

# 世界超高清视频产业联盟标准

T/UWA 005.3-6-2022

---

## 高动态范围（HDR）视频技术

### 第 3-6 部分：技术要求和测试方法 播放器软件用硬件

High Dynamic Range Video Technology Part 3-6:

Technical Requirement and Test Method - Hardware for Software Players

（ 征求意见稿 ）

2022-xx-xx 发布

2022-xx-xx 实施

---

世界超高清视频产业联盟

# 目 次

前 言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 缩略语.....	1
5 硬件设备的分级标准.....	2
6 测试条件.....	4
7 硬件设备分类策略.....	9
附录 A 软件控制方法.....	11
参考文献.....	12

# 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》给出的规则起草。

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：。

本文件主要起草人：。



# 高动态范围（HDR）视频技术 第 3-6 部分： 技术要求和测试方法 播放器软件用硬件

## 1 范围

本技术规范规定了用于 HDR Vivid 播放器软件用硬件设备的分级技术要求和测试办法。  
本技术规范适用于采用软件解码方式支持 HDR Vivid 视频解码的硬件设备。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改版本）适用于本文件。

SJ/T 11324 数字电视显示设备术语

GY/T 307-2017 超高清清晰度电视系统节目制作和交换参数值

GY/T 315-2018 高动态范围电视节目制作和交换图像参数值

T/UWA 005.1-2022 高动态范围（HDR）视频技术 第 1 部分：元数据及适配

T/UWA 005.3-1-2022 高动态范围（HDR）视频技术 第 3-1 部分：技术要求和测试方案 显示设备

## 3 术语和定义

SJ/T 11324 界定的和下列术语以及定义适用于本文件。

### 3.1

#### HDR Vivid

系指 T/UWA 005.1-2022 规定的 HDR 技术规范以及配套衍生技术的代称。

### 3.2

#### HDR Vivid 播放器软件

以独立软件的方式按照 HDR Vivid 规范对视频信号进行解析和调整，并在其搭载的显示设备上显示，包括但不限于智能手机、平板电脑、智能电视的 APP，PC 平台的应用程序等。本文中 HDR Vivid 播放器软件简称播放器软件。

### 3.3

#### 搭载 HDR Vivid 播放器软件的硬件设备

符合本规范要求并依据 HDR Vivid 播放器软件传送的数据进行图像显示的设备，本文中对搭载 HDR Vivid 播放器软件的硬件设备简称硬件设备。

### 3.4

#### 硬件设备的播放器软件控制状态

当播放器软件运行在硬件设备上时，会通过软件程序 API 控制硬件设备的显示能力，如：动态范围、色域等。这种硬件设备被播放器软件控制的状态，本文简称为播放器软件控制状态。

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

EOTF 电光转换函数 (Electro-Optical Transfer Function)

HDR 高动态范围 (High Dynamic Range)

HLG 基于混合对数伽马量化方法 (Hybrid Log-Gamma)

OETF 光电转换函数 (Opto-Electrical Transfer Function)

PQ 基于人眼特性的感知量化方法 (Perceptual Quantizer)

## 5 硬件设备的分级标准

### 5.1 硬件设备显示控制能力的分级标准

#### 5.1.1 概述

为了发挥硬件设备的显示能力，硬件厂商通过向软件开发者提供程序接口，对设备的显示能力进行控制。本章主要定义软件开发者在使用软件接口对硬件设备进行控制时，设备可实际输出的动态范围、色域覆盖的能力、非线性转换函数一致性等，具体表现为：软件接口适配性、显示设备亮度、彩色还原能力。

