

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) 模式中锁定 (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  移向下一屏幕，或按  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

GDP-32 II

MULTI-FUNCTION RECEIVER

0192 TDIP0538 11.7 08 Jan 18 10:17:44

Array Type: Dipole-Dipole
Mode: Synchronous

Gain Mode: Noisy Units: Meters
Environment Type: Quiet
Moving Average Filter: Enabled

CONTINUE: Next Menu, ESCAPE: Prev Menu

F1

F2

F3

F4

F5

F6

DATA
F7

EXIT
F8

CAL
F9

GAIN
F10



SP
F11

CRES
F12

© ZONGE ENGINEERING & RESEARCH ORGANIZATION, INC.

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  和  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**
- 施伦贝尔热 **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 ，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：

- **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）模式适应于采用非零发送机的 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锁定。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**—通过零型（ZERO built）发送机或者由 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）方法与发送波形同步，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

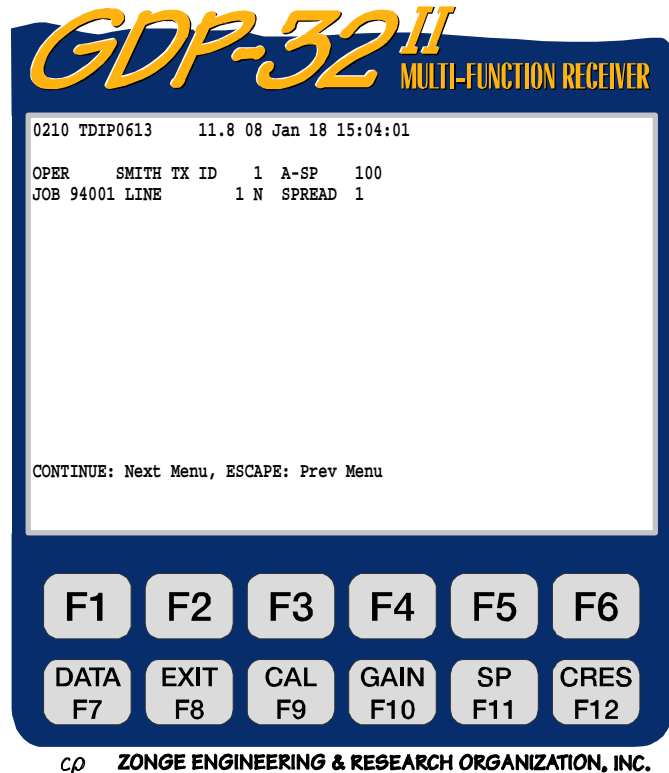
时域激电（TDIP）测量程序有如下两种环境类型：

- **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 坐标将显示测线标示处。

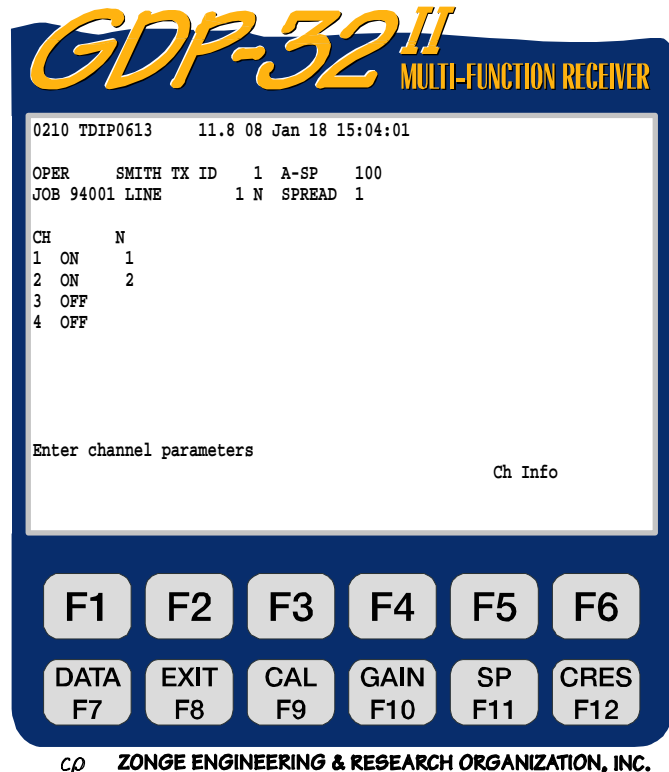


屏幕 3—通道参数屏

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。

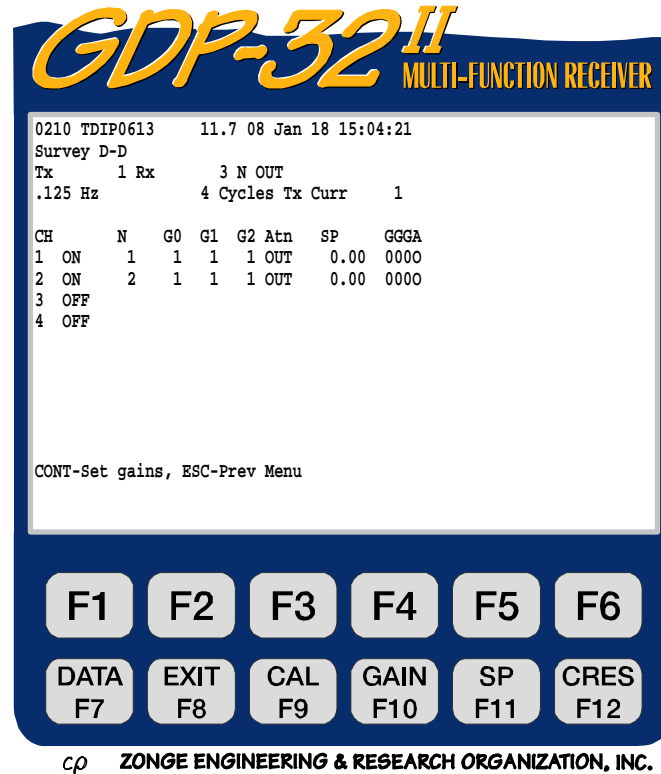
CH

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设定，基本测量调节会显示于此。




以下程序可从该屏幕访问：

- 校准或系统检验 
- 增益调节和存储栈计数 
- 补偿自然电位 
- 测量接地电阻 
- 评价数据 

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

将接收机设置成时域激电（TDIP）野外测量后，从数据收集屏上按  开始采集数据。有关接收机设置的详尽信息，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。此例中野外参数设置如下：

