

ZW<sup>3</sup>SOFT

# Brep与方向体系

主讲人：Finley

---

# 目录

C O N T E N T

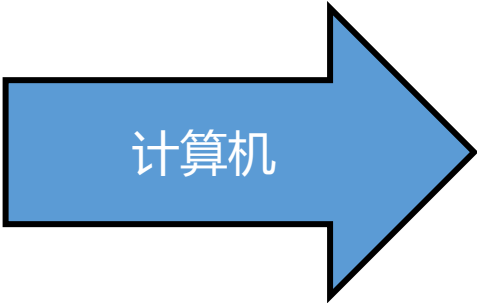
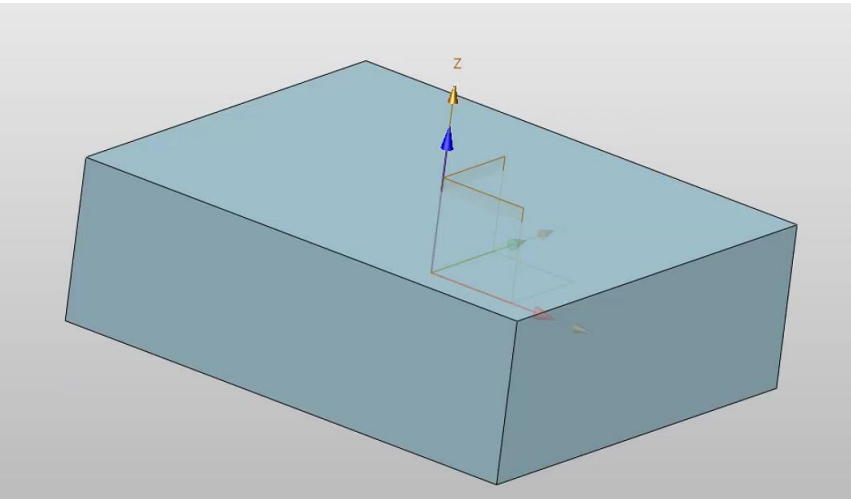
1. 模型表达方式有哪些？
2. 模型数据是如何存储的？
3. 方向体系与建模的关系？
4. 方向体系在建模中的应用

