

甘肃省人工增雨(雪)工作发展的思考

陈添宇,李照荣,李荣庆

(甘肃省人工影响天气办公室,甘肃 兰州 730020)

摘要:本文针对甘肃省人工增雨(雪)工作的发展状况,参考国内外的动态,提出了甘肃省人工增雨(雪)工作面临和亟待解决的科学问题。

关键词:人工增雨(雪);发展;思考

中图分类号:P481

文献标识码:B

引言

甘肃地处大陆腹地,远离海洋,地形复杂,降雨稀少,水资源匮乏,蒸发量大,气象灾害十分严重,尤其是干旱灾害位居甘肃气象灾害的首位。全省年平均降水量为 301.8mm,是全国年平均降水量的 47%,是全球年平均降水量的 38%,每年因旱成灾面积 $7 \times 10^5 \text{hm}^2$ 。特别是上个世纪 90 年代以来,受全球气候变化影响,我省干旱发生更加频繁,水资源短缺更趋严重,生态环境进一步恶化,已成为制约我省社会经济发展的关键因素。因此,在甘肃省开展人工增雨(雪)工作,具有十分重要的意义。

1 甘肃省人工增雨(雪)工作的简要回顾

甘肃省人工增雨(雪)工作自 1958 年开展以来,虽几经波折,但一直受到各级领导的重视支持以及广大人民群众的信赖欢迎。综观甘肃省人工增雨(雪)工作的发展历史,大致可以分为以下几个过程:

1.1 初期的人工增雨(雪)科研试验工作

甘肃省是我国最早进行人工增雨(雪)工作的省份之一。1958 年的 8~9 月,我省进行了人工降水、高山融冰化雪和河西水库防止蒸发的综合性考察和试验工作,共进行了 18 次飞行观测与催化试验。最初的人工增雨(雪)工作,主要是进行山区云物理过程特点研究和催化试验工作,没有进行大规模的人工增雨(雪)的业务工作。虽然那时人工增雨(雪)装

备少而简陋,监测仪器更是缺乏,但还是取得了一些成果,为我省日后的人工增雨(雪)工作打下了很好的基础。

1.2 有组织的人工增雨(雪)工作

经过初期的科学试验工作后,在省政府关心下,开始了有组织的人工影响天气作业工作。那时我省更多的是以土炮、土火箭、空炸炮等进行防雷作业,作业工具落后,没有探测设备、盲目性大。虽然如此,我省的人工影响天气工作还是受到各级领导的重视、人民群众的欢迎。1973~1981 年,除了地面作业,我省开始使用伊尔-12 或伊尔-14 飞机进行飞机人工增雨(雪)作业,但规模很小,仅是每年的春末夏初,在武威以东、定西、天水以北 300km^2 的范围内进行增雨试验作业,催化剂也主要是使用干冰、尿素、盐粉以及非常少量的碘化银。

1.3 快速发展的人工增雨(雪)工作

自 1991 年开始,特别是 1997 年全省人工影响天气工作会议后,全省人影工作稳步发展,作业范围逐年扩大,人工增雨(雪)工作得到快速的发展。飞机人工增雨(雪)工作,先是在武威以东、定西以北以及天水、平凉、庆阳等地区进行增雨作业,以后扩展到张掖以东的甘肃所有地区,作业时间增加到每年 8 个月,催化方式也改用增雨效益更高的燃烧碘化银丙酮溶液和播撒液氮的方法。与此同时,地面人工增雨(雪)作业工作也得到迅速发展,目前全省已有 12 个市、州、地的 65 个县(区)和中牧山丹马场开展此项工作,拥有高炮 280 多门,火箭发射架 30 多个,作业点 260 多处。形成了飞机、火箭、高炮和焰

收稿日期:2003-07-25;改回日期:2003-11-17

作者简介:陈添宇(1961-),男,福建建瓯人,副研究员,主要从事人工影响天气研究。Email:chentay@gsgma.gov.cn.

