

3

国家地震局分析预报中心 编

地震预报 研究



地震出版社

编 者 的 话

国家地震局分析预中心汇编的《地震预报研究》第一、二辑已经出版,为了继续把1985年以前分析预报中心在分析预报和科研方面所取得的一些进展和成果汇集起来,集中介绍我单位这方面的成果,有利于学术交流和为他人借鉴,再次将中心科技工作者在各种刊物发表过的或在各种学术会议上介绍过的论文和报告收集、整理、汇编成《地震预报研究》第三辑。

《地震预报研究》第三辑,主要编入了分析预报中心1983年至1985年期间的研究论文和报告,基本上反映了地震预报科研工作在有关学科和领域中所积累的经验 and 取得的成果,同时也反映了我单位在这期间的研究现状和工作进展情况。

在汇编过程中,每篇文章基本保留了作者当时的观点和主要内容以及出版时的技术处理,仅对个别文字、段落作了必要的修正。

本辑汇编的内容共分三部分:

第一部分为论文、报告全文,共收入44篇,包括地震预报综论2篇、地震构造分析5篇、地震活动性研究7篇、地震预报前兆方法探讨12篇、地震前兆特征分析9篇、预报方法的实验研究3篇、其它6篇。

第二部分为论文、报告摘要,共收入16篇。

第三部分为论文、报告题目,共收入40篇。

本汇编可供从事地震观测及预报研究人员和有关大专院校师生参考。

本辑《地震预报研究》的汇编和出版是在分析预报中心名誉主任梅世蓉、陈鑫连主任、张国民、曲克信、崔德海副主任的关心指导下,得到了分析预报中心广大科研工作者的支持和帮助,由业务处负责编辑、整理完成的。本辑编辑为申裕、阎立璋、高建琦。参加整理编辑工作的同志还有:杨玉荣、胡中华、吴荣辉、李茜、李京、李栓柱等。

1990年5月

目 录

第一部分 论文全文

地震预报综述

地震的综合观测与综合分析预报..... 张肇诚 (1)

华北地区中强以上地震前兆的基本特征..... 张肇诚 高旭等 (7)

地震构造分析

北纬 20° — 50° 的大陆地震构造系..... 马宗晋 傅征祥 薛峰 (19)

中国大陆的地震层和地震线..... 马宗晋 (29)

断块构造与地震的网络现象..... 张德成 马宗晋 高维明 (37)

京津冀地区隐伏构造与地震活动..... 林伟凡 严嵩芬 蒋铭等 (45)

地震断层面上不均匀体研究进展概述..... 张智 吴开统 (54)

地震活动性研究

地震孕育与发生过程中场与源的关系..... 张邦珍 (59)

华北强震的时间分布及物理解释..... 张国民 傅征祥 (68)

华北地区的晚期强余震特征..... 吴开统 焦远碧 王志东 (78)

华北强震平均重复周期的探讨..... 张立人 (87)

华北第三、四地震活跃期的对比..... 蒋铭 马宗晋 (94)

唐山大地震前的地震空区和围空地地震的机理..... 刘蒲雄 (101)

地震空区与大震关系的不唯一性..... 陈章立 薛峰 (108)

地震预报前兆方法探讨

华北几次大震余震应变释放特征及“应力窗口”的机制讨论..... 张国民 孙士铨 (115)

关于区域应力场变化“窗口”的研究进展..... 张国民 马宗晋 张邦珍 (121)

华北地区“应力窗口”..... 姜秀娥 单锦芬 邱竞男 (128)

b 值时空扫描方法预报地震效能的分析..... 测震指标研究组 (139)

不同类型地震序列波形特征的讨论..... 卓钰如 刘连柱 张立明 (144)

利用区域地震台网 P、S 振幅比资料测定北京地区小震震源参数.....

吴荣辉 张立明 李幼铭等 (149)

水氧预报地震效能的评价..... 张炜 王长岑 (157)

地震水文地球化学观测点环境条件研究与观测点的选择..... 郭秀满 (174)

井水固体潮分析结果及其在地震预报中的应用..... 刘澜波 郑香媛 (186)

黄壁庄水库水位及地下水位变化对重力观测的影响..... 李贵 程曦 (192)

华北地区中强地震与地电阻率异常的关系..... 汪志亮 王国庆 赵成达 (197)

唐山地震地应力短临异常及震后应力变化特征..... 申裕 (204)

地震前兆特征分析

中国大陆地震的短临前兆..... 梅世蓉 (210)

