

新一代飞机人工增雨作业指挥系统研制与应用

金凤岭 张晰莹 张云峰 张礼宝

(黑龙江省人工影响天气中心, 哈尔滨 150030)

摘要 飞机人工增雨的地面指挥是保证作业安全、科学作业的重要条件,为此研制了具有黑龙江省特色的指挥系统。该系统借鉴了国内同类系统的思路,吸收了其中的优点,突出了多普勒天气雷达资料的应用,决策子系统实现了作业预案的自动生成和输出,通信子系统利用嵌套在电子地理信息系统(GIS)上的实时雷达资料和卫星云图资料跟踪飞机进行指挥,随时根据作业云系的变化调整作业方案,改变飞行航线,达到安全和科学作业的目的。2 年的业务运行表明该系统实用、可靠。

关键词 飞机 人工增雨 作业指挥系统

引言

人工增雨的科学技术能力不适应社会需求的矛盾十分突出,严重制约着人工影响天气事业的发展。其中的矛盾之一是对飞机人工增雨缺少可靠的地面指挥,作业盲目性大。在全国多普勒天气雷达布网以前,就有很多省份开始研制、开发、应用人工影响天气业务技术系统^[1-3]。这些业务系统大多是综合性的,缺少一定的适用性,最关键的一点是没有新一代天气雷达对作业云进行实时监控,并对飞机进行有效指挥。

黑龙江省政府人工影响天气办公室早在 20 世纪 90 年代也曾开展过业务系统的研制,但由于综合技术的限制,并没有真正投入业务运行。黑龙江省是我国的农业、林业、畜牧业大省,同时又是十年九旱、林火多发、草原退化、生态恶化等比较严重的省份,地方各级政府和广大人民群众对飞机人工增雨有迫切要求,客观条件要求尽快研制本省的新一代飞机人工增雨作业指挥系统。从主观条件看,计算机、通信技术、大气探测技术发展迅速,气象现代化得以整体推进,已具备条件进行新一代飞机人工增雨作业指挥系统的研制。该课题经过 2 年的研制,已投入业务使用 2 年,证明具有令人满意的功能,得到机组和作业人员的认可。

1 系统的结构

该系统充分借鉴了国内同类系统的研究思路和优点,依托新一代基本业务系统,结合人工影响天气业务的特点,集天气预警、作业时机选择预案、临近作业决策方案制定、作业动态监控指挥和作业效果评估等功能于一体,可实时采集多尺度不同种类的天气信息,能快速传输、集中存储、综合分析和直观显示,制定出实时、客观的决策方案。系统由 6 个子系统组成(图 1)。

2 系统的功能

2.1 空地传输子系统

空地传输子系统的功能是实现增雨作业飞机与指挥中心的实时数据传输。包括:飞机向指挥中心传输飞行轨迹,作业区的温度、湿度、飞行高度,作业云的客观观测资料;地面对飞机实时监控,传达作业指令,调整作业部位。该子系统的无线通信采用双向通信方式,以话音传输为主,数据传输为辅。选用 VHF 波段电台作为传输平台。利用 GPS(地球定位系统)为飞机航行提供所需参数。例如,与电子地理信息系统(GIS)相结合,可预设飞行航线,确定飞行目标,计算飞机到达目标区的预定时间;飞行中与目标区的剩余距离和剩余时间,供飞行人员参考;还能

