

中国地震大形势预测研究

STUDY ON GENERAL TENDENCY
EARTHQUAKE FORECAST IN CHINA

国家地震局分析预报中心 编



1

地震出版社



中国地震大形势预测研究

STUDY ON GENERAL TENDENCY
EARTHQUAKE FORECAST IN CHINA

国家地震局分析预报中心 编

1990

内 容 提 要

地震大形势预测研究是连接百年尺度超长期预报和年尺度中短期预报的重要中间环节。它的任务是研究地震区(带)十年尺度强震群体活动的时空演进方式、地壳形变和天文因素等长期变化特征,及其在预报中的应用。地震大形势预测研究为中短期年度震情判定和危险点选择,提供重要的背景和依据。本文集汇集了近年来中国大陆地震大形势预报研究方法、理论探索和应用方面的重要成果,对地震活动性、地震力学、长期前兆变化和综合地震预报等的研究,具有一定的参考价值。

中国地震大形势预测研究

STUDY ON GENERAL TENDENCY EARTHQUAKE FORECAST IN CHINA

国家地震局分析预报中心 编

责任编辑:吴 冰

*
地 震 出 版 社 出版发行

北京民族学院南路9号

北京朝阳展望印刷厂印刷

内部发行

*
787×1092 1/16 12印张 309千字

1990年12月第一版 1990年12月第一次印刷

印数 0001-1000

ISBN 7-5028-0354-8/P·229

(744) 定价:7.00元

编 者 的 话

本书是关于从现在起到 2020 年(重点是 2000 年)前我国大地震形势的专题研究的论文集。

在 1988 年 8 月,国家地震局以“(88)震发计字第 347 号文”发出关于搞好地震事业《中长期发展纲要》和“八五规划”的编制工作的通知。文中指出,为搞好地震事业《中长期发展纲要》和“八五规划”的编制工作,由国家地震局分析预报中心负责,组织有关单位,在 5—10 年地震危险性判定研究的基础上,结合研究 1989 年地震趋势,在 1989 年地震趋势会商会期间,提出 2020 年前(重点是 2000 年前)我国大地震形势的分析研究报告。

根据该文件的要求精神,由国家地震局分析预报中心负责,组织了国家地震局地质研究所、地球物理研究所、地震测量大队、兰州地震研究所、云南省地震局、四川省地震局、新疆维吾尔自治区地震局等单位,安排专门力量,集中 1988 年 8 至 11 月三个多月时间,进行大地震形势的研究。

同时,根据 1988 年 2 月全国地震趋势会商会的安排,国家地震局科技监测司在 1988 年的研究计划中安排了有关地震大形势预测方法的专题研究。由国家地震局地质研究所、安徽省地震局、以及国家地震局分析预报中心、兰州地震研究所和四川省成都市地震局等单位参加,对我国地震大形势的研究方法以及未来几年乃至十几年我国的地震大形势作了系统的分析和研究。

本书汇集了上述两大研究项目所取得的 21 篇研究论文。其研究内容包括全国及其各大地震区 2020 年(重点是 2000 年)前的大震形势。其技术思路主要是根据几十年至百年时间尺度内全国及各区强震活动的群体特征,研究强震群体活动的可能的规律性,及其与地质构造的依赖关系;研究强震活动群体特征与太阳活动、地球自转等环境因子的相关关系。同时还根据成组强震前的地震活动性图象、地震力学、地壳形变等长期前兆变化对强震的群体活动进行综合判定。

回顾二十多年地震预报历程,地震大形势的研究是在地震预报的实践中提出、并逐步形成地震预报研究中的一个重要分支的。其研究对象是未来几年至一二十年内全国或各地震大区的地震活动总形势。包括可能发生强震的次数、震级上限、以及强震活动的主体地区或地带。目前,地震大形势的预测已成为全国年度会商的基本内容之一,它是指导年度震情预测和危险点选择的主要依据之一。

1972 年在山西临汾召开的地震科技讨论会上,根据我国及邻区本世纪地震活动,呈现明显的地震多而强的高潮段和地震少而弱的平静段,正式提出了地震群体大形势预测的可能性。之后,在十多年的预报实践和专题研究中,逐渐发展了地震大形势的预报方法和理论。归纳起来可分成以下三大方面:

- (1) 地震时间序列中群体活动的动态分析;
- (2) 地震活动时空图象及其动力环境的研究;
- (3) 地球物理、地球化学前兆场的动态监测与分析。

1966至1976年的地震活跃幕和1977至1987年的地震平静幕，是在地震大形势的实际预报研究过程中发展起来的。1976年唐山等大地震发生之后，我们不知道地震大形势会立即转入平静，但在1988年强震活动开始转入活跃之前，我们确实有一定程度的预计。这既说明了地震大形势研究水平和预报信心的提高，也表明了进一步系统开展地震大形势研究的必要性。

为此，我们把1988年国家地震局计划处和科技监测司下达的有关大地震形势研究的两大项目的研究成果汇编成本文集，以推动今后的系统研究。在这些文章中，即有对以往工作的总结、回顾和分析，又有新方法的引入和对未来研究途径的探索；既有对未来地震大形势的分析和实际预测，也有一定深度的理论思考，希望引起广泛的评论。

