

# 基于 SMS 的气象灾害短时临近自动预警系统设计与实现

姜小云<sup>1,2</sup>, 吴俞<sup>3</sup>, 张永莉<sup>4</sup>

(1. 海南省气象探测中心, 海口 570203; 2. 海南省南海气象防灾减灾重点实验室, 海口 570203  
3. 海南省气象台, 海口 570203; 4. 成都信息工程大学, 成都 610225)

**摘要:** 目前, 各种气象灾害频发, 气象灾害造成的损失也越来越大; 随着气象科技和业务现代化建设的不断深入推进, 全国各级气象部门也相应部署了多种气象灾害观测设备, 来对气象灾害进行实时监测预警和预报服务; 这些观测设备涵盖了地基、海基、空基和天基气象观测设备; 针对目前已经投入业务运行的各种气象探测设备观测数据进行自动实时分析并根据灾害性天气发生时气象数据达到的阈值条件, 通过手机短信发送相应气象灾害信息到各级气象预报服务业务人员手机, 以便其在第一时间内进一步分析和处理, 从而有效防范和应对各种气象灾害的发生; 系统开发完毕并投入业务应用以来, 根据气象业务应用实际情况表明系统在气象灾害预警、防灾减灾等业务中发挥了积极作用。

**关键词:** SMS; 气象灾害; 短时临近; 自动预警系统

## Design and Implementation of Automatic Warning System for Short Time Meteorological Disasters Based on SMS

Jiang Xiaoyun<sup>1</sup>, Wu Yu<sup>2</sup>, Zhang Yongli<sup>3</sup>

(1. Hainan Provincial Meteorological Detecting Centre, Haikou 570203, China; 2. Key Laboratory of Meteorological Disaster Prevention and Reduction in South China Sea of Hainan Province, Haikou 570203, China;  
3. Hainan Provincial Meteorological Observatory, Haikou 570203, China;  
4. Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

**Abstract:** At present, a variety of meteorological disasters occur frequently, and the losses caused by meteorological disasters are also increasing. With the continuous advancement of meteorological science and technology and business modernization, meteorological departments at all levels of China have also deployed a variety of meteorological disaster observation equipment to provide real-time monitoring, early warning and forecasting services for meteorological disasters. These observation equipment covers ground-based, sea-based, space-based and sky-based meteorological observation equipments. a variety of meteorological observation data detection equipment which have been put into operation is auto analyzed for real-time and according to the threshold condition upon to meteorological data of weather the corresponding meteorological disaster information text messages are sent through mobile phone to all levels of the weather forecast service business mobile phones for the first time, in order to the further analysis and processing, so as to effectively prevent and respond to various meteorological disasters. Since the system has been developed and put into application, according to the actual situation of the meteorological service application indicates that the system plays a positive role in meteorological disaster warning, disaster prevention and mitigation activities, etc.

**Keywords:** SMS; meteorological disasters; short time approaching; automatic warning system

## 0 引言

目前灾害性天气现象频发, 我国境内的气象灾害主要有暴雨、冰雹、龙卷、飚线、雷雨大风等中小尺度灾害性天气系统。这些气象灾害具有局地性强、历时短、来势猛、破坏性大等一些特点, 并且往往威胁人民群众生命财产安全, 经常造成国民经济损失。因此预警信息发布的时效要求很高, 需要在第一时间内将预警信息传达到各级领导和灾害

天气即将发生的地区范围的群众手中, 以便及时防范和应对, 尽量减少灾害造成的损失。

随着手机短信在天气预报和气象预警信息发布中的广泛应用, 越来越多的气象科技工作者开发了许多基于短信的气象预警服务系统。如罗保华, 童以长, 张深寿等人对地市级气象灾害短信预警系统进行了探讨<sup>[1]</sup>, 提出了地市级气象灾害短信预警的方法和思路。王赞, 段燕楠, 姚思等人对基于 WebService 的气象预警短信发布系统设计与实现进行了探讨<sup>[2]</sup>, 提出了基于 WebService 技术直接接入电信短信网关, 实现了气象预警信息的高效发布, 提高了气象服务的整体质量和效率。徐琼芳, 聂菊荣, 冯海旭等人提

