

地震科学联合基金会办公室 编

地震科学联合基金会 资助课题成果汇编

1985—1989

第二辑

地震出版社

地震科学联合基金会 资助课题成果汇编

(1985—1989)

第 二 辑

地震科学联合基金会办公室 主编

地 震 出 版 社

1 9 9 3

(京)新登字095号

地震科学联合基金会资助课题成果汇编

(1985—1989)

第 二 辑

地震科学联合基金会办公室 主编

责任编辑：张存德 李玲

版式设计：李鸣明

*

地 震 出 版 社 出 版

北京民族学院南路9号

北京朝阳展望印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

*

787×1092 1/16 39.75印张 1017千字

1993年10月第一版 1993年10月第一次印刷

印数 001—300

ISBN 7-5028-0680-6/P·461

(1072) 定价：30.00元

编者的话

科学基金制作为发展我国科学技术基础与应用基础研究最富有生命力的一项重大改革工作实施以来,我国的基础与应用基础研究获得蓬勃、健康、稳定地发展。地震科学联合基金会是实施科学基金制最早的科学基金会之一,并作为国务院科技体制改革中学科与行业科学基金制试点单位,在过去的九年工作中,建立一整套基金会工作制度,以保证其资助活动瞄准国际地震科学前沿而开展。这些制度的主要特点是:

1. 具有明确的学科和行业定向性。

当代地震科学发展主要前沿是以提高地震预报科学水平为主导的综合防御减灾科学技术。我国的地震预报科学实践虽一直处于国际先进水平之列,但地震预报作为一种未过关的新兴减灾科学,与社会的减灾需求有着很大的差距。地震科学联合基金会的主要任务则是要通过有效地科研课题资助工作,大力推进地震科学技术的进步和提高地震预报的科学水平。这种明确地定向性清楚地公布在基金会的资助指南和年度资助重点之中,基金会要求每一位申请者遵照指南和资助重点的要求设计科研课题构思并提出希望获得科学基金资助的有效申请。

2. 切实做到了同行专家评议的科学性和公正性。

基金会的资助工作是严格建立在同行专家对课题申请学术评议意见的结论之上的。这些同行专家都是经过基金会在全国各学科优秀专家中精选的,它所期望的是这些同行专家在专业知识具有坚实而广博的基础,注重这些专家在各学科上创造性贡献,而特别重要的是要求这些同行专家在评审中保持对国际研究动向的透彻了解和对被评审课题的学术思路 and 见解的创新特色敏感性和公正性,这项工作始终是科学基金制中难度最大的工作之一。

3. 通过面向全国的资助活动来保证课题平等的条件下申请工作是具有高水平竞争性。

基础研究与应用基础研究是难度很大的科学研究,它是一种永无止境的科学攀登工作。科学基金正是要及时地发现并支持那些最有能力的攀登者。地震科学基金会彻底打破了部门、行业、单位的界限,把资助活动最大限度地放宽到全国地震科学研究同行面前,充分地鼓励高质量、高水平的竞争,实现了科学基金的高门槛。

4. 鼓励学科间的交叉、渗透、结合和综合性研究,使受资助课题产生了许多创新性的成果。

基础研究的基本目标是通过探索自然界的未知问题来揭示事物的客观规律,因此它的成就应当主要依赖于研究工作创造性,凡是能够发现新事物、新现象、新特点,从而提出新观念、新理论、新方法的研究,都应受到基金会的高度重视,并优先予以支持。纵观多年来基金资助成果报告,凡是确有特色的成果,无一不闪耀着该项研究的创新色彩,与之相反,则是一些平淡无奇的文章。使人欣慰的是,前者则远多于后者。需要指出的是,创新性强的成果,则往往反映了这些成果的研究人员正是新一代学术带头人。

从本辑开始,基金会将以特定的最终成果报告形式发表各被资助课题所取得的成果进

展。这里共收入66篇，并归纳为七个部分，1.地震预报各种前兆方法的物理机制研究；2.地震学理论和预报方法的研究；3.地球物理力学机制与实验研究；4.地震危险性分析和地震灾害预测研究；5.地壳结构、介质构造运动和环境的研究；6.地质构造、地质标志、断层活动与地震的关系研究；7.仪器研制及其它。

