

数字时代的地震观测

陈 颢 主编

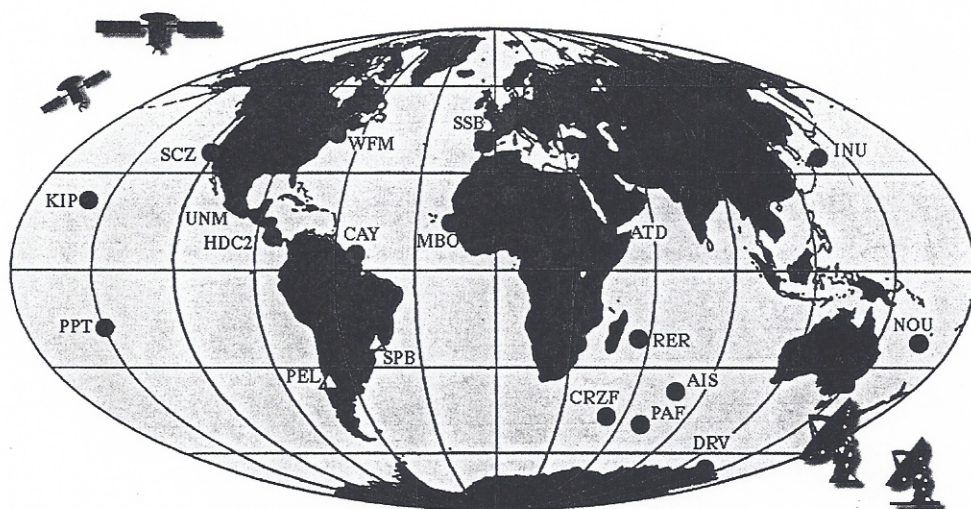
地震出版社

1998

数字时代的 地震观测

EARTHQUAKE OBSERVATION IN DIGITAL TIME

陈颢 主编



地震出版社

内 容 提 要

本书介绍了现代地震观测的各个方面:有代表性的国家地震台网;全球或区域地震观测与研究的组织、计划;国际地震中心;地震学研究联合会;国际数据中心和地震分析软件等。

数字时代的地震观测

陈 颢 主编

责任编辑:宋炳忠

责任校对:王花芝

*

地 震 出 版 社 出 版

北京民族学院南路9号

北京地大彩印厂印刷

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 10.375印张 26千字

1998年1月第一版 1998年1月第一次印刷

印数 001—600

ISBN 7-5028-1494-9/P·914

(1944)定价:20.00元

《数字时代的地震观测》编委会

主 编 陈 颢

编 委 孙其政 庄灿涛 陈建民

吴忠良 赵仲和

《数字时代的地震观测》编写组

孙其政 (绪言)

徐 进 (第一章第一节, 第二章第三节)

彭克银 (第一章第二节, 第三章, 第五章第五节)

刘 杰 (第一章第三、六节)

陈祺福 (第一章第四节, 第二章第二、四节)

陈 凌 (第一章第五节, 第二章第一节)

刘桂萍 (第一章第七节, 第二章第七、八节)

张永仙 (第二章第五、六节)

杨 青 (第四章)

黄志斌 (第五章)

周克昌 (第六章, 第二章第六节)

姜丽萍 (第七章)

赵仲和 (全书统编)

第七章 地震分析软件 (SEISAN)

这一部分介绍的是由 Jens Havskov 编辑的地震分析软件 SEISAN (5.2 版)。主要依据是 SEISAN (5.2 版) 使用手册的 1~5 节, 文中对 SEISAN 作了一般性介绍。尽管 SEISAN 可用于 IBM PC 机及 SUN 工作站, 考虑到中国读者多在 PC 机上工作, 故主要介绍在 PC 机上的应用。在该手册的其余部分具体介绍了 SEISAN 包含的程序和命令, 并对有关子目录作了具体说明。整个手册的计算机可读文件和 SEISAN 软件一起打包。根据原作者的说明, SEISAN 可以不受限制地提供给非商业性应用^①。

借此机会对挪威伯根大学固体地球物理研究所的 Jens Havskov 博士及 SEISAN 软件的其他研制者们表示衷心的感谢。

第一节 SEISAN 简介

SEISAN 系统是一个地震数据分析处理系统, 由一套程序和结构简单的数据库组成, 用于数学的和模拟的地震数据的分析。使用 SEISAN 可以读取本地或世界地震的震相读数 (人工读取或用光标读取), 进行地震事件定位、编辑, 确定谱参数、地震矩, 由三分向台站确定到达方位角, 画震中图等。整个系统由一组基于同一数据库的程序组成。查询程序可以根据不同要求查找特定事件, 对得到的数据子集进一步操作, 而无需将数据库中数据取出来进行操作。大多数程序既能用传统的文件系统方式 (即多个事件放入一个文件), 又能用数据库方式进行操作。另外, SEISAN 包括一些集成的用于研究的程序像求尾波 Q 值、构造综合模型和一整套用于地震灾害计算的程序。

SEISAN 系统用于 PC 和 SUN 操作系统, 在两种系统间的数据文件传送 (二进制和 ASCII) 无需转换。

数据在数据库中的组织类似于文件系统的结构。最小的基本单元是一个记录一个事件的原始震相读数的文件 (包含到时, 振幅, 周期, 方位角, 视速度), 文件名也是事件的标识 (ID) 号, ID 号是一个文件在数据库中的关键字。虽然 SEISAN 的数据库提供了很多的子目录和文件, 这些文件都是可以由用户访问的, 但真正的意图是通过系统软件使用户无需访问这些文件而在用户自己的目录中完成所有的操作, 系统中还提供了两个月的测试数据。

大部分程序是用 FORTRAN 编写的, 也有少量用 C, 并且提供了几乎所有的源代码。所以用户可以自己修正错误或做一些改动使得系统更符合自己的特定需要。程序已经在 SUN 的系统编译器和连接器上和 PC 的 Microsoft Powerstation Fortran 1.0A 上进行了编译和连接。

系统手册存放于 INF 目录下。如果已经安装, 文件名为 SEISAN.PS。需要用 Postscript

^① 需要这一软件及使用手册软盘或光盘拷贝的读者, 可与国家地震局地震数据中心数据部联系, 通讯地址是北京 2141 信箱, 邮编 100045, 电话 (010) 68530255, 传真 (010) 68530226。

打印机打出, 文件格式 Postscript 为打印机要求格式。

SEISAN 的程序是很多人辛勤劳动的结果, 在这里值得一提的是康拉德·林德霍姆, 他主持了 SEISAN 第一个版本的工作, 另外英国地质调查局 (爱丁堡) 提供了很多帮助。

