

市、县级人工影响天气轨道业务流程的研究

王以琳

(山东省气象科学研究所, 山东 济南 250031)

摘要:为推动气象业务技术体制改革,适应市、县级人工影响天气轨道建设,发挥市级指挥决策水平较高的优势,以提高作业指令的传达速度,减轻县级人影作业指挥的工作量,提出市级指挥中心直接指挥炮点作业等项新的市、县级人影轨道业务流程。该流程利用雷达指挥作业,使用 GPRS 技术传输作业指令,提高了地面增雨、防雹作业的科学性,保证了下达指令的实效和准确性,分工明确,减少了指挥环节,同时也加强了市级人影工作的管理功能。

关键词:人工影响天气;业务流程;业务技术系统

中图分类号: P48

文献标识码: A

引言

我国是一个自然灾害比较严重的国家,农作物平均每年受旱面积达 $2 \times 10^7 \text{ hm}^2$,成灾面积达 $8 \times 10^6 \text{ hm}^2$,农业因风雹受灾面积的重灾年达 $44 \times 10^4 \text{ hm}^2$ *。2005年我国有1952个县开展人工影响天气作业,拥有高炮7071门,各类火箭架4687具,地面作业总次数达63360次*。近年来虽然各地建立了不同的作业指挥系统^[1-5],但作业模式不尽相同,大都沿用市级人影办指挥县级人影办,县级人影办指挥作业点的指挥作业模式。作业指令从发出到作业点收到的时间间隔较长,特别是在防雹作业时,在批准得到几分钟的空域时间内较难完成通讯和发射炮弹数量较多的作业任务,直接影响了作业效果。县气象局人员少,一般没有专职人影工作人员,指挥手段和雷达条件也不及市级指挥中心,如果仍沿用县级人影办指挥作业点作业模式,很难提高增雨、防雹作业水平。目前,从人力、技术资源和通讯条件看,市级人工影响天气指挥中心完全可以直接指挥炮点作业,这样可以节约资源,发挥较高的技术优势,提高作业指挥的科学性,缩短作业指令传递时间,取得更大的社会效益和经济效益。在人工影响

天气作业中作业流程是十分重要的,我们已经建立了基于新流程的市级人工影响天气业务技术系统,下面以山东省聊城市为例,主要分析市、县级人工影响天气办公室的职能和业务流程。

1 市级人工影响天气办公室的工作目标

健全各市人工影响天气组织管理机构;完备并严格执行管理制度;健全市级指挥系统和体系;用业务技术系统指挥增雨、防雹作业;加强人工影响天气作业技术的研究;提高作业水平;认真及时填报各种资料并入库;及时上报各种信息表格;建设和装备符合标准的作业点并经常维护;严格执行安全规范、消除安全隐患、杜绝各类安全事故发生。

2 市级人工影响天气办公室的工作任务和业务范围

各市建有地方政府分管领导为组长的人工影响天气领导小组或协调会议制度,由市人工影响天气办公室组织开展业务和管理工作。包括制定本市人工影响天气规划和年度计划;健全人工影响天气业

收稿日期:2006-12-15;改回日期:2007-01-15

基金项目:2005年中国气象局气象新技术推广项目(CMATG2005M33),山东省气象局2004年重点项目(2004sdqz24和2004sdqz34)共同资助

作者简介:王以琳,男,山东济南人,正研高工,主要从事人工影响天气方面的研究. E-mail:qxwyl@sohu.com

* 中国气象局预测减灾司. 影响我国的主要气象灾害[N]. 中国气象报,2006-3-18(1).

* 全国人工影响天气协调会议办公室. 中国气象局预测减灾司. 人工影响天气(十九),95-96.

