

文章编号:1004-9045(2007)02-0144-05

## 近 12 年北京暖季对流天气的气候特征

丁青兰<sup>1</sup>, 王 令<sup>1</sup>, 陈明轩<sup>2</sup>, 陶祖钰<sup>3</sup>

(1.北京市气象台,北京 100089; 2.北京城市气象研究所,北京 100089;

3.北京大学物理学院大气科学系,北京 100871)

**摘要:**对北京地区 1994-2005 年暖季(5-9 月)雷暴、冰雹、暴雨和大风等各种对流天气进行了气候统计和分析。统计结果表明:北京地区暖季发生对流的概率很高,按日数统计的气候概率达 47.77%,有雷暴相伴的强对流天气大风、暴雨和冰雹气候概率分别为 27.29%、10.84%和 6.29%。另外,北京地区对流天气一般可连续出现 3 d,强对流天气也可连续出现 2 d。北京地区对流季节长达 4 个月,其中 6、7、8 月为主要的对流月,这三个月中雷暴发生的气候概率均超过 50%。暴雨多发季节为 7 月中旬到 8 月上旬。冰雹集中于 6 月中、下旬。在对流天气的地理分布上,北京西北部、东北部山区及西南部山区多对流天气,中心区和东南部平原地区对流天气较少。暴雨呈西南-东北方向带状分布,东北部山区、中部和东南部平原地区多发生暴雨,而西北部和西南部山区很少发生暴雨。山区冰雹明显多于平原。西北部和东北部山区大风偏多,西南部霞云岭大风最少。暴雨有明显的夜发性,即夜间次数多,降水量更大。冰雹集中发生在午后到傍晚,占冰雹总站次的 76.72%。夜间发生冰雹的概率非常小,上午到中午也不多。

**关键词:**气候统计;雷暴;冰雹;暴雨;大风

**中图分类号:**P463.1 **文献标识码:**A

### 1 引言

强对流天气通常是指雷暴暴雨、冰雹、下击暴流等中小尺度天气,强对流天气对人们的生活和生产均有很大的影响,往往造成国民经济和人民生命财产的重大损失。2004 年 7 月 10 日北京强对流暴雨造成城市交通瘫痪。2004 年 7 月 13 日上海遭受雷雨、大风袭击,造成地铁晚点、公交瘫痪、围墙倒塌伤人,渔船沉没,居民小区断电。研究这些对流天气,对于提高灾害性天气的短期、短时预报水平,有着十分重要的意义。杨国雄等<sup>[1]</sup>在华东中尺度天气试验中,通过多年雷暴资料的统计分析,得到江淮下游地区雷暴的地理分布和雷暴的时序分布,研究了雷暴的天气气候特点与大尺度环流间的关系,揭示了该地区雷暴发生的天气气候学规律。吴正华等<sup>[2]</sup>分析了京津冀地区夏季强降水日变化特征、短历时降水气候概率和条件气候概率时空变化特征以及城市热岛对强降水分布的影响等,为京津冀地区降水的临近和短时预报提供了背景资料。徐桂玉等<sup>[3]</sup>应用三维 EOF 和小波统计分析方法,研究了中国南方冰雹的主要空间分布类型、季节变化特征、年际变化和年代际变化规律。刘德祥等<sup>[4]</sup>分析了中

国西北地区降雹的空间分布和年、日变化及持续时间。以上研究主要侧重某种对流天气的气候特征分析。众所周知,各个地区对流天气的气候特征有较大的差别。近些年来,对于北京地区对流天气的研究,大多是利用数值模拟、诊断分析等方法以及卫星、雷达等探测工具,开展强对流个例的分析研究<sup>[5-6]</sup>。而对北京地区对流天气的气候特征研究很少。2008 年第 29 届夏季奥运会将在北京举行,时间定为 8 月上、中旬。这正是北京地区对流天气多发时段,对流天气尤其是强对流天气会影响比赛的正常进行,这就对北京地区对流天气的临近和短时预报提出了较高的要求。

