

荣棉水、杨勇、史保平等, 2012, 地震活动性预测并划分未来地震发生的潜在区域方法研究, 中国地震, 28 (2), 144 ~ 153。

地震活动性预测并划分未来地震发生的 潜在区域方法研究

荣棉水^{1,2)} 杨勇³⁾ 史保平⁴⁾ 徐丹丹¹⁾

1) 中国地震局地壳应力研究所, 北京市海淀区安宁庄路 1 号 100085

2) 中国地震局地球物理研究所, 北京市海淀区民族大学南路 5 号 100081

3) 华融国际信托有限责任公司, 北京 100045

4) 中国科学院研究生院地球科学学院, 北京 100049

摘要 采用网格地震方法, 选取面积百分比 (33%), 确定圈闭区域的半径, 统计后期地震发生在圈闭区域内的概率。在我国 4 个不同构造环境和地震活动水平的地区, 分别统计了后期地震发生在圈闭区域内的概率。结果表明, 4 个地区后期地震发生在圈闭区域的概率远远大于面积百分比。说明未来地震是高度地聚集在过去地震发生的区域内, 采用地震活动性预测并划分未来地震发生的潜在区域的方法是可行的。

关键词: 地震活动性 统计 网格地震方法

[文章编号] 1001-4683 (2012) 02-0144-10 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

0 引言

目前地震危险性分析方法主要采用地震活动性模型, 即利用已有的地震资料划分未来地震发生的潜在区域。这种模型尤其适用于地震机制未知、地震活动构造和地球物理特征很难区分的板内区域。美国地震危险性区划图 2008 版 (Petersen et al, 2008) 在很大程度上采用了地震活动性模型 (Frankel, 1995; Frankel et al, 1996、2000; Wheeler et al, 2000; Peterson et al, 2008)。如果能很好地分析利用过去地震活动性资料划分未来强震的发生区域的可行性, 相对于未经检验的概念模型, 地震活动性模型是直观的、可验证的和有物理意义的 (Kafka, 2006)。我国拥有丰富的历史地震资料和几十年的地震台网观测数据积累, 已经具备了分析这种可行性的现实基础。

未来强震与已发生的地震在空间上的相互关系是当前仍在持续研究的热点问题之一, 目前存在 3 种待验证的假设情形。如图 1 给出的待验证假设简图所示, H1 代表假说 1, 即

[收稿日期] 2011-12-29

[项目类别] 中央公益型研究所基本科研业务专项基金 (ZDJ2011-14、ZDJ2010-08) 和国家重点基础研究发展计划 (973 项目) (2011CB013601) 资助

[作者简介] 荣棉水, 男, 1982 年生, 助理研究员, 中国地震局地球物理研究所博士研究生。主要从事工程地震方面的研究。E-mail: waltrong@126.com

通讯作者: 杨勇, 男, 1983 年生, 硕士, 工程师。E-mail: yl83yy@126.net

未来强震仅仅发生在过去地震发生过的区域;H2 是假说 2,即未来强震仅仅发生在过去没有发生地震的区域;H3 是假说 3,即未来强震随机地发生在任何区域。通过汇集、整理和分析大量已有的地震资料,我们可以对不同的假设情形进行定量研究,从而对最可能的假设进行验证并应用于地震危险性分析。

1994 年美国筹备下一代地震危险性区划图时,成立了专门的工作组,开展利用地震活动性资料划分未来大震发生区域的研究工作,并在研究美国中东部地震危险性区

划图时提出了相关的概念,以试图使用美国中东部的地震资料验证假说 1。Cao 等(1996)假设未来大震震中聚集在 $M \geq 4.0$ 的历史地震震中附近,并使用背景地震活动性估算了南加州的地震危险性。Kafka 等(1998)发现在美国中东部未来地震常常发生在过去已发生过地震的区域附近,而非随机分布。Jackson 等(1999)使用太平洋西北、西南部的地震活动性资料($M \geq 5.8$)进行平滑处理,预测两个区域的大震趋势,发现两个区域的实际地震目录与他们的预测模型非常一致。Kafka 等(2000)对不同区域采用同样的方法验证了假说 1,得到了同样的结论。Kafka(2002)对不同区域和不同时间段进行研究,发现不管板内环境还是板间环境,未来地震发生在过去地震震中附近的概率并没有多大的差异。Kafka(2006)把全球划分成 8 个大小和形状相同的区域进行统计分析。这种分区方法的优点是比较客观而且可以排除区域大小和形状对统计结果的影响,缺点是其中每个区域包括了不同的构造环境。为了鉴别不同构造环境对统计结果的影响,又根据不同的构造环境细分了 4 个亚区。Kafka(2006)的分析结果支持了假说 1,同时也说明假说 2 不成立。其研究结果表明,未来地震高度地聚集在过去地震发生的区域内,即说明了地震不是完全地均一分布,假说 3 也不成立。

