

山西省阳泉市行业气象灾害风险评估 及在灾害防御中的应用

李润春¹ 李伟¹ 宋希娟¹ 王妍¹ 贾利冬² 张宝军³ 高源¹

(1 山西省阳泉市气象局, 阳泉 045000; 2 山西省气象信息中心, 太原 030002; 3 山西省公路局阳泉分局, 阳泉 045000)

摘要: 利用阳泉市分辨率到乡镇的气象灾情资料和行业调查得到的灾害隐患点资料, 通过划分行业和分灾种总结出气象灾害临界气象条件指标体系; 分析了阳泉市暴雨、强对流、降雨诱发地质灾害(泥石流、滑坡、崩塌)、森林火灾的灾害风险空间分布特征; 以气象灾害危险度评估为基础, 用易损度订正, 简化影响各重点行业的各天气种类的气象灾害风险评估方法; 与气象部门天气预报业务对接, 在阳泉市行业气象服务业务平台中建成灾害风险评估模块, 可自动定时进行未来24 h气象灾害风险预评估; 以气象灾害风险预评估结果和天气预报为基础, 人机交互制作或自动生成行业影响预报, 用于当地气象灾害防御工作。

关键词: 阳泉市, 行业, 气象灾害风险评估, 灾害防御

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2023.05.009

Risk Assessment of Industrial Meteorological Disaster and Its Application in Disaster Prevention in Yangquan City, Shanxi Province

Li Runchun¹, Li Wei¹, Song Xijuan¹, Wang Yan¹, Jia Lidong², Zhang Baojun³, Gao Yuan¹

(1 Yangquan Meteorological Bureau of Shanxi Province, Yangquan 045000; 2 Shanxi Meteorological Information Center, Taiyuan 030002; 3 Yangquan Branch of Shanxi Highway Bureau, Yangquan 045000)

Abstract: Based on the town-scale meteorological disaster data and the data of potential disaster points obtained from industry investigation in Yangquan, the following work is carried out: The critical meteorological condition index system of meteorological disasters is summarized according to the classification of industries and disaster types; The spatial distribution characteristics of disaster risks from forest fire and geological disasters induced by rainstorm, severe convection, and rainfall (debris flow, landslide, and collapse) are analyzed in Yangquan; Based on the danger degree assessment and revised by the vulnerability degree of meteorological disasters, the meteorological disaster risk assessment method for each weather type that impacts each key industry is simplified; By docking with the operational weather forecast of the local meteorological bureau, the disaster risk assessment module is set up in the meteorological service platform for different industries in Yangquan, which can automatically carry out meteorological disaster risk pre-assessment of the next 24 hours at a predetermined time. On the basis of meteorological disaster risk pre-assessment and weather forecast, the module is capable of generating industrial impact forecast, either by human-computer interaction or by automatic generation, for the use of local meteorological disaster prevention.

Keywords: Yangquan City, industry, risk assessment of meteorological disaster, disaster prevention

0 引言

随着社会经济的发展和社会财富的积累, 气象灾害带来的损失的绝对数额呈递增趋势^[1]。从20世纪90年代“国际减轻自然灾害十年”活动^[2], 到2010年国务院公布《气象灾害防御条例》, 到2016年《中共

中央国务院关于推进防灾减灾救灾体制机制改革的意见》发布, 确立“以防为主、防抗救相结合”的工作方针, 防灾减灾工作的不断进步在不同阶段引领了气象部门灾害防御工作的发展。气象灾害监测、预报、预警是比较有效的灾害防御手段, 但基本气象业务体系中的预报、预警指标侧重于天气指标, 对各行业的针对性不够。不同行业对气象条件的敏感性不同, 需要重点防御的气象灾害种类也有差别。人们对灾害性天气产生的灾害程度没有比较量化的概念, 采取的防御措施就不一定最恰当, 因此天气预报向气象灾害风

收稿日期: 2022年4月7日; 修回日期: 2022年9月14日
第一作者: 李润春(1967—), Email: runchunli@163.com
资助信息: 阳泉市重点研发计划项目(2018S0209); 山西省气象局面上项目(SXKMSFW20195634)

