的质量检查和订正, 确保了所选数据的可利用率和可靠性。

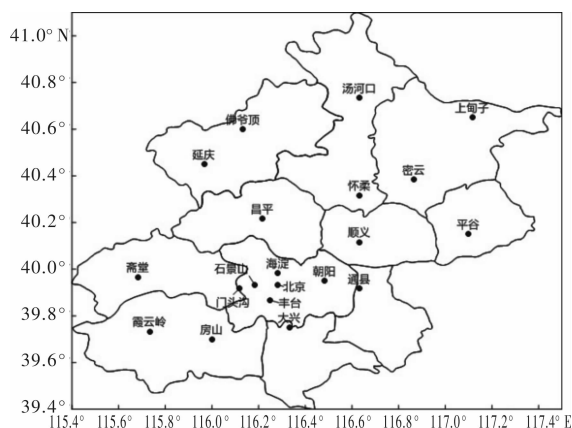


图 1 北京地区 20 个气象站点分布图

根据《地面气象观测规范》规定^[11], 本文对逐日降水量的统计是将当日 08 时至次日 08 时的累计雨量, 记为当日的日降水量。在利用百分位法统计北京地区极端降水阈值时将 1981–2014 年间, 凡是逐日降水量 > 0.1 mm 的记录都纳入降水量升序排列中。

对于所研究的极端降水事件, 统计科学提供了一个成熟的分析极值的理论体系, 依据相关的统计分布, 如概率密度函数 (Probability density function, PDF) 等, 可以分析均值和变率相互关系随着不同气候要素的变化而发生的变化情况。日降水量不是在平均值附近出现的概率最大, 而是降水量愈小, 出现的概率愈大, 即其概率分布是明显的偏态分布, 需要用偏态分布描述^[12]。基于极值分布理论, 降水一般服从 γ 分布。 γ 分布的概率密度函数如图 2 所示。 γ 分布的概率密度函数为:

$$f(x) = \frac{1}{\beta\gamma(\alpha)} \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1} \exp\left(-\frac{x}{\beta}\right), x > 0; \quad (1)$$

$$f(x) = 0, x \leq 0. \quad (2)$$

式中: $\alpha > 0$, $\beta > 0$, α 为参数, β 为尺度参数。从图 2 所示的概率密度函数分布可以看出, 极端降水事件从数学的角度可以简单理解为服从 γ 分布的“小概率事件”。

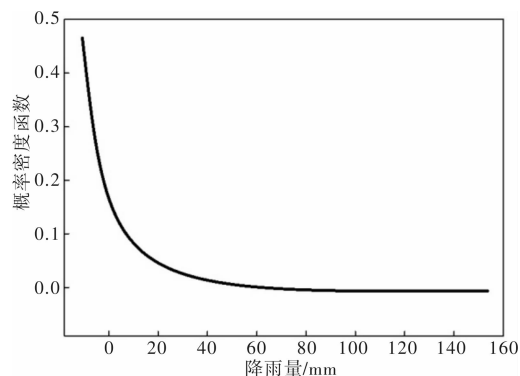


图 2 概率密度函数(PDF)示意图

根据《地面气象观测规范》降水量等级划分的规定^[11], 日降水量 0.1 ~ 9.9 mm 为小雨, 10.0 ~ 24.9 mm 为中雨, 25.0 ~ 49.9 mm 为大雨, 50.0 mm 以上为暴雨。在我国北方大雨和暴雨都可以看作强降水^[13]。北京地区地形复杂, 气候的地域差异显著, 极端降水事件不能用统一固定的日降水量简单定义。因此, 本文根据 20 个测站的日降水量, 定义了各自测站的极端降水阈值。具体做法是将 1981–2014 年逐年日降水量 > 0.1 mm 的降水量按升序排列, 我们将第 95 个百分位值的降水量值就定义为极端降水事件的阈值, 当某站某日降水量大于该站的阈值时, 就称该站出现了极端降水事件。

2 结果分析

北京地处中纬度地区, 受季风气候和三面环山特殊地形的影响, 极端降水具有明显的时空分布差异。北京年平均降水量为 532.1 mm, 而夏季 6、7、8 三个月的降水量为 370.2 mm, 占年降水量的 70%, 7 月下旬和 8 月上旬期间降水量是 120.7 mm, 占夏季降水量的 33%。北京市降水量的时间分布特征, 极易使降雨在某个时间段形成强降雨, 从而出现极端降水事件。历史上北京几次严重的灾害性极端降雨, 如 1963 年 8 月 4–8 日的来广营暴雨, 1972 年 7 月 27 日的枣树林暴雨, 2012 年 7 月 21 日的暴雨均发生在 7 月下旬和 8 月上旬。