务管理档案;完善人工增雨、防雹作业流程、建立由雷达监测天气变化、直接确定作业参数和直接指挥炮点作业的市级人工影响天气业务技术系统;建立和维护市级指挥中心直接给炮点下达作业指令的快捷通讯系统;申请空域并组织、监测炮点作业;进行作业效果检验;建立市与县共享的作业数据库和灾情数据库;建立完整的作业装备、专用仪器设备、炮点情况、弹药采购和储存等档案资料库;培训高炮、火箭作业人员;管理县级人工影响天气办公室。

3 作业流程

作业流程(图 1)分为预警、作业和更新资料库 3 部分,依托市级人工影响天气业务技术系统完成。

3.1 预警

24 h 人工增雨、防雹天气的预警。启动业务技术系统,密切注意天气变化,根据已有的技术手段参考国家、省、市级短期预报,市级指挥中心提出本地区 24 h 可能出现的降雨或冰雹的天气预报。如预

计有可作业天气,进入人工增雨、防雹天气的预警状态,通知县人影办做好作业准备。

12 h 人工增雨、防雹天气预警。在 24 h 人工增雨、防雹天气预警后,进入 12 h 人工增雨、防雹天气预警状态。雷达进行间隔 1 h 的观测,监视和跟踪回波变化。用济南探空站和最近时次探空或模式输出结果确定 0 °C 层和 -5 °C 层高度。

在 24 ~ 12 h 的预警中,可以利用“山东省人工增雨、防雹指标物理量网页 (<http://10.0.0.205/fb>)”48 个指标量确定作业范围、时间。宏观人工增雨作业指标为:作业区的水平范围一般位于冰面饱和区中的水汽垂直向上输送区和冷层水汽积分量 $\geq 9 \text{ mm}$ 的区域中,这个重合区出现和消失的时间则是作业的开始和结束时间,作业区的高度范围一般位于 -5 ~ -10 °C 层高度上。网页提供每日 2 次更新、间隔 3 h 的 48 h 预报结果,对作业决策有一定的提前量。

