

1 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

TH2816B 型 LCR 数字电桥是一种高精度、高稳定性、宽测试范围的由十六位微处理器控制的阻抗测量仪器。可以选择 50Hz~200kHz 之间的 37 个测试频率，并可选择 0.01V~2.00V 之间以 0.01V 步进的测试信号电平，可以测量电感 L、电容 C、电阻 R 等多种参数。本仪器功能强大、性能优越，并且采用液晶屏显示，显示明了，操作菜单化，快捷方便，能很好的适应生产现场快速检验的需要以及实验室高精度高稳定度的测量需要，同时仪器所提供的 HANDLER 接口（选件）、IEEE488（选件）接口及 RS232C 接口为仪器使用于自动分选系统和计算机远程操作提供了条件。

仪器提供了多种可变的测试条件，典型的有：

- 测试信号频率：50Hz~200kHz 间共 37 个典型频率；
- 测试信号电平：从 0.01V~2.00V 以 0.01V 步进；
- 测试速度：可以选择快速、中速、慢速三种速度；
- 恒定可选的源内阻：30Ω或 100Ω。
- 清“0”：仪器可对测试端进行开路或短路的点频或扫频清“0”，将存在于仪器测试端的杂散电容和引线电阻消除以进一步提高测量精度；
- 测试信号监视：实际施加于被测件上的测试信号也许由于被测阻抗与源阻抗之间的失配而与编程设置不一致，仪器可将施加于被测件上的电压与实际流过被测件上的电流在显示器上显示出来；

仪器提供三种数据显示方式和两种数据分选方式：

- 直接读数：直接显示被测件的参数；
绝对偏差 Δ ABS：测量值与参考值之差；
相对偏差 Δ %：测量值与参考值的百分比偏差。
- 元件分选：可使用绝对值公差、百分比公差两种比较方式
仪器可设置 9 档主参数限，1 档副参数限，同时还具有参数置换功能，可以输出 9 个合格档，1 个不合格档，1 个附属档信号。

仪器还提供多种方便的通讯接口为仪器的测量结果输出至外部设备(如计算机)或组成自动测试系统提供了极大的方便：

- 串行接口：RS-232C 为仪器与外设的串行通讯提供了极大方便，外设可通过该接口对仪器进行各项功能和参数的设定，基本可取代键盘的功能；
用户可选购基于 WINDOWS 的操作界面，以组成元件的自动检测分析系统。
- IEEE-488 接口(选件)：该通用接口为仪器与计算机和其他测量仪器共同组成自动测试系统提供了方便。
RS-232C 和 IEEE-488 接口命令使用国际惯用的**可编程仪器标准命令(SCPI)**格式编写，极大地方便了用户编程。
- HANDLE 接口(选件)：该接口可使仪器与元件的机械处理设备相同步并检测分选元件，将分档结果输出至机械处理设备；

1.2 使用条件

1.2.1 电源 ⚡

电源电压：220V(1±10%)

电源频率：50Hz/60Hz(1±5%)

功耗：<50VA

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

开机后预热时间：≥ 20 分钟

1.2.4 几点注意问题 ⚠

- (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°C~40°C，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。
- (4) 本仪器后有散热风扇, 左右有散热通风孔, 以避免内部温度升高影响精度, 请确保仪器处于良好通风状态下。
- (5) 请勿频繁开关仪器, 以免造成存储数据的丢失。

1.3 体积与重量

体积(W*H*D): 350mm*110mm*340mm

重量: 约 4kg

1.4 安全要求

本仪器为 I 类安全仪器

1.4.1 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 $50M\Omega$;

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 $2M\Omega$;

1.4.2 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。

1.4.3 泄漏电流

泄漏电流不大于 3.5mA。

1.5 电磁兼容性

电源瞬态敏感度按 GB6833.4 的要求。

传导敏感度按 GB6833.6 的要求。

辐射干扰按 GB6833.10 的要求。

2 基本技术指标

2.1 测量功能

2.1.1 测量参数

L: 电感 C: 电容 R: 电阻
 Z: 阻抗 X: 电抗 D: 损耗 θ : 相位角 Q: 品质因数

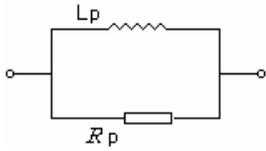
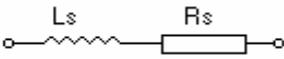
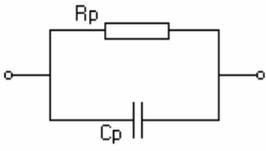
参数组合

主参数	Z	L	C	R
付参数	θ° (角度), θ_r (弧度)	Q, R_s , R_p	D, R_s , R_p	X

注: 元件参数中, 下标 s 表示串联等效, p 表示并联等效

2.1.2 等效方式

实际元件有串联和并联两种等效方式, 可通过一定的公式进行转换:

	电路形式	损耗 D	等效方式转换
L		$D=2\pi FLp/Rp=1/Q$	$Ls=Lp/(1+D^2)$ $Rs=RpD^2/(1+D^2)$
		$D=Rs/2\pi FLs=1/Q$	$Lp=(1+D^2)Ls$ $Rp=(1+D^2)Rs/D^2$
C		$D=1/2\pi FCpRp=1/Q$	$Cs=(1+D^2)Cp$ $Rs=RpD^2/(1+D^2)$
		$D=2\pi FCsRs=1/Q$	$Cp=Cs/(1+D^2)$ $Rp=Rs(1+D^2)/D^2$

本仪器根据元件阻抗以串联或并联等效电路来计算其所需值, 不同等效电路将得到不同的结果, 其不同性取决于不同的元件。

2.1.3 量程

自动与手动 (AUTO-HOLD/UP/DOWN)，共 9 个量程

2.1.4 触发方式

内部 (INT)、外部 (EXT)、总线 (BUS)、手动 (MAN)

内部: 触发信号由仪器内部自动生成，因而测量可以连续不断的进行。

手动: 按下面板 **TRIGGER** 键形成一次触发。

外部: 仪器 HANDLER 接口板从外部接收到“启动”信号后，触发一次测量。

总线: 仪器接收到总线触发命令后进行一次测量。

2.1.5 延时

从触发开始到测量之间的时间，0—60 秒以 1ms 步进

2.1.6 测试端方式

五端

HD: 电流高端 LD: 电流低端

HS: 电压高端 LS: 电压低端

2.1.7 测量速度

测试频率、积分时间、元件值大小、显示方式、量程方式及比较器等均会影响测量速度 (以下速度参数在测量显示页的小字符方式下评估) :

快速 (FAST) : 大约 25 次/秒，最快可达 30 次/秒;

中速 (MED) : 大约 10 次/秒;

慢速 (SLOW) : 大约 1.5 次/秒。

2.1.8 基本精度

0.1%

2.2 测试信号

2.2.1 测试信号频率

具有 50Hz~200kHz 间共 37 个典型频率：

50Hz、60Hz、80Hz、100Hz、120Hz、150Hz、200Hz、250Hz、300Hz、400Hz、500Hz、600Hz、800Hz、1kHz、1.2kHz、1.5kHz、2kHz、2.5kHz、3kHz、4kHz、5kHz、6kHz、8kHz、10kHz、12kHz、15kHz、20kHz、25kHz、30kHz、40kHz、50kHz、60kHz、80kHz、100kHz、120kHz、150kHz、200kHz

频率准确度：0.02%

2.2.2 测试信号电平

0.01V~2.00V 以 0.01V 步进，准确度：±（10%×设定值+2mV）。

2.2.3 输出阻抗

30Ω±5% (默认值) 、100Ω±5%

2.2.4 测量显示范围

参数	测量显示范围
L	0.01nH ~ 9999.99H
C	0.00001pF ~ 999.999mF
R、X、Z	0.01mΩ ~ 99.9999MΩ
D	0.00001 ~ 9.99999
Q	0.01 ~ 99999.9
θ	Deg -179.999° ~ 179.999°
	Rad -3.14159 ~ 3.14159
%	-99.999% ~ 999.999%

2.2.5 测试信号电平监视

模式	范围	准确度
电压	$10\text{mV}_{\text{RMS}}—2.00\text{V}_{\text{RMS}}$	$\pm (3\% \times \text{读数} + 0.5\text{mV})$
	$0.01\text{mV}_{\text{RMS}}—10\text{mV}_{\text{RMS}}$	$\pm (12\% \times \text{读数} + 0.1\text{mV})$
电流	$100\ \mu\text{A}_{\text{RMS}}—66\text{mA}_{\text{RMS}}$	$\pm (3\% \times \text{读数} + 5\ \mu\text{A})$
	$0.001\ \mu\text{A}_{\text{RMS}}—100\ \mu\text{A}_{\text{RMS}}$	$\pm (12\% \times \text{读数} + 1\ \mu\text{A})$

2.3 功能

2.3.1 校正功能

- 开路清“0”：消除测试端或仪器内部杂散阻抗的影响。
仪器可进行单点或扫频(全部典型频率)开路清“0”。
- 短路清“0”：消除引线串联电阻和电感的影响。
仪器可进行单点或扫频(全部典型频率)短路清“0”。

2.3.2 比较器功能

仪器可进行多档分选，分选是以测量值进行比较，与偏差方式无关。

合格档 (BIN1–BIN9)：表示主参数、副参数均合格；

附属档 (AUX)：表示主参数合格但副参数不合格，且附属 AUX 开关打开 (ON)；

不合格档 (OUT)：主参数不合格或者主参数合格但副参数不合格且附属 AUX 关闭 (OFF)。

如果在极限设置列表中不设置副参数限，则不对副参数进行比较。

- 分选方式：
 - 绝对值公差 $\pm\text{TOL}$ 分选：测量值与标称值的绝对偏差与各档极限进行比较。
 - 百分比公差 $\%\text{TOL}$ 分选：测量值与标称值的百分比偏差与各档极限进行比较。

- 显示：具有档号显示页面 (BinNo. Disp)

另外，HANDLER 接口对不合格信号有更详细的输出：PHI (主参数高)，PLO (主参数低) 以及 SREJ (副参数不合格)。

2.3.3 参数显示

- 可选用大字符、小字符参数显示格式。
- 显示方式：
 1. 直读(元件的实际测量值)；
 2. Δ ABS(测量值与参考值的绝对偏差)；
 3. Δ %(测量值与参考值的百分比偏差)；
- 主参数、副参数显示分辨率：六位。
- 可以改变主参数、副参数的有效位数，以此得到自己所需数值精度（小数点锁定功能）。

2.3.4 文件功能

仪器控制设置、比较器极限等数据可以用文件形式存入仪器内部非易失性存储器内，在需要时可以直接从文件菜单中调用，以节省用户重复设定参数的时间。仪器内共可存入十二组该参数设定文件。

2.3.5 其他功能

2.3.5.1 量程保持

仪器开机时处于量程自动状态，当“保持”时，固定在某一量程进行测量。

2.3.5.2 液晶对比度

1~31 可选择

2.3.5.3 讯响

内部讯响器可开、关。

2.3.5.4 比较器报警

IN(合格报警)、OUT(超差报警)、AUX(附属报警)、OFF(关闭)可选

2.3.5.5 键盘锁定

键盘解锁时可选择是否输入密码。

2.3.5.6 密码功能

可选的密码开、关，具有开机密码保护功能及键盘解锁密码功能。
密码仅以数字表示，仪器出厂时的默认密码为：2816

2.3.6 接口功能

2.3.6.1 IEEE488 通用并行接口（选件）

也称 GPIB 接口，等同 IEC625 接口（与 IEEE488 口的连接器不一样）。
通讯命令采用 SCPI 格式，总线上全部命令和数据一律采用 ASCII 码传送。
接口功能有 SH1、AH1、T5、L4、RL1、DC1、DT1、C0、E1。
兼容 IEEE488.1 和 IEEE488.2。

2.3.6.2 RS232C 串行通讯接口

使用标准 RS232C 的最小子集，不支持硬件联络功能。
传输波特率：固定 9600bps。
信号逻辑电平： $\pm 8V$ 。
最大传输距离：15m。
通讯命令采用 SCPI 格式，总线上全部命令和数据一律采用 ASCII 码传送。

2.3.6.3 HANDLER 接口（选件）

可接受触发信号，输出分选比较结果信号。
可输出测量同步信号（IDX、EOM）。
逻辑电平为低电平有效，光电隔离输出。
内置上拉电阻，默认使用外部电源。

3 面板及显示说明

本章内容仅为概略性说明,具体操作及详细解释参阅第 4 章相应内容。

3.1 前面板说明

前面板示意图如图 3-1 所示。

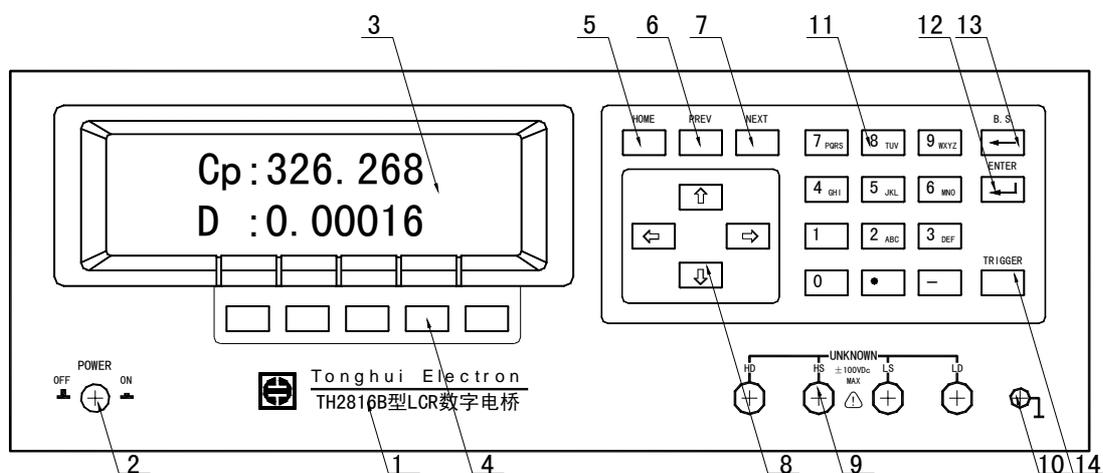


图 3-1 前面板

1	商标及型号	
2	电源开关(POWER) 	接通或切断 220V 市电,处于按下位置时,接通电源;处于弹出位置时,切断电源。
3	LCD 液晶显示屏	240*64 点阵液晶显示器,显示所有的测量参数,状态,测量结果,软键功能等等。
4	软键 (SOFTKEYs)	五个软键的功能随反白条所处的区域不同而不同,它们的功能在 LCD 显示屏的下面显示。
5	HOME 主显示页面按键	用于进入元件测量主显示页面。
6	PREV 显示页面翻页键	可循环向后切换 TH2816B 的五个显示页面。
7	NEXT 显示页面翻页键	可循环向前切换 TH2816B 的五个显示页面。
8	方向键(CURSOR)	用于控制反白条的在液晶显示器上控制参数区域之间移动,被选中的控制参数在液晶显示器上呈反白显示。
接下页↓		

接上页↑		
9	测试端 ▲ (UNKNOWN)	五端测试 HD: 电流激励高端; HS: 电压取样高端; LS: 电压取样低端; LD: 电流激励低端。
10	接地端 ▲	可以与被测器件之屏蔽层连接, 以隔离外界电磁干扰, 提高测量的精度和稳定性。
11	数字键盘	用于输入数字或需要时输入字符(文件名)。
12	回车键(ENTER)	确认输入的数字。
13	退格键(BACKSPACE)	用于删除误输入的数字或字母。
14	触发键(TRIGGER)	当仪器被设定为手动触发状态时, 按动此键, 用于触发仪器测量。

表 3-1 前面板说明

3.2 后面板说明

后面板示意图如图 3-2 所示。

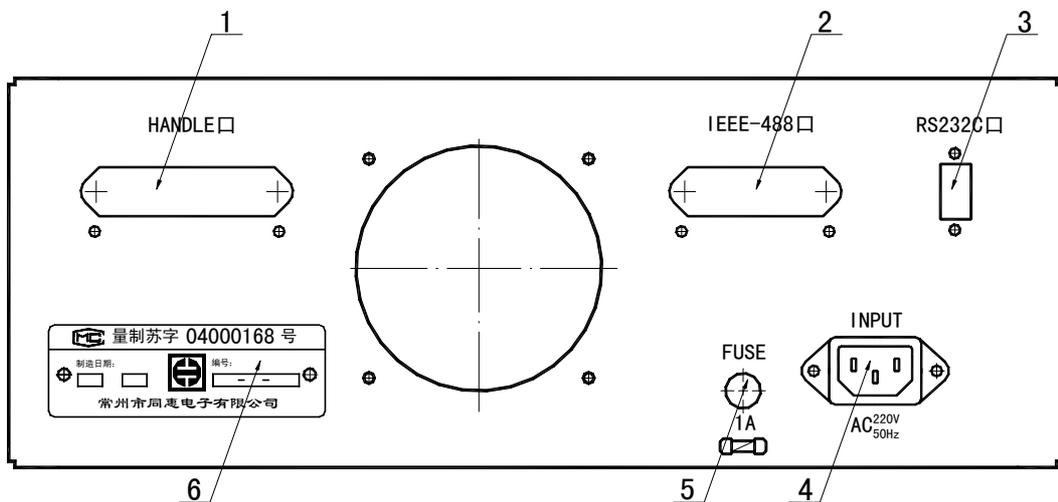


图 3-2 后面板

1	HANDLER 口（选件）	仪器通过该接口输出档比较结果等，同时通过分选接口获得“启动”信号。
2	IEEE488 口（选件）	提供仪器与外部设备的通用并行通讯接口，所有参数设置，命令等均可由计算机设定和获得，以实现无仪器面板的远程控制。
3	RS232C 串行接口	串行通讯接口，功能同 2
4	三线电源插座 ↗	用于连接 220V/50HZ 交流电源
5	保险丝 ↗	用于保护仪器，220V/1A
6	铭牌	记录生产日期、型号、批号、生产厂家等

表 3-2 后面板说明

3.3 基本显示区域说明

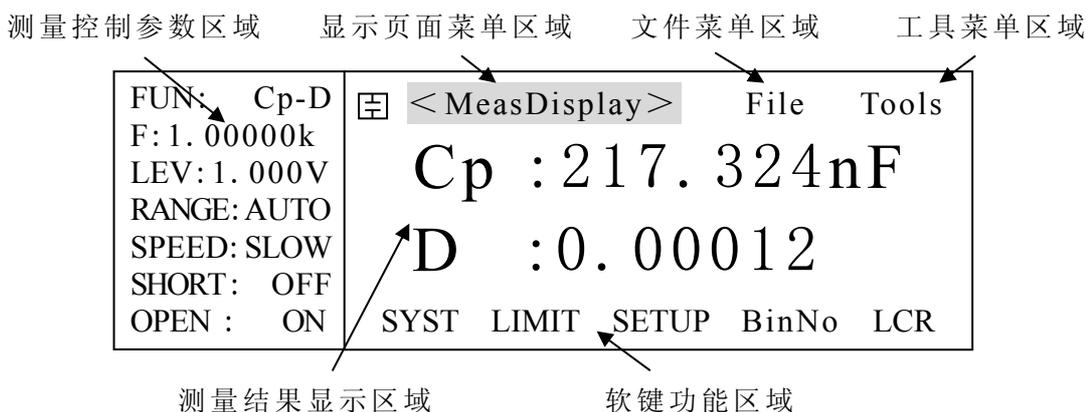


图 3-3 显示区域说明

- (1) **显示页面菜单区域**
这个区域显示了当前显示页面的名称。
- (2) **测量参数区域**
显示了测量所用的一些参数设置。
- (3) **文件菜单区域**
反白条移到文件菜单可以进行文件的调用或储存。
- (4) **工具菜单区域**
某些显示页面的特殊功能，通过这个菜单执行。
- (5) **测量结果显示区域**
显示当前被测件的测量结果。
- (6) **软键功能区域**
用于显示对应于软键的相应功能或参数。

3.4 页面按键

TH2816B 共有五个显示页面：

- MeasDisplay (测量显示页)
- BinNo. Disp (档号显示页)
- MeasSetup (测量设置页)
- LimitSetup (极限设置页)
- SystemConfig (系统配置页)

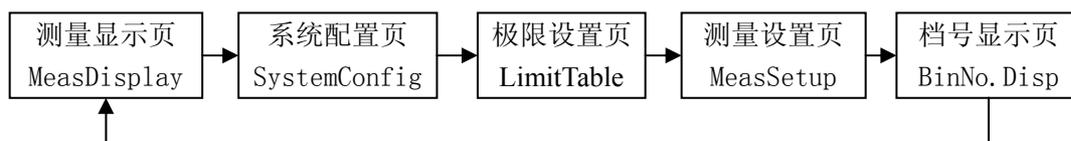
仪器提供三个按键用来切换液晶屏的五个显示页面：

- **HOME** 主页面按键

无论当前在哪个页面及反白条在哪个区域，按 **HOME** 键均可直接进入主测量显示页。

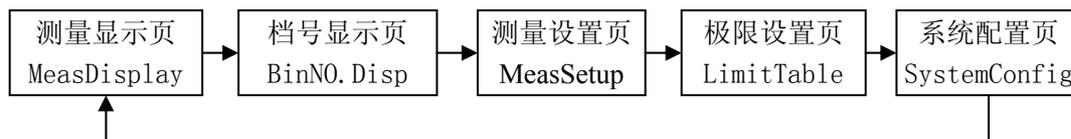
- **PREV** 翻页键

无论当前在哪个页面及反白条在哪个区域，按 **PREV** 键均可向后切换 TH2816B 的五个显示页面：



- **NEXT** 翻页键

无论当前在哪个页面及反白条在哪个区域，按 **NEXT** 键均可向前切换 TH2816B 的五个显示页面：



提示：当反白条在页面显示菜单区域时，还可以通过软键直接切换到相应页面。

3.5 各页面概略

3.5.1 元件测量显示页面 (Meas Display)

这个页面显示了测量结果，在左边控制参数区域可以对一些常用的状态参数进行修改。主要有：选择测量参数 FUN，测试频率 F 及电平 LEV，量程 RANGE，速度 SPEED，打开或关闭开路、短路校正以及进行开路、短路清零。

测量的主副参数结果可以选用大字符或小字符显示。这个页面是开机默认页面。

FUN: Cp-D F: 1.00000k LEV:1.000V RANGE: AUTO SPEED: LOW SHORT: OFF OPEN : ON	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> ☰ <MeasDisplay> File Tools </div> <div style="font-size: 1.5em; text-align: center;">Cp :217.324nF</div> <div style="font-size: 1.5em; text-align: center;">D :0.00012</div> <div style="font-size: 0.8em; text-align: center;">SYST LIMIT SETUP BinNo LCR</div>
--	--

3.5.2 档号显示页面 (BinNo. Disp)

这个页面显示档比较结果，一些测量状态参数，测量结果和档比较器的开关设定信息。档号以大字符显示，测量结果以小字符显示。

在这个页面里，左边的状态参数是不可以修改的。

FUN: Cp-D F: 1.00000k LEV:1.000V RANGE:AUTO SPEED:LOW SHORT: OFF OPEN : ON	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> ☰ <BinNo. Disp> File Tools </div> <div style="font-size: 0.8em; text-align: center;">COMP: ON AUX: ON</div> <div style="font-size: 2em; text-align: center;">BIN : AUX</div> <div style="font-size: 0.8em; text-align: center;">Cp : 217.324nF D : 0.00012</div> <div style="font-size: 0.8em; text-align: center;">SYST LIMIT SETUP BinNo LCR</div>
--	---

3.5.3 测量设置页面 (Meas Setup)

这个页面显示了所有可以设定的测量状态参数，除了左边的常用状态参数外，还可以设定触发方式 TRIG，选择源内阻 INT_R，设定测量延时 DELAY，打开或关闭电压电流监视功能 Vm/Im，选择主副参数的偏差方式以及设定偏差参考值。

在这个页面仪器不进行测量，如果要使用设置好的参数进行测量，请按 HOME 键到测量显示页。

FUN: Cp-D F: 1.00000k LEV:1.000V RANGE:AUTO SPEED: LOW SHORT: OFF OPEN : ON	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> ☰ <Meas Setup> File Tools </div> <div style="font-size: 0.8em; text-align: center;">TRIG : INT DEV_A:OFF</div> <div style="font-size: 0.8em; text-align: center;">INT_R : 30Ω REF_A:0.00000pF</div> <div style="font-size: 0.8em; text-align: center;">DELAY: 0ms DEV_B:OFF</div> <div style="font-size: 0.8em; text-align: center;">Vm/Im : OFF REF_B:0.00000</div> <div style="font-size: 0.8em; text-align: center;">SYST LIMIT SETUP BinNo LCR</div>
---	--

3.5.4 极限表设置页面 (Limit Setup)

这个页面显示档比较器的极限表数据，包括主参数标称值，9 档主参数的上下限值，1 档副参数上下限。同时还包含档比较器的其它相关参数：主副参数置换 FUNC，极限公差方式 MODE，比较器开关 COMP，附属档开关 AUX。

该页面仪器不进行测量，要显示比较结果，请到 BinNo. Disp 页面察看。

NOMINAL: 0. 00000pF FUNC: Cp-D MODE: \pm TOL COMP: OFF AUX : OFF IN ALARM	 < Meas Setup > File Tools [BIN] [LOW] [HIGH] 1 2 3 2nd SYST LIMIT SETUP BinNo LCR
---	--

3.5.5 系统配置页面 (System Config)

这个页面显示一些系统状态信息，可以进行的设置有：液晶对比度调节 (CONTRAST)，讯响开关 (INFO BEEP)，比较器报警开关 (CMP ALARM)，密码设置 (PASSWORD)，总线方式 (BUS MODE)，GPIB 地址 (GPIB ADDR)，只讲方式 (TALK ONLY)。

CONTRAST INFO BEEP CMP ALARM PASSWORD BUS MODE GPIB ADDR TALK ONLY	 < System Config >  Selcet Item From Left Column ◀ SYST LIMIT SETUP BinNo LCR
--	--

4 使用说明

4.1 基本操作

仪器的基本操作如下所述。

- 组合使用页面按键或软键来显示所需的页面。(参考 3.4)
- 使用方向键把反白条移到需要设置的区域。

如图 4-1，经过两次按键操作后，反白条将在频率设置 1.00000kHz 上。
注意软键功能将随反白条区域的不同而相应改变。

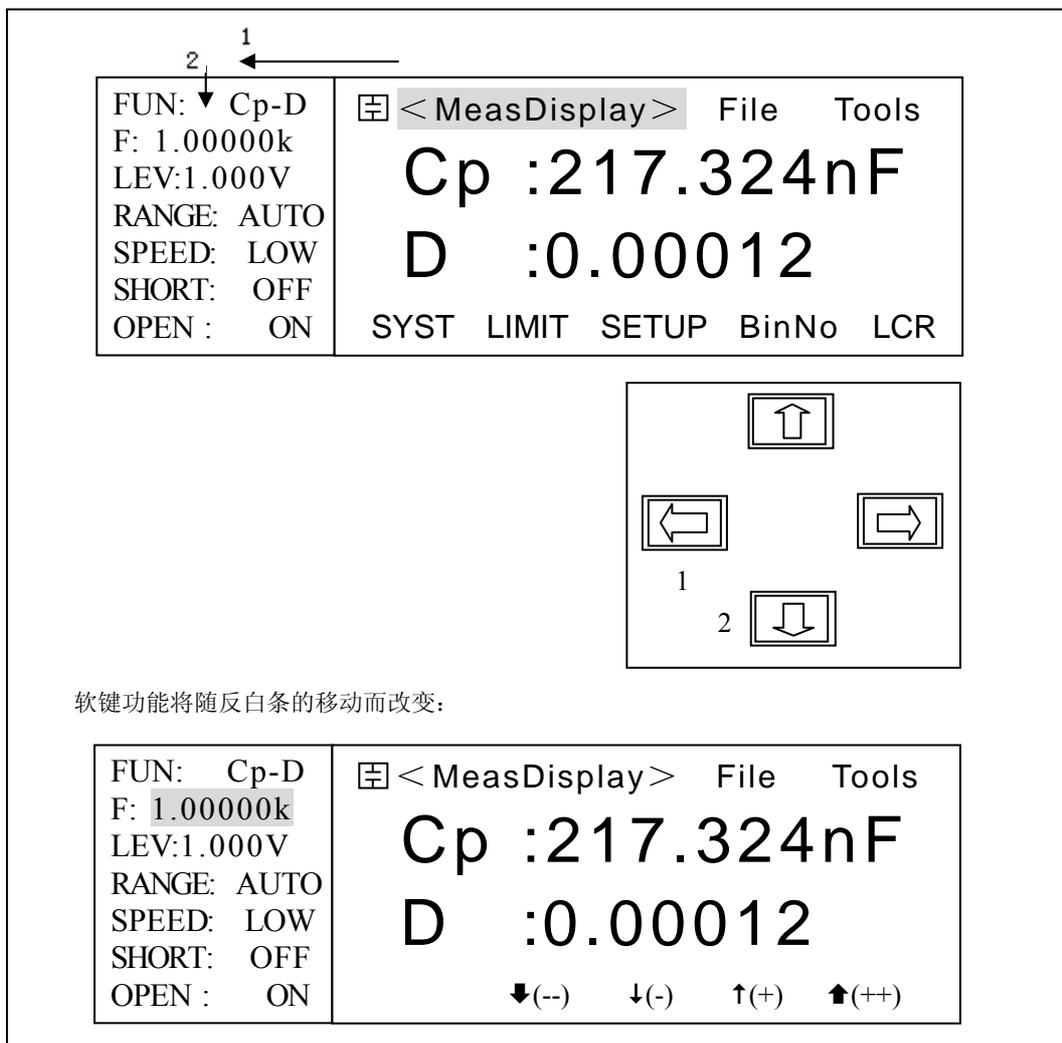


图 4-1 方向键操作示例

- 选择和按下一个软键，那么对应于这个软键的功能或修改就生效，如图 4-2 所示，如果按下 S 软键，那么箭头 1 所指的区域将显示 Cs-D，测量参数就转换为 Cs-D。如果反白区域可支持数字输入，则可以用数字键和 **ENTER** 来输入数据。

