

ET35 系列 LCR 技术指标和性能测试

6.1 技术指标

下表为 ET35 系列所有型号计数指标上的区别。

	ET3510/ET3505/ET3503/ET3502	ET3501/ET3500A	ET3500
可测参数	Cp-D/Q/G/Rp, Cs-D/Q/Rs, Lp-D/Q/G/Rp, Ls-D/Q/Rs, Rs-Xs, Z-θ, Y-θ, G-B		
测量时间 (快速/中速)	200ms/500ms @ 10Hz 100ms/500ms @ 50Hz 20ms/200ms @ ≥100Hz		
自定义时间范围	100ms/2000ms @ 10Hz 20ms/2000ms @ 50Hz 20ms/2000ms @ ≥100Hz 5ms/2000ms @ ≥1kHz		
频率 (1mHz 步进)	10Hz-1MHz (ET3510) 10Hz-500kHz (ET3505) 10Hz-300kHz (ET3503) 10Hz-200kHz (ET3502)	ET3501: 10Hz-100kHz ET3500A: 10Hz-50kHz	10Hz-50kHz
测试信号电平 (1mVrms 步进)	10mVrms 至 2Vrms 100 μ Arms 至 20mArms		
电压恒电平	10mVrms-1Vrms		
电流恒电平	100μArms-10mArms		
DC 偏置能力	内部-2V 至+2V 电压偏置 外部偏置输入 (±60V 以内)		无
信号源内阻	30 欧姆、100 欧姆可选		
基本准确度	0.05%		0.1%
显示分辨率	6 位半	5 位半	5 位半
比较器	9 组合合格档, 1 组不合格档, 一组附属档		
校准	自校准、开路/短路扫频、100 组指定频率点		
列表扫描	100 点列表扫描测试		
存储装置	内部/USB 存储器		
远程控制	GPIB、LAN、RS232、USB、Handler	LAN、RS232、USB、Handler、 GPIB 选配	LAN、RS232、USB、Handler

6.1.1 测量功能

ET35 系列数字电桥支持以下测量功能：

Cp-D, Cp-Q, Cp-G, Cp-Rp,

Cs-D, Cs-Q, Cs-Rs,

Lp-D, Lp-Q, Lp-G, Lp-Rp,

Ls-D, Ls-Q, Ls-Rs,

Rs-Xs,

$|Z|-\theta_r$, $|Z|-\theta_d$,

$|Y|-\theta_r$, $|Y|-\theta_d$,

G-B。

6.1.2 测试信号

(1) 测试频率

测试频率	10Hz-1MHz(ET3510) 10Hz-500kHz(ET3505) 10Hz-300kHz(ET3503) 10Hz-200kHz(ET3502) 10Hz-100kHz(ET3501) 10Hz-50kHz(ET3500A) 10Hz-50kHz(ET3500)
分辨率	1mHz
精度	0.01%

(2) 测试电平

电压

额定值	范围	10mVrms~2Vrms
	分辨率	1mVrms
	准确度	$\pm(5\%+5\text{mVrms})$
恒定值	范围	10mVrms~1Vrms
	分辨率	1mVrms
	准确度	$\pm(2\%+2\text{mVrms})$

电流

额定值	范围	100 μ Arms~20mArms
	分辨率	10 μ Arms
	准确度	$\pm(5\%+50\mu\text{Arms})$
恒定值	范围	100 μ Arms~10mArms
	分辨率	10 μ Arms
	准确度	$\pm(2\%+20\mu\text{Arms})$

(3) 偏置电压

内部	范围	-2V~2V
	分辨率	1mV
	准确度	$\pm(2\%+5\text{mV})$
外部	范围	-60V~60V
	分辨率	由外部输入决定
	准确度	由外部输入决定

(4) 电平监测

电平监测共包括 3 项：

VAC：待测元件两端实际电压

IAC：通过待测元件实际电流

EBIAS:外部施加偏置电压（仅在外部偏置模式显示）

VAC	范围	0.0001V~2.000V
	分辨率	四位半
	准确度	$\pm 5\%$
IAC	范围	0.0001nA~30.00mA
	分辨率	四位半
	准确度	$\pm 5\%$
EBIAS	范围	$\pm 0\text{V}\sim 60.00\text{V}$
	分辨率	0.01V
	准确度	$\pm (5\%+3\text{V})$

(5) 输出阻抗

30 Ω ，100 Ω 可选

6.1.3 测量时间

快速、中速、慢速、自定义。

慢速：800ms。

中速：100ms。

快速：ET3502，ET3503，ET3505，ET3510 为 20ms；ET3500，ET3500A，ET3501 为 50ms。

自定义：ET3502，ET3503，ET3505，ET3510 为 5ms 到 2s；ET3500，ET3500A，ET3501 为 20ms 到 2s。

测量时间一定要是整数倍个测量信号周期，因此实际测量时间和测量信号的频率有关。实际测量时间计算公式为：

$$t_{real} = N.T$$

N 为设定测量时间内包含的测量信号周期个数（不足一个按一个计），T 为一个测量信号周期。

测量时间模式	频率					
	10Hz	100Hz	1kHz	10kHz	100kHz	1MHz
慢速	800ms	800ms	800ms	800ms	800ms	800ms
中速	100ms	100ms	100ms	100ms	100ms	100ms
快速	100ms	50ms	50ms	50ms	50ms	50ms
快速*	100ms	20ms	20ms	20ms	20ms	20ms

注：快速为 ET3502，ET3503，ET3505，ET3510 的测量时间，快速*为 ET3500，ET3500A，ET3501 的测量时间。

ET3502，ET3503，ET3505，ET3510 的实际自定义测量时间为：

频率	10Hz	100Hz	1kHz	10kHz	100kHz	1MHz
上限	2000ms	2000ms	2000ms	2000ms	2000ms	2000ms
下限	100ms	10ms	5ms	5ms	5ms	5ms

