

人工影响天气
公务手册

气象出版社

人工影响天气公务手册

气象出版社

编后

在我国开展人工影响天气工作 40 周年之际,我们特编写了《人工影响天气公务手册》,作为献给我国开展人工影响天气工作 40 周年的礼品。本手册集宣传、馈赠、查阅、记事多功能于一体。在编写过程中得到了中国气象局人工影响天气办公室以及河北、黑龙江、北京、山东等省(市)人工影响天气办公室的大力支持,在此一并表示感谢。

由于时间仓促,加之汛期各单位工作繁忙,本手册收集的资料可能有所遗漏,敬请读者原谅。在使用过程中出现的各种问题,欢迎读者来信赐教,以便再版时加以修正,提高手册的使用效率。

人工影响天气公务手册

气象出版社出版发行

地址:北京海淀区白石桥路 46 号

责任编辑:李太宇、吴向东

电 话:010-68406262

邮政编码:100081

终 审:周诗健

印 刷:北京印刷厂印刷

开本:787×1092 1/36

印张:6

字数:120 千字

1998 年 10 月第一版

1998 年 10 月第一次印刷

印数:1~5000 册

ISBN 7-5029-2598-8/P·0913

定价:12.00 元

人工影响天气工作的现状和展望

中国气象局科技教育司人工影响天气处

今年是我国开展人工影响天气工作 40 周年。1958 年,吉林省为缓解出现的严重干旱而进行的飞机人工增雨试验,揭开了我国人工影响天气工作的序幕。从此,有组织的人工影响天气活动在各地逐步开展,并成为抗旱减灾的一项科技措施,在人工增雨、防雹等方面取得了明显的社会和经济效益。

40 年来,特别是改革开放以来,随着国民经济的快速发展,尤其是农业生产对防灾减灾的迫切需求,人工影响天气的作用日益受到各级政府的重视。各级人工影响天气的领导和管理机构陆续建立。1994 年国务院批准建立由 13 个部、委、局参加的人工影响天气协调会议制度,标志着我国人工影响天气工作进入了加强组织、协调和指导的新阶段。人工影响天气的服务领域从人工增雨、防雹逐渐向人工消雾和为重大社会活动的天气保障服务方面拓展,各地对这方面工作的投入逐年增加,人工增雨、防雹作业规模不断扩大。1997 年,全国有 19 个省(区、市)开展飞机增雨作业 360 架次;1167 个县开展高炮、火箭人工增雨、防雹作业,高炮数量达到 5400 多门。

各地日益重视人工影响天气的科学研究和现代化建设工作。在科研工作中,地方同中央有关科研院所及高等院校间的合作以及地方之间的横向协作不断加强,取得了一批有价值的研究成果,有的已在实践中得到应用;省级人工影响天气现代化建设有了显著进展,依托气象现代化业务系统,初步建成或正在建设的人工影响天气综合技术系统,提高了天气监测、气象信息传输、作业分析判断、实时指挥作业和效果分析评估的科学水平;人工增雨、防雹作业工具和催化技术有所改进,地基和机载监测、探测手段得到加强,人工增雨、防雹作业的总体科技水平和效果明显提高。

福建省古田水库地区连续 12 年开展了随机催化人工增雨试验,结果表明该地区增雨 24% 左右。一些地区的防雹试验结果表明,防雹作业保护区可减少受灾面积 50% 至 80%。1987 年 5 月和 1998 年 5 月,飞机和高炮人工增雨在扑灭大兴安岭发生的大面积森林火灾中发挥了积极作用。1997 年在黄河上游开展的龙羊峡水库人工增雨试验,取得了宝贵经验,为进一步开展以缓解水资源短缺为目的的人工增雨工作打下了基础。