险评估延伸是气象服务亟待解决的问题,进行气象灾害风险预评估,可在“科学防灾”方面显示出重要价值。

自然灾害风险评估因社会发展需要应运而生,20世纪30年代美国田纳西河流域管理局最早对洪水灾害风险进行分析和评价;20世纪90年代以来,灾害风险分析和灾害风险管理在防灾减灾领域地位突显^[3]。国外灾害风险评估多集中在防灾减灾政府部门及保险行业等社会机构,并且评估内容各有侧重^[4-5],HAZUS模型是比较有影响的灾害评估模型,其特别之处是可以基于灾害预警进行风险评估^[3]。灾害风险评估在20世纪90年代也在我国逐步兴起^[3],本世纪初,国内地质灾害的调查、区划、评估得到发展^[6-8]。国内气象灾害风险评估主要从20世纪10年代起步^[9],各级气象部门在气象业务实践中进行了一些有益的尝试。中国气象局国家级、省级业务单位2010年以来逐步发展气象灾害风险评估业务,2011年在南方5省开展了暴雨洪涝灾害风险评估试点工作^[9],2013年开始在全国开展了暴雨诱发中小河流洪水和山洪地质灾害气象风险预警服务业务;气象预报服务一线业务人员也在实践中形成了常用的技术方法,就是以气象灾害风险(预)评估为基础的气象灾害影响预报和风险预警。上海2016年开始开展了针对社区、交通、海洋等不同行业的影响预报和风险预警服务业务实践^[10],重庆针对煤矿^[11]等行业开展服务。2020年全国自然灾害综合风险普查工作的开展,极大地推动了气象灾害风险评估工作(包括灾前预评估、灾时跟踪评估和灾后评估^[3,12])。中国气象局国家气候中心2020年建成气象灾害风险管理系统,但气象灾害风险评估、特别是预评估在市、县级的应用还是比较少见。本文从实际出发,选择阳泉市范围,通过划分行业和分灾种,应用气象灾害风险评估的概念,简化了气象灾害风险评估方法,并应用于当地行业气象服务工作。

1 资料和方法

1.1 资料

应用了阳泉市气象部门成立以来积累的阳泉市范围的历史气象灾情资料^[13-14]、地面气象观测资料;参考使用了2014—2018年阳泉市极轨卫星热源点监测资料,还参考使用了太原多普勒雷达监测资料。对暴雨、强对流等样本数多的气象灾害,选用1989—2018年的资料;对森林火灾、霜冻等样本少的灾害则选用1949—2018年的资料。根据灾情资料描述,通过人工辨识将灾害发生的地点细化到乡镇,以提高灾害的空间分辨率。灾情资料来自当地民政、农业、防汛抗旱

指挥部、森林防火指挥部、乡镇等政府部门,相对可靠。人工校验灾情资料的准确性,将灾情资料与气象资料对比,对个别日期、时间等稍有出入的灾情进行订正,必要时回查雷达资料;气象观测不足时,以灾情资料描述为准。灾情资料存在灾情报告不足的问题,但一般已包括了影响比较大的气象灾害,本文以搜集到的资料为准。

业务实践应用的资料包括山西省气象局与阳泉市气象局现行气象监测、预测预报、气象服务等基础气象业务的大量资料和产品。

1.2 方法

现有的灾害风险评估理论^[3-4,6,15-18]:

$$R = f(h, v) = f(h, e, d, c), \quad (1)$$

即自然灾害的风险度 R 是自然灾害的危险度(h)和承灾体的易损度(v)的非线性函数。承灾体的易损度又可分离为物理暴露(e)、承载体灾损敏感性(d)和防灾减灾能力(c),可简称为暴露性、敏感性、和防灾减灾能力(潘进军等^[18]将之划分为敏感性、暴露性、脆弱性和防灾减灾能力)。该理论在基层应用比较困难,本文将其简化,将灾害天气的影响作为变量,则灾害天气监测、预报、预警可表达为行业气象灾害风险评估和预评估最重要的变量因子,即危险度。易损度第一个分量(暴露性)可表达为阳泉市特殊的地理地形、气候环境条件下单灾种气象灾害风险分布或风险区划;在本地区(范围较小)进行行业划分,某行业设施建设水平、应对气象灾害的能力在一定发展阶段差别不大,即易损度的第二个、第三个分量是基本稳定的量。这样,通过划分行业和分灾种,易损度的差别可只考虑第一个分量,用分灾种的气象灾害风险分布(或区划)或灾害隐患点来表达。

应用层次分析法^[16-21]进行阳泉市行业气象灾害风险评估,建立目标层、准则层、指标层(表1)。

表1 阳泉市行业气象灾害风险评估层次分析法的关系
Table 1 Relationship of the analytic hierarchy process of industrial meteorological disaster risk assessment in Yangquan

目标层	准则层	指标层1	指标层2
风险度	对指标层各项的权重矩阵	危险度	易损度

1.2.1 风险度

建立目标层,即行业气象灾害风险评估结论集:

$$V = \{ \text{无风险, 极低风险, 低风险, 中风险, 高风险, 极高风险} \}, \quad (2)$$

共划分为六级,对应的颜色标志、风险级别见表2。

表2 行业气象灾害风险评估风险度和危险度分级
Table 2 Classification of risk degree and danger degree of industrial meteorological disaster risk assessment