地震前兆的地区性.....	梅世蓉 (236)
我国地震前兆特征的统计分析与研究.....	高旭 邱竞男 姜秀娥等 (242)
南黄海 6.2 级地震华东地区的震兆异常.....	华祥文 (255)
南黄海勿南沙 6.2 级地震前的地磁异常.....	丁鉴海 黄雪香 张淑兰 (262)
金县水准近年来的异常情况 & 讨论.....	储文宜 宋志超 (264)
近两年来云南及其邻近地区中强地震的水氧异常震例分析.....	尹秀如 (268)
唐山地震前短周期变化的研究.....	杜安娜 周胜奎 印璐 (273)
辽宁地区地磁异常调查分析报告.....	樊秀英 邓顺兴 (281)
预报方法的实验研究	
利用零漂观测值和潮汐因子变化研究地震预报的可能性和条件.....	吴雪芳 唐伯雄 吴兵 (290)
菏泽 5.9 级地震后震中区二氧化碳的观测结果.....	阎立璋 张平 魏家珍等 (297)
鲜水河断裂带及其邻近地区表层土中测汞试验结果初析.....	朱宏任 汪成民 梁鸿光等 (301)
其它	
岛弧—海沟地区浅源强震分布和地球自转.....	傅征祥 (308)
P 波初动分布图案对震源机制解可靠性的影响.....	杨懋源 吕培苓 华祥文 (319)
模糊聚类分析及其在地震研究中的应用.....	陈荣华 冯德益 (325)
浅析地震敏感区问题.....	梁鸿光 汪成民 (333)
两次爆破近场气射气观测结果及其变化机理的初步研究.....	罗光伟 石锡钟 张平等 (339)
微机在地震前兆数据处理上的应用.....	邢如英 梁曙东 陈棋福等 (342)

第二部分 论文摘要

华北地区现代地壳构造的基本特征及构造应力场演化与板块构造.....	张立人 强祖基 (351)
1976 年唐山地震前后的重力变化和震区莫霍面的变形.....	朱岳清 吴兵 邢如英 (351)
地球上层的对流.....	朱岳清 (352)
晚期强余震.....	吴开统 焦远碧 郑大林 (353)
山西地震带现今活动的危险性.....	吴开统 (354)
全球地震活动的周期性分析.....	张耶珍 栗生平 李革平 (354)
不同类型地震发生区域的 Q 值特征.....	卓钰如 刘连柱 张立明 (355)
中强以上地震与区域应力场效应.....	姜秀娥 王惠敏 单锦芬等 (355)
燕山带地震频度的月相效应.....	丁鉴海 黄雪香 (358)
利用远场 P 波波形确定 1974 年新疆乌恰地震的震源参数.....	

	杨懋源 束沛镗 周文虎 (358)
P波初动节面解的可靠性判定	杨懋源 吕培苓 华祥文 (359)
音频振动下花岗岩氡钍射气测定结果	罗光伟 穆松林 董方楚等 (359)
地球物理频谱的信息论分析方法及地震历史序列的最大熵谱分析	朱岳清 邢如英 (360)
华北近期地震危险区的确定要素和综合图象识别	张郅珍 粟生平 李革平 (360)
程序的全局优化	朱岳清 (361)
椭圆型方程边值问题及其差分解法	朱岳清 (361)

第三部分 论文题录

CONTENTS

I. Papers

Overview of Earthquake Prediction

Comprehensive observation and synthetic analysis and prediction

of earthquakes Zhang Zhaocheng (1)

Basic features of seismic precursor over moderate earthquakes in North China

..... Zhang Zhaocheng Gao Xu et al. (7)

Analysis of seismotectonic

Tectonic system of continental earthquake in $20^{\circ} - 50^{\circ}$ N.lat

..... Ma Zongjin Fu Zhengxiang Xue Feng (19)

Seismic stratum and earthquake line in Chinese mainland Ma Zongjin (29)

Block structure and earthquake's network pattern

..... Zhang Decheng Ma Zongjin Gao Weiming (37)

Buried structure and seismic activities in Beijing-Tianjin-Hebei area

..... Lin Weifan Yan Aifen Jiang Ming et al. (45)

Overview on studies of heterogeneous body on seismic fault plane

..... Zhang Zhi Wu Kaitong (54)

Research on Seismicity

Relations of field and source during the process of seismogeny and occurrence

..... Zhang Yingzheng (59)

Time sequences of strong earthquakes in North China and their explanation

..... Zhang Guomin Fu Zhengxiang (68)

Features of late aftershocks in North China

..... Wu Kaitong Jiao Yuanbi Wang Zhidong (78)

Approach on average repetition interval of Strong earthquakes

in North China Zhang Liren (87)

A comparison between the third and fourth seismicity periods in North China

..... Jiang Ming Ma Zongjin (94)

A doughnut-shaped pattern of seismic activity and its formative process

preceding the Tangshan earthquake of 1976 Liu Puxiong (101)

Nonuniformity between relations of seismicity gap and strong shock

..... Chen Zhangli Xue Feng (108)

