

**TS5860 型（零漂移）
准静态电荷放大器**

使 用 说 明 书

扬州泰司电子有限公司

感谢您使用本公司产品

请仔细阅读本说明书, 它能帮助您正确地操作该仪器, 获得所需的数据

目 录

1、概述	2
2、技术指标	2
3、工作原理	3
4、面板功能	7
5、使用方法	8
6、维护	15
7、齐套性	16

1. 概述

TS5860 型(零漂移)准静态电荷放大器是一种输入阻抗极高前置放大器，其输出电压量正比于输入电荷量。与压电式力、压力、加速度传感器配接，可对振动、冲击、压力等瞬态脉冲信号的动态测量，也可对力、压力传感器进行准静态标定。在力学测量方面，具有独特的优势。该产品广泛应用于航空、航天、动力、兵器、机械、建筑、电力、环境试验等领域，是科研所、高等院校、工矿企业不可缺少的重要设备。

针对工程应用的需要，对关键部件全部采用进口器件，极大的提高了整机可靠性，使之与进口仪器媲美。

本机具有以下特点：

- 超低的漂移
- 超长时间的数值保持
- 可自动跟踪脉动直流电压的漂移
- 极高输入阻抗可达 $10^{14} \Omega$
- 三位进口灵敏度适调开关
- 宽频带 $2 \mu\text{Hz} \sim 100\text{KHz}$
- 数字显示准静态，多通道切换
- 量程按 1、2、5、10 分档

2. 技术参数

2.1 通道数：1 通道

2.2 输入电荷量: $0 \sim \pm 10^6 \text{ pC}$

2.3 输出灵敏度倍率: $\times 0.1$ 、 $\times 1$ 、 $\times 10$ 三档可选

2.4 传感器灵敏度适调: $1.00 \sim 9.99 \text{ pC/Unit}$

2.5 输出灵敏度:

0.1 、 0.2 、 0.5 、 1 、 2 、 5 、 10 、 20 、 50 、 100 mV/Unit

2.6 准确度: $\leq \pm 1\%$

2.7 频率范围: $2 \mu \text{Hz} \sim 100 \text{ KHz}$ $-3 \pm 1 \text{ dB}$

2.8 低通滤波器: 100 、 $1k$ 、 10 kHz , LIN

衰减斜率: $-12 \pm 1 \text{ dB/oct}$

2.9 输出电压: $\pm 10 \text{ Vp}/10 \text{ mA}$

2.10 工作方式: 深静态、动态、复位

2.11 输出噪声: $\leq 30 \times 10^{-3} \text{ pC}$ (折合至输入端)

2.12 过载指示: 输出大于 $|1 \pm 10 \text{ Vp}|$ 时, LED 亮

2.13 零点漂 移: $\leq \pm 3 \text{ pC} / \text{小时}$ ($20^\circ \text{C} \pm 3^\circ \text{C}$)

2.14 电压保持: $\leq \pm 0.5\% / \text{小时}$ ($20^\circ \text{C} \pm 3^\circ \text{C}$)

2.15 脉动直流上限截止频率 (-3 dB) : 16 Hz

2.16 数字显示: $0.000 \sim 9.999 \text{ V}$

2.17 显示模式: DC (直流)

2.18 分辨率: 1 mV

2.19 精 度: $\leq \pm 0.1\% \pm 3 \text{ 字}$

2.20 工作温度: $-10 \sim 50^\circ \text{C}$

2.21 电 源: $220 \text{ V} \pm 10\%$ $48 \sim 52 \text{ Hz}$

2.22 尺寸: 75(宽) × 128(高) × 204(深) mm

2.23 重量: 约 1Kg

3. 工作原理

本电荷放大器由输入级、直流电压漂移跟踪电路、中间放大级、低通滤波器、传感器适调级、输出放大级、数字显示等功能单元组成。

3.1 输入级

输入级是以一个 MOS 场效应对管为中心的高性能运算放大器构成，它的反馈环节由三只高绝缘的电容构成，以此形成一个积分网络，对输入进行积分。这个输入电流是由压电传感器内部高阻抗压电元件上产生的电荷形成的，输入端是一“虚地”，传感器产生的电荷不会在输入端积累，而是直接进入选定的量程电容。放大器的作用是对该电流抗衡，使形成与电荷成比例的输出电压。图 1 表示压电加速度计和前置放大器相连的等效电路。

