

团 体 标 准

T/ZSA 181-2023

多镜头相机画质一致性技术规范

Technology specification for multiple camera image quality consistency of
multi-camera device

2023-11-25 发布

2023-11-26 实施

中关村标准化协会 发布

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 技术要求 3

 4.1 总体技术要求 3

 4.2 曝光多摄一致性技术要求 3

 4.3 对比度多摄一致性技术要求 3

 4.4 白平衡多摄一致性技术要求 3

 4.5 颜色还原多摄一致性技术要求 3

 4.6 锐化多摄一致性技术要求 4

5 测试方法 4

 5.1 被测设备要求 4

 5.2 测试图卡 4

 5.3 测试环境 5

 5.4 数据采集方法 7

 5.5 计算方法 7

前 言

本文件按照 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》的规定起草。

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。

本文件由中关村标准化协会智能物联分技术委员会提出并归口。

本文件起草单位：北京小米移动软件有限公司、小米通讯技术有限公司、中国计量科学研究院、天津华来科技股份有限公司、OPPO 广东移动通信有限公司、维沃移动通信技术有限公司。

本文件主要起草人：李湜文、李蕾、于磊、吴义涵、周雄飞、龚瑶、陈灿峰、赵小平、任慧娇、赵宇、熊家海、潘慧萍、李嘉磊、杨盛楠、王杉、李广宇、来航曼、刘子琦。

多镜头相机画质一致性技术规范

1 范围

本文件规定了多镜头相机画质一致性的技术要求和测试方法。
本文件适用于多镜头相机的画质一致性评估和测试。

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，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。

YD/T 1607-2016 移动终端图像及视频传输特性技术要求和测试方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

