

地震预测预报相关的重要科技挑战 2018年

地震预测预报 相关的重要科技挑战

(2018年)

“地震预测预报二十年发展设计”工作组

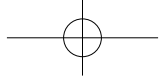
地震出版社

地震出版社

责任编辑：董 青
责任校对：孔景宽
装帧设计：思瑞博企划



定价：45.00元

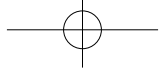


地震预测预报 相关的重要科技挑战

(2018年)

“地震预测预报二十年发展设计”工作组

地震出版社



图书在版编目 (CIP) 数据

地震预测预报相关的重要科技挑战. 2018 年 / “地震预测预报二十年发展设计” 工作组编著. -- 北京 : 地震出版社, 2018.1

ISBN 978-7-5028-4921-4

I. ①地… II. ①地… III. ①地震预测 — 研究 — 中国
②地震预报 — 研究 — 中国 IV. ① P315.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 323166 号

地震版 XM4087

地震预测预报相关的重要科技挑战 (2018 年)

“地震预测预报二十年发展设计” 工作组

责任编辑 : 董 青

责任校对 : 孔景宽

出版发行 : 地震出版社

北京市海淀区民族大学南路 9 号

邮编 : 100081

发行部 : 68423031 68467993

传真 : 88421706

门市部 : 68467991

传真 : 68467991

总编室 : 68462709 68423029

传真 : 68455221

<http://www.dzpress.com.cn>

经销 : 全国各地新华书店

印刷 : 北京地大彩印有限公司

版 (印) 次 : 2018 年 1 月第一版 2018 年 1 月第一次印刷

开本 : 787 × 1092 1/16

字数 : 92 千字

印张 : 6.75

印数 : 0001 ~ 1000

书号 : ISBN 978-7-5028-4921-4/P(5624)

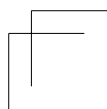
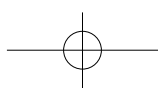
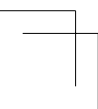
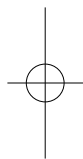
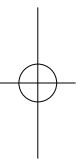
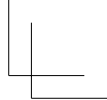
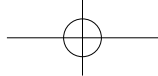
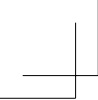
定价 : 45.00 元

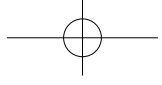
版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

目 录

一、地震预测预报的现状和发展目标	1
二、地震预测对观测仪器和观测系统的新的需求与挑战	10
三、地震预测预报领域公共服务的科技挑战和政策挑战	23
附录 1：地震预测预报用语规范（试行）	38
附录 2：《国家地震科技创新工程》的“解剖地震”计划	55
附录 3：防震减灾“十三五”专项规划《地震监测预报规划》	58
附录 4：《国际地震动态》“地震预测预报20年发展设计研讨专栏” 文章目录（截至2017年12月）	93
附录 5：我国地震预测预报工作的一个评估	94
后 记	99





一、地震预测预报的现状和发展目标

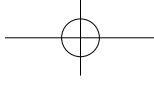
（一）各类地震预测预报的定义和作用

长期地震预测通常是指时间尺度为十年的预测。与其他科学分支（例如气象学）中的“长期预测”的定义不同，长期地震预测通常不是指一个较长的时间以后的一个时间范围内发生地震的概率，而是从现在开始起算的一个较长的时间里发生地震的概率，因而，通常所说的由于非线性效应（例如“确定性混沌”或“自组织临界性”）而引起的长期预测的实质性的困难，并不简单地适用于长期地震预测的情况。在我国，长期地震预测直接为十年或十五年尺度的“地震重点危险区”的确定，并进而为“地震重点监视防御区”（简称“重防区”）的确定服务，因而对减轻地震灾害损失风险具有重要的应用价值。

中期地震预测通常是指时间尺度为年的预测。我国中期地震预测的两个重要的服务形式，一是三年时间尺度的“地震大形势”估计，二是年时间尺度的“年度地震趋势会商”，这两种地震趋势估计对于有重点地加强防震减灾准备非常重要，并且因其是一项长期坚持的、真正意义上的“向前预测”检验，而具有不可取代的科学价值。

一次强震发生后对地震序列类型的判断和在“主震-余震型”序列的情况下对余震趋势的预测（包括余震持续时间、最大震级、最可能地点等的预测），具有相当的科学基础，对震后紧急救援行动的部署和震后重建的规划等均有十分重要的意义。

短临地震预测，包括短期预测（即对3个月内将要发生地震的时间、地点、震级的预测）和临震预测（即对10日内将要发生地震的时间、地点、震级的预测），目前还是一个科学难题。类似于1975年海城地震那样具有明确的“前兆

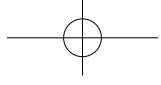


地震预测预报相关的重要科技挑战 **2018年**

信息组合”的地震，仅占全部地震的一个非常小的比例。在一些罕见的幸运情况下，依靠现有的观测手段和预测预报经验，可以对一些类型的地震进行某种程度的短临预测预报。中国科学家不放弃这种几率很低的预测机会，是为了最大限度减轻人民生命财产损失。

近年来科学上的一个重要进展是，对于一项短临预测研究成果究竟在科学上有什么价值，已形成规范的检验标准。其中最为重要的三个概念，一是环境干扰排除的规范，二是异常信息识别的判据，三是预测预报效能的检验。按照科学规范的检验标准，通过震情会商，考察“疑似”的“异常”是否可能具有科学价值和实际意义，从而在出现一些“异常”或“预测意见”的情况下能够做到科学分析、理性判断、及时处置、有序应对，也是社会对地震预测预报业务的一个重要需求。

防震减灾科技中，一般将预测作为科学界内部关于地震趋势的判断，将预报作为根据科学判断通过政府传递给社会的信息，这个约定与其他领域不尽相同。值得指出的是，在地震预测预报业务的“需求侧”，经济社会的发展和技术的进步，给地震预测预报的应用带来新的发展空间。例如，在没有“灾害情境构建”技术的条件下，公众对地震预测预报信息的应用只能是“大而化之”的。在没有地震预警（earthquake early warning）技术的条件下，人员疏散是对短临地震预测预报的最有效的响应对策，但同时虚报的负面影响也随之而来，并且随着经济社会的发展而愈加严重。然而，随着新技术的发展，这种情况开始出现根本性的变化。信息时代，“精准信息”与“精细信息服务”之间的区别愈加明显，就是说，恰当地使用不够精准的信息，仍可以根据服务对象的需要提供精细的信息服务；相反，精准的信息如果使用不当，也达不到精细服务的要求。近年来，随着我国经济社会的快速发展，公众对减少地震造成的损失的要求、对减轻地震灾害损失风险的要求越来越高，对各类地震预测预报信息



一、地震预测预报的现状和发展目标

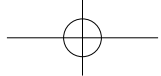
的针对性、时效性、科学性和透明度的要求越来越高，地震预测预报相关的社会治理和公共服务的体系化、精细化、个性化，已成为可以预见的发展趋势。

（二）与地震预测预报相关的科学认识和科技进展

地震预测预报问题一直是国际地震科技领域密切关注的科学问题之一。国际地震学与地球内部物理学协会（IASPEI）分别于1991年和1997年通过决议，支持国际合作地震预报实验场项目。2005年，IASPEI通过决议，支持监测地球介质动态变化的主动源监测工作。2009年，IASPEI通过决议，支持地震预测预报研究和地震预测预报方法的科学检验。

当代地球科学的学科交叉和集成，带动了地震科学技术的不断创新，也为向地震预测预报这一世界性科学难题发起新的冲击创造了条件。新的观测技术和实验技术，给地震预测预报研究不断注入新的生机和活力。地震科学经过一个多世纪的发展，已成为一个以观测为基础、理论体系较为完整、紧密结合实际的科学领域。地球过程观测的长期优势开始显现，为做出新发现和回答很多久已提出的科学问题提供了良好的条件。“实验”的概念大大扩展，面向地球的大尺度可控实验与主动探测和密集观测之间的界限开始突破。高性能计算成为科学数据处理和地球过程模拟的重要手段。所有这些，都为地震预测预报的研究和实践提供了新的发展的基础。

就全球尺度看，绝大多数强震分布在板块边界带上；就中国大陆的尺度看，绝大多数强震分布在活动块体边界带上，这说明关于地震和地震预测预报问题，是可以有科学认识基础的。但是，教科书中给出的地震的“弹性回跳”模型，只是一个高度简化的情况，如果现实世界果真如此，那么地震的预测预报问题将会简单得多。按照目前的认识，从物理上看，与中长期地震预测预报

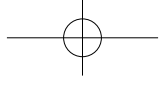


地震预测预报相关的重要科技挑战 2018年

有关的因素，至少要考虑板块相互作用、区域应力场、地壳形变分配、地壳中的韧性转换带、地震断层带及其上的“闭锁带”、历史地震和古地震的情况等；与短临地震预测预报有关的因素，则至少要考虑地震断层带的结构和“性能”、地震断层带上流体的作用、地震的“触发”、“寂静地震”的作用、与区域孕震模型相适应的可能的“前兆”现象、可能的“前兆”机理等。这些认识构成了目前地震预测预报研究的科学基础，也同时说明了地震预测预报研究的限度及这种限度的原因。重要的是，围绕上述关于地震成因和地震预测预报的科学认识，可以有针对性地设计和实施具体的观测和监测项目，以约束模型、检验假说、实施监测、探索预测预报的可能性，并基于现有的预测预报能力为社会的防震减灾服务。

关于地震预测预报问题，近年来在科学认识、探测技术、观测积累等方面都有显著进展，但在一些关键环节上，例如，地震破裂是如何“决定自己的大小”的、地震断层带上的流体究竟扮演着什么角色、地震过程中能量是如何分配的，等等，现在还没有满意的答案。解决这些问题的根本方法，是面向地球的观测研究。近年来发展的宽频带地震台阵、主动源探测、地震科学钻探和深部观测台阵、连续GPS测量、深源气体观测等新的技术，与此相关的“尾波相关干涉”方法（C3）、“重复地震”方法、地震各向异性、地震“应力触发”计算等新的方法，与此相关的“间歇性滑动与颤动”（ETS，或“寂静地震”）、地震断层“润滑”（fault lubrication）效应、“固定凹凸体”（persistent asperity）现象等新的发现，都是试图解决这一问题的新的技术、新的方法和新的发现。值得一提的是，在国际地震科学的分类中，这些内容常常并不属于（狭义的）“地震预测预报研究”，但这些科学进展却是地震预测预报研究所必备的基础。

事实上，长期的科技发展和学科演化，已使我国地震科技和防震减灾中所



一、地震预测预报的现状和发展目标

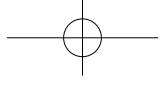
说的“地震预测预报”，与国际上所说的earthquake prediction有了很大的不同。在我国，“地震预测预报”是包括长中短临预测预报和震后趋势估计的一个相当宽的范围，而“地震预测预报研究”则包括了从地震构造、古地震研究到震源区深部地球物理、地震断裂力学，从地震观测技术、地球物理场和地球化学观测技术到地球内部物性的地球物理探测、地震断层带物理的一个相当广泛的领域。关于国际地震预测预报研究的一个广为流传的、误导性的说法，即国际同行“大都不关注”地震预测预报问题，“只有”中国地震学家坚持开展地震预测预报研究，其主要成因，就是这一类似于“龍”和“dragon”的文化差异。这是在借鉴其他国家和地区的经验时应该注意的一个情况。

（三）地震预测预报的发展目标

形成和不断提升与现代科技发展水平相适应的地震预测预报能力，形成和不断提升与防震减灾国家目标相适应的各类地震预测预报信息的科学、精准使用能力，是防震减灾事业发展的一项重要任务，也是地震预测预报工作的主要发展目标。

从数量的角度说，两种类型的指标体系具有同等重要的意义。一是具体的数字，例如表征地震监测能力的震级下限；二是“黑/白式”的“地图”，例如表征是否已经开始提供社会的科技产品的“产品清单”。目前地震预测预报工作的主要问题是：在地震预测预报公共服务方面，还有很多内容上的“空白”亟待填补；在地震预测预报研究与实践方面，还有很多技术性的“空白”亟待填补。因此在未来二十年中，地震预测预报研究和地震预测预报工作发展的更有意义的指标体系，应主要是对这些“填补空白”工作的程度的度量。

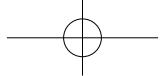
要针对《中华人民共和国防震减灾法》规定的地震预测预报相关的各项法



地震预测预报相关的重要科技挑战 **2018年**

律职责，全面部署地震预测预报研究。一要深入研究地震大形势预测的科学问题，给出地震大形势变化的科学判断的方法和指标体系；深入研究中长期地震预测方法，长期预测、10年预测、3年地震大形势预测以一定形式向社会发布；要针对重点监视区，实现地震孕育模型的有效约束、地震孕育过程和“预期前兆”的有效监测、对地震预测预报方法的有效检验；提出地震重点监视区强化跟踪监测规范。二要深入研究年度地震趋势会商的方法，规范年度会商的结果产出，改善年度会商的预测效果；考虑年度会商结果的公布及其合理使用问题。三要深入研究地震预测预报方法的检验问题，提出地震预测预报方法检验的技术标准，实现地震预测预报方法检验的规范化；要创新地震监测预报的体制机制，建立对地震预测预报具有潜在意义的地球观测数据的收集、评估和质量保证机制；要建立震情会商的理论基础和技术规范。四要深入研究震后趋势判断和余震预测的科学问题，建立针对地震序列类型判断和余震预测的技术系统。五要建立根据地震危险性概率进行风险决策的决策支持系统；建立地震预测预报意见发布的参考决策规范和地震预测预报意见取消的参考决策规范；建立应对特殊震情和特殊时段加强地震监测和震情跟踪工作的规范；建立地震震例总结和地震科学考察的规范。

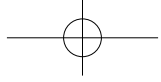
要基于新的科技进展，提升地震预测预报能力、完善地震预测预报工作体系。一要全面部署“面向预测预报的监测和模拟”（Modeling and Monitoring for Prediction）工作。根据现有的科学认识和工作基础，对一个特定地区的面向预测预报的监测和模拟的能力，取决于针对该地区的“想定地震破裂”（scenario rupture），提出地震孕育和发生的（不同版本的）模型；针对地震孕育和发生的（不同版本的）模型，进行观测约束；根据地震孕育和发生的模型，确定“预期前兆”；针对地震的“预期前兆”，部署监测系统；根据当地的地震活动和地震监测的情况，提出预测预报工作方案。首先，应对全国各省、自治区、直辖市的



一、地震预测预报的现状和发展目标

“重点监视防御区”和年度地震危险区，提出具体的预测预报工作方案。二要全面赶超地震预测预报研究方面的国际进展。全面掌握20世纪末、21世纪初出现的可能与地震预测预报直接相关的新概念和新技术，重点是：C3技术；地震断层带钻探技术；ETS观测技术；主动源探测技术；基于高性能计算的“地震模拟器”（Earthquake Simulator）技术。同时，部署必要的研究力量，进行基础研究和人才储备，保持对国际科技新进展做出快速反应的能力。三要有重点地消化、审视发展中国家地震学家在长期的地震预测预报探索实践中形成的思路和方法，并根据国际地震预测预报研究的进展，向国际同行系统介绍这些思路和方法。重点是：地震活动性分析方法；中长期地震预测预报方法；地震会商制度；震后调查和震例总结；地震前兆监测的质量控制；地震预测预报实践。

要设计和完善地震预测预报服务于社会、吸纳和管理社会力量参加地震预测预报工作的公共服务产品和社会治理机制，提高地震预测预报对提升全社会的“地震灾害韧性”（earthquake disaster resilience）的贡献率。一要进行各类技术用于地震预测预报的潜力和能力的全面评估，提出相应的技术规范，包括：各类技术手段的组织实施规范；各类技术手段的数据汇交规范；各类技术手段的质量认证规范；前兆异常判定和预测效能检验规范；地震预测预报信息披露发布规范；出现一些异常后进行响应性的强化监测的规范；强地震发生后进行响应性的震后强化监测的规范。二要向社会推出各类地震预测预报产品，并确保这些产品的内容能够为社会所正确理解、能够在防震减灾中发挥作用。相关的科技产品包括：50年地震危险性预测结果；10年地震危险性预测结果；3年地震危险性预测结果；年度地震危险性预测结果；地震序列类型判断和余震趋势预测结果；地震背景场定期观测结果；背景地震活动定期观测结果；特定地区地震地质调查和深部地球物理调查结果；地震预测预报方法或预测预报意见的效能检验结果。

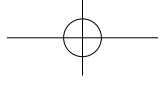


(四) 地震预测预报工作的重点

我国造成20万以上人员死亡的4次地震(1303年洪洞8级地震、1556年华县8¼级地震、1920年海原8½级地震、1976年唐山7.8级地震)的震级均为接近8级或8级以上,1950年以来造成千人以上人员死亡的地震均为7级以上地震。从减轻地震灾害损失风险的角度,开展7级左右和7级以上地震的长中短临预测预报探索、并在能够达到的科学认识的条件下最大限度地为政府和社会的防震减灾服务,是地震预测预报工作的首要科学关切。

现今中国大陆构造变形以活动地块运动为主要特征,不同活动地块之间的运动、变形和深部结构等的差异主要集中在各活动地块之间的边界带上,该边界带是我国陆区最基本的和最重要的强震带,是强震孕育、发生的主体地带。根据有史以来地震记录的统计分析,100%的8级以上巨大地震发生在Ⅰ、Ⅱ级活动地块边界带上,86%的7~7.9级大地震发生在Ⅰ、Ⅱ级活动地块边界带上,显示了我国陆区的强震空间分布与活动地块边界带紧密相关、震级越高与活动边界的相关程度越高、高层次的地块控制高震级地震的显著特征。Ⅰ、Ⅱ级活动地块边界带是我国强震预测预报研究的重点,也提供了将针对强震的预测预报研究作为工作重点的科学上的可能性。

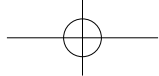
通常所说的“长中短临”,更多地是经验性的、从实际应用的角度考虑的时间尺度。物理上,更应该重视的应是地震孕育的“晚期”、“临近”地震发生的阶段所做出的预测预报。由于不同区域、不同震级地震的孕育时间不同,因此地震发生前“临近”阶段的时间尺度也不同。地震震级越高、发震构造运动速率越低,地震孕育过程就越长,相应的“临近”阶段的时间也就越长。经验表明,类似于“短临前兆”的“临近”前兆,对7级左右和7级以上地震,出现的时间远早于5级、6级地震;对7级左右和7级以上地震,其“临近”前兆可能的持续时间可达年尺度乃至更长时间。把针对强震的“临近”预测预报,以及



二、地震预测对观测仪器和观测系统的新的需求与挑战

围绕“临近”预测预报的各个时间尺度、根据现有的科学认识能力和技术水平所采取的防震减灾措施作为战略重点,是做好大震巨灾准备的必然要求。

尽管地震预测预报研究的最终目标是实现物理预测预报,但在目前地震预测预报的科学水平条件下,统计预测预报、经验预测预报、物理预测预报的并行发展、优势互补,仍是一个现实的发展路径。在统计预测预报方面,要深入研究地震活动概率的物理意义、确定方法与实际应用;深入研究地震预测预报方法的统计检验问题,缩小与世界先进水平之间的差距;开展“新参数地震目录”研究,把地震统计的对象从传统地震目录扩展到新的地震目录。在经验预测预报方面,要密切关注基础观测数据的可靠性问题,规范在分析观测数据时核实异常与排除干扰的方法;深入研究预测与决策理论、博弈论的基本问题,用于地震预测预报决策形成过程中的决策辅助;通过经验的总结、经验的量化、经验的统计检验,对现有经验进行提炼和加工;进一步总结“场兆”和“源兆”的行为特征,并建立相应的物理模型与分析方法;采用虚拟现实、可视化等新技术,优化经验的形成和经验的训练过程;提供地震背景场信息产品,服务于“异常”的识别;面向新的观测技术与方法,不断积累新的经验。在物理预测预报方面,要根据新的“地球物理实验”的概念,开展面向地震预测预报的科学研究,探索地震孕育的物理过程和不同阶段孕震特征;发挥观测优势和观测资料积累优势,密切关注时变(time lapse)地球物理过程的研究;面向地震断层带的物质结构和力学性能,结合地震震源区的结构和物性,联系震源区的流体和热过程,开展从微观到宏观的“广谱”观测研究,理解地震的机理,探索地震预测预报问题;通过数值模拟,研究多尺度、多单元相互作用的地震模型中地震活动和地震前兆的行为,为地震预测预报实践积累经验;根据不同地区的地震孕育和发生的具体模型,根据对前兆与应力场关系(“场兆”)、前兆与发震断层的“失稳”关系(“源兆”)的理解,确定“目标地震”的“预期前兆”的观测、监测和预测检验方案。

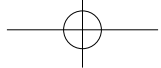


二、地震预测对观测仪器和观测系统的新需求与挑战¹

在2017年版《地震预测预报相关的重要科技挑战》“白皮书”中，讨论了目前地震监测预报工作的重要实践议程，包括：（一）以大陆强震动力学为基础的中国大陆7、8级地震中长期危险性预测；（二）旨在把握强震发展趋势的地震大形势预测；（三）以多学科地震“前兆”异常变化为基础的短临地震预测预报探索；（四）以序列类型判定和强余震趋势预测为基本内容的震后趋势预测预报；（五）针对重点监视防御区、年度危险区的“观测密集型”震情跟踪实验；（六）新的会商机制；（七）地震预测预报业务信息化。“白皮书”讨论了地震预测预报研究探索的重要科学议程，包括：（一）强震区深部地球物理场和地球化学参量的基本背景的探测、地球物理场和化学参量的动态演化特征；（二）主要发震断裂的分布特征与活动习性、中长期地震活动特征；（三）地震“前兆”机理与识别判据、地震孕育和发生过程的物理模型与数值模型；（四）水库诱发地震、矿山地震、火山地震研究与“新型地球物理实验”；（五）国家地震监测预报实验场；（六）分布式统一地震预报实验；（七）电磁卫星等空间对地观测的应用研究。“白皮书”还以附录形式介绍了《国家地震科学技术发展纲要（2007~2020年）》提出的与地震预测预报有关的重点领域、发展思路和优先主题（附录4）以及IRIS战略研究报告（2008）提出的与地震预测预报有关的重要科学问题（附录5）。

这里，主要讨论近年来提出的新的科学议程和科技挑战。对这些新的科学议程和科技挑战的回应，涉及地球物理、大地测量、地质学、地球动力学等基础学科及其与材料科学、信息科学、工程技术之间的交叉领域，需要各个学科

¹ 执笔人：房立华、王未来、袁道阳、张晓东、蒋长胜、武艳强、张晶、刘爱文。



二、地震预测对观测仪器和观测系统的新的需求与挑战

专业、各类技术手段的共同努力。

(一) 数据密集型近震源观测实验

我国地震监测台网经过50多年的建设,实现了由模拟到数字、由稀疏到密集、由单一台网到“三网融合”的发展历程。“十三五”国家地震烈度速报与预警工程完成后,台网密度进一步提高,台站平均间距将优于20km。尽管如此,这种面上近乎均匀分布的台站布局,仍不能满足危险活动断裂带和地震重点危险区对微震检测与定位和中下地壳微弱信号提取的需求。

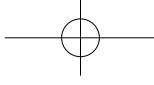
近年来,超密集台阵观测研究已成为断裂带结构探测和孕震机制研究的新的发展趋势。美国在长滩地区、圣哈辛托断层布设的密集台阵间距为10~100m量级,发现圣安德烈斯断层深部的颤动信号在地震成核前向震源处迁移²;发现长滩地区下地壳和上地幔存在大量0级以下的微震活动³;发现断裂带两侧的速度结构有明显差异⁴。这些新的结果对于认识地震成核和断层活动都具有重要意义。

在未来监测系统设计中,需要围绕危险活动断裂,依托固定台站,开展近断层、不同尺度的超密集台阵观测,提高微震监测下限,重点研究断层的几何形态、速度结构和应力状态,探测中下地壳的微震活动和断层深部变形机制,识别断裂带上的地震空区、凹凸体和不同段落上的结构差异,以及与断层深部

² Shelly D R. 2010. Migrating tremors illuminate complex deformation beneath the seismogenic San Andreas fault. *Nature*, 463(7281): 648-652.

³ Inbal A, Ampuero J P, Clayton R W. 2016. Localized seismic deformation in the upper mantle revealed by dense seismic arrays. *Science*, 354(6308): 88-92.

⁴ Allam A A, Ben-Zion Y, Kurzon I, et al. 2014. Seismic velocity structure in the Hot Springs and Trifurcation areas of the San Jacinto fault zone, California, from double-difference tomography. *Geophysical Journal International*, 198(2): 978-999.



