

# 气象灾害风险评估业务发展研究

陈海燕<sup>1</sup> 雷小途<sup>2</sup> 潘劲松<sup>1</sup> 张磊<sup>1</sup>

(1 浙江省气象台, 杭州 310017; 2 中国气象局上海台风研究所, 上海 200030)

**摘要:** 根据气象灾害特点, 对灾害风险评估的概念进行了再认识, 分析比较了气象灾害与其他自然灾害(地震、地质灾害)风险评估的不同特点, 气象灾害由于可预报性, 其风险评估的应用范围更广、业务化能力相对更强; 继而以浙江省为例, 分析了防灾减灾以及主要行业的需求, 以需求为牵引, 分析了气象灾害风险评估的业务分类, 提出了适应气象监测预报能力的五种风险评估服务产品。针对服务产品类型、空间精度、评估精度等开展了需求调查分析, 结果表明: 五种风险评估产品都有需求, 其中实时综合类风险评估产品需求最大, 灾后评估产品需求最小; 空间尺度以县(市、区)和乡镇(街道)为单位的需求最大, 其次以格点为单位; 目前半定量化的“等级”评估精度基本满足服务需求, 尚不具有一定精度的定量风险评估需求并不大。最后根据发展目标, 架构了气象灾害风险评估的科学研究框架, 提出了主要研究内容, 初步分析了关键技术及解决方案。

**关键词:** 气象灾害, 风险评估, 业务发展, 顶层设计, 浙江省

**DOI:** 10.3969/j.issn.2095-1973.2018.04.002

## Research on the Business Development of Meteorological Disaster Risk Assessment

Chen Haiyan<sup>1</sup>, Lei Xiaotu<sup>2</sup>, Pan Jinsong<sup>1</sup>, Zhang Lei<sup>1</sup>

(1 Zhejiang Meteorological Observatory, Hangzhou 310017

2 Shanghai Typhoon Institute of China Meteorological Administration, Shanghai 200030)

**Abstract:** The concept of disaster risk assessment is revisited in this paper according to characteristics of meteorological disasters. Risk assessment of meteorological disasters and other forms of natural disasters such as earthquakes or geological disasters is also compared. Because of predictability of meteorological disasters, its risk assessment has a wide range of applications for business. The demand for meteorological risk assessment with a focus on disaster prevention and mitigation for major industries in Zhejiang province was analysed in this research. The business of meteorological disaster risk assessment can be classified as static risk assessment and real time risk assessment based on the demand. Five kinds of service products about the risk assessment, which can be adapted to the capacity for weather monitoring and forecasting, are proposed in this paper. A survey of requirements for product types, spatial resolution, accuracy, etc. indicated that the five kinds of service products for meteorological risk assessment were required at difference levels, with the most important requirement for products being real-time comprehensive risk assessment, and the least important being products about the assessment after disaster. As for spatial scales, counties or towns are the most needed “units” followed by grid points. At present, the precision of the semi-quantitative level of assessment can meet service requirements at a basic level, and the requirements for quantitative risk assessment with a high level of accuracy are not highly in demand. The scientific research framework of meteorological disaster risk assessment is built according to development goals, and the main research contents are proposed, and key technologies and preliminary analysis of solutions are analysed at the end of this paper.

**Keywords:** meteorological disaster, risk assessment, business development, top-level design, Zhejiang Province

### 0 引言

灾害风险评估是灾害风险分析研究的核心内容, 是风险管理的基础, 对于减灾降险具有举足轻重的作用。气象灾害可以由灾害性天气带来, 也可以由气候

异常所致, “损失”是度量气象灾害严重程度的主要指标<sup>[1]</sup>。目前国际上对“风险”还没有统一的严格定义<sup>[1-2]</sup>, 但其核心内容及延伸的涵义基本是一致的, 即不利事件发生的可能性(期望)及可能的损失(情景), 就是损失的可能性<sup>[3]</sup>。随着社会经济的发展, 各行各业对气象信息的需求已不仅仅是“什么时候发生什么强度的气象事件”(传统天气监测预报), 而且更关心的是“可能的影响以及防御标准等”(灾害风险评估)。

收稿日期: 2017年1月6日; 修回日期: 2017年5月18日  
第一作者: 陈海燕(1967—), Email: chy\_ly1994@sina.com  
资助信息: 国家重点基础研究发展计划(2015CB452806);  
浙江省气象局重点科技专项(2016ZD17)

