

冰雹云图集

HAIL CLOUD ATLAS



气象出版社

ISBN 7-5029-2163-X



9 787502 921637 >

冰 雹 云 图 集

HAIL CLOUD ATLAS

辽宁省人工降雨防雹办公室
鞍山市人工降雨防雹办公室
气科院人影所防雹系统工程课题组

郭恩铭 宋达人 刘万军 官福久 张生利 编著

气象出版社

1996年5月

(京)新登字 046 号

内容简介

本图集是多年人工防雹(降雨)试验和外场作业中根据实际需要拍摄的云图。它比较系统地简述了积状云形成和宏观特征,重点地分析了冰雹云、冰雹结构特征及其识别。

图集共分两部分:第一部分是积云、冰雹云物理基础;第二部分是积云、积雨云、冰雹云、冰雹云雷达回波、卫星云图上的冰雹云图片和文字说明。

图集为人工防雹站(点)工作人员和各级指挥人员提供了非常实用的工具书。同时也可供人工影响对流云降水、航空、气象观测、天气预报及有关专业科研和教学人员参考。

冰雹云图集

郭思铭 宋达人 刘万军 宫福久 张生利 编著

责任编辑:苏振生 终审:周诗健

责任技编:苏振生 责任校对:郭方

气象出版社出版发行

北京富瓷快速印务有限公司印刷

(北京市海淀区白石桥路46号 邮编100081)

开本:787×1092 1/16 印张:11

1996年5月第一版 1996年5月第一次印刷

印数:1—2000

ISBN 7-5029-2163-X/P·0798

定价:170.00 元

前

冰雹云降雹是我国严重的自然灾害之一。它常常砸坏庄稼、果树和蔬菜,损坏房屋、交通、通信设施,威胁人畜的生命安全。

冰雹云降雹具有持续时间短、来势猛、速度快、破坏性强等特点,常伴有短时大风和暴雨,偶尔出现龙卷风。

我国各地降雹多发生在春、夏、秋三季,4~7月较多,约占年降雹日总数的70%。随着季节的变化,由南向北推移,2~3月以西南、华南和江南地区为主,5~7月和9月在西北、华北和东北地区出现降雹较多。

为了减轻和防止冰雹灾害,就需要掌握冰雹云发展过程及其宏观和微观物理变化,正确地识别雷雨云和冰雹云,并运用科学的技术方法,进行人工防雹作业,以取得人工防雹的最佳效果。

言

因此,我们编写了淡积云、浓积云、积雨云、雷雨云和冰雹云及其宏观特征、冰雹微物理结构、闪电、雷达探测冰雹云、卫星云图上识别冰雹云、不稳定天气的指示性云等为内容的冰雹云图集。

本图集为人工防雹点、站工作人员和各级人工防雹指挥人员识别雷雨云、冰雹云提供了直观的形象,是进行人工防雹作业的实用工具书,同时也可供有关科研、技术和教学人员参考。

本图集在审定稿过程中,曾得到胡志晋、张纪淮、游来光、申亿铭、章澄昌、酆大雄、汪学林、李大山、王雨曾、钟志武、张沛源、施文全、廖远程、李凤声、段英、郑国光等专家和科研技术人员的热情帮助,并提出了宝贵的意见和建议,在此致以深切谢意。

目 录

前言

第一部分 积云·冰雹云的物理基础

一、云的分类	(1)
二、积状云的形成和宏观特征	(1)
三、积状云微物理结构特征	(3)
四、降水微物理结构特征	(4)
五、冰雹云类型	(8)
六、雷达探测冰雹云回波特征	(8)
七、冰雹云识别	(10)

第二部分 图片及文字说明

图 1—9 淡积云	(21)
图 10—16 浓积云	(30)

图 17—60 积雨云、雷雨云	(37)
图 61—81 冰雹云	(77)
图 82—83 龙卷风	(94)
图 84—85 云滴、冻滴	(95)
图 86—88 冰晶、雪晶	(97)
图 89 霰	(100)
图 90—102 冰雹	(101)
图 103—118 闪电	(113)
图 119—123 虹、霓	(129)
图 124—150 冰雹云雷达回波	(134)
图 151—159 卫星云图上的冰雹云	(157)
图 160—169 不稳定天气指示性云	(164)

