

辽宁人工影响天气工作综述

周德平 宫福久 (辽宁省气象科学研究所 沈阳 110015)

摘要 叙述了国内外人工影响天气的进展情况和辽宁人工增雨防雹工作的现状,提出适应辽宁人工影响天气工作发展需要的建议。

关键词 人工影响天气 人工增雨 人工防雹

人工影响天气是采用人工催化的技术手段,在一定的适宜时机和条件下,对局部区域内大气中的物理过程施加影响,使其向人类希望的方向转化,趋利避害,以减轻气象灾害对国民经济和社会活动的不利影响,特别是减轻干旱、冰雹等对农业生产危害的一种科技措施。

1 国内外人工影响天气的历史与现状

早在 100 多年前,我国劳动人民为消除冰雹灾害,曾用土炮轰击雹云以便驱散它,进行了人工影响天气的初步尝试。国外也有用迫击炮或火炮轰击雹云的记载。19 世纪末、20 世纪初一些国家曾进行过多方面的尝试,未曾取得明显的效果。

1931 年荷兰人范拉特在云顶之上 200 m 高度处播撒了约 1.5 t 干冰,产生了降水。1938 年瑞典科学家贝吉龙与芬德森提出了在云里引入人工冰核的设想。1946 年美国谢弗尔在实验室将干冰引入过冷雾中出现了冰晶。1947 年英国科学家范内古特发现碘化银烟粒使 $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右的过冷云中生成了冰晶。从此,人工影响天气有了一个重大突破。

此后近 50 a 的持续研究,大大加深了人们对自然云降水过程及其微物理学和动力学的认识,提高了对人为干预这些过程中所产生影响的认识。人工影响天气作业作为抗灾减灾的一种有效措施,在世界各地广泛地开展起来。

1.1 国外开展情况

目前,世界上有 30 多个国家在开展人工影响天气方面的工作。被世界气象组织评议认为

是以可以接受的物理原理为基础的在外场进行过试验的人工影响天气活动有:增雨、防雹、消闪电、消雾、消积云、影响热带气旋、防霜冻等。其中主要是在干旱和半干旱地区开展人工增雨作业,以解决这些地区水资源短缺问题。

本世纪 60 年代以来,美国、法国、以色列、加拿大、澳大利亚,前苏联等国均实施了多项人工增雨和人工防雹计划。有些著名的人工影响天气计划,如美国西部山区和以色列的人工增雨、前苏联重点地区的防雹以及一些机场的消雾等不仅对国际人工影响天气领域产生了很大影响,而且由于经济发展的迫切需要,又有清楚的科学概念支持,已作为业务性计划长期持续地进行,并取得了良好的经济效益。

近 10 多年来,世界人工影响天气的科学研究也得到了持续的财政支持,并取得了明显进展。主要包括:

(1)对云降水的监测手段的显著改善,如监测云微结构和气流的飞机,多功能雷达(多波长、多普勒和偏振等),微波辐射计、风廓线仪以及中尺度观测网和卫星等。

(2)加深了对不同尺度的大气运动和云动力学、微物理学及相互作用的认识,各种人工影响天气的科学概念更加清楚。

(3)利用改进了的物理学和化学的技术方法,对人工影响天气作业中云降水的物理演变特点及其效果进行监测,获得了一批作业后降水、冰雹发生明显变化的物理学证据。

(4)云数值模式的不断改善,在检验各种人

工影响天气微物理效应和动力学效应的科学概念上发挥了重要作用。

通过各国的努力,现在已经对人工影响天气的基本物理概念有了更深的认识,对作业效果有了更多的物理证据,科学技术手段也有了重大改进。人工影响天气的发展已进入了一个新的阶段,正面临着突破的可能。

1.2 国内开展情况

我国开展人工增雨已有 41 a 历史,其间几经波折。目前,除上海等几个少数省(市、区)没有开展外,各省已将人工增雨防雹作业作为一项常规业务,由政府成立专门机构,拨专款开展这项工作。全国人工增雨防雹作业每年动用飞机近 20 架,高炮、火箭近万门(枚),收到明显的增雨防雹效果。各地还根据当地需要开展相应的人工影响天气专项服务,如:为全国冬运会的人工增雪、全运会的人工消雨消云、机场和高速公路的消雾以及水库增雨和秋季防霜冻等。

