



中国 电影 电视 技术 学会 标准

T/CSMPTE 6—2019

---

# 节目制播用高清晰度电视图像监视器色彩 校准指南

Guides to the color calibration of HDTV video monitors in program production and  
broadcasting

2019-3-12 发布

2019-3-12 实施

---

中国电影电视技术学会 发布



# 目 次

前言 .....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语、定义和缩略语.....	1
3.1 术语和定义.....	1
3.2 缩略语.....	2
4 监视器色彩校准建议.....	2
4.1 概述.....	2
4.2 测量技术指标.....	2
4.3 测量方法.....	3
4.4 色彩校准.....	4
4.5 监视器色彩数据档案管理的建议.....	6
参考文献.....	7

## 前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国电影电视技术学会标准与测试专业委员会归口。

本标准起草单位：洛阳瑞光影视光电技术有限公司、中央广播电视总台、国家广播电视总局广播电视规划院、中国传媒大学、上海广播电视台。

本标准主要起草人员：马健、李岩、王惠明、张俊、金逸乐、纪为民。

# 节目制播用高清晰度电视图像监视器色彩校准指南

## 1 范围

本标准给出了用于高清晰度电视节目拍摄、制作、播出等环节的图像监视器色彩校准方法。本标准适用于高清晰度电视图像监视器的日常调校与维护管理。

## 2 规范性引用文件

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

GY/T 155-2000 高清晰度电视节目制作及交换用视频参数值

GY/T 284-2014 节目制播用高清晰度电视监视器技术要求和测量方法

CIE S 014-6/E 比色法第6部分：CIE DE2000 色差公式（Colorimetry -- Part 6: CIEDE2000 Colour-difference formula）

REC ITU-R BT. 709 高清晰度电视制作和国际间节目交换用参数值（Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange）

## 3 术语、定义和缩略语

### 3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

#### 3.1.1

**色温 color temperature**

当光源发出的光与某一温度下完全辐射体发出的光所含的光谱成分相同时，该完全辐射体的绝对温度称为此光源的色温。

#### 3.1.2

**伽马 gamma**

在电视中，用对数表示光—电和电—光转换特性。

#### 3.1.3

**色调 tone**

表示红、绿、蓝、黄、品、青等颜色特性。

#### 3.1.4

**色域 color gamut**

能够满足一定条件的颜色的集合在色度图或色空间内的范围。

#### 3.1.5

### 三维查找表 3D-LUT

将目标色彩空间分割成三维格点，每个格点所对应的 RGB 数据数组记录在表格中，函数映射重建每个格点对应的目标色彩空间值，通过查找对应的标准数据和插值计算，实现源色彩空间到目标色彩空间的数据转换的技术。

## 3.2 缩略语

下列缩略语适用于本标准

LUT 查找表 (Look Up Table)

HD-SDI 高清串行数字接口 (High Definition Serial Digital Interface)

## 4 监视器色彩校准建议

### 4.1 概述

通过色彩校准，可有效改善监视器因为原始色域不同或器件老化、使用环境的变化（如温度、湿度）而产生的色彩偏差，使监视器在其正常使用寿命内保持良好的色彩还原度，使得输入信号正确还原到监视器屏幕上。确保监视器用于主观评价的基准性、一致性，确保拍摄、制作、播出等环节的输出的电视节目图像质量。

校准之前，通常需要先对被校准监视器进行指标测量。

### 4.2 测量技术指标

#### 4.2.1 基准白色温

基准白色温的测试内容及参考技术要求见表1。

表1 基准白色温

项目		技术要求		
		一级	二级	三级
基准白色温	$u'$	$0.1978 \pm 0.0010$	$0.1978 \pm 0.0020$	$0.1978 \pm 0.0100$
	$v'$	$0.4683 \pm 0.0015$	$0.4683 \pm 0.0030$	$0.4683 \pm 0.0100$

注：表1中的技术要求符合GY/T 284中第5章的规定。

#### 4.2.2 基色色度坐标

基色色度坐标的测试内容及参考技术要求见表2~表4。

表2 红色色度坐标容限区域（四边形）顶点坐标

基色	容限四边形顶点坐标							
	顶点 1		顶点 2		顶点 3		顶点 4	
	$u'_1$	$v'_1$	$u'_2$	$v'_2$	$u'_3$	$v'_3$	$u'_4$	$v'_4$
红色	0.461	0.527	0.461	0.518	0.431	0.513	0.431	0.531

表3 绿色色度坐标容限区域（四边形）顶点坐标

基色	容限四边形顶点坐标							
	顶点 1		顶点 2		顶点 3		顶点 4	
	$u'_1$	$v'_1$	$u'_2$	$v'_2$	$u'_3$	$v'_3$	$u'_4$	$v'_4$
绿色	0.133	0.566	0.128	0.545	0.115	0.563	0.120	0.569

表4 蓝色色度坐标容限区域（四边形）顶点坐标

基色	容限四边形顶点坐标							
	顶点 1		顶点 2		顶点 3		顶点 4	
	$u'_1$	$v'_1$	$u'_2$	$v'_2$	$u'_3$	$v'_3$	$u'_4$	$v'_4$
蓝色	0.186	0.159	0.180	0.143	0.166	0.159	0.173	0.183

