9. 时域激电程序 (TDIP)

9.1 引言 2
程序介绍 2
频率范围 2
滤波器 2
校准盒 2

9.2 程序操作 3
屏幕1－初始程序屏 3
屏幕2－操作信息屏 6
屏幕3－通道参数屏 6
屏幕4－数据采集屏 7

9.3 数据收集 8
数据采集实例 8
评价数据 13

9.4 样本数据块 15

9.5 算法 17

9.6 时域窗口时间信息 18

9.7 野外布置 19
接收机布置 20
利用逐点电缆的接收机布置 21
发送机布置 22

9.1 引言

程序介绍

时域激电（TPIP）程序利用交叉－相关（cross-correlation）法，在非同步（异步）模式中开锁（lock on）发送信号，而对同步模式进行标准锁相存储栈和平均。

参看第六章－有关校准、同步和类属屏以及全部测量程序的野外参数等等信息。参看本节末尾关于野外测量连接的建议。

频率范围

标准频率范围从 0.015625（1/64Hz）到 32Hz。

滤波器

时域激电（TDIP）测量程序有一个数字大地电流滤波器，亦被称为移动平均（MAV）滤波器，用以消除低频大地电流（影响）。

校准盒

时域激电（TDIP）测量程序校准数据贮存于时域校准盒中。

备注：*瞬变电磁（TEM）和纳米瞬变电磁（NanoTEM）测量程序也运用时域校准盒。在此盒中重写校准数据会导致全部时域校准数据丧失。然而，时域激电和瞬变电磁的校准数据是相同的。*

9.2 程序操作

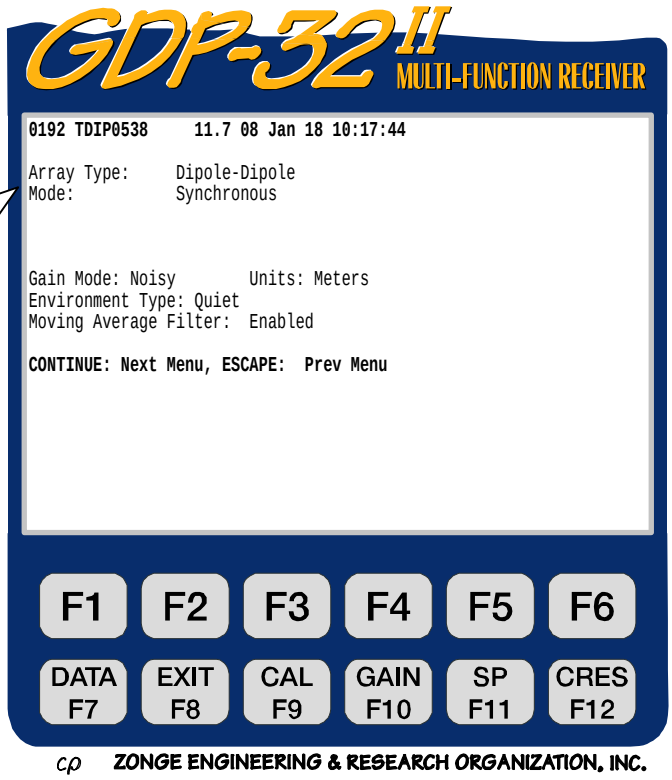
野外测量程序操作要利用某些参数输入屏。按CONTINUE Enter移向下一屏幕，或按STOP AVG Escape返回先前屏幕。

每一屏幕和类属情况的详尽介绍参见第五章－存取程序。本测量程序的野外参数确定为如下所列。

屏幕1－初始程序屏

装置类型：　偶极－偶极
模式：　同步

增益模式：噪声　单位：米
环境类型：静噪
移动平均滤波器：　运行
CONTINUE：下一个菜单，
ESCAPE：前一个菜单



对每一使用者可编程情况，选择或输入参数。使用者可编程栏目对时域激电（TDIP）说来仅仅是：

装置类型

利用SELECT UP Home和SELECT DN End键，从七种装置类型中选择其一：

- **偶极－偶极** **D-D**
- **单极－偶极** **P-D**
- **施伦贝乐热** **Sch**
- **梯度** **Grd**
- **单极－单极** **P-P**
- **井下** **D-H**
- **岩芯样品** **LAB**

如果选定**梯度**或对称四极，则二条附加线 **Ax** 位置和 **Bx** 位置将出现在菜单上。这是发送电流电极（供电电极）位置。

如果选定**井下**装置类型，将不计算或显示电阻率。

岩芯样品选择要输入截面面积（平方厘米）和岩芯样品长度（厘米），以获得正确的电阻率值（欧姆米）。在继续数据采集屏之后，按F5，输入长度，面积以及此刻监控分流器电阻值。欲更多了解，参看复电阻率测量程序。

模式

时域激电（TDIP）测量程序有三种不同模式调节：

- **同步**－同步操作假定接收机和发送机具有相同的时钟，并且已经同步化和相位锁定（使用这种选择，接收机和发送机必须具有与 GDP－32^{II} 同标准的时钟）。这种数据采集方法在不同条件下可提供最好的数据质量。
- **非零发送（Non-ZERO Tx）**－这种非同步（异步）模式适应于采用一个非零发送机以及 GDP－32^{II} 操作的情况。这一程序首先要找出发送频率并对信号开锁。假定发送机在数据采集期间具有10^{-3}或更高的稳定性，这一选择在低或轻微噪声条件下可收集精确数据。
- **异步**－通过一个零型（ZERO built）发送机或者一个由XMT一系列控制器控制的发送机，用于异步或非锁相模式操作。这一程序运用交叉－相关（cross-correlation）方法通过发送波形来同步，然后，以同步格式存储和平均波形。在低或轻微噪声条件下，该选择可收集精确时域激电（TDIP）数据。

