

天津市地方计量技术规范

JJF(津) 113—2023

电致发光缺陷检测仪校准规范

Calibration Specification for Electroluminescence Defect Detection
System

2023—12—15 发布

2024—03—15 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

电致发光缺陷检测仪校准 规范

Calibration Specification for

Electroluminescence Defect Detection

System

JJF(津) 113—2023

归口单位：天津市市场监督管理委员会

主要起草单位：天津市计量监督检测科学研究院电
子仪表实验所

本规范委托天津市计量监督检测科学研究院电子仪表实验所负责解释

本规范主要起草人：

马新新 （天津市计量监督检测科学研究院电子仪表实验所）

任 晟 （天津市计量监督检测科学研究院电子仪表实验所）

冯 宇 （天津市计量监督检测科学研究院电子仪表实验所）

参加起草人：

楚 铭 （天津市计量监督检测科学研究院电子仪表实验所）

杨雪辰 （天津市计量监督检测科学研究院电子仪表实验所）

目 录

引言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 术语和计量单位.....	(1)
3.1 电致发光.....	(1)
3.2 缺陷	(1)
3.3 线对	(1)
3.4 空间分辨率.....	(1)
3.5 线对每毫米.....	(2)
3.6 空间分辨率测试板.....	(2)
3.7 正向电流.....	(2)
3.8 施加电压.....	(2)
4 概述.....	(2)
5 计量特性.....	(3)
5.1 空间分辨率.....	(3)
5.2 正向电流.....	(3)
5.3 施加电压.....	(3)
6 校准条件.....	(3)
6.1 环境条件.....	(3)
6.2 测量标准及其他设备.....	(3)
7 校准项目和校准方法.....	(5)
7.1 校准前检查.....	(5)
7.2 空间分辨率.....	(5)
7.3 正向电流.....	(7)
7.4 施加电压.....	(7)
8 校准结果.....	(8)
9 复校时间间隔.....	(9)
附录 A 电致发光缺陷检测仪校准原始记录参考格式	(10)
附录 B 电致发光缺陷检测仪校准证书内页推荐格式	(12)
附录 C 空间分辨率测试板参考样式及建议	(13)
附录 D 电致发光缺陷检测仪空间分辨率测量结果不确定度评定示例 ...	(14)
附录 E 电致发光缺陷检测仪正向电流测量结果不确定度评定示例	(16)
附录 F 电致发光缺陷检测仪施加电压测量结果不确定度评定示例	(18)

引 言

本规范依据国家计量技术规范 JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》和 JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》为基础性系列规范进行编写。

本规范为首次发布。

电致发光缺陷检测仪校准规范

1 范围

本规范适用于电致发光缺陷检测仪（又称 EL 测试仪，以下简称缺陷检测仪）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1001-2011 通用计量术语及定义

JJF 1597-2016 《直流稳定电源校准规范》

T/CPIA 0009—2019 电致发光成像测试晶体硅光伏组件缺陷的方法

IEC TS 60904-13: 2018 光伏器件 第 13 部分：光伏组件电致发光测试 (Photovoltaic devices - Part 13: Electroluminescence of photovoltaic modules)

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语和计量单位

3.1 电致发光 Electroluminescence 简称 EL，是在一定电场作用下，材料被电能激发所产生的发光现象。

3.2 缺陷 Defect

通过电致发光作用，在光伏组件中观察到的对组件性能造成不良影响的特征，通常有黑心、黑边、亮斑、裂纹、断栅等。

3.3 线对 Line pairs

具有同样方向及宽度的黑白条纹，且经过校准。

3.4 空间分辨率 Spatial resolution

表示数字图像拍摄系统或数字图像拍摄系统组件分辨空间图像细节能力的度量，图像上能够详细区分的最小单元的尺寸或大小对应的是最高的空间分辨率。进行空间分辨率测试的图案通常可以采用连续排列的线对。

3.5 线对每毫米 Line pairs per millimeter

空间分辨率的单位，表示为 lp/mm，是分辨能力的度量单位，采用一毫米内能分辨等间隔黑白线对数表示分辨能力的度量单位，用 R_s 表示。能分辨的线对数越多，其能分辨每根线的宽度也越小，分辨能力也越好。