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

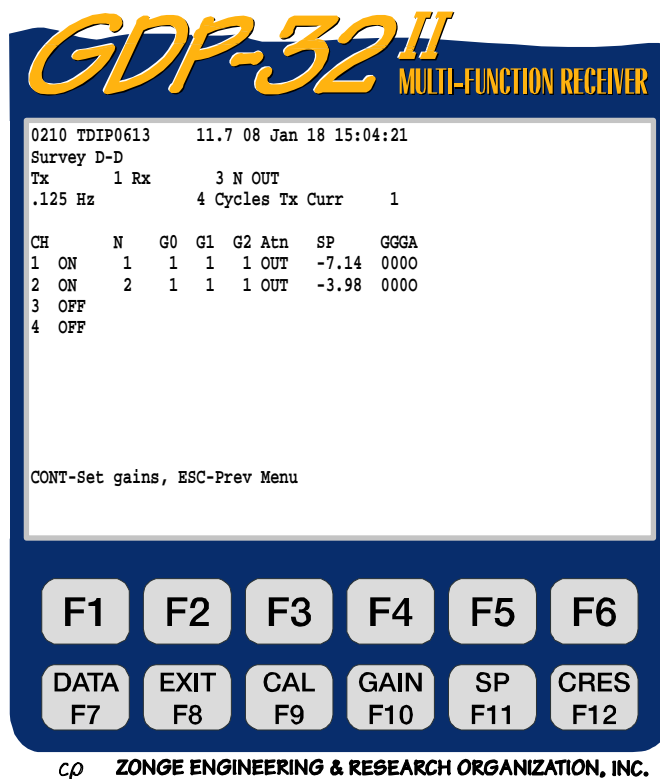
通道		编号
1	开	1
2	开	2
3	关	

数据采集屏

频率	0.125 Hz
周期	4
发送电流（TX Curr）	1

此时该数据采集屏显示为：

- 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。所有级都设置为单位增益。

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 级的增益设置 (以 2 的幂次表示)。本例中增益级 G0、G1 和 $G2=2^0=1$

本程序首先设置增益、补偿自电，然后开始收集数据。因为操作是设定或“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。

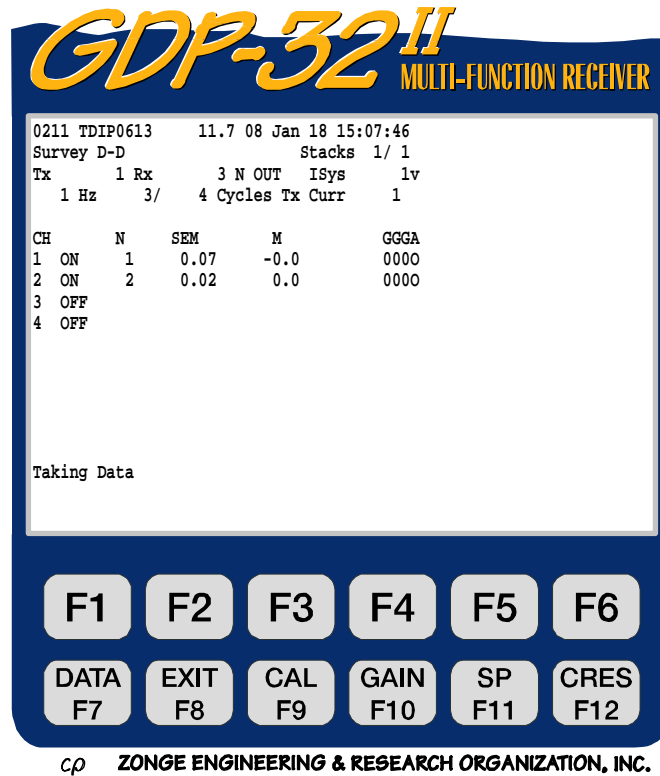
CONTINUE

Enter

按 ，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  键）并且结果类似下述实时显示（当正在采集数据时）。