增益模式

设定模式为**“噪声”**。这一限制，使最大电压为1.0V，远离自电冲击和随机噪声尖峰。另一选择是**“标准”**，调节增益使最大电压为2.25V。

环境类型

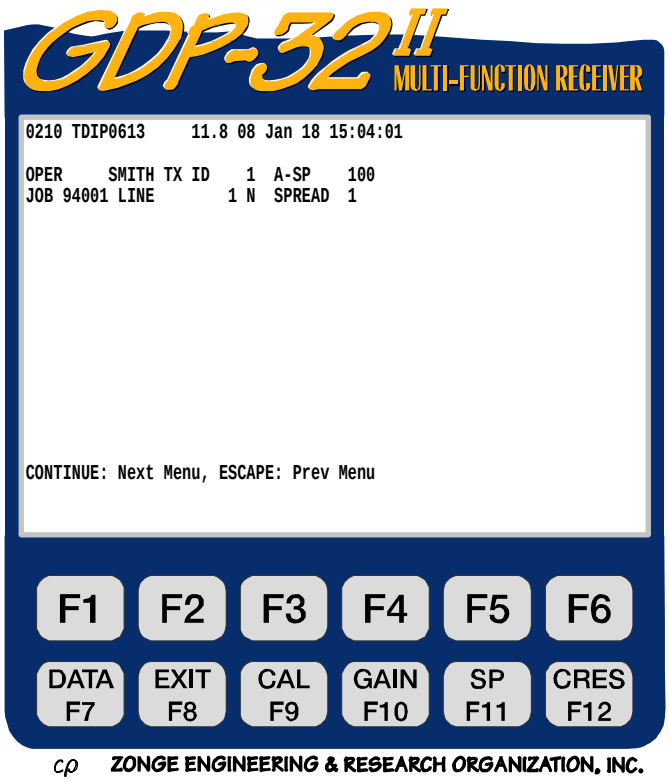
时域激电（TDIP）测量程序有如下两种环境类型：

- **静噪**（设定）
- **噪声**－用于有噪声环境。利用与电阻率相位激电程序相同数值的低通滤波器。噪声选择由于附加了滤波器会强烈影响延时曲线的第一个时窗。

屏幕2－操作信息屏

如第五章－存取程序所述，对每一使用者可编程栏目选择参数或填入适当信息。

如果选定梯度装置，发送偶极（Ay）的Y坐标将显示测线处。

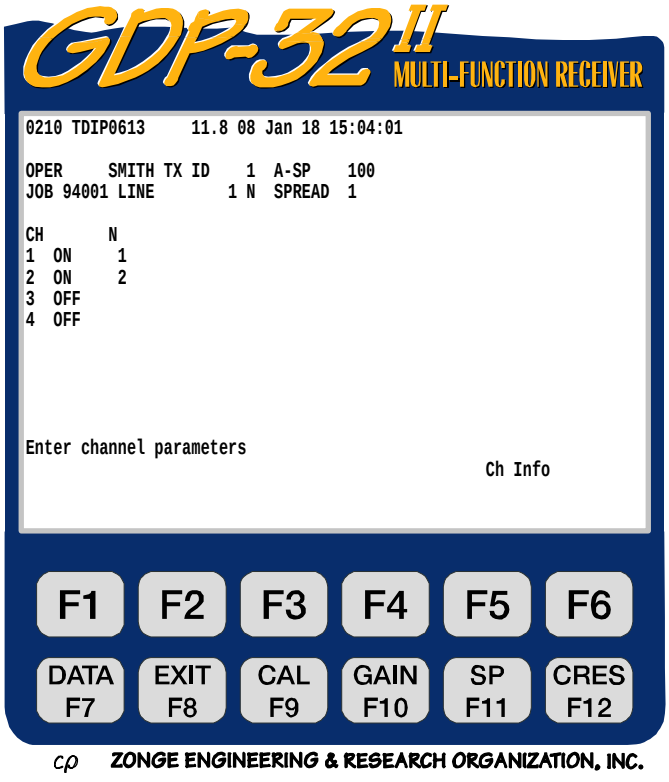


屏幕3－通道参数屏

根据需要，调节通道显示到“开”（**ON**）“关”（**OFF**）或“参考”（**REF**）。欲详尽了解参看第五章－存取程序。

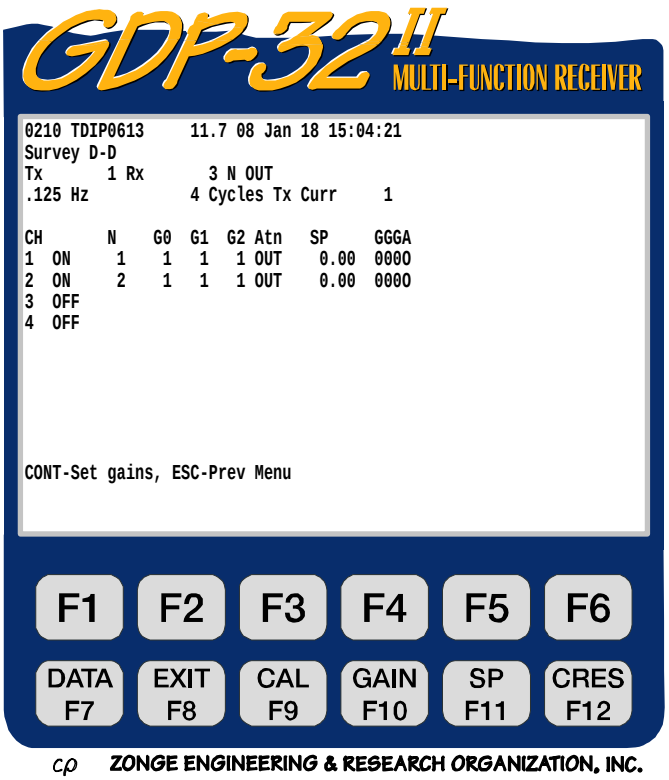
CH

选择是开（**ON**）、关（**OFF**）、或参考（**REF**）。**REF**主要用于实验室岩石（岩芯样品）的测量。



屏幕4－数据采集屏

一旦初始参数和通道已经调节，基本测量调节会显示于此。



以下程序从该屏幕访问：

- 校准或系统检验 CAL F9
- 增益调节和存储栈计数 GAIN F10
- 补偿自然电位 SP F11
- 测量接触电阻 CRES F12
- 评价数据 DATA F7

