

# 浅谈监视器颜色的检测标准与计算方法

## 监视器在使用过程中为什么会出现偏色？

监视器是由显示面板、驱动电路、图像处理、控制程序等多种软、硬件技术所构成。随着使用时间和频率的增加、使用环境的不同（如高温、高湿），都会造成元器件、背光发生不同程度的老化，从而导致色彩漂移，颜色还原出现偏差，最为明显的表现就是我们经常看到偏冷或偏暖的现象。这种情况在租赁业和后期调色表现的尤为突出。

因此，定期对监视器进行色彩校准，是保证专业监视器处于最佳工作状态的必要手段。在美国的专业视频制作机构中，专业监视器的定期校准，已被纳入常态化的技术规范。

## 检测标准与计算方法

在分析图像数据之前，我们先了解一下评判色彩表现的理论依据是什么，也就是评判的标准。这有助于我们接下来通过图表的方式，快速理解各项指标的实际含义和作用。

将监视器的原始色域与目标色域之间的色差，定义为色彩偏离度，用颜色空间中两个色点之间的距离来表示。通过计算后得到其数值，一般以符号 $\Delta E$ 来代表。

国际照明委员会（CIE）在 2001 年推广 $\Delta E$  的标准计算方法。 $\Delta E$  可以规范

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L \cdot S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C \cdot S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H \cdot S_H}\right)^2 + \left(R_T \left(\frac{\Delta C'}{k_C \cdot S_C}\right) \left(\frac{\Delta H'}{k_H \cdot S_H}\right)\right)}$$

出人们感知内所能接受的色差范围。

$\Delta E$  各阶段的定义：

$\Delta E = 1.6-3.2$ ，人眼基本上分辨不出色彩的差异，通常被认为是相同的颜色；

$\Delta E = 3.2-6.5$ ，多数人感到色彩是相同的，但经过专业的训练可以辨别其不同色彩的差别是可以看到的，但色彩给人的印象是基本相同；

$\Delta E = 6.5-13$ ，色彩的差别是可以判别的，但色调本身仍然相同；

$\Delta E = 13-25$ ，可以确认是不同的色调，但也可以辨别出色彩的从属（属性）； $\Delta E$  大于 25 时，则被认为是另一种不同的颜色。

通常来讲， $\Delta$  位于 3 到 6 之间的变化是可以被接受的。作为技术级监视器，色彩偏离度控制在  $\Delta E3$  以内，是比较理想的技术指标。而作为监看级监视器， $\Delta E$  的偏离值以不能大于 6 为宜。

大致了解了相关色彩偏离度的检测标准后，也许大家要问，用什么方法来检测监视器的各项显示呢？

总部位于西雅图的 SpectraCal，是美国最具影响力的专业视频校正软件设计公司。为松下、JVC、RED、Tvlogic、迪斯尼动画、苹果、艺卓等国际知名品牌提供了专业的色彩管理方案。

（截图来自 SpectraCal 公司官方网站）

CalMAN5（旗舰版）是 SpectraCal 的专业色彩管理软件，设计师将  $\Delta E$  的换算定义，用图表、直方图和水平线的方式予以描述，这样就可以更直观的看到以往我们在监视器中所看不到的关键数据，简单易懂，一目了然。

The screenshot shows the SpectraCal website's 'PARTNERS & CLIENTS' page. At the top, there is a navigation bar with links for ABOUT, PRODUCTS, DOWNLOADS, SUPPORT, CONTACT, and STORE. Below the title, a paragraph states: 'SpectraCal works with dozens of hardware and display manufacturers to provide customers with a wide breadth of hardware support and software capabilities. The following are companies that work directly with SpectraCal and/or use CalMAN software for their own calibration needs.' This is followed by a grid of logos for various partners and clients, including:

- FSI Flanders Scientific Inc.
- FILM
- AVICOL
- technicolor
- Microsoft CERTIFIED Partner
- RED DIGITAL CINEMA SHOOT ON RED
- NBC
- ICA INTERNATIONAL COLORIST ASSOCIATION
- CNN
- WALT DISNEY PICTURES
- Apple
- CO3
- TVlogic
- EIZO
- deluxe
- KLEIN
- PC PCMAG.COM
- RUNCO THE WORLD'S FINEST HOME THEATER PRODUCTS
- TRIOORANGE
- JVC PROFESSIONAL
- ID2 FILMS
- Panasonic
- c|net
- SKY HD TV & DVD
- thinklogical
- TURNER STUDIOS
- CHKISTIE
- FOTO KEM
- YouTube
- EA ELECTRONIC ARTS

