

ISSN 1093-866X

CN 32-1227/P

地震子刊

JOURNAL OF SEISMOLOGY

第1期(总第49期) No.1 (Serial No.49)

1993

江苏省地震局主办

PDG

地震学刊

(1993年 第1期 总第49期)

目次

· 地震预报战略思想讨论 ·

冷静反思, 积极探索

——“地震预报战略思想”研讨概述	钱 祝 何建树 (1)
地震预报与活断层分段	丁国瑜 (8)
分析历史进程, 讨论战略方向	林庭煌 (11)
对我国地震预报工作的几点想法	陈鑫连 (14)
地震预测研究概况	陈运泰 (17)
略谈我国地震预报的现状与发展战略问题	梅世蓉 (24)
从物理学角度讨论地震预报的某些关系学问题 (摘要)	郭增建 (28)
对地震预报的一点思考	张国民 (30)
检讨老观念, 开拓新模式	许绍燮 (34)
对我国地震预报战略思想的几点看法	冯德益 (37)
地震预报的性质是什么?	周硕愚 (39)
关于地震预报战略的几点思考	杜振民 (44)
地震预报的能力和地震预报的某些科学问题	朱令人 (48)
地震预报步向何方	顾潜鼎 (51)
地震预报面临的困难与发展	刘祖荫 (53)
关于地震预报战略的几点看法	林命周 (57)
改革体制加强地震预报的理论研究	罗振曜 (60)

· 专题研究 ·

中国核电厂场址地震危险性评定方法	张雪亮 严新育 (62)
------------------------	--------------

· 地震社会学 ·

地震预报职能浅析	贺楚儒 (68)
----------------	----------

· 资料与信息 ·

国内地震和工程抗震科技文献题录 (续)	本 刊 (72)
第三届编委会名单	本 刊 (封底)

责任编辑: 姚月清 吴仪芳
责任校对: 姚月清 吴仪芳

英文译校: 郑嘉炯

Journal of Seismology

No.1 (Serial No.49) Jan. 1993

Contents

Discussion on strategy thinking of earthquake prediction

- Calm review and active searching— A survey of discussing strategy thinking of earthquake prediction Qian Zhu, He Jianshu (1)
- Earthquake prediction and active fault segmentation Ding Guoyu (8)
- Analyse of history course and discussion of strategy direction Lin Tinghuang (11)
- Some thinking on work of earthquake prediction in China Chen Xinlian (14)
- A survey of research in earthquake prediction Chen Yuntai (17)
- A survey of present situation and development strategy of earthquake prediction in China Mei Shirong (24)
- Discussion about some problems of relationship of earthquake prediction from the viewpoint of physics (abstract) Guo Zengjian (28)
- Some thinking on earthquake prediction Zhang Guomin (30)
- Examination of old idea, and opening of new pattern Xu Shaoxi (34)
- Some sights of strategy thinking of earthquake prediction in China Feng Deyi (37)
- What is character of earthquake prediction Zhou Shuoyu (39)
- Some thinking on strategy of earthquake prediction Du Zhenmin (44)
- Capability and some scientific problems of earthquake prediction Zhu Linren (48)
- Where does earthquake prediction go Gu Haoding (51)
- Difficulty and development of earthquake prediction Liu Zuyin (53)
- Some sights of strategy thinking of earthquake prediction Lin Mingzhou (57)
- Theoretic study of reforming regime and strengthening earthquake prediction Luo Zhennuan (60)

Special research

- A method of seismic risk assessment for the site of nuclear power plant in China Zhang Xueliang, Yan Xinyu (62)

Seismological sociology

- Preliminary analysis of function of earthquake prediction He Churu (68)

Information

- Inference subject of seismology and earthquake engineering (Continued) the Journals Department (72)
- Name list of the Third Editorial Board the Journals Department (封底)

冷静反思 积极探索

——“地震预报战略思想”研讨概述

钱 祝^① 何建树^②

(国家地震局杭州干部培训中心 杭州)

提要 本文概要综述了地震预报现有的能力、难度、地震预报的思路及发展战略等问题。

关键词: 地震预报 发展战略 研究思路

1992年7月由国家地震局杭州干部培训中心组织举办的“地震预报的战略思想”研讨班上,专家们回顾了20多年来国内和国际上地震预报研究的状况,对现有的预报水平和地震预报的难点作了实事求是的科学分析,根据地震预报研究的特点,探讨了我国地震预报研究的发展战略问题,并提出了一些推进我国地震预报工作的研究思路和途径。研讨涉及的一些主要问题如下:

1 回顾历史 把握方向

我国的地震预报事业从1966年邢台地震后迅速发展起来。邢台地震现场实践中逐步认识到地震有前兆,并成功地预报了一次6级强余震,从此闪亮了地震预报科学的曙光。海城地震预报成功而唐山地震未能预报引起人们反思。国际上,70年代由于苏(前)、美震前波速异常的报导和膨胀模式的提出掀起了地震预测研究的热潮,甚而乐观地认为不久可望对地震进行常规的预测。但是美国在监测台网密布、地震构造一般认为研究得相当透彻的一些地震危险区和帕克菲尔德地震试验场,地震预报至今尚未成功,因而地震学家内部对地震预测水平的估计和对预报问题的看法分歧日趋严重。旅居日本的美国地震学家Geller在颇有国际影响的杂志《Nature》上撰文严厉批评日本的地震预测计划,对经验性的地震预测表示否定,引起一场激烈的争论。前苏联大地物理所所长在文章中认为“日常观测是不可能搞短期预报的”。国际范围的这类思潮,无疑引起我国地震界的反思。与会专家通过对我国地震预报实践的科学分析,比较一致地认为对Geller观点中加强基础研究的合理部分要认真汲取,对地震预报在现阶段究竟有无可能的问题,过于悲观或过于乐观的估计都不可取。我们需要有坚持不懈深入探索的勇气和信念,也需要正确的科学思路和途径。

