

地震重点监视防御区工作简要回顾

□ 邵志刚 江在森

地震重点监视防御区（以下简称为重防区）是指未来10年尺度内，存在发生破坏性地震危险或受破坏性地震影响，可能造成严重地震灾害损失的地区和城市。通过长期地震预测和地震灾害预测，兼顾震情、灾情和社会发展，确定地震重点监视防御区，作为各级政府、社会公众和地震系统防震减灾的战略目标区，并通过对策措施的制定和实施，来提高防震减灾的能力和实效，是我国防震减灾的一项重要基础性研究工作（张国民等，2006）¹。

自70年代以来，中国地震局每年都进行年度地震趋势会商，运用各种手段判定当年或稍长时间内的地震危险地区，同时作为重点监视防御区向各省、自治区、直辖市人民政府和国务院各部门通报。然而实践表明，地震重点危险区和地震重点防御目标之间有着显著差别。

因此在确定防震减灾的重点地区时，必须兼顾震情和灾情，统一研究地震危险性和地震灾害损失。上世纪八九十年代，国内外的地震学家均认识到，实际业务中，地震危险性分析主要是地震学的研究内容，但社会影响和易损性分别是社会学和工程科学研究内容；从地球科学角度来看，只有将上述相关工作结合起来，地震科学才能有效地保障社会进步和经济发展（陈颢等，1995）²。

一、关于重防区业务发展与制度完善过程回顾：

1989年地震年度会商会。重防区最早由韩渭滨在1989年地震年度会商报告中提出，旨在将中短期地震预报与社会影响结合起来，起到有效防震减灾的业务尝试。但是，根据年度震情动态确定的危险区常不可避免地带有年度变动的特点，给各级人民政府部署地震综合防御工作带来一定困难。

1. 张国民，傅征祥，王晓青，刘桂萍，2006，确定全国地震重点监视防御区的研究，中国地震，22（3），209-221.

2. 陈颢，陈鑫连，傅征祥，1995，十年尺度中国地震灾害损失预测研究，地震出版社

1990年全国地震重点监视区综合防御对策研讨会。1990年国家地震局在张掖市召开全国地震重点监视区综合防御对策研讨会，政府和社会参与，动员社会各界力量，采取一致行动减轻地震灾害损失（润喜，1990）；地震重点监视区是未来（5年左右）遭受地震严重威胁，并可能造成重大损失的地区，加强地震重点监视区的监测、预报、防震、抗震和救灾对策等工作，是减轻地震灾害的主要途径（汤泉等，1990；汤泉，1990）³。

1995年，国家地震局给出了“1996~2005年全国地震重点监视防御区”判定结果并提交国务院，国务院转发地方政府（国办发〔1996〕2号）。项目领导小组（组长：陈颢）和专家小组（组长：张国民），国家地震局监测预报司和震害防御司具体指导。综合考虑震情、灾情以及国民经济和社会发展规划三方面的因素，根据突出重点、相对稳定的原则，在总结以往多年研究成果的基础上，经认真研究、论证，确定了我国地震重点监视防御区，作为今后一段时期（10年或更长一段时间）相对稳定的防震减灾重点地区和率先实现我国防震减灾十年目标的战略区。

1998年3月1日，颁布《中华人民共和国防震减灾法》（全国人民代表大会常务委员会，1998）⁴。明确规定国家地震主管部门判定重防区，重防区地方政府加强地震监测和短临跟踪工作；同时规定重防区的建筑物和构筑物未采取抗震设防措施的应按国家相关规定进行必要的抗震加固措施。重防区相关省级政府部分确定了重防区管理办法或管理制度，为地方地震监测预报、震灾预防、应急救援等工作制定具体措施。

2005年，中国地震局给出了“2006~2020年全国地震重点监视防御区”判定结果并提交国务院，国务院转发地方政府（国办发〔2006〕54号）。项目领导小组（组长：岳明生）和专家小组（组长：张国民），中国地震局监测预报司和震害防御司具体指导。