#### 5.1.2 播放软件控制状态下的硬件色域覆盖能力分类

硬件色域覆盖能力是指在播放器软件的控制下，硬件设备对于标准色域的实际物理覆盖程度，即该指标用于体现硬件设备的色域表现对于播放软件控制的实际响应程度。

上述指标等级分类见表 1：

表 1 受播放软件控制的硬件设备色域覆盖能力

序号	色域	色域覆盖度(%)
1	BT.2020	≥50
2	BT.2020	20~50
3	BT.709	≥99

#### 5.1.3 播放软件控制状态下的非线性转换能力分类

当播放器软件运行时，会通过硬件设备所搭配的操作系统图形图像软件绘制程序接口，指定其对输入信号的非线性转换方式。

硬件设备对于播放软件上述控制操作的响应能力分类见表 2：

表 2 受播放软件控制的输入信号非线性转换能力分类

序号	非线性转换函数	是否支持
1	PQ/HLG	是
2	Gamma2.2	是

#### 5.1.4 播放软件控制状态下的硬件显示动态范围分类

在播放器软件运行过程中，通过硬件设备所搭配的操作系统图形图像软件绘制程序接口，上屏绘制所得图像实际呈现亮度动态范围的覆盖能力。

上述指标等级分类见表 3：

表 3 受播放软件控制的显示动态范围分类

序号	10%白窗峰值亮度(cd/m <sup>2</sup> )	最小黑色亮度(cd/m <sup>2</sup> )	动态范围(%)
1	≥800	≤0.05	≥42
2	≥450	≤0.05	≥40
3	-	-	<40

### 5.1.5 播放软件控制状态下的硬件设备显示量化精度分类

当播放器软件运行时，会通过硬件设备所搭配的操作系统图形图像软件绘制程序接口，指定图像绘制上屏时的显示精度。

播放设备对于播放软件上述控制下时实际可用的显示量化精度等级分类见表 4：

表 4 受播放软件控制的显示量化精度分类

序号	精度(bit)
1	12
2	10
3	8

### 5.2 播放软件控制状态下的色彩管理要求

当前视频内容平台及服务提供商，为其用户提供的软件服务应用程序中，除了影片播放（点播回看、直播等）功能外，还会提供影片信息展示、用户观影互动、影片周边广告售卖等其他功能。于是，如图 1 所示，视频用户观影时所处的应用程序界面布局，往往由以下 2 类图层组成，包括：

- 视频图层：播放软件用以渲染视频图像帧的图层；及
- 交互图层：播放软件用以绘制非图像帧，如：文字、图片、UI 控件等程序界面元素的图层。

特别地，这 2 类图层可能存在重叠 overlap 区域。如图 1 所示的左侧为小窗播放场景，一般在集中展示当前影片信息的详情页时使用，此时渲染视频图像帧的视频图层重叠于详情页交互图层之上；图 1 所示的右侧为全屏播放场景，此时绘制弹幕、控制栏等界面元素的交互图层重叠于（全屏）渲染视频图像帧的视频图层之上。

在包含上述视频播放场景的应用程序运行过程中，在播放软件的控制下，硬件设备屏幕中的各图层区域都应能准确还原片源色彩。尤其是，针对播放图层与交互图层的重叠区域，硬件设备也能提供各自准确的亮度及色彩呈现。举例而言：

- 当视频图层重叠于交互图层之上，交互图层呈现 P3 色域时，视频图层可呈现 HDR 所需 BT. 2020 色域及高亮表现；
- 当交互图层重叠于视频图层之上，视频图层呈现 HDR 所需色域及高亮时，交互图层仍呈现 SDR 图像的 P3 色域。

在播放软件控制下，对硬件播放设备所需的色彩管理要求如表 5：

表 5 色彩管理要求

序号	项目		技术要求
1	视频图层	亮度偏差	输入亮度(L <sub>0</sub> /nit)<100
			≤20%
			100≤L <sub>0</sub> <1000
			≤15%
			1000≤L <sub>0</sub> ≤4000
			≤10%