SEISAN 可免费用于各种非商业的应用。

第二节 SEISAN 的结构

1. 目录

SEISAN 系统存放在 SEISMO 下的一系列子目录中, 子系统主要包括以下的几个子目录。

REA: 存放于数据库中的地震读数和全部震中解。

WOR: 用户的工作目录, 初始为空目录。

PRO: 程序、源代码和可执行程序。

LIB: 库和子程序。

INC: PRO 和 LIB 中的程序和子程序的包含文件。

COM: 各种命令。

DAT: 缺省文件和参数文件, 例如台站坐标。

WAV: 数字波形数据文件。

CAL: 系统标定文件。

INF: 相关文件和信息。

RES: 选项研究程序, 在单独的手册中有介绍。

在以下章节中, 以上子目录经常直接称作目录而不再提到 SEISMO。所有目录都用大写表示, 但只在 SUN 机器上大小写才有区分意义。目录结构是树形的, 以保证能快速访问 REA 目录中的文件。所以, 从用户角度看, 它只是一个普通的数据库。下一节将介绍数据库的目录结构, 图 7-1 是 SEISAN 的结构图。

2. 数据库

SEISAN 的数据库部分包含 REA 和 WAV 两个目录, REA 目录及其子目录包括一些读数和震源信息, 而所有的波形数据通常在 WAV 目录中而不包含任何子目录。另外一种选择是将 WAV 分为一种相似的子目录结构。DEL 目录包含从任何一种数据库中删除的事件, 在这里就是图 7-1 中的 BER 和 NAO。

(1) 震相数据和震源, REA 目录。

REA 目录包含震相读数以及推导出的震源信息, 如震源、断层面解等。REA 目录中包含一个或几个子目录, 对应于不同的数据库 (比如图 7-1 中包含两个数据库) 这些数据库目录的目录名由 3 个字符组成, 缺省目录的目录名由环境变量提供。如果环境变量未被设置, 系统会将目录名定为 AGA (代表 Agency)。在这里, DER 作为一个例子将会多次提到。数据库对事件进行备份存储, 对于快速的查阅和交互访问, 单个事件存放于 S 文件中。S 文件被分开存放成年目录和月目录中。当有新的数据存放到数据库中时, 被作为单独的事件文件。一旦交互过程结束, 单独的事件文件被加到月文件中。月文件称为 CAT 文件 (代表 Catalog) 被分别存放于 CAT 目录中, 这主要是为了快速查找 S 文件而进行的备份。除了事

件数据，每个数据库目录中还有 LOG 目录记录对数据的处理情况。

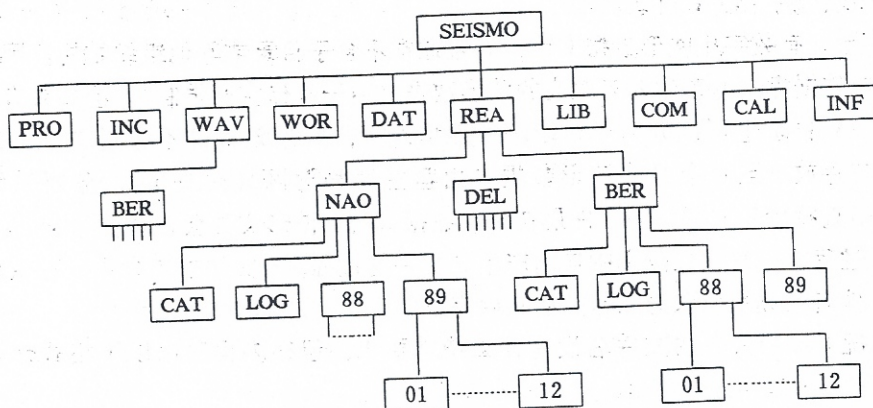


图 7-1 SEISAN 结构图

① S 文件数据库结构：

以下是 S 文件的数据库结构。

\ REA \ BER \ : 主要数据目录，包含所有数据

\ REA \ BER \ 88 \ : 1988 年的数据

\ REA \ BER \ 88 \ 01 \ : 1988 年 1 月的数据，每个事件存放于一个文件中。

每个事件中包含用 Nordic 格式记录的原始震相数据。Nordic 格式中含有所有对应波形文件的文件名；每个事件用一个文件记录，并包含一个 ID 行。ID 行中有一个唯一的 ID 号与事件对应。ID 行还包括状态信息，如对事件的最后一次操作，修改时间等。建立 ID 行的目的是为了以后能更好地控制数据库的操作。Nordic 格式见附录 1。一个典型的 S 文件名

为：

27_1112L.S11

在“.”前的字符指示了文件类型，有 L, R 和 D 三种，分别代表本地、区域、远程的事件，与 Nordic 格式中的 S 文件的 ID 行中意义相同。27-1112 代表 27 日，11 时 12 分，年月由所在目录决定。

正如上文提到的，系统可以包含很多其他的与 BER 功能类似的数据库。数据库名即包含数据的目录名，必须由 3 个字母组成，该目录可以存储数据子集或来自不同台网的数据。数据可以移入移出数据库或在不同的库中移动。细节见 EEV 的介绍。

② 每月事件定位文件，CAT 目录。

除了一个个 S 文件外，事件的数据还存放在 /SEISMO/REA/BER/CAT 目录中，而附加的数据库如 NAO 则把震源数据存于 /SEISMO/REA/NAO/CAT 中。

每月的震源文件如 198801.CAT 代表 1988 年 1 月的数据，虽然 SEISAN 中产生的文件通常是以月为单位，CAT 目录也能包括一些以年为单位或任何时间间隔的数据文件。创建这些文件的规则是文件名中必须给出文件中第一个事件的年月，这是因为查询程序 SELECT 使用文件名查找请求时间间隔内的事件，如果是历史性的目录，文件可以作为一个独立文件存入数据库，如果历史目录开始为 1820 年，文件名应为 182001.CAT。CAT 中的文件中地震目录不必为连续的，但在时间上切不可重叠。CAT 文件的格式与 S 文件一致，但 CAT 可

选用压缩格式, 即只选 S 文件的第一行。

(2) 波形数据, WAV 目录。

这个目录含有数字化波形数据文件, 并且通常不含子目录或其他组织结构。因为只有一小部分 REA 数据库中的事件能有对应的波形数据 (由于存储空间限制)。如果有大容量硬盘的话, WAV 目录也可以分为子目录。一般情况下, 如果该文件不在用户个人目录中的话, WAV 中存放一至两个月的波形数据 (由盘空间和台网规模决定), 分析系统总是在 WAV 目录中查找特定文件。在事件最初录入数据库时, 波形文件会自动传入 WAV 目录中, 事件的录入过程也就是在数据库中自动产生 S 文件的过程, S 文件中包含了一些头信息和波形文件的文件名, 震相拾取的工作放在其后完成。

