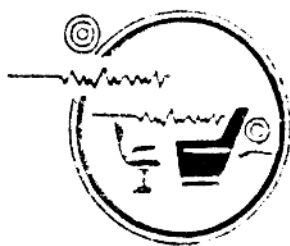


# 地震预报研究论文集

(1994)

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部署下，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1994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、研究论文。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

|                                              |                                  |
|----------------------------------------------|----------------------------------|
| 1994 年度地震趋势研究报告 .....                        | 国家地震局地球物理研究所 (1)                 |
| 1993 年世界灾害地震概况 .....                         | 赵荣国 陈英方 (12)                     |
| 1993 年度地震监测预报工作总结 .....                      | 陈英方 (20)                         |
| 地震学方法 1994 年度地震趋势分析 .....                    | 国家地震局地球物理研究所 (25)                |
| 1994 年全球强震活动的大背景分析 .....                     | 吴佳翼 (30)                         |
| 对地震预测研究战略的思考 .....                           | 朱传镇 (33)                         |
| 利用加卸载响应比理论研究预测中国大陆 1994 年地震趋势<br>.....       | 陈学忠 尹祥础 宋志平 (37)                 |
| 响应性地震区域外延检验及近期预报 .....                       | 何淑韵 (43)                         |
| 我国东部地震带地震危险性时间预测研究 .....                     | 马秀芳 傅丽平 (48)                     |
| 缺震曲线对我国大陆地震趋势的预测<br>.....                    | 范洪顺 王碧泉 王春珍 陈佩燕 (55)             |
| R/S 方法及其对我国大陆地震趋势的预测<br>.....                | 王碧泉 范洪顺 黄汉明 王春珍 陈佩燕 (61)         |
| 专家系统 ESEP 对 1994 年我国大陆地震活动情况的预测<br>.....     | 范洪顺 王碧泉 杨锦英 王春珍 陈佩燕 黄汉明 韩志强 (66) |
| 北京地区波速比随时间、空间的变化和地震预测 .....                  | 黄蓉良 (72)                         |
| 云南省小震年频数的时空展布图对 $M_L \geq 6.0$ 地震的预测效能 ..... | 郝曙君 (79)                         |
| 川滇地震活动趋势讨论 .....                             | 国家地震局地球物理研究所 (84)                |
| 首都圈震源参数的研究与地震危险性估计 .....                     | 肖蔚文 黄蓉良 (92)                     |
| 从发震应力场预测强震危险区研究 .....                        | 白彤霞 陈培善 (98)                     |
| 我国大陆 23 个地震带(区)地震危险性的极值分析 .....              | 林邦慧 李大鹏 (105)                    |
| 甘南地区地震活动性及强震危险性研究<br>.....                   | 王春珍 王碧泉 范洪顺 杨锦英 陈佩燕 (110)        |
| 板内孕震过程中的地电监测预报研究<br>.....                    | 毛桐恩 张洪魁 吴卫 卢军 史铁生 钱复业 (116)      |
| 超低频暴间磁扰的某些观测结果 .....                         | 曹惠馨 李兴才 任克新 郝春月 (123)            |

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 地磁学科 1994 年度震情研究报告 .....        | 林云芳等 (131) |
| 地磁预测地震研究 .....                  |            |
| 唐志佳 高金田 张洪利 赵从利 任熙宪 张玉敏 郭启华 沈文志 | (140)      |
| 震磁短临前兆标志研究                      |            |
| ..... 曾小革 林云芳 续春荣 赵 明 张崇阳 刘靖亮   | (166)      |
| 震磁短临前兆标志的计算机模拟 .....            |            |
| 曾小革 续春荣 林云芳 赵明 张崇阳 吴凤玲 杨秀钧 刘靖亮  | (152)      |
| 衡量震磁关系的一种新指标——关联维               |            |
| ..... 赵 明 曾小革 林云芳 刘靖亮 张崇阳       | (158)      |
| 地磁转换函数及其前兆参量与地震 .....           |            |
| 曾小革 林云芳 于明鑫 汪江田 陈绍明 林金狮 王大庄 张志勇 |            |
| 陆善明 赵 明 续春荣 聂华山 张秀玲 刘靖亮 张崇阳     | (161)      |

# 1994 年度地震趋势研究报告<sup>①</sup>

国家地震局地球物理研究所

## 摘 要

国家地震局地球物理所 1994 年度的地震趋势研究注重了科研与预测、预报相结合, 同时在以下几方面进行了改进和提高: 第一是加强“八五”重点项目研究成果在预报实践中的应用; 第二是注重论证, 有目的地加重物理意义较强、预报效能比较好的方法在综合判断中的份量; 第三是在完成 SSEPC 功能的基础上, 利用 GIS 地理信息系统扩充了地震分析预测的空间信息处理能力, 初步建立了更高层次的地震综合分析模型和决策信息系统, 为研究分析人员提供了良好的工作空间, 初步实现了地震预报研究与现代的 GIS 高级技术领域的接轨。

### 1. 对 1994 年全国大陆地区地震发展形势的认识

从几年的较长尺度分析, 1995—2000 年期间, 我国大陆地区将可能进入强震活跃期。目前, 全球活动正处在两个峰值之间, 亚欧带东段地震活动并不十分突出, 印澳板块的活动仍在继续, 日本海沟活动进入起始阶段, 从活动大形势预计, 1994 年我国大陆强震活动将主要受印澳板块活动的制约, 及日本海沟地震影响, 逐渐向本活跃期的高活动阶段起步。

### 2. 根据年尺度地震趋势研究的综合分析判定

1994 年度我国大陆地区强震活动将可能比 1993 年的水平有一定程度的增强, 最大震级为 6—7 或 7 级左右。活动的主体地区为我国的西部, 主要危险区为: 喜马拉雅地震带的藏东南地区、西南的川滇藏交界地区 and 新疆的西部地区。华北地区已具有发生  $M_s 6$  级左右地震背景, 1994 年华北地区发生  $M_s 5-6$  地震可能性较大, 但不排除在个别地区发生  $M_s \geq 6$  地震的危险。

本文还给出了使用 GIS 地理信息系统对全所 11 种方法得出的危险区专家评分综合决策判定结果, 见表 2。

## 引 言

1993 年度的地震趋势研究由于注重了科研与预测、预报相结合, 加强了大形势的把握, 在分析和综合的思路考虑到地震现象在时空演化过程中的复杂性, 采用了动态变尺度分层次的分析方法, 从整体到局部、从面到点, 分析论证比较深入, 取得了比较符合实际的预测结

