

# 智慧气象融入经济、社会、城市 三大治理体系的研发应用

■ 金玲 张丽亚 张德林 顾松强 陈丽君

以上海市浦东新区为试点，将“智慧气象”场景融入经济、社会、城市三大治理体系的应用场景，建设了浦东“智慧气象”平台。基于物联感知、图像识别、智能发现、大数据融合、移动互联和GIS等技术手段，平台建立智能化精细化的气象灾害风险预警模型，实现灾害性天气的智能发现和风险预警的自动推送；建立气象安全智能监管模型，实现气象安全监管的智能发现、分类监管、自动派单和协同处置的技术流程创新；建立气象全要素治理标准化流程清单，构建风险预警分级联动闭环，应用于智慧气象场景关键治理流程，实现气象融入经济、社会、城市治理体系中各部门协同机制。

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2024.01.012

“智慧气象”是气象现代化发展的产物，是人们对气象智能化的积极探索和追求，是气象与科技、经济、社会的深度融合。发展观测智能、预报精准、服务开放、管理科学的智慧气象，是转变气象发展方式的重要途径。“智慧气象”已通过云计算、物联网、移动互联、大数据、智能等新技术的深入应用，依托于气象科学技术进步，使气象系统成为一个具备自我感知、判断、分析、选择、行动、创新和自适应能力的系统，让气象业务、服务、管理活动全程都充满智慧。2016年建设的“浦东新区重点单位气象安全智能综合监管平台”，将气象安全智能监管纳入浦东新区经济治理风险防范体系。2017年建设的“城市大脑——智慧气象精细化管理平台”，纳入了浦东新区城市运行智能化管理平台。

2021年浦东新区打造社会主义现代化建设引领区，提出“率先构建经济治理、社会治理、城市治理统筹推进和有机衔接的治理体系”。鉴于“浦东新区重点单位气象安全智能综合监管平台”侧重于气象安全监管，“城市大脑——智慧气象精细化管理平台”侧重于气象赋能城市精细化服务。两个平台存在功能相对单一、场景分散、受众面不强的问题，亟需集约化转变系统建设，整合技术成果，建设“智慧气象”应用场景，将气象治理要素贯穿经济发展监管、社会民

生服务、城市运行安全，从服务供给侧发力向应用需求侧发力延伸，融入浦东新区经济、社会、城市治理深化整合后的核心流程体系。

## 1 总体设计思路

“智慧气象”以平台深化整合为抓手，坚持数字化转型方向，以数字治理引领整体转变的要求，以融入浦东新区经济、社会、城市三大治理的设计思路和总体框架，搭建由基础层、数据层、服务层、应用层、展示层组成的平台构架。整合场景主要是解决了浦东新区重点单位气象安全智能综合监管平台”仅有气象监管内容、场景受众面小的问题，并丰富“城市大脑——智慧气象精细化管理平台”内容，解决了管理平台中天气元素为主的单一性以及缺乏部门间场景互动性的问题。

“智慧气象”应用场景，一方面以精准高效响应群众和市场主体需求为导向，建立气象要素影响城市安全、经济发展、民生服务3方面15个标准化服务清单，明确了要素名称、定性描述、识别方式、预警阈值界定以及对应的协同派单对象，体现了条块联动的处置标准和处置流程，从智能化技术支撑、服务流程再造方面深入研究，实现了气象风险源头预防，助力各部门综合治理；另一方面，以提升智能化为核心的风险主动发现能力为目标，以气象灾害风险为要素，以各

收稿日期：2022年5月16日；修回日期：2022年9月10日  
第一作者：金玲（1984—），Email: 542712285@qq.com

部门融合为路径,运用物联感知、图像识别、算法模型等智能化手段实现问题智能发现和趋势研判,建立多元素气象灾害风险模型。

此外,围绕各方主体全面参与,“智慧气象”平台实现了气象业务流程转型,建立影响预报、风险预

警、气象服务与智慧化气象安全监管工作的创新机制;以气象风险事前防范为重点,逐个要素形成协同处置流程,分级构建联动响应闭环,与各部门进行协同联动,推送精细化气象灾害风险提示,实现气象风险源头预防(图1)。



图1 上海浦东“智慧气象”平台

## 2 核心功能与技术设计

从智能发现、精细预报、精准服务、智能监管、联动响应、反馈机制等方面运用智能化手段实现“智慧气象”应用场景在三大治理体系的核心技术研发应用。

### 2.1 基于智能发现的灾害天气风险预警模型

针对不同类型的天气特点,平台从智能网格预报、重要信息天气领导专报、十天预报、短时临近预报以及相关新型监测手段,设定相关阈值,采取格点插值、敏感字提取、双偏振雷达参量及雷达外推产品进行多源数据融合判断等方式,结合服务对象地理位置,应对不同气象灾害风险的承受能力,实现灾害性天气风险智能发现,推送精细化风险提示。基于“智慧气象”应用场景,通过智能发现建立的灾害天气风险预警模型,在经济发展、民生服务和城市安全各领域实现气象灾害的精细化风险预警。2022年汛期期间,平台智能发现强降水20次,大风39次,雷电89次。根据不同部门阈值需求,平台实现了自动推送精细化预警292次。

#### 2.1.1 实现灾害性天气的智能发现

针对短时临近预报的相关新型监测手段(探空、双偏振雷达、自动站等)依次通过格点插值、敏感字提取、双偏振雷达参量读取与判断。根据相关阈值设定,平台进行多源数据融合判断等方式实现灾害性天

气的智能发现和预报。

根据不同类型的天气特点(影响范围、影响时间、预报能力),平台将风险预警的天气过程分为两大类,分别是过程性天气(包含台风、寒潮、高温、低温、过程性暴雨等)和强对流天气(包含短时强降水、雷电、雷暴大风、冰雹等)。其中,着力解决强对流天气智能发现的判断阈值和模型搭建。

针对过程性天气,平台主要通过智能网格预报、重要信息天气领导专报、十天预报、结合自动站(大风、气温)实况进行风险预警的智能发现和推送。利用智能网格预报1 h降水量、24 h滑动累积降水量,逐小时气温,风速等产品通过格点插值到服务对象(工地、小区等)相应经纬度,通过阈值判断(例如1 h降水量可达35 mm或24 h可达50 mm)进行风险提示。针对强对流天气过程,平台通过大量强对流天气个例分析,针对雷暴大风、短时强降水,试图通过双偏振雷达(青浦、南汇)参数及相关产品(TVS、QPE、QPF,光流法雷达回波外推产品),结合闪电资料、探空资料,实现雷暴大风、短时强降水、冰雹的智能识别。

通过文献调研及专家评审,平台建立了以探空、雷达、自动站、闪电定位仪等多源数据融合的阈值判断方法。通过对当日宝山08时(北京时,下同)探空0℃、-10℃、-20℃高度自动读取,利用青浦S波段双偏振雷达的相关参量(组合反射率、径向速度、微

差反射率因子ZDR、相关系数CC、相位差KDP)以及雷达小时定量降水估测产品QPE,回波顶高ET等进行强对流天气类型的智能判别和智能发现。若上述强对

流天气发生在上游,则利用光流法回波外推产品,实现未来1 h是否影响本区预警区域的智能提醒。主要判断方法如图2所示。

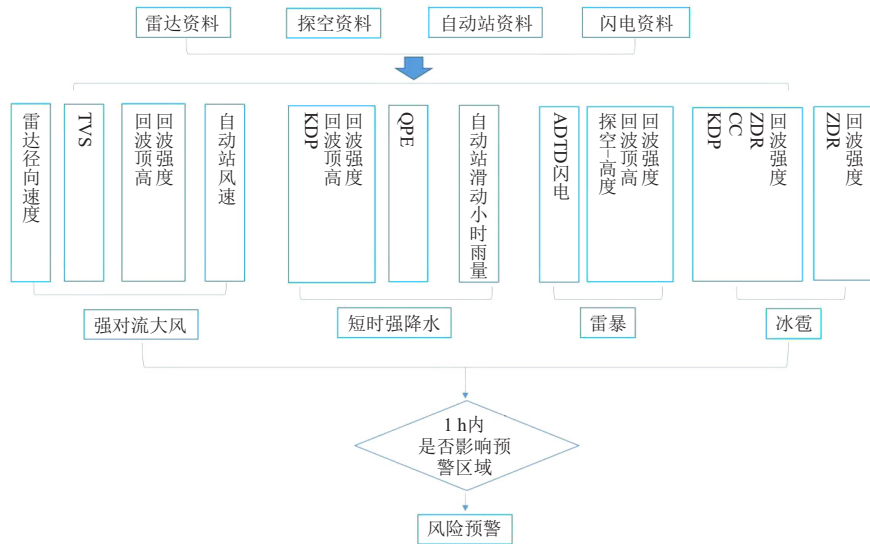


图2 风险预警流程图

### 2.1.2 建立风险预警模型

目前平台实现了台风大风影响下浦东新区部分沿海学校承灾体自身暴露度脆弱性动态风险指数的构建方法。未来将通过基于对承灾体脆弱性暴露度的数据获取调查分析,确定不同气象灾害所对应的风险因素、风险因子及风险指标权重,制定指标体系,形成动态风险预警提醒。

## 2.2 基于动态风险监管模型形成智慧管理模式

运用物联感知在线监测防雷设备运行,图像识别检测报告的关键信息、数据比对检测机构资质等智能化监管手段,智能发现防雷安全监管各方面风险隐患建立“防雷安全风险监管模型”,平台实现针对防雷安全监管的智能发现、分类监管、自动派单、协同处置的智慧化全流程闭环处置。基于“智慧气象”应用场景,运用物联感知、图像识别、数据比对等智能化手段,基于风险监管模型,开展了智能发现、自动派单、分类监管。自平台运行以来,智能在线监测技术实现自动预警共12次,平台通过对近300家重点单位近400份防雷安全检测报告进行机器学习、自动巡检、识别风险,从技术层面实现平台按照“高中低”风险自动推送执法人员不同监管措施,提升监管效能近60%,属于全国首创气象安全监管技术运用。

### 2.2.1 智能发现防雷安全风险隐患技术

在部分重点易燃易爆危化场所安装防雷设施在线监测硬件,平台实现了实时在线监测防雷设施(含防雷接地装置、电涌保护器SPD等)的接地电阻、漏电

流、绝缘电阻以及失效状态等重要敏感参数值。当防雷设施性能参数达到系统预警值,“智慧气象”平台将通过短信推送等方式告知工作人员,提醒对相应防雷设施进行检修或者更换处理,解决了原有靠人工一年两次检测中可能有的疏漏以及检测周期较长的问题,实现了风险的实时报警。

### 2.2.2 建立防雷安全风险监管模型

基于雷电风险因子、地域风险因子以及承灾体风险因子,平台建立了防雷安全监管模型,如图3所示。

通过多级综合评估,由第二层指标向第一层指标逐级计算得出“气象灾害防御重点单位雷击风险”的隶属度向量 $g$ ,通过加权平均的方法量化得到综合评估结果。

根据综合评估结果 $g$ 值,按表1进行风险等级判定。

表1 区域雷击风险分级标准

危险等级	综合评估用 $g$ 表示, $g$ 值越小代表区域内项目雷击致灾风险越低, $g$ 值越大代表区域内雷电致灾风险越高, $g$ 值区间[0,6]
I级	综合评估 $0 < g < 2$ , 低风险
II级	综合评估 $2 \leq g < 4$ , 中等风险
III级	综合评估 $4 \leq g \leq 6$ , 高风险

## 2.3 治理关键环节

### 2.3.1 形成标准化要素清单

根据群众和市场主体需求,按经济、社会、城市三类梳理气象治理要素,以要素为条目,平台将要素作为治理的基本单元,编制形成治理“要素字典”。

其中,经济治理要素主要涉及企业防雷安全监

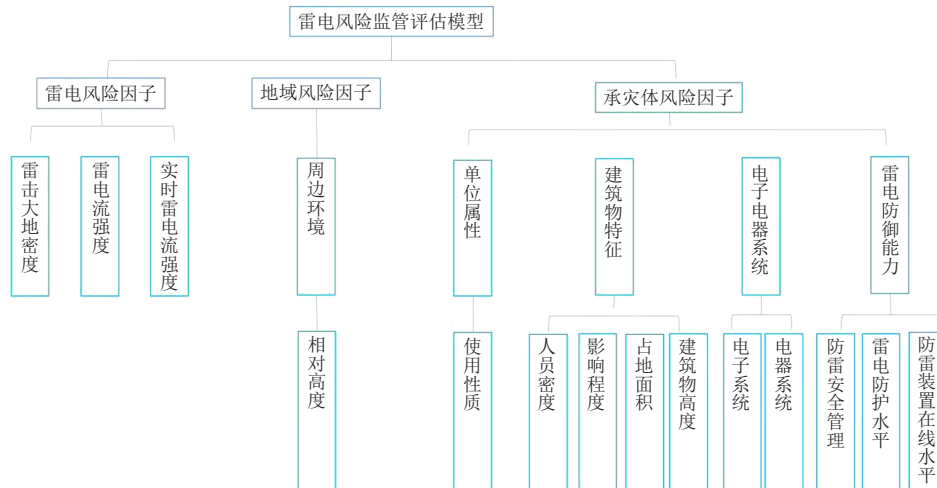


图3 防雷风险监管模型示意图

管和气象灾害防御重点单位的管理；社会治理要素包括对气象服务有重点需求的相关行业，如农业气象服务、旅游气象服务、小区气象服务等；城市治理要素主要覆盖城市运行中存在的气象风险，如城市内涝、城市风灾、工地安全等。针对各类要素，平台明确其要素名称、定性描述、识别方式、预警阈值界定以及对应的协同派单对象，体现条块联动的处置标准和处置流程。

### 2.3.2 建立联动闭环机制

基于气象业务流程，以气象风险事前防范为重点，逐个要素形成协同处置流程，平台分级构建联动响应闭环机制。对于通过社会主体自行处置的问题形成“小闭环”（如防雷安全智能在线监测发现的问题）；对于通过跨处室、跨层级处置的问题形成“中闭环”（如雷电灾害风险发现）；对于需要跨政府部门、跨行业、跨主体处置的问题形成“大闭环”（如城市安全风险、农业气象风险、气球升放安全监管等），分级联动响应闭环机制如图4所示。通过将各类风险预警工单信息同步给城运协同系统，平台实现风险的智能发现、智能分析和智能处置全流程闭环。通过系统运行，平台实现“小闭环”独立处置12起工单事件，“中闭环”协同处置3起工单事件，“大闭环”覆盖街镇城运中心、农委、建设与交通委员会、应急管理局、生态环境局6个部门协同联动处置292起工单事件，通过城运中心协同平台实现气象业务流程跨部门、跨层级协同联动。

### 2.3.3 场景效能评估

平台将指标嵌入影响预报风险预警服务以及气象安全监管等各个业务环节，建立评价机制，建立效能评估体系，形成风险智能发现数、风险预警准确率、

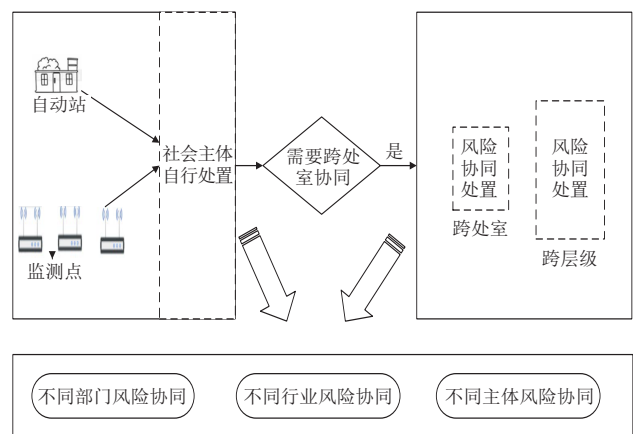


图4 分级联动响应闭环机制示意图

协同派单准确率、及时处置率等四大指标。

## 3 小结

基于“智慧气象”应用场景，通过智能发现建立的灾害天气风险预警模型，在经济发展、民生服务和城市安全各领域实现了气象灾害的精细化风险预警。运用物联感知、图像识别、数据比对等智能化手段，基于风险监管模型，“智慧气象”平台实现了智能发现、自动派单、分类监管。基于分级联动响应闭环机制，“智慧气象”平台建立了标准化、规范化、数字化的问题发现和派单机制、处置流程和处置标准；通过数字化技术手段实现纳入各行业、领域、区域处置气象灾害事件主要流程，实现了气象业务流程跨部门、跨层级协同联动。“智慧气象”平台还建立效能初级评估指标体系，实现了与业务流程无缝衔接的常态化评价机制。“智慧气象”平台针对场景运行的真实情况开展实现了无人干预的目标式量化管理，定期评估风险模型的运算准确率，实现了技术与业务发展同步可持续迭代。

浦东新区“智慧气象”应用场景虽然初步实现了

灾害性天气发现提醒智能化、气象安全监管自动化，但是由于汛期强对流天气的突发性、智能网格预报以及光流法外推产品的局限性及不稳定性，针对汛期强

对流天气的智能发现仍然存在空报、漏报情况。未来仍然需要不断的个例检验，修改风险发现阈值进行改进和提高。

深入阅读

陈玉琪, 陆小林, 2019. 智慧气象在智慧城市建设中的应用分析[J]. 智能城市, (21): 14-15.  
 刘莎, 2018. 智慧气象内涵及发展思路[J]. 陕西气象, (5): 37-39.  
 罗晨, 2019. 新型雷电防护在线监测系统的研究与应用[J]. 通讯世界, (11): 174-175.  
 刘元林, 王子夏, 唐翠云, 2021. 温州市易燃易爆场所防雷智能监测平台在气象安全中的应用[J]. 科技风, (3): 79-80.  
 罗志勇, 2017. 中山市重点场所电源SPD在线安全监测系统[D]. 成都: 电子科技大学.  
 雷晓霞, 2019. 气象灾害应急联动机制问题研究——以柳州市为例[D]. 南宁: 广西大学.  
 马雯, 2018. 数字城市中的气象灾害预警分析[J]. 科技风, (35): 128.

孙峰, 郑雨涵, 邓炜, 等, 2021. “互联网+”时代我国应急管理吹哨预警机制优化研究[J]. 电子政务, (9): 93-104.  
 涂珊珊, 刘翔, 窦俊辉, 等, 2021. 基于突发事件预警信息发布系统的智慧气象服务研究[J]. 湖北应急管理, (11): 64-67.  
 喻迎春, 王妍捷, 2020. 基于微信的气象灾害预警信息精准智能推送技术的实现[J]. 气象科技, (2): 195-199.  
 张良, 秦雪, 2020. 基于气象的特大城市运行风险治理多层次联动响应体系研究——以上海市徐汇区为例[J]. 风险灾害危机研究, (1): 169-188.  
 张建国, 翁雪玲, 孙悦程等, 2021. 智慧气象在防灾减灾平台建设的应用与探索[J]. 科技风, (25): 118-120.

(作者单位: 金玲、张丽亚、张德林、顾松强、陈丽君, 上海市浦东新区气象局)  
(编辑: 卢冰)

(上接65页)

表7 2012—2021年CNKI数据库大气科学领域被引频次排名前10的论文

论文题目	第一作者	出版刊物	被引频次	发表年份
IPCC第一工作组第五次评估报告对全球气候变化认知的最新科学要点	沈永平	冰川冻土	1044	2013
IPCC第五次评估报告第一工作组报告的亮点结论	秦大河	气候变化研究进展	911	2014
2013年1月中国东部持续性强雾霾天气产生的气象条件分析	张人禾	中国科学·地球科学	561	2014
雷暴与强对流临近天气预报技术进展	俞小鼎	气象学报	490	2012
气候变化科学与人类可持续发展	秦大河	地理科学进展	436	2014
气候变化对中国农业生产的影响研究进展	郭建平	应用气象学报	418	2015
西北干旱区水资源问题研究思考	陈亚宁	干旱区地理	381	2012
气候变化和人类活动对水文循环影响研究进展	宋晓猛	水利学报	380	2013
一套格点化的中国区域逐日观测资料及与其它资料的对比	吴佳	地球物理学报	365	2013
1961—2005年东北地区气温和降水变化趋势	贺伟	生态学报	337	2013

注: 检索日期为2022年6月。

### 3 小结

本文基于CNKI和SCIE数据库, 通过对近十年中国大气科学领域研究论文统计分析发现, 中国发表的大气科学领域中外论文自2012年以来, 虽出现过短暂波动, 但总体上一直保持着稳步发展的态势, 特别是SCIE论文保持了较高的增长速度, 在2021年达到了顶峰。在近十年中SCIE数据库中论文被引频次、篇均被引频次和h指数等重要指标均有大幅提升, 直接反映出我国在大气科学领域的科研学术能力正在扩大影响。

深入阅读

常宗强, 张静辉, 2017. 近15年强对流天气研究中文文献的计量分析[J]. 气象科技进展, 7(3): 53-56.  
 申乐琳, 何金海, 杨雪, 2021. 基于国内文献计量的古季风演化历史评述[J]. 气象科技进展, 11(3): 173-178.  
 许小峰, 罗云峰, 宁笔, 2011. 从SCI数据库看中国气象局科技论文产出和学术影响力[J]. 气象科技进展, 1(1): 44-48.  
 徐静雯, 黄琬青, 胡泽文, 等, 2021. 2015—2019年国际大气科学领域科研合作态势的图谱分析[J]. 世界科技研究与发展, 43(6): 764-775.

(作者单位: 中国气象局气象干部培训学院)  
(编辑: 卢冰)