多镜头相机 multi-camera device

通过多个可见光镜头实现取景范围变化的彩色相机设备。

3.2

D65光源 D65 light source

相关色温为6500K的标准人工日光，其色度点落在黑体轨迹上方，其光谱功率分布曲线见图1。

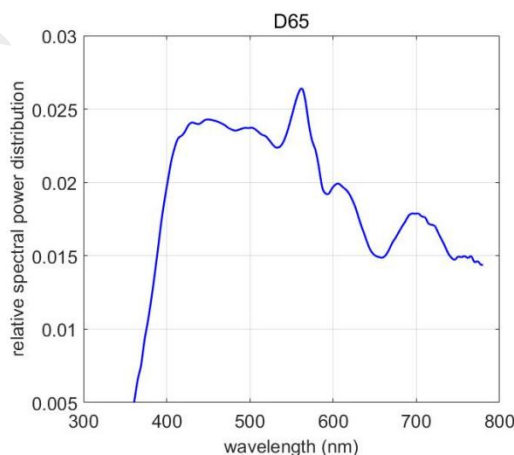


图1 D65光源光谱功率密度曲线

3.3

TL84光源 TL84 light source

相关色温为4000K的三基色荧光灯，其光谱功率分布曲线见图2。

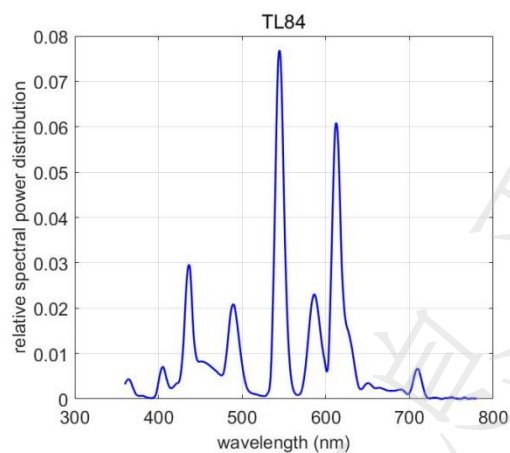


图2 TL84光源光谱功率密度曲线

3.4

A光源 A light source

相关色温为2856K的完全辐射体的辐射，它的色品坐标落在CIE1931色品图的黑体轨迹上。其光谱功率分布曲线见图3。

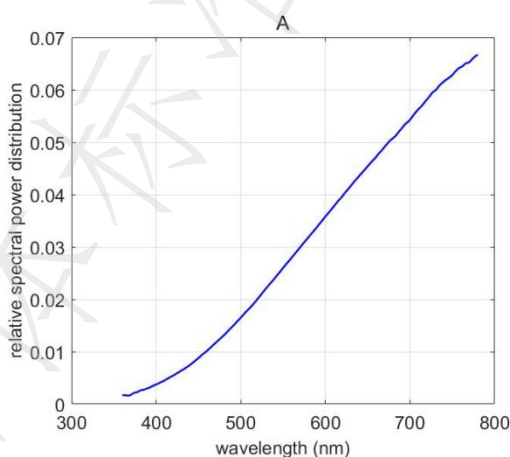


图3 A光源光谱功率密度曲线

3.5

H光源 H light source

相关色温为2300K的模拟水平日光，光谱功率分布曲线见图4。

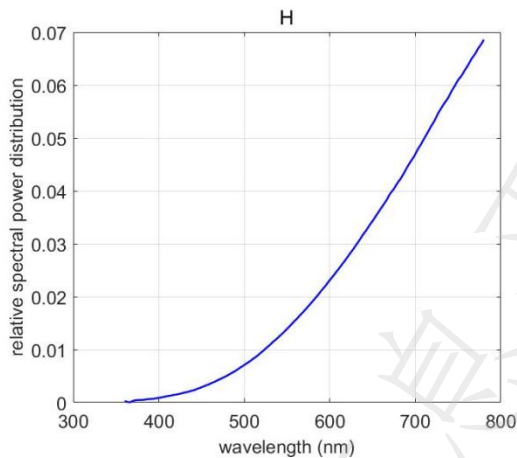


图4 H光源光谱功率密度曲线

3.6

颜色的落点坐标 coordinates of colors

相机拍摄某个颜色，生成照片中的颜色，经过计算后在L*a*b*颜色空间内的坐标值，被称为被拍摄颜色的落点坐标。

3.7

主镜头 main camera

被测设备主要拍摄镜头，通常是指启动相机后默认状态所使用的镜头。

4 技术要求

4.1 总体技术要求

多镜头相机的画质一致性应满足 4.2 至 4.6 的要求。

4.2 曝光多摄一致性技术要求

对不同倍率下所拍摄的24色卡中第22色块中心区域的亮度值与主镜头求差，全部被测光照条件下多摄曝光差异应不大于15。

4.3 对比度多摄一致性技术要求

对不同倍率下所拍摄的24色卡计算得到的对比度值与主镜头求差，全部被测光照条件下多摄对比度差异应不大于20%。

4.4 白平衡多摄一致性技术要求

全部被测光照条件下均满足各个倍率所拍24色卡照片中第20~23色块与主镜头对应第20~23色块色差应不大于5。

4.5 颜色还原多摄一致性技术要求

全部被测光照条件下均满足各个倍率所拍24色卡照片中第1~18色块与主镜头对应第1~18色块色差应不大于7。

4.6 锐化多摄一致性技术要求

全部被测光照条件下均满足各个倍率所拍摄棋盘格锐度值两两之间差异值应不大于20%。

5 测试方法

5.1 被测设备要求

被测设备在执行本文件标准前应满足YD/T 1607-2016中5.8节的像面亮度均匀度技术要求以及YD/T 1607-2016中5.9节的几何失真技术要求。

5.2 测试图卡

本标准中的多摄曝光一致性、多摄对比度一致性、多摄白平衡一致性、多摄颜色还原一致性测试使用X-rite的ColorChecker24色卡进行测试，用于客观评估曝光与颜色相关的多摄一致性表现。24色卡样式见图5。



图5 ColorChecker24色卡样式

测试部门应每个月使用i1Pro设备对图卡进行颜色校准，确保在L*a*b*颜色空间中，图卡的每个色块与标准参考值的色差Delta E在2以内，图卡标准参考值见表1。

