

DOI: 10.5846/stxb202009282507

范小杉.国际预警体系研究进展及其对国内生态环境预警研究的启示.生态学报, 2021, 41(18): 7454-7463.

Fan X S. Enlightenments of the international early warning system to domestic environmental early warning research. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(18): 7454-7463.

国际预警体系研究进展及其对国内生态环境预警研究的启示

范小杉^{1,2,*}

1 中国环境科学研究院, 环境基准与风险评估国家重点实验室, 北京 100012

2 国家环境保护区域生态过程与功能评估重点实验室, 北京 100012

摘要:从 1990 年联合国“国际减灾 10 年”倡导构建灾害预警系统以来,国际预警研究迄今已有 30 年历程。通过回溯国际预警研究发展历程,解析预警体系要素构成框架,探究各类缓慢性、突发性灾害与风险研究进展,探讨不同社会参与主体在预警体系中的职能,指出未来若干年,我国国内生态环境预警研究亟需强化“以人为本”的研究理念,突破“区域综合性生态环境评估”粗放化、模糊化处理研究区各类生态环境风险的传统窠臼,对不同类型生态环境问题开展精细化探索,同时重视风险受众对预警信息接收、接受和响应能力,并与相关机构和组织建立跨地域、跨行业的信息技术交流与协作机制,让利益相关者更广泛地参与预警体系建设,从而接轨国际研究,使研究成果可为精准化生态环境应急管理工作实践提供强有力支撑。

关键词:预警; 生态风险; 利益相关者; 危害性质; 响应能力

Enlightenments of the international early warning system to domestic environmental early warning research

FAN Xiaoshan^{1,2,*}

1 State Key Laboratory of Environmental Criteria and Risk Assessment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China

2 State Environment Protection Key Laboratory of Regional Eco-Process and Function Assessment, Beijing 100012, China

Abstract: The researches of early warning system have developed 30 years since the concept of early warning was advocated in *The International Decade for Natural Disaster Reduction* by the United Nations in 1990. By tracing the development processes of early warning research in international fields, the research framework and the main elements, the research advances of various slow and sudden disaster risks, the participants and their functions in early warning system were analyzed in details. Then the huge gaps between the Chinese environmental early warning researches and international research were pointed out. The suggestions were proposed: the domestic research of environment early warning needs to strengthen the concept of people-oriented urgently; the conventional research methods of extensive and fuzzy treatments of various environmental risks in the region should be broken through and the different issues of environmental risk are to be carried out with scientific and systematic study; the construction of software and hardware systems, as well as the operation details on public reception, acceptance and response to early warning information should be taken into account; the research should collaborated with relevant institutions and organizations in information technology exchanges in different regions and areas, and the mechanisms of allowing stakeholders to participate widely in building the early warning system need to be built urgently. The suggestions above will be helpful to enhance the applied value of the research findings of domestic

基金项目:国家重点研发计划项目(2017YFC0506601);国家自然科学基金项目(41501581)

收稿日期:2020-09-28; 网络出版日期:2021-06-15

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: fanxiaoshan@126.com

environmental early warning researches in practice. The future domestic researches of environmental early warning can provide strong and effective supports for accurate environmental emergency management.

Key Words: early warning; ecological risk; stakeholders; hazard characteristics; response ability

预警体系(EWS)是一个用于监控、收集、分析、解释和传递风险及灾害数据,预测可能产生的影响与不利趋势,预报给潜在受灾地区的个人、企业、社区和政府,使其尽早响应采取系统化备灾行动,降低危害事件损失的程序化系统^[1]。自1990年联合国通过“国际减少自然灾害十年”倡导世界各国建设灾害预警系统以来,国际预警研究迄今已有30余年历程。鉴于国际预警研究体系侧重研究自然因素主导产生的多种危害对人类、人类经济社会可持续发展的不良影响及其应对措施,与国内以维护生物多样性、人类生产生活环境安全为核心的生态环境预警研究在研究范畴、研究理念及技术方法等方面存在较多的相似性,可以为国内生态环境预警研究提供重要参考。在此阐述国际预警研究历程及研究体系,以期国内生态环境预警研究提供启示。

1 国际预警体系研究进程

1.1 发展进程

鉴于自然灾害在全球范围内造成的巨大生命财产损失,1989年12月联合国宣布将1990—2010年定为“国际减少自然灾害十年,倡导世界各国关注预警系统^[2-3]”。1991年IDNDR科学技术委员会将“预警”纳入发展目标,鼓励所有国家在全球、洲际、国家和地方建设预警体系;1997年联合国出版有效预警指导原则^[3]。1998年在德国召开首届减少自然灾害预警系统国际会,通过波茨坦预警会议宣言(Declaration of the Potsdam Early Warning Conference),确认早期预警是21世纪国家和国际预防战略的核心组成部分;并通过分析世界各地早期预警能力主要优劣势,指出有效的早期预警取决于所有相关部门基于科学技术的跨领域合作,并考量当地自然环境背景、经济社会特征及利益相关者需求^[4]。1999年7月IDNDR闭幕活动通过了“21世纪更安全的世界:减少风险和减灾”战略,强调通过社区参与、增加合作提高预警能力^[5]。

