

北京 1980—1983 年夏季云和 降水的分析研究

王昂生 徐乃璋 梁飞燕*

(中国科学院大气物理研究所)

提 要

根据北京地区 1980—1983 年夏季的 5cm 雷达回波和地面降水资料,作者研究了北京地区云和降水的特征。结果表明:具有不同结构特征和降雨过程的对流型、积层混合型(简称混合型)和层状型三种类型云体,产生了相应时空特征的地面降水过程。文章给出了它们的统计结果。

一、概 述

近年来一些作者采用气象雷达等手段对北京地区的降水和降雹^[1-3]作了一些个例分析,葛润生^[4]研究了对流云降水单体,提供云体尺度谱和单体降水的雷达估算。大气物理研究所三室曾对北京地区降水的若干方面作过一些研究,但总体方面还有更多的工作待做。

北京地区的降水主要集中在每年的 6 月到 9 月。降水云体较为复杂,有时为强对流云降水,有时为积层混合云降水,层状云降水也是重要形式之一。其中强降水云系会造成灾害性降水(暴雨和冰雹)。为研究它们的结构及其特征,根据位于北京东南 60km 香河县的 5cm 713 雷达的回波资料及北京 21 个气象站和 100 多个水文站的观测资料,分析自 1980 年到 1983 年共 196 次降水个例,研究了降水过程中的雷达回波特征,从中得出一些有意义的结果。

在 196 次个例中,按雷达回波特征可划分为对流型降水、混合型降水、层状型降水。每种类型又可按雨强划分为强、中、弱性降水。如日降水量大于 50mm 为暴雨量级降水;日降水量为 10—50mm 为中雨量级降水;日降水量为 0.1—10mm 为弱量级降水。由表 1 可见,有 10.7% 的降水次数为暴雨量级降水,43.9% 为中等降水,45.4% 为弱降水。从表中可看出北京地区各种降水类型中以对流型降水的次数为最多,约占 72.9%。在雨强特征方面,中等强度及弱降水出现的次数占 89.3%。降水量、云型及降水特征的统计表明:对流型降水时间(以单站统计)最短而平均雨强最强;层状云降水时间长而平均雨强最弱。

1985 年 6 月 26 日收到,1985 年 10 月 16 日收到修改稿。

* 为来所学习的学生

表 1 北京地区 1980—1983 年夏季降水次数统计表

降 水 量 (mm/d)	>50			10—50			0.1—10	
类 型	强对流	混 合	层 状	对 流	混 合	层 状	弱对流	层 状
个 例 数	11	8	2	61	7	18	71	18
小 计	21			86			89	
百 分 比	5.6%	4.1%	1.0%	31.1%	3.6%	9.2%	36.2%	9.2%
小计百分比	10.7%			43.9%			45.4%	

应当说明：本文所述的各次降水过程的数据，均取自降水回波的强区所对应的地面雨量站资料，所以也往往是过程里最大降水站的降水资料。

以下我们按对流型、混合型及层状型三种类型分别研究其雷达回波结构及其降水特征。

二、地面降水特征

首先让我们从地面降水资料来研究这三种类型降水在时间和空间分布上的不同特点。

为了比较，我们都取暴雨量级的个例。从图 1 可明显看出：强对流型降水对单站来说多为一次性强降水过程，它们的持续时间一般不超过 3h，雨量大多集中在 1—2h 内，曲线呈峰值高耸且陡直，雨强很强。混合型则由几次短降水过程迭加长达 10h 的长降水过程，有若干峰值，强度弱于强对流型。层状型为一次性连续长降水过程，持续时间在 10h 以上，降水较均匀，曲线显得平坦，降水强度较弱。