据世界气象组织对各国有关工作情况的统计报告,1994 年有 32 个国家开展人工影响天气外场作业、试验和科学研究。其中美

国、以色列、独联体和欧洲一些国家尤为活跃。美国除了开展人工增雨防雹，还开展机场消雾。他们的人工增雨、防雹主要方法是，采用飞机在云底和云中播撒催化剂，或利用地面碘化银发生器向云中播撒催化剂。以色列利用飞机和地面碘化银发生器进行多年的人工增雨试验，认为在不同地区和天气条件下可增雨6%~15%。近年，他们已经把人工增雨做为一项业务，每年在冬半年按计划开展人工增雨作业。这些国家的人工影响天气计划均有周密的设计方案，普遍采用各种先进技术装备，如多功能雷达、微波辐射计、风廓线仪、测雹板网等。相应的试验研究工作有持续的财政支持，在对云和降水的监测手段、人工影响天气的科学概念、云数值模式的改善和应用方面取得了显著进展。

40年来，我国人工影响天气工作在促进经济发展，尤其在农业抗旱减灾中发挥了积极作用，取得了很大进展。但是，其科技水平和服务能力与各地防灾减灾的迫切需求尚有较大差距，与国际上人工影响天气先进国家相比差距也仍然很大。当前存在的主要问题是：①国家一级的指导和协调能力薄弱，缺乏地区之间开展协作和联合的有效机制，人工影响天气的总体效益有待提高。②研究工作同作业的发展不相适应，依靠科技进步，推进人工影响天气发展的有效机制尚未建立。③作业技术手段和探测装备亟待增强，人员素质亟待提高。

人工影响天气是一项科学性很强的工作，是一门发展中的学科，只有坚定不移地依靠科技进步，加强科学研究和现代化建设，不断提高科学技术水平和服务成效，才能保证其持续、健康地发展。依靠科技进步，具体讲就是加强人工影响天气科学试验和研究，加强人工影响天气现代化建设和作业综合技术系统建设。党和国家一直十分关心人工影响天气工作，最近，江泽民总书记专门就我国水资源短缺问题做了重要指示，着重指出“开源”和“节流”二者不可偏废。人工增雨是开源的一项有效措施，一条重要渠道，进一步搞好人工影响天气工作是贯彻落实江总书记指示的实际行动。

要搞好我国的人工影响天气工作，必须发挥中央和地方两个积极性，努力争取加大人工影响天气的科技投入。当前亟需加大国家级科研的投入力度，支持有科学设计、高水平的具有普遍指导意义的关键性科技研究项目，例如，开展北方干旱区人工增雨集成技术系统研究，人工增雨防雹效果检验理论和方法研究等；要努力争取建立人工影响天气机载实验室，在有代表性的天气气候区建立国家级试验研究基地，为开展重大科技项目研究创造必要条件，这也是提高作业成效的一项有效措施。各省应结合作业开展综合的和专项的试验研究工作，科研工作的重点是研究那些

提高作业效果的实用技术；应在每年的人工影响天气经费中安排一定比例，用于支持关键的作业技术研究，并积极采用先进技术，不断提高作业的科学水平；要依托现代化气象业务网络，统筹规划，建立和完善省级人工影响天气综合技术系统和地、市级作业指挥系统；有条件的省可建立人工影响天气试验示范基地，加强新技术的开发研究和推广应用工作，尽快将科技成果转化为现实生产力；积极扩大国内、国际的科学技术协作与交流，加强横向和纵向间的科技协作，加强军、民气象科研力量之间的协作；加强人才培养，锻炼、造就一支高素质、高水平的科技队伍。

进一步加强国家对飞机人工增雨工作的指导和协调，按照国家统筹规划和部署，加大重点区域的专项人工增雨力度，充分开发空中云水资源。多年来，我国以地方为主体开展的飞机人工增雨工作，主要为当地紧急抗旱服务，而对以缓解水资源短缺为目的的非干旱季节人工增雨重视不够。从提高人工增雨工作的总体成效出发，在保证应急抗旱的前提下，各地今后应根据需要开展以缓解水资源短缺为目的的人工增雨作业，以充分发挥人工影响天气工作的作用。

展望未来，随着气象科学技术和现代化建设的发展，以及人工影响天气和相关行业技术的进步，在人工影响天气科技工作者的不懈努力下，我国人工影响天气工作必将在 21 世纪的国民经济建设中发挥更大、更重要的作用。