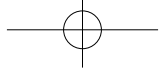
变形有关的颤动信号等。在断裂带两侧建设固定台站，实现断裂带介质参数（如地震波速，S波分裂参数）的动态监测，为地震预测预报提供支撑。

（二）颤动事件的观测研究

颤动事件分为火山区颤动事件和非火山地震颤动事件。火山区颤动事件往往与火山深部岩浆活动有关，目前火山区颤动事件的监测可以用来描述火山区活动的等级，甚至被用来预测火山喷发的时间。非火山地震颤动首先是在俯冲带地区发现的，其时空分布状态可以很好地描述板块俯冲的动态过程，在一些区域颤动信号与板块非连续滑动存在对应关系；随后，在走滑型断裂带下方，例如美国圣安德烈斯断层和日本西部Tottori地震走滑断层，也发现了颤动信号。圣安德烈斯断层2004年M6.0地震前有颤动事件活动增强的现象。

对于颤动信号，国际上有较多研究，而国内相关的研究很少，这与以下因素有关：①火山区颤动事件与活火山活动有关，目前中国的火山基本处于休眠状态，没有强烈的岩浆活动；②中国大陆地区基本不涉及俯冲带的区域，而圣安德烈斯断层式的非火山区颤动事件在全球其他地区的实例亦较少；与地震事件相比，非火山区颤动事件信号较弱，其形态与风或人的活动引起的噪声很难区分，只有将一组地震仪的信号相互比较才能进行有效的识别，而目前国内地震台站基本上按照常规地震监测的目的建设，不能满足相关研究的需要。

在中国大陆地区开展相关研究需要注意的问题是：①观测地点的选择：目前有颤动事件发生的地区，往往都与流体活动或高泊松比等特征相关，另外圣安德烈斯断层是走滑型，因此在研究地区选择方面可能需要酌情考虑以上因素；②观测手段的设计：无论是火山区还是非火山区，要探究颤动事件是否存在及其机理，除密集地震台阵观测外，相应地还应有GPS、形变仪等，用来监



二、地震预测对观测仪器和观测系统的新的需求与挑战

测深部是否存在慢滑移事件或者区域形变；另外，非火山区颤动信号很弱，较成功的观测基本是基于“台阵的台阵”（小孔径台阵由孔径百米级的若干台站组成，区域台阵由小孔径台阵组成）开展的。

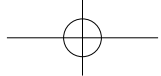
（三）断层强度的度量与断层应力水平的度量

断层强度主要反映的是未来发生地震的震级上限，也有研究认为是断层发生地震时介质破裂的强度。断层应力水平达到断层介质的破裂强度（断层强度）时，断层就发生地震。因此，对断层强度的度量和断层应力水平的度量是地震科学中的重要核心问题之一。断层的力学性状主要表现为显著的滑移弱化和速度弱化，断层带物质在断层高速滑移过程中经历了各种复杂的物理化学变化，这些已有认识，对于研究和评估断层具有重要意义。

断层强度除受地壳物质组成、热流结构等的影响外，还与流体特征和应变速率相关⁵。目前，从地表地质的角度对断层强度的度量，可通过活动构造研究和GPS、InSAR及Lidar等形变监测方法获得。然而这些研究远无法在物理上定量刻画断层强度和断层应力水平。区域应力场（应力分布）或应力积累是地震预测相关的最基本的观测量，目前对应力积累的测量主要是测量时的应力值，而无法知道连续观测值。

从观测技术角度，一方面需要研发应力连续观测仪，开展压力、荷载和应变等参数测定，进而开展地壳运动和地震机制等方面的研究。这种仪器还可以用于观测活动断层可能存在的微动态，从而捕获对地震预测有益的信息。如能像地震台网那样，以几十千米的间隔，在不受人为噪声或气候影响的深部钻孔

⁵ Taira, T., Silver, P. G., Niu, F. L., Nadeau, R. M., 2009. Remote triggering of fault strength changes on the San-Andreas fault at Parkfield. *Nature*, 461(1):636-640.



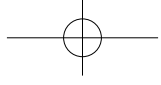
中布设高灵敏度应力仪，开展应力连续观测，则可望得到有意义的结果。

从观测布局角度，在对所研究的活动断层的构造背景和孕震环境充分了解的基础上，如果能够沿主要活动块体边界带，选择不同性质、不同类型的大型活动断裂带开展地表活动断层构造变形研究和现今形变监测，例如采用高分辨率GPS、InSAR及Lidar分析技术等综合分析；同时，在深部选择数百米至千米的深孔布设不同深度的地应力水平的连续观测，进行深浅部地应力水平变化和断层强度的动态跟踪研究，形成地表、地下不同深度的立体观测系统，则对探索地震预测预报方法将有很大的促进作用。此外，还应在典型地区开展跨断层分布的钻孔应力剖面连续观测（包括水压致裂等）。

（四）距下次破裂的时间和阶段确定

强震孕育发生过程可分为震间期、震前期、同震期、震后期，与之相对应的模型包括时间-震级可预测模型、速度状态摩擦定律、黏弹性加载模型等。基于目前的观测手段、理论模型等，融合地震地质、强震活动、大地测量等资料，可以初步识别出孕震断层在震间期、同震期、震后期所表现出的变形及力学特征。在此基础上，根据历史地震复发周期及离逝时间、大地测量资料得到的闭锁深度/闭锁程度/滑动亏损分布，可以初步给出发震断层处于震间期晚期的粗略估计。截至目前，震前期是否普遍存在于所有强震孕育过程中、处于震前期的孕震断层表现出何种变形及力学特征等仍处于探索中。近年来随着大地测量资料的丰富和震例的积累，对于同震和震后变形特征及机理的研究取得显著进展，如同震过程以弹性破裂为主，震后变形的三大机制（震后余滑、孔压回弹、黏弹性松弛）等现象均被观测所证实。

在整个强震轮回中，震间期晚期和震前期的断层变形特征及力学行为与强

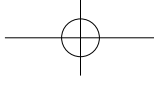


二、地震预测对观测仪器和观测系统的新的需求与挑战

震下次破裂的时间和阶段判定直接相关，因此需要充分利用地震地质、大地测量、地球物理观测等多种资料给出综合判断。另一方面，中国大陆内部7级以上强震的孕育周期显著长于板间地震，震间期晚期的时段可能长达数十年甚至百年。因此，要想相对准确估算下次7级以上强震破裂的时间和阶段，需要进一步依托观测资料探索总结强震孕育晚期特征。为此，建议开展如下工作。①系统开展深大断裂的古地震探查，厘清强震潜在震源区及离逝时间；②针对中国大陆强震潜在震源区，开展地球物理探测、参数反演等工作，确定介质弹性与黏弹性力学参数、断层物性参数等，为物理模型构建奠定基础；③针对潜在震源区，开展以GNSS流动观测为代表的空间大地测量和以重磁观测为代表的地球物理场密集观测，获取相对准确的断层滑动速率、断层闭锁深度和滑动亏损分布，初步给出潜在震源区深大断裂的孕震阶段和震级估计；④针对处于震间期孕震晚期的断层段，开展高精度、密集的GNSS连续观测、超导重力连续观测、地基InSAR复测、跨断层精密测距/水准观测等，基于观测数据构建统计、解析以及物理模型，综合观测数据和模型分析结果探索与强震前断层失稳相关联的动态信号。

（五）设定断裂的“面向预测的监测和模拟”

以往地震预报实验场的经验教训是，实验场的建设首先需要考虑的往往不应该是具体的实验方案，而是一种实验场设计的“算法”。这种“算法”中所包含的基本要素是：针对具体发震断层带（设定断裂）上的“想定地震”，给出相应的地壳形变和地震孕育的“想定模式”，并针对这一“想定模式”来设计观测项目、监测系统和预报策略。为此，实验场工作的目标，是通过地质和地球物理观测研究，对相关的构造物理模型实现有效约束；通过针对具体的



“想定地震”的监测系统的设计，对相关的地震断层的动态实现有效控制。在国际地震研究的参考系中，这些概念实际上即为“面向预测的监测和模拟”（Monitoring and Modeling for Prediction, MMP）。日本同行则已经按照MMP的思路，在东海地区“严阵以待”。事实上在其他学科方向上，MMP正在发挥重要的作用，例如火山预测⁶和滑坡等山地灾害的预警⁷，等等。

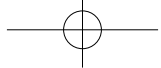
这种设定断裂的MMP式的地震预测研究和实践，事实上也触及了目前地震监测和预报业务结合的问题。其中较为突出的即为地震的监测预报体系还没有能够在现有的科学认识的基础上实现有效的监测和模型约束。这种在合理约束下的地震预测能力研究，在2008年汶川8.0级地震后得到更为深刻的认识。对此次地震的孕震模型的回溯性研究表明，如果考虑到震前形变状态和同震形变状态，针对孕震的“变形单元”、“闭锁单元”和“支撑单元”⁸来建立多学科的监测系统，则有可能捕捉到此次地震的孕震过程及一些重要信息。

在未来进一步的地震预报实验场设计或者CDEs式的地震预测实验场建设中，类似于逆冲型的龙门山断裂带“变形单元”+“闭锁单元”+“支撑单元”的孕震模式及其针对性的监测系统的设计，需要在中国大陆 I 级活动地块边界带的主要段落进行：选择典型的设定断层，针对性地对走滑型、正断层型和逆冲型断裂的不同孕震单元，布设密集程度不同、侧重点不同的形变、测震和其他学科监测手段，并对测项可能的预期模式的协调性变化进行系统分析。

⁶ Aki, K., and V. Ferrazzini, 2000. Seismic monitoring and modeling of an active volcano for prediction, J. Geophys. Res., 105(B7), 16617-16640.

⁷ Stähli M., Sättele M., Huggel C., et al., 2015. Monitoring and prediction in Early Warning Systems (EWS) for rapid mass movements. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 15(4):905-917.

⁸ 张培震, 闻学泽, 徐锡伟, 等, 2009. 2008年汶川8.0级特大地震孕育和发生的多单元组合模式. 科学通报, 54(7): 944~953.



二、地震预测对观测仪器和观测系统的新的需求与挑战

(六) 地震预测实验场的“协同分布式实验”(CDEs)

以复杂系统为研究对象的自然科学中,生态学是在多种表现形式上与地震孕育发生过程有诸多类似的学科之一,其相似性一是均以实验为主要研究手段,尤其是对判定性假说的野外实验为最有效的方式;二是受试对象始终处于演化中;三是影响受试对象的因素多、响应模式多样,野外环境和大尺度实验的复杂性使得实验的操控性差。为解决上述问题,生态学逐渐发展起了在整个生态圈的所有类型的生态位和水平上进行同样的野外实验操作的“协同分布式实验”(coordinated distributed experiments, CDEs)操作规范⁹。CDEs强调在全球或大尺度范围开展多地点的、同时、同步、同规范的系列实验。由于在系统特性和研究方法上的相近性,CDEs事实上也为地震预测研究提供了一种全新的实验方式。

或许是受到CDEs研究方式的启发,2006年由美国南加州地震中心(SCEC)发起了全球“地震可预测性合作研究”(CSEP)计划,采用不同的研究区域、统一的地震目录以及统一的统计检验方式,建立全球分布式的虚拟实验室,开展“竞赛”式的地震预测模型研发和预测检验¹⁰。事实上,除CSEP这类以地震预测模型研发和理论检验为重点的科学计划外,对潜在的地震前兆现象、地震预测经验、与孕震过程相关的物理模型等进行实验检验的地震预测实验场,也同样可以采用CDEs式的实验方式。

参照生态学的实验方式,建设CDEs式的地震预测实验场,需要在考虑构造类型、孕震环境、应力水平、不同观测量的表现等诸多因素的情况下,选定

⁹ Fraser L, Henry H, Carlyle C, et al., 2013. Coordinated distributed experiments: An emerging tool for testing global hypotheses in ecology and environmental science. *Frontier in Ecology and Environment Science*, 11(3): 147-155.

¹⁰ Jordan T H, 2006. Earthquake predictability, brick by brick. *Seismol. Res. Lett.*, 77 (1): 3-6.

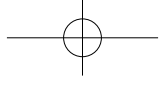
代表性的足够数量的实验场，对地震孕育发生的假说、理论、前兆现象，开展多地点同步式的实验。这种CDEs方式下的“地震预测实验场群”，将更有可能确保地震预测实验的科学性。考虑到我国地震活动水平的区域差异性、构造类型的多样性、板内孕震条件的复杂性，此类CDEs式地震预测实验场的选择和数量设定，或需要数十个覆盖 I 级活动地块边界带的主要段落。基于这一数量考虑，这些CDEs式实验场的建设与国家地球观象台、地球物理国家野外观测研究站相结合，或许是兼顾其运行规模和建设成本的一个合理的选择。

（七）与深钻结果相适应的前兆监测

目前我国开展高精度钻孔应变观测存在的主要问题包括：主要活动断裂带和重点地区的监测密度低；钻孔深度较浅（几十米）因此易受干扰影响。在同一地点几套仪器的对比实验表明固体潮频段较为接近，其他频段的一致性较差。对照国际上的有关进展，美国PBO计划开展的钻孔应变（BSM应变仪）观测至目前已获得主要包括慢地震、蠕滑与震后变形、同震应变分布、地球自由振荡、火山等相关的应用研究成果¹¹，近些年又开始钻孔垂直应变观测的研究，并在固体潮响应、长周期信号、瑞雷波相速度等研究方面获得了研究成果¹²。从观测技术和监测布局角度，为做好与地震预测相关的深部钻探，建议开展如下工作：

¹¹ Civilini, F., Steidl, J. H., 2012. Analysis of seismic, pore pressure, and strain signals at the PBO borehole stations. Dissertations & Theses – Gradworks.

¹² Hodgkinson, K., Agnew, D., Roeloffs, E., 2013. Working with strainmeter data. Eos Transactions American Geophysical Union. 94(94): 91-91. Dewolf, S., Wyatt, F. K., Zumberge, M. A., et al., 2015. Improved vertical optical fiber borehole strainmeter design for measuring earth strain. Review of Scientific Instruments. 86(11):114502.



二、地震预测对观测仪器和观测系统的新的需求与挑战

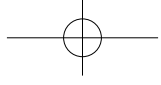
一是在观测技术上，未来我国发展钻孔深井观测需解决当前钻孔前兆观测出现的问题，并研制和发展新观测技术，如光纤应变观测仪，由于光纤应变观测受季节影响较大，因此也需要在深井条件下观测。开展钻孔垂直应变实验研究，其目的主要为，可开展垂直应变与面应变校核、地震信号、固体潮响应等方面的研究，结合水平应变观测可获取地壳三维应变状态，在地震监测与科学研究中都具有重要的意义。

二是在监测布局上，建议沿块体边界带、主要活动断裂带增加深井前兆监测的密度，可配合深井地震仪开展多手段前兆监测，如深井多分量应变仪（观测精度应高于 10^{-9} ，采样大于1sps）、垂直应变仪（光纤）、倾斜仪等。此外钻孔观测还需配备孔隙压力、气压、降雨、温度等辅助观测。同时在主要观测点最好有激光基线观测，以便进行对比和校核。建议先在川滇等重点实验场区开展实验研究。

而实际上深钻探测结果对监测预报工作的最大的挑战在于如何理解深钻探测结果给出的在原来的地震预测研究中几乎完全没有关注的新的现象及其与地震前兆的机理和监测策略的关系，这些新的现象包括地震破裂过程中的“完全应力释放”现象、“断层润滑”与“甚低动摩擦系数”的现象等。

（八）服务于短临预测配合EEWS+

随着“国家地震烈度速报和预警工程”的实施，未来中国地震局将在全国建设1960个配置测震仪和强震仪的基准站、3309个配置强震仪的基本站、10241个配置烈度仪的一般站组成的世界上最大的地震台网。在包括华北、南北地震带、东南沿海、新疆天山的重点区域内，三类台站平均间距为12.5km。与此相应，上述地震预警系统（EEWS）的建设，将为极大程度上依赖监测系统的地震



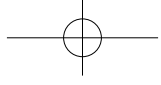
短临预测带来新的发展机遇¹³。

地震短临预测的前兆信号识别、动态监视跟踪的时效性极强。一方面，短临预测相关的前兆信号的发现与前震识别，需要更为密集的观测系统确保时效性，需要多学科综合监测系统的支撑。另一方面，在短临预测意义上出现高概率增益信号¹⁴时，进一步加强动态监视跟踪，需要覆盖更为密集、捕捉信号更为敏锐的监测体系予以保障。为此，“国家地震烈度速报和预警工程”建成的EEWS成为最有可能通过功能升级、系统完善且在兼顾地震早期预警功能的同时，发挥监视跟踪附加科学效益的监测系统。

针对地震短临预测的业务需求，未来进一步发展的EEWS+（为区别于“国家地震烈度速报和预警工程”建成的“三网合一”的EEWS）可进一步考虑如下发展思路：一是，在EEWS监测网络中，增设能够监测地壳形变场的GNSS网络。为确保相应的覆盖范围，可参照“国家地震烈度速报和预警工程”的分级建设思路，采用高标准的GNSS基准站以及与简易地震计相融合的MEMs位移传感器的共同组网。对位移物理量的监测，事实上在EEWS中同样也可发挥地震预警的监测功能。二是，在EEWS的空间布局上，进一步增强近断裂带的间距1km级的针对性布局方式，在面向短临事件震源区的贴近式观测的同时，进一步增强现地预警功能。三是，在现有的EEWS监测软件系统中，增设前震识别和形变场前兆信号拾取技术系统，或实现数据资源和分析系统与地震会商技术系统的融合。此外，EEWS的信息发布系统，事实上也将成为地震高危险概率信息面向社会发布的基础平台。

¹³ 蒋长胜, 刘瑞丰. 2016. 国家地震烈度速报与预警工程——测震台网的机遇与挑战. 工程研究——跨学科视野中的工程, 8(3): 250~257.

¹⁴ van Stiphout, T., Wiemer, S., Marzocchi, W., 2010. Are short-term evacuations warranted? Case of the 2009 L' Aquila earthquake. Geophys. Res. Lett., 37: L06306, doi:10.1029/2009GL042352.



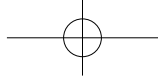
二、地震预测对观测仪器和观测系统的新的需求与挑战

（九）与短临预测配合的次生灾害防范

地震次生灾害防范是地震灾害防范的重要组成部分，是地震风险防范的重要内容。地震引起的山体滑坡、泥石流、海啸、水灾、瘟疫、火灾、爆炸、毒气泄漏、放射性物质扩散等，统称为地震次生灾害。对于我国大陆地区而言，火灾、水灾和山区的滑坡滚石是最常见、最严重的地震次生灾害。在与地震短临预测相关的“可操作的地震预测”（OEF）研究中，目前对地震灾害的风险已有考虑，但对次生灾害的风险尚未有专门研究。

事实上，应该在获得短临预测信息后，根据预测震级大小和当地地震动衰减规律，进一步给出地震动场分布图（Shakemap），并结合当地地形地貌特征、建筑物的抗震能力强弱以及次生灾害源（病危水库、加油站、放射源、化工厂等）的分布情况，提出针对性的次生灾害防控措施建议。这种与短临预测相关联的次生灾害防范的缺失，很大程度上与配套的监测监控手段不足有关。对此，面向不同的次生灾害灾种提出如下加强监测系统建设的建议：

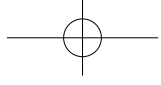
一是，对地质滑坡隐患点加强变形监测和应急措施。在短临预测的震中周围地区，对可能威胁居民点和重要工程的地质滑坡隐患点进行加强监测，并采取相应的应急措施。震害经验表明，在山区破碎地区地震烈度为Ⅵ度时即可造成滑坡，随着烈度的增强，滑坡风险急剧上升。对于不同的滑坡发育类型和发育阶段，滑坡监测方法也不同，在实际运用中通常采用多种监测方法结合的实施方案。针对滑坡体的地表变形监测既有传统的大地测量法（常用的测量仪器有水准仪、经纬仪、全站仪、红外测距仪、位移传感器、伸缩仪、位错仪、千分尺等），还有现代的GPS、RS、InSAR等监测方法。目前还发展有TDR（Time Domain Reflectometry）技术、BOTDR（布里渊散射光时域反射技术）等通过布设光纤监测滑坡体的深部变形。通过加强监测和设置报警装置，并及



地震预测预报相关的重要科技挑战 **2018年**

时采取防灾措施，可以减轻甚至避免因地震滑坡造成的人员伤亡和财产损失。

二是，城镇燃气管网地震紧急处置系统。为了减少震后由于燃气泄漏引起火灾的损失，对于预测地震烈度将达到Ⅷ度以上的城镇燃气管网，建议立即加装地震紧急处置系统，或者在原有系统的基础上加强地震监控措施。目前日本在这方面做得最好，国内一些大中城市的燃气管网安装了地震紧急处置系统。具体做法是：在每个用户端安装智能燃气表，当地震动超过设定报警值时自动关闭燃气调节阀；在各小区燃气管线调节阀附近安装强震仪，当地震震动超过设定报警值时切断小区的燃气供应；在中、高压燃气管网和供应源，布设地震仪，通过快速评估进行综合决策，并由控制中心远程控制切断阀的关闭。根据燃气设施本身抗震能力的强弱以及该城镇建筑物的抗震性能设定报警值。

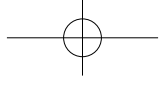


三、地震预测预报领域公共服务的科技挑战和政策挑战

在2017年版《地震预测预报相关的重要科技挑战》“白皮书”中，对地震预测预报领域如何开展公共服务的问题没有涉及，这一问题同时也是“十三五”地震监测预报发展规划中一个没有充分讨论的方面。尽管如此，2017年版“白皮书”在附录中汇集了《地震预报管理条例》（附录1）、《中华人民共和国防震减灾法》规定的地震工作主管部门在地震监测、地震预测预报方面的法定责任（附录2、3），以及与地震监测预报有关的行政法规和国家与行业标准目录（附录7）等，为相关的讨论提供了必要的背景材料。本章主要讨论地震预测预报的公共服务清单问题，这一主题，无论是在科学技术方面还是在政策方面，都是值得重视的，同时在很大程度上已成为不可回避的新的挑战。但此处我们仍主要讨论相关的科学技术问题，而只将与此相关的政策挑战作为一个地震社会学问题提出，所提出的清单也只是用来进行进一步讨论的建议性的方案。

（一）预测预报领域公共服务清单的“需求侧”考虑

按照《中华人民共和国防震减灾法》，中国地震局在地震监测预报方面承担如下法律责任：在地震监测方面，一是监测台网规划（第十八条），二是监测台网建设质量保证（第二十条），三是监测台网运维和质量控制（第二十一条），四是监测环境保护（第二十三、二十四条），五是监测信息共享与服务（第二十五条），六是烈度速报和致灾程度信息报告（第三十一条），七是建立地震资料档案（第三十二条），八是国际地震监测活动管理（第三十三条）。在地震预测预报方面，一是管理地震预测意见（第二十六条），二是核



地震预测预报相关的重要科技挑战 **2018年**

实异常报告（第二十七条），三是组织震情会商并上报会商意见（第二十八条），四是组织针对重防区的震情跟踪和防范工作并提出年度防震减灾工作意见（第三十条），五是开展余震监测（第三十二条）。

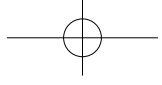
国办发〔1998〕136号文《中国地震局职能配置、内设机构和人员编制规定》确定了中国地震局的法定职责。其中与监测预报有关的职责包括：（第六条）管理全国地震监测预报工作；制定全国地震监测预报方案并组织实施；提出全国地震趋势预报意见，确定地震重点监测防御区，报国务院批准后组织实施。（第七条）承担国务院抗震救灾指挥机构的办事机构职责；对地震震情和灾情进行速报；组织地震灾害调查与损失评估；向国务院提出对国内外发生破坏性地震做出快速反应的措施建议。（第八条）承担地震科技方面的对外交流与合作，承担国际禁止核试验的地震核查工作。

新时代的国家发展目标对防震减灾工作提出新的要求，也对监测预报领域的公共服务提出新的要求，其中最为核心的要求，是推进实现从单纯的救灾向防抗救结合的转变、从处理单一灾种向综合减灾的转变、从最大限度减轻灾害损失向最大限度降低灾害风险的转变。在“三个转变”的实现中，地震预测预报的公共服务是一个不可回避的问题。

（二）预测预报领域公共服务清单的“供给侧”考虑

地震预报目前仍是一个世界性的科学难题。尽管如此，科学界的主流共识是，在科学上，要通过坚持不懈的探索，尽可能地扩展对地震的“可预测性”

（predictability）的科学认识；在技术上，要通过研发，最大限度地利用现有的关于地震成因机理和地震预测预报的科研成果；在工程上，要综合性地考虑现有的科技能力和社会需求，以求达到最大限度减轻地震灾害风险的效果。



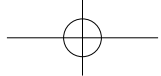
三、地震预测预报领域公共服务的科技挑战和政策挑战

地震预测预报领域公共服务清单的设计，是在上述三个方向的交会点上的系统性的努力。近年来，国际上围绕“可操作的地震预测”（operational earthquake forecast）有很多讨论。事实上，更具现实意义的是“可操作的监测预报公共服务”。

科技部于2009年以国标形式（GB/T 22900—2009）引入技术成熟度水平（TRL）的概念，按照技术发展过程，将技术成熟度划分为九级。从基本原理（TRL-1）、技术概念（TRL-2）……到通过验证的系统（TRL-8）、实际应用的系统（TRL-9），需要经历基础研究、应用基础研究、应用研发、应用试验、实际应用的各个环节，即“科学到技术、技术到能力、能力到服务、服务到效益”的转化。公共服务清单的确定，应充分考虑现有技术和服务的TRL和未来一个时期的“TRL增量”。

TRL最初是针对武器研制、航空航天等“大科学”工程提出的，不一定完全适用于地震监测预报。但是，借鉴TRL的概念和思路，及其背后的系统工程的概念和思路，可给我们的清单设计以有益的启发。一定意义上，监测预报领域的公共服务也应逐步实现“应用一代、试验一代、研发一代、探索一代”的发展方式。

地震监测和地震预测预报相关的公共服务，涉及到两个层次的技术成熟度水平提升。就监测来说，一是从科学原理和观测设备到实际监测台网的转化；二是从监测数据到分析结果的转化。就预测预报来说，一是从监测系统到监测产出的转化；二是从监测产出到预测预报结论的转化。这两个方面、两个层次的转化，都是以科技发展为基础的。近年来，这方面的科技积累、科技进步、科技创新，已为监测预报相关工作的产品化、系列化转型准备了必要的基础和条件。



（三）监测预报领域公共服务清单：初步建议¹⁵

根据目前地震监测预报为政府和社会服务的特点，监测预报公共服务可分成两类，A类是直接向社会公众提供的公共服务；B类是地震机构直接向政府提供信息服务，政府根据这些信息向社会公众提供的防震减灾公共服务，其中一些服务有条件逐步转化为A类。

目前建议的监测预报公共服务清单中包括三类服务事项，“测”字序列，主要与地震监测工作有关；“预”字序列，主要与地震预测预报工作有关；“检”字序列，主要与地震监测预报相关的检验、检测有关。

初步清单建议如下：

监字〔2018〕测-1 地震活动性信息（A）；

监字〔2018〕测-2 地震速报（A）；

监字〔2018〕测-3 地震应急处置科技支撑信息（A）；

监字〔2018〕预-1 十五年地震危险区与地震重点监视防御区（B*）；

监字〔2018〕预-2 年度地震危险区（B）；

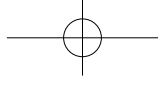
监字〔2018〕预-3 地震序列类型判定和强余震趋势估计（A）；

监字〔2018〕预-4 短临预测与重点时段重点地区震情跟踪监视（B）。

监字〔2018〕检-1 地震预测预报的评估（B*）。

其中，标注〔2018〕是按照有关要求，为“全面梳理，列出目录并实行动态调整”，标明了清单的提出年份。在清单中，包括了项目名称、该项公共服务的法律与政府职能依据、直接服务对象、作用、服务的表现方式、提供途径、能力现状、服务质量评估的定量指标、服务使用方式的政策建议、服务

¹⁵ 相关工作得到中国地震局政策研究课题（CEA-ZC/2-02-01/2016）的支持，课题由中国地震局监测预报司主持实施，主要负责人为吴忠良、刘杰、刘瑞丰、蒋长胜。提供帮助的专家和领导有：韩磊、黄媛、李小军、李正媛、刘桂萍、武国春、张永仙、赵广平。



三、地震预测预报领域公共服务的科技挑战和政策挑战

提供方式的政策建议等十项内容。

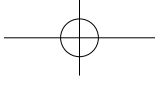
（四）公共服务倒逼科技进步和观念转变

地震预测预报的公共服务，反过来也可以从体系建设的角度，倒逼相关领域的科技进步和观念转变。与例如军工、航天等大工业、大科技领域相比，不能不说地震预测预报领域目前还存在诸多技术和观念上的不适应和相当大的改进空间。在目前地震预测预报的语境中，只有2004年年度地震趋势会商与2014年年度地震趋势会商的区别，而没有“2004年版年度地震趋势会商”与“2014年版年度地震趋势会商”的区别。从基础研究、应用基础研究，到应用研究再到应用的技术成熟度水平（TRL）提升的概念，也没有很好地进入地震预测预报业务；从基础研究到应用的“短路”是经常发生的事情。从公共服务“产品”的视角看，这些方面的变革是必然的。而从这个意义上讲，地震预测预报的公共服务的思考和设计，对于地震科技的发展，也应是一个新的动力。

地震监测预报领域公共服务清单

监字〔2018〕测-1 地震活动性信息

法律与政府职能依据	《中华人民共和国防震减灾法》第二十五条规定：“国务院地震工作主管部门建立健全地震监测信息共享平台，为社会提供服务。”
直接服务对象	国务院抗震救灾指挥部、省级人民政府、相关地区县级以上地方人民政府，民政、交通、建设部门，科学共同体、社会公众。
作用	地震活动性信息是关于一个地区的地震情况的最为基础性的信息，也是对地震预测预报最重要的信息，同时，还是地震观测与其他学科专业之间最直接的“接口”。一定意义上，一个国家或地区的地震目录，是其地震观测与研究的总体水平的标志。
表现方式	地震目录，及由地震目录派生的各类地理信息。
提供途径	公开发表的科学报告，及与其相应的在线信息。 随着地震观测工作的发展，特别是用于地震定位和震级测定的地壳上地幔结构模型的发展，地震目录需要不断重新核定。
现状	目前全国绝大部分陆地疆域地震目录的完整性震级为2.5级，其中华北大部分地区、东北、华中、西北部分地区及东部沿海地区为2.0级，部分地震重点监视防御区1.5级，中东部人口密集的主要城市达到1.0级。地震定位精度，中东部为5km，西部为10km。震级，对于小地震，一般给出M_L，对于中强震，一般给出M_S，并由矩张量反演方法给出M_W。 这一能力是以我国已有的地震观测系统作为基础的。迄至2016年，国家测震台网有170个台站，区域测震台网32个，共859个台站；市县和企业台网，尚未接入国家台网的台站486个，与国家台网联调的台站252个。 国际上有类似的科技产品，其技术与我国相当。由于所采用的地震波的频率范围不同，国外一些机构测定的震级与我国测定的震级有不超过0.2级的偏差，我国采用的震级测定方案，更符合国际地震学与地球内部物理学协会（IASPEI）的推荐标准。
服务质量评估定量指标	可用分区给出的完整性震级和地震定位精度来表示。
使用方式的 政策建议	按照我国震级标准，对外发布的震级为避免不必要的混乱，目前采用“发布震级”。但这绝不是说一次地震只能有一个震级。如同一个地区的发展不能只用GDP一个参数来描述，为全面地描述一次地震的性质，采用不同的震级（地方震级 M_L 、体波震级 m_b 、面波震级 M_S 、矩震级 M_W 、能量震级 M_E 等）是必不可少的。对于一些地下核试验，体波震级 m_b 与面波震级 M_S 的组合则可成为其区别于一次天然地震的判据。因此在地震目录中，仍需给出原始测定的不同的震级。
提供方式的 政策建议	目前常规提供的地震目录主要包括地震的发震时刻、震中位置、震源深度、震级等基本参数，其中地震定位主要采用“经典”的定位方法。随着地震观测与解释工作的发展和地震研究的深入，包含更多的地震参数（例如矩心矩张量解）的地震目录、采用精定位方法进行定位（例如利用波形相关性性质进行定位）的地震目录，是下一步地震监测工作的发展方向。



三、地震预测预报领域公共服务的科技挑战和政策挑战

地震监测预报领域公共服务清单

监字〔2018〕测-2 地震速报

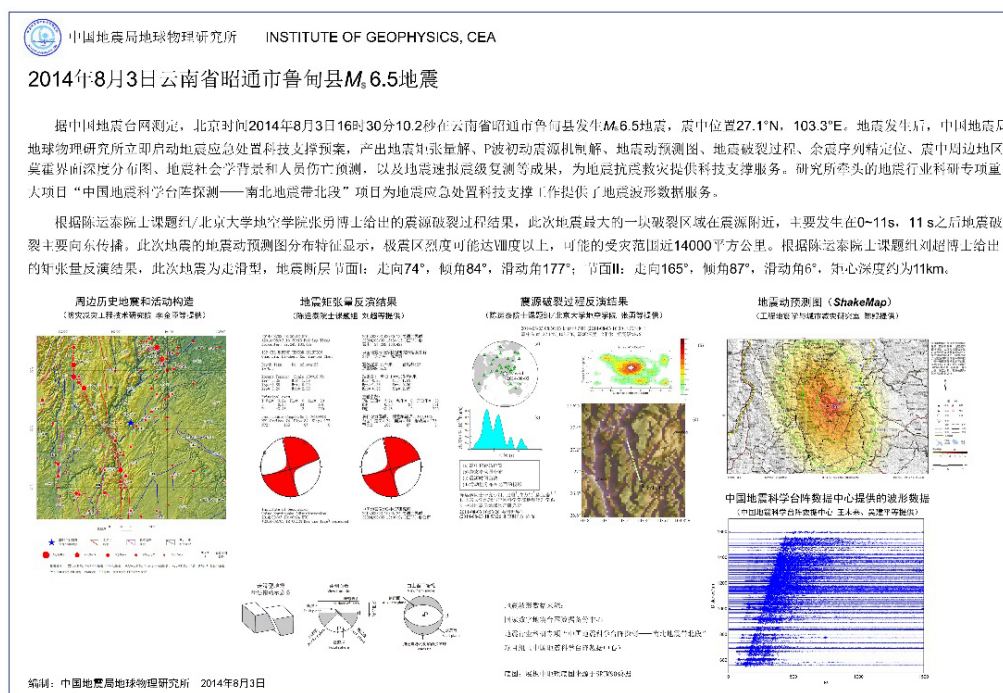
法律与政府职能依据	《中华人民共和国防震减灾法》第二十五条规定：“国务院地震工作主管部门建立健全地震监测信息共享平台，为社会提供服务。”
直接服务对象	国务院抗震救灾指挥部、省级人民政府、相关地区县级以上地方人民政府，民政、交通、建设部门，社会公众。
作用	适应抗震救灾工作“时间就是生命”的特点，为政府和社会提供快速的提示（alert）信息。得到中强地震的速报信息之后，序列判定和余震趋势预测的工作也迅即启动。 适应信息时代公众对于地震信息服务的需求，发挥地震监测在公共服务中的作用，还有很多问题需要研究。
表现方式	地震发生后关于地震的时间、震中经纬度范围、大致地点、震级范围的快速的、动态修订的报告，辅之以相关的地理信息图件。
提供途径	通过地震速报直通车服务，地震信息发布与手机、微博、微信等新媒体平台“无缝联接”。
现状	目前测震台网对全国大部分地区的地震速报能力达到$M_L \geq 3.0$，对青海、新疆、内蒙古、西藏等地区的地震速报能力达到$M_L \geq 4.0$（其中对西宁、乌鲁木齐、呼和浩特、拉萨等地的周边区域速报能力达到$M_L \geq 3.0$），沿岸近海地区（指我国海岸线外50km范围内）的速报能力达到$M_s \geq 4.0$。 自动地震速报系统于2013年4月1日起开始正式对外服务。国内地震2分钟左右完成自动速报。 在速报方面，我国达到相关领域的国际先进水平。
服务质量评估定量指标	可以地震速报信息发布的速报能力（最小完整性震级、速报时间）、速报服务范围进行产品评价。
使用方式的政策建议	地震之后快速提供的地震速报信息，主要目的是提供地震发生的提示（alert），主要强调的是快速和定性正确。也因此，国内外地震机构给出的速报信息的不一致、各单位给出的速报信息之间的不一致、速报信息的不断的修订，不仅在技术上是自然的，而且对抗震救灾工作是必要的。政府和公众应该学会如何使用这些快速而粗略（Quick & Dirty）的结果，并了解地震机构通过动态的修订使这些结果逐步逼近准确的结果的过程。
提供方式的政策建议	地震速报中有一些原在地震监测工作中普遍采用的国际惯例，如将无法确定深度的浅源地震的深度记为“10km”等，这些约定信息必须向公众有明确的交代，以免出现不必要的误解。

地震监测预报领域公共服务清单

监字〔2018〕测-3 地震应急处置科技支撑信息

法律与政府 职能依据	国办发〔1998〕136号文《中国地震局职能配置、内设机构和人员编制规定》确定（第七条）：中国地震局要“承担国务院抗震救灾指挥机构的办事机构职责；对地震震情和灾情进行速报；组织地震灾害调查与损失评估；向国务院提出对国内外发生破坏性地震做出快速反应的措施建议”。
直接服务对象	国务院抗震救灾指挥部、省级人民政府、相关地区县级以上地方人民政府，民政、交通、建设部门，社会公众。
作用	地震发生后，通过地震监测系统对地震震情和灾情进行速报，为抗震救灾工作提供信息服务。此外，序列类型和余震趋势，都与“主震”的性质和序列的统计性质有关。
表现方式	地震之后快速测定的地震震源机制、地震破裂过程、发震断层、地震引起的应力变化等地震信息；进一步核实的地震震级、震源深度等基本信息；根据地震参数和当地自然条件及经济社会发展状况推测的地震影响范围、地震烈度范围、地震灾害损失等灾害信息；根据科学研究积累给出的历史地震、地震地质、深部构造等背景信息；以及根据在现场进行的余震观测等手段给出的包括余震精确定位、震源机制、序列参数等的余震信息。
提供途径	地震之后，按照工作预案以快报形式向国务院抗震救灾指挥部提供地震应急信息。与公众相关的信息同时以微信、微博、在线地震信息综合报告等形式发布。
现状	中国地震局以预案的形式，规定了相关产品的产出内容、产出要求和负责单位。相关的信息服务受到政府和社会的重视与高度评价。 国际上相关机构有类似的产品，其自动化程度较高和注重结果的系统性是值得学习借鉴的地方。此外，国际上采用公众参与的方式（欧洲称为citizen seismology）开展相关工作，值得借鉴。
服务质量评估 定量指标	单一产品，可按照其提供速度、与最终结果相比的差距及其对救灾决策的影响、社会公众能够正确理解的程度等三个指标来进行评估。由系列产品组成的产品体系，可按照其提供的时间进程及其对救灾部署的贡献、不同产品之间相互补充以克服各自的不确定性的程度等两个方面来进行评估。
使用方式的 政策建议	地震之后快速提供的服务于应急处置的信息，通常需要在速度和质量之间寻求适度平衡。也因此，这些信息的不断的修订和补充，不仅在技术上是允许的，而且对抗震救灾工作是必要的。
提供方式的 政策建议	目前应重点考虑两个问题。一个是随着数字化、网络化地震观测系统的发展，借鉴国际经验，发展连续地震波形自动处理技术势在必行。另一个是相关的产品，应逐步采取公众能够看得懂的表现形式。

三、地震预测预报领域公共服务的科技挑战和政策挑战

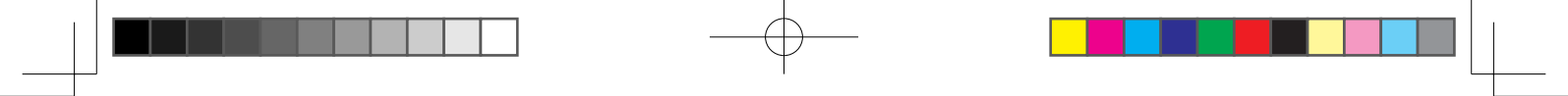


在线地震应急信息综合报告实例

地震监测预报领域公共服务清单

监字〔2018〕预-1 十年地震危险区与地震重点监视防御区

法律与政府 职能依据	《中华人民共和国防震减灾法》第三十条规定：“国务院地震工作主管部门根据地震活动趋势和震害预测结果，提出确定地震重点监视防御区的意见，报国务院批准。” 国办发〔1998〕136号文《中国地震局职能配置、内设机构和人员编制规定》确定（第六条）：中国地震局要“提出全国地震趋势预报意见，确定地震重点监测防御区，报国务院批准后组织实施”。
直接服务对象	国务院、省级人民政府，民政、交通、建设部门，地震重点监视防御区的县级以上地方人民政府。
作用	重防区能够作为科学参考依据，在围绕重点区域，有重点地加强监测预报、抗震设防、应急应对能力建设，提升防震减灾综合能力的对策实施中发挥重要的指导作用。
表现方式	十年地震危险区（地图）与地震重点监视防御区（地图）及其相关的信息查询服务。
提供途径	以文件形式，由国务院转发省级人民政府、国家部委和重点监视防御区的县级以上地方人民政府。
现状	十年地震危险区和重点监视防御区对7级左右及以上地震、人员伤亡和灾害损失的预测效果较好。 鉴于目前的监测、研究发展状况及经济社会发展状况，青藏高原地区、台湾地区未能覆盖。 国外有类似的科技产品，其所使用的技术总体水平与我国大致相当。
服务质量评估 定量指标	以全国范围（除青藏高原地区和台湾地区）总体预测结果的 R 值作为评估产品质量的指标。与此等效的指标体系为{重防区覆盖国土面积占比、重防区预测强震占比}。
使用方式的 政策建议	《中华人民共和国防震减灾法》第三十条规定：“国务院地震工作主管部门应当加强地震重点监视防御区的震情跟踪，对地震活动趋势进行分析评估，提出年度防震减灾工作意见，报国务院批准后实施。” “地震重点监视防御区的县级以上地方人民政府应当根据年度防震减灾工作意见和当地的地震活动趋势，组织有关部门加强防震减灾工作。” “地震重点监视防御区的县级以上地方人民政府负责管理地震工作的部门或者机构，应当增加地震监测台网密度，组织做好震情跟踪、流动观测和可能与地震有关的异常现象观测以及群测群防工作，并及时将有关情况报上一级人民政府负责管理地震工作的部门或者机构。”
提供方式的 政策建议	目前重防区结果主要是以内部文件形式提供的。鉴于重防区确定在防灾、备灾、救灾工作中的重要意义，参照国际经验，建议在科学论证基础上，考虑重防区结果的公开发布。此外，考虑重防区划定范围包括青藏高原和台湾地区，也是必要的。

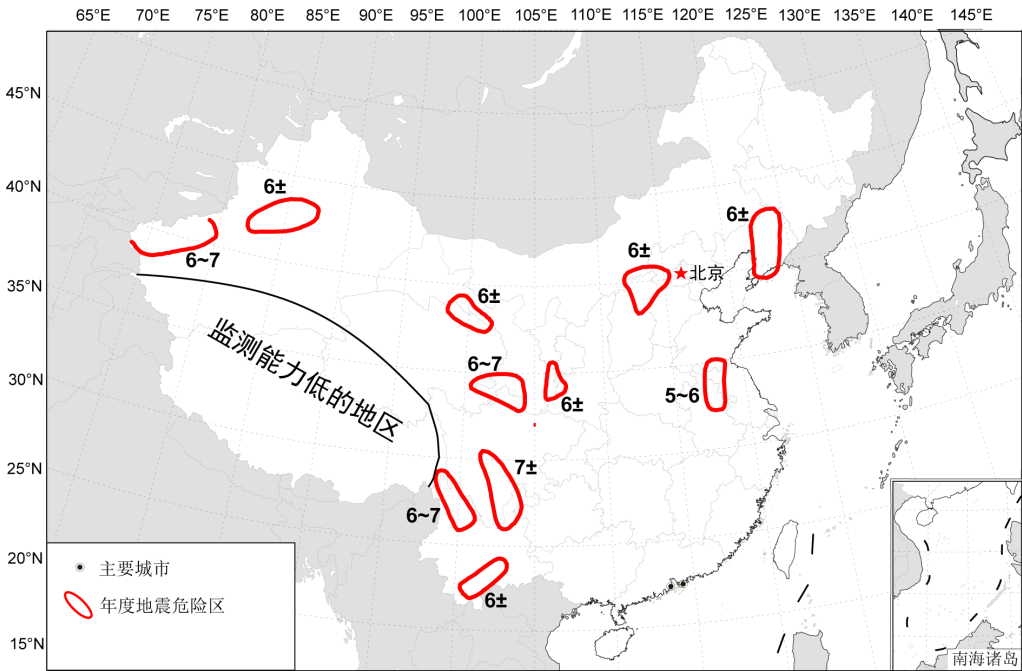


三、地震预测预报领域公共服务的科技挑战和政策挑战

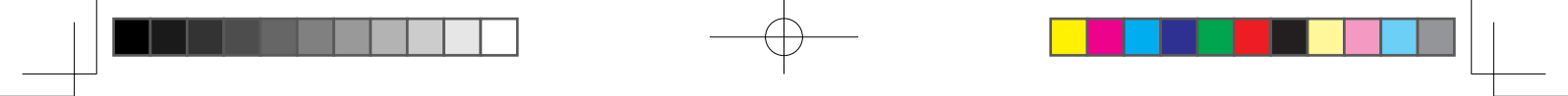
地震监测预报领域公共服务清单

监字〔2018〕预-2 年度地震危险区

法律与政府 职能依据	《中华人民共和国防震减灾法》第二十六条规定：“国务院地震工作主管部门和县级以上地方人民政府负责管理地震工作的部门或者机构，根据地震监测信息研究结果，对可能发生地震的地点、时间和震级作出预测。” 第三十条规定：“国务院地震工作主管部门应当加强地震重点监视防御区的震情跟踪，对地震活动趋势进行分析评估，提出年度防震减灾工作意见，报国务院批准后实施。”
直接服务对象	国务院、省级人民政府，民政、交通、建设部门，相关地区县级以上地方人民政府。
作用	年度地震危险区的确定，对于制订防灾、备灾、救灾的年度计划，并有重点的加强地震监测，具有重要的指导性意义。
表现方式	年度地震危险区（地图）及其相关的信息查询服务。 此外，年度会商还进行下一年度最大震级等趋势性判断。
提供途径	以文件形式，由国务院转发省级人民政府和国家部委，及相关地区县级以上地方人民政府。
现状	年度地震危险区对于6级左右地震的预测效果较好。统计检验表明年度会商的预测结果显著高于随机预测结果，因而具有值得重视的科学价值；同时，显著高于随机预测的结果，很大程度上是根据对地震活动性的认识和地球物理场的动态监测结果得到的。 从国际上看，年度会商在防震减灾工作中的实际应用价值和在地震预测预报研究中长期坚持不懈的向前预测检验，都是中国防震减灾工作的“亮点”。
服务质量评估 定量指标	以全国范围总体预测结果的 R 值作为评估产品质量的指标。与此等效的指标体系为{危险区覆盖国土面积占比、危险区预测中强以上地震占比}。
使用方式的 政策建议	年度地震危险区的地方政府，应在防灾、备灾、救灾准备方面制订针对性的计划和预案，同时支持负责管理地震工作的部门或者机构，增加地震监测台网密度，组织做好震情跟踪、流动观测和可能与地震有关的异常现象观测以及群测群防工作，并及时将有关情况报上一级政府负责管理地震工作的部门或者机构。
提供方式的 政策建议	目前年度地震危险区结果主要是以内部文件形式提供的。鉴于年度地震危险区的敏感性，建议继续采取目前的方式；同时，随着地震重点监视防御区结果的公开，动态跟踪研究年度危险区结果公开后可能产生的社会影响。



年度地震危险区示例（2014年）



三、地震预测预报领域公共服务的科技挑战和政策挑战

地震监测预报领域公共服务清单

监字〔2018〕预-3地震序列类型判定和强余震趋势估计

法律与政府 职能依据	《中华人民共和国防震减灾法》第三十二条规定：“国务院地震工作主管部门和县级以上地方人民政府负责管理地震工作的部门或者机构，应当对发生地震灾害的区域加强地震监测，在地震现场设立流动观测点，根据震情的发展变化，及时对地震活动趋势作出分析、判定，为余震防范工作提供依据。”
直接服务对象	国务院抗震救灾指挥部。
作用	强烈地震后，对震区的地震活动趋势作出分析、判定，为强余震和次生灾害的防范提供科学依据，帮助进行震后的救援、恢复、重建工作。
表现方式	地震类型（主震-余震型，或震群型）判断；主震-余震型序列情况下对余震持续时间、最强余震震级的判断，强余震发生的概率增长警报；震群型序列情况下对震群持续时间、序列中最强地震震级的判断，强震发生的概率增长警报。
提供途径	向国务院抗震救灾指挥部动态提供预测意见。
现状	基于对地震过程的认识和对地震的快速分析，已经有能力对地震类型和趋势做出比较好的总体判断，从而帮助进行震后的救援、恢复、重建。但目前余震的准确预报还不过关；震群型情况下对震群性质和强震趋势的把握更为困难。 汶川地震的抗震救灾中，根据多学科综合研究的成果，对地震类型和余震趋势做出了比较好的判断。同时汶川的实践也表明，勉强进行的余震预报和警报，实际上并不能带来正面的减灾效果和社会效益。
服务质量评估 定量指标	以地震类型（主震-余震型、震群型）判断的准确率，主震-余震序列的余震持续时间、最强余震震级、余震总体预测结果的准确率，震群型序列的持续事件、最大地震震级、强震总体预测结果的准确率，作为评估产品质量的指标。
使用方式的 政策建议	国务院抗震救灾指挥部根据预测意见进行救援、恢复工作的部署和调整。地方人民政府根据预测意见进行重建工作的统筹部署。
提供方式的 政策建议	建议根据国内外抗震救灾的经验和信息社会的特点，考虑余震信息的公开发布问题。在这种考虑中需要注意两个问题，一个是如何使公众正确理解发震概率及其增长的科学内涵；另一个是如何平衡好现有的科技能力、灾区的紧迫需求和灾区舆论的高度敏感性，从法律上保证余震趋势判断的科学、健康开展。

地震监测预报领域公共服务清单

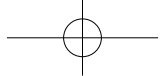
监字〔2018〕预-4 短临预测与重点时段重点地区震情跟踪监视

法律与政府 职能依据	《中华人民共和国防震减灾法》第二十六条规定：“国务院地震工作主管部门和县级以上地方人民政府负责管理地震工作的部门或者机构，根据地震监测信息研究结果，对可能发生地震的地点、时间和震级作出预测。”
直接服务对象	国务院、省级人民政府，相关地区县级以上地方人民政府。
作用	在一些极为罕见的幸运情况下，依靠现有的观测手段和预测预报经验，可以对一些类型的地震进行某种程度的短临预测。海城地震就是这样的实例。不放弃这几率很低的机会，是为了最大限度减轻人民生命财产损失。 同时，对于重点时段、重点地区进行强化的震情跟踪监视，是地震安全保障的重要内容之一。
表现方式	对一些类型的地震进行的某种程度的短临预测。 重点时段、重点地区的地震趋势评估。
提供途径	向国务院、省级人民政府动态提供的地震趋势评估和预测意见。
现状	基于周、月会商工作机制，通过跟踪地震活动与异常变化，在部分5级、6级地震发生前作出了一定程度、较为准确的短期预测预报，得到政府和社会的认可。短期预报总体水平不高：6级地震预测成功率约40%，5级地震预测成功率仅3%。因此目前的科学认识和监测布局，对6级地震的短期预测预报有一定的实际效果。同时，7级以上强震经验不多，7级以上强震的成功的短临跟踪和预测预报，近年来只有孟连地震等少数震例。
服务质量评估 定量指标	目前尚未建立针对重点时段、重点地区的地震跟踪监视工作的定量效能评估指标。 短临地震预测意见的评估指标，要综合考虑预测的成功率、虚报率，参照R值评估的办法进行。
使用方式的 政策建议	短期地震预测预报意见的使用，应与地震影响和地震灾害情境的研究结果结合，进行统筹部署。在基本思路，要从最大限度减轻地震灾害损失转变为最大限度减轻地震灾害风险。 在面对社会的信息服务中，对带有很大不确定性的短临地震趋势估计的科学表述和准确传递十分重要。
提供方式的 政策建议	建议根据国内外短期预测预报的实际科学水平和现代社会防震减灾的社会需求，认真研究短临预测预报意见的提供和使用的方式。

地震监测预报领域公共服务清单

监字〔2018〕检-1 地震预测预报的评估

法律与政府 职能依据	《中华人民共和国防震减灾法》第二十六条规定：“其他单位和个人通过研究提出的地震预测意见，应当向所在地或者所预测地的县级以上地方人民政府负责管理地震工作的部门或者机构书面报告，或者直接向国务院地震工作主管部门书面报告。收到书面报告的部门或者机构应当进行登记并出具接收凭证。” 第二十七条规定：“观测到可能与地震有关的异常现象的单位和个人，可以向所在地县级以上地方人民政府负责管理地震工作的部门或者机构报告，也可以直接向国务院地震工作主管部门报告。国务院地震工作主管部门和县级以上地方人民政府负责管理地震工作的部门或者机构接到报告后，应当进行登记并及时组织调查核实。” 第二十八条规定：“国务院地震工作主管部门和省、自治区、直辖市人民政府负责管理地震工作的部门或者机构，应当组织召开震情会商会，必要时邀请有关部门、专家和其他有关人员参加，对地震预测意见和可能与地震有关的异常现象进行综合分析研究，形成震情会商意见，报本级人民政府；经震情会商形成地震预报意见的，在报本级人民政府前，应当进行评审，作出评审结果，并提出对策建议。”
直接服务对象	国务院、省级人民政府，相关地区县级以上地方人民政府。
作用	按照科学规范的检验标准，通过会商，考察“疑似”的异常是否可能具有科学价值和实际意义，从而在出现一些“疑似”异常或预测预报意见的情况下能够做到科学分析、理性判断、及时处置、有序应对，是地震预测预报工作的一项重要服务。 对所观测到的异常现象和所提出的预测预报意见进行科学评估，不仅是进一步形成地震趋势判断的依据，而且是推进地震预测预报科学探索的重要依据。
表现方式	对所观测到的异常现象和所提出的预测预报意见的评估结论。
提供途径	向国务院、省级人民政府，相关地区县级以上地方人民政府提交的评估意见。
现状	对于一项预测预报研究成果究竟在科学上有什么价值，已形成规范的检验标准。不过，对于一项具体的预测预报意见的评估，在操作上亦具有“因事而异”（case by case）的特点，不仅需要评估方法本身的科学性，也需要评估专家组的权威性和评估程序的科学性。此外，目前通用的评估地震预测的方法，还有很大的改进空间，例如，如何体现预测水平（即以较高的置信度水平和概率估计给出的预测，应得到更高的预测表现评估分数），仍是一个值得研究的问题。
服务质量评估 定量指标	目前尚未形成对评估的质量进行定量评定的指标。
使用方式的 政策建议	无特殊政策建议。
提供方式的 政策建议	根据以往的工作经验，有些评估，特别是涉及国外专家提出的异常和预测预报意见的评估，可以引入国际评估机制。



附录 1：地震预测预报用语规范（试行）¹⁶

一、基本用语

地震预报

政府向社会公告可能发生地震的时域、地域、震级范围等信息的行为。

[《GB/T 18207.1—2008 防震减灾术语 第1部分：基本术语》]

地震预报意见

通过震情会商，形成可能发生地震的时域、地域、震级范围的意见，经过评审，提出对策建议，并报本级人民政府。

[《中华人民共和国防震减灾法》，2008]

震情会商

对地震预测意见和可能与地震有关的异常现象进行综合分析研究的会议。

[《中华人民共和国防震减灾法》，2008]

震情会商意见

通过召开震情会商会，对地震预测意见和可能与地震有关的异常现象进行综合分析研究后所形成的意见。

[《中华人民共和国防震减灾法》，2008]

地震预测

通过研究，对可能发生地震的地点、时间和震级做出预测的行为。

[《中华人民共和国防震减灾法》，2008]

地震预测意见

有关单位或者个人对地震监测信息、可能与地震有关的资料或者异常现象进行分析研究后，对可能发生的地震的地点、时间和震级做出的书面结论。

¹⁶ 关于印发《地震预测预报用语规范（试行）》的通知（中震测函〔2017〕85号）。

[《中国地震局地震预测意见管理办法（修订）》（中震测发〔2013〕64号）]

地震长期预报

对未来10年内可能发生严重破坏性地震的地域的预报。

[据《地震预报管理条例》（1998）修改]

地震中期预报

对未来1~2年内可能发生破坏性地震的地域和强度的预报。

[《地震预报管理条例》，1998]

地震短期预报

对3个月内将要发生地震的时间、地点、震级的预报。

[《地震预报管理条例》，1998]

临震预报

对10日内将要发生地震的时间、地点、震级的预报。

[《地震预报管理条例》，1998]

地震趋势

对确定地域，当前地震活动特征总结和未来最可能变化趋向（例如：升、降、起伏、持续）的预测性表述。

[据《日常地震分析预报业务用语若干规定（试用稿）》（震防〔1996〕040号）修改]

地震大形势

中国大陆及其内部重点构造区域未来数年的地震趋势。

长期地震重点危险区

未来10年内，可能发生严重破坏性地震的区域。

[据《GB/T 18207.1—2008 防震减灾术语 第1部分：基本术语》修改]

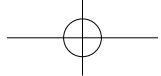
地震重点监视防御区

未来10年内，可能存在严重破坏性地震风险并需要加强防震减灾工作的区域。

[据《GB/T 18207.1—2008 防震减灾术语 第1部分：基本术语》修改]

年度全国地震重点危险区

由中国地震局确定，并报国务院批准，一年尺度内我国西部可能发生6级及以上、



地震预测预报相关的重要科技挑战 **2018年**

东部可能发生5.5级及以上地震的地区。

[《年度全国地震重点危险区震情监视跟踪管理办法（试行）》（中震测发〔2016〕55号）]

日常分析预报工作

分析预报业务部门进行地震异常核实分析、不同时空尺度地震趋势会商研判、地震预报实践及相关报告编写等工作的总称。

[据《日常分析预报工作评比细则（2016）》（震台网函〔2017〕7号）修改]

年度会商

研究年度地震趋势并确定地震重点危险区的震情会商，包括年度地震趋势会商和年中地震趋势跟踪会商。

[据《全国震情会商制度改革指导方案》（中震测发〔2014〕71号）修改]

周月会商

包含月会商、周震情监视跟踪例会、紧急会商、加密震情监视会四种形式，以月会商和周震情监视跟踪例会为日常工作，紧急会商和加密震情监视会为必要补充。

[《全国震情会商制度改革指导方案》（中震测发〔2014〕71号）]

专题会商

危险区协作会商会或围绕重大震情变化及大陆周边重大地震事件影响召开的多单位甚至跨部门联合震情会商会。

[《全国震情会商制度改革指导方案》（中震测发〔2014〕71号）]

震后趋势会商

破坏性地震发生后，按照地震应急预案要求召开的、以判定震后地震发展趋势为主要目的的震情会商。

[据《全国震情会商制度改革指导方案》（中震测发〔2014〕71号）修改]

地震大形势预测指标

基于活动构造、历史强震破裂空段、现今断层滑动速率、区域强震期幕特征、地球物理场观测、测震及前兆异常时空演化等手段和方法，得出未来数年地震活动总体趋势与强震活动主体地区判定的依据。

[《全国震情会商制度改革指导方案》（中震测发〔2014〕71号）]

年度预测指标

基于地震活动及前兆异常时空演化、地球物理场观测、前兆异常规模及持续时间、以往震例类比等手段和方法，结合大形势预测指标，得到的年尺度强震危险程度甄别及危险区判定的依据。

[《全国震情会商制度改革指导方案》（中震测发〔2014〕71号）]

短临预测指标

基于短期或突发地震活动图像、前震或前兆震群序列、前兆异常加速转折等短临变化及其他具有短临预测意义的手段和方法，得到的短期发震危险性和震级估计的依据。

[《全国震情会商制度改革指导方案》（中震测发〔2014〕71号）]

震后趋势判定指标

基于历史地震序列的类型、余震活动水平和强余震发生时间及地点，得到的震后趋势判定的判定依据。

[《全国震情会商制度改革指导方案》（中震测发〔2014〕71号）]

重大预测意见

预测震级上限在中国大陆西部地区 ≥ 6.5 级、东部地区 ≥ 5.5 级、首都圈地区 ≥ 5.0 级，预测依据明确扎实、论证科学充分、结论合理的预测意见。

[《中国地震局地震预测意见管理办法（修订）》（中震测发〔2013〕64号）]

一般预测意见

除重大预测意见以外的预测意见。

[《中国地震局地震预测意见管理办法（修订）》（中震测发〔2013〕64号）]

地震综合预测

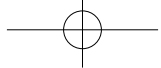
在综合分析各类异常的基础上，为提出未来震情判定意见进行的预测。

[《GB/T 18207.2—2005 防震减灾术语 第2部分：专业术语》]

地震经验预测

根据已有震例归纳类比推理，对未来地震进行的预测。

[据《GB/T 18207.2—2005 防震减灾术语 第2部分：专业术语》修改]



地震概率预测

在地震活动与各种前兆信息进行统计分析的基础上，对未来地震发生可能性大小的预测。

[《GB/T 18207.2—2005 防震减灾术语 第2部分：专业术语》]

地震数值预测

通过建立地震孕育发生的构造及介质模型，模拟动力作用，采用一定的数值计算方法，对地震或破裂进行的实验性预测。

地震物理预测

以一定的孕震理论和前兆模式，对未来地震进行的预测。

[《GB/T 18207.2—2005 防震减灾术语 第2部分：专业术语》]

预测检验

利用统计检验方法，对时间、地点和震级预测结果符合实际地震发生情况的科学检验。

[据《日常地震分析预测工作评比办法（试行）》（中震测〔2000〕142号）修改]

预测对应率

预测准确的次数与预测总次数的比值，又称为预测准确率或有震报准率。

[《日常地震分析预报业务用语若干规定（试用稿）》（震防〔1996〕040号）]

预测效能

基于报准率、虚报率、漏报率、时空占有率等预测效果的定量描述。

[据《地震学分析预报方法程式指南》（1990）修改]

观测资料预测效能评估

对观测站（点）测项基础资料、资料质量、影响因素、震例评估的定量评价。

[据《关于开展前兆观测资料预报效能评估工作的通知》（中震测函〔2013〕146号）修改]

震情

有关地震活动和地震影响的情况。

[《GB/T 18207.1—2008 防震减灾术语 第1部分：基本术语》]

重大震情

对未来地震活动趋势可能产生重大影响的显著地震活动，或具有短临预测意义的显著宏观异常现象。

[《中国地震局重大震情评估通报制度（试行）》（中震测发〔2014〕84号）]

重大震情评估

针对重大震情开展的，以预测地震为目的的科学研究和评价活动。

[《中国地震局重大震情评估通报制度（试行）》（中震测发〔2014〕84号）]

重大震情通报

向本级人民政府和中国地震局报告重大震情。

[《中国地震局重大震情评估通报制度（试行）》（中震测发〔2014〕84号）]

紧急震情

对本地区有社会影响的突发震情或收到涉及本地区的短临预测意见。

震情监视跟踪

对震情演化过程及发展趋势开展的动态监视、异常核实、会商研判、信息报送等各环节工作。

特殊时段震情保障

重大政治、国家、社会或公众活动时段所涉及的地区，采取的加密震情监视会等分析预测工作的措施。

震例

一次或一组破坏性地震的地震地质、地球物理场、震害、地震参数、地震序列、地震前兆异常、预测预报和应急响应等资料和研究成果的汇集。

[《DB/T 24—2007 震例总结规范》]

震例总结

对地震震例资料进行全面的系统收集、研究和科学概括。

[《DB/T 24—2007 震例总结规范》]

二、异常分析用语

活动地块

指形成于晚新生代、晚第四纪（10~12 万年）至现今强烈活动的构造带所分割和围限、具有相对统一运动方式的地质单元。

[张国民等，2000；张培震等，2003]

障碍物

相对于周围区域介质强度比较大的区域，是抑制或中止破裂的区域，当破裂穿越障碍物时，会抑制破裂甚至保持不破裂。

[Das和Aki，1977]

凹凸体

具有不均匀应力分布的断层面上应力集中的区域，是地震矩释放量相对高的区域。

[Aki, 1984]

闭锁段

断层对其两侧块体的相对运动加载表现出非均匀特征，其中由于断层面强耦合而导致的运动受阻现象称为断层闭锁。

地震区

地震活动性和地震构造环境均相类似的地区。

[《GB 17741—2005 工程场地地震安全性评价》]

地震带

地震活动性与地震构造条件密切相关的地带。

[《GB 17741—2005 工程场地地震安全性评价》]

地震构造区具有同样地质构造和地震活动性的地理区域。

[《GB/T 18207.2—2005 防震减灾术语 第2部分：专业术语》]

活动构造

晚第四纪以来有活动的构造，包括活动断层、活动褶皱、活动盆地、活动隆起等。

[《GB/T 18207.2—2005 防震减灾术语 第2部分：专业术语》]

活动断层

晚第四纪以来有活动的断层。

[《GB/T 18207.2—2005 防震减灾术语 第2部分：专业术语》]

发震构造

曾发生和可能发生破坏性地震的地质构造。

[《GB/T 18207.2—2005 防震减灾术语 第2部分：专业术语》]

地震活动性

在一定时间、空间范围内地震发生的强度、频度、时间和空间等方面的分布规律和特征。

[《GB/T 18207.2—2005 防震减灾术语 第2部分：专业术语》]

地震活跃期

地震活动频度相对较高、强度相对较大的时段。

[《GB/T 18207.2—2005 防震减灾术语 第2部分：专业术语》]

地震平静期

地震活动频度相对较低、强度相对较弱的时段。

[《GB/T 18207.2—2005 防震减灾术语 第2部分：专业术语》]

地震活动期

构造区带上比较完整的地震活动轮回（准）周期，又称地震活动轮回，一个地震活动期可分为平静阶段、积累阶段、大释放阶段和剩余释放阶段。

地震幕

地震活动期内地震活动频度和强度起伏变化时间特征的描述，地震幕包含活跃幕和平静幕。地震相对频繁和强烈的时段为活跃幕，相对平静和缓弱的时段为平静幕。

地震复发间隔

同一活动断层段上相继发生的两次震级相近的地震之间的时间间隔。

[《GB/T 18207.2—2005 防震减灾术语 第2部分：专业术语》]

震源区

震源的空间范围，是地震能量集中释放的地方。

地震序列

某一时间段内连续发生在同一震源区内的一组按次序排列的地震。

[《GB/T 18207.2—2005 防震减灾术语 第2部分：专业术语》]

地震序列类型

地震活动过程特征的定性表述和类型划分。一般可区分为：孤立型、震群型、前震-主震-余震型、主震-余震型。

[《日常地震分析预报业务用语若干规定（试用稿）》（震防〔1996〕040号）]

主震

地震序列中的最大地震或震群中与最大地震的震级差小于0.6级的地震。

[《GB/T 18207.2—2005 防震减灾术语 第2部分：专业术语》]

[《测震学分析预报方法》，1997]

前震

主震前1个月内发生的、位于主震震源区内或边缘的地震。

[《GB/T 18207.2—2005 防震减灾术语 第2部分：专业术语》]

余震

主震后震源区及附近区域恢复到正常地震活动水平前所发生的地震。主震震级越大余震活动的持续时间越长，可以根据区域震例经验定量给出余震持续时间，超过时间发生地震的不能再称为余震。

[《GB/T 18207.2—2005 防震减灾术语 第2部分：专业术语》]

大震触发响应地震

大震发生后，距其一定范围内最先响应发生的显著事件，称为响应地震。响应地震部位对下次强震的地点和时间有一定的指示意义。

[据《测震学分析预报方法》（1997）修改]

地震相关性

一定距离的两区中某些特定震级以上的显著地震相伴发生的特性。

[《测震学分析预报方法》，1997]

地震迁移

地震发生地点在一定范围或一定距离内呈某种呼应规律的图像。

[《GB/T 18207.2—2005 防震减灾术语 第2部分：专业术语》]

调制地震

在地球固体潮汐朔、望时段发生的张性或走滑型地震，上、下弦时段发生的逆冲型地震。

环境因子

地球外部环境作用因素，如宇宙射线、太阳黑子活动、地球自转速率、日月潮汐等。

边界动力变化

构造块体动态作用导致的块体边界加载或卸载效应。

地震前兆

地震前出现的与该地震孕育和发生相关联的现象。

[《GB/T 18207.1—2008 防震减灾术语 第1部分：基本术语》]

地震宏观异常

可被人的感观直接察觉到的，可能与地震发生有关的水文、生物、气象等各种自然界的反常现象。

[《DB/T 24—2007 震例总结规范》]

地震微观异常

在地震发生前，借助仪器观测到的可定量分析的异常。

[《GB/T 18207.2—2005 防震减灾术语 第2部分：专业术语》]

宏微观异常零报告

为了掌握某时段内宏、微观异常的最新情况，即使没有出现观测资料新变化，也要填报报表的制度。

背景异常

预测时间在1年尺度以上的异常。

[据《GB/T 18207.2—2005 防震减灾术语 第2部分：专业术语》修改]

短期异常

预测时间在3个月以内的异常。

临震异常

预测时间在10天以内的异常。

新增异常

观测资料出现较明显变化，需要进行核实分析的异常。

持续异常

经核实分析确认的异常。

取消异常

超出预测时间或经再次核实分析否定的异常。

异常项目

出现异常的地震观测项目或经技术方法处理确定的异常参数，包括测震、形变、地下流体、电磁异常等项目。

[据《DB/T 24—2007 震例总结规范》修改]

地震频度

一定时空范围内，某一震级区间发生的地震次数。

[据《GB/T 18207.2—2005 防震减灾术语 第2部分：专业术语》修改]

震级-频度关系

不同震级与相对应的地震个数之间的关系，称为古登堡里克特关系（G-R关系），表达式为 $\lg N=a-bM$ 。 N 为对应一定震级 M 的次数，常数 a 表示地震活动总水平， b 表示大小震级地震的比例系数，说明地震活动性特征。

[《GB/T 18207.2—2005 防震减灾术语 第2部分：专业术语》]

地震活动图像

研究区域内地震活动的时、空、强分布方式。

[《测震学分析预报方法》，1997]

震群

空间分布比较集中、地震频次衰减较慢、没有突出的主震、至少有3个震级相差不

大（ ≤ 0.5 级）的主要地震的地震序列。

地震窗

一些频度较高、地震丛集的小区域。这些区域的地震活动变化有可能反映附近较大地区的构造应力变化，从而用以提取周围较大地区可能发生中强以上地震的前兆信息，并将在较大地区内有震前的此类小区域地震活动异常变化称为“窗口效应”。

[《测震学分析预报方法》，1997]

地震条带

某一时段区域地震活动由凌乱、分散的分布转为集中成带的现象。

[据《测震学分析预报方法》（1997）修改]

地震空区

地震孕育过程中，由中、小地震所围成或部分围成的，处于活动断层上的区域。

[据《GB/T 18207.2—2005 防震减灾术语 第2部分：专业术语》修改]

破裂空段

在巨型活动地震带上，已发生一系列强震的破裂区的空缺部位，是未来可能发生强震的地区。

[《测震学分析预报方法》，1997]

显著地震

强度明显高于统计时段内区域地震活动背景水平的地震或中短期空区形成后期、空区内部或边缘出现的中等地震或震群活动，是空区解体、地震活动图像由中期向短期过渡的标志。

[据《测震学分析预报方法》（1997）修改]

显著增强

较大范围（几百公里）出现的中小地震活动水平明显升高的现象，一般出现在主震前几个月至一二年内。

显著平静

在显著增强的区域背景下，局部出现的短时间（几个月内）地震活动水平明显降低甚至没有地震的现象，一般持续到主震发生，或临近主震有短暂的回升。

弱活动

相对区域平均水平显著偏低的地震活动状态。

地震前兆异常

地震前出现的，有别于正常变化背景的、可能与该地震孕育和发生相关联的异常变化，包括破年变、趋势转折、大幅突变、高频扰动等。

[《DB/T 24—2007 震例总结规范》]

地壳形变异常

地表、钻孔、洞体、卫星等观测的地壳形变、重力动态异常变化现象。

地下流体异常

钻孔、井、泉、油气井等中的地下流体（液体或气体）出现的各种物理、化学动态异常变化现象。

[《GB/T 18208.3—2011 地震现场工作 第3部分：调查规范》]

地震电磁异常

地电阻率、地电场、地磁场等出现的各种动态异常变化现象。

固体潮汐参数异常

地球对天体运动响应的函数偏离正常值的异常。

显著异常

幅度较大、形态突出且预测效能异常。

群体异常

同一区域内多个测项时间大致同步、相互协调配套的异常。

异常可靠性

对观测资料异常客观性和真实性的度量。

[据《年度地震趋势研究报告编写要求（试行）》（中震测函〔2008〕212号）修改]

异常信度

对异常预测效能的度量。

异常核实

按照工作规程的要求，对前兆异常进行分析研究、现场调查、综合研判，参照有关

学科观测资料异常变化现场核实工作报告编写要求编制报告，并给出明确结论的过程。

三、会商结论用语

年度

年度与自然年一致，即从该年的1月1日至12月31日。下半年指该年的7月1日至12月31日。

短期

未来3个月内。

近期

未来1个月内。

临震

未来10日内。

发震背景

具备6.5级以上地震孕育发生的地质构造条件和深部环境。

发震紧迫程度

距离目标地震发生时间的紧急迫切状态。

危险地点

可能发生地震或发震紧迫程度较高的区域。

地震活动主体地区

一段时期内地震活动相对集中的区域，通常具有相互协调的构造关系和相对统一的动力环境。

大陆东部

以107° E为界的中国大陆东部地区。

大陆西部

以107° E为界的中国大陆西部地区。

首都圈

纬度 $38.5^{\circ} \sim 41^{\circ} \text{ N}$ ，经度 $114^{\circ} \sim 120^{\circ} \text{ E}$ 范围内的北京市、天津市和河北省部分地区。

华北地区

包括北京、天津、河北、山西、辽宁南部、河南、山东、内蒙古中部、陕西东部、江苏、安徽。

东北地区

包括黑龙江、吉林、辽宁和内蒙古东部。

华东地区

包括山东、安徽、江苏、湖北、河南、上海和浙江。

华南地区

包括福建、江西、广东、湖南、广西、海南。

西北地区

包括新疆、甘肃、青海、宁夏、陕西西部、内蒙古中西部。

西南地区

包括西藏、四川、重庆、贵州和云南。

南北地震带

根据中国大陆强震的空间分布特征，通常将中国大陆东经 $95^{\circ} \sim 110^{\circ}$ 、北纬 $21^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 之间的强震密集地带称为南北地震带。

[马宗晋等, 1992]

地震活动强度

一定时间、空间范围内地震活动所达到的最大震级。

地震活动水平

一定时间、空间范围内地震活动所达到的最大震级区间及其地震个数。

强有感地震

震中附近的人普遍能够强烈感觉到的地震。

[《DB/T 24—2007 震例总结规范》]

破坏性地震

造成人员伤亡或经济损失的地震。

[《GB/T 18207.1—2008 防震减灾术语 第1部分：基本术语》]

严重破坏性地震

造成严重的人员伤亡或经济损失，使灾区丧失或部分丧失自我恢复能力，需要国家采取相应行动的地震。

[《GB/T 18207.1—2008 防震减灾术语 第1部分：基本术语》]

极微震

震级 <1.0 级的地震。

[《GB/T 18207.1—2008 防震减灾术语 第1部分：基本术语》]

微震

$1.0 \leq \text{震级} < 3.0$ 级的地震。

[《GB/T 18207.1—2008 防震减灾术语 第1部分：基本术语》]

小震

$3.0 \leq \text{震级} < 4.0$ 级的地震。

[据《GB/T18207.1—2008 防震减灾术语 第1部分：基本术语》修改]

中等地震

$4.0 \leq \text{震级} < 5.0$ 级的地震。

[据《GB/T18207.1—2008 防震减灾术语 第1部分：基本术语》修改]

中强震

$5.0 \leq \text{震级} < 6.0$ 级的地震。

[《DB/T 24—2007 震例总结规范》]

强震

$6.0 \leq \text{震级} < 7.0$ 级的地震。

[《DB/T 24—2007 震例总结规范》]

大震

$7.0 \leq \text{震级} < 8.0$ 级的地震。

[《DB/T 24—2007 震例总结规范》]

特大地震

震级 ≥ 8.0 级的地震。

[《GB/T 18207.1—2008 防震减灾术语 第1部分：基本术语》]

N级左右地震

$N-0.5 \leq \text{震级} \leq N+0.5$ 的地震，如 6 级左右表示震级范围为 5.5~6.5 级。

N级以上地震

震级 $\geq N$ 级的地震。

N级以下地震

震级 $< N$ 级的地震。

可能性较大

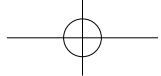
出现一定数量信度较高的异常，且震例较多、达到预测指标。

存在可能

出现一定数量信度较高的异常，有少量震例、达到部分预测指标。

可能性不大

异常数量少，信度低。



附录 2：《国家地震科技创新工程》的“解剖地震”计划

（一）重点科技问题

典型发震构造模型与地震孕育发生物理过程；断层亚失稳观测与野外识别；活动地块边界带成组地震的孕育演化规律；区域地震概率预测和大数据数值模拟；与地震孕育发生相关的地震观测新技术，标准化、抗干扰、低功耗地震观测仪器设备。

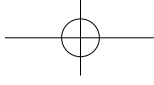
（二）主要任务

1. 典型震例解剖与大震孕育发生机理研究

对海城、唐山、汶川、玉树等典型强震进行详细解剖研究，探索构建不同区域、不同构造类型的孕震模型，深化对地震发生机理的认识；在原有观测资料的基础上，有针对性地获取强震构造区壳幔结构、介质物性、现今地壳运动和构造变形等信息，综合区域变形、断层运动、应力演化与强震孕育发生和后效间的关系，结合岩石物理力学实验结果，构建地震孕震模型，研究地震孕育发生机理，并对观测到的地震前兆给出成因机理解释，探索强震动力学预测方法和技术。

2. 断层亚失稳观测与前兆机理研究

断层亚失稳阶段位于峰值应力和失稳时刻之间，是地震发生前的最后阶段。构造物理实验表明应力加速释放和断层加速协同化是此阶段的重要特征。有必要在实验室进一步研究影响亚失稳态断层演化的各种因素，建立野外实验台网，开展断层亚失稳状态的监测研究。抓住不同构造部位相互作用以及多物理场的演化特征，完善断层亚失稳理论，使之成为认识地震前兆机理的理论基础。相关结果对于了解地震机理、判断失稳的临近十分重要，也可使抽象的理论研究逐步接近实际，更有效地为地震预测服务。



3. 大陆活动地块边界带成组强震活动机理研究

开展中国大陆周边板块边界作用方式及其动力影响研究，活动地块边界带变形特征研究，地震危险区壳幔介质变化过程研究，构建我国大陆活动地块边界带强震发生的动力学模式；围绕强震发震构造和块体边界带断裂系统相互作用，认识活动地块运动和变形对强震迁移和触发的控制作用，研究活动地块边界带成组强震发生的机制和演化规律。

4. 地震概率预测方法研究及具有物理基础的异常识别

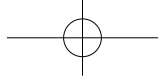
在地球物理、大地测量、地球化学和地质学观测的基础上，依托川滇地震科学试验场，开展活动断层地震复发模式和滑动速率、区域应变速率、地震活动性研究，构建川滇地区地震孕育模型，发展地震概率预测方法；结合历史震例，对异常信息进行系统搜集、梳理和分析，揭示异常信息的物理内涵，甄别异常信息与地震发生的内在联系，开展前兆机理研究，发展多时空尺度地震预测新方法、新技术；开展人工诱发地震识别方法、活动特征和成因机制研究。

5. 地震大数据建模与超算模拟研究

综合地球物理、大地测量、地球化学和地质学观测资料，开展数据同化、提取与地震孕育发生物理过程相关的关键参数，构建基于大数据的地震发生物理过程及其数学表达，研发基于超算技术的相关计算方法和软件库，开展地震数值模拟实验与检验，探索人工智能等地震预测新方法。

6. 地震观测新技术与仪器研发

发展地震电磁卫星数据处理技术和综合应用分析技术；开展红外多角度、多波段天地一体化观测及其在地震监测中应用试验；研制针对地震观测研究的不同观测对象的系列化重力仪和电磁仪；研发地应力综合测量仪器、地埋式土壤化学组分等易于密集布设的测量仪器；研发高温高压环境下地震观测、在线标定等关键技术和地震观测设备；研发高频GNSS与强震仪集成于一体的新型观测系统。



附录 2：《国家地震科技创新工程》的“解剖地震”计划

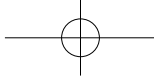
（三）预期目标

1. 2020年目标

完成汶川地震解剖研究，给出孕育发生机理研究结果；开展断层亚失稳室内实验与野外观测比对；初步构建我国大陆活动地块边界带强震发生的动力学模式；建立川滇地震概率预测模型1.0版，并给出中长期地震概率预测结果。

2. 2025年目标

完成选定地震的解剖，开展大震孕育发生机理研究；基于亚失稳阶段演化过程与地震前兆机理，给出识别断层进入亚失稳阶段的判据与方法；给出活动地块边界带成组强震发生的演化规律；构建川滇地区的地震概率预测模型2.0版。地震大数据建模和超算模拟研究取得突破，地震观测技术智能化、标准化达到国际水平。



附录3：防震减灾“十三五”专项规划《地震监测预报规划》

一、发展环境

（一）主要成就

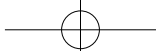
经过“八五”以来坚持不懈的建设和发展，我国地震观测已全面实现“数字化、网络化”的历史性跨越，并成功开辟了空间大地测量等全新领域。“十二五”期间的一系列建设和举措，进一步形成了与地震科技发展前沿基本适应、与我国的震情和国情基本适应、与国家防震减灾目标基本适应的监测能力和预测预报研究与服务能力。

一是地震监测体系更加完善。初步形成了国家、区域和地方分级地震监测系统，形成了地磁与地电、地形变与重力、地下流体观测网络，实现了多学科地球物理场常态化监测，建成了火山监测台网、应急流动观测台网和科学探测台阵。

二是地震监测能力显著提升。绝大部分地区监测能力达到2.5级，重点监视防御区和人口密集城市达到1.5级。实现国内地震2分钟左右自动速报，10分钟左右正式速报。地震烈度速报与地震早期预警（以下简称“地震预警”）技术已基本成熟，在福建省、首都圈地区和兰州地区建成示范系统，并开展了高铁地震预警试验。

三是监测服务水平有效提高。震后及时产出预估地震动图、震源机制、余震分布、余震精定位、仪器烈度分布等多种监测台网应急产品，为应急指挥、强余震趋势判断提供科学支撑，并利用手机、网络媒体等平台向社会提供服务。利用核爆监视方面的技术优势，为国家安全和外交做出了特殊贡献。

四是预测预报工作体系更加成熟。逐步形成具有中国特色的震情跟踪与预测预报工作体系。汶川、玉树地震后，明确以强震跟踪为重点，确定华北地区、南北地震带和天山地震带为三大强震跟踪工作重点地区。逐步建立并完善以学科、各单位、专科、重点地区、地震大形势和年度危险区会商为重要环节的年度全国趋势会商体系。建立了国家、省、市县地震部门和台站紧密结合的震情监视跟踪工作机制。



附录 3：防震减灾“十三五”专项规划《地震监测预报规划》

五是预测预报探索扎实推进。在地震孕育发生机理、预测预报科学思路和预测方法等方面取得扎实进展。动态跟踪周边板块边界动力作用变化，探索研究重点区域应力应变状态变化和强震潜在危险断层段落发震紧迫程度判定技术方法。逐步形成以中长期预测研究结果为指导，综合地球物理场观测、定点观测、地震活动等资料动态变化的年度地震重点危险区确定技术规则。不断丰富地震序列类型判定技术方法和手段，特别是数字地震学方法。

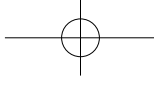
（二）“十三五”时期面临的新形势

我国地震监测预报工作在取得长足进步的同时，还面临着复杂严峻的震情形势与监测预报基础保障能力不足之间的矛盾，面临着经济社会发展的新形势新要求与监测预报服务能力不足之间的矛盾，面临着防震减灾治理体系和治理能力现代化要求与监测预报理论支撑和管理支撑不足之间的矛盾。此外，目前国际上地震监测预报科技发展很快，我国地震监测预报工作面临新的发展机遇，也面临更大的国际竞争压力。

一是台网布局仍需优化完善。测震台网在覆盖面积、台网密度和总体布局上距离地震烈度速报和预警观测需求还存在较大不足，部分地区监测能力下限需进一步降低；地球物理场、地球化学监测台网总体布局需要进一步优化，尚无法实现对全国地球物理场背景信息和活动构造动力学、运动学特征的有效监测；地球物理场、地球化学观测台网的设计和布局尚缺乏深入研究与统一规划。国家、行业、市县的观测系统亟待统一规划和资源整合。

二是仪器研发保障体系欠缺。仪器研发需求论证不够，缺乏科学规划和引导；研发力量分散，投入不足，仪器定型、工程化生产、社会服务体系没有建立；缺少有效的仪器质量检测体系，没有建立有效的入网、退出和更新管理机制；运维投入不足，维修力量不均衡，台网运维缺乏备用仪器，运维体系不健全，自动化、智能化水平不高等。

三是观测资料应用效能偏低。地震观测数据主要集中在地震速报和地震编目，缺乏数据产品加工和数据进一步分析能力；地球物理场观测数据分析处理集中在时序曲线、均值、潮汐因子等单一指标的提取与分析，缺乏资料的成场成网统一处理技术和数据融合分析处理技术，缺乏资料成果的展示等技术。



地震预测预报相关的重要科技挑战 2018年

四是现有监测预报体系和能力尚无法满足经济社会发展提出的新问题和新要求。经济社会的发展使烈度速报和地震早期预警成为一个日益突出的新的社会需求；观测系统的数字化、网络化特征和社会的城镇化、现代化进程使观测环境干扰成为一个日益突出的新问题；社会的现代化对预测预报信息的公开和应用提出新的要求，也使监测预报相关的社会组织能力和社会服务能力之间的差距日益凸显。

五是科技支撑水平亟待提高。数字化观测资料质量评估监控能力不足，数据处理及信息提取技术相对滞后；对观测资料异常变化及干扰的认识不足，异常核实和跟踪分析不够深入，论证科学性不强，会商结论与异常之间关联性弱，各类预测判据指标界限模糊、分类不清晰；震后趋势判定指标不够科学。针对地震危险区的基础探测、基础研究不足。

六是预测预报理论方法亟待创新。对地震孕育发生科学规律认知进展缓慢，对强震潜在震源区和危险程度判别能力亟待提升；以预测预报为目标的观测技术研发创新不够，缺少对观测、预测新技术新方法的科学检验；对地震前兆异常机理认识不足，多学科群体异常综合分析方法不够科学。

以信息化的思维和方式看待上述差距，切实解决数据分散、信息孤岛、应用烟囱、部门割裂、上下游协同不够等问题，加强地震监测预报的体系建设和能力提升，是当前问题的关键。信息化既是一项技术的进程，又是一个社会的进程，更是理念、方式转变的进程，它要求在产品“生产”或服务过程中实现管理流程、组织机构、“生产”技能以及“生产”工具的变革。信息化的内涵关键在“化”，也就是通过信息化的理念、方式，来推动监测预报工作的发展。

地震监测预报是中国地震局的核心业务，是防震减灾的重要基础。地震监测预报业务是典型的研究型业务，必须依靠科技创新。为实现2020年防震减灾国家目标，“十三五”期间地震监测预报体系建设应重点围绕以下发展需求：一是观测系统有待进一步优化，台网运行机制和体制亟待改革，标准与管理等体系建设亟待完善；二是监测产品体系有待进一步发展，与监测产品有关的科技成果转化体系亟待形成；三是尽快建成全国性的地震烈度速报与预警系统，形成烈度速报与预警能力；四是创新和改革监测技术研发和运维保障体系迫在眉睫；五是分析预报业务技术平台亟待建立完善，地震会

附录 3：防震减灾“十三五”专项规划《地震监测预报规划》

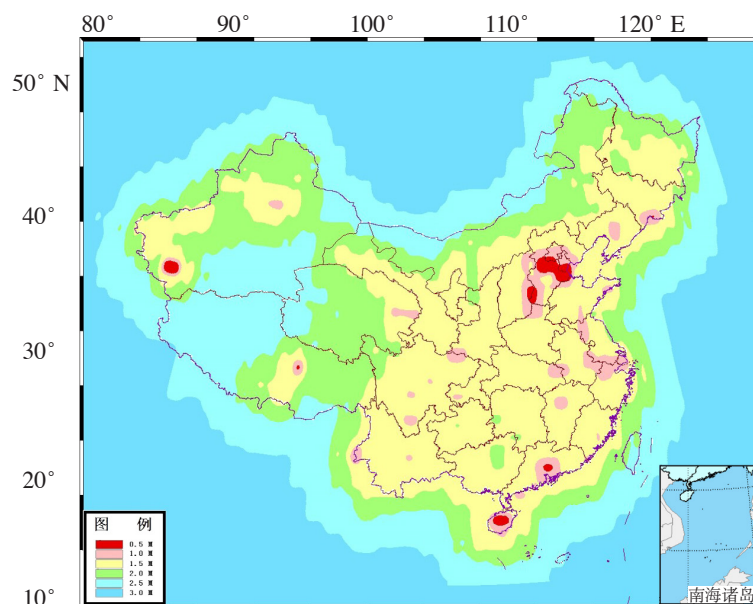


图1 中国地震台网现有地震监测能力分布图

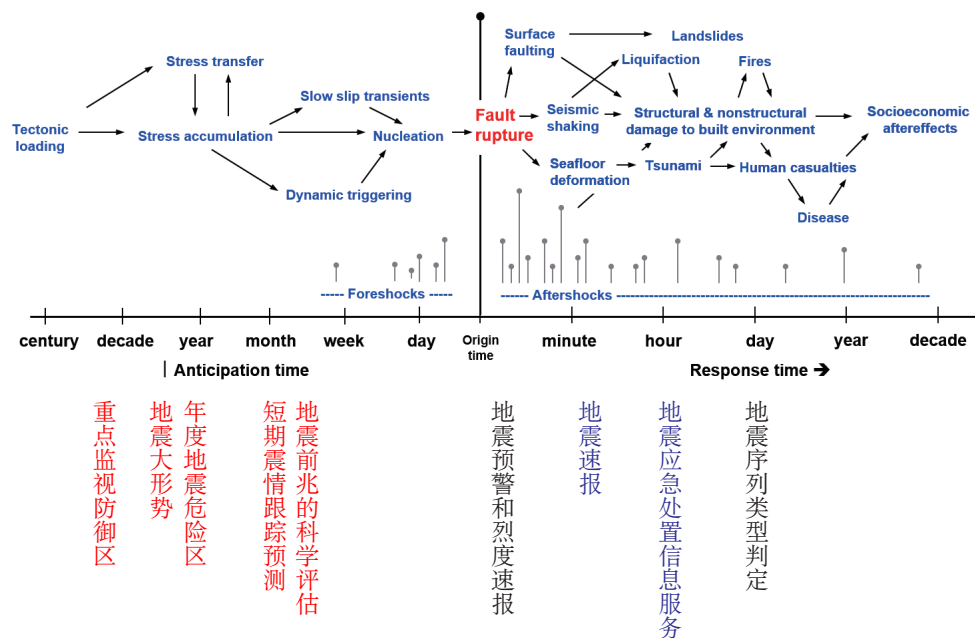
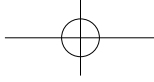


图2 地震监测预报的主要科技问题和主要科技产品
(底图基于美国南加州地震中心主任T. Jordan报告修改)



商机制改革、地震预测机理研究、前兆识别和分析技术研究等亟待深化；六是地震预测科技创新平台建设需要发展新思路、迈出新步伐。面向“十三五”，践行“创新、协调、绿色、开放、共享”五大发展理念，以信息化带动地震监测预报工作现代化的发展趋势呼之欲出。信息化已全面渗透并正在深刻影响着地震监测预报的发展理念、发展方式，影响着地震监测预报业务的服务结构、服务模式和地震监测预报管理的工作方式。

二、总体要求

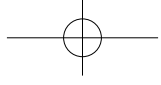
（一）指导思想

以党的十八大和十八届三中、四中、五中、六中全会精神和习近平总书记系列重要讲话精神为指导，紧紧围绕“四个全面”战略布局，深入贯彻“五大发展理念”，坚持“最大限度减轻地震灾害损失”的宗旨、坚持“融合式发展”的战略、坚持“预防为主、防抗救相结合”的方针，依据《中共中央国务院关于推进防灾减灾救灾体制机制改革的意见》（中发〔2016〕35号），强化监测预报的科学信息服务、地震安全服务、民生服务、国防外交服务；立足国家、行业、系统自身三个层面；着眼实现2020年防震减灾目标、全面建成小康社会目标、国家治理现代化目标的统一；处理好政府、社会、市场三者的关系；统筹国家、省级、市县三个层次监测预报工作的合理布局；把改革设计作为监测预报发展的首要，强化监测预报在防震减灾事业中的核心基础作用，为“三个转变”做出应有贡献。

（二）发展目标

地震监测预报的总体发展目标，是通过扎实的体系建设，形成与地震科技发展前沿相适应、与我国的震情和国情相适应、与国家防震减灾目标相适应的监测预报能力。

1. 实现地震烈度速报与预警能力。形成全国地震烈度速报能力和华北、南北地震带、东南沿海和新疆天山中段4个重点地区的地震预警能力，提供全国范围内分钟级仪器地震烈度速报和重点地区秒级地震预警服务；我国大陆地区发生5.0级以上地震时，震



附录 3：防震减灾“十三五”专项规划《地震监测预报规划》

后5~10秒发出预警，2~5分钟给出城市烈度速报结果，15分钟内给出地震烈度空间分布图，30分钟开始持续给出灾区范围、人员伤亡和直接经济损失等灾情评估结果，重点监视防御区地震速报信息公众覆盖率达到90%。

2. 提高立体地震监测能力。全国地震监测能力达到2.0级、中东部地区震中定位精度优于5千米。实现中国大陆尤其是地震重点监视防御区的地球物理场常规化复测。在重点区域开展地球化学成网观测。形成覆盖中国大陆及周边地区的高精度、高时空分辨率的GNSS和重力观测网络。发展地震观测大数据处理等技术，拓宽空间对地观测的研究，发展空间电磁、重力、InSAR等卫星对地观测，实现业务应用。发展海洋地震观测，在中国大陆近海海域形成观测能力。在监测预报领域，形成具备多圈层、多块体和多物理场同步监测能力，以及全球震例获取和基本地球物理场建模能力，推进地震预测科学理论和预测方法同步发展。重点监视防御区基本具备监视6级以上地震的能力，其他地区具备监视7级以上地震的能力。

3. 提升震情分析会商科技支撑能力。加快新技术方法研发应用，提升数字化观测资料异常提取和分析能力。建设异常核实分析软硬件技术平台，建成典型干扰特征库和地震前兆典型异常库，提高异常分析研判水平。建立不同时空尺度预测指标体系，增强会商结论与论证依据的关联性。

4. 创新地震预测预报理论方法。通过建立并完善地震构造与动力学模型，提升地震孕育环境认识水平。通过建设监测预报科学实验平台，提升地震监测预测方法的实验、检验能力。探索基于地震动力学的预测预报新理论新方法，实现地震中长期预测水平持续提升，震后趋势判定的时效性和服务能力稳步提高，力争实现有减灾实效的短临预报。

5. 完善和发展监测产品体系。强化台网的标准化产出和共享应用。加强地球物理、地球化学成场成网的观测数据处理和分析应用研究，产出地球物理、地球化学背景场和重点区域的动态演化图像，提高台网产出的实效性和科学性，强化科技支撑能力和社会服务能力，拓展地震监测产品的国防、外交应用。

6. 改革和创新仪器研发与运维保障体系。建立地震观测仪器设备从概念形成到运行维护的全过程管理程序和制度，建立仪器中试制度，建立健全仪器设备检定检测体系，

完善仪器设备研发生产应用模式；完成台站管理改革，完善台网运维保障体系，实现常态化、标准化和社会化。推进建设地球观象台和国家基础地球物理野外台站体系。

7. 以信息化带动地震监测预报工作的现代化。实现地震监测预报公共服务与互联网等新型媒体融合，推动地震监测预报数据开放共享应用，开展精细化、个性化、便捷化的地震信息服务，探索信息化时代现代社会中的“升级版”群测群防，建立与地震烈度速报和预警能力相适应、与数据密集型监测相适应的智能型地震监测系统。

从总体上看，逐步实现从局部规划设计、单一发展向全局规划和顶层设计转变，从技术驱动向业务服务应用需求转变，从信息资源分散使用向资源集约共享利用转变，从单纯强调建设向建设与管理并重转变，从面向地震监测预报业务服务日常需求向面向地震监测预报相关的防震减灾综合决策能力转变，则是“十三五”地震监测预报的一个重要的现代化愿景。

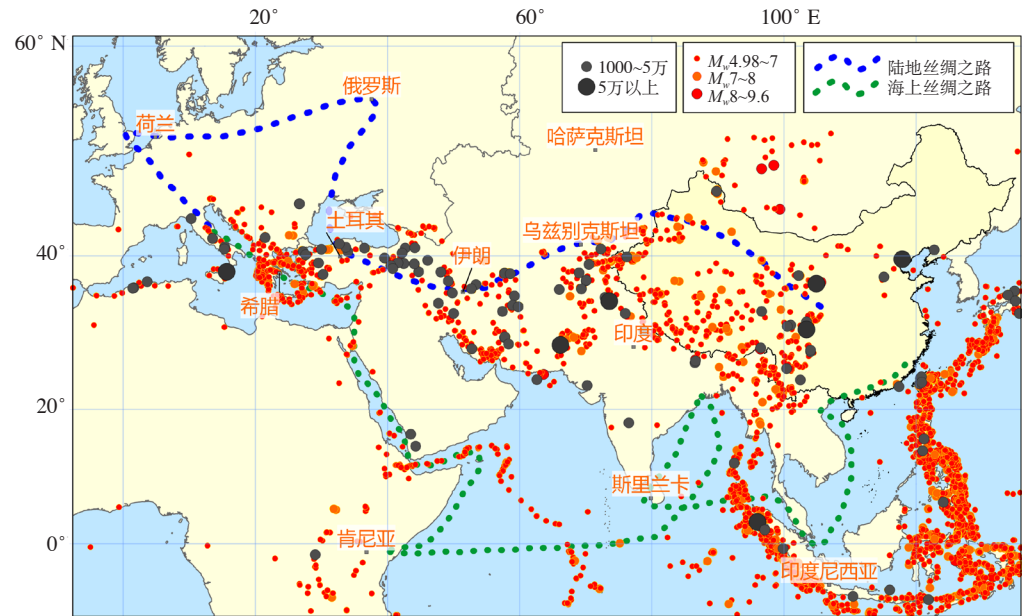
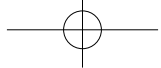


图3 我国境内和“一带一路”地区致灾型地震（死亡千人以上）分布图



三、主要任务

（一）工作任务

1. 科学优化监测台网布局，完善地震监测系统

实施国家地震烈度速报与预警工程，实现全国地震烈度速报和重点地区地震预警能力。

建设布局合理的“纳米级”高灵敏基准台；在潜在震源区、地震多发区建设“震不坏的”地震台，实现“全频带”、“全动态”监测技术能力。

升级改造地磁、重力、形变、地应力等地球物理场观测系统，加密重要活动地块边界和关键构造部位的固定观测台网，提高块体边界带动力学和运动学信息的监测能力。

改善地球化学综合观测站的实验室条件，优化观测设备性能，实现对重点危险区主要活动断裂的定期地球化学观测能力。

调整完善地球物理场观测布局，实现全国重力场、地磁场、形变场常规化复测。调整优化跨断层观测，在重要构造部位适当补充建设跨断层观测场地，提高地球物理背景场和变化信息的捕捉能力。

拓宽GNSS、InSAR、热红外遥感、卫星电磁和重力等空间对地观测的研究与应用，提高空间对地观测的时空分辨率。

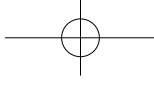
在黄海、东海地区建设海岛、海底综合固定观测台阵，开展海域重力地磁流动观测，提高海洋地震观测能力。

实施仪器更新计划，健全完善仪器运行维护中心，建立健全仪器入网检测平台，开展台站观测环境优化改造，提升台网运维保障能力。

2. 推进分析预报技术系统建设，提升震情分析研判能力

建立定点综合观测资料的监测预报效能自动评估系统，逐步实现数据质量自动评定与监控。

研发前震自动识别技术和卫星热红外等观测数据自动处理与分析技术，建立震后趋势判定等重要支撑技术系统。



地震预测预报相关的重要科技挑战 **2018年**

研发基于数理模型的异常核实分析技术，建立典型干扰特征库和典型前兆异常库。

构建不同区域和不同时空尺度的预测指标体系，编制分析预报人员工作手册。

3. 依托川滇国家地震监测预报实验场建设，提升地震科学研究能力

建立实验场区数据成果汇集共享平台，开展补充性地球物理与构造探查工作，编制川滇地震构造图，提升重点地区强震潜在危险区断层段完备性。

开展新型观测实验，构建立体实验观测系统，探索地震监测布局优化新模式，提升强震危险性判定的科学性和震情监视跟踪的针对性。

开展典型震例水物理与水化学映震灵敏观测条件与映震机理研究，提高对前兆机理的认识水平，提升对观测技术发展的指导能力。

建立区域断层段落的运动学和动力学模型，探索地震动力学概率预测模型的相关预报理论和方法，深化地震孕育发生机理的认识。

加强地震地质、地球物理与大地测量的融合，根据综合观测数据，获取地震危险区、潜在震源区地下物性参数及其变化，提升对深部构造和孕震环境的认识。

开展电磁、断层气、地温等短临预测预报方法实验研究，拓展强震跟踪新技术。

加强地震群测群防工作。总结简易、经济、实用的地震宏观观测手段，推进地震宏观观测报网的作用发挥。

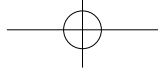
4. 加强监测数据挖掘，提高多维产出能力

在重点地区（首都圈、南北地震带、东南沿海和新疆天山中段）提供秒级地震预警信息服务，在一般地区提供分钟级地震烈度速报等信息服务。

提供年尺度地震形势预测结果与地震重点危险区及相应滚动会商预测结果，产出地震动预测、余震自动目录、震区人口热力图等震后应急产品，为政府决策部署提供依据。

按相关法律法规要求，逐步向社会公众公开十年尺度地震重点危险区发震紧迫程度判定结果；编制各种可视化图件、报告等科普宣传产品，及时发布宏微观异常现场核实报告；建立稳定的社会需求反馈机制。

产出标准化的地磁、重力、GPS、空间电磁监测数据产品；提供地壳运动速率、中国大陆垂直形变图、全球地磁场和电离层动态模型、重力场模型等研究产品。



附录 3：防震减灾“十三五”专项规划《地震监测预报规划》

面向交通、军用导航定位、矿产勘查等行业需求提供中国地区地磁基本场模型、长期变化模型、不定期磁暴报告等产品；面向空间天气监测需求提供高频段电磁场及电离层环境扰动特征观测数据。

5. 推进地震观测技术与仪器设备研发，提升监测台网运行效能

开展断层气、地温、次声、电磁波等短临监测新技术与方法研究。

开展观测系统的干扰规避技术、干扰抑制和数据恢复技术研究。

加强新型地球物理传感技术研究和仪器研发，加强适应性强、低功耗、使用维护便捷的监测仪器的研制。增加仪器的通用性以利维护。研发面向群测群防的低成本、精度适中型观测仪器。

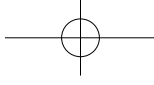
研发宽频带强震计、井下观测系统、海底地震观测系统、主动源观测系统、深井综合观测系统。

构建基于无线互联的新一代智能化地震监测系统，研发支撑大数据技术的地震台网软件系统，提高台网管理效能，提升台网数据应用能力。

构建分布合理的数据共享平台和应用计算平台，以川滇实验场为载体，实现地震观测数据的共享和高效利用。

（二）任务布局

1. 以地震预警系统建设为重点，推进京津冀和环渤海地区地震监测和地震综合防御能力的协调发展。一是以提高地震预警系统可靠性和信息有效性为目标，建成和完善地震烈度速报和预警系统，通过台网规模的增加，尽快形成地震预警能力。二是发展主动源探测，监测介质性质的变化。三是发展深井观测技术，布设深井形变、地应力、流体、电磁综合观测站，保证部署地区的深部孕震信息的获取能力。四是建设京津冀一体化地球物理场、地球化学监测体系，整合京津冀地区各项观测手段，建设布局合理均衡、信息成场观测、资源协同互补的三地一体化监测格局。五是提高重点区域、重要活动断裂带、主要发震构造的监控能力。在重要断裂带、主要发展构造带和矿山、核电站等重点区域增建近场测震、地球物理场和地球化学监测台站和流动地球物理场监测网点，对现有效果较好的测项增加同步对比观测，提高局部重点地区的监控能力。六是突



地震预测预报相关的重要科技挑战 2018年

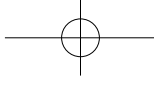
出重点区域布局，规范台网管理，优化观测环境；建设与完善流动监测系统，为应急、强化跟踪、科学研究提供服务；利用矿震监测技术、水库地震监测技术，为大型煤矿、大型水库提供服务；建立监测系统运行维护保障体系；建设高信噪比综合观测台站，提升重点地区监测能力。

2. 以海域地震监测和城市群地震监测系统建设为重点，提升长三角地区地震综合防御能力。一是继续推进和完善海域、水库、深井地震监测系统的建设，针对大城市地区，发展针对中小地震的快速信息服务能力。二是进一步提升海洋地震监测能力。三是推进断裂带深部地球化学背景探测，发展地球化学气体观测站。四是增设和调整观测手段和站点，提升市内有感微震监测能力，建立空间对地观测技术系统，形成“空-地-深”多维观测体系。