Study on Seismic Precursors for Earthquake Prediction

Discussion on features of stress relief during post-shocks of strong

earthquakes in North China and mechanism of "stress window"	
.....	Zhang Guomin Sun Shihong (115)
Progress in the research on the "window" of regional stress field	
.....	Zhang Guomin Ma Zongjin Zhang Yingzhen (121)
"Stress window" of North China area	
.....	Jiang Xue'e Shan Jinfen Qiu Jing Nan (128)
Analyses on prediction efficacy of b-value space-time scanning	
.....	Research group of seismometry index (139)
A Discussion on characteristic waveforms of earthquake sequences	
of different types	Zhuo Yuru Liu Lianzhu Zhang Liming (144)
Determination of small shock hypocenter by using the P.S amplitude ratio	
data obtained from regional networks	
.....	Wu Ronghui Zhang Liming Li Youming et al. (149)
Efficacy evaluation on earthquake prediction by radon method	
.....	Zhang Wei Wang Changling (157)
Research on environmental conditions of seismo-hydrogeo-chemistry	
station and selection of the stations	E Xiuman (174)
The analysis results of water-well earth's tides and their applications	
to earthquake prediction	Liu Lanbo Zheng Xiangyuan (186)
Influence in gravity measurements by water level changes of Huangbizhuang	
reservoir and undergroundwater	Li Gui Cheng Xi (192)
Relations between moderate shocks in North China and anomalies of earth	
resistivity	Wang Zhiliang Wang Guoqing Zhao Chengda (197)
Short and imminent anomalies of stress before Tangshan earthquake and	
stress variations after the shock	Shen Yu (204)
Analysis on Characteristics of Seismic Precursors	
Short and imminent precursors of continental earthquakes in China	
.....	Mei Shirong (210)
Regionalism of seismic precursors	Mei Shirong (236)
Statistic analysis and research on characteristics of earthquake precursors	
in China	Gao Xu Qiu Jingnan Jiang Xiu'e et al. (242)
Precursory anomalies in Northeast China during the earthquake (M = 6.2)	
of South Huanghai Sea	Hua Xiangwen (255)
Geomagnetic anomalies before the Wunansha Earthquake (M = 6.2)	
in the South of the Huanghai Sea	
.....	Ding Jianhai Huang Xuexiang Zhang Shulan (262)
Discussion about anomalies of levelling in Jinxina County in the recent years	
.....	Chu Wenyi Song Zhichao (264)
Case analyses on anomalies of radon during moderate earthquakes in	

- Yunnan Province and its surroundings in the last two years
 *Yin Xiuru* (268)
- Research on short period changes before the Tangshan earthquake
 *Du Anna Zhou Shengkui Yin Lu* (273)
- Survey and analysis report on geomagnetic anomalies in Liaoning region
 *Fan Xiuying Deng Shunxing* (281)
- Experiments on Prediction Methods**
- Possibility and conditions of earthquake prediction by studying variations of
 zero drift and tidal factor *Wu Xuefang Tang Boxiong Wu Bing* (290)
- Observation on carbon dioxide in groundwater in the epicentral
 region after the Heze Earthquake of M5.9
 *Yan Lizhang Zhang Pin Wei Jiazhen et al.* (297)
- Analyses on measurements of mercury in superficial soil in Xianshuihe
 fault zone and its surrounding areas
 *Zhu Hongren Wang Chengmin Liang Hongguang et al.* (301)
- Additional**
- Distribution of the shallow strong earthquakes in the island arc-trench zones
 and the earth rotation *Fu Zhengxiang* (308)
- Influence of the first motion pattern of P wave to the reliability of focal
 mechanism solution
 *Yang Maoyuan Lu Peiling Hua Xiangwen* (319)
- The method of fuzzy cluster analysis, its application in earthquake studies
 *Chen Ronghua Feng Deyi* (325)
- About sensitive area of shallow focus earthquakes
 *Liang Hongguang Wang Chengmin* (333)
- Results of radon emanation measurements in the near field of subsurface
 nuclear explosion in 1983 and 1984, and study on their variation
 mechanism *Luo Guangwei Shi Xizhong Zhang Ping et al.* (339)
- Applications of microcomputer in data processing of seismic precursors
 *Xing Ruying Liang Shudong Chen Qifu et al.* (342)

II. Abstracts

- Basic features of modern crustal structure, evolution of tectonic stress field
 and plate structure of North China *Zhang Liren Qiang Zuj* (351)
- Gravity changes and Moho distortion in the epicentral area before and
 after the Tangshan earthquake *Zhu Yueqing Wu Bing Xing Ruying* (351)
- Convection of the Earth's upper layer *Zhu Yueqing* (352)
- Late aftershocks *Wu Kaitong Jiao Yuanbi Zheng Dalin* (353)

