
宽频带地震计

KS-2000、KS-2000M型

操作手册



GEOTECH INSTRUMENTS, LLC

Copyright © 2000-2002

目录

第 1 章	概述	1
第一节	介绍.....	1
第二节	描述和目的.....	2
第三节	规格说明.....	3
第三节	规格说明.....	3
第四节	极点和零点.....	4
第五节	数学模型.....	4
	一、速度地震道.....	4
	二、摆锤监测道.....	4
第六节	厂家提供的设备.....	5
第七节	需要的、但厂家没有提供的设备.....	5
第 2 章	安装	7
第一节	引言.....	7
第二节	防止大气变化.....	7
第三节	安置地震计.....	7
第 3 章	连线和联接	9
第 4 章	调节和控制	11
第一节	地震计水平调节.....	11
第二节	摆锁定问题.....	11
第三节	手动调节摆位置.....	11
第四节	自动调节摆位置 (仅限型号KS2000M).....	11
第 5 章	打开外壳和替换细弦	13
第一节	打开外壳.....	13
第二节	安装外壳.....	14
第三节	替换保险丝.....	14
第 6 章	仪器操作	15
第一节	操作开始.....	15
第二节	长期运行.....	15
第三节	仪器标定.....	15
	一、标定激活.....	15
	二、使用加速度输入的摆锤监测灵敏度.....	15
	三、使用加速度输入的速度地震道灵敏度.....	16
	四、使用速度输入的速度地震道灵敏度.....	16
	五、使用速度输入的摆锤监测灵敏度.....	17
第 7 章	仪器运送	19
第 8 章	操作原理	21

(本页空白)

图件

图 3-1: 从焊接边看, 电缆接头管脚位置	10
图 4-1: 摆锤手动调节居中调节螺丝位置	12
图 5-1: 去除顶盖和外壳	13
图 5-2: KS2000 内的保险丝位置	14
图 8-1: KS2000 块状结构图	22

(该页空白)

表格

表 1-1: KS2000 型宽带地震计规格说明.....	3
表 3-1: KS2000 宽频带地震计电缆联接头的管脚分配	9

(该页空白)

第 1 章 概述

第一节 介绍

这一本手册描述 KS2000 和 KS2000M 宽频带地震计的安装，调整和操作。它不含修理或广泛的故障排除信息。地震计显示如图 1-1 所示。这一节给出关于仪器的一般信息。



图 1-1: KS2000 宽频带地震计

第二节 描述和目的

KS2000宽频带地震计是一个三分量正交的表面安置用地震计。地震计重7.7公斤（17磅），直径190.5毫米（7.5英寸），高304.8毫米（12英寸），包括水平调节支脚和手柄。仪器被设计使用在一个很好地绝缘的地窖内，或其他的温度稳定的环境下。

这一章的余下部分给出关于仪器的一般信息。第 2 章建议如何在水平表面上架设仪器。第 3 章描述地震计的讯号线，电源线和标定线如何联接。第 4 章说明控制，并且描述地震计的调整。第 5 章描述如何打开仪器外壳和替换内中保险丝。第 6 章描述地震计的操作。第 7 章列出地震计如何运送和搬运。第 8 章扼要地描述地震计的操作原理。

第三节 规格说明

仪器的规格说明列于表格表 1-1 中。

表 1-1: KS2000 型宽带地震计规格说明

运行特点		
配置		垂直、南北、东西向正交三分量
输出信号		
三道地震信号，可选速度或加速度		差动双端 40 伏
摆锤位置监测信号 — 对应三分量		单极双端 25 伏
灵敏度		
地震输出	速度 加速度	2000 伏/(米/秒) 220 伏/(米/秒 ²)
温度范围		-20° 到 60°C (-4° 到 140°F) Must be held stable to +/- 1°C for lowest noise operation over bandwidth.
频率范围	地震输出 速度 加速度 摆锤监测输出	Flat to -3 dB .01 to 50 Hz Flat to -3 dB .01 to 50 Hz Flat to dc to 50 Hz
标定	类型 信号大小	对速度或加速度水平 — 跳线选择 模拟输入 — 电压 — 正弦，脉冲，等等 双端 0 – 10 伏
电源	电压 静态电流 最大功率	9 到 18 伏直流 0.160 安培 (KS2000) ， 0.225 安培 (KS2000M) 在 12 伏直流供电下 3 瓦 (KS2000，所有标定线路闭合)； 5 瓦 (KS2000M，标定线路断开进行摆锤居中)
物理特点		
尺寸大小	连同水平支脚和把手的高度 直径	304.8 毫米 (12 英寸) 190.5 毫米 (7 ½ 英寸)
净重		7.7 公斤 (17 磅)
运送时尺寸大小		305 x 305 x 483 毫米 (12 x 12 x 19 英寸)
运送时重量		9.1 公斤 (20 磅)

