

# 地震危险性 预测研究

(1995 年度)

国家地震局地质研究所

地震出版社

# 前 言

地震预报，是当今举世公认的科学难题。我国近30年来的探索实践表明，其难度远超出我们的意料。但经我国广大地震科学工作者的艰苦努力，也取得了世人瞩目的成就。目前，我国对地震危险性预测研究是按长、中、短、临四个阶段划分的，其中，地震危险性的中期或中短期（1—3年）预测研究面临着公众要求高、方法手段较少的局面。面对一年一度的全国地震趋势会商会，提出1—3年具“时、空、强”三要素的明确预测意见尤其困难。这恐怕是由于对地震现象及其成因机制认识程度不够、基础理论研究远不能满足地震预报的需要、科研规划方面也没有跟上而造成的。

近年来，由于种种原因，国际上地震预报处于低潮，面临着严重的困难和挑战。我所的地震预报工作，尤其在中短期地震预报方面，又面临着严重的经费困难，以致于无力在计划中安排中期地震预报的专题研究或任务。缘此，于1994年开始，在组织管理工作中大力倡导和积极推行“结合研究课题，努力为地震预报服务”的工作方针，力求理论研究与实际应用的结合，得到了我所广大科技人员的理解和支持。

为了保护和鼓励从事地震预报及其相关研究的科技人员的积极性，促进我所中、短期地震危险性预测研究水平的提高，1993年我们编辑出版了《地震危险性预测研究》论文集，籍以为全国地震趋势会商会提供震情判断的科学依据。此举，也得到了我所广大科技人员的支持。在总结去年征稿、编排等各方面经验的基础上，我们今年继续编纂了本文集，并扩大了征稿范围，注意吸收我所主要研究方向，如活动构造研究等方面应用于地震预报的研究成果。其中，绝大部分文章是结合国家地震局“八五”项目、地震预报科技攻关项目、地震科学联合基金课题的研究成果，专门为预测地震危险性或地震危险区而撰写的，对我国大陆及其重点地区的地震危险性和可能的地震危险区作出了具有一定科学依据的预测。其中包括近期地震危险性预测、强震危险区预测、前兆监测和新思路、新方法探索等内容，涉及地震地质、构造物理、活动构造、地震活动性、地壳形变、流体地球化学等众多学科领域。

鉴于地震预报目前仍处于探索阶段，故在本文集的编纂过程中本着“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。

科研处主持了本文集的编纂出版工作。张崇立、汪良谋、车用太等同志为本文集的征稿、稿件的处理以及整个文集的编排付出了大量的辛勤劳动。所学术委员会审定了本文集的编排方案和文章内容，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。

科 研 处

1994年10月31日

# 目 次

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预报研究组 (1)	
地震监测预报工作的主要进展	
——1994年度地震监测预报工作总结 .....	张崇立 (11)

## \* 近期危险性预测 \*

中国大陆 2005 年前强震危险性确定性预测研究	
..... 汪良谋 张立人 刘 静 孟勇琦 (15)	
中国大陆 1995 年地震趋势的构造物理方法预测.....	王绳祖 张宗淳 (30)
周期性地震轮回分析及其应用 .....	杜品仁 李铁明 (41)
银川-吉兰泰断陷盆地带地震活动性分析	
..... 宋方敏 叶文华 殷秀华 汪一鹏 李建华 曹忠权 沈 军 (50)	
中国大陆主要活动断裂带近期地震危险性预测 .....	楚全芝 汪良谋 (62)
地震复发时间与地震特征结构的分析及强震危险区预测 .....	邓志辉 (71)
用中国遥感卫星地面站图象进行华北地区大震中期预报	
..... 李建华 叶文华 李望洲 (75)	
大陆地震幕与板块边界应力的扩散传播 .....	高祥林 (82)

## \* 强震危险区预测 \*

晋冀北地区的活动断裂及其与地震相关性的研究	
..... 方仲景 郑炳华 段瑞涛 (91)	
华北北部陆壳震源层重、磁场特征与地震危险区预测.....	郑炳华 方仲景 (102)
华北北部强震构造条件分析及其潜在孕震断裂的危险性预测	
..... 杨主恩 汪良谋 韩竹君 俞理宝 (111)	
我国几条重要地震带地震活动性分段与危险性估计	
..... 董瑞树 张嘉延 董洪军 (123)	

## \* 前兆监测 \*

首都圈地区地下水位趋势动态与 1995 年震情分析	
..... 朱清钟 田竹君 谷园珠 杨会年 梁华峰 张大维 (141)	

首都圈地区中期强震危险性的水化学方法判定探索

..... 张培仁 王基华 孙凤民 金晓微 朱克文 王志敏 陶京玲 (150)

断层气在中短期地震预报中的应用研究

..... 王基华 高清武 孔令昌 林元武 孙凤民 金晓微 (156)

利用塔院断层土壤气中惰性气体同位素比值预测

首都圈的地震危险性..... 孔令昌 (163)

**\* 新思路、新方法 \***

利用垂直形变资料探讨则木河断裂的应变状态及地震危险性..... 张崇立 (170)

华北北部地区水震波异常与未来震情分析..... 鱼金子 车用太 (176)

滇西实验场大理-剑川地区未来 1—3 年中强地震危险性预测

..... 林元武 翟盛华 (181)

**\* 反思与讨论 \***

1994 年 9 月底 10 月初  $M_s > 7.5$  级大地震的预报依据

..... 徐道一 王湘南 沈宗丕 (187)

从地象资料看华北地震发展趋势 ..... 徐好民 陈 彪 刘利华 (192)