通常情况对波形文件的文件名没有什么特殊要求, 但很多程序以以下格式命名波形文件:

yymmddhh.Nmm

其中 yy 代表年, mm 代表月, dd 代表日, hh 为时刻, N 为台网代号, mm 为道号。

WAV 目录中如果存在大量的波形数据, 将其分为多个子目录会有助于操作和管理, 做法如同对 REA 的分解方法一样。如 BER 中事件的波形数据放于 WAV/BER/94/07 中, 使用波形文件的程序会自动按当前目录、WAV、WAV 下的每月目录的顺序查找。这要求波形文件名中以年和月作为前四个字符。

(3) 连续数据

在 SEISAN 中连续数据没有特别的格式。它们只是在时间上相邻的普通波形文件。为了把这些文件处理为连续数据, 使用 DIRF 为这些文件建立了一个列表以便于一个应用程序能通过这个列表处理波形数据。目前已有两个程序带有连续数据的选项。MULPLT 程序将多个文件中取出的数据处理为一个连续的波形; 而 RESAMP 程序将从多个文件中重新采样并将结果送入一个输出文件。

3. SEISAN 用到的文件类型

最基本的单元是 Nordic 格式的文件。在实际使用中, 使用 3 种名字的文件。

S 文件: 包含震相数据的单个事件文件。文件中带有或不带有震源参数如位置和震级。

在数据库中, 这些文件带有扩展名 .S××。其中××代表发震时刻信息。比如 SUN 环境下 11_1234_11L.S9201。

CAT 文件: 地震目录文件。包含许多 S 文件中的位置或只包含震中目录, 是 S 文件的压缩形式。CAT 文件是 \REA\BER\CAT 目录中文件的标准形式, 也是 SELECT 和 COLLECT 命令的输出文件格式。在文件中, 每两个事件以空行间隔。

压缩文件: 只带震源信息的 CAT 文件。每个事件占一行 (即 S 文件中的文件头), 每两个事件间无间隔。压缩文件由 COLLECT 和 COMPACT 命令产生。

除此以外, 还有以下类型的文件:

SEISAN 波形文件: 带有响应信息的二进制波形文件。这是 WAV 目录中文件的标准形式。在 SUN 系统中文件名为 9201_11_2233_22S.BER_11

响应文件: 给出在给定台站上给定道的响应。文件由 RESP 程序产生, 参见第四节中对 CAL 目录的描述。

文件列表: 含有一个编号文件的列表。文件名总是 filenr.lis, 由 DIRF 命令产生。

4. 大写和小写

对文件名和命令名的大小写问题只与 SUN 有关,而在 PC 上大小写是没有区别的。在 SUN 环境下的永久文件名用大写字,如 S 文件、地壳模型文件及目录,而临时文件名如 print.out 用小写。而且删除一个永久文件相对困难一些。注意为了表示其特定意义,在本手册中程序名用大写,而在 SUN 上必须用小写才能被执行。

5. SUN 和 PC 机间的数据转换

SUN 和 PC 机上的 S 文件格式是一致的,只是 PC 机上的 S 文件名比 SUN 中的短。如果将一组事件(S 文件)从一个系统转移到另一系统,需在源系统上对这组事件进行 COLLECT 操作,然后再到目的系统对其进行 SPLIT 操作。如第二节中提到的,在 PC 机上的二进制波形文件在内部格式上与 SUN 中有区别,但这一区别在读的过程中被修正了,所以波形文件可以直接拷贝。问题是如果 SUN 中的文件名长于 PC 机上的限制,就需要用系统中的 WAVFIX 命令修改文件名。然而,对于 S 文件可能会发生问题,因为 S 文件中给出的波形文件名在 COLLECT-SPLIT 过程中并未改变。虽然波形文件可任意命名,但用前面描述的惯例会更加简单方便。如果 S 文件需经常 SUN 和 PC 机间移动,建议使用 PC 机规定的短格式波形文件名。

还有二进制的地球模型文件 IASP91.HED 和 IASP91.TBL 在两种系统中也是有区别的。这两个文件不能移动,但可用 IASP91 命令重新生成。这两个文件存在于 DAT 目录中。除了以上的文件外,其他文件在两种系统上是完全一致的。

第三节 安装 SEISAN

安装前应了解自己的计算机系统和 SEISAN 的安装方法。

早期版本的升级:所有的程序必须重装。

如果你的数据放在 SEISAN3.0 或更早的版本中,在装入新系统前,用 COLLECT 命令保存所有的数据并删除原先的 REA 和 EPI 目录。用 MAKEREA 命令建立一个新的 REA 目录,安装新的软件并可有选择地把 COLLECT 命令产生的 COLLECT.OUT 文件分解开并将所有的文件重新定位。

除了可执行文件外,SUN 和 PC 机上的 SEISAN 文件是一致的。这就使得在所有程序重新编译后,在 SUN 和 PC 机间移植成为可能,但有些地方尚需调整。在进行以下操作前,应先进行适当的备份。

1. SUN 环境下的安装

用于 SUN 的版本已在 SUN OS 和 Solaris 下进行了测试。

第一步:tar 文件。

你将 tar 文件拷入你要装的 SEISAN 目录下,文件名为 seisan.tar.g。

第二步:将 tar 文件解压。

进入用命令 uncompress seisan.tar.g 生成 seisan.tar 文件。

第三步:安装 SEISAN。

命令 tar xuf seisan.tar.(注意“.”)

第四步:设置系统参数。

激活 SEISAN:

在你的 cshrc 文件中, SEISAN 用的别名和路径是这样定义的: 加入一行 “... seismo/COM/.SEISAN” 其中.. 代表 SEISAN 的各级父目录。在装入前, 先装入 X-window, 并放于 /usr/openwin/demo/xterm 中。

SEISAN 路径:

为了使程序和子程序了解 SEISMO 的路径, 在 COM 目录中的 .SEISN 文件中定义该变量。编辑这个文件, 将其中的环境变量 SEISAN_TOP 值改为上级目录的目录名如 /top/users/seismo

SEISAN 机构:

在 .SEISAN 文件中, 设置变量 AGENCY 为三个字母, 这是你所属机构的代码。这在备份程序时要使用。

为了找到缺省的数据库 (本例中为 BER), 需在 .SEISAN 文件中定义环境变量 DEF_BASE。如果未定义的话, 使用 AGA 为缺省值。

EEV 中使用的 SEISAN 编辑器:

缺省的编辑器是 vi, 但通过设置环境变量 SEISAN_EDITOR, 可使用任何编辑器。

在程序内部用 lpr 命令向打印机输出。在 .SEISAN 文件中, 用标准环境变量 PRINTER 定义 lpr, 注意打印机一定要有 Postscript 功能。

如果安装 SEISAN 时未装入可执行文件, 可用 make-unix 命令生成, 而如果 .SEISAN 文件未准备好, 命令将不能执行。

2. PC 机上的安装

使用 SEISAN 系统的备份盘即可安装。下面假设你的系统将装在 C 盘。机型为 AT 或带有计算功能的协处理器的 386 兼容机, 内存 4M 以上。如果不具备上述条件, 所有程序必须重新编译连接。所有的程序都需使用 PRO 目录下的 DOS 内存扩展程序 DOSXMSF.EXE。