收入本辑的基金制课题成果以最终成果报告形式为标准式基础，凡符合标准的最终成果报告以全文发表形式进行汇编，对于篇幅较大的成果报告(含地震学联合基金、国家地震局基金制管理项目)在通过编审后，请作者进行删改后汇编成辑。另外我们对1986年以前资助的基金课题的编号，在不影响原有排序和科学分类含义的基础上做了技术性修改。收入汇编的报告，一律文责自负。

本辑由于篇幅所限，只将部分基金课题最终成果报告汇编成册，其它最终成果(不含成果汇编第一辑已发表的成果摘要)将逐年出版发行。

本专辑由陈颢、李学良、沈心焯、周惠兰、金严、吴荣辉、王椿镛、刘启元、魏顺民、赵和平、朱世龙、吴宁远、金恒启、刘晓春、张存德、刘小伟等负责编审。感谢张爱武做了大量的前期准备工作。

由于编者水平有限、难免出现错误与不当之处，敬请读者批评指正。

编 者

一九九三年三月十六日于北京

目 录

一、地震预报各种前兆方法的物理机制研究	(1)
“三论”在地震预报研究中的应用	周硕愚 (3)
模糊数学方法在地震预报研究中的进一步应用	冯德益 (12)
地震断裂系统的分数维和地震预报方法的探讨	姚立询 (22)
震前电磁波异常观测与研究	钱书清 (28)
临震电磁波辐射机理及其在地震预报中的应用研究	张德齐 (36)
地电前兆异常的机理及其在预报中的应用	桂燮泰 (45)
地电阻率法中漏电场理论及其应用研究	金安忠 (55)
上地电交变信息的机理研究	沈大章 (66)
地磁区域背景场变化特征及其在地震预报中的应用	邓顺兴 (74)
利用地磁静日变探索大震前的磁信息	姚法章 (85)
水化学前兆灵敏组分及灵敏穴位条件的研究	李彤起 (100)
提高武山水化台预报效能的研究	张必教 (106)
井下水动态观测井的映震灵敏条件研究	车用太 (115)
井孔—含水层系统的频率特征与反应能力	郭一新 (120)
湖泊水位差式地倾斜测网观测研究及其与地震关系的探讨	张存德 (136)
滇西地震实验场应力场变化及介质性质变化与地震前兆关系研究	秦嘉政 (141)
三维应变图像变化与地震关系的研究	刘序伊 (150)
γ 值动态变化图的编制及其在地震预报中的应用	李 平 (158)
重力测量作为地震前兆可能性的研究	唐伯雄 (167)
地热前兆探索	付子忠 (176)
中国大地震临震突变异常总体特征和临震预报指标的研究	张文冕 (183)
中国南北地震带中期强震危险区的判定与研究	雍幼予 (196)
二、地震学理论和地震预报方法的研究	(207)
地震新前兆的探索	许昭永 (209)
由地震图上的终止相研究震源破裂过程	秦保燕 (216)
三、地球物理力学机制与实验研究	(227)
剪切带摩擦滑动性状与变形组构的实验研究	马 瑾 (229)
应力对岩石中孔隙流体压力的影响和井孔映震前兆的机理	张伯崇 (241)
滇西试验场典型岩石 Q 值的测定和研究	许昭永 (251)
水文地球化学震兆超声机理实验研究	冯 玮 (261)