		色度偏差 ( $\Delta E$ )	-	2
2	交互图层	色度偏差 ( $\Delta E$ )	-	2

表中视频图层的亮度偏差依据 T/UWA 005.3-1-2022 标准<sup>[1]</sup>进行要求。

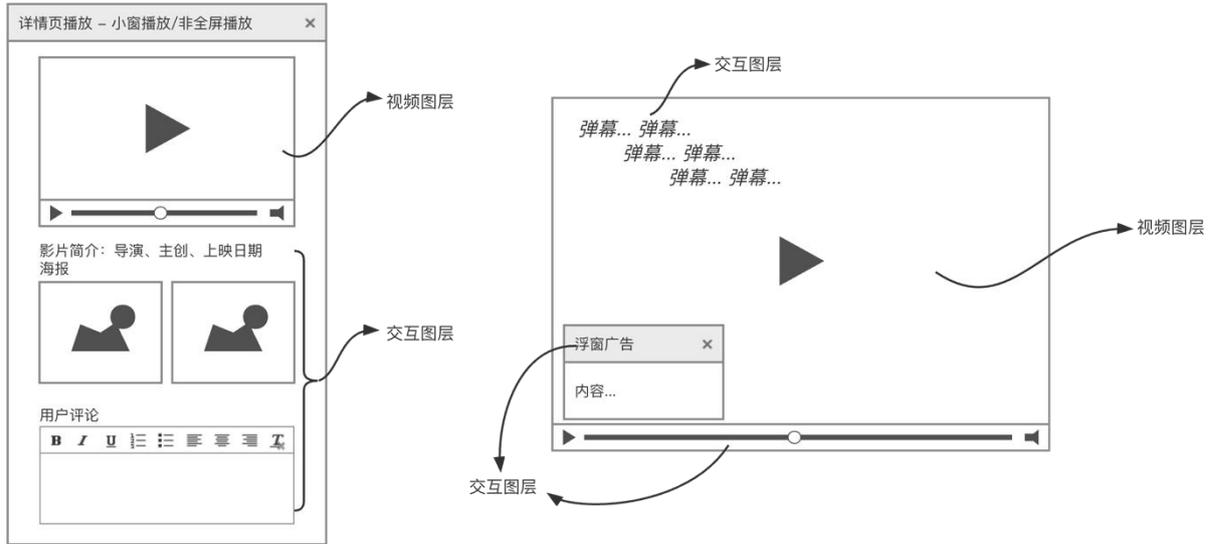


图 1 - 用户应用软件中视频图层与交互图层的关系举例示意图

## 6 测试条件

### 6.1 环境条件

#### 6.1.1 大气环境条件

在下列标准大气条件下进行测试。

温度：15 摄氏度~35 摄氏度

相对湿度：25%~75%

气压：86kPa~106kPa

#### 6.1.2 供电方式

测试过程中采用电池供电或连接电源，测试期间电池电量不低于50%。

#### 6.1.3 稳定时间

显示设备开机稳定 10 分钟后开始测试。

### 6.2 播放软件控制下的硬件测试方法

播放软件通过调整其输出信号，对硬件设备进行显示驱动，在此种工作状态下对硬件设备的各项指标进行测试。

#### 6.2.1 硬件色域覆盖能力测试方法

1. 播放软件调用可控制硬件设备显示色域能力的应用接口
2. 通过应用接口调整设备至待测试色域的显示模式
3. 播放软件输出测试数据，驱动硬件显示

**测试方法：**

- (1) 播放软件调整至 6.1.4.1 的工作模式，设置色域为 BT2020
- (2) 使用播放软件播放表 6 描述的测试样例，记录中心测试坐标 $(u'_r, v'_r)$
- (3) 使用播放软件播放表 7 描述的测试样例，记录中心测试坐标 $(u'_g, v'_g)$
- (4) 使用播放软件播放表 8 描述的测试样例，记录中心测试坐标 $(u'_b, v'_b)$
- (5) 按照公式 (1) 计算色域覆盖度是否满足 5.1.1 序号 1 要求
- (6) 播放软件调整至 6.1.4.1 的工作模式，设置色域为 DCI-P3
- (7) 使用播放软件播放表 6 描述的测试样例，记录中心测试坐标 $(u'_r, v'_r)$
- (8) 使用播放软件播放表 7 描述的测试样例，记录中心测试坐标 $(u'_g, v'_g)$
- (9) 使用播放软件播放表 8 描述的测试样例，记录中心测试坐标 $(u'_b, v'_b)$
- (10) 按照公式 (1) 计算色域覆盖度是否满足 5.1.1 序号 2 要求
- (11) 播放软件调整至 6.1.4.1 的工作模式，设置色域为 BT-709
- (12) 使用播放软件播放表 6 描述的测试样例，记录中心测试坐标 $(u'_r, v'_r)$
- (13) 使用播放软件播放表 7 描述的测试样例，记录中心测试坐标 $(u'_g, v'_g)$
- (14) 使用播放软件播放表 8 描述的测试样例，记录中心测试坐标 $(u'_b, v'_b)$
- (15) 按照公式 (1) 计算色域覆盖度是否满足 5.1.1 序号 3 要求

