

中 华 人 民 共 和 国

计 量 器 具 检 定 规 程

WFG-1B 型高频微伏表

JJG 279—81

WFG-1B 型高频微伏表检定规程

Verification Regulation of the HF
Microvoltmeter Type WFG-1B

JJG 279--81

本检定规程经国家计量总局于1981年12月21日批准，并自1982年12月1日起施行。

归口单位： 中国计量科学研究院

起草单位： 中国计量科学研究院

主要起草人： 周信豪

本规程技术条文由起草单位负责解释。

目 录

一、概述	(1)
二、主要技术指标	(1)
三、检定条件及检定用设备	(2)
四、检定项目及检定方法	(3)
五、检定结果及检定周期	(8)
附录1 检定证书内记录格式	(9)
附录2 微电位计及传递误差	(10)
附录3 L16型连接头	(13)

WFG-1B 型高频微伏表检定规程

本规程适用于新生产的、使用中和修理后的 WFG-1B 型高频微伏表的检定；也适用于 30 MHz 以下的其它同类型的高频微伏表的检定。

一、概 述

1 WFG-1B 型高频微伏表是选频式高频测量仪器，主要供实验室和工厂作高灵敏度的电压测量用，也可以用于校准高频信号发生器的衰减器，测量调幅度、场强和频谱分析等。

该表由带有探头、变频器、中频放大器、中频衰减器、检波器、低频放大器以及高频电压表和调幅度表等组成。为使测量可靠，机内还装有一个固定频率的高稳定的校核振荡器。

二、主要技术指标

2 受检仪器的主要技术指标为

2.1 频率范围：50kHz~30MHz；分4个波段。

2.2 频率误差： $\pm 2\% \pm 3\text{kHz}$ 。

2.3 输入阻抗：约5M Ω ；并联电容约12pF；使用衰减器时，输入阻抗为数千M Ω ，并联电容约3pF。

2.4 电压范围：0~150 mV分五挡。0~15、0~150 μV 和0~1.5、0~15、0~150mV；附加电容衰减器时，可扩大量程至15V。

2.5 电压基本误差： $\pm 3\%$ ；在15 μV 挡为 $\pm 5\%$ （频率为100 kHz）。

2.6 频率响应：2 MHz 以下不大于 $\pm 0.5\text{ dB}$ ，2~28 MHz 不大于 $\pm 1\text{ dB}$ ，15 μV 挡，16~28 MHz 允许为 $\pm 2\text{ dB}$ 。

2.7 电容衰减器误差： $\pm 2\%$ ；15 μV 挡误差 $\pm 4\%$ 。

2.8 校核电压：100 kHz 1 mV。当电源电压变动 $\pm 10\%$ 时，输出变化不大于 $\pm 2\%$ 。

2.9 调幅度测量：分0~30%，0~100%两挡。基本误差 $\pm 5\%$

(载频100 kHz, 调制频率400 Hz)。当调制频率从30~1500 Hz时, 调幅度频响为 ± 1 dB。

2.10 本机噪声: 不大于 $5 \mu\text{V}$ 。

三、检定条件及检定用设备

3 环境条件

电源: 50Hz, $220\text{V} \pm 2\%$ 。

环境温度: $(15 \sim 25^\circ\text{C}) \pm 1^\circ\text{C}$ 。

相对湿度: $(65 \pm 15)\%$ 。

大气压力: $750 \pm 30\text{mmHg}$ 。

周围无振动和无强电磁场干扰的影响。

4 标准设备

4.1 微电位计和配套的直流测试设备:

当工作频率在100 kHz~30 MHz时, 在 1mV 至 100mV 的电压测量误差应小于 $\pm 1\%$ (见附录2)。

参考仪器:

“WD-1”型微电位计和“WDC-2”型直流测试仪;

“DO-7”型高频小电压校准装置。

4.2 步进式电阻衰减器:

在100 kHz至30 MHz频率范围内, 衰减量在40 dB内, 其准确度为 $\pm 0.05\text{dB}$ 。

参考仪器:

TS-14 步进式电阻衰减器;

TO-5 型步进式电阻衰减器。

上述两种衰减器经DZB-1型电信载频衰减标准校准后, 能满足上述技术要求。

4.3 频率计:

参考仪器:

PW-2 型外差式频率计;

E312 型计数式频率计。

4.4 调制度测量仪:

参考仪器: TF-2 型调制度仪。

4.5 信号发生器:

频率范围: 100 kHz~30 MHz;

输出功率: 0~0.5W连续可调;

幅度稳定度: $3 \times 10^{-3}/2 \text{ min}$ 。

4.6 微电位计与被检表的专用接头 (见附录3)。

4.7 交流电子稳压器。

四、检定项目及检定方法

5 外观及通电检查

5.1 被检表外观无严重机械损伤, 各旋钮应转动灵活, 表头能机械调零。

5.2 被检表应具备附件和说明书。

5.3 被检表通电后, 按说明书规定的步骤操作, 各旋钮及指示表应正常工作, 表针无卡壳现象。

5.4 仪器预热 30 分钟后, 按下述步骤进行检定。

6 噪声电平检查

6.1 被检表按说明书规定步骤进行自校。

6.2 将探头插入接地孔内, 量程开关放在 $15 \mu\text{V}$ 挡, 在 100 kHz 和 30 MHz 频率点上, 被检表的本机噪声电平均应小于 $5 \mu\text{V}$, 否则应维修后再进行下述检定。

7 频率刻度检定

7.1 按图1 (a) 或图1 (b) 连接各仪表。

7.2 将被检表的频率刻度值 f , 分别置于附录 1 所规定的频率刻度检定点上。

7.3 在上述频率点附近调节 PW-2 型外差式频率计 (或信号发生器) 的度盘, 使被检表指示最大, 同时读出 PW-2 型外差式频率计 (或计数器) 的读数 f_0 , 并记在附录 1 “频率刻度检定结果” 中。按下述公式计算误差:



a) PW-2型外差频率计检频率刻度 (b) 计数式频率计检频率刻度

图1 频率刻度的检定

$$e_f = \frac{f_x - f_0}{f_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

f_x ——被检表频率示值;

f_0 ——PW-2型外差式频率计(或计数器)的示值。

8 校核电压检查和调整

8.1 被检表按说明书规定步骤进行自校。

8.2 将被检表探头通过专用接头接在微电位计输出端(见图2), 信号发生器在100 kHz频率上, 调节信号发生器输出, 使微电位计准确输出1mV。微调信号发生器频率, 并保持微电位计输出不变, 使被检表的高频电压表指示到最大值。

8.3 维持微电位计输出1 mV, 调节被检表的“电压调整”旋钮, 使被检表指示在1 mV处。

8.4 将探头重新插入校核孔内, 这时被检表仍应指在1mV上。若误差超过 $\pm 1\%$, 应调节被检表左侧 R_{12} 电位器, 使高频电压表准确地指示在1mV上。

9 1mV以上电压检定

9.1 按图2连接各仪表。

9.2 在100kHz上, 调节信号发生器输出, 使微电位计输出100mV, 这时调谐被检表同时读出被检表电压值 U_x , 重复三次, 取 U_x 的三次平均值 \bar{U}_x 记在附录1“基本电压检定结果”中, 并按式(2)计算电压基本误差:

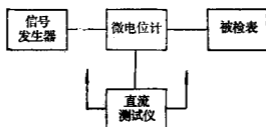


图2 1~100 mV 电压校准连接图

$$e_0 = \frac{\bar{U}_x - U_0}{U_{\text{额定}}} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