^①高级工程师。

^②工程师。

2 我国地震预报研究的现状和预报能力

2.1 我国的地震预报工作已经取得了很大进展, 并带有我国自己的特色。

例如: 通过多学科综合探索和观测、研究、预报三结合, 在台网控制范围内取得了一批强震和中强震的震例; 大规模的地震前兆监测和地震预报试验经历了地震活跃期和平静期的检验; 总结了地震前兆特征、预报判据和指标; 逐步建立了长、中、短、临的预报思路; 在系统科学引入地震预报中取得了初步成果; 理论和实验方面对地震孕育过程及其过程中的前兆现象等进行了广泛探讨, 为地震预报提供了一定的物理基础。

2.2 正确评价现有的预报能力

正确评价预报的能力对于实事求是地确定战略目标十分重要。梅世蓉研究员的观点可代表与会专家的共识。在目前, 只能在一些特殊条件下, 做出一定程度的预报。特殊条件包括: 特定地区内有足够的监测网; 组织管理的有效性; 科学研究的针对性; 地震的特殊类型。

对我国多年地震预报结果做系统的检验, 采用 R 值检验评分, 预报有效率大体在 0.2—0.3 之间, 即是说, 扣除地震发生的自然概率后, 当前对破坏性地震的预报效能仅在 20%—30% 之间。这一结果表明, 一方面, 目前的预报能力还很低, 规律尚未掌握; 另一方面, 把预报水平估计过低也不符合事实, 因为盲目预报的 R 值为零。我们在几十年艰苦探索中总结的预报经验和方法, 在一定程度上反映了与地震的孕育和发生有一定的内在联系。四川省地震局统计其预报结果, 14 次中强地震共预报准 2 次, 也说明在一定条件下, 对某种类型的地震具有一定的预报能力。

2.3 对长、中、短、临预报水平差异的评价

一般认为, 长期和中期预报取得一些成功的例子, 而短临预报进展不大。例如 80 年代后期以来, 世界上一些重点地震监测区中发生了一系列破坏性大地震, 如 1988 年 11 月 6 日我国云南澜沧-耿马 7.6 级、7.2 级地震, 同年 12 月 7 日原苏联亚美尼亚 7.1 级地震, 1989 年 10 月 17 日美国旧金山附近 7.1 级地震, 1992 年土耳其北安那托里亚断层东部 7.3 级地震、美国洛杉矶以东的 7.4 级地震, 尽管震前有的已作了长期乃至中期预报, 但都未能作出短临预报。在世界上部署地震监测力量最强和监视系统最完善的日本东海地区, 70 年代以来在强化监测区内发生的多次 7 级左右地震也未能作出临震预报。又例如我国新疆地区, 对预报效能的评分表明: 中长期趋势预报 R 值为 0.3, 而短临预报的成功率 R 值只有 0.1, 新疆局 12 年来共向自治区政府报过 4 次, 无一次报准, 对社会造成很大影响。

有的专家认为, 长、中、短、临预报, 真正的难点是中期预报。当有了长期预报后怎么去验证、跟踪、监测是属于中期预报问题。

有的专家认为, 地震系统普遍认为我国长期预报水平优于中期预报, 中期又高于短临预报, 似乎短临预报水平最低, 这种认识值得推敲。因为长期预报笼统指 100 年内任何时间, 是模糊度很大的指标, 而短临是几星期几天内清晰度很大的指标, 放在同一个系统内评比优劣似不够科学。严格地说, 三者的预报科学水平是一致的, 不能说谁优于谁, 应解脱当前搞短临预报工作同志的科学上的压力。

3 充分估计地震预报的难度

地震预报是世界公认的科学难题, 难点究竟在哪里, 专家们从研究对象本身的复杂性、研究方法的局限性等方面进行分析, 论及的要点如下:

3.1 地震物理过程本身具有的复杂性和地球内部的“不可入性”, 使人们不能深入到地球内部直接在震源内设置台站、安装观测仪器。迄今最深的超深钻井是前苏联科拉半岛的钻井, 达 10km, 德国深钻计划预定钻 15km, 但还是解决不了直接对震源进行观测的问题。

3.2 大地震的复发周期比人的寿命和现代仪器观测以来的时间长得多, 限制了作为一门观测科学的地震学在对现象的观测和对经验规律认识上的进展。

3.3 用二维的观测资料反演地下三维的孕震过程很困难, 何况目前地震学家只能用相当稀疏的台网观测得到的很不完整、很不充分的资料进行反演。

3.4 地球构造的复杂性和介质的不均匀性既导致一些成熟的理论(如弹性、塑性、流变、断裂等)应用于地震和地震预报研究只具有近似性, 也成为前兆复杂性的原因之一。

3.5 观测的间接性造成在地面观测到的是二次三次信息, 甚至是假象。

3.6 地震前兆的高度复杂性。

迄今为止, 地震学仍未探索出任何一种确定性的地震前兆。地震前兆的出现常常因地而异, 即使在同一地区, 不同地震发生之前, 前兆出现的种类、形态也有很大差异。而同一地震在相邻的不同地点观测的同一种物理量的异常差异也非常大, 因而使人们企求的“前兆场”的演化无法勾画出来, 作为预报前提的前兆重演原则常显得并不合理, 有些地震前兆很少, 要报准是不可能的。