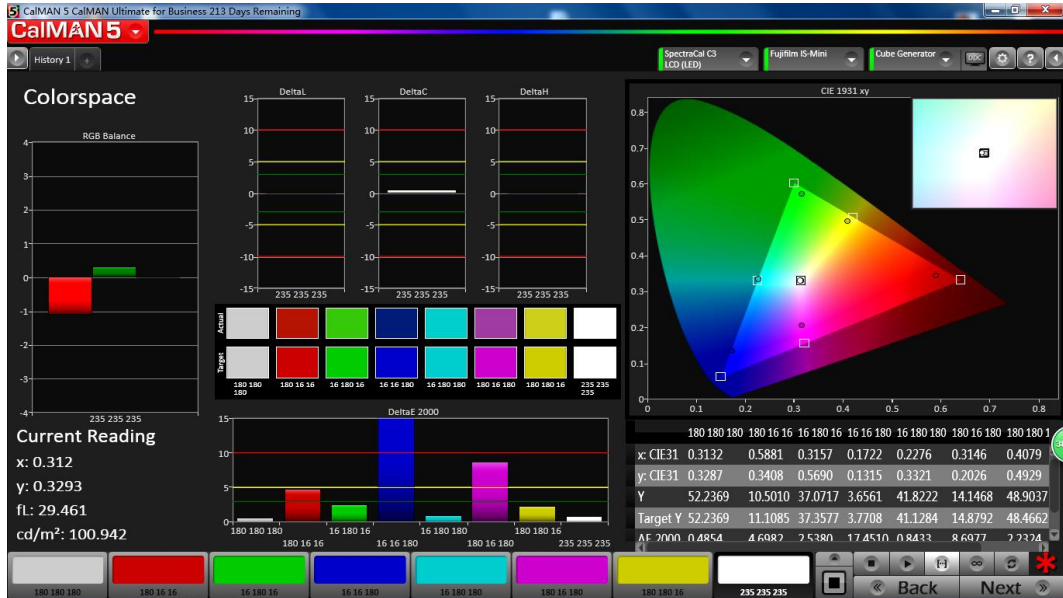
At the bottom, there are three testimonial quotes:

- "We use CalMAN as a final quality control check to ensure every monitor is properly calibrated before shipping." -Bram Donnet, FSI General Manager
- "The feature set and hardware support offered by CalMAN allows us to reliably calibrate all of our displays." -John Stevens, MVI Film Director of Engineering
- "I use CalMAN software for all my professional video calibration work in the studio industry." -David Abrams, Avicol CEO

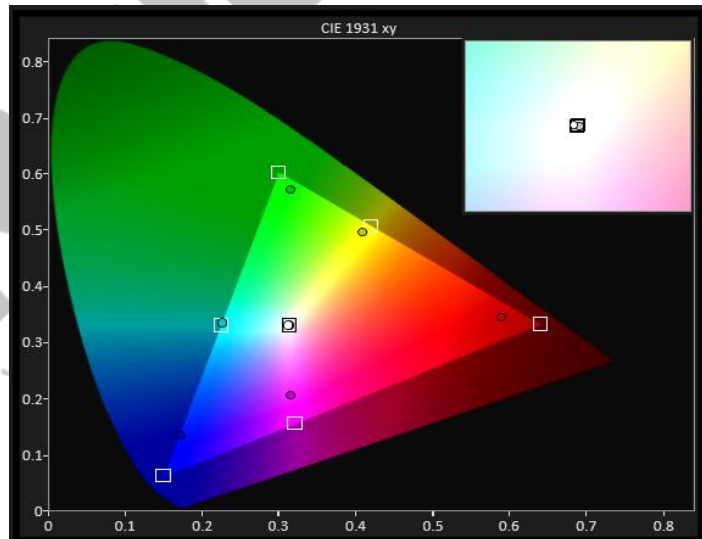
At the very bottom, a paragraph reads: 'SpectraCal's partnerships with manufacturers have led to the majority of technological advances in the field of display calibration over the past several years. If you are interested in seeing your company on the cutting edge of new display technology, or if you would like to offer color accuracy solutions to your customers, a partnership with SpectraCal can be a strategic business move.' Below this is contact information: 'If you are interested in partnering with SpectraCal we'd love to hear from you. Please contact us at (206) 429-7514 or email [marketing@spectracal.com](mailto:marketing@spectracal.com).'