四、地震危险性分析和地震灾害预测研究	(267)
液化危害性分析	谢君斐(269)
砂土液化的物理机制	门福录(277)
地震危险性分析不确定性的多维复合离散概率模型	周克森(289)
利用现代小震活动资料确定我国大陆浅源历史大震震源区 及判定潜在震源	陈家超(295)
中国大陆地区地震的重复性及其意义	阎志德(304)
预测潜在震源区的多判据构造物理方法	王绳祖(312)
从强震记录识别结构参数	尚久铨(320)
海洋石油开发区海底震害预测与小区划	刘 颖(331)
五、地壳结构、介质构造运动和环境的研究	(341)
中国大陆东部地壳上地幔结构层析成像的研究	徐果明(343)
地球物理中层析成像理论和技术研究	顾本立(349)
多炮点多震相同时自动反演地壳二维速度结构的研究	汤永安(358)
天水—礼县地区地震波透视的研究	李清河(364)
利用地壳测深资料研究剪切波分裂与偏振异常	王思福(371)
石油地震勘探资料在地震研究中的应用	敖雪明(384)
地震区电性结构特征及其与地震之关系	高 文(401)
残余弹性能对地震能量的贡献	安 欧(408)
东亚大陆地震的地球自转动力	安 欧(415)
断裂深部近距复发地震的成因及长期预报法	安 欧(421)
占构造残余应力场对古今和未来地震的控制作用	安 欧(428)
用地震波测量3000米以上深度的绝对应力	刘建中(435)
六、地质构造、地质标志、断层活动与地震的关系研究	(441)
滇西实验场地震孕育条件与地震复发时间间隔研究	毓顺民(443)
华北地区中强地震构造背景和地质标志研究	李起彤(454)
新疆最新大地构造运动与地震危险区的圈定	彭树森(462)
山西地堑系的新构造活动特征及其形成机制	徐锡伟(472)
用考古数据研究渭河断陷现代断块运动与地震活动的关系	易学发(485)
长乐—诏安地震带大震重复期研究	强祖基(497)
闽粤海岸带古地震及大震构造背景	毕福志(510)
广西地震地质特征及地震危险性分析	刘锡大(519)
断层运动特征、期次和活动时间的研究	刘行松(529)
祁连山地震活断层的多维研究	石特临(538)
团麻断裂的南延趋势及未来中强震震中位置的研究	叶俊林(546)
海南岛、雷州半岛微波遥感影像的活动断裂研究	杨 喆(556)
滇西地震实验场区晚第四纪地层及断层年代学研究	严富华(565)
利用电子自旋共振(ESR)法测定活动断裂年龄研究	陈以健(575)

地衣测年法研究及其在中国北部确定地质事件中的应用·····	谢新生(588)
地壳构造运动地变率指标及应用·····	黄秀铭(598)
滇西实验场区主要地震断裂带形成环境及其与地震孕育过程的关系·····	林传勇(608)
七、仪器研制及其他·····	(619)
畸变信号的恢复——地震前兆信号提取的研究·····	周晓惕(621)

一、地震预报各种前兆方法的 物理机制研究

“三论”在地震预报研究中的应用

课题编号: 852504

课题负责人姓名: 周硕愚

课题负责人所在单位: 国家地震局地震研究所

最终成果上报日期: 1988年1月20日

课题组主要成员: 董慧凤 宋永厚 韩 健 张荣富 刘兰妮 龚凯虹

课题批准执行期限: 1985年5月—1986年5月

批准课题经费总额: 1.5万元

分年度下达经费额: 1985年度1.5万元

执行期内下发津贴总额: 无

前 言

地震预报经历了悲观—过分乐观—胶着状态—稳健探索三个认识阶段。尽管海城地震取得了成功预报的经验,尽管总结了九大地震震例,但当新的大震到来时,我们仍感十分困惑。人们曾对Scholz等以岩石实验为基础的模式寄以厚望,但实践证明这种想法太天真了。我们曾企图寻求某一手段或某一台站其前兆观测序列与地震的完全确定性的每次均能复现的逐一对应关系,结果令人失望;“有异常无震”与“无异常有震”是不可避免的。前兆分布范围相当广阔,远超过地震学定义的震源区范围,“源兆说”看来是不够全面的。前兆现象的空间分布不同于震时的P波初动,它基本上不存在四象限特性,极其复杂,且随时间及有关地震事件的发生而呈现出多姿多采的演变。地震的孕育和发生是一个非常复杂的过程,多因素交错作用,机理依然不清,企图用直观经验的归纳,或用过份简化物理模型的演绎来轻易取胜看来是行不通的。

