

中 华 人 民 共 和 国

国家计量检定规程

HL18 雷达综合测试仪

JJG 418—86

目 录

一 概述	(1)
二 技术要求	(1)
三 检定条件	(2)
(一) 环境条件	(2)
(二) 检定用设备	(2)
四 检定项目和检定方法	(4)
(一) 检定前的检查	(4)
(二) 频率稳定度的检定	(4)
(三) 频率示值的检定	(5)
(四) 波长计的检定	(6)
(五) 驻波系数的检定	(7)
(六) 输出功率的检定	(7)
(七) 功率计的检定	(9)
(八) 内方波调制的检定	(10)
(九) 内脉冲调制的检定	(11)
(十) 外同步脉冲和输出同步脉冲的检查	(12)
(十一) 射频泄漏功率的检定	(13)
五 检定结果的处理和检定周期	(13)
附录 检定记录格式	(14)

HL18 雷达综合测试仪检定规程

Verification Regulation of Radar

Tester Type HL 18



JJG 418—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： 南京电子工程研究所

南京电子技术研究所

本规程技术条文由起草单位负责解释。

本规程主要起草人：

王肇新（南京电子工程研究所）

贾中楠（南京电子工程研究所）

参加起草人：

翁文俊（南京电子技术研究所）

马雪珍（南京电子技术研究所）

宋孟宗（中国计量科学研究院）

HL18 型雷达综合测试仪检定规程

本规程适用于新制造、使用中及修理后的 HL18 型雷达综合测试仪和其他同类仪器的检定。

一 概 述

HL18 型雷达综合测试仪是测量 10cm 雷达性能的多用途综合性仪器。它由标准信号发生器、功率计和波长计组成；可用来测量：
雷达接收机车振的功率、频率及发射机的功率、频率；
雷达接收机的灵敏度；
收发开关的恢复时间。
仪器功能齐全，应用广泛，适用于工厂、实验室以及雷达站。

二 技 术 要 求

1 标准信号发生器部分

1.1 频率范围：(2500~3500) MHz。

1.2 频率示值误差： $\leq \pm 1\%$ 。

1.3 频率稳定度

1.3.1 在连续振荡工作状态下，仪器预热 30min 后，每 15min 内的频率变化 $\leq 0.05\%$ 。

1.3.2 当电源电压变化为 $220V \pm 10\%$ 时，引起频率的变化 $\leq \pm 0.05\%$ 。

1.4 输出功率：在连续振荡工作状态下，射频电缆输出端连接电压驻波系数小于 1.5 的 L16 型 50Ω 匹配负载时，输出功率为 $(1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-14})$ W (输出衰减器 0 dB 时，射频电缆输出端定标功率为 $100 \mu\text{W}$)，功率误差 $\leq \pm 2\text{dB}$ 。

1.5 电压驻波系数：用 L16 型 50Ω 射频电缆输出，输出端口的电压驻波系数 ≤ 1.8 。

1.6 内方波调制：方波重复频率为 $1000\text{Hz} \pm 20\%$ ，不对称性

≤10%。

1.7 内脉冲调制

重复频率: $(200\sim 2000)\text{Hz} \pm 20\%$ 。

脉冲宽度: $(0.5\sim 5)\mu\text{s} \pm (20\% + 0.2\mu\text{s})$ 。

脉冲延时: $(5\sim 200)\mu\text{s} \pm (20\% + 1\mu\text{s})$ 。

1.8 外同步脉冲: 重复频率为 $(200\sim 2000)\text{Hz}$ 、宽度为 $(0.5\sim 10)\mu\text{s}$ 、幅度为 $(5\sim 80)\text{V}$ 的任意极性脉冲。

1.9 输出同步脉冲: 延时前正脉冲幅度 $\geq 10\text{V}$ ；延时后，正脉冲幅度 $\geq 10\text{V}$ ，宽度 $> 0.3\mu\text{s}$ 。

1.10 泄漏射频功率: $\leq 1 \times 10^{-12}\text{W}$ 。

2 功率计部分

2.1 频率范围: $(2500\sim 3500)\text{MHz}$ 。

2.2 功率测量范围: 连续波功率 $(1\sim 100)\text{mW}$ ，功率量程分 3mW 、 10mW 、 30mW 、 100mW 四档。被测连续波功率不得大于 100mW ；脉冲峰值功率不得大于 1W 。

