

56.7  
7117

# 中国地震大形势预测研究

STUDY ON GENERAL EARTHQUAKE  
TENDENCY IN CHINA

国家地震局分析预报中心 编



2

地震出版社

# 中国地震大形势预测研究

STUDY ON GENERAL EARTHQUAKE  
TENDENCY IN CHINA

2

国家地震局分析预报中心 编

地震出版社

1993

(京)新登字 095 号

## 内 容 提 要

地震大形势预测是在研究地震区(带)十年尺度强震时、空演变方式和地壳形变等长期变化特征的基础上进行的。十年尺度的地震大形势预测研究为中短期年度震情判定提供重要的背景依据。本文集是国家地震局分析预报中心对 2000 年前我国地震形势预测研究的成果。它对从事地震活动性、长期前兆变化和综合地震预报研究的科研人员,具有一定的参考价值。

### 中国地震大形势预测研究 STUDY ON GENERAL EARTHQUAKE TENDENCY IN CHINA

2

国家地震局分析预报中心 编

责任编辑: 吴 冰

责任校对: 李 珩

\*

地 震 出 版 社 出版发行

北京民族学院南路 9 号

中国地质大学轻印刷厂印刷

\*

787×1092 1/16 8 印张 201 千字

1993 年 6 月第一版 1993 年 6 月第一次印刷

印数 001—500

ISBN 7-5028-0799-3 / P · 511

(1192) 定价: 6.00 元

· 内部发行 ·

## 编 者 的 话

本文集是国家地震局分析预报中心编辑的《中国地震大形势预测研究》的第2集。在1990年出版的第1集，对地震大形势预测的方法进行了初步总结，并对2020年前我国地震大形势进行了多专业的专题研究。综合研究认为“……2020年前我国将经历两次持续时间分别为十几年的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”。

1990年初，国家地震局科技监测司预报处要求分析预报中心对80年代末到90年代我国大陆可能出现的新的地震活跃幕进行深入的研究。

本文集汇集了12篇研究论文，其中包括地震大形势研究的某些新探索，如地震幕（丛式）活动的定量化研究；应用我国大陆垂直形变观测的最新成果进行强震危险区预测；大地震前中等地震序列的时间分维特征研究；以及根据强震时空分布特征，研究我国大陆地震的动力环境等。所有文稿是在1991年6月前陆续完成的。

本文集由傅征祥、张国民和杨玉荣编辑。由于编辑时间仓促，不妥之处在所难免。请同行和读者批评指正。

# 目 录

|                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| 中国大陆近期地震趋势研究              | 张肇诚 郑大林 罗咏生 谢 民 贾 青 ( 1 ) |
| 我国分区地震形势分析                | 张国民 姜秀娥 彭克银 耿鲁民 ( 24 )    |
| 我国西部及中亚地区地震形势分析           | 张国民 姜秀娥 张永仙 彭克银 ( 33 )    |
| 中国大陆垂直形变速率梯度与强震危险区        | 张郢珍 张立人 粟生平 李志雄 ( 40 )    |
| 我国大地震发生后继发强震的时空分布特征 ...   | 高 旭 李志雄 ( 50 )            |
| 中国大陆 6 级地震丛式活动特性 .....    | 李志雄 高 旭 李宝生 ( 60 )        |
| 中国大陆强震活动的时序结构与地震活动度的初步研究  | 陈棋福 高 旭 李志雄 ( 72 )        |
| 中国大陆东部强震活动空间分布的不均匀性 ...   | 傅征祥 陈修启 ( 80 )            |
| 中国大陆东部强震活动时间过程的不均匀性 ..... | 傅征祥 ( 89 )                |
| 中国大陆强震前兆时空的大尺度特征 .....    | 李献智 高 旭 ( 100 )           |
| 地壳极限应变与危险区强震发生的概率估计       | 张郢珍 张立人 粟生平 李志雄 ( 111 )   |
| 中国大陆巨大地震的灰色预测 .....       | 黎令仪 ( 117 )               |



# 中国大陆近期地震趋势研究

张肇诚 郑大林 罗咏生 谢 民 贾 青

(国家地震局分析预报中心)

中国大陆的地震活动自 1977 年起进入平静期。时隔 8 年后, 于 1985 年 8 月 23 日在新疆乌恰发生了 7.4 级地震。一些人认为乌恰地震标志着中国大陆新的地震活跃期来临, 另一些人则表示反对。1988 年 11 月 6 日, 在云南省澜沧、耿马地区发生 7.5 和 7.6 级地震。1989 年 4 月 16 日在四川巴塘发生 6.7 级强震群, 其强度和频度均属罕见。紧接着又发生了 1989 年 9 月 22 日四川小金 6.3 级和 1989 年 10 月 19 日山西大同-阳高 6.1 级地震。自 1988 年底至 1990 年 8 月, 中国大陆地区已经发生 6 级以上地震 23 次, 其中 7 级以上地震 3 次, 地震活动的强度和频度已达 1977 年以来的最高水平。新的地震活跃期是否已经开始? 今后一段时间中国大陆强震的主体活动地区将在何处? 近期地震趋势如何? 这是本文探讨的主题。

## 一、前 言

中国大陆位于亚欧板块内的中国-东南亚板块上 (图 1), 是典型的大陆板块地区。其东面主要受太平洋板块向西推挤和俯冲, 其西南部受印度洋澳大利亚板块向北偏东方向与亚欧板块碰撞的影响。亚欧、太平洋、印度洋澳大利亚三大板块的联合作用控制了中国大陆的构造应力场, 而地震活动是受构造应力场控制的。也就是说, 中国大陆的地震活动是三大板块联合作用的结果, 这是我们研究中国大陆的地震活动进行地震发展形势分析的立足点。

中国大陆是亚欧板块内中国东南亚次级板块的主体地区, 其内部被众多的巨大断裂分割成不同等级的断块构造单元。中国大陆的现代构造应力场作用在这样一个极不均匀的地质体上, 造成中国大陆内部存在着明显的地区性差异, 这种差异既反映在东西方向上也反映在南北方向上。中国大陆内部大约以东经  $105^{\circ}$ — $107^{\circ}$ , 北纬  $35^{\circ}$  左右为界, 划分的不同地区在地形地貌、深浅部地质构造、地壳形变、构造应力场、地球物理场及地震活动等方面存在明显差异。中国大陆的复杂地体环境决定了中国大陆地震前兆和地震预报问题的复杂性。针对这种复杂性, 对地震活动进行层次分析是必要的<sup>①</sup>。

