

地震危险性

预测研究

(1997 年度)

国家地震局地质研究所

地震出版社

前 言

本书汇集了我所有关中短期地震危险性预测研究的论文和报告 16 篇，基本上反映了我所 1996 年度在中短期地震危险性预测研究以及异常跟踪研究与地震前兆监测研究方面所取得的主要成果，藉以为 1997 年度全国地震趋势判断提供参考依据。

尽管我所地震预报及其研究工作面临着经费严重不足的困难局面，但广大科技人员对地震预报及其研究工作仍给予了极大的支持和关注。他们以强烈的责任感和可贵的奉献精神，克服各种困难，结合有关研究课题，尽可能地将有关研究成果应用于地震中短期预报和震情趋势判断。值本书与大家见面之际，向关心和支持我所地震预报工作的国家地震局各级领导以及为 1997 年度地震趋势会商工作和本书的编撰出版工作付出辛勤劳动的所有人员致以衷心的感谢！

鉴于地震预报目前仍处于探索阶段，我们在本书的编纂过程中继续坚持“百花齐放、兼收并蓄、求同存异”的原则，尽可能吸收不同学术观点、不同预报思路的文章，以利于争鸣、促进和提高。

本所科技发展处张崇立主持本书的编纂出版工作。车用太、邓志辉、楚全芝、汪良谋、张淑萍、朱向军等为本书稿件的征集、审定与编辑做了大量工作。本所科学技术委员会审定了文章的内容，并提出了重要的修改意见。

由于时间仓促，书中不妥之处请专家和读者批评指正。

国家地震局地质研究所

1996 年 10 月 31 日

目 次

中国大陆 1997 年度地震危险性预测

- 国家地震局地质研究所地震预报研究组 (1)
- 地震监测预报工作的主要进展——1996 年度地震监测预报工作总结
..... 国家地震局地质研究所 (9)

* 近期强震危险性预测 *

中国大陆 1997 年度地震趋势的 TP 法预测: 岩石圈结构、

- 构造三级孕震框架的认识与应用 王绳祖 张宗淳 (17)
- 地震活动非线性变化特征特征及近期强震危险性预测研究 邓志辉 (28)
- 华北北部近期大震危险性的活动构造分析和预测 ... 楚全芝 汪良谋 方仲景 (36)
- 华北北部地区地震危险性估计 董瑞树 任国强 冉洪流 付昌洪 (43)
- 用陆地卫星图像分析法预测京津唐及邻近地区
1997 年度强震危险性 李建华 叶文华 胡玉台 (48)
- 论大地震发震时间的跨越式关系 徐道一 (52)
- 根据形变资料讨论鲜水河断裂活动的分段性与地震危险性
..... 李铁明 吕弋培 廖 华 (56)
- 华北地区生物宏观异常与强震危险区分析 徐好民 (67)

* 前兆监测 *

北京地区地下水物理动态与 1997 年度震情分析

- 朱清钟 谷园珠 田竹君 刘成龙 杨会年 高松升 (70)
- 首都圈水化监测与未来地震活动趋势分析
..... 张培仁 王基华 王志敏 黄辅琼 陶京玲 金晓微 (75)
- 首都圈地区断层气动态特征及未来地震活动性分析
..... 王基华 高清武 林元武 孔令昌 (81)
- 首都圈金属离子胶体动态监测与地震危险性分析
..... 胡玉台 李建华 (86)

* 异常跟踪与研究 *

- 北京通县井与塔院井 1996 年水位异常性质研究..... 车用太 孙 雄 (90)
- 华北北部地区 1996 年地下流体异常与未来震情预测
..... 车用太 鱼金子 谷园珠 黄辅琼 (96)

中国大陆 1997 年度地震危险性预测^①

国家地震局地质研究所地震预报研究组^②

摘要 通过构造活动分析、地下流体观测、地震活动时空规律研究、地壳运动能量背景分析等工作,对中国大陆 1997 年度地震危险性进行预测,得到的结果是:1997 年度最危险的地区有 3 个(西藏中部拉萨东、川西地区和晋冀蒙地区),较危险区有 4 个(滇西地区、西藏中部拉萨西北、北天山西段、苏鲁皖地区),值得注意地区有 9 个。

关键词: 地震预报 年度会商 地震危险区

1 1996 年度地震危险性预测总结与检验

1.1 1996 年度会商预测结果的总结与检验

1996 年度会商研究报告中,我所根据震情分析研究结果,对 1996 年度我国大陆的地震危险性提出 5 个最危险区、8 个较危险区及 8 个有一定危险的地区(图 1)。它们分别是:

- (1) 最危险区:南天山带(乌恰—喀什—乌什)、帕米尔—西阿尔泰带(塞里木湖)、青藏高原中部(当雄以北区)、晋北区(忻州—大同区)、渤海(黄河河口海域);
- (2) 较危险区:中喜马拉雅区($28^{\circ} \sim 28.5^{\circ} \text{N}$, $87^{\circ} \sim 89^{\circ} \text{E}$)、藏滇缅边界区、剑川—大理区、康定—冕宁—巧家、阿尔金(茫崖—安南坝)、中蒙边界(狼山以西)、渤海南部、黄海;
- (3) 有一定危险的地区:柴达木中东部(锡铁山)、汾渭带(太原—运城—临汾)、辽东半岛、鲁南区、苏北区(宿迁以东、泗阳以北)、江苏中南部(太湖以北)、福建平潭岛附近、福建东山岛附近。

1996 年 1~11 月中国大陆共发生 6 级以上地震 6 次,其中 2 次发生于年度预测的最危险区和较危险区内(表 1,图 1),预报准确率为 33%。进一步分析结果表明,7 级左右或 7 级以上强震的预测效果较好,预报准确率达 67%。这一结果说明,以活动构造研究为基础的预报方法对于 7 级左右或 7 级以上地震危险区的判定是比较有效的。换言之,7 级左右或 7 级以上的强震发生是有一定的构造活动背景的。