2006年编制《国家防震减灾规划2006~2020》。重防区内新建农村民居采取抗震措施、实现密集台阵观测；有重点地提高重点监视防御区农村的地震灾害防御

能力，例如，南北地震带实施重点监视防御区城市地震安全示范工程和农村民居地震安全技术服务工程。

2008年修订《中华人民共和国防震减灾法》（全国人民代表大会常务委员会（修订），2008）⁵。明确规定国家地震主管部门有判定重防区、跟踪重防区并提出年度工作意见，地方政府根据年度工作意见开展地震监测预报工作；同时规定地方政府逐步提高重防区抗震设防水平。

2010年《国务院关于进一步加强对防震减灾工作的意见》（国发〔2010〕18号）。重防区内，社会公众基本掌握防震减灾知识和应急避险技能。

2015年，中国地震局给出了“2016~2025年全国地震重点监视防御区”判定结果，项目负责人为任金卫和张晓东。

二、已有版本的重防区研究基础、工作方案和预测效果：

1996~2005年重防区，吸收的地震局相关科技成果包括：近期地震危险性研究（国家地震局科技监测司，1989）⁶、中国地震烈度区划图的研究（国家地震局，1996）⁷、中国地震灾害损失预测研究（陈颢等，1995）、国家地震局直属研究所和各省市自治区地震局往年提交的地震大形势（5~10年）和地震年度趋势会商会的成果等。

1996年1月—2005年12月间，发生在我国大陆有监测能力地区的10次强震中，有8次发生在防御区内及其邻近地区，其经济和生命损失已分别占大陆的67%和92%。

2006~2020年重防区，吸收的地震局相关科技成果包括：国家重点基础研究发展规划项目（大陆强震机理与预测）的活动地块与强震关系、地壳形变与强震关系、活动断裂与强震关系，以及地震活动性与强震关系等研究成果；地震区划和损失预测中的宏观易损性分析（陈颢等，1995，1999；陈棋福等，1997；王晓青等，1998；高孟潭，2003）；中长期强震综合概率增益模型预测方法（王晓青等，2002）；以及多年来国家地震局直属研究所和各省市自治区地震局提交的地震大形势（5

