

袁野, 杨光, 李爱华, 等. 安徽省人工影响天气信息管理与作业指挥系统设计与开发[J]. 气象, 2011, 37(11): 1459-1465.

安徽省人工影响天气信息管理与 作业指挥系统设计与开发^{*1}

袁 野 杨 光 李爱华 周述学

安徽省人工影响天气办公室, 合肥 230031

提 要: 为了提高人工影响天气信息管理和作业指挥能力, 设计开发了针对省级人工影响天气信息管理与作业指挥的业务系统。系统应用数据库和网络技术, 设计开发了人工影响天气信息数据库, 并采用角色和权限双重管理模式, 对人工影响天气信息数据库进行管理。系统针对安徽实际设计了合理的地面作业指挥流程, 开发了地面作业指挥平台, 提供了省级人工影响天气指导产品, 并对作业流程中关键环节进行技术控制, 为安徽全省人工影响天气地面作业安全提供了保障平台, 在实际业务中发挥了重要的作用。

关键词: 人工影响天气, 安全管理, 系统设计, 信息管理, 作业指挥

Software System Design and Engineering in Information Management and Command of Anhui Weather Modification

YUAN Ye YANG Guang LI Aihua ZHOU Shuxue

Anhui Weather Modification Office, Hefei 230031

Abstract: The software system designed and built for the information management and the operation command to advance the ability of Anhui weather modification has been finished. With the application of the database and the network technology, and based on the information database of weather modification designed and built, the system manages the information using both limits of role and permission. With the reasonable design in the procedures of the operation in Anhui weather modification, and providing some guidance products, and using the technique control over the crucial safety section, the system is providing a good software platform for security, and playing an important role in practical work and the process for command.

Key words: weather modification, security management, system design, information management, operation command

引 言

由于全球气候变暖, 干旱、冰雹等自然灾害的频繁出现, 水资源短缺现象的日趋严重, 人工影响天气(简称“人影”)工作已成为国内绝大部分省份抗御气

象灾害的常规业务, 各省先后建成人影业务系统, 并在业务中发挥了重要作用。国内先后建立了不同的业务系统并具有一定规模和特色^[1-13], 主要在业务流程设计、信息实时采集与传输、信息显示与综合分析等方面具有较好的业务应用, 河南^[8]专门建立了全省空域申请系统, 陕西、山东、广东^[14-17]等省专门

* 中国气象局气象关键技术集成与应用项目 CMAGJ2011M24 和安徽省气象局业务项目“安徽省人工影响天气信息管理与作业指挥系统”共同资助

2010 年 9 月 30 日收稿; 2011 年 4 月 11 日收修定稿

第一作者: 袁野, 主要从事人工影响天气技术研究. Email: hfyuany@sina.com

建立了信息管理系统。北京人影业务系统中依托雷达监测产品实现了 6 小时内的作业指挥功能,给出了层状云飞机人工增雨作业雷达指标和机载仪器指标,建立了人影历史资料库,提供了作业点、装备、弹药等基本管理功能;陕西人影业务系统建立了卫星云物理特征反演预警系统,为人工增雨作业条件和冰雹云的早期识别提供参考,建成了人影作业空域申请批复系统和基于 WebGis 的人影信息管理;江西人影业务系统提供了多普勒雷达回波跟踪及预测和增雨、防雹作业指标,建立了掌上移动技术支撑子系统,为手机终端用户提供信息服务、产品加工和指挥信息 WAP 发布等功能;吉林在人影业务系统中建立了外场效果检验平台,广东业务系统中建立了人影实时网络在线考试平台,为人员培训提供了在线考试功能^[18]。

安徽省结合本省实际,先后研制开发了“安徽省高炮火箭人工增雨作业指挥系统”、“安徽省人影信息管理系统”和“基于新一代天气雷达的省级人影业务系统”,建立了较为完整的业务流程,并依据业务流程开发了需求分析、作业条件预测、作业云识别、作业指挥、效果评估等五大类人影业务指导产品,为安徽全省人影业务提供服务。然而,随着需求不断增长,安徽省人影规模不断扩大,人影信息管理与作业规范流程的建立已逐渐成为了各级人影业务的关注重点,安徽省人工影响天气信息管理与作业指挥系统在前期人影业务系统基础上,改进指导产品制作、产品发布、数据库查询等业务功能,增加了弹药过期预警功能和作业指挥短信互动平台,重点加强了人影信息安全管理与作业指挥流程的规范化设计,实现了作业全过程网络实时监控,以达到提高人影作业安全性的目的。目前,该系统已在安徽投入业务应用,并发挥出重要的效果。