2.1 极端降水的阈值分析

图 3 为北京地区 1981–2014 年第 95 百分位降水量阈值分布图, 降水阈值在 23.20 ~ 37.53 mm 范围内, 除斋堂和延庆站外, 均为大雨雨量。极端降水阈值的大值区在北京地区东部、南部以及城区的站点, 如朝阳、通县、顺义、怀柔、密云、平谷等站点极端降水阈值均较大; 而在北京西北部山区和北京西部极端降水阈值较小, 如斋堂、延庆、佛爷顶、汤河口等站点降水阈值均较小。虽然北京西部山区有的站点降水阈值在大雨量级以下, 但从极端事件的角度来说却可能给这一地区造成一定强度的灾害性损失。

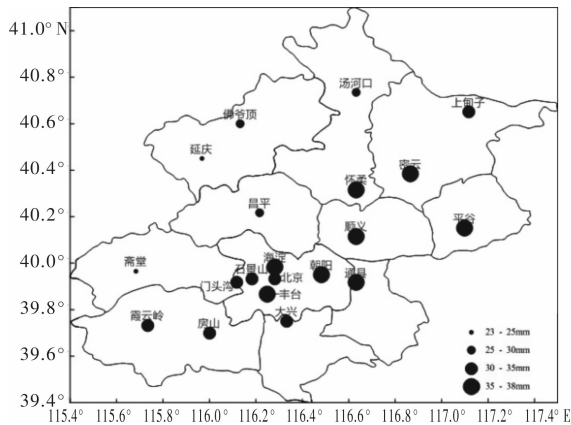


图3 北京地区1981-2014年第95百分位日降水量阈值分布(单位: mm)

2.2 几种极端降水指数分析

极端降水事件的变化通过表1所列的几个指数来表述^[14-15]。

表1 极端降水指数的定义

极端降水指数	定义
年极端降水量	年日降水量超过该测站极端降水阈值的降水量之和
年极端降水频数	年日降水量超过极端降水阈值的日数
年极端降水强度	超过极端降水阈值的年极端降水量与年极端降水频数的比值
年日降水量最大值	超过极端降水阈值的日降水量最大值

针对北京地区极端降水事件，我们对北京地区极端降水指数分别给出分析。

图4a为北京地区1981-2014年极端降水量空间和时间分布，极端降水量的分布与年平均降水量分布(图略)十分接近，说明年降水量的多少与极端强降水关系密切。从图4a可以看出极端降水量分布表现为从西南部到东北部以及城区为大值区，极端降水量在190 mm以上，霞云岭、密云和怀柔更是大于220 mm；而在西部、西北部和东南部相对较少，其中延庆站年极端降水量不足145 mm。同时还可以看出，以北京城区为中心，城区东北部盛行风下风方向的顺义、怀柔、密云、平谷站，城区西部的斋堂站，东南部的大兴站，在极端降水量的分布上存在很大差异。北京市主城区下风方的东北区(顺义、怀柔、密云、平谷站)极端降水量最大，降水量这样的分布表现为明显的“城市雨岛效应”^[16-19]，从天气学原理角度分析，这样的分布主要是由于夏季北京地区经常处于南下的北支低槽冷空气和副热带高压控制下来自西南地区的暖湿空气交汇处，北上的暖湿空气受南下的冷空气抬升、降温，为降水形成提供了有利条件。此外北京市作为国家中心城市、国际化大都市，城市热岛效应明显，城区高大建筑物集中，减缓天气系统移动速度，城区空气污染物相对较高，为水汽凝结提供更多凝结核，这些现

象都对极端降水事件的发生起增幅作用。从极端降水量的时间变化可以看出，20世纪80、90年代极端降水量维持在较高的水平，并表现为逐年增加的趋势，其中1994年极端降水量最大，达到412.8 mm；进入2000年前后，极端降水量大幅下降，1999年极端降水量仅有57.6 mm，此后又表现为逐年增加趋势，其中2012年极端降水量达到了384.8 mm，北京地区极端降水量这一变化特点与文献[20]中关于华北地区近50年降水量变化趋势的结论基本一致。自2000年以后，近15年来，北京地区极端降水量又表现为增加趋势，极端降水量的增加致使其造成的灾害性风险也随之增加。

