

ICS: 33.160.25
CCS: M74

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 播放软件用设备

High Dynamic Range Video Technology

Part 3-6: Technical Requirement and Test Method – Player Device For Media

Player Software

(V1.0)

2023-03-09 发布

2023-03-09 实施

世界超高清视频产业联盟

目 录

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
3.1 HDR Vivid	1
3.2 HDR Vivid 播放软件	1
3.3 HDR Vivid 播放软件用设备	1
3.4 软控状态	1
4 缩略语	1
5 设备的分级标准	2
5.1 显示能力的分级标准	2
5.2 色彩管理能力	3
6 测试方法	4
6.1 测试条件	4
6.2 测试仪器	4
6.3 测试工作状态	4
6.4 色域重合度测试方法	4
6.5 非线性转换能力测试方法	5
6.6 显示动态范围测试方法	5
6.7 显示量化精度测试方法	6
6.8 色彩管理能力测试方法	7
7 设备分级策略	8
7.1 概述	8
附录 A（资料性附录） 软件控制方法	9

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。

本文件是T/UWA 005《高动态范围（HDR）视频技术》的第3-6部分。T/UWA 005已经发布了以下部分：

- 第1部分：元数据及适配
- 第2-1部分：应用指南 系统集成
- 第2-2部分：应用指南 后期制作
- 第3-1部分：技术要求和测试方法 显示设备
- 第3-2部分：技术要求和测试方法 便携式显示设备
- 第3-3部分：技术要求和测试方法 播放设备
- 第3-4部分：技术要求和测试方法 播放软件
- 第3-5部分：技术要求和测试方法 实时编码设备

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这些专利的责任。

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：腾讯科技（深圳）有限公司、中国电子技术标准化研究院、中央广播电视总台、国家广电总局规划院、北京爱奇艺科技有限公司、咪咕文化科技有限公司、北京市博汇科技股份有限公司、北京中视广信科技有限公司。

本文件主要起草人：李大龙、陈仁伟、李岩、刘汉源、王志航、邓朔、张鸿宇、许海滨、王荣芳、张仁宇。

高动态范围（HDR）视频技术 第3-6部分： 技术要求和测试方法 播放软件用设备

1 范围

本文件规定了HDR Vivid播放软件适用的硬件设备技术要求和测试办法。

本文件适用于采用软件解码方式支持HDR Vivid视频的硬件设备。

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

T/UWA 005.3-4-2022 高动态范围（HDR）视频技术 第3-4部分：技术要求和测试方案 播放软件

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播放软件

以独立软件的方式按照T/UWA 005.1-2022对视频信号进行解析和调整，并在其搭载的硬件设备上显示，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。与T/UWA 005.3-4-2022定义一致，本文件简称播放软件。

3.3 HDR Vivid播放软件用设备

运行播放软件，并将符合T/UWA 005.1-2022定义的视频信号解码处理后得到的图像进行显示的设备，以下简称设备。

3.4 软控状态

当播放软件在设备上运行时，会通过软件程序API控制设备的显示能力，如：显示动态范围、色域等。设备这种被播放软件控制的状态在本文件中称为软控状态。

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 设备的分级标准

5.1 显示能力的分级标准

5.1.1 概述

为了发挥设备的显示能力，硬件厂商通过向软件开发者提供程序接口的方式，让播放软件对设备的显示能力进行控制。本章规定了软控状态下，设备各项显示能力的分级标准。

5.1.2 色域重合度

软控状态下的设备应支持BT.2020色域图像绘制输出，且色域重合度不低于60%。

5.1.3 非线性转换能力

软控状态下，播放软件可以开启设备的PQ显示模式（实现方式可参考附录A中A.2），并可接受播放软件解码HDR Vivid图像且经过色调映射后的PQ视频信号作为视频输入源，其输出亮度精度误差符合表1的规定。

表 1 非线性转换能力测试样本（全范围 PQ 域非线性 RGB 信号）

序号	输入信号：全范围 PQ 域 10bit RGB 信号			参考亮度 (cd/m^2)	相对误差
	R 信号	G 信号	B 信号		
1	450	450	450	49.7907	$\leq 20\%$
2	520	520	520	100.2301	$\leq 15\%$
3	592	592	592	199.1536	$\leq 15\%$
4	668	668	668	401.5059	$\leq 15\%$
5	923	923	923	$L_{max}^{[注1]}$	$\leq 10\%$