“胶着状态”的原因,客观上来自地震孕育过程和前兆的复杂性;主观上也来自我们自己总是企图把多年习惯的对研究简单系统行之有效的观念和方法硬要套用于这个不适合于应用它的复杂系统。我们不得不承认我们面对的是一个复杂的非线性动态大系统,而不是一个机理明晰的机械装置或一种纯统计性的无关多体。美国理论物理学家 F. Capra 最近尖锐地指出,在复杂系统研究领域中之所以出现“专家失效”,原因在于“人们对笛卡尔-牛顿的力学观世界图像的墨守”以至导致“方法失灵”,因而需要来一次“观念的规范转变”。为了打破地震预报的“胶着状态”有必要从基本概念上进行反思,更新科学观念,并结合地震实际具体地应用新观念和新方法。

系统科学(系统论、控制论、信息论、耗散结构论、协同论、突变论和混沌论等)是当代科学革命产物,具有强烈的现代科学方法论色彩,被誉为“改变了世界科学图像和当代科学

思维方式的新科学”。它特别适合于研究复杂系统，而地震孕育和地震预报恰好就是这样的系统。从1979年起，申请者已经开始了将系统科学应用于地震前兆与预报的探索，基金会批准本课题是对在这一新探索的有力支持，终于使它跻身于正规研究行列。新观念新方法的应用不是为了好看而是为了管用。我们面临的问题是：如何将新观念新方法与地震的具体实际联系起来。地震预报是一项十分复杂的科学难题，需待我们做扎实而持久的努力。因此本基金课题(1985.5—1986.5)作为应用系统科学于地震预报研究的第一阶段，只选择了有限的研究目标，即“地震前兆识别”。地震前兆识别既是地震预报的基础又是一个非常困难的问题，本课题把震源区及其周围有关构造网络以及分布其上的多个多学科观测台站视为一个“前兆信息大系统”，把每个台站视为一个“信息子系统”，从系统的整体及其动态演变来识别地震前兆，用控制论中的“灰箱理论”、“反馈理论”和“系统辨识方法”，对台站进行系统功能模拟，预测正常识别异常；用信息论中的“熵理论”和“信道信息模型”来评定每一个异常序列的前兆信息水平(前兆权)，并将各不相同的物理量纲统一归一化为信息，熵或有序度；运用系统论中的“整体增益原理”，控制论中的“判别模型”，分层次分频域地进行异常场的时空加权合成，得到“群体、群落前兆”，取得系统的整体信息增益，从而显著地提高“信噪比”，减少随机性和模糊性，增加确定性和清晰性，从总体上提高前兆识别的可靠性。

本课题提出的“地震前兆识别系统”，是一种通用系统，既适应于各单项前兆手段(如跨断层地形变、定点形变、地下水动态、地电阻率、水化、应力等)又适用于综合预报。它为地震预报专家和各学科前兆专家，提供一种客观、定量、多层次组合的单台异常、群体异常与群落异常的地震前兆识别与评估方法。它对原始观测资料进行分频处理，用于识别和评估中期($T > 1$ 年)，短期($1\text{年} > T > 20\text{天}$)和临震($T \leq 2\text{天}$)前兆。

一、地震前兆识别系统

(一) 系统前兆观

中国大陆地震基本上是板内网络挤压型，不同于美国西海岸的板缘剪切型和日本的岛弧型。把震源区和周围有关构造网络以及分布其间的多个台站视为一个“前兆信息系统”。 X 是系统 n 维状态变量集， U 是环境作用于系统的 r 维动力因子集， Y 是系统的 m 维输出响应集，包括

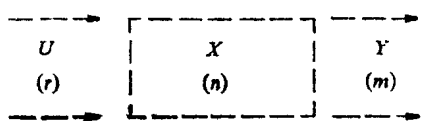


图1-1 前兆信息系统

多种前兆变化与地震活动等。系统自组织演化过程的基本形式为：稳态→非稳态→奔向“吸引子”的新稳态。前兆研究的目的是识别输出 Y 的非稳态信息，并预估系统 X 的失稳(地震)。由于对系统内在结构和机理的认识还相当不充分，我们目前只能按“灰箱”方式来处理系统。大地震前兆可能具有如下的一般特性：