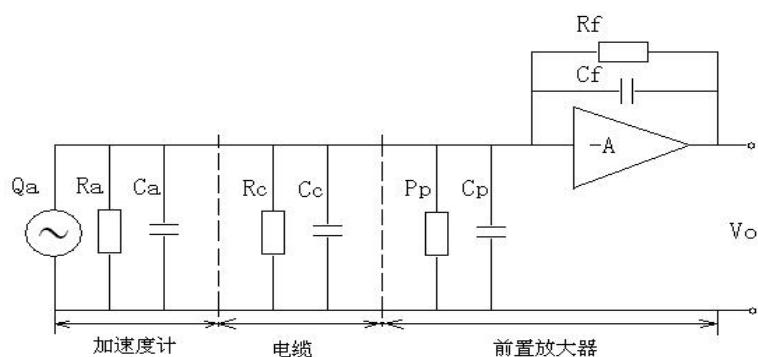


图 1

Qa: 压电传感器产生的电荷

R_a: 压电传感器的电阻值
C_a: 压电传感器的电容量
R_c: 电缆电阻值
C_c: 电缆电容量
R_p: 前置放大器输入电阻值
C_p: 前置放大器输入电容
R_f: 反馈电阻
C_f: 反馈电容器
-A: 运算放大器增益，负号表示反相
V_o: 放大器输出电压

一般来讲，压电传感器的阻值、前置放大器输入电阻及反馈

回路阻值都是很高的，因此图 1 可简化为图 2 所示：

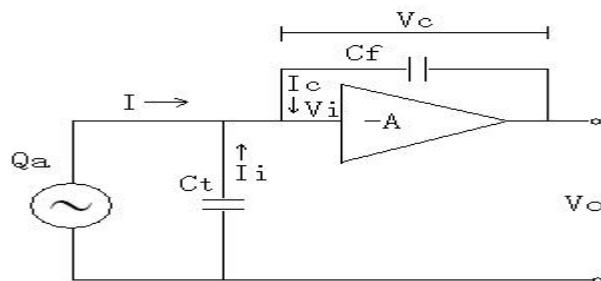


图 2

C_t: C_a+C_c+C_p
I: 从加速度流出的总电流
I_i: 从 C_t 流出的电流
I_c: 运算放大器反馈回路上的电流

输入电压 V_i 和输出电压 V_o 存在下述等式关系

$$V_o = -AV_i$$

$$V_c = V_o - V_i = V_o - V_o / -A = (1 + 1/A) \times V_o$$

在图 2 中运用基尔霍夫定律则：

$$I + I_c + I_i = 0$$

电流和压电元件产生的电荷及电容上的电压有关其电流表达式为：

$$I = dQ_a / dt$$

$$I_c = C_f \times dV_c/dt = (1 + 1/A) \times C_f \times dV_o/dt$$

$$I_i = C_t \times dV_i/dt = 1/A \times C_t \times dV_o/dt$$

根据基尔霍夫等式从加速度计流出来的电流可以为
 $dQ_o/dt = -(1 + 1/A) \times C_f \times dV_o/dt - 1/A \times C_t \times dV_o/dt$

对上式积分得：

$$V_o = - \frac{Q_a}{(1 + \frac{1}{A}) C_f + \frac{1}{A} C_t}$$

考虑到 A 的值很大 ($\geq 10^5$) 则上式可简化为

$$V_o = -Q_a/C_f$$

从上式可清楚看到输出电压与输入电荷成正比，传感器电容、电缆电容对放大器输出电压几乎不起作用，也就是说电荷放大器可以使用较长的输入电缆而不影响其灵敏度，这是电荷放大器重要特点。本放大器切换不同的反馈电容，得到 ± 20 dB 的动态范围。

