

数字地震波形分析

朱文林 姚立平等 编译



测绘出版社

数字地震波形分析

朱文林

姚立平

杜安陆

牟惟莉

张廉强

吴忠良

编 译

校

测 绘 出 版 社

内 容 简 介

本书结合国际上常用的数字地震波形分析软件——地震分析软件 SAC、地震信息分布图分析软件 MAP、数字地震图分析软件 SeisGram 等,概要地介绍了数字地震学的基本概念,以供地震分析研究人员进行数字地震波形显示、震相标注、地震数据处理、以及地震参数测定等工作时参考,也可供计算机软件及应用、地质勘探工程、禁止核试验条约的物理监测、数字信号处理等方面的研究人员、工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

数字地震波形分析 / 朱文林等编译. — 北京: 测绘出版社, 1995. 6

ISBN 7-5030-0800-8

I. 数… II. 朱… III. 程序包—应用—地震波—谱分析 (数学) IV. P631.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 09360 号

*

测绘出版社出版

精美纸制品印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16·印张 25·字数 620 千字

1995 年 6 月第一版·1995 年 6 月第一次印刷

印数: 0001—600 册

002500

编译前言

数字地震波形分析是数字地震学中的一项重要内容。一般地说,与现代地震观测有关的数字地震波形分析包括三个方面,一是地震台阵、台网记录的实时处理,二是数字地震波形的基本处理,三是利用数字地震波形开展的地震学研究。这三个方面是相辅相成的,但各有不同的侧重点。本书介绍的主要是第二个方面。它的理论基础是60-70年代以来发展起来的一系列概念和分析方法,主要是频谱分析方法,有关的分析今天已成为地震观测和地震分析中的常规工具。

20年前,利用计算机方便地绘出地震波形还是一件颇具难度的工作,而今天类似的工作几乎已经可以处理成一个大学生的课外作业。从这个意义上讲,在充分地肯定本书介绍的软件在地震学中的意义的前提下,我们似乎也可以说,至少在某些情况下,与钻研这些软件的使用的细节相比,在自己的计算机上用自己编写的程序实现类似的功能,也许反而更方便一些。然而另一方面,数字地震学在其自身的发展过程中形成了一系列新的概念,其中有些概念是传统的地震学研究中没有的,有些概念在传统的地震学研究中由于技术的限制而没有更多的实际意义,有些概念在传统的地震学研究中并不象现在这样重要。因此,编译这份资料的目的,更多地是以一种“解剖”的方式介绍数字地震学的基本概念,而不是介绍这些软件本身。

本书共分三篇:

第一篇 地震分析软件 SAC

作者: William C. Tapley, Joseph E. Tull, Betsy K. Hickman,
and David B. Harris

第二篇 地震信息分布图分析软件 MAP

作者: Kenneth E. Sumikawa, William C. Tapley,
Elizabeth K. Hickman, and Joseph E. Tull

第三篇 数字地震图分析与波形反演软件

作者: Anthony Lomax, Robert McCaffrey, Geoffrey Abers,
and Peter Zwick

编译者感谢美国 Lawrence Livermore 国家实验室(LLNL)同意将本书第一、二篇译成中文,感谢 W. H. K. Lee 教授对第三篇编译工作的热情支持。

本书第一、二篇由朱文林、姚立平、杜安陆、牟惟莉编译;第三篇由张廉强编译;全书由吴忠良校订。陈运泰院士审阅了名词术语;牟其铎教授组织了本书的编译;刘天海同志承担了本书的编辑、校对等工作。谨此表示感谢。

由于编译者水平所限,且时间仓促,本书可能会有不当之处,恳请读者批评指正。

编译者

1994年12月

目 录

第一篇 地震分析软件 SAC

第一章 SAC用户手册	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 程序设计	(2)
1.3 新用户	(2)
1.4 分析功能	(4)
1.5 图形功能	(6)
1.6 SAC 宏	(7)
1.7 内嵌函数	(14)
1.8 访问暂存块变量	(19)
1.9 读 SAC 数据文件	(20)
1.10 写 SAC 数据文件	(22)
1.11 SAC 数据文件格式	(26)
1.12 子程序调用	(33)
第二章 SAC 新用户辅导指南	(37)
2.1 引言	(37)
2.2 不同版本	(37)
2.3 启动	(38)
2.4 SAC 数据文件	(39)
2.5 数据文件的读和写	(40)
2.6 显示结果	(42)
2.7 其它功能	(42)
第三章 SAC 命令参考手册	(44)
3.1 引言	(44)
3.2 命令功能表	(44)
3.3 字母顺序表	(49)
3.4 格式	(54)
3.5 约定	(55)
3.6 SAC 命令	(56)
第四章 SAC 图形文件用户手册	(197)
4.1 引言	(197)
4.2 命令	(197)
4.3 文件格式	(202)