3. 以海域地震监测和地震海啸预警系统建设为重点，提升东南沿海地区地震监测预报与信息服务水平。一是进一步加密强震动观测台网，达到每县（市、区）至少1台，为预警服务。二是继续推进和完善海域和海岛地震监测系统的建设，重点针对大城市地区，发展针对当地中小地震和境外中强震的快速信息服务能力。三是加密重力观测，形成重力场成网观测。四是继续开展海陆联测工作，并开展水库气枪震源实验。五是开展海峡两岸地震监测数据交换、联合地球物理探测和地震监测预报业务的合作。

4. 以加强地震监测基础建设为重点，提升华南地区地震监测效能。一是依托高新技术，建设以GNSS空间对地观测、海域地震监测、火山地震监测、深井综合观测站等为重点的陆海地震监测一体化系统，构建多手段、多学科、高密度的立体观测网络。二是优化和完善地震烈度速报和预警系统，确保其运行的可靠性和稳定性，建立地震烈度速报和预警发布机制。

5. 以川滇国家地震监测预报实验场和地震预警系统建设为重点，进一步强化南北地震带地区的地震监测能力。一是继续加强地震观测和地震预警能力建设，尽快形成地震预警能力，为公众避险和高速铁路、油气管道等生命线工程的紧急处置提供预警信息服务。二是构建开放式的地震预测野外研究试验场地。根据地震预测预报研究的需要，显著降低微震监测的震级下限；针对该地地壳构造复杂的特点，通过地壳结构探测、走时表编制、定位算法改进，显著提高地震目录的定位精度；开展深井综合地震观测；



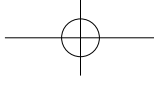
附录 3：防震减灾“十三五”专项规划《地震监测预报规划》

开展连续波形自动处理和主动源探测，动态监视介质性质的变化；针对实验场的工作，部署流动地震观测系统。三是以重点监视防御区和经济发达、人口密集地区为主，在大型水库、油气田以及盐业开采区域，合理布局建设诱发地震监测台站，同时兼顾现有监测台网，构建相关地区天然地震和诱发地震监测体系。四是以流动监测和对地观测（GNSS、InSAR、重力卫星）技术为主，开展区域形变与重力背景场的监测；发展分布式光纤应变观测技术，开展对南北地震带重要活动断裂的精细观测。五是发展断裂带及温泉的气体、温度观测，建立地球化学综合观测站和深井综合观测站；建立高密度观测台阵和断裂带气体、地温观测剖面。

6. 以地震观测系统和地震预警系统建设为重点，进一步提高南北天山重点区域的监测能力。一是继续加强重点监视防御区测震、地球物理、地球化学台网建设，兼顾边境地区、盆地边缘和监测能力弱的地区，以高新观测技术为依托，全面提升天山地区地震监测台网的布局密度，重点地区形成地震预警能力。二是加强流动GNSS、流动重力和综合观测长剖面监测；发展分布式光纤应变观测技术，开展对活动块体边界带的精细观测；布设具有抗干扰能力或井下形变、电阻率和断裂带气体、地温观测项目，形成井下综合观测网。三是填补南天山地震带流体观测空白，布设以断裂带深井和温泉为主的水位、深浅层位水温观测网；建立符合干旱地区的地球化学观测网，部署断裂带气体、地温高密度观测剖面。

7. 以诱发地震研究和综合立体监测系统建设为重点，推进长江中上游流域、黄河上游流域及西南地区大型水电工程的地震监测体系发展。一是加强水库诱发地震的监测与研究，依法形成对所有具有潜在诱发地震危险的水库的地震、形变和流体监测能力；依法制定水库地震的监测技术标准，并为水库地震监测提供技术支持。二是开展综合深井观测，捕捉地下短临异常信息；开展主动源探测及立体地震监测等，为区域速度结构精确反演提供基础资料，同时探索中强地震预测新方法。三是建设GNSS观测网络，加密流动重力、地磁观测网。四是在郯庐带沿线加密完善监测台网，加密流动地球物理场观测和构造地球化学剖面观测。

8. 以地震监测基础设施建设为重点，保障国家重大生命线工程地震安全。加强南水北调三线工程、西气东输工程、西电东送工程，以及油气长输管道、青藏铁路、城际高



地震预测预报相关的重要科技挑战 **2018年**

速铁路等对国民经济及人民生活有重大影响的重要工程的地震监测基础设施建设。依法制定重大生命线工程沿线的地震监测技术标准。

9. 以提高地震监测能力和基础研究为重点, 提高青藏高原地区、内蒙古地区的地震监测水平。加强新构造活动的研究, 不断提高地震监测能力。考虑自然条件和地震活动情况, 发展台阵技术、GNSS和InSAR技术、卫星重力和电磁观测技术等, 提高有效监测能力。

10. 以地震监测设施建设和火山与特殊事件等监测为重点, 加强地震和火山监测设施建设, 提升黑龙江、吉林、云南、海南、辽宁、内蒙古等特殊地区监测任务应对能力。一是强化火山区地震活动的监测, 从信号分析和震相分析的角度, 积累各类火山地震事件的资料与分析经验。二是开展监测新技术、新方法观测试验工作; 探索获取深部流体信息的新观测项目。三是加强针对特殊事件的地震监测技术系统的建设和监测技术方法研究。

11. 以地震监测设施建设、数据共享服务和地震科技国际交流合作为重点, 配合国家外交、国防以及对外经济合作需要。以国家“推进丝绸之路经济带、海上丝绸之路建设”为契机, 针对中亚、东非、南亚、南太等重点地区, 逐步推进中国“全球台网”建设; 设计和推进与中国大国地位相适应的国际数据共享、国际人才资源流动、国际组织服务、国际合作项目的机制, 进一步提高我国地震机构对全球地震的监测能力和速报能力, 提高我国地震机构对全球地震议题和地球内部物理议题的关注度。进一步加强海峡两岸地震监测预报研究与应用方面的合作。

12. 推进电磁卫星等空间对地观测应用研究。发射、运行电磁监测试验卫星, 并基于防震减灾能力建设需求, 适时部署电磁卫星后续星的论证和研制工作; 以主用户身份, 积极参与L-InSAR双星、GEO SAR卫星、重力梯度卫星和数据采集卫星系统DCSS等的论证和研制工作; 结合国家空间基础设施规划实施, 以服务于国务院抗震救灾指挥部和服务地震灾区应急救援决策为目标, 构建综合性、虚拟的地震立体观测体系天基平台。

13. 通过技术标准化、组织扁平化、数据资源化、服务精细化、体系集约化, 推进监测预报的现代化和融合式发展。在国家地震烈度速报与预警系统的建设中充分利用社会与公共资源, 如教育部门的学校、气象部门的气象台和电信部门的基站等, 减少重复

建设，通过深度资源共享提升合作水平；充分调动行业力量和社会资源，实现效益最大化；与高铁、核电、石化、水利等对地震预警有重大需求的行业做好对接；在充分依托国家突发事件预警信息发布平台的基础上，与宣传、广电、工信等主管部门以及各类传播媒介建立合作，完善预警信息发布机制；加强对水库、油田、核电站、矿山等专用地震台网的技术服务和管理；整合省市县观测网点资源，进一步完善地球物理场和地球化学观测网；重视对社会观测点的引导，使其成为专业台网的补充；发展和完善市县地震监测系统入网准入和质量保证机制；在监测台站布设中充分利用废弃油气井、海岛、学校、科学台阵等资源。以地震危险区为重点，与测绘、海洋、气象、国防等部门和中科院、高校等单位合作，推进行业内外地震、地球物理、大地测量、地球化学、遥感等方面的科学数据共享；借鉴发达国家“大众地震学”（citizen seismology）的经验，进一步推进适应新技术条件和市场经济环境的群测群防工作。以信息化带动地震监测预报工作现代化，要紧紧依靠科技创新，充分应用现代信息技术、有效利用社会资源，提高数据质量、完善数据标准、改进数据管理、加强信息安全、扩大信息开放共享、加强信息应用，推动信息基础资源、数据资源、系统平台及支撑保障体系的集约化、标准化发展，提升地震监测预报工作的整体效率和水平。

四、重点工程和重点项目

（一）重点工程

1. 国家地震烈度速报与预警工程

地震烈度速报与预警是国家和社会依法赋予地震部门的重要政府职责，地震预警工程项目建设是防震减灾工作在改革发展进程中迈出的坚实一步。地震行业率先建设覆盖全国的预警系统具有开创性，其意义不仅在于项目本身，它具有国家功能建设的性质，作为国家突发事件预警平台的重要组成部分，必将带动全社会相关行业预警能力的建设。同时，它又是一项社会系统建设，涉及方方面面，有利于提升国家整体应急能力。

国家地震烈度速报与地震预警系统。国家地震烈度速报与地震预警系统主要建立国家骨干台站观测系统、通信网络系统、数据处理系统、紧急地震信息服务系统、技术支

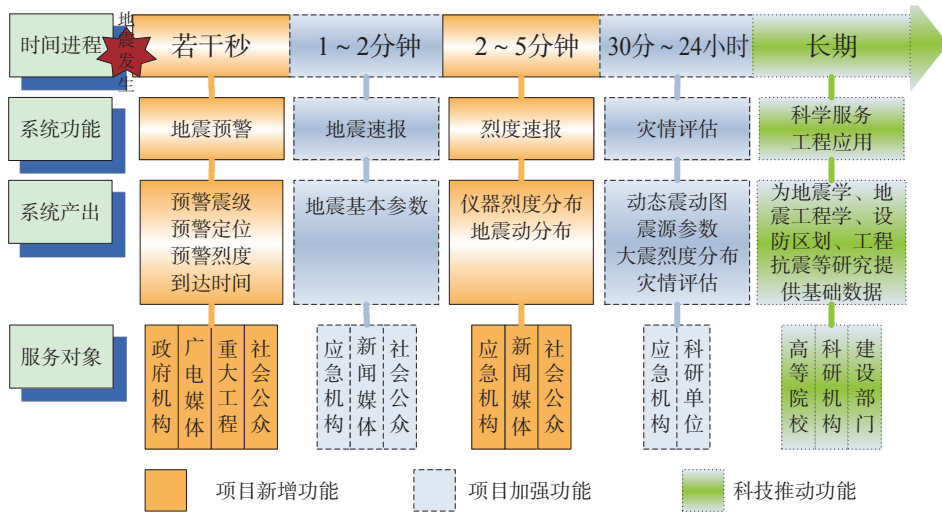


图4 国家地震烈度速报与预警工程项目功能目标

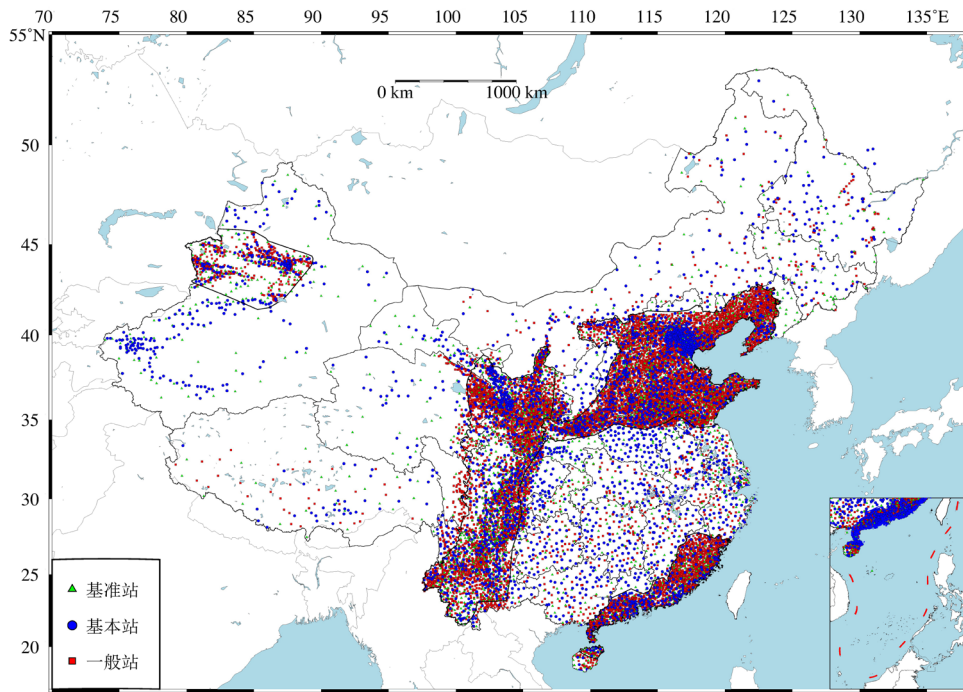


图5 国家地震烈度速报与预警工程台站分布图

附录 3：防震减灾“十三五”专项规划《地震监测预报规划》

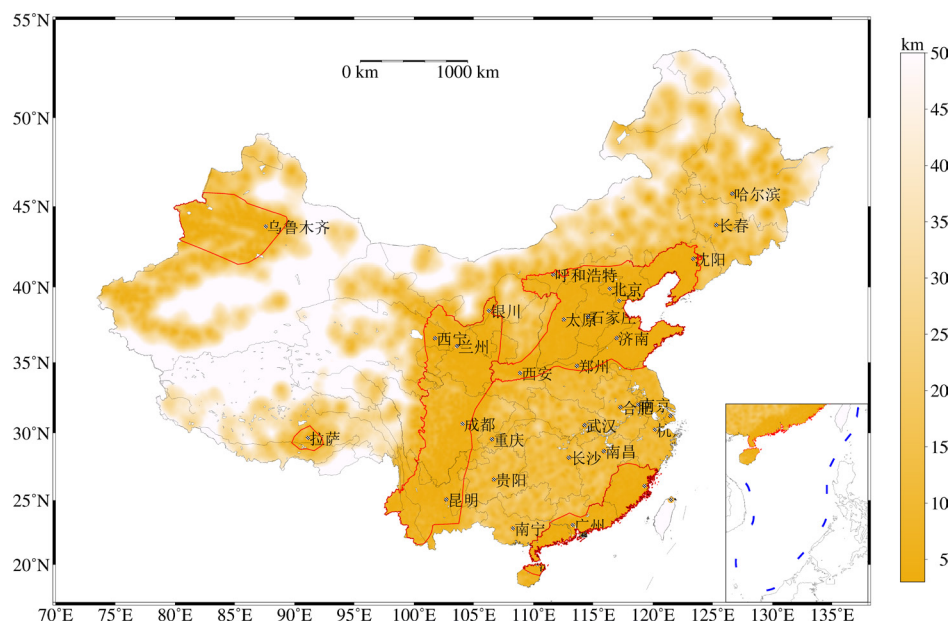


图6 2020年中国大陆地震烈度速报能力分布

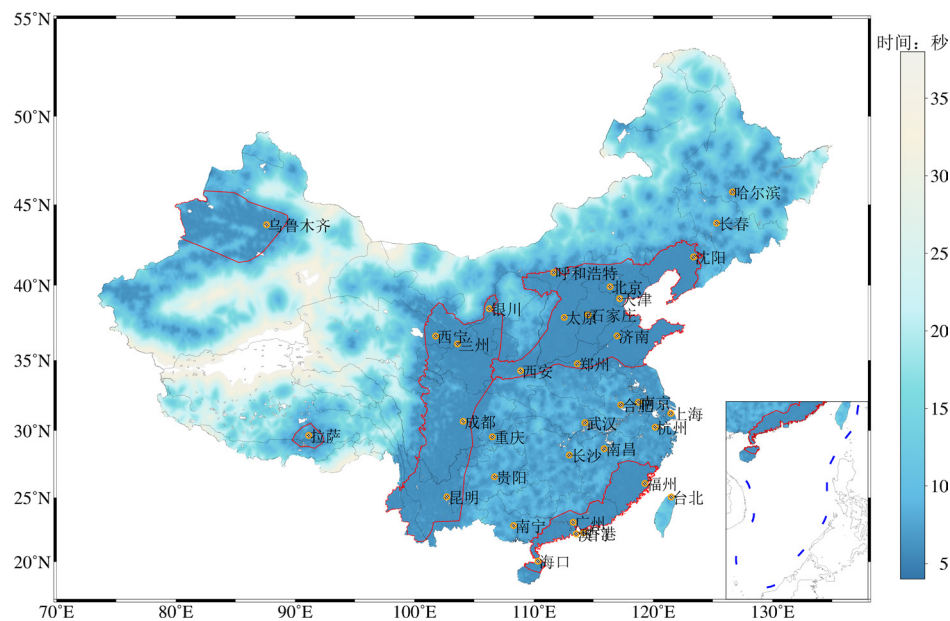
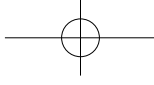


图7 2020年中国大陆地震预警能力分布



地震预测预报相关的重要科技挑战 **2018年**

持与保障系统等。台站观测系统包括国家地震烈度速报与预警基准站、国家地震烈度速报与预警基本站和国家地震烈度速报与预警一般站等观测站点建设，采取在现有台网基础上改造和新建并举的方式，以新建及改造后的台站，形成国家地震烈度速报与预警观测台网，台站数目约15000台。在现有网络的基础上，建立全国烈度速报与预警数据通信网络及网络安全和运维保障系统。建设烈度速报与预警数据处理系统，包括国家及省级数据处理中心，并配置专业软件。建设紧急地震信息服务平台以及紧急地震信息接收终端，形成紧急地震信息实时服务功能。

重大工程地震预警及紧急处置系统。在国家地震烈度速报与地震预警系统的基础上，采用企业投入的方式，针对高速铁路、大型水库、核电厂、油气管线和大型石化企业等重大工程，建立国家和行业结合的专用地震预警与紧急处置系统。

地震预警相关的基础研究和技术研发。在项目设计中大胆实验和采用新技术新措施，提高预警系统的科技含量。重点考虑项目实施的科技附加值，通过项目实施实现科技进步，产出一系列重大科技成果；推动“四网融合”在地震预警中的应用和理论研究；抓住历史机遇，通过实施项目促进行业自身发展，完成台网的更新换代改造，全面完善监测系统的缺陷和不足；同时通过项目实施，培养工作团队，带动人才队伍，培养地震行业的杰出专业技术人才。

2. 边疆海域及“一带一路”地区地震监测

边疆海域地区是我国地震监测能力布局的长期薄弱环节，为实现“十三五”期间的防震减灾目标，地震监测能力建设亟待开展。同时，“一带一路”作为党中央、国务院应对全球形势深刻变化、统筹国内国际两个大局做出的重大战略决策，从安全角度确保这一重大战略决策的执行是一项重大国家需求。受破坏性地震频发和城市化进程加速、经济社会发展不均衡等多因素影响，“一带一路”的地震灾害风险程度较高，亟待通过合作开展地震监测体系建设。提高边疆海域和“一带一路”地区地震监测能力对维护国家安全稳定、全面实现境外地震灾害风险源防控，以及保障“一带一路”战略区地震安全、保护我国在相关地区的重大工程和人员安全具有重要的现实意义。

利用流动密集地震台阵夯实地震监测基础。由于长期处于我国地震监测和地球物理探测基础相对薄弱地区，以及古地震活动和长白山火山活动等相关的研究成果，使得

加强东北地区的地震监测和地球物理工作愈加重要。通过实施台间距30~50km、800个以上宽频带地震台组成的流动密集地震台阵的大规模观测，获取东北地区高分辨的岩石圈—地壳三维介质结构精细模型，显著提升区域内的地震监测能力和夯实地震观测基础。

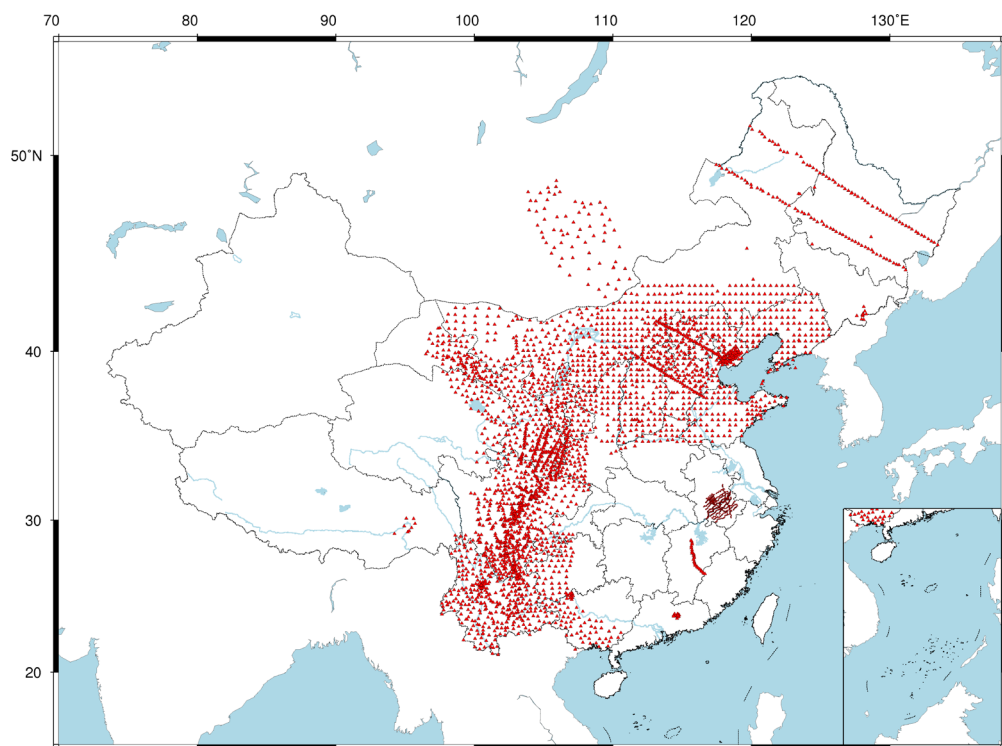
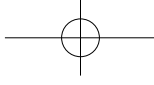


图8 利用中国地震科学探测台阵已开展的探测点位分布
(图中实心三角形、菱形)

新增和改建小孔径地震台阵提升边疆海域地区地震监测能力。小孔径地震台阵是开展远程地震监测的重要技术手段，对探测壳幔深部结构，以及显著扩展我国包括大陆架在内的边疆海域地区地震监测能力具有重要的现实意义。在黑龙江、吉林、内蒙古、云南、新疆、浙江等地区新增和改建小孔径地震台阵，配合测震台网加强边疆海域地区地震监测能力和境外远程地震探测能力。

牵头建立“泛亚地震台网”，作为中国全球地震台网的起始。借力“一带一路”，



地震预测预报相关的重要科技挑战 **2018年**

通过援建和合建等方式，将地震台网从本土逐次向邻国和附近国家拓展，逐步建成装备甚宽带地震仪、短周期地震仪、GNSS接收机和强震仪等综合地震观测设施的“泛亚地震台网”，帮助所在国进行数据共享、数据处理的“泛亚地震中心”，树立我国在亚太地区地震监测领域的引领地位，同时以此加强我国大陆地震监测，并为“一带一路”沿线国家和当地中企、华侨提供地震信息服务。

“一带一路”地区地磁和重力地球物理场观测。“一带一路”地区与我国境内强震孕震动力环境相连，区域内地震减灾现实需求强烈，在相应区域内开展综合地球物理探查和建设观测网络具有重要的科学价值和现实意义。为构建地磁基本场及其长期变化模型、岩石圈磁场模型、重力场模型和密度结构模型，在“一带一路”地区开展地磁场矢量和重力场观测与网络建设，逐步拓展形成综合地球物理场观测网络体系。

海域地区监测能力建设和观测实验。新型海洋地震观测系统的研制和发展，为“十三五”期间加强我国海域地区监测能力提供了可能。从黄渤海开始，通过岛礁地震观测系统、深井地震观测系统，特别是光纤地震观测系统的观测实验和系统建设。统一规划，开展更具针对性、系统性的海域地震观测，在沿海地区开展海底地震观测网络布设实验，加强与海洋、测绘、气象、国防、外交等部门的合作，由近及远、逐步发展我国海域地震观测能力。

3. 川滇国家地震监测预报实验场

选取川滇地区作为国家地震监测预报实验场。以预报需求为导向，推进观测技术创新，加强基础能力建设，系统、持续地支持地震监测预报的科学基础研究。同时，创新工作机制，推进资源共享，吸纳不同学术观点，加大国内外地震科技合作力度，强化监测预报人才队伍建设，促进地震监测预报科技原始创新、集成创新和引进消化吸收再创新。实验场的工作，通过搭建开放的实验平台，依靠科技创新带动地震监测预报科学研究的全面发展与进步；搭建科研成果的应用平台，推动我国地震预测由经验预测向物理预测拓展；搭建地震监测预报的科研示范平台，促进地震监测预报科学研究与社会发展需求的有效结合。

逐步改善区域强震潜在危险区断层段落的完备性，深化实验场区孕震环境的认识。建立实验场区数据成果汇集共享平台。综合利用已有的地质、地球物理、地球化学、历

史地震、活动构造探查等研究成果编制实验场区的地震构造图，并开展补充性地震地质调查和地球物理探测，获取并集成地壳-上地幔结构、主要活动断裂带深-浅构造耦合，以及活动断裂几何结构、活动习性、运动方式等信息，逐步完善实验场区地震构造与动力学模型。

提升实验场区观测与实验能力。开展新型观测实验；构建立体实验观测系统，探索地震监测布局优化新模式。以观测有效的地震前兆信息为目标，建设观测实验基地，试验并检测新型传感器和观测仪器。针对具体孕震构造模型，利用已有监测台网，增设新的观测手段和站点，构成以潜在地震危险区为中心的，深部、地表至近地空间的立体实验观测系统。

深化地震孕育发生机理的科学认识，促进地震预测预报理论方法创新。建立区域断层段落的运动学和动力学模型；探索基于动力学过程分析的物理预测理论和方法。广泛运用国内外最新科技成果，深入研究区域地球物理场和地球化学参量时空演化、震源区介质物性变化与强震孕育发生的关系，发展地震前兆异常识别和提取技术，发展地震动