表 6 色域重合度测试样本

R 信号	G 信号	B 信号
923	0	0

表 7 色域重合度测试样本

R 信号	G 信号	B 信号
0	923	0

表 8 色域重合度测试样本

R 信号	G 信号	B 信号
0	0	923

$$G_{coincide} = \frac{S_{coincide}}{0.1118} \times 100\%$$

### 6.2.2 非线性转换能力测试方法

1. 播放软件调用可控制硬件设备非线性转换能力的应用接口
2. 播放软件调整设备至待测试非线性转换能力模式
3. 播放软件输出测试数据，驱动硬件显示

**测试方法：**

- (1) 播放软件调整为 6.1.4.2 工作模式，设置设备为 PQ 模式
- (2) 使用播放软件按照表 9 进行信号输出，使用色度仪测量屏幕亮度，计算相对误差<sup>[1]</sup> $A[k]$

$$A[k] = \frac{|P[k] - M[k]|}{P[k]} * 100\%$$

其中  $P[k]$  为输入亮度， $M[k]$  为测试所得的实际亮度

表 9 非线性转换能力测试样本（全范围 PQ 域非线性 RGB 信号）

亮度测试信号		全范围 PQ 域 10bit RGB 信号			绝对误差
序号	输入亮度 (cd/m <sup>2</sup> )	R 信号	G 信号	B 信号	
1	49.7907	450	450	450	≤20%
2	100.2301	520	520	520	≤15%
3	199.1536	592	592	592	≤15%
4	401.5059	668	668	668	≤15%
5	998.9344	769	769	769	≤15%
6	3987.9926	923	923	923	≤10%

### 6.2.3 硬件显示动态范围测试方法

1. 播放软件调用控制硬件设备非线性转换能力的接口，并调整为 PQ 模式
2. 播放软件输出测试数据，驱动硬件显示
3. 播放软件调整为 6.1.4.3 工作模式
4. 输出 10%白窗信号，测试其峰值亮度
5. 输出 2.5%边角白窗信号，测试其最小黑色亮度
6. 计算当前设备动态范围
7. 按照公式（1）计算动态范围

$$HDR_{coverage} = \frac{\lg L_B - \lg L_B}{\lg L_{Wr} - \lg L_{Bb}} \quad (1)$$

其中， $L_W$ 为按照 7.3.1 测得的峰值亮度， $L_B$ 为按照 7.3.2 测得的最小黑色亮度， $L_{Wr}$ 取值为 10000， $L_{Wb}$ 取值为 0.000001。



