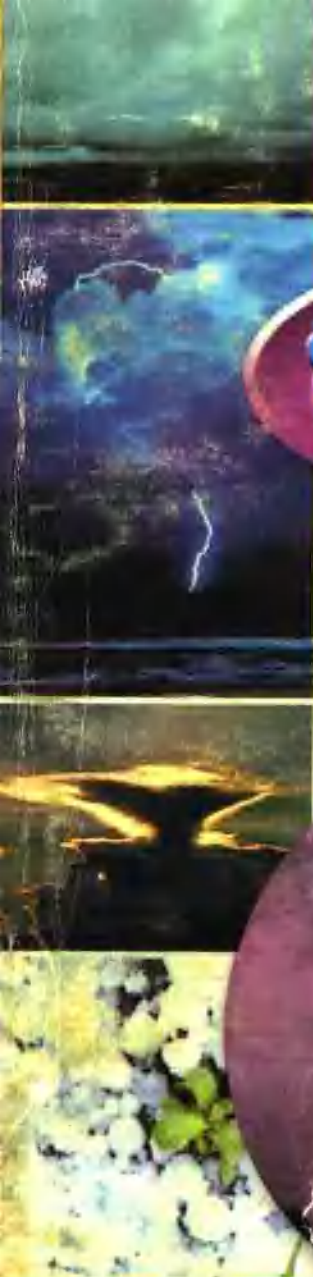


小海豚科学丛书



雷电与冰雹

阮忠家 周诗健 郭恩铭 著



浙江少年儿童出版社



90194166

小海豚科学丛书

◆地学辑◆

主 编 章道义
副 主 编 陈天昌
本辑主编 林之光

雷电与冰雹

阮忠家 周诗健 郭恩铭 著



浙江少年儿童出版社

责任编辑 陈业欣
封面设计 顾尧庐
图片复制 蔡玉斗
吴 珩

小海豚科学丛书

(地学辑)

雷电与冰雹

阮忠家 周诗健 郭恩铭 著

浙江少年儿童出版社出版发行

(杭州体育场路 347 号)

杭州富春印务有限公司印刷 全国各地新华书店经销

开本 787×1092 1/32 印张 1.875 字数 40000

1999 年 3 月第 1 版 1999 年 3 月第 1 次印刷

该套书的条码及书号定价见盒套(全套 8 本)

作者简介



目 录

引子	1
一、雷电	3
1. 先人的探索	3
2. 雷电的源地——雷雨云	6
3. 云与地的通道	12
4. 千姿百态的闪电	15
5. 雷电的危害	19
6. 雷电的防护	23
7. 雷击与避雷	26
8. 人工影响闪电	31
二、冰雹	33
1. 什么是冰雹	33
2. 冰雹是怎样形成的	39
3. 冰雹云识别	44
4. 人工防雹	48
5. 冰雹天气和预报	52



引 子

炎热的夏季,在高耸的积雨云迅猛发展的时候,虽然天空中乌云翻滚,但地面上却静静的没有一丝风。经验告诉人们,这是在酝酿着一场剧烈的天气变化。果然,不多久,狂风大作,雷电交加,从云中降下了大雨并夹带着冰雹。

雷电和冰雹是两种经常同时出现的灾害性天气现象,它们都是在强大的积雨云中生成的。每当积雨云发展到产生雷电活动时就叫雷雨云,当它发展并产生冰雹的时候叫冰雹云。观测事实表明,有雷电时不一定就产生降雹,但有降雹时则经常伴有雷电。这说明冰雹云内发生的许多演变过程比雷雨云内的更为复杂和剧烈。

雷电虽然是雷声和闪电的统称,但它经常仅指闪电而言,因为就产生原因和危害作用来说,雷声只处于从属地位。

冰雹主要是对农作物造成危害,但有时对房屋建筑、交通运输、人畜安全、航空航天和军事都有很大影响。

冰雹在我国春、夏、秋季节发生比较多,但在冬季也偶有出现。例如,1997年11月25日在浙江出现了一次大范围降雹。另外在1998年1月4日西欧出现了夹带冰雹的大风暴雨,造成重大损失。1998年1月,据加拿大有关方面报道,袭击加拿大东部的冰雹使死亡人数达到24人,2.4万户居民



电力供应中断。由此可见一年四季当中均有出现冰雹的可能。

那么,雷电和冰雹究竟是如何发生的呢?人类又是如何对付、利用它们的呢?让我们一一来揭开它们的真面目吧!



