

2020 年第 6 期（总第 7 期） 2020 年 8 月 14 日

地震危险区精细调查与地震现场综合科学考察规划（初稿）

■ 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

地震危险区精细调查与地震现场综合科学考察规划 (初稿)*

■ 地震预测研究所

一、地震灾害风险源研究现状

地震灾害风险源是指发生致灾性地震的地质体。通过国内外震例剖析获得地震灾害风险源的标志包括: I、II 级块体边界带;活动断层地震破裂空段;活动断层闭锁段;活动断层地壳地震波高速或偏高速区段;现今中小地震活动稀少的活动断层段; b 值持续降低区段; GNSS 等大地测量发现的时间序列瞬态变化区域等。依据上述标志, 华北地区识别出包括 9 个地震灾害风险源, 青藏高原地区包括 15 个地震灾害风险源。

这些地震灾害风险源是基于现有地震学、地震地质、大地测量、地球化学资料等研究成果, 利用数值模拟、反演、统计分析等手段集成研究的结论, 各类标志常不完备。如华北地区的 9 个风险源判定是依据前人有限的活动断层填图和古地震研究结果, 而在华北存在许多隐伏活动断层。另外, 包括活动断层闭锁段、地壳地震波高速或偏高速区段等标志主要参考已有文献, 但由于目前 GPS 观测站点、地震台站或流动台阵分布密度差异等, 加上不同的参考资料精度参差不齐, 划分出的地震灾害风险源具有很大的不确定性。

因此, 急需针对地震灾害风险源开展科学考察工作。包括新建以及利用现有地震台站观测数据和现今形变测量数据对中国大陆不同级别活动块体边界带上

的活动断层开展系统细致的地壳速度结构反演和断层闭锁程度分析, 再利用活动断层填图和古地震探槽获得的包括滑动速率、古地震序列等各种定量参数, 提高地震灾害风险源判定的科学性和可靠性。

2018 年国家自然灾害应急体制改革后, 贯彻“两个坚持、三个转变”防灾减灾理念, 通过地震灾害风险源的科学考察深化对地震孕育机理和预报实践的科学支撑。使地震灾害风险调查与评估真正发挥减轻地震灾害风险作用。

二、地震灾害风险源科考的重要意义

中国地震局新时代防震减灾事业现代化建设提出要“丰富和发展大陆强震理论, 科学认识致灾规律, 有效减轻灾害风险”的发展目标。深化地震成因机理和致灾因素的认识, 探索地震预报新理论和新方法, 从源头有效管控地震风险是实现这一目标的重要支撑。在与地震灾害的长期博弈中, 基于人类当前对地震的认识水平, 震前对地震灾害风险源区进行科学考察和“解剖”几乎是现阶段与地震短兵相接的唯一机会。国际地震中心 (International Seismological Center) 统计显示, 震例研究发表科技论文逐年增加, 2011 年日本“3·11”大地震产出论文 1300 余篇, 2008 年汶川地震产出论文 1100 余篇, 2004 年印尼苏门答腊地震产出论文 760 余篇, 1999 台湾集集地震产出论文 590

* 支撑新时代防震减灾事业现代化建设试点任务之四“地震危险区精细调查和地震现场综合科学考察试点项目”成果。

余篇，大地震研究成果为风险源科学考察提供了依据和思路。

通过震例研究，我们总结了相当多的前兆异常变化和地震孕育的规律性认识，但这些认识和方法对未来的地震预测预报业务的指导作用和防震减灾功效尚待挖掘。其中突出的不足就是利用中长期地震预测成果形成的地震危险区内，缺少对这些前兆异常变化的分析研判。究其原因，在于对地震孕育过程中、发生前的状态的探测研究不到位，一方面前兆异常的时间演化规律受到空间范围和观测条件（台站）的影响；另一方面缺乏明确科学目标牵引的地震研究，无法提供前兆机理的可靠解释。因此，地震风险源科考的发展需要从现在“预测—响应式”对策转换为“情境—预案式”对策，充分吸收总结已有的震例研究成果，对科学分析划定的目标区域开展科考，分析模拟前兆异常的时间、范围和程度演化过程，服务地震短临预测预报，并逐步将科考发展成地震危险区的业务性防灾减灾工作。成果不仅可用于直接推动区域地震风险防范工作；在地震研究方面，通过科考对区域地震环境和孕育过程的观测研究，对科考的科学性有重要支撑，同时震前科考、震后震例总结形成的完整地震数据对研究震例具有极其重要的价值。

