

大话成像之

数字成像系统 32讲

Color Correction Matrix与3D LUT

Ming Yan

imaging algorithm engineer



CCM 的目的：

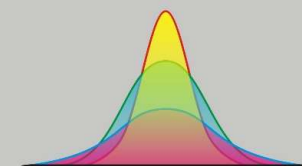
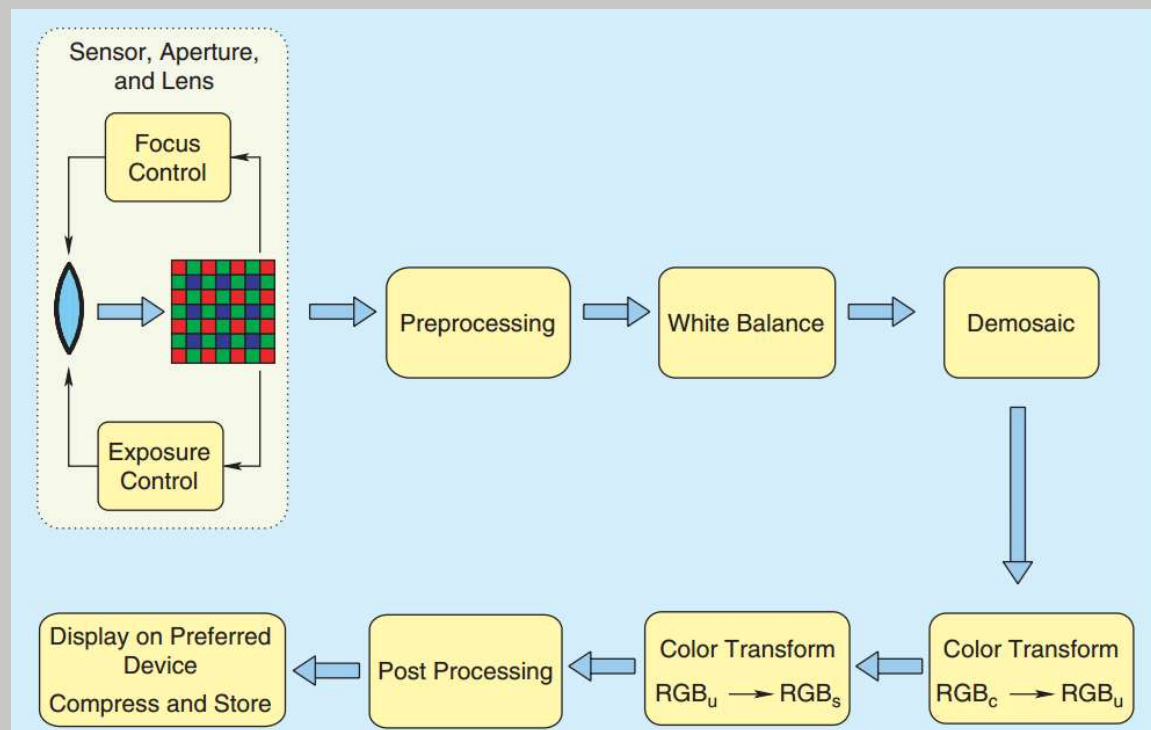
将camera rgb 色彩空间转换为sRGB 色彩空间。

camera_rgb -> XYZ -> sRGB

其中sRGB 转换为 XYZ 的是已知的：

CIE (国际照明委员会)：

$$\begin{aligned} X &= R * 0.412424 + G * 0.357579 + B * 0.180464; \\ Y &= R * 0.212656 + G * 0.715158 + B * 0.0721856; \\ Z &= R * 0.0193324 + G * 0.119193 + B * 0.950444; \end{aligned}$$



CCM 的评价标准：

通过CIE LAB 色彩空间来计算color error

CIE Lab (1976)

$$\Delta E^*_{ab} = ((L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2)^{1/2}$$