第五章 SAC频谱估计子程序用户手册	(205)
5.1 原理	(205)
5.2 程序	(206)
5.3 命令	(206)
第六章 SAC信号迭加子程序用户手册	(213)
6.1 引言	(213)
6.2 典型用法	(213)
6.3 命令	(214)
第七章 SAC的UNIX版本用户指南	(228)
7.1 引言	(228)
7.2 磁带内容	(228)
7.3 目录结构	(229)
7.4 安装方法	(229)
7.5 用户信息	(233)

第二篇 地震信息分布图分析软件MAP

第八章 MAP的UNIX版本指南	(234)
8.1 引言	(234)
8.2 目录结构	(234)
8.3 安装指导	(235)
第九章 MAP用户手册	(238)
9.1 引言	(238)
9.2 如何使用 MAP	(238)
9.3 制图文件	(240)
9.4 台站文件	(244)
9.5 椭圆文件	(245)
9.6 事件文件	(245)
9.7 大圆路径文件	(246)
9.8 极化函数文件	(247)
9.9 MAP的投影	(248)
9.10 示例	(251)
9.11 全球数据文件	(259)
9.12 命令描述	(262)
9.13 附表	(289)

第三篇 数字地震图分析与波形反演软件

第十章 数字地震图分析软件 SeisGram	(292)
10.1 引言	(292)
10.2 硬件和软件配置要求	(292)
10.3 软件安装	(293)
10.4 软件概述	(296)
10.5 菜单、光标的鼠标用法	(296)
10.6 运行 SeisGram 程序	(298)
10.7 运行 SeisGram 指南	(302)
10.8 命令选择	(311)
10.9 输入和输出时间序列文件	(321)
10.10 特殊输入时间序列文件	(327)
10.11 仪器校正文件	(328)
10.12 查错	(329)
10.13 生成仪器转换函数的程序	(330)
第十一章 波形反演软件 SYN4	(334)
11.1 引言	(334)
11.2 算法	(334)
11.3 硬件环境	(340)
11.4 软件安装	(340)
11.5 试运行	(341)
11.6 关于SYN4 的一般信息	(345)
11.7 获得波形	(349)
11.8 SYN4INT 波形准备	(355)
11.9 SYN4 波形反演	(360)
11.10 输入和输出文件格式	(370)
11.11 查错和错误信息	(380)
11.12 一般说明和建议	(381)
11.13 修改仪器响应	(382)
附录: 名词术语英汉对照表	(385)

第一篇 地震分析软件 SAC

第一章 SAC 用户手册

1.1 引言

SAC (Seismic Analysis Code) 是由美国加州大学 Lawrence Livermore 国家实验室 (LLNL) 开发研制的用于研究连续信号, 特别是时间序列数据的通用程序。SAC 是地震研究者详细研究地震事件的分析工具。其分析能力包括通常的算术运算、傅氏变换、频谱估计技术、无限脉冲响应 (IIR) 和有限脉冲响应 (FIR) 滤波、信号迭加、数据抽取、数值内插、相关分析和地震震相读取等。SAC 具有多种绘图功能, 同时提供不同的版本以适用于不同的计算机系统。

本手册对新用户提供 SAC 能做什么、它怎样工作, 以及怎样启动等一般信息。对更熟练的用户也提供有关怎样使用 SAC 宏命令、怎样用 FORTRAN 程序读和写 SAC 文件, 以及 SAC 程序结构等详细的信息。

本章包含如下主要内容:

1. 新用户: 浏览 SAC 和一些有关开始使用 SAC 的建议;
2. 分析功能: 简述每个分析命令;
3. 图形功能: 简述图形设备和每个图形命令;
4. SAC 宏: 详述怎样建立和使用 SAC 宏命令文件, 去反复执行一组 SAC 命令;
5. 内嵌函数: 详述其它命令中用于进行算术运算和字符串处理的函数集;
6. 读 SAC 数据文件: 描述怎样在 FORTRAN 程序中读 SAC 数据文件;
7. 写 SAC 数据文件: 描述怎样在 FORTRAN 程序中写 SAC 数据文件, 这一节解释怎样转换数据文件到 SAC 格式;
8. SAC 数据文件格式: 详述 SAC 数据文件格式 (包含头段);
9. 子程序调用: 描述本手册讨论的每个子程序及其调用方式。

符号约定

这里说明本手册使用的符号约定, 所有 SAC 其它手册都使用相似的符号约定。

• 黑体字 (如 READ) 标识命令或关键词, 输入时既可用大写又可用小写, 但必须按照手册中指定的字母输入。

• 当显示用户与 SAC 对话的例子时, "u:" 表示用户的输入, "s:" 表示 SAC 的响应。例子用大写打印字体, 解释用加圆括号的小写字体表示。

• 再强调一下, 键盘输入既可用大写又可用小写, SAC 在解释它们前均转换成大写字体, 这种情形的一个例外是单双引号内的内容及目录和文件名。

其它手册

SAC 的其它手册如下:

- “新用户辅导指南”，为读者举例解释基本 SAC 命令。
- “命令参考手册”，详细描述每个 SAC 命令的功能、句法、缺省值和例子。该手册同时包含以字母和功能排列的 SAC 命令表。
- “频谱估计子程序手册”，描述用于研究平稳随机过程的子程序。其子程序类似于 SAC 主程序调用的小程序。
- “信号叠加子程序手册”，描述信号叠加、延迟和剖面记录图。
- “SAC 图形文件用户手册”，描述一组用于处理各种 SAC 图形文件的程序。
- “SAC 的 UNIX 版本用户指南”，说明怎样在系统上安装 SAC，及进行系统环境设置。

1.2 程序设计

设计原则

SAC 没有采用单道信号操作的设计方法，这种设计有优点也有缺点。SAC 现在选择的是并行操作的设计方法，这是因为地震工作者倾向于对大量的地震信号在同一时间进行相同的操作。这个设计有时需要在磁盘上暂存中间分析结果。SAC 的 10.6e 版本改进了这一设计，允许文件子集在内存操作，以减少所需临时磁盘文件。

不同版本

SAC 具有良好的可移植代码，在操作系统和图形方面具有有效的可移植性。有现行几个版本适用于下列不同类型的计算机和操作系统：UNIX (AT&T System V 和 Berkeley 4.2)，DEC VAX/VMS，PRIME，IBM VM/CMS 和 AIX，Stellar 和 Data General。SAC 在上述每种计算机上具有类似但不一定是完全相同的工作方式。在特定的计算机上怎样安装 SAC 和新用户怎样启动 SAC 等有关说明，都包含在安装磁带上。请阅读这些说明或询问系统管理员，以帮助你开始。本手册没有包含这些说明，以便尽可能保持与机器的独立性。SAC 在图形管理方面，在代码中包含四种不同的图形设备：

1. **TERMINAL**：仿真 Tektronix 4010/4014 的任何图形终端。
 2. **SGF**：表示 SAC 图形文件，每个文件包含产生一张图形的所有必要信息。
 3. **XWINDOWS**：大多数图形工作站配置的窗口图形系统。
 4. **SUNWINDOWS**：Sun Microsystems 注册发行的，适用于工作站的特有窗口系统。
- 本手册后面将全面描述这些设备。再强调一下，如果你有问题，请与系统管理员联系。

1.3 新用户

SAC 设计的目的，是帮助地震研究人员研究地震事件。如用于快速初步分析、常规处理、试验新技术、详细研究以及绘制用于出版的高质量图件。它既可适用于使用计算机的新手又可用于计算机专家。为了能快速学习和容易使用 SAC，所有的操作参数都精心设定了缺省值。同时，几乎所有的参数都在用户的直接控制下。这个设计兼顾了操作的简便性与特殊需要的灵活性。

用户界面

SAC 是交互命令驱动方式的程序。每条命令要在终端上键入，或将其放入宏文件中。全部 SAC 命令分成三个主要类型：参数设定、操作执行和数据集管理。参数设定命令改变固有的 SAC 参数值。操作执行命令对当前内存中的信号进行基于上述参数值的一些操作。数据集管

理命令决定哪个文件被选中,从而对那些信号进行处理。参数设定命令的作用,一直保存到重新设定前都有效。操作执行命令是瞬时的,操作执行命令中也有保存到重新设定前都起作用的选项,然而这些选项仅适用于特殊命令。启动SAC,所有这些选项都取缺省值。执行INCM命令则可在任何时候,把参数重新初始化到这些缺省状态。

操作模式

每个信号分别存储在数据文件中,每个数据文件中有一个头段,说明这个文件的内容(详见有关数据文件格式的章节)。信号从磁盘读到内存,使用READ命令。SAC在同一时刻,可处理100个任意大小的信号。数据一经读入内存,即可在终端键入(或从宏命令文件读入)其它命令,去完成关于这些信号的操作。信号读入到内存中统称为数据集。在图形用户界面下使用SAC,可能是理解数据集概念的最好方法。参见“SAC命令参考手册”功能表中的数据设定模块命令。所有的操作都对当前数据集中的全部数据起作用。你可在任何时候使用绘图命令查看结果。有几种绘图格式可供选择。用户可控制标题、标符、绘图尺寸、文件标识、坐标轴和时标位置等。也可随时使用WRITE命令保存操作的结果。本手册关于分析功能和绘图功能这两节,简单描述了这些命令,详细说明见“SAC命令参考手册”。