3. 润喜，1990，全国地震重点监视区综合防御对策研讨会在甘肃举引，山西地震，(4)，33

汤泉，韩渭宾，朱令人，谭承业，李永善，朱传镇，1990，地震重点监视区工作方案设想，华南地震，10(1)，95-99

汤泉，1990，关于在重点监视防御区编制《减轻地震灾害计划》的讨论，国际地震动态，(11)，4-6

4. 全国人民代表大会常务委员会，1998，中华人民共和国防震减灾法，北京：法律出版社

5. 全国人民代表大会常务委员会，2008，中华人民共和国防震减灾法(修订)，北京：法律出版社

6. 国家地震局科技监测司，1989，近期强震危险性研究，北京：地震出版社

7. 国家地震局，1996，中国地震烈度区划图（1990）概论，北京：地震出版社

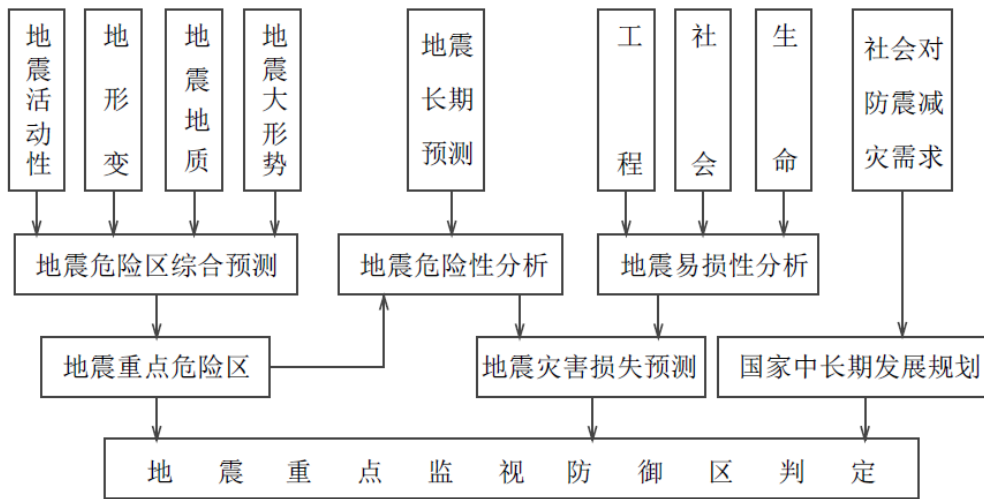


图1 2016-2025年中国大陆重点危险区工作流程图⁸

~10年)和地震年度趋势会商会的成果等。

2006年1月—2016年12月在中国大陆有监测能力地区发生在重点危险区内及其邻区的地震(东部 M_s 5.7、西部 M_s 6.7以上)包括2008年四川汶川8.0级、2008年新疆喀什6.8级、2013年四川芦山7.0级,2015年内蒙古阿拉善左旗5.8级和2016年新疆阿克陶6.7级地震,观测资料少的地区发生在危险区内及其邻区的地震(东部 M_s 5.7、西部 M_s 6.7以上)有2008年西藏改则东6.9级、2008年新疆于田7.3级、2010年玉树7.1级、2014年新疆于田7.3级和2015年尼泊尔8.1级地震等。

2006年1月-2016年12月中国大陆浅源地震(东部

$M_s \geq 5.7$;西部 $M_s \geq 6.7$)造成的死亡人数将有96.3%位于地震重点监视防御区内,经济损失将有97.4%位于地震重点监视防御区内。

2016~2025年重防区为重防区5年更新进行较好的尝试,更新的资料主要包括:活断层探察、科学台阵、喜马拉雅观测。开展了一些新的尝试,各学科判定依据的可靠度,各危险区判定的资料完备程度,虽然仍是基于定量方法的定性分析,但实际上与UCERF中形成逻辑树过程中的分析过程类似,也是现阶段由确定性预测到定量预测过程中的有益探索。

