

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 产品组成	2
5 技术要求	2
6 试验方法	3
7 检验规则	7
8 标志、包装、运输、储存	9
9 产品的成套性	10
附录 A (资料性附录) 室内检测设备和温度试验箱的性能指标要求	11

前 言

直接辐射表(亦称直接日射表)是用于测量太阳辐射的仪器。它与专用记录仪或电测仪表相连,可测量太阳直接辐射。

本标准主要参考国内制造厂产品标准和气象行业有关的技术资料编制而成。

本标准由国家气象计量站提出。

本标准的附录 A 为资料性附录。

本标准由中国气象局监测网络司归口。

本标准由国家气象计量站负责起草,中国气象科学研究院大气探测中心、长春气象仪器厂参加起草。

本标准主要起草人:吕文华、杨云、王经业、胡玉峰、莫月琴、王冬、张丽娟。

本标准是首次发布。

直接辐射表

1 范围

本标准规定了工作级热电式直接辐射表(以下简称直接辐射表)的组成、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存和成套性等。

本标准适用于气象、农业、工业、国防、科研等部门测定太阳直接辐射的仪器。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 12936.1—1991 太阳能热利用术语 第1部分

GB/T 14890—1994 工作直接日射表的校准方法

GB/T 2423.1—1989 电工电子产品基本环境试验规程 试验A:低温试验方法

GB/T 2423.2—1989 电工电子产品基本环境试验规程 试验B:高温试验方法

GB/T 2423.4—1993 电工电子产品基本环境试验规程 试验Db:交变湿热试验方法

JB/T 9329—1999 仪器仪表运输、运输贮存基本环境条件及试验方法

JJG 456—1992 直接辐射表检定规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

太阳直接辐射 **direct solar radiation**

太阳表面(视角约 0.5°)的辐射和太阳周围很窄的环形天空的散射辐射称为太阳直接辐射。

3.2

辐照度 **irradiance**

落到接受体单位面积上的辐射功率。单位为 $W \cdot m^{-2}$ 。

3.3

太阳高度角 **solar altitude**

指日面中心的高度角,即从观测点地平线沿太阳所在地平经圈量至日面中心的角距离。

3.4

灵敏度 **sensitivity**

输出的电信号与直接辐射的比值。单位为 $\mu V \cdot W^{-1} \cdot m^2$ 。

3.5

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。

3.6

非线性 **non-linearity**

不同辐照度下的灵敏度变化。

3.7

温度特性 temperature response

环境温度变化引起的灵敏度变化。

4 产品组成

4.1 组成

直接辐射表由感应元件、光筒、太阳跟踪器和附件等部件组成。

4.2 感应元件

感应元件由感应面和热电堆组成。当感应面接收辐射时,热电堆产生温差电动势,其大小与接收的辐射量成正比。

4.3 光筒

它是一个金属圆筒,圆筒内有多层经过煮黑的环形光栏,筒口装有能透过 0.3 μm~3.0 μm 波长的玻璃片。它的孔径由半开敞角 α 和斜角 β 来定义(见图 1)。一般工作级直接辐射表的 α 为 2.5°~5.5°,β 为 1°~2°,推荐值 α=2.5°,β=1°。

用公式(1)和(2)表示:

$$\alpha = \arctan(R/d) \dots\dots\dots(1)$$

$$\beta = \arctan[(R-r)/d] \dots\dots\dots(2)$$

式中:

R——进光前孔半径;

r——感应面半径;

