

Lance

LC0602 电荷放大器

用户手册

朗斯测试技术有限公司

HTTP: //WWW.LANCE-SENSOR.COM

目 录

一、 概述	2
二、 工作原理	2
三、 主要技术指标	4
四、 使用方法	5
五、 传感器的选配与安装	8
六、 仪器附件及随机文件	9

一、概述

LC0602 电荷放大器是一种输出电压与输入电荷量成正比的六通道电荷放大器。配接压电传感器，可测量物体的加速度、压力、力等机械量，广泛地应用于水利、动力、采矿、交通、建筑、地震、航空、航天、兵器等部门。此仪器具有如下特点：

1. 结构合理、电路优化。主要元器件、接插件均为美国和台湾生产，精度高、噪声低、漂移小，确保产品质量稳定可靠。
2. 消除了输入电缆等效电容对信号的衰减，输入可配接长电缆而不影响测量精度。
3. 输出 $\pm 10V_p$ ，50mA。
4. 采用美国精密数字多圈电位器对输入电荷灵敏度进行适调，克服了国产拨盘开关日久接触不良的弊病。

二、工作原理

LC0602 电荷放大器由电荷变换级、适调级、低通滤波器、高通滤波器、末级功放、过荷级、电源几部分组成。其工作原理方框图见下页（图 2.1）。

1. 电荷变换级：以运算放大器 A1 为核心。

LC0602 电荷放大器可配接压电加速度传感器、压电力传感器和压电压力传感器。它们的共同特点是将机械量转变成与其成正比的微弱电荷 Q ，而且输出阻抗 R_a 极高 ($> 10^9 \Omega$)。电荷变换级是将电荷变换为与其成正比的电压 ($1pC/1mV$)，将高输出阻抗变为低输出阻抗。