改革开放以来,随着国民经济的快速增长和发展“两高一优”农业对防灾减灾的迫切要求以及当代人工影响天气科学技术的发展,各省(市、区)政府对这项工作日益重视,各项投入日益增加,作业规模有所扩大。党和国家领导对这项工作极为重视,李鹏总理在八届人大五次会议上所作的《政府工作报告》中指出:要大力发展节水灌溉和旱作农业,采取打井、拦蓄、回灌、雨水集流和人工增雨等措施把防汛与抗旱结合起来。1996 年 5 月 23 日,姜春云副总理曾作重要批示:“人工影响天气,实施人工增雨是解决我国旱区缺水问题的有效途径之一,应当做一件大事,认真抓好。近几年这方面的工作有进展,但是还不够,需要加大力度,取得更大成效。”

1994 年国务院批准建立了有国家计委、科委、经贸委、财政部、民政部、农业部、林业部、水利部、民航总局、中国气象局、中国科学院、总参、空司共 13 个部、委、局组成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开始进入了一个加强组织协调工作的新阶段。各省(市、区)政府也相继成立了各级人工影响

天气的领导和管理机构,到目前为止,全国已有 21 个省(市、区)成立了由省(市、区)政府领导为首的人工影响天气领导小组。

近 10 多年来,随着气象科学各个领域(大气探测技术、中小尺度天气学、卫星气象学等)的进展和技术装备的改善,广大从事人工影响天气的科技人员,克服专项经费不足等等困难,奋发进取,使得我国人工影响天气的科技水平有了明显的提高。主要表现在:

(1)通过引进和研制,在人工影响天气工作中已开始采用国际上一些先进的探测技术,除普遍使用卫星云图、雷达等装备外,还有对云中粒子进行全覆盖观测的 PMS 粒子测量系统、双线偏振 C 波段雷达、云水量的遥感测量设备等,扩大了监测领域,提高了监测质量。

(2)开展了有关人工增加降水的资源、冰雹云的活动规律、冰雹微结构、云雾微结构、大气核以及人工增雨(雪)、防雹、消雾、消云和人工引雷等外场研究和试验,为人工影响天气作业设计提供了多项物理判据。

(3)云和降水的数值模拟研究取得丰硕成果,一些云模式得到推广应用,并被用于人工影响天气效果的理论预测。

(4)人工影响天气催化技术的研究取得了显著进展,为外场作业研制了多种高效的作业手段。

(5)一些省(市、区)人工影响天气业务指挥机构初步建立了多种信息的监测、数据采集、实时传输和分析判断的综合性作业指挥系统。

(6)在增雨方面,福建省气象科学研究所古田水库开展的为期 12 a 的随机催化试验,结果表明增加降水量 24%,显著性水平优于 0.01;通过对过冷云催化后云结构的连续监测,获得了一些有关云结构和降水发生明显变化的物理证据。在防雹方面,也开始利用测雹板网检测效果,获得了一些减少降雹动能等直接的统计学数据。

这些进展为我国人工影响天气的科学化、业务化发展奠定了初步基础,也为我国大气科学其他相关领域的发展起到了促进作用。

由于我国科技基础比较薄弱,对本项的科研投入过少,我国人工影响天气的科学技术同世界先进国家相比总体上仍有较大差距,各地的作业科技水平参差不齐,总体上距国际先进水平差距很大。

2 辽宁人工影响天气工作现状

辽宁是全国开展人工影响天气工作最早的省份之一。参加了1958年全国首次在吉林省进行的飞机人工增雨试验。随后省内部分地区陆续开展了土炮和土火箭的防雹增雨作业,进入本世纪80年代,土炮由高炮所替代,发展到现在的“37”高炮。但是飞机人工增雨工作一直作为一项临时性抗旱措施,直到“八五”初期才列入省财政计划,1991年开始独立租用人工增雨飞机,辽宁人工增雨工作正式步入了有计划的、科学的发展轨道。

2.1 飞机人工增雨工作

目前,辽宁每年租用人工增雨飞机两架,一架是省政府租用的,由辽宁省人工降雨防雹办公室负责实施全省的飞机人工增雨作业;另一架是朝阳市气象局租用的,主要负责朝阳和阜新两个地区的增雨作业。作业期为4~9月。

表1是辽宁1991~1998年飞机人工增雨情况汇总。

表1 辽宁飞机人工增雨统计

年份	飞行作业架次	累积影响面积 / 万 km ²	增雨量 / 亿 m ³
1991	27	60	7.4
1992	59	110	10.0
1993	38	76	6.9
1994	26	62	8.0
1995	20	52	7.5
1996	22	62	6.7
1997	25	50	8.4
1998	29	58	17.5
合计	246	530	72.4
平均	31	66	9.0

