

# 团 体 标 准

T/CARA 0002—2020

## 增强现实眼镜摄像头基本要求 和测试方法

Augmented reality glass camera technology requirement and test method

2020-11-19 发布

2020-11-19 实施

中国增强现实核心技术产业联盟 发布





版权保护文件

版权所有归属于该标准的发布机构，除非有其他规定，否则未经许可，此发行物及其章节不得以其他形式或任何手段进行复制、再版或使用，包括电子版，影印件，或发布在互联网及内部网络等。使用许可可于发布机构获取。

## 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 .....	4
5 摄像头技术要求 .....	4
5.1 摄像头概述 .....	4
5.2 功能要求 .....	4
5.3 性能要求 .....	5
6 测试设置及测试安排 .....	5
6.1 测试环境 .....	5
6.2 测试设备 .....	6
6.3 测试图卡 .....	6
6.4 测试信号源 .....	10
7 摄像头测试 .....	13
7.1 摄像头功能测试 .....	13
7.2 缺陷测试 .....	13
7.3 光学有效像素总数测试 .....	13
7.4 视觉分辨率测试 .....	13
7.5 调制传递函数 (MTF50) 测试 .....	14
7.6 白平衡测试 .....	14
7.7 动态范围测试 .....	14
7.8 色差测试 .....	14
7.9 像面亮度均匀度测试 .....	15
7.10 几何失真测试 .....	15
7.11 对角线视场角测试 .....	15
7.12 帧频测试 .....	15
7.13 枯叶测试图卡 .....	15
7.14 DxO Noise 图卡 .....	16
7.15 DxO HDR Noise 图卡 .....	18
7.16 图像质量的主观评价测试 .....	19

## 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。

本文件由中国增强现实核心技术产业联盟提出并归口。

本文件起草单位：狄拍（上海）科技有限公司、上海商汤智能科技有限公司、浙江大学、山东大学、北京邮电大学、华东理工大学、北京灵犀微光科技有限公司、深圳市亿境虚拟现实技术有限公司、陕西龙图文化科技有限公司、陕西文创教育发展有限公司、陕西优托物联科技有限公司、深圳惠牛科技有限公司、成都米有网络科技有限公司、蚂蚁特工（厦门）科技有限公司、广东笑翠鸟教育科技有限公司、南京睿悦信息技术有限公司、上海影创信息科技有限公司、奥提赞光晶（山东）显示科技有限公司。

本文件主要起草人：龚丹、蒋慧、李翔、章国锋、谢玉凤、姜翰青、秦学英、乔秀全、盛崇山、蔡方、王耀彭、王开宇、张甜、李奕君、田鑫、王洁、张韦韪、朱建雄、史文方、项旭、董海宁、林志坚、蔡志新、颜远培、胡正东、曹俊、孙立、张梦华。



# 增强现实眼镜摄像头技术要求和测试方法

## 1 范围

本文件规定了增强现实眼镜摄像头的技术要求，规定了摄像头的技术要求和测试方法等。

本文件适用于增强现实眼镜摄像头的设计、研发、生产、检验及应用。

## 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，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。

JB/T 10302 家用和类似用途电自动控制器 小型制冷系统两通电磁阀

IEC 61966-2-1 多媒体系统与设备 色彩测量和管理 第2-1部分：色彩管理 缺省RGB色彩空间sRGB

ISO 12231 摄影 电子照相成像 词汇

ISO 12233 摄影 电子静物图像成像 分辨率和空间频率响应

ISO 15739 摄影 电子静止图像成像 噪声测量

ISO 21550-2004 摄影 摄影图片用电子扫描器 动态范围测量

## 3 术语和定义

ISO 12231、ISO 12233、ISO 21550 和 JB/T 10302 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**图像传感器 CMOS image sensor**

一种可将光学影像转化为电子信号的电子器件。

### 3.2

**摄像头模组 camera module**

由镜头、影像传感器和信号处理单元构成的可以输出影像信号的组件。

### 3.3

**坏点 defect**

在均匀照明条件下（亮度差<10%），对摄像头拍摄画面中的每一个像素的光电转换能力进行分析，在白场条件下，当某一像素的亮度值低于其所在32\*32个像素的亮度平均值的20%时，认作该像素为坏点；在暗场条件下，定义坏点为亮度高于所在32\*32个像素亮度平均值20%的像素。

### 3.4

**缺陷 cluster defect**

在像素区域内, 有两个或两个以上相邻坏点, 被认作为缺陷。

3. 5

**像素 pixel**

电子影像传感器上能单独感光的物理单元。

3. 6

**有效像素 effective pixel**

电子影像传感器中, 能进行有效光电转换, 并输出影像信号的像素为有效像素。有效像素大小和数量决定了电子影像传感器的影像分辨能力。

3. 7

**摄像头光学有效像素 camera optical effective pixel**

摄像头内置的电子影像传感器将从镜头接收来的光信息转换成电子影像信号的有效像素总数。

3. 8

**分辨率 resolution**

表征摄像头对被摄景物细节的分辨能力。分辨率的量度可用视觉分辨率、空间频率感应灵敏度和调制传递函数等指标表达。

3. 9

**视觉分辨率 view resolution**

用摄像头对ISO 12233中规定的双曲检验测试图形进行拍照, 人眼观察再现影像中, 在双曲线线条数目发生变化处(如由5条→4条)的空间频率即为视觉分辨率。

注: 单位为LW/PH。

3. 10

**尼奎斯特频率极限 ngquist limit**

当空间输入频率等于数码摄像头采样频率的1/2倍时, 输入信号将开始出现混叠, 此时的空间频率即为尼奎斯特频率。

注: 单位为LW/PH。

3. 11

**空间频率 spatial frequency**

描述波动过程在空间重复性的物理量。在干涉场中, 空间频率就是单位长度内干涉条纹的数目。

注: 单位为Lp/mm。

3. 12

**空间感应灵敏度 spatial frequency reciproce**

输入信号空间频率在成像系统内感应输出函数的幅度特性。通常利用 Imatest 软件读取 ISO12233 图卡中黑色色条边缘区域输出影像幅度的对比曲线来确定。

3.13

**调制传递函数 Modulation transfer function**

像面光强度分布函数与物面光强度分布函数的傅立叶函数变换之比，这个比值函数的模量即为MTF，它综合反映了镜头的反差和分辨率的特性。通常用测SFR曲线来推算 MTF。