本文集由傅征祥、马宗晋、张国民、杨玉荣编，高建琦等同志参加了部分工作。

陈章立、李宜瑚、蒋克训、刘昌祥等同志对本专题研究给予了指导和支持。

由于编辑时间仓促，失误之处在所难免，敬请诸位同仁批评指出。

目 录

2020 年前我国地震大形势的初步研究

- 国家地震局分析预报中心等 (1)
- 中国大震形势研究的述评与形势预测 马宗晋等 (9)
- 本世纪 90 年代我国大陆强震活动趋势研究 张国民等 (25)
- 我国大陆强震活动的分期及趋势预测 陆远忠等 (34)
- 应用大地形变测量资料估计我国大陆地区近几十年的地震趋势 张祖胜 (50)
- 中国大陆 2020 年前地震大形势及此背景下的云南地震危险性研究 赵洪声等 (66)
- 2020 年前华北地震形势探讨 朱传镇等 (77)
- 应用动态序列建模方法研究我国大陆和青藏高原北部地区地震活动大形势 石特临等 (82)
- 亚洲东部大地震($M>7$)活动的某些特点及其在地震大形势研究中的意义 汪良谋等 (90)
- 对中国大陆新的地震活跃幕的几点初步认识 洪时中 (101)
- 中国大陆及其邻区地震幕的划分与时间结构的某些特征 ... 李海华 (108)
- 中国大陆各地震分区的地震幕 蒋 铭等 (114)
- 中国西部地震幕、段划分及中期地震趋势预测 廖玉华等 (125)
- 地震活动的天文周期和中长期预测 杜品仁 (133)
- 地震构造系统的相互作用与强震危险区判别 赵 翔等 (141)
- 应用灰色系统估计中国大陆及其邻区未来地震活跃时间 ... 陈荣华 (149)
- 应用灰色理论估计我国大陆地区未来地震的大形势 王湘南 (157)
- 中国及其邻近地区百年来的地震活动动态及趋势研究 ... 张肇诚等 (167)
- 用概率性预报对地震大形势分析方法的述评 韩渭滨 (173)
- 近年来地质研究所地震大形势研究的理论和方法简介 ... 郑炳华等 (178)
- 中国大陆近期强震危险性判定研究的某些回顾 傅征祥 (182)

2020 年前我国地震大形势的初步研究*

国家地震局分析预报中心、地质研究所、地球物理研究所、
地震测量大队、四川省地震局、云南省地震局、
兰州地震研究所、新疆维吾尔自治区地震局

我国大陆及其邻区是本世纪以来全球板内地震最活跃的地区，其大震活动显示出强烈的时间上和空间上的不均匀特征。所以，分析今后几十年内我国大地震活动趋势的性质是地震预报研究和实践的困难而又重要的任务之一。

几十年尺度的地震预报是百年尺度概率预报向几年以内的前兆性预报过渡的中间环节。它的研究任务主要包括研究我国地体的地震地质和地球物理场的背景，强震孕育的环境和条件，科学地划分地震活动区(带)和活动期(幕)，用统计和物理学的观点着重研究几十年尺度的地震活动周期，成组地震起伏的时空强分布规律和地壳形变场变化特征等，以及它们的地震力学机制。

成功的几十年尺度的地震预报将为中、短期确定性前兆预报指出近期有危险背景的地震区、带或震源区，无疑对最终实现地震预报和减轻灾害有重要的意义；其次，为地震事业发展的决策机关制定远景规划提供依据，为国民经济建设的合理布局和投资意向提供有用的信息。

本文主要内容包括：(1)2020 年前我国地震大形势；(2)2020 年前各主要地震区(带)地震大形势；(3)存在问题的讨论和今后的工作建议。

1984—1985 年间国家地震局曾组织以华北地震区和南北地震带为重点的“5—10 年近期地震危险性判定与研究”课题的研究，并通过验收。该课题的结论是本文中有关本世纪末以前地震大形势分析的主要依据之一。

一、2020 年前我国地震大形势的分析

我国大陆是全球规模的亚欧板块内部的东亚和中亚地区的一部分，其东边和西南边分别与太平洋和印度洋板块接壤。太平洋板块向西俯冲推挤和印度洋板块向北东方向的挤压，是我国大陆及其邻近地区地壳构造运动和强震活动直接的和重要的因素之一。

自本世纪以来，我国大陆及其邻区的大震活动有如下一些特征：

(1) 在时间序列上呈现出 10 年尺度的密集和平静交替的所谓轮回活动或幕式活动特征。不同的研究者用不同的方法去讨论，都获得类似的结果(表 1)。它表明本世纪以来，我国的地震活动已经历四次轮回，每个轮回约经历 20 年左右，它包括三个阶段(平静幕，过渡幕和高潮幕)，其中高潮幕出现在 1895—1906 年，1920—1934 年，1947—1955 年和 1969—1976 年的时段内。

* 执笔：傅征祥。

根据这四个轮回的平均特征外推到 2020 年前我国将出现两个大地震的轮回活动, 第五轮回将在 2000 年左右完结。另外, 利用上述动态时间序列去建立自回归模型并以此对未来动态进行预测的研究表明, 第五轮回的持续时间在 1977—2002 年, 预计 1976—1985 年是平静幕, 1985—1991 年是过渡幕和 1991—2002 年是高潮幕。