三大板块对中国大陆的联合作用, 形成了中国大陆构造应力场的复杂分布图象。尽管不少研究者对这一应力场的模拟和描述细节上有所不同, 但从各方面资料分析, 中国大陆

---

<sup>①</sup> 谢民, 中国-东南亚板块地震活动层次结构的初步研究, 研究生学位论文, 国家地震局分析预报中心, 1990。

自新构造时期以来至今的构造应力场基本格局是稳定的。另一方面，据地震活动、地壳应变测量及新构造运动资料综合发现，在现代构造应力场基本格局大体稳定的情况下，应力场强度和方向可能产生微小的动态变化，而这些又可能与三大板块联合作用下的区域地球动力学因素的影响有关，也许是产生各种地震前兆的根源所在，正是我们须进一步研究的内容。因此，在研究地震形势和进行地震预报时仅考虑静态因素是不够的，还须研究地球动力学和地震活动等动态变化，进行综合分析。

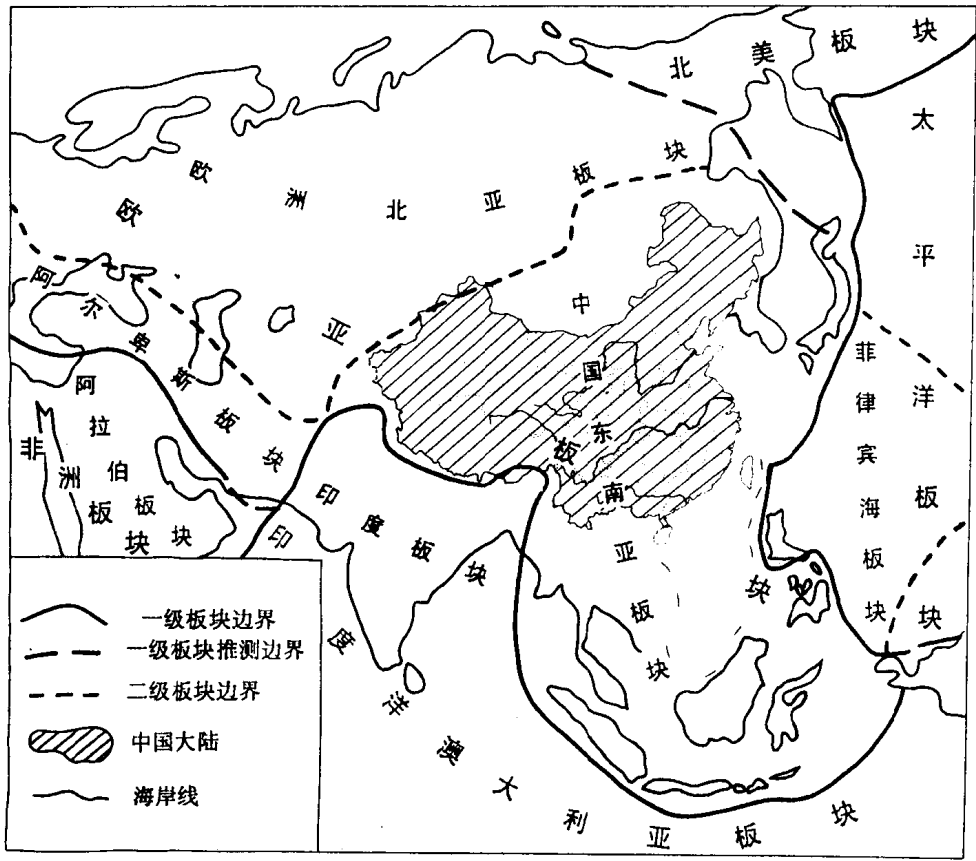


图 1 中国大陆板块构造位置示意图(据文献[1]编)

## 二、中国-东南亚板块地震活动动态

### 1. 中国大陆近百年来地震活动动态

据文献[2, 3]记载自公元前 1831 年至公元 1979 年，中国共发生  $M > 7$  地震 144 次， $M > 8$  地震 19 次，而 1900 年以来就发生  $M > 7$  地震 89 次(占 7 级地震总数的 62%)， $M > 8$  级地震 9 次(占 8 级地震总数的 47%)。由于历史地震记载可能有遗漏，所以我们研究中国大陆地震活动动态时主要考虑近百年来地震活动。据我们前阶段的工作结果<sup>[4, 5]</sup>，可以把近百年来中国大陆的地震活动动态归纳为：

1) 自 1889 年至 1987 年，中国大陆地震活动大致经历了 4 个活跃期和 4 个平静期，

具体分期和各期地震活动概况如表 1。

表 1 中国大陆地震活动分期及活动情况

| 轮<br>回 | 时间段       | 活动<br>状态 | 持续时<br>间(年) | $M=6.0-6.9$ |      | $M=7.0-7.9$ |      | $M>8.0$ |    | $E(10^{16}J)$ |      |
|--------|-----------|----------|-------------|-------------|------|-------------|------|---------|----|---------------|------|
|        |           |          |             | 总数          | 平均   | 总数          | 平均   | 总数      | 平均 | 总数            | 平均   |
| 1      | ?         |          |             |             |      |             |      |         |    |               |      |
|        | 1889—1911 | 活跃       | 23          | 34          | 1.48 | 7           | 0.30 | 1       |    | 19.96         | 0.87 |
| 2      | 1912—1919 | 平静       | 8           | 17          | 2.13 | 7           | 0.88 |         |    | 5.27          | 0.65 |
|        | 1920—1937 | 活跃       | 18          | 76          | 4.22 | 11          | 0.61 | 3       |    | 56.61         | 3.15 |
| 3      | 1938—1946 | 平静       | 9           | 31          | 3.44 | 6           | 0.67 |         |    | 2.77          | 0.31 |
|        | 1947—1955 | 活跃       | 9           | 42          | 4.67 | 11          | 1.22 | 2       |    | 66.52         | 7.39 |
| 4      | 1956—1965 | 平静       | 10          | 27          | 2.70 | 2           | 0.2  |         |    | 1.47          | 0.15 |
|        | 1966—1976 | 活跃       | 11          | 60          | 5.45 | 16          | 1.45 |         |    | 17.00         | 1.55 |
| 5      | 1977—1987 | 平静       | 11          | 39          | 3.55 | 1           | 0.09 |         |    | 2.06          | 0.19 |
|        | 1988—?    | 活跃       |             | 20          |      | 3           |      |         |    | 2.11          |      |