3.7 难以判别是地壳变动异常还是地震异常。至于异常是反映一个地震或多个地震孕育的问题更没办法解决。因而实践中常有“异常是确实的, 地震却没有发生”。例如 1984 年 6 月, 乌鲁木齐附近小震活动增加, 附近一口废油井从 6 月 2 日至 19 日猛烈自喷, 地下水持续半年下降后出现转折, 同时 CO_2 、Rn 含量、重力等均出现异常, 根据以往震例, 一月内可发生 5—5.5 级地震, 而结果地震并未发生。

3.8 有些大地震确有前兆信息, 但大地震能否预报出来还存在观测系统、传输处理、分析判断问题。在未发生过大震的新区, 由于没有必要的中长期预报基础, 没有相应的观测手段, 使短临预报的难度相当大。

3.9 板内地震预报的难度

一些理论研究表明, 出现的前兆不是哪个地震的前兆, 而是整个场上的前兆。应力应变增强是整个场上增强, 因此出现了有前兆不一定有地震, 而有些地方还来不及显示前兆地震就发生了。这时, 地震的发生并不都象十月怀胎有一个过程, 而更象一辆车出车祸具有突发性。这些研究的初步结果说明板内地震前兆的复杂性, 预报应是物理方法和概率方法相结合。

3.10 地震预报的难度还在于地震科学的发展有赖于科学技术及整个地球科学的发展。

3.11 归根结底, 目前对地震发生的规律认识不足, 或建立的模式与实际有差别, 或把握模式的主要信息尚未能取得。

4 对地震预报研究思路和值得注意的一些问题的探讨

4.1 研究的重点应放在本门学科的基本问题上, 诸如: 目前在地震预报领域触及的“原始的物理问题”

4.1.1 断层与地震的关系问题: 究竟是地震产生断层还是断层产生地震? 这本是尚未解决的科学问题, 可是在地震区划及危险性评定中都是以断层产生地震为基本前提的, 在监测预报中也普遍承袭这个基本观点。

4.1.2 地震是否普遍存在前兆? 这又是一个没有完全解决的问题。而全国普遍撤网观测并建立相应地震管理机构, 也是以每个地震有前兆为前提的。

4.1.3 所有的方法都是以过去推将来, 究竟这个重复性前提在哪些条件下成立? 几乎没有人去认真研究和思考。

4.2 学习新理论, 推进“老”方法

对非线性理论等新理论的应用, 首先要学懂, 再谈应用, 应用时应对地震本身增强了了解。地震战线分出少部分力量专门从事这方面的研究是完全必要和有益的, 但不能“喜新厌旧”。大部分力量应留在“老”方法的探究上, 积极地学习新理论的精髓, 运用新的观点和独特的技巧认真地研究地震预报领域的“原始的物理问题”, 由此找到一些新的生长点, 推进对地震本质的认识。

4.3 要多作逆向思维, 检讨老观念, 开拓新模式。

对现有的许多基本观点、基本思想、基本理论甚至基本现象作一番重新思索。如源场关系, 前兆是否均因源而生? 目前流行的孕震观念, 以用 $\log T$ 和 M 的关系来表征, 据此认为一个 8 级地震需有 40 年的孕震期, 认为不同孕育阶段的孕震体会发出不同的前兆。但事实表明, 地震活动区、地震非强烈活动区以及大地震的余震区, 其复发时间是极不相同的, 不可能有统一的 $\log T$ 与 M 的关系。大量观测事实还表明, 相隔很远的地震, 相隔很远的前兆, 可以有极好的同步性。假如地震的发生并不象十月怀胎有一个震源孕育过程, 而是在场的作下更象是车祸发生具有突发性, 那么传统的孕震模式就需要重新审议, 我们的预报思路也要作相应调整。

对新观念要热心参与, 用事实帮助其鉴别。如地震是断层控制还是随机发生问题。自然界确有些高应力物体, 破裂可具有随机性, 因此, 对地震发生具有随机性的观点也不能嗤之以鼻。

研究表明, 地层变形屈曲互锁可能是形成大陆强震的条件, 对大陆内部的地震可能需要建立新的模式。

4.4 高新技术(如空间大地测量技术等)的引进和应用, 多学科协作配合和相互渗透是可靠地确定和寻找发现地震前兆的必不可少的手段。

4.5 关于非线性指标和非线性理论

在地球物理学领域内, 地震预报属于演化性物理学。现在随着非线性物理学的发展, 已经形成了演化性物理学中的非线性理论。以往人们所发现的指标, 如平静—密集、空区形成、预释放加速、条带形成、由分散到集中、前兆的几起几落、一大二跳、涨落加剧、长程关联、临界慢化、临界乳光(即散射加强)、趋向分维、临界软膜(即涨落时空尺度

都变大) 和外因调制等都是非线性指标, 其特点是在预报实践中有可操作性。把演化性物理学中的非线性理论引进地震预报领域的意义是希望由它能得出地震预报的独立指标, 或大大改进原来指标的预报效能, 而不只是把已发现的指标加以解释或重新命名。

4.6 关于混沌

建议既要研究混沌, 也要研究如何逃出混沌。就目前来看, 逃出混沌的途径是考虑确定性外因对震源过程的调制和触发, 另外还要进行连续观测追踪。这两点都具有可操作性, 即使不能实现必震预报, 也可起到降混或减混作用, 实现具有概率优势的预报。

4.7 关于自治系统

所谓自治系统是在单向恒定力持续作用下系统能作周期性运动。我国大地震沿某断层重复发生是在长时间不变的太平洋板块和印度洋板块挤压力下发生的, 因而也是自治系统。但板块运动也可能有周期性, 这就成了非自治系统。这两者都应进一步研究, 它可能对了解地震活动的诸周期成分有用, 因之对地震预报有用。