STOP AVG

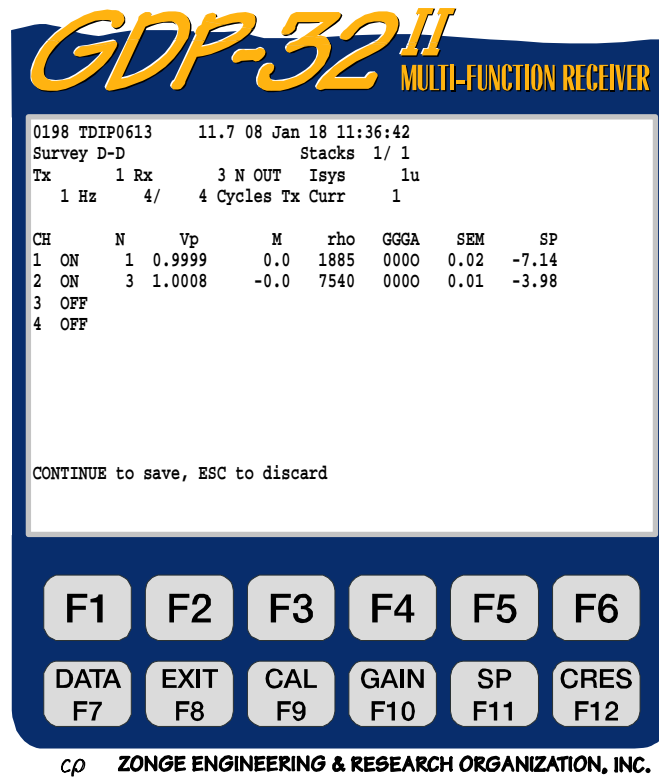
Escape



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：

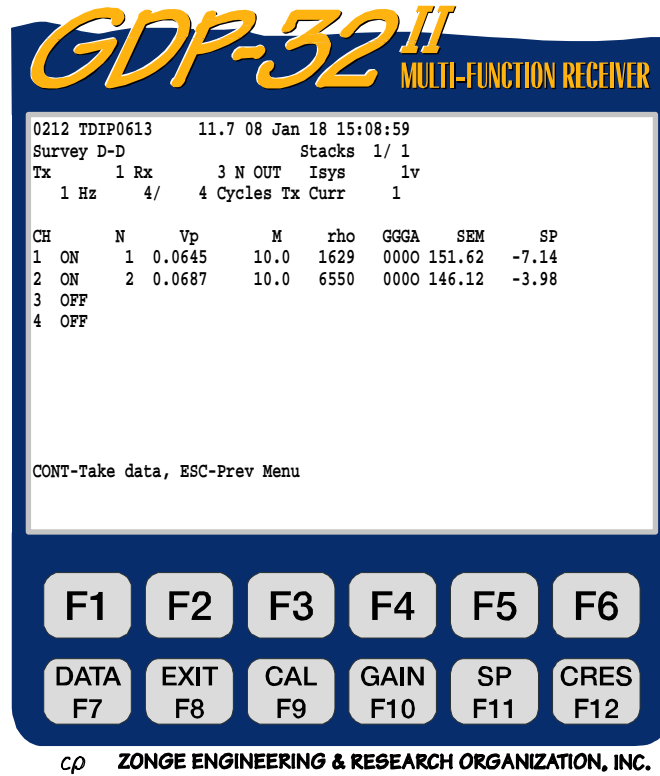


屏幕解释


- Vp** 消除振幅校正（位于时域主校准盒内）的一次（ON）电压。
- M** 平均充电率（毫伏-秒/伏或毫秒）。
- rho** 视电阻率(欧姆. 米)

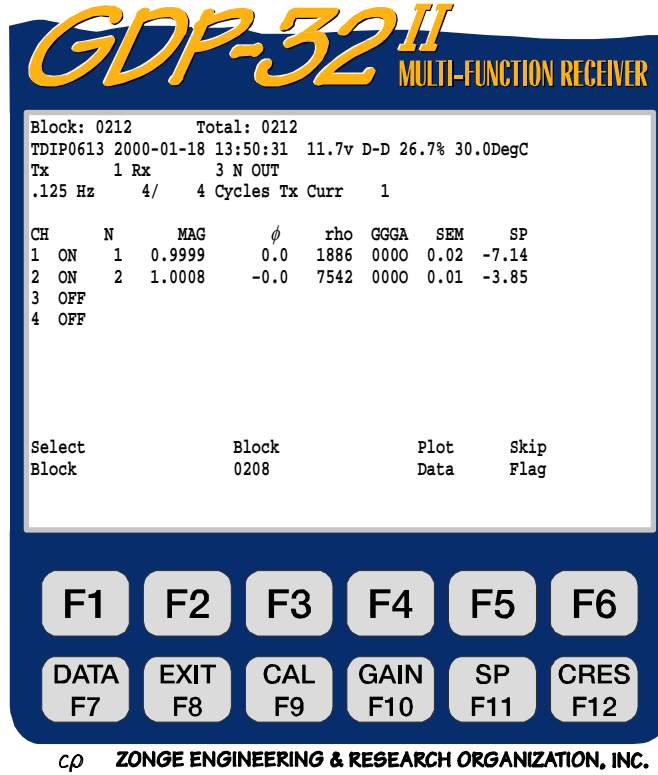



按  保存数据（或按  删除数据）屏幕显示如下。屏幕的唯一区别是最后一块数字（0095）和底部命令行的变化。




评价数据

按 ，显示最后存储栈。数据以下列格式显示：



接地电阻值已经存储，但是偏离屏幕向右移动。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 V_p 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  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
    
```

Dipole-Dipole array used

Card status:
Passed or Failed
QC test

Gain factors
for each card

Analog card
information

modification level indicator

Main Data Block

```

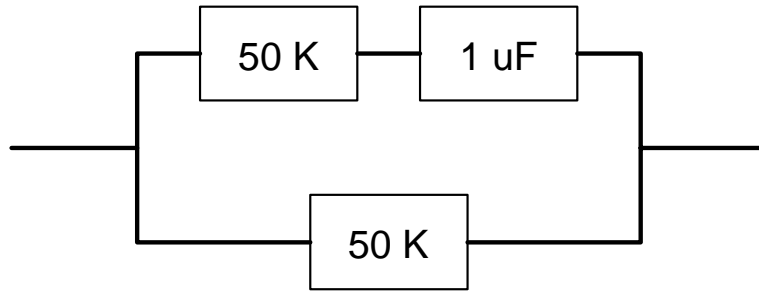
0004
TDIP0528 94-03-15 14:55:48 12.6v D-D
Tx 1 Rx 3 N OUT
.125 Hz 4 Cyc Tx Curr 1.00
1 ON 1 211.60m 2.6 398.9 0300 .47 2.96 1.23K
2 ON 2 212.13m 2.6 1.599K 0300 .47 0.12 690.1
3 ON 3 212.16m 2.6 3.999K 0300 .47 -0.56 1.02K
4 ON 4 211.96m 2.6 7.991K 0300 .46 -1.78 2.27K
5 ON 5 211.76m 2.6 13.97K 0300 .48 -3.56 1.17K
6 ON 6 212.09m 2.6 22.39K 0300 .47 -5.92 1.63K
    
```

SEM's in ms


SP in mv

Contact Resistance in ohms


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  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”充电率给予 Zonge 公司的。那时所测量的不是真正的“纽蒙特标准”，但它可以通过将这个“Zonge 标准”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：

$$M = \frac{T}{1024} \times \frac{1.87}{V_p} \times \int V_s$$

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，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。较标准时窗少 50ms，所以此近似值总比 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）/（ $V_p \times 19$ ）

充电率， $M = T/1024 \times 1.87 \times 19 \times \sum W_i / 10$

其中，
1.87 为 Swift 常数
19 是每 150 ms 时窗的计算点数。
 $T/1024$ 是 $\Delta \tau$ ，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：

$$M = (1.87 \times 9 \times 1) \times (W_4 + W_5 + W_6 + W_7) / (1024 \times 10)$$

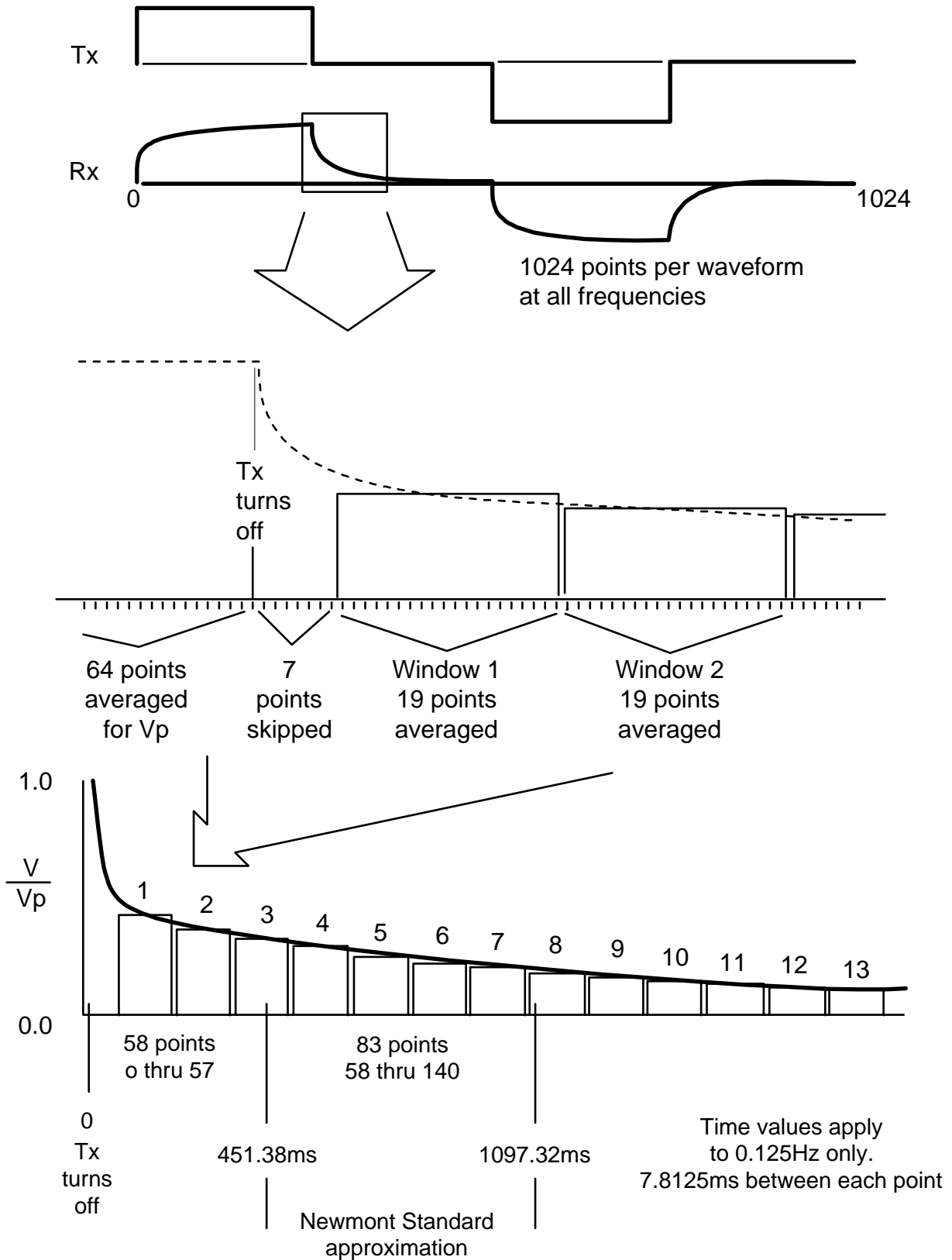
频率上升到 0.5Hz (2 秒周期)，每周期采样点仍为 1024 (每一次供电 256 点，断电 256 点)。

在 1Hz 时，采样率为 512。因为测量时窗与 0.125Hz 所取的成正比，所以打印结果有相同格式。由于在 1Hz 时每周期取样数为 512，而不是 1024，固 1Hz 时充电率公式为：

$$M = (1.87 \times 9 \times 1) \times (W_4 + W_5 + W_6 + W_7) / (512 \times 10)$$

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



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。

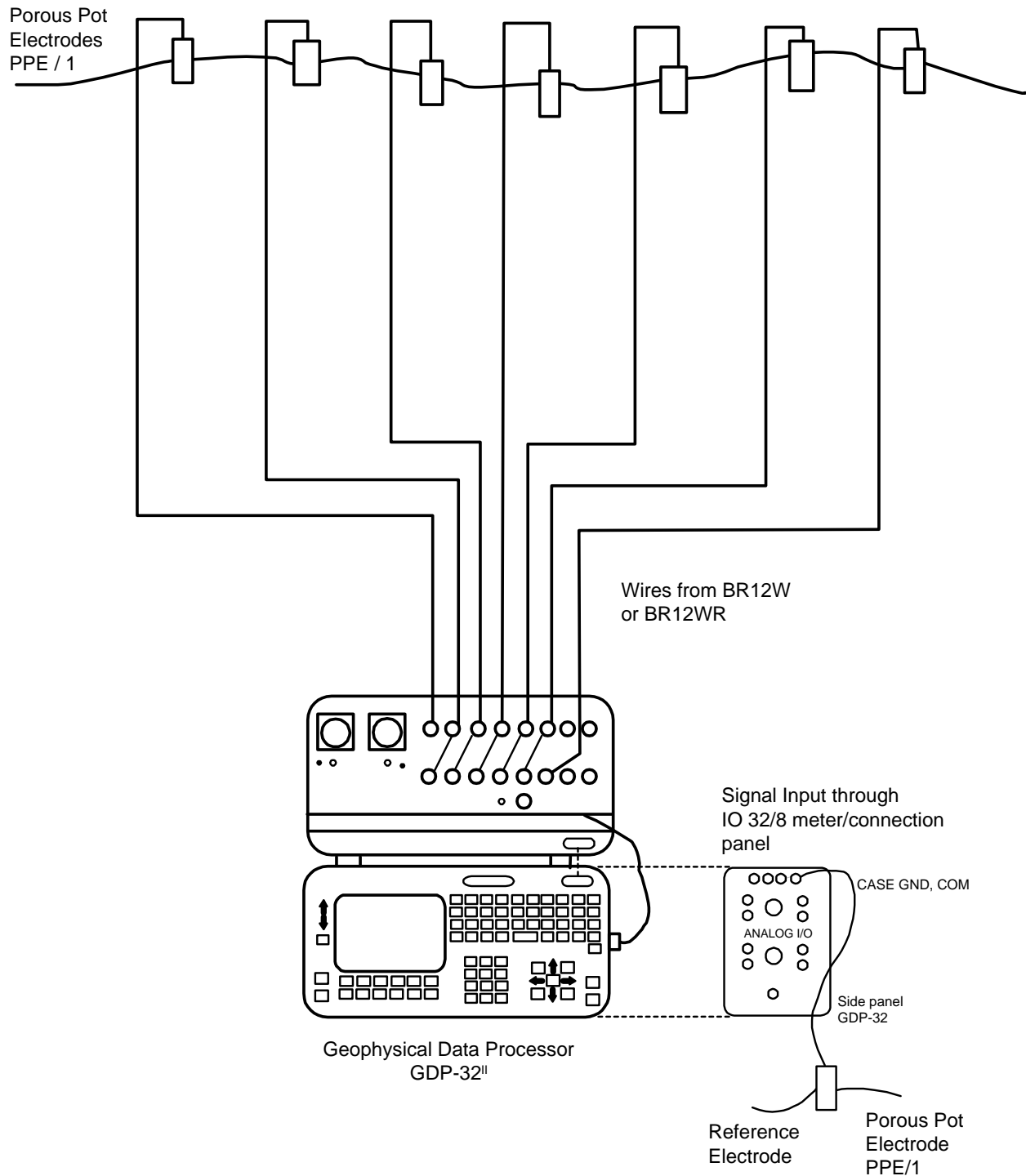
下面图示提供了接收机连接的实例，利用参考电极或参考不极化电极同时连接模拟接地（**COM**）和箱体接地（**CASE GND**）。

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} 接收机的标准配置中，模拟接地（**COM**）和箱体接地（**CASEGND**）间有一个捕获跳接（*captive jumper*）。*

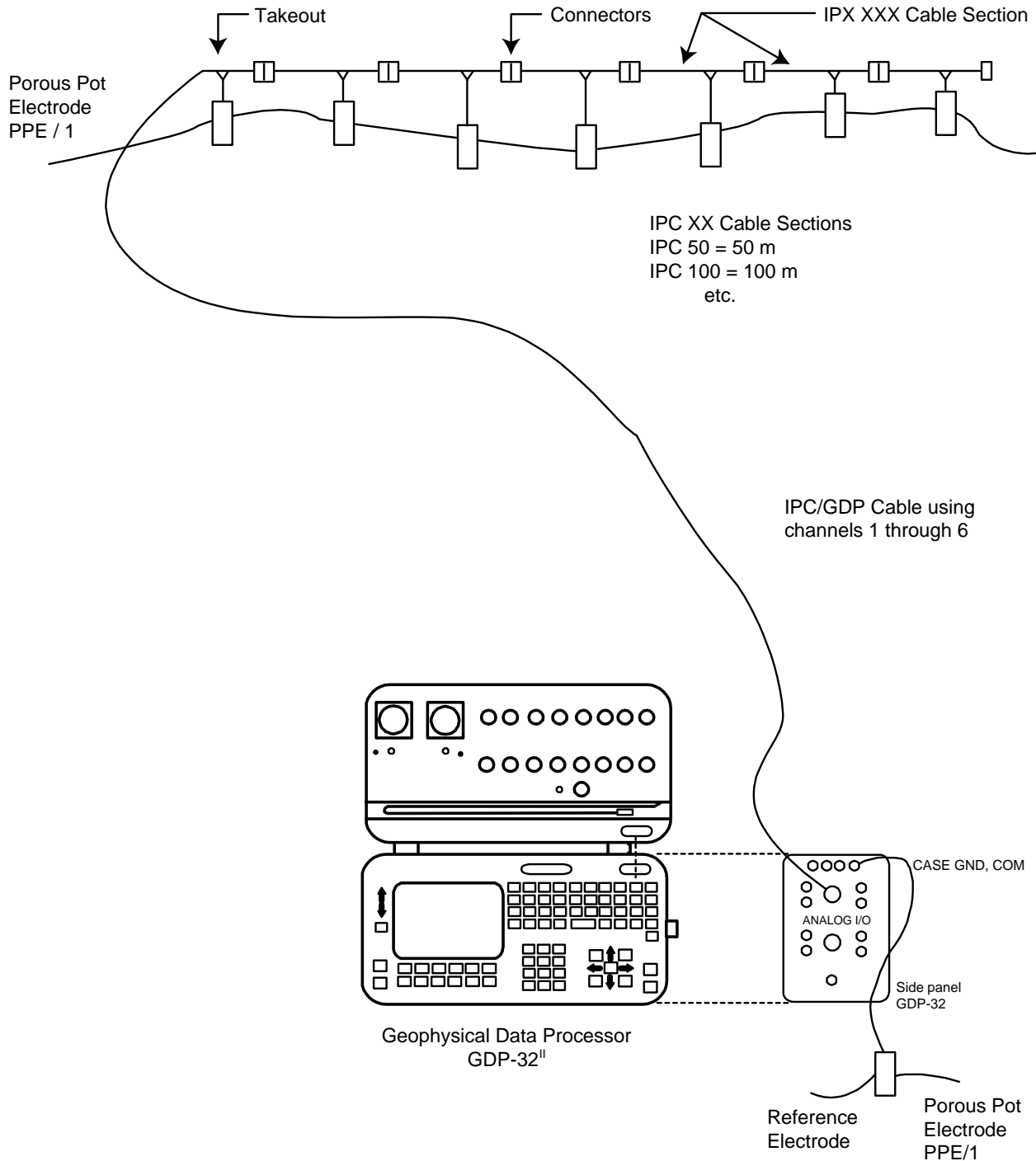
接收机布置

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