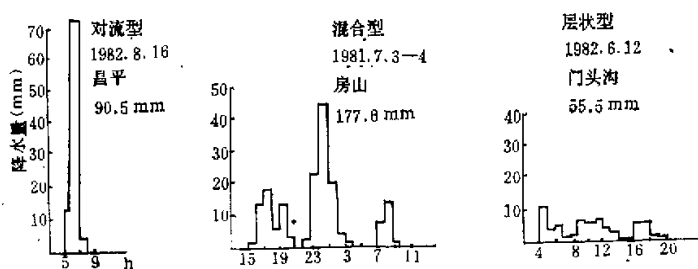


图 1 三种类型降水逐时雨量分布曲线图

三种类型降水过程空间分布见典型个例图 2。图 2(a) 是 1982 年 6 月 16 日的一次过程降水分布。降水的范围不大，仅有一个单站降水量为 68.1mm 的强中心，向外，降水迅速减弱，这表明降水的局地性很强，属对流型降水。1982 年 7 月 31 日是一次混合型降

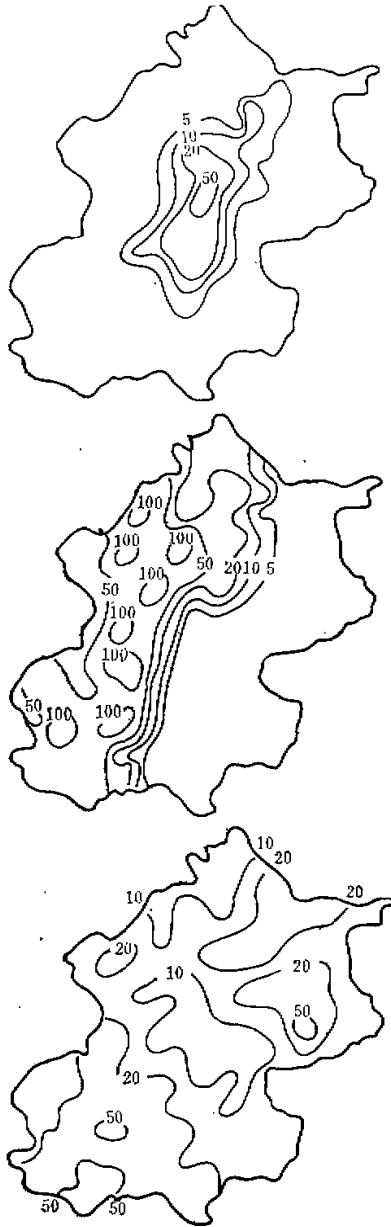


图 2 三类典型的降水分布

- (a) 1982 年 6 月 16 日对流型降水
 (b) 1982 年 7 月 31 日混合型降水
 (c) 1982 年 7 月 9 日层状型降水

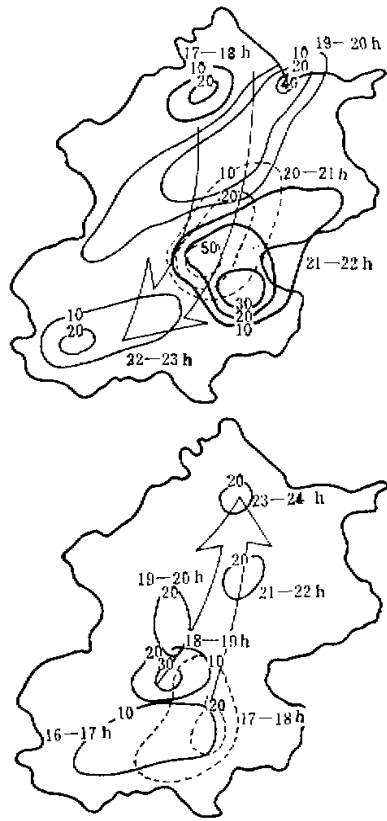


图 3 对流型和混合型降水的移动路径

- (a) 1981 年 8 月 2 日强对流型降水带移动路径
 (b) 1981 年 7 月 3 日混合型降水移动路径

水,如图 2(b) 所示,这是一个南北走向带状结构的降水分布,内含多个强中心。强中心基本上也呈带状分布,雨带范围很大。既有强对流型造成的强核降水,又有层状型造成的大片均匀降水,所以归为混合型降水。图 2(c) 是 1982 年 7 月 9 日降水过程,降水范围很大,覆盖了整个北京地区,雨强分布较均匀,强中心并不十分明显,是一次较典型的层状型降水分布。

