

关于我国人工影响天气科技政策的建议

Statement of S&T Policy of Human Impacts on Climate in China

中国气象学会

干旱、洪涝、冰雹等气象灾害在我国不同地区频繁发生,造成严重的损失。气象科学通过正确的天气预报,可以指导人们趋利避害,大大减轻灾害的损失;同时,可以通过人工影响天气直接减轻干旱和雹灾。现代人工影响天气主要是利用自然云的微物理不稳定性,通过一定的技术方法改变云的微结构,从而改变云降水的发展过程,达到增加降水、减少冰雹的目的。其科学基础已获得室内实验、外场试验和数值模拟越来越多的证据和支持。但是,云的多变性和复杂性使人们在正确掌握作业条件和相应的技术方法以及了解和检测作业的效果方面遇到很大困难。一些实际作业由于缺乏对具体作业对象的足够的科学认识和有效的监测作业手段而带有不同程度的盲目性,对其作业效果也有争议。由于减灾的迫切需求和很高的产出一投入比,人工影响天气的作业服务,虽然具有一定风险,仍长期在国内外保持一定的规模,并有扩展趋势。最近十年来,有关的科学技术取得了显著的进步,已为今后该项科技的突破性进展和更加有效的作业服务打下了扎实的基础。为了抓住当前社会需求和科技进步的有利机遇,把人工影响天气工作推上一个新台阶,使气象科学更好地为减灾作出贡献,特就人工影响天气科学技术的现状和发展提出下列看法和建议。

一、科学技术现状和进展

我国由于气象原因每年造成的农业受灾面积约4.6亿亩,其中旱灾占62%,涝灾占24%,风雹灾害占8%。每年平均减产粮食约200亿斤,其中干旱影响约占50%。我国淡水资源短缺,人均占有量每年为2670立方米,约为世界平均值的1/4。降水量的变率又很大,平均每两年发生一次旱灾。我国还是世界上四大雹灾频发地区之一,雹灾对农业危害很大。随着改革开放政策带来的经济迅速发展和农业单位面积产值的提高,水资源短缺的制约作用和

气象灾害造成的经济损失都显著增大。因此我国从1985年开始人工影响天气工作以来,作为一种抗灾的手段,一直受到政府和公众的重视,近年来又有较大的发展。目前我国有30个省、自治区、直辖市开展这项工作,年总投入经费已逾6000万元,专业技术人员1000余人,作业人员近15000人,在减灾中作出了积极的贡献,受到国务院和各地政府的肯定。但是,科学研究的发展同作业规模极不相称,其专项投入在“六五”期间平均每年约50万元,“七五”期间平均约20万元。专业科技人员大量流散,高等院校的相应专业显著缩减。界上很多国家都把人工影响天气作为一项减灾措施广泛地研究和实施。据统计,目前世界上有几十个国家实施100多个人工影响天气计划,其中美国有41项,影响面积约26万平方公里,居世界之首,我国居第二位。其中美国西部山区和以色列的人工增水,前苏联重点地区的防雹以及一些机场的消雾等作业,由于生产的迫切需要,科学概念清楚,技术装备强,已作为业务性计划长期持续进行,并取得良好的经济效益。许多业务计划(包含一些商业性计划)均有周密的设计方案,并广泛采用各种先进技术装备,如多部微波辐射计、风廓线仪、高密度测雹板网、多功能雷达等。近十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,科学技术有了明显进展。主要包括:

- 1、对云降水的监测手段有显著改善,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、微物理学以及相互作用的认识,各种人工影响天气的科学概念更加细致清楚。

- 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。

通过十多年的努力,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。

近十年来,随着我国气象科学各个领域(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,显著地扩大了监测领域,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、大气核以及人工降水、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和宝贵经验。

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、市级人工影响天气业务指挥机构初步建立了信息的监测、数据采集、实时传输和分析判断的综合性作业指挥系统。

6、在我国福建古田水库开展的为期12年的随机催化试验,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,并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;也对我国大气科学其他相关领域的发展起到了促进作用。

上述成果的取得主要依靠国家有关部门的专项科研投入,地方作业和其它学科的支持、配合也起了重要作用。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水平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,离国际先进水平差距

