

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。

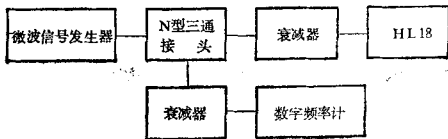


图 2

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。

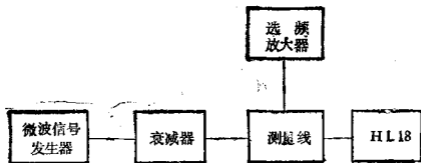


图 3

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。

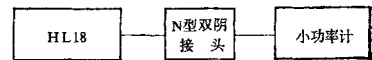


图 4

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。

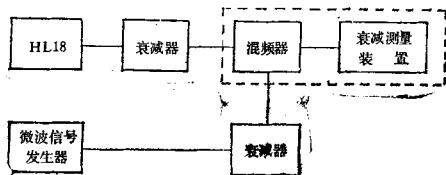


图 5

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

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。

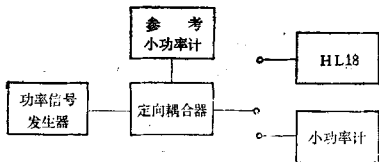


图 6

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。

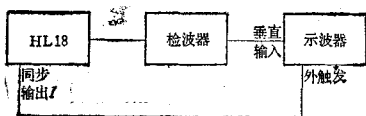


图 7

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 μ W 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。

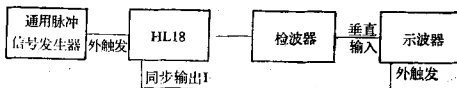


图 8

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。

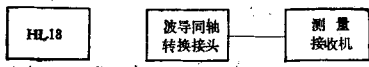


图 9

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