### 2 资料与统计

该文所用资料为 1994-2005 年暖季(5-9 月)共 1 836 d 北京地区 20 个地面气象观测站的资料,统计日界为 20 时(北京时)。参加统计的 20 个站分布是:中部的海淀、石景山、门头沟、丰台;西南部的西斋堂、霞云岭、房山;西北部的汤河口、佛爷岭、延庆、昌平;东南部的大兴、朝阳、通县、观象台;东北部的怀柔、密云、顺义、平谷、古北口。其中,中部和东南部为平原,西南部、西北部和东北部为山区。将地面观测资料处

收稿日期:2007-04-13;定稿日期:2007-06-12

基金项目:科技部奥运科技专项“北京奥运短时临近预报实时业务系统研发”(2005BA904B05)和北京市科委科技奥运专项“北京奥运会国际天气预报示范计划支持技术研究”(Z0006279040191)

作者简介:丁青兰,女,1974 年生,工程师,主要从事短时天气预报技术和方法研究。E-mail:qlding@163.com

理成冰雹日期、雷暴日期、极大风速日期、极大风的风向和风速值、逐日降水量(包括20~08时、08~20时、20~20时三个时段的降水量)。本文中对流天气是指雷暴,即伴有雷电现象(或只闻雷而不见闪电)的中小尺度天气系统;暴雨、冰雹和大风则指有雷暴相伴的强对流天气。暴雨是指日雨量大于等于50 mm或12 h雨量大于等于25 mm的雷暴暴雨。大风包括飏线和瞬间风速达到或超过 $17.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的雷暴大风。

### 3 北京地区暖季对流天气概况

#### 3.1 各种对流天气的气候概率

该文主要分析雷暴及其相伴随的暴雨、冰雹和大风等强对流天气。文中统计的北京地区各种对流日是指当天北京地区20个气象站中有任何一站(或以上)出现该种天气现象。在下面的统计中,雷暴、暴雨、

冰雹和大风四种天气现象按日独立统计,可重复计数。

图1a给出了北京地区1994~2005年暖季各类对流天气现象日数,从图中可以看出,北京地区暖季(5~9月)发生对流的概率很高,1994~2005年暖季共有1836 d,其中雷暴日数占822 d,气候概率高达47.77%(822/1836)。大风日数也较多,达到501 d,气候概率为27.29%。暴雨比较少,暴雨日数为199 d,气候概率为10.84%。冰雹日数最少,只有127 d,气候概率仅为6.29%,但它所代表的对流最强,可能与美国超级单体类似。如果将暴雨、大风和冰雹归并为强对流天气,则它的气候概率也达29.41%(日数为540 d,几种天气同时出现时不重复计数)。822个对流日数中,只有34.39%的雷暴日仅仅会听到雷声或同时有降水,但没有降雹和出现雷雨大风,雨量也没有达到暴雨标准。

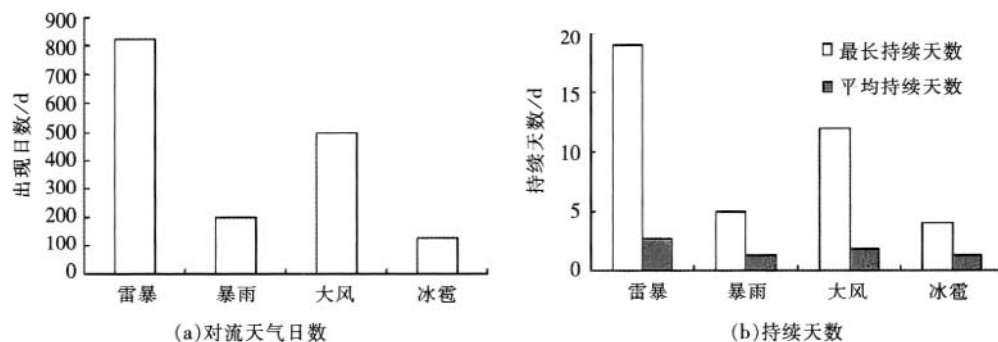


图1 北京地区1994~2005年暖季各类对流天气概况

#### 3.2 各种对流天气持续天数

图1b给出了1994~2005年暖季(5~9月)各种对流天气的最长持续天数和平均持续天数。从图中可以看出:北京对流天气具有多日连续出现的特点,几乎可以连续3 d(2.74 d)出现,与“雷雨三晌”的民谚相当一致。强对流天气连续出现的可能性也较大,大风可连续出现2 d(1.83 d)。强对流中只有暴雨和冰雹平均持续天数较少,分别为1.31 d和1.27 d。持续数天出现对流天气的可能性非常高,最多可长达19 d,大风持续出现的天数也高达12 d,强对流天气中暴雨和冰雹最长持续天数一般不超过5 d。

