

规则形体（中）： 构造实体几何法

华中科技大学软件学院 万琳



0

实体模型的三类表示

- ◆ **边界表示 (Boundary Representation, B-reps)** , 即用一组曲面 (含平面) 来描述物体 , 这些曲面将物体分为内部和外部。边界表示具体又包括多边形表面模型和扫描表示两种。
- ◆ **构造实体几何表示 (Constructive Solid Geometry , CSG)** , 它将实体表示成立方体、长方体、圆柱体、圆锥体等基本体素的组合 , 可以采用并、交、差等运算构造新的形体。
- ◆ **空间分割表示 (Space-Partitioning)** , 用来描述物体的内部性质 , 将包含一物体的空间区域划分成一组小的、非重叠的、连续实体 (通常是立方体) 。



提纲

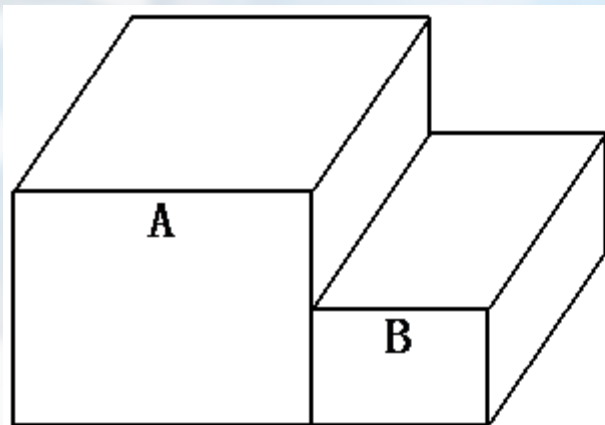
- ① 什么是构造实体几何法？
- ② CSG树
- ③ 光线投射算法

1

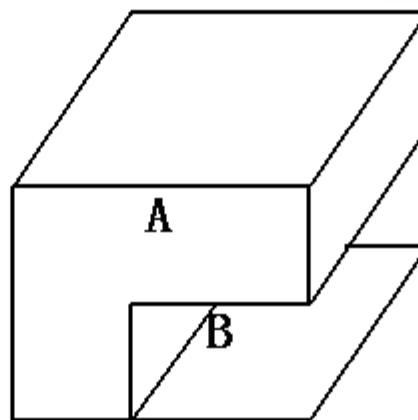
什么是构造实体几何法？

构造实体几何法 (CSG , Constructive Solid Geometry)

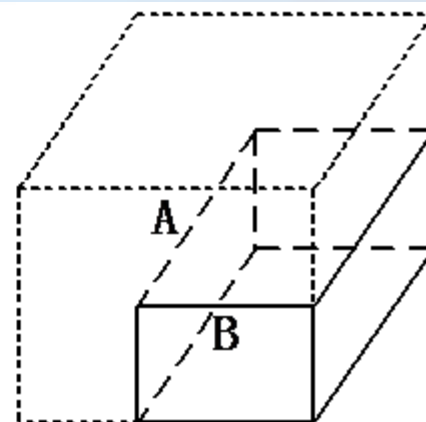
由两个实体间的并、交或差操作生成新的实体。



(a) A, B形体的并



(b) A, B形体的差



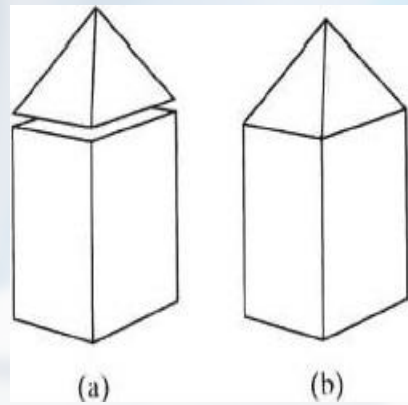
(c) A, B形体的交

1

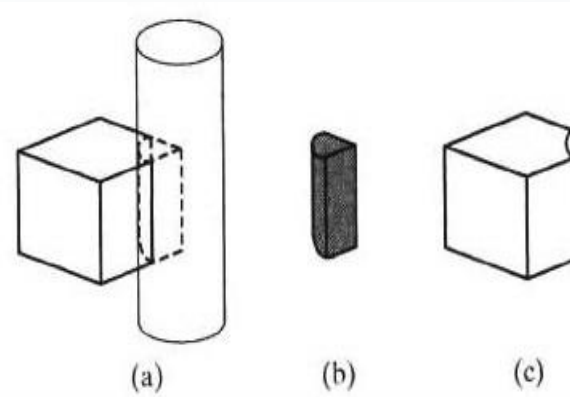
什么是构造实体几何法？

构造实体几何法 (CSG , Constructive Solid Geometry)

