

远程控制人工影响天气火箭自动化作业系统

王以琳¹ 李德生¹ 李昌义¹ 刘文生² 王雪霖² 王利林² 朱科平²

(1. 山东省气象科学研究所, 济南 250031; 2. 国营九三九四厂)

提 要: 为提高人工增雨火箭作业自动化程度, 应用 GIS、GPS、GPRS 技术, 以雷达为主要指挥手段、集雷达图像分析、作业预警、作业指挥、火箭状态、数据传递、火箭管理等项功能为一体, 建立远程控制人工影响天气火箭自动化作业系统。该系统将指挥中心形成的作业指令无线传递给作业火箭, 实现了远程控制火箭的自动旋转和发射, 较好地解决了火箭操作烦琐、参数设计不科学、作业记录不完整、指令传输慢等问题。

关键词: 火箭 人工影响天气 自动化 远程

A Long-range Controlled Automated Rocket Operation System of Weather Modification

Wang Yilin¹ Li Desheng¹ Li Changyi¹ Liu Wensheng²

Wang Xuelin² Wang Lilin² Zhu Keping²

(1. Shandong Institute of Meteorology, Jinan 250031; 2. 9394 Factory)

Abstract: In order to enhance automatization of rocket operation in weather modification, a long-range controlled automated rocket operation system of weather modification was constructed based on GIS, GPS and GPRS technology. The system takes radar as its main command means and integrates radar image analysis, early warning, operation command, rocket state, data communication and rocket management together. This system transfers operation instructions formed from command centre to the operating rocket site by wireless communication, and realizes automatic azimuth and elevation circumvolution and automatic launch of the long-range controlled rockets. Meanwhile some problems are well solved, such as complicated rocket operation, unscientific parameters design, incomplete operation record, slow

资助项目: 本文由 2007 年中国气象局气象新技术推广项目“CMATG2007M33”, 山东省气象局科研项目“2006sdqxz09”和山东省科技厅科技攻关计划项目“三级人工影响天气作业指挥系统研究”资助

收稿日期: 2007 年 6 月 18 日; 修定稿日期: 2007 年 11 月 4 日

instructions transmission and so on. The application of this system provides authentic and reliable data for operation effect test. It fills up the blank of ground automated operation instrument in the field of weather modification in China.

Key Words: rocket weather modification automation long-range

引 言

2005 年中国的人工影响天气火箭发射点已达 7380 个,形成了庞大的人工增雨、防雹作业网和广泛的地域分布。目前我国的作业火箭没有实现远程自动化控制,操作较烦琐,在实际作业中不能对作业过程进行详细记录。俄罗斯研制的自动火箭防雹系统^[1],利用雷达确定作业区,可以在其控制范围内指挥火箭进行防雹作业。但由于通讯方式、数据格式和价格等问题,俄罗斯的自动火箭防雹系统难以进入我国的人影业务。我国针对地面手动式作业火箭在指挥系统等方面也进行了一些研究^[2-4]。为适应中国人工影响天气的作业特点,加快我国火箭作业的自动化进程,我们应用 GIS、GPS、GPRS 和计算机技术研制了具有我国自主知识产权的远程人工影响天气火箭自动化作业系统。该系统以雷达为主要指挥手段,在指挥中心建立的地理信息平台上实现了雷达图像叠加、作业预警、作业指挥、火箭状态显示、作业数据传递和记录、火箭管理等项功能。它可以自动生成作业指令,通过 GPRS 技术远程操纵火箭按方位角和仰角指令自动旋转并发射火箭弹,同时完成火箭各种作业状态的监测和对指挥中心的自动回复。该系统形成了新的作业流程,规范了作业,填补我国研制人工影响天气地面自动化作业工具的空白,对推进我国人影作业工具现代化建设有积极作用。

1 系统功能

远程控制人工影响天气火箭自动化作业

系统能通过计算机控制实现根据雷达图像确定作业指令、远程无线传输作业指令、自动调控火箭仰角、方位角和发射等功能。该系统可以提高作业指挥的科学性、自动化程度,加快作业指令的传递速度,忠实记录作业参数,提高作业安全性。通过使用新的火箭人工影响天气作业流程,可以整体提高火箭作业水平。

