

北方冰雹预报科研协作组



华北大范围雹暴 的天气学研究

气象出版社

华北大范围雹暴的天气学研究

北方冰雹预报科研协作组编

气象出版社

内 容 简 介

本书通过八次典型个例，结合预报员多年经验，分析研究了华北地区大范围雹暴的天气学特征、形成雹暴的物理条件及其预报方法，书末还附有物理量计算方法和计算程序。本书可供气象台站预报人员和科研人员及大专院校师生阅读。

华北大范围雹暴的天气学研究

北方冰雹预报科研协作组编

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路46号)

北京印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行 全国各地新华书店经售

开本：787×1092 1/32 印张：4.625 字数：99千字

1982年3月第1版 1982年3月第1次印刷

印数：1—3,500

科技新书目：23—88

统一书号：13194—0063

定价：0.50元

前 言

雹暴是我国北方夏半年的主要灾害性天气之一，往往给工农业生产和国防设施带来危害。例如，1975年6月5日一次雹暴，横扫四省(区)两市，有76个县出现冰雹，大片庄稼遭到毁坏。1969年8月29—30日，京津地区遭受强雹暴和龙卷风的袭击造成沿途房倒人亡的严重灾害。1978年7月9日京津地区出现的冰雹，伴有强风达42米/秒，两小时的降雨量达110毫米，40米高的井架被刮倒，高压电线被吹断，成片的大树被拔起。据河北省10年资料统计，6月份平均有14.3个雹日，平均两天就有一次降雹，持续日数最长达9天(1973年7月18—26日)。可见，我国北方雹暴具有活动频繁、持续时间长、范围广、强度大的特点。

以往从一个地区的资料分析雹暴天气过程，得到的印象是“雹打一条线”。但通过几个省、市、自治区的资料综合分析，发现降雹也是大范围的天气现象。亦就是说，雹暴不仅是局地强对流天气，而且也是大范围天气尺度的强对流天气。

本书对最近五年在华北出现的八次大范围雹暴过程作了天气学分析，同时还计算了每次雹暴发生时各层的涡度、散度、垂直速度、温度平流、K指数、理查孙数、总温度、位势不稳定度等16种物理量，并作了合成分析。

本书着重于天气尺度分析，对于中小尺度的问题很少涉及。书中关于形成大范围雹暴的物理条件，大多数是必要条件，而不是充分条件；因为，一般对流天气也可以具备这些条件。

本书虽然是以八次个例作为分析研究的基础，但注意吸取了预报员的多年经验，经过两者互相印证后才得到本书的主要结论。因此，本书在天气事实和预报方法上有一定的代表性，对于从事天气预报人员了解雹暴大尺度天气过程及其预报模式将有一定参考价值。

参加本书工作的有：游景炎、方文举、李玉书、罗孝逞、胡永辉、徐葆真、刘盎然、李灼侑、周名扬、项淑娴、牧人、孙璇、杜兆达、张淑芬、李魁峰、白瑞芳、吕玉铭、张洪书等同志。雷雨顺、吴正华同志参加了本书的技术指导工作。

承蒙程纯枢、陶诗言、蔡则怡、李吉顺、周克惠同志对本书提出了宝贵意见，蔡则怡同志还撰写了“云系”一节，吴宝俊、陈新强同志为计算工作提供帮助并编写了附录，在此一并表示感谢。

北方冰雹预报科研协作组

1980年12月

目 录

前言.....	1
I. 华北大范围雹暴的天气学研究	1
一、概况.....	1
二、天气形势特点和影响系统.....	10
三、大范围雹暴的环境条件.....	35
四、雹暴的不稳定能量的产生、积聚和释放.....	54
五、大范围雹暴的预报.....	73
六、结论.....	90
II. 附录.....	94
一、雹暴分析预报中用到的一些物理量.....	94
二、天气分析中有关物理量计算源程序及其应用说明.....	106

I. 华北大范围雹暴的 天气学研究

一、概 况

雹暴是一种强对流天气，主要天气现象为降雹并伴有雷雨和大风。它是华北地区主要灾害性天气之一，具有来势迅猛、破坏力强、影响范围广而又局地性很强的特点。它给工农业生产、国防建设及人民生命财产带来严重危害，因此对雹暴的研究和预报具有重要意义。

