

# **RES2DINV**

## **(2D&3D)**

### **软件 使用 说明 书**

**中文版**

(2003 年 10 月 17 日翻译)

序言(Introduction).....	1
计算机的必要条件(Computer system requirement).....	3
拷贝保护 (Copy protection) .....	6
原理(Theory) .....	7
程序的使用(Using the program).....	9
文件操作(File operations).....	11
编辑数据(Edit Data).....	16
改变程序设置(Change program setting).....	19
数据的反演(Inversion of data).....	23
显示反演结果(Display inversion results).....	29
选择(Option) .....	35
地形模型(Topographical modeling).....	36
帮助(Help) .....	38
打印拟断面(Printing the pseudosections).....	39
共享磁盘(The shareware disc).....	40
二维反演的缺陷(Pitfalls in 2-D inversion).....	41
一些野外例子(Some field examples).....	43
问题解答(Trouble shooting).....	46
附录 A : 偶极-偶极和联剖测量(Appendix A: Dipole-dipole and pole-dipole surveys).....	47
附录 B : 温纳-施伦贝尔排列(Appendix B: The Wenner-Schlumberger array).....	50
附录 C : 计算机电源管理警告(Appendix C: Computer power management warning).....	52
附录 D : 固定的电阻率(Appendix D: Fixing Resistivities).....	53
附录 E : 赤道偶极-偶极排列(Appendix E: The Equatorial Dipole-Dipole array).....	55
附录 F : 水下勘测(Appendix F: Underwater surveys).....	56
附录 G : Windows NT 和 Windows95(Appendix G: Windows NT and Windows 95).....	59
附录 H : IP 数据转换(Appendix H: IP data inversion).....	60
附录 I : 批处理模型命令行(Appendix I: Command line batch modle).....	64
附录 J : 图形显示的速度(Appendix J: Speed of graphics display).....	65
附录 K : 跨钻孔数据反演(Appendix K: Cross-borehole data inversion).....	66
附录 L : 两极和联剖排列的无穷远极(Appendix L: The remote electrodes of the pole-pole and pole-dipole array).....	73
附录 M : 鲁棒数据和模型转换(Appendix M: Robust data and model inversion).....	77
附录 N : 特殊排列(Appendix N: Non-conventional arrays).....	79

## Disc contents(磁盘目录)

磁盘包括的程序有下面的文件：

RES2DINV.EXE 主反演程序。

JACOBWIN.EXE 程序创建的一些支持文件。

LANDFILL.DAT 一条 50 个电极的测线，温纳排列获得的一个野外数据实例。这个例子显示了一个垃圾点的一个羽毛污染的 2-D 电成像作图的一个有趣的应用。

GRUNDFOR.DAT 温纳排列的另一个野外实例，但是测量数据点的分配很不规则。

ODARSLOV.DAT 一个高电阻率堤坝上收集的一个相当大型的数据组（温纳排列）

ROMO.DAT 另一个相当大型的数据组（温纳排列）

DUFUYA.DAT 一个接近 300 个电极、1200 多个测量点的大型数据组（温纳排列）反演。这个数据组需要 16 兆的内存。在一台 90Mhz 的奔腾计算机上，需花大约 20 分钟的时间来反演这个数据组。如果是一台 486 的电脑，得等待较长时间。

GLADOE2.DAT 一个带有地形信息的数据文件例子。

BLOCKWEN.DAT 带有突变测量点的温纳排列的输入数据文件。

BLOCKDIP.DAT 偶极-偶极排列的输入数据文件例子。

CLAYSTG.DAT 不同间距的偶极-偶极排列的数据文件例子。

BLOCKTWO.DAT 二极排列的输入数据文件例子。

RATHCRO.DAT 一个考古学上测量的温纳排列数据文件，它包含了地形信息。

PIPECHL.DAT 温纳-施伦贝尔排列的野外数据组实例。

WATER.DAT 水下测量的数据文件例子。

MARINE.DAT 有海床地形的航海测量的野外数据组例子。

MODEL101.DAT 要求计算机至少有 48 MB RAM 的一个大型的检测数据组。

DIPOLN5.DAT  $n$  系数不是整数的偶极-偶极数据文件例子。

RES2DINV.HLP 这个程序的帮助文件。

RES2DINV.CNT 帮助文件的一个支持文件。

RESIS.BTH 批处理模式选项的例子文件。

RES2DINV.INI RES2DINV 程序的配置文件。

RES2DINV.IN2 RES2DINV 的二者选一的外形文件。

SYSDRVR.EXE Windows 3.1, 95 和 NT 操作系统下包含加密狗系统驱动器的一个被压缩自动提炼文件。

IPMODEL.DAT 有可变性值的 IP 数据组。

IPSHAN.DAT 带有 PFE 值的野外测量的 IP 数据组。

IPMAGUSI.DAT 带有金属系数的野外测量的 IP 数据组。

IPKENN.DAT 带有相位角值的野外测量的 IP 数据组。

BOREHOLE.DAT 跨钻孔数据组例子。

BOEDIFF.DAT 在两个测井里的电极没有在相同深度上的跨钻孔数据组例子。

BOREHIP.DAT 带 IP 测量的跨钻孔数据组例子。

BORELUND.DAT 使用二极排列的跨钻孔野外数据组例子。测量给出的是电阻值。

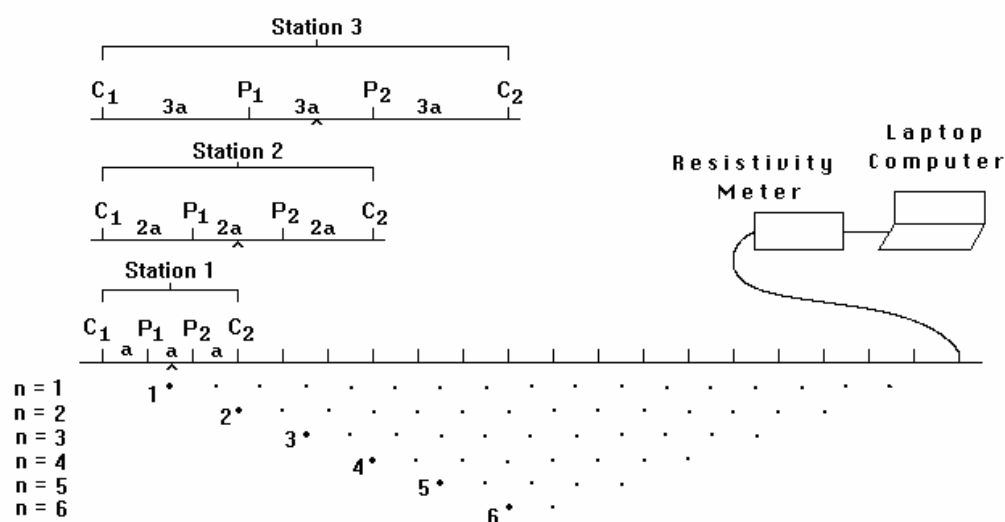
BORELANC.DAT 偶极-偶极排列的跨钻孔野外数据组例子。

BORERES.DAT 测量给出的是电阻值的跨钻孔数据组例子。

## 序言

RES2DINV 是一个计算机程序，它将自动确定一个从电成像测量中所获得的数据子表面二维 (2-D) 电阻率模型。由于它是建立在 Windows 基础下的一个程序，因此，任何 Windows 相容的图形卡或者打印机都自动支持。它已经用  $1600 \times 1200$  像素，256 颜色的视屏模式检测过。

图一是电极排列及测量顺序的一个例子，它能被 2-D 电成像测量使用。这个程序企图转换大量(大约 25 到 65 个电极)电极收集的大型数据组(大约 1000 ~ 5000 测量点)。



图一：使用一台计算机控制多电极测量装备来增大一条拟断面的测量顺序

反演程序使用的大量正方模块组成的 2-D 模型在图 2 中示出。模块的排列自由地听命于拟断面中的测量数据点的分配。模块的分配和尺寸由程序自动产生，以便模块的数目不超过测量的数目。然而，这个程序有一个选项，它允许使用者使用一个模块的数目可以超过测量数据点数目的模型。模块底行的深度被设置成近似等于使用最大电极间距研究的相同深度。数据必须由一个系统采集，其沿着某条测线的相邻电极间的间距是以固定距离排列的。

正演模型子程序用来计算视电阻率值，非线性最小平方最佳化技术用来作为反演程序。这个程序能适用于测量法中使用的温纳、二极、偶极-偶极、联剖、温

纳-施伦贝尔以及矩形排列。在单独的时间里，你能处理 650 个电极和 6500 个测量数据的拟断面，在一个单独的数据组里，最大电极间距能增大到使用的最小间距的 36 倍。在将来，当遇到更大的野外数据组时，这个程序的数据限制将被扩展。

除了执行地表上有电极的一般测量外，这个程序也支持水下和跨钻孔测量。

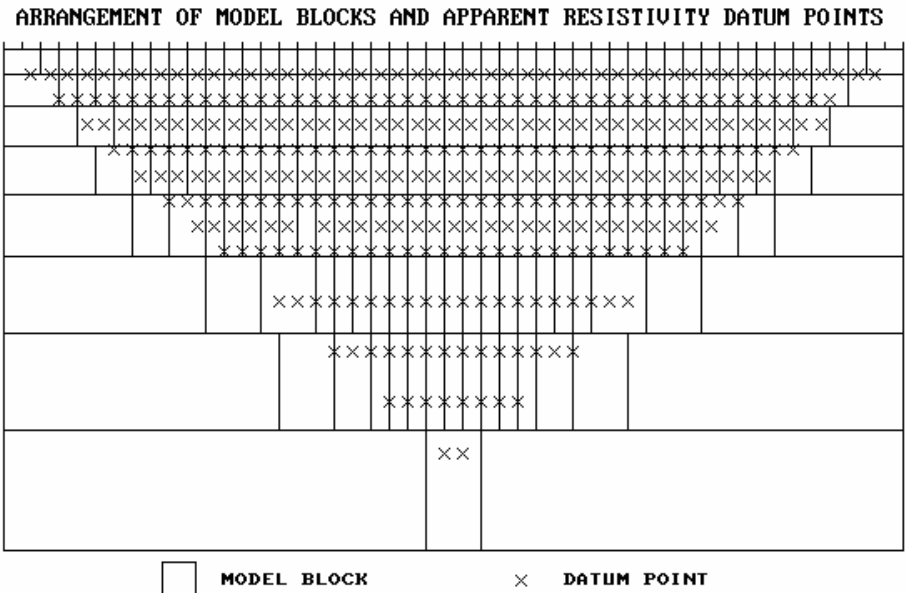


Figure 2. Arrangement of the blocks used in a model together with the datum points in the pseudosection.

图 2：在一个模型中使用的模块排列和拟断面中的测量点。

## 计算机系统的必要条件

这个程序试图在使用的 Windows3.1, Windows95 或者 Windows NT 4 操作系统下的 IBM PC 兼容的微型计算机上运行。由于 2D 正演模型和最小平方子程序要求计算能力,所以它要求 80386(或更快)的计算机系统,此系统配备一个数学协同处理器和至少 16 兆的 RAM。在一台奔腾计算机上,反演一个 50 个电极测量所获得的数据组将花费几分钟的时间。

**最小要求:** 最少 48 兆空余空间的硬盘,主板带有至少 16 兆的 RAM。彩色显示器的平面系统的分辨率至少是  $640 \times 480$  像素,256 色,Windows3.1 或者 95 操作系统,80386/387,80486DXm,奔腾,奔腾 Pro 或者奔腾 CPU(或者兼容的 CPU)。

不过,如果你想处理非常大型的数据组,即那种超过 300 个电极和 2000 个数据点的数组,它推荐你在 32(或更多)兆的存储器上使用此程序。你应该能够处理的最大的数据组的例子是:DUFUYA.DAT,它拥有 297 个电极,其在一个带有 32 兆的 RAM 和 64 兆的空闲硬盘空间的系统上处理,然而,它推荐你的系统至少有 128 兆的空闲硬盘空间。这是一个 32 位的 Windows 程序,它能使用达 4G 的实际内存,你拥有更多的 RAM 和空闲硬盘空间,你就能用此程序处理更大型的数据组。

它也推荐你使用  $800 \times 600$ (14 和 15 英寸的显示器)或者  $1024 \times 768$ (17 和 21 英寸的显示器),256 种颜色的 SUGA 图形模式。绝大多数更新的图形卡处理一个 Windows 基础下的实用程序,此程序能让你通过简单地单击图标来改变图形模式。如果这样没有效果,你可以使用此 Windows 下的设置程序来改变图形设置。如果你正使用 16 位或 24 位颜色的 SuperVGA 模式,你应该使用在 Windows3.1 下的 Windows 设置或 Windows95 下的控制面板或者一个实用的显示程序来把显示模式改为 256(也就是 8 位)色,256 色模型的图形操作也将更快,你的计算机的内存将会更有用。在执行此程序之前,更不适宜有许多背景程序。在 Windows3.1 里,通过同时按下 Ctrl+Esc 键,你能检查活动中的背景程序。通过关闭其它程序,更多的存储器对于此程序将是有效的。这将减少使此程序缓慢执行下去的与硬盘交换的存储器。

RES2DINV 程序包来自于一个简单的压缩安装文件 SETUP.EXE,它是

Windows 基础下的安装程序，此安装程序将安装程序文件。为了安装 RES2DINV 程序，拷贝所有文件到硬盘的一个临时子目录下。

如果你正使用 Windows3.1，单击程序管理器顶部菜单栏中的文件，然后紧跟着运行浏览器来查出程序子目录的位置。选择 SETUP.EXE 文件，然后单击 OK 按钮，这个程序将自动安装 RES2DINV 程序文件。在 Windows3.1 中，微软 WIN32S 驱动器要求运行 RES2DINV 程序。请阅读关于这个驱动器的其它章节。

如果你使用的是 Windows95 或者 NT4，单击开始，然后跟着是控制面板下的设置，然后是添加/更改程序。这不需要安装 WIN32S 驱动器，因为 Windows95 或者 NT4 将自动支持 32 位的 Windows 基础下的程序。

在 16 位 Windows3.1 操作系统下使用此程序，你将必须安装微软 Win32S 驱动器，它能使 32 位程序在 Windows3.1 下运行。你可以从共享网站中下载此驱动器的最新版本。例如：[WWW.acs.oakland.edu/oak/oak.html](http://WWW.acs.oakland.edu/oak/oak.html)，或者直接从[WWW.microsoft.com](http://WWW.microsoft.com)上下载，所有全部文件的压缩文件大约是 2 兆。如果你仍没有安装此驱动器，你可以通过运行 SETUP.EXE 文件，并使用此文件来安装它，然后运行在程序管理器下的选项。

如果此驱动器的一个较早版已经被安装，你需要把它升级到 1.30 版。通过检查 Win32.ini 文件(在 C:\WINDOWS\SYSTEM 子目录下通常能找到)，你能够确定 Win32S 的版本。用文本编辑器，如：写字板你能够打开并查看此文件，并查找像

1.20.123 1.20

这样的行，它意味着这是 1.20 版的驱动器。要安装一个更新的版本，你必须手动更换存在的 Win32S 驱动器。首先在 Windows 子目录下，具有代表性的 C:\WINDOWS 子目录，用文本编辑器打开 SYSTEM.INI 文件，并到[BOOT]部分寻找：

```
drivers=mmsystem.dll winmm16.dll
```

这样的行，编辑它，以使它变为

```
drivers=mmsystem.dll。
```

有些情况中，mmsystem.dll 和 winmm16.dll 参数之间也许有其它项。在这种情况下，通过在它的前面放置一个 REM 来保存存在行的一个备份，以便把它转变成一个注释行。在这一行的后面，下一步就键入 drivers=mmsystem.dll，下一步，

转到 system.ini 文件的 [386enh] 部分，删除读入的 device=c:\WINDOWS\SYSTEM\WIN32S\W32S.386。此后，保存并退出 SYSTEM.INI 文件。下一步，转到 FILE MANAGER 并改变 Windows 子目录(通常为 C:\Windows)。改为 C:\WINDOWS\SYSTEM 子目录并查找下面的文件：

W32SYS.DLL

WIN32S16.DLL

WIN32S.INI

删除以上的文件。在相同的子目录里，查找子目录 WIN32S 并删除它。退出文件管理器和 Windows 并重新启动计算机。之后，通过使用程序管理器中文件和运行选项来运行新 Win32S 驱动下的 SETUP 程序。在 S3 图形卡的 Windows 驱动器和 Win32S 驱动器之间已有结束记录。在这种情况下，你必须升级 S3 驱动器为 2.40 版或更新版。

在 Windows95 或者 NT 中，如果计算机系统已有效率高的存储器(大约 64MB 或更多)，当处理大型的数据组时，在后台运行此程序是可能的。如果你使用的是 Windows95 或 NT，请参照附录 G 中关于这些操作系统所使用的这个程序的一些特殊装置，也请参照附录 C 中关于计算机电源管理部分。

在安装 RES2DINV.EXE 程序之后，你应该运行 JACOBWIN.EXE 程序来创建几个支持文件。在安装 RES2DINV 程序之后，你仅需运行 JACOBWIN.EXE 程序一次。



## 拷贝保护

一个硬盘钥匙（加密狗）被提供给程序已注册的版本。给你的计算机的并行打印机端口配上这个钥匙。你可以给这个加密狗的另一端接上打印机 25 针的连接器。这个程序的示演版是不要求有一个加密狗的，但程序有些部分就不能使用，比如保存反演为一个磁盘文件，批处理文件选项和地形改正。并且程序的示演版对最小平方反演程序的限制为 3 次迭代。

如果并行打印口符合 IBM PC 的规格，程序应该能够检测到加密狗的。如果不能找到加密狗，打印机接口不是十分地与 IBM PC 兼容。在这种情况下，在加密狗接上计算机之后，在加密狗的另一端接上一台打印机。打开打印机，并打印一些东西，等等。你的 AUTOEXE.BAT 文件能证实打印机接口正在工作。开着打印机，再试图运行 RES2DINV.EXE 程序。如果程序能检测到加密狗，你将必须用一个特殊的虚拟技术适配器来使用不带打印机的加密狗（特别是较老的膝上型电脑）。如果是计算机是一个台式计算机，你可以改变带打印机接口的适配器卡，或者在另一个卡上设置一个第二打印机接口。如果你仍旧不能解决这个问题，请把这些问题的填写在从虚拟技术带来的保修卡上并寄给他们，或者这个硬盘的供应者。

如果使用的是 Windows NT，它需要安装一次加密狗的驱动系统（请参照附录 G）。

一个共同的问题是打印机接口被分配为其它的用途，比如为一个扫描器接口，并不作为默认打印机接口的 LPT1。在这种情况下，你将必须重新分配并行接口为一个打印机接口。在 Windows 3.1 中，通过单击主群组里控制面板图标，你能检查到这些。

## 原理

这个程序使用的反演程序是建立在抑制平滑度最小平方法的基础之上的。建立在拟牛顿最优化技术基础之上的最小平方法的一个新执行也能被使用。对于大型数据组，这种技术要比常规的最小平方法快 10 倍多，而且要求的内存比较小。抑制平滑度最小平方法是建立在下面的方程的基础上的。

$$(J^T J + \mu F) D = J^T g \quad (1)$$

$$F = f_x f_x + f_z f_z$$

$f_x$  = 水平平面度滤波器

$f_z$  = 垂直平面度滤波器

$J$  = 偏导数矩阵

$J^T$  =  $J$  的转置矩阵

$\mu$  = 阻尼系数

$d$  = 扰动系数

$g$  = 差异矢量

这种方法的一个优点就是：阻尼系数和平直度滤波器能被调整来与数据的不同类型相配。

在这个程序里，你也能使用常规的高斯-牛顿法——其在每次迭代之后，重新计算偏导数雅可比矩阵。它比拟牛顿法慢了许多，但在大电阻率对比大于 10 : 1 的地区，它能给出稍微较好的结果。在使用拟牛顿法之后，这个程序里的一个第三种选项是在首次的 2 或 3 次迭代中使用高斯-牛顿法。在很多情况中，这提供最好的折衷。

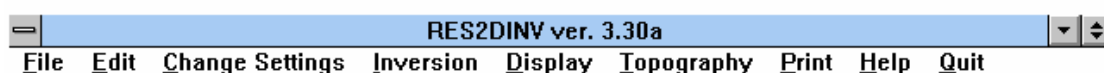
这个程序使用的 2-D 模型把子表面划分成许多矩形模块(图 2)。程序的目的是确定矩形的电阻率，其将产生适合实际测量的一个视电阻率拟断面。对于温纳和施伦贝尔排列，模块第一层的厚度设成电极间距的 0.5 倍。对于二极，偶极-偶极和联剖排列，厚度大约分别设为电极间距的 0.9, 0.3 和 0.6 倍。每个相继下一层的厚度增加 10% (或者 25%)。用户也可以手动改变层的深度。通过调整模型模块的电阻率，基本上最优化方法试图减小计算的视电阻率值与测量电阻率值之间的差异。这种差异的量度标准通过均方根 (RMS) 误差给出。然而，在电阻率值的模型里，最低的可能 RMS 误差模型有时能显示很大的而且不切实际的变化，并

且来自地质的透视图不总是“最好”的模型。通常，最明智的途径是选择迭代之后的模型，其 RMS 误差不能有效地改变。这通常发生在第三次和第五次的迭代之间。

## 程序的使用

在运行 SETUP.EXE 安装程序之后，JACOBWIN.EXE 程序，主程序 RES2DINV.EXE 和支持文件 (GRADWEN, GRADTWO 和 GRADDIP) 和数据文件实例应该都在硬盘的同一个子目录下。请使用 CHKDSK 和 SCANDISK 程序，或者软件实用程序包中的相似程序，比如 PC TOOLS 或者 NORTON 效用来检查硬盘的条件。

要运行电阻率反演程序，单击 RES2DINV 图标。程序首先将检查计算机系统来保证它有这个程序所要求的必需的资源。它将检查可利用的内存和硬盘空间。如果程序显示一个警告，你应该停止程序，并作出必要的改变。检查计算机的配置之后，程序将在屏幕的顶部附近显示下面的主菜单栏。



你可以通过鼠标指针单击它来选择一个选项。如果你是第一次使用这个程序，试图读进程序所提供的电阻率数据文件 LANDFILL.DAT，然后选择反演选项来给这个数据组进行一次反演。图 3 显示了这个数据组的反演结果实例，在下面的部分中，上面菜单中的每个选项的更详细的描述将给出。

读入一个数据组之后，通常你应该使用“编辑数据”选项来检查突变测量点。如果数据组有地形数据，反演数据组之前，选择“地形”选项来计算地形改正。有时候，将会提示你键入一些信息。信息被键入的地方显示一个小小的矩形框。如果你希望改变你已经键入的数字或名字部分，使用退格键。

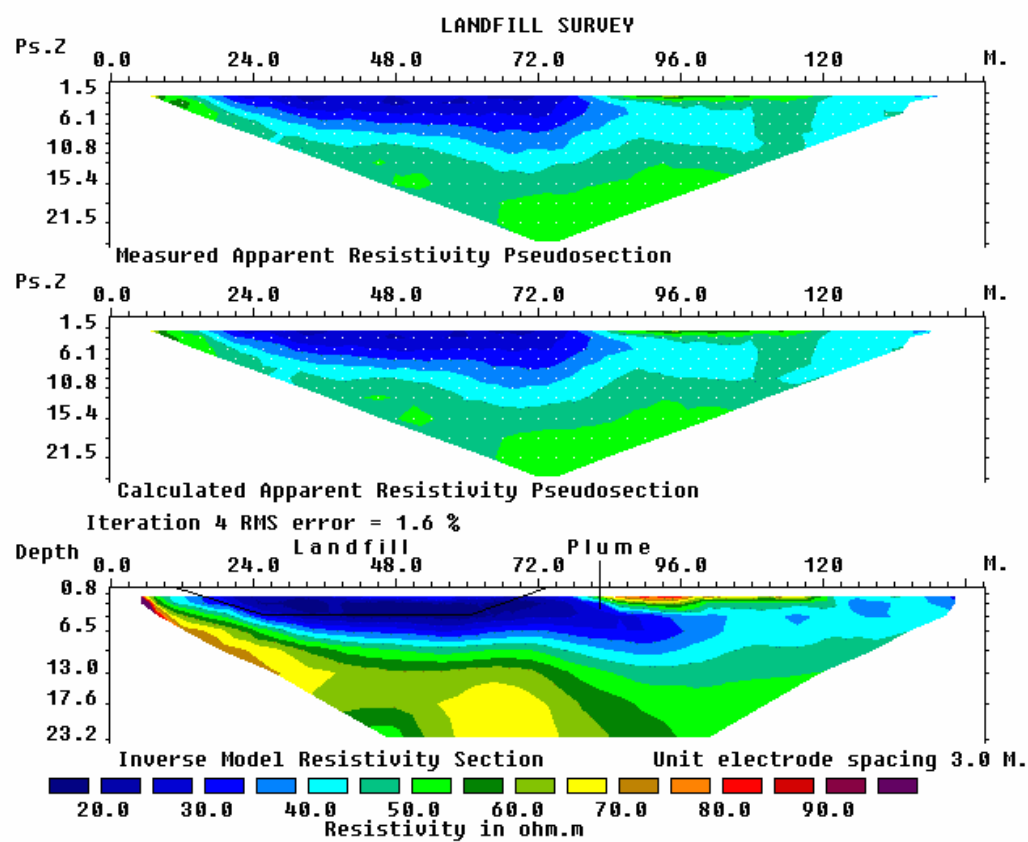
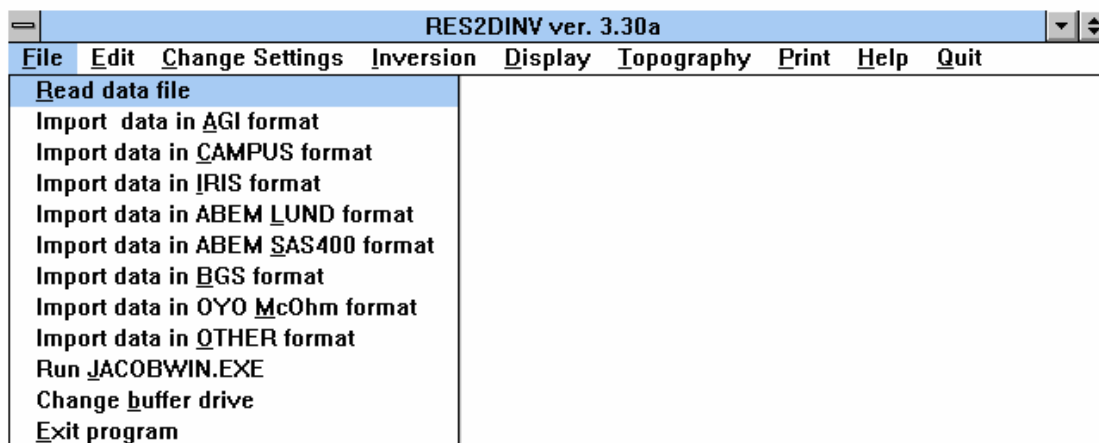


图 3 : LANDFILLDAT 数据组的观察和计算的视电阻率拟断面以及反演程序所获得的一个模型。

## 文件操作：

当你选择文件选项时，文件下的菜单选择显示出来。



**读数据文件 ( Read data file )** : 当你选择这个选项时，当前直接目录下的扩展名为.dat 的文件列表将显示。你可以使用鼠标或键盘来选择适当的文件，或者改变子目录。

视电阻率值首先必须在一个文本文件里编辑，你可以使用任何一般的目标文本编辑器，像 Windows 下的记事本程序。这个数据被整理成一个 ASCII 限制的方式，此数据使用一个逗号或者空格或者 LF/CR 来区分数字表示的不同数据项。这个程序要求此数据被整理成一个确定的格式。如果在执行这个程序过程中有问题，一个可能的情况便是输入的数据被整理成一个错误的格式。文件 LANDFILL.DAT 给出一个输入数据组例子，带有数据格式描述的这个文件的最初部分在下面的“注释”部分给出。

LANDFILL.DAT 文件 comments(注释)

LANDFILL SURVEY 第一行：测线的名字

3.0 第二行：最小的电极间距

1 第三行：排列类型(温纳=1，二极=2，偶极-偶极=3，联剖=6，施伦贝尔=7)

334 第四行：测量数据点总数

1 第五行：测量数据点的 X 位置的类型。如果所表示的

X 位置是排列的第一个电极的位置，输入 0；  
如果是排列的中点（也就是：在拟断面中的测量数据点的位置）被使用，输入 1

0	第六行：IP 数据标志(输入 0 仅是电阻率数据)
4.50 3.0 84.9	第七行：第一个数据点的 X 位置，电极间距和已测的视电阻率值。
7.50 3.0 62.8	第八行：第二个数据点的 X 位置，电极间距和已测的视电阻率值。

以下行给出的其它测量数据点的信息都是相似的。结束之后跟随四个 0，这是隐藏其它特征的标志。偶极-偶极，联合剖面及施伦贝尔排列的数据组有一个稍微不同的格式，因为一个特别的参数——偶极分离因子，这是必要的。请参照附录 A、B，它为排列提供了数据格式描述。注意：此程序假定数据点的 X 位置从拟断面的左边到右边是递增的，如果在你的数据组中的 X 位置被按照另外的方式整理，当显示在屏幕上时此拟断面将表现为一个从左到右被扭转的拟断面。

文件 GLADOE2.DAT 是一个带有地形数据的例子，这个带有地形数据格式描述的文件的底部如下：

Data in	
GLADOE2.DAT file	注释
237 2 39.207	
203 2 14.546	测量数据点的 X 位置，电极间距，已测的视电阻率
227 2 31.793	值的最后四个数据点
233 2 30.285	
2	地形数据标志，如果没有地形数据，置 0
26	地形数据点的个数
-100 33	第一个的水平、垂直坐标
-40 34.5	第二个地形数据点
-20 35.0	以下跟随的都是剩下的地形数据点的相似的数据
0 35.209	
10 34.904	

20	34.678
30	32.264
40	31.191
50	30.560
60	29.90
70	29.200
80	28.774
90	28.569
100	28.473
110	28.553
120	28.462
130	28.486
140	28.601
150	28.652
160	28.825
170	28.996
180	29.284
190	29.643
200	29.563
270	30.0
300	33
2	
0	
0	
0	
0	

最后的地形数据点

第一个电极的地形测量数据点的数目

在文件的末尾输入四个零

注意：地形数据直接放在视电阻率测量数据点之后，第一项是表示此文件是否含有地形数据的一个标志。如果没有地形数据，它的值为 0。如果地形数据是现场的，输入 1 或 2，沿着测线的点的实际的水平和垂直坐标被给出的情况下，



输入 1。即使实际的水平距离在地形数据区域中给出，在视电阻率数据区域中，你仍旧必须使用沿着地表的 X 距离。在大多数测量中，沿着地表的点的距离，并不是真实的水平距离，实际上是用一根卷尺测量的。在这种情况下，输入一个 2 作为这个地形数据的标志，其下面紧跟着的是地形测量点的数目。测量每个电极的海拔是不需要的。例如：在 GLADOE2.DAT 文件里的数据包括 161 个电极，但仅给出 26 个点的海拔高度。你能给出的地形测量点的最大数目是 500。对于每一个测量点，它的水平位置和海拔被加到数据文件里，在最末的地形测量点之后，被定位的第一个电极的地形测量点的数目要给出。在上面的例子中，第一个电极被定位为 -40 米，相当于第二个地形测量点。注意：第一个电极的海拔是被要求的。如果在野外没有测量，通过邻近测量点的海拔，你可以估计出它的海拔来。

通过默认值，读入地形数据之后，此程序将试图减少地形测量点的数目。如果你已经改变了这个默认选项，程序将问你是否愿意减少地形测量点的数目。在测量点与地表形成一个固定倾角的情况下，地形测量点能大大地减少。通过减少地形测量点的数目，花费在计算地形校正上的时间能大大地减少。

对于带有 IP 测量的数据组也是一样，请参照附录 H。

在使用这个程序的过程中，遇到的一个共同问题是：输入数据文件中的错误。如果程序因错误的信息而停止，很可能是因为输入文件中有错误。首先检验文件里的数据是否是上面描述的格式整理的。程序将试图查出共同的错误，比如：0 或负的视电阻率值，但有一些外来的新错误是这个程序的现用版本不能查出来的。其它可能出现的问题在此手册的“Pitfalls in 2-D Inversion”部分讨论。

**转换数据为.....格式：**这个程序也允许你执行其它程序来把已整理成一个规则格式的数据转换成符合这个程序要求的格式。这个程序通常是由你所使用的多电极电阻率仪器的制造厂家提供。

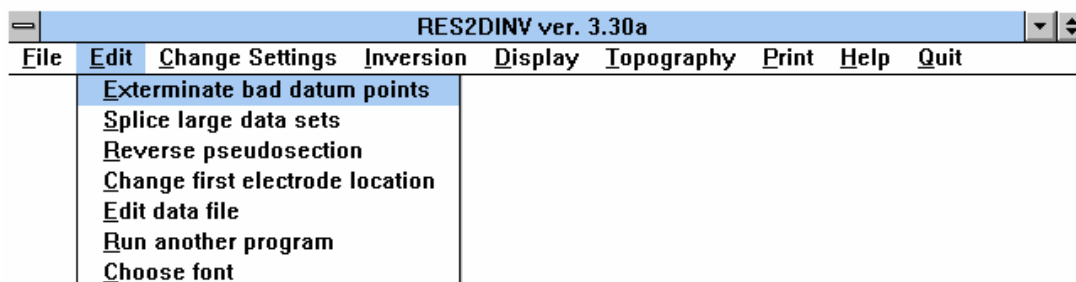
**运行雅可比矩阵程序：**这是一个实用程序，它产生的大量支持文件是 RES2DINV 程序要求的。在安装 RES2DINV 程序之后，你要运行此程序，你只需要运行一次雅可比矩阵程序即可。

**改变缓冲驱动器：**当缓冲器用来储存转换某一个数据组时所使用的临时文件时，此程序将自动使用拥有最多剩余磁盘空间的硬盘驱动器，这个选项允许你改变被此程序使用的缓冲驱动器。

**设置程序优先权：**在数据点大于 3000 这样一个非常大型的数据组的反演里，在相当挑剔的选项中，反演子程序没有被其它程序中断是很重要的。在一个数据组反演的过程中，设置这个程序的优先权为高，将正常地保证其它程序没有被执行；设置此程序的优先权到最高，将给这个程序最高的优先权，但在数据组的反演过程中，它将使有些操作系统功能失效。选择这个选项，仅当你有一个非常大型的数据组，并且你感觉到，数据组反演里的问题，不会被数据格式化里的错误产生。在大多数情况里，选择高选项就足够了。

## 编辑数据

这个选项使你能够对从前面选项中描述的文件中读入的数据作一些改变。它将允许你消除突变测量点。因为数据组非常大，你可选择数据组的一部分来反演。当你选择这个选项时，跟随的子菜单将显示如下：



**消除突变测量点：**在这个选项里，视电阻率数据值是以每测量层的轮廓形式显示的，你可使用鼠标来修改任何一个突变测量点。这个选项的主要目的是修改测量的数据点，此数据点是明显错误的电阻率值。像这样的突变测量点可能是电极系中的某个电极替换时失败；不良的接地电极是由于干燥的泥土；短路电缆是由于非常潮湿的大地条件所导致的，这些突变测量点通常比相邻的数据测量点的电阻率值明显地很大或者很小。处理这样的突变测量点的最好方法是剔除它们，以使它们不影响所获得的模型。图 4 显示了一个带有几个突变测量点数据组的例子，要修改一个突变测量点，移动鼠标的十字光标到这个测量点上，单击鼠标的左按钮，这个测量点的颜色将从黑色变成紫色。如果你再次单击此测量点，则在此数据组中的它将没有被修改。要从此选项中退出，仅需按下 Q 键。

**连接大型数据组：**这个选项能使你选择较大数据组的一部分(此数据太大而在短时间内不能被处理)来反演。选择此选项后，一个拟断面中的测量点的分配将显示出来。你能通过使用箭头键来选择这个数据组的一部分来反演，关于使用这些键的完整说明会在屏幕上显示出来。被选中的测量点将被紫色的十字或圆点打上标记，剩下的测量点则是黑色的。在显示器的顶部，被选中的分界限的左边和右边用黄色的竖线作标记。如果有太多的测量点在较低的水平线上，通过选择在一个水平线上的奇数点或偶数点你能减少测量点的数目。为了做到这一点，移动显示器左边的垂直的黄色标记向上或向下到水平层，此水平层就是你想通过使用上

下箭头键来减小的层。然后按下 D 键来减小数据点所在的水平层，此程序允许你读入一个包含直到 1200 个电极的文件。使用这个选项，你能选择数据组(带有 64 兆 RAM 覆盖的最大电极数为 650 和 6500 个测量点的一个系统)的一部分来反演。通过数据组的子部分反演成功后，然后整个数据组就能被反演了。你想反演的数据组的子部分选择好之后，你应当选择“消除突变测量点”选项来检查突变测量点，一般情况下，它建议你试着反演整个数据组一次。在大多数情况中，通过对你的计算机增加更多的 RAM 和空闲的硬盘空间，这很容易地就做了。

**倒转拟断面：**这个选项垂直地从左到右闪现拟断面。当你有平行的测量线时，这是有用的，但这些测量都是从不同的端点开始的。

**改变第一个电极的位置：**这个选项允许你改变在测量线上的第一个电极的位置。它基本上是欲用图解来说明目的，因此部分重叠的测量线对那些位置相同的电极就有相同的 X 位置了。

**编辑数据文件：**当你选择这个选项时，文本编辑器(默认为记事本)将打开。如果要返回到 RES2DINV 程序里，你首先必须从文本编辑程序中退出。

**运行其它程序：**这个程序允许你运行另一个程序。在 Windows3.1 版本里，你也可通过同时按 Ctrl 和 Esc 键来运行其它程序，然后，单击程序列表里的程序管理器。这将把你带回到程序管理器屏幕，从那里你可选择你希望使用的程序。

**选择字体：**这个选项里，在绘拟断面时，你能选择一种程序使用的字体。默认字体是 Arial 字体。另一个选择是系统字体。当绘制拟断面时，甚至在 640 × 480 图形模式下，带有默认的 Arial 字体的程序将能适合屏幕里的每一情况。当更好时，系统字体通常是轮廓清楚的字符。当你使用系统字体来打印输出图像时，它建议你使用 800 × 60 或更高分辨率的图形模式。

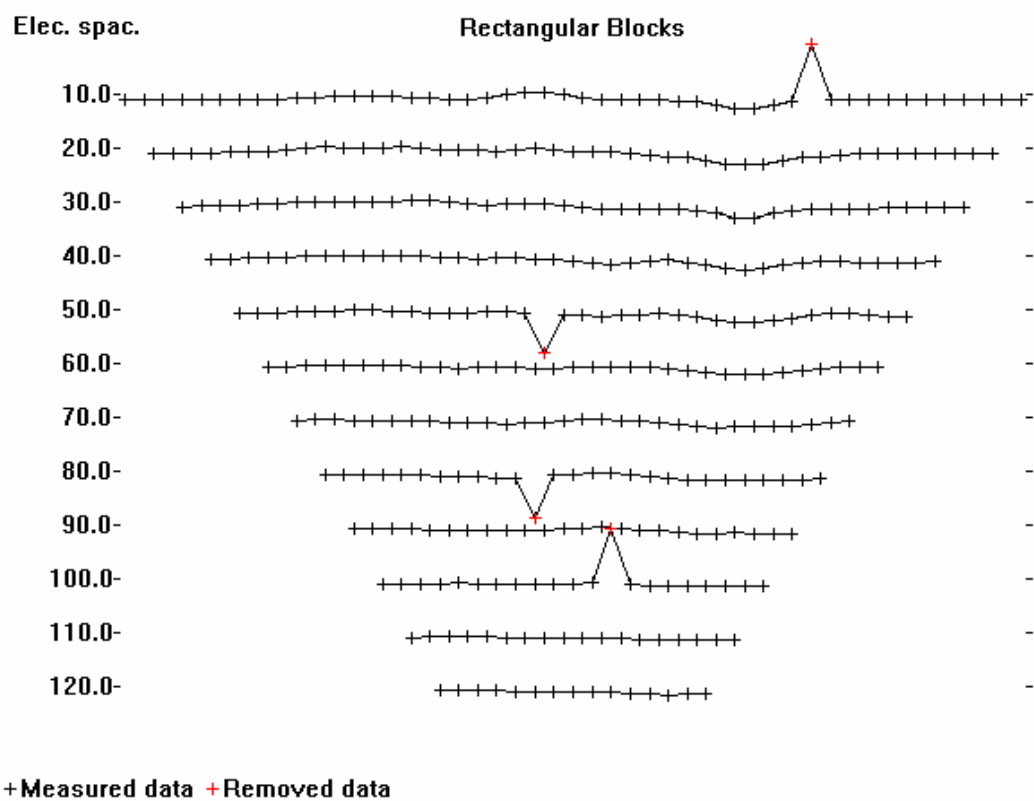
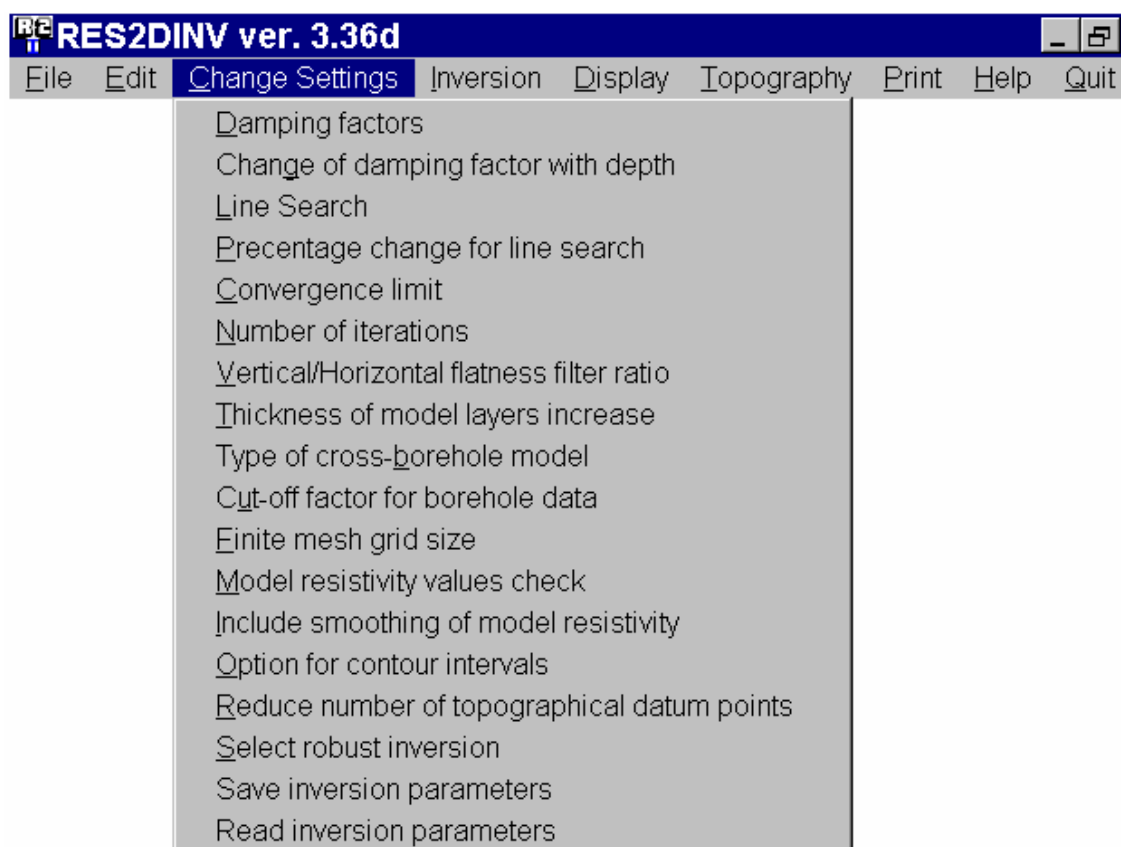


图 4：有突变点的一个数据组例子。使用“消除突变测量点”选项来显示数据。

## 改变程序设置

这个程序有一套为阻尼系数和其它变量预先定义好的设置，它们一般都能使大多数数据组给出令人满意的结果。然而，在有些情况下，通过修改这些控制反演过程的参数，你可以得到更好的结果。当你选择“改变设置”选项时，菜单选项的下拉列表就会显示出来。



要改变一个特殊的设置，移动鼠标的光标到适当的线上，然后只须单击一下，一条信息将显示出来，它给出一些关于你能使用的一些值的信息和你需要输入的信息类型。

**阻尼系数：**在这个选项里，你能在方程式(1)里给阻尼系数设置初始值，例如最小的阻尼系数。如果数据组有非常大的噪音，你应该使用一个相对较大的阻尼系数(例如 0.3)，如果数据组噪音较低，则使用一个较小的初始阻尼系数(例如 0.1)，相互迭代后，反演子程序一般将会减少在方程式(1)里的阻尼系数，然而，阻尼系数的一个最小限制必须设置来稳定反演过程。这个最小值通常设置为阻尼系数初

起值的 1/5 左右。

**深度上阻尼系数的改变：**由于电阻率法的分辨率随着深度指数地减小，因此，最小平方法使用的阻尼系数通常也随着每一层的加深而减小。为了稳定反演过程，这是合理的。通常，每加深一层，这个阻尼系数就增加 1.20 倍，但你能够改变它。如果模型显示出较低段的电阻率值明显地不稳定，则使用一个较大一点的值，它将抑制这种不稳定。

**行搜索：**通过解方程式(1)，可看出反演通常决定了模型参数的变化。在一个带有一个较低 RMS 错误的模型里，通常会得到参数变化矢量  $d$ 。在 RMS 误差增加的情况中，你有两个选项。一个选项是执行一次行搜索，使用四次内插法来为模型模块的电阻率改变找到最佳步长。此程序将试图减少 RMS 误差，在一个区域最小值时，它也能被捕获。二者选一是忽略在 RMS 误差方面的增加，并希望下一个迭代会导出一个较小的 RMS 误差。这也许能使你能够跳出一个区域最小值，但也能导致 RMS 误差更进一步的增长。三者选一是在每次迭代时执行一次行搜索，这将经常给出最佳步长，但这将要求预先迭代时至少一次正演计算。在多数情况中，额外的正演计算是值得的。如果它减少了迭代次数，那此迭代必须使 RMS 误差减小到一个可接受的水平。要选择一个特殊的设置，仅需单击适当的按钮。这种设置只会提前影响第三次迭代的反演过程。因为首先的两次迭代中，其在 RMS 误差方面的最大变化通常会出现，此时程序总是执行一次行搜索，目的是试图找到最佳步长，以便更进一步减小 RMS 误差。

**行搜索的百分数改变：**在视电阻率 RMS 误差里，使用的行搜索能估计预期变化。如果在 RMS 误差里预期变化太小，那么，继续行搜索来为模型参数变化矢量决定最佳步长是不值得的。在 0.1 ~ 1.0% 之间的一个值是经常使用的。

**迭代次数：**这允许用户为反演过程设置最大的迭代次数。默认的最大迭代次数设置为 5。对于大多数数据组，这可能足够了。当反演过程到达这个最大限制时，它将询问用户额外的迭代次数，如果你希望继续反演的话，使用超过 10 次的迭代次数通常是没必要的。示演版的最大限制是 3 次迭代。

**垂直到水平平直度滤波器比：**你能够为垂直滤波器及水平滤波器选择阻尼系数的比。通过默认值，此两滤波器使用相同的阻尼系数，然而，如果拟断面上的异常变化垂直地延长，那么，通过使垂直到水平度滤波器的比率选择一个较高的

值(比如 2.0)。你能迫使程度产生一些模型,这些模型也被垂直地延长。至于异常体被水平地延长,只须选择一个较小的值(例如 0.5)。

**收敛极限:** 这为 2 次迭代之间的 RMS 误差的相对变化设置了较低的限度。通过缺省值,一个值的 5%被使用。在这个程序里,宁愿使用 RMS 误差的相对变化,也不愿用一个绝对的 RMS 值来调节带有不同现场噪声度的不同数据组。

**模型层厚度:** 在这个选项里,你能选择一个模型,使其每一个更深层的层厚增加为 10%或者为 25%,如果数据层数仅是一个很小的数目(8 或更小),则选择 10%选项。如果稀疏的数据层是一个很大的数目,则 25%的选项或许更好。通过指定第一层的厚度,你也可以选择一个用户定义好的模型,并且这个因子增加了每一个相继更深层的厚度。当第一层的实际层厚与单元电极间距之比被给出时,则第一层的层厚也就被给出。例如:如果使用 0.50 这个值,这就意味着:第一层的实际厚度是测量线上的两个相邻电极之间距离的一半。第一层厚度可接受的值是 0.30 ~ 0.90。根据所选择的因子来增加层厚,随后每层的第二层厚度将被增加。例如:如果使用 1.05 这个值,这就意味着:这一层的厚度将比上一层厚 5%,这个因子可接受的值为 1.00 至 1.35。如果使用 1.0 这个值,所有层将有相同的厚度。在这种情况下,你或许也喜欢使这个选项允许模型模块的数目超出测量点的数目(见数据段的反演)。在一个模型里,这将导致其内部的模块有相同的宽度。

**有限差分网格尺寸:** 在两相邻电极之间,你能选择的正向建模程序使用的一个网孔网格的节点为 2、4 或者 6。每一电极间距的节点为 4 或者 6 时,被计算的视电阻率值将更精确(特别是有较大电阻率差别的值)。然而,计算机所要求的时间和存储器就得相当地大了。如果数据组包括 90 个电极以上,通过默认值,程序将使用 2 个节点的选项。但是,如果你选择使用一个较精细的网孔(见下一部分),程序将自动重新设置网格尺寸,其相邻电极之间的节点至少为 4。

**模型电阻率值的检查:** 数据组的反演在一次迭代之后,模型电阻率值变得太大(超过视电阻率最大值的 20 倍)或者太小(低于视电阻率最小值的 1/20),程序将显示一个警告。这个选项允许你使警告不起作用。

**包含模型视电阻率值的平滑:** 在方程式(1)中使用的最小平方表达式仅提供了一个关于模型干扰矢量  $d$  的平滑约束,并不直接是模型电阻率值。在大多数情况中,在视电阻率值方面,它将产生一个带有相对有平滑变化的模型。有些情况中,



特别是干扰大的数据组，较好的结果也许是被提供的一个关于模型电阻率值的平滑约束获得。最小平方等式的结果由下式给出：

$$(J^T J + uF)d = J^T g - uFr \dots \dots \dots (2)。$$

这里  $r$  是一个包含模型电阻率值的对数的矢量。然而，因为相同的阻尼系数，通常将产生一个带有一个较大视电阻率 RMS 误差的模型。这种变化将保证结果模型显示了在电阻率值方面的一次平滑变更。

**等值线间隔选项：**当在主菜单的反演选项里显示结果时，通过缺省值，程序将对拟断面和模型部分使用对数等值线间隔。对大多数数据组来说，这通常是最好的选择。不过，如果你希望的话，你可以选择使用线性的或者用户定义好的等值线间隔。

**减少地形测量点的数目：**通过缺省值，在读入一个数据组之后，程序将试图减少地形测量点的数目。它通过更改冗余的测量点达到目的。这些测量点都存在于一个平直的斜面上。如果此选项你选择一个 NO，则程序将停住，并问你在读入一个数据组之后是否减少地形测量点的数目。

**钻孔电阻读数的截止限幅：**在跨钻孔测量中，电流和电压电极的确定的组合能导致低电压值的极点。这在读数上能导致非常低的信噪比。为了过滤出这样的电压噪声读数，程序估计电压，每一个单元的输入电流，这将被数据组里所使用的每个电极的外形测量而得。与给出的最大电压的组合比较，如果估计的电压低于一个确定的极限，读数被拒绝。例如，如果你选择一个 0.001 值，这就意味着，组合将导致电压值被拒绝，因为电压值比测量到的最大电压小一千倍。通常使用 0.008 与 0.0007 之间的值。在野外测量期间，通过加大输入电流来个别地克服电压的减低，这是公认的。然而，这有关于电流增加程度方面的一个限制，在绝大多数情况中，通过使用一个高于 50 倍的系数来使电流增加，这是靠不住的。

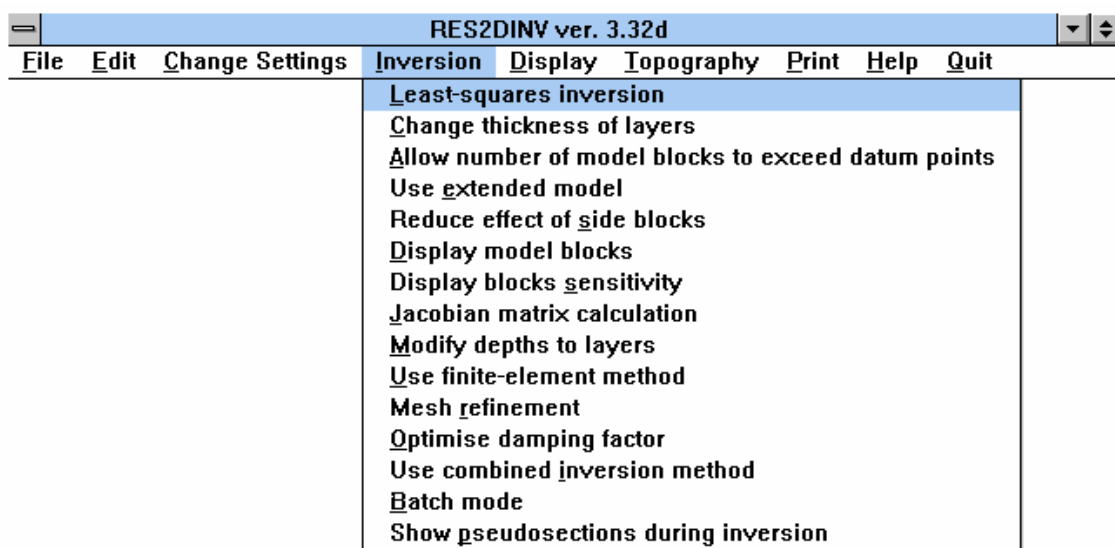
**选择鲁棒反演：**这个选项能让你选择鲁棒数据和(或)反演方法使用的模型制约。详细资料请参照附录 M。

**保存反演参数：**这个选项允许你把当前反演的设置保存到磁盘文件里。

**读反演参数：**这个选项允许你恢复早期已保存到磁盘文件的反演设置。

## 数据的反演

这个选项允许你对使用“文件”选项里已经读入的数据组实行反演。在这个选项里，你也可以显示被反演模型所使用的模块的排列。正如改变层的厚度一样，这种方法也用来计数偏导数的雅可比矩阵。控制反演过程的反演参数的缺省值设置通常被使用。你可以使用前面描述过的“改变设置”菜单来改变设置。通过选择这个选项，其下拉菜单将被显示。



**最小平方反演：**这个选项将开始最小平方反演程序。你将被询问用来存储结果的输出数据文件名是什么，以及拟断面的等值线间距。如果你已经选择用户定义的等值线间距选项的话，你可以按一下 Q 键来停止反演，并稍等一段时间。

**改变层厚：**在这个选项里，你可以选择一个随着每层的加深，而其层厚增加 10% 或者 25% 的模型。如果数据层的数目很小(8 或者更少)，选择 10% 的选项。如果稀疏的数据层是一个很大的数目，则 25% 的选项也许更好一些。你也可以通过给定第一层的厚度，以及使每相继更深层厚度增加的系数来选择用户定义模型。当第一层的实际厚度与单元电极间距的比率给出时，第一层的厚度就被给出来了。例如：如果 0.5 被使用，这就意味着最一层的实际深度是测量线上的两相邻电极之间的距离的一半。可接受的最一层的厚度值为 0.30 ~ 0.90，每相继层之下的第二层的厚度将根据所选择的使其厚度增加的系数而被增加。例如，如果使用 1.05

这个值，这就意味着下一层的厚度将比其上一层的厚度多 5%。可接受的这个系数数值为 1.00 到 1.35 之间。如果使用 1.00 这个值，则所有的层将有同样的厚度。在这情况下，你也许更喜欢使下一个选项能允许模型模块的数目超出测量点的数目，这将导致模型内部的模块有同样的宽度。

**允许模型模块的数目超出测量点：**通过缺省值，程序将试图安排模型模块的位置和尺寸，以使它们不超出测量点的数目，这对于那些大约多于 40 个电极所收集的大型和中型的数据组来说，也许是最好的选项，特别是那种间距比较大的测量点的分布则更是稀疏。在有些情况中，较低层的模型模块的宽度也许比上层的模块还要大。然而，对于较小的数据组，放松这种约束，并允许模型参数的数目超出测量点的数目，这也许是有用的。这将产生一个模型，其所有层的内部的模块有一个一致的宽度，这宽度等于最小电极间距。

**使用扩展模型：**通过缺省值，程序试图排列模型模块的分布，以便它们都在包含最多信息的区域之内。在这选项里，你能使用一个其模块超出测线边缘的模型。这个选项仅仅使用于在边缘附近有更高的模块灵敏度值的偶极-偶极，联剖，二极测量。对于温纳及温施装置，它是不被使用的。

**减小旁侧模块的影响：**在反演模型中，在两边及底部的模块扩展到所使用的有限差分或者有限元网格的边缘。这样，这些模块和与之相邻的内部模块相比，就有了一个相对很大的影响。对于这些数据组，特别是带有噪声数据点的那些数据组，在模型底部的左、右两角的附近，能导致不寻常的或高或低的电阻率值。在反演过程中，你能通过选择这个选项来减小旁侧模块的影响而减小这种影响。这个选项对于温纳或温施装置也许更有用。对于偶极-偶极，联剖装置是不推荐使用的。

**显示模型模块：**这个选项将分割子表面为大量的矩形模块。模型模块和测量数据的分配将显示在屏幕上。这些测量点将在用来研究的排列 (Edward 1997) 的中间的深度范围内作曲线图。这个程序最大的限制是 11 个模型层，如果你已经选择了 10% 选项来增加这些层的厚度，并且底层在测量点的底行之上，你应该改为 25% 的选项。

**显示模块的灵敏度：**这将显示反演模型里被使用的模块灵敏度曲线。这个灵敏度值是关于已测量的数据组中包含一个模型模块电阻率值信息总额的一个量

度。较高的灵敏度值、更好的可靠性是模型电阻率值。大体上，在地表附近的模块通常都有较高的灵敏度值，因为灵敏度函数在电极附近有非常大的值。在两侧和底部的模块也有很高的灵敏度值，这是由于这些被扩展到有限差分或有限元网格边缘模块的位置有非常较大尺寸的缘故。如果在选择这个选项前你已经执行完一次数据组的反演，程序将充分利用最后迭代中的雅可比矩阵。另外，它将给一个均匀地球模型计算雅可比矩阵。

**雅可比矩阵计算：**在这个程序中，方程式(1)中的雅可比矩阵  $J$  的计算里，你有三个选项。最快的方法是使用拟牛顿法来估计雅可比矩阵 (Loke 和 Barker 1996a)。在野外使用有更多限制且存储器被频繁使用的较慢的膝上型计算机，这也许是一个很好的替代。最高的精度和最慢的方法是重新计算每次迭代中的雅可比矩阵。这就得因为这些非常庞大的数据组而要求一台带有优越的至少 16M RAM，大约 64M 的空余硬盘空间的计算机。一个三次替换仅是为首的 2 次迭代重复计算雅可比矩阵，而相续的下一个迭代使用拟牛顿更新法。在雅可比矩阵中，最大的改变通常很少出现在首次迭代中。因此，在许多情况中，一个受到限制的雅可比矩阵的重复计算在速度和精度之间给出了一个最好的折衷方案。通过默认值，程序将为雅可比矩阵选择受限制的重复计算选项。然而，在这个菜单选项中，默认值的设置能被用户改变。如果想很快看到结果，拟牛顿选项是有用的，特别是在一种测量的过程区间使用一台很旧的计算机。为了得到最终模型，在一台带有更多的 RAM 和空余硬盘空间的更快速的桌面计算机上使用受到限制的重复计算选项是最好的。在电阻率反差巨大的地区，其最大视电阻率值是最小值的 10 倍以上，重复计算雅可比矩阵产生了带有边界的模型，其边界阴影是一个比拟牛顿法产生的阴影还要尖的阴影。

**修改层的深度：**这个选项允许你改变反演模型使用的层的厚度。你可以调整厚度以便一些边界的厚度与钻井和其它数据中的已知厚度重合。这个子选项也允许用户通过一个恒定的比例因子来增加所有层的深度。通过默认值，程序选择一种最末层的厚度不比研究的装置中使用的最大电极间距的深度更深的模型。这个子选项允许用户增加层的深度正好超过研究的最大深度。例如，如果比例因子 1.25 被使用，则所有层的深度和厚度将被增加 25%。

**使用有限元法：**程序允许你使用既不是有限差分或者有限元法来计算视电阻

率值。通过默认值，程序将使用有限差分法，如果数据组不包含地形，它比较快。如果数据组包含地形，则默认选择是有限元法。

**网格精炼**：这个选项允许你为有限差分或有限元法使用一个较精细的网格(在垂直方向)。不使用这两种方法计算的视电阻率值，用一个较精细的网格时，将更精确，但对计算机的时间和内存的要求将更高。对于电阻率制约到大约 25:1 时，通常的默认网格也许是有效的精度。对于子表面电阻率制约到大约 250:1 时，使用一个较精细的网格能给出更好的结果。对于更大的电阻率制约，也许不得不使用最精细网格选项。对于那种与一个高电阻率值地区伴生一个低电阻率层的地区，这是特别有用的。

**最佳阻尼系数**：如果你选择这个选项，程序将企图在方程式(1)中找到最佳阻尼系数  $\mu$ ，其在每次迭代中给出最低的 RMS 误差。通过最佳阻尼系数，程序要求收敛的迭代的次数能被有效地减少。然而，每次迭代花费的时间将被增加。对于由小到中等尺寸的数据组，这能有效地减少反演数据组必需的总的计算机时间。至于测量点多于 1000 个点的非常巨大的数据组，每次迭代所花费的时间能有效地增加，因为解最小平方等式的每次迭代多于一次是必须的。当带有最低 RMS 误差的模型总是不是最好的模型时，特别是对于噪音非常大的数据组(见 部分)，小心地使用这个选项。实际上，通过绝大多数数据组的最佳阻尼系数改善结果是相当小的。

**使用综合反演方法**：这个选项是在那种模型模块的数据敏感度值因电阻率的巨大变化而作了重大变形的不寻常条件下才打算使用的。在有些情况中，像这种在一个较低的低阻体之上的一个测量，其电流路径将被扭曲，以至于子表面的部分不能作很好的图形，而且在反演模型中有非常低的数据敏感度值。正好在低阻体的下面能导致巨大的失真。通过合并 the Marquardt(或者电桥回归)和 Occam(或者平滑——约束)反演方法，有些情况下的失真也许被减小。如果其他每项都失败的话，这个选项将作为一个最后的求助而被使用。在理论上，仅单独使用 Marquardt(或者电桥回归)方法是可能的。然而已经发现，如果一个带有相对庞大的模型参数的模型被使用的话，这种方法对于包含噪声的数据是不稳定的。

**批模式**：在这个选项里，你能自动地反演大量的数据组。输入数据文件的名字，和其它的信息，都通过一个原始文件提供。在反演数据组之前必须强调的是：

你应该使用较早期讨论的编辑数据选项来检查突变测量点。当你选择批模式的子选项时，你首先就会被问到要求包含信息的数据文件的名字。一个被提供例子是：RESIS.BTH，它使用批模式能反演 3 个数据组的反演。这个文件的格式如下：

第 1 行：需处理的数据文件的数目。

第 2 行至 16 行：这包含了以下格式中的第一个数据文件的信息。

在例子 RESIS.BTH 中，第一个数据文件所使用的相同的值也被列入以下列表中来帮助说明方式：

信息类型	在 RESIS.BTH 中的值
头	数据文件 1
输入的数据文件的名字	RATHCRO.DAT
输出的数据文件的名字	RATHCRO.INV
起始阻尼系数	0.15
最小的阻尼系数	0.03
被使用的行搜索选项	总是
收敛极限	5.0
行搜索的百分点变化	0.4
迭代次数	6
垂直与水平的平直度滤波器比率	1.00
模型层厚的增加	10
有限差分网格化尺寸	4
包括模型电阻率的平滑	NO
减小地形测量点的数目	YES
实行地形校正	YES
更改线性趋势的类型	END-TO-END
雅可比矩阵的计算类型	受限制的重复计算

如果你不希望实行地形校正，就在适当的行输入 NO。要更改一次最小平方线性或平均趋势，就在文件中输入线性或者平均。即使数据组不包含地形数据，你仍旧必须输入地形处理信息。在这种情况下，尽管地形处理信息将被程序忽略，

你仍旧必须在适当的行键入一些东西或其它一些程序不能够在正确的顺序下为紧跟着的数据文件读入参数的东西。雅可比矩阵计算类型的另外选项是拟牛顿和重复计算。程序通常检查第一行字符，因此你不得不确信是否从第一列的文本开始。

被处理过的另外数据文件信息有相同的格式，请参照 RESIS.BTH 例子。

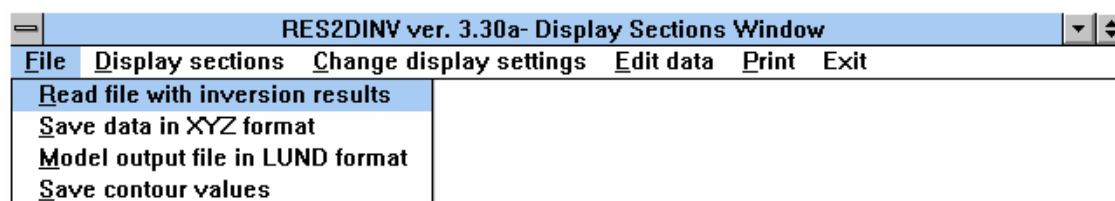
**反演期间显示拟断面：**在数据反演期间，你可以选择显示拟断面，或者仅显示模型的 RMS 值。推荐你显示区域，除非你的图形卡的 Windows 驱动器慢到了极限。在长长的运行过程中，推荐你下载一个新版本的 Windows 驱动器。

## 显示反演结果

在这个选项里，你能读入一个数据文件或者是反演子程序产生的输出文件，并显示已测量及计算了的视电阻率拟断面及模型区域。在这个选项里面，你能改变用于绘制拟断面的等值线间隔和模型区域，区域的垂直刻度，并且包括模型区域的地形。你也能改变程序所使用的颜色图表。如果你已经在早期读入了一个输入的数据文件或者使用了主菜单里的反演选项，程序将首先读入使用过的最后的文件。在主菜单栏里选择这个选项之后，程序将切换到窗口来显示拟断面和模型区域。要返回到主菜单，你将必须从这个窗口中退出，窗口紧跟着的是顶部菜单栏。



“文件”选项将引出下面的子菜单。



读反演结果的数据文件：你能读入一个反演子程序产生的输出数据文件或者一个输入文件。

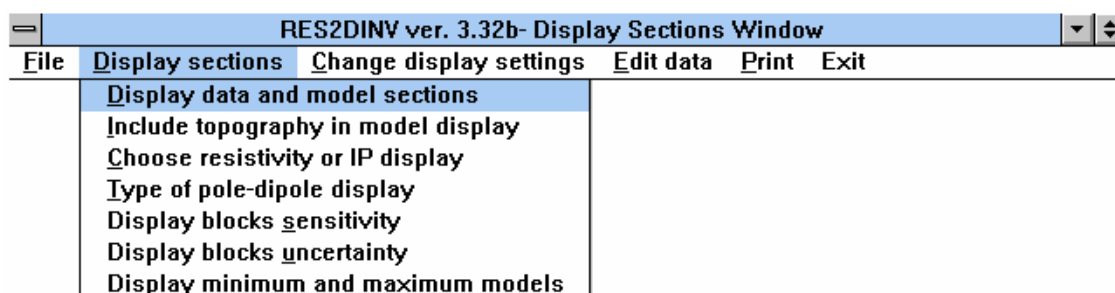
用 XYZ 格式保存数据：你可以把反演结果用许多等值线程序使用的一种格式保存到一个磁盘文件里，如 Geosoft 格式。这是一个 GEOSOFT 公司销售的独立程序。它允许你使用比 RES2DINV 程序所使用的更高级的等值线技术。

LUND 格式的模型输出：这是由 ABEM 产生的被 LUND 图像系统使用的一种数据格式。你可以把这种模型的电阻率值保存在被 MODSEC 程序所使用的 .RHO 和 .RMS 文件里。

保存等值线值：这个选项保存在拟断面和模型区域里用来绘等值线的值。



在顶部菜单栏里单击“显示区域”选项，将显示如下子菜单。



显示数据和模型区域：选择这个选项，在屏幕上绘制模型和视电阻率拟断面曲线。

在模型显示中包括地形：对于较早期实行地形校正的反演结果，你可以通过计算地面下面的模型模块的真实深度和位置来把地形结合到模型区域里。图 5 显示了一个带有地形模型区域的例子。这种测量的野外数据是使用由 Campus Geophysical 仪器公司生产的一种 Campus Geopulse 电阻率图示系统来测量的。

对于有两个显示选项的，将询问你迭代的数目和等值线间隔。当这个选项被显示之后，你可以通过按 PgDn 键来显示下一个迭代结果。同样地，按 PgUp 键将显示以前迭代的结果。

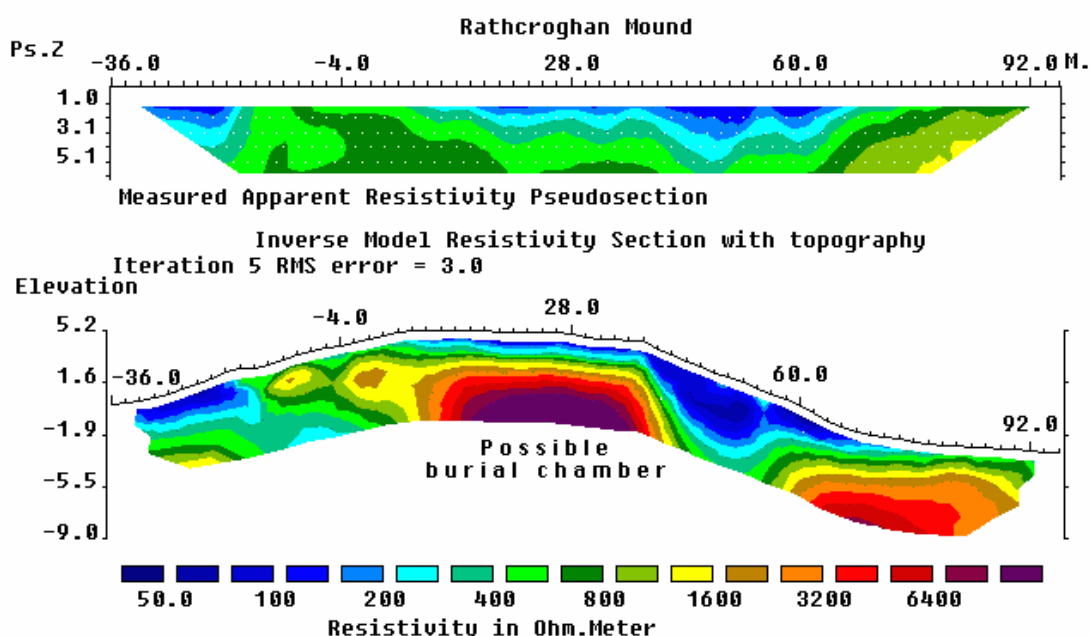


图 5 :Rathcroghan 护堤测量中的观察视电阻率拟断面以及模型区域。模型区域中，地形已经被合并。

**电阻率或 IP 显示的选择：**如果数据组也有 IP 数据，这个选项允许你选择显示电阻率部分或者 IP 部分，你也可以同时显示电阻率和 IP 的模型区域。

**显示联剖类型：**这个选项仅仅是关于联剖测量装置的正向和反向数据组(见附录 A)。这里，你可以选择显示用这种排列测量的正向或反向轮廓的视电阻率值。

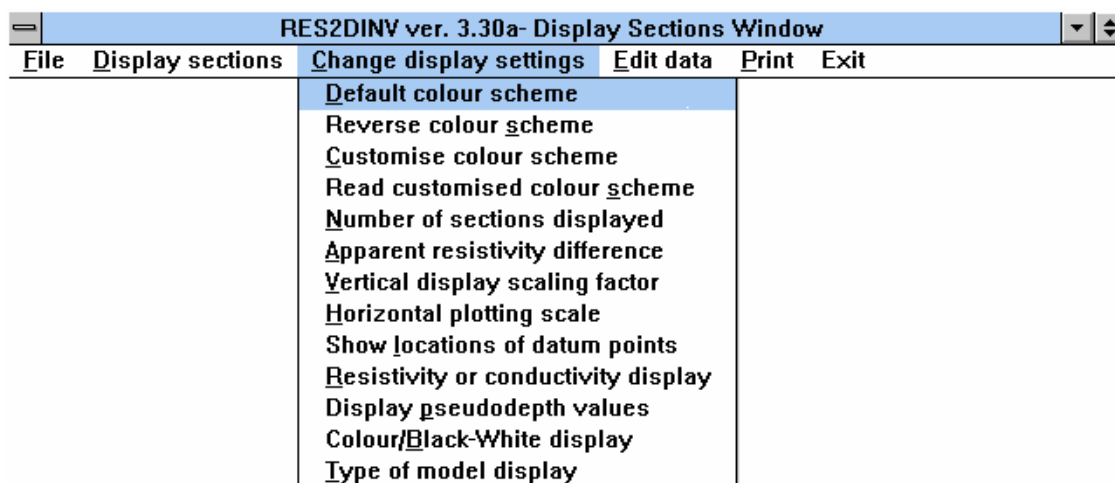
**显示模块的灵敏度：**这将显示在反演模型中使用的模块灵敏度的一条曲线，这灵敏度值是关于已测量的数据组里被制约的一个模型模块灵敏度信息总额的一个量度，有更高的灵敏度值，则更可靠的是模型电阻率值。一般而言，在表面附近的模块通常有更高的灵敏度值，因为灵敏度函数在电极附近有非常庞大的值，在两边和底部的模块也有很高的灵敏度值，这是由于扩展到有限差分或有限元网络的边缘的那些模块的尺寸比较更大的缘故。这个选项仅能被这个程序的 3.32 版(或更高)产生的反演文件使用。

**显示模块的不确定性：**这将显示反演模型模块电阻率值不确定性百分数的一条曲线。关于不确定性的一条注意事项是：如果关于电阻率  $R$  的一块特殊模块的值是 100%，那么，自从反演子程序频繁地处理电阻率对数时，则这就意味着电阻率的范围能从  $0.5R$ (不是  $0.0R$ )到  $2R$ 。一块特殊模型模块的不确定性将依赖于数据里的噪声电平，模块的深度和尺寸，测量点的分布，使用的排列，与平均电阻率相比时模块的电阻率。高阻地区倾向于有更高的不确定性值，这是因为没有更多的电流穿过一个被更低电阻率物质包围的高电阻率地区。电阻率的一个变化，比例，从 10000 .m 到 20000 .m，不会更多地改变已测量的视电阻率值。作为一个例子，在 1D(一维)电阻率测深装置中，一个第二层电阻率无穷大的 2 层模型导致一条在一个对数-对数图形中的测深曲线上升到  $45^\circ$ ，也就是说，关于视电阻率值的高阻层的影响，这是有限制的，这不同于底层有较低电阻率的情况，对于测深曲线的向下的斜率，没有理论上的极限。这个选项仅能被这个程序的 3.32 版本(或更高)所产生的反演文件使用。

**显示最小和最大的模型：**这显示了从模型值的不确定性而计算出来的最大和最小电阻率模型两区域，这两区域的共同特点非常可能是真实的。

“改变显示设置”选项允许你改变控制显示视电阻率拟断面和模型区域方法

的参数，当你单击这个选项时，下面的子菜单将被显示。



**默认的颜色图表：**这将设置程序用来给区域上色彩的默认系统的颜色图表。

**自定义颜色图表：**这允许用户改变区域使用的颜色。

**读自定义颜色图表：**你可以改变颜色图表为一套自定义的颜色，这套颜色早期就被保存在一个磁盘文件里，在有些情况中，当在后台运行程序时，颜色图表也许能改变前台程序使用的调色板。你能使用这个选项来重新贮存这个程序使用的颜色图表。

**显示区域数目：**你能选择 1，2 或 3 个区域显示在屏幕上，通过缺省值，所有 3 个区域(观察和计算的视电阻率拟断面和模型区域)都被显示。

**视电阻率的差别：**你可以选择既不自己显示计算的视电阻率拟断面，也不显示计算的视电阻率值对数与观察的视电阻率值对数之间的百分数差别。

**垂直显示的比例系数：**这个选项允许你指定垂直标度到水平标度的比率，也就是显示中垂直方向的扩大系数。使用方便的值是 2.0，1.5 和 1.0。如果你输入的值是 0.0，程序将使用一个默认的比例系数，以便显示能在显示屏幕范围内。

**水平方向上的绘图刻度：**每单元电极间距大量像素的列表中，这个选项允许你改变水平刻度。当你想绘制的结果是带有不同电极总数的不同测线，但有相同的刻度，则这个选项是有用的。

**显示测量点的位置：**通过缺省值，测量点(和模型模块的中点)的位置将用黑色的圆点在彩色的拟断面显示图中显示。用这个选项，你可以选择不显示这些圆

点。

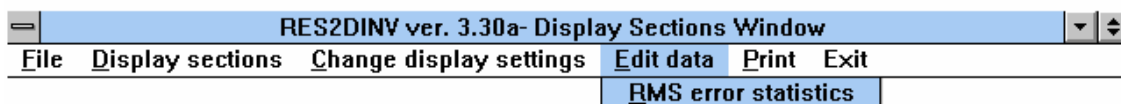
**电阻率或者传导率的显示**：电阻率拟断面和模型区域是经常被显示的，然而，你可以使用传导率值(也就是电阻率的倒数)来显示区域，其在一定的野外中普遍被更多的使用，比如：水纹地质。

**显示伪深度值**：对于视电阻率拟断面，你可以在垂直刻度上显示伪深度值。

**彩色/黑-白显示**：通过默认值，程序将显示彩色的拟断面和模型区域。这个选项允许你用黑白颜色来显示区域，尽可能地在一般的激光打印机上使其打印输出。程序为黑白颜色显示提供了两个选项，第一个选项是使单纯的黑白颜色在一起，并使用颤抖原理来提供不同的色度。像这样的屏幕图形几乎任何一台打印机都能打印。第二个选项是使用一种灰度刻度，其使用灰度的阴影不同，使其从纯白色到纯黑色之间徘徊。你可能将需要一台激光打印机来使其输出好的合理的灰度刻度图形资料。

**模型显示的类型**：在这个选项里，你可以使用等值线(默认选择)的形式或者以构成反演模型的矩形模块的形式来显示模型区域内的电阻率值。等值线区域使我们设想地质学上的结构更加容易。然而，在矩形模块区域里，精细的特征或许更容易被删减掉。

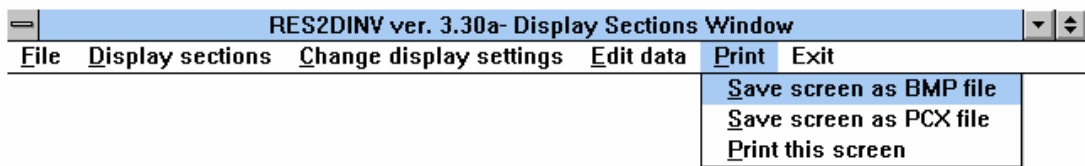
当“编辑数据”选项被选择时，紧跟着的“RMS 误差统计”子菜单就显示出来了。这个选项提供了从数据组中更改突变测量点的另外一种方式。实际上，从跨钻孔数据中的视电阻率值不能方便地以一个拟断面或剖面的形式显示。这是更改突变测量点的基本原理。



**RMS 误差统计**：这个子选项刚好显示了观察的视电阻率值对数与计算的视电阻率值对数之间的不同百分数的分布。它仅能在运行数据组反演的一次试验之后使用。为了节省时间，你可以使用拟牛顿法来实行反演实验(见 10 部分)。选择这

个子选项后，RMS 误差的分布将以一个表格的形式显示。一般期望突变测量点将有相对大一点的误差，比如高于 100%，要更改有较大误差的点，只要移动绿色的光标线到设置的截止误差限制来更改突变测量点。

在主菜单栏上的“打印”选项允许你保存屏幕图形为一个 BMP 或者 PCX 图形文件，或者通过使用 Windows 下的画笔程序，并用一台打印机使其成为一个直接的输出资料。选择这个选项后，跟随的子菜单将被显示。



## 选择

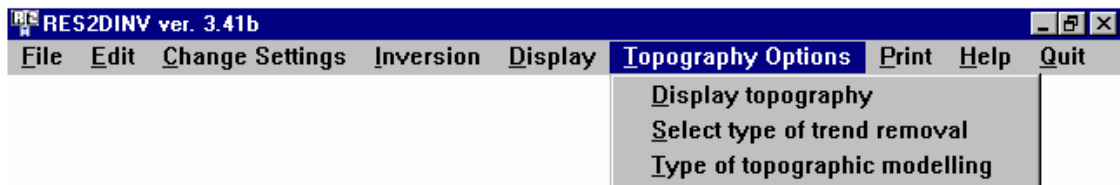
通过默认值，Windows 的画笔被程序用来操作和打印 BMP 或者 PCX 图形文件，记事本程序被用作文本编辑器，你可以通过改变 RES2DINV.INI 文件里的合适的项来改变这些默认值，RES2DINV.INI 文件应该安装在与 RES2DINV.EXE 程序相同的子目录下。例如：一个带有以下内容的外形文件如下：

```
[programs]
paint=c:\psp\psp.exe
editor=c:\gwd\gwd.exe
[files]
extension=*.lok
input=c:\res2dinv\
output=c:\res2dinv\
```

将使用 the paint Shop pro 绘图程序（位于子目录 c:\psp）和 GWD 文本编辑器（在 C:\GWS 子目录下）。当你选择这个选项读入一个数据时，它将寻找带有扩展名为 LOK 的文件。带有数据文件的默认子目录是 C:\RES2DINV，并且相同的子目录用于输出文件。

## Topographical modeling(地形模型)

如果沿着测线有显著的地形起伏，而且沿着测线的大量测点的水平和垂直坐标已知，则就能够校正地形影响。当程序读入一个带地形数据的文件，程序将自动地选择有限元法，其把地形合并到使用的制作模型方法的网格里。在这种情况下，当你反演数据组时，地形校正将被程序自动地执行。然而，如果你希望的话，你可以使用这个选项来为地形校正选择 Schwarz-Christoffel 变换方法，当你选择这个选项时，跟随的子菜单将被显示。



**显示地形：**这个选项简单地画出地形曲线。

**选择移动趋势的类型：**你可以选择重新改变平均高度，一个最小平方线性的趋势或者一条连接第一个测量与最后一个测量的直线。如果除了少数的几个点之外，沿着测线的地表一般是平坦的，使用这个选项来从电极位置的高度中减去一个恒定值。如果测量点是在一个斜面上，则既不选择一个最小平方直线的线性趋势，也不选择端对端直线的线性趋势。图 6 显示了一个端对端直线趋势被更改的例子。

**地形模型的类型：**选择这个选项将显示一个对话框，在里面你可以选择 4 种不同的方法，其在反演里程序能使用结合地形，甚至迫使程序忽略地形。地形模型选项如下：

**Schwarz-Christoffel 变换方法：**这个选项使用 Schwarz-Christoffel 变换方法，其把地形放入一个等效的矩形网格里绘制模型区域图形。选择这种方法的主要优点是反演子程序能使用有限差分法，这种方法要比有限元法快得多。

**带有一致失真变形的有限元网格：**这种方法，以及以下的两种方法，都使用了一个变形的有限元网格，以便网孔表面的节点与实际的地形匹配。这比使用有限元法计算的均匀地球模型修正因子更常用的方法能给出更精确的结果。有限

元法在表面附近出现电阻率变化较大的情况下能导致失真。在这个特殊的选项里，在表面(模型层也是这样)下面的节点被移到与表面节点相同的范围内。

**带有阻尼失真变形的有限元网格：**在这个选项里，与表面节点相比，子表面的节点被移到一个较低的范围，也就是说，在深度上，地形的影响被衰减。如果地形的曲率幅度比最深模型层的深度还低，这个选项也许是一个合理的选择。

**带变形有限元网格的 S-C 变换：**这种方法使用 S-C 变换方法来计算子表面层的失真。在一个较大地形曲率的情况下，它也许是最好的方法，其产生了一个看起来更自然的模型区域，在这样的情况下，衰减地形法也许在区域范围的下面产生了不寻常的厚厚的模型层，这个区域的地形是向前变形的。在一些地形有不寻常的非常尖锐的峰值和稀疏地形数据点的情况下，S-C 变换方法也许不工作。如果发生这种情况，在峰值附近添加几个额外的地形数据点。

请参照散讲注意事项里的“环境及工程研究电极图示测量”附录 B，其包含了更多关于不同地形模型选项的信息。

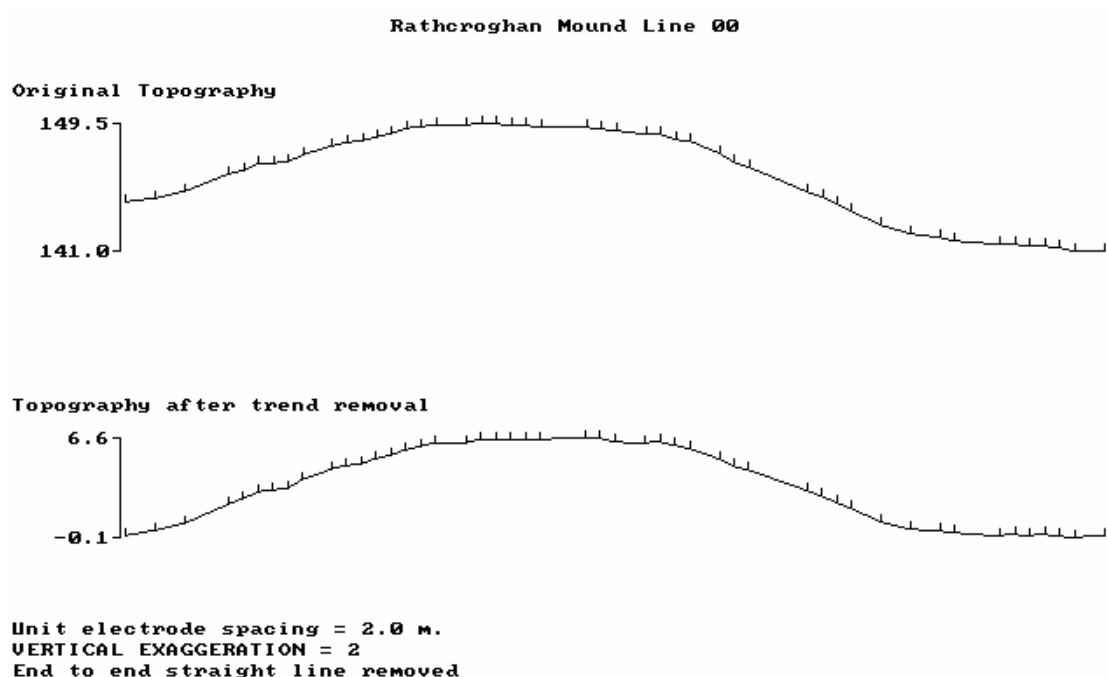
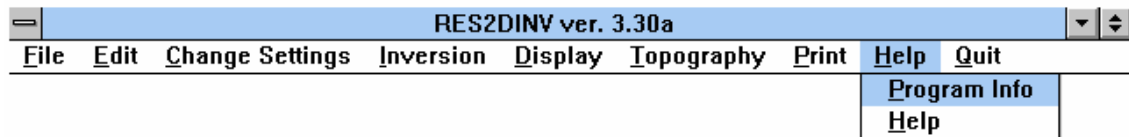


图 6：移动 Rathcroghan 护堤数据组的地形线性趋势。



## Help(帮助)

如果你单击帮助选项，这个程序在 Windows 下的帮助将被显示。单击信息选项将显示版权注意事项。



## 打印拟断面

除了在屏幕上显示拟断面外，你还能得到一个模型区域的输出资料。有三种方法可以得到一个输出资料。

最简单的方法是使用 RES2DINV.EXE 来显示——通过使用主菜单里显示反演结果选项来显示你想打印的拟断面和模型模块。在程序已完成绘制拟断面以后，单击打印选项，这将显示选项来把屏幕保存为一个 BMP 文件，一个 PCX 文件或调用画笔程序来打印文件。如果你需要打印带文本的屏幕图形，保存为一个 BMP 或者 PCX 文件的屏幕图形也许有更多的转换。如果有文字处理，像 Windows 下的 Microsoft Word 或者 Lotus Amipro 或者 Wordperfect，允许你输入图形文件，你可以晚一点把图像直接插入文本里。

另一个方法是把信息保存到一个 XYZ 文件里(见文件部分)并使用一个专用的绘等值线/曲线的图形程序，像 Geosoft 和 Surfer。用这样的程序，你可以重新绘制模型区域并打印它们。如果你想把在同一地区里的不同测线的结果合并成为一个伪 3D 曲线图形，这是特别有用的。

如果想要保存在 XYZ 文件里的模型值包括地形，那么，在保存为 XYZ 文件之前，你将必须首先运行模型区域里包括的地形，在这种情况下，XYZ 文件将包含不带地形的模型值，其在结合地形后被一模型区域跟随。

## 共享磁盘

共享程序包(包括 RES2DINV 程序已注册的版本)拥有 Paint shop pro 图形处理程序和 GWD(数据窗口)文本编辑器程序。这两种都基于 Windows 程序下, The paint shop pro 程序能让你多次执行已考验过的处理来增强 BMP 和 PCX 位图图形文件。例如:你可以转换文件为 GIF 格式,与 BMP 和 PCX 文件相比,其占据更少的空间。GWD 文本编辑器是一个专业水平的编辑器。其能让你执行许多操作,而用记事本程序是不可能的。通过修改 RES2DINV.IN1 文件里适当的路径,你能使用这些程序,而不是默认的美国微软公司的画笔和记事本程序。文件 RES2DIDV.IN2 便是这样的一个例子。

还有许多好的共享绘图程序和文本编辑器,你可直接从共享网站下载。除 Paint shop pro 之外,我已经检验过的绘图程序是 Windows 下的 Lview pro,Vueprint 和 Graphics Workshop。所有这些程序允许你改变 BMP 和 PCX 文件为 GIF 格式,其能引人注目是其能减少图形文件的大小。

## **Pitfalls in 2-D inversion(二维反演的缺陷)**

如果程序仍旧不能给出一个满意的模型(假定输入数据是正确的格式),这也许是由于下列问题之一造成的。

### **( Garbage In-Garbage Out ) 无效输入——无效输出 :**

一个共同的问题是突变测量点。检查明显低或高的视电阻率值。这些反常值可能是在野外测量期间,使用仪器的过失造成的。电极打在干燥的沙子里或石头较多的地面上,造成接地不良;电极短路是由于非常潮湿的接地条件或金属导体(像栅栏、导管等)或像这样的电极接在不正确的连接器上,这样的错误使用早期介绍的“剔除突变测量点”选项,你能够很容易地剔除这些反常值。记住:一个好的模型要求有好的数据。

### **(Non-uniqueness)非唯一性**

众所周知,在测深电阻率的反演里,有些细微不同模型所计算的视电阻率值几乎是相同的,这是可能的。相同的事便是支持电阻率数据的 2-D 反演。然而,一个单一的数据组在所获得的不同模型里的细小特征是可以不同的,而主要特征可能是相同的。同样记住:电阻率法本身的分辨能力随着深度的加深而指数地减小。这个程序允许你修改一些参数,像阻尼系数和平直度滤波器,这将影响反演过程。通过使用不同的反演参数,你将可能最终得到有一些轻微不同的模型。

### **不寻常的地面条件**

如果地面的表层非常干燥,你也许不能抽吸足够的电流到达地里。在这种情况下,电阻率技术本身可能不是很适当,此时,你应该考虑二选一的地球物理学方法(像 EM)。另一个相似的条件是一个传导性非常好的层顶。在这种情况下里,供电电极所测量的电压的也许太小(或许甚至低于背景噪声电平),在这种情形下,试图在地下得到更多的电流并检查所测得的真实电压值的差别。如果你使用偶极-偶极装置,再试着用另外的装置,如:能给出更大电压的温施装置。如果这还不能工作,试着使用另外的应用地球物理方法,像地震折射或 MT。

### **三维 (3-D) 地质概况 :**

注意:这个程序的一个基本限制是一个 2-D 子表面模型的假设。因为测量能够穿透被拉长的地质结构,这种假设是相当地正确的。然而,如果在测线的正交方向的子表面的电阻率是有意义的变化(也就是地质概况是 3-D),在所获得的模型

的较低部分,这将引起变形。作较大电极间距测量不仅被子表面的更深部分影响,而且还被离测线的一个较大的水平距离的构造影响。当测线放在一个陡峭的触点附近且测线与触点平行时,这种影响是非常明显的。一个 3-D 电阻率反演程序——RES3DINV,现在是可利用的。推荐在一兆的 RAM 下反演一个 3-D 数据组!带有 64M 的 RAM,3D 反演程序能处理的测量网格一直到  $32 \times 32$  个电极,和一个大约是 11,000 个数据的最大数据点。然而,即使在一台快速的微型计算机上工作,反演这样一个庞大的数据组是一个通宵的工作了。

对于 RES2DINV 已注册的用户,早期的一个免费的 3D 电阻率和 IP 模型程序——RES3DMOD 已被提供。对于一个多样的、不同电极排列 3D 结构,你能使用这个程序来计算视电阻率和 IP 值。这将给你一个 3D 效果程度的概念。

## Some field examples(一些野外例子)

用这个程序反演野外数据组的一些例子如下：

**Grundfor Line 2**：这个测量是由丹麦的奥尔胡斯大学的地球科学系完成绘制的 Grundfor 地区(Christensen 和 Sorensen,1994)的非层状沉积物和含水层表面附近的岩性图形。在反演模型中，低电阻率分成区(图 7)，其由冰河时代的沉积物的第四组中的粘土组成，而高电阻率区是由较多的含沙沉积物组成。所得到的模型被沿着这条测线的大量铅孔证实。这正好是一个带有 447 个测量点和 41 个电极的大型数据组。在一台 90MHz 奔腾处理器上，它花费 1033 秒(17.2 分钟)的时间来反演这个数据组，而在一台 266MHz 奔腾处理器 上，花费的时间大约是 158 秒(2.6 分钟)。

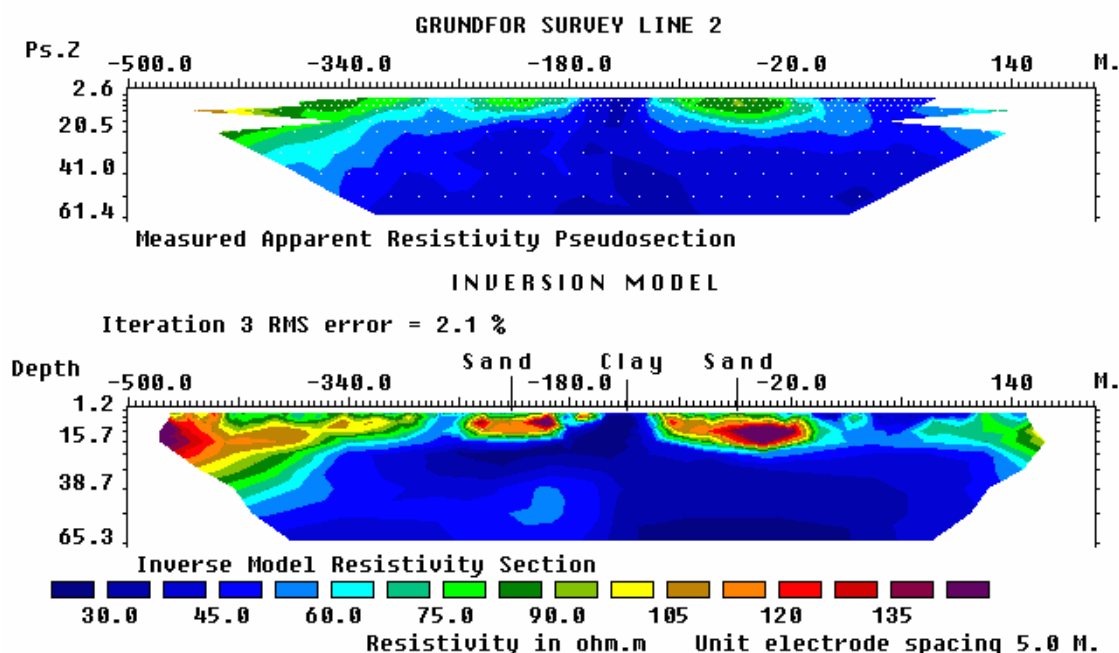


图 7：Grundfor Line 2 测量观察的视电阻率拟断面以及反演模型。

**Odarslov 堤坝**：在图 8 的上面部分的拟断面的中间附近，这个堤坝引起一个显著的高阻带。这是一个十分难于反演的数据组，因为这个高阻堤坝的宽度要比这个堤坝的较低部分的深度还要小。这样，这个堤坝的较低部分就不好解决。如果使用的阻尼系数太小，这将引起在模型区域电阻率值的摆动。既然这个堤坝有一个明显的垂直方向，要反演这个数据组，垂直平角度滤波器的权就得设置为水

平滤波器的 2 倍。这个鲁棒数据反演选项被用来减小一些也许在反演结果中有更多噪音数据的影响。既然火成岩堤坝的电阻率与周围的沉积岩之间有一个明显的、清楚的对比，则鲁棒模型反演选项(附录 M)也可以使用。在模型区域中，这个堤坝有一个明显的垂直侧面的高阻体露头。这个数据组有 701 个测量点和 181 个电极，你将需要至少 8M 的内存来反演这个数据组。这个测量是由瑞典的鲁旦大学，地质工程系的 Torleif Dahlin 博士管理。

这两个测量都是使用由 ABEM 工具中的 AB 产生的 LUND 自动电阻率成像系统来完成的。

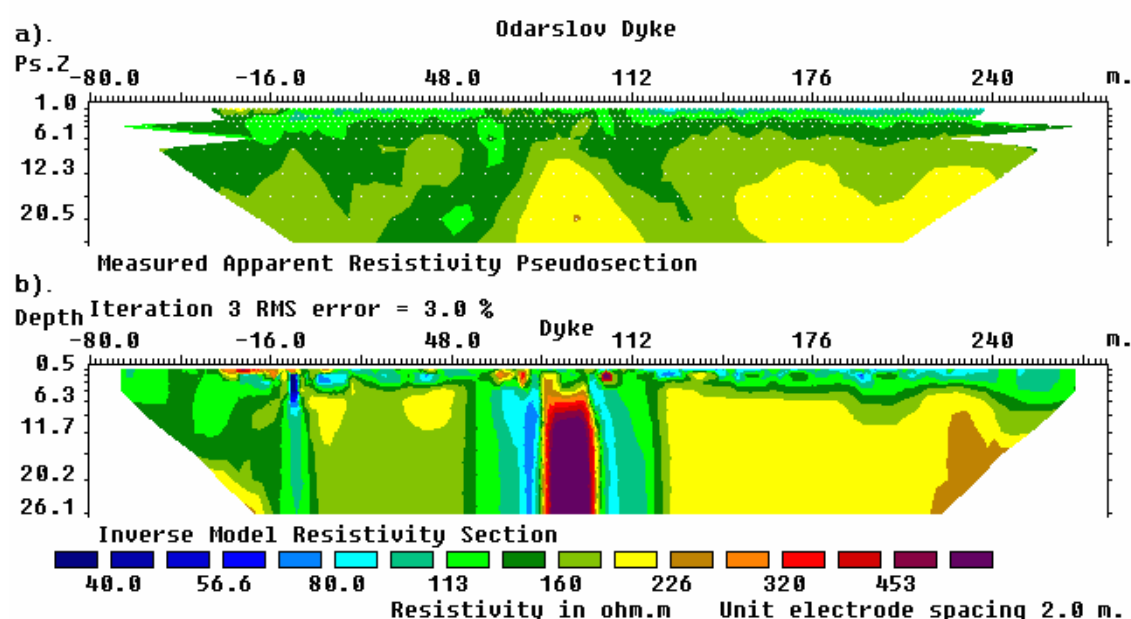


图 8：Odarslov 堤坝的观察视电阻率拟断面以及反演模型。

**Sting Cave 测量：**这是一个以联剖测量来绘制石灰石岩床里的洞穴的一个有趣的例子。这个测量是完成绘制一个先前已知的在德克赛斯，奥斯汀北部的 4T 农场的洞穴。这个洞穴导致了在拟断面的中央附近有一个明显高阻异常化。这个数据是用德克赛斯，奥斯汀地球科学公司制造的先进快速自动多电极系统来记录的，而且实际的记录时间少于 40 分钟。在这个测量的过程中，后来取名为 Sting Cave 的一个新洞穴被发现了。这个洞导致了拟断面左角底部附近有一个高阻异常化。反演模型中给出的深度到 Sting Cave 的顶部大约有 20 米，这与整个地下洞穴

所直接测量得到的实际深度吻合得相当好。对于这个例子，受限制的雅可比矩阵的重新计算选项被使用，其雅可比矩阵在首先 2 次迭代中是使用有限差分法来计算的，而在后来的迭代中是使用拟牛顿法来校正的。

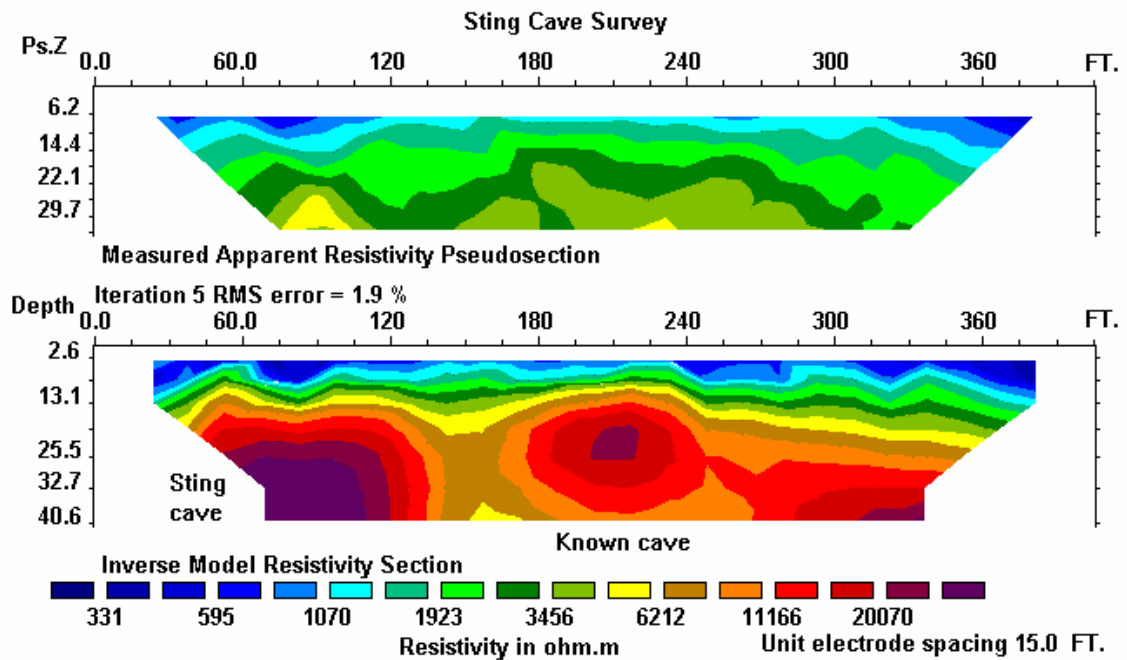


图 9：Sting Cave 测量的观察视电阻率拟断面以及反演模型。

这是一个带有 172 个数据测量点和 28 个电极的相对较小的数据组。在一台 90MHz 的奔腾微处理器计算机上，一个完整的反演花费大约 98 秒(1.6 分钟)。然而在一台 266MHz 奔腾 计算机上，仅花费 23 秒！



## 问题解答(Trouble Shooting)

可能出现的问题及导致可能发生的原因和解决方法的一个简要编写由这一部分给出。

**内存不足：**如果程序不能找到足够的内存，一个可能的原因就是它已经被其它程序保留了。在这种情况下，你将必须删除其它活动中的程序。在 Windows3.1 的版本里，按住 CTRL 键的同时，按住 ESC 键来检查活动的程序，如果你有低于 32M 的 RAM，建议你买些 RAM。

**当程序试图计算偏导数时，它停止了：**偏导数值被存储在这些文件中：GRADWEN.10，GRADTWO.10，GRADDIP.10，GRADWEN.25，GRADTWO.25 和 GRADDIP.25。首先在与 RES2DINV.EXE 文件相同的你的硬盘里的子目录下检查这些文件，如果它们在，一个可能的问题便是硬盘有坏的扇区。同样，检查硬盘是否有至少 32M 的空余空间，这是程序给大型数据组存贮临时文件所需要的。

**当程序试图反演数据组时，程序碰撞：**这可能是数据的转换格式出错或者数据组里有其它的错误。当程序读数据文件时，它将检查一些常见的错误，向零或者负的视电阻率值。然而，或许还有一些新的未预料到的错误。你初步的一个检查是使用第 8 部分里描述的“编辑数据”选项来查看数据，如果你仍旧不能发现错误，请通过 email 或通过使用一个 3.5 " 盘的航空邮件把数据组的一个备份寄给卖给你这个程序(或者这个程序的作者)的公司。

**程序不能找到加密狗：**如果程序不能找到电脑硬件钥匙，它将运行一个示范程序，如果你已经安全地把所提供的加密狗接在打印机接口处，而程序仍旧不能发觉它，请参照第 2 部分找到一种方法来检查程序的根源。两个最可能的原因是一个不完善的打印机接口，或一个不完全兼容的 IBM PC(这个问题在较老的膝上型计算机上更普遍)。另一种可能便是并行口被一个程序改装为另一种接口，而不是打印机接口，如果你使用的是 Windows NT，为加密狗(请参照附录 G)装载一个驱动系统是必要的。所提供的这个驱动系统文件(SYSDRV.EXE)也含有 Windows 3.1 和 Windows95 的驱动程序，如果程序不能查到在 Windows3.1 或 Windows95 下的加密狗，装载这个驱动程序。

## 附录 A：偶极-偶极和联剖测量

偶极-偶极测量的数据点的格式与温纳和二极测量的格式稍有不同，偶极-偶极测量的电极排列如下图所示：

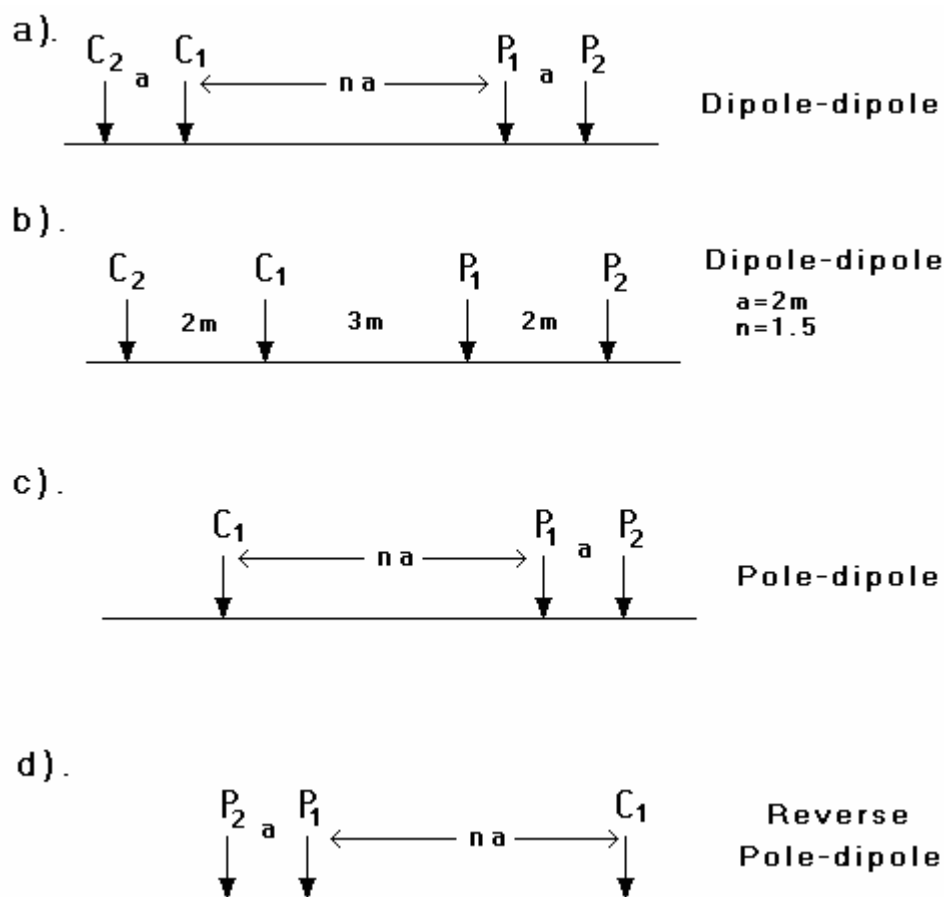


图 10 : ( a ) 偶极-偶极排列的电极排列。( b )  $n$  不为整数的偶极-偶极排列例子。( c ) 和 ( d ) 是联剖的正、反装置的电极排列。

间距  $a$ ，是电流电极  $C_1$ ， $C_2$  间的间距，与电位电极间的间距相同。供电电极  $C_1$  与电位电极  $P_1$  间的距离(偶极分离因子)通常是供电电极对或测量电极对间距的几倍。最初，偶极分离因子( $n$ )被设为 1，而后被增加到 2, 3 等等，直到在 4 和 6 之间的一个最大值为止。当偶极分离因子被增加时， $P_1$ ， $P_2$  间的测量的电位随着  $n$  的增加而迅速地减小。因为这个原因，使用的  $n$  值大于 6 是不可取的。使用较大的  $n$  值将产生相反的噪音数据，在有些测量中，电流和电位电极对之间的间距  $a$  被增到两倍或三倍来增强信号的强度。这样，偶极分离因子  $n$  和电流电极对间的间距( $a$ )这两值不得不作记录。

在输入的数据文件的第 3 行里，这种排列的数字是 3，BLOCKDIP.DAT 文件

里的一个典型的视电阻率测量点有如下的格式：

11.0      1.0      3      45.2

第一个值为测量点的  $X$  位置，第二个值是电位电极对  $P_1, P_2$  之间的隔离数，这个值通常是单元电极间距一个整数倍数(1 到 3 倍之间)。在一些 2-D 电阻率测量中，电流电极对之间的隔离数是固定的。在这种情况下，这个因素将有一个不变的值(正如在 BLOCKDIP.DAT 文件里的一样)。第三个是带有一个最大值为 8 的偶极隔离因子  $n$ 。第四个值是测量的视电阻率值。

文件 CLAYSTGDAT 提供了一个例子，其电极隔离数(a)使用不同的值是为了增加测量所能到达的深度。

联剖排列有一个排列数字 6。数据点的格式相似于偶极-偶极排列。文件 BLOCKPDI.DAT 给出了一个联剖数据组的例子。与偶极-偶极排列比较，当偶极隔离因子  $n$  被增加时，联剖排列所测量的信号强度大大地减小。不像其它普通的测量，联剖是一个不对称的排列，在拟断面中只要稍微增加一点，就有更多复杂化的异常，这个排列的中心被定义为  $C_1, P_2$  电极间距的中点，这个程序假设  $C_1$  电极的  $X$  的位置要比  $P_1P_2$  电位电极对的小(在图 10C 的左边)，如果第一个电极的位置在输入的数据文件中给出，那么  $C_1$  电极的位置就被使用。

联剖测量是一个不对称测量，在拟断面中支配对称结构的视电阻率异常也是不对称的。在有些情况中，测量的视电阻率值的不对称性影响反演后所获得的样式。消除这种不对称影响的一个方法是利用已排列好的电极装置按相反的方式重做(图 10d)，通过混合向前和相反方向的联剖排列的装置(图 10C 和 10d)，在模型里的任何偏移由于这种排列的不对称的性质将被去掉。文件 PDIPREV.DAT 是一个野外数据组例子，其是向前和相反方向的联剖排列混合的装置。第一个电极的位置由  $P_2$  电极的位置给出， $n$  因子的一个负值被用来表示相反方向的联剖装置被使用。

在此程序里，当  $P_1—P_2$  电极对之间的最大间距是单元电极间距的 5 倍时，偶极-偶极排列的偶极分离因子  $n$  的最大限度是 8。对于联剖排列，当  $P_1—P_2$  间距能达到单元电极间距 5 倍之多时， $n$  能有一个最大限度值 10。在大多数情况下，偶极分离因子  $n$  是一个整数值。然而， $n$  因子为非整数值也是可能的，尽管所有电极仍旧有一个不变的电极中间的间距。当  $C_1—C_2$  电极对之间的间距  $a$  是单元电

极间距的两倍(或更多)时,这是能发生的。例子在图 10C 中显示,这条测线的单元电极间距是 1 米。当  $C_1$ ,  $P_1$  电极间的距离是 3 米时,间距  $a$  有一个值为 2 米。在这种情况下, $n$  因子的值为 1.5。数据文件——DIPOLEN5.DAT,给出了一个  $n$  值不为整数的联剖数据组的例子。

在  $N$  因子的分数部分在十进制中是一个无限连续的情况里, $n$  值将给出至少 4 位小数。例如:如果  $n$  值是  $1/3$ ,它将被给成 1.3333。

## 附录 B：温纳-施伦贝尔排列

在受限制的地区想为一条长测线展开空间,传统的温纳排列有一个不利条件:当为了达到调查所需的一个深度而增加电极间距时,水平方向所包含的范围有一个很大的变形,例如:为了使调查深度增加到 2 倍,电极间距  $a$  不得不增加到  $2a$ (图 11)。在这种情况下,此排列的总长度就从  $3a$  增加到  $6a$ 。同时,测量的每个水平拟断面宽度减小为  $3a$ (图 12),对比一下,温-施排列的拟断面宽度减小  $2a$ 。

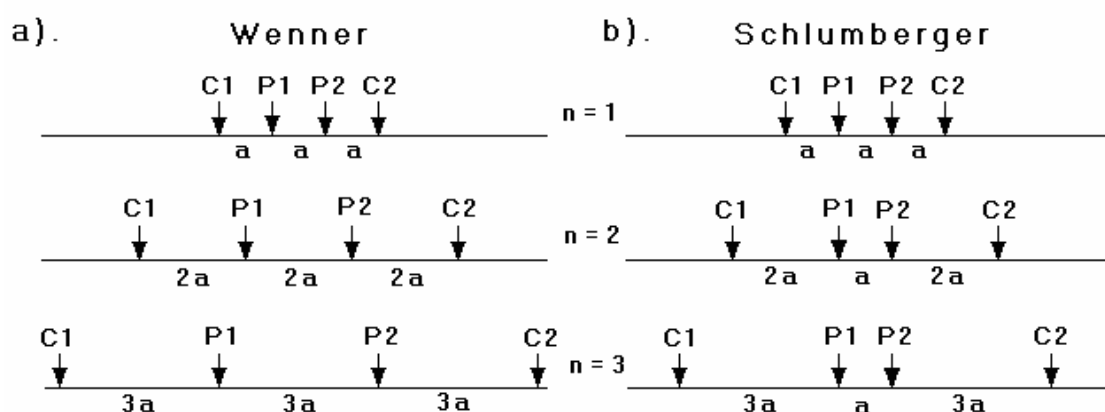


图 11:(a) 温纳和 (b) 温纳-施伦贝尔排列使用步进来增大研究的深度。

温-施排列的视电阻率值由公式  $\rho_{in(n+i)aR}$  给出,  $R$  为被测量电阻,  $a$  为  $P_1$ ,  $P_2$  电极间的间距,  $n$  是  $C_1—P_1$ ,  $P_1—P_2$  电极之间距离之比。当  $n$  因子大于 2 时,这个排列有效地变成温-施排列。这样,对于一个带有一个常用间距电极的一行装置来说,它实际上是一个适应使用温纳和施伦贝尔排列混合的装置,除了较好水平包含的范围外,这种排列穿入的最大深度大约要比温纳排列大 15% 之多。注意:当  $n$  因素为 1 时,一般的温纳排列实际上是一个温施排列的特例。

在实践中,当电极间距因子  $n$  增加时,  $P_1$ ,  $P_2$  电极之间的电位减小,在实际的电场测量中,所使用的  $n$  的最大值大约为 8,为了增加调查的深度,  $P_1—P_2$  电极间的间距被增加到  $2a$ ,  $n=3, 4, 5, 6$  时,测量被重复。而后,  $P_1—P_2$  间距增加到  $3a$ ,一直按照相同的测量顺序做下去。PIPESCHL.DAT 文件给出了这种排列所使用的电场数据组的一个例子。

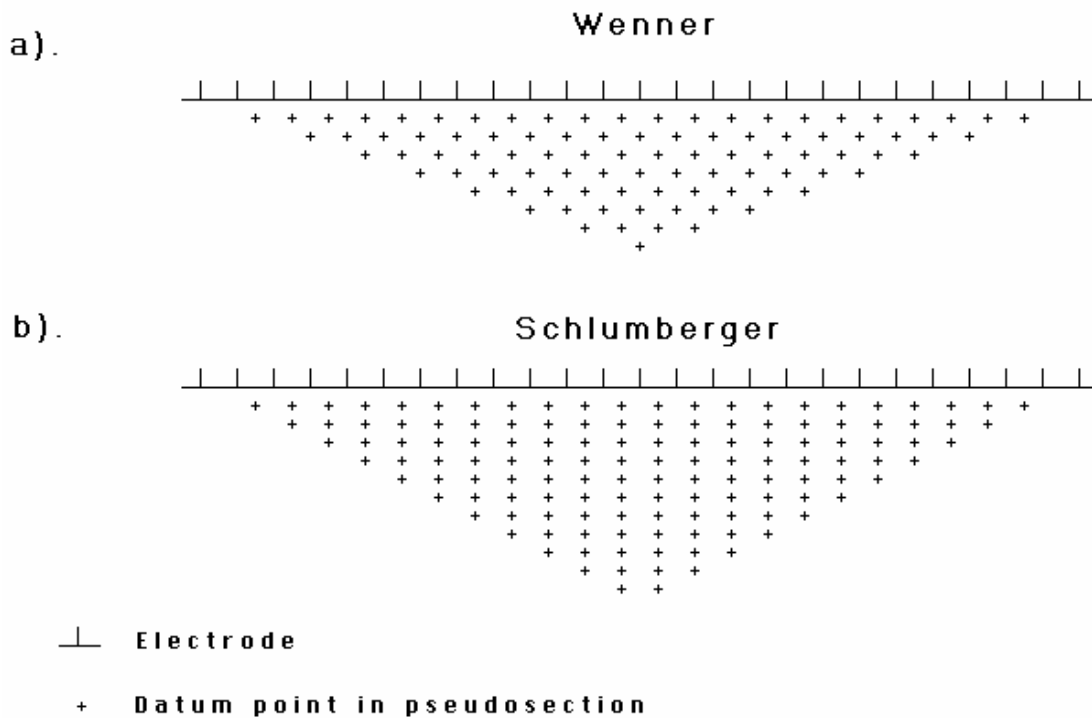


图 12 : (a) 温纳和 (b) 温纳-施伦贝尔排列的拟断面中测量点的排列。

然而  $n$  因子通常为整数值，这个程序也接受因子为非整数的情况。数据文件——WENSCHN5.DAT，便是一个  $n$  为小数的一个例子。

常用的温纳排列的一个优点便是：在传统的排列中它有最高的信噪比。为了安全起见，当执行一个温施排列测量时，你应包含所有的常用的温纳排列测量。因为测量层上部分数据重叠，产生的拟断面看起来有一些凌乱，但 RES2DINV 能处理这样的数据组。在干扰比较大的地区，温纳排列测量将是最可靠的。

## 附录 C：计算机电源管理警告

实际上，所有较新型的膝上型计算机和笔记本计算机，以及许多较新的台式计算机，都有一个内部建立的电源管理系统，在一定的时间限制之后，键盘/鼠标或者硬盘没有被访问，如果这个程序花大量的时间而仅使用 CPU 和协处理器来计算，其便慢下来并最后关闭计算机系统。你将必须使你计算机里的电源管理特性丧失能力来使计算机自动慢下来或关闭状态停止。在计算机开启之后很短时间里，你可以通过进入 CMOS RAM 安装程序来达到此目的，通常是通过按 DEL 键。

如果计算机自动关闭这个系统，通常它将从最后使用的程序重新开始，下一次它又被接通。如果发生这样的事情，在使用此程序的任一选项之前，你必须从此程序中退出并重新起动此程序。在一些计算机系统中，使用的所有的内存的容量不应该完全恢复，其引起此程序碰撞。

幸运的是，一个类似的，但不太严重的问题，与屏幕保护伴存。如果键盘或鼠标不起作用，一段时间之后，在 Windows 3.1 和 95 两者中有内部建立的屏幕保护，它退出保护。因为一个较大模型的计算能花费更长的时间，它推荐你修改时间设置，或者使屏幕保护失去能力。在 Windows 3.1 中，你可以通过单击主群组中控制面板图标和桌面图标来改变屏幕保护的设置。改变延迟时间到 20 分钟左右或者更长；在 Windows 95 中，单击在控制面板群组中的屏幕保护文件夹。在程序正在运行及屏幕变黑时，如果屏幕保护退出，不要惊慌！就单击一个鼠标按钮，过半分钟之后，白色的屏幕将会恢复。

## 附录 D：固定的电阻率

在一些情况中，也许知道子表面的一部分真实电阻率。例如：从钻孔的电阻率测量中获得。此程序允许你固定子表面 1 ~ 10 部分的电阻率。被固定部分的外形必须是长方形或者三角形。固定模型的电阻率值数据加入到带有地形信息的那一部分输入数据文件的后面。作为例子，部分数据文件 MODELFIX.DAT 如下所列：

0	地形标志
1	固定区域的数目。如果没有输入 0
R	第一区域的类型，R 代表长方形
24, 0.7	长方形左顶角的 X、Z 坐标
28, 2.3	长方形右底角的 X、Z 坐标
2.0	长方形区域的电阻率值
2.0	重量阻尼系数
T	部分区域类型，T 代表三角形
30, 0.0	三角形第一角的 X, Z 坐标
30, 3.0	三角形第二角的 X, Z 坐标
45, 3.0	三角形第三角坐标
10.0	三角形区域的电阻率值
2.0	重量阻尼系数

在地形数据部分后面的第一项是给定电阻率区域的数目。在上面的例子中，给出了 2 个区域。如果 0 值被给定(缺省值)，没有区域被用户给出电阻率。其次，区域的外形被给出：R 为长方形，T 为三角形，如果一个长方形区域被指定，那么，这个长方形的左顶角和右底角的 X, Z 坐标被给出，如下图所示。

如果一个三角形区域被选中，则三角形的三条直线的 X, Z 坐标按逆时针方向给出。被固定区域的坐标给出之后，下一个数据项是区域的电阻率。之后，这个区域的电阻率重量阻尼系数是必须的。这个参数允许你控制反演子程序里的等级，此反演子程序能改变区域的电阻率。在此区域的电阻率通常是一些不确定的等级，钻孔测量仅仅只能给出钻孔附近非常有限地带的电阻率。这样，此程序应该允许改变此区域的电阻率值是显而易见的。如果一个重量阻尼系数 1.0 被使用，



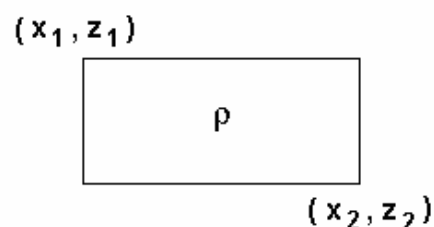
这个区域的电阻率允许改变到与子表面模型的其它区域相同程度。更大的重量阻尼系数被使用，则改变更小，此改变在“固定”区域的电阻率中是允许的。通常使用的值大约在 1.5 ~ 2.5 之间。在反演过程中，如果一个比较大的值被使用，例如 10.0，则此区域的电阻率改变将非常小。如果这个区域的电阻率和外形被确切地知道，像这样大的值只能被使用。

### Fixing model resistivities

#### Data format

R  
 $x_1, z_1$   
 $x_2, z_2$   
 $\rho$   
 2.0

#### Rectangular regions



#### Data format

T  
 $x_1, z_1$   
 $x_2, z_2$   
 $x_3, z_3$   
 $\rho$   
 2.0

#### Triangular regions

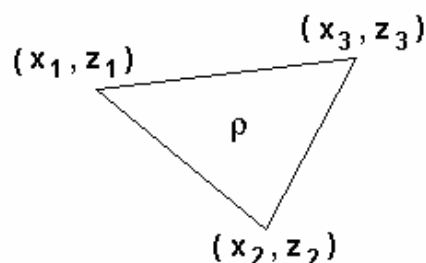
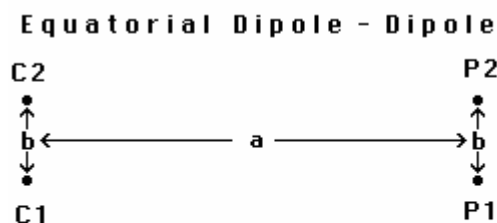


图 13：反演模型的正方形和三角形的固定电阻率。

## 附录 E：赤道偶极-偶极排列

这种排列的电极排列如下图所示：



$$k = 2 \pi a s / (s - a)$$

$$s = (a * a + b * b)^{0.5}$$

图 14：赤道偶极-偶极排列的电极排列。

这种排列的视电阻率值由 K、R 得到。这里几何学 K 的值在图 14 中给出，R 是已测出的电阻，这个排列与其它排列的不同之处在于电极被排列一条单独的测线上。每个读数都由两个间距描绘出：第一个间距 a 是电流电极对 C<sub>1</sub>—C<sub>2</sub> 与电压电极对 P<sub>1</sub>—P<sub>2</sub> 之间的距离；第二个间距 b 是 C<sub>1</sub>，C<sub>2</sub> 电极间的间距。这个程序有一个限制：即 P<sub>1</sub>—P<sub>2</sub> 电极对的间距必须与 C<sub>1</sub>—C<sub>2</sub> 电极对之间的间距相同。这种排列的数据文件例子就是数据文件 FAULTEQU.DAT，这个带有注释的文件的开始部分在如下显示：

FAULTEQU.DAT 文件	注释
赤道偶极-偶极排列	题目
1.00	单元电极间距
8	这个排列的排列数目为 8
1.50	C <sub>1</sub> —C <sub>2</sub> 电极对之间的间距 b
285	测量点的数目
1	排列中点的标志
0	没有 IP 数据
0.50 1.00 2.74	X 位置，间距 a，视电阻率值
1.50 1.00 2.74	所有其它点如此重复

这个排列要注意的是：在这个排列数目之后包括电极对 C<sub>1</sub>—C<sub>2</sub> 间的间距 b 是必须的。

附录 F：水下勘测

水下勘测的两种可能的情况如下图所示

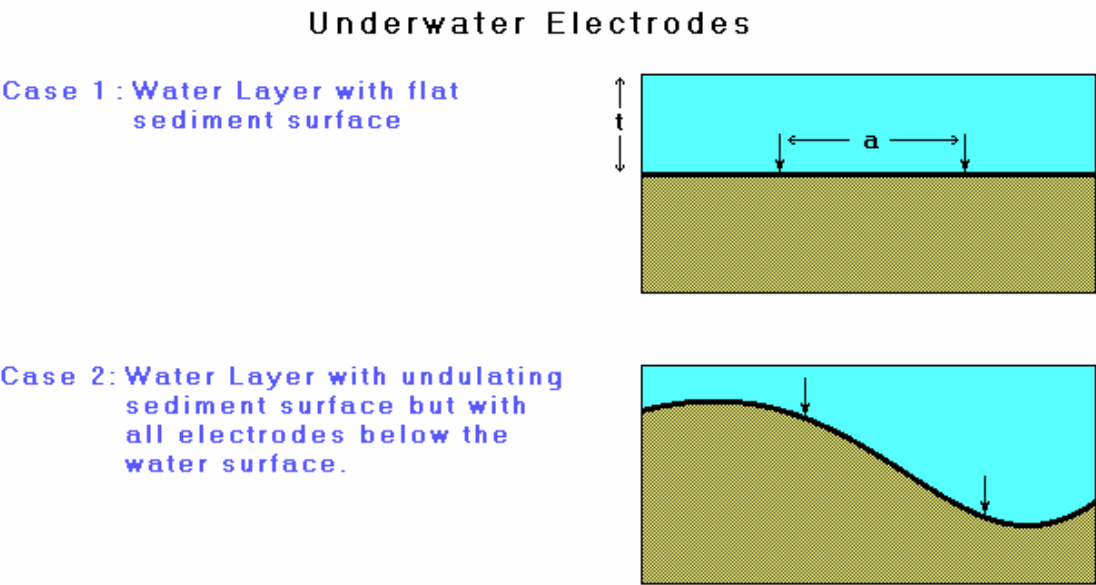


图 15：水下测量的两种情况。

情况 1：沉积物表面是平坦的水层

情况 2：沉积物表面是起伏的水层，但所有电极都在水面之下

图 15：水下测量的两种可能情况

在第一种情况里，一个平坦的沉积物表面之上，是一个有固定深度的水平层 (也就是没有地形)，像这样的一个数据组的例子在文件 WATER.DAT 中给出。

WATER.DAT 文件	注 释
39.00 1.00 16 51.36	最后三个测量点
40.00 1.00 16 52.09	
41.00 1.00 16 54.29	
0	表示无地形数据
0	表示没有固定的地区
1	表示当前水平层面
50.00 , -10.00 , 200.00	水平层面的电阻率，水平层的左右界限
4.00	水平层的深度
1	用来计算视电阻率的地表地质因子
0	

当水平层的左右界限包括在数据格式里，这表示当前程序没有使用，它被包括是给水层上带有一些电极的测量将来使用，例如跨过一条河的一个测量。注意：一个标志被包括，提示一个常用的地质因子(正如一个地表测量使用的因子)被用来计算视电阻率值。如果 0 被用作此标志，这个确定的地质因子(它包括水层的深度)必须被用来计算视电阻率值。作为实际野外测量，期望一般的地表地质因子被使用。

MARINE.DAT 文件是一个沿着一个海底的一个有趣的野外例子的测量，这个数据文件也带有地形数据，这个文件的底部如下所示：

MARINE.DAT 文件	注 释
153.000 6.000 1.0 0.219	
81.000 18.000 4.0 2.689	最后 3 个数据点
99.000 18.000 3.0 1.820	
1	表示当前地形，实际的 X 距离被给出
13	地形点的数目
0, 15, 4	每点的位置及海拔
96 15.4	
102 15	
108 14	
114 12.5	
120 11.5	
126 12.5	
132 14	
138 15.5	
144 17	
150 16	
156 15.4	
162 15.4	
1	第一电极被定位在第一个地形数据点上
0	0 表示无固定的区域

1	1 表示当前水平层
0.26 -100.00 1000.00	水平层的电阻率及水平层的左右界限
20.00	谈到的局部数据的水表面海拔
1	1 表示使用了常用的地质因子
0	
0	

注意：水面的海拔，就是沿着沉积物表面放电极的测点的高度，在有关的同样的区域数据里给出。

当你创建了数据组时，地形的正确性被程序自动执行。程序将自动调整常使用的表面模型的有限元网格，使它与水平面下的沉积物表面相同。

## 附录 G：Windows NT 和 Windows95

在 Windows NT 中，为加密狗安装一个系统驱动器是必须的。文件 SYSDRVR.EXE 是一个自动解压文件(与 RES2DINV 程序文件同盘符)，它含有 Windows 3.1，Windows95 和 Windows NT 系统驱动器。拷贝这个文件到一个子目录下，例如：C:\SYSDRVR，并在 Windows 里执行此程序。Windows NT，95 及 3.1 的驱动器将被自动选择。这里有一个 README.TXT 文件，它给出了关于安装驱动器的提示(刚好代替了在这个文件中提到的软盘驱动器子目录)。

对于 Windows NT 的操作系统，改变为 Win\_NT 子目录，并执行 SETUPX86.EXE 文件来安装 NT 驱动器。此后，你将必须为此驱动器重新启动计算机来达到所需的效果。

关于系统驱动器的更多的信息从下面的网站能获得：

[www.rainbow.com](http://www.rainbow.com)

如果你使用的是 Windows 3.1 或者是 95，通常是不需要安装系统驱动器。然而，如果程序不能查出加密狗，安装专属的驱动器或许会帮助你在此位置给打印接口留一个非标准结构。

Windows95 和 Windows NT ver.4.0 自动安装一个回收站程序，它将保存最近被删除的文件。当转换大量的数据组时，这个特点或许证明了一个讨厌的事实，因为程序使用了大量的临时文件。尽管这个程序删除这些文件，他们或许添加到回收站中，但他们很快地装满了你的硬盘！RES2DINV 程序将通过缺省值来把硬盘划分成最大的空余空间作为缓冲驱动器。你为此驱动器而使回收站不能使用是被推荐的。用鼠标的右键单击回收站图标就能做到，之后选择属性，然后你可以改变每个硬盘驱动器的设置。

当使用这个程序时，如果是当日操作，对于两个操作系统，推荐你从 CD-ROM 驱动器中改变 CD-ROM 盘。由于这个系统中多种任务的自然性，当 RES2DINV 正忙于转换一个大型数据组时，有时在此盘上的程序也许被启动。

关于 Windows 的所有叙述中，推荐你偶尔运行 SCANDISK 程序来检查硬盘的情况，并运行 DEFRAG 程序来减少文件碎片。

## 附录 H：IP 数据转换

由 IP 引起的极化测量所收集到的数据由两组组成，常规的视电阻率装置和一个视 IP 数据组。因此，测量点的数目是一个常规电阻率测量数目的两倍。

转换这样一个相连数据组的一个可能办法就是把它看作是两个完全分离的数据组。在开始转换 IP 数据组之前，视电阻率数据的转换已经完成。在这种情况下，在电阻率数据组（通常有最低的 RMS 误差）反演的最后迭代中所获得的电阻率模式在 IP 数据组的反演中被使用。如果电阻率模式是一个好的实际表面电阻率的重复性陈述，这可能是最有效的方法。然而，它已经被发现，如果一个大的重复数目(大于 5)在电阻率数据组转换中被使用，即使计算机反演产生的数据组所获得的模式也能够包含特殊的变形。这是因为这个反演是建立在一个有限数据点的基础上的。当数据包含噪音时，这种变形更是错误的。在一个成果中，多数用户趋向于使用一个大的重复次数来减少 RMS 错误到一个可能的最低值。如果一个带有变形的电阻率模式在 IP 数据的反演中被使用，那么，在整个 IP 反演的迭代中，这种变形将影响 IP 模式。

这个程序所使用的反演方法是一种 IP 反演模型的逐步精确方法。电阻率和 IP 数据组的反演仍旧单独执行，然而，直接在电阻率数据反演的一次迭代之后，IP 反演的一次迭代就被执行。在电阻率数据的特殊迭代中所获得的电阻率模型被用于相同迭代中的 IP 数据的反演。自从在早期迭代中的电阻率模型被数据里的噪声较小地扭曲之后，相应的 IP 模型被电阻率模型中的扭曲的影响也更加小了。

IPMODEL.DAT、IPMAGUSI.DAT、IPSHAN.DAT 和 IPKENN.DAT 文件都是带有电阻率和 IP 数据的数据文件例子。程序支持 4 种不同的 IP 数据类型：( ) 时间域可变性测量法；( ) 频率域百分比影响测量法；( ) 相位角测量法和( ) 金属系数 IP 值。IPMODEL.DAT 文件有可变性值的 IP 数据，带有注释的文件的的第一部分如下：

IPMODEL.DAT 文件	Comments(注释)
缺省和模块模型	标题
1.00	单元电极间距
3	排列类型
432	测量点数目

1	给出的排列的中心位置
1	1 表示现场 IP
可变性	IP 数据类型
兆秒	IP 单位
0.1 , 1.0	延时, 积分时间
1.50 1.00 1 12.04 7.2038	X 位置, 间距 , 层数 n, 视电阻率, 视 IP
2.50 1.00 1 12.03 7.1983	第二个测量点

第六行输入的值是 1，而不是 0，表示 IP 数据是现场的。下面跟着的 3 个数据行给出了关于 IP 数据本性的信息。带有单词“可变性”的第七行显示了 IP 数据是以可变性的术语被给出，许多测量可变性 IP 的仪器积分 IP 衰减曲线下面的面积。这种情况下，单位是毫秒，通过这种方法所获得的可变性值通常被校准到 Newmont M(331)标准，以便以毫秒为单位的可变性值与给出的 mV/V 可变性有相同的用数字表示的值。以 mV/V 表示的可变值定义为：电流切断后的直接二次场电压与一次场的直流电压之比。以其它单位给出的 IP 值，在反演处理期间，被程序转换为内在的可变性值。相关的反演方程在 Van Voorhis et al(1973)和 Nelson 和 Van Voorhis(1993)的书中也许能找到。

对于频率域的测量，IP 值通常是以视频率效应给出(PFE)，如下所示：

$$PFE=100(DC-AC)/AC$$

这里的 DC 和 AC 为频率非常低和非常高时所测量的视电阻率值。IPSHAN.DAT 文件是一个频率域 IP 数据组的例子。在第七行，IP 数据的类型被给成视频率效应。第九个数据行包含了测量中的低频率值和高频率值。这个数据组是从缅甸的一个测量区得到的，在那里，测量是以 20m 和 40m 的偶极法(Edwards 1977)进行的，像许多野外的数据组一样，这是一个关于噪音的数据组。使用第 9 部分描述的关于这个数据的反演模型电阻率值的平滑选项来消除非常大和非常小的模型电阻率值是明智的。测量对象是沉积之后的一个方铅矿沉淀物。这里的地质概况是相当复杂的，其大块的方铅矿沉淀物里伴有石英纹理，还有硅化大理石和粘土带。电阻率值有一个非常宽的范围。

IP 值也作为一个相位角给出。在这种情况下，通常使用的单位是毫度(mrad)。



带相位角的 IP 数据组的例子在文件 IPKENN.DAT 中给出，其带有的值从 Hallof(1990)的论文中得到。在第七行里，IP 数据的类型以相位角的形式给出。第九个数据行的第二个参数包含了频率值，其中，相位角是测量得来的。第一个参数没有被使用，通常设置为 0。许多现代的 IP 测量仪器能为几种频率测量相位角。在这种情况下，IP 反演因每种频率的相位角数据而被重复。这将给出一个带有复杂电阻率研究的频率子表面 IP 相位角改变的意见。

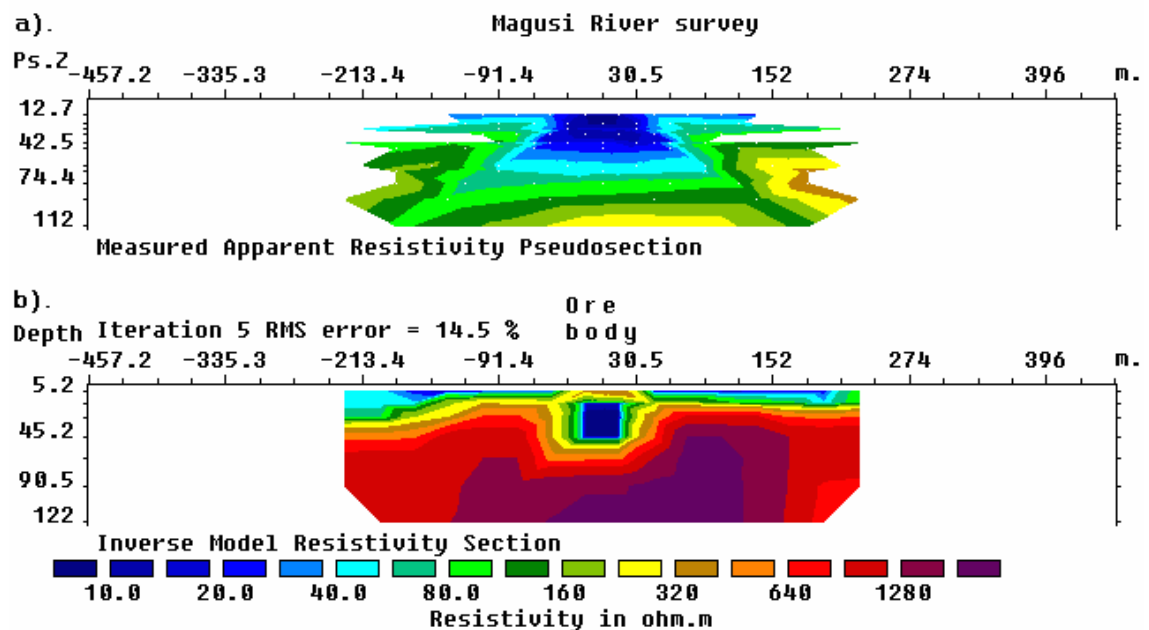
IP 数据有时给出一个金属系数(MF)值。这个 MF 值能从既不是时间域也不是频率域测量中计算而得到。在时间域里，金属系数由下式给出：

$$MF=1000M/DC$$

这里的可变性 M 在毫秒项中给出(Summer 1976)。在频率域中，其给出如下：

$$MF=100000(DC-AC)/AC^2$$

IPMAGUSI.DAT 文件来自 Magusi 河矿体之上的一个测量(Edwards 1997)，在那里，测量是以 30.5m(100 英尺)61.0m(200 英尺)和 91.4m(300 英尺)的偶极测量的。此外，结果拟断面有一个非常复杂的测量点的分配状态，这是由于所测量的重叠数据层有不同的偶极 a 间距。已测量的视电阻率及 IP 拟断面，以及所获得的模型区域在图 16 中显示。矿体显示出在模型区域的测线中部附近有一个明显的带有高 IP 值的低阻体。在这个数据组反演里，鲁棒反演法被用来(见附录 M)使矿体与围岩间的分界线更突出。



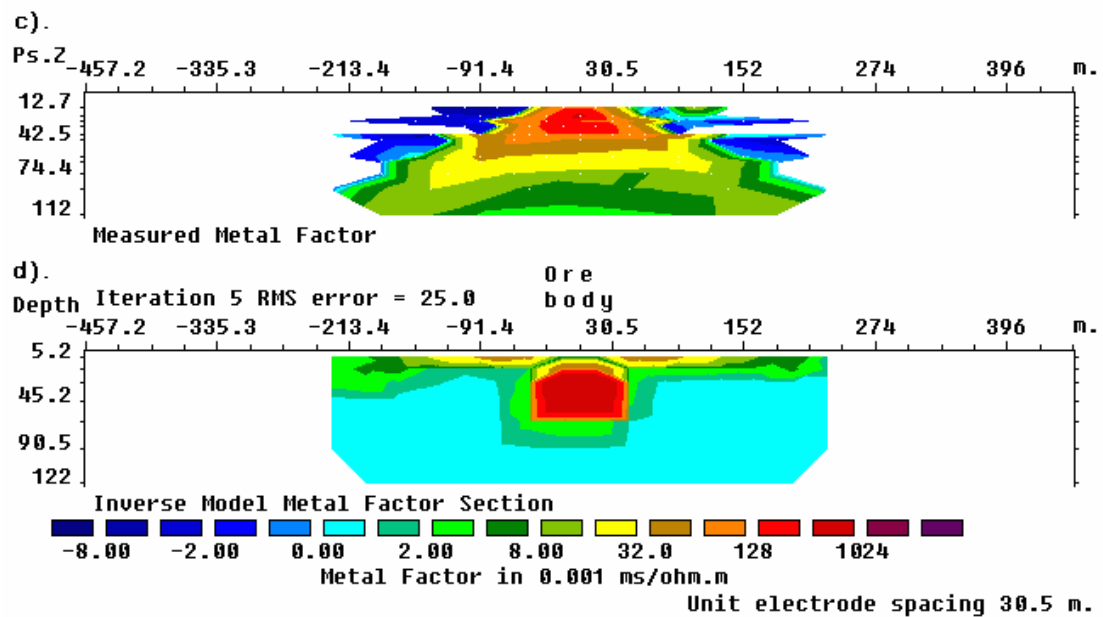


图 16 : Magusi 河矿体 : ( a ) 视电阻率拟断面 , ( b ) 电极率模型区域 , ( c ) 视金属系数拟断面 , ( d ) 金属系数模型区域。

反演程序试图将所观察的和计算的同一个视可变性值之间的区别最小化。视频率效应和相位角的 IP 值直接与相等的可变性值是成比例的。然而，金属系数值也包括了一个电阻率值，为可变性值给出一个最小 RMS 误差的模型有时不能为金属系数值给出一个最小的 RMS 误差，无论如何，关于反演模型的实际影响通常是非常小的。

## 附录 I：批处理模型命令行

这个选项是打算送给那些希望通过遥控装置一口气反演很多数据组的大型的用户。它允许你从另一个 Windows 程序或从一个命令行来启动批处理模型。对于批处理模型选项的描述，请参照数据部分的反演。在批处理模型选项里的一个原始文件，如 RESIS.BTH，用来告诉需要被处理的数据文件程序和被使用的不同的反演选项。来自使用 Windows3.1 的一个命令行的批处理模型的使用描述，作为一个例子描述如下：

在 Windows3.1 中，单击程序管理器的顶部菜单栏的文件选项，在文件选项之下的选项列表中，单击运行子选项，一个带有键入命令行一个被拉长的矩形的对话框就显示出来。如果我们假设 RES2DINV 程序被装在 C:\R2DINV 子目录下，并且批处理原本文件 RESIS.BTH 被装在 D:\DATA 子目录下，下面的命令被键入

```
C:\R2DINV\RES2DINV D:\DATA\RESIS.BTH
```

这个命令将启动 RES2DINV 程序，其将自动处理在 RESIS.BTH 里的数据文件列表。在 RESIS.BTH 文件里，它推荐你在全驱动和所有文件的路径下键入，以便让程序知道到那里去寻找它们。在程序处理了所有的数据文件之后，它将自动关闭，你可以使用一个单独的批处理原本文件一直处理到 40 个数据文件。

如果你正使用 Windows95 或者 NT4，你可以通过单击运行选项紧跟着的开始按钮来存取命令行选项。

## 附录 J：图形显示的速度

当 RES2DINV 为 Windows 操作系统下的一个程序时，图形操作通过计算机图形卡的 Windows 显示驱动器被程序处理。这样，只要它有一个 Windows 驱动器，程序将对任意图形卡起作用。这与基于 DOS 下的程序不同，其带有高分辨超级 VGA 图形模型的兼容性问题是一致的。这个程序的一个重要优势就是高分辨率的图形模式，像带有 256 色的图形模式的  $1024 \times 768$  像素，能容易地使用它。这对于使用多于几百个电极从测量中收集数据是重要的(一个带有大约 650 个电极，将近 5200 个测量点的测量现在支持记录)。其标准的 VGA  $640 \times 480$  像素的图形模式明显地不胜任了。

