



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 458—1996

总 辐 射 表

Pyranometer

1996—03—05 发布

1996—10—01 实施

国家技术监督局 发布

总辐射表检定规程

Verification Regulation of

Pyranometer

JJG 458—1996
代替 JJG 458—1986

本检定规程经国家技术监督局于 1996 年 03 月 05 日批准，并自 1996 年 10 月 01 日起施行。

归口单位： 国家气象计量站

起草单位： 国家气象计量站

本规程技术条文由起草单位负责解释

本规程主要起草人：

吕文华 （国家气象计量站）

参加起草人：

莫月琴 （国家气象计量站）

吕淑芳 （国家气象计量站）

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	(8)
附录 1 室内检定设备	(9)
附录 2 太阳高度角的计算	(12)
附录 3 温度误差的测定	(13)
附录 4 检定证书(背面)格式	(15)

总辐射表检定规程

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

一 技 术 要 求

（一）外 观

- 1 感应面平整，涂层均匀、牢固、不反光，无斑迹、裂纹、脱落和异物附着等。
- 2 感应面与光阑表面应齐平，间隙应适当。
- 3 玻璃罩固定环的上沿与光阑表面齐平，玻璃罩与固定环应同心，封装剂不能高出固定环的上沿。
- 4 玻璃罩密封良好，玻璃罩内表面不得有水汽凝结。
- 5 玻璃罩厚薄均匀，无明显的气泡、气丝、斑点、划痕、水纹、结石等缺陷。
- 6 干燥器固定应牢固、密封，便于更换。
- 7 仪器遮光罩（保护罩）应松紧合适，取下和盖上都方便。
- 8 仪器遮光罩和防辐射板外表面应为白色。
- 9 仪器的引出线应有固定的正、负极标记。
- 10 水准器平面应与感应面平行，水平调整螺钉能灵活转动，水准器中的气泡应便于观看。
- 11 仪器应有永久性铭牌，字迹要清晰。
- 12 仪器表面的保护层牢固、均匀，不得有脱落、锈蚀等缺陷。

（二）性能参数

- 13 热电堆与仪器表体之间的绝缘电阻 $\geq 1\text{ M}\Omega$
- 14 内阻 $\leq 800\text{ }\Omega$ （感应面为 $3\times 3\text{ cm}^2$ 的天空辐射表内阻值范围为 $30\sim 40\Omega$ ）
- 15 灵敏度允许范围

新制造的：	$7\sim 14\mu\text{V}\cdot\text{W}^{-1}\cdot\text{m}^2$
使用中和修理后的：	$6\sim 15\mu\text{V}\cdot\text{W}^{-1}\cdot\text{m}^2$
- 16 稳定性

新制造的年稳定性	$< 5\%$ ；
使用中和修理后的两年稳定性	$< 8\%$ 。
- 17 响应时间（99%响应） $< 60\text{ s}$ 。
- 18 非线性误差 $< 3\%$ 。
- 19 余弦响应误差

太阳高度角 10° 时（对理论值偏差）	$< 10\%$ ；
太阳高度角 30° 时（对理论值偏差）	$< 5\%$ 。

- 20 方位响应误差
太阳高度角 10° 时 (对平均值偏差) $< 7\%$ 。
- 21 温度误差 ($-40 \sim +40^\circ\text{C}$ 范围内) $< 5\%$ 。
- 22 倾斜 (180°) 误差 $< 3\%$ 。