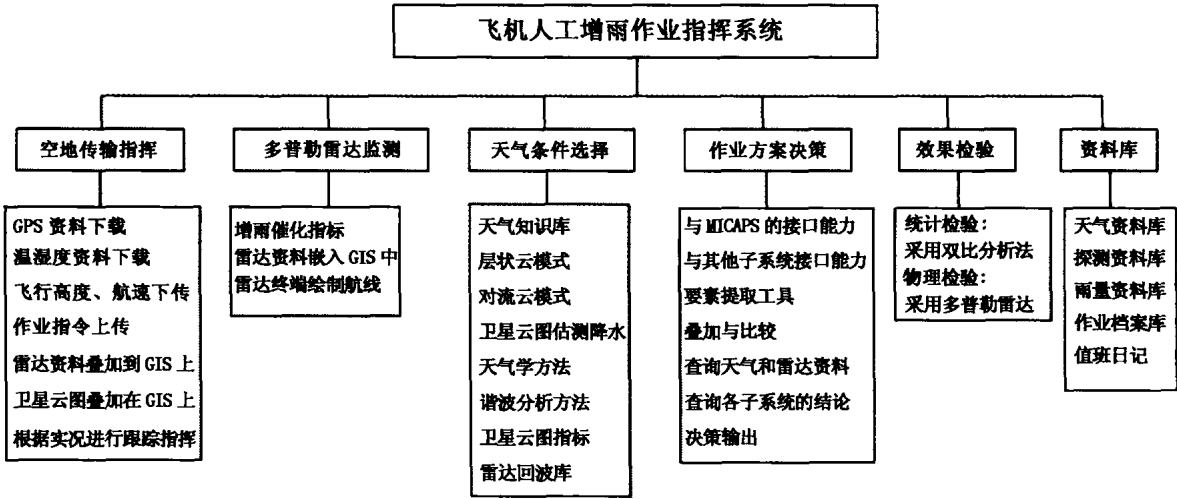


图 1 飞机人工增雨作业指挥系统

将飞机的当前位置锁定在计算机屏幕中央。以上数据均可以文件形式记录和存储,供分析时调用^[4]。GIS 是按比例将黑龙江省行政区域图存储在计算机中,可显示全省地面观测站点分布。GIS 在计算机上可放大、缩小、移动或漫游。通过操作,显示图上任一点的地理位置和地形地貌,计算任意 2 点间的直线距离或弧线距离及任意闭合曲线内的面积。

为更好地指挥飞机增雨作业,该子系统将实时多普勒雷达资料和气象卫星资料按相应比例叠加在 GIS 上,确保机上人员及时了解云况,地面指挥人员根据云系变化及时调整作业区域,做到安全作业及保证作业的有效性。该子系统依据有关记录,能快速定量地计算出增雨量,在很短时间向主管部门报告作业的信息。在确定催化区域、催化部位、催化剂量以及计算飞机增雨作业影响面积和增雨效果时,参考了文献^[5]至文献^[8]中的有关结论和数据。

2.2 新一代天气雷达监视子系统

在该子系统中对利于飞机人工增雨作业的雷达回波资料进行分析,筛选出与增雨作业关系密切的参数,建立了飞机增雨作业的雷达综合指标。包括回波强度、回波高度、云顶温度、回波面积、移动速度、含水量、云厚度、实况等。根据上述指标,对增雨作业条件进行综合判断,得出“十分适宜作业、不适宜作业、较适宜作业”的结论,并将其与上述有关文献资料结合起来。利用雷达图像投影、坐标转换、无级缩放等处理技术,在雷达回波上预设飞行航线等自动监测功能,实现对飞机增雨作业的实时指挥。

2.3 飞机人工增雨作业天气条件选择子系统

该子系统包括历史学习资料库、谐波分析方法、相似方法、T213 预报结果移植、天气学方法、卫星云图指标、雷达回波指标、GMS 资料在卫星估测降水中的应用、中尺度层状云模式等。利用天气学方法,确立有利于飞机增雨的将来 12~24 h 和 3~12 h 内的天气预报。利用相似方法总结相同天气形势下出现类似天气现象的概率。利用 GMS 卫星资料与历史上每 3 h 降水量资料建立逐一对应关系,设计出适合本省的重要降水估计方法,为降水强度预报提供科学依据。

2.4 作业方案决策子系统

该子系统是指挥系统中的核心部分之一。其功能是汇集其它子系统产生的资料或结论,参考卫星和雷达实时资料以及历史作业记录,为飞机增雨给出决策依据,实现天气预报预警和指挥为一体的有效作业。该子系统具有浏览、比较、标记、制图等功能,可以协助指挥人员汇总信息、分析决策。以 MICAPS 为基础,使用透明叠加方式,把 MICAPS 的强大功能与该子系统提供的工具融合在一起,使之既满足增雨作业的特殊需求,又避免重复开发 MICAPS 功能造成的资源浪费。

开发的内容包括:与 MICAPS 系统的接口,与其它子系统的接口,叠加与比较,决策与输出。输出的是计划作业航线、飞行高度,根据新的云概念模型、条件判据和催化指标体系^[4]及北方层状冷云宏观特征^[6]确定的催化区域、催化部位、催化剂量、