SAC怎样控制时间

SAC头段包含基准或起始时间,以6个整型量(NZYEAR、NZJDAY、NZHOUR、NZMIN、NZSEC、NZMSEC)的方式存贮。通常显示与之相当的文字格式(KZDATE和KZTIME)。这样可设置任何所需的基准时间,通常它是第一个数据点的时间,当然也可是发震时刻、午夜零点、你的生日等,甚至不必与数据本身有任何关系的时间。所有其它时间都是相对这个基准时间的秒值,并且按浮点数存贮在数据头段中:

B=文件的开始时间

E=文件的结束时间

O=发震时刻

A=初动到时

F=信号结束

Tn=时间标识,这里n是从0到9的整数

许多SAC命令使用这些头段变量,它们将在后面的分析和绘图功能两节中讨论。CUT命令是最重要的命令之一,它可使用头段中的偏置时间选择数据文件的一段,供随后的READ命令读取。使用CUT和READ命令的例子,可见“SAC新用户辅导指南”和“SAC命令参考手册”。

入门

最好的捷径当然是请有经验、有耐心的用户为你演示SAC怎样工作。SAC入门的较好的方法(假定你已经读完本节),是坐在终端或工作站旁,拿着“新用户辅导指南”,试验手册中的例子。手册中包括了你在下一步操作中所必需的基本命令。下一步是浏览“命令参考手册”中的SAC命令表(字母和功能排序),选择感兴趣的命令试一试。SAC检查错误相当仔细,所以你的试验一般不会损坏系统。你顺利使用SAC后,也许需要回到本手册以便更好地掌握程序要点。此时你应该认真阅读SAC宏命令这一节,在你需要对大量数据作复杂的、重复性的分析的时候,它们一定会节省你的时间。最终你会坐下来从头开始仔细地研究一遍SAC的“命令参考手册”,从而形成你用SAC可以做什么工作的一个完整的概念。不过在你对SAC的使用积累了一些经验之前,最好还是不要急于做这件事。

1.4 分析功能

SAC 逻辑地分成功能模块, 每个功能模块完成一组有关的任务。本节简单描述这些模块的每个命令, 在说明中使用命令全名, 大部分命令都有简便的缩写。细节见“SAC 命令参考手册”。

执行功能模块

你成功地进入 SAC 后, 需要知道怎样退出它。这时可使用 QUIT 命令。END、EXIT 和 DONE 也可同样作这件事, 所以你不会有多问题。FUNCGEN 命令在内存中产生各种函数, 它有助于测试其它命令的已知功能。DATAGEN 命令给出了三个地震的实例(包括近震、地方震和远震), 你可以使用这个命令将这三组数据读入内存。这样, 你可以一方面用这些真实的地震数据作练习, 一方面也可将你自己的数据转换成 SAC 格式。关于 SAC 信息的几个命令: NEWS 命令显示 SAC 最新版本的一般信息, HELP 命令和 SYNTAX 命令提示某个命令的信息, REPORT 命令报告重要参数的当前值。SAC 具有强大的宏命令功能, 它可使你把一组 SAC 命令放入一个文件中去执行, 这将在后面的章节里详细说明。可用缺省值完成定义参数、简单算术运算、保存和检索信息及用条件语句或循环语句控制命令执行流程。MACRO 命令执行一个宏命令文件, SETMACRO 命令定义搜索路径, 用于查找宏命令文件。INSTALLMACRO 命令使其他人在系统上的任何入能够使用同一个宏命令。你可使用“暂存块”保存 (SETBB) 和检索 (GETBB) 信息, 以及做算术运算 (EVALUATE)。你也能把暂存块中的信息存贮 (WRITEBBF) 到磁盘文件, 及从中恢复 (READBBF) 该信息。其它有用的宏命令包括, 发送消息到终端 (MESSAGE), 回应终端命令 (ECHO) 和暂停执行宏命令 (PASUSE)。最后, 你可在运行 SAC 中执行操作系统命令 (SYSTEMCOMMAND), 以及将有关参数重新初始化到缺省状态 (INCM)。

数据文件模块

这个模块用于读、写和访问 SAC 数据文件。后面章节详细描述这些数据文件。READ 从磁盘读取数据文件到内存, WRITE 将内存的当前数据写到磁盘。CUT 确定读取多少数据文件。READERR 控制在读取文件时产生的错误, CUTERR 控制非正确地截取的参数引起的错误。每个数据文件有一个说明其内容的头段。若只读和写头段而不涉及数据, 则可使用 READHDR 和 WRITEHDR。也可列出头段的内容 (LISTHDR), 改变头段值 (CHNHDR), 以及在内存中将头段值从一个文件拷贝到另一个文件 (COPYHDR)。SYNCHRONIZE 命令改变内存中的头段值, 以使不同的记录有一个相同的基准时间。在使用 CUT 命令前, 若文件有不同的基准时间, 你必须首先使用这个命令。你可使用 READALPHA 直接读取几乎任何种类的字母数据文件到 SAC。READ 命令允许使用通配符, 很容易读取包含一些典型字符的一组文件。WILD 命令控制文件扩展名中的通配符信息。SAC 数据文件以二进制的格式存储, 以供快速读写, 与这个二进制格式对应的 SAC 文件也有相应的字母格式。CONVERT 可用于二进制与字母格式之间的转换, 这有助于把 SAC 数据文件从一种类型转换到其它类型的计算机上。