弹等多种作业手段,针对大中小不同天气条件不同云系,四季都能开展人影作业的综合作业体系。

2 国内外人工增雨(雪)技术的发展以及我省人工增雨(雪)工作的发展状况

2.1 国内外人工增雨(雪)技术的发展状况

1946年,美国的诺贝尔奖获得者 Irving Langmuir 主持人工防止飞机积冰研究,在研究消除云中过冷水时,Vincent Schaefer 在纽约的实验室发现干冰可以在过冷雾中产生大量冰晶,促使过冷雾迅速消除(随后,Bernard Vonnegut 又发现了可使过冷云中产生冰胚的催化剂—碘化银)。同年,他们利用飞机在自然云中播撒干冰,成功产生了空中降雪,从而揭开了人工影响天气的序幕。

综观国内外人工增雨(雪)技术工作,美国的发展过程极具代表性,说明如下:

2.1.1 人工增加降水试验的发展过程

美国的人工增加降水试验已逾 50a,先后经历了 3 个不同的发展阶段。即:

早期(1960~1970年)的黑箱型随机试验

以科罗拉多州大学在科罗拉多州中部的 Climax 附近对落基山脉地形云进行随机播撒作业试验为代表,整个试验过程只规定输入(催化剂)和输出(地表降水),期间的变化过程一概不清楚。相关的试验还有蒙大拿州立大学在蒙大拿州西南布里基(Bridger)地区的试验(1970~1972年),太平洋天然气和电力公司(PG&E)在奥尔门纳(Almanor)湖冬季播云计划等。

20世纪60年代末期至70年代的物理评价外场试验

以由 Hobbs 主持在喀斯喀特山进行的冬季云和降水试验(1969~1974年)为先驱,在仪器和设备改善的基础上,直接测量播云假设的物理过程演变链的响应变量。相关的试验还有科罗拉多地形播云试验(COSE),科罗拉多河增水论证计划(CRADP),塞拉合作试验计划(SCPP,1976~1986年),犹他州图夏山(Tushar,1980~1986年)计划以及蒙大拿布里基地区试验(1984年)等。

近年来比较关注地形云及其环境流场特征的试验

通过雷达和飞机探测进行观测,了解地形云的

动力结构,如1995年的亚利桑那计划等。

除了美国,其他国家也开展了人工催化试验。如澳大利亚联邦科学和工业组织(CSIRO)主持的黑箱型的随机播云试验(斯诺伊山试验(1955~1959年)、塔斯玛尼亚试验(1964~1971年))和1988年开始为期5a的注重物理评价的非随机播云试验(澳大利亚冬季风暴试验);20世纪80年代初期,前苏联在中亚的泽拉夫山区利用地面探测和遥感测量以及飞机平台直接进行云内探测并同数值模拟相结合,对锋面云系流经山脊地形时,自然降水和人工催化增雨形成过程的物理结构和山区降水的时空分布,进行了综合试验等。

我国自90年代以来,人工增雨(雪)技术发展迅速,在理论研究方面,利用先进的探测手段,开展了相关的人工增雨(雪)云水资源、作业条件等方面的外场试验研究,开发了云物理方面的多种数值模式;在催化技术方面,研制了多种类型的焰剂式火箭、焰弹以及用于飞机和地面的催化发生器等;同时,我国众多省市针对各自的实际情况,都建立了自己的作业决策指挥系统,提高了作业的科学性和效率。