3.14

**光源 light source**

一切能辐射可见光波长范围内电磁波的物体都可能成为光源。摄像标准光源有日光光源和室内钨丝灯光光源。

3.15

**白平衡 white balance**

摄像头所具有的一种调节功能。通过白平衡调节，使在不同的光源（晴天、阴天、白炽灯、荧光灯、闪光灯等）条件下能获得与人眼观察相符的彩色再现。

3.16

**灰阶 gray scale**

摄像头对不同光谱特性或等效光谱特性的灰度的分辨能力，通常用拍摄灰阶图卡来测试。

3.17

**动态范围 dynamic range**

摄像头能够记录的从最黑到最白之间的最大的影调范围。动态范围越大，说明能被捕捉下来的层次越丰富。所有超出动态范围之外的曝光值都只能记录为黑或白。它实际上描述了摄像头记录影像灰阶等级的能力。可用灰阶测试图卡的灰阶级数表达。

3.18

**色差 chromatic aberration**

用数值的方法表示两种颜色给人色彩感觉上的差别。

注：对数字移动终端图像的色差测试是按ISO17321中规定，采用马克贝斯色彩检验图（Macbeth color checker）来测定。将测试图卡和所拍摄图像的色彩空间转换成CIE1976 L\*a\*b\*色彩空间，用Photoshop软件测定色差。

3.19

**像面亮度均匀度 imaging uniformity**

用摄像头拍摄亮度均匀的画面，画面中心和画面边缘的亮度差异程度。常用所拍摄的画面周边亮度相对于中心亮度之比来表述。

3.20

**几何失真 geometrical distortion**

摄像头拍摄的画面相对于被拍摄图案的几何变形，也称为畸变。

3.21

**对角线视场角 maximum angle of field of view**

在画面充满视场条件下，被摄画面对角线两端与摄像头镜头中心连线的夹角为对角线视场角。

### 3.22

#### 帧频 frame Rate

单位时间产生完整图像的画面数。即单位时间对视频信号空间的行的全部扫描数。单位是帧/秒(f/s)。

### 3.23

#### 混叠 aliasing

输出影像中的假信号。系因输入信号的空间频率高于采样周期倒数的1/2倍时，且有足够能量进入采样系统内而发生的现象。

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AEC: 自动曝光控制 (auto exposure control)

AGC: 自动增益控制 (auto gain control)

AWB: 自动白平衡 (auto White Balance)

CCM: CMOS 摄像头 (CMOS camera module)

MTF: 调制解调函数 (modulation transfer function)

SFR: 空间频率响应函数 (spatial frequency response)

## 5 摄像头技术要求

### 5.1 摄像头概述

AR 眼镜可包括一个或多个数字照相、摄像头，其中，一般情况下有效像素总数最大的摄像头为主摄像头，另外还可以专门设计用于可视电话等业务或其他用途的摄像头。

AR 眼镜摄像头按其调焦方式可分为以下几种：定焦摄像头，是指焦距确定不可变的摄像头；自动调焦摄像头，是指能够自动调节焦距使被拍物体清晰的摄像头；光学变焦摄像头，是指能够通过光学变焦调节使被拍物体清晰。在本规范中，如果没有特殊说明，技术要求和测试方法都是针对定焦摄像头。

### 5.2 功能要求

#### 5.2.1 功能调整

可以支持以下功能的调整，支持电子快门调整，支持色温的调整，支持增益的调整，支持帧率的调整。

#### 5.2.2 工作时长

摄像头需要连续不间断的工作一段长时间，时间取决于电池的性能。

#### 5.2.3 画面

摄像头的画面，可以在AR眼镜中预览，并能通过网络流畅的远程传输出去。

### 5.3 性能要求

#### 5.3.1 图像传感器的缺陷

图像传感器不得有明显缺陷，拍摄的影像中，缺陷点不得有两点相邻，影像面上缺陷点数目总和不得超过总像素数的0.002%。

#### 5.3.2 光学有效像素总数

AR眼镜摄像头的主摄像模组光学有效像素总数应不小于200万像素。光学有效像素总数检测值不应低于厂家标称值的90%。

#### 5.3.3 视觉分辨率

中心视场的水平、垂直分辨率都不得低于1.51 p/mm，右上45°、右下45°、左上45°、左下45°不应低于中心视场分辨率的80%。

#### 5.3.4 白平衡

在晴天、阴天、白炽灯、荧光灯、闪光灯等光源条件下，应能保证获得合适的色彩。在各种色温条件下，颜色饱和度S应小于0.1。

#### 5.3.5 动态范围

应能区分灰阶测试图卡上从黑到白10级不同灰度。

#### 5.3.6 色差

摄像头对彩色图卡中的色块平均还原误差不得超过20%。

#### 5.3.7 像面亮度均匀度

像面周边亮度平均值相对于中心亮度平均值之比应大于50%。

#### 5.3.8 几何失真

摄像头所摄图像周边的枕形或桶形畸变均应不大于2%。

#### 5.3.9 对角线视场角 DFOV

对于用于可视电话业务的摄像头，其对角线视场角不应小于60°。

#### 5.3.10 帧频率

摄像头的帧频率在标准照明条件下不应低于25 f/s。

### 6 测试设置及测试安排

#### 6.1 测试环境

——摄像头测试应在暗室中进行，平均照度应小于0.1 lux；

——为保证摄像头拍摄测试图卡时能够输出足够的信号，拍摄时测试图卡表面照度应在700 lux ± 50 lux范围内；

- 测试图卡上任何一点的照度与测试图卡中心照度差不大于 10%;
- 光源应采取必要的遮光措施, 防止光源直射镜头。测试图卡周围(包括放置测试图卡的置具)应是低照度, 以减少眩光。测试图卡背景采用黑或中灰;
- 测试中可使用下列标准色温: D 65 光源色温 6500 K、标准日光色温 5500 K、标准钨丝灯色温 3050 K、泛光灯色温 3400 K。实际测试环境的色温标准偏差应不大于 100 K;
- 温度  $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , 相对湿度  $50\% \pm 20\%$ 。

## 6.2 测试设备

测试设备包括有:

- 标准光源灯;
- 反射式灯光箱照度计;
- 色温计;
- 分光式色度计;
- 帧频测试仪。

## 6.3 测试图卡

### 6.3.1 概述

在AR眼镜摄像头测试中, 需要使用一些测试图卡作为摄像头的拍摄像源。

### 6.3.2 分辨率测试图卡

摄像头的分辨率测试图卡使用ISO 12233测试图卡, 参见ISO 12233。

图卡的具体要求应符合ISO 12233标准, ISO 12233定义了标准的分辨率测试图卡的内容、式样及其实现方法。在实际测试中, 对于固定焦距的摄像头, 在景深(成像最佳像距)范围内按照分辨率测试图卡使用方法选择合适尺寸的分辨率测试图卡满幅拍摄。对于具有自动调焦功能或者光学变焦功能的摄像头, 也可根据上述原则选定合适尺寸的分辨率测试图卡, 通常, 推荐使用物理尺寸为 $20\text{ cm} \times 35\text{ cm}$ 的标准测试图卡, 见图1。