北京地区降水多表现为一个雨带的移动过程,图 3(a), (b) 分别为两个不同性质

降水带的移动路径分析。图 3(a) 是 1981 年 8 月 2 日一次强的对流型降水造成的暴雨级降水过程。如图所示, 17h 雨带首先在北京北部形成, 随后向南推进, 雨强逐渐加强, 20—21h 最大雨强达 50.8mm/h, 是降水的最盛期, 随后移动速度变慢, 雨强减小。22—23h, 雨带西跳, 强度继续减弱并逐渐消失。图 3(b) 为 1981 年 7 月 3 日一次混合型造成暴雨量级降水过程, 雨带总趋势由南向北移动, 移动路径没有前者明显。实际上这是一次雨带移动与局地持续降水的叠加过程。从 3 日 15 时到 4 日 04 时, 累积雨量使房山单站降水量达到 150mm。

三、对流型降水

1980—1983 年期间, 在所取的 196 次降水个例资料中, 对流型降水竟有 143 次, 占总数的 72.9%。其中以中、弱量级降水为主, 共 132 次, 占总数的 92.3% (见表 1、表 2)。

表 2 北京对流型降水特征统计

	次 数	平均降水时间 (h)	平均降水量 (mm)	平均雨强 (mm/h)	平均最大雨强 (mm/h)
>50mm/d	11	3.2	64.1	20.0	40.3
10~50mm/d	61	1.6	21.7	14.8	19.1
0.1~10mm/d	71	1.4	2.5	2.1	2.1

对流型降水, 是在不稳定大气层结条件下由空气的强烈对流活动而形成。一次对流过程是由一次阵性降水过程组成, 也可由几个小阵性降水过程组成。从表 2 的统计特征可见, 不同量级的对流型降水, 都有共同的特点, 即: (1) 降水持续时间短。最强的暴雨级对流型降水的单站过程降水时间约为 3.2h, 中等及弱型降水各为 1.6 及 1.4h, 远小于混合型及层状型。(2) 雨强的平均值可达 20.0mm/h, 而层状云仅 3.4mm/h。最大雨强的平均值也比其他两类明显为强。

1981 年 8 月 2 日北京暴雨可作为这类云体降水的一个典型实例。降水云体的回波具有强对流云的典型特征。17h 40min 在测站西北方 180km 处有一弱带状回波向东南移动。20h 18min 带状回波已移到北京地区上空且强核呈带状分布[见图版 I 图 4(a)]。此时云体已在京区强烈降水, 回波强度达 40dB。20h 25min 的 RHI 如图版 I 图 4(b) 所示, 方位为 306°, 55 和 70km 处有两个强区, 前者强中心达 40dB, 出现在低层, 是典型的雨暴结构。降水云的强核回波对应海淀区附近, 该处在 20—21h, 产生 50.8mm 的局地暴雨。

这次降水的回波特征是一般顶高为 15 至 18km, 最厚达 20km, 强中心一般在 40dB 以上, 且强区范围大。当天 500hPa 层为 0℃, 环境大气温度较高, -20℃ 层高度也较高, 再加之低空的暖湿气流, 因此不利于冰雹的形成, 而利于暴雨形成^[9]。

北京夏季的另一类对流型降水是冰雹云型, 它属于冷性局地降水并造成灾害。云体的回波结构更为密实强烈(见图版 I 图 5), 强回波区高悬于中上部的冷区中, 这十分有利于冰雹在云的中上部形成。以强度大于 20 dB 的回波区来看, 雨暴的回波强核[见图版 I 图 4(b)]主要集中在 5km 以下之暖区, 利于低层雨暴形成, 而冰雹云则主要为强上升