表1 24色卡标准参考值

No.	Number	sRGB			CIE L*a*b*			Munsell Notation Hue Value / Chroma	
		R	G	B	L*	a*	b*		
1.	dark skin	115	82	68	37.986	13.555	14.059	3 YR	3.7 / 3.2
2.	light skin	194	150	130	65.711	18.13	17.81	2.2 YR	6.47 / 4.1
3.	blue sky	98	122	157	49.927	-4.88	-21.925	4.3 PB	4.95 / 5.5
4.	foliage	87	108	67	43.139	-13.095	21.905	6.7 GY	4.2 / 4.1
5.	blue flower	133	128	177	55.112	8.844	-25.399	9.7 PB	5.47 / 6.7
6.	bluish green	103	189	170	70.719	-33.397	-0.199	2.5 BG	7 / 6
7.	orange	214	126	44	62.661	36.067	57.096	5 YR	6 / 11
8.	purplish blue	80	91	166	40.02	10.41	-45.964	7.5 PB	4 / 10.7
9.	moderate red	193	90	99	51.124	48.239	16.248	2.5 R	5 / 10
10.	purple	94	60	108	30.325	22.976	-21.587	5 P	3 / 7
11.	yellow green	157	188	64	72.532	-23.709	57.255	5 GY	7.1 / 9.1
12.	orange yellow	224	163	46	71.941	19.363	67.857	10 YR	7 / 10.5
13.	blue	56	61	150	28.778	14.179	-50.297	7.5 PB	2.9 / 12.7
14.	green	70	148	73	55.261	-38.342	31.37	0.25 G	5.4 / 8.65
15.	red	175	54	60	42.101	53.378	28.19	5 R	4 / 12
16.	yellow	231	199	31	81.733	4.039	79.819	5 Y	8 / 11.1
17.	magenta	187	86	149	51.935	49.986	-14.574	2.5 RP	5 / 12
18.	cyan	8	133	161	51.038	-28.631	-28.638	5 B	5 / 8
19.	white (.05*)	243	243	242	96.539	-0.425	1.186	N	9.5 /
20.	neutral 8 (.23*)	200	200	200	81.257	-0.638	-0.335	N	8 /
21.	neutral 6.5 (.44*)	160	160	160	66.766	-0.734	-0.504	N	6.5 /
22.	neutral 5 (.70*)	122	122	121	50.867	-0.153	-0.27	N	5 /
23.	neutral 3.5 (.1.05*)	85	85	85	35.656	-0.421	-1.231	N	3.5 /
24.	black (1.50*)	52	52	52	20.461	-0.079	-0.973	N	2 /

Cie L*a*b* values use Illuminant D50 2 degree observer sRGB values for illuminate D65.