表 1 中国大陆强震活动轮回

序 号	第一轮回		第二轮回		第三轮回		第四轮回		第五轮回		注
分 幕	活跃幕	平静幕	活跃幕	平静幕	活跃幕	平静幕	活跃幕	平静幕	活跃幕		
马宗晋等	1897	1912	1920	1937	1946	1957	1966			$M>6\frac{3}{4}$ 中国大陆 及邻区	
	至	至	至	至	至	至	至				
	1912	1920	1937	1946	1957	1966	1980				
	$\Delta T_{\text{平}}=9\pm 1$ 年				$\Delta T_{\text{活}}=14\pm 2$ 年						
张国民等	1900	1912	1920	1938	1946	1957	1966	1976	1985	聚类分析 $M>7.0$ 中亚、东亚	
	至	至	至	至	至	至	至	至	至		
	1912	1920	1938	1946	1957	1966	1976	1985			
	$\Delta T_{\text{平}}=9\pm 1$ 年				$\Delta T_{\text{活}}=13\pm 3$ 年						
赵洪声等	?	1907	1920	1934	1947	1956	1966	1977	1988	$M>7\frac{3}{4}$ 中国	
	至	至	至	至	至	至	至	至	至		
	1906	1919	1933	1946	1955	1965	1976	1987			
	$\Delta T_{\text{平}}=12\pm 1$ 年				$\Delta T_{\text{活}}=11\pm 2$ 年						

(2) 在空间上, 不同的地震轮回内其强震活动的主体地区在变迁。本世纪以来不同时期, 我国大陆及邻区的强震活动分布有很大差异。1897—1912 年间主要分布在帕米尔—贝加尔湖的北东向构造带上; 1920—1937 年间强震在海原—富蕴的地震带上, 同时, 境外的喜马拉雅弧活动亦频繁; 1946—1957 年间主体活动地区从西藏东部察隅—蒙古中部近南北的构造带上; 1966—1980 年间主要分布在川滇和华北北部。前三个地震活动时段, 地震主要分布在中国大陆西部及邻近地区。

事实上, 从上述本世纪强震活动主体地区变化的图案预测第五轮回活动的主体地区在哪里是很困难的。但是, 近年来强震活动的空间分布特征可能提出某种启示。

在上个世纪末—本世纪中叶, 在喜马拉雅弧及邻区共发生 8 级以上巨震五次, 平均约 10 年一次。自 50 年代初的察隅和当雄 8 级地震后, 该带上平静了 30 多年, 尤其是 1976—1984 年间, 这里及其中国大陆内部几乎没有 7 级以上的地震活动。自 1985 年起, 在喜马拉雅弧东西弧顶附近相继发生了巴基斯坦 7.1 级地震(1985.7.29)、印度和缅甸边界上的 7.2 级地震(1988.8.6)和印度与尼泊尔边界上的 7.1 级地震(1988.8.21)。与此同时, 在我国境内西部的乌恰发生 7.4 级强震(1985.8.23), 唐古拉 7.0 级地震(1988.11.05)和澜沧—耿马 7.6 级强震(1988.11.6)。另外, 根据北太平洋和喜马拉雅弧的强震活动在时间上与中国大陆西部强震活动相呼应的研究, 上述巴基斯坦、印缅、印度、尼泊尔强震活动, 以及 1987.11—1988.3 间阿拉斯加 7.6 和 8.0 级大地震活动, 支持中国大陆西部可能是第五轮回强震活动的主体地区的推想。

(3) 在强度上, 在前四个强震活动轮回中, 中国大陆内部都有 8 级或接近 8 级的巨震发生。它们是 1902 年 8 月新疆阿图什地震($M=8\frac{1}{4}$), 1906 年 12 月新疆沙湾地震($M=8.0$), 1920 年 12 月的宁夏海原地震($M=8.5$), 1927 年 5 月甘肃古浪地震($M=8.0$), 1931 年 8 月新疆富蕴地震($M=8.0$), 1950 年 8 月西藏察隅地震($M=8.6$), 1951 年 11 月西藏当雄地震($M=8.0$), 1970 年 1 月云南通海地震($M=7.8$)和 1976 年 7 月河北唐山地震($M=7.8$)。每次轮回中约发生 15 次左右 7 级以上强震。所以, 在未来的地震轮回中可能发生十余次 7 级以上强震, 不排除发生 8 级左右巨震的可能性。

总括起来, 从目前到 2020 年前我国将经历两次, 持续时间为十几年的 7 级以上强震成组活动。第一次活动高潮可能出现在 80 年代末到 90 年代, 主体活动地区在中国西部。2000 年后将进入下一次强震活动轮回。

二、2020 年前我国主要地震区(带)的地震大形势

1. 华北地震区

(1) 华北地震区是我国最重要的地震区之一。该区历史地震记载可以追溯到公元前。历史大地震资料表明, 华北地震区具有 300 年左右的强震活动($M>7.0$)轮回特征。自公元 1000 年以来本区的强震活动记录比较完全, 显示出本区已经历过两次强震活动轮回, 即 1069—1368 年和 1369—1730 年。在这两个轮回高潮期中都发生了 8 级大地震, 其中, 第二个轮回竟发生四次 8 级大地震——1556 年 1 月陕西华县地震($M=8.0$), 1668 年 7 月山东莒县地震($M=8.5$), 1679 年 9 月河北三河平谷地震($M=8.0$)和 1695 年 5 月山西临汾地震($M=8.0$)。目前, 华北地震区正处于自 1731 年开始的第三个强震轮回中, 经过大约 80 年的平静期后, 在 1815 年进入活跃期, 至今已有 173 年, 本世纪 60 年代中至 70 年代末, 一系列 6 至 7 级强震活动, 标志着华北地震区进入该轮回的活动高潮期, 根据华北强震的 300 年周期分析, 对轮回中强震序列相邻事件时间间隔指数分布研究以及用回归滑动平均混合模型预测, 认为今后 40—50 年内属于高潮期的后期, 强震的频度和强度将都会减少, 可能会发生个别的 7 级地震。