风险度	危险度	颜色标志	级别
无风险	无危险	无	无
极低风险	极低危险	绿	五级
低风险	低危险	蓝	四级
中风险	中危险	黄	三级
高风险	高危险	橙	二级
极高风险	极高危险	红	一级

1.2.2 危险度

层次分析法指标层1中的危险度由气象条件确定，与风险度类似，也划分为六级，见表2。

1.2.3 易损度

层次分析法指标层2中的易损度，如果是单灾种的气象灾害风险的空间分布或区划则划分为五级(表3)，如果是单灾种灾害隐患点的分布则划分为二级(表4)。

表3 气象灾害风险空间分布或区划(易损度)分级
Table 3 Classification of spatial distribution or zoning (vulnerability degree) of meteorological disaster risk

易损度	颜色标志	级别	标准化数据分级
极低易损	绿	五级	[0.0, 0.2)
低易损	蓝	四级	[0.2, 0.4)
中易损	黄	三级	[0.4, 0.6)
高易损	橙	二级	[0.6, 0.8)
极高易损	红	一级	[0.8, 1.0]

表4 行业气象灾害隐患点易损度分级
Table 4 Classification of vulnerability degree of potential disaster points of industrial meteorological disasters

易损度	颜色标志	级别	地点
极低易损	绿	五级	非灾害隐患点
中易损	黄	三级	灾害隐患点

1.2.4 风险评估方法

层次分析法的准则层:

$$U = \{\text{危险度}, \text{易损度}\}, \quad (3)$$

理论上根据各指标层的意义，利用专家打分法，准则层规则为:

$$R = a_1 f(h) + a_2 f(v), \quad (4)$$

即风险度是危险度和易损度的叠加， a_1 、 a_2 为权重系数。

两者比较，危险度更具重要性；与危险度相比，易损度是一个比较稳定的量。本文根据实践经验，气象灾害风险度评估的思路可转化为对气象灾害危险度评估，利用易损度进行订正。易损度订正时，将易损度简单划分为小于中易损和大于等于中易损2个级别；当危险等级达到中危险及以上时，对中易损及以上的区域风险度提高1个级别。准则层规则见表5。

表5 行业气象灾害风险评估准则层规则
Table 5 Rule of risk assessment criterion layer of industrial meteorological disasters

危险度	易损度	风险度
危险度 < 中危险		风险度 = 危险度
危险度 ≥ 中危险	易损度 < 中易损	风险度 = 危险度
危险度 ≥ 中危险	易损度 ≥ 中易损	风险度 = 危险度提高一个级别

注：对于无法区分易损度差异的灾害种类，风险度即危险度。

2 阳泉市重点行业关注的致灾类和高影响类天气

分析灾情资料，开展行业调查，针对阳泉市交通、矿山企业、新能源发电、林业、农业、旅游业等经济发展重点行业，分别找出对各行业影响较大的致灾类和高影响类天气(表6)，发现阳泉市发生频率较大的致灾类天气和气象次生灾害主要是暴雨、强对流(短时强降水、冰雹、大风、雷电)和降雨诱发的地质灾害(泥石流、滑坡、崩塌)，对各行业都有较大影响。

表6 阳泉市重点行业致灾类和高影响类天气
Table 6 Disaster-causing and high-impact weather for key industries in Yangquan

行业	致灾类天气和气象次生灾害	高影响天气
铁路	暴雨、强对流、地质灾害	降雪、积雪、雾、低温、大风
公路	暴雨、强对流、地质灾害	降雨、降雪、积雪、道路结冰、道路积水、雾、高温、低温、大风
矿山	暴雨、强对流、地质灾害	低温、高温、降雪、大风、高火险
光伏	暴雨、强对流、地质灾害、大风、雷电	降雨、降雪、高火险(山火)、阴天
风电	暴雨、强对流、地质灾害	大风、冰冻、低温、高火险
旅游	暴雨、强对流、地质灾害	降雨、降雪、高温、低温、寒潮、大风
林业	森林火灾、冻害	干旱
农业	干旱、暴雨、强对流、霜冻(低温冷害、冻害)	秋季连阴雨、高温
设施农业	暴雪、大风、暴雨、强对流	低温阴雨、降雪、寒潮

3 阳泉市行业气象灾害风险评估

3.1 阳泉市行业气象灾害临界气象条件和危险度

统计分析阳泉市主要气象灾情资料，参考现有气象业务规定、标准，总结出阳泉市各行业各种类天气(致灾类、高影响类)临界气象条件指标体系和对应的危险度。临界气象条件指标主要为经验阈值，一方面要尽量符合本地实际，另一方面要尽量靠近气象业务规范标准，便于用户理解和在实践中应用。表7为降雨诱发地质灾害(泥石流、滑坡、崩塌)临界气象条件，适用于各行业；表8为道路交通行业降雨灾害临界气象条件。也总结了其他行业、其他灾种的临界气象条件，如设施农业低危险大风灾害的临界气象条件为极大风速 [17.0, 21.0) m/s、低温灾害临界气象条件