d——前孔到感应面的距离。

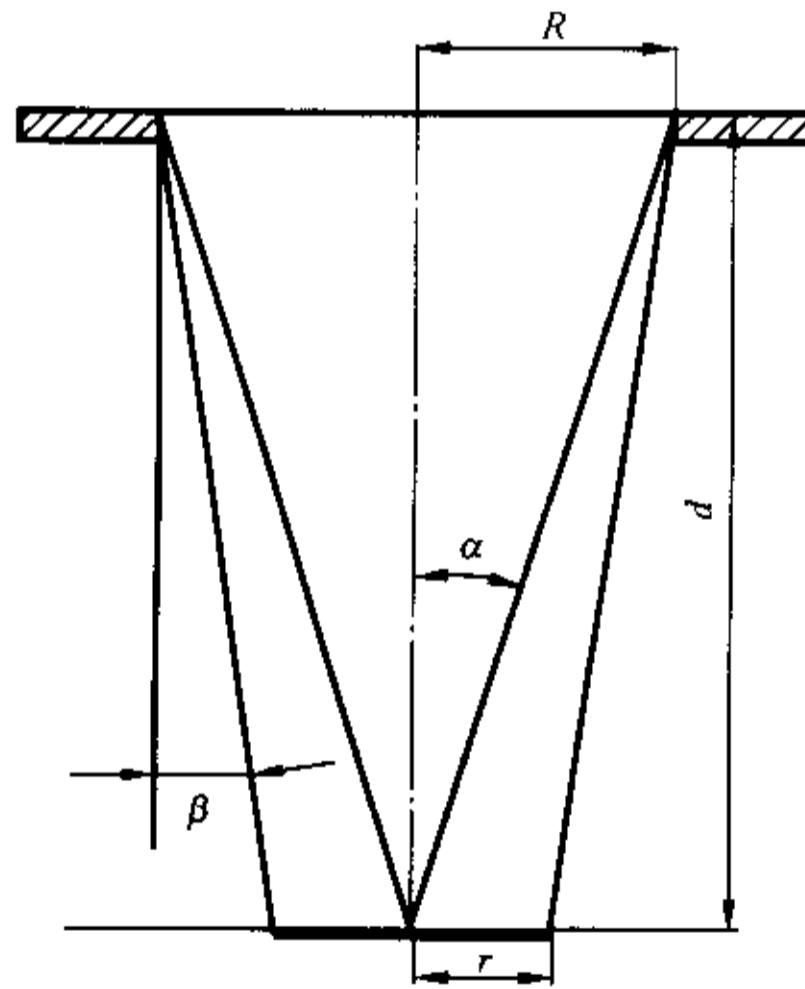


图 1 直接辐射表进光筒 α、β 角的几何尺寸

4.4 太阳跟踪器

太阳跟踪器是固定光筒并使之跟踪太阳的一种装置。用高度和方位分别驱动的地平式太阳跟踪器或可调赤纬并按周日运动方向和速度旋转的赤道式太阳跟踪器。

4.5 附件

仪器底座(刻有南北方位线)、进光保护罩等。

5 技术要求

5.1 一般要求

5.1.1 感应面涂层应为无光黑漆,其表面平整、均匀、牢固、不反光、无斑迹、无裂纹、无脱落和异物附着等。

- 5.1.2 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显圆锥形。每个光阑向外的表面应为反射面,向内的表面应涂黑。
- 5.1.3 带玻璃窗的光筒,应密封良好,玻璃窗的内表面不得有异物附着和水汽凝结。
- 5.1.4 玻璃片厚薄均匀,无明显的气泡、气丝、斑点、划痕、水纹、结石等缺陷。
- 5.1.5 各零部件的安装应正确、牢靠,可动部分应能平稳灵活的转动,不得有松脱、变形及其他影响使用的缺陷。
- 5.1.6 仪器遮光罩(保护罩)应松紧合适,取下和盖上都方便。
- 5.1.7 仪器表面的保护层牢固、均匀,不得有脱落、锈蚀等缺陷;仪器各零配件不得采用易腐蚀材料。
- 5.1.8 刻度线、数字、标示线应清晰。
- 5.1.9 仪器引出线应有固定的正、负极标记。
- 5.1.10 水平调整螺钉能灵活转动。仪器各零配件不得采用易锈蚀材料。
- 5.1.11 仪器应有永久性铭牌,标志和字符应清晰、完整、醒目。

5.2 性能指标

- 5.2.1 热电堆与仪器基体之间的绝缘电阻: $\geq 1 \text{ M}\Omega$ 。
- 5.2.2 内阻: $\leq 300 \Omega$ 。
- 5.2.3 灵敏度允许范围: $7 \mu\text{V} \cdot \text{W}^{-1} \cdot \text{m}^2 \sim 14 \mu\text{V} \cdot \text{W}^{-1} \cdot \text{m}^2$ 。
- 5.2.4 响应时间(99%响应): $\leq 35 \text{ s}$ 。
- 5.2.5 直接辐射表太阳跟踪器的跟踪误差: $1^\circ/24 \text{ h}$ 。
- 5.2.6 非线性误差: $\leq 2\%$ 。
- 5.2.7 温度误差($-40^\circ\text{C} \sim +40^\circ\text{C}$): $\leq 3\%$ 。
- 5.2.8 年稳定性: $\leq 2\%$ 。