更大,应引起足够的重视。

二、面临的科学技术问题

人工影响天气是涉及多种科技领域的系统工程,它包括下列主要科技环节:(1)针对具体对象和目标,依据人工影响天气的物理机制确定采取的技术途径,建立客观化的作业条件指标和判据;(2)掌握实时监测的手段和有效的作业技术方法;(3)客观的检验效果。

1、具体物理机制和技术途径

现代人工影响天气的物理基础,是通过人工改变云(雾)的微结构影响其发展降水的微物理过程或动力过程,以达到增雨、防雹、消雾的目的。云中微物理过程十分复杂,互相牵制;并与云的宏观结构及其动力过程相互制约;它同各种尺度,特别是中小尺度大气运动有密切的相互作用。我国地跨不同气候带,天气、气候背景和地理条件以及云降水的结构和发展过程都存在巨大差异,对此应开展综合性探测研究,有针对性地明确人工影响天气的具体物理机制和技术途径,这仍是我国不少地区面临的主要科学问题。

2、冷云人工降水

通过人工播撒碘化银或干冰等催化剂,可以使0℃以下过冷水的云中增加冰晶数目,把更多水分转化为降水。这一原理已被广泛证实和采用。研究表明,在层状云系中过冷水往往只在一定部位存在,其中地形抬升区的过冷水资源一般比较丰富。了解过冷水资源及其分布,并进行实时监测,是人工降水的关键,现今我国这方面的研究只限于一些典型个例,大部分地区尚需从多尺度、动力和微物理相结合的角度进行深入研究,并提出更为明确的作业条件和指标。

对流云是一种混合云,它的降水过程更为复杂,人工增加冰晶在不同条件下对降水有不同的作用,这方面的研究应进一步深入。

人工播撒成冰催化剂在促进过冷水迅速转化为冰晶时释放大量潜热,使云体增温、浮力增加、上升气流加强。云体加大,从而增大降水,这被称为动力催化。对动力催化的对象要有严格的选择,要求作业产生极多的冰晶数目。迄今我国尚未开展具有严格设计的动力催化试验。

3、暖云人工降水

人工播撒暖云催化剂(如一定大小颗粒的盐粉等),使云中产生大云滴,加速云滴碰合成雨的过程,从而增加降水。已有的暖云催化剂用量比冷云催化剂应大 $10^4 \sim 10^6$ 倍,作业实施的技术难度较大。我国和印度、美国等曾作过试验研究,取得了一定进展,为暖云人工降水提供了理论和试验的支

持。我国暖云和混合云出现频繁,是重要的水资源,暖云增雨值得进一步研究,其中以作业技术的研究尤为重要。

4、防雹

目前,国际上防雹计划都是以“有效竞争”作为设计的科学基础,即人工播撒成冰催化剂,人为地在冰雹云中冰雹发展长大的部位制造大量冰雹胚胎,使它们与自然产生的雹胚竞争瓜分冰雹赖以增长的过冷水,使云中冰雹数量增多、尺度变小,在下落到暖层后能够完全或部分融化,从而达到减少雹灾的目的。研究表明,催化作业必须在云的一定部位、在严格限定的时间内,使冰晶数目达到很大才能奏效。对雹云的及时有效的监测、识别和催化作业是成功的关键,我国很多地方的防雹作业有明显不足。广大基层防雹点的作业往往依赖于目测和经验判断,带有相当大的主观性。

利用火炮进行人工降水和防雹作业时,不少现象表明爆炸对云的降水、降雹过程可能造成一定的影响。我国曾开展不少实验和理论研究,但至今尚未得出明确结论,还无法作为人工影响天气作业设计的科学基础,有待今后深入研究。

5、消雾(云)和人工引雷等

消除过冷雾(云)一般采用喷撒成冰剂的方法,制造大量冰晶,使过冷雾(云)滴转化为冰晶下落,国外已有业务使用,我国也有一些试验。消除暖云(雾)比较困难,我国曾做过播撒暖云催化剂的试验,观测到一些效果,但尚不能确认。80年代曾作了几次用热动法消暖雾的试验,得到了明显的直观效果。我国开展了用火箭带金属线射入云中引发雷闪以保护特定目标的试验研究,获得了一些令人鼓舞的结果。这类人工影响天气项目在我国开展较少,离开实用要求还有一定差距。