4.8 关于统计物理学

建议在研究大震时对应力积累单元仍可用连续介质力学观点, 在研究复杂的调整单元或调整场时可用统计物理学观点。不宜把上述两种观点对立起来。

4.9 关于稳健性

所要预报的大地震, 其深度在 10~20 km。稳健性是指由地表看到的指标能反映到这个深度。由于地下情况各地不同, 因此我们所要的稳健性是各大地震前兆异常中最共性的部分。这个共性的筛选可用物理的、数学的和直观的方法进行。

4.10 成因性分析要在今后贯彻于各种手段中

例如: 由地表数据反演时可对震源作些假设, 但这个假设切不可与区域应力场相矛盾。又如用模糊数学方法做前兆异常与地震的相关度时, 一定要从成因上进行分析, 以使模糊集的建立具有物理基础。

4.11 对各种灾害的预报成就也应移植于地震预报

4.12 关于综合预报

真正要搞综合预报, 必须搞清楚地下的变化。如地电, 地表观察的现象和地下观察到的情况不一样, 不仅大小不一样, 而且方向也有改变。目前综合预报的基础单项指标还存在一些问题, 应深入开展与孕震有关的物理化学量的研究, 用系统科学进行综合预报研究。

4.13 加强板内活动边界的动态研究, 加强活动断裂的分段研究

5 地震预报的发展战略问题探讨

专家们针对地震预报的难度和地震预报社会性的特点, 对我国地震预报的战略问题从科研和管理的角度作了全方位的论述。涉及的问题有: 战略目标、完善观测系统、加强基础研究、清理科学思路、解决科学能力与社会需要的矛盾、分区分类管理、突出重点、稳定队伍等。

5.1 战略目标

实现地震预报必须打持久战, 不能无所作为也不能急于求成。对战略目标具有代表性

的提法有:

90 年代中国地震预报的战略目标应当是:在有限的重点监视区内实现对强破坏地震的短临预报,最大限度地减少破坏和伤亡;同时,在地震学的原始物理问题上有所突破,迎来认识上的飞跃,为下个世纪的发展奠定坚实基础。

多学科协作配合和相互渗透,尽量采用高新技术,继续强化对地震前兆的监测,拓宽对地震前兆的搜索范围,并在观测与实验的基础上,构制自由度较小的、定量的物理模式进行模拟、反复验证,可望逐渐地、然而实效上可能会是较快地阐明地震前兆与地震发生的内在联系,实现地震预测。

当前,我国地震预报的战略思想似是冷静反思,热情探索,坚持预报,开拓领域,调整结构,强化科研。

5.2 完善监测预报系统

每当观测系统发生革命性的变化,必然迎来一次认识上的飞跃。目前世界各国都在大力推进地震数字化台网的建设,国家地震局“八五”规划中亦作为重点攻关项目,这必将为地震学迎来新的飞跃。然而在地震前兆观测方面尚无类似计划,这与前兆研究的学科水平远不如地震学有关。但从思想上应认识到,仅在现有的前兆观测上加强分析是不够的,虽然是必要的。

发展更加先进的观测技术并进行现场观测研究恐怕才是摆脱目前地震预报处于“胶着”状态的关键之一。

5.3 坚持预报实践的同时组织力量加强基础研究

科研是探索规律,是预报的后盾,必须组织精兵强将长期坚持。

建议建立少数几个真正能代表地震预报方向的研究小组:活动断层和中长期预测组,地震活动性演化和短临预测组等等。这些小组所代表的专题方向,决不是停留在以经验为基础的对比和综合上,而是能抽象出系统行为规律的基础研究。例如地震活动性研究中频繁使用的 b 值,人们一直在主观地任意约定资料选用时的下限震级,而不去注意地震过程中所有事件所遵循的某种客观的震级—频度分布。研究表明,这一分布是决定 b 值计算合理性的依据,无疑比 b 值计算本身更基础更重要。

5.4 调整结构

Geller 文章的核心是要加强基础性研究,要有后劲,这一点值得借鉴,但就其本质来说,关键问题在于经费的支持。若有足够经费用于基础研究,则目前的状况对于积累资料是有益的,搞研究的不一定会提出改革现状的意见。一旦经费紧张,大量用于观测系统的维持,研究工作经费贫乏,无疑会提出改革现状的问题。从这个角度出发,我国目前也正处于这一状态。国家拨款经费难以维持正常运转,研究工作的投入越来越少,因此有必要调整结构不合理的状况:

5.4.1 监测预报实行分区分类,在弱震少震区的沿海经济发达地区,不一定强调预报,而应重视震情通报、大震速报及震后震情趋势判断。因此要加强监测震台网的效能,而其它前兆台网似应作些调整。在重点监测区的观测手段应有所选择,不能全面开花。

5.4.2 加强综合防御。这部分工作应依赖当地政府,动员政府把减灾计划的编制作为政府减灾职能的重点。

5.4.3 缩短战线、突出重点,在关键问题上形成优势力量。目前“八五”攻关正在启动,许

多同志指出课题分散, 力量不集中, 不少三级课题只有几千元或上万元。人员外流严重。人力、物力严重不足, 如不及时设法解决, 势必影响攻关效果。也有专家提醒在确定重点时要慎重, 否则就变成押宝了。

5.4.4 在管理上应当分层次, 分区分类管理。

分层次: 国家局应抓什么, 省局应抓什么从管理层次上应有所区分。

分类: 国家局、研究所、分析预报中心、省局的职责和各自的研究方向应有所区别。

分区: 目前已定下来的重点防御区, 应有不同的要求和政策。

队伍的结构也应作调整, 现有的经费要保证重点项目及基础研究。要保留精干的队伍, 保证经费的投入。

5.5 基本的攻关科学问题宜组织清理

对地震预报的思路进行深入的整理, 形成一套明确的科研思路, 使各学科、各方法能围绕这一整体思路深入开展。在震害学领域, 尤其是地震预报上, 期待着象数学上由希尔伯特确定的目标一样, 能理出一个指导性的头绪。基本的攻关科学问题是什么? 这至关重要, 如果没有统一的认识, 战略部署也难以落实。但这些基本问题并非容易选定, 不是几次座谈会能解决, 似宜如“清理攻关”那样, 组织力量进行清理评定。