第四节 极点和零点

速度地震道	
零点 弧度/秒	极点 弧度/秒
0	-0.0444 ± j 0.0444
0	-222 ± j 222
摆锤监测道	
零点 弧度/秒	极点 弧度/秒
	-222 ± j 222

第五节 数学模型

一、速度地震道

$$\frac{E_v}{\dot{y}} = \frac{Ks^2}{(s^2 + \lambda_L \omega_L s + \omega_L^2)(s^2 + \lambda_H \omega_H s + \omega_H^2)} \text{ Volts}/(\text{meter}/\text{sec})$$

其中,

$$\omega_L = .0628 \text{ radian}/\text{sec}$$

$$\lambda_L = .707$$

$$\omega_H = 314.6 \text{ radian}/\text{sec}$$

$$\lambda_H = .707$$

$$K = S_V \times W_H^2$$

$$\text{Zeros} = 0 ; 0 \text{ radians}/\text{sec}$$

$$\text{Poles} = -\omega_L \lambda_L \pm j \omega_L \sqrt{1 - \lambda_L^2} ; -\omega_H \lambda_H \pm j \omega_H \sqrt{1 - \lambda_H^2} \text{ 弧度}/\text{秒}$$

二、摆锤监测道

$$\frac{E_{em}}{\dot{y}} = \frac{H}{(s^2 + \lambda_H \omega_H s + \omega_H^2)} \text{ 伏特}/(\text{米}/\text{秒}^2)$$

其中,

$$\omega_H = 314.6 \text{ radian}/\text{sec}$$

$$\lambda_H = .707$$

$$H = S_{em} \times W_H^2$$

$$\text{Zeros} = \text{none}$$

$$\text{Poles} = -\omega_H \lambda_H \pm j \omega_H \sqrt{1 - \lambda_H^2} \text{ 弧度}/\text{秒}$$

第六节 厂家提供的设备

联接接头 Amphenol Bendix, PT06A-18-30S(SR)

第七节 需要的、但厂家没有提供的设备

适当的地窖或其它的容器。

绝热的或者其它的保持环境热稳定的安装工具。

(该页空白)

第 2 章 安装

第一节 引言

KS2000 需要被正确安装，仪器才能取得最低噪声性能。如同所有的其他宽频带地震计一样，仪器对温度变化敏感。虽然仪器规格说明它可以在一个大的温度范围内工作，但是如果温度变化超出平均安装温度 1—2 度，摆锤可能需要重新设置。为达到这样的目标，所有的安装技术被设计使安装的温度变更最小。因为不可能知道使用者遇到的所有可能的安装情形，因此，下列各项提议应该被视为对仪器安装的一般性指南。

第二节 防止大气变化

当外壳被适当地封闭，所有的“O”形环和螺旋封口都在适当的位置的时候，仪器就从气压变化被隔离。一个干燥剂胶囊吸收在围封之内被困住的任何水分。

如果使用步进电机调整摆锤位置，那么就不必开启仪器的盖。对于手动型号 KS2000，摆锤位置调整是通过外壳顶部和旁边的小孔来进行。这些小孔由相应的螺旋头下面的一个封口套圈封闭。一定要小心保证这些套圈是干净的；当重新安装时仍然完好，或替换成新的。

第三节 安置地震计

地震计的适当架设对于达成仪器的最好使用效果是很重要的。传感器与水平调节支脚一起供给，可用来在不平顺的表面上的调节仪器水平，支脚然后被锁定。然而，对于永久性架设，最好除去支脚，而且用水泥把仪器浆注在架设表面上。

架设表面应该坚实可靠，并且与地震计要监测的岩基或其它基岩层良好地耦合。更适宜地，仪器应与地面热耦合。直接埋设地下用于短期观测的仪器，或者长久架设在地下仅一米多深的地窖里的仪器，大气的温度变化将会被很好地隔离。直接埋设的仪器应该位于排水良好的地点，以防止流水渗入接头之内。如果湿气是一个问题，主要的接头应该考虑用陶瓷屏蔽。

位于地窖、或地洞、或其它地下结构内的仪器，应该很好地隔绝，以避免仪器外围的气流引起仪器内部扰动。在地窖上方拉根通电电线會使得地窖内的氣流分层，從而減少湍流。以絕緣泡沫包裹仪器 10 厘米厚會很有幫助。包围地震计的木头箱子起到了一定的隔绝和保持長期熱穩定的效果。

(该页空白)

