

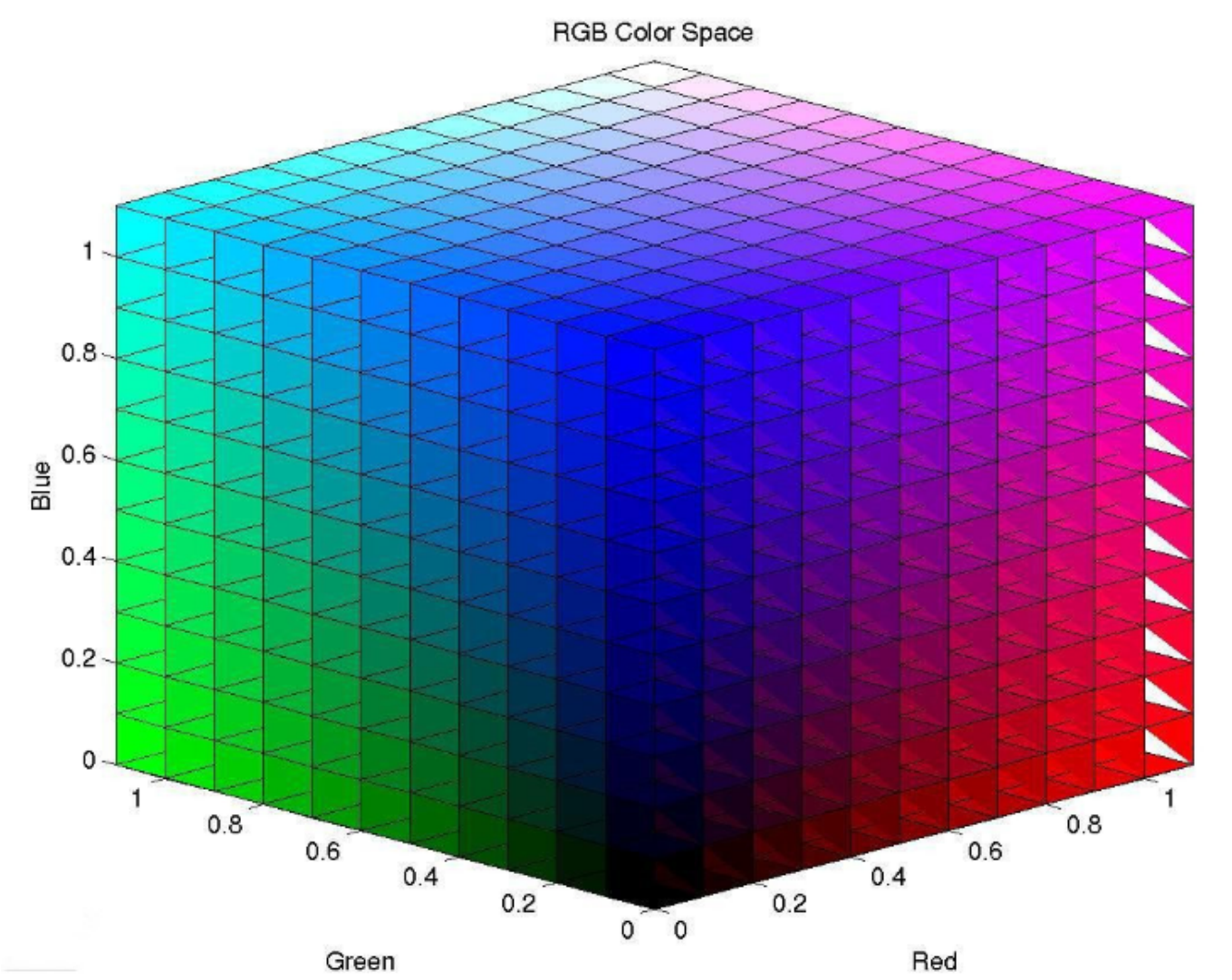
颜色空间说明

(一)颜色空间说明

1.RGB颜色空间

定义三原色红(Red/R)、绿(Green/G)、蓝(Blue/B)。自然界中的任何色彩都可以用这三种色彩叠加而成。这样用三原色叠加成的颜色空间被称为RGB颜色空间。