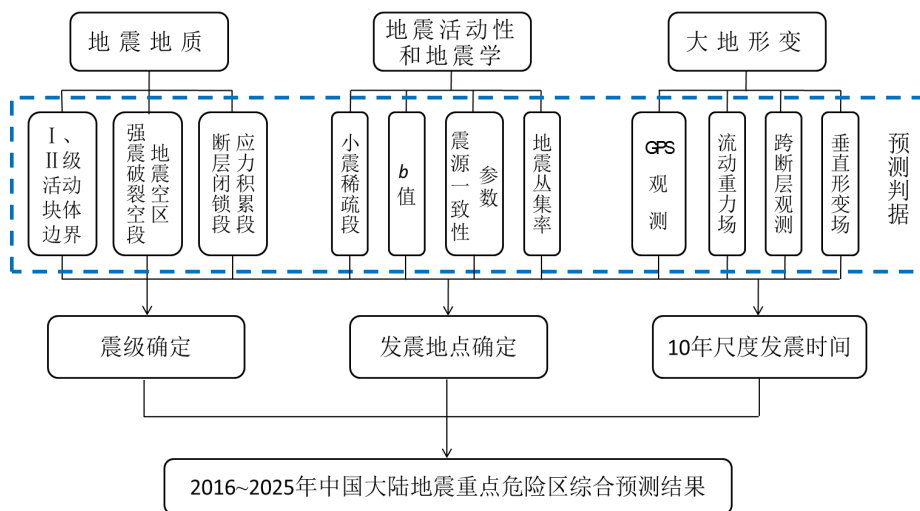


图2 2016-2025年中国大陆重点危险区工作流程图⁹

8. 2006-2020年中国大陆地震危险区与地震灾害损失预测研究项目组,2006-2020年中国大陆地震危险区与地震灾害损失预测研究,2007,地震出版社

9. 2006-2020年中国大陆地震危险区与地震灾害损失预测研究项目组,2006-2020年中国大陆地震危险区与地震灾害损失预测研究,2007,地震出版社

三、2021-2030年中国大陆重防区研究基础、工作方案和跟踪建议:

除了上述针对重点监视防御区给出的长期地震危险源识别工作外,八五期间时振梁牵头将长期预测方法汇编为《中国大陆中长期强震危险性预测方法研究》、2008年汶川8.0级地震后闻学泽牵头完成的《中国大陆大地震中-长期危险性研究》、2015年江在森牵头完成的2016~2025年中国大陆地震重点危险区。上述长期危险区判定工作均是基于地震地质、大地测量、测震学三个学科给出长期危险区地点判定结果,综合给出最终中国大陆长期危险区判定结果。概括起来有如下特点:1)系统梳理了可用的观测资料和基础研究资料,资料完备程度随时间改善比较明显;2)学科基础方法多为定量预测方法,但综合判定过程多为定性或半定量方法;3)危险区综合判断的相关基础预测结果由于方法原因未做到空间全覆盖,而非仅仅是资料原因;4)相关基础方法的预测有限性并未充分考虑,缺乏中间震级、地点和时间的综合分析。¹⁰

随着观测资料的不断积累,对2010年智利8.8级、2011年日本9.0级、2014年智利8.1级、2015年尼泊尔8.1级等地震做出了较好的长期地点和震级预测(Madariag et al., 2010; Hashimoto et al., 2009; Loveless et al., 2010; Schurr et al., 2014; Avouac et al., 2015),其主要研究方向包括破裂空段、断层运动、断层应力和震源异常等。所以著名地震学家金森博雄在2011年日本9.0级地震后呼吁更好地利用已有技术手段来改进地震预报研究(Kanamori, 2012)。¹¹

在综合长期预测方面,最为典型的工作是UCERF

(统一加州地震破裂预测,未来30年6.7级以上地震的概率预测)模型,南加州地震中心围绕该预测模型,从统一结构模型、地壳变形模拟、震源物理、强地震动、地震预测、地震灾害分析等不同方向,开展了地震地质、大地测量、地震学、地球动力学等学科的基础研究(Aki, 2002; Jordan, 2006; Field et al., 2015)。一方面促进了相关基础研究的快速发展,另一方面大大加强了区域地震综合概率预测的物理基础,尤其是中长期强震概率预测结果(Field et al., 2014)得到科学界和社会的广泛认可。UCERF模型有如下几个特点:1)南加州地区各类震源物理模型是其工作基础,这些模型又是基于地震地质、大地测量和地震学25年观测和研究结果,所以该结果具有较高的物理特性;2)最终结果采样定量的综合概率预测形式;3)UCERF预测结果可以作为强震地表响应分析或强震同震情景构建的直接输入。¹²

对地震预报方法的评价,往往根据其地震预报意见要求满足可靠的“时间、地点、震级”三要素,而实际预报方法很难同时实现三要素预测,诚如陈晓非院士在报告中的观点,现阶段地震预报的难点在于,同时预测地震“时、空、强”三要素;而仅同时预测“三要素”中的两个,难度大大降低(陈晓非, 2017年ppt)。而根据不同方法对于地震预报三要素的有效性,综合给出区域地震预测结果是当前地震预报探索的重要途径。另一方面,对于地震综合预测结论必须给出确定的“时、空、强”三要素,而且最好能用定量的方式表述预测结果(陈运泰, 2009)。