从表1可以看出,截止到1998年辽宁共作

业246架次,累积影响面积530万km²,增雨72.4亿m³。为缓解和部分解除旱情、抗灾减灾夺丰收做出了重要贡献。

近年来,省领导对辽宁的飞机人工增雨工作给予高度的重视和充分的肯定,多次作出重要指示和批示。

1997年6月2日,省委常委、副省长徐文才在我省《人工影响天气简报》上批示:“今年辽宁人工增雨非常成功,特向人工降雨办、全体机组人员表示祝贺和感谢。希望发扬成绩、再接再厉,为我省人工增雨、防雹事业贡献。”

1998年4月27日,杨新华副省长批示:“飞机人工增雨是今年抗旱措施之一,省气象局及早安排,适时增雨作业并取得明显效果,工作应给予肯定。我省处于干旱半干旱地区,采取措施开发云雨资源不仅是今年的工作,也是一项长期的工作,应该引起各级的高度重视。”

1998年6月9日,省长张国光、副省长杨新华和省政府秘书长董伟、副秘书长仲跻权参观了省人工影响天气指挥中心,并作出重要指示。张省长说:“人工增雨工作是一项化钱不多,效益明显的工作。现在省里搞的‘3655’工程就是解决缺水问题,这主要是地下水问题。如何再把空中水资源开发出来一部分,利用自然,创造条件为人类服务,这是气象部门的责任。开发云水资源,辽宁潜力很大,你们要加大力量,做好工作。”

2.2 高炮人工防雹工作

辽宁高炮防雹工作近年得到了稳步发展,作业规模居全国前列。在各级政府和各市气象局、省人控办的共同努力下,已经建成了以大连苹果产区,鞍山水果、粮食、蔬菜综合区,阜新黄烟产区,朝阳经济作物区,葫芦岛白梨产区和铁岭粮食产区为主体的全省高炮防雹增雨网络。各地区作业高炮及作业点分布见表2。

近年来从各市地防雹作业的情况看,凡在高炮防雹作业的保护范围之内乡镇都没有遭受雹灾的侵害;其他受灾面积内,或者是由于没有高炮作业防护,或者是虽在高炮作业保护区内却因请示不到空域未能作业。

表 2 1998 年辽宁高炮防雹及作业点分布

地区	作业点/个	作业高炮/门
朝阳	67	81
阜新	32	32
铁岭	51	37
葫芦岛	32	32
鞍山	26	28
大连	61	61
沈阳	6	6
辽阳	6	6
营口	8	8
盘锦	3	3
丹东	9	9
合计	300	302

表 3 辽宁高炮人工防雹作业统计

年份	作业/炮次	保护面积/km ²
1995	381	20 000
1996	764	20 000
1997	516	25 000
1998	596	25 000
合计	2 257	90 000
平均	564	22 500

从表 3 中可以看出,辽宁高炮人工防雹每年保护面积平均为 2.25 万 km²。

针对高炮防雹作业中请示空域等问题,1998 和 1999 年,省人控办进一步加强了与沈阳空司的联系与协调,规范了请示空域的方法和程序,建立了全省高炮情况及炮点分布的详细档案和比较完善的全省高炮人工增雨防雹作业点的审批制度。

2.3 人工增雨指挥中心的建设

科学的人工增雨必须要有一套技术系统的支持。辽宁人工增雨指挥决策系统建于 1992 年,系统内部用 5 台计算机联接,建立了 NOV-ELL 局域网。并作为沈阳区域气象中心业务系统的一部分与区域气象中心的 DECNET 网相连接,使每台计算机都可随时登陆到区域气象中心的服务器上,保证了系统的实时性、综合性、多功能和自动化。目前系统内已建成了资

料采集系统,短期、短时预报工作站,飞机作业监控系统,地空无线数据传输系统等。二期工程将进一步完善由一期工程建立的一套作业指挥决策系统,它将临近预报、作业条件、作业过程指挥、信息传递、资料采集、效果分析以及常规管理等有机地联系在一起。基本上实现了作业及时、高效、客观、定量。既能满足大规模外场作业需要,又能适应人工影响天气研究要求。

2.4 辽宁人工增雨防雹工作近年来取得的成果

近年全省人工影响天气科技工作者在国际、国内刊物上发表论文 40 余篇,完成省科委、省气象局和省农委等下达的科研课题 10 余项。其中仅 1996~1998 年在省以上刊物上发表论文 11 篇,在全国云物理与人工影响天气学术交流会上交流 18 篇;完成科研课题 6 项,申报省重点课题 2 项、省科委自然科学基金课题 2 项。