2.1.2 人工催化理论的发展

经过几十年的试验和研究,催化理论也得到了发展,目前催化理论主要有静力催化和动力催化两种。

静力催化理论

冷云催化

播撒适量的催化剂(人工冰核),促使水冰转化(贝吉龙过程),增加降水量。

暖云催化

播撒吸湿性的催化剂,使形成较大云滴,利用下落速度差,与小云滴产生碰并,引起比凝结增长快得多的碰并增长,促成降水。

动力催化

播撒过量催化剂(人工冰核),促使云冰晶化,释放的大量冻结潜热使云体增温而增加浮力,在有利的条件下,使云体爆发性增长,云体变得更大更厚,从而降下更多的雨。

2.2 我省人工增雨(雪)技术工作的发展状况

我省人工增雨(雪)工作,经过几十年的建设,尤其是“甘肃省人工增雨防雹作业体系工程”项目的建设,在硬件和软件方面都有了较大的进展。“甘肃省飞机人工增雨基地”的改造建设,为我省的人工增雨(雪)工作提供了良好的工作和生活环境,各种监测

仪器和科研项目的建设,使我省的人工增雨(雪)技术水平得到了一定的提高。在人工增雨(雪)技术方面的进展主要有以下几个方面:

现代化监测设备的使用,提高了作业的监测、决策和指挥的能力。如卫星、雷达、闪电定位仪的使用,提高了确定作业范围、时间的准确性;GPS 飞机增雨(雪)轨迹传输显示系统的使用,提高了对作业指挥的能力和对飞机的实时监控能力;利用 PMS 探测系统,探测分析了我省春、秋季的层状云垂直微物理特征、云冰雪晶粒子特征等,提高了指导作业的科学性。

飞机增雨作业引进了国内最新的碘化银丙酮溶液配方,并和制冷效果更好的液氮共同使用,提高了催化作业效率。

对人工增雨认识观念上发生了 3 个方面的转变,即由被动抗旱向主动抗旱转变;由单纯农业抗旱向包括农业的生态抗旱转变;由单纯抗旱向增加水资源转变。由于认识的转变,使得我省人工增雨(雪)的服务领域得到扩大。如 1997 年 9 月 12 日,我省迭部腊子口森林发生火灾,在卫星监测系统的指引下,利用飞机增雨扑灭了森林火灾;在 2003 年我省迭部达拉发生森林火灾时,利用增雨飞机实施了勘测,并协同地面火箭作业,实施了增雨(雪)灭火。

目前正在进行的“甘肃省人工增雨防雹作业体系工程”项目建设,将进一步引入先进的探测设备,并以建成的监测系统为基础,展开人工增雨(雪)技术方法和理论的研究,以提高人工增雨(雪)作业的科技含量和技术水平,使我省人工增雨(雪)作业工作的总体水平达到国内先进水平。

3 我省人工增雨(雪)工作亟待解决的科学问题

虽然我省的人工增雨(雪)工作取得了一定成绩,但依然存在着相当多的科学问题有待解决。

3.1 云物理结构和概念模型的验证

人工增雨(雪)工作就是对云实施催化,促其增加降水。那么,何时对云进行催化,在云的何部位进行催化,催化的剂量为多少,用什么方式进行催化才能达到最大增雨(雪)效果呢?

要回答这些问题,就要搞清楚云的物理结构和物理过程。为此,老一辈的科学家付出了艰辛的劳动。他们动用了他们所能用的仪器,在非常艰苦的

条件下,通过观测、分析、研究,建立了云的概念模型。但各地的云,尤其是地形云,受当地的地形、气候、环境等的影响,云物理结构和过程不尽相同。因此,利用现代化的监测设备,进行云物理结构和概念模型的验证工作显得非常必要,是提高人工增雨(雪)作业效率的基础。

我省祁连山区空中水资源丰富,山区中最大的降水量超过 600mm,是河西走廊地带降水量的 2~15 倍,在祁连山区实施人工增雨(雪)已势在必行。祁连山区地形云占相当大的比例,因此,祁连山区地形云物理结构和概念模型的验证,对指导祁连山区乃至我省的增雨(雪)工作,具有重要的科学价值。