注：表2、表3、表4的顶点坐标符合GY/T 284中第5章的规定。

#### 4.2.3 电光转换特性

电光转换特性的测试内容及参考技术要求见表5。

表5 电光转换特性

项目	技术要求		
	一级	二级	三级
电光转换特性	输入信号电平从 10%到 90%, Gamma 测量值与理想值 2.2 的差异在 $\pm 0.15$ 之内, Gamma 的曲线变化到 109%时, 屏幕亮度应能跟踪变化		不做规定

注：表5中的技术要求符合GY/T 284中第5章的规定。

#### 4.3 测量方法

##### 4.3.1 测量点

进行色彩测量时, 选取监视器的中心区作为测量点。

##### 4.3.2 测量用信号源

测试信号应符合GY/T 155-2000的规定, 测试信号源输出信号量化为10比特。测量时测试信号源和被校准监视器信号接口均采用HD-SDI。

##### 4.3.3 测量样例

表6到表8给出部分颜色的测量样例。在实际测量时, 可包括但不限于这些颜色。

表6 红色测量样例

信号 RGB 值		940、632、632	940、460、520	940、320、320	940、64、64
屏幕测量值	$v'$	0.4810	0.4942	0.5080	0.5229
	$u'$	0.2567	0.3178	0.3816	0.4507
	L	77.0880	65.8040	58.6130	53.3416

表7 绿色测量样例

信号 RGB 值		728、940、728	556、940、556	396、940、396	64、940、64
屏幕测量值	$v'$	0.4997	0.5252	0.5452	0.5625
	$u'$	0.1736	0.1539	0.1384	0.1250
	L	94.7446	91.4810	89.3535	87.7516

表8 蓝色测量样例

信号 RGB 值		728、728、940	556、556、940	396、396、940	64、64、940
屏幕测量值	$v'$	0.4210	0.3585	0.2775	0.1579
	$u'$	0.1944	0.1899	0.1841	0.1754
	L	80.5736	64.4649	49.8499	32.5471

## 4.4 色彩校准

### 4.4.1 校准原理

色彩校准原理如下：

- 色彩校准系统由色度计、计算机及相应的校准软件组成；
- 校准软件控制信号发生器产生测试信号图；
- 色度计测量监视器在不同测试信号图下的色坐标值；
- 校准软件通过测量值与标准色域对比，生成对应的特征化三维查找表（3D-LUT）文件；
- 三维查找表（3D-LUT）中存储了被校准监视器校准前的原始色域与标准色域的差值数据；
- 输入信号通过三维查找表（3D-LUT）中取得对应差值，将修正后的信号映射到屏幕上，得到符合目标色域要求的图像。

应说明的是，出厂时的显示器件特性已决定了监视器所显示的原始色域范围，原始色域小于校准目标色域的部分，无法通过校准进行弥补。因此需根据监视器的应用场景，提前从色域等因素规划设备选型。

### 4.4.2 设备要求

被校准监视器要求：

- 监视器应具备加载三维查找表（3D-LUT）的功能，否则应使用外置的三维查找表（3D-LUT）加载器进行校准，并在后续使用中一直使用该加载器；
- 被校准监视器应具备产生符合 GY/T 155-2000 标准要求测试图的能力，否则应使用独立的 SDI 信号发生器；

测量仪器要求：色度计应符合 GY/T 284 中第 6.2 章的规定。

信号源要求：SDI 信号发生器应符合 GY/T 284 中第 6.2 章的规定。

### 4.4.3 校准精度

在相同的测试信号下，校准精度与三维查找表（3D-LUT）取样节点数有关，常见点数有 17、26、33 等，根据三维查找表（3D-LUT）加载设备的支持能力，取样节点数越大，校准精度越高。

### 4.4.4 三维查找表（3D-LUT）的文件格式

三维查找表（3D-LUT）文件具有不同的文件格式，如：cube、dat、csv、3d1等，校准时应根据三维查找表（3D-LUT）加载设备的支持能力进行选择。

#### 4.4.5 校准步骤

- 当被校准监视器自身具备三维查找表（3D-LUT）数据加载功能时，按照图 1 连接硬件；当被校准监视器自身不具备三维查找表（3D-LUT）数据加载功能时，按照图 2 连接硬件；
- 信号发生器输出符合 4.3.2 到 4.3.3 节规定的测试图像到被校准监视器；
- 校准软件通过色度计采集每一个测试图的颜色坐标数据，并计算色差值；
- 校准软件生成三维查找表（3D-LUT）文件；
- 载入三维查找表（3D-LUT）文件，完成校准。

