

ICS: 31.120

CCS: L53

世界超高清视频产业联盟标准

T/UWA 052-2026

超高清 OLED 显示器件动态清晰度测试方法

Measurement method for dynamic definition of ultra-high definition OLED display devices

2026 - 09 - 21 发布

2026 - 09 - 21 实施

目 次

前 言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 缩略语..... 2

5 测试条件..... 2

 5.1 测试环境..... 2

 5.2 暗室..... 2

 5.3 测试状态..... 2

 5.4 测试图案和运动参数..... 2

 5.5 测试仪器..... 3

6 测试方法..... 4

 6.1 概述..... 4

 6.2 图像采集..... 4

 6.3 图像处理..... 5

 6.4 数据计算..... 6

 6.5 结果表示..... 9

附 录 A（规范性） 过充/欠充补偿修正..... 10

 A.1 概述..... 10

 A.2 计算方法..... 10

参考文献..... 13

前 言

本文件参照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由世界超高清视频产业联盟提出并归口。

本文件主要起草单位：京东方科技集团股份有限公司、OPPO 广东移动通信有限公司、重庆京东方显示科技有限公司、咪咕文化科技有限公司、联发科技股份有限公司、通标标准技术服务有限公司、莱茵技术（上海）有限公司、深圳市奥拓电子股份有限公司。

本文件主要起草人：王晶、王登宇、田雪松、张志刚、郑克宁、唐国强、来航曼、顾文斌、李思潼、孙家亮、于晓飞、孙世成、夏亮、咸树伟、毕蕾、叶碧纯、曾奎彰、梁倩霞、陈惠玲、蒋磊、谢明阳、王勇、严振航。

超高清 OLED 显示器件动态清晰度测试方法

1 范围

本文件规定了超高清 OLED 显示器件（以下简称“显示器件”）动态清晰度测试条件和测试方法。
本文件适用于超高清 OLED 显示器件的测试，其他技术类型的显示器件参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，标注日期 的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括 所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 20871.12—2024 有机发光二极管显示器件 第 1-2 部分：术语与文字符号

