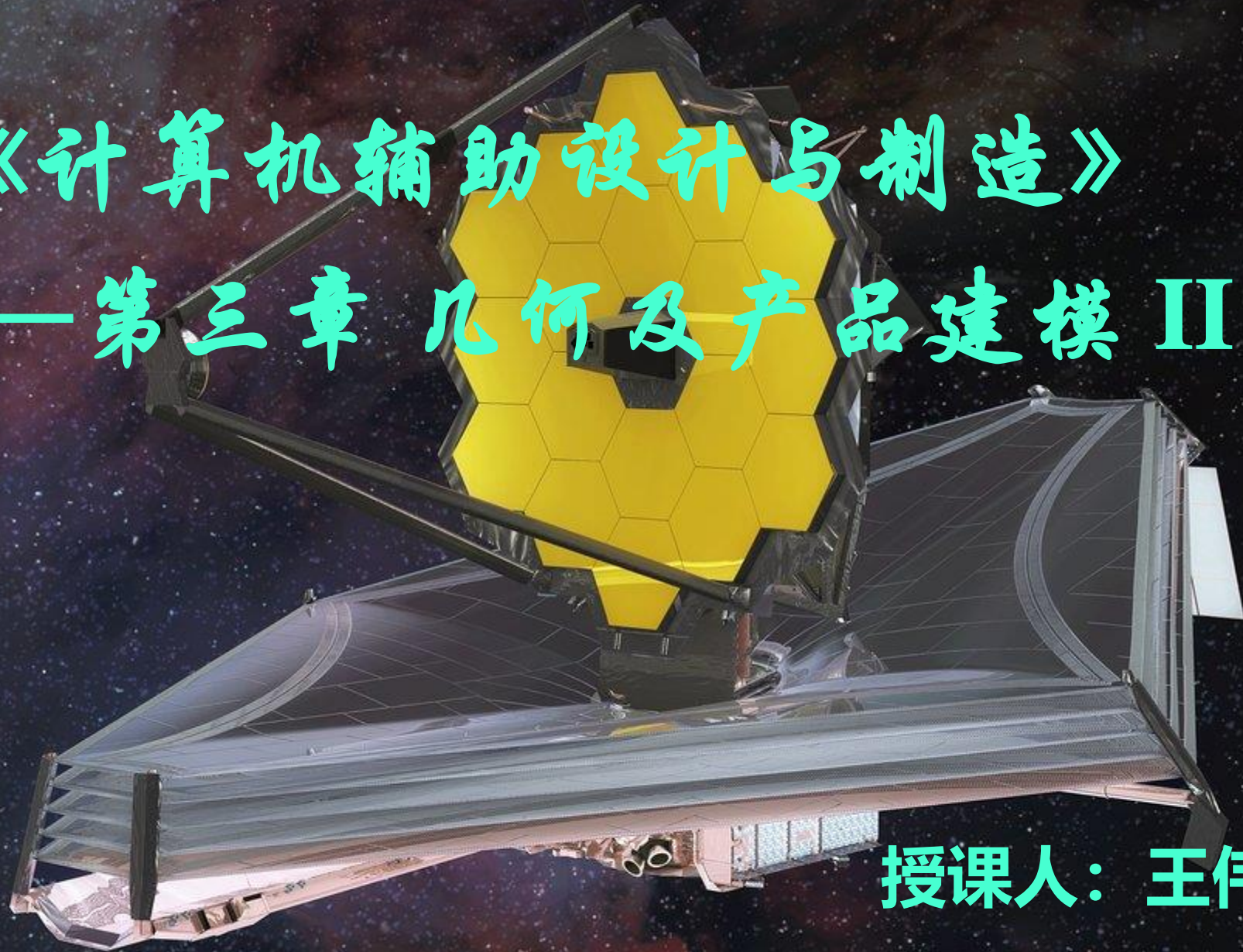


# 《计算机辅助设计与制造》

## ——第三章 几何及产品建模 II

授课人：王伟

2023 年 9 月 26 日



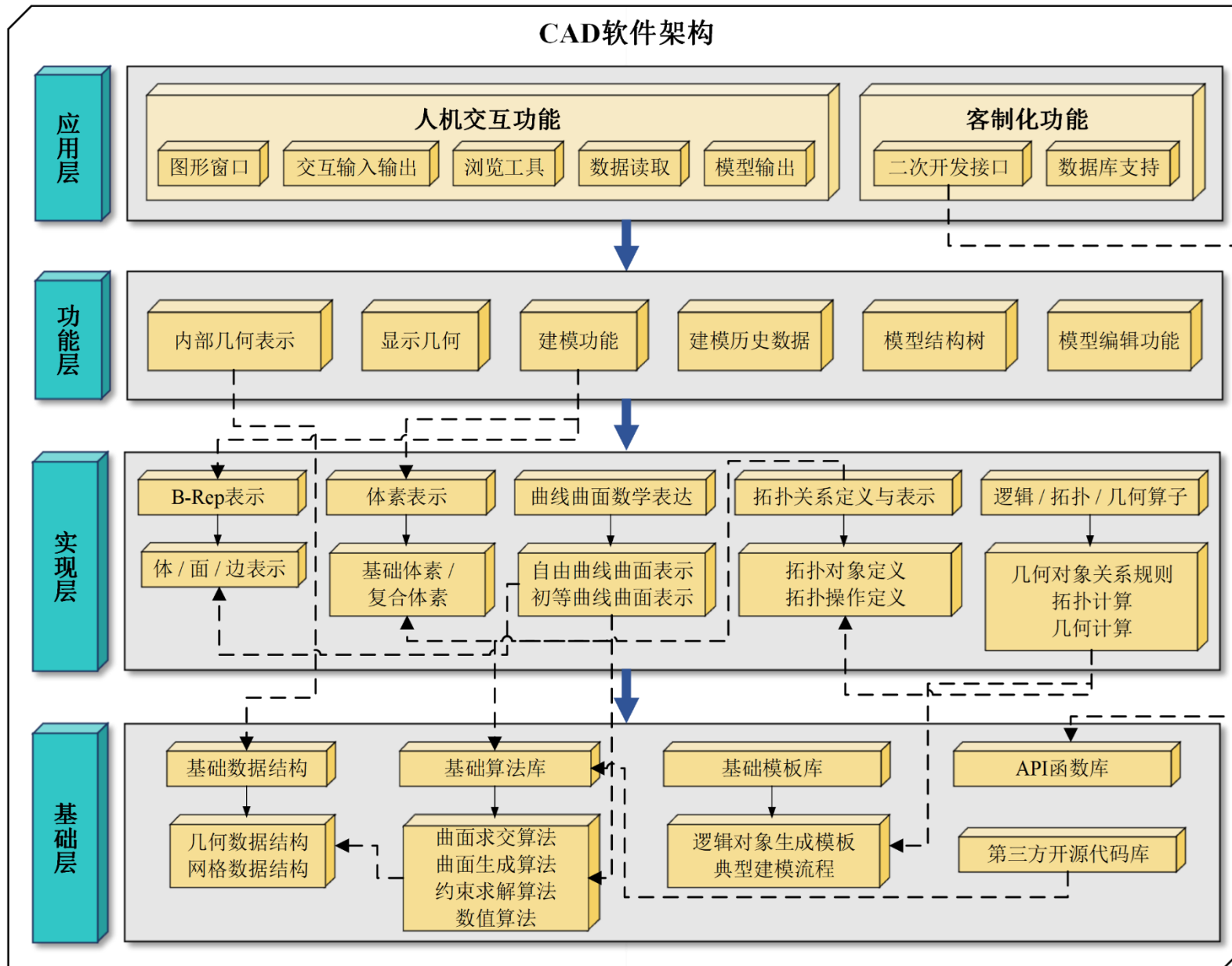
**一、CAD系统组成**

**二、CAD系统典型概念及建模技术**

# CAD系统组成

2

## CAD系统架构





# CAD系统组成

## ■ CAD系统关键支撑技术

### ■ 模型

- 模型是**CAD**数据输入输出的基础，应符合多工业领域的多种需求，尤其要具备易于**交互建模**、便于**上下游应用**的特点

### ■ 算法

- **CAD**系统中包含大量专用建模算法，这些算法包括几何算法、数值算法、模型生成算法等，算法构建体现了**多学科联合应用**的特点，具有较高门槛
- 计算机技术发展，会影响**CAD**系统支持的算法扩展