3.2 直流电压漂移跟踪电路

本电路由 AD、DA、单片机组成，可对频率低于 16Hz 的脉动直流电压进行跟踪，从而实现电荷放大器的超低漂移。力加载时，可长时间保持加载直流电压，也能自动增加或者降低直流电压。

3.3 中间放大器及低通滤波器

中间放大器及滤波器均采用同相放大器。中间放大器可进行 0dB 或近似 10dB 切换，缩小量程间隔，提高信噪比。低通

滤波器采用二阶巴特沃思型 RC 有源滤波器，使得通带内有较好的平坦度。

3.4 传感器适调级及输出放大器

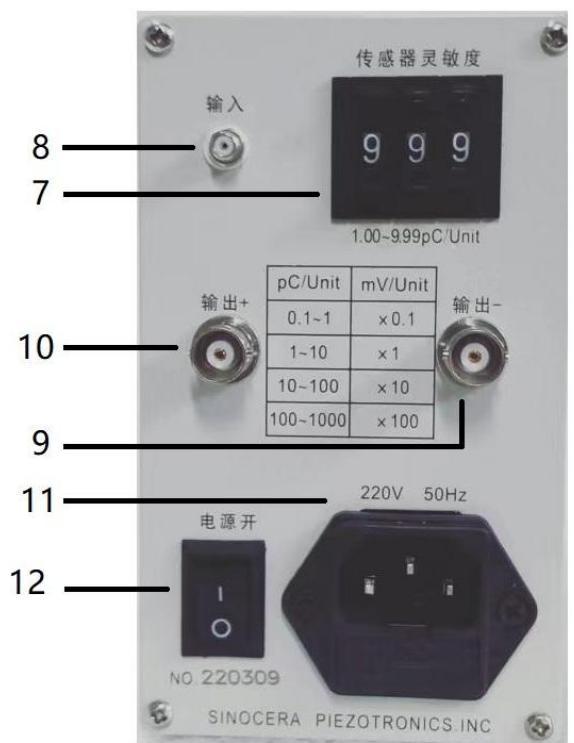
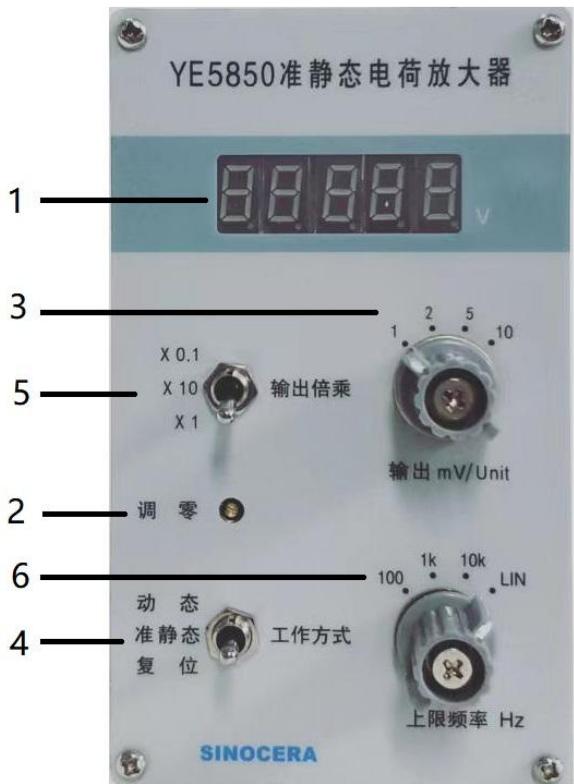
输出放大器是采用增益连续可调的比例运算放大器，其增益为传感器灵敏度数值的倒数，从而使散离的灵敏度参数得到归一化处理。传感器灵敏度由三组十进的按码开关设置控制放大器增益 0~20dB。这种特性大大简化了测量系统的读数与校正。该放大器装有前馈式校正网络和输出短路保护措施，外接容性负载时也能稳定工作。