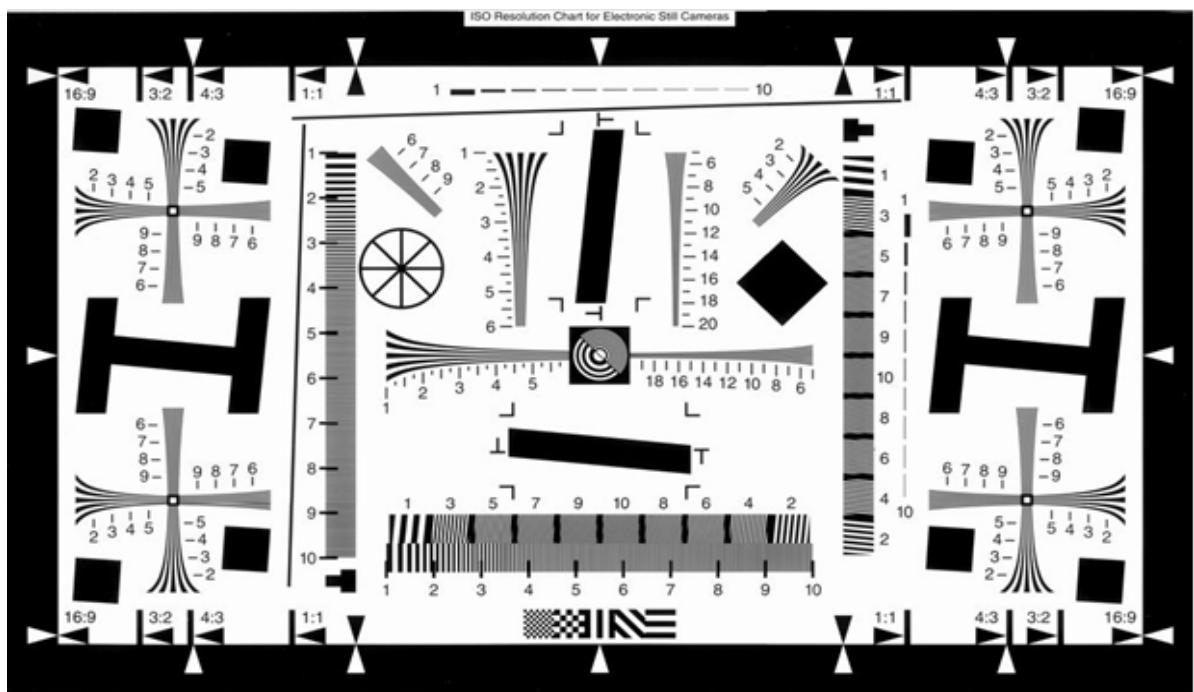


图1 ISO 12233 分辨率图卡

### 6.3.3 色彩测试图卡

色彩测试图卡使用GretagMacbeth ColorChecker图卡, 见图2; 测试图卡中的各个色块的标准RGB值见表1:

表1 RGB 值

编号	色块名称	R	G	B
1	Dark Skin 暗肤色	94	28	13
2	Light Skin 亮肤色	214	149	108
3	Blue Sky 天空色	97	119	171
4	Foliage 深绿色	90	103	39
5	Blue Flower 深紫色	164	131	196
6	Bluish Green 蓝紫色	140	253	153
7	Orange 橘色	255	116	21
8	Purplish Blue 紫蓝色	7	47	122
9	Moderate Re 粉红色	222	29	42
10	Purple 紫色	69	0	68

表 1 (续)

编号	色块名称	R	G	B
11	Yellow Green 黄绿色	187	255	19
12	Orange Yello 橘黄色	255	142	0
13	Blue 蓝色	0	0	142
14	Green 绿色	64	173	38
15	Red 红色	203	0	0
16	Yellow 黄色	255	217	0
17	Magenta 洋红	207	3	124
18	Cyan 蓝绿色	0	148	189
19	White (.05) 白	255	255	255
20	Neutral8(.23) 灰	249	249	249
21	Neutral6.5(.44) 灰	180	180	180
22	Neutral5(.70) 灰	117	117	117
23	Neutral3.5(1.05) 深灰	53	53	53
24	Black(1.5) 黑	0	0	0



图 2 GretagMacbeth ColorChecker 24 色图卡

### 6.3.4 几何失真测试图卡

几何失真测试图卡为一张底色为白色的图卡，上面绘制有黑色矩形方格图，见图3。打印线必须清晰，且不能太细，要求：

- 1) 100–300 pixel/inch；
- 2) 线宽0.03PPI–0.3PPI，实际采用线宽为27 pixels；
- 3) 水平方向10–20行；
- 4) 保证水平方向与垂直方向的直线形成的图形为正方形，且垂直方向布满全图；
- 5) 制作软件采用Adobe Photoshop。

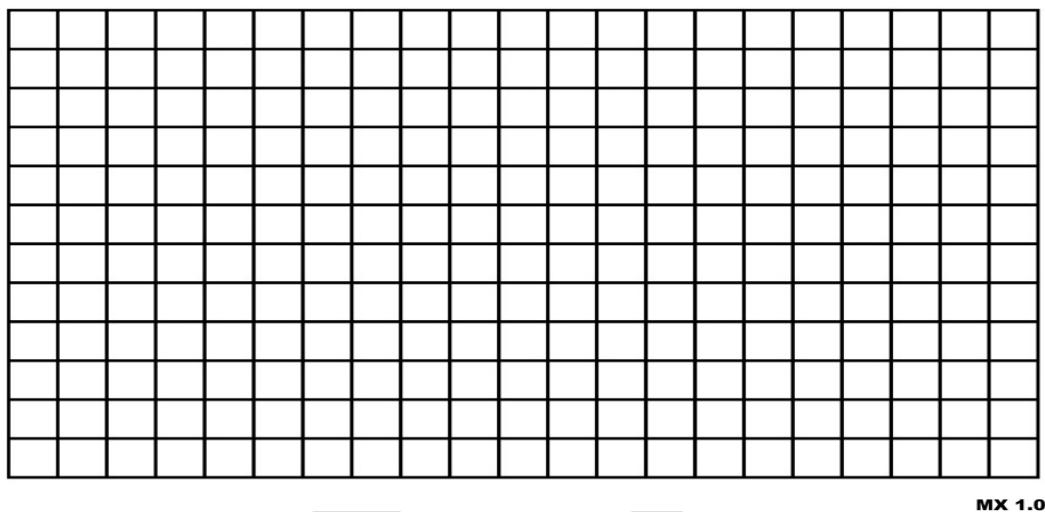


图3 几何失真测试图卡

### 6.3.5 灰阶测试图卡

灰阶测试图卡底色为中灰，在取整数的近似条件下，均匀提取RGB (0, 0, 0) 至RGB (255, 255, 255) 共256级灰阶中的20级灰阶，用20个面积大小相等的矩形块分别填充上述20级灰度。

