

以云南人工防雹为例 探讨当前我国人工影响天气工作面临的挑战

■ 达月珍 琚建华

各级气象部门要主动与地方政府沟通协商，在政府的主导下会同民航、水利、农业等相关部门，制定适合新形势发展要求的协调机制和管理办法，让人工影响天气工作无障碍地发挥为经济发展保驾护航和防灾减灾的作用。

2016年7月10日下午和晚上，距离昆明市区20km左右的阿子营街道办事处遭遇到了两场雷雨天气，在声势浩大的电闪雷鸣中，雨点夹杂着冰雹从天而降，短短的几十分钟内，烟农们辛苦栽种了数月并且已经进入收获季节的烟叶被砸得千疮百孔。而在烟田不到3km的地方就是烤烟人工防雹固定作业点，痛心疾首的烟民情急之下质问作业人员为何不像往常那样向冰雹云发射催化炮弹，保护他们的烤烟。阿子营马军人工防雹作业点的工作人员也是一脸无奈，他们解释说，这次冰雹过程他们判断准确，防雹工作也准备充分，但在4小时内，他们前后22次向民航空管局申请发射防雹火箭弹，但都未获批准。

代表着政府管理的各个部门陈述已见且理由充分，可怜的是那些依靠田地和庄稼过日子的烟民，无处申诉，只能望着被打得只剩下烟杆的烟田兴叹。这次灾害（图1、图2）引发了作者关于我国当前人工影响天气作业面临挑战的思考。



图1 冰雹过后，阿子营的烤烟地被砸得一片狼藉

1 云南人工防雹在地方经济建设中的作用

在云南的人工影响天气工作中，人工防雹是最

深入人心，并获得政府和民众一致认同的一项气象防灾减灾服务。早在明代，云南昭通和鹤庆的百姓就会用敲锣打鼓，土枪、土炮的爆炸进行防雹。发展到今天，人工增雨防雹已经在全省16个州市全面开展，到2015年，全省共设置固定作业点1049个，并且建成了人工影响天气作业指挥系统、专用通信网系统、自动化空域申请系统等现代化业务平台，更加科学规范地在全省范围内开展人工影响天气作业。

有了这些保障，2015年，全省60%左右的烤烟被置于人工防雹的保护范围内。这一年，云南有90天出现了255县次的冰雹天气，全省890个防雹作业点累计实施防雹作业4597次，保护农作物1515万亩（其中烤



图2 被冰雹砸坏的烟即使最后能烤成，也是千疮百孔

烟416万亩, 1亩 \approx 666.67m²)。最后评估得出: 防区内烤烟受灾2%, 防区外受灾10%以上, 人工防雹减灾效益十分突出。仅2011年, 云南防雹减灾直接经济效益就达16.8亿元。因此, 在云南民间, 素有“无炮不成烟”的说法。比如, 曲靖市的一些烟农甚至因炮点位置发生变化, 自家的烤烟地不在保护范围之内而放弃种烟。富源县都格炮点由于禁射区影响防雹作业的实施, 于是向上级主管部门申请搬迁炮点并取得同意, 但由于经费不能及时到位而影响了进度, 最终是在2015年, 由村委会号召全村每家出资50、100元, 才筹集到炮点搬迁的经费。

云南作为全国三大烟草生产基地之一, 其烟草产业的集聚使之成为世界上最大的烟草产业集聚区。如此的规模使得自1987年起连续13年, 云南烟草上缴的税利一直占云南财政收入的70%以上。尽管后来地方政府不断调整产业结构, 烟草的比例一直在下降, 但到2010年, 烟草产业还是占据着全省国内生产总值的11.12%。有了这些数据, 防雹减灾产生数亿元的经济效益也就并非空穴来风。

然而, 随着社会经济的快速发展, 人们对气象服务提出了更加人性化的要求, 再加上由于气候变化导致天气气候发生异常, 包括冰雹在内的自然灾害也发生了异常变化。再如前言所写, 由于社会各部门间协调管理等问题导致防雹失败, 使得人们在急待气象部门提供更为细致服务的同时, 产生了类似“人工防雹导致云南大旱”等流言蜚语, 这其中有人工影响天气业务本身面临的技术难题, 也有人工影响天气需要多个部门协调管理方能正常运转所面临的挑战。