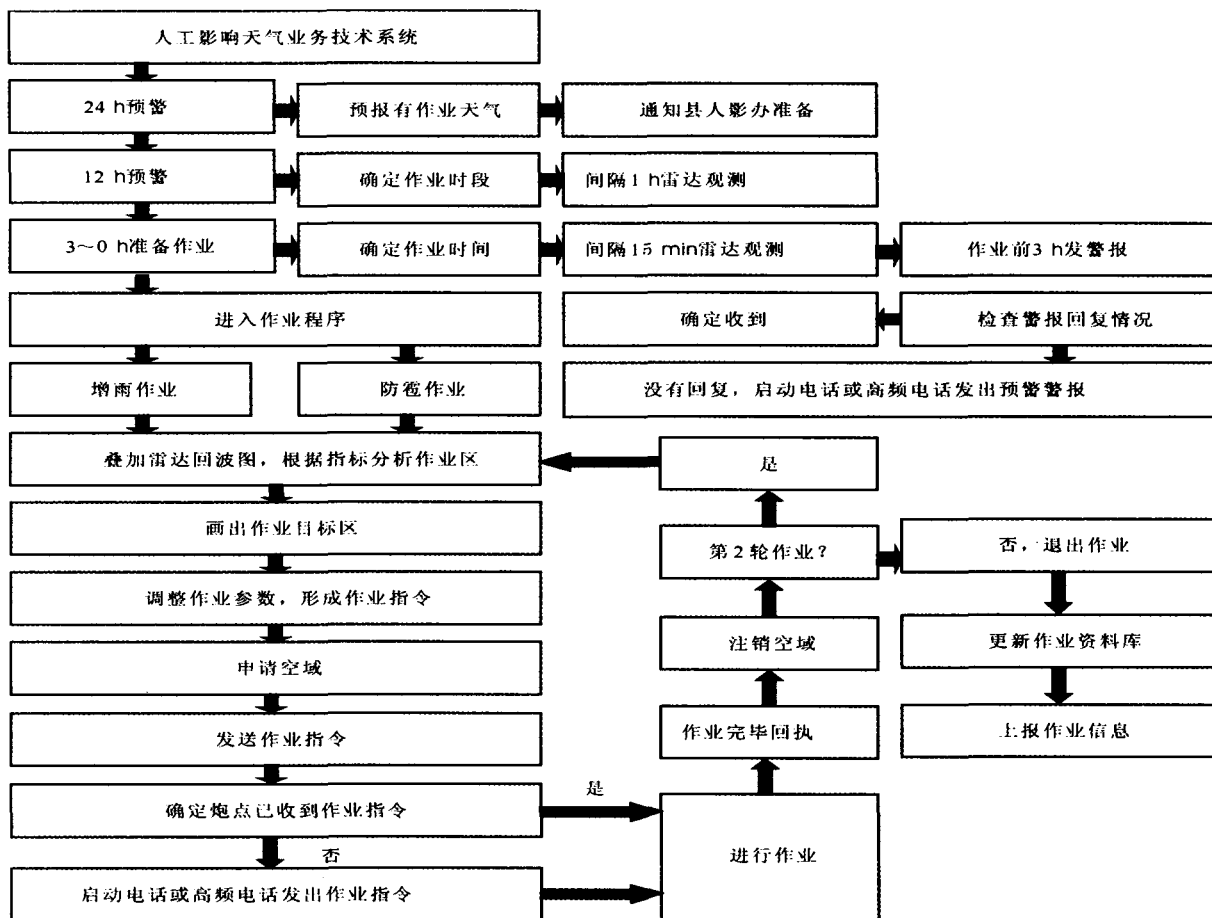


图 1 人工影响天气业务技术系统工作流程示意图
Fig. 1 Flow chart of weather modification operation system

作业前 3 h 对预计要作业的炮点通过 GPRS 通讯直接发出预警警报。没有警报回执的作业点,启动电话或高频电话发出预警警报。

雷达观测:

(1) 增雨

雷达监视聊城附近有无降水回波,如回波位于 250 km 范围内并向聊城移近,进行作业准备,间隔 15 min 进行一次 250 km 距离圈至少 2 个仰角的 PPI 扫描,对准 1.5°仰角的 PPI 强度的最强中心做 RHI。如回波向远离聊城方向而去,解除警戒。

PPI 强度 20 dBZ 是准备进行增雨作业的指标。

(2) 防雹

4 类降雹天气系统:低涡、低槽、横槽和西北气流为聊城冰雹天气形势^[6]。雷达监视聊城附近有无强回波,如回波位于 250 km 内并向聊城移近,进行警戒,每 15 min 进行一次 250 km 距离圈至少 2 个仰角的 PPI 扫描,对准 1.5°仰角的 PPI 强度的最强中心做 RHI。如回波向远离聊城方向而去,解除警戒。

表 1 为多普勒雷达(CINRAD/SA)降雹指标*。从 163 个个例资料中分析 VIL 发现,能产生地面降雹的对流单体在其形成和发展阶段 VIL 值有突然增加的现象(称为跃增),前后时间差 5~6 min。降雹单体跃增现象较为明显,且 VIL 值明显大于非降雹单体。

表 1 多普勒雷达降雹指标

Tab. 1 Hail index of Doppler radar

月份	个例数	VIL /kg·m ⁻²	VILD /kg·m ⁻³	VILH /kg·m ⁻²
5	28	≥25	≥3.5	≥15
6	52	≥35	≥3.5	≥17
7	83	≥39	≥3.5	≥20

