



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 925—2005

净全辐射表

Net Pyrradiometers

2005 - 10 - 09 发布

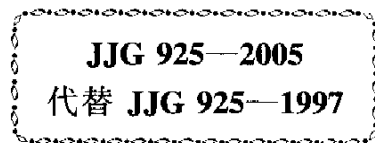
2006 - 04 - 09 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

净全辐射表检定规程

Verification Regulation of

Net Pyrradiometers



本规程经国家质量监督检验检疫总局于 2005 年 10 月 9 日批准，并自 2006 年 4 月 9 日起施行。

归口单位： 全国光学计量技术委员会

起草单位： 国家气象计量站

本规程委托全国光学计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

杨 云 （国家气象计量站）

吕文华 （国家气象计量站）

王 冬 （国家气象计量站）

参加起草人：

付锡贵 （国家气象计量站）

莫月琴 （国家气象计量站）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 术语和计量单位	(1)
4 概述	(1)
5 计量性能要求	(2)
5.1 性能参数	(2)
6 通用技术要求	(2)
6.1 外观	(2)
7 计量器具控制	(2)
7.1 检定条件	(2)
7.2 检定项目	(3)
7.3 检定方法	(3)
7.4 检定结果的处理	(7)
7.5 检定周期	(7)
附录 A 温度误差的检定	(8)
附录 B 检定证书内页格式	(9)
附录 C 检定结果通知书内页格式	(10)

净全辐射表检定规程

1 范围

本规程适用于工作级热电式净全辐射表（以下简称净全辐射表）的首次检定、后续检定和使用中检验。

2 引用文献

GB/T 19565—2004《总辐射表》

QX/T 19—2003《净全辐射表》

3 术语和计量单位

3.1 净全辐射 net total radiation

由天空（包括太阳和大气）向下投射的和由地表（包括土壤、植物、水面）向上投射的全波段辐射量之差称为净全辐射，简称净辐射，单位为 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

3.2 全波灵敏度 total sensitivity

波长范围 $(0.3 \sim 100) \mu\text{m}$ 。

在全波辐射条件下，仪器输出的电信号与净全辐射的比值，单位为 $\mu\text{V} \cdot \text{W}^{-1} \cdot \text{m}^2$ 。

3.3 长波灵敏度 long-wave sensitivity

波长范围 $(3 \sim 100) \mu\text{m}$ 。

在长波辐射条件下，仪器输出的电信号与净全辐射的比值，单位为 $\mu\text{V} \cdot \text{W}^{-1} \cdot \text{m}^2$ 。

3.4 响应时间 response time

当仪器输入有阶跃变化时，仪器输出从一个稳态值到另一个稳态值所需的时间，单位为 s。

3.5 余弦响应 cosine response

入射光线方向随天顶角的变化引起的灵敏度变化。

3.6 方位响应 azimuth response

入射光线方向随方位角的变化引起的灵敏度变化。

3.7 非线性 non-linearity

辐照度变化引起的灵敏度变化。

3.8 温度特性 temperature response

环境温度变化引起的灵敏度变化。

4 概述

净全辐射表感应件由涂黑感应面与热电堆组成，有上下两个感应面，两面均能吸收 $(0.3 \sim 100) \mu\text{m}$ 的全波段辐射。热电堆两端与上下两个感应面相贴。由于上下感应面吸收的辐照度不同，使得热电堆两端产生温度差异，其输出的电动势与涂黑感应面接受的

辐照度差值成正比。为了防止风的影响和保护感应面，净全辐射表上下感应面装有既能透过短波辐射（ $0.3 \sim 3.0$ ） μm ，又能透过长波辐射（ $3 \sim 100$ ） μm 的半球型专用聚乙烯薄膜罩。净全辐射表有长波与全波段两个灵敏度。白天（净全辐射为正值）采用全波段灵敏度，夜间（净全辐射为负值）采用长波灵敏度。净全辐射是研究地球热量收支状况的主要资料。净全辐射为正表示地表增热，即地表接收的辐射大于发射的辐射，净全辐射为负表示地表损失热量。净全辐射用净全辐射表测量。