1. 雹暴个例的选取与资料情况

我们共选取八次雹暴个例(见表1.1)，降雹区包括山西、河北、北京、天津、内蒙古(主要是在东南部)、辽宁等省、市、自治区(下面简称华北)。在个例选取时考虑了各方面的代表性，首先注意了地区性，尽量选择对上述地区都有影响的天气过程；同时考虑了研究的实际价值，挑选强度大、灾情重的个例；另外，还注意了季节性(最早的个例选在春末，晚的可到秋季)。由于近年来资料较全，所以个例都选在1975年以后的，并从天气学的角度出发，尽可能取自不同的天气形势。我们对这八个例子进行了剖析，研究其发生、发展及消亡的过程，以便发现和揭示其特性，探索雹暴的一般变化规律，初步提出预报的方法。

为了揭示雹暴的内在规律，我们把 30°N — 50°N ， 101°E — 133°E 所围成面积上空的大气分为十层，进行了十几种物理

表 1.1 八次雹

时 间	范 围	波及面积 (万平 方公里)	地 区 (省、市、 自治区)	灾情(县数)			最大积 雹厚度 (厘米)
				合计	重	轻	
1975年6月5日 10:00—18:00	111—121°E 36—44°N	27	辽宁、内 蒙古、北京、 天津、河北、 山西	76	23	53	6—10
1975年7月13日 13:04—24:00	111—121°E 35—43°N	23	辽宁、内 蒙古、北京、 天津、河北、 山西	62	26	36	
1976年5月10日 09:47—23:13	116—125°E 38—45°N	13	辽宁、内 蒙古、北京、 河北	36	11	25	
1976年8月31日 08:30—21:35	115—123°E 40—44°N	10	辽宁、内 蒙古、北京、 河北	28	21	7	30
1976年9月27日 12:07—21:00	111—116°E 36—45°N	7	内蒙古、 河北、山西	30	10	20	
1977年6月29日 12:45—23:10	110—120°E 35—45°N	28	内蒙古、 北京、天津、 河北、山西	62	20	42	3
1977年8月14日 12:08—21:10	111—121°E 36—43°N	28	辽宁、内 蒙古、北京、 天津、河北、 山西	71	29	42	
1978年7月9日 12:18—17:13	110—122°E 35—44°N	21	辽宁、内 蒙古、北京、 天津、河北、 山西	59	27	32	15

暴个例的概况

冰雹的 最大直径 (厘米)	降雹的 最长持续时间 (分)	伴随天气	500毫巴 影响系统	高纬度 环流特征	副高 脊线 (°N)	先 兆 过 程	
						影响槽	天 气
10	40	飏、小到 中阵雨	蒙古冷涡	乌拉尔山 东部阻高	17	500毫巴 西风槽	局部地区小 雷阵雨，内蒙 古赤峰地区降 雹
10	40	大风、暴雨	蒙古东部 冷涡	贝加尔湖 阻高	25	500毫巴 阶梯槽	大部地区有 雷阵雨，山西、 北京、天津、内 蒙古赤峰地区 降雹
6	37	飏、大部小 雨、局部 中到大雨	阶梯槽	乌拉尔山 东部阻高	19	700毫巴 西风槽	北京地区降 雹并有小雨
10	30	飏	西北气流	鄂木斯克 冷涡	25	500毫巴 冷槽	河北北部、 北京、天津地 区有雷阵雨， 北京地区降雹
10	40	飏、大部 小雨、局 部大雨	西风短 波槽	环流平直	16	500毫巴 西风槽	部分地区小 一中雷阵雨， 辽西降雹
5	30	飏、大部 中雨、局 部大雨	西北气流	贝加尔湖 阻高	27	500毫巴 冷槽	大部地区有 小到中雷阵 雨、山西、北 京、内蒙古赤 峰地区降雹
5	30	大风、大部 小到中雨	蒙古东部 冷涡	贝加尔湖 东部阻高	24	高空无槽	山西、河北 北部有雷阵 雨、山西大部 降雹
5	18	飏、局部 有暴雨	贝加尔湖 涡槽	乌拉尔山 阻高	29	500毫巴 阶梯槽	局部地区有 小雷阵雨，内 蒙古赤峰地区 降雹

量计算(详见附录)。计算资料取自 $28^{\circ}\text{--}55^{\circ}\text{N}$, $98^{\circ}\text{--}135^{\circ}\text{E}$ 范围内的探空站报表,计算的网格距为 222 公里,时次为雹暴当天的 08,20 时及其前一天和后一天 08 时共四个时次。对于雹暴发生的地点、灾情、强度资料,虽各省、市、自治区收集的不尽相同,但一般都来自县(旗)气象站、人民公社,个别的来自农、林、水利部门。