气流托至较高层冷区,从而有利于冰雹在冷区形成^[3,5]。

四、混合型降水

北京地区夏季降水的 196 次降水个例中,混合型降水仅占 7.7%。表 3 给出了降水的统计特征。日雨量大于 50mm 的 8 个例子中,单站的平均降水时间为 12.4h,远远长于对流型降水(约 3.2h)。平均降水量为 86.5mm,与对流型较相近(64.1mm)。平均雨强为 7.0mm/h 也小于对流型(20.0mm/h)。混合型降水是指层状云和对流云混合在一起的降水,其降水性质介于对流云和层状云之间,一般降水的范围较大、持续时间长。由于层状云回波中还嵌有一些对流单体,就在单体对应的地面,阵性降水也很突出,这又类似于对流型降水。此种类型的降水是由于在大面积抬升而形成的层状云中,存在一些不稳定因素,参杂有对流性因子而形成的,云中含有对流泡越多、越强,则降水峰值出现次数越多,峰值也越强。

表 3 北京混合型降水特征统计

	次 数	平均降水时间 (h)	平均降水量 (mm)	平均雨强 (mm/h)	平均最大雨强 (mm/h)
>50mm/d	8	12.4	86.5	7.0	39.2
10~50mm/d	7	10.3	29.6	2.9	15.7

混合型降水回波特征如图版 II 图 6 所示,在大片均匀片状回波里,可以明显地看出一些块状的对流泡,其回波特征为絮状结构,如图版 II 图 6(a) 中测站西边的对流区所示。回波顶高通常不超过 10km (个别有 13—14km),强度中等,回波顶及回波强区均可看出明显的对流结构。最强回波区达 40dB (见图版 II 图 6(b)),强区对应的地区 17—18h 降水量,房山 18.1mm,石景山 33.0mm,大兴 20.5mm,海淀 27.4mm。

当天云区是处于高空北上暖湿气流的影响,大气层结较为稳定。暖湿条件促使形成大片云区,加之受一些热力及地形不稳定因子的影响,最终形成了较强的混合云结构。由于降水持续时间长,累积雨量大。同时,对流泡的作用使之雨强增强,因此也能出现暴雨量级降水。

若大气层结比较稳定,对流运动不很强烈,且水分供应不很充分时,则也会形成较弱的混合云,产生量级较小的降水。但统计表明,一般均在中雨量级以上。

五、层状型降水

北京地区层状型降水发生的次数介于对流型和混合型之间,约占总数的 19.4%。表 4 给出了降水情况的统计特征。一般降水时间都很长,如大于 50mm/d 可达 22.5h,平均降水量较大,达 75.4mm,但平均雨强只有 3.4mm/h,为三类降水中最弱的一种。

以 1981 年 7 月 13—14 日降水为例来看层状云降水的回波特点。降水自 13 日 21 时到 14 日 07 时止,持续 10h 以上。日降水量属中雨量级。从 04h22 min 的 PPI 图可见,这

表 4 北京层状型降水特征统计

	次 数	平均降水时间 (h)	平均降水量 (mm)	平 均 雨 强 (mm/h)	平均最大雨强 (mm/h)
>50mm/d	2	22.5	75.4	3.4	20.8
10~50mm/d	18	9.8	21.2	2.2	10.5
0.1~10mm/d	18	5.0	4.4	0.9	2.3

里是大片层状云回波,云层均匀,层次无突变,没有明显的对流强区和块状对流结构,回波边缘结构比较松散[见图版 II 图 7(a)]. 回波顶部平整,顶高一般为 8km 左右[见图版 II 图 7(b)],在某些方位上还能探测到 100km 的均匀雨层. 在图上近区可见一明显亮带,长约 20km,出现在 5km 高度附近,并略有下挂. 此时,对应的通县地区降水强度峰值仅为 3.5mm/h.

与混合型降水比较,层状型降水回波没有明显的强核,回波分布比混合型均匀,最强区常有亮带出现是它的一个特点. 混合型云顶部有较多的突起,而层状型顶部多半是平整的.

六、结 果

综合分析 196 次降水个例,初步得出如下结果:

(1) 北京地区夏季以对流型降水出现的次数为最多,层状型降水为次,混合型出现较少. 各类降水均以中、小量级出现的机会为多.

(2) 具有高耸发展而回波强区聚集在中下层的雨暴及结构密实而强区被支托在中上层低温区的雹暴是北京常见强对流型降水的回波特征. 呈西南—东北走向的带状回波的移动性降水是造成北京对流型降水的一种重要形式. 较弱的对流型降水时常由结构紧密的对流单体造成的,无论哪种形式,多具局地性.