3.2 空中云水资源的增雨(雪)潜力

空中云水资源的增雨(雪)潜力问题,是人工增雨(雪)工作的基础工作。为此,必须掌握我省的空中云水资源。但掌握了空中云水资源,并非就知道了增雨(雪)潜力。因为空中云水资源基本是以水汽为主,水汽本身是无法形成降水的,只有云中的液态水才有可能通过自然过程或人工影响产生降水,而可供人工增雨(雪)的部分就是云中不能通过自然过程转化为降水的液态水。因此,应当用现代化的监测手段(如双通道微波辐射计、新一代雷达、卫星和地基遥感、飞机 PMS 探测以及常规气象观测等),对水汽输送特征、云物理结构和过程进行分析研究,才能对空中云水资源的人工增雨(雪)潜力作出科学的评估,并研究设计出能够长期、稳定地进行人工增雨(雪)催化作业的技术方案。

3.3 效果评估

为使我省人工增雨(雪)工作深入持续地发展,人工增雨(雪)的效果评估既是亟待解决的科学问题,也是各级政府非常关心的问题。目前我省的效果检验方法多为单一的统计方法,或者简单地将某次降水过程中催化作业区和非作业催化区的降水量进行对比,这是在监测仪器不足以获取云物理参数的情况中不得已而为之的办法。“甘肃省人工增雨防雹作业体系工程”项目中引进了相当多的现代化监测设备,应充分利用这些仪器,对云物理结构和过程以及增雨(雪)的过程进行监测,再结合统计方法和数值模式,建立综合的效果评估方法。

3.4 现代化监测仪器的应用研究

随着“甘肃省人工增雨防雹作业体系工程”项目建设的进展,许多现代化的监测仪器随之被引进。我省人工增雨(雪)作业技术和作业效率的提高将很

大程度地依赖这些最先进的监测仪器被开发应用的程度。因此,这些现代化监测仪器的应用研究是又一摆在我们面前的当务之急的任务。

我省将引进和已经引进的可用于人工增雨(雪)监测的主要仪器有:多普勒雷达(监测高精度的降水和空中云水信息);偏振雷达(监测云物理参量,判定作业方式方法);气象卫星接收系统(EOS/MODIS, NOAA, FY等,反演云含水量和相态技术);双通道微波辐射仪(连续监测云中柱体总液水含量,判定作业条件);GPS/MET接收站(连续立体探测水汽的空间分布及变化,获取PWV(可降水量)资料,提高判定人工增雨(雪)作业条件的准确性);闪电定位仪监测网(用于确定雷电特性,弥补雷达监测盲区的对流云的监测)等。

3.5 提高作业效率的研究

作业效率是人工增雨作业成效的关键问题,所有研究的目的最终都将归结到提高作业水平和效率

上。而提高作业效率,就在于通过以上种种研究和试验,对可实施人工增雨(雪)的天气形势、作业时机、作业部位以及催化剂用量等有深入的了解,进而科学地布设作业格局,正确地选择作业方式、时机、部位以及催化剂用量,以达到最佳的作业效率。

4 结束语

人工增雨(雪)做为增加降水、抗旱减灾的一种手段,尽管目前仍存在一些科学上的问题,但已得到政府、科学界和社会群众的广泛认可。甘肃省人工增雨(雪)工作经过几十年的风雨历程,从无到有,从科学试验到现在的作业与试验并进,其长足的发展就是最好的证明。因此,我们要抓住国家开发西部的机遇,充分利用“甘肃省人工增雨防雷作业体系工程”项目建设的机会,加强人工增雨(雪)的基础和应用研究,充分利用先进的监测设备和手段,提高我省人工增雨(雪)的作业技术和作业效率。

A Thought about the Development of the Artificial Rain or Snow Enhancement in Gansu Province

CHENG Tian - yu ,LI Zhao - rong ,LI Rong - qing

(Gansu Weather Modification Office , Lanzhou 730020 ,China)

Abstract :According to the developmental situation of the artificial rain or snow enhancement in Gansu province , and consulting the domestic or foreign status of precipitation increasing , the paper indicats some scientific problems need to be solved immediately in Gansu province .

Key words artificial rain or snow enhancement ;development ;thought