

# 甘肃省东南部未来地震危险区的模式识别

蔡红卫

(国家地震局兰州地震研究所, 兰州 730000)

**摘要** 在综合分析甘肃省东南部地震地质特征的基础上, 利用模式识别方法判定未来地震危险区的可能位置. 结果表明, 本区易发生地震的地点与全新世断裂强烈活动段相吻合, 从而提高了对未来地震危险区判定的可信度.

**关键词:** 地震地质 模式识别 地震危险区 甘肃

## 1 引言

自 1985 年以来, 我国大陆西部地震活动逐渐呈现起伏增强的趋势, 据预测我国大陆将进入一个新的地震活跃期, 90 年代至下世纪初将是强震多发的高潮时段. 对甘肃省来说, 1990 年 10 月 20 日在天祝、古浪、景泰三县交界处发生了 6.2 级地震, 打破了 1954 年山丹 7  $\frac{1}{2}$  级地震以来无 6 级以上地震的平静局面. 近几年, 我省 5 级以上地震频繁发生, 1995 年 7 月 22 日永登县境内又发生了 5.8 级地震, 这些都预示着地震活跃期的到来.

甘肃省东南部包括兰州市以南和静宁—天水一线以西省内广大地区. 该区位于西秦岭北缘断裂带和白龙江断裂带中西段, 本世纪以来地震活动水平为 5~6 级地震的强度, 该区与祁连山地震带相比属弱活动时期, 无 7 级或 7 级以上地震发生, 目前, 该区缺震现象非常明显.

在地震危险区的判定中, 模式识别方法是常用的一种基本参考方法. 本文采用王碧泉等提出的改进的连续亨明方法<sup>[1]</sup>, 以大量的实际材料为基础, 经综合类比分析和专家评估, 对甘肃省东南部未来可能发生地震的危险区进行了综合预测分析.

## 2 基本原理和方法

亨明方法的核心就是求解亨明核和计算亨明距离. 设全部样品集合分为危险点集合  $D$  类和安全点集合  $N$  类, 两集合所含样品个数分别为  $N_1$  和  $N_2$ , 则样品总数为  $N = N_1 + N_2$ , 每个样品  $X_i$  为一个  $m$  维向量, 由  $m$  个连续特征描述:

$$X_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ij}, \dots, X_{im})^T$$

其中  $i = 1, 2, \dots, N$ ;  $j = 1, 2, \dots, m$

具体计算步骤包括:

(1) 将连续特征数据标准化

$$a_i = \max[X_{ij}] - \min[X_{ij}]$$

其中  $X_{ij}$  为第  $i$  个样品中第  $j$  个特征, 令  $X_{ij}' = (X_{ij} - \min[X_{ij}]) / a_j$  作为各个样品的第  $j$  个特征.

(2) 计算亨明核 分别计算  $D$  类和  $N$  类每一特征的均值

$$\text{地质} \quad \begin{cases} X_i(D) = (\sum_{x \in D} X_{ij}') / N_1 \\ X_i(N) = (\sum_{x \in N} X_{ij}') / N_2 \end{cases}$$

与每类样品的各特征的方差之和

$$\begin{cases} S^2(D) = \sum_{j=1}^m S_j^2(D) = \sum_{j=1}^m [ \sum_{x \in D} (X_{ij}' - X_j(D))^2 ] / (N_1 - 1) \\ S^2(N) = \sum_{j=1}^m S_j^2(N) = \sum_{j=1}^m [ \sum_{x \in N} (X_{ij}' - X_j(N))^2 ] / (N_2 - 1) \end{cases}$$

若  $S^2(D) \leq S^2(N)$ , 则计算  $D$  类样品的亨明核, 否则, 计算  $N$  类样品的亨明核,

$$Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_j, \dots, Z_m)^T$$

其中

$$Z_j = \begin{cases} X_j(D) & \text{当 } S^2(D) \leq S^2(N) \\ X_j(N) & \text{当 } S^2(D) > S^2(N) \end{cases} \quad N$$

(3) 计算亨明距离  $d_i(X_i, Z)$

$$d_i(X_i, Z) = [ \sum_{j=1}^m W_j (X_{ij}' - Z_j)^2 ]^{\frac{1}{2}}$$

式中  $W_j$  为权系数,

$$W_j = |X_j(D) - X_j(N)| / [ \max |X_j(D) - X_j(N)| + 0.5 ]$$

(4) 分类判别 根据实际需要, 我们对地震危险区进行 3 级划分, 选取了两个阈值  $T_1$  和  $T_2$ , 且  $T_1 < T_2$ .