图卡的尺寸：宽700 mm, 高400 mm; 600 pixel/inch。

每级反射密度相差0.1，图卡中设A、M、B三个标定点相对应的反射密度是0.05、0.75和1.65，它们代表着高光、中性灰和阴影，背景密度和M点相同，如图4所示。

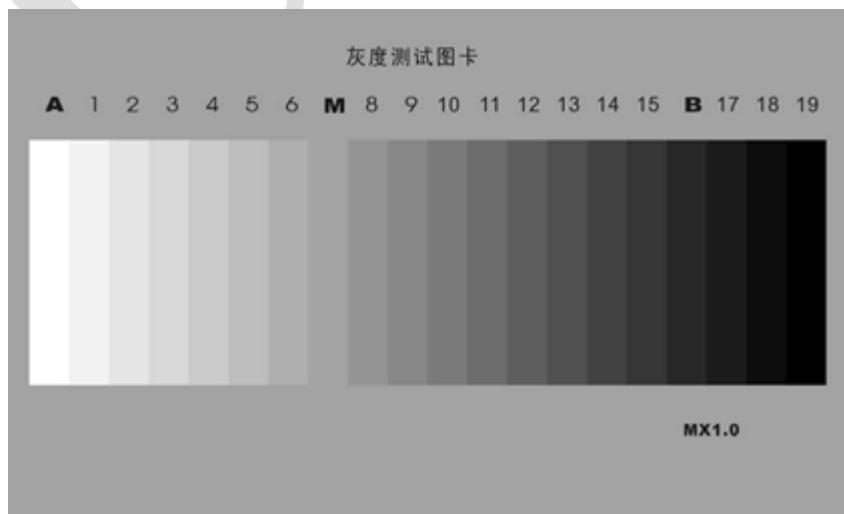


图4 MX2.0

### 6.3.6 中性灰测试卡

中性灰颜色取6.3.5节中的M，整幅图像都为中性灰颜色，大小规格以拍摄时在景深范围内充满整个图像为宜。

### 6.3.7 全白测试图卡

全白测试图卡要求图卡全图为标准RGB（255, 255, 255）白色的80%，反射密度为0.05。图卡的尺寸：宽700 mm，高400 mm，如图5所示。



图5 MX3.0

## 6.4 测试信号源

### 6.4.1 概述

在移动终端彩色平板显示设备测试中，需要使用一些测试信号源作为显示设备的信号源输入。

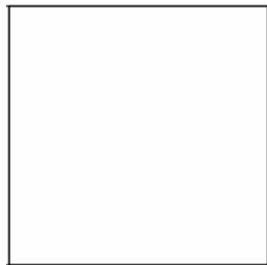
### 6.4.2 显示设备测试信号源

根据测试项目的不同，使用相应的bmp或jpg格式图像事先输入到被测终端，以此作为测试信号源在测试中使用。

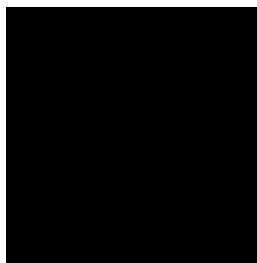
### 6.4.3 测试模板信号

测试模板信号主要有以下几类，其中纯色测试图像和灰度测试图像主要用来测试彩色显示屏的亮度、对比度和色彩性能，后两项分辨率测试图像主要用来验证显示屏的分辨率。

——白色测试信号：RGB（255, 255, 255）；



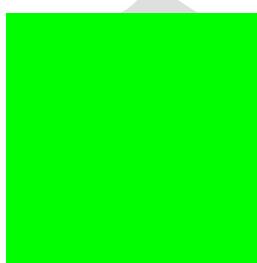
——黑色测试信号：RGB（0, 0, 0）；



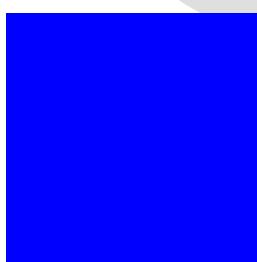
——红色测试信号：RGB（255, 0, 0）；



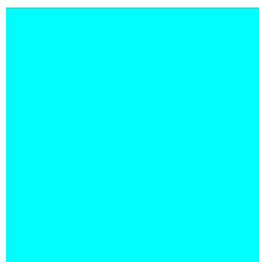
——绿色测试信号：RGB（0, 255, 0）；



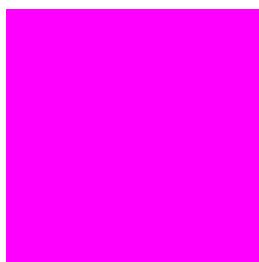
——蓝色测试信号：RGB（0, 0, 255）；



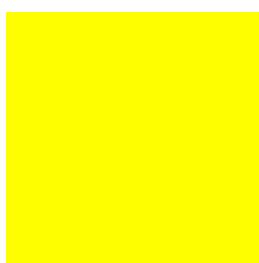
——蓝绿色测试信号：RGB（0, 255, 255）；



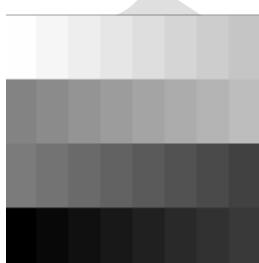
——紫红色测试信号: RGB (255, 0, 255) ;



——黄色测试信号: RGB (255, 255, 0) ;



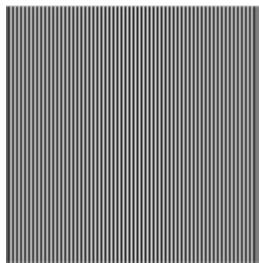
——灰度测试信号: 32 级灰度;



——垂直分辨率测试信号;



——水平分辨率测试信号。



## 7 摄像头测试

### 7.1 摄像头功能测试

按照AR眼镜摄像头用户说明书对摄像头的技术要求进行验证性测试。

在拍摄测试图卡时需将被测摄像头固定在三角架上,使测试图卡中心与摄像头光轴一致,并保持测试图卡与镜头的光轴垂直,调节测试图卡与镜头之间的距离,使图卡成像清晰,并充满视场。