3 术语和定义

GB/T 20871.12-2024界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

动态清晰度 dynamic definition

显示器件在显示动态画面时，由于像素响应延迟、人眼视觉暂留及平滑追踪效应共同作用导致的图像模糊程度。动态清晰度越高，动态画面的边缘锐度与细节可辨识度越好。

注：用加权动态清晰比表述。

3.2

帧间像素位移 pixel-shift per frame

在动态清晰度测试中，测试图案在相邻两帧之间沿移动方向所经过的像素数量，反映测试图案在屏幕上的帧间位移步长。

注：帧间像素位移由测试图案的移动角速度和帧率、相机拍摄距离、显示器件像素物理尺寸及刷新率共同决定。

3.3

模糊轮廓 blur profile

显示器件动态图像中运动模糊边缘的亮度空间分布曲线。

3.4

前沿 leading edge

在动态清晰度测试中，动态测试图像沿运动方向的前端边缘进入暗区的过渡区域，如图A. 1b) 所示。

3.5

后沿 trailing edge

在动态清晰度测试中，动态测试图像沿运动方向的后端边缘进入暗区的过渡区域，如图A. 1a) 所示。

3.6

动态清晰比 dynamic definition ratio

在动态清晰度测试中，总像素数与等效模糊贡献像素数的比值，数值越高表示运动图像越清晰。

注1：在不同测试条件下分别计算得到条件动态清晰比；对多个条件动态清晰比进行加权平均处理后得到加权动态清晰比。

注2：等效模糊贡献像素数是在动态清晰度测试中，显示设备因自身响应特性所产生的模糊效应折算像素数与观察者人眼追踪运动图像所产生的模糊效应折算像素数之和。

4 缩略语

以下缩略语适用于本文件。

DUT：待测样品（Device Under Test）

OLED：有机发光二极管（Organic Light-Emitting Diode）

PPF：帧间像素位移（Pixel-shift Per Frame）

5 测试条件

5.1 测试环境

除特殊说明外，测试应在如下的标准环境条件下进行：

——温度： $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ；

——相对湿度：25% RH~75% RH；

——大气压力：86 kPa~106 kPa。

注：当测试环境条件不同时，应在报告中加以说明。

5.2 暗室

环境光照度应小于或等于1 lx。如果条件不满足，则扣除环境光亮度并应在测试报告中注明。

5.3 测试状态

5.3.1 预热条件

测试应在显示器件预热后进行。预热时长从电源接通开始，输入100%的灰度等级到DUT,直到重复测试的亮度变化每分钟不超过2%、每小时不超过5%时所经历的时间。

5.3.2 标准设置状态

显示器件的首选安装方向应为垂直方向（图1a），也可选择水平方向安装（图1b）。应保证高速相机的光轴与显示器件中心区域正交垂直。

高速相机的图像坐标轴（行、列）应与显示器件的水平、竖直像素排列方向平行。

除非另有规定，显示器件的亮度、对比度、白场色度及其他相关参数应调整到产品详细规范规定的标准状态，且在测试报告中注明。

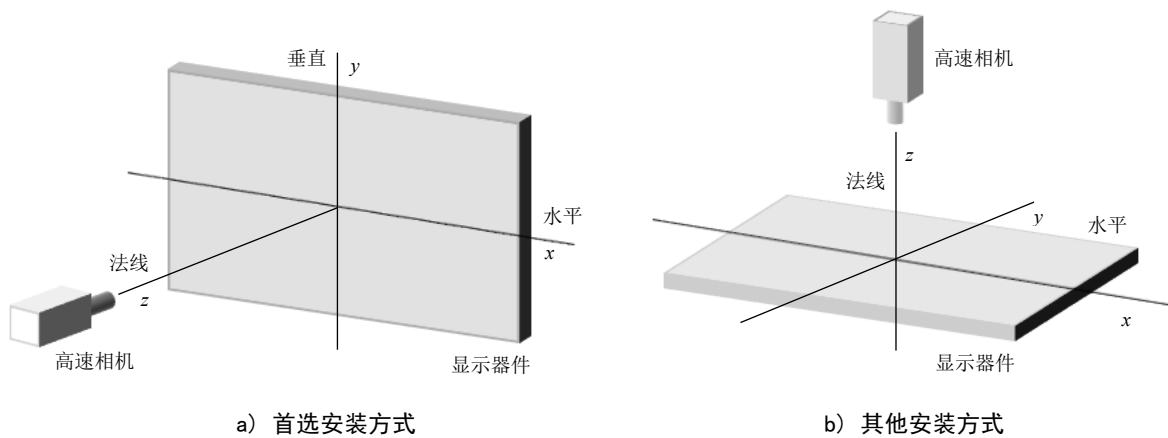


图1 测量位置图

5.4 测试图案和运动参数

5.4.1 测试图案

采用暗-明交替的矩形图案作为测试图案，且应在测试报告中注明。测试图案（示意图见图2）至少包括以下要求：

- 测试图案的明暗矩形宽度应足够宽，以便抓取显示的总体时间响应；
- 测试图案低灰阶区域应设置参考线，参考线灰阶应与低灰阶区域有明显差异。参考线的线宽为1个像素，当参考线亮度不足时，可调整线宽为2个像素。参考线到明暗交替线的距离宜为50个像素；
- 测试图案应支持被测样品的原生分辨率；
- 测试图案应包括垂直和水平两个方向的图案，其中明暗矩形的宽度应相同。

