

11659

中国科学院大气物理研究所
云雾物理研究室原理组 编著

冰雹和人工防雹

科学出版社



冰雹和人工防雹

科学出版社

冰雹和人工防雹

中国科学院大气物理研究所
云雾物理研究室原理组 编著

科学出版社

1979

内 容 简 介

冰雹是一种严重的自然灾害。为战胜雹灾,我国广泛开展了人工防雹工作。本书是人工防雹的科学普及读物,主要介绍冰雹和人工防雹基本知识和防雹实验的基本方法等内容。

这本小册子适于广大基层干部、贫下中农、基层防雹人员和知识青年阅读,也可供有关气象台站及地方防雹人员参考。

冰 雹 和 人 工 防 雹

中国科学院大气物理研究所
云雾物理研究室原理组 编著

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1979 年 4 月第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1979 年 4 月第一次印刷 印张: 3 1/4

印数: 0001—26,180 字数: 70,000

统一书号: 13031·970

本社书号: 1371·13—15

定价: 0.25 元

序

人工控制天气是劳动人民千百年来愿望。在科学技术迅速发展的今天，它已成为一门新兴学科。人工防雹是这门学科中近年来发展比较迅速的一个方面。

冰雹灾害是我国比较严重的自然灾害之一。它毁坏农作物、砸伤人畜、阻碍交通并损坏建筑物，灾区人民迫切要求防止冰雹灾害。由于战胜雹灾的需要和近代科学技术的迅速发展而导致人工影响冰雹云成为可能。所以近年来在世界上已有二十多个国家开展了人工防雹实验，我国群众性人工防雹科学实验也广泛地开展了起来。

恩格斯指出：“科学的发生和发展一开始就是由生产决定的。”人工防雹的开展正是由抗灾夺丰收的农业生产需要所决定。我国勤劳勇敢的人民在长期与自然灾害斗争中，早就注意了认识冰雹现象。在殷代甲骨文中就已有冰雹的记载。一千多年前我国人民已对降雨和冰雹形成提出了有科学意义的解释。百余年前就进行着爆炸防雹的尝试。但是，在黑暗的旧社会，劳动人民在统治阶级残酷的压榨下，一方面无力抵御大自然的灾害；另一方面在小农经济约束下，个体农民也不可能有效地抵御自然灾害。只有在社会主义新中国，在劳动人民当家作主、走上农业集体化道路的今天，才会有较大规模的防雹抗灾科学实验。1958年以来对人工防雹提出了新要求，人工防雹有了更为广泛的发展，科学研究也获得了可喜的成绩。近年来，我国已在二十多个省、市、自治区约五百多个县开展了人工防雹科学实验。在广大工农兵和科技人员

的努力下,人民群众的丰富实践经验与现代科学技术相结合,不断推进着人工防雷实验的进展。几年来,我国在降雹规律、冰雹预报、雹云探测、雹云识别、防雷作业、原理和效果检验等方面的研究都取得了可喜的成绩;同时,人工防雷科学实验也为雹灾地区抗灾夺丰收作出了有益的贡献。

为了适应我国群众性人工防雷科学实验迅速开展的需要,我们以国内各地群众防雷经验和科学实验成果为基础,编写了这册科学普及读物。我们力求使这本书比较全面简要地介绍冰雹和人工防雷科学普及知识,以适于广大基层人工防雷人员、知识青年和气象台站工作人员阅读。

本书是在山西省昔阳县气象局大力帮助下完成的,并征得一些基层防雷单位同志的意见,中央气象局和中国科学院大气物理研究所有关同志曾对书稿提出有益的建议。对此,我们深表谢意。参加本书编写工作的有王昂生、黄美元、徐乃璋、徐华英、王学宽、郑双治和洪延超同志,张大平同志绘制书中各图。鉴于水平有限,谬误之处欢迎读者批评指正。