# 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预报研究组<sup>①</sup>

**摘 要** 本文以我所各家提交的 19 篇专题研究报告为基础,经综合判定提出:(1)首都圈及其外围地区 1995 年内发生  $M_s > 6.0$  级地震的可能性很小,但不排除发生  $M_L 5.0$  级左右地震的可能性;(2)全国 1995 年发生  $M_s 6.0-7.0$  级地震的可能性很大的地区有玛纳斯-奎屯-博乐、乌恰-喀什-乌什、茫崖-安南坝、康定-冕宁-巧家、剑川-大理等 5 个地区;(3)发生  $M_s 5.0-6.0$  级地震的可能性很大的地区是太原-临汾-运城、长江下游-南黄海地区。

近半年来我所有关科技人员在国家地震局“八五”地震预报攻关和 1994 年首都圈地区地下流体监测的基础上,围绕着 1995 年及其稍长时段的我国大陆地震趋势问题进行了广泛的研究,共提交专题研究报告 19 篇。本文是在较全面地汇总上述研究报告的基础上经研究组同志多次讨论而编写的。由于各个专题研究报告都是结合作者近几年的工作而写的,研究问题的角度与思路不尽相同,研究结果对地震危险性判定的能力与信度也有差异,彼此之间并没有有机的联系与前后呼应关系。针对这种情况,研究组汇总时采用了以简要介绍各家的研究思路与研究结果为基础而进行综合判定的方法,形成了我所的汇总意见。

## 1 首都圈及其外围地区地震危险性预测

### 1.1 强震危险区的预测

结合“八五”地震预报科技攻关,对首都圈及其外围地区,利用构造条件分析、活动构造的活动性状分析、10—20km 深层构造变形分析等方面进行了未来几十年至几百年时间尺度的强震危险区的预测研究。

杨主恩等利用模糊数学综合评判和层次分析的方法,对可能与强震发生有关的 18 项构造因素进行了数字化处理。首先对华北北部地区 41 条断裂逐条给出各分级强度的综合信度和震级信度;然后根据上述二个信度的一致程度判定出有可能孕育 6.0 级以上地震的构造区;再结合已发生的历史地震筛选出未来有发震危险的地区。最终判定的结果:属于 I 级危险区有 9 条断裂带:六棱山北缘断裂、桑干河断裂、新保安-镇边城断裂、唐庄断裂、南口-沿河城断裂、南口-孙河断裂、小汤山-东北旺断裂、黄庄-高丽营断裂与良乡-顺义断裂等。

<sup>①</sup> 执笔:车用太,参加本文工作的还有汪良谋、张崇立、王绳祖、鱼金子等。

方仲景等根据  $Q_3^2-Q_4$  时期有活动的断裂的活动性状标志 (空间展布、长度、产状、位错或古地震重复周期、位错量、最近一次位错或古地震时间等), 提出 31 个具有发生  $M_s > 6.0$  级地震条件的地区, 从中扣除已发生过历史地震的地区, 再按最后一次发震时间与大震平均重复间隔相比的时间, 最后提出了 15 个未来强震危险区: 天镇盆地北缘、阳原盆地北缘、阳原盆地南缘、壶流河、蔚广盆地南缘、灵丘盆地南缘、牌坊、孙庄子-乌龙沟、靳家堡、小汤山-东北旺、八宝山、黄庄-高丽营、青石岭、顺义-前门-良乡、通县西等断裂带区。

郑炳华等据深浅构造关系的最新研究结果认为, 地壳浅层与震源层 (10—20km 深度) 之间构造变形显出不协调性, 因此主张地震危险区的判定要侧重于深部震源层的构造变形特征, 并提出可把反映震源层深度的重、磁异常零值线的交汇区作为判定标志。据此对华北北部地区已发生的 13 次  $M_s > 6.0$  级地震检验结果, 其信度可达 0.769。利用这一方法, 对未来百年时间尺度的强震危险区进行判定, 主要有三个地区: 北京东北的顺义、怀来南部的矾山与宣化南部的深井。

综上所述, 未来强震危险区主要是顺义-良乡区、阳原-深井区、康庄-矾山区, 其次有南口-孙河区、高丽营-黄庄区。

### 1.2 未来 1—3 年的强震危险区

未来 1—3 年或稍长一段时间尺度内首都圈及其外围地区的强震危险性研究, 主要从两个方面进行。

徐好民等从日常的地象资料收集与分析中发现, 苏鲁豫皖交界地区自 1988 年以来自然灾害事件的种类与数量逐渐增多, 而且其规模也在增大。1993—1994 年的灾异事件种类由以前的 4—5 种增多到 7 种, 数量由以前的 10—17 起增多到 14—30 起, 显示出该区地壳应力在加强, 地壳活动在强化的迹象。这样的迹象, 曾在华北地区几次 7—8 级地震前出现过。因此, 这个地区有发生强震乃至特大地震的迹象, 但目前尚未发现有以日、月为时间单位的异常加速丛集的现象及大气静电异常等短期地震前兆, 故预测中的强震不会在近期发生。

李建华等系统研究了 1973 年 3 月 11 日—1987 年 10 月 5 日华北地区 18 幅 207 个时相 637 张卫星 MSS 与 TM 图象后发现, 在 1976 年 7 月唐山大地震发生前 13—17 个月, 以昌平-丰南地区为中心出现了由色调-灰阶显示的多种构造活动信息, 因此利用卫星图象的这类异常可进行强震危险性的中长期判定。利用这一方法, 分析了 1994 年 3 月 5 日—6 月 18 日间包括北京、天津、唐山、河间与菏泽的华北北部地区的卫星图象, 没有发现任何一种构造活动的异常信息。由此提出, 到 1995 年 11 月之前华北北部地区发生  $M_s > 6.0$  级地震的可能性很小。

由上可见, 华北北部地区尚未发现未来 1 年或稍长时段内发生  $M_s > 6.0$  级地震的迹象, 但在华北东南部地区有一定强震危险性。

### 1.3 未来 1 年的强震危险性

首都圈及其邻近地区, 未来 1 年的强震危险性分析, 主要依据我所地下流体前兆观测的资料。

我所在该区的地下流体前兆观测已初具规模。这类前兆观测, 长期以来为地震短临预报服务, 作为月震情会商的主要依据。近 2 年来, 结合年度会商, 进一步致力于地下流体