注 1：序号 5 用例中，由于 PQ 曲线理论值已经远超目前市场上消费级终端屏幕的最高亮度，所以其预期输出的参考亮度记为 L_{max} ，代表送检设备提供的配置设备最高显示亮度。

5.1.4 显示动态范围

软控状态下的设备显示动态范围分为2级，各等级应符合表 2 的规定。

表 2 显示动态范围分级表

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

5.1.5 显示量化精度

软控状态下，播放软件可以指定设备的显示量化精度（实现方式可参考附录A中A.3），并按照此精度完成播放软件输出图像的绘制。设备显示量化精度分为2级，各等级应符合表 3 的规定。

表 3 显示量化精度分级表

序号	精度(bit)
1	10
2	8

5.2 色彩管理能力

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,往往由以下两类图层组成,包括:

- 视频图层:播放软件用以渲染视频图像帧的图层;
- 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,这两类图层可能存在重叠区域。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 sRGB 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 sRGB 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 4:

表 4 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 $L_0 < 100$	$\leq 20\%$
			$100 \leq L_0 < 1000$	$\leq 15\%$
			$1000 \leq L_0 \leq 4000$	$\leq 10\%$
		色度偏差 ($\Delta u, \Delta v$)	0.04	
2	交互图层	色度偏差 ($\Delta u, \Delta v$)	0.04	

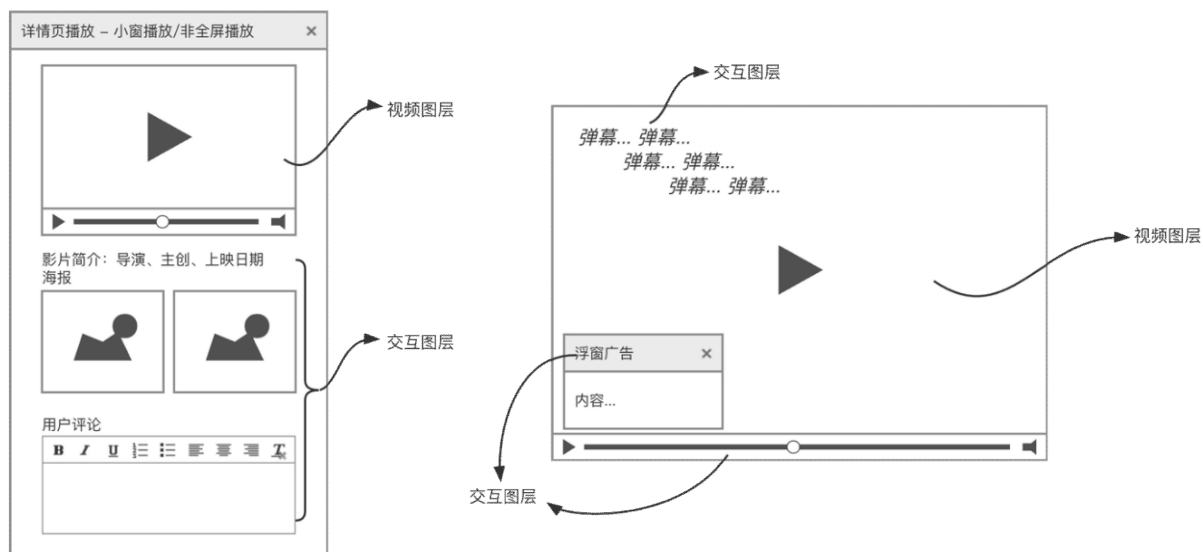


图 1 用户应用软件中视频图层与交互图层的关系举例示意图

6 测试方法

6.1 测试条件

6.1.1 大气环境条件

在下列标准大气条件下进行测试：

环境温度：15℃～35℃；

相对湿度：20%～80%。

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 测试仪器

6.2.1 色彩亮度计

色彩亮度计用于测量手机及平板电脑等各类型显示设备的亮度、色度值，其范围需要满足 $0.01 \text{ cd/m}^2 \sim 5000 \text{ cd/m}^2$ 。在亮度低于 2 cd/m^2 时，测试屏幕上小面积色度坐标 (x, y) 或 (u', v') 。

考虑到测试的便利性和误差要求，建议使用支持分光模式的色彩亮度计。

6.3 测试工作状态

- 将设备的图像设置恢复到出厂状态；
- 如无出厂状态，将图像模式调整到标准模式，设备其它菜单恢复到开机后的设置；
- 若有自动亮度调整，应关闭自动亮度选项，并调节整机背光或亮度至最大；
- 启动符合 T/UWA 005.3-4-2022 标准的播放软件，此时设备应处于软控状态。