人工影响天气基本知识(1)

人工影响天气

人工影响天气是指在一定的有利时机和条件下，通过人工催化等技术手段，对局部区域内大气中的物理过程施加影响，使其发生某种变化，从而达到减轻或避免气象灾害目的的一种科技措施。例如，在我国很多地区利用飞机或高炮、火箭等运载工具向云中播撒碘化银、干冰等催化剂进行的人工增雨、防雹作业；在一些农田进行的人工防霜，以及在机场进行的人工消雾等。科学的人工影响天气是在美国的诺贝尔奖获得者朗格缪尔指导下，于 20 世纪 40 年代末在纽约一家实验室的试验基础上发展起来的。1946 年美国科学家谢弗用干冰对层积云进行了实际催化试验，发现云中过冷却水滴很快转化为成群的冰晶，不断增大并从云底下落，在云中留下一个明显的空洞。这次成功的试验对人工影响天气是一个有力的推动。接着，谢弗和万涅古特发现了可使过冷云中产生冰胚的催化剂——碘化银。至今，与某些化学物质复合产生的碘化银仍然是普遍使用的播云催化剂。

各型号人工增雨防雹弹主要技术性能(一)

项目	83型 增雨防雹弹	JD 89型 增雨防雹弹
炮弹全长(mm)	382.02~385.97	382.02~385.97
炮弹全重(kg)	1.416	1.284
弹丸重量(g)	732	600
有效作用高度(可控,m)	2000~6000	2400~5800
最大射高(m)	6700	6900
引信自炸时间(s)	7~10 9~12 13~17	9~12 13~17
碘化银重量(g)	1	1
成核率(个/克, -10℃时)	2.0×10^9	9.0×10^8
钝铝黑炸药重量(g)	60	34
引信瞎火率	$\leq 1/30$	$\leq 3/100$
最大弹体破片(g)	≤ 30	≤ 70
增程药剂重量(g)	—	—
焰剂重量(g)	—	—

* * * * * * 人工影响天气基本知识(3) * * * * * *

人工增雨

人工增雨,是采用人为的办法对一个地区上空可能下雨或者正在下雨的云层施加影响,开发云中潜在的降水资源,使降水量增加。一个地区某天下了10mm的雨水,这并不是说当天经过这个地区上空的云中只凝结了这么多水分。利用仪器对云中含水量进行探测的结果表明,云中凝结的水分比实际降水量多得多,只是因为云中某些条件不具备,更多的水分才没有形成降水落到地面。云中凝结的水分约有20%~80%转变成降水,具体依云的类型而定。有人把云中的水比喻为一座水库中的水,闸门开启得小,流出的水量就少,人工增雨就是向云中播撒适当的催化剂,使“小水库”的闸门开大一点,以便让水多流出来一些,增大云的降水效率。此外,云中的水汽变成水或冰时伴随着巨大的能量转换,1g水汽凝结成水约释放出600cal(1J=4.18cal,下同)热量,1g水冻结成冰约释放出80cal热量。通过人工影响,可利用这些释放的潜热加大云中水汽的凝结量,达到人工增雨的目的。

各型号人工增雨防雹弹主要技术性能(二)

项目	92型 增雨防雹弹	JD93 2型 增雨防雹弹
炮弹全长(mm)	386	382.02~385.97
炮弹全重(kg)	1.34	1.344
弹丸重量(g)	658	660
有效作用高度(可控,m)	2000~6000	2400~7000
最大射高(m)	6700	6900
引信自炸时间(s)	7~10 9~12 13~17	21~24
碘化银重量(g)	1	1
成核率(个/克, 10℃时)	2.0×10^7	9.0×10^4
钝铝黑炸药重量(g)	57~60	36
引信瞎火率	$\leq 1/40$	$\leq 1/30$
最大弹体破片(g)	≤ 20	≤ 70
增程药剂重量(g)	—	21
焰剂重量(g)	—	—

