

JJG

中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 456—92

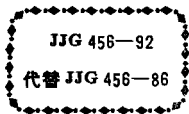
直 接 辐 射 表

1992年9月12日批准

1993年3月1日实施

国家技术监督局

直接辐射表检定规程
Verification Regulation of
Pyrheliometer



本检定规程经国家技术监督局于1992年9月12日批准，并自1993年3月1日起施行。

归口单位： 国家气象局气象计量检定研究所

起草单位： 国家气象局气象计量检定研究所

本规程技术条文由起草单位负责解释。

本规程主要起草人：

石恒志（国家气象局气象计量检定研究所）

参加起草人：

吕淑芳（国家气象局气象计量检定研究所）

林逸秋（国家气象局气象计量检定研究所）

吕文华（国家气象局气象计量检定研究所）

莫月琴（国家气象局气象计量检定研究所）

蔡滨（国家气象局气象计量检定研究所）

杨云（国家气象局气象计量检定研究所）

目 录

一 技术要求	(1)
(一) 外观	(1)
(二) 性能参数	(1)
二 检定条件	(2)
三 检定项目和检定方法	(2)
(一) 外观检查	(2)
(二) 性能参数的测量和检定	(2)
四 检定结果的处理和检定周期	(6)
附录	
附录1 室内检定装置	(8)
附录2 灵敏度温度特性的测定	(13)
附录3 灵敏度检定记录表	(15)
附录4 检定证书格式(背面)	(16)

直接辐射表检定规程

本规程适用于新制造、使用中和修理后的工作级热电式直接辐射表（以下简称直接辐射表）的检定。

一 技术要求

（一）外观

1 热电堆表面平整，黑色涂层均匀、牢固，不反光，无斑迹、裂纹、脱落和异物附着等。

2 光筒内的光阑应紧贴光筒内壁，相互之间不得松动，其排列应使进光通道呈圆锥形。每个光阑向外的表面应为反射面，向内的表面应涂黑。

3 带玻璃窗的光筒，密封性能应良好，玻璃窗的内表面不得有水汽凝结，玻璃上不得有斑迹、划痕等影响进光的缺陷。

4 各零部件的安装应正确、牢靠，可动部分应能平稳灵活地活动，不得有松脱、变形及其它影响使用的缺陷。

5 仪器表面的保护层应牢固、均匀，不得有脱落、锈蚀等缺陷。

6 刻度线、数字、标示线应清晰。

（二）性能参数

7 热电堆与光筒间的绝缘电阻 $> 1 M\Omega$

8 响应时间（99%响应） $\leq 35 s$

9 内阻

视场角非 10° 的直接辐射表 $\leq 80 \Omega$

视场角为 10° 的直接辐射表 $15 \sim 25 \Omega$

10 直接辐射表自动跟踪装置的跟踪误差
 $\leq 1^\circ/24h$

11 灵敏度的非线性误差 $\leq 2\%$

注：灵敏度的非线性误差是指非线性误差与光谱响应跟踪差的合成。

- 12 灵敏度的温度误差 ($-40\sim+40^{\circ}\text{C}$ 范围内任意 50 K 区段)
 $\leq 3\%$
- 13 灵敏度的允许范围 $7-14\mu\text{V}\cdot\text{W}^{-1}\cdot\text{m}^2$

二 检定条件

14 标准仪器和检定设备

14.1 工作标准直接辐射表, 它可以是补偿式绝对辐射表或一级直接辐射表。

14.2 0.05 级、分辨率为 $1\mu\text{V}$ 的数字电压表。

14.3 试验电压为 100 V 的兆欧表。

14.4 0.02 级 100Ω (或 1000Ω) 的标准电阻, 或 0.05 级的数字欧姆表。

14.5 秒表。

14.6 检查跟踪误差的标准模片。

14.7 室内检定装置 (见附录 1)。

15 检定环境条件

15.1 测量绝缘电阻时, 相对湿度 $\leq 80\%$ 。

15.2 灵敏度检定应在太阳辐照条件下进行。

15.2.1 天空晴朗, 太阳高度角 $\geq 15^{\circ}$, 以太阳为中心视场角 15° 的范围内不得有云、烟等。

15.2.2 空气温度 $20\pm 10^{\circ}\text{C}$; 风速 $\leq 5\text{ m/s}$; 相对湿度 $\leq 80\%$ 。