地震的综合观测与综合分析预报^{*}

张 肇 诚

地震预报是现代地球科学中难度很高的一项重大研究课题。它涉及许多学科领域的知识和现代科技成果的综合运用和研究,其探索范围极为广泛。国内外研究实践表明,地震前兆的综合观测和地震的综合分析预报是探索地震预报的重要途径。

一、回顾和比较

本世纪 20 年代起,日、苏等国就开始了地震预报的探索性研究。由于科学知识和技术发展水平的限制,这一工作未能获得迅速进展。60 年代,在相关科学领域的重要发现和进展、以及一系列大震的连续冲击下,日、苏、美、中等国大力开展了地震预报研究工作。

日本原以地震活动和地形变为主进行了探索,近数年来向综合预报方向发展。1965 年开始的前四个五年计划,以对日本地震成因的某种理解为基础,部署了前兆综合观测,特别是在第四个五年计划中把捕捉临震现象预测地震发生的“时间”,即以研究短期预报为目的来推动预测工作。在东海加强观测地区以预报 8 级地震为目标,建立了较完备的综合观测系统和资料收集处理体制,在计划实施和地震前兆的认识上均取得了明显的进展。

苏联以地震区划研究为基础,在中亚、哈萨克斯坦和远东等地建立了一系列试验场,提出了 IPE 模式,开展综合观测和综合分析预报工作。在中亚初步建成了综合观测系统和地区性分析预报中心,目前苏联正试图把所开展的各项研究协调为统一的研究体系,以建立能够预报地震三要素的全国地震预报系统。苏联学者认为地震预报在地点和震级预报上已取得了很大进展,拟着手解决时间预报问题,把地震预报向实用化发展。

美国在西部圣安德烈斯断裂带上部署了综合观测,70 年代初期提出了 DD 模式,曾一度把波速比视作地震预报的突破口,后来由于无波速异常震例的出现,进而加强了综合预报研究。近年来又增添了无前兆反应的震例,对地震预报持非常谨慎的乐观态度。从其计划看,仍体现了综合探索的基本思路,五年内的主要目标是取得二次 6.5 级和五次 5 级以上地震的实际观测资料,确定观测现象和有用的前兆,加强基础性研究工作。

我国地震预报采取了多路探索的途径,17 年来经历了地震高潮期和相对平静时段内的广泛实践。在此期间发生了 14 次 7 级以上大震,其中有九次获得了不同程度的前兆资料,曾有过海城地震预报成功的喜悦和过分乐观,也经历了唐山地震沉重损失后的认真思索。

^{*} 本文发表在《国际地震动态》1984 年第 8 期。

附表 日、苏、美、中四国地

		日 本	苏 联
观 测	项 目 选 择	以测震、形变为主,综合布设重、磁、电、水位、水化等观测,近年开始进行电磁波的观测	以测震学为主,综合布设形变、水动力学、水化学、电、磁等地球物理和地球化学前兆观测,近年来很重视电磁波的观测研究
	布 方 网 法	全国布设测震和形变网,在加强观测地区(东京圈和东海地区)布设较密集的观测,在特定观测地区布设一般观测	全国布设测震和地球物理观测基准台网,在中亚、哈萨克斯坦、远东建立若干试验场,布设较密集观测
	观 方 测 式	定点连续观测,以气象厅及一些大学为中心实现遥测与传输	定点连续观测,试验场内部分实行季节性野外观测,中亚试验场有遥测及传输台网
预 报	长(长中期)	以地震活动和大地测量为主要依据进行大地震危险区判定,设立加强观测区和特定观测区,扩大并加强长期预报项目的观测,提出了东海地区的长期预报	以地震区划为主要依据,判定强震震级和地点,在试验场加强长期预报项目的观测,把解决时间预报提到工作日程,在中亚试验场进行实验性预报
	短 期 (短临)	增设以短期预报为目的的地下水、电磁场等观测,积累了震例资料,在加强观测区建立了日常例行分析预报系统(数据集中、储存、处理、分析、判定),把短期预报推向实施	加强以地下水动力学、水化学、电磁等以短期预报为目的的观测,积累了震例资料;在塔什干建立了日常例行分析预报系统,实验性地进行短期预报,并在阿赖-伊斯法拉-巴特肯地震上初获成功
	探 的 索 震 预 报 级	在观测区预报出8级以上地震,对8级以下地震前兆及预报的可能性进行探索	重点放在预报试验场内及附近地区的6级以上地震,对4.4级(K=12)以上地震的前兆进行探索
研 究	地 震 前 兆 及 预 报 方 法 研 究	重点放在观测研究方面,包括观测项目、观测技术、观测资料及震例资料和异常现象的研究等,从中提取预报指标,制定了地震预报的立法程序	继续研究改进地震区划,重点放在前兆的观测及其特征的研究,开展地震观测资料的处理及概率性预报研究,探讨地震预报的程序
	基 础 研 究	开展了岩石破裂实验、地壳应力测定、地壳构造探测及观测区的综合观测研究,旨在阐明地震发生的机制	开展岩石破裂实验及地震孕育模式的研究,提出了IPE模式为代表的震源模式,并作为试验场综合观测布局和综合分析预报的物理基础
计 划 目 标 及 措 施		通过加强长、短期预报和发展机制的研究,以及健全地震预报体制,提出在2006年能在一个月內报府县6级以上地震	计划把苏联开展的各项研究协调为统一的综合研究体系,以建立能够预报震地点、强度和时间的全国地震预报系统