1 系统总体功能设计

“安徽省人工影响天气信息管理与作业指挥系统”,是安徽省省、市、县、作业点四级全省人工影响天气综合业务系统,承担全省人影地面作业信息管理、作业指挥、信息发布的业务平台功能。内容涵盖:安徽省人影公共信息服务(安徽省人工影响天气办公室门户网站)、业务产品服务、信息管理以及作

业指挥等功能模块。

系统设计与开发基于 Internet 网络和无线网络,利用 GIS 和数据库开发技术,采用客户/服务器模式,按照人影作业指挥流程,实现全省人影信息和作业流程的规范化管理。采用角色管理方式,实现对人影管理信息、作业指挥信息、产品发布信息以及公共服务信息的分类管理。提供了对全省人影装备、弹药、人员等信息的动态管理以及作业指挥流程的管理功能,和装备故障及弹药报废的预警服务,预防不合格装备、弹药进入作业程序。结合 GIS 和 GPS 应用技术,对申请作业的车辆、装备、弹药的追踪和作业现场实施全程监控,提高作业的安全管理能力。

公共信息服务模块,同时是安徽省人工影响天气办公室的门户网站,面向社会普通用户开放,承担人影宣传、公示公告、资源下载、机构介绍以及其他公共信息服务的功能,是业务系统各类用户登录界面和作业指挥系统以及信息管理系统的链接页面。具体包括:最新动态、人影专报、公示公告、应急预案、机构设置、政策法规、科普知识、资源下载以及市县概况、便民服务、在线调查、热点链接等。

业务产品发布模块仅面向安徽省气象部门内部开放,承担全省人影指导产品发布以及各种气象监测预报产品发布的功能,包含监测分析预报产品和人影指导产品两部分。监测分析预报产品,包括合肥、阜阳、蚌埠、黄山雷达监测产品,卫星云图监测产品,雷电监测以及潜势预报产品,天气预报和气候预测产品等,该类产品主要是由省级其他业务单位制作提供,为全省人影决策指挥提供参考。人影指导产品,包括雷达拼图产品、双偏振雷达产品、雨量查询统计产品、云微物理量产品、作业条件预报产品以及作业参数产品等,该类产品全部由安徽省人影办制作提供,用于安徽全省人影决策与指挥。

信息管理模块仅限管理人员进入,根据不同角色权限的设定,实现全省人影装备、弹药、人员等信息的动态管理。包括:作业资质、装备弹药、作业点、弹药预警、事(件)故处理等信息管理功能,以及全省各级人影单位人影信息的综合查询统计功能。

作业指挥模块仅限各级作业指挥人员进入,根据角色权限,按照预先设定的作业流程控制,实现全省地面作业的申请、审批、指挥、信息上报、实时监控

以及历史作业查询等功能,该模块还为各级作业指挥人员交流会商提供了互动平台。

2 人影信息管理功能设计与开发

2.1 人影数据库设计与开发

数据库设计与建设是系统建设的基础,安徽省人工影响天气信息管理与作业指挥系统数据库系统采用甲骨文公司的 Oracle9i 数据库,该数据库在集群技术、高可用性、商业智能、安全性、系统管理等方面都实现了新的突破,技术成熟,稳定,有庞大的用户群体,目前应用于很多行业领域,是当前主流的关系数据库之一。

系数据库之一。

安徽省人工影响天气信息管理与作业指挥系统数据库共使用了 53 张数据库表,分别记录了作业单位和个人资质、装备和弹药、人员培训、角色与用户、人影产品发布以及人影作业流程相关信息和系统操作信息等,系统用户可以通过对数据库的操作实现对权限范围内人影信息的查询、统计与管理。作为示例,表 1 是弹药入库登记数据库表,可详细记录人影弹药入库操作的信息,包括入库时间、弹药箱号批次、数量、生产日期、有效期以及经办人等,装备管理员可以通过弹药的配发与调配实现弹药信息在全省的流动管理。