二 检 定 条 件

- 23 标准仪器与检定设备
 - 23.1 工作级标准总辐射表。
 - 23.2 0.05 级、分辨率为 $1\mu\text{V}$ 的数字多用表或数据采集器。
 - 23.3 电压为 100V 的兆欧表。
 - 23.4 秒表。
 - 23.5 室内检定设备 (见附录 1)。
- 24 检定环境条件
 - 24.1 测量绝缘电阻时, 相对湿度应 $< 80\%$ 。
 - 24.2 灵敏度检定可以在太阳辐照条件下进行 (简称室外检定), 也可以在人工光源条件下进行 (简称室内检定)。
 - 24.2.1 室外检定
 - a. 天空晴朗, 太阳高度角 $> 30^\circ$, 四周空旷, 仪器感应面以上没有任何障碍物。
 - b. 入射光线与仪器感应面垂直时辐照度 $> 500 \text{ W/m}^2$ 。
 - c. 空气温度 $(20 \pm 10)^\circ\text{C}$, 风速 $< 5 \text{ m/s}$, 相对湿度 80% 。
 - 24.2.2 室内检定
 - a. 室内检定设备应安装在暗室中, 并用黑色幕布遮挡。检定员应穿深色工作服。
 - b. 入射光线与仪器感应面成 50° 夹角, 辐照度 $> 500 \text{ W/m}^2$ 。
 - c. 室温 $(20 \pm 10)^\circ\text{C}$, 相对湿度 $< 80\%$ 。

三 检定项目和检定方法

(一) 外观检查

- 25 第 1~3 和 5~10 条的检查用目测结合手动调整进行。
- 26 第 4 条密封性能的检查方法是: 将仪器放入温度为 $(0 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $\geq 90\%$ 的环境中 4 h 后, 检查玻璃罩内表面是否有水汽凝结。

(二) 性能参数的测量和检定

经外观检查合格的总辐射表方可进行性能参数的测量和检定。

27 绝缘电阻测量

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

28 内阻测量

盖上仪器遮光罩，用数字多用表的欧姆挡直接测量。也可以用电桥或其它方法测量。测量内阻时，应调换极性，至少测量两次，取其平均值为最后测量结果（修约到小数点后一位）。

29 灵敏度的室外检定

这是本规程规定的基本方法。

29.1 准备工作

29.1.1 计算当天 10 时以后的太阳高度角（见附录 2），在满足太阳高度角大于 30° 和其它室外检定条件下，将标准仪器、被检仪器放在室外平台上，接线柱朝北。电测仪表最好放在室内，若放在室外，要遮蔽，以免日光直接照射。

29.1.2 将标准仪器、被检仪器取下遮光罩，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。

29.1.3 清除标准仪器和被检仪器玻璃罩上的灰尘，调整好所有仪器的水平。

29.2 数据采集

29.2.1 标准仪器、被检仪器及电测仪表预热 0.5 h 以上，盖上所有仪器的遮光罩，5 min 后，读取零位值，读数取整微伏数（以下读数的要求与此相同）。

29.2.2 取下仪器的遮光罩，5 min 后，对标准仪器和被检仪器同时进行太阳总辐射的测量，测量时间间隔为 1~3 min，测量时间为 3~4 h（一般在地方时 10 时至 14 时之间进行）。同时记录下测量期间的平均气温。

29.2.3 数据采集完毕后，盖上遮光罩，5 min 后，复测各仪器的零位值。

29.3 数据处理

29.3.1 根据标准仪器与被检仪器同时采集的瞬时值，按下式计算每次测量的比值 $F_{i,j}$ （修约到小数点后三位）：

$$F_{i,j} = \frac{V_{i,j}}{V_{0,i,j}} \quad (1)$$

式中： $V_{i,j}$ ——经零位修正后的被检仪器的第 j 组第 i 个输出值；

$V_{0,i,j}$ ——经零位修正后的标准仪器的第 j 组第 i 个输出值。

29.3.2 以 20 个测量数据为一组，按下式计算出每组比值的平均值 F_j ：

$$F_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_{i,j} \quad (2)$$

式中： n ——测量次数。

29.3.3 对于具有 m 组测量系列来说，按下式确定最后比值 F ：

$$F = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m F_j \quad (3)$$

29.3.4 按下式计算被检仪器的灵敏度 K ：

$$K = K_0 \cdot F \quad (4)$$

式中： K_0 ——标准总辐射表的灵敏度 ($\mu\text{V} \cdot \text{W}^{-1} \cdot \text{m}^2$)； K 值的计算结果修约到小数点后两位。

