

青少年气象科学知识

主编 向英 柯儒杰

副主编 陈国胜 徐东升

我叫天公重抖擞

——人工影响天气



中国建材工业出版社

青少年气象科学知识

我叫天公重抖擞

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

我叫天公重抖擞：人工影响天气/王苏东编写. —北京：中国建材工业出版社，1998.9

(青少年气象科学知识；10/向英，柯儒杰主编)

ISBN 7-80090-775-9

I. 我… II. 王… III. 人工影响天气-青少年读物 IV. P48-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 22923 号

《青少年气象科学知识》编委会

主 编：	向 英	柯儒杰	
副主编：	陈国胜	徐东升	
编 委：	向 英	柯儒杰	陈国胜
	徐东升	陈婷婷	王 轩
	胡向阳	彦 超	支 援
	王苏东	张 强	

前言

21世纪是一个高科技的世纪，是一个人才竞争、教育竞争的世纪。为了迎接新世纪的挑战，提高全民族的素质是一个首要的任务。而素质提高的一个重要方面是科技素质的培养，也就是要培养人才的科技素养。在学生中普及科学知识不失为提高科技素质的一个良好途径。

针对中小学正在提倡的素质教育的需要和农村青年对于科技下乡的迫切需要以及厂矿、部队基层青年在提高文化修养的同时，对科技知识和劳动技能的广泛需要，以当代社会科学与自然科学的基础知识为基本出发点，我们编纂了一批通俗易懂，实用性强的系列科普读物。

每个时代图书最大的读者群是 10至 20岁左右的青少年。每个时代能够影响深远的图书是那些可以满足社会需要，传播知识，具有时代特点的图书。希望我们所精心编纂的这些书籍，能够为青少年朋友开阔眼界、增长知识、提高科学素养尽一份力。

本丛书是我们推出的科普系列读物之一。

气象科学是一门古老而又年轻的学科。气象知识与我们的生活息息相关，无时不在。本丛书共 12分册，以通俗易懂的语言，向我们介绍了大气、天气、气候等的形成及演变；分析了气象与农业生产、工程建设、仓储运输等方面的密切关

系；介绍了常用的气象观测仪器及观测方法，以及天气预报的制作原理和方法；同时教会学生们一些简单的气象活动、测天方法和观测仪器的简易制作；另外还介绍了人类影响天气、改变天气的一些方法。本书对于人类发展使大气遭受的破坏给予了格外的关注，呼吁大家保护大气，保护人类共同的家园。

本套丛书内容丰富、实用易懂，对于青少年掌握基本的气象知识，使之服务于生产、生活大有帮助。

目 录

第一章 幻想变成现实	(1)
第一节 长期的愿望	(1)
第二节 有趣的开端	(6)
第三节 人工影响天气的新进展	(12)
第四节 人工影响天气的目标及途径	(18)
第五节 我国人工影响天气活动及发展前景	(19)
第二章 人工降雨	(22)
第一节 云——雨水的仓库	(22)
一、云的形成	(22)
二、云的分类	(25)
第二节 自然降水——雨、雪、冰雹	(31)
第三节 人工降水	(37)
一、人工降水的原理及方法	(37)
二、常用的几种催化剂	(39)
三、适合人工降水的天气条件和云场	(48)
四、几种运载工具	(52)
第四节 人工降雨的效果检验	(55)
一、物理学方法	(55)

二、数值模拟法	(57)
三、统计检验法	(57)
第三章 人工防雷	(59)
第一节 冰雹的危害	(59)
第二节 什么是冰雹	(61)
第三节 冰雹是怎样形成的	(66)
第四节 冰雹云的识别	(72)
一、冰雹云的识别方法	(73)
二、识别冰雹云的判据	(77)
第五节 冰雹天气和预报	(77)
一、冰雹天气	(77)
二、冰雹的预报	(79)
第六节 人工防雷的原理和方法	(80)
第七节 人工防雷的工具及效果检验	(86)
第四章 驯服雷电	(92)
第一节 闪电的本质	(92)
第二节 雷电的源地——雷雨云	(95)
第三节 雷电的危害	(100)
第四节 防雷方法	(102)
一、避雷针防雷法	(102)
二、法拉第笼式防雷法	(105)
三、滚球防雷保护法	(106)
四、E. F. 避雷保护系统	(106)