(1) 广空间性 前兆是系统状态整体演化的映射，既可能出现在发震断层附近，也可能出现在有关断层网络附近，“场”可生“兆”，“源”也可生“兆”(特别是短临阶段)。“红肿区”(前兆区)远超过“震源区”。

(2) 场的时间演化性 前兆是由变化着的许多异常时序和异常事件组成的一个动态异常

场。不是一个时间断面。

(3) 用单个前兆事件难以测准地震 由于系统结构的高度不均匀与相互作用, 单个观测序列难以满足“系统能观性”的充要条件矩阵, 因而难以测准地震。但它可能内含一定数量的前兆信息量。

(4) 前兆场的减熵有序性 系统进入失稳状态并向新的稳态前进时, 在地震(至少是大地震)之前, 前兆场的时空动态结构将会出现整体性协同性的变化, 如减熵有序、降维等。尽管单个事件或序列具有较大的偶然性, 但前兆场整体结构的演变具有某种确定性。

(5) 群体、群落前兆的合成增益性 根据系统整体原理, 我们有可能在定量评价每个前兆信道的基础上通过多信道信息的加权合成与组合, 来取得整体信息增益。换句话说用可信度不太高的众多的异常事件和序列, 有可能构建出可信度相当高的群体、群落合成前兆。

(二) 地震前兆识别系统

“地震前兆识别系统”的逻辑结构是一株信息识别树。它分为三个层次:

(1) 异常识别 根据“台站系统功能模拟模型”识别异常, 并用“前兆信道信息模型”评定其“前兆权”(信息水平);

(2) 群体异常识别 用“前兆信息合成模型”, 对某一时、空、频域中不同物理量纲的多种异常序列进行加权合成, 获得“合成前兆图”及合成指标量;

(3) 群落异常识别 通过“样板匹配模型”等途径, 按一定组合方式和关系合成不同时、空、频域中的群体异常; 寻找失稳判据指标。

前一层次为后一层次的条件, 又是其所包容的子系统。每一层次都通过一定模型, 对信息进行分解, 合成、交换。识别树分层地

扬弃信息中的“杂质”有选择地向树的“根部”凝聚有用信息, 致使“信息浓度”越来越大。通过几个层次的组合, 从整体上获得“信息增益”。提高了前兆识别的可靠性。

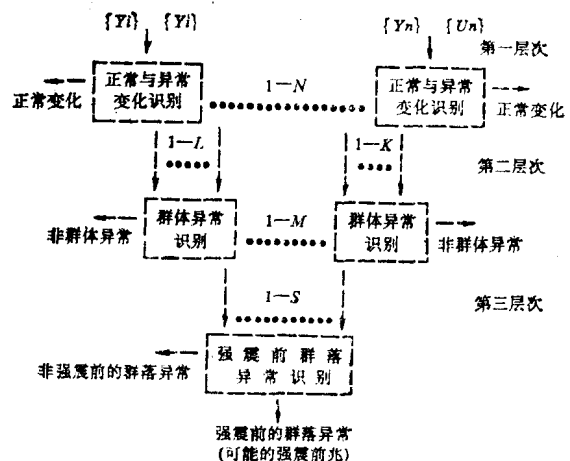


图1-2 大震前兆识别系统

二、异常的识别与评定

(一) 台站系统与异常识别原理

前兆观测台站是“前兆信息大系统”中的一个子系统。观测装置及其周围的介质条件组成系统的结构, 系统位于一定的构造部位, 并处于岩石圈与大气圈的界面上。台站系统受到来自两圈的多种动力因子的驱动, 通过自己内在结构的响应而输出观测值序列。系统具有动态性、记忆性与灰箱性。观测值序列中包含有多种成分, 地震前兆信号很容易被淹没在其它