现在我们用一台原始色域较小的监视器来显示 REC-709 色域，所能再现的颜色范围将是有限的。如果 RGB 的平衡没有做好的话，不仅色度偏低，还会出现偏色现象。

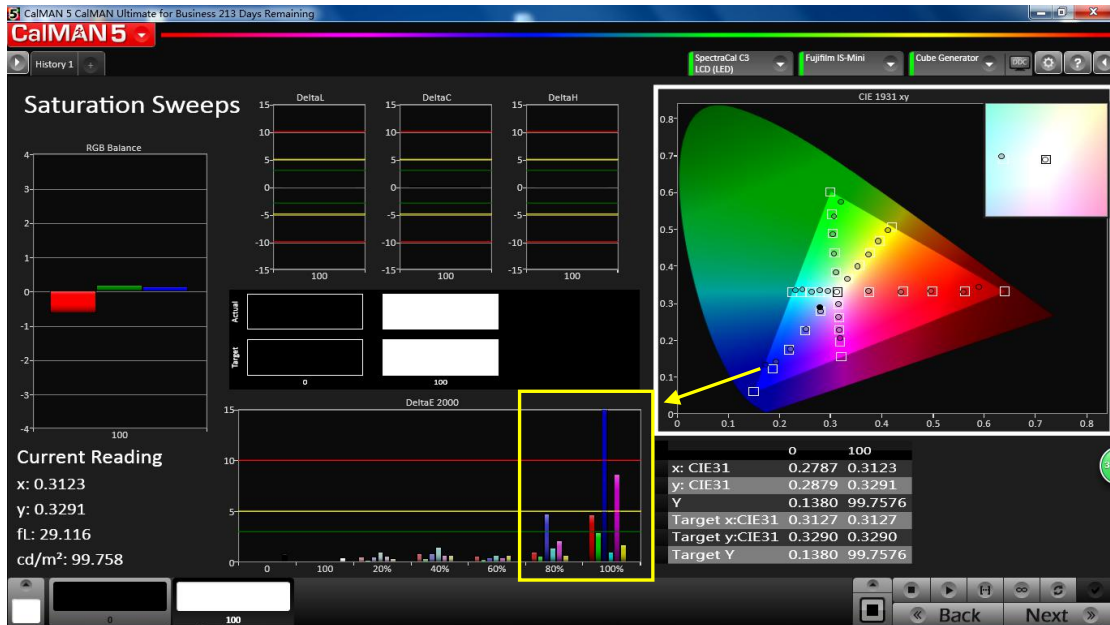


从局部图中可以看出，测量值（圆点）与目标值（方框）存在一定的距离，没有安全打进目标值的靶心。证明这台监视器的原始色域不能满足 REC-709 的色域要求，也就无法做到准确的色彩还原。

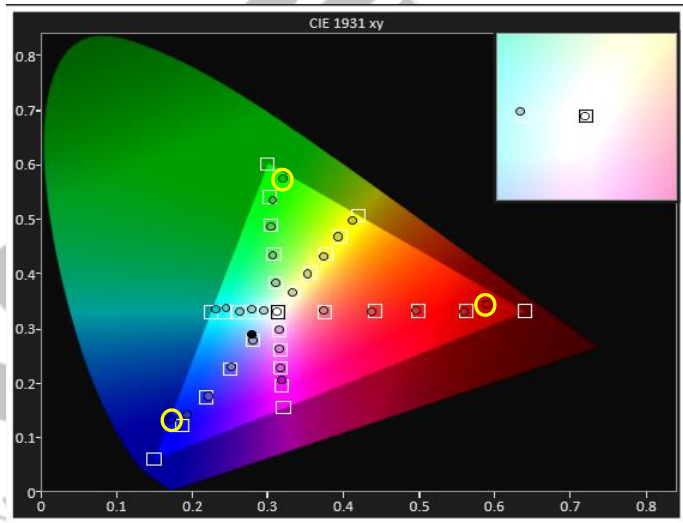


为了让大家对于原始色域的概念有更深刻的理解，我们截取了一幅色度图，从另一角度来理解为什么在某些情况下，色饱和度会低的原因。

此前，一位电视台的技术部主任向我们提问，他们在演播室 3200K 的灯光下调白后，通过监视器观看播音员的肤色是正常的，当穿上蓝色服装后，蓝色里面就出现了紫色，而不是纯蓝色。起初一直怀疑是色温偏低造成的，如果在 5400K 的色温下，是不是就正常了呢？之后我让他看了一下色度图，他马上就明白了造成这种现象的原因。