收稿日期: 2019-12-31; 修回日期: 2020-03-25。

基金项目: 海南省气象科技创新项目(HNQXXT201803)。

作者简介: 姜小云(1978-), 男, 江西南昌人, 硕士, 高级工程师, 主要从事新一代天气雷达技术开发与保障方向的研究。

出了基于微信平台的气象预警信息发布系统<sup>[3]</sup>。姜小云等人对新一代天气雷达的运行监控和报警等进行了探讨<sup>[5-7]</sup>。邹书平等对建立气象决策短信服务平台系统进行探讨<sup>[8-10]</sup>。本文针对目前已经投入业务运行的各种气象探测设备观测数据进行实时分析并根据灾害性天气发生时气象数据达到的阈值通过手机短信平台发送到各级气象预报服务业务人员手机,以便其在第一时间内进一步分析和处理。

### 1 系统总体设计

如图 1 所示,本气象灾害短时临近自动预警系统对主要气象观测系统设备运行状态进行实时监控。具体包括了新一代天气雷达观测系统、国家级自动气象站观测系统、山洪防治气象观测系统、区域自动气象站观测系统和土壤水分自动观测系统等设备。其中,新一代天气雷达系统预警包括雷达设备故障监控预警、雷电预警、冰雹预警和龙卷预警。预警指标为当天气雷达反射率因子达到 45 dBZ 以上或组合反射率因子达到 50 dBZ 以上时立即自动发布雷电预警给短信平台,再由短信平台发送给相关各级气象预报业务服务人员。国家级自动气象站系统预警主要有高温预警、大风预警、大雾预警和暴雨预警等。山洪防治气象站主要监控其降水量。当降水量达到可能诱发山洪灾害的阈值指标时立即发送预警信息到短信平台,再由短信平台发送给相关各级气象决策部门,以便第一时间进行灾害防御处置工作。土壤水分自动观测站系统主要为干旱预警。当土壤水分自动观测站系统观测的体积含水量达到相应指标时候立即发送干旱预警信息到短信平台,再由短信平台发送给相关各级农业气象服务部门,以便第一时间进行气象为农服务工作。具体的设计参数如表 1 所示。

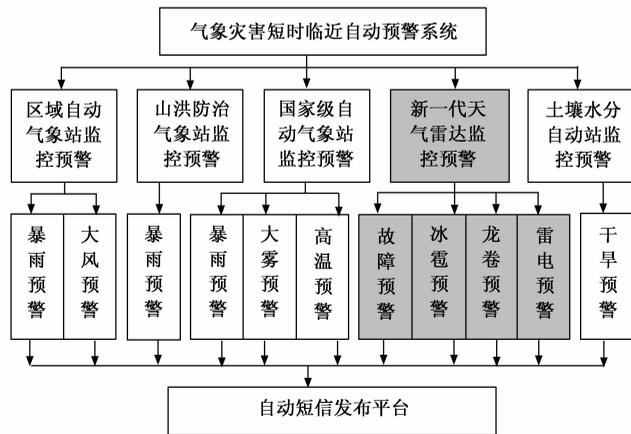


图 1 系统总体设计框图

### 2 分系统设计

#### 2.1 新一代天气雷达监控预警

##### 2.1.1 雷达回波强度预警值目标位置搜索

根据本地灾害性天气在新一代天气雷达观测资料中显示的特征和预报预警经验,可以选择一些新一代天气雷达回

表 1 系统设计参数

序号	气象灾害名称	气象灾害预警阈值
1	暴雨	3 小时降水量 $\geq 50\text{mm}$
2	大风	风速 $\geq 17.2\text{ m/s}$
3	大雾	空气能见度 $\leq 500\text{ m}$
4	高温	空气温度 $\geq 37\text{ }^\circ\text{C}$
5	冰雹	雷达反射率因子 $\geq 45\text{ dBZ}$ ,差分反射率约等于 $1\text{ dBZ}$
6	龙卷	雷达反射率因子 $\geq 45\text{ dBZ}$ (给出龙卷提示)
7	雷电	雷达反射率因子 $\geq 45\text{ dBZ}$ (给出雷电提示)
8	干旱	土壤体积含水量 $\leq 12\%$ (给出干旱提示)