频谱分析模块

你可作离散付氏变换 (FFT) 和付氏反变换 (IFFT), UNWRAP 可计算信号的振幅和展开相位, 这是 Tribolet 算法的工具。在 LLNL 使用一套无限脉冲响应滤波器 (BANDPASS、BANDREJ、LOWPASS 和 HIGHPASS), 有限脉冲响应滤波器 (FR), 自适应维纳滤波器 (WIENER), 以及两个特殊滤波器 (BENIOFF 和 KHRONHITE)。CORRELATE 计算自相关和互相关函数。FFT 和

UNWRAP 命令在内存产生频谱数据, 可将这些频谱数据绘图 (PLOTSP)、以“常规”数据方式写入磁盘 (WRITESP) 以及再把它读取回来 (READSP)。还可在频域直接进行以时间为自变量的积分 (除以 $i\omega$, DIVOMEGA) 和微分 (乘以 $i\omega$, MULOMEGA)。

一元运算模块

这个模块完成内存中每个信号数据点的算术运算。你可对原始数据加 (ADD)、减 (SUB)、乘 (MUL) 或除 (DIV) 一个常数。可求每个数据点的平方 (SQR)、平方根 (SQRT) 或绝对值 (ABS)。你可求每个数据点的自然对数 (LOG) 或以 10 为底的常用对数 (LOG10)。也可计算每个数据点的指数 (EXP) 或以 10 为底的指数 (EXP10)。最后你可进行积分 (INT) 和微分 (DIF) 运算。

二元运算模块

这一模块完成一对数据文件之间的运算。MERGE 把一系列文件在内存中合并 (连接) 起来, ADDF 把在内存中的当前数据加上数据文件集的数据, SUBF 减去数据文件集的数据, MULF 乘以数据文件集的数据, DIVF 除以数据文件集的数据。BINOPERR 控制在二元运算中发生的错误。

信号校正模块

这些命令完成一定的信号校正操作。RQ 从频谱数据中移去地震 Q 值, RTREND 和 RMEAN 分别移去数据的线性变化和平均值。RGLITCHES 除去时标。TAPER 提供了对称的光滑的数据窗口, SMOOTH 提供了算术平滑。STRETCH 可对数据进行内插处理, 包括选择内插 FIR 滤波, DECIMATE 则对数据进行再采样, 包括选择抗混淆 FIR 滤波。你可使用 INTERPOLATE 命令添改等间隔或不等间隔数据, 使之具有新的采样间隔。最后, 你还可以使用 ROTATE 命令按照一定的角度对一对数据分量进行转动。

事件分析模块

这个模块用于提取震相。使用 APK 可以自动读取震相。PPK 利用图形光标读取震相 (绘图功能一节将说明 PPK 命令)。这些读取出来的震相可用下面格式保存: 使用 OHPF 命令是 HYPO 格式, 使用 OAPF 命令是一种更通用的格式。读取的震相也保存在数据头段中。

信号测量模块

这些命令起着测量和“标识”内存数据选择的标志。这些标志存储在数据头段中。MARKTIMES 以基于一定速度结构的走时标识内存数据, MARKPTP 测量和标识振幅峰峰值, MARKVALUE 查找和标识信号中给定的数据值。MTW 设置“测量时间窗”选项, 当这个选项打开时, 仅在这个窗口内进行测量。其它情况下测量的是全部的信号。MTW 仅应用于 MARKPTP 和 MARKVALUE 命令。

仪器校正模块

这个模块目前仅包含 TRANSFER 一个命令。TRANSFER 通过反褶积去掉一种仪器响应并以褶积加上另一种仪器响应。软件中包含了 40 多种仪器的响应函数。一般仪器响应也可以通过其传递函数的零点和极点值进行定义。

子过程

一个子过程是 SAC 程序里的一小程序。它在许多方面像 SAC 一样工作, 不同之处是它不能镶嵌在主程序中。执行时仅仅执行子过程中的命令加上 SAC 主程序中的一组命令, 提示符变成子程序名。使用 QUITSUB 命令可返回 SAC 主过程。使用 QUIT 命令则可直接终止 SAC。