气象灾害风险分析研究涉及多行业、多部门，横跨自然科学和社会科学两大体系，属于“复杂系统”研究范畴，与传统的天气监测预报业务有着较大的区别。气象部门作为气象灾害预警的责任主体，在气象灾害风险识别（监测、预报、风险普查等）、风险降低（预报预警发布、法规建设等）等方面做了大量工作，近年来还开展了基于临界致灾条件和灾害性天气预报的山洪、地质灾害风险预警以及一些专业气象灾害风险评估（如农业、电力、交通气象灾害风险评估等），风险转移方面的研究也有所进展<sup>[4-11]</sup>。但总体来讲，气象灾害风险评估由于风险理论欠缺、基础数据不够完整、研究目的和技术方向不明确等，目前尚未制定相关的发展战略，现有研究成果不成体系，业务化水平不高。另一方面，在灾害风险分析研究中，承灾体的脆弱性研究占有非常重要的地位<sup>[12-15]</sup>，很多学者认为脆弱性是理解灾难本质的前提，减少承灾体脆弱性是防灾减灾最为直接和有效的方法，而承灾体的分布具有很强的地域特征，相应的风险评估业务也具有地域性。本文以浙江省为例，从需求牵引的角度出发分析气象灾害风险评估的现状及其未来发展的框架，旨在通过对风险评估业务顶层设计的探讨，为我国气象灾害风险评估的科学发展提供支持。

## 1 气象灾害风险评估的主要进展

### 1.1 相关定义与术语

政府间气候变化专门委员会的第5次评估报告（IPCC AR5）对风险的最新表述为：灾害风险是由致灾因子、暴露度和脆弱性构成的函数<sup>[16]</sup>。结合国内外对风险概念认识的发展，风险可表达为：

风险 =  $f$  (灾害危险性, 暴露度, 脆弱性),

其中，灾害危险性指自然灾害的致灾因子强度，暴露度指处于灾害危险之下的承灾体，脆弱性指承灾体潜在的可能受损程度，与自身能力有关，也与外界的作用有关，且与外界作用力的大小呈正比<sup>[17-18]</sup>。

若把脆弱性理解为暴露承灾体的脆弱性，那么风险可表达为“致灾因子（强度和频率）及暴露于某强度致灾因子下的承灾体脆弱性的函数”，即：

风险 =  $f$  (灾害危险性, 脆弱性 (暴露度))。

目前，气象部门有关灾害评估方面的术语大致有3种，即“灾害风险评估”“灾害预评估”“灾害评估”，相似的术语导致了概念理解的混淆，但总体上“灾害风险评估”与“灾害预评估”强调的是灾前的评估，前者更侧重风险（即可能性），后者更侧重损失；“灾害评估”强调的是损失或受影响的程度，包括灾前和灾后的评估。为表述清晰，下文将其合并

为侧重灾前的“灾害风险评估”和灾后的“灾后评估”，其中“风险评估”包含“灾害预评估”。

### 1.2 国外气象灾害风险评估工作概述

国外灾害风险研究<sup>[1, 19-21]</sup>一般都在一些防灾减灾政府部门及保险行业等社会机构开展。根据天气气候带来的影响及成因，分为一般天气风险、灾害性天气风险和气候变化风险。一般天气风险是指不会造成损失，也不会有人员伤亡，但会引起企业利润波动的一般天气事件带来的风险；灾害性天气风险也就是我们所谓的气象灾害风险，是指会造成财产损失和人员伤亡的天气气候事件带来的风险；气候变化风险是造成水资源短缺、荒漠化加重、海平面上升、冰川退缩等长期气候变化带来的风险。

通常，非特殊说明的天气风险一般均指一般天气风险，由社会机构如保险业等采用天气衍生品方式进行有效转移，国内目前仍较少涉及。

灾害性天气风险的研究一般由政府部门主导，主要的进展如：美国联邦应急管理署开发的HAZUS软件包，共包含7个模块：①潜在致灾因子：评估地震、洪水、飓风这三种致灾因子的强度；②数据库：国家级别的暴露数据库，包括全部建筑物、关键设施、交通系统和生命线；③直接损失：研究暴露水平灾害性风险和结构脆弱性，并在此基础上评估不同强度致灾因子所造成的财产损失；④间接损失：次生损失，对应于灾害产生的次生危害，如地震引起的火灾等；⑤社会损失：评估人员伤亡、转移家庭、暂时性避难所的需求；⑥经济损失：评估结构和非结构损失、内容物损失、重新安置成本、商品存货损失、资本损失、工资收入损失、租金损失；⑦间接经济损失：评估灾害造成的区域范围和对区域经济的长期影响。

气候变化风险则是由专业的气候变化经济学研究机构进行研究，目前国内外的研究机构均较少，相关的实践也较少。

### 1.3 国内主要自然灾害风险评估工作比较

自然灾害可分成两类。一类是常规性的自然灾害，频率高，影响不是灾难性的，大部分气象灾害属于此类灾害。第二类是灾难性灾害，规模大，具有前所未有的特征，如地震、极端性气象灾害及引发的地质灾害等。灾难性灾害又可分为突发性灾害和缓变性灾害，突发性灾害具有不可抵抗性特征（如地震）。缓变性灾害有一个演变过程，及早认识并处理得当可以控制在常规灾害范畴内，如台风以前基本是灾难性灾害中的缓变性灾害，由于科技发展，台风已是预报准确率较高的可预报性灾害，因此大部分台风已成为