3.5 数字显示器

数字表头采用四位半精密 A/D 转换器，具有精度高，自动校正零点，负号显示功能。用于显示放大器直流输出电压（仅指示同相电压），用作准静态测量。

4. 面板功能

- | | |
|-----------------|----------------|
| 1、数字显示器 | 7、传感器电荷灵敏度设置开关 |
| 2、调零电位器 | 8、电荷输入插座 |
| 3、输出灵敏度切换开关 | 9、工作开关 |
| 4、准静态、动态、复位切换开关 | 10、电压输出插座 |
| 5、输出灵敏度倍率开关 | 11、三芯电源输入插座 |
| 6、上限频率选择开关 | 12、电源开关 |



4.1 数字显示器用于显示放大器的输出零点、加载直流电压值，但不能显示动态信号。

4.2 调零电位器用于调节放大器的输出零点

4.3 输出灵敏度切换开关与输出倍乘开关配合使用，输出灵敏度范围为 0.1、0.2、…、50、100 mV/Unit。

4.4 准静态、动态、复位切换开关置于中间档时，为准静态工作状态，用于静态加载状况；置于动态档时，为动态工作状态；置于复位档时，为复位状态，用于仪器不用时或者电压复位。

4.5 输出倍乘开关与输出倍乘开关配合使用，输出灵敏度范围为 0.1、0.2、…、50、100 mV/Unit。

4.6 上限频率开关

用于选择低通滤波器的截止频率。一般选在被测信号频率的三倍以上。

4.7 传感器灵敏度 开关 用于设置被测传感器灵敏度。

4.8 输入插座 该插座是电荷输入 L5 插座。

4.9 工作状态开关 准静态工作状态时，本仪器自动跟踪电压漂移（零漂移），需将此开关置于工作模式；此开关置于准备模式时，本仪器不跟踪电压漂移，为普通准静态电荷放大器。

4.10 输出插座

这是只 BNC 插座，输出±5V/10mA 用于连接示波器、记录仪、采集器等设备，地线的连接由同轴电缆自动完成。

4.11 三芯电源插座 用于接入 AC220V 电源。

4.12 电源开关

5. 使用方法

5.1 测量准备

压电加速度计与电荷放大器组成的振动测试系统在测量振动前应进行如下准备。

5.1.1 仔细确定安装传感器的位置及其可能的质量载荷影响，对于簿板上测量，就要求使用小而轻的加速度计，因为任何“额外”载荷可能会改变结构的原始运动，从而使测量无效。

5.1.2 估计在传感器安装点存在着的振动类型和振级（周期性振动、随机振动、冲击等）。

5.1.3 考虑上述 2 条及环境因素（温度、湿度、电磁场）选择最合适的传感器。

5.1.4 检验和校正加速度计。

5.1.5 确定哪种测量（加速度计、速度或位移的综合测量、波形记录、频率分析）最适合于所研究的问题。

5.1.6 考虑频率和相位特征，动态范围及操作方法，选择最合适的仪器。

5.1.7 画出测量系统草图，标出所用仪器的型号和序号。

5.1.8 考虑使用场合、频率范围、电绝缘问题及接地回路，选择最合适的传感器安装方法，以下是几种常用的安装方法。

第一种用螺钉直接安装，这是解决频率响应的最好方法，它基本符合加速度计实际标准曲线，如果安装面不十分平滑，最好在表面上涂一层硅脂，以便增加安装刚度。传感器安装螺

钉不完全拧进去, 防止引起基座面曲弯, 影响传感器灵敏度。

第二种当传感器和振动体之间需要电绝缘时, 可用绝缘螺栓和薄云母垫圈, 由于云母的硬度, 频率响应好, 但要使垫圈尽可能薄。

第三种对需要移动的测点用磁吸螺钉, 它也是绝缘的, 该方法不适用于加速度振幅超过 100g 的场合。

第四种使用胶合技术。

第五种使用可更换的圆头或尖头探针, 该方法对于大型旋转机械故障诊断是方便的, 但不能用在高于 1000Hz 的频率范围, 因为在这种情况下自然谐振频率很低。

5.1.9 如果在液体内或在非常潮湿的环境中使用, 电缆和传感器的接头必须密封, 703 硅橡胶是一种良好的密封材料, 在 $-60^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$ 宽温度范围内具有极好的性能。