ET3500，ET3500A，ET3501 的实际自定义测量时间为：

频率	10Hz	100Hz	1kHz	10kHz	100kHz	1MHz
上限	2000ms	2000ms	2000ms	2000ms	2000ms	2000ms
下限	100ms	20ms	20ms	20ms	20ms	20ms

6. 1. 4 测量显示范围

参数	测量显示范围
Cp、Cs	0.001000pF~99.9999F
Lp、Ls	0.001000nH~99.9999kH
Rp、Rs、 Z 、Xs	0.001000mΩ~999.999MΩ
G、B、 Y	0.001000μS~999.999kS
Θr	±0.000001rad~3.14159rad
Θd	±0.000001deg~179.9999deg
D	±0.000001~9.99999
Q	±0.001~99999.9

6.1.5 测量精度

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：≥30 分钟。
- 预热后正确地进行开路、短路清零。
- 直流偏置关闭。
- 仪器量程工作在“**AUTO**”，以选择正确的测量范围。

|Z|、|Y|、L、C、R、X、G 和 B 精度（**D_x≤0.1** 时应用 **L、C、X 和 B 精度**，**Q_x≤0.1** 时应用 **R 和 G 精度**）

相对精度 **A_e** 为

$$A_e = \pm A_c + (A_b + 100 * K_z + K_l) * K_t [\%]$$

A_c 校准精度

A_b 基本精度

K_z 阻抗比例因数

K_l 电缆长度因数

K_t 温度因数

D 的准确度

D 的精度 **D_e** 为

在 **D_x≤0.1** 时：

$$D_e = \pm A_e / 100$$

D_x 被测的 **D** 值

A_e **|Z|、|Y|、L、C、R、X、G 和 B** 的相对精度

当 **D_x>0.1** 时：用 **(1+D_x)** 乘以 **D_e**

Q 的准确度（当 **Q * D_e<1** 时）

Q 的精度 **Q_e** 为：

$$Q_e = \pm \frac{Q_x^2 * D_e}{1 \pm Q_x * D_e}$$

Q_x 被测的 **Q** 值

D_e **D** 的相对精度

θ 的准确度

θ 的精度 θ_e 为:

$$\theta_e = \pm \frac{180 * Ae}{100\pi} [\text{deg}]$$

Ae $|Z|$ 、 $|Y|$ 、 L 、 C 、 R 、 X 、 G 和 B 的相对精度

R_p 的准确度 (当 $D_x \leq 0.1$)

R_p 的精度 R_{pe} 为:

$$R_{pe} = \pm \frac{R_{px} * De}{D_x \mp De} [\Omega]$$

R_{pe} R_p 的相对精度

R_{px} 被测的 R_p 值 (Ω)

D_x 被测的 D 值

De D 的相对精度

R_s 的精度 (当 $D_x \leq 0.1$ 时)

R_s 的精度 R_{se} 为

$$R_{se} = \pm X_x * De [\Omega]$$

$$X_x = 2\pi f L_x$$

R_{se} R_s 的相对精度

D_x 被测的 D 值

X_x 被测的 X 值 (Ω)

De D 的相对精度

f 测试频率 (Hz)

C_x 被测的 C 值 (F)

L_x 被测的 L 值 (H)

基本精确度

本仪器基本准确度为 0.05，随着测试频率和被测件（DUT）阻抗的变化，基本准确度会下降，下表示意了基本准确度及其适用范围。

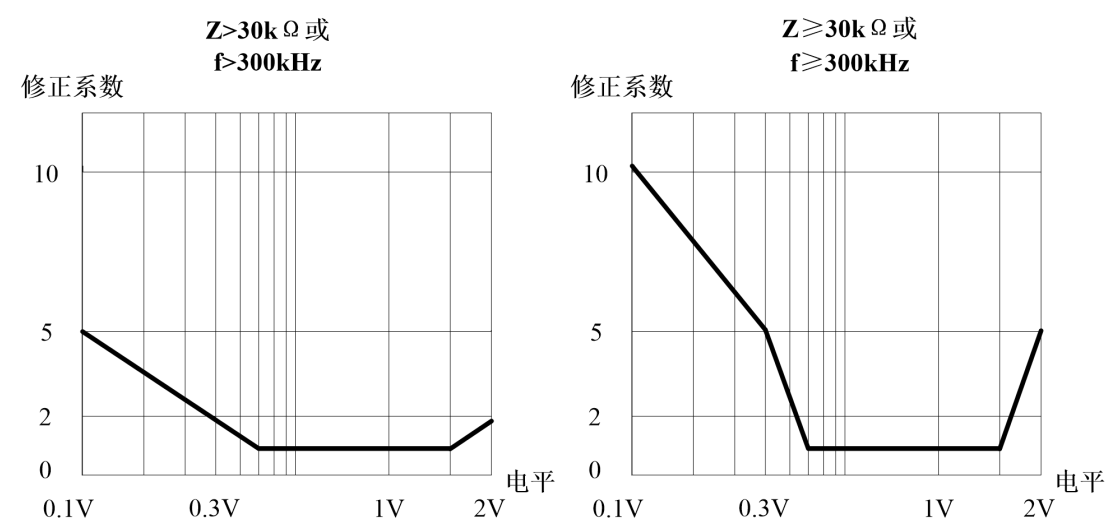
快速模式

测试频率 (Hz)	阻抗范围				
	小于1 Ω	1 Ω 至 10 Ω	10 Ω 至 100k Ω	100k Ω 至 1M Ω	大于 1M Ω
10至30	0.6	0.3	0.3	0.4	1
30至10k	0.6	0.2	0.1	0.2	0.2
10k 至30k	1	0.2	0.1	0.3	1
30k 至100k	2	0.6	0.3	0.6	2
100k 至300k	4	1	0.4	2	3

