

# DS-1C型程控失真度检定装置

## 使用说明书

中国计量科学研究院

北京凯弘电子仪器有限公司

2014年3月

## 目 录

一、概述	3
二、主要技术指标	3
三、工作原理	5
1.整机方框图	5
2.标准失真波信号的形成	5
3.标准不平衡电压的产生	6
4.主要单元电路简介	7
四、面板按钮和功能	8
五、使用方法	9
1.开机状态	9
2.检定失真仪	10
3.基波谐波输出电压设置及校	10
4.标准失真波电压设置及校准	11
5. 校准电压表频响校准	11
6. 校准操作注意事项	12
六、程控操作指南	12
七、注意事项	15

## 一、概 述

DS-1C型程控失真度检定装置是一种输出频率范围由5Hz至200kHz的高精度标准失真波信号发生器。该标准在5Hz至200kHz频段内分十四个点频，输出的失真度范围为0.003%至100%。

DS-1C型失真仪检定装置是根据失真度计量发展需要而开发的新型失真度标准仪器，具有宽频带、宽量程、多功能、可程控、准确度高等优点，性能稳定可靠、操作简便、体积小、重量轻，可作为检定各种通用失真仪、超低失真仪和音频分析仪性能的新型计量标准，适用于计量部门、实验室及工厂使用。

## 二、主要技术指标

DS-1C的主要技术指标：

1. 基波频率范围：5Hz~200kHz，误差限：±（2%±0.1Hz）
2. 谐波频率范围：10Hz~400kHz，误差限：±（2%±0.1Hz）
3. 基波剩余失真：5Hz~10kHz                    ≤0.0008%  
20kHz~100kHz                    ≤0.004%  
150kHz~200kHz                    ≤0.012%
4. 标准失真度范围：0.003%~100%，由五位十进分压器调节。
5. 标准失真信号的失真准确度（非同步状态下测量值）：

失真度 频率/准确度	失真度				
	100%~1%	1%~0.3%	0.3%~0.03%	0.03%~0.01%	0.01%~0.003%
5Hz-10kHz	±0.5%	±1%			±(1-5)% +0.0001%
20kHz-100kHz	±1%	±(1-3)%		±(3-5)% +0.0001%	
150kHz-200kHz	±3%	±(3-8)% +0.0001%			

6. 谐波信号失真度： $\leq 0.2\%$ （非同步时）； $\leq 0.5\%$ （同步时）。
7. 采用高精度真有效值电压表。
8. 电压表准确度：（在1kHz；3.0000V时） $\leq \pm 0.2\%$
9. 电压表频响误差：（电压为3.0000V，对应14个频点校准后）
 

5Hz~200kHz	$\leq \pm 0.2\%$
200kHz~400kHz	$\leq \pm 0.3\%$
10. 谐波分压比相对误差：
 

谐波频率范围：	10Hz~40kHz	$\pm (0.2\%+10\mu V)$
	100kHz~200kHz	$\pm (0.5\%+10\mu V)$
	300kHz~400kHz	$\pm (1.5\%+10\mu V)$
11. 幅度稳定度：优于0.05%/10min
12. 叠加器误差： $< \pm 0.05\%$ （ $100\text{Hz} \leq f \leq 20\text{kHz}$ ）
13. 标准失真信号输出幅度：**3.0000V**，输出阻抗：**600 $\Omega$**
14. 标准电压输出：在10Hz~400kHz范围内有**1mV~10.000V**，误差 $\pm (0.5\sim 1.5)\%$ 的标准电压输出，输出阻抗：**50 $\Omega$** 。
15. 基波振荡器频率分十四个点频：**5Hz、10Hz、20Hz、100Hz、200Hz、400Hz、500Hz、1kHz、10kHz、20kHz、50kHz、100kHz、150kHz、200kHz。**
16. 仪器预热时间：30分钟
17. 功耗：20W
18. 体积：450×200×450（宽×高×深）（mm）
19. 重量：约8kg
20. 成套性
 

DS-1C型失真度标准	1台
电源线	1根
输出BNC电缆	1根
技术说明书	1份
GPIB电缆	1根
标配GPIB接口	

### 三、工作原理

#### 1. 整机方框图

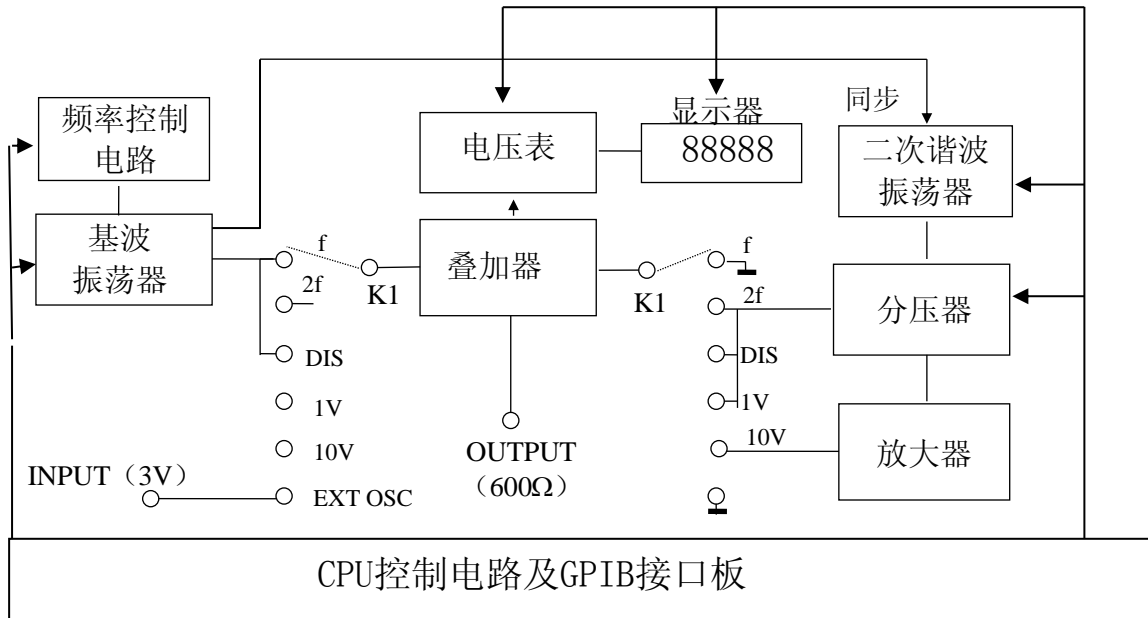


图1. DS-1C型失真度标准原理框图

整机方框图如图1所示，它由CPU控制板、超低失真基波振荡器、二次谐波振荡器、高精度分压器、精密叠加器、电压表、GPIB接口板及高稳定度、低噪声电源组成。（显示器仅作校准满度指示，不做输出电压指示之用）

#### 2. 标准失真波信号的形成

基波振荡器和二次谐波振荡器分别产生基波和二次谐波信号，通过功能开关切换，可以分别或同时加到叠加器上，产生标准失真波的过程如下：

当功能开关置于基波校准位置“f”档时，仅有基波信号加至叠加器并在输出端输出。电压表指示基波信号 $V_{f0}$ 输出幅度为3.0000V。

当功能开关置于谐波校准位置“2f”档，且分压器置于直通位置时，谐波信号通过分压器加至叠加器并在输出端输出，电压表谐波信号 $V_{2f0}$ 输出幅度为3V。

当功能开关置于失真波输出位置“DIS”档时，基波信号和谐波信号同时加至叠加器，在输出端输出失真波信号。当改变分压器的分压比为 $K$ 时， $V_{2f} = K \cdot V_{2f0}$ ，则输出失真波信号的失真度为

$$K_0 = \frac{V_{2f}}{V_f} = \frac{V_{2f0} \cdot K}{V_{f0}} = K$$

所以从分压器的分压比可以直接读出输出失真波的失真度。

应当指出，基于基波抑制法原理的失真度测量仪的失真度 $K_r$ 为谐波电压总有效值与被测信号的总有效值之比，与 $K$ 值的定义有所不同，它们的关系式为

$$K_r = \frac{K}{\sqrt{1+K^2}}$$

在小失真时， $K_r \approx K$ ；但随着失真的增大，它们之间的差别也增加。

### 3. 标准不平衡电压的产生

#### 3.1 1V标准电压输出

当功能开关置于“1V”档时，工作原理框图变成如图2所示的电路。

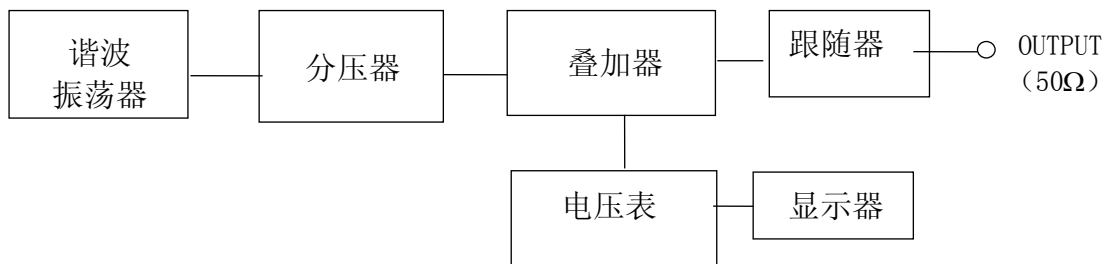


图2. 1V电压输出时的等效电路

在分压器置于直通状态时校准谐波信号幅度，使显示器示值为“V3.0000”，输出幅度为1V。然后改变分压器，就可得到30 $\mu$ V至1V的谐波信号，由于该电压精度高，可以用于校准失真仪电压表或其它低频电子电压表。

### 3.2 10V电压输出

当功能开关置于“10V”档时，工作原理框图除了在分压器与叠加器之间接入一个放大器之外，与图2所示的电路相同，可以输出0.1V至10V的标准电压信号，供校准失真仪电压表或低频电子电压表用。

## 4. 主要单元电路简介

### 4.1 基波振荡器工作原理

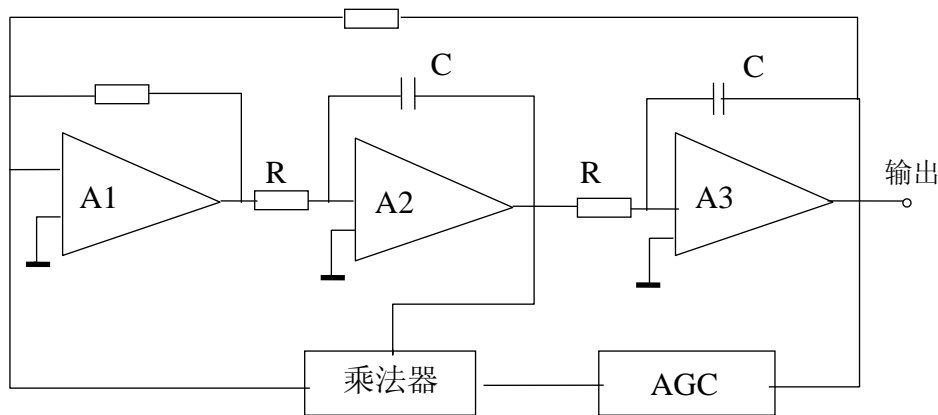


图3. 基波振荡器原理框图

基波振荡器采用两相振荡器或称双积分振荡器，由三个电路基本相同的放大器A1、A2和A3组成，如图3所示。A1为反相放大器，A2和A3为积分放大器。反相放大器A1和正交放大器A2、振荡放大器A3串联成一个闭环系统，在 $\omega_l = 1/RC$ 处，积分器增益近于1，相移近于 $\pi$ ， $\omega_l$ 即为双积分振荡器的起振频率，而振荡幅度靠AGC电路和乘法器实现稳定。改变积分电阻 $R$ 和积分电容 $C$ 的数值可以改变振荡频率，这由频率控制电路实现。两个积分器的积分电阻 $R$ 和积分电容 $C$ 的数值完全一样。通过改变前面板上基波频率按钮，频率控制电路切换两个积分器的积分电阻和积分电容数值，从而选择14个频率点中的任意一个频率。本仪器采用分立元件构成高压运放电路，以便获得振荡器输出信号失真度和幅度符合指标要求的基波频率信号。

## 4.2 二次谐波振荡器工作原理

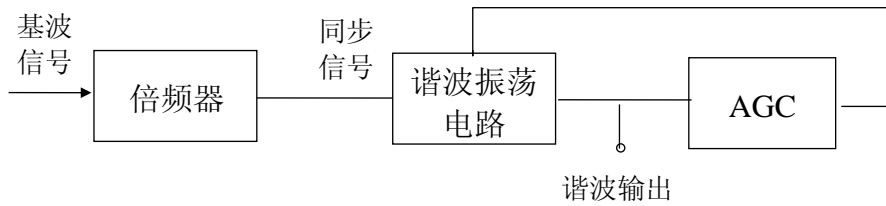


图4. 二次谐波振荡器原理框图

二次谐波振荡器的振荡器部分是一个文氏桥构成的 $RC$ 振荡电路，它的输出经由AGC电路稳幅，保证谐波振荡器的输出具有较高的稳定度（0.05%）。构成文氏桥的电阻 $R$ 和电容 $C$ 也受频率控制电路控制，改变面板上的基波频率按钮，使谐波输出的频率为基波频率的两倍。

文氏桥 $RC$ 振荡器可以工作在自激振荡状态，振荡频率主要取决于电阻 $R$ 和电容 $C$ ，也可以接受来自基波信号经倍频后的同步信号的强迫振荡，使振荡频率等于基波频率的两倍。在前面板上有一个同步开关，可在两种方式之间切换。

4.3 叠加器：本机采用纯电阻线性叠加器。

## 四、面板按钮和功能

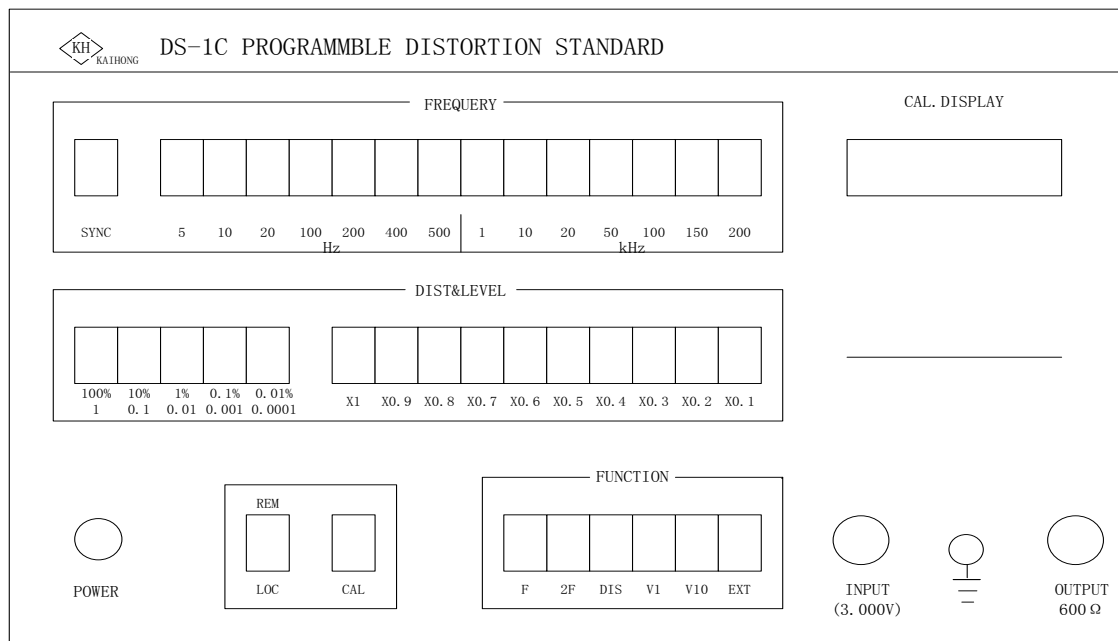
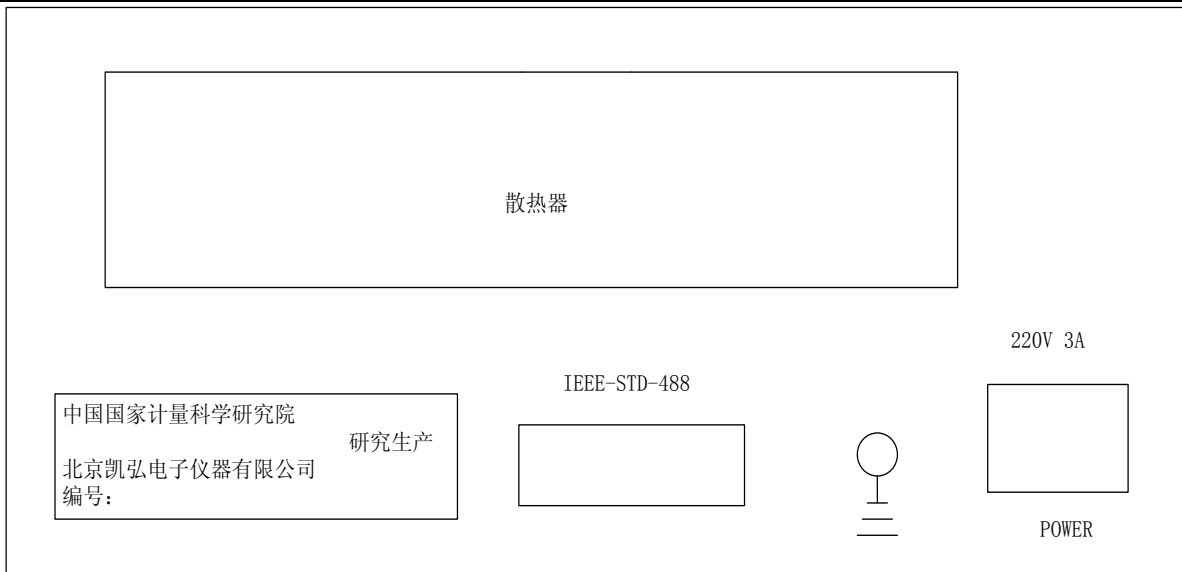


图5 前面板布局图



1. POWER: 电源开关。
2. FREQUENCY: 基波频率选择按键。
3. REM/LOC: 程控指示, 在程控状态下该灯亮, 按该键可回到本地状态。
4. CAL: 在“f”状态下按下该键, 对基波频点幅度校准;  
在“2f”状态下按下该键, 对谐波频点幅度校准;  
  
在“1V”状态下按下该键, 对1V标准输出电压校准。  
在“10V”状态下按下该键, 对10V标准输出电压校准。  
在“EXT”状态下按下该键, 对该频点下电压表修正校准。
5. FUNCTION: 功能转换开关, 分六档:  
f: 基波输出键。显示器显示基波电压幅度, 输出为基波。  
2f: 谐波输出键。显示器显示谐波电压幅度, 输出为谐波。  
DIS: 标准失真信号输出键。按下该键, 输出检定失真度用的标准失真信号。  
1V: 1V标准电压信号输出键。  
10V: 10V标准电压信号输出键。  
EXT: 外部输入键, 输入标准3V信号校准电压表频响。
6. DIST&LEVEL: 检定失真仪时为: 失真倍乘键和失真读数键;  
电压校准时为: 电压倍乘键和电压读数键。
7. OUTPUT (600  $\Omega$ ): 输出端。输出标准失真信号 (600 $\Omega$ ) 或标准电压信号 (50  $\Omega$ ) 。
8. INPUT (3.0000V): 输入端 (内阻600  $\Omega$ )。校准电压频响时, 外接对应频点3V信号。
9. CAL. DISPLAY: 6位数码显示器, 首位为功能状态指示, 后5位为数字。
10. SYNC: 同步输出按键, 使谐波频率同步于基波频率, 在输出低频合成波时一般按下该键, 可以避免失真仪读数跳动现象。
11. 后面板布局



## 五、使用方法

1. 将DS-1C型失真度标准的“OUTPUT (600 Ω)”（输出端）连接至被检失真仪的输入端，**请特别注意：一定要在DS-1C（地线在后面板）与被检仪器之间连接好地线**，分别打开失真仪和本机电源开关：

(1) 开机显示：“DS-1C”，置“1kHz”、“f”、“100%”、“X1”灯亮；

显示器显示满度值，并等待键盘或程控操作（**注意开机后预热30分钟**）。

### 2. 检定失真仪

2.1 用“FREQUENCY”（基波频率选择）下频率按键设置工作频率。

2.2 按“F”键，置基波输出，显示稳定后按“CAL”键，对基波校准，显示“CAL--A”，校准完成后显示“OAY”，“CAL”键灯灭，约2秒后显示满度电压；如无法完成校准则显示“CALEEE”。

2.3 按“2F”键，置谐波输出，显示稳定后按“CAL”键，对谐波校准，显示“CAL--B”，校准完成后显示“OAY”，“CAL”键灯灭，约2秒后显示满度电压；如无法完成校准则显示“CALEEE”。

2.4 完成2.2~2.3项后，按“DIS”键，置合成波输出，显示器显示合成输出电压

“D4.2426”。

2.5 改变失真倍乘键和失真读数键，就可以在输出端得到所需要的标准失真信号。

例如，失真倍乘键放置在“0.1%”档，而失真读数键放置在“X0.5”档，则输出端输出信号的失真度为“0.1%”与“×0.5”相乘等于0.05%。

### 3. 基波、谐波输出电压设置及校准（600Ω）

在本机工作时若发现输出幅度有问题，则需校准，可按如下方法进行：

3.1 DS-1C型失真度标准的“OUTPUT（600Ω）”（输出端）连接至被检失真仪的输入端，连接好地线，被检失真仪工作在测量电压方式。

3.2 将基波频率设置在所需要的频率上，如校准频率为1kHz（谐波频率2kHz）。

3.3 在“FUNCTION”下按“f”键，设置基波输出，基波满度输出为3V，显示器对应基波显示“A3.0000”，如超差，则在显示稳定后按下“CAL”键进行校准，显示“CAL--A”，校准完成后显示“OAY”，“CAL”键灯灭，约2秒后显示输出电压；如无法完成校准则显示“CALEEE”。

3.4 重复3.2，3.3步骤，可对其他基波频点校准。

3.5 按“2f”键，设置谐波输出，谐波满度输出为3V，对应显示器显示“b3.0000”，如超差，则在显示稳定后按“CAL”键进行校准，显示“CAL--b”，校准完成后显示“OAY”，“CAL”键灯灭，约2秒后显示输出电压；

3.6 重复3.2，3.5步骤，可对其他谐波频点校准。

3.7 改变“DIST&LEVEL”位置下的按键，可以改变谐波输出幅度，如按“0.1”和“X0.3”键，输出则为 $3.000V \times 0.1 \times 0.3 = 90mV$ 。

### 4. 标准输出电压设置及校准（50Ω）

4.1 在“FUNCTION”位置按“1V”键；

4.2 在“DIST&LEVEL”位置按“1”和“X1”键，显示器显示“U3.0000”，输出幅度为1V，若超差，则在显示稳定后进入下一步。

4.3 按下“CAL”键，对输出幅度校准，显示“CAL-U1”，校准完成后显示“OAY”，

“CAL”键灯灭，约2秒后回到电压显示，如无法完成校准则显示“EEEEEE”。

4.4 将“FUNCTION”（功能）开关放置在“10V”档；显示器应显示“V3.0000”，输出幅度为10V，若超差，则在显示稳定后按4.3步骤操作，校准时显示“CALU10”。