6.4 色域重合度测试方法

测试步骤如下:

- 播放软件将设备显示色域设置为 BT.2020 (见附录 A-1 中参考示例);
- 使用播放软件播放表 5 描述的测试样例, 记录中心测试坐标(u'_r, v'_r);
- 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'_g, v'_g);
- 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'_b, v'_b);
- 依据 T/UWA 005.3-1-2022 标准 7.5.4 部分, 使用公式 (1) 计算色域重合度是否满足 5.1.2 规定。

表 5 色域重合度测试样本

R 信号	G 信号	B 信号
923	0	0

表 6 色域重合度测试样本

R 信号	G 信号	B 信号
0	923	0

表 7 色域重合度测试样本

R 信号	G 信号	B 信号
0	0	923

$$G_{coincide} = \frac{S_{concide}}{0.1118} \times 100\% \quad \dots\dots\text{公式(1)}$$

6.5 非线性转换能力测试方法

测试步骤如下:

- 播放软件将设备对输入亮度的非线性转换模式设置为 PQ 模式 (见附录 A-1 中参考示例);
- 视频测试信号: 图像内容为如图 2 所示的 10%窗口信号, 背景信号为 0 cd/m^2 (码值: 0/0/0), 窗口信号各分量输入值依照表 1, 信号依次变更;
- 将上述测试码流输入播放软件, 每个测试码流持续播放 10 秒, 其在屏幕上的输出图像在 5 秒内测试, 并记录亮度值;
- 记录表 1 对应的 5 个输入信号所测得的实际亮度值为 $M[k], k \in \{1,2,\dots,5\}$, 以上测试值使用坎德拉每平方米 (cd/m^2) 表示;
- 表 1 中每个输入信号的预期输出的参考亮度为 $P[k], k \in \{1,2,\dots,5\}$, 使用坎德拉每平方米 (cd/m^2) 表示;
- 计算实际输出亮度值与预期输出参考亮度值的相对误差 $A[k]$:

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

- 当计算所得的相对误差 $A[k], k \in \{1,2,\dots,5\}$ 均满足表 1 中给出的相对误差范围时, 可认为送检设备在软控状态下能实现 PQ 亮度转换输出能力。

6.6 显示动态范围测试方法

测试步骤如下:

- 播放软件将设备对输入亮度的非线性转换模式设置为 PQ 模式 (见附录 A-1 中参考示例);
- 播放软件输出测试数据, 驱动硬件显示;

- c) 输入视频测试信号为：面积 10%白窗口，窗口亮度 3987.99 cd/m^2 (码值：923/923/923)，背景 0 cd/m^2 (码值：0/0/0)，动态元数据采用直通映射曲线。测试其峰值亮度，记为 L_W ；
- d) 输入视频测试信号为：2.5%面积边角白窗口，窗口亮度 603.75 cd/m^2 (码值：713/713/713)，背景为 0 cd/m^2 (码值：0/0/0)，动态元数据采用直通映射曲线。测试其最小黑色亮度，记为 L_B ；
- e) 使用以上亮度值，参照 T/UWA 005.3-1-2022 标准计算当前设备的显示动态范围，如下：

$$HDR_{coverage} = \frac{\lg L_W - \lg L_B}{\lg L_{Wr} - \lg L_{Br}}$$

其中， L_{Wr} 取值为 10000 cd/m^2 (SMPTE ST.2048)， L_{Br} 取值为 0.000001 cd/m^2 (SMPTE ST.2048)。