五、避雷器防雷法	(110)
六、消雷器防雷法	(111)
七、人体避免雷击伤害	(111)
第五节 人工影响雷电	(114)
一、人工减弱云内电场	(114)
二、抑制云中起电过程	(118)
三、人工诱发闪电	(121)
四、雷电的利用价值	(124)
第六节 消雷工程	(126)
一、消雷的可行性	(126)
二、消雷器消雷机理	(132)
三、消雷器的保护范围	(138)
四、消雷工程设计注意事项	(138)
第五章 人工消雾	(140)
第一节 历史的回顾	(140)
第二节 雾的成因	(142)
第三节 人工消雾	(146)
一、人工消雾的一般途径和要求	(146)
二、消过冷雾	(149)
三、消暖雾	(151)
四、消冰雾	(158)
第四节 展望	(159)
第六章 抗寒防霜征服霜冻	(161)

第一节 真是“下霜”吗.....	(161)
第二节 战霜冻夺丰收.....	(166)
第七章 人工引导飓风.....	(173)
第一节 概述.....	(173)
第二节 气旋的破坏力.....	(174)
第三节 怎样引导气旋.....	(176)
第四节 人工引导气旋试验的初步成果.....	(179)
第五节 人造陆龙卷的试验.....	(182)
第六节 人工引导飓风的计算机模拟.....	(184)
第八章 气象战争和气象武器.....	(187)
第一节 气象战争和气象武器概况.....	(187)
第二节 有限战争.....	(190)
一、有限战争的出现.....	(190)
二、隐蔽的有限战争.....	(192)
第三节 不同一般的非常规战争.....	(197)
第四节 常规海军的非常规任务.....	(199)
第五节 反讹诈的武器.....	(202)
第六节 气象武器的产生.....	(205)
第七节 气象武器的各种可能性.....	(209)
第八节 各种气象武器的使用及其评价.....	(213)
第九节 一个国家气象武器的敏感性.....	(218)
第十节 气象武器的设计.....	(220)
一、设计气象武器的基本步骤.....	(220)

二、实施前大气和云特性的测定·····	(223)
三、对目标区的遥测·····	(226)
四、分析计算中心·····	(228)

第一章 幻想变成现实

第一节 长期的愿望

“天有不测风云，人有旦夕祸福”，在生产力落后，科学不发达的古代，人们把厄运比作变幻莫测的天灾，是十分形象的。就是到了近代，人们也还不能完全预测天气、抵御自然灾害，天气的好坏仍在不同程度上影响着人类的社会实践。

对人类活动影响较大的灾害性天气，包括有干旱、暴雨、寒潮、霜冻、浓雾、台风、雷电、冰雹、龙卷和焚风等。

一般说来，旱灾和涝灾给农业生产造成的威胁最大。因为它出现频繁，受灾面广。根据历史记载，自公元初到十九世纪，我国出现过 1013 次旱灾，658 次涝灾，每世纪平均受灾 88 次。华北地区以旱灾居多，而长江流域则旱灾、涝灾都比较常见。

干旱、涝灾危害深重。例如，1931 年夏季大涝，使荆江一带大堤决口，江汉平原一片汪洋。淹没良田五千多万亩，死于大水者达 14 万人。1934 年，我国又出现大面积伏秋干旱，致使大片农田龟裂，庄稼枯萎，许多百姓死于饥馑。

台风，以其强大的风力，倾盆暴雨，掀起海啸，使我国沿海地区深受其害。1922年8月2日，强台风在广东省汕头市登陆，奔腾不羁的海啸将整个汕头市沦为泽国。这次台风使六万多人丧生；台风过后瘟疫流行，形成次生灾害，情景十分凄惨。

雷电时常造成不幸的人身事故。以美国为例，每年遭雷击而死、伤的分别达600和1500人之多。雷击森林，常引起熊熊大火，造成巨大损失。美国每年此项损失就不下几亿美元。雷击还会造成停电事故，使工业濒临瘫痪。1977年7月13日晚上8时30分左右，人口近一千万的纽约市遭到雷电袭击，五条负荷34万5千伏特的电缆全被闪电切断，其他线路也因负荷剧增而自行中断，整个现代化城市陷入一片黑暗和混乱之中，停电持续了26小时之久，工厂停工，商店关门，机场封闭，歹徒伺机打劫，损失十分惨重。

冰雹常使丰收在望的庄稼顷刻之间化为乌有。前苏联高加索地区、法国、意大利、奥地利、阿根廷、肯尼亚、瑞士、匈牙利、加拿大和美国等，都是冰雹比较活跃的地区。如意大利雹灾集中在北部多山地区，每年损失近两亿美元。