2. 华北地区的地理地形

华北北部为阴山山脉与燕山山脉组成的内蒙古高原,西部由太行山脉构成山西高原,东南部是华北平原与辽河平原。全区河流除山西境内的汾河流向西南注入黄河外,其余的辽河、滦河、桑干河、滹沱河、运河等均呈指状分布汇集于渤海。整个地势由西北向东南倾斜,高原和山地所占面积为全区的 64%。海拔最高的太行山顶峰达三千米左右,而在沿海

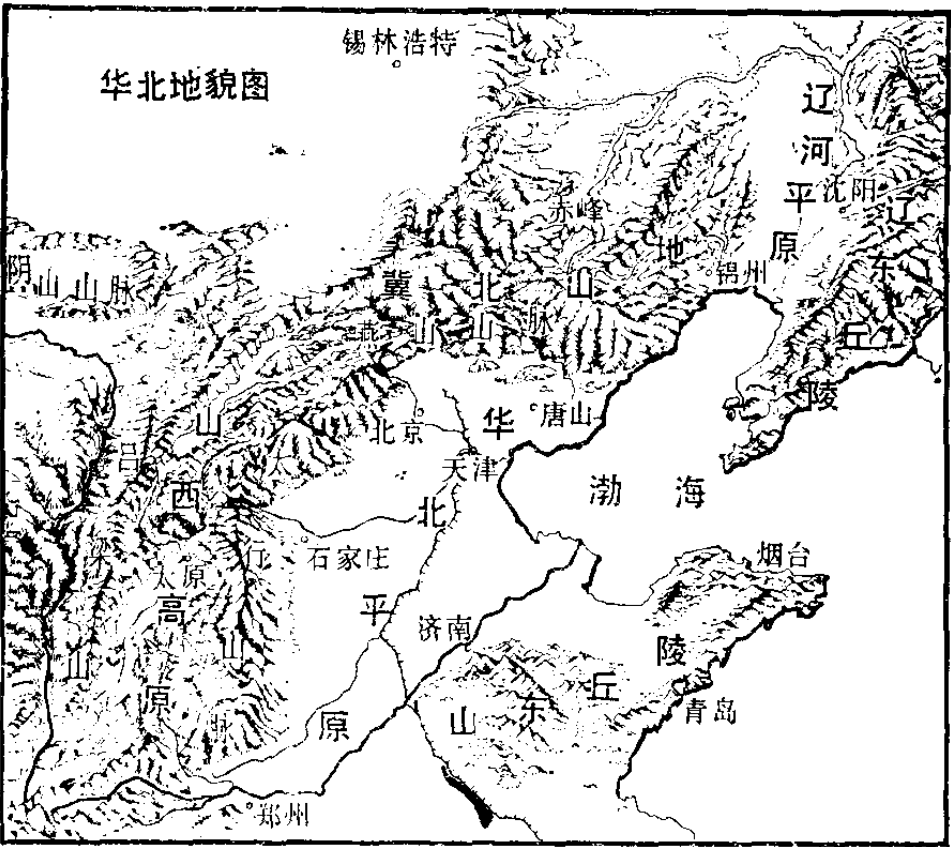


图 1.1 华北地貌图

地区的最低处只有几米(图 1.1)。

3. 雹暴的分布特征及强度

以往对大范围雹暴的研究很少，由于局地观察者见到的是“雹打一条线”，人们也常认为雹暴只是局地天气现象的随机分布，其实雹暴往往是大范围的天气现象，影响范围很广、分布也有一定规律。

(1) 雹暴的地理分布 总的说来，雹暴的分布特征：高原、山地多于平原和丘陵，内陆多于沿海，植被少的地区多于植被多的地区。从八次雹暴过程的降雹分布来看(见图1.2)，虽然我们收集的雹暴资料不够完全，但也不难看出：山西高原