注:对流云的垂直积分液态含水量(VIL)、VIL 密度(VILD)及 0℃层以上的 VIL 值(VILH)。

3.2 作业

(1) 增雨

利用在地理信息系统上叠加雷达回波图的市级人工影响天气业务技术系统,分析雷达回波移动方向和强度变化,在计算机屏幕上对预计的作业区范

围用鼠标点画出作业目标区,输入点源催化剂扩散模式运行需要的环境场参数,模式运行后计算机自动形成包括方位角、仰角和用弹量在内的作业指令,也可人为对指令进行调整。待指挥中心向空军申请空域批复后,计算机通过互联网群发不同作业点各自的作业指令。各炮点根据采用 GPRS 技术的“固定型人工影响天气作业指令接收机”,接收作业指令并进行作业。如果确定炮点没有收到作业指令,可启动电话或高频电话发出作业指令。空域时间结束后,市级人工影响天气指挥中心马上注销空域或进入新一轮作业程序。作业完毕后炮点指挥人员填写炮点增雨防雹作业记录表。

(2) 防雹

在市级人工影响天气业务技术系统中,防雹作业与增雨作业的程序基本相同,但在确定作业部位时,首先要确定雹云移动方向,对潜在形成雹云或成熟雹云和新生雹云的供水云进行催化,也即在强中心的前部进行催化。根据雷达回波确定作业范围后,在计算机屏幕上用鼠标点画出作业目标区,计算机对位于目标区内和其附近炮点依其射程自动选择是否参与作业的炮点。根据炮点与作业区的相对位置,系统确定以圆形或圆弧形方式作业。位于作业区中的炮点采用圆形作业方式,位于作业区边缘或作业区外的炮点,根据高炮射程采用不同长短的圆弧形方式作业(图 2)。计算机自动确定各高炮的作业方位角和仰角的范围后,自动形成作业指令,也可人为对其进行调整,待向空军申请空域后计算机通过互联网群发不同作业点的各自作业指令。由于炮点接收作业指令采用 GPRS 技术,消除了指令接收的延迟现象,为防雹作业争取了时间。

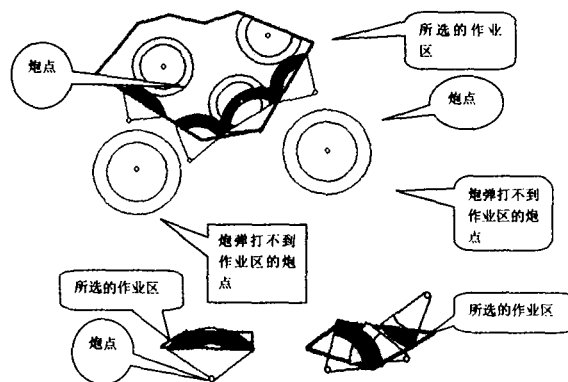


图 2 防雹作业方案示意图(上图为大范围作业示意图,下图为小范围作业示意图)

Fig. 2 Hail suppression project

* 刁秀广,朱君鉴,黄秀韶,等. VIL 和 VIL 密度与冰雹关系的研究[J]. 待发表.

一轮作业完毕后,系统会自动更新作业资料库,也可整理后上报。

4 效果检验

效果检验是一个极其复杂的问题。我们设计了单次活动对比区和影响区历史回归方案进行效果检验。方案中确定影响区时,根据点源催化剂扩散模式,以催化剂扩散浓度阈值为依据,确定高炮作业的影响区,从而保证在影响区内有一定浓度的催化剂。在确定对比区时,遵守以下4个原则:(1)对比区和影响区的降雨趋势应基本相同。为此,我们累加了4类天气系统降雨日的雨量,得到各类天气系统的总雨量图。在选择对比区时,要求对比区与影响区位于总雨量图的同一等雨量线上,并且对比区位于影响区的上风方或侧方。(2)对比区与影响区的相关性好。在建立的历史回归方程中,对比区和影响