表 1 弹药入库数据库表

Table 1 Database list of ammunition storage

| 序号 | 列名 | 数据类型 | 长度/字节 | 小数位 | 标识 | 主键 | 允许空 | 默认值 | 说明 |
|----|--------|----------|-------|-----|----|----|-----|-----|--------|
| 1 | RKQDBH | VARCHAR2 | 50 | | | 是 | 否 | | 入库清单编号 |
| 2 | RKBH | VARCHAR2 | 50 | | | | 是 | | 入库编号 |
| 3 | YJBH | VARCHAR2 | 50 | | | | 是 | | 一级编号 |
| 4 | EJBH | VARCHAR2 | 50 | | | | 是 | | 二级编号 |
| 5 | SJBH | VARCHAR2 | 50 | | | | 是 | | 三级编号 |
| 6 | SL | NUMBER | | | | | 是 | | 数量 |
| 7 | MS | VARCHAR2 | 200 | | | | 是 | | 描述 |
| 8 | BZ | VARCHAR2 | 500 | | | | 是 | | 备注 |
| 9 | KZ1 | DATE | 7 | | | | 是 | | 入库日期 |
| 10 | KZ2 | VARCHAR2 | 50 | | | | 是 | | 操作人 |
| 11 | KZ3 | VARCHAR2 | 50 | | | | 是 | | 入库人 |
| 12 | KZ4 | VARCHAR2 | 50 | | | | 是 | | 箱号 |
| 13 | PC | VARCHAR2 | 50 | | | | 是 | | 批次 |
| 14 | CCRQ | DATE | 7 | | | | 是 | | 出厂日期 |
| 15 | SSDW | VARCHAR2 | 50 | | | | 是 | | 所属单位 |
| 16 | CZSJ | DATE | 7 | | | | 是 | | 操作时间 |
| 17 | YXNX | NUMBER | | | | | 是 | | 有效年限 |

2.2 人影信息管理功能设计与开发

作业资质的管理,分为单位资质与个人资质两部分。单位资质管理主要是针对具有资质的作业单位基本信息,法人、联系人信息以及资质年审信息的管理。个人资质信息则是针对具有资质的个人基本信息以及培训、年审信息的管理,个人资质分为:指挥人员、管理人员、火箭作业人员、高炮作业人员等,个人资质必须经过相应的培训并取得上岗资格证后才能获得。

装备弹药管理,主要针对装备弹药的入库登记、库存查询、装备弹药配发、装备弹药调配、装备维护、装备年审、装备停用、装备弹药报废以及装备弹药故

障记录等的管理。装备弹药配发是指上级单位将本级装备弹药下拨至下级单位,而装备弹药的调配则是平级单位间的调整,仅是两单位的共同上级单位装备管理员才具有权限。对于未经年审或处于故障状态下的装备弹药,在作业申请时,将被屏蔽不能进入申请列表,这样可最大限度避免有隐患的装备弹药进入作业程序,减少事故的发生。

预警管理,主要针对弹药保质期的管理,在弹药入库时,根据弹药生产日期以及保质期信息自动计算其过期的日期,根据预设的预警时间(一般为 1 年和半年两级),在进入系统后自动启动预警,提醒管理员注意使用,而对于已经过期或即将过期的弹药则严禁使用。

2.3 系统角色设计与权限管理设计

系统按照角色设计实现系统权限的管理,省级系统管理员可以按照需求设定不同的角色,并分配相应的权限,目前系统设计了系统管理员、装备信息管理员、服务信息管理员、指挥长、指挥员、作业人员等不同角色。

系统管理员,负责角色权限设定与分配,承担系统运行维护任务,分省、市两级。省级系统管理员可以自行设定角色,并分配相应权限,市级系统管理员只能按照预先设定的角色权限分配本市辖区的系统内用户。

装备信息管理员,负责本级及下级单位的人影装备、车辆、弹药、人员等信息的管理,分省、市两级。省级装备信息管理员,负责全省作业装备、弹药采购入库、下拨、调配、销毁,以及省级培训人员信息录入、单位和个人资质发放与审核等信息管理。市级装备管理员只能实现对本辖区内装备信息的管理。