3.6 空间分辨率测试板 Spatial resolution test chart

为校准成像系统的空间分辨率而规定的测试图配置的测试板。

3.7 正向电流 Forward current

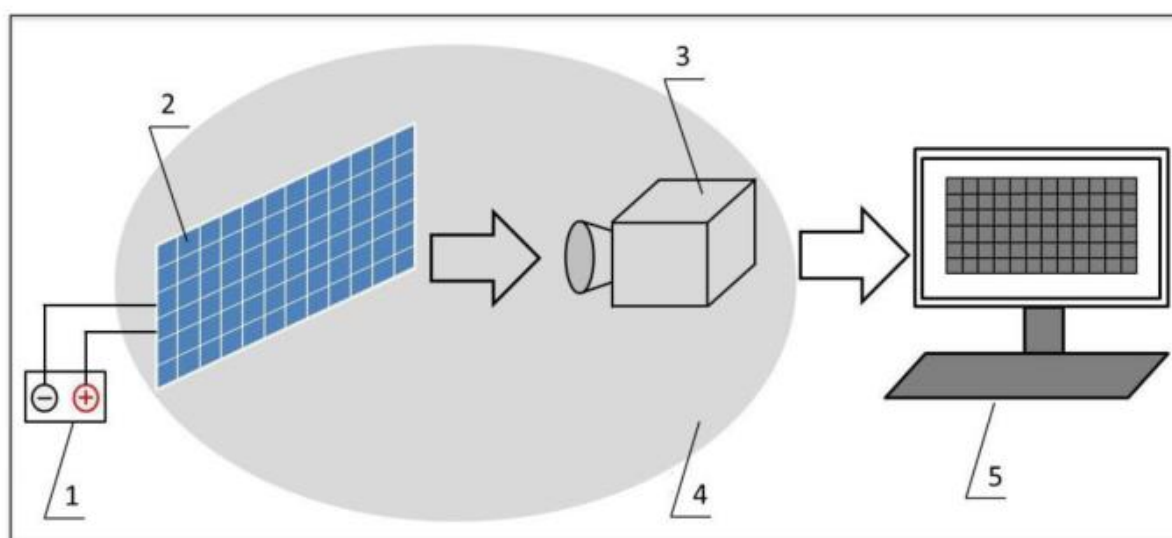
也称为偏置电流，表示电源输出的直流电流。

3.8 施加电压 Applied voltage

表示电源输出的直流电压。

4 概述

缺陷检测仪常用于光伏组件生产企业和光伏系统检测机构。该设备利用电致发光的原理，通过向光伏组件提供正向电流，使光伏组件产生电致发光现象，并使用红外相机对太阳组件的缺陷进行检测。其主要由直流电源、成像系统、暗室或遮光箱体、图像处理系统组成。典型原理如图 1 所示：



1—直流电源;2—测试样品(组件);3—成像系统;4—暗室或遮光箱体;5—图像处理系统

图 1 缺陷检测仪典型原理图

5 计量特性

5.1 空间分辨率

缺陷检测仪的空间分辨率测量值的范围为 $(2.00 \sim 0.25) \text{ lp/mm}$ ，单个条纹宽度范围为 $(0.25 \sim 2.00) \text{ mm}$ 。按照空间分辨率测量值将空间分辨率分为A+、A、B、C四个等级。等级分级如表1所示。

表1 空间分辨率等级

等级	空间分辨率 (lp/mm)
A+	$1.00 \leq R_s$
A	$0.50 \leq R_s < 1.00$
B	$0.25 \leq R_s < 0.50$
C	$R_s < 0.25$

5.2 正向电流

正向电流一般应覆盖铭牌标识的正向电流测量范围，最大允许误差 $\pm 5\%$ 。

5.3 施加电压

施加电压一般应覆盖铭牌标识的施加电压测量范围，最大允许误差 $\pm 5\%$ 。

注：具体计量特性，可参照被校测试仪的技术要求。以上要求不适用于合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

环境温度： $(25 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ；

环境湿度：不大于85%RH；

校准环境应采取遮光措施，防止太阳、白炽光源及其他光源的干扰。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 空间分辨率测试板

空间分辨率测试板采用不同粗细具有相同宽度的黑白条纹(遮光条纹和透光条纹)作为校准图案，线对条纹示意图如图2所示，图中d为单个条纹宽度。

空间分辨率测试板上的线对至少具有横向和纵向两种排布方式，每种方式应至少有19组的线对。线对组采用等比数列排列，比例系数为 $10^{0.05}$ ，范围为 $(0.25 \sim 2.00) \text{ lp/mm}$ 。推荐线对组成如表2所示。其中空间分辨率与条纹宽度对应关系如式(1)。

$$R_s = \frac{1}{2 \times d} \quad (1)$$

式中:

R_s ——空间分辨率, lp/mm;

d ——单个条纹宽度, mm;