第一部分 积云·冰雹云的物理基础

一、云的分类

云是大气中水汽凝结(凝华)成的水滴、过冷水滴、冰雪晶或由它们混合组成的可见悬浮体。

云的生成、外形特征、量的多少、分布及其演变,不仅反映了当时的天气形势、大气运动、稳定程度和水汽状况等,而且也是预示未来天气变化的重要征兆之一。正确观测分析云的变化,是了解认识大气状况,掌握天气变化规律,进行人工防雹、降雨的一个重要因素。

云的外形特征千变万化,形成原因各不相同,但又有其共同的特征。通常根据其共同特征,结合实际需要,按云的底部高度把云分为低、中、高三族,然后按云的外形特征,结构和成因划分为10属及29类详见表1^[1]。

表 1 云的分类

云族	云 类		
	云属	云	拉丁文学名
高	中文学名缩写	中文学名	缩写
	卷云	Ci	毛卷云 密卷云 钩卷云
	卷层云	Cs	Cs fil Cs neb
云	卷积云	Cc	Cc
	层积云	Sc	Sc fil Sc neb
	层积云	Sc	Sc fil Sc neb

二、积状云的形成和宏观特征

地球表面接收太阳辐射后,使近地层空气逐渐增温。在热力作用下,气块向上垂直运动,如大气层呈现不稳定状态,则气块连续上

云族	云 类		
	云属	中文学名	缩写
中	中文学名缩写	中文学名	缩写
	高层云	As	As tra As op
	高积云	Ac	Ac tra Ac op Ac lent Ac cug Ac flo Ac cast
低	积云	Cu	Cu hum Fc Cu cong
	积雨云	Cb	Cb calv Cb Cap
	层积云	Sc	Sc tra Sc op Sc cug Sc cast Sc lent
云	层云	St	St Fs
	雨层云	Ns	Ns Fn
	层积云	Sc	Sc tra Sc op Sc cug Sc cast Sc lent

升。近地层空气一般都含有大量水汽,气块上升中因绝热膨胀而降温,当上升到凝结高度时,水汽达到饱和或过饱和状态,开始凝结成大量水滴即形成积云。

随着空气垂直运动的不断增强,积云会不断得到水汽供给,云体继续向上伸展,同时在积云外围,由于干冷空气的下沉气流和绝热增温作用,使云体有明显边界,所以积云常常呈单体分散在空中。

由于大气中对流发展强弱不同,依对流的不同发展阶段而形成的积云可分为4种类型:淡积云、浓积云、积雨云和冰雹云。

1. 淡积云 Cu hum

淡积云是初生的积云,云体较小,轮廓清晰,顶部呈圆弧形凸起,云底部较平,薄的云块呈白色,厚的云块中部常有淡影,孤立分散在空中。云底高度一般为500~2000m,云顶高度在1000~4000m,云温度常在0℃以上,云厚度多为300~1500m。

2. 浓积云 Cu cong

浓积云的云体高大,轮廓清晰,底部较平,云顶多呈圆弧形重叠。云顶高度为3000~8000m,云顶温度为-15℃~-20℃,云中上升气流速度可达到10~20m/s。当垂直气流发展旺盛时,云的上部可出现水滴、霰和冰晶。有时顶部出现头巾似的一条白云叫幞状云。

浓积云由淡积云发展而成,是对流云发展的旺盛阶段。一般不产生降水,但有时也能降小阵雨。

3. 积雨云 Cb

积雨云的云体庞大,很像耸立的高山,云顶高度可伸展到7000~18000m。云顶温度为-20~-40℃,云顶部已冰晶化,呈白色,轮廓模糊,有的已呈毛丝般的纤维结构。云底部十分阴暗,常有雨幡下

垂或伴有碎雨云。

积雨云多由水滴、过冷水滴、冰晶组成,有时还含有冻滴、霰和冰雹。

(1) 秃积雨云 Cb calv

云顶已开始冰晶化,圆弧形重叠,轮廓模糊,但尚未开展开来,也看不出明显的白色毛丝般的纤维结构,一般维持时间较短。它是浓积云向鬃积雨云发展的过渡阶段。

(2) 鬃积雨云 Cb cap

鬃积雨云是积雨云发展成熟的阶段。云中垂直气流速度很大,一般为10~20m/s,有时可达到30~35m/s以上。由于云顶部位温度较低,云顶已冰晶化,呈白色毛丝般结构,常受高空风的影响及对流层顶的抑制而形成砧状或鬃状。云底起伏不平,有时呈滚轴状或旋涡状。积雨云常产生阵雨、雷电、冰雹,有时伴有大风,偶有龙卷风。