服务信息管理员,负责本级及下级单位对外发布信息编辑与管理,分省、市两级。省级服务信息管理员可以对下级单位申请发布的信息进行修改编辑,并决定是否发布,而市级服务信息管理员只能对本级及下级单位信息进行修改编辑,而无发布权限,且对于已发布的信息不再拥有修改权限。

指挥长,负责本级及下级单位作业申请与审批,以及作业流程的监控管理,分省、市、县三级。省级指挥长负责全省地面作业指挥以及全省各个作业点的监控管理,可对任一作业过程中的违规行为进行干预,并指导全省各级地面作业。市级指挥长负责审批本级及下级单位的作业申请,负责对所批作业的监控与管理。县级指挥长负责向上级单位提出本级作业申请,选派和接收作业装备、弹药和作业人员,并监控本级作业。

指挥员,承担具体作业指挥任务,负责监视天气变化、选择作业时机、计算作业参数、申请作业空域、下达作业指令等任务,分省、市两级。市级指挥员负责对已批准的作业进行实时监控,下达指令,并可根据天气变化情况及时更改作业指令,负责提供作业参数,接收现场作业信息,并完成信息上报工作。省级指挥员负责对市级指挥员进行技术指导,监控全省所用作业,收集作业信息,对违规作业进行干预与提醒。

作业人员,由获得上岗作业资质人员担任,承担

具体作业任务,负责现场信息采集及上报,按照指令实施作业。

3 人影作业指挥功能设计与开发

3.1 省级人影指导产品开发

省级人影指导产品包括:雷达拼图产品、双偏振雷达产品、雨量查询统计产品、云微物理量产品、作业条件预报产品以及作业参数产品等。

雷达拼图产品,将安徽省及周边 8 部多普勒天气雷达基本反射率观测产品,经质量控制和插值后,绘制形成 2~9 km,高度间隔 0.5 km 或 1.0 km 的等高面雷达反射率产品,为人影作业决策指挥提供指导。

双偏振雷达产品,提供布设于霍山的车载 X 波段双偏振雷达观测产品,包括:强度场、速度场、差分反射率、相位差等。

雨量查询统计产品,提供安徽全省中尺度自动雨量站实时雨量监测查询统计的功能,可按照不同数据库设计提供 1 分钟、10 分钟和 1 小时的时间间隔统计查询,并实时绘制显示雨量图。

云微物理量产品,该产品为国家级人影数值预报指导产品的本地化应用产品,包括云含水量、冰晶含量、总水凝物含量、冰晶浓度、柱含水量、过冷水顶温度、柱过冷水量等物理量产品。

作业条件预报产品,利用国家级数值模式预报产品与全省中尺度自动雨量站建立的判别方程,计算全省各雨量站有无作业条件判据,提供全省 24 小时内逐 3 小时的作业天气条件预报。

作业参数产品,利用雷达拼图反射率数据,根据最大反射率强度、回波面积、回波高度等参量,判断全省各作业点是否具备可作业条件,并计算提供作业方位、仰角以及用弹量等参数,指导各地开展作业。

