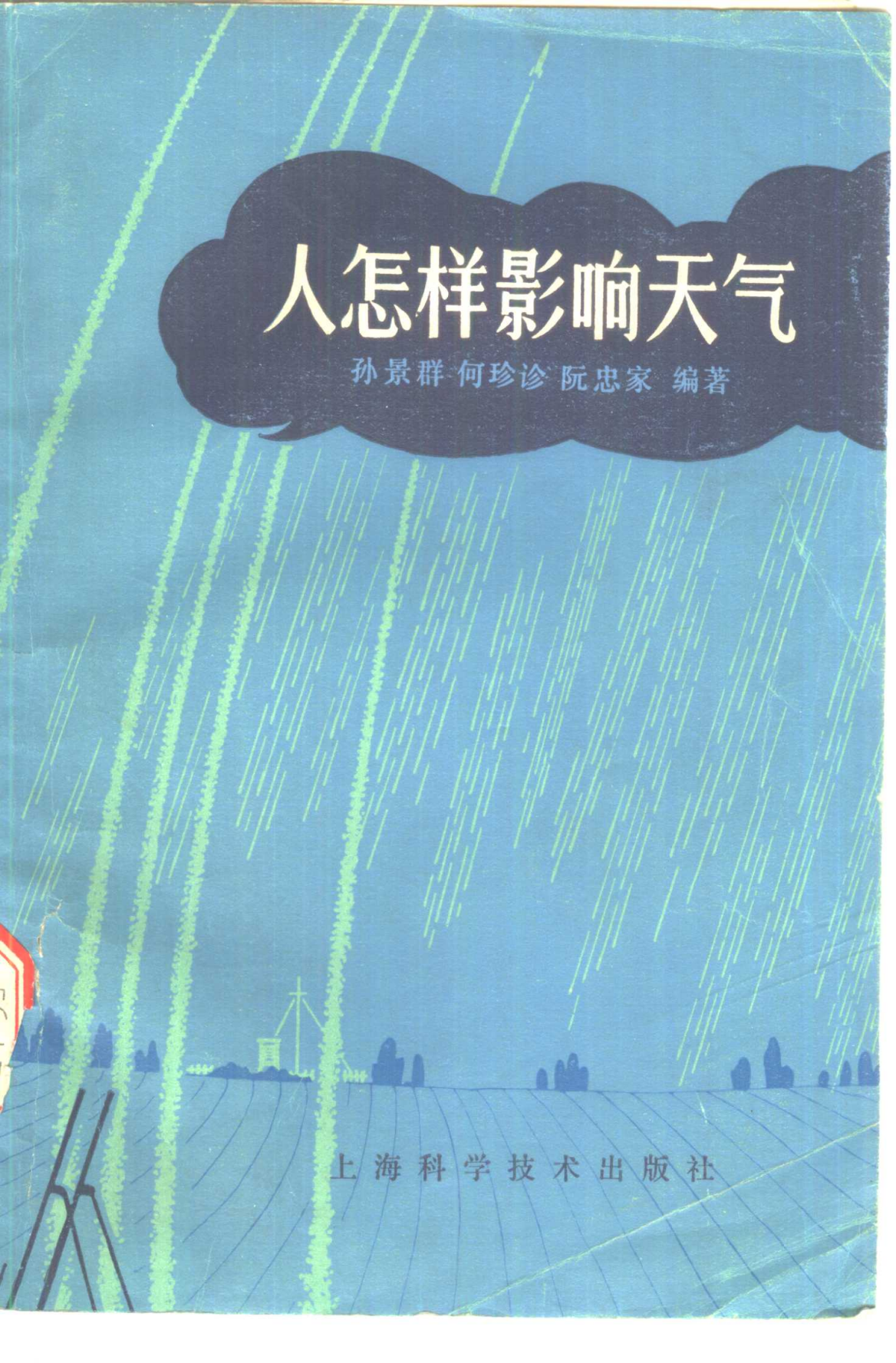


The book cover features a stylized illustration of a rainy day. A dark, cloud-like shape at the top contains the title and authors' names. Below it, numerous diagonal lines represent falling rain. At the bottom, a silhouette of a city skyline is visible against a blue background. The overall color palette is dominated by shades of blue and green.