### 7.2 缺陷测试

测试方法:在白场(照度120 lux~190 lux)和暗场(照度20 lux~40 lux)拍摄全白测试图卡,肉眼观察是否有缺陷。白场缺陷呈暗点,暗场缺陷呈亮点。

测试要求:应符合5.3.1要求。

### 7.3 光学有效像素总数测试

按拍摄要求拍照ISO 12233规定的图卡中的倾斜图块,利用计算机软件测定其输出影像幅度对比曲线,按对比曲线测出水平尼奎斯特频率极限  $f_{\text{水平}}(Lw/PH)$  和垂直尼奎斯特频率极限  $f_{\text{垂直}}(Lw/PH)$ 。摄像头的光学有效像素数  $N$  为:

$$N = f_{\text{垂直}} \times f_{\text{水平}} \quad (1)$$

### 7.4 视觉分辨率测试

- 1) 对ISO 12233分辨率图卡进行拍摄。
- 2) 截取中心水平分辨率  $J_1, K_1$ , 中心垂直分辨率  $J_2, K_2$  双曲线光楔图像,见图3。
- 3) 用目视的方法从低频向高频观察楔形图像线数的变化,当线数由  $5 \rightarrow 4$  ( $J_1, J_2$ ) 或由  $9 \rightarrow 8$  ( $K_1, K_2$ ) 时,此时的图像上对应的空间频率的刻度数即为视觉分辨率。

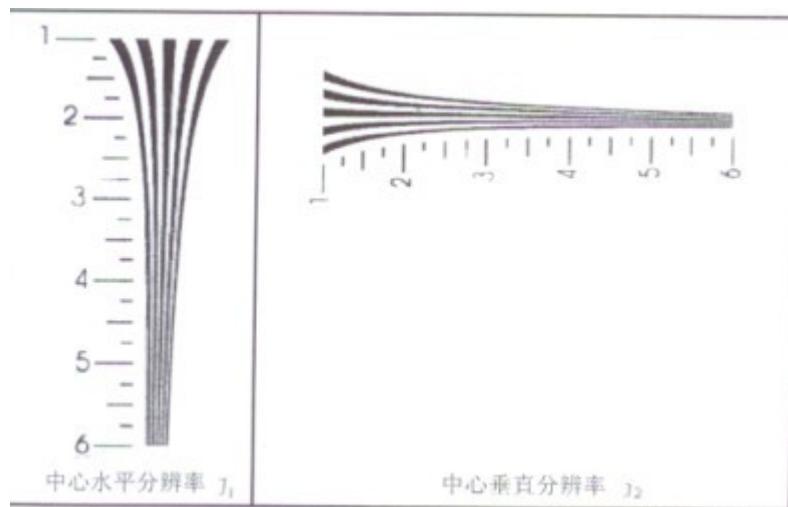


图 6 ISO 12233 分辨率图卡的局部

### 7.5 调制传递函数 (MTF50) 测试

对分辨率测试图卡ISO 12233进行拍摄，将所得的图片输入电脑，对图片中的倾斜图块进行分析得出空间频率幅度特性曲线，再将幅度特性曲线转换成 SFR (MTF) 曲线，即得到 MTF50 值。

### 7.6 白平衡测试

在色温2500 K(代号 A), 5500 K(代号 B), 7000 K(代号 C)三种情况下，对彩色图卡 (Gertag Macbeth color checker 彩色图卡) 进行拍摄，将拍摄图像输入电脑，在每个色块中截取大小 $\neq$ 60%的色块，把所截取的色块的 RGB 色彩空间转换到 HSV 色彩空间，根据 HSV 色彩空间的饱和度 (S 值) 来判断白平衡情况。

### 7.7 动态范围测试

动态范围测试即灰阶测试。按要求对测试图卡 MX2.0 进行拍摄，将拍摄图像输入电脑中，在每个灰度条中截取大小 $\neq$ 60%的灰度块，读出所截取的每个灰度块的灰度值，若两相邻灰阶之间的灰度值差大约等于8，则认为这两个灰阶是可以分辨的，从而可以得到从黑到白可分辨的灰阶的级数。

### 7.8 色差测试

按要求对彩色图卡 (Gertag Macbeth color checker 彩色图卡) 进行拍摄，将所拍摄图像输入电脑，在每个色块中截取大小 $\neq$ 60%的色块，将测试图卡和所截取的色块的色彩空间转换成 CIEL\*a\*b\*色彩空间，测 R、G、B 值，用 Photoshop 软件计算得出 L\*a\*b\*值，按式 (2)、(3)、(4)、(5) 计算各项色差值：

——明度差：

$$\Delta L^* = L_1^* - L_2^* \quad (2)$$

——色度差：

$$\Delta a^* = a_1^* - a_2^* \quad (3)$$

$$\Delta b^* = b_1^* - b_2^* \quad (4)$$

——总色差：

$$\Delta E^* a^* b^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (5)$$

式中：

$L_1^*$ 、 $a_1^*$ 、 $b_1^*$ ——测试图卡的明度和色度；  
 $L_2^*$ 、 $a_2^*$ 、 $b_2^*$ ——所拍图像的明度和色度。

### 7.9 像面亮度均匀度测试

测试方法：固定移动终端，在照度 $700 \text{ lux} \pm 50 \text{ lux}$ ，色温 $6500 \text{ K}$ ，摄像镜头与测试图卡距离为 $15 \text{ cm} \pm 1 \text{ cm}$ 条件下，按要求对全白测试卡MX3.0进行拍摄，将拍摄的图像输入电脑，使用测试软件进行分析，测R、G、B值，按式（6）计算亮度值：

$$Y=0.3R+0.59G+0.11B \quad (6)$$

分别计算90%视场四个角A、B、C、D $40 \times 40$ 像素采样框及视场中心 $40 \times 40$ 像素采样框亮度平均值 $I_A, I_B, I_C, I_D, I_E$ ，用四个角各自亮度平均值分别与中心亮度平均值之比来按式（7）计算像面亮度均匀度：

$$K_i = I_i / I_E \quad (i=A, B, C, D) \quad (7)$$

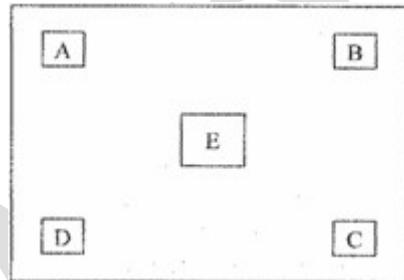


图7 像面亮度均匀度测试图卡

### 7.10 几何失真测试

对测试图卡MX1.0进行拍摄，对拍摄的图像的周边畸变进行测定，算出几何失真值。

### 7.11 对角线视场角测试

测试方法：一把精度为 $0.5 \text{ mm}$ 刻度清晰的直尺，摄像镜头距离直尺刻度面的距离为 $S$ ，在景深范围内，使直尺面垂直拍摄镜头轴线，在视场某对角线与直尺重合时拍摄，若拍摄覆盖的直尺量度为 $1$ ，则视场角 $\theta=2\arctan(1/2s)$ 。