6、监测技术和催化技术

监测技术是系统地了解各种尺度云物理过程、实时监测判别作业对象和正确指挥作业的重要保证。我国和国际先进水平相比仍有很大差距。除基本气象监测系统外,应进一步研制和推广一批专用仪器设备,如测量云结构、降水、降雹和大气电的多种物理参量的仪器、多功能雷达以及风廓线仪、地基和空基的大气遥感仪器等。一些必需的国内尚难研制生产的仪器设备可少量引进。

我国催化技术的落后局面更为突出。目前广泛使用的37毫米高炮碘化银成冰率过低,迫切需要改进。近几年研制的高效成冰催化剂、机载碘化银发生器、焰弹等应予推广使用和改进。催化技术同监测指挥、催化概念和条件指标等有密切关系,需作为一项系统工程研究解决。

7、效果检验

由于自然降水、降雹的变率大,目前还无法做

出准确的定量预报,而且人工影响所引起的变化幅度常低于自然起伏量,因此,人工影响天气的效果检验十分困难。以往主要采用统计学方法,简单易行,但为获得有一定统计显著水平的结果需要很长的试验期,而且对于冰雹或暴雨这样的小概率事件误差更大。随机化试验是统计学家推荐的一种检验方法,但要求放弃一半可作业的机会,在业务性作业中用户不易接受。我国只有个别研究计划采用随机化方案。

物理学检验方法主要是通过对云降水过程物理参量的系列监测,获得人工催化后发生的各项物理变化的证据。它还能指出作业不足的环节,推动科技进步。但这种方法要求有较好的监测手段和作业设计,在我国刚刚开始试用。

现在科学界倾向于统计方法和物理方法的结合,要求同时获取这两方面的效果证据才认为是可靠的。进一步研究具有中国特色的效果检验方法是当务之急。

8、对自然云降水以及人工影响后变化的监测分析和数值模拟

对此已经建立起一个包括各物理过程的总体认识。但其中一些关键性的云物理过程在认识上还存在着一定的不确定性,需要通过室内实验等予以明确。云物理模式已成为现代人工影响天气研究和作业设计的一项重要手段,但仍有很多不足之处,需在动力学、微物理学以及多尺度相互作用方面继续改进,特别是模拟结果同实测资料的对比验证更为重要。因此,需要开展外场和室内数值模拟相结合的专题研究。

9、人类活动通过云物理过程而影响天气

此问题早在本世纪70年代就已引起一些国家的关注,称之为人类无意识影响天气。随着对世界气候变化的关注,由于人类活动导致云结构的变化而可能造成的天气、气候变化的一些问题,更应引起重视,并开展相应的研究工作。

人工影响天气除了利用云微物理过程的不稳定性以外,原则上还可能利用大气运动中存在的其它不稳定性,以探索新的人工影响天气的途径。

三、看法和建议

综上所述,我们认为:

1、人工影响天气是大气科学的一个重要分支,也是大气科学从认识自然迈向改造自然的长远发展方向,近十多年来,随着云降水学、中小尺度天气学、大气探测和遥感等分支学科的迅速发展和密切结合,人工影响天气在理论认识、外场试验、探测技术、催化技术、效果的物理证据和统计证据、采集以及数据模拟等方面,都取得了显著的、扎实的进展,

现在正面临着突破。

2、人工影响天气是气象服务的重要手段。近十多年来,我国人工影响天气的作业服务规模迅速扩大,已遍及绝大多数省、自治区、直辖市,年投资合计在6 000万元以上,为减轻气象灾害做出了贡献,得到了各级政府的肯定。随着我国高效农业的发展和水源的日趋紧缺,对人工影响天气的社会经济需求正日益迫切。