(3) 混合型降水回波特征反映在 PPI 上为大片较均匀回波,但仍可以从中明显辨出块状对流单体,强区范围较大而且强度较强. 在 RHI 上,回波顶部常有对流突起部分和强回波核区,它们常造成局地强降水.

(4) 层状型降水回波的 PPI 范围很大,强度均匀,无明显层次,成片状,边缘结构松散. 它有强区但无块状对流单体结构. RHI 回波看出云体顶部平缓,强区常有亮带出现,亮带下挂则是降水加强的标志.

参 考 文 献

- [1] 余志敏、江超伟, 1983: 盛夏冷锋雨带和暖区地形雨带的雷达探测, 气象科学技术集刊, 第 4 集, 气象出版社, 148—157.
- [2] 中央气象局研究所三室测雨组, 北京地区冰雹过程的雷达回波特征, 1973 年雷达气象文集, 149—163.
- [3] 王昂生、徐乃璋, 1983, 强烈雹暴结构和降雹, 大气科学, 第 7 卷, 第 1 期, 95—101.
- [4] 葛润生, 1983, 对流降水单体的统计特征, 气象科学技术集刊, 第 4 集, 气象出版社, 139—147.
- [5] 王昂生、黄美元等, 1980, 冰雹云物理发展过程的一些研究, 气象学报, 第 38 卷, 第 1 期, 64—72.

THE ANALYSIS AND RESEARCH OF THE CLOUD AND THE PRECIPITATION IN THE SUMMERS FROM 1980 TO 1983 OVER THE BEIJING AREA

Wang Angsheng Xu Naizhang Liang Feiyan

(Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica)

Abstract

Using the data of the 5 cm radar echo and the precipitation on the ground over the Beijing area from 1980 to 1983, the characteristics of cloud and precipitation during the summer in Beijing are studied. The results show that there are three kinds of rain-clouds which have different features of cloud and precipitation structure, i.e. convective, cumuli-stratiform and stratiform of clouds. They have their own precipitation processes with time and space feature on the ground respectively. Their statistical results are given.

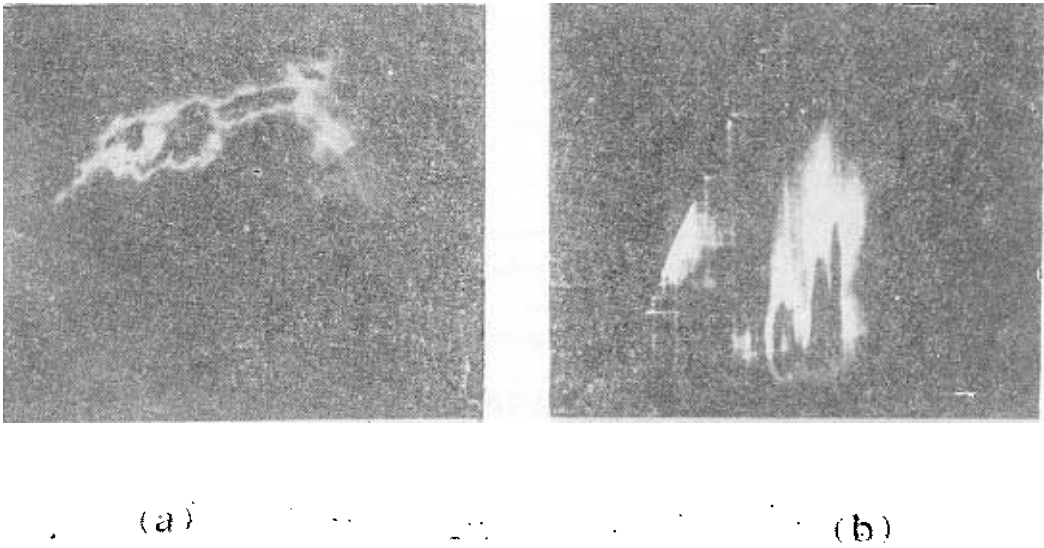


图 4 1981 年 8 月 2 日对流云带回波特征

- a: 时间 20h 18min
仰角 4°
距圈间距 20km
层间强度 10dB
- b: 时间 20h 25min
方位 305°
水平距标 20km
垂直距标, 大格 5km, 小格 1km
层间强度 10dB