### 7.12 帧频测试

在拍摄照明条件下，使用帧频测试仪对摄像头的帧频率进行测试。

将摄像头对准帧频测试仪的LED点阵。当图像显示为清晰、无暗条纹、无滚动亮斑时，定义其为稳定的图像。按如下两种情况进行测试：

若图像显示有暗条纹时，摄像头的帧频率高于当前的LED闪烁频率；应将LED点阵闪烁频率向上调整，并重复进行观察测试，直到获得稳定的图像；

若图像显示有滚动亮斑时，摄像头的帧频率低于当前的LED闪烁频率；应将LED点阵闪烁频率向下调整，并重复进行观察测试，直到获得稳定的图像；

记录帧频测试仪上显示的稳定图像频率值，即为被测试摄像头的帧频频率。

### 7.13 枯叶测试图卡

测试卡中需包含图8所示的枯叶图纹理细节图样和灰阶测试块图样。

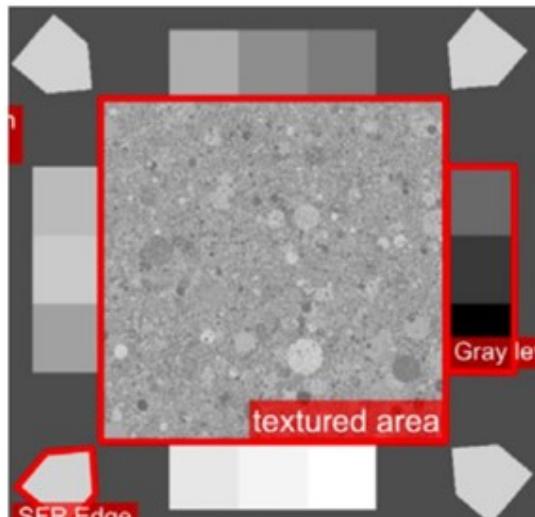


图8 纹理细节测试 texture test

为了摄像头对于图片细节保持能力的测试，并完善单纯边缘增强测试带来的不足，移动终端照相摄像设备的输出图像纹理应满足表2的要求：

表2 纹理技术要求

观看条件	打印为400 mm×600 mm 照片, 观看距离600 mm		电脑 1:1大小显示图片, 观看距离600 mm	
分辨率	800万及以上像素	800万以下像素	800万及以上像素	800万以下像素
1500 lux	Acutance>0. 6	Acutance>0. 55	Acutance>0. 5	Acutance>0. 45
200 lux	Acutance>0. 5	Acutance>0. 45	Acutance>0. 4	Acutance>0. 35
25 lux	Acutance>0. 3	Acutance>0. 25	Acutance>0. 2	Acutance>0. 15

具体的纹理细节MTF值的步骤请参考附录B。

#### 7.14 DxO Noise 图卡

DxO Noise测试图卡规定应符合表3的规定。

表3 DxO Noise测试图卡规格

代号	尺寸 (WxHcm)	材质 (滤光片)
DxO_N0001	适用于 retro-lighting, 通常为 32 cm×29 cm	黑色塑料支架, 玻璃滤光片

Dx0\_N0001图卡（见图9）可测量以下选项：

- “N”：噪声；
- “DS”：暗信号；
- “TS”：色调曲线；
- “ISO”：ISO感光度。

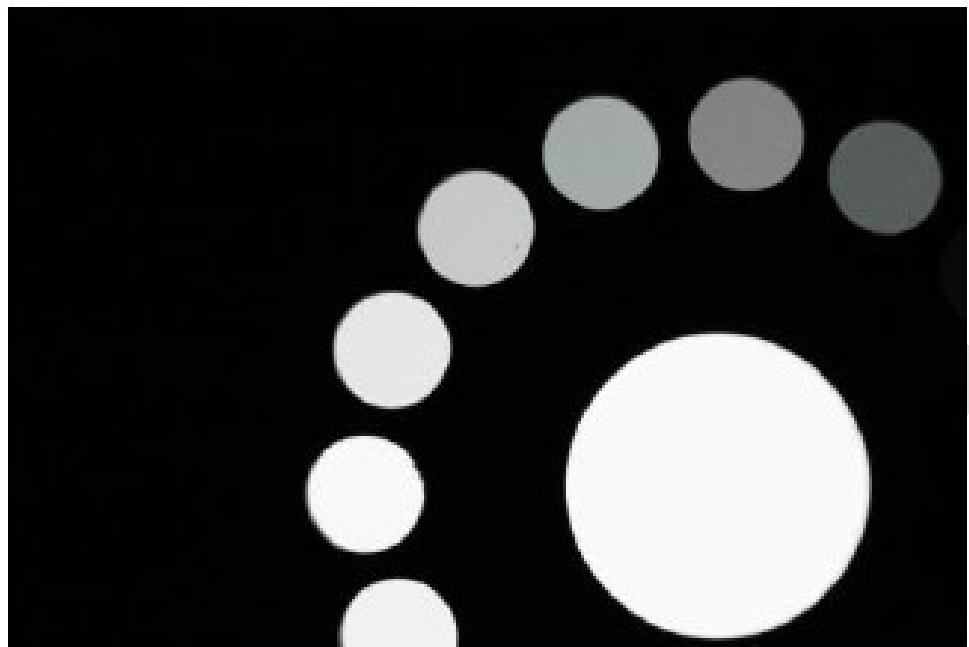


图9 Dx0 Noise 测试图卡

这是一张透射式图卡，包含了15种不同密度的光谱中性玻璃。密度为：0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1, 1.5, 2, 3, 4。使用该图卡需要一个retro-lighting设备。

如果照明设备的亮度已知，可以根据理论值计算图卡表面的亮度。然而，由于照明不一定是均匀的，我们建议直接用照度计测量每个图块的亮度。测量亮度设置如下。

- 将照度计探头贴在测量图块中心；
- 照度计探头的另一侧不能看见光；
- 让retro-lighting设备预热足够的时间，使得亮度稳定；
- 把所有的灯都关掉，除了retro-lighting设备，采取同样的方式测量亮度。