# PART 01

# 模型表达方式有哪些?

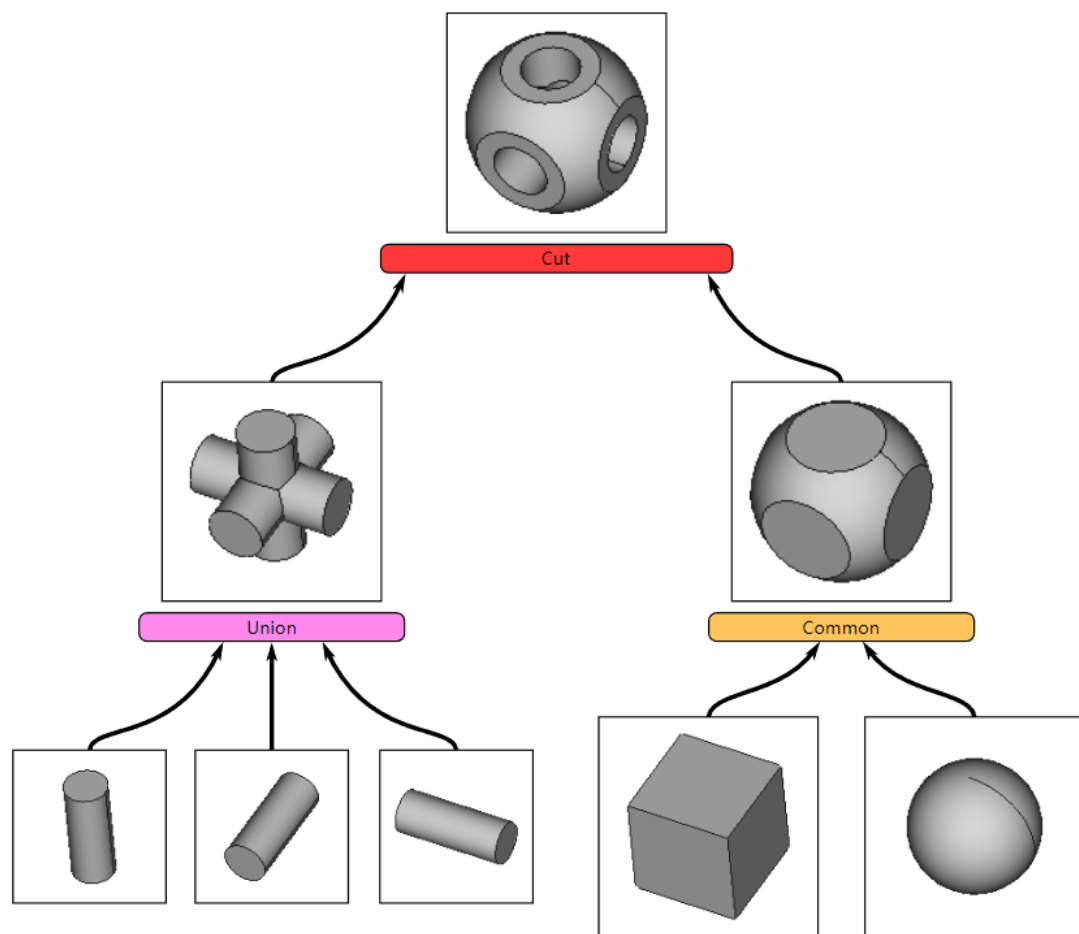
可信赖的All-in-One CAx解决方案供应商

以ZW3D为例>



pzTt	0x000002f9fdef930 {nShape=1,nShell=1,nLoop=6,nEdge=12,nVertex=8}	VsAppTopTab
tbl_shape(VsShape)		
tbl_shell(VsShell)		
[0]	0x00000200a5dc2800 {db_idx=1 mod=UN_MODIFIED (0) data={type=0 data=0x000...	VsShell *
db_idx	1	int
mod	UN_MODIFIED (0)	top_mod_flag
data	{type=0 data=0x0000000000000000 V_NO_DATA= }	VsAppData
*pzHeadAttr	0x0000000000000000	void *
box	{x={min=-51.500000000000014 max=51.500000000000007 } y={min=-43.500000000...	VsLim3
*list_face	0x00000200a5ecce40 {type=V_ARRAY_DAT (2) elem_size=184 num=6 ...}	VsListObj *
list_face data(VsFace)		
[0]	{db_idx=4 face_db_mod=UN_MODIFIED (0) data={type=0 data=0x0000000000000...	VsFace
[1]	{db_idx=30 face_db_mod=UN_MODIFIED (0) data={type=0 data=0x0000000000000...	VsFace
[2]	{db_idx=10 face_db_mod=UN_MODIFIED (0) data={type=0 data=0x0000000000000...	VsFace
[3]	{db_idx=16 face_db_mod=UN_MODIFIED (0) data={type=0 data=0x0000000000000...	VsFace
[4]	{db_idx=22 face_db_mod=UN_MODIFIED (0) data={type=0 data=0x0000000000000...	VsFace
[5]	{db_idx=27 face_db_mod=UN_MODIFIED (0) data={type=0 data=0x0000000000000...	VsFace
open_flag	0	int
shl_next	-1	int
shl_prev	-1	int
shl_first_inner	-1	int
shl_last_inner	-1	int
shl_enclosing	-1	int
shp_idx	0	int
layer	0	int
attrib_id	-1	int
idx_tx_color	-1	int
is_blanked	0 '\0'	char
at_custom	0 '\0'	char
tbl_loop(VsLoop)		
[0]	0x00000200a5fdd080 {db_idx=3 mod=UN_MODIFIED (0) data={type=0 data=0x000...	VsLoop *
[1]	0x00000200a5fddc60 {db_idx=29 mod=UN_MODIFIED (0) data={type=0 data=0x000...	VsLoop *
[2]	0x00000200a5fdd080 {db_idx=9 mod=UN_MODIFIED (0) data={type=0 data=0x000...	VsLoop *
[3]	0x00000200a5fddfa80 {db_idx=15 mod=UN_MODIFIED (0) data={type=0 data=0x000...	VsLoop *
[4]	0x00000200a5fdd07e0 {db_idx=21 mod=UN_MODIFIED (0) data={type=0 data=0x000...	VsLoop *
[5]	0x00000200a5fddde00 {db_idx=26 mod=UN_MODIFIED (0) data={type=0 data=0x000...	VsLoop *
tbl_edge(VsEdge)		
tbl_vrtx(VsVertex)		
list_geom(VsLocGeomDat)		
list_idx(VsDbIdxObj)		
tbl_xref	0x0000020033568e20 {plpliEndCaps=0x00000200a5ecd1c0 {type=V_LIST_KEY (0) ele...	VsFcXRefTable
[Raw View]	0x000002f9fdef930 {tbl_shape=0x00000200a5eccdc0 {type=V_ARRAY_PTR (3) elem...	VsAppTopTab

## Constructive Solid Geometry (CSG)>



- 基本几何体
- 树状结构
- 布尔运算

### 优点:

- 方法简洁
- 生成速度快
- 无冗余信息

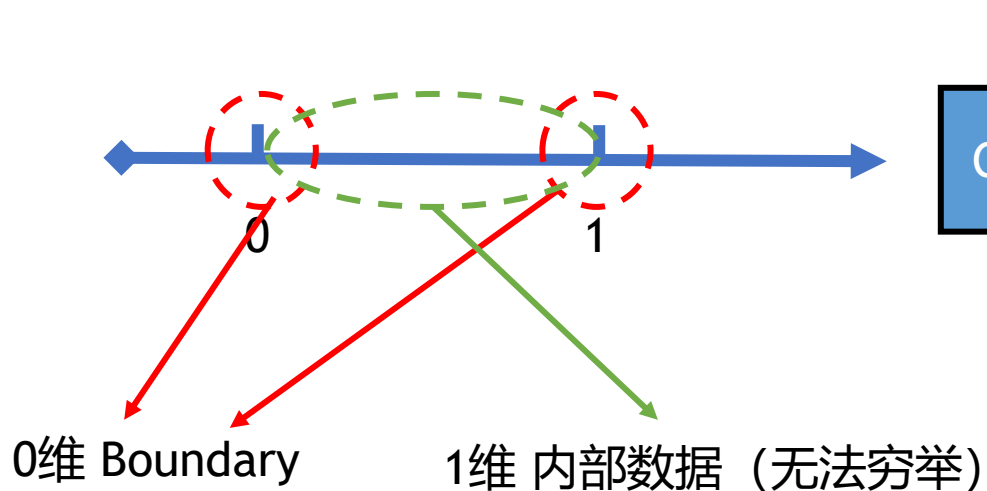
### 缺点:

- 无点, 边等边界信息
- 不易实现局部操作 (如倒角)
- 基本几何体的构建方式单一

## Boundary Representation (B-Rep) >

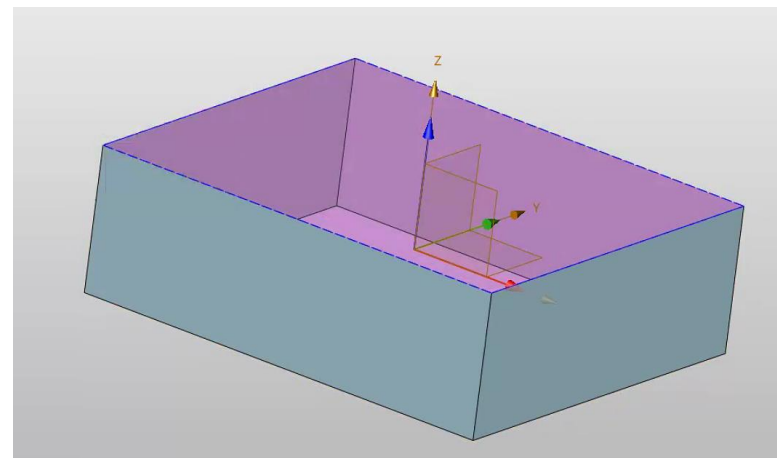
- 什么是边界 (Boundary)?

以区间 $[0, 1]$ 为例



CAD领域 (升维)

通过曲线曲面的数据组合以构建实体模型



Q: 为什么模型中有些面是红色的?