目 录

序	iii
一、冰雹	1
1. 什么是冰雹	1
2. 冰雹有哪些物理特性	2
3. 降雹有哪些特点	7
二、冰雹形成和防雷道理	12
1. 冰雹是怎样形成的	12
2. 在什么情况下可能出现冰雹	16
3. 讲讲防雷的道理	19
三、冰雹预报	23
1. 防雷炮点怎样作预报	23
2. 介绍一些预报方法	29
四、看云识天气	36
1. 大气中的云	36
2. 与降雹有关的云	40
3. 识别冰雹云的群众经验	45
五、仪器识别冰雹云	48
1. 闪电计数器识别冰雹云	48
2. 雷达识别冰雹云	53
3. 其它办法	61
六、人工防雷工具	63
1. 空炸炮和土迫击炮	63
2. 火箭和高射炮	69
3. 黑火药和炸药的配制	73

七、人工防雹作业方法	78
1. 防雹作业前的准备	78
2. 爆炸作业方法	79
3. 催化作业方法	83
4. 防雹作业的安全问题	84
八、人工防雹的效果检验	86
1. 效果检验的必要性	86
2. 分析防雹效果要收集些什么资料	86
3. 怎样分析防雹效果	87

一、冰 雹

我们首先介绍冰雹和人工防雹的基础知识,即冰雹、它的形成和人工防雹的道理。

1. 什么是冰雹

冰雹是一种从强烈发展的积雨云(这种云就叫冰雹云)中降落下来的冰块或冰疙瘩,人们通常称它为“雹子”,也有叫“冰蛋”、“冷子”、“冷蛋”的。

从冰雹云中降落到地面的冰雹根据它的大小,软硬程度和结构等等大致可以分为如下四种:

1) 冰雹: 直径在5毫米以上的冰块,比较硬,落地会反跳。每个雹块都由一个不透明的核心和核心外面一层层透明和不透明交替出现的冰层组成。这是一种危害性最大的冰雹。

2) 软雹: 结构松散,重量轻,着地容易破碎,这类冰雹叫软雹。这种冰雹造成的危害较小。软雹一般在较高纬度或者在高原上出现。有人认为,云中的冰雹由于受高空爆炸作用的影响有时会变成软雹。

3) 冰丸: 直径5毫米以下的固体小冰球或小冰块,结构坚硬,落到地面会反跳,所以有人也叫它为小冰雹。其危害较冰雹轻。

4) 霰: 直径2—5毫米的白色或乳白色不透明颗粒状固体降水物,结构松软,着地易破碎,常呈球形或圆锥形,有点

像米雪,不过米雪的直径一般都在1毫米以下。

一般可以根据以上四种类型对落到地面的冰雹进行观测记录,以便为开展群众性的防雹科学实验提供地面冰雹资料。

在我国广大农村,人民群众往往用日常生活中的常见物品对冰雹和冰雹个体的大小进行比拟观测。例如,昔阳农村就是用如表1所列的那些物体对冰雹的大小进行比拟观测的。这种比拟直观简单,在群众性观测记载中是可以应用的。

表1 冰雹大小的简易记载法

冰雹大小(厘米)	<0.5	0.5—1.0	1.0—2.0	2.0—3.0
记载实物名称	米 豆 粒 粒	玉 米 粒	杏核、蚕豆	杏、大枣
冰雹大小(厘米)	3.0—4.0	4.0—5.0	5.0—6.0	7.0—10.0
记载实物名称	核 桃	小 鸡 蛋	鸡 蛋	拳 头

2. 冰雹有哪些物理特性

为什么要了解冰雹的物理特性呢?因为我们通过对冰雹的物理特性的观测研究,可以从中找出一些冰雹生长条件和冰雹生长过程的规律,为冰雹形成理论和人工防雹原理提供一些客观的基本依据。