5.3 使用环境条件

- 5.3.1 温度: $-40^\circ\text{C} \sim +50^\circ\text{C}$;
- 5.3.2 相对湿度: $0\% \sim 100\%$ 。
- 5.3.3 运输:产品包装后应能通过 JB/T 9329 规定的试验。

6 试验方法

6.1 试验环境条件

- 6.1.1 测量绝缘电阻时,相对湿度 $\leq 80\%$ 。
- 6.1.2 室外测试环境条件:
- 天空晴朗,太阳高度角 $\geq 15^\circ$,以太阳为中心视场角为 15° 的范围内不得有云、烟等;
 - 空气温度 $5^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$,风速 $\leq 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,相对湿度 $\leq 80\%$ 。
- 6.1.3 室内测试环境条件:
- 室内测试设备应安装在暗室中,并用黑色幕布遮挡,测试人员应穿深色工作服。
 - 人工光源辐照度在入射光线与仪器感应面垂直时,在 $250 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \sim 1250 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 范围内可调。
 - 室温 $20^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$,相对湿度 $\leq 80\%$ 。

6.2 试验仪器仪表和设备

所有试验仪器仪表和设备应满足产品试验要求,并在计量检定有效期内。

- 6.2.1 标准直接辐射表。
- 6.2.2 0.05级、分辨率为 $1 \mu\text{V}$ 的数字多用表或辐射数据采集器。
- 6.2.3 电压为 100 V 的兆欧表。
- 6.2.4 秒表。

6.2.5 辐射仪器室内试验设备(见附录 A)。

6.2.6 温度试验箱(见附录 A)。

6.3 一般检查

6.3.1 5.1.1~5.1.2 和 5.1.4~5.1.11 条的检查用目测结合手动调整进行。

6.3.2 5.1.3 条检查方法是:将仪器放在温度为 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $>90\%$ 的环境中 4 h 后,然后移到温度为 $0^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 的环境中,检查玻璃窗内表面是否有水汽凝结。

6.4 性能测试

一般检查合格的直接辐射表方可进行性能测试。

6.4.1 绝缘电阻测试

6.4.1.1 测试设备

电压为 100 V 的兆欧表。

6.4.1.2 测试方法

兆欧表的测试端分别与仪器的一个输出端和基座的金属部分相连,测得的电阻即为绝缘电阻。

测试结果应符合 5.2.1 要求。

6.4.2 内阻测试

6.4.2.1 测试设备

0.05 级、分辨率为 $1\ \mu\text{V}$ 的数字多用表。

6.4.2.2 测试方法

a) 盖上仪器遮光罩,用数字多用表的欧姆档直接测量。

b) 调换极性,至少测量两次,取其平均值为测量结果(修约到小数点后一位)。

测试结果应符合 5.2.2 要求。

6.4.3 灵敏度测试

6.4.3.1 测试仪器仪表

标准直接辐射表,0.05 级、分辨率为 $1\ \mu\text{V}$ 的数字多用表或辐射数据采集器。

6.4.3.2 测试方法

a) 计算当天太阳高度角大于 15° 和满足其他室外测试环境条件下,将标准直接辐射表和被测仪器同时放在室外平台上(标准直接辐射表和被测仪器之间的距离不大于 20 m),调整直接辐射表底座上的南北线对准南北方向,接通带自动跟踪装置的驱动电源。电测仪器放在室外阴凉处,以免阳光直接照射。清除玻璃窗上的灰尘,调整好仪器的水平,并与电测仪表(数字多用表或辐射数据采集器)正确连接。

b) 取下遮光罩,检查仪器输出信号的大小和稳定性;在正式测量之前,所有仪器及仪表应预热半小时以上。

c) 将标准直接辐射表和被测仪器的遮光罩取下,对准太阳,预热 2 min 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。

d) 取下标准直接辐射表和被测仪器的遮光罩,对准太阳,稳定 2 min 后,对标准直接辐射表和被测仪器同时进行太阳直接辐射的测量,采样间隔时间不小于 10 s,测量次数不少于 20 次(一般在地方时 10 h~14 h 之间进行)。同时记录下测量期间的平均气温。

e) 读数完毕后将遮光罩盖上,2 min 后,复测各仪器的零位值。

f) 正式采样测试期间,不许人员靠近,以免遮挡、反射阳光,对测量结果造成影响。

6.4.3.3 数据处理

a) 根据标准仪器和被测仪器同时采集的瞬时值(经零位修正后),按式(3)计算每次测量的比值 $F_{(i)}$ (修约到小数后三位):

$$F_{(i)} = \frac{V_{(i)}}{V_{0(i)}} \dots\dots\dots(3)$$

式中:

$V_{(i)}$ ——被测仪器的第 i 个输出值减去两次零位的平均值;

$V_{0(i)}$ ——标准仪器的第 i 个输出值减去两次零位的平均值。

b) 对于具有 n 次测量数据来说,按式(4)确定最后比值的平均值 F :

$$F = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_{(i)} \dots\dots\dots(4)$$

c) 按式(5)计算被测仪器的灵敏度 K :

$$K = K_0 \cdot F \dots\dots\dots(5)$$

式中:

K_0 ——标准直接辐射表的灵敏度, $\mu V \cdot W^{-1} \cdot m^2$ 。

K 值的计算结果修约到小数后两位。

e) 按式(6)计算单个测量值的标准偏差 s :

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (F_{(i)} - F)^2} \dots\dots\dots(6)$$

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

测试结果应符合 5.2.3 要求。

6.4.4 响应时间测试

6.4.4.1 测试设备

0.05 级、分辨率为 $1 \mu V$ 的数字多用表或辐射数据采集器,秒表,室内测试设备。

6.4.4.2 测试方法

a) 可在室外阳光下,也可在室内测试设备上,可采取蔽光测试,也可采取曝光测试。

b) 采取蔽光测试时,按式(7)计算响应时间的测点位置 P :

$$P = \frac{V - V_0}{100} + V_0 \dots\dots\dots(7)$$

式中:

V ——读数,即曝光时仪器的输出值;

V_0 ——零位值。

c) 取三次测量的平均值作为响应时间的测量结果。

测试结果应符合 5.2.4 要求。

6.4.5 跟踪误差的测试

6.4.5.1 测试设备

专用检查量具。

6.4.5.2 测试方法

a) 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。

b) 待直接辐射表自动跟踪 24 h 后,检查器具记下光点位置。

c) 按式(8)计算跟踪误差 Δa :

$$\Delta a = \arctan \frac{\Delta S}{L} \dots\dots\dots(8)$$

式中:

ΔS ——光点与光靶的偏离距离;

L ——光筒上对光孔至光靶的距离。

用上述相同的方法重复检查三次。

测试结果应符合 5.2.5 要求。

6.4.6 非线性误差的测试

6.4.6.1 测试设备

0.05 级、分辨率为 1 μV 的数字多用表或辐射数据采集器,室内测试设备。

6.4.6.2 测试方法

a) 在符合室内测试条件的情况下进行测试。要求入射光线与仪器感应面垂直时的辐照度分别为 250 W·m⁻²、500 W·m⁻²、750 W·m⁻²、1 000 W·m⁻²,测定各辐照度下的仪器灵敏度。

b) 以 500 W·m⁻²辐照度仪器的灵敏度为准,按式(9)计算各辐照度下的非线性误差 δ_i:

$$\delta_i = \left| 1 - \frac{K_i}{K_{500}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots(9)$$

式中:

K_i——各测试点上的灵敏度;

K₅₀₀——辐照度为 500 W·m⁻²时的灵敏度。

测试结果应符合 5.2.6 要求。

6.4.7 温度误差测试

6.4.7.1 测试设备

0.05 级、分辨率为 1 μV 的数字多用表或辐射数据采集器,室内测试设备,辐射仪器温度测试箱。

6.4.7.2 测试方法

a) 仪器置于辐射仪器温度测试箱内,入射光通过测试窗口垂直照射于仪器感应面,辐照度为 500 W·m⁻²以上,温度测试范围为 -40℃~+40℃,测试点分别为 -40℃、-20℃、0℃、+20℃、+40℃。

b) 在不同温度点上分别读取仪器输出值,然后以 20℃为准,按式(10)计算各点相对于该点的温度误差 δ_t:

$$\delta_t = \left| 1 - \frac{N_t}{N_{20}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots(10)$$