丽江 7.2 级地震发生在金沙江—红河地震断裂带的中部,得荣—中甸断层段和红河北断层段的交错部位。该地震的孕育和发生是北西向主断裂与北东向横向断裂共同作用的结

^① 国家地震局地质研究所论著 96G0003。

^② 执笔:邓志辉、张崇立。参加本文编写工作的还有车用太、董瑞树、楚全芝等。

果。北西向断裂带以右旋走滑为主兼有挤压，部分地段全新世以来活动明显，滑动速率可达 $5\sim 7\text{mm/a}$ 。古地震研究表明，该带的地震活动可划分出 4 个活动期和 3 个平静期。目前处于第四活跃期。在有利的构造部位和有利的时发生了丽江地震。

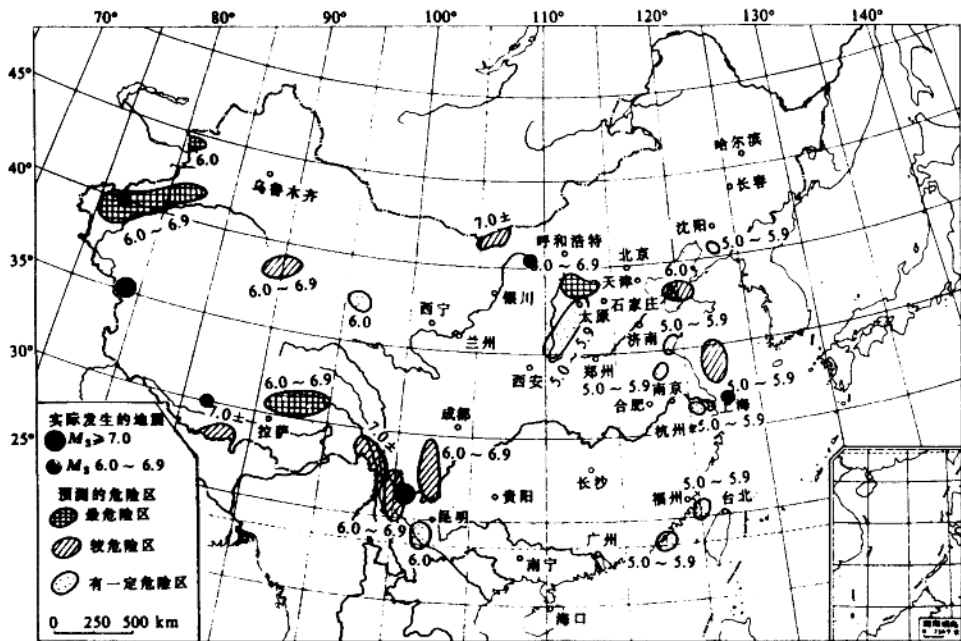


图 1 1996 年度中国大陆地震危险区与实际发生地震对比图

表 1 中国大陆地区 1996 年实际地震与预测危险区的对比
 $M > 5.0$ (1~9 月), $M > 6.0$ (1~11 月中旬)

发震日期 (年月日)	震中坐标及地点			震级 (M_s)	检验结果
	北纬/(°)	东经/(°)	地点		
1996 02 03	27.2	100.1	云南丽江	7.2	较危险区内
1996 03 19	40.1	76.4	新疆阿图什东北	6.9	最危险区内
1996 05 03	40.1	109.4	内蒙包头西	6.4	区外
1996 07 03	30.5	87.0	西藏日喀则西北	6.2	区外
1996 11 09	31.7	123.1	南黄海	6.1	区外(1995 年度预测区内)
1996 11 19	35.2	78.0	新疆喀喇昆仑	7.1	区外

阿图什 6.9 级地震发生在南天山活动断裂带上，位于西克尔—阿克苏断层段和乔寨—

科克塔木断层段的分段边界上。全新世活断层由北东向转为北东东向，地震就发生在有利于能量积累的拐点附近。

新疆喀喇昆仑 7.1 级地震位于边远地区，活动构造研究程度较低，未落入 1996 年预测区内，但在 2005 年危险区的Ⅲ类区内。

总的来说，在活动构造研究的基础上，结合动态资料分析，我所对 1996 年度地震作出了较好的预测：

(1) 汪良谋、楚全芝等根据断裂活动习性圈定的 2005 年以前地震危险区与实际地震发生对应较好^[1]，阿图什地震和南黄海地震均位于 I 类危险区内，包头西地震在 II 类危险区内，丽江地震和喀喇昆仑地震落入Ⅲ类危险区内；

(2) 6 级以上强震受网络波能量背景控制，丽江地震和阿图什地震位于王绳祖等^[2]计算的 7 级地震背景区，包头西地震和南黄海地震位于 6 级地震背景区；

(3) 阿图什地震和南黄海地震遵循自身的发生规律，董瑞树等^[3]据此规律和 TIP 计算结果，对此地震作出了较好的年度预测；

(4) 丽江地震、阿图什地震、包头西地震和南黄海地震全部位于邓志辉^[4]在 1996 年度预测中提出的中国大陆东、西两个特征构造域边缘，并且震前 b 值介于 0.6~0.7 之间，为主震—余震型。

1.2 大华北地区 1996 年年中地震危险性预测结果检验

在大华北地区 1996 年年中地震趋势会商报告中，我所通过对首都圈地下流体观测、华北地区地震活动性分析和发震构造背景研究等，给出如下几点预测意见：

(1) 首都圈地区在构造上为地震穴，网络波能量背景在 1996 年为非波峰期，地下流体也无明显异常。因此，预测 1996 年下半年在首都圈地区发生 5 级以上地震的可能性较小。