那么在地面见到的冰雹一般有哪些物理特性呢?根据现有的了解,我们分如下几个方面作一些介绍。

(1) 冰雹的形状

粗略一看冰雹的形状好象很简单,似乎都是球形的,但仔细进行观测就会发现冰雹的形状也是多种多样的。图1是几种冰雹的实物照片,从这些照片和其它大量观测里,我们知道

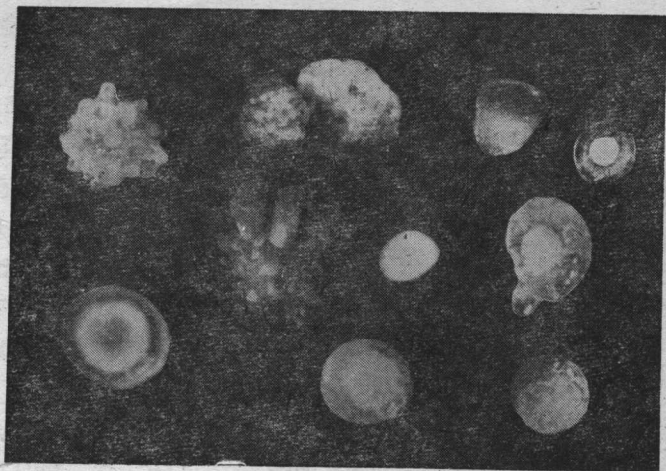


图1 各种形状的冰雹

冰雹的形状大致有球形、椭球形、锥状和扁形等。此外,还有一些冰雹的形状是不规则的。为什么冰雹的形状有那么多样呢?这是由于冰雹在冰雹云中生长过程和生长条件的复杂性造成的。比如说球形冰雹就是冰雹在云中不断转动在三个相互垂直轴向上对称增长的结果;椭球状冰雹则可能是在云中不断地转动中容易在水平轴向上对称增长,而在垂直轴向上缓慢增长的结果;锥状冰雹则表明是在定向下落中形成的,等等。冰雹形状之多说明了冰雹生长过程是很复杂的。

(2) 冰雹的大小

冰雹的大小是人工防雹工作十分关心的问题,大个儿的冰雹往往会带来较大的灾害。

可能很多人听说过冰雹有大如拳头、碗口的,甚至会听说过有大如车轮、脸盆的,可能也听说过冰雹可以砸毁房屋和砸伤人畜的事件。这说明在冰雹云中有时确实可以降下相当大

的冰雹。大个儿的冰雹从雹云中大量地降落下来就会造成重灾。

在现有的实际观测资料中也记录了不少大个儿的冰雹，

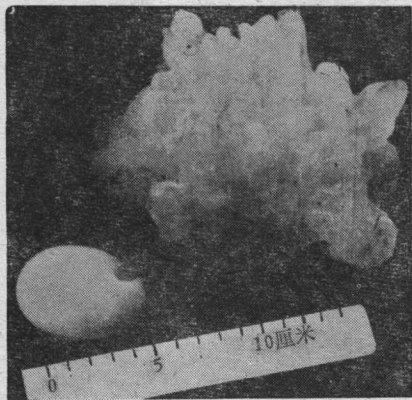


图2 一个大冰雹

图2就是一个大冰雹的实物照片，它的直径有碗口大，重约1斤7两。在我国各地的观测资料中也有重1斤6两、1斤5两和更重的冰雹。

不过大的和特大个儿的冰雹一般是很少见到的。各地所降下的冰雹以较小的，即1厘米左右或更小的

的为常见。世界各地的冰雹也大都在3厘米以下。根据我国气象部门的资料，绝大部分降落到地面的冰雹直径都在1—2厘米以下。

(3) 冰雹的颜色和重量

冰雹不仅在大小和形状上有差异，而且在颜色和表面光洁情况方面也有很大差异。从冰雹的透明情况看，大致可分为透明和不透明两种。其中透明冰雹接近自然纯冰，冰中没有或仅有少量气泡，略呈无色或白色，是透明的，可以从外面看到冰雹内部层次。不透明冰雹有乳白色冰雹、白色冰雹和粒状冰雹，它们是由于冰内含有较多的气泡或具有粗糙的表面所致。