5.6 解决好科学能力与社会需要的矛盾

社会对地震预报的期望要求和地震预报科学水平低的矛盾十分尖锐, 专家们对此提了许多建议, 大致有这几方面:

5.6.1 把目前的预报能力和科学水平如实地向广大群众和政府部门讲清楚。

5.6.2 现实和长远两手抓。即面对社会需要抓好应用研究, 在现有科学技术条件下尽可能提高预报水平。从长远角度要重视基础理论研究, 为最终的科学突破准备各方面的基础与条件。

前者有专家称为“策略上的预报”。即从实用性角度进行更深入的研究, 以更好地符合社会的要求, 减少灾害损失。这类预报, 把时、空、强向五要素(包括经济损失与人口伤亡)的灾害预报方向推进。在宣传上, 不能停留在预报三要素的科学水平 20—30% 上, 而强调减灾的社会效益。如 10 次地震中, 对其中一次社会经济影响大的地震作出预报, 则科学水平仅有 10%, 而社会效益水平可能是 60% 或更大。

5.6.3 有的专家提出不向社会作短临“预报”, 只作内部地震“预测”。只有中长期预报, 才既作内部“预测”, 也向社会作“预报”。这里“预测”指自然科学领域的概念, “预报”指面向社会的概念。

(收稿日期: 1992 年 10 月)

地震预报与活断层分段

丁国瑜

(学部委员 研究员 国家地震局 北京)

摘要 文章回顾分析了地震预报的经验与问题,对地震短期预报需进行新的探索与研讨,才能更快地前进。

文章重点论述了地震预报和地震危险性评估方面有关的断层分段性问题。如何在众多的活断层面上确定近期可能发生强震的地段,是地震预报中突出的重要问题之一。有关活断层分段性问题是近年来十分引人注目的课题,段是断层的破裂单元,断层分段就是对断层进行独立的破裂单元的划分。断层分段有4种,当前讨论的主要是活断层破裂分段。

关键词: 地震预报 活断层分段 地震危险性评估

1 前美国地震学会会长,地震预报评估委员会主席克拉伦斯·艾伦教授在80年代时曾对地震预报的进展情况提出过一个总的评论意见,他认为自70年代末期美国制定国家减轻地震灾害计划以来,经过多年的实践,总的看来,地震短期预报比初期预料的要困难的多,对这一问题研究的进展比预期的要缓慢的多。尽管当前对能否进行地震短期预报存在着两种不同的观点,对地震短期预报的研究应当坚持下去,努力进行,但在对地震短期预报的科学对策上应当深刻分析当前作法的利弊而有所变化。另一方面,他认为在地震长期预报和地震危险性评估方面,则在近些年来取得了较快的进展。特别是在基础地质野外现场研究建立地震复发间隔方法的发展。这一研究进展在进行地震危险性评估建立坚实的概率方法中的作用是十分重要的。在长远规划、工程设计、发展现行建筑规范中这些结果的作用实际上远比发展短期预报的实效要重要的多。

我国进行地震预报的研究已有多多年,总的情况与上述的分析是基本相似的。在过去的20多年里,我国在国际上的这一领域中从默默无闻的一员变成了举世瞩目的地震预报研究的先进国家。但地震预报涉及的许多问题并未彻底解决,在关键性的短期预报方面的进展近几年来是迟缓的。我们必须面对过去的经验与问题进行必要的回顾与分析,进行新的探索与研讨才能更快地前进。下面我仅就在地震预报及地震危险性评估方面有关的断层分段性问题谈一些看法。

2 大陆内部的破坏性地震主要都发生于大小不同等级地壳块体的活动边界地带,即一些主要的活动断裂带上,对这些活动断裂带的研究与限定可以大大缩小地震发生地点的判定范围。但这类活动地带仍是十分广泛的,如何在众多的活断层面上确定近期可能发生强震的地段是地震预报中突出的重要问题之一。在解决这一问题的研究中,有关活断层分段性问

题是近年来一个十分引人注目的课题。

一次独立的地震事件仅仅是使一条大的断层上的一小部分破裂, 并非沿整个断层全部破裂。而破裂发生的位置及其延展与终止是由断层的一系列物理特性包括地质结构、应力状况等所控制着。这样, 断层上就出现了破裂分段现象。多次地震破裂在不同段先后发生, 一条断层的破裂活动是通过一个或多个破裂段的组合而完成的。这一事实已为断层上大量的历史地震和古地震资料所证实。同一断层上不同段的破裂活动历史是不同的。也可以说段是断层的破裂单元, 断层的分段就是对断层进行独立破裂单元的划分。对一条活断层的分段包括了对断层不同段落的方位、连续性及其活动特点, 诸如滑动方式、发生地震的大小与时间间隔等的识别。简单地讲断层分段可概括有以下4种:

1. 断层形态的几何学分段: 根据断层的分布排列等几何学特征进行的段落划分。
2. 断层的结构分段: 包括根据断层带内及两盘岩性、地层结构的特征而进行的分段。
3. 断层的活动性分段: 是根据断层长期以来活动性差异的分段。
4. 断层的破裂分段: 是断层上破裂状况的分段。