(1) 创建 SEISMO 目录 (mkdir seismo) 可在根目录或其他目录的子目录下。

(2) 进入 SEISMO 目录, (cd seismo) 将 SEISAN 从光盘上拷入:

```
pkunzip d:seisan.zip -d
```

如果文件已在硬盘上, 省去 d:。

(3) 修改 autoexec.bat 文件:

在 path 中加入 C:\SEISMO\COM 和 C:\SEISMO\PRO

以下任选: 加入环境变量 SEISAN_TOP, SEISAN_EDITOR 和 DEF_BASE, 如设置 SEISAN_TOP 形如 “set SEISAN_TOP = \SEISMO”。

(4) 修改 config.sys 文件:

加入 FILES=20

BUFFERS=20

如果已经存在并且数目均高于 20, 则不必修改。

(5) 如果需要重新编译源文件, 在 \F32\ 装入 Fortran 编译器。

(6) 其他:

如果在你的操作系统另有 SELECT 命令 (指在 DOS 下安装), 就得删除这个命令文件或将 SEISAN 中的 SELCT 改名。

编辑器：系统默认编辑器是由 NE 调用的 Norton 编辑器，如果不然，修改 EEV 程序使它包含你指定的编辑器或定义 NE 作为你的编辑器。

打印机：系统默认用打印命令激活打印机。如果想用其他命令激活，修改 LIB \ comp _ pc.for，再重新编译。

如果你是在原有 SEISAN 系统基础上升级的，删除 COM 目录中的 update.bat 和 dirf.bat，否则在 SEISAN5.0 以上版本这些命令不能执行。

在 WINDOWS 中的操作：SEISAN 能在 windows95 和 windows NT 中运行，其安装过程与在 DOS 中完全一致，只是路径和环境变量要在 windows95 或 NT 的 autoexec.bat 中重新设置，这里 SEISAN 在一个 DOS 窗口中运行，并且几个 SEISAN 的进程能同时在不同窗口独立运行，当启动一个 SEISAN 的图形程序后，windows 会转换到全屏 DOS 模式，而功能和 DOS 中完全一致，windows 的屏幕也能用通常的 ALT-ENTER 命令转换到 DOS 窗口，在 windows95 中，显示图形的 DOS 窗口能够只占一部分屏幕，但能用滚动条来上下左右移动看整个图形。图形输入能正常工作。但在 windows NT 中，DOS 窗口中的图形被冻结起来，所以只能在全屏模式中显示图形。

PC 机上潜在的问题：理论上在 PC 机上能运行任何长度的程序。如果程序大于可用内存，扩展器会做一些磁盘交换，这会降低执行速度。

大的程序装入内存要用很长时间，因为磁盘交换是很费时的。解决的办法是减少数组长度（INC 中的 seidim.inc）重新编译。

在运行大程序时，EEV 中的命令比如 P、L 不能运行，如果发生磁盘交换的话，一些被破坏的交换文件或其他文件保留下来，这会妨碍程序启动，用 DOS 命令（6.0 版以上）SCANDISK 清理磁盘。

Power Fortran 似乎对病毒很敏感，如果遇到内存问题或程序不能启动，可查一下病毒。

图形：SEISAN 只在 VGA 显示器上测试过，如果使用其他显示器，修改 ../INC/pc-plot.inc 文件并重新编译。在图形模式下，不能向屏幕写一般的文本，因为这会挂起整个系统。如果在图形模式下屏幕冻结，可能由于系统显示了什么提示信息。同 MODE CO80 一样，可以使用 CLEAR 命令。

如果鼠标不可见但似乎能工作，可能是因为鼠标类型不对，应使用 Microsoft 兼容鼠标。

3. 用户自己的数据库目录，MAKEREAL 命令

如果你想用 SEISAN 处理自己的数据，首先要用 MAKEREAL 命令创建目录结构，定义台站坐标和地壳模型。因为 WAV 几乎不需要目录结构，对于 WAV 无类似的命令。命令要求输入数据名（3 个大写字母）、事件开始时间（年、月）、结束时间（年、月）。输出显示创建的目录时，如果目录已经存在，会给出相关的文件信息。

4. 主程序使用的缺省参数文件

如果你开始定位事件，定位程序 HYP 会在一个输入文件中查找台站坐标、位置参数以及地壳模型。这个文件放于 DAT 目录中，名为 STATION0.HYP。如果要修改此文件，用命令 DA 进入 DAT 目录。如果想保留原文件准备测试，可将它拷到一个新文件中。

画震中图时（用 EPIMAP 命令），使用带有等高线的输入文件（type *.MAP）。如果想用更加精确的等高线地图，就要将所有的数据放入以 .MAP 为后缀的文件中。如：MYMAP.MAP。在 DATA 目录中，有两个等高线文件：WORLD.MAP 和 EUROPE.MAP。

EUROPE 中存放了更为详细的欧洲等高线图。

绘图程序 MULPLOT 能用一个缺省的文件标出台站和一些其他缺省信息，这在 DATA 目录下的 MULPLT.DEF 有定义。

MULPLT.DEF 和 STATION0.HYP 都能放在工作目录。程序总是从工作目录开始搜索，在多用户系统中，不同用户可以有自己的设置。也能通过改变目录使用不同的设置。

在 DAT 目录中需为 AUTOPIC 程序建立 AUTOPIC.INP。

使用编辑地震报告的程序需设置一个首页和字体集。其中的文本内容存放于 DAT 中的 BUL.INP 文件中。

5. 设置颜色

所有使用颜色的程序可以用 COLOR.DEF 文件。这个文件存放于工作目录中或 DAT 目录中。如果未给出 COLOR.DEF 文件，就使用缺省文件。设置颜色时要小心，很多意想不到的情况会发生。比如在白色背景上用白色画图，就会得到一个空白屏幕。有几种颜色设置是通用的，如设置标题颜色等。但有些颜色是为专门的程序设置的，见下例。也能为 Postscript 文件进行颜色设置，可选择为屏幕设置而不是为 Postscript，因为用户往往有彩色显示器而没有彩色 Postscript 绘图仪。将彩色的绘图文件送往黑白激光打印机会得到一幅深浅不同的灰色图画。