另外, 根据 1985 年完成的华北地区 5—10 年近期地震危险性判定的研究成果, 在第三个强震轮回高潮期的后期, 可能在 90 年代将进入 10 年左右尺度的新活动幕, 将有若干个 6 级以上的地震发生。结合 30 年周期图的分析, 估计在 1994 年之后可能发生个别的 7 级地震。

(2) 在华北地震区内, 按照地质构造、地球物理场异常和地震活动等特征, 可以划分出一系列北东和东西向的主要地震带。如山西地震带, 河北平原地震带, 郯庐地震带和燕山地震带等。北东向地震带和东西向地震带往往交汇在一起。在一个 300 年时间尺度的强震轮回中强震活动主要集中在一个地震带上, 但不排斥其它地震带上的活动。例如上述第二个强震轮回是以山西带为主体地带, 但郯庐地震带亦有一定程度的活动; 目前的第三个强震轮回是以河北平原地震带为主, 但郯庐地震带的渤海—海城肯定参与了活动。

应用评定地震带危险性的所谓危险度准则和填空性准则以及地震矩速率法, 极值理论, 周期分析和自动回归滑动平均混合模型预测等多种方法, 去判定上述华北地震区内各

主要地震带几十年内的危险程度,倾向性的判定意见认为,在目前华北地震区第三个强震轮回高潮期的后期中,个别7级地震可能发生在汾渭,燕山和郯庐地震带上。

由于强震的孕育和发生是多因素综合作用的结果。它不仅与孕震区的构造地质,地球物理场和力学性质等背景性条件有关,而且与区域地震异常活动,地壳变形和环境因素等动态变化有关,通过考虑华北现代构造网络连贯性,深部东西向和北东,北西向构造线复合部位特征,布格重力异常和航空磁力异常的空间分布以及近代地壳垂直形变高梯度带等与强震活动分布的相关关系;考虑历史大地震原地重复的可能性,强震活动成带性的空段,强震前的背景空区和中小地震活动网络图象;以及考虑太阳黑子,地球自转速度变化和气象等环境因子对强震活动的触发作用;应用综合图象识别方法判定下列华北区内在2000年前有四个发生7级地震的主要危险地点。

(a) 冀西北 张家口—怀来地区; (b) 内蒙古 和林格尔—包头地区;

(c) 辽西 朝阳—锦州地区; (d) 晋南 介休;

还有两个有发生6—7级地震的危险点:

(a) 豫北 新乡—安阳; (b) 鲁西 德州—聊城。

另外,考虑地震活动时,基于空间不均匀性的地震危险性分析方法,而获得“华北地区2020年前地震危险区划图”,它表示华北各地区2020年前可能遭受超越概率为3%的地震烈度:

(a) IX度区:渤海中部,临汾盆地; (b) VIII度区:渤海中部,安丘—宿迁,唐山、北京—三河,安阳—新乡,聊城—阳谷,民权—曹县,怀来盆地,山阴—太原,临汾盆地,华县—西安,呼和浩特—包头,南黄海和宁城—赤峰等。

2. 南北地震带

南北地震带是中国大陆中部南北走向的强震密集带(东经 98° — 104° / 107° ,北纬 20° — 40°),是中国大陆从东到西的大地地貌阶梯带、地球物理场变化剧烈的变异带和总体走向呈南北的复杂地质构造带。从地理位置上来看,南北带包括云南全省,四川西部,甘肃,青海东部和宁夏回族自治区等。

根据该带的中强震震中分布情况,活动断裂带和深部地球物理异常梯级带等资料,可以划分出四条主要地震带,即1)祁连山地震带,走向北西;2)鲜水河—安宁河—小江地震带,走向北北西转南北向;3)腾冲—澜沧地震带,走向北北西转南北向;4)天水—龙陵地震带,走向北北东。南北地震带的大部分强震都落在这些地震带上。

本世纪以来,南北地震带已经历了三个强震活动高潮幕(1920—1933年), (1947—1955年)和(1970—1976年)(表2);高潮幕持续时间为7—14年;每幕中都有6—7次7级以上的大震活动,幕中第一个地震最大。第一幕活动主体地段在北段,表现为1920年12月祁连山地震带上发生8.5级海原巨震;第二幕活动主要落在中段,最大地震位于鲜水河—安宁河—小江地震带的西北端,即1947年3月青海达日7.7级大地震;第三幕活动涉及中段和南段,在鲜水河—安宁河—小江地震带的南端发生该幕最大地震,它是1970年1月云南通海7.8级地震。可以注意到每一幕中除有主要活动地段外,其它地震带不是完全平静的。

根据上述南北带强震高潮活动的特征,预计在2000年前南北带将在90年代初前后可能开始一个新的强震活动高潮幕。

表2 南北地震带本世纪以来强震活动高潮幕统计表

高潮带 编号	活动时间(年)				强震($M>7.0$)活动				主体活 动地段	备 注
	起始	终止	年数	间隔	次数	最大地震				
						时间	地点	震级		
I	1920	1933	14	13	6	1920.12.16	宁夏海原	8.5	北段	
II	1947	1955	9		6	1947. 3.17	青海达日	7.7	中段	
III	1970	1976	7		14	7	1970. 1. 5	云南通海	7.8	中、南段
IV	1988	(2000)		11						1988.11.6 云 南澜沧-耿马 7.6级地震