如图4b所示，北京地区极端降水日数平均为3.3~4.2 d。与图3极端降水阈值分布对比可以看到，极端降水日数与极端降水阈值空间分布呈反位相关关系，即极端降水阈值较小的地区极端降水日数则较多。极端降水日数从北京地区东南至西北逐渐增加，在20个站点中佛爷顶极端降水日数在4 d以上，最多；降水日数较少的地区是城区及其附近的站点，平均在3.5 d左右；将极端降水日数与极端降水量(图4a)对比分析，发现二者也呈反位相关关系。极端降水日数的时间变化与极端降水量的变化趋势基本一致，因为极端降水日数的多少直接决定了极端降水量的高低，极端降水日数较多的地区和年份，因极端降水导致的灾害风险也就越高，空间分布中极端降水日数的大值区是灾害应急管理主要关注的地区，如佛爷顶、斋堂、霞云岭等地区。但结合北京市统计局、国家统计局北京调查总队2015年发布的北京地区人口分布数据^[21]可以看出，上述几个山区站点人口密度是极低的，因此这一地区即便出现较频繁的极端降水，造成灾害性损失的可能性也是较低的，鉴于北京地区人口分布的特殊性，极端降水日数的大值区不作为北京地区应急管理重点关注的地区。

一次极端降水过程，它的强度越大其造成灾害性损失的风险就越高，因此，极端降水强度是衡量极端降水灾害性风险高低的重要指标。北京地区年极端降水强度分布如图4c所示，可以看出，极端降水强度空间分布与极端降水阈值和极端降水量的空间分布基本相同，都是在城区和东北部山前地区较大，可以达到58 mm/d；而在北京西部，西北部山区降水强度较小，低于44 mm/d。对比2000年前后极端降水强度变化趋势可以看出，极端降水强度基本上维持在平均水平，没有明显的变化趋势，2000年以后的15年中极端降水强度略低于前期的水平，但相差不大。受城区和北京地区大地形影响，极端降水强度空间分布差异性明显，结合极端降水阈值分布特点，我们可以得出：极端降水阈值大的地区其降水强度也大，造成灾害性损失的风险也就越大，因而降水强度大的地区是灾害应急管理重点关注的地区。

