目　录

A. 初始设定

B. TEM67 发射机

C. PROTEM 数字接收机

1、引言
1.1　接收面板
1.1.1 键功能
1.2　内部仪表盘
1.3　内部开关
1.4　启动菜单
1.4.1　显示对比度调节
1.4.2　复位
1.5　主菜单
2、设定测量参数
2.1　计算机初始设定
2.2　前 ADJUST(调节)子菜单
2.2.1　同步模式
2.2.2　重复频率
2.2.3　线圈类型
2.2.4　增益选择
2.2.5　噪音显示和增益设定
2.2.6　积分时间
2.2.7　Rx 延迟时间
2.2.8　接通时间测量
2.2.9　Rx 线圈面积
2.2.10 校准时间常数和检查
2.3　TEST(测试)子菜单
2.3.1　电池和程序版本
2.3.2　自动校准
2.3.3　校准检查
2.3.4　系统测试
2.3.5　晶体钟漂移
2.3.6　重新同步
2.4　HEADER(带头)子菜单
2.5　STATION(测点)子菜单
2.6　COMPONENT(分量)子菜单
2.7　SCOPE(示波器)功能
3、数据采集和浏览
3.1　测量
3.1.1　图形显示

3.2 RECALL(回叫)子菜单
3.2.1 图形显示
3.2.2 表格显示
3.2.3 读数极性
3.3 PROFILE(剖面)子菜单
4、测量数据管理
4.1 FILE(文件)目录
4.2 转贮数据至主机
5、现场故障处理
5.1 常规检查步骤
5.2 电源故障
5.3 无显示
5.4 校准故障
5.5 灯闪烁/显示闪烁
5.6 计算机失灵
5.7 内存分配
6、门位置
6.1 20 门模式
6.2 30 门模式

D. PROTEM47D 系统

1、引言
1.1 Tx 波形
1.2 Rx 门
1.3 系统频率
2、电网频率抑制
2.1 设置 50Hz 和 60Hz 开关
3、野外部署
3.1 中心回线测深,偏移测深和剖面调查的装置结构
3.1.1 发射回线和接收线圈选择
3.2 准备组成
3.3 系统组成的布置
3.3.1 单匝 Tx 发射回线的布置
3.3.2 偏移测深装置结构
3.3.3 中心回线测深装置结构
3.3.4 剖面调查装置结构
3.3.5 Rx 接收线圈调平
3.4 Tx 发射机设置
3.4.1 Tx 发射机参考信息
3.4.2 Tx 发射回线连接,匹配和电流
3.4.3 设置 Tx 发射机参数和电流波形
3.5 Rx 接收机的 T/O TIME
3.5.1 确定 T/O TIME 值

4、采集观测数据
4.1 信噪比和观测效率
4.2 调整 Rx 接收机的增益
4.3 增益设置和求平均值
4.3.1 输出饱和(信号饱和)
4.3.2 输出线性
4.3.3 噪声饱和
4.3.4 求均值长度(积分时间)
4.4 选择 PREQ(重复频率)
4.5 调整每次测量的记录
4.6 标定检测
4.6.1 用测试线圈对系统进行标定检测
4.6.1.1 测试线圈标定检测
4.6.1.2 相对标定检测

E. 系统的电瓶

1、电瓶一览
2、电瓶工作时间
3、检测、充电和换电瓶
3.1 Tx 电瓶
3.2 前置放大器电池
3.3 接收机电瓶
4、Tx 和 Rx 的外接电源
5、电瓶维护
深放电保护
电瓶存储条件

A. 初始设定

测量开始前，选择发射回路的尺寸，同步模式（参见 C 2.2.1 章节）以及基本频率。

确定了发射回路的位置后，布置电线，并将它与发射机仪表台的“Loop”接线口相连。对于单匝回路（11），使用红的和黑的香蕉插孔，对于多匝回路（12）使用多针接线口。通过电源电缆（29）将发电机（3）与发射机控制板（2）的电源输入接口“120/240VAC”相连（参见系统接线图）。

通过电源电缆（29），将 TEM67 电源模块（1）与发电机（3）240VAC 输出相连，并且通过模块输出电缆（31）与发射机控制板上的“0 至 100VDC”输入接口相连。

注意：发射机和电源模块可以使用 120V 或 240V，±10%，单相 60Hz 或 50Hz 的电源，但是当使用最大功率时，使用 240V 交流电源更加有效率。各个单元，发射机和电源模块，将根据使用的输入电压的等级自动调节操作。

发射机单元内部可以提供的最大输出电压为 60VDC。为了增大输出电压，可以加一个 100V 的外部直流电源，使总的输出电压达 160VDC。TEM67 电源模块可以提供最大为 90VDC 的附加输出电源。其它的常规直流电源，比如一套 12V 的电瓶，也可以使用，以使总电压达到 150VDC，最多可以采用 8 个 12V 电瓶串联，做为外部电池。对于这种操作，得使用一种特别的可选电缆。

如果使用外部直流电源，它必须与发射机上的“0-100VDC”输入接线口相连。在不使用外部直流电源，或功率模块操作的情况下，要把“DC”触发开关设置在“INT”（内部）位置。如果使用外部直流电源或功率模块，则将开关设置在“EXT”（外部）位置。

B. TEM67 发射机

1、 EM57-MK2 发射机和 TEM67 功率模块 1，发射机回线与发射机控制板连接好后，将“MODE（模式）”开关设定在“CURRENT（电流）”的位置。
2、 将“AC（交流）”和“DC（直流）”电源开关切换到向下（关）的位置，并且将“DC”触发开关设定在“EXT”位置。
3、 对于带晶体同步的单元，将“SYNC”MODE（同步模式）开关设定在“XTAL”位置，而对于没有晶体同步的单元，设定在“REF”位置（参见 C2.2.1 章节），对于在参考（“REF”）模式下操作的发射机，它必须通过参考电缆（25）与接收机相连。
4、 输出电压将等级开关，即位于“MODE”开关上的触发开关，设定在“LD”位置，并将“CURRENT”控制完全拧向发时位置。检查电路断路器（30A）是否处于推进去的状态。
5、 将功率模块输入开关设置成向下（关）的位置，输出电流控制完全处于反时针位置，并且输出电压开关设置在 I 位置。

6、 启动发电机，并检查在 120V 模式操作时，输出电压等级是否在 110V 至 120VAC 的范围内；在 240V 模式操作时输出电压等级是否在 220-250VAC 的范围内。注意，240VAC 模式有较高的效率。
7、 将发射机“AC”开关打到向上（开）的位置，功率模块的输出开关打到向上（开）的位置。
8、 通过将发射机上的“DC”开关设定到“ON”位置，“FREQ”开关设定到“LO”位置（3Hz），向发射机回路提供输出电源，设定“MODE（模式）”开关到“CURRENT”位置，测量输出电流。

发射机最大输出电流为 25A。首先通过调节发射机上的“CURRENT（电流）”控制，然后在调节功率模块上的“CURRENT”控制，来达到期望的电流等级，如果在“CURRENT（电流）”控制设定在完全反时针位置，而 25A 的最大电流（如果这是期望值）达不到，可以将发射机上的输出等级开关设定到“HI”位置，功率模块上的输出等级开关设定到Ⅱ或Ⅲ的位置。

需要建议的是，由于发电机上的低频交变负荷，当在 LO（3Hz）或较低的重复频率操作时，最大电流不会超过 25A。

为了确保输出不超负荷，在将输出电压等级开关设定到功率模块上的“HI”或设定到Ⅱ或Ⅲ位置之前，要把“CURRENT“（电流）控制完全旋转到反时针位置，并且将”DC“电源开关设定到关的位置（向下）。在输出等级开关设定到”HI“位置后，将”DC“电源开关打到”ON“位置。使用”CURRENT“控制来设定期望的输出电流，

> *注意：在超载的情况下，内部保护电路将自切断输出电源，如果电流是在超载状况下测量的，显示器可能显示零或在零电流等级附近。为确保输出不处于超载状况，反时针旋转“CURRENT“控制以输出较低的电压（电流），并且纠正超载状况。*

即使电流设定到超载状况以外，并且反时针旋转“CURRENT（电流）”控制和功率模块内部的电源供给也可能处于超电压保护模式。通常来自发射机的最大输出电压是 60V，来自功率模块的是 90V。在由于发电机效准不好，而导致超电压情况下，发射机的最大输出电压小于 60V；对于功率模块而言，小于 90V。

为了检查超压保护状况，要将发射机上的“DC”开关设定在关的位置、发射机回路与输出断开、并且将“INT/EXT”开关设定在“INT”位置，将“HI/LO”开关设定在“HI”位置，“CURRENT”控制设定在最大。如果不处于超压情况，输出应该为 60V 左右。零或 30V 输出则表明是超电压状况。将“INT/EXT”开关设定在“EXT”位置，并且调节电源模块上的输出电压至最大输出值-“DUTPUT（输出）”开关位于Ⅲ位置。“CURRENT（电流）”控制完全处于顺时针位置，以检查功率模块是否处于超载模式。如果不处于超载状况，来功率模块的附加输出电压应该是 90V。如果输出电压为 0，30 或 60 伏，则功率模块全部或部分处于超电压保护模式。

将发射机及功率模块与电源断开几分钟，然后再做上面的测试，这些仪器设备通常将在几分钟内从超电压状况下恢复。

9、的操作步骤（1-8）建立以后，记录输出电流。将“MODE（模式）”开关设定至“T/O”位置，重复频率开关由“FREQ”切向“HI”位置（30Hz），测量发射机输出电流断开时间（突变时间）。记录断开时间。

10、 将重复频率开关“FREQ”设定至期望的位置。

11、 设定“SYNC MODE（同步模式）”开关至选择的同步模式（参见 2.2.1 章节）。为防止由于切换瞬时可能给发射机输出造成的损坏，在发射机每次操作完成后，下面的步骤必须检查:

- 将发射机单元的“DC”开关设定成向下的位置。
- 将发射机和功率模块上的“AC”开关设定成向下的位置。
- 关闭发电机

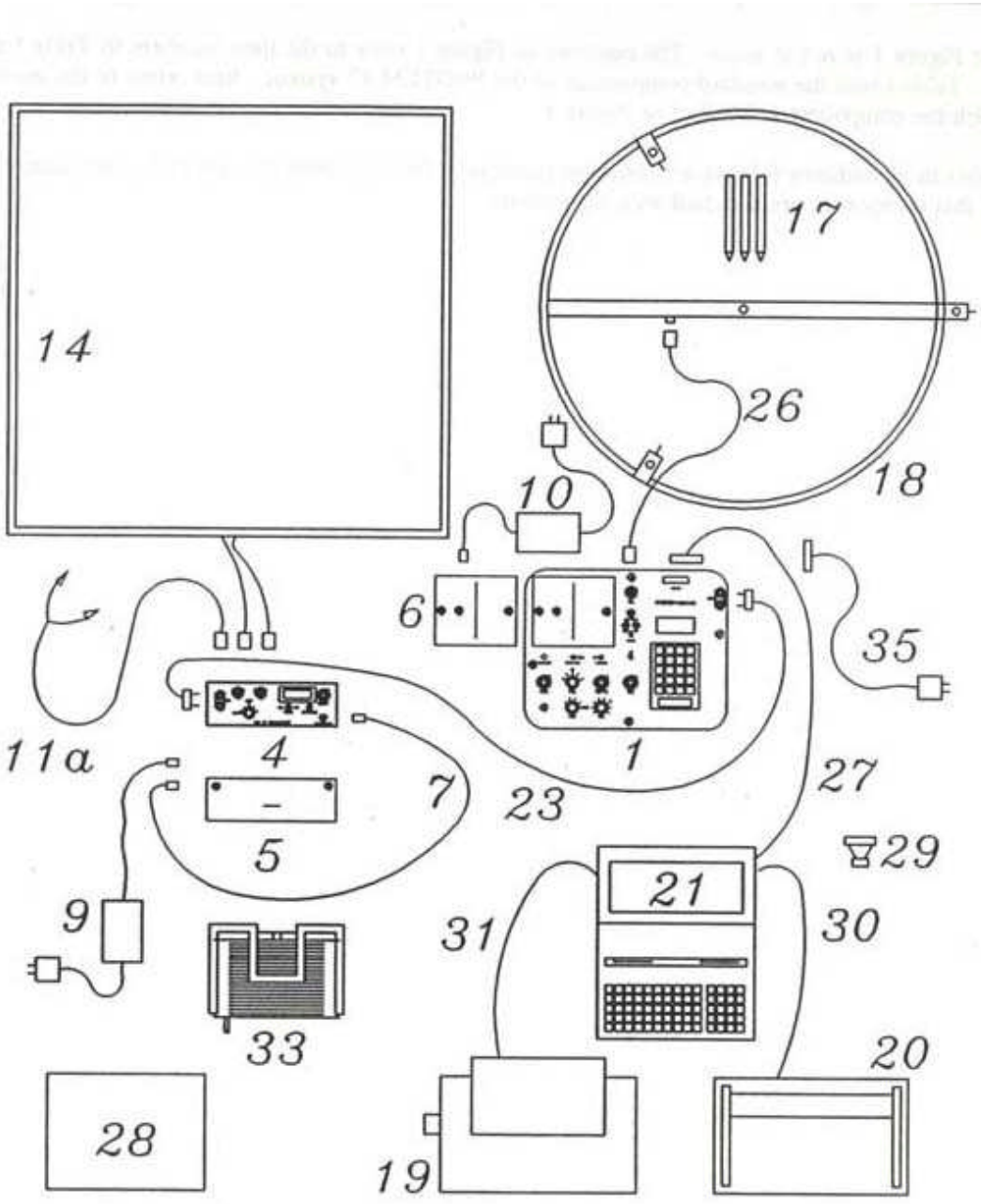
如果晶体同步选择“DVEN”控制，对于较老型号的晶体，发射机上的显示器显示读数约为满量程的 1/3; 对于较新型号的晶体，显示器最初显示满量程（1,000）; 5 至 10 分钟后降为零。

12、 电源开关

确认内部的接线频率开关设定在当地电源的频率（60Hz 或 50Hz）。如下面草图所示，频率开关正好位于发射机仪表台内的回路接线口的下方。

在图 1 中列出了 PROTEM47 系统的标准组成和可选项。

注意，图 1 没有比例尺。图 1 中每个数字所代表的意义，见表 1 和表 2。表 1 中列出了 PROTEM47 系统的标准组成。



PROTEM 47

PROTEM 高频线圈结构

在测量时，必须把小型的 PROTEM 高频接收线圈组装完善，即前置放大器臂垂直地跨接在线圈上。

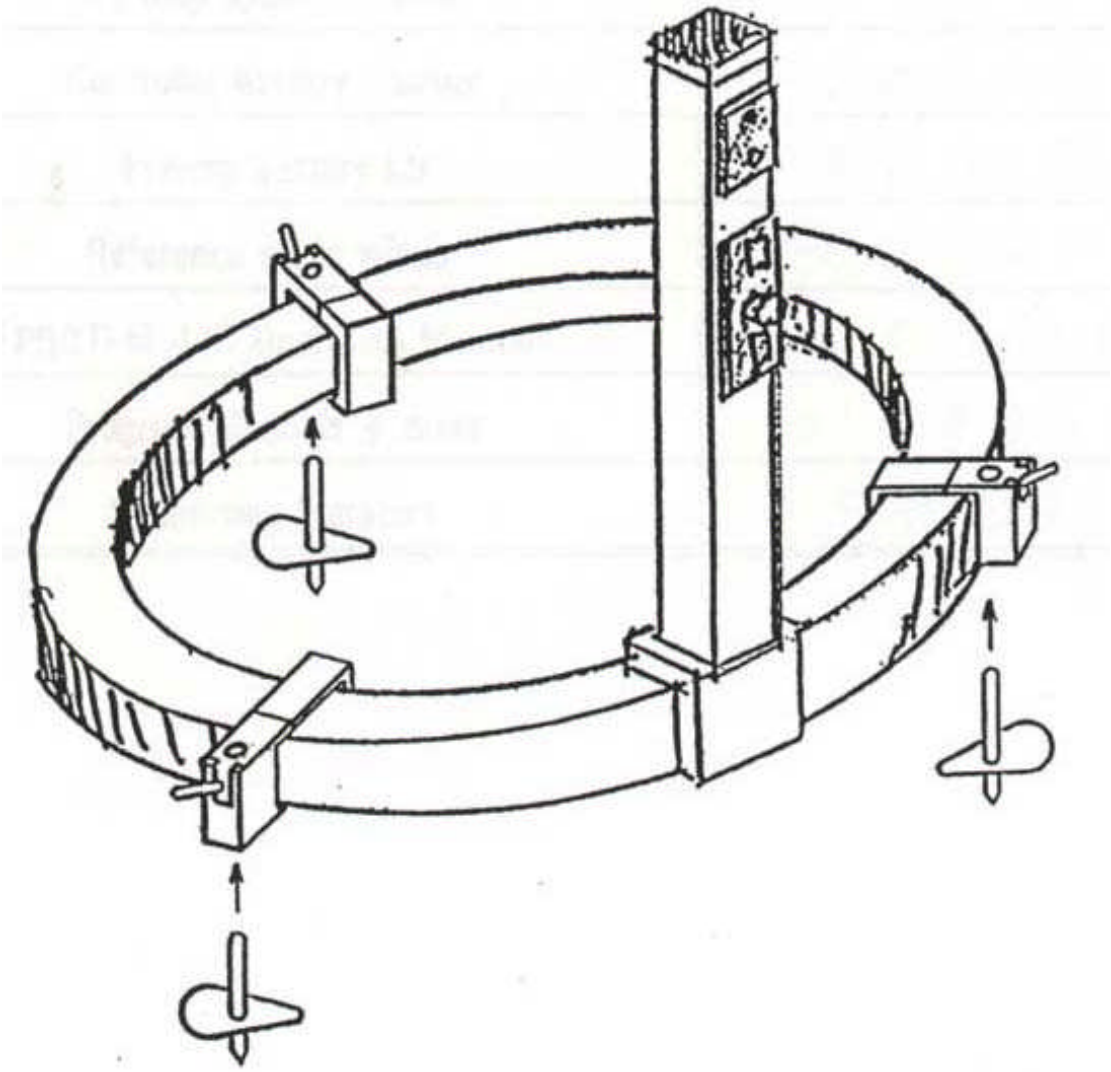


表 1 是 PROTEM47 的标准组成内容，表中数字参照图 1

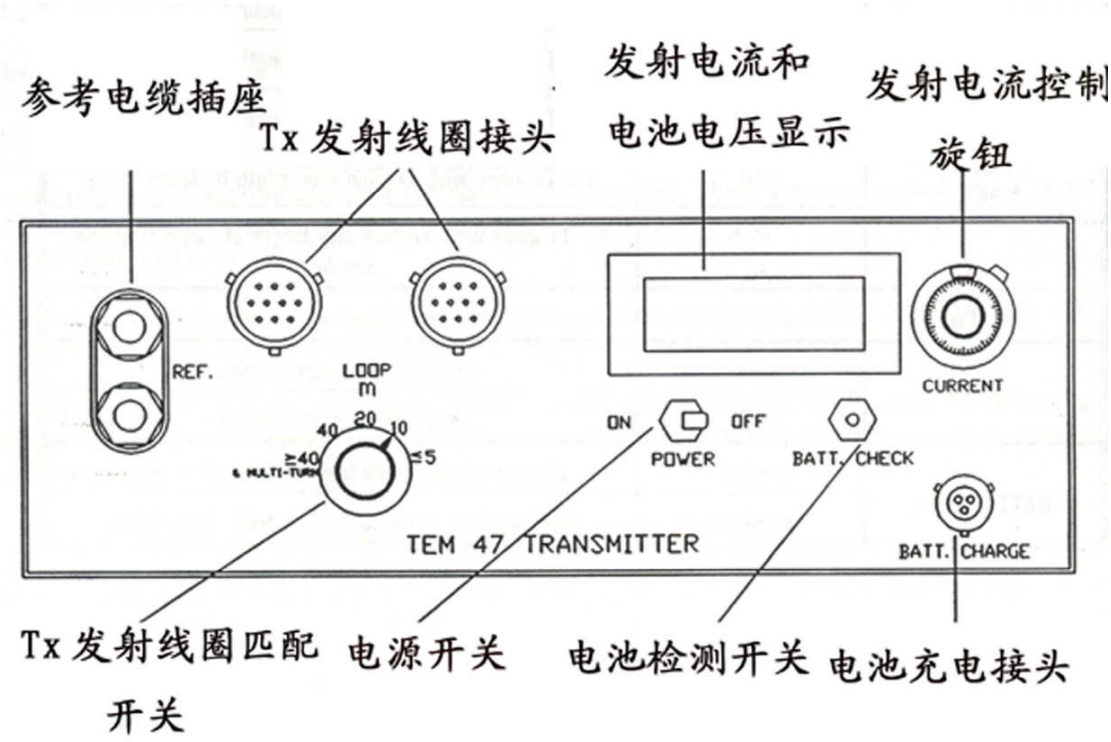
Item	Name	Notes
1	PROTEM-D Receiver (Rx)	PROTEM-D 接收器（Rx）
4	TEM47 Transmitter (Tx)	TEM47 发射机（Tx）
5	Spare Tx battery	备用的 Tx 电池
6	Spare Rx battery	备用的 Rx 电池
9,10	Rx/Tx battery charger (2)	Rx/Tx 电池充电
11a	Tx loop cable	Tx 回线电缆
17	Rx coil leg (3)	Rx 线圈腿
18	Rx coil (high frequency)	Rx 线圈（高频）
23	Reference cable	参考电缆
26	Signal cable (2)	信号电缆
27	Rx to computer cable	Rx 至计算机电缆
29	25 pin to 9 pin adapter	25 针到 9 针适匹接头
33	Tx loop spool and wire	Tx 回线卷筒
35	Controller battery charger	电池充电控制器
	Preamp battery (2)	前置放大器电池
	Reference cable winder	参数电缆线盘
	PROTEM 47D Operating Manual	PROTEM47 操作手册
	Program Manuals + disks	程序手册 + 软盘
	Supporting literature	宣传材料