2 云南人工防雹面临挑战的思考

2.1 成熟技术的评估依然是难题

1946年, 诺贝尔奖得主、化学家欧文·朗缪尔(Irving Langmuir)和他的助手发现干冰和碘化银可作为高效的冷云催化剂, 催生云中的水汽制冷变成降水获得了成功。人类开始了以人工方式干预云微物理结构的探索之路, 时至今日, 全世界有30多个国家每年开展包括人工增雨、人工防雹、人工消雾等近百项人工影响天气作业。我国有30个省市2万多个县开展了人工影响天气作业, 从业人员达到4.77万, 人工增雨作业区面积达500余万km², 人工防雹作业保护面积达50余万km²。从规模和数量上讲, 中国已经稳居世界第一。

尽管如此, 我们至今难以建立对人工影响天气关键不确定问题的准确认识, 这些不确定包括: 测量的不确定性、确定和跟踪目标的不确定性, 以及催化剂

到达目标区的不确定性等。最简单的问题, 就如全球各国进行了无数人工增雨效果检验的试验, 但至今还没有公认的办法。也就是说人们至今无法评估人工影响天气作业究竟产生了多大的效益。

2.2 气候变化带来的挑战

冰雹是在大气与地面热动力条件十分丰富的地方产生的, 气流的剧烈垂直运动是冰雹产生的前提。近年来, 随着全球变暖程度的加剧, 大气、海洋和陆地的热力条件也发生了变化, 地表气温的升高使得大地和大气间的能量交换更为频繁, 在此背景下, 依赖于局部强对流天气的冰雹灾害自然也比过去增加了。以云南为例, 1961—2012年, 云南的年平均气温上升了0.85℃, 升温速率为0.16℃/10a。最直接的表现就是冰雹日数增加了, 冰雹灾害的毁坏性增加了。2012年云南全年的冰雹日数为74d, 2013年为86d, 2014年为77d, 2015年为90d, 2016年10月止, 冰雹日数达到了88d。同时雹灾程度也在加剧。比如, 2013年7月, 全省平均气温为22.2℃, 比历年同期升高了0.5℃, 降雨比历年同期减少了一成, 但冰雹却大大增加了, 这一个月中, 全省有13d出现了冰雹, 仅7月25日一天就有22个县出现了冰雹灾害, 面对这样的情况, 甚至出现了全省近半数的县市大规模进行人工防雹的现象。

IPCC的评估报告指出, 气候变暖背景下冰雹灾害发生的频率和强度会越来越高、影响越来越严重。半径大于0.5cm的冰雹是在强对流云体中上部上升气流中反复增长形成的, 在降落过程中穿过0℃层高度后部分融化, 气候的异常会影响着0℃层高度的变化, 而0℃层高度的增加或减小将直接导致冰雹直径在下落过程受热融化或更加膨胀, 也就是说, 会影响冰雹的直径变小或者变大。研究人员发现, 当0℃层高度在2000~6000m时, 0℃层冰雹最小半径临界值在0.32~1.08cm, 临界降雹的最小上升气流速度在11.5~21.2m/s, 而不在这一范围便有所变化, 所以人们可以通过了解0℃层高度的情况来预测冰雹灾害的强度。当然, 由于气候变暖导致0℃层高度的变化从而带来冰雹灾害变化也成了自然而然的结论。

因为冰雹的产生与地形有极大关联, 气候变暖打破了这一常规, 一些传统的雹点发生了变化, 一些鲜有冰雹的地区开始加入到了常遇雹灾的行列。其次, 虽然雷达观测总能相对准确地监测到冰雹云, 工作人员能依照其强度推算出它的移动速度和落点, 但气候变暖带来的异常再加上短临天气预报面临的技术性难题会使这些预报预测工作出现误差, 因此, 人工防雹并不能做到100%的准确和有效。客观变化再加上主观