1993 年“辽西地区冰雹活动规律及人工防雹效果的分析研究”成果获省政府科技进步三等奖;1995 年省“八五”科技攻关课题“辽宁省人工增雨防雹系统工程研究成果”获省政府科技进步二等奖。并在中国气象科学研究院专家的协助下,编印了《冰雹云图集》,被有关专家评议为达到国际先进水平。“辽宁省人工增雨防雹系统工程研究”这项成果已在鞍山、沈阳、锦州、大连、葫芦岛、阜新等地推广应用,该项研究给出辽宁降雹天气的气候规律和特征及其预报、预测指标,雷达识别雷雨云和冰雹云的综合指标以及防雹效果的评估方法;全省云水资源及其人工影响潜力,云雨微结构特征和催化剂扩散的数值模拟;建立了高炮防雹、增雨的业务技术规范和工作条例。此成果在指导人工增雨防雹作业中,提高了管理水平和作业效果。

3 存在的主要问题与今后工作建议

辽宁气象灾害频繁,尤其旱灾、雹灾对农业生产影响较大,每年都造成很大损失,因此,开展人工增雨防雹工作将是今后长期任务。

(1) 辽宁是淡水资源贫乏的省份,人均 935m³,是全国人均占有量的 1/3、世界人均占有量的 1/12。辽宁是国家重要工业基地,由于

生产建设事业的发展,用水量逐年增加,目前城市工业、人民生活用水较解放初期增加 10 倍多,但新建水源工程供水量仅增加 5 倍,远远不能满足工业和生活用水的需要。水资源短缺对农业的影响则更加突出,全省的粮食生产主要在自然环境条件下进行,属雨养农业。干旱缺水是造成全省农业减产的重要灾害之一,据不完全统计,发生在 4~6 月的春旱年份占 50%,约两年一遇,发生在 6 月下旬至 8 月上旬的伏旱约 7 年一遇,辽西“秋吊”达 4 年一遇,给全省的粮食生产造成了严重损失。

目前全省的飞机人工增雨作业还仅限于 4~7 月出现在白天的稳定的降水过程,还有大量的云水资源有待于开发利用。

(2)人工影响天气是一项复杂的系统工程,与其有关的军事部门以及计委、科委、经贸委、财政、农业、林业、水利、民航、气象部门等都在这项事业的发展中起着重要的作用。再从天气自身的特点来看,干旱、冰雹等灾害性天气往往是跨县跨地区的,因此,必须在组织上建立强有力的领导和协调机构,充分调动和发挥各个方面、各个层次的积极性,使这项工作发挥更大的效益。

与国内开展人工影响天气工作较好的省份比较,辽宁的差距主要体现在省级管理体制落后,难以适应人工影响天气工作的发展,不能有效地实施对各市、县的管理职能。

为了进一步促进辽宁人工影响天气工作持续健康的发展,进一步贯彻落实国办发[1996]6 号文件精神,本文作者提出以下建议:

(1)建议成立辽宁省人工影响天气工作领导小组。其目的,一是要提高对全省人工影响天气工作的宏观调控能力,使我省人工影响天

气工作能在统一规划和科学指导下健康发展,提高效益;二是密切各有关单位和部门之间的协作与配合,逐步建立有效的协调管理制度,确保高效安全。

目前,全省人工增雨防雹工作在外场作业、指挥中心现代化建设以及科研工作等各方面取得了显著的进展,辽宁省人工影响天气工作领导小组的成立必将使全省人工增雨防雹工作再上一个新台阶,使人工影响天气工作更好地为农业服务,为振兴辽宁经济作出更大的贡献。

(2)进一步分析辽宁云水资源的时空分布,并研究制定更完善的云水资源开发对策。

根据辽宁人控办对近 10 a 清河、大伙房水库流域降水及云水资源情况的初步统计结果列于表 4。

表 4 6~9 月清河、大伙房水库流域降水及云水资源

月份	6	7	8	9	合计
云水资源总量/亿 t	135.24	297.52	266.59	74.73	774.08
总降水量/亿 t	33.81	74.38	66.65	18.68	193.52
夜间云水资源总量/亿 t	60.92	147.89	132.28	41.60	382.69
白天对流云云水资源量/亿 t	42.64	67.36	40.21	15.84	166.05

由表 4 可见,夜间和对流云系的云水资源量约占云水资源总量的 2/3。建议增加一部分投资用于购置高炮、火箭及相应的配套设施,增加流动作业,开发夜间和对流云系的云水资源,同时在我省主要的水库上游区域建立人工增雨作业系统,增加水库蓄水,解决闲水忙用问题。