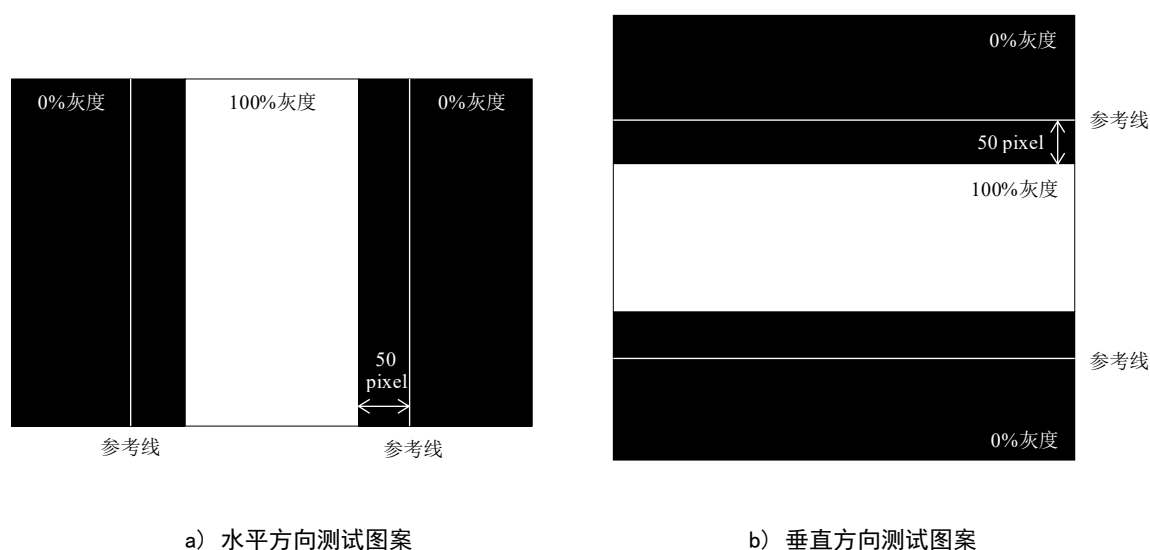


图2 测试图案示意图

5.4.2 运动角速度

测试图案在屏幕上的运动角速度应设置为 $15^\circ/\text{s}$ 。

注： $15^\circ/\text{s}$ 低于人眼平滑追踪能力上限速度，在此速度下测量能有效反应显示器件的动态清晰度。

5.4.3 位移量

测试图案在屏幕上的位移量用帧间像素位移（PPF）来表征，PPF按公式（1）计算，计算得到的PPF值记为 P_{decimal} ；若 P_{decimal} 为非整数，通过向上取整和向下取整得到两个整数PPF值，记为 P_{ceil} 和 P_{floor} 。

$$PPF = \frac{1000 \times \tan(7.5^\circ) \times 2d_v}{D \times f_v} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

PPF ——测试图案每帧移动的像素数，单位为像素每帧；

d_v ——人眼到显示器件屏幕的垂直距离，单位为mm；

D ——显示器件单个像素在测试图案移动方向上的物理尺寸，单位为um；

f_v ——测试图案的帧率，单位为帧每秒。 f_v 应与显示器件的刷新率保持一致。

注1：本文件计算公式中的PPF，除特别注明取整外，均指 P_{decimal} ；

注2：本文件规定的人眼到显示器件的垂直距离 d_v ，按照几何光学关系 $d_v = D / \tan(1')$ 计算，其中 D 为显示器件单个像素的物理尺寸， $1'$ 为人眼最小分辨角的工程取值（参见参考文献[3]）。

5.5 测试仪器

5.5.1 亮度计和色度计

亮度计测量屏幕上小面积的亮度，其范围至少满足 $0.001 \text{ cd/m}^2 \sim 3000 \text{ cd/m}^2$ 。

色度计应能够在亮度小于等于 2 cd/m^2 时，测量屏幕上小面积色度坐标 (x,y) 或 (u',v') 。宜采用分光型色度计。

5.5.2 长度测量仪器

长度测量仪器用于测量屏幕像素尺寸及屏幕到人眼距离等物理尺寸，其测量范围及准确度应满足测试要求。

注：使用钢直尺、钢卷尺、游标卡尺、激光测距仪等器具，或使用经校准的图像分析系统进行非接触式测量。

5.5.3 高速相机和镜头

高速相机的捕获帧率应不小于 10000 fps 。若图像出现明显噪声或亮度不足时，可适当降低帧率，但捕获帧率应不低于 7200 fps 。高速相机的空间分辨率不应低于待测显示器件像素密度的2.5倍。

镜头应具备对焦于被测显示面板子像素的能力，镜头视场角应小于 40° 。宜选用微距镜头。

5.5.4 图案信号发生器

产生与显示器件物理显示分辨率和刷新率相匹配的测试图案，且宜支持用户编辑或自定义测试图案内容。图案信号发生器的输出帧率应可调。图案信号发生器应配备控制终端或接口，用于选择测试图案，以及启动或停止测试程序。图案信号发生器的输出端应包括一个或多个接口，用于连接一个或多个显示输入终端。图案信号发生器还应具备触发信号输出功能，用于输出同步触发信号以启动数据采集过程。

注：无发生器时，使用具有相同功能的电脑替代图案信号发生器。

6 测试方法

6.1 概述

动态清晰度的测试基于显示器件在运动图像下的亮度响应特性和人眼追踪图像时产生的模糊效应。通过采集并处理显示器件上按规定速度移动的标准测试图案的图像序列，得到模糊区域的亮度随时间变化的数据，经数据处理得到表征动态清晰度的各项参数，测试步骤及计算流程如图3所示。