## Boundary Representation (B-Rep) >

拓扑

几何形体的连接关系

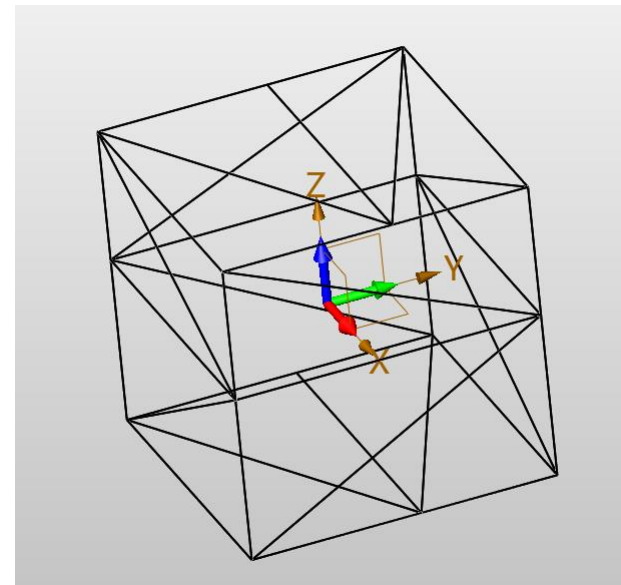
几何

几何模型的真实数据  
如Nurbs Data 等

```
8 v -5.0000 -5.0000 -5.0000
9 v 5.0000 -5.0000 -5.0000
10 v 5.0000 5.0000 -5.0000
11 v -5.0000 5.0000 -5.0000
12 v -0.2525 -5.0000 -5.0000
13 v 5.0000 -0.2525 -5.0000
14 v -0.2525 5.0000 -5.0000
15 v -5.0000 -0.2525 -5.0000
16 v -0.2525 -0.2525 -5.0000
17 v -5.0000 -5.0000 5.0000
18 v 5.0000 -5.0000 5.0000
19 v 5.0000 5.0000 5.0000
20 v -5.0000 5.0000 5.0000
21 v -0.2525 -5.0000 5.0000
22 v 5.0000 -0.2525 5.0000
23 v -0.2525 5.0000 5.0000
24 v -5.0000 -0.2525 5.0000
25 v -0.2525 -0.2525 5.0000
26 v 5.0000 -5.0000 -0.2525
27 v -5.0000 -5.0000 -0.2525
28 v -0.2525 -5.0000 -0.2525
29 v 5.0000 5.0000 -0.2525
30 v 5.0000 -0.2525 -0.2525
31 v 0.2525 5.0000 -5.0000
32 v 0.2525 5.0000 5.0000
33 v -5.0000 5.0000 -0.2525
34 v 0.2525 5.0000 -0.2525
35 v -5.0000 0.2525 -5.0000
36 v -5.0000 0.2525 5.0000
37 v -5.0000 0.2525 -0.2525
38 # 30 vertices
```

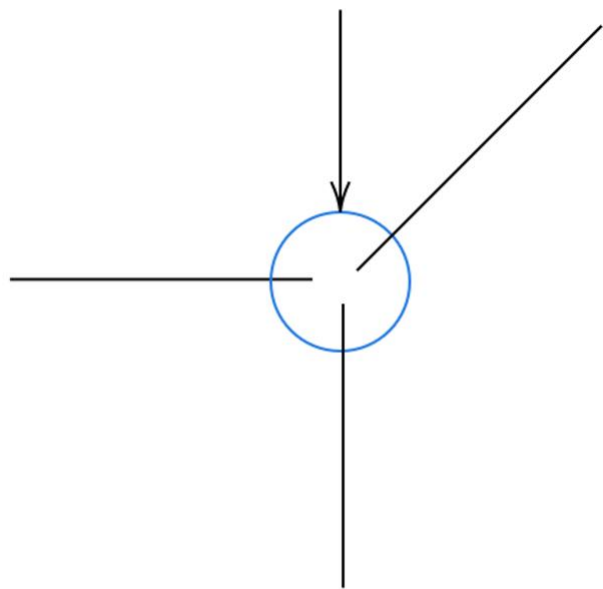
```
51 s 0
52 f 6//1 2//1 9//1
53 f 9//1 2//1 5//1
54 f 9//1 5//1 8//1
55 f 8//1 5//1 1//1
56 f 8//1 7//1 9//1
57 f 9//1 7//1 3//1
58 f 9//1 3//1 6//1
59 f 7//1 8//1 4//1
60 s 1
61 f 12//2 16//2 18//2
62 f 18//2 16//2 17//2
63 f 18//2 17//2 14//2
64 f 14//2 17//2 10//2
65 f 14//2 11//2 18//2
66 f 18//2 11//2 15//2
67 f 18//2 15//2 12//2
68 f 16//2 13//2 17//2
69 s 2
70 f 11//3 14//3 21//3
71 f 21//3 14//3 20//3
72 f 21//3 20//3 5//3
73 f 5//3 20//3 1//3
74 f 5//3 2//3 21//3
75 f 21//3 2//3 19//3
76 f 21//3 19//3 11//3
77 f 14//3 10//3 20//3
```