3.2 作业指挥流程设计

安徽省人工影响天气信息管理与作业指挥系统目前主要针对全省地面人影作业而设计,按照市级指挥、县级作业、省级指导的原则,设计作业指挥流程(图 1)。

(1) 作业申请流程。作业需求单位指挥长应首先向市级指挥长提出作业申请,提交申请时应在数

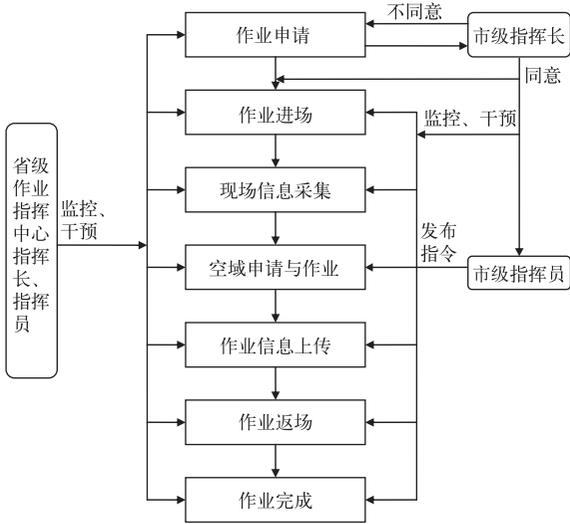


图 1 安徽省人影作业指挥流程图

Fig.1 Flow chart for command process of Anhui weather modification operations

据库中选择参与作业的人员、车辆、催化工具、弹药、作业点等信息,同时指定现场指挥人员,预设作业时间,系统自动对此次申请编辑作业号,同时将此次申请中作业时间、现场指挥人员姓名及手机号、其他作业人员姓名、所用车辆、所用装备、携带弹药编号、预定作业点等信息发送至市级指挥长手机终端,市级指挥长最终决定是否开展此次作业。对于已获得批准的作业申请,系统将批准信息回复给作业需求单位指挥长和市级指挥员,此次作业方可进入后续流程。

(2) 作业进场流程。获得批准的作业,按照所申请的人员、车辆、装备、弹药,启动 GPS 和无线上网设备,向预定作业点进场待命。在作业进场途中,携带的无线上网设备会及时将信息传送至系统,市级指挥员可以在指挥平台下,实时监控作业进场轨迹、速度以及此次申请的人员、车辆、装备、弹药以及预定作业点等信息,同时根据指挥平台提供的实时雷达图等气象资料,判断预定作业点是否仍然具备作业条件,下达更改或取消作业的指令。

(3) 作业现场信息采集及待命流程。作业人员到达指定作业点后,现场指挥应及时将作业现场观测信息上报市级指挥员,启动现场视频监控设备,根据需求上传现场视频信息,按规定安装检测作业装备,等待作业指令,同时继续开展现场观测。

(4) 空域申请与作业流程。作业现场指挥,根据现场观测情况向市级指挥人员提出发射申请,由

市级指挥员向空域管制部门提出空域申请,得到同意批复后,市级指挥人员下达作业指令,并提供发射仰角、方位角、用弹量等作业参数,作业现场实施发射作业。

(5) 作业信息上传流程。发射作业完成以后,作业现场应及时将作业时间、发射方位、仰角、用弹量等信息上传,并等待下一步指令。

(6) 作业返场流程。现场作业完成后,作业人员、车辆、催化工具、剩余弹药(含故障弹)返回出发地,向县级指挥长进行入库交接,并报市级指挥长和市级指挥员,完成此次作业。

(7) 省级指挥中心的全程监控与干预。省级指挥人员在指挥平台下可对全省各个作业的 1~6 流程进行全程监控,利用互动平台提供指导,并可对违规流程进行干预与提醒。

3.3 人影作业实时指挥功能的技术实现

3.3.1 实时指挥流程控制

作业指挥系统设计与开发中,重点考虑作业安全的管理,在实时指挥中对作业流程关键环节进行技术控制。

(1) 作业申请流程的控制。在系统设计中,作业需求单位根据本地需求申请作业,在提交作业申请表时,系统将提供本单位合格的装备、弹药、人员等信息,而屏蔽掉不合格信息,最大限度限制不合格装备、弹药以及不符合条件的作业人员进入后续作业程序。申请作业的权限仅限本单位指挥长,指挥长角色人员由市级系统管理员根据需要确定。作业申请需要得到市级指挥长的批复同意,方可进入后续作业流程,并在实时指挥界面上显示(图 3 中绿色圆点)。

(2) 作业进场和返场流程控制。获得批准的作业,则按照申请内容实施进场作业流程。在作业进场中,系统会将车辆行进信息传送至指挥平台,市级指挥人员实时监控作业进场轨迹、速度(图 2),根据雷达拼图产品下达指令。作业完毕返场时,市级指挥人员同样可在实时指挥界面中对返场流程进行监控。

(3) 作业发射流程控制。作业装备、人员到达作业现场后,会对作业装备进行发射前的测试检查,观测现场天气情况,并可和市级指挥人员在互动平台进行会商交流。现场指挥人员认为具备作业条件时,向市级指挥人员提出发射申请,并提供现场观测

数据以及发射参数要求,由市级指挥员向空域管制部门提出空域申请,得到同意批复后,市级指挥人员下达作业指令,明确发射仰角、方位角、用弹量等作业参数,由作业现场实施发射作业。处于发射申请状态下的作业点,将在实时指挥界面中以红色圆点标注(见图 3),提醒各级作业指挥人员注意。