例子：



将一个长方体和一个棱锥放在相邻的位置，使用并操作



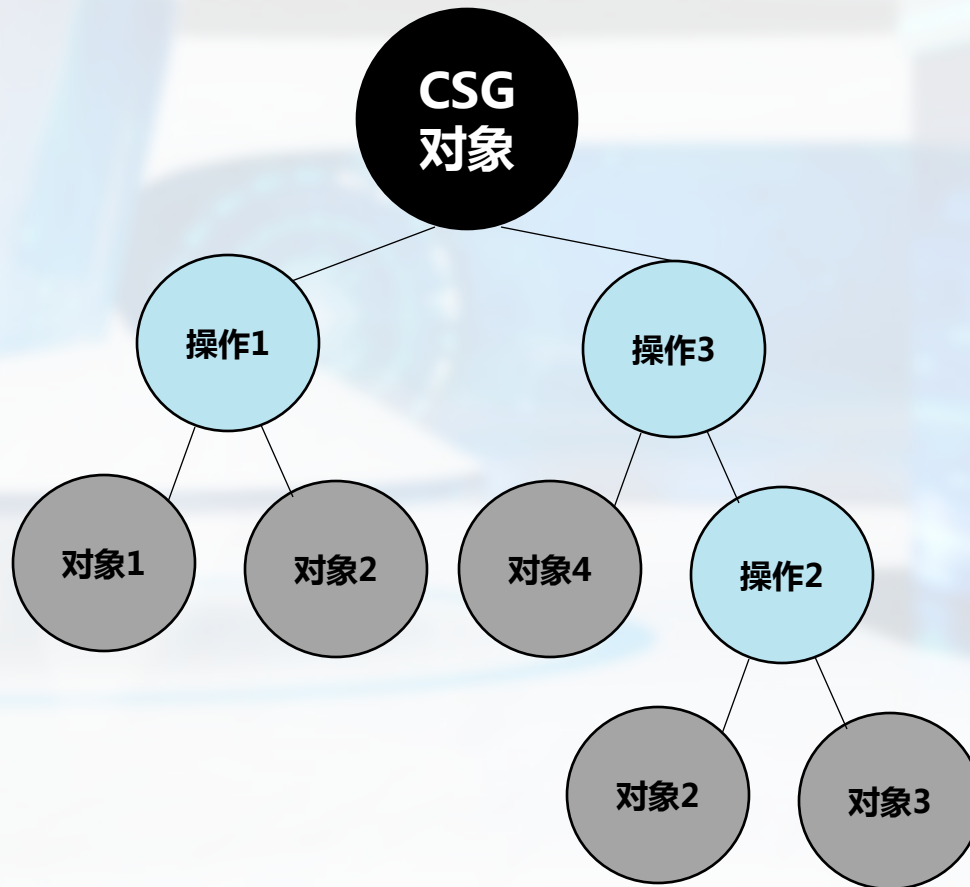
有重叠部分的一个长方体和一个柱体。使用交操作，可以得到图 (b) 中所生成的实体；使用差操作，可以得到图 (c) 中的实体