自从图形操作通过显示驱动器来执行以后，图形显示的速度依赖于显示驱动器的效率。在 Windows3.1 中，当他们精炼多年后，绝大多数图形驱动器还是相当有效率的。然而，Windows95 和 NT4 操作系统是比较新的。对于一些图形卡，较早版的驱动器效率相对较低，其痛苦地导致很慢的图形操作，像作拟断面时。如果这发生在你的计算机上，这种情况下，几乎当然是由于图形卡的一个早期版本图形驱动器的缘故。克服这个问题的最好途径是替换一个较新版的 Windows 图形卡驱动器，其应该更有效率。驱动器可以通过因特网从许多共享网站或从厂商的网站下载。使用最新版的显示驱动器，在图形操作的速度上能导致重大的改进，这将不仅影响在 RES2DIV 程序的图形显示速度，而且还将提高 Windows 程序的所有图形实际上的响应强度(像 CAD 和活动的程序)。

## 附录 K：跨钻孔数据反演

在大地表面有电极的电法测量的分辨率是随着深度指数地减小的。在深度上合理地获得好的分辨率的一个方法便是让带有电极的测量在钻孔里。跨钻孔测量与基于地表的测量相比，它是极少使用的，因此不像地表测量那样。其目前还没有关于电极排列的常规标准，在这个程序里的跨钻孔选项打算供给那些按一个可靠的常规模型放置的电极排列的浅部测量使用。(Sasaki1992)基本的电极排列在图 17 中显示。

这个测量的电极分成 3 组：( )地表电极；( )钻孔 1 里面的电极；( )钻孔 2 里面的电极。假设钻孔设有金属壳，其要各自改变电流特性曲线。程序把子地表分成许多四边形的块(图 17)。注意：地表的位置及钻孔电极控制着方式，在里面，子地表被分成模型模块。BOREDIFF.DAT 文件是一个跨钻孔测量法的一个数据文件例子，所使用的格式描述在注释部分给出，注意：在这个例子里，测量使用的是联剖装置，其中仅有 C<sub>1</sub>，P<sub>1</sub> 和 P<sub>2</sub> 电极被使用。

BOREDIFF.DAT 文件	注释
在不同深度上的钻孔	标题
1.0	最小电极间距
12	带视电阻率测量法的跨钻孔测量装置数目为 12
840	测量点的数目
2	2 表示 XYZ 位置格式被使用
0	0 表示没有 IP 数据
地表电极	地表电极头
16	地表电极数目
0.0 , 0.0	第一个地表电极的 X-和 Z-位置
1.0 , 0.0	第二个地表电极的位置
2.0 , 0.0	注意：电极的位置值，从左边开始，是
3.0 , 0.0	以上升的状态给出
4.0 , 0.0	注意地表电极的深度为 0
5.0 , 0.0	
6.0 , 0.0	

7.0 , 0.0

8.0 , 0.0

9.0 , 0.0

10.0 , 0.0

11.0 , 0.0

12.0 , 0.0

13.0 , 0.0

14.0 , 0.0

15.0 , 0.0

钻孔 1 的电极

第一个钻孔头

10

在第一个钻孔里的电极数目

4.0 1.0

第一个电极的 X , Z 位置

4.0 2.0

第二个电极的 X , Z 位置

4.0 3.0

注意：电极的位置是从地表下的最高点

4.0 4.0

的电极给出

4.0 5.0

同时注意：垂直钻孔的 X 位置是恒定的位置

4.0 6.0

4.0 7.0

4.0 8.0

4.0 9.0

4.0 10.0

钻孔 2 的电极

第二个钻孔头

10

在第二个钻孔里的电极数目

11.0 1.5

第一个电极的 X、Z 位置

11.0 2.5

其它电极的位置也被给出

11.0 3.5

11.0 4.5

11.0 5.5

11.0 6.5

11.0 7.5

11.0 8.5

11.0 9.5

11.0 11.0

已测量的数据

3	0.00	0.00	1.00	0.00	2.00	0.00	101.5718
3	0.00	0.00	2.00	0.00	3.00	0.00	99.5150
3	0.00	0.00	3.00	0.00	4.00	0.00	99.2303
3	0.00	0.00	4.00	0.00	5.00	0.00	99.1325
3	0.00	0.00	5.00	0.00	6.00	0.00	101.0616
3	0.00	0.00	6.00	0.00	7.00	0.00	105.7333
3	0.00	0.00	7.00	0.00	8.00	0.00	112.6745
3	0.00	0.00	8.00	0.00	9.00	0.00	118.5223

测量区域头

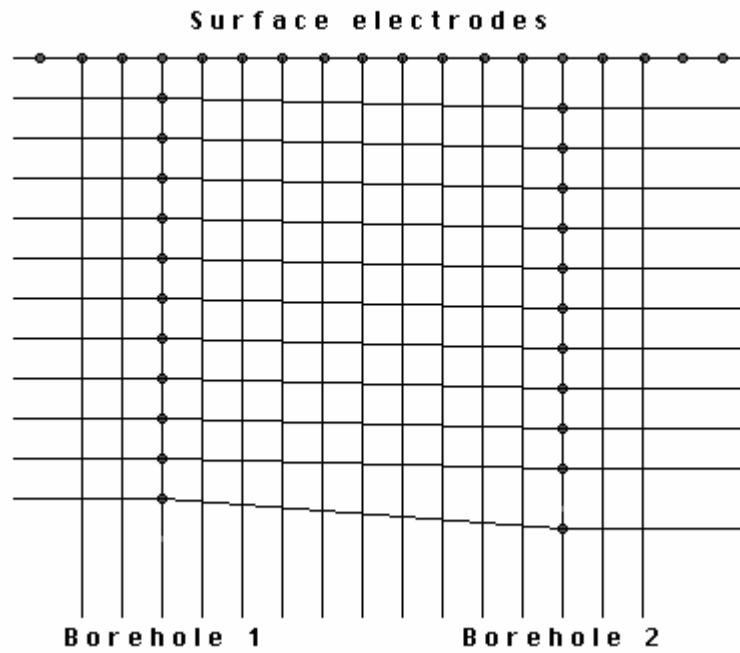
每个测量点的格式是：在测量中已使用的电极数目；C<sub>1</sub> 电极的 X、Z 位置；P<sub>1</sub> 电极的 X、Z 位置；P<sub>2</sub> 电极的 X、Z 位置；视电阻率值。

因为视电阻率值给出的测量法的跨钻孔测量数据的排列数目为 12。作为电阻测量法，你也可以加入数据，在这种情况下，排列数目为 13。当大多数电阻率仪表给出的读数是以  $\Omega \cdot m$  为单位的电阻值时，这也许更合适。此外，带有子地表电极装置的几何系数不同于常规地表装置的几何系数。BORERES.DAT 文件是一个给出电阻值测量法的例子，当程序读入这样的数据文件时，它将企图过滤出带有潜在的高噪声电平的可疑读数。被使用的偶极-偶极装置测量法给出的也是电阻值的一个有趣的野外数据组文件——BORELVND.DAT 文件，来自瑞典的 Lund 大学。

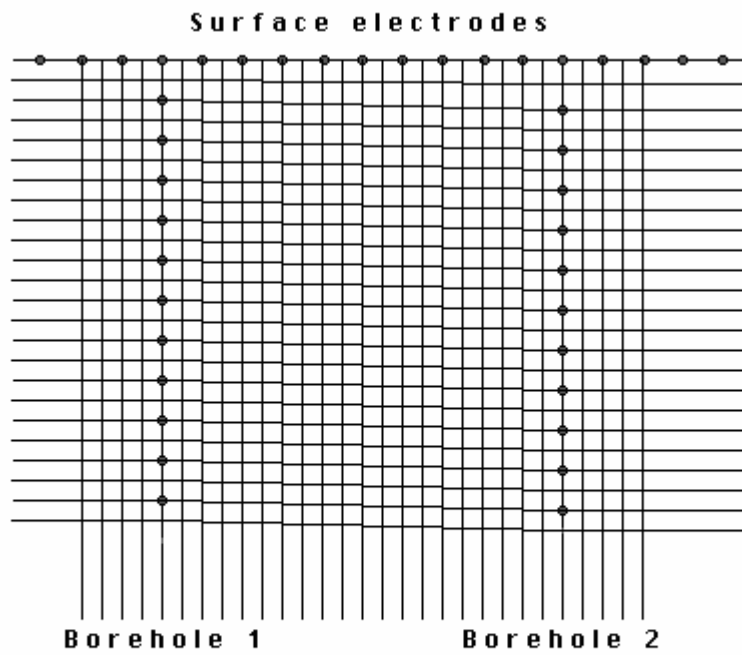
在一个测量中，如果仅有两个电极被使用，则在数据文件中只给出 C<sub>1</sub> 和 P<sub>1</sub> 电极的 X、Z 位置(见包含 IP 测量的 BOREHIP.DAT 文件)，然而，如果所有的四个电极都被使用，则 C<sub>1</sub>，C<sub>2</sub>；P<sub>1</sub> 和 P<sub>2</sub> 电极的 X、Z 位置必须以 C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、P<sub>1</sub>、P<sub>2</sub> 这样的顺序给出。你可以在同一个数据文件中连接不同电极数目的测量。

钻孔 1 里的电极深度可以不同于钻孔 2 里相同电极的深度。实际上，想得到最好的结果，深度的差异不应该太大。

a).



b).



• Electrode

□ Model Block

图 17：跨钻孔测量里的电极排列。(a) 模型模块的长宽与电极间距相等的默认标准模型。(b) 选择的较精细模块为电极间距的一半的模型。



程序要求在两个钻孔里的电极数目必须是相同的，实际上，这种限制不是一个重要的问题。如果其中一个钻孔里的电极数较少，在数据组里通过插入虚拟电极，你轻而易举地可以克服这个限制(在区域里,这个钻孔里电极的 X、Z 位置已给出)。

程序也要求在两钻孔的顶部放一个地表电极，如果它们本身不存在，就在数据文件里一个适当的位置插入虚拟电极。同样，在两钻孔之间至少应有几根地表电极，钻孔 1 的左边也至少两根地表电极，钻孔 2 的右边也需两根。此外，如果在测量区域里，没有使用这样的电极，则在数据文件里插入虚拟电极来满足这个程序的要求。程序目前版本的一个重要限制就是钻孔必须是垂直的，也就是说，倾斜的钻孔是不允许的。对于倾斜钻孔，如果实际的野外测量非常多，则这个限制在程序将来的版本里也许被弃掉。

通过缺省值，程序将把子地表细分为四边形模块而且模块的尺寸等于电极间的间距(图 17 )。不过，你也可以选择一个模型，其模块的尺寸大约是电极之间间距的一半(图 17b)。使用一个较精细离散化的模型能显著地改善有些情况下的反演结果(Sasaki 1992)。要选择使用的模型类型，单击主菜单顶栏的改变设置选项，紧随着的是跨钻孔模型的类型。在原理上，更进一步细分子地表为更小的模块是可能的。然而，当电法测量的分辨率随着测量电极的距离迅速地减少时，想明显地改善结果，这是不太可能的。实际上，在电阻率值模型里，它能导致不正常的摆动，特别是在电极附近。众所周知，在地球物理反演方面，这是一个分辨率模型与方差模型之间协调的结果。

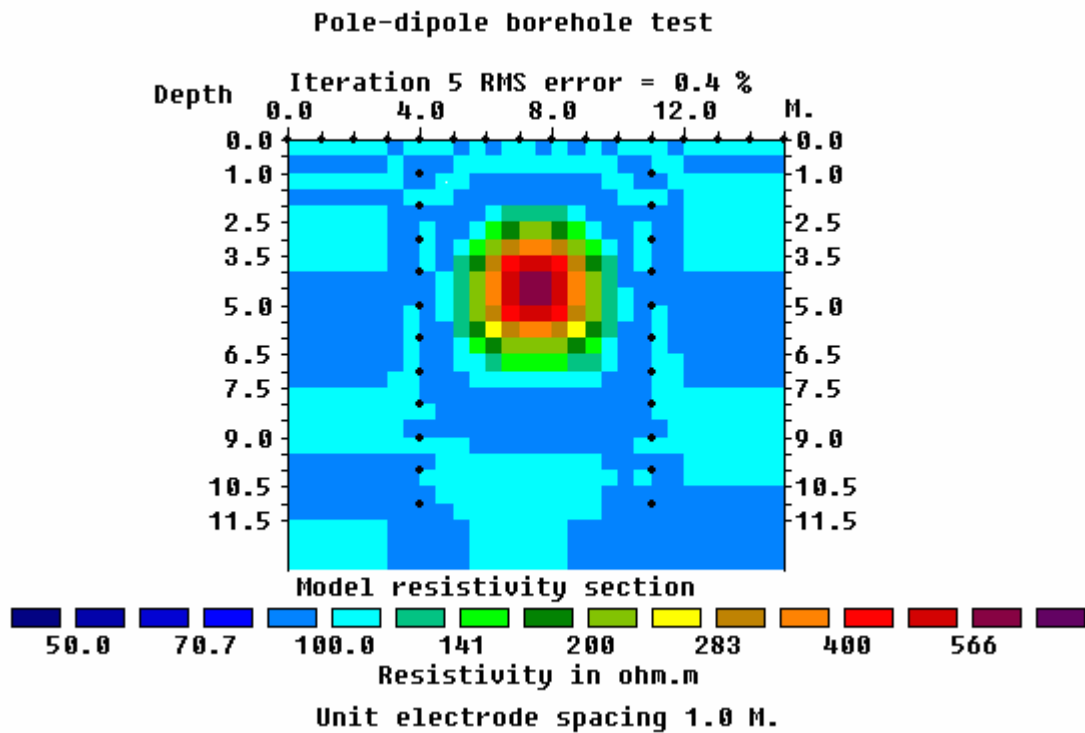


图 18：BOREHOLE.DAT 数据组反演后所得到的模型。使用较精细模块的尺寸为电极间距的一半的选项被使用。

图 18 显示的是 BOREHOLE.DAT 数据组反演后所得到的模型。这是一个两钻孔之间为一高电阻率模块的一个正演模型程序产生的合成数据组。在这个数据组的反演里，使用的较精细模块为两电极间距一半尺寸的选项。

图 19 显示的反演结果来自一个有趣的野外的数据组。这个数据组是从一个测量中所收集到的许多用来研究流体流动的数据组中的一个，它是通过使用一个盐性的示踪器来研究穿过约克夏东边的 UK 白垩的流体流动。地表附近是一个低阻带，在那里，盐溶液被灌入地面，并且 7m 以下的深度是明显的低阻带，这是由于盐示踪器已经朝下流动的缘故。这个数据组的另一个有趣的特点是没有地表电极被使用。所以，在 BORELANC.DAT 数据文件中所给出的所有的地表电极都是虚拟电极，在一台 20MHz 的奔腾 pro 计算机上反演这个数据组时花费的时间大约为 15 分钟。

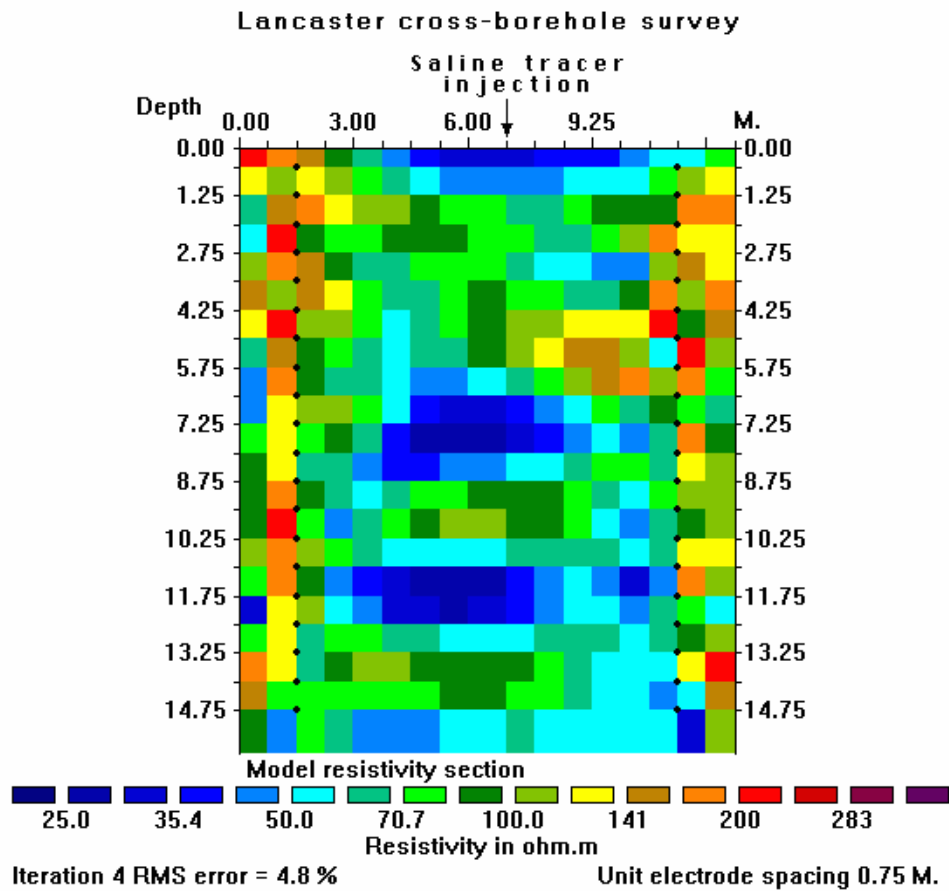


图 19 : 从一个跨钻孔测量中获得的数据反演模型来绘制两井中之间的盐性的示踪器的流动。注意地表附近示踪器被注入的低阻值，最好还是 7 米深度以下的低阻带。井中电极位置是用小黑点来显示的。

如果做了 IP 测量，则在这个数据文件的第 6 行输入 1，并且在使用给出的 IP 测量类型及伴随着它的两个参数之后要多出 2 个数据行。其次，在每个测量点的视电阻率值之后输入 IP 值，BOREHIP.DAT 文件是一个例子。

## 附录 L：两极和联剖排列的无穷远极

在原理上，二极排列仅有 2 个电极：电流电极  $C_1$  和电位电极  $P_1$ 。实际上，像这样的装置是不存在的，因此，所有的野外测量是使用 4 个电极装置来测量的（图 20）。

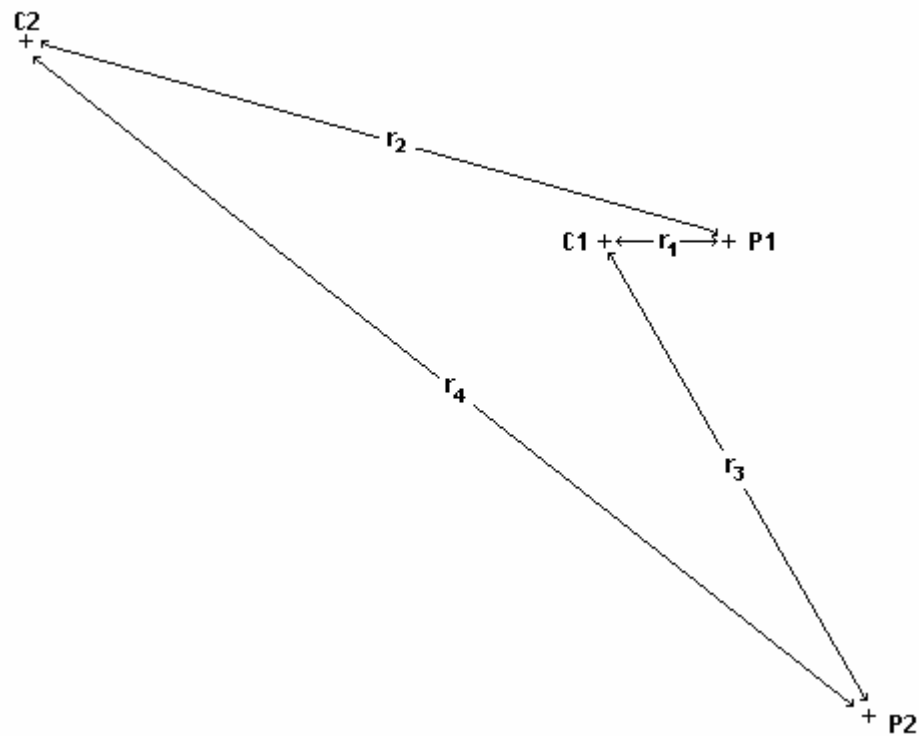


图 20：实际野外二极测量的电极排列的大概图示。

要把  $C_2$ 、 $P_2$  电极的影响减至最小，通常推荐这两个电极到  $C_1$ 、 $P_1$  电极的距离必须至少是  $C_1$ — $P_1$  间距  $r_1$  的 10 倍(20 倍更好)。当所使用的  $C_1$ 、 $P_1$  电极之间的距离很大时，这就要求所有的测量不能相遇。这能导致在反演模型里变形。要克服这个问题，RES2DINV 程序允许用户合并反演里的  $C_2$ 、 $P_2$  电极的影响。

想计算出不理想的二极装置所测量的视电阻率值，两种可能的几何系数可以被使用。一种方法是使用理想二极装置的方程式。对于一个近似的半间距来说，既然作为结果的视电阻率值不同于真实的电阻率，则给出一个近似的几何系数。作为一个代替的办法，计算  $C_2$  和  $P_2$  电极正确的几何系数可以被使用。

近似的几何系数(理想的二极装置) $=2\pi \cdot r_1$

正确的几何系数 $=2\pi [(1/r_1) - (1/r_2) - (1/r_3) + (1/r_4)]$

程序支持两个协定。

在一个二极测量中，电极的一个可能排列在图 21 中显示。在这种情况下， $C_2$ 、 $P_2$  电极在整个测量中被固定着。测量是通过使用沿着测线的  $C_1$ 、 $P_1$  电极的不同电极对进行的。对于一条有几个电极的测线，其有  $n(n+1)/2$  种组合。例如，如果有 25 个电极在测线上，则有 300 种可能的组合。实际上，并不是所有可能的测量都做。想把  $C_1$ 、 $P_1$  电极的间距改为一个最大值得依靠研究所需要的最大深度。在许多情况中，这个最大间距是沿着测线的单元电极间距的 6 到 10 倍。为了避免负或零视电阻率值的可能性，距  $C_2$ 、 $P_2$  电极的间距必须至少是已使用的  $C_1$  到  $P_1$  的距离的最大值的 2.5 倍。例如，如果单元电极间距是 1m， $C_1$  到  $P_1$  间距的最大值是 10m，那么， $C_2$  和  $P_2$  电极必须至少离测线 25m 远。注意：当  $C_2$  和  $P_2$  电极离测线的距离减小时，测量研究的有效最大深度也减小，这也许要大大地低于理想的二极装置的研究深度。

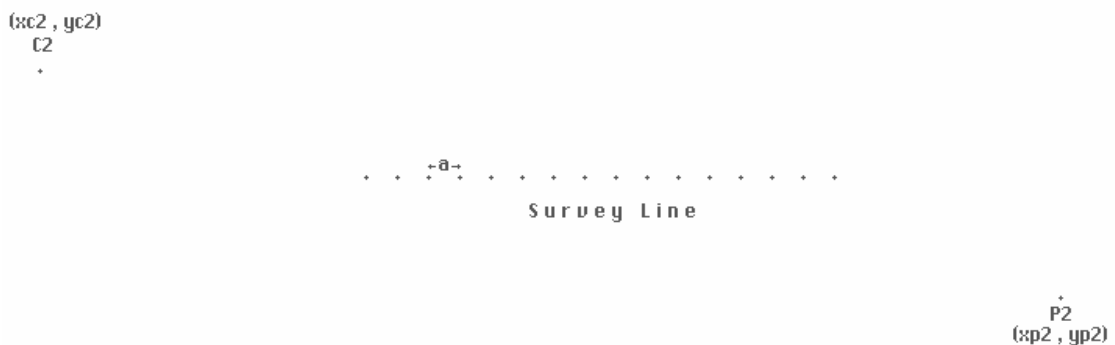


图 21： $C_2$ 、 $P_2$  电极排列的大概图示和二极测量中沿着测线的电极。为了合并数据反演中  $C_2$ 、 $P_2$  电极的影响，关于测线的 X、Y 坐标必须记录。

POLPOLFX.DAT 文件是一个二极测量的数据文件例子，其  $C_2$  和  $P_2$  无穷远极的位置已被指定。所使用的格式的描述在注释部分的下面给出。尽管电极的 Z 位置也完全包括在数据文件的格式里，但此值目前没出有被程序使用，程序目前估计从沿着测线的电极的端点到无穷远极的端点。然而，将来它们也许被用来适应偏激的情况，即在无穷远极处地面的倾斜度不同于沿着测线的地面倾斜度。

POLPOLFX.DAT 文件

注释

模型模块	标题
2.00	最小的电极间距
2	二极法的排列数目
包括无穷远极	头表示在数据文件里包括无穷远极的位置
无穷远极 $C_2$ 的 X、Y、Z 位置	头为第二个电流电极位置
-50.000,20.000,0.0	$C_2$ 电极的 X-、Y-和 Z 位置
无穷远极 $P_2$ 的 X、Y、Z 位置	第二个电位电极位置的头
120.000,0.000,0.0	$P_2$ 电极的 X-、Y-和 Z-位置
使用的准确的几何系数	使用的几何系数的类型
295	测量点的数目
1	1 表示排列中点的 X 位置被给出
0	0 表示没有 IP
1.00 2.00 10.13	第一个测量点 X 位置，电极间距和视电阻率
3.00 2.00 10.18	第二个测量点 X 位置，电极间距和视电阻率