1985年完成的南北带近期强震危险区判定研究报告,根据南北带北、中和南段的地震地质和深部构造等背景资料;各种时间尺度的动态观测资料(如百年尺度的强震活动周期;几十年尺度的强震幕式活动,空间分布格局变化,地震网络,第一和第二类空区;地震带上强震迁移方向,地震带之间强震活动步进和迁移规律;强震活动时间间隔分布和大震减灾作用;中小地震活动图象和参数分析以及长期地形变观测和应力测量等);太阳活动、地球自转和气象变化等环境因素和强震活动的相关关系,应用线性预测,极值分析,马尔科夫概率预测和综合图象识别等方法,对南北地震带强震危险性进行统计预测综合判定研究,认为在2000年前后下列五个地区可能发生7级地震:

(a) 乾宁—康定地区, (b) 甘孜—侏倭地区, (c) 耿马—澜沧地区, (d) 剑川—大理地区, (e) 和政—礼县地区。

1988年11月6日在南北地震带南段发生云南澜沧—耿马7.6和7.2级双震,它表明5—10年尺度的长期预报大体上是成功的,它意味着南北地震带上第四个强震高潮幕已经开始,预计持续到本世纪末,幕内可能发生几次7级以上强震,主体活动地区之一将在南段,南北地震带新的一幕强震活动可能成为我国西部强震活动组成部分。

云南澜沧—耿马强震事件的发生,以及1985年后新的观测资料补充,对今后地震危险产生怎样的影响?这是需要研究的迫切课题。

(1) 位于南北地震带南段的云南省,紧靠喜马拉雅—地中海地震带边缘,活动断裂遍布全省。众所周知,该段大地震活动与印度洋板块向北东挤压有密切关系。在印度洋板块东部强震活动经历了几十年平静之后,在1988年8月6日缅甸弧上发生7级地震后,1988年11月6日云南发生澜沧—耿马7.6级大震,再次证明这一点,今后一段时间内川滇板内强震可能活跃起来。

同时注意到太阳活动偶数周的下降段中,云南省几乎都有7级以上地震发生,所以,在2000年前云南省再发生强震的可能性很大。

以红河为界的滇东和滇西的强震活动($M > 7.0$)从上世纪后期以来就显示出几十年交替活动的特点,预计在2000年前,强震仍主要集中在滇西,之后可能转移到滇东。

1) 滇西南的腾冲—澜沧地震带向南到达勐海西南。根据整个地震带上几十年尺度强震起伏特征,龙陵地震(1976.5)和澜沧地震(1988.11)意味着中北段已经解锁,应力可能向南段集中,以及对该带地震蠕变曲线和全省形变异常分析,在2000年前勐海以西可能发

生接近 7 级的地震。

2) 滇东的中段强震带由小江等南北向断裂和曲江等弧形断裂组成, 根据东川—宜良地段上的近期地壳垂直运动异常, 中强地震活动形成背景空区, 以及地震蠕变曲线分析等, 该地段存在(2000—2020 年)发生 7.5 级地震的危险。

3) 此外, 红河断裂与澜沧江断裂之间的普洱—思茅地带, 根据地震活动性和强震孕育的构造背景等资料分析, 在 2020 年前可能发生 7 级地震。

(2) 南北带的鲜水河—安宁河—小江地震带的中、北段位于四川省, 近期(5—10 年尺度)地震危险性判定的研究结果指出乾宁—康定地区和甘孜—侏倭地区, 在 2000 年前有发生 7 级以上大地震的可能性。

研究表明, 川滇地区的 7 级以上强震具有南北跳迁的某种规律性(表 3), 所以 1988 年 11 月 6 日云南省澜沧—耿马 7.6 级强震后, 增加了四川省境内的危险。

最近几年, 对鲜水河断裂带的地震活动性、震源物理、地形变、构造物理、活断层和强震复发期等的再研究, 并进行了安宁河断层破碎物电子扫描和阴极发光微区分析研究, 总体上肯定了 5—10 年近期地震危险判定研究结果, 并进一步强调如下地段在 2020 年前发生强震的危险性($M > 7$):

- 1) 鲜水河断裂带北西段的松林口—老乾宁;
- 2) 鲜水河南段的南东段康定—乾宁(尤其是金龙寺—色拉哈段);
- 3) 甘孜—玉树(尤其是俄支—错河段);
- 4) 安宁河断裂带东枝的田湾—西昌(尤其是卢沽—西昌段)。

表 3 川滇地区强震迁移

编 号	四 川			云 南		
	时 间	地 点	震 级	时 间	地 点	震 级
1	1904. 8.30	道孚	7.0	1913.12.21	峨山	7.0
2	1923. 3.24	炉霍	7.3	1925. 3.16	大理	7.0
3	1933. 2.25	迭溪	7.5	1941. 5.16	耿马	7.0
				12.26	澜沧	7.0
4	1948. 5.29	理塘	7.3	1950. 2. 3	勐海	7.0
5	1955. 4.14	康定	7.5	1970. 1. 5	通海	7.8
6	1973. 2. 6	炉霍	7.6	1974. 5.11	昭通	7.1
					龙陵	7.4
7	1976. 8.16	松潘	7.2	1988.11. 6	澜沧	7.6

(3) 陕甘宁青四省区历史大地震活动也具有分期特征。从 1879 年武都 8 级大地震为起点, 即最新活动期开始, 与前一个活动期对比, 活动期将持续 200 多年。所以, 在 2020 年之前该区仍处于强震活跃期内。