图 2 作业车辆进场时 GPS 轨迹图

Fig. 2 GPS tracks of weather modification vehicle



图 3 作业指挥平台实时指挥中雷达拼图产品

Fig. 3 Radar mosaic products in operation command platform

省级指挥人员可以在实时指挥平台中对全省所有作业进行监控与干预,指导市级指挥人员指挥作业。

3.3.2 主要指导产品的应用

(1) 实时指挥中雷达拼图产品的应用。全省人影地面作业主要是利用雷达拼图产品,并叠加省内 GIS 数据实现实时指挥功能。雷达拼图产品利用安徽省合肥、阜阳、蚌埠、黄山以及周边南京、徐州、驻马店、九江等 8 部多普勒天气雷达的反射率观测数据经质量控制后,插值到统一的笛卡尔坐标系中,将 8 部雷达的格点反射率场拼接起来形成 3 维拼图网

格数据,各雷达的反射率场分辨率均为 1 km。根据人工增雨冷云催化剂的高度要求和现有装备的作业高度,插值形成 2、2.5、3、3.5、4、4.5、5、5.5、6、7、8 和 9 km 高度的反射率场格点数据,并在 GIS 地图上绘图显示,用于实时指挥人影作业(图 3)。市级指挥员根据雷达拼图产品提供的雷达回波等参量,进行作业点修改和作业参数计算,下达实施作业的指令。

(2) 实时指挥中作业参数产品的应用。考虑安徽省 0℃层高度,利用雷达拼图产品 4 和 5 km 两层的资料,取某一作业点周围 8 km 范围内回波值,根据 GIS 信息,过滤掉有村庄的点。根据安徽经验,选取 30 dBz 以上的回波作为可作业区域,计算区域内各点到作业点的方位角。对比各个点方位角和平均风向的角度差,按照角度差从小到大的顺序分别计算作业点到各点的仰角,并与火箭射击抛物线比较,如果吻合,则认为该点为作业目标点,并给出相应仰角和方位角(图 3)。

(3) 作业条件分析中云微物理量产品的应用。云微物理量产品是国家级人影指导产品中模式预报产品的本地化应用,考虑到安徽省应用实际,系统选择了云含水量、冰晶含量、总水凝物含量的 850、700 和 500 hPa 预报产品和柱状水量预报、柱过冷水量预报、过冷水顶温度预报产品。该产品分辨率为 0.2°×0.2°,每天 08:00(北京时,下同)和 20:00 各提供一次逐 3 小时的 24 小时内预报产品。省市两级指挥人员可根据该类产品和其他监测、预报产品,分析 24 小时内全省各地可作业区域,做出是否实施作业的决策。

(4) 作业条件分析中作业条件预报产品的应用。作业条件预报产品是通过 2007—2008 年两年的国家级模式预报产品中云微物理量预报产品与省内 1105 个自动雨量站对应 3 小时雨量的统计分析,采用 Fisher 方法按不同季节(夏季:5—8 月,春秋:3—4 月、9—10 月,冬季:11 月至翌年 2 月)、不同站点分别选取判别因子建立判别方程。利用各个季节和各个站点的判别方程,分别计算出各个站点有无作业条件的判别结果,绘制成全省有无作业条件的区域分布图供省市两级指挥人员在作业决策时参考^[19]。

(5) 作业条件分析中雨量查询统计产品的应用。雨量查询统计产品是利用全省中尺度自动雨量站实时雨量数据库,按照指挥人员需求,实时查询统

计任意时段的全省累计雨量,并利用 Suffer 8.0 绘制成全省雨量分布图。省市两级指挥人员可根据实时雨量分布图分析当前可作业条件,或对前期作业效果进行分析。

4 结论与讨论

“安徽省人工影响天气信息管理与作业指挥系统”是专门针对省级人影作业信息服务和地面作业指挥而设计的软件平台,系统利用数据库和网络技术重点加强了人影信息安全管理与作业指挥流程的规范化设计,通过网络实时全程监控,在作业流程的关键环节进行技术控制,以达到提高人影作业安全性的目的。