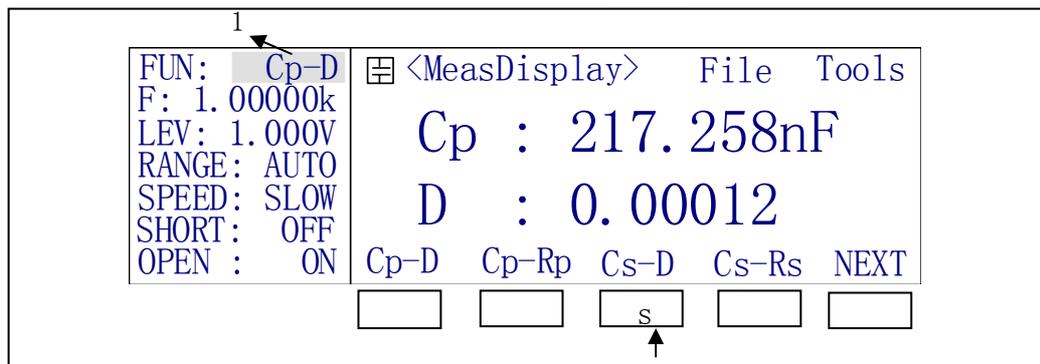


图 4-2 软键选择示例

- 当有一个数字键按下时，软件显示区域变成一些可用的单位软键，使用这些单位软键可以代替 **ENTER**。当使用 **ENTER** 时，数据将以默认的单位输入，如 Ω , V, H 等。

4.2 显示画面说明

4.2.1 开机画面

接通电源，按下电源开关后即进入开机画面。

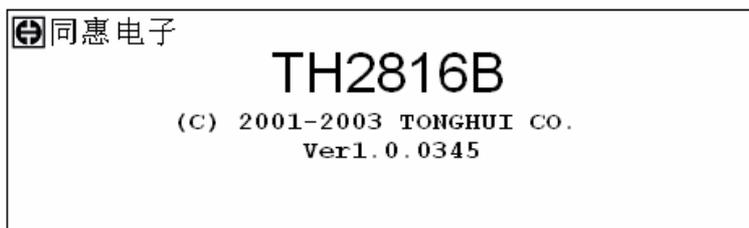


图 4-3 开机画面

开机画面中包含仪器的版本版权信息以及仪器的部分自检信息。

如果用户设置了开机密码保护，那么在该页面会提示输入密码(如图 4-4)，输入正确的密码后就可进入元件测量显示页面。如果连续三次输错密码，仪器将被锁定而不可用，关机后重新开机，继续尝试其他密码。请务必记住密码，以防带来不必要的麻烦！

☛提示：仪器出厂时默认密码为：2816

☛提示：如果不需要开机密码，请在系统配置的 PASSWORD 中更改。



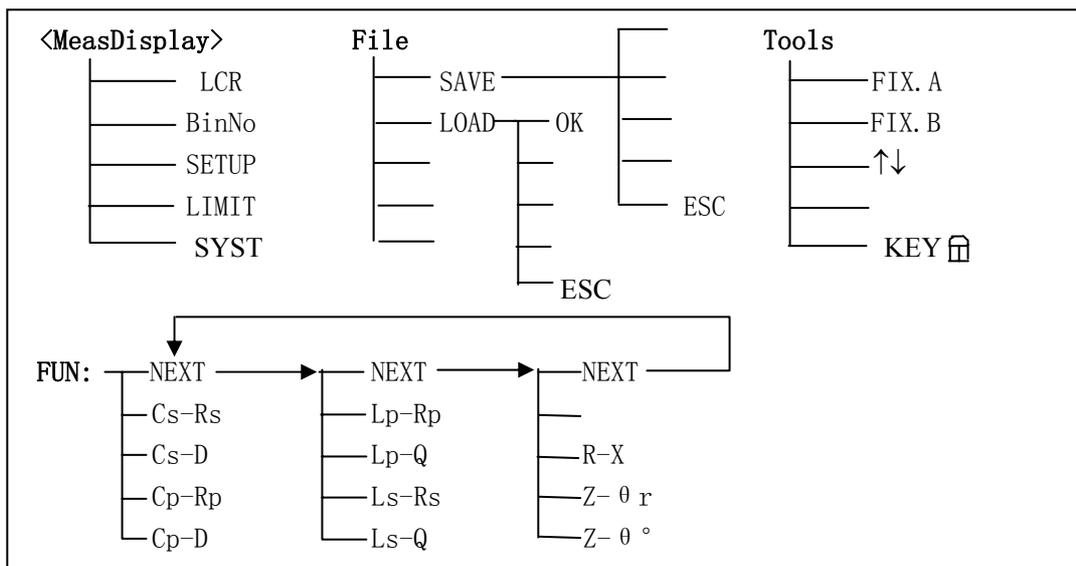
图 4-4 开机密码

4.2.2 元件测量显示页面

按下 **HOME** 页面按键，进入元件测量显示页面 (MeasDisplay)，该页面可以以大字符或小字符方式显示测量结果，同时显示一些可以设置的测量控制参数，这些参数是：测量参数 (FUN)、测试频率 (FRQ)、测试电平 (LEV)、量程 (RANGE)、测量速度 (SPEED)、短路校正 (SHORT)、开路校正 (OPEN)、文件 (File)、工具 (Tools)。如果用户打开了监视功能，那么将在监视区域显示被测元件上的电压 (Vm) 和电流 (Im)。



图 4-5 打开了监视功能的元件测量显示页面



接下页↓

接上页↑

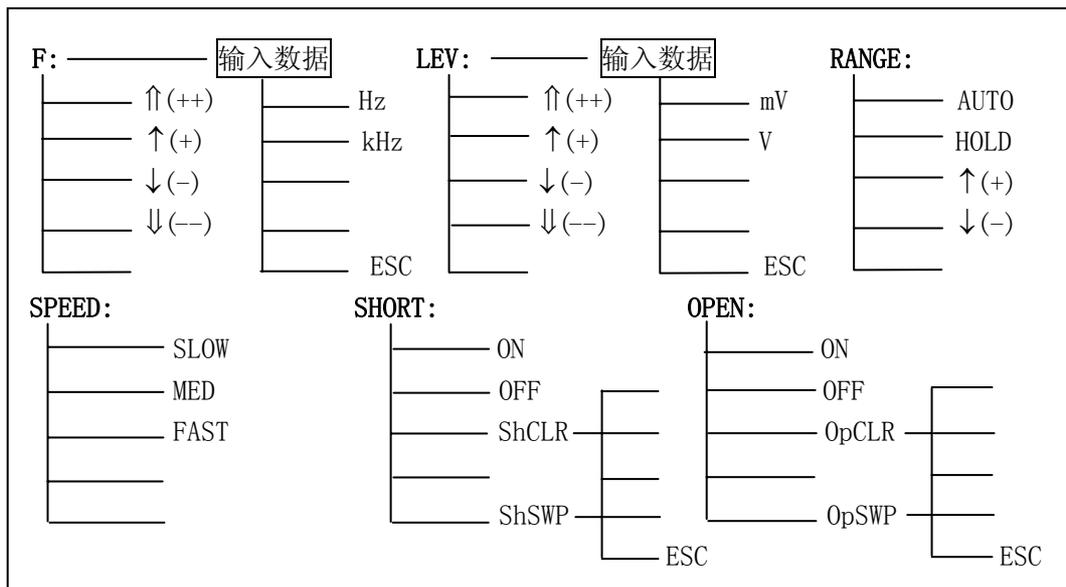


图 4-6 元件测量显示页面的可用软键

4.2.2.1 <MeasDisplay>

该区域显示了当前页面的名称。使用软键可以直接切换到其它页面：

LCR: 本页；

BinNo: 切换到档号显示页面；

SETUP: 切换到测量设置页面；

LIMIT: 切换到极限表设置页面；

SYST: 切换到系统配置页面。

4.2.2.2 FUN(测试参数)

选择仪器的测试参数显示类型，以 Cp-D 所示，Cp 为主参数，D 为副参数。本机所支持的测试参数有：

电容器参数类：Cp-D、Cp-Rp、Cs-D、Cs-Rs

电感器参数类：Ls-Q、Ls-Rs、Lp-Q、Lp-Rp

阻抗参数类：Z-θ°（度数 DEG）、Z-θ_r（弧度 RAD）、R-X

参数中，下标 s 表示等效串联方式，p 表示等效并联方式

使用软键选择需要的测试参数，如果你所需的测试参数没有在软键区显示，按 **NEXT** 选择另外一组测试参数直到该参数已显示。

4.2.2.3 F(测试频率)

TH2816B 具有 50Hz 到 200kHz 间共的 37 个典型频率，可用数字键输入。

把反白条移到 F 区域，然后就能使用下面几个软键选择所需的频率点。

- **↑(++)**、**↓(--)** 频率快调软键，使用这两个软键可以方便的选择以下频率：最小频率（50Hz）、100Hz、1kHz、10kHz、100kHz、最大频率（200kHz）。
- **↑(+)**、**↓(-)** 频率细调软键，使用这两个软键就可以按顺序选择 TH2816B 的 37 个典型频率（如下表）。

							50Hz	60Hz	80Hz
100Hz	120Hz	150Hz	200Hz	250Hz	300Hz	400Hz	500Hz	600Hz	800Hz
1kHz	1.2kHz	1.5kHz	2kHz	2.5kHz	3kHz	4kHz	5kHz	6kHz	8kHz
10kHz	12kHz	15kHz	20kHz	25kHz	30kHz	40kHz	50kHz	60kHz	80kHz
100kHz	120kHz	150kHz	200kHz						

表 4-1 TH2816B 典型频率表

①注意：如果输入的频率不是 TH2816B 所支持的频率，则 TH2816B 自动修正到小于输入频率但最接近的那个频率点上。

4.2.2.4 LEV(测试电平)

测试电平设置了内部振荡器产生的测试正弦波的有效值，可以设置从 0.01V~2.00V 之间以 0.01V 步进的所有电平。

把反白条移到 LEV 区域进行测试电平的选择。

- **↑(++)**、**↓(--)** 电平快调软键，使用这两个软键可以上下快速调节到 0.01V~2.00V 之间以 0.01V 步进的所有电平。
- **↑(+)**、**↓(-)** 电平细调软键，所有 0.01V~2.00V 之间以 0.01V 步进的电平都可以通过这两个软键进行选择。

提示：可以使用数字键直接输入所需电平。

4.2.2.5 RANGE(量程)

本仪器共分九个量程：10Ω、30Ω、100Ω、300Ω、1kΩ、3kΩ、10kΩ、30kΩ、100kΩ。根据被测件(包括电容和电感)的阻抗进行量程选择。

量程及对应的测量范围参见表 4-2。

量程的定义是概念性的，即量程的测量限是模糊的，没有绝对的界限。仪器工作在自动量程时，可以找到最适合的量程进行测量，在大多数应用中，推荐使用自动量程方式，以避免因量程选择错误导致不正确的测量。

在有些特定场合，则应锁定量程进行测量，如同品种的批量测试及分选测试，可利于效率、速度及稳定性的提高；电感器的偏流叠加测试中，最好能锁定在合适的量程上测量，

因为偏置电流引入的信号抖动及干扰可能使本仪器难以快速甚至无法寻找准确的量程。

锁定量程的合理方法是先让仪器自动测量，在测出准确稳定值的情况下再锁定量程，或根据被测件阻抗大小参考下表选择：

量程号	量程定义	测量范围
8	10 Ω	0 ~ 10 Ω
7	30 Ω	10 Ω ~ 100 Ω
6	100 Ω	100 Ω ~ 316 Ω
5	300 Ω	316 Ω ~ 1k Ω
4	1k Ω	1k Ω ~ 3.16k Ω
3	3k Ω	3.16k Ω ~ 10k Ω
2	10k Ω	10k Ω ~ 31.6k Ω
1	30k Ω	31.6k Ω ~ 100k Ω
0	100k Ω	100k Ω ~ ∞

表 4-2 量程及测量范围

①注意：量程的分界并没有严格的定义；

②注意：自频率 20kHz 以上，不使用量程号 0

使用方向键移动反白条到 RANGE 区域，将会出现以下的软键：

- **AUTO** 这个软键用来设置为自动量程方式。
- **HOLD** 使用这个软键把自动量程方式转化为锁定量程方式，在锁定量程方式下，量程是固定的，在量程显示区域显示当前的固定量程。
- **↑(+)** 这个软键用来在锁定量程方式下递增选择量程。
- **↓(-)** 这个软键用来在锁定量程方式下递减选择量程。

4.2.2.6 SPEED(测量速度)

仪器有三种测试速度可选：SLOW(慢速)、MED(中速)、FAST(快速)。

慢速：1.5 次/秒，可获得较高的测量准确度和稳定性

中速：10 次/秒，是精度，稳定性及速度的最优组合

快速：30 次/秒，测试速度快，但精度及稳定性下降

使用方向键移动反白条到 SPEED 区域，出现 **SLOW**、**MED**、**FAST** 三个软键，按下软键选择需要的测量速度。

实际测量速度会受到多方面因素的影响，指标中给定的是可能达到的最快速度。

①注意：在测量显示页面，大字符显示时间（约 50ms）比一次快速测量时间要长，因此若要体现快速测量，应选用小字符显示。

4.2.2.7 OPEN(开路清零)

开路清零用于清除用户测试夹具或测试电缆及内部杂散阻抗的影响。仪器可进行单频

开路清零 (OpCLR) 或扫频开路清零 (OpSWP)。

单频清零即只对当前设定的测试频率进行清零，而扫频清零则对所支持的典型频率逐一进行清零。

①注意：不管是处于量程锁定还是自动状态，仪器总是以自动量程进行开路清零。清零之前应保证测试夹具可靠开路。

移动反白条到 OPEN 区域，显示下面四个软键：

- **ON** 按下这个软键，打开开路校正，表示在以后的测量中使用开路校正。
- **OFF** 按下这个软键，关闭开路校正，表示在以后的测量中不使用开路校正。
- **OpCLR** 按下软键，对当前频率进行一次单频开路清零，按 **ESC** 可中止进程。

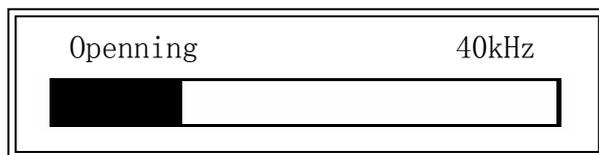


图 4-7 开路扫频清零

- **OpSWP** 按下软键，将进行扫频开路清零，并显示如图 4-7 所示的清零进程框。在清零过程中，**ESC** 软键可用，用来中止扫频开路清零，仪器存储的依然是以前的开路清零数据。

提示：高阻抗器件 ($>3k\Omega$) 的精确测量应打开开路校正并可靠开路清零。

4.2.2.8 SHORT (短路清零)

短路清零用于清除用户测试夹具或测试电缆及内部接触阻抗或引线阻抗的影响。仪器可进行单频短路清零 (ShCLR) 或扫频短路清零 (ShSWP)。

单频清零即只对当前设定的测试频率进行清零，而扫频清零则对所支持的典型频率逐一进行清零。

①注意：不管是处于量程锁定还是自动状态，仪器总是以自动量程进行短路清零。清零之前应保证测试夹具可靠短路。

移动反白条到 SHORT 区域，显示下面四个软键：

- **ON** 按下这个软键，打开短路校正，表示在以后的测量中使用短路校正。
- **OFF** 按下这个软键，关闭短路校正，表示在以后的测量中不使用短路校正。
- **ShCLR** 按下软键，对当前频率进行一次单频短路清零，按 **ESC** 可中止进程。
- **ShSWP** 按下软键，将进行扫频短路清零，并显示如图 4-8 所示的清零进程框。在清零过程中，**ESC** 软键可用，用来中止扫频短路清零，仪器存储的依然是以前的短路清零数据。

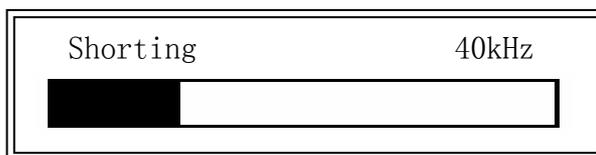


图 4-8 短路扫频清零

☞提示:低阻抗器件(<100Ω)的精确测量应打开短路校正并可靠短路清零。

4.2.2.9 Tools(工具)

反白条移到 Tools 区域, 出现以下软键:

- **FIX.A** 用于锁定主参数的小数位数。重复按此软键, 可以看到主参数显示的小数位数递减改变, 小数位数递减到最后一位后, 自动取消小数点锁定模式。
- **FIX.B** 用于锁定副参数的小数位数。
 - ①注意: 小数位数锁定后, 小数点及单位将不随被测件大小而改变。锁定后, 将在 MeasDisplay 页面的大字符显示的小数点下显示一下划线标记。
 - ①注意: 小数点锁定后对于其它测量页面同样有效。
 - ☞提示: 改变测试参数时, 小数位数锁定模式被自动取消。
 - ☞提示: 同产品同规格的批量测试时, 使用小数点锁定功能可以减少不必要的无用的小数位数, 从而减少数字跳动, 方便读数; 并可减少数据处理时间, 提高测试速度。
- **↑↓** 用于改变测量结果的显示字体, 在大字符与小字符之间切换。小字符显示页面如图 4-9。小字符刷新显示时间大约为 3ms, 而大字符刷新显示时间大约为 50ms, 因此, 若要体现快速测量, 应设置为小字符显示。

FUN: Cp-D F:1.00000k LEV: 1.000V RANGE: AUTO SPEED: SLOW SHORT: OFF OPEN: ON	<table border="1"> <tr> <td><MeasDisplay></td> <td>File</td> <td>Tools</td> </tr> <tr> <td>Cp :217.258nF</td> <td>D :0.00012</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Vm:999.1mV</td> <td>Im:1.364mA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>SYST LIMIT</td> <td>SETUP</td> <td>BinNo LCR</td> </tr> </table>	<MeasDisplay>	File	Tools	Cp :217.258nF	D :0.00012		Vm:999.1mV	Im:1.364mA		SYST LIMIT	SETUP	BinNo LCR
<MeasDisplay>	File	Tools											
Cp :217.258nF	D :0.00012												
Vm:999.1mV	Im:1.364mA												
SYST LIMIT	SETUP	BinNo LCR											

图 4-9 以小字符显示的元件测量显示页面

- **KEY**  键盘锁功能软键。按下软键, 键盘将被锁定, 页面上同时显示键盘被锁定的信息“KeyLocked!”, 页面显示如图 4-10。
批量测试时, 特别在机械分选系统中, 通过键盘锁定, 可防止已设定参数及状态被无意修改。

FUN: Cp-D F:1.00000k LEV: 1.000V RANGE: AUTO SPEED: SLOW SHORT: OFF OPEN: ON	<table border="1"> <tr> <td><MeasDisplay></td> <td>File</td> <td>Tools</td> </tr> <tr> <td>Cp : 217.258nF</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>D : 0.00012</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>KEY </td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	<MeasDisplay>	File	Tools	Cp : 217.258nF			D : 0.00012			KEY 		
<MeasDisplay>	File	Tools											
Cp : 217.258nF													
D : 0.00012													
KEY 													

图 4-10 键盘锁定后的软键显示

键盘锁定后, 除解锁软键外其它键都不能使用, 如果要解锁, 按下解锁软键 **KEY** , 键盘就能恢复使用, 如果设定了密码解锁, 那么还会显示密码输入框, 输入正确的密码后才能解锁, 或者可以按 **ESC** 软键退出解锁。

☞提示: 仪器出厂时默认密码为: 2816

4.2.2.10 File(文件)

用户可以将设定的参数以文件的形式存入仪器内部非易失性存储器。当需要使用同样的设定时，用户无需重新设定这些参数，只需加载相应的文件，就可以得到上次设定的参数，从而大大节省了用户重复设定参数的时间。

本仪器一共可以设定 12 组文件。

文件中保存了除开路、短路外的用户设置的所有测量参数和极限设置，但不包括系统配置参数。反白条在文件区域时，显示两个操作软键：

- **SAVE** 保存当前设置为一个文件。显示屏上提示输入文件号(0~11)，输入文件号后按 ENTER 键提示输入文件名，输入文件名后按 ENTER 即完成文件的保存。如果未输入文件名直接按 ENTER 键，文件以<Unnamed>为缺省名。如果中途放弃操作，按下 ESC 软键退出保存文件。文件名以大写字母 A~Z、数字 0~9、特殊字符 % ^ & * , : ; ? + = () ! @ # \$等组成。

输入规则：当按某一数字键时，如果该键对应的字母（或特殊字符）已经显示在软键区，则输入该数字，否则切换软键功能而不输入数字；按软键时，将输入软键对应的大写字母或特殊字符。

Ⓢ注意：仪器在覆盖已存在的文件记录时并不提示。

- **LOAD** 用来加载一个文件，即从内部非易失性存储器调用一组参数设置。按下软键后出现一个文件列表框，如图 4-11 所示。列表框显示了所有存在文件的文件名，使用上下方向键选择文件，同时框内第一行显示相应文件的文件号，选中需要的文件，按下 OK 软键加载此文件，如果想退出加载文件，按 ESC 软键。

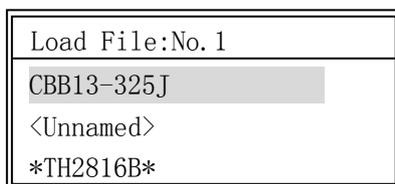


图 4-11 文件加载列表框

4.2.3 档号显示页面

按页面翻页键，或软键 BinNo，进入档号显示页面。在这个页面上以大字符显示档分选结果，以小字符显示测量结果，可以设定的测量控制参数有：比较器开关 ON/OFF (COMP)、附属档开关 ON/OFF (AUX)、文件 (File)、工具 (Tools)。还有一些参数不可设定，但可以在测量设置页面或元件测量显示页面上设置，这些参数有：测量参数 (FUN)、测试频率 (FRQ)、测试电平 (LEV)、量程 (RANGE)、测量速度 (SPEED)、短路校正 (SHORT)、开路校正 (OPEN)。图 4-12 与图 4-13 是档号显示页面及该页面上的可用软键。

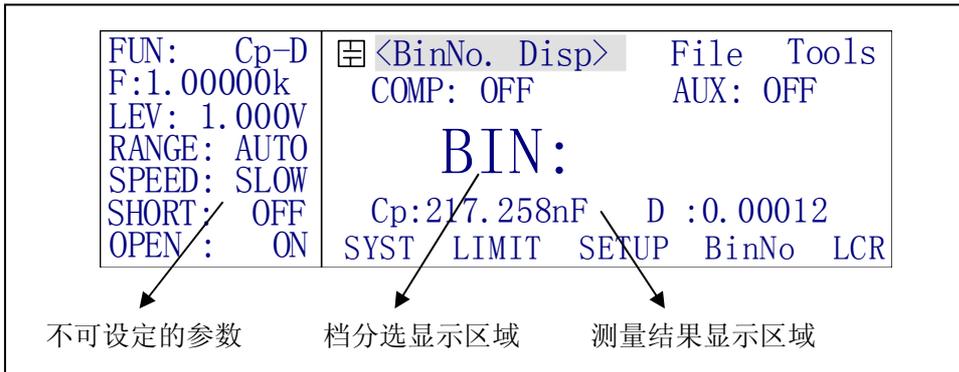


图 4-12 档号显示页面

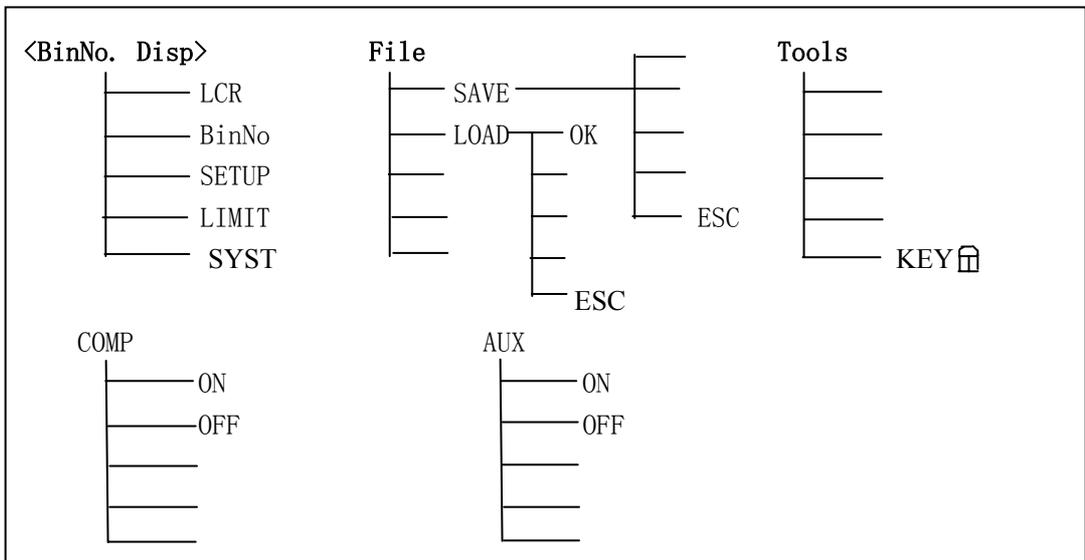


图 4-13 档号显示页面的可用软键

4.2.3.1 COMP(比较器开关)

TH2816B 可进行多档分选，并可从 HANDLER 接口输出分选信号，要使用此项功能，必须打开比较器开关。

移动反白条到 COMP 区域，显示有两个软键：ON、OFF，通过选择软键来设置档比较器 (COMP) 的开 (ON) 或关 (OFF)。

☞ **提示：**有关比较器及极限表的设置详见 4.2.5 极限列表一节，在极限列表表中也可进行比较器开关的设置。

4.2.3.2 AUX(附属档开关)

主参数满足极限列表而副参数不合格时，可以归类为附属档，也可以直接归为不合格档。如果要使用附属档，必须打开附属档开关。

移动反白条到 AUX 区域，显示有两个软键：ON、OFF，通过选择软键来设置附属档 (AUX) 的开 (ON) 或关 (OFF)。

当附属档 (AUX) 关闭后，则一旦副参数不合格，即归为不合格档 (OUT)。

☞ **提示：**有关比较器的概念详见 4.2.5 极限列表一节。

4.2.3.3 File(文件)

移动反白条到文件区域，显示 LOAD、SAVE 两个软键。设定好各项测量控制参数，按下 SAVE 软键保存这些参数为一个文件存入仪器内部非易失性存储器。如果想加载一个文件，按下 LOAD 软键，从弹出的文件列表框中选择需要的文件，按下 OK 软键即可。参阅 4.2.2.10 的具体介绍。

4.2.3.4 Tools(工具)

工具区域下只有一个软键 KEY ，按下软键，键盘将被锁定，键盘锁定后，除解锁软键外其它键都不能使用，如果要解锁，按下解锁软键 KEY ，键盘就能恢复使用，如果设定了密码解锁，那么还会显示密码输入框，输入正确的密码后才能解锁，或者可以按 ESC 软键退出解锁。参阅 4.2.2.9 的具体介绍。

4.2.4 测量设置页面

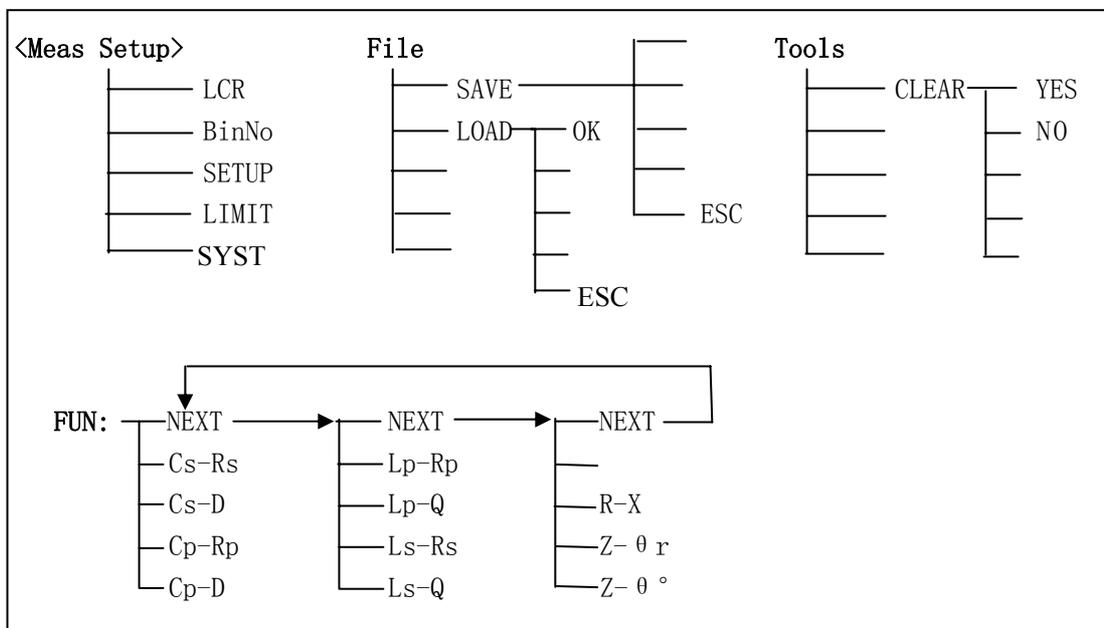
按页面翻页键或软键 **SETUP**，进入测量设置页面。这个页面可以设置的控制参数有：测量参数 (FUN)、测试频率 (FRQ)、测试电平 (LEV)、量程 (RANGE)、测量速度 (SPEED)、短路校正 (SHORT)、开路校正 (OPEN)、触发方式 (TRIG)、输出内阻 (INT_R)、延时 (DELAY)、平均次数 (AVG)、监视电压和电流 (Vm/Im)、主参数偏差显示模式 (DEV_A)、副参数偏差显示模式 (DEV_B)、主参数偏差参考值 (REF_A)、副参数偏差参考值 (REF_B)。下面是测量设置页面和该页面下的可用软键。



图 4-14 测量设置页面

图 4-14 中箭头指向区域的控制参数除了不能进行开路和短路清零外，其它与元件测量显示页面的一些参数完全相同，在这节就不再描述这些参数。

下图示意了在测量设置页面的软键结构。



接下页↓

接上页↑

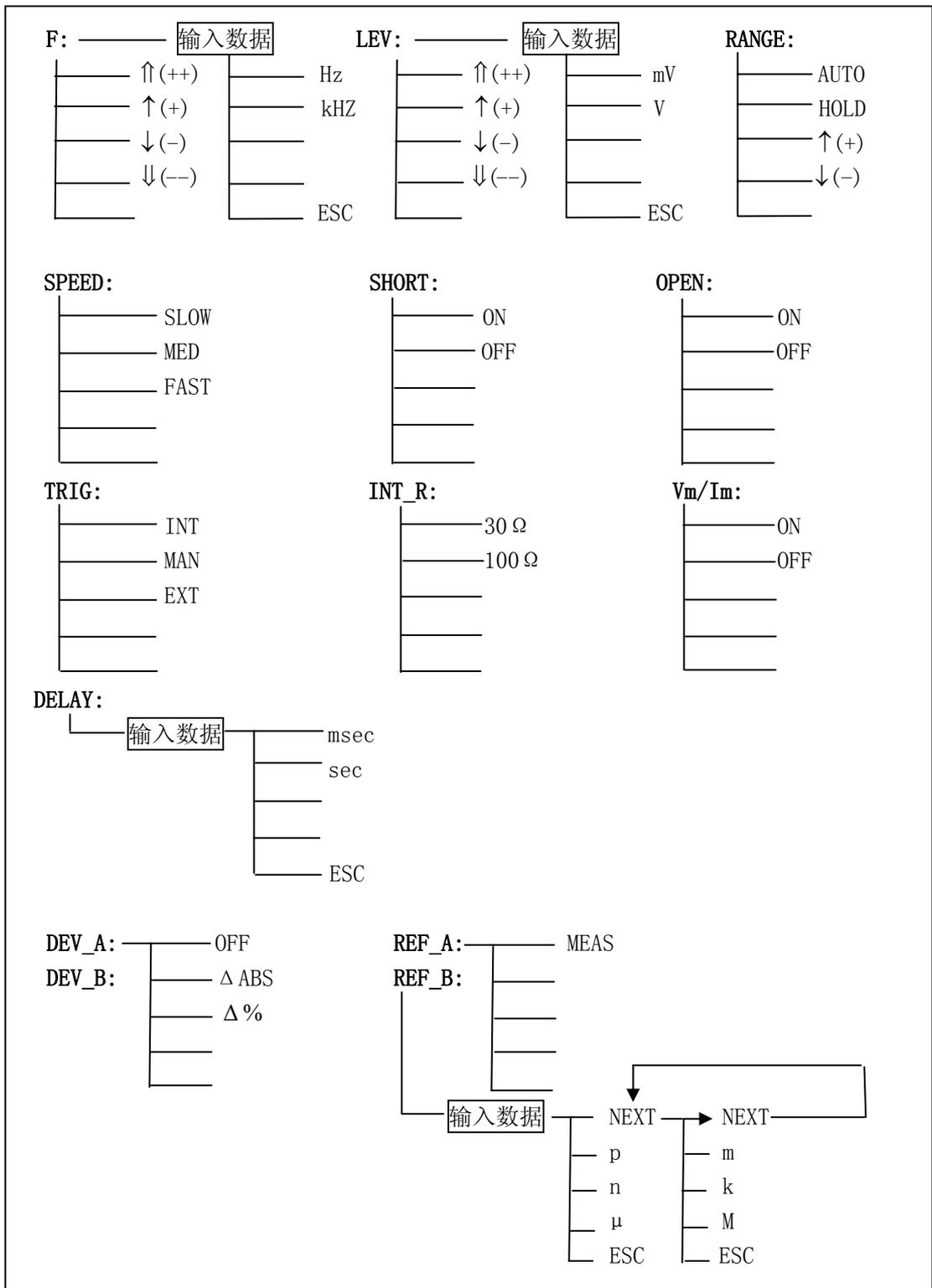


图 4-15 测量设置页面的可用软键

4.2.4.1 TRIG(触发方式)

仪器只有在接受到一个触发信号后才能启动一次测量。本仪器有四种触发方式：INT(内部)、EXT(外部)、MAN(手动)、BUS(总线)，仪器只能接受当前触发方式下的触发信号，触发信号也只有在测量页面才有效。

内部触发 (INT)，由仪器内部自动生成，因而可以连续不断地测量。

手动触发 (MAN)，当按面板上的 **TRIGGER** 键时，即触发一次测量。

外部触发 (EXT)，由外部经 HANDLER 接口板输入一个宽度大于 $1\mu\text{s}$ 的 TTL 负脉冲，其上升沿形成触发。

总线触发 (BUS)，通过 RS-232C 或 GPIB 接口发送 TRIGGER 命令启动测量。

移动反白条到 TRIGGER 区域，有 3 个软键可以选择：**INT**、**MAN**、**EXT**。如果要设定为总线触发模式，则通过 RS-232C 或 GPIB 接口发送总线命令给仪器。

Ⓢ注意：总线触发方式只能通过总线命令设定，详见第八章命令参考。

Ⓢ注意：在一次测量未结束前，仪器忽略其他触发，只有测量结束后才能再次触发。

4.2.4.2 INT_R(输出内阻)

内阻是测试信号源的输出阻抗，本仪器提供两种内阻选择： 100Ω 和 30Ω 。移动反白条到 INT_R 区域，显示 100Ω 和 30Ω 两个软键，选择所需的内阻。

设定了测试电平 V_s 后，流过被测件 (DUT) 的测试电流 I_s 由 DUT 的阻抗 $Z_x=R_x+jX_x$ 和源内阻 R_s 共同决定，即：

$$I_s = \frac{V_s}{|R_s + R_x + jX_x|}$$

由于有些被测件如高磁导的磁芯电感器的测量值会因测试电流大小不同而不同，即具有电流敏感性，所以在同样电平的情况下，不同的内阻必然会导致不同的测量结果，输出内阻可选择功能是为了便于让电流敏感器件获得相对一致的测量结果。本仪器采用两种低的源输出内阻，默认值为 30Ω 。美国HP4284A的内阻是 100Ω ，所以那些用HP4284A作为标准的用户可能需要改变本仪器的内阻以获得数据统一。本公司有些LCR产品内阻为 30Ω 且市场上现有产品大部分内阻为 $20-30\Omega$ ，这样可为使用这些产品的用户在测量数据的统一上提供方便。

对于非电流敏感的特别是低阻抗的测试件，我们推荐使用 30Ω 源内阻。

4.2.4.3 DELAY(延时)

这里的延时也称为触发延时，是指仪器从接受到触发信号到开始测量的一段时间。触发延时的范围是 $0\text{ms}\sim 60\text{s}$ ，以 1ms 步进。

延时多用于在测试状态上获得时间上的同步以及控制测试节奏，如在机械分选系统里，

触发信号可能先于测试件进入待测状态而到达，此时就有必要设定适当的延时。

移动反白条到 DELAY 区域，使用数字键输入延时的时间。当键入第一个数字时，软键显示区域显示下面三个软键：

- **ESC** 退出延时时间的设定。
- **msec** 和 **sec** 选择输入数据的单位，可以代替 **ENTER** 使用。

4.2.4.4 V_m/I_m (监视电平和电流)

监视电平和电流功能提供对当前测试条件下加在被测件上的电平和流过被测件的电流的监视。如 4.2.4.2 所述，被测件 (DUT) 上的测试电平和电流是由源阻抗 R_s 和 DUT 的阻抗 Z_x 共同决定的，在给定的测试电平 V_s 下， V_m 、 I_m 分别由下式给出：

$$I_m = \frac{V_s}{|R_s + R_x + jX_x|}$$

$$V_m = I_m \times Z_x$$

移动反白条到 V_m/I_m 区域，显示以下两个软键：

- **ON** 打开监视。
- **OFF** 关闭监视。

①**注意：**监视电平和电流只能在元件测量显示页面显示，在其它测量页面没有显示，但可以通过 RS232C 或 GPIB 总线查询。

4.2.4.5 DEV_A (主参数偏差模式)、DEV_B(副参数偏差模式)

偏差(Deviation)功能是以实际测量值与参考值经过偏差运算后作为结果输出和显示，主副参数可以各自独立进行偏差处理。有两种偏差方式可选：

Δ ABS (绝对偏差显示)，计算公式是： Δ ABS = X - Y，其中 X 是被测件的测量值，Y 是设定的参考值，参见 4.2.4.6。

Δ % (百分比偏差显示)，计算公式是： Δ % = (X - Y)/Y * 100 %，其中 X 是被测件的测量值，Y 是设定的参考值，参见 4.2.4.6。

①**注意：**档比较器始终是以实际测量值进行比较，即与偏差运算无关，因为档比较器本身具有标称值和比较模式，与偏差处理在运算性质上是相同的。

①**注意：**当使用档比较器功能时，最好关闭偏差显示模式，以避免混淆。

移动反白条到 DEV_A(主参数偏差模式)区域，将显示下面三个软键：

- **OFF** 直接显示测量结果，即关闭偏差显示功能。
- **Δ ABS** 以绝对值偏差显示测量结果。
- **Δ %** 以百分比偏差显示测量结果。

移动反白条到 DEV_B(副参数偏差模式)区域，和 DEV_A 一样可选择副参数的偏差模式。

4.2.4.6 REF_A (主参数偏差参考)、REF_B(副参数偏差参考)

当使用偏差显示模式时，需要设置偏差参考值。

移动反白条到 REF_A 区域来设定主参数的偏差参考值，软键显示区域有一个软键 MEAS，按下 MEAS 软键，进行一次测量，并把测量结果的主参数作为参考值，也可以自己通过键盘来输入数据。输入一个数字后，软键区域就显示单位 (μ 、n、p、M、k、m)，按下相应软键选择单位，按 ESC 退出设定标称值。

副参数参考值的设定和主参数一样。

4.2.4.7 File(文件)

移动反白条到文件区域，显示 LOAD、SAVE 两个软键。设定好各项测量控制参数，按下 SAVE 软键保存这些参数为一个文件存入仪器内部非易失性存储器。如果想加载一个文件，按下 LOAD 软键，从弹出的文件列表框中选择需要的文件，按下 OK 软键即可。参阅 4.2.2.10 相关内容。

4.2.4.8 Tools(工具)

移动反白条到工具区域，显示一个 CLEAR 软键，使用这个软键可以把测量设置页面上的所有控制参数设定成开机默认时的设置。按下 CLEAR 软键，屏幕上会显示信息“Confirm: Clear All?”，并且显示两个软键：YES 和 NO，按下 YES，把测量设置页面上的所有控制参数设定成仪器的默认设置。

4.2.5 极限列表设置页面

比较功能是将当前实测结果与预设的一组数据限进行比较，从而作出合格（包括合格所在的档位）与不合格的判断，并从 HANDLER 接口输出比较结果，可控制机械分选系统。

TH2816B 可设置 9 档极限数据，从而进行多档分选。

仪器的比较结果可分为合格档（BINn）、附属档（AUX）和不合格档（OUT），对于不合格档，还可以在 HANDLER 接口上给出具体的不合格类别信号，即主参数偏高（PHI），主参数偏低（PLO）和副参数不合格（SREJ）。

本仪器将附属档（AUX）视为不合格的一种特殊情况。

比较过程及比较结果的定义可用下图示意：

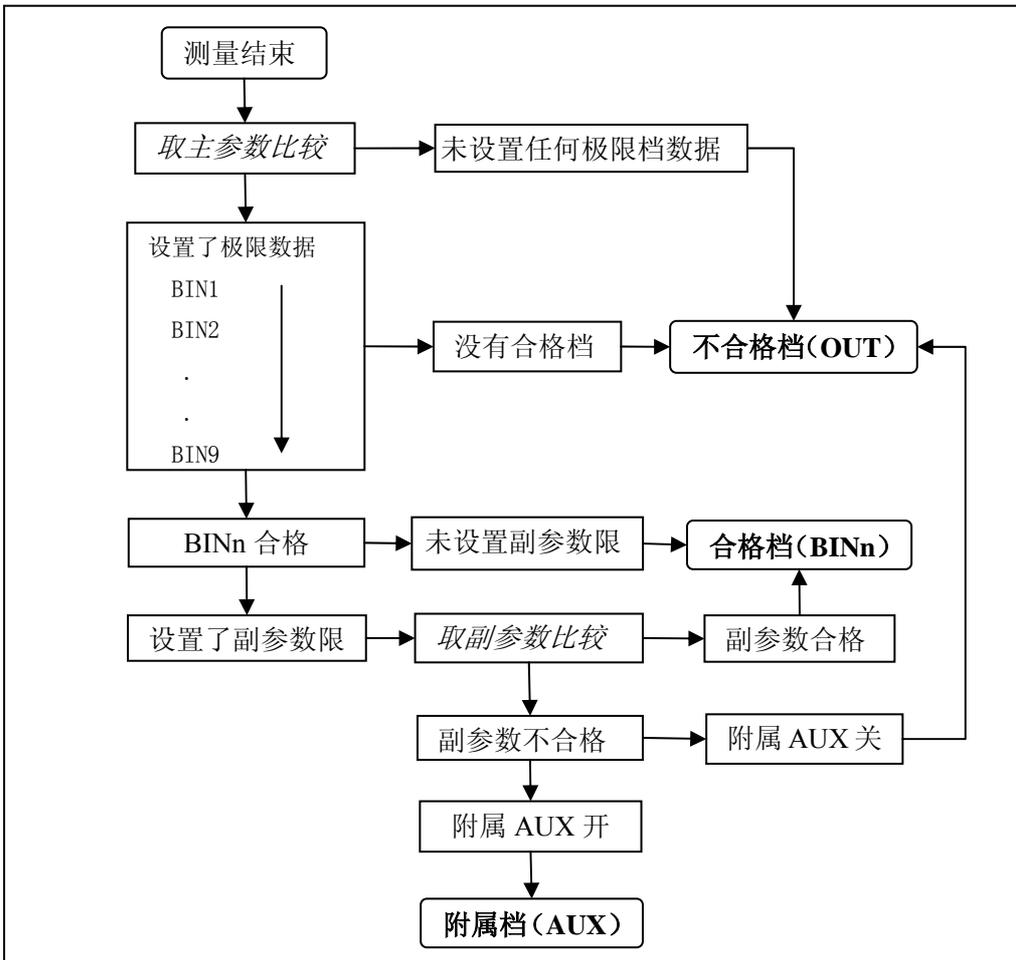


图 4-16 比较器功能示意

若使用比较器功能和分选接口，应首先对极限列表进行设置。

按页面键或软键 **LIMIT**，进入极限列表设置页面。这个页面上可以设定的参数有：标称值(NOMINAL)、测量参数(FUNC)、极限比较模式(MODE)、比较器开关 ON/OFF (COMP)、附属档开关 ON/OFF (AUX)、文件(File)、工具(Tools)。不可设定的参数是档比较器报警方式，

这个参数在系统配置页面设置。下面是极限列表的设置页面：

NOMINAL: 217.259nF	<div style="border: 1px dashed blue; padding: 2px;"> <Limit Table> File Tools </div>	
FUNC: Cp-D	[BIN]	[LOW] [HIGH]
MODE: %TOL	1 -0.050 %	0.050 %
COMP: OFF	2 -0.070 %	0.070 %
AUX: OFF	3 -0.090 %	0.090 %
ALARM OFF	2nd 0.00010	0.00014
	SYST	LIMIT SETUP BinNo LCR

极限表数据设置区域

图 4-17 极限列表设置页面

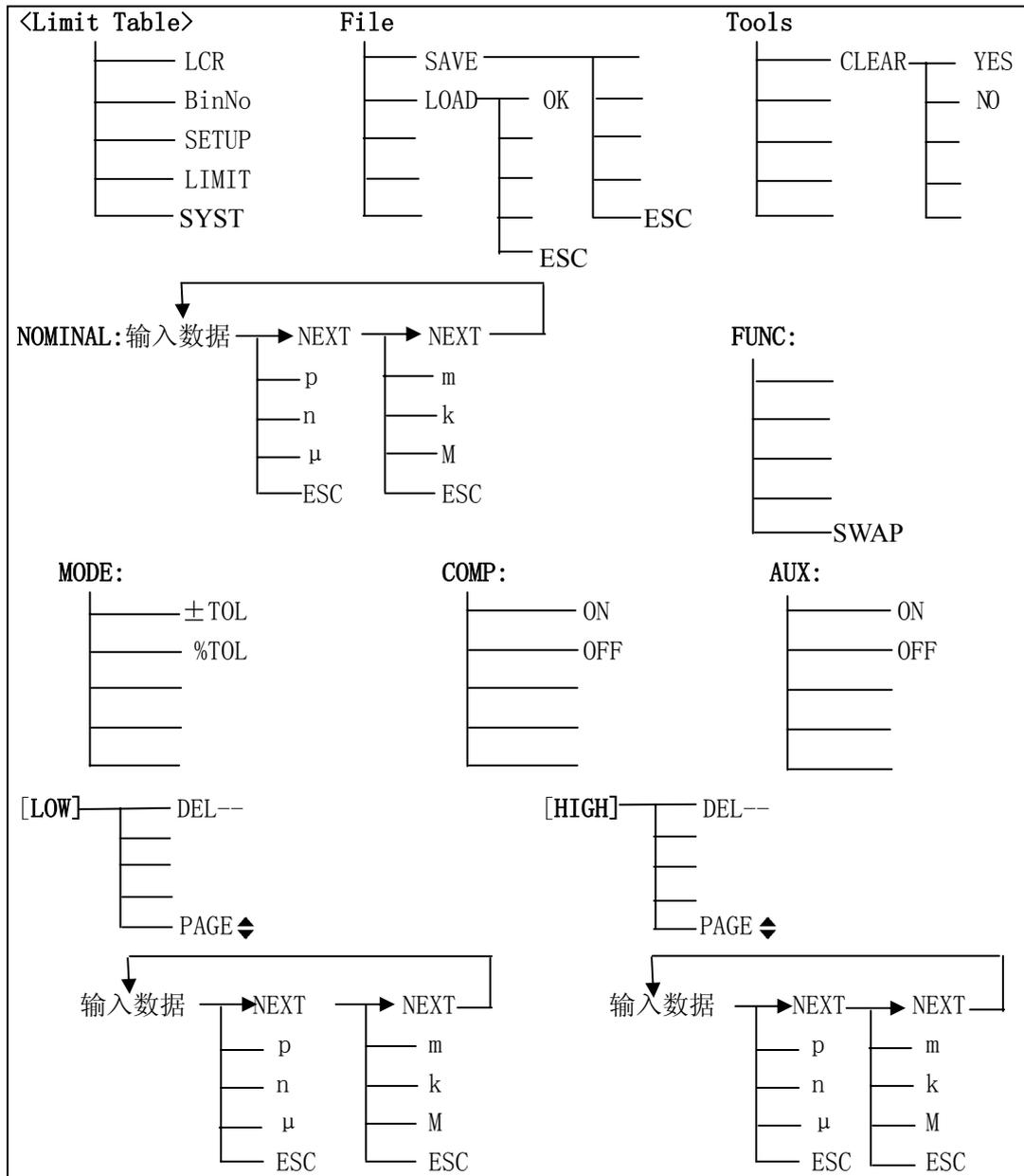


图 4-18 极限列表设置页面的可用软键

4.2.5.1 NOMINAL (标称值)

使用档比较器必须设置标称值，标称值应用于主参数。

移动反白条到 NOMINAL 区域，使用数字键和单位软键输入标称值。**一般要求在使用比较器时关闭偏差显示功能，以避免比较器运算和偏差运算间的重复。**如果在测量设置页面打开了偏差模式 (DEV_A 或 DEV_B)，进入极限列表设置页面时，会显示提示信息“CAUTION: DevMode ON”，但仪器并不使用偏差运算后的值进行比较。

4.2.5.2 FUNC (测量参数)

移动反白条到 FUNC 区域，显示一个 SWAP 软键，这个软键用来将 FUNC 区域显示的主副参数调换，例如，原先测量参数是 Cp-D，按下 SWAP，参数变为 D-Cp，这样档分选时就以 D 参数为主，而 Cp 参数为副。这种主副参数置换功能仅对档比较器有效，目的在于改变比较器的侧重点，不影响实际测量。

4.2.5.3 COMP (比较器开关)

要使用比较器功能，必须打开比较器开关。

移动反白条到 COMP 区域，显示有两个软键：ON、OFF，通过选择软键来设置档比较器 (COMP) 的开 (ON) 或关 (OFF)，也可以在档号显示页面或档计数显示页面设定比较器的开关。

4.2.5.4 AUX (附属档开关)

主参数合格而副参数不合格时归类为附属档，但要求打开附属档开关，参阅图 4-16。

移动反白条到 AUX 区域，显示有两个软键：ON、OFF，通过选择软键来设置附属档 (AUX) 的开 (ON) 或关 (OFF)，也可以在档号显示页面或档计数显示页面设定附属档的开关。

当附属档 (AUX) 关闭后，则一旦副参数不合格，即归为不合格档 (OUT)。

4.2.5.5 MODE (主参数极限公差模式)

主参数的上下限可以用绝对值公差和百分比公差两种形式。

移动反白条到 MODE 区域，显示两个软键 \pm TOL 和 %TOL。按下 \pm TOL，极限列表中的数值是绝对值公差形式；按下 %TOL，则为百分比公差形式。

4.2.5.6 LOW/HIGH (上，下极限)

多档分选的档位与极限表的上下限关系如图 4-19 所示。

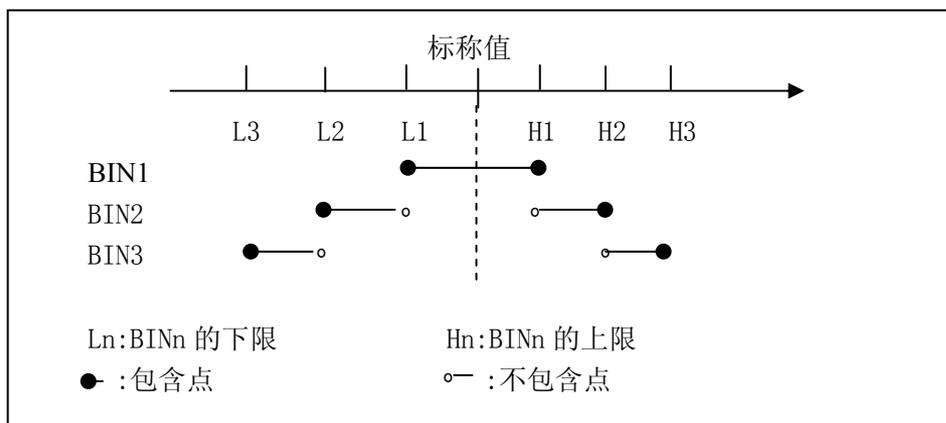


图 4-19 档位与极限

极限设置即公差设置，它包括上极限设置和下极限设置。

在设置极限列表时，从 BIN1-BIN9 要按照从较窄范围到较宽范围依次增大的原则，如果 BIN1 具有最宽范围的极限，那么所有合格的被测件将被分选进 BIN1，BIN1 之后的设置将失去意义。在极限列表中，列表下限可以大于标称值，上限也可以小于标称值，但要注意下限要小于等于上限，如果下限大于上限，将会显示警告信息“Warning : Low > High”，这样仪器不会把被测件分选进这个档。

移动反白条到 BIN1 LOW 区域，使用数字键输入数据，当输入一个数字时，以下单位软键可用：p、n、 μ 、m、k、M。完成输入后，如果原先内容为空，仪器将自动填充上极限（或下极限），原则是下限为负，上限为正，若需修改，移动反白条到需要修改的位置后输入新的数据即可。如上依次输入其它极限数据。此外，值得注意的是，2nd（副参数）上下限设置的数据只能是绝对极值形式，而不是任何基于标称值的公差形式，因为副参数没有标称值。副参数只能设一档数据，如需对副参数进行多档分选，可使用参数置换功能。

可以用 DEL 软键删除当前档的极限数据，用 PAGE 翻页，以设置或查阅 4-9 档的极限数据。

4.2.5.7 File(文件)

移动反白条到文件区域，显示 LOAD、SAVE 两个软键。设定好各项测量控制参数，按下 SAVE 软键保存这些参数为一个文件存入仪器内部非易失性存储器。如果想加载一个文件，按下 LOAD 软键，从弹出的文件列表框中选择需要的文件，按下 OK 软键即可。参阅 4.2.2.10 的具体介绍。

4.2.5.8 Tools(工具)

移动反白条到工具区域，显示一个 CLEAR 软键，使用这个软键可以清除极限列表。按下 CLEAR 软键，屏幕上会显示信息“Confirm: CLR Table?”，并且显示两个软键：YES 和 NO，按下 YES，清除极限列表。

4.2.6 系统配置页面

系统配置页面列出的是一些与测量无关的系统参数，这些参数在用户修改后将自动存储，独立于依靠文件保存的测量参数。

按页面翻页键或软键 **SYST**，进入系统配置页面。这个页面上可以设置的控制参数有：液晶对比度 (CONTRAST)、讯响 (INFO BEEP)、比较器报警方式 (CMP ALARM)、密码方式 (PASSWORD)、总线模式 (BUS MODE)、并口地址 (GPIB ADDR)、只讲方式 (TALK ONLY)。下面是系统配置页面和该页面下的可用软键。

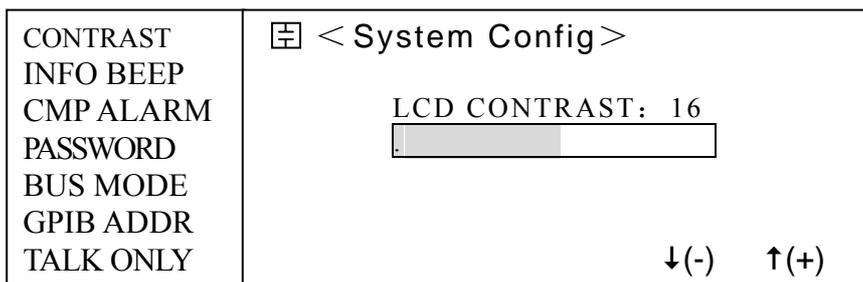


图 4-20 系统配置页的对比度调节

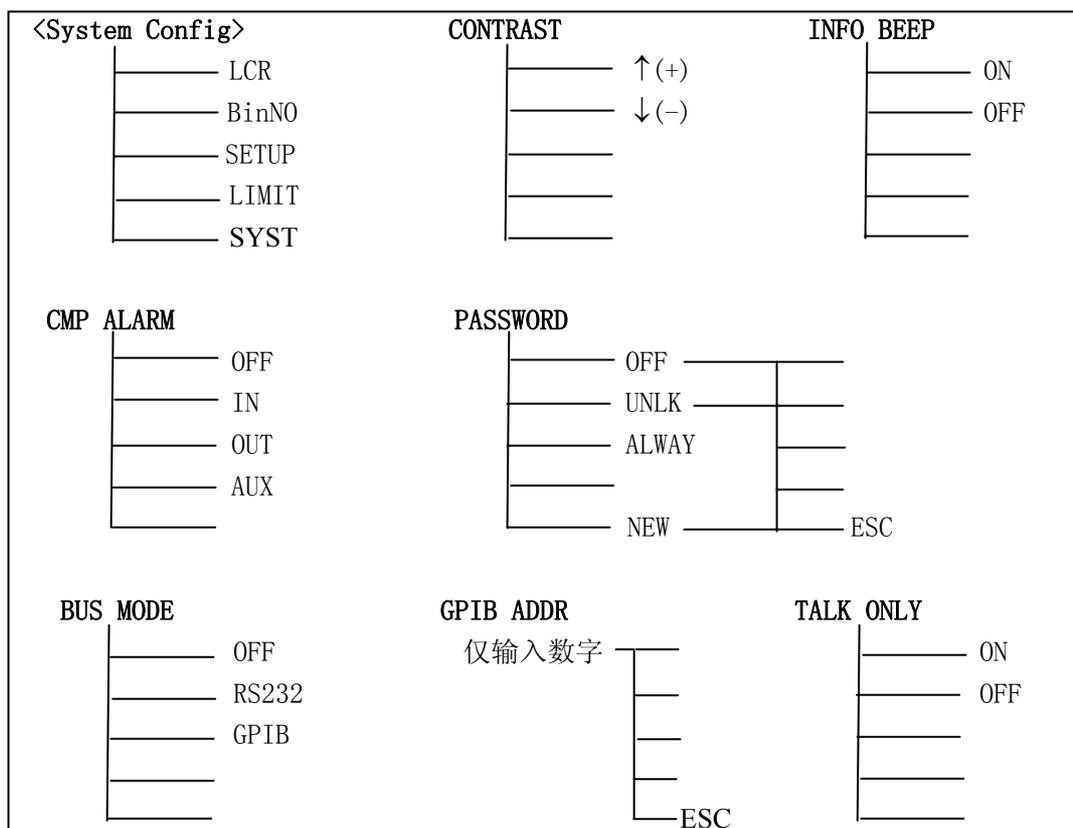


图 4-21 系统配置页面上的可用软键

4.2.6.1 CONTRAST(液晶对比度)

液晶对比度在 1-31 之间可调,移动反白条到 CONTRAST 区域,显示软键 **↑(+)**、**↓(-)**,使用这两个软键调节对比度。

4.2.6.2 INFO BEEP(讯响)

显示出错信息,警告信息等的同时都会引起讯响。移动反白条到 INFO BEEP 区域,显示软键 ON、OFF,使用这两个软键设置讯响的开或关。

4.2.6.3 CMP ALARM(比较器报警方式)

用户可以选择何种比较结果引发报警或关闭比较器报警。移动反白条到 CMP ALARM 区域,显示以下软键:

- **OFF** 关闭比较器报警;
- **IN** 合格时报警;
- **OUT** 不合格时报警;
- **AUX** 附属档时报警。

报警方式对档比较器有效,与讯响开关没有关系。

4.2.6.4 PASSWORD(密码方式)

PASSWORD 用于对用户密码进行管理。

移动反白条到 PASSWORD 区域,显示以下软键:

- **OFF** 关闭密码保护,开机和解锁时不要求输入密码。
- **UNLK** 即 UNLOCK,只设置解锁密码保护,开机无密码保护。
- **ALWAY** 即 ALWAYS,开机和解锁都设置密码保护。
- **NEW** 按下软键,修改密码,仪器提示先输入旧密码,然后输入新密码,再确认输入一次即可。密码只能由数字组成。

Ⓛ注意:当由高级别向低级别设置密码方式时,要求首先输入密码,而由低级别向高级别设置时,则不要求输入密码。密码方式的级别由高到低为:ALWAYS→UNLOCK→OFF。

☞提示:仪器出厂时的默认密码为:2816

4.2.6.5 BUS MODE(总线模式)

本仪器可使用串行总线或并行总线与外部通讯:GPIB(通用接口总线)和 RS232(串口总线),但同一时候只能使用其中的一种。移动反白条到 BUS MODE 区域,从显示的三个软键

OFF、RS232、GPIB 中选择所需的总线模式。

- OFF 关闭总线接口；
- RS232 串行接口用作标准 RS232C 接口，与计算机进行通讯时选用；
- GPIB 当选购并安装了 GPIB 接口卡时，才能设置。GPIB 接口使得与计算机的通讯更为快捷和可靠，并可方便组成多仪器测试系统。

☛提示：有关通讯接口的使用请参阅第七章远程控制 and 第八章命令参考。

4.2.6.6 GPIB ADDR (并口地址)

当本仪器被应用于 GPIB 接口总线上时，必须指定一个与总线上其它设备不同的 GPIB 地址，地址范围为 0~30，即单地址方式，无副地址。

移动反白条到 GPIB ADDR 区域，使用数字键输入所需的地址，按 **ENTER** 即可，输入地址不在 0~30 之内，仪器会提示出错信息 “Data Out!”, 并保持当前地址不变。

仪器出厂的默认地址为 8。

4.2.6.7 TALK ONLY (只讲方式)

在 TALK ONLY 方式下，仪器每测量一次，就向相应的总线发送测量结果（总线 OFF 时不发送），但不接收总线上的任何命令，即只讲不听。当仪器不能正常响应总线命令时，应检查该项设置是否正确。

移动反白条到 TALK ONLY 区域，显示软键 **ON** 和 **OFF**，使用软键选择只讲方式的开或关。

5 元件的正确测量

5.1 常用元件测量

1.  正确使用电源，按下电源开关。
2. 选择需要的测量参数，必要的话选择合适的等效方式，特别是 Q 或 D 接近 1 时，否则测量显示值将出现极大的偏差。
3. 选择需要的测试频率和合适的测试电平。
4. 设定其他需要改变的控制参数。
5. 连接合适的测试夹具或测试电缆。仪器随机配备 TH26005 测试夹具和 TH26004 四端开尔文测试电缆，可以选配 TH26006 轴向夹具芯和 TH26005 配套测量轴向引线元件，还可选配 TH27009 SMD 贴片元件测试钳。
6. 预热 20 分钟以上。
7. 连接随机提供的镀金短路板 TH26001 与测试夹具或测试电缆，对仪器执行短路清“0”。
8. 去掉短路片，对仪器执行开路清“0”。
9. 将被测件连接于测试端上，仪器开始测量。

 **警告：请勿向测试端施加电压或电流，以免损坏测试仪器！**

 **警告：测量带电器件（如电容器）前，请先放电后测试！**

5.2 被测件的正确连接

5.2.1 被测件连接

仪器具有电流驱动高端 HD、电流驱动低端 LD、电压检测高端 HS、电压检测低端 LS 和对应于每测试端的屏蔽端共五个测试端。

每个测试端都含有屏蔽层，屏蔽目的在于减小对地杂散电容的影响和降低电磁干扰。测量时 HD、HS 和 LD、LS 应在被测元件引线上连接，形成完整的四端测量，以减小引线及连接点对测试结果的影响（尤其是损耗测量）。特别是在对低阻抗元件进行检测时，应将检测端 HS、LS 连接至元件的引线端，以防止引线电阻加入被测阻抗，其连接的原则为 HS、LS 所检测的应为被测件上实际存在的电压。

换言之，最好 HD、HS 和 LS、LD 直接与被测元件引线端相连接，否则将增加测试误差。

如果接触点及引线电阻 R_{lead} 远小于被测阻抗（例如： $R_{lead} < Z_x / 1000$ ，精度要求不高于 0.2%）时则 HD、HS 及 LD、LS 可连接在一起后再连至被测元件两端（两端测量）。

在进行一些精度要求较高的测量时，使用测量夹具比使用测试导线（仪器附配的开尔

文夹具)要好的多。开尔文测试线在 10kHz 下频率测试时,可以有较好的测量结果,但超过 10kHz 频率时,开尔文测试线很难满足测试要求。因为在高频时,导线之间间隙的变化直接改变了测试端杂散电容和电感,而测试导线总是难以加以固定的;测试导线也容易引起其它的测试误差。

因此,在较高频率进行测量时应尽可能使用测试夹具,如果由于条件所限,则仪器清零时测试线的状态应尽可能与测试时保持一致,以尽量减小测试线带来的附加误差。

无论使用仪器提供的测试夹具或开尔文测试电缆或者用户自制夹具,应满足以下几方面的要求:

1. 分布阻抗必须降至最小,尤其测量高阻抗元件时。
2. 接触电阻必须降至最小。
3. 应使测试端形成完整的四端对测量。
4. 触点之间必须可以短路和开路。短路和开路清“0”可以轻易地减少测试夹具的分布阻抗对测量的影响。对于开路清“0”,测试端应该与被测件连接时一样,以相同的距离隔开。对于短路清“0”,低阻抗的短路片应该连接在测试端之间,或使 HD、LD 直接连接,HS、LS 直接连接,而后将两者连接一起。

①注意:当被测元件为有极性器件时,在测试前须注意“高电位端”请接于前面板标为 HD、HS 的端子,而“低电位端”请接于前面板标为 LD、LS 的端子。测量有极性元件时请先放电以免损坏仪器。

5.2.2 消除杂散阻抗的影响

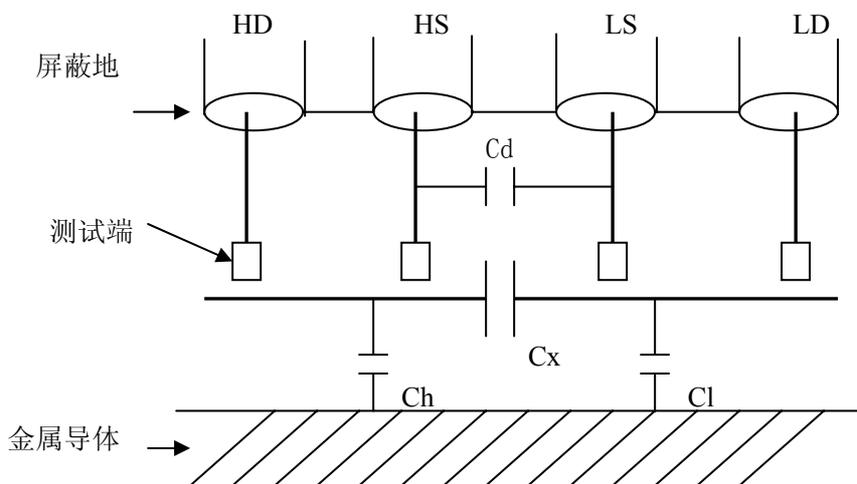


图 5-1 杂散电容的影响示意图

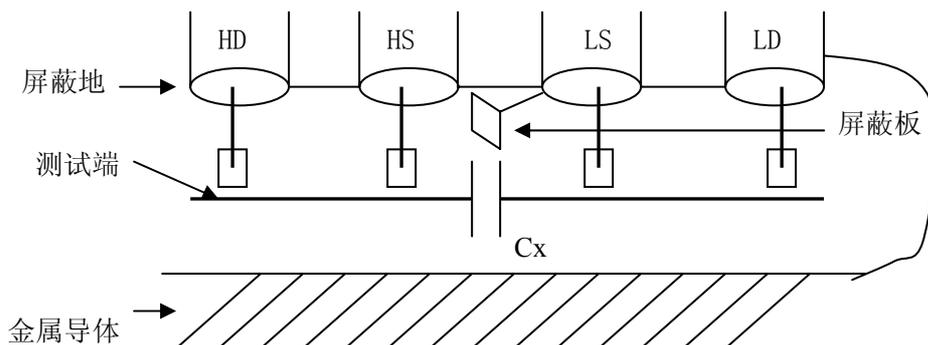


图 5-2 消除杂散电容影响方法示意图

当被测件为高阻抗时（如小电容），杂散电容的影响不能忽略，图 1 表示使用四端测量被测件的例子，图中， C_d 与 C_x 并联，当有导体板位于被测件之下时，电容 C_h 与 C_l 串联后也和 C_x 并联，这样会对测量结果产生误差。将一块接地导体放在测试高端和低端， C_d 可以降至最小，同时若把接地端子接至下面导体板， C_h 、 C_l 的影响将会消除。

当被测件为低阻抗时（如小电感、大电容），由于测量线 HD、LD 上有较大电流流过，除了测试端接触电阻的影响外，**测试线之间的电磁耦合成了测量误差的主要来源**，未很好地消除耦合会对测试结果产生意想不到的影响。一般地，接触电阻影响测试阻抗的电阻部分，电磁耦合则影响测试阻抗的电抗部分。使 HD、LD 以双绞线的方式引至测试件上，使其产生的磁场相互抵消，有助于减小电磁耦合对测试的影响。

5.3 电感器和变压器的测量

①注意：为对电感器或变压器进行准确可靠的测量，请务必仔细阅读本节内容。

5.3.1 电感器的正确测量

■ 电感器的特性

电感器是由导线环绕一个磁芯所组成，其特性依据使用的磁芯材料而定。要制作电感器，空气可说是最简单的磁芯材料，但由于电感量与所用磁芯的磁导率成正比，空气磁导率极小，由于体积效率的关系，不利于制造电感器，通常使用磁性材料，如铁氧体、高导磁合金、或纯铁体等。

大部分电感器的电感量在使用不同的测量频率和测试信号电平时会有很大的变化。有磁芯的电感器的电感量受磁性材料的磁导率 μ 的影响，磁芯的磁感应强度随流过电感线圈的电流所产生的磁场强度的变化而变化，其变化关系由磁化曲线描述，图 5-3 为一个电感线圈的典型的磁化曲线。

当对磁性材料施加一个静态磁场时，其磁感应强度 B 随着磁场强度 H （与流过电流的

大小成正比)的增加而增加,电感量 $L \propto$ 磁导率 μ , $B = \mu H$,图5-4为B、H、L的关系曲线。

在接近坐标原点的初始磁导率区域,磁感应强度缓慢增加,电感器工作在此区域时电感量较小,随后电感量随着流过电感器电流的增加而增加,当电感器磁芯超过饱和点时,电感量随着电流的增加而急剧减小,在此情况下,测试信号可能已产生失真,仪器的显示读数的稳定性变差,跳动数字增加。另一方面,磁芯损耗在某点频率上的高频区域将会明显增加,这主要取决于电感器磁芯的材料和结构。

综上所述,电感器的测量结果随测试信号和测量频率的不同将有很大的变化。

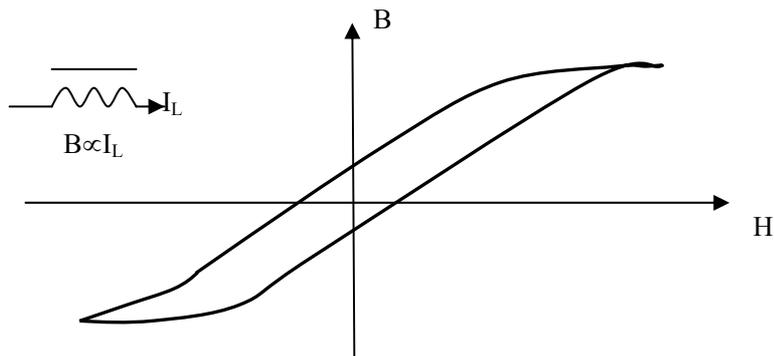


图 5-3 磁芯电感器磁化曲线

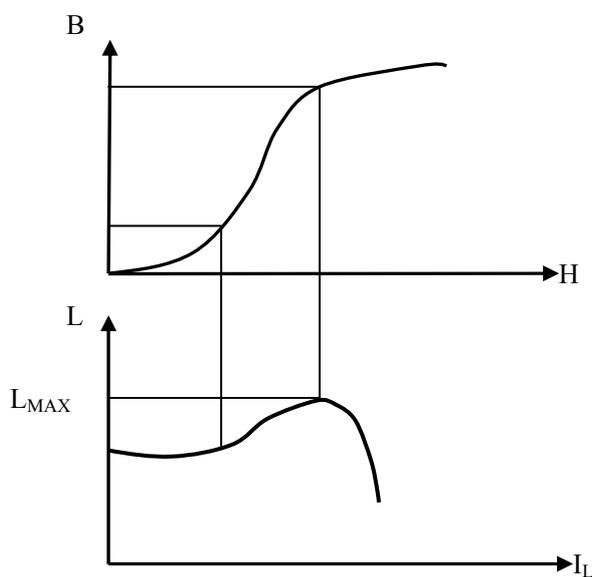


图 5-4 磁场强度、电感量的相互关系图

■ 源内阻与测试电流

一般来说,电感器的测量应尽可能使用小测试电流(即较小的测试电平)。由于不同仪器的测试信号电流的不同,则使用不同测试仪器时可能会得到不同的测试结果,这主要取决于仪器的信号源输出电压和信号源内阻。

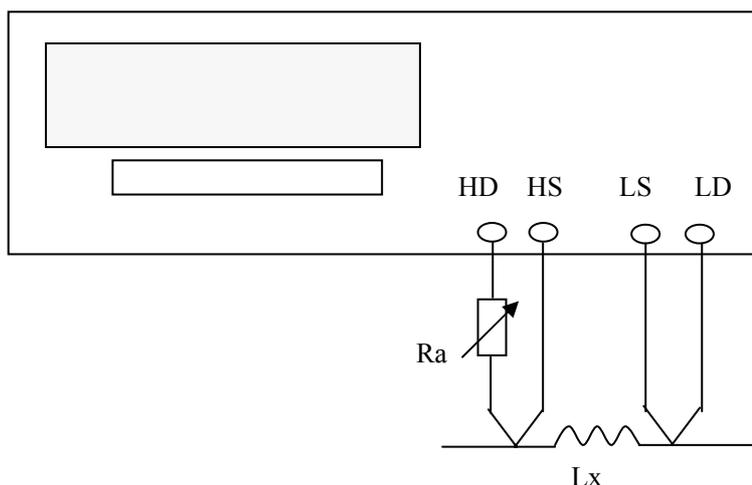


图 5-5 信号源内阻调节示意图

本仪器提供 $10\text{mV}_{\text{rms}}-2\text{V}_{\text{rms}}$ 以 10mV_{rms} 步进的测试电平，信号源内阻为 30Ω 和 100Ω 可选。测试电流可用两种方法调节：

1. 将被测电感器连接于仪器测试端，打开 V_m/I_m 监控开关，设置好内阻，选择适当的测试电平使测试电流满足要求。
2. 使用图 5-5 所示的方法用户可自行调整信号源内阻以满足测试电流的要求，以达到不同仪器测试结果的一致性。上图中调节电位器 R_a ，使电流为需要值，此时可将 R_a 更换为一固定电阻。用此方法可调节不同仪器测量的一致性。

当向被测电感器施加一高测试信号时，在某些特定的频率上可能无法准确的测量。这是因为铁心材料的非线性，而导致测试信号电流的失真。为了降低铁心材料的非线性而引起的效应，应降低测试信号电平。

■ 电感器的直流叠加特性。

磁性电感器（变压器）更多应用于电源电路及滤波电路，纹波、噪声及干扰抑制中，这类应用中电感器中总要流过一定的工作电流，模拟这种应用的测量方法就是**叠加直流测试**，如图 5-6 所示。不同的叠加电流，其所对应的电感量也不一样，这就是电感器的直流叠加特性。高导磁易饱和磁芯电感器具有显著的直流叠加特性。

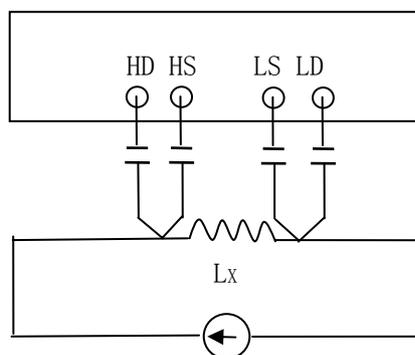


图 5-6 使用外部偏置电流源叠加测试

本仪器不具有内偏置功能，要叠加测试，应使用外部偏置电流源。电流源应具有尽可能大的交流阻抗，以减小测试误差。图 5-6 中，电流源的等效并联阻抗将直接影响测量精度。

电流源可能会干扰测试信号，隔离电容的充放电也会造成测试信号产生抖动，这将影响到叠加测试的稳定性，并因测试量程易变而降低测试速度。采用**量程锁定**的方式有助于将这种影响减到最小，参考 4.2.2.5 有关量程的介绍。

使用专门的电感叠加测试偏置电流源如 TH1773 可使联接与使用简单化，并提供抗冲击保护措施、隔离措施，有效范围内的精度保证等。

■ 金属件对电感器测量的影响

测试夹具一般由金属材料组成。当金属材料与电感器靠得很近时，来自电感器的漏磁通会在此金属材料内产生涡流。产生涡流的大小与金属体的大小和形状均有关系，涡流大小不同，则测量结果也将不同。同时，金属体也会使电感器中的磁通量发生变化，从而使电感量发生变化。**因此，在测量电感器时，应尽可能使被测件远离金属件。**

■ 关于 Q 值测量的准确度。

一般说来，采用 V/I（电压/电流）法的 LCR 测量仪器的 Q 值测量准确度并不太高，尤其在测量高 Q 值时。仪器 Q 值是以计算来得到的，如 $Q=X/R=1/D$ ，若 Q 值为 100 时，R 值在器件阻抗所占比例较小，则 R 的细微变化将引起 Q 的较大变化，如 R 变化 0.1% 即 D 变化 0.001，则 Q 值将从 100 变化至 91 或 111。

5.3.2 变压器的正确测量

变压器的测量除涉及 5.3.1 所述的电感测试的注意方面外，还需注意下述方面。

本仪器并未提供专门的变压器测试功能，但可以根据下述测量近似得到变压器的一些主要参数。变压器是一种电感量的应用，下图是变压器的主要参数简图。

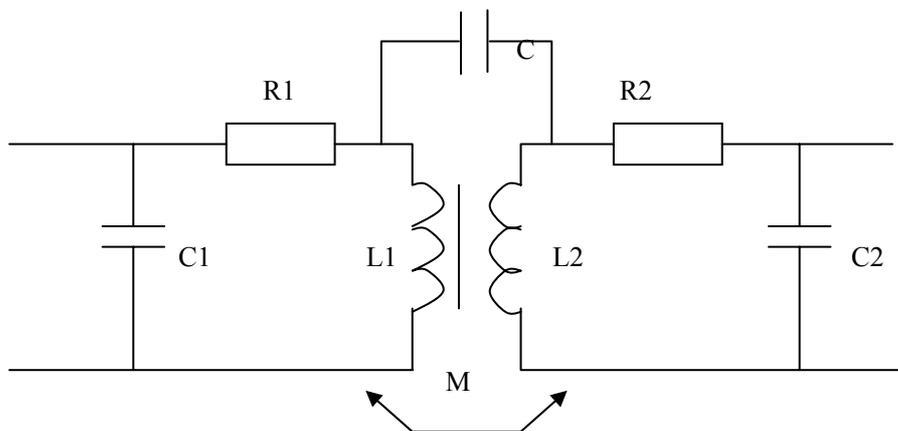


图 5-7 变压器参数

上图中，L1: 初级电感 L2: 次级电感
 R1: 初级磁损与铜损 R2: 次级磁损与铜损
 C1: 初级极间电容 C2: 次级极间电容
 M: 初、次级互感 C: 初、次级电容

其它参数:

N: 匝比，初次级圈数比 L_k : 漏感量。

■ 初、次级电感量的测量

使用图 5-8 的方法，可直接测量初级电感量 (L_1) 和次级电感量 (L_2)，测量参数用 L_s-R_s 还可以同时测等效串连电阻。注意测量时应使其他绕组开路，测量结果包括电容 C 的影响。

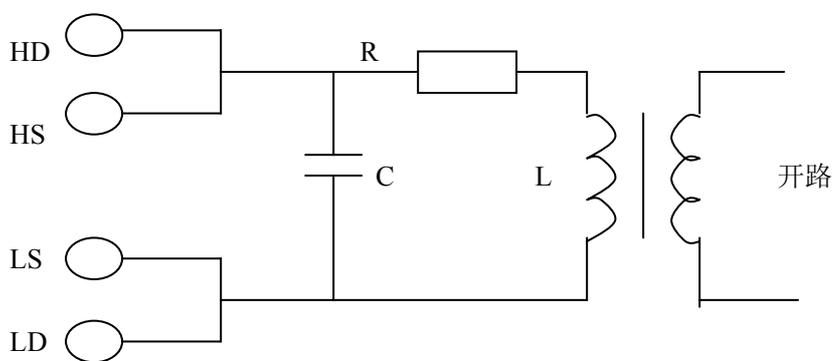


图 5-8 初、次级电感测量

■ 漏电感的测量

将次级短路测量初级电感量，可测量得到漏感量 L_k 。见图 5-9。

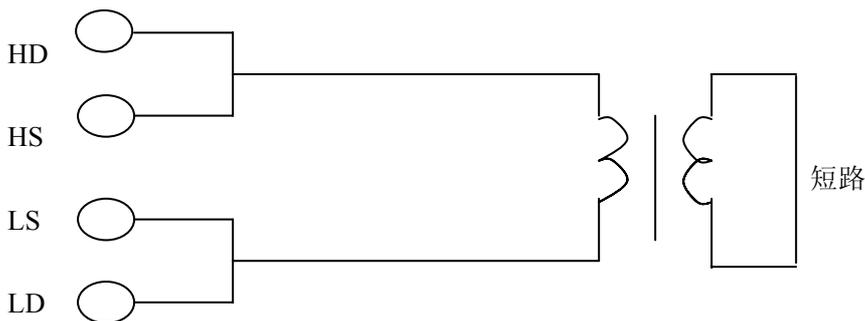


图 5-9 漏电感的测量

■ 初、次级间电容量测量

按图 5-10 所示连接，测量参数用 C_p-R_p ，可测量初、次级电容量。

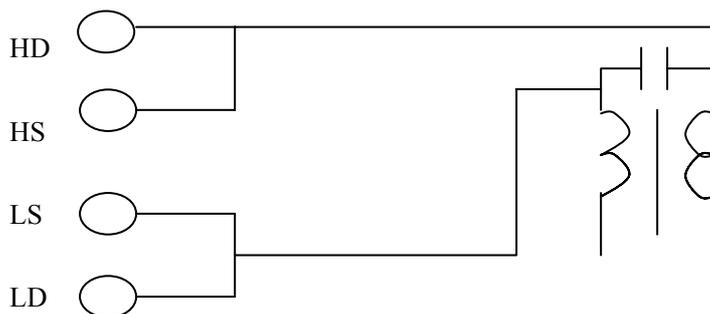


图 5-10 初、次级电容量测量

■ 互感量的测量

将变压器如图 5-11 连接，测量参数选用 L，可直接测得互感量，测量时注意同名端的连接。

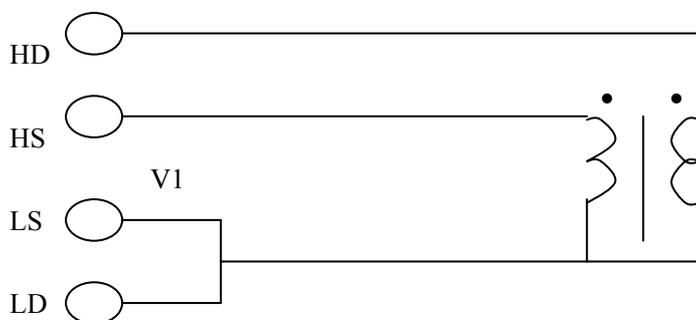


图 5-11 互感量的测量

■ 匝比的测量

本仪器需要通过两步测量才能得到匝比。测量时可打开电压、电流监视 (V_m/I_m)，使显示器显示电压和电流值，首先按照图 5-8 测量初级阻抗，记录下初级电压读数 V_1 及阻抗 Z_1 ，然后 HD 与 LD 不动，将 HS 和 LS 接至次级测量，见图 5-12，并如图 5-11 一样将初次级在低端联在一起，记下次级电压读数 V_2 及阻抗 Z_2 。

方法 1: 根据 $N = V_1/V_2$ ，可计算出匝比 N 。由于本仪器的电压电流监控是通过测试电平及测试阻抗换算而得，而图 5-11 的测量中并不存在真实的阻抗，因此这种方法测试准确度并不高。

方法 2: 从 V-I 法阻抗测试原理可知，在前述两次测量中，由于 HD、LD 不动，而 HS、LS 的改接并不影响变压器的状态，因此实际测得的电流 I 不变，变化的仅是电压值 V ，因此从阻抗关系上可得到更为可靠的匝比（下式中 V_1 、 V_2 是指初次级上的实际值，不是监控显示值）：

$$\begin{aligned} \text{由于 } Z_1 &= V_1/I & Z_2 &= V_2/I \\ \text{则 } N &= V_1/V_2 = Z_1 * I / Z_2 * I = Z_1/Z_2 \end{aligned}$$

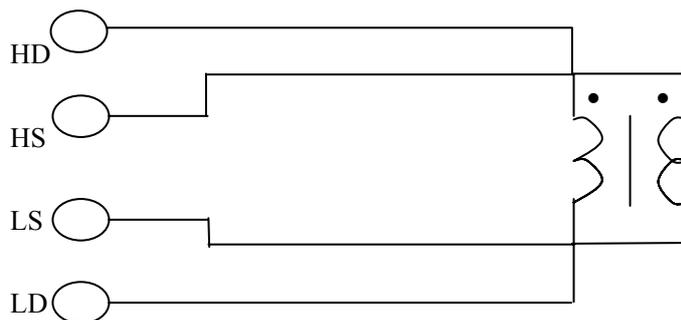


图 5-11 次级电压测量

①**注意：**测量时，V1、V2 接近时可以使用任何测试电平；当 $V1 > V2$ 时，应使用高测试电平；当 $V1 < V2$ 时，应使用低测试电平。

①**注意：**由于本仪器内部 HD 和 HS 电关系的原因，此法仅适用于低匝比的测量。

5.4 电容器的正确测量

电容器无论从种类或数量来说均是使用频繁的电子元件，随着电子材料、工艺和使用等方面的发展，一方面电容器朝着大容量、高频率的方向发展，另一方面，由于设备小型化发展的要求，贴片电容器（SMD 器件）的使用越来越广，这就要求测量仪器能适应这种不断发展的需要，而如何正确地操作使用测量仪器同样变的越来越重要。

5.4.1 电容器的频率依赖性

所有元件都具有频率依赖性，有些电容器的频率依赖较小，而且稳定度好，损耗也小，通常这种电容器可以用来做标准电容器，如空气电容器。而有些电容器随频率的改变其参数会发生急剧的变化，如铝电解电容器。

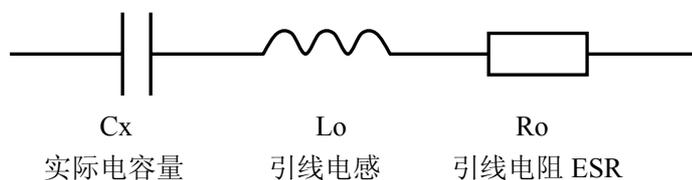


图 5-12 某些电容器的等效电路

图 5-12 表示的为某些电容器的实际等效电路图，根据此图可得出其阻抗随频率的变化曲线图 5-13。

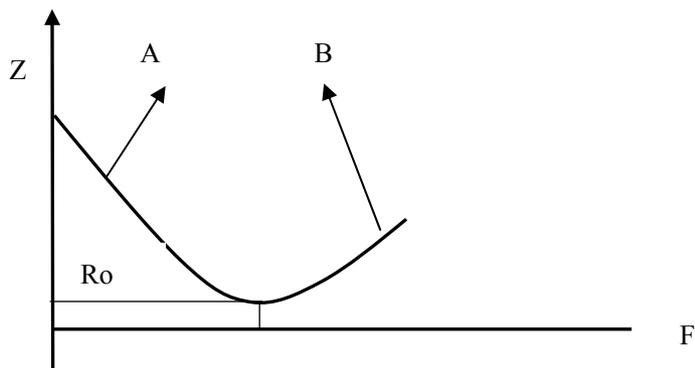


图 5-13 电容器 Z-F 变化曲线

图 5-13 中，曲线A主要由 C_x 决定， R_o 为谐振点，对应的频率 f_o 称为电容器的自谐振频率；曲线B主要由 L_o 决定，由此可见，电容器随着频率的增加，由容性转化为感性。

所有电容器在高频测量（如 100kHz）时由于测试方法的不当，可能会产生截然不同的结果。因此对电容器进行高频测量时应注意以下几方面的问题：

- A. 使用合适的测量夹具（如同惠的 TH26001 或 TH26005 和 TH26006），最好不使用测试电缆；
- B. 稳定 20 分钟后进行短路和开路清“0”，短路清“0”时应使用随机提供的 TH26010 镀金短路板；
- C. 测量环境条件变化后应重新进行清“0”；
- D. 电容器插入测试夹具时其引脚应插至根部；

5.4.2 关于小损耗（如云母电容器）的精确测量

理论上，D 值应恒为正，当仪器测量损耗 D 时，D 值可能会出现负值（在仪器所允许的测量范围内），如 D 会显示出 -0.00001，对如此低的损耗可用下述方法进行准确测量。

使用一个损耗已知且阻抗与被测元件接近的器件作为参考，最好其实际损耗极小，则正确的被测损耗可计算如下：

$$D_x = D_2 - (D_1 - D_s)$$

式中， D_x 为测试元件的实际值

D_2 为测试元件的显示值

D_1 为参考元件的显示值

D_s 为参考元件的实际值（当该值极小时，可认为 0）

5.4.3 电容器的电平依赖性

正如前文所述的电感器对测试信号的大小有影响，某些电容器的参数也会随着测试电平的变化而变化。测试电平对测试结果影响最大的是陶瓷电容器特别是高K的陶瓷电容器，因此对此类电容器测量时应确定该电容器应在何测试电平的条件下进行测量。

5.4.4 SMD 电容器的测量

随着设备小型化要求的增强，SMD 电容器被广泛的得到应用。本公司可以提供适用于SMD 器件测量的专用测量夹具 TH26009，该夹具是目前国内测量 SMD 元件的最好夹具。

由于 SMD 元件无引线，因此其 ESR（串联等效电阻很小），一般地，对该测量应采用并联等效方式，对超过 1 μ F 的电容器（如片式电解电容器）仍推荐使用串联等效方式。

对微小电容量的 SMD 器件测量时，对夹具开路清“0”时应特别注意，开路时应将夹具在开路清“0”时的间距调整为与 SMD 器件的宽度相同，否则会引入不合适的清“0”误差。如间距差 1mm，其分布电容可能会有约 0.02pF 的误差。

6 性能测试

6.1 测量准确度

测量准确度包含了测量稳定性、温度系数、线性度、测量重复性等误差。对仪器测量准确度进行检查时必须在下述条件下进行：

- 开机预热时间：≥ 20 分钟。
- 预热后正确地进行开路、短路清“0”。
- 仪器量程工作在“AUTO”，以选择正确的测量范围。

6.1.1 |Z|, L, C, R, X 的准确度

|Z|, L, C, R, X 的准确度 A_e 由下式表示：

$$A_e = \pm [A + (K_a + K_b + K_f) \times 100 + K_L] \times K_c \quad [\%]$$

A: 基本测量准确度(见图 6-2)

K_a : 阻抗比例因子(见表 6-1), 阻抗小于 500Ω 时使用

K_b : 阻抗比例因子(见表 6-1), 阻抗大于 500Ω 时使用

K_c : 温度因子(见表 6-2)

K_f : 校准内插因子(见表 6-3)

K_L : 电缆长度因子(见表 6-4)

①注意: K_a 、 K_b 根据阻抗大小只取其一, 另一个以 0 代入。

L, C, X 准确度使用条件: D_x (D 测量值) ≤ 0.1

R 准确度使用条件: Q_x (Q 测量值) ≤ 0.1

当 $D_x \geq 0.1$, 对 L, C, X 准确度因子 A_e 应乘以 $\sqrt{1 + D_x^2}$

当 $Q_x \geq 0.1$, 对 R 准确度因子 A_e 应乘以 $\sqrt{1 + Q_x^2}$

6.1.2 D 准确度

D 准确度 D_e 由下式给定：

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

上式仅当 $D_x \leq 0.1$ 使用。

当 $D_x > 0.1$ ， D_e 应乘以 $(1+D_x)$

6.1.3 Q 准确度

Q 准确度由下式给定：

$$Q_e = \pm \frac{Q_x \times D_e}{1 \mp Q_x \times D_e}$$

这里， Q_x 是被测Q的值。

D_e 是D的准确度

上式使用条件 $Q_x \times D_e < 1$

6.1.4 θ 准确度

θ 准确度由下式给定：

$$\theta_e = \frac{180}{\pi} \times \frac{A_e}{100} \quad [\text{deg}]$$

6.1.5 R_p 准确度

当 D_x （被测D值） ≤ 0.1 时

R_p 准确度由下式给定：

$$R_p = \pm \frac{R_{px} \times D_e}{D_x \mp D_e} \quad [\Omega]$$

这里， R_{px} 是被测 R_p 的值 $[\Omega]$ 。

D_x 是被测D的值。

D_e 是D的准确度。

6.1.6 R_s 准确度

当 D_x （被测D值） ≤ 0.1 时

R_s 准确度由下式给定：

$$R_{se} = X_x \times D_e \quad [\Omega]$$

$$X_x = 2 \pi f L_x = \frac{1}{2\pi f C_x}$$

这里， X_x 是被测X的值[S]。
 C_x 是被测C的值[F]。
 L_x 是被测L的值[H]。
 D_o 是D的准确度
 f 是测试频率

6.1.7 准确度因子

本节包含所有准确度修正因子：电平修正系数 A_r ，基本准确度A，阻抗比例因子 K_a 和 K_b ，温度因子 K_c ，校准内插因子 K_f ，电缆长度因子 K_L 。

本仪器基本准确度为 0.1%，随着测试频率和被测件（DUT）阻抗的不同，基本准确度会有所下降，图 6-2 示意了基本准确度及其适用范围。

图 6-2 中，在边界线上，可选择较小的值。

图 6-2 中，同一范围内，基本准确度有两个值可选择，选择方法如下：

0.1（较小值）——当 $0.4V_{rms} \leq V_s \leq 1.2V_{rms}$ ，测量速度为中速、慢速的A值。

0.2（较大值）——当 $0.4V_{rms} \leq V_s \leq 1.2V_{rms}$ ，测量速度为快速的A值。

当 $V_s < 0.4V_{rms}$ 或 $V_s > 1.2V_{rms}$ 时，基本准确度还应再乘以电平修正系数 A_r 。电平修正系数由图 6-1 给出。

这里， V_s 为测试信号电压。

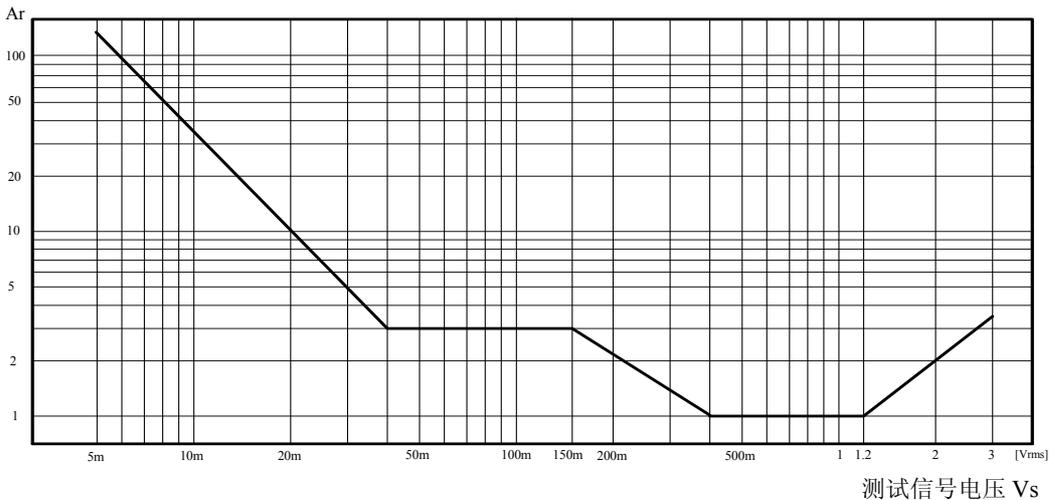


图 6-1 基本准确度电平修正曲线

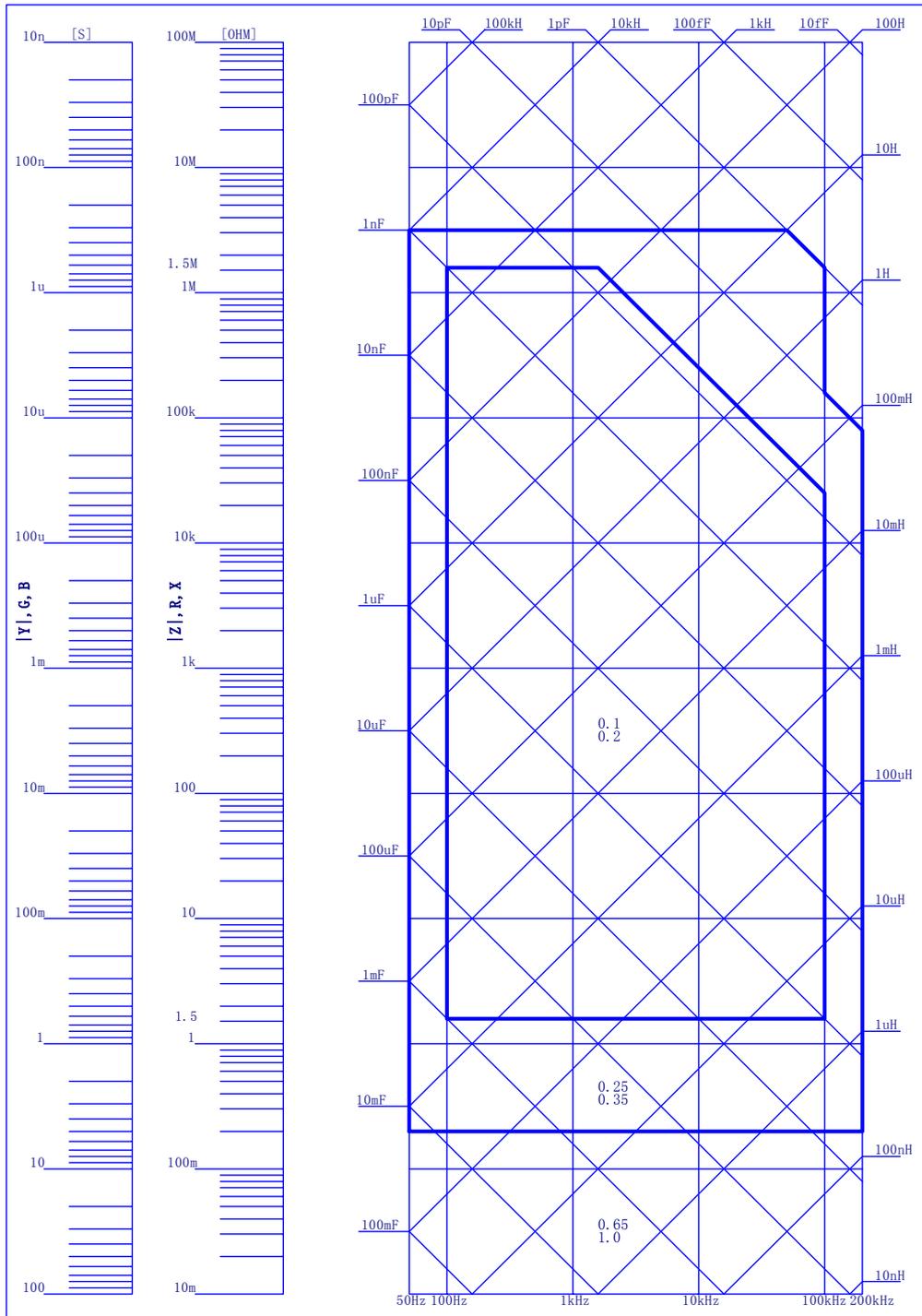


图 6-2 基本测量准确度 A

表 6-1 阻抗比例因子 K_a 、 K_b

速度	频率	K_a (Z_m 小于 500 Ω 时使用)	K_b (Z_m 大于 500 Ω 时使用)
中速 慢速	$f_m < 100\text{Hz}$	$(\frac{1 \times 10^{-3}}{ Z_m })(1 + \frac{200}{V_s})(1 + \sqrt{\frac{100}{f_m}})$	$ Z_m (1 \times 10^{-9})(1 + \frac{70}{V_s})(1 + \sqrt{\frac{100}{f_m}})$
	$100\text{Hz} \leq f_m \leq 100\text{kHz}$	$(\frac{1 \times 10^{-3}}{ Z_m })(1 + \frac{200}{V_s})$	$ Z_m (1 \times 10^{-9})(1 + \frac{70}{V_s})$
	$f_m > 100\text{kHz}$	$(\frac{1 \times 10^{-3}}{ Z_m })(2 + \frac{200}{V_s})$	$ Z_m (3 \times 10^{-9})(1 + \frac{70}{V_s})$
快速	$f_m < 100\text{Hz}$	$(\frac{2.5 \times 10^{-3}}{ Z_m })(1 + \frac{400}{V_s})(1 + \sqrt{\frac{100}{f_m}})$	$ Z_m (2 \times 10^{-9})(1 + \frac{100}{V_s})(1 + \sqrt{\frac{100}{f_m}})$
	$100\text{Hz} \leq f_m \leq 100\text{kHz}$	$(\frac{2.5 \times 10^{-3}}{ Z_m })(1 + \frac{400}{V_s})$	$ Z_m (2 \times 10^{-9})(1 + \frac{100}{V_s})$
	$f_m > 100\text{kHz}$	$(\frac{2.5 \times 10^{-3}}{ Z_m })(2 + \frac{400}{V_s})$	$ Z_m (6 \times 10^{-9})(1 + \frac{100}{V_s})$

表中, f_m : 测试频率[Hz]

Z_m : 被测件阻抗[Ω]

V_s : 测试信号电压[mV_{rms}]

表 6-2 温度因子 K_c

温度 (°C)	5	8	18	28	38	
K_c	6	4	2	1	2	4

表 6-3 校准内插因子 K_f

测试频率	K_f
典型频率 (直接校准)	0
非典型频率 (内插校准)	0.0003

表 6-4 电缆长度因子

测试信号电平	电缆长度		
	0m	1m	2m
$\leq 1.5V_{rms}$	0	$2.5 \times 10^{-4}(1 + 0.05f_m)$	$5 \times 10^{-4}(1 + 0.05f_m)$
$> 1.5V_{rms}$	0	$2.5 \times 10^{-3}(1 + 0.016f_m)$	$5 \times 10^{-3}(1 + 0.05f_m)$

表中, f_m 为测试信号频率[kHz]。

6.2 性能测试

各项测试应在 1.2 所述工作条件下进行。本测试只列入仪器主要部分指标的测试，其它部分未列入的参数，用户可根据本手册所列指标在规定条件下进行测试。若发现测试结果超出指标范围，请送至专门的维修部门或本公司维修。

6.2.1 性能测试所用器件及设备

序号	仪器设备名称		技术要求
1	标准电容器	100pF	0.02% 损耗 D 已知
		1000pF	
		10000pF	
		10nF	
		0.1 μ F	
		1 μ F	
2	交流 标准电阻器	10 Ω	0.02%
		100 Ω	
		1k Ω	
		10k Ω	
		100k Ω	
3	标准电感器	100 μ H	0.02%
		1mH	
		10mH	
		100mH	
4	频率计		(0~1000) MHz
5	数字万用表		0.5%

6.2.2 功能检查

仪器各功能键、显示器、端子等应能正常工作，各项功能正确无误。

6.2.3 测试信号电平精度测试

将数字万用表置于 AC 电压量程，其中一根测试棒连接到测量仪的 HD 端，另一根测试棒连接到接地端。改变电平为：10mV、20mV、100mV、200mV、1V、2V，读数应符合 2.2.2 的要

求。

信号电平的测试应在夹具开路的情况下进行。

6.2.4 频率精度测试

将频率计接地端与仪器的接地端相连，频率计测试端与仪器测试端 HD 端相连。改变频率为：50Hz、100Hz、1kHz、10kHz、100kHz，频率计的读数应符合 2.2.1 的要求。

6.2.5 电容量 C、损耗 D 精度测试

功能	C _p -D				
测试频率	100Hz	1kHz	10kHz	100kHz	分别测试
电平	1V				
量程	AUTO				
偏置	无				
速度	慢				

测试前应进行短路和开路清零。接入标准电容器 100pF、1000pF、10000pF、10nF、0.1μF、1μF，改变频率，仪器读数与标准值之间的误差电容量 C 应在 6.1.1 规定的允许误差范围内，损耗 D 应在 6.1.2 规定的允许误差范围内。

6.2.6 电感量 L 精度测试

功能	L _s -Q				
测试频率	100Hz	1kHz	10kHz	100kHz	分别测试
电平	1V				
量程	AUTO				
偏置	无				
速度	慢				

测试前应进行短路和开路清零。接入标准电感器 100 μH、1mH、10mH、100mH，改变频率，仪器读数与标准值之间的误差应在 6.1.1 规定的允许误差范围内。

6.2.7 阻抗 Z 精度测试

功能	Z-θ				
测试频率	100Hz	1kHz	10kHz	100kHz	分别测试
电平	1V				

量程	AUTO
偏置	0V
速度	慢

测试前应进行短路和开路清零。接入交流标准电阻器 10Ω 、 100Ω 、 $1k\Omega$ 、 $10k\Omega$ 、 $100k\Omega$ ，改变频率，仪器读数与标准值之间的误差应在 6.1.1 规定的允许误差范围内。

7 远程控制

本仪器可使用 RS232C 串行接口（标配）或 GPIB 并行接口（选件）进行数据通讯和无仪器面板的远程控制，但二者不可同时使用；它们具有相同的程控命令，但使用不同的硬件配置和通讯协议。本章介绍接口的使用方法，接口命令的使用详见第八章。

7.1 RS232C 接口说明

仪器提供的 RS232C 接口既可用于与计算机通讯，仪器提供丰富的程控命令，通过 RS232C 接口，计算机可实行仪器面板上几乎所有功能操作。

7.1.1 RS232C 接口简介

目前广泛采用的串行通讯标准是 RS-232 标准，也可以叫作异步串行通讯标准，用于实现计算机与计算机之间、计算机与外设之间的数据通讯。RS 为“Recommended Standard”（推荐标准）的英文缩写，232 是标准号，该标准是美国电子工业协会(EIA)1969 年正式公布的标准，它规定每次一位地经一条数据线传送。

大多数串行口的配置通常不是严格基于 RS-232 标准：在每个端口使用 25 芯连接器(IMB AT 使用 9 芯连接器)的。最常用的 RS-232 信号如表所示：

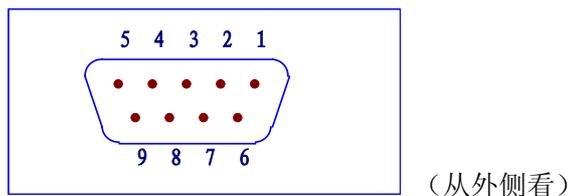
信号	符号	25 芯连接器引脚号	9 芯连接器引脚号
请求发送	RTS	4	7
清除发送	CTS	5	8
数据设置准备	DSR	6	6
数据载波探测	DCD	8	1
数据终端准备	DTR	20	4
发送数据	TXD	2	3
接收数据	RXD	3	2
接地	GND	7	5

同世界上大多数串行口一样，本仪器的串行接口不是严格基于 RS-232 标准的，而是只提供一个最小的子集。如下表：

信号	符号	连接器引脚号
发送数据	TXD	2
接收数据	RXD	3
接地	GND	5

这是使用串行口通讯最简单而又便宜的方法。

ⓘ **注意：**本仪器的串行口引脚定义与标准 9 芯 RS232C 的连接器的引脚定义有所不同。本仪器的 RS232C 连接器使用 9 芯孔式 DB 型插座，引脚顺序如下图所示：



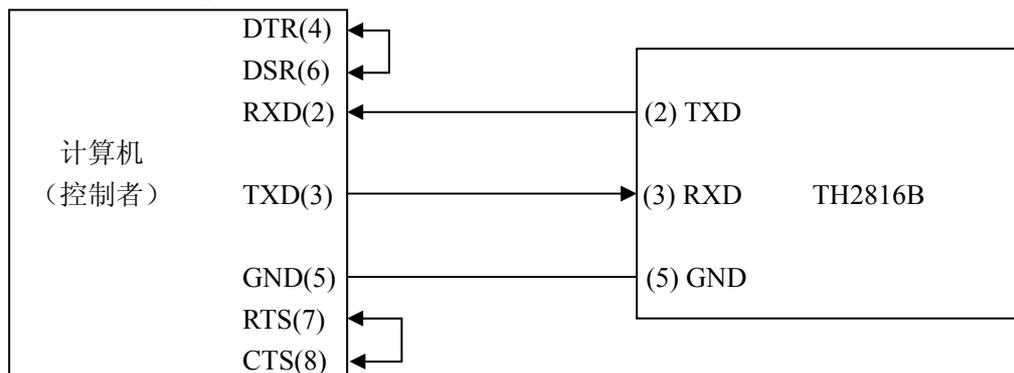
使用标准的 DB 型 9 芯针式插头可以与之直接相连。

⚠ **警告：**为避免电气冲击，插拔连接器时，应先关掉电源；

⚠ **警告：**请勿随意短接输出端子，或与机壳短接，以免损坏器件。

7.1.2 与计算机通讯

- 仪器与计算机连接如图所示：



由上图可以看到，本仪器的引脚使用与 IMB AT 兼容机使用的 9 芯连接器串行接口有所不同。用户可使用双芯屏蔽线按图示自行制做三线连接电缆（长度应小于 1.5m）或从同惠电子有限公司购买到计算机与仪器间的串行接口电缆线。

自制连接电缆时，注意应在计算机连接器上将 4、6 脚短接，7、8 脚短接。

- 通过串行口与计算机通讯时，应首先设置仪器的总线方式，操作顺序如下：
按翻页键或软键 **SYST** → 系统配置页 → 移反白条到 **BusMode** → **RS232** 软键。

■ 串行口主要参数

传输方式	含起始位和停止位的全双工异步通讯
波特率	9600 bps
数据位	8 BIT
停止位	1 BIT
校验	无
结束符	NL（换行符，ASCII 代码 10）
联络方式	软件联络
连接器	DB9 芯

■ 软件协议

由于在 RS232 接口上不使用硬件通讯联络，为减小通讯中可能的数据丢失或数据错误的现象，本仪器采用字符回送的方式进行软件联络。编制计算机通讯软件时请参考下述内容：

- (1) 命令串语法及格式在第八章“命令参考”中叙述。
- (2) 主机发送的命令以 ASCII 代码传送，以 NL（即换行符，ASCII 代码 10）为结束符，仪器在收到结束符后开始执行命令串。
- (3) 仪器每接受到一个字符后，立即将该字符回送给主机，主机应在接收到这个回送字符后再继续发下一个字符。如接受不到回送字符，可能因素有：
 1. 串行口连接故障。
 2. 检查仪器是否已打开 RS232 口功能，且 TALK ONLY 未打开。
 3. 仪器正在执行总线命令，暂时不能响应串行接受。此时，上一发送字符被仪器忽略，如果要保证命令串的完整，主机应该重发未回送的字符。
- (4) 本仪器仅在下面两种情况下向主机发送信息：
 1. 正常接收到主机的命令字符，以该字符回送。
 2. 执行查询命令，向主机发送查询结果。
- (5) 仪器一旦执行到查询命令，将立即发送查询结果，而不管当前命令串是否已全部执行完毕。因此，一个命令串中可以有多次查询，但主机要有相应次数的读结果操作。本协议推荐一个命令串中仅包含一次查询。
- (6) 查询结果以 ASCII 码字符串送出，以 NL（即换行符，ASCII 代码 10）为结束符。
- (7) 仪器发送查询结果时，是连续发送的（间隔约 1ms），主机应处于接受数据状态，否则可能造成数据的丢失。
- (8) 主机产生查询后，要保证读空查询结果（接受到 NL 表示结束），以避免查询与回送间的冲突；同样主机在读取查询结果前，也应读空回送字符。
- (9) 对于一些需长时间才能完成的总线命令，如清零等，主机应主动等待，或以响应用户键盘输入确认的方式来同步上一命令的执行，以避免在命令执行过程中下一个命令被忽略或出错。
- (10) 以 DOS 应用软件编制的通讯软件，则应在支持串行口的纯 DOS 环境下运行，若在 WINDOWS 下运行，则可能会因对串行口的管理方式不一样而产生错误。

■ 串行接口程序例

以下范例是以 C 语言编制的在纯 DOS 环境下运行的通讯程序，其中的 main 函数可以由用户任意扩展通讯功能，而其它子函数则示例了如何使用串行口进行字串的输入输出。

```
#define PORT 0
#include "dos.h"
#include "stdio.h"
#include "stdlib.h"
#include "ctype.h"
#include "conio.h"

void port_init( int port,unsigned char code );
int check_stat( int port );          /* read serial port state(16bit) */
void send_port( int port,char c );  /* send a character to serial port */
char read_port( int port );         /* receive a character form serial port */

void string_wr( char *ps );         /* write a string to serial port */
void string_rd( char *ps );         /* read a string from serial port */
char input[256];                    /* query receive bufer */

main()
{ port_init( PORT,0xe3 );/* initialize serial port:baud = 9600,no verify,1 bit stop,8 bit data */

  string_wr( "trig:sour bus;*trg" );
  string_rd( input );
  printf( "\n%s",input );

  string_wr( "freq 10khz" );
  string_wr( "func:imp:type rx;:func:smon on" );
  string_wr( "voltage:level 500mv" );
}

/* write string to serial port */
void string_wr( char *ps )
{ char c;
  int m,n;
  while( check_stat(PORT) & 256 ) read_port( PORT );/* read data until null */
  for( ;*ps; )
  { c = 0;
    for( m = 100;m;m-- )
```

```

{ send_port( PORT,*ps );
  for( n = 1000;n;n-- )
  { delay( 2 ); /* wait about 2ms, use dos.h libray funtion */
    if( kbhit() && ( getch() == 27 ) ) /* if escape key keypress */
    { printf( "\nE20:Write Canceled!" );
      exit(1);
    }
    if( check_stat(PORT) & 256 )
    { c = read_port( PORT );
      break;
    }
  }
  if( n ) break;
}
if( c == *ps ) ps++;
else
{ printf( "\nE10:Write Echo Error!" );
  exit(1);
}
}
send_port( PORT,'\n');/* send command end symbol */
delay( 2 );
while( !(check_stat(PORT) & 256) );
read_port( PORT );
}

/* read string from serial port */
void string_rd( char *ps )
{ unsigned char c,i;
  for( i = 0;i < 255;i++ ) /* max read 256 characters */
  { while( !(check_stat(PORT) & 256) ) /* wait serial recieve ready */
    if( kbhit() && ( getch() == 27 ) ) /* if escape key keypress */
    { printf( "\nE21:Read Canceled!" );
      exit(1);
    }
  }

  c = read_port( PORT );
  if( c == '\n' ) break;
  *ps = c;
  ps++;
}

```

```
    }
    *ps = 0;
}

/* send a character to serial port */
void send_port( int port,char c )
{
    union REGS r;
    r.x.dx = port;          /* serial port */
    r.h.ah = 1;            /* int14 function1:send character */
    r.h.al = c;            /* character to be sent */
    int86( 0x14,&r,&r );
    if( r.h.ah & 128 )      /* check ah.7,if set by int86( 0x14,&r,&r ),mean trans error */
    { printf( "\nE00:Serial port send error!" );
      exit(1);
    }
}

/* read a character from serial port */
char read_port( int port )
{ union REGS r;
  r.x.dx = port;          /* serial port */
  r.h.ah = 2;            /* int14 function2:read character */
  int86( 0x14,&r,&r );
  if( r.h.ah & 128 )      /* if ah.7 be set,mean trans error */
  { printf( "\nE01:Serial port read error!" );
    exit(1);
  }
  return r.h.al;
}

/* check the status of serial port */
int check_stat( int port )
{ union REGS r;
  r.x.dx = port;          /* serial port */
  r.h.ah = 3;            /* int14 function3:read status */
  int86( 0x14,&r,&r );
  return r.x.ax;          /* ax.7 show serial operation, ax.8 show serial recive ready */
}
```

```
/* initialize the serial port */  
void port_init( int port,unsigned char code )  
{ union REGS r;  
  r.x.dx = port;      /* serial port */  
  r.h.ah = 0;        /* int14 function0:initial serial port */  
  r.h.al = code;     /* initialization code */  
  int86( 0x14,&r,&r );  
}
```

7.2 GPIB 接口说明

7.2.1 GPIB 总线

IEEE488 (GPIB) 通用并行总线接口是国际通用的智能仪器总线接口标准。IEEE 为电气与电子工程师学会的英文缩写，488 为标准号。通过该接口可以与计算机或其它智能化设备连接通讯，可以方便地与其它测试仪器一起组成自动测试系统。在同一总线上可以同时连接多台测试仪器。在本仪器中，仪器采用 IEEE488.2 标准，接口板由用户选购。控制指令系统是开放的，用户可以使用产品提供的计算机操作界面，也可自己根据该控制指令系统编程以达到目的。控制指令系统支持仪器绝大多数功能，也就是说，在控制计算机上可以达到仪器几乎所有功能的操作，以实现仪器的远程控制。

图 7-1 为 GPIB 的引脚定义，图 7-2 和图 7-3 为 GPIB 系统连接示意图。

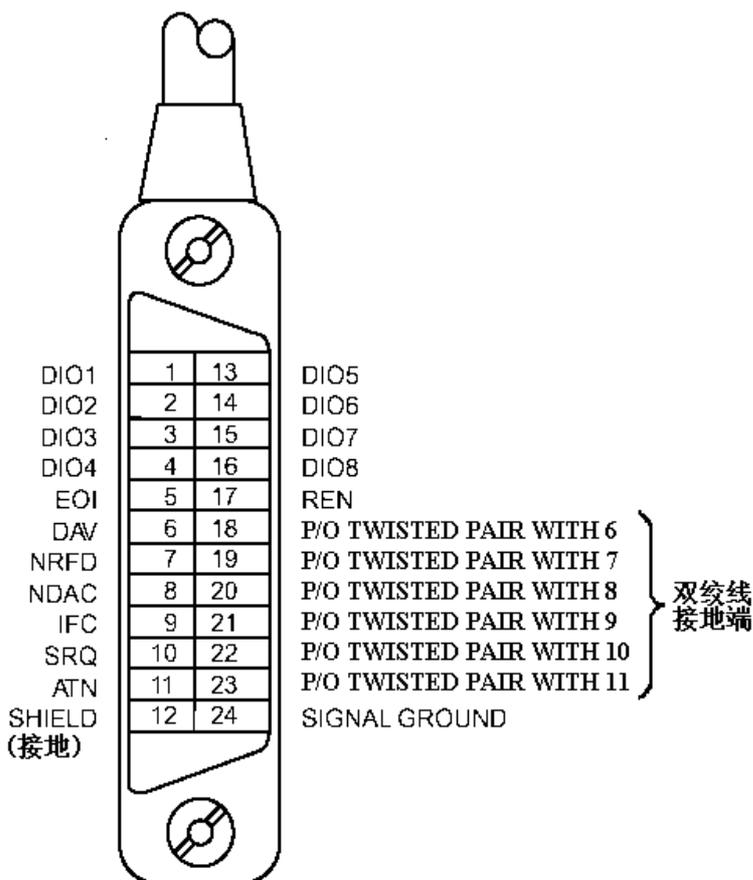


图 7-1 GPIB 接插件/管脚结构图

GPIB 电缆连接法之一：

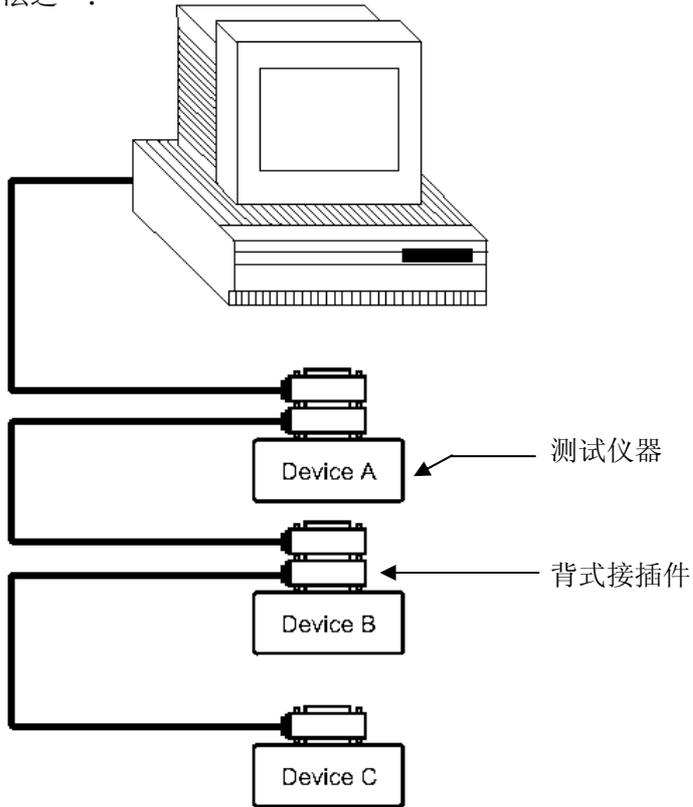


图 7-2 双背式接插件叠加

GPIB 电缆连接法之二：

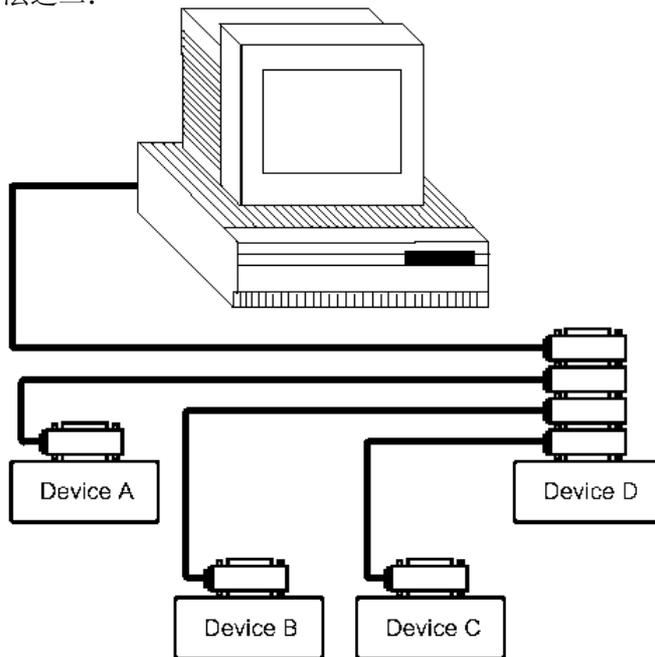


图 7-3 四背式接插件叠加

使用 GPIB 系统时，应注意以下几点：

1. 一个总线系统的电缆总长度不应超过 2 米和连接的测试仪器总数的乘积，并且电缆总长不超过 20 米。
2. 同一总线上最多可同时连接 15 台测试仪器。
3. 电缆怎样连接在一起并无限制,但推荐在任一测试仪器上仅叠加 4 个背式接插件。

7.2.2 GPIB 接口功能

本仪器提供了除控者外的绝大多数 GPIB 通用功能，参见下表：

代号	功能
SH1	支持全部数据源联络功能
AH1	支持全部受信器联络功能
T5	基本讲功能；只讲功能；MLA 时讲取消；不支持串行点名
L4	基本听功能；MTA 时听取消；无只听功能
RL1	远控/本地功能
DC1	设备清除功能
DT1	设备触发功能
C0	无控者功能
E1	开集电极驱动

7.2.3 GPIB 地址

本仪器的 GPIB 以单地址方式寻址，没有副地址，可使用 0-30 作为 GPIB 地址，出厂时默认地址为 8，地址值可自动被保存在非易失性存储器中，地址的设置详见第四章中 GPIB ADDR 一节。

7.2.4 GPIB 总线功能

本仪器可响应以下 GPIB 总线命令：

- 接口清除（IFC）
- 清除设备（SDC 或 DCL）

仪器接受到此命令后将清除输入输出缓冲器，GPIB 接口处于准备状态。

- 本地控制（GTL）

此命令使仪器返回本地控制，面板上按键处于有效状态。

- 本地封锁（LLO）

此命令使面板上包括 LOCAL 软键在内的所有按键均不可操作。

执行“本地控制”命令后可解除本地封锁。

■ 远程控制（RMT）

此命令使仪器进入远控方式，仪器将在面板上显示 **LOCAL** 软键，按此键可使仪器返回本地，而其它按键在远控状态下均不可操作。

■ 触发（GET）

此命令将产生一次触发，仪器在测量后将测量结果送入输出缓冲器中。

即等同于 SCPI 的 TRIG+FETCh?命令和 GPIB 公用命令*TRG。

可编程仪器标准命令（SCPI）的详情参见下一章：命令参考。

7.3 数据格式

仪器从接口总线输出测量结果时，以 ASCII 字串的格式传送。

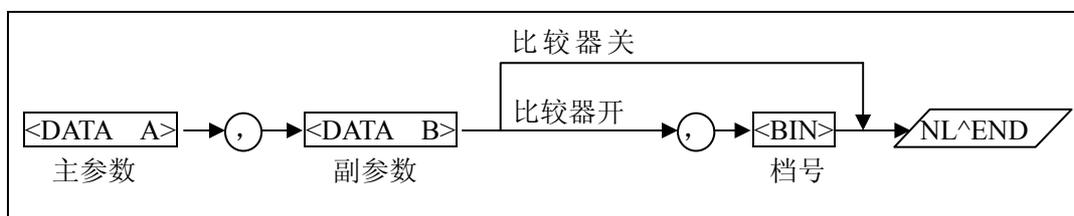


图 7-4 数据格式

上图中，“，”号为数据间的分隔符，NL 为换行符，其 ASCII 码为 10，表示字串结束，^END 为 IEEE-488 总线的 EOI（结束）信号，本仪器从 GPIB 上发送的信息都是在发送行结束符 NL 的同时驱动 EOI 信号，从 RS232 上发送的信息一律以 NL 结束。

<DATA A>，<DATA B>，<BIN>的格式分述如下：

■ <DATA A>及<DATA B>格式：

<DATA A>为主参数测量值，<DATA B>为副参数测量值，以指数格式表示，由 12 位 ASCII 字符组成，即：

SN.NNNNNESNN（S：+/-，N：0 到 9，E：指数符号；尾数的“+”号省略）

■ <BIN>格式：

<BIN>用以输出分选结果（如果比较器打开的话），如下表：

数值	TH2816B 分选结果
1	档 1
2	档 2
:	:
9	档 9
10	附属档
11	不合格
其它	非法输出

8 命令参考

8.1 命令结构

仪器命令分为两种类型：GPIB 公用命令和 SCPI(可编程仪器标准命令)命令。GPIB 公用命令由 IEEE488.2-1987 标准定义，这些命令适用于所有仪器装置，但本仪器并不支持全部公用命令。SCPI 命令是树状结构的，最多可以有三层，在这里最高层称为子系统命令。只有选择了子系统命令，该命令下的层才能有效，使用冒号来分隔命令的层次结构。例图 8-1。

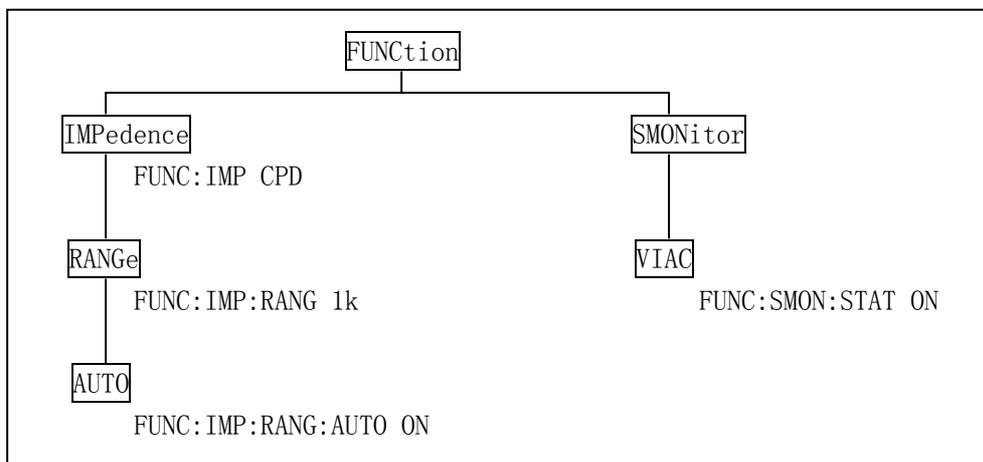


图 8-1 命令树例子

8.1.1 命令结构基本规则

- 忽略大小写。
例：FUNCTION:IMP CPD = func:imp cpd = Func:Imp CpD
- 空格用以分隔命令和命令的参数，空格前为命令，空格后为该命令对应的参数。
例：FUNCTION:IMP CPD 中，IMP 是命令，CPD 是其参数。
- 有些命令没有参数。例如：触发命令 TRIG，开路清零命令 CORR:OPEN。
- 空格(表示空格)不能放在冒号的前后。
例： FUNC_: _IMP CPD → FUNC:IMP CPD
- 命令可以缩写，也可以全部拼写(在以后的命令叙述中，缩写以大写字母给出)。
例：FUNCTION:IMPEDANCE CPD = FUNC:IMP CPD
- 命令后紧跟一个问号(?)执行一次对应于该命令的查询。
例：FUNC:IMP?

8.1.2 多重命令

分号(;)用来分隔同一命令行上的多重命令，下面是多重命令规则：

- 在一个多重命令行上，使用分号(;)来分隔同一子系统命令下的同层命令。
例：CORR:SPOT1:STAT ON;FREQ 1KHZ
这里，FREQ 1KHZ 和 STAT ON 是同层次命令，即都是“SPOT1”下的子命令。
- 分号(;)作为分隔符，后面紧跟一个冒号(:)，表示从命令树的最高层重新开始命令。
例：FUNC:IMP CPD;:FUNC:SMON:STAT ON
- 公用命令可以插在命令行的前面、中间或最后，以分号分隔，不影响命令行的层次关系。
例：FUNC:IMP CPD;*trg;SMON ON

8.1.3 命令及参数的缩写规则

- 如果完整命令或参数（以后称**长格式**）的字符数小于 4（含 4 个字符），则缩写和长格式是一样的；
 - 长格式字符数大于 4 时：
 - I. 如第四个字符是元音，则缩写取前 3 个字符。
 - II. 如第四个字符不是元音，则缩写取前 4 个字符。例如：
MODE 缩写为 MODE。
TRIGger 缩写为 TRIG。
LEVeL 缩写为 LEV。
FREQuency 缩写为 FREQ。
 - 有些命令或参数的描述是由两个以上单词组成的，其长格式是取用第一个单词的首字符和最后一个单词的全部，再从长格式中取用缩写格式。
例如百分比公差（Percent TOlerance）的长格式为 PTOLerance，缩写为 PTOL。
- ☞ **提示：**本仪器在命令的处理中并不区分大小写，包括单位在内。

8.1.4 数值的单位及倍率

向仪器发送的命令参数是数据时，可以使用单位及单位的倍率。倍率的定义及符号参见下表：

定 义	符号	本仪器使用
1E18 (EXA)	EX	<input checked="" type="checkbox"/>
1E15 (PETA)	PE	<input checked="" type="checkbox"/>
1E12 (TERA)	T	<input checked="" type="checkbox"/>
1E9 (GIGA)	G	<input checked="" type="checkbox"/>
1E6 (MEGA)	MA*	<input checked="" type="checkbox"/>
1E3 (KILO)	K	<input checked="" type="checkbox"/>
1E-3 (MILI)	M	<input checked="" type="checkbox"/>
1E-6 (MICRO)	U	<input checked="" type="checkbox"/>
1E-9 (NANO)	N	<input checked="" type="checkbox"/>
1E-12 (PICO)	P	<input checked="" type="checkbox"/>
1E-15 (FEMTO)	F	<input checked="" type="checkbox"/>
1E-18 (ATTO)	A	<input checked="" type="checkbox"/>
*注：由于本仪器在命令及参数中不区分大小写，因此这里与通用的符号定义有所区别。		

表 8-1 倍率定义及符号

倍率一般要求和单位一起使用，而不能单独存在。但仪器的极限数据、参考数据的单位是依赖于当前仪器的测量功能的，通过总线输入这类数据时，则不需要带单位，倍率 (ma, k, m, u, n, p) 也可以直接使用。如下表：

命令类别	可用命令	例 子
偏差参考值	FUNC:DEV1:REF FUNC:DEV2:REF	:REF 100p---若测量功能是 Cp-D，主参数偏差参考是 100pF
比较器极限数据	COMP:TOL:NOM COMP:TOL:BINn COMP:TOL:SLIM	:NOM 100m---若测量功能是 Cs-Rs，且参数置换，则 Rs 标称值是 100mΩ

表 8-2 不需要单位但可用倍率的数据命令

其它可以带单位的数据命令如下表：

单位及倍率	可用命令
Hz, kHz, maHz	FREQ
V, mV	VOLT VOLT:LEV
s, ms	TRIG:DElay

表 8-3 可使用单位及单位倍率的命令

另外，量程和源内阻还可以用 OHM 单位，但数据及单位只能用固定的组合，参见 VOLT 及 FUNC 系统命令。

8.2 符号约定与定义

1. 命令中所用到的语法符号：

- ： 冒号是命令的层次，表示进入命令的下一层
- ； 分号表示开始多重命令
- * 星号后的命令是公用命令
- ? 问号表示查询
- ， 逗号是多参数的分隔符
- 空格是命令和参数的分隔符
- “ ” 引号内是被原样引用的内容，命令分析程序不对其做任何加工

2. 在后面的命令解释中，将可能使用到以下符号：

NR1 : 整数，例如：123

NR2 : 定点数，例如：12.3

NR3 : 浮点数，例如：12.3E+5

NL : 换行符，整数 10，是字符串输入输出的结束符

^END: IEEE-488 总线的 EOI (结束) 信号

< > 尖括号包含的字符表示程序代码参数。

[] 方括号表示包含的项目是可选的。方括号加上星号(例如，[, <value> *])表示重复包含的项目(<value>)直到最大数。

{ } 当大括号包含几个项目时，表示只能从中选择一个项目。

3. 在此后的命令叙述里，每一个子系统命令的解释都给出如下内容：

- 子系统命令名及其概要应用说明
- 命令树及其层次结构
- 每一个命令（包括子命令）的全名及其缩写（以大写表示）
- 子命令的具体描述
- 命令的语法
- 符合语法规则的命令例子
- 查询语法
- 查询返回内容

8.3 命令参考

仪器支持如下子系统命令：

- DISPlay ●FREQuency ●VOLTage ●FUNCtion
- LIST ●APERture ●TRIGger ●FETCh?
- ABORT ●CORRection ●COMParator ●Mass MEMory

仪器支持如下 GPIB 公用命令：

- *RST ●*TRG ●*IDN

8.3.1 DISPlay 子系统命令

DISPlay 子系统命令主要用于设定仪器的显示页面。图 8-2 是 DISPlay 子系统命令的命令树结构。

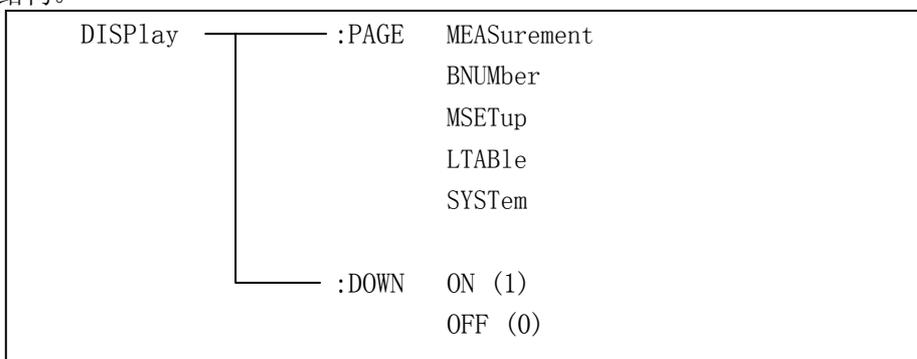


图 8-2 DISPlay 子系统命令树

:PAGE 设定仪器的显示页面，**:PAGE?** 可以查询当前 LCD 屏上显示的页面。

命令语法：DISPlay:PAGE <page name>

<page name>具体如下：

- MEASurement 设定显示页面至：元件测量显示页面 (MEASurement)
- BNumber 设定显示页面至：档号显示页面 (Bin NUMBER)
- MSETup 设定显示页面至：测量设置页面 (Meas SETup)
- LTABle 设定显示页面至：极限列表设置页面 (Limit TABle)
- SYSTem 设定显示页面至：系统设置页面 (SYSTem)

例如：WrtCmd(“DISP:PAGE MEAS”)，设定显示页面至：元件测量显示页面。

查询语法：DISPlay:PAGE?

查询返回：<page name><NL^END>

<page name>具体如下：

- <LcrMeasurement > 表示当前页面为：元件测量显示页面
- <BinNumber> 表示当前页面为：档号显示页面

<MeasSetup>	表示当前页面为：测量设置页面
<LimitTable>	表示当前页面为：极限列表设置页面
<SystemConfig>	表示当前页面为：系统设置页面

:DOWN 设定元件测量显示页面测量结果的显示字体，**:DOWN?** 用于返回元件测量显示页面测量结果的显示字体状态。

命令语法：

$$\text{DISPlay:DOWN} \left\{ \begin{array}{l} \text{ON} \\ \text{OFF} \\ 1 \\ 0 \end{array} \right\}$$

这里：

字符 1（整数 49）与 ON 等价，表示以小字符显示。

字符 0（整数 48）与 OFF 等价，表示以大字符显示。

例如：WrtCmd(“DISP:DOWN 1”)，设定元件测量显示页面测量结果以小字符显示。

查询语法：DISPlay:DOWN?

查询返回：<NR1><NL^END>

8.3.2 FREQuency 子系统命令

FREQuency 子系统命令主要用于设定仪器的测试频率，FREQuency? 可以查询当前的测试频率。

命令语法：

$$\text{FREQuency} \left\{ \begin{array}{l} \langle \text{value} \rangle \\ \text{MIN} \\ \text{MAX} \end{array} \right\}$$

具体如下：

<value> 频率参数

可以是 NR1, NR2, NR3 数据格式或再加 Hz, kHz, mAhz 后缀的参数。如果设定的频率不是所支持的，仪器将被设定到最接近的但低于设定值的频率上。

MIN 设定至仪器支持的最小测量频率

MAX 设定至仪器支持的最大测量频率

例如：WrtCmd(“FREQ 1KHZ”)，设定频率为 1000Hz。

查询语法：FREQuency?