以下是一个 COLOR.DEF 文件中可设置的内容：

其中色彩代码是：

1：蓝色；2：绿色；3：红色；4：黄色；5：白色；6：黑色

color _ screen 0 0：无色，1：有彩色

color _ hard _ copy 0 -----

color _ back 5 背景色

color _ trace 6 地震波曲线，地图等值线

color _ pic 3 震相读取

color _ zoom 2 按倍数放大线条

color _ def 6 缺省彩色

color _ frame 1 震中图之类图形的幅面大小，倍数

color _ title 6 图上端标题

color _ spec 1 频谱

color _ axis _ not 3 坐标轴说明

color _ epi 3 震中

color _ station 3 地震台站

color _ map _ contour 1 震中图等值线

color _ map _ grid 6 纬度—经度/ (x, y) 格线

color _ label _ grid 6 地图分格标记

color_symbol_key	6	图关键字
color_prompt	1	提示内容正文
color_section	3	震中图中的截面轮廓
color_bval_np	2	b 值, 事件数
color_bval_ac	1	b 值累积的
color_bval_line	1	b 值最小二乘方线
color_box	5	人机交互输入框
color_box_letter	6	在输入框中的字符
color_foc_dilat	3	震源机制解中的“膨胀”
color_foc_comp	1	震源机制解中的“压缩”
color_foc_p	2	震源机制解中的 P 轴
color_foc_t	3	震源机制解中的 T 轴
color_foc_plane	4	震源机制解中的断层面

文件中所列的条目不限, 但必须出现相应的关键字。

第四节 使用 SEISAN

当系统安装完后, 就可以使用了。通常情况下所有操作在 WOR 目录或用户自己目录下的多用户系统中完成, 进入 WOR 目录用 WO 命令, 除非进行系统管理, 不必再进入其他目录。如果要进入其他目录, 键入这个目录的前两个字母即可, 在 PC 机上缺省的编辑器是 Nortonr NE, 在 SUN 上是 vi。

系统有两种运行方式。一种是交互访问数据库。用户能从一个事件转到另一个事件, 画图, 交互选取震相, 定位, 删除, 打印, 修改或加入事件。运行 EEV 程序能进入这种交互状态。EEV 程序用一个驱动程序控制几个程序的运行, 多用来测试和修改单个文件。如果输入数据正确的话, 可以用第二种方式进行操作。

第二种方式更像传统的数据处理, 它用一个程序进行对整个或部分数据库的操作。在这种方式下, S 文件和 CAT 文件将被修改。还有像画震中图与波形数据, 或查找满足一定判据的数据。

系统中带有从挪威国家台网得到的 1993 年 10 月、11 月的数据用于测试系统。如果你想试一下, 可参阅第四节中第 3 小节, 看 SEISAN 是如何工作的。

SEISAN 的问题: 一些最常见的 SEISAN 的问题已经收集在“problem”索引下。

下面分节介绍不同的命令。有些情况下, 很多任务需通过很多程序来完成, 而弄清每个程序能做什么和选用哪个程序又不是很容易的事。下一节大概介绍一下 SEISAN 的主要功能和涉及的程序。这些功能为:

- 日常操作: 画震中图, 震源定位和定震级。
- 确定震源参数: 震源机制解、应力降等。

——地壳结构：速度、层厚和衰减。

——地震目录：ISC 数据、数据管理、数据完整性、统计分析等。

——地震灾害：衰减、目录、土壤响应。

1. SEISAS 的主要功能

(1) 日常操作。

这是 SEISAN 的主要功能。在这一点至关重要是对数据库结构的理解和交互式事件处理器 EEV 的使用。日常操作通常从输入数字化数据和震相读数开始，很多转换程序要在这里用到。然后数据进入数据库（震相数据用 SPLIT，波形数据用 MULPLT 或 AUTOREG）。以后的处理就可以用 EEV 的各种选项来完成，当做完了定位和震级后，数据库就用 UPDATE 命令修改，用 BUL 命令产生地震报告。震中图和震源剖面图用 EPIMAP 制作。日常操作中可用自动震相拾取（AUTO 命令或 EEV 中的 Z 命令）。为了得到正确的基于振幅的震级（ M_L ， m_b ， M_S 或 M_w ）必须已经建立了标定函数。

(2) 震源参数。

日常操作通常得到震级和震源，而使用 FOCMEC（EEV 中的功能）能使用一个事件的第一符号得到断层面解。也能用 FOCMEC 得到综合断层面解。为了帮助收集有足够多初动符号的事件，可用 SELECT 程序扫描数据库以得到带有超过给定数目初动符号的事件。确定断层面解的第二种办法是合成模拟波形。此外，用 EEV 中的 MULPLT（P 选项）能确定地震矩、应力降和震源半径。这些参数是对地方震的 P 或 S 波进行谱分析确定的。

(3) 地壳结构。

这里的地壳结构同时包含了速度的结构和衰减。根据地震波的到时，可以用 HYP 正演建立结构模型。因为 HYP 命令在处理了大量地震事件的定位后，给出地震波走时残差的均方差和标准差以及均方根，就可以检验不同模型以找出能得到最低走时残差的模型。程序也可以用来测试不同地壳模型对所有震源定位的总体影响，因为每次运行都给出相对于先前结果的单个震源偏移及平均偏移。

在地方台网下的深地震在地壳界面上产生清晰的震相转换。这里可以使用考虑振幅和到时的全波形模拟程序（BOUCHON 或 HERRMANN）建立模型。

用尾波 Q 方法可以分析本地地震波的衰减（CODAQ 命令）。另一种方法是用谱模型（EEV 中 MULPLT 命令中的 P 选项），其中 Q 值、应力降和地震矩的模型同时建立。

(4) 地震目录。

地震编目涉及很多程序。EEV 是基本的交互工具。在 EEV 中可以用 SPUT 和 COLLECT 分别将数据移入和移出数据库。SELECT 命令能用各种参数（像震源区域、震级、机构等）进行查找。EPIMAP 能在某一区域里访问某一事件，一个非常有用的数据源来自 ISC。从 ISC 得到的光盘数据能被转化为 SEISAN 格式（震源和震相数据），这就要用到 ISCNOR 程序。一个地震目录中的震源数据能按不同的提供机构进行排列（用 CAT-AGA 程序）。地震编目工作的一个重要任务是统一震级。一个机构的 m_b 与 M_S 之间以及不同机构的 m_b 与 M_S 间的转换由 MAG 程序来完成。一旦相互间的关系确定，MAG 能将一种震级转化为另外一种。事件的统计用 STATIS 程序完成，b 值的确定用 BVALUES 程序。用 CAT-STAT 画出事件个数随时间的变化。