2) 我们把发生 8 级或多次 7 级地震的地区称作主体活动地区。不同的地震活跃期有不同的主体活动地区。第 1 地震活跃期的主体活动地区在中国新疆的天山、帕米尔以及与其相邻的中国与原苏联边境地区;第 2 活跃期,中国大陆地震的主体活动地区由天山、帕米尔迁移至中国西北地区,该区发生了 2 次 8 级和多次 7 级地震;第 3 活跃期,中国的地震活动主体地区由西北转到西南,主要集中在西藏东部;第 4 活跃期则显示了以西南的川滇和华北为主体的地震活动。由此看来,中国大陆地震活动的主体地区,从第 1 活跃期开始,逐步由西部向东部转移,如果此现象确是我国大陆地震活动的一个规律的话,下一活跃期的主体活动地区是否应回到新疆及与其相邻的中国与原苏联边境地区呢?

3) 第 1、第 2 地震活跃期比第 3、第 4 活跃期的持续时间长 1 倍以上。其原因可能是由于各地震活跃期有各自的主体活动地区,而各地震区的地震活动性存在地区性差异。该特征表明天山、帕米尔和西北地区地震活跃期持续时间要比西南和华北地区长 1 倍。

4) 中国西部及邻区有记载以来共发生 8 级地震 23 次,其中 22 次 8 级地震前,在未来震中区周围都出现了 6 级以上地震局部增强(围空或条带)的现象<sup>①</sup>。

5) 中国大陆地震活动经历的 4 个地震活跃期中,第 1、2、3 活跃期中都发生过 8 级地震,唯有第 4 活跃期中未发生 8 级地震,地震活动的强度和频度均明显低于前 3 个地震活跃期,这可能与此期间全球的地震活动水平亦低有关,其原因何在?有待进一步研究。

## 2. 中国大陆与板块周边地区地震活动时空动态的关系

中国大陆位于中国-东南亚板块上(图 1),三大板块的联合作用力控制了中国大陆的地震活动。因此,要研究中国大陆的地震形势,必须研究中国大陆与板块周边地区的地震活动时空动态关系。我们的初步研究结果<sup>[5]</sup>表明:

1) 中国大陆地震活动处于活跃期时,板块周边地区的地震活动水平亦高;平静期

<sup>①</sup> 郑大林等,中国西部及邻区地震形势的研究,1991.5.



时, 板块周边地震活动水平亦低 (明显低于上一活跃期)。

2) 随着中国大陆地震活跃期内主体活动区的变迁及活动状态的变动, 板块周边地震活动的强度和时空分布将有所不同。在以西部为主体活动区的活跃期前的平静期中, 板块周边的地震活动水平高, 而以其他地区为主体活动区的地震活跃期的平静期中, 板块周边的地震活动水平相对要低; 而当处于前者时, 在西太平洋地震带南段及喜马拉雅地中海地震带东段地震活动水平较高。

3) 中国大陆地震活动处于平静期时, 板块边缘将发生强震, 这些地震将勾画出其后面的活跃期强震活动的大区域背景区, 而在背景区内部则相对平静。

4) 中、深源地震活动与我国大陆地震活动有关。

在我国边邻地区有三个中源地震区和 1 个深源地震区。它们是兴都库什中源地震区; 缅甸西部中源地震区; 台湾东部中源地震区和吉林深源地震区, 我们的研究结果<sup>①</sup>表明, 中、深源地震活动同中国大陆地震时空发展动态有一定关系。兴都库什中源地震区地震活动的起伏与我国西北地区的地震活动的起伏一致, 而与东部关系不明显。台湾东部中源地震区与中国华南地区, 缅甸西部中源地震区与中国西南及其邻近地区, 东北深震区与中国东北、华北地区的地震活动关系密切, 分别显示出中、深源地震超前于浅源地震活动。

### 三、中国-东南亚板块地震活动层次结构

#### 1. 地震资料与地震层次的划分

##### (1) 地震资料

采用了中国-东南亚板块自公元元年至 1990 年 9 月的 6 级以上地震, 共 4709 条, 其资料来源见谢民的有关文章<sup>②</sup>。

##### (2) 地震层次的划分

本区浅源地震分布广泛, 而中深源地震主要沿板块边缘分布, 考虑到浅源地震和中深源地震的发震机制可能存在差别, 本文主要研究 60km 以上的浅源地震。中国-东南亚板块浅源地震层次结构以及各地震区的划分见图 2 和表 2。

为了分析中国大陆 (及邻区) 的地震活动, 在第二个层次中又以中国南北带为界将我国 (及邻区) 划分为东部区和西部区。

#### 2. 地震活动的韵律分析方法

##### (1) 各地震区地震资料概况

各地震区 1900 年以前的地震目录主要依历史记录, 由于各地区发展不平衡, 因而完整程度差别很大。其中以华北地区地震的记录最完整, 最早可到公元 27 年, 公元 1000 年以后记录较多。总体看来, 板内区资料的记录时间要比板缘区长一些, 完整程度也好一些, 地震开始增多的时间一般在距今 200—500 年左右; 板缘区除了日本海沟区稍早一些外, 大都在距今约 100 年左右; 因此整个中国-东南亚板块的地震资料以近百年的记录比

---

① 张肇诚等, 中国大陆地震震例的再研究及地震综合预报判据和指标的研究, 1988.8.