e.g. obj format

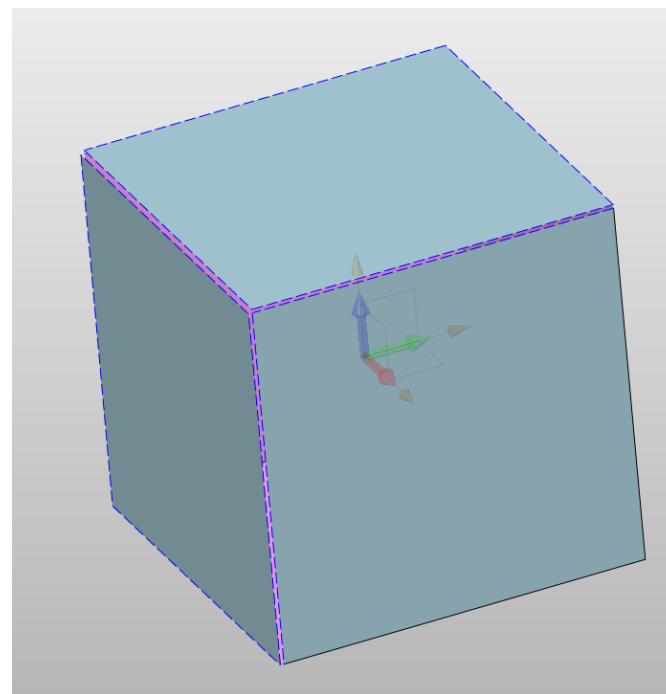


## 容差问题>

- 原因：拓扑信息与几何信息的不一致。



容差点



容差边



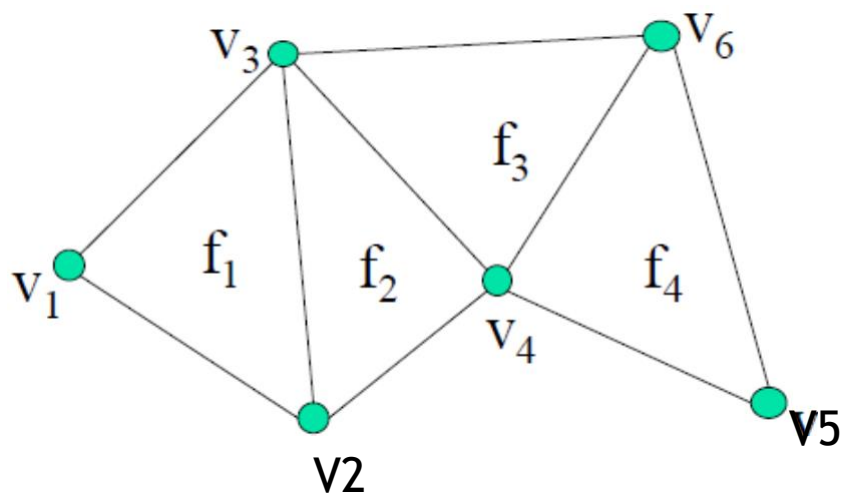
# PART 02

# 模型数据是如何存储的?

可信赖的All-in-One CAx解决方案供应商

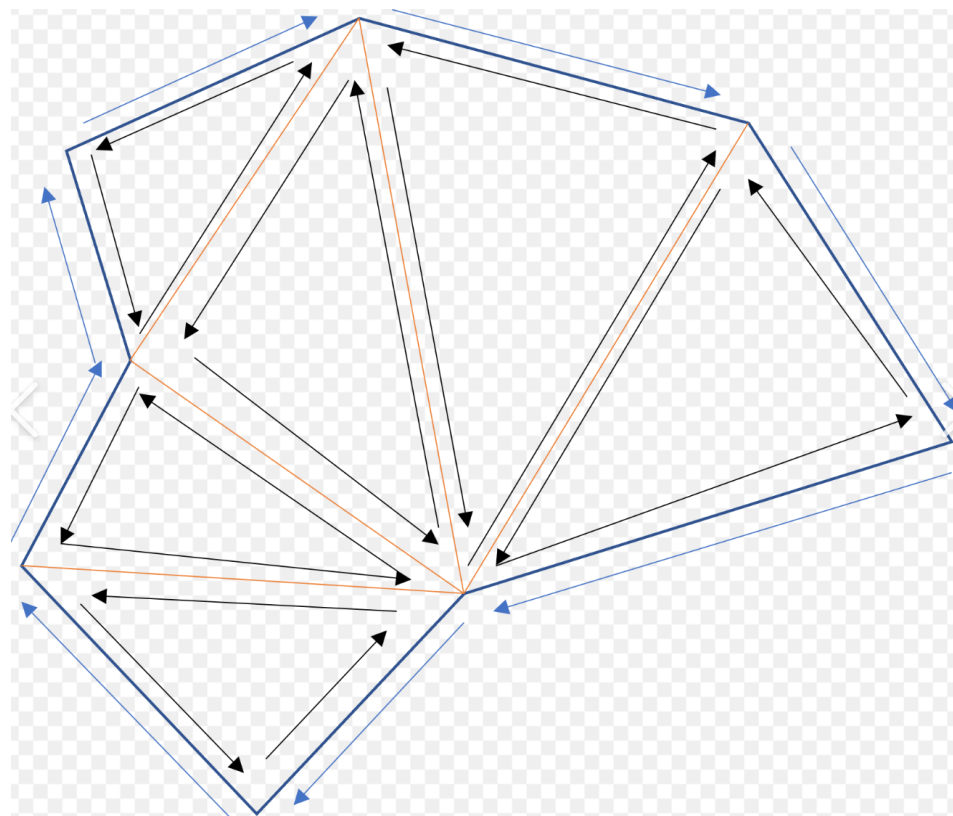
## 常见的模型拓扑结构>

边结构：



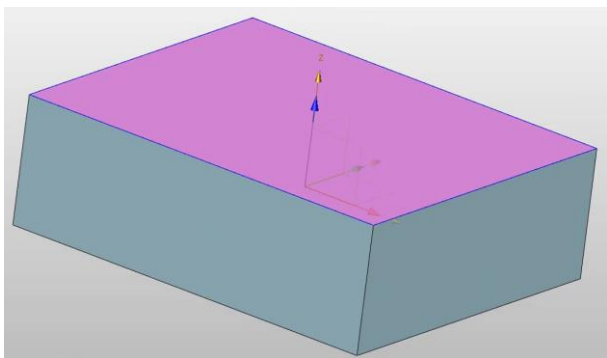
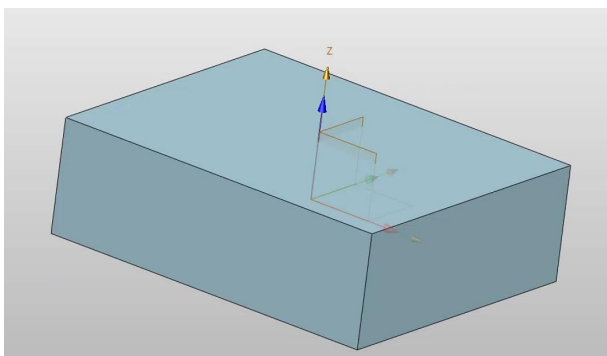
不可定向性！

