

# 使用说明书

User's Manual



## 420B 型 接触电流测试仪

## 校验及校正声明

本实验室特别声明，本手册所列的仪器设备完全符合本实验室一般目录上所标称的规范和特性。本仪器在出厂前已经通过本实验室厂内校验，校验的程序和步骤是符合电子检验中心的规范和标准。

### 产品品质保证

本实验室保证所生产制造的新品仪器均经过严格的品质确认，同时保证在出厂一年内，如有发现产品的施工瑕疵或零件故障，本实验室负责免费给予修复。但是如果使用者有自行更改电路、功能、或进行修理仪器及零件或外箱损坏等情况，本实验室恕不提供免费保修服务。

本保证不含本仪器的附属设备等非我实验室所生产的附件。

在一年的保修期内，请将故障机组送回本实验室设备研发部维修处，本实验室会予以妥善修护。

如果本机组在非正常的使用下、或人为疏忽、或非人力可控制下发生故障，例如地震、水灾、暴动、或火灾等非人力可控制的因素，本实验室不予免费保修服务。

**(本实验室遵循可持续发展战略，保留对本说明书的内容进行改进不予先通知的权力)**

# 设备使用安全规定（必读）

使用前应该注意的规定和事项!!!

安全标志：

 高电压警告符号。

 高压危险符号。

 机体接地符号。

 接地符号

## 1.1 安全须知

- 使用本电容器纹波试验台以前, 请先了解本机所使用和相关的标志, 以策安全.
- 在开启本机的输入电源开关前, 请先选择正确的输入电压规格.

为防止意外伤害或死亡发生, 在搬移和使用机器时, 请务必先观察清楚, 然后再进行操作.

## 1.2 维护和保养

### 使用者的维护

为了防止触电的发生, 请不要掀开仪器的盖子. 本仪器内部所有的零件绝对不需使用者维护. 如果仪器有异常情况发生, 请寻求我实验室给予维护. 所附的线路和方块图只供参考之用.

### 定期维护

交流电源供应器、输入电源线各相关附件等每年至少要仔细检验和校验一次, 以保护使用者的安全和仪器的精确性.

### 使用者的修改

使用者不得自行更改机器的线路或零件, 如被更改, 机器保证期则自动失效并且我实验室不负责任. 使用未经本实验室认可的零件或附件也不给予保证. 如发现送回检修的机器被更改, 我实验室会将机器的电路或零件修复回原来设计的状态, 并收取修护费用.

# 目 录

第一章 前 言.....	1
1. 1 仪器简介.....	1
1. 2 仪器原理.....	1
1. 3 原理方框图.....	3
第二章 相关标准介绍.....	4
2. 1 接触电流试验.....	4
2. 2 GB4943-2001 (IEC60950:1999) 标准介绍.....	4
2. 3 GB8898-2001 (IEC60065:1998) 标准介绍.....	5
2. 4 多种测试网络介绍.....	6
2. 5 定义.....	7
第三章 开机检查.....	8
3. 1 拆封检查.....	8
3. 2 输入电压和保险管的规格.....	8
3. 3 开机检查.....	8
3. 4 存储和运输环境.....	8
第四章 技术规范.....	9
4. 1 输入特性.....	9
4. 2 技术指标.....	9
4. 3 仪器附件.....	9
第五章 面板说明.....	10
5. 1 前面板示意图.....	10
5. 2 前面板说明.....	10
5. 3 后面板示意图.....	11
5. 4 后面板说明.....	11
5. 5 功能/参数显示说明.....	12
第六章 操作说明.....	14
6. 1 注意事项.....	14
6. 2 操作步骤.....	15
第七章 调试和校准.....	16
7. 1 主要元器件和电路板.....	16
7. 2 供样电源电压调试校准.....	17
7. 3 测试网络频率特性校准.....	18

# 第一章 前言

## 1.1 仪器简介

420B 型接触电流测试仪是测量试验样品的接触电流仪器。采用 LCD 显示试验样品的工作电源电压和功能参数，选用 Atmel 公司高速的 MCU 进行控制，按键选择功能参数有：测量选择（U1 或 U2）、试验电源换相选择（正相或倒相）、零线选择（接通或断开）等参数；采用软件调试方式校准，使调试简单方便；具有断电记忆参数功能。工作状态一目了然，简单的按键操作，一学便会。该仪器既适用生产线快速化流水测试，又适合实验室多功能高精度的要求。

此仪器按 GB8898-2001 标准和 GB4943-2001 标准要求设计制做的，可对 I 类设备、II 类设备、III 类设备进行接触电流测试。该仪器适合各种家用电器、信息产品、收款机、仪器设备等产品的接触电流测试。

## 1.2 仪器原理

420B 型接触电流测试仪以 Atmel 公司高速的 MCU 进行控制，采用先进的 A/D 转换技术进行采样，LCD 显示各种参数，按图 1 测试网络（即为：GB/T12113 或 IEC60990 标准的接触电流的测试网络的图 4 要求）测量，并通过示波器测量接触电流波形的峰值电压或峰-峰值电压。

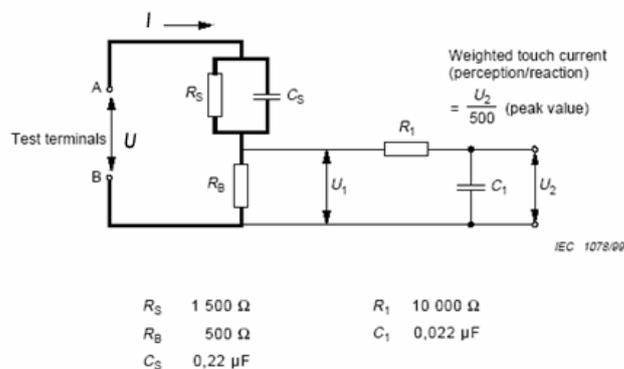


图 1 测试网络（人体模拟阻抗网络）

采用精密的可调变压器、隔离变压器产生试验样品的工作电源（50Hz / 60Hz）。

### 1.2.1 测量原理

由于接触电流信号波形是非正弦波，谐波频率超过 100Hz，见图 2 所示。对于是非正弦的波形，测量其峰值电流相对人体阻抗更准确（见 GB4943-2001 标准 P84 页说明），该仪器采用外接示波器测量法测量电压  $U_2$  的峰值，使得测量接触电流（I）更准确、更实用。

选用示波器的基本要求为：带宽 DC-20MHz，输入阻抗 1M $\Omega$  或以上，垂直  
 网址：[www.ceprei.biz](http://www.ceprei.biz) 电话：020-85131290

灵敏度 5mV-10V / 格，其精度优于±3%。

接触电流 (I) 是指在正常工作条件下或故障条件下，当人体接触设备的一个或多个可触及零部件时通过人体的电流。按图 1 的测量网络进行接触电流的测量，可用电压  $U_2$  的测量值来表示接触电流 (I)，即有：

$$\text{接触电流 (I)} = U_2 / 500 \text{ (峰值)} \quad \dots\dots\dots (1)$$

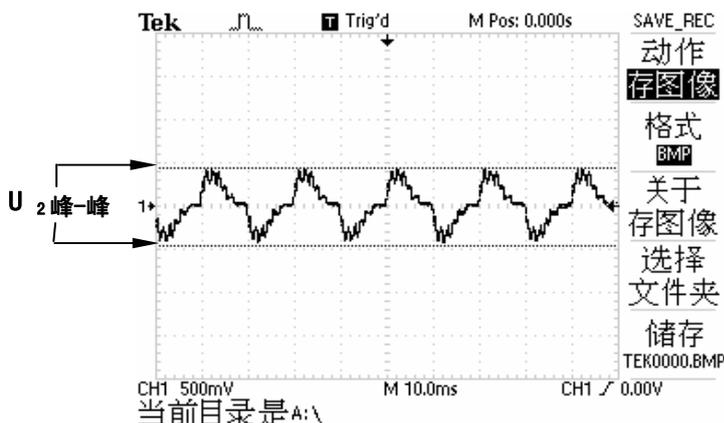


图 2 接触电流信号波形

如果外接的示波器测量  $U_2$  电压是峰-峰值，见图 2，则计算公式 (1) 变为计算公式 (2)，即有：

$$\text{接触电流 (I)} = U_2 / 1000 \text{ (峰值)} \quad \dots\dots\dots (2)$$

### 1. 2. 2 测量网络频率特性

图 1 测量网络产生一个可以测量的电压响应，随着接触电流频率的增高， $U_1$  和  $U_2$  的值差别更大，其比值为频率因数，见图 3 曲线。校验的方法是：

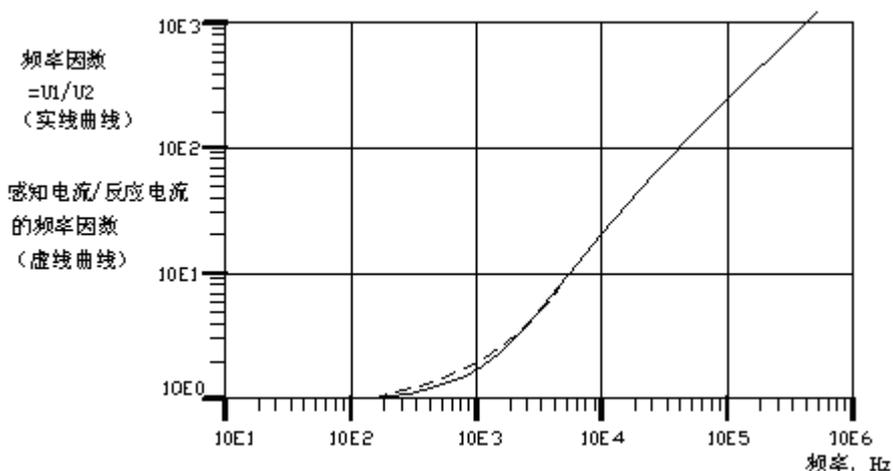


图 3 接触电流测试仪频率因数

采用一台标准信号源 (信号频率: 20Hz ~ 1MHz) 按图 1 测量网络，在 A、B 两端输入正弦波形信号，按表 1 (频率特性参数表) 要求设置正弦波信号的频率，

然后用数字电压表（测量频率：10Hz～1MHz）测量对应的  $U_2$  两端电压值，看看是否满足表 1 中的对应数值，从而达到校验图 1 测量网络的频率特性的目的，具体方法见 7.3 章节说明。

表 1 频率特性参数表

频率(Hz)	输入阻抗 $U/I$	转换阻抗 $U_2/I$
20	1998	500
50	1990	499
60	1986	498
100	1961	495
200	1857	480
500	1433	405
1,000	973	284
2,000	661	162.9
5,000	512	68.3
10,000	485	34.4
20,000	479	17.21
50,000	477	6.89
100,000	476	3.45
200,000	476	1.722
500,000	476	0.689
1000,000	476	0.345

注：表 1 是 IEC60990-1999 标准附加 L 中的表 2； $U$ 、 $I$ 、 $U_2$  参量见图 1 标明。

### 1. 3 原理方框图

1. 3. 1 测量示意图，见图 4。

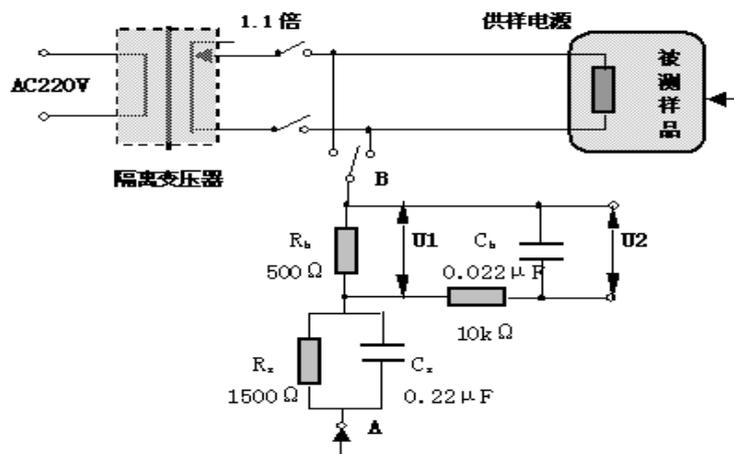


图 4 测量示意图

1. 3. 2 仪器原理方框图，见图 5。

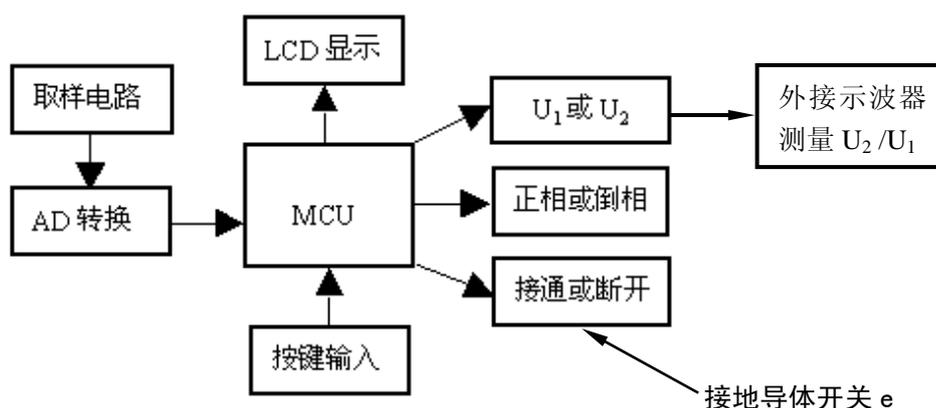


图 5 420B 型原理方框图

## 第二章 相关标准介绍

### 2. 1 接触电流试验

在按照 IEC 或国家标准对样品进行的接触电流项目中，一般要求试验样品的设计和结构应保证接触电流不可能产生电击危险。产生的接触电流应满足标准(如《GB4943-2001》、《GB8898-2001》、《GB4706.1-2005》等)规定的要求，下面介绍两个标准(《GB4943-2001》、《GB8898-2001》)中有关接触电流试验内容和要求。

### 2. 2 GB4943-2001 (IEC60950:1999) 标准介绍

在 5.1 条款中描述：

#### 2. 2. 1 试验条件：

- (1) 测试网络：见图 1（人体模拟阻抗网络）；
- (2) 测试参数： $U_2$  电压，通过公式（1）或（2）计算接触电流；
- (3) 试验应倒换样品电源极性（P1）：正向或倒向，见图 6；

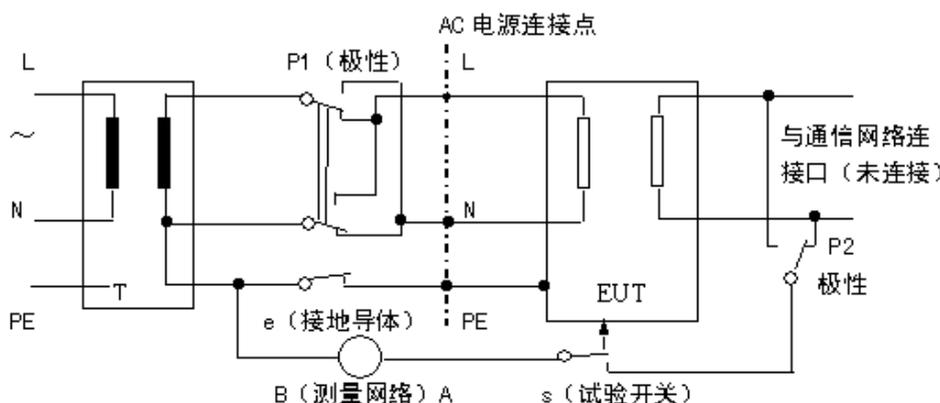


图 6 单相设备接触电流试验电路

(4) 试验应有接地导体开关 e: 接通或断开, 见图 6;

(5) 测试程序:

- 对有保护接地连接或功能接地连接的设备, 测试网络 (图 1) 的 A 端应通过测量开关 “s” 连接到 EUT (受试设备) 的试验样品接地端子上, 接电导体开关 “e” 打开, 见图 6;
- 试验还应在所有的设备上, 测试网络 (图 1) 的 A 端应通过测量开关 “s” 依次连接到每个不接地的或非导电的可触及零部件上和每个不接地的可触及电路上, 接电导体开关 “e” 关闭, 见图 6。

注: 对可触及的非导电零部件, 应在该零部件上贴面积为 10 cm × 20 cm 的金属箔进行试验。

### 2. 2. 2 试验要求:

测量的接触电流的值不应超过表 2 所规定的相关限值, 见表 2:

表 2 最大接触电流

设备类型	测量网络的 A 端连接到	最大接触电流	
		mA (有效值)	mA (峰值)
所有设备	未连接到保护接地的可触及的零部件和电路	0.25	0.35
手持式设备	设备电源保护接地端子 (如果有)	0.75	1.06
移动式设备 (手持式设备除外, 但包括可携带式的设备)		3.5	4.95
驻立式 A 型可插式设备		3.5	4.95

注: 如果测量接触电流的峰值, 可通过有效值乘以 1.414 得到最大值。420B 型接触电流测试仪测量的接触电流是峰值。

### 2. 3 GB8898-2001 (IEC60065:1998) 标准介绍

#### 2. 2. 1 正常工作条件下的触电危险 (在 9.1.1 条款中描述)

为了确定某一零部件或某一端子的某个接触件是否危险带电, 应在任意两个零部件或接触件之间, 以及任意一个零部件或接触件与试验时所用电源的任意一极之间进行下列测量。

如果符合下列要求, 则零部件或端子的接触件是非危险带电的:

- (1)  $U_1$  开路电压不超过交流 35V (峰值) 或直流 60V; 或者, 如果测试值不满足此项, 则
- (2) 按图 1 的测试网络进行接触电流的测量。

以电压  $U_1$  和电压  $U_2$  表示的接触电流不应超过下列规定值：

——对交流： $U_1=35V$ （峰值）， $U_2=0.35V$ （峰值）；

——对直流： $U_1=1.0V$ （ $U_1=U_2$ ）；

**注意！**

- 交流限值  $U_2=0.35V$ （峰值）和直流限值  $U_1=1.0V$  通过公式（1）计算，相当于交流限值  $0.7mA$ （峰值）和直流限值  $2.0mA$ ；
- 频率超过  $100kHz$  时，交流限值  $U_1=35V$ （峰值）相当于交流限值  $70mA$ （峰值）。

## 2. 2. 2 故障条件下的触电危险（在 11.1 条款中描述）

如果满足下列要求，则零部件或端子的接触件是非危险带电的：

(1)  $U_1$  开路电压：交流  $70V$ （峰值）或直流  $120V$ ；或者，如果测试不满足此项，则

(2) 按图 6-2 的测试网络进行接触电流的测量，交流： $U_1=70V$ （峰值）， $U_2=1.4V$ （峰值），直流： $U_1=4.0V$ （ $U_1=U_2$ ）；

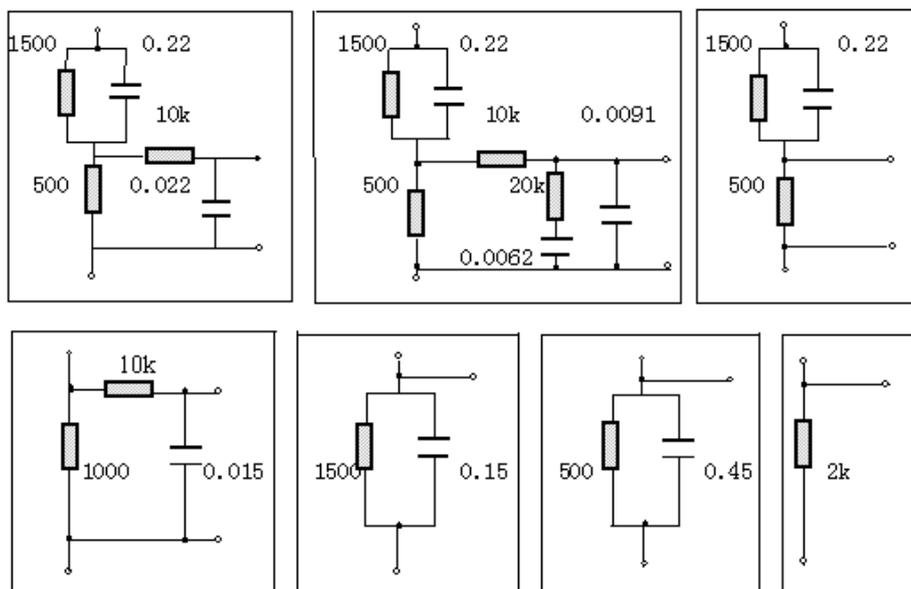
## 2. 4 多种测试网络介绍

GB8898-2001 标准和 GB4943-2001 标准在测量接触电流的试验中规定采用图 1 测试网络（人体模拟阻抗网络），这个测量网络  $U_1/U_2$  的频率因数（见图 3 中的实线曲线）与感知电流/反应电流的频率因数基本相符（见图 3 中的虚线曲线）。电流对人体的效应最为重要的有四种：感知、反应、摆脱、电灼伤，这四种人体效应中任何一种都具有唯一的阈值，且其中的某些阈值随频率变化的差异是很大的。在这四种效应中，感知、反应和摆脱与接触电流峰值有关，并且随频率变化而不同；然而，电灼伤与接触电流有效值有关，而与频率无关。

这里再介绍一些其它人体模拟阻抗网络，即测试网络。由于不同的国家，不同的产品，不同的标准，对人体模拟阻抗网络的定义不同。美国 LABSMATE 通过对全世界 230 多种标准的研究，归纳出以下七种人体模拟阻抗网络供选择，以适应各种各样标准的测试，见图 7。

综合上述试验标准（GB4943-2001 和 GB8898-2001）要求，设计制作的接触电流测试仪的测试示意图大体一致，见图 4 所示。然而，实际上被测的接触电流信号一般是非正弦波形的，见图 2 所示，欲测量  $U_1$  和  $U_2$  的电压值的有效值或峰值，若用普通电压表测量将不够准确，而应采用示波器等来测量。420B 型

接触电流测试仪含有图 1 测试网络，采用外接示波器测量接触电流。



注：电阻的单位：Ω，精度±0.1%；电容的单位：μF，精度±1%。

图 7 多种人体模拟阻抗网络

## 2.5 定义

### 2.5.1 基本绝缘

对防电击提供基本保护的绝缘。

### 2.5.2 附加绝缘

除基本绝缘以外施加的独立的绝缘，用以减少在基本绝缘一旦失效时仍能防止电击。

### 2.5.3 双重绝缘

由基本绝缘加上附加绝缘构成的绝缘。

### 2.5.4 加强绝缘

一种单一的绝缘结构，在标准规定的条件下，其所提供的防电击的保护等级相当于双重绝缘。

### 2.5.5 I 类设备

防触电不仅依靠基本绝缘，而且采用附加安全措施的设计，在基本绝缘一旦失效时，有措施使可触及的导体零部件与设施中的固定线路中保护（接地）导体相连接，从而使可触及的导体零部件不会危险带电。

### 2.5.6 II 类设备

防电击保护不仅依靠基本绝缘，而且还采取附加安全保护措施的设备（如采用双重绝缘或加强绝缘的设备），这类设备既不依靠保护接地，也不依靠安装条件的保护措施。

### 2. 5. 7 III类设备

防电击保护是依靠安全特低电压（SELV）电路供电来实现的，且不会产生危险电压的设备。

### 2. 5. 8 保护接地端子

与出于安全原因必须接地的零部件相连接的端子。

### 2. 5. 9 接触电流

是指在正常工作条件下或故障条件下，当人体接触设备的一个或多个可触及零部件时通过人体的电流。

## 第三章 开机检查

### 3. 1 拆封检查

420B 型接触电流测试仪是包装在一个纸箱内，拆封检查仪器外观和面板有无完好，并核对箱内的仪器附件数量是否正确，仪器附件清单见 4.3 节。

### 3. 2 输入电压和保险管的规格

420B 型接触电流测试仪使用 AC 220V/50Hz 单相电源，保险管容量为 2A。  
注意：更换保险管前，必须先去掉输入电源线，新更换的保险管须符合要求。

### 3. 3 开机检查

3. 3. 1 在接通仪器电源之前，需先确认电源的地线是否已接好。本仪器采用三芯电源线，当电源线接入具有地线的插座时，即已完成仪器机壳接地。

3. 3. 2 接通电源开关后，仪器的显示器（LCD）进入显示状态。如果电源接通后无显示，请先关闭电源开关并拔掉电源插头，检查电源线是否接触良好及位于后面板的保险管是否完好。确认检查完好后再次开机启动观察。

### 3. 4 存储和运输环境

仪器可在下列环境条件进行存储和运输：

温度：-20℃~60℃；

湿度：小于 90% RH。

注意：必须避免环境温度的急剧变化，温度的急剧变化可能会引起水汽凝结于仪器内部。

## 第四章 技术规范

## 4.1 输入特性

输入电压	AC 220V $\pm$ 10%
输入频率	50Hz/60Hz
工作环境	温度：10℃ $\sim$ 30℃，湿度：小于 75% RH
电源保险管	2A
外形尺寸	300 mm (W) $\times$ 356 mm (D) $\times$ 100 mm (H)
重量	约 10 kg

## 4.2 技术指标

适合标准：	GB4943-2001、GB8898-2001、GB4706.1-2005 等
供样电源电压范围：	0 $\sim$ 250V
LCD 显示电压精度：	$\pm$ (3%+3 个字)
测试网络频率特性：	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 输入阻抗特性 (U/I)：<math>\pm</math> 5%</li> <li>● 转换阻抗特性 (U<sub>2</sub>/I)：<math>\pm</math> 5%</li> </ul> (注：频率特性参数要求见表1,校准方法见7.3节。)
测量选择：	U <sub>1</sub> 或 U <sub>2</sub>
供样电源换相选择：	正相 P (+) 或倒相 N (-)
接地导体开关 e：	断开 Open 或闭合 Clos
供样电源容量：	300VA
测量方式：	外接示波器测量接触电流的峰值电压

## 4.3 仪器附件

名 称	数 量
测试探头线	1 根
测试线	1 根
金属箔 (10 cm $\times$ 20 cm)	1 块
电源线	1 根
说明书	1 本
保修卡	1 份

## 第五章 面板说明

### 5.1 前面板示意图

见图 8。

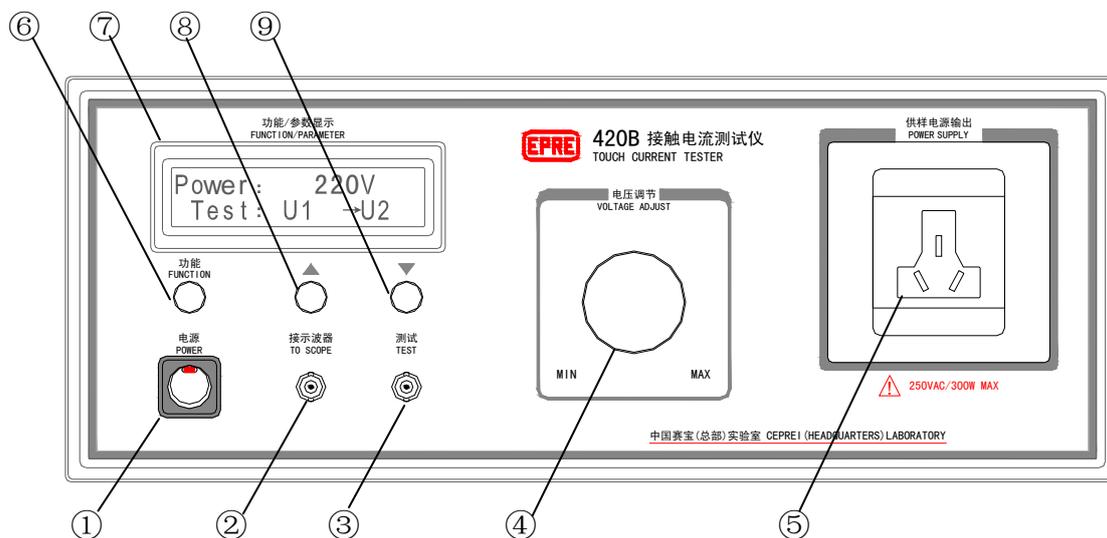


图 8 前面板示意图

### 5.2 前面板说明

①：电源开关（POWER）

带指示灯的通断开关。当电源打开时，指示灯亮；当电源关闭时，指示灯灭。

②：接示波器端口（TO SCOPE）

BNC 输出端口。将接触电流输出信号接到示波器，测量接触电流的峰值或峰-峰电压。

③：测量端口（TEST）

BNC 输入端口，即为测量网络的 A 端。通过测量探头线连接试验样品的测试点，这些测试点是试验样品的保护接地端，或是未连接到保护接地的可触及的零部件和电路。

④：电压调节旋钮（VOLTAGE ADJUST）

调节供电电源电压大小的旋钮，其数值在 LCD（⑦）显示。

⑤：供电电源输出插座（POWER SUPPLY）

采用万能插座输出供电电源。在试验时，将试验样品的电源线插头插入该插座中，为试验样品提供试验所需的隔离电源。

！注意：电源最大输出容量为 250V，300W。

⑥：功能键（FUNCTION）

切换测试功能菜单，即：测试（Test）选择→供样电源换相（Phase）选择→接地导体开关 e（Earth）选择→测试（Test）选择。

⑦：功能/参数显示（FUNCTION / PARAMETER）

显示供样电源电压、测试选择（ $U_1$  或  $U_2$ ）、供样电源换相选择（正相或倒相）和接地导体开关 e 选择（断开或闭合）。

⑧：选择键 1（▲）

按此键选状态 1。

⑨：选择键 2（▼）

按此键选状态 2。

### 5. 3 后面板示意图

见图 9。

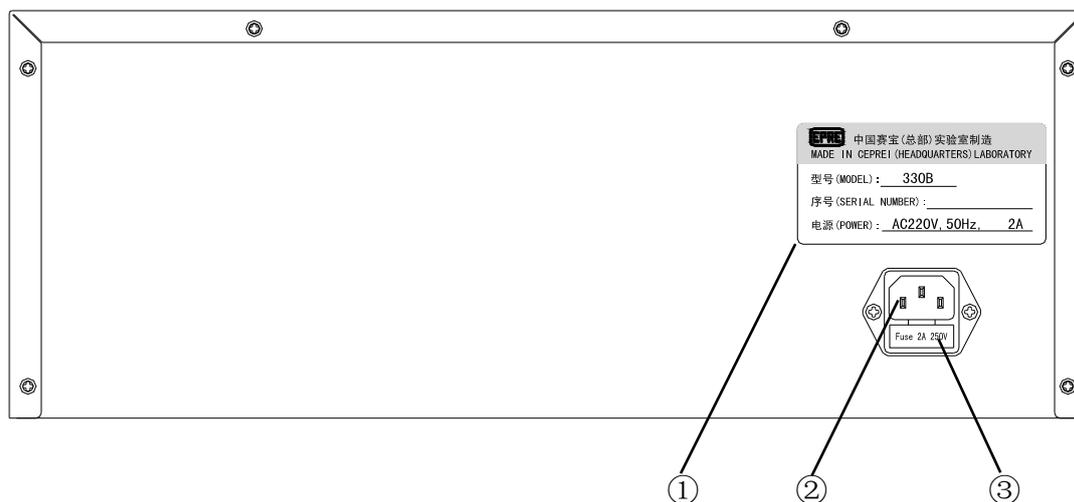


图 9 后面板示意图

### 5. 4 后面板说明

①：仪器标识

标明仪器的制造商、型号、机号以及工作电源要求。

②：电源输入插口

AC 220V, 50Hz/60Hz。

③：保险管外盖

保险管放置处，保险管规格 250V, 2A。

### 5.5 功能/参数显示说明

接通 420B 型接触电流测试仪的电源，仪器面板上的 LCD 进入图 10：

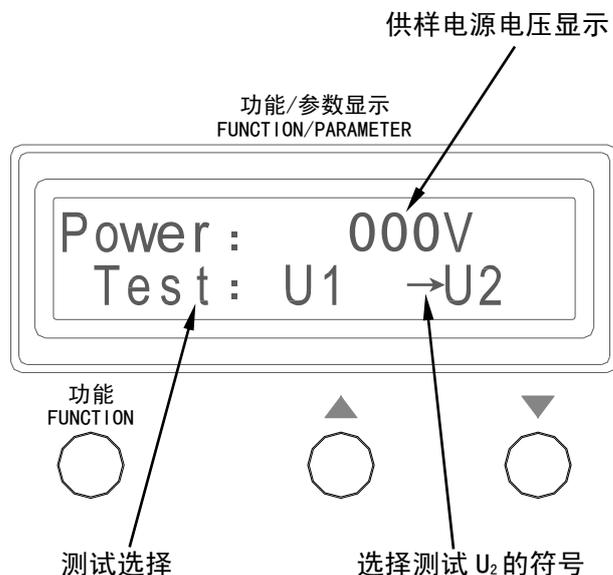


图 10

按“选择键 1 (▲)”键，测试选择【U<sub>1</sub>】测试，见图 11 所示。如果按“选择键 2 (▼)”键，测试选择【U<sub>2</sub>】测试，见图 10 所示。

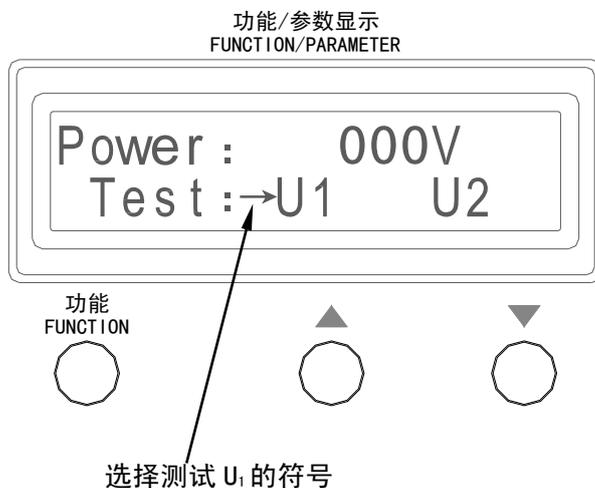


图 11

设置完测试 (Test) 选择后，按“功能”键，仪器面板上的 LCD 进入图 12，即进入供样电源换相选择：正相 P (+) 或倒相 N (-)。再按“选择键 1 (▲)”键和“选择键 2 (▼)”键进行选择。

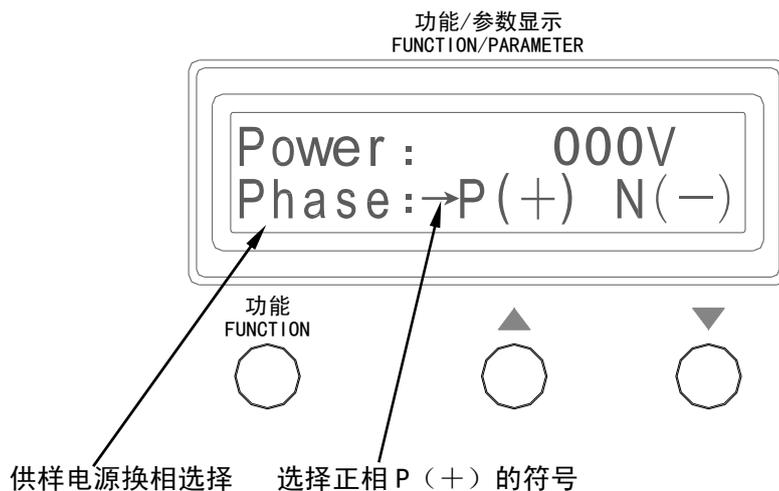


图 12

设置完供样电源换相 (Phase) 选择后, 按“功能”键, 仪器面板上的 LCD 进入图 13, 即进入接地导体开关 e 选择: 断开 Open 或闭合 Clos。再按“选择键 1 (▲)”键和“选择键 2 (▼)”键进行选择。

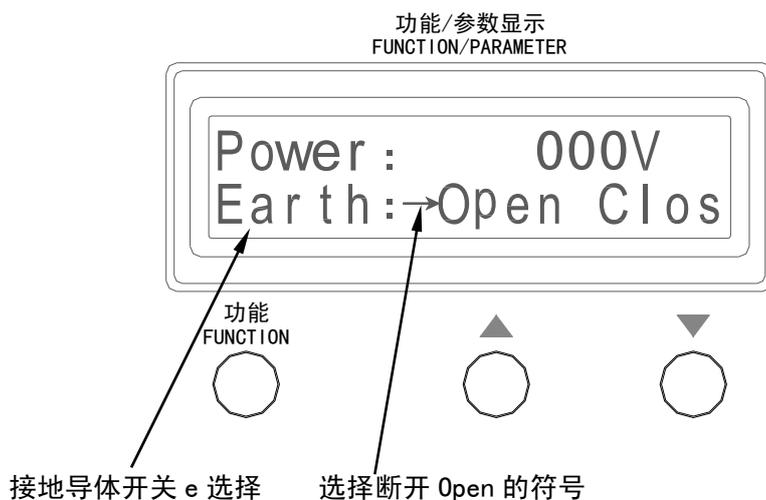


图 13

选择参数完成后, 再调“电压调节”旋钮, 调节试验样品所需的电源电压, 见图 14。图 12、图 13 和图 14 界面表示仪器状态如下:

供样电源电压 (AC):	220V
测试 (Test) 选择:	U <sub>2</sub>
供样电源换相 (Phase) 选择:	正相 P (+)
接地导体开关 e (Earth) 选择:	断开 Open

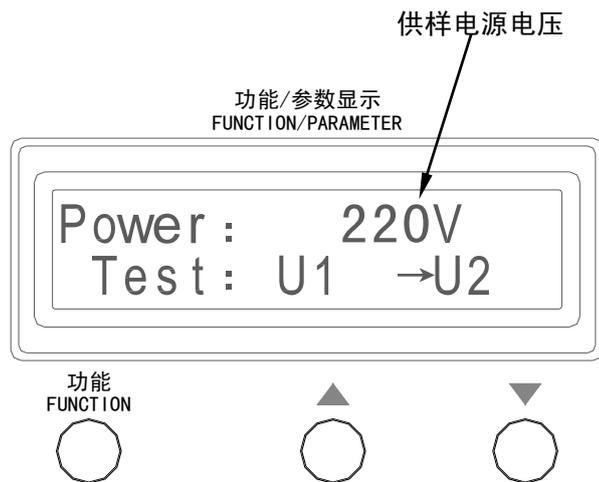


图 14

## 第六章 操作说明

### 6. 1 注意事项

使用须知：420B 型接触电流测试仪设计时已充分考虑到安全问题。但如仪器使用不当，可能影响仪器的测量精度，因此，在使用前一定要注意以下几点：

#### 注意！

1. 仪器接的额定电源 (AC220V) 必须接地良好，如接地不好，会影响仪器测量精度。
2. 用于测量接触电流的示波器接电源必须浮地，即不接地线，只有两线 (L、N) 输入，以保证测量精度。
3. 打开电源以前，一定要把“电压调节”度盘逆时针方向旋转到“MIN”位置。
4. 供样电源的最大容量为 300VA/250V，因此试验样品的功率不能大于供样电源的最大容量，否则会损坏仪器。
5. 仪器的测试探头是很细很尖的针头，在使用过程中应小心注意，尽量不要触碰测试探头，以免划伤人体或损坏探头。
6. 万一发生紧急情况，应立即切断电源。
7. 仪器应放置在干燥、阴凉处，尽量避免放置在潮湿、高温、强阳光处。
8. 当在测量的时候，如果看到 LCD 面板出现乱码，请直接按【电源】开关切断主电源，过几秒后在重新给仪器上电。

## 6. 2 操作步骤

6. 2. 1 仪器接入接地良好的额定电源(220V、50Hz), 而测量示波器的电源必须浮地, 再确认“电压调节”旋钮度盘处于“MIN”位后, 按图 15 测试连接示意图连接试验样品, 然后打开各电源开关。

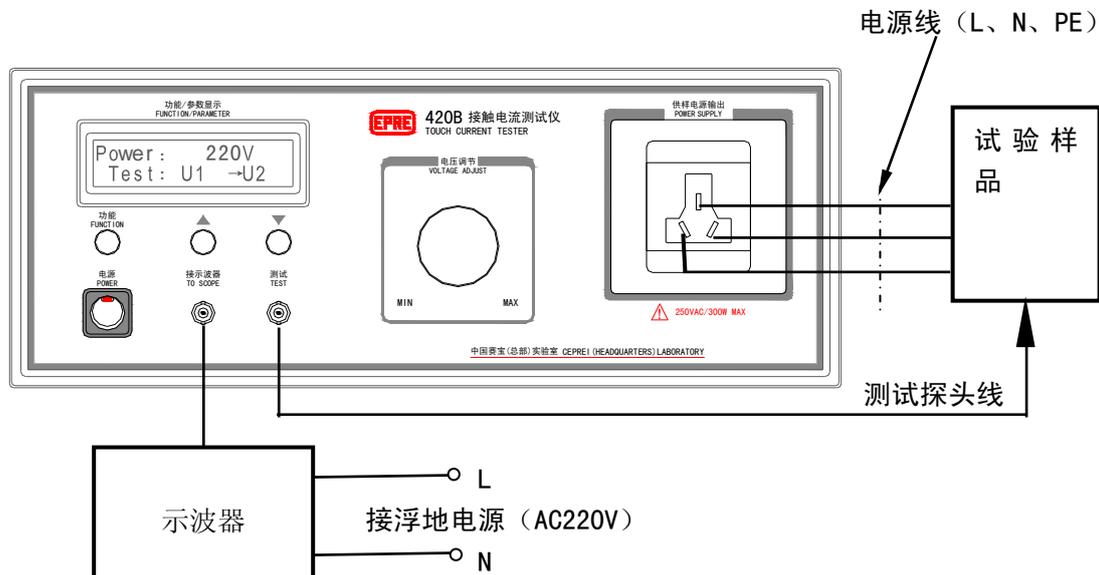


图 15 测试连接示意图

6. 2. 2 按 5. 5 功能/参数显示说明 操作设置仪器, 先调“电压调节”旋钮, 调到试验所需的供样电源电压, 如 220V。

6. 2. 3 根据测试要求选择测试项目和接触电流的测试点, 见表 3 所示。

表 3 选择测试项目和接触电流的测试点

选择测试项目		接触电流测试点		电源保护接地端子 (样品机壳如果有)
		未连接到保护接地的可触及的零部件和电路		
		导电的零部件	非导电的零部件	
测试 (Test)	U <sub>1</sub>	√		
	U <sub>2</sub>	√	√	√
换相 (Phase)	正相 P (+)	√	√	√
	倒相 N (-)	√	√	√
接地导体开关 e (Earth)	断开 Open			√
	闭合 Clos	√	√	

注: 1) 由于试验样品的设计结构和电路不同, 因此在测量其接触电流中, 试验标准 (GB4943-2001 和 GB8898-2001) 有不同规定, 见 2. 2 和 2. 3 章节;

2) 对可触及的非导电零部件, 应在该零部件上贴面积为 10 cm × 20 cm 的金属箔, 再用测试探头线连接金属箔进行试验;

3) 标“√”为已选项目。

6. 2. 4 在图 15 中，420B 型仪器的“接示波器”端口连接示波器的输入端口，再将测试探头线接到仪器的“测试(TEST)”端口，并用测试线探头接触试验样品的测试点通过示波器测量接触电流波形的峰-峰值电压。在测试中应注意如下几点：

- (1) 示波器接电源**必须浮地**，即不接地线，只有两线(L、N)输入，以保证测量精度。
- (2) 选用示波器的基本要求为：带宽 DC-20MHz，输入阻抗 1MΩ 或以上，垂直灵敏度 5mV-10V / 格，其精度优于±3%。
- (3) 在测试中，示波器设置最佳的测量参数：垂直灵敏度(Y 轴) 500mV / 格，水平扫描时间(X 轴) 10ms / 格。
- (4) 如果测量的接触电流波形是峰值电压，用公式(1)计算，即接触电流(I) =  $U_2 / 500$  (峰值)；如果测量的接触电流波形是峰-峰值电压，用公式(2)计算，即接触电流(I) =  $U_2 / 1000$  (峰值)。

注：建议测量的接触电流波形电压是峰-峰值，这样既方便测量电压，又能方便计算接触电流值，例如：示波器测量峰-峰值电压为 1V<sub>p-p</sub>，则接触电流(I)为 1mA<sub>p</sub>，单位是峰值。

6. 2. 5 在测试完成后，判断试验样品是否合格，应按测量的接触电流值不应超过表 2 所规定的相关限值和 2.3 章节规定，注意测量的接触电流单位是峰值。

## 第七章 调试和校准

### 7. 1 主要元器件和电路板

420B 型接触电流测试仪的主要元器件和电路板清单如下，见表 4：

序号	名称	编号/型号	数量
1	调压器	500VA	1 (个)
2	隔离变压器	300VA	1 (个)
3	电源变压器	20VA	1 (个)
4	LCD		1 (个)
5	控制电路板		1 (块)
6	按键板		1 (块)
7	测试探头		1 (个)
8	万能插座		1 (个)

表 4 主要元器件和电路板清单

## 7. 2 供样电源电压调试校准

420B 型接触电流测试仪的调试校准方式是采用软件调试校准, 这种方式方便可靠, 主要工作是设置改变软件内部参数, 从而实现供样电源电压值的调试校准。下面介绍仪器的调试校准步骤:

7. 2. 1 在确认仪器需要调试校准后, 先断电打开仪器外盖。

7. 2. 2 在调试之前先确认控制电路板 (板型号: 420B-V2) 的电源电压值是否正常, 在控制电路板上有两组电源: +12V 和+5V, 如果这两组电源不正常, 则需需进行检查, 待电源正常后进行软件调试。

7. 2. 3 在进行软件调试时, 需在 CN10 端口进行跳线, 方法是: 跳线接 2、3 脚, 仪器为正常测试状态; 现在跳线接 1、2 脚, 仪器为调试状态, 见图 16 所示, 然后再开电源, 在 LCD 显示屏上将显示进入调试状态。

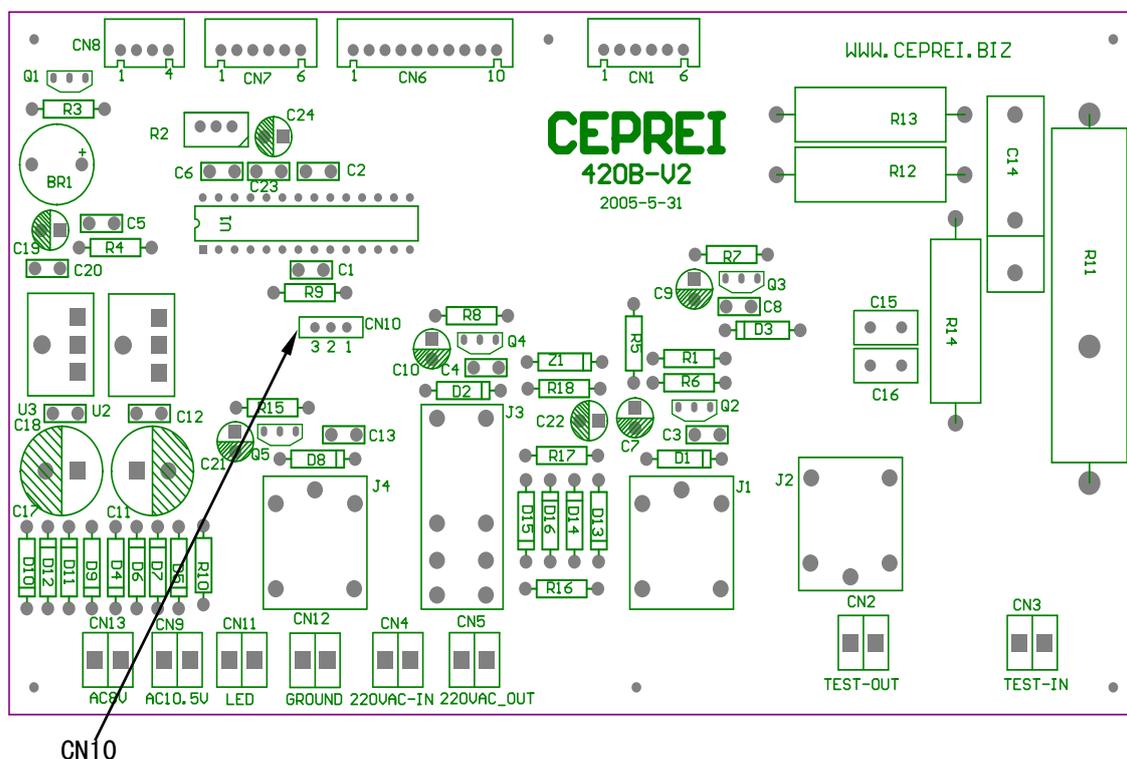


图 16

7. 2. 4 进入调试状态后, 调整的 K 参数, 其说明如下:

序号	代码	初始值	功能	校准有效范围
1	K	000370	电压校准参数	0~250V

7. 2. 5 在进行电压参数调试校准时, 需外接数字电压表, 通过数字电压表来调校效 LCD 的显示的供样电源电压值, 见图 17 供样电源电压调试校准示意图。

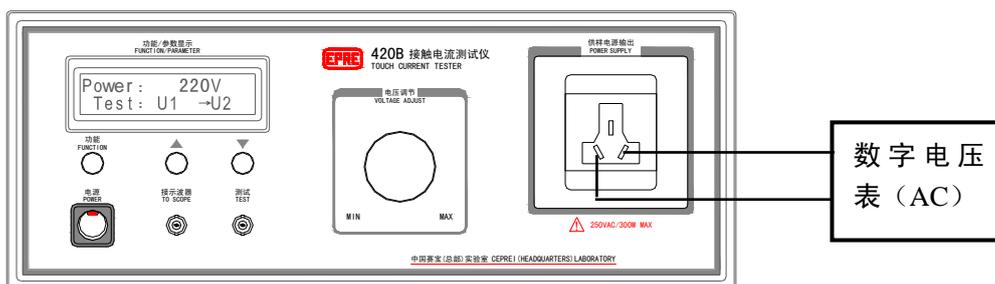


图 17 供样电源电压调试校准示意图

7. 2. 6 仪器按图 17 连接后，LCD 显示 K 参数，如果 LCD 显示的电源电压值小于数字电压表的数值，按“功能”键，再通过按“递增(▲)”键增加 K 的参数值，直到 LCD 电源电压显示值与数字电压表的数值相同。

7. 2. 7 如果 LCD 显示的电源电压值大于数字电压表的数值，按“功能”键，再通过按“递减(▼)”键减少 K 的参数值，直到 LCD 电源电压显示值与数字电压表的数值相同。

7. 2. 8 完成电源电压参数调试校准后，先关掉电源，然后在电路板上 CN10 端口上将跳线接 2、3 脚，再开机，此时仪器将进入正常的测试状态。在测试状态下，检查仪器各功能是否正常。

在调试校准过程中，应注意下面问题：

### 注意！

在进行电压和电流校正时，如果通过改变参数值还不能达到校正的目的，则说明硬件可能有问题。如：电阻值选择不正确、三极管安装反、继电器触点接触不良或继电器损坏、虚焊等，此时要通过查找控制电路板上的原因将问题解决！

## 7. 3 测试网络频率特性校准

420B 型接触电流测试仪的测试网络电路见图 1 所示，校准其频率特性是按输入阻抗 ( $U/I$ ) 和转换阻抗 ( $U_2/I$ ) 两组参数校准，两组参数要求见表 1，误差要求都为  $\pm 5\%$ 。

7. 3. 1 测试网络的输入阻抗 ( $U/I$ ) 特性校准：在校准前，420B 型仪器必须断电，并拔出仪器的电源线插头，尽量减少各种干扰。

对输入阻抗 ( $U/I$ ) 特性校准可直接采用安捷伦 (Aglient) 4284A 型精密 LCR

表（或等同性能要求的阻抗分析仪）进行测量阻抗；

校准测试的连接如图 18 所示：420B 面板的“测试”端口连接到精密 LCR 表的输入端进行测试。

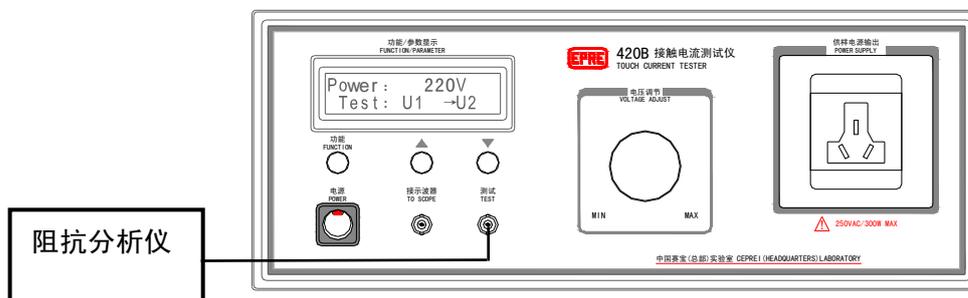


图 18 输入阻抗 (U/I) 校准示意图

按表 1 频率特性参数和 420B 输入阻抗 (U/I) 精度 ( $\pm 5\%$ ) 列出的测试校准表，见表 5。如果校准测试数据满足表 5 的限值范围，那么校准的这个测试网络的输入阻抗 (U/I) 是符合要求的。

表 5 输入阻抗 (U/I) 特性校准测试数据表

频率 (Hz)	标称值 (U/I) ( $\Omega$ )	测量值 (U/I) ( $\Omega$ )		
		下限值 ( $- 5\%$ )	测量值	上限值 ( $+ 5\%$ )
20	1998	1898.1		2097.9
50	1990	1890.5		2089.5
60	1986	1886.7		2085.3
100	1961	1862.9		2059.0
200	1857	1764.1		1949.8
500	1433	1361.3		1504.6
1,000	973	924.3		1021.6
2,000	661	627.9		694.0
5,000	512	486.4		537.6
10,000	485	460.7		509.2
20,000	479	455.0		502.9
50,000	477	453.1		500.8
100,000	476	452.2		499.8
200,000	476	452.2		499.8
500,000	476	452.2		499.8
1000,000	476	452.2		499.8

注：U、U<sub>2</sub> 参量见测试网络图 1 标明。

7. 3. 2 测试网络的转换阻抗 ( $U_2/I$ ) 特性校准：对转换阻抗 ( $U_2/I$ ) 校准可以用电压参数表示，也就是说用输入电压 ( $U$ ) 和输出电压 ( $U_2$ ) 来表示测试网络的转换阻抗 ( $U_2/I$ ) 特性。下面讲述一下转换阻抗 ( $U_2/I$ ) 校准的方法和步骤：

校准测试需要一台数字万用表，一台信号源。测量校准仪器的技术性能要求如下：

仪器名称	测试性能要求	建议校准使用的仪器
数字万用表	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 交流电压测量；</li> <li>● 频率带宽：10Hz~1MHz；</li> <li>● 测量范围：1mV~5V；</li> <li>● 精度：优于± 2%。</li> </ul>	安捷伦 (Aglient) 3458A 型 8 1/2 数字万用表；
信号源	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 输出波形：正弦波；</li> <li>● 频率范围：20Hz~1MHz；</li> <li>● 输出电压：大于 5V<sub>RMS</sub>。</li> </ul>	Fluke5700A 型多功能校准源； Fluke5790A 型多功能校准源；

校准测试的连接如图 19 所示：信号源输出端接 420B 面板的“测试”端口；420B 面板的“接示波器”端口接数字万用表的测量输入端。(连接线均为 BNC 线)

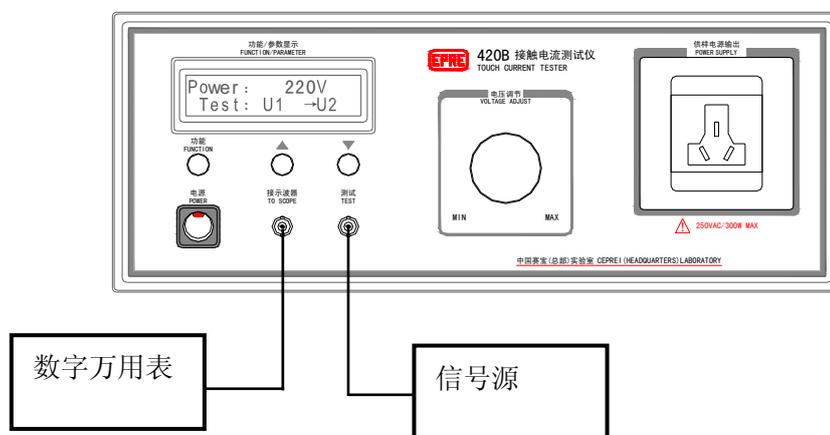


图 19 转换阻抗 ( $U_2/I$ ) 校准示意图

由于在测试校准测试网络的高端频率时，如 500kHz 和 1MHz 等频率点，其响应电压（即  $U_2$  值）很小，按表 1 参数表所示是小于 3mV，如果选用数字万用表的 ACV 测量范围很难满足，为了提高测量精度，采取放大输入电压 ( $U$  值)，应测得放大同样倍数的输出电压 ( $U_2$  值)。其放大倍数如下：

- 200kHz 频率点放大二倍输入电压；
- 500kHz 频率点放大六倍输入电压；

- 1MHz 频率点放大十倍输入电压。

按表 1 频率特性参数和 420B 转换阻抗 ( $U_2/I$ ) 精度 ( $\pm 5\%$ ) 列出的测试校准表, 见表 6。如果校准测试数据满足表 6 的限值范围, 那么校准的这个测试网络的转换阻抗 ( $U_2/I$ ) 是符合要求的。

如有超标, 应调试测试网络电路上的元件。该仪器在出厂时已调试合格, 切忌随意调动测试网络电路上的元件!

表 6 转换阻抗 ( $U_2/I$ ) 特性校准测试数据表

频率 (Hz)	输入电压 U (mV)	输出电压 $U_2$ (mV)		
		下限值 ( $- 5\%$ )	标称值	上限值 ( $+ 5\%$ )
20	1998	475	500	525
50	1990	474.05	499	523.95
60	1986	473.1	498	522.9
100	1961	470.25	495	519.75
200	1857	456	480	504
500	1433	384.75	405	425.25
1,000	973	269.8	284	298.2
2,000	661	154.76	162.9	171.05
5,000	512	64.89	68.3	71.72
10,000	485	32.68	34.4	36.12
20,000	479	16.35	17.21	18.07
50,000	477	6.55	6.89	7.23
100,000	476	3.28	3.45	3.62
200,000	952	3.27	3.44	3.61
500,000	2856	3.92	4.13	4.34
1000,000	4760	3.28	3.45	3.62

注: 1)  $U$ 、 $U_2$  参量见测试网络图 1 标明。

2) 200kHz ~ 1MHz 频率点放大输入电压。