② 谢民, 中国-东南亚板块地震活动层次结构的初步研究, 研究生学位论文, 国家地震局分析预报中心, 1990 年。

较完整，另外，本世纪以前的地震主要是历史考察的结果，因此，震级也会有所差别。

前人的研究工作大多限于近 100 年内的地震，对华北地区用到了 1000 多年，那么，怎样利用百年以前并不完整的地震资料进行地震活动的研究，是工作中的第一个难点。

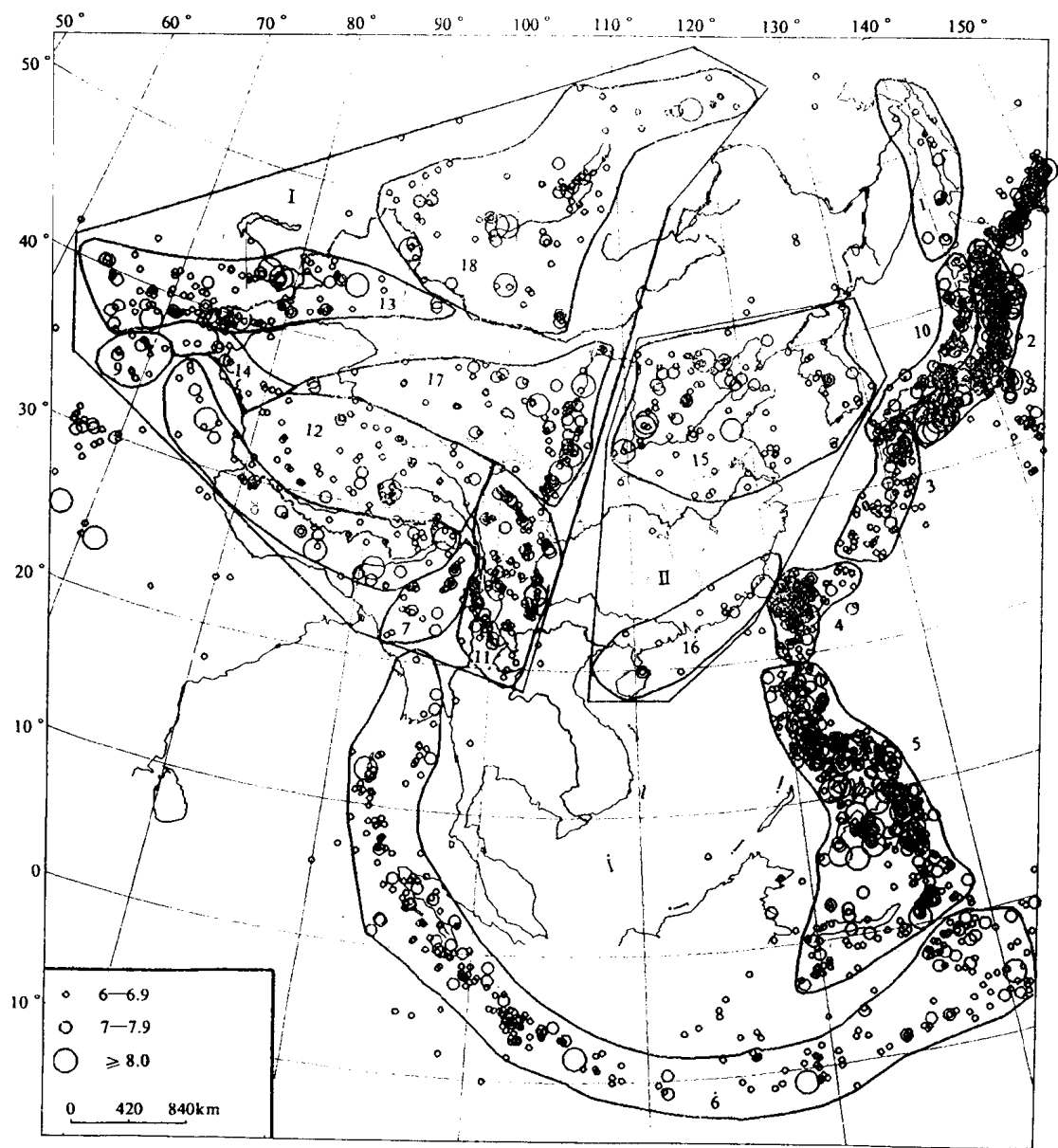


图2 中国-东南亚板块地震区划分及东部区、西部区示意图

I 区：西部区；II 区：东部区

1. 库叶岛地震区；2. 日本海地震区；3. 琉球地震区；4. 台湾地震区；5. 菲律宾地震区；6. 安达曼-班达海地震区；7. 中印缅地震区；8. 喜马拉雅地震区；9. 兴都库什地震区；10. 日本西部地震区；11. 川滇地震区；12. 青藏高原地震区；13. 天山地震区；14. 帕米尔地震区；15. 华北地震区；16. 东南沿海地震区；17. 西北地震区；18. 阿尔泰-贝加尔地震区

表 2 浅源地震层次结构划分情况

| 一                | 二           |          | 三             |                |
|------------------|-------------|----------|---------------|----------------|
| 中国—<br>东南亚<br>板块 | 板<br>缘<br>区 |          | 1. 库叶岛地震区     | 2. 日本海地震区      |
|                  |             |          | 3. 琉球地震区      | 4. 台湾地震区       |
|                  |             |          | 5. 菲律宾地震区     | 6. 安达曼—班达海地震区  |
|                  |             |          | 7. 中印缅边界中源地震区 | 8. 喜马拉雅地震区     |
|                  |             |          | 9. 兴都库什地震区    |                |
|                  | 板<br>内<br>区 | 近边<br>缘区 | 10. 日本西部地震区   | 11. 川滇地震区      |
|                  |             |          | 12. 青藏高原地震区   | 13. 天山地震区      |
|                  |             |          | 14. 帕米尔地震区    |                |
|                  |             | 内部区      | 15. 华北地震区     | 16. 东南沿海地震区    |
|                  |             |          | 17. 西北地震区     | 18. 阿尔泰—贝加尔地震区 |