# 内容提纲

---

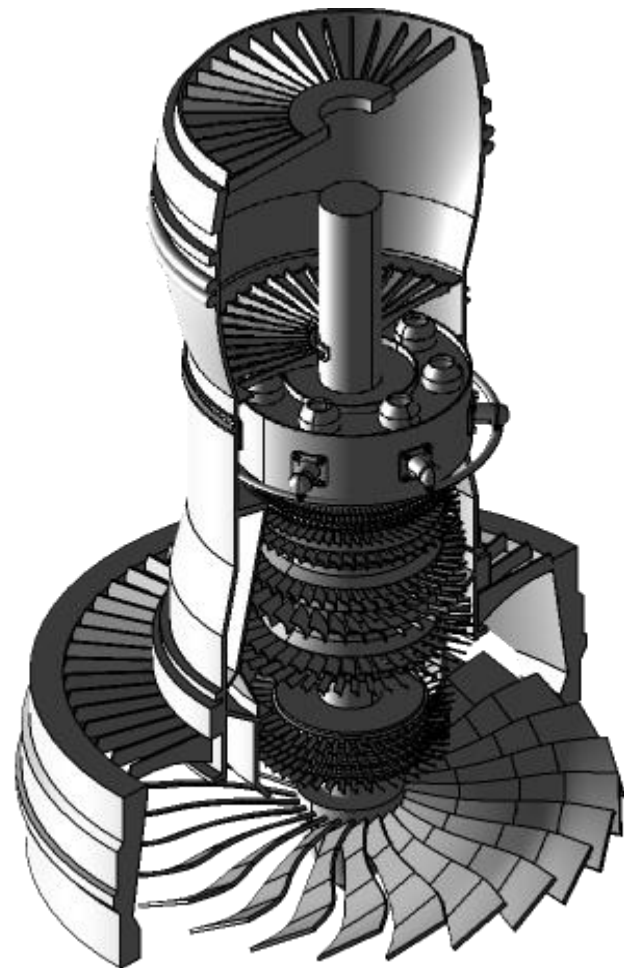
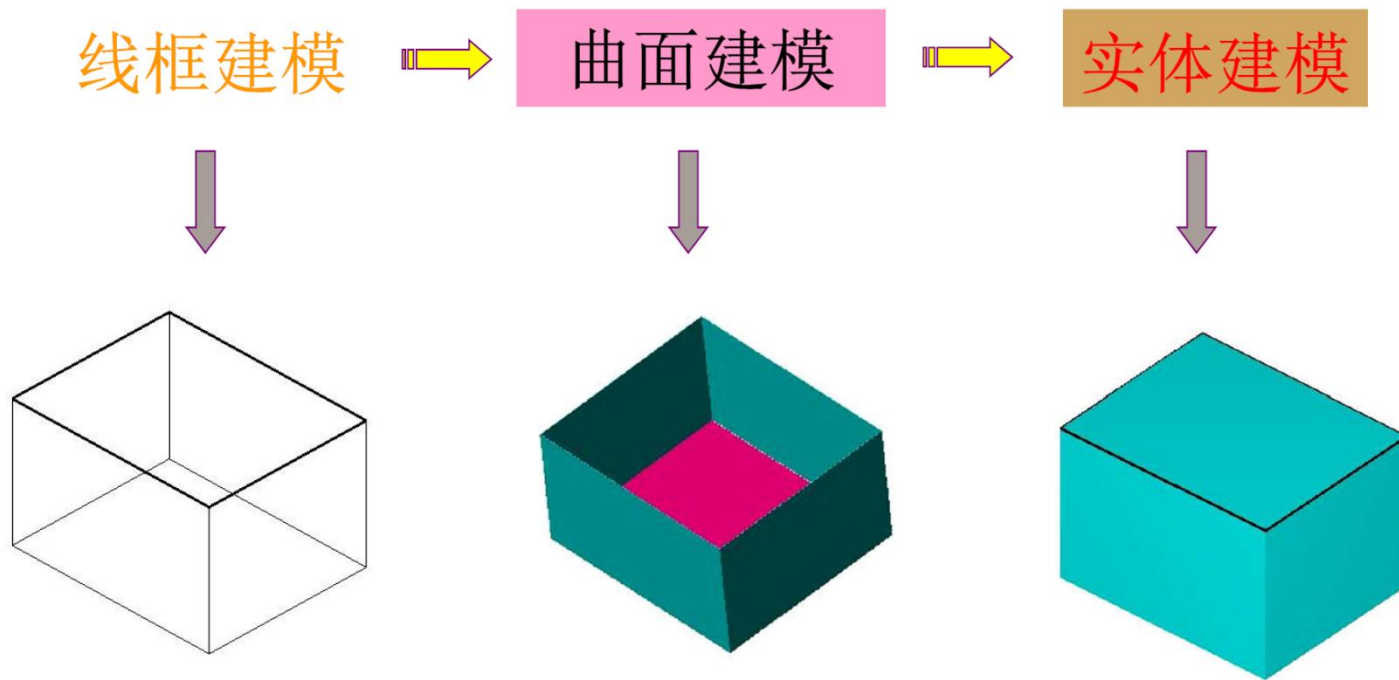
**一、CAD系统组成**

**二、CAD系统典型概念及建模技术**

# CAD系统典型概念及建模技术

5

- 典型概念及建模技术
- 几何建模



# CAD系统典型概念及建模技术

## ■ 典型概念及建模技术

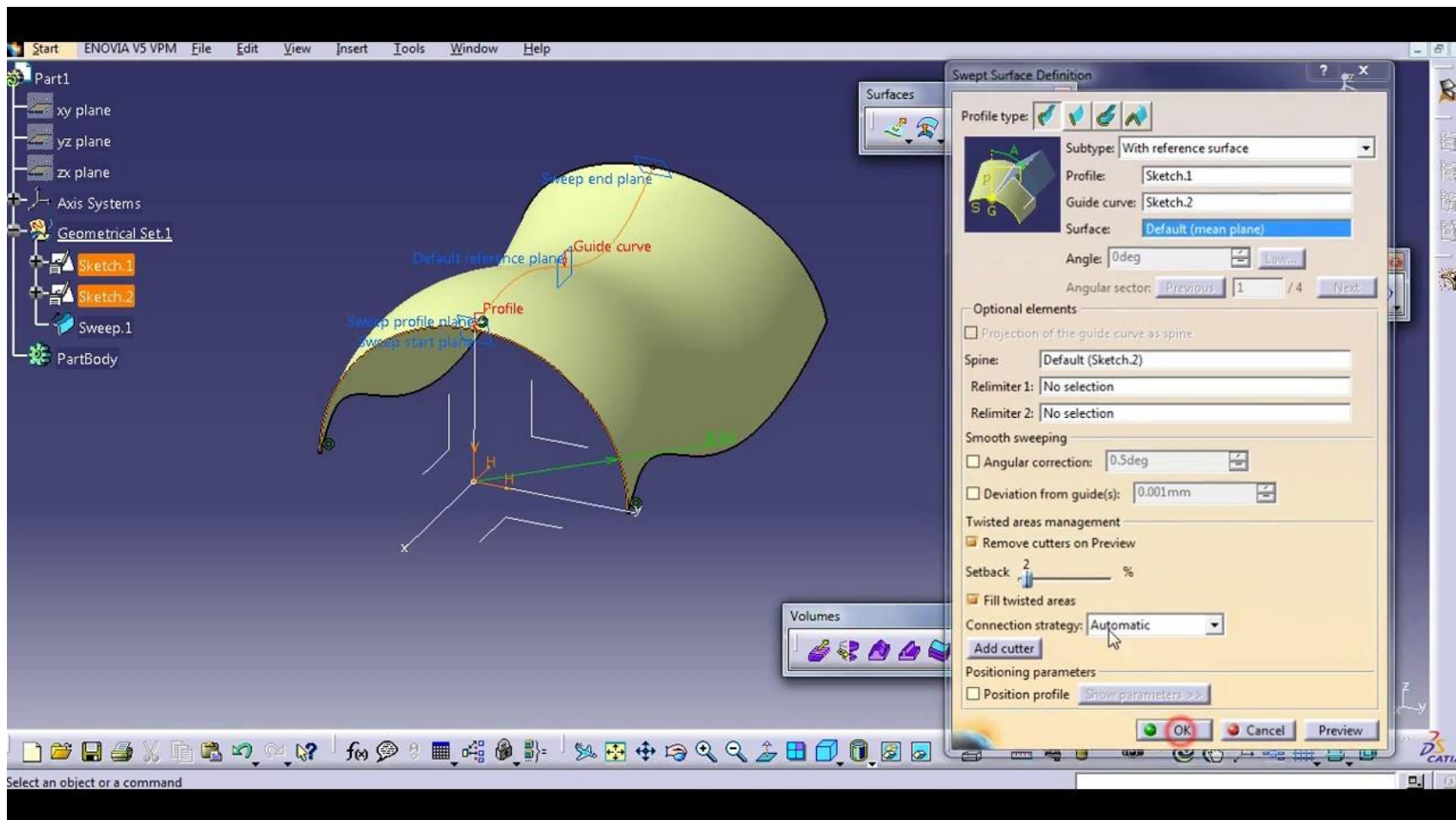
## ■ 曲面建模

- 基于线框模型扩充为**表面模型**，可以将封闭的边界定义为一个环，或有向边界，则由此封闭边界所定义的几何对象为一个（曲）面；
- 基于曲线曲面的描述方法，将物体分解为组成物体的**表面、边线和顶点**，用顶点、边线和表面的有限集合来表示和建立物体的计算机内部模型
- 常见的曲面造型方法：
  - 扫掠曲面
  - 蒙皮曲面
  - 复杂曲面

