

KH4116 型

数字低失真度测量仪

使用指南

北京凯弘电子仪器有限公司

目 录

一、概述	2
二、主要特征	2
三、基本工作特性指标	3
四、面板描述	4
五、操作指南	7
六、工作原理简介	9
七、仪器的维护和保养	10
八、失真度测试仪应用范例	11
九、仪器附件	12
十、附件一：常用分贝表	13

一、概述

KH4116 型低失真度测量仪是一台数字化的仪器,它是在总结了我国 1965 年 SZ-3 型、1969 年第一台全晶体化的 BS1 型和 1973 年 BS1A 型 (BS1 的改型) 前两代失真度测量仪设计的基础上结合当代技术的发展和客观用户的需要重新设计的, 最小失真测量提高到 0.01%, 达到低失真度测量的范围, 它是一台性能/价格比较好的准智能型的仪器。

被测信号的电压、失真、频率全部由 LED 自动显示, 采用真有效值检波, 可在电压测量范围为 300V~300 μ V, 频率范围为 10Hz~550KHz 之内实现全自动测量, 失真度测量范围为 100%~0.01%。

在失真度测量方式时实现了宽范围校准, 失真度量值既可以随滤谐过程自动跟踪显示, 也可以用手动衰减器按 10dB 步进跟踪。为了提高测量精度, 可以随时用相位调节和平衡调节, 本仪器设置了自动清零功能, 目的是为了用户在测量低失真、超低失真时, 自动对信噪比进行均方根运算, 以减少人工计算的麻烦。该仪器同时具有平衡输入电压和失真度测量的功能, 其工作频率范围比老仪器提高了一倍。

二、主要特征

1. 可测量的最小失真度达 0.01%
2. 具有程控自动跟踪功能
3. 具有测试平衡信号或不平衡信号的失真
3. 增设了频率计数功能, 被测信号频率可直接由 LED 精确显示
4. 保留了示波器输出监视插孔, 方便使用者观察被测信号的波形, 以及小失真信号测量时的整机滤谐状态
5. 保留了相位、平衡和校准的手动调节旋钮
6. 陷波网络滤除特性可达 90dB~100dB
7. 采用清零功能合理删除了噪声影响
8. 采用高精度真有效值检波器检波, 有效减少检波误差

三、基本工作特性指标

1、失真度测量

- 1) 输入信号频率范围：

不平衡：	10Hz~110KHz
平 衡：	10Hz~40KHz
- 2) 失真度测量范围： 100%~0.01%
- 3) 准确度：

20Hz~20KHz	± 0.5dB(满度值)
10Hz~110KHz	± 1dB(满度值)

失真度在 0.03% 以下时，±2dB
- 4) 残余失真和噪声：（在输入信号 $\geq 900\text{mV}$ 的状态下，滤谐后）
 - (1) 输入短路，不清零时： $\leq 0.008\%$
 - (2) 输入短路，清零时： $\leq 0.004\%$
- 5) 输入信号电压范围： 300mV~300V

2、电压测量：

- 1) 电压测量范围：

不平衡：	10Hz~550KHz	300V~300 μV （最低可测到 100 μV ）
平 衡：	10Hz~120KHz	300V~300 μV
- 2) 以 1KHz 为基准的频响：

不平衡：	20Hz~100KHz	±1dB
	10Hz~550KHz	±1.5dB
平 衡：	10Hz~120KHz	± 1.5dB
- 3) 电压表准确度：（以 1KHz 为基准） $\pm 5\%$ (满度值)。
- 4) 固有噪声 $\leq 50\mu\text{V}$ 。
- 5) 电压表有效值波形误差： $\leq 3\%$ （输入信号波峰因数 ≤ 3 时）。