2 系统通讯

在远程人工影响天气火箭自动化作业系统的通讯系统中,考虑到通讯的快捷和安全性,系统各部分分别采用内网、外网和有线等连接方式(图 1)。雷达实时观测图像由内网传到指挥中心的作业指挥系统上,按雷达图像形成的作业指令通过内网的服务器经因特网由装有 GPRS 的火箭作业信息中转器接收,然后经用有线方式驱动自动火箭发射系统,控制自动火箭架的转动弹的发射。系统执行的作业和检测反馈信息,按原路返回指挥中心。如遇特殊情况也可以启动手动发射系统控制火箭发射。这样可保证在自动发射系统万一出现故障时,用手动发射系统也能完成作业任务。

3 系统组成和功能

“远程控制人工影响天气火箭自动化作业系统”是计算机远程控制人工影响天气火箭自动化作业系统的总称。它由“远程控制

人工影响天气火箭自动化作业指挥系统”(简称火箭自动化作业指挥系统)和“远程控制人

工影响天气火箭自动化发射系统”(简称火箭自动化发射系统)两部分组成。

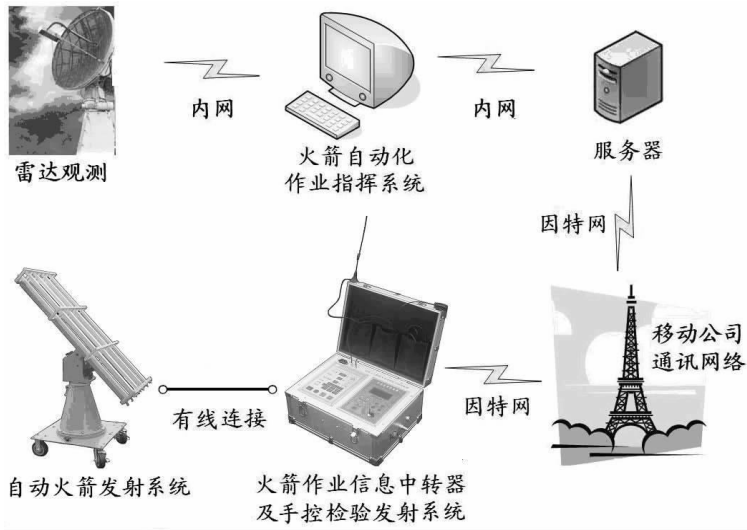


图 1 系统通信拓扑图

4 火箭自动化作业指挥系统

4.1 计算机控制系统

计算机控制系统采用 C/S 架构,应用 GPRS、TCP 通讯、数据缓存技术、多路数据协调、OLE 等多种技术手段,实现了本系统各项功能。火箭自动化作业指挥系统由计算机控制系统和火箭作业信息中转器两部分组成。计算机控制系统依托地理信息系统平台,由 8 个子系统组成,可以同时指挥所辖范围内所有固定、车载自动化作业火箭,完成指挥、作业和信息存储等项功能。图 2 是系统主界面,它分为 GIS 平台、火箭指令和火箭状态显示区。在 GIS 平台上可以看到火箭的位置、火箭的作业范围和作业指令形成时的窗口。在火箭指令和火箭状态显示区可以看到各种指令的自动回执和手动回执标志;火箭装弹情况和发射后火箭架上剩余弹的情况;作业

时采用单发、连发及人为终止作业的信息。人为终止作业是指挥中心的指挥员根据实际情况发出的终止作业指令进行终止作业。火箭指令和火箭状态显示区的设立,可以方便指挥人员及时掌握各个火箭的作业进程。



图 2 系统主界面

4.1.1 GIS 图层控制子系统

地理信息系统采用 1:25 万电子地图,实现基础地理信息、人工影响天气基础地理信

息与雷达图像的实时叠加。在图层控制子系统中实现了主界面上的行政边界、市、县乡镇、村庄、河流、公路、铁路、炮点的图层的叠加显示和隐藏功能。炮点的图层的叠加是为了协调高炮、火箭之间的作业位置。