这是一幅色度图，局部图中的红、绿、蓝、黄、青、品（也称紫），呈放射状，代表着每种颜色的基本属性（即色相）。而每一条线上有5个目标值方格，从中心向外延伸，分别表示从20%~100%的饱和度和。我们可以看到，做了黄色圆形标记的位置，就是该监视器所能提供的最大色域，尤其是蓝色，其原始色域仅为目标色域的80%左右。



尤其是蓝色，其原始色域仅为目标色域的80%左右。而播音员的服装是纯蓝色，也就是100%饱和色，由于原始色域不能满足80%以上的蓝色需求，RGB得不到平衡，最终导致在监视器中所看到颜色与主观目测的结果出现了偏差。

那为什么肤色是正常的呢？这个问题很简单，现场布光是以播音员的肤色为主光区，而播音员的脸部位置，是不存在高饱和度的颜色，没有见过哪个播音员是涂着进舞厅的口红去上镜的。因此，播音员的肤色是处于监视器原始色域的覆盖范围之内。如图所示，80%以内的颜色是可以被还原的。换句话说，同样是蓝色，牛仔裤的颜色一定会被还原正常的。

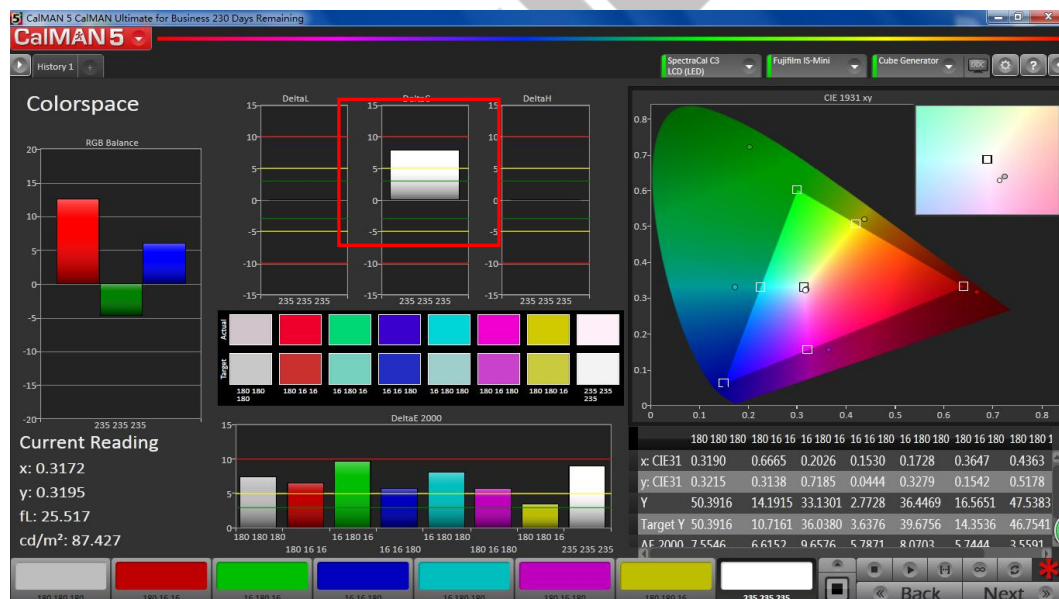


从上面的例子我们可以了解到，监视器的原始色域是还原目标色域的基础，所谓：“巧妇难为无米之炊”。在与很多电视台的技术部门进行沟通时，原始色域这一概念已经得到了他们的理解和重视。

那么是不是只要液晶面板的原始色域能够覆盖目标色域，就能够实现色彩的准确还原吗？答案是：否。因为每一台组装好的监视器，在没有按照标准色域进行校正之前，会产生一个非标准的当前色域，而这个当前色域并不从属于哪个色彩标准。通过专业的色彩管理系统，选择所对应的色彩标准（如我们常用的 REC-709）作为校色基准，对监视器进行数据采集、数据分析，然后生成一个 3DLUT（三维颜色查找表），并加载到监视器内部的运行平台上，对输入 RGB 信号的各项数据进行校正，使当前色域达到或是接近目标色域，这个采集、分析、生成、加载和修正的过程，就是色彩校正。