* * * * * * 人工影响天气(基本知识(4)) * * * * * *

人工增雨催化剂

人工增雨的方法不是人类直接干预云中的能量变化,而是向云中播撒适当的催化剂,施加间接的影响,促使云中更多的水分变成雨滴(雪)降到地面。使用的催化剂通常分为三类,第一类是可以产生大量凝结核或凝华核的碘化银等成核剂;第二类是可以使云中水分形成大量冰晶的干冰等致冷剂;第三类是可以吸附云中水分变成较大水滴的盐粒等吸湿剂。碘化银、干冰等是适用于温度低于0℃冷云的催化剂;而盐粒等,是只适用于温度高于0℃暖云的催化剂。目前,我国主要是对冷云实施人工增雨。

飞机、高炮和火箭是把催化剂播撒到云中的通用人工增雨作业工具。高炮和火箭是在弹头内装填适量碘化银,从地面发射到云中适当部位后,碘化银以焰雾形式喷撒,或随弹头爆炸播撒;在飞机上喷撒碘化银焰雾的方法,一种是在机舱内遥控悬挂在机翼下的特制发生器,使从中喷出的碘化银丙酮溶液燃烧;另一种是遥控发射悬挂在机翼下的特制碘化银焰弹。在飞机上也可以向云中播撒小颗粒状的干冰或液氮等冷却剂或吸湿性粒子,人工制造冰晶或大水滴,促使更多的云水转化为降水。

各型号人工增雨防雹弹主要技术性能(三)

项目	J193-3 型 增雨防雹弹
炮弹全长(mm)	382.02~385.97
炮弹全重(kg)	1.349~
弹丸重量(g)	665
有效作用高度(可控,m)	2400~6500
最大射高(m)	6500
引信自炸时间(s)	21~24
碘化银重量(g)	1
成核率(个/克, -10℃时)	碘化银: 9.0×10^6 焰剂: 1.0×10^{12}
钝铝黑炸药重量(g)	36
引信瞎火率	$\leq 1/30$
最大弹体破片(g)	≤ 70
增程药剂重量(g)	14.1
焰剂重量(g)	13(含 0.8 克 AgI)

* * * * * * 人工影响天气基本知识(5) * * * * * *

人工消雾

雾是由于近地层空气中悬浮的无数小水滴或小冰晶造成水平能见度小于 1 km 的一种天气现象。近地层的²气温降低和水汽增加是形成雾的基本条件。

雾的分类有多种。按其强度可分为重雾(能见度小于 50m)、浓雾(能见度 50~200m)、中雾(能见度 200~500m)和轻雾(能见度 500~1000m)4 级。从人工消雾的观点,主要是按雾中温度低于 0℃或高于 0℃将其分为冷雾和暖雾,以便采取相应的作业技术方法。

人工消冷雾。向雾中播撒适当物质使之产生大量冰晶,冰晶与水汽和水滴共存时,由于冰面饱和水汽压小于水面饱和水汽压,雾中的水汽便会迅速凝华到冰晶上,冰晶的增长抑制了水滴的增长,并促使水滴不断蒸发、数量减少,从而达到减少和清除大气中雾滴的效果。可产生冰晶的物质有制冷剂(液氮、丙烷和干冰等)、人工冰核(碘化银等)和通过膨胀降温产生冰晶的压缩空气。从技术上讲,人工消冷雾较为成熟。

人工消暖雾。人工消暖雾的技术尚处于进一步的试验研究之中,采用的方法有:播撒氯化钙等吸湿性核在雾中培植大水滴,拓宽雾滴谱,诱发冲并过程,造成雾的沉降,使雾消散;加热方法,增加局部区域温度,使雾滴蒸发而消散;用喷气发动机产生热气,靠热动力扰动气流,使雾蒸发消散;采用直升飞机破坏雾层顶部的逆温层,使雾因气流上升而消散等。

(以上资料由中国气象局科技教育司人工影响天气处提供)

有关人工影响天气的一些参考数据

1. 地球上的水体

地球上总的水含量约 1.386×10^{18} 吨, 在不同水体中的分配和不同的水体水的更新周期如下表:

水体名称	水含量 (吨)	占总水量 百分率(%)	更新周期
海洋	1.3380×10^{18}	96.5000	2500年
地下水	2.3400×10^{16}	1.7000	1400~5000年
永冻层的地下水	3.000×10^{14}	0.0220	
冰川和永久积雪	2.410×10^{16}	1.7400	1600~10000年
湖泊	1.764×10^{14}	0.0130	17年
沼泽	1.147×10^{13}	0.0008	
河流	2.120×10^{12}	0.0002	16天
大气水	1.290×10^{13}	0.0010	8天
合计	1.386×10^{18}	100.0000	

地球上的不同水体通过水体的相互传输转化维持地球上的水平衡, 其年传输-转化概况示意图如图1所示。

2. 某些降水物的特征

(1)米雪: 白色不透明的小颗粒固态降水粒子, 直径常小于1毫米。

(2)霰: 白色不透明的球形或圆锥形的固态降水粒子, 直径约2~5毫米。

(3)冰粒: 透明的球状固态降水粒子, 直径小于5毫米。

(4)冰雹: 直径大于5毫米, 包有透明冰层的固态降水粒子。最大可达数厘米或数十厘米。有时质地较松软, 落地易碎常称之为软雹。冰雹是降水物中最大的粒子, 国内记录有大于8厘米的, 国外记录有大于13厘米的雹块。

(5)雪: 温度低于 0°C 时的固态降水, 有时在略高于 0°C 时雪表面开始融化, 称为湿雪。雪是形态变化最多的降水物, 1949年国际

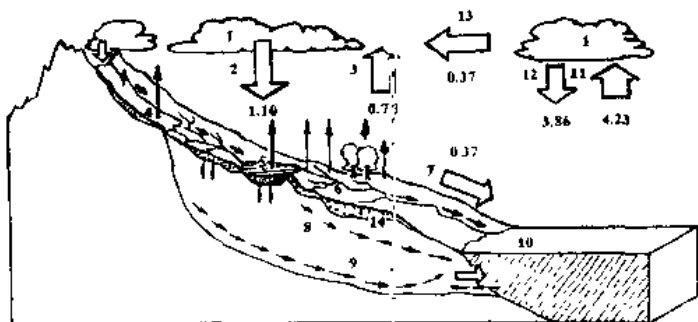


图1 地球上年水收支平衡示意图(单位: 10^{11} 吨)

- | | | | |
|------------|---------|----------|----------|
| 1. 云层 | 2. 陆地降水 | 3. 陆地蒸发 | 4. 山地冰川 |
| 5. 湖泊 | 6. 河流 | 7. 入海径流 | 8. 地下径流 |
| 9. 地下水 | 10. 海洋 | 11. 海面蒸发 | 12. 海面降水 |
| 13. 海陆水气传输 | 14. 土壤水 | | |

—	N1a		C1f		P2b		P6b		CP3d		R3c
—	N1b		C1g		P2c		P6c		S1		R4a
—	N1c		C1h		P2d		P6d		S2		R4b
—	N1d		C1i		P2e		P7a		S3		R4c
—	N1e		C2a		P2f		P7b		R1a		I1
X	N2a		C2b		P2g		CP1a		R1b		I2
X	N2b		P1a	—	P3a		CP1b		R1c		I3a
X	N2c		P1b		P3b		CP1c		R1d		I3b
△	C1a		P1c		P3c		CP2a		R2a		I4
⊗	C1b		P1d		P4a		CP2b		R2b		G1
⊗	C1c		P1e		P4b		CP3a		R2c		G2
⊗	C1d		P1f		P5		CP3b		R2d		G4
⊗	C1e		P7a		P6a		CP3c		R2e		G5
⊗											G6

图2 自然降雪雪粒子形态的分类

图旁字符为该型雪粒子的代码(据 Mogono 和 Lee, 1966)