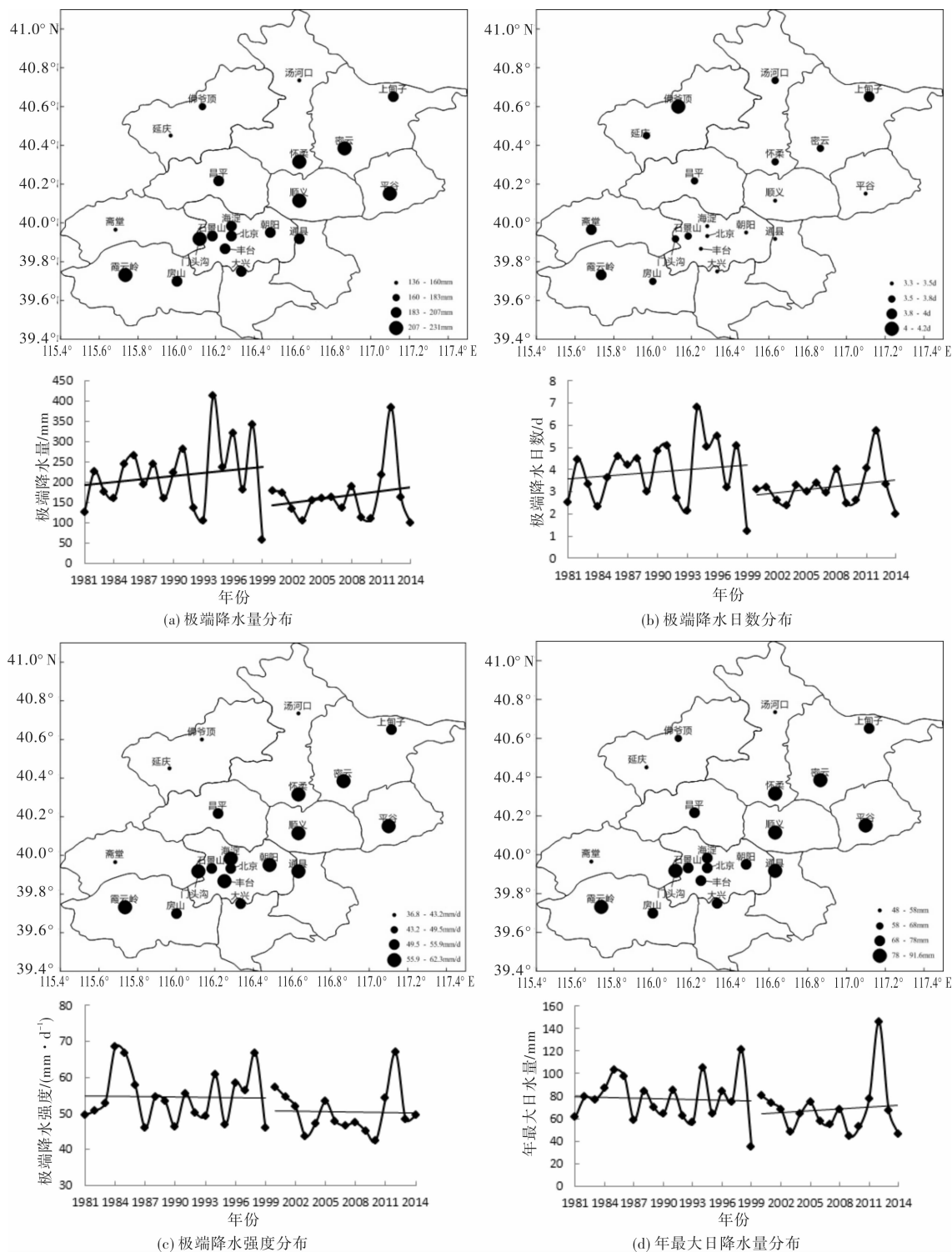


图4 北京地区 1981 - 2014 年极端降水指数分布

年最大日降水量, 是一年中超过极端降水阈值的日降水量最大值, 如图 4d 所示, 年最大日降水量的空间分布特点和极端降水量、极端降水强度的分布规律一致, 与极端降水日数分布相反。

对于极端降水造成的灾害性损失, 一般都是与一次极端降水过程的降水量成正比, 降水量越大, 造成灾害性损失的风险也就越高, 因此, 年最大日降水量分布的大值区, 也反映的是极端降水灾害性损失的高发地区。年最大日降水量的时

间变化趋势与极端降水强度变化趋势基本一致, 没有明显的增加趋势。

通过对上述各个极端水指数的分析, 我们对北京地区极端降水事件的空间分布特征和极端降水事件造成的灾害性损失高发地区有了进一步的了解。北京市城区(海淀、朝阳、丰台)和城区东北部(顺义、怀柔、密云、平谷)面临的极端降水灾害性风险最高, 是灾害应急管理应该重点关注的地区, 政府部门作为极端降水灾害应急管理的

核心力量和领导者,拥有控制和利用整个应急资源的绝大部分,应针对上述灾害风险高发区合理储备应急资源,确保灾害应急管理预案在灾害来临时能有充分的资源保障,进而发挥应急管理预案降低灾害性损失的作用。

3 应对策略

极端天气频发使气象灾害应急管理工作的的重要性日益显现,目前,北京市已逐步建立应急保障体制机制,初步建立防灾减灾法制体系,2014年8月北京市成立了突发事件预警信息发布中心,从体制上强化应急管理,使得北京市气象灾害应急管理体系不断完善。但现行应急管理系统在实践过程中也暴露出一些亟待解决的问题,如气象部门预报预警水平与公众需求有差距、基础设施建设与城市化发展不配套、公众气象灾害应急避险意识亟待加强等问题。为了更好地监测与应对极端降水等气象灾害,最大限度地降低极端降水造成的灾害性损失,建议从如下几个方面加强北京市极端降水应急管理系统的建设,对极端降水导致灾害性风险较高的北京市城区、城区东北部地区重点关注。

3.1 提高极端降水天气预报水平,多渠道发布预警信息

加大科技研发与投入力度,加大北京市综合气象观测网点密度,研究北京市强降水的时空分布特征和城市气候变化规律,并利用物联网、云计算及最新科技手段,开发城市精细化预报新模式,进一步提高灾害性天气预报准确率。强化政府部门间、军地间及与周边省区市间的信息共享和研判,提高灾害监测与预报预警能力。充分利用电子显示屏、应急广播、区县自建手段、电视台、电台、信息员、电话声讯、短信、网站、移动应用、QQ弹窗、微博等传统和新媒体手段,保证公众尤其是极端降水灾害风险高发区的公众,可以及时掌握灾害预警的内容、级别以及疏散避难信息等。