的中期前兆信息的开发并应用于未来年度的震情分析，在探索地下流体监测服务于中短期地震预报方面也取得了一些新进展。

### 1.3.1 水位的中期前兆

水位的中期前兆信息主要有水位多年趋势变化规律与年变周期的异常变化。塔院与通县二井水位多年趋势的异常变化，曾与1989年10月大同—阳高6.1级地震有较好的对应关系，年周期变化也在首都圈及其外围地区多次 $M_L > 5.0$ 级地震前有过较好的异常变化。

1994年度观测结果表明，塔院与通县二井水位的多年趋势变化有一定“异常”，主要表现为1992年以来的水位由上升转为下降的趋势继续在发展。但是，分析结果表明这种“异常”主要是由于北京地区的降雨量同期逐渐变小引起的，1990—1991年的雨量为692—760mm，但1992年降低到539mm，1993年又继续降到487mm，1994年6月前的雨量又不足往年同期量的1/4。这样连续的干旱，使地下水的降雨补给量显著减少，由此导致井水位的连年下降。因此，这类“异常”属于非震前兆。

太平庄井水位观测时间只有1年，现有的资料中难以提取可作为中期前兆的信息。

水位的中期前兆，还从首都圈及其外围地区井水位记震能力的异常变化的角度进行了探索。理论与实验研究结果都表明，井水位的记震能力是随含水层应力状态的变化而变化的，而且在1983年11月菏泽5.9级地震、1984年5月南黄海6.2级地震、1988年11月耿马—澜沧7.6级地震及1989年10月大同—阳高6.1级地震前都显示出某些井水位记震能力的异常变化。因此，系统分析了研究区近10口具有水震波记录能力的井1993年以来的记震能力变化，发现唐山的山西水2井、天津的宝坻井、北京的石城井、河北的万全井与山西的静乐井水位记震能力有一定的异常变化，其中前3口井的异常更为显著，异常幅度达20%以上（图1）。这样的异常变化，可能反映了唐山—宝坻—密云三角区地壳应力在加强，其性质在京东地区表现为压缩，而天津北部与唐山地区表现为拉张。

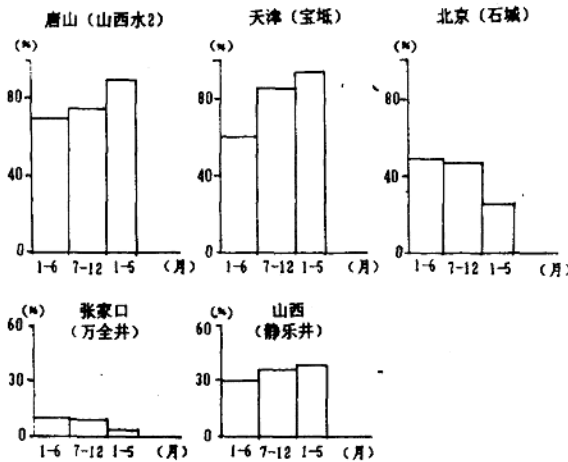


图1 首都圈及其外围地区井水位记震能力的异常变化 (据鱼金子等)

### 1.3.2 水温的中期前兆

深井水温的观测，在塔院井已积累了3年的观测资料，在太平庄井积累了近1年的观测资料。但现有的资料中，还不能提取中期前兆信息，已积累的异常多属于短临异常与同震效应。

### 1.3.3 水化学的中期前兆

系统分析1976年唐山7.8级地震以后的水化学异常与地震活动性关系后发现，水化学异常的群体特征具有较为明显的强震中期前兆的意义。如图2所示，1976—1977年为唐山强震及其强余震活动的主要时段，我所负责观测的6口水化井全部出现异常，异常测项最高可达13个；1978—1985年期间，首都圈地区无强震活动，此时仅在个别井的个别测项出现异常，没有显示出水化学群体异常；1987—1991年期间又以大同—阳高6.1级地震为主体出现了一系列 $M_s > 5.0$ 级地震活动，又在4口井中出现5个测项的水化异常。这样的事实表明，强震活动期水化异常表现出多井多项同步异常的特征，一般说来7级以上地震前异常测项可达10个以上，6级左右的地震前可达5项以上，而5级左右地震前的异常测项少于3项。

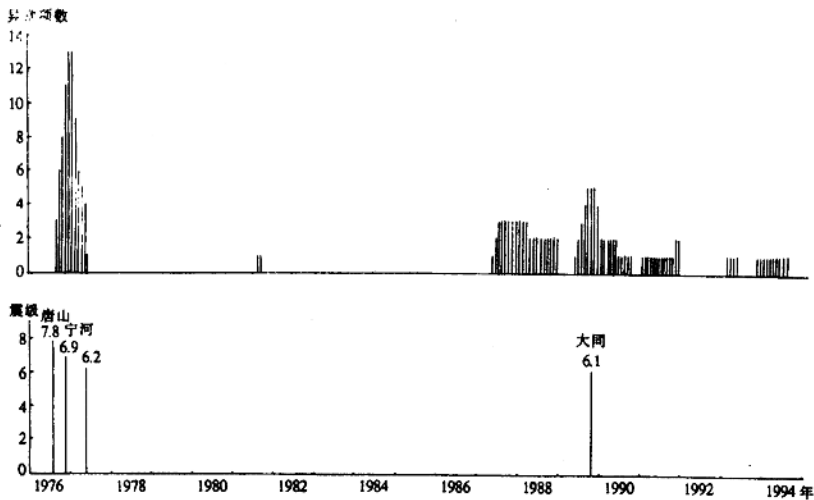


图2 首都圈地区水化异常与地震活动性关系 (据张培仁等)