2.3 功率测量误差: 连续波功率测量误差 $\leq \pm 1.5\text{dB}$ 。

2.4 同轴功率探头电压驻波系数 ≤ 1.5 。

3 波长计部分

3.1 频率范围: $(2500\sim 3500)\text{MHz}$ 。

3.2 测量误差: 在连续波工作状态下 $\leq \pm 0.05\%$ 。

三 检定条件

(一) 环境条件

4 电源电压: $220\text{V} \pm 2\%$ ， $50\text{Hz} \pm 1\%$ 。

5 环境温度: $20 \pm 10^\circ\text{C}$ 。

6 相对湿度: $(20\sim 75)\%$ 。

7 大气压力: $(100 \pm 4) \times 10^3\text{Pa}$ ($750 \pm 30\text{mmHg}$)

8 周围无影响仪器正常工作的振动和电磁场干扰。

(二) 检定用设备

9 数字频率计

测频范围：2500~3500 MHz。

测频基本误差： $\leq \pm 0.01\%$ 。

参考型号：E 324 型计数器和 E 3252 型计数器扩展装置。

10 小功率计 2 台

频率范围：2500~3500 MHz。

功率量程：0.1~100 mW。

功率测量基本误差： $\leq \pm 6\%$ 。

输入阻抗：50 Ω 。

参考型号：GX12M1A 型功率指示器和 GX 12 M 3 A、GX 12 M 3 C 型热敏电阻座。

11 衰减测量装置

参考型号：TO 7 型衰减测量装置。

12 相应频段的微波信号发生器

输出功率： ≥ 20 mW。

参考型号：XB-7 型微波信号发生器。

13 相应频段的功率信号发生器

输出功率： ≥ 100 mW。

参考型号：XG-27 型功率信号发生器。

14 通用脉冲信号发生器

重复频率：200~2000 Hz。

脉冲幅度： > 80 V 极性正和负。

参考型号：MF 6 型通用脉冲信号发生器。

15 测量接收机

频率范围：2500~3500 MHz。

参考型号：RS-4 型微波接收机。

16 通用示波器

参考型号：SR 35 型通用示波器。

17 相应频段的定向耦合器：

耦合度 10 dB 左右，方向性 > 20 dB。

参考型号：TT 2 W 型。

衰减器：二台

衰减量 10 dB，电压驻波系数 < 1.15 。

参考型号：SGZ-12 型。

同轴检波器：

灵敏度 $> 30\text{mV}/0.1\text{mW}$ ，电压驻波系数 < 1.7 。

参考型号：HP 8470 B 型。

波导同轴转换接头：

参考型号：TD10 型。

N 型三通接头和 N 型双阴接头。

18 同轴测量线

频率范围：2500~3500 MHz。

参考型号：TC 8 D 型。

19 选频放大器

参考型号：XF-01 型。

20 调压变压器

21 交流电子稳压器

四 检定项目和检定方法

(一) 检定前的检查

22 受检仪器应附有技术说明书、全部附件以及上次检定证书。

23 受检仪器不应有影响其工作的机械损伤。

24 按说明书使用说明通电，仪器应能正常工作。

(二) 频率稳定度的检定

25 按图 1 所示，HL18 的高频电缆输出端接数字频率计。

26 HL18 的“工作种类选择”开关置于“预热”，仪器右上方的表头指示选择开关置于“电平”，输出衰减器调至 0 dB。

27 接通电源约 2 min 后，将“工作种类选择”开关转至“等幅”。

28 将 HL18 的频率置于 2500 MHz，调节“电平调节”旋钮，表头应有指示，调节“频率微调”旋钮，使表头指示为最大；再调节



图 1

“电平调节”，直至数字频率计显示被测频率。

29 HL18 预热 30 min 后，读取第一个频率值。然后每隔 1 min 测量一次，连续测量 20 min。将数据记入检定记录第 1 项。

从数据中选取任一 15min 时间间隔内频率变化的最大值，按公式 (1) 计算频率稳定度。

$$\delta_f = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{f} \times 100 \% \quad (1)$$

式中： f_{\max} ——某 15min 内测得的频率最大值，
 f_{\min} ——同一 15min 内测得的频率最小值，
 f ——预置频率标称值。

30 仪器关机至少 1h 之后，将其频率置于 3500MHz，重复第 26 条至第 29 条的测量。

31 HL18 频率示值置任意位置，将其电源电压依次调到 220V、242V 和 198V，分别测出三个电源电压时的频率值，记入检定记录第 2 项。

32 按公式 (2) 和公式 (3) 分别计算电源电压变化所引起的频率变化。

$$\delta_H = \frac{f_H - f}{f} \times 100 \% \quad (2)$$

$$\delta_L = \frac{f_L - f}{f} \times 100 \% \quad (3)$$

式中： f_H ——电源电压为 242V 时测得的频率值，
 f_L ——电源电压为 198V 时测得的频率值，
 f ——电源电压为 220V 时测得的频率值。