为了详细验证对于我国不同构造环境和地震活动水平的地区,利用地震活动性资料划分未来强震发生的潜在区域的可行性。本文利用东北、华北、湖南和四川等 4 个地区的地震活动性资料,采用网格地震方法分别统计后期地震发生在圈闭区域内的概率,进而讨论利用未来地震是高度地聚集在过去地震发生的区域内的假设在中国一些区域应用的适用性。

1 方法

本文采用的方法是基于对上述现象的大量研究结果(Kafka et al, 1998; Kafka et al, 2000; Kafka, 2002)总结出来的。从某种意义上来说,是一种纯粹的统计方法,并没有对地震发生的物理机制进行深入探讨。由于此方法与网格系统结构很相似,故称之为网格地震方法。即基于一个前地震目录(本文定义为 1972 ~ 1987 年 $M_s \geq 2.0$ 的地震目录),构建了以每个震中为中心、给定半径的圆,然后统计后地震目录(本文定义为 1988 ~ 2007 年 $M_s \geq 4.0$ 的地震目录)中的地震位于前地震目录为基础构建的区域中的百分比,如图 2 所示。图 2 中阴影部分代表前地震目录中的地震的周边区域,黑圆圈是后地震目录中的地震。如果

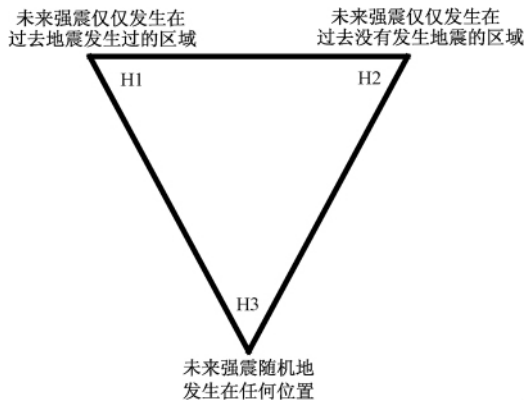


图 1 待验证假设简图

给定半径变化,则阴影部分所占整个区域面积的百分比将随之变化。当一个黑圆圈落在阴影部分时,称之为一次“命中事件”。命中事件的次数与区域内后地震目录的地震总数之比的百分数,称为 $\hat{\rho}$ 。如图2所示,8个黑圆圈中有6个落在阴影区域内,所以 $\hat{\rho}$ 为75%。

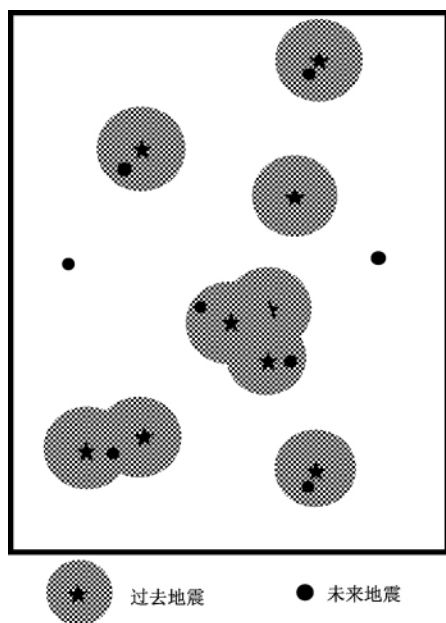


图2 网格地震方法示意图(据 Kafka(2006))

以 M 代表不同地震目录中地震的震级。前后地震目录的起始震级依据地震活动性资料的完整性和有效性来确定,起始震级的大小对 $\hat{\rho}$ 的影响不大(Kafka, 2002)。地震目录的时间段的变化对 $\hat{\rho}$ 值的影响也不大。阴影部分代表前地震目录中地震震中附近范围,黑圆圈代表后地震目录中的地震。对前地震目录和后地震目录选择不同截止震级,并针对不同地区分析不同数量和不同周期的地震。这类假说的统计检验的基本问题是需要多套独立的数据,而通常实际只有唯一的一套观测数据。虽然缺少多套独立数据,但只要转换思维,使用不同地区的地震目录作为可重复的样本数据,也可进行针对不同地区(不同的构造环境)分别利用地震活动性资料预测该地区未来地震的比较研究。