4.1.2 天气预警子系统

该系统与气象局的内网相连,可以直接调用气象局内网上的 MICAPS、人工增雨防雹指标网页、省台中期预报和市台短期预报。方便指挥人员随时掌握天气变化,决定是否发布作业预警警报。

人工增雨防雹指标网页是由 MM5 中尺度模式的输出量,计算了人工增雨、防雹作业指标量,在内部网发布 48 小时内间隔 3 小时的各项作业指标量预报值的水平和垂直图形显示和资料存储方式。作业指标量包括 3 小时降水、24 小时降水、3 小时对流降水、整层水汽积分、冰面饱和度(0~−30℃,6 层)、负温层水汽积分、负温层水汽垂直输送(0~−30℃,6 层)、过冷水积分、物理量综合图(0~−30℃,6 层)等作业指标量图,垂直剖面图包括:冰面饱和度、垂直速度、 $T-T_d$ 、冰晶浓度、云水、雨水等指标量。根据指标出现的时间和区域确定作业时间、高度和区域^[5]。

4.1.3 地图控制子系统

地图控制子系统可对地图进行放大、缩小、移动等操作。

4.1.4 雷达图子系统

在雷达图子系统中可以“手动”和“自动”以透明和覆盖两种方式叠加 713、714 和多普勒等型号的雷达图像,可以利用“信息标签”功能以鼠标指向的方式显示局部雷达图像的参数。

对于 713、714 雷达可以将生成的平显图,根据自动设定的路径,从指定目录中自动查找最新观测的雷达图像,自动叠加到地理

信息系统上。也可以通过手动弹出的对话框查找最新雷达图像进行叠加,还可以将雷达观测到的高显图,根据设定的路径,显示在系统上。对于多普勒雷达可以将全省联网的等效雷达图叠加到地理信息系统上供决策使用。

4.1.5 增雨作业指挥子系统

如有多台火箭作业,在“选择作业火箭”菜单中,选择某一具火箭为当前作业火箭。在增雨作业指挥子系统菜单中给出了指挥作业的先后次序。首先根据探空或模式输出量设置风向和作业高度等参数。通过对其进行“网络检查”检测通讯网络是否通畅。网检的同时以指挥系统计算机的时间对“作业信息中转器”的时间进行了校对。完成网检与校对后,便可以对作业火箭发出带有作业弹数的预警指令。火箭操作人员通过“作业信息中转器”收到预警指令后,进行装弹和检测动作,之后发出作业准备完毕的信号。这时指挥人员可以利用鼠标在作业区域内通过“自动”或“手动”方式,确定作业参数,并由“自动”或“手动”方式进行发射。

如遇意外情况,指挥人员可以随时终止作业。

由于该系统具有通用性,目的在于提高自动化作业水平,使用该系统应根据各地已有的作业判别指标,根据叠加的雷达图像确定作业目标云。一旦目标云确定,用鼠标可按雷达回波的强弱完成“指哪打哪”的作业。在此给出山东聊城的作业指标,仅供参考。在聊城确定降雨天气系统后,增雨作业:PPI>15dBz 发布预警指令,PPI>20dBz,云顶高>5000m,云底高<500m 发布作业指令。

4.1.6 防雹作业指挥子系统

在防雹作业指挥中有自动形成防雹作业参数和手动形成防雹作业参数两种情况。在

自动形成防雹作业参数中,根据冰雹云的雷达回波,给出方位角的初始位置、终止位置和发射弹数等作业参数。手动形成防雹作业参数与增雨作业的方式相同。

防雹作业指标:在降雹天气系统中,满足强回波中心 $>40\text{dBz}$,云顶高 $>8000\text{m}$ 进行防雹预警,强回波中心增强到 $>45\text{dBz}$ 进行防雹作业。

4.1.7 作业资料库子系统

火箭作业资料库子系统有作业日志、整理作业数据和输出作业图三种功能。作业日志是系统发布指令和接收指令的流水记录,作业数据是每次作业入库资料的详细记录。对这些资料可以进行检索或以报表的形式输出。输出作业图功能可以存储当前计算机屏幕的图像。