频谱估计子程序

这个子程序用于研究平稳随机过程(即:噪声)。提供了三种频谱估计技术:最大熵谱方法、最大似然方法和功率密度谱方法。

信号叠加子程序

这个子程序用延时来进行信号叠加。可分为静态和动态延时。软件中提供了两种速度模型。信号可分别加权。绘制剖面也是本子程序的一部分。

1.5 图形功能

本节描述系统当前支持的图形设备及简述图形功能模块的各个命令。

图形设备

当前支持的图形“设备”有四种。前两种为TERMINAL和SGF,是通用设备驱动器,每种都代表了很多实际物理设备。第三种为XWINDOWS,是运行在数目不断增加的、高分辨率的位图图形工作站上的窗口系统。第四种为SUNWINDOW,是运行在SUN系列图形工作站上的窗口系统。下面详细描述每种设备。(你的系统可能不同于此处列出的型号、类型和图形设备名。在此情况下,请与你的系统管理员联系,或使用REPORT DEVICES命令来确定设备的类型。)

TERMINAL 设备驱动器是仿真 Tektronix 4010/4014 终端,现代大部分图形终端都具有这种终端的仿真能力,这种驱动器是通过各种 Tektronix 兼容终端信息图表驱动的。给定 TERMINAL 设备后,SAC就试图确定使用的是哪种终端。如果SAC不能确定终端类型时,它将询问你,你可以用给定的终端类型代替TERMINAL关键词所作的操作。请同系统管理员联系,或使用REPORT TERMINAL命令,以确定SAC“认为”你现在在何种终端上工作,此时SAC还将列出已知的所有终端。

SGF表示SAC图形文件。一个SAC图形文件包含在任何图形设备上,产生一次绘图所需要的所有信息。每个绘图存贮在单独的文件中(使用现代计算机术语,将其称作图形“中间文件”),这种文件以“Fnnn.SGF”形式命名,这里“nnn”是以“001”为起始的绘图编号。你可使用SGF命令控制这种文件名的某些特征。使用程序可在终端上显示这些文件,几个文件合并到一个文件,或产生字母文件以进行调试。SAC也提供了格式转换程序,以便将这种文件转换到特定图形设备上,如Appel激光打印机,Houston仪器公司笔式绘图仪等等。产生一个转换程序是相当容易的,这些程序和SGF文件格式在“SGF用户手册”中有描述。

XWINDOWS(或简称X)是工业财团Athena项目支持MIT开发的窗口图形系统,X采用所谓网络模式,在此单进程或服务器控制屏幕显示。当需要修改屏幕的一部分时,其它程序要向服务器发送请求。X在图形工作站领域得到迅速而广泛的应用,它看来是开发研制基于窗口的具有可移植性的应用系统的最好结构。

SUNWINDOWS是适用于Sun Microsystems工作站的窗口系统,它不是基于网络的工作模式,每个程序包含自己控制屏幕的作业。上述两种窗口系统是互不兼容的,你每次只能使用其中一种。(Sun公布了一种称为NEWS的新窗口图形系统,它基于网络的工作模式,并宣称开发研制可同时支持NEWS和X的应用系统)。使用SAC图形库检查这两种窗口系统,没有发现在显示图形速度上的显著不同。

图形控制模块

这些命令控制设备的选择和屏幕显示的某些方面。BEGINDEVICES选择一个或多个图形设

备, ENDDEVICES 使已经对图形设备做过的选择失效, ERASE 抹擦图形显示区域, VSPACE 控制绘图尺寸和形状, SGF 控制 SAC 图形文件设备的一定选项。

图形作用模块

这个模块的命令是用来产生各种形式的图形的命令。PLOT 在图形区分别绘制内存中的每个信号, PLOT1 在一个图形区以共同的 x 轴和各自的 y 轴绘制一组信号, PLOT2 在一个图形区以共同的 x 轴和 y 轴绘制一组信号(即图形之间出现重叠), PLOTPK 产生的图形用于提取到时、震相和代码等。这个命令类似于 PLOT1, 使用光标进行提取, 提取震相的结果可进入数据头段, 并写入 HYPO 数据文件(OHPH) 或另一种数据文件(OAPF)。PLOTM 针对一对数据文件画出地面运动矢量图, FILED 控制文件标识的显示, PICKS 控制到时标识的显示, SETDEVICE 选择缺省的图形设备用于绘图。

图形环境模块

本模块的命令主要是参数设定命令, 可控制图形操作模块的各种绘图。XLIM 和 YLIM 控制 x 和 y 轴的绘图尺寸, XVPORT 和 YVPORT 控制绘图的位置。你可给定标题(TITLE), x 轴和 y 轴的轴标(XLABEL 和 YLABEL), 以及设置一般的标符(PLABEL)。

控制数据显示的几个命令: LINE 控制线型, SYMBOL 控制绘制符号, COLOR 控制颜色。GTEXT 控制绘图用到的文本字形和字体, TSIZE 控制文本尺寸。