波预警阈值来实现当实时观测资料达到某些阈值时立即自动发布相应级别的气象灾害预警信息短信给相关业务人员手机,以便提醒其进一步确认和转发给上级预警发布中心,从而实现全社会的气象灾害突发事件及时预警。例如,选取当基本反射率因子达到 45 dBZ 以上时发布相应级别的雷电预警,当新一代天气雷达垂直液态含水量(VIL)达到 50 时可以发布冰雹等灾害性天气短时临近预警。图 2 为新一代天气雷达观测到的一张基本反射率因子回波图,图中,在昌江和万宁出现反射率因子大于 45 dBZ 的地方,那么本文所设计的系统将自动识别和自动发布预警短信给相关天气预报业务人员。

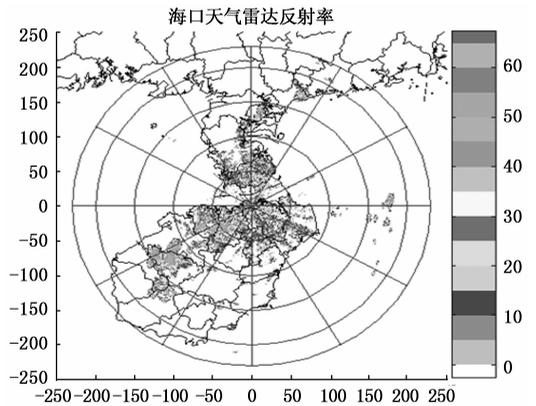


图 2 海口新一代天气雷达反射率回波图  
(观测时间: 2016 年 5 月 25 日 15 时 34 分)

新一代天气雷达回波强度预警值目标位置搜索的方法是方块区域数据滑动平均,如图 3 所示,从新一代天气雷达基数据文件解码获得的反射率因子数据中当没有探测到目标时数据解码为 $-33\text{ dBZ}$ ,根据新一代天气雷达观测产品物理量的连续性,某一块回波最大值一般会出现回波中心位置,那么当搜索到最大值大于预警阈值时,还需计算以最大值为中心上下左右各偏离一定范围的区域平均值,当该平均值也大于预警值阈值时即将发布气象灾害预警信息。在图 3 中,行表示新一代天气雷达扫描的方位角,列表示新一代天气雷达扫描的距离库。

-3.5000	-3.5000	-33	-33	-33	2	-33	-33	-33
-33	10	-33	-33	16	5	-33	-33	-33
-33	-33	-33	-33	-0.5000	-33	-33	-33	-33
-33	8.5000	11.5000	7.5000	4	-33	-33	-33	-33
-33	13.5000	15	16.5000	13	-33	-33	-33	-33
-33	-33	10.5000	20.5000	19	17.5000	7.5000	-33	-33
-33	-33	-33	12.5000	14.5000	9.5000	-33	-33	-33
-33	-33	-33	10	9.5000	15.5000	-33	-33	-33
-33	-33	11.5000	12.5000	17	19	13.5000	-33	-33
-33	-33	8.5000	14.5000	-33	-33	5.5000	-33	24
-33	-33	1.5000	12.5000	-33	-33	-33	-33	16.5000
-33	-33	7	12.5000	10	-33	-33	-33	-33
-33	6	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33
4.5000	3	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33
-3.3	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33

图 3 新一代天气雷达反射率数据

### 2.1.2 回波极坐标转换成地理经纬度

当识别出雷电等灾害级别的雷达回波并记录其坐标位置, 在新一代天气雷达基数据文件里, 坐标是极坐标形式, 所以还得把极坐标位置转换为地理经纬度坐标, 从而可以通过下一步的处理得出其行政区划位置以便通过 SMS 短信把灾害天气出现的地区等信息发送给相关各级业务值班人员手机里。那么, 已知新一代天气雷达站的经纬度以及灾害天气出现地区的距离和方位角, 可以计算出该位置的经纬度信息。