(2) 华北北部地区发生 7 级以上地震的 b 值背景条件尚未满足，但不排除环渤海或晋冀蒙地区发生 6 级左右地震的可能性。

(3) 华北东南部，特别是南黄海和济南—徐州地区存在发生强震的背景条件，应给予关注。

(4) 地震活动时间有序性研究结果表明，1996 年 8 月中下旬在东经 90° 以东，北纬 32° 以北地区，有发生 7 级以上地震的可能。

与 1996 年 7~11 月的实际发生的地震进行对比，除意见 (4) 外，其它全部得到证实。这些结果说明，在异常广泛分布的情况下，运用断层活动习性、地下流体、网络波、地震穴和 b 值背景等手段排除非震区有一定的效果。

从上述分析看出，我所以活动构造研究为基础，结合地下流体观测、地震活动分析、能量背景分析和遥感图像分析，对地震活动预测的准确率不低于目前我国地震预报的总体水平，加强和改进这些方面的研究工作有可能进一步提高我国地震预报的准确率。

2 各种预测方法对 1997 年度地震形势的预测研究

2.1 构造活动分析

楚全芝通过对活动构造的定性定量分析，重点对华北北部的近期地震危险性进行预

测, 结果认为: 京西北地区和大青山—狼山地区为具备发震构造条件的近期地震危险区(见楚全芝等, 图 2, 本文集), 而环渤海地区由于其地震复发间隔条件尚未满足, 近期发生 7 级以上的地震的可能性不大。

李建华等通过多时相、多波段卫星图像研究表明, 华北地区强震前 13~17 月内卫星图像可显示多种类型的构造活动信息。根据这一研究成果, 对 1996 年 3 月 10 日~6 月 30 日北京、唐山、河间、天津的 8 万 km² 的卫星图像进行判读, 没有发现任何一种构造活动信息。由此推断, 华北北部地壳运动仍处在相对平静时期, 1997 年 10 月以前发生 6 级以上强震的可能性较小。

2.2 能量动态分析

王绳祖提出的构造物理预测方法(简称 TP 法)在 1994~1996 年三个年度的试用和改进的基础上, 进一步应用关于岩石圈结构、构造三级孕震框架体系的研究成果, 除了考虑岩石圈下层塑性流动网络和地幔涡旋等控制(I 级)构造以及震源近场(II 级)结构、构造的作用外, 探讨了调节性(III 级)结构、构造的孕震贡献及采用能量背景调节系数 k 定量表达的可能性, 着重研究了塑性流动网络结点部的孕震贡献及 k 值大小, 并在年度预测中得到了初步的应用。TP 法的预测结果给出了 1997 年度中国大陆地区(中东亚网络系统部分)的地震能量背景区的分布(见王绳祖等, 图 3, 本文集)和青藏高原至华北平原五个重点预测研究地区内地震危险区的位置和震级上限。

I 区: 青藏高原中部, 其西南部和中北部分别有十年波波峰带分布, 其中当雄—崩错地段若 1996 年第四季度无震, 则下一年度有可能发生 6 级以上地震。此外, 能量背景区范围内还可能发生 5.0~5.9 级地震。

II 区: 柴达木盆地中东部, 十年波波峰带的主体部分虽已移出此区, 但波峰带南侧紧邻地段仍具有一定的背景能量, 致使 Qd1a 地震危险区保持较高的发震概率, 有可能发生 6 级上下的地震。

III 区: 银川—兰州—武都地区, 十年波波峰带覆盖其东北半部, 且能量背景区的震级上限较高。震源发震概率以兰州(YL17)地段最高, 不过因波峰带的移出, 不再具备发生 6 级以上地震的条件。但不排除在能量背景区内发生 5.0~5.9 级地震的可能性。

IV 区: 山西地震带, 其北段具备 6 级以上地震的能量背景, 忻定—五台山地段仍具备发生 6.0~6.9 级地震的较高概率。

V 区: 北京地区, 十年波的波峰带已进入此区, 分布于西半部, 其中涉及施庄、南口—孙河和黄庄—高丽营等断裂所构成的潜在震源区。黄庄—高丽营断裂北段(Bj17N)的总发震概率基本上已达到发震概率的下限, 故被定为地震危险区, 有发生 5.0~5.9 级地震的可能。

李铁明等通过对鲜水河断裂带近几年跨断层形变测量的分析, 结合断裂带附近的地震活动性, 研究了鲜水河断裂带的分段活动特征及其与地震发生的关系。系统分析结果表明, 断裂带活动具有明显的分段特征, 同时指出各测点在地震前出现的暂时反向活动可视为一种前兆现象。由此推测在未来 2~3 年内鲜水河断裂带的炉霍地段将有发生 6 级左右地震的可能。

2.3 地震活动性分析

董瑞树等研究了华北北部地震活动的概率增长时段, 分析了地质、地球物理场与地震

的关系, 并利用贝叶斯方法判断未来 1~3 年 6 级以上地震的危险区: ①汾渭地震带北段潜在震源区地震危险性最大; ②河北唐山老震区, 晚期 6 级强余震的可能性不能忽视; ③北京及其东部地区有发生地震的可能性; ④渤海及河套地区也具有发生地震的危险。

邓志辉把地震活动非线性统计特征应用于地震危险性预测, 首次把降维、减熵、 b 值下降的时空扫描结果进行图形叠加处理, 为 1997 年度危险区的圈定提供地震活动背景条件 (见邓志辉等, 图 7, 本文集)。

从图中可见, 同时满足三个条件的区域有两个: 一个是黄海北部; 另一个是北部湾, 它是由 1995 年 6 级地震所致, 估计近期危险性不高。同时满足两个条件的区域有安徽中南部、陕甘川地区、藏中南地区和东南沿海区等。

b 值为 0.6~0.7 的范围是短期异常标志之一, 把它与上述危险区进一步叠加, 可得到近期具有发震背景条件的区域有三个: 黄海北部、安徽中部和兰州西南。

2.4 宏观异常分析

徐好民通过多年宏观异常资料的收集和研究, 认为宏观异常是地壳活动的产物, 华北地区从 1994 年起宏观异常的数量和幅度都有明显的增加, 说明这一地区应力积累仍在继续强化之中。异常主要集中在上海—河南焦作北西向构造带上。

