

地震分析预报系统现代化建设初探*

1. 引言

在地震分析预报系统的现代化建设中, 计算机软、硬件的建设始终为核心。所谓现代化的含义之一, 就是地震分析预报的人—机一体。硬件部分, 主要是以计算机为中心, 配备图像、声像显示的现代化视听设备。另外, 还应建设能充分体现上述设备效果、学术气氛浓厚、环境优雅的会商室。软件部分是指电报数据自动分类处理、地震目录与前兆观测数据库、各种数据处理特别是综合预报分析处理的算法软件包等。显然, 软件的研制、开发和应用最为重要。

兰州地震分析预报系统的现代化建设是在我国地震部门中首次进行的比较系统的尝试。由于没有经验, 自然很不完善, 但是毕竟给出了许多有益的启示。

2. 设备选配

兰州地震分析预报系统属于区域性系统, 因此, 设备的选配只能按中等规模及相应的经费投资来考虑。

(1) 在所有设备中最重要的是计算机。我们订购的IBM PC/XT微机(包括绘图仪)性能良好, 工作正常, 在地震目录和前兆观测数据库的建立、软件的研制中发挥了重要作用, 将其作为终端机与VAX-750联机后, 即可对电报数据进行自动分类处理。目前, 这台微机的使用已达到饱和状态。

(2) KP-7220D(72")投影电视机除具有普通投影电视机的功能外, 还有与微机的接口。微机显示器上的内容, 包括文字、曲线、图形等都可显示在投影电视的72"屏幕上, 给分析预报会商带来了极大的方便。

(3) 其它图象显示设备

幻灯机能清晰地显示出图象; STY-5A型书写投影仪能将薄膜胶片上的图象展示在屏幕上, 也可以在胶片上书写并通过屏幕显示, 也可以代替黑板。如果来不及制出幻灯片或胶片, 可以使用TF-101反射式实物投影器。

(4) 在地震现场, 观测现场、分析预报现场等摄像要求设备轻便、小型化。这样, 就需要适合于野外作业的摄像、监视、编辑、放像等比较完整的设备。我们选用了BMC-200P/200PK小 $\frac{1}{2}$ —摄录像机, SLO-420P小 $\frac{1}{2}$ —编辑机, 小 $\frac{1}{2}$ —与大 $\frac{1}{2}$ —录放像机及相应的监视器, 再配上72"投影电视机, 虽然设备还不完善, 但已初具规模, 有了一个良好的基础。

3. 计算机软件建设

一般来说, 地震会商在时间域和频率域中可分三个层次, 即长周期层次、中长周期层次和短周期层次。所谓长周期层次意指一些不定期的某些地区的地震大形势讨论, 诸如在甘肃

* 参加本项工作的有: 石特临、郭大庆、钟延蛟、刘维贺、何光耀、毕秋菊、段军毅等人, 张勇利参加了部分工作。

省召开的《西北五省区地震形势研讨会》，它是不定期的，可能三年、五年，甚至十几年召开一次，重复周期较长。所谓中长周期层次主要指年度会商，这种会商重复周期适中，每年一次，各种地震预报方法，各种地球物理前兆性资料亦都以各种形式参与会商。所谓短周期层次，顾名思义它的重复周期较短，主要指一个地震预报单位的周会商和月会商，主要根据各种短临前兆手段，包括地震活动性b值、h值、活动度、地电视电阻率、地磁的各种参数、地下氡含量、地下气含量和水井的水位突变；地球重力场、倾斜场、形变场和应力场的突变以及地震波速、小地震的调制等等具有临震预报指标的各种数据对震情进行快速综合判断。

基于以上地震会商的形式，地震分析预报系统的软件建设就可分为几个方面。

(1) 为适用周、月会商的计算机软件开发

目前研制了地震电报联机处理系统，功能是能将前兆数据纸带自动分类、入库、打印报表、绘制前兆曲线等。这一工作主要是以四川地震局为主完成的。

对于各种干扰，这里主要指气象因素干扰，包括地温、气温、气压、降雨等等，利用最小二乘法来建立不同形式的回归方程即线性拟合，作经验性的滤除。为此，我们设计了以下几个计算程序：