# CAD系统典型概念及建模技术

7

- 典型概念及建模技术
- 曲面建模：扫掠曲面

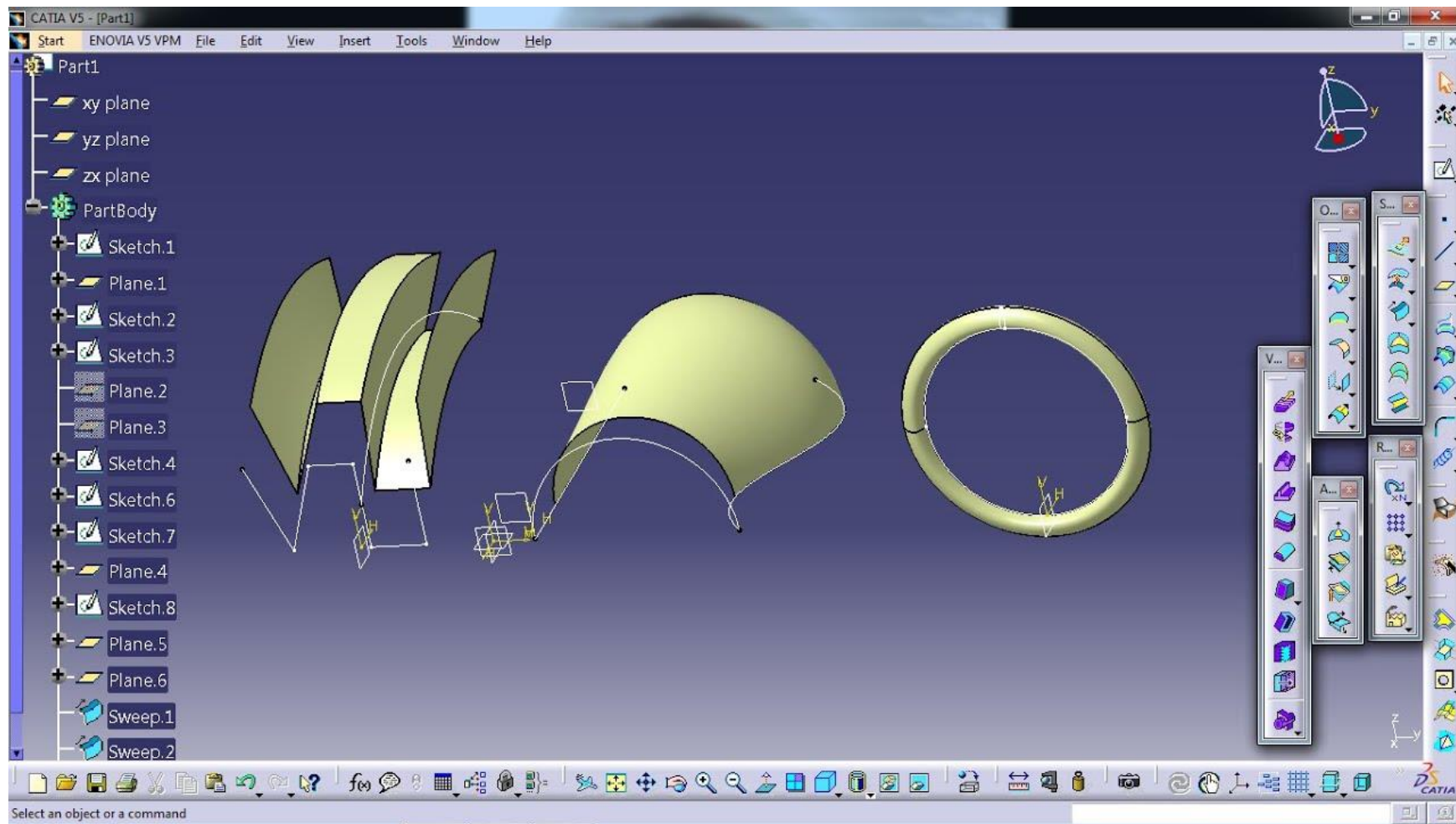




# CAD系统典型概念及建模技术

8

- 典型概念及建模技术
- 扫掠曲面

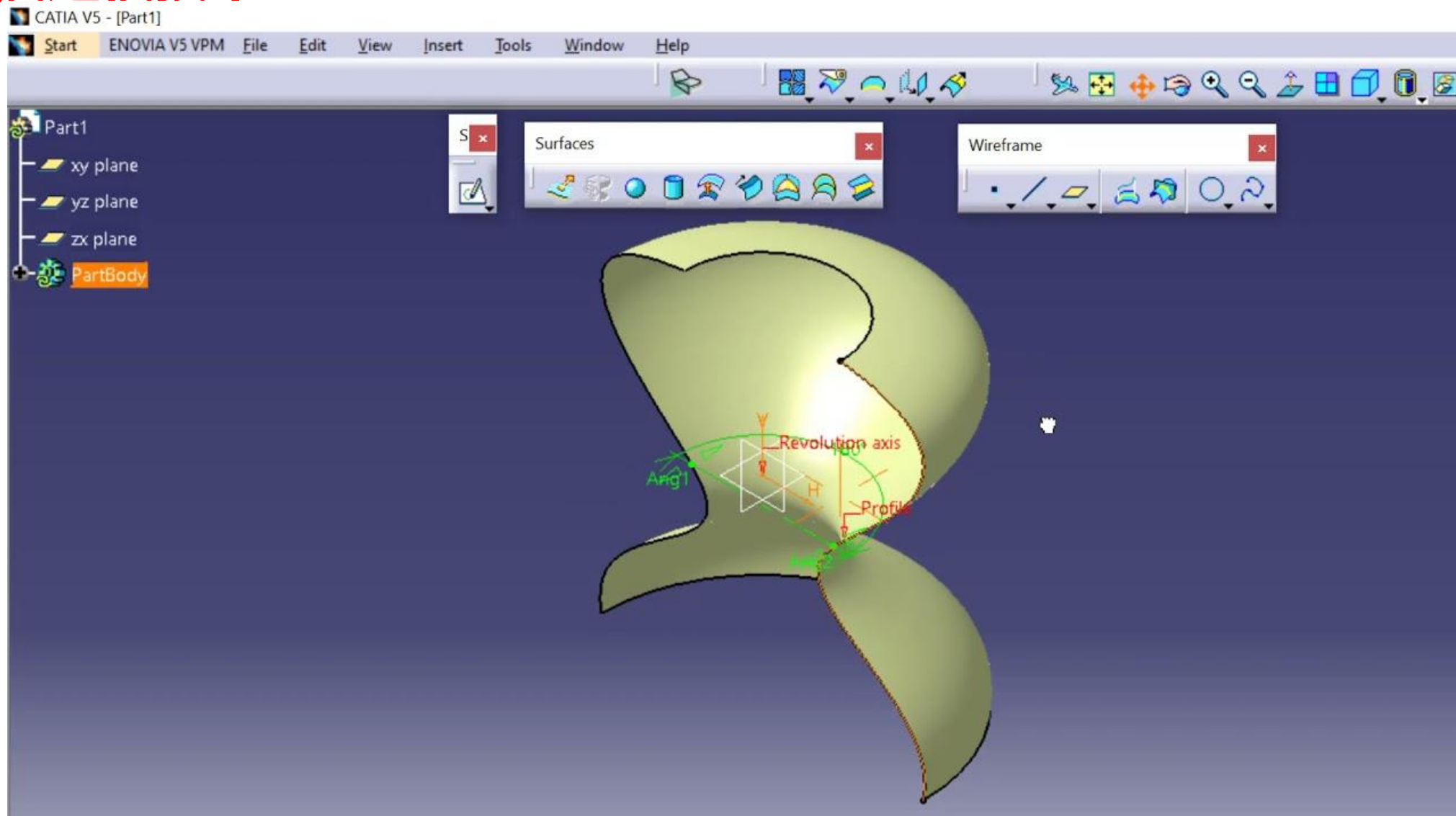


# CAD系统典型概念及建模技术

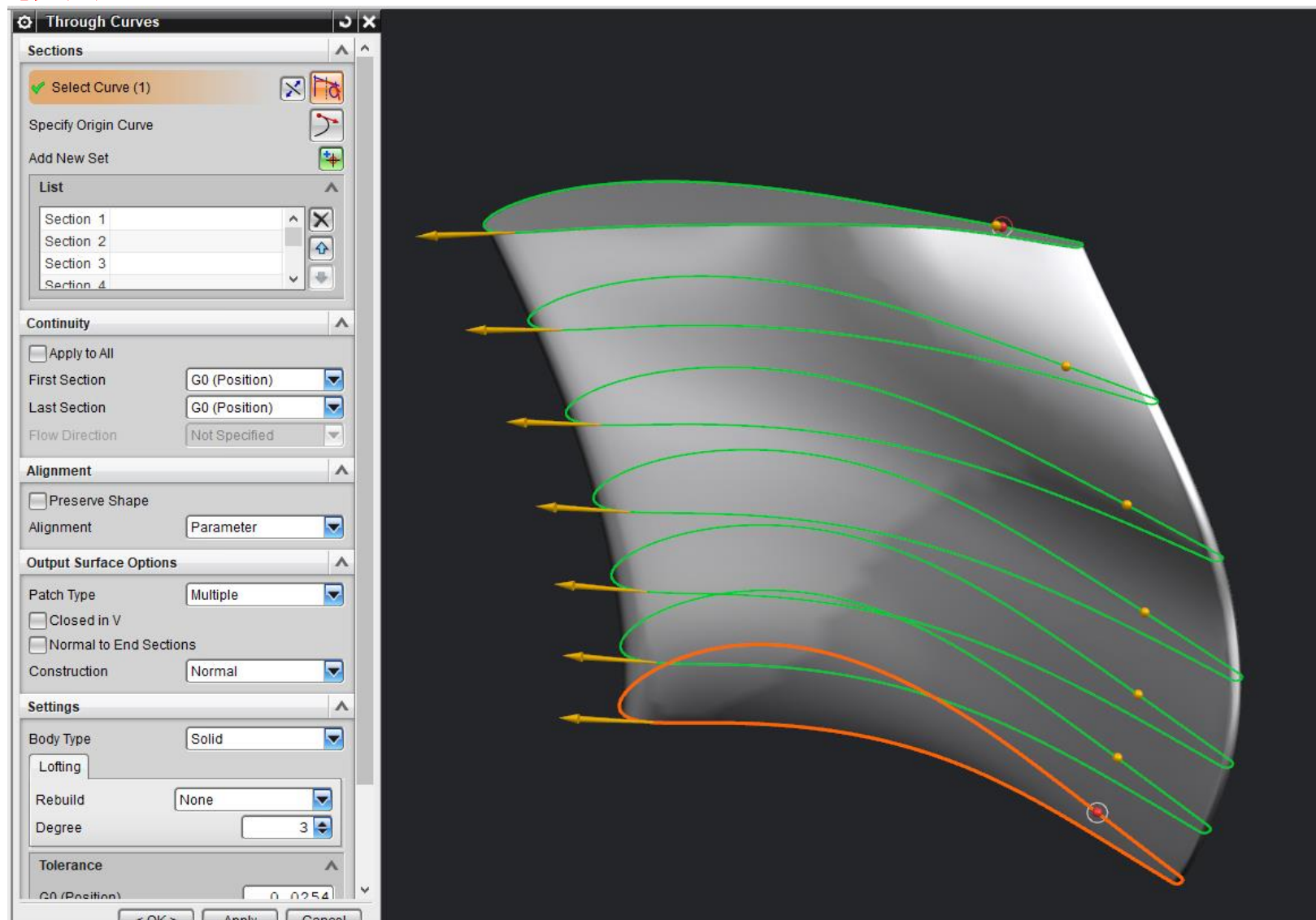