1993年以来，我所负责监测的小汤山、光华与太平庄三口井水化动态，虽然测项多达51项，但绝大多数测项无异常显示，只是光华井的 $H_2$ 于1993年上半年出现过异常，但不久即消失；1994年小汤山的异常，尽管异常持续时间较长，但异常幅度不大。这样的个别井个别测项的异常，显然还构不成作为 $M_s > 6.0$ 级强震前异常的群体异常。

### 1.3.4 断层气的中期前兆

断层带土壤气（简称断层气）观测，作为一项新的地震前兆探索，自1990年开始观测以来，在多次中强震的短临预报中发挥了积极作用。在“八五”短临预报攻关中，又发现



某些与深部地球动力过程有关的气体及其同位素比值，具有很好的中期前兆意义。

多数断层气动态，由于受到地质、气象及测试条件的影响，无论其年动态还是短期动态，一般都表现出起伏多变的锯齿状曲线的形态特征。但是，与深部地球动力过程可能有关的  $H_2$ 、He 及 Ar 等组分及其同位素比值，则受上述的干扰较弱，其动态特征主要受地球动力活动的控制。如图 3 所示，白浮的  $H_2$ 、He 及塔院的  ${}^4\text{He}/{}^{20}\text{Ne}$ 、 ${}^{40}\text{Ar}/{}^{36}\text{Ar}$  等测项在中等与中强地震活动较多的 1990 年至 1991 年上半年时段里，表现出大幅度的起伏变化，但到地震活动较少的 1992—1993 年间则表现出微弱的起伏或十分平稳的特征。由此可见，地震活动段与平静段的某些断层气动态类型有显著的差异。1994 年上述两个测点的 4 个测项动态，继续保持 1992—1993 年间的无震期所表现的平稳型动态，塔院的  ${}^{40}\text{Ar}/{}^{36}\text{Ar}$  值虽仍有起伏，但起伏的幅度较 1992—1993 年间明显变小。这样的特征表明，在未来的半年或更长的时段里，首都圈及其外围地区没有发生  $M_S > 5.0$  级以上地震的迹象。

### 1.3.5 小结

根据上述的分析结果，可以得到如下认识：

(1) 水位与断层气动态观测研究结果表明，首都圈及其外围地区于 1995 年内发生  $M_S > 6.0$  级地震的可能性很小；

(2) 水化动态观测结果，在上述地区与时段里发生  $M_S > 5.0$  级地震的可能性也小，但小汤山  $H_2$  已有持续 1 年多的小幅度异常，仍不排除发生  $M_L 5.0$  级左右地震的可能性；

(3) 井水位记震能力研究结果表明，在唐山—宝坻—密云之间地壳应力活动有加强的趋势，值得注意。如果继续发展，不排除在 1995 年内该区及其周围发生  $M_S > 5.5$  级的地震。

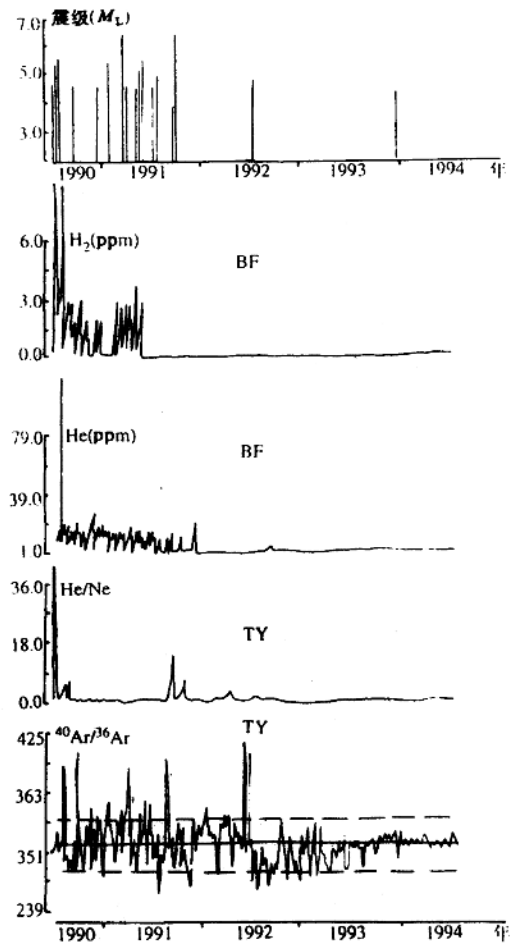


图 3 首都圈地区断层气动态与地震活动性  
(据王基华等)

## 2 全国地震趋势预测

对于全国范围内的地震趋势，不同学者从地震地质、地震活动性、地壳形变、构造物理等不同角度与方法进行了探讨。由于不同的方法对地震趋势的预测功能有差异，所预测的时段也不等，因此，笔者按预测时间长度分为10年趋势与1—3年趋势及1995年的趋势三个问题分别进行讨论。

### 2.1 未来10年地震趋势

汪良谋等结合“八五”重点项目的研究成果，以地震危险性划分和地震活动性分析为基础，采用综合判定与逐步筛选的方法，首先根据“中国大陆第四纪活断层分布图”及其古地震、历史地震等资料划分出长期地震危险区，然后依据地震重复性筛选出中长期地震危险区，最后结合多种地震活动性分析结果给出了未来10年各危险区的发展信度。按照国家地震局预测东区6级、西区7级地震的要求，确定出强震危险区（图4，表1）。

