

地震综合前兆场建场方法初探^{*}

夏玉胜

(青海省地震局, 西宁 810001)

梁子斌 蔡红卫 张 慧

(国家地震局兰州地震研究所, 兰州 730000)

杨丽萍 张 敏

(青海省地震局, 西宁 810001)

摘要 初步建立了一种能反映地震前兆时空演化全貌的无量纲、归一化可迭加的信息场——综合前兆场。通过对研究区(东经 $113^{\circ} \sim 125^{\circ}$, 北纬 $32^{\circ} \sim 44^{\circ}$)前兆场时空演化过程的分析发现, 地震前兆场由正常的低值离散逐渐发展为围绕震中呈高值封闭状态, 震后恢复正常。该方法的独特之处在于, 避开了某些单项异常对应某具体源的分析, 而是只考虑异常。根据前兆场的变化可以确定震源的大致位置。

主题词 地震前兆 综合前兆场 时空演化

1 引言

由于地壳构造及其运动的不均匀性, 地震孕育发生过程的复杂性, 前兆异常分析的人为性和场兆、源兆的不确定性, 给地震预测造成了极大的困难。例如有的手段在某次地震前有异常而在另一次地震前无异常反映。还有的手段在某些区域表现出有地震无异常、有异常无地震的现象。同时还有有异常与无异常点交错分布的现象。凡此种种, 说明地震前兆场是一个非常复杂的综合场。场中有源, 源中有场, 场源共存, 因此有时表现出“同源异象”的特点。另外, 台站分布的不均匀性, 也给预报工作带来很多困难。如何利用现有条件确立一种能将各种因素合理而又统一地考虑进去的综合性地震前兆场, 是进行综合预报的关键。本文在这方面做一次尝试。

2 综合前兆场的建立

地震前兆场应是能够反映地震前兆时空演化全貌的信息场, 所以它是各种前兆场的综合迭加场。因场中某点某种手段反映的只是该点场的一个侧面, 或总场在该方向的投影, 因此要想描述出场的全貌, 必须进行分手段综合迭加。以什么样的形式迭加才算合理, 目前还很难确定。本文首先将各种手段都折合成一无量纲并经过归一化处理的相对场强, 在此基础上考虑观测台项分布的不均匀性综合迭加成归一化的地震前兆场。

本文 1996 年 11 月 20 日收到。

^{*} 地震科学联合基金资助课题(编号: 95170)。

第一作者简介: 夏玉胜, 男, 1957 年 11 月生, 副研究员, 现从事地震预报及综合减灾方面的研究工作。

首先令地震综合前兆场

$$E(x, y, t) = E(E_1, E_2, \cdots, E_n) \tag{1}$$

其中 n 为点 (x, y) 的台项总数或观测项总数.

第 i 种手段在时刻 t 对场点 (x, y) 的贡献

$$E_i(x, y, t) = A_i \eta_i \tag{2}$$

其中 A_i 为归一化异常幅度 ($0 < A_i < 1$), η_i 为资料信用 ($0 < \eta_i < 1$).

2.1 归一化异常幅度 A_i 的确定

因不同手段异常的判别指标不同, 所以要对异常幅度进行归一化处理.

首先对某一类前兆资料规定两个常数 $\hat{a}_1, \hat{a}_2 (\hat{a}_2 > \hat{a}_1)$, 当变化幅度小于等于 $\hat{a}_1$ (如地电取 1%) 时, 规定 $A=0$; 变化幅度大于等于 $\hat{a}_2$ (如地电取 2%) 时, $A=1$; 在 $\hat{a}_1, \hat{a}_2$ 之间的采用线性差分.

2.2 资料信用 η_i

对某一手段而言, 根据记录仪器的性能和精度、场地条件影响等诸因素, 在 0~1 之间适当地给出该点该手段的异常信用.

2.3 综合场场强 $E(x, y, t)$

因对分场已进行了无量纲归一化处理, 假设(1)式为一物理场, 将观测台项分布的不均匀性再考虑进去做进一步的归一化处理, 令:

$$E(x, y, t) = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \eta_i}{n} \tag{3}$$

在具体操作时, 可采取合适的半径窗口对空间进行一定步长的滑动处理, 这样便可得到前兆场随时间变化的空间分布形态. 本文采用 $1^\circ \times 1^\circ$ 矩形窗口, 滑动步长取为 0.2°.