本文假设  $A$  为新一代天气雷达站的位置,  $B$  为出现的灾害性天气的目标位置。那么,  $A_j$  为  $A$  点经度,  $A_w$  为  $A$  点纬度,  $B_j$  为  $B$  点经度,  $B_w$  为  $B$  点纬度。设定北纬为正, 南纬为负, 东经为正, 西经为负。经纬度单位使用度, 如果是度分秒为单位的经纬度要转换成以度为单位的经纬度信息。角度单位统一采用角度值, 不是弧度值, 以避免出错。  $R$  为地球平均半径,  $A_z$  为方位角, 以真北为 0 度起点, 由东向南向西顺时针旋转为正值, 如旋转了 30 度, 那  $A_z$  等于 30 度。

如图 4 所示,  $A$ 、 $B$  和  $C$  为地球表面上 3 个位置点,  $O$  为地球中心点,  $L_{AB}$  为  $A$  和  $B$  的球面距离,  $a$ 、 $b$  和  $c$  分别为角  $BOC$ 、角  $AOC$  和角  $AOB$ 。由于新一代天气雷达站的经纬度在新建雷达站时由测绘部门实地测量获得准确的经纬度信息, 那么  $A_j$  和  $A_w$  就是已知的。雷达探测到的灾害天气位置极坐标也是已知的, 即, 灾害性天气回波离新一代天气雷达站的距离  $L_{AB}$  和方位也是已知的, 查找有关文献地球平均半径  $R$  等于 6 371.004 公里。

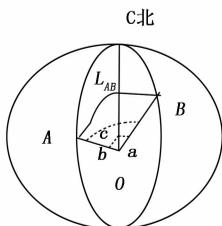


图 4 极坐标转换成经纬度计算示意图

首先计算角度  $c$ , 如公式 (1):

$$c = (L/R) \times (180/\pi) \tag{1}$$

再求解角度  $a$ , 将已知量代入公式 (2):

$$a = \arccos(\cos(90 - A_w) \times \cos(c) + \sin(90 - A_w) \times \sin(c) \times \cos(A_z)) \tag{2}$$

最后根据公式 (3) 求解  $C$ :

$$C = \arcsin(\sin(c) \times \sin(A_z) / \sin(a)) \tag{3}$$

那么, 灾害性天气的目标位置  $B$  的经度  $B_j$  等于  $A_j + C$ , 纬度  $B_w$  等于  $90 - a$ 。

### 2.1.3 回波经纬度解析成行政区划地名

图 5 是根据百度地图地理信息系统 API 函数所做的应用软件, 它可以批量将经纬度信息转换成对应的行政区划地名。该软件自动读取上一节所述的新一代天气雷达探测到的灾害性天气目标位置的经纬度信息文件, 然后自动批处理转换成相应的行政区划地名并保存为地名信息文件, 以便下一步将气象灾害信息通过短信平台自动发布给相应行政区的各级气象业务人员。

### 2.1.4 雷达故障监控

由于新一代天气雷达全天候 24 小时不间断运行, 本文实现的监控程序实时监视新一代天气雷达主程序工作目录下是否有告警文件生成或修改, 如有则读取该告警文件, 提取出故障内容代码, 并从故障信息数据库中找到与故障代码相匹配的故障内容实时发送到短信平台程序, 从而将故障告警信息第一时间发送给相关业务人员, 以便迅速抢修雷达故障<sup>[1]</sup>。



图 5 经纬度解析成地名软件界面



图 6 新一代天气雷达故障监控软件界面

## 2.2 国家级自动气象站监控预警

根据国家地面气象观测规范<sup>[8]</sup>, 国家级自动气象站是对地球表面一定范围内的气象状况及其变化过程进行系统地、连续地观察和测定, 为天气预报、气象情报、气候分析、科学研究和气象服务提供重要的依据。目前, 国家级自动气象观测站能自动测量的要素有云、能见度、气压、空气的温度、湿度、风向、风速、降水、太阳辐射、蒸发、地面温度和雪深等项目。图 7 为自动监控到国家级自动气象站高温、暴雨灾害的实时监控界面, 同时将这些报警信息通过短信平台及时发送到各级相关气象业务人员手机里, 以便业务人员及时发布相应预警信息。其中报警级别根据中国气象局有关文件定义。本系统采用的设计参数