表 2 是 PROTEM47 的选项，表中数字参照图 1

Item	Name	Notes
7	Spare Tx battery cable	备用 Tx 电池电缆
14	Multi-turn Tx loop	多匝 Tx 发射线圈
19	Printer	打印机
20	Plotter	绘图仪
21	Portable computer	便携式计算机
28	PROTEM 47 spare parts kit	PROTEM 47 另配件箱
30	Computer to plotter cable	计算机—绘图仪电缆
31	Computer to printer cable	计算机—打印机电缆
	Power cords (2)	电源线（2）
	Computer battery charger	计算机电池充电器
	Rx coil (mid frequency)	Rx 线圈（中频）
	Mid frequency signal cable (2)	中频信号电缆（2）
	220V/110V transformer and power bar	220V/110V 变压器和保险器
	Spare preamp battery (2)	前放配件（2）
	Breakout kit	
	Rx OUTPUT plug	Rx 输出插头
	Rx test coil	Rx 测试线圈
	TEMIX 47 Manual and Disk	TEMIX 47 手册和软盘

C. PROTEM 47 发射机（Tx）

图 2 是 PROTEM 47 发射机（Tx）的特点和控制部分图示。注意，Tx 早期产品的模拟表头已被数字显示所代替。



PROTEM 47 发射机（Tx）

表 III 中列出了 Tx 控制旋钮和开关及其功能。

表 III：Tx 控制旋钮和开关

名称	位置	功能
Loop m	>40	Tx 发射线圈平均边长大于 40m，多匝
	40	Tx 发射线圈平均边长约 40m
	20	Tx 发射线圈平均边长约 20m
	10	Tx 发射线圈平均边长约 10m
	≤5	Tx 发射线圈平均边长约 5m 或小于 5m
电流（current）	整个旋钮	设置 Tx 发射线圈中的电流
电源（power）	OFF	切断 Tx 发射线圈中的电流
	ON	接通 Tx 发射线圈中的电流
电池 (BATT.CHECK)	正常	在前面板上显示 Tx 发射线圈中的电流值
	压下	在前面板上显示 Tx 电池的电压值

D. PROTEM 数字接收器

1、 介绍

PROTEM 数字接收器是一个同时测量 3 分量（3D）时域的 EM 接收器。所有的功能都由一个内部计算机控制，它借助一对小键盘接受操作员的指令，并且在一个字符/图形液晶显示屏上发出信息或显示结果。接收器的操作完全按菜单进行。

在本手册中，参考章节用括号内的章节号表示，如（2.2.7）；或者用一个短句表示，如参见 2.2.7 章节。

接收器可以在 7 个重复频率（RR）下工作，它们用 U、V、H、M、L、K 和 J 表示，在电源频率为 60Hz 的区域，这些字母分别代表 285、75、30、7.5、3、0.75 和 0.3Hz；在电源频率为 50Hz 的区域，分别代表 237.5、62.5、25、6.25、2.5、0.625 和 0.25Hz。注意，在非常低的重复频率，比如 J 和 K，每当相应的测量和同步功能启动后，仪表反应总是变得比较慢。这些功能包括复位（1.2.4），返回主菜单（1.4），自动增益范围测量（2.2.4），校准（2.2.9，2.3.3，2.3.4），测量（3.1）等。

当使用 3D 线圈时（2.2.3），接收器可以同时测量 Z，X 和 Y 分量。当使用 1D 线圈时，它可以按顺序测量 Z，X 和 Y 分量。

在一些子菜单中，箭头用来指示屏幕上显示的参数的多个选择中的当前值。比如：在 ADJUST（调节）子菜单中的第五行，七个重复频率显示如下：

285 75 →30 7.5 3 0.75 0.3

因为箭头指示在 30，当前的重复频率即为 30Hz。要选择另一个值，移动光标到期望的选择，然后按 ENT（确认）键。

Rx 和 Tx 是 PROTEM 数字接收器和 GEONICS 发射器的缩写。

1.1 接收器盖

有一些设施安装在接收盖上，如图 3 所示。

LCD 是一个 40×8 字符/240×64 像素的液晶显示。它的对比度是可调节的。

信号电缆插孔安装在内部仪表盘上。它连接三种不同类型的 GEONICS 接收线圈电缆：低频线圈（LF），高频线圈（HF）和 3D 线圈。在晶体模式，当 Tx 和 Rx 需要进行同步时，它也与同步电缆连接。

RS-232 接口用于从 Rx 向主计算机传送记录的数据（4.2）。
参考电缆插孔，在参考模式中用来向 Tx 提供一个控制信号。

键盘有 24 个键，它们的功能汇总在 1.1.1 章节中。
当 Rx 不使用是，防护罩可以关闭以保护 LDC、键盘和接线口。

1.1.1 键的功能

1-9: 数字键

0/OUT:

当 LCD 在字符模式中，表示 0 键，当 LCD 在图形模式中，OUT 表示退出图形显示。

MM:

返回主菜单。MM 提供了一个安全的方法来中断任何正运行的功能。在晶体模式，同步不受干扰。

MM-1:

同时按住 MM 和 1 键，可以使内部计算机复位，重新启动，通常不需要进行复位操作，因为当 Rx 打开时，它会自动进行。在晶体模式，复位不干扰同步。

ENT:

ENT 键用来确认一个新的输入或一个已有的选择或启动一个正由光标指示的功能。在实时图形信号显示中（2.2.5 和 2.7），按 ENT 键则开始一个新的采样周期，并且接着更新屏幕内容。

N，S，E，W:

方向键用来输入线和测量站的方向。当键入一个负的 Rx 延迟时间（2.2.7）时，N 也用来输入一个负号（-）。在 MEASUREC（测量）子菜单中，按 N 键用来显示所选择向量在图形模式中的噪音。按 E，则重复最近的测量，并且不增加测量站号。

↑,↓:

在绝大部分子菜单中，用来上下移动光标，在 START（启动）菜单和 MENU（主菜单）（1.4.1）中用来增大或减小 LCD 对比度。在 RECALL（回叫）（3.2.1 和 3.2.2），MEASURE（测量）（3.1.1）和 CALIBRATION CHECK（校准检查）（2.2.9）图形模式中，选择光标指示的当前参数的下一个值。在 PROFILE（剖面）（3.3）和 SCOPE（示波器）（2.7）图形模式中，将显示的曲线上、下移动。

←,→:

在大部分菜单中，将光标左右移动，在 RECALL（回叫）（3.2.1 和 3.2.2），校准检查（2.2.9）图形模式中，将光标移动到下一个参数。在 NOISEDISPLAY（噪音显示）（2.2.5），SCOPE（示波器）（2.7）和 PROFLIE（分布图）（3.3）图形模式中，将显示的曲线左右移动。

◄►,►◄:

只在图形模式中使用的图形显示控制键。在回叫(3.2),校准检查(2.2.9),示波器(2.7)和测量(3.1.1)图形模式中,以屏幕左端为基准,将显示的曲线水平地扩展/压缩。在剖面(3.3)图形模式中,以屏幕的中点为基准,在水平方向上扩展/压缩显示的曲线。

▲ ▼

▼,▲:

只在图形模式中使用的图形显示控制键。在 SCOPE 示波器(2.7)和 PROFLIE(剖面)(3.3)图形模式中,以中心线为基准,在垂直方向上扩展/压缩曲线。在回叫(3.2.1),校准检查(2.2.9)和测量(3.1.1)图形模式中,将显示的曲线左右移动。

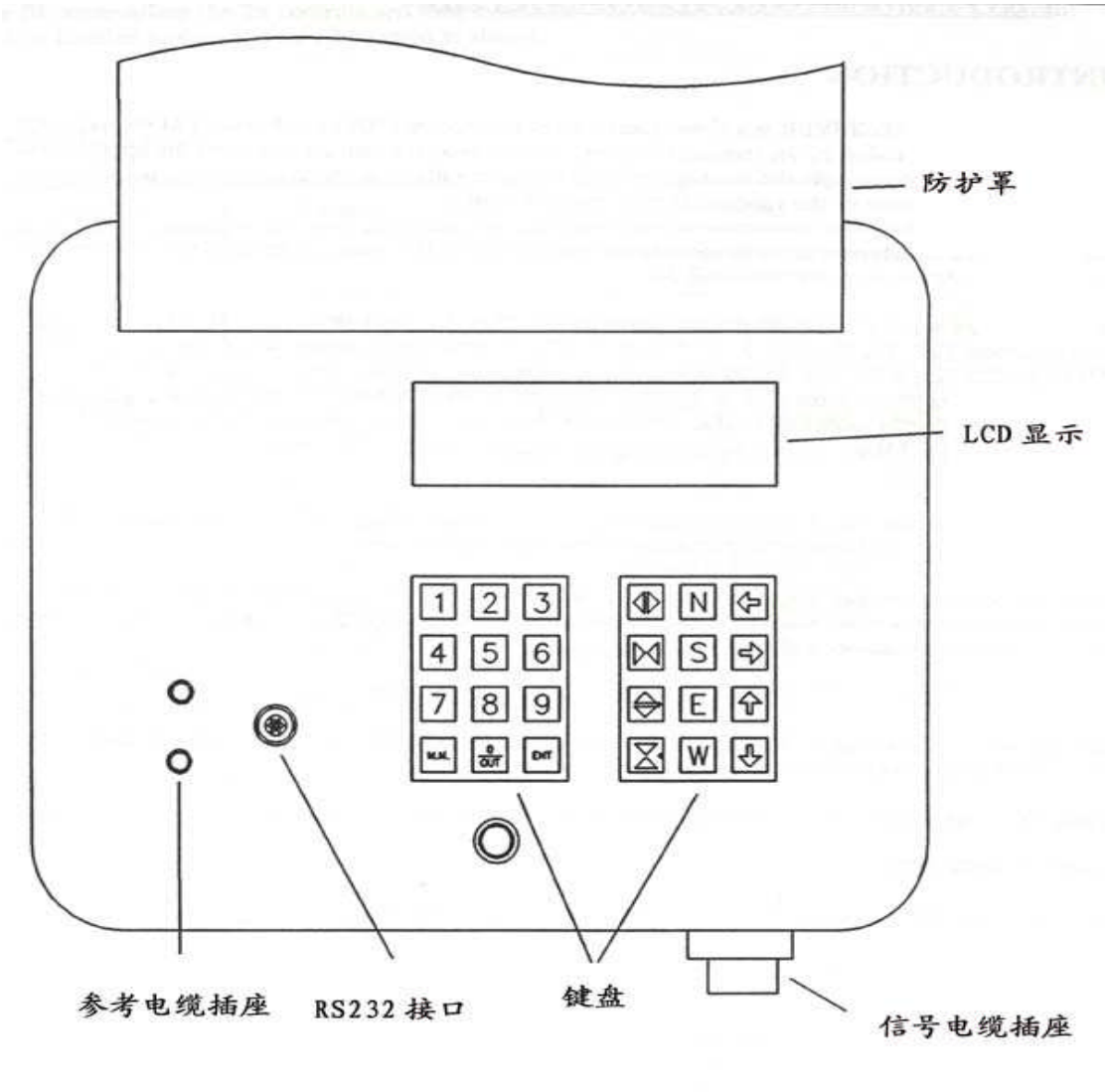


图 3 接收器盖

1.2 内部仪表盘

在内部仪表上安装有一个电源开关，一个指示灯，一个外部电池接线口，一个信号电缆接线口以及一个可拆卸电池组件。

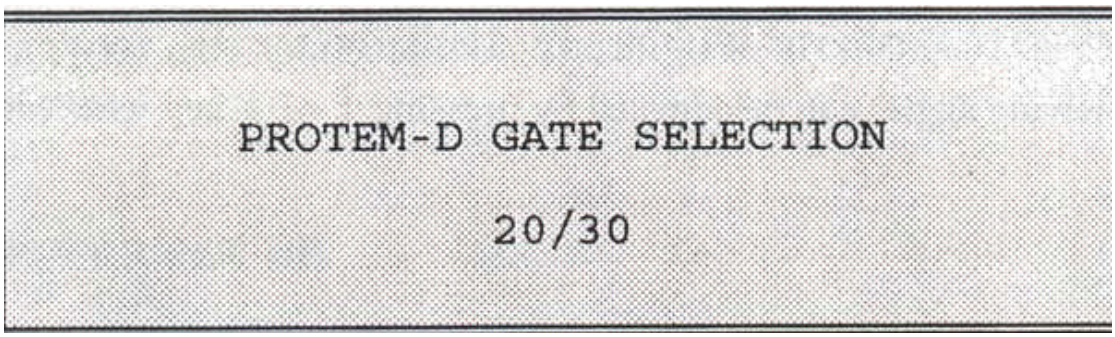
电源开关是一个双位置开关，它可以在开和关之间拨动。灯用来指示 Rx 是“ON（开）”还是“OFF（关）”。闪烁的灯光表示电池电量低（ST），当仪表罩 关闭时，信号电缆接线口仍可以连接。

1.3 内部开关

在 Rx 内部的主板上安装有两个触发开关。一旦将仪表底座从箱体中拉出，它们很容易接触到。一个开关用来指示内部计算机所用的当地电源的频率，另一个开关用来指示单极/双极参考选择。(一些较老型的 TEM57 和 TEM37 发射器使用单数基准信号，而最近所有的 PROTEM 发射器都使用偶极参考信号)，它们的功能和位置都清楚的标在主板上。

在安装晶体的托架上装有一个额定值为 3 安电源断路器。当按钮被按进去时，断路器按通，当按钮拉出时，断路器被关闭。当 Rx 在使用时，断路器必须接通。

1.4 启动菜单



当 Rx 前次使用，或者 MM+1（复位）键被按后，启动菜单将出现在显示屏上，如上图所示。

通过按←或→键，可以使光标左移或右移，选择 20 或 30 门操作。按 ENT 键，以输入显示的选择。

1.4.1 显示对比度调节

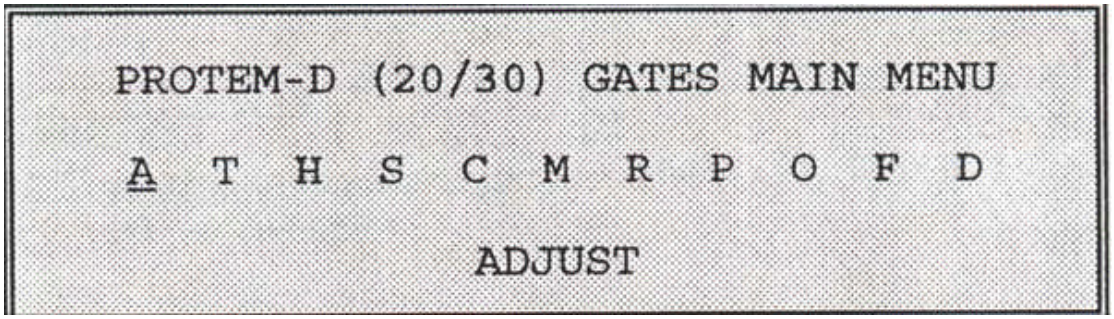
每当启动菜单显示时，LCD 对比度（或视面）可以通过↑或↓键来调节。

Rx 接通或复位后，如果启动菜单没有显示在 LCD 上，按住↑键直到主菜单出现，这也许要持续用 20 秒钟。

1.4.2 复位

为了复位 Rx，必须同时按住 MM 键和数字键 1，然后一起松开。复位将不影响存贮在内存中的数据和参数，如果 Rx 处在晶体（CRYSTAL）模式，这也不会影响同步。

1.5 主菜单



当启动菜单选择好，按 ENT 键确认，则 MAIN MENU（主菜单）出现在显示屏上，如上图所示。

中间一行的字母 A，T，H……D 分别代表子菜单：ADJUST（调节），TEST（测试），HEADER（标题），STATION（测量站），COMPOMENT（向量），MEASURE（测量），RECALL（回叫），PROFILE（剖面图），OSCILLOSOPE（示波器），FILE（文件）和 DUMP（转贮）。当前选择的子菜单，由闪烁的光标指示，其分务显示在最底下一行。

可以通过按←或→键，向左或向右移动光标，按 ENT 键，即可输入显示的子菜单。

当主菜单显示时，通过↑或↓键可以调节 LCD 对比度（或视角）。

2、 设定测量参数

Rx 的初始化和设定可以通过内部计算机自动进行，计算机可以使设定值保持以前的测量值。它些设定可以通过使用子菜单 ADJUST（调节），TEST（测试），HEADER（标题），STATION（测量站），COMPO MENT（向量）来进行校对和改变。SCOPE（示波图）（2.7）功能在分析实时信号/噪音时是非常有用的。

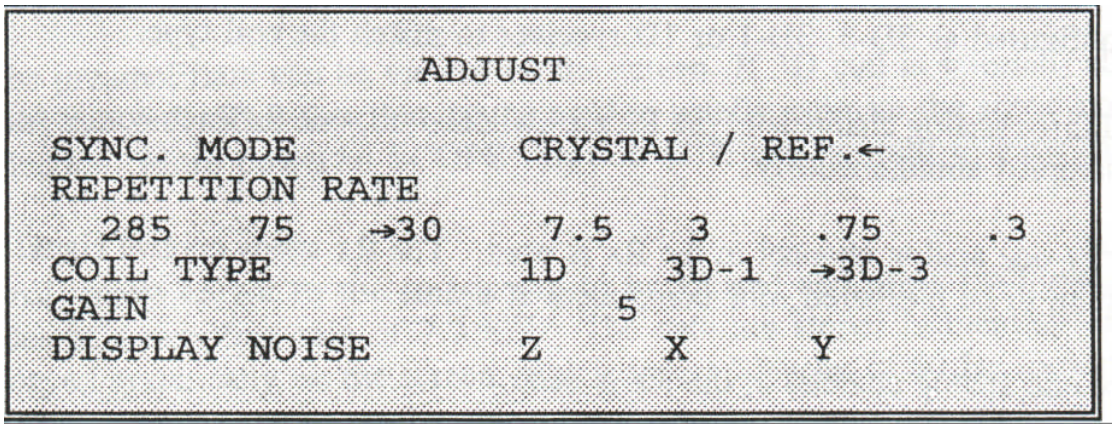
2.1 初始计算机设定

Rx 接通或复位（同时按 MM+1）后内部计算机初始化 Rx 并根据以前的设定值设定各参数。这个初始化过程通常只需要几秒钟，除非重复频率非常低，如 K 或 J。

计算机也将检查内存，详细情况参见 5.9 章节。

2.2 ADJUST（调节）子菜单

该子菜单可以查阅大部分 RX 参数的设定值，并接受对它们的改动 ADJUST 有两页。当光标到达第一页的最后一行时，第二页即被卷过来，第一页的最后一行显示在顶部。



调节—第一页

当进入 ADJUST 子菜单时，光标出现在第五行（线圈类型），可以通过四个光标键↑，↓，→和←来回移动光标。

2.2.1 同步模式

Geonics 公司生产三种时间域的发射机，它们是 TEM36（67），TEM47 和 TEM57（MK2）。这三种发射机均可在参考模式下工作。如果在发射机中装有高稳定性的晶体模块的话，TEM37 和 TEM57 还可在晶体模式下工作，以省去参考电缆。但 TEM47 发射机仅能在参考模式下工作。

在参考模式下，Rx 可以工作在所有的 7 个重复频率上：U，V，H，M，L，K 和 J。参考电缆用来连接 Tx 和 Rx。具有选定重复频率的同步信号籍助于参考电缆传递给 Tx，以使 Tx 和 Rx 同步。

在参考模式工作的 Rx 不需要预热，参数一设定好，测量就能够开始。有一个例外是当环境温度低于-20˚C 时，在显示变得清晰可视之前，LCD 加热器需要两分钟加热 LCD 显示屏。

2.2.2 重复频率

如果选择 20 门，Rx 能够在 7 个不同重复频率下工作，如果采用 30 门模式，则

可以在 5 个不同重复频率下工作。当前选择的重复频率用一个箭头指示。移动光标到期望的重复频率并按 ENT 键或↓键，则可能改变重复频率，对于 30 门模式，最高的重复频率是 30（25）。

一旦重复频率改变了，Rx 延迟时间（在 ADJUST（调节）的第二页），被复位成零，即标准的延迟时间设定植。如果 Rx 的 DELAY（延迟）是合乎要求的，则进入调节子菜单的第二页面并设定延迟时间（2.2.7）。一个非零的设定值能够使所有的门移动一个等量的时间。

2.2.3 线圈类型

Rx 可以组态成 3D-3，3D-1，1D 或 BH3D 接收器，以与线圈类型相匹配。

在 3D-3 模式中，Rx 中所有 3 个模拟道都是通的，每个模拟道对应一个分量，所有三个分量都同时取样。

在 3D-1 模式中，Rx 中只有一个模拟频道是有用的。Rx 向 3D-1 线圈发送控制信号来选择被测量的分量，一个时间测一个分量。

在 1D 模式中，Rx 中只有一个模式道可以使用。

在 BH3D 模式中，可以使用 GEONICS 的分量钻孔探测器。

在 3D-1 或 1D 模式中，第二和第三前置放大器板（PRE-2 和 PRE-3）以及第二模拟板（ANA-3）可以从 Rx 中拔出来，以减少重量（2 磅）和电耗（3.5 瓦）。

GEONICS3D 线圈需要 Rx 电缆供电，但 1D 线圈不需要。当选择使用 3D-1 或 3D-3 线圈，并用一个 3D 线圈电缆与 Rx 相连时，则在线圈接线口处有±12V 的供给电源存在。