在计算机中，R、G、B的取值为0~255中的256个整数。0表示没有该颜色的刺激量，255表示刺激量达到最大。RGB均为0表示没有颜色刺激，显示为黑色；全为255表示最大颜色刺激，表示为白色。



RGB颜色空间用直角坐标系表示颜色

此外，计算机中也可用0~1之间的小数或颜色字符串表示颜色。(0, 255, 0)、(0, 1, 0)、'#00FF00'在RGB颜色空间下均可表示绿色。

2.HSL颜色空间

HSL颜色空间即将RGB颜色空间中的点在柱坐标系中表示，H、S、L分别代表色相(Hue)、饱和度(Saturation)、亮度(Lightness),**是一种用柱坐标系表示颜色的方式**

(1)色相

色相是色彩的基本属性，即平时所说的红色、黄色等。在计算机中一般用0~360°的角度表示，称为色相角。
色相角为0°、120°、240°时分别对应红绿蓝三种颜色。色相角位于它们之间的表示两者的混合，例如60°表示红色与绿色的等比例混合，即为黄色。

色相相当于柱坐标系中的角度

(2)饱和度

饱和度是色彩的纯度（鲜艳度），饱和度越高色彩越纯，当饱和度变低时，颜色会变灰。计算机中取值为[0, 1]。
饱和度相当于柱坐标系中的底面半径

(3)亮度

亮度即色彩明亮程度。计算机中取值为[0, 1]。
亮度相当于柱坐标系中的高度。

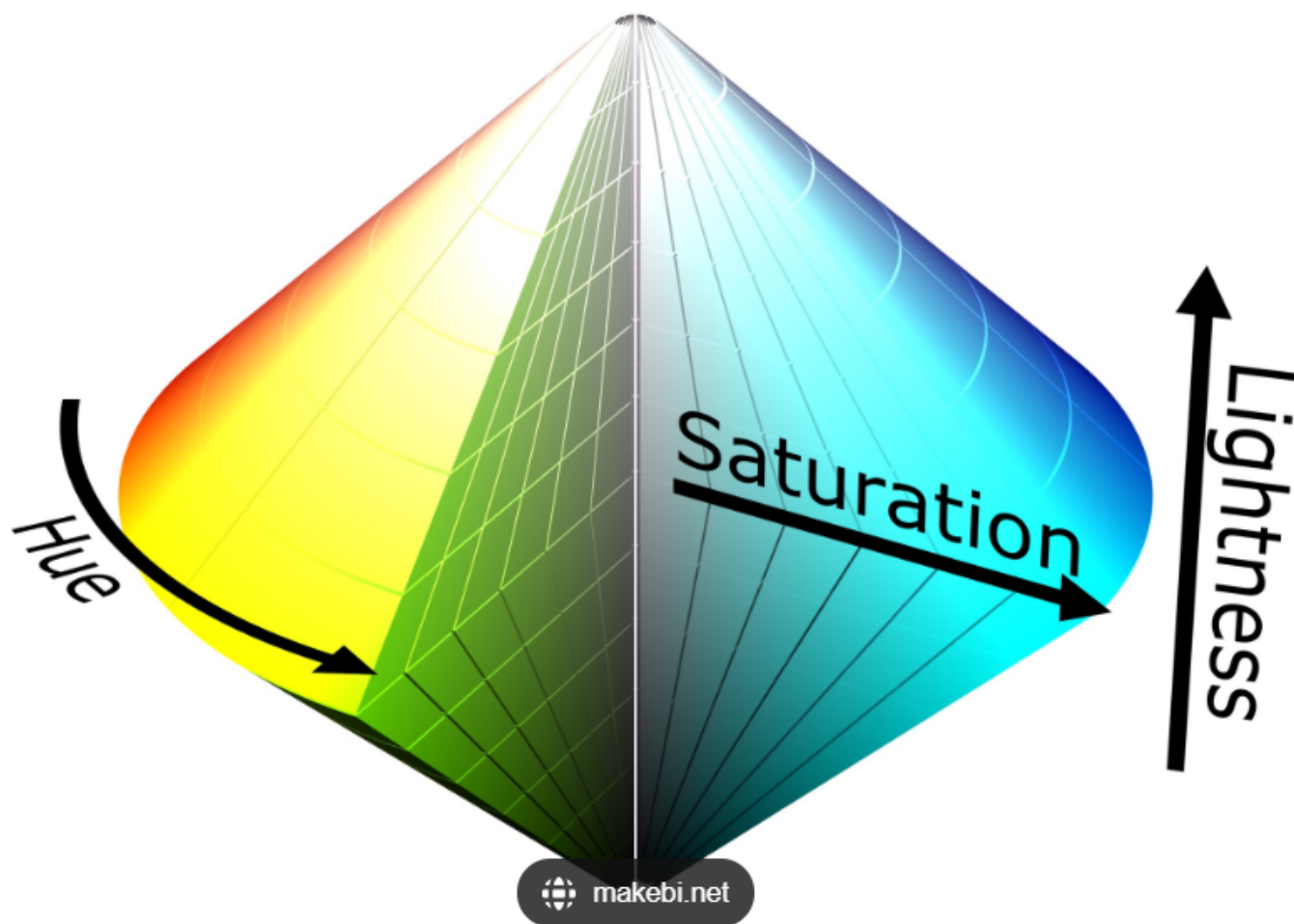
3.HSV(HSB)颜色空间

HSV颜色空间与HSB颜色空间具有相同含义。它们都与HSL类似。H的含义相同，S的含义也与HSL类似。HSL中L表示亮度，亮度越高表示“白的亮度越高”；HSV中的V(value)与HSV中的B(Brightness)代表明度（光的量），可以是任何颜色，不一定局限于HSL中的白色。