2000年1月联合国启动第二轮“减灾十年”战略(ISDR),在继续IDNDR“通过预警加强减灾能力、持续开展国际合作”两项任务的同时,倡议将风险评估纳入预警系统。2001年11月,为协调相关合作方预警工作,在肯尼亚首都内罗毕成立预警减灾战略机构间工作小组。2001年12月联合国大会通过关于实施国际减灾战略的决议(A/6/68),将预警确定为优先行动领域^[3]。2003年,在德国波恩召开第三次国际预警会议,倡导建立全球预警系统,制定以人为本的预警方法,将预警纳入公共政策。其时,越来越多的国家政府建构了气象和水文预警系统,以减少灾害的影响^[6]。2004年印尼海啸之后,联合国秘书长安南力促建构全球预警系统(GEWS),以有效应对所有自然灾害^[7]。2005年1月在日本神户召开联合国“国际减灾会议”,通过《兵库行动框架》和《兵库宣言》,倡议国际防灾减灾合作,共同开发能应对所有灾害的“以人为本”的全球预警系统^[6]。

2007年在德国波恩举行的东北大西洋、地中海和互联海域海啸预警和减灾系统政府间协调会议(ICG/NEAM TWS),曝光全球预警系统缺乏全球标准化框架,世界各地针对相同危害的预警系统所采用的框架因国家而异^[6]。为此2010年联合国环境发展署、2011年世界气象组织等国际机构相继出台系列指南性文件,为国际预警协作系统建设提供指引^[8-10]。

2015年3月在日本仙台举行的第三次联合国减少灾害风险大会(UNISDR 2015),通过《2015—2030年仙台减灾框架》,确定了到2030年全球减灾7大目标和4项优先行动事项,倡议各国从灾害管理转向灾害风险管理,指出投资、开发、维护和建立以人为本的多灾种、多部门预警系统的必要性^[11]。

2017年5月,全球减灾平台第4次会议在墨西哥坎昆举行首届多灾种早期预警系统大会(IN-MHEWS)^[12],会议更新了原始文件《开发早期预警系统:清单》,确立了确保早期预警系统有效性的主要要素。2018年世界气象组织(WMO)发布“多灾害早期预警清单”^[13],为各国政府、社区组织、相关部门制定或

评估预警系统提供参考。

1.2 研究框架预警系统构成要素

ISDR 促进预警平台、联合国发展计划署及世界气象组织共同指出:预警系统应综合风险知识、风险监测、风险警报和风险响应 4 个基本且互补的要素(图 1),即事先了解面临的风险、针对风险实施监测并预报警情、向受风险的人传播警报信息,并切实增强应对风险的能力^[4]。

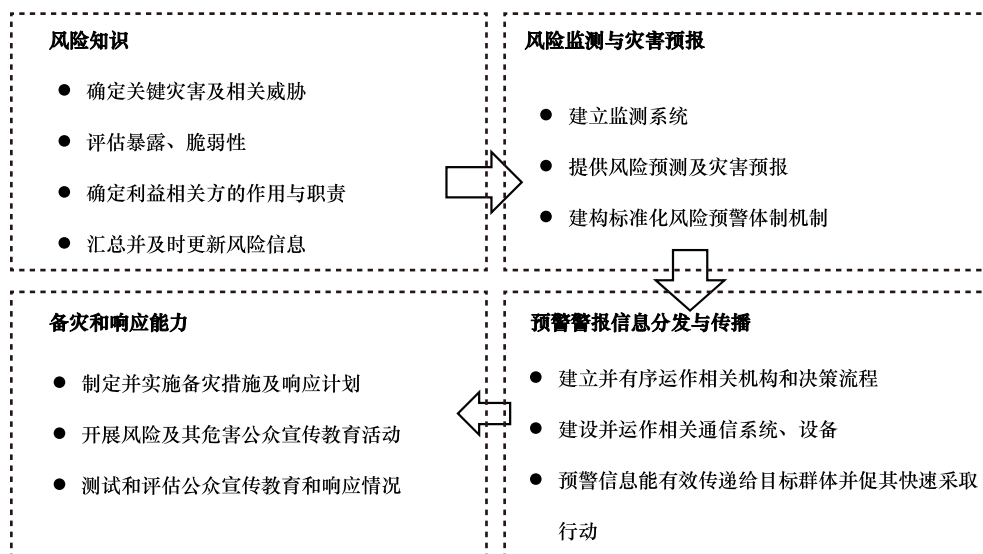


图 1 预警系统构成要素^[13-14]

Fig.1 The elements of early warning system

1.2.1 风险知识

具体涵盖以下内容:

(1) 风险特征:包括风险类型及其可能引发的人类生命财产及生态环境损害事件特征,风险源及其所处地理位置,风险可能危害的地域范围,危害强度、危害后果及危害空间传播扩散趋势和速率^[15]。根据历史数据评估潜在风险发生频率、概率,制作风险地图,确定可能遭受不良影响和损失的空间位置、范围、损害对象等,并用不同颜色表示预警级别^[13-16]。

(2) 评估风险危害对象的脆弱性

评估和量化暴露人员、服务设施和重要基础设施(如道路、电力、建筑等)遭受风险损害的脆弱性,对所有相关危害以及任何复合风险(包括次生灾害)进行制图。将历史和乡土知识纳入评估过程,将评估结果以清晰易懂的语言整合到当地风险管理计划和警告信息中^[17]。

(3) 确定利益相关者职责

考虑到所有人(包括妇女,儿童,老年人,残疾人等)的需求,确定参与风险评估(包括危害、脆弱性和能力评估)的主要行政机构职能定位^[18]。

(4) 系统汇总并及时更新风险信息

制定风险及其危害性、危害对象脆弱性评估国家技术规范或政策标准,建立标准化数据库(包括但不限于 3S 数据)存储、共享所有相关信息,并定期维护、审查和更新数据,包括任何新的或新出现的脆弱性、危害信息。如城市扩张或新建居民点,及风险潜在变化动态,以及时更新安全区、疏散区和避难所,为其他多灾害预警系统提供重要信息^[19]。