表7 降雨诱发地质灾害(泥石流、滑坡、崩塌)临界气象条件
Table 7 Critical meteorological conditions for rainfall-induced geological disasters (debris flow, landslide and collapse)

危险级别	降雨量/mm			
	3 h	6~12 h	24 h	48 h
极低危险	/	/	/	/
低危险	[38.0, 50.0)	[50.0, 75.0)	[75.0, 100.0)	
中危险	/	≥50.0	[75.0, 100.0)	[100.0, 175.0)
高危险	[50.0, 100.0)	/	[100.0, 175.0)	[175.0, 250.0)
极高危险	≥100.0	/	≥175.0	≥250.0

为气温(-12.0, -10.0]℃、连阴(雨)灾害临界气象条件为阴雨日数[3, 5)d、降雪灾害临界气象条件为降雪量[5.0, 10.0)mm。

3.2 阳泉市主要气象灾害风险的空间分布特征和易损度

3.2.1 主要气象灾害风险的空间分布特征和易损度

阳泉市仅建有3个国家级气象站,行政区下设3个区县(盂县、郊区、平定县)32个乡镇,市区设城区、矿区、经济技术开发区,利用常用气象资料和社会发展统计数据进行气象灾害风险区划有难度。阳泉市气

表8 道路交通降雨灾害临界气象条件
Table 8 Critical meteorological conditions for rainfall-induced disasters of road traffic

危险级别	降雨量/mm				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
极低危险	[10.0, 15.0)	[10.0, 38.0)	[10.0, 50.0)		
低危险	[15.0, 30.0)	[38.0, 50.0)	[50.0, 100.0)		
中危险	[30.0, 50.0)	/	≥50.0	/	[100.0, 150.0)
高危险	[50.0, 75.0)	[50.0, 100.0)	/	≥100.0	[150.0, 200.0)
极高危险	≥75.0	≥100.0	/	/	≥200.0

象灾害的分布情况是在阳泉市特定的地理、地质、气候、环境等自然因素与人口分布、人均GDP、人类防灾等人文因素共同作用下发生的,可综合反映承灾体的易损度差异。利用乡镇气象灾害分布频次分析气象灾害风险的空间分布特征,采用极值法^[18]对数据进行标准化处理,将易损等级按标准化数据划分为五级。

得到阳泉市暴雨、强对流、暴雨诱发地质灾害(泥石流、滑坡、崩塌)、森林火灾灾害风险的空间分布(即易损度,见图1):1)暴雨、大暴雨类连续降雨致灾易发地区是沿桃河一线的阳泉市区由西至东及下