三 检定项目和检定方法

(一) 外观检查

16 第 1~6 条的检查用目测结合手动调整进行。其中第 3 条光筒密封性能的检查方法是, 将光筒放入温度为 $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $> 90\%$ 的环境中 4 h 后, 检查窗孔玻璃内表面是否凝结水汽。

(二) 性能参数的测量和检定

只对经外观检查合格的直接辐射表, 进行性能参数的测量和检定。

17 绝缘电阻的测量

将兆欧表的测试棒分别与直接辐射表的一个输出端和光筒金属部连接，测得的电阻即为绝缘电阻。

18 响应时间的测量

18.1 将直接辐射表与电测仪表接好，在测量环境中放置 0.5 h 以上，然后，调整仪器使其对准太阳，盖好遮光罩，待零位稳定后，读取零位值。读数取整微伏数。

18.2 取下遮光罩，待电测仪表示值稳定后进行读数，然后计算出测量响应时间的测点位置：

$$\text{测点位置} = \frac{\text{读数} - \text{零位值}}{100} + \text{零位值}$$

18.3 盖上遮光罩，同时启动秒表。当电测仪表的示值回复到测点位置时，按停秒表，记下秒表走过的时间，即完成一次测量。

此项测量应重复进行 3 次，取其平均值作为响应时间的测量结果。

19 内阻的测量

可以用数字电压表法测量，也可以用数字欧姆表直接测量。

19.1 用数字电压表法测量内阻的电路如图所示。

19.2 测量步骤

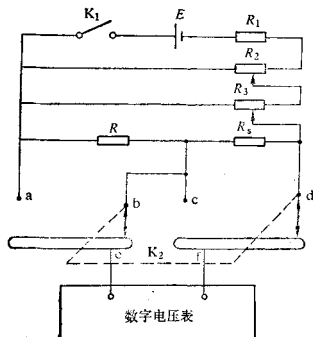
19.2.1 盖好被检仪器的遮光罩，将数字电压表、标准电阻和被检仪器按图接入电路，调整 R_2 、 R_3 至输出为最小的位置。将 K_2 拨向 R_s 一侧，接通 K_1 ，调整 R_2 、 R_3 ，使数字电压表的示值 U_s （当 $R_s = 100 \Omega$ 时） $\geq 10 \text{ mV}$ ，或 U_s （当 $R_s = 1000 \Omega$ 时） $\geq 100 \text{ mV}$ ，并读取其示值。

19.2.2 转换 K_2 至 R 一侧，测量 R 上的电压 U_R 。

19.2.3 测量应重复进行两次第一次测量后调换被检仪器在电路中的连接极性，进行第二次测量。

19.2.4 按式 (1) 计算 R_i

$$R = \frac{U_s}{U_{R_s}} R_s \quad (1)$$



图

图中： K_1 ——开关；

E ——直流电源（1.5 V）；

R_1 ——限流电阻（150 Ω ， ≥ 1 W）；

R_2 ——精密线绕可变电阻（300 Ω ， ≥ 1 W）；

R_3 ——精密线绕可变电阻（200 Ω ， ≥ 1 W）；

R_4 ——100 Ω （或 1000 Ω ）标准电阻；

R ——被检仪器的内阻；

K_2 ——双刀双掷开关；

a, b, c, d ——接线柱。

R 的计算结果修约到小数后一位（单位： Ω ）。

19.2.5 取两次测量的平均值作为测量结果。若两次测量值的差异大于 0.2 Ω 时，应补测一组。

19.3 用数字欧姆表测量内阻时，也应进行两次极性相反的量。

20 跟踪误差的检验

20.1 按地理纬度和南北方向水平地安装并调整好直接辐射表，

使之正确跟踪太阳，即光点正对光靶中心。

20.2 待直接辐射表自动跟踪 24 h 后，用标准模片记下光点位置 Δ 。

20.3 按式 (2) 计算跟踪误差 $\Delta\alpha$ ：

$$\Delta\alpha = \text{tg}^{-1} \frac{\Delta}{L} \quad (2)$$

式中： L ——光筒上对光孔至光靶的距离。

21 灵敏度非线性特性的测定

新制造的直接辐射表出厂检定时，应逐台进行此项测定。

21.1 分别在室内人工光源条件下和室外太阳光源条件下测定直接辐射表的灵敏度。室内测定时的辐照度为 $200 \pm 10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ；室外测定时的辐照度应 $\geq 600 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。对测定时环境条件的要求与测定的方法均和灵敏度检定相同。

