

HELPASS

经典款 LCR 数字电桥

简明教程

Ver1.2



©版权所有 常州海尔帕电子科技有限公司

Mar,2008

目录

1. 简介.....	4
2. 测量原理.....	4
3. 测量准备.....	5
3.1 前面板介绍.....	5
3.2.后面板介绍.....	6
3.3 仪器附件介绍.....	7
3.3.1 直插式元件用测试线和夹具.....	7
3.3.2 贴片式元件用测试线和夹具.....	7
4 实例操作.....	8
4.1 连接测试线或者夹具.....	8
4.2 清零.....	9
4.2.1 开路清零.....	9
4.2.2 短路清零.....	9
4.3 设置测量条件.....	10
4.4 设置分选功能.....	13
4.5 测量读数.....	14
5 常见问题汇总.....	15
5.1 为什么要清零？.....	15
5.2 清零出现负值怎么办？.....	15
5.3 如何选择测试频率？.....	15
5.4 如何选择测试电平.....	16

5.5 如何选择量程？	16
5.6 如何选择串联和并联的等效方式？	17
5.7 如何选择源内阻？	18
5.8 改变了分选功能对于测量条件有什么影响？	18
5.9 为什么测试速度快时精度会下降？	18
5.10 为什么采用不同仪器对比测试时差别较大？	19
5.11 为什么当仪器处于量程锁定状态时，准确度大大降低？	19
5.12 为什么测电容时容值显示正常，损耗角正切值 D 明显增大？	19
5.13 如何增加测试线的长度会对测试结果有什么影响？	19
5.14 为什么测电感时与金属材料靠得很近，误差会较大？	19
5.15 如何测试贴片元件？	19
5.16 若已知一个电容、电感或者电阻大概的值，如何选择测试条件？	19

LCR 数字电桥简明教程

1. 简介

LCR 数字电桥是一种基于微处理技术的智能化测量仪器，能够精确地测量电感 L 、电容 C 、电阻 R 、品质因数 Q 、损耗角正切值 D 等参数，测量结果直接用数字显示。广泛用于工厂、院校、研究所、质检计量部门等对各类参数进行精确测量、检定和批量分选等方面。

2. 测量原理

LCR 数字电桥只是继承了电桥传统的称呼，实际上它已失去传统经典交流电桥的组成形式，而是在更高的水平上回到以欧姆定律为基础的测量方式。HPS2810B 就是采用目前世界上主流的测量方式-矢量电流电压法（自由轴法）：根据电阻、电容、电感的复数表示法，测量出在固定幅值和相位值的电压下，流经被测电抗元件的电流的幅度值和相位值，然后由 CPU 计算出元件的各项指标和参数值等。

LCR 数字电桥内部测量单元基本由以下几部分组成：频率可变的正弦信号产生器、测量电平调节器、精密的 量程电阻、鉴相器、电荷平衡 A-D 转换器组成所有测量、计算和功能控制和显示均在微处理器的控制下进行。