本标准中的多摄锐化一致性测试使用黑白棋盘格图卡进行测试，用于客观评估锐化的多摄一致性表现。棋盘格图卡样式见图6。

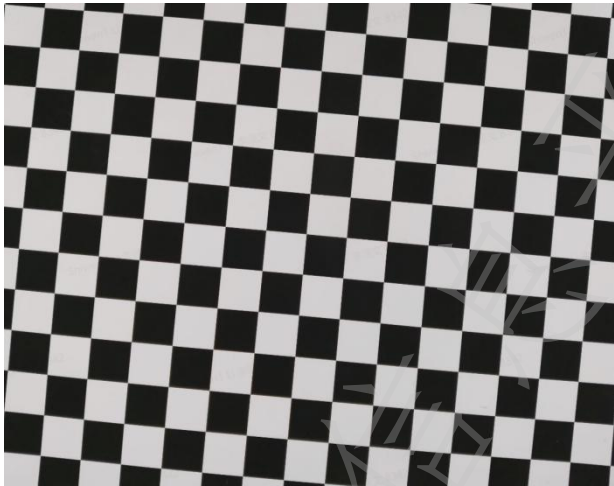


图6 黑白棋盘格图卡样式

其中黑白区域的反射率谱见图7、图8，棋盘格对比度应大于40%。黑白斜边倾斜角度应在5°~15°之间。

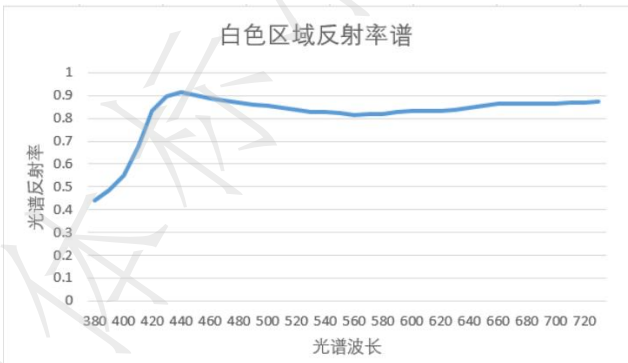


图7 棋盘格图卡白色区域反射率谱

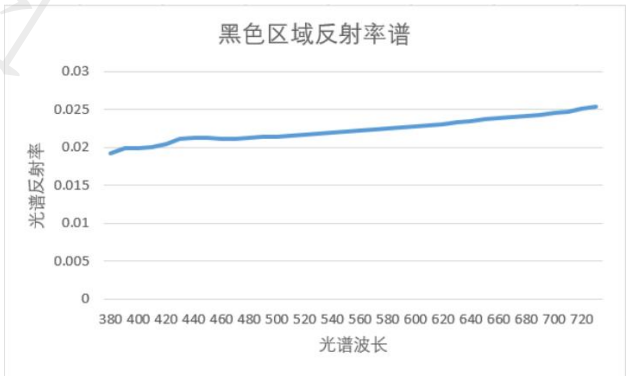


图8 棋盘格图卡黑色区域反射率谱

5.3 测试环境

光源和图卡的放置基础位置见图9所示。将手机架于三脚架上，前后调节三脚架到图卡的距离，以使不同倍率下拍摄图卡在预览画面中的占比与取景位置满足视场角要求，24色卡拍摄视场角示例见

图10所示，黑白棋盘格图卡拍摄视场角示例见图11所示。通过调整光源亮度和与图卡的距离及角度，满足下列亮度和均匀性要求。从测试点观察图卡表面不应有镜面反射光。

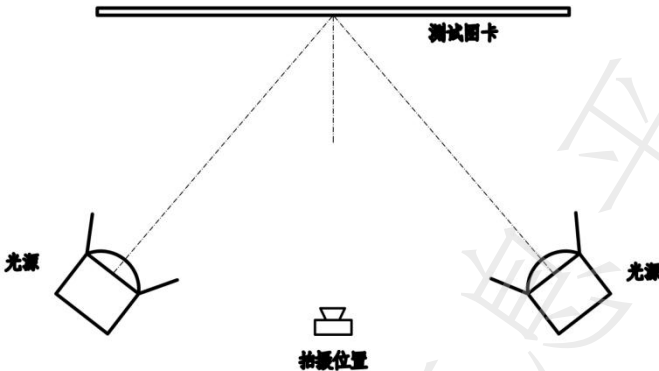


图9 测试环境基础摆放位置示意图

测试环境要求包括：

- a) 温度：23 °C±2 °C；
- b) 湿度：50%±20%；
- c) 测试光源在进行测试前应预热 10 min 至光源稳定，各种光源的测试光照要求如下：
 - D65 光源：1000 lx±10 lx、300 lx±10 lx、100 lx±5 lx；
 - TL84 光源：1000 lx±10 lx、300 lx±10 lx、100 lx±5 lx、20 lx±1 lx；
 - A 光源：300 lx±10 lx、100 lx±5 lx、20 lx±1 lx；
 - H 光源：100 lx±5 lx、20 lx±1 lx、5 lx±1 lx、1 lx±0.1 lx。
- d) 测量图卡取景框范围内中心与边缘四角照度非均匀性 d 应小于 10%。非均匀性 d 的计算方法见公式（1）：