震综合观测预报研究情况比较表

美 国	中 国
以测震和形变为主。综合布设重、磁、电、水位、土壤气体发射等观测，近年来开展用水压致裂技术观测绝对应力	以测震、形变、电、磁、重、应力、水位、水化学等八大手段为主，进行多项目观测，逐步形成以测震为基础的多项目综合观测
全国布设测震台网，在西部沿圣安德烈斯断裂带布设密集观测网	全国布设测震基准台网及一、二类台组成的前兆观测网，在华北、西南等多震地区布设较密的观测台网
定点连续观测，多采用遥测及自记技术	定点连续观测，辅以形变、重、磁流动观测
在利用地质学方法确定地震重复发生间隔及活断层研究方面取得了进展；在测震及其它观测仪器密集台网布设上取得了技术进展；观测到某些异常变化，亦有无前兆震例；发现震源机制参数和前兆现象的复杂性，未提出预报任务	以地震地质深部探测、大地测量、统计预报及前兆项目观测进行全国长中期预报，取得多次7级以上震例资料，进而提出在华北及南北带进行5~10年危险区攻关研究
	以地震活动和多种前兆项目的观测进行短临预报探索，积累了较多的强震及中强震震例资料，并在海城、龙陵、松潘等地震的预报中初获成功，但并未掌握严格意义的前兆，进而提出了地震前兆清理攻关研究任务
致力于捕捉地震前兆及观测事实，没有提出预报探索的震级	在布设台网地区预报6级以上强震，对重点地区5级以上地震前兆进行探索
集中力量于前兆观测研究，探索预报地震的可能性	对各种观测资料进行广泛研究，从中提取长、中、短、临地震前兆，重视震例总结，研究预报方法，形成长、中、短、临渐进式预报为主的预报程序
开展了岩石破裂实验，提出了膨胀-扩散等模式，但用以解释前兆现象遇到了困难；拟进一步开展地壳应变野外观测及室内高温高压下岩石物理性质的细致研究	部分开展了岩石破裂实验，提出了组合、追赶等模式，进行了深部探测工作
通过详细观测二次6.5级以上和五次5级以上地震确定观测现象及有用的前兆；研究地震活动区构造轮廓，了解地震的基本过程；研究断裂力学过程，提供短期预报的物理基础；发展和制定实验性的地震预报步骤	通过加强观测、预报和基础研究，建立起符合中国观测实际的地震预报理论、方法和地震预报系统，在本世纪末实现某个或某些类型强震的科学预报

已积累的较丰富的观测资料和正反面预报实践的经验,为今后目标更明确地进行探索提供了依据。历次较强地震前的异常反应都不是单一的,而是多手段观测到的多种异常现象;历次作了不同程度预报的地震,其依据也不是单一的,而是多种现象的综合判断;各种现象是相互联系的,为识别地震异常,观测应该是综合性的;地震前后的异常在时空变化上是发展变化的,不仅具有极大的复杂性和地区性特点,还富于多解性,只有综合比较分析才能取得认识,因而我国的预报实践也是综合性的。在实际工作进程中,我国地震预报从多手段进行单项预报探索,到统一地震队伍进行多手段预报,地震综合预报逐步得到发展。在70年代初就形成了以综合观测和综合分析预报为基本方法的格局,边研究边预报,逐步发展完善,并在预报实用化中取得了实际经验。

为具体了解和更清晰地分析比较日、苏、美、中四国地震综合预报研究的现状,将其主要情况列表介绍如后(见附表)。

分析各国地震预报研究的发展情况,可注意到以下值得重视的基本动向:

1. 尽管对地震前兆还有种种不同的看法,但对地震是否有前兆已不是议论的中心,注意力已转向地震前兆的复杂性(包括无前兆地震)及其产生的机理问题。各国科学家更现实地估计了实现地震预报的难度,但又更明确地将之列入了国家科学发展计划。实施步骤上显示出的差异反映了对难度和各自面临科学问题的认识。