### 4 对流天气的月和旬分布

图2为北京地区1994~2005年暖季各类对流天气的月分布,由图2a可见:北京地区暖季(5~9月)中,6、7、8月为主要的对流月,雷暴发生的日数相当高,分别为210 d、211 d和196 d,气候概率均超过50%,历史上持续时间最长(19 d)的雷暴过程发生在6月份(2001/06/05~2001/06/23)。虽然6、7、8月气候概率差别不大,但对流天气类型有很显著的差别。暴雨集中

在7、8月(见图2b),占总暴雨日数的69%,气候概率达19.35%。历史上持续最长(5 d)的暴雨过程发生在8月上旬(1994/08/05~1994/08/09)。冰雹集中在6月(见图2c),占总冰雹日数的38%,气候概率为13.33%。持续时间最长的冰雹过程(4 d)就是发生在6月(2001/06/15~2001/06/18, 2004/06/21~2004/06/24)。另外冰雹8月还有一个次高峰(从旬分布中可以看得更清楚一些)。暴雨和冰雹的月分布特征完全不同,反映两种天气的成因有很大差异,是两类不同性质的对流天气。对流性天气中,出现雷雨大风的可能性比较大,而且大风可与暴雨、冰雹相伴随,故日数较高,其月分布特征与雷暴相似,并且兼有暴雨和冰雹的分布特征(图2d)。

图3为北京地区1994~2005年暖季各类对流天气的旬分布,从图3a中可以看出:北京地区对流季节从5月中旬开始,到9月上旬结束,长达4个月。暴雨多发季节为7月中旬到8月上旬,长达一个月(见图3b)。冰雹集中于6月中、下旬,8月下旬还有一个次冰雹多发期,整个冰雹季节可延续到9月下旬(见图3c)。7月上旬和8月中、下旬是暴雨和冰雹的混合多发期。