式中:

N_t——各不同温度点上的仪器输出值;

N₂₀——20℃时仪器输出值。

测试结果应符合 5.2.7 要求。

6.4.8 年稳定性测试

在测试期间,直接辐射表在室内温度(20±15)℃和相对湿度≤90%的自然条件下保存。

6.4.8.1 测试设备

0.05 级、分辨率为 1 μV 的数字多用表或辐射数据采集器,室内测试设备。

6.4.8.2 测试方法

在符合室内测试条件的情况下进行测试,测试仪器感应面应与入射光线垂直,且总辐照度为 1 000 W·m⁻²±10 W·m⁻²。

a) 把总辐射表放在工作台上,先进行第一组总辐射表的 10 次读数,各次读数时间间隔 10 s~15 s (以下各读数与此相同)。

b) 把被测仪器放在工作台上,进行被测仪器的 10 次读数。

c) 再放上总辐射表,进行第二组的 10 次读数。

6.4.8.3 数据处理

a) 按式(11)计算总辐射表第一组和第二组测量数据平均值 A:

$$A = \frac{A_1 + A_2}{2} \dots\dots\dots(11)$$

式中:

A_1 ——总辐射表第一组 10 次读数的平均值;

A_2 ——总辐射表第二组 10 次读数的平均值。

b) 按式(12)计算被测仪器相应灵敏度 K_r :

$$K_r = K_0 \frac{B}{A} \dots\dots\dots(12)$$

式中:

K_0 ——总辐射表的灵敏度, $\mu\text{V} \cdot \text{W}^{-1} \cdot \text{m}^2$;

B ——被测仪器 10 次读数的平均值。

c) 一年内,每三个月用相同方法在室内测试一次,按式(13)计算年稳定性 δ_K :

$$\delta_K = \left| 1 - \frac{K_{\max}}{\bar{K}_r} \right| \times 100\% \dots\dots\dots(13)$$

式中:

K_{\max} ——一年内四次测试的最大相应灵敏度;

\bar{K}_r ——一年内四次测试的相应灵敏度的平均值。

测试结果应符合 5.2.8 要求。

6.4.9 低温试验

按 GB/T 2423.1 中 Ab 的有关规定进行。试验参数如下:

试验温度: $-40^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$;

持续时间: 2 h;

温度变化速率: $\leq 1^\circ\text{C}/\text{min}$ 。

整个过程中仪器应能正常工作。

6.4.10 高温试验

按 GB/T 2423.2 中 Bb 的有关规定进行。试验参数如下:

试验温度: $50^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$;

持续时间: 2 h;

温度变化速率: $\leq 1^\circ\text{C}/\text{min}$ 。

整个过程中仪器应能正常工作。

6.4.11 交变湿热试验

按 GB/T 2423.4 的有关规定进行,高温温度为 55°C ,相对湿度为 $95\% \pm 3\%$,试验周期 24 h。仪器应能正常工作。

6.4.12 运输试验

按 JB/T 9329 的有关规定进行。试验结束后,仪器结构无破裂、明显变形和松动等现象,仪器应能正常工作。

7 检验规则

7.1 检验分类

本标准规定的检验分为:

a) 型式检验;

b) 出厂检验。

7.2 检验分组

本标准规定的型式检验和出厂检验均分为下列三个检验组:

- a) A组检验:由外观检查,结构检查等组成。
- b) B组检验:以性能试验为主。
- c) C组检验:环境条件试验。

7.3 检验项目

检验项目见表1。

表1 检验项目

序号	检验项目	型式检验	出厂检验	技术要求条文	试验方法
1	A组检验 外观	●	●	5.1.1~5.1.11	6.3.1~6.3.2
2	B组检验 绝缘电阻	●	●	5.2.1	6.4.1
3	内阻	●	●	5.2.2	6.4.2
4	灵敏度	●	●	5.2.3	6.4.3
5	响应时间	●	●	5.2.4	6.4.4
6	跟踪误差	●	●	5.2.5	6.4.5
7	非线性误差	●	●	5.2.6	6.4.6
8	温度误差	●	○	5.2.7	6.4.7
9	年稳定性	●	○	5.2.8	6.4.8
10	C组检验 低温检验	●		5.3.1	6.4.9
11	高温检验	●		5.3.1	6.4.10
12	交变湿热检验	●		5.3.2	6.4.11
13	运输检验	●		5.3.3	6.4.12