人怎样影响天气

孙景群 何珍珍 阮忠家 编著

上海科学技术出版社

人怎样影响天气

孙景群 何珍珍 阮忠家 编著

上海科学技术出版社

人怎样影响天气

孙景群 何珍珍 阮忠家 编著

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

科学书店上海发行所发行 上海商务印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张4.5 字数97,000

1980年6月第1版 1980年6月第1次印刷

印数 1—11,000

书号: 13119·860 定价:(科三) 0.38元

序 言

自然界经常出现干旱、暴雨、寒潮、霜冻、台风、雷电、冰雹、龙卷和焚风等灾害性天气，它们往往危及人类的生产活动和正常生活。因此，自古以来人们就幻想能呼风唤雨，使天气随着人们的意愿而改变。进入二十世纪后，这一幻想已逐渐变成现实，特别是近三十多年来，人工影响天气取得了迅速的进展。我国自 1958 年以来，广大科技人员和广大群众，在自力更生、奋发图强、战胜天灾的思想指导下，积极开展了人工影响天气的科学实验，并在实际应用中取得了较大的进步。

编写这本小册子的目的，是向广大读者扼要介绍人工影响天气这一领域的现状和远景。

本书第一章介绍人工影响天气的简史。第二章介绍成云致雨的基本物理过程，以便读者易于理解尔后章节中介绍各项人工影响天气的科学原理。其他各章分别介绍降水、冰雹、迷雾和霜冻等灾害性天气的人工影响原理和作业方法；还介绍诸如人工抑制闪电、人工削弱台风等人工影响天气的新进展；人类活动有意或无意地影响气候变迁和人工影响未来气候的可能；以及将人工影响天气作为战争武器的一些新动向。最后，展望了人工影响天气的美好前景。

为适合广大工农兵群众、中小学教师和青年阅读，并对气象工作者也有一定参考价值，我们在编写中力求做到深入浅出、通俗易懂。然而，限于我们的水平，书中难免有谬误之处，热诚希望广大读者批评指正。

本书主要由孙景群同志执笔,何珍珍同志参加了第五、六章及第二章的部分编写工作。阮忠家同志对全书进行了修改。郭裕福同志参加了部分工作,特此致谢。

编 者 1979年11月

目 录

第一章 幻想变成现实·····	1
一、长期的愿望·····	1
二、有趣的开端·····	8
三、方兴未艾·····	16
第二章 大气舞台的主角·····	20
一、成云致雨的丰富原料·····	20
二、千姿百态的云雾·····	23
三、形形色色的降水·····	32
第三章 催云播雨·····	38
一、人工降雨首战告捷·····	38
二、冰晶与水滴的角逐·····	40
三、耕云播雨·····	44
四、推波助浪有效吗?·····	46
第四章 向冰雹宣战·····	50
一、冰雹的来龙去脉·····	50
二、冰雹预报和雹云识别·····	56
三、人工防雹方法·····	59
四、效果检验辨真伪·····	64
第五章 打开云雾弥漫的缺口·····	70
一、白茫茫的世界·····	70
二、星罗密布的火炉·····	75
三、化小为大“吞掉”雾滴·····	78
四、再谈催化消雾·····	83

第六章 抗寒防霜征服霜冻·····	85
一、真是“下霜”吗? ·····	85
二、战霜冻夺丰收 ·····	90
第七章 驯服雷电的尝试·····	96
一、粗犷的自然壮观 ·····	96
二、人工减弱云内电场 ·····	101
三、抑制云中起电过程 ·····	104
四、人工诱发闪电 ·····	107
五、雷电的利用价值 ·····	111
第八章 向控制天气的深度和广度进军·····	114
一、向庞然大物宣战 ·····	114
二、气候变迁的潜移默化 ·····	122
三、气象战争和气象武器 ·····	128
四、前程似锦 ·····	134



第一章

幻想变成现实

一、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。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 and 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(见图1-1)。



图 1-1 我国古代劳动人民熏烟防霜

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(见图 1-2)。

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(见图 1-3)。



图 1-2 我国古代劳动人民炮击雹云



图 1-3 1890 年美国人进行爆炸催云致雨试验

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（见图1-4）。

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



图 1-4 1921~1924年飞机撒播荷电沙粒消云试验

时飞机将230公斤左右的带电沙粒，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消息，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，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（见图1-5），也

