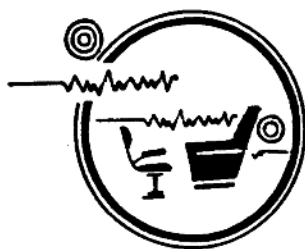


地震预报研究论文集

国家地震局地球物理研究所



地震出版社

前 言

我国是一个多地震的国家，具有地震强度大、频次高，受灾面广等特点。随着我国社会经济的迅速发展，生产建设规模的扩大和城市人口的集中，地震造成的危害将日趋严重。

据多方面专家的研究结果，90年代至21世纪初，将是本世纪我国大陆地区的第五个地震活动高潮期，其间地震活动将起伏增强，有可能发生多次7级以上地震。面对严峻的地震形势，如何依靠科学技术有效减轻地震灾害，是推进我国社会主义现代化建设，保障广大人民生命财产安全的迫切需要，具有深远的科学和现实意义。

科学的地震预测是工程抗震、地震对策以及减轻地震灾害的前提和基础。迄今为止，虽然地震预测在科学上尚未取得突破，仍处于探索阶段，但根据我国目前地震预测能力来估计，对在观测台网监测范围内的某些强震作出不同程度的预测，并收到减轻地震灾害的实际效果是有可能的。地球物理研究所作为国家地震局的直属单位之一，自1978年建所以来，一直将地震预测研究列为全所工作的重点和主攻方向之一，涉及的工作领域主要包括：地球物理仪器的研制；发展现代观测技术和资料分析处理系统；探索不同时间尺度的地震预测方法；地震预测的基础理论和实验研究等，与此同时，在国家地震局的统一领导和布署下，地球物理研究所还直接担负着首都圈的地震速报、跟踪监测，并配合国家地震局分析预报中心，共同做好本区的地震预测工作。

本书是地球物理研究所近年来地震预测研究工作的一个部分，书中汇集了本所部分研究人员关于1992年度全国及有关重点监测区，特别是首都圈地区地震形势的中期分析意见和学术论文。本文集由朱传镇、陈英方、王琳瑛组成编辑组，具体承担全书的编辑审定工作，限于编者的水平，加之时间比较仓促，本文集会存在不足之处，敬请读者批评指正。

目 录

1992 年度地震趋势研究报告.....	国家地震局地球物理研究所(1)
1991 年度地震监测预报工作总结	陈英方(33)
首都圈及山西地震带 1991 年度中地震趋势分析	王琳瑛、黄蓉良、舒曦(37)
燕山地震带 1992 年度震情趋势分析	王琳瑛、黄蓉良、舒曦(43)
北京附近小地震震级序列的傅立叶分析	吴佳翼(48)
大同—阳高地震序列特征的研究	朱传镇 王琳瑛 林邦慧(53)
用小震综合节面解参数变化预测未来大震方法的深入研究	阎明 赵仲和 傅昌洪(62)
用专家系统对 1992 年我国地震趋势及强度危险区的研究	范洪顺 王碧泉 王春珍 杨锦英 陈佩燕 黄汉明(69)
爆发余震图象 B 对 1992—1993 年全国部分地区地震趋势的研究	马秀芳 傅丽萍(80)
用模式识别方法对我国大陆各区近两年地震趋势的研究	杨锦英(85)
对我国大陆地震活动形势及几个地震区带地震活动趋势的研究	王春珍 黄汉明(93)
全国地震带地震趋势及其危险区估计(1992 年度)	何淑颖 章淮鲁 贾素娟 李文香 金严 郁曙君 曹学锋(100)
对全国 26 个地震带地震危险性的估计	贾素娟(108)
华北地区 7 级以上强震危险区的判别——地象图动态统计预报 ...	章淮鲁(114)
我国核旋观测在地震预报中的应用研究	
.....	林云芳 曾小革 续春荣 邱泽华 张崇阳 周凤兰 赵 明(121)
北京及其西部地区的地磁测量与地震预测研究	
.....	唐志佳 高金田 任熙宪 张洪利 赵从利 沈文志 郭启华 张玉敏(129)
地磁总强度短周期变化及其在地震预测研究中的应用	
.....	唐志佳 高金田 任熙宪 张洪利 赵从利 郭启华 沈文志 张玉敏(133)
一种揭示孕震过程的地磁前兆新方法——地磁短周期法	
.....	曾小革 林云芳 赵 明 周凤兰(137)
利用地电资料判别我国 1992 年度地震趋势	
.....	钱复业 姜大庆 李卫平 史铁生等(147)

震前极低频(ELF)电磁异常是地震短临预报的可靠标志之一	
..... 郝建国 潘怀文 李德瑞(152)	
全国各类震前电磁辐射接收系统对比观测阶段总结	
..... 曹惠馨 钱书清 吕 智 李聚臣 任克新 郑加芳(157)	
1990 年地震监测预报工作总结.....	陈英方(161)

1992 年度地震趋势研究报告

国家地震局地球物理研究所

摘 要

鉴于 1992 年全球地震活动可能处于较高水平, 以及我国大陆地区正处于 1900 年以来第五个地震活跃期之中, 预计 1992 年我国大陆地区仍存在发生 $M_s > 7.0$ 地震的危险, 西部地区仍是主体活动区, 但东部地区, 特别是华北北部地区, 1991 年地震活动明显增强, 1992 年发生 6 级以上地震的可能性增大。根据模式识别, 极值理论、熵谱分析, 爆发余震图象, 地震图动态统计预测, 缺震、中等地震活动集中分布、地震信息熵值变化、地震时空分形特征、加卸载响应比以及地磁转换函数、形变电阻率异常特征等的分析结果, 通过中长期地震预报专家系统的综合推理和决策, 判定了 1992 年全国大陆地区的重点地震危险区, 如下表所示:

1992 年度全国大陆地区地震危险区及趋势意见一览表

序号	重点危险区	空间范围		预测震级 (M_s)	发震 概率	信度
		纬度	经度			
1	新疆喀什—阿克苏地区	37°—42°	73°—80°	$8 > M_s > 6$	0.6	0.7
2	新疆克拉玛依—乌鲁木齐地区	42°—46°	80°—86°	$8 > M_s > 6$	0.6	0.6
3	西藏拉萨—那曲地区	28°—34°	87°—95°	$8 > M_s > 6$	0.7	0.5
4	四川成都—西昌地区	27°—31°	99°—103°	$8 > M_s > 6$	0.6	0.6
5	云南玉溪—开远地区	23°—26°	97°—104°	$8 > M_s > 6$	0.6	0.6
6	甘肃兰州—天水地区	33°—37°	103°—108°	$M_s = 6$ 左右	0.6	0.4
7	青海格尔木—都兰地区	35°—39°	92°—98°	$M_s = 6$ 左右	0.4	0.4
8	宁夏五原—银川地区	37°—42°	105°—108°	$6.0 > M_s > 5.0$	0.6	0.4
9	京西北、代县—浑源地区	38°—42°	112°—116°	$6.0 > M_s > 5.0$	0.6	0.6
10	苏北、南京—上海地区	31°—34°	117°—123°	$6.0 > M_s > 5.0$	0.5	0.5

在整体把握全国地震活动背景的基础上, 考虑到近一年来华北中强地震活动增强的趋势, 本报告从历史地震的轮回性, 近期地震活动图象, 地震综合信息熵值分析, 以及地震时序分维特征等方面, 对山西地震带、河北平原地震带和银川河套地震带的地震趋势, 分别作了较深入的分析和研究, 所得结果如下:

1. 1992 年或稍长一段时间内, 山西地震带北部, 太原盆地和大同盆地之间, 存在发生 5—6 级地震的危险, 尤应注意广灵断裂带的活动。

2. 1992年内,河北平原地震带的河间—束鹿地区,发生5级左右地震的可能性较大。

3. 银川河套地震带,1992年存在发生5—6级地震的危险,银川—五原之间发震的可能性较大。

为了较详细地研究首都圈的地震活动趋势。按地质构造背景和地震活动特点,将首都圈划分为东、中、西三个区分别进行研究,通过多种地震活动性指标震源和介质参数,大同 5.8 级地震序列性质的分析,结合流动数字地震台网近场观测资料以及流动地磁、流动重力的观测结果,采用年度地震预报专家系统,作了综合判断,得到 1992 年度首都圈地震活动的预测意见如下:

首都圈 1992 年度综合预测意见一览表

序号	区域	空间范围		预测震级 (M_s)	发震概率	信 度
		纬 度	经 度			
1	西区	39°—41°	113°—115.5°	5—6	0.5	0.43
2	中区	39°—41°	115.5°—117.5°	4—5	0.7	0.68
3	东区	38.5°—41.5°	117.5°—120.0°	5	0.6	0.50

引 言

按国家地震局科技监测司对年度地震趋势研究报告的编写要求,为不断提高年度趋势研究的科学水平,考虑到国家地震局地球物理研究所地震监测与研究工作的特点,在本年度趋势报告编写过程中,除了根据研究地区实际情况,继续推广应用实用化攻关成果外,特别注意将新的研究成果不断应用于地震监测预报实践,通过实际检验发展预报方法,提高预测能力,促进地震过程的理论研究;另一方面,本年度研究报告还突出对华北重点危险区如山西地震带、银川河套地震带等进行较全面深入的分析,尤其是对首都圈地区,结合在本区布署的流动数字化地震观测台网的近场观测资料,从统计特征和物理基础两个方面,详细地研究了多种地震活动参数和地磁、地电、重力等变化特点,以便对首都圈 1992 年地震趋势的判定,比以往更为接近实际,减少随意性,增加科学性。

一、1991 年度全国大陆地区重点地震危险区

趋势预测的回顾及检验评分

对 1991 年全国大陆地区重点地震危险区趋势预测意见进行了回顾,并作了效能评估,结果见表 1。

表 1 全国大陆地区 1991 年重点地震危险区趋势预测意见及检验评分

序号	重点危险区	预 测 意 见			1991 年发震情况	K 值评分
		震级(M_s)	发震概率	信 度		
1	中缅交界及滇西地区	6—8	0.6	0.5—0.6	无	K=0.17
2	川西理塘、道孚一带	6—8	0.6	0.5—0.65	1991.2.18 四川小金 $M_s=5.1$	
3	川滇交界永善大关一带	6—8	0.6	0.51	无	
4	祁连山及甘青交界地区	6—7	0.6	0.5—0.62	1991.9.20 青海共和 $M_s=5.6$	K=0.22
5	南疆民丰一带	6—7	0.6	0.5—0.55	无	
6	南京、合肥一带	5—6	0.6	0.34	无	

由表 1 可见, 1991 年预测的六个重点监视区中只有 2 号和 4 号区发生了地震。总的来说, 对本年度地震趋势估计偏高。关于 1991 年报告中超出年尺度的趋势估计意见, 在预报时段上如何把握, 有待分析研究。这里未予评分。

二、1992 年度全国大陆地区地震危险区判定研究

1. 全球地震活动年尺度背景($M_s > 6.0$)

根据全球地震周期分析和频谱分析结果, 全球 $M_s > 6.0$ 地震活动存在 14.5 年和 28—29 年的轮回期, 1975—1976 年为上个轮回期的峰值年, 预计下个峰值期在 1990—1991 年左右。然而, 1991 年 1 至 9 月地震活动水平并不高, 因此, 1991 年底至 1992 年的全球地震活动可能出现两种情况:

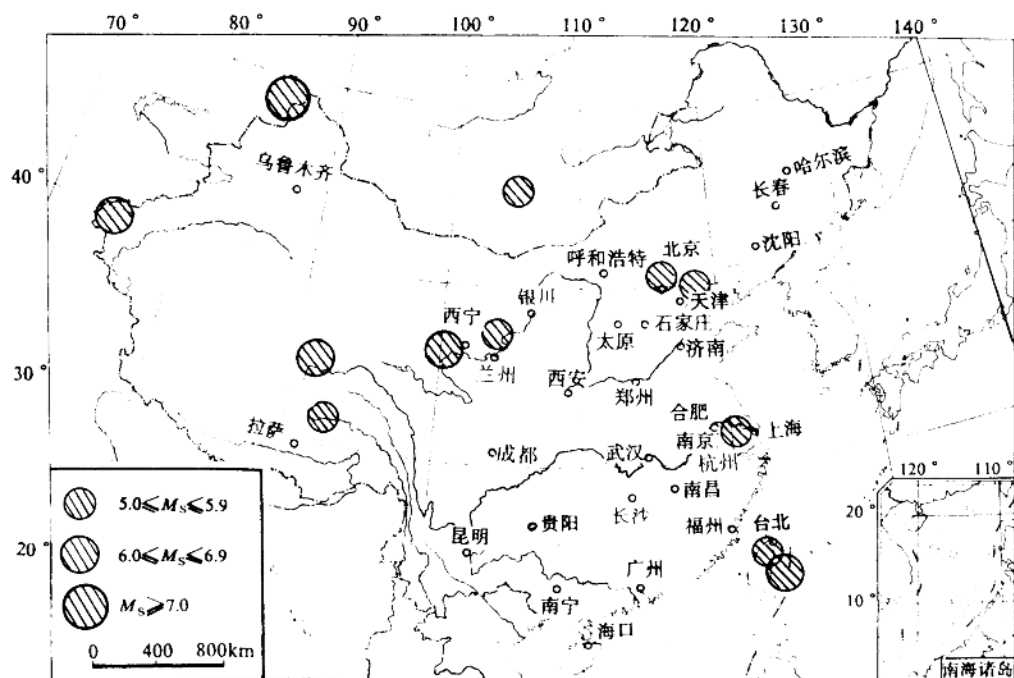
如果 1991 年 10 月至 12 月全球有大地震事件, 可将 1991 年相对低水平活动补足。这样, 从 1989 年—1991 年的持续三年的高水平活动, 可将本轮回期的能量释放充分, 则 1992 年全球 $M_s > 6.0$ 地震活动水平将会有所下降。反之, 若 1991 年底仍维持低水平活动状态, 则 1992 年度全球地震活动水平将会有所增强。

2. 全国大陆地区年尺度地震活动的动态特征($M_s > 5.0$)

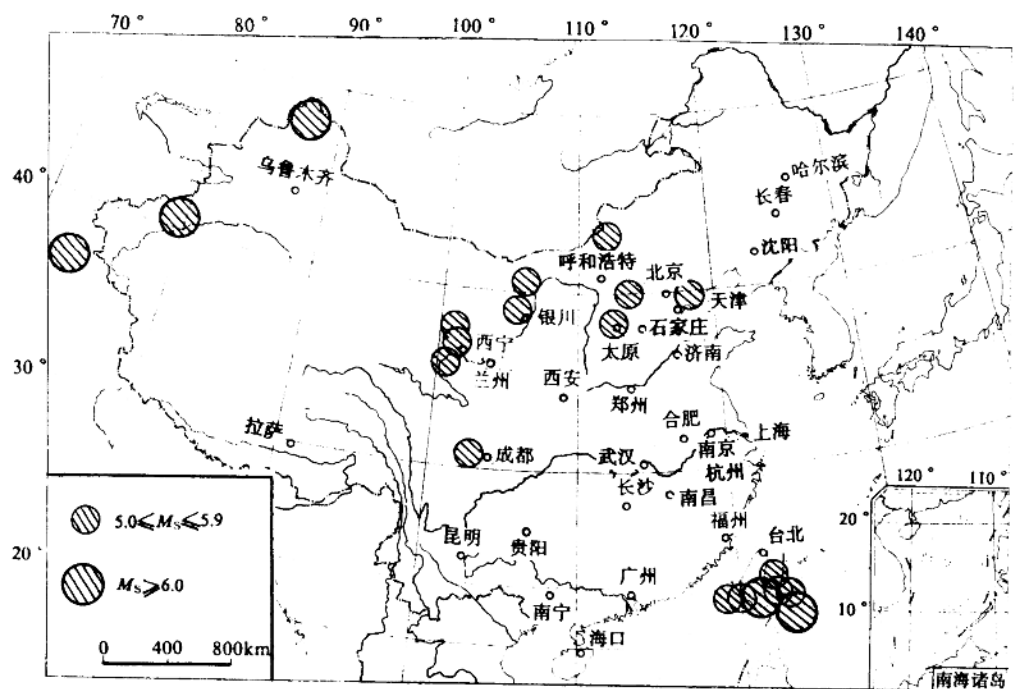
1991 年度的全国大陆地区 $M_s > 5.0$ 地震活动时、空、强分布与 1990 年度比较, 在具有一定继续性的同时, 亦呈现出不同的动态变化。地震活动的继承性表现在: 西北部地震活动继续增强。动态变化则表现在: 西藏地区地震活动明显减少, 而华北北部在银川河套地震带(南北带北段)、山西带北段、华北平原带北段, $M_s > 5.0$ 地震活动出现同步增强。在我国东部形成了一个沿 40° 纬度线附近中强地震集中分布的格局(见图 1a, b)。在华北北部, 几条并列的北东向地震带北段中等强度地震活动频的增高, 与 1991 年华北北部大范围形变异常是相吻合的, 这是 1991 年我国大陆地震活动不可忽视的动态变化特征。1991 年度大陆地震活动的总体水平虽低于 1990 年, 考虑到全球地震活动处于高平时段的大尺度背景, 以及我国大陆地区正处在本世纪以来的第五个地震活跃期之中, 预计: 我国大陆地区 1992 年度仍然存在发生 $M_s > 7.0$ 地震的危险。我国西部仍为主体活动地区。与 1990 年相比, 我们东部地区, 尤其是华北北部地区, 本年度地震活动明显增强。这是大范围应力增高的反映, 1992 年发生 6 级以上地震的危险性正在增加。

3. 各学科方法对全国大陆地区 1992 年度地震危险区判定的研究

1) 各学科全国地震危险区判定方法的改进和充实



(a)



(b)

图 1

(a) 1990 年全国 $M_s \geq 5.0$ 地震震中分布图; (b) 1991 年全国 $M_s \geq 5.0$ 地震震中分布图

为进一步加强国家地震局地球物理研究所对全国地震危险区判定的能力,充分反映不同学科方法所做的大量工作和研究结果,在测震学方面,按地震局预报语言规范化的要求,调整了地震预报专家系统 ESEP 内部结构,实现了预报语言的规范统一。注重引入地震预测预报研究的新方法,例如:长期背景预测引入了地象图动态统计法,动态特征实时分析引入了分形、熵、加卸载响应比等方法,并注意将新的研究成果用于预测工作,从而推进预报实用化进程。在其它学科方面,如地磁学方法,在实用化攻关的基础上,又有了新的改进,引入了地磁测深 GDS 法。将地磁场的短周期变化作为信号源,探测不同周期对应不同地下深度的电导率随时间的变化,监视地下构造和地震活动的异常。流动磁测方法,改进了差值对比法,统计参量法以及地磁总强度的快速幅比法。形变电阻率的分析方法,也引入了建立在引潮力谐振模式基础上的引力轴转向法。各学科方法都普遍注重了方法的物理基础的研究,提高了地震预测水平的科学性,减少了分析的随意性。