半边结构：

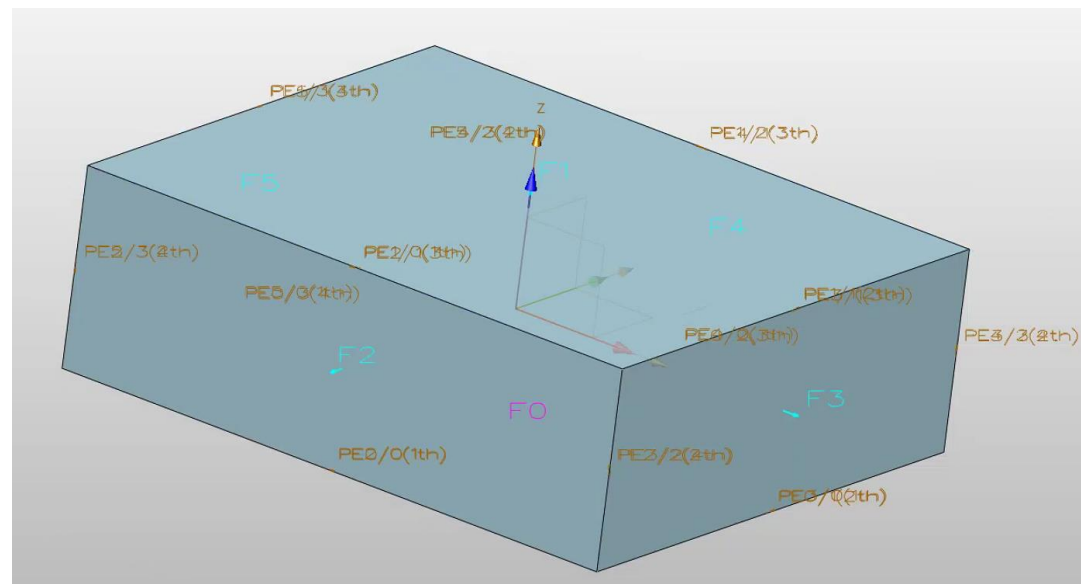


## 半边结构的必要性>

已知面与边的几何数据及连接关系



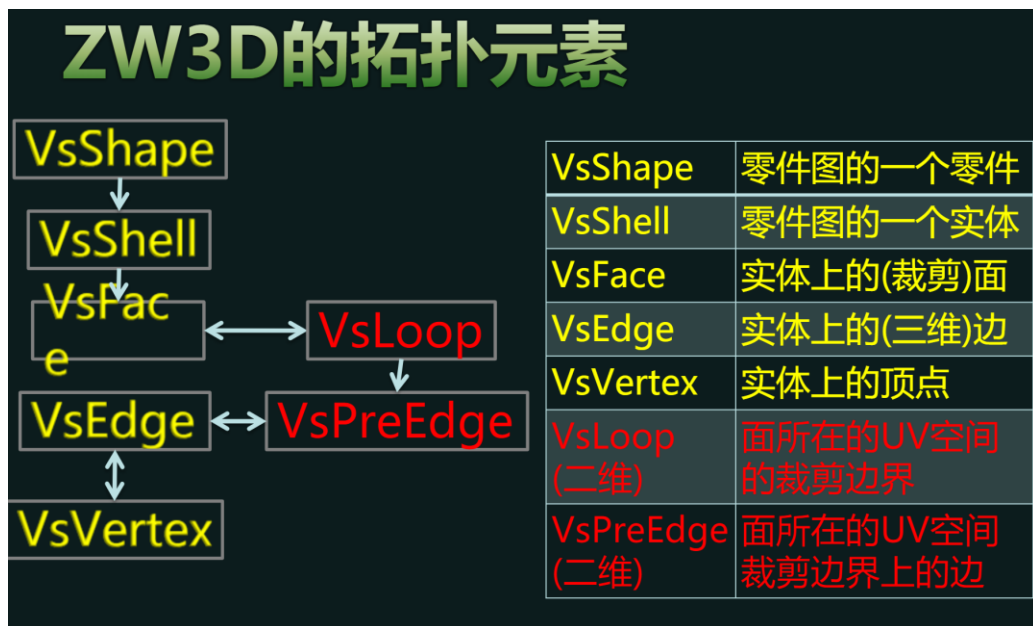
边结构



半边结构

## 内核数据存储方式>

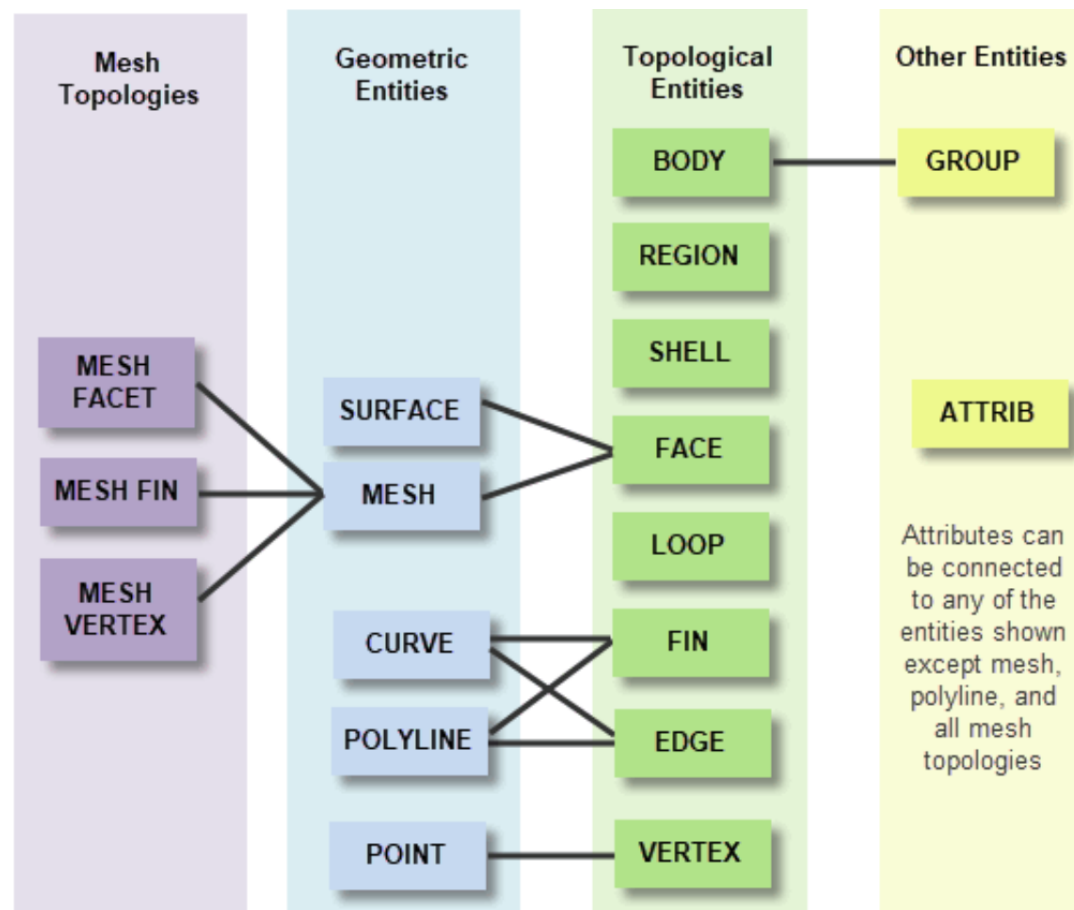
拓扑：



几何：VsNurbCurv, VsNurbSurf, VsPoint

BTW: VsLoop 是“压在” VsFace 对应的 VsNurbSurf 上的, 而非 VsFace 。 (设计的不足)