C_a — 配接传感器自身电容，一般为数千 pF， $1/2 \pi R_a C_a$ 决定传感器低频下限。

C_c — 传感器输出低噪声电缆电容。我公司采用的 STYV-1、STYV-2 均为 95pF/米。

C_i — 运算放大器 A1 输入电容，典型值 3pF。

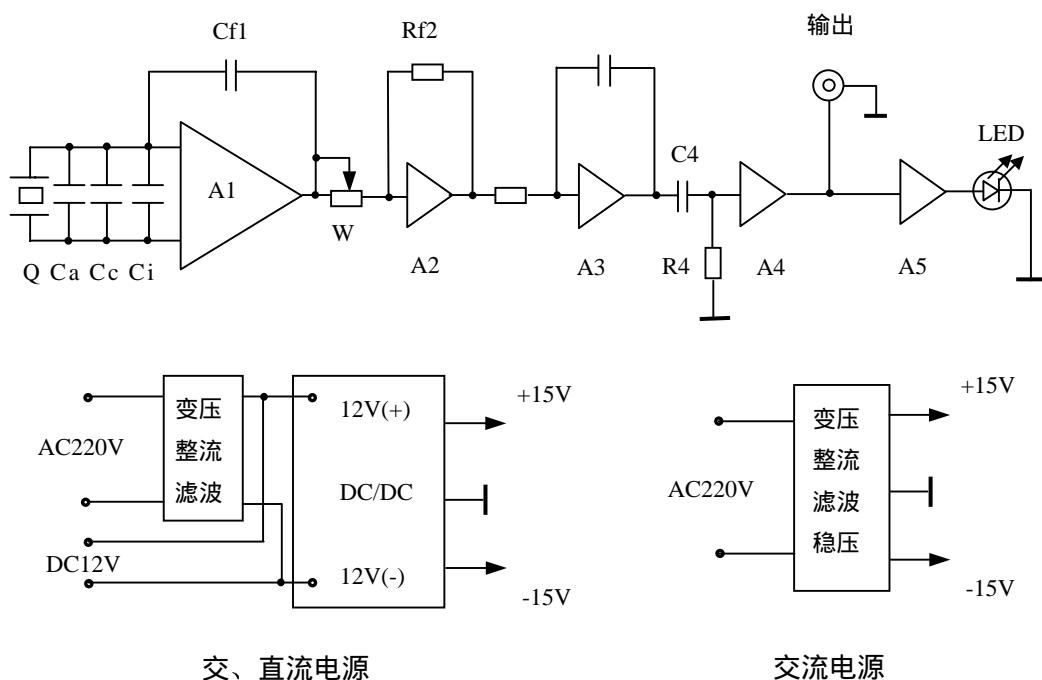


图 2.1

电荷变换级 A1 采用美国高输入阻抗、低噪声、低漂移、宽带精密运算放大器。反馈电容 C_{f1} 有 101pF、102pF、103pF、104pF 四档。根据米勒定理：反馈电容折合到输入端的有效电容量是： $C = (1+K) C_{f1}$ 。其中，K 为 A1 开环增益，典型值为 120dB 即 10^6 倍。 C_{f1} 取 100pF（最小）时，C 约为 10^8 pF。假设传感器输入低噪声电缆长度为 1000 米，则 C_c 为 95000pF；假设传感器 C_a 为 5000pF，则 C_a 、 C_c 、 C_i 、C 并联后， C_a 、 C_c 、 C_i 总电容约为 10^5 pF，三者总电容与 C 相比： 10^5 pF/ 10^8 pF = 1/1000。换句话说：5000pF 自身电容的传感器，输出电缆 1000 米，折合到反馈电容，也只影响 C_{f1} 0.1% 的精度。而电荷变换级的输出电压为传感器输出电荷 Q / 反馈电容 C_{f1} ，因此也只影响输出电压 0.1% 的精度。

电荷变换级的输出电压为 Q / C_{f1} ，所以当反馈电容分别为：101pF、102pF、103pF、104pF 时，其输出分别为：10mV/pC、1mV/pC、0.1mV/pC、0.01mV/pC。

2. 适调级:

由运放 A2 和传感器灵敏度适调电位器 W 组成。此级的作用是在应用不同灵敏度的压电传感器时，整个仪器有归一化的电压输出。它采用美国精密数字拨盘电位器：线性 0.25%，精度高；日久不氧化，接触可靠；结构简单，噪声小。当压电加速度传感器电荷灵敏度为 $1\sim 10\text{pC}$ 时，W 为 $1.00\sim 10.00$ 。

3. 低通滤波器:

以 A3 为核心，组成二阶巴特沃斯有源滤波器，元件少，调节方便，通带平坦，可有效地消除高频干扰信号对有用信号的影响。

4. 高通滤波器:

由 C4、R4 构成一阶无源高通滤波器，可有效地抑制低频干扰信号对有用信号的影响。

5. 末级功放:

以 A4 为核心组成增益 II，输出短路保护，精度高。

6. 过荷级:

以 A5 为核心。当输出电压大于 10Vp 时，前面板红色发光二极管 LED 闪亮，此时信号发生削顶失真，应降低增益或查找故障。

7. 电源:

仪器的工作电压为 $\pm 15\text{V}$ 。电源有两种:

(1) 一般为交流电源，由 AC220V 50Hz 经变压器降压、整流、滤波，再经可调集成稳压电源稳压后得到。

(2) 如用户有特殊要求，也可加工成交、直流两用电源：供电可用 AC220V，也可用 DC12V，经 DC/DC 变换器变换成 $\pm 15\text{V}$ 供仪器使用。

三、主要技术指标

1. 输入电荷范围: $0.05\text{pC} \sim 10^5\text{pC}$ (信噪比 $\geq 20\text{dB}$)
2. 最大输出电压: $\pm 10\text{Vp}$

3. 最大输出电流: 50mA
4. 准确度: $\leq 1.0\%$
5. 谐波失真: $< 0.5\%$
6. 噪声: $< 5\mu\text{V}$ (折合到输入端)
7. 输出增益 I: 0.1, 1, 10, 100mV/Unit
输出增益 II: $\times 1$ $\times 10$

其中 Unit 表示机械量单位, 取决于所用传感器的单位。例如: 加速度传感器单位为 m/s^2 (如果为 g, 则必须先转换为 ms^{-2} , $1\text{g}=9.80665\text{ms}^{-2}$), 力传感器单位为 N, 压力传感器单位为 kg/cm^2 等。

8. 频率范围: 0.3~100kHz
9. 高频上限: 0.3, 1, 3, 10, 30, 100kHz, 共六档 (-3dB)。过度带衰减斜率约为 -12dB/Oct 。
10. 低频下限: 0.3, 1, 3, 10, 30, 100Hz, 共六档 (-3dB)。过度带衰减斜率约为 -6dB/Oct 。
11. 过荷电压: $> 10\text{Vp}$
12. 供电电压: AC220V $\pm 10\%$ (或 AC220V/DC12V 两用)
13. 工作温度: $-10\sim +50^\circ\text{C}$
14. 工作湿度: $\leq 85\%\text{RH}$ (无冷凝)
15. 外形尺寸: $430\times 293\times 144\text{mm}^3$

四、使用方法

LC0602 通道面板见下页图 (图 4.1)。

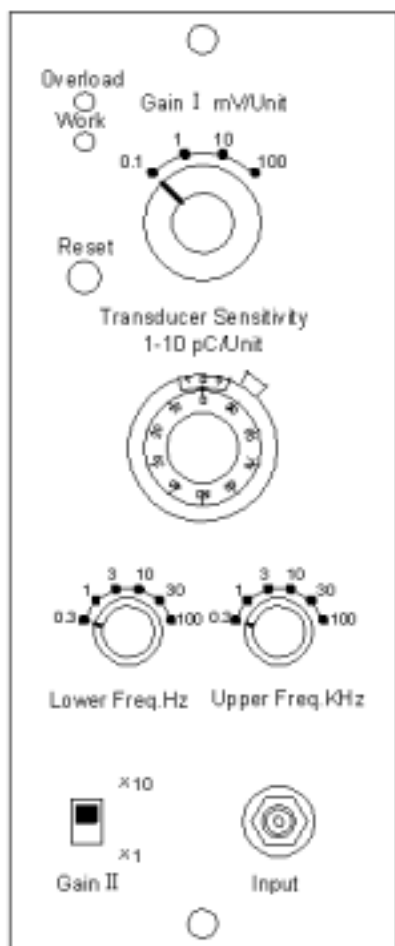


图 4.1 通道面板

1. 电荷放大器输入阻抗极高，为防止人体或外界感应电压击穿输入放大器，在连接传感器到电荷放大器输入时（或拆下传感器时）或怀疑接插件松动而检查拧紧时，都必须关闭电源。

2. LC0602 虽然能带长电缆，但电缆的加长会引入噪声：电缆的固有噪声、机械运动和感应的交流声。所以，现场测量时，电缆应采用低噪声的，并尽量缩短，而且要将其固定，还要远离电力线、大型电力设备等。

3. 传感器、电缆、电荷放大器上所用接插件的焊接和装配，专业性很强，如须修理，应由专门技术人员进行：焊接应用松香无水乙醇溶液焊剂（禁用焊油），焊后应用医用棉球沾无水乙醇（禁用医用酒精）擦净焊剂和石墨，并且烘干。接插件应经常保持清洁、干燥，不用时应拧上屏蔽帽。

4. 为保证仪器精度，测量前应预热 15 分钟。如果湿度超过 80%，预热时间应大于 30 分钟。

5. 输出级的动态响应：主要表现在驱动容性负载的能力上，由下列公式进行估算： $C = I / 2 V f_{\max}$ 式中： C 负载电容 (F)； I 输出级输出电流能力 (0.05A)； V 输出电压峰值 (10V_P)； f_{\max} 最高工作频率 (100kHz)。因而推算出最大负载电容为 800pF。