预测所作为地震预测理论方法和观测技术研究和“解剖地震”计划的核心力量，一直积极参与地震科考和震例总结工作。研究所的主要负责人先后牵头解剖昆仑山 8.1 级地震、玉树地震、芦山地震等，都明显提升了对地震的认识。芦山地震前，预测所在震源区附近的“科学布网”“神奇布网”，对研究此次地震提供了宝贵的观测数据，也反映了我们有能力在通过震前风险源科学考察工作促进地震的研究。2019 年四川长宁 6.0 级地震发生前，预测所组织的项目在长宁地区架设 21 套流动地震台，使该地区地震目录完整性震级达 1.0-1.2 级，该区域成为四川地震监测能力最高的地区；震前大地电磁测深工作的开展获得长宁地区的电性结构；这些成果为四川长宁及附近区域地震趋势研判和地震发生机理等提供了坚实基础。未来地震灾害风险源科考面向“现代化”“业务化”发展，需要通过地震情境实现震前灾害风险源科考、震后总结并重，把科考作为地震预测预报理论方法及相关业务体系检验的重要实现方式，提高对地震过程“可预测性”的认识，提升地震灾害风险源科考对地震业务的支撑作用。

三、发展规划

（一）基本原则

坚持情境管理、预案响应。建立地震情境构建方法，针对地震预测和风险防范建立“情境—预案”式的全过程科考方案和“自启动”组织模式，形成震前“主动性”科考和震后解剖的预案工作机制。

坚持统筹谋划、问题导向。在“解剖地震”理论框架下，针对不同目标地震提出具体科学问题及其综合技术手段，通过科考实践推动科技成果转化，提前

布局地震观测和科考实施条件，提升科技支撑有效供给。

坚持有限目标、强化观测。充分利用已有的地震观测资源开展研究和凝练科学问题，震前针对前兆异常识别演化，震后面向地震应急、恢复重建、震情趋势研判、风险区划等震后不同阶段需求设计强化观测方案。

坚持科研与业务融合发展。通过科考和震例研究，检验地震理论和地震预测业务有关方法技术，分析评估区域地震监测预报系统效能。开展社会地震学研究，为防震减灾政策制定提供决策依据。

坚持开放合作。发挥地震科技“国家队”的牵头和平台作用，科学问题研究以对外合作为主，现场科考与业务评估以系统内单位为主的行动模式。开放科考数据产品共享。

（二）关键工作

地震灾害风险源科考以国家地震科技创新工程的主要科学问题为引导，特别是将科考作为“解剖地震”计划实施的理论实践组织方式，发挥地震中长期预测优势，吸收地震危险区、地震重点监视防御区等科技成果，以现有地震监测观测预测体系为基础，重点研究和开展以下工作。

1. 构建地震情境

对将来一定时间内可能潜在的地震事件进行科学假定，并通过对假定地震过程和前兆演化过程进行情景分析与模拟，合理推测其演化过程，开展地震情景构建。基于地震情境，将地震前兆异常的若干经验性知识应用于地震趋势研判，滚动进行异常定点观测的分析，确定地震临近程度。

先期可在现有研究基础和地震观测较为成熟的地震危险区域试点，结合地震地质和地震学研究开展情境构建工作；逐步覆盖年度地震危险区全范围。

2. 地震危险区精细调查

针对高风险的地震情景进行设定地震，提出地震发生相关的科学问题，设计针对其进行科考的主要技术手段并先行实施主动性科考，加强前兆识别追踪，开展“透明地壳”“解剖地震”“韧性城乡”“智慧服务”研究。针对地震发生的基本孕震单元和发震构造、震源破裂过程和发震模型、地震传播和致灾相关的现场观测和研究，给出地震孕育过程和前兆异常的成因解释，为区域防震减灾提出辅助决策依据。

通过主动性科考，科考不再被动地“等待地震”而是“主动进攻”切实提升地震科技支撑防震减灾现代化的能力和作用，逐步发展成为地震危险区常规业务，形成服务地震风险防范的常态化、可持续的科考新模式。对临近地震，主动性科考遇到地震则立即转为震例解剖，极有可能捕捉地震前后的变化，极大促进地震研究。

3. 地震现场综合科学考察

在主动性科考前期观测研究基础上，建立典型地震的震后总结自动启工作机制，形成快速响应的预案。

基于“解剖地震”研究思路加强科考的科学问题和科学目标凝练，基于大数据和数据融合的角度促进地质、地震学、地磁、重力、形变、电磁、地球化学和灾害评估等地震预测理论、观测的交叉应用，提取前兆异常，加深地震预测科学的系统认识，注重数据结构化和数据质量。

通过科学考察和解剖研究，进一步重构地震孕育环境和过程情境，检测地震预测技术与模型结果，深化对地震发生机理的认识，综合构建目标地震的公共模型和地震破裂概率预测模型，改进地震预测方法模型和区域地震风险模型，并对观测到的地震前兆给出成因机理解释。评估地震监测预测预警业务系统，提出完善和改进建议。

4. 地震科考业务体系建设和标准化

完善科考预案，对主动性科考和震后总结的一般程序、科学问题遴选、科考内容、适用规范标准、检查验收、成果管理与应用等进行规定，发挥在震后迅速、科学形成科考方案的指导作用。

通过经验总结和实战科考，形成地震解剖观测实验工作程序，组建快速部署的机动观测力量，建设地震科考人员（团队）库和仪器装备库。编制地震科考方案，对科考现场工作内容、科考产品、震例资料进行标准化设计。