5 计量性能要求

5.1 性能参数

5.1.1 热电堆与仪器表体之间的绝缘电阻 $> 1 \text{ M}\Omega$ 。

5.1.2 内阻 $< 800 \Omega$ 。

5.1.3 灵敏度允许范围

新制造： $(7 \sim 14) \mu\text{V} \cdot \text{W}^{-1} \cdot \text{m}^2$ ；

使用中和修理后： $(6 \sim 15) \mu\text{V} \cdot \text{W}^{-1} \cdot \text{m}^2$ 。

5.1.4 全波灵敏度与长波灵敏度相差

使用中和修理后小于 20%；新制造小于 15%。

5.1.5 响应时间（99%响应）小于 60 s。

5.1.6 非线性误差

小于 5%，动态范围（ $250 \sim 1\,000$ ） W/m^2 。

5.1.7 余弦响应误差

太阳高度角 10° 时（对理论值的偏差）小于 15%。

5.1.8 方位响应误差

太阳高度角 10° 时（对平均值的偏差）小于 10%。

5.1.9 温度误差（ $-20^\circ\text{C} \sim +40^\circ\text{C}$ 范围内）小于 5%。

5.1.10 年稳定性小于 10%。

6 通用技术要求

6.1 外观

6.1.1 感应面平整，涂层均匀不反光，感应面与光阑表面应齐平，间隙应均匀适当。

6.1.2 聚乙烯薄膜罩应厚薄均匀，无明显斑点、划痕和其他明显影响透过的缺陷。薄膜罩充气后应呈半球形，且便于更换，充气装置应弹性好，使用方便。

6.1.3 金属压圈或其他固定装置、橡皮垫圈应能把聚乙烯薄膜罩压紧，不得有漏水现象。

6.1.4 仪器应有名称、型号、编号、制造厂和生产日期的永久性铭牌。

7 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定、后续检定和使用中检验。

7.1 检定条件

7.1.1 室外环境条件

- a) 空气温度 $(20 \pm 15)^\circ\text{C}$ ，风速小于 5 m/s ，相对湿度小于 80% 。
- b) 灵敏度检定应在自然辐照条件下进行，下垫面应为草地。
- c) 天空晴朗，太阳高度角大于等于 30° ，四周空旷，仪器感应面上没有明显障碍物。

7.1.2 实验室环境条件

- a) 室内检定设备应安装在暗室中，并用黑色幕布遮挡，检定员应着深色工作服。
- b) 室内环境温度 $(20 \pm 10)^\circ\text{C}$ ，相对湿度小于 80% 。

7.1.3 标准仪器与检定设备

a) 二台标准地球辐射表

响应时间（95% 响应）小于 25 s ，非线性小于 $\pm 1\%$ ，动态范围 $(-250 \sim 250)\text{ W/m}^2$ ，灵敏度年变化小于 $\pm 1\%$ 。

b) 二台标准总辐射表

响应时间（95% 响应）小于 30 s ，非线性小于 $\pm 0.5\%$ ，动态范围 $(0 \sim 2\ 800)\text{ W/m}^2$ ，余弦响应小于 $\pm 3\%$ ($70^\circ \sim 80^\circ$ 天顶角)。

c) 0.05 级、分辨率为 $1\ \mu\text{V}$ 的数字多用表或数据采集器。

d) 电压为 100 V 的兆欧表。

e) 秒表，风机。

f) 辐射仪器室内检定设备。

7.2 检定项目

表 1 检定项目一览表

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检验	备注
外观检查	+	+	+	室内进行
绝缘电阻	+	-	-	室内进行
内阻	+	+	+	室内进行
全波灵敏度	+	+	+	室外进行
长波灵敏度	+	+	+	室外进行
响应时间	+	-	-	室内、室外进行
非线性误差	+	-	-	室内进行
余弦响应误差、方位响应误差	+	-	-	室内进行
温度误差	+	-	-	室内进行
年稳定性	-	+	-	
注：“+”表示需检项目，“-”表示不需检项目。				

