

# 使用说明书

---

OPERATION MANUAL

---

MODEL TH1776

---

电感偏流源

---

DC Bias Current Source

---

 同惠电子有限公司

---

Tonghui Electronic Co. , Ltd.

---

地址：江苏省常州市天山路 3 号

---

TEL: (0519) 85132222, 85113342

---

FAX: (0519) 85109972

---

EMAIL: [sales@tonghui.com.cn](mailto:sales@tonghui.com.cn)

---

[Http://www.tonghui.com.cn](http://www.tonghui.com.cn)

---

## 版本历史:

本说明书将不断完善以利于使用。

由于说明书中可能存在的错误或遗漏，仪器功能的改进和完善，技术的更新及软件的升级，说明书将做相应的调整和修订。


请关注您使用的软件版本及说明书版本。

2008年6月.....第一版

**第一版**

---

二零零八年六月

 **声明：** 本公司可能对该产品的性能、功能、软件、结构、外观、附件、包装以及说明书等进行完善和提高，恕不另行通知！如造成疑惑，请与本公司联系。

## 安全警告：



### 仪器接地

本仪器为 I 类安全仪器，连接电源时，请确认电源插座含有接地线。如未接地，则机壳上则有带静电或感应电的危险，可能会造成人身伤害！



### 触电危险

操作，测试与仪器维护时谨防触电，非专业人员请勿擅自打开机箱，专业人员如需更换保险丝或进行其它维护，务必先拔去电源插头，并在有人员陪同情况下进行。即使已拔去电源插头，电容上电荷仍可能会有危险电压，应在放电后再行操作。



### 输入电源

请按本仪器规定的电源参数要求使用电源，不符合规格的电源输入可能损坏本仪器。



### 远离爆炸性气体环境

电子仪器不可以在易燃易爆气体环境中使用，或者在含有腐蚀性气体或烟尘环境中使用，因为这可能会带来危险。



### 其它安全事项

请不要向本仪器的测试端子施加任何电压源或电流源。

## 目录

<b>第一章 概述</b> .....	<b>1</b>
1.1 引言 .....	1
1.2 使用条件 .....	1
1.2.1 电源  .....	1
1.2.2 环境温度与湿度.....	1
1.2.3 预热.....	1
1.2.4 几点注意问题  .....	2
1.3 体积与重量.....	2
1.4 安全要求.....	2
1.5 电磁兼容性.....	2
<b>第二章 面板说明</b> .....	<b>3</b>
2.1 前面板说明.....	3
2.2 后面板说明.....	4
<b>第三章 使用说明</b> .....	<b>5</b>
3.1 20A系统 .....	5
3.2 40A系统.....	6
3.3 TH2828/A/S操作限制 .....	7
3.4 基本测量步骤 .....	7
3.5 电感测量例子 .....	10
3.6 直流偏置电流列表扫描 .....	17
3.7 远程控制.....	17
<b>第四章 性能测试</b> .....	<b>18</b>
4.1 直流偏置输出电流、电压 .....	18
4.2 TH1776 测量精度 .....	18
4.3 TH17761 附加误差 .....	20
4.4 测量误差计算举例 .....	25
<b>第五章 成套与保修</b> .....	<b>28</b>
5.1 成套 .....	28
5.2 保修 .....	28

# 第一章 概述

感谢您购买和使用我公司产品，在您使用本仪器前首先请根据说明书最后一章“成套和保修”的事项进行确认，若有不符请尽快与我公司联系，以维护您的权益。

## 1.1 引言

本说明以 TH2828 系列与 TH1776 联机构成交直流叠加测试系统为例进行说明，如本公司其它类型的 LCR 支持对 TH1776 的联机控制，可参照本说明书。

TH1776 电感偏流源提供 0~20A 恒流输出，能与本公司 TH2828/A/S 仪器相连接，所有的测试条件设置，包括电流的设置都是在 TH2828/A/S 仪器的前面板上操作完成。适用与磁性电感器的交直流叠加测试，为磁性材料分析提供方便实用的磁化电流源。

TH1776 的电流 0.01A~20A 分三个量程，两台 TH1776 叠加最大可提供 40A 电流。

TH2828/A/S 仪器在与 TH1776 联机使用后，在频率为 1kHz~1MHz 时，将产生 1% 的附加误差，并且测试功能也会受到限制，如测试量程、直流偏置功能。

## 1.2 使用条件

### 1.2.1 电源

电源电压：220V(1±10%)/110V(1±10%)

电源频率：50Hz/60Hz(1±5%)

功耗：≤600VA

### 1.2.2 环境温度与湿度

正常工作温度：0°C~40°C，湿度：< 90%RH

参比工作温度：20°C±8°C，湿度：< 80%RH

运输环境温度：0°C~55°C，湿度：≤ 93%RH

### 1.2.3 预热

开机后稍作预热即可使用

### 1.2.4 几点注意事项<sup>△</sup>

- (1) 请不要在多尘、震动、日光直射、有腐蚀气体等不良环境下使用。
- (2) 仪器长期不使用,请将其放在原始包装箱或相似箱子中储存在温度为 5℃~40℃,相对湿度不大于 85%RH 的通风室内,空气中不应含有腐蚀测量仪的有害杂质,且应避免日光直射。
- (3) 本仪器已经经过仔细设计以减少因 AC 电源端输入带来的杂波干扰,然而仍应尽量使其在低杂讯的环境下使用,如果无法避免,请安装电源滤波器。

## 1.3 体积与重量

宽×高×深: 430\*185\*473 (mm<sup>3</sup>)

重量: 18Kg

## 1.4 安全要求

本仪器为 I 类安全仪器

### (1) 绝缘电阻

在参比工作条件下,电源端子与外壳之间的绝缘电阻不小于 50MΩ;

在湿热运输条件下,电源端子与外壳之间的绝缘电阻不小于 2MΩ;

### (2) 绝缘强度

在参比工作条件下,电源端子与外壳之间能承受额定电压为 1.5kV,频率为 50Hz 的交流电压 1 分钟,无击穿及飞弧现象。

### (3) 泄漏电流

泄漏电流不大于 3.5mA。

## 1.5 电磁兼容性

(1) 电源瞬态敏感度按 GB6833.4 的要求。

(2) 传导敏感度按 GB6833.6 的要求。

(3) 辐射干扰按 GB6833.10 的要求。

## 第二章 面板说明

### 2.1 前面板说明

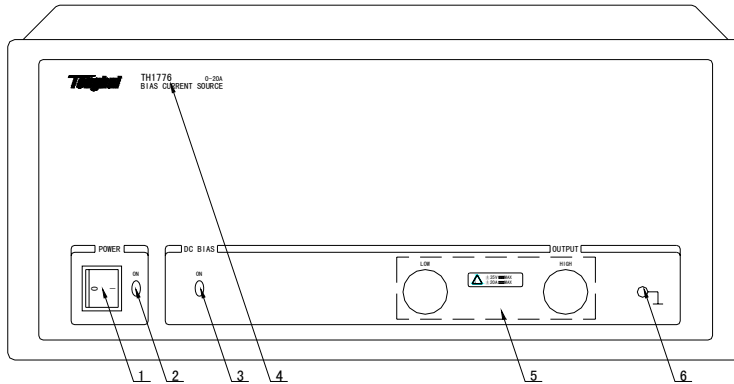


图 2-1 前面板

#### (1) 电源开关 (POWER)

当开关处于位置“**I**”时，接通仪器电源；当开关处于位置“**O**”时，切断仪器电源。

#### (2) 电源指示灯

仪器在开机后电源指示灯点亮，但当 TH17761 与 TH1776 断开连接时仪器会自动切断电源，同时 LED 灯熄灭，把开关打到位置“**O**”处，然后重新开机。

