

Lance

LC0603 积分电荷放大器

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	5
四、 使用方法	6
五、 传感器的选配与安装	9
六、 加速度、速度、位移幅频曲线图	11
七、 仪器附件及随机文件	12

一、概述

LC0603 电荷放大器是一种输出电压与输入电荷量成正比的积分电荷放大器。配接压电传感器，可测量物体的加速度、速度、位移、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. 不仅可测冲击、振动的加速度，而且还可以测出其速度和位移。
2. 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，质量稳定可靠。
3. 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。
4. 输出 $\pm 10V_p$ ，10mA。
5. 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氧化接触不良的弊病。

二、工作原理

LC0603 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、分段积分器、过荷级、电源几部分组成。其工作原理见下图（图 2.1）

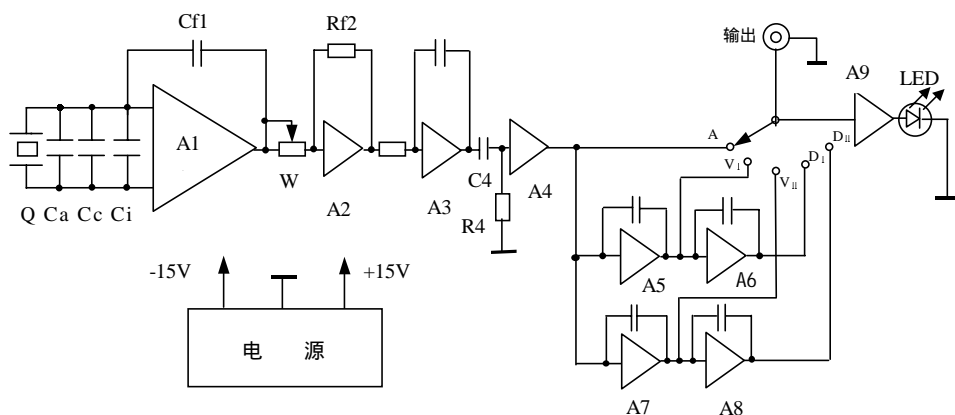


图 2.1

1. 电荷变换极:

LC0603 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. 失调级:

由运放 A2 和传感器灵敏度失调电位器 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。它采用了美国精密数字

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。

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. 积分器：

为了兼顾高频和低频增益，本仪器采用分段积分。积分器 I：与加速度曲线相交在 1.6Hz，其中 A5 为一次积分（速度），A6 为二次积分。积分器 II：与加速度曲线相交在 16Hz，其中 A7 为一次积分，A8 为二次积分（位移）。（具体见加速度、速度、位移幅频曲线图）我们可通过波段开关选择不同的积分区间。对积分 I 而言：一次积分测速度，频带为 1Hz~1kHz；二次积分测位移，频带为 1~100Hz。对积分 II 而言：一次积分测速度，频带为 10Hz~10kHz；二次积分测位移，频带为 10Hz~1kHz。

7. 过荷级：

以 A9 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。

8. 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: $0.06 \sim 10^5 \text{pC}$ (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: 10mA .
4. 准确度: 加速度 A: 1% 速度 V: 2% 位移 D: 3%
5. 谐波失真: $< 0.5\%$
6. 噪声: $< 6 \mu\text{V}$ (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, 取决于所用压电传感器的电荷灵敏度。例如: 加速度传感器单位为 ms^{-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: 加速度为 $0.3\text{Hz} \sim 100\text{kHz}$
速度为 $1\text{Hz} \sim 10\text{kHz}$
位移为 $1\text{Hz} \sim 1\text{kHz}$

9. 高频上限: 0.3, 1, 3, 10, 30, 100kHz , 共六档 (-3dB)。过渡带衰减斜率约为 -12dB/Oct 。

10. 低频下限: 0.3, 1, 3, 10, 30, 100Hz , 共六档 (-3dB)。过渡带衰减斜率约为 -6dB/Oct 。

11. 过荷电压: $> 10\text{Vp}$
12. 供电电压: $\text{AC}220\text{V} \pm 10\%$
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：240×72×144mm³