常规性的自然灾害。因为天气的可预报性，我们可以并要尽量避免天气气候灾害演变成灾难性灾害。

目前国内风险评估涉及的主要自然灾害有：地震、地质灾害和气象灾害等，上述三大自然灾害由于影响特点不同，风险评估工作侧重点也有所不同。业务标准具有普适性及成熟性，分析三大自然灾害的行业标准，发现地震灾害由于可预报性差、灾害重，风险评估工作主要侧重于不同等级震害的发生概率，以及以点盖面的灾后评估等，分别在规划、设施的抗震标准及救灾中应用<sup>[22-25]</sup>；地质灾害有社会成因也有自然成因，如滑坡、崩塌等灾害社会成因占分量较重，泥石流灾害则主要由自然原因（暴雨）造成，地质部门目前的标准主要应用于规划和灾害的治理中<sup>[26-27]</sup>；在气象灾害的成因中，灾害性天气和异常气候是主因，又由于天气的可预报性，其风险评估应用的范围更广，有在规划、防灾设计标准中应用<sup>[28]</sup>，有灾后评估标准<sup>[29]</sup>，也有与气象高影响行业高度结合的专业评估标准<sup>[30]</sup>，但涉及的气象灾害灾种不多，另外纯粹的气象灾害风险评估标准基本没有，说明该项工作仍处于科研状态，业务化水平不高。

## 2 气象灾害风险评估需求分析

浙江省气象灾害种类多，出现频率高，影响范围广，危害程度重，是我国气象灾害较严重的省份之一。气象灾害对农业、林业、水利、渔业、环境、能源、建设、交通运输、电力、通信等行业以及人民的正常生产生活均会产生不利影响。因此，各防灾减灾部门和公众对气象灾害风险评估产品有着旺盛的需求。以下以浙江省为例，对气象灾害风险评估的需求进行分析。

### 2.1 防灾减灾需求分析

浙江省几乎每年都会受到台风、暴雨、高温干旱、冰雹、沿海大风、低温冷害、大雾等气象灾害以及滑坡、泥石流等次生灾害的影响，给人民生命财产、经济建设和社会发展带来严重危害，浙江省各级政府历来高度重视气象灾害的防御工作。气象灾害风险评估可为政府提高防灾、减灾和救灾能力以及重大基础设施规划和建设等提供科学依据。因此，实际防灾减灾业务中，为科学有效地组织对即将来临的灾害事件的防御工作需要主要的气象灾害进行实时监测与可能影响的评估；为了科学合理地设置基础设施建设、城镇规划和重大工程建设的设防标准需要对本地区最大可能的气象灾害事件及其影响程度进行分析评估，以提高本地区灾害防御的能力，从而降低风险。

### 2.2 主要行业的需求分析

农林渔业是国民经济发展的基础，气象灾害对

农林渔业影响十分严重。随着经济社会的发展和生态浙江的推进，具有地方特色的名特优农林渔产品和绿色、生态、安全农林渔产品的市场需求量越来越大，特色农林渔业、设施农林渔业、生态观光农林渔业等新兴农林渔产业呈现出强劲的发展态势，相应的台风、暴雨、高温热浪、缺水性干旱、低温、冰雪灾害等影响和风险也将加大。为科学合理地规避上述风险，需要进行：①农业气象灾害实时监测和影响预警；②引种、功能区建设需要主要气象灾害的风险区划。

交通运输是国民经济的重要基础行业，同时也是易受气象灾害影响的行业。台风、暴雨、低温冷害、雨雪冰冻、暴雪、大雾、大风等对铁路、公路、水路运输沿线的影响尤为显著，道路结冰、低能见度以及洪水冲毁路基造成交通瘫痪等严重后果时有发生。随着经济一体化加强，各行各业对交通的依存度越来越高。为规避此类风险，需要进行：①相关气象灾害实时监测和影响预警；②制定气象灾害防御设计标准，合理规划和布局交通基础设施，需要开展气象灾害风险评估。

电力、核能、风能等能源生产对保障经济社会的正常运行起到基础性保障作用。台风、暴雨、低温冷害、雨雪冰冻、雷电、大风等灾害，常引发输电线路故障甚至电力基塔倒塌、线路中断等事故；盛夏高温容易引发用电负荷大幅升高，电力供应不能满足群众生活和经济运行需求。核能、风能等能源基础设施容易受到台风、龙卷风、雷暴、大风等灾害的危害，并可能造成严重后果。为规避此类风险，需要进行：①相关气象灾害实时监测和影响预警；②输变电线路沿线、核电站建设、风电场选址，合理规划和布局能源基础设施，需要气象灾害风险评估。