2.5 地下流体异常分析与震情预测

车用太等系统收集了 1996 年华北北部地下流体的全部资料, 分析了异常出现与结束时间及其与同期地震活动的关系。这些异常可分为五类: ①包头西 $M_s6.4$ 级地震场兆; ②包头西 $M_s6.4$ 级地震后效; ③熬汉镇 $M_s4.7$ 级地震场兆; ④天津及其周围中小地震的场兆; ⑤目前仍然存在与新生的异常。根据这些异常的时空分布特征及目前仍然存在与新出现的异常数量、形态与信度等特征, 对 1997 年度的震情作出如下预测: 华北北部地区仍然存在发生 5.0~6.0 级地震的危险性, 但上半年发生 $M_s6.0$ 级以上强震的迹象不明显; 发震的危险区, 首先是渤海及其西岸地区 (唐山—天津—沧州), 其次是山西带的中北段 (忻州—大同); 首都圈及其邻区发生 $M_s5.0$ 级以上地震的可能性不大。

朱清钟等通过分析塔院、通县、太平庄等井水位、水温的多年趋势动态和年动态, 认为 1996 年出现的某些异常与本年的雨量增加和永定河放水及城市供水缓采地下水等因素有关。因此认为 1997 年上半年度首都圈没有发生 6 级地震的背景, 但应注意发生 5 级左右地震的可能性。

张培仁等根据首都圈地区 1996 年地震活动趋势的预测效果及包头西 $M_s6.4$ 级地震的前兆异常反应, 分析了 1996 年 8、9 月份太平庄地下流体出现的多测项同步异常, 认为与 9 月 20 日太平庄附近发生的 2.0 级地震有关。根据我所水化目前的观测资料, 判断首都圈地区未来半年内发生 $M_s5.0$ 级以上地震的可能性较小。

王基华等认为断层气既有短临异常, 又有年动态异常。根据多年断层气动态特征与地震活动关系的研究, 发现在地震活动期和平静期断层气一些组分的年动态特征有明显的差异 (见王基华等, 图 6, 本文集)。在地震活动时段, 断层气年动态或表现为锯齿型或表现为变化幅度大的特征; 而在地震平静期则表现为平稳型或变化幅度很小的特征。从图中可见, 目前每个组分的年动态特征属于平稳型动态。从短期动态特征看, 除 CO_2 、 H_2 、 Hg 在包头西 $M_s6.4$ 级地震前后有异常外, 目前各组分均在正常范围内波动。

鉴于上述的分析, 对首都圈及其周围地区未来的震情判断意见是:

- (1) 地震活动强度尚未达到 1992 年以前的水平;
- (2) 近期发生 5.0 级以上地震的可能性较小;
- (3) 未来 1 年发生 6.0 级以上地震的可能性也不大。

3 讨论与结论

综合上述各手段的研究结果, 参考 1996 年度所作的危险区预测^[5]、汪良谋等^[11]在“八五”期间所作的中国大陆 2005 年前地震危险区预测结果及徐杰等有关华北地区晚第三纪以来新生地震构造带的研究成果, 对 1997 年度中国大陆的地震形势判断如下 (图 2):

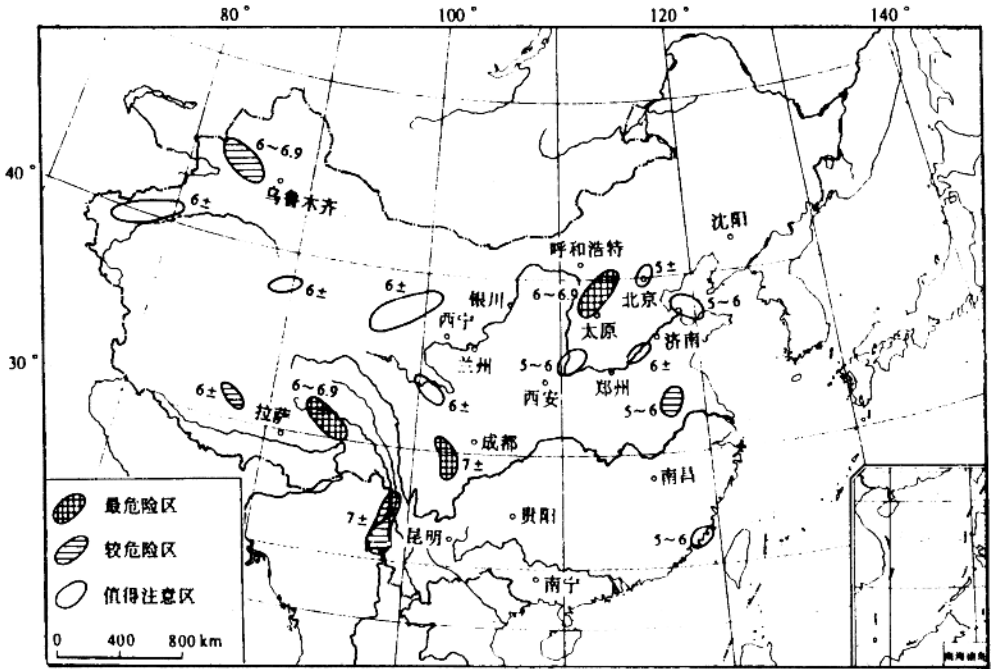


图 2 1997 年度中国大陆地震危险区预测结果

(1) 华北北部地区 1996 年上半年出现了几起几落的异常, 包头西地震后, 大部分异常已结束。近期内发生 6.0 级以上地震的可能性不大。但环渤海地区部分异常仍在发展, 网络波能量背景波峰将于 1997 年进入首都圈、渤海及山西带北部。从活动构造分析来看, 晋冀蒙地区具有发震构造条件, 应继续给予注意。