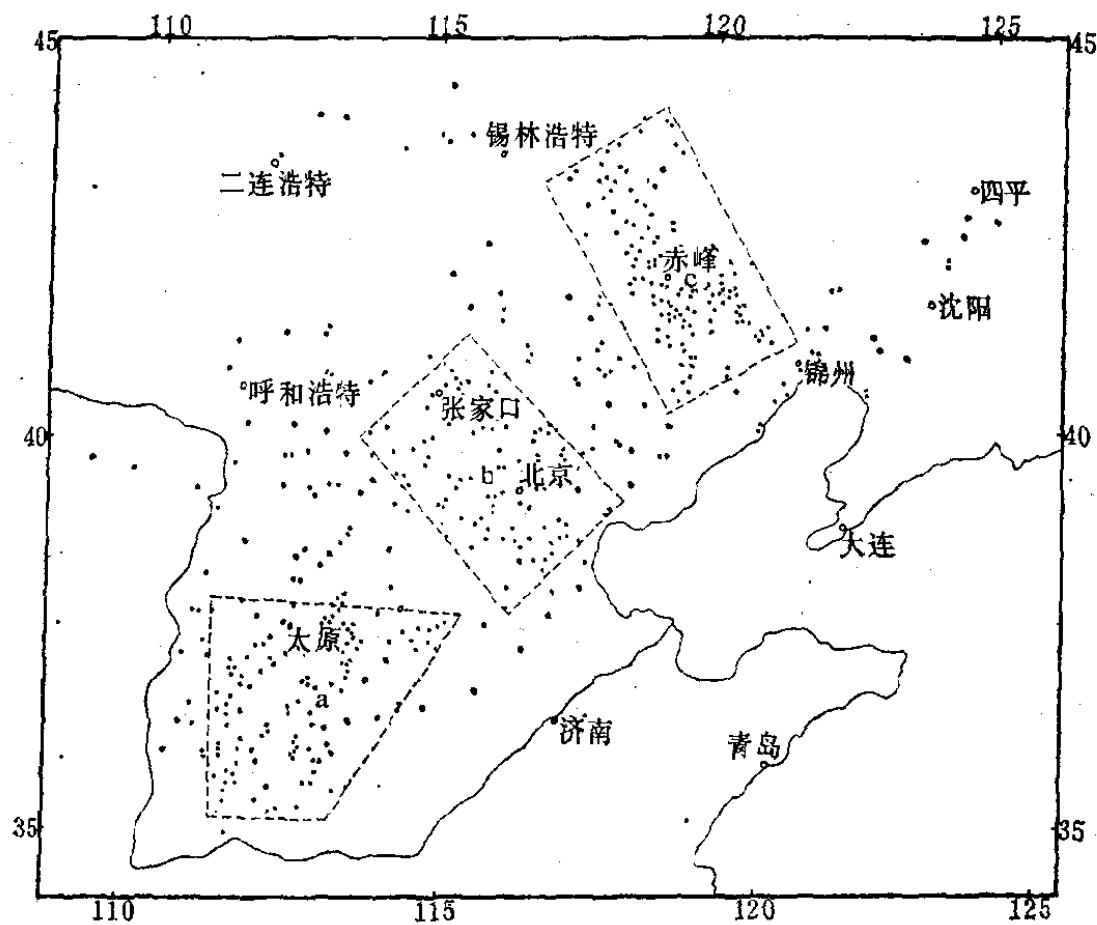


图 1.2 八次雹暴个例的降雹分布图
(一个黑点表示有一天降雹)

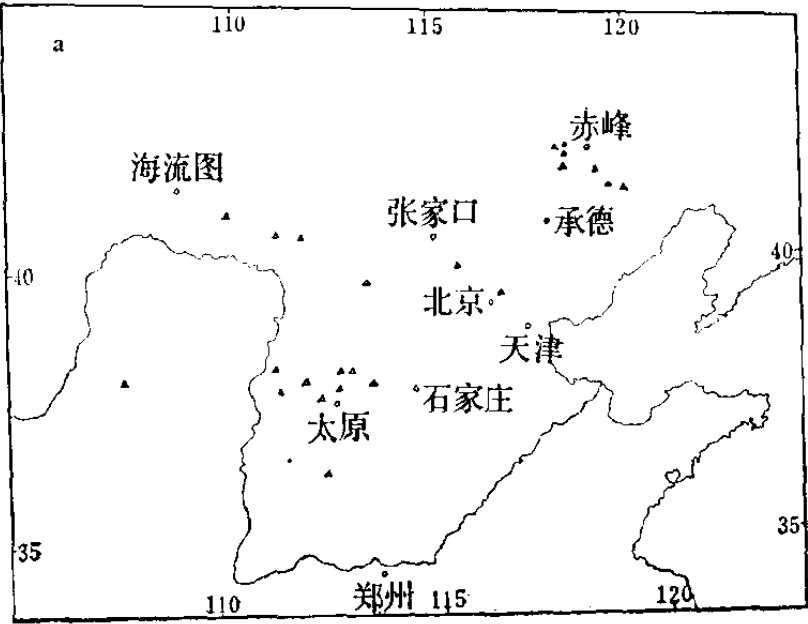
经北京西部山地到内蒙古昭盟地区及辽西山地是多雹区，而华北东部的平原和沿海地区则偏少。图 1.2 中的 a, b, c 区是雹暴的三个集中区，这三个地区均处于高原和山地。另外从河北省 1969—1977 年 516 次降雹也可以看到，属于高原、山地的张家口、承德及唐山三个地区就占降雹总数的 63.5%，而地处平原的石家庄、沧州、衡水、邯郸四个地区仅占 16.6%。显而易见，华北雹暴的分布与其地形的独特作用和下垫面的热力性质是密切相关的。