2) 全国 1992 年度大陆地区重点地震危险区的综合判定结果:

表 1 1992 年全国重点地震危险区:

a: $8 > M > 6.0$ 地震危险区

序 号	地 点	空 间 范 围	发震概率	信 度
1	新疆喀什—阿克苏地区	$37^{\circ}—42^{\circ}$; $73^{\circ}—80^{\circ}$	0.6	0.7
2	新疆克拉玛依—乌鲁木齐地区	$42^{\circ}—46^{\circ}$; $80^{\circ}—86^{\circ}$	0.6	0.6
3	西藏拉萨—那曲地区	$28^{\circ}—34^{\circ}$; $87^{\circ}—95^{\circ}$	0.7	0.5
4	四川成都—西昌地区	$27^{\circ}—31^{\circ}$; $99^{\circ}—103^{\circ}$	0.6	0.6
5	云南玉溪—开远地区	$23^{\circ}—26^{\circ}$; $97^{\circ}—104^{\circ}$	0.6	0.6

b: $M_S = 6.0$ 左右地震危险区

序 号	地 点	空 间 范 围	发震概率	信 度
1	甘肃兰州—天水地区	$33^{\circ}—37^{\circ}$; $103^{\circ}—108^{\circ}$	0.6	0.4
2	青海格尔木—都兰地区	$35^{\circ}—39^{\circ}$; $92^{\circ}—98^{\circ}$	0.4	0.4

c: $6.0 > M_S > 5.0$ 地震危险区

序 号	地 点	空 间 范 围	发震概率	信 度
1	宁夏五原—银川地区	$37^{\circ}—42^{\circ}$; $105^{\circ}—108^{\circ}$	0.6	0.4
2	京西北、代县—浑源地区	$38^{\circ}—42^{\circ}$; $112^{\circ}—116^{\circ}$	0.6	0.6
3	苏北、南京—上海地区	$31^{\circ}—34^{\circ}$; $117^{\circ}—123^{\circ}$	0.5	0.5

以上为各学科方法经 EPSE 系统综合判定的结果。各学科的研究意见和判定的危险区的空间范围分别示于表 2 和图 2。EPSE 专家系统预测结果示于图 3a、b。参加本项研究的主要学科和方法有：

测震学方法：ESEP 系统、模式识别 SKI 法、熵谱分析、极值理论、爆发余震图象、周期图、 b 值、缺震、中等地震集中、响应性地震、地象图动态统计预报、地震熵、分形方法、加卸载响应比等。