(2) 华北东南部存在 6 级左右的北西向地震构造带。活动构造研究表明, 一些新生的北西向构造正在形成。自 1994 年以来, 这一带的宏观异常的数量明显增加。苏鲁皖地区处于有利的发展构造部位, 并且出现了 TIP 异常和地震活动非线性参量异常, 近期有一定的危险性。新乡—聊城地区也在有利的发展构造部位, 近期出现了一些值得注意的

异常。

(3) 西南地区, 在丽江地震后地震活动非线性参量恢复正常, 但部分异常仍未结束, 网络波能量背景还存在波峰交汇区。从活动构造现状看, 滇西南地区是具备发生强震构造条件的地区。鲜水河断裂的炉霍段断层运动多次反向, 意味着此断裂带能量积累进入了一个新的阶段, 近期内川西地区有强地震发生的危险。西藏中部地区在“八五”攻关研究成果中, 圈出了若干个 2005 年前地震危险区, 日喀则地震后, 地震活动非线性参量异常继续存在, 加上网络波能量波峰的作用, 发生强震的可能性不能排除。

(4) 西北地区在 1996 年发生了阿图什 6.9 级地震, 这一构造带的能量得到部分释放, 震前 b 值较低, 发生双震的可能性不大, 但应注意发生 6 级左右的余震。北天山西段 2005 年前地震危险区与网络波能量背景波峰的重叠部分, 有可能发生强震。祁连山地区构造运动强烈, 但网络波能量波峰已东移, 只具备发生中强地震的条件。

综上所述, 可得到 1997 年度中国大陆地震危险区: 最危险区 3 个, 较危险区 4 个, 值得注意地区 9 个 (图 2, 表 2)。

表 2 中国大陆 1997 年地震危险性预测结果

危险区分级	危险区名称	震级
最危险区	西藏中部 (拉萨东)	6.0~6.9
	川西地区	7±
	晋冀蒙地区	6.0~6.9
较危险区	滇西地区	7±
	西藏中部 (拉萨西北)	6±
	北天山西段	6.0~6.9
	苏鲁皖地区	5~6
注意区	柴达木-祁连区	6±
	川甘青地区	6±
	青海西部	6
	南天山西段	6±
	渤海地区	5~6
	新乡-聊城市	5~6
	山西运城区	5~6
	北京地区	5±
	福建东南地区	5~6

参 考 文 献

- 1 汪良谋、张立人、刘静、孟勇琦, 中国大陆 2005 年前强震危险区确定性预测研究, 国家地震局地质研究所, 地震危险性预测研究 (1995 年度), 地震出版社, 1994.

- 2 王绳祖、张宗淳, 中国大陆1996年度地震趋势预测:“涡旋-网络”模型与TP法的应用, 国家地震局地质研究所, 地震危险性预测研究(1996年度), 地震出版社, 1995.
- 3 董瑞树、张嘉延、董洪军, 我国几条地震带地震活动性分段与危险性评估, 国家地震局地质研究所, 地震危险性预测研究(1995年度), 地震出版社, 1994.
- 4 邓志辉, 近期(约一年尺度)地震活动趋势分析, 国家地震局地质研究所, 地震危险性预测研究(1996年度), 地震出版社, 1995.
- 5 国家地震局地质研究所地震预报组, 中国大陆近期地震危险性预测, 国家地震局地质研究所, 地震危险性预测研究(1996年度), 地震出版社, 1995.

地震监测预报工作的主要进展^①

——1996年度地震监测预报工作总结

国家地震局地质研究所^②

摘要 详细阐述了国家地震局地质研究所近年来形成的地震预报工作的科学思路,即认为地震预报工作应该采取的科学思路是“给静态的地壳结构赋予动态属性,给前兆性异常赋予构造的涵义”;简要介绍了在这个思路的指导下,我所地震预报的总体和近期工作目标,同时还总结了我所1996年度开展的中短期地震预报、地震前兆监测、地震短临预报研究以及震情应急工作和取得的主要进展。

关键词: 地震预报 前兆监测 进展

在国家地震局的大力支持下,我所从事地震监测预报的科技人员,以强烈的事业心、高度的责任感和可贵的奉献精神,克服经费严重不足的困难,为攻克地震预报难关继续进行着坚持不懈的努力。近年来,我们在认真总结“八五”期间研究成果和深刻反思过去地震监测预报工作的基础上,对我所的地震监测预报工作的科学思路、工作目标进行了不断地剖析和总结。现将这一思路、目标及我所1996年度开展的地震监测、预报工作及其主要进展择要介绍如下。

1 我所地震预报工作的科学思路

如众所知,大陆内部的强烈地震,一般发生在地壳内部,而地球上不是处处都有强震发生的事实说明,使应力-应变高度集中并最终发生强烈地震的孕震体必须具备一定的构造、介质和能量条件。因此,这类地震的孕育和发生,与地壳的运动状态、结构构造,乃至地壳介质的不均一性有必然的联系。离开了对地壳的结构构造、活动演化的历史和现状以及地壳介质不均一性的了解,地震预报就成了“无本之木”,不仅从理论上难以突破,而且要提高地震预报的准确率也只能是一种良好的愿望。事实上,从“六五”到“八五”,我国的地震预报经历了多次大规模的重点攻关研究,但虚报和漏报的概率仍然居高不下,如“八五”期间我国地震中短期预报的准确率仍只有20%~30%。这不能不引起我们的深刻反思。

那么,地震预报究竟应该采取什么样的科学思路呢?我们认为,地震预报的科学思路

^① 国家地震局地质研究所论著 96G0004.