为了对比不同区域的数据统计结果,需要抓住地震活动性分布的特征,即地震活动性的分布特征与研究区域的大小和形状无关。为此,本文定义了一个标定给定区域内地震活动性分布特征的参数 P , P 的含义为围绕过去地震震中一定范围的面积占整个区域面积的百分数。因为震中周围以半径衡量的范围与地震震源过程直接相关,所以使用半径来衡量震中范围 $\hat{\rho}$ 值就更易变化。前人的大量研究表明(Kafka, 2002),给定半径确定范围所得到的 $\hat{\rho}$ 值比给定区域面积百分数 P 所得的 $\hat{\rho}$ 值对描述地震活动性特征的影响要大。因此,在进行利用不同区域地震活动性资料划分未来地震发生区域的对比研究时,使用给定区域面积百分数 P 要比使用给定半径更加有效。面积百分比 P 并不能随意给定,必须经过严格的统计分析来确定。Kafka(2002)利用全球9大研究区域地震活动性资料进行了分区研究,其结果表明,面积百分比取为33%是一种最优化的选择,采用大于33%的其他面积百分比对统计

结果的影响不大。因此,本文直接沿用其最优面积百分比,依据小震地震活动性资料,确定了围绕前地震目录中小震震中一定半径范围的区域,确定的原则是使该区域占整个研究区域的面积百分比为 33%。

2 命中次数百分数的统计分析

P 是围绕前地震目录中地震震中给定半径区域面积占整个区域面积的百分数; $\hat{\rho}$ 是后地震目录中的地震发生在至少一个前地震目录地震震中附近区域的百分数;而 ρ 表示未来地震发生在至少一个过去地震附近区域内的潜在概率。本文的研究目的就是依据统计的 $\hat{\rho}$ 值来估计 ρ 值。考虑到 $\hat{\rho}(P)$ 的分布范围,假设了两种极端情况:① $\hat{\rho}$ 在 0~1 间任意取值,也就是说过去地震的分布与未来地震可能发生的区域没有相关的联系;② P 值被选定,未来地震的发生区域将局限于可能 $\hat{\rho}$ 值的狭窄分布中。分析介于两种极端之间的情况,可以得到 $\hat{\rho}$ 的分布特征,这也就是给定 P 值时未来地震发生在过去地震附近区域的概率特征。

3 ρ 值的估计

对于不同的构造环境、起始震级和研究区域的大小、形状,统计可得到不同的 $\hat{\rho}$ 值。由此可见,使用过去地震活动性资料划分未来强震发生区域的方法是可行的、可验证的和有物理意义的。在所研究的统计时段内,从地震活动性图像中可以得到有代表性的统计样本,使用这个样本可统计研究区域内未来地震发生在过去地震附近范围内的概率。

$\rho(\text{region-name}, P)$ 代表未来地震将发生在被定义的 P 的面积区域内的概率。基于已统计的 $\hat{\rho}$ 值,可以得到置信度 95% 的置信区间 (Weiss et al, 1982) 为

$$\rho(\text{region-name}, 0.33) = \hat{\rho} \pm 1.96 \sqrt{\frac{\hat{\rho}(1 - \hat{\rho})}{n}} \quad (1)$$

其中 region-name 为研究区域的名称, n 为后地震目录中的地震个数。

4 对我国不同地震构造环境区域的分析

图 3 给出了 4 个不同的研究区域,即东北、华北、湖南和四川等,这些区域代表了不同的构造环境和地震活动水平。选择这 4 个区域主要出于两个方面的考虑:①验证 Kafka (2002) 的分析结果在我国是否有此规律;②可相对容易地得到 1972 年以来震级大于 2 的地震数据。在进行分析之前,有关这 4 个区域中小震和大震位置的相互关系的信息是未知的,这也说明本文并非为验证假说 1 而有意选取特定的、有相关规律的地区。我们从国家地震局分析预报中心汇编的《中国地震详目》(国家地震局分析预报中心, 1970~2007) 中选取了 1972 年以来每个区域的地震数据,并确定前后地震目录不同的起始震级。确定起始震级的原则有:①地震目录的完整性;②有较长的前地震目录;③后地震目录的地震次数至少有 12 次。为了进行不同区域分析结果的对比,对各个区域选取一致的时间段和光滑半径,光滑后所得的区域面积满足占整图面积 33% 这一条件。

4.1 东北地区

东北地区新生代以来构造运动较弱,是我国地震活动最弱的地区。本区域的研究范围为 $114^{\circ} \sim 134^{\circ}\text{E}$ 、 $42^{\circ} \sim 54^{\circ}\text{N}$, 选取 1972~1987 年间起始震级为 2.0 的地震数据,编录为前地

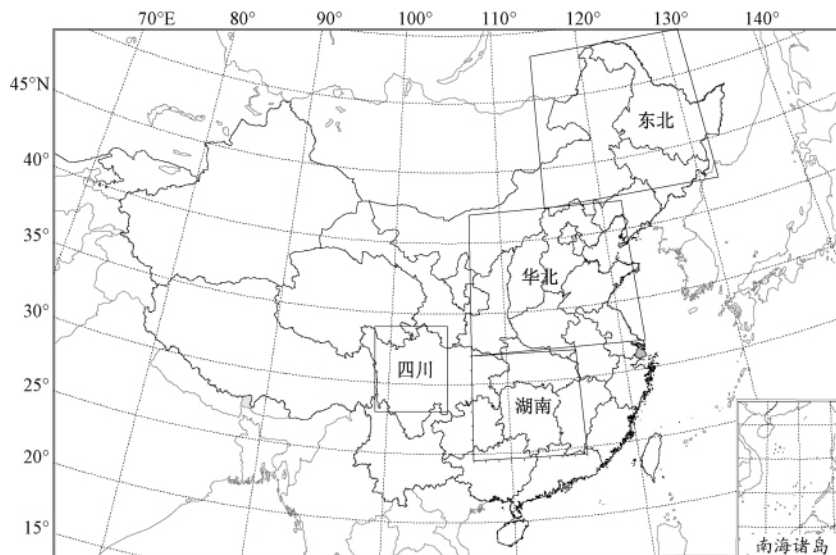


图3 研究区域空间分布图

震目录;选取 1988 ~ 2007 年间起始震级为 4.0 的地震数据,编录为后地震目录。统计可知前地震目录共有 860 次地震,后地震目录共有 36 次地震。首先删除前震和余震,本文删除前震和余震的方法均采用 K-K 法 (Keilis-Borok et al, 1980)。前地震目录删除 66 次前震和余震,后地震目录删除 0 次。然后对地震目录进行完整性分析,对于具有同一构造体系的某地震区域, P 年内发生的 $M \geq M_0$ 地震一般符合古登堡-里克特的震级与累计频度关系式 $\lg N = a - bM$ 。根据 1972 年以来的地震台网监测能力,对该地区的地震资料进行定性分析之后,可以初步判断 1972 年以来 $M_s \geq 2.0$ 的微震可能遗漏不多。图 4(a) 给出了拟合曲线。由图可见,曲线在低震级端没有出现掉头,说明使用 b 值曲线检验的结果也表明了该地区的上述地震资料基本没有遗漏。图 4(b) 给出了利用前地震目录中的小地震预测的 1988 ~ 2007 年大地震发生的区域,统计发现有 27 次地震落在此区域内,即 $\hat{\rho}$ 为 75%。在这种情况下,置信度 95% 的置信区间为

$$0.608 \leq \rho(\text{东北}, 0.33) \leq 0.892$$

经计算,图 4(b) 范围内未来地震发生在阴影区域内的概率为 0.75 ± 0.142 。

4.2 华北地区

华北地区可用于分析的地震资料较多,是我国历史地震记载和仪器记录数据最完整的区域,该区域的研究范围是 $32^\circ \sim 42^\circ \text{N}$ 、 $107^\circ \sim 122^\circ \text{E}$ 。仍选取 1972 ~ 1987 年间起始震级为 2.0 的地震数据,编录为前地震目录;选取 1988 ~ 2007 年间起始震级为 4.0 的地震数据,编录为后地震目录。统计可知前地震目录共有 4729 次地震,后地震目录共有 89 次地震。首先删除前震和余震,前地震目录删除 993 次前震和余震,后地震目录删除 20 次。然后用上述同样方法对 1972 年以来震级大于 2.0 的地震目录进行完整性分析,根据 1972 年以来的台网监测能力,对该地区的地震资料进行定性分析之后,可以初步判断 1972 年以来 $M_s \geq 2.0$ 的微震可能遗漏不多。图 5(a) 给出了拟合曲线,由图可见,曲线在低震级端没有出现