7.3 检定方法

7.3.1 外观检查

用目测与手动相结合,按 6.1.1~6.1.4 规定的各项内容逐条进行检查。

7.3.2 绝缘电阻检定

将兆欧表的测试棒分别与净全辐射表的一个输出端和表体的金属部分相连,测得的电阻即为绝缘电阻。

7.3.3 内阻检定

盖上仪器遮光罩,用数字多用表的欧姆挡直接测量。测量时,应调换极性,各测量 1 次,取其平均值为最后测量结果(修约到小数点后一位)。

7.3.4 灵敏度的检定

7.3.4.1 全波灵敏度的检定

应在白天太阳辐射条件下进行。

a) 将标准仪器、被检仪器放在室外平台的特制仪器支架上,一台标准地球辐射表和一台标准总辐射表感应面向上水平安装。一台标准地球辐射表和一台标准总辐射表感应面向下安装,标准仪器接线柱朝北,被检仪器感应头朝南。电测仪表宜放置室内,若在室外,应避免日光直接照射。

b) 将标准仪器、被检仪器的遮光罩取下,与电测仪表连接,检查仪器输出值的正负极性、信号大小和稳定性是否正常。

c) 将被检仪器的薄膜罩充足气,调整好水平,并在检定环境中放置 1 h 以上(电测仪表应预热 0.5 h 以上),才能进行数据采集。

d) 数据采集

对标准仪器和被检仪器进行同步测量,测量的时间间隔为 (1~3) min,测量时间为 (3~4) h (在地方时 10 时至 14 时之间进行),同时记录下测量期间的平均气温。

e) 检定数据的处理

白天标准净全辐照度 E^* 计算公式如下:

$$E^* = E_g \downarrow + E_l \downarrow - E_r \uparrow - E_l \uparrow \quad (1)$$

式中: $E_g \downarrow$ ——总辐射;

$E_l \downarrow$ ——大气长波辐射;

$E_r \uparrow$ ——短波反射辐射;

$E_l \uparrow$ ——地面长波辐射。

而:

$$E_l = \frac{V_0}{K_0} + \epsilon \sigma T^4 \quad (2)$$

式中: V_0 ——标准地球辐射表热电堆输出值;

K_0 ——标准地球辐射表灵敏度;

ϵ ——发射率为 1;

σ ——斯蒂芬-玻耳兹曼常数,为 $5.67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$;

T ——仪器的热力学温度。

根据采集的瞬时值,按下式计算被检仪器每次测量的灵敏度值 $K_{(i,j)}$ (修约到小数

点后三位)；

$$K_{(i,j)} = \frac{V_{(i,j)}}{E_{(i,j)}^*} \quad (3)$$

式中： $V_{(i,j)}$ ——被检仪器的第 j 组第 i 个电压输出值；

$E_{(i,j)}^*$ ——标准仪器组的第 j 组第 i 个计算值。

以 20 个数据为一组，按下式计算每组灵敏度值的平均值 K_j ：

$$K_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_{(i,j)} \quad (4)$$

式中： n ——一组中的测量次数 ($n = 20$)。

f) 数据删除

按下式计算每组测量的标准偏差 s ：

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (K_{(i,j)} - K_j)^2} \quad (5)$$