① 国家地震局地球物理研究所论著号: 94C0005

果。在此基础之上，为进一步提高本所地震预测研究的科学水平，在下述三方面进行了改进和提高。

1) 加强“八五”重点项目研究成果在预报实践中的应用，尤其是在震情跟踪分析方面，力争做到边研究、边实践、边改进。如：响应比方法、环境应力值方法、地震时空分布的多分形方法、地震震源参数、地磁转换函数预测等，这些研究均采用了物理模式—方法计算—预测检验的分析方法，加强了分析预测的科学性。

2) 本报告以关键议题为主线展开分析研究。注重论证，力图避免过多地罗列异常，在众多的异常中，有目的地加重物理意义较强、预报效能较好的方法在综合判断中的份量。

3) 为提高震情预测研究的高技术层次，将国际上 60 年代以来飞速发展起来的 GIS (地理信息系统) 用于地震趋势分析和综合决策是至关重要的。本年度我们在安装使用第二代地震预报软件 SSEPC 系统的基础上，配合使用 GIS 地理信息系统的方法和软件，使分析研究人员能在高技术软硬件的计算机环境中，对带有不同物理属性的地理信息进行专家知识的综合决策。由于 GIS 地理信息系统具有极强的空间数据处理能力和优越的图象显示功能，对于各种地球物理场信息的分析处理显然具有极大优势。1994 年度的地震趋势研究是在完成 SSEPC 功能的基础上，利用 GIS 系统扩充了地震分析预测的空间信息处理能力，初步建立了更高层次的地震综合分析模型和决策信息系统，为研究分析人员提供了良好的工作空间，初步实现了地震预报研究与现代的 GIS 高级技术领域的接轨。

本报告在 GIS 基础上提供的有关图件大都为全国的危险区判定图，不仅反映了各手段研究区域的扩大和工作量的增加，同时，也为地震预报参量的空间数据处理做了大量基础性研究。因此，本报告注重于判定危险区的最后结果，省略了部分基础分析图件的罗列。参加报告研究的有本所七个研究室和白家嘴地震台。本文集中了一年来本所地震预报研究的大量成果，各手段研究论文可参见 1993 年地球物理研究所《地震预报研究论文集》。

## 一、1993 年度我国大陆地区强地震危险性预测的回顾与检验

### 1. 对 1993 年地震趋势的预测估计

1992 年底本所对 1993 年度地震趋势的总体估计为：

- 1) 我国大陆地区地震活动水平在  $M_s 6-7$  或 7 左右；
- 2) 强震活动主要场所将在我国西部及中印缅交界地带。

### 2. 1992 年 11 月以来地震活动实况及检验

自 1992 年 11 月以来，全国大陆地区共发生  $M_s \geq 5.0$  地震 18 次， $M_s \geq 6$  地震 4 次，主要活动场所集中分布在我国西部（图 2），其中，喜马拉雅地震带和云南西南部地区中强地震最为活跃，由此可见，中强地震发生的实况与我所的预测估计基本吻合。

1) 全国大陆地区发生 4 次 6 级以上地震，有 3 次落在预测区内（见表 1，图 1）。新疆伊宁—阿克苏地区预测震级偏高，其他 3 个地区均与预测强度相符。但青海若羌地震漏报，西藏革吉—改则地区为虚报，预报效能  $K$  指数平均为 0.32，较 1992 平均  $K$  指数 0.13 有较大提高。

2) 华北地区有两个 5—6 级地震危险区，除江苏南黄海危险区在 1992 年 10 月 22 日发生一次  $M_1 5.0$  地震外，其他区为虚报。几年来华北地区地震预测估计总是偏高，地震活动却较

续偏低。如何认识和分析这种局面,需要认真地加以研究。

表 1 1992 年 10 月—1993 年 1 月我国大陆 ( $M_s \geq 6.0$ ) 地震预测与实发对照

| 预测地震     |               |              | 实发地震         |     |                |              | 预报效能 K 值 |
|----------|---------------|--------------|--------------|-----|----------------|--------------|----------|
| 地 区      | 空间范围 (°)      | 震级 ( $M_s$ ) | 时 间          | 地 点 | 位 置            | 震级 ( $M_s$ ) |          |
| 西藏唐古拉山   | 31—35 90—97   | 6—7          | 1993. 01. 18 | 当 雄 | 31°06' 90°36'  | 6. 3         | 0. 57    |
| 西藏革吉—改则  | 30—34 80—86   | 6—7          | /            | /   | /              | /            | /        |
| 新疆伊宁—阿克苏 | 42—45 80—88   | 6—6. 5       | 1993. 02. 03 | 和 静 | 42°16' 86°06'  | 5. 4         | 0. 09    |
| 青海玉门—张掖  | 38—41 94—103  | 6 左右         | 1993. 10. 26 | 祁连山 | 38°36' 98°42'  | 6. 0         | 0. 79    |
| 云南临沧—思茅  | 22—25 100—104 | 6 左右         | 1993. 01. 27 | 普 洱 | 23°06' 101°06' | 6. 3         | 0. 35    |
| 江苏—南黄海   | 31—35 120—123 | 5—6          | 1992. 10. 22 | 盐 城 | 33°54' 120°12' | 4. 6         | 0. 43    |