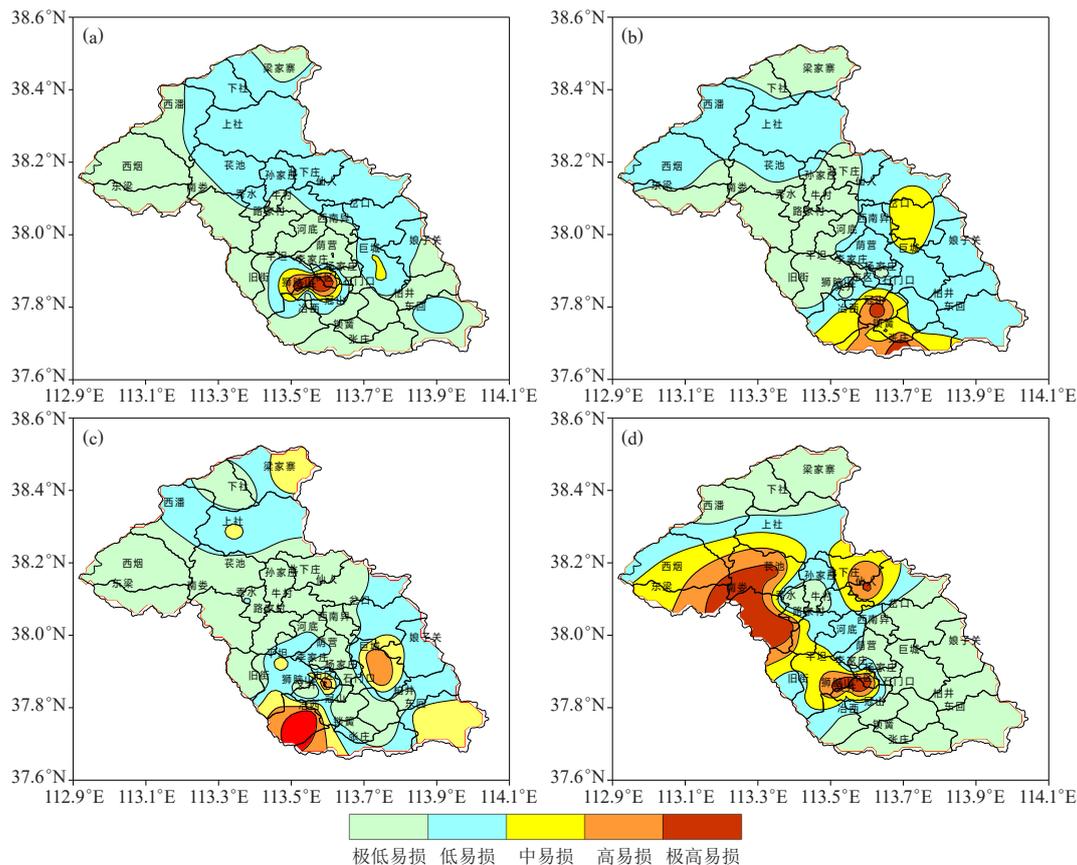


图1 阳泉市主要气象灾害风险的空间分布特征(易损度)

(a)暴雨;(b)强对流;(c)降雨诱发地质灾害(泥石流、滑坡、崩塌);(d)森林火灾

Fig. 1 Spatial distribution characteristics of main meteorological disaster risk in Yangquan (Vulnerability degree) (a) rainstorm; (b) severe convection; (c) rainfall-induced geological disaster (mud, slide, landslide); (d) forest fire

游的地势低洼地区，即阳泉市市区（城区、矿区、经济技术开发区）和平定县巨城镇；2）强对流天气致灾易发地区是平定县西南部冠山镇、张庄镇、冶西镇、锁簧镇和东部岔口乡；3）降雨诱发地质灾害（泥石流、滑坡、崩塌）易发地区是平定县西南部冶西镇、张庄镇、冠山镇、锁簧镇和东部巨城镇、东回镇，阳泉市区，阳泉市郊区平坦镇，盂县梁家寨乡、上社镇；4）森林火灾易发地区是盂县南娄镇、仙人乡、苁池镇、北下庄乡、东梁乡、西烟镇、上社镇、路家村镇，阳泉市郊区河底镇、平坦镇、义井镇，市区周边，主要在林区和人口较密集区。各乡镇主要区域达中易损及以上的乡镇见表9。

表9 阳泉市主要区域达中易损及以上的乡镇

Table 9 Towns reaching moderate or above vulnerability degree in the main area of Yangquan

乡镇	暴雨(连续降雨)	强对流	地质灾害	森林火灾
梁家寨乡	/	/	中	/
上社镇	/	/	中	/
西烟镇	/	/	/	中
东梁乡	/	/	/	高
苁池镇	/	/	/	极高
北下庄乡	/	/	/	中
仙人乡	/	/	/	极高
南娄镇	/	/	/	极高
平坦镇	/	/	中	中
矿区	极高	/	极高	极高
开发区	极高	/	极高	极高
城区	极高	/	极高	极高
岔口乡	/	中	/	/
冠山镇	/	极高	/	/
巨城镇	中	/	高	/
冶西镇	/	中	极高	/
张庄镇	/	极高	/	/
东回镇	/	/	中	/

3.2.2 交通气象灾害隐患点分布和易损度

阳泉市由于复杂的山区地形，交通气象灾害隐患点分布较广，高速公路、国省道、县乡道和城市道路均有隐患点分布。交通管理部门和城市管理部门详查了交通气象灾害隐患点，主要是易团雾、易积雪、易结冰、易积水、连续长陡下坡（下雪隐患）、转弯路段（下雪隐患）、地质灾害路段、临水临崖的路段和隧道、涵洞（易洪涝）、桥梁（易结冰等）的地点。表10列出阳泉市重要交通气象灾害隐患点，隐患点易损度定为中易损，非隐患点易损度定为极低易损。在阳泉市交通地图和阳泉市市区地图上标注了隐患点，供业务工作中进行地理查询。

表10 阳泉市重要交通气象灾害隐患点

Table 10 Potential disaster points for key traffic meteorology disasters in Yangquan