9

## ■ 典型概念及建模技术

## ■ 旋转曲面



- 典型概念及建模技术
- 蒙皮曲面

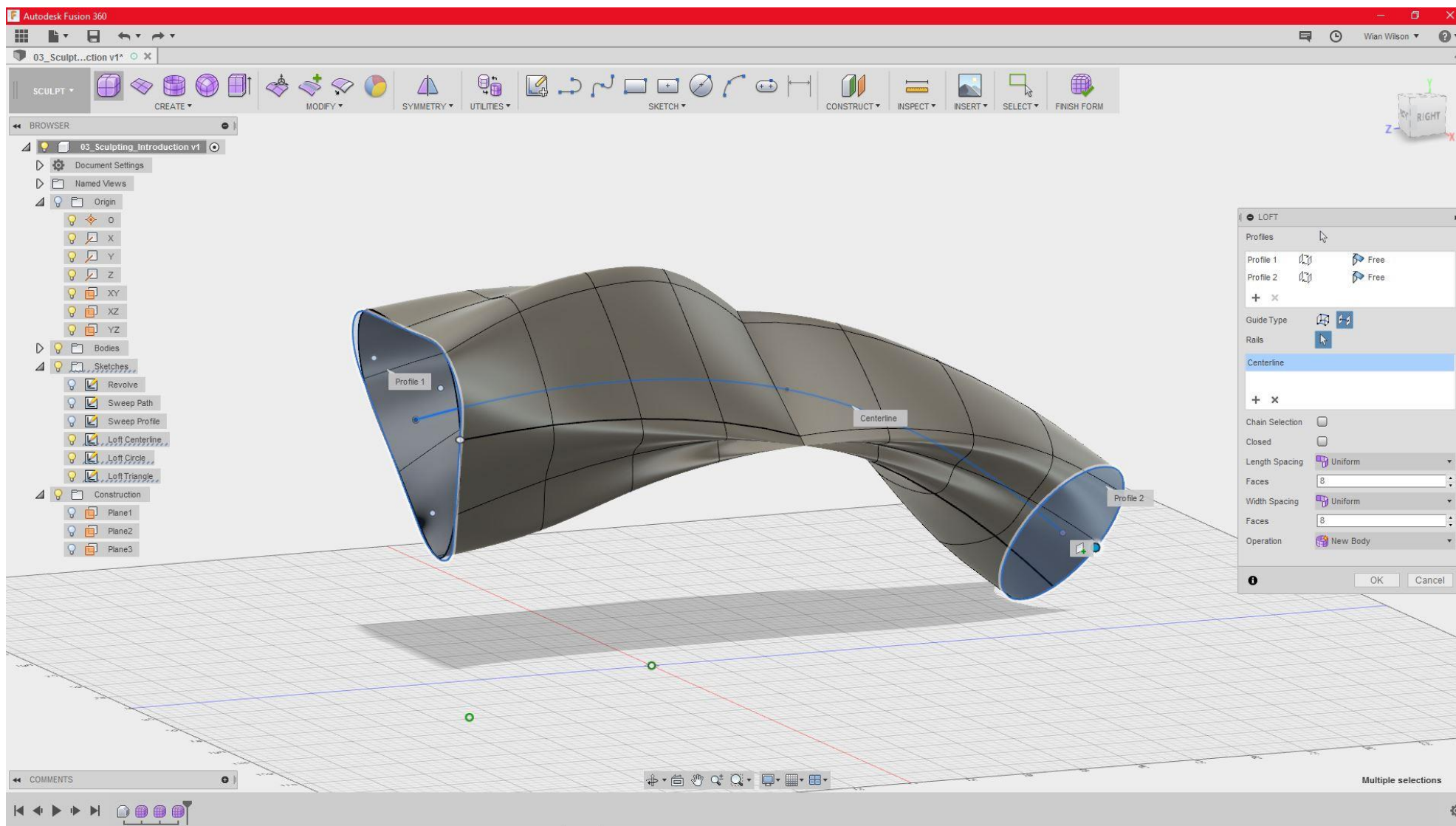


# CAD系统典型概念及建模技术

11

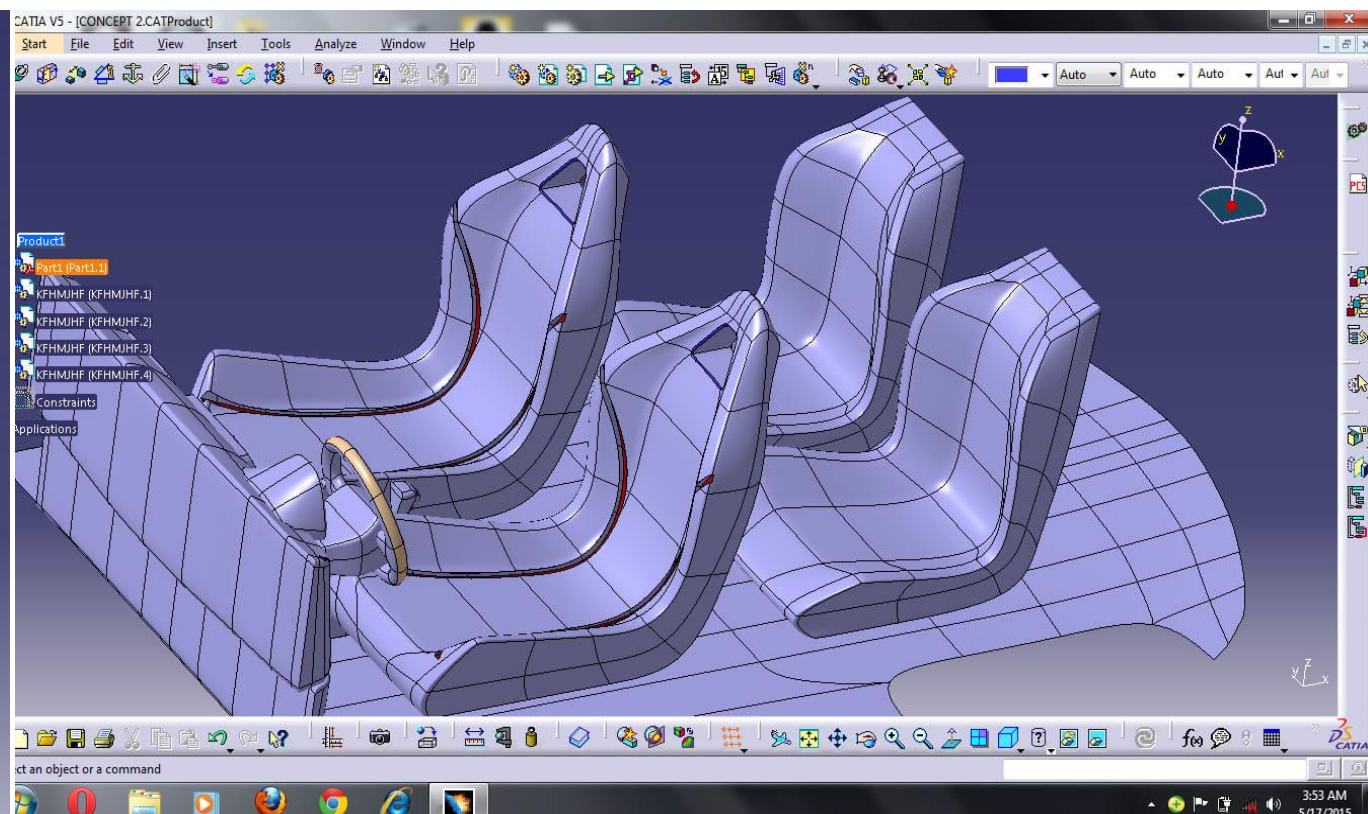
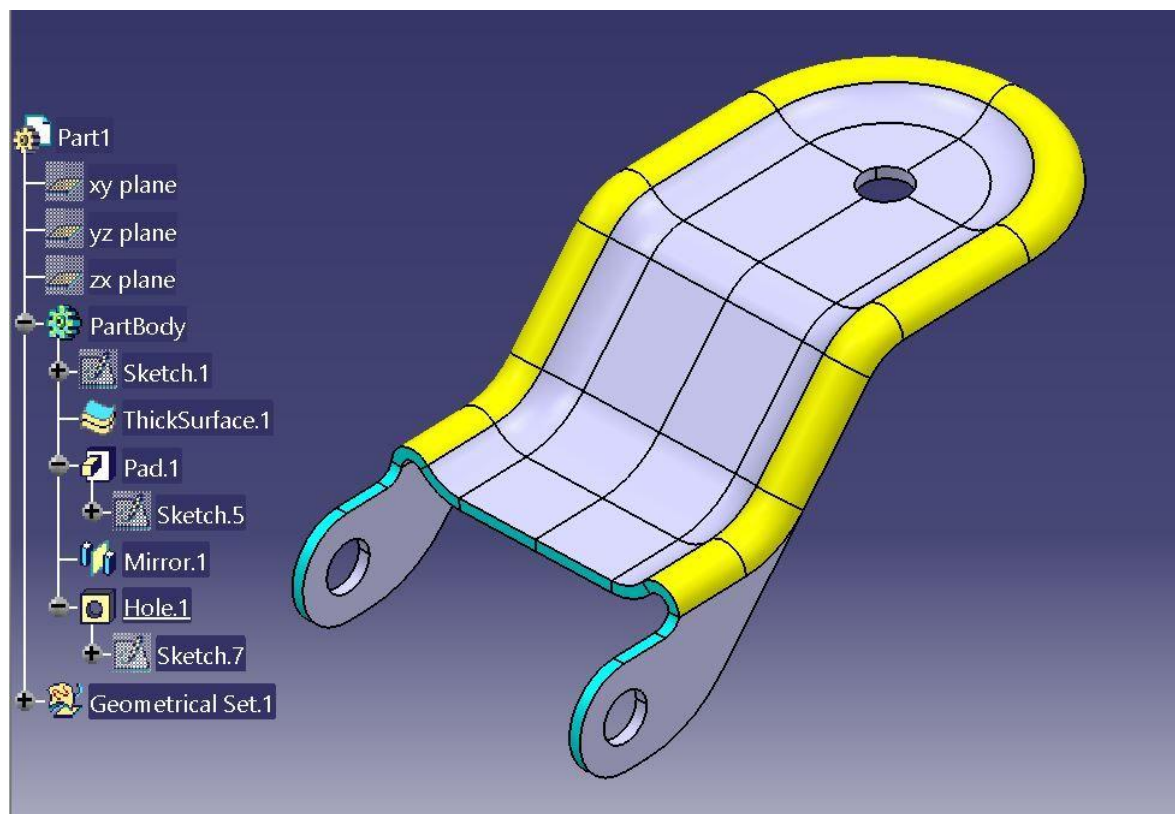
## ■ 典型概念及建模技术