5.2 安 装

5.2.1 电荷放大器可在 $-10^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ 宽温度范围内使用, 供电电压为 220V50Hz。对于 TS5864 精密型电荷放大器应在恒温室 (20°C ± 3°C) 使用, 以保证测量精度

5.2.2 传感器的配接

本仪器为电荷输入型, 任何型号的压电加速度计或压电式力传感器都可与本仪器配接。

5.2.3 电缆的选用

输入电缆应选用低噪声电缆 (由本公司提供), 电缆的插

头与插座应旋紧，并且要把电缆固定好，尽可能远离强电磁场，如变压器、马达、大功率导线等。输出电缆为普通同轴电缆，由于电缆电容的存在，在一定程度上会影响仪器的频率特性，特别是加长电缆，它使 30kHz 以上信号有所衰减因此测量中尽可能避免过长的电缆。

5.2.4 输出仪器的连接

电荷放大器系二次仪表，尚需和三次仪表配接，以便对被测物理量进行显示、记录、分析等，本仪器输出为 10Vp/10mA，输出阻抗小于 2Ω ，能满足大多数三次仪表的输入特性。通过同轴电缆自动完成系统的接地。

5.2.5 接地

为防止工频干扰。测量系统的接地问题必须十分重视。本仪器的接地由接地开关控制。

5.3 操作步骤

5.3.1 首先确定仪器工作电压为市电 220V、50Hz。

5.3.2 仪器工作方式开关置于“复位”状态。

5.3.3 将压电型传感器接到仪器的输入端，为保护放大器，任何电缆及传感器和仪器连接前，都必须先将芯线与外壳短路，只能在放大器设置在“复位”状态下才能将传感器电缆插头接入仪器输入端。接通市电打开电源开关，预热 30 分钟，数码管亮，显示值小于 10 mV。

5.3.4 调 零

仪器在“复位”状态下，打开电源预热 30 分钟后方可进行调零，零点由数码管直接显示。顺时针调节，零点偏正，反之亦然。此项调零工作并非要做，在可接受的零点偏移下，也能进行测量工作，在处理数据时可将其扣除。在“准静态”和“动态”工作方式下，不用调零。

5.3.5 准静态测量

准静态是指近似直流的状态，用石英为压电材料的力或压力传感器测量载荷或静态压力都属于准静态测量。

将仪器置于“准静态”工作方式下，低通滤波器截止频率置于“100Hz”档，选择一个恰当的输出灵敏度，仪器的时间常数随输出倍率而变化，灵敏度高，时间常数就小。

输出灵敏度倍率	时间常数(S)	下限频率(μHz)
×0.1	>10 ⁵	2
×1	~10 ⁵	2
×10	~10 ⁵	20

5.3.6 动态测量

将仪器置于“动态”工作方式，该状态实际上在输入量程电容上并联了一只电阻，从而限制了它的下限频率，缩短了电容的放电时间，上限频率选择应高于信号频率的三倍以上。下限频率如下所示：

输出灵敏度倍率	下限频率 Hz
× 0.1	~0.01
× 1	~0.1
× 10	~1

5.3.7 设置传感器灵敏度

对照传感器灵敏度数值范围，从首位开始（左边第一位）

把拨码开关调整到以 pC/Unit 为单位的电荷灵敏度值。

注意：传感器灵敏度开关首位不能置为“0-X-X”禁用状态。

传感器电荷灵敏度 pC/Unit	传感器灵敏度倍率 n	传感器灵敏度开关设置
0.125	0.1~1 — × 0.1	1~2~5
1.25	1~10 — × 1	1~2~5
12.5	10~100 — × 10	1~2~5
125	100~1000 — × 100	1~2~5

5.3.8 调节输出灵敏度开关到适当的位置，使输出小于 10V

大于 3V 以得到最佳信噪比。

传感器灵敏度 pc/Unit	输出 灵 敏 度			
	mV/Unit			
1.00~9.99	1	2	5	10
10.0~99.9	10	20	50	100
100~999	100	200	500	1000