对于  $S^2(D) \leq S^2(N)$  的情况:

$$\begin{cases} X_i \in D & d_i(X_i, Z) \leq T_1 \\ X_i \in N_1 & \text{当 } T_1 < d_i(X_i, Z) < T_2 \\ X_i \in N_2 & d_i(X_i, Z) \geq T_2 \end{cases}$$

对于  $S^2(D) > S^2(N)$  的情况:

$$\begin{cases} X_i \in N_2 & d_i(X_i, Z) \leq T_1 \\ X_i \in N_1 & \text{当 } T_1 < d_i(X_i, Z) < T_2 \\ \text{约占} X_i \in D & d_i(X_i, Z) \geq T_2 \end{cases}$$

其中  $D$  为高值区,  $N_1$  为中值区,  $N_2$  为低值区.

### 3 研究区的地震地质背景

研究区位于甘肃省东南部, 即康乐、和政、通渭以南, 天水、礼县以西及甘、青、川 交界地区. 大地构造自北向南分属于祁连山褶皱带的陇中台块、秦岭褶皱带和松潘—甘孜褶皱系中的若尔盖台块, 各大地构造单元之间都为较大的断裂所分割<sup>[4]</sup> (图 1).

本区自晚更新世以来构造活动强烈, 地震频繁, 历史上最强的地震震级为 7~7.5 级. 当前, 本区北部控制性的主压应力方向为北东至北东东向, 南部逐渐偏转为近东西向. 在该区域应力场的作用下, 本区北西西向断裂以左旋走滑活动方式为主, 北北西向断裂以右旋走滑为

主. 区内地震活动特别是强震活动多沿区域性较大断裂分布, 主要活动断裂有以下几条:

(1) 榆中—清水断裂带 发育在研究区北部, 断层的西端自兰州盆地的南北边缘沿兴隆山、马衔山两侧向东南方向延伸, 总体走向北  $45^\circ$  西, 本断裂带上历史上最大地震为 1125 年兰州 7 级地震和 1718 年通渭  $7\frac{1}{2}$  级地震.

(2) 西秦岭北麓断裂带 本断裂带是祁连山褶皱系与秦岭褶皱带大地构造单元的分界断裂, 东起天水以东, 经武山、漳县直至太子山以西, 全长约 500 km, 总体走向北  $70^\circ \sim 80^\circ$  西, 这是本区控制性的活动断层, 由东向西可分为以下 4 个活动段: 天水活断层、武山活断层、漳县活断层和锅麻滩活断层.

该断裂带历史上地震频繁, 公元 734 年 7 级地震及 1885 年 6 级地震均发生在水天附近, 另外还有公元 143 年甘谷附近的 7 级地震等.

(3) 合作—宕昌断裂带 该断裂带晚更新世以来曾有多次强烈的活动, 表现为左旋走滑兼逆冲性质, 本断裂带活动性较强, 历史上曾发生过 1753 年  $6\frac{3}{4}$  级、1837 年 6 级及 1961 年 5.7 级地震.

(4) 迭山—白龙江断裂带 这是本区又一条区域性的大断裂带, 总体走向北  $60^\circ$  西, 中更新世以来以左旋走滑为主兼有逆冲活动. 这一断裂带由大致平行的 4 条断层即迭山北麓、迭山南麓、白龙江南及白龙江北断层组成. 历史上曾发生地震多次, 最大震级为  $6\frac{1}{2}$  级.

(5) 礼县—罗家堡断裂带 断层全长 180 km, 走向北  $80^\circ$  东, 为一高角度左旋性质断裂带. 曾发生过 1654 年 8 级大震, 现今弱震仍集中在此段.

(6) 哈南—青山湾—稻畦子断裂带 全长约 95 km, 总体走向北东东向, 运动性质以左旋走滑为主, 曾发生过 1879 年 8 级大震, 至今仍有小震活动.

(7) 礼县—江口断裂带 近南北向断裂, 全长 60 km, 倾滑性质. 1987 年 9 月在江口曾发生过一次 5.1 级地震.

各断层位置见图 2, 断层编号与文中相同.

## 4 未来地震危险区的确定

甘肃省东南部整个研究区的范围很大, 全区范围内不可能到处都遭到相同烈度地震的袭击. 为此, 须将整个研究区内可能发震的区域的危险性大小进行综合模式识别以力求提高对危险区判定的可信度.