Overdrive



Parasolid

# PART 03

# 方向体系与建模的关系?

可信赖的All-in-One CAx解决方案供应商

## 方向在建模中的体现>

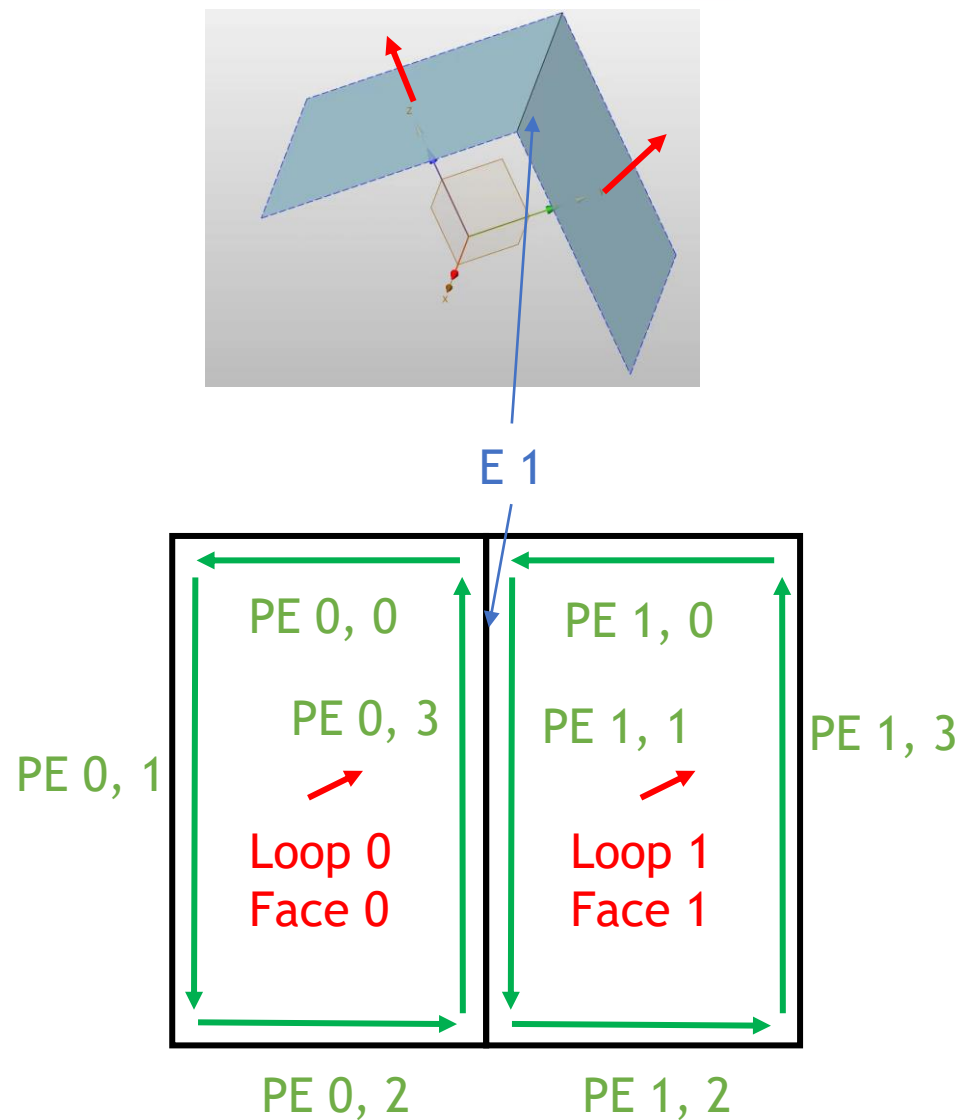
方向体系：为确保建模过程的一致性所加的一些规则。

方向对象	方向含义
Face	构成完整brep的方向，认定指向实体区域外侧的方向为正向
Loop	拓扑概念，但是方向定义为与曲面（几何）方向保持右手定则。外环以逆时针为正向，内环以顺时针为正向。
PreEdge	下一条 PreEdge 的索引，根据 PreEdge 之间的顺序关系来决定 Loop 的方向；
Edge	vertex0 -> 1，同时与对应的三维参数曲线方向相同
VsNurbCurv	随着曲线参数 t 增加的方向，实际体现一般为曲线在任一点的切向
VsNurbSurf	对u,v一阶偏导数叉乘出的方向，一般指曲面的法向

