

加强科技创新支撑新时代防震减灾事业现代化建设  
地震数值预测研究和传统方法评估试点项目  
地震危险区精细调查和地震现场综合科学考察试点项目  
地震重点监视防御区公共服务试点

试点 工作通讯

2021 年第 11 期 (总第 32 期) 2021 年 6 月 30 日

## 香山科学会议第 700 次学术研讨会“大陆型强震孕育发生的物理机制及地震预测探索”简报

■ 地震预测研究所

地震数值预测研究和传统方法评估试点项目  
地震监测站网评估试点项目  
人工智能地震监测分析系统完善与应用  
地震危险区精细调查和地震现场综合科学考察试点项目  
预报员访学试点项目  
地震信息专题图试点  
地震重点监视防御区公共服务试点  
地震短临预报专群结合研究

中国地震局地震预测研究所



## 香山科学会议第700次学术研讨会“大陆型强震孕育发生的物理机制及地震预测探索”简报\*

### ■ 地震预测研究所

#### 一、会议概况

香山科学会议第700次学术研讨会于2021年5月12-13日在北京召开,研讨会主题为“大陆型强震孕育发生的物理机制及地震预测探索”。会议包括三个中心议题:(一)地震预测预报研究的学术高地:强震孕育发生的大陆活动地块动力学模型;(二)新技术条件下的震源物理研究:大陆型强震孕育的区域动

力学环境;(三)面向现代化目标的地震预测:多学科交叉创新,最大限度减轻地震灾害风险。

国内外共49位专家分别在现场和线上参加了本次科学论坛,会议执行主席为陈晓非(南方科技大学)、邵志刚(中国地震局地震预测研究所)、石耀霖(中国科学院大学)、吴忠良(中国地震局地震预测研究所)、张培震(中山大学)。



图1 现场参会的会议代表

\* 支撑新时代防震减灾事业现代化建设试点任务之一“地震数值预测研究和传统方法评估试点项目”、“地震危险区精细调查和地震现场综合科学考察试点”和“地震重点监视防御区公共服务试点项目”成果。

2021年3月，中国地震科学实验场作为国家重大科技基础设施列入国家“十四五”发展规划和2035年远景目标纲要，标志了中国地震科技的一个新的发展阶段。在新的条件下，如何推动我国地震预测预报研究实现突破，建设世界性的地震科技创新高地，需要面向世界前沿进行深入研讨。此次香山科学会议应运而生，而且会议召开的时间、地点均具有象征性意义。时间上，5月12日是汶川地震13周年纪念日暨国家防灾减灾日；2021年还是中国现代地震科技的百年纪念，1921年4月翁文灏、谢家荣等对1920年12月16日海原地震的科学考察被认为是中国现代地震科技工作的起始。此时召开面向地震预测的香山科学会议，中国地震工作者深刻体会地震预测预报的国家使命和历史责任。地点上，香山饭店在1998年见证了地震预测预报研究的第一个国家“973”（基础研究发展规划）项目《大陆强震的机理与预测》的启动，在2010年也见证了第二期项目的结题验收。也正是这两个国家级项目，催生了中国大陆地震的活动地块动力学模型，这一模型不仅在我国地震中长期预测方面发挥了重要指导作用，同时模型也经受了近年来发生在中国大陆强震的检验。两期973项目的实施，促进了中国地震科技的一次飞跃，不仅将GNSS成功应用于地震科技研究中，建设了中国第一代地震科学探测台阵，同时还在地震预报实验场、数值地震预测、地震灾害情景构建等方面开展了探索性实验，项目后期对汶川地震机理开展的深入、具有国际影响的研究，更是对强震机理研究和活动地块假说的一次检验和深化。参加项目的一些重要成员，如马瑾院士、邓起东院士、李廷兴教授已然离我们而去，但新一代科技队伍将继承前辈的理想与信念，在大陆地震机理研究和地震预测预报的不懈探索仍在继续，并不断取得新的进展和成果。继这两个象征着地震科技开拓性的国家战略项目完成后，不同研究机构、高校的科学家又通过国家重点研发计划、行业专项、国家自然科学基金等项目，对控