$$d = (L_{\max} - L_{\min}) / L_{\max} \tag{1}$$

其中， $L_{\max}$ ， $L_{\min}$ 分别代表测量最大照度与最小照度，单位为勒克斯（lx）。

- e) 24 色卡与黑白棋盘格图卡测试拍摄视场角要求示例如下：

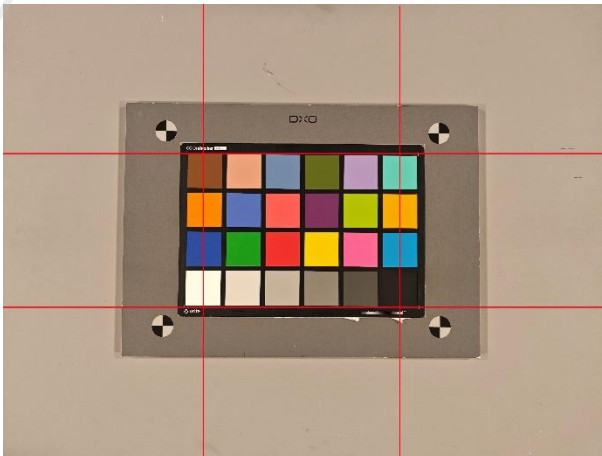


图10 24色卡测试拍摄视场角要求

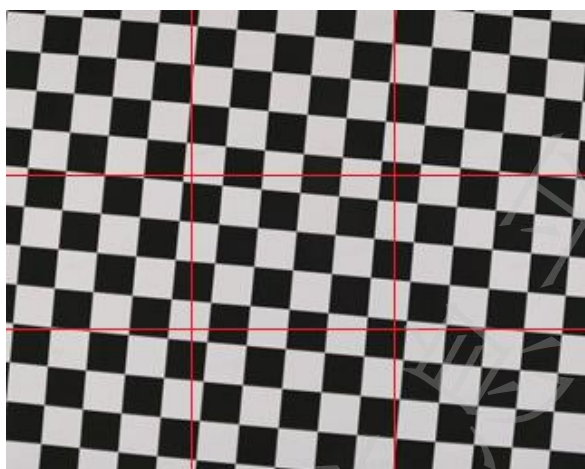


图11 黑白棋盘格图卡测试拍摄视场角要求

5.4 数据采集方法

测试在同一设备的多个镜头下的默认模式进行。拍摄时将图卡放置在反射率为 18% 的中性灰背景板上，图卡居中，不同倍率下调整拍摄距离与角度使所使用主镜头光轴与图卡中心垂直，所拍摄图卡视场角满足 5.3 中 e) 的要求。

拍照测试应在每个光照条件下每个镜头拍摄 5 张照片，每次拍摄前应使用挡板完全遮挡镜头后进行重新对焦，数据采集完成后对每张照片进行分析计算，对所拍摄 5 张照片进行对应维度的均值计算。

5.5 计算方法

5.5.1 曝光多摄一致性计算方法

对被测设备各个镜头下所拍摄的 24 色卡图片第 22 色块中心区域进行采样，采样方式为对每个色块进行 3×3 均分，取中心区域 RGB 值，见图 12 所示。

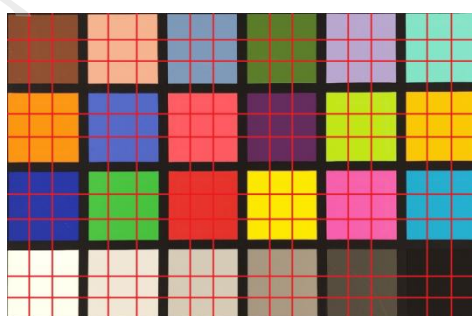


图12 24色卡图卡分析感兴趣区域选取示意图

通过计算得到采样 RGB 三个通道的均值 $R_{srgb}, G_{srgb}, B_{srgb}$ 。按照公式 (2) 对得到的 RGB 均值进行线性化校正，得到 $R_{linear}, G_{linear}, B_{linear}$ 。

$$\begin{cases} R, G, B_{linear} = R, G, B_{srgb} / 12.92 & , if \ R, G, B_{srgb} \leq 0.04045 \\ R, G, B_{linear} = ((R, G, B_{srgb} + 0.055) / 1.055)^{2.4} & , else \end{cases} \quad (2)$$