(5) 地震灾害。

这一部分涉及大量程序，详见 SEISAN 参考手册中的 6.24 节给出的描述。

2. SEISAN 的命令

系统中定义了一系列命令。这些命令能运行程序，更换目录，或开始执行一组命令过程。最常用的有：

AUTO：自动读取震相。

AUTOREG：自动登录事件。

BUL：生成目标文件。

BVALUE：计算 b 值。

CODAQ：尾波分析。

COLLECT：把数据库中多个文件放入一个文件。

COMPACT：做一个压缩文件。

DIRF：带标号的文件列表。

EEV：主要的处理工具。用命令 EEV 8802 对 1988 年 2 月的数据进行操作。

EPIMAP：将震源文件绘制在屏幕或其他硬拷贝上（如打印纸等）。

HYP：震源定位程序。

NEWEVE：手工输入震相数据。

MAKEREAL：制定 REA 目录结构。

MULPLT：将波形数据绘图。

RESP：制做响应文件。

SELECT：用经纬度、深度等条件选择事件。

SEIASC：将 SEISAN 波形文件转化为 ASCII 码或作相反的转换。

SEIDEL：将一个 SEISAN 的波形文件分为两个。

SEISEI：分裂或合并二进制波形文件。

SPLIT：将数据库中一个文件分解为多个 S 文件。

STATIS：事件统计。

UPDATE：修改一个月或几个月的数据库。

WO：进入 WOR 目录（工作目录）。

DA：进入 DAT 目录（数据目录、参数文件）。

IN：进入 INF 目录（信息库）。

CA：进入 CAL 目录（标准目录）。

WA：进入 WAL 目录（波形数据）。

注意：在 SUN/UNIX 环境下，必须使用小写字母。

除上面提到的以外，还有一些文件转换程序，不再列举。

3. 将数据装入数据库

在交互方式下，首先应将数据装入数据库。

有两种装入数据的方法。具体将在下面介绍。当然你可以在 REA 目录中用编辑器直接建立一个单独的 S 文件，但这样做相当慢，并且不是系统提倡的方法。当然，提到这种方法是为了说明数据库结构是多么的简单。

SEISAN 系统也可以不使用数字化的数据。如果在使用数字化波形文件时，当前目录是

WAV, 系统将使用数字化数据, 而在 CAL 则不然。在这两种情况下, 装入数据的方式是不同的。下面分别介绍。

(1) 带有数字化数据的系统。

这里的原始数据是由一些数据采集系统生成的数字化数据。系统默认每一文件对应着一个以 SEISAN 波形格式记录的地震事件。用于与数据库建立连接的文件存放在 WAV 中, 也可以存放在用户目录, 如 WOR。

一般情况下, 从数字化台站传来的多路数据文件, 被分为独立的数据文件并转化为 SEISAN 波形格式 (例如 OS9 系统中的文件可用 OS9SEA 程序转换。最可行的办法是先将文件放入 WOR 目录中, 检查其中的误触发事件, 将真正地震事件存入 WAV 中, 建立相应的 S 文件以及数字化数据的硬拷贝。这些功能可用 MULPLT 命令实现。程序标出波形文件的通道号。用户可以在交互方式下决定是否要保存该文件, 如果是则生成 S 文件并将该事件放入 WAV 目录中。其他可能情况是删除事件或硬拷贝。而当数字化的数据作为分析系统的输入, MULPLT 就被用来将数据装入数据库。进一步的分析将由 EEV 完成 (震相读取、定位和编辑)。SEISAN 也能和 EEV 一起使用。

(2) 没有数字化数据的系统。

在这种情况下, 用户可以从其他途径获得震相数据。如模拟地震图或从其他台站或机构获得的数据文件。系统默认这些文件以 Nordic 格式存贮。

如果用户文件中存有一个或几个 Nordic 格式的事件, 可以用 SPLIT 命令将其分裂为单事件文件并放入数据库中。NEW EVE 命令可以产生新的 Nordic 格式文件。

SPLIT 程序读取多事件的 S 文件并生成多个单事件的 S 文件, 同时给出正确的文件名。这些文件将放于当前目录或指定目录中。允许用户指定目录是为了避免用户将不应放入数据库的数据放入数据库。

(3) 数据的输入和输出。

从 OS9 SEISLOG 系统中得到的波形数据能以 ASCII 码或二进制文件形式输入系统, 并用 OS9SEI 命令转化为 SEISAN 的波形文件。从 Willy Lee 系统中得到的二进制文件也可以用 LEESEI 命令做同样的转化。使用 SEIASC 程序可将 SEISAN 文件转化为相应的 ASCII 文件或将 ASCII 码文件转化为 SEISAN 文件。而 GSESEI 能完成与 GSE 格式文件之间的转化。

震相数据的提取可以用 COLLECT 或 SELECT 命令产生 Nordic 格式数据交换所需要的单个数据文件。用 SPLIT 命令可将多事件文件分裂。

HYPNOR 程序将 HYPO71 震相文件转化为 Nordic 格式文件。而 HINNOR 负责 HYPOINVERSE 格式的转化。

(4) 数据库安全。

重复 ID 号: 因为数据库中包含了一系列的 S 文件, 事件的命名根据事件发生时间 (精确到秒) 和事件类型 (L, R 或 D), 所以偶而两个事件会得到相同的文件名。因此将新的事件放入数据库就会覆盖掉原有事件 (事件以文件形式贮存), 而用户却不能察觉到这类现象。从 5.0 版以来, SEISAN 增添了一些安全机制。新到数据可以通过 SPLIT, EEV, MULPLT 和 AUTOREG 四个命令加入数据库。在所有这四个命令执行时, 如果新来事件要覆盖原有事件, 会提醒用户注意。如果用户希望同时保留新老文件, SPLIT 和 EEV 能为新文件产生一个新的 ID (即文件名)。而 MULPLT 和 AUTOREG 遇此情况只能跳过重复事

件。在产生新的 ID 时, 首先选择下一秒的时间产生 ID, 如果仍旧冲突, 再加一, 直至不冲突为止。这就允许数据库中存贮 60 个分以上时间单位和文件类型都相同的文件。如果一个事件的 ID 改变了, 文件的开头行并未改变, 但 ID 行变了。对于改变 ID 的事件, 在 ID 行的 ID 号尾部加了字母 d, 以表明这种改变。

删除事件: 从事件的角度讲 S 文件就是数据库。这些文件只能用 EEV 程序删除, EEV 中的 D 命令或附加命令 A 完成删除工作。在这两种情况下, 不论从哪个目录中删除事件, 删除了的事件都放在 DEL 目录中。即使系统中会有很多数据库, 但只有一个 DEL 目录。这样, 从不同数据库中删除的事件将会混合存放在 DEL 中。为了恢复一个事件, 在 EEV 中进入 DEL 数据库, 用 C 命令将事件拷回来。可由用户手工清除 DEL 数据库。

最后一个安全性问题是, 如果已把一个事件从数据库中删除, 但修改还未完全完成, 事件可能会在数据库的 CAT 部分仍有记录, 所以仍能用 SELECT 命令或编辑器选出。

4. 地震定位的交互工作方式, EEV 命令

SEISAN 在交互工作方面的思想是在 EEV 程序中, 用户可以很容易地从一个事件转向另一个事件或对一个事件进行多种操作而无需重新启动。在这种状态下, 可以选取、编辑、定位、移动、删除一个事件, 直到用户达到目的。因为在交互模式下很容易误将某些东西删除或改变, 所以 S 文件中的定位或永久的 CAT 输出文件是不会被修改的。S 和 CAT 目录的永久性的更新只能以月为最小单位进行, 以保证一个月中的所有事件都不被忽略。