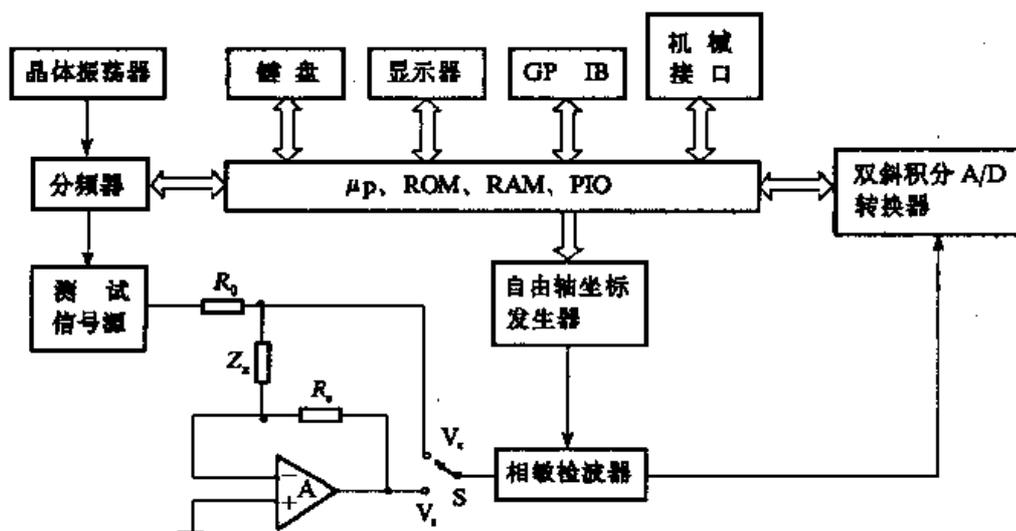


图 1-1 智能化 LCR 数字电桥测试仪基本组成框图

3. 测量准备

下面以经典款 HPS2810B 型 LCR 数字电桥为例，介绍其主要参数：

3.1 前面板介绍

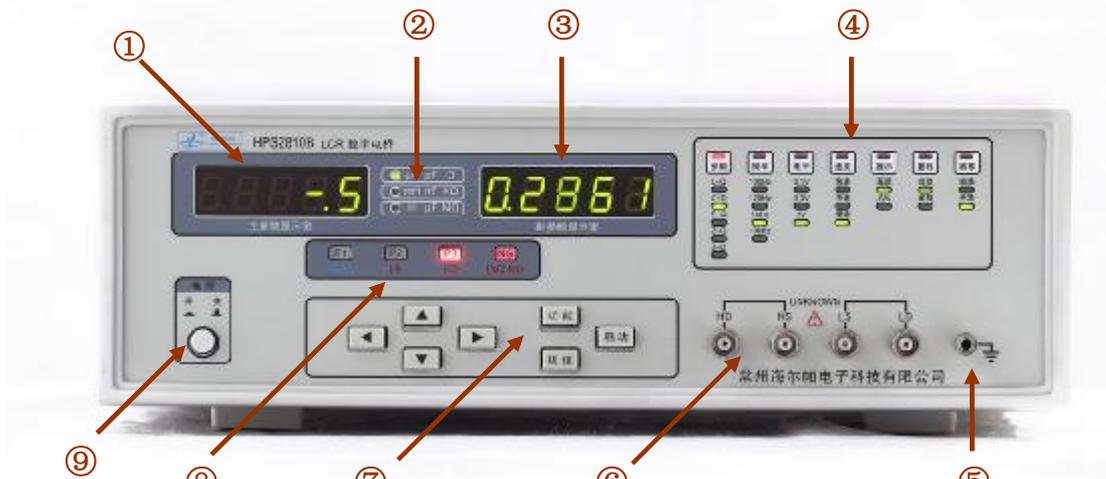


图 3-1 LCR 数字电桥 HPS2810B 前面板（实物照片）

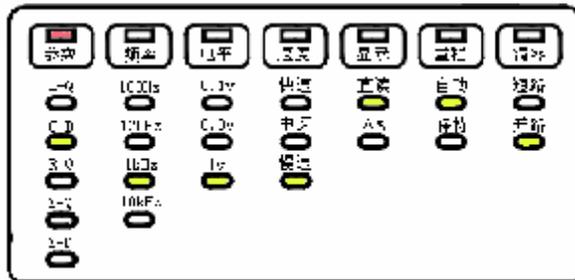


图 3-2 功能指示

表 3-1 前面板功能说明

序号	名称	功能说明
①	主参数显示窗	显示 L、C、Z、R 的测量结果，也用于参数设置时的信息指示等；
②	单位指示	显示直读测量时的主参数单位；
③	副参数显示窗	用于显示 D、Q 的测量结果，也用于参数设置时的信息指示等；
④	功能指示	测试条件显示区域，详细见图 3-2；
⑤	接地端（GND）	用于性能检测或测量时的屏蔽接地；
⑥	测试端	HD：电流激励高端，测试信号从该端输出； HS：电压取样高端，检测加于被测件的高端测试电压； LS：电压取样低端，检测加于被测件的低端测试电压； LD：电流激励低端，流过被测件的电流从该端送至仪器内部； 备注：在 HD 端可使用相应仪器（如示波器等）检测测试信号源电压及频率、波形；
⑦	键盘	仪器所有功能状态均由此 7 个按键完成；
⑧	分选指示	指示分选结果；
⑨	电源开关	接通或断开仪器 220V 电源；

3.2.后面板介绍



图 3-4 仪器后面板示意图

表 3-4 后面板功能说明

序号	名称	功能说明
①	RS-232C 接口	提供仪器与外部设备的串行通讯接口。
②	HANDLER 接口	提供仪器与系统连接的控制接口。
③	保险丝	用于保护仪器，1A。
④	电源插座	用于连接 220V，50Hz 交流电源。

3.3 仪器附件介绍

3.3.1 直插式元件用测试线和夹具

如果是测量直插式电容、电感和电阻的器件，可以用如下测试线和夹具：



HP28001 镀金式四端开尔文测试线



HPS28002 径向元件测试夹具

图 3-5 直插式元件专用夹具

3.3.2 贴片式元件用测试线和夹具

如果是要测量 SMD 贴片式电容、电感和电阻的器件，可以用如下测试线和夹具：



HPS28003A SMD 贴片元件测试钳



HPS28004 SMD 贴片专用夹具（镀金盒式）

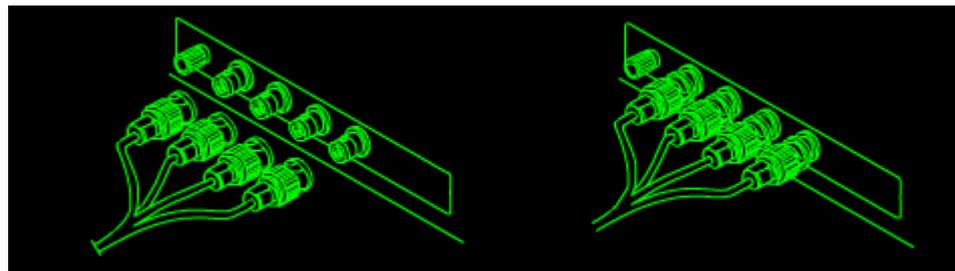
图 3-6 SMD 贴片式元件专用夹具

4 实例操作

4.1 连接测试线或者夹具

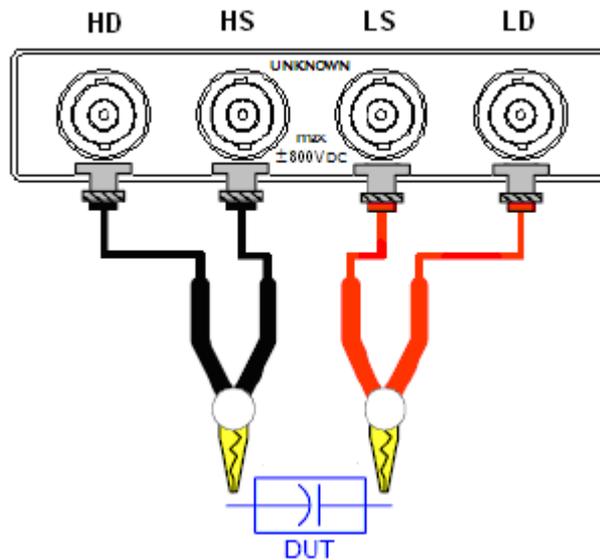
(1) HPS28001 系列测试线按照下图连接

备注：线不分正负，只要保证左边是同一副，右边是同一副即可



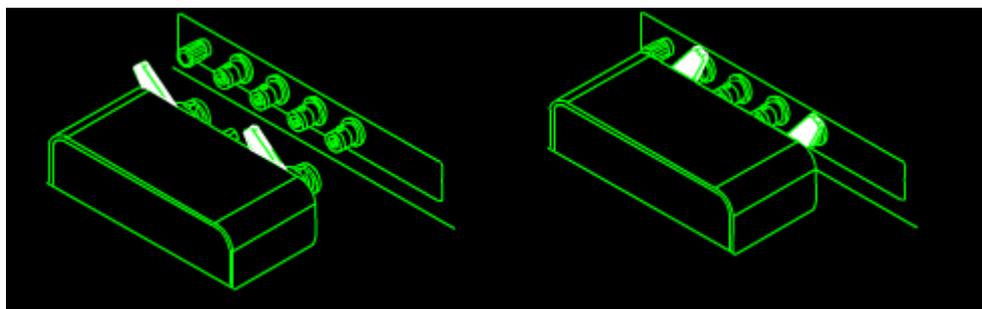
a. 平行推入

b. 转动 BNC 接头固定



c. 连接好的效果图

(2) HPS28002 和 HPS28004 系列夹具的连接方法：



a. 手柄在左边，平行推入

b. 顺时针转动手柄固定

图 4-1 测试线和夹具的接线图

4.2 清零

在测量电容和大电感的时候，开路清零；在测量电阻和小电感的时候，短路清零；

4.2.1 开路清零

a. 将仪器测试端可靠开路：将两个夹子开路（如果使用夹具，在不放短路片的状态下）

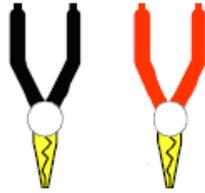


图 4-1 开路清零时测试线夹的状态

b.操作步骤：

第1步	按【◀】或【▶】键，选择“清零”功能项
第2步	按【▲】或【▼】键，选择“开路”参数，此时仪器显示“CLEAR”和“OP”
第3步	请将测试夹具或测试电缆（如图 4-1）保持开路，不要放置任何被测件，也不要与任何物体接触
第4步	按【启动】键，仪器开始开路清零校准，
	! 清零过程中，功能项“频率”和“电平”下面的指示灯循环显示
	! 清零完成后，功能项自动转至“参数”，仪器返回<测量显示>状态
	! 清零时，用户可以随时按【◀】或【▶】键，取消清零，仪器返回<测量显示>状态

4.2.2 短路清零

a. 将测试端可靠短路；

将两个夹子短接（注意线的颜色和位置）

（如果使用夹具，请使用 HPS28000 镀金短路片或低阻导线）



图 4-2 短路清零时测试线夹的状态

第1步	按【◀】或【▶】键，选择“清零”功能项
第2步	按【▲】或【▼】键，选择“短路”参数，此时仪器显示“CLEAR”和“SH”
第3步	请将测试夹具使用短路片短接，或测试电缆夹在一起，不要放置任何被测件
第4步	按【启动】键，仪器开始短路清零校准，

	I 清零过程中，功能项“频率”和“电平”下面的指示灯循环显示
	I 清零完成后，功能项自动转至“参数”，仪器返回<测量显示>状态
	I 清零时，用户可以随时按【◀】或【▶】键，取消清零，仪器返回<测量显示>状态

注意：

1、进行清零时若短路或开路严重不可靠，主参数显示窗将显示“FAIL”，且仪器发出短时讯响，表示该条件下清零失败，仪器将不把所得清零数据存储并退出清零过程；

2、若测试端短路或开路不可靠，进行了清零后，可能由于清零校准的不准确而影响仪器的正常工作性能；

3、为保证可靠的清零校准，请遵守以下规则：

a. 在清零完成后应保持测试导线的形态与清零时一致；

b. 短路清零时应用仪器提供的短路板使测试端短路，或使用低阻导线（如直径 0.3~1.2mm，长约 5~8mm 的裸铜丝，镀银线或镀金线）使测量端短接，注意不要使 HD、HS 和 LD、LS 直接连在一起，使用夹具短路时在低阻导线插入后应保持 HD、HS 和 LD、LS 本身未直接连在一起，HS、LS 可直接相连。

4.3 设置测量条件

在开机后，默认的“测量”状态的初始化对照表如下：

表 5-1 “测量”状态的初始化对照表

功能	频率	参数	电平	显示	量程	速度	清零
参数	C-D	1kHz	1.0V	直读	自动	慢速	开路

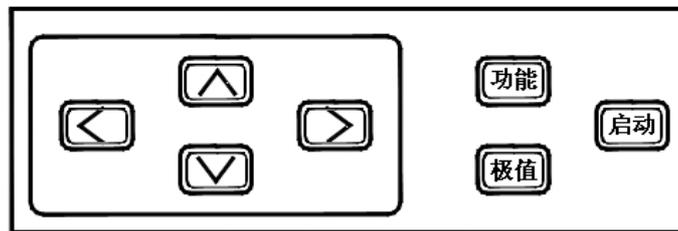


图 4-1 按键对照图

1、设定测量参数

第 1 步	按【◀】或【▶】键，选择“参数”功能项	
第 2 步	按【▲】或【▼】键，选择“测量参数”	
	功能项	功能
	L-Q	L：电感量, Q：品质因数
	C-D	C：电容量, D：损耗角正切
	R-Q	R：电阻值, Q：品质因数
	R-D	R：电阻值, D：损耗角正切
	Z-Q	Z：阻抗值, Q：品质因数
	Z-D	Z：阻抗值, D：损耗角正切
	I 参数 L、C、R、Z 均由主参数显示窗显示，D、Q 由副参数显示窗显示	
	I 副参数显示窗 D、Q 两者互为倒数，即 $D=1/Q$	

注：

1、除 Z, D, Q 外的参数 L、C、R 的测量值均有串联和并联等效之分，且随 D 值的不同而变化，其转换关系参见 P2-11 页的表 2-4 串并联电路型式转换表；

2、主参数显示窗显示参数 Z 始终为正 (≥ 0)，C、L、R 可能显示“-”；C-D 测量时，主参数显示窗显示“-”，则实际被测器件呈感性。L-Q 测量时显示器 A 显示“-”，则实际被测器件呈容性。理论上，R 值恒为正，某些情况下，可能出现 R 为“-”的情况，这是由于过度的清“0”所产生的，消除的办法是执行准确的清“0”。

2、 设定测量频率

第 1 步	按【◀】或【▶】键，选择“频率”功能项
第 2 步	按【▲】或【▼】键，选择“测试频率”：100Hz、120Hz、1 kHz 和 10 kHz 可选。
	! 不同器件需要不同测试频率的信号进行测量，均是根据实际需要而定。
	! 电解电容器通常需用 100Hz、120Hz，而薄膜电容器需用 1kHz 或 10kHz 等频率。

3、 设定测试电平

第 1 步	按【◀】或【▶】键，选择“电平”功能项
第 2 步	按【▲】或【▼】键，选择“测试电平”：0.1V、0.3V 和 1V 可选。
	! 根据实际检测的元件及仪器可以达到的信噪比来选择测试电平以达到最佳测量效果
	! 一般地，高测试电平用于通常的元件测试（电容、电阻和某些电感）
	! 低测试电平用于半导体器件、电池内阻、电感和一般非线性阻抗元件等
	! 对于某些器件来说，测试信号电平的改变将会使测量结果产生较大的变化，如一些电感性元件尤其如此，且实际施加于被测器件上的电压与设定会有所不同。

4、 设定测试速度

第 1 步	按【◀】或【▶】键，选择“速度”功能项	
第 2 步	按【▲】或【▼】键，选择“测量速度”	
	功能项	功能
	快速	15 次/秒；
	中速	8 次/秒
	慢速	4.5 次/秒
	! 仪器总的测量速度主要有两部分组成：总测量时间（测量时间、计算时间）、结果输出时间（分选输出），总的测量速度为两者之和	
	! 量程自动时，测量时间需增加量程判断时间，而量程不正确时，还须增加量程调整和再一次的测量时间	

5、 设定测试显示方式

第 1 步	按【◀】或【▶】键，选择“显示”功能项	
第 2 步	按【▲】或【▼】键，选择“显示方式”	
	功能项	功能
	直读	直读即直接读出测量值，主参数显示窗上显示的均为有单位的参数

	$\Delta\%$	百分比偏差显示方式
	I	直读状态在未连接被测件时,主参数显示窗应显示一个较大的不定数值,甚至超出显示范围,从而使主窗口黑屏;副参数显示窗的 D 或 Q 值是一个不定的数值
	I	不正确的标称值设置会导致无效的 $\Delta\%$ 显示,若标称值为“0”, $\Delta\%$ 将会为无穷大,超出显示范围,从而使主参数显示窗口黑屏

注:

1、直读时,各参数单位如下:

L : μH (微亨)、 mH (毫亨)、 H (亨利), 其中 $1\text{H}=10^3\text{mH}=10^6\mu\text{H}$

C : pF (皮法)、 nF (纳法)、 μF (微法), 其中 $1\mu\text{F}=10^3\text{nF}=10^6\text{pF}$

R、Z : Ω (欧姆)、 $\text{k}\Omega$ (千欧姆)、 $\text{M}\Omega$ (兆欧姆), 其中 $1\text{M}\Omega=10^3\text{k}\Omega=10^6\Omega$

2、百分比偏差显示时:

$$\Delta\% = \frac{X_x - X_n}{X_n} \times 100\%$$

其中: X_x —测量实测直读值; X_n —所设定的标称值

测量时由于偏差计算需一些时间完成,因此测量速度将稍有降低。

在 $\Delta\%$ 状态需要设置标称值,即偏差的获得是实测值与标称值之间的偏差。标称值既有大小又有单位,其设置参见§2.4 节《“参数设定”的方法》。

使用该方式显示时,会出现“+/-”值,显示的总是%值,最小分辨率为 0.01%。

6、 设定测试量程

第 1 步	按【◀】或【▶】键,选择“量程”功能项	
第 2 步	按【▲】或【▼】键,选择“量程方式”	
	功能项	功能
	自动	仪器根据阻抗值自动选择最佳的测试量程
	保持	仪器将始终使用用户指定的量程进行测试
第 3 步	自动量程下,对一只待测元件进行测量,待读数稳定	
第 4 步	按【▲】或【▼】键选择,使“保持”指示灯亮,则合适的量程便被锁定	
	I	量程自动时,优点是用户不需要任何参与,但是测量时间需增加量程判断和量程调整时间,测试速度将低于手动量程方式,这在低频(1kHz 以下)尤为明显。
	I	量程保持时,仪器先显示该量程(主参数窗显示该量程电阻值,副参数窗显示量程号:如 100 $\text{k}\Omega$, rAN-0),然后退回测试状态,而仪器测量时将不进行量程选择
	I	在同规格的元件批量测试时,可使用量程保持功能,而不使仪器量程频繁转换,这样便节省了量程判断及量程选择后的重新测量所需的时间,可以极大提高测试速度。
	I	不正确的标称值设置量程保持时,若测量元件阻抗远超出该量程测量范围,所显示结果的准确度将大大降低,使用时请务必注意

7、 设定测试源内阻

第 1 步	按【功能】键,选择“功能设置”状态
第 2 步	按【◀】或【▶】键,选择“源内阻”功能项,此时仪器主参数窗口显示“6-rES”

	按【▲】或【▼】键，选择“源内阻”	
	选项	功能
	30Ω	默认选择
	100Ω	一般用于和进口仪器如 HP4284A 系列对比选择

4.4 设置分选功能

仪器要能进行正确的分选，并输出结果，首先必须选择相应的分选方式，然后输入正确的极值参数。

第1步	在“测量”状态，按【极值】键，进入“参数设定”状态
第2步	按【◀】或【▶】键，选择“某一待改动位”(即:闪烁位)
第3步	按【▲】或【▼】键，改动改位的数值
第4步	待该参数的所有位都正确输入后，按【极限】键存储并进入下一参数的修改
或	按【启动】键存储并退回“测量”状态
	重复上述操作直至所有参数的设定完成

注：

1、由于小数点处于最低位时仪器不予显示，此时若待改动位为小数点时，可能由于不显示而看不出闪烁。例如：若上次参数为“12345.”则显示器 A 为“12345”，此时照常可以用【◀】或【▶】键改变小数点的位置；

2、标称值设定时应包括单位，若其闪烁时，可以用【▲】或【▼】键加以选择；

3、上下限是以百分比偏差方式设定的，最高位是符号位：“0”代表正号；“-”代表负号。如对标称值为 100pF 的电容器进行分选，范围为 97pF ~ 105 pF，则转换为百分比偏差 $\Delta\%$ 形式的范围为 -3% ~ 5%。

表 4-1 极值参数表

序号	名称	显示器 A	显示器 B	备注
①	标称值	“5 位数据” + “1 位小数点” + “1 位单位”	电感(LS)、电容(CS)、电阻(rS)、阻抗(ZS)；	始终为正值
②	损耗上极限或品质因数下极限	“5 位数据” + “1 位小数点”	损耗(d _r)、品质因数(q _r)	
③	第档上极限	“首位符号” + “4 位数据” + “1 位小数点” 数值皆以“%”偏差方式输入	P1 ⁻	只有在 3 档分选方式时才设置
④	第一档下极限		P1 ₋	
⑤	第二档上极限		P2 ⁻	
⑥	第二档下极限		P2 ₋	
⑦	第三档上极限		P3 ⁻	
⑧	第三档下极限		P3 ₋	

例：

若要对一批标称值为 47μF 的电容器进行分选，已知分选范围是一等品为 -5% ~ 6%，二等品为 -10% ~ 10%，三等品为 -15% ~ 30%，损耗极值 0.0680。

机内上次所设定参数为：标称值：2.2nF；Q/D：0.005；

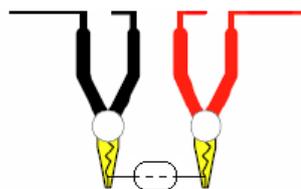
P1：0%~10%；P2：-20%~20%；P3：-30%~30%

表 4-2 极值参数输入示例表

第 1 步	在“测量”状态，按【◀】或【▶】键，选择“参数”功能项	
第 2 步	按【▲】或【▼】键，选择“C-D”参数	
第 3 步	按【功能】键，选择“5-Sor”功能项，进入“内置功能”状态	
第 4 步	按【◀】或【▶】键，进入“分选方式设定”状态	
	功能项	功能
	P3	3 档分选
	P1	1 档分选
第 5 步	按【▲】或【▼】键，选择“P3”参数	
第 6 步	按【功能】键，回到“测量”状态	
第 7 步	按【极值】键，进入“参数设定”状态，当前主参数窗口显示：1.8765nF（阴影表示单位 nF 闪烁）	
第 8 步	按【▲】或【▼】键，设定“Cs 单位”，选择为“μF”，当前主参数窗口显示：1.5000μF	
第 9 步	按【◀】或【▶】键，选择“小数点”，当前主参数窗口显示：1.5000μF	
第 10 步	按【▲】或【▼】键，设定“小数点”，当前主参数窗口显示：15.000μF	
第 11 步	按【◀】或【▶】键，选择“数值的第 1 位”，当前主参数窗口显示：15.000μF	
第 12 步	按【▲】或【▼】键，设定“数值第 1 位”为“4”，当前主参数窗口显示：45.000μF	
第 13 步	按【◀】或【▶】键，选择“数值的第 2 位”，当前主参数窗口显示：45.000μF	
第 14 步	按【▲】或【▼】键，设定“数值第 2 位”为“7”，当前主参数窗口显示：47.000μF	
第 15 步	按【极值】键，存储“Cs”值并进入设定“d”状态，当前主参数窗口显示：0.0050	
	重复 7-15 步骤，分别设定 d ⁻ 、P1 ⁻ 、P1 ₋ 、P2 ⁻ 、P2 ₋ 、P3 ⁻ 、P3 ₋ 等其它参数	
第 16 步	按【极值】或【启动】键，返回“测量”状态	
	上述主参数显示的值：“1.8765nF”和“0.0050”均为举例值，实际值与仪器之前设置有关	
	上述过程中红色白字的阴影用以表示当前显示位在闪烁跳动，为待改动位	

4.5 测量读数

将被测件连接好，读出主参数显示窗的数值和单位指示的单位以及副参数显示窗的参数值。



5 常见问题汇总

5.1 为什么要清零？

1、作用：为保证仪器的测量准确度，清除测量夹具或测量导线及测试端的杂散电容、电感及引线电阻对测量准确度的影响，必须对仪器进行清零，仪器清零包括开路和短路两种清零。

2、原理：测试电缆或夹具上存在着杂散阻抗，这些阻抗以串联或并联的形式加在被测器件上。仪器采用清零功能将这些参数测量出来并储存在仪器中，在元件测量时自动将其减掉，从而提高测量精度。通常仪器都有开路和短路补偿或者校准功能，开路补偿是消除杂散导纳的影响，短路补偿是消除剩余阻抗的影响。高档仪器还有标准补偿和温度补偿等，前者用来补偿其它误差，这通过采用工作标准的(预测的)参考值和实际的(未补偿的)测量值之间关系得来的传输系数来进行，后者的功能用来把模拟测量电路的温度影响测量误差减到最小。

3、清零的使用条件：

HPS2810B 系列执行清“0”时，一次即对所有测量速度、所有频率、所有电平下各量程进行清零。所有清零参数均存放在仪器内部非易失性 RAM 内。每次重新开机后无须重新清“0”，当测量环境有变化时，如温度、湿度、测量夹具、测量引线间距等变化，应重新执行清零。

5.2 清零出现负值怎么办？

Z 取绝对值，L/C/R 有正负。C-D 测量时，主参数显示为负值，则实际被测器件呈感性；L-Q 测量时显示为负值，则实际被测器件呈容性。理论上，R 值恒为正，某些情况下，可能出现 R 为负值的情况，这是由于过度的清“0”所产生的，重新执行正确清“0”校准即可。

5.3 如何选择测试频率？

不同器件需要不同测试频率的信号进行测量，如电解电容器通常需用 100Hz、120Hz 进行测量，而薄膜电容器需用 1kHz 或 10kHz 等进行测量，均是根据实际需要而定。一般遵循的原则是，选择的测试频率与电容/电感的值成反比：

1、大电容和大电感用低的测试频率，一般来说大电容和大电感（如电解电容几百 μF 和 mH 级别的），放在 100Hz 来测量。

2、小电容和小电感用高的测试频率，小电容小电感（比如 pF 级别和几十 nH 等）放在 10kHz 以及更高的

频率。频率改变有更深度的用法和意义，这里不再一一赘述。不同的频率对应不同的测量范围，见表 5-1。

表 5-1 参数范围和频率对照表

参数	测试频率	测试范围
L	100/120Hz	1 μ H - 9.999kH
	1kHz	0.1 μ H - 999.9H
	10kHz	0.01 μ H - 99.99H
C	100/120Hz	1p - 9.999mF
	1kHz	0.1p - 999.9 μ F
	10kHz	0.01p - 99.99 μ F
R、 Z	1m Ω - 999.9M Ω	

5.4 如何选择测试电平

为得到最佳的测量效果，应根据实际检测的元件及仪器可以达到的信噪比来选择仪器的测试信号电平。一般地，高测试电平用于通常的元件测试（电容、电阻和某些电感），低测试电平用于需低工作信号电平的器件（如半导体器件、电池内阻、电感和一般非线性阻抗元件）。对于某些器件来说，测试信号电平的改变将会使测量结果产生较大的变化，如一些电感性元件尤其如此。且实际施加于被测器件上的电压与设定会有所不同，常规的测量，一般是放在 1v 电平（一般来说，电容电阻的影响比较小，电感的话，可以根据上游厂家的要求或者标准选择 0.3,0.1v 等，如果是高端精密型的型号 HPS2817A 和 HPS2816A 这些，可以程控调节具体的电平）

5.5 如何选择量程？

1、量程定义及范围

本仪器共有五个基本量程和一个扩展量程，相互量程的测量范围是互相衔接的。在量程自动时，每次实际测量后，仪器首先计算判断当前量程是否正确，若正确则执行参数计算，否则将调整至正确的量程后重新测量计算。由此可知，量程自动时，测量时间需增加量程判断和量程调整时间。

表 5-2 量程号、量程电阻及量程变动过程

量程号	量程电阻	量程降范围	量程升范围
0	100k Ω	↑ 95k Ω	↓ 90k Ω
1	10k Ω	↑ 9.5k Ω	↓ 9k Ω
2	1k Ω	↑ 950 Ω	↓ 900 Ω
3	100 Ω	↑ 95 Ω	↓ 90 Ω
4	10 Ω	↑	↓

从表 5-2 可以看出：相邻两个量程变动时并没有一个绝对的界限，而是有一个升降为 5% 的回差，该回差的目的在于避免当阻抗大小位于界限时，量程可能会产生频繁跳动，但处于该回差的元件测量所选量程将是不定的。例：ZX=920 Ω ，则该元件可能在量程 2 也可能在量程 3 测量。

根据阻抗、频率、电容量或电感量的关系，由表 5-2 可计算出该电容器或电感器所处的测量量程。

例：电容量为 $C=0.22\mu\text{F}$ ， $D=0.0010$ ，测量频率 $f=10\text{kHz}$ 时，

$$Z_X = R_X + \frac{1}{j2\pi f C_X}$$

$$|Z_X| \approx \frac{1}{2\pi f C_X} = \frac{1}{2\pi \times 10 \times 10^3 \times 0.22 \times 10^{-6}} = 72.37\Omega$$

由表 5-2 可知，该电容器正确测量量程为 4。

2、量程保持

在同规格的元件批量测试时，需要提高测试速度，而不使仪器量程频繁转换，可使用量程保持功能，使仪器测量固定在某一量程上，这样便节省了量程判断及量程选择后的重新测量所需的时间。

5.6 如何选择串联和并联的等效方式？

LCR 数字电桥操作面板都有“串联”和“并联”按键供用户选择，这串联和并联不是物理连结，而是内在计算模式的改变，以改变计算模式得到理想的测试精度。理论上电感正弦波激励响应电压超前电流 90 度，电容电压落后电流 90 度。实际测量中由于铜阻和各种损耗的存在，超前或落后都小于 90 度，这种损耗在测量中以副参数出现，电感损失角的正切值的倒数称品质因素 Q 值。同样电容损失角的正切值称损耗因子 D。

LCR 数字电桥进行高精度量化，要建立适当的数学模型，经过一些数学运算，得到各种参数值。在整个过程中，把损耗的影响用电阻等效和电感或电容串并联。见图 5-1 所示：

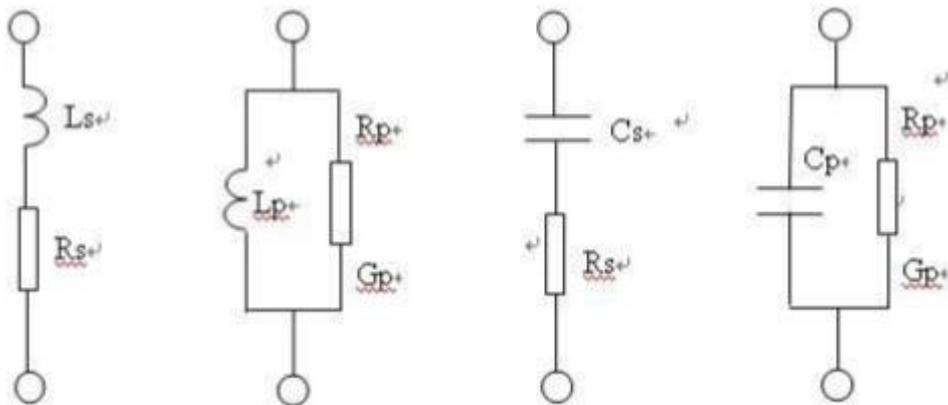


图 5-1 损耗的影响用电阻等效和电感或电容串并联

对于电阻根据实际应用，可以等效为电阻和小电感的串联或电阻和小电容并联。每种等效都可以通过数学运算得到主副参数值，运算过程中，如果中间数据保持的位数很多，上述等效运算的主副参数值是一样的。实际上计算机或单片机受资源的限制，只能在有限位数下运算，一种等效得到一定的计算精度。