区的相关系数要通过信度为0.05的检验。(3)防止污染对比区。一般对比区和影响区相隔约30~50 km。(4)对比区和影响区面积的大小应基本相当^[7]。

该方案已完成系统编程,它自动计算对比区和影响区的面积,自动确定对比区和影响区内的雨量站点并形成雨量文件供回归分析时使用。如层状云增雨作业中,在零度层高度4 000 m、作业高度4 200 m、风向270°、风速 $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、湍流系数选“中档”($K_x = 40 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $K_y = 40 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $K_z = 20 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)、影响区内催化剂扩散浓度10个/L、垂直风速 $0.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的条件下,图3给出打8发炮弹模拟结果。图3左图中阴影区是系统模拟碘化银扩散2 400 s内累计扩散区域的范围。图3右图是其扩散60 s时碘化银的瞬时浓度场。由于用计算不同时刻

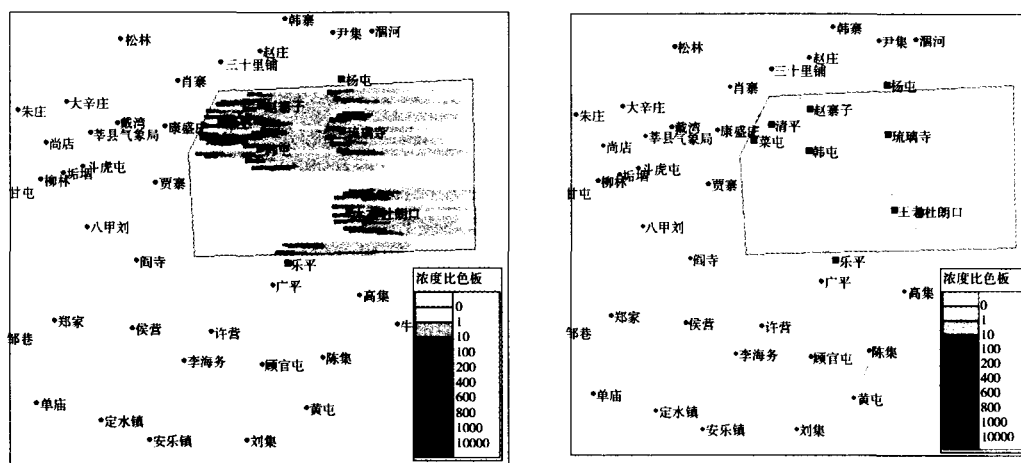


图3 层状云高炮作业扩散2 400 s的累计区域(左)和扩散60 s的瞬时浓度场(右)示意图

Fig 3 The accumulative area of AgI diffusing in 2 400 seconds during weather modification operation (left) and the concentration of AgI after 60 seconds diffuseness (right) for stratus

碘化银扩散区确定影响区的雨量十分困难,我们权且以碘化银某一时段的累计扩散区为高炮作业的影响区,用影响区内的雨量进行历史回归计算增雨量。用这种单次活动对比区和影响区的检验方案对高炮作业进行检验有一定的科学依据。

5 指挥中心与炮点的通讯

市级人工影响天气业务技术系统通过GPRS技术与作业点实现作业指令传递和数据反馈。县人影办通过甚高频电话或电话可与作业点联系,接收炮点的作业和灾情资料。图4是市级指挥中心直接指

挥炮点作业的流程。县人影办通过局域网可以观看市级指挥中心的全部指挥过程,在必要时(GPRS通讯中断)也可参与指挥,以起补救作用。

我们设计生产了“固定型人工影响天气作业指令接收机”(图4),安装在每个炮点。市级人工影响天气业务技术系统形成的作业指令,无延迟地显示在“固定型人工影响天气作业指令接收机”上,作业点的炮手根据显示的指令进行作业。炮点通过对“固定型人工影响天气作业指令接收机”的简单操作,市级人工影响天气业务技术系统可以知道它们各自处于预警、作业或作业完毕等不同工作状态,以

便进行不同决策,同时也可完成双向通讯任务。“固定型人工影响天气作业指令接收机”采用固定 IP 地址和端口号,安装市级人工影响天气业务技术系统的计算机与服务器之间用效验码确定联系,从而加强了作业指令的稳定性和保密性。