## ■ 蒙皮曲面





- 典型概念及建模技术
- 复杂曲面

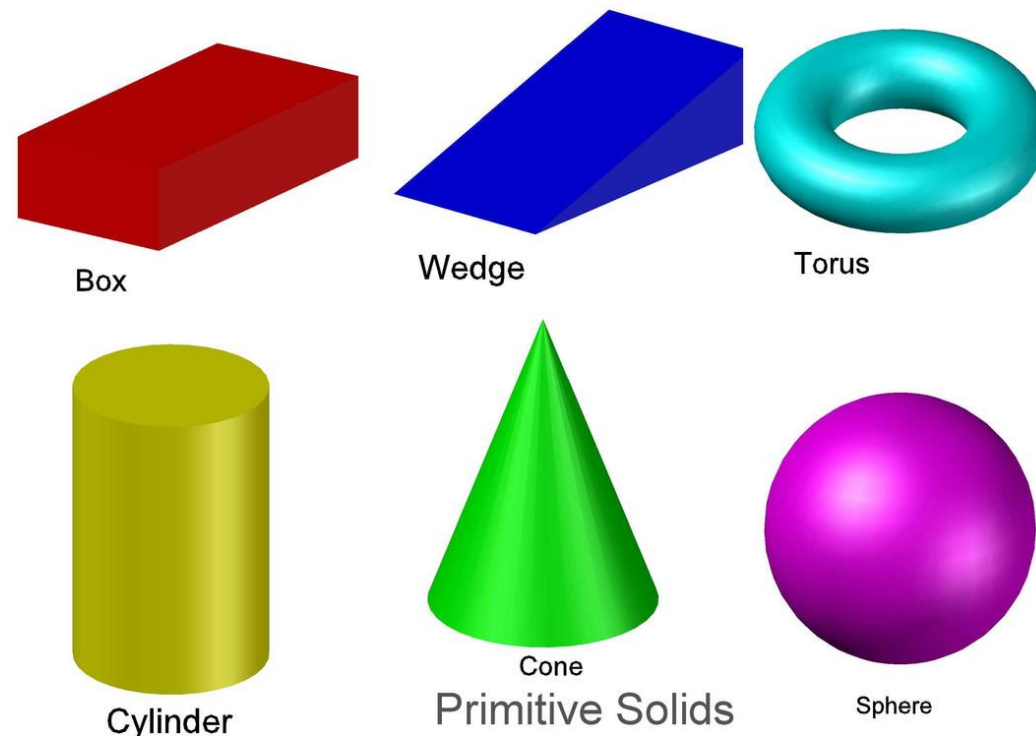




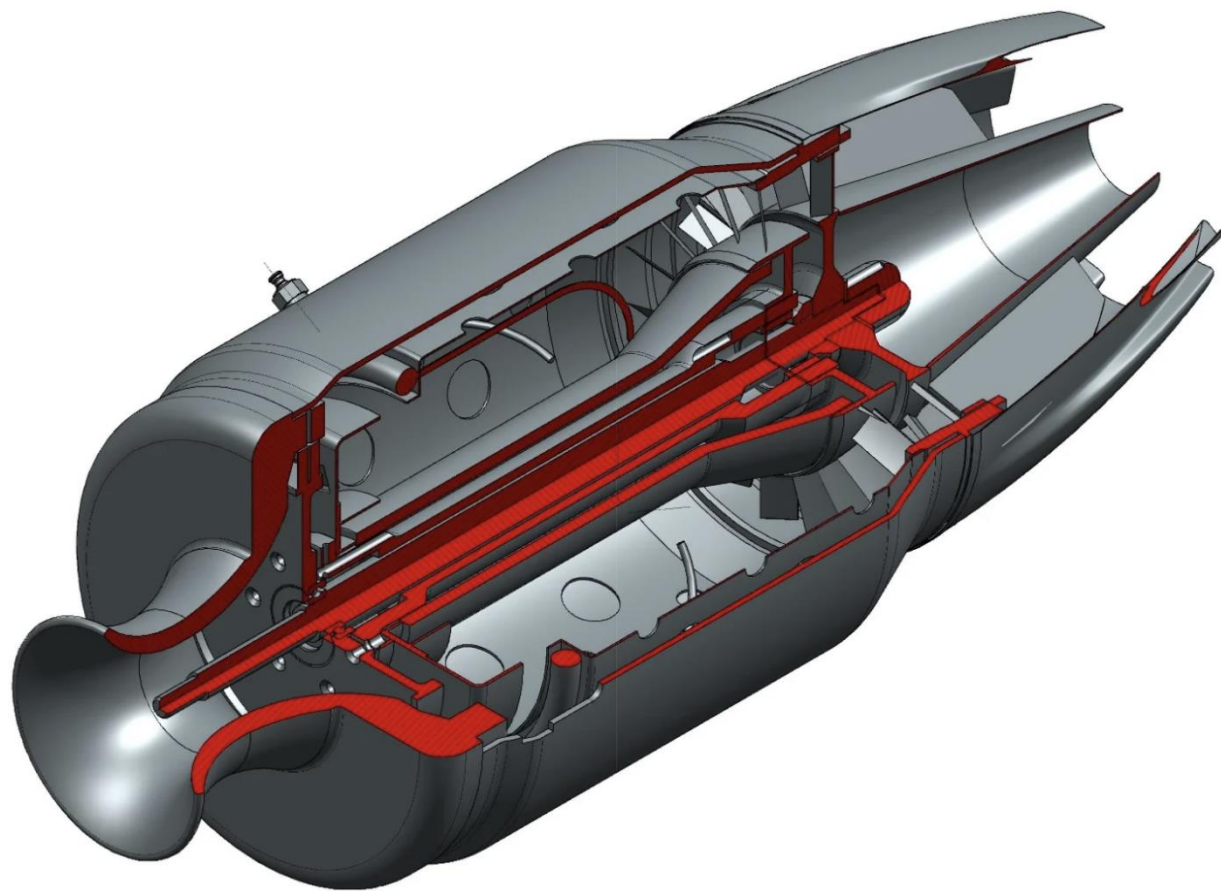
## ■ 典型概念及建模技术

## ■ 实体建模

- 实体建模是描述几何形体的**最高层次**模型，能够完整地唯一定义三维物体
- 实体建模一般包括两部分：**体素**的定义与描述&体素之间的**布尔运算**（并、交、差）
- 传统上体素指**基本体素**（如长方体、圆柱体、球体、锥体、圆环体等），在基本体素的基础上，可以生成复杂形体



- 典型概念及建模技术
- 实体建模
  - 边界表示法(**B-Rep**, **B**oundary **R**epresentation)
  - 体素构造法(**CSG**, **C**onstructive **S**olid **G**eometry)
  - 单元分解法
- 实际**CAD**系统中一般采用多种方法混合表示三维物体

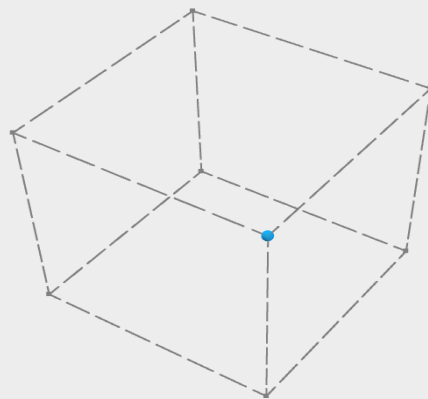


## ■ 典型概念及建模技术

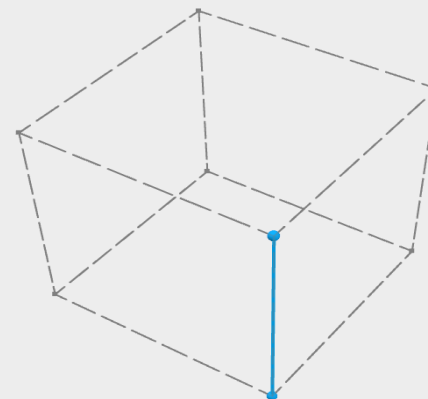
## ■ B-Rep

AUTODESK

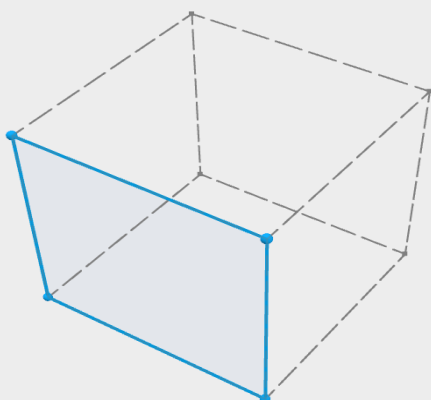
What is  
a Brep?