一、雷 电

1. 先人的探索

雷电是自然界中极为壮观的声、光、电现象。它那划破长空的耀眼闪光和震耳欲聋的巨大声响，往往增添了它的威严。但是，雷电给人类造成的深刻印象，不仅在于它的声势，更重要的还在于它给人类生活和生产活动带来的种种影响。其中最严重的后果是雷电击毙人、畜，威胁着户外不及躲避的人、畜的生命安全，所以每当暴风雨来临、电闪雷鸣的时候，人们都有一种恐惧的感觉。

在古代，由于人类对自然界缺乏科学的认识，往往认为雷电是神灵在显示威力，因此把雷电当做神来顶礼膜拜。古希腊人认为主宰人类和诸神的宙斯掌管着雷电；我国古代亦有“雷公”、“电母”的传说，认为雷电是雷公击鼓，电母晃动明镜的结果。

雷电也给远古人类带来了启示。由闪电引起的森林火灾，很可能启发了人类对火的利用，从而促进了人类社会的发展。

关于雷电，我国早在 3500 年以前的殷代甲骨文中就有了记载。大约公元前 120 年西汉时期撰写的《淮南子》一



书中,就提出“阴阳相薄为雷、激扬为电”的思想,把雷电看做是两种最基本的力量——阴和阳互相冲突、互相渗透的结果,这种看法在当时是相当难能可贵的。

其后 200 年,东汉时期的王充在他著名的《论衡》一书中,就雷电问题专门写了《龙灵》、《雷灵》、《雷虚》等篇,驳斥了雷电击死人是“上天”有意识地在惩罚罪人的说法。王充认为天是无知无识的自然,根本不会进行声讨与惩罚,空中也没有悬挂“天鼓”的地方,更没有“雷公”这个人。他质问道:自古以来无道的君王多得很,上天为什么不用雷电来击毙他们?此外,王充还根据观测事实,归纳出不少有科学价值的看法。他指出雷电系起源于太阳的作用:“雷者,太阳之激气也。”他总结了雷电活动的季节性:“正月始雷”,“五月雷迅”,“秋冬雷潜”。王充也赞同雷电是阴阳之气相互作用的结果这一看法,他认为正是这种激化作用产生了破坏力,所以“中人辄死、中木木折、中屋屋坏,人在木下屋间,偶中而死矣”。

王充之后的漫长岁月里,越来越多的人怀疑雷电击人是上天惩罚人的迷信说法。值得一提的是宋朝沈括在他著名的《梦溪笔谈》一书中曾记载过一次雷电效应,描写极为细致生动,堪称观测报告的典范。他写道:“内侍李舜举家曾为暴雷所震。其堂之西室,雷火自窗间出,赫然出檐。人以为堂屋已焚,皆出避之。及雷止,其舍宛然(房屋依然完好),墙壁窗纸皆黔(变黑)。有一木格(木架),其中杂贮诸器,其漆器银扣(镶着银口)者,银悉熔流(全部熔化而流淌)在地,漆器不曾焦灼(未烧焦)。有一宝刀极坚钢,就刀室中熔为汁



