

2020 年第 8 期（总第 9 期） 2020 年 8 月 25 日

科学规划地震预测的进步

■ 地震预测研究所

地震数值预测研究和传统方法评估试点项目

地震监测站网评估试点项目

人工智能地震监测分析系统完善与应用

地震危险区精细调查和地震现场综合科学考察试点项目

预报员访学试点项目

地震信息专题图试点

地震重点监视防御区公共服务试点

中国地震局地震预测研究所

科学规划地震预测的进步*

■ 地震预测研究所**

一、从国家层面、应急管理现代化的角度全面认识地震预测的作用

中国的地震预测，从 20 世纪 50 年代地震预测进入国家规划和针对地震前兆的现场调查开始，经过半个多世纪的发展，已形成较成熟的工作体系（表 1）。

地震预测是一个科学难题，但这并不等于说防震减灾（也应该）是一个实践难题。在防震减灾的实际应用中，不同时空尺度的地震预测及其对减轻地震灾害风险的作用，是一个更重要的问题。在应急管理体系和能力现代化的背景下，这个问题尤其重要。

表 1 地震预测的主要业务及其科技产品
（其中带 # 号的尚不成熟）

	大尺度：全国范围	中尺度：危险区尺度	小尺度：地震断层
十年尺度长期预测	地震期幕划分和主体活动地区研判 #	十年尺度地震危险区	地震灾害情景构建 #
年尺度中期预测	地震大形势	危险区紧迫程度 年度地震危险区	近断层密集监测 #
周月尺度短期预测	大尺度短期预测 #	危险区跟踪监视 # 地震前兆效能检验	可操作地震预测 #
震后趋势预测	动态应力触发与 地震形势影响评估 #	地震静态应力触发	地震序列预测 次生灾害预测 #

* 支撑新时代防震减灾事业现代化建设试点任务之一“地震数值预测研究和传统方法评估试点项目”、任务之五“预报员访学试点项目”成果。

** 作者：吴忠良、张晓东、邵志刚、李营、张永仙、王武星、李茜、孙珂、薛兵；本工作得到中国地震局发展研究中心、中国地震台网中心的帮助。

地震预测是一个科学难题，但这并不等于说防震减灾（也应该）是一个实践难题。在防震减灾的实际应用中，不同时空尺度的地震预测及其对减轻地震灾害风险的作用，是一个更重要的问题。在应急管理体系和能力现代化的背景下，这个问题尤其重要。

减灾的“第一原理”是，灾害风险（R）取决于危险性（H）、暴露度（E）、易损性（V）这三项的乘积（或褶积、或交集）。传统意义上的地震预测是，用科学手段识别出短期尺度（数天）的H的增加，然后用组织震前疏散的方式迅速减少E，从而使R得到最大限度的降低。1975年海城地震就是这样的情形。短临预测所用的科学手段迄今并不成熟，因此海城的成功直到现在还鲜有重现。

但另一方面，即使在海城地震的这个经典案例中，一个不容忽视的情况是，基于中期（数月）、较大尺度（辽宁南部地区）的H增加，针对化工厂等重要工业设施采取了必要的防震（或者说降低了V这一项）、避震（或者说降低了E这一项）措施，从而使地震灾害、特别是严重次生灾害的风险降到最小。同时海城地震中仍有逾千人伤亡的情况表明，仅用震前疏散的方式来降低E从而降低R，并不是理想的方法。如果说在海城地震的时代，这是“没有办法的办法”，那么现在面向现代化的需求和现代化的条件，我们应该考虑更好的办法。

这方面的其他案例，甚至包括识别出时间尺度可能很长（如数十年到数千年）但空间尺度可能很小（如几十米）的H（这正是目前“活断层探测”所做的工作），采用避让的方法减低E，以达到降低R的效果。针对十年尺度地震危险区中的建筑，以“大震不倒、中震可修、小震不坏”的原则采用加固的方式降低V，也可以有效地降低R。地震预警（EEW）所涉及的极端情况是，地震发生后，H在秒的时间尺度上骤然提升，在这种情况下，采用“实时”方式，高效率地降低E（如关闭燃气）或降低V（如使高铁减速），也可以达到降低R的目的。

信息化的一个基本原则是，精准的信息与精细化的信息服务之间并不能划等号。从防震减灾的角度说，一方面要通过科技研发不断提升针对各时空尺度的地震预测的精准性，另一方面，要在现有的（有限的、但同时是有用的）地震预测能力的基础上，使地震灾害风险达到最大程度的降低。与传统的“长-中-短-临渐进式地震预测策略”不同的是，这里，一是根据地震预测研究的新的进展，兼顾时间阶段和空间范围、形成“时间-空间矩阵”（表1），并考虑更多的时间-空间尺度的组合；二是从实际需要出发，既关注长期、中期预测对短临预测的“指导”，更强调各时空尺度的地震预测均应、均可发挥减轻地震灾害风险的作用。着眼更长远的发展，还要强调，既要做好地震的时空强、范围、概率“三要素”的预测，更要做好针对具体情况的地震影响和地震灾害风险的预测。

二、“十三五”期间地震预测的进展和能力

十年尺度长期预测 经过长期努力，十年尺度长期地震预测已经初步完成从经验预测向物理预测的转变。2006~2020年十年地震危险区以占国土面积约15%的范围，覆盖了70%的强震；重点监视防御区覆盖了其间67%的特别重大地震、50%的重大地震、38%的较大地震。2021~2030年的40个地震重点危险区，按观测、研究程度（地震地质、大地测量、地震学）划分的信度，I类12个、II类20个、III类8个。