第 3 章 连线 and 联接

从焊接边看过去，表 3-1 为 KS2000 地震计列出电缆联接头的管脚分配。

表 3-1: KS2000 宽频带地震计电缆联接头的管脚分配

管脚编号	功用	导线样式 / 类型
F	VEM-	黑/蓝双扭线的黑色线
W	VEM+	黑/蓝双扭线的蓝色线
G	V+	黑/白双扭线的白色线
Z		没有分配
X	V-	黑/白双扭线的黑色线
H	VCAL-	黑/橙双扭线的黑色线
Y	VCAL+	黑/橙双扭线的橙色线
J	VCALEN	红/棕双扭线的红色线
M	NEM-	黑/黄双扭线的黑色线
b	NEM+	黑/黄双扭线的黄色线
N	N+	红/白双扭线的白色线
R		没有分配
c	N-	红/白双扭线的红色线
P	NCAL-	黑/棕双扭线的黑色线
d	NCAL+	黑/棕双扭线的棕色线
S	NCALEN	红/橙双扭线的红色线
A	EEM-	黑/绿双扭线的黑色线
T	EEM+	黑/绿双扭线的绿色线
B	E+	绿/白双扭线的白色线
D		没有分配
U	E-	绿/白双扭线的绿色线
C	ECAL-	红/绿双扭线的绿色线
V	ECAL+	红/绿双扭线的红色线
E	ECALEN	红/蓝双扭线的红色线
e	12V	红/黑双扭线的红色线
f	12COM	红/黑双扭线的黑色线
K	Not used	红/黄双扭线的红色线
L	Not used	红/黄双扭线的黄色线
a	Not used	绿/蓝双扭线的绿色线
g	CENTER ENABLE	绿/蓝双扭线的蓝色线

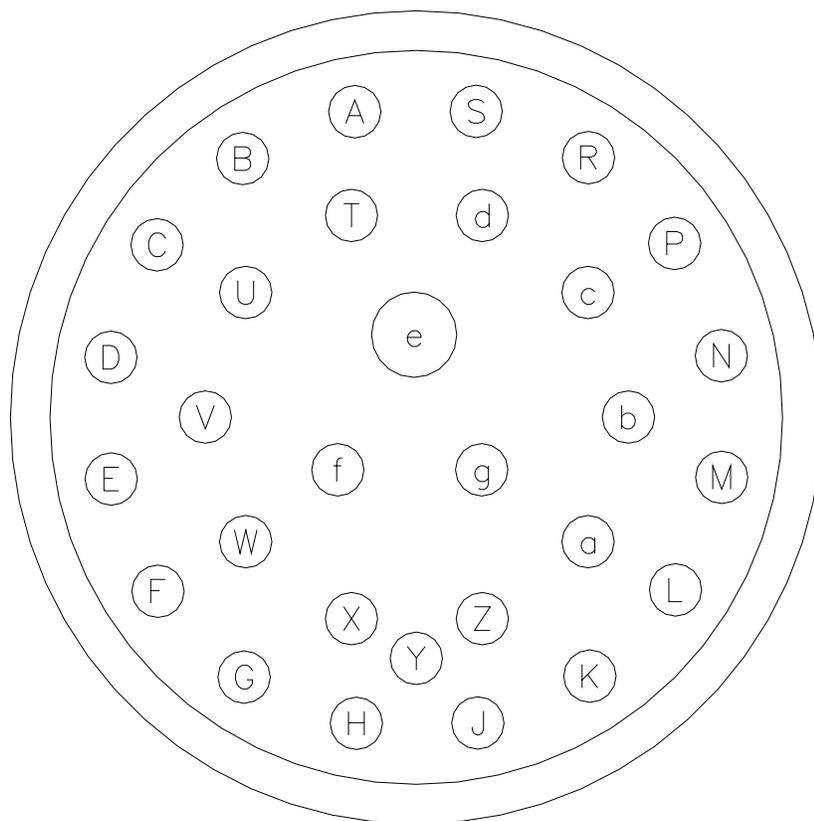


图 3-1: 从焊接边看, 电缆接头管脚位置

第 4 章 调节和控制

第一节 地震计水平调节

位于地震计外壳顶部的水平调节水泡会指示地震计是否水平。三个水平调节支脚位于地震计的底部。当地震计是水平的时候，在每个脚上的一个锁定环用来锁住每个脚。注意，在水平调节上的非常小的改变将会非常严重地影响水平地震道的摆锤位置。地震计一定在架设和调节水平完成之后，才能进行摆锤位置调整。

第二节 摆锁定问题

该地震仪器摆锤不能锁定。仪器里的障碍约束了普通冲击引起的摆锤运动。猛烈掉落在粗硬表面上会损坏地震计。运送和包装信息请参阅第 7 章。

第三节 手动调节摆位置

摆锤位置调节螺丝位于图 4-1 所示。去除密封螺丝盖帽就可露出内部紧挨着外壳的调节螺丝。在摆锤不同分量监测管脚 (pin_EM+) 和 (pin_EM-) 之间，连接一台直流电压计。请参见图 3-1 和从焊接边看过去，表 3-1 为 KS2000 地震计列出电缆联接头的管脚分配。

表 3-1。非常小心地调节摆锤位置调节螺丝使得在适当的管脚达到零电压。注意，这种调节非常敏感，需要耐性和练习使直流电位设定在 0 -1.0 V 之内。在调节完成之后，替换密封螺丝，确定密封垫圈是干净的且状态良好。地震计达到热平衡之后，摆锤位置可能还必须重新调整。对于远程台站使用的地震计，最好使用 KS2000M 摆锤自动调节型。

第四节 自动调节摆位置（仅限型号 KS2000M）

KS2000M 摆锤自动调节型地震计装配有步进微型马达。每个轴（分量）使用一个分开的马达。要使摆锤居中，“摆锤居中”管脚必须暂时地与接地信号短路（接地信号不同于 12COM）。这可以方便地由 CI-2000 控制接口完成，只需拨动“摆锤居中/开始”开关。

在开关被拨动之后，摆锤自动居中需要约 10 分钟。粗居中（ ± 0.5 V）完成很快，每个分量居中过程可使用 CI-2000 观察到。然而，在粗居中完成之后，细居中（ ± 50 mV）要花好几分钟运行。

警告：在摆锤自动居中过程中，不要做仪器标定。虽然不会对仪器有什么损害，但是耗电量会过度。

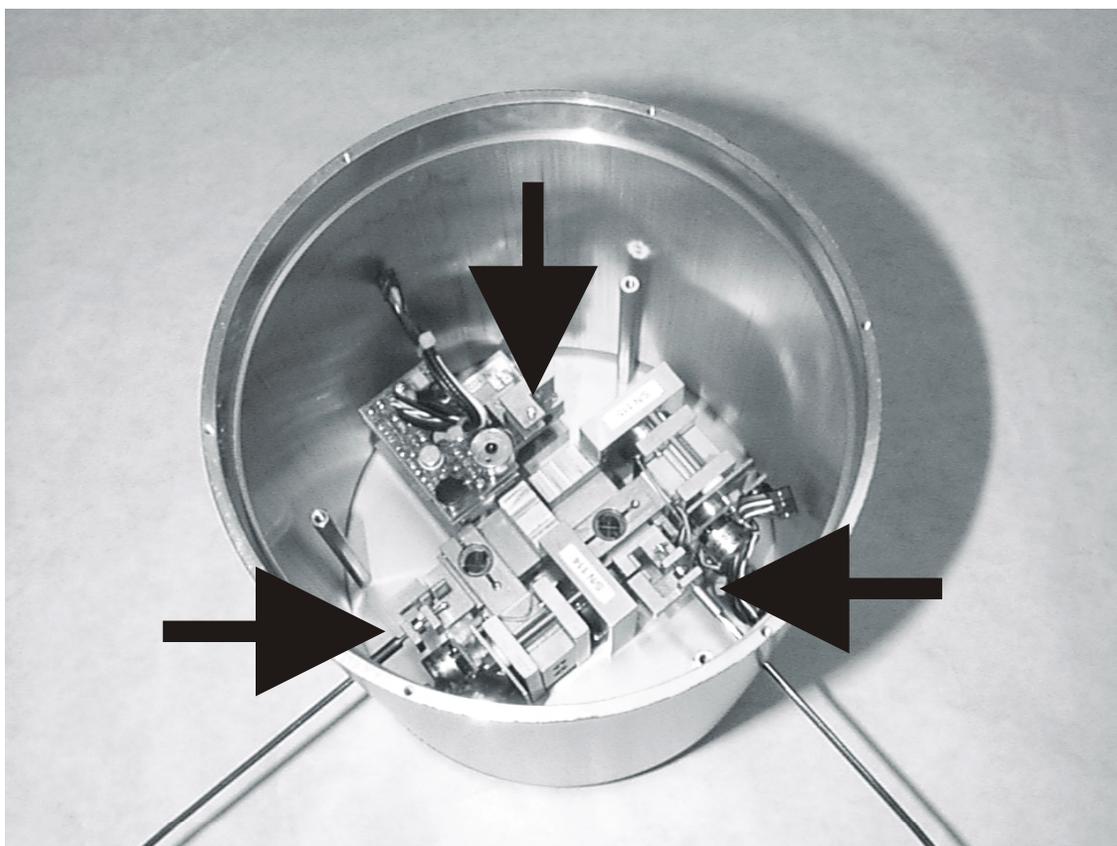


图 4-1: 摆锤手动调节居中调节螺丝位置

第 5 章 打开外壳和替换细弦

第一节 打开外壳

参考图 5-1，除去连接头，拧去顶部固定顶盖的六颗螺丝，将其中三颗螺丝拧进顶盖边缘三个呈 120 度分布的线状孔洞内，转动这三颗螺丝大约相同的程度，使顶盖从外壳中被顶起。轻轻地抓住手柄即可挪去顶盖，注意要保证不损害 O-形环。拧下顶盖的三颗螺丝，顶盖就可以放在一边。

圆筒形的外壳可依相似的方式从底盘拧开，但注意，不可将仪器倒置。在除去圆筒形的外壳之前，水平摆锤位置调节密封螺丝一定要先移走。

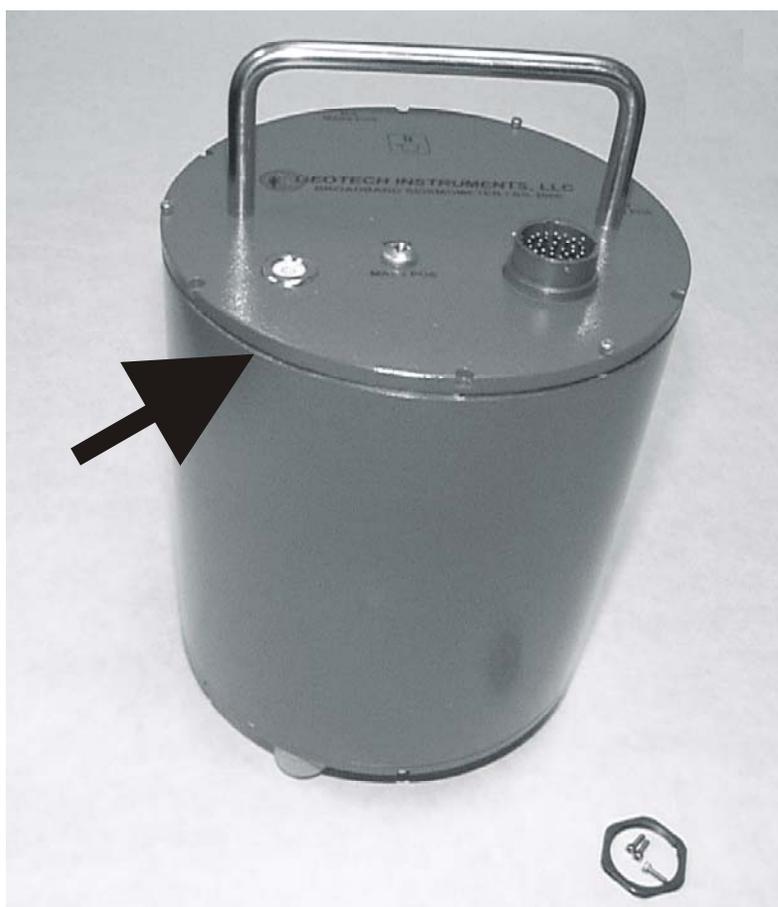


图 5-1：去除顶盖和外壳

第二节 安装外壳

检查 O-形环是干净的，而且以高质量 O-形环润滑剂适当地润滑（55 号 55 Dow Corning O-形环润滑剂或等效物）。确保电缆线正确地连接到电源电路板上。在圆桶状外壳上方，抓住顶盖，使大的电缆线接头穿过顶盖的洞，旋转电缆线接头以便它与顶盖下面的槽吻合。注意确保电缆线连接头的 O-形环在正确位置。把顶盖放在外壳上，安装好电缆线接头。对准顶盖和外壳上的六个孔，注意防止拉松电缆线和电源电路板的连接。安装上六颗螺丝，而且均匀地把顶盖向外壳拧紧。最后拧紧电缆线接头。

第三节 替换保险丝

依第一节所述打开顶盖，KS-2000 的保险丝 F1 和 F2 位于图 5-2 所示位置，KS-2000M 的保险丝位置略有不同，但是已标识，很容易发现。保险丝插在带有弹簧的槽内，并没有焊在那里。依照要求替换保险丝，KS-2000 的保险丝 F1 和 F2 使用 $\frac{3}{4}$ 安培，KS-2000M 使用 1 安培。

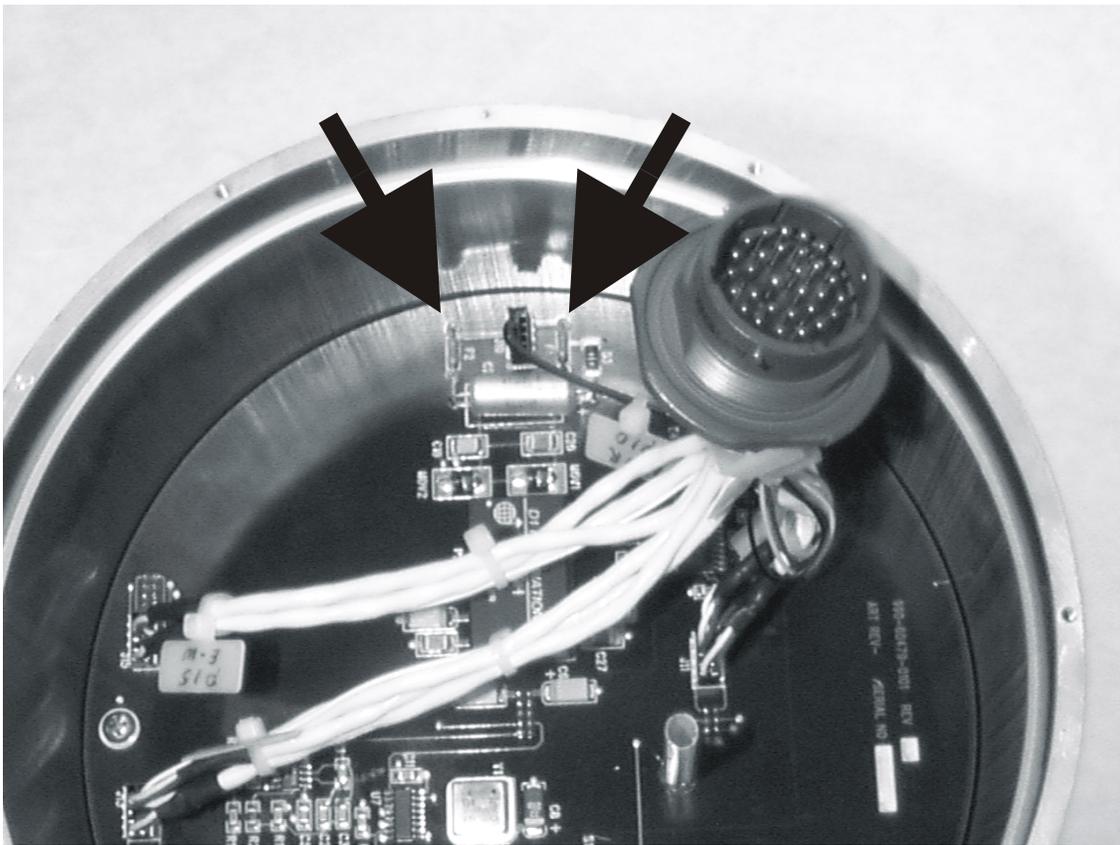


图 5-2: KS2000 内的保险丝位置

第 6 章 仪器操作

第一节 操作开始

一旦地震仪被适当地安装，连上电源和记录系统，加电，如第 4 章所描述的调节摆锤位置居中以后，仪器达到热平衡需要一些时间。仰赖于安装环境，这个稳定过程要花数小时到几天的时间。随时监测摆锤位置，做必要的重新调节居中。

第二节 长期运行

除非偶尔监测和调节摆锤位置，以及依用户要求进行的日常标定以外，长期运行的地震计不要求日常的维护。

第三节 仪器标定

一、标定激活

每个地震道提供有独立的标定线路。标定线路被连接经过独立的继电器。正常运行时，这些继电器应该关掉。

要激活标定线路，需将标定激活电缆线（_CALEN）接地。标定线路可以被个别地或全部同时激活。将需要的标定信号加载到（_CAL+）和（_CAL-），标定信号可以是任何的模拟电压信号（例如，正弦信号，随机信号等）。标定线路输入是 20 千欧差分输入阻抗。最大标定信号是正负峰值双端电压 10 伏。

标定线路将会产生对加速度或速度平坦的常数振幅的标定信号。这一选项是由跳线选择的，如果没有特别指定，将在厂家设定为常加速度标定信号。加速度标定产生的标定信号比较大，在吵杂的环境中最有用。速度标定最好在非常安静的地方使用。跳线位于循环信号线路板和顶盖上，外壳和电源线路板必须移开才能达到这些跳线。一般推荐这种跳线变化只在实验室中由一个能干的技术人员来做。循环信号线路板位于堆叠的线路板的较低层。确定当挪开电源线路板的时候，所有的线路板之间的联接都没有问题。

摆监测灵敏度，速度地震道灵敏度，以及频率响应都可由标定信号确定。

二、使用加速度输入的摆锤监测灵敏度

假设 E_{cal} 是正弦标定输入信号， E_{em} 是在测试的地震道的摆监测输出信号。那么，该地震道的加速度灵敏度 S_{em} 的公式为

$$S_{em} = \left(\frac{m(R_{cal} + R_{coil})}{2} \right) \left(\frac{\bar{r}}{r_c} \right) \left(\frac{1}{G} \right) \left(\frac{E_{em}}{E_{cal}} \right)$$

其中，

宽频带地震计 – 型号 KS-2000 和 KS-2000M 操作手册

m = 悬垂摆质量 – 公斤

R_{cal} = 标定电阻 – 欧姆

R_{coil} = 反馈线圈电阻 – 欧姆

\bar{r} = 枢轴中心到引力中心距离 – 米

r_c = 枢轴中心到反馈传感线圈中心距离 - 米

标定线路增益 = 2

G = 反馈传感器马达常数 – 牛顿/安培

对于 KS2000 参数，在信号频率 1 赫兹时，

$$S_{em} = 3472 \left(\frac{1}{G} \right) \left(\frac{E_{em}}{E_{cal}} \right).$$