1.2.2 风险监测与预报

目的是确定风险监控位置以及优化观测和监控网络。依靠科学依据和可靠的自动化监测系统,以多风险

视角实时或近实时监测、预测可能发生的危害^[20-21]。

(1) 确立基准:确定适合当地环境条件的监测技术设备,建立监测网络,监测影响国家或地区的自然风险,记录每种相关风险,测量参数和规格,以实时或接近实时地以互操作格式接收、处理和提供数据^[22]。

(2) 预测和预警服务:基于公认的科学方法分析、处理数据,建模、预测,针对每种类型的危害,有效、及时的产出、传播(按国际标准和协议)清晰的警示信息^[23]。

(3) 构建标准化预警工作制度:明确预警系统合作伙伴(包括地方当局和媒体),建立部门机构间协议,促进部门间数据共享,确保不同机构处理不同危害、警示语言时沟通的一致性,建立多灾种协调应对战略,通过多边协定实现跨境交流警报信息和观测数据^[25]。

1.2.3 风险警报

警告触发通信机制并启动决策、制定应急计划,是预警系统的核心。建立公众对警报信息的信任机制是前提,预先保证国家、区域、地方各级通信系统在社会中权威,并使用多个通信平台,发送清晰简单的警告信息给风险区人群;同时警示消息应包含对于实现正确响应至关重要的有用信息^[25]。在各级通信平台建立反馈机制以核实已收到警报,避免传播沟通信息失败^[26]。

1.2.4 风险响应

公众预警意识教育是有效减灾的关键。人们必须了解他们的风险,尊重国家警示服务并知道如何对警告信息做出反应,因此教育和准备计划发挥着关键作用^[27]。灾害管理计划还必须包括经过良好实践、测试的疏散策略^[27]。人们应该充分了解可用的疏散路线、安全区域及安全的行为规范,以降低风险,减轻或避免其生命财产损失^[24]。

1.3 预警对象

1.3.1 缓慢性自然环境变化

(1) 土地退化。包括土壤侵蚀、荒漠化、干旱、森林砍伐等,具有明显的空间和时间特征。其预警系统多基于对地观测卫星收集的数据,然后将数据与社会经济数据、EWS 的其他多学科相结合,制作风险/脆弱性地图,并对潜在趋势发布早期预警。如将 MODIS、Landsat 系列粗分辨率卫星光谱数据处理成归一化植被指数(NDVI),植被比率指数(RVI),土壤调整植被指数(SAVI),水分胁迫指数(MSI),叶面积指数(LAI)和叶水含量(LWC)等指数图来反映地表地物和植被变化^[28]。2003 年 Wessels 等通过遥感分析绘制南非北部省份土地退化趋势图,FEWSnet 和 FSNWG 及时预测了东非地区 2010—2011 年的粮食危机;粮农组织、全球粮食和农业信息预警系统(GIEWS)、伦敦大学学院的 Benfield Hazard 研究中心利用干旱预警估算世界受干旱、饥荒影响地区所需的粮食^[29-30]。

(2) 水环境质量。水质状况通常受土地退化、气候变化、直接或间接人为活动的影响。为防止公众接触受污染的水资源,须及时识别水源和分配系统中的高影响污染事件(化学,微生物,放射性,病原体和生物毒素)^[31]。联合国环境规划署通过全球环境监测系统(GEMS)水计划,从 100 多个国家收集样本监测全球水质。美国环境保护局(USEPA)、农业部(USDA)、地质调查局(USGS)以及其他研究合作伙伴和学术机构合作建立水污染物检测平台以保护国家水资源^[32]。美国环保局水环境质量评估主要检测:极端人为事件(如无意排放/泄漏)、故意排放(如生物恐怖主义)、非点源污染,以及其它可能影响水质的极端自然事件(如洪水)、可能造成慢性健康风险的化合物(如异雌激素,生物杀灭剂,药物,杀虫剂)^[33]。在欧洲,若监测重点涉及较大空间尺度水质物理变量,则采用遥感技术收集数据并监测地下水质量参数予以分析;若重点关注化学和生物水质变量,则基于实时连续水样监测^[34]。

(3) 空气质量。主要通过收集和分析地面站的污染物浓度实时监测。卫星和航空监测对流层臭氧,由 NASA 和 ESA 完成,空气质量信息主要通过网络服务传达^[35]。美国环境保护署、加拿大安大略省环境部提供电子预警服务,通过电子邮件、手机或寻呼机向用户实时提供空气质量信息^[36]。

(4) 全球气候变化及其影响效应。目前与气候相关的预警系统主要处理冰川融化,湖泊水位、海平面和

海面温度异常,以及厄尔尼诺和拉尼娜现象等信息^[37]。美国国家冰雪数据中心(National Snow and Ice Data Center, NSIDC)提供近乎实时的全球冰盖度和积雪覆盖率数据。美国农业部、国家航空航天局和马里兰大学合作,定期监测全球约 100 个湖泊和水库水位变化,并提供在线数据。美国国家海洋大气管理局(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)提供海深异常和重要波高数据,以及海面温度数据。气候与社会国际研究所(The International Research Institute for Climate and Society, IRI)每月提供厄尔尼诺和拉尼娜南方涛动的监测概要信息、发生概率预报和海面温度指数^[38]。然而世界上大部分最脆弱地区仍然没有覆盖预警系统,大多数系统仅处理气候相关风险的某一方面数据,如热浪或干旱。且绝大多数系统都没有涵盖从收集气象数据到用户获取灾害警报并积极响应整个预警体系。