#### (3) 直流偏置电流输出指示灯

直流偏置电流输出指示灯在电流输出时点亮，在停止输出时熄灭。

#### (4) 商标及型号

仪器商标及型号。

#### (5) 直流偏置电流输出端

用于输出直流电流、检测 TH17761 夹具盒的连接状态。

#### (6) 仪器接地端

该接地端与仪器机壳相连，用于连接 TH17761 夹具盒接地端。

## 2.2 后面板说明

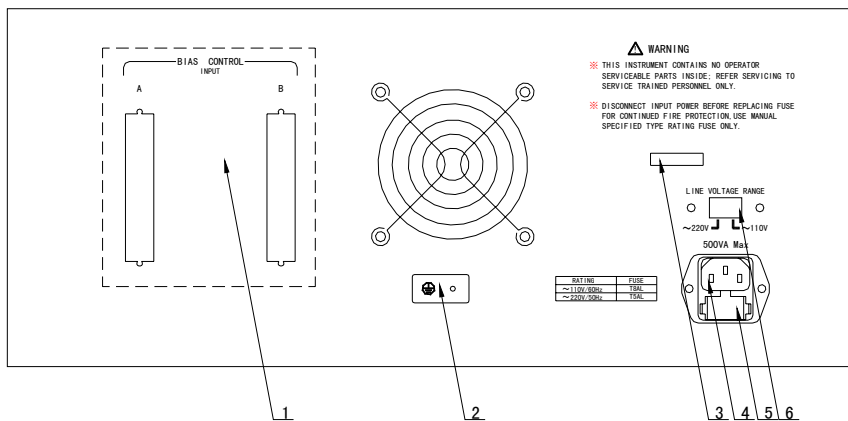


图 2-2 后面板

### 1) 偏置电流接口

用偏置电流接口电缆连接 TH2828/A/S 仪器和 TH1776 的偏置电流接口 A 或 B，另一个接口用于 40A 系统。

### 2) 接地标志 ⚠

电源线没有接地或接地不可靠的，请在此处连接接地线！

### 3) 铭牌

指示仪器编号、生产厂家等信息。

### 4) 电源插座 ⚠ ⚡

用于输入交流电源。**请务必使用含接地的三芯电源！**

### 5) 保险丝座 ⚠ ⚡

用于安装电源保险丝，保护仪器。

本仪器使用 220V 5A/110V 8A 保险丝。

### 6) 线电压选择开关 (110V/220V) ⚠ ⚡

输入电压范围切换开关，使仪器与使用的电源电压匹配。



## 第三章 使用说明

TH1776 在与 TH2828/A/S 仪器联机使用时，有两种配置，一种是 20A 偏流系统，另一种是 40A 偏流系统。同时，TH2828/A/S 仪器的一些功能会受到限制。

### 3.1 20A 系统

20A 系统所需的设备：

TH2828/A/S 仪器	1 台
TH1776	1 台
TH17761	1 台
TH26004E-1	1 根
偏流接口电缆	1 根
TH11761-01（偏置电流电缆）	1 根
TH11761-02（偏置电流电缆）	1 根
TH11761-03（接地线）	1 根

仪器的连接

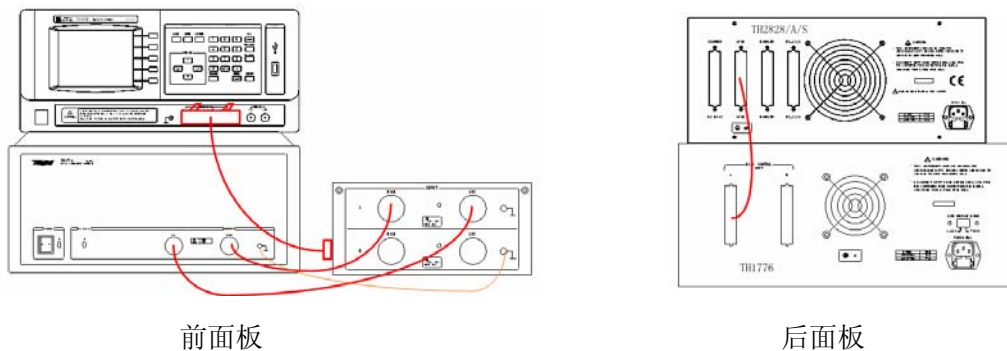


图 3-1 20A 仪器连接

如图 3-1 所示，按下列步骤连接 TH2828/A/S，TH1776 和 TH17761

1. 用偏流接口电缆连接 TH2828/A/S 仪器的偏置电流接口和 TH1776 的偏置电流控制输入 A 接口
2. 用 TH11761-01、TH11761-02（偏置电流电缆）连接 TH1776 和 TH17761 的 20A 接口
3. 用 TH11761-03（接地线）连接 TH1776 前面板上的接地端和 TH17761 的接地端
4. 用 TH26004E-1 连接 TH2828/A/S 的测试端和 TH17761 的测试端

### 3.2 40A 系统

40A 系统所需的设备

TH2828/A/S	1 台
TH1776	2 台
TH17761	1 台
TH26004E-1	1 根
TH11761-01 (偏置电流电缆)	2 根
TH11761-02 (偏置电流电缆)	2 根
TH11761-03 (接地线)	2 根

仪器的连接

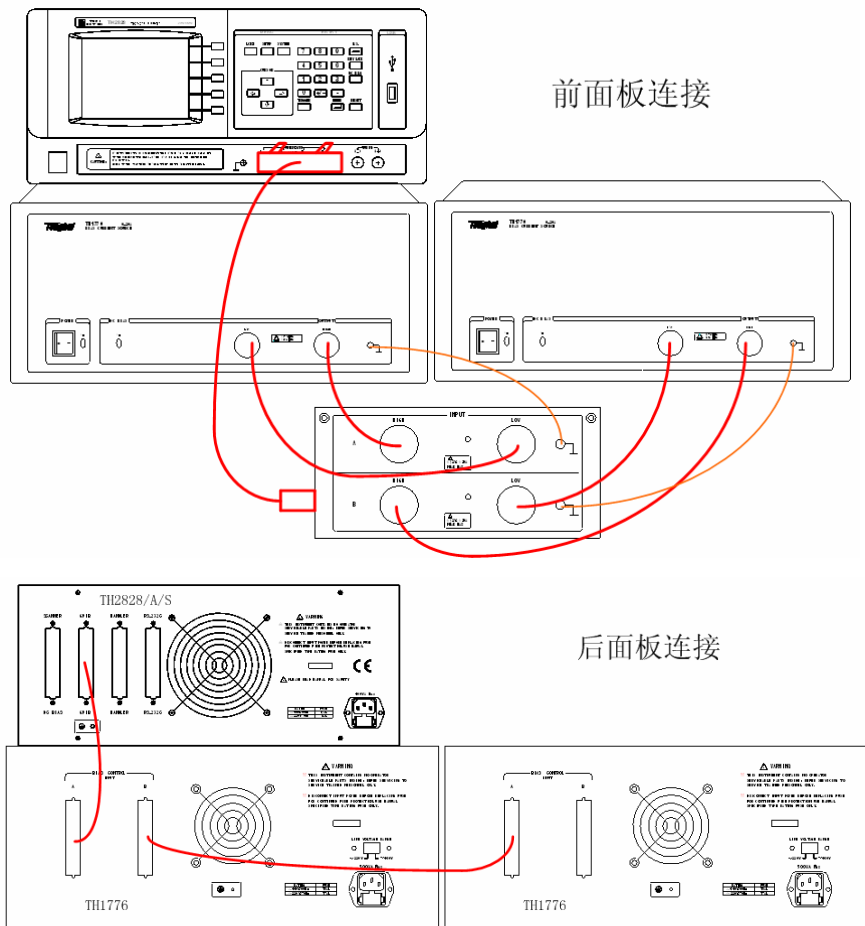


图 3-2 40A 仪器连接

如图 3-2 所示，按下列步骤连接 TH2828/A/S、TH1776 和 TH17761

1. 用偏流接口电缆连接 TH2828/A/S 的偏置电流接口和 TH1776（甲）的偏置电流控制输入 A 接口
2. 按步骤 1 的连接方法连接 TH1776（甲）的偏置电流控制输入 B 接口和另一台 TH1776（乙）的偏置电流控制输入 A 接口
3. 用 TH17761-01、TH17761-02（偏置电流电缆）连接 TH1776（甲）和 TH17761 的 20A 接口
4. 用 TH17761-01、TH17761-02（偏置电流电缆）连接 TH1776（乙）和 TH17761 的 40A 接口
5. 用 TH17761-03（接地线）连接 TH1776 前面板上的接地端和 TH17761 的接地端
6. 用 TH26004E-1 连接 TH2828/A/S 的测试端和 TH17761 的测试端

△ **警告：**在图 3-2 所示的 40A 系统配置中，请不要单独关闭一台 TH1776 或拔掉偏流接口电缆。如果从 40A 系统变为 20A 系统，必须完全断开一台 TH1776，拔掉偏流接口电缆、偏置电流电缆和接地线。

### 3.3 TH2828/A/S 操作限制

- 标准的点偏置（1.5V 或 2V）不能使用
- 选件 001，功放/直流偏置不能使用，因此高电压模式和直流电流隔离被关闭，最大振荡电平被限制在 2V，禁止使用  $\pm 40V$  直流偏置。
- 测量量程限制在  $10\ \Omega$  和  $100\ \Omega$  量程
- TH1776 使用时不必做开路补偿
- 测试电缆长度设为 1 米

### 3.4 基本测量步骤

TH2828/A/S 和 TH1776 联机后，测量步骤与单独使用 TH2828/A/S 测量操作一样，所有的测量条件都可以用 TH2828/A/S 的前面板按键来设置。

TH2828/A/S 连接 1 台（或 2 台）TH1776 时，能够在测量显示页面的偏置区域或在测量设置页面设置 0.01A 到 20A（或 40A）的偏置电流。

TH2828/A/S 的详细操作步骤请参阅 TH2828/A/S 说明书。

①**注意：**TH1776 检测到 TH17761 没有连接时将自动关闭输出，开机前请先连接 TH17761

测量步骤:

1. 检查 TH2828/A/S 已经安装偏置电流接口控制板
2. 设置测量条件
3. 做误差校准
4. 连接被测件到 TH17761 的测试端
5. 按下“直流偏置 (DC BIAS)”按键, 使直流电流输出
6. 测量被测件参数
7. 按下“直流偏置 (DC BIAS)”按键, 关闭直流电流输出

#### (1) 确认系统条件

确保 TH2828/A/S 的偏置电流接口控制板已经安装。

#### (2) 设置测量条件

设置测量参数、测试频率、测试信号电平、直流偏置电流, 积分时间, 这些参数都可以用 TH2828/A/S 的前面板按键设置, 详细信息请参阅 TH2828/A/S 说明书。

#### (3) 做误差校准

线缆长度校准, 如操作限制中所述, TH2828/A/S 与 TH1776 联机使用时设置电缆长度为 1 米, 用 TH26004E-1 连接 TH2828/A/S 和 TH17761。

**ⓐ注意:** 如果被测件的导线太短无法连接到测试端或被测件的阻抗小于  $50\ \mu\text{H}$ , 在做短路测试前必须用导线延长测试端。

#### (4) 开路校准

如操作限制中所述, 当 TH2828/A/S 与 TH1776 联机使用时, 不必使用开路校准, 关闭开路校准。

#### (5) 短路校准

用 TH17761-04 短路片做短路校准。在测量低电感值器件时, 由于测试夹具有剩余阻抗, 短路校准能够去除这个误差, 因此短路校准是很重要的。如果按“延长测试端”中所讲的用延长线连接被测件时, 应把测试线展开, 才能准确的测量。

- a、松开 TH17761 测试端旋钮
- b、用短路片连接高低端
- c、旋紧测试端旋钮
- d、做短路测量

#### (6) 打开校准数据

打开校准数据的操作同 TH2828/A/S 的加载校准数据一样

### (7) 连接被测件到测试夹具

连接被测件到 TH1776 测试夹具的测试端

**①注意：**测量开环磁路器件时，不同的连接方向测量阻抗值会略微有差异。如果器件的引出端不够连到测试端，请看“延长测试端”的叙述

**⚠警告：**由于被测件的功耗，在被测件测量端子和邻近的地方会发热，请小心更换被测件。

### (8) 打开直流偏置输出

按下 TH2828/A/S 前面板的“直流偏置 (DC BIAS)” 按键，打开直流偏置， TH1776 上的直流偏置开/关指示灯同时点亮。

**⚠警告：**TH1776 在连上 TH17761 后，在未使用的偏置电流输入端会有电压，用黑色的保护帽盖在 TH17761 未使用的偏置电流输入端，不要把导体插入 TH17761 的电流输入端。

### (9) 测量被测件

在直流偏置电流的转换过程中，TH2828/A/S 自动延缓测量。当直流偏置电流稳定下来后，TH2828/A/S 自动连续测量。测量结果根据选择的测量显示页面方式显示在液晶上。

以下情况，当测量正在进行时直流偏置电流会自动关闭

- a、TH1776 直流偏置电流源端过载
- b、TH17761 的反电动势保护电路失效
- c、检测夹具的导线开路

### (10) 关闭直流偏置输出

测量结束后，直流偏置电流仍然流过被测件，按 TH2828/A/S 前面板的“直流偏置 (DC BIAS)” 按键关闭直流偏置，防止被测件过热。TH1776 的直流偏置开/关指示灯同时熄灭。

**⚠警告：**当直流偏置电流流过一个开路的感性电路时，将会有很高的电压，储存的能量与流过的电流的平方成正比。先关闭偏置电流再拿开被测件。

## 延长测试端

如果被测件的导线不能连到 TH17761 的测量端，用鳄鱼夹延长一个合适的长度。一根导线中安全流过的最大持续电流受导线的温度限制，选择延长线时请注意延长线的载流能力。

### 3.5 电感测量例子

这一节举例说明 TH2828/A/S 与 TH1776 联机测量电感。

◆ 被测件：600  $\mu$  H 电感

◆ 测试条件：

功能：Ls-Q

频率：100kHz

测试电平：1V

直流偏置电流：20A

积分时间：long

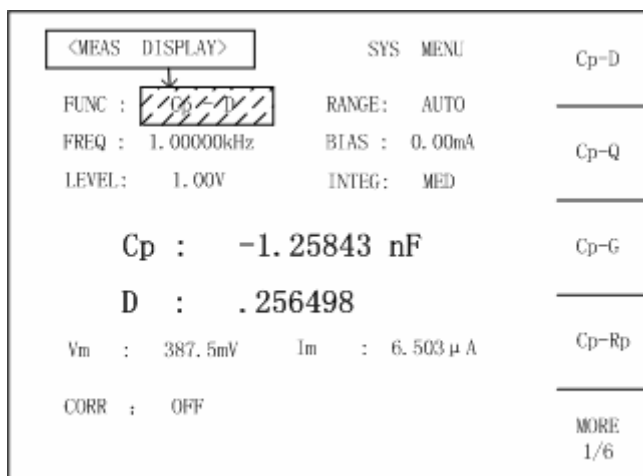
电缆长度：1m

短路校准：ON

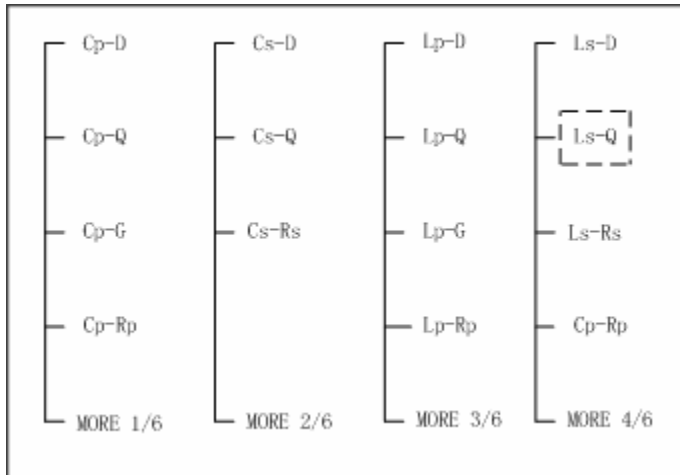
1、TH2828/A/S 和 TH1776 开机

2、在 TH2828/A/S 的测量显示和测量设置页面下设置测量条件

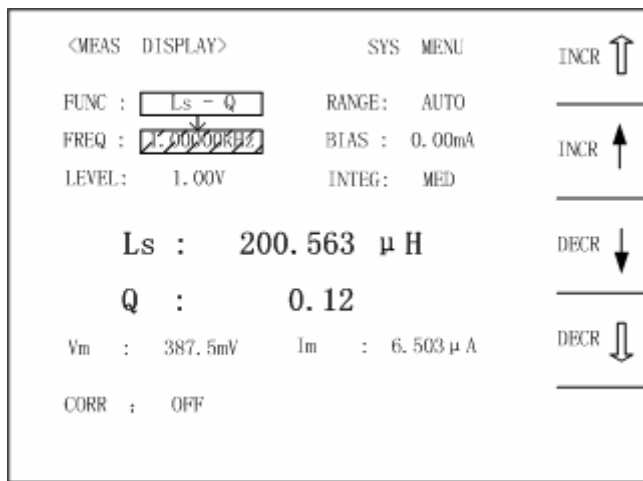
a、移动光标到功能区域



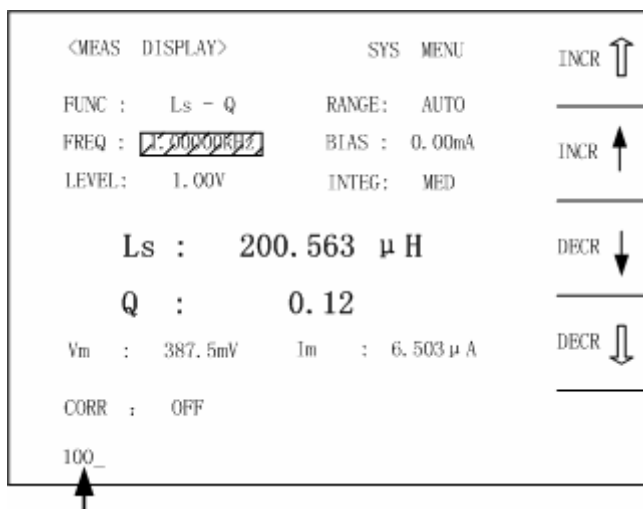
b、按“MORE X/6”键 3 次选择 Ls-Q 功能



c、移动光标到频率区域，当前显示的频率不是测试条件中的 100kHz

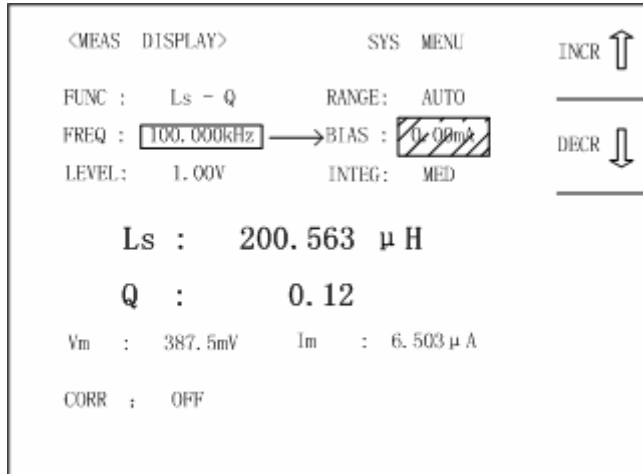


d、按数字键 1, 0, 0, 在系统消息中会显示 100, 同时相应的软键变为可用的单位选择键，按下“kHz”键，100.000kHz 将会显示在频率区域中。

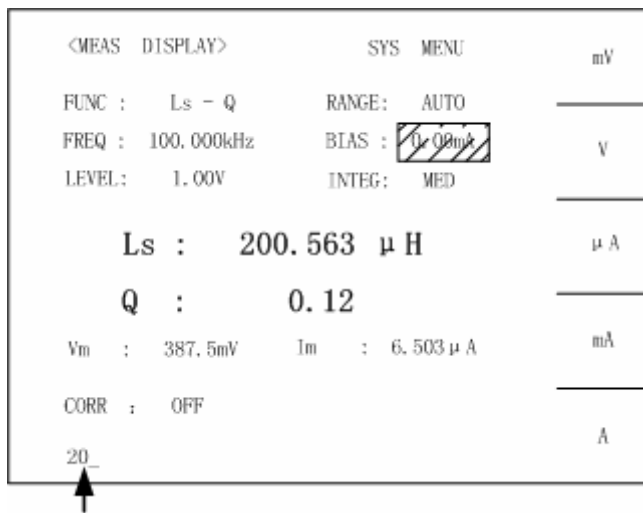


**①注意：**当光标在频率区域时，也可以用软键“INCR”或“DECR”来选择需要的频率。

e、移动光标到偏置区域，液晶上显示为 0.00mA




f、按数字键 2, 0, 在系统消息中出现 20, 同时软键变为相应的单位，按“A”键，20A 将会显示在偏置区域。



g、移动光标到积分时间区域，液晶上当前显示为 MED。在软键区域显示 SHORT、MED、LONG



h、按下“LONG”选择 LONG 积分时间

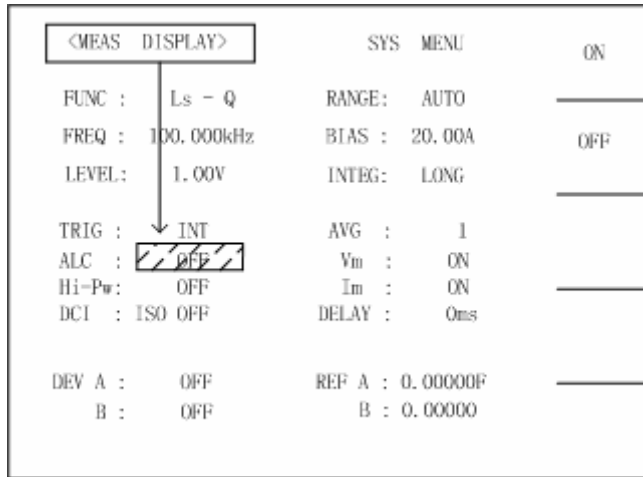
<MEAS DISPLAY>	SYS MENU	SHORT
FUNC : Ls - Q	RANGE: AUTO	SHORT
FREQ : 100.000kHz	BIAS : 20.00A	MED
LEVEL: 1.00V	INTEG: 	MED
Ls : 200.563 $\mu$ H		LONG
Q : 0.12		LONG
Vm : 387.5mV	Im : 6.503 $\mu$ A	LONG
CORR : OFF		LONG

**①注意：**测试条件也可以在测量设置页面下设置，按“MEAS SETUP”菜单键进入设置。

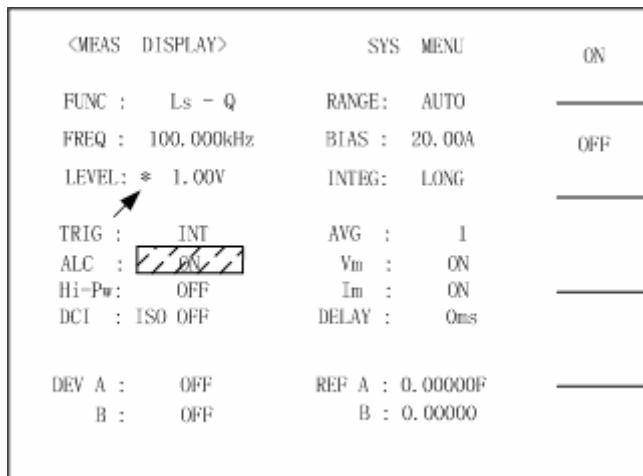
i、按“MEAS SETUP”键进入测量设置页面

<MEAS DISPLAY>	SYS MENU	LOAD
FUNC : Ls - Q	RANGE: AUTO	LOAD
FREQ : 100.000kHz	BIAS : 20.00A	CLEAR SETUP
LEVEL: 1.00V	INTEG: LONG	CLEAR SETUP
TRIG : INT	AVG : 1	CLEAR SETUP
ALC : OFF	Vm : ON	CLEAR SETUP
Hi-Pw: OFF	Im : ON	CLEAR SETUP
DCI : ISO OFF	DELAY : 0ms	CLEAR SETUP
		STORE
DEV A : OFF	REF A : 0.00000F	STORE
B : OFF	B : 0.00000	STORE
		MORE 1/2

j、把光标移动到 ALC 区域，当前 ALC 状态为 OFF，软键区域变为 ON, OFF。



k、按下软键 ON，电平区域会显示“\*”号

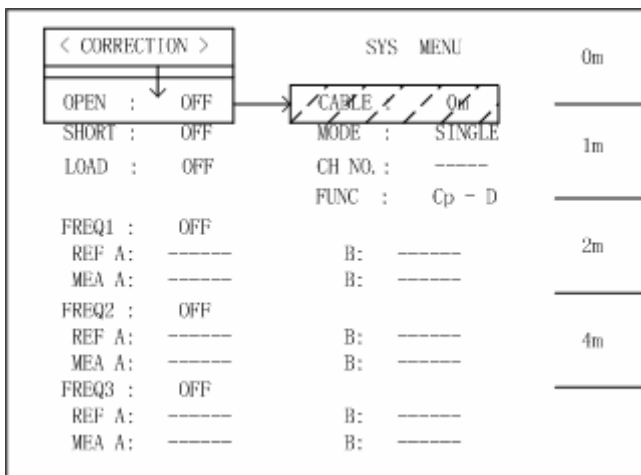


### 3、执行短路校准

为了补偿 TH17761 剩余阻抗引起的测量误差，需要对仪器做短路校准。按下“MEAS SETUP”键和“CORRECTION”软键进入校准界面。

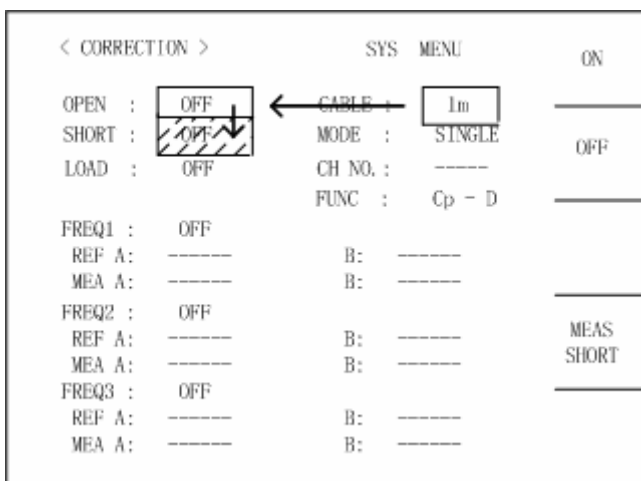
a、移动光标到电缆区域，显示当前的电缆长度，软键变为 0m，1m，2m 和 4m

b、按下“1m”软键选择电缆长度为 1m



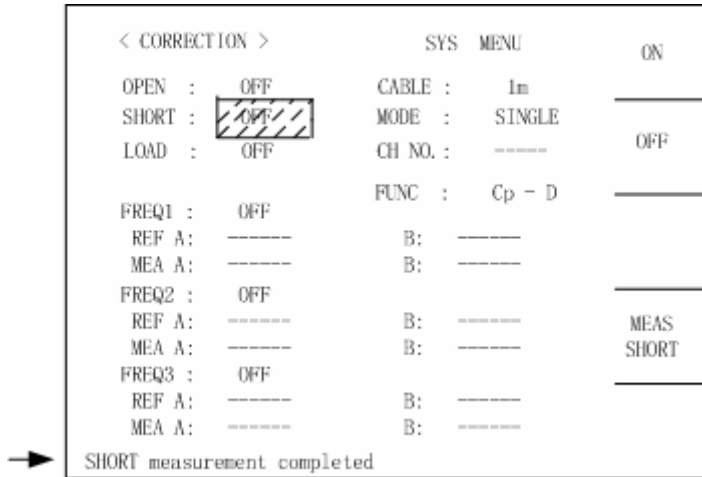
c、用短路棒连接 TH17761 的测试端

d、移动光标到短路区域，软键变为 ON, OFF, MEAS SHORT



e、按“MEAS SHORT”软键做短路校准，当执行完后在消息中出现“SHORT measurement completed”

f、按软键 ON 打开短路校准。



**①注意：** 在点频测量时，可使用点频短路校准功能，可以很快的执行指定的频率

4、连接被测件到测试夹具

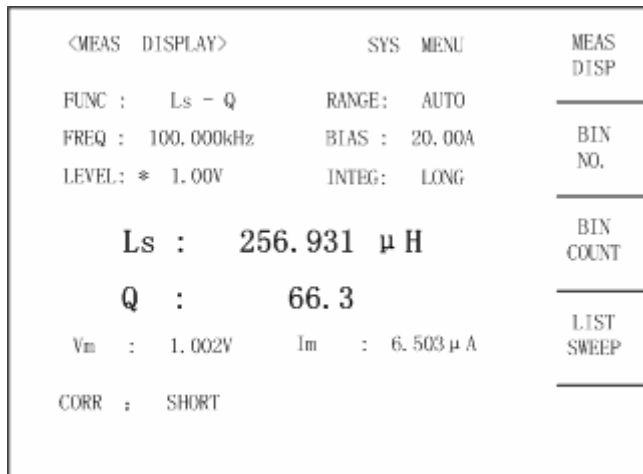
连接被测件到 TH1776 的测试端。

5、打开直流偏置输出

按下 TH2828/A/S 前面板的“直流偏置 (DC BIAS)”键打开直流偏置。TH1776 的直流偏置指示灯将点亮。

6、执行测量

按下“DISP FORMAT”键，测量值将显示在液晶屏幕上。



7、关闭直流偏置输出

当测量结束后，按“直流偏置 (DC BIAS)”键关闭输出，TH1776 直流偏置指示灯同时熄灭。

### 3.6 直流偏置电流列表扫描

TH2828/A/S 的列表扫描功能允许设置 10 个频率、测试电平或直流偏置电压，当与 TH1776 联机使用时，也可以设置直流偏置电流。下图是直流偏置电流列表扫描例子

<LIST SWEEP DISPLAY>		SYS	MENU	MEAS DISP
MODE :	SEQ			
BIAS[A]	Ls[H]	Q[ ]	CMP	BIN NO.
10mA	606.781 $\mu$	87.9		
1A	604.214 $\mu$	84		
5A	527.269 $\mu$	80		BIN COUNT
10A	411.967 $\mu$	71		
20A	262.351 $\mu$	65		LIST SWEEP

**①注意：**在手动触发方式下，列表扫描功能保持着最后一次的测试条件，最后一个测试点请设置 0A 以防止被测件过热。

### 3.7 远程控制

TH1776 通过偏置电流接口完全受控与 TH2828/A/S，当 TH2828/A/S 与 TH1776 联机使用时，除了“操作限制”中所讲的限制外，其它远程控制都可以使用。

下面是控制 TH1776 的远程控制命令

BIAS: STATe ON (1)	打开直流偏置电流
BIAS: STATe OFF (0)	关闭直流偏置电流
BIAS: STATe?	查询直流偏置电流状态
BIAS: CURRent <value>	设置直流偏置电流值
BIAS: CURRent?	查询直流偏置电流值
BIAS: CURRent MAX	设置直流偏置电流最大值
BIAS: CURRent? MAX	查询直流偏置电流最大值
BIAS: CURRent MIN	设置直流偏置电流最小值
BIAS: CURRent? MIN	查询直流偏置电流最小值

## 第四章 性能测试

### 4.1 直流偏置输出电流、电压

TH1776 能够输出 0.00A 到 20.0A 电流，分三个量程。

量程	分辨率	精度
0.00A~1.00A	0.01A	± (1%+5mA)
1.1A~5.0A	0.1A	±2%
5.1A~20.0A	0.1A	±3%

图 4-1 直流偏置电流精度

温度 (°C)	0	8	18	28	38	55
附加误差	1.5%	0.5%	0%	0.5%	1.5%	

图 4-2 温度附加误差

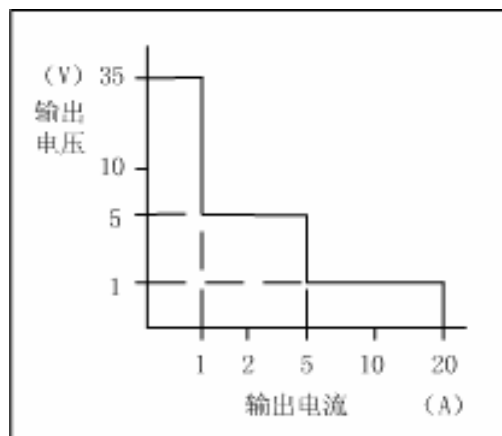


图 4-3 直流偏置输出范围

### 4.2 TH1776 测量精度

TH2828/A/S 与 TH1776、TH17761 联机使用时，TH2828/A/S 的测试量程限制在 10 Ω 和 100 Ω，L、|Z|、Rs、D、θ 的测试精度如下：

L 和 |Z| 的精度：Ae (L 的精度； $D_x \leq 0.1$ )

$$Ae = A_0 + A_1 \quad [\% \text{ 读数}]$$

A0: TH2828/A/S 与 TH1776 连机使用时 TH2828/A/S 的 L 和 |Z| 的精度, A0 的选择如图 4-4 所示, 在图 4-5 中选择合适的精度线。如果测试信号不是图 4-5 中所列的三个点, 延长离测试信号最近的两条线来确定所要的精度。

A1 : TH1776 的附加误差

Dx : D 的测量值

如果  $D_x > 0.1$ , L 的精度为  $A1 \sqrt{1 + D_x^2}$

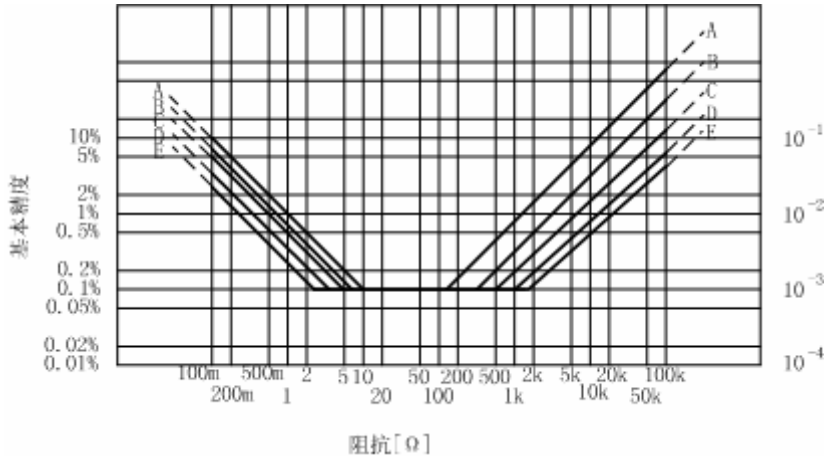


图 4-4 TH2828/A/S 精度

Test Signal Voltage	Temperature (°C)					
	5	8	18	28	38	45
0.5Vrms	A	B	C	B	A	
1Vrms	B	C	D	C	B	
2Vrms	C	D	E	D	C	

图 4-5 TH2828/A/S 基本精度线选择表

**D 精度:  $D_e$  ( $D_x \leq 0.1$ )**

$$D_e = \frac{A_e}{100}$$

Ae : L 和 |Z| 的测量精度

Dx : D 的测量值

当  $D_x > 0.1$  时, D 的精度为  $D_e \sqrt{1 + D_x^2}$

**$\theta$  精度:  $\theta_e$**

$$\theta_e = \frac{180 \times A_e}{\pi \times 100} [^\circ]$$

**Rs 精度: Rse ( $D_x \leq 0.1$ )**

$$Rse = 2 \pi f L_x \times D_e [\Omega]$$

f : 测量频率[Hz]

Lx : 测量电感值[H]

De : D 测量精度

### 4.3 TH17761 附加误差

对于 TH2828/A/S 的精度, TH1776 的测量精度代表了附加误差的公差, 如果满足下列条件, TH1776 的精度可以应用于 TH17761 的测试端。

- TH2828/A/S 积分时间: LONG
- 测试信号电压: 1Vrms
- 测试电缆长度: 1m
- 环境温度: 23°C ± 5°C
- 被测件的损耗 D 小于 1

**L 和 |Z| 的附加误差 (L 的精度;  $D_x < 0.1$ )**

L 和 |Z| 的精度 A1, 根据测试条件和系统配置, 可以从图 4-2 中读出。

Dx: D 的测量值

当  $0.1 \leq D_x < 1$  时, L 的精度为  $A1 \sqrt{1 + D_x^2}$

环境温度在 5°C ~ 45°C 时, A1 的值应加上图 4-8 或图 4-11 中的温度附加误差

表 4-1 精度图选择表

	20A 配置	40A 配置
L—D, Rs	图 4-6	图 4-9
Z — $\theta$	图 4-7	图 4-10
温度附加误差	图 4-8	图 4-11

**D 附加误差: D1 ( $D_x < 0.1$ )**

$$D1 = \frac{A1}{100}$$



$D_x$  : D 测量值

当  $0.1 \leq D_x < 1$  时, D 的精度为  $D1 \times (1 + D_x)$

**$\theta$  附加误差:  $\theta_1$**

$$\theta_1 = \tan^{-1} D1 [^\circ]$$

$D1$  : D 的附加误差

**$R_s$  附加误差:  $R_{s1}$  ( $D_x < 0.1$ )**

$$R_{s1} = 2 \pi f L_x \times D1$$

$L_x$  : 测量电感值[H]

$D1$  : D 附加误差

$D_x$  : D 的测量值

$f$  : 测试频率

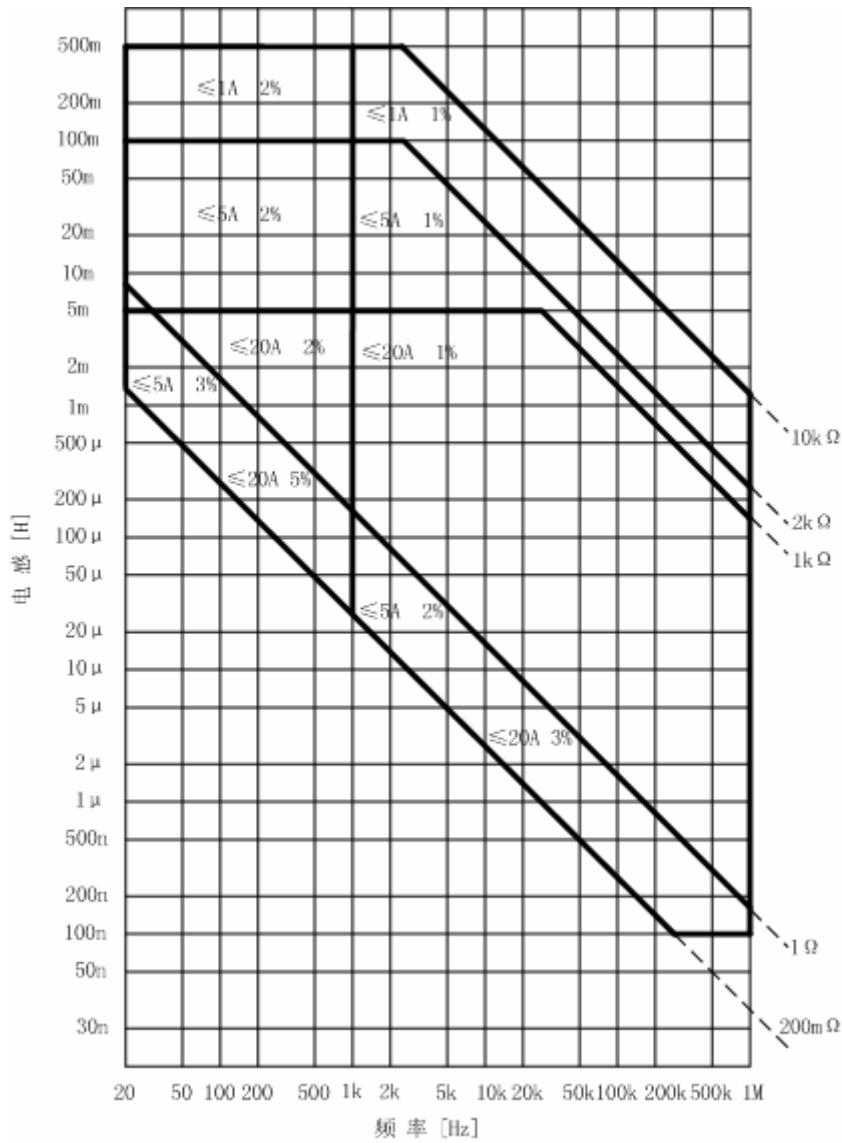


图 4-6 TH1776 电感测量精度 (20A 配置)

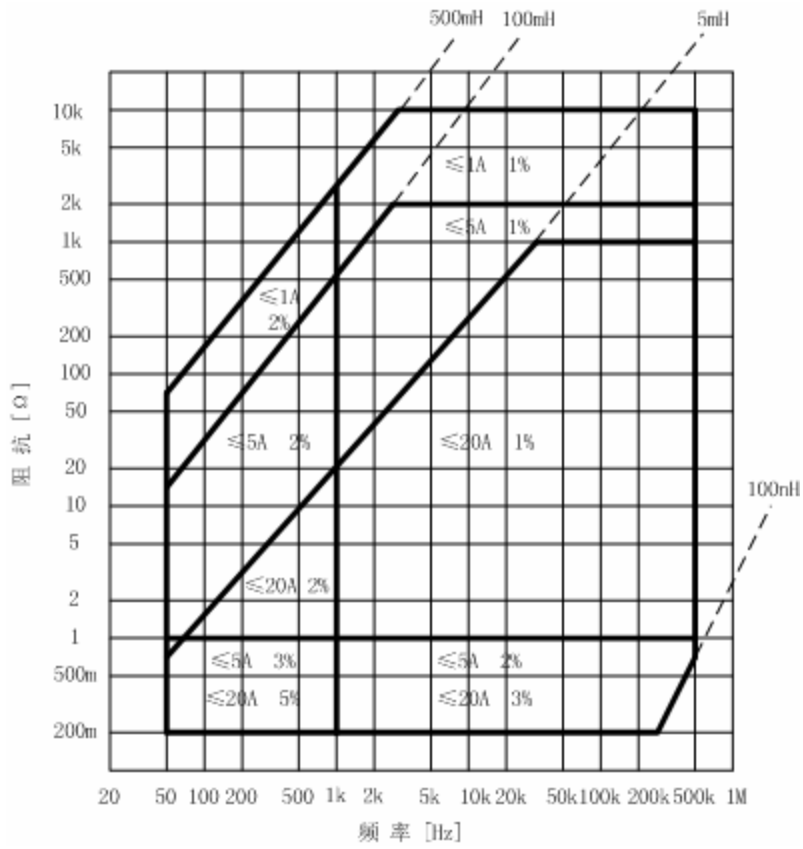


图 4-7 TH1776 阻抗测量精度 (20A 配置)

温度 (°C)	5	8	18	28	38	45
附加误差	2%	1%	0%	1%	2%	

图 4-8 TH1776 温度附加误差 (20A 配置)

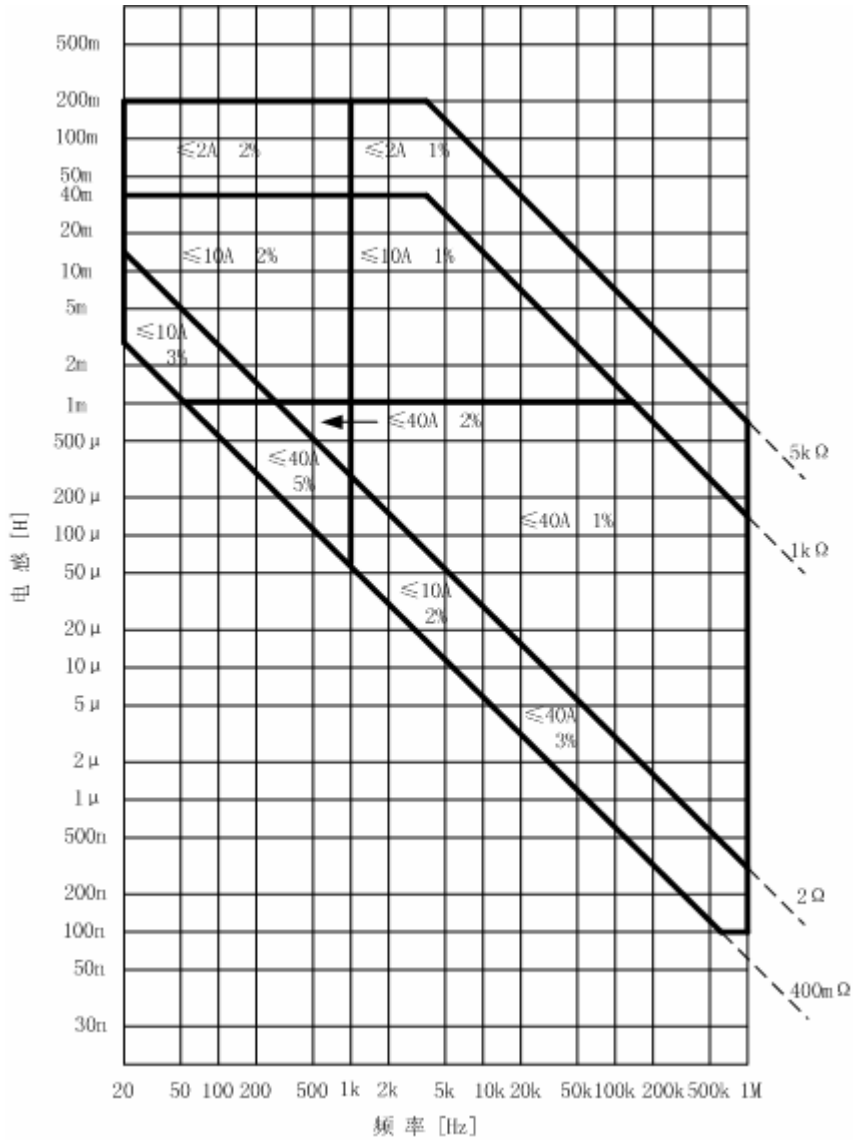


图 4-9 TH1776 电感测量精度 (40A 配置)