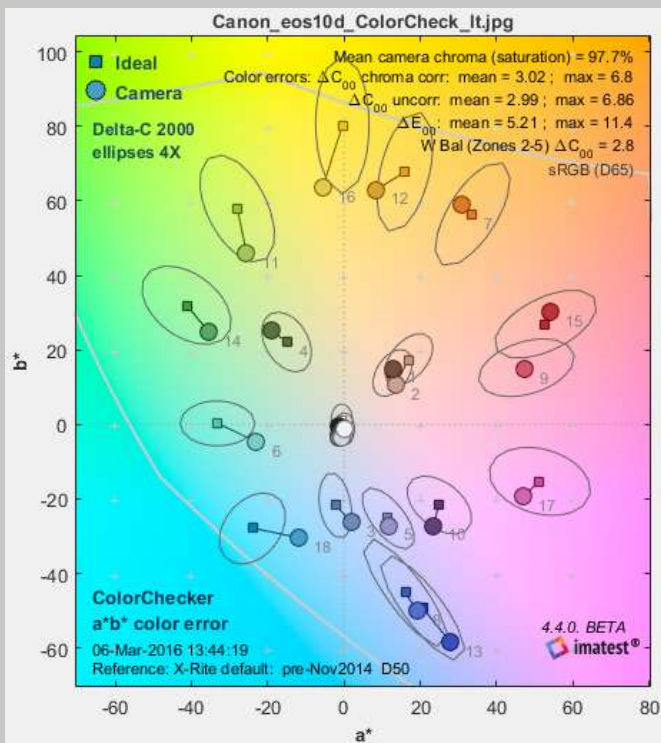
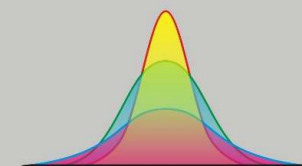
$$\Delta C^* = ((a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2)^{1/2}$$

No.	Number	sRGB			CIE L*a*b*		
		R	G	B	L*	a*	b*
1.	dark skin	115	82	68	37.986	13.555	14.059
2.	light skin	194	150	130	65.711	18.13	17.81
3.	blue sky	98	122	157	49.927	-4.88	-21.925
4.	foliage	87	108	67	43.139	-13.095	21.905
5.	blue flower	133	128	177	55.112	8.844	-25.399
6.	bluish green	103	189	170	70.719	-33.397	-0.199
7.	orange	214	126	44	62.661	36.067	57.096
8.	purplish blue	80	91	166	40.02	10.41	-45.964
9.	moderate red	193	90	99	51.124	48.239	16.248
10.	purple	94	60	108	30.325	22.976	-21.587
11.	yellow green	157	188	64	72.532	-23.709	57.255
12.	orange yellow	224	163	46	71.941	19.363	67.857
13.	blue	56	61	150	28.778	14.179	-50.297
14.	green	70	148	73	55.261	-38.342	31.37
15.	red	175	54	60	42.101	53.378	28.19
16.	yellow	231	199	31	81.733	4.039	79.819
17.	magenta	187	86	149	51.935	49.986	-14.574
18.	cyan	8	133	161	51.038	-28.631	-28.638
19.	white (.05*)	243	243	242	96.539	-0.425	1.186
20.	neutral 8 (.23*)	200	200	200	81.257	-0.638	-0.335
21.	neutral 6.5 (.44*)	160	160	160	66.766	-0.734	-0.504
22.	neutral 5 (.70*)	122	122	121	50.867	-0.153	-0.27
23.	neutral 3.5 (.1.05*)	85	85	85	35.656	-0.421	-1.231
24.	black (1.50*)	52	52	52	20.461	-0.079	-0.973