1.3.2 突发性环境变化

(1)漏油。主要使用卫星数据整合空中监测。在欧洲,使用卫星进行溢油检测的体系已经建立,并在国家和区域石油污染监测和响应链中得到很好的整合^[39]。

(2)化学和核事故。WMO 的区域专业气象中心(RSMCs),可预测大气中污染物的移动。国际原子能机构应对核事故机构间委员会(IACRINA),负责协调应对核放射紧急情况。该机构的目标一是通过事故和应急中心(IEC)24 小时服务系统,在事故或紧急情况期间提供实时的信息报告,二是通过核事件网络系统(NEWS),提供有关核电厂、研究堆燃料循环设施以及放射性物质运输相关的信息。作为世卫组织一部分,国际化学品安全机构的全球化学品事故警报和反应系统侧重于化学品释放引起的疾病爆发,并为会员国应对化学品事故和紧急情况提供技术援助^[40]。

(3)地质灾害。由于接近破裂断层的区域的警报时间只有几秒钟到一分钟左右,因此地震的有效预警技术比其他自然灾害预警更具挑战性,因此不存在用于地震预警的全球系统。美国地质调查局(USGS)计划与英国等多国家地震研究机构(IRIS)等合作运营全球地震网络(GSN),提供免费、实时、开放的访问数据^[41]。

(4)山体滑坡。山体滑坡每年在全球范围内造成数十亿美元的经济损失,但全球范围内只有少数斜坡受到监测。2002 年 1 月在京都研讨会上创建国际滑坡联合会(ICL),其使命是促进有关山体滑坡的全球多学科计划,但不提供任何早期警报,其信息基于事件发生后的新闻报道^[42]。

(5)海啸。2004 年 12 月的印度洋海啸造成 22 万人死亡,凸显海啸预警系统的差距和不足。目前区域性和国家海啸信息中心构建较多,截至目前印度洋沿岸国家已建立 26 个海啸信息中心,此外还有太平洋海啸预警系统(PTWS)、阿拉斯加海啸预警中心(ATWC)等国际性研究中心。国际海啸信息中心(ITIC)旨在通过提供指导、帮助来提升海啸预警教育,从而减轻海啸损失^[43]。

(6)火山喷发。火山观测站世界各地都有分布,火山观测站世界组织(WOVO)网站上提供了完整的火山观测台清单,但全球火山爆发预警系统尚未建成。全球火山活动信息由史密森尼机构提供,该机构根据全球火山活动计划与 USGS 合作,提供从全球火山观测站收集的火山活动信息,但火山观测站之间的数据共享尚需协调。

(7)野火。全球火灾监测中心(GFMC)在全球范围内获取野火信息,包括火灾危险地图、评估火灾风险,近实时火灾事件信息以及全球火灾信息档案^[40]。全球火灾天气预报由美国加州大学的实验气候预测中心(Experimental Climate Prediction Center, ECPC)提供。但大多数发展中国家既没有预警也没有监测系统,尚需采用国际标准化方法来建立全球综合的火灾预警系统。

(8)水文气象灾害。美国达特茅斯洪水观测站(Dartmouth Flood Observatory)在全球范围内监测洪水,提供全球主要洪灾及其卫星图像,但未提供洪水条件或降水量预报^[44]。NOAA 提供了美国主要河流流域观测到的水文条件,及可能导致洪水泛滥的过度降雨的信息,并在必要时提前六小时发出警告^[45]。欧洲洪水警报系统(European Flood Awareness System, EFAS)提供有关未来三天内发生河水泛滥的可能性的信息^[46]。但洪水预警和监测系统的覆盖范围不足,特别是在中国,印度,孟加拉国,尼泊尔,西非和巴西等发展中国家^[47]。

(9)恶劣天气,暴风雨和热带气旋。由 WMO 协调的世界天气监视网(World Weather Watch, WWW),提供

观测到的气象数据、天气分析,是由国家政府运营的协调国家系统的运作框架^[49]。热带气旋计划(the Tropical Cyclone Programme, TCP)也是 WWW 的一部分,负责发布热带气旋和飓风预报、警告和咨询,并寻求减轻热带气旋相关风险的努力。TCP 建立了跨区域的热带气旋委员会,与美国国家气象水文部门(NMHS)一起监测全球热带气旋,并向各国的区域气象部门发出正式警报。世界各地的区域机构已采用标准化的 WMO-TCP 业务计划和手册,在单位、术语、数据和信息交换、业务程序方面构建了国际公认的程序。2005 年卡特里娜飓风等灾害突显了早期预警系统技术的不足之处,无法实现有效和及时的应急响应^[49];亟需改善负责发布警告机构与负责回应警告机构之间的联系和沟通。

(10) 疫情。流行病已在全世界构成重大威胁,并很容易跨越国界,经济社会全球化增加了灾难性疾病扩散爆发的可能性^[50]。世界卫生组织已通过流行病在全球疾病爆发预警系统开展工作,提供有关疾病爆发的实时信息。持续不断监测炭疽,禽流感,克里米亚-刚果出血热(CCHF),登革热出血热,埃博拉出血热,肝炎,流感,拉沙热,马尔堡出血热,脑膜炎球菌病,鼠疫,裂谷热,严重急性呼吸系统综合症(SARS)和黄热病^[51]。2006 年 7 月,世界粮农组织(FAO),世界动物卫生组织(the World Organization for Animal Health, OIE)、世界卫生组织(the World Health Organization, WHO)正式启动“全球可传人动物疾病预警系统”,该系统通过联合国国际兽疫局、粮农组织和世卫组织之间的警报机制,对全世界动物疾病(包括人畜共患疾病)作出预报和应对^[52]。