作业手段等内容,还可输出配置的详细地图、重要地面标识等。各要素层均可配置“是”、“否”输出,决策方案可以随意改变比例。

该子系统的资料检索、辅助分析、决策输出等都涉及比较复杂的计算机技术。应用透明窗口叠加技术;为适应各种分析场合,把需求概括为点状、线状、面状标识分析,并提供相应的工具,定义了操作规则;对生成的“决策输出”方案提供了十分灵活和丰富的定制选项。如图2所示,可以选择标准地图,输出河流、铁路、公路、城市等多种地物组合,把分析产生的标识标记在地图上,叠加打印空军飞行管制区域划分;对于给定的航线和参数,可以预先估计播撒催化剂后3 h内的影响区域模拟图(阴影区域为影响区域),便于指挥人员制定合理的航线。

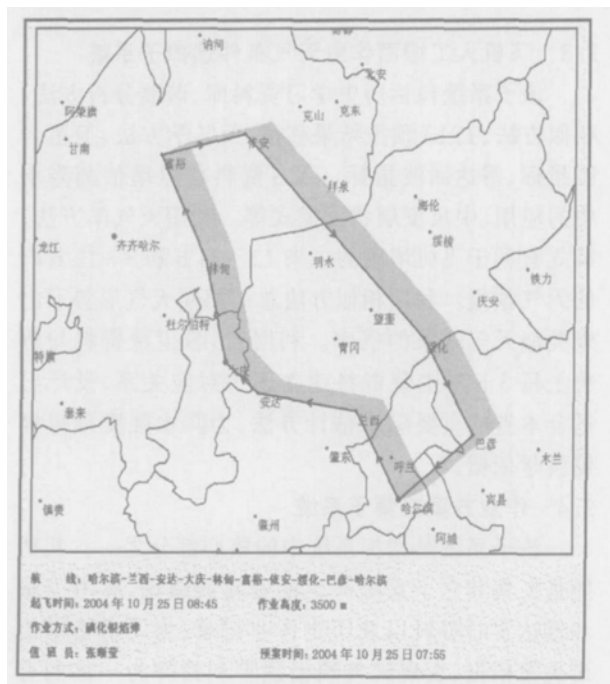


图2 作业方案

(其中带箭头实线为作业航线,底部为作业参数的文字描述)

2.5 增雨资料库子系统

该子系统的特色是软件系统建立在Linux操作系统上。后台基于传统的Unix定时作业机制,前台选用通俗的Apache + MySQL + PHP组合技术。一律选用开放源代码软件。操作界面基于网络技术,力求简单直接。按照数据性质,把存储和归档的资料分为表格类、文件类、记录类。

2.6 效果检验子系统

该子系统主要由物理检验、统计检验组成。物

理检验以多普勒雷达观测为基础,分析作业前后雷达回波变化,并参考地面站资料判断实际增雨效果。统计检验采用了双比分析法^[9]。

3 实例

以2004年5月2日的一次飞机增雨作业为例。首先,启动天气条件选择子系统,利用天气学方法、相似方法、谐波分析、物理量诊断、云模式和卫星云图分析等对未来12~24 h天气过程进行仔细分析,结合欧洲、日本、T213及MM5等预报结果,确定5月1日夜间开始黑龙江省受蒙古低压影响,将有一次自西向东的降水过程。1日晚此天气系统已经进入吉林境内,根据其移动速度和方向由计算系统确定到达黑龙江省范围内的时间和所经路线,同时利用土壤墒情、火情等观测资料了解全省旱情和火情情况,计划在西部实施人工增雨作业。03:25制定出作业方案,确定作业航线为哈尔滨—大庆—龙江—肇州—哈尔滨,主要作业区定在较远的西部干旱地区,而较近的旱区计划在飞机落地后再进行第2次飞行作业。06:00发现天气系统移动速度加快并方向偏北,针对这种情况指挥中心召开紧急会商,将2次作业改为1次,延长作业时间和范围,增加林甸,及时将作业航线改为哈尔滨—林甸—大庆—龙江—肇州—哈尔滨。07:30增雨飞机起飞,启动空地传输子系统,同时将雷达资料、卫星云图资料和飞行资料进行叠加,对飞机作业情况进行实时监控,随时调整作业航线,做到作业科学化,密切关注飞机作业情况,利用空地传输子系统将飞机上的GPS资料和温湿资料实时下载到指挥中心,同时对作业区的雷达资料进行实时处理,分析其强度、速度、回波高度等产品,确定重点作业区,与作业人员及时沟通。09:12飞机落地,增雨作业结束。作业后及时收集降水时空分布资料、火情资料及墒情资料。启动效果检验子系统,将作业前后的雷达资料对比发现,回波强度由21 dBz变成30 dBz,回波范围由260 km²变为370 km²,回波顶高由3.2 km变为4.5 km,作业效果明显。对地面降水量进行统计分析,将作业前后的降水量输入效果检验子系统,计算出作业影响面积2.1万km²,增雨量1244 m³。最后将作业前后资料收入资料库,随时准备调用。