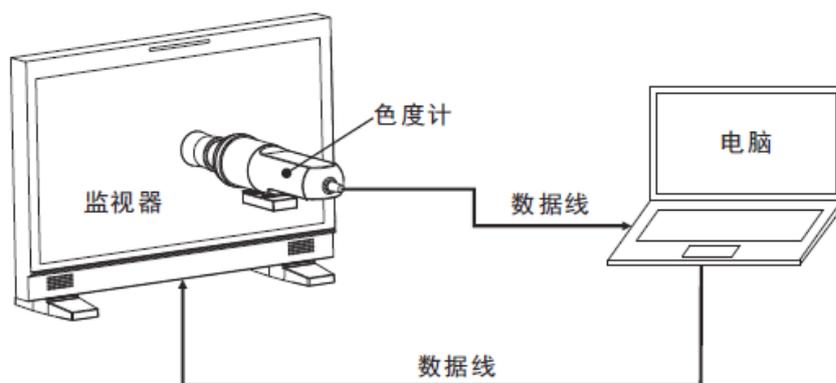


图1 被校准监视器自身具备 3D-LUT 数据加载功能时的连接方式

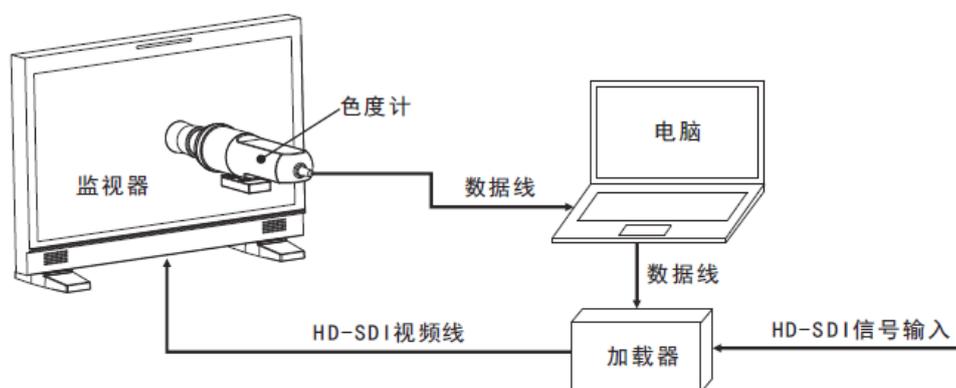


图2 被校准监视器自身不具备 3D-LUT 数据加载功能时的连接方式

#### 4.4.6 校准周期

监视器常规使用时，建议一年校准一次。

监视器用于对图像质量要求较高的节目制作监看时，应按需校准。

#### 4.4.7 色彩偏差的评定

建议采用国际照明委员会 CIE S 014-6/E 定义的 DE2000 色差公式作为监视器的色彩偏差评估方法。DE2000 色差公式可以更加直观的量化色差。

具体公式见公式（1）

$$\Delta E_{00} = \left[ \left( \frac{\Delta L'}{K_L S_L} \right)^2 + \left( \frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right)^2 + \left( \frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right)^2 + R_T \left( \frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right) \left( \frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right) \right]^{1/2} \dots\dots\dots (1)$$

注：DE2000色差公式详细定义请见CIE S 014-6/E原文。

色差值越小，表明被测颜色与目标颜色的色调越接近，不同的色差值范围与人眼对色调主观感受的对应关系参考如下：

- ΔE ≤ 1：基本看不出色调的区别，可认为是相同的色调；
- 1 < ΔE ≤ 3：经过专业训练的人员可以看到色调差别，但非专业人员感觉色调基本相同；
- 3 < ΔE ≤ 10：色调差别可见，但仍可认为是基本相同的色调；
- ΔE > 10：可认为是不同色调，不建议作为监视器使用。

## 4.5 监视器色彩数据档案管理的建议

### 4.5.1 概述

色域、色深、亮度，是影响色彩还原一致性的重要因素，可以依据这些因素，对监视器进行分类，物理指标越接近，颜色还原的一致性就越高。色深参数可参考监视器生产企业提供的技术指标。

### 4.5.2 实际使用中监视器大致分类

第一类是用于技术调试的参考基准、节目播控、后期调色和技术审片的监视器。此类监视器的物理指标建议达到10比特色深，满足GY/T 155-2000（等效于ITU-R BT. 709）色域，峰值亮度范围应满足GY/T 284表1中一级监视器的要求。

第二类是用于后期剪辑、频道监看和播出监控的监视器。建议此类监视器的物理指标达到8比特色深，色域范围建议不小于4.2.2中基色坐标容限的最小值，峰值亮度范围应满足GY/T 284表1中二级监视器的要求。

### 4.5.3 监视器分类使用建议

采用专业的色彩校准设备，对已分类的监视器进行颜色校准，并将校准数据逐一编辑归档。参照4.5.2的分类方法，根据节目制作的不同用途，对不同类别的监视器进行再分配。最大程度地保证监视器色彩还原的一致性。本标准建议对监视器进行逐台检测，根据检测数据，对监视器进行分类，并建立监视器色彩数据档案。

参 考 文 献

- [1] ISO 11664-2:2007 比色法第2部分：CIE标准光源（CIE Standard Illuminants）

中国电影电视技术学会标准  
节目制播用高清晰度电视图像监视器色彩校准指南  
T/CSMPTE 6—2019

中国电影电视技术学会  
查询网址：[www.csmpte.com](http://www.csmpte.com)  
北京市西城区真武庙二条真武家园 4 号楼 1 层西区  
邮编：100045  
联系电话：（010）63959030