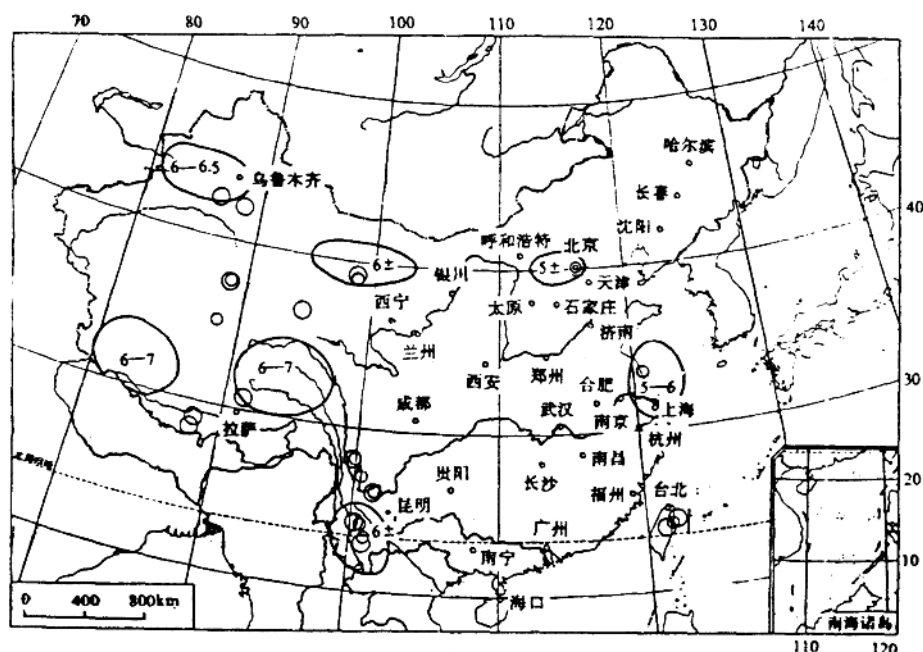


图 1

## 二、对 1994 年全国大陆地区地震发展形势的认识

### 1. 近几年的地震形势

从几年的较长尺度分析, 1995—2000 年期间, 我国大陆地区将可能进入强震活跃期。

#### (1) 全球强震活动形势的总背景

根据大形势研究结果预计, 目前全球地震活动正处在两个峰值之间的过渡段。1976 年不仅是中国大陆地震峰值年, 也是全球地震活动的峰值年。自 1976 年以后, 至今尚未出现一个可以与之匹敌的峰值年。据多方证据显示, 本世纪末至下世纪初, 全球地震活动水平将可能

显著提高,此高潮期的到来估计在1995—2005年,也可能稍有推迟。目前的全球地震活动正处在两个峰值之间,但已过了最低点(1984年),1994年将临近下一个高潮期的起始。估计在未来3年内,情况将有显著的变化。

## (2) 亚欧带地震活动总形势分析

对全球各大地震带地震活动研究认为:1993年西南太平洋地震活动并不突出,西北太平洋活动相对较强(1993年8月8日关岛 $M_s=8.1$ (USGS)),亚欧带仍没有7级以上地震发生,其东段仍维持6—7级水平,西段最大震级为1993年8月3日的埃及 $M_s=5.7$ 。西段的大规模自西向东的迁移仍未开始(见图3)。

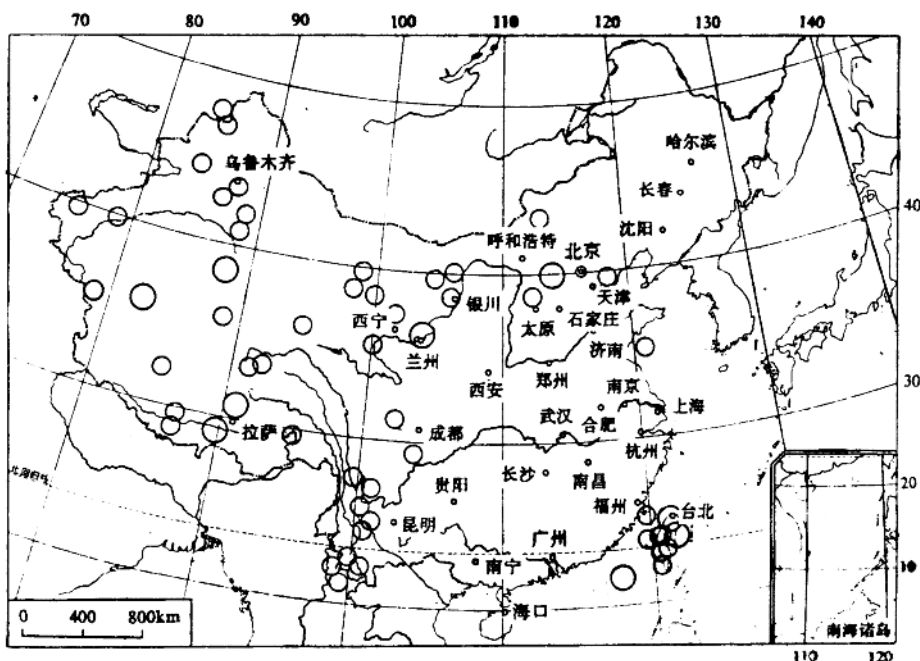


图2

## (3) 印澳板块相对活跃将影响周围地区地震活动态势

唐山地震前,西太平洋地震带比较活跃,但唐山地震后,强震向西南太平洋扩展,呈现出印度洋板块的相对活跃。虽然全球地震活动在总体上仍以环太平洋带为主,但印度洋板块的活动是在距平意义上的活跃,这种活跃必将影响到我国喜马拉雅地震带及我国西南地区的地震活动的态势,几年来我国的中强地震活动实况充分证实了这种推测。印澳板块1993年度的地震水平已出现降低的迹象

## (4) 全国大陆地区地震活动的总特点

由于主要受印澳板块活动制约及日本海沟及北海道地震影响,尽管1993年大陆及邻区能量释放水平较1992年略有降低(见图4),但是如果将邻区地震排除,仅考虑我国大陆内部地震活动强度,则可看到活动增强的趋势。