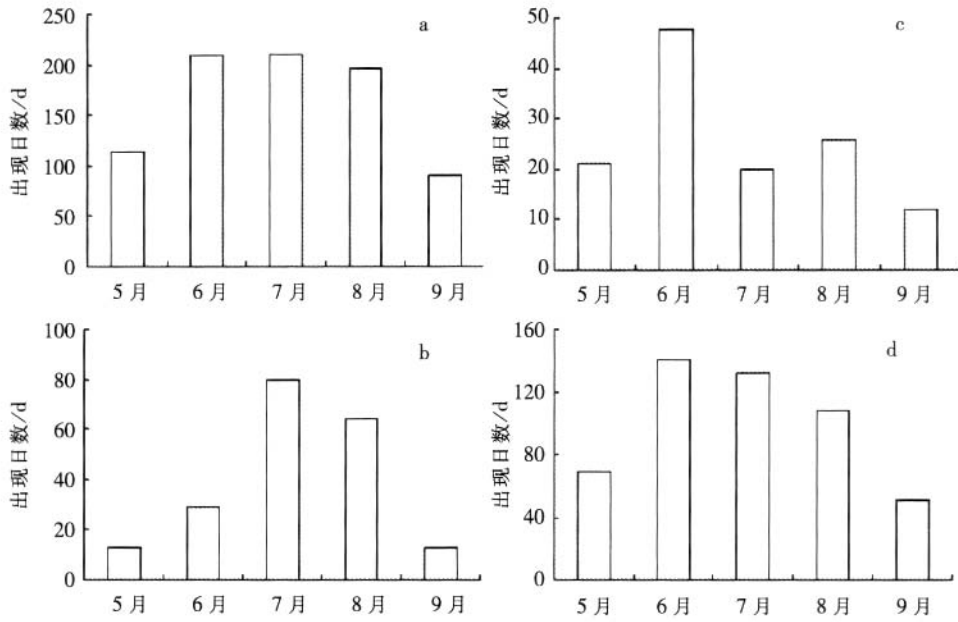


图 2 北京地区 1994~2005 年暖季各类对流天气的月分布 (a)雷暴;(b)暴雨;(c)冰雹;(d)大风

7月中、下旬和8月上旬是冰雹的少发期,同时是暴雨的多发期,暴雨多发期与冰雹稀少期重合,反映产生这两种对流天气的环流背景有明显的差异。从大气环流季节变化的角度来看,7月中、下旬和8月上旬属于盛夏季节,低纬度暖湿的季风气团北上直达华北,因

而是北京暴雨的多发季节;但此时高空副热带西风急流轴处于一年中最北的位置,不利于冰雹的发生。同时,暴雨多发期与冰雹稀少期重合还可能表明,虽然两者都是由对流产生,但产生暴雨和冰雹的中尺度对流系统在结构和机理上可能存在很大的差异。

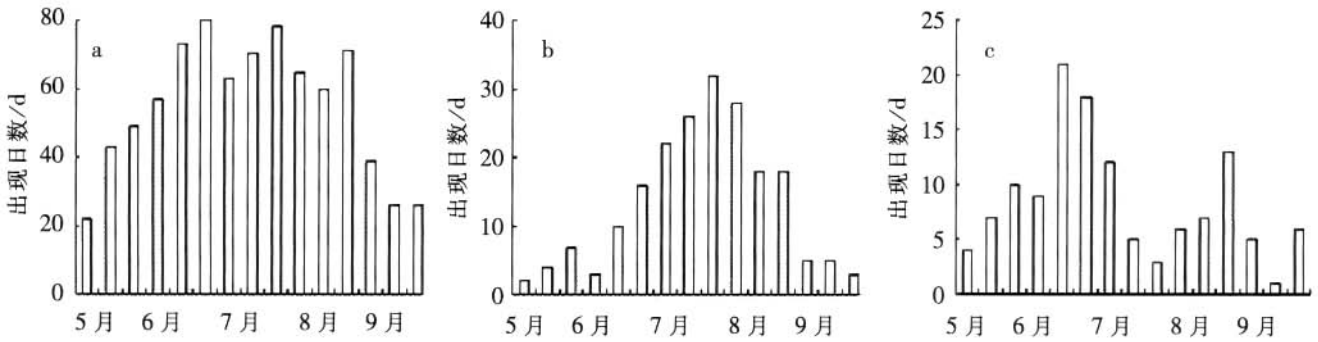


图 3 北京地区 1994~2005 年暖季各类对流天气的旬分布 (a)雷暴;(b)暴雨;(c)冰雹

### 5 对流天气的地理分布

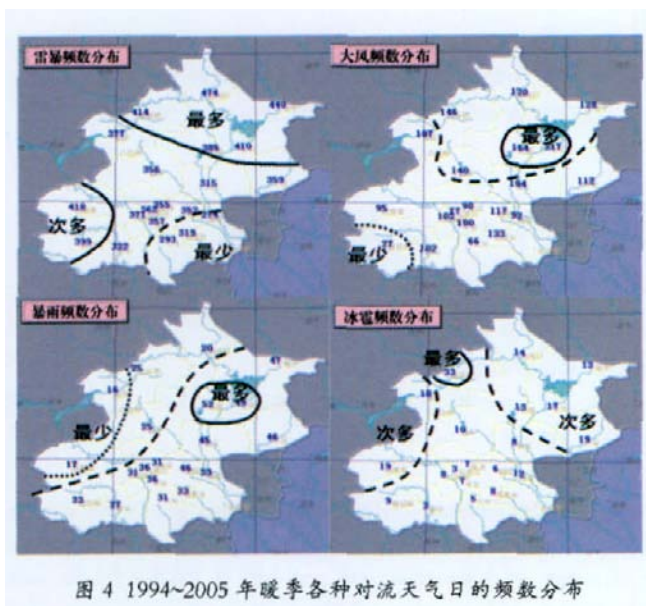
北京地区 12 年 20 个测站对流天气日的频数分布表明,北京西北部、东北部及西南部山区多对流天气,雷暴日数超过 380 d,其中西北部的汤河口最大,达 474 d,中部和东南部的平原地区对流天气较少,雷暴日数不足 300 d (见图 4 中雷暴对流日的频数分布)。