(三) 频率示值的检定

33 在频率稳定度检定完之后，将 HL18 的频率示值依次置于 2500 MHz、2700 MHz、2900 MHz、3100 MHz、3300 MHz、3500 MHz 位置上，每次改变频率后，调节“频率微调”旋钮至表头指示为最大值。

34 调节 HL18 “电平调节”旋钮，用数字频率计依次测出上述六点频率值。记入检定记录第 3 项，并按公式 (4) 计算频率示值的误差。

$$\delta = \frac{f - f_0}{f_0} \times 100 \% \quad (4)$$

式中： f ——HL18 的频率示值；

f_0 ——频率实际值。

(四) 波长计的检定

35 按图 2 所示连接仪器。用 L16 型电缆将微波信号发生器的毫瓦输出端经 N 型三通接头、衰减器与数字频率计、HL18 波长计输入端连接起来。

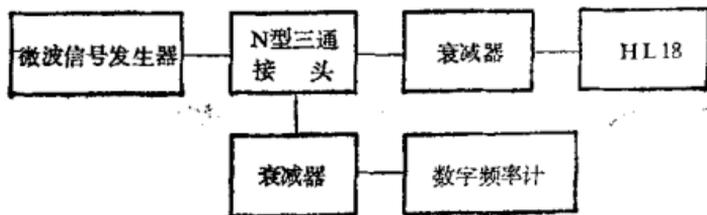


图 2

36 将 HL18 表头指示开关置于“测频、连续”位置，“灵敏度”旋钮置于适当位置。

37 微波信号发生器置于连续工作状态，调节其频率示值，使其依次为 2500 MHz、2750 MHz、3000 MHz、3250 MHz 和 3500 MHz。调节输出电平，使数字频率计显示出频率值。

38 调节 HL18 的“波长计”旋钮，使表头指示为最大。（如果表头指示超出量程或太小，可调节“灵敏度”旋钮，以获得合适指示

值)。

39 依次将波长计和数字频率计的读数记入检定记录第4项。按公式(5)计算误差。

$$\delta_w = \frac{f - f_0}{f_0} \times 100\% \quad (5)$$

式中: f ——波长计刻度所对应的频率标称值;

f_0 ——测得的频率实际值。

(五) 驻波系数的检定

40 如图3所示, HL18通过其所附的L16型50Ω电缆连接于测量线的右端;微波信号发生器经衰减器与测量线左端相连, 测量线的检波座接选频放大器。HL18处于关机状态。

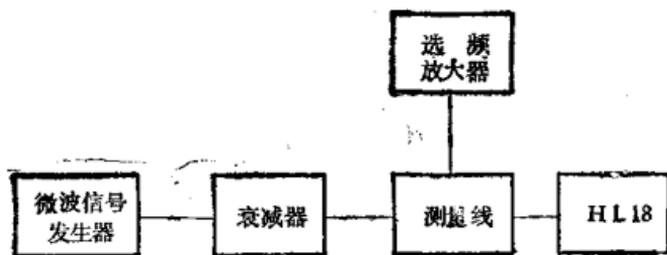


图 3

41 微波信号发生器工作于“方波”状态, 依次调节其频率为2500 MHz、3000 MHz、3500 MHz, 调节输出电平, 使选频放大器有适当指示。然后, 分别在HL18的输出衰减器为0 dB、4 dB和10 dB时, 测出其驻波系数, 记入检定记录第5项。

42 将图3中测量线右端的连接电缆断开, 接上HL18的功率探头, 重复第41条测量, 测出HL18功率探头的驻波系数, 记入检定记录第6项。

(六) 输出功率的检定

43 输出定标功率的检定

43.1 按图 4 所示, 将 HL18 输出端通过其射频输出电缆和双阴接头接在小功率计的探头上。

43.2 HL18 的频率示值从 2500 MHz 至 3500 MHz, 每隔 100 MHz 测量一次。

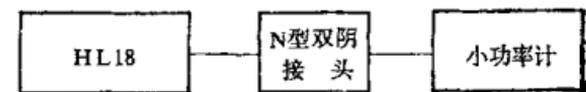


图 4

43.3 按照 HL18 所附的“100 μW 定标曲线”调节“电平调节”旋钮和“频率微调”旋钮, 使表头指示在与被测频率点对应的示值上, 并将输出衰减器置于 0 dB。