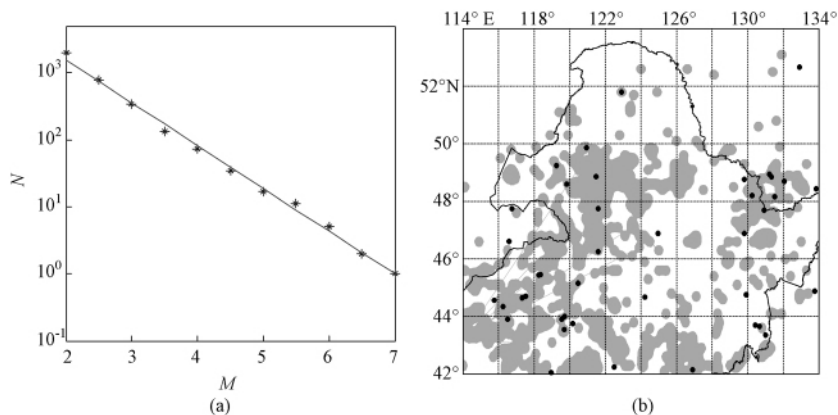


图4 (a)东北地区1972年以来 $M \geq 2.0$ 的G-R关系拟合曲线;(b)以1972~1987年间 $M \geq 2.0$ 的地震预测1988~2007年间 $M \geq 4.0$ 的地震发生位置
阴影区域代表以1972~1987年间 $M \geq 2.0$ 的地震震中为中心光滑得到的区域,黑色实点代表1988~2007年间 $M \geq 4.0$ 的地震发生位置

掉头,说明使用 b 值曲线检验的结果也表明了该地区的上述地震资料基本没有遗漏。图5(b)给出了利用前地震目录中的小地震预测的1988~2007年大地震发生的区域,统计发现有53次地震落在此区域内,即 $\hat{\rho}$ 为76.8%。在这种情况下,置信度95%的置信区间为

$$0.6684 \leq \rho(\text{华北}, 0.33) \leq 0.8676$$

计算可知,图5(b)范围内未来地震发生在阴影区域内的概率为 0.768 ± 0.0996 。

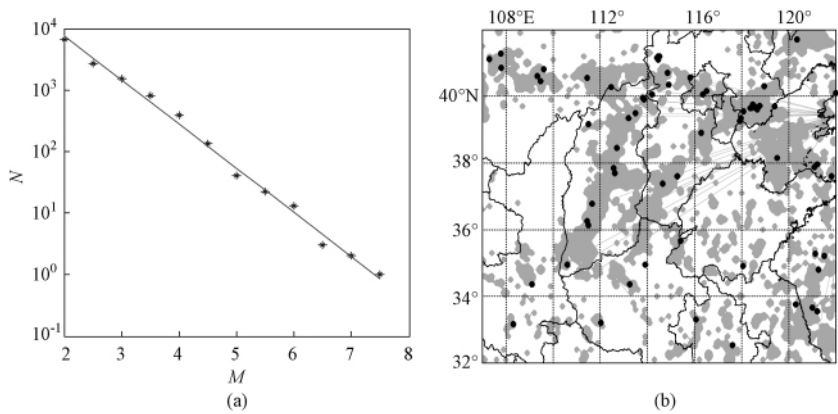


图5 (a)华北地区1972年以来 $M \geq 2.0$ 的G-R关系拟合曲线;(b)以1972~1987年间 $M \geq 2.0$ 的地震预测1988~2007年间 $M \geq 4.0$ 的地震发生位置
阴影区域代表以1972~1987年间 $M \geq 2.0$ 的地震震中为中心光滑得到的区域,黑色实点代表1988~2007年间 $M \geq 4.0$ 的地震发生位置

4.3 湖南地区

湖南地区位于长江中下游地震带,是我国华北强震活动区到华南中强地震活动区的过渡地带,地震活动水平较弱,对该地区地震构造环境和条件的认识很薄弱。因此,研究和应用该区小地震资料分析中强地震的发生规律具有重要的意义。该区域的研究范围是 24.5°