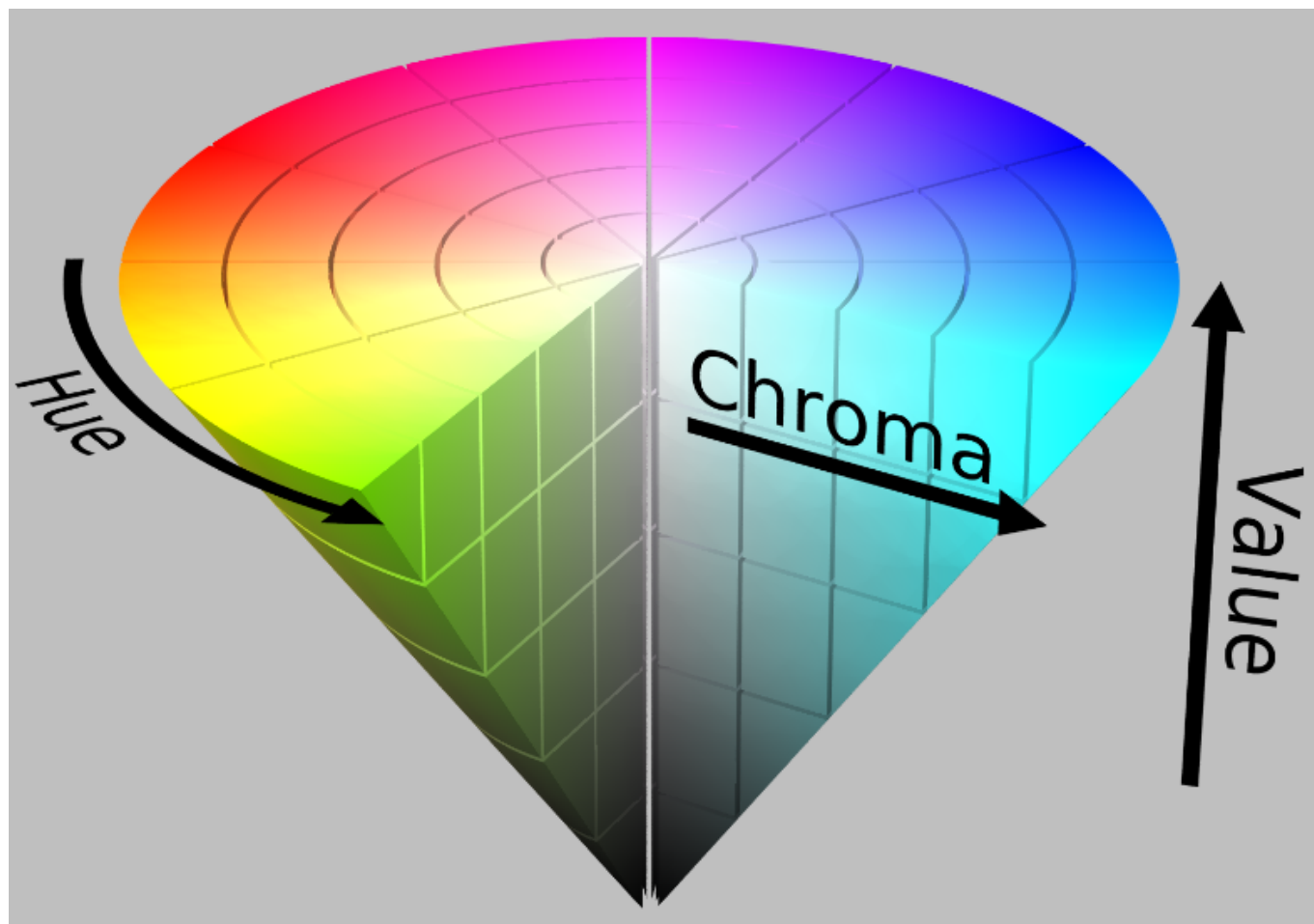
内容	HSL	HSV
色相	与HSV一致	与HSL一致
亮/明度	亮度为0时总是黑色 亮度为1时总是白色 亮度为0.5时为对应纯色 hsl:(0°, 1, 0.5) = rgb:#ff0000	明度为0时总是黑色 明度为1时为对应纯色
饱和度	控制所选色相的纯度	控制所选色相的纯度
有效色空间	双锥形	单锥形

有效色空间是能够有效表达颜色的空间，像连续一片全部表现为黑色与白色的空间就不能被称为有效色空间（例如HSL中亮度为0与1时总是表现为白色或黑色，就不算有效色空间；HSV中亮度为0的时候表现为黑色，也不算有效色空间）。在这样的定义下，HSL与HSV的有效色空间示意图如下：

HSL有效色空间



HSV有效色空间



(二)颜色空间转化

1.RGB与HSL转化

(1)RGB转HSL

设RGB表示下的颜色为(r, g, b), $r, g, b \in [0, 1]$ 。设 \max 表示 r, g, b 中的最大值、 \min 表示最小值，则有：

$$h = \begin{cases} 0^\circ & \text{if } \max = \min \\ 60^\circ \times \frac{g-b}{\max-\min} + 0^\circ, & \text{if } \max = r \text{ and } g \geq b \\ 60^\circ \times \frac{g-b}{\max-\min} + 360^\circ, & \text{if } \max = r \text{ and } g < b \\ 60^\circ \times \frac{b-r}{\max-\min} + 120^\circ, & \text{if } \max = g \\ 60^\circ \times \frac{r-g}{\max-\min} + 240^\circ, & \text{if } \max = b \end{cases}$$

$$l = \frac{1}{2}(\max + \min)$$

$$s = \begin{cases} 0 & \text{if } l = 0 \text{ or } \max = \min \\ \frac{\max-\min}{\max+\min} = \frac{\max-\min}{2l}, & \text{if } 0 < l \leq \frac{1}{2} \\ \frac{\max-\min}{2-(\max+\min)} = \frac{\max-\min}{2-2l}, & \text{if } l > \frac{1}{2} \end{cases}$$