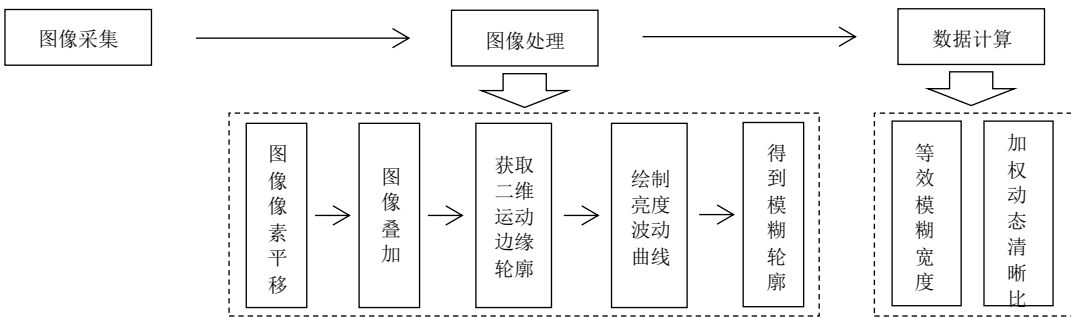


图3 动态清晰度测试步骤及计算流程图示

6.2 图像采集

图像采集步骤如下：

- 将显示器件调整到标准设置状态；
- 开启高速相机并完成系统标定，建立屏幕像素坐标与相机像素坐标的映射关系，记录标定结果；
- 在显示器件屏幕上显示已知单位尺寸的标尺图案，采用高速相机拍摄图像，使用公式（2）计算测试系统的放大倍数，并记录在测试报告中：

$$m = \frac{N_p}{N_d} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

m ——测试系统的放大倍数；

N_p ——标尺图案在拍摄图像中占据的像素数，单位为像素；

N_d ——标尺图案在显示器件屏幕中占据的像素数，单位为像素。

- d) 设置图像信号发生器的图像运动参数，使测试图像沿显示器件的水平方向从左到右运动，或垂直方向从上到下运动；
- e) 采用高速相机连续采集屏幕显示图像。采集的图像序列中，相机视场的中心点应完整记录测试图案在水平或垂直运动过程中产生的一个完整的亮度过渡过程（例如由暗态过渡到明态，或由明态过渡到暗态），并保存测试图像序列；

6.3 图像处理

按以下步骤处理采集的测试图像序列：

- a) 以参考线为基线，对每张图像进行像素平移；
 - 确定基准位置：以测试图像上参考线为对齐基线，从图像序列中选取一帧参考线清晰可见的图像，记录该帧中参考线的精确像素坐标位置，作为后续所有图像对齐的统一空间基准；
 - 确定各帧图像参考线实际位置：对每一帧采集图像，采用边缘检测或模板匹配等方法，自动提取该帧图像上参考线的实际像素坐标；
 - 计算偏移量：将每一帧图像中参考线的实际位置与基准位置进行比较，计算二者之间的像素偏移量（包括方向和大小）；
 - 执行平移：根据计算出的偏移量，对每一帧图像的整幅画面进行平移，使所有图像中的参考线均精确对齐至基准位置。
- b) 将平移后的图像序列叠加合成，采用累加后归一化方法，仅对全部图像共有的像素重叠区域内的亮度值进行计算，获得二维运动边缘轮廓。二维运动边缘轮廓的一个示例见图4；
- c) 使用二维高斯函数对二维运动边缘轮廓的每个像素进行滤波处理；
- d) 逐列计算像素亮度的算术平均值，以像素的水平位置为横轴，亮度值为纵轴，绘制亮度波动曲线；
- e) 以暗区亮度值为基准，对参考线区域的数据进行平滑滤波，得到模糊轮廓。模糊轮廓的一个示例见图5。

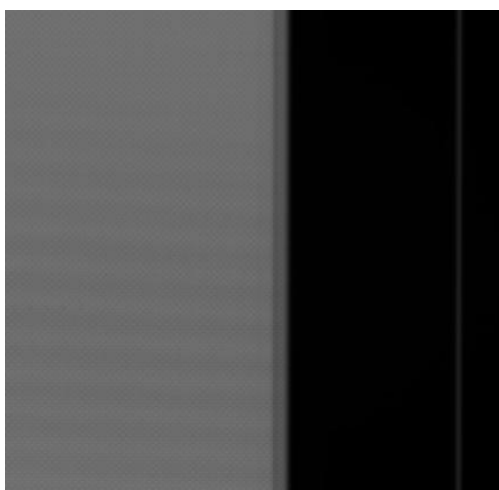


图4 二维运动边缘轮廓示例

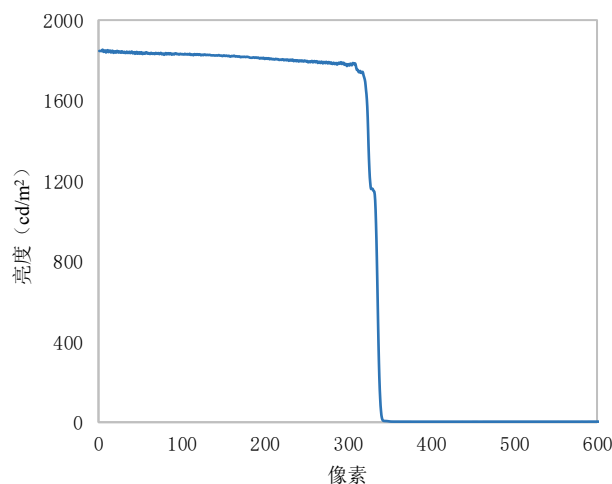


图5 模糊轮廓示例

6.4 数据计算

6.4.1 等效模糊宽度

6.4.1.1 亮度归一化

按公式 (3) 对模糊轮廓的亮度值进行归一化处理, 得到归一化后的亮度波动曲线:

$$I_{\text{norm}}(x) = \frac{I(x) - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$I_{\text{norm}}(x)$ ——像素点 x 归一化后的亮度值, 单位为坎德拉每平方米;