如果你使用的是多重窗口工作站, 可利用 WINDOW 命令设置图形窗口的位置和形状, 用 BEGINWINDOW 命令指定图形窗口用来绘图, BEGINFRAME 有关闭绘图之间的自动新框架的作用, ENDFRAME 有恢复自动刷新框架的作用。结合使用其它绘图命令(特别是 XVPORT 和 YVPORT), 可建立非常复杂的图形。

XLIN 和 XLOG 设置线性和对数坐标绘制 x 轴, YLIN 和 YLOG 是对应于 y 轴的命令。你也可以使用 LINLIN, LINLOG, LOGLIN 和 LOGLOG 命令, 一次设定两个轴的绘图坐标。XDIV 和 YDIV 控制刻度之间的距离, XFUDGE 和 YFUDGE 改变两个坐标轴的范围。AXES 和 TICKS 控制轴标和时标位置。GRD 和 BORDER 控制网格线和周围的边框。还有两个命令(XGRID 和 YGRID), 分别控制不同轴的网格。控制显示对数坐标轴的几个命令: XFULL 和 YFULL 控制以十为底的全对数绘图, LOGLAB 控制幂次方标度, FLOOR 设置对数比例数据最小值。

最后, QDP 命令控制“快速粗略绘制草图”选项, 请在“命令参考手册”中查阅此命令。

1.6 SAC 宏

SAC “宏”(macro) 是包含一组 SAC 命令的文件, 同普通命令和内嵌函数一样, SAC 宏文件也可涉及 SAC 头段变量和暂存块变量的计算并将它们代入执行命令。SAC 宏也可带参数执行。宏命令中提供了控制流程结构的“条件语句”和“循环语句”, 这些语句使你在宏命令内控制和改变命令执行的次序。所有这些语句将在本节后面讨论。

简例

假定你需要反复执行一组命令, 宏文件是最简单的解决方法。简单启动可用的文本编辑器, 把命令写入文件中, 然后在 SAC 下使用 MACRO 命令执行它。假如你需要重复读取相同的三个文件, 每个文件乘以不同值, 作傅氏变换, 然后绘制振幅响应到一组 SAC 图形文件中。这个宏文件如下:

* This certainly is a simple little macro

```
READ ABC DEF XYZ
MUL 4 8 9
FFT
BG SGF
PSP AM
```

假定这个“宏”文件叫MYSTUFF,它和数据都在当前目录中,在SAC上执行这个宏,请键入:

```
u:MACRO MYSTUFF
```

注意,宏文件命令执行时,不会通常回应显示到终端。你可使用ECHO命令,打开如你期望的命令回应开关。注意,加星号的第一行表示注释行。

宏的参数

上面简单的例子实际上是非常不灵活的。如果你要读取不同文件组,或乘以不同的数值,你就需要修改这个文件。容许宏命令处理可变的参数,极大地增加了执行时的灵活性。我们修改上述宏文件,以使文件名为输入参数:

```
READ $1 $2 $3
MUL 4 8 9
FFT
BG SGF
PSP AM
```

美元符号("\$")用于定义宏文件的参数,\$1是第一个参数,\$2是第二个参数,\$3是第三个参数,依次类推。在SAC上执行这个修改后的宏,键入:

```
u:MACRO MYSTUFF ABC DEF XYZ
```

此时标号“ABC”代替标号“\$1”,“DEF”和“XYZ”分别代替“\$2”和“\$3”。用不同文件组执行同一个宏,仅仅改变输入的命令即可,而不必改变宏文件本身:

```
u:MACRO MYSTUFF AAA BBB CCC
```

键词驱动参数

键词驱动参数使你以任何次序输入参数,同时使宏命令体容易理解。当参数个数和宏文件的大小增加时,这一点会变得越来越重要。再修改我们的例子以便接受文件表和常数表:

```
$KEYS FILES VALUES
READ $FILES
MUL $VALUES
FFT
BG SGF
PSP AM
```

这个简单的变化同时增加了宏文件的灵活性和可读性。第一行说明有两个键词,其中一个叫“FILES”,另一个叫“VALUES”。执行它要键入:

```
u:MACRO MYSTUFF FILES ABC DEF XYZ VALUES 4 8 9
```

因为参数次序不是特别重要,你也可键入:

```
u:MACRO MYSTUFF VALUES 4 8 9 FILES ABC DEF XYZ
```

这个宏不限制仅读取三个文件。只要文件数与输入的作为乘法因子的数值的个数相匹配,对两

个或10个文件,都能同样地处理。

缺省参数值

有时在多次执行一个宏文件时,一些参数经常地(但不是总是)具有相同的取值。提供参数缺省值后,每次操作便不再需要反复输入相同的值,但都允许你在需要时灵活地修改这些值。这一点可由下面的例子得到说明:

```
$KEYS FILES VALUES
$DEFAULT VALUES 4 8 9
READ $FILES
MUL $VALUES
FFT
BG SGF
PSP AM
```

