

图 3- 2 三维空间坐标到二维图形的转换

具体的转换可分为三种操作：

1) 通过矩阵相乘实现了物体的平移、缩放、反射、投影（正交/透视投影，在三维滑坡模型中，可采用透视投影或正交投影方式）。
2) 裁剪操作：最终的图形是在一个窗口中绘制的，位于此显示窗口之外的部分要进行裁切。
3) 三维坐标与屏幕坐标之间的变换（视口变换）。

在图 3-2 中的变换过程中，仅对*(X, Y)*坐标操作就可以确定在屏幕上要绘出的图像，变换过程中包含了对 *Z* 值的变换，变换后的 *z* 值反映了物体上各点的深度（距观察点或距屏幕的远近），对于消除隐藏面具有重要作用。

3.2.2 颜色模型

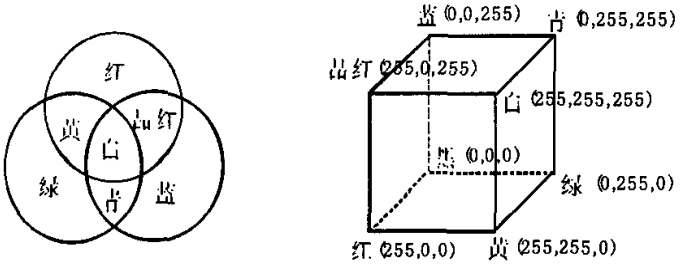
三维物体经过空间变换，得到屏幕上的二维坐标，从而建立了物体的二维框架，要使其成为具有真实感的图形，必须正确地设置物体的颜色。关于物体的颜色，一方面取决于物体本身，另一方面取决于光源、环境颜色和采用的视觉系统(孙家广等，1998)。计算机显示系统采用三原色系统，以红、绿、蓝为基色，其它颜色由适当比例的基色混合而成，可以表示为：

$$C = rR + gG + bB$$

式中：*R*、*G*、*B* 分别为原色光，*r*、*g*、*b* 分别为相应颜色的比率。

颜色模型是指三维颜色空间中的一个可见光子集，包含了某颜色域以外的所有颜色。常用的颜色模型有：*RGB* 颜色模型、*HIS* 颜色模型、*CMYK* 颜色模型、*HSV* 颜色模型。

(1) *RGB* 颜色模型



(a) 三色迭加效果　　(b) 颜色立方体

图 3- 3 *RGB* 颜色模型

三维滑坡模型研究中常采用 *RGB* 颜色模型，用红色、绿色、蓝色三个原色分量值迭加来表示，每个原色按灰度分为 256 阶(0～255)，颜色的形成见图 3- 3.

(2) ***CMYK*** 颜色模型

RGB 颜色模型是一种加色模型，即一种颜色是由其 *Red*、*Green*、*Blue* 三色的分量组合而成，*CMYK* 颜色正相反，它是以 *Red*、*Green*、*Blue* 的补色 *Cyan*、*Magenta*、*Yellow* 为原色，是一种减色模型，相当于从白光中减去 *Red*、*Green*、*Blue* 分量来形成颜色。该模型对应的直角坐标空间与 *RGB* 模型几乎完全相同，只不过原点为白色。

(3) ***HIS*** 颜色模型

HIS 模型用色度（Hue）、亮度（Intensity）和饱和度（Saturation）为基本分量来、表示颜色，三个分量应于园柱坐标系的一个园锥形子集，与 *RGB* 模型可以互相转换，其变换关系为：

由 RGB 空间到 HIS 空间：

$$r=\frac{M-R}{M-m},\quad g=\frac{M-G}{M-m},\quad b=\frac{M-B}{M-m}$$

$$I=\frac{(M+m)}{2}$$

$$S=\begin{cases}0.0 & M=m\\ \dfrac{M-m}{M+m} & M\neq m, I\le 0.5\\ \dfrac{M-m}{2-M-m} & M\neq m, I>0.5\end{cases}$$

$$H=\begin{cases}0.0 & S=0.0\\ 60(2+b-g) & S\neq 0.0, M=R\\ 60(4+r-b) & S\neq 0.0, M=G\\ 60(6+g-r) & S\neq 0.0, M=B\end{cases}$$

式中：*R*，*G*，*B* 为 *RGB* 空间的颜色值，*M=max(R*，*G*，*B)*，*m=min(R*，*G*，*B)*，*I*，*H*，*S* 为 *HIS* 空间的颜色值。

HIS 空间到 *RGB* 空间：

$$M=\begin{cases}I(1.0+S)\\ I+S-IS\end{cases},\quad m=2I-M$$

$$R=f(m,M,H)$$
$$G=f(m,M,H-120)$$
$$B=f(m,M,H-240)$$

式中函数 f 的计算公式如下：

$$f(m,M,x)=\begin{cases} m+\dfrac{(M-m)x}{60} & x\in[0,60) \\ M & x\in[120,180) \\ m+\dfrac{(M-m)(240-x)}{60} & x\in[180,240) \\ m & x\in[240,360) \end{cases}$$

3.2.3 光照模型

物体能够表现颜色，主要是由于各种光源发出的可见光经物体反射/透射到人的眼睛中所产生的刺激反映，因此，可以说颜色来源于光源，在不同的光照条件下，由于物体对光的吸收能力不同，因而表现出不同的颜色。

计算机图形生成中一般使用四种光源类型来模拟自然界中的光照条件（向世明，1999），它们是：

1) 环境光：又称为泛光，是一种均匀散布的光，用于模拟环境中周围物体散射到物体表面再反射出来的光。
2) 漫反射光：物体反射光中向空间均匀反射的光，反射光与入射光入射角的余弦成正比，光线垂直于物体表面时，物体最亮（反射=入射）。
3) 镜面反射光：反射光向一定的方向发射，在镜面光的照射下，物体表面形成一个非常亮的区域(高光区)，因此亦称为高光。
4) 辐射光：只能照亮光源位置附近的特殊区域的光源，主要用于模拟自发光的物体。

三维模型的光照模型就是根据光学物理的有关规律计算出物体表面各点从光源发出的光投射到观察者眼中所呈现的光的亮度和颜色。常用的光照模型有：朗伯漫反射模型、Phong 反射模型、Cook-Torrance 反射模型、Torrance-Sparrow 光照模型。

（1）朗伯漫反射模型

假定所有物体均为朗伯体，即物体向四面八方均匀反射光线，景物上任一点反射出的光亮度为：

$$I=I_{\alpha}K_{\alpha}+\sum_{i=1}^{N}I_{d}K_{d}\cos\theta_{i}$$

式中，I_{α}、K_{α}为照射在物体上的泛光强度和泛光系数，I_{d}、K_{d}为入射光的强度和物体表面的漫反射系数，θ_{i}为光源入射角，N 为光源数目。

（2）*Phong* 光照模型

考虑镜面光源产生的高光区，将光亮度表示为：

$$I=I_{\alpha}K_{\alpha}+\sum_{i}I_{d}(K_{d}\cos\theta+K_{s}con^{n}\alpha_{i})$$

其中，K_{s}为空间物体表面的镜向反射系数，α_{i}为光源 i 在物体表面产生的