$I(x)$ ——像素点 x 的亮度值;

$I_{\min}$ ——模糊轮廓最小亮度值, 单位为坎德拉每平方米;

$I_{\max}$ ——模糊轮廓最大亮度值, 单位为坎德拉每平方米。

6.4.1.2 测量边界的选取

- a) 分别以归一化后的亮度曲线的前沿或后沿的拐点为起点, 向明区和暗区各外扩 N 个像素, 定义为数据搜索区, 用公式 (4) 计算 N 值:

$$N = 3 \times PPF \times m \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

m ——测试系统的放大倍数;

PPF ——测试图案每帧移动的像素数, 单位为像素每帧;

注1: 公式 (4) 中系数3为亮度稳定帧率, 其取值基于OLED显示器件亮度达到稳定状态的最低帧数。

注2: 公式 (4) 中 PPF 值建议取整数 P_{ceil} 或 P_{floor} 。

- b) 在数据搜索区遍历所有像素点, 寻找满足以下条件的锚点A和锚点B:

——锚点A: 位于明区, 坐标记作 (X_A, I_A) ;

——锚点B: 位于暗区, 坐标记作 (X_B, I_B) ;

——锚点A与锚点B的亮度差 $|I_A - I_B|$ 大于预设阈值, 预设阈值的推荐值为0.9;

——在所有满足条件的点对中, 选取使斜率绝对值 k 为最大的点对作为锚点A和锚点B, 用公式 (5) 计算斜率绝对值 k ;

$$k = \left| \frac{I_A - I_B}{X_A - X_B} \right| \quad \dots\dots\dots (5)$$

- c) 锚点A与锚点B对应的像素点为等效模糊宽度的测量边界点。当模糊轮廓的前沿或后沿存在由于显示器件过充或欠充导致的异常凸起或凹陷时,应按附录A的方法对等效模糊宽度的测量边界点进行修正。

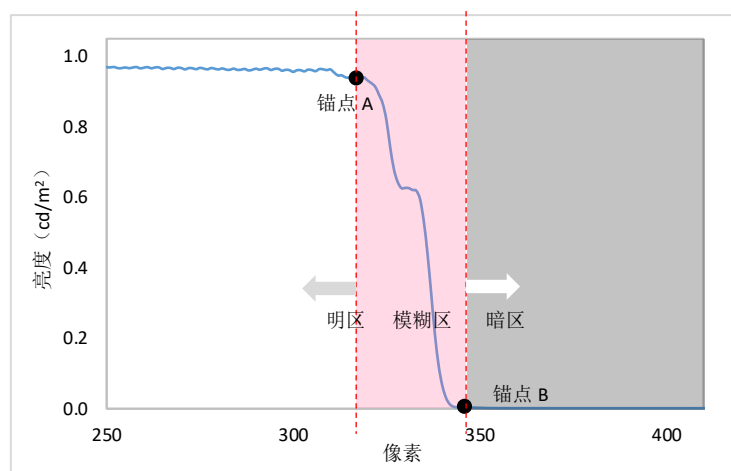


图6 等效模糊宽度测量边界点示例

6.4.1.3 等效模糊宽度的计算

使用公式(6)计算等效模糊宽度。

$$W_{\text{blur}} = \frac{|X_A - X_B|}{I_A - I_B} \times \frac{(I_{\text{max}} - I_{\text{min}})^2}{I_{\text{max}}} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

W_{blur} ——等效模糊宽度,单位为像素;

I_A 、 I_B ——锚点A、锚点B的亮度值;

X_A 、 X_B ——锚点A、锚点B的像素位置;

I_{min} ——模糊轮廓最小亮度值,单位为坎德拉每平方米;

I_{max} ——模糊轮廓最大亮度值,单位为坎德拉每平方米;。

6.4.2 加权动态清晰比

6.4.2.1 10° 视场角内总像素数的计算

采用10° 视场角作为可清晰观察的视角范围,按公式(7)计算10° 视场角内的总像素数:

$$P_{\text{total}} = \frac{2 \times \tan(5^\circ) \times d_v}{D} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

P_{total} —— 10° 视场角内,在测试图案移动方向上显示器件的总像素数,单位为像素;

d_v ——人眼到显示器件屏幕的垂直距离,单位为mm;