我国也是多雹灾的国家。据记载，曾降过冰雹的县共有737个，受灾面积每年平均约2600万亩。在山区仲夏季节，冰雹频频出现，使农业严重减产。例如，1950年5月25日，山西、河北、河南等省同时遭受雹灾，灾情严重。其中山西省受灾面积遍及20个县，冰雹大者如碗，次者如鸡蛋、核桃，受害麦田达130多万亩，其中50多万亩几乎没有收成；同时在这次雹灾中，死10人，伤200余人，死伤牲口、毁坏房屋更是无计。据统计，是年该省自3月29日至6月17日，先

后降雹共 110 次，遍及 64 个县、两个工矿区和太原市郊，受灾麦田达 3 百多万亩，为数十年来所罕见。

由此可见，灾害性天气给人类活动带来的影响是何等巨大。

在古代，人们对天灾的恐惧，实在是不足为奇的了。由于当时科学技术水平低下，人们无力抵御自然灾害，再加上统治阶级的愚民政策，因此，人们往往只能乞助于神灵，幻想变凶为吉，化险为夷。

例如，汉代人们祭天求雨之风盛极一时，认为“云从龙”，所以用“土龙求雨”；以土龙引出真龙，招云致雨。近代，这种怪事仍有所闻。1934 年我国发生大面积干旱时，上海就有张天师设醮祈雨，南京出现班禅大师出城门四处求雨，甚至连当时湖南省府的代理主席竟然也赴城隍庙祈雨。又如在云南鹤庆等多雹地区，解放前每遇下雹，则靠求神祷告，烧香拜佛，敲锣打鼓吹牛角等办法，以期雹云消散。在国外，类似怪事亦常有发生。

随着生产和科学的发展，人类在自然灾害面前，逐渐摆脱被动的局面。人们不仅逐步获得了预告天气变幻的手段，而且进行了许多人工影响天气的尝试。这些尝试虽然往往由于科学依据还不足，收效甚微，但是，前人每一次尝试都启发和鞭策后来人，在征服自然的斗争中奋勇前进。

我国有着人工影响天气的悠久历史。早在北魏，我国著名的农业科学家贾思勰，在《齐民要术》一书中就指出：“天雨新晴，北风寒切，是夜必霜，此时放火作煴，少得烟气，则免于霜矣。”在这里，他不仅正确地指出了霜生成的必要条件，而且科学地总结了劳动人民熏烟防霜的措施。这些防霜法直

到今天仍在使用，不失为一种有效的方法。

我国与冰雹的斗争历史亦很悠久。早在二百多年前，云南、甘肃地区的广大劳动群众，在生产实践中就开展了炮击雹云的防雹斗争，积累了极其丰富的经验。其中不少经验仍为现代人们所借鉴。

人工降水是各国都极其关心的问题。早在公元一世纪，有个希腊历史学家普鲁泰赫曾指出，战争以后常常出现降水天气。当时有人臆测，这可能是战争中的嘈杂声响，能催云致雨。1871年，美国胞沃斯在《战争与天气》一书中，以内战时期战后产生降水天气作为例证，还继续阐述了战争与降水的相关性。1890年，美国国会拨款一万美金，进行爆炸催云致雨的试验。利用大炮、气球和火箭，在云中制造爆炸，炮轰了近一天，到傍晚时依稀掉了几滴雨。这次试验代价极大，而收效甚微，因此遭到许多学者的非难。

也有人针对战争引起降水的论点专门进行了统计，结果认为战后降水可能是与自然降水周期偶然巧合的缘故。还有人根据资料统计结果，认为第一次世界大战期间欧洲雨量并不因炮火连天而比平时稍多。因此，战争引起降水增多的说法逐渐被否定。爆炸催云致雨，虽然至今还在试验使用，但其作用原理仍有待于深入探索。

早在1839年还有人提出，地面上燃起大火，产生上升气流，使水汽凝结形成积云而导致降雨。到1938年，两个匈牙利人在湖面上燃油起火，进行造云致雨的试验。结果成效并不显著，而且很不经济，实用价值不大。

1918~1919年，法国则有人向空中施放致冷物质，使其成云致雨。方法是将充满液态空气的炮弹和炸弹发射到空中

爆炸后，液态空气使局部气温下降到 -194°C ，从而在空气中冷凝成小块云朵，但瞬息即逝，滴雨未见。

1921年美国物理学教授恰菲还提出，向云中播撒带电微粒，如沙粒等物质，可以促使云滴碰并而产生降水。恰菲不仅积极鼓吹这一观点，而且于当年进行飞机野外播撒试验，但效果不佳。