线对中单个条纹宽度范围为(0.25~2.00)mm, 与标称值的示值误差均不超过±0.02mm。
空间分辨率测试板参考样式如附录 C 所示。

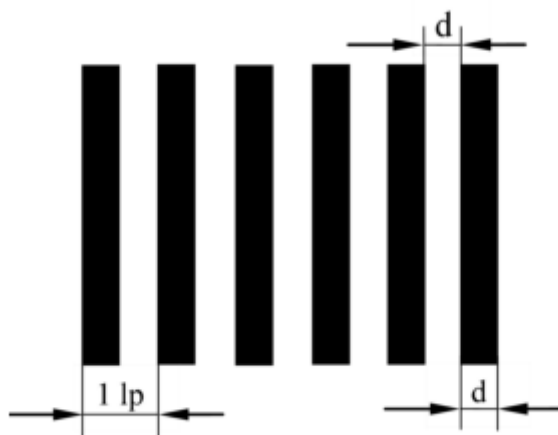


图 2 线对条纹示意图

表 2 空间分辨率测试板推荐的线对组成

线对(lp/mm)	0.25	0.28	0.31	0.35	0.40	0.44	0.50	0.56	0.63	0.70
d(mm)	2.00	1.78	1.59	1.42	1.26	1.12	1.00	0.89	0.80	0.71
线对(lp/mm)	0.79	0.89	1.00	1.11	1.25	1.39	1.56	1.79	2.00	—
d(mm)	0.63	0.56	0.50	0.45	0.40	0.36	0.32	0.28	0.25	—

6.2.2 电流表或电流校准装置

电流测量范围应覆盖被测对象的正向电流测量范围, 最大允许误差±1%。

6.2.3 电压表或电压校准装置

电压测量范围应覆盖被测对象的施加电压测量范围, 最大允许误差±1%。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准前检查

缺陷检测仪的铭牌标识应清晰、完整，应至少包括名称、型号、生产厂商或商标、出厂编号和电流、电压输出范围等内容。

缺陷检测仪成像系统零部件应清洁，无裂痕、发暗、霉斑、脱胶、开胶、脱膜等瑕疵，也不可有气泡、条纹、沙眼、斑点、污迹、尘埃、灰雾状瑕疵及其他明显瑕疵，镜头表面的镀膜应牢固均匀，无明显的擦伤现象，镀(涂)层不允许产生导致画面密度差或灰雾的内反射。