(在刀鞘中熔化为铁水),而室亦俨然(刀鞘仍完好)。”今天看来,这些都是强大的闪电电流在瞬间通过金属导体时造成的现象。

尽管古希腊人早已知道琥珀和毛皮摩擦可以产生电,但是真正证实闪电的本质即电的实验却迟至18世纪中叶才得以进行,在这方面有卓越贡献的是美国科学家富兰克林。他在1750年提出了一个测试雷电的实验,他建议用一根长而尖的铁棒,支持在一个绝缘的玻璃底座上,并把它们装在高烟囱或高塔上。他预言:当有雷雨云经过时,站在底座上的人将会带电,因为长铁棒将从云中把电荷吸引到人的身上来。遗憾的是,当时富兰克林所在的费城并无高耸的烟囱或铁塔,因而他无法证实自己的预言。但是在1752年6月,富兰克林冒着危险进行了著名的风筝探测实验。他把一个用丝手绢做成的风筝系在一根长线绳上,在线绳末端接一根绝缘丝带。当雷雨云移近时,他观测到线绳上有些纤维竖立了起来。他意识到这是线绳带电的现象,就把自己的手指伸向悬挂在线绳上的钥匙,立即在手指和钥匙间出现了火花,从而第一次证实了闪电本质上与摩擦所产生的电是一回事。

与富兰克林同一时期,也有不少其他的科学家在研究和捕捉雷电。例如在富兰克林风筝探测实验后的一年,俄罗斯的罗蒙诺索夫和李赫曼用自制的测雷器探测到雷雨云过境时所引起的电火花(类似于富兰克林建议的高塔实验),但是李赫曼不幸被闪电击中而丧生,成为近代雷电研究中的第一个牺牲者。



从富兰克林开始才真正进入建立在现代电学基础上的雷电研究。现在大多数人都知道，闪电就是空气中的长火花放电，我们可以在实验室内用人工的方法产生它。日常生活中大家也有这种经验，当化纤衣服摩擦时会有“悉悉”的声音，这表示衣服上积累了大量电荷。如果这时用手指去接近它，在暗处就会看到有电火花跳过。闪电放电从本质上说就是这种电火花。

2. 雷电的源地——雷雨云

雷电除偶尔出现在雪暴（一种大风雪的天气现象）、沙暴（大风吹得黄沙蔽日的天气现象）和火山爆发等特殊条件下外，最经常的是出现在夏季的雷暴天气中。这时巨大的云体内电光闪闪，雷声隆隆，并时常伴随大风大雨，甚至夹杂着冰雹。这种产生雷电的巨大云体，我们称之为雷雨云；而这种电闪雷鸣、风雨交加的天气就是雷暴或雷雨。

雷暴日（或雷电日）是气象上反映出雷电活动的一个观测项目，一天只要发生一次闪电就算一个雷电日。从全球范围来说，每年雷电日总数的地理分布从赤道向两极地区逐渐减少。根据观测资料，印度尼西亚爪哇岛的茂物市，年雷电日总数可达 322 天，有“世界雷都”之称。在我国，年雷电日总数的分布，南方多于北方。南方平均为 40～80 天，湖北省的秭归县雷电日为 50 天；北方平均为 25～40 天。而海南岛和雷州半岛等地，则是我国雷电活动最频繁的地区，雷电



日可达 120 ~ 130 天。

根据安装有多种现代化测试仪器的飞机和雷达的探测资料,其分析结果表明:一个雷暴包括一个或几个活动中心,简称单体;各单体都有完整的生命史,可分为生长、成熟和消散三个阶段。一个单体的寿命约 30 ~ 60 分钟,而在成熟阶段,当有降水和闪电产生时,约维持 15 ~ 20 分钟。

雷暴的发展有三个重要条件:非常湿润的空气,不稳定的大气垂直分布状态以及近地面空气易于产生上升运动。炎热的夏季,蔚蓝的天空中常常点缀着朵朵馒头状的白云,气象上叫做淡积云。当存在上述条件时,淡积云会逐渐变高变大,在云顶可以看到不断翻滚