年尺度中期预测 年尺度中期预测以经验性、统计性预测为主，同时已在地球物理、地球化学背景的系统探查方面，为物理预测的实现准备了基础。年尺度的中期预测，以占国土面积约15%的年度地震危险区，覆盖了33%的5级以上地震、64%的6级以上地震，对防灾、备灾、救灾发挥了积极作用。

月尺度至周尺度短临预测 “十三五”期间，发展了地震短期概率预测。对2017年精河6.6级、2020年伽师6.4级、2020年于田6.4级地震等几次强震，做出了较好的短期预测，但减灾实效尚未充分体现。同时，在若干重要时段、重要地点的地震活动跟踪监视中，做出了正确的判断，取得良好的社会效果。

震后趋势预测 地震序列预测以经验性、统计性为主，序列类型判断的正确率约80%。“十三五”期间实现了基于历史震例统计结果的震后趋势分析意见自动产出，半小时内上报首次会商意见；人工智能技术也开始应用到地震参数的自动产出。地震预测在应急管理中的作用初步显现。

地震预测科学研究 在基础研究、应用基础研究、应用研究方面均有重要进展。“十三五”期间，充分利用了开放合作的机制，打开了地震预测科技支撑的新局面。我国大陆地震研究的地域优势初步显现，中国大陆强震的“活动地块动力学模型”解释了中国大陆80%以上的7级以上地震、100%的8级以上地震的分布特征，经受了20年来中国大陆地震活动的检验；先后于1982、1992、2004、2018年召开的第一、二、三、四届大陆地震国际研讨会在国际地震学研究领域产生重要影响。

从更长时间、更大范围看，20世纪80年代至今，中国地震监测预测预警在4个十年时间里，完成了4个历史性跨越：地震学监测（并带动其他学科的监测）全面进入数字时代，大地测量主体进入空间技术时代，中长期地震预测开始进入物理预测时代，地震预警开始加入防震减灾主战场，这4个历史性跨越的意义是深远的。这些历史性跨越，是几代地震科技工作者艰苦努力、自主创新的结果，这是我们发展的底气和自信所在。在此基础上，面向下一个十年，继续着眼能力提升和体系建设，推进中国地震预测进入系统工程时代，应是一个可以预期的发展方向。

三、“十四五”地震预测的发展目标建议

在长期地震预测方面，在十年尺度长期地震危险区的确定中，通过观测研究程度的提升，将II类区中的50%变成I类、将III类区中的50%变成II类。

推广地震灾害情景构建在地震重点监视防御区中的应用，探索重点监视防御区的公开发布和滚动更新，使其在减轻地震灾害风险方面发挥更积极的作用。

在中期地震预测方面，梳理总结年度地震趋势会商的经验，发展年度危险区确定的物理预测方法；提高年度危险区对 7 级以上大地震的预测能力；研究制定面向地方政府的年度危险区防震减灾工作指南。继续改进、完善地球物理、地球化学背景的系统探查，提高开放合作水平和工作质量；以观测部署的持续改善，提高对大地震的趋势把握能力。

在短临地震预测方面，推进会商技术、辅助决策技术和方法的现代化，争取实现有减灾实效的短临预测；同时，改进和完善特殊时段、特殊地点的地震跟踪监视工作，服务国家重大工程、重要活动。

在地震序列预测方面，探索具有更多物理意义的预测方法；推动人工智能在震后趋势分析中发挥更大

的作用；探索面向公众的地震序列预测意见公开模式。

在地震预测科学研究与科技支撑方面，继续加强地震预测的科技创新、科技支撑和开放合作，兼顾原始创新、集成创新、引进消化吸收再创新，注重能力提升和体系建设。以数值地震预测、时变地球物理、地震断层带物理等为重点，加强**基础研究**；以断层带行为监测的密集观测实验、新型传感器和观测系统、大数据应用等为重点，加强**应用基础研究**；以人工智能应用、为应急管理服务的地震预测、地震预测与其他防灾备灾抗灾措施的结合等为重点，加强**应用研究**；正规评估和稳步提升各创新环节的技术成熟度水平。紧密结合地震预测的需求，凝练基本科学问题，使近年来逐渐形成的分布式地震科技人才优势，转化成“国家地震预测研究力量”；充分利用高新技术发展和应用的优势，升级“群测群防”。

加强科技创新支撑新时代防震减灾事业现代化建设
全国地震重点监视防御区公共服务



工作通讯目录

关于观测仪器中的模拟滤波与数字滤波	2020 年第 1 期 (总第 1 期)
推进新时代地震预测研究现代化框架方案 (2020-2035 年)	2020 年第 2 期 (总第 2 期)
2020 年 6 月 26 日新疆于田 $M_s6.4$ 地震虚拟科学考察试点工作报告	2020 年第 3 期 (总第 3 期)
研究所加强科技创新支撑新时代防震减灾事业现代化建设试点 行动方案 (2020 ~ 2022 年)	特刊第 1 期 (总第 4 期)
地震预测基础研究成果支撑引领地震预测业务的若干基本问题	2020 年第 4 期 (总第 5 期)
地震监测预报预警科技进展和发展趋势	2020 年第 5 期 (总第 6 期)
地震危险区精细调查与地震现场综合科学考察规划 (初稿)	2020 年第 6 期 (总第 7 期)
北京地区活动断裂与地震图	2020 年第 7 期 (总第 8 期)
科学规划地震预测的进步	2020 年第 8 期 (总第 9 期)

编委会

王武星 王琳琳 田勤俭 汤 毅 孙汉荣 吴忠良 李 营 杨林章 张永仙 张晓东 邵志刚
赵翠萍 黄 伟

编辑部：

中国地震局地震预测研究所科研管理部
E-mail:sycglb@ief.ac.cn