~32°N、107°~116°E, 选取 1972~1987 年间起始震级为 2.0 的地震数据, 编录为前地震目录。由于该区域内的地震活动水平较弱, 震级大于 4.0 的地震只有 7 次, 此统计的样本量太少, 并未满足前述确定起始震级的原则, 即后地震目录的地震次数至少应有 12 次。为此, 为保证后地震目录中有足够的样本量, 本文确定该地区后地震目录的起始震级为 3.5。选取 1988~2007 年间起始震级为 3.5 的地震数据, 编录为后地震目录。前地震目录共 318 次地震, 后地震目录共 22 次。首先删除前震和余震, 前地震目录删除 47 次前震和余震, 后地震目录删除 3 次。然后用上述同样方法对 1972 年以来震级大于 2.0 的地震目录进行完整性分析, 根据 1972 年以来的台网监测能力, 对该地区的地震资料进行定性分析之后, 可以初步判断 1972 年以来 $M_s \geq 2.0$ 的微震可能遗漏不多。图 6(a) 给出了拟合曲线, 由图可见, 曲线在低震级端没有出现掉头, 说明采用 b 值曲线检验后证明该地区的上述地震资料基本没有遗漏。图 6(b) 给出了利用前地震目录中的小地震预测的 1988~2007 年大地震发生的区域, 统计发现有 53 次地震落在此区域内, 即 $\hat{\rho}$ 为 79%。在这种情况下, 置信度 95% 的置信区间为

$$0.607 \leq \rho(\text{湖南}, 0.33) \leq 0.973$$

计算可知, 图 6(b) 范围内未来地震发生在阴影区域的概率为 0.79 ± 0.183 。

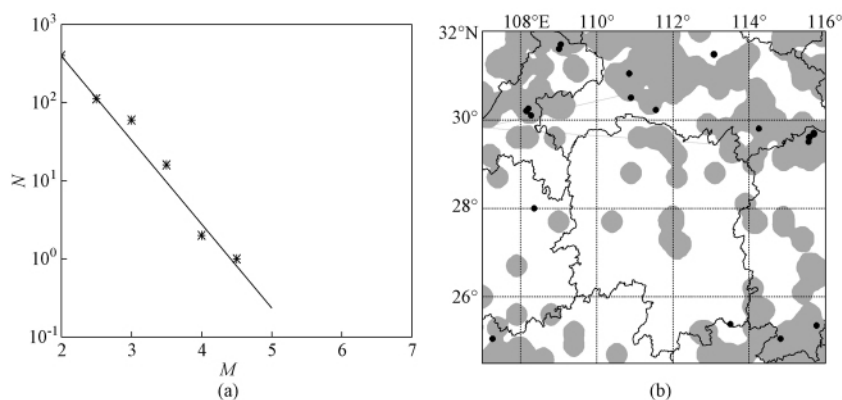


图 6 (a) 湖南地区 1972 年以来 $M \geq 2.0$ 的 G-R 关系拟合曲线; (b) 1972~1987 年间 $M \geq 2.0$ 的地震预测 1988~2007 年间 $M \geq 3.5$ 的地震发生位置

阴影区域代表以 1972~1987 年间 $M \geq 2.0$ 的地震震中为中心光滑得到的区域, 黑色实点代表 1988~2007 年间 $M \geq 3.5$ 的地震发生位置

4.4 四川地区

四川地势西高东低, 大体分为川西北高原、四川盆地及其间的盆周山区等 3 个部分。四川西部属于青藏高原的一部分, 分布着活动较强的地质断裂带, 这些活动断裂带控制了西部地区的主要强地震带。主要活动断裂带有: 甘孜-玉树断裂带、鲜水河断裂带、安宁河-则木河断裂带、岷江和虎牙断裂带、龙门山断裂带、金沙江断裂带、理塘断裂带、马边-云南盐津断裂带等。全区约有 95% 以上的强震发生在这些断裂带上。区域内的历史地震和仪器记录地震的空间分布与区内的地质断裂带的展布十分吻合, 研究中小地震的分布对该区域的地震危险性和地震预测有重要的作用。该区域的研究范围是 $28^\circ \sim 34^\circ\text{N}$ 、 $99^\circ \sim 105^\circ\text{E}$, 选取 1972~1987 年间起始震级为 2.0 的地震数据, 编录为前地震目录; 选取 1988~2007 年间起