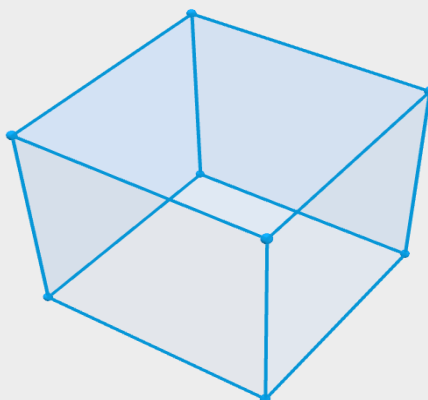
Vertex



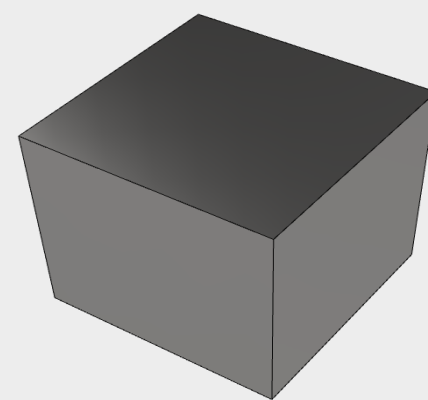
Edge



Face



Boundary



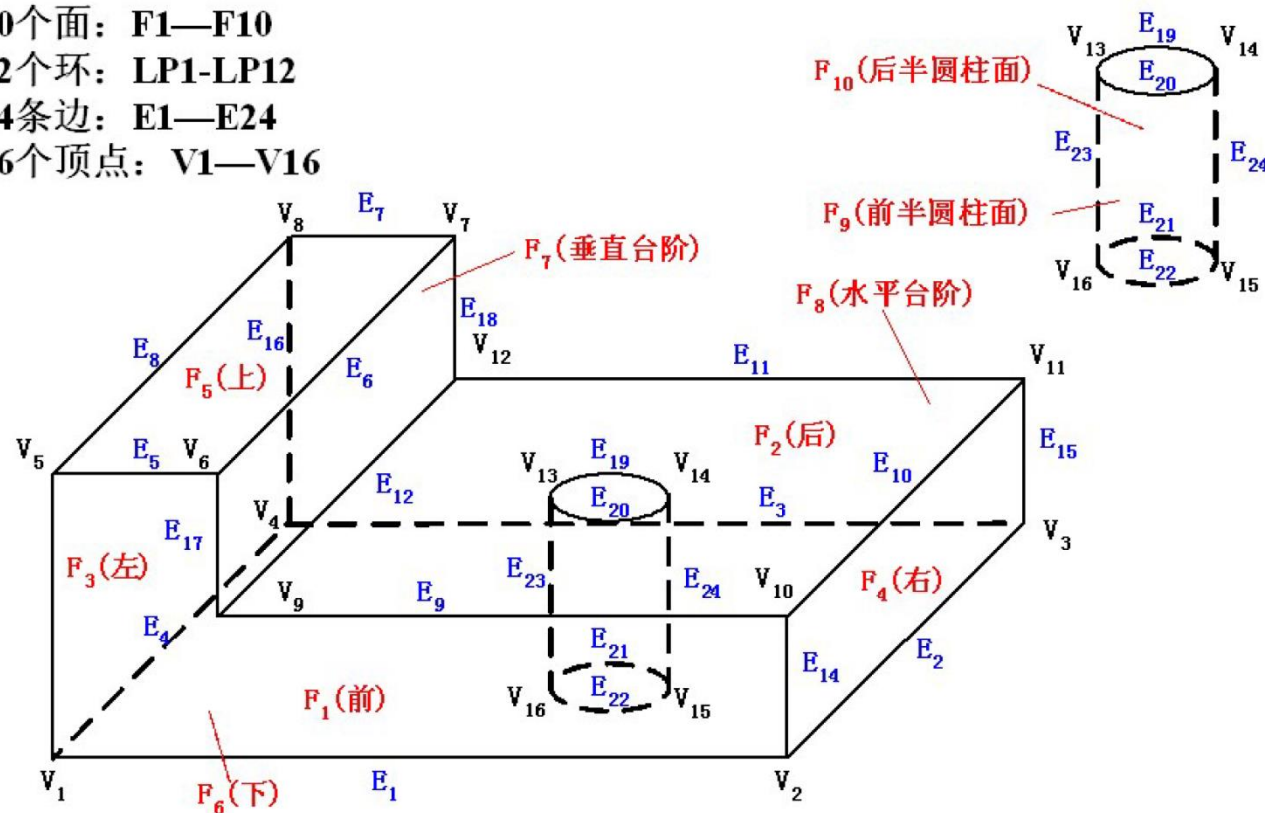
Solid

## ■ 典型概念及建模技术

## ■ 边界表示法

- 用物体的**顶点、棱边、表面**等边界信息表示一个物体。即：物体通过它的封闭边界（由一组面的并集）来描述
- 物体由一组面围成；一个面由一个或多个环确定边界；一个环由一组有序、有向边构成；一条边由两个顶点构成

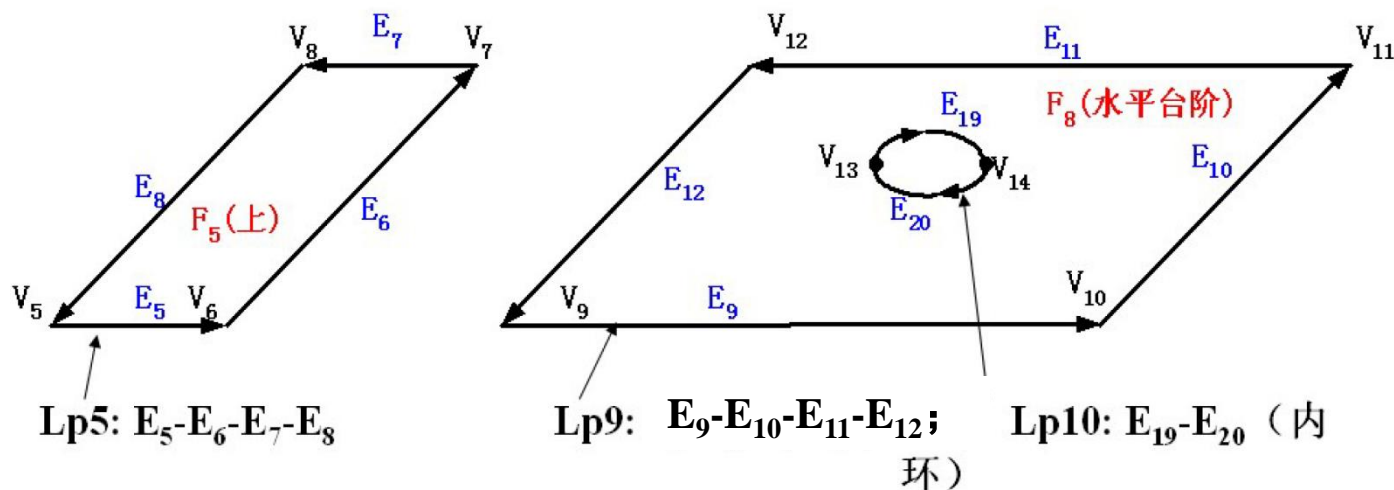
10个面：F1—F10  
12个环：LP1-LP12  
24条边：E1—E24  
16个顶点：V1—V16



## ■ 典型概念及建模技术

## ■ 边界表示法

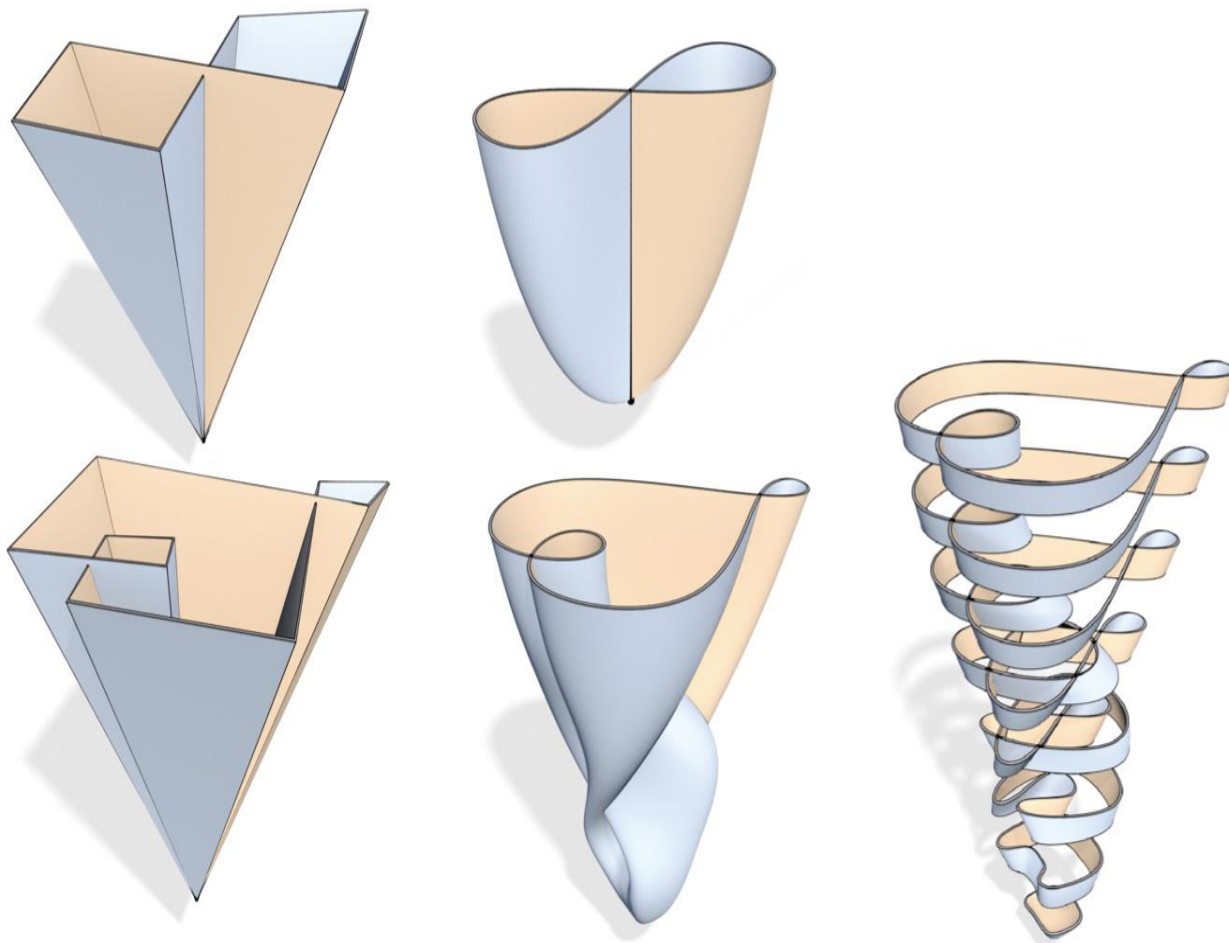
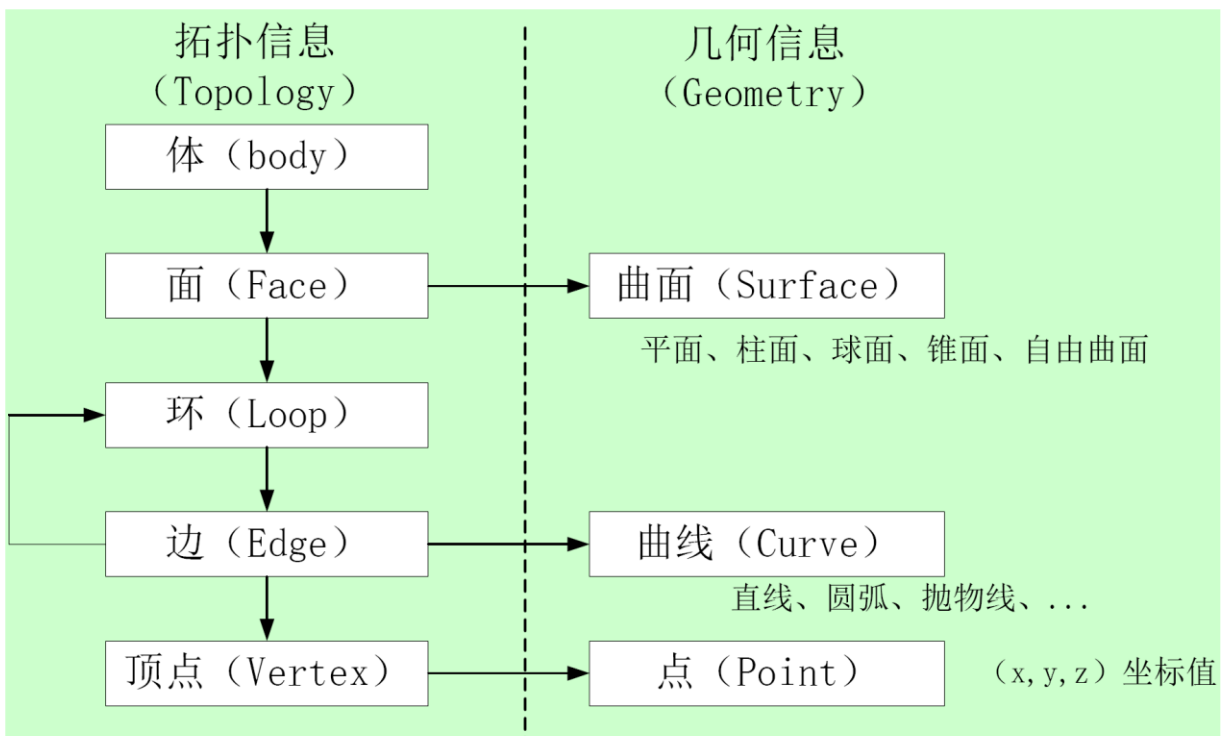
- 环是有序、有向边围成的封闭周界
- 外环：确定面的最大边界的环（有且仅有一个，逆时针走向）
- 内环：确定面中内孔或凸台周界的环（无、一个或多个，顺时针走向）
- 走向确定原则：沿环走向前进，左侧为面内，右侧为面外