其他学科方法：地磁转换函数法、流动磁测、流动重力、形变电阻率应力轴转向法等。

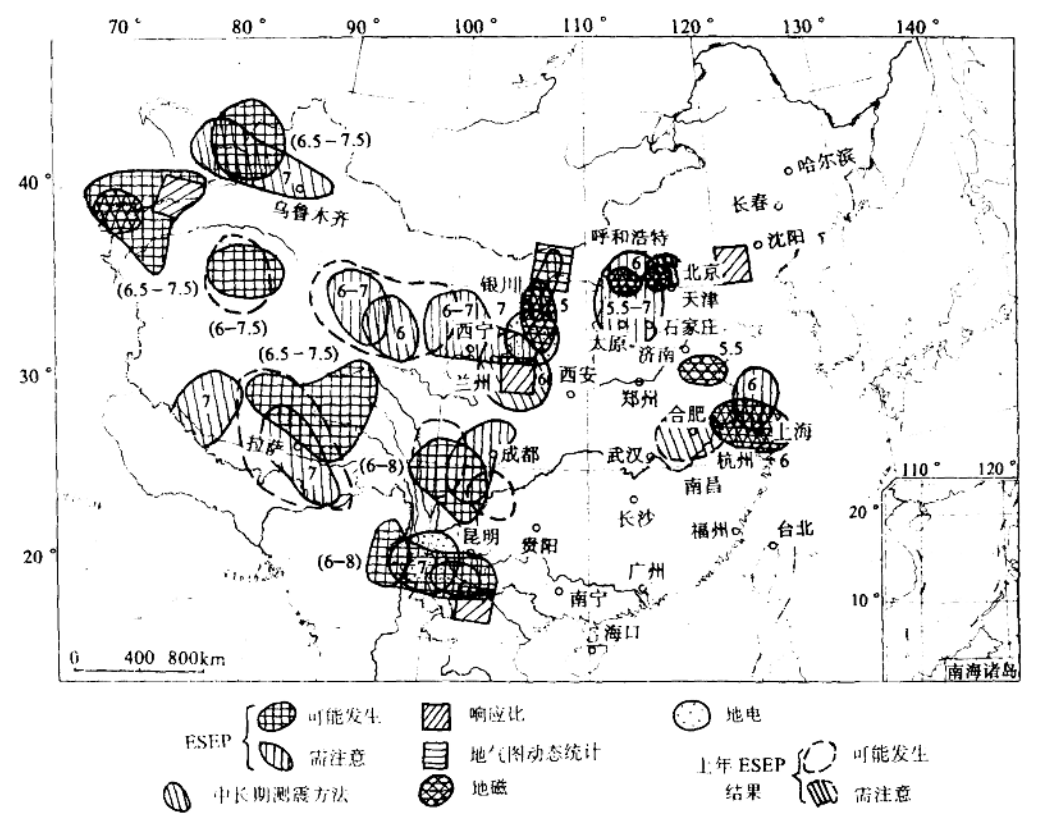


图 2 各学科方法判定全国地震危险区空间分布示意图

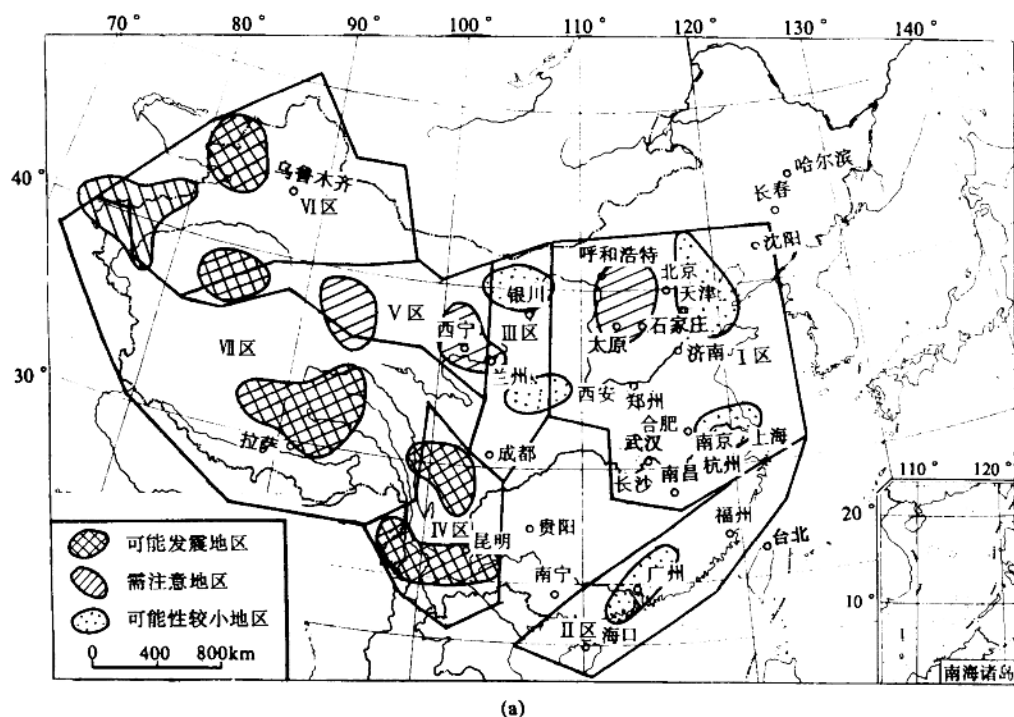


图 3a ESEP 专家系统预测 1992 年强震发生地点预测图

I、II、III区 $M_s > 5.5$

IV、V、VI、VII区 $M_s > 6.0$

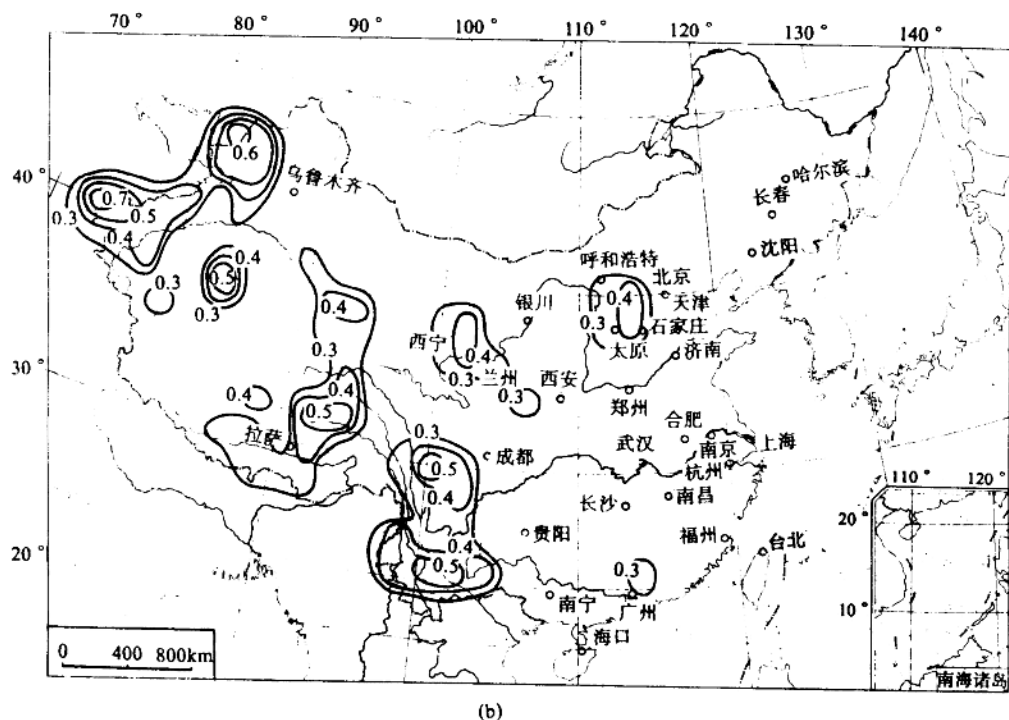


图 3b ESEP 专家系统预测 1992 年强震发生地震信度图

4. 测震学方法对重点地区的深入分析研究

为进一步加强全国重点危险区的判定研究,在整体把握全国地震形势的基础之上,对于重点关注的华北地震危险区,作了进一步的研究。侧重分析了山西地震带、河套银川地震带和河北平原地震带在 1992 年或稍长一段时间中的地震活动趋势。

1) 山西地震带

经过对山西地震带历史地震活动性和近期地震活动特征分析研究认为:山西地震带为华北第四期地震活动的参予地区,在本活动期活动接近尾声的阶段,地震活动的强度和频度将会有所上升,在今后十几年内,山西地震带中段和南段,临汾盆地和运城盆地应注意发生 6—7 级地震的可能性。在 1992 年度,仍应注意山西地震带北部,太原盆地和大同盆地之间,存在 5—6 级地震的危险。发震可能性较大的地点为:大同盆地西侧的口泉断裂南部或大同东侧的蔚县—浑源—代县及广灵断裂附近。