1.4 预警参与者

根据联合国发展署、世界气象组织等国际减灾机构相关指南,参与者涵盖全社会不同职能、不同层级的政府及其行政管理机构、科研单位、非政府组织、私营部门、信息通讯部门等不同社会团体,在风险防范及灾害应急中具有不同的职能职责^[13-14,24]。

(1) 中央及地方政府:有效预警系统的指挥核心。由各国中央及地方政府授权,充分了解其辖区所面临的风险、可能遭受的危害并积极参与早期预警系统的设计和维护,为当地居民提供咨询,指导和参与社区应对灾害。

(2) 易灾人群:暴露于风险的易受损害的人。以人为本是早期预警系统的宗旨,易灾人群应积极参与预警系统建立和运作的各个方面,了解自身所面临的危害,能够采取行动,尽量减少损失或损害的威胁。

(3) 技术系统及政策框架:包括各国政府预警减灾政策以及预测和发布危险警告的技术系统。应强化区际、国际防灾减灾机构技术、政策互动,确保警告和相关应对措施惠及最脆弱群体。

(4) 区域性机构与组织:在提供专业知识和建议方面发挥作用。支持各国在具有共同地理环境的国家中发展和维持预警能力,鼓励与国际组织建立联系。

(5) 国际机构:为国家预警减灾活动提供人员、技术、资金等方面的协调、支持,并促进各个国家和地区之间的数据和技术交流。

(6) 非政府组织:在提高个人、社区参与和组织、教育等方面发挥作用,如红十字会等,可协助实施预警系统和为社区做好自然灾害准备。

(7) 私营部门:在自己组织中可发展早期预警能力,可通过技术、人力、技术或捐赠提供多种预警服务。

(8) 科研机构:在提供专门科学和技术投入以协助政府和社区发展早期预警系统方面发挥着关键作用,支持设计科学和系统的监测和预警服务,将科学或技术信息转化为可被社会公众理解的信息。

(9) 信息传播媒体:传播并警示风险及其危害信息。

为使(多灾害)预警系统有效运作,国家、区域和地方政府应明确系统内所有利益攸关方的职能、作用、责任和关系。

2 对国内生态环境预警研究启示

2.1 明确保护目标,坚持“以人为本”

国际研究界对预警的保护目标定位则十分清晰:对可能危害人类经济社会的自然或人为灾害性问题实施

预警,以避免或减少人类生命财产损失^[53]。而国内生态环境预警研究保护目标则较为模糊,长期以“综合性评估区域性生态环境问题”为核心、以“服务于地方生态环境管理部门”为研究宗旨,预警维护目标具有二元性:一是维护物种与生态系统多样性,因某一种或多种珍稀物种数量、种类及其生境退化而预警;二是维护人类经济社会可持续发展,为生态环境恶化对人类生产生活及区域经济社会可持续发展造成的危害而预警。国内生态环境预警研究理念,始终理想化地认为生态系统、物种多样性保护与人类经济社会可持续发展具有完全一致性。但在现实生产生活实践中,生态环境保护目标与维护人类生产生活安全的目标并不具有一致性。如人类需要保障粮食安全,必须将大面积野生生物生境开垦为农田,并会因为施用化肥、农药对占用地及占用地以外的野生生物生境造成巨大损害;而维护野生生物生境安全意味着在某种程度上必须牺牲人类的粮食安全。二元研究目标使国内生态环境预警研究对象极为分散,较少针对特定类型生态环境风险及其危害展开深入研究,研究内容综合性强,涉及研究区纷繁复杂的众多自然生态环境及人类经济社会可持续发展的问题,涉及指标繁多、杂乱,难以厘清重点与层次,以致研究成果综合性强、问题针对性弱,缺失关键预警指标,成果应用推广价值不足。

2.2 重“个性”而非“共性”,针对特定风险实施精细化研究

无论是哪一类灾害问题,国际预警研究注重研究对象的个性特征,总是针对具体问题结合其自然环境及经济社会背景开展深入研究,如专门针对土地荒漠化、干旱、海水水温、漏油等风险问题分别开展精细化研究,尽可能全面、系统掌握该灾害相关知识、时空动态发展变化信息^[54],同时也注意探究不同风险之间的源发、继发性关系,协同效应与主次关系^[55],进而制作环境风险及其危害地图,实施预警监测、警告和应急响应计划。绝不将研究区内所有相关、不相关生态环境问题混杂在一起,给予统一的评估指标体系和指标分级标准,采用数学计量模型开展综合性评估。而综合性评估却是 20 世纪 80 年代以来国内区域性生态环境研究惯用的方法。综合评估虽操作简单,但因并不深究生态环境风险类型、属性特征及其危害效应,因此对区域生态环境风险类别及其危害后果时空发展态势未形成深度认识,以致研究成果对于支撑精准化生态预警平台建设关键、重要信息供给严重不足。