始震级为 4.0 的地震数据,编录为后地震目录。前地震目录共 4625 次地震,后地震目录共 75 次。首先删除前震和余震,前地震目录删除 1790 次前震和余震,后地震目录删除 13 次。然后用上述同样方法对 1972 年来震级大于 2.0 的地震目录进行完整性分析,根据 1972 年来的台网监测能力,对该地区的地震资料进行定性分析之后,可以初步判断 1972 年以来 $M_s 2.0$ 的微震可能遗漏不多。图 7(a) 给出了拟合曲线,由图可见,曲线在低震级端没有出现掉头,说明采用 b 值曲线检验后证明该地区的上述地震资料基本没有遗漏。图 7(b) 给出了利用前地震目录中的小地震预测的 1988 ~ 2007 年大地震发生的区域,统计发现有 53 次地震落在此区域内,即 $\hat{\rho}$ 为 83.9%。由于没有搜集到 2007 年 4 月后的台网地震数据,此次统计数据的截止时间是 2007 年 4 月。2008 年 5 月 12 日下午 2 点 28 分在该区域龙门山断裂带发生了震级 8.0 的汶川大地震,震中经纬度坐标为 $103.37^\circ\text{E}, 31.02^\circ\text{N}$,如图 7(b) 中文字标出部位所示,此次地震也落在由该区域小地震资料预测未来大地震发生的区域内。在这种情况下,置信度 95% 的置信区间为

$$0.747 \leq \rho(\text{四川}, 0.33) \leq 0.931$$

经计算,图 7(b) 范围内未来地震发生在阴影区域的概率为 0.839 ± 0.092 。

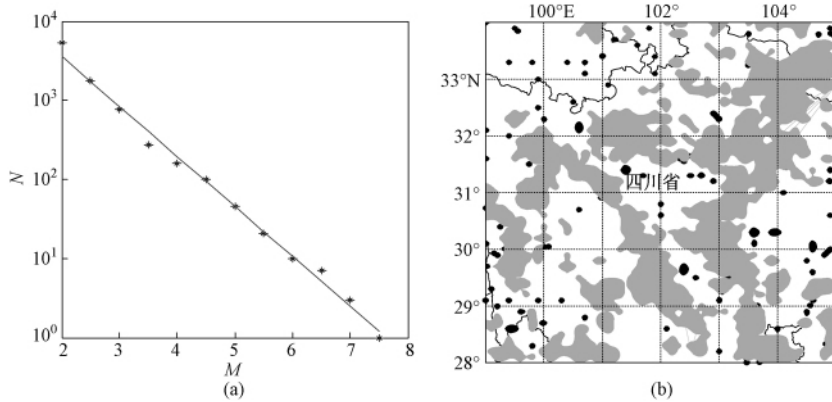


图 7 (a) 四川地区 1972 年以来 $M \geq 2.0$ 的 G-R 关系拟合曲线; (b) 1972 ~ 1987 年间 $M \geq 2.0$ 的地震预测 1988 ~ 2007 年间 $M \geq 4.0$ 的地震发生位置

阴影区域代表以 1972 ~ 1987 年间 $M \geq 2.0$ 的地震震中为中心光滑得到的区域,黑色实点代表 1988 ~ 2007 年间 $M \geq 4.0$ 的地震发生位置

5 结论

图 8 给出了 1988 ~ 2007 年间东北、华北、四川和湖南等 4 个地区的地震命中次数百分数 $\hat{\rho}$, 分别为 75%、76.8%、83.9% 和 79%, 平均值为 78.65%, 且 4 个研究区的 $\hat{\rho}$ 值都远远大于 33%。这一定量研究结果明显地支持了假说 1。本文讨论的东北、湖南地区属于地震活动性较弱的地区,对于这两个研究区,后地震目录中的大震绝大部分发生在前地震目录中地震发生的周边范围内。而华北、四川地区属于相对较强的地震活动区,也有类似的研究结论。

综合 Kafka (2002, 2006)、Kafka 等 (2000) 对世界各地的统计分析结果和本文引入的划分未来地震发生潜在区域的定量研究方法对我国不同构造区域的统计分析结果,表明了