## ■ 典型概念及建模技术

## ■ 边界表示法



# CAD系统典型概念及建模技术

- 典型概念及建模技术
- 边界表示法：数据结构

面表(Face list)

面名	环序列
F <sub>1</sub>	LP <sub>1</sub>
...	...
F <sub>5</sub>	LP <sub>5</sub>
...	...
F <sub>8</sub>	LP <sub>9</sub> , LP <sub>10</sub>
...	...
F <sub>9</sub>	LP <sub>11</sub>
F <sub>10</sub>	LP <sub>12</sub>

环表(Loop List)

环名	边序列
LP <sub>1</sub>	E <sub>1</sub> , E <sub>2</sub> , E <sub>3</sub> , E <sub>4</sub>
...	...
LP <sub>5</sub>	E <sub>5</sub> , E <sub>6</sub> , E <sub>7</sub> , E <sub>8</sub>
...	...
LP <sub>9</sub>	E <sub>9</sub> , E <sub>10</sub> , E <sub>11</sub> , E <sub>12</sub>
LP <sub>10</sub>	E <sub>19</sub> , E <sub>20</sub>
LP <sub>11</sub>	...
LP <sub>12</sub>	...

边表(Edge list)

边名	起点	终点	边类型
E <sub>1</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	直边
E <sub>2</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	直边
...	...	...	...
E <sub>19</sub>	V <sub>13</sub>	V <sub>14</sub>	半圆边
E <sub>20</sub>	V <sub>14</sub>	V <sub>13</sub>	半圆边
...	...	...	...
E <sub>23</sub>	V <sub>13</sub>	V <sub>16</sub>	直边
E <sub>24</sub>	V <sub>14</sub>	V <sub>15</sub>	直边

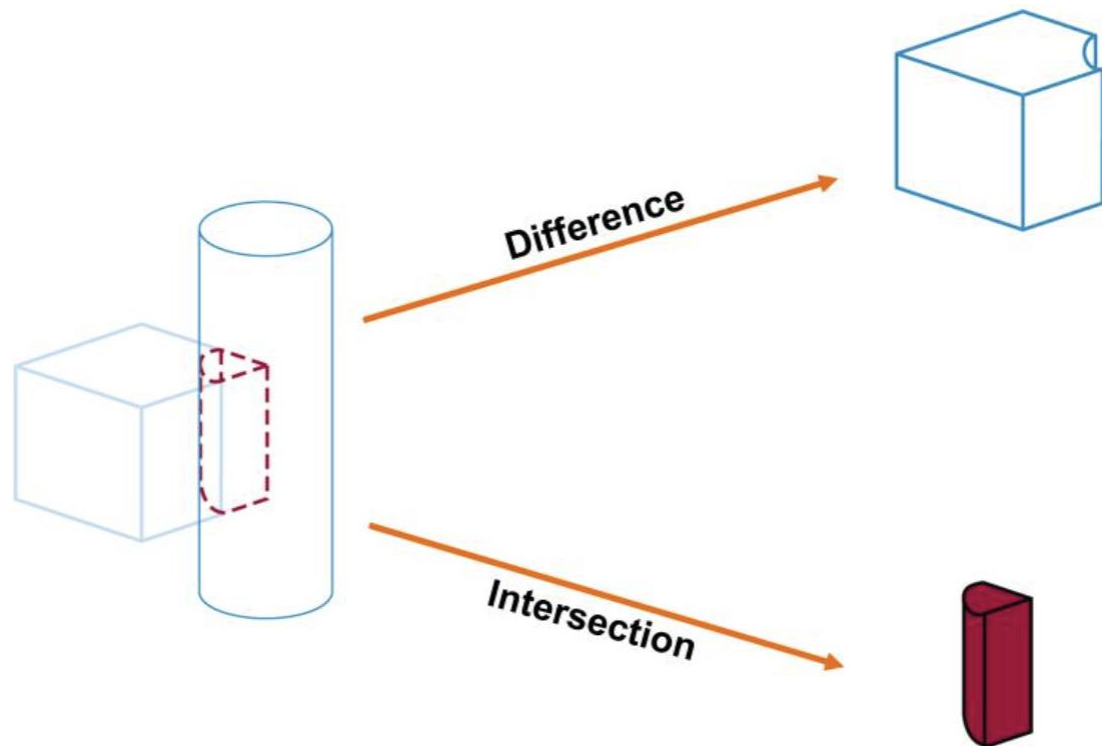
顶点表(Vertex list)

顶点名	坐标值 (x,y,z)
V <sub>1</sub>	...
V <sub>2</sub>	...
V <sub>3</sub>	...
....	...
V <sub>16</sub>	...

## ■ 典型概念及建模技术

## ■ CSG

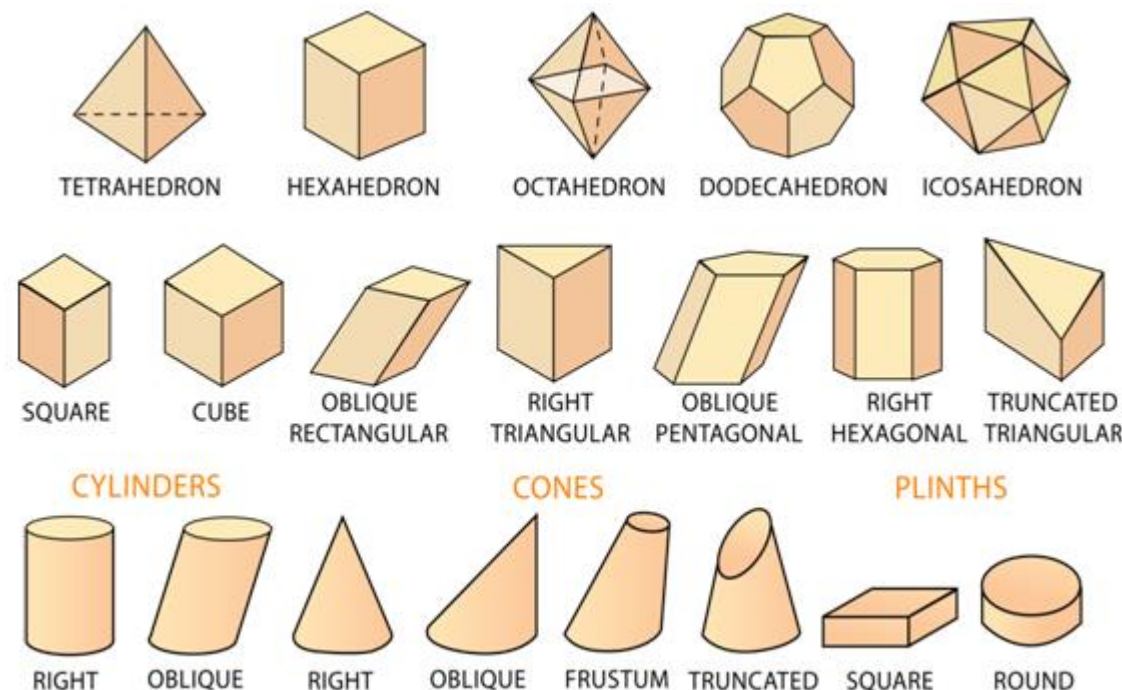
- 体素构造法是一种用简单体素拼合复杂实体的描述方法，即任何复杂的实体都可用**简单体素通过布尔运算组合**而成。布尔运算有并( $\cup$ )、交( $\cap$ )、以及差( $-$ )
- 每个体素都通过特定的**定位参数**和**尺寸参数**而确定。定位参数确定体素的**位置**和**姿态**，尺寸参数确定其**大小**