4.1.8 火箭车资料库子系统

火箭车资料库用于管理所有自动火箭。库中存有各个自动火箭的资料和安全射界资料,可以进行修改、检索,也可以报表形式输出。

4.2 作业流程

在人工增雨和防雹作业中,执行图 3 所示的工作流程可完成整个指挥作业任务。在启动系统后,通过天气预警子系统判断是否有可作业天气。如有作业的天气形势,通过分析最新的雷达回波,结合各地雷达作业指标确定作业目标云。通过设置风和作业高度确定自动作业的方位角和仰角。选择当前作业的火箭并实施 GPS 定位、网络检测和校时将其具体位置显示在计算机控制系统的主界面上。在对其发出预警和装弹指令并得到装弹后火箭弹和火箭架的检测信息后,采用自动或手动方式确定火箭的作业参数,一旦完

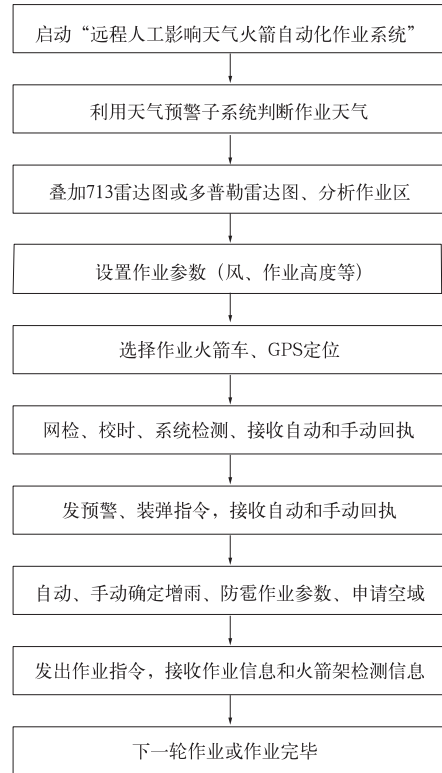


图 3 人影指挥子系统工作流程

成申请空域,便可选择采用“自动”或“手动”方式进行作业。作业记录会自动记入作业数据库。重复以上的作业流程可以对目标云进行多次催化,直到完成人工增雨或防雹任务。

4.3 指挥操作

对作业火箭进行“网检较时”是检查火箭自动化作业指挥系统和火箭自动化发射系统之间通讯畅通情况,并以计算机时间对个系统进行时间校对。这时在主界面上可以看到以火箭位置为圆心有三个同心圆。两个实线同心圆表示火箭仰角在 45° 和 85° 时这门火箭的可作业范围,中间的圆圈为根据作业高度确定的仰角播撒范围,即作业高度确定后应该在中间圆圈上选择作业方位角。为了作业安全,仰角每间隔 5° 都进行了安全射界限

定。在增雨作业中,选用自动形成作业参数功能时,根据每发火箭弹播撒距离和催化剂扩散范围,每轮作业打 3~4 发火箭弹为宜。选用手动形成作业参数时,可以根据作业目标云的范围,在内圆圈上用鼠标任意点击确定作业的方位角,实现“指哪打哪”的目的。

4.4 远程人工影响天气自动化火箭控制器

远程人工影响天气自动化火箭控制器(见图 4),由火箭作业信息中转器和发射控制器组成。

4.4.1 火箭作业信息中转器

火箭作业信息中转器(见图 4)通讯采用 GPRS 方式,无线接收指挥中心各种指令,有线向“火箭自动化发射系统”传输作业指令。它有手动和自动两种工作方式,进行指令传递,实现单发和连发作业;利用 GPS 定位系统确定火箭的位置;有网络检测和时间校准功能。火箭作业信息中转器有三种不同的警报声,提示发布预警指令、作业指令和火箭作业信息中转器上网信息。在自动工作方式下,只需按“预警回复”一个按钮就可完成单发、连发火箭弹的任务。