(2) 雹暴分布的尺度特征 大尺度特征：华北雹暴是一种大范围的天气现象。从图 1.2 可以看到，在 $35^{\circ}\text{--}45^{\circ}\text{N}$ ， $110^{\circ}\text{--}125^{\circ}\text{E}$ 的范围内都有雹暴发生。我们对八次个例进行统计(见表 1.1)，结果表明：最大的约 28 万平方公里，最小的是 7 万平方公里，而八次平均为 19.6 万平方公里。可见，雹暴的波及范围是很广的。从时间上看，以 1977 年 6 月 29 日雹暴过程为例(28 日开始降雹，29 日最强，30 日又继续出现)，降雹时间延续达三天之久(见图 1.3)。因此，无论从空间或时间的尺度，华北雹暴都具有大尺度的分布特征。另外，这类雹暴的发生又具有同时爆发的特点，如图 1.3 b 中的 a, b, c 雹带虽相距较远，但可以见到冰雹同时发生的现象。

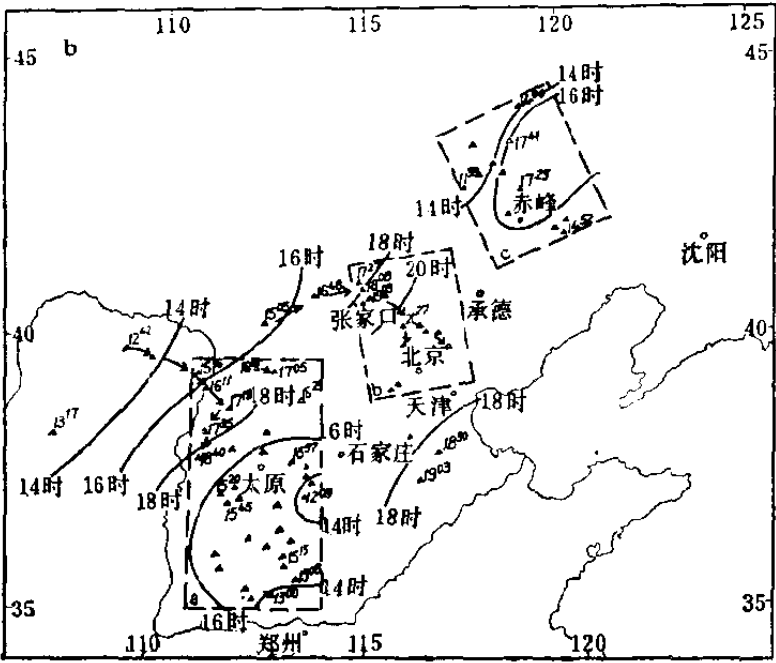
中尺度特征：从图 1.2, 1.3 b 中可以见到 a, b, c 是华北大范围雹区中的三个相对集中带，其最大直径一般都在 250—500 公里左右。在每一个雹带中，雹暴从发生到结束一般是 2—3 小时，不难看出，从范围和时间都具备中尺度的特点(见图 1.3 b)。

小尺度特征：华北雹暴的波及范围虽然很大，但分布很不连续，基本上形成一种离散的分布状态(见图 1.3)。在图 1.3 b 的 a, b 这两个中尺度雹带中，有用箭头表示的雹暴路径，