注：（1）awb 常用 HSV
（2）上面的公式只适用于CIE1976，并不适用于CIE1994和CIE2000。

参考链接：

<http://zschuessler.github.io/DeltaE/learn/>



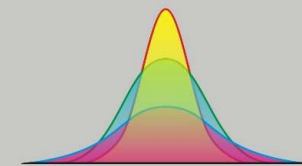
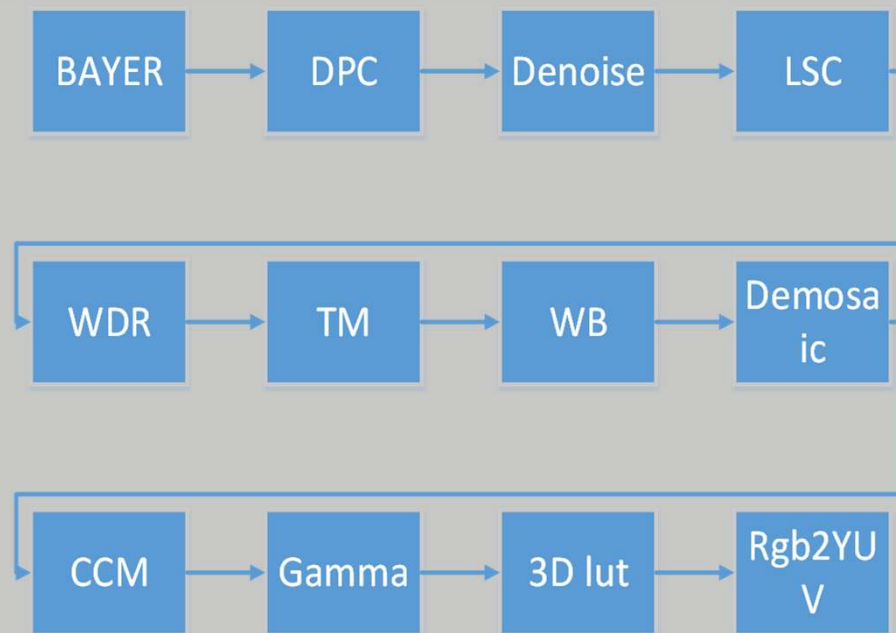
CCM 的注意事项：

(1) 饱和度处理



(2) CCM 一般在gamma 前面

因此CCM 不是保证图像在CCM 之后变为srgb 色彩空间，而是在gamma 后为srgb色彩空间。



CCM 的计算方法：

(1) 24色色卡对用的srgb 求逆 gamma, 然后作为target

$\text{color_target} = (\text{color_check_srgb})^{(\text{gamma})}$;

(2) 求得输入图像24色色卡每个patch对用的R G B mean ;

for color error < th

(3) 设置ccm matrix初始值。

(4) 计算color error

if (color error < th) || (color error达到最小值) || (迭代次数 > n)

break;

else

(5) 计算新的ccm matrix 值

end

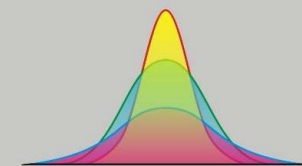
end

ccm 计算时的一些附加功能：

(a) ccm 各patch 的权重；

(b) 可以考虑噪声等选项；

(c) 可以提高或者降低饱和度



调试CCM 时的注意事项：

- (1) 计算ccm 时曝光需要正常。
- (2) ccm 会增强彩噪，在高ISO 时需要降低ccm的saturation，甚至关闭ccm模块。
- (3) gamma 变动时，ccm 也需要跟随自己变动。