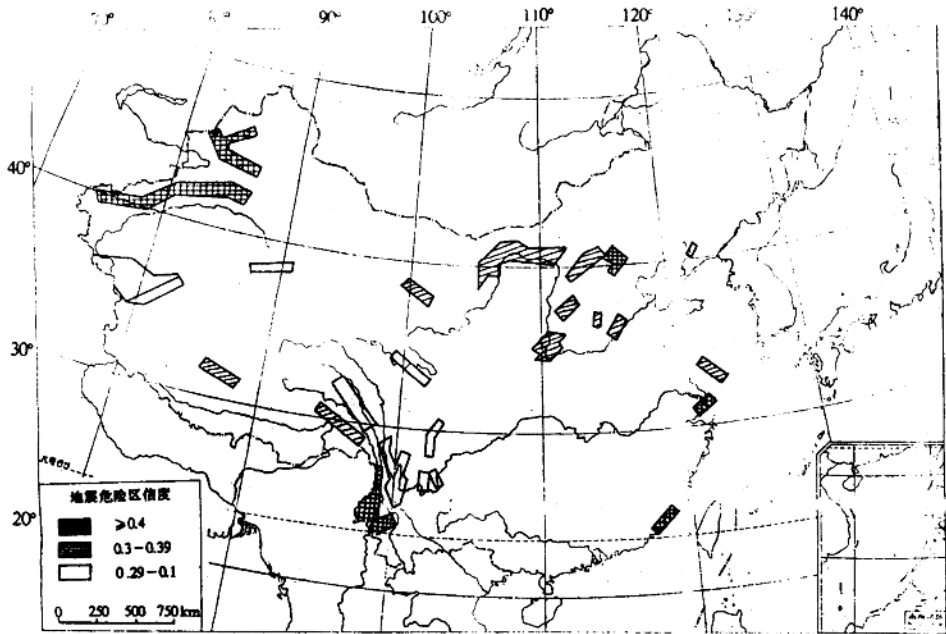


图4 地震地质与地震活动性分析方法综合判定的  
未来10年强震危险区（据汪良谋）

楚全芝等在对我国大陆的主要活动断裂按活动性分段的基础上，首先利用5项地震地质标志进行地震危险性的定性分析，然后利用PSR模型进行分类，并利用条件概率模型计算发展概率，最后进行地震危险性系数计算，并结合上述定性、定量与概率计算结果给出了未来5年的地震危险性预测。预测结果如下：

表 1 我国大陆未来 10 年强震危险区 (据汪良谋)

区域	I 类危险区 信度 > 0.4	II 类危险区 信度 0.3—0.39	III 类危险区 信度 0.29—0.1
东部地区 $M_s > 6.0$	北京西北部与西南部、 上海-嘉兴、漳州-潮州	呼和浩特-五原-乌海、 张家口-宁武、太原-介休、 临汾-运城、邯郸-安阳、 聊城-菏泽、南黄海	海城-盖县、南黄海
西部地区 $M_s > 7.0$	大理-丽江-保山、北天山 西段、库尔勒-拜城-乌恰	祁连山西段、唐古拉山、 格仁错	昆仑山西段、拉竹龙-博斯坦、 阿尔金西段、玉树、格 尔木、金沙江、龙门山- 西昌、会理-德昌、普格- 巧家

危险性最高的地区有四川的乾宁、冕宁、巴塘；云南的大理。

危险性较高的地区有甘肃的祁连山东段、玛曲；青海的茫崖及其以东；新疆的奎屯-呼图壁。

董瑞树等利用地震活动的聚散分布、能量释放特点、震源深度及小震活动等特征，首先对我国大陆的几个强震活动带进行分段，然后根据地震活动时间序列与迁移特征等，估计了各地震带近期可能发生强震活动的地段。依此提出如下认识：

- ① 在汾渭地震带，应注意太原段与大同段发震的可能性；
- ② 在燕山-渤海带，北京段近期发生中强以上地震的可能性极小，要注意张家口段的中强震及唐山、渤海老震区的晚期强余震活动；
- ③ 在可可西里-雅砻江带，鲜水河段、甘孜-玉树段近几年发生 7 级以上地震的可能性较小，但小江段的危险性不容忽视；
- ④ 在南北带，特别要注意磴口、银川与海原段发生 6 级地震的可能性；
- ⑤ 在北天山带，博乐-伊宁段与精河-新源段发生 6 级地震的可能性较大，若发生 7 级地震，向东迁移的可能性大；
- ⑥ 在南天山带，喀什-巴楚段近期发展的可能性较大，其次乌什、乌恰也有可能。

宋方敏等在对银川盆地与吉兰泰盆地的全新世构造变形的性质与强度进行对比研究的基础上，结合地震活动性分析，指出未来 3—5 年内，该区发生 5 级以上地震的可能性不大。

## 2.2 未来 1—3 年的地震趋势

王绳祖等以 1976—1993 年塑性流动波的波峰带地震能量背景与潜在震源区发展概率研究结果为基础，综合运用构造物理学的多判据，对 1995 年我国大陆五个预测研究区的地震趋势进行了预测，预测结果如下 (图 5)：

I. 青藏高原中部地区：沱沱河沿西 (6.0±)；崩错 (6.0—6.9) 当雄以北 (6.0—

6.4);

- II. 柴达木盆地中东部地区: 锡铁山附近 ( $6.0 \pm$ );
- III. 银川-兰州-武都地区: 兰州 ( $6.0-6.9$ );
- IV. 山西地区: 忻定-五台 ( $6.0-6.9$ );
- V. 北京地区: 无地震危险区.

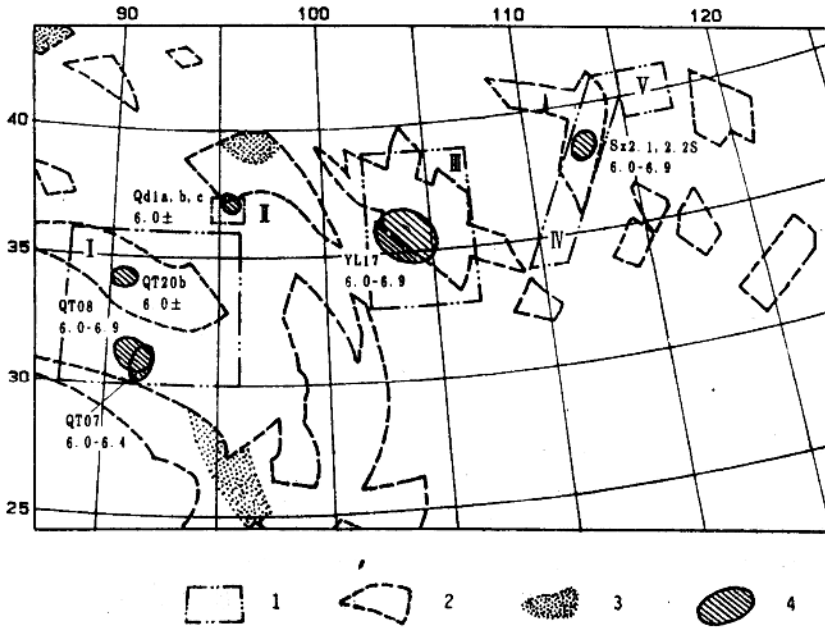


图5 构造物理方法判定的1995年强震危险区(据王绳祖)