D ——显示器件单个像素在测试图案移动方向上的物理尺寸,单位为um;

6.4.2.2 过渡区亮度修正系数的计算

受OLED显示技术驱动特性影响,像素点亮后的首帧亮度存在个体差异性,采用亮度修正系数 λ 对过渡区亮度进行修正。前沿与后沿的亮度过渡形式不同,其修正系数的计算方法应分别采用不同公式:

——前沿亮度由暗向亮过渡,应使用公式(8)计算:

$$\lambda = \frac{S_B}{\text{ceil}(T_{\text{pov}} \times f_v \times PPF \times m)} \quad \dots\dots\dots (8)$$

——后沿亮度由亮向暗过渡,应使用公式(9)计算。

$$\lambda = 1 - \frac{S_A}{\text{ceil}(T_{\text{pov}} \times f_v \times PPF \times m)} \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:
 T_{pov} ——人眼视觉暂留时间的典型值,取值为0.04s;
 f_v ——测试图案的帧率,单位为帧每秒。 f_v 应与显示器件的刷新率保持一致;
 PPF ——测试图案每帧移动的像素数,单位为像素每帧;
 m ——测试系统的放大倍数;
 S_A ——锚点A为起点,在0.04s时间窗口内所有像素亮度值的累积和;
 S_B ——锚点B为起点,在0.04s时间窗口内所有像素亮度值的累积和。

6.4.2.3 条件动态清晰比的计算

使用公式(10)计算显示器件在 PPF 值分别为 P_{ceil} 和 P_{floor} 时,前沿模糊轮廓和后沿模糊轮廓的条件动态清晰比 R_i 。

$$R_i = 100 \times \frac{P_{\text{total}}}{W_{\text{blur}}/(\lambda \times m) + PPF} \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:
 R_i ——显示器件分别在*i*条件下的条件动态清晰比, $i=1, 2, 3, 4$,条件动态清晰比符号说明见表1;
 P_{total} ——10°视场角内,在测试图案移动方向上显示器件的总像素数,单位为像素;
 W_{blur} ——等效模糊宽度,单位为像素;
 λ ——过渡区亮度修正系数;
 m ——测试系统的放大倍数;
 PPF ——测试图案每帧移动的像素数,单位为像素每帧;
注:公式(10)中的 PPF 等效为每帧动态模糊宽度的贡献值, PPF 值应根据测试条件取 P_{ceil} 、 P_{floor} 或 P_{decimal} 。

表1 条件动态清晰比符号说明

条件	条件动态清晰比符号			
	R_1	R_2	R_3	R_4
PPF 值	P_{ceil}	P_{floor}	P_{ceil}	P_{floor}
模糊轮廓种类	前沿模糊轮廓	前沿模糊轮廓	后沿模糊轮廓	后沿模糊轮廓

6.4.2.4 加权动态清晰比的计算

使用公式(11)计算插值系数 α :

$$\alpha = \frac{\log(P_{\text{decimal}}/P_{\text{ceil}})}{\log(P_{\text{floor}}/P_{\text{ceil}})} \quad \dots\dots\dots (11)$$

使用公式（12）和公式（13）分别计算前沿模糊轮廓和后沿模糊轮廓的组合条件动态清晰比 $R_{1,2}$ 和 $R_{3,4}$ ：

$$R_{1,2} = \frac{R_1}{(R_1/R_2)^\alpha} \dots\dots\dots (12)$$

$$R_{3,4} = \frac{R_3}{(R_3/R_4)^\alpha} \dots\dots\dots (13)$$

使用公式（14）计算器件的加权动态清晰比 $R_{\text{definition}}$ ：

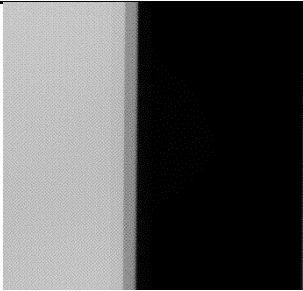
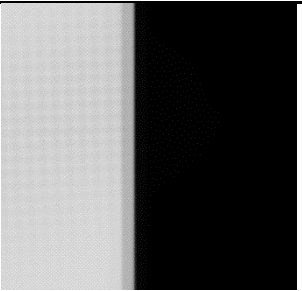
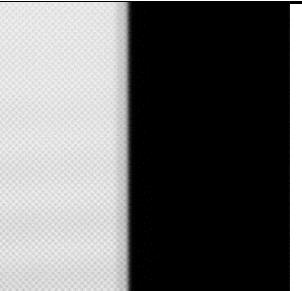
$$R_{\text{definition}} = \sqrt{R_{1,2} \times R_{3,4}} \dots\dots\dots (14)$$