^② 撰写人:张崇立,参加本文工作的还有车用太、邓志辉、孔令昌等。

应该是“给静态的地壳结构赋予动态属性，给前兆性异常赋予构造的涵义”。也就是说，地震预报的全部内涵应该是以下三个层次研究工作的有机结合：

第一层次是强地震孕育和发生的物质基础研究。地震孕育和发生的过程本质上是在一定的构造环境下能量的积累和释放过程。要正确理解和准确预测这种积累和释放过程，首先要搞清楚能量的载体（地壳乃至整个岩石圈）的性质和状态，也就是说，首先要了解地壳，尤其是震源层（区）的地质结构、孕震构造、介质（物理的、化学的）特性与动力条件以及它们之间相互作用的结果及其表现形式。应该强调指出，地震活动仅是地壳运动的表现形式之一。因此，以“以震报震”的思路取代地震预报的全部内涵显然是不完善的。这就需要通过地质的、构造的、实验的、地壳浅表和深部探测的等各种手段和途径共同研究。这个层次的工作可概括为：

(1) 通过活动构造的定量研究（如断裂分段、断裂滑动速率、古地震复发周期、断裂几何结构、现今活动状态和趋势等研究），对主要地震构造带的地震危险性进行定量评价；

(2) 通过对震源区深部细结构的探测，研究震源介质条件、深部孕震构造条件、深浅构造关系等；通过物理和数值模拟，研究地震失稳的物理机制（包括失稳模式、失稳条件、破裂的本构关系等）、应变积累以及能量运移对地震孕育的控制作用；在此基础上建立潜在震源区强震孕育的三维动力学模型，藉以解决强震发生地点的判别问题。

(3) 通过对新生地震构造带的研究，不断完善控制地震孕育和发生的构造格架，并建立新生地震构造带地震危险性的判别标志体系。

这个层次的工作所涉及的时间尺度相对于地震中短期预报而言，仍属于“静态”（意指该层次研究的对象之运动是非常缓慢的）的范畴。因此，我们称之为地震孕育和发生的“静态结构图象”研究，这是地震预报必不可少的基础。

第二层次是给上述的静态结构赋予动态属性。通俗地讲，就是要让上述静态结构图象“动”起来。其内涵就是要结合反映地壳现今活动的动态观测资料，分析研究上述“静态结构”的动态特征。不过，这种分析研究要贯穿地质学的认识论和方法论，从构造活动的角度去理解诸如地震活动、地壳形变、地下流体、地球物理等各种异常现象，给那些前兆性异常赋予构造的含义，从而分离出与地震孕育和发生有关的变化（前兆场）。这就需要活动构造研究与地壳形变测量，尤其是与 GPS 测量相结合、与地震活动研究相结合、与卫星遥感图像分析相结合、与地震前兆观测相结合等。具体地说：

(1) 通过对现代地壳形变场、应力应变场、地震活动、地下流体、区域动力来源（包括板块边界的作用和重力势的驱动）等的研究及数学和物理模拟，进一步弄清大陆内部地震孕育和发生的能量背景及其运移态势；

(2) 通过对不同结构震源体的孕震条件、应变积累和能量运移过程及其对前兆场的控制作用研究，从成因和机制上认识地震孕育和地震破裂过程与前兆场演化之间的关系；

(3) 通过对宇宙和地下深部触发因素和断裂相互作用的研究，查明地震发生的触发条件，在上述发震构造和能量运移的基础上进行数值模拟，建立地震危险性预测的动态模型，圈定未来中短期地震危险区，并对地震的可能强度进行科学评价。

第三个层次是地震的动态追踪预报。这个层次的工作是国家地震局目前投资最大、在地震预报中占主导地位的工作。然而，这项工作只有在上述第一、二两个层次研究工作的

基础上进行“动态追踪”才会有较为明确的目标，才能收到事半功倍的效果。因此，要对圈定的重点地震危险区进行深入解剖和跟踪观测。例如，通过活动断裂的精细研究和深浅构造探测，从发震构造上缩小地震危险区等。

我所最近三年来对中国大陆地震危险性的预测结果^[1~3]，证明这种思路是正确的。例如今年云南丽江地震、新疆阿图什地震以及最近发生的南黄海地震等，均发生在我所中短期预报圈定的危险区内。应该强调指出，上述三个层次的工作是相互作用、相互联系、不可分割的统一整体。而目前的地震预报工作主要是围绕上述第三个层次中的部分工作，这显然不利于地震预报整体水平的提高。因此，我们建议对上述三个层次的工作要统筹兼顾，使之协调发展，才有可能提高地震预报的科学水平。

2 我所地震预报的总体工作目标

在上述科学思路的指导下，我所地震监测、分析预报工作的总体目标是：围绕国家地震局地震预报工作的任务及要求，加强地震地质、地震成因、前兆机理的理论与实验研究成果应用于地震预报的应用基础研究；加速地震预报由经验性预报向具有物理意义的理论预报的转变进程；积极推进长、中、短、临地震预报的结合与渗透；继续探索地震前兆监测、分析预报的新理论、新技术和新方法；充分发挥我所学科面广、综合性强的优势，逐步形成地壳深部、地壳浅表、低空大气以及卫星遥感探测技术等多种手段协调统一的立体化监测体系；逐步提高我所中短期地震预报的科学水平和预报的准确率。

要实现我所上述地震预报的科学目标，关键是要将“以震源介质、震源物理、震兆物理为对象的孕震机制研究”与地震预报实践更加紧密地结合起来，形成我所地震预报工作从基础理论研究到部分前兆监测、地震预报实践完整的工作体系；重点抓好中短期地震预报的结合与渗透；推进活动构造研究成果实际应用于地震预报的转化进程；继续推进实验研究与监测预报的双向结合、孕震机制理论研究与地震预报实践的双向结合以及“静态地壳结构”与“现今异常动态”研究双向结合等几个关键环节。

目前，我所将“以大陆内部地震发生地点和强度为对象的危险性预测研究”列为我所科研主攻方向之一。这个举措为我所在地震预报工作发挥更大作用奠定了基础。在组织方面，我所配备了理论基础较强的骨干力量，投入相当强的力量到地震监测预报主战场上来，这为促进我所地震监测预报工作提供了组织上的保证。尤其是在今年华北地震形势严峻的情况下，我所克服困难，从其他收入中拨出一定的经费，用于支持我所的地震应急工作，为我所按地震局的要求圆满完成地震应急任务奠定了基础。

3 1996 年的主要工作及其进展

3.1 中短期地震预报

3.1.1 中短期地震危险性预测的准确性进一步提高

我所从事地震预报研究的科技人员结合活动构造、地下流体、卫星遥感图像和构造物理等课题研究，在实践中不断探索地震预报方法，取得了明显的效果。1995 年度，我所对于我国大陆范围内 $M_s > 5.0$ 级地震发生地点的中期预报准确率在 30% 以上^[3, 4]。从我

所 1996 年度对我国大陆中强地震的预测结果^[1]和地震发生的实际情况对比来看, 截止到目前(1996 年 9 月底), 我国大陆范围内共发生 $M_s > 5.0$ 级地震 24 次, 其中有 9 次发生在我们所预测的危险区内, 对地震发生地点预报的准确率约为 38%。特别值得指出的是, 我国大陆今年发生的丽江地震、阿图什地震以及刚刚发生的南黄海地震, 均位于我所年度预测的危险区内。近年来, 我所王绳祖进一步发展了塑性流动波预报地震的理论, 提出网络波和涡旋波能量背景预测方法, 在 1996 年华北北部大量异常出现的情况下, 仍给出了“首都圈地区无发震能量背景”的预测意见。到目前为止, 这一判断与实际情况相符。

包头西地震后, 华北地震形势复杂。在大华北地区年中地震趋势会商会上, 我所报告了有关研究成果, 明确指出: “首都圈地区下半年发生 5.0 级以上地震的可能性很小; 华北北部地区 1996 年下半年不会发生 7 级以上强震; 包头西地震后震中附近近期不会再有 6.0 级以上强震发生; 华北东南部, 特别是南黄海与苏鲁交界地区存在发震的构造条件。”到目前为止, 这一判断与实际情况是一致的。

由上可见, 近年来我所地震中短期预报的成功率不低于我国目前地震预报的总体水平。这从一个侧面反映了我们所坚持的地震预报工作的思路是正确的。

3.1.2 活动构造研究与地震中短期预报工作的结合进一步增强

1996 年, 我所对于活动构造研究直接服务于地震中短期预报实践给予了高度重视, 鉴于 1996 年华北地区严峻的地震形势, 我所组织有关专家编写了“华北地区现今构造活动分析及近期强震发生地点的判定”等几项应急研究课题申请上报国家地震局。与此同时, 我所在经费极为困难的条件下, 设法从其他方面拨出适量经费安排了“环渤海及晋冀蒙地区发震构造背景及其地震危险性预测应急研究”、“地震中、短、临跟踪预报软件系统和我所地震预报平台的研制”、“华北北部地区最新构造活动的遥感卫星影像及地震危险性预测”以及“华北地区近期地震危险性的构造背景及强震发生地点判定研究”等研究课题。尽管安排的经费与其工作量相比少得可怜, 甚至连最基本的“人头费”都无法负担, 但承担课题的科技人员以高度的责任感、强烈的事业心和可贵的奉献精神, 不计名利, 不计报酬, 有许多同志放弃节假日, 克服重重困难, 经过几个月的艰苦努力, 取得了一些具有重要意义的认识。初步研究表明, 以活动构造研究成果为基础, 结合地壳形变、卫星遥感信息监测、地震活动性分析以及其它前兆观测资料分析, 不仅有可能将活动构造研究成果直接应用于地震中短期预报, 而且有助于提高地震预报的准确率。这一认识纠正了“活动构造研究在地震中短期预报中作用不大”的观念。

3.1.3 深浅构造、新生性构造与继承性构造的综合研究为地震危险区的判定提供了新的途径

1996 年, 我所开展的“华北地区近期地震危险性的构造背景及强震发生地点判定研究”课题的研究结果(徐杰、郑炳华、楚全芝、邓志辉等, 1996)表明, 华北地区某些地震的发生地点与先存构造不一致的原因之一是由于人们所熟知的地震构造格局不完整所致, 新生地震构造带也是控制地震发生的重要条件。

华北地区深浅构造不一致, 还可导致异常区与未来震中区的不一致。孕震构造在地壳深层的剪切带, 而异常则更可能通过地壳浅表的构造反映出来, 这也就不可避免地带来了发震地点的误判。

从理论上讲, 大地震不一定发生在某一具体的先存断层上, 这并不意味着活动构造研

究与地震中短期预报关系不大。这是因为:①大地震一般都发生在大的构造带内,构造在孕震过程的能量传输中起着重要作用;②无先存断层并不等于没有正在生长的新生构造,新生构造在发震地点的预测中意义更为重要;③无地表断层并不等于不存在深部构造,深部构造才是孕震的主体;④异常与震中位置不一致,很可能是新老构造、深浅构造不一致的结果,虽然异常主要分布在先存的地表构造上,而地震则更可能发生在深部新生的构造上;⑤不同的断裂,其活动时代、活动习性及其与现今构造应力场的关系各不相同,即使出现了相同的异常,有的断层可能突发失稳产生地震,有的断裂则可能通过渐进失稳释放能量。因此,通过对异常所在构造部位的活动习性、深部构造背景及其与现今构造应力场方位间的关系研究,可在一定程度上确定该异常是否为地震前兆。总之,地震短临预报地点的判定,关键是识别地震活动以及其他异常动态图象,而异常图象的识别与筛选在很大程度上取决于对研究地区的活动构造及其地壳介质条件的了解程度。因此,“给静态的孕震构造格架赋予动态属性,给前兆性异常赋予构造的涵义”,即最新活动构造的识别及其与地震前兆的关系研究在地震中短期预报中具有重要的意义,应给予特别重视。