图块的亮度值应该被记录在一个附属文件中（见章节4.5）。在ISO感光度和色调曲线测量中，这些值是必需的，对于噪声和暗信号测量却是任意的。对于这两种测量，只能使用相对曝光和图块理论密度。



图 10 DxO Noise 测试演示

用于测量DxO\_N0001图卡亮度的设置，见图10。

注：关闭其它所有环境灯。这样设置才是正确的。

DxO\_N0001图卡的测试条件：

- 图卡只能有一个光源
- 照明尽量均匀；
- 图卡尽量充满整张图像；
- 图卡必须干净，没有指纹；
- 对于RGB图像确保一个合适的白平衡（色调曲线测量）。

图块的最小直径是 90 像素。ISO 15739 指定噪声测量最小图块的尺寸是  $64 \times 64$ ，即对对应对角线为 90 像素（只有内部的正方形是用于测量的）。在 RGB 模式下使用 200 万像素的传感器是可以达到这个值的。对于原始测量，手机相机传感器通常达不到这个指定值，但是 DxO Analyzer 测量仍然能精确到直径 42 像素。

### 7.15 DxO HDR Noise 图卡

DxO HDR Noise 测试图卡规格应符合表4的规定。

表4 DxO HDR Noise 测试图卡规格

代号	尺寸 (WxHcm)	材质 (滤光片)
DxO_HDR0001	适用于 retro-lighting，通常为 $58.3 \times 29.2\text{cm}$	黑色塑料支架，27块玻璃滤光片，5块偏光片

DxO\_HDR0001图卡（见图11）可用于以下测量：

- “N”: 噪声;
- “DS”: 暗信号;
- “TC”: 色调曲线;
- “ISO”: ISO感光度。

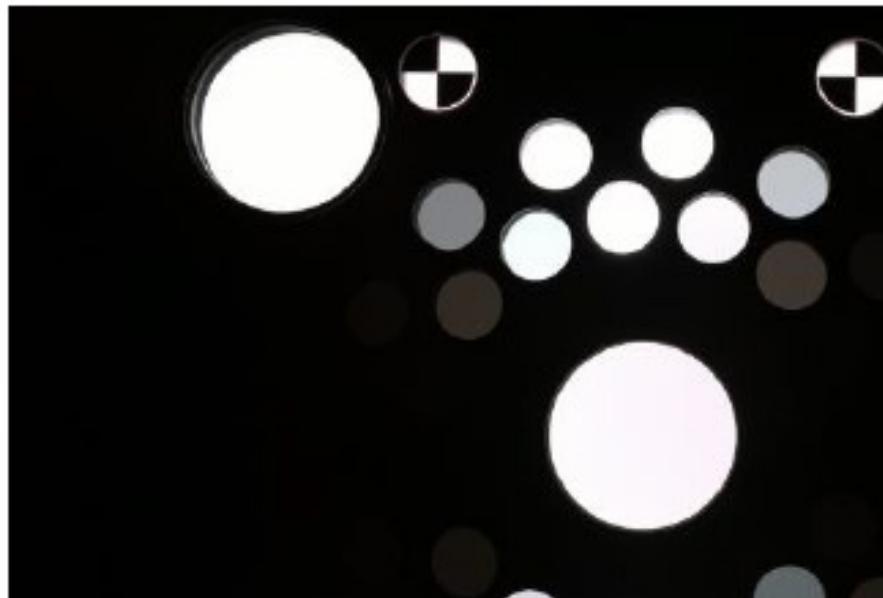


图 11 DxO HDR Noise 图卡

这张图卡和DxO Noise图卡一样，是透射式图卡，但是它具有更高的动态。它包含了28个光谱中性玻璃滤光片，密度范围从0到6（等于120db）。

关于如何使用这张图卡的详细说明请参考“DxO Noise图卡”部分。这两张图卡的主要区别在于使用的偏光片，下面会有具体的说明。

曝光需要正确，图像中过曝的滤光片必须在2到5之间。

偏光片已经添加到这个图卡中，用于帮助相机使用自动曝光来得到一个正确的曝光。在大多数情况下，偏光片应该关闭，来防止耀斑和光晕的产生。

下面是获得良好曝光的方法。当使用一个带有自动曝光的相机时，你应该一步一步的测试，直到曝光正确。由于打开偏光片会降低图像的质量，如果其它的方法不起作用，才会打开。

首先将所有偏光片关闭，EV 设置在 0，测试图像的曝光。如果曝光不正确：

如果有可能，改变EV;

如果可能在明亮的滤光片上使用接触曝光;

打开中心偏光片约  $400 \text{ cd/m}^2$ ;

在中心偏光片上使用接触曝光;

打开所有的偏光片约  $400 \text{ cd/m}^2$ ;

打开所有的偏光片约  $800 \text{ cd/m}^2$ ;

打开所有的偏光片约  $25000 \text{ cd/m}^2$ ;

## 7.16 图像质量的主观评价测试

主观评价以人作为观测者，力求能够真实地反映人视觉所看到的感知；主观评价只涉及人作出的定性评价，它以人为观察者，对图像的优劣作出主观的评价。主观评价方法主要可分为两种：绝对评价和相对评价。

绝对评价是由观察者根据自己的经验和理解，按照某些特定评价性能对图像的绝对好坏进行评价。通常图像质量的绝对评价，都是观察者参照原始图像对待定图像采用双刺激连续质量分级法（Double Stimulus Continuous Scale, DSCQS），给出一个直接的质量评价值，具体做法是：将待评价图像和原始图像按一定规则交替播放持续一定时间给观察者，然后在播放后留出一定的时间间隔供观察者打分，最后将所有给出的分数取平均作为该序列的评价值，即该待评图像的评价值。国际上也对评价尺度做出了规定，对图像质量进行等级划分并用数字表示，也称为图像评价的5分制“全优度尺度”，见表5。

表5 图像质量的主观评价测试描述

得分	描述	备注
5分	丝毫看不出图像质量问题	
4分	能看出图像质量问题，但不妨碍整体。	
3分	清楚看到图像质量变差	
2分	图像质量较差	
1分	图像质量非常差	

相对评价中没有原始图像作为参考，是由观察者对一批待评价图像进行相互比较，从而判断出每个图像的优劣顺序，并给出相应的评价值。通常，相对评价采用单刺激连续质量评价方法(Single Stimulus Continuous Quality Evaluation, SSCQE)。具体做法是，将一批待评价图像按照一定的序列播放，此时观察者在观看图像的同时给出待评图像相应的评价分值。相对于主观绝对评价，主观相对评价也规定了相应的评分制度，称为“群优度尺度”，见表6。