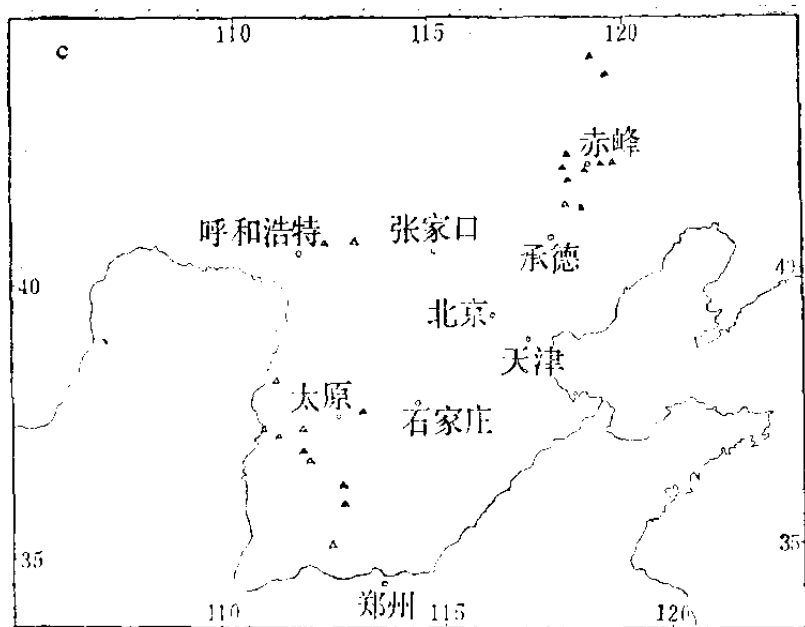
这些雹暴的影响范围窄、成条状分布，具有小尺度的特征，我们称为雹条。由于它影响范围小且有规律地移动，所以给局地的观察者留下了“雹打一条线”的概念。在雹条上各地遭受雹暴袭击的时间是很短的，一般为十几分钟，最长也不过 40 分钟（见表 1.1），即时间上也具备小尺度特征。至于雹带中



(a) 1977 年 6 月 28 日



(b) 1977 年 6 月 29 日



(c) 1977 年 6 月 30 日

图 1.3 雹暴分布图

(黑三角:成灾冰雹,空三角:未成灾冰雹,实线:等时线,虚线:雹带范围线,箭头:雹暴路径)

分散孤立的降雹点,就更具有小尺度的特征了。图 1.4 是 1975 年 6 月 5 日雹暴的北京雷达回波图。图中较明亮的小块,就是华北大范围雹暴中出现在北京地区的雹云单体,我们可以清楚地看出它水平方向的小尺度特征。

华北雹暴这种大、中、小尺度的分布特征,是它波及范围广、又具有跳跃性、离散性强的综合表现。实际上,这是大型天气形势背景下,天气尺度影响系统、中尺度扰动系统、积云对流系统等不同尺度天气系统相互作用的结果。

(3) 雹暴的强度 雹暴是一种强对流天气,从表 1.1 可以看出雹暴发生时,常伴有飚线、龙卷和局地暴雨。较大的冰雹直径可达 5—10 厘米,地面积雹可达 3—20 厘米厚,持续时间一般 5—15 分钟,长的可达 30—40 分钟。