大阻抗器件用并联模式计算精度高，小阻抗器件用串联模式计算精度高，被测件的阻抗决定数字电桥串并联的选择。

阻抗小于 1K 用串联，1K 到几十 K 串并联都可以，还是建议用串联。

阻抗大于几百 K 或 M 的量级就用并联模式。

被测件是大电感（比如现在 LCD 背光电源变压器），或小电容用并联。

被测件是小电感或大电容用串联。

特别注意的是阻抗决定串并联模式，阻抗和测试频率有关，电感是 ωL 电容是 $1/\omega C$ ，小电感小电容适当提高测试频率可以提高测量精度。

实际运用中串联模式使用比较多。串联并联运算见下面公式：

$$\begin{aligned}
 X &= \omega L & Z &= R_s + j\omega L_s & X &= \frac{1}{\omega C} & Z &= R_s + \frac{1}{j\omega C_s} \\
 Z &= \frac{j\omega L_p R_p}{R_p + j\omega L_p} & Z &= \frac{R_p + jQ^2 \omega L_p}{1 + Q^2} & Z &= \frac{R_p}{1 + j\omega R_p C_p} \\
 Z &= \frac{D^2 R_p + 1/(j\omega C_p)}{1 + Q^2} \\
 Q &= \frac{1}{D} & Q &= \frac{\omega L_s}{R_s} & Q &= \frac{R_p}{\omega L_p} & D &= \frac{1}{Q} & D &= \omega R_s C_s & D &= \frac{1}{\omega R_p C_p} \\
 L_s &= \frac{Q^2}{1 + Q^2} L_p & L_s &= \frac{1}{1 + D^2} L_p & C_s &= (1 + D^2) C_p & C_p &= \frac{1}{1 + D^2} C_s \\
 L_p &= \frac{1 + Q^2}{Q^2} L_s & L_p &= (1 + D^2) L_s & R_s &= \frac{D^2}{1 + D^2} R_p & R_p &= \frac{1 + D^2}{D^2} R_s \\
 R_s &= \frac{1}{1 + Q^2} R_p & R_p &= (1 + Q^2) R_s & R_s &= \frac{D}{\omega C_s} & R_p &= \frac{1}{\omega C_p D} \\
 R_p &= \frac{1}{Q_p} \\
 R_s &= \frac{\omega L_s}{Q} & R_p &= Q \omega L_p & R_s &= \frac{1}{G_p} & B_p &= \frac{1}{X_p} \\
 B_p &= \frac{1}{X_p}
 \end{aligned}$$

5.7 如何选择源内阻？

国内的仪表大多使用可变源内阻，由于电感测试通常内阻为 30Ω，因此默认内阻是：30Ω。如果需要与国外仪表，例如：安捷伦 4284A 系列进口表进行比对，选择 100 源内阻进行测试，否则会造成测试偏差。

5.8 改变了分选功能对于测量条件有什么影响？

分选功能不属于测试条件，因此无论是否设置以及如何设置对于测试结果没有任何影响。

5.9 为什么测试速度快时精度会下降？

原因：这是仪器的固有缺点，速度越快，精度越差。
 解决办法：若想提高测量精度，可以选择慢速；若想同时兼顾速度和精度，可选择中速。

5.10 为什么采用不同仪器对比测试时差别较大？

原因：不同型号的仪器内部构造及原理不同，同一型号的仪器在不同测试状态下测试结果也不同。

解决办法：选择相同的频率、等效方式等，结合元件精度和仪器准确度综合考证。

5.11 为什么当仪器处于量程锁定状态时，准确度大大降低？

原因：可能是选定的量程不准确。由于量程锁定后仪器无法自动选择量程，故若所测的阻抗值远远超出仪器所选的量程时，就会出现很大误差。

解决办法：按正确的步骤重新进行量程锁定。

5.12 为什么测电容时容值显示正常，损耗角正切值 D 明显增大？

原因：可能是测试端接触不良或夹具不清洁所致。

解决办法：检查测试端或更换清洁的测试夹具。

5.13 如何增加测试线的长度会对测试结果有什么影响？

原因：一般数字电桥出厂时进行的是 1 米线校准。

解决办法：重新校准。

5.14 为什么测电感时与金属材料靠得很近，误差会较大？

原因：来自电感器的漏磁通会在金属材料内产生涡流，影响测量结果。

解决办法：尽可能使被测元件远离金属器件。

5.15 如何测试贴片元件？

解决办法：配上专用 SMD 专用夹具即可。

5.16 若已知一个电容、电感或者电阻大概的值，如何选择测试条件？

1、电阻低于 $1\text{K}\Omega$ ，选择串联 120Hz (100Hz)通常称为直流电阻测量，选择低频减小交流影响，选串联模式减小被测件等效串联电感的影响；

2、电阻大于等于 $1\text{K}\Omega$ ，选择并联 120Hz (100Hz)，选择低频减少交流影响，选择“并联”，是因为测量过程中出现电抗部份，等效为被测件并联一个电容呈现的高电抗，用并联模式减小这种影响，如果 $Q < 0.1$ ，已存在小电容影响；

3、电容小于 2nF ，选择，选择串联 1KHz ，选用高的测试信号可提高测试精度，同样能测量大于 $1000\mu\text{F}$ 以上电容，电解电容选择 100Hz ；

4、电感小于 2mH ，用串联 1KHz ，选择高测试频率可提高测试精度；

5、电感大于 200H ，并联， 120Hz ，选择低测试频率可提高测试精度。

致学生朋友：

随着社会发展的日新月异，对于从事电子行业的工程师和学习的朋友来说，LCR 数字电桥已经逐渐成为万用表、示波器之后第三大常用电子检测仪表。这本手册是受贵校的委托进行编写，在编写之前，海尔帕实验室的同仁已经写过很多类似的应用文章，所以也是籍此机会整合成册方便使用者阅读，手册最后的十六个问题，是海尔帕科技的同事在多年技术售后过程中使用者遇到比较多、比较典型的问题，罗列其后希望对你们有所帮助！

如果有不能详尽解答之处，也欢迎给我们来信：tech@helpass.com（技术支持邮箱）

编纂：海尔帕实验室全体同仁

March , 2008

厂家信息：

常州海尔帕电子科技有限公司

Helpass Electronic Technologies , Inc.

地址：江苏省常州市钟楼新昌路 58 号

邮编：213012

电话 :0519-8663 6180 ,传真 :0519-86636120

官网：<http://www.helpass.com>

海尔帕——测量世界变化

全国免费服务电话:400-618-0807