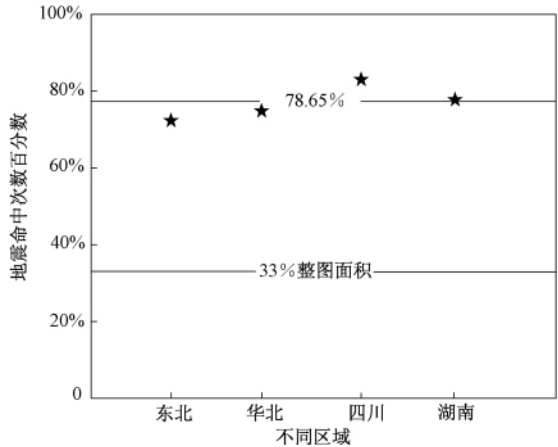


图 8 4 个区域统计结果

五角星代表不同区域的 $\hat{\rho}$ 值;上、下横线分别代表 4 个区域的平均值和面积百分比 P

板块内、板块边界和不同构造环境中的 $\hat{\rho}$ 值没有显著差异,而且 $\hat{\rho}$ 值都远远高于面积百分比 $P(33\%)$,这一结论支持了假说 1,表明采用地震活动性预测并划分未来地震发生的潜在区域的方法是可行的。

参考文献

国家地震局分析预报中心,1970~2007,中国地震详目,北京:地震出版社。

Cao T Q, Petersen M D, Reichle M S,1996,Seismic hazard estimate from background seismicity in southern California,Bull Seis Soc Am, **86** (5), 1372~1381.

Frankel A D,1995,Mapping seismic hazard in the central and eastern United States,Seis Res Lett, **66** (4), 8~21.

Frankel A D, Mueller C, Barnhard T, et al, 1996, National Seismic Hazard Maps: Documentation June 1996. U. S. Geol Surv Open-File Rept, 96~532, U. S. Geol Surv:110.

Frankel A D, Mueller C S, Barnhard T P, et al, 2000, USGS National Seismic Hazard Maps, Earthquake Spectra,**16** (1), 1~19.

Jackson D D, Kagan Y Y, 1999, Testable earthquake forecasts for 1999, Seis Res Lett,**70** (4), 393~403.

Kafka A L, 2002, Statistical analysis of the hypothesis that seismicity delineates areas where future earthquakes are likely to occur in the central and eastern United States, Seis Res Lett, **73** (6), 992~1003.

Kafka A L, 2006, Does seismicity delineate zones where future large earthquakes are likely to occur in intraplate environments? Continental Intraplate Earthquakes: Science, Hazard, and Policy Issues, 1~49.

Kafka A L, Levin S Z, 2000, Does the spatial distribution of smaller earthquakes delineate areas where larger earthquakes are likely to occur, Bull Seism Soc Am, **90** (3), 724~738.

Kafka A L, Walcott J R, 1998, How well does the spatial distribution of smaller earthquakes forecast the locations of larger earthquakes in the northeastern United States? Seis Res Lett, **69** (5), 428~439.

Keilis-Borok V I, Knopoff L, 1980, Bursts of aftershock of strong earthquakes, Nature, **283** (P5744), 259~263.

Petersen M D, Frankel A D, Harmsen S C, et al, 2008, Documentation for the 2008 update of the United States national seismic hazard maps, U. S. Geol Surv Open-File Rept, 2008~1128. U. S. Geol Surv:4~5.

Weiss N, Hassett M,1982,Introductory Statistics: Reading, Massachusetts, 651,Boston:Addison-Wesley Publishing Co.

Wheeler R L, Frankel A D,2000,Geology in the 1996 USGS seismic-hazard maps, Central and Eastern United States,Seism Res Lett, **71** (2), 273~282.

Research on methodology of seismicity delineating zones of potential large earthquakes

Rong Mianshui^{1,2)} *Yang Yong*³⁾ *Shi Baoping*⁴⁾ *Xu Dandan*¹⁾

1) Institute of Crustal Dynamics, CEA, Beijing 100085, China

2) Institute of Geophysics, CEA, Beijing 100081, China

3) Huarong International Trust Co Ltd, Beijing 100045, China

4) College of Earth Science, GUCAS, Beijing 100049, China

Abstract The cellular seismology method has been proposed. While using this method, we first select a percentage of map area (33%), and then determine the radius of trap region, and finally estimate the probability of “after” earthquake in the trap region. In four regions of different tectonic environments and seismic activity in China, we estimate the probabilities of “after” earthquake in the trap regions respectively. The results indicate that the probability of “after” earthquake in the trap region is greater than the percentage of map area, and that future earthquakes may occur more frequently where there have been earthquakes in the past. Therefore, it is feasible to use seismicity prediction to delineate potential locations of future earthquakes which varies for regions with different tectonic environments.

Key words: Seismicity Statistics Cellular seismology method