表 2 各学科方法判定的 1992 年全国地震危险区

序号	危险区	预测震级 (M_s)	综合 信度	地震学方法						其他学科方法			
				ESEP		中长期		对应比		地磁转换 函数 M_s	信度	地电 M_s	信度
				M_s	信度	M_s	信度	M_s	信度				
1	新疆喀什 —阿克苏地区	6.5—7.5	0.7	6.5—7.5	0.75			>6	0.6	6.5	0.6	5	0.4
2	新疆克拉玛依 —乌鲁木齐地区	6.5—7.5	0.6	6.5—7.5	0.61	>7	0.6						
3	西藏拉萨 —那曲地区	6—7.5	0.5	6—8.0	0.55	>7	0.5						
4	四川成都 —西昌地区	6—7.5	0.5	6—8.0	0.56	6—7	0.5						
5	云南玉溪 —开远地区	6—7.5	0.6	6—8.0	0.54			>6	0.6	5—6.5	0.8	6±	0.4
6	甘肃天水 —兰州地区	6—7	0.4			6—7	0.4	>6	0.6			7±	0.8
7	青海格尔木 —都兰地区	6	0.4	6—7	0.44	6—7	0.5						
8	山西代县 —浑源地区	6	0.5	5.5—7.0	0.43					6	0.7		
9	江苏南京 —上海地区	6	0.5	5—6	0.28	6—7	0.4			6	0.8		
10	京西张家口 —怀来地区	5	0.6			>5	0.5	5	0.6	5	0.6		
11	宁夏五原 —银川	5	0.6			>5	0.4	5	0.6	5	0.8	7	0.4

备注:测震学:ESEP系统包括:模式识别SKI法、频谱分析、极值分析、爆发余震图象、地震活动参数;中长期预报方法包括:频谱、周期图、极值、 b 值缺震、 $M-T$ 、应变曲线、中等地震集中、响应性地震、地象图动态统计法;地磁:转换函数法;地电:形变电阻率应力场转向法

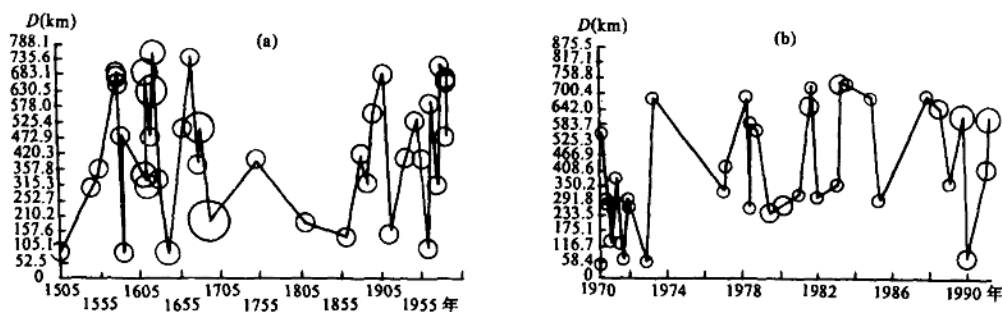


图4 (a)山西地震带 $M_L > 5.0$ 地震迁移图(1505-1991); (b)山西地震带 $M_L > 4.0$ 地震迁移图(1970-1991)

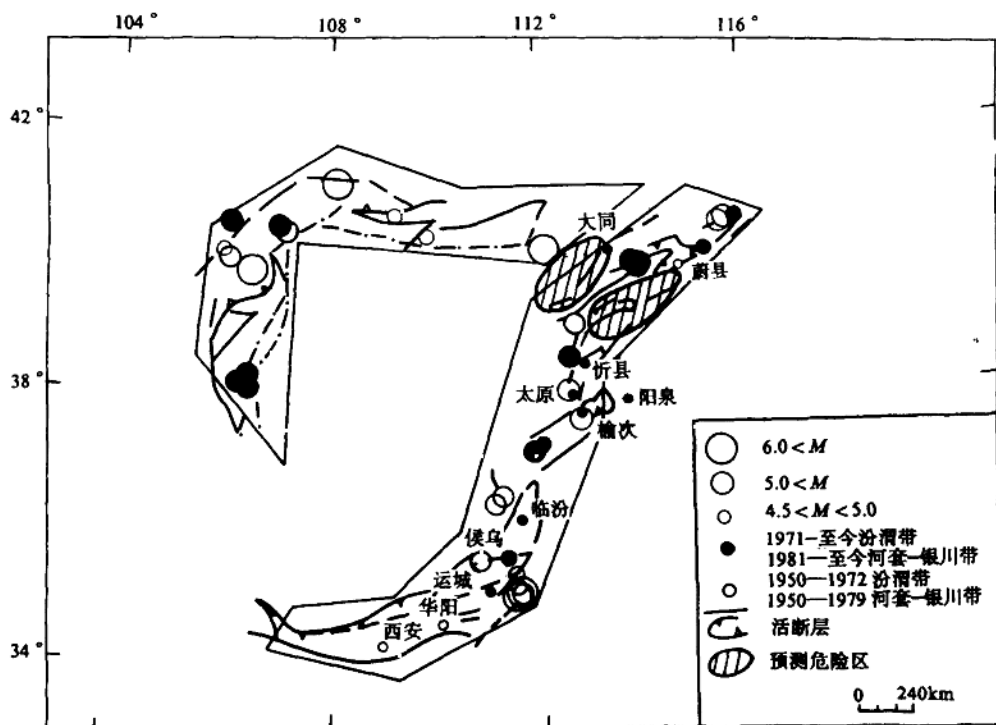


图5 1992年以来汾渭和河套—银川地震带地震震中分布图($M_S > 4.5$)

主要依据:

① 山西地震带历史地震活动的研究表明: 山西地震带在第四活动期改变了在第三活动期的主体活动地位, 从能量和频度上都远比不上活动期低。但地震活动的空间迁移特征基本相同 (见图4a、b)。

② 近20年山西地震带 $M_S > 5.0$ 地震活动主要场所在山西地震带中北段; 活动强度在 $M_S = 6$ 以下。 $M_L > 4.0$ 地震主要活动空段在忻定盆地和大同盆地之间以及太原盆地和临汾盆地之间 (见图5)。