按照公式 (3) 将线性化后的 RGB 值转换到 XYZ 颜色空间：

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = M_{rgb-xyz} * \begin{bmatrix} R_{linear} \\ G_{linear} \\ B_{linear} \end{bmatrix} \quad (3)$$

其中,

$$M_{rgb-xyz} = \begin{bmatrix} 0.4125 & 0.3576 & 0.1805 \\ 0.2126 & 0.7152 & 0.0722 \\ 0.0193 & 0.1192 & 0.9505 \end{bmatrix}$$

按照公式(4)将X、Y、Z值转换到L*a*b*颜色空间:

$$\begin{cases} L^* = 116f(Y/Y_0) - 16 \\ a^* = 500[f(X/X_0) - f(Y/Y_0)] \\ b^* = 200[f(Y/Y_0) - f(Z/Z_0)] \end{cases} \quad (4)$$

其中,

$$X_0 = 95.05, Y_0 = 100, Z_0 = 108.90$$

$$f(x) = \begin{cases} x^{1/3}, & x > 0.008856 \\ 7.787x + 16/116, & x \leq 0.008856 \end{cases}$$

计算各个镜头下所拍摄图片第22色块L值与主镜头所拍摄图片第22色块L值的差异,记录其中最大的差值 $\Delta L_{\max}$,通过判断 $\Delta L_{\max}$ 是否满足4.2要求,得到被测手机的曝光多摄一致性测试结论。

注:本标准提供的计算方法均在sRGB色域下,其他色域计算需要进行相应的转换。

5.5.2 对比度多摄一致性计算方法

对多镜头所拍摄的24色卡第19和第24色块中心区域进行采样,采样方式与5.5.1相同,通过公式(2)、(3)、(4)得到第19色块与第24色块的L值, L_{19}^*, L_{24}^* 。

按照公式(5)计算各个倍率下的色卡照片对比度:

$$Contrast = ((L_{19}^* - L_{24}^*) / (L_{19}^* + L_{24}^*)) \times 100\% \quad (5)$$

计算各个镜头下所拍摄24色卡图片的对比度值与主镜头所拍摄24色卡图片对比度的差异,记录其中最大的差值 $\Delta Contrast_{\max}$,通过判断 $\Delta Contrast_{\max}$ 是否满足4.3要求,得到被测设备的对比度多摄一致性测试结论。

5.5.3 白平衡与颜色还原多摄一致性计算方法

对被测设备各个镜头下24色卡每一个色块中心区域进行采样,采样方式与5.5.1相同,通过公式(2)、(3)、(4)得到不同倍率下照片中各个色块的L*a*b*值。

通过上述步骤得到各个被测镜头的各个色块的L*a*b*值,分别计算每个镜头各个色块与主摄对应各个色块之间的色差 ΔE_{00} ,计算在CIE2000标准下进行,计算按照公式(6)和(7)进行。

$$\begin{cases} L' = L \\ a' = (1+G)^* a^* \\ b' = b^* \\ C'_{ab} = \sqrt{a'^2 + b'^2} \\ h'_{ab} = \arcsin\left(\frac{b'}{a'}\right) \end{cases} \quad (6)$$

其中,

$$G = 0.5^* \left(1 - \sqrt{\frac{\bar{C}_{ab}^{*7}}{\bar{C}_{ab}^{*7} + 25^7}} \right) \quad (7)$$

通过对应的 $L_{Main}^*, a_{Main}^*, b_{Main}^*$, $L_{Sub}^*, a_{Sub}^*, b_{Sub}^*$ 计算得到明度差 ΔL 、彩度差 ΔC_{ab} 、色相差 ΔH_{ab} 按公式 (8) 和 (9) 计算。

$$\bar{C}_{ab}^* = (C'_{ab-Main} + C'_{ab-Sub})/2 \quad (8)$$

$$\begin{cases} \Delta L = L_{Main}^* - L_{Sub}^* \\ \Delta C_{ab} = C'_{ab-Main} - C'_{ab-Sub} \\ \Delta H_{ab} = 2 \times \sqrt{\Delta C_{ab}} \times \sin\left(\frac{\arcsin\left(\frac{b_{Main}^*}{a_{Main}^*}\right) - \arcsin\left(\frac{b_{Sub}^*}{a_{Sub}^*}\right)}{2}\right) \end{cases} \quad (9)$$