图 2 - 10%白窗口信号示意图

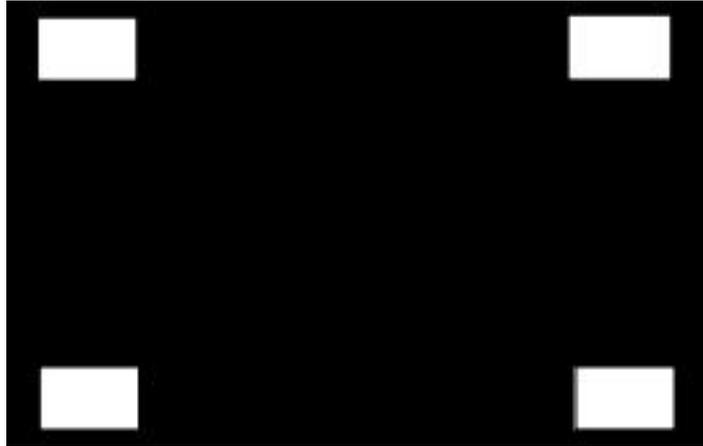


图 3 - 2.5%边角白窗信号示意图

#### 6.2.4 硬件设备显示量化精度测试方法

1. 播放软件调用可控制硬件设备显示精度的应用接口
2. 播放软件调整设备显示精度至待测试的显示模式
3. 播放那个软件输出测试数据，驱动硬件显示

##### 测试方法：

本条是测试硬件设备的量化精度在硬件设备峰值亮度范围内是否产生严重等高线显示误差。播放

- (1) 播放软件调整至 6.1.4.1 的工作模式
- (2) 使用播放软件输出公式 (2) 条带灰阶信号
- (3) 计算硬件设备所显示灰色条带数量
- (4) 若灰色条带为 256 或以上则表示硬件设备支持 12bit
- (5) 若灰色条带为 64 则表示硬件设备支持 10bit
- (6) 若灰色条带为 16 则表示硬件设备支持 8bit

$$pixel = 16 * x / \left\lceil \frac{width}{256} \right\rceil, x \in [0, width] \quad (2)$$

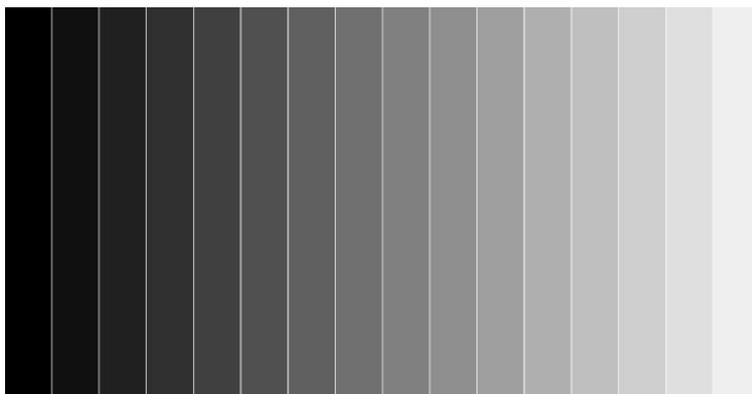


图 4 - 显示精度输出信号示意图

#### 6.2.5 色彩管理能力测试方法

1. 视频显示模块
  - a. 播放软件调整色域覆盖至广色域模式(BT.2020/DCI-P3)
  - b. 播放软件调整非线性转换能力为 PQ

- c. 播放软件向视频图层输出图像信号
- 2. 交互显示模式
  - a. 播放软件调用系统控件，并将其悬浮于视频显示图层之上
  - b. 播放软件调用系统控件显示测试信号

**测试方法：**

6.2.5.1 视频图层色彩管理测试

(1) 亮度误差测试

- a. 播放软件调整为 6.1.4.5 工作模式
- b. 播放软件依据表 9 输出亮度信号  $L_{in}$
- c. 使用色度仪测试对应亮度信号  $L_{out}$
- d. 计算误差是否符合表 9

(2) 色度误差测试

- a. 播放软件调整为 6.1.4.5 工作模式
- b. 播放软件依据表 10 向视频图层输出色度信号  $C_{in}$
- c. 使用色度仪测试对应色度信号  $C_{out}$ ，并转换为 LAB 空间的色彩信号
- d. 使用 CIE76<sup>[2]</sup>计算误差并记为  $\Delta E'_i$
- e. 所有计算后的误差最大值记为  $\Delta E$