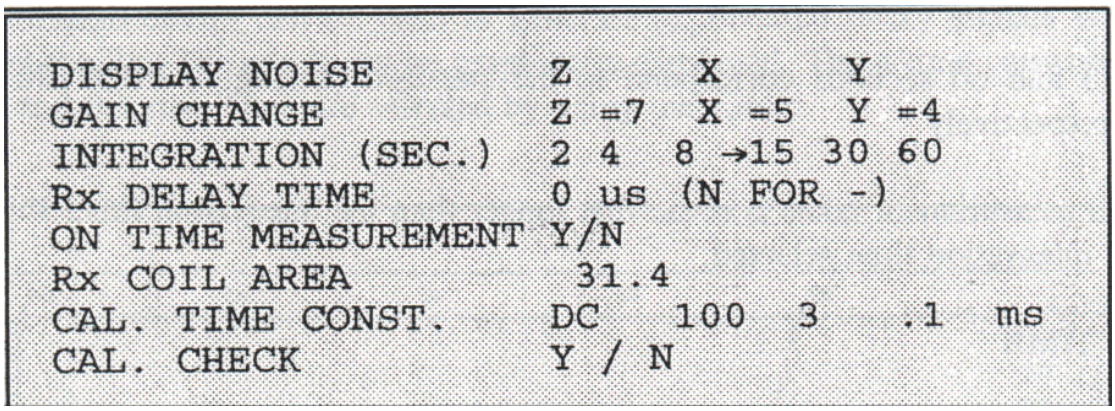
线圈类型选择由一个指示箭头来确认。

2.2.4 增益

Rx 增益以 2 为级来进行选择。增益 1、2……7 相应地代表 G_0x1、x2、……x64，其中 G_0 是 Rx 的基本增益。在 3D-3 模式中，对于每个分量，增益是独立选择的。

在这个模式中，GAIN 表示最近的增益设定植，在调节子菜单的第二页中选择。

在较老版的接受器程序中，有一个模式用于自动的增益选择。因为这是一个“一次性过程”，在测量过程中增益变化不是自动的，因而不能推荐该模式。



调节—第二页

2.2.5 噪音显示和增益变化

前置放大器的输出可以在显示屏上观察到，如果选择使用 3D 线圈，所有 3 个向量都能观察到，但一次只能一个。这个功能可以用来大致估计信号/噪音等级，并且有助于选择增益。更强大的 SCOPE（示波器）功能可以用来观察进行信号的详细情况。

为了观察信号，将光标移动到要观察的分量并且按 ENT。在 7.2KHz 的采样速率下，信号被采样 500 次，数据被存贮在内存里，并且第一批 240 个样本以图形型式显示在屏幕上，它覆盖了两个 60Hz 的周期（北点的电源频率）。←键可以用来向左移动显示的曲线，以观察其它的采样数据。

水平中心线被当做零准线，屏幕的上限和下限代表前置放大器的动态范围的极限。

一旦进入图形模式，每次按 EXT 键将开始一个新的采样系列，显示也更新。如果一直保持按着 ENT，显示将继续更新。

按 0/OUT 键，则退出图形模式，增益将再次显示，如果需要，可以通过键入新的增益值来改变增益。另外，用 ENT 键确认，或用↓键将光标移到下一行。为了观察另一个分量，需要将光标移到那个分量并按 ENT 键确认。

2.2.6 积分时间

每个测量的积分可从 0.25 秒到 120 秒选择范围内选择.由于显示屏尺寸的限制,两个终端值 0.25 秒和 120 秒不在初始时显示。为选择一个积分时间，将光标移到那个值并且按 ENT 键，为选择 0.25 秒或 120 秒按←键或→键。直到 0.25 秒或 120 秒出现，然后按 ENT 键。选择的积分时间通过指向那个值的肩头来确认。

积分时间 15 秒和 60 秒相对应于标准 PROTEM 接收器的平均值 8 和 10。

每次测量所花的总的时间比积分时间稍微长一些，它依赖于重复频率和选择的积分时间。

2.2.7 延迟时间

标准和缺省 Rx 延迟时间是零，这用来设定在门表格（6）中所规定的门位置，在 REF（参考）和 CRYSTAL（晶体）模式中，测量门可以移到比较靠近 Tx 电流脉冲下降边或者比较远离下降边。在一个 Tx 电流周期中，可以允许在任何地方以 1μs 递增的方式安置 20 个门，所有的这 20 个门都移到一起作为一组。

为了将门比较接近下降边，可以使用 N 键输入 “-”，然后键入这个值。为了将门移运至比较远离下降边，直接键入这个值。为了校正一个错误，可以上移光标至积分时间行，并且返回至 Rx 延迟时间行，然后键入一个新值，或者键入一个前后带有足够多零的新值。

每次重复频率改变，延迟时间都会被复位至零。

注意：如果第一个门的中心进入了 Tx 的接通时间里，对于所有的 20 个门的视电阻率值计算(仅对 Z 分量有效)不能进行(3.2)。比如，如果 Rx 延迟时间=-90μs，重复频率=30Hz，则第一个门的中心在 Tx 的接通时间里。

2.2.8 接通时间测量

该选项允许顺序（自动）测量两组门的位置。它可以在发射机断开时间（标准步骤）和在接通时间（接通时间测量）用来进行测量。如果 Y 被选择了，则两组测量将执行；第一组是标准门 20（30）测量，延迟时间自动设定为零，而第二组测量的延迟时间设定按前面的 2.2.7 节。例如，如果 Rx 延迟时间=-1000μs，并且重复频率为 30 Hz，则第一组测量的第一个门在发射机 T/O 时间 80μs 后开始测量，第二组测量（接通时间）的第一个门的开始时间是在发射机断开之前的初期的 100μs 之内。

2.2.9 Rx 线圈面积

接受器线圈有效面积在这里输入单位是 m^2。如果线圈系统带一个内置的前置放大器，则有效面积为线圈面积，匝数和内置的前置放大器的增益三者的乘积。

Rx 线圈面积是带头文件的一个部分。每次 Rx 线圈面积被改变，则当前的数据文件被关闭，一个新的文件被打开（4.1）。

小数点位置被预先固定，如输入 31.4m^2，就键入 3.1.4。

2.2.10 校准时间常数和校准检查

一个内置的校准电路可以用来产生带有 4 个不同时间常数的指数表衰减信号，用

来测试 Rx。信号用图形方式显示，这四个时间常数是无穷大（DC），100ms,3ms 和 0.1ms。它们可以用光标来选择。

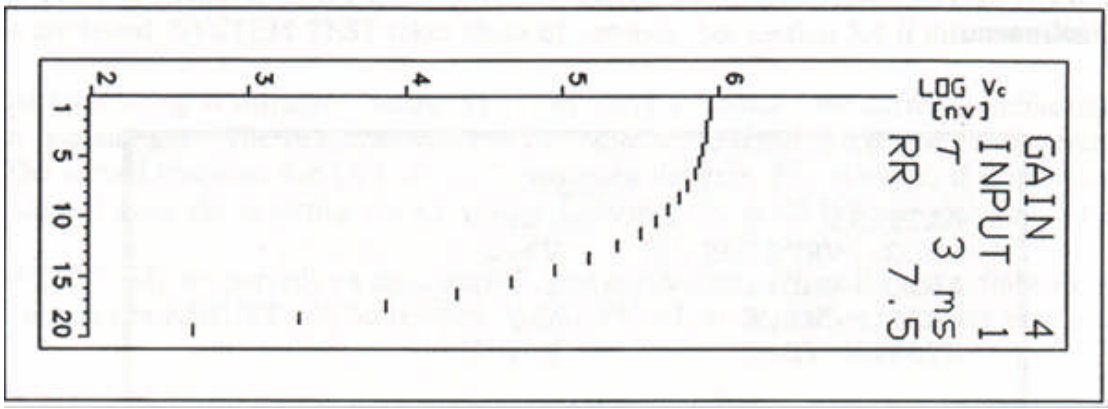


图 4 标准曲线显示

除了最低的两个重复频率外，校准检查需要花两三秒钟，一个典型的显示如图 4 中所示。垂直轴代表 20 个门，水平轴表示经过 Rx 输入电压校正的测量电压值的幅度，单位是毫伏，门的值用 20 个“-”符号表示。如果使用 30 门模式，则按↓键以显示最后 10 个门（21-30 门）。

在屏幕的右侧，显示着四个参数并且可以改变数值，使用→或←键选择要被改变的参数，再用↑或↓键将参数改变成下一个较高值或较低值。

如果增益、时间常数和重复频率的组合被改变，则采集和显示一套新的数据。在 3D-3 模式中，所有的 3 个分量都按同一种增益、时间常数和重复频率组合进行采样，并且数据被临时存入内存中。当 INPUT（输入）变化时，相关的分量的已存入内存的数据将显示出来，没有新的采样发生。如果在 2.2.3 章节中选择了 1D 或 3D-1 模式，输入 2 和 3 将是无效的。如果试图改变 INPUT（输入）将会显示一个出错信息“只有一个前置放大器是有效的!”

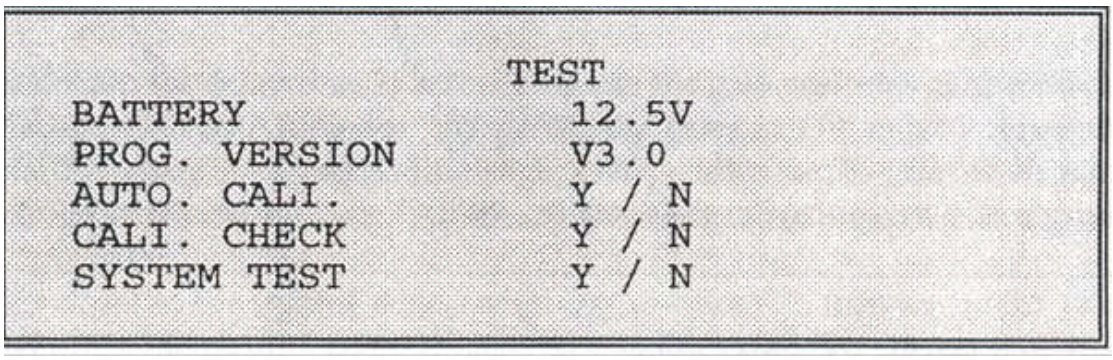
为了校准检查，可临时改变增益或重复频率。它不会影响增益和重复频率的设定值。在 CRYSTAL（晶体）模式，重复频率的改变将不会影响与 Tx 的同步。校准检查一完成，正确的增益和重复频率（以及 CRYSTAL 模式中的同步）将被恢复。

四个图形控制键可以用来改变显示。 ▼和▲用来将显示的曲线向左移和向右移

▲ ▼

（实际键上右则的小三角形表示移动方向），►◄和◄►用来改变水平量程，最少一个十位刻度或最多 8 个十位刻度可以被显示。按 0/OUT 或 MM 键，退出校准模式。

2.3 测试（TEST）子菜单



测试子菜单

2.3.1 电池和程序版本

在测试子菜单中，屏幕上的电池电压数据是连续更新的。如果电池电压低于 9.7V（近视值），电池保护电路将关闭 Rx。

第三行显示目前 Rx 安装的软件版本号。

2.3.2 自动校准

接收器全部的电路可以在大约 30 秒的时间内进行自动校准。当校准完成时，一组校准系数被存贮于内存中，其中每个系数对应于每一个积分门，并且它们将保持到下一次自动校准完成。一般情况下，如果 Rx 没有使用超过 3 个月时间，在下次使用之前必须进行自动校准，如果线圈类型从 1D 改变到 3D，或者 Rx 的任何电路板被改变、修理或修改，自动校准也必须进行。

自动校准不影响增益和重复频率。在 CRYSTAL（晶体）模式中，它也不影响同步。

如果 Rx 自动校准失败，复位或关闭 Rx，再打开 Rx 重试。如果仍然失败。参见 5.4 章节。

2.3.3 校准检查（CAILIBRATION CAECK）

这个子程序提供了一个快速检查 Rx 的方式，它使用一个内部校准信号在当前选择的重复频率和增益组合情况下检查 Rx。除了在两个最低重复频率外，其它重复频率的校准检查将在几秒钟内完成，在最低频率它可能需花 22 秒钟。

如果任何当前选择的分量没有通过这个检查，屏幕上将出现“失败”信息，详细情况参见 5.4 章节。

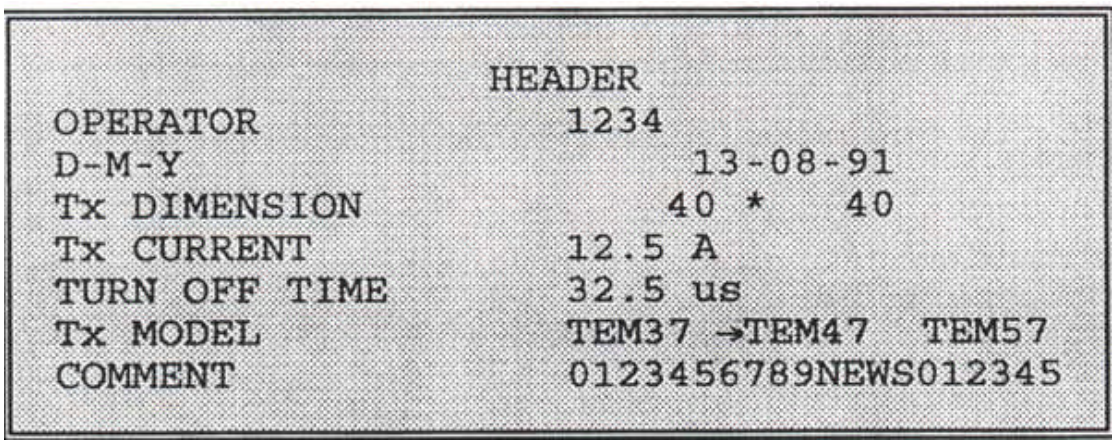
2.3.4 系统测试（SYSTEM　　TEST）

系统测试与校准检查相似，但在系统测试中所有的重复频率和增益都要被测试。系统测试大约花费 65 秒钟，如果测试失败，参见 5.4 章节。

在系统测试过程中，将会显示一个两个字符串，用来指示当前的重复频率和增益组合情况。第一个字符可能是 1，2，3……7 表示增益,比如显示屏显 H5，表示内部计算机正在高频（30Hz 或 25Hz）和增益 5（2.2.4）的状态下测试 Rx。

系统测试只临时改变重复频率和增益的设定值，当测试完成时，在调节子菜单中的重复频率和增益将恢复，在晶体（CRYSTAL）模式中，它不影响与 Tx 的同步。

2.4 带头子菜单（HEADER）



带头子菜单

带头子菜单提供了一种输入带头信息的方式。

一个数据文件的带头是一个包含了发射机系统各种参数和一些其他信息的记录。当带头子菜单中的任何输入被改变时，当前打开的数据文件将关闭。一个新的带头记录将形成，并且在内存中一个新的数据文件将被打开（4.1）。

操作员（DPERATOR）: 操作员信息可以通过输入一个最多 4 位数的数组来表示。

日期（日-月-年）DATE（D-M-Y）: 日期信息可以通过数字键输入，并且 ENT 或↓键确认。

Tx 尺寸: Tx 回路的尺寸可以用两组数字来定义，每组最多千个数字，单位是平方。

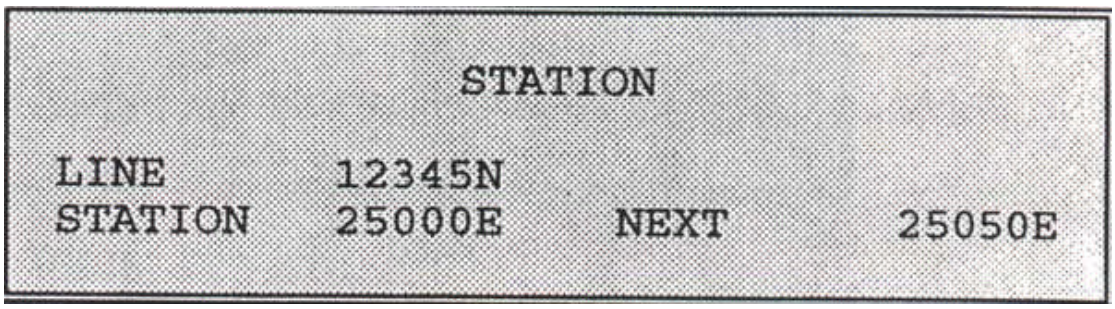
Tx 电流: 该参数按照 0.1A 的单位输入，小数点位置预先固定比如，输入 12.0A 就按 120 键。

断开时间：Tx 断开时间在此输入，单位是 0.1μs，小数点位置预先固定，断开时间不能比零小，并且对于每一个重复频率都有一个上限值。对于重复频率 U 和 V，上限值是 18 和 500μs；对于重复频率 H 和更低的，上限值是 999.9μs。如果一个大于上限的数被输入，在测量刚开始之前，它将与上限断开，并且当重新进入带头子菜单时，一个新的值将显示。

Tx 型号：Tx 型号通过移动光标位置来选择 Tx 型号，并用 ENT 或↓键确认选择。一个箭头用来指示选择的型号。因为不同的 Tx 型号有不同的延迟时间，Tx 型号必须正确，以确保测量门处于正确位置。注意 TEM67 等于 TEM37，TEN57-MK2 等于 TEM57 发射机。

说明：说明可以输入一个最多 20 个字母-数字的字符串作为说明，有效的字符是 0-9 和字母 N，S，E 及 W。

2.5 测量站子菜单



测量站子菜单

线号，测量站号以及下一个站号在这个子菜单中输入，如图所示:

线号是一个最多 6 个字母-数字组成的字符串。测量站号可以是一个最多 6 个数字的字符串，或者 5 个数字最后带一个方向字母（N，S，E 或 W）的字符串。

为了输入一个线号或测量站号，需要将光标移动到位，键入号码，并且用 ENT 键进行确认，光标将返回到当前测量站的位置。第二次按 ENT 键将会退出测量站子菜单。

Rx 有自动测量站号递进功能（ASNA）。当测量站沿着测量线等距分布时，这个功能最方便。在菜单中测量站（STATION）位置键入当前的站号，并且在下一个站位置（NEXT）键入下一个站号，就可以启动这个功能，然后开始测量。在测量结束时，数据就会记录在当前站号下，通过从下一个测量站号中减去当前的站号计算出站号的增量。增量加上下一个测量站号形成新的新一个测量站，“老”的下一个测量站做为新的当前站号被复制到当前站的位置。因而对于整个测量线，测量站号仅需输入一次。

为了撤消这个功能，每次改变测量站号时，在测量站和下一个测量站输入同一个站号即可。

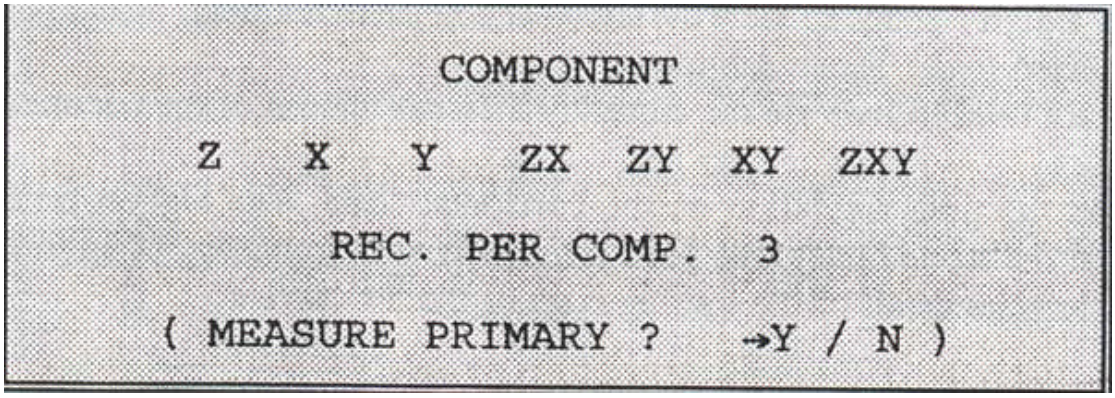
测量站号有一些限制:

如果计算的新的下一个测量站号大于 999999 或 99999X（X 是方向字母 E、W、N 或 S 中的一个），或者小于零，屏幕上将出现一个出错信息“测量站号溢出”，并且当前的和下一个测量站号都保持不变。

如果使用方向字母，它必须位于测量站号的最后位置，否则 ASNA 功能将不能正确工作。

如果在当前测量站号中使用一个方向字母，在下一个测量站号中必须使用同方向或反方向的字母（比如，E 对应于 W）。如果这方面出错，ASNA 功能将以一种无法预料的方式进行。

2.6 分量（COMPONENT）子菜单



分量子菜单

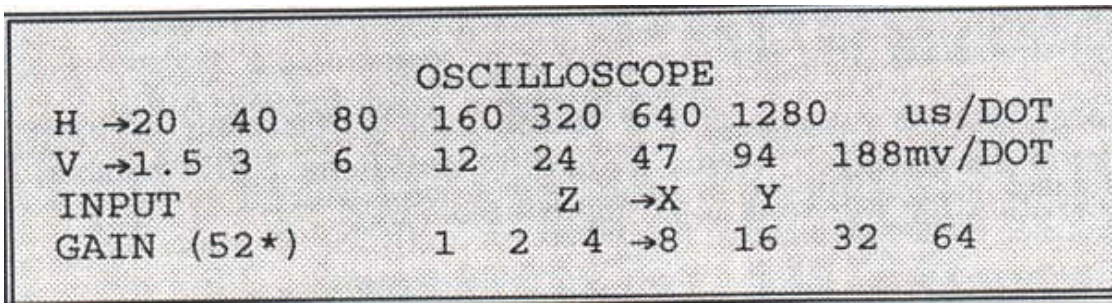
分量子菜单说明如下:

在每个测量站，可以测量 3 维空间分量的 7 种组合，在 3D-3 模式中，所有 3 个分量被同时测量，但只有被选择的分量的数据被记录（3.1）。在 3D-1 模式中，选择的分量将按顺序不间断地被测量。对于 1D 线圈，选择的分量将按顺序测量，但两个不同测量之间有暂停，并且屏幕上出现提示“将线圈设定到 C”（C 代表三个分量 X、Y 或 Z 中的一个），提醒操作员改变线圈取向。

在每个测量站，对于每个选择的分量，最多可以连续测量 99 个独立的记录。这个数字被输在“REC、PER COMP（每个分量的纪示）”这一行上。有时，对于同一个设定值可能需要保持几个记录。这就可以剔除在噪音期间测得的数据。

如果重复频率>J，最后一行括号内的“MEASURE PRIMARY？ Y/N”显示内容将不会被显示。如果选择 Z 分量，则它的一次场会被自动记录。如果重复频率≤J，并且选择了 Z 分量，最后一行会被显示，只有当回答 Y 时，一次场才会被记录，因为在这些低重复频率下一次场的测量最多将会花 12 秒钟。缺省选择，即上次所做的选择，用一个箭头指示。将光标移动到新的选择，并且用 ENT 或↓键确认，就可以改变选择。

2.7 示波器（SCOPE）功能



示波器子菜单

Rx 可以做为一个数字示波器用来观察场内的信号和噪音。示波器的量程、分量和增益可以在示波器子菜单中选择。

在这个子菜单中，箭头符号用来提示参数的当前有效值。

第二行显示水平量程上的时间分辨率，最高的时间分辨率为 20μs/点。这就意味示波器功能适用于频率最大为 25KHz 的信号。通常，它不能满足观察 Tx 电流下降边详细情况的需要。

第三行显示了垂直量程上的信号分辨率。显示的信号是单元内的 Rx 内部前置放大器主板处的输出，而不是 Rx 的输入。这样，可以容易地判断放大器是否饱和了。

如果在 2.2.3 章节中选择了 3D-3 或 3D-1 线圈，第四行则显示可以被选择的分量。如果选择 1D（高频或低频）线圈，这一行显示将是空白的。

在第五行显示的增益可以在 7 个步长内改变，总的增益将是箭头指示的增益的 52 倍。因而，如果一个信号被捕掠在屏幕上，则这个 Rx 输入信号等级可以通过信号振幅除以总的增益得到。

进入的信号将采样 15360 次。数据被临时存贮在内存里。根据选择的水平和垂直分辨率，在图形模式中，屏幕上会显示部分或整个曲线。

四个图形控制键，►◄、◄►、 ▼ ▲ ，用来改变水平和垂直量程。这些键
▲和▼
的图形就可以解释自己的作用。垂直扩展或压缩以水平中化线为基准，而水平扩展或压缩以屏幕左边为基准。

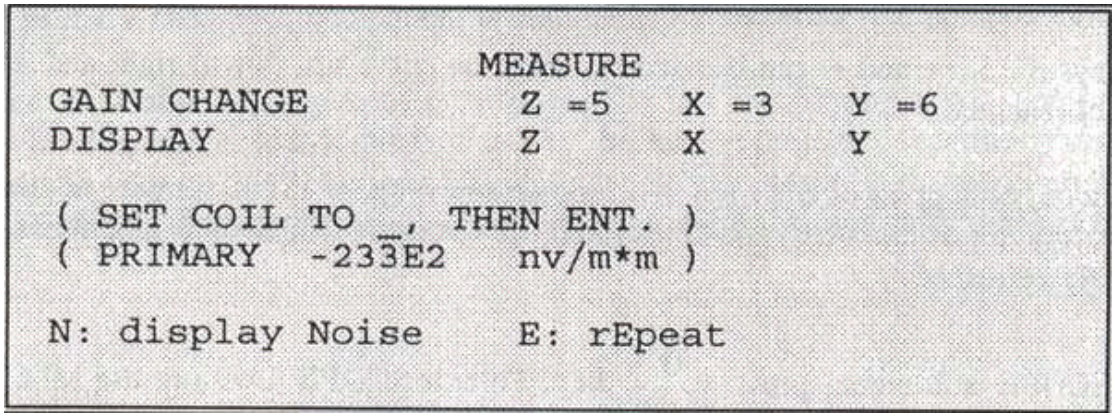
在曲线还没达到限制范围时，用四个箭头↑、↓、→和←上下左右移动曲线。

在图形模式中，每次按 ENT 键都将会开始一组新的 15360 次信号采样，内存中老的数据被改写，屏幕显示将被更新，如果 ENT 键被按住，显示将连续刷新。

按 0/OUT 键，返回示波器（SCOPE）子菜单，用 MM 键，退出示波器功能。

1、 获取和浏览数据

3.1 MEASURE（测量）子菜单



测量子菜单

对于 3D-3 模式的 MEASURE 子菜单如上图所示。在 3D-1 或 1D 模式下，屏幕上看不到 X 和 Y。在 1D 模式下，会在第一对括弧号中显示提示句“SET COLL TO-，THEN ENT”以提示操作者所要测量的是哪一分量。在使用 3D 回路时，并不显示提示句。

如果选定的是 Z 分量，并且要测量的是一次场（2.6），显示完子菜单的头三行后的几秒钟内就会对一次场的 Z 分量进行记录，并将其数值显示在屏幕上。该增益设定不会影响一次场的测量。

该 GAIN CHANGE（增益改变）行显示的是当前有效增益量。其大小也可改变，方法是将光标向上移到位，再用数字键 1-7 键入一个新的增益值。

DISPLAY（显示）行显示的是在数据获取过程中所能查看到的有效分量。所选

择的需查看分量的 20 个门的瞬时平均值将会在积分时间内并以图形方式进行更新、显示（3.1.1）。

在 DISPLAY（显示）行上的箭头指示的是在 COMPONENT（分量）子菜单中所选的分量。只有所选分量的数据才会被记录。如果在 ADJUST（调节）（2.2.3）下选择的是 3D-3 线圈，但在 COMPONENT（分量）（2.6）中只选择了 Z 分量，尽管在积分时间内，对其 3 个分量都能进行查看，只有 Z 分量的数据被记录在内存中，其他分量的数据在测量后就丢失了。

为启动积分，可用 ENT 或者↓键以确认显示选择。Rx 会开始估算信号等级并对每一个积分门设定增益。屏幕上会显示出“INTEGRATOR GAIN RANGING，PLEASE WAIT”（积分器增益范围测量，请等待）信息，并持续数秒。在积分过程开始后，屏幕上就会不断更新所需查看的分量的瞬时曲线。

如果在 ADJUST（调节）下选择的 3D-3 或者是 3D-1 线圈，那么在 COMPONENT（分量）下选择的所有分量都被测量。在完成规定数量的记录后，先前的测量站站号（2.5）和主菜单再次显示。这时 Rx 已准备好对下一个站的测量。

如果在 AJUST（调节）下选择的是 1D 线圈，并且在 COMPONENT（分量）下选择了不止一个分量，那么在完成第一个所选分量的规定数量的记录后，屏幕上会提示“SET COIL TO-， THEN ENT“（设定线圈到-，然后确认）。现在调整线圈方向并按 ENT 键继续对同一个站的下一个分量进行测量。在对所选分量完成全部测量后，测量站的站号将递增，并显示主菜单。

当光标停留在 DISPLAY（显示）行上时，可迅速激活两种功能：按 N 启动噪音显示功能，这同在 ADJUST（调节）子菜单（2.2.5）情况一样；按 E 键启动测量程序。数据就会在最后一个测量站号下记录下来。

3.1.1 图形显示

积分过程中，所选分量的 20 个门的瞬时平均值是以图形方式显示的。各门的极性以“+“和”-“符号表示。其数值等于线图位置的 dB/dt，单位 nv/m²。一个典型的图表显示如图 5 所示。

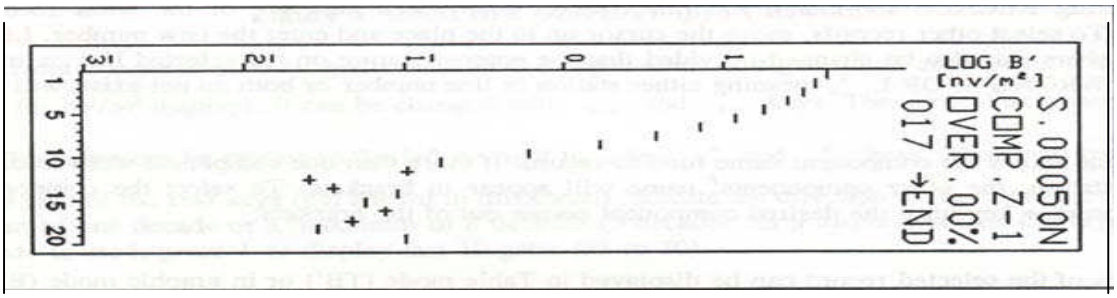


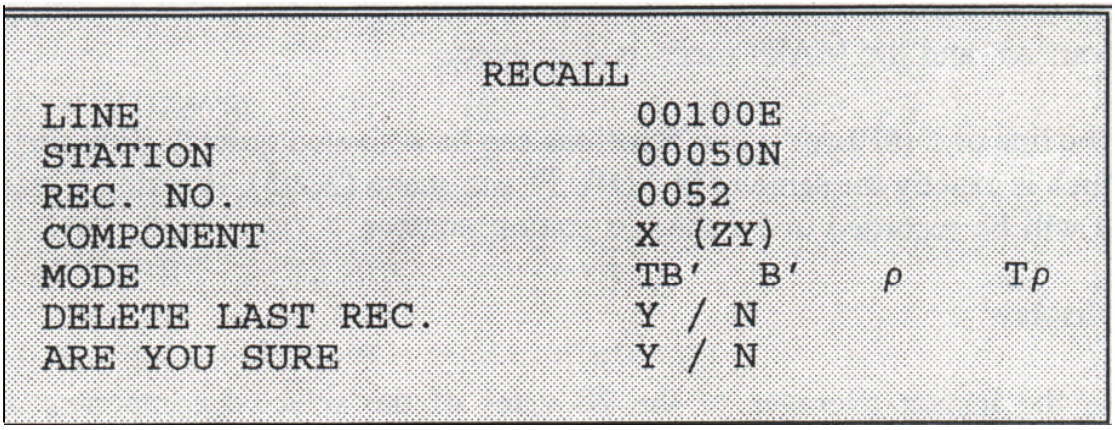
图 5 积分期间的衰变曲线

水平显示范围是依据信号等级的上限而自动选定的，能达到 5 个十位数组其量程可用►◄和◄►键进行改变。垂直轴线可显示 20 个门。曲线可以用▼或▲键向
▲ ▼
左或向右移动。实际键上右侧有一个小三角形（在本手册中未表示出）用来指示曲线的移动方向。

测量站号、分量、过载信息百分比和总的剩余积分时间（以秒计）都会在积分过程中显示或者更新。

如果使用 3D-3 线圈，那么显示的分量就可用↑和↓键改变并在 3 个向量间循环。COMP 后的数字指示是当前正在，被测的记录。

3.2 回叫子菜单 RECALL



回叫子菜单

当进入 RECALL（回叫）子菜单时，显示的是最新记录的线、站和记录数。要选择其它记录，则将光标移动到位，并输入新数字。如果在选择的线上输入的站号存在，那么线号和站号也可以改变，否则在屏幕上显示信息“WRONGS OR L“，这表示站号或者是线号不存在，或者是两者都不存在。

第四行显示的是该记录的分量名称。如果在同一个站中要记录的分量不止一个，则另一个分量的名称便出现在括号中。要选择括号中的分量，可按→键直到需要的分量从括号中出来。

所选记录的 dB/dt 值可以在表格模式下（TB’）显示，或者是在图形模式下（B’）显示。对于 Z 分量的视电阻率也可以在表格模式（Tρ）和图形模式（ρ）下显示，给出是在 Tx 断开时间以内被测量的 20 个门。关于门如何移动至 Tx 接通时间的详细情况参见 2.2.7 章节。如果任一个门的测量是在 Tx 接通时间进行，并且试图显示 ρ，那么屏幕上就会显示出错信息“DELAY IMPROPER FOR ρ CALWLATION“(ρ 计算延时错误)。出现这种情况时，按 ENT 键返回到 RECALL（回叫）子菜单。

不管是在表格模式还是在图形模式下，都可在内存中寻找线、站、记录和分量。在许多情况下，在显示模式下寻找它们要比在 RECALL（回叫）子菜单中更为方便。

在子菜单的最后两行可以删除最新的记录。如果对于最后的回答是“Y “，那么就会删除在最后测量中获得的所有记录。例如，如果在 COMPONENT（分量）子菜单下选择的是 Z 和 X，并且 REC PER COMP=3，那么该删除将包括 6 条记录。

3.2.1 图形显示模式

所选记录的 20（30）个门的值以图形方式显示出来，同时以“+ “和” - “号来代表其极性。图 6 表示的是一个典型的电阻率曲线。B’的图形显示工作方式同上述一样，除非水平轴是 LOGB’（nv/m²）而不是 LOGρ。

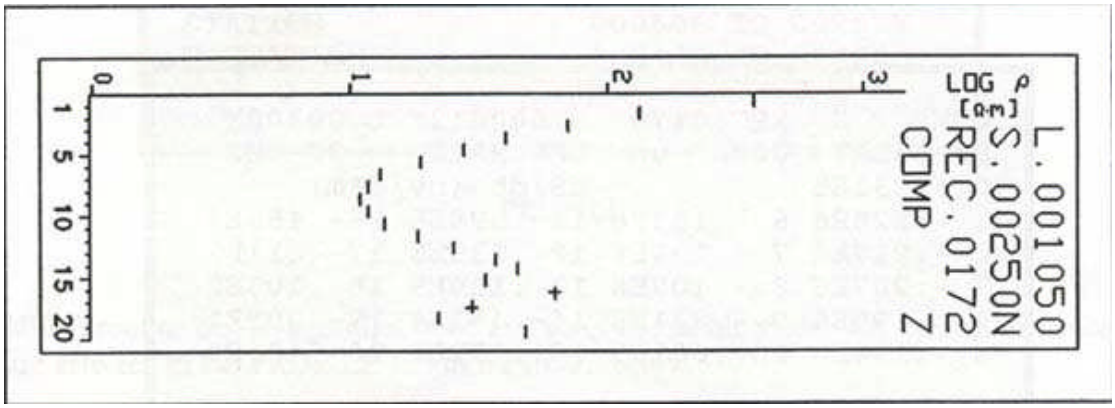


图 6 回叫中的曲线显示（ρ）

水平轴的量程是依据信号等级的上限自动定出范围并显示 3 个刻度（对于 nv/m² 显示为 5 个刻度）。其范围可用►◄和◄►键改变。纵轴表示 20 个门。其曲线可
▼ ▲
用▲和▼键向左或向右移动。实际键的右侧有一小三角（在本册中没有标出）用来指示曲线的移动方向。最小范围为 1 个级次，最大为 8 个级次（对于 ρ 显示为 5 个级次）如果使用的是 30 个门的模式，按↓键以显示后 10 个门（门 21 到门 30）。

线（L）、站（S）、记录号（REC）和分量（COMP）都显示在 4 个参数行上。可以在整个内存中搜索各项目。用←和→键来选择参数，同时可用↓和↑键向前或向后在内存中进行搜索。

LINE（线）:

当光标停在 LINE（线）位置，按↓或者↑键，计算机就会在内存中向前（记录号增大）或向后寻找具有相同站号和分量名称，但被记录在不同的线上。首先找到的记录会在屏幕上显示出来。如果搜索失败，

一条“COMBINATION DOES NOT EXTTS“(该组合不存在)的信息就会显示数秒钟，然后就会显示一个随机选择的记录。

STATION（站）:

站的搜索同线的搜索过程一样。搜索是沿新站中的当前线号进行，在新站上记录了同一个分量。

REC（记录号）:

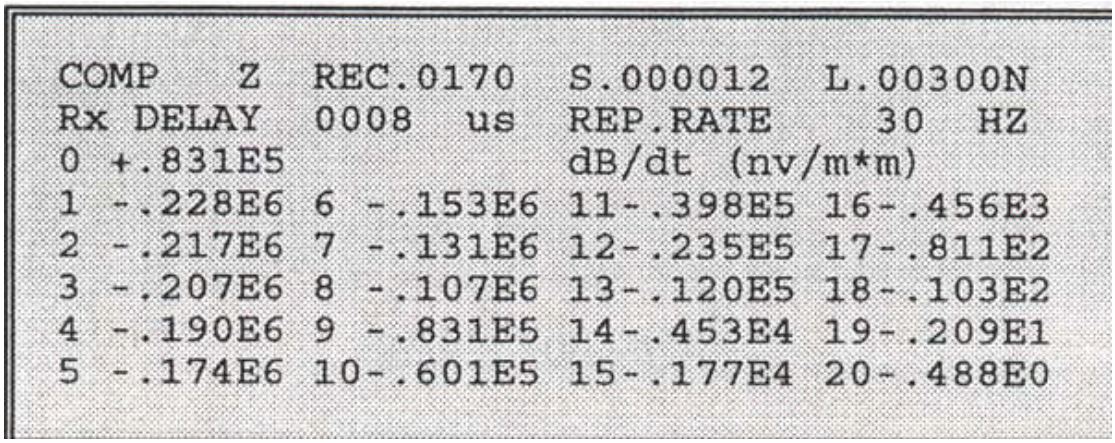
记录搜索总会成功的，当按↑和↓键时，前一个和下一个记录就会显示出来，即使该记录是一个空号。

COMP（分量）:

分量搜索是寻找具有不同分量名称的下一个记录，不考虑线和站的号。

3.2.2 表格显示模式

在该模式下所选记录的 20 个门的 B’和 ρ 值以及相关信息以表格形式显示出来，如下图所示。



回叫中的表格显示

第一行显示的是分量、记录站号和线号。这些参数也可按图形显示模式下以完全相同的方法，在内存中进行查找（3.2.1）。

第二行显示的是 Rx 延迟时间和重复频率。该重复频率是同主板上的 50/60Hz 开关的当前设定相关（1.3）。例如，如果测量是在重复频率为 25Hz（50/60 开关在 50 位置），但如果回叫时是在 60 位置上，重复频率值就是 30 Hz 而不是 25 Hz。

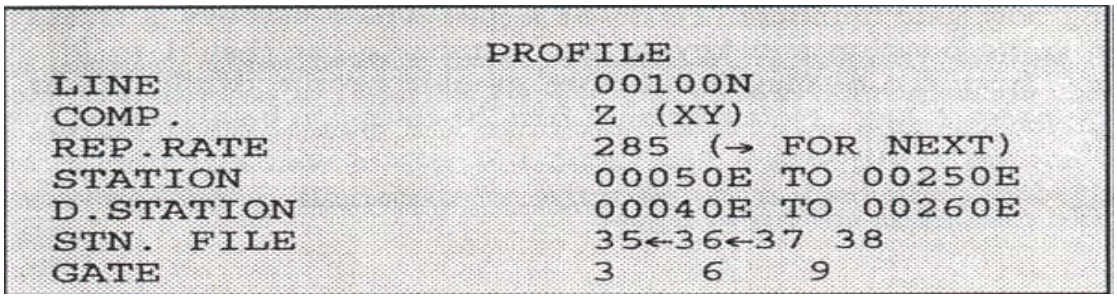
如果一次场值被测量，而且显示的量是 B’，则第三行的前半部分显示的是一次场的数值。否则前半部分为空。在该行的后半部分显示的是 dB/dt（nv/m²）或 ρ（Ω.m）。

（屏幕的其他部分以 4 栏显示 20 个门的值，各栏左侧的整数表示的是门号，其值以正负符号开始，然后是小数点和 3 位数的数字，再以后是 10 的幂次。例如，+288E6 表示的是+228000，而-0488E0 表示的是-0.488。如果使用的是 30 个门的模式，按↓键可显示后面的 10 个门（从 21-30）。

3.3 PROFILE（剖面）子菜单

PROFILE（剖面）通常在图形模式下最多显示 3 个门的分布。

在 PROFILE（剖面）子菜单下所选分布图的各个参数如下图所示。



剖面

LINE（线）:

最近使用的线号自动出现在该行中。也可输入新的线号。如果输入的线号并不存在，就会出现一条“WRONG ENTRX“（输入错误）信息。

COMP（分量）:

该行显示特定线上的有效分量。如果有效分量不止一个，其他分量就会在括号中显示出来。要选择一个在括号中的分量，就要按→键直到该分量出现在左边，然后按 ENT 键或↓键进行确认。

REP RATE（重复频率）:

在线和分量选定以后，所能得到的最高的重复频率就会显示出来。如果对于该分量在此线中所用的重复频率不止一个，屏幕上的括号中就会出现一个提示信息→ “FOR NEXT”（下一个）。用→键就可搜录一下有效的重复频率，当所需要的重复频率出现时，用 ENT 键或↓键进行确认。

STATION（站）:

该行为信息行，显示的是所选定的线，分量和重复频率下的两端站号，光标无法移至该行。

D、STATION（显示站）:

该行表示的是被显示的剖面图部分的开始和结束站号。这些站号可

以通过键入新的站号进行更改。

SIN FILE（站文件）:

站文件是一个包含有满足于上述所选参数的数据记录的文件。最高可显示所选的 6 个站文件号。如果站文件超过 6 个，仅最后 6 个显示在屏幕上为了选择文件，可将光标移至文件号处，按 ENT。箭头指向文件号，确认选择。可以选所有的被显示出来的站文件。要结束选项，可按↓键。

GATE（门）:

最高可同时显示三个门的剖面。门号必须在 1-20 的范围内。门 3、6、9 是缺省选项，但是可以键入新的门号进行更改。要清除已在屏幕上显示过的门号可将光标移到位，在键入一个除 1-20 为的任意数字即可。该门就会在图形剖面显示开始之前就从屏幕上删除。要开始图形显示，可按↓键。注意，即使是选择了 30 个门，它也只显示前 20 个门。

图 7 是典型的剖面曲线显示。

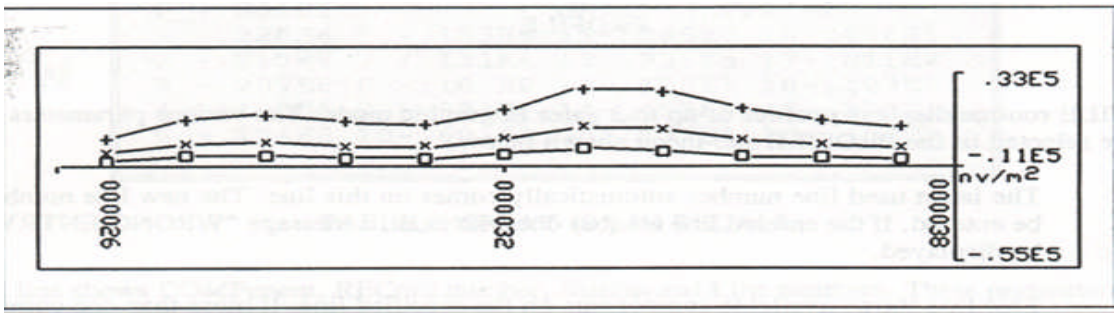


图 7 曲线剖面显示

水平轴代表的是测量线，数字是两个终端站和一个位于中间的站号。在屏幕右侧的纵轴代表的是现场的波幅，单位是 nv/m²。至多可显示 3 个门。第一个选择的门以 “+” 号代表，第二个以 “X” 代表，而第三个以 “ĩ” 号表示。

▼ ▲

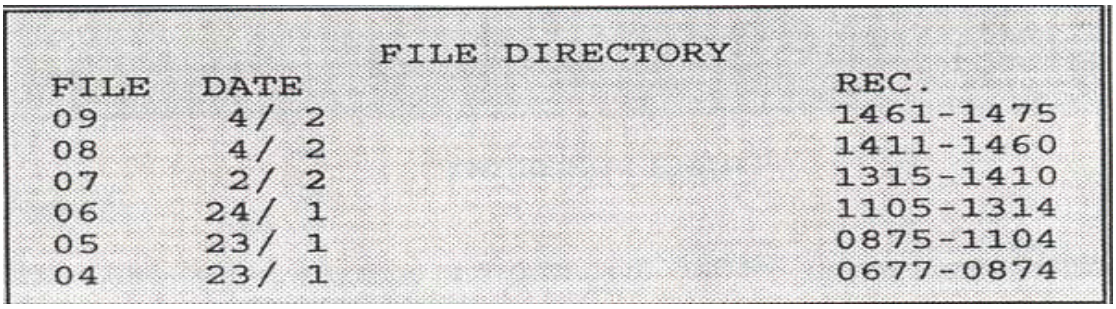
共有 4 个图形控制键▲、▼ 、►◄、◄►可以用来改变纵轴和横轴的量程。四个箭头键即“↑”、“↓”、“←”、“→”可以将分布图上移、下移、左移和右移。“0/OUT”键可用来退出图形显示模式，并返回到 PROFILE（剖面图）子菜单。要返回到 MAN 菜单（主菜单），使用 MM 键。在剖面分布图显示模式下，其它各键并不起作用。

1、 测量数据管理

4.1 文件目录

内存中的每一个数据文件包括一个带头记录和一个数据记录号。带头包括有在 HEADER 子菜单输入的所有信息，加上在 ADJUST（调节）子菜单中输入的同步模式和 Rx 线圈面积。如果在操作过程中，该信息有任何改变，当前打开的文件就会关闭，同时生成新的标题，并打开一个新的文件以替换数据记录。总的文件数量限制在 99 个内。在第 99 个文件使用过后，文件号从 1 开始重新编排，而旧文件被重写。

文件目录提供的是在内存中存贮的文件中有限的一些信息。可以列出最近的 6 个文件，包括其文件号、数据、开始和结束记录号。“↓” 和 “↑” 键的功能同 PAGE UP（上翻页）和 PAGE DOWN（下翻页）键一样，可以浏览新的或旧的文件，ENT 和 MM 键用来退出文件目录并返回到主菜单，在文件目录下，其他键不起作用。



文件目录

4.2 转储数据到主机

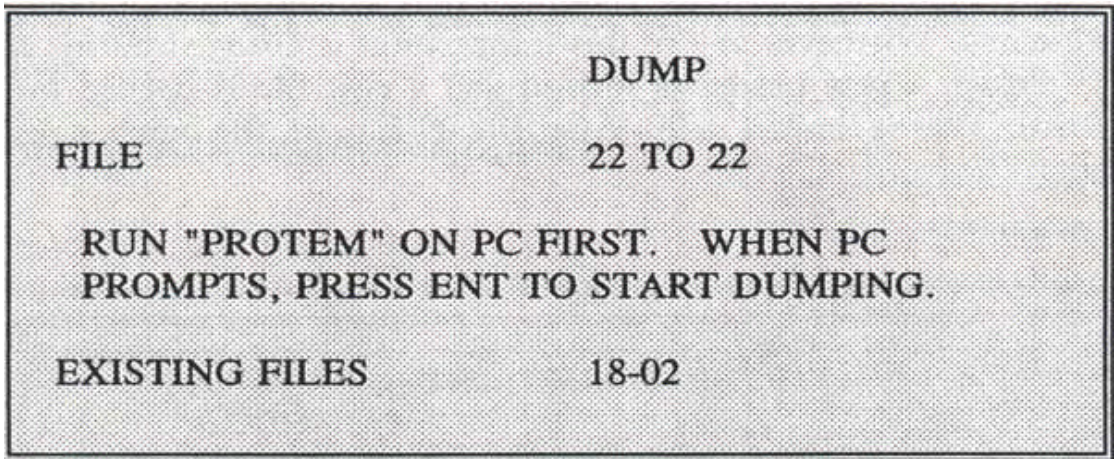
DUMP(转储)是一个公用程序，用来将 Rx 存储器上的数据文件经标准的 RS-232 接口拷贝到主机上。

大多数的 PC 型计算机都配置有 RS-232 接口，用来同 Rx 进行通信。这里假定使用的是 IBM PC 型计算机，或者是 MS-DOS 或者是 PC-DOS 操作系统能兼容的机型，并且装有 GEONICS LTD 公司提供的称之为 PROTEM 的公用程序。

Rx RS-232 接口设置成为一个 DCE（数据传输设备）接口，而主机的 RS-232 接口只能设置为 DTE（数据终端设备）接口，通常均如此设置。如果不是如此，可以使用一个连接器将通信电缆上的针 2 和针 3 跨接起来。

用提供的转储电缆将 Rx 同主机连接好，如果需要的话，可以使用一个 25 针到 9 针的适配器或公用转换器。

主机的准备，按下列步骤进行：启动 PROTEM 程序，选择“R”选项，按 ENTER 键，键入存储 Rx 数据的文件名，再按 ENTER 键。按“D”以指定 PROTEM DIGITAL PROTEM 数字接收器。这时主机已经准备好通过 RS-232 接口接收 Rx 的数据。



转存子目录

在 Rx 这一侧，进入到 DUMP 子菜单，键入开始和结束的文件号，然后再按 ENT 键。

当拷贝完成之后，Rx 将发出嘟嘟声并在屏幕上显示出主菜单画面。

在屏幕的最后一行显示的是已有文件的开始和结束的文件号，开始文件号可以比结束文件号大。例如，在最后一行显示的文件号是 18-02，那么存在的文件实际上是 1-2 和 18-99。

不拷贝文件，返回主菜单，可按“↑”键或者是 MM 键。

注意：对于 20 或 30 个门文件，接收器也必须是对应的 20 个或 30 个门模式。

1、 现场故障处理

5.1 常规检查

故障发生时，应进行下列各项检查。

LID：各接线口是否连接正确，接线口上是否有水，雪或者碎屑。

BATTERY（电池）：

安装是否到位和牢固，负载时（RX 为开）电压范围是否在 11.5-13.5V 之内。

INTERNAL（内部）:

各板完全牢固地插在接口上，电源切断器打开（1-3）没有松动的部件和断开的导线。

PARAMETER SETTINGS（参数设定）:

复位 Rx 在 ADJUST 和 HEAD 模式下重新选择或重新输入所有参数，尽管这些参数看起来没问题。然后进行 AUTO CALL（自动校准）过程，对整个单元进行校准（2.3.2）。

5.2 电源故障:

参见 5.1 章节。应特别检查电源开关，电池，内部电源断路器，以及安装在电源壳和电池壳之间的电源板。

5.3 无显示

参见 5.1 章节，检查哪些与显示功能有关的电源极，计算机系统，数字板和模拟板 ANA-1 是否安装正确。

显示对比度调节参见 1.4.1 章节。

5.4 校准故障:

如果所选的为 3D-3 回路，必须确认机箱内的 PRE-2、PRE-3 和 ANA-3 板是否正确插放到位。

Rx 复位并重新进行 AUTO CALL（2.3.2）。如果再次失败， 则在 ADJUST 模式下（2.2.9）、时间常数=DC 时，使用 CALL CHECKC 校准检查来发现是哪一个门或分量出现异常，并且是否需要进行补偿或者是纠正。

5.5 灯闪烁/显示幕闪烁:

当电池电压低于 9.7V 左右，一个保护电路开关就会断开 Rx 并闪烁灯以示警告。只要 Rx 关闭，电池电压就可能恢复到大于 10.5V。如果在前面仪表上的电源开关依旧为开，该保护电路就可能解除其控制，并且 Rx 又可以打开，依据电池本身的状况不同，该循环过程可快可慢，这样会引起显示闪烁。

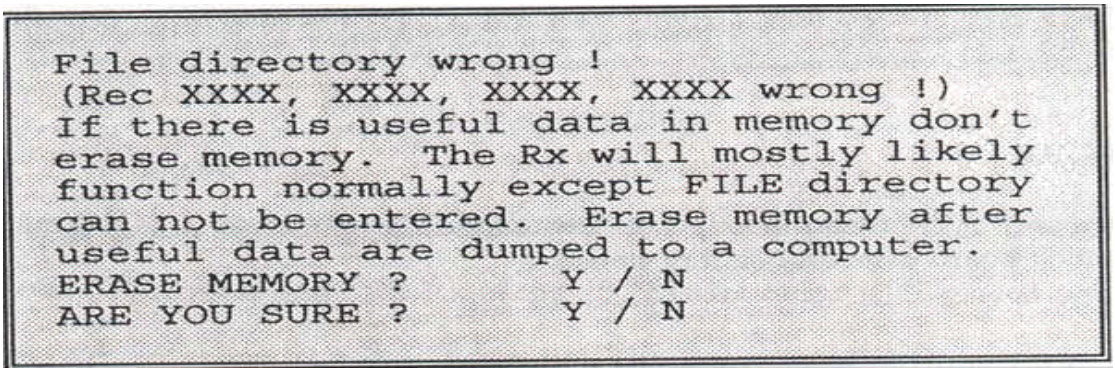
当这种情况发生时，关闭 Rx，对电池充电或更换电池后再启动。那些已记录在内存中的数据将保持不变。但如果在 CRYSTAL 模式下工作，同步将丧失。

5.6 失灵:

计算机有时会在无明确原因的情况下停机或挂起。如果发生了任何失灵的情况，

同时按 MM 键，使 Rx 复位，应该能恢复其正常功能。如果问题依仍存在，关闭 Rx，进行常规检查（5.1）再试。

5.7 内存故障:



计算机上有一个很小的可充电的备用电池，用来支持内存存贮各种参数和数字记录。如果 Rx 并未超时使用，该备用电池可能会完全放电，导致内存故障（丢失数据）。在一些极端状况下，也会引起内存故障，比如恶劣的温度或者 Rx 处于高强度的瞬时电磁场附近。

每次 Rx 启动或者在输入文件目录后，内部计算机就会检查内存目录。如果计算机检测出任何一个超出范围的重要参数，或者是记录在内存中的任何数据的格式不对，计算机都会在显示屏上显示如上图所示的出错信息。这种情况发生时，如果内存中有有用的数据，而且主机可用，首先将数据转储到主机上，在后两行选择“Y“选项以清除内存。该操作会清除内存中所有数据记录。在内存初始化后，复位 Rx，在 ADJUST HEADER STATION COMPONENT 下设定所有参数，然后运行 AUTO CALL（2.3.2）以确认 Rx 能否正常工作。

如果主机不可用，用 MM 键退出显示，设定参数并运行 AUTO CALL 然后开始测量。Rx 应该能正常工作，除非无法进入文件目录，只有在将所有有用的数据存贮在主机上之后，才能对内存进行初始化操作。

第一行显示的是内存出错位置。错误可能在文件目录区（“文件目录错“会显示出来），或者是在数据存贮区（回显示”记录 XXXXXXXX、XXXXX、XXXXXXXXX、XXXXXX、错“）。

6.1 PROTEM 数字接收器的门位置—20 门模式

（从下降边末端起 μs）

	<-- 285/237.5 Hz --->			<--- 75/62.5 Hz ---->			<---- 30/25 Hz---->		
gate	start	center	width	start	center	width	start	center	width
1	6.000	6.813	1.625	32.00	35.25	6.500	80.00	88.13	16.25
2	7.625	8.688	2.125	38.50	42.75	8.500	96.25	106.9	21.25
3	9.750	11.13	2.750	47.00	52.50	11.00	117.5	131.3	27.50
4	12.50	14.19	3.375	58.00	64.75	13.50	145.0	161.9	33.75
5	15.88	18.07	4.375	71.50	80.25	17.50	178.8	200.6	43.75
6	20.25	23.06	5.625	89.00	100.3	22.50	222.5	250.6	56.25
7	25.88	29.44	7.125	111.5	125.8	28.50	278.8	314.4	71.25
8	33.00	37.56	9.125	140.0	158.3	36.50	350.0	395.6	91.25
9	42.13	47.94	11.63	176.5	199.8	46.50	441.3	499.4	116.3
10	53.75	61.13	14.75	223.0	252.5	59.00	557.5	631.3	147.5
11	68.50	77.94	18.88	282.0	319.8	75.50	705.0	799.4	188.8
12	87.38	99.38	24.00	357.5	405.5	96.00	893.8	1014	240.0
13	111.4	126.7	30.63	453.5	514.8	122.5	1134	1287	306.3
14	151.7**	166.4	29.38	576.0	654.3	156.5	1440	1636	391.3
15	181.1	206.0	49.88	732.5	832.3	199.5	1831	2081	498.8
16	231.0	262.8	63.63	932.0	1059	254.5	2330	2648	636.3
17	294.6	335.2	81.25	1187	1349	325.0	2966	3373	812.5
18	375.9	427.7	103.6	1512	1719	414.5	3779	4297	1036
19	479.5	545.6	132.1	1926	2190	528.5	4815	5475	1321
20	611.6	695.9	168.5	2455	2792	674.0	6136	6978	1685
21*	780.1			3129			7821		

***** 门末端

** 在 13 门和 14 门之间在 u 频率上有 9.7μs 间隔。这个表应用于同步模式，而不管是 TEM37（67），TEM47 还是 TEM57（MK-2）的发射机，其前提是在带头（2.4）中选择正确的 Tx 模式。

7.5/6.25 和 0.75/0.625Hz 成比例。

3/2.5 和 0.3/0.25Hz 与 30/25Hz 成比例。

6.2 PROTEM 数字接收器——30 门模式

	<---- 30/25 Hz ----->			<--- 7.5/62.5 Hz --->			<---- 3/2.5 Hz----->		
gate	start	center	width	start	center	width	start	center	width
1	5.800	6.800	2.000	32.00	36.00	8.000	80.00	90.00	20.00
2	7.800	9.110	2.625	40.00	45.25	10.50	100.0	113.1	26.25
3	10.40	12.00	3.250	50.50	57.00	13.00	126.3	142.5	32.50
4	13.70	15.90	4.375	63.50	72.25	17.50	158.8	180.6	43.75
5	18.00	20.80	5.500	81.00	92.00	22.00	202.5	230.0	55.00
6	23.50	27.00	7.000	103.0	117.0	28.00	257.5	292.5	70.00
7	30.50	34.80	8.500	131.0	148.0	34.00	327.5	370.0	85.00
8	39.00	44.40	10.75	165.0	186.5	43.00	412.5	466.3	107.5
9	49.80	56.30	13.00	208.0	234.0	52.00	520.0	585.0	130.0
10	62.80	70.30	15.00	260.0	290.0	60.00	650.0	725.0	150.0
11	77.80	85.90	16.25	320.0	352.5	65.00	800.0	881.3	162.5
12	94.10	104.7	21.25	385.0	427.5	85.00	963.0	1069	212.5
13	115.3	129.1	27.50	470.0	525.0	110.0	1175	1313	275.0
14	142.8	159.7	33.75	580.0	647.5	135.0	1450	1619	337.5
15	176.6	198.4	43.75	715.0	802.5	175.0	1788	2006	437.5
16	220.3	248.6	56.25	890.0	1002.5	225.0	2225	2506	562.5
17	276.6	312.3	71.25	1115	1257.5	285.0	2790	3144	712.5
18	347.8	393.5	91.25	1400	1582.5	365.0	3500	3957	912.5
19	439.0	497.1	116.2	1765	1997.5	465.0	4413	4994	1162
20	555.3	629.0	147.5	2230	2525.0	590.0	5575	6313	1475
21	702.8	797.3	188.7	2820	3197.5	755.0	7050	7994	1887
22	891.5	1012	240.0	3575	4055.0	960.0	8940	10138	2400
23	1131	1285	306.2	4535	5147.5	1225	11338	12870	3062
24	1438	1634	391.2	5760	6542.5	1565	14400	16350	3913
25	1829	2079	498.7	7325	8322.5	1995	18310	20806	4987
26	2328	2645	636.2	9320	10592	2545	23300	26475	6363
27	2964	3370	812.5	11865	13490	3250	29663	33725	8125
28	3776	4295	1036	15115	17187	4145	37800	42975	10362
29	4813	5473	1321	19260	21902	5285	48150	54750	13212
30	6134	6978	1685	24545	27915	6740	61360	69800	16850
	7819			31285			78200		

0.75/0.624Hz 与 7.5/6.25Hz 成比例，
0.3/0.25Hz 与 3/2.5Hz 成比例

D. ROTEM47D 系统

1、 引言

以下章节是对 PROTEM47 系统操作原理的简单叙述。

1.1 Tx 波形

当 Tx 和 Rx 开机并由参考电缆连接时，Tx 便在 Tx 回线中产生重复的电流。图 9 表示这种电流的一个循环图形。

一个循环的时间称为 Tx 周期并用 T 表示。

在循环的开始，Tx 回线中的电流从 0 上升到由“电流控制旋钮”所设定值，并保持该值不变，然后经 1/4Tx 周期后，电流终止，并在 Tx 关断时（T/O Time）电流降至 0。Tx 的关断时间，即 T/O time 在图 9 中用 T/O Time 表示。

图 9 表明，关断时间的形状近似于线性斜坡。该斜坡的长短由 Tx 回线的尺寸决定。

设置回线尺寸（m），打开 Tx 优化斜坡的线性，并保证在斜坡末端之后电流保持为 0。

Tx 电流在下一个 T/4 间隔内要保持为 0。这个间隔我们称之为测量周期（measurement period）。在测量周期的末端，下半周 Tx 循环开始；下半周循环包含着与上述相同的序列，即电流上升、稳态、关断，接着进入测量周期。下半周循环的唯一特点是 Tx 回线中的电流沿反方向流动。

在 T/O 时间内回线中电流的跌落，使得在 Tx 回线周围形成随时间变化的磁场。这个磁场在地下感应出涡流。在 T/O 时间之后的瞬间，该涡流被限制在 Tx 回线之下的地表附近。随着时间的增加，涡流从 Tx 回线向下和向外扩散。同时，这种扩散的涡流又形成了衰变的二次磁场。这样，不断测量这种衰变的二次磁场，就可以逐渐增加对地下的勘探深度。