21.2 将测定结果按式 (3) 计算非线性误差 ΔK ：

$$\Delta K = \left| 1 - \frac{K}{K_0} \right| \quad (3)$$

式中： K ——室内测得的灵敏度；

K_0 ——室外测得的灵敏度。

22 灵敏度温度特性的测定

新制造的直接辐射表必需抽样进行此项测定。

测定方法见附录 2。

23 灵敏度检定

23.1 将标准仪器、被检仪器以及电测仪表安放在检定环境中(标准仪器与被检仪器之间的距离不大于 20 m；电测仪表不能受日光直射)，调整直接辐射表的纬度标尺对准当地纬度、底座上的南北线对准南北方向，调整好所有仪器的水平。

23.2 调好电测仪表的零位，然后与相应的标准仪器和被检仪器连接(连接导线较长时，应采用屏蔽电缆)。接通带自动跟踪装置的驱动电源。

23.3 待所有仪器在检定环境中放置 0.5 h 以后,将标准仪器与被检仪器的遮光罩取下,对准太阳,预热两分钟后将遮光罩盖上,两分钟后,读取所有仪器的零位值,读数取整微伏数(以下读数的要求与此相同)。

23.4 取下标准仪器及被检仪器的遮光罩,对准太阳,稳定两分钟后,同时进行标准仪器与被检仪器的读数,读数不少于20次,各次读数之间的时间间隔不小于 10 s。要注意使所有直接辐射表总是对准太阳。

23.5 读数完毕后将遮光罩盖上,两分钟后,复测各仪器的零位值。

23.6 记录整理

检定记录格式见附录 3。

23.6.1 按照 $N_1 = N - \bar{N}_0$, $N_{p,1} = N_p - \bar{N}_{p,0}$ 分别对标准仪器的读数 (N)、被检仪器的读数 (N_p) 进行零位修正 (\bar{N}_0 , $\bar{N}_{p,0}$ 分别为标准仪器和被检仪器的零位平均值)。计算 $\frac{N_{p,1}}{N_1}$ 及其平均值 $\left(\frac{\bar{N}_{p,1}}{\bar{N}_1}\right)$ 并修约到小数后三位。

23.6.2 按式 (4) 计算被检仪器的灵敏度 K 。

$$K = K_0 \left(\frac{\bar{N}_{p,1}}{\bar{N}_1} \right) \quad (4)$$

式中: K_0 ——标准仪器的灵敏度 ($\mu\text{V} \cdot \text{W}^{-1} \cdot \text{m}^2$)。

K 值的计算结果修约到小数点后两位。

23.6.3 当测量数列中 $\frac{N_{p,1}}{N_1}$ 与 $\left(\frac{\bar{N}_{p,1}}{\bar{N}_1}\right)$ 之差 $\geq 2\%$ 时,则该次数据应予剔除,并重新计算 K 值。但剔除的数据不得多于 4 个,否则应重作检定。

四 检定结果的处理和检定周期

24 经检定合格的直接辐射表发给检定证书。检定证书的格式见

附录 4.