2. 各国都先后注意到地震预报要走综合观测、综合分析和综合预报的道路。1982年9月在北京举行的“大陆地震与地震预报国际讨论会”上,各国代表都强调了综合预报研究的重要性。可以预见,日、苏、美、中在地震预报上的科学竞赛,在很大程度上将取决于综合观测和综合分析预报研究的进展。

3. 地震预报实用化被列入科学工作日程或计划日程。在我国,地震预报实用化开始得较早,逐步形成了长、中、短、临渐进式预报的程序。日、苏在近年已明确提出了短期实用化预报的目标,并已采取了实际步骤。美国拟研究发展和制订实验性预报的可能性。这反映地震预报进入了某一新的发展阶段。

4. 在健全综合观测系统的同时,日、苏两国明确提出了健全地震预报系统的问题。从观测到数据集中、储存、处理分析、直到判断,在加强观测地区或重点地震试验场初步建立起以现代通讯和计算机技术装备起来的综合观测和综合分析预报系统。我国也已开始着手这方面的工作。

以上几点反映了国际地震预报研究的实际进展,地震综合预报研究成为主体动向,而综合观测和综合分析预报则为其中心内容。

二、地震预报的探索与实用化

地震预报研究的进展还表现在重点探索课题的转移,预报探索与实用化过程已紧密地结合起来。当前的中心课题是:

1. 进一步肯定确切的前兆现象,提取预报信息。许多地震有前兆现象,这一点已被大部分人所承认。但从严格意义上来说,国内外所发表的“前兆”,往往是一次性震例事件或者可能是与地震孕育过程相关的现象,加上观测时间短及观测条件与辅助观测项目不

够健全,因而往往难于肯定哪些是确切意义的前兆,亦难从中提取预报信息。各国在已取得的资料和认识的基础上,正进行更严格的观测和理论与实验研究,以肯定确切的前兆现象。

2. 研究地震前兆的复杂性和机理。梅世蓉在《一九七六年唐山地震》一书中就此问题做了颇为详尽的阐述。日、苏、美学者相继注意到了这一问题。前兆现象在时间、空间、幅度、种类和表现形式等方面的错综变化,寻找不到能统一解释各种现象的震源模式,现象的重复性不好,以及无前兆震例的出现等等,一系列问题使人们逐步认识到地震前兆的复杂性,并进而探索其物理解释。看来,地震类型、震级、介质条件、地体和空间环境条件等均会对前兆的种类和表征产生影响,需要做具体的深入研究。

3. 研究地震的短临预报。在地震预报探索中,后验性的总结与震前的科学预报有本质的差别。从科学探索、检验真知到取得实际预测预防效果等诸方面,均要求地震预报的研究不能停留在后验性的震例研究,注意力逐步集中到了短临预报问题。人类对地震科学知识的积累和现代技术的进步亦为此准备了条件。各国相继加强了短临预报探索的步伐,把地震预报研究和实用化密切结合起来。

顾功叙指出,地震预报是一门观测科学。许多问题只有通过现场观测才能获得可靠的第一手资料和更接近实际的认识;预报研究的进展需要通过实践的检验;实现预报,特别是实现短临预报需要有现代化的、完善的和实时的分析预报系统。上述三个课题的研究在极大程度上需要依靠观测和预报实践。而实现科学观测和预报,在许多环节上属于技术性实施问题。如果说 50 年代至 60 年代学者们对于地震是否有前兆、地震预报的探索与地震预报是否可同时开展有不同意见的话当前在重点地震区把科学探索与预报实用化过程密切结合起来已成为另一重要发展动向。地震科学知识的积累和科学技术的进展,使 60 年代兴起的地震预报探索保持了前进的势头,从观测到理论研究都已奠定了必要的基础,地震预报进入了全面深入研究的阶段,其重要标志是中、日、苏等国相继提出了解决短期预报的要求,地震预报的探索与实用化过程已密切地结合起来。

三、分析与展望

我国地震综合预报研究已取得了一定的进展,但对现状需要有一正确的估计。分析比较各国的情况可以看到,多路探索、广泛实践、边预报、边研究是我国地震预报工作的特点,通过广泛观测取得了比较丰富的资料和现象,在预报实践中积累了正反面的经验、认识和思路,但广度和数量上有余,而深度和质量上不足。在观测方面,观测项目多,地区广,连续观测点多,震例和资料多;但重点和布设思路不够明确,数据和资料不够严格,项目不够配套,未能为综合预报提供完善、严格的综合观测基础。在预报方面,长、中、短、临和震后各阶段都取得了一定的实际观测资料和预报经验;但又缺乏一套完善的数据处理方法和预报方法。在研究方面,地震前兆和预报方法的研究比较广泛;但不够深入,缺乏符合观测实际的前兆理论作指导。所以,我国目前的综合预报还仅仅处于初步的、经验性的阶段。正确评价已取得的进展,客观地估计工作所的发展阶段,这将切实地增强我们对工作的信心。17 年来我国地震预报经历了迅速成长的过程,尤其应该指出的是我们赢得时间在地震高潮期取得了实际观测资料、经验和教训,又在相对平静时段内检验、