四、使用方法

LC0603 前后面板见图 4.1, 4.2

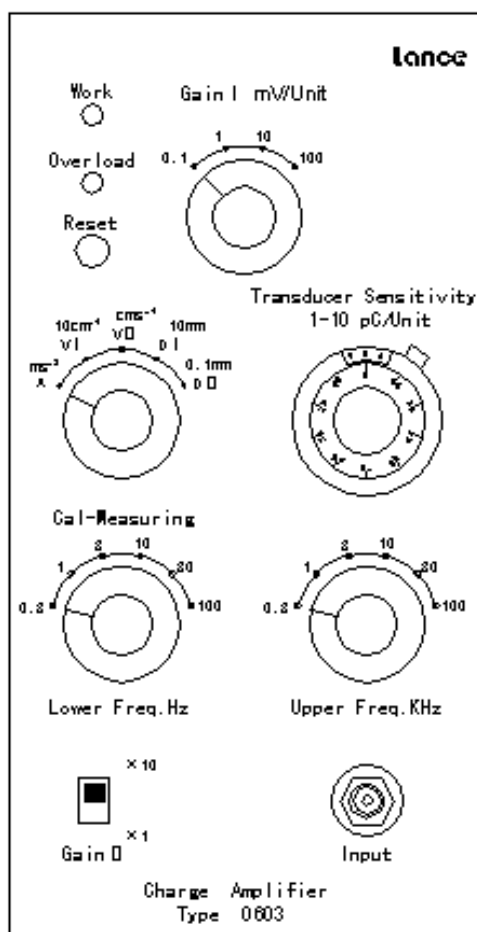


图4.1 LC0603前面板

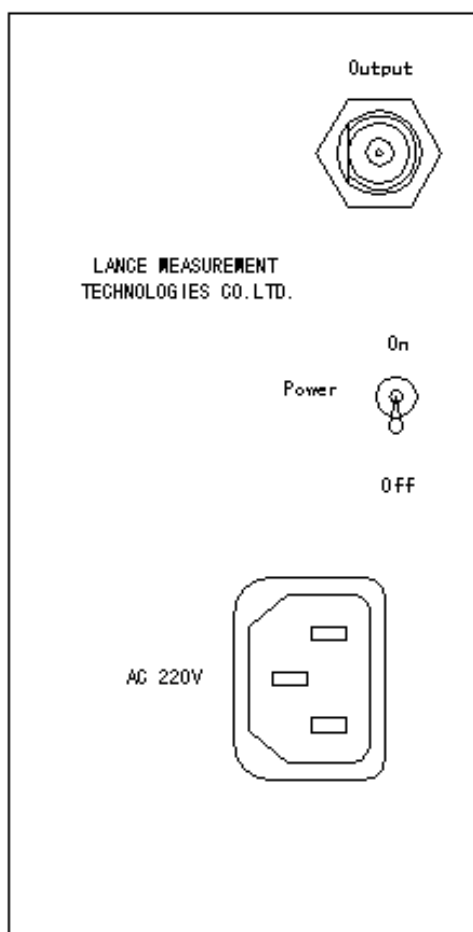


图4.2 LC0603后面板

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. LC0603 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(0.01A)； 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：kg·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)测量功能 (Cal -Measuring)：分 A，VI，VII，DI，DII 五档，当测量加速度时，置 A；测量 1~1kHz 速度时，置 VI；测量 10~10kHz 速度时，置 VII；测量 1~100Hz 位移时，置 DI；测量 10~1kHz 位移时，置 DII。在选择速度 I、II 和位移 I、II 时，振动频率应位于测量频率范围的中间，以保证较高的测量精度。例如：振动频率为 10Hz 时，就应用 VI 和 DI。

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

(8)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 $10k\Omega$ 电阻，放大器很快恢复正常。

(9)工作 (Work)：开启电源开关，黄色工作指示灯亮。

7. 测量举例：

例 1 加速度测量：当配用加速度传感器电荷灵敏度为 $3.2\text{pC}/\text{ms}^{-2}$ 时，适调电位器置 3.20；测量功能旋钮 (Cal -Measuring) 置 A (ms^{-2})，当增益 I 为 100 mV/Unit，增益 II 置 $\times 1$ 时，输出电压为 $1.2V_{\text{RMS}}$ 。

则被测加速度 A 计算如下：

$$A = 1200\text{mV}_{\text{RMS}} \div 100\text{mV}/\text{Unit} \div 1 = 12\text{Unit} = 12\text{ms}^{-2}_{\text{RMS}}$$

例 2 速度测量：配用压电传感器电荷灵敏度为 1500pC/g ，在速度和位移测量中，应首先将电荷灵敏度中的 g 化为 ms^{-2} ($1g = 9.80665 \text{ms}^{-2}$)，则 $1500\text{pC/g} = 152.96\text{pC/ms}^{-2}$ 。再将传感器适调灵敏度电位器 (Transducer Sensitivity) 置于 1.53。当被测速度频率为 50Hz 时，既可置 VI ($1\sim 1\text{kHz}$)，亦可置 VII ($10\sim 10\text{kHz}$)。此种情况下测量功能旋钮 (Cal-Measuring) 一般置 VII (此时 Unit 单位为 cms^{-1})，增益 I (Gain I) 置 10mV/Unit ，增益 II 置 $\times 10$ 时，数字电压表测得输出电压为 $2.3V_{\text{RMS}}$ 。此时作以下计算可求出速度值。

$$V = 2300\text{mV}_{\text{RMS}} \div 10 \text{mV/Unit} \div 10 = 23\text{Unit} = 23\text{cms}^{-1}_{\text{RMS}}$$

由于传感器的灵敏度属于 $100\sim 1000 \text{pC/Unit}$ 范围，所以实测速度量还要做 $\div 100$ 修正。所以被测速度为 $23 \div 100 = 0.23 \text{cms}^{-1}_{\text{RMS}}$ 。