3.2 加强城市基础设施建设标准,合理规划城市发展布局

加强城市基础设施建设,修订城市总体规划,扭转超出资源承载力和环境容量的无限膨胀局面,修订城市基础设施特别是排水系统建设标准,加强低洼路段地下设施排水能力。疏通城市水系,整治河道沟谷,恢复加固堤防,清除侵占河道违章建筑设施,迁移险区企业民居,修建城区雨洪拦蓄和集雨系统。纠正山区发展沟域经济*中的短期行为,按流域规划沟域经济布局。对山区公路和沟域旅游景点建立预警制度与应急救援体系,重点景区修建临时避险场所等措施。

3.3 加强科普宣传,提高公众气象灾害应急避险能力

政府部门要合理分配宣传人员、减灾经费和时间向广大群众开展气象灾害宣传普及活动,将防灾减灾宣传普及工作作为政府部门的重要工作,使得防灾减灾知识覆盖课堂、乡村和社区,让气象科普知识常态化。各大社区、乡村、学校、企事业单位要积极协助政府部门组织的灾害应急演练和灾害防御知识宣传普及工作。针对气象灾害高发区、人员聚集区和灾害预警信息不够畅通的乡村等地区,更是要加强气象灾害应急演练,尽最大努力提高社会公众的防灾减灾科学素养,提高公众面对气象灾害的应急处置与自救互救能力。

4 小结

本文利用1981-2014年北京地区20个常规气象站逐日降水资料,利用国际上通用的百分位法,针对北京地区20个气象站逐一确定各自站点的极端降水阈值,通过定义4个极端降水指数,分析了北京地区极端降水的时空分布特征,得出如下结论。

(1)北京地区20个气象站点中,朝阳、通县、顺义、怀柔、密云、平谷等站点极端降水阈值较大;北京西部和西北部山区站点极端降水阈值较小。斋堂、延庆等站点极端降水阈值虽然在大雨量级以下,但从极端事件的角度来说超过这一阈值的降水量,还是可能给这一地区造成灾害性损失。

(2)极端降水强度是衡量极端降水灾害性风险高低的重要指标,年最大日降水量的空间分布和时间变化趋势与极端降水强度一致;北京市城区(海淀、朝阳、丰台)和城区东北部(顺义、怀柔、密云、平谷)地区因极端降水强度和日最大降水量较大,而面临的灾害性风险最高,是灾害应急管理系统重点关注的地区;极端降水日数与极端降水阈值、极端降水量、极端降水强度的分布呈反位相关关系。由于北京地区特殊的地形和人口分布规律,使得极端降水日数的大值区发生灾害性损失的风险并不高。

(3)北京地区极端降水量和极端降水强度在2000年以后都呈增加趋势,这一变化趋势与全球气候变暖导致极端事件增加的规律是一致的,极端降水强度的增加,使得极端降水造成的灾害性损失和人民生命财产面临的破坏性风险都大大增加。

* 沟域经济:是北京市在农业区域经济、流域经济基础上结合北京山区农业发展基础与特点提出的崭新概念。所谓“沟域经济”就是集生态治理、新农村建设、种植养殖业、民俗旅游业、观光农业发展为一体的山区区域经济发展新模式。

(4) 结合北京地区极端降水灾害应急管理现状, 针对北京地区极端降水灾害高发区, 合理储备有限的应急资源, 提出北京地区极端降水灾害应对策略: 提高极端降水天气预报水平, 多渠道发布预警信息; 加强城市基础设施建设标准, 合理规划城市发展布局; 加强科普宣传, 提高公众气象灾害应急避险能力。

参考文献:

- [1] IPCC. Working Group I Contribution to the IPCC fifth assessment report, climate change 2013: The physical science basis: Summary for policymakers [R/OL]. [2013 - 10 - 28]. http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5 - SPM_Aproved27Sep2013.pdf.
- [2] Fowler H J, Blenkinsopp S, Tebaldi C. Linking climate change modeling to impacts studies: Recent advances in downscaling techniques for hydrological modeling [J]. *International Journal of Climatology*, 2007, 27(12): 1547 - 1578.
- [3] Trenberth K E. Atmosphere moisture residence times and cycling: implications for rainfall rates with climate change [J]. *Climate Change*, 1998, 39(4): 667 - 694.
- [4] Karl T R, Jones P D, Knight R W, et al. A new perspective on recent global warming: Asymmetric trends of daily maximum and minimum temperature [J]. *Bull Amer Meteor Soc*, 1993, 74(6): 1007 - 1023.
- [5] Kenneth E Kunkel, David R Easterling, Kelly Redmond, et al. Temporal variations of extreme precipitation events in the United States: 1895 - 2000 [J]. *Geophysical Research Letters*, 2003, 30(17): 1900.
- [6] Zhai P M, Sun A, Ren F, et al. Changes of climate extremes in China [J]. *Climatic Change*, 1999, 42(1): 203 - 218.
- [7] 杨金虎, 江志红, 王鹏祥, 等. 中国年极端降水的时空分布特征[J]. *气候与环境研究*, 2008, 13(7): 75 - 83.
- [8] 迟潇潇, 尹占娥, 王轩, 等. 我国极端降水阈值确定方法的对比研究[J]. *灾害学*, 2015, 30(3): 186 - 190.
- [9] 李剑锋, 张强, 陈晓宏, 等. 新疆极端降水概率分布特征的时空演变规律[J]. *灾害学*, 2011, 26(2): 11 - 17.
- [10] 任国玉, 封国林, 严中伟. 中国极端气候变化观测研究回顾与展望[J]. *气候与环境研究*, 2010, 15(4): 337 - 353.
- [11] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 2007: 50 - 60.
- [12] Zhang X, Alexander L, Hegerl G C, et al. Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data [J]. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 2011, 2(6): 851 - 870.
- [13] 翟盘茂, 潘晓华. 中国北方近 50 年温度和降水极端事件变化[J]. *地理学报*, 2003, 58(Supp. 1): 1 - 10.
- [14] 王萃萃. 中国大城市极端强降水事件变化的研究[D]. 北京, 中国气象科学研究院, 2008.
- [15] 姜德娟, 李志, 王昆. 1961 - 2008 年山东省极端降水事件的变化趋势分析[J]. *地理科学*, 2011, 31(9): 1118 - 1124.
- [16] Palumbo A, Mozzarella A. Rainfall statistical properties in Naples [J]. *Mon Wea Rev*, 1980, 108(11): 1011 - 1015.
- [17] 俞烜, 扬极羽, 周祖昊, 等. 天津夏季降水演变规律及其城市效应[J]. *地理科学进展*, 2008, 27(5): 43 - 48.
- [18] 梁萍, 丁一汇, 何金海, 等. 上海地区城市化速度与降水空间分布变化的关系研究[J]. *热带气象学报*, 2011, 27(4): 475 - 483.
- [19] 白莹莹, 张焱, 何泽能, 等. 城市化进程对重庆都市圈降水空间分布的影响[J]. *气象*, 2013, 39(5): 592 - 599.
- [20] 左洪超, 吕世华, 胡隐樵. 中国近 50 年气温及降水量的变化趋势分析[J]. *高原气象*, 2004, 23(2): 238 - 244.
- [21] 北京统计信息网. 2014 年北京市人口发展变化情况特点[EB/OL]. (2015 - 05 - 21) [2015 - 10 - 14]. http://www.bjstats.gov.cn/rkjld/sdjd/201506/t20150624_294864.htm.

Extreme Precipitation Events and Management Strategy in Beijing

Chen Donghui^{1, 2}, Wang Jiehua³, Ning Guicai¹, Zhang Xiangxiang⁴ and Shang Kezheng¹

(1. College of Atmospheric Sciences, Lanzhou University, Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Lanzhou 730000, China; 2. Unit 93123, Liaoyang 111000, China; 3. Unit 92493, Huludao 125000, China; 4. College of Global Change and Earth System Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: The financing disaster losses caused by extreme precipitation extremes is becoming increasingly serious with the accelerating urbanization of Beijing, therefore an effective way to avoid enormous losses is to make corresponding risk management strategies. In this study, we first determine site-level rainfall threshold using percentile method, and then define four precipitation indexes to study the extreme rainfall events in Beijing, the dataset consists of daily-observed precipitation from 20 meteorological stations from 1981 to 2014. Our results show that, the distribution of extreme rain threshold coherent with the amount and intensity of extreme precipitation, as well as annual maximum rainfall, which mainly occur central and northeast of the city, hence these areas should be paid more attention when take risk management for their high risk caused by heavy rain. Contrarily, the mountain area in west and northwest Beijing does not experience too much loss even with maximum days of extreme precipitation; this is caused by particular topography and population distribution. Given the city's current emergency management, we suggest to improve the precipitation risk management strategy from improving the ability of early warning and forecasting, strengthening the city infrastructure construction and improving the public's ability of emergency avoiding.

Key words: Beijing; extreme precipitation events; disaster; risk management; countermeasures; percentile method