3、频率测量：

- 1) 频率测量范围：10Hz~550KHz。
- 2) 准确度：0.1% ± 2 个字。
- 3) 测频灵敏度：优于 10mV。

4、本仪器定义 $0\text{dB}=3.000\text{V (RMS)}$

5、输入阻抗：输入电阻 $100\text{K}\Omega$ ，输入并接电容 100PF （平衡、不平衡）。

6、电源电压： $220\text{V} \pm 10\%$ ， $50\text{Hz}/60\text{Hz}$ 。

7、功率消耗：约 20VA 。

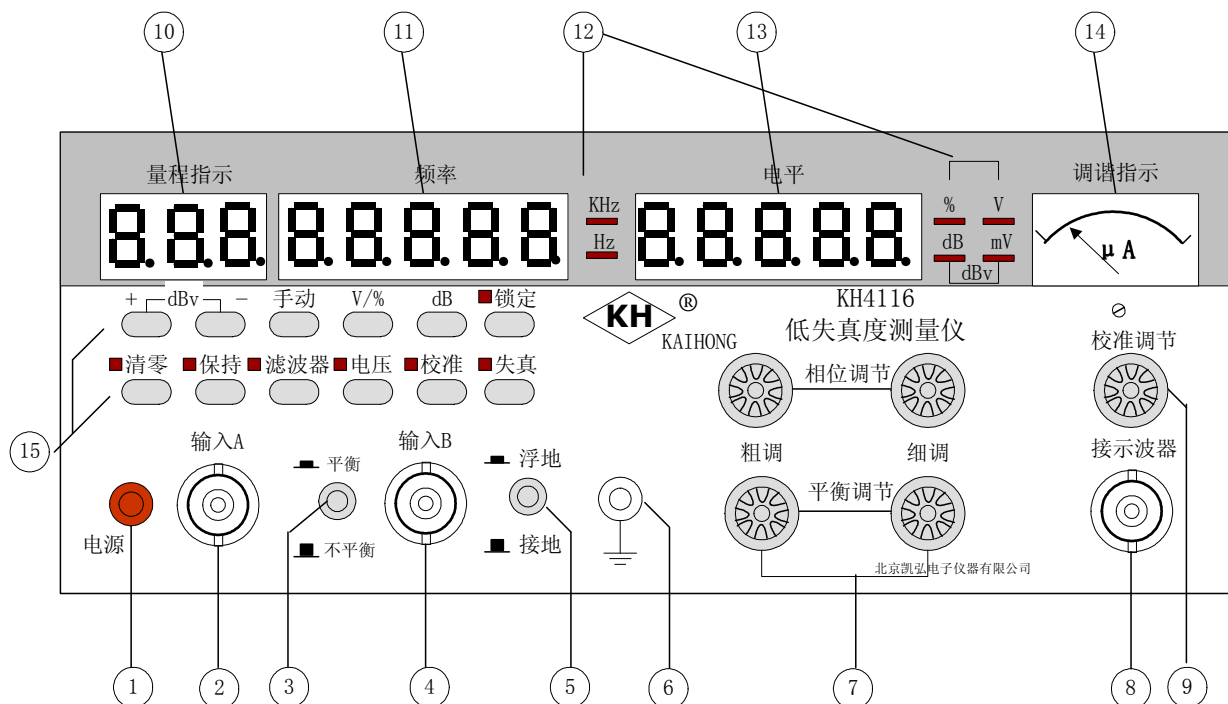
8、仪器的工作环境条件为 II 组

9、体积： $290(\text{W}) \times 120(\text{H}) \times 320(\text{D})\text{mm}$

10、重量：约 8Kg

四、面板描述

1. 前面板



(1) **电源** 电源键。按下为打开，再次按下为关闭。将仪器电源线插入仪器后面板插座中，另一端接 220V 交流电源，再按下此键即仪器接通电源。

(2) **被测信号 A 输入端** BNC 插座“输入 A”和“输入 B”是为测量平衡输入信号设置

的，当被测为不平衡信号时，信号接入“输入 A”端，平衡-不平衡按键抬起。当被测为平衡信号时，先按下平衡—不平衡键，然后将信号高端接“输入 A”，低端接“输入 B”即可。