## (2) 历史地震活动的韵律分析

为了解决这一难点，我们试用时间最早和参数较完整的华北和日本海沟地震区的资料进行研究方法探讨。

采用有序聚类的方法（也叫最佳分割法）或习惯的方法对华北地区公元元年以来的地震资料进行分析，得到如表 3 的地震活跃与平静时段的划分结果。

表 3 华北地区地震活动时段划分表

| 活跃时段         | 时间长(年) | 平静时段      | 时间长(年) |
|--------------|--------|-----------|--------|
| 公元 27—100 年  | 73     | 101—461   | 360    |
| 462—512      | 50     | 513—776   | 263    |
| 777—793      | 16     | 794—1021  | 227    |
| 1022—1068    | 46     | 1069—1289 | 220    |
| 1290—1385    | 95     | 1386—1486 | 100    |
| 1487—1730    | 243    | 1731—1809 | 78     |
| 1810—(1990?) | 180(?) |           |        |

可见地震活跃时段和平静时段分别在 16—243 年和 78—360 年之间，变化都很大。不同时期地震活动平静段和活跃段的延续时间有所差别，出现上述情况的原因与历史资料的不完整有关。从地震活跃段（图 3）来看，除最后两个活跃段延续时间较长可进行具体分析外，其余活跃段都很短且地震记录很少，很难进行对比研究。

如果取上表给出的地震相对集中时间段的中间值，可得到一组关于时段中值及相邻时段中值的差值的数据（表 4）。相邻中值的差值除第一个差值为 423.5 年，相差较大外，其余都在 265—298 年之间，平均为 282.6 年。从时段中值的时间顺序上也可以看出，除第一个点（公元 63 年）外，其余 6 个点的线性关系很好，可用回归方程  $T = 280.8N - 69.6$  进行拟合，见图 4 (a)。

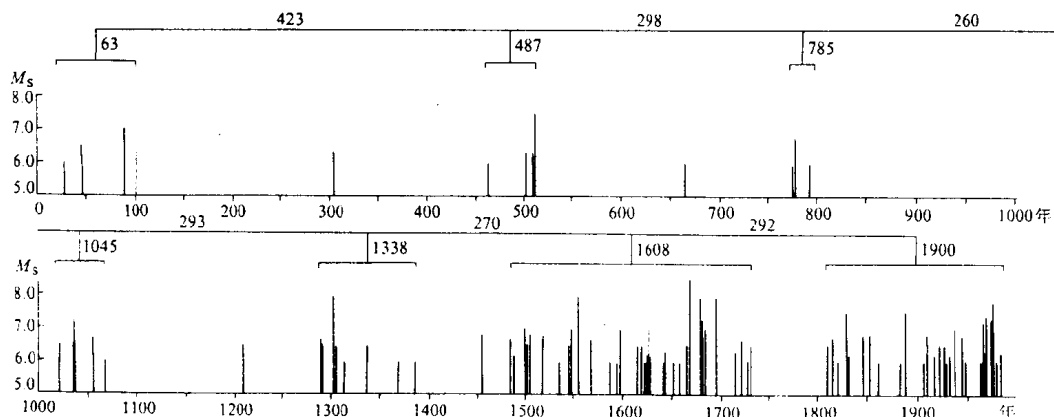


图3 华北地区地震活动时段划分图

表4 时段中值、差值表

| 地震密集时段      | 密集段中值  | 邻近中值之差           |
|-------------|--------|------------------|
| 公元 27—100 年 | 63.5   | 423.5            |
| 462—512     | 487    | 298              |
| 777—793     | 785    | 260              |
| 1022—1068   | 1045   | 292.5            |
| 1290—1385   | 1337.5 | 271              |
| 1487—1730   | 1608.5 | 291.5            |
| 1810—1990   | 1900   |                  |
| 五点平均        |        | $282.6 \pm 16.3$ |

须要讨论的是关于地震相对密集段中值的含义。从地震资料最完整的公元 1500 年至 1990 年来看,时段中值代表较强地震活跃时段(包括活跃期的较大地震)的中间年度值。由于资料的缺失,根据现有资料确定地震活跃期的开始和结束时间会产生很大误差,而时段中值则可能是这个活动期中间年度值的误差最小的量度,因而得到较好的结果。我们把 280 年称之为华北地震活动的韵律时间,代表其地震活动的活跃—平静一再活跃的平均起伏时间长。

采用相同的方法对日本海沟地震区进行分析也得到较好的结果,图 4 (b),回归方程为  $T=139.6N+685.4$ ,相邻时段中值的差值平均为  $140.3 \pm 27.6$  年左右,即日本海沟地区的地震活动韵律时间为 140 年左右。