色差 ΔE_{00} 按照公式 (10) ~ (17) 计算。

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L}{S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C_{ab}}{S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H_{ab}}{S_H}\right)^2 + R_T^* \left(\frac{\Delta C_{ab}}{S_C}\right)^* \left(\frac{\Delta H_{ab}}{S_H}\right)} \quad (10)$$

其中:

$$S_L = 1 + \frac{0.015^* (\bar{L}' - 50)^2}{\sqrt{20 + (\bar{L}' - 50)^2}} \quad (11)$$

$$S_C = 1 + 0.045^* \bar{C}_{ab}' \quad (12)$$

$$S_H = 1 + 0.015^* \bar{C}_{ab}' * T \quad (13)$$

其中, 计算参数公式如下:

$$T = 1 - 0.17^* \cos(\bar{h}_{ab}' - 30^\circ) + 0.24^* \cos(2^* \bar{h}_{ab}') + 0.32^* (3^* \bar{h}_{ab}' + 6^\circ) - 0.2^* \cos(4^* \bar{h}_{ab}' - 63^\circ) \quad (14)$$

$$R_C = 2^* \left(\sqrt{\frac{\bar{C}_{ab}^{*7}}{\bar{C}_{ab}^{*7} + 25^7}} \right) \quad (15)$$

$$\Delta\theta = 30^\circ \exp \left[- \left(\frac{\bar{h}_{ab}' - 275^\circ}{25^\circ} \right)^2 \right] \quad (16)$$

$$R_T = -\sin(2\Delta\theta) * R_C \quad (17)$$

其中, $\bar{L}', \bar{h}_{ab}', \bar{C}_{ab}'$ 表示被对比两个镜头所拍摄对应色块数值的算数平均值。

通过判断各个倍率下第20-23色块与主镜头的色差 ΔE_{00} 是否满足4.4要求, 得到被测设备多摄白平衡一致性测试结论。

通过判断各个倍率下第1-18色块与主镜头的色差 ΔE_{00} 是否满足4.5要求, 得到被测设备多摄颜色还原一致性测试结论。

5.5.4 锐化多摄一致性计算方法

对各个倍率下所拍摄的棋盘格图片选取中心与的斜边与边角部分的斜边进行计算, 选取拍摄棋盘格图片的中心视场与0.7视场(图像中心到四角连线上距离图像中心 70%±5%的空间位置)区域内的纵向斜边, 所选区域见图13所示。

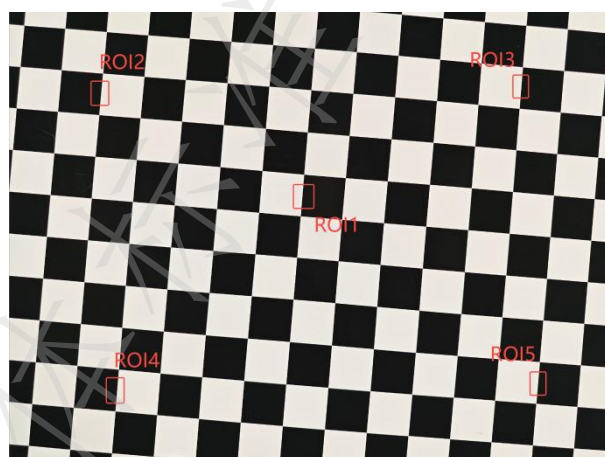


图13 棋盘格图卡计算感兴趣区域选取示例

对每个感兴趣区域进行4倍超采样得到边缘扩展函数(ESF), 计算按照公式(18)~(20)进行。

$$ESF(j) = \frac{\sum_{r=1}^R \sum_{p=1}^P \phi(p, r) \times \alpha(p, r, j)}{\sum_{r=1}^R \sum_{p=1}^P \alpha(p, r, j)} \quad (18)$$