29.3.5 数据删除

按下式计算每组中单个测量的标准偏差 s ：

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

如果 $F_{i,j}$ 与 F_j 之差 $> 3s$ 时，应将该数据删除。数据删除后，应重新计算 F_j ， F 和 K 值。

29.4 室外灵敏度的检定也可以用标准直接辐射表为标准仪器，用遮挡—照射交替的方法。

30 灵敏度的室内检定

30.1 检定程序

30.1.1 打开电测仪表和太阳模拟器，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，并将转架转到 50° （相当于太阳高度角 50° ），稳定 0.5 h 后，把标准总辐射表（要以同类型的仪器为标准）放在工作台上，放置的方位相当于室外检定时接线柱朝北。调整好水平，清除玻璃罩上的灰尘，与电测仪表连接，检查仪器输出值的正负极性、信号大小和稳定情况。

30.1.2 照射 5 min 盖上遮光罩，待零位稳定后，读取零位值。取下仪器遮光罩，照射 5 min，然后进行第一组标准仪器的 10 次读数，各次读数时间间隔 10~15 s（以下各读数与此相同）。

30.1.3 将工作台度盘转动 180° ，等 5 min 后进行第二组标准仪器的 10 次读数。取下标准仪器。

30.1.4 将被检仪器放在工作台上，放置的位置和方位与标准仪器最初放置的位置相同。调整好水平，清除玻璃罩上的灰尘，与电测仪表连接，检查仪器输出值的正负极性、信号大小和稳定情况。