灾害种类	隐患点
团雾	太旧高速石家庄方向K378—K380（平定冶西镇苇池村附近）路段、K335—K340（平定旧关至出省附近）路段；市区广阳路、狮脑山路、一公司路段
易积水	太旧高速石家庄方向K366+500—K367（平定收费站附近）路段中央护栏处；郊区荫营东大街二院东大门、江正大街207国道交汇处；市区阳泉西高速路口、义井桥路段、泉中路光大银行路段、沃尔玛五路口、后底沟、一公司、油娄沟、水泵厂大门口；矿区西河路东3号楼门口；开发区大连街下五渡桥（交警支队前）、宁波路御康小区四期门口、香港路祥禾酒店门前；平定路
地质灾害	国道G207乌海线河北省界—十八盘盘顶、G239正阳线关城口一下庄、G338海天线闫家庄—贾家峪、G307黄山路甘桃驿—王口；省道S314双阳线双山—东庄头
连续长陡下坡（下雪隐患）	国道G207乌海线河北省界—十八盘盘顶、G207乌海线霍树头—白岩沟、G239正阳线邻里—苇泊；G307复线下烟—白泉路段、G307复线神堂咀路段；省道S216孟榆线五里坡、S314双阳线管头山；孟县孙家庄路段；乡道义井镇白羊线王珑路段

注：国省道隐患点来自山西省公路局阳泉分局，其他隐患点来自相关部门公开资料。

3.3 风险度和防御建议

经行业调查得到各行业、各种类天气各风险度对应的灾害防御建议（如表11、表12），并按照行业进行总结。

表11 降雨诱发地质灾害（泥石流、滑坡、崩塌）防御建议

Table 11 Suggestions on the prevention of rainfall-induced geological disasters (debris flow, landslide and collapse)

颜色表征	风险级别	防御建议
/	无	/
绿	极低风险	/
蓝	低风险	加强监测
黄	中风险	加强巡查
橙	高风险	组织巡查，避让准备
红	极高风险	组织避让

表12 道路交通降雨灾害防御建议

Table 12 Suggestions on the prevention of rain-induced disasters of road traffic

颜色表征	风险级别	交管部门防御建议	驾驶人员防御建议
/	无	/	/
绿	极低风险	/	减速行驶
蓝	低风险	/	小心驾驶
黄	中风险	加强管理	小心驾驶
橙	高风险	加强调度	严格控制车速
红	极高风险	交通管制	尽快停靠

4 风险评估方法的应用

本文的风险评估方法适用于各类气象灾害监测、预报和预警产品。对不定时的气象监测、预警产品，可人工评估风险等级；定时发布的天气预报，自动进行风险评估。

4.1 未来24 h气象灾害风险预评估

为保证风险评估结论的可靠性，只利用未来24 h天气预报（时间分辨率为12 h）进行气象灾害风险预评估；由天气预报业务和危险度评估方法得到计算规则（表13），对应的防御建议见表14。根据表5、表9、表13和表14编制气象灾害风险预评估计算模块。

表13 输入城镇和乡镇天气预报、输出各重点行业危险度预评估规则

Table 13 Rule for inputting weather forecast of counties and towns and outputting pre-assessment of danger degree for each key industry

天气预报	铁路	公路	煤矿	光伏/风电	旅游	林业	设施农业
小雨	/	/	/	/	/	/	/
中雨	/	五级绿	/	/	/	/	/
大雨	/	四级蓝	四级蓝	/	/	/	/
暴雨	四级蓝	四级蓝	三级黄	四级蓝	四级蓝	/	四级蓝
暴雨到大暴雨	三级黄	三级黄	三级黄	三级黄	三级黄	/	三级黄
大暴雨	二级橙	二级橙	二级橙	二级橙	二级橙	二级橙	二级橙
特大暴雨	一级红	一级红	一级红	一级红	一级红	一级红	一级红
雷阵雨	三级黄	/	三级黄	三级黄	/	/	/
冰雹	二级橙	二级橙	二级橙	二级橙	二级橙	二级橙	二级橙
最低气温<-10℃	四级蓝	四级蓝	四级蓝	四级蓝			四级蓝
最高气温≥35℃	五级绿	五级绿	/	/	/	/	/
雨夹雪	五级绿	五级绿	/	/	/	/	/
冻雨	五级绿	五级绿	五级绿	五级绿	/	/	/
中雪	四级蓝	四级蓝	/	/	/	/	/
大雪和暴雪	三级黄	三级黄	/	三级黄	三级黄	/	四级蓝
风力5~6级	五级绿	五级绿	五级绿	五级绿	五级绿	/	五级绿
风力6~7级	四级蓝	四级蓝	四级蓝	四级蓝	四级蓝	/	四级蓝
风力7~8级	三级黄	三级黄	三级黄	三级黄	三级黄	/	三级黄
雾	/	五级绿	/	/	/	/	/

表14 各重点行业各风险评估等级对应的防御建议

Table 14 Prevention suggestions for each risk assessment level of each key industry