该区($32^{\circ}—43^{\circ} \text{N}$, $92^{\circ}—110^{\circ} \text{E}$)的 $M-T$ 滑动曲线图(1915—1988 年)表明地震活动强度具有一二十年时间尺度的起伏。对该序列作动态时间序列建模, 并对未来趋势预测。研究结果表明, 自 1984 年始该区地震活动增加, 预计在 1989 年开始进入高潮活动幕, 将持续到 1996 年前后。前几个高潮幕中都有三次 7 级以上地震发生, 所以, 未来几

年内该区将发生 7 级地震。

在“南北地震带近期强震危险判定”研究报告中，曾圈定该区的和政—礼县为 2000 年前后可能发生 7 级地震的危险点。新近研究发现青藏断块区地震活动与 18.6 年月球升交点运动周期明显有关。认为在 2006 年该区发生强震的可能性很大。

祁连山中段和银川—河套地区近来中强地震比较活跃，同时垂直形变和地震周期分析等都暗示着这些地区有强震活动的可能性，应予以认真对待和进一步研究。

3. 新疆地区

我国主要的新疆地震区位于亚欧板内著名的大三角强震区的西北边上(从帕米尔—天山—阿尔泰—蒙古—贝加尔湖)。仅在新疆境内部分，近 300 年来，记载有 16 次 7 级以上强震活动。

假若将帕米尔—贝加尔湖当作一个有机的地震系统，本世纪以来出现了三次一二十年尺度的地震活动幕($M > 7.0$)。若将主要在新疆境内的帕米尔—天山段区分开来，它也出现三次高潮幕。目前，第三高潮幕是否已经结束，尚不明朗。

考虑到对新疆境内六条地震带的极值分析结果；地壳垂直形变异常；强震时间间隔分布；新疆地震活动与喜马拉雅弧和北太平洋岛弧海沟的活动相关，以及新疆大地震多发生在太阳黑子活动低潮年份和月球近地点运动周期与新疆北部强震活动的关系等多方面的因素，认为在 2000 年前后，在帕米尔带和北天山带，有可能发生 7 级以上强震乃至 8 级巨震。

4. 西藏地区

西藏地区位于承受印度洋板块向北东推挤亚欧板块的前缘地带，现代构造运动和大震活动都很强烈。自本世纪以来，在西藏境内发生了七次 7 级以上地震，其中有两次 8 级巨震，它们主要分布在约 88°E 以东地区，这和本世纪以来喜马拉雅弧上的大地震主要分布在东段的情况相呼应，在地震力学的角度上易于理解。

对西藏地区的地震活动进行极值理论和震级—频度分析，认为该区在今后 30 年内可能发生 7 级乃至 8 级大地震。考虑到本区本世纪以来 7 级大地震的时间间隔为 13—21 年，自 1973 年玛尼地震后，至今已有 15 年，所以，有可能在 2000 年前后出现强震活动。

对喜马拉雅弧强震活动分布的研究认为，东段已基本贯通，今后，西段两个地区(印度北方邦和克什米尔邦)是可能发生巨震的地段。所以，西藏西部会作出强震活动的呼应。大地垂直形变测量指出在西藏西部存在一个异常梯级带，支持这一设想。

根据地震活动性分析，认为在 85°E 附近的沙里周围形成一个可能发生 7 至 8 级大地震的空区。

5. 其它地区

(1) 华南地震主体活动地区在福建和广东省的东南沿海地区。历史地震资料表明 7 级以上大地震活跃在 17 世纪初和 20 世纪初(1600 年 9 月南澳 7.0 级地震，1604 年 12 月泉州 8.0 级地震，1605 年 7 月文昌 7.5 级地震和 1918 年 2 月南澳 7.3 级地震)，也许这里具有 300 年的活动周期。从 1982 年开始，该区地震有所增加，由极值分析表明，在 2020 年前可能发生 6 级地震。

台湾省位于菲律宾海板块板缘上，这里 7 级地震频繁，本世纪以来，平均约三年发生

一次 7 级地震。

(2) 在华北地震区南边的长江中下游地震区, 历史资料表明它并非是强度很大的地震区, 记载到最大震级为 $6\frac{3}{4}$ 。上世纪以来该区曾发生两次地震群体活动。自 1979 年溧阳地震和 1984 年黄海地震发生, 意味着新的一幕已开始, 所以, 在 2000 年前有发生 6 级地震的可能。

(3) 东北深震区活动在太平洋俯冲板块的板端上, 活跃着 7 级强震。本世纪以来发生了六次 7 级以上强震, 并且, 它们多发生在太阳 11 年周期的下降段中。预计太阳活动从 1990 年开始转入下降段, 所以, 有可能在 2000 年前东北深震区有强震活动。

综上所述, 1985 年至本世纪末可能在我国出现新的一次强震活跃幕, 可能发生一组 7 级强震, 但不排斥发生 8 级左右的巨震。主体活动地区可能在中国西部。最危险的地段是南北带的中南段, 青藏高原内部和帕米尔—天山等。但要密切注意中国东部发生个别 7 级地震的趋势。

三、问题讨论和工作建议

(1) 对我国历史地震活动的回顾和对比研究, 人们担心在新的一个地震轮回中(大致是 1985—2000 年)会在中国西部发生 8 级左右巨震, 在华北地震区第三活动期内可能还会发生一个 8 级地震。同时, 川滇藏地区自 1970 年以来出现一组 7 级强震活动, 使人们想起 1950 年察隅 8 级巨震前类似的强震活动图象。