2.3 强调风险受众对危害信息的接收、接受能力和反应能力

国际预警系统认为判断预警系统有用性的原则是:是否有助于灾区民众做出适当和及时的决策^[56]。鉴于预警系统用于获取即将发生的紧急情况信息并将信息传达给需要它的人,以促进受威胁的人做出正确的决定和及时的反应,因此只有所警告的信息(如即将发生事件洪水、龙卷风或山体滑坡等事件)具有个性化特征而且被认为具有可信度时,人们才会采取行动规避风险。因此,预警系统不仅需要关注风险类型及其损害信息,还需关注如何向个人提供这些信息以确保充分的反应^[58]。有效的预警系统不仅需要强大的技术基础和良好的风险知识,还应有以人为本的信息传播系统^[56,58]。而我国生态环境预警研究更多地是为国家及地方行政管理机构提供区域生态环境风险信息,较少考虑公众对预警警报的接收、接受和反应能力,鲜少查到文献研究怎样的警报信息传播方式更容易被公众接收到、获得心理认同并做出积极响应,因此该领域研究空白亟待填补。

2.4 倡导不同部门、不同地域之间的信息、技术交流与协作

1998 年首届减少自然灾害预警系统国际会议通过波茨坦预警会议宣言,即指出有效预警取决于所有相关部门基于科学技术的跨领域合作^[3]。1999 年 7 月 IDNDR 闭幕活动通过的“21 世纪减灾”战略,也强调通过社区参与、增加合作提高预警能力。2005 年 1 月在日本神户通过的《兵库行动框架》和《兵库宣言》,也强调国际防灾减灾合作,共同开发能应对所有灾害的全球预警系统。不同部门、不同地域之间的信息、技术的交流与协作是防范生态环境风险、有效减轻自然与人为灾害的重要举措。我国地域面积广阔,不同地区不同类型生态环境风险产生发展机制及其影响效应各异,不同部门、不同地域之间针对不同类型的生态环境风险问题,应该开展怎样的交流与协作,并避免出现“九龙治水”多头管理、各自为政、效率低下等问题,尚需通过更多研究与实践总结经验教训,明晰分工,优化体制机制,提升职能部门动力。

2.5 主张利益相关者广泛参与

国际预警研究体系强调利益相关方的广泛参与,倡导尽可能多地利用现代通信技术和信息传播技术,向全社会广泛分享各类风险相关数据和信息,使社区、公民、科学家、企事业团体和社会组织以多种途径参与预警系统建设^[58-59]。众多研究揭示,由于利益相关参与不足,导致预警警报信息覆盖度不足,以致造成人类生命财产重大损失。如2009年台湾“莫拉克”台风期间,由于台湾灾害预警系统禁止民众参与灾害预警系统,只有13.8%的居民收到官方警报,以致很多居民对即将到来的灾害一无所知,损失十分惨重^[60]。为此应当吸取深刻教训,精心设计公共政策,构筑和启用对民众参与与包容性较广的决策程序,以确保及时公布风险信息,并使每个利益攸关方收到信息并做出正确评价、抉择,进而吸纳公众意见,减少和防止损害的扩大和蔓延^[56]。

3 结语

截至目前,我国生态环境预警研究在研究理念、技术体系的构建、社会服务维度和广度等方面与国际预警体系要求尚有较大差距。未来若干年,我国生态环境预警研究亟需强化“以人为本”的研究理念,突破粗放化、模糊化处理区域内各类生态环境风险的传统研究窠臼,对不同类型生态环境问题开展精细化研究,以全面、系统把握不同类型风险个性特征、时空属性及其危害性质、驱动发展及演变机制为前提实施风险监测与预警,并重视提升风险受众对预警信息接收能力、接受和响应能力,强化生态环境预警软硬件体系建设,同时与不同部门、不同地域建立信息技术交流与协作机制,让更广泛的利益相关者参与预警体系建设,从而实现国内研究与国际研究接轨,使生态环境预警研究成果可为精准化生态环境应急管理实践工作提供强有力支撑。

参考文献 (References):

- [1] US EPA, Office of Inspector General. Early Warning Report; Use Of Unapproved Asbestos Demolition Methods May Threaten Public Health. Report No. 12-P-0125, 2011;1-5.
- [2] International Strategy for Disaster Reduction Platform for the Promotion of Early Warning. Milestones and first steps of early warning matters-timeline. (1997-10-12) [2020-09-10]. <https://www.unisdr.org/2006/ppew/whats-ew/milestones-first-steps-ew.htm>.
- [3] 联合国. 联合国公约与宣言. (1997-10-20) [2020-09-07]. <https://www.un.org/zh/documents/treaty/files/fccc-cp-2015-1.9-rev.1.shtml>.
- [4] The International IDNDR Conference on Early Warning Systems for the Reduction of Natural Disasters. Declaration of the Potsdam early warning conference. (1998-09-11) [2020-09-07]. <http://www.geomuseum.com/ewc98/finaldec.html>.
- [5] International Decade for Natural Hazard Reduction. A safer world in the 21st century; disaster and risk reduction. (1999-07-09) [2020-09-07]. https://gfmc.online/iffn/org/idndr-org/idndr_1.html.
- [6] The International Strategy ISDR for Disaster Reduction. Third international conference on early warning from concept to action; developing early warning systems; a checklist, 2006;1-10. [2020-09-08]. <https://www.unisdr.org/2006/ppew/info-resources/ewc3/checklist/English.pdf>.
- [7] United Nations. Global survey of early warning systems; an assessment of capacities, gaps and opportunities towards building a comprehensive global early warning system for all natural hazards, 2006;7-23. [2020-09-08]. <https://www.unisdr.org/2006/ppew/info-resources/ewc3/Global-Survey-of-Early-Warning-Systems.pdf>.
- [8] United Nations Environment Programme. Early Warning Systems; a state of the art analysis and future directions, 2012;8-13. [2020-09-08]. https://na.unep.net/siouxfalls/publications/Early_Warning.pdf.
- [9] World Meteorological Organization. Guidelines on Early Warning Systems and application of nowcasting and warning operations, 2010;5-19. [2020-09-10]. http://www.wmo.int/pages/prog/amp/pwsp/publicationsguidelines_en.htm.
- [10] World Meteorological Organization. Guidelines on international and cross-border collaboration in the warning process, 2010;6-18. [2020-09-10]. https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=5524#.X-xmZPmFh0.
- [11] 联合国. 仙台宣言. (2015-06-03) [2020-09-10]. <https://www.un.org/zh/documents/treaty/files/A-RES-69-283.shtml>.
- [12] World Meteorological Organization. Multi-hazard early warning systems; a checklist. (2019-05-03) [2020-09-07]. <https://www.preventionweb.net/publications/view/57604>.
- [13] World Meteorological Organization. Multi-hazard early warning systems; a checklist, outcome of the first multi-hazard early warning conference. [2020-09-12]. https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Multi-hazard_Early_Warning_Systems_A_Checklist.pdf.
- [14] United Nations Development Programme. Five approaches to build functional early warning systems. [2020-09-12]. <https://www.eurasia.undp.org/>