补充了观测资料和认识，这在科学上是极为宝贵的。对现状进行清醒分析将有助于进行目标更明确的探索。天文、气象等观测科学在发展过程中都经历了经验性预报（现象的类比、“拼盘”式预报）、概率性预报（以比较严格的数学统计为基础的预报）到物理预报（以物理成因为基础的确定性预报）等阶段。目前它们刚进入后一阶段，并且仍在继续综合应用前两阶段的有效方法。同这些学科相比，地震预报要年轻得多，还处于经验性预报阶段，开始向概率性预报阶段发展。地震的孕育和发生是多因子作用下的复杂物理化学过程，在我国大陆上所取得的实际资料和认识为阐明这一过程的物理实质提供了重要条件，这将构成地震综合预报的物理基础，但了解和掌握规律进入确定性预报阶段还需相当的时间和努力。国家地震局自1983年起把地震前兆的清理研究列为重点项目开展工作，这将有力地推动地震前兆的研究和预报探索工作。综合预报是清理研究工作的一个重要方面。综观国内外地震预报的进展，综合观测和综合分析预报已成为综合预报的两大基本环节。我们需努力加强这两方面的工作，把地震预报探索和实用化紧密结合起来，以实现科学的短临预报为目标推动各项工作。我们相信，通过地震前兆的清理研究，将会取得更明确更全面的认识，使地震预报在今后的探索中得到更迅速的进展。

华北地区中强以上地震前兆的基本特征*

张肇诚 高 旭 李献智 马 丽 邱竞男

地震,至少中国大陆许多中强以上地震,是有前兆的。这一点已逐渐被大部分地震学者所接受,而前兆的复杂性则成了当前地震预报探索的中心议题。这反映了科学探索的进展。在此情况下,进一步研究前兆现象的规律,特别是从观测和预报的实际资料中去伪存真,更准确地提取各地区地震前兆的基本特征,仍然是一项极重要的基础性工作。它为进一步确定前兆信息、探索孕震过程和前兆机理,进行实验和理论研究,制定切实可行的实现地震预报的科学思路和技术途径均有重要意义。本文仅对华北地区中强以上地震前兆的基本特征进行探讨。

概 述

华北是中国大陆内部多地震地区之一,亦是我国地震预报工作开始得最早的地区。19年来经历了1966—1976年邢台、渤海、海城、唐山等一系列7级以上强震活跃的阶段,亦遇到继后强震活动相对平静,而以5、6级中强震活动为主的阶段。众多的地震和广泛的观测预报实践为地震科学的探索提供了比较丰富的资料。

1966—1984年华北地区(华北断块区,张文佑,1980年^[1])共发生 $M_s \geq 5.0$ 级地震91次(表1、图1)。其中,7级以上强震5次。1966年邢台地震缺乏前兆观测资料,如把1976年7月28日唐山震区的两次7级以上地震算作一次,则强震前兆震例计有3次。5、6级中强地震大部分属于余震,由于台网监测能力所限,仅有一些地震取得了前兆观测资

表1 华北地区1966—1984年 $M_s \geq 5$ 级地震数量统计表

地 区	≥ 7 级	6.0—6.9 级	5.0—5.9 级	总 计
邢 台	1	4	26	31
渤 海	1		1	2
海 城	1	1	7	9
唐 山	2	2	26	30
其它地区		4	15	19
总 计	5	11	75	91

* 本文发表在《地震》1985年第5期。

料。作者对3次7级以上强震、5次强余震（包括唐山震区3次，海城、邢台震区各1次）及6次中强震的前兆资料进行了比较系统的整理研究。14次震例的地震参数列入表2。除海城、唐山二次地震外，又根据华北地区地震综合预报清理中各单位共同工作的结果，对