基于现有地震地质、大地测量、测震观测资料和研究结果,利用数值模拟、反演、统计分析,给出中国大

10. 时振梁,汪良谋,傅征祥,中国大陆中长期强震危险性预测方法研究,1997,海洋出版社M7专项工作组,中国大陆大地震中-长期危险性研究,2012,地震出版社
11. Madariag R, Métois M, Vigny C et al., Central Chile finally breaks, *Science*, 2010, 328, 181-182
Hashimoto C, Noda A, Sagiya T, et al., Interplate seismogenic zones along the Kuril-Japan trench inferred from GPS data inversion, *Nature Geoscience*, 2009, 2, 141-144
Loveless JP, Meade BJ, Geodetic imaging of plate motions, slip rates, and partitioning of deformation in Japan, *J. Geophys. Res.*, 2010, 115, doi: 10.1029/2008JB006248.
Schurr B, Asch G, Hainzl S, et al., Gradual unlocking of plate boundary controlled initiation of the 2014 Iquique earthquake, *Nature*, 2014, 512, 299-302
Avouac J P, From geodetic imaging of the seismic and aseismic fault slip to dynamic modeling of the seismic cycle, *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 2015, 43, 233-271
Kanamori H, Earthquake hazards: Putting seismic research to most effective use, *Nature*, 2012, 483, 147-148
12. Aki K, Synthesis of earthquake science information and its public transfer: a history of the Southern California Earthquake Center, *International Geophysics*, 2002, 81, 39-49
Field E H, Arrowsmith R J, Biasi G P, et al., Uniform California Earthquake Rupture Forecast, version 3 (UCERF3)—The time-independent model, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 2014, 104, 1122-1180
Field E H, Arrowsmith R J, Biasi G P, et al., Long-term, time-dependent probabilities for the Third Uniform California Earthquake Rupture Forecast (UCERF3), *Bull. Seism. Soc. Am.*, 2015, 105, 511-543
Jordan T H, Earthquake system science in southern California, *Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo*, 2006, 81, 211-219