如果 $K_{(i,j)}$ 与 K_j 之差大于 $3s$ 时，应将该数据删除。数据删除后，应重新计算 K_j 。

对于具有 m 组的测量系列，按下式计算灵敏度值 K ：

$$K = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m K_j \quad (6)$$

7.3.4.2 长波灵敏度的检定

夜间，由于短波辐射为零，所以标准净长波辐照度 E^* 的计算公式：

$$E^* = E_l \downarrow - E_l \uparrow \quad (7)$$

E_l 的计算见公式 (2)。

此项检定应在日落后 2 h 进行，用向上、向下各一台标准地球辐射表。其他各项准备工作、数据采集和数据处理等项的具体操作和要求，均与全波灵敏度的检定方法相同。

全波灵敏度与长波灵敏度相对差 δ_k 按下式计算：

$$\delta_k = 2 \left| \frac{K - K_l}{K + K_l} \right| \times 100\% \quad (8)$$

式中： K ——净全辐射表的全波灵敏度；

K_l ——净全辐射表的长波灵敏度。

K , K_l 灵敏度的计算见公式 (3), (4)。

7.3.5 响应时间的检定

a) 将净全辐射表放在室外平台或辐射仪器室内检定设备的工作台上，与已预热的电测仪表连接好。取下仪器遮光罩，照射 2 min，然后盖上遮光罩，2 min 后读取零位值。

b) 取下遮光罩，2 min 后进行读数，然后按下式计算出响应时间的测点位置：

$$\text{测点位置} = \frac{\text{读数} - \text{零位置}}{100} + \text{零位置} \quad (9)$$

c) 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，停止秒表

计时,记下秒表的时间,即完成一次检定。

d) 重复 a) ~ c) 各项操作三次,取其平均值作为响应时间的检定结果。

7.3.6 非线性误差的检定

检定在室内检定设备上进行。

a) 太阳模拟器预热后,将被检仪器下感应面与半球形空腔固定并放在工作台上,使仪器的感应面与入射光线垂直。监测仪器(直接辐射表)置于光斑一角,对好光点。

b) 调节太阳模拟器功率,使辐照度分别为 250, 500, 750 和 1 000 W/m²。

c) 每调至一种辐照度,稳定 15 min,再以 (10 ~ 15) s 一次的速率连续采样 10 次。检定期间,风机应不停地向表体送风。

d) 按下式计算非线性误差 δ_i :

$$\delta_i = \left| 1 - \frac{R_i}{\bar{R}} \right| \times 100\% \quad (10)$$

式中: R_i ——第 i 个检定点上被检仪器与监测仪器读数平均值的比值;

$\bar{R}$ ——所有检定点上 R_i 的平均值。

7.3.7 余弦响应误差、方位响应误差的检定

检定在室内检定设备上进行。

a) 检定方法

调整太阳模拟器功率,使辐照度在 500 W/m² 以上,并稳定 1 h。将被检仪器下感应面与半球形空腔固定并放在工作台上,使仪器的安装架朝向检定设备的转臂,此时转臂应位于 90° (天顶角 $\theta = 0^\circ$, 太阳高度角 = 90°, 方位角 $\varphi = 0^\circ$)。调整仪器水平,并与电测仪表连接。检定期间,风机应不停地向表体送风。

照射 10 min 后,以 (10 ~ 15) s 一次的速率连续采样 10 次 (以下各检定点的读数与此相同)。

转动转臂于 10° (天顶角 $\theta = 80^\circ$, 太阳高度角 = 10°, 方位角 $\varphi = 0^\circ$), 并调整仪器水平, 10 min 后读数。

保持转臂的位置不动,旋转工作台至相应方位 (依次为 $\varphi = -30^\circ, 30^\circ, 150^\circ, 180^\circ, 210^\circ$), 照射 5 min 后,分别读取各相应方位的数据。

转动转臂和工作台 (天顶角 $\theta = 0^\circ$, 太阳高度角 = 90°, 方位角 $\varphi = 0^\circ$), 并调整仪器水平, 10 min 后读数。

b) 余弦响应误差按下式计算:

$$\delta_\theta = \left| 1 - \frac{V_\theta}{V} \right| \times 100\% \quad (11)$$

