

中 华 人 民 共 和 国

国家计量检定规程

BX-21型低频数字相位计

JJG 381—86

目 录

一 概述.....	(1)
二 技术要求.....	(1)
三 检定条件.....	(2)
四 检定方法和步骤.....	(2)
五 检定结果处理和检定周期.....	(9)
附录 1 检定记录表格	(10)
附录 2 采用时间间隔测量仪的检定方法	(14)

**BX-21型低频数字
相位计检定规程**

Verification Regulation of The
Model BX-21 LF Digital
Phase Meter

JJG 381—86

本检定规程经国家计量局于1986年2月1日批准，并自1987年1月1日起施行。

归口单位： 中国计量科学研究院

起草单位： 电子工业部一〇二〇所

中国计量科学研究院

电子工业部一〇一〇所

本规程技术条文由起草单位负责解释。

本规程主要起草人:

胡寿曾 (电子工业部一〇二〇所)

徐燕清 (中国计量科学研究院)

参加起草人:

胡荣晋 (电子工业部一〇一〇所)

BX-21型低频数字相位计检定规程

本规程适用于新制造、使用中和修理后的 BX-21 型低频数字相位计的检定，同时也适用于其他同类型低频相位计的检定。

本规程采用相角标准法。

鉴于目前已有的相角标准频率上限较低，用于检定 BX-21 型数字相位计尚有欠缺，而时间间隔测量法在较高频率范围内有显著的优越性，所以，将采用时间间隔测量仪的检定方法作为附录 2 加以推荐。

一 概 述

BX-21 型数字式相位计是一台测量两个同频正弦电压间， $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 相移的仪器。它采用过零触发平均检相原理，主要由过零触发器、脉冲检相器、脉冲电压平均电路以及模数转换电路、显示电路等部分组成。BX-21 型是目前国内低频相移测量中的主要测量仪器，它广泛应用于电工测量、无线电测量和国防工业中。

二 技 术 要 求

1 量程： $-180^{\circ}\sim +180^{\circ}$ ；

$0^{\circ}\sim 360^{\circ}$

2 频率范围： $10\text{ Hz}\sim 1\text{ MHz}$ 。

3 准确度（注：原说明书中为精度）

在 $-180^{\circ}\sim +180^{\circ}$ 量程：

$10\sim 100\text{ Hz}$ $\pm 0.3^{\circ}\pm 1$ 个数字；

$100\text{ Hz}\sim 100\text{ kHz}$ $\pm 0.1^{\circ}\pm 1$ 个数字；

$100\sim 500\text{ kHz}$ $\pm 0.3^{\circ}\pm 1$ 个数字；

$500\text{ kHz}\sim 1\text{ MHz}$ $\pm 0.5^{\circ}\pm 1$ 个数字。

在 $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 量程：上述准确度 $\pm 0.1^{\circ}$ 。

4 盲区范围（注：原说明书中为测量动态范围）

在 $-180^{\circ} \sim +180^{\circ}$ 量程: $\pm [180 - 20f(\text{MHz})]^{\circ}$,

在 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 量程: $[0 + 20f(\text{MHz})]^{\circ}$ 到 $[360 - 20f(\text{MHz})]^{\circ}$ 。

5 由频率变化引起的零点变化 (注: 原说明书中为由频率变化所引起的最小误差)

在 $100 \text{ Hz} \sim 100 \text{ kHz}$ 之间小于 1° ; 在 100 kHz 以上, 每增加 100 kHz , 零点的变化不大于 0.2° 。

6 两路幅度同时变化所引起的零点变化 (注: 原说明书中为由幅度变化引起的最小误差)

以同一信号输入到 I、II 端, 在 $100 \text{ Hz} \sim 100 \text{ kHz}$ 、 $10 \text{ mV} \sim 100 \text{ V}$ 范围内输入信号电平每变化 20 dB 误差小于 1° 。

7 分辨力: $\pm 0.1^{\circ}$ 。

8 输入电平: $10 \text{ mV} \sim 2 \text{ V}$ (有效值),
 $500 \text{ mV} \sim 100 \text{ V}$ (有效值)。

9 输入阻抗: 每路均为 $1 \text{ M}\Omega // 26 \text{ pf}$ 。

10 输入信号波形: 要求信号谐波分量小于 0.17% 。

三 检定条件

11 电源: 交流 50 Hz , $220 \text{ V} \pm 5\%$ 。

12 环境温度: $20 \pm 10^{\circ}\text{C}$ 。

13 相对湿度: $\leq 80\%$ 。

14 大气压强: $86 \sim 106 \text{ kPa}$ 。

15 周围环境应无振动, 无强电磁干扰影响。

四 检定方法和步骤

16 检定采用的标准及辅助设备

16.1 相角标准

所采用的相角标准可以是标准相角发生器或相移器, 也可以是精密相位计。

频率范围: $10 \text{ Hz} \sim 1 \text{ MHz}$ 。

移相 (或测量) 范围: $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 。

准确度:

10~100 Hz $\pm 0.1^\circ$ (包括100 Hz) ;

100 Hz~100 kHz $\pm 0.05^\circ$ (不包括 100 Hz 和 500 kHz 两个频率点) ;

100~500 kHz $\pm 0.1^\circ$ (包括100 kHz) ;

500 kHz~1 MHz $\pm 0.2^\circ$ (包括 500 kHz) .

输出波形: 正弦波 (对标准相位发生器而言) . 频率低于和等于 100 kHz 时, 失真 $\leq 0.06\%$; 频率高于100 kHz 时, 失真 $\leq 0.2\%$.

输出电压: (对标准相位发生器而言) 最大输出电压不小于 2V (有效值), 参考输出与移相输出之间幅度相差 ≤ 3 dB.

参考型号: 低频相角标准 311RT~1/717 S 和 312; 数字式相位计 305 系列.

或符合上述要求的其它型号的仪器.

16.2 低失真信号源 (在采用标准相移器时用)

频率: 10 Hz~1 MHz.

频率稳定度: 优于 $1 \times 10^{-4}/2$ h.

输出电压: 10 mV~10 V.

失真度:

低于和等于100kHz时 $\leq 0.06\%$;

高于100kHz时 $\leq 0.2\%$.

输出阻抗: 50 Ω , 75 Ω 均可.

参考型号: XD-10A, XD-1, XD-10.

16.3 相移器

频率范围: 10 Hz~1 MHz.

相移范围: $0^\circ \sim 360^\circ$.

16.4 相对相移小的可变衰减器两台

衰减范围: 0~60 dB, 每1 dB 一级.

输入和输出阻抗: 50 Ω 、75 Ω 均可.

相对相移: $\leq 0.1^\circ/10$ dB.

参考型号: TS-14、TD-32、640、DPU 等超高频同轴衰减器.

16.5 视频毫伏表一台

测量范围：10 mV~10 V。

频率范围：10 Hz~10 MHz。

参考型号：HFP-1 型视频毫伏表。

16.6 其它

BNC 型三通接头两只；同型号、同长度（一般不长于 1m）、装有同样连结器的电缆若干根。

17 检定步骤

17.1 检定前的检查

17.1.1 被检仪器应附有生产厂的技术说明书、产品合格证或检定证书，以及全部附件。

17.1.2 被检仪器不应有影响正常工作的机械损伤。

17.1.3 被检仪器的所有开关、旋钮都应转动自如，定位正确，调节均匀。

17.1.4 仪器通电后，经检查各功能应该正常。

17.2 起始校准

17.2.1 按图 1 连接各仪器。

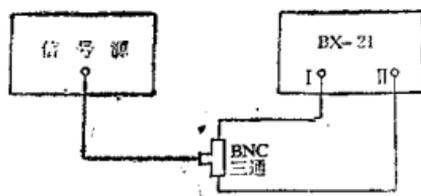


图 1

17.2.2 接通信号源和 BX-21 电源并预热 30 分钟。

17.2.3 调节信号源的频率为 1 kHz，输出电压为 100 mV（有效值）。

注意：检定时最好采用 BX-21 附件中的输入电缆。

17.2.4 BX-21 的量程开关置于 $-180^\circ \sim +180^\circ$ 位置，调零旋钮

置于中间位置，滤波器开关置于 1000 位置，显示时间旋钮调节到适当位置，输入电平开关置于 10 mV~2 V 位置。

17.2.5 切断 BX-21 输入 II 的信号并把它短路，这时显示应为 +180.0°，如果不是，调节 +180.0 旋钮，使显示为 +180.0°。然后重新接通输入 II 的信号，并切断输入 I 的信号且把它短路，此时显示应为 -180.0°，如果不是，调节 -180.0 旋钮，使显示为 -180.0°。

17.2.6 同时接通输入 I、输入 II 的信号，此时 BX-21 应显示 000.0，否则调节零点电位器，使 BX-21 达到 000.0 的显示。

17.3 由于频率变化引起的零点变化的检定

17.3.1 仪器连结如图 1 所示，并按 17.2 条进行起始校准。

17.3.2 保持信号源输入到 BX-21 的电压为 100 mV，改变频率到 100 Hz、10 kHz、50 kHz、100 kHz、500 kHz、1 MHz。

17.3.3 相对于不同的频率，BX-21 的滤波器开关也应改变到相应的位置。

17.3.4 观察并把 BX-21 的示值记录在附录 1 的表 1 中。

17.3.5 测量结果如果在 100 Hz~100 kHz 之间零点变化小于 1°，在 500 kHz 时零点变化小于 1.8°，在 1 MHz 时零点变化小于 2.8°，则此项检定合格。

17.4 由于两路输入信号幅度同时变化引起零点变化的检定

17.4.1 仪器连接如图 2 所示。

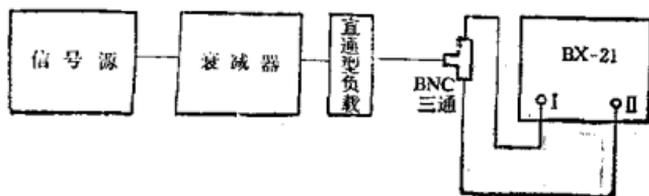


图 2

17.4.2 调节信号源频率为 1 kHz，衰减器为 30 dB，调节信号源输出使输入到 BX-21 的电压为 100 mV（有效值）。

17.4.3 对 BX-21 进行起始校准, 使示值为 000.0。

17.4.4 分别改变衰减器数值到 4 dB、10 dB、50 dB (输入到 BX-21 的相应电压为 2 V、1 V、10 mV), 将 BX-21 的相应示值记入附录 1 的表 2 中。

17.4.5 改变频率到 100 Hz、10 kHz、100 kHz, 分别重复上述步骤。

17.5 两路输入信号幅度不等时零点变化的检定

17.5.1 仪器连接如图 3 所示。

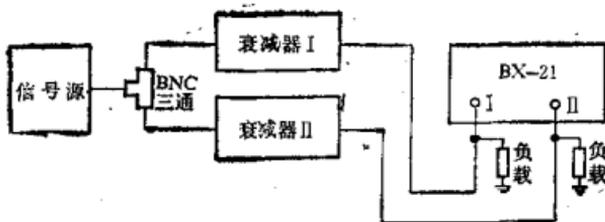


图 3

17.5.2 调节信号源输出, 使频率为 1 kHz, 衰减为 0 dB 时, BX-21 的输入为 2 V。

17.5.3 令衰减器 I 和 II 都是 0 dB 时, BX-21 的示值为 θ_0 , 记入附录 1 的表 3 中。

17.5.4 增加 I 支路的衰减为 6 dB、16 dB、26 dB、36 dB、46 dB 时, 分别得到 BX-21 的示值为 θ'_6 、 θ'_{16} 、 θ'_{26} 、 θ'_{36} 、 θ'_{46} , 记入附录 1 的表 3 中。

17.5.5 恢复 I 支路衰减器为 0 dB, 增加 II 支路的衰减器为 6 dB、16 dB、26 dB、36 dB、46 dB, 分别得到 BX-21 示值为 θ''_6 、 θ''_{16} 、 θ''_{26} 、 θ''_{36} 、 θ''_{46} , 记入附录 1 的表 3 中。

17.5.6 按 $\Delta\theta_n = \theta_n - \theta_0$ 得到不同幅度时角度显示的变化, θ_n 分别为 θ'_6 、 θ'_{16} 、 θ'_{26} 、 θ'_{36} 、 θ'_{46} 和 θ''_6 、 θ''_{16} 、 θ''_{26} 、 θ''_{36} 、 θ''_{46} 之一。

注：此项检定对没有明确规定此项指标的仪器可不检定。

17.6 盲区范围（测量动态范围）的检定

17.6.1 仪器连接如图4所示。

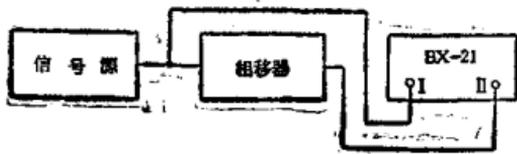


图 4

17.6.2 将 BX-21 量程开关置于 $-180^{\circ} \sim +180^{\circ}$ 位置，把输入电平置于 $10 \text{ mV} \sim 2 \text{ V}$ 上。

17.6.3 把信号源调到 1 kHz 、 100 mV ，按 17.2 进行起始校准。

17.6.4 调节相移器，使 BX-21 示值逐渐接近 $+180^{\circ}$ ，观察当 BX-21 的“误差指示”灯刚要亮时的显示值，并将此值记入附录 1 的表 4 中。调相移器使 BX-21 示值逐渐接近 -180° ，找出另一个使“误差指示”灯刚要亮时的显示值，也将此值记到附录 1 的表 4 中。

17.6.5 依次把信号源调到 100 Hz 、 10 kHz 、 100 kHz 、 500 kHz 、 1 MHz ，重复上述 17.6.3 和 17.6.4 步骤。对各频率点所得数字应满足 $\pm [180 - 20f(\text{MHz})]^{\circ}$ 的要求。

17.6.6 将 BX-21 量程置于 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ ，按 17.6.3 到 17.6.5 类似步骤进行，测得结果应满足 $[0 + 20f(\text{MHz})]^{\circ}$ 到 $[360 - 20f(\text{MHz})]^{\circ}$ 的要求。

17.7 准确度的检定

17.7.1 仪器连接如图 5 所示。

17.7.2 用标准相角发生器检定如图 5 (a) 所示。调节相角发生器输出频率为 1 kHz ，输出电压为 $100 \text{ mV} \sim 2 \text{ V}$ 之间任一值。

17.7.3 在 1 kHz 时，对 BX-21 进行起始校准。

17.7.4 调节标准相角发生器相移角度。从 0° 开始，每隔 30° 一点，同时观察 BX-21 在 $-180^{\circ} \sim +180^{\circ}$ 量程和 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 量程的读

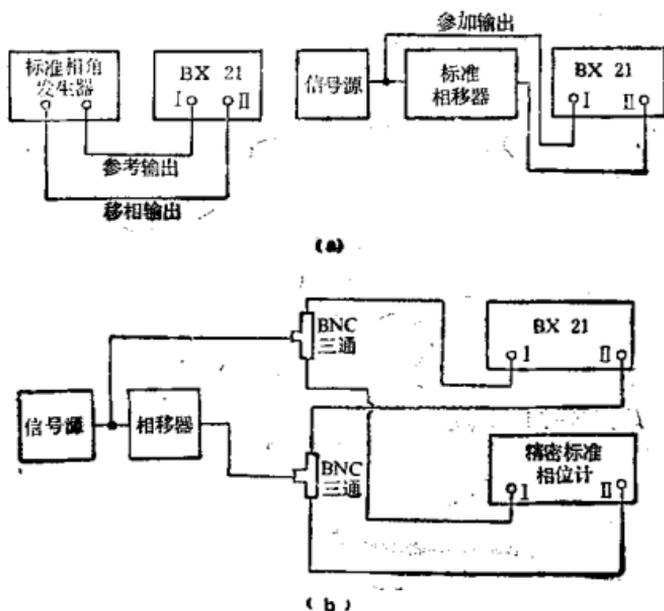


图 5

数，并把它们记录在附录 1 的表 5 中。

17.7.5 改变标准相角发生器的输出频率为 100 Hz、10 kHz、100 kHz、500 kHz、1 MHz，并保持其输出幅度不变。

17.7.6 每改变一个频率都要进行起始校准，并重复 17.7.4 步骤。

17.7.7 将 BX-21 输入电平位置置于 500 mV~100 V 位置。

17.7.8 调节标准相角发生器输出电压到 2V。

17.7.9 重复上述 17.7.3 到 17.7.6 步骤。

17.7.10 用精密相位计检定如图 5 (b) 所示。

17.7.11 起始校准同 17.7.3。

17.7.12 调节相移器，使 BX-21 读数为零，并记下标准相位计读数。然后调节相移器，使 BX-21 读数分别为 30°、60°、90°、120°、

150°、180°、210°、240°、270°、300°、330°、360°(在-180°~+180°量程,超过180°时为-150°、-120°、-90°、-60°、-30°、0°),读标准相位计的读数并把它们记入附录1的表6中。

17.7.13 重复17.7.5到17.7.9步骤。

17.7.14 误差计算

设标准相角发生器相移角度(或精密标准相位计读数)为 θ_s , BX-21显示的读数为 θ_M ,则相位计误差为:

$$\Delta\theta_M = \theta_M - \theta_s \quad (1)$$

BX-21在-180°~+180°量程时,当测量相角超过180°时,BX-21出现负角度显示,此时应将标准相角发生器读数换算成负角度 $\theta'_s = \theta_s - 360^\circ$,然后按式(2)计算误差:

$$\Delta\theta_M = \theta_M - \theta'_s \quad (2)$$

五 检定结果处理和检定周期

18 以上各项检定都合格者,发给检定证书;对不合格的仪器,应在检定通知书中指出不合格的项目。

19 检定周期:应根据具体使用情况确定,对经常使用的,一般不超过一年。

附录 1

检定记录表格

由于频率变化引起的零点变化

表 1

检定状态	频率	相对 1 kHz 时的 零点变化 (度)	结论
输入到 BX-21 的电 压 =	100 Hz		
	10 kHz		
BX-21 输入电平开 关位置	100 kHz		
	500 kHz		
	1 MHz		

由于幅度变化引起零点变化

表 2

检定状态	幅度	相对 100 mV 时 零点的变化 (度)	结论
测试频率 - BX-21 输入电平 开关位置	2 V		
	1 V		
	10 mV		

两通道输入幅度不等时零点的变化

表 3

检定条件: 输入 I 恒为 2 V	输入 I 幅度	2 V	1 V	300 mV	100 mV	30 mV	10 mV
	相位计 读数	θ_0	θ'_0	θ'_{16}	θ'_{26}	θ'_{36}	θ'_{46}
	$\Delta\theta$						
检定条件: 输入 I 恒为 2 V	输入 I 幅度	θ_0	θ''_0	θ''_{16}	θ''_{26}	θ''_{36}	θ''_{46}
	相位计 读数						
	$\Delta\theta$						

盲区范围的检定

表 4

频率	$-180^\circ \sim +180^\circ$ 盲区范围	$0^\circ \sim 360^\circ$ 盲区范围	结论
100 Hz			
1 kHz			
10 kHz			
100 kHz			
1 MHz			

准确度检定记录 (用相角标准法)

表 5

检定状态	相角标准 读数(度)	BX-21 读数 (度)		误差 (度)	
		-180°~+180°	0°~360°	-180°~+180°	0°~360°
频率	0				
	30				
—	60				
	90				
输入电压	120				
	150				
—	180				
	210				
BX-21 输入电 平开关置	240				
	270				
	300				
	330				
	360				

表 6
准确度检定记录 (用标准相位计法)

检定状态	BX-21 读数 (度)		标准相位 计算数 (度)	误差 (度)	
	-180° ~ +180°	0° ~ 360°		-180° ~ +180°	0° ~ 360°
频率	0				
	30				
	60				
	90				
	120				
输入电压	150				
		180			
BX-21 输入 电平开关位置	-160				
	-120				
	-90				
	-60				
	-30				
	0				

附录 2

采用时间间隔测量仪的检定方法

1 检定采用的标准及辅助设备

1.1 低失真信号源*

频率: 10 Hz~1 MHz.

输出电压: 10 mV~10 V.

输出阻抗: 50 Ω 、75 Ω 或适合所采用的无源相移器的要求.

频率稳定度: 优于 $1 \times 10^{-4}/2h$.

参考型号: XD-10、XD-10A、XD-1.

1.2 相移器*

频率范围: 10 Hz~1 MHz.

输出阻抗: 小于 1 k Ω .

相移角度: 0°~360°.

输出电压: 10 mV~2 V.

参考型号: 符合检定频率的电感移相器, R-C网络移相器, PMG-390型相角发生器.

*对低频信号源和相移器的失真要求是: 由它们组成的相移输出信号的失真, 在频率低于和等于 100 kHz 时 $\leq 0.06\%$, 在频率高于 100 kHz 时 $\leq 0.2\%$.