我们通过下面的几幅测试图，就可以大致理解颜色校正前后各项数据的不同：

校准前的当前色域（色域图）



该项检测可以得出测量值与目标值之间的差异。根据之前讲述的查验方法，看 DeltaE 值（绿线为  $\Delta E3$ 、黄线为  $\Delta E5$ 、红线为  $\Delta E10$ ），通过观察直方图处于不同的水平位置，可以很直观的看出每种颜色的准确性。RGB 平衡应该是越靠近零越好，哪种颜色偏离越多说明该颜色差异越大。

从左边的 RGB 平衡图中可以明显的看出, RGB 的指标已经远远超出作为专业监视器的  $\Delta E3\sim5$  以内的范围, 不仅会导致白平衡偏离目标值(白色坐标为:  $x: 0.3127$   $y: 0.329$ ) 而影响色温, 还会降低色彩饱和度(见色域图中红色方框)。

我们再来看下面的这幅灰度、色温、伽马综合测试图。未经校准的监视器, 各项指标均不符合 CIE 规定的  $\Delta E$  值和 REC-709 的要求。

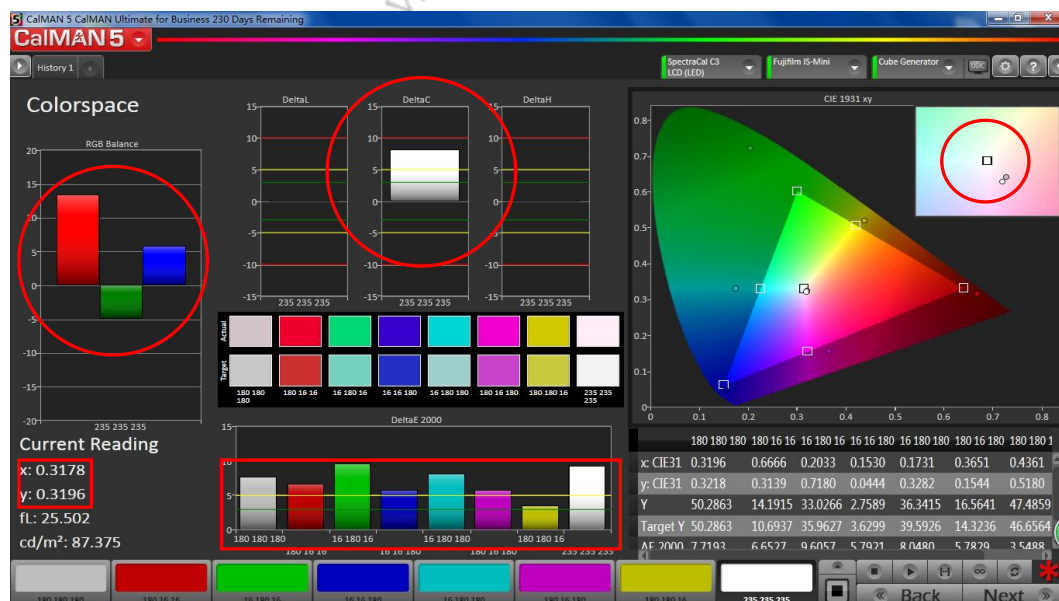