将地震科考与震例解剖研究结合，持续开展震例库建设，采用“虚拟科考”等方式对历史地震进行“解剖”研究，相关地区的成果转化支撑新发地震科考的方案设计。

5. 加强科考成果应用和共享

加强科考产品化工作，通过科考综合给出地震区域地震危险性、余震分析和地震趋势影响，形成一定时空范围内的地震风险评估图。加强致灾机理和地震次生灾害研究，提出灾区防震减灾薄弱环节，综合给出地震恢复重建和区域地震风险防范工作建议。

四、规划分阶段目标

第1~3年：科考新模式试点阶段。

以现有研究基础和地震观测较为成熟的地震危险区域为试点工作区，对将来一定时间内可能潜在的地震事件进行科学假定，并通过对假定地震过程和前兆演化过程进行情景分析与模拟，合理推测其演化过程，开展地震情景构建。针对高风险的地震情景进行设定地震，试点实施主动性科考。

制定“解剖地震”指导下的地震科考预案，建立地震科考科学问题清单、技术手段清单和产品清单，定义科考数据、成果和产品标准。

第4~5年：科考新模式推广和业务化示范。

主动性科考从试点区域向地震危险区扩展，从体制机制上推动形成地震科考业务，组建较为稳定的、囊括地震系统内外力量的科学考察和研究队伍，形成一定规模的机动的地震科考设备库。发生典型地震时，开展震后科考（主动性科考区域发生地震时立即转入震后科考）。

加强科考成果应用，分析研究科考资料，产出原创地震科技成果；开展地震危险性风险评估；制定地震科学考察标准产品目录；结合科考评估地震业务系统工作效能，提出改进建议；总结科学考察实施情况，形成破坏性地震科考应用示范，完善地震科考业务设计和响应预案。

五、地震危险区精细调查与地震现场综合科学考察项目建议

（一）项目目标

为推动面向“减轻灾害风险”的地震业务创新，通过实施地震危险区地震风险调查彻底转变当前地震危险区震情监视跟踪的工作方式，突出问题导向的系统组织。通过开展地震危险区调查和设定地震的科考，推进“解剖地震”研究，大大节省未来一旦在危险区内发生大震的科考工作时间和工作量，加强危险区前兆异常追踪和短临预报支撑。在以上震前工作基础上，通过本项目产出的规范建立“自启动”的震后科考机制，减轻当前震后科考的盲目性和不规范程度，聚焦地震序列、趋势和致灾机理研究，服务震后应急救援工作。通过项目滚动实施的推动，使得项目内容逐步发展成为地震危险区防震减灾的年度业务工作，建立新形态的“地震科学考察”。

（二）项目内容

1. 开展地震危险区地震风险调查。

挑选6.5级以上地震危险区进行地震风险调查。聚焦地震发生的基本孕震单元和发震构造、震源破裂过程和发震模型、地震传播和致灾机理等有重点选择开展人工地震剖面探测、重力剖面测量、大地电磁剖面探测和空间电磁研究、流动地震台阵观测、地震地质调查、地表形变观测、流动地磁观测、流动重力观测、地球化学观测和强地面运动与工程震害模拟等现场观测活动，给出地震孕育过程和前兆异常的成因解释、精细地质构造、结构模型和可能的余震发展模式等地震科学模型。

2. 假想目标地震科学考察。

针对高风险的地震危险源进行设定地震研究，进行情景构建，提出相关科学问题，设计针对地震情景进行科考的主要技术手段并先行实施，开展“解剖地震”研究。针对设定地震合理推测前兆演化过程，开展地震预测模拟与技术方法检验和致灾机理研究，将地震前兆异常的若干经验性知识应用于地震趋势研判，滚动进行异常定点观测的分析，确定地震紧迫程度。评估地震业务系统，提出对地震探测监测预警业务系统的完善意见。

3. 实施“自启动”震后科考。

通过地震风险调查及有关假想目标地震解剖研究结果形成的规范制度，建立典型地震的震后“自启动”工作机制，形成快速响应的预案。系统开展“解剖地震”研究和工程震害调查，提供地震应急和恢复重建科技产品。基于大数据和地震数值预测方法，促进地震破裂预测模型、强震概率预测模型、地震复发模式、

未来地震趋势、地震前兆提取和物理解释等进行分析研究。

（三）项目预期成果

形成地震危险区调查和“自启动”地震科学考察业务化示范，建立假想目标地震的构建方法。在“解剖地震”框架下针对假想目标地震提前布局实施科考，产出一批原始观测数据和数据产品。检验地震前兆异常和短临地震预测方法，分析评估区域地震监测预报业务系统效能。

（四）项目支持渠道

项目拟向财政部申请项目支持。每年计划启动一批3个新的危险区的调查和科考工作，每批项目实施周期3年，通过滚动实施逐步覆盖所有地震危险区，并发展为地震预测科技实际应用的业务化范例。项目每年度提交进展报告，并为一线提供使用。

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)

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