## 2. 全国大陆地区1994年地震总趋势意见

根据年尺度地震趋势研究的综合分析判定,1994年度我国大陆地区强震活动将会比1993

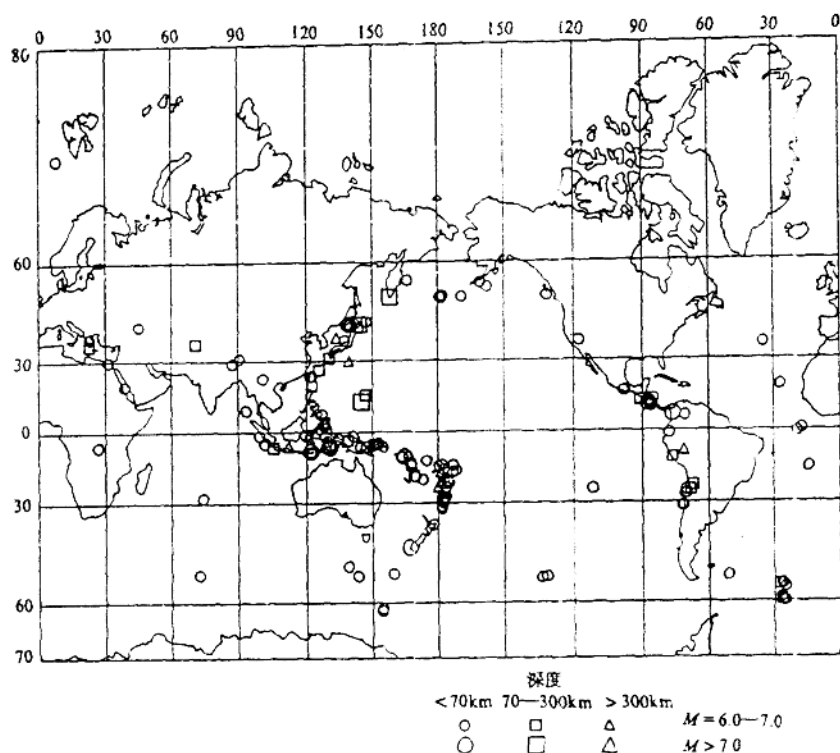


图3 1992年9月至1993年8月全球 $M \geq 6.0$ 地震震中分布图

年的水平有一定程度的增强,最大震级为6-7或7级左右。活动的主体地区为我国的新疆西部、喜马拉雅地震带的藏东南地区和西南的川滇藏交界地区。华北地区已具有发生 $M_s=6$ 左右地震的背景,但1994年华北地区发生 $M_s \geq 6.0$ 地震可能性较小。

使用GIS地理信息系统对全所11种方法的危险区专家评分综合决策判定结果列于表2。各学科异常综合于表3。

表2 专家评分综合决策制定结果

| a, $6.0 \leq M_s \leq 7.0$ 地震危险区 |           |                                                       |        |      |      |
|----------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------|--------|------|------|
| 序号                               | 地点        | 空间范围                                                  | 预测震级   | 发展概率 | 信度   |
| 1                                | 西藏拉萨-波密   | $28^{\circ}-31^{\circ} \quad 89^{\circ}-96^{\circ}$   | 6-7或7± | 0.7  | 0.40 |
| 2                                | 新疆喀什-巴楚   | $38^{\circ}-41^{\circ} \quad 74^{\circ}-79^{\circ}$   | 6.5±   | 0.8  | 0.40 |
| 3                                | 川滇交界地区    | $23^{\circ}-30^{\circ} \quad 98^{\circ}-102^{\circ}$  | 6.5±   | 0.7  | 0.70 |
| 4                                | 新疆乌鲁木齐及邻区 | $43^{\circ}-45^{\circ} \quad 86^{\circ}-91^{\circ}$   | 6.0±   | 0.7  | 0.55 |
| b, $M_s=5$ 地震危险区                 |           |                                                       |        |      |      |
| 1                                | 黄海北部      | $34^{\circ}-36^{\circ} \quad 120^{\circ}-123^{\circ}$ | 5-6    | 0.6  | 0.40 |
| 2                                | 山西太原-临汾   | $36^{\circ}-39^{\circ} \quad 111^{\circ}-113^{\circ}$ | 5-6    | 0.6  | 0.30 |
| c, 需注意 $M_s$ 或6左右地震危险区           |           |                                                       |        |      |      |
| 1                                | 甘、青交界     | $37^{\circ}-39^{\circ} \quad 96^{\circ}-102^{\circ}$  | 6.5±   | 0.5  | 0.45 |
| 2                                | 银川北-河套    | $39^{\circ}-41^{\circ} \quad 105^{\circ}-107^{\circ}$ | 5-6    | 0.5  | 0.30 |

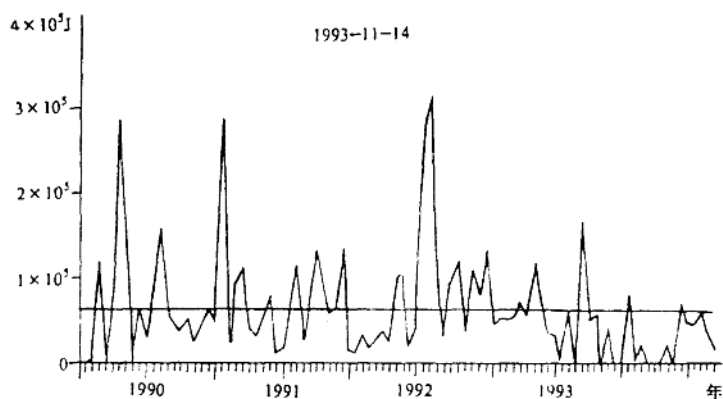


图 4

表 3 各学科方法主要异常一览表

| 序号    | 地 区         | 预测震级      | 信度   | 主 要 前 兆 异 常                                                                                                                                                               |
|-------|-------------|-----------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 主要危险区 | 1 藏东南地区     | 6-7 级或 7± | 0.40 | 环境剪应力高; $M_s \geq 7$ ; 地震发生自然概率 $K=0.25$ ; 响应性地震 $b$ 值缺震; 中等地震持续集中活动; ESEP 判定应注意 7-8 级地震; 信度: 0.47                                                                        |
|       | 2 新疆喀什及邻区   | 6.5±      | 0.10 | 环境剪应力高; $M_s \geq 6.0$ 地震发生自然概率 $K=0.12$ ; 响应性地震, $b$ 值缺震 (6±); 中等地震持续集中; 中强地震发生率; ESEP 判定 6.5 (信度 0.54), 地磁转换函数异常                                                        |
|       | 3 川滇藏交界地区   | 6.5±      | 0.70 | 环境剪应力高; $M_s \geq 7.0$ 地震发生自然概率 $K=0.2$ ; 响应性地震, $b$ 值缺震 (6-7); 中等地震持续集中活动; 响应比高; 中小地震分布非均匀性增强; ESEP 判定需注意 7.8 地震 (信度: 0.47), 地电、地磁异常                                     |
|       | 4 新疆乌鲁木齐及邻区 | 6±        | 0.55 | 环境剪应力偏高; $M_s \geq 6.0$ 地震发生率 $K=0.58$ ; 响应性地震, $b$ 值缺震 (6-7); 中等地震持续活动; ESEP 专家系统判定有 6-7 级地震可能 (信度: 0.62), 地磁转换函数异常                                                      |
|       | 5 黄海北部      | 5-6       | 0.40 | 环境剪应力偏高; $M_s \geq 6.0$ 地震发生自然概率 $K=0.13$ ; 响应性地震, 中强地震集中; 极值分析缺震 6-6.4 (概率 0.62); $M_L \geq 4$ 地震 5 年 200km 范围频度明显增强; 中小地震活动集中; ESEP 判定需注意 5.5-6 地震 (信度: 0.64), 地磁转换函数异常 |
|       | 6 山西太原及临汾之间 | 5-6       | 0.30 | 有高应力背景, 存在响应性地震, 中等地震持续集中活动, $b$ 值外推 6 级, 处于强震概率增强时段, 地震响应比高值异常, 目前处活跃期, 地电异常, 自然概率 ( $M_s \geq 6$ ) $K=0.13$                                                             |
| 注意地震区 | 1 甘青交界      | 6.5±      | 0.45 | 有高应力背景, $b$ 值外推 6 左右, 有响应性地震, 中长期方法判断 6±, 响应比高, ESEP 预测 $M_s \geq 6$ 地震危险区 (信度 0.46), ( $M_s \geq 6$ ) 自然概率 $K=0.58$                                                      |
|       | 2 银川北河套地区   | 5-6       | 0.30 | 有高应力背景区 ( $M_s \geq 6$ ) 存在响应性地震 (6 以上), $b$ 值缺震 (6 级), 响应比高值异常, 地磁异常, $M_s \geq 6$ 自然概率 $K=0.19$                                                                         |

### 三、1994 年度全国各主要大区地震趋势的分析

#### 1. 西部及西南地区

结论意见：我国西部地区及西南地区仍将是主体地震活动区，活动水平为  $M_s=6-7$  或 7 级左右。

##### 主要论据：

1) 印度拉杜尔地震和兴都库什中深震的发生表明，印澳板块仍处在活跃状态，将对我国西部的喜马拉雅地震带及西南地区的地震活动产生影响。

2) 亚欧带目前东西两段交替活动的过程至今尚未有所显示。如前所述，我国西部的强震水平估计为  $M_s=6-7$  或 7 级左右。

3) 8 月 9 日和 9 月 4 日兴都库什地区发生的三次中深震（最大  $m_b=6.8$ ）引起广泛关注。以往该区地震发生后在我国西部及周边地区大都有强震发生，且震级更高，而此次地震后，除印度拉杜尔地震外，在我国境内仅发生了若羌（ $M_s=6.6$ ）和祁连（ $M_s=6.0$ ）两次地震，且震级偏小。据此推测，1994 年我国西部及其周边地区应注意发生 7 级左右地震的可能。

4) 从 1992 年 9 月至今，全国  $M_s \geq 6.0$  地震的高能量释放区仍集中分布在我国西部及西南，考虑到中强地震活动的继承性，在短时间内，中强震分布格局发生明显改变的可能性较小。

5) 环境剪应力值分析结果表明，我国大陆高应力背景区的总体分布未见明显改变，但也出现了某种变化，即在新疆喀什和乌鲁木齐地区以及青海中西部地区高应力值地震有进一步增多的显示，是值得注意的现象。用该方法处理了自 1992 年 1 月至 1993 年 8 月以来（除去台湾地区）的 300 次地震，其中  $\tau_0 \geq 10\text{MPa}$  的地震仅 22 次，而其中 50% 分布在我国西部的喜马拉雅地带和新疆喀什，乌鲁木齐地区以及甘肃中西部地区。几年来的中强地震空间分布与高应力背景区基本吻合，分析结果是比较可靠的（表 4）。

6) 利用 GIS 综合我所 11 种手段的研究结果表明： $M_s \geq 6$  的地震危险区主要分布在我国西部及西南地区。11 种手段包括有：环境剪应力分析、自然概率预测、中长期方法、响应性地震方法、 $b$  值预测、ESEP 专家系统、地震熵、多重分形、响应比方法、地磁转换函数、地形变电阻率。

7) 从全国  $M_s \geq 5.0$  地震动态发展的分布特征分析，1993 年 9 月份以来， $M_s \geq 6.0$  地震开始由边界及其邻近地区活动迁向我国西部的北侧（见图 2），因此，不仅需要注意喜马拉雅地震带及中印缅交界地区，对新疆西部及甘肃西北部以及四川地区都应注意  $M_s \geq 6.0$  地震的危险。

8) 与 1993 年的危险区比较，1994 年增加了新疆喀什地区和川滇藏交界。对于 1993 年的西藏西南地区的革吉改则危险区，考虑到该区虽然中等强度的地震几年来一直十分活跃，但应力背景值大都偏低，观测资料情况较差，因此，在综合决策时将其略去。藏北冈古拉山危险区在 1994 年判定时，将其向南调整。1993 年尽管拉萨地区已发生了两次 6 级以上的地震，但仍缺 6—7 级地震，响应性地震和中等地震持续集中活动均有异常显示。因此，1994 年仍有  $M_s=6-7$  级地震甚至 7 级左右地震的危险（见图 1）。