用于发光的组件或电池片应能正常工作且发光良好，不存在裂痕、暗斑、发暗等影响成像的瑕疵，表面应清洁，无明显的擦伤、污迹及尘埃。

7.2 空间分辨率

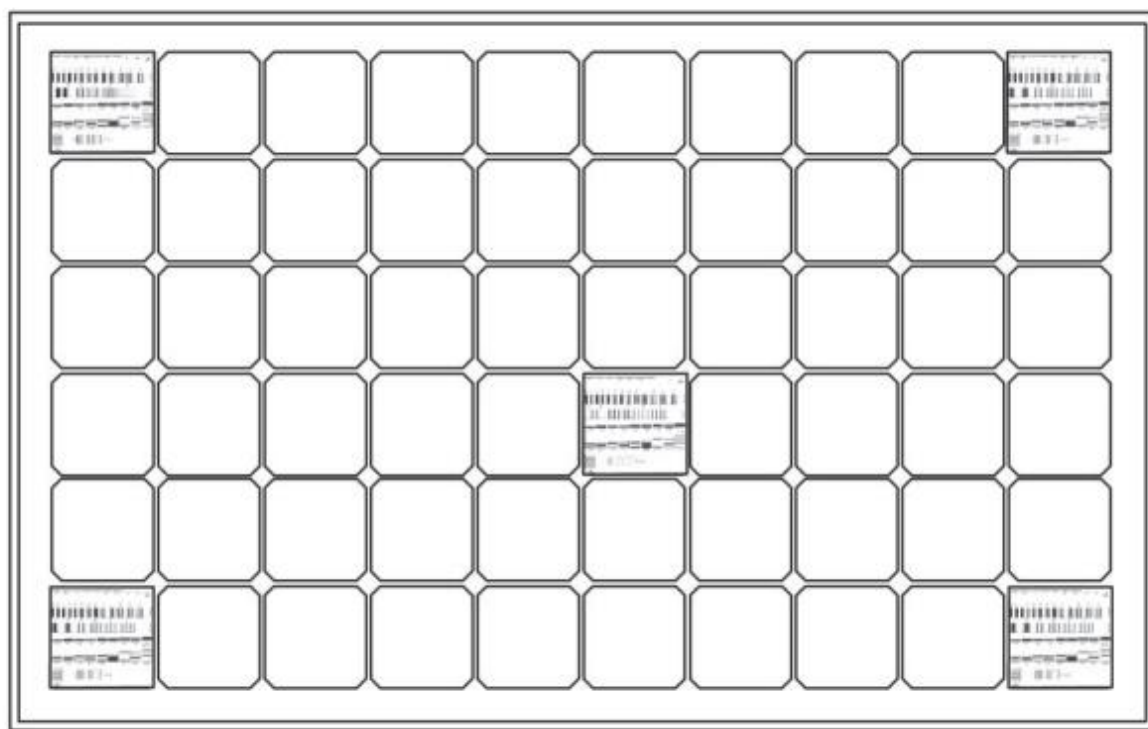


图 3 组件空间分辨率测试板粘贴位置示意图

测量组件电致发光缺陷检测仪时，采用光组件作为辅助，将空间分辨率测试板粘贴在组件的大致中心位置以及边角位置的电池上，粘贴时用手拿取测试板的边缘部分，将测试

板与被选取电池的几何中心对齐，再用双面胶或胶带将测试板平整地粘贴在组件上。粘贴空间分辨率测试板时应当在选取的 5 个位置上各粘贴一张，总计 5 张。若使用一张空间分辨率测试板，则可以对同一个组件分多次粘贴并成像。粘贴位置示意图如图 3 所示。

将缺陷检测仪电源输出端的正负极分别与组件连接端的正负极对应连接，然后打开并调整电源输出电流和电压，再使用空间分辨率测试板进行校准。

以组件发出的光作为背景光，透过空间分辨率测试板对图像进行拍摄，获取 EL 原始图像。获取原始图像后，采用软件对原始图像进行缩放操作，以满足人眼的最佳观察条件和目视检测需求。采取目视方法，当条纹图案中有两条以上的线不粘合在一起视为能够分辨，记录相应的空间分辨率。

目视 EL 图像中各个位置空间分辨率测试板的成像情况，分别记录各对应位置的空间分辨率 R_{si} 。根据各个位置的测试结果，取其中数值最小的作为缺陷检测仪的空间分辨率结果：

$$R_s = \min\{R_{si}\} \quad (2)$$

式中：

R_s ——缺陷检测仪的空间分辨率结果，lp/mm；

R_{si} ——第 i 个位置时，能够分辨的空间分辨率，lp/mm；

i ——空间分辨率测试板放置位置编号， $i=1, 2, \dots, 5$ 。

测量电池片电致发光缺陷检测仪时，采用单个电池片封装组件作为辅助，将空间分辨率测试板粘贴在电池片的几何中心位置上，粘贴位置示意图如图 4 所示。目视 EL 图像中空间分辨率测试板的成像情况，记录能够分辨的空间分辨率，作为缺陷检测仪的空间分辨率结果。



图 4 电池片空间分辨率测试板粘贴位置示意图

空间分辨率结果参照表 1 将不同的缺陷检测仪分为 A+、A、B、C 四个等级。

7.3 正向电流

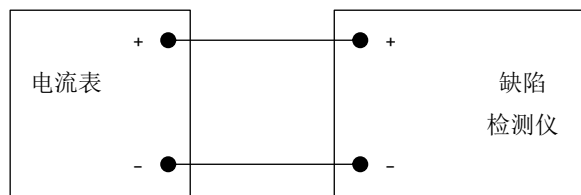


图 5 正向电流连接示意图

将电流表与缺陷检测仪的输出端正负极相连，如图 5 所示。设置缺陷检测仪控制软件，使得电源能够持续输出直流电流，等待数值稳定后，开始读取电流表上的电流值 I_0 ，同时记录被校缺陷检测仪示值 I 。一般校准正向电流的 10%、50%和 100%量程值点，也可按照现场要求选择校准点，正向电流相对误差为：

$$\delta_I = \left(\frac{I - I_0}{I_0} \right) \times 100\% \quad (3)$$

式中：

δ_I ——正向电流相对误差，%；

I ——被校缺陷检测仪电流示值，A；

I_0 ——电流表测得的电流值，A。

7.4 施加电压

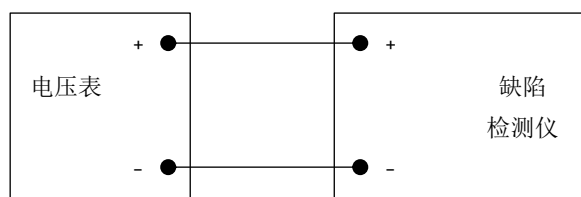


图 6 施加电压连接示意图

将电压表与缺陷检测仪电源的输出端正负极相连，如图 6 所示。设置缺陷检测仪控制软件，使得电源能够持续输出直流电压，等待数值稳定后，开始读取电压表上的电压值 U_0 ，同时记录被校缺陷检测仪示值 U 。一般校准施加电压的 10%、50%和 100%量程值点，也可按照现场要求选择校准点，施加电压相对误差为：

$$\delta_U = \left(\frac{U - U_0}{U_0} \right) \times 100\% \quad (4)$$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/988052114141006116>