根据本区内古地震、历史强震发生的构造背景、区域地壳结构以及形变测量结果等地震地质条件和地球物理场特征, 再根据专家意见, 应用模式识别方法进行量化处理, 提出模式识别

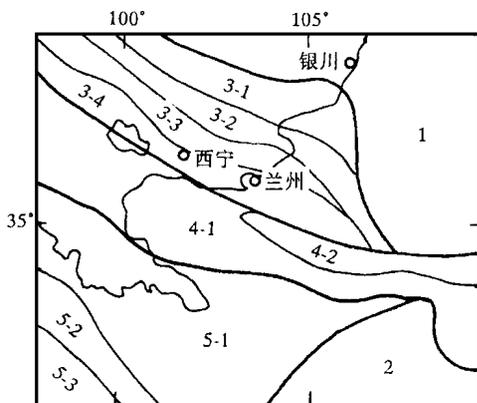


图 1 大地构造分区图

Fig. 1 Geotectonic division.

- 1 中朝准地台; 2 扬子准地台; 3 祁连山褶皱系  
 (3-1 走廊过渡带; 3-2 北祁连山槽褶皱带;  
 3-3 中祁连山隆起带; 3-4 南祁连山槽褶皱带);  
 4 秦岭褶皱系(4-1 南秦岭冒地槽褶皱带;  
 4-2 礼县—柞水冒地槽褶皱带); 5 松潘—甘孜褶皱系  
 (5-1 巴颜喀拉褶皱带; 5-2 雅江褶皱带;  
 5-3 玉树—义敦褶皱带)

的依据, 归纳选择出模式识别的有关标志, 划出 2005 年之前可能发震的危险区域. 同时还考虑到本区活断层、深部构造特征和覆盖层的影响参数在空间上的不均匀性分布, 以及断裂活动的强弱程度等, 在数值受权时均进行了严格区别对待. 专家们主要是根据地震地质、地质力学、地应力、地形变、地震活动性来进行评定的.

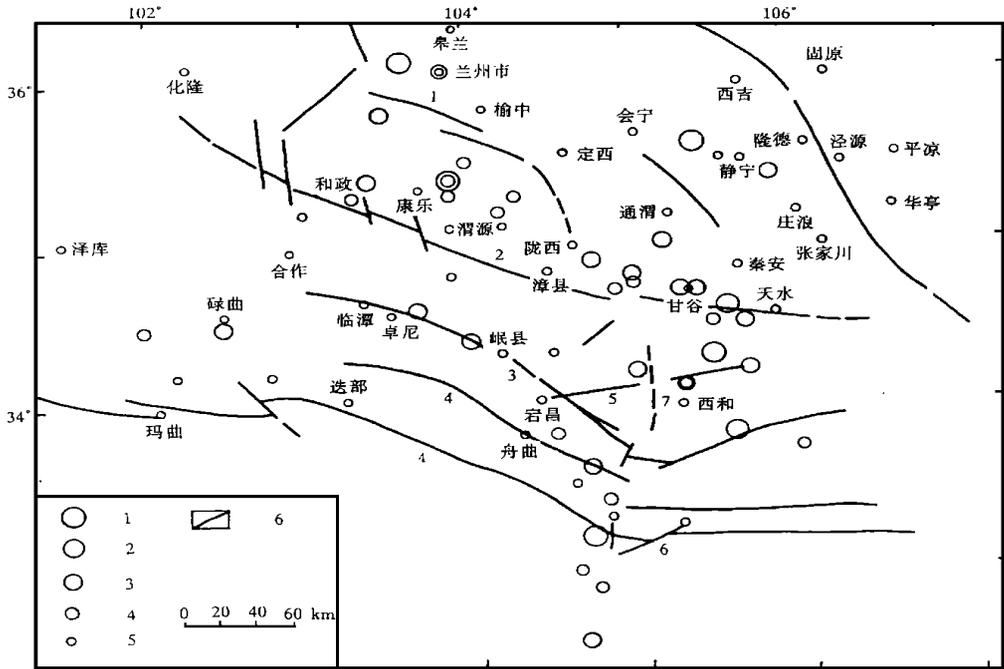


图 2 断裂及强震震中分布

Fig. 2 The distribution of faults and epicenters of strong earthquakes.

- 1  $M_S \geq 8.0$ ; 2  $7.0 \leq M_S \leq 7.9$ ; 3  $6.0 \leq M_S \leq 6.9$ ;
- 4  $5.0 \leq M_S \leq 5.9$ ; 5  $4.0 \leq M_S \leq 4.9$ ; 6 断裂带

根据以上意见, 采用改进的连续亨明方法, 将研究区划分成 1 500 个样品点进行识别, 识别结果按样品等级划分为 3 类识别区(图 3).