- 25 经检定不合格的直接辐射表，发给检定结果通知书。
- 26 直接辐射表的检定周期为两年。

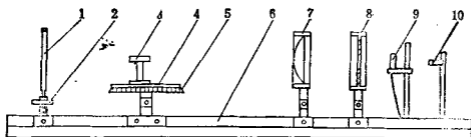
附 录

附录 1

室内检定装置

1 本装置用于检定各种辐射仪器的灵敏度和测定天空辐射表的太阳高度修正系数。

2 整个装置示意如图所示。在长度不小于 2 m 的光台导轨 6 上，设有光源 9、光阑 8、透镜 7、可任意转动的工作台、光屏 1，以及固定校准仪器的支架 10 等。



图

- 1—光屏，2—支座，3—仪器支架，4—直滑导轨，
5—度盘，6—光台导轨，7—透镜，8—光阑
9—光源，10—校准仪器支架

3 光源用 1 000 W 卤钨灯，灯丝（发光部分）形状应为面积尽可能小的矩形。

供给光源的电压（或电流）应经过稳压（或稳流）装置。该装置的输出电压（或电流）应可调，且稳压（流）性能优于 0.5%。

4 透镜为一直径 10~25 cm、焦距 20~40 cm 的凸透镜。灯泡、光阑与透镜共同组成可以发射平行光束的光源。

5 光阑孔的直径 (d) 应当大于灯丝对角线的长度 (l)，其值可参照下式计算：

$$d = (D - l) \frac{L}{F} + l$$

式中： D ——透镜直径 (cm)；

L ——灯丝与光阑间的距离 (cm)；

F ——透镜焦距 (cm)。

6 工作台由度盘 5、直滑导轨 4、仪器支架 3 组成。

度盘周边上刻有分度值为 1° 的 360 条分度线，每 10° 应标明相应度数值数字。直滑导轨用来调整仪器在度盘上的安装位置。仪器支架用来安装被检仪器与标准仪器。

7 光屏 1 用来校准光束的平行性和检查仪器的安装状况。光屏的一面刻有一组以光屏中心为圆心的同心圆族，另一面刻有一组对称于光屏垂直中心线的间隔相等的平行线。

8 当度盘的 0° 刻线对准标线时，光源应位于度盘 270° 刻线的一侧。

9 检定装置必须经过调整，使之符合下列要求：

9.1 经过透镜射出的光束应当是平行光束。平行光束的轴线应当与光台导轨的平面平行。

9.2 光源灯丝中心、光阑中心、透镜中心及光屏中心均应位于平行光束的轴线上。

9.3 在安装被检仪器处垂直于平行光束的平面上，平行光束中央 $4 \times 4 \text{ cm}^2$ 的范围内，辐照度场的不均匀性应 $\leq 3\%$ 。

10 利用光屏上的同心圆族检查光束的平行性。其方法是：开启光源，将光屏放在支座上并使之垂直于光束，调整光屏的位置，使投射在光屏上的光束与圆族同心。记下光束的大小（可利用同心圆族）。然后，保持光屏及支座的状况不变，使之在光台导轨上向透镜方向移动几个位置（移动的范围不小于 0.5m），并在每个位置都要利用同心

圆族来检查光束的大小，应以基本不变为合格，否则应重新调整。

11 新安装的或更换过灯泡和透镜的室内检定装置，应进行辐照度场均匀性的检查，其方法是：在被检仪器所在的垂直于光束的平面上，以光束中心为坐标原点(0,0)，在保持辐照度不变的条件下，用同一个直接辐射表（或其它感应面更小的辐照度测量仪器）在坐标（单位：cm）为(0,0)、(2,0)、(-2,0)、(0,2)、(0,-2)、(2,2)、(2,-2)、(-2,2)、(-2,-2) 9个位置上分别测量每个位置的辐照度。所得各点测值之间的最大差值与中心位置测值的比值即为测试结果。

12 用本装置进行直接辐射表灵敏度室内检定的方法

12.1 将标准仪器、被检仪器与校准仪器分别安装在检定装置的相应位置上（校准仪器不得安装在平行光束的延伸区域内）。然后按照下述步骤进行调整：

12.1.1 调整工作台的位置使之与透镜相距30~40 cm，再把光屏安放在支座上。开启光源，调整光屏位置，使投射到上面的光束中心位于光屏的圆心上。

12.1.2 调整度盘和仪器支架，使标准仪器与被检仪器在光屏上的投影与光屏上的圆族同心。同时，要使标准仪器与被检仪器的感应面正对光源时，感应面与光源之间的距离相等。