增加新疆喀什地区的主要依据：

表4 1992年—1993年8月全国背景高应力值表

| 序号 | 日期<br>(年、月、日) | 时 间        | 纬 度 N | 经 度 E  | $m_b$ | 应力值 $\tau$ | 地 区     |
|----|---------------|------------|-------|--------|-------|------------|---------|
|    | 1992          |            |       |        |       |            |         |
| 1  | 01.08         | 17-41-41.8 | 30.14 | 92.49  | 4.8   | 12.6MPa    | 西藏      |
| 2  | 01.24         | 05-04-50.5 | 35.48 | 74.58  | 5.6   | 22.4       | 西南克什米尔  |
| 3  | 04.04         | 17-43-20.1 | 28.07 | 87.94  | 5.0   | 15.8       | 尼泊尔     |
| 4  | 04.23         | 14-18-37.6 | 22.49 | 99.07  | 5.8   | 11.9       | 中国—缅甸交界 |
| 5  | 05.21         | 04-59-57.7 | 41.48 | 88.83  | 6.2   | 47.3       | 新疆      |
| 6  | 06.02         | 22-07-43.0 | 29.08 | 81.88  | 5.5   | 15.8       | 尼泊尔—印度  |
|    | 07.30         | 08-24-48.8 | 29.61 | 90.24  | 5.7   | 9.4        | 西藏      |
|    | 1993          |            |       |        |       |            |         |
| 1  | 01.18         | 12-42-04.3 | 30.86 | 90.46  | 5.5   | 7.9        | 西藏      |
| 2  | 02.02         | 16-05-12.7 | 42.13 | 86.26  | 5.5   | 14.1       | 新疆      |
| 3  | 02.12         | 11-22-55.2 | 43.80 | 83.81  | 4.6   | 7.9        | 新疆      |
| 4  | 03.12         | 07-16-48.3 | 27.19 | 101.13 | 4.6   | 7.9        | 云南      |
| 5  | 03.20         | 14-52-00.4 | 29.08 | 87.36  | 5.7   | 10.0       | 西藏      |
| 6  | 04.14         | 08-31-08.6 | 42.88 | 87.02  | 4.6   | 12.6       | 新疆      |
| 7  | 05.06         | 10-22-40.6 | 24.50 | 121.80 | 4.5   | 8.9        |         |
| 8  | 06.14         | 07-30-17.4 | 35.71 | 78.37  | 5.1   | 14.1       | 克什米尔    |
| 9  | 07.17         | 09-46-33.4 | 27.98 | 99.67  | 5.3   | 7.9        | 云南      |
| 10 | 07.29         | 12-23-07.1 | 28.23 | 99.72  | 4.8   | 12.6       | 云南      |
| 11 | 08.12         | 00-29-35.8 | 39.21 | 106.56 | 4.6   | 7.9        | 石嘴山北    |

- a. 环境应力背景最高达 47.3MPa, 且有逐年增高的趋势 (见表 4);
- b. 专家系统 ESEP 预测表明, 1994 年该区为强震危险区;
- c. 中长期方法研究表明, 该区存在响应性地震,  $b$  值缺震 (6—7), 中等地震持续集中等震兆异常;
- d. 地磁转换函数方法: 1993 年 6 月喀什台记录的地磁转换异常, 预计 1994 年 1 至 6 月喀什台 200km 范围内, 有  $M_s=5.5$  地震发生的可能。

增加川滇藏交界地区的主要依据:

- a. 环境应力背景值及响应比值增高;
- b. 中等地震成带集中活动;
- c. 极值缺震 (6—6.4), 存在响应性地震;
- d. ESEP 专家系统判定为强震危险区 (6—7);
- e. 中小地震活动水平非线性增长, 表现出降维减熵的特征。
- f. 地磁地电方法均有异常显示。

上述两个新危险区趋势意见列于表 2。

## 2. 华北地区

结论意见: 华北地区已具有发生  $M_s=6.0$  地震的背景, 但由于 1992 年以来地震水平一直处在低水平状态, 近期未见明显地震活动增强的迹象。预计 1994 年度华北地区维持  $M_s=5-6$  发震水平的可能性较大, 但不排除个别地区  $M_s=6$  地震发生的危险。

主要依据:

1) 根据日本海沟地震活动与华北地区地震相关的研究认为:1993年日本北海道地区的两次强震标志着日本海沟下一次大的活动即将开始。但至今仍未见日本海沟浅源大地震的出现,根据1992年7月的两次日本海沟6.9级地震和1993年1月日本海6.9级深震推算,华北地区目前已具有6级左右地震的背景。如果今后在日本海沟有7.7级以上大震发生,将会大大增加华北地区强震发生的危险性。

2) 由能量分布等值图可见,华北地区 $M_L \geq 3.0$ 地震自1992年9月至今,山西地震带地震出现整体活动的特征。1993年山西地震带突出的事件为太原6月26日 $M_L \geq 4.3$ 震群活动和大同8月30日至9月5日的浑源小震群活动( $M_{max}=4.1$ ),以及1993年9月苛岚 $M=4.6$ 地震活动,对此应引起足够的重视。与此形成鲜明对照的是河北平原带。1993年中小地震活动水平明显降低。除唐山老区发生一次4级左右地震外,地震活动水平显著低于山西带和其东侧的郑庐带北段及邻近海域。这种中小地震活动新的变化从某种程度上改变了以平原地震带为主的局面。如若这种新的活动图象与华北地区受日本海沟地震影响有关,则是不容忽视的。它有可能表现了在新的大范围构造活动的背景上,华北地区的应力场分布正在发生新的调整。但从目前情况看,构成这种新图象的地震能量尚低,且不具有中等地震集中持续活动的特点。是否能将其作为华北地区1994年即将发生 $M_s \geq 6.0$ 地震的信号或前兆,仍须密切注视震情的发展方可定论。

3) 基于上述分析,除仍坚持上年度的苏鲁交界及其海域的趋势估计外,另增加了两个危险区:即山西太原—临汾一带和银川北—河套地区。

增加太原—临汾一带危险区的主要依据为:

- a. 有高应力背景;
- b. 存在响应性地震;
- c. 中等地震持续集中活动;
- d.  $b$ 值外推缺6级;
- e. 汾渭地震带处于强震概率增强时段;
- f. 地震响应比高值异常;
- g. 活跃频度图分析表明山西带处在活跃期内。

增加银川北—河套地区危险区的主要依据为:

- a. 几年来的高应力背景区( $M_s \geq 6$ );
- b. 存在响应性地震(6级以上);
- c.  $b$ 值缺震(6级);
- d. 地震响应比高值异常。

用GIS地理信息系统的综合决策方法判定华北地区危险区及预测预报意见亦列于表2。

## 四、首都圈1994年地震趋势研究

### 1. 首都圈1993年地震实况及新的动态变化

1) 至1993年10月止,首都圈年地震能量释放水平由于大同浑源小震群(1993年8月30日至9月5日, $M_{max}4.5$ )活动而改变了显著偏低的局面。1993年首都圈能量释放水平与

1982年至1984年的水平相当。

2) 在能量释放的空间分布上,首都圈西区的能量释放水平为  $2.04 \times 10^3 \text{J}$ ,而首都圈东部的能量释放水平为  $2.05 \times 10^3 \text{J}$ ,再次出现了西区活动与东区相当的情况,这与华北地区中小地震活动水平的分布格局发生的变化相一致。