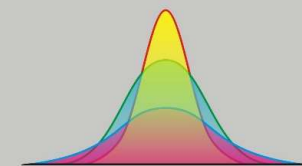
CCM 的缺陷和3D lut 的优势

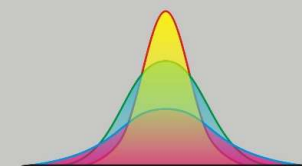
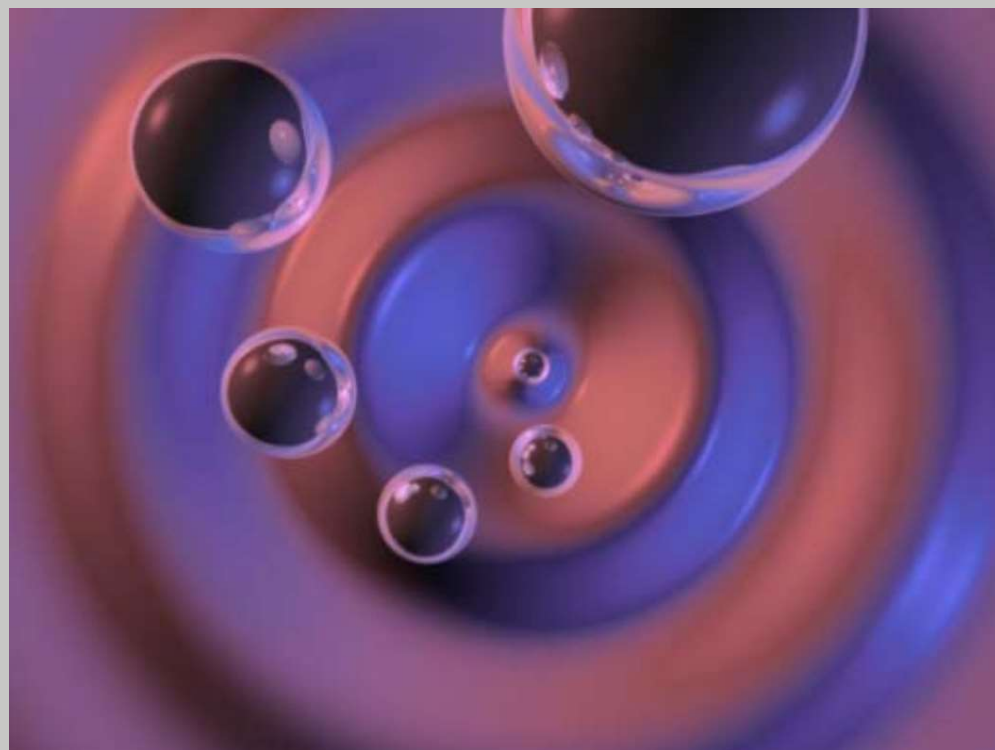
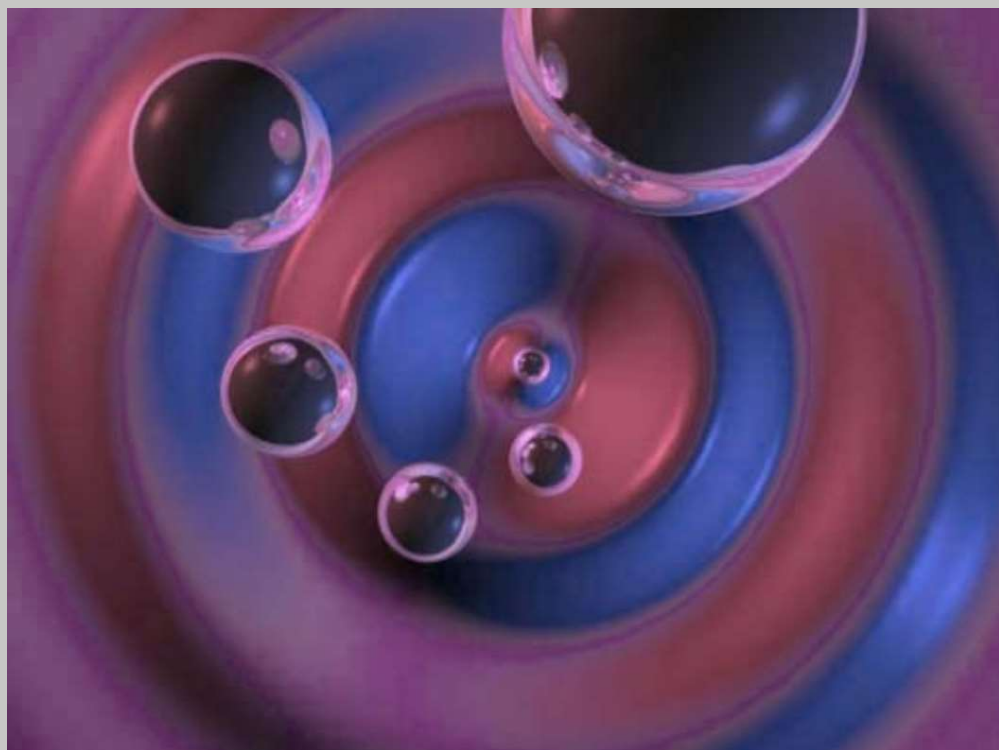
ccm是线性的，但是色彩转换不是线性的。

```
1.4130 -0.2119 -0.2011  
-0.2410 1.5821 -0.3412  
0.0058 -0.4711 1.4654
```