30.1.5 进行被检仪器第一组读数，其他与 30.1.2 方法相同

30.1.6 将工作台度盘转动 180° ，等 5 min 后进行被检仪器第二组读数。盖上遮光罩，待零位稳定后，读取其零位值。取下被检仪器。

30.1.7 再将标准仪器放在工作台上，进行标准仪器的第三组读数，其他与 30.1.2 方法相同。

30.1.8 将工作台转动 180° ，等 5 min 后进行标准仪器的第四组读数。盖上遮光罩，待零位稳定后，读取零位值。并记录下室温。

30.2 数据处理

30.2.1 按下式计算标准仪器第一组和第二组测量数据平均值 A ：

$$A = \frac{A_1 + A_2}{2} \quad (6)$$

式中： A_1, A_2 ——分别为标准仪器第一组、第二组 10 次读数经零位修正后的平均值。

30.2.2 按下式计算被检仪器第一组和第二组测量数据平均值 B ：

$$B = \frac{B_1 + B_2}{2} \quad (7)$$

式中： B_1, B_2 ——分别为被检仪器第一组、第二组 10 次读数经零位修正后的平均值。

30.2.3 按下式计算标准仪器第三组和第四组测量数据平均值 A' ：

$$A' = \frac{A_3 + A_4}{2} \quad (8)$$

式中： A_3, A_4 ——分别为标准仪器第三组、第四组 10 次读数经零位修正后的平均值。

30.2.4 按下式计算被检仪器灵敏度 K ：

$$K = 2K_0 \frac{B}{A + A'} \quad (9)$$

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

30.3 灵敏度的室内检定也可在积分球内进行。

室内检定设备也允许使用其它光源，如钨丝灯等。

31 稳定性

稳定性用灵敏度的年变化率 δ_K 来衡量，按下式计算：

$$\delta_K = \left| 1 - \frac{K_2}{K_1} \right| \times 100\% \quad (10)$$

式中： K_1 ——仪器的原灵敏度；

K_2 ——新检定出的灵敏度。

32 响应时间测量

32.1 将总辐射表放在室外平台或室内检定设备的工作台上，与电测仪表连接。取下仪器遮光罩，照 5 min，然后盖上遮光罩，等 2 min 后读取零位值。

32.2 取下遮光罩，等 5 min 后进行读数，然后按下式计算出响应时间的测点位置：

$$\text{测点位置} = \frac{\text{读数} - \text{零位值}}{100} + \text{零位值} \quad (11)$$

32.3 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。

32.4 上述测量应重复 3 次，取其平均值作为响应时间的测量结果。

33 非线性误差的测定

新制造的总辐射表出厂检定时，应进行此项测定。

33.1 测定方法

在室内检定设备上测定。

仪器的感应面与入射光线垂直,调节太阳模拟器的功率,使辐照度分别为 250 W/m^2 , 500 W/m^2 , 750 W/m^2 , $1\,000 \text{ W/m}^2$ 。在每个测定点上光源稳定 15 min 以上,读数 10 次,读数间隔及零位读取的方法及要求与室内灵敏度检定相同。

33.2 按下式计算各测定点上的灵敏度 K_i ,

$$K_i = \frac{V_i}{E_i} \quad (12)$$

式中: V_i ——第 i 个测定点上经零位修正后的仪器读数的平均值;

E_i ——第 i 个测定点上的平均辐照度值。

33.3 按下式计算非线性误差 δ_L :

$$\delta_L = \left| 1 - \frac{K_i}{K_{500}} \right| \times 100\% \quad (13)$$

式中: K_{500} ——辐照度为 500 W/m^2 时的灵敏度。

34 余弦响应误差的测定

新制造和修理后的总辐射表出厂检定时,应进行此项测定。

34.1 测定方法

在室内检定设备上测定。

34.1.1 调整太阳模拟器功率,使得入射光线与仪器感应面垂直时辐照度约为 $1\,000 \text{ W/m}^2$,稳定 0.5 h 后把总辐射表放在工作台上,放置位置相当于室外检定时的接线柱朝北。清除玻璃罩上的灰尘,使转架位于 90° ,即天顶角 $\theta = 0^\circ$,调整仪器水平,与电测仪表连接。

34.1.2 照射仪器 5 min ,盖上遮光罩,稳定后读取仪器的零位值。

34.1.3 取下仪器遮光罩,照射 5 min 后,读取 $\theta = 0^\circ$ 时的 10 个数据。

34.1.4 转动转架,使其位于 $\theta = 80^\circ$ (相当于太阳高度角 10°),保持仪器的水平,等 5 min 后读取 10 个数据。

34.1.5 按照 34.1.4 所述的方法,进行 $\theta = 60^\circ$ (相当于太阳高度角 30°) 测定,然后再次进行 $\theta = 0^\circ$ 点的测定。

34.1.6 盖上仪器遮光罩,待零位稳定后读取仪器零位值。

34.2 数据处理

34.2.1 按下式计算出各个角度的理论值 U :

$$U = \bar{U}_0 \cdot \cos \theta \quad (14)$$

式中: $\bar{U}_0$ ——两组 $\theta = 0^\circ$ 的经零位修正后 10 个数据的平均值;

θ ——天顶角。

34.2.2 按下式计算余弦响应误差 δ_θ :

$$\delta_{\theta} = \left| 1 - \frac{\bar{U}_{\theta}}{U} \right| \times 100\% \quad (15)$$

式中： $\bar{U}_{\theta}$ ——分别为 $\theta = 80^\circ$ 与 $\theta = 60^\circ$ 时，经零位修正后的 10 个读数的平均值。

35 方位响应误差的测定

新制造和修理后的总辐射表出厂检定时，应进行此项测定。

35.1 测定方法

在室内检定设备上测定。

35.1.1 调整太阳模拟器的功率使得入射光线与仪器感应面垂直时辐照度为 $1\,000\text{ W/m}^2$ ，将转架转到刻线为 10° （即相当于太阳高度角 10° ），预热半小时。