慢速、中速

测试频率 (Hz)	阻抗范围				
	小于1 Ω	1 Ω 至 10 Ω	10 Ω 至 100k Ω	100k Ω 至 1M Ω	大于 1M Ω
10至30	0.3	0.15	0.15	0.2	0.5
30至10k	0.3	0.1	0.05	0.1	0.3
10k 至100k	0.5	0.1	0.05	0.15	0.5
100k 至300k	1	0.3	0.15	0.3	1
300k 至1M	2	0.5	0.2	1	3

当测试电平小于 1.5V 并且大于 0.5V 时，基本准确度如上表所示；其它情况下，需要再乘以电平修正因数。电平修正因数如下图所示：



准确度因数

本节包含所有准确度修正因数：阻抗比例因数 K_z ，温度因数 K_c ，校准因数 K_f ，电缆长度因数 K_l 。

频率/Hz	K_z ($Z_m < 500\ \Omega$)	K_z ($Z_m \geq 500\ \Omega$)
小于 100	$(\frac{1 \cdot 10^{-3}}{ Z_m })(1 + \frac{200}{V_s})(1 + \sqrt{\frac{100}{f_m}})$	$ Z_m (1 \cdot 10^{-9})(1 + \frac{70}{V_s})(1 + \sqrt{\frac{100}{f_m}})$
100 至 100k	$(\frac{1 \cdot 10^{-3}}{ Z_m })(1 + \frac{200}{V_s})$	$ Z_m (5 \cdot 10^{-9})(1 + \frac{70}{V_s})$
大于 100k	$(\frac{1 \cdot 10^{-3}}{ Z_m })(2 + \frac{200}{V_s})$	$ Z_m (1 \cdot 10^{-8})(1 + \frac{70}{V_s})$

注：表中 f_m 为测试信号频率（单位：Hz）， Z_m 为阻抗（单位： Ω ）， V_s 为测试电平（单位：mV）

温度因数 K_c

$$K_c = 0.25 \cdot (T - 20)$$
（当 $K_c < 1$ 时， $K_c = 1$ ）

T 为室温

校准因数 K_f

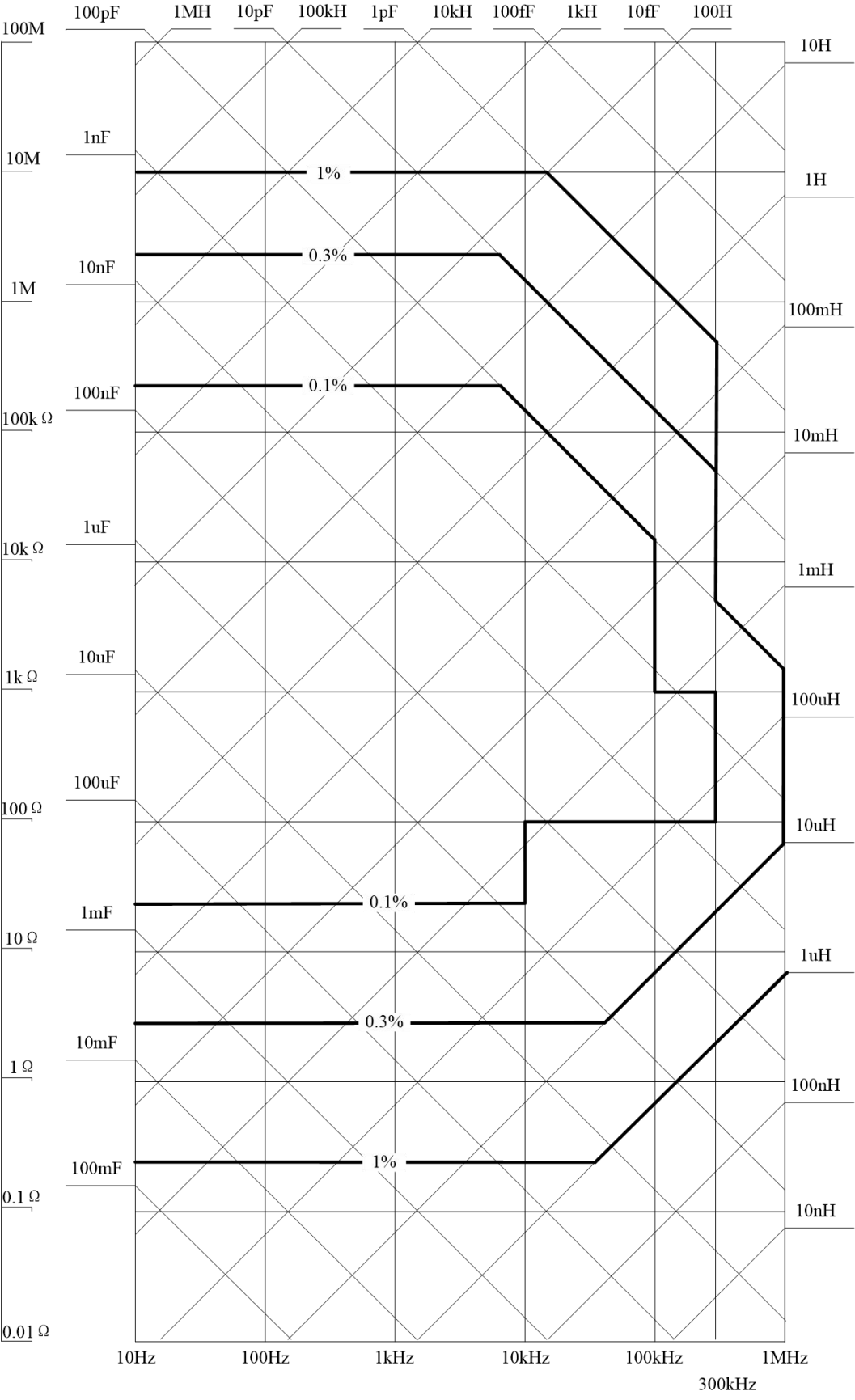
量程	频率/Hz			
	10 至 100	100 至 100k	100k 至 300k	300k 至 1M
10k Ω	0	0	0.01	0.01
3k Ω 、30k Ω	0.01	0.00	0.02	0.02
1k Ω 、100k Ω	0.02	0.01	0.03	0.03
300 Ω 、300k Ω	0.03	0.02	0.04	0.04
30 Ω 、100 Ω	0.04	0.03	0.05	0.05