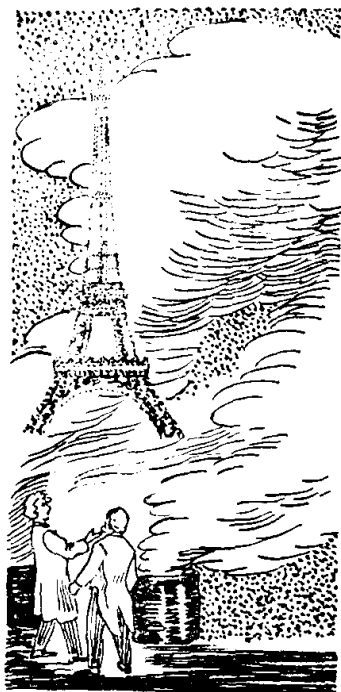


图 1-5 1908 年法国
用暖气消雾

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。

二、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(见图 1-6)。

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，却为人工影响天气的研究，奠定了

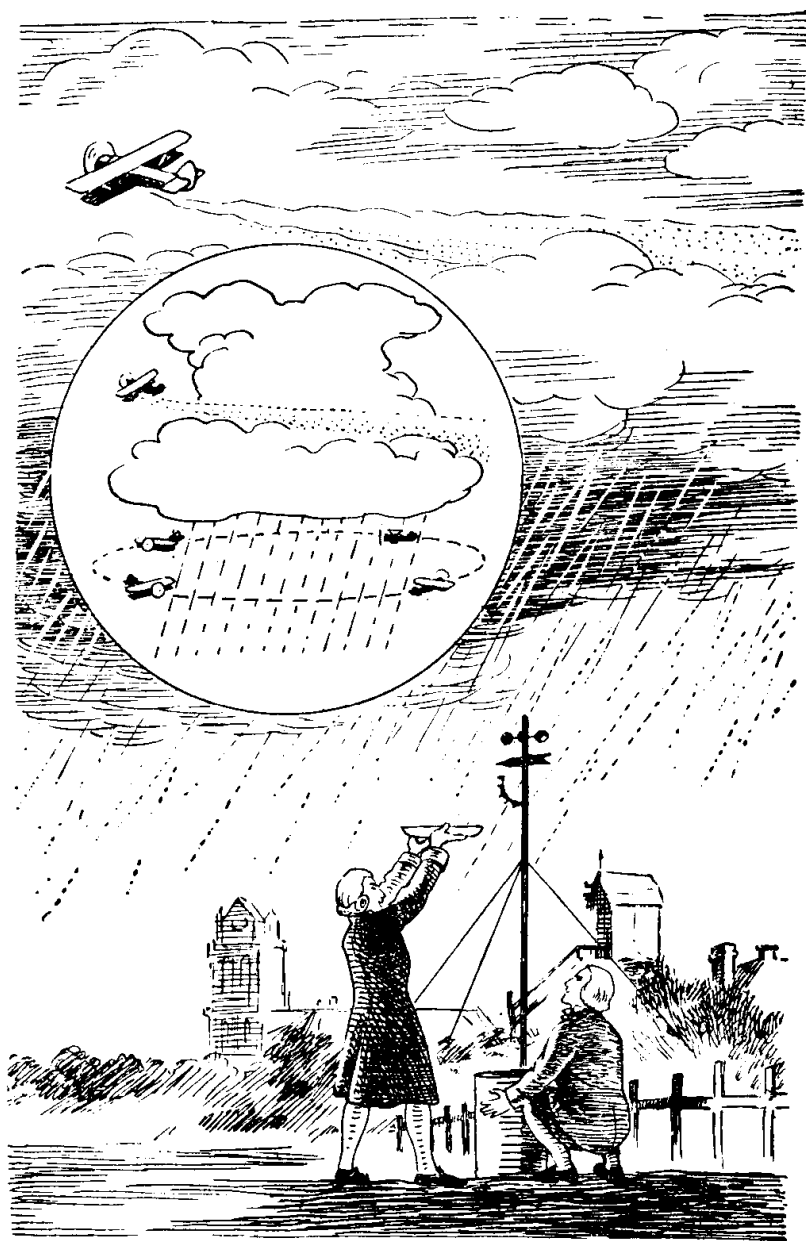


图 1-6 1930 年荷兰人用于冰催云致雨的试验