35.1.2 把仪器放在工作台上，放置的方位以相当于室外检定时接线柱朝北为 $\varphi = 0^\circ$ ，与电测仪表连接，调整水平，清除玻璃罩上的灰尘，照射 5 min 后盖上遮光罩，待零位稳定后读取零位值。

35.1.3 取下遮光罩，照射 5 min 后读取 $\varphi = 60^\circ$ 方位上的 10 个数据。

35.1.4 按照 35.1.3 所述的方法，依次进行 $\varphi = 90^\circ, 120^\circ, 240^\circ, 270^\circ, 300^\circ$ 各点的测定。在各个方位上要保持仪器水平。

35.1.5 盖上仪器的遮光罩，待零位稳定后读取零位值。

35.2 数据处理

35.2.1 按下式计算出 6 个方位测定点的平均值 N_0 ：

$$N_0 = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 N_i \quad (16)$$

式中： N_i ——第 i 个测定点经零位修正后 10 个读数的平均值。

35.2.2 按下式计算出方位响应误差 δ_{φ} ：

$$\delta_{\varphi} = \left| 1 - \frac{N_i}{N_0} \right| \times 100\% \quad (17)$$

36 温度误差的测定

新制造的总辐射表抽样进行此项测定。测定方法见附录 3。

37 倾斜误差的测定

新制造的总辐射表抽样进行此项测定。

37.1 测定方法

在室内检定设备上测定。

37.1.1 调整太阳模拟器的功率，使得入射光线与仪器感应面垂直时辐照度为 500 W/m^2 ，预热 0.5 h。

37.1.2 把被测总辐射表牢固地固定在工作台上，与电测仪表连接，调整水平，清除玻璃罩上的灰尘，照射 5 min 后盖上遮光罩，待零位稳定后读取零位值。

37.1.3 取下遮光罩，照射 5 min 后读取仪器 0° 倾斜（即水平位置）时的 10 个数据。

37.1.4 转动转架使仪器倾斜 180° ，并保持入射光线与感应面垂直，照射 5 min 后读取

10 个数据。

37.1.5 将转架转回原来位置，照射 5 min 后再次读取仪器水平位置时的 10 个数据。

37.1.6 盖上遮光罩，待零位稳定后读取其零位值。

37.2 数据处理

37.2.1 按下式计算两次 0° 倾斜时的平均值 V_0 ：

$$V_0 = \frac{V_{01} + V_{02}}{2} \quad (18)$$

式中： V_{01} ， V_{02} ——分别为两次 0° 倾斜时经零位修正后仪器 10 个读数的平均值。

37.2.2 按下式计算 180° 倾斜时的误差 δ_{180} ：

$$\delta_{180} = \left| 1 - \frac{V_{180}}{V_0} \right| \times 100\% \quad (19)$$