3 资料选取及综合前兆场演化规律分析

考虑到台站分布情况, 同时为了观察强震, 特别是多个地震成组孕育时, 在场中有源, 源中有场, 场源共存的情况下前兆场的时空演化特征, 选取华北北部和东北的西南部为研究区, 即东经 $113^\circ \sim 125^\circ$, 北纬 $32^\circ \sim 44^\circ$. 台站分布见图 1. 对各种单项手段的异常, 原则上不再进行具体分析, 采用各学科过去已确认的异常指标判定结果, 资料多数取自《中国震例》^[1,2]. 由于 1975 年海城 7.3 级地震和 1976 年唐山 7.8 级地震发生在研究区内, 因此研究时间段取在 60 年代末至 70 年代末. 值得说明的是, 在某些台网观测点, 有些手段未发现任何前兆异常反应, 但仍然一同参加计算. 研究区内

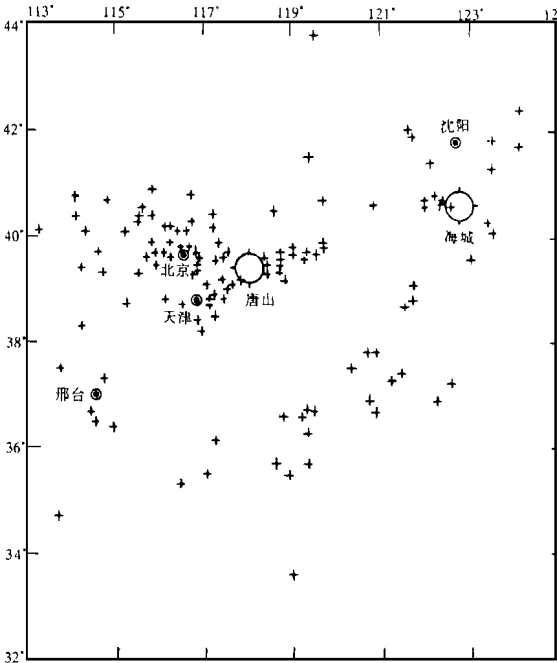


图 1 前兆台站分布图

Fig. 1 Distribution of the precursory stations.

综合前兆场的时空演化见图 2 和图 3.