\bar{U}_x ——被检表三次电压平均值；

U_0 ——微电位计高频电压输出值。

9.3 信号发生器频率分别调节在1、5、10、30 MHz各频率点上，调节其输出使微电位计输出100 mV，这时分别读出被检表的示值 U_{f_1}, \dots, U_{f_n} ，重复三次，取其平均值 $\bar{U}_{f_1}, \dots, \bar{U}_{f_n}$ ，分别记在附录1“频率响应检定结果”中，并按式(3)计算频响误差：

$$e_{s,f} = 20 \lg \frac{\bar{U}_{f_n}}{\bar{U}_x} \quad (3)$$

式中：

\bar{U}_{f_n} ——被检表在频率为 f_n 时的读数平均值；

\bar{U}_x ——被检表在频率为100 kHz时的读数平均值。

9.4 改变微电位计高频输出电压为1mV。重复步骤9.2和9.3款，把相应的读数分别记在附录1“基本电压检定结果”和“频率响应检定结果”中，并按公式(2)和公式(3)计算基本误差和频响误差。

9.5 被检表线性刻度检定：

9.5.1 按说明书规定步骤进行自校。

9.5.2 在100 kHz时，使微电位计分别输出0.5mV、1mV和1.5mV，由被检表读出对应值 U_x ，并应满足下式关系：

$$\frac{U_x - U_0}{U_{\text{额定}}} \times 100\% \leq \pm 3\%$$

式中:

- U_x ——被检表示值;
 U_0 ——微电位计输出值。

10 1mV以下电压检定

10.1 被检表按说明书规定进行自校后并按图3连接。

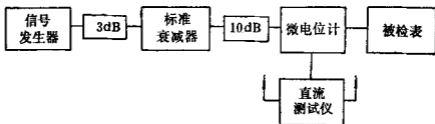


图3 1 mV 以下电压校准连接图

10.2 标准衰减器调到“40”dB，被检表调到 $15\mu\text{V}$ 挡，在频率为 100kHz 附近调节信号发生器输出，使被检表指示在 $10\mu\text{V}$ 上。维持信号发生器输出不变，调偏被检表的频率，使其指示最小，这时改变标准衰减器至“0”dB，同时读取微电位计的输出电压值 U_0' ，重复三次，取 U_0' 三次平均值 \bar{U}_0' 记录在附录1“基本电压检定结果”中，并按公式(4)计算电压基本误差：

$$\varepsilon_0 = \frac{U_x - \bar{U}_0'/K}{U_{\text{精度}}} \times 100\% \quad (4)$$

式中:

$$K = 10^{A/20}$$

A——标准衰减器衰减量的定标值；

\bar{U}_0' ——微电位计的输出平均值；

U_x ——被检表的示值。

注：微电位计量程选择在 1mV 左右。

10.3 改变信号发生器频率分别为 1 、 5 、 10 、 30MHz ，使微电位计的输出与10.2款相同，分别由被检表在相应的频率上测得高频电压 U_1, \dots, U_n 值，重复三次，取其平均值 $\bar{U}_1, \dots, \bar{U}_n$ ，记在附录1“频率响应检定结果”中，并按照公式(3)计算频响误差。

10.4 按说明书规定步骤进行自校,并按图4连接各仪表。

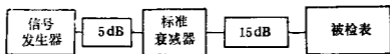


图4 电容衰减器检定连接图

10.5 把标准衰减器放在“40”dB位置上,在100 kHz频率点上调节信号发生器输出,使被检表指示在 $U_1 = 1\text{mV}$ 上,保持信号发生器输出不变。把电容衰减器与被检表相连接后再按图4连接好,同时把标准衰减器的衰减量降至“0”dB,这时读取被检表的示值 U_s ,重复三次取其平均值 \bar{U}_s ,并按公式(5)计算电容衰减器的误差:

$$\varepsilon_A = \left(\frac{100\bar{U}_s}{\bar{U}_1 \cdot 10^{A/20}} - 1 \right) \times 100\% \quad (5)$$

式中:

\bar{U}_s ——标准衰减器在“0”dB时被检表的读数平均值;

A——标准衰减器在“40”dB时的定标值。

10.6 在30 MHz频率点上,重复步骤10.5款,取 U_s 三次平均值 \bar{U}_s 记录在附录1“电容衰减器检定结果”中,并按公式(5)计算出电容衰减器的误差。