式中： V_{180} ——180° 倾斜时，经零位修正后仪器 10 个读数的平均值。

37.3 对于有某一特定倾斜角度要求使用的总辐射表，可按上述方法对这一特定倾斜角度进行误差测定。

四 检定结果的处理和检定周期

38 经检定合格的总辐射表发给检定证书。检定证书的格式见附录 4。

39 经检定不合格的总辐射表发给检定结果通知书。

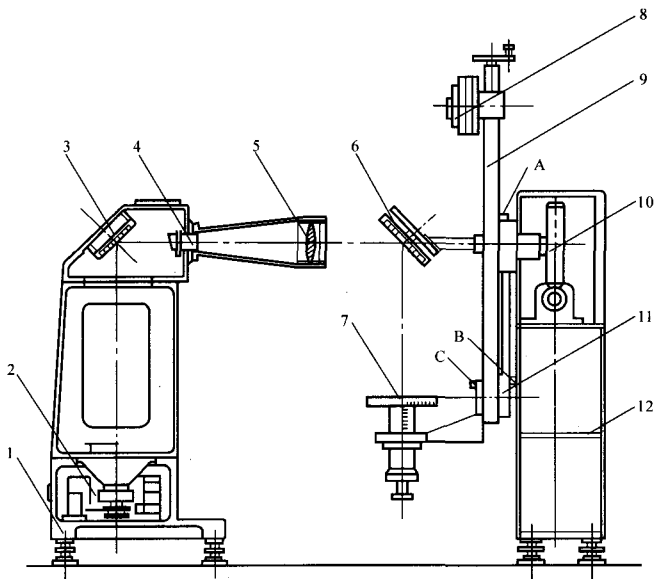
40 检定周期

新制造的一般为 1 年。使用中的一般为 2 年。修理后的总辐射表必须进行重新检定。

附录 1

室内检定设备

1 本设备(如图所示)用于总辐射表的室内灵敏度检定、非线性误差、余弦响应误差、方位响应误差、倾斜误差等性能的测定。



辐射仪器室内检定设备示意图

- 1—模拟器壳体；2—光源室；3—平面反射镜；4—积分器筒；
5—准直透镜；6—平面反射镜；7—工作台；8—平衡砣；
9—转臂；10—减速箱；11—离合机构；12—框架

2 主要技术指标如下：

- 2.1 有效辐照面积 $100 \times 100 \text{ mm}^2$ ；
- 2.2 最大辐照度 1200 W/m^2 (在 250 W/m^2 以上连续可调)；
- 2.3 辐照不均匀度 $\leq \pm 1\%$ ($\Phi 80$ 内)；
- 2.4 辐照不稳定性 $\leq \pm 0.5\%$ ；
- 2.5 光束准直角 $\leq \pm 2.5\%$ ；
- 2.6 光谱辐照度分布：按国标 A 级 AM1.5 太阳光谱匹配；

2.7 有效辐照面工作距离：准直透镜距有效辐照面 600 mm，光轴中心距地面高度为 1 200 mm；

2.8 角度转动误差 $\leq \pm 0.05^\circ$ 。

3 整套设备主要由 TM-500F 太阳模拟器和检测旋转架（简称转架）两大部分组成。

3.1 TM-500F 太阳模拟器主要由壳体 1、光源室 2、平面反射镜 3、光学积分器筒 4、准直透镜筒 5 等部件组成。

光源室 2 内有 500 W 短弧氙灯、椭球面聚光反射镜、调灯机构和轴流风机等。500 W 短弧氙灯的电源是 TM-500F 太阳模拟器专用电源（简称 TM-500 电源），输出电流稳定度为 0.02%，且连续可调。

由 500 W 氙灯、椭球面聚光反射镜、平面反光镜、滤光片、积分器、负透镜、准直透镜等共同组成的光源，可以发射出均匀、稳定、符合 AM1.5 太阳光谱的平行光束（由氙灯发出的光，经椭球面聚光镜汇聚并反射，经平面反射镜反射到积分器上，在积分器入射端形成一个对称的辐照分布，这个分布被积分器各光通道对称分割叠加成像，再经准直透镜后成像的其后焦面上，经平面反射镜，从而在工作面上得到一个均匀辐照面）。

3.2 转架主要由平面反射镜 6、工作台 7、平衡砣 8、转臂 9、减速箱 10、离合机构 11 和框架 12 等组成。

经平面反射镜 6，将太阳模拟器发射出的平行光束反射到工作台 7 上。工作台 7 由转盘和升降机构组成。转盘周边上刻有分度为 1° 的 360 条分度线，每 10° 应标明相应度数数值。升降机构可对工作台的高度进行调整，升降机构并刻有 1 mm 的 40 条刻线，每 10 mm 应标明相应数字。

转臂 9 由步进电机和蜗轮、蜗杆组成的减速箱 10 带动，可进行自动和手动旋转。中心部位装有平面反光镜 6，两端分别装有工作台 7 和平衡砣 8，它由减速箱 10 的输出轴带动旋转，并配有指针，转臂中心的后部装有分度为 1° 的 360 条分度线的圆盘，每 10° 应标明相应度数数值。