每个地震道的常数 G 可以从厂家提供的每台仪器的客户数据说明单获得。

三、使用加速度输入的速度地震道灵敏度

假设 E_{cal} 是正弦标定输入信号， E_v 是在测试的速度地震道输出信号。那么，该地震道的速度灵敏度 S_v 的公式为

$$S_v = \frac{(2)(\pi)(f)m(R_{cal} + R_{coil})}{2} \left(\frac{\bar{r}}{r_c} \right) \left(\frac{1}{G} \right) \left(\frac{E_v}{E_{cal}} \right)$$

其中，

f = 信号频率 – 赫兹

m = 悬垂摆质量 – 公斤

R_{cal} = 标定电阻 – 欧姆

R_{coil} = 反馈线圈电阻 – 欧姆

\bar{r} = 枢轴中心到引力中心距离 – 米

r_c = 枢轴中心到反馈传感线圈中心距离 - 米

标定线路增益 = 2

G = 反馈传感器马达常数 – 牛顿/安培

对于 KS2000 参数，在信号频率 1 赫兹时，

$$S_v = 21815 \left(\frac{1}{G} \right) \left(\frac{E_v}{E_{cal}} \right).$$

每个地震道的常数 G 可以从厂家提供的每台仪器的客户数据说明单获得。

四、使用速度输入的速度地震道灵敏度

假设 E_{cal} 是正弦标定输入信号， E_v 是在测试的速度地震道输出信号。那么，该地震道的速度灵敏度 S_v 的公式为

$$S_v = \left(\frac{m}{2 \times G \times C_{cal}} \right) \left(\frac{\bar{r}}{r_c} \right) \left(\frac{E_v}{E_{cal}} \right)$$

其中,

m = 悬垂摆质量 - 公斤

C_{cal} = 标定电容 - 法拉

\bar{r} = 枢轴中心到引力中心距离 - 米

r_c = 枢轴中心到反馈传感线圈中心距离 - 米

标定线路增益 = 2

G = 反馈传感器马达常数 - 牛顿/安培

对于 KS2000 参数, 公式为,

$$S_v = 1.724 \times 10^5 \left(\frac{1}{G} \right) \left(\frac{E_v}{E_{cal}} \right)$$

上述公式中假设了下面条件成立, 对于 KS2000 地震计, 该假设是满足的。

$$\frac{1}{2 \times \pi \times C_{cal}} \gg R_{coil}$$

五、使用速度输入的摆锤监测灵敏度

假设 E_{cal} 是正弦标定输入信号, E_{em} 是在测试的地震道的摆监测输出信号。那么, 该地震道的加速度灵敏度 S_{em} 的公式为

$$S_{em} = \left(\frac{m}{2G(2 \times \pi \times f)C_{cal}} \right) \left(\frac{\bar{r}}{r_c} \right) \left(\frac{E_{em}}{E_{cal}} \right)$$

其中,

f = 信号频率 - 赫兹

m = 悬垂摆质量 - 公斤

C_{cal} = 标定电容 - 法拉

\bar{r} = 枢轴中心到引力中心距离 - 米

r_c = 枢轴中心到反馈传感线圈中心距离 - 米

标定线路增益 = 2

G = 反馈传感器马达常数 - 牛顿/安培

对于 KS2000 参数, 公式为,

$$S_{em} = 2.744 \times 10^4 \left(\frac{1}{G} \right) \left(\frac{1}{f} \right) \left(\frac{E_{em}}{E_{cal}} \right)$$

(该页空白)

第 7 章 仪器运送

厂家运送用的盒子应该留下，用于把仪器运送到野外地点，或者万一需要返送厂家修理。KS2000 没有使用摆锤锁定，因而，使用厂家运送用的盒子，或者其等同物，来运送仪器就非常重要。

(该页空白)

第 8 章 操作原理

KS2000 地震计的基本块状结构如图 8-1 所示。地球震动提供输入给块状图中标识为“悬垂”模块，“悬垂”模块由惯性弹簧+摆组合所组成，定向响应垂直或水平震动。摆锤相对于外框的位移与地球或外框的加速度成正比。此相对运动被一个电容桥传感器测量。电容桥由正弦电压激励。此一组合产生，正比于摆锤和外框之间的相对运动的，振幅调制抑制载波信号。

电容桥的不平衡产生对应地球正向或负向加速的正或负相位信号。每个模块内的 IF 前置放大器向连接到环路放大器和解调器的短电线提供增益和驱动能力。该信号被进一步放大并由回路的电子线路同步解调。此时的输出是摆锤相对于外框运动产生的模拟电压。