12.1.3 使校准仪器的感应面正对光源，并距离光源0.5 m左右。

取下光屏。

12.2 将标准仪器、被检仪器和校准仪器与各自调好零位的电测仪表连接好。标准仪器与被检仪器可以通过转换开关共用一台电测仪表。

12.3 检定程序

12.3.1 调节光源强度，使照射到标准仪器感应面上的辐照度达到规定的要求。

12.3.2 将标准仪器和校准仪器的遮光罩盖好，使标准仪器正对光源。待零位稳定后，读取标准仪器与校准仪器的零位值，然后将遮

光罩取下。稳定两分钟后，同时进行标准仪器与校准仪器的第一组5次读数。各次读数的间隔时间为5~10s（以下各组读数与此相同）。

12.3.3 将被检仪器对准光源，待零位稳定后，读取零位值，然后取下遮光罩。稳定两分钟后，同时进行校准仪器与被检仪器的5次读数。盖好被检仪器的遮光罩，待零位稳定后，读取零位值。

12.3.4 再次将标准仪器对准光源，稳定两分钟后，同时进行标准仪器与校准仪器的第二组5次读数。

12.3.5 将标准仪器与校准仪器的遮光罩盖好，待零位稳定后，读取其零位值。

12.4 记录整理

记录格式见附表1。

12.4.1 按照 $N_1 = N - \bar{N}_0$, $N_{p,1} = N_p - \bar{N}_{p,0}$, $n_1 = n - \bar{n}_0$ 分别对标准仪器的读数 (N)、被检仪器的读数 (N_p)、校准仪器的读数 (n) 进行零位修正。

计算各次读数的比值 N_1/n_1 和 $N_{p,1}/n_1$ 及各组的平均值 $\left(\frac{N_1}{n_1}\right)_1$,

$\left(\frac{N_1}{n_1}\right)_2$ 和 $\left(\frac{N_{p,1}}{n_1}\right)$, 均修约到小数后三位。

12.4.2 按式 (1) 计算被检仪器的灵敏度 K ,

$$K = 2 K_0 \frac{\left(\frac{N_{p,1}}{n_1}\right)}{\left(\frac{N_1}{n_1}\right)_1 + \left(\frac{N_1}{n_1}\right)_2} \quad (1)$$

式中 K_0 ——标准仪器的灵敏度 ($\mu V \cdot W^{-1} \cdot m^2$)。

当校准仪器各次读数之间的最大变化不超过0.5%时， K 值的计算可简化，即只计算各组的平均值 $\left(\frac{N_1}{n_1}\right)_1$, $\left(\frac{N_1}{n_1}\right)_2$ 和 $\left(\frac{N_{p,1}}{n_1}\right)$ 。然后按式 (2) 计算被检仪器的灵敏度 K ,

$$K = 2 K_0 \frac{\left(\frac{N_{p,1}}{n_1}\right)}{\left(\frac{N_1}{n_1}\right)_1 + \left(\frac{N_1}{n_1}\right)_2} \quad (2)$$

K 的计算结果修约到小数后两位。

附表 1

灵敏度室内检定记录表

序号

年 月 日

校准仪器			标准仪器				$K_0 =$
n	Δn	n_1	N	ΔN	N_1	$\frac{N_1}{n_1}$	送检单位
$n_0 =$		$n_{0''}$	$N_0 =$		$N_{0''}$		仪器名称
							型号规格
							制造厂
			$\left(\frac{N_1}{n_1}\right)_1$				内 阻
			被检仪器				U_B
			N_D	ΔN_D	$N_{D,1}$	$\frac{N_{D,1}}{n_1}$	U_S
			$N_{D,0} =$		$N_{D,0''}$		R
							平均 Ω
							响应时间
							1
							2
							3
							平均 σ
			$\left(\frac{N_{D,1}}{n_1}\right)$				温度 $^{\circ}\text{C}$
			标准仪器				$K = 2K_0 \left(\frac{N_{D,1}}{n_1}\right)$
			N	ΔN	N_1	$\frac{N_1}{n_1}$	$\left(\frac{N_1}{n_1}\right)_1 + \left(\frac{N_1}{n_1}\right)_2$
							=
			$\left(\frac{N_1}{n_1}\right)_2$				