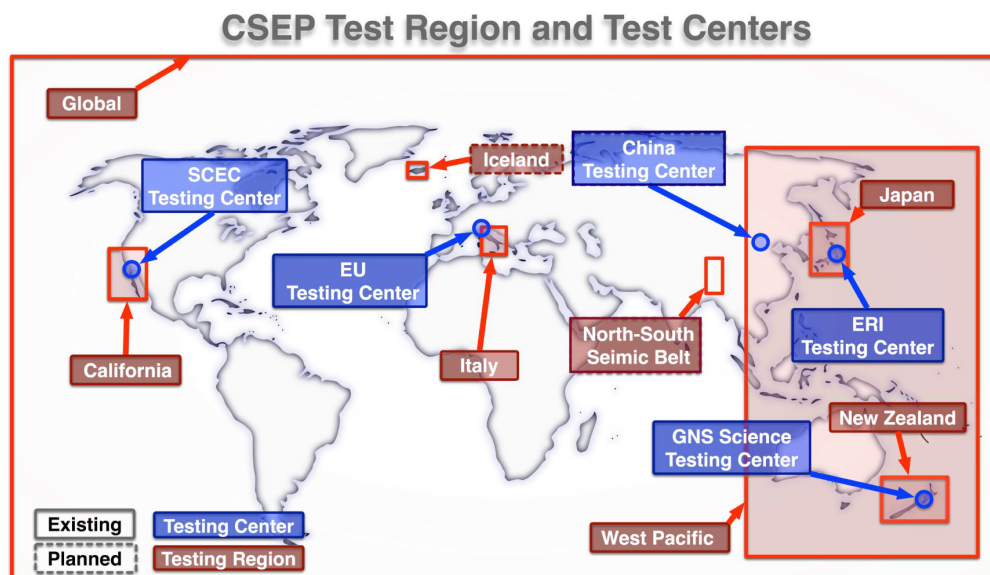


图9 国际地震可预测性合作研究（CSEP）计划的全球测试区（红色矩形）和检验中心（蓝色圆圈）的分布图（引自美国南加州地震中心主任T. Jordan报告）

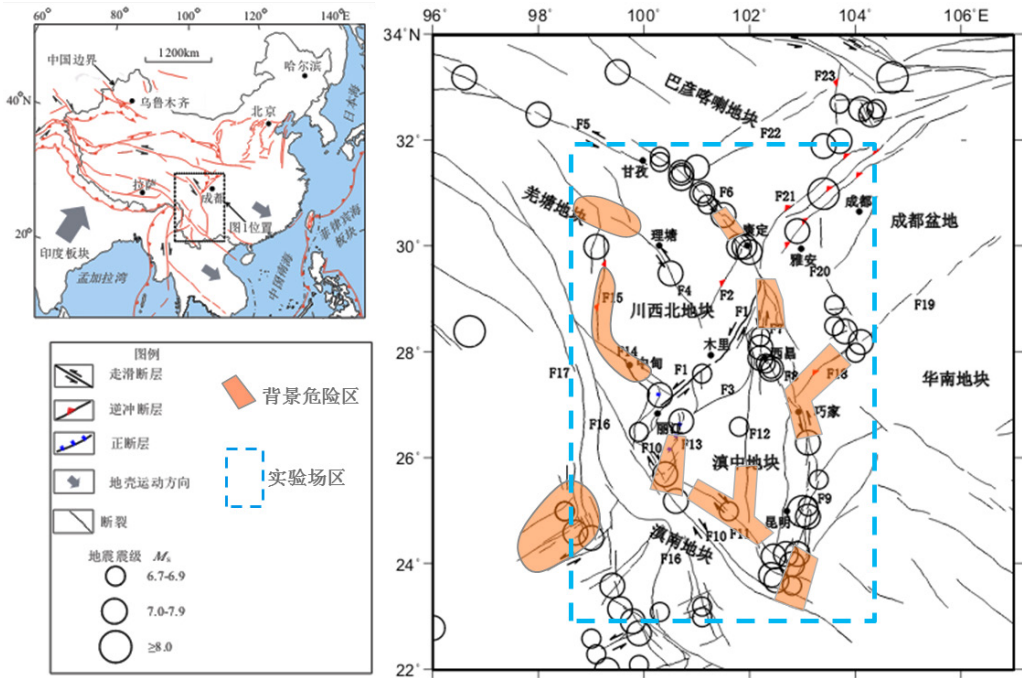


图10 川滇国家地震监测预报实验场示意图

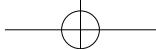
力学概率预测模型的理论方法，为实验场区的地震预测预报，特别是短临预测实践提供支撑。

在国家地震监测预报实验场的指导和带动下，在其他地区特别是重点监视防御区开展有重点、有特色、不同运行模式和合作模式的地震监测预报实验，拓展地震监测预报实验场的模式，同时反过来为国家地震监测预报实验场的建设、运维和完善提供新的经验参考。推动在地震可预测性研究国际合作（CSEP）、APEC地震模拟合作（ACES）等国际和地区性地震预测实验计划中发挥更积极的作用。推进建立两岸三地合作的地震监测预报实验场。

（二）重点项目

1. 城市群地震风险实时监控与预测示范系统

针对面临地震高风险的城市群的地震安全保障需求，构建监控大型活动断裂带变形



附录 3：防震减灾“十三五”专项规划《地震监测预报规划》

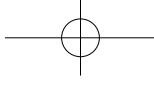
和深部活动的深井综合观测系统，面向发展大震巨灾风险源识别技术方法和软件系统，及建立准真实环境和极端条件下千万人口特大城市建筑地震破坏过程实时模拟和地震灾害风险预测技术系统的需求，为最大限度减轻城市群地区7级以上大地震造成的人员和财产损失，控制地震灾害的规模和程度，防止城市群地区发生的大地震对国家安全和社会稳定造成重大冲击和影响提供监测预测基础。

城市群大型活动断裂带变形和深部活动的深井综合观测系统。在位于或邻近大型活动断裂带的城市群地区，建立基于强抗干扰能力、高测量精度、高分辨率、连续稳定的新型传感器网络的深井综合观测系统，包括深井综合地球物理探测设备实验测试平台和实验环境；研发抗干扰、高精度的井下新型传感器；通过钻井、岩心获取与岩心力学分析，形成我国深井综合地球物理观测钻井技术标准；在京津冀、珠三角和川滇地区分别建设井深100m、200m、600m、2000m和3000m的井下综合地球物理观测仪器测试井，建设大型活动断裂带变形和深部活动的深井综合监控系统原型并进行运行实验。

城市群大地震风险源探测与监控。在城市活动断层和深部结构探测的基础上，综合运用地震学与地质学手段，开展城市群内或附近大型活动断裂深部精细几何和物性结构探测，研究断裂行为特征，评价其发震能力特征、地震活动特征，给出符合本地动力学环境的最可能震源过程。发展基于精细震源模型的高频地震参数模拟技术。研究基于地震学方法并结合有限数量钻孔探测的区域尺度地下介质速度结构探测关键技术，研究适用于巨厚沉积层地区的探测台阵布设原则与探测成果精度控制方法，研究主动震源与被动震源相结合的不同深度介质结构探测方法。基于深井综合观测系统，研究强震孕震环境，监控断层深部微震活动、地下构造微变形，识别影响城市群安全的大震危险源。基于深部气体及同位素观测系统，研究深、浅部流体活动与强震孕育关系，探索抗干扰的地震前兆观测方法。研究盆地和沉积成层结构对强地面运动的影响，识别城市群可能的地震风险源。

2. 地震监测台网优化与技术改造

根据地震监测技术的新发展，在已有地震监测台网的基础上，进一步优化台网布局，对测震台网进行技术改造，建设新一代的地震监测台网。新一代地震监测台网以下述6个特征为新版本的标志：一是以国家地球观象台系列显著提升地震监测台网的科技



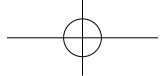
地震预测预报相关的重要科技挑战 **2018年**

水平。二是以“主站+子站”模式显著提升地震监测台网运维的现代化水平。三是以针对破坏性地震潜在危险区的观测集群，显著提升对地震孕育过程的近距离动态监测能力。四是按照主要地震区形成地震监测区，组成不受行政区域限制的区域地震台网，显著提升区内地震监测的精准度水平。

在全国地震台站中优选30~50个核心台站，建立代表国家水平和国家形象的国家地球观象台系列。国家地球观象台以长期稳定的观测环境和优良的基础设施、具有多种观测手段为基本条件，优先考虑建有观测山洞或深井，具有测震、地壳运动、强震动、重力、地磁、地球化学等基准手段的台站。国家观象台按照科技部“观测、研究、示范”的要求，开展科学研究、技术研发、设备中试、预测预报等工作，成为新观测理论、新观测方法、新传感器的实验和中试的场所。

在现有的地震观测网络基础上，突破行政局限，采用“主站+子站”的模式。选取具备较好观测条件、科研条件以及生活基础设施的台站作为主站，以300km尺度为限，勾画活动断裂带或地震重点危险区内的地震台站为子站，根据不同区域的监测特色扩充台站的观测项目、观测手段。具备条件的台站配备一定数量的流动观测仪器，以主站作为控制点或者核心点，以子站、流动站扩充主站的观测手段、观测项目、观测地点。在全国范围构建一个含有100个主站组成的综合台观测网络。主站负责维护所辖监测区内所辖台站技术监测系统的正常运行，开展巡检、维修与升级改造，确保提供连续、可靠的观测数据和信息资料连续、可靠、安全；承担所辖监测区内所辖域地震台站数据整合与分析处理，开展观测系统、观测环境质量评估及设备观测效能评估；及时核实监测区内观测资料异常，开展震情跟踪、分析会商与地震预测预报研究等。通过这一站网的建设，进一步整合地震台站资源，创新地震台站管理机制，加强台站人才队伍建设，逐步完善台站保障措施，提高台站的运行维护能力、数据处理能力、分析会商能力、科学研究能力和社会服务能力。

针对重点监视防御区、年度危险区、地震监测预报实验场、主要发震断层段落，部署面向地震预测预报的“观测密集型”流动台网，近距离捕捉“间震期”变化、同震变化、震后变化和反映地震孕育和成核过程的信息，开展时变地球物理、地球化学过程的研究、实验和监测试验，对地震预测预报相关的理论假说进行实证检验。



附录 3：防震减灾“十三五”专项规划《地震监测预报规划》

从地球动力学角度，根据控制中强震的不同级别活动地块的边界带和地震活动水平，以及较为清晰和相对均匀的地壳结构，划分若干地震观测区域，统筹观测站的布局，形成规范化、标准化地震与综合地球物理监测的基础，并进一步通过对深部构造环境的研究，查明不同层次活动地块的深浅耦合关系和震源体的物理环境；通过对现代地壳运动和变形的研究，确定活动块体的运动方式和速度；通过数学、物理模拟研究，认识地块活动与中强震孕育的关系；通过流动地震实验场的检验，发展大陆强震孕育和成因的理论，指导地震预测并应用于重要经济区的地震灾害评价。

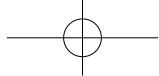
3. 地球物理场监测网络的优化与技术改造

围绕“地球物理监测成场、地球化学监测成网”的目标，针对综合地球物理场（重力、地磁、地电等）观测向高精度、高时空分辨率立体监测网络发展的趋势，地球化学观测网（元素、气体和同位素）向深部和快速便捷监测网发展趋势，完善由流动观测、连续观测和空间对地观测组成的综合立体观测体系，提升全国范围和重点地区综合地球物理场和地球化学观测网信息基本态和连续动态监测能力；重点建设地震多发区的强化跟踪监测台阵，获取地球物理场和地球化学观测网区域微动态变化信息，实现地下构造活动变形与物质迁移等过程探测，开展地震危险区判定与跟踪预测实践。

完善现有综合地球物理场与地球化学观测网络布局。优化组合地表、地下、空间对地观测，更新测点基础信息，初步建立全国成场、区域成网、突出重点的地球物理场和地球化学网动态立体观测体系；在强震多发区建设高精度、无漂移、连续的多物理场融合观测台阵，低成本、高密度气体地球化学观测网，获取震前月尺度微动态变化信息。按照地震的特点和“预期前兆”设计监测系统。

建设卫星地震业务化应用系统，具备系统的电磁、重力、InSAR、红外、高光谱、高分辨率可见光和雷达遥感数据处理、分析与应用能力，以及综合数据管理、业务运控、数据服务等功能。建设相应的数据地面比测与校验系统，具备完善的遥感应用产品检验与质量评价能力，具备实时数据获取、快速数据通信和海量多元信息处理服务能力。

充分利用中国地震局牵头建设的GPS网络工程优势，积极参与国家北斗二代应用系统工程，完成GPS观测网络向北斗系统的迁移改造，建设北斗二代导航系统基准网络。



地震预测预报相关的重要科技挑战 **2018年**

加强地震遥感观测理论与基础研究、电磁和重力等新型地球物理空间信息的处理技术研究、北斗和InSAR等高精度地壳形变获取技术研究、基于空间信息约束的地震动力学与地震遥感应用模型等关键科学问题的预研工作。

发展卫星电磁、卫星重力等数据定标、校验和处理能力，研发基于星地一体化观测信息的全球基本地球物理场建模和反演技术；开展基于DCSS系统，地震监测和预警数据实时传输，地震现场应急通信，地震烈度与灾害数据采集业务系统的试验和示范系统的研制与应用工作。

加大京津冀地区监测网点的优化整合，逐步实现集InSAR、水准、GNSS、重力、地磁监测手段为一体的同网同步监测网络并实现持续的监测机制和监测数据的融合，区域成场；对华北跨断层形变观测网进行优化、升级和改造，适当加密布设观测网点，实现与气体地球化学同场地对断裂带深浅部活动的协同观测。满足京津冀一体化稳步推进对监测预报工作的需求，为北京冬奥会提供地震监测预报信息服务。

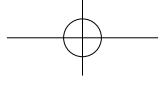
在南北地震带、南北天山结合区域地质构造及断裂带分布情况，布设形变监测台网，除实现InSAR、GNSS、水准、重力、地磁同网同步观测外，在有条件地区增设物理测距等手段，并逐步实现数据获取自动化；对南北带跨断层形变观测网络进行优化、升级和改造，适当加密布设观测网点；布设构造地球化学流动观测剖面 and 断裂带气体地球化学观测连续观测点，为获取强地震危险段和短临阶段信息服务。

在长三角地区，基于现有监测台网、预警台网和速报台网，在重点区域增建以形变监测手段为主的监测台网，区域成场。逐步实现海域地震监测和长三角地区的常规化地球物理场观测。

在东南沿海地区，加大监测区域的覆盖，实现集InSAR、水准、GNSS、重力、地磁监测手段为一体的同网同步监测网络，区域成场。建设基于海岛的GNSS形变监测网络，全面推进海域地震监测和地震海啸预警系统建设。

在新疆于田等多火山地区，建设新的火山监测台站，研究火山孕育和地震发震机制。

优化综合地球物理场与地球化学台网观测系统，提高观测系统的可靠性与抗干扰能力，丰富观测信息。完善地球物理与地球化学观测仪器测试与检定设施，建立空间与地



附录 3：防震减灾“十三五”专项规划《地震监测预报规划》

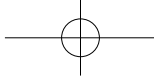
表观测数据相互检校场地和设施，实现地震地球物理场与地球化学信息动态观测基准的统一。在大华北地区合理布设一定数量的深层基岩标，建设更为稳定的形变监测框架，获取科学客观的形变信息，消除地面沉降等因素的影响。升级观测技术，发展自主监测能力，逐步建成集传统形变监测和新型监测手段为一体的监测网络。建设高频GNSS实时数据流平台，开展高频GNSS准实时数据处理与分析，以此为依托开展GNSS辅助地震预警技术，为同震形变快速测定、地震震源定位、断层破裂模型等提供数据。在重点区域优化地球化学观测台站实验室，改善观测环境，提高抗干扰性，形成服务于地球化学背景观测与震情强化跟踪异常分析能力。

固定观测与流动观测相结合，提升全国及区域地球物理场时空变化信息的动态获取能力。修订我国现有的地壳运动观测标准，适当缩短流动站观测时间，提高观测效能；流动观测突出重点。实现全国重力、GNSS等全国网每年一期复测，重点区域根据震情增加复测期次，局部增加InSAR等监测手段。区域水准、国家地磁网3~5年复测一期，重点区域根据震情增加复测期次，逐步实现常态化的地球物理场观测。制定我国地震构造地球化学观测标准，完善流动地球化学观测网络，实现对主要强地震孕育断裂带的动态监测，提升对区域构造活动的地球化学信息连续获取能力。

基本态与微动态观测相结合。通过大尺度地壳运动背景场监测获取中国大陆构造运动的基准态信息；通过重点监视区时间域的加密观测获取中国大陆主要构造块体间和块体内部运动的精细图像、中强地震的同震运动形态、主要断裂带和地震带的运动学参数。

加强观测数据的动态分析。建设基于网络服务和数据融合的处理平台，实现基于不同处理软件的形变监测数据的及时自动化处理，更及时地产出地壳运动三维速度场、地震形变场、断层活动信息、断层滑动速率等产品。开展基于多卫星系统观测数据融合的变形分析理论和方法研究，分析重点构造活动区域现今运动的时变位移场及断裂带应力调配方式与瞬变的时空特征。

加强多物理场观测融合。推动GNSS网、水准网、重力网，InSAR等相关观测网络的联接和数据融合，获取质量更高、含义更加清晰的地球物理场信息产品。研究多时空尺度地球物理场模型构建方法，建立中国大陆及重点地区地球物理场背景模型（基本



地震预测预报相关的重要科技挑战 **2018年**

态)和动态模型(微动态)。发展地球物理场模型及产品可视化应用平台,编制短期和中长期物理场及其变化的数据产品,并实现成果共享。

开展基于多物理场观测的地震预测研究。综合空间大地测量(GNSS、InSAR、卫星重力)、水准、强震仪、全频域地震观测仪、连续重力仪等立体观测技术,进行监测台网优化和同址观测,检校、分析、融合各手段观测数据,为区域物性、断层活动及地震预测提供可靠的约束。研发基于构造活动数理模型的异常核实分析技术;建立地球物理场监测预报效能评估系统;构建不同区域和不同时空尺度的中短期地震预测指标体系;进行基于动力学的地震数值预测实践和检验。

五、实施保障

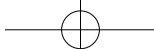
(一) 深化体制改革

1. 组织监测预报20年发展设计

阶段性目标和长期性目标相结合,以5年为一时段,每2年左右予以优化完善,进行20年发展设计。科学确定台网分类。设计各类固定观测台网最佳结构,设计各类流动观测系统最佳结构及定期观测频次,协同构建多学科、高精度、高分辨和实时动态的多维监测网络,实现地球物理成场,地球化学区域成网的观测。以科学探索、理性担当,设计地震预测整体布局,建立长、中、短临多路探索机制。注重发挥长、中、短临预测预报成果在防震减灾中的各自作用。下决心优化地震观测系统,在“真”和“实”上发力;沉下心加强地震科学研究,在“系统”和“综合”上着眼。重视地震预测科学探索和地震科学发展的新机遇。

2. 组建虚拟地震监测预报技术研究院

在不改变现有机构编制体制的前提下,建立虚拟地震观测技术研究院(E-Institute),成立以目标为核心纽带,实行创新机制的分布式全新概念机构,汇聚和优化全局各单位优秀人才和优秀团队,作为监测技术支撑的主要力量,打造监测理论方法、技术手段、仪器研发的基地,在更高层面形成有机整体,成为监测领域的“思想源泉、理论家园、学术论坛、人才摇篮”。



附录 3：防震减灾“十三五”专项规划《地震监测预报规划》

3. 推进地震仪器研发机制改革

建立地震仪器研发孵化器。设立专项资金。对技术定型、产量可观的地震仪器（如测震设备、强震动设备）采用市场道路；对技术定型、产量微弱的设备（如地磁观测设备）采用独家采购保护；对仪器尚未完全定型、处于研发阶段的（如绝对重力仪、超导重力仪、脉冲电离室测氦仪等）采用孵化器扶植哺育。对仪器研发者建立智力分成激励新机制，将研发和生产销售维护分离开来，使其既能发挥各自专长，又能尊重各自专长的特色，同时能使各自长久专注于自己的专长。

4. 推进会商机制改革

打造以会商制度改革为龙头的预测新机制。完善会商体系、加强组织管理和条件保障，强化技术平台、数据资源和理论方法的基础支撑。在数据资源方面，与监测和科技产出实时无缝衔接，保证最大限度获取。在理论方法方面，努力探索新途径，广泛运用国内外最新科技成果，探寻创新地震预测预报方法和理论，逐步使地震预测从经验预测走向理论预测。鼓励不同学术观点的百家争鸣，同时坚持科学标准。建立地震预测准确度评价体系。根据区域特点、思路、想法长远考虑，不断完善会商系统。保持震情跟踪的延续性。

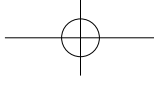
5. 改革和定型监测预报运维模式

打造和定型以省级和区域级监测中心为主体的运维体系。定型以台站为主体的观测体系运维模式。推进一般地震台站运维实施“有人看护、无人值守、远程维护、多维产出”的新模式；观测设备运行走向自动化；有人看护逐步走向本土化；形成软件问题主要靠网络在线修复、硬件问题主要靠整机更换的运维支持体系。

（二）完善保障机制

1. 加强地震预警相关的法规建设

完善地震预警相关的法规标准。明确预警信息发布权限和程序，对预警系统建设、预警信息发布责任主体、发布条件、发布内容、发布方式及预警应急行动等进行全面规范，确保地震信息检测的准确性，预警信息发布的及时性，社会应急行动的有效性。与



地震监测预报相关的重要科技挑战 **2018年**

教育、气象、宣传、广电、工信等部门，铁路、水利、核电等特殊行业，以及各类传播媒介合作，充分利用社会与公共资源，通过技术标准和行业要求规范社会组织参与地震预警工作。

2. 加强地震监测预报标准工作

加强地震监测预报的标准建设。构建新一代地震震级标度体系，完善大震应急产出规范和技术要求。加强地震观测仪器的计量检定及标准化工作。依法保护地震观测环境；促进地震观测设施的抗干扰技术升级。

3. 建立监测预报规制体系

逐步确立充实监测预报管理规制体系，逐步过渡到以客观规制为唯一依据，以规制化管理逐步替代人治化管理。建立基于网络的监测预报管理信息系统，涵盖监测预报全员，涵盖监测预报全资源，涵盖监测预报全过程，推行在线精细化管理，建立现代信息化管理互动模式。除完成日常工作外，充分利用管理信息系统开展在线会商、联合办公、互动交流和技术培训。

4. 构建监测预报运维定额体系

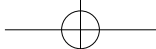
逐步定型监测预报运维模式，实行定员和定额改革。研究构建运维定额体系，依照国家现有取费定额，参照兄弟部门取费定额，科学测算自身取费定额，作为预算和项目设计的取费依据。

5. 推进监测预报文化建设

打造全员创新和追求卓越的监测预报文化。倡导监测预报从业者人人创新，“美化观测环境融入自然，革新观测技术趋于完美，完善预测方法提高水平，优化运行规程提升管理”。谨防学习消极和能力停滞的风气滋生，倡导“勿以事艰而退缩、勿以事小而不为”，敢于担当解决科学难题，脚踏实地弘扬严谨作风。

6. 加强监测预报人才队伍建设

打造修为高尚和职业睿智的监测预报团队。通过招收知名院校优秀毕业生、培训提高现有人员素质、吸引局外优秀人才等途径，全面提高监测预报人员的整体能力水平。考虑中、东、西部不同类型地震局的经济条件、技术条件、人才条件的差异，进行分类规划指导，推进在省局建立二级研究所；建立双向锻炼挂职互动机制，在局系统内推行



附录 3：防震减灾“十三五”专项规划《地震监测预报规划》

国家局与基层单位监测预报干部双向交流挂职锻炼。

7. 加强规划实施的组织领导

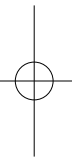
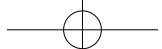
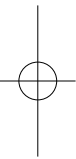
切实加强领导，落实责任清单，注重目标考核。统筹协调资源，组织精锐力量，加大工作投入。妥善处理好充分利用已有资源和积极创造新资源之间的关系；科学处理好研究、发展、应用、运维、服务之间的关系；统筹处理好与总规划和各专项规划之间的关系。推进发展符合中国实际的监测预报理论、定型现代化的监测预报成果转化体系、形成先进的地震监测预报科技产品体系。

8. 建立信息化平台，推送管理信息化

建立基于网络的监测预报管理信息系统，涵盖监测预报全员，涵盖监测预报全资源，涵盖监测预报全过程，推行在线精细化管理，建立现代信息化管理互动模式。除完成日常工作外，充分利用管理信息系统开展在线会商、联合办公、互动交流和技术培训。

附表 “十三五” 监测预报规划细化指标

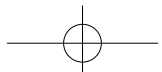
	“十二五” 结束时达到水平	“十三五” 结束时预期水平
地震监测能力 (全国)	测震台网对全国地震监测能力达到2.5级	全国地震监测能力达到2.0级
地震监测能力 (重点地区)	地震重点监视防御区地震监测能力达到1.5级，中东部人口密集的主要城市达到1.0级；中东部定位精度为5km	地震重点监视防御区地震速报能力达到1.0级，中东部地区定位精度优于5km
地震监测能力 (薄弱地区)	青海、新疆、内蒙古、西藏自治区内及沿岸近海地区地震监测能力3.0级。西部定位精度为10km	青海、新疆、内蒙古、西藏自治区内地震监测能力达到2.5级。西部定位精度为5km
监测台站 (地震)	全国1098个测震台、平均台站间距88km，1803个强震台、平均台站间距72km，京津冀、川滇交界和福建沿海部分区域940个烈度仪台站，台站间距约12km	全国1960个基准站（测震台）、3309个基本站（强震台）、10241个一般站（烈度仪台），重点区（平均台站间距13km，其他地区平均台站间距53km
监测台站 (地磁)	137个地磁台站，1个海域地磁台（西沙永兴岛） 86个地电阻率台站，118个地电场台站 3个地磁观测台阵，2个地电阻率台阵，2个地电场台阵	1.全国背景场监测网 (1) 在新疆、西藏等腹地，在青海、西藏、四川交界地区，在新疆、黑龙江、内蒙古等边境增建若干电磁综合台站 (2) 在蒙古国靠近我国边境地区建立2~3个地磁连续观测台站 (3) 对一些台站受观测环境、观测仪器等的台站进行迁址、观测系统升级等改造 (4) 发展抗干扰能力强的观测手段，采用人工源技术压制环境电磁干扰 2.地震多发区监测网 (1) 在南北地震带、川滇、新疆和首都圈地区补充建设电磁台站，使其台站密度尽可能达到台站间距100~200km的布设要求，在多发地区形成有效覆盖