一旦事件被更新, 便可以用单个程序来完成进一步的操作, 这些单个程序直接读数据库。大部分分析程序也能在没有数据库结构的情况下进行, 例如在一个事件中搜索很多事件。

5. EEV 如何工作

在 EEV 工作时假设数据已经进入数据库。数据库操作的最基本工具是 EEV 程序。EEV 通常对一个月范围内的标准数据库进行操作, 也可以使用用户自己目录下的任何 S 文件。同时, EEV 也可以处理几个月的数据。在一个索引文件中存放一张文件列表, 使用 SELECT 命令时可以使用。另外 EEV 中使用的命令也可以在其他程序中使用。

EEV 程序在启动时读出某月目录中的 S 文件的文件名, 将指针指向该月第一个事件, 提示用户输入命令对当前事件进行处理或跳向其他事件。如果命令执行一个程序, 控制权就传给这个程序, 程序执行完后再将控制交还 EEV。使用这种方式使得很多相互独立的程序能在 EEV 状态下正常工作, 例如可安装使用几种不同的定位程序。

在启动 EEV 时, 键入 EEV yymm, 如 EEV 9209, 就会选择 BER 数据库中 1992 年 9 月的数据, 准备进行下一步的处理。这里也能给出更加详细的时间, 如 EEV 92011520, 就会找到 1992 年 1 月 15 日 20 点以后的事件。若要对 NAO 数据库中文件进行处理, 命令应为 EEV 9201 NAO。要对本目录中事件进行操作, 则只用 EEV 命令即可。EEV 也可以在有索引文件的情况下使用, 命令为 EEV index.loc, 这里的 index.loc 是索引文件的文件名 (索引文件可任意命名)。

EEV 中使用的命令一般只用一个字母, 除非需要输入数字或日期。如果想得到帮助信息, 键入 "?", 回车, 即可得到。EEV 中命令如下:

E: 编辑。

T: 显示事件。

TT: 只显示事件的首行。

P: 画出事件, 同时做出硬拷贝及读取震相。

Q: 退出 EEV。

L: 定位事件。如果位置不能确定而给出距离, 也会计算震级。

L××: 将事件××和当前事件同时定位。

LL: 将当前事件和下一事件同时定位。

H: 用 Hypoinverse 程序定位。

#××: 将当前事件设置为××事件, 也可以不加“#”。

D××: 将当前事件设置为××日的第一个事件。

A××: 将事件××加到当前事件后面, 并保留原文件。

AA: 将当前事件加到下一事件后, 并保留原文件。

D: 删除当前事件。

B: 往回退一个事件上 (在时间顺序上)。

C: 将事件拷入另一数据库或当前目录。

R: 重新定义文件类型, 定义为 L, R 或 D。但修改了 S 文件中的类型后, 仍需用 HYP 命令修改 CAT 文件。

Z: 自动震相读取 (需要一个波形文件)。

F: 做断层面解。

FC: 为断层面解准备数据。

Jyymm BAS: 在 BAS 数据库中转向 yy 年 mm 月。

Eyymm: 使 EEV 以 yy 年 mm 月作为结束。

O: 执行操作系统命令, 如 ocd 为 cd 命令。

S××××××: 搜索当前事件以后的间隔在×××××秒内的两事件。如果时间空缺, 默认值为 180 秒。

MAC: 输入宏观地震信息。

SYNT: 为合成模型准备参数。

BOUCH: 运行 Bouchon 建模程序。

还有其他一些命令, 就不一一介绍了。详细信息可在 EEV 下键入“?”得到。下面是在 PC 和 SUN 下使用的例子。

PC 中的应用:

EEV 880

Reading files: 223

```
# 1 01-0854L.S39 E T P Q L # XXX DXX AXXX D B C R ?
# 2 01-1234L.S42 E T P Q L # XXX DXX AXXX D B C R ?
# 3 01-1242L.S34 E T P Q L # XXX DXX AXXX D B C R ? 37
# 37 11-0856L.S54 E T P Q L # XXX DXX AXXX D B C R ? t
\ SEISMO \ REA \ BER \ 88 \ 02 \ 02 \ 11-0856L.S54
```


88	211	856	54.7	L	
KMY	SZ	EP	0856	54.7	48
KMY	SZ	IS	0857	19.0	
BLS2	SZ	IP	0856	53.7	102
BLS2	SZ	ISG	0857	16.9	

387 11-0856L.S54 E T P Q L # XXX DXX AXXX D B C R ?

SUN 中的应用:

eev 9101

Reading files: 444

1 01-0018-55D.S9101 E T P Q L # XX DXX AXX D B C R ?
 # 2 01-0557-12D.S9101 E T P Q L # XX DXX AXX D B C R ?
 # 3 01-0557-12L.S9101 E T P Q L # XX DXX AXX D B C R ? t

! Note the event has two headers and waveform file name

/top/seismo/REA/BER/91/01/01-0557-12L.S9101

91 1 557 12.4 L

91010105.5712WNN

1991 1 0557 38.2 L 61.300 3.600 0.0 NAO 2 0.0 1.4LNAO
 5.9413.7718.95 17.68

NORWEGIAN SEA EQ (ES 1)

STAT SP IPHASW D HRMM SECON CODA AMPLIT PERT AZIMU VELO

SUE	SZ EP	557 52.66	82
SUE	SZ ES	557 59.56	
HYA	SZ EP	558 4.06	65
HYA	SZ ESG	558 19.35	
ODD1	SZ EP	558 17.09	72
ODD1	SZ ESG	558 41.83	
ASK	SZ EP	558 0.00	57
ASK	SZ ES	558 14.68	
NRA0	PN	558 39.00	
NRA0	LG 4	559 40.00	
BLS2	SZ ESG	558 58.2	

3 01-0557-12L.S9101 E T P Q L # XX DXX AXX D B C R ? p

! ask for plot

/top/seismo/REA/BER/91/01/01-0557-12L.S9101 ! s-file name

Read header from file: /top/seismo/WAV/9101-01-0557-12S.WNN-18

! above is waveform file name


```

plot options:      Interactive picking      Return      ! choices
Multi trace plot on screen, def (0)
Multi trace plot on screen      (1)
Multi trace plot on screen + laser (2)
Multi trace plot on laser      (3)

! now comes the plot, see also MULPLT

# 3 01-0557-12L.S9101 E T P Q L # XX DXX AXX D B C R ? I
! locate event, location follows

```

在所有事件的子集或其他数据库中使用 EEV。

因为 EEV 程序能处理索引文件，用户可以将感兴趣的事件放入一个索引文件，而只对这一部分事件进行处理。索引文件是使用 SELECT 命令在数据库中进行搜索产生的。

本地数据库：如果数据是用 COLLECT 命令或 SELECT 命令选取出来，再用 SPLIT 命令分开，而在分裂时不指定放入哪一数据库，就会在工作目录里生成所有文件。这样，程序就会在当前目录下寻找 S 文件而不是在数据库中寻找。