43.4 用小功率计测量出对应频率点上的输出定标功率值。按公式 (6) 计算误差, 一并记入检定记录第 7 项。

$$\Delta A_1 = 10 \lg \frac{P}{P_0} \quad (\text{dB}) \quad (6)$$

式中: P ——输出定标功率标称值 (100 μW);

P_0 ——功率计测得的实际值。

44 输出衰减器的检定

44.1 按图 5 所示连接仪器。

44.2 HL18 的“工作种类选择”开关置于“连续”, 频率依次调至 2500 MHz、3000 MHz、3500 MHz, 按照 HL18 所附的“100 μW 定标曲线”调节“电平调节”旋钮和“频率微调”旋钮, 使表头指示在与检定频率点相应的定标功率示值上。

44.3 HL18 的输出衰减器依次置于 0 dB、2 dB、4 dB、6 dB、8 dB、10 dB、20 dB、30 dB、40 dB、50 dB、60 dB 示值上, 用衰减测量装置分别测出衰减量的实际值, 记入检定记录第 8 项。按公式 (7) 计算输出衰减器的误差, 亦记入检定记录第 8 项。

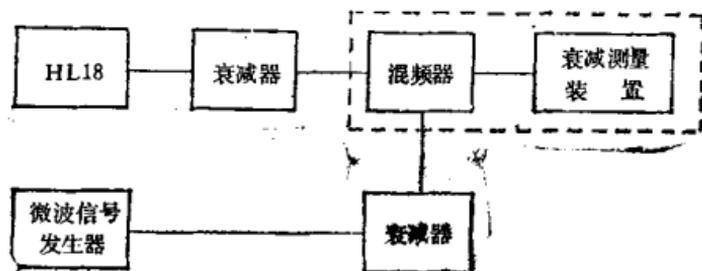


图 5

$$\Delta A_2 = A - A_0 \quad (\text{dB}) \quad (7)$$

式中: A ——衰减量标称值;

A_0 ——衰减量实际值。

45 输出功率总误差由两项误差合成, 即定标功率误差 ΔA_1 和衰减器所引入的功率误差 ΔA_2 , 并按公式 (8) 进行误差合成计算, 结果记入检定记录第 8 项。

$$\Delta A = \Delta A_1 - \Delta A_2 \quad (\text{dB}) \quad (8)$$

(七) 功率计的检定

46 按图 6 所示, 功率信号发生器的输出端接定向耦合器的输入端, 定向耦合器的耦合端接参考小功率计, 而定向耦合器的输出端先与 HL18 功率计探头相接, HL18 的表头指示选择开关置于“测功”档。功率计量程开关置于 3mW 档, 用“调零”旋钮调表头零点。

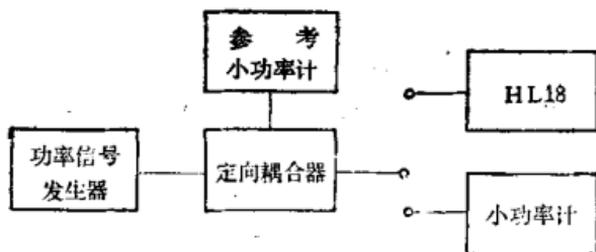


图 6

47 将功率信号发生器的频率置于 2500 MHz, “连续”工作方

式调节其输出功率，使 HL18 表头指示为满度值 P ；参考小功率计读数为 P_0 ，将 P 和 P_0 记入检定记录第 9 项。

48 将定向耦合器的输出与 HL18 断开，接向小功率计，并重新调节功率信号发生器的输出功率，使参考小功率计读数仍为上述的 P_0 值，这时将小功率计读数 P_0 记入检定记录第 9 项。

49 HL18 功率计的量程依次置于“10 mW”、“30 mW”、“100 mW”档，重复第 47 条和第 48 条的测量。

50 功率信号发生器的频率依次置于 3000 MHz、3500 MHz，重复第 47 条至第 49 条的测量。

51 按公式 (9) 计算功率计的误差，记入检定记录第 9 项。

$$\sigma_p = 10 \lg \frac{P}{P_0} \quad (\text{dB}) \quad (9)$$

式中： P ——HL18 功率计标称值；

P_0 ——功率的实际值。

(八) 内方波调制的检定

52 按图 7 所示，HL18 的输出端接检波器，检波器的输出接于示波器的垂直输入。HL18 的同步输出 I 与示波器的外触发相连。

53 HL18 的“工作种类选择”开关置于“方波”，输出衰减器置于 0 dB，调节“电平调节”旋钮，使示波器上出现方波波形。调节 HL18 的“频率调节”旋钮，使频率从 2500 MHz 连续变化到 3500 MHz，示波器上均应有方波显示。