content/rbec/en/home/library/environment_energy/five-approaches-to-build-functional-early-warning-systems.html.

- [15] Garcia C, Fearnley C J. Evaluating critical links in early warning systems for natural hazards. *Environmental Hazards*, 2012, 11(2):123-137.
- [16] Qamar-Uz-Zaman Chaudhry. Strengthening national capacities for multi hazard early warning and response system. <http://www.pmd.gov.pk/Establishment%20of%20Early%20Warning%20System.pdf>. [2020-09-12].
- [17] Ahmed Abdel Aziz, Awatif Ayadh Ali. The Impact of Early Warning System of Food Security Program; on the Decision Making Process at the Red Sea State-Sudan. <https://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/5094/EWS%20team%20paper.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [2020-09-12].
- [18] Suweis S, D'odorico P. Early warning signs in social-ecological networks. *PLoS One*, 2014, 9(7):e101851.
- [19] Balis B, Bubak M, Harezlak D, Nowakowski P, Pawlik M, Wilk B. Towards an operational database for real-time environmental monitoring and early warning systems. *Procedia Computer Science*, 2017, 108:2250-2259.
- [20] Stähli M, Sättelle M, Huggel C, McArdell B W, Lehmann P, Van Herwijnen A, Berne A, Schleiss M, Ferrari A, Kos A, Or D, Springman S M. Monitoring and prediction in early warning systems for rapid mass movements. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2015, 15(4):905-917.
- [21] Bacci M, Cucci C, Mencaglia A A, Mignani A G. Innovative sensors for environmental monitoring in museums. *Sensors*, 2008, 8(3):1984-2005.
- [22] Oroda A S. Application of remote sensing to early warning for food security and environmental monitoring in the horn of Africa. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2001, XXXIV(6):66-72.
- [23] Treves A, Martin K A, Wydeven A P, Wiedenhoeft J E. Forecasting environmental hazards and the application of risk maps to predator attacks on livestock. *BioScience*, 2011, 61(6):451-458.
- [24] European Commission. Study for the Strategy for a Non-Toxic Environment of the 7th EAP. Brussels; European Commission, 2017.
- [25] European Environment Agency. Late Lessons from Early Warnings: Science, Precaution, Innovation. Copenhagen; European Environment Agency, 2013.
- [26] Maynard R. Late Lessons from Early Warnings: the Precautionary Principle 1896- 2000. Copenhagen Denmark; European Environment Agency, 2001.
- [27] Hagenlocher, Michael, Garschagen, Mattias. Disaster risk and readiness for insurance solutions; InsuRisk Assessment Report 2018. United Nations University-Institute for Environment and Human Security. https://collections.unu.edu/eserv/UNU:6679/Online_InsuRiskFactsheet_DinA4_181206.pdf [2020-09-14]
- [28] Akhlaq M, Sheltami T R, Mouftah H T. A review of techniques and technologies for sand and dust storm detection. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 2012, 11(3):305-322.
- [29] Sharafi L, Zarafshani K, Keshavarz M, Azadi H, Van Passel S. Drought risk assessment; towards drought early warning system and sustainable environment in western Iran. *Ecological Indicators*, 2020, 114:106276.
- [30] FAO. Developing an Environmental Monitoring System to Strengthen Fisheries and Aquaculture Resilience and Improve Early Warning in the Lower Mekong Basin. Bangkok, Thailand; FAO, 2015.
- [31] Hellou J. Behavioural ecotoxicology, an "Early Warning" Signal to assess environmental quality. *Environmental Science and Pollution Research*, 2011, 18(1):1-11.
- [32] Bae M J, Park Y S. Biological early warning system based on the responses of aquatic organisms to disturbances; a review. *Science of the Total Environment*, 2014, 466-467:635-649.
- [33] Neo J P S, Tan B H. The use of animals as a surveillance tool for monitoring environmental health hazards, human health hazards and bioterrorism. *Veterinary Microbiology*, 2017, 203:40-48.
- [34] Ye Z P, Yang J Q, Zhong N, Tu X, Jia J N, Wang J D. Tackling environmental challenges in pollution controls using artificial intelligence; a review. *Science of the Total Environment*, 2020, 699:134279.
- [35] Mukhtar R. Review of national multi-hazard early warning system plan of Pakistan in context with Sendai framework for disaster risk reduction. *Procedia Engineering*, 2018, 212:206-213.
- [36] Allan Mazur. American generation of environmental warnings; avian influenza and global warming. *Human Ecology Review*, 2009, 16(1):17-26.
- [37] Ajibade I, McBean G. Climate extremes and housing rights; a political ecology of impacts, early warning and adaptation constraints in Lagos slum communities. *Geoforum*, 2014, 55:76-86.
- [38] Nijp J J, Temme A J A M, Van Voorn G A K, Kooistra L, Hengeveld G M, Soons M B, Teuling A J, Wallinga J. Spatial early warning signals for impending regime shifts; a practical framework for application in real-world landscapes. *Global Change Biology*, 2019, 25(6):1905-1921.
- [39] Gebreslasie M T. A review of spatial technologies with applications for malaria transmission modelling and control in Africa. *Geospatial Health*, 2015, 10(2):239-247.
- [40] Khankeh H R, Hosseini S H, Farrokhi M, Hosseini M A, Amanat N. Early warning system models and components in emergency and disaster; a