2

CSG树

在构造实体几何法中，集合运算的实现过程可以用一棵二叉树（称为CSG树）来描述：

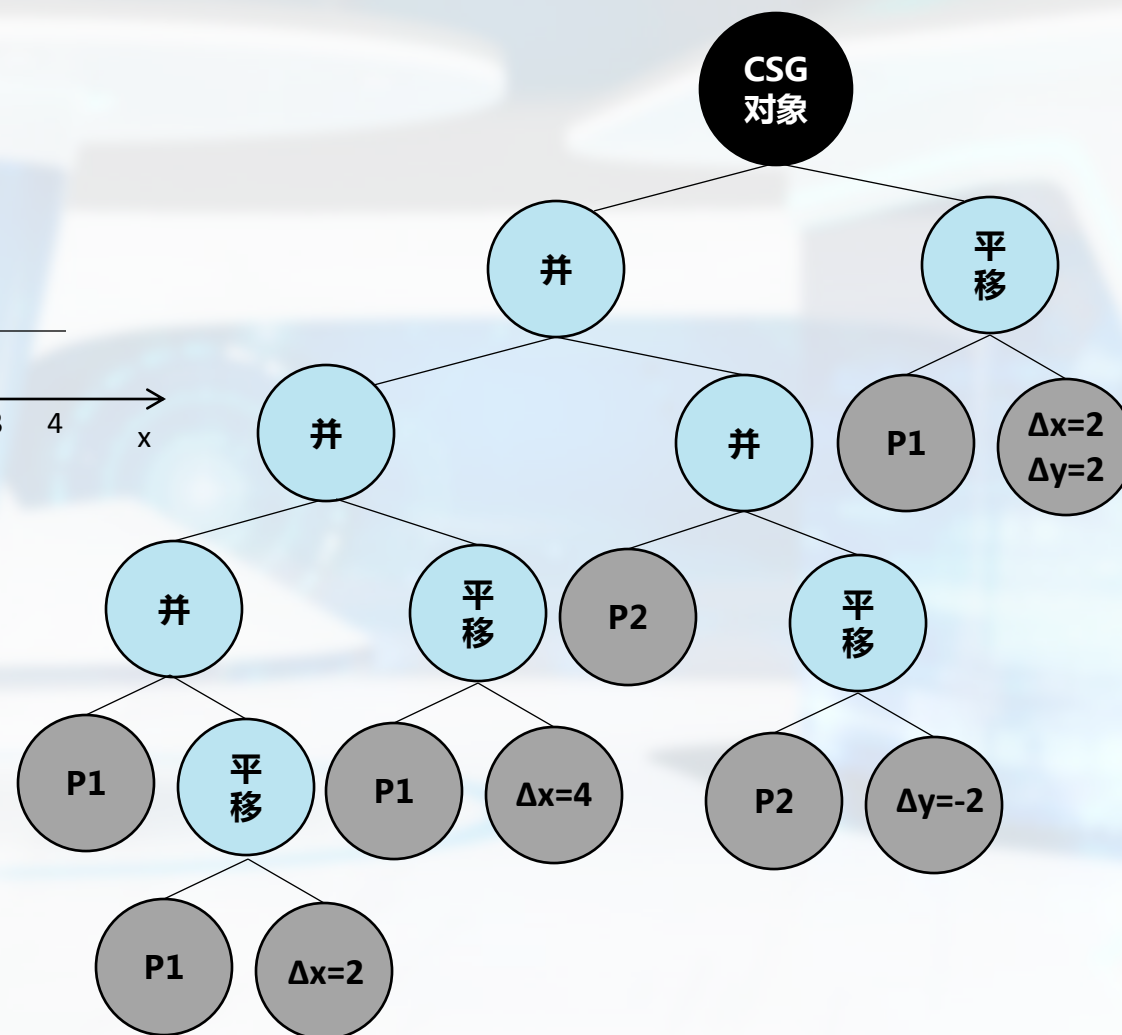
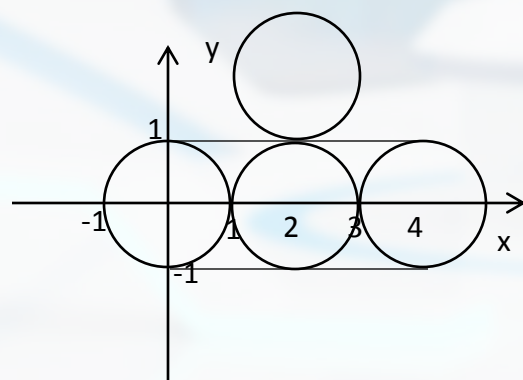
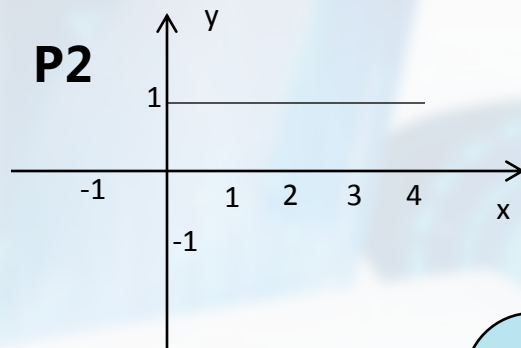
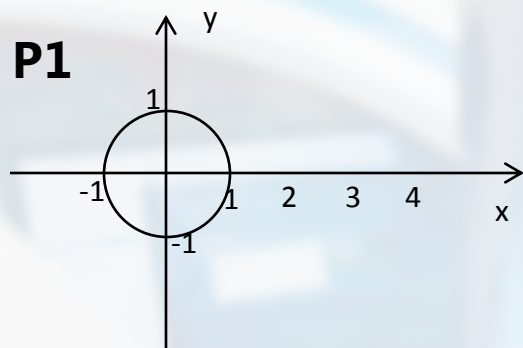
- 树的叶子
- 树的非终端结点
- 二叉树根结点



2

CSG树

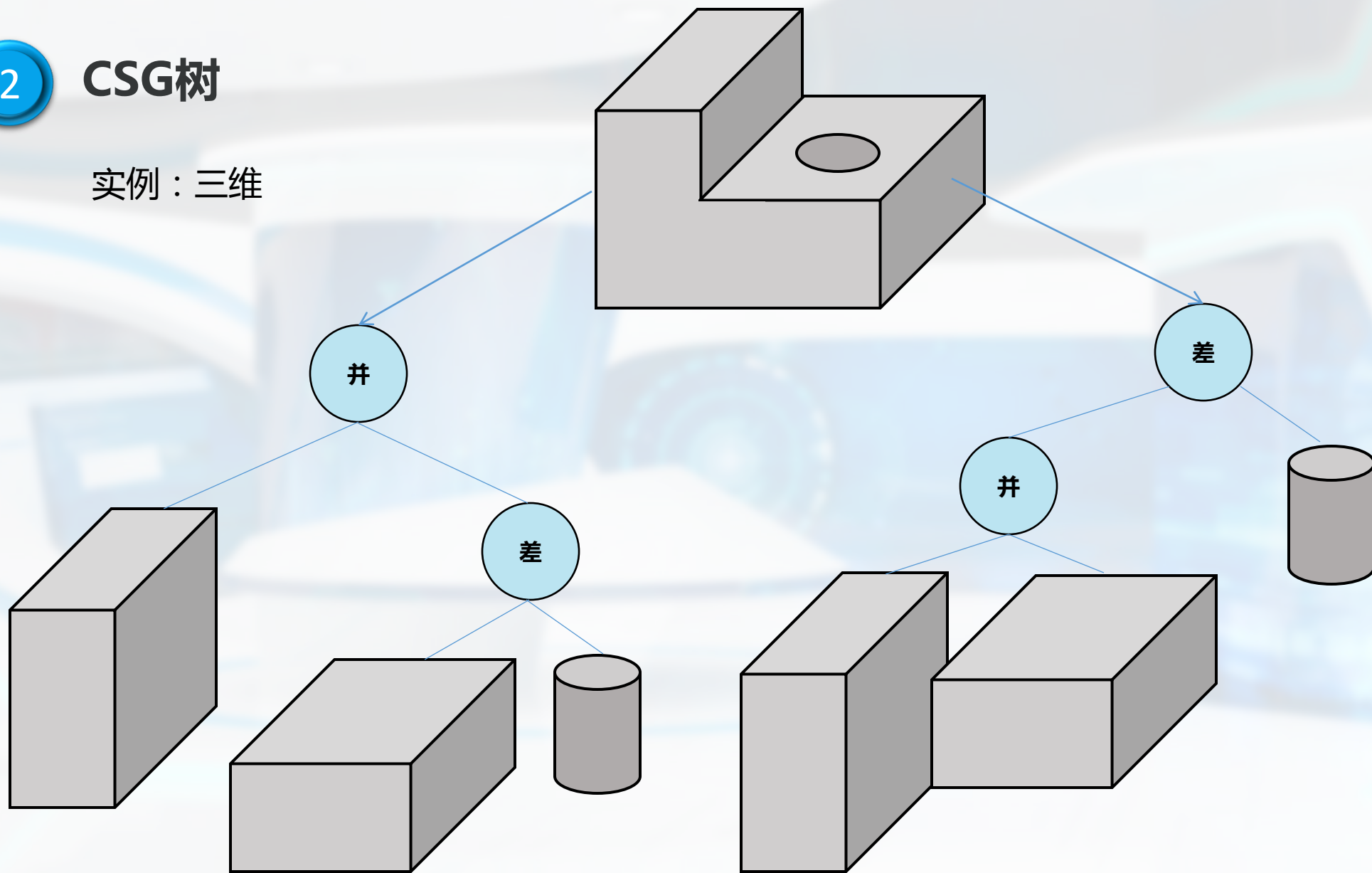
实例：二维



2

CSG树

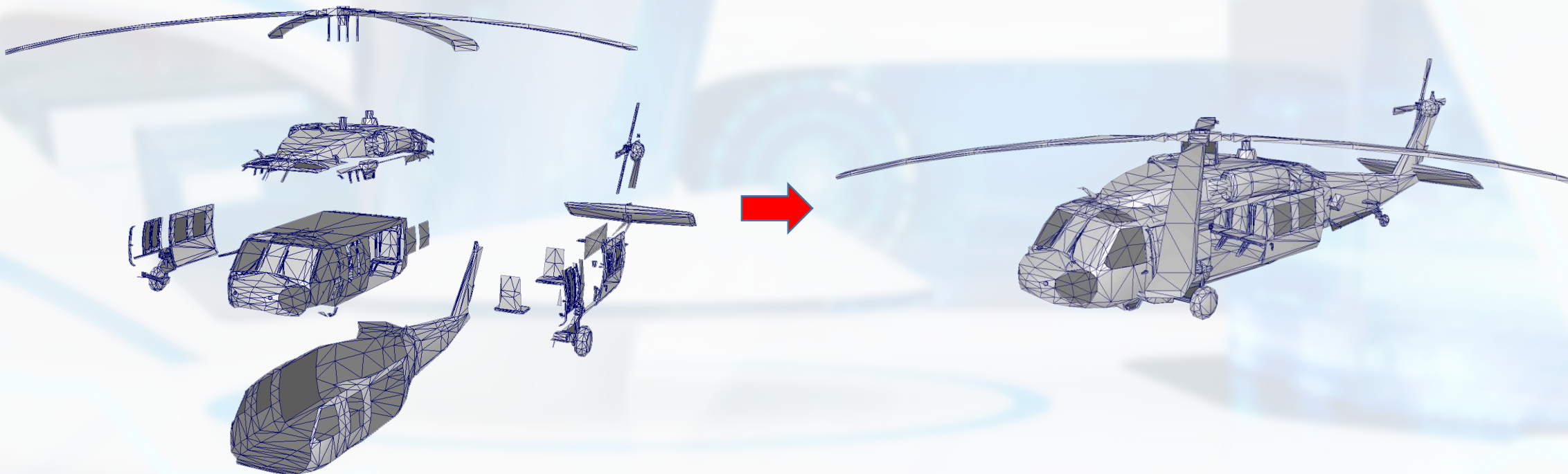
实例：三维



2

CSG树

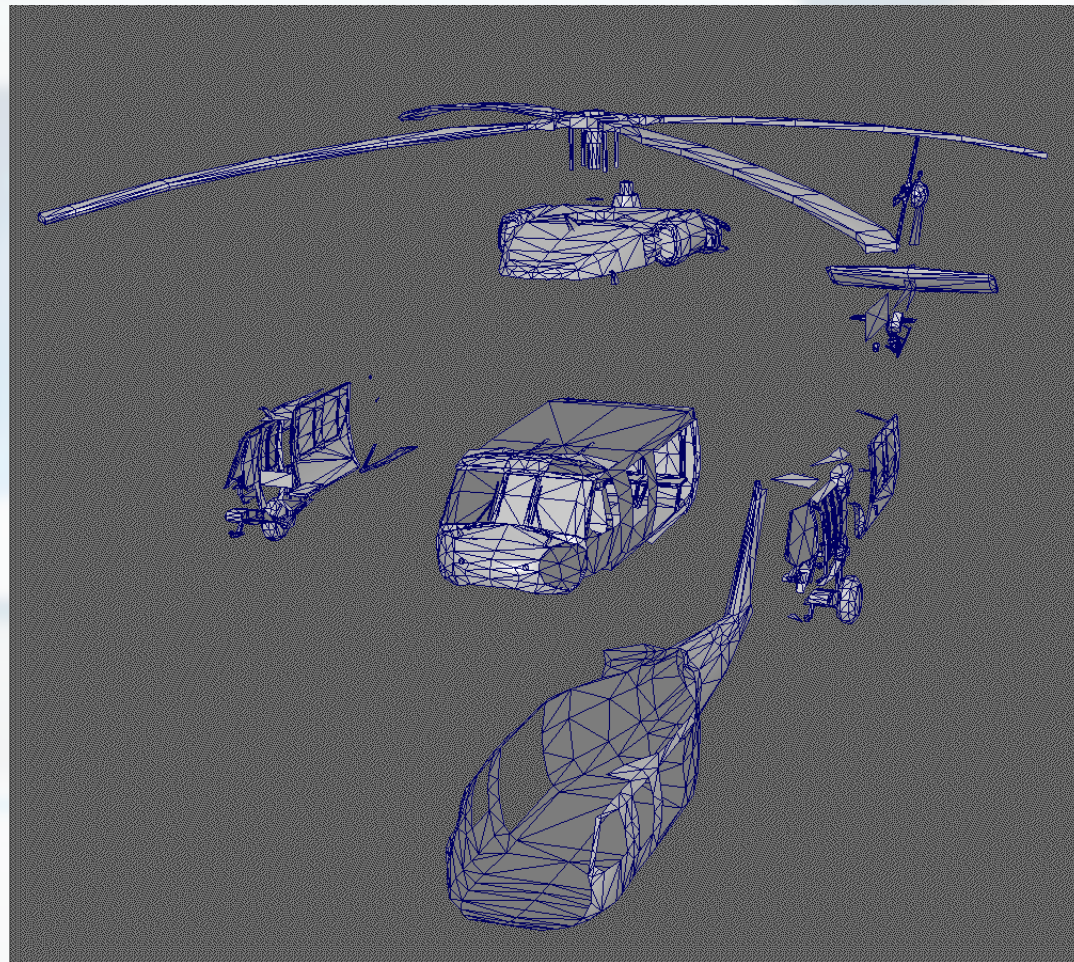
实例：三维



2

CSG树

实例：三维



2

CSG树

优缺点分析：

优点：如果体素设置比较齐全，通过集合运算就可以构造出多种不同的符合需要的实体。

缺点：当用户输入体素时，主要是给定体素的有关参数，然后由系统给出该体素的表面方程，再由系统进行集合的求交运算，最后得到生成的实体。

这里面存在两个问题：

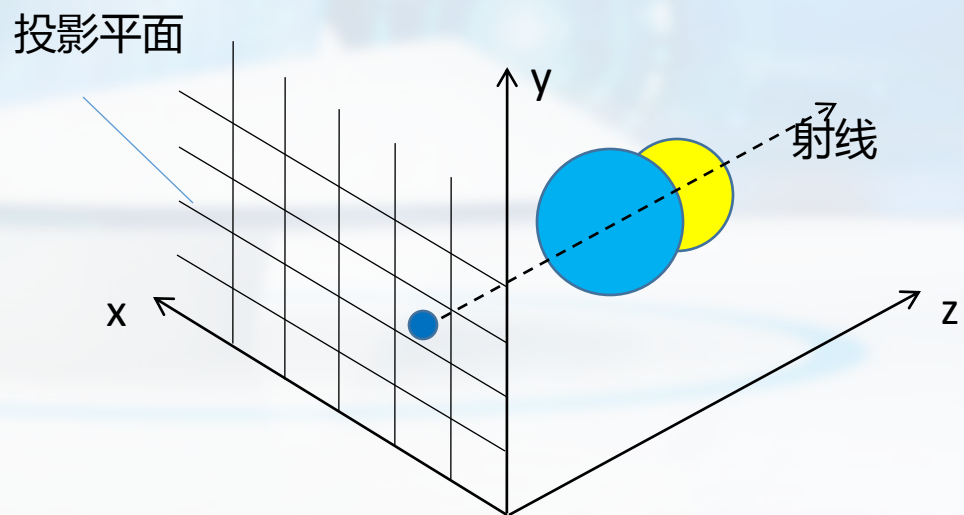
- (1) 一是集合运算的中间结果难以用简单的代数方程表示，求交困难；
- (2) CSG树不能显式地表示形体的边界，因而无法直接显示CSG树表示的形体。

3

光线投射算法

光线投射算法的核心思想是从显示屏幕（投影平面）的每一像素位置发射一根光线（射线），求出射线与距离投影平面最近的可见表面的交点和交点处的表面法矢量，然后根据光照模型计算出表面可见点的色彩和亮度，生成实体的光栅图形。

该算法的关键之处在于确定光线与距离投影平面最近的可见表面的交点，这可以通过集合成员分类算法实现。



3

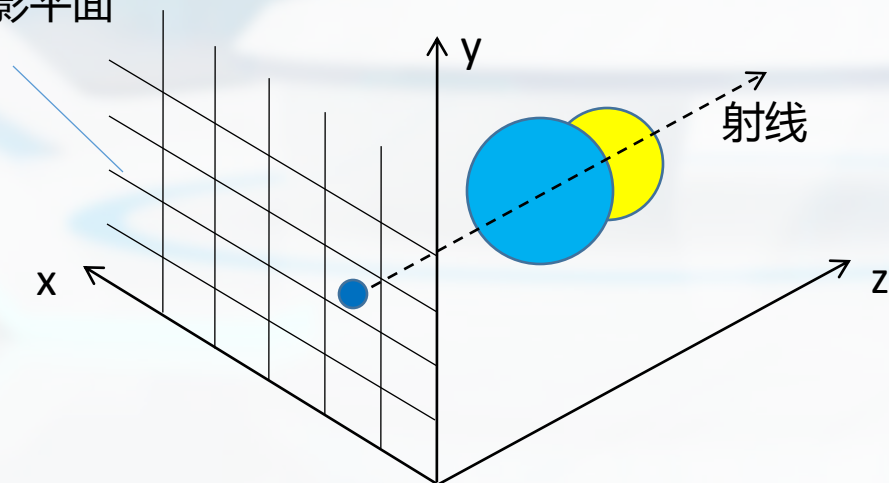
光线投射算法

具体算法：

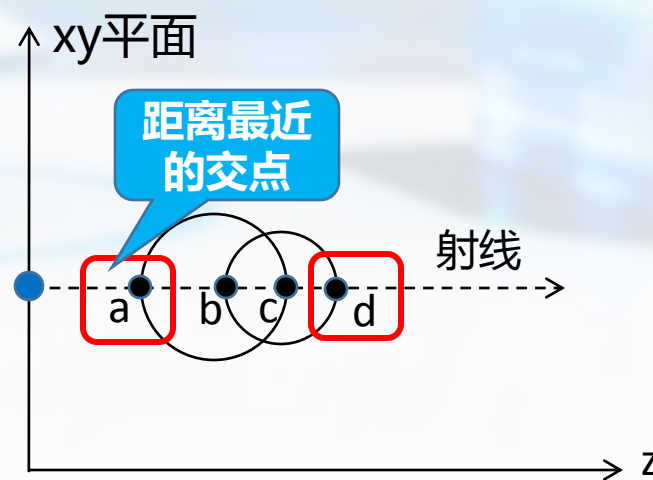
- (1)将射线与CSG树中的所有基本体素求交，求出所有的交点；
- (2)将所有交点相对于CSG树表示的物体进行分类，确定位于物体边界上的那部分交点；
- (3)对所有位于物体边界上的交点计算它们在射线上的参数值并进行排序，确定距离最近的交点。

得到其所在基本体素表面的法矢量。

投影平面



xy平面





谢谢

软件学院 万琳