- | | | | |
|------|---|-------|--|
| (3) | 平衡/不平衡 | ..... | 平衡输入或不平衡输入的切换开关。 |
| (4) | 被测信号
B 输入端 | | BNC 插座 |
| (5) | 浮地键 | ..... | 浮地键。它是专为环境干扰大时而设置的。按下此键，机箱与内部电路地断开，机箱通过接地端子接大地起到了屏蔽作用，一般情况下不使用浮地键。 |
| (6) | 接地端子 | ..... | 接地端子，与浮地键配合使用。 |
| (7) | ..... |  | 平衡及相位调节旋钮，在失真度测量时调到最佳滤谐谷点处。 |
| (8) | 接示波器 | ..... | 示波器 BNC 插孔。将示波器输入接到该插孔，可直接观看被测信号的波形。另外，还可以作滤谐波形显示，特别在测量 30% 以上的大失真信号时，调节“相位”和“平衡”调节旋钮，使在示波器屏幕上的滤谐波形稳定时（不滚动）此时的失真才是准确的。 |
| (9) | 校准调节 | ..... | 与校准键配合使用。测量失真时，当被测信号在 300mV~300V 范围内，按下校准键，如果显示“LU”或“OU”须调节校准旋钮，使显示出现“CAL.”时，表示已校准完毕。 |
| (10) | 量程指示 | ..... | 量程指示部分，是内部程控衰减器及放大器+40dB~-60dB（10dB 步进）的位置显示，当仪器处于自动测量状态时 LED 自动熄灭，在手动状态时 LED 才显示。 |
| (11) | 频率 | ..... | 频率显示部分，显示被测信号的频率。 |
| (12) | ..... |  | 单位显示，用于指示当前显示数值的单位量纲。 |
| (13) | 电平 | ..... | 电平显示部分。测量电压时用于显示被测信号电平，失真度测量时用于显示失真度数值。 |
| (14) | 调谐指示 | ..... | 滤谐指示：是作失真测量时的滤谐辅助指示器（因为数码管跳动易晃眼）。调到最小谷点。 |
| (15) | ..... |  | 按键控制区。 |
| ◆ | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-right: 10px;">+</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">-</div> | ..... | “+” “-” 键：在手动使用状态时，按“+”键增加或按“-”减小衰减器量程。 |

- ◆

手动

 使用它可方便校验仪器的每档满度指标，另外当自动跟踪太灵敏时，按下此键，左上部量程指示部位显示当前内部衰减或放大器位置（电平显示已经将量程计算在内），可按“+”、“-”键手动变更量程（注意：不要长期处在过载状态）。再按手动键又回到自动量程转换状态。

- ◆

V/%

 选择电平的显示方式，按“V/%”键，在电压测量状态下，根据电压大小自动选择 V、mV 指示；而在失真测量状态显示用%指示
- ◆

dB

 按“dB”键，显示用 dB 指示。电压测量时，可选择 V、dB 显示；失真时，可选择%、dB 显示。

- | |
|----|
| 锁定 |
|----|

 锁定键是专门用来锁定内部滤谐网络的。在失真测量状态，按下该键，则锁定该频率，内部滤谐网络不随输入频率的变化而改变，方便生产线测量。另外滤谐调节完成后，如果按下该键则锁定基波信号频率，再输入二倍频信号（相当于二次谐波）可方便地测量二次谐波损耗。

- ◆

清零

 清零键：当被测电压小于 3mV 或被测信号失真<0.1%时建议使用清零键，按下此键计算机自动测量内部固有噪声，并与输入信号进行均方根运算。从而使测量结果显示更准确。
使用方法：首先去掉输入信号，将输入端短路，按下“清零”键，此时电平指示位置显示“CLS.”，完成清零后电平显示恢复正常，“清零”灯亮。

- ◆

保持

 保持键：按下此键，显示保持不变，方便记录数据。再按保持键或其它任意键又回到正常显示状态。

- ◆

滤波器

 400Hz 的高通滤波器开关键。供在被测信号大于 400Hz 时，按下此键可基本消除 50Hz 电源干扰，特别在测量小信号失真时先按下此键再按校准键可提高小失真的测量准确度。