除了使用索引文件外，还有一种办法可以在不同的数据库中存放数据。一般情况下，数据放于 BER 目录中，但用户也可以创建其他的目录结构，使用程序和命令对其进行操作。但新的数据库应放于 \ SEISMO \ REA 目录下，并且名字不能超过 3 个字母。目前，在伯根大学的地球物理研究所，从其他机构获得的数据存放在 NAO 目录中。有时也将这些事件的一部分存入自己的数据库。

6. 系统响应

可以为每个通道定义仪器响应，系统中有两个地方可以存放仪器响应的定义。在 SEISAN 的波形文件格式中，仪器响应是每个通道定义的首部的一部分。而当数据到达时，并不能立即得到仪器响应信息，或者后来发现波形文件中给出的响应是错误的。因此在 CAL 目录中的响应文件包含了每个通道的响应信息和它的生效日期。因为文件名中包含了仪器响应的改变日期、通道代码和分量代码。CAL 目录中列出了以时间为序的某一通道响应的记录。

如果 SEISAN 系统中的波形文件是来自原始的野外台站或其他输入文件而不带有响应信息，翻译程序（如 OS9 系统中的 OS9SEI）会在 CAL 目录中找出 SEISAN 波形文件的响应信息，要及时更新 filenr.lis 文件，才能准确地找到响应文件。CAL 目录中的响应信息的格式和通道首部格式一致。CAL 的响应文件由 RESP 命令生成。

在目前的 SEISAN 系统中，只有 MULPLT 和 SPEC 命令在做频谱分析，产生伍德-安德森记录波形或地动波形时，才会用到响应信息。

响应文件的文件名为 STATCOYY.DOY，其中 STAT 是台站代号，CO 是分量代码，DOY 是一年中的第几天。

如果用 RESP 命令生成响应文件，则在响应文件中包括一些用于计算单个响应值的参数。MULPLT 中的响应通常是用这些参数计算出来的。如果响应文件中不包括电动常数，就要通过对每个频率处的给定值（振幅和相位）进行插值来得到增益值。

7. 备份

数据和程序都应进行备份。最好每周备份一次。对数据来说，所有的数据文件都应备份，不论是波形文件，数据文件还是响应文件。

8. 使用地震目录

在数据库 S 文件和 CAT 文件中包含有震源的各种解是很方便的。一般情况下，从不同来源得到的数据被合并起来形成一个目录。一般文件中的震源数据的首行被认定为震源，EPIMAP 等程序就通过它来定位震源。有些程序要用到所有的震源行。当数据库中的定位和震级被更新时，只改变首行。这对日常的观测是很方便的。因为往往要引入其他机构的震级，并保证引入后不被随意修改。如果震级数据超过了给定空间，可以开始另一行，标明同样的年、月、日以及机构。

为了将不同地震目录合并，最好的办法是将所有的数据放入一个目录中，每个事件存放于一个文件中。可以先用 SPLIT 将事件分离，然后再用 EEV 中的命令将事件合并。这种操作不要求每月目录中都有数据。这些命令可以用来产生历史性的目录。

第五节 SEISAN 的日常工作

数据放入数据库并运行 UPDATE 命令完成常规分析工作后，就可以对数据进行日常处理。如搜索数据库、做地震报告和画震中图。也可以用 SEISAN 中的特殊工具对用户数据子集中其他数据库进行操作（见第四节）。

通常情况下，系统工作的原则是无需用户进入 REA 目录访问数据。所有的命令和程序应在用户目录或 WOR 目录中使用。为了找到用户需要的数据，程序一般要求用户给出开始和结束时间，如：

880602011001：包含从年到秒的时间。

8806020110：从年到分。

88060201：从年到小时。

880602：年、月、日。

8806：年、月。

88：年。

空格：只能用作结时间，系统默认为开始时间所在月的月末。

注意：结束时间的事件也被算在内。如 8806 就包含了 88 年 6 月的所有事件。SELECT 命令也能对不属同一世纪的事件进行处理，它要求在时间字符串前加上字符 'C'。如 C188801 代表开始时间为 1888 年 1 月。

这样，任何程序都能处理给定时间范围内的事件。以 S 文件作为处理对象的程序（如 COLLECT）可以处理数据库结构包含的任意时间间隔的事件。系统并不要求每个月的目录中都含有文件。

通常有四种可选类型的数据库：标准数据库、标准数据库的用户数据子集、其他数据库以及其他数据库的用户数据子集。如果用户有被索引文件确定的用户数据子集，索引文件中要包含事件的 ID。索引文件中的事件是系统中事件的子集。

注意如果不考虑数据库结构的话，绝大部分的程序都是独立的。如果想将所有事件集中起来，而不是放入多个文件和目录，也可以使用下列程序操作。

NEWEVE: 输入新的震相数据

HYP: 定位程序

SELECT: 用来选择子集

EPIMAP: 画震中图

BUL: 准备地震报告

MULPLT: 画波形图

由于篇幅所限, 这里只介绍了 SEISAN 使用手册的 1~5 节。对于后面的章节, 读者可将系统安装后, 在 INF 目录下找到 SEISAN.PS, 用 Postscript 打印机打印即可得到手册的全部内容。

与本章配套的软盘中软件为 PC 上的 5.2 版, 存放于 SEISAN.ZIP 文件中。安装方法, 见第三节。

主要参考文献

- 赵仲和等, Internet 地球科学资源导引, 地震出版社, 1996
- Anderson, J. et al., Center for seismic studies version 3 database: schema reference manual, Technical Report c90-01, Center for Seismic Studies, 1990
- Chiu, J. M. et al., PANDA: A simple portable seismic array for local- to regional-scale seismic experiments, B.S.S.A., Vol. 81, No. 3, 1000~1014, 1991
- Havskov, J., editor, The SEISAN earthquake analysis software for the IBM PC and SUN, Version 5. 2, Univ. of Bergen, Norway, 1996
- Morelli, A., editor, 1994 Status report of the Federation of Digital Seismographic Networks, from ANNALI DI GEOFISICA, Vol. X X X VII, No. 5, 1037~1112, 1994
- Vartanian, G. S. et al., System project on Federal System of Seismological Networks and Earthquake Prediction, Russia's federal system of seismological networks and earthquake prediction, Information and Analytical Bulletin, Vol. 2, No. 1, 1995
- EMSC Newsletter series, edited by European-Mediterranean Seismological Centre, 1995~1996
- GSETT-3 Documentation, CRP/243, Volume 2: Operations, Group of Scientific Experts, Conference on Disarmament, 1994
- IRIS Newsletter series, edited by Incorporated Research Institutions for Seismology, 1994~1996
- The Monitor, edited by the Center for Seismic Monitoring, Vol. 5, Nos 2 and 3, 1995