综上所述,雹暴是一种波及范围广而又离散性很强的严

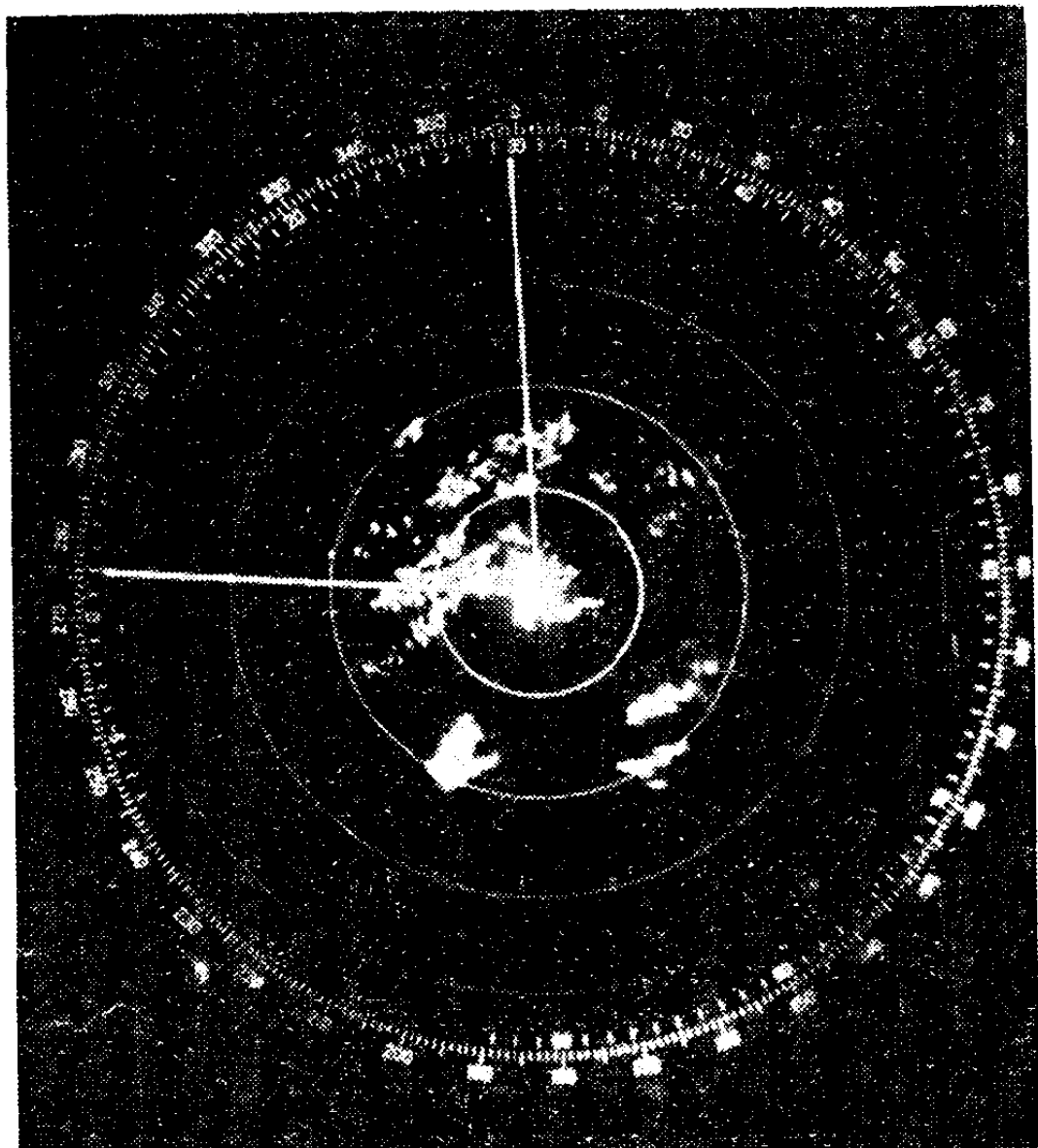


图 1.4 北京雷达回波图
(1975年6月5日15时59分,200公里,20分贝)

重的灾害性天气现象。在华北这个特定的地理条件下，雹暴分布极不均匀，具有大、中、小尺度的分布特征，但有集中在山地和高原的趋势。就整个华北来讲，虽然雹暴的强度和次数不同，但几乎处处都能发生。雹暴天气之恶劣，造成损失之严重，应当引起我们足够重视。

二、天气形势特点和影响系统

大范围雹暴往往出现在有利的大型环流背景之下，在大型环流背景中，以高空急流的特征最显著。有意思的是，从八个例子中可以看出强雹暴发生之前常有先兆槽出现，并伴有降水天气。随之，在后来的影响系统直接作用下，与行星边界层扰动系统相结合，就爆发了强雹暴。

1. 大型环流场

关于雹暴发生的基本环流背景，可以从高空冷空气、雹区纬度带的气流状况、中高纬度环流形势、副高位置和气团属性等五个方面来说明（为了讨论方便，本书主要使用雹日 08 时的资料，下面不另说明）。

（1）中高空冷平流是华北雹暴发生的必要条件之一，对盛夏降雹尤其关键。从偏西到东北方向来的冷空气都可能造成降雹。主要路径有二：一是偏西路径（见图 2.1），西伯利亚为一稳定的低槽，在槽的底部巴尔喀什湖有偏西气流分支，其南侧从我国新疆、蒙古西部到朝鲜为纬向的西北西气流，冷空