- ◆

电压

 电压键：按下此键可进入电压测量状态（本仪器已设定好开机即自动进入电压测量状态）。

- ◆

校准

 与校准旋钮配合使用，见第(7)条。

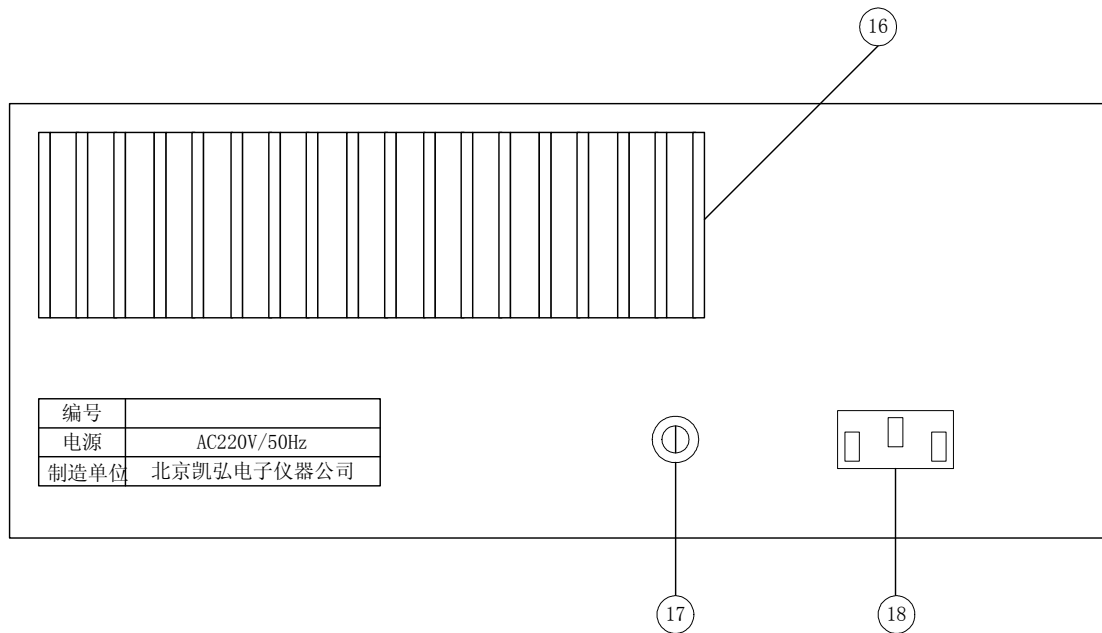
- ◆

失真

 在完成校准后，按下此键系统进入失真度测量状态，这时可调相位及平

衡的粗细调节旋钮，即可实现正常滤谐。

2. 后面板



- (16) 散热片
 (17) 保险
 (18) 交流电源输入

五、操作指南

1、按下面板上的电源开关，仪器自动进入电压和频率测量状态。

2、电压测量：

- 1) 当被测为不平衡电压信号时，只需将信号电缆接入本仪器的"A 输入"端，则被测的信号电压和频率就会自动显示出来（自动测量状态）。(注意频率显示的额定电平范围)
- 2) 当被测为平衡电压信号（即差分信号）时，首先按下"A 输入"和"B 输入"之间的**平衡-不平衡**键，然后将高端接入"A 输入"，低端接入"B 输入"，即可实现平衡电压的自动测量（注意测 220V 电网见下 3.1 接法）。

注意：当被测信号为数十伏的大信号时，建议使用手动预置到合适衰减档位再送入信号，而后可再按手动键仪器又回到自动状态。（这样可防止在测大信号时易造成故障的弊端。）

3、失真度测量

- 1) 对不平衡或平衡信号的接入法同上 2.1。当被测平衡信号（如测电网电压）大于 30 伏时，可从互感器二次取样或分压取样方法测量。

注意：先要将平衡键、浮地键按下。

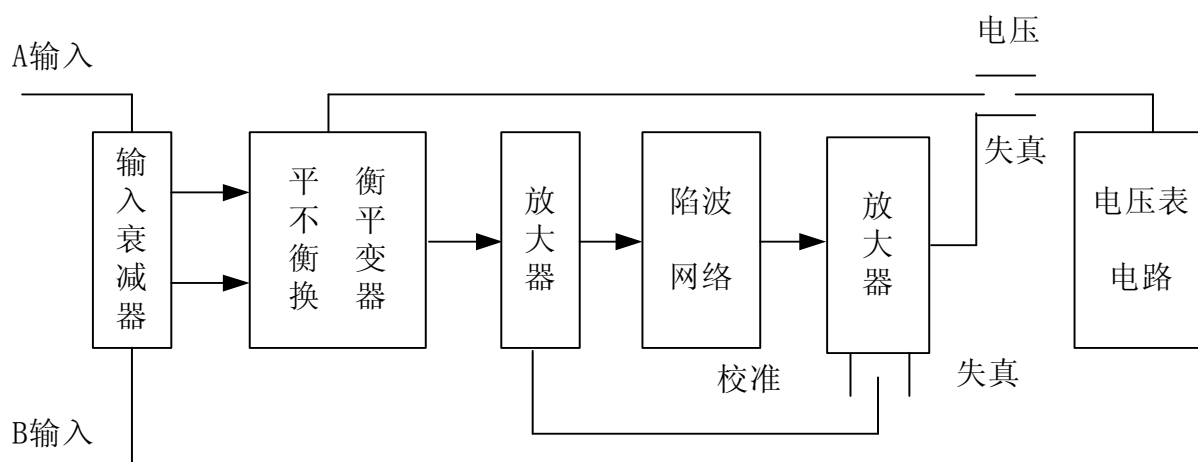
- 2) 被测信号接入后电压应大于或等于 300mV，并且显示又不出现“OU”或“LU”字样的条件下，才可继续向下进行。
- 3) 满足上述条件后请按一下校准键，如果显示“OU”或“LU”，须调节校准旋钮，使显示为“CAL..”（在校准状态，只有电压、校准、失真三个按键起作用，并且显示为“OU”或“LU”时不能进入失真测量）。
- 4) 完成校准并且频率显示稳定后，按下“失真”键，仪器即进入测量失真的滤谐状态。