淡积云个体明显,云底较平坦



浓积云发展旺盛,云体庞大,云顶向上

的云泡,好像热锅里沸腾的开水,远远看去外形很像花椰菜,这就是浓积云。浓积云进一步发展就成为积雨云,如



果云中出现闪电即为雷雨云。

发展到成熟阶段的雷雨云称得上是庞然大物，它的顶部往往像铁砧一样向水平方向伸展，高度可达七八公

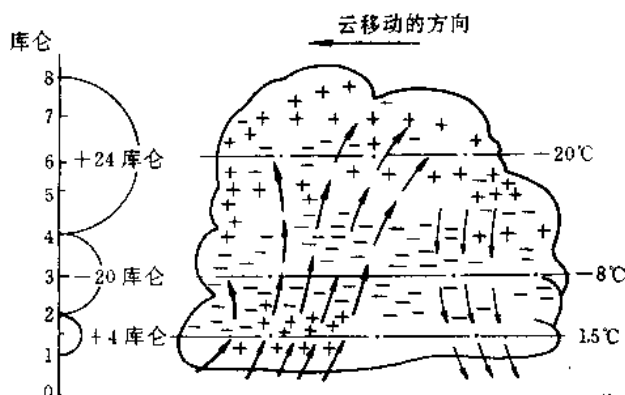


雷雨云顶成砧状，云底部有明显降雨

里，甚至十多公里，水平范围与高度接近或更大些。雷雨云中具有强大的上升气流，一般速度为每秒好几米，但有时也可观测到 20 ~ 30 米/秒的上升气流速度。雷雨云中的闪电活动也很频繁，从每分钟 1 次到每分钟 10 次，平均每分钟四五次，最大闪电频数出现在第一次闪电发生后 10 ~ 20 分钟内。任何细心观测的人都会发现，云中相继闪电发生的部位没有规则，雷击点亦忽东忽西，忽前忽后，相继雷击点之间的平均距离约为 3 公里。

为了弄清雷雨云中为什么会产生闪电，有必要首先了解这台“天然发电机”的电结构。

从 20 世纪 30 年代起，有人用气球携带探空仪器进入雷雨云中进行探测。那时还没有应用无线电遥测技术，探测结果只能从回收仪器的记录上获得，非常麻烦，误差也较大。通过大量施放这种探测仪器以及根据雷雨云下观测到的地面电场变化的结果进行反推，最后终于归纳出雷雨云中电结构的典型模式。



雷雨云中的电荷分布和偶极子模式

图中右端为雷雨云中电荷分布的实际情况。我们可以看到：在云体移动的前方，云中部多为上升气流，而在它的后部，则多为下沉气流；云中上部为冰晶，中部为冰晶、雪花、冻滴和过冷水滴（即在摄氏零下温度时尚未冻结的水滴）的混合区，底部则多为雨滴。云中的冰晶、雪花、冻滴和云滴以及大气离子等都带有电荷，电荷有正有负，互相混杂。但就总体而言，则可概括成图中左方的理想模式，即雷雨云中存在两个主要的电荷中心和一个次要的电荷中心。这三个电荷中心分别是中心位于6公里高度（温度约 -20°C ）、其中分布有24库仑正电量、半径为2公里的正电荷中心，中心位于3公里高度（温度约 -8°C ）、其中分布有20库仑负电量、半径为1公里的负电荷中心以及中心位于1.5公里高度（温度约 1.5°C ）、其中分布有4库仑正电量、半径为0.5公里的次正电荷中心。这个具有主正电荷中心



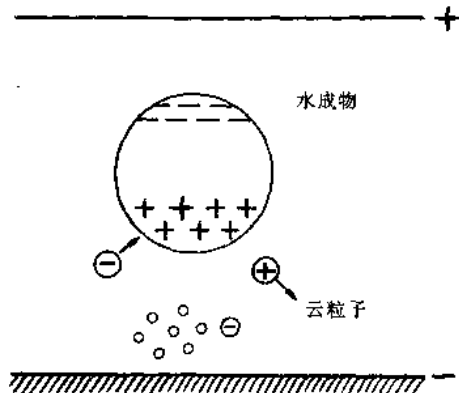
在上、负电荷中心在下的电结构叫做正极性分布或叫做雷雨云的偶极子模式。

随着科学技术的发展,探测仪器和运载工具不断得到改进,人们采用了无线电遥测技术,运用了更可靠的探测原理,使用了载有各种仪器的飞机进行穿云飞行,从而了解到更多的雷雨云中的电结构情况,但其主要特征仍可用偶极子模式来概括。闪电可以在这些电荷中心发生,也可以在这些电荷中心与地面之间发生。