动力因子导致的变化及噪声之中。迄今为止,我们仍不清楚前兆信号本身究竟具有何种特性,因此难以用远程通讯中的滤波办法,直接测出微弱信号。新的途径是,暂时不考虑地震因素,而用系统功能模拟方法建立台站的“同态模型”,在输入相同的情况下,模型能给出和实际系统非常一致的输出。同态仿真模型不仅能拟合系统过去和现在的变化,并能对其未来值进行“动态基线的定值预测”和“置信区间预测”。模型本身的正确性可通过新值序列进行检验并可反馈修正。当观测值偏离“动态基线”和越出“置信区间”时,就被认为出现了具有一定小概率的事件——异常。从而把难以解决的排除干扰、识别异常问题,转化为具有可行性的正常动态值预测问题,并具有客观、定量、可检验、可推广性(已制成适用于多手段的通用软件)。

台站系统分析,对每一手段的每一频道可获得以下几种信息与定量指标:

- 1) 异常事件的时间序列 $A-t$ 及其概率 $P(A)$;
- 2) 观测精度 S ;
- 3) 在一定信度内检测出某种物理量的“异常信息分辨能力 R_p ”,它综合反映了环境条件及干扰排除程度;

- 4) 异常序列反映一定时、空、强域地震的“前兆信息水平 IL ”(前兆权)。

R_p 是检测异常的物理阈。 $R_p \leq S$ 。

$IL, A-t, P(A)$ 则用于多台多手段的前兆信息加权合成。

(二) 预测正常、识别异常的台站系统功能模拟

1. 分频建模

将观测值 $f(t)$ 分为三个不同频道,分别建模和识别异常:

- 1) 低频道: $t > 1$ 年,用 $M(t)$ 低通滤波模型,反映趋势性变化,检测中期异常;
- 2) 中频道: $1\text{年} > T > 20$ 天,用动态灰箱模型DGB对月或旬均值建模,反映短期异常;
- 3) 高频道: $T < 2$ 天,用差分模型,反映临震突跳。

2. 动态灰箱模型DGB

把台站视为一个多输入单输出的动态灰箱,用系统辨识和时序分析相结合的新方法,综合考虑确定性关系、统计关系、因果关系和顺次关系,用 $M(t)$ 、 $S(t)$ 、 $\eta_1(t)$ 、 $\eta_2(t)$ 四个状态变量建立模拟台站功能的动态灰箱模型,用仿真和递推正常变化的方法来达到排除干扰、识别异常的目的,并同时解得“ R_p ”指标。

$$\hat{f}(t) = \hat{M}(t) + \hat{S}(t) + \hat{\eta}_1(t) + \hat{\eta}_2(t) \quad (2-1)$$

根据实际需要,对模型既可进行离线辨识,也可进行在线辨识(时变参数)。按照具体条件,建模时可同时使用主观测值资料和环境观测值资料,也可仅用前者。模型具有可检验性与可修正性。能方便地在IBM、长城或VAX等机上实施,具有客观、定量、自动、快速和多手段通用等优点。

(三) 异常前兆信息水平(权)的评定

1. 地震前兆信息信道模型ICM

每个前兆台站都是“前兆信息系统”的信道终端。广义震源发出的某种前兆消息,由大自然编码器变换为某种前兆信号并通过大自然信道向台站传送。大自然信道具有极其复杂的不可

均匀性,它和构造、环境、介质和台站局部条件等有关。信号通过信道传送,会产生不同程度的歪曲与丢失。台站仪器收到变换后的信号与噪声,经过上述的异常识别处理(译码),就获得了消息,即观测值的正常与异常变化时间序列。显然在不同台站、不同手段、不同频段所接收到的消息序列中,包含的前兆信息量是各不相同的。

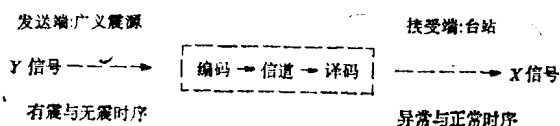


图2-1 地震前兆信道信息模型框图

用“地震前兆信息信道模型”把物理过程抽象为一个信息传输变换过程。用信息论方法可求得所识别出的异常序列中所包含的“地震前兆信息量 $IX(Y)$ ”(单位为bit)和“前兆信息水平 IL ”。

$$IX(Y) = H(Y) + H(X) - H(X, Y)$$

$$IL = IX(Y) / H(Y) \quad (2-2)$$

$H(Y)$ 、 $H(X)$ 和 $H(X, Y)$ 分别是发送端、接收端的熵与联合熵。

2. 地震前兆信息水平(权) IL

使用(2-2)式可方便地逐次评定各台站各手段,对一定空、时、强域地震的地震前兆权。不同频道应分别评定。“ IL ”无量纲,其值由“0”→“1”。为对比和科学地合成多台站多手段不同物理量纲的前兆信息,提供了严格统一的定量框架。此模型已制成可推广应用的计算机软件。