电缆长度因数 K_l

0 米	1 米	2 米	4 米
$5 \cdot 10^{-4} \cdot (1 + 0.05 f_m)$	0	$5 \cdot 10^{-4} \cdot (1 + 0.05 f_m)$	$1 \cdot 10^{-3} \cdot (1 + 0.05 f_m)$

注：表中 f_m 为测试信号频率（单位：kHz）

1V 测试电平时，使用开尔文测试夹测量精度如下：



6.1.6 修正功能

ET35 系列数字电桥提供三种类型的修正功能：开路修正，短路修正和负载修正。

修正类型	描述
开路修正	补偿由测试夹具杂散导纳引起的误差
短路修正	补偿由测试夹具剩余阻抗引起的误差
负载修正	补偿在用户要求的测量条件下，实际被测量值与已知标准值之间的误差

6.1.7 列表扫描

(1) 点数

共 100 个扫描点。

(2) 一次参数

测试频率、测试信号电压、测试信号电流、直流偏置信号。

(3) 触发模式

顺序模式

触发一次时，器件在所有的扫描点上被测量。HANDLER 接口的/EOM/INDEX 只输出一次。

步进模式

触发一次时，器件在下一个扫描点上被测量。HANDLER 接口的/EOM/INDEX 在每个点上都会输出一次，但是列表扫描比较器功能的结果只能在输出最后的/EOM 之后才提供。

(4) 列表扫描的比较器功能

比较器功能使用户为每个测量点设置一对下限和上限。

用户可进行以下选择：通过第一扫描参数判断/不用于每一极限。

6.1.8 比较器功能

(1) Bin 分类

一次参数可分类为 9 BIN、OUT_OF_BINS、AUX_BIN。顺序模式或容差模式作为分类模式加入选择。

(2) 极限设置

可设置绝对值、偏差值和百分偏差值。

(3) Bin 计数

从 0 到 999999。

6.1.9 测量辅助功能

(1) 数据缓冲功能

20k 组测量数据

(2) 保存/调用功能

用户可将 10 个设置条件写进内置非易失存储器,或将 10 个设置条件从内置非易失存储器读出。

用户可将 10 个设置条件写进内置 USB 存储器,或将 10 个设置条件从内置 USB 存储器读出。

用户将设置条件写进 USB 存储器的寄存器 10 时,可执行自动调用功能。

(3) 键锁定功能

本地模式可锁定前面板键;远程模式中按下可以退出远程模式。

(4) GPIB

24 针 D-Sub 端口 (D-24 类), 阴接头与 IEEE488.1、2 和 SCPI 兼容。

(5) USB 主机端口

通用串行总线插座, A 类 (4 个接触位置, 接触位置 1 在用户的左边); 阴接头只与 USB 存储设备连接。最大消耗电流低于 200mA。

(6) USB 接口端口

通用串行总线插座, 小型 B 类 (4 个接触位置); 与 USBTMC-USB488 和 USB 2.0 相符合, 阴接头用于连接外部控制器。

(7) LAN

100BaseT 以太网, 8 引脚。

(8) RS232C

DB9 母座; 串口波特率 (1200,2400,4800,9600,19200,38400,57600,115200) 可设; 8 位数数据位, 1 位停止位, 无校验位。

6.2 选件

6.2.1 标配附件:

三芯电源线

开尔文测试夹具

镀金短路板

引线型测试夹具

光盘

6.2.2 选配附件：

GPIB 电缆

RS232 串口线

USB 数据线

1m/2m 测试电缆

贴片测试夹具

贴片测试夹具（带电缆）

6.3 一般技术要求

6.3.1 电源

电源电压

200V~240V

电源频率

45Hz~55Hz

功耗

$\leq 20\text{W}$

6.3.2 操作环境

温度

0℃~40℃

湿度

15%至 85%

海拔

0 米至 2k 米

6.3.3 存储环境

温度

0℃~40℃

湿度

15%至 85%

海拔

0 米至 2k 米

6.3.4 外部尺寸

330mm*285mm*136mm（长*宽*高）

6.3.5 显示

7 寸 TFT 液晶屏，分辨率 800*480

6.4 性能测试

以下内容描述的是对本章节中的技术指标的测试方法。

6.4.1 测试条件

- 温度保持 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$
- 湿度保持 $50\pm 20\%$
- 检定前机器预热 30 分钟

6.4.2 测试工具

序号		备注
1	标准电阻器（ $10\ \Omega$ 、 $100\ \Omega$ 、 $1\text{k}\ \Omega$ 、 $10\text{k}\ \Omega$ 、 $100\text{k}\ \Omega$ ）	准确度 $\leq 0.02\%$
2	标准电容器（ 100pF 、 1000pF 、 $0.01\mu\text{F}$ 、 $0.1\mu\text{F}$ 、 $1\mu\text{F}$ ）	准确度 $\leq 0.02\%$
3	标准电感器（ 0.1mH 、 1mH 、 0.01H 、 0.1H 、 1H ）	准确度 $\leq 0.02\%$
4	引线型带电缆测量夹具	ET35 标配
5	六位半数字万用表	带频率计功能

6.4.3 测试项目

频率准确度

电平输出、测量准确度

内部偏置电压准确度

电阻测量精度

电容测量精度

电感测量精度

6.4.4 测试步骤

频率准确度

检定点：10Hz、100Hz、1kHz、10kHz、50kHz

- 1.将测量夹具安装在 ET35 的输出端口上，两个夹子分别夹住万用表的两个表笔；
- 2.将六位半设置为 FREQ 模式；
- 3.操作 ET35：输出电压为 1V,偏置为内部，偏压为 0V，触发为内部，速度为慢速；
- 4.根据检定点要求，在**频率**选项中进行设置，观察六位半的测量结果，记录在**测量值**一栏中；
- 5.重复步骤 4，直到完成所有检定点的测试；
- 6.对比实际准确度是否达标。