1. 研究区; 2. 地震能量背景区 ( $6.0-6.9$ ); 3. 地震能量背景区 ( $>7.0$ ); 4. 地震危险区

邓志辉等通过对中国大陆历史地震的分析, 研究地震复发时间及强震空间分布规律, 给出了近两年发生强震的危险区如下:

- ① 青海北部与甘肃西部地区;
- ② 西藏东南地区;
- ③ 黄海地区.

高祥林根据中国大陆地震序列中平静期与活跃期交替出现的幕式过程和每个幕的主体活动空间受板块边界力的扩散传播过程控制的观点, 提出1995年我国大陆地震活动将具有如下特征:

- ① 7级地震继续平静, 但6级地震活动将增多;
- ② 大陆地震的活动主体仍在西部, 6—7级地震发生概率较高的地区是青藏、新疆与南北带的南部.

杜品仁等利用周期性地震轮回的方法分析了各地震区带不同震级的周期性地震轮回, 提出如下近两年内强震危险性预测意见:

① 汾渭带:  $M > 6.0$  级地震具有 60 年周期性轮回, 目前正处在 1973—2003 年活动期, 发生强震的可能性很大;

② 阿尔泰带:  $M > 6.5$  级地震具有 20 年周期性轮回, 目前正处在 1989—2002 年活动期, 有发生强震的可能性;

③ 喜马拉雅带:  $M > 7.0$  级地震具有 20 年周期性轮回, 目前正处在 1983—1996 年的地震活动期, 发生强震的可能性较大;

④ 北天山带:  $M > 6.8$  级地震具有 30 年周期性轮回, 目前正处在 1990—2010 年的地震活动期, 有发生强震的可能性;

⑤ 长江下游—南黄海带:  $M > 5.8$  级地震具有 60 年周期性轮回, 目前正处在 1970—2010 年的地震活动期, 有发生强震的可能性。

该研究还明确提出河套、河北平原、郟庐、河淮、北京—渤海、南天山、祁连山、金沙江、冈底斯山、澜沧江等地震带目前均处于强震平静期, 近两年发生强震的可能性很小。

张崇立强调反映地震活动性强弱程度的是现今地壳应变速率的大小, 而断层位移速率的大小仅是其中的一个必要条件。他引入了反映应变速率相对值的两个参数—— $\gamma_v$  和  $\Delta_v$ , 建立了垂直形变位移与地壳应变之间的关系, 进而探讨了则木河断裂的现今应变状态, 指出其北段(西昌—大箐)虽存在发生强震的背景, 但目前不具备发生强震的能量条件, 因此至少在未来 3 年内西昌地区发生强震的可能性很小。

林元武等从地下流体对断裂强度的弱化作用的观点对大理—剑川地区的断裂分大理亚段、洱源亚段、剑川亚段进行了强震危险性的研究, 结合 1489 年以来该区地震迁移序列的分析, 提出未来 1—3 年内洱源亚段发生强震的可能性不大, 大理亚段有发生 6 级左右地震的可能。

### 2.3 1995 年地震趋势的综合预测

1995 年全国地震趋势的分析, 是以上述各项研究结果为基础汇总而成的。汇总时考虑了各家研究结果的“权”值。汇总的基本原则和方法是, 以 10 年趋势研究结果认为有危险的地区为基础, 再考虑 1—3 年趋势研究的各家对各区危险性的确认次数, 三位以上学者认为危险的地区列为最危险区, 二位学者认为危险的地区列为较危险区, 只有一位学者认为危险的地区列入值得注意的地区。有些地区, 未来 10 年趋势研究中并不认为危险的地区, 但较有权威的学者 1—3 年趋势研究中认为是危险的地区, 也列为值得注意的地区。汇总结果如下(图 6):

最危险的地区: 北天山带(玛纳斯—奎屯—博乐, 6.0—7.0 级); 南天山带(乌恰—喀什—乌什, 6.0—7.0 级); 阿尔金(茫崖—安南坝, 6.0—7.0 级); 南北带南段(康定—冕宁—巧家, 6.0—7.0 级); 滇西(剑川—大理, 6.0—7.0 级); 汾渭带(太原—临汾—运城, 6.0 级); 长江下游—南黄海(5.0—6.0 级)