数据格式与一般的二极测量是相同的，除了包含关于第二个电流电极和电位电极的位置部分外。数据行所使用的准确的几何系数被用来表示：数据文件里的视电阻率值是使用精确的几何系数来计算的。如果使用近似的几何系数，则数据行给出使用的近似几何系数。POLDPLFA.DAT 文件是一个联剖测量的数据文件例子。其在计算视电阻率值方面使用的是近似几何系数。注意：在这个文件里，只给出第二个电流电极  $C_2$  的位置。

对于二极排列， $C_2$  电极的影响近似地与  $C_1$ — $P_1$  的距离和  $C_2$ — $P_1$  的距离之比是成比例的。如果  $C_2$  和  $P_2$  电极的影响不考虑，则这些电极到测线的距离必须至少是已使用的  $C_1$ — $P_1$  最大间距的 20 倍，以保证误差低于 5%。在其沿着测线的电极之间的间距多于几米的测量里，为  $C_2$  和  $P_2$  电极找到合适的位置来满足这个必要条件，也许是实际问题。对于二极排列来说，忽略无穷远极的影响，误差也许是最好的。作为一般的指导，如果  $C_2$  和  $P_2$  电极到测线的距离是使用的  $C_1$ — $P_1$  最大间距的 20 倍，则为了说明目的，排列可看作理想的二极排列处理。另外， $C_2$  和  $P_2$  电极的坐标应作记录，以便它们的影响能被这个程序测定。应该注意：当  $P_2$  电极到测线的距离增加时，通过  $P_1$  和  $P_2$  电极对获得的地上的噪声也增加。当

安置  $P_2$  电极在适当的位置时，也应该考虑到这个因素。

对于联剖排列， $C_2$  电极的影响是和  $C_1-P_1$  距离与  $C_2-P_1$  距离之比的平方近似成比例的。这样，联剖排列被  $C_2$  无穷远极影响就较小。如果  $C_2$  电极到测线的距离是使用的  $C_1-P_1$  最大间距的 5 倍还多，则通过忽略  $C_2$  电极的影响所导致的误差低于 5% (对于特殊的测量来说，确切的误差也是依赖  $P_2$  电极的位置)。因此，作为一般的指导，如果  $C_2$  电极到测线的距离是  $C_1-P_1$  最大间距的 5 倍还多的话，它可以被看作一个理想的联剖排列。另外，在数据文件里输入  $C_2$  电极的坐标。

## 附录 M：鲁棒数据和模型转换

常规的最小平方法将试图把测量的视电阻率值与计算的视电阻率值之差的平方减至最小程度。如果数据包含随意的或高斯噪声，则这种方法通常给出合理的结果。然而，如果数据组包含外露层测量点(其噪声来自固定源：如错误或设备问题)，则这个标准不太满意，这样的外露层测量点对于作为反演模型结果有一个很大的影响。为了降低这样的外露层测量点的影响，其测量电阻率值与计算电阻率值的绝对差被最小化的一种反演法可以被使用。

在 RES2DINV 程序里，通过单击改变设置菜单下的选择鲁棒反演选项来选择这种反演法。在选择鲁棒反演对话框里，单击鲁棒数据抑制选项。这是一个分离点因子，其是控制鲁棒数据抑制被使用的程序。如果使用 0.05 这个值，这就意味着，测量电阻率值与计算电阻率值之差大于 5% 的测量点的影响将被大大地降低。

常规的抑制平滑度最小平方法也试图把模型电阻率值变化量的平方减到最小程度。这将缩小电阻率值平滑变化的模型。这样的模型是最适当的，在一种平滑方式里，其子地表的电阻率也改变，像这种羽毛污染的例子在图 3 里示出。然而，如果子地表体有明显的分界线，例如地基分界面或者大块的均匀体，常规的抑制平滑度最小平方法趋向边界线的混合点。

如果鲁棒模型抑制反演法使用于模型电阻率值方面，程序将试图将电阻率值的绝对变化减至最小程度。这种抑制趋向于生产模型，其带有不同电阻率值的不同区域之间有明显的分界线，但在每个区域内部，电阻率值几乎是不变的。这也许更适合于有些地区，其有这样的地质情形存在，像岩床的某个类型上面的地基分界面。图 22 显示了一个带有一个错误模块（有一个 50 ohm.m 的电阻率）和一个带 10 ohm.m 电阻率媒介围绕的一个小四边形模块（1 ohm.m）综合模型的反演结果。这个由标准的最小平方法产生的模型对于错误模块有一个有等级的分界线。比较而言，由鲁棒模型反演法产生的模型有更明显、更平直的分界线。



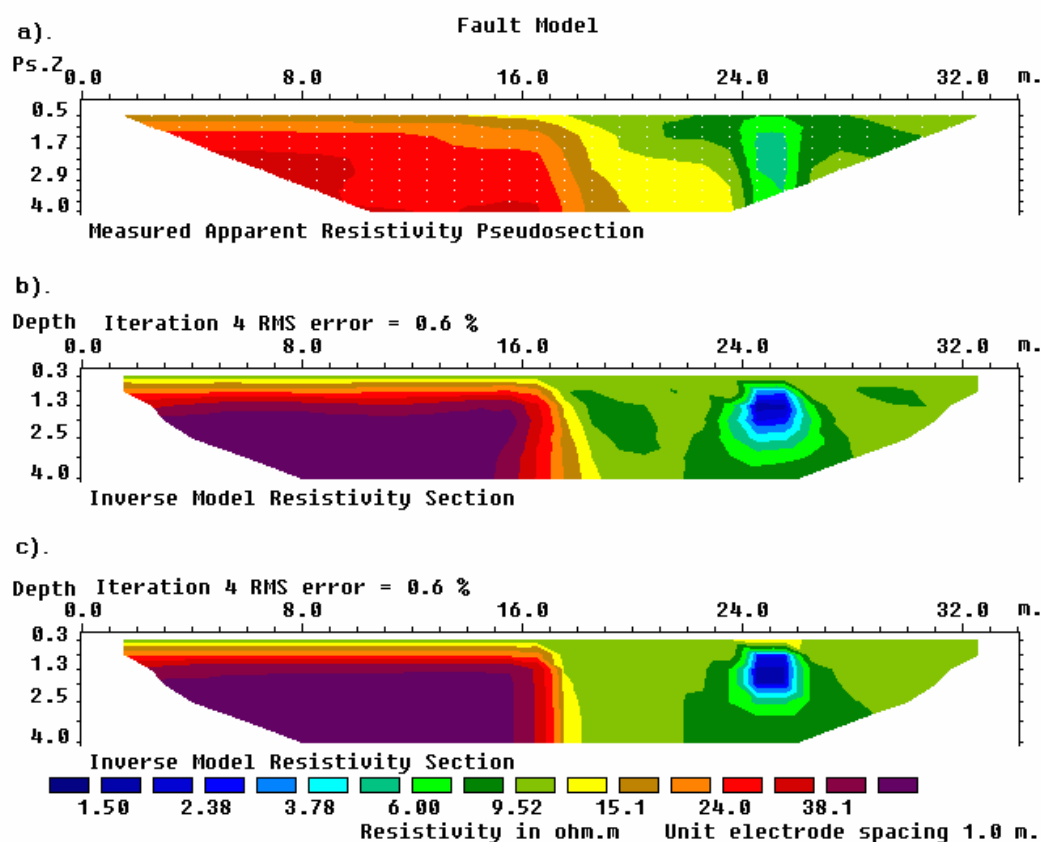


图 22 : (a) 综合测试模型左边底部为一个默认模块而右边为一个小正方形模块的视电阻率拟断面。反演模型由以下情况产生 : (b) 常规的抑制平滑度最小平方方法 ; (c) 鲁棒模型抑制反演法

一个带有明显分界线的野外例子在较早期的图 16 中显示，其为 Magusi 河的电阻率和 IP 数据组。主要结构——自然形成的大块硫化物矿体，与周围乡村的岩石有一条清楚而明显的分界线。

在 RES2DINV 程序里，通过单击改变设置菜单下的选择鲁棒反演选项，也可以选择鲁棒模型选项。在选择鲁棒反演对话框里，单击鲁棒模型抑制选项，有一个控制鲁棒模型抑制使用程度的截止系数。如果使用一个较大值，比如 1，结果本质就是抑制平滑度最小平方反演法中常规的那种。如果一个非常小的值被使用，例如 0.001，结果接近于真实的鲁棒抑制法。

作为一个检测，用默认的最小平方平滑度抑制法来执行 FITBLK.DAT 数据组的反演，并与使用鲁棒模型抑制反演法时的结果比较。

## 附录 N：特殊排列

这个特性是为了适应普通排列类型或电极排列或以不一般的方式执行测量的情况下不是无效的电极排列。这可能是无穷多的可能的电极结构，其结构仅只是被用户的想象限制，但在多数情况下，它们或许是标准排列的微小变化。图 23 显示了 4 种可能的非标准结构。

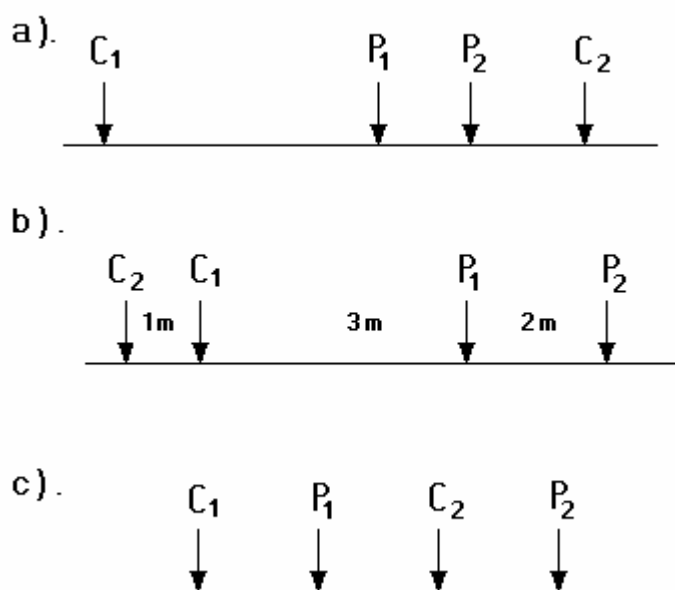


图 23：一些可能的特殊排列。(a) 四个电极的非对称性温-施类型排列。(b) 不等尺寸偶极的偶极-偶极排列。(c) 电流和电压电极交叉的微分类型的排列。(d) 一个可能，但也许不显示电极的外形。

一个可能性是一个对称排列的一种不对称变化，像温施或偶极-偶极排列(图 23a 和 23b)。像这样的一种结构起于多道电阻率仪器的测量，其测量是由一对公共电流电极带几对电压电极来进行的，另一种情况是微分排列类型，其电流和电压电极被交叉(图 23c)。

当程序在电极排列方面给用户更大范围时，在技术上是可能的，但将有非常低的电压信号，这样的排列应该避免。像这样的可能情况在图 23d 中显示，其在一个均匀的地球模型上的读数几乎是一个零电压。

为了提供各种各样的可能性，使用了一种与跨钻孔测量（附录 K）所使用的相似的数据格式。在一个测量中，所使用的所有电极的 X 位置，即海拔必须给出。MIXED.DAT 文件是带有这样一种格式的一个数据文件例子。实际上这是一个利用温施和偶极-偶极排列测量法混合的合成数据组。带有关于这种形式注释的这个数据文件的起始部分给出如下：

MIXED.DAT 文件	注 释
混合排列	标题
1.0	单元电极间距
11	排列类型(11 为一般的排列)
0	子排列类型
测量类型(0=视电阻率，1=电阻)	头
0	0 在这表示电阻率值
407	测量点数目
1	X 位置类型指示器
0	没有 IP 值,如果 IP 是当前值则为
1	
4 0.00 0.00 3.00 0.00 1.00 0.00 2.00 0.00 10.158	每个测量点的格式为测量中所使用的电极的数目; C <sub>1</sub> 电极的 X、Z 位置; C <sub>2</sub> 电极的 X、Z 位置; P <sub>1</sub> 电极的 X、Z 位置; P <sub>2</sub> 电的 X、Z 位置, 视电阻率值或电阻值。
4 0.00 0.00 4.00 0.00 2.00 0.00 3.00 0.00 10.168	
4 0.00 0.00 5.00 0.00 3.00 0.00 4.00 0.00 10.184	
4 0.00 0.00 6.00 0.00 4.00 0.00 5.00 0.00 10.225	
4 0.00 0.00 7.00 0.00 5.00 0.00 6.00 0.00 10.337	
4 0.00 0.00 8.00 0.00 6.00 0.00 7.00 0.00 10.708	
4 0.00 0.00 9.00 0.00 7.00 0.00 8.00 0.00 11.668	
4 0.00 0.00 10.00 0.00 8.00 0.00 9.00 0.00 12.542	

当电极结构遵循常规排列中的一个时，子排列类型指示器被使用，如温施排列。例如：MIXEDWS.DAT 文件仅有一个温施排列数据，但信息是以一个常规排列格式排列的。在这种情况下，子排列的数目为 7。RATHCMIX.DAT 文件是温纳

排列的 Rathcrogan 护堤数据(在早期的图 5 中描述),但看作一个常规排列格式(这样的话,它的子排列数目为 1)。对于这些数据组,视电阻率值可以以拟断面的形式显示。MIXED.DAT 文件是一个由温施和偶极-偶极排列测量混合的一个已结合的数据组。在这种情况下,没有相应的排列类型,所于子排列的数目为 0。

涉及 X 位置类型的指示器,这有两个可能值。如果 X 位置是真实的水平距离,则 1 这个值被使用;如果是沿着大地表面的距离,则使用 2 这个值。这相似于地形数据(第 10 部分)所使用的协定。

根据电阻或视电阻率可以给出测量法,如果没有地形,也就是,Z 位置全等于 0 或相同,常规公式可以用来计算视电阻率,几何系数 K 由下面的等式给出。

$$K=2\pi/(1/r_1 - 1/r_2 - 1/r_3 + 1/r_4)$$

其中, $r_1$  为  $C_1$  和  $P_1$  电极之间的距离, $r_2$  为  $C_1$  和  $P_2$  电极之间的距离, $r_3$  为  $C_2$  和  $P_1$  电极间的距离, $r_4$  为  $C_2$  和  $P_2$  电极间的距离。在这种情况下,当没有地形时,两电极之间的距离仅仅是两个电极的 X 位置之差。

在地形是现场的情况下,没有普遍认可的协定。为了与早期使用的格式一致,在数据文件里,依赖于使用给出的 X 位置类型的两个不同协定。如果 X 位置是以沿着地表的距离给出,(也就是不是真实的水平距离),则只需通过使用 X 位置值来计算两个电极间的距离。

如果 X 位置是真实的水平距离,在几何系数的计算里,两个电极之间的真实距离被使用。例如:如果  $C_1$  和  $P_1$  电极间的位置分别为  $(X_1, Z_1)$  和  $(X_2, Z_2)$ ,那么

$$g_1 = \sqrt{(dx)^2 + (dz)^2} \text{ 其中}$$

$$dx=X_1-X_2, dz=Z_1-Z_2$$

在大地表面有一个倾角不变的情况下,两种协定将给出相同的几何系数。

注意:在一般排列的数据格式里,Z 位置是电极的海拔高度,其向上方向为正。很不幸,这与钻孔数据组的格式不同,其 Z 值是以朝下的方向为正。

图 24 显示了一个有趣的排列:其电极是以相邻电极间的距离为一个不变的真实水平距离的方式排列的。当大地表面的倾角不是一个常数时,这个结果在沿着大地表面的已被测量的相邻电极间的距离的排列里是不恒定的,但它依赖于倾角。在倾角较陡的地区里,沿着大地表面的相邻电极之间的距离更大一些。

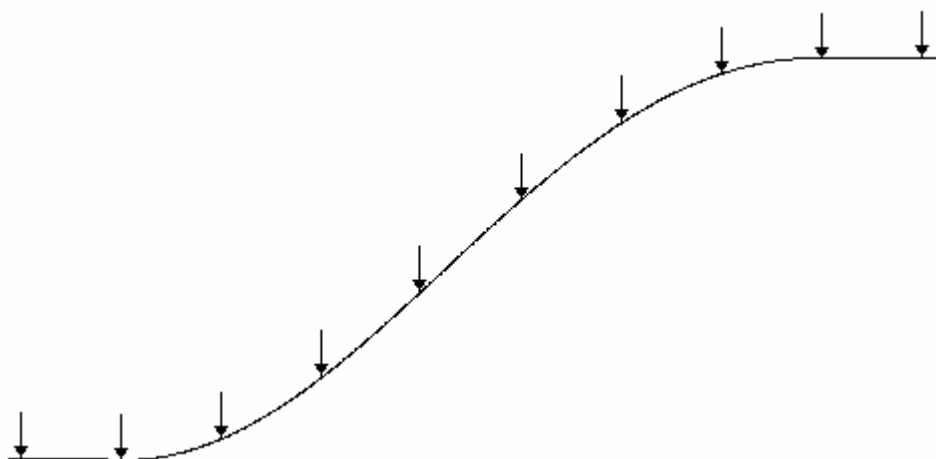


图 24 :沿着测线的电极是以相邻电极间的距离为一个不变的真实水平距离的方式排列，且忽略地表的倾角。注意：沿着地表的相邻电极间的距离大于倾角的较陡峭部分。

为了提供这样的排列，可以使用一般排列格式。在这种情况下，X 位置类型的指示器必须是 1，因为真实的水平距离在数据里已经被给出。很经常地，带有常规排列之一的测量被执行，例如温施，所以适合于子排列的数目应该也给出。

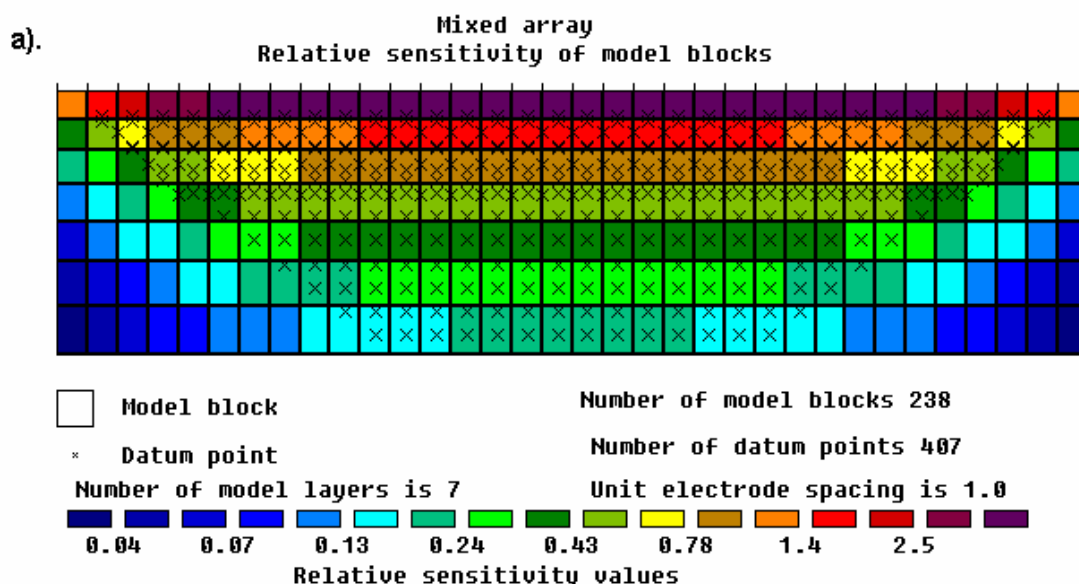
在有些情况中，二维数据组产生于同一直线上的一连串的一维测深线。在这样的一个情形下，不管是因为沿着地表或在真实的水平方向上已测量，相邻电极间的距离不是恒定的。对于这样的情况，一般的排列格式(带有的子排列类型为 0)可以被使用。

对于带有一个子排列类型为 0 的数据组，数据不能以一条拟断面的形式显示，不能使用“踢除突变测量点”选项来编辑它。为了从数据组中消除突变数据点，你首先必须完成一次整个数据的反演。然而，你必须使用“鲁棒数据抑制”(见附录 M)来保证突变数据点对反演结果没有重大影响。下一步，到“显示”窗口并读入带反演结果的文件，选择在“编辑数据”菜单下的“RMS 误差统计”子选项。这将显示一个柱状图，其数据点根据测量的视电阻率值与计算的视电阻率值之间的差异而被聚合在一起。这允许你消除一个出现较大差异的数据点，例如超过 100%。在消除较多噪声的数据点之后，保存已整理过的数据组到一个文件里，并

用整理过的数据组再一次执行反演。

当程序读进一个子排列为 0 的一般排列的数据组时，它将为模型模块自动使用已扩充的模型来扩充测线的边缘。在有些情况中，在测线边缘附近，也许导致不可靠的模型电阻率值，其模型模块有非常低的灵敏度值(也就是，数据组没有包含关于模块电阻率的大量信息)。为了产生一个像一个单独模块不是以一个非常小的灵敏度值而告终的模型模块的排列，你可以使用在主菜单上的“反演”选项下的“产生模型模块”子选项。图 25 显示了使用缺省扩充模块并为“产生模型模块”选项的 MIXEDWS.DAT 数据组的灵敏度值。

注意：这个选项增加模型区域较深部分侧面附近的模块宽度是为了增加模块的灵敏度值。这个选项也可以给标准排列的正规数据组使用。通过缺省值，程序使用基于数据点位置部分的一个试探性运算法则来产生模型模块的尺寸和位置。“产生模型模块”使用于基于模型模块灵敏度值的一个更好的定量逼近。不过，在实际中，更简单，更快的试探性运算法则为绝大部分的数据组给出了相当好的结果。



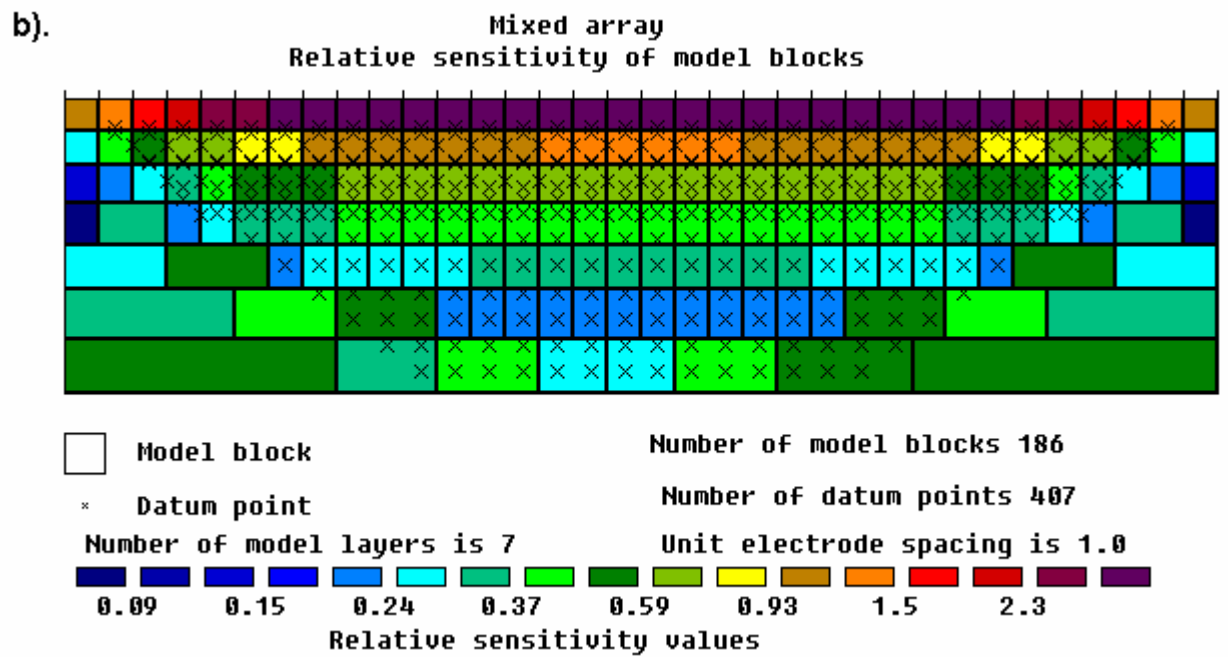


图 25 : MIXEDWS.DAT 数据组的反演中程序使用的模型模块的排列 : (a) 默认扩充模块 ; (b) 产生的一个模型 , 所以任意的单独模块没有太小的一个关联的灵敏度值。