但是, 一些动态资料表明, 如我国大陆的 8 级地震往往在全球 8 级地震频发之后出现, 反之, 全球处于低潮时, 我国也无 8 级地震发生。在 50 年代后全球一直处于巨震活动的低潮状态中; 太阳活动和地球自转等环境因子变化与 8 级大震的相关研究等, 不认为在本世纪末之前有 8 级大震的高潮。另外, 鉴于强震活动的主体地区(地带)在不同的时期有所不同, 即孕震环境的差异会导致地震最大强度的差异。例如, 华北第二和第三期活动地带, 分别是山西带和华北平原带, 有资料表明在地壳结构, 等温面埋深和介质力学性质等方面有明显的差异。即华北近期是否会发生 8 级大震仍需要深入研究。

由于这个问题的重要性, 建议加强综合研究, 力求解决。

(2) 在 1985 年完成了以华北和南北带为重点的 5—10 年地震危险性判定, 建议组织力量全面深入开展几十年时间尺度的全国主要地震危险区(带)的地震危险性判定研究。

(3) 探索和确立几十年时间尺度的长期地震预报研究的内容、方法、手段和理论。包括应用现代深部探测技术对地体地震构造、地壳结构和地球物理参数等进行深入细致的研究; 加强对地震活动性和形变等的观测, 以揭示板内小板块的构造运动图象, 应力应变积累方式; 寻找以现代物理学和统计学新理论为基础的方法, 去揭示以时空不均匀为特征的地震过程的本质、演进方式和成因。

本文是根据署名的八个单位提供的研究报告综合而成, 部分研究报告已收集到本文集中, 其作者分别是张国民等、赵洪声等、张祖胜、朱传镇等、汪良谋等、石特临等、杜品仁和陈荣华。

中国大震形势研究的述评与形势预测

马宗晋 汪良谋
(国家地震局地质研究所)

一、回 顾

1966年邢台地震后即开始了有关地震大形势的研究,至1972年临汾第一次全国地震科研会议上,与年度会商制度开始建立的同时,正式提出了地震大形势研究这一课题。当时主要是初步肯定了本世纪来我国大陆及其邻区 $M>6.5$ 级地震在时间上成组集中,呈现有规则的韵律性起伏,定义强震集中的时段为地震高潮时段,据此估计1966年后我国地震活动的大形势已进入高潮时段。此外还有地震活动的多种统计研究,地震迁移,以及天文因素与地震的关系等多种研究地震大形势的方法。地震大形势作为年度会商的主要内容之一,逐年进行,延续至今。

1981年曾在兰州召开过一次地震大形势专题讨论会,进一步明确地震大形势就是关于大地震在大的空间范围和较长的时间内活动总况的统计,研究方法也偏重于大环境与强震的关系,分地震群体的形势研究,地震单体的形势研究,环境因子与强震关系的研究三大方面。

1983年开始的华北和南北带5—10年地震危险性的研究(1983—1985)正式把地震大形势的综合研究方法纳入了地震中期预报的行列,与长期预报地震区划工作,在方法学上得到了交流与连贯。回顾20年地震大形势的研究是否可以这样认识:

1) 地震实况和地震预报实况从正、反两方面证明了地震大形势研究的必要性。1973—1976年强震连发证实了大形势估计的正确,但1977至1981年继续预报高潮的错误又说明对高潮的结束缺乏判断的能力。1977—1985年的平静又一次证实了地震平静时段的客观性。这样,在迎接1985、1988年7级地震的到来比1966年邢台、1969年渤海和1970通海等地震前在预报心理上有了较好的准备。

2) 地震大形势研究对开展地震中期预报的方法学起到了准备作用。大形势研究表现出发挥现今地球动力学等基础理论研究与地震预报相联系的能力和广阔前景,从而提高了地震预报的理论基础,反过来把理论向更精细化、更实用化的微动态研究深度推进了一大步,提高了固体地学理论研究的预测性和可验性。

3) 地震大形势研究20年来时紧时松,虽然已取得许多进展,但速度不尽如人意,重要原因之一是缺少专题性的研究实体,会商前临时现抓的局面很不利于研究的快速深入。

4) 地震大形势研究给出的“宏观控制”性结论,对地震工作近期的布署和对策将会产生重要影响。

鉴于此,建议加强这方面的联合研究,持之以恒,以取得减轻地震灾害的总体效益。

本报告重点是地震群体活动形势的研究。地震单体的形势研究一般均与地震年度会商中地震活动性的研究和趋势性前兆研究相重合,所以未作系统清理(表1)。环境因子与地震形势的研究内容十分复杂,涉及的领域也广(表2,3),本报告作了初步的整理和评述。下面着重介绍地震群体活动的研究现状,相应地讨论了今后的地震大形势。