离合机构 11 由上下两轮和钢带组成。当上轮的螺钉 A 和下轮的螺钉 B 锁紧，螺钉 C 松开时，转架的转动范围为 $\pm 90^\circ$ ，当转架转动时，工作台始终处于水平状态。当上轮的螺钉 A 松开，下轮的螺钉 B、C 锁紧时，可转动 360° ，当转架转动时工作台固定不动。

3.3 检定设备必须经过调整，使之符合上述技术要求。

3.3.1 采用激光自准法，调整调节机构、反光镜等部件，使得经过透镜 5 射出的光束是平行光束；当转臂 9 位于 90° 时，平行光束的轴线应与工作台 7 的中心重合。

3.3.2 新安装的或更换过氙灯、透镜和反射镜等部件的检定设备要进行辐照不均匀度、辐照不稳定度和最大辐照度的检查。检查方法参照中华人民共和国国家标准《太阳模拟器通用规范》（GB/T 12637—1990）。

4 操作方法

4.1 点燃氙灯

4.1.1 将太阳模拟器的 TM-500 电源供水冷却。

4.1.2 将功率旋钮调至最小位置。

4.1.3 按下“供电”按钮，供水指示灯亮。

4.1.4 按下“启动”按钮，指示灯亮。

4.1.5 触发点灯。首先调整“功率调节”旋钮，调1~1.5圈，电压表指示32V，这时快速按下“触发”按钮，时间不得超过1s，灯点燃后再调节“功率调节”到所需的功率。

4.2 灵敏度检定，余弦、方位响应测定

使离合机构11的上轮螺钉A锁紧，下轮螺钉B锁紧，螺钉C松开。这时，转架转动时，工作台上的仪器处于使用时的水平状态，可根据测定的项目转到所需的角。然后按各自的方法进行检定与测定。

4.3 倾斜响应的测定

使离合机构11的上轮螺钉A松开，下轮螺钉B、C锁紧，这时，工作台固定不动，转架转动时，使得光线始终与工作台上仪器的感应面相垂直，可根据需要转到所需的角。然后按测定方法进行测定。

4.4 工作完毕后关灯。把“功率调节”旋钮调至最小，然后按“停止”钮，稍候可关断“供电”按钮，停止供水。

附录 2

太阳高度角的计算

对于一给定的地理位置，一年中的日期和一天中的时间，可由下式计算出太阳高度角 h ：

$$\sin h = \sin \psi \cdot \sin \delta + \cos \psi \cdot \cos \delta \cdot \cos T_0 \quad (1)$$

式中： ψ ——当地纬度；

δ ——太阳赤纬；

T_0 ——太阳时角。

以弧度为单位的太阳赤纬 δ 可用下式求出：

$$\begin{aligned} \delta = & 0.006\,918 - 0.399\,912 \cos \theta_0 + 0.070\,257 \sin \theta_0 \\ & - 0.006\,758 \cos 2\theta_0 + 0.000\,908 \sin 2\theta_0 \end{aligned} \quad (2)$$

式中： $\theta_0 = 2\pi d_n / 365$ （以弧度为单位）；或 $\theta_0 = 360 d_n / 365$ （以度为单位）， d_n 为天数，以 1 月 1 日起算为 0，2 日为 1，其余类推；12 月 31 日对于平年为 364，对于闰年为 365。