4.5 输出幅度设置，在DIST&LEVEL功能下分别按“1”～“0.0001”和“X1”～“X0.1”键，可设置不同的输出电压；如“1V”下，按“0.1”和“X0.3”，则输出0.03V电压。

## 5. 校准电压表频响校准

5.1. 按“EXT”键，选择外部输入，显示器显示外部输入电压“EX. XXXX”；

5.2 用外接标准信号源（如FLUKE的5700交流电压标准），接在DS-1C型失真度标准的“INPUT”（3.000V）端；

5.3 按下需要校准的频率键；

5.3 设置标准源频率和要校准的频点一样（注意对应基波还是谐波），设置标准源输出电压为3.0000V（特别提示5Hz基波校准时，标准源设10Hz输出，电压设为3.0100V）；

5.4. 按下“CAL”键，显示器显示“CAL---”；

5.5 按“f”或“2f”键，选择对基波“f”还是谐波“2f”校准；

5.6 校准完成后，“CAL”键灯灭，显示器显示“OAY”，2秒后显示“E3.0000”，如校准无法完成校准则显示“CALEEE”。

5.7 重复5.3～5.6步骤，可对其他频点校准。

5.8 校准完成后必须断开输入信号，否则按其他功能键时该输入段接地！！！！

## 6. 校准操作注意事项

6.1 由于基波、谐波震荡器均为RC震荡器，稳幅输出需要一定时间，切换频率后，震荡器重新建立，因而须等待显示器显示稳定后再校准输出，一般稳定时间约为5-10秒。

- 6.2 本机属于自动满度校准调节，满度调节有一个范围，当校准完成后，显示“OCAY”，表示校准完成，随后显示满度值（在基波、谐波、1V输出下范围约为2.9997~3.003之间，10V档下范围约为2.9995~3.005，如果超出范围，可以重新校准）；显示器仅作校准满度状态指示，不能作为输出电压指示。
- 6.3 校准时间与校准前的输出幅度和频率有关，一般校准时间为5-10秒。
- 6.4 显示器首位字母显示含义，“A”——基波输出；“B”——谐波输出；“D”——合成失真波输出；“U”——1V或10V标准电压输出。
- 6.5 在校准期间，禁止键盘操作（但按CAL键可以退出校准），只有“CAL”指示灯熄灭后，才解除键盘封锁。
- 6.6 一定要在DS-1C（地线在后面板）与被检仪器之间连接好地线，否则将影响测量结果。

## 六、程控操作指南

本仪器接口地址为18，可按如下操作改变地址：

1. 按“LOC”键显示本机地址“Add-18”，此时可选择按下X1(0), X0.9(9), ..., ~ X0.1(1)键设置地址，地址范围：00-31。
2. 设置完成后再按“LOC”键，则保存地址，下次开机地址就为设置的地址。

### 1. 命令集

- |     |               |
|-----|---------------|
| F   | 设置频率，后直接跟频率值。 |
| A   | 设置基波输出“F”     |
| B   | 设置谐波输出“2F”    |
| D   | 设置失真波输出“DIS”  |
| E   | 设置外部输入“EXT”   |
| V1  | 设置1V标准电压输出    |
| V10 | 设置10V标准电压输出   |
| SK  | 设置同步开关打开      |