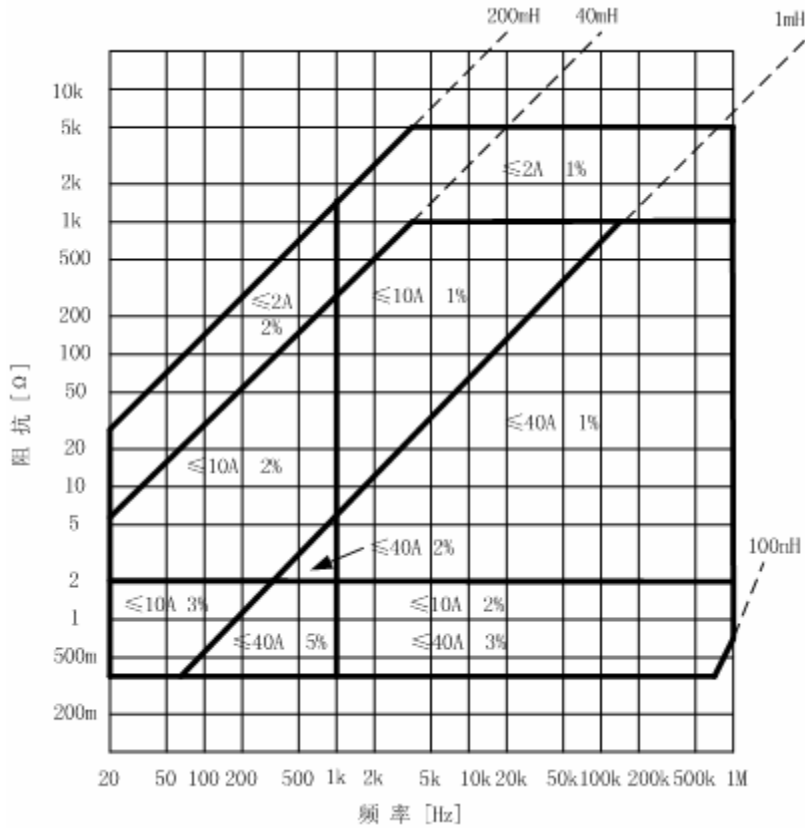


图 4-10 TH1776 阻抗测量精度 (40A 配置)

温度 (°C)		5	8	18	28	38	45
附加 误差	Ibias ≤ 10 [A]	3.0%	1.5%	0%	1.5%	3.0%	
	Ibias ≤ 40 [A]	4.0%	2.0%	0%	2.0%	4.0%	

图 4-11 TH1776 温度附加误差 (40A 配置)

## 4.4 测量误差计算举例

下面举例说明 Ls—Rs 的测量精度  
测试条件:

- 被测件: 10mH
- 测试信号电平: 1Vrms
- 测试频率: 1kHz
- 积分时间: LONG
- 短路补偿: 执行

- 直流偏置电流：5A
- 环境温度：28℃

当连机使用 TH1776 时，TH2828/A/S 的电感测量精度  $A_e$  和等效串联电阻测量精度  $R_e$  分别用下列公式表示

$$A_e = A_0 + A_1$$

$$R_e = R_0 + R_1$$

这里  $A_0$  : TH2828/A/S  $L$  和  $|Z|$  的精度

$R_0$  : TH2828/A/S  $R_s$  的精度

$A_1$  : TH1776  $L$  和  $|Z|$  的精度

$R_1$  : TH1776  $R_s$  的精度

### 步骤 1

当连机使用 TH1776 时，确定 TH2828/A/S 的  $A_0$  和  $A_1$

- (1) 被测件的电感值是 10mH，所以它的阻抗为

$$Z_m = 2\pi f_m L_x \approx 62.8 \Omega$$

这里  $f_m$  是测试频率

$L_x$  是被测件的电感测量值

- (2) 根据图 4-5，在图 4-4 中选出精度线  
环境温度是 28℃，测试信号电压为 1Vrms，所以选择精度线 D
- (3) 沿 X 轴找出相应的阻抗值
- (4) 找到上面两步的交叉点
- (5) 读出这点的垂直坐标  $A_0$

$$A_0 = 0.10 \quad [\%]$$

$$D_0 = \frac{A_0}{100} = \frac{0.1}{100} = 0.001$$

$$R_0 = 2\pi f L_x \times D_0 = 2\pi \times 1000 \times 0.01 \times 0.001 = 0.063 \Omega$$

### 步骤 2

确定 42841A 的附加误差  $L_1$

- (1) 从表 4-1 中选出精度图，根据 20A 配置和测量  $L_s$ — $R_s$ ，选择图 4-6
- (2) 从图 4-6 中沿 X 轴找出频率
- (3) 从图 4-6 中沿 Y 轴找出电感值
- (4) 记下上面两步的交叉点
- (5) 如果值落在边界线上，应该根据实际使用的直流电流比图中区域中最大电流小的原则来确定  $L_1$

测试频率为 1kHz， $L_x = 10\text{mH}$ ，直流偏置电流 5A

因此  $L_1 = 1 \quad [\%]$

### 步骤 3

从图 4-8 中确定 TH1776 的温度误差 K1

环境温度为 28℃，所以

$$K1=0 \quad [\%]$$

因此

$$A1=L1+K1=1+0=1 \quad [\%]$$

$$D1=\frac{A1}{100}=\frac{1}{100} \times 0.01$$

测试频率为 1kHz，Lx=10mH，D1=0.01，因此

$$\begin{aligned} R1 &= 2 \pi f L_x \times D1 \\ &= 2 \pi \times 1000 \times 0.01 \times 0.01 \\ &\approx 0.63 \quad [\Omega] \end{aligned}$$

所以，当连机使用 TH1776 和 TH17761 时，TH2828/A/S 的测量精度为

$$\begin{aligned} Ae &= A0 + A1 \\ &= 0.1 + 1 \\ &= 1.1 \quad [\%] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Re &= R0 + R1 \\ &= 0.063 + 0.63 \\ &= 0.693 \quad [\Omega] \end{aligned}$$

## 第五章 成套与保修

### 5.1 成套

仪器出厂时应具备以下几项内容：

序号	名 称	数 量
1	TH1176 型电感偏流源	1 台
2	TH17761 测试盒	1 台
3	TH17761-01 偏置电流电缆	1 根
4	TH17761-02 偏置电流电缆	1 根
5	TH17761-03 接地短接线	1 根
6	TH17761-04 短路板	1 块
7	TH26004E-1 测试盒	1 副
8	50 芯偏置电流接口电缆	1 根
9	三线电源线	1 根
10	保险丝	2 只
11	使用说明书	1 份
12	产品合格证	1 张
13	测试报告	1 份
14	保修卡	1 张

用户开箱检查时请核对以上内容，若发生遗缺，请立即与本公司或经营部门联系。

### 5.2 保修

保修期：使用单位从本公司购买仪器者，自公司发运日期计算，自经营部门购买者，自经营部门发运日期计算，保修期二年。保修应出具该仪器保修卡。保修期内，由于使用者操作不当而损坏仪器者，维修费用由用户承担。仪器由本公司负责终生维修。



本仪器维修需专业技术人员进行维修；维修时请不要擅自更换仪器内部各器件；对仪器维修后，需重新计量校准，以免影响测试精度。由于用户盲目维修，更换仪器部件造成仪器损坏不属保修范围，用户应承担维修费用。

仪器应防晒、防湿，应在 1.2 所述的环境中正确使用仪器。

长期不使用仪器，应将仪器用出厂时包装箱包装封存。