风险等级	铁路	公路	煤矿	光伏/风电	旅游	林业	设施农业
五级绿	正常行驶，常规维护	减速行驶	正常管理	正常管理	正常管理，适当防御	/	加强管理
四级蓝	正常行驶，上线巡查	小心驾驶	加强管理	加强管理	采取防御措施	/	采取防御措施
三级黄	加强瞭望，加强看守	加强管理，小心驾驶	加强调度	加强调度	采取防御措施	/	采取防御措施
二级橙	限速行驶，组织抢修	加强调度，严格控制车速	应急准备	应急准备	人员避让准备	人员避让准备	人员避让准备
一级红	列车禁行，抢修抢险	交通管制，尽快停靠	应急和抢险	应急和抢险	人员避让	人员避让	人员避让



图2 阳泉市行业气象服务平台主界面菜单和灾害风险评估菜单

Fig. 2 Main interface menu and disaster risk assessment menu of the Industrial Weather Service Platform of Yangquan

(下转71页)

暴雨、强对流、高温和低温类天气，各乡镇的预报有差异；其他的降雪和大风等天气，各乡镇预报差别不大。对暴雨、强对流、高温和低温4类天气，输入乡镇预报，输出乡镇的灾害风险预评估结果；各类天气均可输入城镇天气预报（分辨率为县区），输出各县区灾害风险预评估结果。

4.2 阳泉市行业气象服务平台

阳泉市气象服务中心建立“行业气象服务平台”与基础气象业务对接，主界面菜单和灾害风险评估菜单见图2。个别用户还根据需求建立了客户端服务平台。平台主要功能:1)利用定时发布的天气预报(07时、17时)自动进行未来24 h气象灾害风险预评估;2)显示监测、预报和预警等基础气象业务产品;3)查阅阳泉市行业气象灾害防御服务的知识库、信息库;4)人工交互制作或自动生成针对用户的服务产品。平台中灾害风险预评估结果若无灾害风险，则气象条件有利;预评估结果为极低、低、中、高和极高风险，则气象条件不利。气象条件不利时，气象服务人员利用业务平台制作行业影响预报，开展风险提醒服务;使用客户端服务平台的用户可根据提示自行采取适当措施。本文的气象灾害风险评估方法提升了气象服务的针对性，还与业务平台结合，提升了气象服务的信息综合能力和产品制作效率，在当地气象灾害防御工作中发挥了作用。

5 结论与讨论

利用历史灾情资料，通过选择区域、划分行业和分灾种，可应用气象灾害风险评估的概念，简化风

4 结论

安徽省强对流天气短时临近预警服务系统利用改进的光流法作为雷达回波和雷暴大风外推的关键方法,得到强对流天气尤其是雷暴大风天气短时临近预报产品,实现预报产品实时展示和强对流天气预警信息发布功能,形成了“技术+策略+平台”的强对流天气短时临近预警服务体系,为行业气象服务提供重要的技术支撑。系统主要特点如下。

1) 基于改进光流法实现0~1 h雷达回波外推和雷暴大风外推预报产品实时生成,提高强对流天气临近预报产品精细化水平及准确性。

2) 系统具有较高的自动化水平,在一个业务系统中实现了监测、预报、预警等强对流天气短时临近预报服务产品的数据处理、展示和预警短信发布功能。

3) 系统采用C/S和B/S混合架构,在C/S层面通过多个独立模块完成数据处理和数据异常监控,在B/S层面完成产品展示和短信预警发布,易于系统升级维护。

今后将对雷达回波和雷暴大风外推产品预报效果进行实时检验,针对发现的问题,结合机器学习等新

技术研发强对流天气短时临近预报新方法,提高预报准确率。

深入阅读

- 陈石定,刘翔,向立莉,2019. 靶向技术在预警信息发布中的应用. 计算机应用,39(S1): 88-92.
- 冯蕾,陈仲榆,郝淑会,等,2017. 铁路(高铁)横风监测预报技术方法初探. 气象科技进展,7(1): 138-142.
- 王啸华,郑媛媛,濮梅娟,等,2018. 强天气综合报警追踪平台功能设计及龙卷预警中的应用. 气象科技进展,8(3): 61-69.
- 薛冰,鹿业涛,渠寒花,2013. 铁路交通气象服务系统的设计与开发. 电子测试,(20): 24-26.
- 张涛,2018. 航空气象服务系统的设计与实现. 郑州: 郑州大学.
- 张蕾,魏鸣,李南,等,2014. 改进的光流法在回波外推预报中的应用. 科学技术与工程,14(32): 133-137.
- 张小玲,杨波,盛杰,等,2018. 中国强对流天气预报业务发展. 气象科技进展,8(3): 8-18.
- 钟利华,曾小团,胡宗煜,等,2009. 桂林雷暴大风临近预报研究. 气象研究与应用,30(z2): 79-80.
- Gibson J J, 1979. The ecological approach to visual perception. Boston: Houghton Mifflin.
- Lucas B D, Kanade T, 1981. An iterative image registration technique with an application to stereo vision (darpa). Proceedings of the 1981 DARPA Image Understanding Workshop.