表1 大地震前长期前兆研究

方 法	含 义	特 性	震 例 统 计
地震带空段	1. 位于一个地震活动期的主要地震带上; 2. 空段长度大于 100km, 空段内无 5 级以上地震; 3. 空段边缘至少有一次 $M > 6$ 的地震	空段形成后几到十几年, 可能发生 7 级以上地震	华北 1337—1660 年的震中图上($M > 5$)存在数个地震带空段: 在数年后陆续发生了下列大震: 1668 年郟城 $M = 8.5$; 1679 年三河 $M = 8.0$; 1683 年原平 $M = 7.0$; 1695 年临汾 $M = 8.0$
背景空区	大地震前若干年出现不同强度的地震呈环形分布——空白区	空区长轴 L 和平静时间 T 与震级 M_s 的关系: $M_s = 3.39 \log L - 1.48$; $M_s = 1.23 \log T + 5.35$; (陆远忠等, 1982) 即 7 级地震前的空区长轴为 300km, 时间为 21 年	国家地震局地球物理研究所对 20 次大震研究, 59% 大震前有空区出现
地震活动性平静	大地震前震源区及邻区地震频度减小	某些 7 级地震前平静达 5 年以上, 频度减少达 60% 以上	主要发生在岛弧海沟上, 如墨西哥、日本, 长时间平静在板内地震前少见
沿大断裂带大地震迁移	在线性构造上, 地震活动迁移	完成一次全断裂上迁移需要一二十年	土耳其安纳托尼亚断层; 鲜水河断裂(国家地震局地球物理研究所, 1976)
大地形变长期变化	大震前形变有两阶段: α : 长期缓慢变化; β : 短期快速变化	大震前 6—10 年观测到形变速率明显变化	中国: 邢台、通海、海城、龙陵、唐山、松潘; 日本: 新泻
海平面变化	消除气象、海象和长周期天文潮影响后的海平面变化	大震前数年内, 有几厘米的变化	海城地震前营口站自 1970 年后五年连续上升 4.7cm; 唐山地震前塘沽站自 1970 年后六年连续上升 7cm; 渤海亦然

表2 用太阳活动进行的地震预测

预 测 依 据	预 测 项 目	预 测 方 法	实 例
地震活动有 11 年或 22 年周期	震级、发震时间和发震地区	以得出地震活动周期性的地震样本的震级下限、所在地区和周期关系对未来地震的三要素进行预测	据南天山地震带强震迁移的 11 年周期对 1974 和 1985 年两次乌恰地震的预测
地震年频次与太阳周位相的关系	研究区内的地震年频次	统计 11 年太阳周各位相年内的地震频次, 找出呼应关系	云南 1945 至 1973 年 $M > 6$ 级地震年频次是在太阳周峰年后的下降段上(特别是两极值年后)增高
发震时间与太阳周单、双周的关系	圈出单、双周内可能发震的地区	按照 11 年太阳黑子单、双周统计大地震的发生次数	中国大陆东部的地震多发生单周, 西部地震多发生在双周, 因而 22 太阳周内, 西部地区地震活跃
大震活动与太阳活动世纪周相关	$M > 8$ 级地震的活跃时段	研究 $M > 8$ 级地震与太阳黑子相对数周际变化或年代平均滑动值的关系	中国大陆 $M > 8$ 级地震有在太阳活动世纪周低值期发生的趋势, 2011 年前后, 中国大陆可能发生 $M > 8$ 级地震

表3 用地球自转速度变化进行的地震预测

预测依据	预测项目	预测方法	实例
地球自转速度长期变化与地震的关系	不同构造区、带的地震趋势	统计各种构造类型的地震与自转加速度符号的关系	如南北构造带和东西构造带一般在自转加快时发展
自转变化引起的应力分布与地震触发的关系	不同地区的地震趋势	应用库仑破裂准则分析自转速度变化对平移断层错动发展的触发作用	中国东部106°以东的广大地区的地震大都在地球自转减速时发展
地球自转速度长期变化不同时段与地震的关系	不同地区的地震趋势	将自转加速段和减速段各细分为五段,统计各地区在各段发生的地震数	中国大地震能量释放的最大峰值在中等自转速度段,1985.6—1991.5发生 $M_s > 8$ 级地震的可能性大
地球自转速度季节变化与地震的关系	不同构造区、带在哪些月份容易发展	自转速度变化用日长变化表示,研究不同构造带地震与地球自转季节性加速度变化的关系	南北构造和歹字型构造的川滇地区,发展时间主要集中在地球自转的减速段
极移应力方向与控制地震的构造带走向的关系	可能发展的构造区(带)	算出地震时极移应力的倾角和水平分力的方位角后同震中所处的断裂带走向进行对比	新华夏系和祁吕-贺兰山字型前弧这种扭动构造系上,地震发生在极移应力水平分力与构造走向相近的时候

二、地震群体活动形势的研究

在一个有区域地球动力学含义的地震区单元内,地震在时间轴上是否表现出群体的相对独立性,是此项研究的前提条件。从成串地震、成组地震到地震幕概念的提出,是对地震群体活动认识的发展。所以,检验地震幕的客观性、普遍性则是认识地震群体活动规律的基础。

中国大陆区本世纪以来的四个强震活动幕,最初是以直观目视法,在一定的震级下限和时间间隔下限的规定下划分的^[1]。随后,不同作者选用不同的地震目录(顾功叙编、杜达编、阿部编),取不同的分析方法(最优分割法、地震序列应变释放曲线法、分数维法、 b 值法等)对中国大陆及邻近震区不同空间范围内的地震活动进行了地震平静幕和活跃幕的划分,结果分幕的主峰几乎完全一致,只是分幕的起止时间略有差别^{1)~4)}。上述的分幕结果都经过了多种统计方法的严格检验(t 法、 F 法、 χ 法、 b 值法)^{1)~4)}。可见活跃幕作为一个群体单元,其客观性是明显的。

茂木清夫的工作指出^[2],全球各主要地震带均表现出特大地震($M > 7.7$)分幕的强弱交替变化,称之为茂木周期^[1]。而且北半球高纬度区地震带(环太平洋北段—阿留申弧)和中低纬度区地震带(地中海—喜马拉雅地震带)还呈现了反、正韵律活跃幕交替的现象^[1]。茂木周期的划分同样通过了严格的统计检验¹⁾。可见地震幕的划分具有全球的普遍性。

1)~4) 分别见本文集洪时中(表2),李海华,傅征祥和张国民等的文章。