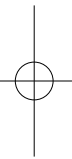
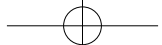
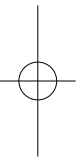
附录 3：防震减灾“十三五”专项规划《地震监测预报规划》

续表

	“十二五”结束时达到水平	“十三五”结束时预期水平
监测台站 (地磁)	137个地磁台站, 1个海域地磁台 (沙永兴岛) 86个地电阻率台站, 118个地电场 台站 3个地磁观测台阵, 2个地电阻率台 阵, 2个地电场台阵	(2) 在上述地区已有或新建台站进行观测系统升级改造, 配置地磁场、 地电场、极低频电磁场、电磁扰动和地电阻率测项, 尽可能实现电磁综合观测 (3) 在上述地区建立地磁、地电阻率、交变电磁流动观测系统, 包括测 点和流动观测仪器, 开展定期重复测量 (4) 在川滇和首都圈地震预报试验场区, 在已有或新建台站基础上, 各 新建3~4个井下地电观测台站, 以试验井下地电观测技术; 以不大于100km 的台站间距在局部地区加密布设地磁变化和电磁扰动观测站, 以探索建立深 部电阻率年度预测、地磁空间相关中短期预测、地磁场垂直极化地震短临预 测、地磁内源场的地震短临预测方法与指标
监测台站 (流 体与地球化学)	(1) 国家水位、水温监测台网: 水位台站73个; 水温台站75个 (2) 国家氦、汞监测台网: 氦台 站71个; 汞台站31个 (3) 国家气体、离子及其他组分 监测台网: 台站33个 (4) 区域水位、水温监测台网: 水位台站79个; 水温台站72个 (5) 区域氦、汞监测台网: 氦台 站42个; 汞台站18个 (6) 区域气体、离子及其他组分 监测台网: 台站21个 (7) 地震地球化学区域观测中心站: 10个 (8) 市县台网: 约433个台站, 其 中178个台站接入国家监测台网 (9) 流动地下流体台网: 2个 (首 都圈、西北), 测点计53个 (10) 流体观测台阵: 2个 (西 昌、天祝), 子台计7个	(1) 国家水位、水温监测台网: 新建水位台站25个、水温台站25个; 更 新水位仪器50套、水温仪器50套 (2) 国家氦、汞监测台网: 新建氦台站20个、汞台站20个; 更新氦仪器 45套、汞仪器25套 (3) 国家气体、离子及其他组分监测台网: 新建台站20个; 更新23个观 测站仪器115套 (5类) (4) 区域水位、水温监测台网: 新建水位台站40个、水温台站40个; 更 新水位仪器50套、水温仪器50套 (5) 区域氦、汞监测台网: 新建氦台站20个、汞台站10个; 更新氦仪器 35套、汞仪器16套 (6) 区域气体、离子及其他组分监测台网: 新建台站20个; 更新21个观 测站仪器105套 (5类) (7) 地震地球化学区域观测中心站: 新建中心站15个, 更新10个区域中 心站仪器50套 (5类) (8) 市县台网: 新建180~260个台站, 其中400个台站接入国家监测台 网, 更新水位、水温和化学量仪器共350套 (9) 流动地下流体台网: 新建20个流动地下流体台网, 监测重点危险区 断裂带30条以上, 每个断裂带5~7剖面, 每个剖面10~15个测点



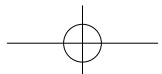
	“十二五”结束时达到水平	“十三五”结束时预期水平
监测台站 (流体与地球化学)	(11) 2条高密度地热线, 观测点30个	(10) 观测台阵: 在川滇地震预报实验场、天山地震带和首都圈监测区建设4个观测台阵 (11) 新建高密度地观测网5个, 测点75个 (12) 新建高密度断层气监测台网, 主要测项为氢气、氦气、二氧化碳; 每个台网9-15个测点; 云南3个、四川2个、新疆4个 (含泥火山观测)、甘肃1个、宁夏1个、首都圈1个、晋冀蒙交界1个、苏鲁皖交界1个, 总计14个 (13) 新建地下流体深井综合观测站20个, 主要测项为水位、水温和化学量气体组分
监测台站 (次声)	在川滇地区、新疆地区、首都圈地区, 共14个次声监测台站	(1) 川滇地区: 新建次声波台站6个, 新建风速联合观测设施6个, 达到14个次声监测台站, 其中风速次声波联合观测8个 (2) 新疆地区: 新建3个次声监测台站; 新建一个3点次声观测台阵, 该地区总次声台站数达到15个 (3) 首都圈地区: 新建1个次声监测台站, 保持该地区4个次声台站规模
流动监测 (地震)	(1) 32个应急流动观测系统, 291套地震仪器 (2) 配置的流动地震观测仪器总数为1280套	(1) 在原有应急流动观测系统基础上, 在100个综合台中有条件的主站配置部分流动设备 (2) 实施台间距30~50km、800个以上宽频带地震台组成的流动密集地震台阵的大规模观测
流动监测 (地磁)	地磁图测点1266个, 南北天山、大华北、南北地震带3大监视区测点682点	“十三五”预计地磁图测点1500个, 地震多发区测点1271个
空间对地观测能力	正常开展GPS业务化观测, 同时开展了北斗系统应用探索; 开展了InSAR技术、卫星重力和高光谱遥感技术应用研究	到2020年, 建成覆盖我国大陆及海域的立体地震监测网络的空间段, 初步建成覆盖主要物理场的天地一体化信息比测与校验系统, 建成卫星地震综合应用业务化系统。具备多圈层、多块体和多物理场同步监测能力, 以及全球震例获取和基本地球物理场建模能力
海域地震观测能力	无	在南海、黄海地区初步形成观测能力



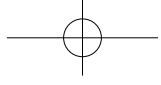
附录 3：防震减灾“十三五”专项规划《地震监测预报规划》

续表

	“十二五”结束时达到水平	“十三五”结束时预期水平
地震预警能力	无实际地震预警能力，部分区域具备试验能力	在华北、南北地震带、东南沿海和新疆天山中段形成完善的地震预警能力，在其他地区形成远场大震预警能力
地震速度预报能力	北京、天津、兰州、乌鲁木齐、昆明5大城市具有烈度速报能力。其他地区无烈度速报能力	在华北、南北地震带、东南沿海和新疆天山中段形成基于乡镇实测值的烈度速报能力，在其他地区形成基于县级城市实测值的烈度速报能力
地震应急处置类产品	一般在震后2小时左右陆续产出主震参数、余震序列、震源机制、历史地震分布、震中附近台站分布、地震构造应力图、地震断层构造图、破裂过程等十几种产品，汇集方式传统，人工制作成分多，信息化服务能力较差	在已有产品基础上增加地震预警信息（原地报警、灾害性预警、警戒性预警、远场大震预警等）、地震烈度速报信息等，进一步丰富地震动参数速报信息。信息发布具备智能推送，亚秒级发布，1秒覆盖千万用户能力
分析预报技术系统建设	(1) 梳理了一些强震短临危险性判定方法 (2) 积累了强震短临危险性判定基础和成果 (3) 研发了一些强震短临危险性判定技术	(1) 给出强震短临危险性判定方法效能检验和判定指标体系 (2) 建立强震短临危险性判定方法准入评价体系和机制 (3) 给出强震短临危险性判定基础和成果数据库3套 (4) 给出强震短临危险性判定关键技术实用化软件3套 (5) 形成分析预报技术系统构建方案
川滇地震预报实验场	(1) 完成了川滇地区活断层探查工作 (2) 积累了川滇地区地震目录、震源机制、台阵观测数据 (3) 积累了川滇地区多期大地测量数据 (4) 积累了川滇地区丰富的震例研究成果，初步探索了概率预测方法的相关技术环节	(1) 建立川滇地区主要活动断裂的统一断层模型1.0版 (2) 给出若干重点断裂带区域高分辨率的三维结构模型，横向分辨率达3~5km；给出典型构造区高精度震源参数数据库 (3) 形成一套区域统一大地测量模型构建的关键技术，形成一套断层分段运动模式和应力演化过程分析的关键技术 (4) 给出不同类型强震在不同孕震阶段的识别方案，形成一套强震动力学概率预测模型及构建技术
地震烈度速报与预警时间	震后20秒左右生成预警信息，20分钟实现烈度速报	地震发生后，数秒发布预警信息，2~5分钟发布烈度速报信息



	“十二五”结束时达到水平	“十三五”结束时预期水平
地球观象台	7.5个, 基本为单一学科配置	建成约30~50个国家级地震观象台, 建有观测山洞或深井, 具有测震、地壳运动、强震动、重力、地磁、地球化学等基准手段
综合地震台	11个试点台站	150个左右的综合地震台, 根据不同区域的监测特色扩充台站的观测项目、观测手段, 具备条件的台站配备一定数量的流动观测仪器
E-研究院入驻单位	10余个	20个以上
仪器检定检测及相关监测工作的标准制定	截至“十二五”, 已颁行监测预报相关标准70个(含国标6个), 其中仪器检定检测相关18个	新制定监测预报相关标准20个以上, 拟修订3个。其中仪器检定检测相关标准7个
研制仪器及软件型号版本	GM4型磁通门磁力仪、FGM型磁通门磁力仪、FGE型磁通门磁力仪(丹麦)、GSM-90 OVERHAUSER 磁力仪(匈牙利)、MINGO 01 磁通门经纬仪(匈牙利)、M15组合观测主机、FHD-2B 质子分量磁力仪	自动化地磁绝对观测系统、拥有自主知识产权的高精度地磁总强度 OVERHASER 磁力仪、研发避免环境干扰的井下地磁组合观测系统、简易型、阵列式地震监测仪器
为社会提供的预测类公共服务	(1) 十年尺度重点监测防御区预测结果 (2) 1~3年尺度地震形势中期预测结果 (3) 年度地震危险区预测结果 (4) 下半年地震趋势预测结果 (5) 宏观异常现象核实结果	(1) 十年尺度重点地震危险区发震紧迫程度判定结果 (2) 年尺度地震形势预测结果及不确定性分析 (3) 年度地震危险区及发震概率结果 (4) 年度地震趋势与危险区滚动会商预测结果 (5) 宏观异常现象核实报告
为科技界提供的共享科学数据	60%历史地震数据在线管理服务 70%地震数据开发与共享服务 固定电磁台网产出的原始数据、预处理数据和产品数据 流动地磁台网产出的地磁图和产品数据	(1) 实现80%的历史地震数据在线管理服务 (2) 90%的地震数据开发与共享服务 (3) 固定电磁台网产出的原始数据、预处理数据和经过深加工的产品数据、流动地磁台网产出的地磁图和经过深加工的产品数据
泛亚地震台网	缅甸、老挝、巴基斯坦、印度尼西亚等共40个台站	初具规模, 新建26个、改建10个, 台站总数达66个



附录 4: 《国际地震动态》“地震预测预报20年发展设计研讨专栏” 文章目录 (截至2017年12月)

- [1] 毕金孟, 蒋长胜. 2017. 可操作的地震预测 (OEF) 研究的一些借鉴意义. 国际地震动态, 2017年第1期: 5~11, doi: 10.3969/j.issn.0235~4975.2017.01.002.
- [2] 张晶, 江在森. 2017. 有关我国形变监测预报发展的几点建议. 国际地震动态, 2017年第2期: 3~6, doi: 10.3969/j.issn.0235~4975.2017.02.003.
- [3] 张盛峰, 张永仙, 蒋长胜. 2017. CSEP混合地震预测模型研究进展及启示意义. 国际地震动态, 2017年第3期: 3~8, doi: 10.3969/j.issn.0235~4975.2017.03.003.
- [4] 黄辅琼, 张晓东, 曹则贤, 李建平, 李世海. 2017. 关于推进数值地震预测的思考. 国际地震动态, 2017年第4期: 4~10, doi: 10.3969/j.issn.0253~4975.2017.04.004.
- [5] 龙锋, 阮祥. 2017. 诱发地震带来的挑战及研究前景. 国际地震动态, 2017年第5期: 11~15, doi: 10.3969/j.issn.0253~4975.2017.06.002.
- [6] 付虹, 倪喆. 2017. 从云南地震预报实践探讨地震中短期预测的新途径. 国际地震动态, 2017年第6期: 2~8, doi: 10.3969/j.issn.0253~4975.2017.06.002.
- [7] 邵志刚, 武艳强, 江在森, 刘琦. 2017. 中国大陆强震中期综合预测工作简介. 国际地震动态, 2017年第7期: 14~23, doi: 10.3969/j.issn.0253~4975.2017.07.004.
- [8] 高立新. 2017. 内蒙古地震预测回顾与期望. 2017年第8期: 14~17, doi: 10.3969/j.issn.0253~4975.2017.08.002.
- [9] 吴忠良. 2017. 从IAG-IASPEI联合学术大会专题看目前地震预测预报的科学发展议程. 国际地震动态, 2017年第9期: 9~11, doi:10.3969/j.issn.0253~4975.2017.09.003.
- [10] 钟羽云, 刘喜亮, 龚俊, 阚宝祥, 徐梦林. 2017. 浙江地震监测预报实践中的困难与设想. 国际地震动态, 2017年第10期: 13~18, doi:10.3969/j.issn.0253~4975.2017.10.003.
- [11] 吴忠良, 刘杰, 刘瑞丰, 蒋长胜. 2017. 面向减轻地震灾害风险的地震预测预报公共服务清单建议. 国际地震动态, 2017年第11期: 10~14, doi:10.3969/j.issn.0253~4975.2017.11.003.
- [12] 李自红. 2017. 山西南部几次中强地震预测的体会. 国际地震动态, 2017年第12期: 10~14, doi:10.3969/j.issn.0253~4975.2017.12.003.

附录 5：我国地震预测预报工作的一个评估¹⁷

一、中长期地震预测

1. 全国的地震中长期趋势预测

地震趋势预测研究结果认为：

(1) 2006—2020年，我国大陆可能发生10次左右7级以上地震，出现多次持续几年的7级以上地震的集中活跃时段，最高地震震级将达到7.5级，不排除发生8级地震的可能性。

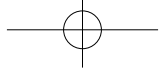
(2) 7级以上地震活动的主体地区将在我国西部，尤其是南北地震带会发生数次7级以上地震。

(3) 中国大陆东部的地震活动水平为6~7级，华北地区将发生多次6级以上地震，最高地震震级有可能接近7级；东北地区和东南沿海地区会发生数次6级左右地震。

中国大陆判定了27个2006—2020年地震重点危险区(东部：东经117° 以东， $M_s \geq 6$ ；西部：东经117° 以西， $M_s \geq 7$)：

- | | |
|----------------------------|-----------------------|
| 1) 北天山断裂带中段； | 14) 安宁河、大凉山断裂带； |
| 2) 南天山断裂带中段； | 15) 金沙江断裂带南段—红河断裂带北西段 |
| 3) 南天山断裂带西段—西昆仑
断裂带北西段； | 16) 楚雄—建水断裂带—小江断裂带南段； |
| 4) 西昆仑断裂带东段； | 17) 澜沧—龙陵断裂带 |
| 5) 喀喇昆仑—嘉黎断裂带中段； | 18) 松辽盆地南西缘； |
| 6) 喜马拉雅逆冲断裂带中西段； | 19) 渤海海峡及邻区； |
| 7) 喜马拉雅逆冲断裂带中东段； | 20) 燕山断裂带中西段； |
| 8) 祁连山断裂带中西段； | 21) 河套断裂东段； |
| 9) 祁连山断裂带东段； | 22) 贺兰山东麓断裂带—河套断裂西段； |
| | 23) 南黄海及沿岸； |

¹⁷ 本附录为中国地震局监测预报司在2008年汶川地震后进行了一个系统调研结果。



附录 5：我国地震预测预报工作的一个评估

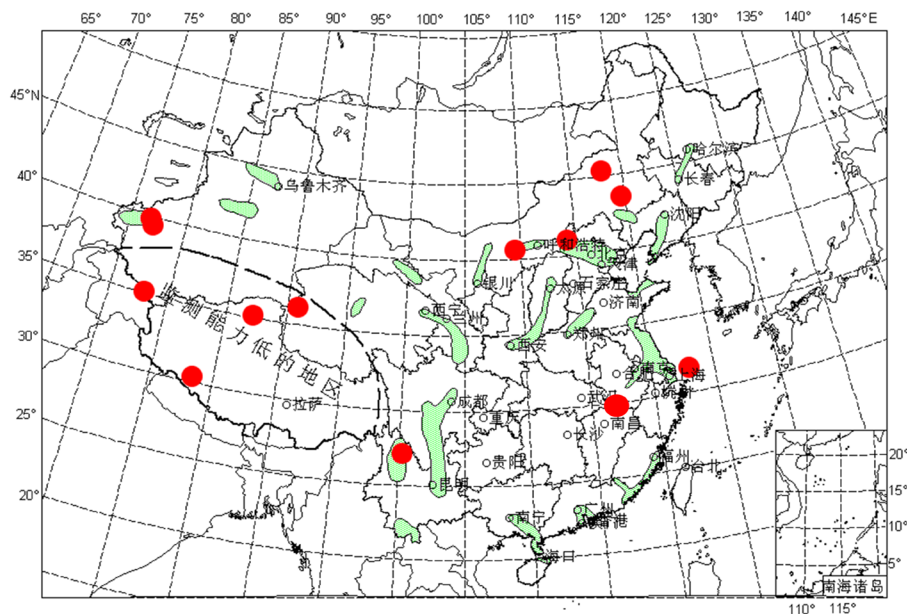
- | | |
|------------------|--------------------|
| 10) 西秦岭断裂； | 24) 华北平原断裂带南段及附近； |
| 11) 东昆仑断裂带东段； | 25) 汾渭断裂带中南段； |
| 12) 甘孜玉树断裂带中段； | 26) 长乐—南澳断裂带； |
| 13) 鲜水河断裂带中段—龙门山 | 27) 北部湾东北—粤桂琼交界地区。 |
| 断裂带中—南段； | |

2. 地震的实际活动情况

1900—2008年，我国大陆共发生5级以上地震2302次，6.5级以上地震209次，7.0级以上地震76次，8级地震9次。

同期，日本发生7级以上地震139次，8级地震11次。美国加州7级地震18次，8级地震1次。中国大陆地震活动水平略低于日本，但远高于美国加州活动水平。

基于十年尺度地震危险区、危险性、灾害损失预测研究确定的全国地震重点监视防御区，是中长期预测研究的代表性成果。自20世纪90年代以来，中国地震局相继开展了1996—2005年、2006—2020年全国地震重点防御区预测研究，结果如下。



1996—2005年全国地震重点监视防御区与地震活动实况
(西部6.7级、东部5.7级以上地震)

根据1996年1月至2005年12月地震活动统计资料,地震造成人员死亡总数为808人,其中,在重防区内地震($M_s \geq 5.0$)造成的人员死亡人数为744人,占总和的92%;地震造成直接经济总损失是人民币188.4亿元,在重防区内的直接经济损失为128.9亿元,占总和的69%,达到了预期科学目标(以15%的国土面积覆盖60%的人员伤亡和经济损失)。

2006—2020年重防区判定意见已上报。2007年6月3日云南宁洱6.4级地震不在重防区内,2008年5月12日汶川8.0级地震发生在“18. 成都—龙门山中南段地区”内。

总体分析重防区预测效果,可以得出以下两点结论:第一、以重防区为代表性结果的中长期预测,对7级左右及以上地震、人员伤亡和灾害损失的预测效果较好。第二、重防区预报意见,能够作为科学参考依据,在以有限的人力物力,围绕重点区域,有重点地加强监测预报、抗震设防、应急应对能力建设,以提升全国防震减灾综合能力的对策实施中,发挥重要的指导作用。

二、中短期地震趋势预测

自20世纪70年代初以来,中国地震局每年年初召开全国年度地震趋势会商会,其主要结果以全国地震重点危险区判定意见方式上报。以下为2000年以来年度危险区判定结果与实际地震活动(有监测能力地区的6级以上地震)对比。

表1 2000年以来全国有监测能力地区6级以上地震年度及短临预报统计

序号	地震时间-地点-震级	年度危险区 预测	短期预测	临震预测
1	2000年1月15日-6.5级-云南姚安	✓		
2	2000年8月12日-6.6级-青海兴海	✓		
3	2001年2月23日-6.0级-四川雅安			
4	2001年10月17日-6.0级-云南永胜	✓	✓	
5	2003年2月24日-6.8级-新疆巴楚	✓	✓	
6	2003年4月14日-6.6级-青海德令哈			
7	2003年7月21日-6.2级-云南大姚	✓		

附录 5：我国地震预测预报工作的一个评估

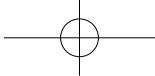
续表

序号	地震时间-地点-震级	年度危险区 预测	短期预测	临震预测
8	2003年10月16日-6.1级-甘肃民乐	✓	✓	
9	2003年10月25日-6.1级-云南大姚（双震）	✓	✓	
10	2003年12月1日-6.1级-新疆昭苏			
11	2005年2月15日-6.2级-新疆乌什			
12	2007年6月3日-6.4级-云南宁洱	✓	✓	
13	2008年5月12日-8.0级-四川汶川（6级余震8次）			
14	2008年8月30日-6.1级-四川攀枝花	✓	✓	
15	2008年10月5日-6.8级-新疆喀什（6级余震2次）	✓		
		67%	40%	0%

由表1可见，年度危险区对于6级地震的预测效果较好。

表2 2000年以来短期预报成功震例统计

序号	地震时间-地点	震级	单位	证明单位
1	2000年1月27日-云南丘北、弥勒间	5.5	云南省地震局	云南省地震局
2	2001年4月12日-云南施甸、龙陵间	5.9	云南省地震局	云南省地震局
3	2001年10月27日-云南永胜、宾川间	6.0	云南省地震局	云南省地震局
4	2003年2月24日-新疆伽师	6.8	新疆维吾尔自治区地震局	新疆维吾尔自治区地震局
5	2003年10月16日-云南大姚	6.1	云南省地震局	云南省地震局
6	2003年10月25日-甘肃民乐、山丹间	6.1	甘肃省地震局	甘肃省地震局
7	2006年7月22日-云南盐津	5.1	云南省地震局	云南省地震局
8	2007年6月3日-云南宁洱	6.4	云南省地震局	云南省地震局
9	2008年8月30日-四川攀枝花	6.1	攀枝花市防震减灾局、西昌地震中心站、凉山州防震减灾局	四川省地震局



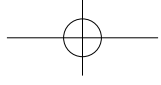
地震预测预报相关的重要科技挑战 **2018年**

1950年以来，我国每年平均发生20次左右5级以上地震，3~4次6级地震。2000年以来，在有监测能力地区发生90次左右5级以上地震（截至2008年10月14日），15次6级地震。

2000年以来，基于周、月会商工作机制，通过密切跟踪地震活动与前兆异常变化，在部分5级、6级地震发生前作出了一定程度、较为准确的短期预报，并得到了当地政府的认可，见表2。

短期预报水平可以表述为三点。第一，总体水平不高；第二，对比5级、6级地震的短期预报情况，5级地震预报成功率仅为3%，6级地震预报成功率相对较高，达到40%。第三，2000年以来，在有监测能力地区没有发生7级地震，但在汶川8.0级地震前，没有作出短期预报。

综合分析认为，基于周、月会商的震情跟踪工作机制，最为适合于6级地震的短期预报。

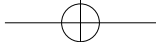


后 记

《地震预测预报相关的重要科技挑战》（2017年版）包括五章：地震预测预报的现状；地震预测预报工作的思路和目标；地震预测预报工作的重点和布局；地震预测预报工作的重要实践议程；地震预测预报研究探索的重要科学议程。作为背景材料，在附录中汇集了《地震预报管理条例》（附录1）、《中华人民共和国防震减灾法》规定的地震工作主管部门的地震监测、地震预测责任（附录2、3）、《国家地震科学技术发展纲要（2007~2020年）》提出的与地震预测预报有关的重点领域、发展思路和优先主题（附录4）、IRIS战略研究报告（2008）提出的与地震预测预报有关的重要科学问题（附录5）、与地震监测预报有关的行政法规和国家与行业标准目录（附录6）、科技部关于“技术成熟度水平”的定义（附录7），以及作为前一段地震监测预报工作的指导的中国地震局《关于加强地震监测预报工作的意见》（附录8）等。

现在的2018年版是2017年版的继续。第一章简要概括了2017年版中的认识和建议；第二章重点讨论与地震预测预报相关的新的科技挑战，主要是对观测设施和观测系统的挑战；第三章重点讨论地震预测预报的公共服务清单问题。在撰写后两章的过程中，还邀请了“二十年发展设计”工作组之外的专家（见相应的脚注），这样，工作组的专家在一定程度上起到了“评审”的作用。作为背景资料，延续2017年版的做法，附录中给出了中国地震局监测预报司发布的地震预测预报标准术语（附录1）、中国地震局新近发布的《国家地震科技创新工程》的“解剖地震”计划（附录2，该计划中的科学问题与地震预测预报直接相关），和“十三五”地震监测预报发展规划（附录3）。

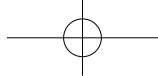
与中国地震学会地震预报专业委员会合作，我们在《国际地震动态》上开辟了“地震预测预报二十年发展设计研讨专栏”，每期刊登一篇文章，讨论相关的问题（参见附录4所给出的文章目录）。这一讨论还将继续，我们欢迎并感谢读者的参与。读者对2017年版“白皮书”给予了高度关注。其中询问和讨论较多的一个问题，是关于年度危险区和短临预测“对6级左右地震有比较好的效果”的结论。作为对这一结论的根据的说明，附录5原文给出了中国地震局监测预报司在汶川地震后开展的一项系统调研结果



地震预测预报相关的重要科技挑战 **2018年**

作为例子。类似的分析结果给出相近的结论。

这项工作得到中国地震局监测预报司、政策法规司、中国地震学会地震预报专业委员会、地震出版社、中国科学院大学地球科学学院、中国地震局地球物理研究所、地震预测研究所、中国地震台网中心的支持和帮助，这里表示衷心感谢。



中国地震局“地震预测预报二十年发展设计” 工 作 组

组 长：吴忠良

副组长：刘桂萍

成 员：张晓东 沈繁璠 杨立明 徐锡伟 蒋海昆

江在森 邵志刚 周龙泉 刘耀炜 武艳强

季灵运 冯志生 付 虹 韩立波 孙小龙

王行舟 王 琼 张 晶 袁道阳

秘 书：蒋长胜