制大陆强震发生的活动地块动力学模型开展了多方面的研究、检验和改进完善，在这些工作的基础上进一步形成系统性的新成果成为面向新发展阶段的一个必然要求。

## 二、会议主题评述报告和专题评述报告

石耀霖教授、陈晓非教授、张培震教授分别作了题为《关于地震数值预报路线图的一些想法》《地震震源动力学研究进展》《中国大陆强震的地质构造背景》的主题评述报告。石耀霖教授全面梳理了地震预测研究的国际和国内发展史与成败经验，并给出了推进数值地震预测的“路线图”；陈晓非教授系统评述了地震动力学“相图”等重要理论成果及其在今后地震科技发展中的意义；张培震教授深入阐述了中国大陆地震的活动地块动力学模型的提出过程、观测依据、实际检验和最新发展。

三个主题评述报告面向大陆强震和地震预测研究，不仅从科学问题的角度，同时也从可实践的方法论角度对地震科技的发展进行了深入讨论。张培震教授针对华北地震构造这一困扰地震科学界多年的重要而复杂的科学难题提出的“跳出华北看华北”的研究思路，石耀霖教授提出的用地震数值预测来解决地震经验预测难于重复和继承的工作思路，都非常具有启发性和开拓性。陈晓非教授的报告指出，地震动力学的基本理论可以为解释一个相当大范围内的看似彼此“孤立”的地震现象，并为地震震源动力学研究提供一个基础性的理论框架。

会议的三个中心议题，分别邀请郑文俊教授、姚建华教授、张晓东教授做了《地震预测预报研究的学术高地：强震孕育发生的大陆活动地块理论框架》《大陆强震孕育的区域多尺度结构和动力学环境》《面向现代化目标的地震预测：多学科交叉创新，最大限度减轻地震灾害风险》的专题评述报告，与会专家围绕中心议题开展了热烈的讨论和争论。



图2 石耀霖教授、陈晓非教授、张培震教授做主题评述报告

### 三、进一步发展大陆强震孕育的活动地块动力学模型

大陆强震孕育的活动地块动力学模型是中国地震科学的一个重要的学术高地，也是中国几代地震科学家长期积累形成的一项系统性、原创性成果。郑文俊教授、邵志刚教授分别从理论和应用角度讨论了这一模型的现状和未来发展。立足中国大陆强震的实际，进一步完善活动地块动力学模型，并以此为基础理论发展地震预测的理论方法，是与会专家热议的主要科学问题。

基于近年来出现的新成果、新技术、新手段、新理论，在以下三个方面对活动地块动力学模型进行发展和完善，已成为一个可操作的科学议程：一是把模型从“二维”发展为“四维”，即更好地确定深—浅结构和构造关系；二是把模型从“运动学模型”发展为“动力学模型”，即根据新的观测和探测成果，建立动力学模型，推动基于地球动力学和地震数值预测发展；三是进一步完善活动地块划分的科学依据、方案和理论体系，详细刻画“活动地块几何、边界断层带的精细结构和物性”，并使之在地震预测和地震风险预测中发挥更大的作用。这一理论模型也有条件地推广应用到世界上的其他大陆板内型地震带，特别是“一带一路”沿线的大陆地震带。

围绕活动地块动力学模型的发展，与会科学家们提出很多重要科学问题和议题（思路）：田勤俭教授提出“地块结合区”的构造演化问题可能是地块边界带细化和地震动力学过程建立的一个重要方面；沈正康教授提出“下地壳流”的探测及其是否为强震动力学成因的问题；邵志刚教授强调“从板块边界带到断层的应力传递”及其在地震物理预测中的应用问题；张怀教授从地震的可预报性和预报的可操作性出发，提出以模型—数据双驱动的理论框架，并“从头定义”数值地震预测的建议；许才军教授从大地测量角度讨论了活动地块边界划分问题与加密观测的作用，指出滑动速率小于5 mm/yr的断层在地块划分中的作用似乎是一个瓶颈问题。张培震教授、郑文俊教授、张怀教授深入讨论了“地块”划分和“块体边界带”确定的原则。