3) 首都圈中区地震活动水平较低,自1992年1月起至今,首都圈中区已持续22个月无4级以上地震发生。根据中区地震发生年频率的 $b$ 值推测,中区  $M_L \geq 4.0$  的地震发生率为每年1.2次。由此可见,中区缺4级以上地震。

## 2. 首都圈1994年地震危险性估计

1) 从全区地震( $M_L \geq 2.0$ )能量释放水平的频度、空间分布实况看,首都圈总活动水平仍属中等偏低,未见显著增强的迹象,环境背景应力值、响应比值均不高,因此,1994年度在首都圈发生  $M_s \geq 6.0$  地震的可能性较小。但是,考虑到华北大区已具有  $M_s = 6$  左右地震背景,及近一年出现的新的动向,对京西—北三省一带仍应予以严密的监视。

2) 本区测震学指标的主要研究结果如下:

环境剪应力背景:1989年以来,分析计算了大同及邻近地区4次  $M_s \geq 5.0$  地震的剪应力值  $\tau_0$ , 结果为:

|            |          |        |         |                      |
|------------|----------|--------|---------|----------------------|
| 1989.10.18 | 17-01-34 | 39°54' | 113°54' | $\tau_0 = 8.4$ (大同)  |
| 1989.10.18 | 18-20-46 | 39°54' | 113°52' | $\tau_0 = 9.4$ (大同)  |
| 1991.03.26 | 18-02-   | 39°54' | 113°53' | $\tau_0 = 0.6$ (大同)  |
| 1991.11.19 | 05-14-09 | 37°30' | 112°24' | $\tau_0 = 15.8$ (忻州) |

由此可见,大同地区的环境剪应力值逐渐减小,在本区近期再度发生强震的可能性较小;而忻州附近剪应力值异常增高,是值得注意的。

中小地震活动特征:地震熵值研究表明,首都圈西区、中区小地震时空分布有序度略为偏低,未见明显的地震活动异常。首都圈中区地震时空分布  $D_0$ 、 $D_+$  低值异常已经恢复,1994年首都圈地区仍有  $M_s = 4-5$  地震的危险。

小震活动  $A(b)-N$  法研究表明,京张地区  $A(b)$  值曲线呈现小振幅起伏状态, $b$  值有下降趋势。

11月18日07时05分在王补庄发生  $M_L = 4.4$  地震,该震发生在1976年唐山地震后的宝坻5级地震活动地区。此震发生之前,在京津间小震活动图象有异常显示。在4—9月的震中分布图中可见,京津间小震活动异常平静,而与其对照的是,在京津间的西南方向有小震成条带分布的特征。在王补庄地震前,已认为这种图象为值得注意的震兆。考虑到构成异常图象的地震很小,有4次左右地震的危险。王补庄地震发生后,如果这种图象逐渐瓦解,则危险解除;如有增强的显示,则应引起注意。

大同浑源小震群:大同浑源小震群从1993年8月30日至9月5日持续时间7天,共发生小地震227次( $M_L \geq 0.0$ ),  $b = 0.51$ 、 $\rho = 0.66$ 、 $K = 0.75$ 、 $D_0 = 0.41$ ,此次小震群中的主要事件能量接近, $D_0$  值偏低,属震群类型。由于其  $K$  值大于0.75, $D_0$  值较小,属爆发余震。因此,大同浑源小震群可能具有一定的前兆意义。该震群发生在大同地震4年之后,它既是大同序列本身衰减过程的表现,也是与大范围环境因子的作用加强分不开的。

震源介质参数分析：首都圈地区波速比时空变化特征的研究结果表明，目前西区和东区的波速比随时间变化正常，首都圈中区波速比异常点比例高于25%。

其他学科方法的研究结果为：地电阻率观测结果表明，1992年5月开始北京平谷NE道出现-20%下降异常。

据地磁转换函数分析，白家疃台1993年7-8月、呼和浩特台1993年5-8月、新乐台1992年5月均出现高值异常。

北京及其西部地区流磁观测，应用差值比较法、统计参量与快谱幅比法分析研究了1989-1993年北京及其西部的地磁观测资料，研究结果认为含有较多异常信息的区域有：延庆-怀来盆地、香河-宝坻地区、房山-固安地区。

地球物理研究所1993年实施了两次重力流动测量，第二期为1993年9-10月。测量结果表明：通县-香河段段差增大 $28 \times 10^{-8} \text{ms}^{-2}$ 。经过仔细查验，认为变化是存在的，香河邻近50km地区应予注意。

### 3. 首都圈1994年度地震趋势意见

首都圈地区1993年能量释放水平基本正常，未见明显的前兆地震活动图象，且震情发展平稳，尽管在未来一二年内这种平稳的地震活动局面将有所改变，但近期尚未见到即将进入强烈活动阶段的征兆。预计1994年度首都圈震情仍会出现小起伏，京西北及其邻近地区仍不能排除发生 $M_s=5$ 地震的可能。主要危险区为：京西北张家口-怀来地区或灵丘、蔚县一带。

综上所述，首都圈地区1994年预测意见为：

| 地 区 | 预测震级 ( $M_L$ ) | 信 度  | 发 震 概 率 |
|-----|----------------|------|---------|
| 西 区 | 5 左右           | 0.55 | 0.5     |
| 中 区 | 4 左右           | 0.65 | 0.7     |
| 东 区 | 4-5            | 0.60 | 0.6     |

本报告主要由王琳瑛执笔，朱传镇、吴佳翼审定，参加报告研究工作的主要人员有：朱传镇、吴佳翼、许绍燮、王琳瑛、白彤霞、何淑韵、舒曦、范洪顺、黄容良、尹祥础、傅丽苹、杨锦英、陈佩燕、王春珍、郁曙君、林云芳、钱复业、詹志佳、马秀芳、王碧泉、刘克人等。

