三、图像空间的消隐算法

这类算法是消隐算法的主流！

Z一buffer算法

扫描线算法

Warnock消隐算法

1、Z缓冲区(Z-Buffer)算法

1973年，犹他大学学生艾德·卡姆尔（Edwin Catmull）独立开发出了能跟踪屏幕上每个像素深度的算法 Z-buffer

Z-buffer让计算机生成复杂图形成为可能。Ed Catmull目前担任迪士尼动画和皮克斯动画工作室的总裁

Z缓冲器算法也叫深度缓冲器算法，属于图像空间消隐算法

该算法有帧缓冲器和深度缓冲器。对应两个数组：

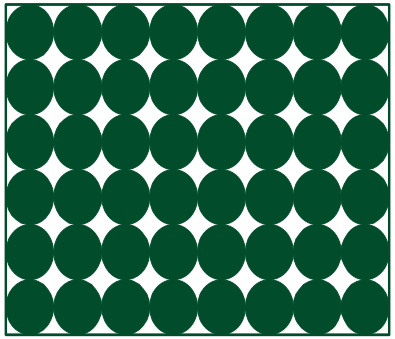
intensity（x，y）——属性数组（帧缓冲器）

存储图像空间每个可见像素的光强或颜色

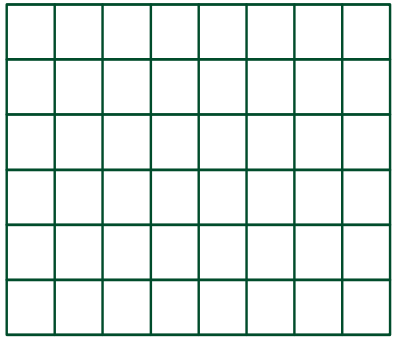
depth（x，y）——深度数组（z-buffer）

存放图像空间每个可见像素的z坐标

屏幕

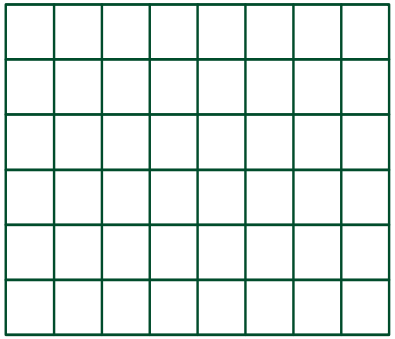


帧缓冲器



每个单元存放对应
象素的颜色值

Z缓冲器

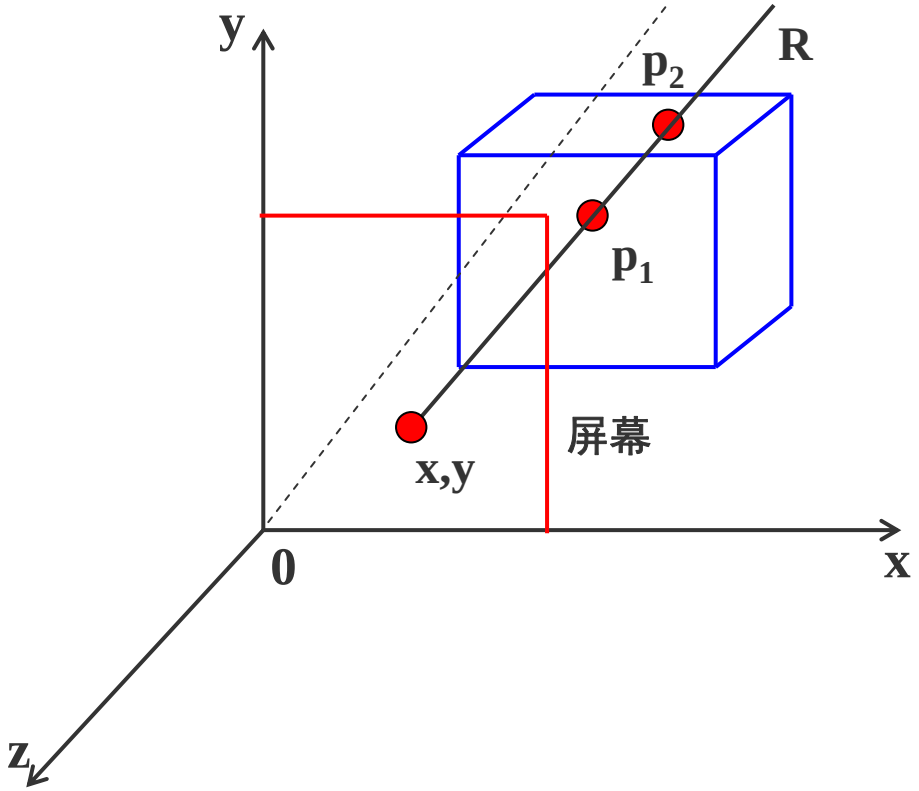


每个单元存放对应
象素的深度值

假定xoy面为投影面，z轴为观察方向

过屏幕上任意像素点（x，y）作平行于z轴的射线R，与物体表面相交于p_1和p_2点

p_1和p_2点的z值称为该点的深度值

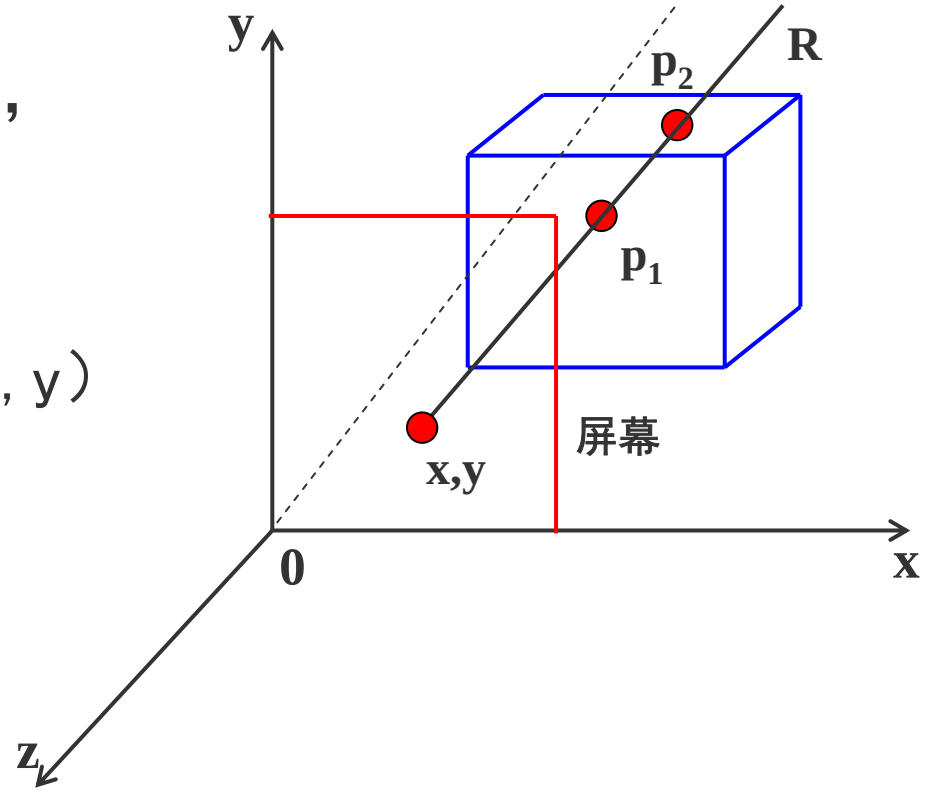


z-buffer算法比较p_1和p_2的z值，

将最大的z值存入z缓冲器中

显然，p_1在p_2前面，屏幕上（x, y）

这一点将显示p_1点的颜色



算法思想：先将Z缓冲器中各单元的初始值置为最小值。当要改变某个像素的颜色值时，首先检查当前多边形的深度值是否大于该像素原来的深度值（保存在该像素所对应的Z缓冲器的单元中）

如果大于原来的z值，说明当前多边形更靠近观察点，用它的颜色替换像素原来的颜色

```
Z-Buffer算法（）
 { 帧缓存全置为背景色
     深度缓存全置为最小z值
     for(每一个多边形)
       { 扫描转换该多边形
          for(该多边形所覆盖的每个象素(x,y) )
           {计算该多边形在该象素的深度值Z(x,y);
             if(z(x,y)大于z缓存在(x,y)的值)
               {把z(x,y)存入z缓存中(x,y)处
                 把多边形在(x,y)处的颜色值存入帧缓存的(x,y)处
               }
           }
       }
 }
```

z-Buffer算法的优点：

（1）Z-Buffer算法比较简单，也很直观

（2）在象素级上以近物取代远物。与物体在屏幕上的出现顺序是无关紧要的，有利于硬件实现

z-Buffer算法的缺点：

（1）占用空间大

（2）没有利用图形的相关性与连续性，这是z-buffer算法的严重缺陷

（3）更为严重的是，该算法是在像素级上的消隐算法

2、只用一个深度缓存变量zb的改进算法

一般认为，z-Buffer算法需要开一个与图象大小相等的缓存数组ZB，实际上，可以改进算法，只用一个深度缓存变量zb

```
z-Buffer算法()
 { 帧缓存全置为背景色
    for(屏幕上的每个象素(i,j))
     { 深度缓存变量zb置最小值MinValue
        for(多面体上的每个多边形Pk)
           {
              if(象素点(i,j)在pk的投影多边形之内)
           {
                    计算Pk在(i,j)处的深度值depth;
                       if(depth大于zb)
                    { zb = depth;
                   indexp = k;（记录多边形的序号）
                    }
                 }
            }
        If(zb != MinValue)  计算多边形P_indexp在交点 (I,j) 处的光照
             颜色并显示
       }
 }
```

关键问题：判断象素点(i，j)是否在pk的投影多边形之内，不是一件容易的事。节省了空间但牺牲了时间。计算机的很多问题就是在时间和空间上找平衡

另一个问题计算多边形Pk在点（i，j）处的深度。设多边形Pk的平面方程为：

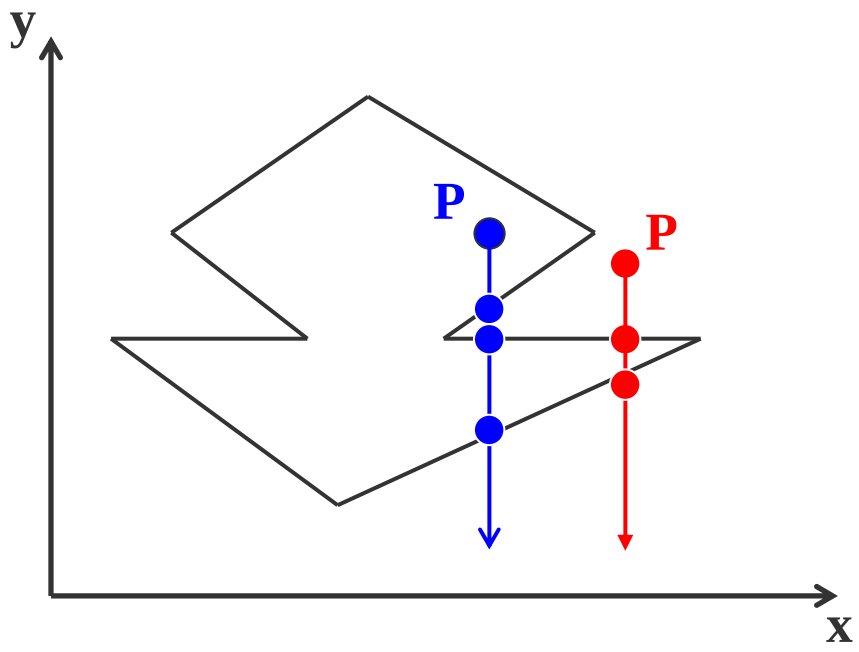
$$ax + by + cz + d = 0 \qquad depth = -\frac{ai + bj + d}{c}$$

点与多边形的包含性检测：

（1）射线法

由被测点P处向 y = − ∞方向作射线

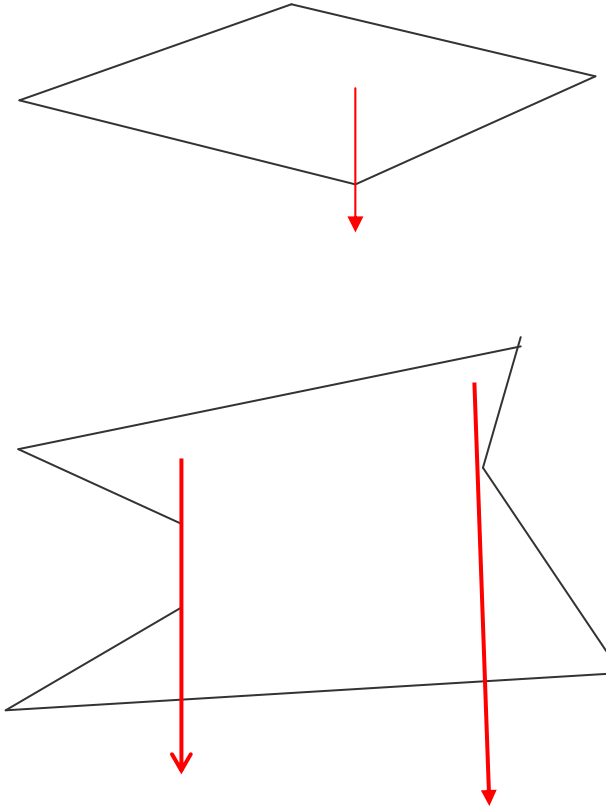
交点个数是奇数，则被测点在多边形内部



交点个数是偶数表示在多边形外部

若射线正好经过多边形的顶点，则采用“左开右闭”的原则来实现

即：当射线与某条边的顶点相交时，若边在射线的左侧，交点有效，计数；若边在射线的右侧，交点无效，不计数

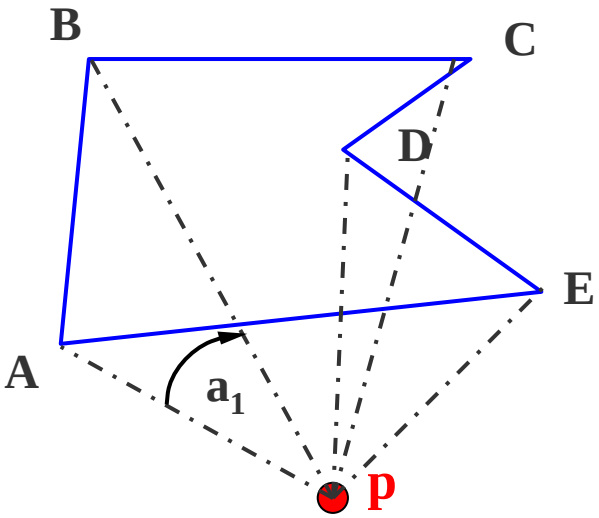


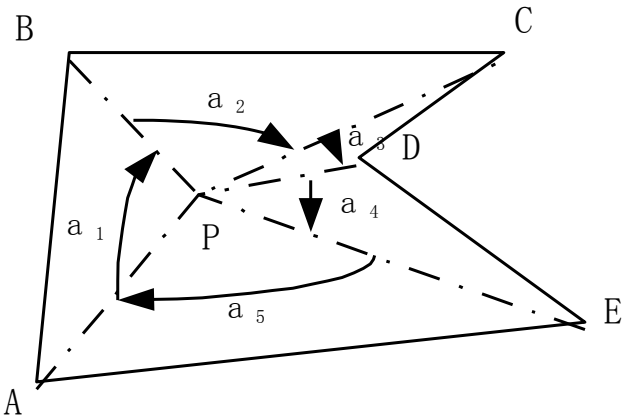
用射线法来判断一个点是否在多边形内的弊端：

（1）计算量大

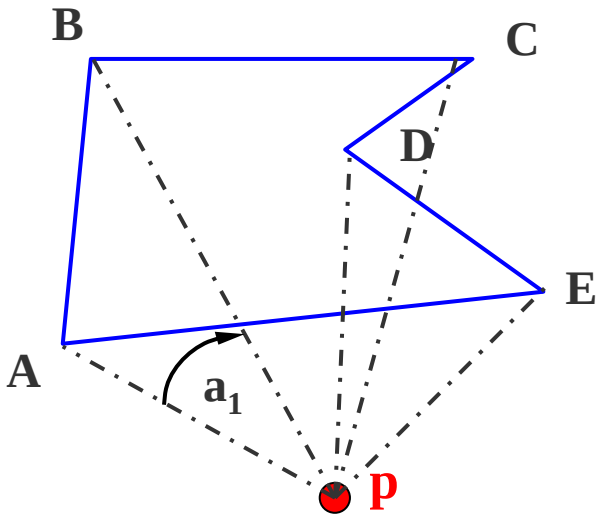
（2）不稳定

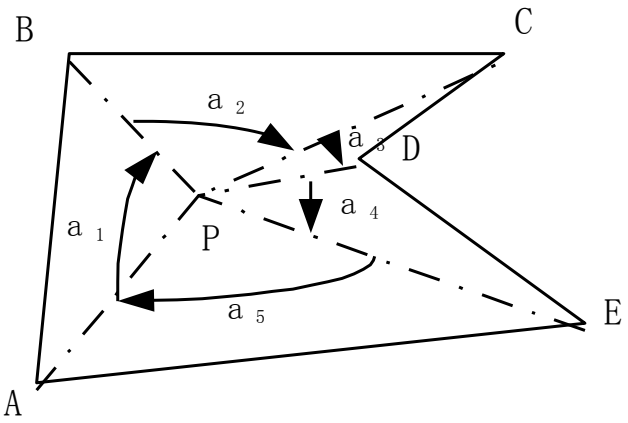
（2）弧长法





以p点为圆心，作单位圆，把边投影到单位圆上，对应一段段弧长，规定逆时针为正，顺时针为负，计算弧长代数和





代数和为0，点在多边形外部

代数和为2π，点在多边形内部

代数和为π，点在多边形边上

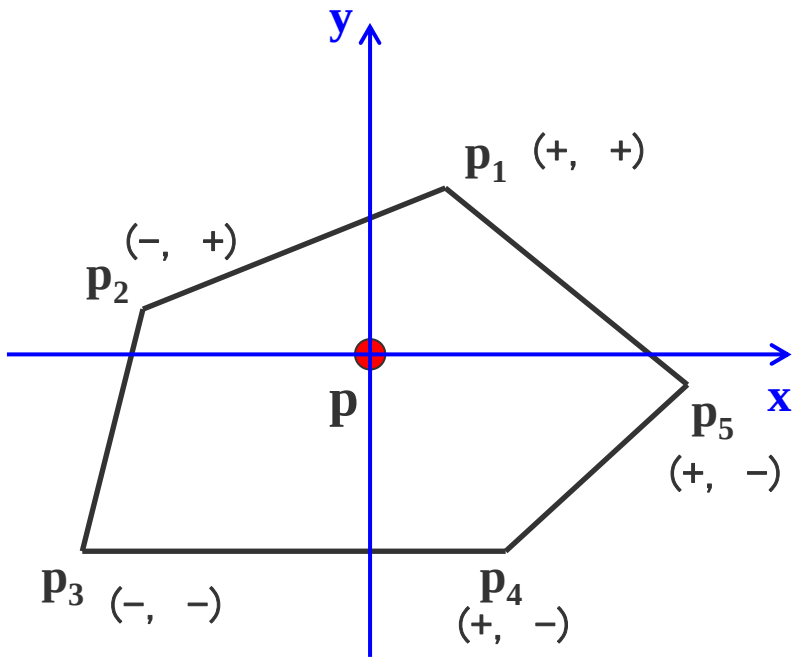
这个算法为什么是稳定的？假如算出来后代数和不是0，而是0.2或0.1，那么基本上可以断定这个点在外部，可以认为是有计算误差引起的，实际上是0。

但这个算法效率也不高，问题是算弧长并不容易，因此又派生出一个新的方法—以顶点符号为基础的弧长累加方法

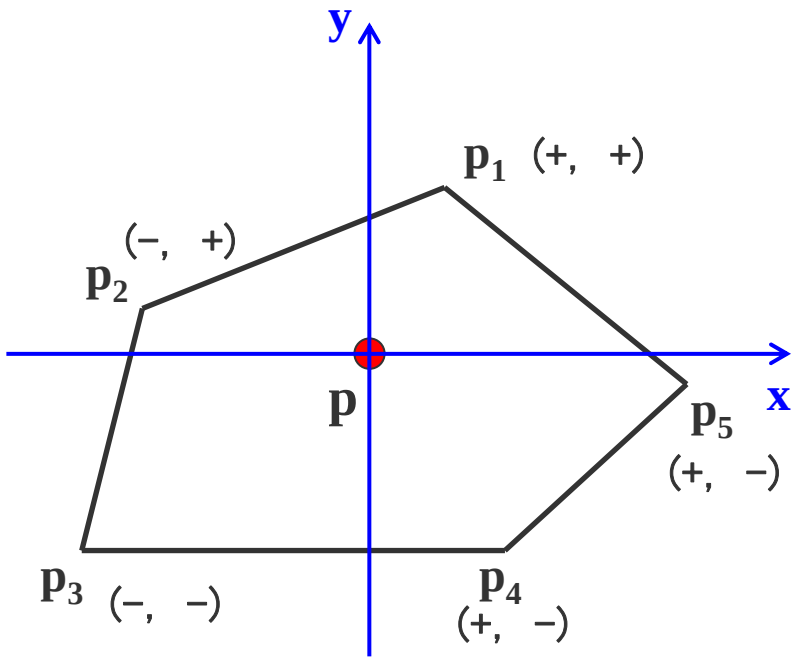
（3）以顶点符号为基础的弧长累加方法

p是被测点，按照弧长法，p点的代数和为2π

不要计算角度，做一个规定来取代原来的弧长计算



		弧长变化	象限变化
(+ +)	(+ +)	0	Ⅰ → Ⅰ
(+ +)	(− +)	π/2	Ⅰ → Ⅱ
(+ +)	(− −)	±π	Ⅰ → Ⅲ
(+ +)	(+ −)	−π/2	Ⅰ → Ⅳ
…	…	…	…



同一个象限认为是0，跨过一个象限是π/2，跨过二个象限是π。这样当要计算代数和的时候，就不要去投影了，只要根据点所在的象限一下子就判断出多少度，这样几乎没有什么计算量，只有一些简单的判断，效率非常高

z-buffer算法是非常经典和重要的，在图形加速卡和固件里都有。只用一个深度缓存变量zb的改进算法虽然减少了空间，但仍然没考虑相关性和连贯性