在具体的活动地块动力学模型方面，特别是中国地震科学实验场区的活动地块动力学模型方面，田勤俭教授提出了“川滇菱形地块”西边界问题的不同意见；刘静教授、刘杰教授讨论了“地块”和“地块边界带”定义中地质历史和过程的意义；刘静教授指出青藏高原的断裂具有“树形断层体系”的特点，因此“地块边界带”具有复杂的结构。张培震教授、张会平教授、田勤俭教授等进一步就丽江—小金河断裂带、金沙江断裂带等在地块中的作用等问题，车时教授、刘杰教授进一步就红河断裂带的发展能力问题进行了热烈讨论。

### 四、推进地震物理预测

推进地震的物理预测是本次研讨会的一个中心议题。与地震物理预测有关，姚华建教授提出应力“初始状态”的测量是一个重要科学问题。刘杰教授简要梳理了目前在地球动力学中处理这一问题的思路和方法，并对今后的工作方向提出建议；杨宏峰教授从多学科手段的角度评述了目前所采用的各种方法，并进一步提出，与介质的几何非均匀性、物质性质非均匀性相比，介质的应力状态和摩擦性质的非均匀性在地震预测中具有更为重要的意义，如何将这一非均匀性描述得更好，并将其应用于地震预测的实际，是一个重要的科学问题；夏开文教授指出，在解决这一问题的过程中，需要重视那些可测量的物理量；田勤俭教授指出，破裂单元是模拟过程中需要重点考虑的（确定性的）非均匀性，而更小的非均匀性可以处理成随机分布；陈建业教授建议在摩擦性质的非均匀性方面，注重实验室实验与野外实验的结合；邵志刚教授指出，在进行这种结合的过程中，要考虑实验室实验的“尺度效应”问题；张晓东教授强调静摩擦与动摩擦之间的差别及其在数值模拟中的重要性；车时教授强调针对不同的预测目标（或预测时间尺度）考虑不同的摩擦函数，同时需要考虑更大尺度的应力相互作用问题；张怀教授指出，要进一步考虑中下地壳的“应力迁移”，他进一步强调微震活动中的前兆现象。

地震形势和地震危险性分析的思路方法是科学家关注的一个重要问题。车时教授讨论了华北地区的强震危险性的地球动力学问题；张培震教授、张晓东教授、张怀教授提醒在强震分析（无论是经验统计分析还是物理建模）中一定要关注滑脱构造的动力系统和应力状态、“应变亏损”等问题；刘杰教授强调在地震危险性分析中要把地震“相互作用”作为重要的考虑因素，统计分析一定要与动力学概念相结合。

地震预测的困难集中表现在地球内部的不可入性、强震的非频发性、地震孕育发生过程的复杂性与多尺度特征，解决地震预测难题就是要克服这三大困难。夏开文教授建议，实验室实验可以为克服地球内部不可入性的困难提供重要的参考；高原教授建议，为应对强震的“非频发性”，有限震例的研究，值得“深挖”；杨宏峰教授指出，“地震孕育发生及破裂传播过程的复杂性”表现在，对于某一断裂带，即使把“三要素”预测问题变成“两要素”预测问题，也依然存在很大的难度，原因在于断裂带的非均匀性，地震动力学可以为理解这方面的问题提供重要的参考。

面对地震预测这一世界性科学难题，合适的方法和科学的思路是重要的。刘杰教授指出，在地震前兆的分析中，前兆“场”的异常分析比单点异常的分析具有更为重要的意义。张捷教授建议，对于地震研究这样的“小众”学科，一定要密切关注其他领域的新技术研发和应用。

### 五、抓住新技术发展的机遇，推进地震预测的交叉学科探索

地震研究和地震预测探索具有多学科交叉的特

点，充分运用新理论、新方法和新技术的优势，推进大陆地震机理和预测的研究是与会专家普遍关注的焦点。会议涉及的学科专业包括大地测量、地球物理、地球化学、地质、构造物理、地球动力学等，而人工智能、高性能计算、空间对地观测与光纤观测系统等新技术的应用尤为引人注目。新的技术进步提供了向地震预测预报这一世界性科学难题“发起新一轮强有力攻击”的有利条件。

在地震机理研究方面，姚华建教授从深部地球物理的角度讨论了大陆强震孕育的区域多尺度结构和动力学环境，以及目前需要关注的一些地震科学和技术问题；徐胜教授从地球化学的角度讨论了与岩石圈动力学和地震预测相关的流体问题；夏开文教授讨论了实验室实验在揭示地震孕育和发生机理中的作用；王墩教授从震源破裂过程的角度讨论了大陆强震孕育发生的若干关键性控制参数。