6. 旋钮的调节：

(1) 传感器灵敏度 (Transducer Sensitivity) 1~10pC/Unit:

加速度传感器灵敏度为： $1\sim 10\text{pC}/\text{ms}^{-2}$ （以 g 为单位需先化成 ms^{-2} ， $1g=9.80665\text{ms}^{-2}$ ）；力传感器为： $1\sim 10\text{pC}/\text{N}$ ；压力传感器为： $1\sim 10\text{pC}/\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ 时，适调电位器都对应从 $1.00\sim 10.00$ 进行调节。当传感器灵敏度在 $0.1\sim 1\text{pC}/\text{Unit}$ 或 $10\sim 100\text{pC}/\text{Unit}$ 时，适调电位器仍从 $1.00\sim 10.00$ 进行调节。最后在测量结果上进行 $\times 10$ 或 $\div 10$ 修正。其他灵敏度区间，依此类推。

(2) 增益 I (Gain I):

当传感器灵敏度为 $1\sim 10\text{pC}/\text{Unit}$ 时，增益 I 标明输出为： $0.1, 1, 10, 100\text{mV}/\text{Unit}$ 四档。其中 Unit 为：加速度 $A: \text{ms}^{-2}$ ；力： N ；压力： $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ 。即当被测加速度每 ms^{-2} ，被测力每 N ，被测压力每 $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ 时，电荷放大器输出的 mV 值。

(3) 增益 II (Gain II): $\times 1, \times 10$ 两档，总增益为增益 I \times 增益 II。

(4) -3dB 低频下限 (Lower Freq. Hz): 分 $0.3, 1, 3, 10, 30, 100\text{Hz}$ 六档。当低频下限等于被测信号时，信号衰减约 30% ；当低频下限等于 $1/3$ 被测信号时，信号衰减约 5% ；当低频下限等于 $1/10$ 被测信号时，信号衰减约 0.5% 。

(5) 高频上限 (Upper Freq. kHz): 分 $0.3, 1, 3, 10, 30, 100\text{kHz}$ 六档。当高频上限等于被测信号时，信号衰减约 30% ；当高频上限等于 3 倍被测信号时，信号衰减约 1.5% ；当高频上限等于 10 倍被测信号时，信号衰减约 0.3% 。

(6) 过荷 (Overload): 当输出电压大于 $10V_p$ 时，过荷灯闪亮，提示用户波形失真，应减小增益或排除故障。

(7) 复零 (Reset): 过荷灯闪亮时。原因之一是电荷变换级发生阻塞，此时按复零按钮，反馈电容即并 $10\text{k}\Omega$ 电阻，放大器很快恢复正常。

(8) 工作 (Work): 开启电源开关，黄色工作指示灯亮。

7. 测试举例:

压电传感器采用 LC0405，电荷灵敏度 $2.8\text{pC}/\text{ms}^{-2}$ ，电荷放大器采用 LC0602，测量某大型发电机组的振动加速度和速度（振动频率 50Hz ）。

传感器灵敏度电位器置 2.80 ，低频下限置 3Hz ，高频上限置 0.3kHz ，当增

益 I 置 100，增益 II 置 $\times 10$ 时，数字电压表测得 LC0602 输出电压为 $230\text{mV}_{\text{rms}}$ ，则该发电机组的振动加速度为：

$$A = 230\text{mV}_{\text{rms}} \div 10 \div 100\text{mV/Unit} = 0.23\text{Unit} = 0.23\text{ms}^{-2}_{\text{rms}}$$

该发电机组的振动速度为：

$$V = A/2\pi f = 0.23\text{ms}^{-2}_{\text{rms}} / 2 \times 3.16 \times 50\text{s}^{-1} = 0.73\text{mms}^{-1}_{\text{rms}}$$