- 式中：
- $R_{\text{definition}}$ ——显示器件的加权动态清晰比；
 - α ——插值系数；
 - R_1, R_2, R_3, R_4 ——条件动态清晰比，符号说明见表1；
 - $R_{1,2}$ ——前沿模糊轮廓的组合条件动态清晰比；
 - $R_{3,4}$ ——后沿模糊轮廓的组合条件动态清晰比。

6.5 结果表示

测试结果用数值表示。
示例：
动态清晰度报告的示例见表 2。

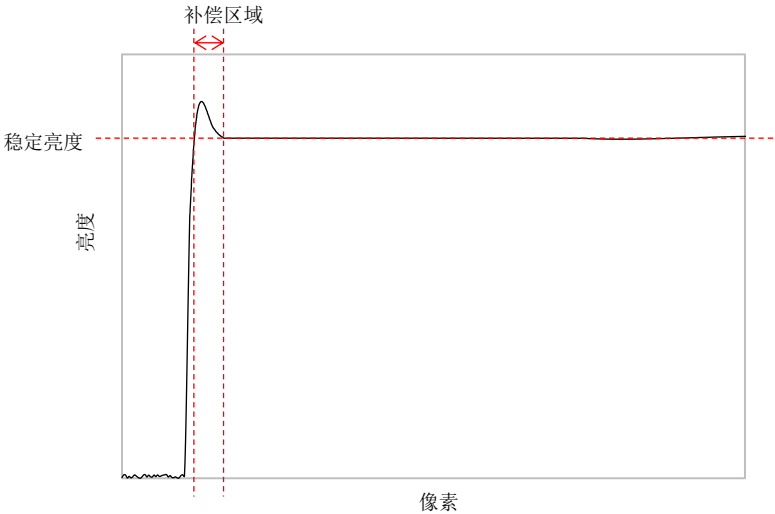
表2 动态清晰度报告的示例

	样品1	样品2	样品3
二维运动边缘轮廓			
等效模糊宽度 (pixel)	48.5	44.6	16.2
加权动态清晰比	2174	2878	6840

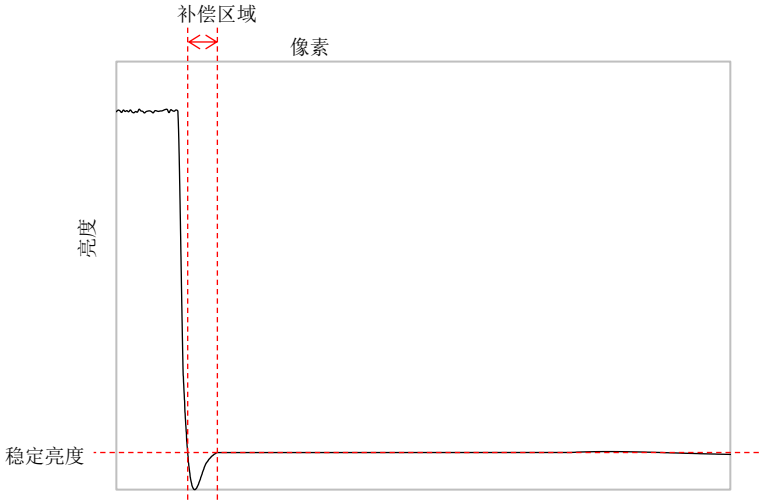
附录 A
(规范性)
过充/欠充补偿修正

A.1 概述

OLED 显示器件在动态画面驱动过程中，过充或欠充补偿现象会导致运动边缘出现异色伪影。当像素亮度出现异常，即高于明区亮度峰值或低于暗区亮度谷值时，应对异常区域亮度进行补偿；过充或欠充补偿过度，将导致模糊轮廓的前沿或后沿出现异常凸起或凹陷，示例如图A.1。



a) 过充补偿亮度曲线（后沿）



b) 欠充补偿亮度曲线（前沿）

图A.1 过充/欠充补偿亮度曲线示意图

A.2 计算方法

A.2.1 亮度曲线的修正处理

按公式 (A.1) 对过充补偿或欠充补偿亮度曲线的补偿区域进行修正处理, 修正后的亮度曲线如图 A.2 所示,

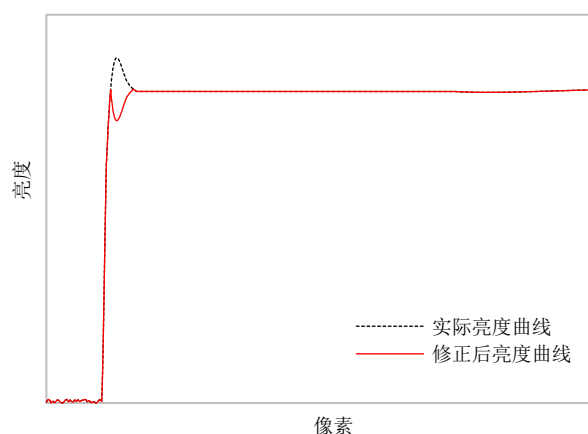
$$L_i = 2 * L_s - L_{i0} \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