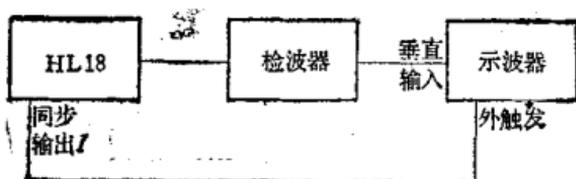


图 7

54 HL18 工作于“等幅”状态，频率置于任意值，调节“电平调节”旋钮，使表头指示在该频率“100 μW 定标曲线”所示的位置

上。再将“工作种类选择”开关转至“方波”位置。

用示波器测出方波的重复频率和正、负半周的时间 T_1 、 T_2 ，分别用公式 (10) 和公式 (11) 计算重复频率的误差和方波不对称性。记入检定记录第 10 项。

$$\delta = \frac{f - f_0}{f_0} \times 100 \% \quad (10)$$

式中： f ——1000 Hz，
 f_0 ——重复频率的实际值。

$$\Delta = \frac{|T_1 - T_2|}{T} \times 100 \% \quad (11)$$

式中： T_1 ——方波正半周的时间，
 T_2 ——方波负半周的时间，
 T ——方波周期。

(九) 内脉冲调制的检定

55 HL18 的“工作种类选择”开关置于“脉冲”，调节“电平调节”旋钮，使示波器上出现脉冲波形，调节 HL18 “频率调节”旋钮，使频率从 2500 MHz 连续变化到 3500 MHz，示波器上均应有脉冲波形显示。

56 HL18 工作于“等幅”状态，频率置于任意值，调节“电平调节”旋钮，使表头指示在该频率“100 μ W 定标曲线”所示的位置上，再将“工作种类选择”开关转至“脉冲”位置。

57 将“延时”调至最小，“脉宽”刻度盘置于适当位置，“脉频”刻度盘依次置于重复频率为 200 Hz、1000 Hz、2000 Hz 所对应的脉冲频率刻度曲线值，用示波器测出脉冲重复频率的实际值，记入检定记录第 11 项。按公式 (12) 计算误差，亦记入检定记录第 11 项。

$$\delta_f = \frac{f - f_0}{f_0} \times 100 \% \quad (12)$$

式中： f ——脉冲重复频率的标称值，
 f_0 ——脉冲重复频率的实际值。

58 “延时”仍调至最小，“脉频”刻度盘置于 1000 Hz 所对应

的曲线值处，“脉宽”刻度盘依次置于 $0.5 \mu\text{s}$ 、 $2 \mu\text{s}$ 、 $5 \mu\text{s}$ 所对应的脉冲宽度刻度曲线值上，从示波器上测出脉冲宽度的实际值。按公式 (13) 计算误差。将数据记入检定记录第 11 项。

$$\delta_r = \frac{\tau - \tau_0}{\tau_0} \times 100 \% \quad (13)$$

式中： τ ——脉冲宽度的标称值；

τ_0 ——脉冲宽度的实际值。

59 “脉频”度盘置于 1000 Hz 所对应的曲线值处，“脉宽”度盘置于适当位置，“延时”度盘依次置于 $5 \mu\text{s}$ 、 $20 \mu\text{s}$ 、 $100 \mu\text{s}$ 、 $200 \mu\text{s}$ 所对应的脉冲延时刻度曲线值处。从示波器上测出脉冲延时的实际值。按公式 (14) 计算误差，将数据记入检定记录第 11 项。

$$\delta_t = \frac{t - t_0}{t_0} \times 100 \% \quad (14)$$

式中： t ——脉冲延时的标称值；

t_0 ——脉冲延时的实际值。

(十) 外同步脉冲和输出同步脉冲的检查

60 按图 8 连接仪器。通用脉冲信号发生器的输出与 HL18 的“外触发”插座相连接。

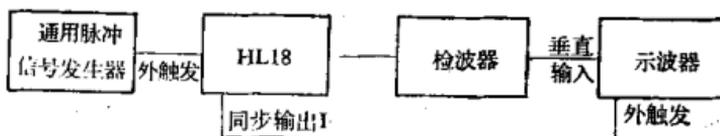


图 8

61 将脉冲信号发生器的重复频率置于 250 Hz ，幅度置 5 V ，脉冲宽度依次置于 $0.5 \mu\text{s}$ 和 $10 \mu\text{s}$ 。