6.2.5.2 交互图层色彩管理测试

- (1) 播放软件调整为 6.1.4.5 工作模式
- (2) 播放软件依据表 11 向交互图层输出色度信号  $L_{in}$
- (3) 使用色度仪测试对应色度信号  $C_{out}$ ，并转换为 LAB 空间的色彩信号
- (4) 使用 CIE76<sup>[2]</sup>计算误差并记为  $\Delta E'_i$
- (5) 所有计算后的误差最大值记为  $\Delta E$

表 10 色度误差信号

序号	PQ 域 RGB 码值 (10-bits, BT.2020 色域)		
	R 信号	G 信号	B 信号
1	1023	0	0
2	0	1023	0
3	0	0	1023

表 11 色度误差信号

序号	sRGB 域 RGB 码值 (8-bits, sRGB 色域)		
	R 信号	G 信号	B 信号
1	255	0	0
2	0	255	0
3	0	0	255

## 7 硬件设备分类策略

### 7.1 概述

依据第6章中的测试结果，我们对硬件设备进行分类，使播放软件能够依据不同的分类结果进行适配，获得最佳的HDR Vivid显示效果。

### 7.2 一类设备

一类设备在播放软件的驱动下，可获得最佳的HDR Vivid显示效果，具体地，是指当前设备，可支持最高品质的HDR Vivid介质，例如可采用12bit，广色域编码获得最佳的色彩表现，可使用最大亮度为1000nit的参数进行调色，或者更好的动态范围，其要求如表 11所示。

表 11 一类设备显示能力要求

显示能力	支持要求
色域覆盖能力	1, 2, 3
非线性转换能力	1, 2
动态范围能力	1, 2
显示量化精度能力	1, 2, 3
色彩管理能力	支持

### 7.3 二类设备

二类设备在播放软件的驱动以及适配下，具备正确的HDR Vivid显示效果，具体地，是指当前设备，可支持较高品质的HDR Vivid介质的播放，例如使用8bit编码，获得较好的色彩表现，其要求如表 12所示。

表 12 二类设备显示能力要求

显示能力	支持要求
色域覆盖能力	2, 3
非线性转换能力	1, 2
动态范围能力	2
显示量化精度能力	2, 3
色彩管理能力	支持

### 7.4 三类设备

三类设备无法通过播放软件播放正确的HDR Vivid效果，但可通过CUVA 005.1-2021中的SDR显示适配获得适配的HDR Vivid显示效果，其要求如表 13所示。

表 13 三类设备显示能力要求

显示能力	支持要求
色域覆盖能力	3
非线性转换能力	2
动态范围能力	2
显示量化精度能力	2, 3
色彩管理能力	支持

## 7.5 四类设备

四类设备无法通过播放软件播放正确的HDR Vivid效果,也无法通过SDR适配获得适配后的HDR Vivid显示效果,当其显示能力无法满足前述设备要求时,归类为四类设备。

## 附录 A

### 软件控制方法

#### Android设备使用OpenGL ES的控制方法

##### 1 开启软件PQ映射的控制代码:

使用EGL的接口创建渲染窗口时:

```
eglCreateWindowSurface(EGLDisplay dpy, EGLConfig config,  
    EGLNativeWindowType win,  
    const EGLint *attrib_list);
```

其中参数 `attrib_list` 中的色域参数应当支持:

`EGL_GL_COLORSPACE_BT2020_PQ_EXT`

或

`EGL_GL_COLORSPACE_BT2020_LINEAR_EXT`

##### 2 支持10bit渲染控制代码:

通过EGL接口查询的位深应大于10, 代码调用方法如下

```
eglGetConfigAttrib(display, config, EGL_RED_SIZE, m_value)  
eglGetConfigAttrib(display, config, EGL_GREEN_SIZE, m_value)  
eglGetConfigAttrib(display, config, EGL_BLUE_SIZE, m_value)
```

其中`display`为`EGLDisplay`参数, `config`为配置EGL配置参数, 查询的值写入`m_value`中

参考文献

[1]高动态范围（HDR）视频技术第 3-1 部分：技术要求和测试方法 显示设备

[2]Robertson A R. The CIE 1976 color-difference formulae[J]. Color Research & Application, 1977, 2(1): 7-11.

---