较危险的地区: 晋冀蒙交界(张家口—大同); 祁连山西段(张掖—玉门); 西藏东南部(察隅—波密)。

值得注意的地区: 青藏高原中部(当雄); 柴达木盆地中部(锡铁山)。

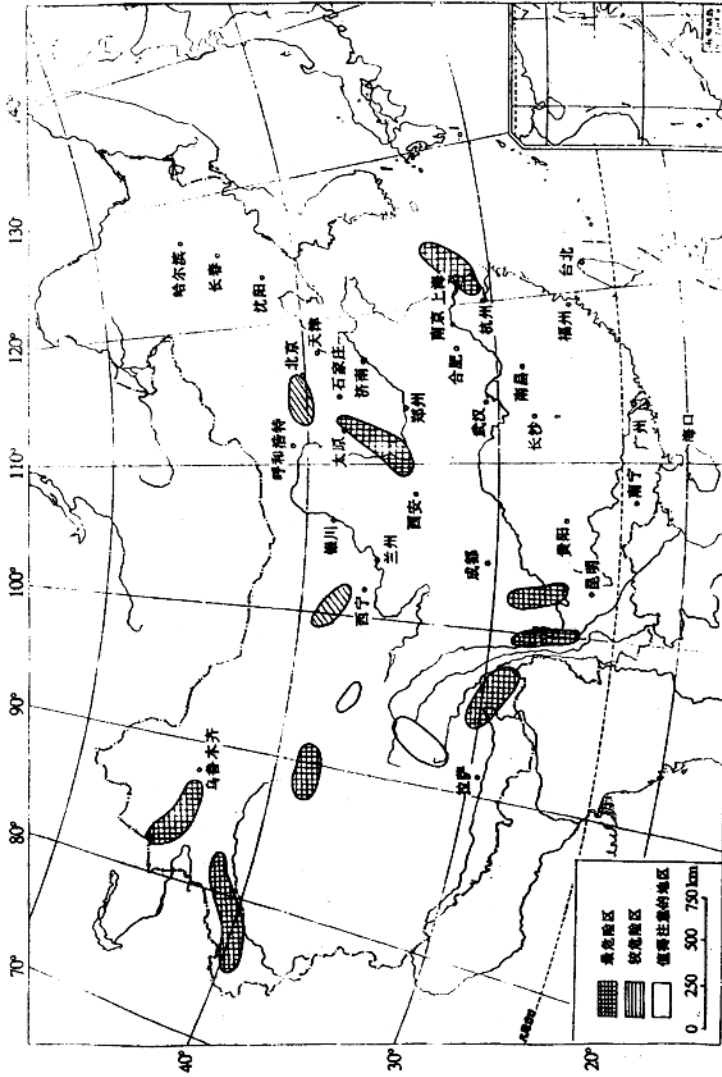


图 6 1995 年地震危险区综合判定结果

# 地震监测预报工作的主要进展

——1994年度地震监测预报工作总结

张 崇 立

## 1 地震趋势预测研究

基于我所以地震基础理论研究和防震减灾研究为主的特点，以及面对我所中期地震预报研究人员分散和经费严重不足困难，于1994年初明确提出了“结合研究课题，为地震预报服务”的构想；由于地震预报及其研究具有极强的探索性，目前仍处于资料和经验的积累阶段。因此，在组织管理工作中本着“百家争鸣、兼收并蓄、求同存异”的原则，不过分强调统一思路，以尽各学科、各手段之所能。这些做法，得到了我所广大科技人员的理解和支持，从而有效地调动了从事地震监测、预报及相关研究人员的积极性，促进了我所的地震预报工作。

### 1.1 中、短期地震预测研究的新进展

科技人员结合自己的有关研究课题，努力进行基础理论研究成果应用于地震预报的探索，取得了一些新的进展。例如：

王绳祖等根据近年来的研究成果，结合其国家自然科学基金和地震科学联合基金的有关课题研究，发展了一种“地震危险性的多判据构造物理预测方法”。该方法试图以认识地震物理实质为基础，以确定论与概率论相结合，来进行长、中和短期地震危险性预测。其中包括对地震能量背景区预测法和震源发展概率预测法的综合运用。这是一种由经验预测向物理预测的过渡。他认为地震只有同时在能量背景和震源过程两个方面满足多项必要条件时才可能发生。他把这种方法实际应用于中国大陆1994和1995年度地震趋势的预测并加以检验，取得了初步成效。

徐道一等利用磁暴、月相、地震之间的二倍关系，预测了全球范围内7级以上的大地震，取得了一定的进展。他们在1992年8月初所内的震情研讨会上预测了1992年8月19日吉尔吉斯斯坦7.7级地震的发震时段和震级；1994年他们应用新近探索的计算发震日期分布特征的方法，预测了1994年10月4日日本以东海中发生的7.9级地震。他们在1994年4月7日向中国地球物理学会天灾预测委员会填报了“天灾年度预测简表”，其预报意见为：1994年9月23日—10月4日，太平洋沿岸地区将发生 $M_s > 7.5$ 级地震。该意见在1994年6月所内震情研讨会上亦曾作过介绍。这次地震与他们预测的时间、震级都很符合，但预测的震中范围较大，发展地点的预测仍是他们继续探索的课题。

本文作者结合地震科学联合基金课题研究结果，强调现代地壳形变速率（或断层滑动

速率) 仅能作为反映地震活动危险程度的必要标志, 认为研究地壳形变与地震活动之间的关系并进而用于地震预报, 应着重研究现代地壳变形的强弱与地震活动的关系。因此, 引入了反映地壳变形程度的两个标志量  $\gamma_v$  和  $\Delta_v$ , 从而建立了地壳垂直形变与地壳变形 (应变状态) 间的关系, 为利用地壳垂直形变测量资料研究现代地壳的应变状态, 进而进行地震危险性预测提供了一个新的途径, 同时也为建立地壳形变测量资料与地壳介质的物理-力学性质间的关系奠定了基础。

林元武等认为流体地球化学方法能较好地研究地壳 10—20km 深度区间内环境介质强度和断裂应力状态。提出利用对温泉的温度、流体的循环深度等的研究, 有可能获得断裂活动方式的信息, 从而为预测断裂带上未来可能发震的段落、估计未来可能发生地震的强度提供了一种新的方法。