1.3 高分辨力的时间间隔测量仪

输入信号频率: 10 Hz~1 MHz.

测时最小间隔: ≤ 100 ps.

最小输入信号幅度: ≤ 100 mV 有效值.

输入阻抗: $R \geq 1$ M Ω , $C \leq 20$ pf.

测量随机误差: $\leq \pm 300$ ps/f (MHz).

仪器应具有测量时间间隔平均值功能. 平均次数 N 应能达到 1000.

参考型号: HP5370A, E3301 计算计数器

1.4 BNC 三通头二只. 相同型号、相同长度 (一般不超过 1m)

的电缆若干根。

2 检定步骤

2.1 检定前的检查：同 17.1。

2.2 起始校准：同 17.2。

2.3 由于频率变化引起零点变化的检查：同 17.3。

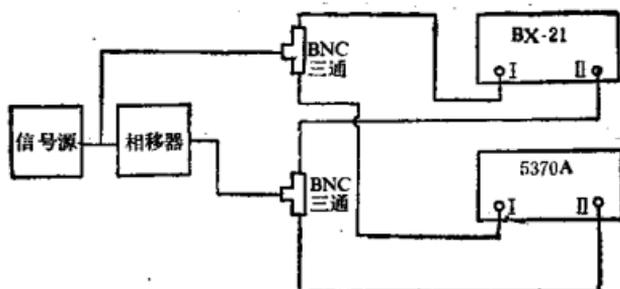
2.4 由于输入信号幅度变化引起零点变化的检定：同 17.4。

2.5 当两路输入信号幅度不等时，零点变化的检定：同 17.5

2.6 盲区范围的检定：同 17.6

2.7 相位计准确度的检定

2.7.1 仪器连接如图所示。



2.7.2 将 BX-21 量程开关置于 $-180^{\circ} \sim +180^{\circ}$ 位置，输入电平开关置于“10 mV~2V”位置。滤波器置于“1000”位置。

2.7.3 将时间间隔测量仪两输入阻抗置于“1 M Ω ”位置。

两通道触发斜率置于“正”。

输入衰减器置于“ $\times 1$ ”位置。

时间间隔取样次数置于“1000”。

输入触发电平调到“预置”位置（对 5370A 而言），或调到 0.00 V。

通道选择置于“分别”位置。

2.7.4 调节信号源输出为 1 kHz、0.7 V，并对 BX-21 进行初始校

准和调零。

2.7.5 利用时间间隔测量仪测量周期的功能。测出此时信号的周期 T ，要求读数不得少于5位，然后再把它转向测量时间间隔的功能状态。

2.7.6 在相位计显示为 000.0 度时，读出此时间间隔 t_1 ，要求读数达到5位。如果最后一位数跳动，则取其中间值，然后按下式计算初始相移 θ_{s1} 。

$$\theta = \frac{t}{T} \times 360^\circ$$

2.7.7 依次分别在相位计上显示 30° 、 60° 、 90° 、 120° 、 150° 、 -150° 、 -120° 、 -90° 、 -60° 、 -30° 、 0° （以上对 $\pm 180^\circ$ 量程而言），以及 30° 、 60° 、 90° 、 120° 、 150° 、 180° 、 210° 、 240° 、 270° 、 300° 、 330° （以上对 $0 \sim 360^\circ$ 量程而言）时，测出相应的时间间隔 t_2 值，并按 2.7.6 步骤中的公式（3）计算出相应的终了相移 θ_{s2} 。

2.7.8 将 θ_{s2} 减去 2.7.6 中所得的 θ_{s1} ，就是所测得的相对相移值 θ 。

2.7.9 将 2.7.5、2.7.7、2.7.8 诸步骤中观察到的 BX-21 的读数和 时间间隔测量仪的读数，以及计算得到的各数据填入附录 2 的表中相应位置。

按正文中 17.7.14 计算误差

2.7.10 改变信号源的频率为 100 Hz、10 kHz、100 kHz、500 kHz、1 MHz，并保持其输出不变。重复 2.7.2 到 2.7.8 步骤。

（注意：在检定时一定要保持两路信号幅度相同）。

2.7.11 将所得结果记在附录 2 的表中。