我们知道了冰雹的颜色，冰雹的透明程度是由冰雹中气

泡含量的多少和冰雹结构造成的。由此我们可以推知不同颜色和不同透明情况的冰雹，它们的单位体积的重量也一定是不一样的。一般说来，透明冰雹的比重（即单位体积的重量）要大些，因为它不含气泡或只含少量气泡，密度比较大。根据测定，自然界的冰雹总的来说每立方厘米重约为 0.3—0.9 克，其中透明冰层接近为 0.85—0.9 克；乳白色冰雹约为 0.8 克；白色冰约为 0.65 克；粒状冰约为 0.3—0.6 克。其中软雹和霰只有 0.3—0.4 克。

(4) 冰雹的下落速度

冰雹下落速度的大小是造成冰雹灾害的因子之一。根据下落物体重力与空气阻力平衡而达到稳定末速度的原理，可以得出冰雹下落末速度 v 的下述关系：

$$v = \left(2 \frac{V}{A} \frac{\rho_{*}}{\rho_{*}} \frac{g}{C_D} \right)^{\frac{1}{2}}$$

式中 V 是冰雹体积， A 是冰雹垂直下落的最大截面积， ρ_{*} 和 ρ_{*} 分别是冰和空气的密度， g 是重力加速度， C_D 是阻力系数。如果假定冰雹为密度均匀的球体，那末，直径 2—3 毫米的霰在近地面的末速度大约为 7—8 米/秒；5 毫米的冰丸约为 9—10 米/秒；玉米粒大的冰雹的末速度约为 15 米/秒；核桃大小的冰雹（重半两），它的末速度已达 30 米/秒；而拳头大（重 1 斤）的冰雹的末速度更高达 45 米/秒以上。

冰雹的危害主要取决于它的质量和到达地面的速度，随着冰雹直径的增加，它的质量和末速度也迅速增加。因此，冰雹愈大，它的质量和末速度也愈大，造成的灾害也愈大。

(5) 冰雹的构造

切开一个冰雹来看，一般都可以分为两个部分，即中心的

核(人们也管它叫雹核)和雹核外面厚薄不等、互相交替的透明与不透明的冰层部分。雹核一般由冻结水滴、霰粒或其它物质构成,直径约在 0.1—2 毫米之间,它的形状基本为球状、圆锥状等。

从冰雹形成过程我们可以看到,冰雹总是围绕雹核增长的。有的资料分析还表明:雹核的形状与冰雹的形状有一定的关系;雹核的性质与形成的冰雹大小也有一定的关系。比如雹核为冻结水滴就可能形成较大冰雹;雹核如为霰,形成的冰雹可能比较小。

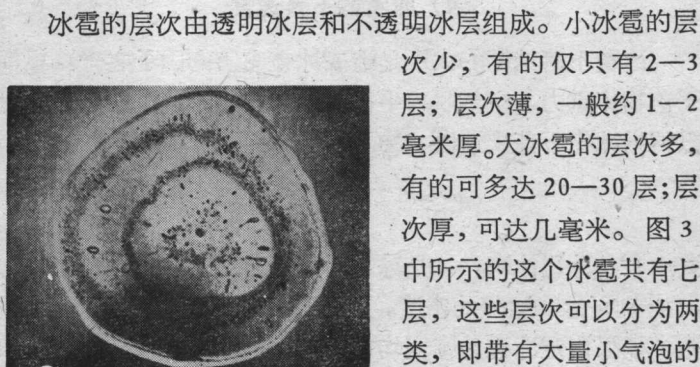


图 3 一个有 7 层层次的冰雹

冰雹的层次由透明冰层和不透明冰层组成。小冰雹的层次少,有的仅只有 2—3 层;层次薄,一般约 1—2 毫米厚。大冰雹的层次多,有的可多达 20—30 层;层次厚,可达几毫米。图 3 中所示的这个冰雹共有七层,这些层次可以分为两类,即带有大量小气泡的不透明冰层和不带气泡或带少量气泡的透明冰层。