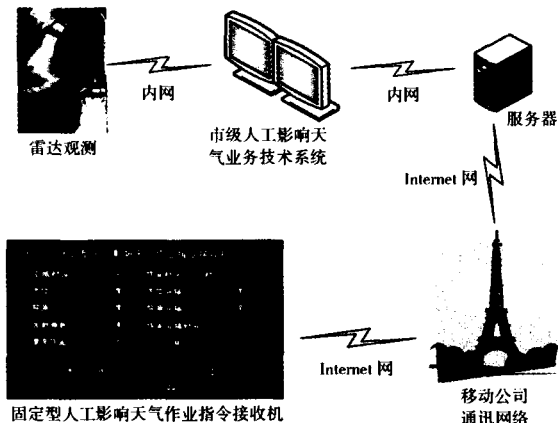


图 4 指挥中心直接指挥炮点示意图

Fig 4 The sketch map of command

6 县级人工影响天气办公室的工作和管理业务

各县气象局设有影响人工天气办公室或有明确的兼职人员负责人工影响天气工作。其主要任务是做好年度计划的制定和申报工作;做好向县政府的工作汇报和事故处理工作;协助做好作业设备的年检工作;做好作业和灾情资料的汇总和输入数据库工作。根据管理工作的需要制定或健全炮点(火箭点)、炮(箭)长和炮(箭)手岗位职责和值班制度;高炮(火箭)和通讯设备使用、维护与管理制度;炮(箭)弹的使用、管理与储运制度。同时还要负责作业中出现问题的协调、灾情调查、弹药调配、安全检查、建设和装备符合标准的作业点、严格执行安全规范、消除安全隐患、杜绝各类安全事故发生等工作。

6.1 县级人影指挥辅助系统

县级人影指挥辅助系统由“只读式”市级人工影响天气业务技术系统、县级冰雹灾情资料库和县级增雨防雹作业资料库 3 部分组成。通过局域网各县人影办可以同时浏览市人影办指挥作业的全过程。作业完成后,通过收集炮点的作业信息和灾情信息,对本县的“县级增雨防雹作业资料库”和“冰

雹灾情资料库”进行数据库更新。

6.2 作业流程

预警:根据地市指挥中心的预警指令,检查本县各炮点的作业准备情况,及时通知预警警报发布不到位的炮点做好作业准备工作。

作业:依靠县级人影指挥辅助系统,观看作业的指挥进程,如有某作业点线路不畅通,县人影办及时协助市人影办指挥中心,启动电话或高频电话发出补救的作业指令,监督作业点及时完成作业任务。

6.3 资料收集

(1)冰雹灾情收集。进行防雹作业后 1 d 内,每个炮点负责收集本乡镇每个自然村的降雹及降雨情况,填写乡镇降雹调查表,由炮点用高频电话上报到县人影办,县人影办将冰雹灾情汇总到“县冰雹灾情资料库”中存档,以备市人影办调用。

(2)作业资料收集。县人影办指导、检查各炮点作业后填写的“炮点增雨防雹作业记录表”,作业后由炮点用高频电话将该表内容上报到县人影办,县人影办将作业资料汇总到“县级增雨防雹作业资料库”中存档,以备市人影办调用。

7 资料库管理

市、县人影办“冰雹灾情资料库”和“增雨防雹作业资料库”应用分布式数据库技术,实现异地数据共享和异地事务处理的功能。市人影办可直接进入县人影办“县冰雹灾情资料库”和“县级增雨防雹作业资料库”中,直接将各县冰雹灾情资料和增雨防雹作业资料调入市人影办的“市冰雹灾情资料库”和“市增雨、防雹作业资料库”中,形成全市冰雹灾情和作业资料。

市人影办通过“市冰雹灾情资料库”和“市增雨、防雹作业资料库”,完成“市增雨、防雹总表”、“报中国局报表 1:人影地面作业次报表”、“报中国局报表 2:人影作业旬报表”、“报中国局报表 3:人影作业月报表”等各种报表,并完成上报省人影办和国家人影中心的报表上报任务。