其中,

$$\alpha(p, r, j) = \begin{cases} 1, & -0.125 \leq (p - s(r) - j) < 0.125 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (19)$$

$$S(r) = \bar{C} + ((R/2) - r)/m \quad (20)$$

m 为黑白边斜率； R 为图像高度； $\phi(p,r)$ 为列行的像素值； $S(r)$ 为拟合边缘质心方程； j 取 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25……直到图像宽度，实现分辨率的4倍放大，进行4倍超采样； $\alpha(p,r,j)$ 为是否纳入归档因子，在区间范围内，值取1表示纳入该区间加权平均计算，0表示不纳入。

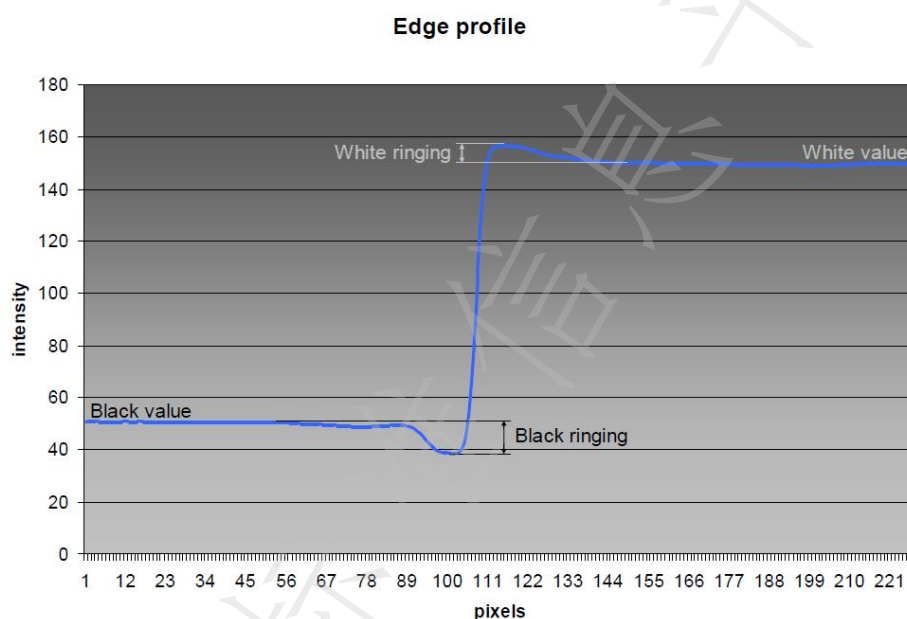


图14 ESF曲线示例

ESF曲线示例如上图所示，对曲线中overshoot区域与undershoot区域进行计算，计算按照公式(21)进行。

$$Ringing = \max \left(\frac{\text{abs}(\min(ESF(j)) - BlackValue)}{\text{abs}(WhiteValue - BlackValue)}, \frac{\text{abs}(\max(ESF(j)) - WhiteValue)}{\text{abs}(WhiteValue - BlackValue)} \right) \quad (21)$$

对图13中5个感兴趣区域进行锐度进行算数平均值计算，按照公式(22)得到当前被测图像的锐度值。

$$Ringing_{Final} = (Ringing_{roi-1} + Ringing_{roi-2} + Ringing_{roi-3} + Ringing_{roi-4} + Ringing_{roi-5})/5 \quad (22)$$

计算各个倍率下两两锐度值 $Ringing_{Final}$ 的差异，记录其中最大的差值 $\Delta Ringing_{max}$ ，通过判断 $\Delta Ringing_{max}$ 是否满足4.6要求，得到被测设备的锐度多摄一致性测试结论。

参考文献

- [1] ISO/CIE 11664-6:2022 Colorimetry – Part 6: CIEDE2000 colour-difference formula
-