有关测量程序屏的更多信息，参见第五章－访问程序。收集数据之前调节 GDP－32^{II} 接收机的信息参见第六章－接收机配置。

9.3 数据收集

将接收机调节成时域激电（TDIP）野外测量后，从数据收集屏上按

开始采集数据。有关接收机调节的详尽信息，参见第六章。

数据采集实例

下例是时域激电偶极－偶极野外测量结果及其屏幕显示。此例中野外参数调节如下：

初始程序屏

测量类型	偶极－偶极
模式	同步
增益模式	噪声（设定）
单位	米（设定）
环境类型	静噪（设定）
移动平均滤波器	运行（设定）

操作信息屏

操作者	SMITH
发送位置（TX ID）	1
A－间隔（A－SP）	100
任务	94001
测线	1 号（设定）
范围	1（设定）

通道参数屏

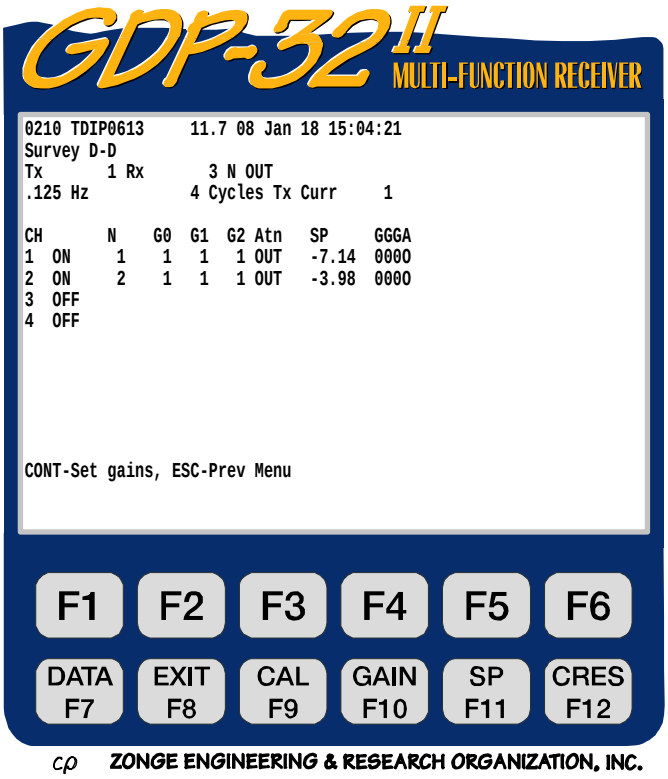
通道		编号
1	开	1
2	开	2
3	关	

数据采集屏

频率	0.125 Hz
周期	4
发送电流(TX Curr)	1

该数据采集屏显示：

- 通道1和2接通。
- 电池电压已经测量，模/数转换器(A/D converter)在每一测量周期之前已经校准。
- 增益自动调节(设定)



屏幕解释

G0,G1,G2 增益0、1和2级。所有级都调至单位增益。

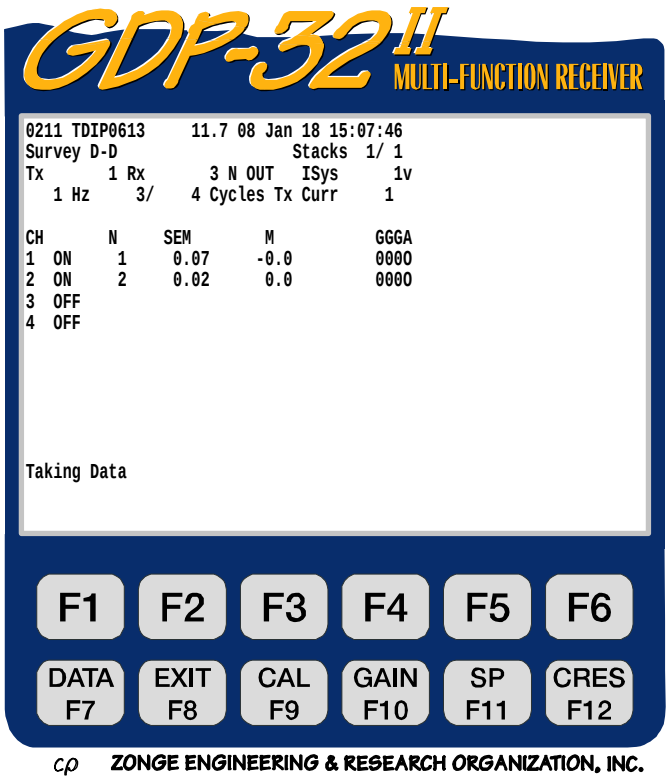
Atn（衰减器）调至撤消(旁路)

SP（自电） 自电的补偿值第一道为-7.14mv，第二道为-3.98 mv。

GGG 对G0、G1和 G2级的增益调节(以2的幂次表示)。本例中增益级 G0、 G1 和 G2=2^0=1

本程序首先调节增益、补偿自电，然后开始收集数据。因为操作是在设定或“噪声”模式，所有必要的增益首先分配给G2。参见第六章6.5节－调节增益。

按CONTINUE Enter，程序对所有使用通道采集四个周期数据（除非完成采集前按STOP AVG Escape键）并且结果类似下述实时显示（当正在采集数据时）。