这个宏第二行特别指定了缺省值,用于置换变量“VALUES”,如果你在执行行不输入其值,那么它就取其缺省值:

```
u:MACRO MYSTUFF FILES ABC DEF XYZ
```

也可使用不同参数值,例如:

```
u:MACRO MYSTUFF VALUES 10 12 3 FILES ABC DEF XYZ
```

参数输入

如果在执行宏文件时没有输入某一执行行所要求的参数值,而且它没有缺省值,那么SAC将要求在终端输入参数值。使用上述的宏,假定你忘记了输入文件表,则有:

```
u:MACRO MYSTUFF
s:FILES?
u:ABC DEF XYZ
```

注意SAC没有询问“VALUES”,因为它有缺省值。提问参数值,有时给使用提供了方便。SAC在试图判定一个参数并发现它没有缺省值或输入值时,才询问参数值。这就允许执行宏的过程中,在输入参数值前,先显示给你一些部分结果。

暂存块(Blackbord)变量

SAC提供暂存块,用于暂时存取信息。一个暂存块包含名称和值,可用输入SETBB和EVALUATE命令来建立暂存块。使用GETBB命令可得到暂存块变量的值。你也可以直接在其它命令中,将变量名前冠以百分号(%)以置换暂存块变量值,如下所示:

```
u:SETBB C1 2.45
u:SETBB C2 4.94
u:BANDPASS CORNERS %C1 %C2
```

现在让我们看看怎样在宏中使用暂存块变量。(你也许厌倦了我们总是在最初的例子上作无休止的变化,但是我们几乎要做完了),假定仅仅第一个值是变量,即其它值可从第一个值计算出,如下所示:

```
$KEYS FILES VALUE1
$DEFAULT VALUE1 4
READ $FILES
```



```

EVALUATE TO VALUE2 $VALUE1 * 2
EVALUATE TO VALUE3 %VALUE2 + 1
MUL $VALUE1 %VALUE2 %VALUE3
FFT
BG SGF
PSP AM

```

这样仅仅第一个值要输入到这个宏中, 并且如果它不同于缺省值:

```
u:MACRO MYSTUFF VALUE1 6 FILES ABC DEF XYZ
```

头段变量

SAC头段变量也能像暂存块变量一样, 直接使用命令进行计算和置换。你必须指定文件(用名字或数码)和变量去进行计算。必须冠以和号("&")进行指定, 并且在文件和变量之间用逗号分开, 如下所示:

```

u:READ ABC
u:EVALUATE TO TEMP1 &ABC,A + 10
u:EVALUATE TO TEMP2 &1,DEPMAX * 2
u:CHNHDR T5 %TEMP1
u:CHNHDR USER0 %TEMP2

```

上面例子中, 读入一个文件并使用文件本身的头段变量计算出几个临时中间变量。第一个头段用文件名进行引用, 第二个头段用文件号进行引用。然后, 使用暂存块变量定义新的头段变量。

联接

你可在宏参数、暂存块变量或头段变量的前后加上任何字符串。在参数或变量前面插入字符串的作法就是简单地在其前面加上所要加入的字符串。而在参数或变量后面添加字符串时, 必须在参数或变量之后、字符串之前加上分隔符(\$、%或&)。好像还是不明白? 好, 举几个例子就清楚了:

- (1) 假定宏参数 STATION 的值是 "ABC", 则 "\$STATION\$.Z" 将其值变成 "ABC.Z"。
- (2) 假定暂存块变量 TEMP 的值是 "ABC", 则 "XYZ&TEMP" 将其值变成 "XYZABC", 而 "%TEMP%XYZ" 则将其值变成 "ABCXYZ"。
- (3) 假定文件 Z 头段变量 KA 的值是 "IPU0", 则 "(&Z,KA&)" 将其值变成为 "(IPU0)"。

嵌套与递归

一个宏调用另一个宏, 而另一个宏又可以调用另外一个宏, 依此类推, 这就是常说的嵌套。当一个宏调用另一个宏时, 第二个宏被称为在新(低)层次上的执行操作, 最高层次的执行总可以在终端上进行交互输入。一个宏调用它自己, 称为递归。SAC 提供嵌套能力, 但不提供递归能力。现行版本最多可以有 5 层嵌套。SAC 不检查宏的调用是否保证不是递归, 这就需要用户负责保证, 宏调用不是在直接或间接调用它自己。

中断宏

你可能需要临时中断执行一个宏, 在终端输入几个命令, 然后继续执行这个宏, SAC 提供了这样操作的机会, 即可使用 SAC 的暂停和恢复语句。当 SAC 在宏中遇见 \$TERMINAL 时, 它将临时停止从宏中读入命令, 改变提示符为宏的名字, 并且开始提示从终端输入命令。然后, 当 SAC 遇见从终端输入的 \$RESUME 时, 便停止从终端读入命令, 并且开始从宏中下一行