冰雪协会将固态降水分分为 10 类,1966 年有人又细分为 80 种形态,如图 2。

3. 降雪特征

(1)降雪持续时间:一次连续降雪的持续时间为一两分钟至几十分钟,统计多次降雪案例表明,持续时间越长出现的几率越小,如图 3 所示。

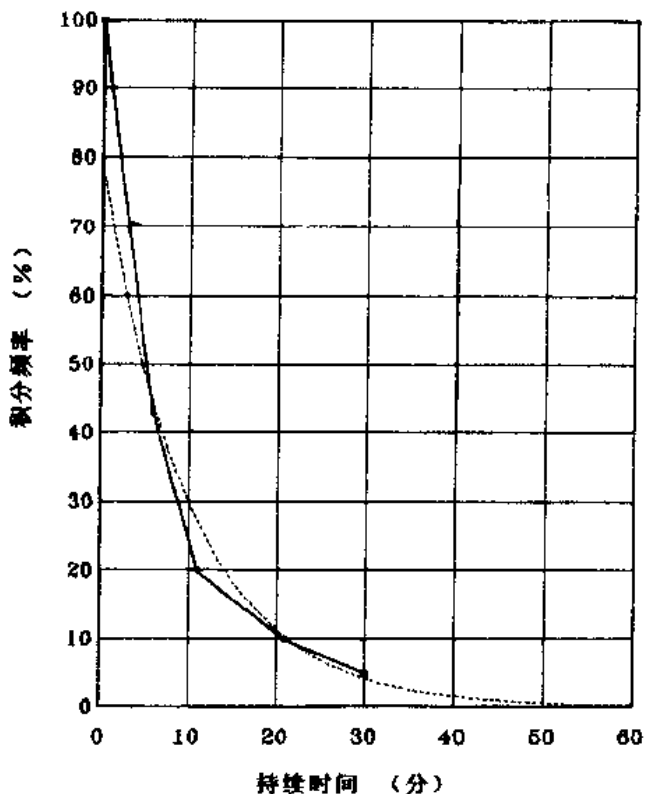


图 3 全国 12 个台站降雪持续时间大于一定值的积分频率分布
(据冯佩兰等,1985)

按图 3 资料统计具有以下的相关式:

积分频率 = $79.31 \times (-0.09695 \times \text{持续时间})$

(2) 雹击带的面积: 雹击带的面积一般为 10~20 平方公里, 宽 1~10 公里, 长为 10~200 公里, 偶有更大的范围。

(3) 雹块落速: 冰雹的降落速度可达每秒几十米, 在冰雹直径为 0.5 至 8 厘米范围内可用下式进行估算(图 4):

$$\text{落速(米/秒)} = 9 \times \text{直径}^{0.8}$$

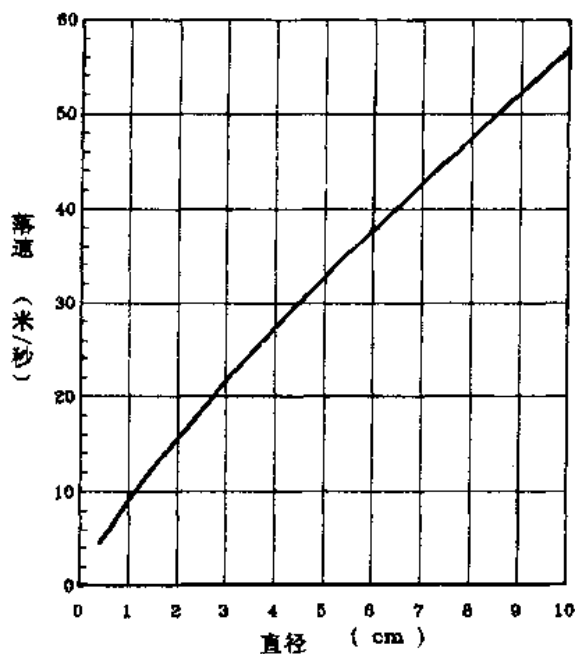


图 4 冰雹降落速度与雹块直径的相关
(据 Aure, 1972)