它们分别是在较冷和较暖条件下形成的,相应称为“干生长”和“湿生长”,对应于图上的就是较窄的暗带及宽的亮带。两种生长方式是交替出现的,所以环带也是明暗相间的。

— 我们可以利用冰雹的层次结构资料来反推云中的垂直运动、含水量、冰雹在云中往返路径和增长等情况以及云中温度情况,为认识冰雹云提供依据。

3. 降雹有哪些特点

了解降雹特性，尤其是了解一个地区的降雹规律对本地区的人工防雹部署，对冰雹的预报监视以及提高防雹作业的效果是很有意义的。降雹的特点很多，下面我们从主要的几个方面来谈一谈降雹的一些特点。

(1) 降雹的地理特点

从冰雹资料和冰雹形成条件来看，不是在任何地方都会下冰雹的，就世界范围来看，降雹的地方主要集中在 25° — 55° 之间的中纬度地带，尤其是北纬 40° 附近的高原和山区。在这一带的不少地区和国家冰雹灾害都很严重。

在我国，冰雹也多发生在中纬度的西北、华北、东北和西南等地的内陆山区，其中尤以青藏高原、祁连山和天山地区降雹日数最多，如青藏高原上的那曲(黑河)每年平均有35天降雹。在江苏北部，安徽西部和浙江等沿海丘陵山区也有冰雹出现，而在较低纬度的台湾、广东、广西和福建等省区却很少有冰雹发生。一般说来冰雹分布特点是：山区多于平原，内陆多于沿海，中纬度多于高纬度。我国比较严重的雹灾地区大致有甘肃南部、陇东地区、阴山山脉的内蒙古呼和浩特一带、太行山区、四川冕宁、云南鹤庆和辽宁的昭乌达盟等地。

冰雹是一种局地性的灾害天气。地形与降雹也有着密切的关系，局地的地形起伏，山脉河流的走向，水陆的分布等都会对降雹的局地分布产生明显的影响。所以，即使在同一个重雹灾地区内，各地的降雹情况也会有很大的差异。“雹走老路”、“雹打一条线”、“云回头”、“云转向”和“云接亲”等大多是和局部地形的影响有关。比如，在山区的地形条件下，雹云多

沿山谷移动；雹云受高山阻挡会滞留或转向；强大的雹云在越过山脊山峰时由于地形的冲抬作用而使迎风坡降雹加剧，过山后却又减弱；有时雹云越过山脉后会在背风坡形成相间的多雹区和无雹区，产生降雹“蛤蟆跳”的现象等等。因此，根据一个地区的地形特点，往往可以找出降雹分布的一些规律。

局部地形对降雹的影响在昔阳也是很明显的。现在我们来看看昔阳的例子。昔阳地处太行山区，地形复杂，是一个冰雹较多的地方。它的地形以县的西部、东部和南部地势为高；而北面和以县城为中心的中北部一带较为低平，整个地形似呈一向北开口的簸箕形。境内山脉多呈南北走向。松溪河经县城由西向东流去。本县是松溪河源地，所以县境内有好些南北走向的松溪河支流形成的向北开口河谷。县西部边境为肖河上游，它的支流也是向北开口，南北走向。马道岭为两河的分水岭，地势较高。昔阳的冰雹天气多为西北气流所影响。由于受上述地形条件的影响，当强大的西北气流由北面和西北面的平定、寿阳南下横扫过昔阳时往往沿河谷而上，造成沿河谷地的冰雹路径，使河谷地区降雹增加，这与当地群众“西北来雹”的说法是一致的。

昔阳人民经过调查研究找到了影响本县的三条主要冰雹路径（见图4）：第一条，由沾尚公社的马道岭方向来，从西北向东南移动，经过安坪、大寨、城关、凤居、赵壁、阎庄和皋落等七个公社，约四十五个大队，总长约六十公里。第二条是从平定县移来，向南偏东移动，经过李家庄、界都、瓦邱、冶头指向阎庄、皋落公社，约涉及五十个大队，总长近六十公里。第三条是自西寨公社的老庙山一带发起，向东南方移动，经三都到白羊峪一带，约涉及三十五个大队，长65公里。此外还有一些个别地方就地生成，不大移动，降雹范围也较小的冰雹云。就在上述三条主要路径上也有时出现相反方向运