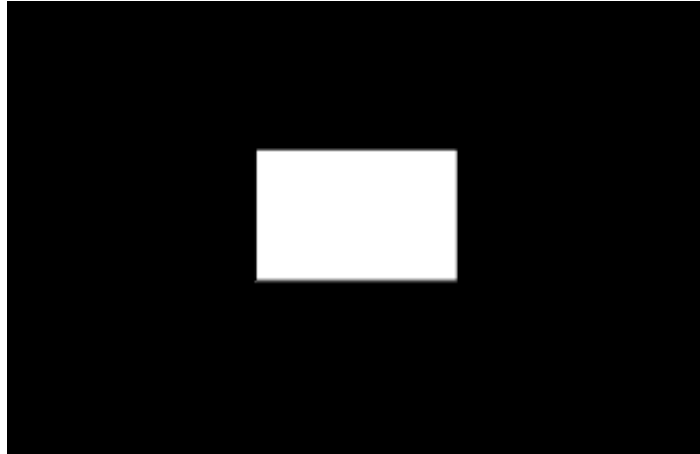


图 2 - 10%白窗口信号示意图



图 3 - 2.5%边角白窗信号示意图

6.7 显示量化精度测试方法

测试步骤如下：

- a) 将播放器及设备调整为 6.3 规定的测试工作状态；
- b) 设备在软控状态下，播放如图 4 所示的测试样片：条带灰阶信号，第一条为从(0/0/0)以 32 为步进至(1023/1023/1023)的 32 阶灰阶信号，第二条为从(660/660/660)以 1 为步进至(675/675/675)的 16 阶灰阶信号，第三条为从(1023/1023/1023)以 16 为步进至(0/0/0)的 64 阶灰阶信号，第四条为从(660/660/660)以 4 为步进至(672/672/672)的 4 阶灰阶信号，动态元数据采用直通映射曲线；
- c) 播放画面持续 30s，观察显示屏上第二条产生可视灰阶数量；
- d) 若有渐变效果且不分阶或灰阶数量大于 4 阶，则设备显示精度为 10bit，否则为 8bit；
- e) 若无法判断，则观察第四条，若第四条灰阶能分辨出 4 阶，且第二条灰阶不能，则设备显示精

度为 10bit, 否则为 8bit。

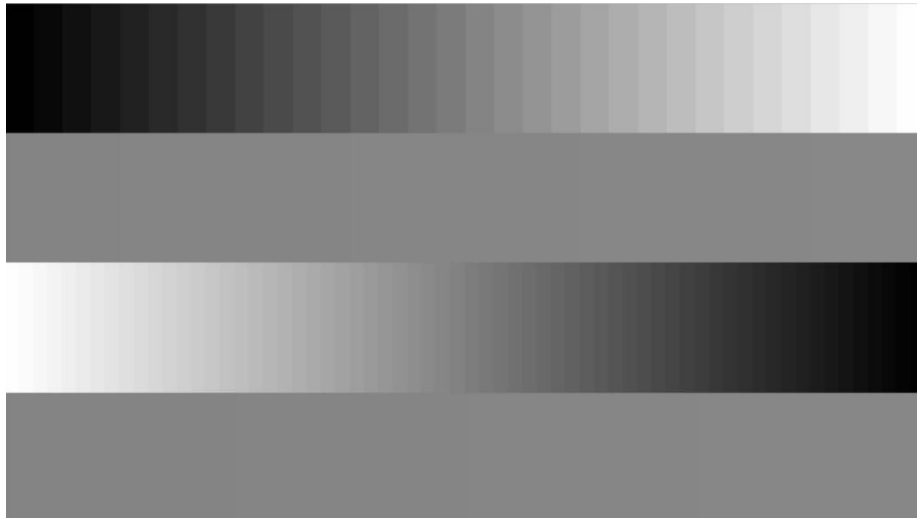


图 4 - 显示精度输出信号示意图

6.8 色彩管理能力测试方法

6.8.1 测试准备

设备在软控状态下的色彩管理测试分别针对视频图层和交互图层进行, 准备步骤包括:

- 播放软件如图 1 所示创建一个包含 2 类图层的播放界面;
- 上述界面中至少存在 1 个视频图层, 其在软控状态下设置为: 色域覆盖至广色域模式 (BT.2020/DCI-P3)、非线性转换能力为 PQ;
- 上述界面中还至少存在 1 个交互图层, 用于绘制非视频图像外的, 如 UI 控件图形;
- 在播放软件运行过程中, 分别测试视频图层、交互图层的输出信号。

6.8.2 视频图层色彩管理测试

(1) 亮度误差测试

亮度误差测试与 6.5 非线性转换测试方法一致, 视频图层的亮度响应需要遵循 PQ 曲线。

(2) 色度误差测试

测试步骤如下:

- 播放软件依据表 8 向视频图层输出测试信号 $P[k, j]$, 其中 $j=1, 2$ 分别表示 u', v' 分量, k 为对应输入色度的序号, 每个颜色各持续 30 秒, 以 (u', v') 表示, 记录测试到的色度值;
- 记录对应的输入色度所测的实际测试值为 $M[k, j]$, 其中 $j=1, 2$ 分别表示 u', v' 分量;
- 计算输出色度期望值与实际测试值的绝对误差 $A[K]$:

$$A[K] = \max(|P[k, 1] - M[k, 1]|, |P[k, 2] - M[k, 2]|)$$

- 最终的色度误差为绝对误差的最大值。

6.8.3 交互图层色彩管理测试

交互图层主要展示图片、文字等非视频内容, 其亮度响应遵循其内容所属的标准, 在正常情况下, 属于当前市场上所有设备的常规默认配置, 故本技术规范不赘述亮度误差测试。主要考察在多图层的情况下的色度误差, 对于色度误差的测试步骤如下:

- 播放软件依据表 9 向视频图层输出测试信号 $P[k, j]$, 其中 $j=1, 2$ 分别表示 u', v' 分量, k 为对应输入色度的序号, 每个颜色各持续 30 秒, 以 (u', v') 表示, 记录测试到的色度值;

- b) 记录对应的输入色度所测的实际测试值为 $M[k, j]$, 其中 $j=1, 2$ 分别表示 u', v' 分量;
c) 计算输出色度期望值与实际测试值的绝对误差 $A[K]$:

$$A[K] = \max(|P[k, 1] - M[k, 1]|, |P[k, 2] - M[k, 2]|)$$

最终的色度误差为绝对误差的最大值。

表 8 视频图层色度测试信号

序号	PQ 域 RGB 码值 (10-bits, BT.2020 色域)			参考色坐标	
	R 信号	G 信号	B 信号	u'	v'
1	441	409	389	0.2320	0.4867
2	449	413	381	0.2377	0.4946
3	465	449	437	0.2137	0.4790
4	477	550	622	0.1503	0.3960
5	518	602	233	0.1385	0.5726

表 9 交互图层色度测试信号

序号	sRGB 域 RGB 码值 (8-bits, BT.709 色域 Limited Range)			参考色坐标	
	R 信号	G 信号	B 信号	u'	v'
1	235	16	16	0.4013	0.9412
2	16	235	16	0.1634	0.1030
3	16	16	235	0.9412	0.4617

7 设备分级策略

7.1 概述

依据第6章中的测试结果对设备进行分级, 以指导内容平台商提供合适的片源分发策略, 并使播放软件能够依据不同的分级结果进行适配, 使设备呈现最佳的HDR Vivid显示效果。

设备分为3级: 标准档次、基准档次和兼容档次。各级技术要求应满足表 10的规定。

标准档次设备在播放软件的控制下, 可获得最佳的HDR Vivid显示效果。

基准档次设备在播放软件的控制以及适配下, 具备正确的HDR Vivid显示效果。

兼容档次设备无法通过播放软件播放正确的HDR Vivid效果, 但可通过T/UWA 005.1-2022中的SDR显示适配获得向下兼容的HDR Vivid显示效果。

表 10 各档次设备能力要求

设备能力项	支持要求		
	标准档次	基准档次	兼容档次
色域重合度	符合	符合	不符合
非线性转换能力	符合	符合	不符合
显示动态范围	1级	2级	低于2级
显示量化精度	1级	2级	2级
色彩管理	符合	符合	符合

附录 A (资料性附录) 软件控制方法

A.1 概述

本附录以Android设备为例，举例本规范描述的软控状态的实现方式。

A.2 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 display,
                       EGLConfig config,
                       EGLNativeWindowType win,
                       const EGLint *attrib_list);
```

其中参数attrib_list中的色域参数中包含EGL_GL_COLORSPACE_BT2020_PQ_EXT，如下：

```
1. std::vector<EGLint> attrib_list;
2. attrib_list.push_back(EGL_GL_COLORSPACE_KHR);
3. attrib_list.push_back(EGL_GL_COLORSPACE_BT2020_PQ_EXT);
4. attrib_list.push_back(EGL_NONE);
```

A.3 支持10bit渲染控制代码

通过EGL接口查询的位深应等于10，代码调用方法如下：

```
1. EGLDisplay display;
2. EGLConfig config;
3. // ...
4. // 省略对于 display、config 的处理过程
5. // ...
6. EGLint r_size, g_size, b_size;
7. eglGetConfigAttrib(display, config, EGL_RED_SIZE, &r_size);
8. eglGetConfigAttrib(display, config, EGL_GREEN_SIZE, &g_size);
9. eglGetConfigAttrib(display, config, EGL_BLUE_SIZE, &b_size);
10. assert(r_size == 10);
11. assert(g_size == 10);
12. assert(b_size == 10);
```