积雨云中有一类是由于局地热力作用而形成于气团内部,它们多为分散的单体。另一类多形成于冷锋天气系统之中,常沿锋面排列成长条云带。冷锋天气系统中的积雨云是由于冷空气向暖空气方向移动,移速很快,暖湿空气被冷空气急剧抬升冷却而形成积雨云。夏季大多以积雨云为主。积雨云云顶前沿分布着卷云,高积云出现在7000~8000m高的稳定层,低空有浓积云和淡积云。这种冷锋云系中的积雨云在我国西北、华北、东北地区出现较多。

在江南静止锋云系的雨层云中,因局部对流不稳定而形成的积雨云常夹在其中。一般在地面不易识别,只有飞机在云上飞行时,方可观测到穿过云层向上伸展的积雨云。

4. 冰雹云

积雨云发展到强盛阶段时,云中形成了大量不同尺度的雨滴、冻滴、霰和冰雹。这些粒子在云中伴随着强烈的气流而运动,并不断的生长着。当雨滴和冰雹不能在云中悬浮,就降落到地面,这种降雹的云即是冰雹云。

三、积状云微物理结构特征

根据积云中温度分布的不同,可将积云分为两种性质的云,即暖性积云和冷性积云。积云云顶温度高于 0°C 时,云块由水滴组成,为暖性积云。云顶温度低于 0°C 时为冷性积云。由水滴、过冷水滴、冻滴、冰晶、霰、雪晶组成的混合体称为混合云。

浓积云一般由水滴组成。当云顶伸展到负温区时,除过冷水滴外,还可能有冻滴和霰。

积雨云发展到强盛阶段,正温区是水滴,负温区则由过冷水滴、冻滴、霰、冰雪晶等混合组成。

1. 积状云的滴谱

在云中,云滴尺度大小并不相同,把对应于各种不同尺度的云滴浓度分布,叫做滴谱。云的滴谱随着不同类型的云,不同时间、地点、云中部位而有较大的差异。

积状云中水滴大小与云发展阶段有关。图1给出了庐山云雾站观测积云底部的云滴谱*。

由图1可见浓积云云滴的较大直径是 $36\mu\text{m}$,峰值是 $8\mu\text{m}$ 。积雨云谱型较宽,较大直径为 $48\mu\text{m}$ 。4种云滴谱明显依次变宽,云滴的直径也逐渐增大。

积云中云滴大小和浓度分布的资料如图2a、b所示^[2]。从图(2a)中可以看到较大直径为 $30\mu\text{m}$ 。图2b中云滴浓度最多为 $600\text{个}/\text{cm}^3$ 。

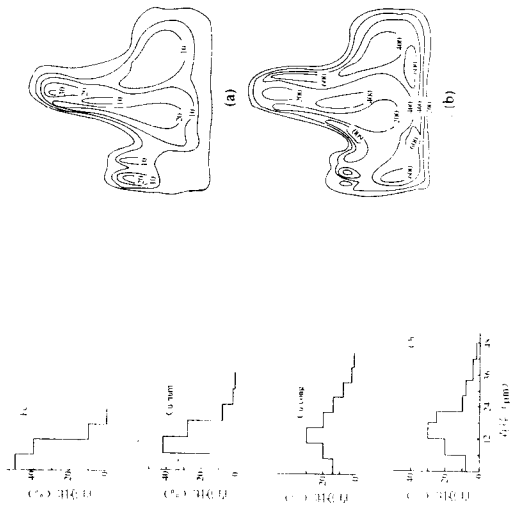


图1. 不同云状云滴谱分布

图2. 积云云滴大小和浓度分布

a. 云滴直径分布(μm)
b. 云滴浓度分布(cm^{-3})

国外应用 T-28 飞机探测瑞士的冰雹云中微结构资料见表2^[3]。

从表2中可看到,冰雹云中冰晶浓度为 $2\sim 150\text{个}/\text{L}$,云滴浓度

* 高山云雾滴谱资料初步分析. 庐山天气控制研究所, 1959.

为 15~750 个/cm³,过冷水含量为 4.4g/m³。

表 2 冰雹云微物理结构

冰晶浓度个/L	云滴浓度个/cm ³	过冷水含量 g/m ³
2~150	15~750	4.4

2. 积状云的含水量

云中含水量一般是指云中每立方米体积内液态和固态水的含量。含水量的多少,表示了云的强度和可能降水的潜力大小,对人工防雹、降雨选择云层条件很有意义。因此,了解云中含水量分布是很重要的。飞机探测的积云含水量资料见表 3*。

表 3 积云含水量

云 状	最大含水量(g/m ³)	平均含水量(g/m ³)	最小含水量(g/m ³)	观测云块次数
积云	0.51	0.21	0.06	7
浓积云(云厚<3000m)	5.16	1.27	0.08	8
浓积云顶部(云厚 4000m)	4.12	1.73	0.10	8
浓积云顶部(云厚 6000m)	7.56	2.37	0.06	7

从表 3 中可以看出,积云含水量最小值均相近,而最大值则相差较大。一般说来,云体越厚,含水量越多。

积雨云中含水量的分布在云的不同发展阶段有较大差异。一些探测资料表明:云的中部含水量较大,边缘较小。在上部负温区平均为 2.5g/m³,含水量大的可达 10g/m³。

四、降水微物理结构特征

积状云和层状云的降水是雨滴、雪晶、冻滴、霰和冰雹。通常以半径 100μm 为界来区分云滴和雨滴,以半径 150μm 为界区分冰晶和雪晶。

1. 雨滴谱

雨滴谱是降雨过程中大小雨滴分布谱。图 3 是庐山云雾站观测小雨的雨滴谱分布,最小直径为 0.1mm,最大直径为 0.4mm,峰值直径 0.2mm。图 4 是中雨雨滴大小的分布,最小直径为 0.2mm,峰值直径是 0.6mm,有多次起伏现象,最大雨滴直径为 1.9mm**。

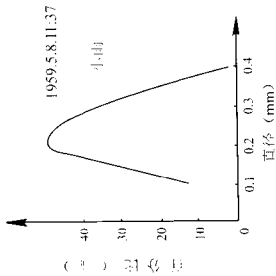


图 3 小雨滴谱

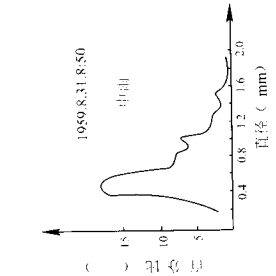


图 4 中雨滴谱

图 5 是阵雨雨滴大小分布,最小雨滴直径为 0.2mm,峰值直径

* 湖南地区对流云微结构特征,湖南省气象局、中央气象局研究所,1972.
** 雨滴谱观测与分析,庐山天气控制研究所,1960.

为 0.3mm,最大雨滴直径为 4.5mm。

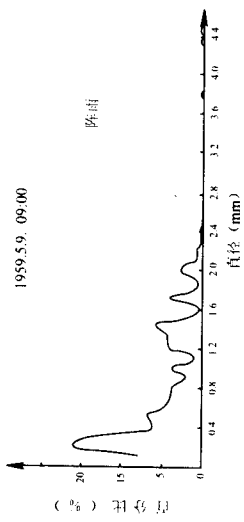


图 5 阵雨滴谱

雨滴谱因天气系统强弱,形成降水性云的性质以及其发展阶段不同而有较大的变化。为了进一步了解各降水云雨滴谱的特征,现将庐山云雾站观测雨滴谱列入表 4。

表 4 各类云的雨滴谱

云 状	资料份数	平均直径(mm)	最大直径(mm)
浓积云 Cucong	10	0.4	2.1
积雨云 Cb	39	0.5	6.2

从表 4 中可知 39 次积雨云雨滴谱观测中最大直径为 6.2 毫米。

2. 冻滴(冰粒)

冻滴(冰粒)是从云中降落的冻结雨滴见图片 85。它在积状云,层状云降水过程中起着重要作用。冻滴的形状多种多样,有圆球形、梨形、桃形、椭圆形和多边形,各种形状所占的百分比见表

5[4]。

表 5 冻滴形状出现频率

形 状	圆球形 (包括梨形)	椭圆形 (包括桃形)	凸起形	多边形
个数	218	131	19	22
百分比(%)	55.9	33.6	4.9	5.6

在庐山两次降水过程中观测的冻滴资料其分布特征见图 6。

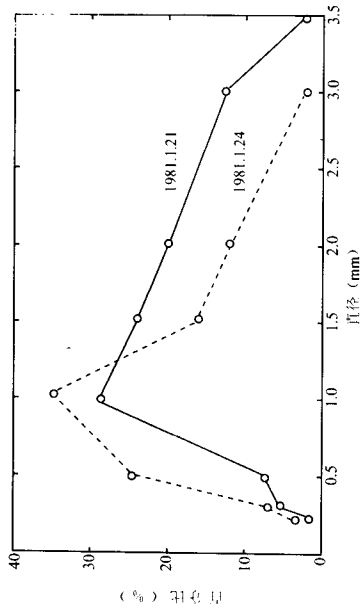


图 6 冻滴谱分布

3. 霰

霰(含米雪)是白色不透明海绵状的松软颗粒固态降水物。它的生成和结构比较复杂。它是由云中雪晶和其它冰粒子下降过程中碰撞大量过冷云滴淤附而形成。霰的形状有圆球形、圆锥形和枣形。霰谱分布见图 7[4]。

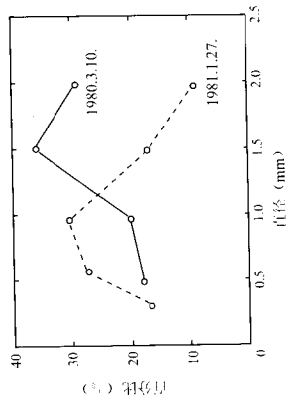


图 7 霰谱分布

图 7 表明,霰和米雪直径为 0.3~2.0mm。由于降水云层条件不同,所以两次霰谱分布也不一致。

4. 冰雪晶

冰雪晶是固态降水粒子,形状多样。按照国际分类法分为 10 种:即片状、星状、柱状、针状、立体枝状、帽柱状和不规则形状等。

国外观测的雪晶直径与质量列于表 6^[5]。

表 6 雪晶直径(长度)与质量

形 状	针 状	平板枝状	立体枝状	雪 粒	结霜冰晶	霰
直径(mm)	1.53	3.26	4.15	2.15	2.45	2.13
质量(mg)	0.004	0.043	0.146	0.064	0.176	0.80

不同形状雪晶的形成与其最初在云中所处部位的温度有关。1963 年 2 月 16 日在北京观测华北弱天气系统降雪过程中的雪

晶形成层演变过程见图 8^[6]。

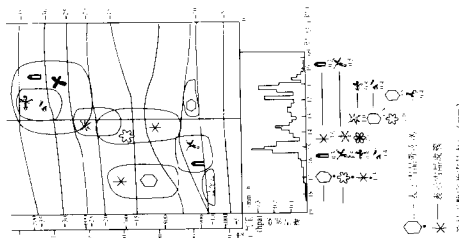


图 8 雪晶形成层的变化
多层次结构,形状多样。现将满城地区 1986~1990 年搜集的冰雹(样品)大小分布列于表 7^[7]。

表 7 冰雹大小分布

冰雹直径 D (mm)	3≤D≤10	10<D≤15	15<D≤20	D>20	D _{max} (mm)	总数
数量(个)	1930	826	672	264	36	3692
百分比(%)	52.3	22.4	18.2	7.1		100

从表 7 中可见直径大于 10mm 的占 47.7%,大于 15mm 的占

25.3%,大于20mm占7.1%。

(1)冰雹形状

冰雹的形状多种多样,它是由于冰雹云宏观结构、热力、动力和电场等不同条件而形成的。一般接近圆球形、圆锥形和椭圆形,但也有个别强冰雹云所降的冰雹形状非常特殊。现将观测的冰雹形状列于表8。

表8 冰雹形状

形状 个数 地区	圆锥形	椭圆形	圆球形	其它形状	冰雹个数
辽宁绥中	47	25	619	—	691
新疆昭苏	111	232	596	—	939
河北满城	237	1041	2296	118	3692
甘肃岷县	13	17	31	6	67

从表中可看出绥中和昭苏等地的圆球形冰雹比较多,其它形状相对较少^[6]。

(2)冰雹胚胎(核心)

冰雹的胚胎是冰雹的核心,它是由冻滴或霰而组成。各地科研工作者观测的资料见表9。

从表中已知绥中霰胚较多,占91.5%,冻滴胚相对较少,只占8.2%。其它四个地区观测结果与绥中的相似,均以霰胚为多。另外在绥中还观测到一个以4个霰为霰胚,另一个是以2个冻滴为霰胚的冰雹。河北满城多次降雹样品观测结果表明冻滴为霰胚的较多,占

62.4%。可见各地区冰雹结构存在着差异^[7]。

表9 冰雹霰胚类别

项 目 个 数 %	冻 滴		霰		多核心 或其它		冰雹个数
	个数	%	个数	%	个数	%	
辽宁绥中 1989.9.4	57	8.2	632	91.5	2	0.3	691
北京南郊 1964.6.24	7	25	21	75	—	—	28
河北张家口 1980.7.25	7	21	26	79	—	—	33
宁夏固原 1984.8.20	16	23	54	77	—	—	70
辽宁鞍山 1994.6.17	1	20	4	80	—	—	5
河北满城	526	62.4	280	33.2	37	4.4	843

(3)冰雹层次

在冰雹霰胚的外围是由透明层和不透明层交替而形成的不同层次。一般霰胚所含气泡小而密集为不透明层。在岷县曾观测到有10层的冰雹,在平凉观测到有16层的冰雹^[9]。还有一种冰雹分层方法是根据冰雹切片测量出的晶体大小而确定的,晶体长度大于2mm的大冰晶体组成的一般为透明层,晶体长度小于0.5mm的小晶体组成的一般为不透明层。

(4)冰雹晶体尺度

根据冰雹切片测量出的霰胚,晶体尺度、气泡含量和密度,能进一步了解到冰雹形成的机制。

前移动过程中,自身不断发展,有的由于前边较小单体云不断供给云水而迅速发展。主体云有时也与后边单体合并得到增强,但云体不大,内部含有多个含水量集中区^[11]。类似这样多单体冰雹云见图片 62、69、144a、144c。

另外我国科研工作者观测到有传播雹云和点源多单体雹云,其特征与多单体类同^[8]见图片 140。

3. 一般单体冰雹云
一般单体冰雹云即一个比较不太强的单体,从雹云中出现降雨和冰雹见图片 77、78。

我国各地降雹季节出现的冰雹云也同属上述三种类型。

六、雷达探测冰雹云回波特征

1. 冰雹云回波顶高度
冰雹云的云顶高度常用雷达进行探测。雷达探测冰雹云回波顶高度,通常认为接近冰雹云的顶高。但是回波顶高与实际冰雹云顶高相比较,有一定误差。根据不同测量方法计算出差值约为几十米至几百米。

冰雹云回波顶高的变化与时间、地形、季节和天气条件都有很大关系。各地科研工作者用雷达探测冰雹云回波顶高资料的统计结果见表 11。

2. 冰雹云回波强度
冰雹云中含有大量冰雹和较大雨滴,其反射率很强,强回波区比较突出。各地雷达探测资料说明冰雹云的回波强度都大于积雨云回波强度。这样就可以用回波强度来区别冰雹云和积雨云。表 12 列出

河北满城冰雹切片的样品中,雹胚晶体平均长度为 1.3~3.3mm;雹块晶体最大长度为 6mm。冰雹切片测量气泡含量见表 10^[7]。

表 10 冰雹切片测量气泡含量

冰雹参量 雹胚类别	冰雹最大直径 (mm)	冰雹层次	气泡含量 (个/cm ³)
雹	26.3	7	22 · 10 ⁶
冻滴	26.0	4	0.04 · 10 ⁶

从表 10 中看到冰雹切片测量以雹为雹胚气泡含量大于以冻滴为雹胚的气泡含量^[7]。

五、冰雹云类型

根据冰雹云的特征(冰雹云单体个数、演变过程、云体强弱、雹云结构)对冰雹云进行了分型。

在国际上将冰雹云分为超级单体冰雹云、多单体冰雹云和一般单体冰雹云。

1. 超级单体冰雹云
超级单体冰雹云发展非常强盛,云中气流是由前边强上升气流和后部下沉气流组成。冰雹云体积很大,云体长度可达 30 多公里,云的生命期可持续几个小时,降雹造成的灾害比较严重^[10]。
一个超级单体冰雹云见图片 61、133a、133b。

2. 多单体冰雹云
多单体冰雹云是由多个单体组成。当其中一个较强的单体在向

了冰雹云回波强度。

表 11 冰雹云回波顶高度

站名	海拔高度 (km)	回波顶高(km)			探测时间及次数
		平均	最大	最小	
北京	0.05	13.0	16.0	7.5	1967~1971年39次
顺义	0.1	12.6	14.3	10.1	1976年6月17次
徐州	0.2	10-12			
成都	0.5	10			1976年7~8月
西安	0.5		16.5	9.0	
遵化	0.8	13.0	14.5	9.6	1977年7次
阳泉	1.0	9			1975~1976年6~9月
林西	1.0	10.9	13.0	8.9	1975~1977年36次
昔阳	1.1	9			
平凉	1.7	11.4	14.0	7.5	1973年5~9月18次
冕宁	2.0	8			1973~1974年
水登	2.5	8.3			1973~1977年26次
互助	3.0	7.6	9.1	6.1	1975年13次
岷县	3.0	8.4	10.8	5.7	1973年13次
鞍山	0.079	10.0	16.0	8.0	1981~1987, 1989~1994年194次
满城	0.04	11.3	16.2	7.0	1986~1990年93次

3. 冰雹云回波形态特征

雷达探测冰雹云平面显示回波,有它特殊的回波图像,并有其本身的特征。冰雹云回波类似人字形排列常常出现降雹。也有的多条平行回波排列,常出现降雹。这种排列的回波都与天气形势和地形影响有关。另外也有的冰雹云内部结构发展阶段不同,其平显回波

有“钩状”“指状”等特殊形态。

表 12 冰雹云回波强度

站名	回波强度 dBz			探测时间及次数
	平均	最大	最小	
北京	50			1963~1966年
北京	55			1967~1971年
遵化	55	60	45	1977年7次
阳泉	45	55	30	1975~1976年6~9月
昔阳		>45		
平凉		>50		1973~1977年
互助	50	55	40	1975年15次
岷县	48	65	30	1973~1974年11次
鞍山	50	65	40	1981~1987, 1989~1994年
满城	50	73	36	1986~1990年93次

“钩状”回波,多出现在冰雹云回波的右侧,有时还可能有龙卷。降雹多在钩的末端即与主体相接之处。

“V形缺口”回波是冰雹云强中心部位的强反射和强衰减而形成的V形缺口回波。

“指状”回波像伸出的手指,多数是由于新生的强单体迅速发展,同时与主体云相联而形成,常常出现在回波移动方向向右后侧。

冰雹云 RHI 回波,其顶部前边常出现“V形”,即将降雹。有时冰雹云常出现砧状回波,悬挂回波、穹窿和回波墙等特征。

4. 冰雹云、雷雨云回波参量月变化

雷达探测雷雨云和冰雹云回波中比较重要的参量是回波顶高、

9. 强回波顶高和云体回波(高显)纵向宽度。
 现将鞍山观测的冰雹云和雷雨云回波参量平均值绘制成图

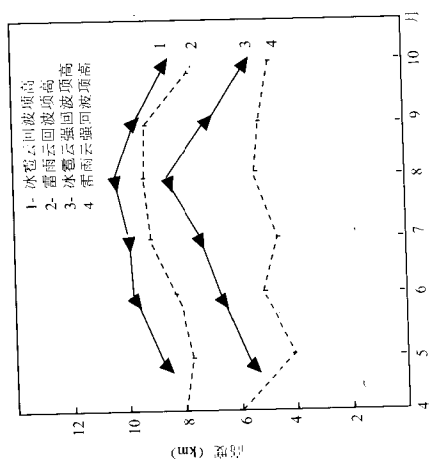


图9 冰雹云、雷雨云回波参量平均值月分布
 从图中可看出各回波参量各月很不相同,冰雹云回波参量均高于雷雨云。

表13 冰雹云、雷雨云高显回波平均宽度月变化

回波参量	月份											
	4	5	6	7	8	9	10					
冰雹云	10	8.4	16.7	5.4	18.8	9.8	16.8	10.6	21.0	9.9	19.5	6.2
雷雨云	10	8.4	16.7	5.4	18.8	9.8	16.8	10.6	21.0	9.9	19.5	6.2

冰雹云、雷雨云高显回波纵向宽度(回波高度2~4km的平均宽度),可视为识别冰雹云和雷雨云一个重要判据详见表13。
 从表中可看出冰雹云回波宽度均大于雷雨云回波宽度。

七、冰雹云识别

目测识别积雨云和冰雹云是一个比较困难的问题。但是,人们根据多年观测冰雹云宏观特征、演变规律、气象要素的变化和云中声光电现象还是发现了积雨云和冰雹云之间的某些差异。特别是近30年来,雷达、卫星等先进设备在气象探测中的广泛使用,提供了很多有关冰雹云新的资料,可以用来识别冰雹云*。

1. 冰雹云发展实况和气象要素的演变

单体冰雹云比积雨云云体更为庞大,云顶高耸突起,云层很厚,已发展成完整站状或鬃状。云底黑暗,好似大海中的怒涛,翻腾滚动,云底下边有碎雨云。冰雹云越过测站时,风向突变,风速加大,各气象要素都有显著的变化如图10所示。

从图中明显看到:16时53分至17时23分冰雹云正在降雹和雨^[12]。由于冷空气下沉效应,温度突然下降,相对湿度陡升,气压突变,风速加大。虽然积雨云越过测站时气象要素演变也有相似的特征,但没有像冰雹云过境时那样明显。因此观测云体宏观实况与气象要素的演变相结合可以识别冰雹云。但是,如果冰雹云不是单体,而是在降水天气系统大面积云场之中,此时只能依靠雷达来识别。1988

年10月4日08时15分一次强降水云系越过北京地区顺义县赵前营乡受到一次严重雹灾,降雹厚度达5cm,农田受灾,见图片(74)。目测识别冰雹云在这次降雹过程中很困难,雷达探测可以获得回波顶高和回波强度,就可以帮助识别冰雹云,并可以提前及时进行人工防雹作业。

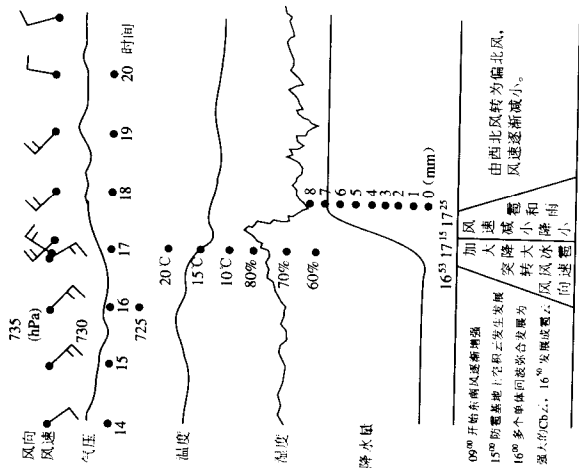


图 10 1978 年 8 月 10 日石门峒冰雹云过境时测站风与压、温、湿、降水量的变化

2. 冰雹云的雷达回波识别

雷达探测强对流云过程中,从雷达回波图像及各参数的演变,可以区分积雨云和冰雹云。有关冰雹云回波形态特征在前面已经论述了。现将积雨云和强、弱冰雹云回波主要特征列于表 14^[13-21]。

表 14 冰雹云、积雨云回波特征

类别	强冰雹云	弱冰雹云	积雨云
特征值	块状、带状、钩状、指状、人字形、V形缺口	块状较小、人字形、带状	块状、零散弧状
平显特征 (PPI)	回波顶部前方有V形缺口、悬挂回波、穹窿、回波墙	块状、高柱状、砧状、纺锤状	柱状
高显特征 (RHI)			
回波强度 (dBz)	>50	>35	>30
回波顶高 (km)	>10	>6	>6
强回波顶高 (km)	6~7	>5	<5
负温区厚度 (km)	5~6	4~5	<4
回波移向移速 (km/h)	沿引导气流偏右40°方向传播,移速10~60km/h	沿引导气流偏右20~30°方向传播,移速30~40km/h	沿引导气流方向移动,移速30km/h左右

强冰雹云雷达回波在平面显示器上有块状、带状、人字形的特