式中: V_θ —— $\theta = 80^\circ$ 时 10 个读数的平均值;

V —— $\bar{V}_0 \cos 80^\circ$ ($\bar{V}_0$ 为两组当 $\theta = 0^\circ$ 时数据的平均值)。

c) 方位响应误差按下式计算:

$$\delta_\varphi = \left| 1 - \frac{V_\varphi}{V} \right| \times 100\% \quad (12)$$

式中： V_{φ} ——各方位点上 10 个读数的平均值；

V ——所有方位点上 V_{φ} 的平均值。

7.3.8 温度误差的检定

检定方法见附录 A。

7.3.9 年稳定性

年稳定性用灵敏度的年变化率 δ_k 来衡量，按下式计算：

$$\delta_k = \left| 1 - \frac{K_2}{K_1} \right| \times 100\% \quad (13)$$

灵敏度的计算见公式 (3)。

式中： K_1 ——上一次检定的灵敏度；

K_2 ——新检定的灵敏度。

7.4 检定结果的处理

7.4.1 经检定合格的净全辐射表发给检定证书，检定证书的背面格式（见附录 B）。

7.4.2 经检定不合格的净全辐射表发给检定结果通知书（见附录 C）。

7.5 检定周期

首次检定后的净全辐射表检定周期一般不超过 1 年；之后，后续检定一般不超过 2 年。

修复后的净全辐射表必须按首次检定要求重新检定。

附录 A

温度误差的检定

A.1 设备

- a) 控温箱范围：(−20.0 ~ +40.0)℃；控温精度：±0.5℃。
- b) 温度场的均匀性：±0.5℃。
- c) 辐射仪器室内检定设备（或具有相同性能的设备）。
- d) 0.05 级、分辨率 1 μV 的数字多用表或数据采集器。
- e) 监测用直接辐射表。

A.2 检定条件

- a) 检定工作在暗室中进行。检定员应穿深色工作服。
- b) 垂直照射到被检仪器感应面上的辐照度应大于 500 W/m²。
- c) 控温箱内应保持干燥，在整个温度检定范围内，测试区及进光窗口玻璃上不得出现雾或结霜现象。
- d) 控温箱内放置仪器的支撑面由隔热材料制成，支撑物不应随温度的变化引起位置的改变。

A.3 检定方法

检定温度在 (−20 ~ +40)℃ 范围内，检定点分别为 −20, 0, +20, +40℃。

将被检仪器下感应面与半球形空腔固定并放在控温箱内，使仪器的感应面中心与进光窗口中心重合。

将监测仪器放置在控温箱外入射光斑的一角，并固定。

将箱内温度调节到 −20℃，达到预定温度时，应稳定 1 h 以上。

开启光源，使光斑中心与仪器感应面中心重合。用遮光板遮住进光窗口，待光源稳定后，打开遮光板，照射 5 min。在整个检定过程中，所有装置的相对位置应保持不变。

遮住进光窗口和监测仪器，待零位稳定后，读取被检仪器和监测仪器的零位值。

打开遮光板，稳定 5 min 后，以 (10 ~ 15) s 一次的速率同步采集被检仪器与监测仪器的 10 个读数。

将温度调至下一个温度点，检定方法与上一温度点相同。

A.4 检定数据的处理

按下式计算温度误差：

$$\delta_T = \left| 1 - \frac{R_i}{\bar{R}} \right| \times 100\% \quad (\text{A.1})$$

式中： R_i ——第 i 个温度点上经零位修正的被检仪器与监测仪器读数平均值的比值；

$\bar{R}$ ——所有温度点上 R_i 的平均值， R_i 的范围为 1 ± 0.02 。

附录 C

检定结果通知书内页格式

一、检定条件

白天检定时间_____, 检定时温度_____℃

夜间检定时间_____, 检定时温度_____℃

二、检定不合格项目及内容:

检定实验室地址:

邮政编码:

电 话:

传 真: