

孕震条带识别的重整化群方法

白超英

(新疆维吾尔自治区地震局, 乌鲁木齐 830011)

摘要 在前人研究的基础上, 引入重整化群方法进行孕震条带的识别. 从理论上给出了识别孕震条带的定量判据, 并对文献[1]中的 32 个地震活动条带进行了回顾性的预报检验. 结果表明, 这 32 个地震活动条带中有 29 个为孕震条带, 其余 3 个则为非孕震条带. 同时将重整化群方法和文献[1]中方法所得的判据指标进行了比较, 结果表明, 重整化群方法除了具有明显的物理意义之外, 在识别孕震条带的判据上更趋于严格, 更符合地震活动条带的客观分布.

主题词 地震条带 重整化群方法 孕震条带识别

1 引言

众所周知, 地震活动条带是地震活动的客观现象. 然而实际的预报实践表明, 当出现地震活动条带时其后并不总有强震发生, 因此地震活动条带有孕震条带与非孕震条带之别. 另一方面, 以往人们在勾划地震活动条带时人为因素很大, 如条带的长度长短不一, 短至几十(或几百)公里, 长至数千公里; 又如时间窗有的为几天(或几十天), 有的则达几年; 再如有的仅包括数个地震, 而有的条带包括几十(或几百)个地震. 总之, 地震条带的划分随意性很大, 因此造成许多相互矛盾的现象.

基于上述考虑, 作者在文献[2]研究的基础上, 将重整化群方法引入地震活动条带的识别中. 试图从理论上给出孕震条带识别的定量指标, 以期对地震预报的定量化研究有所裨益.

2 孕震条带识别的重整化群方法

考虑图 1 所示的情况, 假定某一格子(单元)内有地震发生, 则认为该单元为地震相关单元. 同时假定单元的相关概率为 P_0 , 这样问题就变成单元的相关概率为何值时, 整个方阵是相关方阵, 即此时震源区地震空间活动分布图象与震源系统失稳相关. 否则与震源系统失稳无关.

图 1a 为 16×16 个单元组成的方阵, 每个单元的渗透概率 $P_0 = 0.5$. 图中黑色和白色均代表渗透单元, 但无论哪种情况都没有穿透方阵的渗透通道. 图 1b 表示 4 种标度的每一级都考虑了 4 个单元. 根据地震活动条带的几何形状, 我们考虑图 2 所示的矩形模型. 假定从左至右的两个相邻格子内均有地震发生时, 则认为该一级单元为地震相关单元. 据此可认为如果从左至右存在连续的相关路径, 这就意味着从左至右存在一地震相关条带(孕震条带).

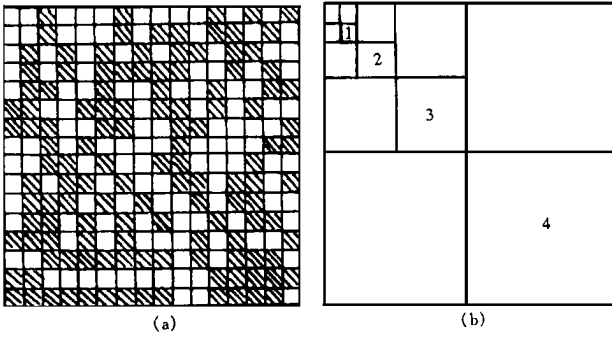


图 1 重整化群方法示意图

Fig. 1 Sketch of renormalization group method.

(a) 16×16 个单元组成的方阵; (b) 重整化群方法示意图

$$P_1 = 2P_0^4(1 - P_0)^4 + 12P_0^5(1 - P_0)^3 + 18P_0^6(1 - P_0)^2 + 8P_0^7(1 - P_0) + P_0^8$$

经整理后得:

$$P_1 = P_0^4(2 + 4P_0 - 6P_0^2 + P_0^4) \tag{1}$$

类推后可得 n 级单元的相关概率公式:

$$P_{n+1} = P_n^4(2 + 4P_n - 6P_n^2 + P_n^4) \tag{2}$$

类似于文献 [2] 的作法, 在 $0 \leq x \leq 1$ 的范围内, 我们得到了 3 个固定点, $x = 0, 0.87, 1.0$. 其中 $x = 0.87$ 为不稳定的固定点, 其物理意义为当方形格子的相关概率 $P_0 < 0.87$ 时, 经过逐次迭代, 则当 n 较大时, $P_{n+1} \rightarrow 0$, 趋于稳定的固定点, 此时整个方阵是不相关方阵, 即条带活动图象与震源失稳过程无关; 反之当 $P_0 > 0.87$ 时, 经过逐次迭代, 则当 n 较大时, $P_{n+1} \rightarrow 1$, 趋于另一个稳定的固定点, 此时方阵是相关方阵, 即条带活动图象与震源失稳过程相关. 图 3 给出了 P_{n+1} 与 P_n 的关系.

通过以上分析可知, 图 2 中所示模型符合地震活动条带的客观分布, 因此是较为理想的模型. 在该模型中一级单元由 8 个相同的方形格子组成, 其模型的长宽之比为 2. 在实际勾划条带时我们只用了模型的上半部分 (或下半部分), 这样就得到条带划分中长宽之比的下限值 $R = 4$.

在进行地震活动条带的划分中, 必须解决条带内地震个数的问题, 否则条带的划分任意性极大. 从上面的讨论中可知, 孕震条带识别的临震相关概率 $P_0 = 0.87$, 此种情况下一级单元 (包括直到 n 级单元) 的相关概率均为 0.87. 对于图 2 所示的一级单元情况, 它是由 8 个相同的格子组

假定方形格子的相关概率为 P_0 , 此时共有 9 组不同的组合单元情况. 其中 A, B, C 和 D 均为不相关单元; E 组共有 70 种组合情况, 其中只有两种情况下为相关单元; F 组共有 86 种组合情况, 其中有 12 种为相关单元; G 组共有 28 种组合, 其中有 18 种为相关单元; H 组共有 8 种组合, 均为相关单元; I 组只有一种组合, 为相关单元. 考虑所有相关单元的情况, 并计不相关单元的概率为 $1 - P_0$, 则一级单元的相关概率为

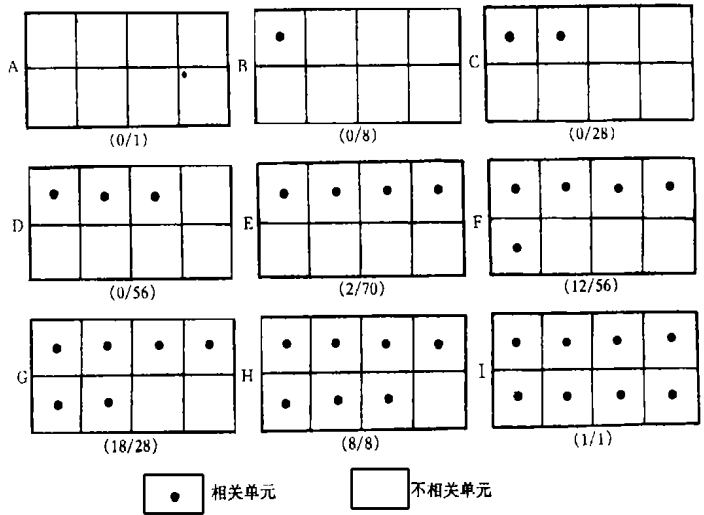


图 2 一级单元示意图

Fig. 2 The map of original elements.

成.考虑一种极限情况,即每个格子里仅发生一次地震,要满足 $P_1=0.87$,则至少 7 个格子里均有地震才行 ($7/8=0.88$).这样就得到了条带内所需地震个数的下限为 7 个.

通过以上分析讨论,我们从理论上得到了识别孕震条带的定量指标,现归纳如下:

- (1) 孕震条带长宽之比的下限 $R=4$.
- (2) 孕震条带内所需最少的地震个数下限为 7.
- (3) 格子内相关概率临震值 $P^*=0.87$.

3 震例的回顾性检验及分析结果

我们对文献[1]中的 32 次震例的地震活动条带进行了识别.其中 29 个地震活动条带被判定为孕震条带,其余 3 个未能通过检验,属非孕震条带(表 1).

孕震条带识别的大体步骤如下:以条带宽度为方形格子的边长,以这样的方形格子将条带覆盖.然后统计有震格子数与格子总数之比.图 4 给出了几个较典型的震例.从图 4 中可以看出,唐山地震、和林格尔地震和南黄海地震的地震活动条带为孕震条带.而道孚地震的条带则为非孕震条带.