电平输出、测量准确度

检定点：10mV、50mV、100mV、500mV、1V

- 1.将测量夹具安装在 ET35 的输出端口上，两个夹子分别夹住万用表的两个表笔；
 - 2.将六位半设置为 ACV 模式；
 - 3.操作 ET35：频率 1kHz，偏置为内部，偏压为 0V，触发为内部，速度为慢速；
 - 4.根据检定点要求，在**电平**选项中进行设置，观察万用表的显示值和 ET35 屏幕下方 VAC 显示值，分别记录在**测量值**、**显示值**中；
- 重复步骤 4，直到完成所有检定点的测试；
- 6.对比实际准确度是否达标。

内部偏置电压准确度

检定点：0V、0.5V、-0.5V、2V、-2V

- 1.将测量夹具安装在 ET35 的输出端口上，两个夹子分别夹住万用表的两个表笔；
- 2.将六位半设置为 DCV 模式；
- 3.操作 ET35：频率 100Hz，电平为 10mV，量程为 30 Ω ，偏置为内部，触发为内部，速度为慢速；
- 4.根据检定点要求，在**偏压**选项中进行设置，观察万用表的显示值，记录在**测量值**中；
- 5.重复步骤 4，直到完成所有检定点的测试；
- 6.对比实际准确度是否达标。

电阻准确度测量

检定点：10 Ω 、100 Ω 、1k Ω 、10k Ω 、100k Ω

测试频率：1kHz

- 1.将测量夹具安装在 ET35 的输出端口上；
- 2.测量前先做开路、短路修正；

- 3.操作 ET35: 电平为 1V, 偏置为内部, 偏压为 0V, 触发为内部, 速度为慢速, 量程为自动, 功能为 Rs-Xs;
- 4.根据检定点要求, 连接相应电阻器;
- 5.分别调节至各个频率, 并测量记录下数据;
- 6.重复步骤 4、5, 直到完成所有测试;
- 7.对比实际准确度是否达标。

电容准确度测量

检定点: 100pF、1000pF、0.01μF、0.1μF、1μF

测试频率: 100Hz、1kHz、10kHz、100kHz

- 1.将测量夹具安装在 ET35 的输出端口上;
- 2.测量前先做开路、短路修正;
- 3.操作 ET35: 频率 1kHz, 电平为 1V, 偏置为内部, 偏压为 0V, 触发为内部, 速度为慢速, 量程为自动, 功能为 Cp-D;
- 4.根据检定点要求, 连接相应电容器;
- 5.分别调节至各个频率, 并测量记录下数据;
- 6.重复步骤 4、5, 直到完成所有测试;
- 7.对比实际准确度是否达标。

电感准确度测量

检定点: 0.1mH、1mH、0.01H、0.1H、1H

测试频率: 100Hz、1kHz、10kHz、100kHz

- 1.将测量夹具安装在 ET35 的输出端口上;
- 2.测量前先做开路、短路修正;
- 3.操作 ET35: 频率 1kHz, 电平为 1V, 偏置为内部, 偏压为 0V, 触发为内部, 速度为慢速, 量程为自动, 功能为 Ls-Q;
- 4.根据检定点要求, 连接相应电感器;
- 5.分别调节至各个频率, 并测量记录下数据;
- 6.重复步骤 4、5, 直到完成所有测试;
- 7.对比实际准确度是否达标。

七、Handler 接口使用说明

ET35 数字电桥给用户提供了 Handler 接口，该接口主要用于仪器分选结果的输出。当仪器使用自动元件测试系统中时，该接口提供与系统的联络信号和分选结果输出信号。分选结果输出对应比较器的 10 档输出。Handler 接口设计是灵活的，使用不同的操作程序后，所有输出信号状态根据使用要求定义的。

技术说明

下表显示了 ET35Handler 接口技术说明。

输出信号：负有效，开集电极输出，光电隔离
档比较功能：合格档号，超差档，和不合格的状态
列表扫描比较功能：各扫描点的 IN/OUT 及整个比较结果的 pass/fail
INDEX：模拟测量完成
EOM：一次测量完成
Alarm：瞬间掉电检测通知
输入信号：光电隔离
Keylock：前面板键盘锁定
External Trigger：脉宽 $\geq 1\mu S$

操作说明

信号线定义

HANDLER 接口使用三种信号：比较输出、控制输出及控制输入。档比较功能和列表扫描比较功能的信号线分别被定义成不同的比较输出信号和控制输入信号。以下为当使用档比较功能或列表扫描比较功能是 Handler 接口的信号定义。