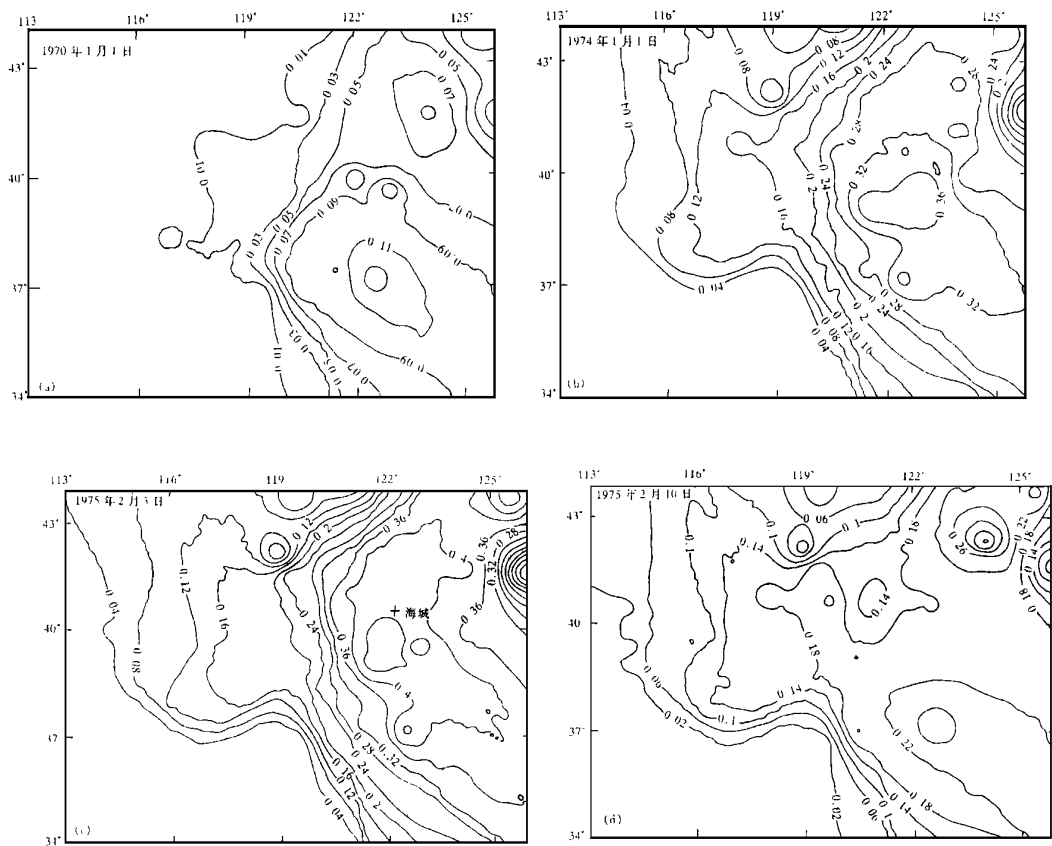


图 2 1975 年海城地震前后地震综合前兆场时空演化图

Fig. 2 Time-space evolution of comprehensive seismic precursory field before and after the 1975 Haicheng earthquake.

从图 2 可以看出,从 1970 年初开始,研究区内综合前兆场强度值很低,约为 0.1 左右,等值线比较离散(图 2a).从 1974 年初开始研究区内场强度值普遍增强,高值超过 0.3,并逐步出现围绕 1975 年海城地震震中的高值封闭现象(图 2b),属中短期异常.从 1975 年 2 月开始场强度继续增强,强场区($E \geq 0.4$)的面积增大直至发生海城地震(图 2c).这一阶段的综合前兆场强度变化属于短临异常.海城地震后上述中短临异常现象很快消失,前兆场恢复到正常状态(图 2d).

从 1975 年 11 月开始研究区内综合前兆场又重新出现异常.强场区首先向唐山地区转移(图 3a).1976 年 7 月 27 日围绕唐山地区的场强度值达 0.4(图 3b),直至唐山地震发生.唐山地震后前兆场恢复正常(图 3c).

由图 2 和图 3 可以看出,唐山地震和海城地震前综合前兆场演化过程是一致的.

综上所述,地震综合前兆场的演化特征是:正常状态(强度底,梯度小)→中短期阶段(强度普遍增强($E_{\max} > 0.3$)且震源区出现高值封闭)→短临阶段(封闭的强场区($E \geq 0.4$)面积增大,场强度增高)→发震,恢复.