环境与气象条件密不可分，气象条件在一定程度上影响了环境的优劣，沙尘、酸雨、霾（灰霾）等一些气象因素直接导致大气环境质量恶化，严重影响群众生活质量。为规避此类风险，需要进行：①大气环境的实时气象等级监测与预报；②污染企业的选址、区域大气污染承载力等需要开展大气扩散条件的风险评估。

通信行业对各行各业及气象灾害防御的作用越来越大，气象监测预警信息的传输越来越依赖于通信渠道。台风、暴雨、低温冷害、雨雪冰冻、雷电、大风等灾害，常引发通信线路故障甚至基塔倒塌，造成通信中断。为规避此类风险，需要进行：①相关气象灾害实时监测和影响预警；②通信线路工程规划、通信工程气象设计标准等需要气象灾害风险评估与区划。

保险业作为保障人民生活、防范风险的重要屏障，在抵御气象灾害方面起着重要作用。保险公司

作为风险管理服务的提供者，应根据气象灾害风险评估设计相对应的保险产品。另外，在灾害发生前应及时向投保人发布灾害预警，并在灾害发生时做好灾情监测。为此，需要进行：①相关气象灾害实时监测和影响预警；②保险产品的气象指数设计。

### 3 气象灾害风险评估业务分类及服务产品设计

#### 3.1 气象灾害风险评估业务分类研究

根据风险定义及气象灾害风险评估的内涵、需求、应用，可将气象灾害风险评估业务分为静态风险评估和实时风险评估两大类。其中静态风险评估（区划）是指历史气象灾害的统计风险，主要应用于各类政策（规范）制定、规划、标准设计、保险指数设计等。实时风险评估是指针对某次气象灾害的风险评估，在防灾减灾的具体决策、制定措施中应用。

由于风险评估涉及自然和社会两大科学体系，信息量庞大。一般来讲，风险评估越宏观，所用资料越要有所甄别和舍弃，不能过于详细与繁琐。如联合国开发计划署研究的灾害风险指数系统（Disaster Risk Index）是全球尺度灾害风险管理的代表，其分辨率到国家，风险指标仅使用死亡人数、相对于受灾人口的死亡率，虽然死亡只是灾害造成的损失之一，但在全球尺度上，死亡人数隐含了响应灾害能力的经济、环境、教育、发展等因素，而且资料相对准确且容易获得，操作性强。越微观的风险评估，信息需求越详细，针对性更强，准确性要求更高（图1）。总体来讲，静态风险评估所需资料的详细程度相对低一点，不确定性多一点，实时风险评估所需资料更详细更精确。因此两类风险评估业务发展的技术侧重点应有所不同。

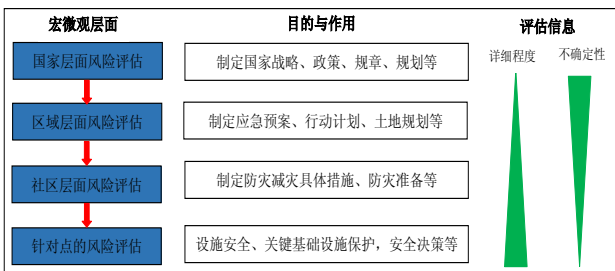


图1 不同层面风险评估目的及信息要求

Fig. 1 The purpose of risk assessment and information requirements at different levels

#### 3.2 适应气象监测预报能力的风险评估服务产品研究

气象灾害风险评估是气象监测、预报业务的延伸，其发展受制于监测、预报水平。提高气象灾害风险评估的业务化水平，需要以监测和预报能力为依托

而循序渐进。

#### 3.2.1 目前气象灾害监测预报业务支撑能力分析

气象部门保存着很多高质量的长序列气象要素资料。目前各种观测手段如气象卫星、雷达、高空探测仪、地面自动站等可以为气象灾害风险评估提供各种监测信息，卫星、雷达这些高科技观测手段可以开发出很多产品，如洪涝淹没情况、作物长势、土壤墒情、极端风力等，自动观测站结合卫星、雷达资料的运用可以融合成各种空间分辨率的监测产品，供各种类型的风险评估产品使用。

随着数值预报技术、现代化探测技术的广泛应用和计算条件的不断改善，各级气象台站中期、短期、短时、临近预报以及气候预测的能力有了很大程度的提高，农业气象、环境气象、水文气象、交通气象、海洋气象等专业气象预报也有可喜的拓展<sup>[31-33]</sup>。部分省市的0~15 d无缝隙精细化格点预报产品，24 h的空间分辨率已达1 km×1 km，1~3 d的空间分辨率为3 km×3 km，3 d以上的空间分辨率为5 km×5 km，未来将在空间分辨率和预报更新频次两方面有进一步的发展。