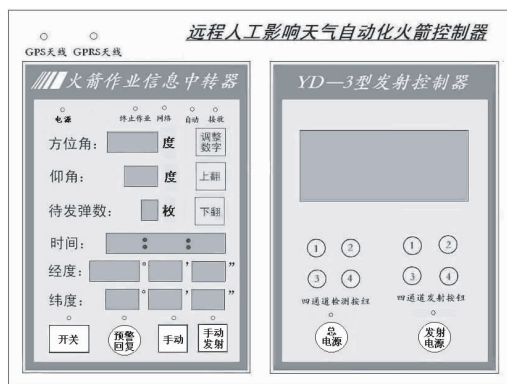


图 4 远程人工影响天气自动化火箭控制器

4.4.2 YD-3 型发射控制器

YD-3 型发射控制器(见图 4)具有检测

火箭发射架外线路通断和外线路电阻的功能。火箭发射架装上火箭弹后,依次按下各火箭弹的检测按钮,测量其电阻值。电阻如符合火箭弹的规定电阻值,火箭弹可以发射。

万一自动控制火箭架出现故障,可采用火箭发射控制器手工发射的功能,按发射按钮将火箭弹发射出去,以免耽误人工影响天气作业。

5 火箭自动化发射系统

火箭自动化发射系统与火箭作业信息中转器连接,接收火箭作业信息中转器通过电缆传来的作业指令,实现控制火箭发射架发射火箭弹,自检火箭状态,校准系统时间、反馈火箭信息等功能。

火箭自动化发射系统有强制仰角在 $45^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 范围内发射火箭弹的机械装置,以保证作业安全。发射架可以在 360° 范围内根据指令任意旋转发射。

火箭自动化发射系统有牵引和固定型两种型号。牵引型由汽车牵引,固定型有四个轮子可在固定火箭点使用。火箭自动化发射系统主要由:定向器、高低机、方位机和移动式底座等四大部分组成(图略)。定向器可安装 4~8 支火箭。高低机由电机带动主动轮,通过控制电机的正反转动,即能方便的调整定向器的仰角。方位机用于调整方向射界,它承受定向器及高低机赋予它的轴向载荷、径向载荷和翻倒力矩。当出现意外情况,火箭不能自动转到指令要求的位置时,火箭不发射,可进入手动发射状态。

6 结 语

(1) 远程控制人工影响天气火箭自动化作业系统由火箭自动化作业指挥系统和火箭

自动化发射系统两部分组成。火箭自动化发射系统包括牵引型和固定型两种型号,便于移动和固定作业。

(2) 以 GIS 为平台的远程人工影响天气火箭自动化作业系统,是将雷达图像分析、作业预警、作业指挥、火箭状态、数据传递、火箭管理等项火箭作业业务,较完整地汇总到一个工作平面内的可视化业务技术系统。

(3) 该系统通过雷达图像分析确定作业区,自动确定火箭作业参数,自动检测火箭状态,自动或手动完成火箭弹发射,形成自动化火箭作业流程。

(4) 通过 GPRS 通讯技术,将指挥中心的作业指令变成火箭自动发射的动作指令,较好地解决了火箭操作烦琐、参数设计不科学、作业记录不完整、指令传输慢等问题,实现了火箭作业的自动化,可以作为人工影响天气作业的升级换代产品。

(5) 该系统的研制在于提高自动化作业水平,使用该系统应根据各地已有的作业判别指标,确定作业目标云。一旦目标云确定,在该系统屏幕用鼠标可按雷达回波的强弱完成“指哪打哪”的作业。

参考文献

- [1] Magomet T. Abshae. Automated Rocket Technology of Hail Suppression[C]. Eighth WMO Scientific Conference on Meather Modification. 2003. WMP Report no. 39. 335-338.
- [2] 李红斌,周德平,濮文耀. 火箭增雨作业部位和催化剂量的确定[J]. 气象,2005,31(10):41-46.
- [3] 吴海英,白卡娃,曾明剑,等. 火箭人工增雨和防雹雷达指挥系统[J]. 气象科学,2003,23(1):100-109.
- [4] 扬维军,张东风. 火箭、高炮作业指挥盘的研制及应用[J]. 应用气象学报,2001,12(增刊):206-207.
- [5] 王以琳,王建国. 黄淮气旋中人工增雨播云区的分析[J]. 高原气象,2006,25(1):128-137.