查询返回：<NR3><NL^END>

8.3.3 VOLTage 子系统命令

VOLTage 子系统命令主要用于设定仪器的测试电平电压和输出内阻, VOLTage? 可以查询当前的测试电平电压。图 8-3 是 VOLTage 子系统命令树。

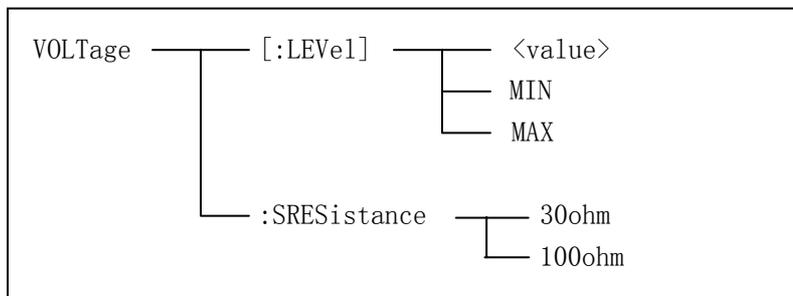


图 8-3 VOLTage 子系统命令树

命令语法:

$$\text{VOLTage[:LEVel]} \left\{ \begin{array}{l} \langle \text{value} \rangle \\ \text{MIN} \\ \text{MAX} \end{array} \right\}$$

具体如下:

$\langle \text{value} \rangle$ 可以是 NR1, NR2, NR3 数据格式或再加 V, mV 后缀的参数, 设定的电平应在 10mV-2V 之间。

MIN 设定测量电平电压为 10mV

MAX 设定测量电平电压为 2V

例如: WrtCmd(“VOLT 1V”); 设定电平电压为 1V。

查询语法: VOLTage?或 VOLTage:LEVel?

查询返回: $\langle \text{NR3} \rangle \langle \text{NL} \rangle \text{END}$

:SRESistance 用于设定仪器的源内阻 (Source Resistance)

命令语法:

$$\text{VOLTage:SRESistance} \left\{ \begin{array}{l} 30\text{ohm} \\ 100\text{ohm} \end{array} \right\}$$

例如: WrtCmd(“VOLT:SRES 30ohm”), 设定仪器的输出内阻为 30 OHM
源内阻无查询功能。

8.3.4 FUNCTION 子系统命令

FUNCTION 子系统命令主要用于设定测量参数，量程，监视器开关，和偏差显示的模式选择、偏差参考值设定等。图 8-4 是 FUNCTION 子系统命令树。

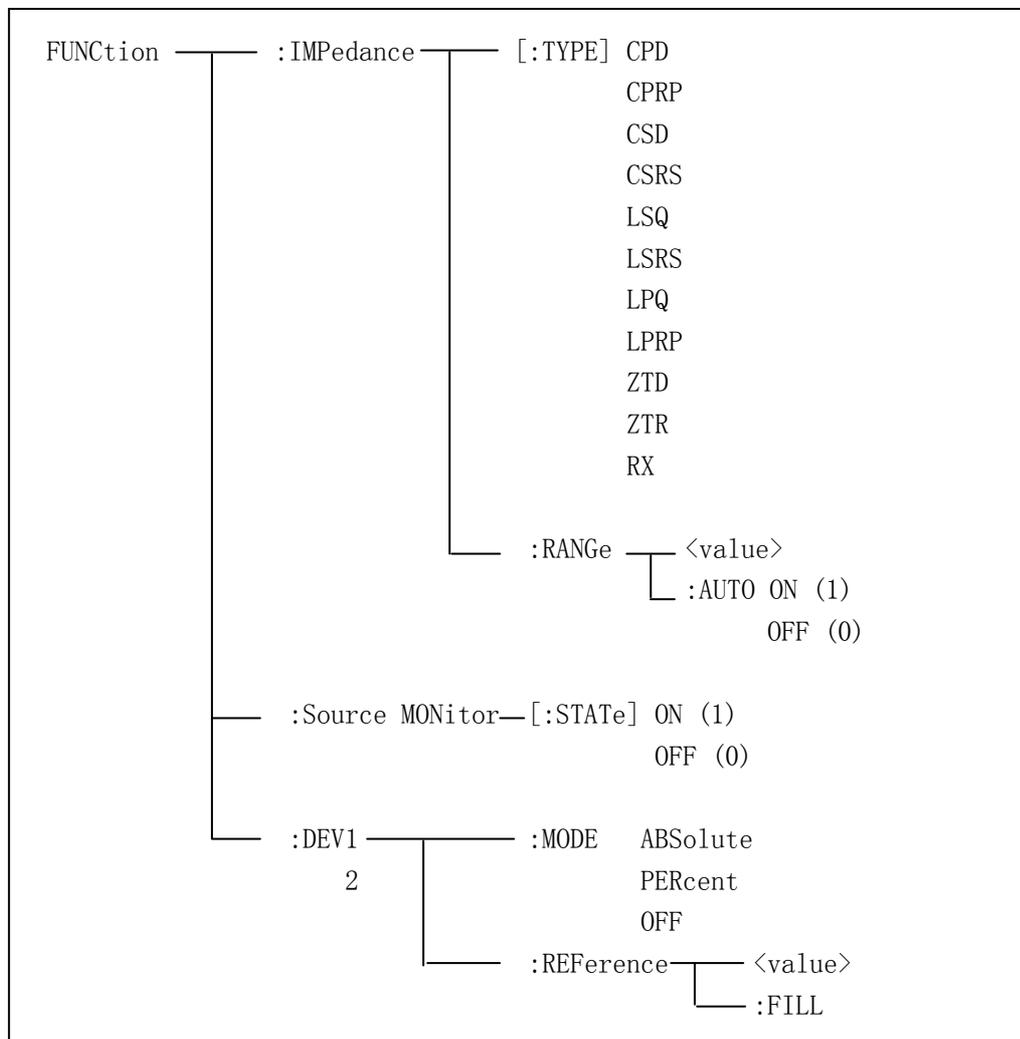


图 8-4 FUNCTION 子系统命令树

:IMPedance 用于设定仪器的测量参数，`:IMPedance?` 查询当前的测量参数。

命令语法： `FUNCTION:IMPedance <function>`

<function>具体如下：

- CPD 设定测量参数为 Cp-D
- CPRP 设定测量参数为 Cp-Rp
- CSD 设定测量参数为 Cs-D
- CSRS 设定测量参数为 Cs-Rs
- LSQ 设定测量参数为 Ls-Q

LSRS	设定测量参数为 Ls-Rs
LPQ	设定测量参数为 Lp-Q
LPRP	设定测量参数为 Lp-Rp
ZTD	设定测量参数为 Z- θ °
ZTR	设定测量参数为 Z- θ r
RX	设定测量参数为 R-X

例如: WrtCmd(“FUNC:IMP RX”); 用于设定仪器的“功能”参数为 R-X。

查询语法: FUNCtion:IMPedance?

查询返回: <function><NL^END>

:IMPedance:RANGe 用于设定仪器的量程, :IMPedance:RANGe? 查询当前的量程参数。

命令语法: FUNCtion:IMPedance:RANGe <value>

这里, <value>可以是 NR1 数据格式或再加 OHM, KOHM 后缀的参数, 只能用如下几种:

10 30 100 300 1000 3000 10000 30000 100000

或 10ohm 30ohm 100ohm 300ohm 1kohm 3kohm 10kohm 30kohm 100kohm

其它为非法量程设定, 将产生“错误参数”(Error Parameter)信息。

例如: WrtCmd(“FUNC:IMP:RANG 1KOHM”), 用于设定仪器的量程为 1kOHM。

☛**提示:** 设定量程后, 量程即进入锁定 (HOLD) 方式, 直至再次改变量程。

查询语法: FUNCtion:IMPedance:RANGe?

查询返回: <value><NL^END>

这里, <value>是:

10 30 100 300 1000 3000 10000 30000 100000

:IMPedance:RANGe:AUTO 用于设定仪器的量程自动选择方式, :IMPedance:RANGe:AUTO? 查询当前的量程状态。

命令语法:

$$\text{FUNCtion:IMPedance:RANGe:AUTO} \left\{ \begin{array}{l} \text{ON} \\ \text{OFF} \\ 1 \\ 0 \end{array} \right\}$$

这里:

字符 1 (整数 49) 与 ON 等价

字符 0 (整数 48) 与 OFF 等价

例如: WrtCmd(“FUNC:IMP:RANG:AUTO ON”); 用于设定仪器的量程为自动。

查询语法: FUNCtion:IMPedance:RANGe:AUTO?

查询返回: <NR1><NL^END>

:Source MONitor 用于设定仪器的电压电流监视开关，**:Source MONitor?** 可以查询当前的电压电流监视开关状态。

命令语法：

$$\text{FUNction:SMONitor[:STATe]} \left\{ \begin{array}{l} \text{ON} \\ \text{OFF} \\ 1 \\ 0 \end{array} \right\}$$

这里：

字符 1（整数 49）与 ON 等价

字符 0（整数 48）与 OFF 等价

例如：WrtCmd(“FUNC:SMON ON”), 用于设定仪器的电压电流监视开关“开”。

查询语法：FUNction:SMONitor?

查询返回：<NR1><NL^END>

:DEV<n>:MODE 用于设定仪器的偏差测量模式，**:DEV<n>:MODE?** 用于返回仪器的偏差测量模式参数。

命令语法：

$$\text{FUNction:DEV<n>:MODE} \left\{ \begin{array}{l} \text{ABSolute} \\ \text{PERCent} \\ \text{OFF} \end{array} \right\}$$

这里：

ABSolute 表示绝对值偏差显示

PERCent 表示百分比偏差显示

OFF 表示实际测量值直接显示

<n>是：

字符 1(整数 49) 设定主参数的偏差模式

字符 2(整数 50) 设定副参数的偏差模式

例如：WrtCmd(“FUNC:DEV1:MODE ABS”), 设定主参数为绝对值偏差模式。

查询语法：FUNction:DEV<n>:MODE?

查询返回：

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{ABS} \\ \text{PER} \\ \text{OFF} \end{array} \right\} \langle \text{NL}^{\wedge} \text{END} \rangle$$

:DEV<n>:REference 用于设定仪器的偏差参考值，**:DEV<n>:REference?** 可以查询当前的偏差参考值。

命令语法：FUNction:DEV<n>:REference<value>

这里：

<value>可以是 NR1, NR2, NR3 数据格式或再加 ma, k, m, μ , n, p 后缀的参数。

<n>是:

字符 1(整数 49) 设定主参数的偏差参考值

字符 2(整数 50) 设定副参数的偏差参考值

例如: WrtCmd(“FUNC:DEV1:REF 10”)

①注意: <value>不必使用单位, 单位由当前仪器的测量功能决定, 参见表 8-2 的说明。

查询语法: FUNCtion:DEV<n>:REFerence?

查询返回: <NR3><NL^END>

:DEV<n>:REFerence:FILL 用于设定仪器的偏差参考值, 它控制仪器产生一次测量, 然后把主副参数结果复制成偏差参考值。

命令语法: FUNCtion:DEV<n>:REFerence:FILL

这里:

<n>是: 字符 1(整数 49)或字符 2(整数 50)分别设定主参数和副参数的偏差参考值

例如: WrtCmd(“FUNC:DEV1:REF:FILL”)

仪器将产生一次测量, 测量结果的主参数作为主参数的偏差参考值。

8.3.5 APERTure 子系统命令

APERTure 子系统命令主要用于设定测量的速度, 测量中使用的平均次数。APERTure? 查询当前的测量速度, 测量中使用的平均次数。

命令语法:

$$\text{APERTure} \left\{ \begin{array}{l} \text{SHORT 或 FAST} \\ \text{MEDIum} \\ \text{LONG 或 SLOW} \end{array} \right\}$$

这里:

SHORT 或 FAST: 快速, 约 25 次/秒

MEDIum: 中速, 约 10 次/秒

LONG 或 SLOW: 慢速, 约 2 次/秒

例如: WrtCmd(“APER MED”)

查询语法: APERTure?

查询返回:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{FAST} \\ \text{MED} \\ \text{SLOW} \end{array} \right\} \langle \text{NL}^{\wedge} \text{END} \rangle$$

8.3.6 TRIGger 子系统命令

TRIGger 子系统命令用于设定仪器的触发模式，触发后的延时，和触发一次测量。图 8-5 是 TRIGger 子系统命令树。

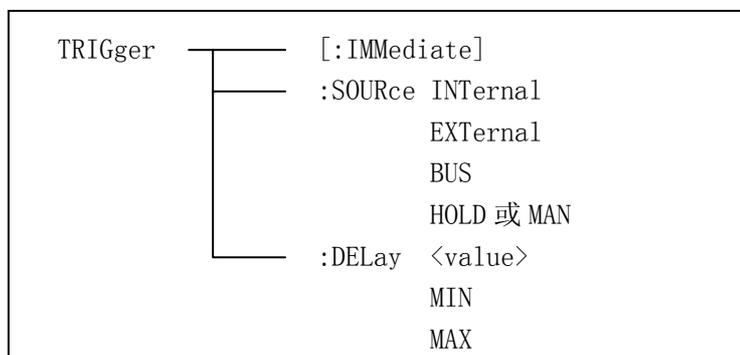


图 8-5 TRIGger 子系统命令树

:IMMediate 用于仪器触发一次测量。

命令语法：TRIGger[:IMMediate]

例如：WrtCmd(“TRIG”)

Ⓛ注意：该命令只在测量页面(元件测量显示页面，档号显示页面)有效。在其他页面上该命令将被忽略。

:SOURce 用于设定仪器的触发模式，:SOURce? 查询当前的触发模式。

命令语法：

TRIGger:SOURce { INTERNAL
EXTERNAL
BUS
HOLD 或 MAN }

这里：

INTernal 被仪器自动触发，是仪器的默认设置。

EXTernal 被 HANDLER 接口触发。

BUS 被 RS232 接口或 GPIB 接口触发。

HOLD 或 MAN 在面板按 **TRIGGER** 键触发，但按键在远程控制时失效，因此实际无法触发。

例如：WrtCmd(“TRIG:SOUR BUS”)，设定为总线触发。

查询语法：TRIGger:SOURce?

查询返回：

$$\left. \begin{array}{l} \text{INT} \\ \text{EXT} \\ \text{BUS} \\ \text{HOLD} \end{array} \right\} \langle \text{NL}^{\wedge} \text{END} \rangle$$

:DElay 命令用于设定仪器触发后的延时时间，**:DElay?** 查询当前的延时时间。

命令语法：

$$\text{TRIGger:DElay} \left\{ \begin{array}{l} \langle \text{value} \rangle \\ \text{MIN} \\ \text{MAX} \end{array} \right\}$$

具体如下：

<value> 可以是 NR1, NR2, NR3 数据格式或再加 m, ms 后缀的参数，以 1ms 为分辨率的 0—60 秒时间。

MIN 设定延时参数为 0 秒。

MAX 设定延时参数为 60 秒。

例如：WrtCmd(“TRIG:DEL 5S”)，设定延时参数为 5 秒。

WrtCmd(“TRIG:DEL MIN”)，设定延时参数为 0 秒。

查询语法：TRIGger:DElay?

查询返回：<NR3><NL^END>

8.3.7 FETCh?子系统命令

FETCh?子系统命令用于仪器被触发测量后输出测量结果。图 8-6 是 FETCh? 子系统命令树。

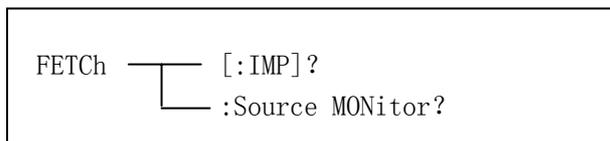


图 8-6 FETCh? 子系统命令树

[:IMP]?命令用于输出仪器最近一次测量的结果。

查询语法：FETCh[:IMP]?

FETCh[:IMP]? 命令使仪器将测量结果复制到输出缓冲区。在 GPIB 总线上，仪器处于讲者状态时，缓冲区数据被输出；在 RS232C 总线上，只要输出缓冲区有数据，总是被立即输出。

例如： WrtCmd(“TRIG:SOUR BUS”)

WrtCmd(“TRIG”)

WrtCmd(“FETC?”)

查询结果的输出详见第七章“数据格式”一节。

提示：如果测量结果已被取走，而仪器尚未开始新的测量或正在测量中，则 FETC? 命令将在新的测量或当前测量结束后才会有效。

注意：FETC? 命令仅在测量页面(元件测量显示页面，档号显示页面)有效；在非测量页面，查询返回的结果是“9.9E37, 9.9E37”。

:Source MONitor? 命令输出最近一次测量的电压电流监视结果。

查询语法：FETCh:SMONitor?

查询返回：<NR3, NR3><NL^END>

提示：监视结果的输出并不检查数据是否被读取过，它总是将最近结果复制到输出缓冲区。

注意：电压电流监视结果查询仅在 2 个测量页面且已打开电压电流监视时有效，否则返回“9.9E37, 9.9E37”。

8.3.8 ABORt 子系统命令

ABORt?子系统命令用于放弃仪器当前正在进行的一次测量。

命令语法： ABORt

例如： WrtCmd(“ABOR”)

8.3.9 CORRection 子系统命令

CORRection 子系统命令用于设定开路 and 短路清零的开关以及进行扫频开路和短路清零。图 8-7 是 CORRection 子系统命令树。

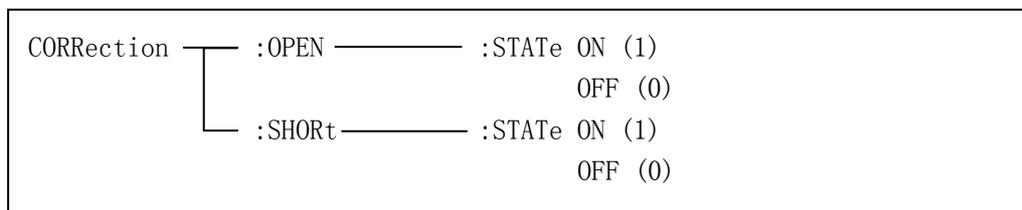


图 8-7 CORRection 子系统命令树

:OPEN 命令启动扫频开路清零。

命令语法: CORRection:OPEN

例如: WrtCmd(“CORR:OPEN”)

ⓘ注意: 仪器在执行诸如开路、短路清零等需较长时间才能完成的总线命令时，主机应等待仪器命令执行完毕后再发送下一命令。在 GPIB 总线上，仪器通过锁定 RFD 可达到在命令完成之前占有总线的目的，但在 RS232C 总线上，在当前命令完成之前，主机发送的下一命令的首字符将可能被仪器忽略。详情参见第七章串行协议。

:OPEN:STATe 用于设定仪器的开路校正功能，:OPEN:STATe? 查询当前仪器的开路校正功能状态。

命令语法:

$$\text{CORRection:OPEN:STATe} \left\{ \begin{array}{l} \text{ON} \\ \text{OFF} \\ 1 \\ 0 \end{array} \right\}$$

这里:

1 (整数 49) 允许开路校正，等价 ON

0 (整数 48) 禁止开路校正，等价 OFF

例如: WrtCmd(“CORR:OPEN:STAT ON”)

查询语法: CORRection:OPEN:STATe?

查询返回: <NR1><NL^END>

:SHORT 命令启动扫频短路清零。

命令语法: CORRection:SHORT

例如: WrtCmd(“CORR:SHOR”)

:SHORT:STATE 用于设定仪器短路校正功能，**:SHORT:STATE?** 查询当前的仪器的短路校正状态。

命令语法：

$$\text{CORRection:SHORt:STATe} \left\{ \begin{array}{l} \text{ON} \\ \text{OFF} \\ 1 \\ 0 \end{array} \right\}$$

这里：

1（整数 49） 允许短路校正，等价 ON

0（整数 48） 禁止短路校正，等价 OFF

例如：WrtCmd(“CORR:SHOR:STAT ON”)

查询语法：CORRection:SHORt:STATe?

查询返回：<NR1><NL^END>

8.3.10 COMPArator 子系统命令

COMPArator 子系统命令用于设定档比较器参数,包括比较开关的设定,极限列表的设定。
图 8-8 是 COMPArator 子系统命令树。

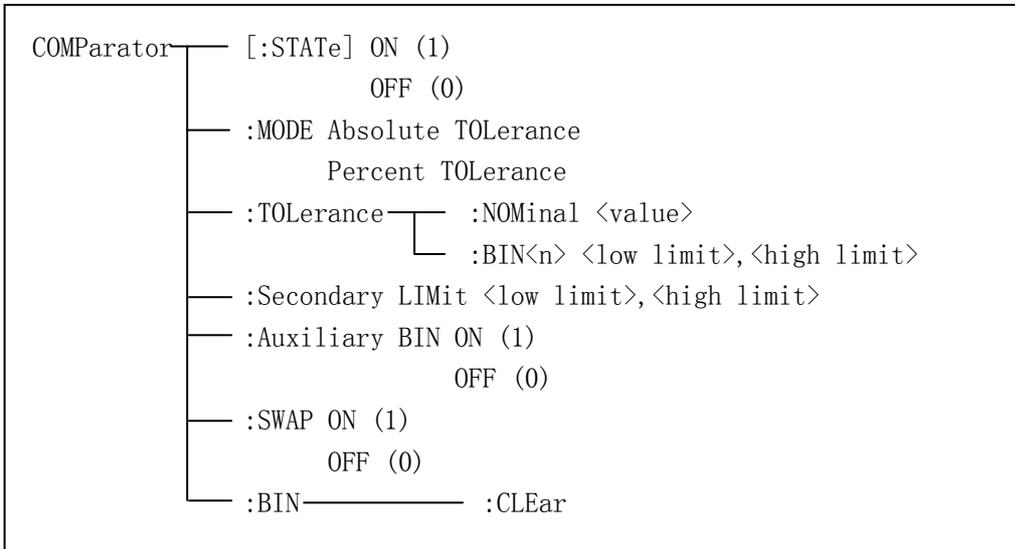


图 8-8 COMPArator 子系统命令树

[:STATe]用于设定仪器比较功能开启或关闭。**[:STATe]**查询当前比较功能状态。
命令语法:

$$\text{COMPArator[:STATe]} \left\{ \begin{array}{l} \text{ON} \\ \text{OFF} \\ 1 \\ 0 \end{array} \right\}$$

这里:

1 (整数 49) 等价 ON

0 (整数 48) 等价 OFF

例如: WrtCmd(“COMP ON”)

查询语法: COMPArator[:STATe]?

查询返回: <NR1><NL^END>

:MODE用于设定仪器比较功能极限方式, **:MODE?**查询当前设定的极限方式。

命令语法:

$$\text{COMPArator:MODE} \left\{ \begin{array}{l} \text{ATOLerance} \\ \text{PTOLerance} \end{array} \right\}$$

这里:

ATOLerance 设置绝对公差方式
PTOLerance 设置百分比公差方式

例如: WrtCmd(“COMP:MODE ATOL”)

查询语法: COMPArator:MODE?

查询返回: $\left. \begin{array}{l} \text{ATOL} \\ \text{PTOL} \end{array} \right\} \langle \text{NL}^{\wedge} \text{END} \rangle$

:TOLerance:NOMinal 用于设定比较器的标称量。:TOLerance:NOMinal? 查询当前仪器设定的标称量。

命令语法: COMPArator:TOLerance:NOMinal <value>

这里 <value>为 NR1, NR2 或 NR3 数据格式或再加 ma, k, m, μ , n, p 后缀的参数。

例如: WrtCmd(“COMP:TOL:NOM 100E-12”)

①注意: <value>不必使用单位, 单位由当前仪器的测量功能决定, 参见表 8-2 的说明。

查询语法: COMPArator:TOLerance:NOMinal?

查询返回: <NR3><NL^END>

:TOLerance:BIN<n> 用于设定比较器各档上下限极限数值。:TOLerance:BIN<n>? 查询当前仪器设定各档上下极限数值。

命令语法: COMPArator:TOLerance:BIN<n><low limit>, <high limit>

这里:

<n> 档号, NR1 数据, 1 到 4 (TH2817A) 或 1 到 9 (TH2816A)

<low limit> 档 n 的下限数据, NR1, NR2 或 NR3 格式数据或再加 ma, k, m, μ , n, p 后缀的参数。

<high limit> 档 n 的上限数据, NR1, NR2 或 NR3 格式数据或再加 ma, k, m, μ , n, p 后缀的参数。

例如: WrtCmd(“COMP:TOL:BIN1 -5, 5”)

WrtCmd(“COMP:TOL:BIN2 -10, 10”)

①注意: 下限数据应小于上限数据, 否则提示警告信息。

①注意: <low limit>及<high limit>不必使用单位, 单位由当前仪器的测量功能决定, 参见表 8-2 的说明。

查询语法: COMPArator:TOLerance:BIN<n>?

查询返回: <low limit>, <high limit><NL^END>

low limit, high limit 是 NR3 数据格式。

①注意: 如果当前查询的档未设定上下极限数据, 返回 “9. 9E37, 9. 9E37”。

:Secondary LIMit 用于设定比较器的副参数上下限值。:Secondary LIMit? 查询仪器当前副参数上下限值。

命令语法: COMPArator:SLIMit <low limit>,<high limit>

这里:

<low limit> 副参数的下限数据,为 NR1,NR2 或 NR3 格式数据或再加 ma, k, m, μ , n, p 后缀的参数。

<high limit> 副参数的上限数据,为 NR1,NR2 或 NR3 格式数据或再加 ma, k, m, μ , n, p 后缀的参数。

例如: WrtCmd(“COMP:SLIM 0.001,0.002”)

①注意: 上限应大于下限, 否则提示警告信息。

①注意: <low limit>及<high limit>不必使用单位, 单位由当前仪器的测量功能决定, 参见表 8-2 的说明。

查询语法: COMPArator:SLIMit?

查询返回: <NR3>,<NR3><NL^END>

①注意: 如果副参数上下极限数据未设定, 返回“9.9E37”。

:Auxiliary BIN 用于设定比较器的附属档开关。:Auxiliary BIN? 查询仪器当前附属档开关情况。

命令语法:

$$\text{COMPArator:Auxiliary BIN} \left\{ \begin{array}{l} \text{ON} \\ \text{OFF} \\ 1 \\ 0 \end{array} \right\}$$

这里:

0(整数 48) 等价 OFF

1(整数 49) 等价 ON

例如: WrtCmd(“COMP:ABIN ON”)

查询语法: COMPArator:Auxiliary BIN?

查询返回: <NR1><NL^END>

:SWAP 用于设定是否使用主副参数对换功能, 例如: 测量参数为 Cp-D, 选择 SWAP 模式为 ON, 则测量参数变为 D-Cp, 此时档极限为 D 的上下限, 副参数极限为 Cp 的上下限。:SWAP? 查询当前仪器主副参数对换比较模式情况。

命令语法:

$$\text{COMPArator:SWAP} \left\{ \begin{array}{l} \text{ON} \\ \text{OFF} \\ 1 \\ 0 \end{array} \right\}$$

这里：

0（整数 48） 等价 ON

1（整数 49） 等价 OFF

例如：WrtCmd(“COMP:SWAP ON”)

查询语法：COMParator:SWAP?

查询返回：<NR1><NL^END>

:BIN:CLEAr 用于清除极限列表中设置的各项极限数据。

命令语法：COMParator:BIN:CLEAr

例如：WrtCmd(“COMP:BIN:CLE”)

8.3.11 Mass MEMory 子系统命令

Mass MEMory 子系统命令用于文件的保存与加载。图 8-9 是 Mass MEMory 子系统命令树。

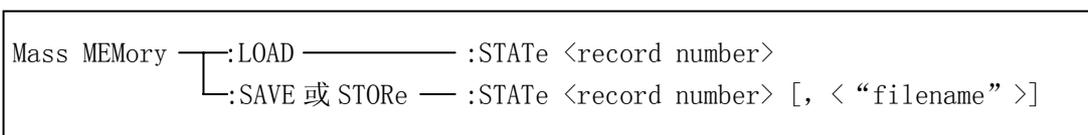


图 8-9 Mass MEMory 子系统命令树

:LOAD:STATe 命令用于加载已保存的文件。

命令语法：MMEMory:LOAD:STATe <value>

这里：

<value> 0 到 11 (NR1) 的文件序号。

例如：WrtCmd(“MMEM:LOAD:STAT 1”)

🔗**提示：**如果加载的文件号不存在，仪器将显示“Record Not Exist”的报警信息。

🔗**提示：**文件中包含了页面信息，加载后将直接跳转至原保存文件的页面。

:SAVE:STATe 或 STORE:STATe 命令用于保存当前仪器的设置到一个文件。

命令语法：MMEMory:STOR:STATe <value> [, <“filename” >]

这里：

<value> 0 到 11 (NR1) 的文件序号。

<“filename” > 要保存的文件名，可用 18 个以内的 ASCII 字符表示，**注意要用引号将文件名括起来**。如果未指定文件名，仪器以缺省的<Unnamed>命名。

例如：WrtCmd(“MMEM:STOR:STAT 1, “#TH2816B*””)

🔗**提示：**总线指定的文件名是被原样引用的，因此通过总线可以得到一些在仪器面板上不能输入的字符，如一些特殊符号，小写字母等。

ⓘ**注意：**本仪器在覆盖已存在的文件记录时并不提示。

8.3.12 公用命令

本仪器目前仅提供以下几种公用命令：

***RST** 命令用于复位仪器。

命令语法：*RST

例如：WrtCmd(“*RST”)

***TRG** 命令用于触发仪器测量，并将测量结果写入输出缓冲器中。即等同于 TRIG+FETCh?命令。

命令语法：*TRG

在非测量页面，触发被忽略，同时仪器返回的测量结果是“9.9E37,9.9E37”。

例如：WrtCmd(“*TRG”)

***IDN?** 命令用于查询仪器信息。

查询语法：*IDN?