上炮点布局不合理等实际问题，很多时候，即使准确预测了一场冰雹，也会因为距离炮点位置太远而无法顾及的现象。

2.3 政府部门协调性管理带来的挑战

在我国，人工影响天气作业从一开始就是一项在各级政府主导下，由气象部门负责实施，服务于全社会的工作。由于作业的特殊性，它往往牵涉到农业、林业、渔业、水利、民航等多个部门，从这个角度讲，保障人工影响天气作业的顺利开展是全社会的职责。如何在政府的主导下，联合这些部门发挥出符合实际需求的社会协调性管理，保障人工影响天气工作正常顺利开展，把天气气候带来的灾害降到最低，这也是全社会多部门应共同来承担的责任。

然而，随着社会经济的高速发展，各行各业都处于一个快速发展的时期，新情况、新问题层出不穷，部门间一些固有的工作流程因适应不了这些变化而发出了新问题。就如人工影响天气工作与民航的关系来讲，《中华人民共和国民用航空法》等有规定：人工影响天气的作业地点、时间，由省、自治区、直辖市气象主管机构根据当地气候特点、地理条件，会同有关飞行管制部门确定。所以气象部门每开展一次人工影响天气作业，都要征得民航空管部门的同意。

大多情况下，民航部门均会配合做好此项工作，在飞机少的时候，民航空管部门往往会给出1~2分钟的时间，让作业人员进行人工防雹。但近年，民航业进入了快速发展时期，以云南为例，据民航部门统计，2016年上半年，昆明长水国际机场的客流量已位居全国第六位。其中2016年8月13日，长水机场起降航班达1011次，是继北京首都机场、上海浦东机场、广州白云机场之后第4个航班单日起降超过1000次的机场。起降的航班多了，要保障飞机的安全，只能减少人工防雹的次数。这是随着行业快速发展出现的新问题，它不是一个单纯的部门间缺乏沟通交流而产生的问题，而是一个社会快速发展到一定阶段出现的必然问题。它需要相关部门提升协调管理的能力和技巧，需要开展无缝隙的协调性管理才能解决。

所以，应在地方政府的主导下，由气象部门牵头，联合民航、水利、农业等多个部门，共同制定适应新情况、新变化的人工影响天气作业实施细则。在

具体处理与民航空管的问题上，无缝隙连接是必要的手段之一，部门间要随时互通信息，在考虑特殊天气的前提下，细化每一架航班的起落时间，准确计算中间的空隙时间，只需要1~2分钟的时间，就可以避免多场冰雹灾害。

同时，政府部门及主要领导的重视程度直接影响着一个地区人工防雹工作的发展。比如云南省曲靖市，在20个世纪80—90年代，烤烟种植曾经占据全省50%左右的产量，即使在2016年，曲靖也以157.6万亩占据了全省23.5%的种植面积。所以，近30年来，曲靖地方政府各级领导均十分重视人工防雹工作。

3 结语

人工防雹能为地方经济保驾护航这是无可非议的，气象部门应当会同地方管理部门科学合理地布局炮点，就如云南曲靖2016年烤烟种植面积为157.6万亩，但只有75.63万亩处于人工防雹的保护范围之内，这已算是良好的状况了。并且随着产业结构的调整，过去不种烤烟的德宏、临沧，现在也加入了烤烟种植行列。更何况，随着气候变暖步伐的加快，冰雹日数增加，分布范围也较过去发生了变化，灾害程度也在加剧。这些都需要气象部门认真研究。

可以说人工影响天气是气象部门实施、完全服务于地方经济的一项气象防灾减灾手段。各级气象部门要主动与地方政府沟通协商，在政府的主导下会同民航、水利、农业等相关部门，制定适合新形势发展要求的协调机制和管理办法，让人工影响天气工作无障碍地发挥为经济发展保驾护航和防灾减灾的作用。

致谢：本文所用数据均由云南省人工影响天气中心提供。感谢张腾飞和李红梅为本文提供大量的素材，并指导修改。

深入阅读

- 李红斌, 宋煜, 黄振, 等, 2015. 0℃层高度的变化对冰雹融化影响的分析和应用. 气象, 41(8): 980-985.
- 谈媛, 2012. 服务民生 力保平安 科学发展——我国近十年来人工影响天气工作综述. 中国气象报, 2012-05-22[1].
- 张群, 2012. 云南烟草业发展与地方经济增长的相关性分析. 改革与战略, 28(3): 126-128.

(作者单位：云南省气象局)