注:

- 1 ●表示必须进行检验的项目;
- 2 ○表示为需要时检验的项目。

7.4 检验标准与设备

检验标准应具有可溯源性,检验设备应在检定有效期内。

7.5 缺陷的判定

7.5.1 分类

本标准规定缺陷分为重缺陷和轻缺陷。

7.5.2 重缺陷

检测的性能指标误差超过规定的范围。

7.5.3 轻缺陷

只有外观有缺陷,但不影响仪器的性能。

7.6 型式检验

型式检验是用于本型号的若干样品进行的一系列完整的检验。

7.6.1 检验目的

确定生产方是否有能力生产符合本标准要求的產品。

型式检验在下列情况下进行:

- a) 新产品定型时;
- b) 主要设计、工艺、材料及元器件有重大变更时;
- c) 停产二年以上再生产时;
- d) 对成批生产的直接辐射表定期抽检时。

7.6.2 检验项目

表 1 中的全部项目。

7.6.3 抽样

7.6.3.1 A 组检验

随机抽取三台仪器进行 A 组检验。

新产品定型时,样机如少于三台,则全数检验。

7.6.3.2 B 组检验

用 A 组检验合格的三台仪器进行 B 组检验。

7.6.3.3 C 组检验

在 B 组检验合格的三台仪器中随机抽取二台进行 C 组检验。

7.6.4 合格判断

在 A~C 组检验中不允许出现重缺陷,但允许出现三个以内轻缺陷。出现轻缺陷时,应排除故障,再次检验合格后,才能进行下一个检验。在 A~C 组检验全部合格后才能判定检验合格。

7.7 出厂检验

出厂检验是对每台仪器在出厂前进行的一系列检验,以判定是否符合产品标准的要求。

7.7.1 A 组检验

A 组检验是全部检验;

A 组检验不允许出现重缺陷,若出现则判 A 组检验不合格;

A 组检验出现轻缺陷,经返修再检验合格后判 A 组检验合格。

7.7.2 B 组检验

B 组检验是全部检验;

B 组检验不允许出现重缺陷,若出现则判 A 组检验不合格;

B 组检验出现轻缺陷,经返修再检验合格后判 A 组检验合格。

7.7.3 出厂检验的合格判定

A、B 各组检验合格的产品,才能判定为出厂检验合格。

8 标志、包装、运输、储存

8.1 标志

8.1.1 产品标志

- a) 制造厂名;
- b) 产品名称和型号;
- c) 出厂编号;
- d) 出厂日期。

8.1.2 包装标志

- a) 产品名称、型号和数量;
- b) 制造厂名;
- c) 包装箱编号;
- d) 外形尺寸;
- e) 毛重;
- f) “小心轻放”、“向上”等符合规定的标志。

8.2 包装

8.2.1 包装箱应牢固,内有防振动等措施。

8.2.2 每个包装箱内都有装箱单。

8.3 运输

应适合 JB/T 9329 的有关规定。

8.4 贮存

包装好的产品应贮存在环境温度 $-10^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度小于 80% 的室内,且周围无腐蚀性挥发物。

9 产品的成套性

- a) 直接辐射表一台;
- b) 使用说明书一份;
- c) 检定证书一份;
- d) 合格证一张;
- e) 保修单一份;
- f) 装箱清单一份。

附录 A
(资料性附录)

室内检测设备和温度试验箱的性能指标要求

A.1 室内检测设备

- a) 有效辐照面积： $\geq 100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ ；
- b) 辐照度： $250 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \sim 1\,250 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 范围内可调；
- c) 辐照不均匀度： $\pm 1\%$ ；
- d) 辐照不稳定性： $\pm 0.5\%$ ；
- e) 光束准直角： $\leq 2.5^\circ$ ；
- f) 光谱辐照度：分布按国际 A 级 AM1.5 太阳光谱匹配；
- g) 太阳高度角和方位角的角度转动误差： $\pm 0.1^\circ$ 。

A.2 温度试验箱

- a) 温度范围： $-40^\circ\text{C} \sim +40^\circ\text{C}$ ；
 - b) 控温精度： $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ；
 - c) 温度场均匀性： $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。
-