(作者单位: 安徽省公共气象服务中心)

(上接61页)

险评估方法,形成针对当地各重点行业的、基于现有天气预报技术水平和乡镇分辨率的易损度的气象灾害风险评估方法,有一定实用性。本方法的关键是各行业、各种类天气危险度评估的临界气象条件指标体系,临界值需要在实践中不断检验,必要时进行订正。

现有气象灾害风险评估的内容比较广泛,主要是在致灾因子危险性评估、承灾体脆弱性评估的基础上进行气象灾害风险评估和区划^[22];业务化应用一类是灾后综合评估一次灾害天气过程对各行业的综合影响^[23],另一类是结合天气预报,以风险评估技术为基础,支撑气象灾害风险预警服务业务^[18, 24]。本文以简化的风险评估方法开展阳泉市的行业气象服务工作,不足之处是易损度空间分布的精细化程度还有待提升^[25]。

参考文献

- [1] 吴吉东,傅宇,张洁,等. 1949—2013年中国气象灾害灾情变化趋势分析. 自然资源学报,2014,29(9): 1520-1530.
- [2] 中国国际减灾十年活动回顾——中国国际减灾十年委员会副主任多吉才让在2000年国际减灾日座谈会上的讲话. 中国减灾,2000(4): 9-12.
- [3] 章国材. 气象灾害风险评估与区划方法. 北京: 气象出版社,2010.
- [4] 陈海燕,雷小途,潘劲松,等. 气象灾害风险评估业务发展研究. 气象科技进展,2018,8(4): 15-21.
- [5] 周洪建. 我国灾害评估系统建设框架与发展思路——基于尼泊尔实地调查的分析. 灾害学,2017,32(1): 166-171.
- [6] 刘小艳,孙娟,杜继稳,等. 气象灾害风险评估研究进展. 江西农业

学报,2009,21(8): 123-125.

- [7] 张建萍. 阳泉市郊区地质灾害易发程度分区及评价. 华北国土资源,2004(1): 7-10.
- [8] 沈勇. 关于山西地质灾害调查与区划的思考. 科技情报开发与经济,2003(12): 183-184,225.
- [9] 章国材. 暴雨洪涝预报与风险评估. 北京: 气象出版社,2012.
- [10] 陈振林. 上海气象影响预报和风险预警技术导则. 北京: 气象出版社,2017.
- [11] 李良福,覃彬全,杨磊,等. 气象安全生产事故风险管理与实践. 北京: 气象出版社,2016.
- [12] 周月华,彭涛,史瑞琴. 我国暴雨洪涝灾害风险评估研究进展. 暴雨灾害,2019,38(5): 494-501.
- [13] 温克刚,刘庆桐. 中国气象灾害大典山西卷. 北京: 气象出版社,2005.
- [14] 中国气象局. 气象灾害管理系统. 北京: 中国气象局,2019.
- [15] 黄崇福. 自然灾害风险分析的基本原理. 自然灾害学报,1999,8(2): 21-30.
- [16] 柳艳香,潘进军,田华,等. 高速公路交通气象灾害风险评估方法简介. 气象科技进展,2017,7(6): 18-21.
- [17] 柳艳香,郜婧婧,李嵩恂,等. AHP法不同行业专家咨询结果差异的对比分析. 公路,2017,62(6): 186-192.
- [18] 潘进军,柳艳香,田华,等. 高速公路交通气象灾害风险评估、区划与预警. 北京: 科学出版社,2019.
- [19] 薛晔,黄崇福. 自然灾害风险评估模型的研究进展. 应用基础与工程科学学报,2006,14(增刊): 1-10.
- [20] 赵思健,黄崇福,郭树军. 情景驱动的区域自然灾害风险分析. 自然灾害学报,2012,21(1): 39-17.
- [21] 孙建林,康永林,张新明. 采用层次分析法(AHP)综合评价轧制油(I)——层次分析法简介. 润滑与密封,2000(6): 59-60.
- [22] 王国复. 气象灾害调查与风险评估. 城市与减灾,2021(2): 5-9.
- [23] 中国气象局. 气象灾害风险评估技术规范 冰雹(QX/T511-2019). 北京: 气象出版社,2011.
- [24] 谢五三,宋阿伟,田红. 中小河流域暴雨洪涝灾害风险评估及效果检验. 气象科学,2018,38(2): 264-270.
- [25] 李颖,赵伟,程瀛. 乡镇级气象灾害风险评估方法研究:以永嘉县为例. 浙江气象,2018,39(1): 38-42.