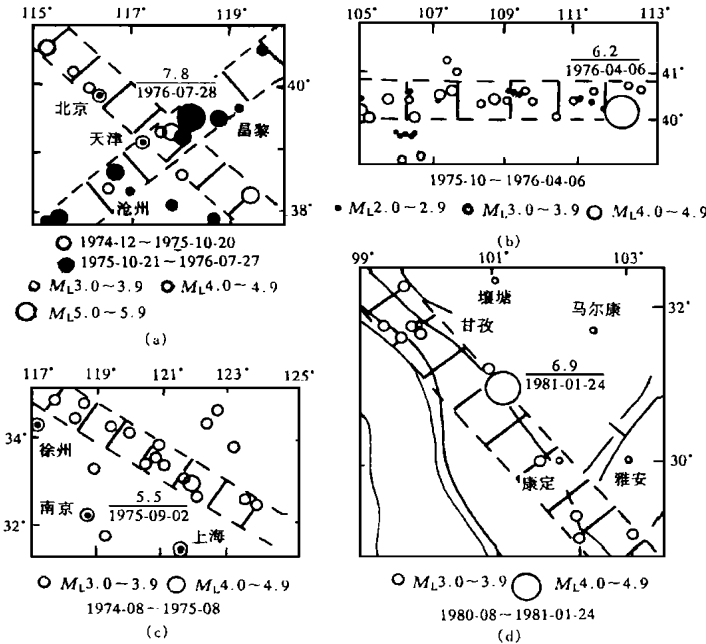


图 4 4 次地震的孕震条带的识别结果

Fig. 4 Recognizing result of seismic belts of four earthquakes.

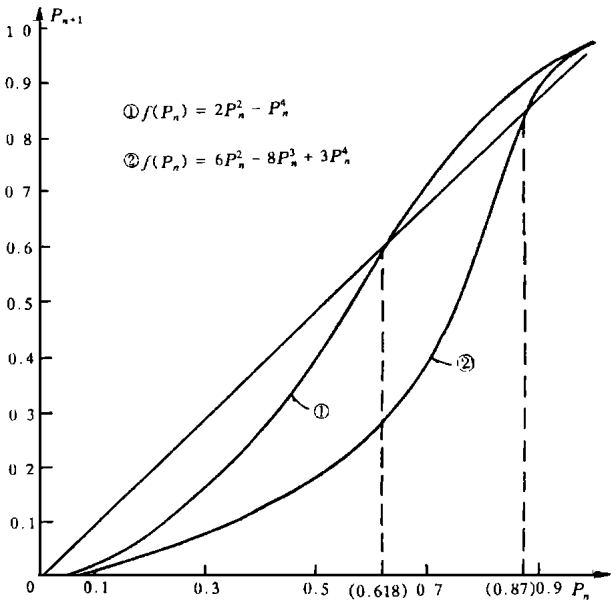


图 3 P_{n+1} 与 P_n 的关系

Fig. 3 Relationship between P_{n+1} and P_n .

4 讨论与结论

表 2 给出了用重整化群方法判别得到的孕震条带定量指标与文献[1]中给出的地震活动条带判据的比较.从表 2 中可以看出,两种方法判别孕震条带的前两个准则基本相同,差别主要是后一个判据指标.用重整化群方法所得的相关概率实际上是有震格子数占格子总数之比.而文献[1]的准则是地震空段不得超过条带全

长的 $\frac{1}{3}$. 用概率的术语, 则即为有震条带段应大于或等于全长的 $\frac{2}{3}$ (0.67). 相比之下用重整化群方法所得的定量判据较之文献[1] 从实际震例总结出的判据更加严格.