表6 图像质量的相对评价和绝对评价的尺度对比

分数	相对评价尺度	绝对评价尺度
5分	一群中最好的	非常好
4分	好于该群中平均水平的	好
3分	该群中的平均水平	一般
2分	差于该群中平均水平的	差
1分	该群中最差的	非常差

附录 A  
(规范性)  
灰阶测试图卡

灰阶测试图卡见图A.1。

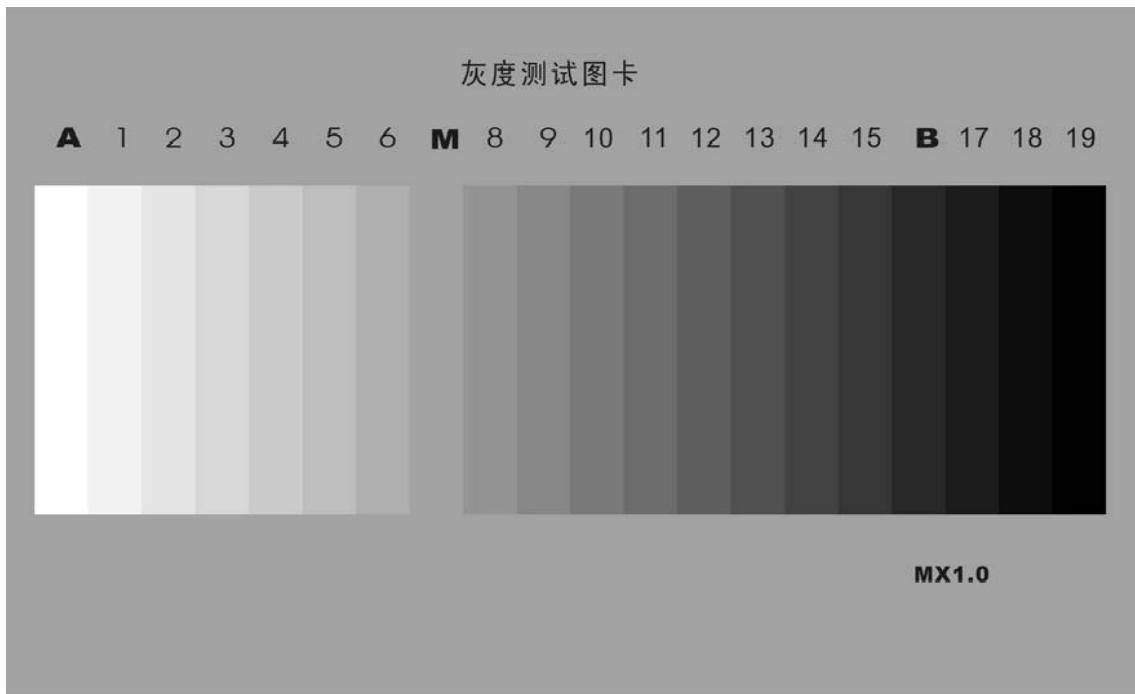


图 A.1 灰阶测试图卡

参照ISO 21550-2004 4.2.2款, 本灰阶测试图卡选定20阶。每阶反射密度参照ISO 21550中反射密度数值, 最低密度为0.05, 最高密度为1.95, 每阶相差0.1。

图卡中设A、M、B三个标定点, 相对应的反射密度为0.05、0.75和1.65, 它们分别代表高光、中性灰( $T=18\%$ )和阴影的密度。图卡背景为中性灰, 相当于M点的灰度。

当数字设备输出为24位色时, 则描述一个像素是8bit, 这样每一个像素可表达28(256)个灰阶等级。在取整数的近似条件下, 利用计算机把三原色R、G、B(0、0、0)至R、G、B(255、255、255)灰度级近似均匀划分为20个整数等级, 分别填充到20个面积大小相等的矩形块中, 制成本灰阶测试图卡。

图卡尺寸: 宽700 mm, 高400 mm; 600 pixel/inch。

印制材料应是光谱中性, 耐退色, 有ISO 14524规定的容量。根据反射密度和R、G、B(0、0、0)至R、G、B(255、255、255)的线性特性, 把灰阶测试图卡(Kodak Q-13图卡)中的灰阶编号, 反射密度和灰度值列表如下:

表A.1 灰阶测试图卡规格

标号	密度值	灰度值
A	0.05	255
1	0.15	242
2	0.25	229

表 A.1 (续)

标号	密度值	灰度值
3	0.35	216
4	0.45	202
5	0.55	189
6	0.65	175
M	0.75	162
8	0.85	148
9	0.95	135
10	1.05	121
11	1.15	108
12	1.25	94
13	1.35	81
14	1.45	67
15	1.55	54
B	1.65	40
17	1.75	27
18	1.85	13
19	1.95	0

## 附录 B (规范性) MTF 计算方法

附录B给出了灰度图中细节MTF的计算方法。

### 第一步, 线性化

纹理枯叶测试卡中的灰阶色块是用来判断测试图片的灰阶是否为线性的。分析前确保图片的灰阶是线性的预期值, 并且确保图片纹理周围的亮度均匀性差值小于 10%。

### 第二步, 亮度计算

按照IEC 61966-2-1的方法用颜色矩阵将图像从线性sRGB转换为CIEXYZ。枯叶图MTF计算是基于亮度Y值进行的。

### 第三步, 纹理细节的傅里叶变换

从纹理细节块上截取一个大小为NxN的区域I。认为N为偶数, 对图像进行周期扩展。被截取的细节部分的能量谱定义如下:

$$U(m, n) = \left| \sum_{x=-\frac{N}{2}+1}^{\frac{N}{2}} \sum_{y=-\frac{N}{2}+1}^{\frac{N}{2}} I(x, y) e^{-\frac{2i\pi(mx+ny)}{N}} \right|^2 \quad \dots \dots \dots \quad (B. 1)$$

### 第四步, 一维快速傅里叶变换(255T)的计算

由二维255T的平均值得出一维的结果, 称之为U1D

### 第五步, 噪点计算

如果图像噪点较多, 那么噪点将影响高频部分的计算结果, 因此要在计算中去除噪点带来的影响。噪点的能量谱是用测试卡上 50%反射率的灰阶块进行计算的。由于被用于计算噪点的灰阶块远小于纹理区域, 因此计算中可简单认为纹理区域为多个噪点区域。噪点的能量谱表示为 H(r), 其中, 对于非整数值使用双线性插值插入 H(r), 由此得出去除噪点影响的细节能量谱为:

$$U'_{1D}(r) = U_{1D}(r) - p^2 H\left(\frac{r}{p}\right) \quad \dots \dots \dots \quad (B. 2)$$