③ 地震综合信息熵值分析表明: 大同盆地和忻定盆地熵值起伏变化较大。反映近几年

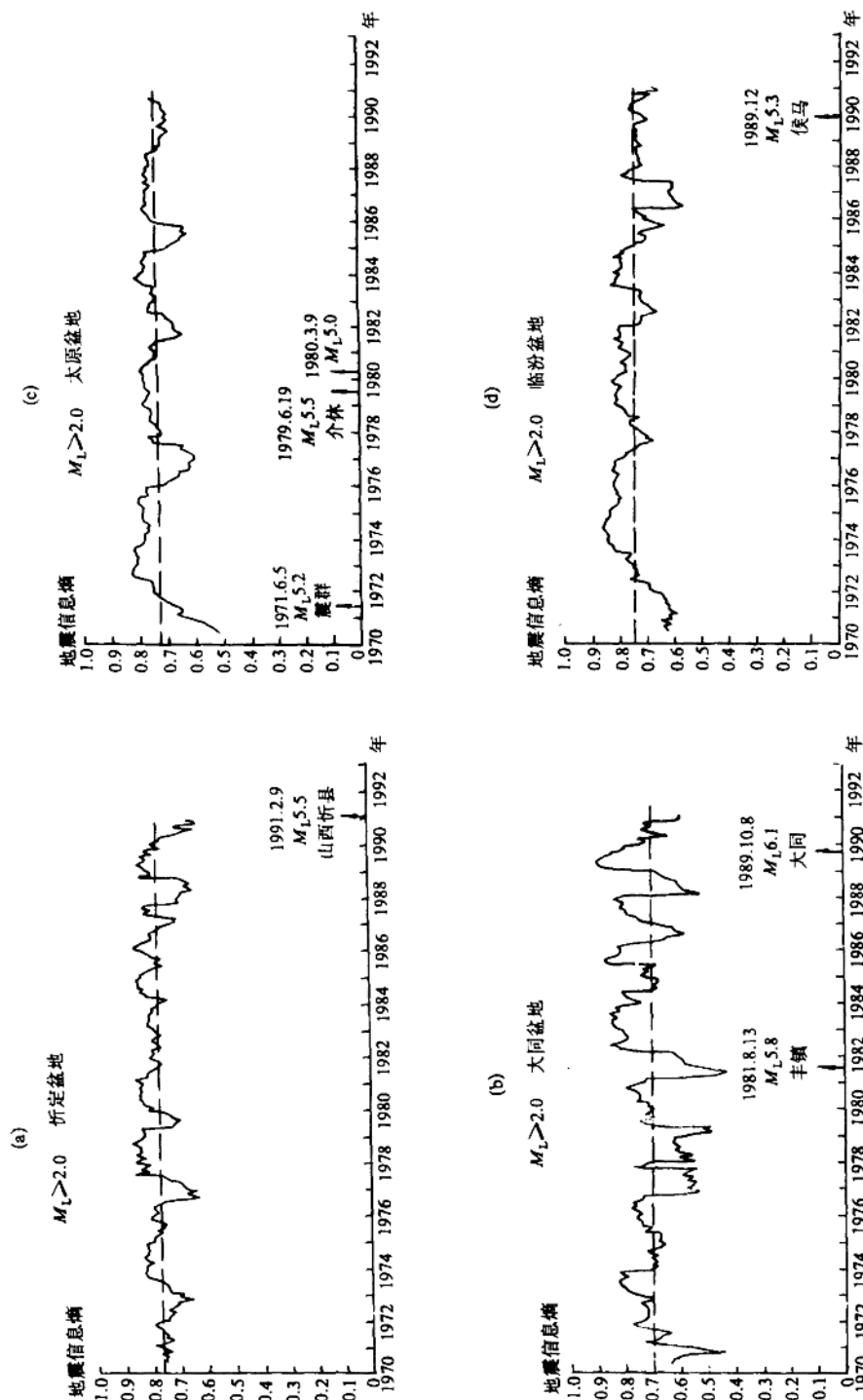


图 6 山西带忻定盆地(a); 大同盆地(b); 太原盆地(c); 临汾盆地(d)地震综合信息熵值曲线

该区地震活动处于非稳定状态（见图 6a、b、c、d）。

④ 山西地震带北段地震时序分维计算结果表明：1990 年至 1991 年维数下降，意味着该区地震活动的时间分布关联程序增强（见图 7）。

⑤ 根据地象图动态统计方法的研究结果，山西地震带北段和磴口地区为中等地震高频活动区。山西地震带近 100 年来最大震级为大同 1989.10.18 $M_S=5.8$ 地震，根据山西地震带 $M_S>7.0$ 地震的启动地震震级至少要达到 $M_S=6-6.5$ 的特点，山西地震带目前仅面临 6—6.5 级地震的危险。近期发生 7 级以上大震的危险性很小（见图 8）。