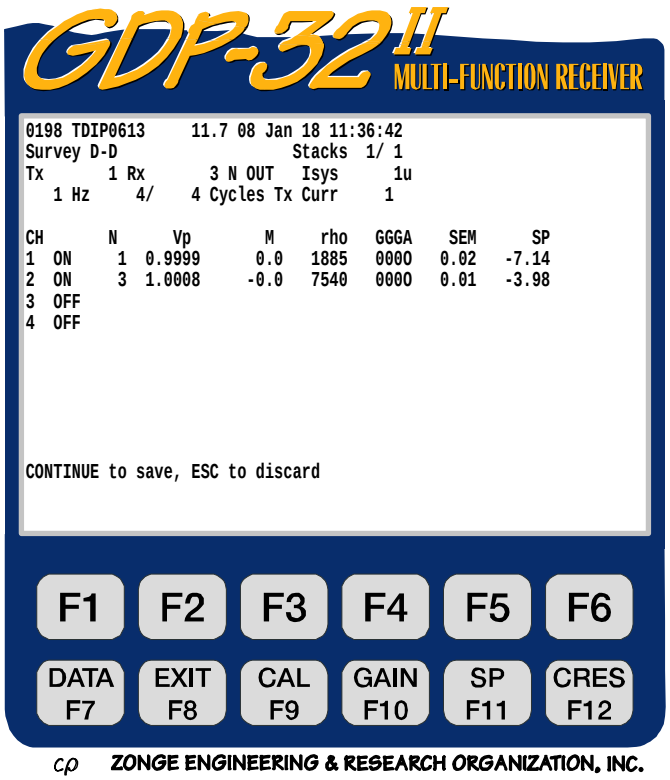
屏幕解释

SEM 每一周期后计算的标准平均误差（毫秒）

M 平均充电率（毫伏-秒/伏或毫秒）。充电率是应用8秒周期(0.125Hz)对正极与负极在0.45－1.1区间积分测量的。其它周期或频率的数据是相对于这一标准规一的。

选定周期数后，完成采集（或按 

），最后显示为：



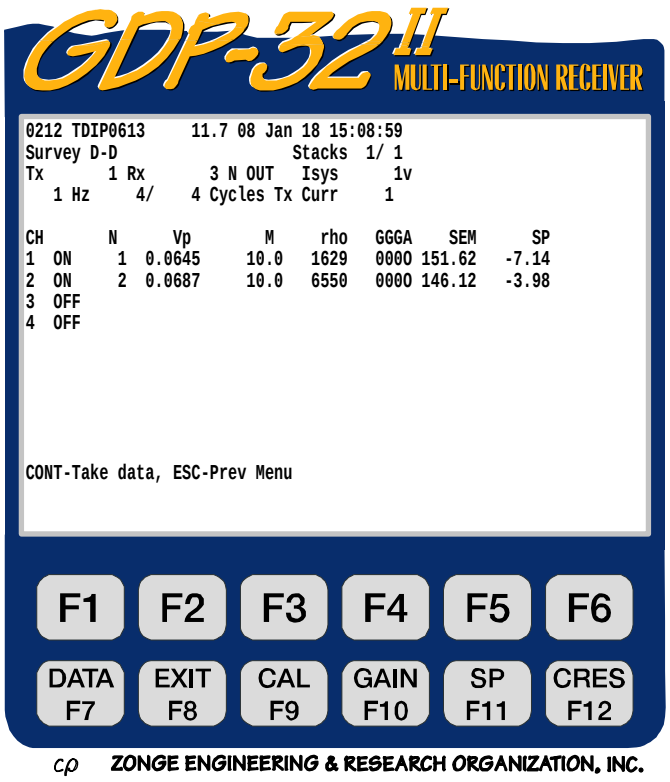
屏幕解释

Vp 消除振幅校正（位于时域校准盒内）的一次（ON）电压。

M 平均充电率（毫伏-秒/伏或毫秒）。

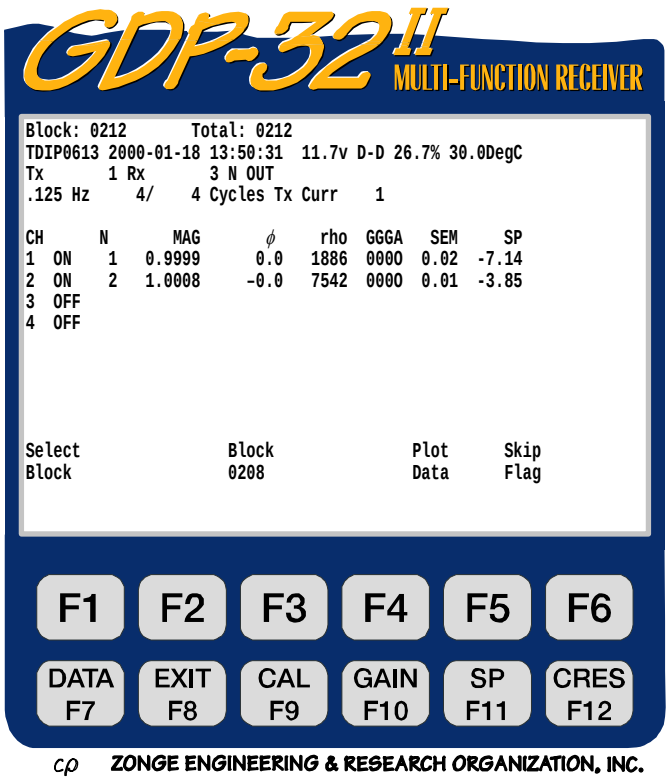
ρ 视电阻率(欧姆.米)