比较功能信号线

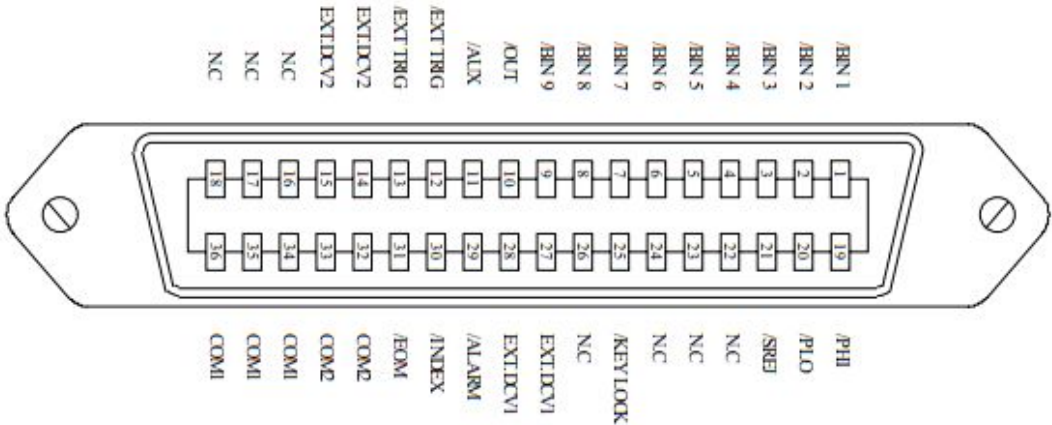
比较功能信号线定义如下：

- 比较输出信号：/BIN1 -- /BIN9, /AUX, /OUT, /PHI(主参数偏高), /PLO(主参数偏低), /SREJ(副参数不合格)。
- 控制输出信号：/INDEX(模拟测量完成信号), /EOM(测量结束比较数据有效信号), /ALARM(仪器掉电信号)。
- 控制输入信号：
/EXT.TRIG(外部触发信号)和/Keylock(键盘锁)。

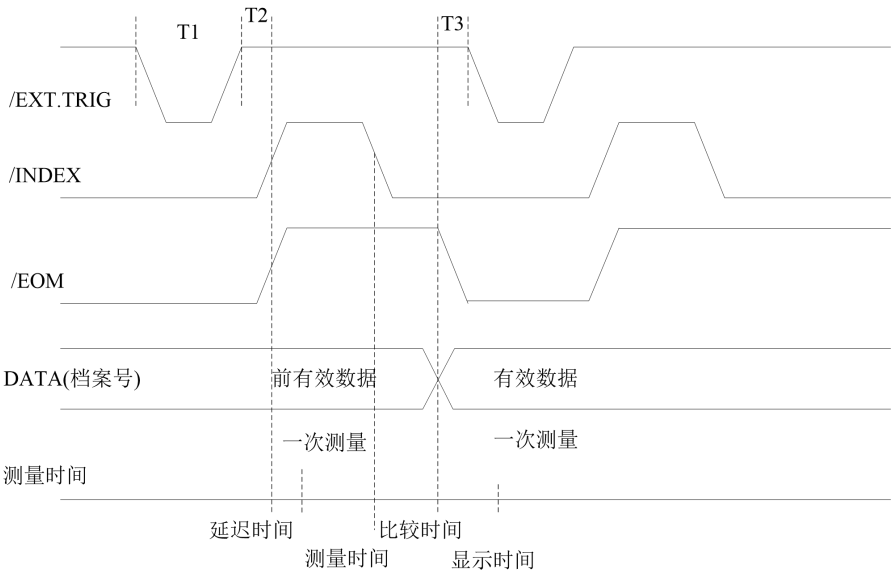
管脚号	信号名	描述
1	/BIN1	
2	/BIN2	
3	/BIN3	

4	/BIN4	
5	/BIN5	
6	/BIN6	分档结果：所以/BIN 输出都是开集电极输出
7	/BIN7	
8	/BIN8	
9	/BIN9	
10	/OUT	
11	/AUX	
12	/EXT.TRIG	外部触发：当触发模式设为 EXT.TRIG（外部触发）时，ET35 被加到该管脚上的上升沿脉冲信号所触发。
13		
14	/EXT.DCV2	外部直流电压 2：与仪器内光电耦合的信号（/EXT.TRIG, /KeyLock, /ALARM, /INDEX, /EOM）的直流电源供给脚。
15		
16	NC	没有连接
17		
18		
19	/PHI	主参数偏高：测量结果比 BIN1 到 BIN9 中的上限数值大。
20	/PLO	主参数偏低：测量结果比 BIN1 到 BIN9 中的下限数值小。
21	/SREJ	副参数不合格：测量结果不在副参数上下限范围内。
22	NC	
23	NC	没有连接
24	NC	
26	NC	
25	/KEY LOCK	当该线有效时，ET35 所有前面板功能键都被锁定，不再起作用。
27	EXT.DCV1	外部直流电压 1：与仪器内光电耦合的信号（/EXT.TRIG, /KeyLock, /ALARM, /INDEX, /EOM）的直流电源供给脚。
28		
29	/ALARM	当掉电发生时，/ALARM 有效。
30	/INDEX	当模拟测量完成且 ET35 可以在测试端连接下一个被测件（DUT）是/INDEX 信号有效。然而，比较结果信号直到/EOM 有效时才是有效的。
31	/EOM	测量结束：当测量数据和比较结果有效时该信号有效。

32	33	COM2	外部电源 EXTV2 使用的参考地。	
34	35	36	COM1	外部电源 EXTV1 使用的参考地。



Handler 接口管脚定义



时序图

时间	最小数值	最大数值
T1 触发脉冲	1uS	----
T2 测量起始延迟时间	200uS	显示时间 ³ +200uS
T3 /EOM 输出后触发等待时间	0uS	----

测量时间参照 ET35 操作说明书

典型的比较时间约为 1ms

列表扫描比较器的信号线定义

列表扫描比较功能信号定义与档比较功能中定义不同。器定义如下所示：

● 比较输出信号

/BIN1 - /BIN9 和/AUX 分别代表扫描点 1 到 10 处的 IN/OUT 测试结果。/OUT 表示被测件测试合格/不合格。这些信号在扫描周期结束时输出。