在这4种类型的断层分段中, 当前我们讨论的主要是活断层的破裂分段, 即力图把断层活动与地震破裂联系起来的断层破裂分段。因为我们对断层进行分段研究的一个重要目的在于找寻与确定一条活断层上未来地震破裂段落的位置和大小, 而几何分段、结构分段以及活动性分段都不能给出与未来地震危险性必然联系的明确结论。断层的破裂分段较之其它3种分段是一种提出了更高要求, 需要有更为定量化和深入具体的地震破裂资料作为依据的分段, 对活断层进行破裂分段有着更大的难度, 但它在地震预报及地震危险性的评估中具有更为重要的实际意义。当然断层的几何分段、结构分段、活动性分段与断层的破裂分段有着密切的联系, 前面几种分段的研究往往是获得破裂分段正确结果的重要基础。

对断层分段理解的深入是与下面几个概念的发展分不开的:

1. 特征地震: Schwartz (1984) 把原地重复的近乎同等大小的地震称为特征地震。特征地震的提出指明了断层上独立破裂段落的存在。

2. 地震空区: 地震空区的概念揭示了地震带内, 断裂活动是以一次地震破裂为单位分布而相邻破裂重叠部分很小的事实。空区现象的研究为断层的分段提供了明确的可能性。

3. 累计滑动亏损: 当多次地震的发生是重合的, 亦即破裂段是稳定的, 则在多期地震破裂重复后破裂终止部位的位移量将形成累计亏损的现象, 它为进行分段提供了依据与途径。

4. 障碍体: 障碍体对破裂的扩展产生阻碍作用, 地质调查已在断层上的一些破裂端点肯定了岩性障碍或构造障碍的存在, 障碍体概念的提出为活断层分段提供了理论依据。

在把活断层的研究成果用于地震预测和危险性评价方面主要涉及以下3个问题: 一是要回答破裂发生在断层的那一段, 破裂段从那里开始, 终止于何处, 破裂引致地振动的影响在空间的分布如何; 另一个问题是如何取得断层上有关段落的地震复发间隔的数据; 除用断层滑动速率解决这一问题外, 非常重要的是要获取在一定长度时间内历史地震和古地震事件的资料, 建立地震活动的序列过程, 藉以推测未来断层破裂的时间; 再有就是在断层的不同段落上破裂事件的强度, 特别是最大震级的确定。可以看出, 在这些问题上活断层的分段是一个十分重要的基础的问题。

断层分段的方法是利用断裂带有关的地质、地震活动的各种信息确定断层上一些稳定的破裂段落的范围,用段的长度估计地震的大小。

活断层分段的实质是确定断层破裂活动的基本单元,研究其各自的活动行为特点。由于段的形成是受断层的应力条件、结构条件和介质条件等制约的,而且当断层分段活动具有一定稳定性时,多次累加的破裂活动可形成明显的地质地貌和地球物理等方面的标志,因此可利用这些标志判定持久性地震破裂的端点亦即段之间的边界,从而进行断层分段。

近年来,关于活断层分段标志的问题日益引起人们的注意,对断层破裂终点的识别问题已有许多人进行了讨论(R.L.Wheeler, 1987)。对有关断层破裂终点的各种常见特征,如断层的不连续、不平整部位的存在,挤压或膨胀阶区,断层走向的变化、弯曲、分支,与横向断层或其它构造的交叉,以及断层滑动矢量、性质和情况的改变等,作为断层分段的标志也已陆续发表了许多文章,不同作者分别对不同类型的活断层(主要是对正断层或走滑断层)分段的标志特点作了具体的深入分析。但值得指出的是由于断层类型的不同,断裂带结构及介质条件的不均匀,特别是应力状况的变化是一个不确定的因素,使得断层破裂延展及终止的情况变化多端。目前提出的许多标志不是断层分段的充分条件,至今尚没有提出认识和评价段边界的明确的物理准则,因之对提出的任何标志在应用中都会出现复杂的情况,使得据其在确定边界时形成错误的判断。故对断层分段标志还有待进行更深刻的探讨,以期制定出对分段更为可靠的标志。

断层的破裂长度是据以确定最大震级的一个重要几何参数,国内外有许多人建立了有关震级与破裂长度和地震位移之间关系的一系列统计公式,并将其作为确定最大震级的依据。断层的破裂分段给出了用破裂长度计算最大震级的基础,而对各个不同段落上古地震的研究则可恢复长期以来断层破裂活动的历史过程及建立滑动模式,从而为估计地震的复发间隔提供更切实可靠的依据。

对活断层合理的分段更可明确的提供未来的破裂范围,在估计未来地震强度时具有更高的可信度。对一条活断层进行合理的分段之后,根据各段上大震复发间隔及最近一次地震活动的时间,就可更好地确定各段上发生大震的实时概率。根据段的长度及边界性质可判断未来地震的最大震级、发震时危险区的范围以及对地面振动的影响。这可克服以前把整个断裂带的大震复发间隔、震级大小等与带上各独立段混为一谈的弊病,使这些参数得到更精确的限定,从而提高危险性评价的水平。活断层分段还可为重点监测台网更合理的布设提供依据,故它将成为一个在确定潜在震源、进行地震预报和危险性分析中的有用方法及技术。

(收稿日期:1992年11月)

分析历史进程 讨论战略方向

林庭煌

(研究员 国家地震局 北京)

提要 笔者根据过去多年从事地震预报研究及管理工作的经验,概括地分析阐述了过去地震预报中,尤其是短临预报中成功的经验及失败的教训,提出今后地震预报的战略问题应是由现有的资料积累,经验预报向科学规律方向探索转移,着重加强地震发生机制和孕震理论研究,以提高预报水平。