通过两个途径向线圈-磁铁传感器提供反馈。电阻途径提供正反馈，尝试将摆锤恢复到其静止位置。此作用产生一种力，几乎正好平衡由于地球加速度产生的输入力。速度反馈通过第二条途径（电容 C_v ）流入来阻尼悬垂体。这两条反馈途径的组合在环路的输出回路产生响应，此响应对应于加速度在 0 - 50 赫兹范围内水平。

该加速信号交流耦合到带通滤波/积分回路，产生在 0.01 - 50 赫兹范围内水平的加速度或速度响应。该放大器是与环路载波信号同步的稳定的斩波放大器。

在积分之前从环路输出中取出一辅助信号。该低水平信号在 0 - 50 赫兹范围内水平，用于监测摆锤位置。次输出不是低噪声输出，在低频有 $1/f$ 噪声。

宽频带地震计 – 型号 KS-2000 和 KS-2000M
操作手册

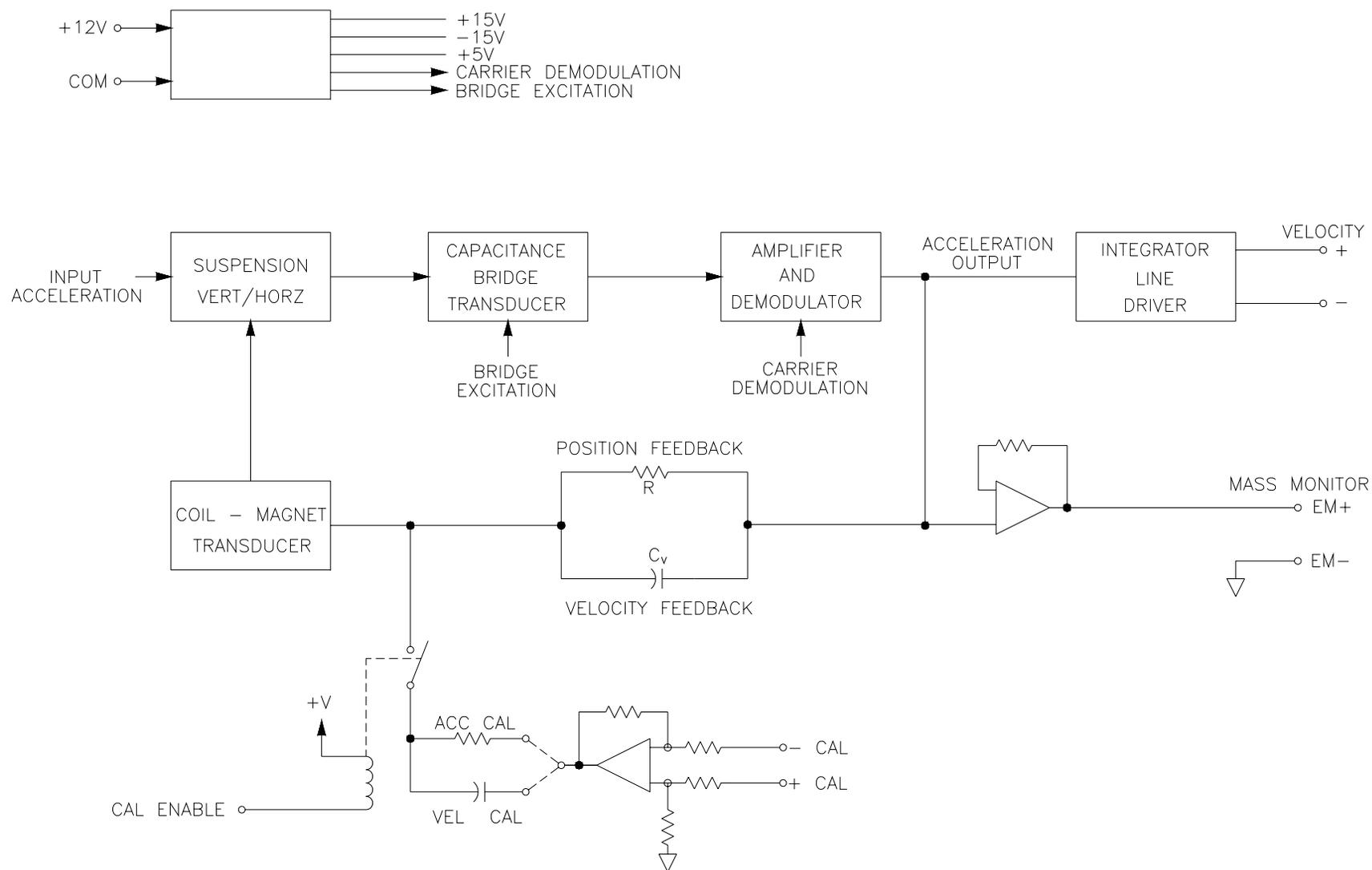


图 8-1: KS2000 块状结构图