在地震预测预报的研究和应用方面，张晓东教授评述和展望了若干新技术（光纤地震学、主动震源地震学、海洋地震观测、空间对地观测、人工智能等）的应用潜力及其对解决地震预测中的若干关键科学问题的意义；刘杰教授评述了地震前兆的研究进展及其相关的科学问题；张捷教授评述了人工智能在地震监测预测中的应用问题，指出地震科技需要重视历史上形成的经验，避免过分追求“精确细节”，吸收其他领域中普遍采用的“分割”（segmentation）理念，将数学模型与物理模型结合会得到更好的结果；陈毅然教授、车时教授通过基于大数据的智能化密集地磁观测系统（“中国绿灯”计划）讨论了新技术条件下的专群结合问题，对非振动的、大震前大范围前兆异常信号的监测显示出一定前景；张伟教授讨论了基于物理模型的地震危险性评估问题；杨宏峰教授讨论了大陆强震的预测和灾害预测所面临的挑战及动力学模型在应对这些挑战中的作用。

新技术的发展为理解地震机理、推进地震预测、提高减轻地震灾害风险的能力带来重要的发展机遇。围绕新技术的应用和地震预测的交叉学科探索，与会科学家进行了热烈的讨论和争论，涉及的关键问题包括但不限于：

在交叉学科研究和新技术应用方面，深部地球物理参数在识别块体边界带中的作用（高原教授、郑文俊教授、车时教授、张晓东教授、田勤俭教授、张会平教授、刘静教授）、深部地球物理参数及其时间变化的误差表达问题（刘杰教授、姚华建教授、张晓东教授、高原教授）、深部地球物理参数用于大尺度地质构造解释的数据同化问题（车时教授、刘静教授、张伟教授、李永华教授）、中国地震科学实验场的公共模型问题（邵志刚教授、姚华建教授、刘静教授、冷伟教授、高原教授）、模型的和评估问题（姚华建教授、王伟涛教授、杨宏峰教授）、“地震门”问题（张会平教授、张晓东教授）等。

在地震预测预报方法与应用方面：断裂带瞬态形

变信号监测对于地震物理预测的意义（沈正康教授、陈建业教授、夏开文教授）、摩擦本构关系的微观物理模型和实验室实验（陈建业教授、杨宏峰教授、张晓东教授、沈正康教授、张怀教授、李营教授、刘杰教授、刘静教授、郑国东教授、张伟教授、夏开文教授、车时教授）、人工智能在地震预测中的应用问题（王伟涛教授、刘杰教授、张怀教授）等。

会议特别邀请了地震预测业务一线的专家，如中国地震台网中心王海涛教授、刘杰教授、四川省地震局杜方教授、云南省地震局付虹教授参加，并与其他专家进行了深入的交流和讨论。

## 六、深化大陆强震机理与预测研究，建设地震科学的世界主要科学中心和创新高地

科学家们普遍反映，因为会议时间有限，很多问题的讨论意犹未尽。尽管如此，香山科学会议提供了交叉学科交流和学术观点碰撞的理想场所。毋宁说，此次香山科学会议是一个很好的开头。而用地震物理的语言说，努力促进这一良好的开头成为一个能导致更系统性的成果的“成核”过程，是今后需要重点关注的工作。

为确保会议的学术讨论和科学争论的质量，会前，除召开执行主席会议之外，三个专题还各自召开了预备会。尽管香山会议不强调形成共识，会议还是讨论并原则通过了工作倡议（initiative）《深化大陆强震机理与预测研究，建设地震科学的世界主要科学中心和创新高地》。倡议提出，充分利用近年来新成果、新技术，以大陆强震动力学模型与预测、大陆强震机理和地震成灾机理等关键科学问题为目标，进一步揭示活动地块边界带的动力作用、构造变形机理及其与强震的关系；完善中国大陆地块运动与连续变形动力学模式；探究大陆强震孕育深部环境、介质变化、活动地块不同尺度深浅部结构及其深部动力作用；研究断裂带浅部结构及不同破裂速度（如超剪切等）和模式下强震导致的强地面震动；构建活动地块边界带地震“情景”，评估地震灾害风险；推广我国大陆强震的活动地块动力学模型到“一带一路”地震多发地区，为区域性和国际性地震科学实验提供操作规范。