汪良谋等用确定性预测方法, 给出了中国大陆未来 10 年的强震危险区及其发震信度。确定性预测是建立在地震危险区划分和地震活动性分析的基础上。地震危险区划分主要是确定强震发生地点 (对强震活动时间和强度也有一定的预测能力), 地震活动性分析主要是确定强震发生时间 (对强震发生的地点和强度也有一定的预测能力), 两方面的结合就能给出不同时间尺度的确定性预测结果。总的思路是采用综合判定, 逐次筛选, 空间上由大到小, 由多到少; 时间上由远而近, 由长到短。亦即依据所编制的中国大陆第四纪活断层分布图, 结合古地震、历史地震资料划分出长期地震危险区; 依据地震重复性从长期危险区中筛选出中长期地震危险区; 依据多种地震活动性分析结果给出 2005 年前各危险区的发震信度。

### 1.2 强震发生地点的预测研究

这类研究由于其方法手段的限制, 仅能给出未来强震发生地点的预测结果, 含有不确定性的时间概念。

在这方面, 活断层的大比例尺填图及综合研究项目中开展了将其研究成果应用于地震预报的探索, 并已安排专题从活断层的分段性、活断层的活动习性、古地震与历史地震的活动性、断层滑动速率等方面入手, 初步建立了估计断层未来地震危险性的定量模型。

在确定未来强震危险区方面, 不同的学者从不同的侧面、采用不同的方法进行了有益的探索。方仲景等根据  $Q_3^2$ — $Q_4$  时期有活动的断裂之活动性状和历史地震的空间分布, 给出了华北北部具有发生  $M > 6.0$  级地震条件的地区, 在考虑到最后一次发震时间与大震平均重复间隔相比的时间之基础上, 筛选出未来的强震危险区。郑炳华等则强调地壳浅层与震源层 (10—20km 深度) 之间构造变形的不协调性, 主张地震危险区的判定要着重考虑深部震源层的构造特征。杨主恩等用模糊数学中的综合评判和层次分析方法, 对与发生强震有关的构造条件要素进行定量化处理和综合评判, 给出各分级强震的综合信度和震级信度。徐常芳等从强震的孕育和发生与地壳、上地幔高导层构造变形的关系研究入手, 总结了强震活动的深部标志, 为强震危险区的划分提供了深部构造方面的依据。

## 2. 前兆监测预报工作

经过近数年的努力, 目前我所在首都圈地区的地下流体前兆监测已初具规模, 在首都圈地区的短临地震监测预报中发挥了积极作用。近 1 年多来, 在组织管理工作中, 除强化



日常监测工作、完善了承包责任制外，还强调并积极引导监测预报科技人员加强对前兆机理的理论探索，着力开展地下流体前兆监测中具有中期前兆意义信息的开发和利用，在探索地下流体监测由短临震情判断向中、短期震情判断的可能途径方面迈出了第一步。

### 2.1 监测台网的基本建设

为适应地震监测预报工作和我国地震地下流体学科发展的需要，在国家地震局科技监测司的大力支持和有关兄弟单位的协助下，建成了北京太平庄地下流体综合观测站，与1993年7月开始正式投入试验性观测。目前已开展的监测项目有动水位、深层与浅层水温、溶解气和逸出气、离子、断层带土壤气等27个测项。流量监测也将于1994年底前投入观测。其观测初具规模，在国内外居于领先地位。

经过1年多的试验性观测，已取得了水位、水温、固体潮与地震波记录、井孔溶解气、逸出气与土壤气的观测资料，而且还发现了水位、水温表现出的与全球某些强震有关的短临异常现象。这些资料无疑具有重要的科学意义。

断层带土壤气的地震监测是近年来兴起的新的前兆监测手段。我所在首都圈地区已建成了四个测点，开展了15个测项的日常监测，其中原位 $\text{CO}_2$ 、 $^4\text{He}/^{40}\text{Ar}$ 、 $^4\text{He}/^{20}\text{Ne}$ 、 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 等气体与同位素比值的观测均属国内首创。1993—1994年间，结合局“八五”短临预报攻关，在系统清理全部观测资料、台址地质—水文地质条件与震例等基础上，建立了地震中期预报与短临预报指标体系及计算机软件系统。

### 2.2 方法和技术研究的主要进展

近一二年来，在前兆监测预报方面提出了一系列新方法，其中有利用 $\text{H}_2$ 与 $\text{He}$ 异常的时间差判定未来强震发生时间的方法（范树全等）；利用井水位记震能力的变化判定未来强震发生地点的方法（鱼金子等）；利用断层气异常进行地震短临预报的软件系统（张大维）； $\text{Zn}$ 等新的水化灵敏组分研究（胡玉台等）等。

在前兆监测方面，也取得了一些具有中、短期前兆意义的地震预报新指标。如水化异常群体特征与强震的关系研究（张培仁等）；地震活动期与平静期断层气释放量差异研究（王基华等）以及水位、水温的远、大震的短临前兆效应（朱清钟等）等。

水中 $\text{CO}_2$ 观测，在地震监测预报中有重要意义。但在观测技术上，由于水中 $\text{CO}_2$ 在不同物理化学条件下处于不同的平衡状态。因此传统的野外取样与实验室测定的方法难以测得水中 $\text{CO}_2$ 的真实含量。针对这种情况，上官志冠等提出了野外取样时固定水中 $\text{CO}_2$ 总量的新的取样方法，在滇西实验场的中强地震预报中取得了较好的效果。

### 2.3 监测、预报工作

一年来，在首都圈地区地震活动处于平静状态的情况下，我所一室的监测预报科技人员毫不松懈，克服绝大多数同志年龄偏大、体弱多病的困难，尤其在酷热的盛夏，他们仍坚守岗位，密切注视监测情况的发展。在远南运动会和国庆节期间，我所作出了震情应急的安排，全体监测预报人员按照国家地震局的要求，进一步加强了监测工作，将月会商改为周会商，遇有情况，随时向局震情值班室汇报。较好地完成了特殊情况下的监测预报任务。

水位监测组塔院井的各项观测资料质量过硬，十多年来，一直被评为全国优秀。1992、1993年其水温观测资料分别被评为全国第二和第三名。负责该井监测和数据处理谷元珠同志认真负责，心系台站，从不计较个人得失，为取得塔院井高质量的观测资料