4 结论与讨论

(1)本作业指挥系统从天气条件选择、雷达监

测、卫星云图分析、作业方案制定、作业指挥、效果检验、数据存储等,全部实现客观、自动处理,具有很强的实用性和可操作性。

(2)空地传输子系统解决了一些关键问题。由于叠加了雷达回波图像和气象卫星云图,在选择增雨作业区域时,提高了科学性,减少了盲目性。地面作业指挥人员可随时监视飞机的飞行情况,可以根据天气实况及时调整作业的航线、高度、作业区域、用弹量等,并将这些信息及时传递给机上的作业人员。作业结束后可立即计算有关数据,如影响面积、增雨量等。这在同类系统中尚未见到。

(3)多普勒雷达对增雨作业实时监控和指挥。在参考有关云物理指标的前提下,建立了人工增雨雷达作业指标,使雷达信息在作业天气条件选择中得到了应用。在判断过程中排除了人为影响,尝试应用了多普勒雷达指挥飞机增雨作业及效果检验,取得比较理想的效果。

(4)数据库全面基于Linux操作系统的开发工具和方法论。采用数据库技术作为系统操作的中心环节,并兼顾现有的文件存储形式。面向网络技术,保持与Windows局域网互联互通操作。

由于目前黑龙江省飞机增雨作业缺少探测设备,所以参考了已有的研究成果,待设备引进后本系

统的相关性能还需进行检验。随着全省多普勒雷达网的全面建成,在实现全省雷达拼图基础上可以增大雷达图的叠加范围,将更适应飞机增雨作业的要求。在雷达产品逐渐增多和准确的前提下,该系统的功能可进一步扩充。

参考文献

- [1] 周毓荃,张存.河南省新一代人工影响天气技术系统的设计、开发和应用[J].应用气象学报,2001,12(增刊):173-184.
- [2] 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(增刊):173-184.
- [3] 刘增基,段英.河北省飞机人工增雨指挥决策系统的设计[G]//云降水物理和人工增雨技术研究.北京:气象出版社,1993:187-193.
- [4] 余鹏,孙学全,赵世军.GPS定位在卫星坐标计算的切比雪夫多项式拟合法[J].气象科技,2004,32(3):198-200.
- [5] 王广河,胡志晋,陈万奎.人工增雨农业减灾技术研究[J].应用气象学报,2001,12(增刊):3-4.
- [6] 李大山.人工影响天气现状和展望[M].北京:气象出版社,2002.
- [7] 郑长贵.北方层状冷云宏观特征探测分析[J].黑龙江气象,1999,(4)30-32.
- [8] 李玉林,杨梅,曾光平.江西省夏季降水效率特征[J].气象科技,2004,32(1):44-47.
- [9] 贾玲,郭强.人工增雨效果区域回归分析方法[C].第十三次全国降水物理和人工影响天气科学讨论会,西安,2000.

Development and Application of New Generation Command System for Airplane Weather Modification Operation

Jin Fengling Zhang Xiying Zhang Yunfeng Zhang Libao

(Heilongjiang Provincial Weather Modification Center, Harbin 150030)

Abstract: The ground-based control system is essential to ensure the safety and effectiveness of airplane precipitation enhancement operations. The command system of precipitation enhancement operations for Heilongjiang Province is developed. The system uses the experiences of other provincial precipitation enhancement command systems for reference, emphasizing the application of Doppler radar. The decision-making subsystem realized the automatic generation and output of operation plans, and the communication subsystem uses the real-time radar and satellite cloud picture data embedded in the GIS system to track the seeding plane. It can adjust the operating plan and flight route according to the changes of the target cloud systems. Through the two-year operational use, the system has proved practical and reliable.

Key words: airplane, precipitation enhancement, operation command system