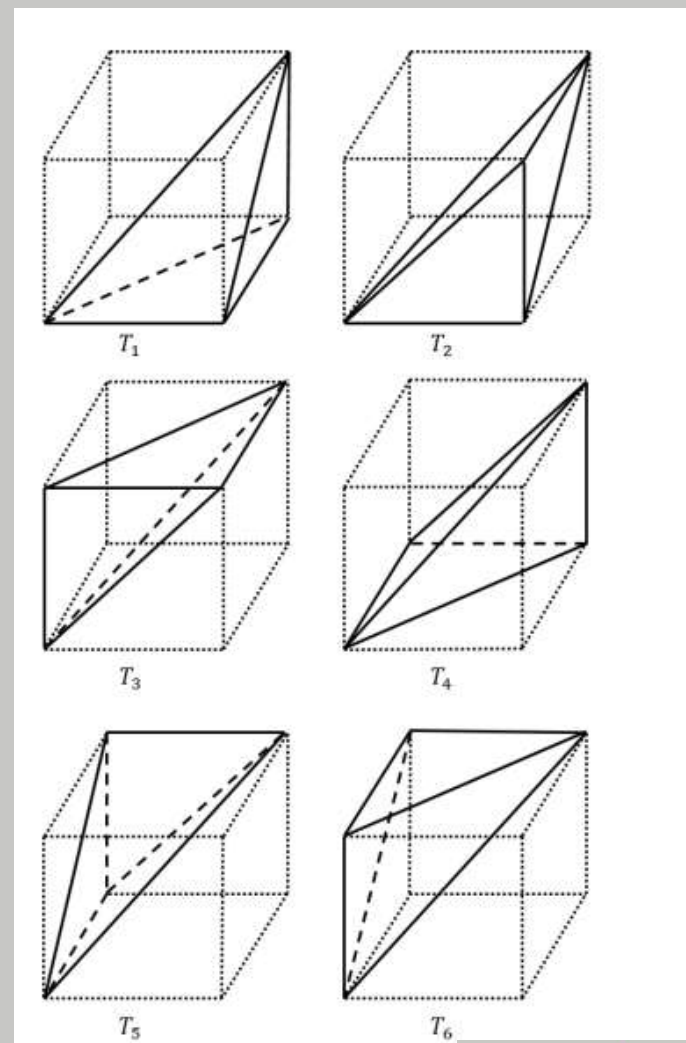
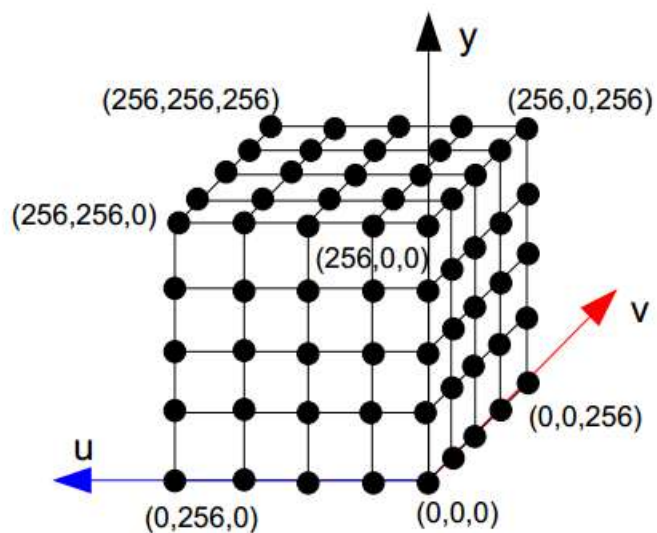
比如ccm 输入值为：(250,230,230) -> (258.26,225.1570,230.1390)

```
250*1.4130+230*(-0.2119)+230*(-0.2011)=258.26  
250*-0.2410+230*(1.5821)+230*(-0.3412)=225.1570  
250*0.0058 +230*(-0.4711)+230*(1.4654)=230.1390
```

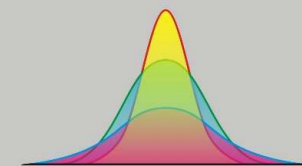




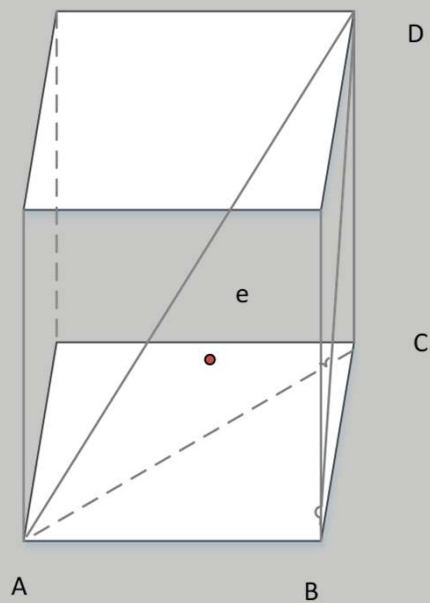
3D - lut 基本原理



参考文献：Strengths and limitations of a uniform 3D-LUT approach for digital camera characterization