3、国内外大量试验研究表明,在一定天气条件下通过正确的人工催化可以改变局地降水、降雹,达到增水减灾的目的,具有很高的经济效益。但在对当地气象条件的科学认识不足、探测催化技术达不到要求时,人工影响天气作业就有一定的盲目性和风险。由于降水、降雹的自然变化很大,目前,对它们的定点定量预报能力又较弱,人工催化造成的变化很难同自然变化明确地区分开来,因此评估人工影响天气效果的各种技术方法都仍存在不同的难度和误差。

4、人工影响天气的发展正面临着大好机遇和严重挑战,当前的主要矛盾是社会减灾需求和科学技术水平不相适应。目前,我国人工影响天气总的科技水平比先进国家有较大差距,各地之间的差距也很明显。为了解决这一矛盾,一方面,要加强管理,使全国各地开展的作业服务都能达到一定的科技要求并实现规范化;另一方面,要加强科学技术研究,从根本上提高水平。

基于上述认识,现就人工影响天气科学技术的发展,提出以下建议:

第一,加强科技管理,这包括4个方面的内容。

(1)作业的科学设计:应在科学认识当地气象条件的基础上,提出合理可行的人工影响天气途径和作业方案,其中效果评估是不可缺少的一环;可视具体条件选择科学、客观、可行的技术方法加以

实施。

(2)气象信息的获取和分析:包括基本气象信息、中小尺度天气信息和云降水信息,应以气象现代化业务系统为依托,加强和中小尺度天气探测分析预报工作的结合,建立一定的云降水专项探测和分析工作。

(3)催化作业的正确及时实施:应组织一定作业的通信指挥系统,配备、掌握高效催化技术,提出、应用催化作业指标。

(4)专业科技队伍的建设:各地应建设一支骨干科技队伍,以利于积累科学认识和作业经验,并有计划地培训提高一线工作人员。

第二,加强科学研究,包括基础性研究、应用研究和技术开发研究。

(1)基础性研究是取得本学科突破性进展的关键,应发挥本学科科研人员的积极性,并同相关学科科研人员相结合,有组织、有目标地攻克一批科技难关,使人工影响天气的科技能力在未来5~10年内有突破性提高;国家各有关部门应给予充分的重视和足够的投入。

(2)应用研究主要是结合我国和各地的实际条件,在国内外最新科技成果的基础上,解决实际问题,直接在作业服务中发挥效益。应强调科研同实际作业服务的结合,充分发扬各地科技人员的积极性。为了提高作业的科技水平和实际效益,应当鼓励在用于人工影响天气的资金中有一定比例用于加强科学试验和研究。

(3)人工影响天气包括一系列高新技术,如探测、通信、催化等等。这些技术的开发研究是提高本项工作科技水平不可缺少的环节,应鼓励相关行业、学科的科技人员和企业单位参加这一工作,多渠道增加投入,并进一步发挥市场机制的作用。

(责任编辑 蔡德诚)

(上接第63页)

(2)避免政府对产权协商的直接参与或卷入。政府的干预,不论是指令形式,还是激励形式,应公平地适应于协商的各方;如果政府直接或间接地卷入到其中,产权途径就不具有市场性质了。

(3)政府对于技术和资本不对称的协商,在受到处于劣势一方的要求时,应考虑提供帮助;但这种帮助不应体现政府意志。

(4)建立产权利用协商的保障体系。在所涉及各方未达成共识之前,任何一方无权采取行动。表面上看起来,可能要耽误工厂的开工或经营活动。但进一步考察并不一定有这种可能。如果延期签署协议等于是各方收益的损失,所涉及的各方就不会拖;如果久拖不决,则说明当前的协商尚难以给各方带来什么利益。因此,协商的保障便是效率的保

证。

但不论怎样,产权途径不可能代替市场经济激励方式和环境管制的政府干预方式。尤其是对那些产权不容易分割界定的资源,如大气、生物多样性等。政府应该作为公众的代表,而不必让所有的受影响的人直接参与协商。事实上,在大气污染排放许可的拍买和交易中,制定排污许可总额的政府在某种角度上具有大气产权所有者的性质,而排污企业具有产权利用方的性质。在交易达到市场均衡时,每一个许可额的价格等于排污的边际收益。这种排污许可额的市场交易体系,与产权途径的协商或讨价还价具有相同的市场机理。

(责任编辑 王宏章)