大陆强震的研究和地震预测的探索是中国地震科学的重要发展议程，也是中国地球科学的重要问题。人类宜居的环境，必须是地震安全的环境。地震科学具有系统性、综合性、实践性、实战性特点。面向新时代国家防震减灾需求，“地震系统科学”和“地震预测系统工程”的概念呼之欲出，对继承和发扬中国地震科技立足实际、注重合作、充分发挥制度优势的优良学术传统，塑造社会主义市场经济条件下地震预测核心科学技术攻关的新型举国体制提出清晰的要求。

地震科学实验场已于今年作为国家重大科技基础设施列入国家“十四五”发展规划和2035年远景目标纲要。这一“大科学”装置的建设已在川滇地区实现良好开局，将成为中国地震科技的重要创新平台，

其对中国地震科学乃至地球科学的带动作用更值得重视。按照 2004 年以来中国地震科学界的讨论和设计，在继续集中开展川滇地区的地震科学实验的同时，根据中国地震活动和地震灾害的实际，以开放性合作研究为主要方式，适时启动天山实验场和华北实验场工作的条件也已基本成熟。中国地震科学实验场的建设和运行也将对世界上的其他实验场发挥重要的示范作用。

作为一个时期我国大陆地震研究成果的集中呈现，1982、1992、2004、2018 年我国先后召开了四届大陆地震国际会议（ICCE），在地震科学研究中曾产生重要影响。1982 年在北京召开的第一届大陆地震国际会议，是中国地震科技对外开放的一个重要标志；1992 年在北京召开的第二届大陆地震国际会议上，走

向数字化的中国地震观测成为一个亮点；2004 年在北京召开的第三届大陆地震国际会议上，向国际同行介绍了中国大陆地震的活动地块动力学模型；2018 年在成都召开的汶川地震十周年国际研讨会暨第四届大陆地震国际研讨会上，宣布了中国地震科学实验场的建设。基于合作研究，适时准备召开第五届大陆地震国际会议，应该是一个可行的建议，而在此之前，需要进一步合作努力，以取得新的具有里程碑意义的成果。

科技创新是地震事业现代化发展的战略支撑。香山科学会议聚焦基础研究，但对行业应用有直接的重要性。此次香山科学会议受到中国地震局的高度重视，中国地震局副局长王昆以普通专家身份参加了会议，并在 5 月 12 日晚与参加会议的部分专家进行了座谈。



图 3 王昆副局长与参会专家进行座谈







加强科技创新支撑新时代防震减灾事业现代化建设  
地震数值预测研究和传统方法评估试点项目  
地震危险区精细调查和地震现场综合科学考察试点  
地震重点监视防御区公共服务试点

**试点** 工作通讯

预报员访问学者导师聘任管理办法

“解剖地震”计划“十四五”实施方案

AI 开创的新地震学研究

CSEP 1.0 工作理念及十年工作成就

CSEP 2.0 重点工作导向

云南昭通防震减灾局专群结合工作调研报告

《2020 年新疆于田  $M_s6.4$  地震研究专辑》如期完成

震情会商技术方法动态评价试点工作进展

预测所结合地震信息专题图试点任务积极应对云南、青海两次强震

北斗卫星导航系统及其在地震监测中的应用研讨

香山科学会议第 700 次学术研讨会“大陆型强震孕育发生的物理机制及

地震预测探索”简报

2021 年第 1 期(总第 22 期)

2021 年第 2 期(总第 23 期)

2021 年第 3 期(总第 24 期)

2021 年第 4 期(总第 25 期)

2021 年第 5 期(总第 26 期)

2021 年第 6 期(总第 27 期)

2021 年第 7 期(总第 28 期)

2021 年第 8 期(总第 29 期)

2021 年第 9 期(总第 30 期)

2021 年第 10 期(总第 31 期)

2021 年第 11 期(总第 32 期)

## 编委会

---

王武星 王琳琳 田勤俭 汤毅 孙汉荣 孙珂 李营 杨林章 吴忠良 张永仙 张晓东  
邵志刚 孟国杰 赵翠萍

## 编辑部:

---

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