

江淮地震区整体稳定性和局部不稳定性 及未来中强地震预报探讨

王铮铮 刘红桂 冯志生

(江苏省地震局, 南京 210014)

摘要 应用系统整体稳定和局部不稳定两种状态预测地震的思想, 根据历史地震分布及地震构造环境等选定 $29^{\circ} \sim 34^{\circ} 30' N$, $110^{\circ} \sim 125^{\circ} E$ 区域作为相对独立的地震活动暂定态系统. 寻找其内部非线性区, 判定该区域内地震活动趋势和未来应重点关注的地区. 判断结果与1996年11月南黄海地震基本对应.

关键词 华南 江淮地震区 整体稳定性 局部不稳定性 地震趋势预测

1 基本思想

秦保燕根据现代统计物理学的思想提出了通过一个系统的整体稳定和局部不稳定两种状态的拟合来进行地震三要素预报的思路^①. 现代统计物理学认为, 一个复杂系统存在三种基本状态: 即平衡态、非平衡定态和非平衡态. 系统如果与外界环境没有宏观的能量交换则处于平衡态. 当一个开放系统具有恒定的外部条件, 经过一定时间后就能达到一个宏观上不随时间变化的定态, 这种恒定状态处于一种非平衡的线性区, 即其系统的整体是稳定的, 系统内局部的失稳存在, 因而存在局部的突变行为, 但突变发生后仍会回到平衡位置, 所以称为非平衡定态. 其中系统中的子系统远离平衡态, 处于非平衡态的非线性区, 子系统产生失稳的现象, 称为非平衡态. 应用到地震研究领域, 就是把大的地壳块体视为巨系统, 震源作为子系统. 从中长期时间尺度来看板块运动的作用是相对恒定的, 因此大的地壳块体应处于非平衡定态. 大块体整体的内部过程和外部的交换过程应该具有线性规律. 而大块体内部存在的孕震区由各自局部条件决定, 处于一种非线性状态. 因此可以用大系统的定态进行强震的时间和强度预报, 而用突发事件发生前次一级系统(包含地点信息)具有的非线性行为来预报强震发生地点.

2 地震定态系统的确定

文献[1]指出, 在我国境内以南北地震带为界明显分为东西两个地震区域. 东部地区除东北三省和台湾省外, 由北至南地震活动表现出明显的减弱状态. $34^{\circ} 30' N$ 以北地震密集, 震级较大; $29^{\circ} \sim 34^{\circ} 30' N$ 为中强地震区. 区内中强地震主要分布在长江两侧; $29^{\circ} N$ 以南至华南沿海以北地区的地震孤立分散, 强度也较小. 从历史地震的时间分布来看, $29^{\circ} \sim 34^{\circ} 30' N$, 110°

本文1996年12月12日收到.

第一作者简介: 王铮铮, 女, 1948年2月生, 副研究员, 长期从事地震预报和监测工作.

① 秦保燕. 由震源系统的整体稳定和局部的不稳定探讨中强地震预报. 见: 国家地震局震害防御司编. 国家地震局85-05项目成果. 1992.

~125°E 区域内的地震活动有其自身的规律, 是一个较为独立的区域. 图 1 是 1300 年以来该区域 5.0 级以上地震 $M-t$ 图. 由图可以看到, 地震活动存在 350 年左右的周期, 且 1700 年前后的地震包络线十分相似. 因此我们选定该地区为研究区, 暂称为江淮地震区. 1900 年以来该地区的主体活动区域见图 2.

从地质构造看, 我国东部三条东西向构造, 即阴山、秦岭和南岭将我国大陆内部分割成纬向板块. 地质学家研究发现存在扬子板块与华北板块的巨大碰撞带. 此带北起四川北部, 横跨陕西、河南至山东日照、荣城, 这一线正位于华北与江淮分界线附近.

我国东部地区西受印度洋板块挤压, 东受西北太平洋和菲律宾板块的俯冲影响, 北有西伯利亚块体的阻挡. 这些板块运动对于东部地块不断提供能量. 由于它们的运动方向和幅度相对比较稳定, 因而使东部地块处于一个恒定的外部条件之下. 江淮地震区作为其中特定的一部分, 是整个东部地区的次一级系统. 由于它内部地震活动以中强地震为主, 与华北强震区和华南弱震区有明显的区别, 因而尝试将其作为一个定态系统.

图 3 是江淮地震区 1800 年以来(由图 1 也可见, 1800 年以后的地震包络线呈下降趋势, 线性度好, 同时该段时间内的资料也较完整)的蠕变曲线, 图中明显反映出地震的活跃与平静阶段. 根据地震目录, 可划出三个 $M_S \geq 5.0$ 地震应变急剧释放时段: 1844~1855, 1905~1934 和 1974 年以后, 见表 1.

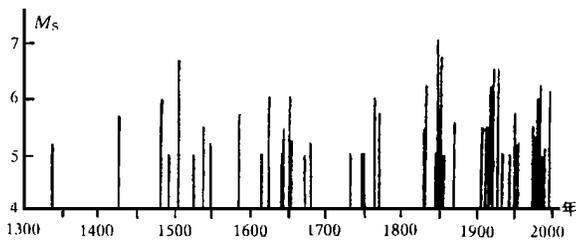


图 1 江淮地震区历史地震 $M-t$ 图
Fig. 1 $M-t$ diagram of historical earthquakes in Jiang-Huai seismic area.

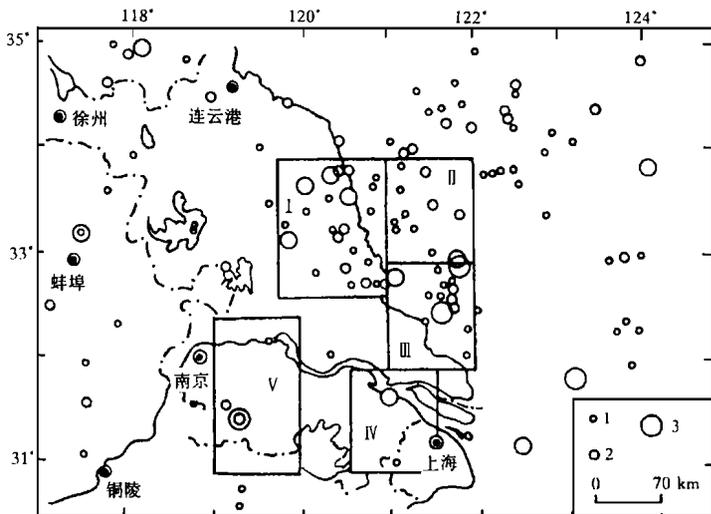


图 2 江淮地震区近期 $M_L \geq 3.5$ 地震分布及监测区域划分
Fig. 2 Distribution of recent $M_L \geq 3.5$ earthquakes and monitoring area in Jiang-Huai seismic area.

I 苏北及近海区; II 黄海区; III 南黄海区; IV 太湖以东区; V 溧阳区
1 $M_L = 3 \sim 4$; 2 $M_L = 4 \sim 5$; 3 $M_L = 5 \sim 6$

表 1 江淮地震区应变大释放期分析表

应变大释放年份	持续时间(年)	5 级地震最大间隔年数	活跃期平静年数	总应变 $\times 10^{11} \sqrt{10^{-7} J}$	$M_S \geq 5.0$ 地震频次
1844~1855	12	5		3.619	6
1905~1934	30	4	50	3.496	15
1974~1990	7	5	40	1.226	11

对各时段的地震应变释放与时间关系进行拟合,结果如下:

- 1844~1855: $\sum \sqrt{E} = 0.466 + 0.3038Y$ 相关系数为 0.9432
- 1905~1934: $\sum \sqrt{E} = 3.336 + 0.1398Y$ 相关系数为 0.9670
- 1974~1990: $\sum \sqrt{E} = 7.966 + 0.0852Y$ 相关系数为 0.9600

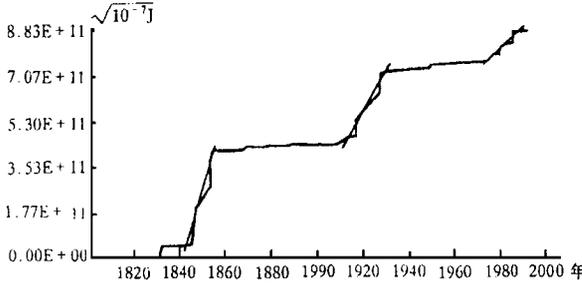


图3 江淮地震区历史地震蠕变曲线

Fig. 3 Creep curve of historical earthquakes in Jiang-Huai seismic area.

上式中 Y 为年数. 由拟合结果可以看出, 三个时段的 $\sum \sqrt{E}$ 与时间的相关系数都在 0.94 以上, 较好地符合标准定态模型. 结果还表明, 活跃期之间的平静年数基本相当. 但由于各段总应变与持续年份的差别, 应变释放速率相差较大, 分别为 0.3038, 0.1398 和 0.0852, 后段为前段的一半左右. 这种半衰减的特征反映了每一活跃时段外界提供能量的形式的差异, 表明该区受到一个更大系统的制约. 事实上, 江淮地

震区作为华北强震区到华南弱震区的过渡区, 它不足以构成巨系统, 地震活动与平静的相对稳定时期维持也不长久, 只能是一种暂定态, 是更大系统的一部分.

暂定态系统的确定, 使我们可以用其对未来地震趋势进行预测. 考察 1974 年以来的地震活跃时段, 从总应变看, 仅为前二次的三分之一, 持续的时间至今已 22 年. 由于本活动段应变释放速率的水平低, 准线性的暂定态极有可能继续维持, 因而可以据此进行外推. 图 4 是本活跃阶段的蠕变曲线. 根据此曲线可分别划出暂定态上界和暂定态下界, 拟合计算得到本区内目前已积累有 $6.47 \sim 4.94E+10$ 6.7 级地震的能量. 根据活动段内 5 级以上地震的时间间隔来看, 自 1990 年常熟 $M_S 5.1$ 地震至 1996 年已 6 年之久, 已达到下一次中强地震能量积累的后期阶段.

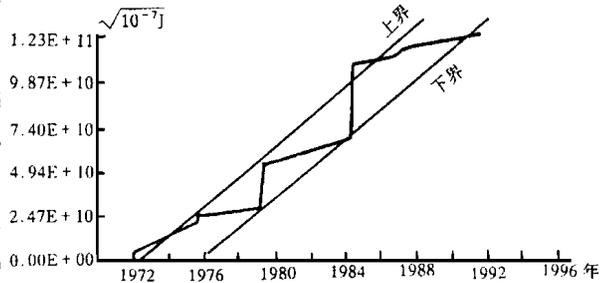


图4 江淮地震区近期地震蠕变曲线

Fig. 4 Creep curve of recent earthquakes in Jiang-Huai seismic area.

1996 年 11 月 9 日黄海南端发生 $M_S 6.1$ 地震, 但从释放的能量上看还未达到暂定态下界的外推值 6.47, 因而该区内及邻近地区未来几年发生中强地震的危险不容忽视.

3 非稳态子系统的确定

系统内部的突发事件是系统内部的宏观过程, 其发生前局部区域应具有非线性行为, 找到这种局部呈非线性状态的区域就可以预测未来中强地震的位置.

首先确定搜索区域的范围, 也就是搜索可能的孕震震源范围. 江淮地震区范围较大, 为 $5.5^\circ \times 15^\circ$, 区内也没有大规模的强震活动断裂带可供追踪, 但分析历史地震的位置可以大大缩小搜索范围. 1700 年以前, 5.5 级以上地震基本在 $118^\circ E$ 以西, 平均经度为 $117^\circ 50' E$. 1700 年以后地震活动分布的平均经度为 $120^\circ E$, 震中位置平均东移 2° 以上. 即使是 1700 年至今的地震活动也存在较明显的东移现象: 1700~1900 年地震主要发生在 $119^\circ E$ 以西, 平均经度为

119°24'E. 1900 年至今中强地震活动东移, 平均经度为 120°27'E. 据此, 可以将追踪范围缩小至 119°E 以东的区域. 从 1970 年以来仪器测定的震中位置看, 地震活动主体分布也在 119°E 以东地区, 且与历史上 6 级地震位置较为一致. 由于我们研究的是 5 级以上地震的分布, 因此, 以 1°或 1.5°为尺度根据历史和近代地震多发区划出 5 个监视区域, 分别是: I 区: 苏北及附近海区, II 区: 黄海区, III 区: 南黄海区, IV 区: 太湖以东区和 V 区: 溧阳-扬州市. 图 2 中给出了本世纪 70 年代以来江淮地震区分布和监视区域的划定范围. 分别作出各区的蠕变曲线. 其中 I 和 IV 二区的蠕变曲线存在非线性现象, 见图 5. I 区的范围为: 32°40' ~ 34°N, 119°40' ~ 121°E. 1987 年 2 月 17 日在该区内发生射阳 $M_s5.0$ 地震, 表明外界提供给该区的能量在增加, 此后曲线斜率继续明显增大, 这种不断偏离平衡位置的状态很可能使系统走向失稳而发震. 因此对该地区及其邻近地区应给予严密注视. IV 区的范围为 31° ~ 32°N, 120°30' ~ 121°30'E. 1990 年 2 月 10 日在该区内发生常熟 $M_s5.1$ 地震后, 应变释放曲线仍出现加速, 此情况引起了我们的密切注意. 1996 年 11 月 9 日在距此区 1°30' 以东的海域发生了 $M_s6.1$ 地震. 由于受观测条件的限制, 无法监测 123°附近的小震, 可以认为处于该地震附近的 IV 区的这种非线性状态一定程度地反映了此次地震的孕育.

4 结语

一个定态系统的定态状况不可能一成不变, 规模较小的暂定态系统维持的时间可能更短一些. 图 1 反映出了江淮地震区活跃时段与平静时段的两种暂定态的交替. 当外界提供能量的条件改变时, 系统可能会由一种暂定态变为另一种暂定态, 这种转折往往是突然的, 判断失误就会造成预测的错误. 如何更好地确定“转折点”, 这需要今后更深入的研究. 目前我们从应变释放的角度认为, 江淮地区仍处于 1974 年以来的暂定态, 虽然发生了 6.1 级地震, 但能量释放仍不完全, 因此对该区应予以密切注意.

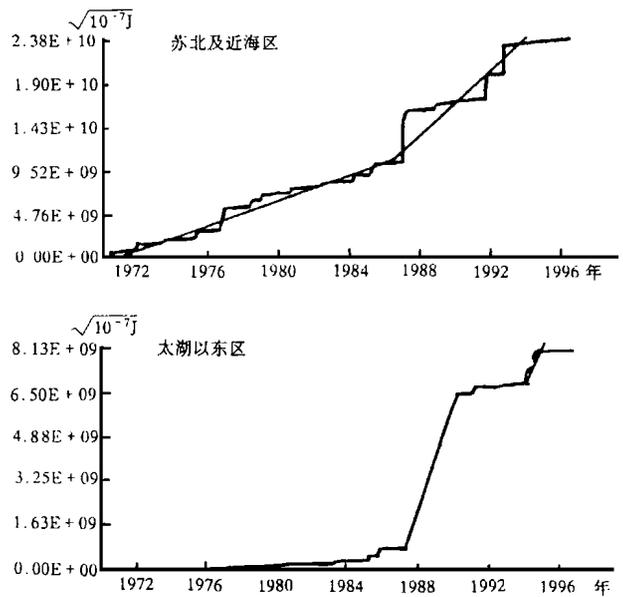


图 5 苏北及近海区、太湖以东区非线性蠕变曲线

Fig. 5 The non-linear creep curve in north Jiangsu and its coastal area and the east of Taihu lake area.

如何更好地确定“转折点”, 这需要今后更深入的研究. 目前我们从应变释放的角度认为, 江淮地区仍处于 1974 年以来的暂定态, 虽然发生了 6.1 级地震, 但能量释放仍不完全, 因此对该区应予以密切注意.

参考文献

- 程德利, 王铮铮, 姜长宁. 华东地区地震活动性、应力场特征与板块作用. 见: 中国地球物理学进展. 北京: 海洋出版社, 1994. 314 ~ 329.

**A DISCUSSION ON ENSEMBLE STABILITY AND LOCAL UNSTABILITY IN JIANG-HUAI
SEISMIC AREA AND PREDICTION FOR FUTURE MODERATE EARTHQUAKE**

WANG Zhengzheng LIU Honggui FENG Zhisheng
(*Seismological Bureau of Jiangsu Province, Nanjing 210014*)

Abstract

In this paper, the idea of forecasting earthquake with ensemble steady state and regional unsteady state is applied. According to the distribution of historical earthquakes and the seismic tectonic framework, a region ($29^{\circ} \sim 34^{\circ} 30' \text{N}$, $110^{\circ} \sim 125^{\circ} \text{E}$) as a relative independent system in which the seismicity is transient state is chosen. We search the non-linear zone, judge the seismically active tendency and delineate zone which has to be paid close attention to in the future in the region. The results are corresponding with the situation of $M_s 6.1$ earthquake in south Yellow Sea occurred on Nov. 9, 1996.

Key words South China, Jiang-Huai seismic area, Ensemble stability, Local instability, Forecast for seismically active tendency

(上接 53 页)

**RELATIONSHIP BETWEEN INFORMATION AMOUNT OF INTERVAL
PROBABILITY OF RATIO BETWEEN NITROGEN AND
HELIUM IN WELL LIAOGU-1 AND EARTHQUAKE**

ZHANG Zhaodong
(*Seismological Bureau of Shandong Province, Jinan 250014*)
ZHANG Hua
(*Institute of Civil Engineering of Shandong, Jinan 250014*)
WU Ziquan GENG Jie
(*Seismological Bureau of Shandong Province, Jinan 250014*)

Abstract

In this paper, nonlinear faulting filtering and multiple regression methods are adopted to remove the interference influence in observation data of the ratio between nitrogen and helium. Then the information amount of interval probability of the observation data is calculated. The relationship between the information amount and the earthquakes that are the 1981 Ningjin $M_s 5.8$ earthquake and the 1983 Heze $M_s 5.9$ earthquake is analysed. It is shown that the high anomalous values of the information amount appeared about two months before the two earthquakes. And the information amount returned to normal value after the earthquakes.

Key words Shandong Geochemical anomaly, Anomalous character, Information amount, Well Liaogu-1, Ratio between nitrogen and helium