## ■ 典型概念及建模技术

## ■ CSG

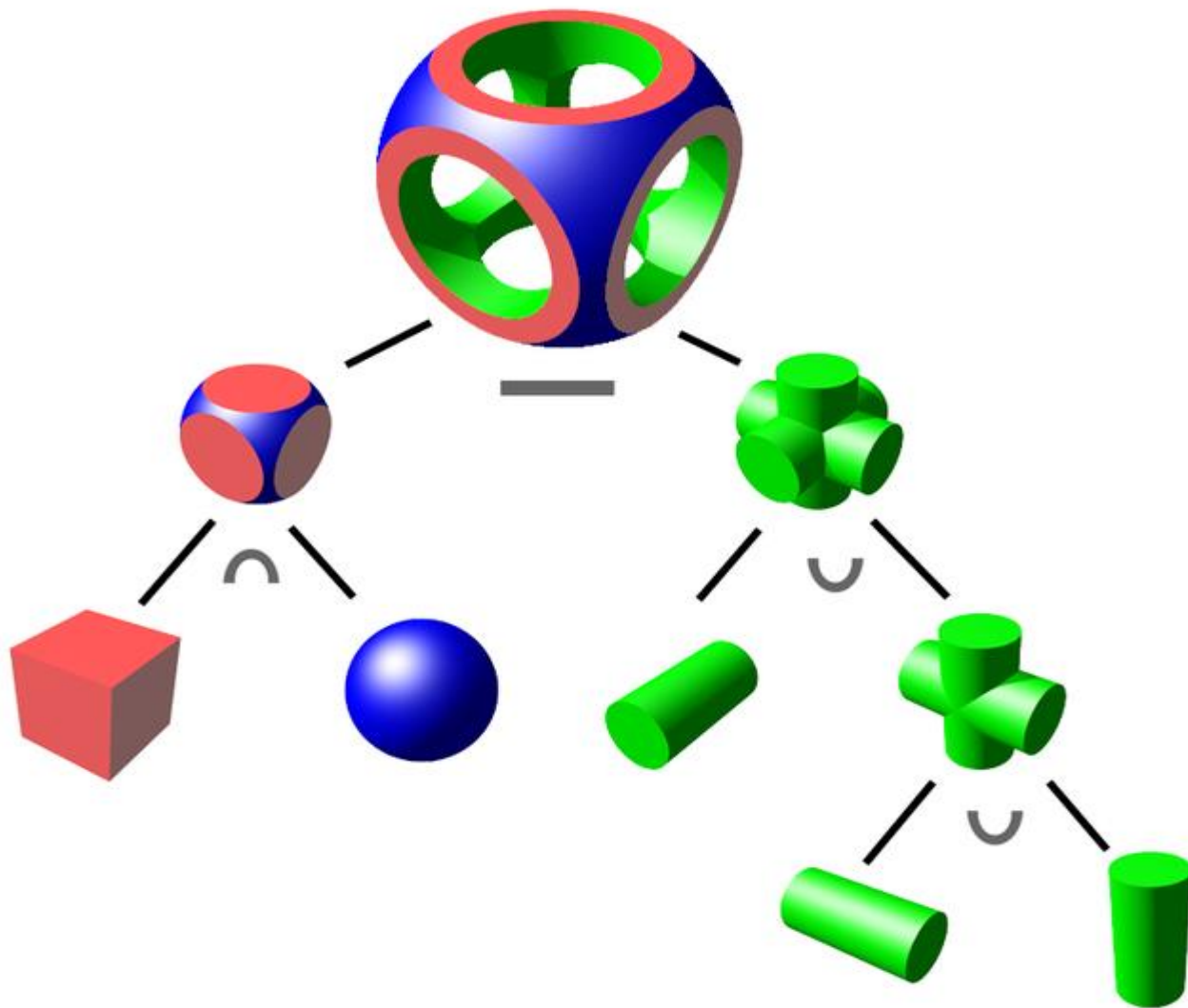
- 与边界表示法相比，**CSG**法构成的数据模型比较简单，每个基本体素无需再分解，而是将体素**直接存贮**在数据结构中
- 对于物体结构的修改非常方便，只需要修改拼合的过程或编辑基本体素
- 记录的信息不是很详细，无法存储物体最终的详细信息，如边界、顶点的信息等



## ■ 典型概念及建模技术

## ■ CSG

- 一个物体的**CSG**模型可以表示为一个有序的**二叉树**，树的非终端结点表示各种运算(包括一些变换矩阵)，树的终端节点表示体素



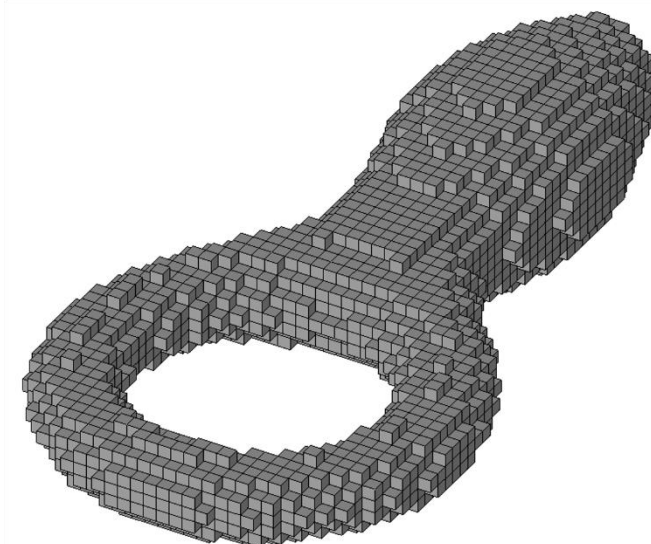
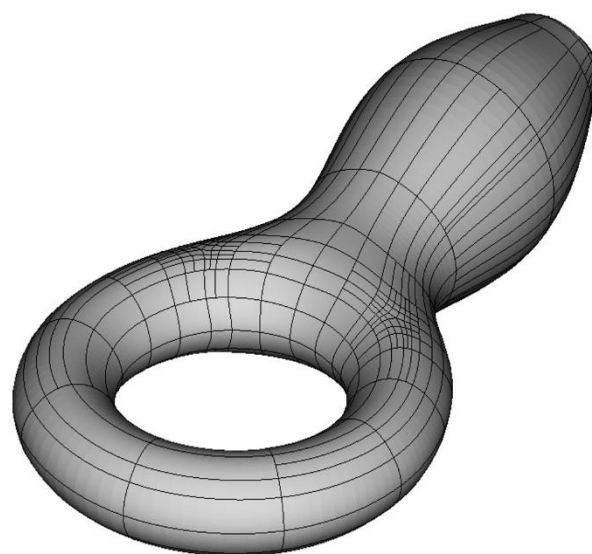
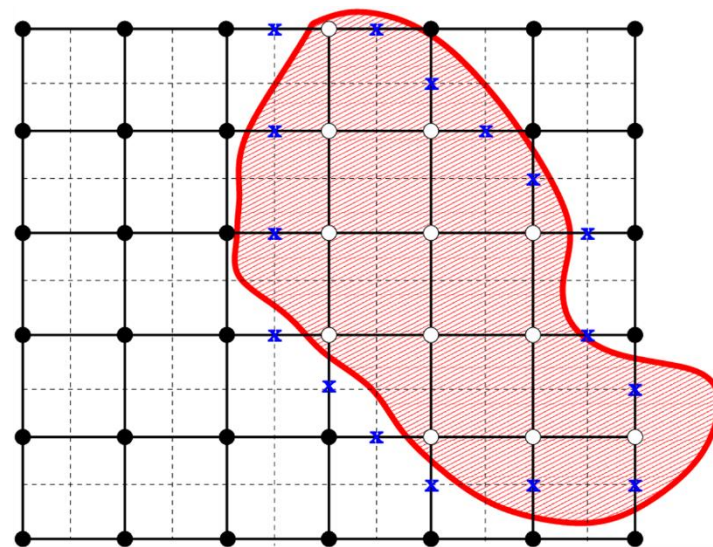


# CAD系统典型概念及建模技术

## ■ 典型概念及建模技术

## ■ 单元分解法

- 通过一系列空间单元构成的图形来表示物体的一种表示方法。这些单元是具有一定大小的**空间立方体**。在计算机内部通过定义各个单元的位置是否填充来建立整个实体的数据结构

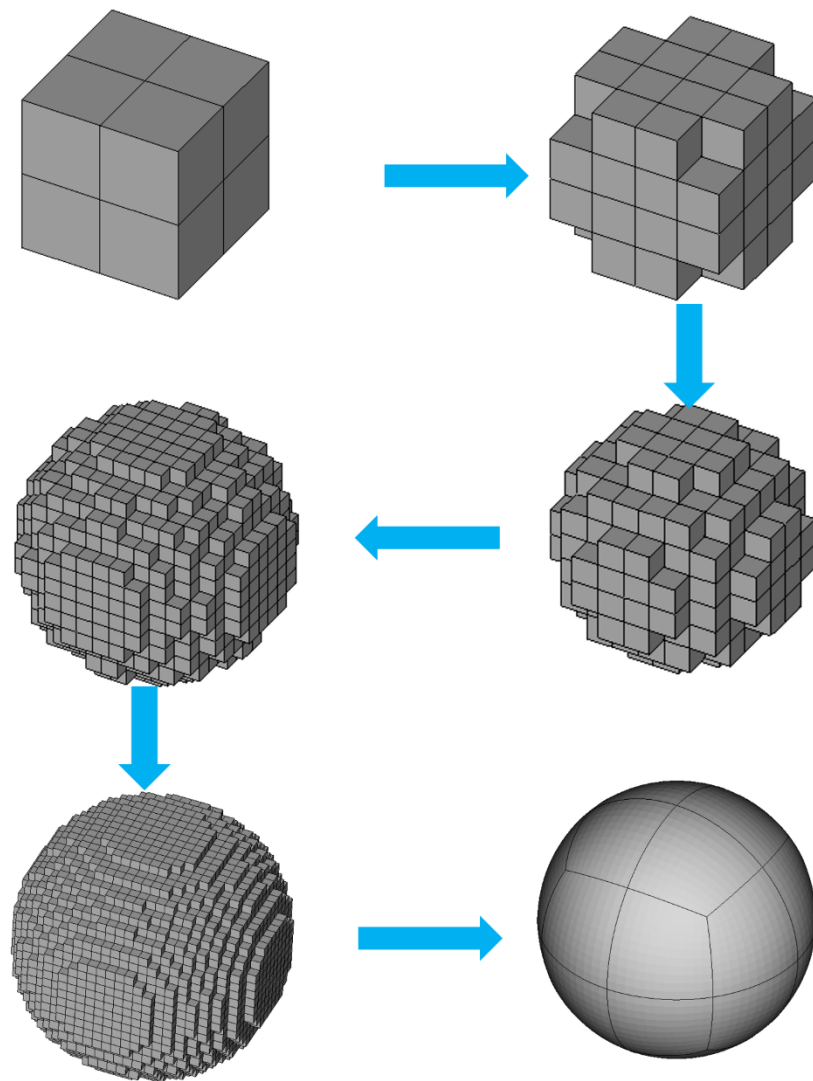


# CAD系统典型概念及建模技术

## ■ 典型概念及建模技术

### ■ 单元分解法

- 通常以**四叉树或八叉树**为数据结构，分别适用于二维及三维模型的描述
- 基本思路：首先定义三维模型的外接立方体，并将其分割为八个子立方体，依次判断每个子立方体，若为空，则表示无实体；否则有实体填充，对有实体填充的单元继续分解，直到达到给定的精度







**谢谢！**