# 1993 年世界灾害地震概况<sup>①</sup>

赵荣国 陈英方

## 一、概 述

1993 年世界范围已发生 6 级以上地震 104 次(截至 11 月 15 日),其中,大于或等于 7 级地震有 9 次,8.1 级地震 1 次,年平均 112 次;总的活动水平都比 1900 至 1990 年期间年平均(154 次)、1991 年(174 次)和 1992 年(124 次)偏低。按 7 级以上次数比较,比 1900 至 1990 年期间平均数(18 次)、1991 年(14 次)和 1992 年(13 次)都低。造成灾害的地震有 9 次,其中,较严重灾害地震 4 次,重灾地区是日本北海道的奥尻岛和钏路市区;印度南部马哈拉斯特邦、卡纳塔克邦和安得拉邦交界区的拉杜尔县,还有关岛地区。地震灾害死亡人数估计 1—3 万人(印度南部地震死亡人数),伤约 2 万人。伤亡人数超过 1992 年(死亡 4800 人、伤 12000 人)和 1991 年(死亡 3300 人,伤约 5000 人),也高于历史地震灾害的平均死亡人数(8000—10000 人)。但低于 1990 年(死亡超过 4.2 万人,伤约 5 万人)。印度南部地震,震级较小(6.3 级),但伤亡很大。9 次震灾合计经济损失达 4 亿美元。其中,关岛和奥尻岛震级最大,虽伤亡较轻,但经济损失却很大(分别约 9000 万和 2 亿美元)。全部经济损失比 1992 年的(19 亿美元)少得多,也比 1991 年(5.7 亿)少。地震灾害对社会影响比 1992 年也小得多。分区地震灾害统计见表 1 及  $M \geq 6$  世界震中分布图。

## 二、分区地震灾害和主要特征

### 1. 日本列岛灾害地震活动频繁

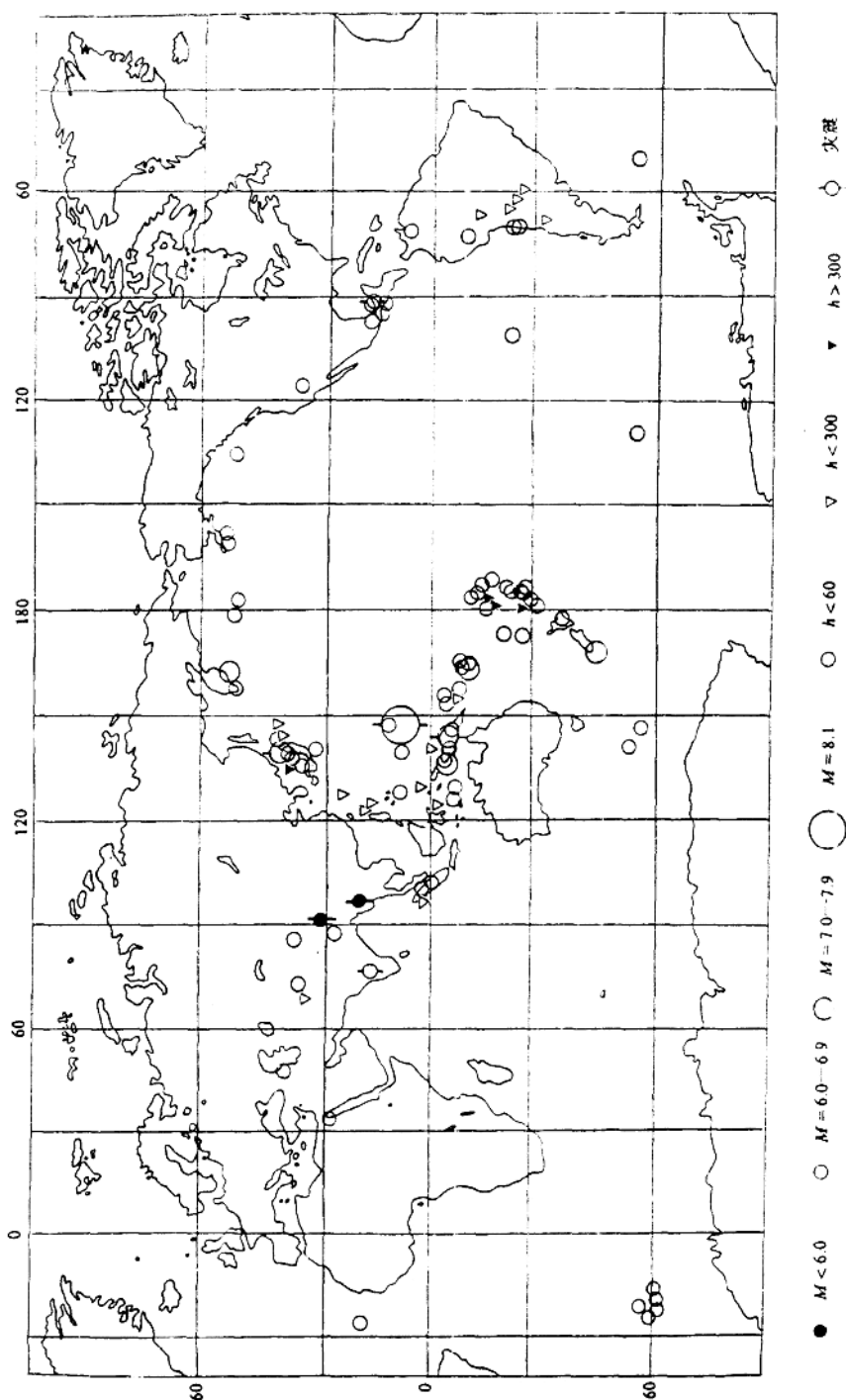
1993 年日本列岛的灾害地震活动,在近 30 年以来是最频繁的年份。

从 1993 年 1 月至 7 月的 6 个月期间,分别在日本北海道东南部的钏路市以南的太平洋近海区和北海道西南的奥尻岛日本海近海区域,以及本州中部濒临日本海的能登半岛地区,先后发生 7.5 级、6.6 级和 7.8 级地震,造成严重灾害。日本是大地震活动区,但类似于 1993 年的灾害地震频繁活动,在日本地震历史中却不多。伤亡破坏和社会影响都较大。

1993 年 1 月 15 日当地时间下午 8 时北海道钏路近海地震,初定震中  $43.4^{\circ}\text{N}$ ,  $144.3^{\circ}\text{E}$ ,震源深度 100km,震级  $M_s 7.1$ (速报震级 7.5,我国台网、日本气象厅和美国地质局测值相同<sup>②</sup>)地震动加速度大于  $0.4g$ 。地震死亡 1 人,伤 364 人。死伤原因是火灾和人惊恐奔逃,部分房

① 国家地震局地球物理研究所论著号: 94C0006

② 初定震中引用日本和美国定位,本文国外远震多引用美国定位。



1993 年世界地震分布图 ( $M \geq 6$ )