1) 间接平差方法程序：主要功能是对各种测量如形变测量、重力测量等求出拟合方程、各种改正数以及单位权中误差。这一方法的用途还可扩充。

2) 多元回归程序：这一程序适用于对各种干扰因素的滤除，能确定多种干扰因素的回归系数，将随机变量Y和各种干扰观测数据用如下线性多项式表示：

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \cdots + b_n X_n$$

最后还能进行方差分析，以检验各个回归系数（残差平方和、回归平方和、剩余标准差和相关系数）的可信程度。

3) 线性、指数、幂函数的回归：这一程序可以以三种形式：

线性 $y = ax + b$

指数 $y = a \cdot e^{bx}$

幂乘 $y = ax^b$

对观测值和随机变量进行回归分析，除可拟合各种干扰的因素与随机变量的关系函数外，还可作为经验公式的经验推导。最后计算出各种函数曲线的标准差，以检验拟合的曲线的优劣。

我们还建立了全所预报人员的技术资料档案库。该档案库是以汉字DBASE-Ⅱ来支持的。共用了七个字段，包括：姓名、性别、年龄、职称、专业、从事预报年份、预报过地震否。可按专业、职称、人名等几方面内容查找。这对了解预报人员的素质及经验有参考价值。

(2) 适用于中长周期和较长周期的年度会商和各种地震大形势研论会的各种计算机软件：

地震预报的地震学方法和各种具有统计意义的方法，是判断较长时段地震发生概率的基础，这里包含：

1) 常规意义下的地震活动性指标，如b值、频次、蠕变等等。我们引进并改进了有关这方面程序，作为常用之软件。这一程序，可作时间和空间b值扫描、显示并绘图，还可作

频次曲线(不同震级档次)及蠕变曲线的显示和绘图等。

本程序除可显示绘制中国、世界之主要构造线和按震级不同档次绘制图形之外,还可绘制甘肃省地图及震中分布图,并可对甘肃省分区(河西、甘肃东部、平凉、兰州等地区)分别显示和绘图。

以上绘图和显示当与72吋投影电视相连时,可用于大会观判震情,效果甚佳。

2) 世界($M_s \geq 7.0$)、全国($M_s \geq 4$)、甘肃($M_s \geq 2.0$)地震目录库和检索程序

这些目录库是地震会商基础资料,特别是甘肃目录库,由于不断补充和充实,其周期短、适用性较强。这些库均以DBASE—II管理系统支持,有相应的检索和统计文件,对地震会商极为重要。

3) 各种前兆资料的数据库及显示、打印软件

用DBASE—II对地电、地磁、水化等各主要台站的观测资料建库后,可作永久和暂时性存储,也可随时启用。还能用以绘制日变、滑动、五日均值,旬、月均值Y—T曲线并在屏幕上显示和绘制曲线。

4) 地震预报的地震学方法有关软件

时间序列分析法是通过数学处理,将不平稳的地震震级转换为用地震能量的立方根表示,这样满足了时间序列外推的条件,进行线性外推,对讨论中期预报有较大意义,并可作内符检验。本程序操作简单,按经纬度分区域,可预报未来一段时间内地震震级。

极值理论推测未来某发震构造地震震级程序,这一方法以二个假设为前提,一是假设不同震级的地震次数,满足常用的震级频次曲线, $\log N(x) = A - bx$;二是小于某个震级的地震次数是一个泊松随机变量,服从泊松分布: $P(\xi = K) = \frac{\alpha^k e^{-\alpha}}{k!}$ 。

只要将单位时间内,某构造上发震最大震级按大小排序,则可用多次最小二乘法 and 泰勒展开预测该构造带上不同震级发震周期和发震危险概率。此方法物理思想和数学表式清楚。

模糊数学聚类方法,该方法以先前样本为基础,对预测样本按某一准则进行聚类。聚为那一类,则就预报那一类的同样震级。如聚在类外,则有不不确定性。

模式识别CORA—3方法程序,此方法是在一般统计学意义上的更进一步,以计算机代替人的思维,能识别强震前的危险特征。用此法可判断未来地震的危险类别。这一方法适用性极广,可作地点上,震级上等各种识别。但关键在于特征的选取和阈值等指标的确定和实验。