式 (1) 中的 T_0 按下式计算：

$$T_0 = (T_\theta - 12) \times 15 \text{ (以度为单位, 取小数点后一位)} \quad (3)$$

式中： $T_\theta = Lt + Eq = Ct + Lc + Eq$ ；

Lt ——地方平均太阳时（地平时）；

Ct ——地方标准时（时区时），中国以 120°E 地方时为标准；

Lc ——经度订正（每度 4 min），如果地方子午圈在标准子午圈的东边，则 Lc 为正，反之为负；

Eq ——时差。

计算以分钟为单位的 Eq 可用下式：

$$\begin{aligned} Eq = & 0.017\,2 + 0.428\,1 \cos \theta_0 - 7.351\,5 \sin \theta_0 \\ & - 3.349\,5 \cos 2\theta_0 - 9.361\,9 \sin 2\theta_0 \end{aligned} \quad (4)$$

式中： θ_0 与式 (2) 中的相同。

附录 3

温度误差的测定

1 设备

1.1 辐射仪器温度测试箱

温度范围： $-40.0 \sim +40.0\text{ }^{\circ}\text{C}$

控温精度： $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$

温度场的均匀性： $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$

1.2 TM-500F 太阳模拟器（或具有相同性能的设备）

技术指标见附录 1。

1.3 0.05 级、分辨率 $1\mu\text{V}$ 的数字电压表；

1.4 监测用直接辐射表。

2 测定条件

2.1 测定工作在暗室中进行。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 $\geq 500\text{ W/m}^2$ 。

2.3 温度箱内应保持干燥，在整个温度测定范围内，测试区及进光窗口玻璃上不得出现雾或结霜现象。

2.4 温度测试箱内放置仪器的支撑面由绝热材料制成，支撑物不应随温度的变化引起位置的改变。

3 测定方法

3.1 测定温度在 $-40 \sim +40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内，测定点分别为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ， $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ， $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ， $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ， $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

3.2 将被测仪器放置在温度测试箱内，使仪器的感应面中心尽量与箱体窗口中心重合。

3.3 将监测仪器放置在温度试验箱外入射光斑的边缘处，并固定。

3.4 将箱内温度调节到高温点并稳定 1 h 以上。

3.5 开启光源，使光斑中心与仪器感应面中心重合。稳定后照射 5 min。在整个测定过程中它们的相对位置保持不变。

3.6 用遮光板盖上测试箱进光窗口，待被测仪器的零位稳定后读取其零位值。

3.7 拿开遮光板，稳定 5 min 后同步读取被测仪器与监测仪器的输出值，共读取 10 次，每次间隔为 $10 \sim 15\text{ s}$ 。

3.8 再次读取零位值，方法与 3.6 相同。

3.9 将温度调控到下一个测试点，测定方法与上一点相同。

4 数据处理

4.1 按下式分别计算出 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，监测仪器的读数平均值 n_{20} 与其它各测定点监测仪器的读数平均值 n_i 的比值 K_i ：

$$K_i = \frac{n_{20}}{n_i} \quad (1)$$

4.2 按下式计算出各测定点的温度修正系数 F_i ：

$$F_i = \frac{N_i}{N_{20}} \cdot K_i \quad (2)$$

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

4.3 按下式计算被测仪器的温度误差 δ_t ：

$$\delta_t = |1 - F_i| \times 100\% \quad (3)$$

注：被测仪器的温度系数 C_t 按下式计算：

$$C_t = \frac{(R_{T2}/R_{T1}) - 1}{T_2 - T_1}$$

式中： R_{T1} ， R_{T2} ——分别为减去相应零点后的相邻两测定点 10 个被测仪器与监测仪器输出值之比。

T_1 ， T_2 ——分别为相邻两测定点的温度。

附录 4

检定证书（背面）格式

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（99%） _____ s

4 非线性误差 $\leq 3\%$

5 温度误差 $\leq 5\%$

6 余弦响应误差

太阳高度角 10° 时 $\leq 10\%$

太阳高度角 30° 时 $\leq 5\%$

7 方位误差 $\leq 7\%$

（太阳高度角 10° 时对平均值的偏差）

8 倾斜（ 180° ）误差 $\leq 3\%$

9 稳定性

新制造的年稳定性 $\leq 5\%$

使用中的两年稳定性 $\leq 8\%$