10.7 重复10.5款、10.6款的测量步骤,但被检表放在 $15\mu\text{V}$ 挡,并使其指示 $U_1 = 10\mu\text{V}$ 上,按公式(5)分别求出电容衰减器的100 kHz和30 MHz频率点的误差。

11 调幅度的测试

11.1 按图5连接各仪器,选择载频为100 kHz、调制频率为400 Hz进行调幅度测试。

11.2 把开关S接在“1”位置上,调节XFG-7信号发生器(或类似的信号发生器)的调幅度,使被检表指示在所选定的调幅度点 m_s 上。

11.3 把开关S接在“2”位置上,保持XFG-7信号发生器的调幅度不变,用TF-2型调制度仪分别测出其上调幅 m_+ 和下调幅 m_- ,并取其平均值 m_0 ,分别记录在附录2“调幅度测试结果”中,并按公式

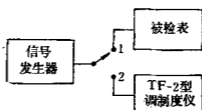


图 5

(6) 计算调幅度基本误差:

$$\varepsilon_m = m_x - m_0 \quad (6)$$

11.4 调幅度测试点为:

30%量程: 10%、20%、30%;
100%量程: 30%、60%、80%.

五、检定结果及检定周期

12 被检表经检定后, 全部符合出厂技术指标的应发给检定合格证书。

13 被检表若有个别项目不符合技术指标, 应指出不符合指标的项目, 并给出校准值。

14 检定周期一般为一年, 必要时随时送检。

附录1

检定证书内记录格式

频率刻度检定结果

波段	被检表示值 (MHz)	标准示值 (MHz)	误差	波段	被检表示值 (MHz)	标准示值 (MHz)	误差
1	0.1			3	6		
	1				10		
	2				15		
2	2			4	15		
	4				20		
	6				30		

基本电压检定结果

频率100kHz

量程	被检表示值	标准值		误差
		U_0	U_0/K	

频率响应检定结果

量程	频率	被检表示值	频响误差

电容衰减器检定结果

量程	频率	标准衰减器值	被检表示值	误差

调幅度测试结果

载频: 100kHz

调制频率: 400Hz

量程	被测值	调幅度仪读数			误差
		上调幅	下调幅	平均值	
30%	10%				
	20%				
	30%				
100%	30%				
	60%				
	80%				

附录 2

微电位计及传递误差

1 微电位计简介

微电位计由一支高频热偶和一个圆盘电阻串联组合而成。热偶用于监视输入电流数值，电阻用于得到输出电压。当在微电位计输入端加入直流电流时，在输出端就会得到输出电压 U_0 。（电压 U_0 的大小是已知电流 I 和电阻 R_0 的乘积），而且在热偶输出端上有一相应的热电势 E 输出。假定热偶及电阻都有良好的频响，则当微电位计加入高频电流使得热偶的输出仍保持 E 时，高频输出电压 U_1 就等于直流输出电压 U_0 。每个微电位计工作电压的范围根据使用的热偶和电阻而定。

微电位计的工作频率低于30 MHz时，其高频电压值与直流电压值差得很小，绝大多数不超过千分之五。若工作频率低于100kHz以下，

则可忽略不计。故采用这样的微电位计检定高频微伏表时，可以直接用直流电压代替高频电压。

2 加载误差

WFG-1B型高频微伏表有一个比较大的输入电容（约12 pF），所以输入阻抗很小，在高频时它不是一个理想的高输入阻抗电压表。当它和微电位计输出电阻并联时，会影响微电位计的输出电压，引起测量误差，这项误差叫负载效应或加载误差。因为微电位计在直流时输出电压 U_0 是：

$$U_0 = I_0 R_0$$

而高频时（有负载影响）是：

$$U_f = (Z_{in} / R_0 + Z_{in}) U_0$$

所以负载效应 k_R 为：

$$k_R = \frac{U_f}{U_0} = \frac{Z_{in}}{R_0 + Z_{in}} \quad (1)$$

式中： R_0 ——微电位计输出电阻；

Z_{in} ——高频微伏表在输出电阻 R_0 端的等效输入阻抗。

若高频微伏表与微电位计输出电阻 R_0 有一段连接距离 l ，而微伏表的输入电阻是可忽略的（输入电阻为 $5M\Omega$ ），起影响的主要是输入电容 C_{in} ，则 Z_{in} 与 C_{in} 有下述关系：

$$Z_{in} = -jZ_0 \frac{1 - Z_0 \omega C_{in} \operatorname{tg} \frac{2\pi}{\lambda} l}{Z_0 \omega C_{in} + \operatorname{tg} \frac{2\pi}{\lambda} l} \quad (2)$$

将式(2)代入式(1)整理后得负载效应 k_R

$$k_R = \frac{1}{1 + j \frac{R_0}{Z_0} \left(\frac{\omega C_{in} Z_0 + \operatorname{tg} \frac{2\pi}{\lambda} l}{1 - \omega C_{in} Z_0 \operatorname{tg} \frac{2\pi}{\lambda} l} \right)} \quad (3)$$

式中： Z_0 ——同轴传输线特性阻抗；

λ ——工作波长。

例如, $l = 3 \text{ cm}$, $Z_0 = 50 \Omega$, $R_0 = 3 \Omega$, 当 $f = 100 \text{ kHz}$ 时 $k_R = 0.99999 \approx 1$; 所以不会引入测量误差。当 $f = 30 \text{ MHz}$ 时, $k_R = 0.99997 \approx 1$ 。因此高频微伏表在整个频段内不会对微电位计引入附加误差。

3 传输线效应

由于微电位计输出电压参考面与高频微伏表输入端面有一段连接距离 l , 从传输线公式得知参考面与输入面的电压值是不同的, 这就产生了测量误差, 它们之间的关系由式 (4) 表达:

$$k_t = \frac{1}{\cos \frac{2\pi}{\lambda} l - \omega C_{in} Z_0 \sin \frac{2\pi}{\lambda} l} \quad (4)$$

式 (4) 称作传输效应。利用式 (4) 可求出传输线的电压测量误差。

例如: $l = 3 \text{ cm}$, 当频率 $f = 0.1 \text{ MHz}$ 时, $k_t \approx 1.0000025 \approx 1$ 。同样条件下, $f = 30 \text{ 兆赫}$ 时, $k_t \approx 1.00025 \approx 1$ 。

由此可见, 采用微电位计作标准仪器去检定高频微伏表时, 由于微伏表的输入电容引起的负载效应和传输线效应均不会引起附加测量误差, 也就是说高频微伏表的输入阻抗的变化在这种校准方法中引入的测量误差可以忽略不计。

4 微电位计检定微伏表时的综合误差

从上分析可知, 采用微电位计检定高频微伏表时的误差主要是由微电位计本身的误差和标准衰减器的误差所决定。当使用 WDC-2 型直流测试仪时, 在 100 kHz 的基本电压测量误差为:

1~100 mV 时, $\leq \pm 0.2\%$;

10~100 μV 时, $\leq \pm 0.7\%$ (包括标准衰减器的误差)。

检定频率响应时的误差为:

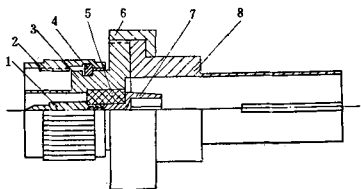
1~100 mV 时, $\leq \pm 0.5\%$;