表 1 32 次震例的孕震条带识别 一览表

地震	起始震级 (M_L)	有震格子数	格子总数	相关概率	判定结果
渤海 7.4	3.0	11	12	0.92	孕震条带
松潘 7.9	4.0	9	10	0.90	孕震条带
玛尼 7.3	4.0	4	4	1.00	非孕震条带
昭通 7.1	3.0	10	10	1.00	孕震条带
海城 7.3	3.0	11	12	0.92	孕震条带
龙陵 7.6	4.0	9	10	0.90	孕震条带
唐山 7.8	3.0	11	12	0.92	孕震条带
松潘 7.2	4.0	11	12	0.92	孕震条带
越南莱州 7.1	4.0	12	12	1.00	孕震条带
河间 6.3	3.0	6	6	1.00	孕震条带
南黄海 5.5	3.0	6	6	1.00	孕震条带
和林格尔 6.1	2.0	6	6	1.00	孕震条带
海城 6.0	4.0	6	6	1.00	孕震条带
溧阳 6.0	4.0	7	8	0.88	孕震条带
五原 6.0	3.0	6	6	1.00	孕震条带
菏泽 5.9	4.0	7	8	0.88	孕震条带
南黄海 6.2	3.0	6	6	1.00	孕震条带
朝鲜 5.6	3.0	11	12	0.92	孕震条带
大邑 6.2	3.0	11	12	0.92	孕震条带
普洱 6.2	3.0	11	12	0.92	孕震条带
思茅 6.7	3.0	13	14	0.93	孕震条带
思茅 6.2	3.0	9	10	0.90	孕震条带
九龙 6.2	3.0	9	10	0.90	孕震条带
盐源 6.2	3.0	8	9	0.89	孕震条带
普洱 6.8	3.0	11	12	0.92	孕震条带
思茅 6.0	3.0	16	18	0.89	孕震条带
甘孜 6.3	3.0	6	6	1.00	孕震条带
禄劝 6.3	3.0	5	6	0.83	非孕震条带
保山 5.8	3.0	10	10	1.00	孕震条带
通海 7.7	3.0	7	8	0.88	孕震条带
道孚 6.9	3.0	6	8	0.75	非孕震条带
邢台 5.9	4.0	4	4	1.00	孕震条带

从明确的物理概念出发, 通过建立重整化群模型, 我们得到了识别孕震条带的定量指标,

并通过实际震例的检验证实了模型的合理性和实用性. 同时对理论与实际的两种结果进行了比较, 表明重整化群方法不仅具有明显的物理意义, 同时在定量判据上更趋于严格. 因此可作为识别孕震条带的一种有效方法.

表 2

地震活动条带判据	重整化群方法	文献[1] 方法
条带长宽之比下限值	$R = 4$	$R = 5$
条带内地震数下限值	$N = 7$	$N = 6$
临界相关概率值	0. 87	不超过全长的 1/3

在以上的讨论中我们并未给出孕震条带形成的开始时间以及形成孕震条带后距主震发生的间隔时间. 前者可以根据孕震条带识别的判据对地震活动条带进行动态跟踪, 从而可以得出地震活动条带何时转变成孕震条带. 对于后者目前要从理论上解决还比较困难, 但也有一些具体思路可以探讨. 例如将地震活动条带内所发生的地震进行时间序列重整化建模, 以此就有可能得到关于临界失稳的时间理论临界值. 此外在勾划孕震条带时选取多大的起始震级较为合适, 具有一定起始震级的孕震条带与未来主震的关系如何, 这也是有待于进一步研究的问题.

本文的讨论是初步的, 其目的主要是试图引入重整化群方法来探讨类似相变过程中的临界值问题. 就我们讨论的空区、条带识别问题来看, 重整化群方法是一种较理想的处理临界值问题的一种方法, 在地学中有着广阔的应用前景.

参考文献

1 许绍燮, 等. 地震预报方法实用化研究文集——地震学专辑. 北京: 学术书刊出版社, 1989.
2 白超英. 孕震空区识别的重整化群方法. 高原地震, 1993, 5(4): 1~9.
3 陈章立, 等. 大震前区域地震活动特征. 见: 国际地震预报讨论会文集. 北京: 地震出版社, 1981.
4 韩渭宾, 等. 四川 6 级以上地震前地震活动条带的特征. 地震学报, 1985, 7(1): 1~16.

THE RENORMALIZATION GROUP METHOD ON SEISMOGENIC BELT RECOGNITION

BAI Chaoying

(*Seismological Bureau of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830011*)

Abstract

Based on the study of seismic activity belts, the author introduced the renormalization group method on seismogenic belt recognition, and obtained the theoretical quantitative index of seismo-genic belt recognition. Seismic activity belts of 32 earthquakes are analysed and examined. The results show that 29 belts are seismogenic belts and the other are not the seismogenic belts among the seismic activity belts. The renormalization group method has not only an obvious physical mean, but also rigid predicting recogniting index, which is better suitable for practical distribution of seismic activity belt. So the renormalization group method is a good method for earthquake pre-diction.

Key words Seismic belt, Renormalization group method, Seismogenic belt recognition