---

SG	同步开关吸合
L1	电压衰减器倍数1
L0.1	电压衰减器倍数0.1
L0.01	电压衰减器倍数0.01
L0.001	电压衰减器倍数0.001
L0.0001	电压衰减器倍数0.0001
H100	失真衰减器倍数100%
H10	失真衰减器倍数10%
H1	失真衰减器倍数1%
H0.1	失真衰减器倍数0.1%
H0.01	失真衰减器倍数0.01%
X1	衰减器读数X1
X0.9	衰减器读数X0.9, 类似X0.8, X0.7, X0.6, X0.5, X0.4, X0.3, X0.2, X0.1
CA	基波校准命令
CB	谐波校准命令
CV1	1V标准输出校准
CV10	10V标准输出校准
CEA	对电压表对应基波频点校准
CEB	对电压表对应谐波频点校准
C?	读取校准结果: 返回值为C! 表示校准完成; 返回值为C# 表示校准尚未完成; 返回值为CE 表示校准出现错误。
R?	读取显示器校准数据, 返回ASCII码(如A3.0006), 首位字符含义: A-基波; B-谐波; D-合成波; V-标准电压输出; E-外部输入
*RST	仪器复位
*IDN?	查询仪器信息

---

\*LLO 本地键盘封锁

\*GTL 回本地，解除键盘封锁

## 2. 命令举例

1. 设置失真度大小，如设置失真值为30%，则命令为H100, X0. 3。

2. 设置1V标准电压输出，如输出0. 5V，则命令为V1, L1, X0. 5。

3. 校准功能设置，如对1kHz基波校准，则命令为F1KHZ, CA。

4. 电压表校准命令比较特殊：

设置外部标准源频率及3. 0000V电压(特别提示5Hz基波校准时，标准源设10Hz输出，电压设为3. 0100V)，校准命令举例：

F1KHZ, CEA(对基波1kHz校准)

F1KHZ, CEB(对谐波2kHz校准)

5. 基波校准：CA

6. 谐波校准：CB

7. 程控命令可单独使用，也可组合使用，如：F1KHZ, D, H100, X0. 1或

F1KHZ, V1, L1, X0. 9。

8. 各命令之间用逗号(,)分开。

9. 单命令或组合命令后，一定加结束符，结束符可为\n\r或\n或\r，用ASCII符为CH\$(13)+CH\$(10)或CH\$(13)及CH\$(10)用十六进制为0DH+0AH，或0DH或0AH；一般 GPIB 控制器在发出最后一位字符时，同时发结束标志位EOI。

10. 命令字符要求大写(包括频率，如KHZ, HZ)。

11. 命令长度最大为64字符。

12. REM/LOC键的使用问题：在程控状态下REM/LOC灯亮，如果本机没有收到

\*LLO命令，则除LOC键，其他按键被封锁，此时可以按LOC键，回到本地，解除键盘封锁；如果收到LLO命令，则所有按键无效，只有收到

\*GTL命令后才解除键盘封锁。

13. 程控注意事项：

- (1) 切换频率或输出功能选项后要延时5-10秒后再进行校准；
- (2) 校准时间约为5-10秒，因而读取校准结果要在发出校准命令约10秒钟后左右再进行。
- (3) 发校准命令前，必须先设置好频率和输出选项，如先设置1kHz频率及谐波输出，延时10秒再发CB命令对谐波输出满度校准。
- (4) 外部输入校准时，首先按“EXT”功能键，再接入输入信号；校准完成后，必须先把输入信号断开，再进行其他功能操作。

## 七、注意事项

### 1. 使用条件

- 1.1 使用温度： $+10^{\circ}\text{C}$ —  $+30^{\circ}\text{C}$ 。
- 1.2 建议工作温度： $+15^{\circ}\text{C}$ —  $+25^{\circ}\text{C}$ 。
- 1.3 电源要求： $220\text{V} \pm 10\%$ ， $50\text{Hz} \pm 2\text{Hz}$ 。
- 1.4 使用时必须预热30分钟及以上。

2. 被检失真仪的输入阻抗应不小于 $100\text{k}\Omega \parallel 100\text{pF}$ ，注意频率较高时，失真仪输入阻抗变小对失真标准输出电压幅度的影响。
3. 改变频率后，应等到显示器电压指示稳定后再开始测试。
4. 失真度标准与被检失真仪之间应有公共的接地线。
5. 本仪器自售出后保修十八个月。

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 邮政编码：100027

电话：(010)64159299, 64150988 传真：(010)64150988

Email: [bjkh@bjkh.com](mailto:bjkh@bjkh.com)

网址: <http://www.bjkh.com>