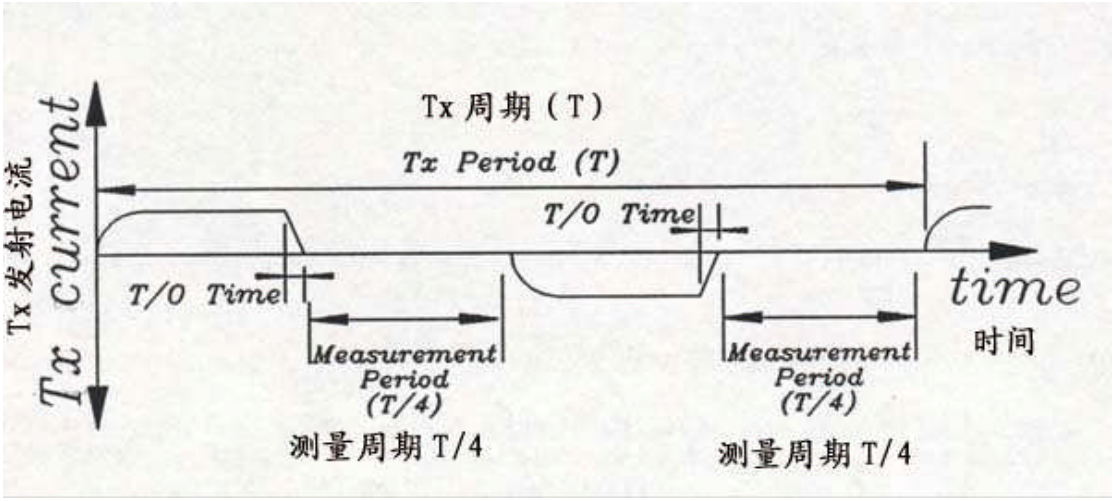


图 9：发射的 T 电流随时间变化曲线

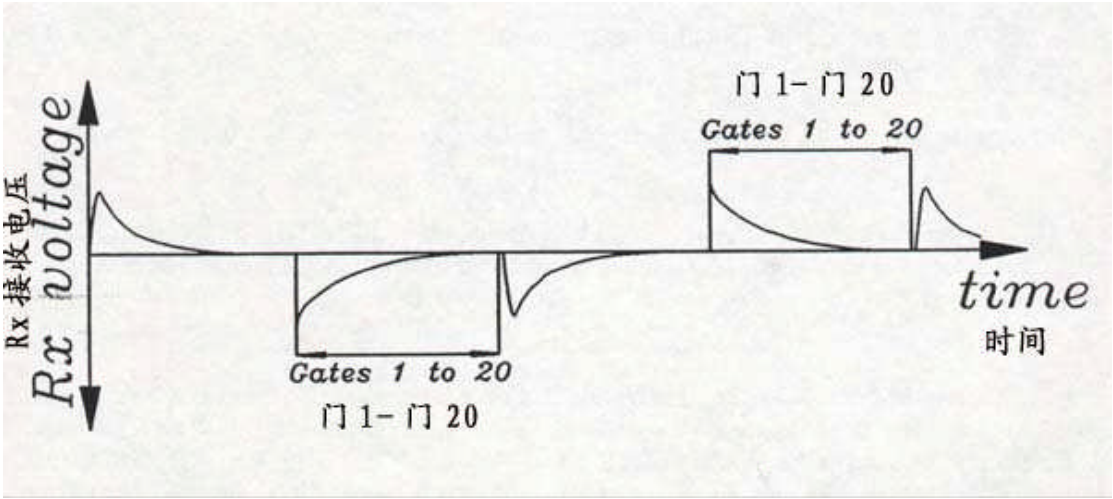


图 10：接收的 Rx 电压随时间变化曲线

1.2 Rx 门

由于 Tx 在地下感应的涡流迅速衰减，并形成随时间变化的二次磁场，这个磁场在 Rx 接收线圈中感应出衰变的电压（瞬变电压）。信号电缆把此瞬变电压传输给接收机 Rx 的输入端。Rx 接收机按 20 个（或 30 个）时间序列间隔，对上述瞬变场进行采样，并分析和记录该瞬变场的特点，如图 10 所示。

注意，图 9 和图 10 表示了同样的时间间隔。

仅仅在 Tx 电流降至 0 的时间，门才开始测量瞬变电压。门是自动设间隔的，以便填满测量周期。门的宽度和瞬变电压由图 11 所示。

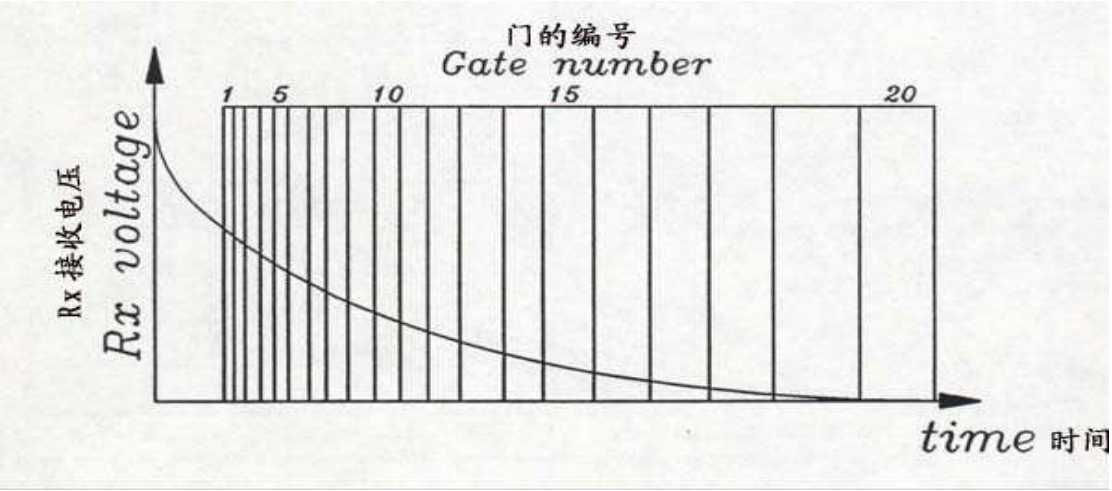


图 11：Rx 接收机的门与时间的关系

门的宽度随时间按指数增加；早期门（1，2，3…）是窄的，以便在瞬变场变化最快的早期阶段能精确地测量它；后续的门（…,18,19,20）是很宽的，因为在晚期阶段瞬变场衰减的慢。

理想上，应该在 T/O 斜坡之后，立即就开启第一门。然而，由于 Tx 电流要有一个很短的辅加时间才能降至 0，所以采样要在 T/O 之后略晚一点开始。例如，1 门常在发射机关断 6μs 后开启。

表 1V：门的中心时间

Gate 门	u (μs)	v (μs)	H (μs)
1	6.813	35.25	88.13
2	8.688	42.75	106.9
3	11.13	52.50	131.3
4	14.19	64.75	161.9
5	18.07	80.25	200.6
6	23.06	100.3	250.6
7	29.44	125.8	314.4
8	37.56	158.3	395.6
9	47.94	199.8	499.4
10	61.13	252.5	631.3
11	77.94	319.8	799.4
12	99.38	405.5	1014
13	126.7	514.8	1287
14	166.4	654.3	1636
15	206.0	832.3	2081
16	262.8	1059	2648
17	335.2	1349	3373
18	427.7	1719	4297
19	545.6	2190	5475
20	695.9	2792	6978

精确的设置这种时间偏移是很重要的，本手册 C.2.2.7 段做了论述。

做为参考，表 1V 列出了在 Tx 关断后每个门开启的中心时间。由于 1 门是 1.625μs 宽，其开启时间是在 T/O 时间后的 6μs，所以 1 门的中心时间是 6.83μs，等等。

由于所采集的瞬变场非常弱，因此必须要把它们中的很多个加以叠加、平均，以便获得好的信噪比（SNR）。随着样品数的增加，SNR 则得以改善。需要调正：

- 重复频率，如 C.2.2.2 段所述。
- 积分时间，如 C.2.2.6 段所述。

在测量中改变将被组合在一起的样品数。

用设置 COMPONENT 程序参数的方法也

可以改变测量次数，如 C.2.6 章所述。

1.3 系统频率

表 V 给出了在 50Hz 和 60Hz 的开关位置上，PROTME47 系统的重复频率和 Tx 周期。

由于 PROTME47 发射系统具有较小的偶极矩，表 V 中的打阴影部分不要应用。表 V 也给出了测量周期。注意，该测量周期与 50Hz 和 60Hz 开关无关。

FREQ. 频率	60 Hz Operation		50 Hz Operation		Measure-ment Period 测量周期
	重复 Repetition 频率 Frequency (Hz)	Tx Period (ms) Tx 周期	Repetition Frequency (Hz) 重复频率	Tx Period (ms) Tx 周期	
u	285	3.51	237.5	4.2	0.8 ms
v	75	13.3	62.5	16	3.2 ms
H	30	33.3	25	40	8 ms
M	7.5	133	6.25	160	32 ms
L	3	333	2.5	400	80 ms

表 V: 重复频率

2、电网频率抑制

沿电网传输的电流在空气和大地中产生随时间变化的磁场。这些磁场可以干扰 PROTEM47 系统，因为它们在大地中和 Rx 接收线圈中感应出了随时间变化的电流。

在世界上，电网频率不是 50Hz，就是 60Hz。电网中随时间变化的电流频率与电网频率及其谐波频率一致。

如果 PROTME47 系统的重复频率，能够适当地偏离上述的电网频率，那么该系统就可以抑制电网频率的干扰。该系统有两套五个重复频率；每一套都远离电网频率。

2.1 设置 50Hz 和 60Hz 开关

如果已经知道 Rx 接收机的设置已偏离了地区的电网频率，你就不需要打开 Rx 接收机的盒子，再设置 50Hz 或 60Hz 开关。

如果你:

- 不能肯定这种设置，或者

• 想把 PROTEM47 系统搬到另一个具有不同电网频率的地区工作。

那么你就应该进行检查，并在开始工作之前调整好 50Hz 或 60Hz 开关。

50Hz 和 60Hz 开关是一种扭力臂开关，位于 Rx 接收机内部。为了检查和设置开关，要把 Rx 接收机从其外壳中取出。

开关置位标签位于开关一边。向上置位标为 60Hz，向下置位标为 50Hz。

如果工作区域的电网频率是 50Hz，则把开关设在 50Hz 的位置上。如果工作区域的电网是 60Hz，则把开关设在 60Hz 的位置上。

3、 野外部署

本节描述:

- 如何选择中心回线测深，偏移测深和剖面调查（3.1）中的系统之组成。
- 如何准备调查的组成（3.2）
- 如何部置调查系统（3.3）
- 发射系统 Tx 的连接和调校（3.4）
- 设置接收系统 Rx 的 T/O time（3.5）

对于初始实践，为了检查系统，要:
- 应用偏移测深技术
- 试验地点要平坦、开阔、远离地下管线和电缆，远离大的金属体，例如雷达警戒网，交通工具，雷达，通讯和发电设施等。

3.1 中心回线测深，偏移测深和剖面调查的装置结构是为了确定地下的地质电性结构是如何随着深度而改变的。

瞬变电磁测深的理论通常假定，用 Rx 水平接收线圈测量垂直磁场分量。Rx 接受线圈位于 Tx 发射回线的中心处。这种装置叫做中心回线测深（central loop sounding）。然而，如果 Tx 小于 60m×60m 时，把 Rx 接收线圈放置在 Tx 发射线圈外部 10m 处，能获得更好的数据。这种装置叫做偏移测深（offset sounding），它可以避免由于强烈的初始磁场在回线中心所产生的 IP 效应。

商业软件，比如 TEMIX47，适合于中心回线和偏移测深数据的反演。
剖面调查（profiling surveys）是为了寻找所期望的目标，比如孔隙带，以及它与围岩的地电特征差异。

3.1.1 发射回线和接收线圈选择

标准的 PROTEM47 系统的组成非常适合于中心回线测深和偏移测深，但也很适合于剖面调查。在表 V1 中列出了对于不同调查目的应采用的发射和接收装置。

表 V1：Tx 发射回线和 Rx 接收线圈的选择

调查目的	Tx 回线/Rx 接收线圈的结合
浅层地电测深，深度几米到几十米	5m×5m 或 10m×10m 单匝 Tx 发射回线。回线尺寸随地层电导率和目标体深度加大而增加。用高频 Rx 接收线圈，离 Tx 回线的偏移距 10m
中等深度测深（50m-100m）	如上，但 Tx 回线 40m×40m 到 60m×60m
至 150m 深测深	100m×100m 单匝 Tx 回线。高频 Rx 接收线圈，中心回线测深
剖面调查埋深小于几十米的不连续导体，地下电阻率不小于 100Ωm	10m×10m 到 20m×20m 单匝 Tx 发射回线，回线尺寸随地层电导率和深度加大而增加。用高频 Rx 接收线圈，离 Tx 回线的偏移距 10m 至 40m，偏移距随勘探深度加大而增加。
剖面调查埋深大于几十米的不连续导体，地下电阻率小于 100Ωm	多匝 Tx 发射回线。中频 Rx 接收线圈，距 Tx 回线的偏移距 10m 到 40m，偏移距随地下电导率增加而加大。

在不要求接近地表的信息或地层具有高导的情况下，应用多匝发射回线和中频 Rx 接收线圈的剖面调查是一种更方便的方法。因为这种组成的尺寸较小，应用起来更容易。

然而，中频 Rx 接受线圈的带宽较窄，它仅仅应用于较高导的地区。多匝回线具有更长的关断时间，它仅仅应用于不要求表层信息的地区。

请记住，这些原则都与目标体的性质（例如，尺寸、埋深、电阻率）和围岩的电阻率值有关。在此，经验是有用的。在制定调查计划时，应用模型程序（比如，Interpex's TEMIX47 或 Geonics 研制的 RECTAN）总是有用的。例如，表 V11 给出了 PROTEM47 的最大勘探深度值（m），此深度是根据回线的单边长度和覆盖层的电阻率值计算的。

表 V11：PROTEM47 的最大勘探深度

Tx 回线单边长度（m）	覆盖层电阻率（Ω-m）		
	25	100	400
5	40	50	70
10	50	70	95
20	70	90	125
40	90	120	160
80	120	160	220
160	155	210	280

计算表中所列的最大勘探深度时，考虑了典型的噪声水平，并假设发射电流为3A。

当然，在高噪声地区最大勘探深度要降低。

勘探深度与回线尺寸之间为非线性函数。

下式是对最大勘探深度的近似算法:

$$d=8.94I^{0.4}\rho^{0.25}$$

式中：d 是最大勘探深度 m
I 是发射回线的单边长度 m
ρ 是盖层的电阻率值 Ω-m

3.2 准备组成

在野外出发之前，要按表 I 所列内容对 PROTEM47 系统做好包装。下面的部件（组成）是必须携带的:

- 发射回线卷筒
- Tx 发射机和 Tx 发射回线
- Rx 接收机和参考电缆
- Rx 接收线圈，线圈支架和信号电缆。

如果你计划布设一个大的单匝发射回线，你要把 7 根木桩带到现场。这些木桩要牢固，涂有鲜艳颜色。

您必须带着充满电的备用电池，这些电池给 Tx 和 Rx 提供电源。

要根据工作需要，带足发射回线，其长度要比所需长度多 10%，例如如果需要 10m×10m 的发射回线，则所带的发射回线总长度应为 44m。

如果发射回线的边长为 100m 或更长些，则发射回线的总长度中要留有 10m 长的余量。例如，60m×60m 的发射回线，则回线的总长度应为 250m。注意，对于中心回线测深而言，60m×60m 的发射回线是最小的尺寸。

如果你经常使用同一尺寸的发射回线，你应该把发射回线用标志分成几段，如图 12 所示，这样在布设回线时就方便多了。

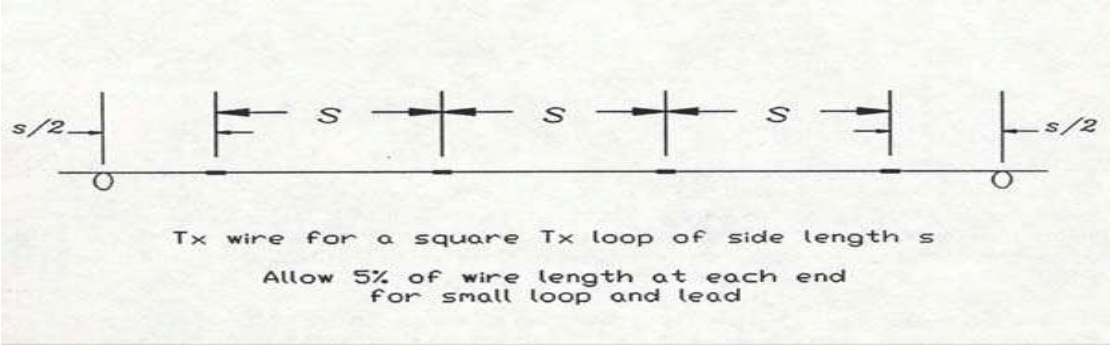


图 12：把发射回线用标志分段

在布回线时，分段处用木桩支撑。整条回线的两端应有 2cm 长剥去线皮，并保持清洁以达到良好的接触。

对于偏移测深（3.3.2），参考电缆通常是 15m 长。对于中心回线测深（3.3.3），参考电缆长度至少应该是发射回线边长的一半。对于剖面调查（3.3.4），参考电缆必须长到能使 Tx 和 Rx 解离。

你可以用两条或多条电缆连接起来以加长参考电缆，你也可以应用高质量的，双芯非屏蔽电缆做为参考电缆。但整个参考电缆长度不应超过 250m。

在出发之前，要检查电瓶的电压值，以确认是否充足了电。

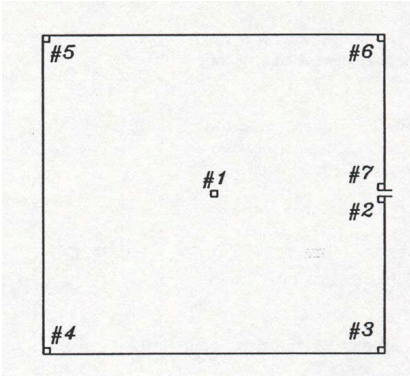
3.3 系统组成的布置

当利用标准装置结构时，例如偏移测深或中心回线测深，首先要布置好 Tx 单匝发射回线（3.3.1）。对于不同装置结构的 Tx 发射回线布置，在不同章节均有描述:

- 偏移测深，见（3.3.2）
- 中心回线测深，见(3.3.3)
- 剖面调查，见(3.3.4)

Rx 接收线圈的调平放在了最后（3.3.5）。

图 13



3.3.1 单匝 Tx 发射回线的布置

Tx 发射回线一般布成方形。然而，由于工作区条件的关系不便于布成方形的话，也可以布成长方形或者平行四边形。如果发射回线不是方形的话，则要测量各边的长度，以便计算回线面积。发射回线面积与发射电流的乘积，控制初始磁场强度和观测信号。如果发射回线是平行四边形，那么各边的夹角是 80º 和 100º，但其面积与 90º 夹角时是一样的。所布置的发射回线的面积和回线中心应该与设计相一致。由于工作

区的条件而必须改变发射回线的话，那么你也必须修整带头（HEADERS）参数。下面举例如何布置边长 10m 的发射回线。

确定发射回线中心并插下木桩，如图 13 中的#1。确定布线的起始点，该点距回线中心的距离应是回线单边长度的一半。（其余部略）。

3.3.2 偏移测深装置结构

见图 14:

- Tx 发射回线（Tx loop）与 Tx 发射机（Tx）用 1m 长的叫作 Tx 电缆（Tx loop cable）连接
- Rx 接收线圈（Rx coil）距发射回线 10m
- Rx 接收机（Rx）与 Rx 接收线圈用信号电缆（signal cable）连接
- Tx 发射机与 Rx 接收机用 16m 长的参考电缆连接

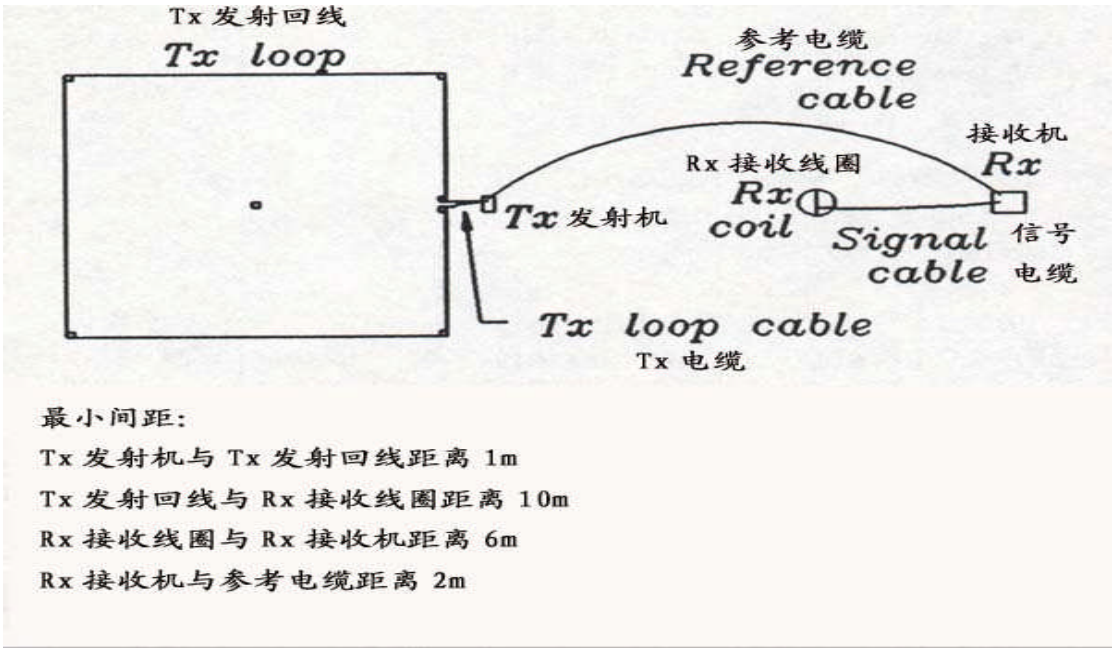


图 14: 偏移测深装置结构

图 14 中的装置沿垂直发射回线的剖面整体移动，逐点观测。

注意，Tx 发射回线，Rx 接收线圈以及与 Rx 接收机之间的距离总是这样应用的，而无需考虑发射回线的尺寸。

信号电线一端的 15 孔插件与 Rx 接收机前面板上的 15 针 COLL 插件连接。

查对 Rx 接收线圈前放电池，它必须保持充足的电压（为了节省电池，此时可以不连接信号电缆，但必须记住，在开始测量之前要把信号电缆连接好）。

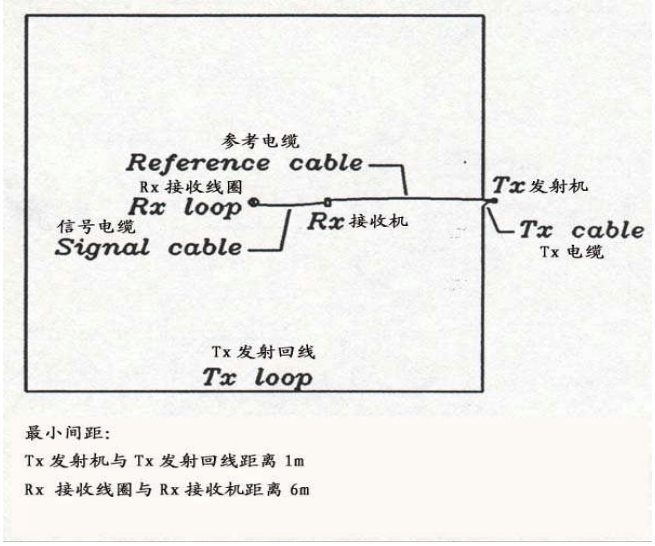
要把 Rx 接收线圈中心到 Tx 发射回线中心的距离测量准并记录在野外记录本上。

3.3.3 中心回线测深装置结构

见图 15

Rx 接收线圈（Rx loop）位于 Tx 发射回线（Tx loop）中心。Rx 接收机和信号电缆也位于发射回线之内。

Tx 电缆（Tx cable）和发射机（Tx）均位于发射回线之外。参考电缆穿过 Tx 发射回线（Tx loop）与 Rx 接收机（Rx）连接。



15: 中心回线测深装置结构

正如图 15 所示，将 Tx 发射回线与 Tx 发射机相连接的 Tx 电缆（Tx cable）长度为 1m。

布置完 Tx 发射回线之后，要测定发射回线的实际中心位置，其误差应在发射回线单边长度的 10%之内，否则要移动 Rx 接收线圈至精确的位置上。

Rx 接收机，参考电缆和信号电缆要离开 Rx 接收线圈 6m 以上。

然后如前段所述，再将各部件用电缆连接起来。

3.3.4 剖面调查装置结构

对于剖面调查而言，所有的组成都位于 Tx 发射回线之外。Tx 发射回线，Tx 发射机和 Rx 接收线圈以及 Rx 接收机都沿着调查剖面布置，（图 16）

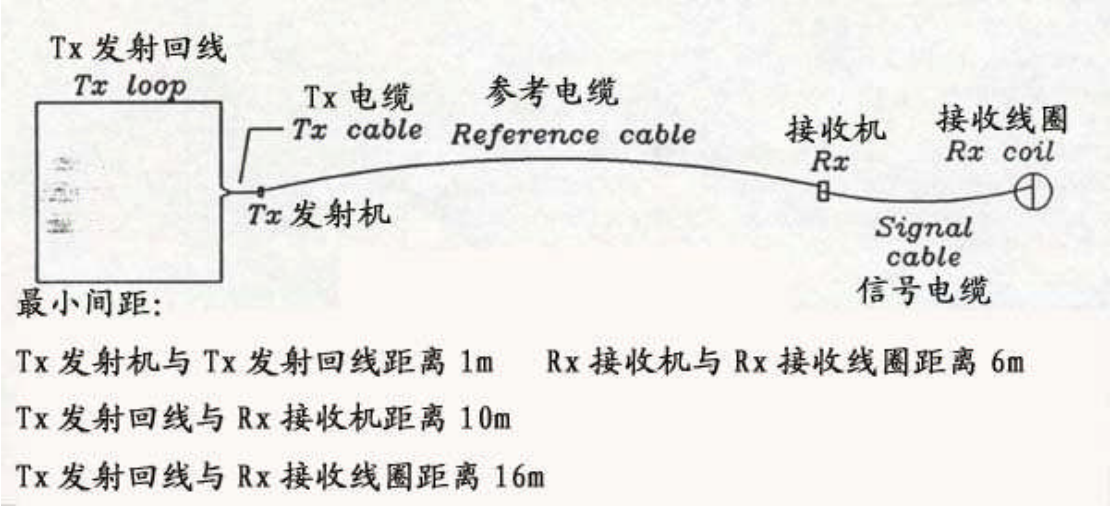


图 16: 发射回线和接收线圈距离大于 16m 的剖面调查装置结构

图 16 所示的剖面调查装置结构仅能应用在 Tx 发射回线和 Rx 接收线圈距离至少为 16m 的情况下。如果两者距离小于 16m，则等同于偏移装置结构（图 14）。

对于每一种装置结构都可以应用多匝发射回线，这在 3.1.1 节中已有讨论。

电缆之间的连接与 3.3.2 节一致。

3.3.5 Rx 接收线圈调平

为了精确的测量二次磁场的垂直分量，Rx 接收线圈应处于水平或近于水平状态。如果可能的话，应选择一块平地放置 Rx 接收线圈。Rx 接收线圈的支架也可用于调平。

如果地面太陡，用支架无法调平，则可以应用非金属物，如岩石或木头等，来支撑线圈使其达到近于水平（±10°）状态。

要保证 Rx 接收线圈至少远离 Rx 接收机和 Tx 发射机 6m 以上。

3.4 Tx 发射机设置

- 打开 Rx 接收机开关（这样它的控制参考信号就可传给 Tx 发射机），用参考电缆将 Rx 接收机和 Tx 发射机连接（3.4.1）。
- 把 Tx 发射机与 Tx 发射回线连接，在发射机面板上的 Loop 旋钮上设置发射回线尺寸，用发射电流控制旋钮调整好发射电流值（3.4.2）。
- 在（3.4.3）一节中描述了 Tx 发射机的参数设置。

3.4.1 Tx 发射机参考信息

当用参考电缆把 Rx 接收机与 Tx 发射机连接起来时，Rx 接收机就向 Tx 发射机

提供参考信号。

在参考电缆的每一端有一双香蕉插头。把此插头插入 Rx 接收机前面板的双香蕉插座上（标名 REF）。并以类似方法把参考电缆的另一端连接在 Tx 发射机的前面板上。

保证 Rx 接收机是开通的，参考电缆从 Rx 连至 Tx。参考电缆至少应该距 Rx 接收线圈和信号电缆 2m 以上。

图 17 是 Tx 发射机前面板组成（与图 2 一致）。

3.4.2 Tx 发射回线连接，匹配和电流

Tx 电缆的一端有两个鳄鱼夹子，分别夹住 Tx 发射回线的两根金属线头，要确保鳄鱼夹子与金属线头的良好接触。

Tx 电缆的另一端是 10 插孔的电缆接插件。把该接插件与 Tx 发射机前面板上的 10 针 LOOP 接插件连接。前面板上有两个 LOOP，其功能相同。对于多匝 Tx 发射回线，两个都要用。

要根据 Tx 发射回线的尺寸设置 Tx 发射机前面板上标有 LOOP m 开关的位置，这样 Tx 发射机才能正确的关断。LOOP m 开关所指的数码应等于 Tx 发射回线各边的平均长度。如果平均边长处于开关的两个数码之间，则开关应置于较高的位置上。例如，5m×5m 的 8 匝 Tx 发射回线，开关应设置在›40 的位置上。

对于初步实践而言，开关应设置在 10 的位置上。

为了保证前面板上的发射电流控制旋钮（CURRET）是未锁住的，要把它完全反时针旋转。把发射机上的 POWER 开关打到 ON 的位置上。此时在屏幕上显示的就是发射回线中的电流值。

顺时针旋转电流控制旋钮，直到其显示值等于你预先设计的电流值。对于单匝发射回线而言，最大电流为 3A。对于 5m×5m 8 匝发射回线而言，最大电流为 2A。

为了节省电瓶，直到开始测量之前你都可以关断发射机。

3.4.3 设置 Tx 发射机参数和电流波形

Tx 参数的设置影响 Tx 电流的波形。在图 9 中列出过波形，在 D.1.1 节中做过描述。

Tx Loop Size (m) 发射回线尺寸	发射回线电缆规格 Tx Loop Wire Gauge (AWG)							
	# 8		# 10		# 12		# 14	
	τ_r (μs)	$I_M(u)$ $I_M(H)$	τ_r (μs)	$I_M(u)$ $I_M(H)$	τ_r (μs)	$I_M(u)$ $I_M(H)$	τ_r (μs)	$I_M(u)$ $I_M(H)$
5x5	22	1.0	22	1.0	22	1.0	22	1.0
10x10	47	1.0	46	1.0	45	1.0	43	1.0
20x20	96	1.0	92	1.0	86	1.0	78	1.0
40x40	186	0.99	170	0.99	148	1.0	123	1.0
60x60	264	0.96	232	0.98	194	0.99	154	1.0
80x80	332	0.93	283	0.95	229	0.98	175	0.99
100x100	391	0.89	325	0.93	256	0.97	192	0.99
Multi-turn	410	0.88						

表 VIII；回线尺寸和电流上升时间

表 VIII给出了 Tx 发射回线尺寸及回线电缆规格与 Tx 发射电波波形上升时间常数之间的关系。上升时间参数用 Tr 表示。该表也给出了 Tx 发射电流的校正系数 $I_M(u)/I_M(H)$。在表中校正系数位于阴影格内，是因为仅在 Tx 发射机的系列号小于 910501 时才应用此校正系数。发射机系列号等于或大于 910501 时，则无需做此校正。

对于某些模型程序的计算，比如 Interpex TEMIX47，需要上升时间参数值。

3.5 Rx 接收机的 T/O TIME（时间）

在用参考电缆工作时，Tx 发射机和 Rx 接收机之间要同步，这种同步是根据 Tx 发射回线的尺寸，通过在 Rx 接收机上设置 T/O TIME 来实现的。设置 T/O TIME 方法如下:

- 应用图 18 中的曲线确定 T/O TIME 值
- 根据 C.2.2.7 节所述，细致设置 T/O TIME

3.5.1 确定 T/O TIME 值

T/O TIME 值是 Tx 发射回线尺寸和匝数的函数。
对单匝发射回线从图 18 中的曲线读取 T/O TIME。T/O TIME（μs）是对发射回线的平均单边长度而言。图 18 中的曲线应用的是双对数坐标。纵座轴的增量是变化的: 0.46μ-0.5μs 之间是 0.02μs，0.5μs-1μs 之间是 0.05μs，1μ-3μs 之间是 0.1μs，3μ-5μs 之间是 0.2μs，5μs 以上是 0.5μs。

例如，对初步实践而言，Tx 发射回线边的平均长度为 10m，则在图 18 中的横轴上找到 10，然而垂直向上与斜线相交点的纵座值 0.82μs，便是 T/O TIME 值。

单匝发射回线的平均边长从 10m 到 100m。在个别情况下，也可以超过此值。图

18 中所给出的 T/O TIME 与平均边长的关系也可以外推。例如，平均边长 150m 的单匝发射回线其 T/O TIME 大致为 7.5μs。

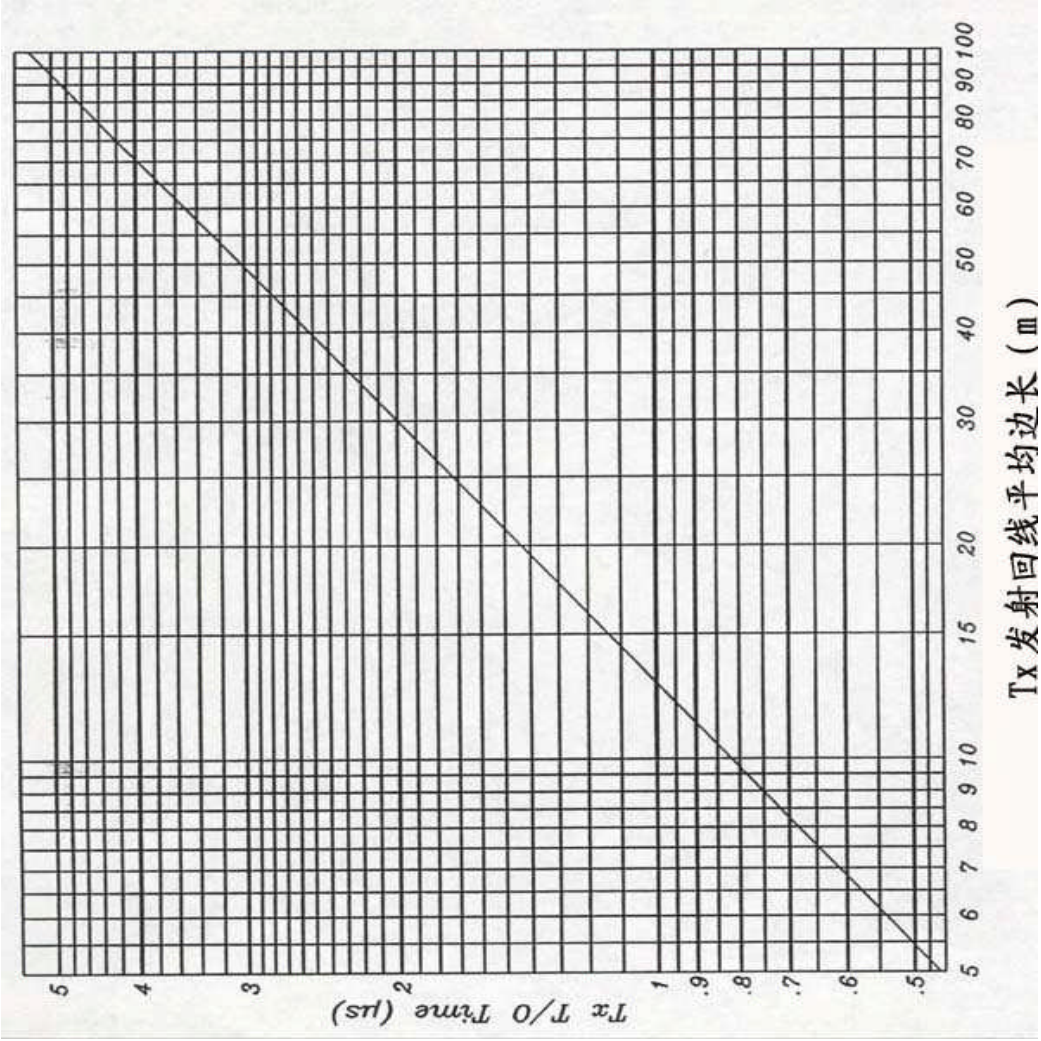


图 18: T/O TIME 与发射回线平均单边长度的关系

4、采集观测数据

4.1 信噪比和观测效率

以最可能高的信噪比（SNR）采集数据应当是每项调查所追求的目标。因为信噪比的增加能对地下特征物的位置、形状和特性给出更详细和更精确的判断。

然而观测效率也是我们追求的目标，因为对任何调查而言时间和经费都是有限的。

观测信号电平的大小与下列因素有关:

- 调查区地下的电导率值

- Tx 发射回线的面积，匝数和电流值（也即偶极矩）
- Rx 接收器增益的设置。

观测的噪声可能与下列因素有关:

- 来自于未知金属物体的、可重复观测到的响应
- 周期性的环境噪声
- 随机环境噪声

来自于未知的金属体的响应，例如，雷达警戒网，轨道，电网，埋伏的金属体等等，总应该记在我们脑海之中。如果这些物体是可见的，我们的观测装置就应当远离它们，使其响应变得可以忽略。离开的远近，基于经验和严密的实验。

典型的周期性环境噪声主要是人为的电气网络和电气设备。电网形成的噪声可用正确的设置 50Hz 或 60Hz 的抑制开关（D.2.1）和应用最佳 Rx 增益（4.2）使其降至最小。

随机噪声主要来自雷电放电，它可在大气层中产生电磁（EM）噪声，所谓“球面波”。球面波具有广阔的频谱并可传播很长的距离。在这种电磁活动平静的时间，例如早晨，进行观测，则有助于降低这种噪声。在高温时节，球面波活动强烈，并经常出现在夏季的下午。

随着对所采集信号样品数的增加并对其进行平均后，噪声便跟着降低。信噪比大致与样品总数的平方根成正比。

无论如何，在接近于发达地区时，周期性噪声和随机噪声总是较高的。这些噪声源包括无线电和电视发射装置。用降低 Rx 接收机的增益和增加样品的采集次数，总是可以降低随机噪声的。

在进行工作设计和设置系统控制时，在适当考虑生产效率的同时总是要考虑如何获得最大信号和最大量的样品数。

4.2 调整接收机的增益

如果 Rx 增益设置的太低，那就会导致所观测的有效信号幅值太小，使观测精度变差。

如果 Rx 增益设置的太高，则可能:

- 导致环境噪声（特别是周期性噪声）太大，使得 Rx 进入了非线性区，因而测量的是畸变信号。
- 大的有效信号导致 Rx 饱和

记住，Rx 测到的环境噪声往往要比来自地下的感应涡流所产生的微弱有效信号

大的多。这样，就要分两步设置 Rx 的增益:

第一步，开闭 Tx 发射机，这样就没有来自地下涡流所产生的信号了，而测量到的仅是环境噪声。此时，确定最大增益设置，其原则是在此噪声水平下 Rx 仍能在线性区内工作，而不致于使 Rx 进入饱和状态。如果 Rx 进入饱和状态，将引起信号的严重畸变，并增大噪声。

这种最大增益设置可应用在任何情况下，它叫作“噪声饱和”增益。由于对所有的门噪声电平通常是相同的，所以对所有的门增益设置也是一致的。

然而，当打开 Tx 发射机时，地下感应涡流所产生的信号有时也会大到足以使 Rx 接收机超载（特别是在低噪声环境下，“噪声饱和“增益可能设置的很高）。因此，第二步是进一步降低 Rx 的增益，以防止信号饱和。

信号饱和增益可以与“噪声饱和”增益相同（如果信号非常小的话），但它不能大于“噪声饱和”增益，因为这样噪声会导致 Rx 超载，使测量精度降低。注意，由于信号电平从一个门到另一个门是变化的，则“信号饱和”增益从一个门到另一个门也必须是变化的，但它不能大于“噪声饱和”增益。

在时间域电磁法测量当中，不正确的设置 Rx 增益是最普遍的错误。特别是，在操作员观测晚期门时，由于信号电平变的很平，很低，往往不自觉地把增益值加大到“噪声饱和”增益之上，以更便于观测信号。这样，就会使噪声过载，引起信号严重畸变。

在增益选择一节中（C.2.2.4），位置 1 是增益最低的位置。下一个较高位置则为双倍增益。依次，增益位置直到 7，则增益从位置 1 到位置 7 增大了 64 倍。

4.3 增益设置和求均值

对于时间域系统的操作员来说，选择 Rx 接收机的增益是一项最重要的，而又十分苛刻的任务。某些因素将响应增益的选择，其中最重要的有信号幅度和其衰减特征以及工作区内电磁干扰情况。下面一节将描述选择 Rx 接收机增益和测量间隔（求均值）的某些准则。本节是对 C.2.2.5，C.2.7 和 C3.1 节的补充。

4.3.1 输出饱和（信号饱和）

设置接收机增益最简单的准则是，输出不能使接收机达到饱和状态。由于数据输出由输入信号幅度（nv/m^2）确定，所以指示的饱和电平则与所使用的接收线圈和增益设置有关。

下表给出了饱和电平。该表以不同增益（N）下的输入信号幅度（nv/m^2）和接收线圈有效面积为参数。

	接收线圈有效面积		
接收机增益 (N)	31.4m² (HF)	100m² (LF)	200m² (3D-3 3D-1)
	V(nV/m²)	V(nV/m²)	V(nV/m²)
1	3,670,000	1,150,000	577,000
2	1,840,000	577,000	288,000
3	920,000	288,000	144,000
4	460,000	144,000	72,000
5	230,000	72,000	36,000
6	115,000	36,000	18,000
7	57,500	18,000	9,000

然而，有可能早期门饱和了，但仍可应用晚期门。由于饱和之后的一个或二个门受影响，所以饱和后的前两个门是无效值。

在信号初始幅度很大而又衰减很快的时（如高阻层之上为低阻层）会出现上述情况。在这种情况下，我们可应用两个增益设置：对早期门应用低增益，而对于晚期门应用高增益，然而在归一化为共同的增益（通常用低增益值倍增法设定高增益，因子为 2）。

4.3.2 输出线性

选择 Rx 接收机增益值的第二个准则是，随着增益的变化输出要保持线性。方法是：先用增益 5 测量输出，然后再把增益提高至 6，重复测量。检查晚期几个门的输出值是否接近一致（由于噪声的关系，第二次读数可能有所不同）。如果这些值是大致相同的，再把增益提高至 7，再重复测量。如果在这些点上，晚期门的信号幅度强烈的变化，便说明增益太高了。在这种情况下，增益 7 不能用。初始设置规则是，增益必须按因子 2 增加。应用最高的增益设置仍能保持线性，则表明在此增益下，其他准则是满足的。（对于各门而言，20nv/m² 的信号电平是合适的）。

4.3.3 噪声饱和

选择 Rx 接收机增益的第三个准则是，在晚期门组上的噪声电平不应超过±5nv/m²。为了检查此准则，要在关断发射机的情况下，在接收机特定的增益下进行 3 到 4 套测量，并把这些测量套之间的最后五个门的读数做比较。如果噪声值高于±5nv/m²，那么就要降低接收机增益。

4.3.4 求均值长度（积分时间）

为了从信号中剔除噪声，要对信号求均值，也即要对几百个到几千个瞬变信号进行叠加。一般而言，对越多的信号求均值，其信噪比便越高。所要求的求均值时

间，则与外部的噪声电平，系统的重复频率和响应信号有关。对 30Hz 的发射频率而言，在低的外部噪声条件下，可以应用较短的 8-15（秒）的积分时间设置，而对于较低的发射频率和高的外部噪声条件下，应该应用较长的，30-60（秒）的积分时间设置。你也可以应用多重设置以额外增加平均时间，如 C.2.6 节所述。