第 I 类高数值区, 其分布与全新世断裂强烈活动段相吻合, 是判定强震危险区的重要基础. 大体划为 4 个小区: 和政—康乐、陇西—漳县、迭部—舟曲、武都—文县.

第 II 类中数值区, 在研究区内所占面积较大, 可作为未来中强地震危险区的重要依据.

第 III 类低数值区或空白区, 它们多处于构造活动微弱或稳定的地区.

## 5 结论

模式识别给地震地质、地球物理以及地震活动性等分类特征以简单的数字集合, 每个图象等级数值代表一个特征状态, 并分配一定系数的权, 再进行综合识别, 它可以克服人为意断的局限, 给出正确的综合和定量的指标, 能比较客观地反映出未来地震活动的趋势. 因此, 在综合分析地震地质特征的基础上, 利用模式识别方法判定未来地震危险区是一条可行的途径.

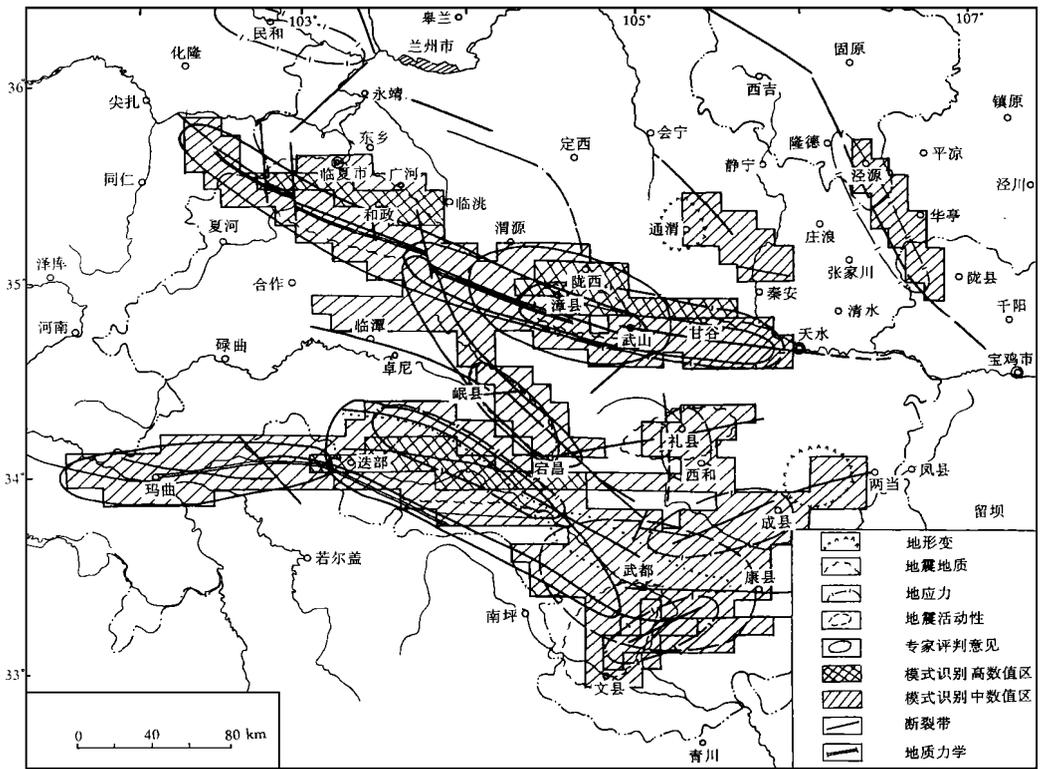


图 3 专家决策意见及模式识别结果

Fig. 3 The views of experts and the results by mode recognition.

参考文献

- 1 王碧泉, 陈祖荫. 模式识别理论、方法和应用. 北京: 地震出版社, 1989.
- 2 黄汲清. 中国大地构造及其演化. 北京: 科学出版社, 1981.

**MODE RECOGNITION OF FUTURE SEISMIC RISK REGIONS  
IN SOUTHEAST GANSU PROVINCE**

CAI Hongwei

(Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB, Lanzhou 730000)

Abstract

By using the mode recognition method, possible positions of future seismic risk regions have been determined through the comprehensive analysis of seismogeological characteristics in south-east Gansu Province. The results show that the places prone to earthquakes in the working area correspond to the strongly active segments of Holocene faults, thus the reliability to determine the future seismic risk regions is enhanced.

**Key words:** Seismic geology, Mode recognition, Seismic risk region, Gansu