## 拓扑对象的方向>

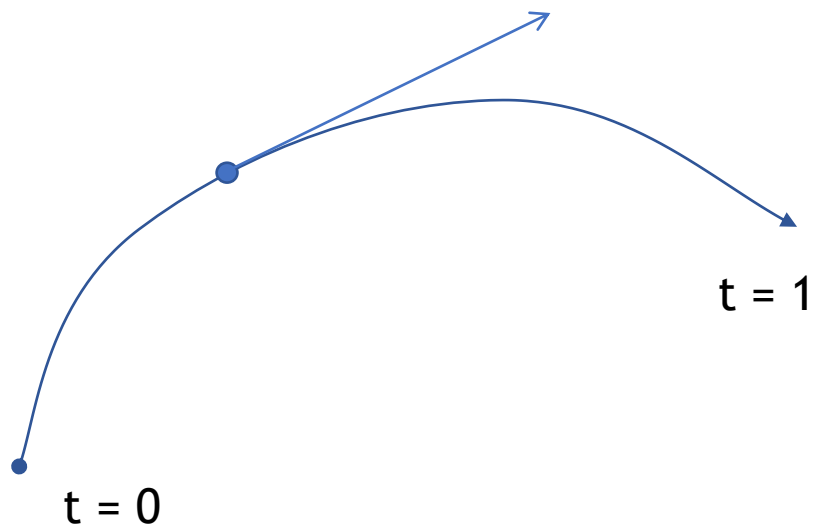
由半边结构确定唯一性：

1. Edge需要由两条方向相反的PreEdge组成；
2. PreEdge通过逆时针组成Outer Loop，通过顺时针组成 Inner Loop；
3. Outer Loop 根据右手定则可得其所在 Face 的方向

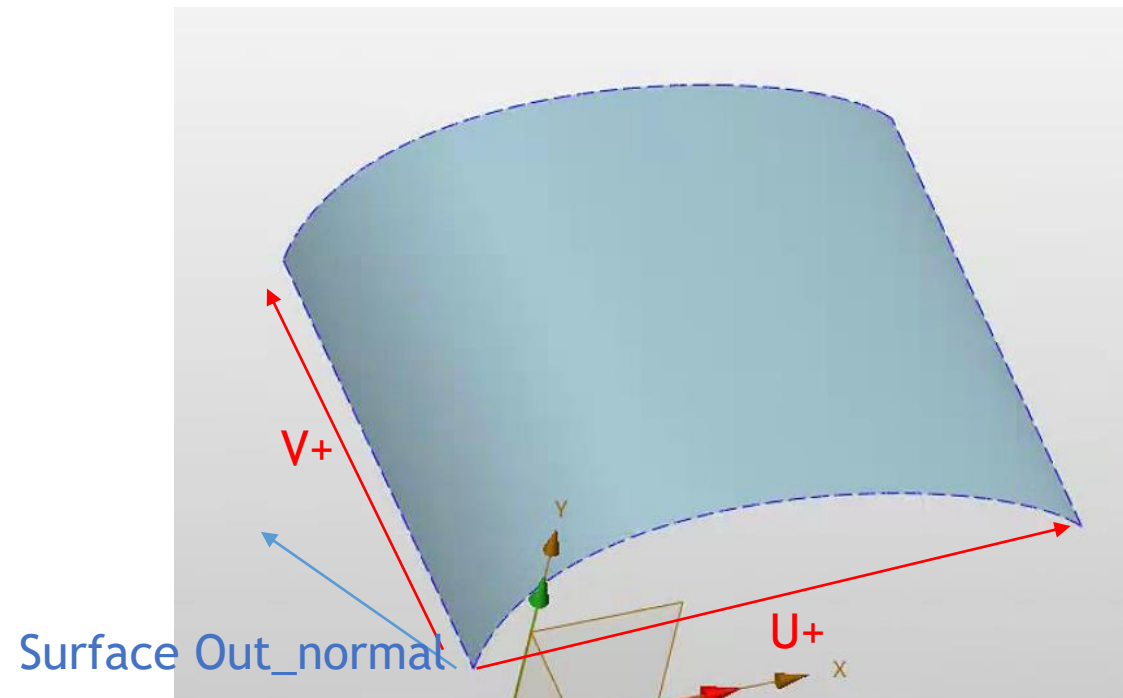




## 几何对象的方向>



VsNurbCurv



VsNurbSurf

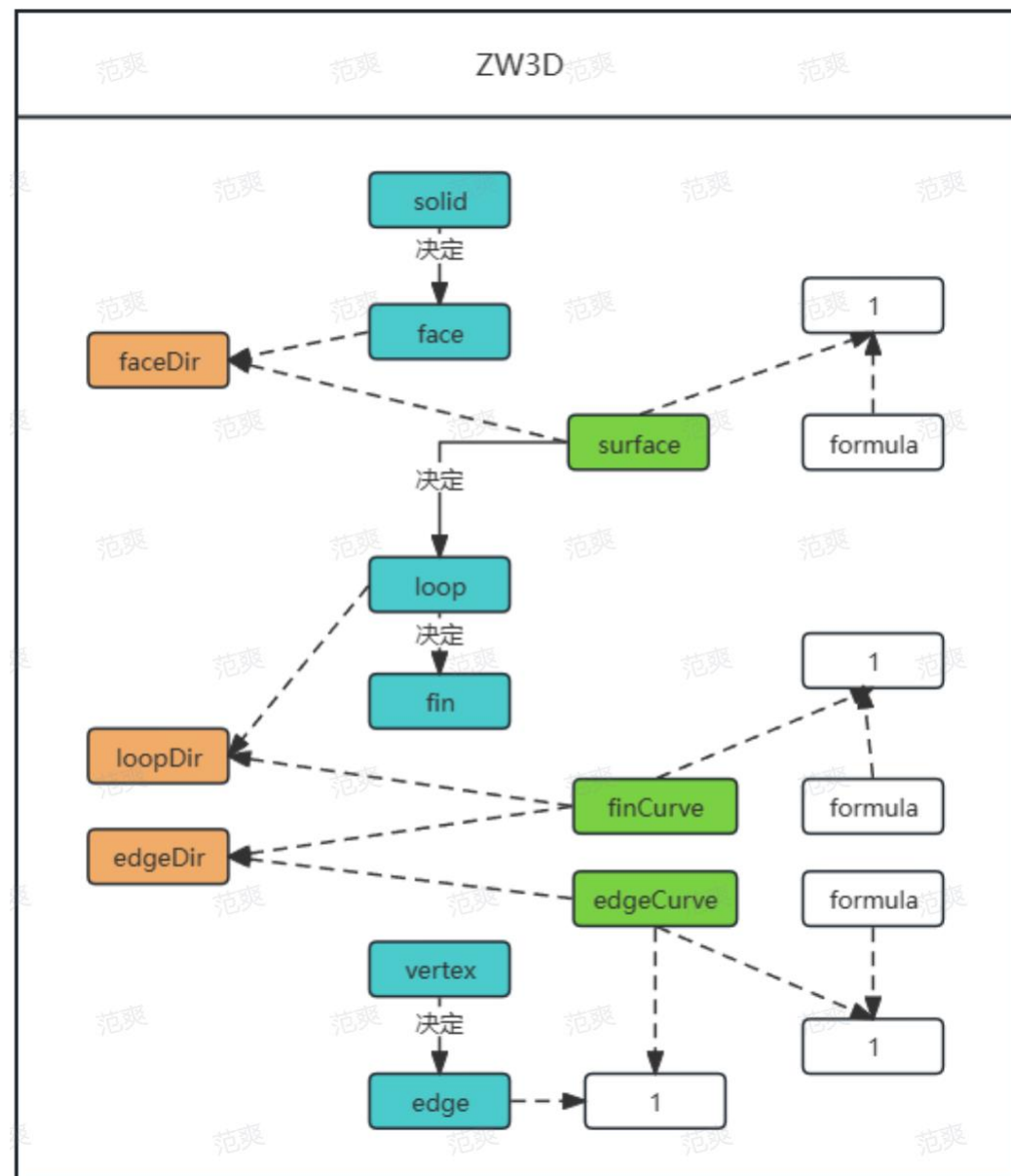
## 方向间的关系>

修正：

1. Fin -> VsPreEdge。

潜规则：

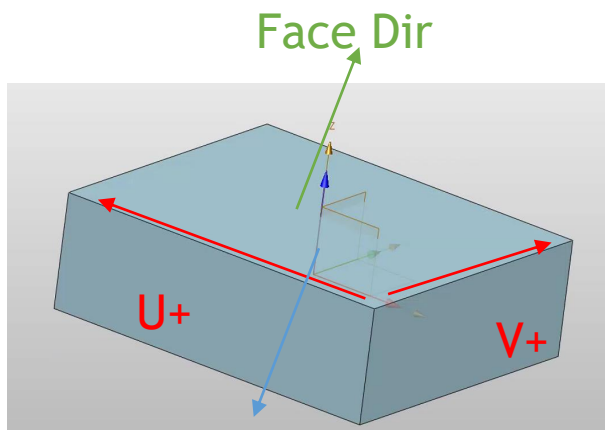
1. Edge的拓扑方向与其几何对应的方向实际是可以不同的，但是算法内已通过调整 Vertex 的顺序使其一致了。
2. VsNurbSurf 以  $u \times v$  的方向为正向。



## 方向标识及其意义>

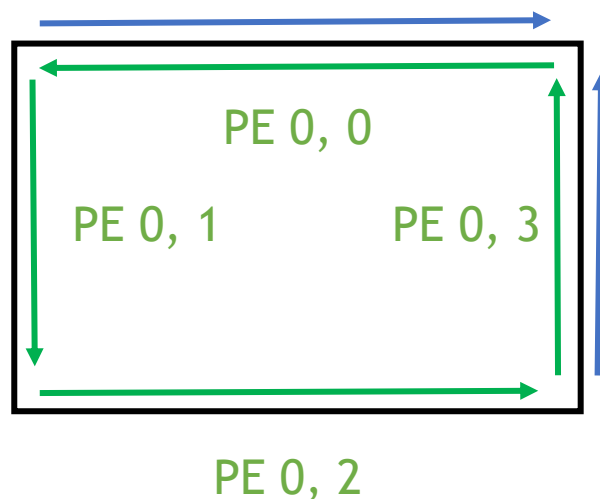
存储方向标识的拓扑元素	dir	意义
VsFace	face_dir	表示面的方向与其对应的曲面方向是否一致
VsPreEdge	edge_dir	表示edge对应的三维曲线与preEdge对应的三维曲线的方向是否相同；或者理解为edge对应的三维曲线在参数空间的二维投影与preEdge对应2维曲线方向是否相同
	loop_dir	表示preedge对应参数空间中的二维参数曲线方向与loop的方向是否一致
复合方向	edge_dir*loop_dir	表示loop的方向是否与边的二维投影方向一致；或者理解为loop对应的3维曲线链方向是否与edge方向一致（loop和edge方向的关系）
	edge_dir*loop_dir*face_dir	表示与face方向保持逆时针的loop对应三维曲线链方向是否与三维边的方向一致（因此一条与两个面相邻的流形边，这6个dir (VsFace.face_dir*2, VsPreEdge.edge_dir*2, VsPreEdge.loop_dir*2) 之间的乘积应该等于-1；否则面的定向不一致）