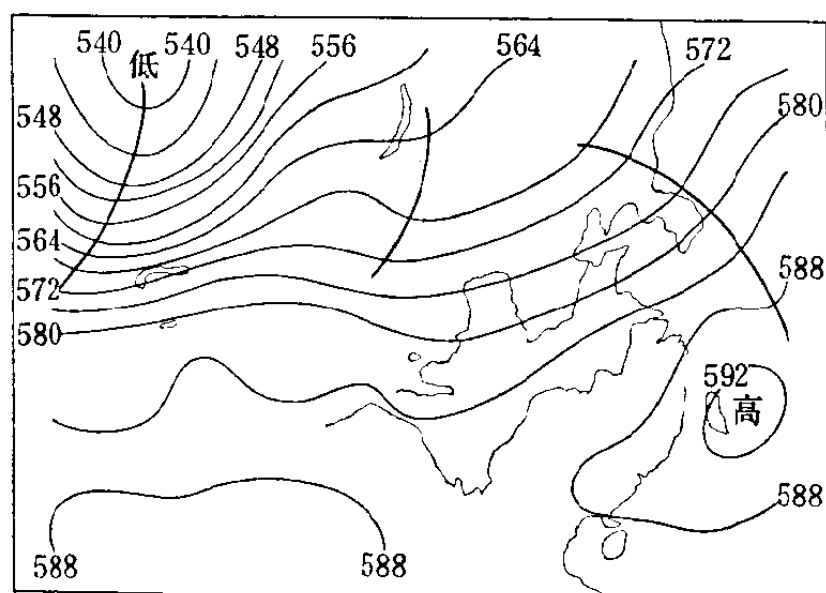


图 2.1 偏西路径五次过程雹日 08 时 500 毫巴平均形势图

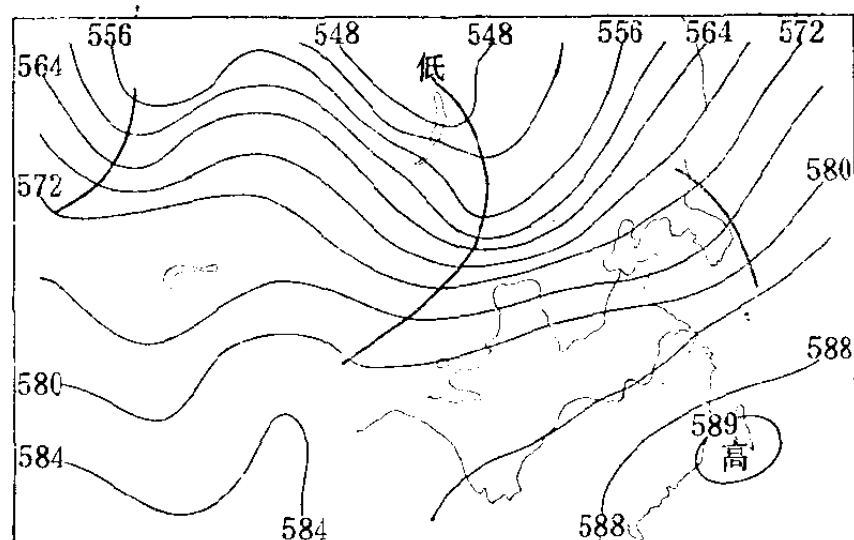


图 2.2 西北路径三次过程 8 月 08 时 500 毫巴平均形势图

气就沿着这股气流东传；二是西北路径(见图 2.2)，蒙古西部有明显的高压脊，贝加尔湖为低槽，冷空气沿槽后西北气流向东南移动。这里值得指出的是，影响雹暴的冷空气常是先后两股，第一股伴随先兆槽移动，第二股伴随影响槽移动，这两股冷空气沿着近似路径先后侵入雹区，这是形成雹暴的一个显著特点。

(2) 华北区所在的 $35-45^{\circ}\text{N}$ ，在夏季上述两条路径都以纬向气流占优势。可用 572 和 580(位势什米)两条等高线作表征线(见图 2.3)。其特点：i) 572, 580 线从巴尔喀什湖到朝鲜，其南北振幅不超过 10 个纬距，呈现出较平直的风带。ii) 新疆、蒙古西部为弱脊，黄河河套到朝鲜为宽槽，在降雹区的下游到 130°E 没有高压脊存在。iii) 这种纬向流型与夏季的平均流型很相似，差异在于：巴尔喀什湖北侧的槽较深，河套以东的宽槽也较明显(等高线约偏南 3—4 个纬距)，造成一支明显的西北偏西气流经过华北上空，这是强雹暴在形势上的特点。iv) 580 线是副热带高压北侧外围的特征线，在八例中都处于雹区的南侧，基本与纬圈平行。这说明雹区南侧