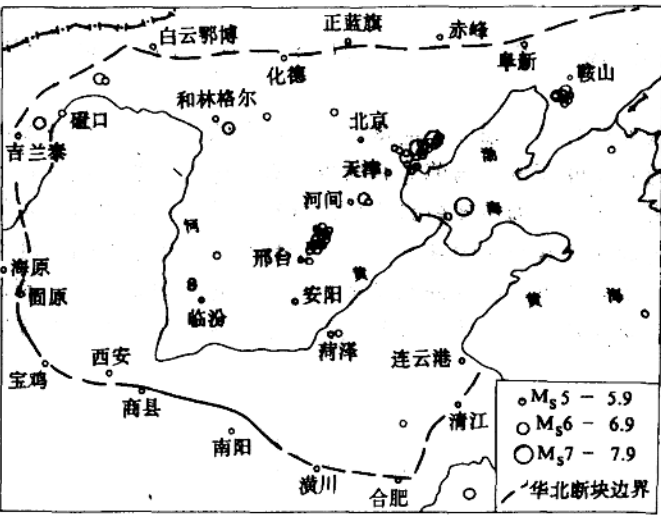


图1 华北断块区及邻近地区 $M_s \geq 5.0$ 级地震震中分布图（1966.1—1984.12）

震例资料进一步作了审核。在此基础上研究和提取了华北地区中强以上地震的基本特征。

表2 华北地区14次中强以上震例地震参数

编 号	发震日期	震 中 位 置			震级 (M_s)	震源深度 (公里)	震中烈度
		纬 度	经 度	地 点			
1	1969.7.18	38.2°	119.4°	渤海	7.4	35	
2	1973.12.31	38°28′	116°33′	河北里坦	5.3	30	
3	1975.2.4	40°39′	122°48′	辽宁海城	7.3	12	IX ⁺
4	1976.4.6	40°14′	112°12′	内蒙和林格尔	6.3	18	VII
5	1976.7.28	39°38′	118°11′	河北唐山	7.8	11	XI
6	1976.9.23	40°05′	106°21′	内蒙巴音木仁	6.2	35	VII
7	1976.11.15	39°24′	117°50′	天津宁河	6.9	17	
8	1977.5.12	39°23′	117°48′	天津宁河	6.2	18	
9	1977.11.27	39°12′	118°01′	天津宁河	5.5		
10	1979.6.19	37°06′	111°52′	山西介休	5.1	25	VI ⁻
11	1979.8.25	41°14′	108°07′	内蒙五原	6.0	30	VI
12	1981.8.13	40°30′	113°25′	内蒙丰镇	5.5	18	VI
13	1981.11.9	37°26′	114°58′	河北邢台	5.8	20	VI
14	1983.11.7	35°18′	115°36′	山东菏泽	5.9	12	VI ⁺

表3 渤海、海城、唐山三次强震主要异常综合一览表

异常阶段	异常内容				地震		
	观测手段	类别	序号	项目	唐山	海城	渤海
中	测	区域性地震活动	1	华北 $M_s \geq 4$ 级地震频次和月最大震级下降	√	√	√
			2	红山台、林县台应力“窗口”地震频次上升	√	√	√
			3	地震活动条带分布	√	√	√
	震	震中附近地区地震活动	4	震中附近4级地震集中	√	√	
			5	震中附近小震及小震群活动增多		√	√
		震源区附近应力和介质的变化	6	震中附近形成地震空区	√	√	√
			7	震中附近b值下降	√	√	
			8	震中附近波速比下降	√	√	
			9	震中附近地区小震初动符号的矛盾比下降	√		
			10	震中附近介质参数 $\Delta\sigma$ 、Q值增高	√	√	
期	形变	区域性垂直形变	11	面上垂直形变加大	√	√	√
		震中附近点上的垂直形变	12	定点水准的趋势性异常	√	√	—
	重力	震中附近重力变化	13	震中附近重力值上升或下降	√	?	—
	地电阻率	震中附近及较大范围内地电阻率的变化	14	震中附近及较大范围内电阻率趋势性下降	√	√	√
			15	震中附近及较大范围内电阻率不同测线测值相关系数低值		√	
	地磁	震中附近磁场的变化	16	震中附近基本磁场(Z)下降或上升	√	√	—
	地下水位	震中及附近地区地下水位趋势变化	17	震中及附近地区地下水位趋势性下降	√		—
	水化学	震中及附近地区地下水中微量和常量化学组分含量及总体性指标的 trend 性变化	18	震中及附近地区氧值趋势性上升	√	√	√
			19	震中及附近地区二氧化碳值上升		√	√
			20	震中及附近地区氯离子值上升		√	
			21	震中附近地区地下水总硬度值趋势性上升		√	
短	测震	华北及相关构造带上小震群和有感以上地震动态	22	华北地区小震群次数增高	√	√	
			23	相关构造带上发生中强或有感以上地震	√	√	
		震中附近地区小震活动动态变化及应力介质参数异常的恢复	24	震中附近地区 V_p/V_s 、b值异常恢复	√	√	
			25	震中附近地区小震平静或增高	√	√	√
	地形变	震中附近垂直形变的变化	26	震中附近点上垂直形变速率加大	√	√	
			27	震中附近地倾斜矢量转向		√	
	重力	震源体一带重力值变化	28	震源体一带重力值上升	√		
	地电阻率	震中附近电阻率的变化	29	震中及附近电阻率加速下降	√		
	地下水位	震中及附近地下水位的变化	30	震中及附近地下水位加速下降	√		