3.1.4 “地震预报平台”的研制将为活动构造研究与动态资料分析相结合创造条件

这一平台将实现活动构造数据化、计算机网络上的动态监测资料图形化以及构造和构造物理预测方法的可操作性。这一系统将逐步移植到 GIS 系统上。这个平台的建成,将使我所活动构造研究成果直接应用于地震中短期预报的设想变为现实,促进我所活动构造研究与地震中短期预报的结合,为我所能够按上述思路在地震预报的实践中发挥更大作用奠定了技术基础。

3.2 前兆监测与地震短临预报

3.2.1 日常监测、预报工作

我所承担着首都圈地区的地下流体前兆日常监测任务,观测井点有太平庄、塔院、小汤山、白浮、怀来、后郝窑、通县和夏垫。主要有地下水物理、地下水化学和断层土壤气三大类近 40 余个常规观测项目。其观测方式除地下水物理和地下水溢出氦为连续自记观测外,其余的观测项目均为定期取样、室内测试。另外,我所的前兆监测手段还有地下热水中金属离子胶体和卫星热红外等研究性监测项目。一年来,尤其是在 1996 年 6~9 月间地震形势比较严峻的情况下,这些监测手段对于首都圈地区以及华北北部地区的震情判定起到了积极作用。

1996 年 5 月 3 日包头西 6.4 级地震前,我所太平庄观测站的地下水位、地下水温、溶解 CO_2 、溢出 He 、怀来后郝窑的土壤气 (CO_2)、夏垫的土壤气 (H_2)、白浮的土壤气 (Hg) 以及地下热水中的一些金属离子胶体等观测项目在震前 1~2 周内均出现了明显的异常变化。我所于 4 月 28 日和 4 月 30 日分别组织召开了紧急震情会商会,作出了较好的预测意见,并及时向局震情值班室报告了异常情况。

1996 年 6~9 月间,在华北地区出现较多的异常、地震形势比较严峻的情况下,我所依据自己的观测资料,一直坚持此间“首都圈地区发生 $M_5 > 5.0$ 级地震的可能性不大”的预测意见。到目前为止,事实证明这个意见是正确的。

在国家地震局的大力支持下,我所加入了首都圈地区震情分析计算机网络。在今年震情应急状态下我所网络终端工作正常,有关研究室领导和网络工作人员认真负责,按要求及时向网络中传送了所的前兆监测数据和震情会商意见,为首都圈地区的震情判断作出

了贡献。同时，在我所综合计划部门的支持下，完成了“131”专项中“太平庄地下流体综合观测研究站改造与建设”项目。

3.2.2 加密监测，及时组织异常落实

1996年，我所塔院和通县井水位监测结果出现明显的异常变化。进入5月份以来，塔院井水位违背多年的正常年变规律，提前4个月开始回升，被认为是异常。为了弄清这一异常的性质，我所于1996年8~9月间组织了专题研究，对北京城区西部与西北部地区的地下水开采情况及第四系浅井（深100~200m）水位动态进行研究，并对永定河上游放水的情况作了调查。其结果表明，塔院井水位的现今异常，主要与永定河上游的放水有关。

1996年以来，通县井水位出现多次阶降，致使水位一直不能正常回升，5月份以来水位大幅度下降，总降幅为1633mm，是历年降幅的2.0~5.3倍。尤其是7月12日下午16时40分左右，发现一天之内水位下降近1m，这引起了所领导与专家的关注。为此，我们一面立即向国家地震局震情值班室报告异常情况，一面调集有关科技人员组成异常现场调查工作组，由科技发展处主管副处长张崇立和前兆监测研究室主任车用太带队，当即奔赴现场落实异常，直至深夜23时40分左右才返回所里，并及时向局震情值班室报告了异常落实情况。随后，我所又组织人员多次深入现场进行调查研究，终于查清了通县井水位的多次突降-缓升异常均与新水源地深井的抽水试验及其并网供水有关，判明为非震异常。

3.3 震情应急工作

进入1996年以来，我国大陆，尤其是华北北部地区地震形势严峻，我所适时召开了多次震情研讨会，及时传达了华北地区和首都圈地区震情会商会的精神以及国务院和国家地震局领导关于震情工作的指示精神，逐步强化了我所的地震监测预报工作。我所在机构调整之后，立即修订了“震情应急方案和工作措施”，建立健全了我所大震应急考察队伍，并组织了大震应急考察队员的业务培训，作好了大震应急的一切准备工作。

在1996年5月27~28日华北北部地区震情紧急会商会后，我所根据会议要求和国家地震局领导的指示精神，针对我所的前兆监测工作制定并于6月1日开始实施了我所“关于华北地区震情监测预报应急工作实施方案”，所有监测手段（包括地下热水中金属离子胶体和卫星热红外等研究性观测项目）开始震情应急加密观测，将“月会商”改为“周会商”（后根据国家地震局的要求又将“周会商”改为三天一次会商）。从6月1日至9月31日，我所的前兆监测一直处于应急工作状态，观测资料及时到位率为100%。做到了不论何时发现异常，及时组织调查落实，圆满完成了震情应急监测任务。

进入7月份，华北地区的震情形势更加严峻。在7月初大华北地区年中震情会商会后，我所党委专门召开会议听取汇报，并与7月9日召开了所属各有关部门负责人参加的震情应急工作动员会，宣布启动“国家地震局地质研究所震情应急方案和工作措施”，布置了震情应急的各项工作。同时，我所还组织了以车用太研究员为首的专家组，制订了“国家地震局地质研究所大震短临预报技术方案”。在短短的一周之内，各项震情应急工作均已做到了组织落实，作好了大震应急的一切准备工作。还需特别指出，为解震情应急工作的燃眉之急，考虑到我所今年地震监测预报工作经费特别紧张，所里克服困难，拨出一定经费支持震情应急工作，为所按国家地震局的要求开展震情应急工作奠定了基础。