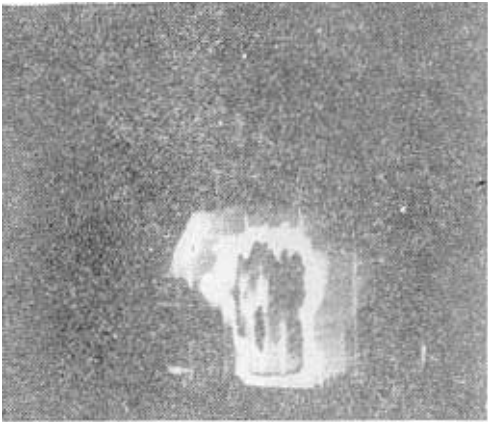
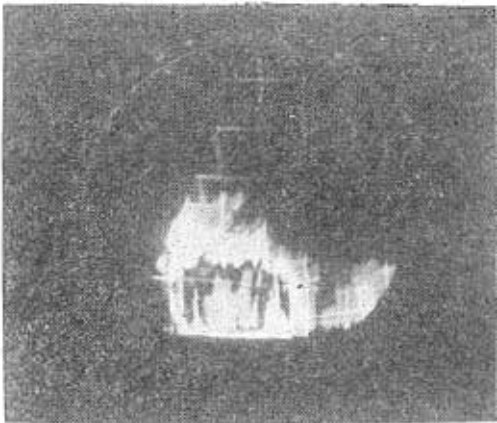


图 5 1981 年 6 月 24 日冰空云回波结构

- 时间 17h 56min
方位 355°
水平距标 20km
垂直距标, 大格 5km, 小格 1km
层间强度 10dB



(a)



(b)

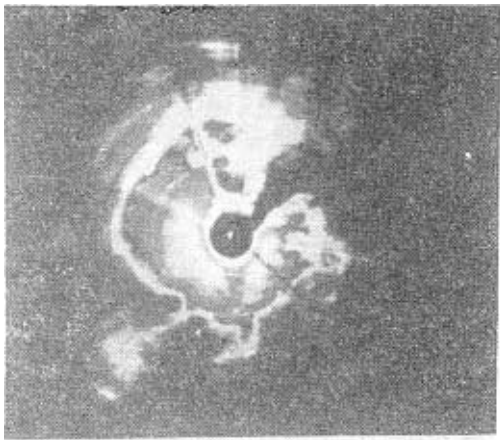
图 6 1981 年 7 月 3 日混合型降水回波特征

PPI

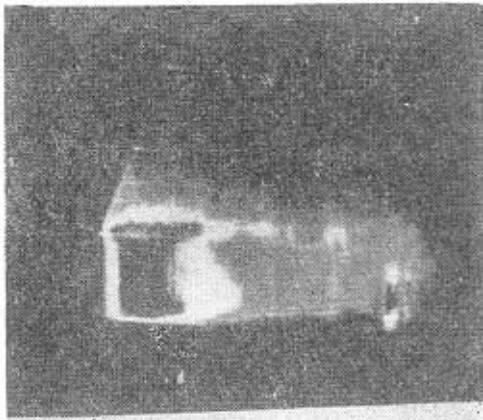
a: 时间 17h 06min
仰角 3°
距圈距离 50km
层间强度 10dB

RHI

b: 时间 15h 47min
方位 225°
水平距标 20km
垂直距标, 大格 5km, 小格 1km
层间强度 10dB



(a)



(b)

图 7 1981 年 7 月 14 日层状型降水回波特征

PPI

a: 时间 04h 22min
仰角 3°
距圈距离 20km
层间强度 5dB

RHI

b: 时间 04h 38min
方位 300°
水平距标 20km
垂直距标, 大格 5km, 小格 1km
层间强度 10dB