理想的测试指标应该是: 灰度值平均小于  $\Delta E3$ ; 色温接近 6500K; 伽马值在 2.2 左右。

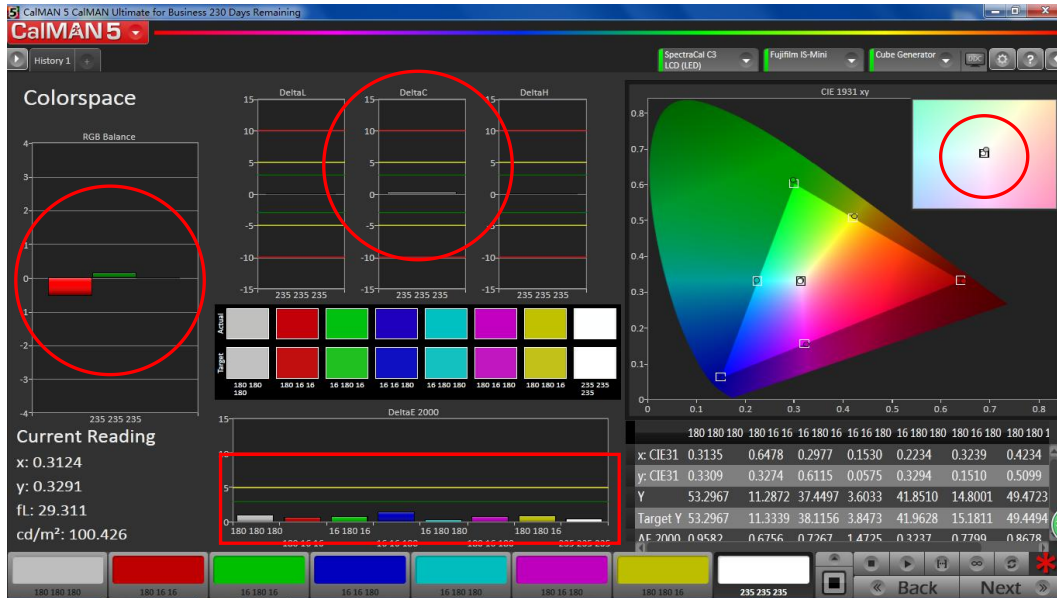
现在我们再来集中观察一下校准前后的对比指标:

色域图:

(校准前)



(校准后)



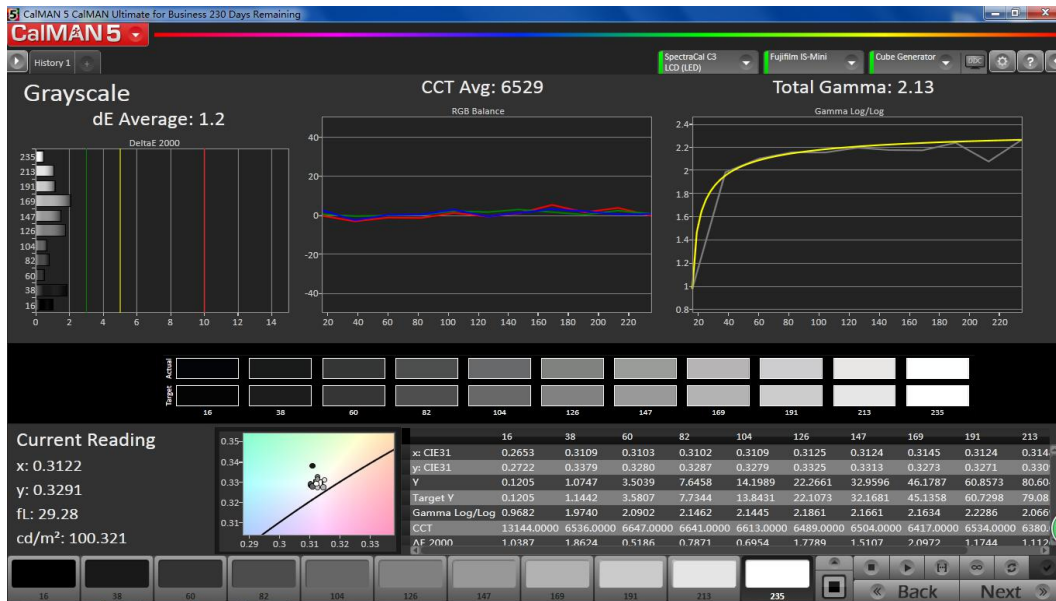
灰度、色温、伽马综合测试图:

(校准前)



(校准后)





灰度指标：由校准前  $\Delta E$  平均值 6.2，校准到平均值 1.2；

色 温：由初始的 6117K，校准到 6529K；

伽 马：由 1.93 校准到 2.13。

从图中红色箭头所指的灰度对比卡可以直观的看到，测试图中的下面一排是目标色，上面一排是测量色。未被校准的灰度卡，呈现红色，校准过的灰度卡，与目标色相同。同样的方法，我们可以返回上面的色域图，校准前后的色卡对比是结果完全不一样的。

通过大量的实践证明，具备了这样一个综合指标的监视器，可以完全胜任技术监看的要求。而从以上各项数据分析的结果来看，未经 3D LUT 严格校准的监视器，要想实现准确的色彩还原，基本是不可能的。