那么,这种电结构又是怎样形成的呢?这就是被科学家们称为雷雨云起电机制的问题。像上述这种极性分布,要不了几次闪电就会被中和掉。为了维持这种分布,就必然会有某些过程在不断地起作用,这些过程就叫做起电机制。一个完善的起电机制,必须能够说明雷雨云中的电荷是怎样产生的,又是怎样分离而形成偶极子分布的。此外,这一过程还要足够

强大,当闪电使电荷中心中和后,它可以在很短的时间(10秒左右)内使电荷重新形成偶极子分布。

起电机制是一个被研究了很久但至今仍无定论的问题。科学家们提出



水成物在大气电场中的极化。排斥前方带正电的云粒子,而吸引带负电的云粒子



了各种可能的起电机制,它们分别可以说明一部分问题,但又有一些缺陷。这里我们只简单介绍一些在起电机制中起重要作用的因素。

一是大气电场,直观地看它是地表面(带负电)和电离层(带正电)两个电层之间形成的电场。在大气电作用下,由于同性相斥、异性相吸的感应作用,雷雨云中的雨滴、冰雹等水汽凝成物(简称水成物)中的负电荷将会趋向上端,正电荷趋向下端,使原来中性的水成物产生了极化(见上页图),这就为以后的电荷交换创造了条件。

二是水成物与云滴和冰晶(统称云粒子)的碰撞过程。由于水成物的降落速度比云粒子快,因此水成物在下降过程中会赶上云粒子,发生碰撞,从而产生电荷交换。其结果往往是水成物带负电荷,云粒子带正电荷。

三是上升气流造成的重力分离。在上升气流的作用下,带正电的云粒子被带到云的上部,而带负电的水成物留在了云的下部。由于重力作用的结果,使正、负电荷分离而形成电荷中心。

从现在提出的各种起电机制中,我们可以看到一个共同的特点,即各种形式和相态的云水在起电中占有重要地位。所以雷雨云的电结构,很可能是云中雹粒、雪花、冻滴、霰、雨滴、冰晶和云滴等,在大气电场、上升气流和重力分离作用下,发生碰撞、摩擦、破碎、冻结等过程的综合作用形成的。为弄清这一问题,现在需要更多地积累雷雨云中有关电(电场、电荷、电流等)、动力(气流运动)和物理性质的同步观测资料,再进行综合分析研究。



3. 云与地的通道

按发生的部位,闪电主要可分为云内、两个云体之间及云和地面之间三种,前两种通常叫云闪,而第三种叫做地闪。按闪电的形态,可分许多种,自然界最常见的是线状闪电。它像地图上画的河流一样,在空中快速弯曲地行进,其中到达地面的就是地闪。

自然界中大多数闪电是云中和两个云体之间的闪电。大量观测统计结果表明:温带地区地闪比较多,占闪电出现总数的三分之一;热带地区地闪出现比较少,约占闪电出现总数的六分之一。因为地闪对人类的生产活动和生命安全有较大的影响,所以对它的研究远远超过对云闪的研究。

由云中曲折行进到达地面的闪电,人眼看来似乎是一次瞬间的闪光。但用高速摄影机拍摄的照片上,人们发现闪电往往是由沿空中同一条路径(叫做闪电通道)、彼此间隔约百分之几秒的许多相继的放电成分所组成的,因此可以把组成整个闪电过程的每一次放电叫做闪击。一次闪电经常包含数次闪击,偶尔也有多达数十次的,由于它的闪击速度快,再加上人眼的视觉暂留效应,人们用肉眼看闪电不能看到闪电的全过程。有些闪电只包含一次闪击,这种闪电大约占总数的四分之一。

用高速摄影揭示闪电的细致结构大约始于20世纪初,而对闪电放电中发生的物理过程的研究却更早一些,已有