核 验 _____ 检 定 _____ 计 算 _____

附录 2

灵敏度温度特性的测定

1 设备

1.1 温度测定箱

温度范围 $-50 \sim +50^{\circ}\text{C}$

控温精度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$

温度场的均匀性 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$

1.2 0.05 级、分辨率 $1\mu\text{V}$ 的数字电压表。

1.3 20 A/110 V 的恒流源。

1.4 由光轨、光源、光阑、透镜组成的人工光源系统。

1.5 0.01Ω 标准电阻。

1.6 校准用辐射表。

整个测定装置按图组成。

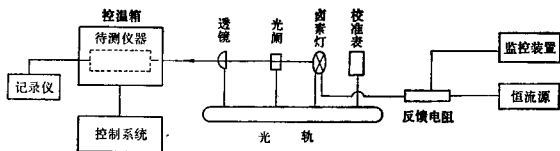


图 温度特性测试装置示意图

2 测定条件

2.1 测定工作在暗室中进行。在光源照射范围内不得有强反射面存在。检定员应穿深色工作服。

2.2 垂直照射到被测仪器感应面上的辐照度应 $\geq 400 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

2.3 测定箱内应保持干燥，在整个测定温度范围内，测试区及进光窗口玻璃上不得出现雾或结露现象。

2.4 测定箱内仪器支架由绝热材料制成,其线膨胀系数应 $<2 \times 10^{-6}$,且热容量尽可能小。

3 测定方法

3.1 测定温度为在 $-40 \sim +40^\circ\text{C}$ 范围内任意 $\geq 50\text{K}$ 的区段,在该区段内的测定点不得少于四个,且必须包括 $+20^\circ\text{C}$ 点。

3.2 将被测仪器正确地安装在测试箱内的仪器支架上,使直接辐射表光筒的轴线垂直通过箱体窗口平面中央。

3.3 将箱内温度调控到高温点并稳定 0.5h 以上。

3.4 开启光源,使光束轴线与光筒轴线重合,并照射三分钟。

3.5 用遮光板盖着测试箱进光窗口,待被测仪器的零位稳定后,读取其零位值。

3.6 拿开遮光板,稳定三分钟后同步读取被测仪器与校准仪器的示值,共读取 10 次,每次间隔 10s 。

3.7 关闭光源,稳定三分钟后,读取其零位值。

3.8 将温度调控到下一个测定点。测定方法与上一点相同。

4 记录整理

4.1 分别计算出 20°C 时校准仪器的读数平均 n_{20} 与其它各测定点校准仪器的读数平均 n_i 的比值 $k_i = \frac{n_{20}}{n_i}$ 。

4.2 按式(1)计算出各测定点的温度修正系数 F_i 。

$$F_i = \frac{N_i}{N_{20}} k_i \quad (1)$$

式中 N_i ——第 i 个测定点上被测仪器读数减去相应零位值后的平均值。

N_{20} ——在 $+20^\circ\text{C}$ 测点上被测仪器读数减去相应零位值后的平均值。

4.3 按式(2)计算出被测仪器的温度误差 Δ_i 。

$$\Delta = |1 - F_i|_{m, x} \quad (2)$$

附录 3

灵敏度检定记录表

序号

年 月 日

标准仪器		被检仪器			$K_0 =$	
N	N_1	N_D	$N_{D,1}$	$N_{D,1}/N_1$	送检单位 仪器名称 型号规格 制造厂	
$N_0 =$	$N_0 =$	$N_{D,0} =$	$N_{D,0} =$			
					内 阻	
						U_0
						U_1
					R	
					平均 Ω	
					响 应 时 间	
						1
						2
						3
					平均 s	
					$K = K_0 \left(\frac{N_{D,1}}{N_1} \right)$	
						-
温度 $^{\circ}\text{C}$		$\left(\frac{N_{D,1}}{N_1} \right) =$				

核检 _____ 检定 _____ 计算 _____

附录 4

检定证书格式

(背面)

检 定 结 果

1、灵敏度_____ $\mu\text{V}\cdot\text{W}^{-1}\cdot\text{m}^2$ (检定时温度_____ $^{\circ}\text{C}$)2、内阻值_____ Ω

3、响应时间_____ s

4、灵敏度的非线性误差 $\leq 2\%$ 5、灵敏度的温度误差 $\leq 3\%$