系统根据省级业务需求,较为合理地设计了人影信息数据库,使用了 53 张数据库表对全省装备、弹药、人员、作业点等人影信息进行管理。采用角色和权限双重管理模式,对系统内各项权限通过赋予预设的角色加以管理,为信息管理安全提供了有效的保障平台。

系统针对安徽实际设计了规范化的地面作业指挥流程,并在软件平台开发中对流程关键环节进行了技术控制,在作业申请之初就可滤去不合格装备、弹药、人员等信息,杜绝不安全因素进入后续作业流程,同时可对作业全过程进行监控和干预,可以有效减免作业安全事故的发生。

系统为各级作业指挥人员决策指挥提供了对雷达拼图、作业参数、云微物理量、作业条件预报和雨量查询统计等产品,作业指挥人员可通过这些产品并结合省级其他业务产品分析可作业天气条件和可作业区域,提出作业申请和批准作业申请,并且在实时指挥作业过程中,根据实时雷达拼图产品和作业参数产品下达作业指令,分析作业效果。

虽然“安徽省人工影响天气信息管理与作业指挥系统”,设计并开发形成安徽全省统一的人影信息管理和地面作业指挥软件平台,提供了作业决策指挥指导产品,在安徽人影实际业务中发挥了重要的作用。但是目前该系统的重点还是针对地面作业安

全而设计和开发的,尚未提供更多的省级人影指导产品用于指挥地面作业,飞机人工增雨作业指挥和作业效果评估等功能尚未在系统中得以实现,这些不足将会在后续系统开发中加以改进。

参考文献

- [1] 辛乐,姚展予. 一次积层混合云飞机播云对云微物理过程影响效应的分析[J]. 气象,2011,37(2):194-202.
- [2] 吴汪毅,杨光. 运用雷达组网拼图建立精细化人工增雨作业参数[J]. 气象,2011,37(1):107-111.
- [3] 苏正军,郑国光,关立友. 人工冰核的核化速率实验[J]. 气象,2010,36(11):46-49.
- [4] 李红斌,何玉科,濮文耀,等. 多普勒雷达特征参数在人工防雹决策中的应用[J]. 气象,2010,36(10):84-90.
- [5] 王英,常骏,李永利,等. 内蒙古气象综合信息系统功能设计与实现方式[J]. 气象,2010,36(4):80-84.
- [6] 黄毅梅,陈跃,周毓荃,等. 基于 ArcGIS 的人工影响天气综合分析平台[J]. 气象,2007,33(12):116-120.
- [7] 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(增刊):173-184.
- [8] 魏慧娟,崔新建,杨国锋. 市(地)级人工增雨决策指挥系统[J]. 气象,2007,33(12):110-115.
- [9] 王以琳. 市、县级人工影响天气轨道业务流程的研究[J]. 干旱气象,2007,25(1):73-78.
- [10] 张丰启,谢红娟,刘庆泰. 威海市人工影响天气作业指挥管理系统[J]. 气象科技,2002,30(2):118-121.
- [11] 李云川,张文宗,赵利品,等. 多普勒雷达数据在人工影响天气作业指挥中的应用[J]. 气象科技,2006,34(5):592-595.
- [12] 阮征,彭浩,周国春. 信息空地传输显示系统及试用[J]. 气象,2005,31(7):80-84.
- [13] 李茂仑,金德镇,汪晓梅,等. 飞机人工增雨空地传输系统[J]. 应用气象学报,2001,12(增刊):194-199.
- [14] 黄毅梅,周毓荃,鲍向东. 人工影响天气高炮(火箭)作业空域自动化申报系统[J]. 气象科技,2006,34(3):301-305.
- [15] 岳治国,刘贵华,李燕,等. 陕西省人工影响天气业务信息管理系统[J]. 陕西气象,2002,5:30-31.
- [16] 王庆,刘诗军,张连云,等. 山东省市级人工影响天气业务管理系统[J]. 山东气象,2002,2:36-38.
- [17] 林俊君,杨金冬. 基于 Web 技术的人影业务管理系统的方案设计[J]. 广东气象,2007,29(4):53-55.
- [18] 全国人影业务平台观摩交流会议[C],北京,2010,5.
- [19] 袁野,李爱华,邵洋,等. 人工增雨作业条件预测方法研究[J]. 气象科技,2009,37(5):621-626.