● 控制信号

/INDEX(模拟测量结束)和/EOM（测量周期结束）信号的输出定时随列表扫描的扫描模式不同而不同。

1.顺序扫描模式

完成扫描周期最后的模拟测量时，输出/INDEX。当扫描周期结束后，所有的比较器测试结果变得可用时，输出/EOM。

2.步进扫描模式

扫描周期每个步进中的模拟测量步进结束后输出/INDEX。当扫描周期每个步进中的所有测量结束时输出/EOM。

列表扫描比较器的引脚布局

管脚号	信号名	描述
1	/BIN1	扫描点 1 处超出极限
2	/BIN2	扫描点 2 处超出极限
3	/BIN3	扫描点 3 处超出极限
4	/BIN4	扫描点 4 处超出极限
5	/BIN5	扫描点 5 处超出极限
6	/BIN6	扫描点 6 处超出极限
7	/BIN7	扫描点 7 处超出极限
8	/BIN8	扫描点 8 处超出极限
9	/BIN9	扫描点 9 处超出极限
10	/OUT	任意扫描点超出极限
11	/AUX	扫描点 10 超出极限
12	/EXT.TRIG	外部触发：当触发模式设为 EXT.TRIG（外部触发）时，ET35 被加到该管脚上的上升沿脉冲信号所触发。
13		
14	/EXT.DCV2	外部直流电压 2：与仪器内光电耦合的信号（/EXT.TRIG, /KeyLock, /ALARM, /INDEX, /EOM）的直流电源供给脚。
15		
16	NC	没有连接
17		
18		
19	/PHI	主参数偏高：测量结果比 BIN1 到 BIN9 中的上限数值大。

20	/PLO	主参数偏低：测量结果比 BIN1 到 BIN9 中的下限数值小。
21	/SREJ	副参数不合格：测量结果不在副参数上下限范围内。
22	NC	没有连接
23	NC	
24	NC	
26	NC	
25	/KEY LOCK	当该线有效时，ET35 所有前面板功能键都被锁定，不再起作用。
27 28	EXT.DCV1	外部直流电压 1：与仪器内光电耦合的信号（/EXT.TRIG, /KeyLock, /ALARM, /INDEX, /EOM）的直流电源供给脚。
29	/ALARM	当掉电发生时，/ALARM 有效。
30	/INDEX	当模拟测量完成且 ET35 可以在测试端连接下一个被测件（DUT）是 /INDEX 信号有效。然而，比较结果信号直到 /EOM 有效时才是有效的。
31	/EOM	测量结束：当测量数据和比较结果有效时该信号有效。
32 33	COM2	外部电源 EXTV2 使用的参考地。
34 35 36	COM1	外部电源 EXTV1 使用的参考地。

电气特性

直流隔离输出：每个直流输出（管脚 1 到 16）都是经集电极开路光电耦合器输出隔离的。每根线输出电压由 HANDLER 接口板上的一上拉电阻设定。上拉电阻与内部提供电压（+5V）连接，或通过跳线与外部供给电压（EXTV：+5V）连接。

直流隔离输出电气特征

输出信号	输出额定电压		最大电流	电路参考地
	LOW	HIGH		
比较信号 /BIN1 - /BIN9 /AUX				内部上拉电压： ET35 地
/OUT /PHI /PLO	≤0.5V	+5V~+24V	6mA	外部电压： COM1
控制信号 /INDEX				内部上拉电压： ET35 地

/EOM

$\leq 0.5V$

+5V -- +24V

5mA

外部电压:


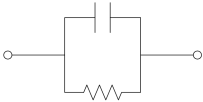

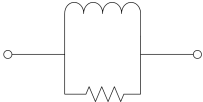
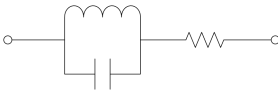
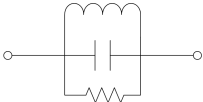
/ALAOM

COM2

八、电路原理和公式

串联/并联电路模型

如下描述了 6 种串联和并联等效电路的电路模型和公式：电容、电感和电阻。公式包含所有的首测量和次测量类型。

电容（C）	串联原理图	并联原理图
		
	串联公式	并联公式
	$Cs = Cp(1 + D^2)$	$Cp = \frac{Cs}{(1 + D^2)}$
电感（L）	串联原理图	并联原理图
		
	串联公式	并联公式
	$Ls = \frac{Lp}{(1 + \frac{1}{Q^2})}$	$Lp = Ls(1 + \frac{1}{Q^2})$
电阻（R）	串联原理图	并联原理图
		
	串联公式	并联公式
	$Rs = \frac{Rp}{(1 + Q^2)}$	$Rp = Rs(1 + Q^2)$

电阻（R）和电导（G=1/R）公式

电阻是用来衡量电流流过两端点间困难程度的物理量。电导是电阻的倒数，度量电流流经两端点的容易程度。

电阻	电导
----	----

串联电阻 R_s

并联电导 $G_p (=1/R_p)$

并联电阻 R_p

公式

$$R = \frac{V}{I} = \frac{1}{G} = Z_s - jX$$
$$= Z_s - j\omega L = Z_s + \frac{j}{\omega C}$$

$$G_p = \frac{I}{V} = \frac{1}{R} = Y_p - jB$$
$$= Y_p - j\omega C = Y_p + \frac{j}{\omega L}$$

$$|Z_s| = \sqrt{(R^2 + X^2)}$$

$$|Y_s| = \frac{GB}{\sqrt{(G^2 + B^2)}}$$

$$|Z_p| = \frac{RX}{\sqrt{(R^2 + X^2)}}$$

$$|Y_p| = \sqrt{(G^2 + B^2)}$$

$$R_s = |Z| \cos \theta$$

$$G_p = |Y| \cos \theta$$

电容 (C) 公式

电容测量存储在两端子间的电子电荷数。

串联电容 C_s

并联电容 C_p

$$Z_s = R - \frac{j}{\omega C}$$

$$Y_p = G + j\omega C$$

$$Q = \frac{1}{\omega C_s R_s}$$

$$Q = \omega C_p R_p$$

$$D = \omega C_s R_s$$

$$D = \frac{G_p}{\omega C_p}$$

电抗 (X) 和电纳 (B=1/X) 公式

电抗是由电容和电感引起的阻抗 (Z) 虚部的大小。电纳是电抗的倒数，数值等于导纳 (Y) 的虚部。导纳与阻抗互为倒数。

串联电抗 X_s

并联电纳 B_p

$$X = \frac{1}{B} = |Z| \sin \theta$$

$$B = \frac{1}{X} = |Y| \sin \theta$$

$$|Z_s| = \sqrt{(R^2 + X^2)}$$

$$|Y_s| = \frac{GB}{\sqrt{(G^2 + B^2)}}$$

$ Z_p = \frac{RX}{\sqrt{(R^2 + X^2)}}$	$ Y_p = \sqrt{(G^2 + B^2)}$
---	------------------------------