以上的工作表明,在分析比较完整的地震资料时采用最优分割法;在研究长时间尺度而又不完整的地震资料时,采用取相对密集段时间中值的韵律分析法是可行的。

### 3. 地震活动层次结构的初步研究

根据以上分析,在进行地震活动层次结构研究时,第一、二层次采用韵律分析方法,

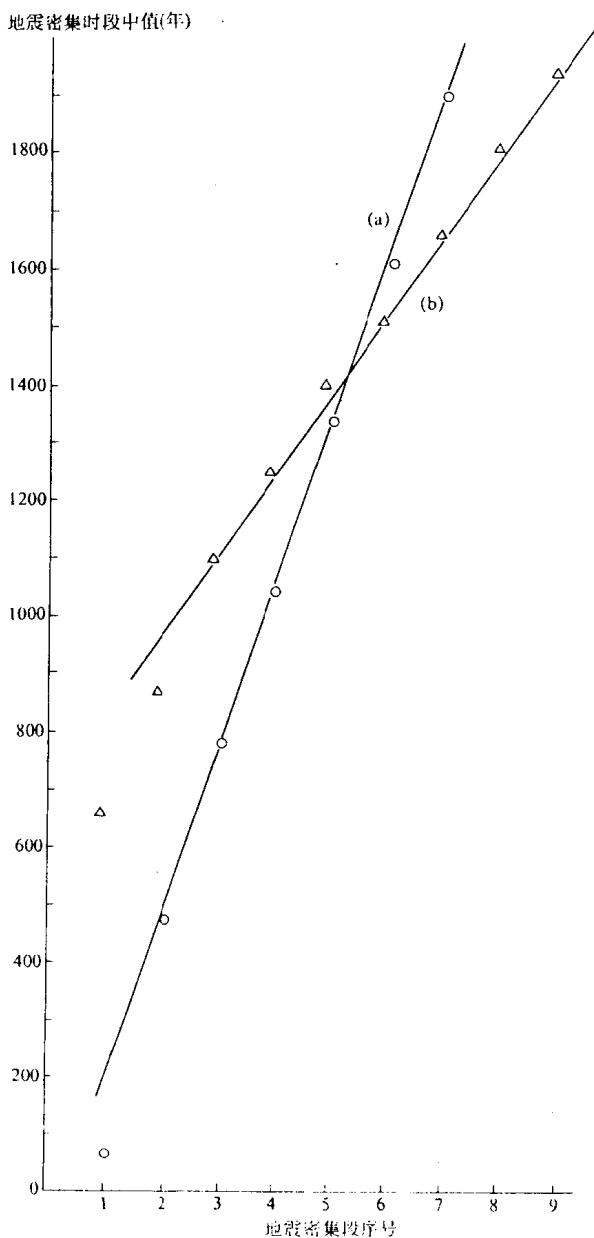


图4 地震韵律图

(a) 华北; (b) 日本海沟

第三层次采用最优分割法（亦即有序聚类法），分析不同层次地震活动的特点，根据统计参数的结果，揭示地震活动的复杂性和不均一性，探讨板块边缘区与板块内部区地震活动之间的关系，取得了如下几点主要认识：

1) 层次分析表明，地震活动在时间上存在准周期性的韵律现象，但其具体表现是复杂的。第一、二层次全区、板缘区和板内区存在百年以上的地震韵律活动，而板缘区、板块近边缘区和板块内部区的第三层次地震区的近代地震活动存在大约几十年的准周期；不同动力学环境条件下的中国大陆（及邻区）东部和西部区的时间韵律各有其特征（表5）。

2) 板缘区、板块近边缘区和板块内部区的地震区地震活动参数具有不同的特征，同时又表现出明显的不均一性。统计结果表明，总体上，板缘区  $N(M_s > 6.0$  级地震的年平均频度)、 $E(M_s > 6.0$  级地震的年平均应变能)、 $a$ 、 $b$ （即公式  $\lg \sum N = a - bM_s$  中的系数）值最高，向板块近边缘区和板块内部区逐渐降低， $T(M_s > 7.0$  级地震的平均间隔时间）反之。各地震区活动期参数统计则说明，板块内部区的地震能量常常是以活跃期的集中释放为主，大地震基本上都发生在活跃期内，活跃期内释放的能量一般可占总能量的95%以上；而板缘区和板块近边缘区的平静期内相对要活跃得多，活跃期内释放的能量一

般在85%左右。

表5 第一、二层次韵律时间表

| 地区  | 韵律时间(年)          | 地区  | 韵律时间(年)          |
|-----|------------------|-----|------------------|
| 全区  | $130.2 \pm 9.7$  | 板内区 | $125.0 \pm 9.5$  |
| 板缘区 | $130.0 \pm 8.5$  | 西部区 | $102.0 \pm 14.0$ |
| 东部区 | $282.2 \pm 32.2$ |     |                  |

3) 板缘区、板块近边缘区和板块内部区地震活动的关系表现为其内相邻的地震区地震活跃期的起始时间及其主体活动时段在时间上的逐渐滞后现象。

#### 4. 板缘区与板内区地震活动的关系

为了更清晰地勾划出中国-东南亚板块的强震活动图象, 本文选用  $M_s > 7.7$  强震进行分析。

如图 5 (a)、(b) 分别是板缘区和板内区 (包括板块近边缘区和板块内部区)  $M_s > 7.7$  地震  $M-T$  图。

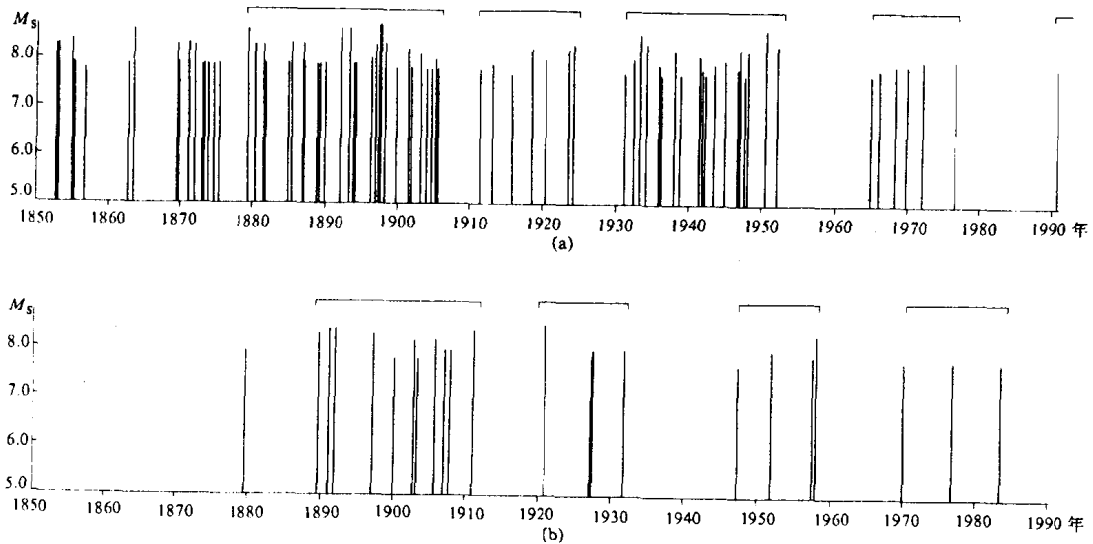


图 5 中国-东南亚板块  $M_s > 7.7$  地震  $M-T$  图

(a) 板缘区; (b) 板内区

板缘区在 1869—1905 年间地震频繁, 共发生  $M_s > 7.7$  地震 58 次, 其中 1869—1875 年的地震基本上都发生在菲律宾地震区, 考虑到该地区历史地震震级的确定误差 (本世纪初震级可能偏高) 以及和其后的其他地震活跃时段持续时间长短的比较, 于是把板缘区第一个地震活跃时段的起始时间定为 1880 年。

利用最优分割法, 板缘区和板内区地震活跃时段的划分结果以及相应的活动参数列于表 6。由表 6 中可以看出两区地震活动的几个明显特点:

1) 板缘区强震活动明显比板内区强。从  $M_s > 7.7$  地震年频度看, 板内区最高为 0.56, 低者仅 0.22, 而板缘区最低为 0.57, 最高达 1.85, 明显高于板内区。 $M_s > 8.0$  的地震也同样说明了这一点, 板缘区每个活跃时段内至少有 2 次地震, 而板内区最后一个活跃时段内没有 8 级地震, 并且每一个活跃时段的 8 级地震都比相对应的板缘区要少。这一点与前面的结果相似。

2) 板缘区和板内区的每一个地震活跃时段的活动水平并不是一致的, 而是呈强—弱—再强—再弱的交替起伏变化, 这种变化表现为不同活跃时段地震频次和强度的差异。在板缘区, 四个地震活跃时段的  $M_s > 7.7$  地震年频度分别为 1.85、0.57、0.95、0.58,  $M_s >$



8.0 地震次数分别为 19、4、10、2 次，都表现为强—弱—强—弱的变化过程；板内区的各地震活跃时段的  $M_s > 7.7$  地震年频度和  $M_s > 8.0$  地震次数也莫不表现为相同(或相似)的现象。

同时，各地震时段的持续时间表现为长—短—长—短的变化，与上述地震强度的变化相一致。也就是说，地震活动相对更加强烈的时段，其活动持续时间也相对更长些，而在一个地震活跃时段中，地震活动相比较频次要低，强度要小，其持续时间也要短，再下一个则又反之。

表 6 板缘区和板内区  $M_s > 7.7$  地震活动时段划分表

|             | 地震活跃时段    | 持续时间 | 地震次数<br>( $M_s > 7.7$ ) | 年平均<br>(次/年) | 地震次数<br>( $M_s > 8.0$ ) | 滞后时间<br>(年) |
|-------------|-----------|------|-------------------------|--------------|-------------------------|-------------|
| 板<br>缘<br>区 | 1880—1905 | 26   | 48                      | 1.85         | 19                      |             |
|             | 1911—1924 | 14   | 8                       | 0.57         | 4                       |             |
|             | 1931—1952 | 22   | 21                      | 0.95         | 10                      |             |
|             | 1965—1976 | 12   | 7                       | 0.58         | 2                       |             |
|             | 1990—?    |      | 1                       |              |                         |             |
| 板<br>内<br>区 | 1889—1911 | 23   | 13                      | 0.56         | 10                      | 10          |
|             | 1920—1931 | 12   | 4                       | 0.33         | 3                       | 9           |
|             | 1947—1958 | 12   | 4                       | 0.33         | 2                       | 16          |
|             | 1970—1983 | 14   | 3                       | 0.22         | 0                       | 5           |

3) 比较板缘区和板内区的地震活跃时段的起始时间可以看出，板缘区每一个地震活跃时段都超前于相应的板内区，板内区活跃时段总是开始于相应的板缘区活跃时段的中后期。

由以上可以看出，板缘区和板内区的地震活动具有明显的相关关系，板内区受到板缘区的控制或影响。在时间上，板缘区地震活跃时段超前于相关的板内区；在强度上，板缘区强，相关的板内区则强，板缘区较弱，则相关的板内区也较弱；在持续时间上两者也表现出类似的情况。因此，在进行板内未来地震活动的预测时，不但要分析板内的地震活动规律，还须研究板块周边即板缘区的地震活动，这对于地震形势的分析是大有裨益的。

#### 四、中国西部及邻区地震活动发展趋势分析

中国西部及邻区包括阿萨姆、兴都库什和贝加尔湖所围成的三角形地区，具体范围见图 6。本节的分区范围与第三节的分区略有差别，并且包括了 60km 以下的中深源地震。该区自 1890 年至 1990 年 8 月共发生  $M > 6.7$  地震 197 次，其中  $M > 7.7$  地震 25 次<sup>①</sup>，是中国大陆地震活动水平最高的地区。