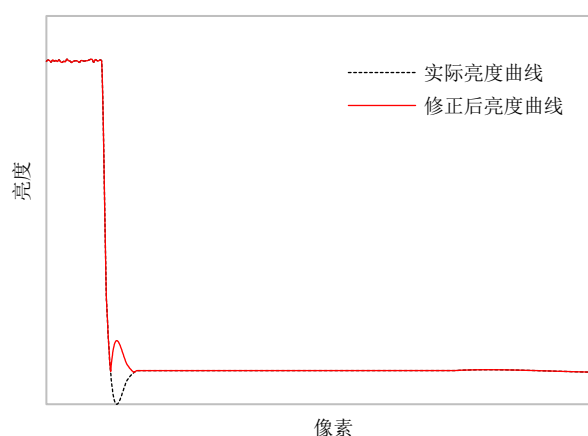
L_i ——像素 i 处修正后的亮度补正值;

L_{i0} ——像素 i 处的原始亮度值;

L_s ——明区或暗区的稳定亮度值。



a) 过充补偿亮度曲线



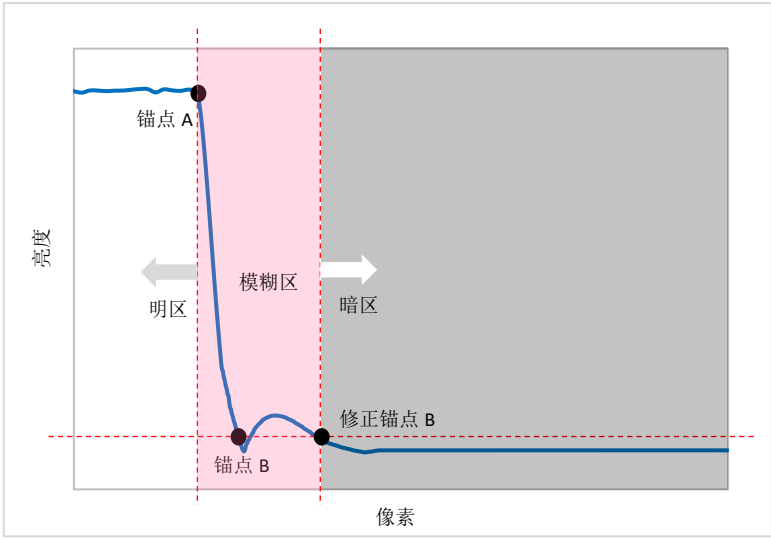
b) 欠充补偿亮度曲线

图A. 2 过充/欠充补偿修正后的亮度曲线示意图

A. 2. 2 选取测量边界

- a) 采用经A.2.1修正后的亮度曲线, 按6.3.1.3 步骤a)和步骤b)所述方法初步选取锚点A和锚点B;
- b) 按以下方法, 分别对锚点A和锚点B进行修正:
 - 修正锚点A:位于明区, 取亮度为 I_A , 像素坐标较大的点;
 - 修正锚点B:位于暗区, 取亮度为 I_B , 像素坐标较大的点;

注: 本步骤的修正规则适用于测试图案从左往右移动的情况。
- c) 修正后的锚点A与修正后的锚点B对应的像素点即为等效模糊宽度的测量边界点, 过充补偿修正后的等效模糊宽度测量边界点示例, 如图A.3所示。



图A. 3 过充补偿修正后的等效模糊宽度测量边界点示例

参考文献

- [1] GB/T 20871.12-2024 有机发光二极管显示器件 第 1-2 部分：术语与文字符号
 - [2] 夏振平.基于人眼平滑追踪的液晶显示运动模糊研究[J].激光与光电子学进展,2017,54:091003.
 - [3] 郁道银, 谈恒英.工程光学[M]. 4 版. 北京: 机械工业出版社, 2015.
 - [4] 李骁健, 蒋震, 王毅.初级视皮层神经元对瞬态刺激响应的时延性质[J].生物化学与生物物理进展,2012,39(12):1190-1196.
 - [5] GB/T 3977-2008 颜色的表示方法
 - [6] Kees Teunissen, Ingrid Heynderickx, 宋丹丹, 朱海娜.液晶显示技术中的运动模糊的测量[J].现代显示,2007(07):30-34.
-