按CONTINUE Enter保存数据（或按STOP AVG Escape删除数据）屏幕显示如下。屏幕的不同仅仅是最后一块数字（0095）和底部命令行的变化。



评价数据

按 DATA F7，显示最后存储栈。数据以下列格式显示：



接触电阻值已经存储，但是离开屏幕向右移动。为了浏览这个数据，按几次 。

要向左移动，按 。

备注：*增益数据栏包括衰减器调节，撤消为* **O**，*加入为* **I**。

时窗数据是一个积分电压(用了19个数据点)，并且以Vp和19(数据点数)对13个时窗的每一数据做了规一。时窗技术规格参见后述。当第一次输入数据模式时，仅有前四个时窗显现，按 或 NEXT FIELD Pg Dn 浏览其余的时窗。

数据采集选择

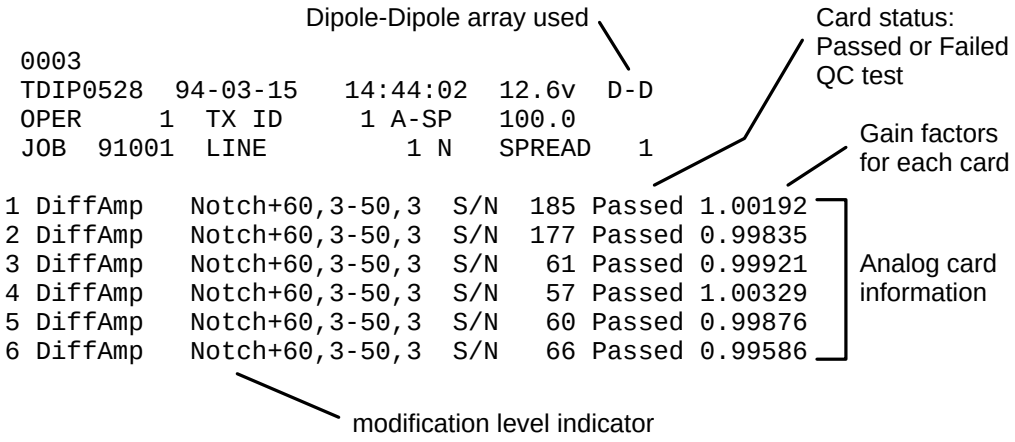
Plot Data 图示数据 – 按 F5，访问图示延时(衰减)曲线程序。

Skip Flag 跳行标记 – 按 F6，在文本编号和要浏览的数据块的标题数据之间放置一个“**X**”。这一标记通过图示程序识别，按常规方式图示多块数据时，被标记的数据可被跳过。再按一次 F6，消除“**X**”。

9.4 样本数据块

数据以下列格式输出到计算机：

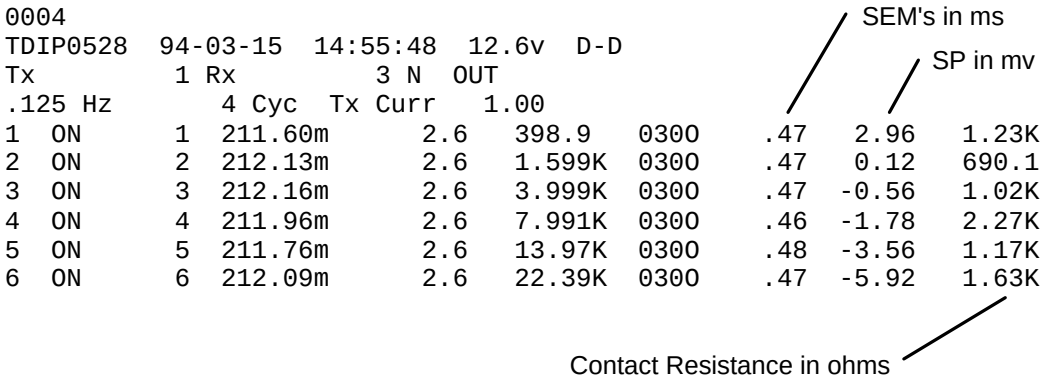
Program Data Header




```
 0003
 TDIP0528  94-03-15   14:44:02  12.6v  D-D
 OPER     1  TX ID      1 A-SP   100.0
 JOB  91001  LINE          1 N   SPREAD   1

1 DiffAmp   Notch+60,3-50,3  S/N  185 Passed 1.00192
2 DiffAmp   Notch+60,3-50,3  S/N  177 Passed 0.99835
3 DiffAmp   Notch+60,3-50,3  S/N   61 Passed 0.99921
4 DiffAmp   Notch+60,3-50,3  S/N   57 Passed 1.00329
5 DiffAmp   Notch+60,3-50,3  S/N   60 Passed 0.99876
6 DiffAmp   Notch+60,3-50,3  S/N   66 Passed 0.99586
```

Main Data Block



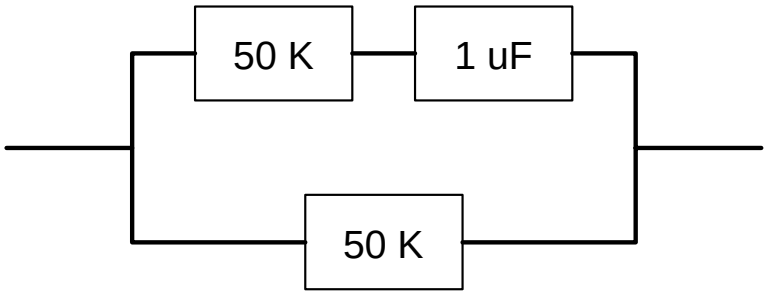

```
0004
TDIP0528  94-03-15  14:55:48  12.6v  D-D
Tx         1 Rx         3 N  OUT
.125 Hz       4 Cyc  Tx Curr   1.00
1  ON      1  211.60m      2.6   398.9   030O    .47   2.96   1.23K
2  ON      2  212.13m      2.6   1.599K  030O    .47   0.12   690.1
3  ON      3  212.16m      2.6   3.999K  030O    .47  -0.56   1.02K
4  ON      4  211.96m      2.6   7.991K  030O    .46  -1.78   2.27K
5  ON      5  211.76m      2.6   13.97K  030O    .48  -3.56   1.17K
6  ON      6  212.09m      2.6   22.39K  030O    .47  -5.92   1.63K
```