4. 三七高炮射表

采取不同射角和使用不同自炸时间的炮弹,其炸点距炮位的高度与水平距离如图 5 所示。

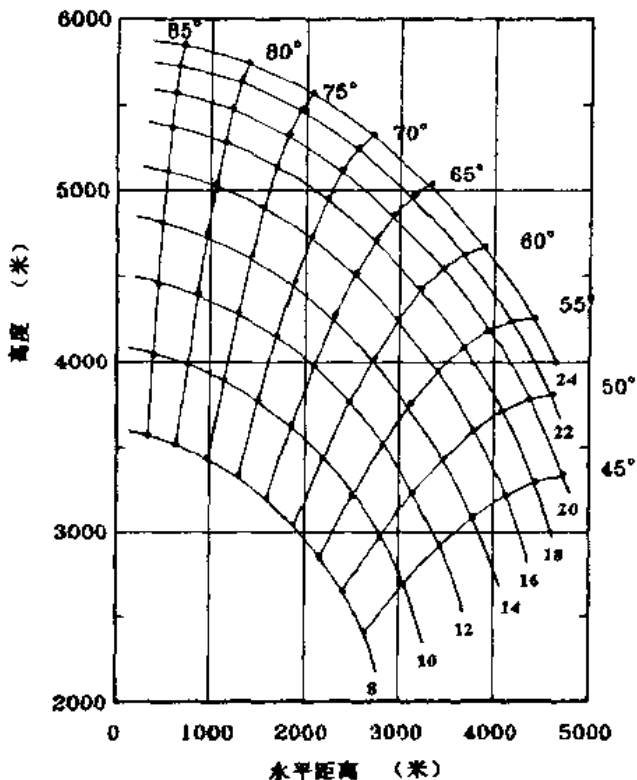


图 5 三七型高炮碘化银不同射角和自炸时间所对应的高度和水平距离
(据中央气象局全国人工降水、防雹科技座谈会会议文集,1972)

5. 大气中水滴的下落速度

大气中自然形成的水滴包括雾滴、云滴、大云滴、雨滴等；其直径从几微米至几千微米。在标准大气情况下，其下落速度如图6。

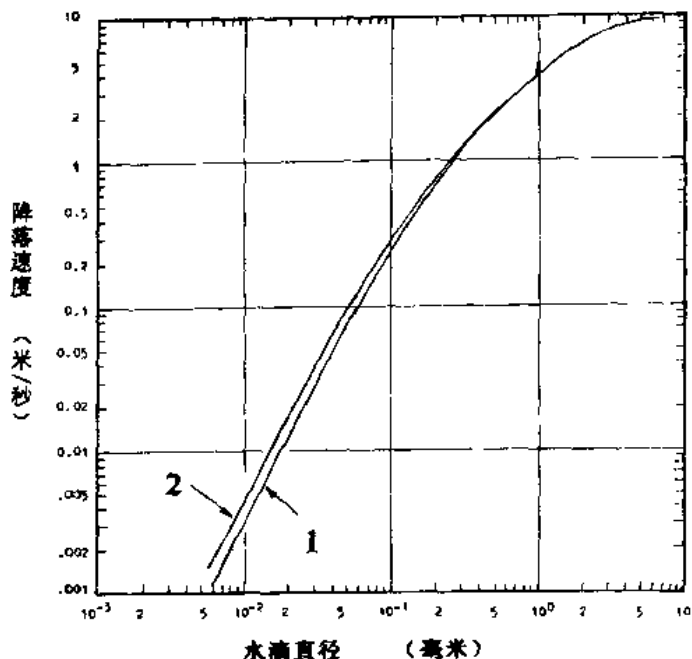


图6 标准大气条件下，不同大小的水滴下落速度图

图中：1—据实验结果（据 Gunn 和 Kinzer, 1949）

2—据实验结果拟合的结果（据 Rogers et al., 1993），其表达式如下：

$$V = \begin{cases} 4D[1 - \exp(-12D)] & D \leq 0.745\text{mm} \\ 0.65D[1 - \exp(-12D)] & D > 0.745\text{mm} \end{cases}$$

落速(V)的单位为米/秒，直径(D)的单位为毫米