5.3.9 机械量的换算

$$\text{Unit} = \frac{V_o}{mV/Unit \times n}$$

式中：

Unit — 被测机械量

Vo — 放大器输出电压单峰值

mV/Unit — 输出灵敏度

n — 传感器灵敏度倍率（见 5.3.7 条）

5.3.10 应用举例

用电荷灵敏度为 12.5 pC/ms^{-2} 加速度计（灵敏度倍率

$n = 10$ ），测量一物体振动，传感器灵敏度开关置“1~2~5”。

振动频率约 30Hz，上限频率选择“100”Hz，输出灵敏度开关

为“100”mV/Unit 时，测出放大器输出电压为 3.5Vp 则被测物

体振动量为

$$\text{Unit} = \frac{V_o}{mV/Unit \times n} = \frac{3.5Vp}{100mV/Unit \times 10} = 3.5 \text{ m/s}^2$$

5.4 注意事项

5.4.1 准静态电荷放大器由于采用 MOS 管作输入级，所以具有极高的输入阻抗，但由于 MOS 管的漏电流存在，时间常数电阻的绝缘电阻毕竟不是无穷大，所以会导致放大器产生漂移，如果使用中发现漂移偏大，可从以下几点来检查分析。

a、反馈回路的阻抗是否降低

b、输出灵敏度倍率在“ $\times 10$ ”位置，时间常数偏小，放电时间短

c、量程电容绝缘电阻降低

d、工作方式是否在“准静态”（时间常数尽可能长）

e、开关阻抗降低

5.4.2 在“准静态”工作方式下，输出往一个方向偏移，而且数秒内输出便达到饱和。可能是输入阻抗降低导致 MOS 管输入电流增大所致，或 MOS 管损坏。

5.4.3、漂移的极性取决于零点失调的极性，断开传感器及电缆，仪器工作正常。可能原因是：

- a、传感器输出阻抗降低。
- b、清洁传感器外壳和输出插座，或更换传感器。
- c、如果不，清洁传感器电缆两头 L5 插头，或更换低噪声电缆。

在实际测量系统中，以上三种漂移都会同时出现，我们应从最差的情况来分析，在最大测量时间内，输出信号的漂移总和在允许的误差范围内即可。误差带取得越小，则最大测量时间越短。对于上述情况，使用时应予注意。

5.5 接地

5.5.1 仪器在使用中，如出现工频干扰，可从以下方面检查。

- a、将传感器与它安装的机构绝缘。
- b、输入电缆插头接触不良，屏蔽层不起作用，将插头旋紧。
- c、单点接地，或改变系统接地点。

5.5.2 本放大器由于采用 MOS 管作输入级，所以在使用中为了放大器的安全，务必给放大器接上地线

5.6 “背景噪声”判断

在测试中如果杂波较大且分不清是测试问题还是系统问题时，检查测振系统的“背景噪声”级很有必要。把传感器从测点离开，安装在一个非振动体上如置于墙角处，并测量这个装置的“视在”振级，此时放大器输出安静无明显杂波，这就是系统正常的“背景噪声”。以此判断系统（放大器）的正常与否。在实际振动测量中，为了获得适当的精度，“视在”振级应当小于所测振动的三分之一。

6. 维 护

6.1 电荷放大器属于高输入阻抗仪器，严禁用手触摸输入端，以免造成放大器损坏。

6.2 电荷放大器属于高输入阻抗仪器，输入端的各个部分都要保持清洁，一旦被污染，可用洁净的绸布沾少许无水乙醇清洗、烘干。仪器停用时，应将输入插座防尘帽旋上。

6.3 不可将电压信号直接接入仪器输入端。如进行性能检查，可在输入端接一只带屏蔽层的电容器，容量 1000pF，电容另一端接电压信号，将电压转为电荷。

6.4 本仪器原则上属实验室设备，在其它场合使用时应注意避免酸、碱、盐雾、淋雨及过强的辐射场。

6.5 仪器出厂一年半内，非人为等因素而发生故障，本公司负责免费修理或更换。

7. 齐套性

7.1 双头 L5 低噪声输入电缆	1 根
7.2 双头 BNC 同轴输出电缆	1 根
7.3 电源线	1 根
7.4 产品合格证	1 份
7.5 使用说明书	1 份