Windows

```
Windows
    1       2       3       4       5       6       7       8
   2634    2651    2637    2628    2634    2626
    617     623     624     616     618     615
    152     151     151     152     152     151
     43      44      43      43      43      43
     14      14      12      14      13      14
     03      03      04      03      03      04
     02      02      03      02      02      03
     02      02      02      02      02      02
     01      01      01      01      01      01
     01      01      01      01      01      01
      0       0       0       0       0       0
      0       0       0       0       0       0
      0       0       0       0       0       0
```

Windows are in milliunits times 10 (10's of milliunits)

这些数据是利用一个RC网络和一个恒定电流实验发送机采集的。RC网络如下：



数据块 0003 是程序数据标题。不论操作者是否返回操作信息屏，新的程序数据标题将写入数据盒。

数据块0004即该数据盒并且是在每一数据周期末端按CONTINUE Enter写入数据盒的。

9.5 算法

时域计算（见后述）所用的方程是Swift(1973)曾应用过的。通过倒置负半周，在每一周期内充电率被平均直到按下

，或者直至确定的周期数被采集完毕。输出以毫秒或毫伏.秒/伏为单位。

这个方程最初是Newmont 作为“纽蒙特（Newmont）标准”给予Zonge公司的。那时所测量的不是真正的“纽蒙特标准”,但它可以通过乘以1.53得到。为了减少混淆，我们仍然保留了原始的充电率定义。并且在我们的数据处理程序中将之转换为“纽蒙特标准”。

在0.125Hz（8周）时，“Zonge标准”为：

$$M = \frac{T}{1024} \times \frac{1.87}{Vp} \times \int Vs$$

其中，T是8秒周期，二次电压（Vs）或断电电压积分从0.45秒到1.1秒。

每一周期有1024个采样点，Vs是每1/4周期256点外加上83个数之和。确定断电时间延时（衰减）波形的13个时窗，是在0.125Hz条件下以150ms间距取得的。时窗最紧密地组合，是为了使充电率近似值为时窗4、5、6和7的和。在0.125Hz，其有效积分由500ms到1100ms。较标准时间少50ms，所以近似值总比Zonge标准充电率稍低一些。

令W_i　　＝规一化延时点值（在10 ms内）。
　　＝（150ms间隔内Vs的和）/（Vp×19）

充电率，$M=T/1024\times1.87\times19\times\sum W_i/10$

其中，　　1.87为Swift常数
　　19是每150 ms时窗的计算数。
　　T/1024是△τ，数字化积分。

以下是在0.125Hz（8秒周期）条件下用来计算Zonge标准M近似值的公式：

M＝（1.87×9×1）×（W4＋W5＋W6＋W7）/（1024×10）

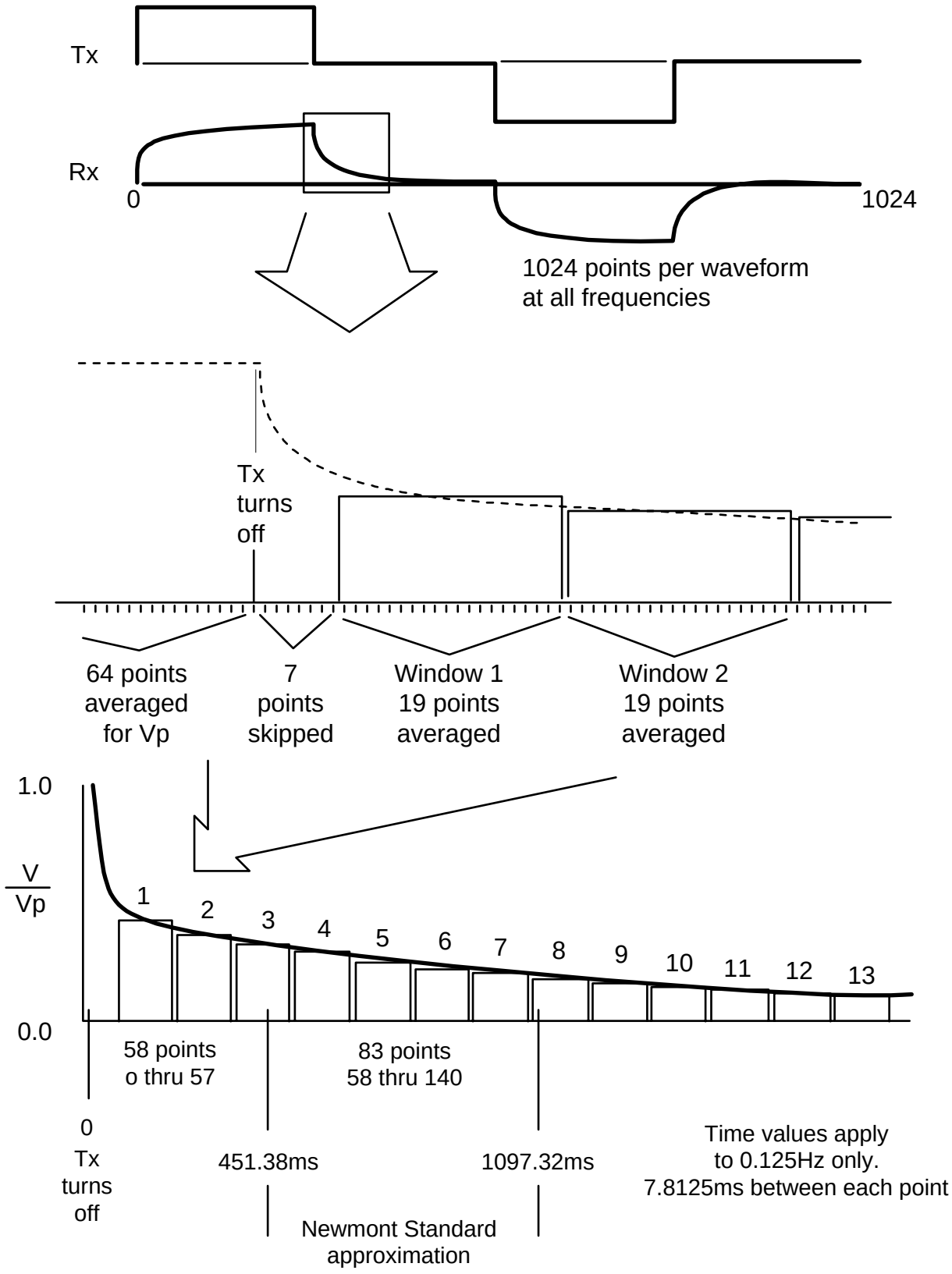
For frequencies up to and including 0.5 Hz (2 second period), 1024 points are sampled per cycle (256 during each on-time and 256 during each off-time). At 1 Hz the sample rate is 512. The windows measured are proportional to those taken at 0.125 Hz, and the results will be printed out in identical format.