三、地震前兆信息合成与群体、群落异常识别

(一) 系统整体增益原理

整体性原理是系统科学与系统工程学中的一项基本原理:系统整体的功能一般不等于它的各组成部分功能的总和,它可以具有新的功能。即如果组合连接合理,用可靠性不够高的元件(子系统),也可能组成可靠性相当高的整体(系统)。

我们将这一原理应用于地震前兆识别。每一单台单手段所识别出的异常序列与地震的关系往往是相当模糊,随机性较强、前兆信息量微弱。通过“地震前兆识别系统”第二与第三层次的优化组合,减少模糊性和随机性,增强总体的信息量,合成出可靠性较高的群体与群落异常。优化组合是通过相应模型中“权”的选择和匹配来定量实现的。

本基金课题研究证明:系统整体增益原理完全适用于地震前兆信息识别系统。它有助于从总体上揭露地震孕育过程中前兆场时、空、强的不均匀、减熵、有序、降维演化过程。

(二) 合成前兆图与群体异常识别

在一定的空间域、时间域(中期、短期、临震)和频率域内,对同一手段的多个台站或多个手段的多个台站的异常序列,以 IL 为权进行加权信息合成,包括:

- 1) 异常频次合成
- 2) 异常概率合成

3) 异常速率合成

4) 异常迁移合成

从而获得显著提高了信噪比的“前兆合成图”，识别出较为清晰较为可靠的“群体异常”——由多个异常事件所构成的具有某种时空演变优势分布的异常事件群体。

(三) 特征向量样板匹配模型与群落前兆识别

“群落异常”就是某些具有特征意义的群体异常在一定状态下，按一定方式和关系的组合。如“有大震跟随”和“无大震跟随”系统所处的这两种状态是不同的，虽然均可能有群体异常出现，但它们之间的组合方式和关系是不同的。用控制论中的“特征向量样板匹配模型”，在判别效果为最优的条件下，可解出判别函数 R 中的模型参数 b_i ：

$$R = \sum_{i=1}^n b_i \cdot \Delta x_i \quad (2-1)$$

式中 Δx_i 为群体异常的赋值。同时得到区分两种不同状态的“判别阈值 R_s ”。

当 $R > R_s$ 表示系统已进入“有大震跟随”状态；当 $R < R_s$ 表示仍处于“无大震跟随”状态。 b_i 具有“权”的作用，用模型对不同空、时、频域的 n 个群体异常综合进行加权合成，对所组合的“群落异常”所代表的系统状态，进行总体识别。

四、软件程序

为实际推广应用本基金课题提出的新概念与新方法，研制成功了三项关键性程序

(一) 动态系统灰箱模型程序

用于排除干扰、识别异常及评定信息分辨能力。

(二) 前兆信息信道传输模型程序

用于前兆信息量和信息水平评定。

(三) 特征向量样板匹配模型程序

合成多种群体异常对“有大震跟随”和“无大震跟随”进行整体识别。

五、应用效果与学术价值

(一) 应用效果及价值

课题在实施过程中已开始应用，完成后又做了几年的推广应用，在前兆识别、质量评定、信息合成提高整体可信度方面，取得良好效益，显示了其先进性与可行性。

1. 提供了一种通用的前兆识别与效益评估方法

应用于川西、滇西(形变、地下水、水化、地电、应力等)及全国跨断层形变等60余个台

站的前兆识别与质量评定(“S”、“ R_p ”、“IL”), 以其客观定量、快速而博得普遍好评。例如对于长期争论不休的沧州台短水准、辛庄台短水准、直力井水位等做了明确评定, 为管理部门的兴废决策提供了科学依据。定量评估了不同手段的前兆权, 如对临震突跳而言, 水氡 0.45 ± 0.22 , 电阻率 0.24 ± 0.13 , 地倾斜 0.25 ± 0.17 。在趋势性异常方面跨断层形变较好, 但单台的IL仍是不高的, 金县台也仅为0.46, 因此任何单台单手段都不能实现确定性的——对应, 合成综合判别势在必行。