4.4 选择 PREQ（重复频率）

地下电导率影响信号脉冲的幅度，形状和延续时间。如果地下是低电导率的，则脉冲的初始幅度小，衰减快，很快就没有可测量到的信号了。相反，如果地下是高电导率的，则脉冲的初始幅度大，衰减将维持较长的时间。由于瞬变场的延续时间的宽窄变化很大，所以要应用不同的重复频率。五种设置可使测量周期从 0.8ms 到 80ms，接近三个量级。随着测量周期的扩展，信噪比跟着降低，因为在一定的叠加时间内（典型的是 15 秒），随着重复频率的降低被平均的瞬变场样品数也减少了。

由于在同一调查区内，地下电导率可以变化很大，所以你要经常地检视所观测的瞬变场数据，如果必要的话，你应该调正频率以保证测量周期能够覆盖瞬变场脉冲的延续时间，这样也能维持高的信噪比。系统频率列表在 D.1.3 节之中。

在一般情况下，均有频率 u 设置进行初始测量，u 设置可提供 0.8ms 的最短测量周期。对于那些延续时间大大小于 0.8ms 的瞬变场可以应用这种 PREQ 设置，因为在 0.8ms 之后已经没有可测量的信号了。

用 FREQ 设置在 v 位置进行测量时，将:
- 由于在大多数门内没有瞬变场信号，而浪费时间。
- 由于在 v 位置上早期门的宽度比 u 位置大 4 倍，所以降低了瞬变场的时间分辨率。
- 如前述，导致信噪比下降。

然而，假设瞬变场存在时间有 0.8ms，也就是说，如果频率设置在 u 位置的话，它超出了测量周期的末端。从图 10 可见，除了测量周期内我们测量到的瞬变响应之外，在 Tx 发射线圈打开的瞬时还有来自于地下的附加瞬变响应。这种更早的瞬变响应可以延续到接近于测量周期开始的时候。

当瞬变测量接近于测量周期末端时，这种更早的瞬变响应影响增强了，并导致所要观测的瞬变场信号显著降低（因为早期瞬变响应与瞬变场信号反向）。在早期阶段观测的瞬变场是精确的，但是在观测周期的末端所观测的瞬变场就逐渐变得很小。这个问题，所谓的 Tx 发射系统启动效应，可用增加观测周期的长度，也即用降低重复频率的方法来解决。

这样，为了精确地测量，前面所谈的 0.8ms 测量周期的晚期瞬变场，则需要用重复频率 v 的位置进行第二次观测。先前的在 u 位置上的测量给出了瞬变场高精度的早期阶段观测值；第二次在 v 位置上的观测，由于观测周期比 u 位置长了 4 倍，所以相当于 u 位置上的晚期瞬变场，在 v 位置上将向早期方向移动，而使幅

度增强。如果，此时瞬变场在 3ms 时（相当于 v 位置的最后一个门）仍然很强，就应该用 H 位置在做另一次测量。然而，随着重复频率的降低，信噪比将逐渐变坏。

商用反演程序，像 TEMIX47，可以应用于所有的数据之中。

4.5 调整每次测量的记录

每次执行测量（MEASURE）程序时，PROTEM47 系统便进行采样，计算和存储所测量的数据套，此数据套是由 rec.percomp.场所指定的，在 COMPONENT 程序演示之中。

在 C.2.6 节描述了 COMPONENT 程序的执行。

每次重复测量均做为一个分离数据记录被存储。在同一个测点上，同一个分量的分离数据记录，在它们被拷贝到计算机之后随之便做分析（也即平均），这在 C.4.2 节做了描述。

这种自动的，重复测量的特点可以替代更长积分时间的设置。由于对每个短的数据套都可检验其噪声，所以采集几个短的数据套，而不是一个长的数据套，往往更为有效。某些噪声可用编辑手段加以激发。编辑过的几个数据套之平均值可以比一个长的数据套具有更好的信噪比。

对于宽频带的瞬变场数据，编辑重复测量工作特别有效，此时噪声趋于变尖，因而易于识别和剔除。

在有效信号很低或噪声很高的情况下，也可以采集一些长的数据套。

4.6 标定检测

每天要检测 Rx 接收机的内部标定，特别是每个调查项目开始的时候（C.2.3）。

要对整个系统进行检测，以确保系统（也即增益、同步和 Tx 发射电流）是正确无误的。依赖于对调查结果绝对精度的要求，你可以经常的，例如每天一次，对系统进行检测标定。

4.6.1 用测试线圈对系统进行标定检测

如果你选择 Rx 测试线圈，你就可以测试 PROTEM47 系统的增益，并将测试结果与 GEONICS 标准设置（C.4.6.1.1)进行比较。你也可以应用其它物体来测试系统增益，但只能与同一物体用其它方法测试的结果做比较(C.4.6.1.2)。

为了进行标定，要把系统设置成中心回路测深装置（D.3.3），应用 40m×40mTx 发射回线，Tx 发射电流为 2A，（如图 18 所示），对 40m×40m 回线而言 T/O Time

是 2.5μs。

设置接收机增益为 6，重复频率在 H 位置。

4.6.1.1 测试线圈标定检测

按标定的系统设置，你可以用 Rx 测试线圈标定 PROTEM47 系统的增益。高频（HF）线圈类型将决定标定检测的过程和结果。Geonics 有两种类型的高频（HF）接收线圈，一种是大的、直径 1m，一种是小的，直径 0.6m。

a）**对于 1m 直径的高频线圈标定过程如下**: 把测试线圈放置在 Rx 接收线圈的支撑横架上，并保持测试线圈的轴与 Rx 接收线圈轴一致。
执行 MEASURE 应用程序，最后所得到的门值代表测试线圈和背景响应的总合。这是第一套数据。

把测试线圈移至距 Rx 接收线圈 10m 远的距离。执行 MEASURE 应用程序并更多地记录第二套数据，该数据代表背景响应。

第一套数据减去第二套数据，其差便是标定值。把此标定值与 Xa 表中所列的标准标定值做比较。

门 Gate	nV/m²	门 Gate	nV/m²	门 Gate	nV/m²	门 Gate	nV/m²
1	12 300	6	8 960	11	3 050	16	85
2	11 900	7	7 900	12	2 010	17	21
3	11 300	8	6 740	13	1 180	18	4.2
4	10 700	9	5 500	14	600	19	1.6
5	9 880	10	4 250	15	254	20	0.96

表 Xa: 1m 直径高频线圈标准标定值

b）**对于 0.6m 直径的高频线圈标定过程如下**: 把测试线圈安置在接收线圈下方。确保接收线圈与测试线圈要精确的同心。

执行 MEASURE 应用程序，最后所得到的门值代表测试线圈和背景响应的总合。这是第一套数据。

把测试线圈移至距 Rx 接收线圈 10m 远的距离。执行 MEASURE 应用程序，并更多的记录第二套数据，该数据代表背景响应。
第一套数据减去第二套数据，其差便是标定值。把此标定值与 Xb 表中所列的标准标定值做比较。

门 Gate	nV/m²	门 Gate	nV/m²	门 Gate	nV/m²	门 Gate	nV/m²
1	47 030	6	34 160	11	11 710	16	333
2	45 270	7	30 150	12	7 730	17	84.2
3	43 130	8	25 720	13	4 550	18	15.3
4	40 620	9	21 010	14	2 320	19	1.85
5	37 660	10	16 250	15	986	20	0.12

表 Xb：0.6m 直径高频线圈标准标定值

对每个门来讲，标定值与标准值相比其误差应在 5%之内。由于在高门上信号较弱，任何小于 5nV/m² 的值其误差也可在标准值的 0.2 V/m² 之内。

如果你希望利用不同的 Tx 发射回线，或者利用不同的增益开关，或者不同的发射电流，则需要使用下面的转换公式:

$$C_c = \frac{0.0707 * M_c * X * Y}{I * \sqrt{X^2 + Y^2}}$$

式中：Cc 是 C 门的标定值
Mc 是 C 门的测量值
X 是长方形 Tx 发射回线的 X 边长度
Y 是长方形 Tx 发射回线 Y 边长度
I 是 Tx 发射电流

4.6.1.2 相对标定检测

设定标定系统之后，把一个有很高的固定电导率的物体安置在 Rx 接收线圈的支撑横架上。该物体应该安置平稳并位置可重复，中心位于横架上。

应用 MEASURE 程序储存每个门的测量值。把上述物体从 Rx 接收线圈的横架上移开，并将其安装在 Tx 发射回线以外。进行第二次测量。把第二次测量的数据套与第一次测量的数据相减，得到的便是相对标定结果。

4.7 系统极性

PROTEM47 系统的极性符号是，在 Rx 接收线圈中的初始电压 Tx 关断后直接引起的极性:

- 如果接收线圈位于 Tx 发射回线之内，其极性为正
- 如果接收线圈位于 Tx 发射回线之外，其极性为负。

这种极性标志依赖于，Tx 电缆是如何与 Tx 发射回线相连接的，以及是如何与 Tx 和 Rx 相连接的。注意，在 Rx 接收线圈支撑横架上的水平尺泡应该面对测量分量的正轴方向。

为了检测结构的极性，应用 MEASURE 程序采集和浏览初始场值。如果初始场符号与你的参照是不一致的，那么最容易的方法是，用改变参考电缆香蕉插头在 Rx 接收机香蕉插座中的位置来改变符号。

如果在调查期间，你要经常移动系统或改变观测结构，那么你就应该监视初始场的极性。

E、系统的电瓶

1、 电瓶一览

PROTEM47 应用三套电瓶。表 X1 总结了这些电瓶的特点:

电瓶	类型	典型工作时间	供电给
Tx	12V 铅/凝胶可充电	2-18 小时依赖于 Tx 发射线圈尺寸和发射电流	Tx 发射机电路和 Tx 发射回线
前放	2×9V 钾电池	20 小时	Rx 接收线圈前放
Rx	12V 铅/凝胶可充电	16 小时	Rx 接收机电路

表 X1: PROTEM47 电瓶

如果 Tx 发射回线是大型的，多匝的，电缆是细的，并且要供给大电流的话，那么 Tx 电瓶就应是大容量的。要经常检查电瓶的电压，保持电瓶充足电量，最好有备用电瓶。

在完成几个调查项目之后，前置放大器的电池应该替换。这种电池体积小，成本低。可充电电瓶，即 Rx 接收机电瓶其工作时间最长。要保证在开始工作之前，该电瓶要充足电，并要带上备用电瓶或配件。

2、电瓶工作时间

在 20°C温度时，充满电的电瓶其工作时间见表Ⅸ。在-30°C 温度时，其工作时间要降低一半。

可以应用 12V 的外接电瓶，比如汽车电瓶，来延长 Rx 接收机和 Tx 发射机的工

作时间。详见 E4 章。

如图 19 所示，Tx 电瓶的工作时间是 Tx 发射回线尺寸、电线类型和发射电流的函数。该图所示的工作时间是在环境温度 20°C 情况下。

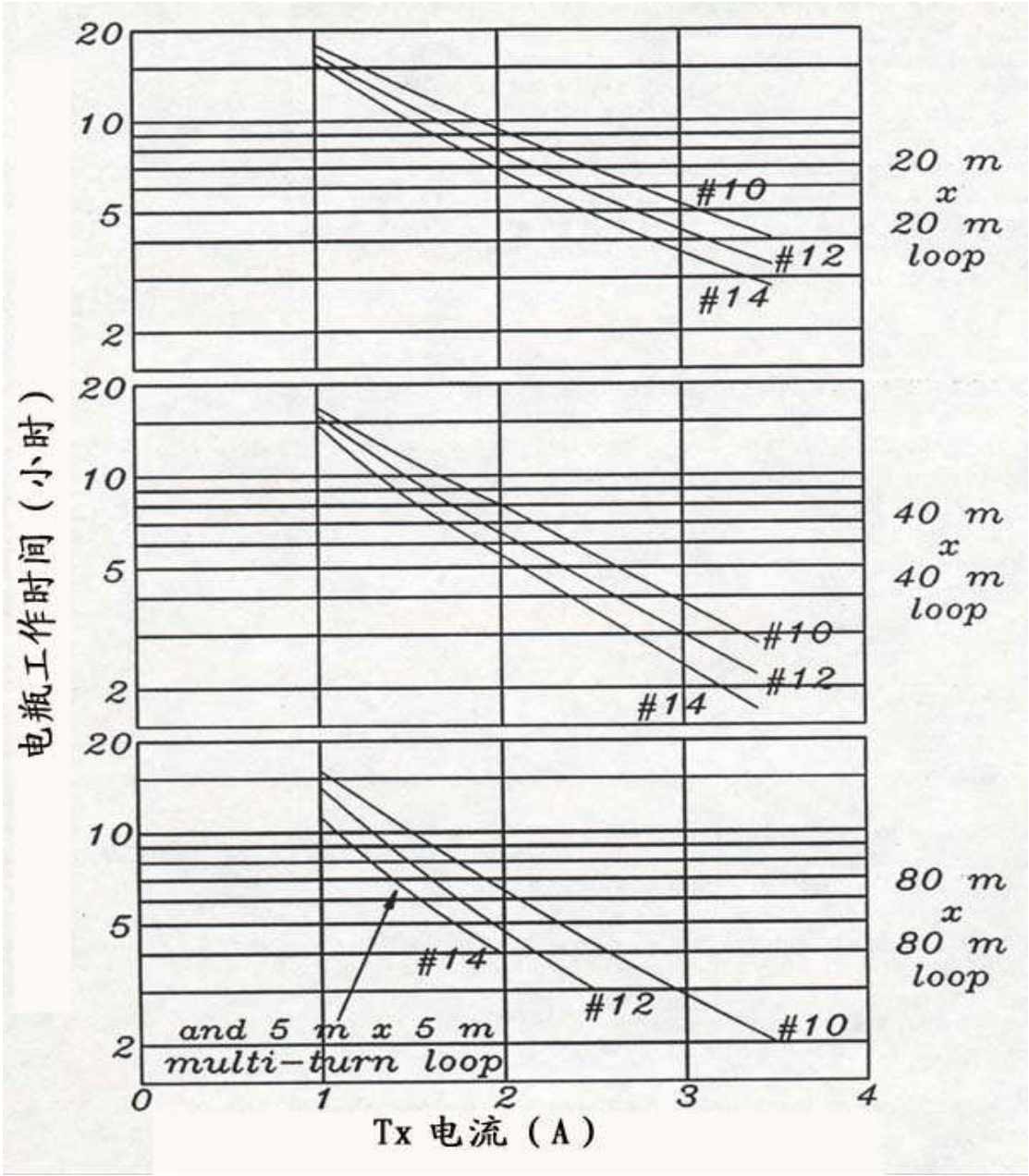


图 19：Tx 电池的大致工作时间

图 19 中所标的电线类型（如＃10 等），是参照美国的铜电线标准（AWG）给定的。为了参照，在表中标明了 4 铜 AWG 电线每公里长的电阻值。Tx 发射回线通常采用这种电线。注意，当应用粗电缆（低 AWG#）时，图 19 中所标的电池工作时间明显的延长。

注意，在 Tx 发射系统打开后，它几乎立即就稳定下来，所以只有当你执行 MEASURE 程序时才打开 Tx 发射机。为了获得最大的工作时间，除了观测时间之外其他时间都要关断 Tx 发射系统

AWG#	Ω/km
8	2.1
10	3.3
12	5.2
14	8.3

表 XIII：Tx 电缆的电阻值

3 、检测，充电和换电瓶

检测，充电和换电瓶的过程如下:

3.1 Tx 电瓶

为了检测 Tx 电瓶电压，要把 Tx 发射机前面板上的功率开关（POWER）打开。如果 Tx 发射机未与发射回线连接，Tx 应该很快地稳定在 0。按下 BATT CHECK（电瓶检测）开关，就可显示出 Tx 电瓶的电压值。

充满电的电瓶其电压值在数字显示器应超过 13V。如果你的 Tx 发射机电压是用模拟标尺显示，则充满电的电瓶其电压值指针大致在 BATT 范围的 60%处。

如果 Tx 电瓶电压小于 10.5V(在数据显示器上), 或指针降到 BATT 范围以下(在模拟标尺上)，Tx 电瓶就应该充电了。

为了给电瓶充电，要把 Rx/Tx 电瓶充电器接到 BATT. CHARGE（电瓶充电）插座上。该插座在 Tx 发射机的前面板上。在充电器接通电源之前，充电器就要与电瓶连接好。整个充电时间大约为 14 小时。

为了充电或者是安装充好电的 Tx 发射机电瓶,要把 Tx 电瓶从 Tx 发射机上移走。有两个塑料夹安在电瓶的两侧，它们与 Tx 发射机金属外壳的两侧相连。打开或锁紧这两个塑料夹子，便可卸下或装上 Tx 电瓶。

3.2 前置放大器电池

有两个小表头安装在 Rx 接收线圈的支撑横架上。它们显示两个前置放大器电池的电压值，信号电缆与这两个小表头之间的插座相连。

在信号连接上之后，如果两个表头的指针不处在表头标尺的红区之内，则前置放大器的电池就要更换。

前置放大器的两个电池放置在支撑横架一端的黑色盖子内。此盖由两个螺丝固定在横架上。

3.3 接收机电瓶

为了检查 Rx 接收机电瓶的电压，要打开 Rx 接收机，用电瓶检测模式（C.2.3.1）检查之。

为了确认该电瓶是否要充电或者是换充好电的电瓶，可用外接电压表或者是控制器测量该电瓶的电压值。应用外接电压表的好处是不需要把电瓶安置在 Rx 接收机之内以检查其电压值。

如果你用外接电压表测量 Rx 接收机电瓶的电压，你就需要把电压表的探笔正确地插入 3 孔插座 EXT.BATT 内。该插座在 Rx 接收机前面板上（打开接收机上盖可见前面板）。插座上的每个插孔都标有英文字母。标有字母 A 的插孔与外接电压表的负端连接，电压表正端与孔 C 连接。（A 也是系统接地）。

正如 Tx 发射机的电瓶一样，充满电的 Rx 接收机电瓶的电压值也应在 13V 以上。如果电压低于 10.5V，就应马上充电。

把 Rx/Tx 电瓶充电器与电瓶盖上的接插件连接进行充电。为了充电，电瓶可以不在 Rx 接收机之内。要记住，要在充电器与电压连接之前，先把电瓶与充电器连接好。Rx 电瓶充满电约需 14 小时。

也可以把电瓶充电器与 EXT.BATT 连接，以便对 Rx 接收机内的电瓶充电。此时，Rx 接收机要关断。

4、Tx 和 Rx 的外接电源

当在野外测量接近最后，但电瓶电压不足的情况下，你可以应用标准的备用电瓶或 12V 外接电瓶做为 Tx 和 Rx 的电源。

为了把标准备用电瓶与每个单元连接需要有备用电缆。该电缆的每端有三个针。把电缆的一端与备用电池前面板上的接插件连接。为了给 Tx 供电，要把电缆的另一端与 Tx 发射机前面板上的 BATT.CHARGE 连接。为了给 Rx 供电，要把电缆的另一端与 Rx 接收机前面板上的 EXT.BATT 连接。

为了把 12V 外接电瓶（例如汽车电瓶）连接到每个单元上，用户要自备一个电缆。该电缆的一端要有 3 针插头，就像 Rx/Tx 电瓶充电器上的一样（图 1 中的 9 和 10 项）。用户自备的电缆必须要与标有 A 和 C 的插孔相连。

用户自备电缆的另一端应该安有夹子，以便与外接电瓶的正、负极牢固的接触。电瓶的正极与标有字母 C 的插孔相连，负极与标有字母 A 的插孔相连。

为了给 Tx 供电，要把电缆的插头与 Tx 发射机前面板上的 BATT.CHARGE 插座相连。为了 Rx 供电，要把电缆的插头与 Rx 接收机前面板上的 EXT.BATT 插座

相连。然后把电缆负极的夹子接到电瓶的负极上，正极的夹子接到电瓶的正极上。

一旦你把备用的或外接的电瓶连接到 Tx 或 Rx 上，就要把单元内的内置电瓶摘掉。E.3.1 段描述了如下摘掉 Tx 的内置电瓶。

5、电瓶维护

Tx 和 Rx 的电瓶是铅/凝胶型电瓶，其工作原理与铅/酸电瓶相同，凝胶代替酸。电瓶是密封的。铅/凝胶电瓶可以充电几百次。如果在每次充电之前，你仅仅耗掉电瓶容量一部分的话，其充电次数可增加。

不管电瓶类型如何，电瓶都要充满电保存。电池容量随着年限而降低。

当在+20°C 条件保存充满电的电瓶时，其电量每月损失 2%-3%。

深放电防护:

不同于通常的铅蓄电瓶，铅/凝胶电瓶要防止过分放电。如果电瓶与负载要保持长时间的连接，那么深放电保护就可保证电瓶不至于损坏，而能继续充电。深放电 30 天之后，电瓶应该充电 48 小时。完全深放电的电瓶，在没充电的情况下，其保存时间不应超过 30 天。

充电之后，可以想象电瓶将会损失容量，但这种损失不会超过原有容量的 25%。为了恢复损失的容量，电瓶应该通过一系列的充、放电循环过程。

电瓶存储条件:

电瓶要在充满电的情况下保存。应用之后，要把电瓶接到充电器上保存，直到下次再用。如果不可能保持电瓶连接充电，那么也应该充满电后存储在+20°C 的环境温度下，并且最长不能超过 6 个月就应充电。在高温下存储，充电周期要短，在低温下存储则可长些。由于电解液的特殊重力作用在充电阶段要下降，并引起冻结点上升，所以只有充满电的电瓶才能保存在很低的温度环境下。在充满电阶段存储对于寿命和循环电阻有正面效应，自放电不允许低于充电阶段的 50%。

电瓶要存储在干燥的地方

F.PROTEM 接收电圈的有效面积

线圈类型	**有效面积（m^2）**
高频	31.4
中频	31.4

低频	100
3 分量线圈	200
BH43 检测器（带适匹箱）	10,000
柔性线圈（14m×14m）	25,000
柔性线圈（22m×22m)	31.4
H.F.3 分量	