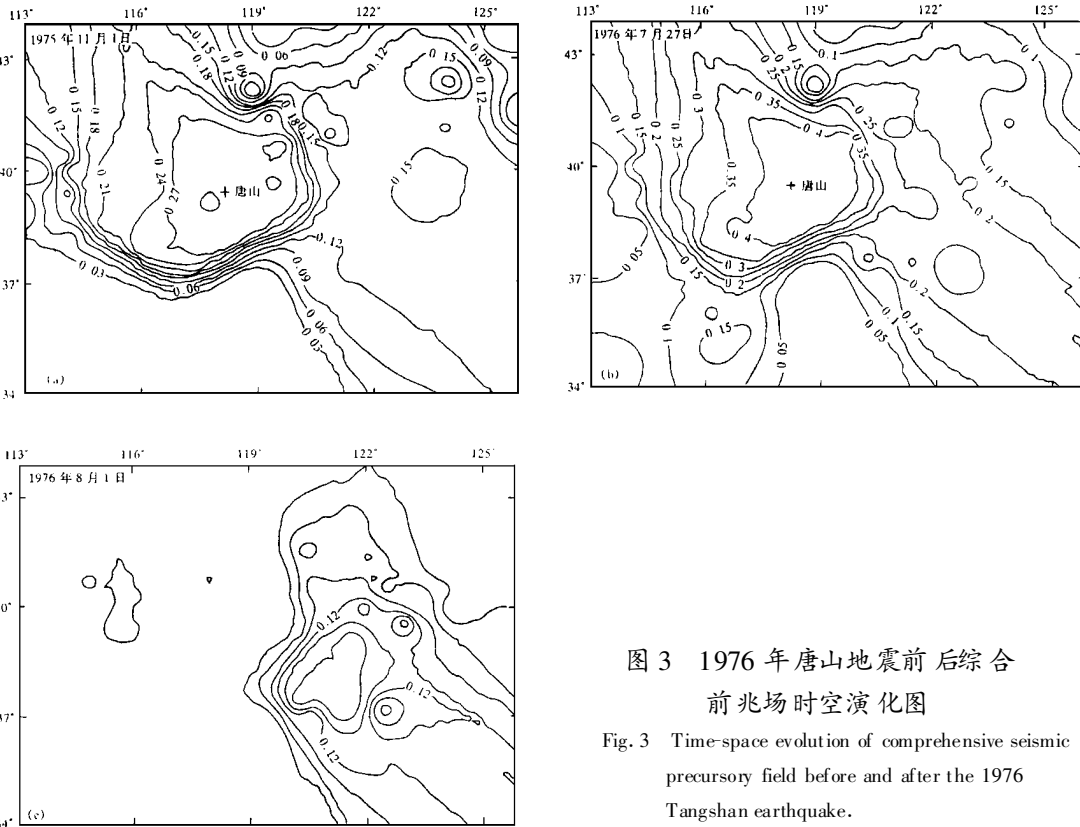


图 3 1976 年唐山地震前后综合前兆场时空演化图

Fig. 3 Time-space evolution of comprehensive seismic precursory field before and after the 1976 Tangshan earthquake.

4 结语

地震综合前兆场建立在各种单项手段异常指标的判别基础上. 整个地震前兆场中可能包含两种来自不同成因的前兆, 一类是震源的影响, 另一类是外加力源作用的结果^①. 由于震源区前兆多表现为非线性而场兆多表现为线性的^[3], 对外界因素的响应源区远大于场区, 使我们在进行综合前兆研究时有可能将“场”和“源”区分开来. 这正是本文要解决的问题. 本文研究的特点在于, 抛开各类前兆成因和某一具体地震, 将多手段观测资料在平等的条件下建立一种归一化无量纲能迭加的综合前兆场, 从而由“场”求“源”.

本项工作只是对局部地区的综合前兆场时空演化进行了粗略的、定性的探讨, 旨在寻找一种综合预报方法, 以便更深入地研究前兆场的时空演化特征. 今后尚需对更广大的区域和更长时间的资料进行分析处理, 并对场模型修改完善, 以便更合理地提取强震的时空强预报指标, 最终达到以场报震的目的.

① 钱家栋, 等. 重点监视区多种前兆时空分布物理模式的研究. 85-04-04-04 课题研究报告. 28~35.

参考文献

1 张肇诚, 等. 中国震例(1966~1975). 北京: 地震出版社, 1988. 189~210.
2 张肇诚, 等. 中国震例(1976~1980). 北京: 地震出版社, 1989. 59~104.
3 尹祥础. 非线性系统失稳的前兆与地震预报. 中国科学, 1991, (5): 512~518.

PRELIMINARY STUTY ON THE METHOD BUILDING
COMPREHENSIVE SEISMIC PRECURSORY FIELD

XIA Yusheng

(*Seismological Bureau of Qinghai Province, Xining 810001*)

LIANG Zibin CAI Hongwei ZHANG Hui

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

YANG Liping ZHANG Min

(*Seismological Bureau of Qinghai Province, Xining 810001*)

Abstract

In this paper, the authors build preliminarily comprehensive precursory field reflecting the time-space evolution of seismic precursors, which is a non-dimensional, normalized and stacking information field. Analysing the process of the time-space evolution of the precursory field in the research area($113^{\circ} \sim 125^{\circ} \text{E}$, $32^{\circ} \sim 44^{\circ} \text{N}$), the result shows that the field develops gradually from normally low value scatting to high value confining around the epicenter before the earthquake, and recovers normally after the earthquake. The unique feature of the method is that the analysis on the certain single precursor corresponding to the certain source is avoided, and only analysing the anomalies, location of the focus can be found from the field on the basis of the comprehensive stacking information.

Key words Earthquake precursor, Comprehensive precursory field, Time-space evolution