## 方向标识图解>



Surface Out\_normal

face.face\_dir



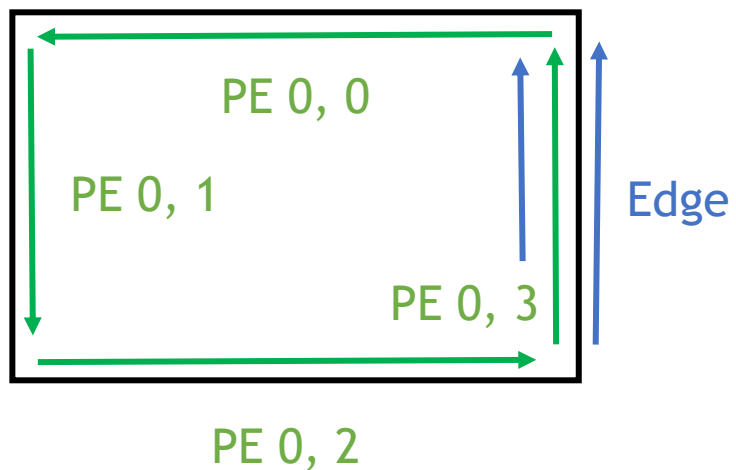
preedge.loop\_dir



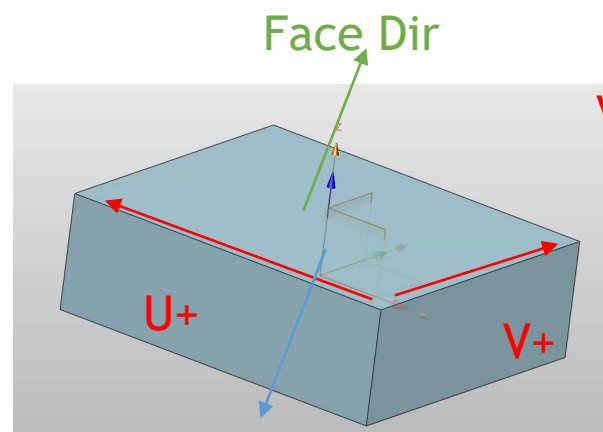
preedge.edge\_dir

topol direction  
geom direction

## 复合方向图解>



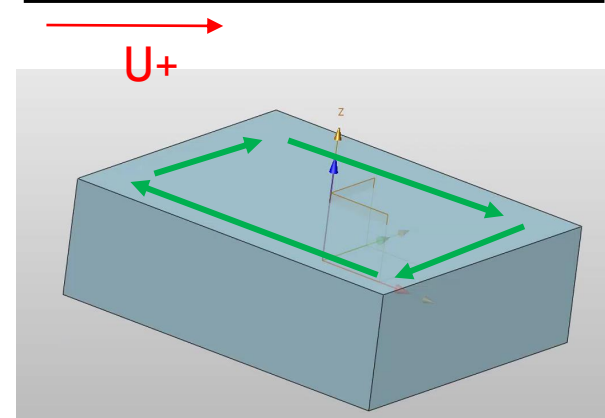
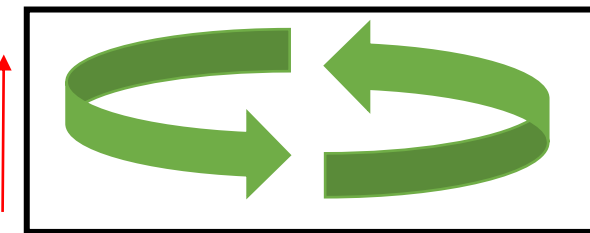
`preedge.loop_dir * preedge.edge_dir`



Surface Out\_normal

`face.face_dir * preedge.loop_dir * preedge.edge_dir`

topol direction  
geom direction

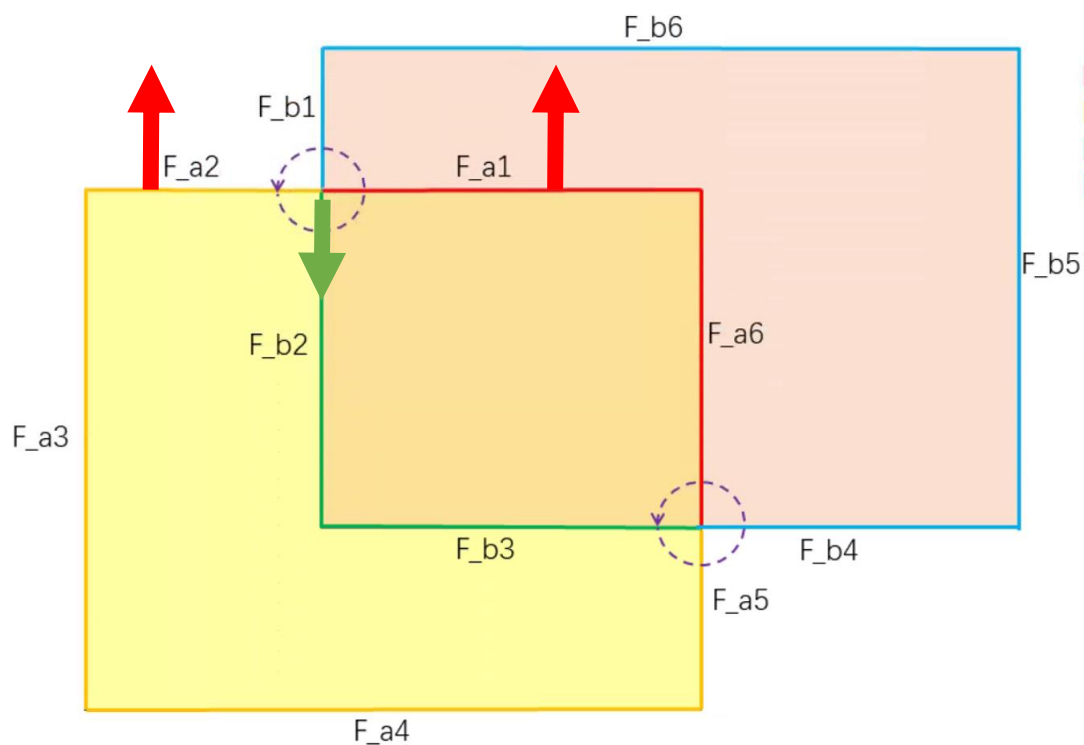


PART 04

# 方向体系在建模中的应用

可信赖的All-in-One CAx解决方案供应商

## 仅以布尔举例>



```
azEdgeDetails[i].uvcv = hPe.crv().release();
azEdgeDetails[i].edgeDir = hPe.loopDir() * hPe.edgeDir() * hFc.dir();
azEdgeDetails[i].preDir = hPe.loopDir();
azEdgeDetails[i].faceDir = hFc.dir();
azEdgeDetails[i].solid_side = hFc.solidSide();
azEdgeDetails[i].iShape = -1;
azEdgeDetails[i].xFc = hFc.xref();
```

```
for (j = 0; !fSelfX && j < i; ++j)
{
    if (azEdgeDetails[j].surf->cp.list == azEdgeDetails[i].surf->cp.list)
    {
        loc_edg[i] = loc_edg[j];
        loc_edg[i].indx = i;
        loc_edg[i].curvature *= azEdgeDetails[i].faceDir * azEdgeDetails[j].faceDir;
        loc_edg[i].vec3 = -loc_edg[i].vec3;
        VmV2Reverse(loc_edg[i].vec2, loc_edg[i].vec2);
        loc_edg[i].theta = atan2(loc_edg[i].vec2.y, loc_edg[i].vec2.x);
        fDupe = V_TRUE;
        break;
    }
}
```



- 表达模型的方式—— Brep 与 CSG
- 半边结构与方向体系概述
- ZW3D中方向体系的定义及用法。

吐槽：

- 方向的1与-1仅表示是否一致，在应用时做乘法与除法的结果一致；
- 代码注释较少；
- 变量命名不能反应变量的含义。

建议：

- 对于不理解的代码，调试时结合实际案例的方向与坐标来理解；
- 变量名与注释应当协助开发人员维护代码；
- 多记录文档:)

方向相关问题参考：

<https://zwiki.zwcax.com/pages/viewpage.action?pageId=148649252>

ZWSOFT

THANKS

感谢观看