各种地球物理手段数据的内涵参数计算程序:水位、重力、倾斜等手段的观测点,在优质条件下,可以记录到清晰的潮汐现象。国内外不少学者对潮汐参数与地震的关系进行了探索和研究,如重力潮汐因子,倾斜潮汐因子,水位的潮汐变幅与体膨胀之比等参数,对预报地震的物理机制和理论解释较为合理,只是量级大小和分辨率之比的关联意见不一。无论如何,这些参数对于地震预报具有研究意义和参考价值。我们的程序包中,包含这些参数的计算程序。其中包括:

重力固体潮的调和分析程序:本程序采用维尼狄科夫方法,首先分离日波、半日波,计算各理论潮波的理论振幅和理论相位,然后计算各实测潮波的幅值和相位,最后,求各波群的潮汐因子。为了突出预报意义,本程序主要计算五个主要半日波 M_2 、 N_2 、 S_2 、 K_2 、 $2N_2$ 。

的潮汐因子和相位差。其中 M_2 波的潮汐因子误差最小，预报意义最大，可对地震预报作连续计算并加以研究。本程序具有一定科学水平。

水位固体潮的谱分析和井及含水层系统有关物理参数的计算程序：该程序利用谱分析方法，分离所需潮波的振幅谱和相位谱，包括实测数据和体膨胀的理论变幅。最后求出振幅比和相位差。用振幅比和相位差，可推井及含水层系统的等效水体积，反映岩石含水特性的孔隙度，及岩石骨架的体膜量。并可计算井及含水层系统作为体应变仪的观测灵敏度。这一方法，不落俗套，将一水井誉为一台高灵敏度体应变仪，有一定科学价值。

倾斜固体潮的调和分析程序：本程序属引进程序，类同重力固体潮的调和分析，可分析出五个主要半日波的 γ （潮汐因子）值，对扩展倾斜资料的利用有一定科学价值。

体应变固体潮、重力固体潮，倾斜固体潮的理论值计算程序：体应变理论值计算程序、重力固体潮理论值计算程序、倾斜固体潮理论值计算程序，这几个程序对研究调制地震和地球外部月、日的触发地震因素有一定实用价值。在研究地球的重力场、倾斜场、应变场方面有一定意义。

（3）其它软件

1）为对各地震预报手段的可用性和价值进行评判，我们还对地震预报手段的检验和评分提供了检验软件。这两种方法都以盲目预报为最差之标准，对参加检验的各预报方法进行检验和评分，只要输入漏报率、虚报率、报准率、无震报准率四参数，就可进行检验、评分。本程序思路沿用洪时中的《地震预报的检验与评分》一文之思路。

2）为应付大震之后的强余震预报和地震类型的判断，我们还为该程序包中增添了地震类型的经验判断之程序，程序包含两个方面：一为沿用周惠兰等人的《地震震型判断方法探讨》一文之思路，设计了一个程序；二为沿用刘正荣的用 h 值对地震类型的判断思路。

4. 小结

以目前预报水平为尺度，以上地震会商软件的配备已可以满足地震预报之需求，但这些内容毕竟限于目前经验预报的低水平的束缚。欲开拓地震会商的高水平，依赖于各地震预报学科水平的突破性进展，这些似乎是大家更关心的科学问题了。在地震分析预报系统方面今后拟在以下方面加以扩充和改进，如（1）地震信息和前兆数据的快速、准确传递；（2）进一步扩充地震预报的计算机软件，以及进一步完善地震预报的现代化设备。

从长远来看，随着时代的前进及科学的发展，不断用先进的科学技术来推动地震分析预报系统的现代化建设，是历史发展的必然，也是地震预报事业的需要。

（本文1986年12月25日收到）

（国家地震局兰州地震研究所 石特临 郭大庆）

PROBING TO THE MODERNIZATION BUILDING OF EARTHQUAKE ANALYSIS AND PREDICTION SYSTEM

Shi Telin and Guo Daqing

(The Earthquake Research Institute of Lanzhou, State
Seismological Bureau)