暴雨与西南季风有关,其地理分布也呈西南-东北方向的带状分布 (见图 4 中暴雨对流日的频数分布)。东北部山区、中部和东南部平原地区是暴雨的多发区,暴雨日数一般超过 30 d;而西北部的延庆和西

南部的西斋堂较少发生暴雨,暴雨日数不超过 17 d。另外,暴雨与地形关系密切,怀柔、密云具有喇叭口状的地形,是发生暴雨最多的地方,暴雨日数分别达到 52 d 和 49 d。

冰雹的分布山区明显多于平原 (见图 4 中冰雹对流日的频数分布),其中位于北京西北部山区的佛爷顶降雹最多,冰雹日数达 33 d,东南部平原地区降雹较少,冰雹日数不到 10 d。冰雹日数的这种地理分布与北京地区冰雹路径以及北京地形有一定的关系,北京地区冰雹路径主要为西北路径和偏西路径,大多数强对流系统下山后有所减弱。

西北部 and 东北部山区大风偏多,大风日数一般超



过120 d,其中东北部的密云大风日数最多,达217 d,怀柔次之,为163 d。西南部的霞云岭大风最少,大风日数只有27 d(见图4中大风对流日的频数分布)。

另外,值得一提的是,从整体上看,冰雹的地理分布和大风、雷暴都有一定程度的相似性,但与暴雨的分布差异非常显著,它可能也反映出前面提到过的产生冰雹和暴雨的对流系统在结构和机理上存在显著的不同。

## 6 暴雨和冰雹日较差的比较

利用资料中冰雹的发生时间以及20-08时和08-20时两个时段的12 h降水量记录还可以通过一些简单的统计,获得一些冰雹和暴雨这两类强对流天气日变化方面的特征。表1给出了暴雨站点和暴雨日两个时段的12 h平均降水量。

表1 北京地区白天和夜间暴雨气候特征对比

暴雨时段(北京时)	站次	出现日数/d	平均雨量/(mm/站次)
20-08时	401	117	50.84
08-20时	303	113	43.59

如果以20-08时代表夜间降水,08-20时代表白天降水,从表1中可见,无论是站点数还是天数的平均降水量都说明,暴雨有明显的夜发性,即夜间次数多,降水量更大。特别值得注意的是,虽然夜间暴雨和白天暴雨发生的天数相差不多(4 d)。但夜间暴雨发生的站次和降水量明显大于白天暴雨,也说明了夜间暴雨天气过程一般影响的范围比白天暴雨大,降水强度也比白天暴雨要大一些。从某些极端暴雨个例也能反映北京的暴雨具有夜发性,例如1998年6月30日的北京极端特大暴雨就是发生在夜间,它的24 h最大降水量为281.4 mm,但夜间12 h的降水量为229.1

mm,占了绝大部分;而白天降水量仅52.3 mm。

冰雹和暴雨不同,集中发生在午后到傍晚,占冰雹总站次的76.16%。夜间非常少,上午到中午也不多。从1 h频次来看,午后到傍晚冰雹发生的频次更是远远大于夜间和上午(见表2)。冰雹发生时间的日变化与暴雨的显著差异又一次反映出造成暴雨和冰雹的对流系统是两类结构和机理有明显不同的对流系统。

表2 北京地区不同时段冰雹特征

冰雹时段(北京时)	站次	1小时频次
20-08时	20	1.67
08-14时	33	5.50
14-20时	179	29.83

## 7 结论

通过对北京地区1994-2005年近12年来暖季(5-9月)各种对流天气(雷暴、暴雨、大风、冰雹)的统计,得出如下结论:

(1)北京地区暖季发生对流的气候概率很高,按日数统计雷暴的气候概率高达47.77%。北京地区的对流天气具有显著的持续性,一般的雷暴可连续出现3 d(即民谚所称“雷雨三响”),大风、暴雨、冰雹等强对流天气也可连续出现2 d。

(2)北京地区对流季节从5月中旬开始,到9月上旬结束,长达4个月,6、7、8月为主要的对流月,该三个月发生雷暴的气候概率均超过50%;暴雨多发季节为7月中旬到8月上旬,持续1个月;冰雹集中期分为两段,第一段在初夏(6月中、下旬),第二段较短,在8月下旬。大风的月分布特征与雷暴相似,并且兼有暴雨和冰雹的分布特征。

(3)北京地区对流天气具有明显的地理分布特征,雷暴、冰雹和大风,北部、东北部及西南部山区明显多于平原,而暴雨则呈西南-东北方向带状分布,平原地区暴雨较多。

(4)气候统计还表明,暴雨和冰雹可能是由两种性质不同的对流的产生的。它表现为,冰雹大多发生在午后到傍晚,而暴雨夜间发生的次数和雨量都大于白天。因此它们在临近预报中应该有不同的预报思路。

## 参考文献:

- [1] 杨国雄.华东对流性天气的分析预报[M].北京:气象出版社,1989:8-32.
- [2] 吴正华,陈明轩.京津冀地区夏季(6-8月)短历时降水气候分析[G]//中国气象局北京城市气象研究所.中美强对流天气临近预报技术国际研讨会文集.2004:264-269.
- [3] 徐桂玉,杨修群.中国南方冰雹气候特征的三维EOF分析[J].热带气象学报,2002,18(4):383-393.

- [4] 刘德祥, 白虎志, 董安祥. 中国西北地区冰雹的气候特征及异常研究 [J]. 高原气象, 2004, 23(6): 795-803.
- [5] 王令, 康玉霞, 焦热光, 等. 北京地区强对流天气雷达回波特征 [J]. 气象, 2004, 30(7): 31-35.
- [6] 张朝林, 季崇萍, Ying-Hwa Kuo, 等. 地形对“00·7”北京特大暴雨过程影响的数值研究 [J]. 自然科学进展, 2005, 15(5): 572-578.

## Climatic Characters of Convective Weather in Beijing for Recent 12 Years

DING Qing-lan<sup>1</sup>, WANG Ling<sup>1</sup>, CHEN Ming-xuan<sup>2</sup>, TAO Zu-yu<sup>3</sup>

(1. Beijing Meteorological Observatory, Beijing 100089; 2. Institute of Urban Meteorology, CMA, Beijing 100089;  
3. Peking University, Beijing 100871)

**Abstract:** We statistically analyzed all kinds of convective weather such as thunderstorms, hail, torrential rain and strong wind during warm season (from May to September) of 1994-2005 in Beijing areas. The results showed that the climate probability of occurring convection is high to 47.77% by convective days, the probability of strong wind, torrential rain and hail is 27.29%, 0.84% and 6.29% respectively. Generally, convections in Beijing may continue in 3 days, and severe one 2 days. During 4-month convective season, the climate probability of thunder storms occurred in June, July and August is over 50%. A majority of torrential rain occur from the middle 10-day period of July to the early 10-day period of August. Moreover, hail usually frequently occur during the middle and late 10-day period of June. Convective weather often appear in northwest mountain areas, northeast mountain areas and southwest mountain areas of Beijing. The rainstorm band distributed from southwest to northeast, which often occurred in northeast mountain areas, center of city and southeast plain areas. There are more hail events in mountains than plain. Strong winds frequently occur in northwest and northeast mountain areas, and rarely in xiayunling station lying at southwest of Beijing. Torrential rain often bursted in night with higher frequency and precipitation intensity. Hail mainly appeared in the afternoon with 76.72% of the all stations, slightly in night as well as morning.

**Key words:** Climatic statistics; Thunderstorm; Hail; Torrential rain; Strong wind