市人影办收集本气象局资料库中的气象局自动雨量站和水利局自动雨量站逐时雨量资料,存入指挥中心雨量资料库中。

8 结语

(1)市、县级人工影响天气业务技术体制改革要体现分工和责任明确、减少环节、提高效率、作业

规范、增加技术含量的宗旨。可以首先从职责范围、通信方式和作业指挥等方面进行改革。市级应该建立适合本地情况的人工影响天气业务技术系统,建立有一定技术含量的业务流程。

(2) 市级人工影响天气业务技术系统依靠 GPRS 技术,可以实现直接指挥作业点的作业指挥模式,通过减少指挥环节,争取更多的作业时间,提高了安全可靠,同时也提高了指挥和作业水平。该指挥模式由于采用 GPRS 技术,可为更高层次的指挥提供技术支持。

(3) 通过宽带数据通讯网,应用分布式数据库技术,实现异地数据共享和异地事务处理的功能,使市、县人影办数据库资料传递更方便。

参考文献:

- [1] 德力格尔. 青海省人工影响天气综合指挥系统[M]. 北京:气象出版社,2000. 252-257.
- [2] 周毓荃,张存. 河南省新一代人工影响天气业务技术系统的设计、开发和应用[J]. 应用气象学报,2001,12(增):173-184.
- [3] 王以琳,边道相,刘文,等. 山东飞机人工增雨作业决策系统[J]. 应用气象学报,2001,12(增):185-193.
- [4] 刘贵华,岳治国,罗俊颖,等. 人工增雨(雪)作业技术系统设计方法[M]. 北京:气象出版社,2003. 270-274.
- [5] 李红斌,濮文耀. 火箭增雨作业中雷达和3S技术的应用[J]. 气象科技,2004,32(4):247-250.
- [6] 扬晓霞,王以琳,李昌义,等. 山东聊城冰雹天气气候特征和影响系统[J]. 干旱气象,2006,24(4):9-14.
- [7] 王以琳. 山东飞机人工增雨效益估算系统[J]. 青岛海洋大学学报,2000,30(3):390-396.

New Operation Flow for Municipal and County Levels' Weather Modification

WANG Yilin

(Shandong Provincial Research Institute of Meteorology, Ji'nan 250031, China)

Abstract: In order to promote innovation of the meteorology operation system and construction of municipal and county levels' weather modification system, and take advantage of municipal command decision of weather modification to improve communication of operation instruction and lighten workload of county level's weather modification operation, the new operation flow for municipal and county levels' weather modification is put forward in this paper. It uses radar to command operation and GPRS to transmit operation instruction so as to improve the technology of rain enhancement and hail suppression and ensure actual effect and veracity of operation instruction sending. The new flow strengthens municipal level's management function in weather modification.

Key words: weather modification; operation flow; operation technique system

(上接第 66 页)

Effect of Enclosure on Photo-physiological Characteristics of *Achnatherum splendens* in Deserted Grassland of Anxi

ZHAO Hong, WANG Runyuan, GUO Ni, LIU Hongyi, WANG Heling

(Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Key Open Laboratory of Arid Climate Change and Disaster Reduction of CMA, Institute of Arid Meteorology, CMA, Lanzhou 730020, China)

Abstract: The photo-physiological characteristics of *Achnatherum splendens* both in the enclosure and the grazing pasture were monitored in Anxi. The results showed that the difference was significant between them. The air temperature and leaf temperature were relatively lower and the relative humidity was higher in the enclosure compared with those in the grazing grassland. These indicated that the environment of grass growth was greatly improved by enclosure means. At the same time, there was higher photosynthetic rate of *Achnatherum splendens* in the enclosed grassland. This was beneficial to growth of grass and accumulation of dry matter.

Key words: enclosure; grazing; grassland; photo-physiological characteristics; effect