$X_s = Z \sin \theta$	$B_p = Y \sin \theta$
-------------------------	-------------------------

阻抗（Z）和导纳（Y=1/Z）公式

阻抗是衡量两个端子对交流总的阻碍作用。导纳是阻抗的倒数，它是衡量交流电流流经两端点间容易程度的物理量。

	阻抗（Z）	导纳（Y）
公式	$Z = \frac{E}{I} = \frac{1}{Y}$	$Y = \frac{I}{E} = \frac{1}{Z}$
	$Z_s = R + jX$	$Y_p = G + jB$
	$= R + j\omega L = R - \frac{j}{\omega C}$	$= G + j\omega C = G - \frac{j}{\omega L}$
	$ Z_s = \sqrt{(R^2 + X^2)}$	$ Y_s = \frac{GB}{\sqrt{(G^2 + B^2)}}$
	$ Z_p = \frac{RX}{\sqrt{(R^2 + X^2)}}$	$ Y_p = \sqrt{(G^2 + B^2)}$
	$R_s = Z \cos \theta$	$G_p = Y \cos \theta$
	$X_s = Z \sin \theta$	$B_p = Y \sin \theta$

品质因数（Q）和损耗因数（D）公式

品质因数与损耗因数互为倒数。它们是用来衡量在测量频率下的能量耗散率的物理量。
低能耗：高 Q，低 D；高能耗：低 Q，高 D。

	品质因数（Q）	损耗因数（D）
公式	$Q = \frac{\omega L_s}{R_s} = \frac{1}{\omega C_s R_s}$	$D = \frac{R_s}{\omega L_s} = \omega C_s R_s$
	$= \frac{R_p}{\omega L_p} = \omega C_p R_p$	$= \frac{G_p}{\omega C_p} = \omega L_p G_p$
	$= \frac{1}{\tan(90 - \theta)^\circ} = \frac{1}{D}$	$= \tan(90 - \theta)^\circ = \frac{1}{Q}$

相位角（θ）公式

相位角（ θ ）是指测量阻抗（ Z ）、导纳（ Y ）、品质因数（ Q ）和损耗因数（ D ）所在的相位。

相位角（ θ ）

$$Z_s = R + jX$$

$$Y_p = G + jB$$

$$= R + j\omega L = R - \frac{j}{\omega C}$$

$$= G + j\omega C = G - \frac{j}{\omega L}$$

$$Q = \frac{1}{\tan(90 - \theta)^\circ} = \frac{1}{D}$$

$$D = \tan(90 - \theta)^\circ = \frac{1}{Q}$$

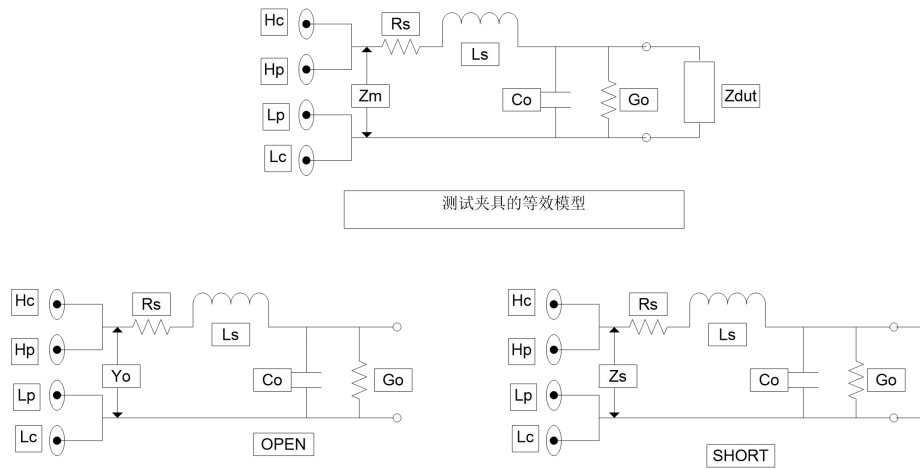
$$R_s = |Z| \cos \theta$$

$$G_p = |Y| \cos \theta$$

$$X_s = |Z| \sin \theta$$

$$B_p = |Y| \sin \theta$$

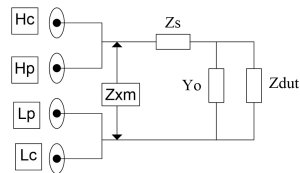
开路短路校准原理及公式



开路测量时：因为 $R_s + j\omega L_s \ll \frac{1}{G_o + j\omega C_o}$ 所以 $Y_o = G_o + j\omega C_o$

短路测量时： $Z_s = R_s + j\omega L_s$

校准模型如下



$$\text{校准公式： } Z_{dut} = \frac{Z_{xm} - Z_s}{1 - (Z_{xm} - Z_s)Y_o}$$

Z_{dut}: 被测元件的阻抗值

Z_{xm}: 仪器测得的阻抗值

Y_o: 杂散电容的导纳

Z_s: 剩余阻抗的阻抗值

九、注意事项和保修

9.1 包装

测量仪器一般应用塑料袋连同附件、备件、使用说明书和产品合格证等装在防尘、防震和防潮的坚固包装箱中。

9.2 运输

测量仪器在运输过程中应小心轻放、防潮、防淋。

9.3 贮存

测量仪器贮存在环境温度为 5℃~40℃，相对湿度 15%至 85%的通风室内，空气中不应含有腐蚀测量仪的有害杂质。

9.4 保修

本仪器维修须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，须重新计量校准，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。