目前的科学发展使得天气预报和气候预测的准确性及应用得到很大提高，但也要认识到，预报的定时、定点、定量方面未来还有很长的路要走，专业气象预报技术还不十分成熟。气象灾害对经济社会的影响涉及自然和社会两大科学体系，因子的多样性与复杂性目前还没有一个确定性的数学方法能解决。因此，风险评估的结论使用“等级”形式更符合目前的科学发展和实际需要的现状。随着科学技术的发展，量化的预评估技术将逐渐取代等级风险评估技术。

#### 3.2.2 服务产品设计

各行各业对气象风险评估产品的需求种类繁多，根据上述分析，大致可分为：①综合类的风险评估，防灾减灾战略、应急预案的制定、宏观防御措施的制定等都会希望提供综合类风险分析产品。“综合”含义包括多灾种的综合、灾害带来的综合风险。②专项类的风险评估，单灾种针对某行业或某类成灾现象的风险分析，如降水引发城市积涝的风险、台风致农业受损的风险、冰雪灾害引发交通事故的风险等。

因此，可把气象灾害风险评估产品分为静态综合评估产品、静态专项评估产品、实时综合评估产品、实时专项评估产品。结合考虑预报预测的时空精度，各种风险评估服务产品的用途见表1。

#### 3.2.3 服务产品种类、精度需求调查

以暴雨风险评估服务产品为例，于2016年4月在

表1 气象风险服务产品设计及用途  
Table 1 The design and application of service products of meteorological risk assessment

服务产品	用途	空间精度
静态综合风险评估	防灾减灾战略部署、综合规划、综合应急预案编制等	格点、行政单位
静态专项风险评估	相关行业防灾标准和规划、保险指数设计等	格点、行政单位
实时综合风险评估	灾害预警、应急启动标准、防灾措施部署及落实等	格点、行政单位
实时专项风险评估	行业及承灾体的灾害预警、行业应急启动、防灾措施部署及落实等	格点、行政单位
灾后评估	救灾、经验总结和反思	格点、行政单位

浙江省第七届气象防灾减灾省级部门联络员会议上，向浙江省政府办公厅、应急办、防汛防旱指挥部、民政厅、交通厅、国土厅、教育厅、证监会、旅游局、环保厅等18个防灾减灾部门进行了问卷调查，调查内容主要为两个方面：一是风险评估产品种类需求，二是风险评估空间精度需求以及有限的准确度需求，结果见图2。由图2可知，设计的风险评估服务产品都有一定的需求，其中实时综合评估需求最大，其次为静态专项评估和实时专项评估，灾后评估需求相对少；空间精度需求以县（市、区）为最大，其次乡镇（街道），然后格点；给出影响情况的“等级”评估精度基本能满足服务需求，精度不高的量化评估需求不大。

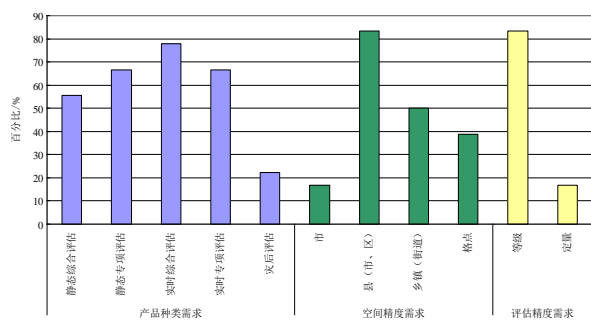


图2 风险评估产品需求调查分析

Fig. 2 Requirement investigation for products about risk assessment

## 4 气象灾害风险评估科研架构

第二和第三节分析了气象灾害风险评估的现阶段需求及针对需求设计的服务产品，本节主要探讨支撑业务服务的科学研究问题。

### 4.1 气象灾害风险评估科研内容

气象灾害风险评估涉及自然科学和社会科学两大体系，是复杂系统，包含气象致灾因子、孕灾环境、承灾体三大子系统，灾情是上述三个子系统共同作用的结果。目前科学技术水平还难以建立精确的风险评估函数，因此有必要将气象灾害风险评估涉及的因子

进行分解，根据需求循序渐进开展相应的科学研究。在气象灾害风险评估中，致灾因子是主因，孕灾环境对灾害的形成起扩大或缩小的作用，而承灾体是受灾影响的主体，没有承灾体也就无所谓灾害影响。因此致灾因子的危险性评估和承灾体的脆弱性评估是风险评估非常重要的两个环节，其中致灾因子的危险性评估在评估的初级阶段具有非常重要的意义。