根据 ISO3945—1985 (E) “转速范围 10 到 200r/s 大型旋转机器的机械振动—振动烈度的现场测量与评定” 中之规定：振动速度为 $0.73\text{mms}^{-1}_{\text{rms}}$ 时，该大型发电机组状态为“良好”。

五、传感器的选配与安装

由于传感器的选配和安装对电荷放大器的测量精度影响极大，下面简要介绍一下。

1. 传感器的选配：

(1) 体积、重量：传感器作为被测物体的附加质量，必然会影响其运动状态。因此要求传感器的质量 m_a 远小于被测物体的质量 m 。对于有些被测构件虽然作为一个整体质量很大，但是在传感器安装的局部，例如一些薄壁结构，传感器的质量已经可以与结构局部质量相比拟，将会使结构的局部运动状态受到影响。在这种情况下，要求传感器体积和重量都尽可能小。

由于传感器质量的影响，会使被测构件的响应频率 f_n 降低，其降低的频率 Δf_n 用下式估算： $\Delta f_n = f_n (1 - m / (m_a + m))$ 。

(2) 安装谐振频率：如果被测信号频率为 f ，要求安装谐振频率要大于 $5f$ 。而传感器说明书给出的为 10% 频响，大约为安装谐振频率的 1/3。

(3) 电荷灵敏度：越大越好，这样可降低电荷放大器的增益，提高信噪比减小漂移。

2. 传感器的安装：

(1) 传感器与被测试件接触的表面要清洁，平滑，不平度应小于 0.01mm ，

安装螺孔轴线与测试方向一致。如安装表面较粗糙或当被测频率超过 4kHz 时，可在接触面上涂些清洁的硅脂，以改善高频耦合。测量冲击时，由于冲击脉冲具有很大的瞬态能量，故传感器与结构的连接必须十分可靠，最好用钢螺栓，安装力矩约为 20kg·cm。使用的螺栓长度要适当：太短则强度不够；太长可能会使传感器与结构之间留下间隙，降低刚度，使谐振频率下降。螺栓不能过分拧入传感器，否则会造成基面弯曲而影响灵敏度。

(2) 在传感器与被测试件之间必须使用绝缘垫圈或转换块，垫圈和转换块的谐振频率要远大于结构的振动频率，否则将给结构增加一个新的谐振频率。

(3) 传感器的敏感轴应与被测试件的运动方向一致。否则，轴向灵敏度降低，横向灵敏度升高。

(4) 电缆的抖动会造成接触不良和引起摩擦噪声，所以传感器的引出方向应沿物体运动最小方向。

(5) 钢螺栓连接：频响好，安装谐振频率最高，能传递大加速度。

(6) 绝缘螺栓连接：使传感器与被测构件绝缘，可有效防止地电场对测量的影响。

(7) 磁力安装座连接：磁力安装座分对地绝缘和对地不绝缘两种。但在加速度超过 200g，温度超过 180℃时不宜采用。

(8) 薄蜡层粘接：此法简单，频率响应好，但不耐高温。

(9) 粘接螺栓连接：将螺栓先粘接在被测结构上，再拧上传感器。优点是不破坏结构。

(10) 常用粘结剂：环氧树脂，橡胶水，502 胶等。

六、仪器附件及随机文件

1. AC 电源线	1 根
2. 输出电缆线 (BNC)	6 根
3. 用户手册	1 本

-
- | | |
|---------|-----|
| 4. 检定数据 | 1 份 |
| 5. 装箱单 | 1 份 |

朗斯测试技术有限公司

地址：河北省秦皇岛市北戴河 319 信箱

邮编：066100

电话：(0335) 4037381, FAX: 4037382

网址：WWW.LANCE-SENSOR.COM

E-mail：sales@lance-sensor.com