见表 1。

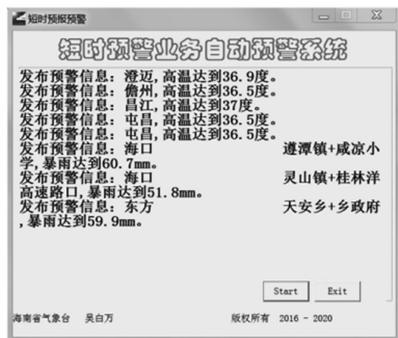


图 7 自动站实况监测自动预警软件界面

### 2.3 山洪防治气象站监控预警

山洪灾害是由于山洪暴发而所带来的危害。山洪灾害突发性强、危害大，已经成为我国当前防灾减灾工作中的突出问题。暴雨是诱发山洪发生的主要因素，这些系统多为中小尺度强对流系统。山洪防治气象站主要是数量众多的单雨量站。当监控系统监测到有暴雨级别的降雨时立即发布预警信息给各级气象业务人员手机里，以便业务人员立即处置，并编发相应预警信息发布给各级决策部门。

### 2.4 区域自动气象站监控预警

区域自动气象站的大规模建设对提高我国地面气象观测业务水平及区域性灾害性天气的监测预警服务能力具有重要作用。区域自动气象站是国家级自动气象站的重要补充，大大加密了气象观测空间范围。可以无缝隙监测灾害性天气的发生、发展和结束。如图 7 所示，区域气象站的要素实时监控类似国家级自动气象站，监控时间间隔为每 10 分钟。

### 2.5 土壤水分自动站监控预警

土壤水分对农作物的生长有重大影响。经常对土壤水分进行监测，掌握其变化规律，对农作物生产实时服务和理论研究都很重要。土壤水分自动站可以快速、方便的在同一地点进行不同层面的土壤水分进行观测，获取具有准确性、代表性和可比较性的土壤水分连续观测数据，可大大减轻人工取土式观测劳动量、并且提高了观测数据的时空密度，为农业气象预报、干旱监测和服务提供了高质量的土壤水分监测数据。其观测要素为 10、20、30、40 和 50 厘米等深度的土壤单位体积含水量。通过把干旱灾害发生时的土壤水分观测值作为预警值，及时发送该预警信息给相关农业气象业务人员手机，以便及时为农服务，提高农作物效益。

### 2.6 自动短信发布平台

如图 8 所示，该界面为短信自动发布平台系统，当其他模块实时检测到气象灾害发生时，立即将该气象灾害预警信息发送到本短信平台，然后短信平台立即转发给各级相关取消业务人员手机里，以便第一时间提醒工作人员。

该短信平台一般在后台实时运行，不得关闭。否则，监测到的预警信息不能最终发送到业务人员手机里从而错过灾害性天气发生时应急处置的时机，影响气象决策服务的效益。



图 8 自动短信发布平台软件界面

### 2.7 实验结果与分析

在系统开发完成后进行了半年的试运行。在试运行过程中，统计了系统自动发布气象灾害预警和没采用系统自动预警的方法而是采用人工定时查看的方法两者的预警时间提前量的差别。结果如表 2 所示。从表中可以看出，采用系统自动发布气象灾害预警的时间比人工查看的时间有约 1 小时的提前量。而且人工查看的方法耗费大量的人工劳动，效率低。

表 2 系统运行效果

灾害发生时间	灾害名称	气象灾害预警较人工平均提前量
1	暴雨	1 小时
2	大风	1 小时
3	大雾	1 小时
4	高温	1 小时
5	冰雹	1 小时
6	龙卷	1 小时
7	雷电	1 小时

## 3 系统应用情况

本气象灾害短时临近预警系统是在目前气象灾害多发的前提下，为了最大可能的不漏发气象灾害预警信息，依靠计算机智能化设备将各种气象观测资料定时进行自动分析和监控，如有达到气象灾害阈值时立即发送手机短信给各级气象业务工作人员手机，以便第一时间通知提醒业务人员。业务人员再根据气象灾害的轻重缓急程度逐级上报，从而最大限度的减少人员伤亡和财产损失，更好发挥气象探测设备服务民生、国防、渔业、农业等的作用。本系统自开发完毕并投入业务应用以来，多次提醒了我省广大气象业务人员及时发布气象灾害信息（夜间强雷电、冰雹和龙卷等），避免了或减少了人们生命财产损失。

(下转第 181 页)