关键词: 地震预报 战略问题 攻关课题 孕震理论

任何科学的发展都有其阶段性,在完成某一阶段的发展之后,常常需要新的科学积累,并调整战略部署,使之进入新的发展阶段,我国地震预报已经处于向新阶段过渡的历史进程,需要适应新形势新任务,提出新的战略目标。

1 特点难点和问题

地震预报研究有下列特点和难点:

1.地球构造的复杂性和介质的不均匀性,这一特点导致一些成熟的理论(如弹性,塑性,流变,断裂等)应用于地震和地震预报研究只具近似性,同时,这一特点也成为前兆复杂性的原因之一。

2.孕震时间空间尺度大,孕震过程复杂,必然与偶然,内因与外因,渐进与突发等因素相互作用,也造成前兆现象的复杂变化。

3.对于研究来说,强地震事件少,积累资料慢,检验机会少。

以上是研究对象的特点与难点,这些特点又导致研究方法的局限性:

4.观测的间接性。在地面观测到的是二次三次信息,甚至是假象。

5.实验的模拟性。

6.研究的反推和类比。

研究对象的复杂和研究方法的局限,常常导致研究结果的多解性和不确定性。

7.地震预报的社会性,包括地震社会心理和预报的社会经济影响。

这些特点和问题,决定了地震预报研究不是轻而易举的,需要较长时间坚持不懈地艰苦奋战。

2 从发展过程看现状

回顾我国地震预报走过的道路,分析得失,以便更好地认识现状,考虑今后的方向。

2.1 前兆入手 捷足先登

我国地震灾害严重, 人民迫切要求在地震之前打个招呼, 这是社会的需要, 却是科学上的难题, 长期不得具体途径, 无从下手。1966 年邢台地震后, 强余震相继发生, 现场实践使我们“感觉”到地震有前兆, 而且在 3 月 26 日根据五项前兆现象预报了一次 6 级强余震, 初次的尝试, 竟然得到意外的成功, 十多年无从下手的地震预报, 忽然闪亮了科学的曙光, 实践给人以启示, 抓前兆作预报就是途径, 不断实验和试报, 多次的成功与失败, 终于获得海城地震预报成功的国际创举, 在攀登地震预报的世界科学险峰中捷足先登了。所谓先登, 就是首先起步, 取得了开创性的成就, 要到达险峰, 还有异常艰巨的任务。

2.2 土洋并举 万马奔腾

胜利可以鼓舞士气, 亦可冲昏头脑, 邢台开辟的道路, 振奋了地震科技人员, 振奋了人民群众, 也振奋了政府部门, 人马四面聚拢, 试验八面展开; 仪器观测土洋并举, 预报地震专群结合; 事业规模迅速发展, 国际影响日益扩大, 在此形势下, 以为坚冰已经打破, 航道已经开通, 可以继续万马奔腾, 直达地震预报顶峰。

“文革”思潮确实在地震预报研究的幼年躯体上打下烙印, 不但沾染上不科学的污尘, 还滋长了盲目乐观情绪, 更为深远的影响是: 地震队伍的素质、研究方法和途径, 学术风气及管理体制等方面形成“惯性”, 难于转变运行机制。

2.3 探索规律 步履艰辛

唐山地震未能预报, 引起人们的深刻反思, 但认识并不一致, 悲观与乐观, 彷徨不安与继续奋战, 种种情绪兼而有之, 这是由于对海城地震预报成功为标志的科学成就估计过高, 而对唐山地震未能预报缺乏思想准备。我在海城地震现场工作期间, 给当时的地球物理所党委书记王卓同志写了一封信指出: 海城地震确实预报成功了, 确实减轻了地震灾害, 但是, 切不可对科学上的成就估计过高。回来之后, 给了他一首小诗: 震兆忽西东, 专群紧追踪, 名成扬四海, 规律有无中。这是当时的认识, 在编写《当代中国地震》的一次讨论会上, 我表示了一个观点: 尽管海城与唐山地震在有无预报上是不同的, 但在科学工作的水平上是一样的, 时至今日, 我的观点仍未改变, 我们基本上处于经验预报阶段, 科学规律还未掌握, 这正是需要艰苦奋斗的任务。

2.4 科学攻关 万里长征

地震预报研究的途径有两个不同方向, 一是从前兆入手, 进而研究孕震理论, 二是根据已有理论, 提出某种孕震模式, 指出可期待的地震前兆, 当然, 两者应该相辅而行, 只是起步与侧重不同, 我们从前兆入手, 迈出了难能可贵的一步, 积累了丰富的前兆资料和震例, 提出了一些有待完善的预报方法, 同时也理出了需要深入攻关的科学问题。

我们富有前兆资料和经验预报方法, 贫于基本理论研究, 这就是最重要的“现状”。富有的应该珍惜并充分利用, 贫乏的需要重点加强, 这就是战略问题, 认清现状, 调整战略部署, 在万里长征中探索地震预报的科学规律, 这就是我们继续前进的艰巨任务。

3 任凭风浪起 攻关志不移

由于地震预报研究对象的复杂性, 当前研究方法的局限性, 以及发布短临预报的社会性, 自这个问题提出之日起, 不仅其困难程度令人生畏, 而且长期存在“能与不能”的争论, 近来, 在日本争论风浪又起, 据说, 将有国际影响, 对此, 应该仔细听, 认真思考,

但不应动摇我们的阵脚。

3.1 事实胜于雄辩

海城地震在一定条件下预报成功，这是公认的事实。唐山地震之前，我们“睁大眼睛”盯住，但在眼皮底下溜走了，这也是事实，前者预报了，后者有征兆有所察觉，还有一些其他例子，都说明预报是可能的，但由于科学问题复杂，预报能力还低，需要继续探索，逐步掌握科学规律。