在第二节中已分析了中国大陆近百年来地震活动动态结果，表明中国大陆的每个地震活跃期都涉及中国西部及邻区。因此，要确定新的地震活跃期的主体活动地区，就必须研

<sup>①</sup> 郑大林等，中国西部及其邻近地区的地震活动性，国家地震局分析预报中心，1991.5。

究分析中国西部及邻区的地震发展趋势。

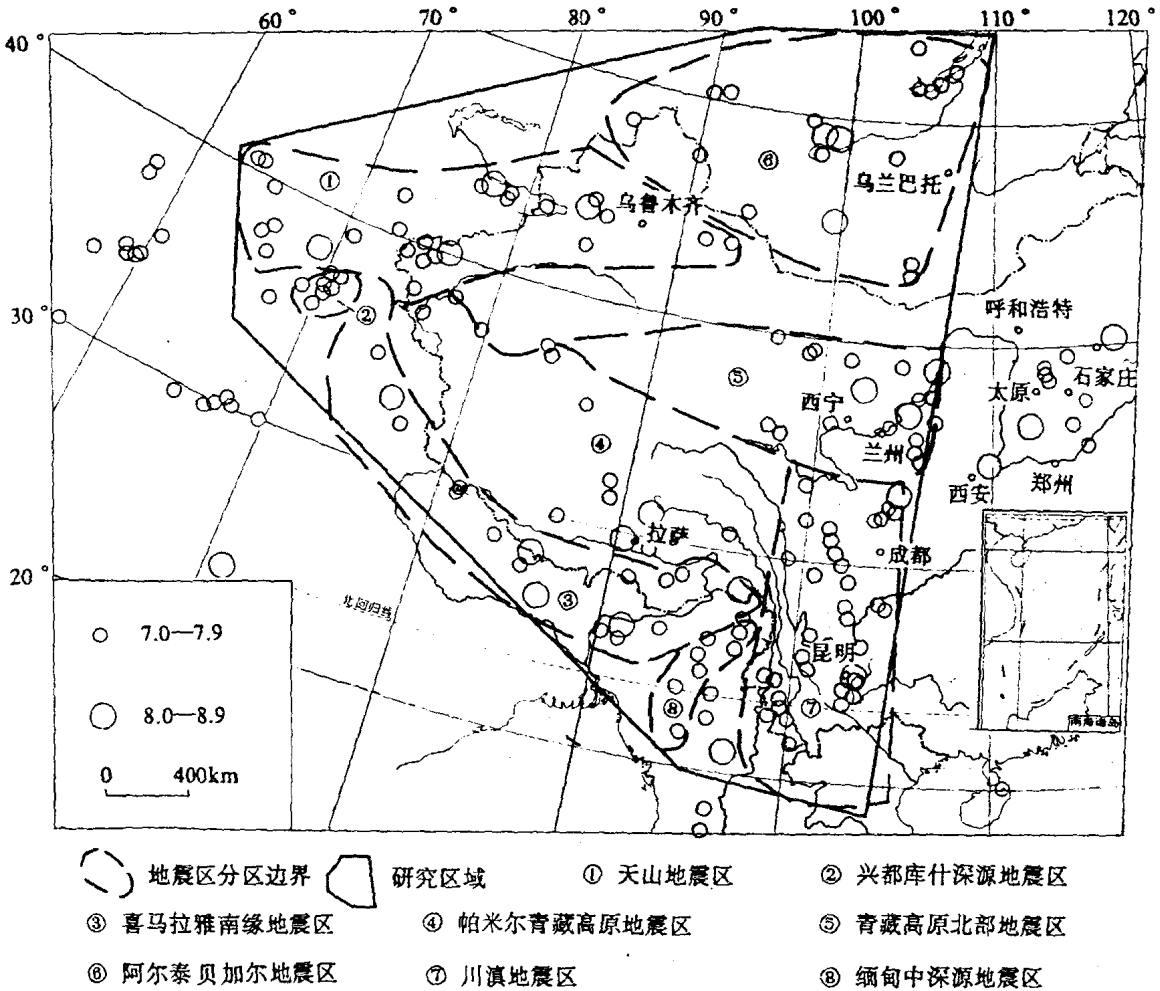


图 6 中国西部及邻区  $M > 7.0$  地震震中分布及地震活动分区图

### 1. 地震活动分期

地震活动性研究表明,多数地震区(带)存在活跃期与平静期之分。据郑大林等<sup>①</sup>的研究结果,中国西部及邻区自 1890 年以来经历了 5 个平静期和 4 个活跃期,1988 年开始进入第 5 个活跃期,分期及其地震活动情况列于表 7。

分析表 7 可知,本区的地震活跃期一般为 15—16 年(第 4 活跃期稍短,为 12 年);平静期一般为 6—8 年(第 3 平静期稍长,为 11 年)。活跃期内,一般发生 6.7—7.6 级强震 24—30 次,7.7 级以上巨震至少 1 次;平静期内,一般发生 6.7—7.6 级地震 1 次,没发生 7.7 级以上地震。

① 郑大林等,中国西部及其邻近地区的地震活动性,国家地震局分析预报中心,1991.5.

表 7 中国西部及邻区地震活动分期①

| 地震平静期                                   |  |         |      | 地震活跃期                                   |  |         |      |
|-----------------------------------------|--|---------|------|-----------------------------------------|--|---------|------|
| <div>次数</div> <div><math>M</math></div> |  | 6.7—7.6 | >7.7 | <div>次数</div> <div><math>M</math></div> |  | 6.7—7.6 | >7.7 |
| 时段                                      |  |         |      | 时段                                      |  |         |      |
| 1890—1896                               |  | 6       |      | 1897—1912                               |  | 30      | 13   |
| 1913—1919                               |  | 7       |      | 1920—1934                               |  | 26      | 5    |
| 1935—1945                               |  | 25      |      | 1946—1961                               |  | 30      | 6    |
| 1962—1969                               |  | 8       |      | 1970—1981                               |  | 24      | 1    |
| 1982—1987                               |  | 8       |      | 1988—?                                  |  | 8       |      |

## 2. 地震活动分区及其动态分析

在地震活动趋势分析工作中，常须要研究不同时期各地震区（带）地震活动性的差异，并以历史地震活动的分析结果为依据，根据近期地震活动特点推断未来的发展趋势。这项工作是以地震区（带）为研究单元，地震区（带）划分的合理与否对分析结果有直接影响。郑大林等<sup>①</sup>将中国西部及邻区划分为 6 个浅源地震区和两个中深源地震区（图 6）。

图 7 是各地震区（带）的  $M-t$  图。表 8 是据图 7 得到的各地震区（带）的地震活动分期。从图 7 和表 8 可见，各地震区的地震活动都存在活跃期和平静期交替出现现象。1891 年以来，天山地震区、兴都库什深源地震区和喜马拉雅南缘地震区经历了 4 个平静期和 4 个活跃期；帕米尔青藏高原地震区、青藏高原北部地震区、阿尔泰贝加尔地震区和缅甸中深源地震区只经历了 3 个平静期和 3 个活跃期；川滇地震区却经历了 5 个平静期和 5 个活跃期。各地震区地震活跃期的重复周期大致可分为两种，青藏高原北部地震区、阿尔泰贝加尔地震区和缅甸中深源地震区重复周期较长，为 12 年左右；其余 5 个地震区重复周期为 6 年左右。

从图 7 和表 8 还可看到，8 个地震区进入最近的活跃期的时间比较一致，除帕米尔青藏高原地震区和兴都库什深源地震区的活跃期是 70 年代初开始外，其余 6 个地震区基本上都在 80 年代中后期开始。即使 70 年代初进入活跃期的地震区今后仍将活跃一段时间。因此，整个中国西部及邻区目前已处于地震活跃期。

## 3. 8 级地震前地震活动图像

中国西部及邻区范围内，有记载以来共发生 8 级地震 23 次（表 9）。由于资料原因除 1411 年 9 月 29 日西藏当雄 8 级地震外，其余 22 次 8 级地震前都出现了  $M>6.0$  地震空区（或条带）。表 9 给出了 8 级地震前空区（条带）的有关资料。

由表 9 可知  $M>6.0$  地震条带上的第一个  $M>6.0$  地震在 8 级地震前 20—50 年出现，大约经历 15—43 年形成条带，条带长度一般达 600—800km，最长者可达 1600km。在条带形成后 4—20 年发生 8 级地震的比例占 43% 以上，其震中位于条带上或其附近。对地震空区而言，时间跨度要大一些，一般在 8 级地震前 20—120 年，在其附近发生空区

① 郑大林等，中国西部及邻区地震形势的研究，1991.5。