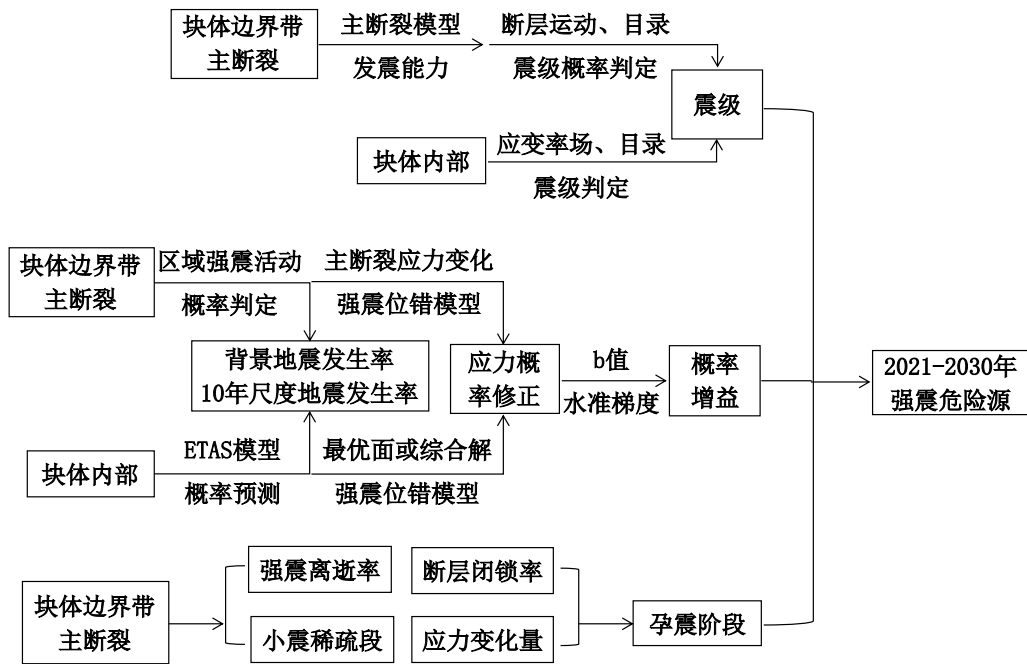


图3 10年尺度强震危险源综合判定技术流程图

陆强震概率空间分布、震级判定、孕震阶段判定，综合给出中国大陆2021-2030年强震危险源判定结果。

具体工作包括以下五个部分：

(1) 地震地质资料的整理与应用。整理现有断层分段、断层运动、复发周期、破裂空段的研究结果，形成相关断层说明文字和结果图件。中国大陆地区活动块体边界带341条断层段。

(2) 基于大地测量分析现今断层运动、地壳应变累积。利用现有大地测量观测资料，给出中国大陆现今地壳变形速度场；以现今地壳变形速度场为约束，利用反演确定活动地块差异运动导致的断层运动加载速率；利用现今地壳变形速度场为基础资料通过计算给出现今地壳应变累积速率。

(3) 基于测震资料的强震概率预测。对于活动块体边界带主断裂，利用地震地质研究结果和现今地震活动确定10年尺度发震概率；对于活动块体内部，利用历史地震活动确定10年尺度发震概率。利用数值模拟给出现今库仑应力时空演化结果、利用b值地震活动参数分

析现今地壳应力状态。基于大地测量和测震学观测确定现今主要断裂带的现今断层运动加载速率和地震活动程度、活动块体内部现今地壳变形累积速率和地震应变释放速率。综合上述结果，给出10年尺度发震概率和震级估计，编制中国大陆2021-2030年强震发生概率分布图。

(4) 综合强震离逝率、断层闭锁率、中小地震稀疏度、断层应力变化量，综合判定处于强震孕育晚期的断层段。

(5) 综合强震概率空间分布、震级判定、孕震阶段判定等结果，综合给出中国大陆2021-2030年地震重点危险区判定结果。

基于上述长期危险区判定结果，重防区工作单元分为：10年尺度危险区预测；10年尺度PGA预测；10年尺度地震灾害风险预测，包括10年尺度强震滑坡预测、10年尺度人员伤亡预测、10年尺度经济损失预测；2021-2030年我国大陆地震灾害高风险区判定；地震灾害高风险区地震灾害风险精细化评估结果和动态跟踪方案。

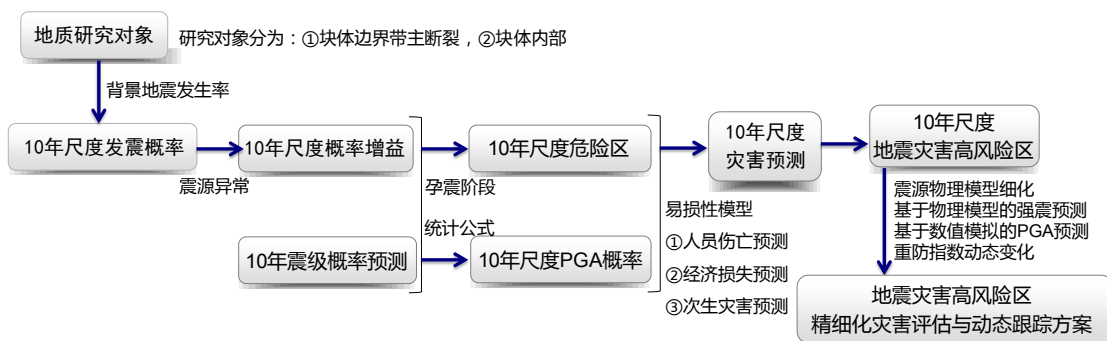


图4 2021-2030年我国大陆地震灾害高风险区判定及跟踪方案