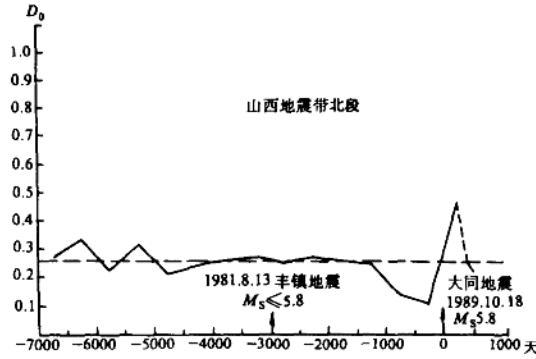


图 7 山西地震带北段($M_L \geq 2.0$), $\Delta T=500$ 天地震时序容量维 D_0 时变曲线

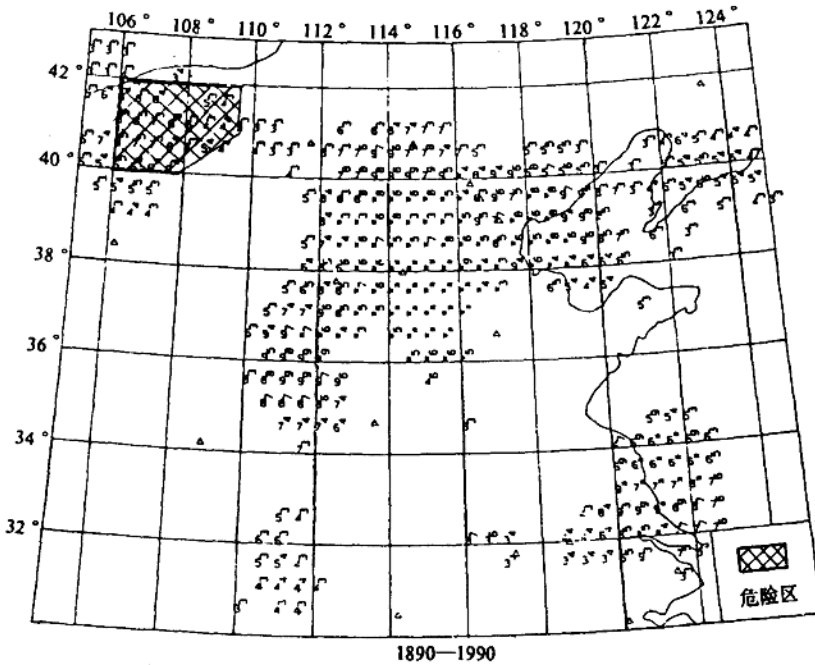


图 8 地象图动态统计方法判定华北北部地区 7 级大震危险区

2) 河北平原地震带

河北平原地震带为第四活动期的主本活动地区之一，已释放的能量占华北地震区第四活动期释放能量的 56%，在短期内，在平原地震带上再积累起大震能量的可能性很小。从河北平原地震带近期活动实况分析，大同 3 月 26 日 $M_S=5.8$ 地震后，从 1991 年 5 月开始，河北平原地震带在唐山、河间、邢台出现了一系列 $M_L>3.0$ 地震活动，中等地震 ($M_L>4.0$) 在较短的时段内成串展布，十分引人注目。但是，从华北北部大范围年尺度 $M_L>4.0$ 地震分布上看，分布图象仍然较散。未见年尺度收缩集中的特征图象。考虑到华北北部整体区域上 $M_L>5.0$ 地震活动增强的特点，平原地震带上地震活动动态变化，可能是大范围整体构造应力场增强的显示，在平原地震带各大震的余震区首先得到响应。由此可见，平原地震带 $M_L>4.0$ 地震成串展布。反映了大范围的问题，而非局部现象。虽然在河北平原地震带近期发生 $M_S>7.0$ 地震的可能性较小，但应注意在河北平原地震带中等地震的空段上，存在发生 $M_S=5$ 左右地震的可能。发震可能性较大的地区为：河间—束鹿地区，渤海湾地区，以及冀鲁豫交界地区。

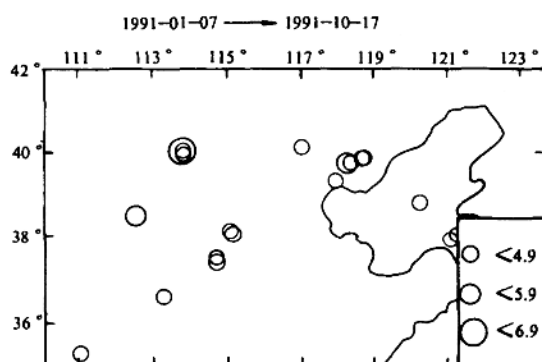


图 9 华北北部地区 $M_L>4.0$ 地震分布图 ($35^{\circ}-42^{\circ}$, $110^{\circ}-123^{\circ}$ $T=1991.1.1-10.31$)

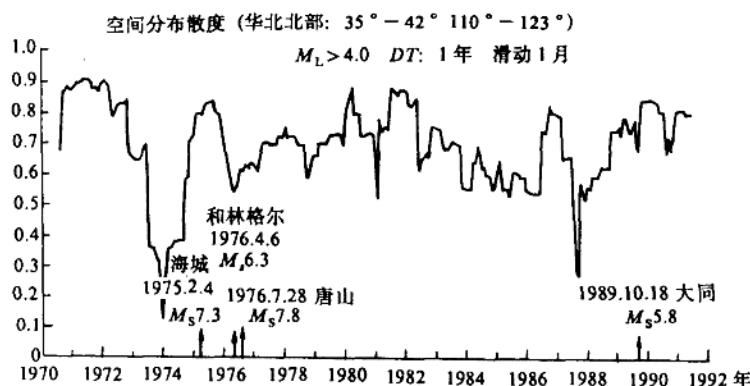


图 10 华北北部地区 $M_S>4.0$ 地震空间分布离散度 SD 值时变曲线

主要依据:

- ①华北北部平原地震带历史地震活动性。
- ②1991年河北平原地震带 $M_L > 4.0$ 地震呈北东向展布 (见图 9)。
- ③华北北部地区 $M_L > 4.0$ 地震空间分布离散率 SD 值变化 (见图 10) 正常。
- ④地震时、空、强综合信息熵: 河间地区、冀鲁豫交界地区地震熵值变化较大, 地震熵值下降。朝阳地区地震熵值变化很小, 地震活动稳定 (见图 11a、b、c)。

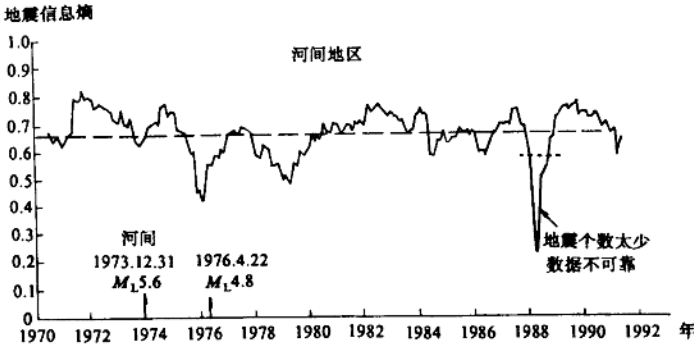


图 11a 河间地区($38^{\circ} - 39^{\circ}; 115^{\circ} - 117.5^{\circ}$ $M_L > 1.5$)地震熵值曲线

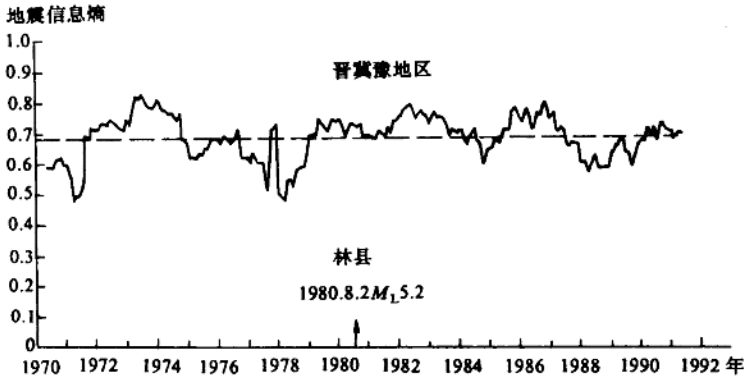


图 11b 晋冀豫地区($34.5^{\circ} - 36.5^{\circ}; 113^{\circ} - 115^{\circ}$ $M_L > 2.0$)地震熵值曲线