查询返回：<product>,<version><NL^END>

这里：

<product> TH2816B Precision LCR Meter

<version> 软件版本号

8.4 出错信息

发给仪器的总线命令中，可能包含错误命令或语法，或不正确的参数。本仪器对命令串是边分析边执行，如果遇到错误，则显示出错信息并中止命令分析，因而在一个命令串中，错误之后的内容将被仪器忽略。

以下是总线上常见错误信息表，错误信息将在显示屏上的弹出窗口中显示。

错误信息	说 明
Unknow Message!	未知消息，即无法识别的命令。 例如 TRG，应为 TRIG； COMP:NOM 100p，应为 COMP:TOL:NOM 100p。 :DEV:MUDE percent，DEV 应为 DEV1 或 DEV2，“MUDE”拼写错误。
Syntax Error!	语法错误，错写、多写或漏写了语法符号。 例如 TRIG IMM，应写为 TRIG:IMM（IMM 是可选用的触发命令，不是 TRIG 的参数）。
Data Error!	数据错误，数值超限或不支持的数值。 例如 VOLT:LEVEL 2.5V，电平数值超出仪器设定范围。
Error Parameter.	参数错误，无法识别的命令参数。 例如 COMP:TOL:NOM 100pF，标称值设定不需要附单位； FUNC:IMP ZRAD，仪器不支持的测量参数类型。
Error Suffix.	后缀错误，一般是不匹配的单位，倍率等。 例如 FREQ 0.1MHZ，应写为 0.1MAHZ。
Data Too Long!	数据太长，例如数值参数超过 20 个字符，文件名超过 18 个字符。
Cannot Executed!	无法执行，当前状态下无法执行的命令。
Record Not Exist!	记录不存在，要加载的文件记录并不存在。

总线命令在执行过程中还会出现一些正常的提示信息，这类信息不影响后续命令的继续运行，主要的有：

提示信息	说 明
Open Progress..	表示正在开路清零过程中
Short Progress..	表示正在短路清零过程中
Save Progress..	表示正在保存当前设置到一个文件
Query Updated!	在 GPIB 总线上，输出缓冲器的数据尚未读尽，新的查询已产生。
Data Print Fail!	在 GPIB 总线的只讲方式下，数据发送超时（无听者）。
Data Corrupt	数据混乱，是作为查询结果发送到总线上的，不在 LCD 上显示。

9 分选接口使用说明

(选件)

9.1 基本信息

本仪器向用户提供了功能强大的 Handler 接口，该接口主要用于仪器分选结果的输出。当仪器使用于自动元件分选测试系统中时，该接口提供与系统的联络信号和分选结果输出信号。联络信号包括 TRIG（测试启动）、IDX（AD 转换结束）、EOM（全部测量结束）三种信号，分选结果可输出合格档（BIN1-n），附属档（AUX）和不合格档（OUT）。不合格时还有更详尽的主参数偏高（PHI）、主参数偏低（PLO）和副参数不合格（SREJ）信号输出。使用这些信号，仪器可以方便的和系统控制器组成自动测试系统，进行元器件的测试、分选和质量控制，从而提高生产效率。

技术参数

表 9-1 显示了 HANDLER 接口有关技术参数。

输出信号：内置上拉电阻的集电极输出，低电平有效，光电隔离

输出结果：合格档，附属档和不合格档信号

IDX：A/D 转换结束

EOM：全部测量完成，档比较页不包含显示时间

输入信号：光电隔离

TRIG：外部触发，脉宽 $\geq 1\mu\text{s}$ ，上升沿触发，低电平驱动电流约 5-10mA

表 9-1 HANDLER 接口技术参数

9.2 信号线定义

这一节介绍接口信号线的定义及其意义。

HANDLER 接口使用三类信号：比较输出、控制输入及控制输出。

■ 比较输出信号：

/BIN1 - /BIN9, 合格信号

/AUX, 附属档信号

/OUT, 不合格档信号

/PHI, 主参数偏高信号

/PLO, 主参数偏低信号

/SREJ, 副参数不合格信号

以上信号的发生见图 9-1, 并参阅 4.2.5 极限列表设置的有关内容。

■ 控制输出信号：

/IDX, AD 转换结束信号

/EOM, 测量全部结束及比较数据有效信号

■ 控制输入信号：

/TRIG, 外部触发输入信号

☛提示：信号名称前的斜杠“/”表示该信号在低电平时有效。

HANDLER 接口的引脚分配及简要描述见表 9-2 和图 9-2。

表 9-2 HANDLER 接口的引脚定义一览表(1/2)

引脚号	信号名	描 述
1	/BIN1	档分选判别结果输出。
2	/BIN2	所有信号都是内置上拉电阻的集电极输出, 上拉电源可选择内部+5V 电源 (VCC) 或外部电源 (EXV1)。本仪器出厂默认使用外部上拉电源。内置上拉电阻阻值为 4.7kΩ。 ☛提示：/PHI、/PLO、/SREJ 的电气特性和这里相同, 下表不再详述。
3	/BIN3	
4	/BIN4	
5	/BIN5	
6	/BIN6	
7	/BIN7	
8	/BIN8	
9	/BIN9	
10	/OUT	
11	/AUX	
12	/TRIG	
13		当触发方式为外部时 (EXT), 此信号的上升沿触发仪器测量。
14	EXV2	为控制信号 (/TRIG, /IDX, /EOM) 提供的外部电源从此处接入。
15		若使用内部 VCC 电源, 需改变 HANDLER 接口板上的跳线设置。

表 9-2 HANDLER 接口的引脚定义一览表(2/2)

引脚号	信号名	描 述
16	VCC	内部+5V 电源输出。
17		当使用内部电源时，可使用 VCC 作为外部控制器的电源。
18		⚠ 警告：外部电路从 VCC 上汲取的电流应小于 100mA！
19	/PHI	因主参数偏高而不合格。 测量结果的主参数比 BIN1-BIN9 的上限数据大（参见图 9-1）
20	/PLO	因主参数偏低而不合格。 测量结果的主参数比 BIN1-BIN9 的下限数据小（参见图 9-1）
21	/SREJ	副参数不合格。 测量结果的副参数不在上下限范围内。
22	NC	未使用
23	NC	未使用
24	NC	未使用
25	NC	未使用
26	NC	未使用
27	EXV1	为分选结果输出信号（/BIN1-/BIN9，/AUX，/OUT，/PHI，/PLO，
28		/SREJ）提供的外部直流电源从这里接入。 若要使用内部 VCC 电源，需改变内部跳线设置。
29	NC	未使用
30	/IDX	A/D 转换结束后/IDX 信号有效。此信号可用于驱动下一元件进入待测位置，然而，测量结果要等到/EOM 有效后才有效。（见图 9-3）
31	/EOM	全部测量结束（End Of Measurement）： 当测量数据和比较结果有效时该信号有效，但显示是在/EOM 有效之后。（见图 9-3）
32	COM2	外部电源 EXV2 的参考地。
33		当控制信号使用内部电源时，仪器的参考地将与 COM2 相连。
34	COM1	外部电源 EXV1 的参考地。
35	COM1	当分选输出信号使用内部电源时，仪器的参考地将与 COM1 相连。
36	COM1	

提示：在表中，“/”表示信号低电平有效。

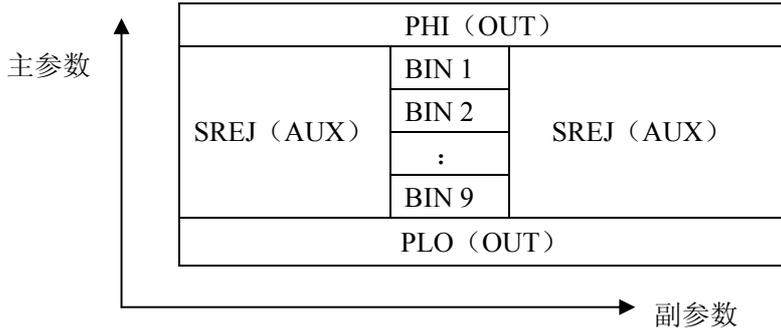


图 9-1 档比较功能/PHI, /PLO, /SREJ 信号区域示例

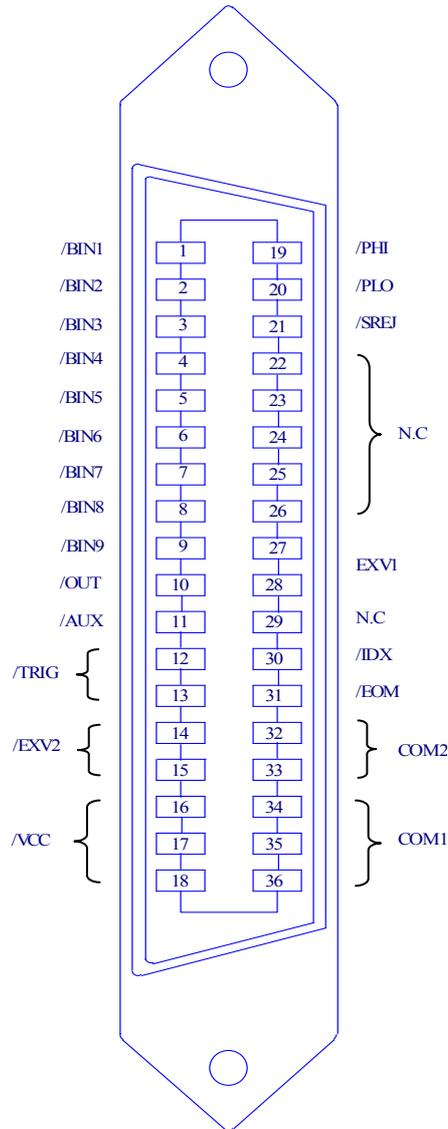


图 9-2 HANDLER 连接接口管脚定义

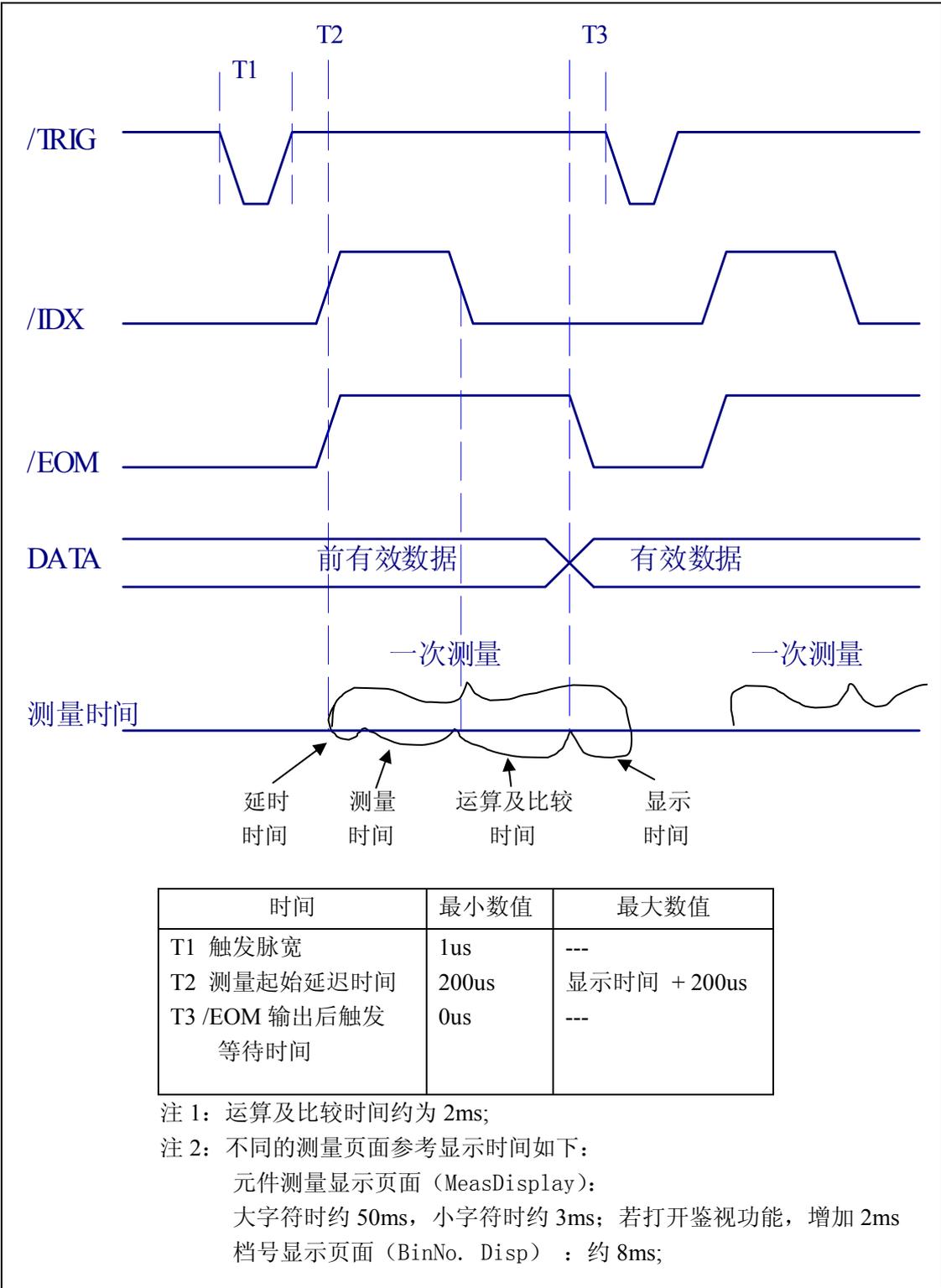


图 9-3 HANDLER 接口信号输出时序图

9.3 电气特征

9.3.1 直流隔离输出

每个直流输出信号（管脚 1-11, 19-21, 30, 31）都是光电耦合器隔离的内置上拉电阻的集电极输出。每根信号线上的输出电压由 HANDLER 接口板上的上拉电压设定。上拉电压可以通过设置跳线由内部电源（+5V）提供，或由外部电压（EXV: +5~+24V）提供，参阅 9.4 跳线设置的有关内容。

提示：仪器出厂的默认跳线设置是使用外部电源。

直流隔离输出的电气特征分为比较结果输出信号（分选输出信号）和控制信号两个类型，参见下表：

输出信号	输出额定电压		最大电流	电路参考地
	低电平	高电平		
分选信号 /BIN1 - /BIN9 /OUT /AUX /PHI /PLO /SREJ	≤0.5V	+5V~ +24V	6mA	内部上拉电压： 仪器参考地（GND） 外部电压（EXV1）： COM1
控制信号 /IDX /EOM	≤0.5V	+5V~ +24V	6mA	内部上拉电压： 仪器参考地（GND） 外部电压（EXV2）： COM2

表 9-3 直流隔离输出电气特征

在使用外部电源时，仪器的控制信号和分选信号可以使用不同的电源，其中 EXV1/COM1 是分选输出信号的电源，EXV2/COM2 是控制信号的电源，当然也可以使用同一电源。

更详细了解这些信号的电气特性请参阅图 9-4 和图 9-5。

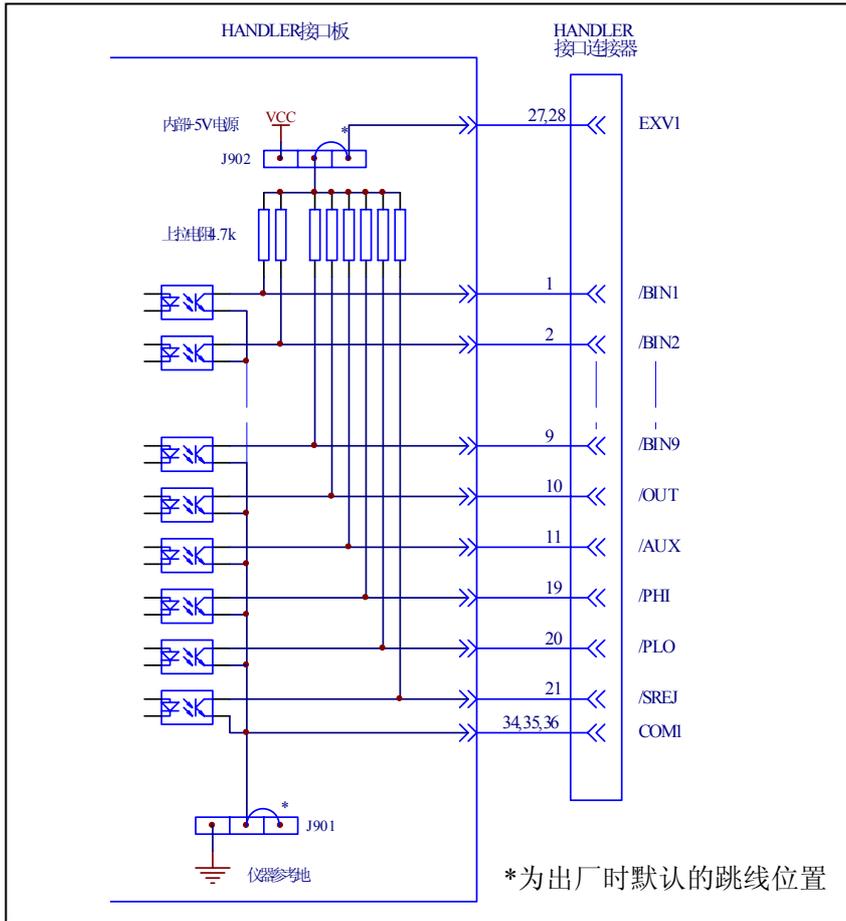


图 9-4 分选输出信号简化示意图

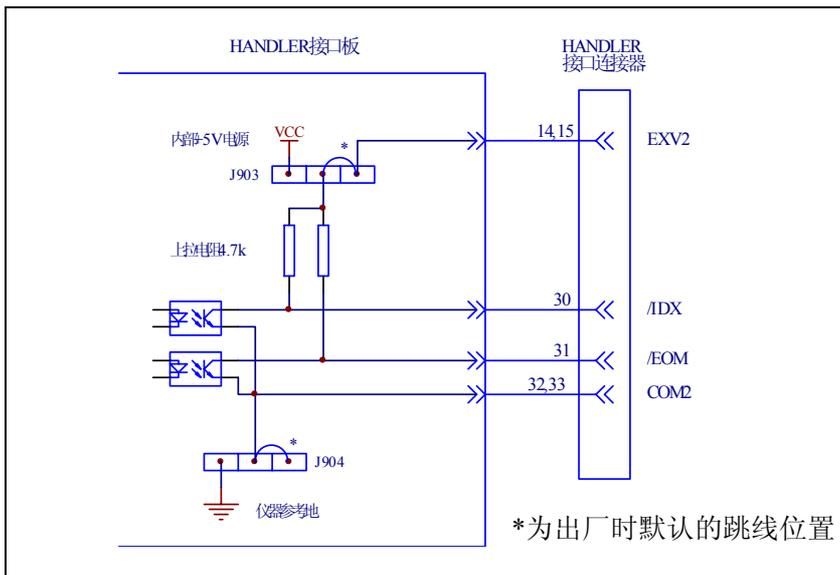


图 9-5 控制信号简化示意图

9.3.2 直流隔离输入

/TRIG 信号（12，13 脚）连接到光耦中 LED 的阴极，仪器在 /TRIG 信号的上升沿被触发。LED 阳极可以由内部 5V 直流电压驱动，也可以由外部直流电压 EXV2 驱动（和控制输出信号使用同一电源）。

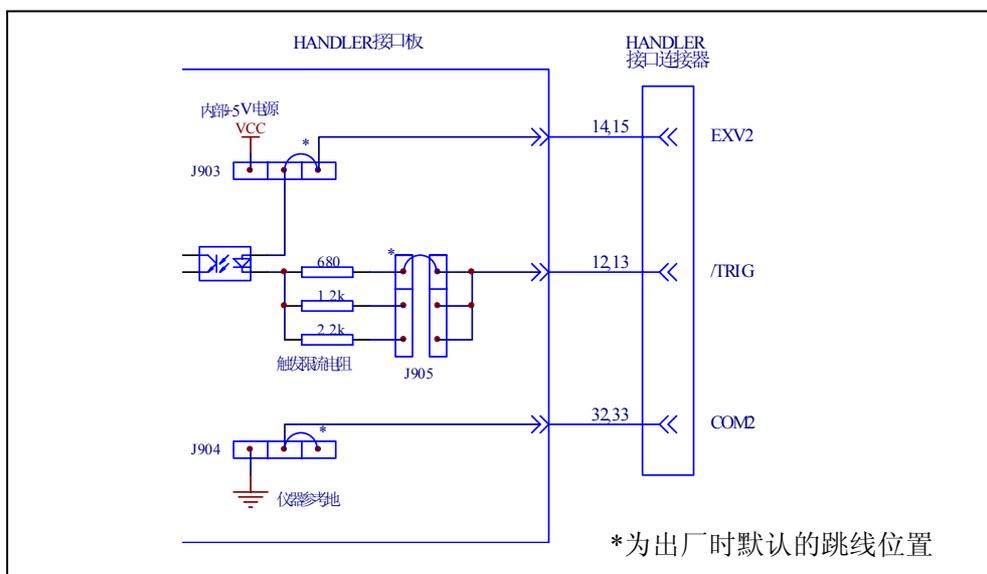


图 9-6 HANDLER 口触发输入信号简图

- ①**注意：**为驱动光耦，/TRIG 信号在低电平时应具有 5-10mA 的电流驱动能力；同时要有适当的去抖动处理，以防产生误触发。
- 🔧**提示：**当控制电路使用内部电源时，应该把 COM2 回路的共用地连接到仪器的参考地上，同步设置跳线 J904 就可以将 COM2 与内部地 GND 直接相连。
- 🔧**提示：**由于光耦上控制电压的不同，使用 J905 选择触发限流电阻。参考表 9-4。

9.4 HANDLER 接口板跳线设置

HANDLER 接口板上的跳线用来选择分选输出信号及控制信号是使用内部电源还是外部电源,并根据电源电压选择触发信号(TRIG)的限流电阻。表 9-4 是对每个跳线(J901-J905)的描述,它们在接口板上的位置如图 9-7 所示。

⚠ 警告:
打开机箱更改跳线设置前, 确保已关机并拔去电源插头,
待数分钟内部电容放完电后再进行操作!

☛ **提示:** 在表 9-4 和图 9-7 中,“N”表示出厂时默认的跳线设置。

表 9-4 HANDLER 接口板上的跳线设置

跳 线		描 述	信 号
号码	位置		
J901	左边	分选信号的直流输出是非隔离的, COM1 被连接到仪器的参考地上。	分选输出信号: /BIN1-/BIN9 /AUX
	右边(N)	分选信号的直流输出是隔离的。	
J902	左边	分选输出信号上拉电源为内部直流电压源 VCC(+5V), 应同步设置 J901 到左边, 使参考地从 COM1 输出。	/OUT /PHI /PLO /SREJ
	右边(N)	分选输出信号上拉电源接外部直流电压 EXV1(5V-24V)。	
J903	左边	控制信号使用内部直流电压 VCC(+5V); 应同步设置 J904 到左边, 使参考地从 COM2 输出。	控制信号: /IDX /EOM /TRIG
	右边(N)	控制信号使用外部直流电压 EXV2 (5V-24V)。	
J904	左边	控制信号的直流输入输出是非隔离的, COM2 被连接到仪器的参考地上。	
	右边(N)	控制信号的直流输入输出是隔离的。	
J905	左边(N)	触发限流电阻是 680Ω。 当 EXV2 在 5V-8V 间或控制信号使用内部直流电压时 (J903、J904 在左边), 设置跳线在这个位置。	触发信号: /TRIG
	中间	触发限流电阻是 1.2kΩ。 EXV2 在 8V-15V 间时, 在这里设置跳线。	
	右边	触发限流电阻是 2.2kΩ。 EXV2 在 15V-24V 间时, 在这里设置跳线。	

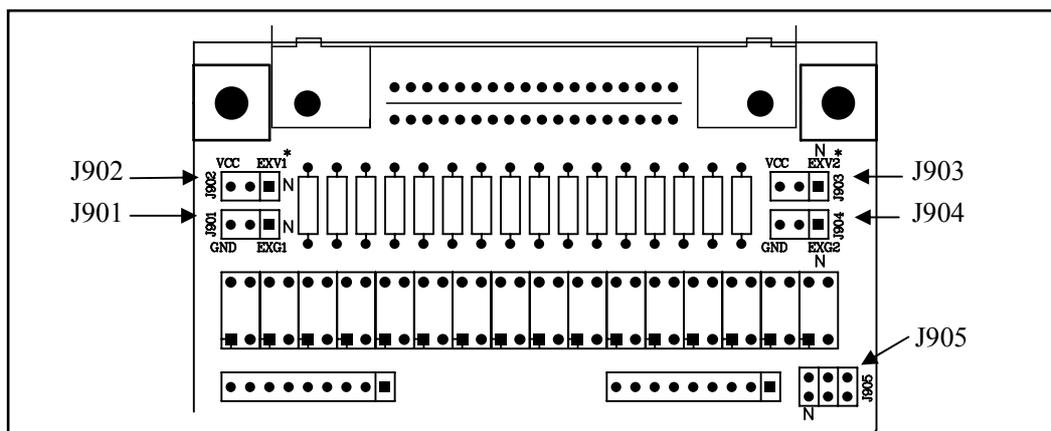


图 9-7 跳线在 HANDLER 板上的位置

在图 9-7 中，J901 和 J902 用于选择分选输出信号的电源，J903 和 J904 用于选择控制信号的电源，J905 用于选择触发限流电阻。

ⓘ注意：从 HANDLER 口使用内部+5V（脚 16-18）直流电源时（不推荐使用），J901 及 J904 的跳线应设到左边位置，使相应的 COM1 或 COM2 连接到仪器内部参考地上。

⚠警告：从 HANDLER 口使用内部+5V 电源时，最大允许使用电流为 100mA。

9.5 HANDLER 口操作

建立好 HANDLER 接口板后，就可以使用 HANDLER 接口了。在操作前，先设置档比较器的极限列表。下面的操作过程即为使用 HANDLER 接口进行分选输出的简要步骤，详细使用方法请参阅第四章的有关说明。

1. 先设置测试条件如测量参数、频率、电平及速度等。
2. 按页面按键，或按软键 **LIMIT**，进入极限列表设置页面。
3. 在 **FUNC** 区域选择是否使用参数置换功能，在 **MODE** 区域选择是使用百分比公差（%TOL）还是绝对值公差（±TOL）方式。
4. 设置用以分选的极限列表数据，包括标称值（NOMINAL）、档极限数据（要使用多档分选就要进行多档极限数据的设置）、副参数极限（如不比较则不设置）等。
5. 使用方向键移动反白条到 **COMP** 区域，选择 **ON** 软键，开启档比较功能。
6. 如对主参数合格而副参数不合格的要另档分选，则应到 **AUX** 区域开启附属档功能。
7. 用 HANDLER 口时一般需使用外部触发，在测量设置页，到 **TRIG** 区域将触发方式设置为“EXT”。同时检查是否关闭了偏差显示方式（DEV_A 及 DEV_B）。
8. 按下 **HOME** 页面按键，进入元件测量显示页面（MeasDisplay）。也可以选择档号显示页进行测量，这样可从显示屏上监视到分选结果。
9. 档分选均是同产品的批量测试，适宜锁定量程进行测量，请参阅 4.2.2.5 一节。
10. 移动光标到 **FILE** 区域，用 **SAVE** 将当前设置保存为一个文件，下次开机可直接调用。

10 成套与保修

10.1 成套

仪器出厂时应具备以下几项内容：

序号	名称	数量
1	TH2816B 型 LCR 数字电桥	1 台
2	TH26011 开尔文测试电缆	1 付
3	TH26005 测试夹具	1 台
4	TH26010 镀金短路板	1 片
5	三线电源线 	1 根
6	1A 保险丝  	2 只
7	使用说明书	1 份
8	产品合格证	1 张
9	测试报告	1 份
10	保修卡	1 张

用户收到仪器后，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。

本仪器 IEEE-488 接口及 HANDLER 接口为选件，需另行购买。

10.2 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。