首先分别旋转相位和平衡两个粗调旋钮找到最小失真点，再用两个细调旋钮精确调到最佳滤谐处即可；可选择 dB 或 % 显示，按失真键时，仪器自动选择 % 显示。（为了精确测定相位和平衡旋钮应反复调谐几次为好）

- 5) 失真测量时，禁止触动校准旋钮，改变输入信号，须重新校准。
- 6) 当测量小失真信号时（如 0.1% 以下），滤谐到最小失真时，去掉输入信号，按一下清零键可合理地扣除残余失真和噪声，然后送入信号再滤谐到最佳状态。此时显示值即为失真值。
- 7) 当滤谐到最小时可按下保持键，以保持最小失真测量显示数值。

六、工作原理简介

本仪器的工作原理采用基波滤除的方案，如下框图：



设计中对关键电路和器件采用了特殊的设计和制造工艺，并采用了当代计算机技术与之相结合，程控自动跟踪和 LED 数字显示。本仪器增设了频率计数功能，可使被测信号的频率直接由 LED 精确显示出来，这是老式仪器所不具备的。仪器面板上保留了示波器输出监视插孔，便于使用者直接观察被测信号的波形，特别在失真测量状态，使用者可直接观察到被测信号的失真主要是由哪次谐波形成的及滤谐状态，在小失真信号测量时，可以直接观察到整机的滤谐状态。

对平衡信号的测量，本仪器设计时放弃了老式仪器采用平衡变压器转换的方案，因为它制造工艺复杂，造价高，使用频带窄。本仪器设计了特种平衡——不平衡转换电路，扩展了使用频带。

本仪器设计中所以仍保留了相位和平衡及校准的手动调节，主要是出于：(1) 手动调节可对滤谐网络进行精确调谐，可消除自动调谐带来的固有误差，提高小失真的测量精度。(2) 降低了仪器的成本，达到了与老式仪器相近的市场价格，使一般用户更易接受，所以本仪器的功能从总体上来说是一台准智能仪器，全智能的方案我们准备在下一个新型号中给予完成。

本仪器的陷波网络滤除特性可达 90~100dB，克服了老式文氏电桥只能够达到 70~80dB，剩余失真大，影响小失真滤谐时滤不下去的缺点，从而保证了 0.01% 的低失真测量精度。本仪器设计了 600KHz 的低通滤波器，从而保证了整机在使用中避免外来干扰的进入，同时又设计了 400Hz 高通滤波器(在面板上由使用者选用)，当测量高于 400Hz 的

信号失真时，按下它可以消除 50Hz 的电源干扰。

本仪器采用了高精度的真有效值检波器，使信号的波峰因数在不大于 3 的情况下不会带来象采用平均值或准有效值检波器带来的检波误差。

本仪器关于失真度的测量：按惯例，仪器指示的失真度 $Kr0$ ：

$$Kr0 = \frac{\sqrt{u_2^2 + u_3^2 + \dots + u_n^2}}{\sqrt{u_1^2 + u_2^2 + \dots + u_n^2}} \times 100\%$$