气象灾害风险评估的主要科研内容如图3所示，各层评估环节的意义与应用分析如下。

1) 分析气象致灾因子、孕灾环境和灾情的关系，建立致灾强度模型和指标，进行危险性评估，可用于气象灾害的识别、监测及预警，另一方面也是风险评估的中间环节。

2) 分析承灾体特性（对抗致灾因子能力）、灾情关系，进行承灾体脆弱性分析，得出脆弱性曲线。脆弱性曲线可以直接应用在规划、设计标准中，也是风险评估的中间环节。

3) 分析致灾因子、孕灾环境、承灾体三者与灾情的关系，建立致灾风险函数，做风险等级评估，方法、资料精确到一定程度，并且预报精准程度进一步提高，可做有一定精度的损失定量预评估。

## 4.2 气象灾害风险评估科学研究架构

### 4.2.1 灾害数据库建设

气象数据库已经比较完备，着重建设孕灾环境、承灾体、灾情数据库。通过遥感和GIS技术，并跟相关部门合作，建立格点化的地形影响度、水系影响度、植被覆盖度等孕灾环境及农田、建筑物、交通系统、电力系统、水利系统、城市网管及生命线设施等数据库，每三到五年更新一次。

由于建立灾害数据库是个繁重的工作，应分级合作完成。

就省级来讲，气象数据应由省级气象业务部门建立，省级气象部门还应以地理信息系统（GIS）和遥感技术为依托，提取相关孕灾环境信息和农田、土地利用等格点信息。市、县级气象部门应充分调查辖域内的气象灾害承灾体。主要承灾体有（以浙江省为例）：海塘、避风港及港口设施、房屋、电力和通讯设施、城市和乡镇排涝设施、农田面积等。开展专项风险评估的还要调查分析专项承灾体。

### 4.2.2 科学研究的关键问题

气象灾害风险评估业务化，有两个中间环节要研究透彻：一是致灾因子的危险性评估，二是承灾体的脆弱性研究。这两部分深入研究后，进一步结合再做风险研究工作。

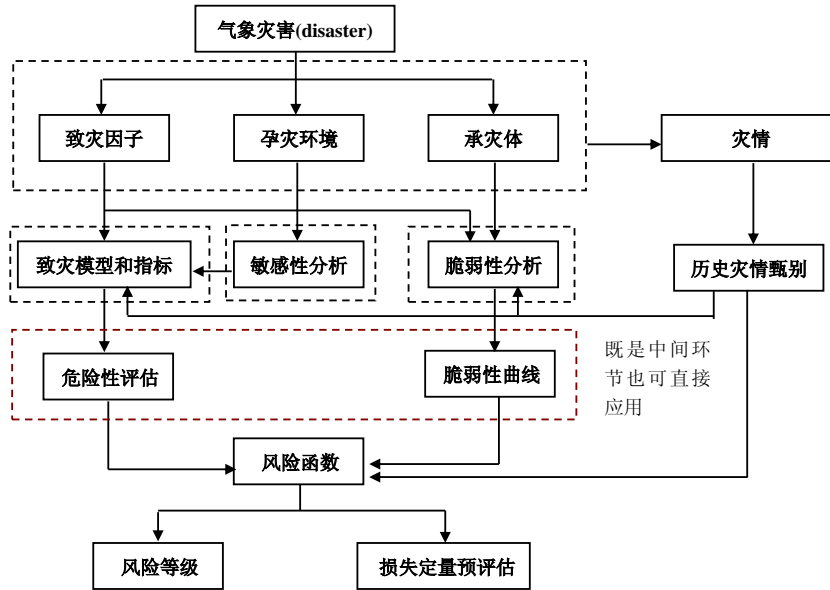


图3 风险评估流程图

Fig. 3 Flow chart of risk assessment

### 1) 致灾因子危险性分析

从气象科学角度来讲，最有效地利用目前气象科学技术的危险性评估方法，就是由章国材<sup>[1]</sup>提出的依托致灾临界气象条件（阈值）的评估方法。所谓致灾临界气象条件，就是出现什么气象条件会产生灾害？如下多大雨会出现城市内涝？下多大雨会出现山洪？多少毫米的积雪会影响交通？等等。这些是风险评估的初级阶段，也是近期可达到的目标。通过分析致灾因子、孕灾环境和灾情的关系可得到一些结论，因为孕灾环境具有一定的稳定性，因此可以把孕灾环境做为一个背景，主要分析致灾因子强度和灾情的关系，也能得到一些可用的有意义的结论。解决方案：①用统计方法利用历史数据进行分析得到阈值；②将历史数据放进某种灾害的动力模型中进行反演得到阈值。

### 2) 承灾体脆弱性分析

“脆弱性”概念跟“风险”概念一样，目前并没有统一的定义，从词义来理解，指被伤害或面对攻击而无力防御。不同研究者从各自角度给出的脆弱性概念有一定差别，可归纳为两大类：一是从脆弱性的属性进行界定，认为脆弱性是承灾体对灾害的敏感程度，或者抗御能力和恢复力；二是从脆弱性的影响因素进行界定（跟风险定义有重叠之处），认为脆弱性由自然、社会、经济和环境因素共同决定，强调脆弱性涵盖多重属性，认为脆弱性是暴露性、敏感性、应对性和恢复性等属性相互作用的体现，等等。

从气象科学的特性和可操作性出发，认为脆弱性是物体潜在的可能受损程度，与自身能力有关，也

与外界的作用有关，且与外界作用力的大小呈正比。分单体脆弱性和系统脆弱性，两种脆弱性的研究方法不同。就单体脆弱性来讲，需探讨的是致灾因子与承灾个体损失之间的定量关系，也就是脆弱性曲线，它以表格或曲线形式精细量化表现致灾强度与承灾体损失率间的关系。就系统脆弱性来讲，可以把单体脆弱性合在一起组成系统脆弱性，但是因为每个单体脆弱性曲线都有误差，用叠加的方式会将误差呈几何增大，因科学技术尚未突破，目前较通用的方法是用“暴露—敏感—适应”分解脆弱性，然后组织数据、统一概念建构脆弱性评价指标体系。对气象灾害来讲，研究天气灾害的风险时，适宜开展单体脆弱性研究，如作物、建筑物损失率与暴雨、大风强度的关系，等等；研究气候灾害类风险时，适宜开展系统性脆弱性分析，如干旱灾害，一地的脆弱性不仅跟降水少有关，还与大区域的水资源、水利设施、社会经济、防旱抗旱能力等有关，所以适合放在一个系统里考量。解决方案：①数据挖掘，包括气象监测数据和统计年鉴的再分析，大数据分析方法的应用，适宜跟遥感、雷达、卫星、GIS等高科技观测手段结合起来分析；②脆弱性曲线（数学函数）的确定，可以用统计方法，也可用实验方法（如风洞试验等）。

### 3) 灾害风险评估方法

自然灾害风险评估方法主要有两种思路：一种是基于历史灾损资料的风险评估，使用这种方法是假设风险能够用过去灾害事件中的灾损历史资料来表示，基本用统计方法建立模型的多；另一种是情景评估方

法,各种严重影响气象灾害的场景重现,如把台风路径进行划分,重现每种路径下的风险场景(危险性加脆弱性)等。所有在危险性及脆弱性评估中的科研都是解决风险评估的方案,除此之外的解决方案还有:①神经网络、随机森林等非线性智能方法在风险评估中的应用;②极端天气气候条件下的风险场景研究。

#### 4) 服务产品规范化研究

风险评估服务产品的规范化内容繁多,应根据业务化程度而循序渐进。近期急需规范的有两个问题:①气象灾害风险等级规范。根据国家级和省级主管部门的工作部署,未来气象灾害预警信号将实施属地化管理,国家级和省级气象部门不发布预警信号,主要发布气象灾害预警,为有所区别,不至于让服务对象产生概念的混淆,建议灾害预警使用数字等级,不要使用预警信号的颜色等级。实时风险等级与气象灾害的预警等级应该一致,实行4级等级标准,预警等级主要从气象灾害的危险性出发,风险等级主要考虑灾情的表象,风险等级可作为省级预警发布的参考或指导产品。②重大工程建设的风险评估规范。完善重大工程建设气象灾害风险评估制度,制定相应的评估标准,确保在城乡规划编制和工程立项中充分考虑气象灾害的风险,避免和减轻气象灾害的影响。

## 5 结论

由于气象灾害的可预报性,气象灾害风险评估具有特定的涵义,与其他自然灾害(如地震、地质灾害)相比,应用范围更广,业务化能力相对更高;根据需求分析,可将气象灾害风险评估业务划分成两大类,即“静态风险评估业务”和“实时风险评估业务”;五种服务产品代表了五个风险评估的发展方向,在制定风险评估的中短期业务发展战略时,应根据目前的监测和预报水平以及服务需求而循序渐进,适宜实行边研究边业务化的方式逐步提高评估精度。对于气象灾害风险评估科学研究框架的架构,本文谨属抛砖引玉,其中的关键技术也是目前风险评估的瓶颈,因此,要充分重视气象灾害风险评估业务发展的艰巨性。

#### 参考文献

- [1] 章国材. 气象灾害风险评估与区划方法. 北京: 气象出版社, 2009.  
[2] 黄崇福. 自然灾害基本定义的探讨. 自然灾害学报, 2010, 19(6): 8-16.

- [3] 马保成. 自然灾害风险定义及其表征方法. 灾害学, 2015, 30(3): 16-20.  
[4] 杨惜春, 肖子牛, 张钰仁. 我国气象灾害风险评估立法环境与需求. 气象科技进展, 2013, 3(5): 63-66.  
[5] 王春乙, 王石立, 霍治国, 等. 近10年来中国主要农业气象灾害监测预警与评估技术研究进展. 气象学报, 2005, 63(5): 659-671.  
[6] 李世奎, 霍治国, 王素艳, 等. 农业气象灾害风险评估体系及模型研究. 自然灾害学报, 2004, 13(1): 77-87.  
[7] 刘小艳, 孙娴, 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.  
[8] 扈海波, 熊亚军, 张姝丽. 基于城市交通脆弱性核算的大雾灾害风险评估. 应用气象学报, 2010, 21(6): 732-738.  
[9] 张容炎, 徐宗焯, 游立军, 等. 福建热带气旋风雨空间分布特征及风险评估. 应用气象学报, 2012, 23(6): 672-682.  
[10] 彭鹏, 张初, 洪梅, 等. 气候变化影响与风险评估方法的研究进展. 大气科学学报, 2015, 38(2): 155-164.  
[11] 姜伟平, 吴利红, 邱新法, 等. 柑桔农业气象灾害风险评估及农业保险产品的设计. 自然资源学报, 2009, 24(6): 1030-1040.  
[12] 王乃举. 脆弱性研究进展及发展趋势. 广西师范学院学报(自然科学版), 2015, 32(3): 81-86.  
[13] 金有杰, 曾燕, 邱新法, 等. 人口与GDP空间化技术支持下的暴雨洪涝灾害承灾体脆弱性分析. 气象科学, 2014, 34(5): 522-529.  
[14] 王艳君, 高超, 王安乾, 等. 中国暴雨洪涝灾害的暴露度与脆弱性时空变化特征. 气候变化研究进展, 2014, 10(6): 391-398.  
[15] 尹姗, 孙诚, 李建平. 灾害风险的决策因素及管理. 气候变化研究进展, 2014, 10(2): 84-89.  
[16] 姜彤, 李修仑, 巢清尘, 等. 《气候变化2014: 影响、适应和脆弱性》的主要结论和新认知. 气候变化研究进展, 2014, 10(3): 157-166.  
[17] Alam M, Rabbani M D G. Vulnerabilities and responses to climate change for Dhaka. Environment and Urbanization, 2017, 19(1): 81-97.  
[18] Boruff B J, Emrich C, Cutter S L. Erosion hazard vulnerability of us coastal counties. Journal of Coastal Research, 2005, 21(5): 932-942.  
[19] 王卉彤. 气候变化挑战下的国际金融衍生品市场新动向及其对中国的启示. 财政研究, 2008, (6): 55-57.  
[20] 谢世清, 梅云云. 天气衍生品的运作机制与精算定价. 财经理论与实践, 2011, 32(174): 39-43.  
[21] Heneka P, Hoffherr T. Probabilistic winter storm risk assessment for residential buildings in Germany. Natural Hazards, 2011, 56(3): 815-831.  
[22] 孙景江, 袁一凡, 温增平, 等. GB/T 17742-2008, 中国地震烈度表. 北京: 中国标准出版社, 2009.  
[23] 高孟潭, 陈国星, 谢富仁, 等. GB/T 18306-2015, 中国地震动参数区划图. 北京: 中国标准出版社, 2016.  
[24] 胡奉贤, 张裕明, 高孟潭, 等. GB17741-2005, 工程场地地震安全性评价. 北京: 中国标准出版社, 2006.  
[25] 孙柏涛, 袁一凡, 苗崇刚, 等. GB/T 18208.4-2011, 地震现场工作第4部分: 灾害直接损失评估. 北京: 中国标准出版社, 2012.  
[26] 殷跃平, 颜宇森, 高姣姣, 等. DZ/T 0286-2015, 地质灾害危险性评估规范. 北京: 中国标准出版社, 2015.  
[27] 荆宏远, 韩冰, 吴张中, 等. SY/T 6828-2011, 油气管道地质灾害风险管理技术规范. 北京: 石油工业出版社, 2011.  
[28] 李家启, 李良福, 覃彬全, 等. QX/T 85-2007, 雷电灾害风险评估技术规范. 北京: 气象出版社, 2007.  
[29] 雷小涂, 陈佩燕, 穆海振, 等. QX/T 170-2012, 台风灾害影响评估技术规范. 北京: 气象出版社, 2013.  
[30] 马树庆, 陈正洪, 王琪, 等. QX/T 182-2013, 水稻冷害评估技术规范. 北京: 气象出版社, 2013.  
[31] 矫梅燕. 天气业务的现代化发展. 气象, 2010, 36(7): 1-4.  
[32] 矫梅燕, 龚建东, 周兵, 等. 天气预报的业务技术进展. 应用气象学报, 2006, 17(5): 594-601.  
[33] 宋连春, 肖风劲, 李威. 我国现代气候业务现状及未来发展趋势. 应用气象学报, 2013, 24(5): 513-520.