上面转化过程中有几点需要注意：

- 1)当rgb相等时，即为灰色，表现为在柱坐标系上的z轴，因此，h与s均设置为0。
- 2)亮度l与饱和度s的值仅与最大颜色值与最小颜色值有关，与最大、最小颜色值是谁无关，与中间颜色值无关，中间颜色值只会影响色相。（rgb:(100, 170, 120)与(150, 100, 170)拥有相同的s与l）
- 2)s关于l大于0.5与小于等于0.5的分段函数是关于0.5对称的。这意味着有些rgb能得到不同的亮度却依旧可能得到相同的饱和度（例如(56, 100, 100)和(156, 200, 200)的饱和度均为28.2%）

(2)HSL转RGB

本质上是RGB转HSL的逆过程

- 1)当s=0，即颜色位于柱坐标系的z轴上,此时，色相角h无意义，rgb颜色模式为亮度不等的灰色，即 $r=g=b=l*255$
- 2)当s \neq 0时，判断l与 $\frac{1}{2}$ 的大小关系（前面说过，0.5对应纯色，大于小于0.5对应纯色基础上更亮\暗，所以需要区分），并将色相角h转化至[0, 1]之间。

$$q = \begin{cases} l \times (1 + s), & \text{if } l < \frac{1}{2} \\ l + s - (l \times s), & \text{if } l \geq \frac{1}{2} \end{cases}$$

$$p = 2 \times l - q$$

$$h_k = \frac{h}{360}$$

前面提到过，在色相角h中，r、g、b三者之间间隔120度。因此，接下来我们需要对 h_k 做加120度与减120度的处理（即加减 $\frac{1}{3}$ ），得到和rgb有关的三个值 t_R, t_G, t_B 。此外，为了保障这三个值位于[0, 1]中，我们将大于1的数减1，小于0的数加1，直到位于[0, 1]中。

$$t_R = h_k + \frac{1}{3}$$

$$t_G = h_k$$

$$t_B = h_k - \frac{1}{3}$$

$$\text{if } t_C < 0 \rightarrow t_C = t_C + 1.0 \quad \text{for each } C \in \{R, G, B\}$$

$$\text{if } t_C > 1 \rightarrow t_C = t_C - 1.0 \quad \text{for each } C \in \{R, G, B\}$$

最后根据之前计算的pq值依次得出RGB的值：

$$Color_C = \begin{cases} p + ((q - p) \times 6 \times t_C), & \text{if } t_C < \frac{1}{6} \\ q, & \text{if } \frac{1}{6} \leq t_C < \frac{1}{2} \\ p + ((q - p) \times 6 \times (\frac{2}{3} - t_C)), & \text{if } \frac{1}{2} \leq t_C < \frac{2}{3} \\ p, & \text{otherwise} \end{cases}$$

for each $C \in \{R, G, B\}$

2.RGB与HSV转化

(1)RGB转HSV

RGB转HSV的色相h与RGB转HSL一致。

饱和度S与明度V的计算方式与HSL有区别，由于HSV的明度从0到1表示从黑到对应纯色，因此，HSV的计算公式中不用对0.5进行分段。

$$s = \begin{cases} 0, & \text{if } max = 0 \\ \frac{max-min}{max} = 1 - \frac{min}{max}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$v = max$$

(2)HSV转RGB

由于没有分段，HSV转RGB也比HSL转RGB简单一些。

$$h_i \equiv \left\lfloor \frac{h}{60} \right\rfloor \pmod{6}$$

$$f = \frac{h}{60} - h_i$$

$$p = v \times (1 - s)$$

$$q = v \times (1 - f \times s)$$

$$t = v \times (1 - (1 - f) \times s)$$

$$(r, g, b) = \begin{cases} (v, t, p), & \text{if } h_i = 0 \\ (q, v, p), & \text{if } h_i = 1 \\ (p, v, t), & \text{if } h_i = 2 \\ (p, q, v), & \text{if } h_i = 3 \\ (t, p, v), & \text{if } h_i = 4 \\ (v, p, q), & \text{if } h_i = 5 \end{cases}$$