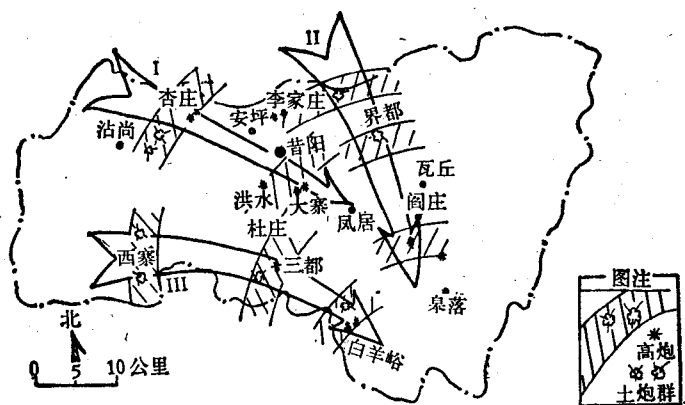


图4 昔阳主要冰雹路径及其防雹布局示意图

动的雹云。从调查的结果看来,主要的雹云都来自较大山区,移动经过的地方多为河流谷地。三条主要雹路都常与西北方向冷空气入侵有关,是在一定天气形势背景下形成的。

根据这些特点和昔阳的防雹条件,县防雹指挥部进行了下述防雹布局。其原则是:炮点布在要害处,把住上游,层层设防,逐级消灭,保护重点。具体作法是:在三条主要雹路上分设三道防线,层层设防。同时采用“条条”(防御主要雹线)和“块块”(防御主要农作区)相结合。“条条”防御大型入侵冰雹;“块块”除了是“条条”防御里的组成部分之外,还可以对局地出现的雹云及时作业以保护农业区。

这样,降雹地理特点的掌握就为人工防雹部署安排提供了线索和依据,使我们可以比较好地掌握防雹主动权。

(2) 降雹的季节特点

正确地了解一个地区的降雹季节规律,对于确定该地区

的防雹季节和防雹的安排是很必要的。

冰雹在一个地区内不是一年四季都会出现的。从冰雹资料 and 冰雹形成条件的分析来看,降雹有明显的季节性,它主要出现在湿热的热季。在我国也就是发生在春、夏、秋三季。至于寒冷干燥的冬季几乎很少出现。在我国华北、西北、东北等地降雹以夏季最多,在西南、东南沿海则以春季较多。

以昔阳来说,降雹多集中在6至9月的四个月之内,这四个月的降雹日数占年降雹日数的绝大多数。4、5两个月很少降雹,而从10月到第二年的3月的半年内一般都不下冰雹。成灾冰雹几乎全集中在6至9月的四个月内。所以,基本上在昔阳可以把6至9月的四个月作为防雹的重点季节。在防雹季节里,昔阳在6月下旬到8月上旬的一个多月内,降雹次数最多,约占全年的一半,而成灾冰雹的次数则占全年的三分之二,成灾的可能性最大。所以这段时间是开展人工防雹特别要注意的时期。

当然,降雹的开始日期和终了日期,即使在同一个人地区,在不同的年份也是不一样的,有的年份可能早些,有的年份可能晚些。有的年份集中在前期,有的年份集中在后期。所以在确定当年的防雹季节作出防雹的安排时,还应当参考当年的天气趋势预报。

(3) 降雹的时间特点

在防雹季节里,每天在什么时候可能发生冰雹,这对监视冰雹和进行人工防雹作业来说都是很重要的。由于冰雹云发生发展很快,降雹很急骤,单站降雹的时间又很短(一般只有几分钟至一、二十分钟),因而在人工防雹中打炮的时间性很强,过早过晚都不行。在昔阳,人们通过防雹作业实践就有这样的经验:防雹打炮刻不容缓,时间性很强。否则,你不打