

Lance

LC0601 通用电荷放大器 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

电荷放大器是接压电传感器（例如：压电加速度传感器、压电力传感器、压电压力传感器等）的前置放大器，其输出电压正比于输入电荷。电荷放大器广泛地应用于振动与冲击、力、压力等非电量电测中。

LC0601 电荷放大器为通用型，使用领域十分广泛。

LC0601 电荷放大器有如下特点：

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. 输入可配接长电缆而不影响测量精度。
3. 输出 $\pm 10V$ ，100mA，可推动光线记录示波器的各种振子。
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、电荷放大器工作原理

LC0601 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图 2.1。

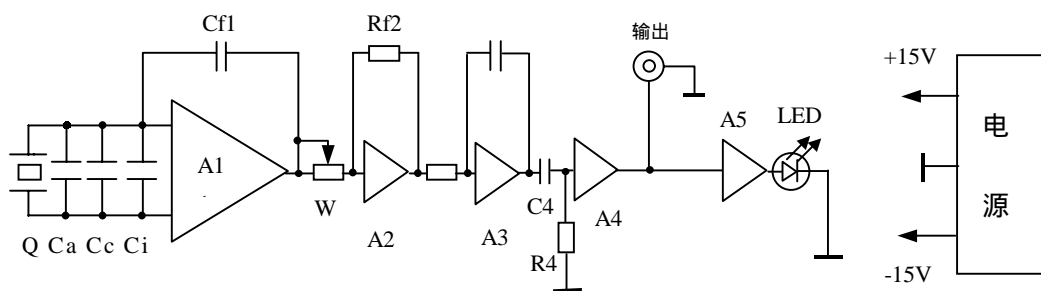


图 2.1

1. 电荷变换级：以运算放大器 A1 为核心。

LC0601 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 ($1\text{pC}/1\text{mV}$)，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 $95\text{pF}/\text{米}$ 。

C_i — 运算放大器 A1 输入电容，典型值 3pF 。

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 10^8pF 。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 10^5pF ，三者总电容与 C 相比： $10^5\text{PF}/10^8\text{PF} = 1/1000$ 。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： $10\text{mV}/\text{pC}$ 、 $1\text{mV}/\text{pC}$ 、 $0.1\text{mV}/\text{pC}$ 、 $0.01\text{mV}/\text{pC}$ 。

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 0.3% ，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，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 10V_p 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 ±15V。它由 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。

三、主要技术指标

1. 输入电荷范围：0.06~10⁵pC。（信噪比≥20dB）

2. 最大输出电压：±10V_p

3. 最大输出电流：10mA

4. 准确度：≤1.0%

5. 谐波失真：<0.5%

6. 噪声：<6 μV(折合到输入端)

7. 输出增益 I：0.1，1，10，100mV/Unit

输出增益 II：×1 ×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/s²，力传感器单位为 N，压力传感器单位为 kg/cm² 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: >10Vp
12. 供电电压: AC220V±10%
13. 工作温度: -10~+50°C
14. 工作湿度: ≤85%RH(无冷凝)
15. 外形尺寸: 200×72×144mm³

四、使用方法

LC0601 前后面板见图 4.1, 4.2。

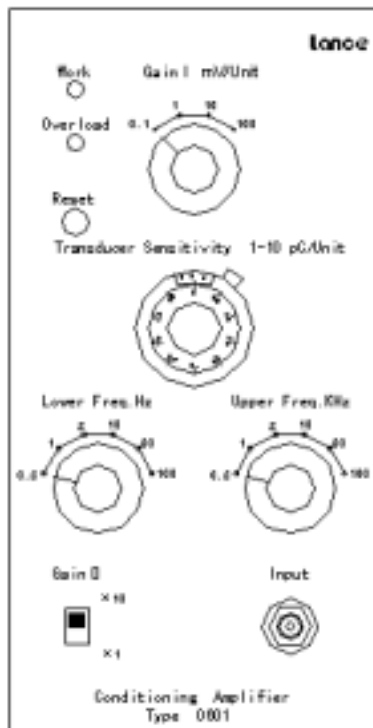


图4.1 LC0601前面板

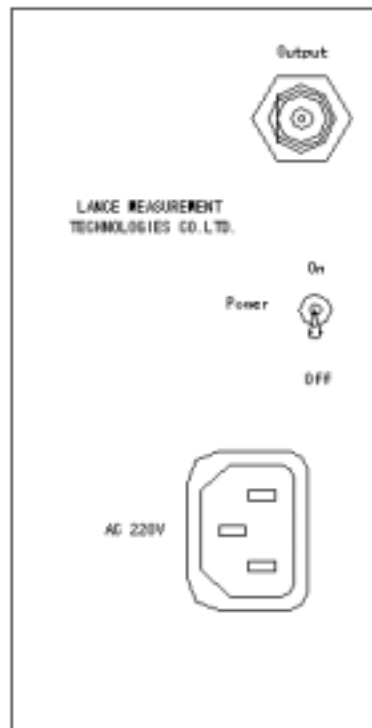


图4.2 LC0601后面板

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，都须关闭电源。

2. LC0601 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： $C = I / 2 \quad V f_{\max}$ 式中： C 负载电容（F）； I 输出级输出电流能力（0.1A）； 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 1600pF。

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：1~10pC/ms⁻²（以 g 为单位需先化成 ms⁻²，1g=9.80665 ms⁻²）；力传感器为：1~10pC/N；压力传感器为：1~10pC/kg·cm⁻² 时，适调电位器都对应从 1.00~10.00 进行调节。当传感器灵敏度在 0.1~1pC/Unit 或 10~100pC/Unit 时，适调电位器仍从 1.00~10.00 进行调节。最后在测量结果上进行×10 或÷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：1~10pC/Unit 时，增益 I 标明输出为：0.1，1，10，

100mV/Unit 四档。其中 Unit 为：加速度 A: ms^{-2} ；速度 V I: 10cms^{-1} , V II: cms^{-1} ；位移 D I: 10mm, D II: 0.1mm. 力: N; 压力: $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ 。即当被测加速度每 ms^{-2} ，被测速度 V I 每 10cms^{-1} ，被测速度 V II 每 cms^{-1} ；被测位移 D I 每 10mm，被测位移 D II 每 0.1mm，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, 100Hz 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, 100kHz 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 LC0601，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 LC0601 输出电压为 $230\text{mV}_{\text{rms}}$ ，则该发电机组的振动加速度为：

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

该发电机组的振动速度为：

$$V = A/2\pi f = 0.23\text{ms}^{-2}_{\text{rms}} / 2 \times 3.14 \times 50\text{s}^{-1} = 0.73\text{ms}^{-1}_{\text{rms}}$$

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 $20\text{kg}\cdot\text{cm}$ 。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)	1 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