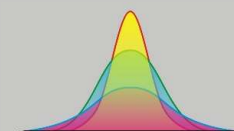
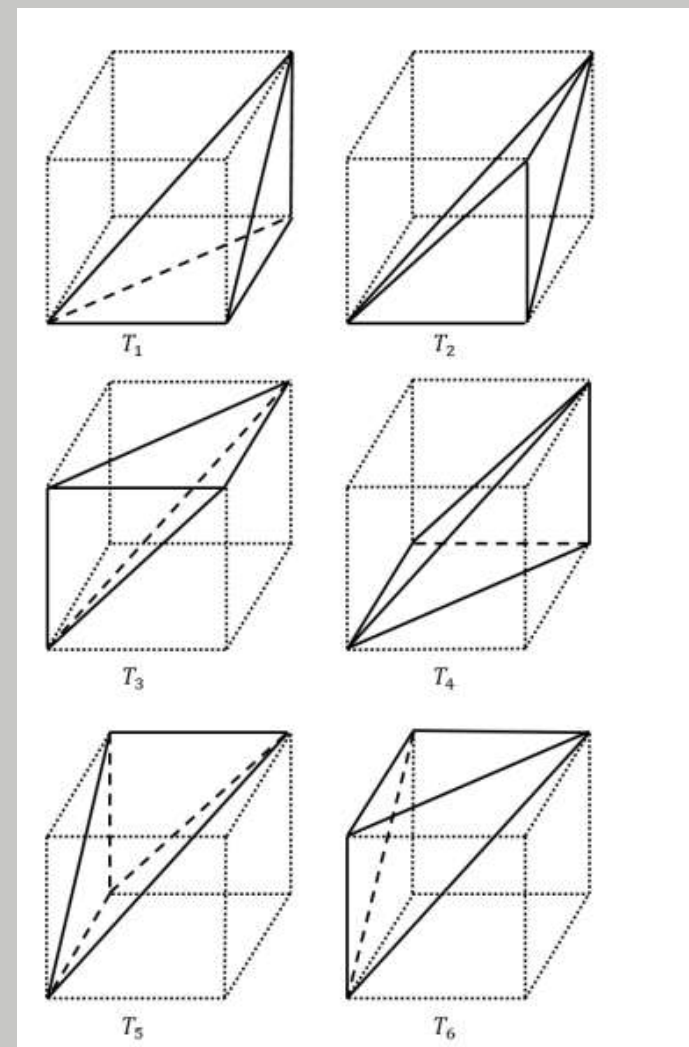


3D - lut



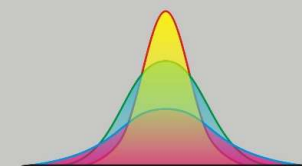
$$P = w_0 * A + w_1 * B + w_2 * C + w_3 * D$$

思考题：为什么awb error常用 HSV， color error 使用lab



THANKS

本课程由 Ming Yan提供



大话成像之 数字成像系统 32 讲

内容目录

1. 数字成像系统介绍
2. CMOS image sensor基础
3. 光学基础
4. 颜色科学基础
5. ISP 信号处理基础
6. 3A概述
7. 黑电平与线性化
8. Green Imbalance
9. 坏点消除
10. Vignetting与Color shading
11. SNR 与Raw Denoise
12. Dynamic Range与Tone Mapping
13. MTF与Demosaic
14. 色彩空间与色彩重建
15. Color Correction Matrix与3D LUT
16. Gamma与对比度增强
17. Sharpening
18. Color Space Conversion
19. 空域去噪
20. 时域去噪
21. Color Aberrance Correction and Depurple
22. ISP 的统计信息
23. 自动曝光
24. 自动白平衡
25. 自动对焦
26. 闪光灯
27. HDR
28. Exif 和DNG
29. Encoder
30. 图像防抖
31. 图像质量评价工具与方法
32. 画质调优