例 3 位移测量：当加速度传感器电荷灵敏度为 151.96pC/ms^{-2} ，则适调电位器置 1.52。当被测振动频率为 500Hz 时，测量功能旋钮 (Cal-Measuring) 不能置 DI ($1\sim 100\text{Hz}$)，只能置 DII ($10\sim 1\text{kHz}$) (此时 Unit 单位为 0.1mm)，当增益 I 置 1mV/Unit ，增益 II 置 10 时，输出电压为 $5.18V_p$ 。

则此时电压值所对应的位移由上述各钮指示值可算出：

$$D = 5180\text{mV}_p \div 1 \text{mV/Unit} \div 10 = 518\text{Unit} = 51.8\text{mm}_p$$

由于传感器灵敏度在 $100\sim 1000 \text{pC/ms}^{-2}$ 之间，所以测量结果要做 $\div 100$ 修正，即实际被测位移为 $51.8\text{mm}_p \div 100 = 0.518 \text{mm}_p$ (单峰值)。

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 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。

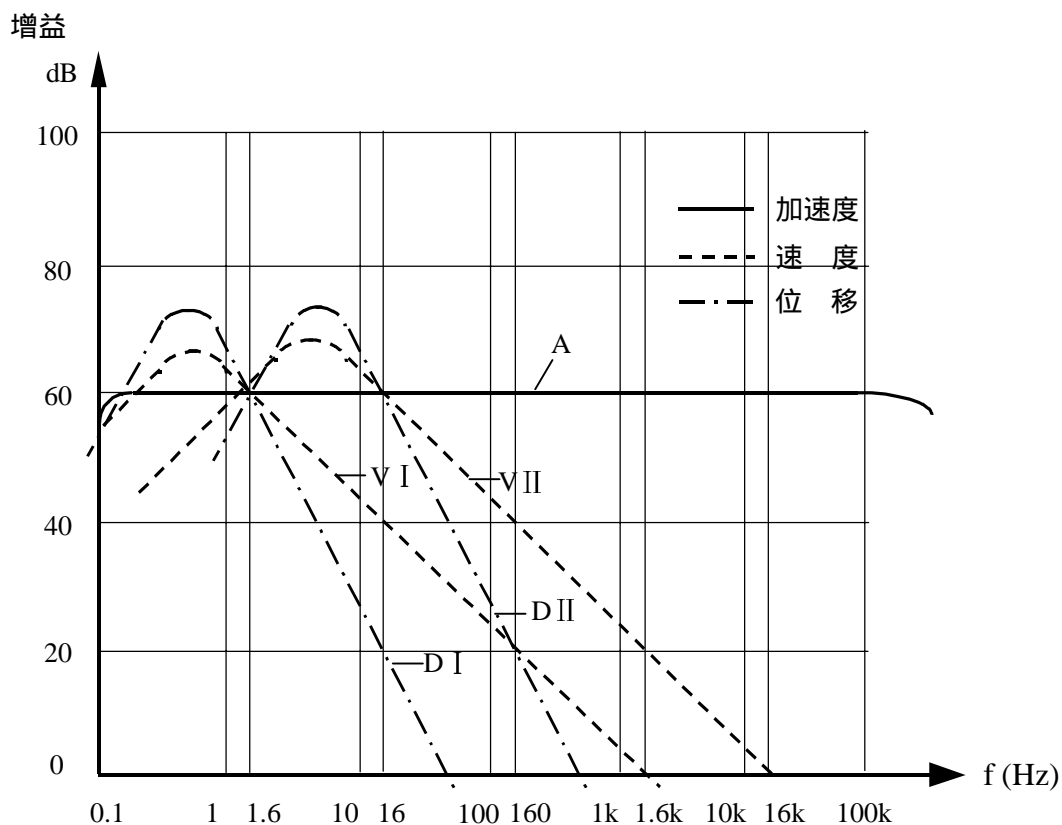
(7)磁力安装座连接：磁力安装座有对地绝缘和对地不绝缘两种。但在加速度超过 200g，温度超过 180℃时不宜采用。

(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。其优点是不破坏结构。

(10)常用粘结剂：环氧树脂、橡胶水、502 胶等。

六、加速度、速度、位移幅频曲线图



在测 10Hz 以下的低频信号时，建议采用速度 V I、位移 D I 档，但当测高于 10Hz 以上的被测信号时，建议采用速度 V II 和位移 D II 档。

从加速度、速度、位移三者的幅频关系曲线上，可以看到加速度在通频带范围内幅度为同一量值，而速度和位移则从低频下限开始随着频率的增长而分别按 $1/\omega$ 和 $1/\omega^2$ 规律衰减，也就是分别按 -6dB/oct 和 -12dB/oct 的规律下降。速度 V I、位移 D I 与加速度 A 相交于 1.6Hz，速度 V II、位移 D II 与加速度 A 相交于 16Hz。

七、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