- systematic literature review protocol. *Systematic Reviews*, 2019, 8(1):315.
- [41] 龚自正,李明,陈川,赵长印. 小行星监测预警、安全防御和资源利用的前沿科学问题及关键技术. *科学通报*, 2020, 65(5):346-372.
- [42] Chae B G, Park H J, Catani F, Simoni A, Berti M. Landslide prediction, monitoring and early warning;a concise review of State-of-the-Art. *Geosciences Journal*, 2017, 21(6):1033-1070.
- [43] Safarina A B, Karnisah I, Permiana A S. Study of the effect of river basin morphology change on threshold parameters in Cimahi flood early warning system. *IOP Conference Series:Earth and Environmental Science*, 2019, 273(1):012013.
- [44] Dartmouth Flood Observatory. Space-based measurement and modeling of surface water for research, humanitarian, and water management applications. (2011-11-01)[2020-09-28]. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data-providers-and-partners/dartmouth-flood-observatory>.
- [45] National Oceanic and Atmospheric Administration. Weather and Climate Resources. [2020-9-20]. <https://www.noaa.gov/weather-forecast-tools-and-resources>.
- [46] Copernicus. European flood awareness system. [2020-09-20]. <https://www.efas.eu/index.php/en/european-flood-awareness-system-efas>.
- [47] Reavie E D. Paleolimnology supports aquatic management by providing early warnings of stressor impacts. *Lake and Reservoir Management*, 2020, 36(3):210-217.
- [48] World Meteorological Organization. World Weather Watch (WWW). [2020-09-21]. <https://www.wmo.int/pages/prog/www/>.
- [49] Morin C W, Semenza J C, Trtanj J M, Glass G E, Boyer C, Ebi K L. Unexplored opportunities;use of climate- and weather-driven early warning systems to reduce the burden of infectious diseases. *Current Environmental Health Reports*, 2018, 5(4):430-438.
- [50] Finch K C, Snook K R, Duke C H, Fu K W, Tse Z T H, Adhikari A, Fung I C H. Public health implications of social media use during natural disasters, environmental disasters, and other environmental concerns. *Natural Hazards*, 2016, 83(1):729-760.
- [51] Racloz V, Ramsey R, Tong S L, Hu W B. Surveillance of dengue fever virus;a review of epidemiological models and early warning systems. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 2012, 6(5):e1648.
- [52] The UN Food and Agriculture Organization, the World Organization for Animal Health, the World Health Organization. Launch of global early warning system for animal diseases transmissible to humans[EB/OL]. <https://www.who.int/mediacentre/news/new/2006/nw02/en/>.
- [53] Basher R. Global early warning systems for natural hazards;systematic and people-centred. *Philosophical Transactions of the Royal Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 2006, 364(1845):2167-2182.
- [54] Clements A C A, Pfeiffer D U. Emerging viral zoonoses;frameworks for spatial and spatiotemporal risk assessment and resource planning. *The Veterinary Journal*, 2009, 182(1):21-30.
- [55] Ertör I, Ortega-Cerdà M. Political lessons from early warnings;marine finfish aquaculture conflicts in Europe. *Marine Policy*, 2015, 51:202-210.
- [56] Maskrey A. National and local capabilities for early warning. [2020-09-23]. <https://www.unisdr.org/2006/ppew/whats-ew/pdf/national-and-local-capabilities-ew-maskrey.pdf>.
- [57] Mileti, D S, and Sorensen, J H. Communication of emergency public warnings:A social science perspective and state-of-the-art assessment. United States;the National Technical information Service, U,S, Department of Commerce, 1990:1-15.
- [58] Marchezini V, Horita F E A, Matsuo P M, Trajber R, Trejo-Rangel M A, Olivato D. A review of studies on participatory early warning systems (P-EWS):pathways to support citizen science initiatives. *Frontiers in Earth Science*, pard S, Fernando N, Sitati A, Zommers Z. From top-down to “community-centric” approaches to early warning systems;exploring pathways to improve disaster risk reduction through community participation. *International Journal of Disaster Risk Science*, 2016, 7(2):163-174.
- [60] Luo Y E, Shaw R, Lin H L, Joerin J. Assessing response behaviour of debris-flows affected communities in Kaohsiung, Taiwan. *Natural Hazards*, 2014, 74(3):1429-1448.