Since the number of samples per cycle at 1 Hz is 512 rather than 1024, the equation for chargeability for 1 Hz is as follows:

M＝（1.87×9×1）×（W4＋W5＋W6＋W7）/（512×10）

参考： Swift, C.M., Jr, 1973, The L/M parameter of time domain IP measurements --- a computational analysis, Geophysics, v 38, p 61-67.

9.6 时域窗口时间信息


Tx
Rx
0
1024
1024 points per waveform
at all frequencies
Tx
turns
off
64 points
averaged
for Vp
7
points
skipped
Window 1
19 points
averaged
Window 2
19 points
averaged
1.0
V
Vp
0.0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
58 points
o thru 57
83 points
58 thru 140
0
Tx
turns
off
451.38ms
1097.32ms
Time values apply
to 0.125Hz only.
7.8125ms between each point
Newmont Standard
approximation

9.7 野外布置

应用多通道接收机时，应非常仔细地避免共用模式问题。共用模式影响由缺乏参考电压或者电平（浮地）或者参考电平超出输入放大器的共用模式限制所引起。

GDP－32^{II} 标准布置最大可容许的共用模式电压为±10V。利用隔离放大器，这一电平可达数千伏，但这要以高噪声和低综合频率响应为代价。

我们发现，最好的布置，是安装一个标准的铜/铜－硫酸盐参考电极（或等效体）， 同时连接到模拟接地(模拟侧板上的 **COM**)和箱体接地（侧板上的 **CASE GND**）上。将这（参考）电极靠近接收机，并且至少离开最近的的接收电极两米。这可对静态放电和近区雷电冲击提供最大保护。

多雷电地区的附加防护，还可利用一块防锈镀锌铁板（或等效物）作为参考电极来实现。这块板需埋在紧靠接收机的一个孔洞中，洞中泥土加水之后和成淤泥与板保持良好接触。板的典型尺寸是 30cm×30cm。

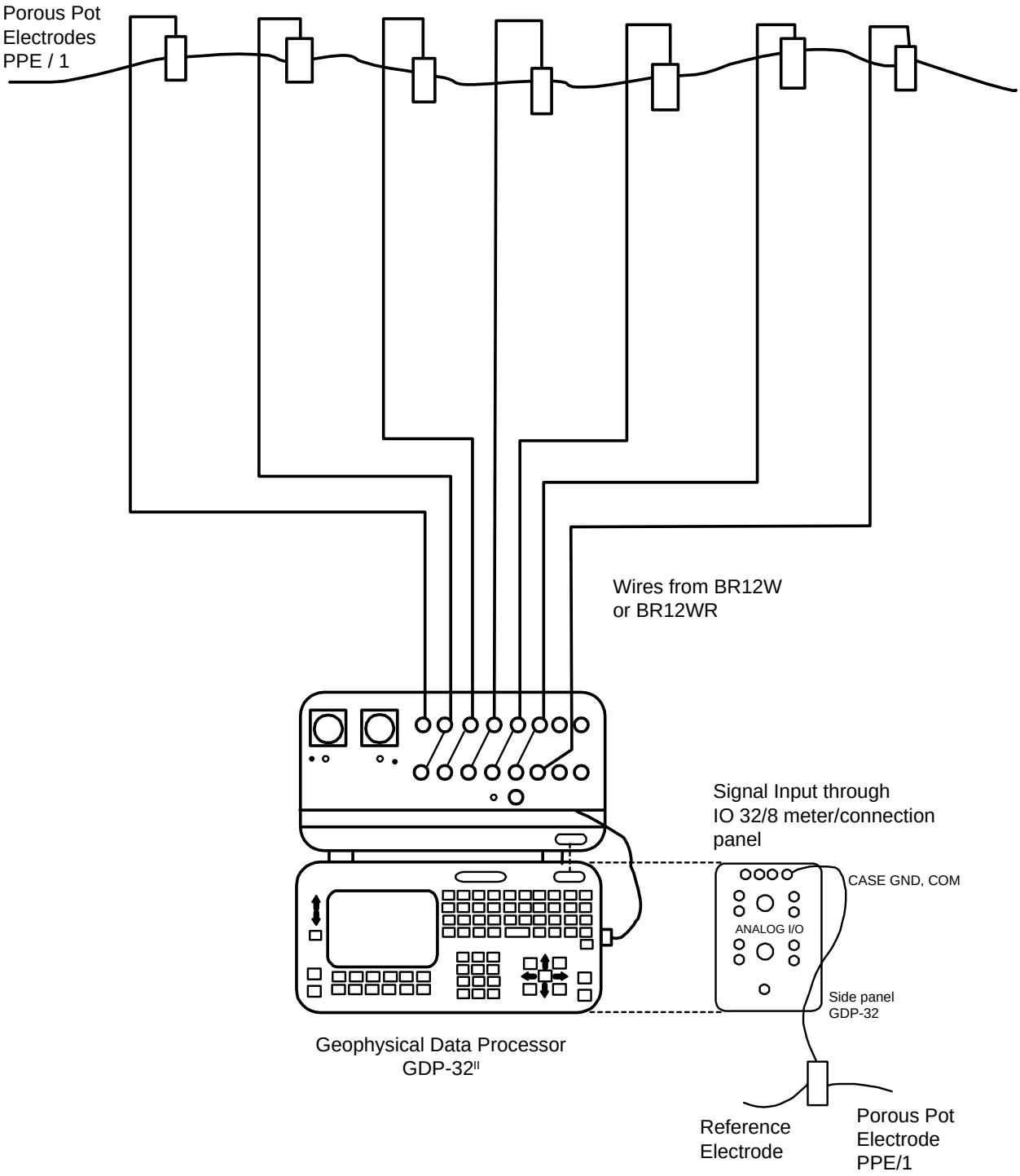
下面图示提供了接收机连接的实例，利用参考电极或参考不极化电极同时连接模拟接地（**COM**）和箱体接地（**CASE GND**）。