3.2 科学的继承性和发展的阶段性

科学研究具有继承发展和阶段跃进的特点，地震预报还处于初级阶段，并向更高阶段过渡的时期，也是更加困难的时期，需要科学积累，有待寻找新的突破口，开辟新的前进道路，但决不是如有些学者所认为的“穷途末路”，不宜厌旧从新，另起炉灶，应该正确地继承已经取得的成果，作为深入研究的基础；还要继承其他学科的新理论新技术作为攻关武器，也为研究方法的局限性拓宽道路，关键性的科学问题的突破，常常导致发展的阶段飞跃，跃上新台阶。近年来，我们已经开始向新的阶段进军，战略重点转移似应更果断些，争取更大成效。

4 战略问题的思考

两次“清理攻关”，逐步的调整整顿，体现了深入研究的决心，也更加明确了前进的道路，研究现状表明：需要战略重点转移，由资料积累，经验预报向科学规律探索的方向转移，原来的基础工作还要做好，但应避免重复性工作；要缩短战线，突出重点；着重加强地震发生机制和孕震理论研究，加强基本科学问题的研究，以期从根本上奠定地震预报的理论基础，提高预报的科学水平。

基本的攻关科学问题至关重要，但并非容易选定，专家们各有所专，各有所见，需要共同研讨，统一认识，似宜如“清理攻关”那样，组织力量进行清理评定，不是几次座谈会，而是一个研究过程，如果没有统一的认识，战略部署也难以落实。

实验场是中短期预报研究的重要手段，历经山西、新疆、京津、滇西等实验场，工作效果都不甚理想，历史经验似宜认真总结，实验场与重点监测区结合，是理论与实践相结合的场所，在管理上应是一个“特区”，赋予特定政策与激励机制。

科学技术为国民经济建设服务，是新中国成立以后地震研究所遵循的一贯方针，正是贯彻了这一方针，才有我国地震科学的蓬勃发展，我们在提供地震烈度、地震区划及工程地震方面，过去和现在都发挥了积极作用，在地震预报方面也在现有科学水平和预报能力上作出一定贡献，由于科学能力与社会需要存在矛盾，既要争取最大社会效益，又要避免“负效应”。破坏性地震的监测，应集中人力物力有重点地进行，中短期的“震情通报”，可能是当前的适当方式，政府部门采取何种措施，则要结合当地的社会经济情况综合考虑，地震预报的社会服务应与预报能力相适应，并着眼于科学规律的探索，逐步提高预测能力，提高服务水平。

确定战略目标，选准攻关课题，预期在今后十至十五年中，在基本理论研究方面，取得显著进展，初步掌握地震孕育和发生的规律，建立某种经受实际考验的孕震模式，使经验预报向物理预报过渡，从而使我国地震预报水平上一个新台阶。

(收稿日期：1992年7月)

对我国地震预报工作的几点想法

陈鑫连

(研究员 国家地震局分析预报中心 北京)

摘要 本文概括地对我地震工作历程进行了回顾,并总结为经历了3个重要阶段。第一阶段,地震预报处于“看图识字”的基本状态;第二阶段,由于经验与知识的差别,形成一批地震预报专家,但是他们不构成集团势力,只是由专家为核心的预报团体;第三阶段,以专家集团为主体,专家系统为代表的具有某种信度的预报体系。整个历程正在向有物理基础的概率预报的方式过渡。并针对目前地震预报面临的严峻的历史挑战,提出了当前我国地震预报的战略思想应是:冷静反思,热情探索;坚持预报,开拓领域;调整结构,强化科研。其中尤其就如何解决社会对地震预报的期望较高同地震预报科学水平较低这一矛盾提出了一些有益的建议。

关键词: 地震预报 历程 战略思想 预报体系

邢台地震以来的20年中,我国的地震预报随着地震活动的起伏,在认识上确有很大长进。1966-1976年的10年中,我们的主要工作是应付不时袭来的地震事件,没有摆脱跟着地震走的状态。这一时期,虽然积累了相当丰富的资料和经验,但是还来不及系统消化。1977-1987年的10年中,由于地震活动的相对平静,我们有可能在技术系统现代化建设和理论研究的深化两方面开展扎实的工作。技术系统中主要是观测技术(数字地震仪、第二代地形变连续观测台网、遥测台网等)、通讯技术(有线、无线、卫星通讯等)、实验技术(各类实验室)和计算机技术等。在理论研究深化方面主要有全面清理攻关和实用化攻关等重大步骤,取得了举世瞩目的成就。由于认识与实践的深化,中国地震预报工作经历了三个重要阶段:第一阶段,地震预报处于“看图识字”的基本状态;第二阶段,由于经验与知识的差别,形成一批地震预报专家,但是他们不构成集团势力,只是由专家为核心的预报团体;第三阶段,以专家集团为主体、专家系统为代表的具有某种信度的预报体系。整个历程正在向有物理基础的概率预报的方式过渡。

目前,地震预报正面临着严峻的历史挑战。国际上对地震预报的前景又引起一场争论,以日本东京大学的美国地球物理学家盖勒(R.J.Geller)发表的“改弦易辙才能实现地震预报”(Shate up for earthquake prediction,《Nature》Vol.352,1991)的文章,系统评述了日本的地震预报计划,也涉及其他国家,结论基本是否定的,认为经验性预报已走进一条死胡同。因此,提出日本的第七个地震预报计划不能是第六个计划的延续,而应予以改革,加强基础研究。美国公开预报在1988-1993年在派克菲尔德发生一次6级地震,剩下只有1年了。但在美国台网监测范围内已发生了多次6~7级的地震,均未作出预报,美国地震界遇到困惑。原苏联大地物理所所长在文章中写有“日常观测是不可能搞