62 HL18 的“工作种类选择”开关置于“外触”。频率置任意值。用示波器观察外同步是否正常，将结果记入检定记录第 12 项。

63 通用脉冲信号发生器的重复频率改为 2000 Hz ，重复第 61 条

和第62条的测量。

64 通用脉冲信号发生器的幅度改为80V，重复第61条至第63条的测量。

65 通用脉冲信号发生器和HL18断开，示波器工作于内同步状态，HL18的“工作种类选择”开关置于“脉冲”。用示波器依次测出HL18的同步输出I（延时前）和同步输出II（延时后）的同步脉冲的幅度和宽度。记入检定记录第13项。

（十一）射频泄漏功率的检定

66 参照图9，HL18的“工作种类选择”开关置于“等幅”，频率置任意值，调节HL18的输出信号为 $100\mu\text{W}$ ，通过HL18的射频电缆和N型双阴接头接入带有电缆的接收机的输入端，按接收机的使用说明，对其进行调谐，使其表头指示为最大。

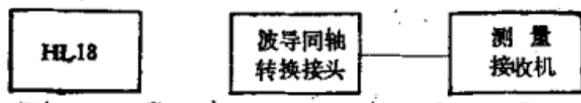


图 9

67 调节HL18的输出衰减器至76dB示值处，再调节接收机增益，使其表头指示为某一适当值，记下此值。这时接收机已被校准，切勿再动它的增益旋钮。

68 按图9所示，测量接收机的输入电缆接至波导同轴转换接头，用波导同轴转换接头在离HL18为0.5m处，任意变换波导同轴转换接头的位置和方向进行测量。

读取测量接收机的指示值与第67条的校准值进行比较。若此时的读数不超过校准值，则泄漏功率不大于 $1 \times 10^{-12}\text{W}$ ，将结果记入检定记录第14项。

五 检定结果的处理和检定周期

69 经检定，HL18型雷达综合测试仪的各项指标合格者，发给检定证书；不合格者，填发检定结果通知书，并注明不合格项目。

70 HL18型雷达综合测试仪的检定周期为一年。

附 录

检 定 记 录 格 式

1 频率稳定度的检定

预置频率(MHz)	2500							3500								
时间 (min)	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7
频率 (MHz)																
时间 (min)	8	9	10	11	12	13	14	15	8	9	10	11	12	13	14	15
频率 (MHz)																
时间 (min)	16	17	18	19	20				16	17	18	19	20			
频率 (MHz)																
频率稳定度 (%)																

2 电源电压变化引起频率变化的检定

	f	f_H	f_L
频 率 (MHz)			
误 差 (%)			

3 频率示值误差的检定

标称值 (MHz)	2500	2700	2900	3100	3300	3500
实际值(MHz)						
误 差 (%)						

8 输出衰减器的检定

测量频率 (MHz)	- 2500		3000		3500	
	衰减值	误差 ΔA_2	衰减值	ΔA_2	衰减值	ΔA_2
2						
4						
6						
8						
10						
20						
30						
40						
60						
60						
总误差 ΔA (dB)						

9 功率计的检定

测量频率 (MHz)	2500				3000				3500			
功率标称值 P (mW)	3	10	30	100	3	10	30	100	3	10	30	100
功率实际值 P_0 (mW)												
参考功率值 P_f (mW)												
误差 (dB)												

10 内方波调制的检定

重复频率 (Hz)	误差 (%)	正半周 T_1 (ms)	负半周 T_2 (ms)	不对称性 (%)

11 内脉冲调制的检定

标称值	重复频率 (Hz)			脉冲宽度 (μs)			脉冲延时 (μs)			
	200	1000	2000	0.5	2	5	5	20	100	200
实际值										
误差 (%)										

12 外同步脉冲的检查

外脉冲重复频率(Hz)	250				2000			
外脉冲宽度(μs)	0.5		10		0.5		10	
外脉冲幅度(V)	5	80	5	80	5	80	5	80
结论								

13 同步脉冲的检查

	延 时 前		延 时 后	
脉冲幅度 (V)				
脉冲宽度 (μs)				

14 射频泄漏功率的检定

射频泄漏功率: _____ 1×10^{-12} W