还发现一些对已往大震前兆显示最为强烈的“灵敏点”, 往往可能位于下次大震的震中区。如在川西、滇西的多个台站中以澜沧(水氡)对龙陵、松潘及盐源大震的前兆显示最为灵敏(IL高达0.67), 而1988年澜沧—耿马大震恰发生于此。

2. 长中期趋势前兆的合成与识别

用本方法合成出了北京地区12个跨断层形变台(点)的整体趋势前兆。较单台来说显著提高了信噪比, 唯一地突出显示了1976年唐山大震前兆, 消除1980—1982年间某些台站说不清楚的扰动。断层网络整体活动水平表现出1977—1984年间的平稳和1985年以后的加强趋势, 恰好和地震平静与活动期相应。

3. 短期前兆的合成与识别

四川省地震局用本方法对20余个台站(温泉水温、地下水位、水化、地电等)的短期前兆进行合成。从1980—1988年, “合成前兆图”只出现了唯一的一次大异常群体, 恰好在1988年11月澜沧—耿马7.6级群震与1988年4月巴塘6.7级群震之前。需要强调的是: 这是震前合成出的, 而不是震后再总结的。

4. 临震突跳前兆的合成与识别

对川西、滇西16个台站(水氡、地倾斜、地电)的临震突跳, 逐台进行识别和IL评定。用单台资料识别出的异常往往是微弱的、相互矛盾的与地震关系相对模糊。但群体异常的合成前兆图则显著地提高了信噪比和清晰度。比较5-1与5-2两图可看出, 川西台网的群体突变只

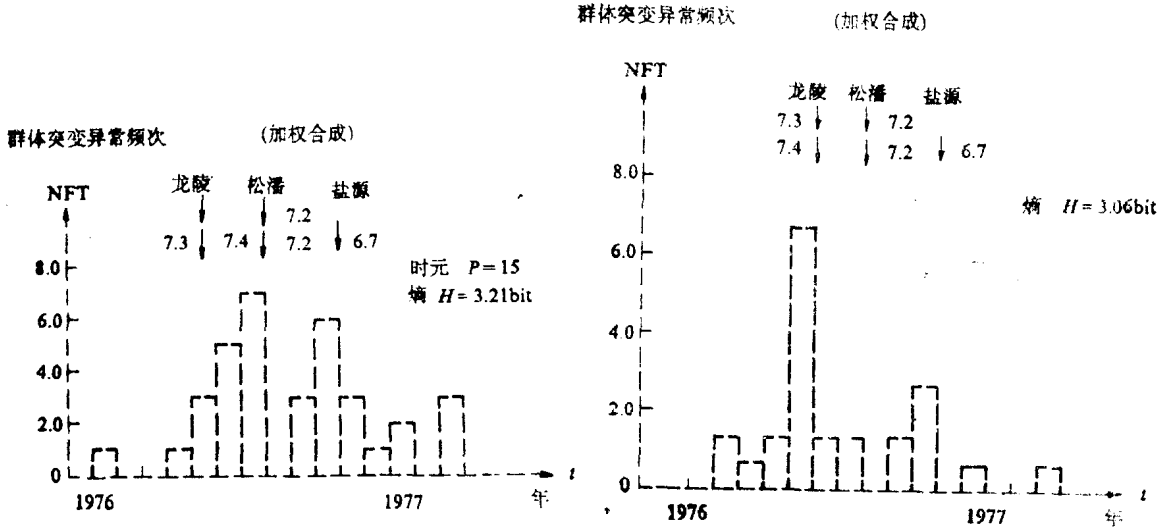


图5-1 川西信息子系统突变异常频次
(频率)信息合成

图5-2 滇西信息子系统突变异常频次(频次)
信息合成