为获得最好的噪声抑制，Zonge 公司建议在模拟输入/输出板上将模拟接地（**COM**）与箱体接地（**CASE GND**）连接起来。

备注：*GDP－32^{II} 接收机的标准布置中，模拟接地（**COM**）和箱体接地（**CASEGND**）间有一个捕获跳接（captive jumper）。*

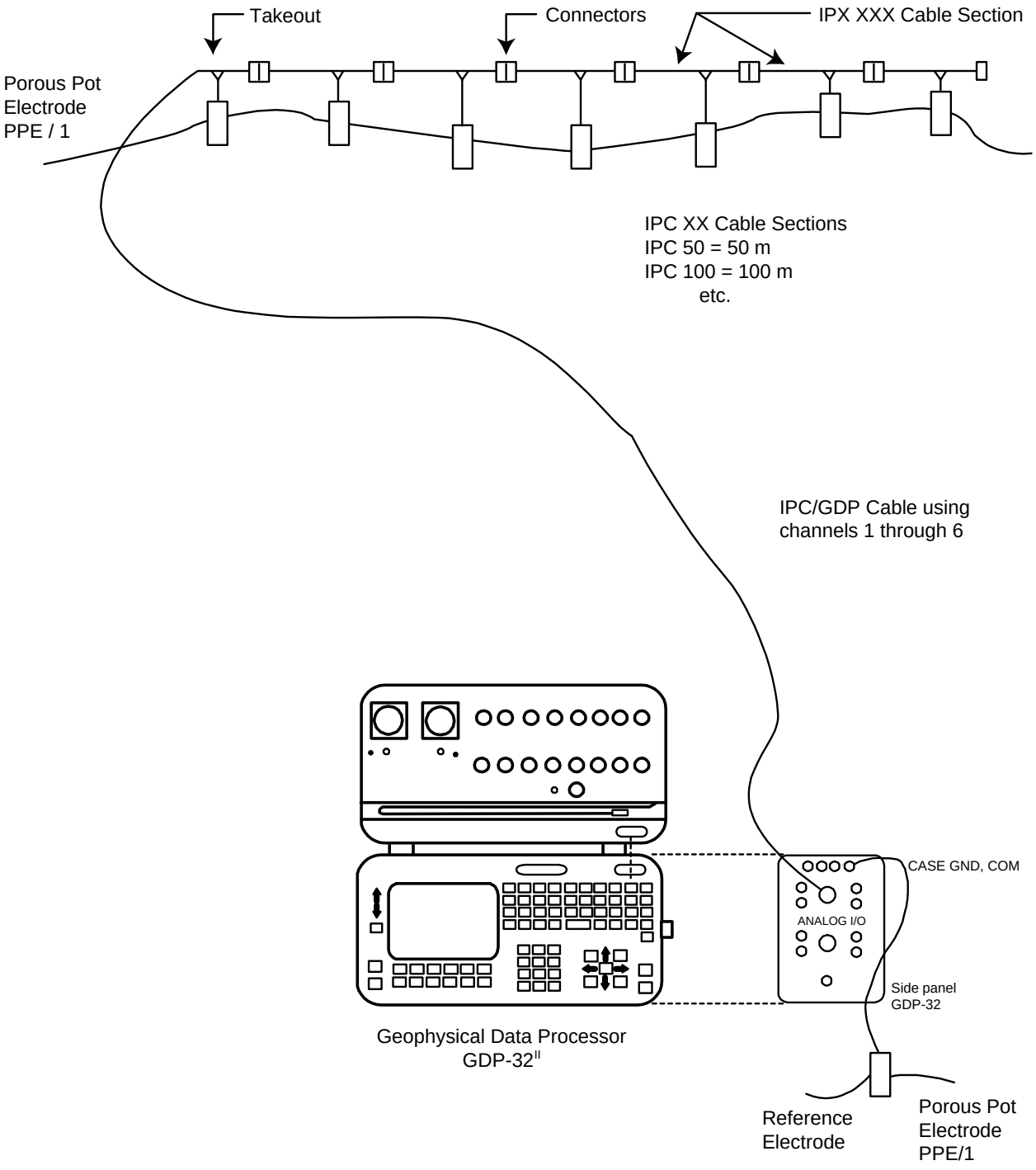
接收机布置

Receiver Setup for Resistivity, Time Domain IP, Resistivity / Phase IP, and Non-Reference Complex Resistivity



利用逐点电缆的接收机布置

Receiver Setup for Resistivity, Time Domain IP, Resistivity / Phase IP, and Non-Reference Complex Resistivity Using the Roll-Along Cable



发送机布置

Tx Setup for Time Domain IP, Resistivity/Phase, and non-Reference CR