即被测信号中各次谐波的总有效值与被测信号的总有效值的百分比，其中 u_1 为基波分量。

但按失真度的定义：

$$Kr = \frac{\sqrt{u_2^2 + u_3^2 + \dots + u_n^2}}{u_1} \times 100\%$$

即被测信号的总谐波的有效值与其基波有效值之比的百分数。

当失真度小于 10% 时, $Kr0 \approx Kr$ ，当失真度大于 10% 时，应按下式加以计算修正：

$$Kr = \frac{Kr0}{\sqrt{1 - Kr0^2}}$$

式中： $Kr0$ 为本仪器的显示值， Kr 为经修正后的真实的失真度量值。

在测量 0.1% 以下的低失真信号时，可以使用机内的清零功能对信/噪比进行均方根运算；如不使用清零功能也可用下式将测量结果人工进行计算：

$$K_r = \sqrt{K_r0^2 - K_r1^2}$$

式中： Kr 为经修正后的失真度量值；

$Kr0$ 为本仪器完成滤谐后的显示值；

$Kr1$ 为完成滤谐后，将输入信号去掉，然后用短路器将输入短路时本仪器的显示值。

七、仪器的维护和保养

- 1、仪器出厂时电源电压使用 220V/50Hz
- 2、仪器可连续工作八小时。
- 3、仪器的使用及存放处所的条件：

- 1) 额定工作环境温度 0 ~ 40℃

2) 相对湿度小于 80%

3) 室内有通风设备, 无尘酸碱及其它腐蚀性气体, 不应有强烈的机振动冲击影响及强烈的电磁场作用。

4、仪器的维修

本仪器属智能型仪器, 且内部一些特制的电路和器件只有在满足特定的参数条件下, 方能保证整机的性能。故只有经过特定培训的人员才能进行维修。本仪器出厂后免费保修十八个月(如用户自行拆修责任由用户自负, 本公司不予负责), 外埠的用户可以通过我们的维修点或直接与我们联系维修。

5、用户收到仪器后, 请在一个月内将保修单填好, 发回制造单位(传真或寄回)备案, 以确保售后服务。

八、失真度测试仪应用范例

本项测试可对放大电路的电压, 频率, 失真度三项指标进行测试。本测试所用仪表 KH1653C 信号源, KH4116 失真度测试仪, 双踪示波器。

1. 进行电压测试

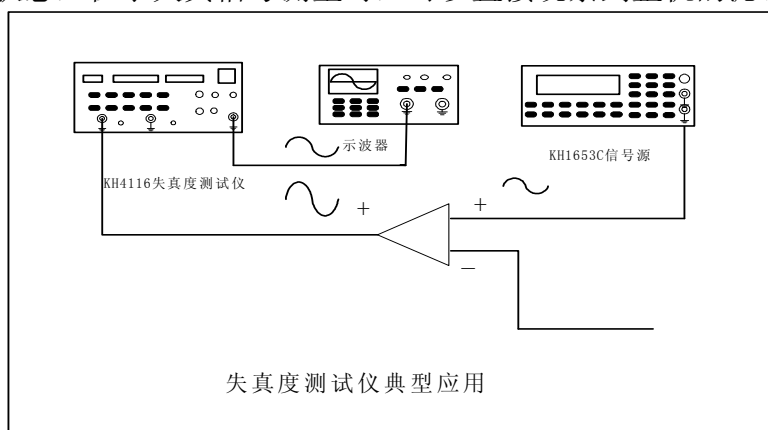
测试放大电路的输出电压。

2. 进行频率测试

测试放大电路的输出频率。

3. 进行失真度测试

测试放大电路的输出失真度。并通过示波器监视输出, 可直接观察被测信号的波形, 特别在失真测量状态, 使用者可直接观察到被测信号的失真主要是由哪次谐波形成的及滤谐状态, 在小失真信号测量时, 可以直接观察到整机的滤谐状态。



九、仪器附件

- 1、电源线一条。
- 2、输入电缆线两条夹子线，两条 BNC 线。
- 3、示波器插口输出电缆一条。
- 4、使用指南一本。

十、附件一：常用分贝表

常用分贝表				
功率比	电压或电流	- 分贝 +	电压或电流	功率比
1.0000	1.0000	0.0	1.0000	1.0000
0.9772	0.9886	0.1	1.0116	1.0233
0.9550	0.9772	0.2	1.0233	1.0471
0.9333	0.9661	0.3	1.0351	1.0715
0.9120	0.9550	0.4	1.0471	1.0965
0.8913	0.9441	0.5	1.0593	1.1220
0.8710	0.9333	0.6	1.0715	1.1482
0.8511	0.9226	0.7	1.0839	1.1749
0.8318	0.9120	0.8	1.0965	1.2023
0.8128	0.9016	0.9	1.1092	1.2303
0.7943	0.8913	1.0	1.1220	1.2589
0.6310	0.7943	2.0	1.2589	1.5849
0.5012	0.7079	3.0	1.4125	1.9953
0.3981	0.6310	4.0	1.5849	2.5119
0.3162	0.5623	5.0	1.7783	3.1623
0.2512	0.5012	6.0	1.9953	3.9811
0.1995	0.4467	7.0	2.2387	5.0119
0.1585	0.3981	8.0	2.5119	6.3096
0.1259	0.3548	9.0	2.8184	7.9433
0.1000	0.3162	10.0	3.1623	10.0000

北京凯弘电子仪器有限公司

通信地址：北京市东城区新中街 7 号 100027

电 话：(010)64150988 传 真：(010)64150988

E-MAIL: beijingkaihong@yahoo.cn

<http://www.bjkh.com>