10~100 μV 时, $\leq \pm 1\%$ (包括标准衰减器的误差)。

以上误差处理均采用各分项误差相加方法, 上述传递精度完全满足对高频微伏表检定的要求。

附录 3

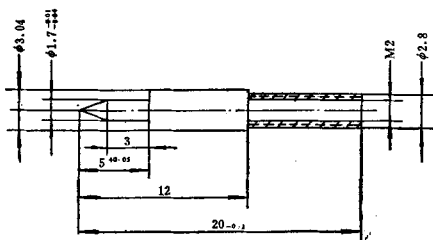
L16 型 连 接 头



L16 型连接头

8	81—8	外 导 体	铍 青 铜	1	铍 银
7	81—7	内 导 体	镀 青 铜	1	镀 银
6	81—6	螺 套	黄 铜	1	镀 银
5	81—5	垫 圈	四 氟	1	
4	81—4	卡 圈	铍 青 铜	1	镀 银
3	81—3	外 导 体	铍 青 铜	1	铍 银
2	81—2	螺 套	黄 铜	1	镀 铬
1	81—1	插 头	黄 铜	1	镀 银
序号	图 号	名 称	材 料	数 量	备 注

▽6



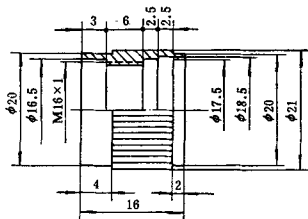
表面修饰: 镀银

图号: 81—1

名称: 插头

材料: 黄铜

数量: 1件



表面修饰: 镀亮铬

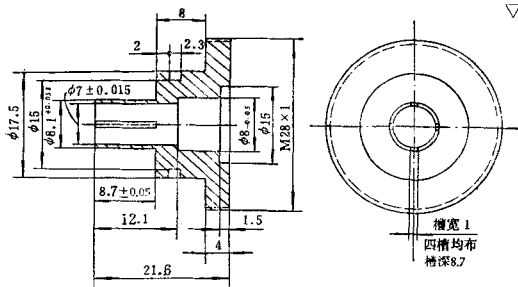
图号: 81—2

名称: 螺套

材料: 黄铜

数量: 1件

▽6



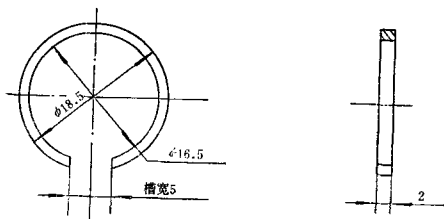
表面修饰: 镀银

图号: 81—3

名称: 外导体

材料: 黄铜

数量: 1件



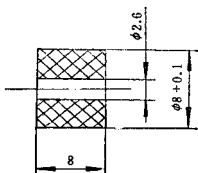
表面修饰: 镀银

图号: 81—4

名称: 卡圈

材料: 镀青铜

数量: 1件

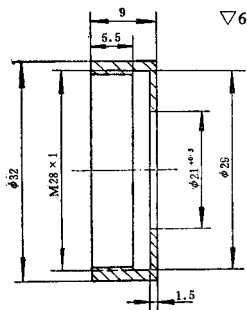


图号: 81—5

名称: 垫圈

材料: 聚烯氟乙烯

数量: 1件



表面修饰: 镀银

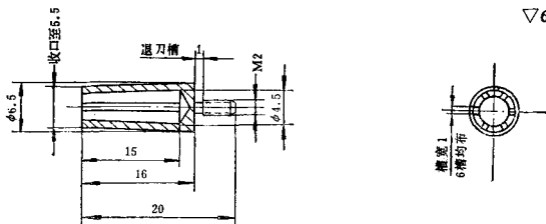
图号: 81—6

名称: 螺套

材料: 黄铜

数量: 1件

▽6



表面修饰: 镀银

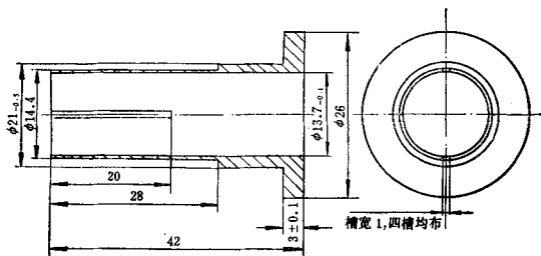
图号: 81—7

名称: 内导体

材料: 铍青铜

数量: 1件

▽6



表面修饰: 镀银

图号: 81—8

名称: 外导体

材料: 铍青铜

数量: 1件