1924年夏天，又进行了飞机播云试验，他在飞机上安装了使沙粒荷电的喷嘴。荷电沙粒喷撒进入大气后，其表面电场可达1000伏/厘米左右。试验时飞机将230千克左右的带电沙粒，投入云顶高约二、三公里的云体中，据称观测到几块云体逐渐消散的相反效果。人工消云获得成功的信息，虽在当时报刊杂志上刊登介绍，但由于人工消云的效果经不起统计方法的严格检验，因而未获得公认。后来，前苏联也进行影响云中带电，从而促进降水的类似实验。虽然这些试验有一定科学根据，但因人工影响云中致雨过程的效率不高，因此这种方法逐渐被摒弃。

人工消雾工作，在本世纪初就出现了一些颇有希望的尝试。1908年法国就有人用暖的压缩空气来消雾，也有用氢氧燃炉增温空气，以使雾滴气化，而达到局部消雾的目的。可惜，由于试验时释放的热量太小了一些，不足以引起明显的消雾效果。这种加热空气使雾消散的方法，到第二次世界大战期间，出于战争的需要，英国人不惜工本地用来驱散机场浓雾，才显出了效果，从而多次保证了作战飞机的安全起落。

自古以来，人们就幻想能凭借人工的方法来影响天气，甚至达到呼风唤雨的目的。不过受当时科学水平的限制，往往是一种不切实际的奢望，仅仅表达了长期以来人类征服自然

的美好憧憬。直到十九世纪末叶和二十世纪初,才出现了许多人工影响天气的大胆尝试。但因当时对成云致雨的云雾微观物理过程仍然十分茫然,所以往往凭主观臆测,带有很大的盲目性,以致试验收效甚微,甚至完全失败。但这一历史阶段,却为以后人工影响天气的发展开拓了道路。

第二节 有趣的开端

1930年荷兰人维拉尔特教授进行了一次规模不小的人工降水试验。飞机运载了固体二氧化碳——干冰(它在大气中的气化温度低至 -79°C),在2500米高空,离云顶约200米的高度上飞行。飞行过程中共向云中投掷了近1.5吨的干冰碎块。干冰落入云中以后,出动了四架飞机在云下检验人工影响降水的效果,发现在8平方公里左右的面积上,产生了丰沛的降水。

虽然试验获得了成功,但因在当时,人们对降水的微观物理过程并不清楚,还不了解干冰能促使云中过冷水滴大量冰晶化,从而促成降水过程的科学道理。维拉尔特在人工降水试验前,只有一些模糊想法,以为向云中播撒干冰,可使云体局部致冷,改变云中热力结构,并使云中产生起电效应,从而促成降水。

人工降水试验获得成功后,他进一步解释为干冰碎块在通过云上200米厚的空气层时,由于摩擦获得电荷,并开始产生液态二氧化碳微滴。大量这样的带电微滴落入云中后,使

云滴增大，并下降成雨。其实，向过冷云播撒干冰，已是目前公认的一种有效人工降水办法，但是维拉尔特这种解释，却引起许多学者的异议，甚至对显著的人工影响效果也产生了怀疑。当时他的领导，荷兰气象机构的负责人，也未能正确对待学术上的争议，为此感到愤懑，竟勒令其停止工作。人工降水史上这一有趣的开端就此倏然中止，使这一极有前途的人工催化降水的试验，推迟了十几年，直到第二次世界大战后，才在新的科学基础上，获得了新生。

这一段人工降水历史上的曲折，却启发了人们，在没有揭示降水过程的物理规律之前，要想发现有效的人工降水方法，就象盲人瞎马，很难达到成功的彼岸。即便偶然巧合，也往往经不起挫折而中途夭折。

本世纪 30 年代，人工影响天气本身虽无多大进展，但对云雾降水物理规律的揭示，却为了工影响天气的研究，奠定了坚实的科学基础。人们开始摆脱各种盲目的尝试，并在 40 年代开创了人工影响天气的新纪元。

20 世纪初，人们发现在温度低于 0°C 的云中，仍存在大量液态过冷水滴，甚至温度低至 $-20\sim -30^{\circ}\text{C}$ 时，云中仍然存在冰晶和过冷水滴共存的现象。以后，还有人注意到降水天气时云顶附近往往呈现出由冰晶组成的丝缕状云带，所以认为降水是在冰晶和过冷水滴共存的云中形成的。根据这些迹象和一些实验，早在 1911 年韦格纳就已经提出了冷云致雨的“冰、水转化”物理图像。但直到 22 年后，在 1933 年，瑞典人贝吉隆才根据大量冷云观测事实和实验结果，在较为充足的科学论证条件下，提出了著名的“冰、水转化”冷云降水理论。原来，在温度低于 0°C 的冷云中，同时存在冰晶和过