

# 滚塑工艺介绍及产品设计

马崇跃

广州协塑

2020.9.22

136 0300 7304

159 9244 9409 (V)

Q838981316



# 滚塑工艺介绍

## ► 定义

- 一种中空塑料成型工艺，又叫旋塑、回转成型。具体工艺过程如下图，先将塑胶原料加入模具，然后模具沿两垂直轴不断旋转并使之加热，模内塑胶原料在重力和热能作用下，逐渐均匀的涂布、熔融粘附在模腔的表面上，成为所需要的形状，再经冷却定型而成所需的制品。





# 滚塑工艺介绍

## ▶ 滚塑工艺的优势

- ▶ 模具成本经济
- ▶ 整体成型，可在任何角度和位置放置金属镶件且结合如整体
- ▶ 重量减轻（替代复杂钢结构，替代玻璃钢）
- ▶ 壁厚均匀，并可按要求变化厚度
- ▶ 光洁度和颜色多样性
- ▶ 具有生产多层塑件的能力（通过过程中多次投料增加内部发泡层，耐腐蚀层等等）
- ▶ 设计灵活，从小而错综到大而复杂
- ▶ 抗撞击耐腐蚀

## ▶ 滚塑工艺缺点

- ▶ 三耗，耗能（能耗高），耗工（人工成本高），耗时（单模循环时间长）
- ▶ 尺寸精度偏低
- ▶ 材料选择受限，主要材料为PE（LLDPE，MDPE，HDPE，XLDPE），PP，PA有部分应用，其他材料基本只在实验室或特殊生产领域

# 滚塑工艺应用

- ▶ 储水（液）罐，桶，箱体类
- ▶ 清洁设备类



# 滚塑工艺应用

## ► 家具类



# 滚塑工艺应用

## ► 体育健康类





# 滚塑工艺应用

## ▶ 其他工业应用

### ▶ 音响



### ▶ 电控



# 滚塑工艺应用

## ▶ 其他工业应用

### ▶ 净化



### ▶ 设备



### ▶ 油箱水箱





# 滚塑制品设计要点

## ▶ 基本点

### ▶ 通用基本点

- ▶ 功能实现
- ▶ 材料工艺和生产工艺考虑
- ▶ 成本控制

### ▶ 滚塑基本点

- ▶ 无应力成型，滚塑是靠粉料或液料在加热的模具中翻滚一层层融化附着在模具壁上成型，整个过程中没有任何外力作用在塑料原料上。因此，一切为了流动，理想的滚塑设计应该是中空制品，所有不同特征之间从一个曲面到另一个曲面都是顺滑连接。这样的产品易于生产、强度优良且成本经济。
- ▶ 仍然要从最开始考虑是使用哪种材料达到设计目的，批量商业化生产的滚塑原料有LLDPE，XLDPE，MDPE，HDPE，PP，PA，同样是LLDPE，也有不同品牌，不同密度，不同硬度，比较极端的有软料（40A~80A）和硬料（60D）的差别，不同熔指，不同粉体质量，色粉亲和力等等的差别。早点考虑并同生产商讨论有利于减少设计失误，节省开发时间和成本。

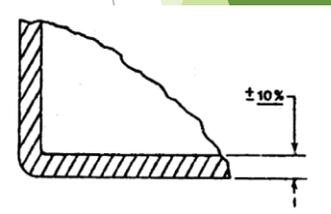


# 滚塑制品设计要点

## ► 注意事项

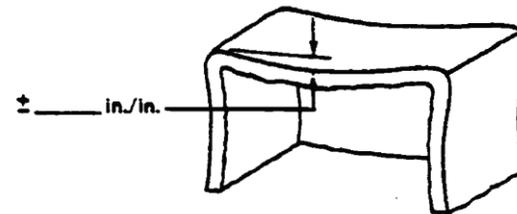
### ► 产品壁厚

- **名义壁厚**，一旦产品外形确定，设计师必须时刻提醒自己产品内部是无应力自由成型，产品的内尺寸和形状就是产品的外形减去名义壁厚得来。
- **实际壁厚**，滚塑的独有特点是厚度可调，模具做好之后，根据样品的测试结果，可以通过增加或减少投料重量来增加或减少壁厚。
- **壁厚均匀性**，只要产品应用对壁厚均匀性有要求，滚塑的优势即彰显无疑，其工艺特征天然的保证了壁厚的均匀性，对比其他热成型方式如吹塑和吸塑优势明显。虽然如此，仍然有必要在给出名义厚度要求的情况下，给出一个最低厚度的数值，方便生产商控制品质和成本。通常情况下， $\pm 20\%$ 的壁厚公差对滚塑来讲是没有问题的， $\pm 10\%$ 也可以做到但会相应的增加控制成本并对生产商的技术有一定的挑战性。通常滚塑件在产品外角偏厚，产品内角偏薄，所以厚度控制应避开拐角处。
- **非均匀壁厚设计**，个别产品因为强度或特殊装配要求，需在个别位置加厚处理。如有此需求，建议在图上清晰标注并同生产商沟通讨论。



### ► 平面度

- 因为是中空成型，同吹塑一样，无法在内部形成支撑（单层制品），所以大平面的平面度保证会比较困难。通常可控的平面度在 $\pm 0.02 \sim 0.05$ 英寸/英寸，如果不计成本，可做到 $\pm 0.01$ 英寸。
- 如果在设计之初就有平面度要求，可采用增加筋位，反向抬高变形面，采用刚度比较好的材料等手段。





# 滚塑制品设计要点

## ► 注意事项

### ► 最小壁间距

- 滚塑的工艺特征要求必须有足够的材料流动空间
- 理想的壁间距是 5 倍的名义壁厚
- 在模内有足够的材料空间的情况下，3 倍壁间距也是没问题的
- 壁间距过小会造成两壁搭住形成局部实心而
  - 阻碍材料流动带来成型缺陷
  - 局部实心冷却速度慢延缓生产周期
  - 形成收缩不均衡带来变形，翘曲
  - 收缩内应力积聚无法释放，后期使用易破裂
- 不建议故意收紧壁间距以形成实心体特征，这要求比较高的设备带来成本提高，而且内应力积聚风险无法避免
- 产品消耗粉料的体积大概是其实际壁厚体积的 3 倍，产品设计时，如果需要应用最小壁间距，一定要注意确保投料空间足够。

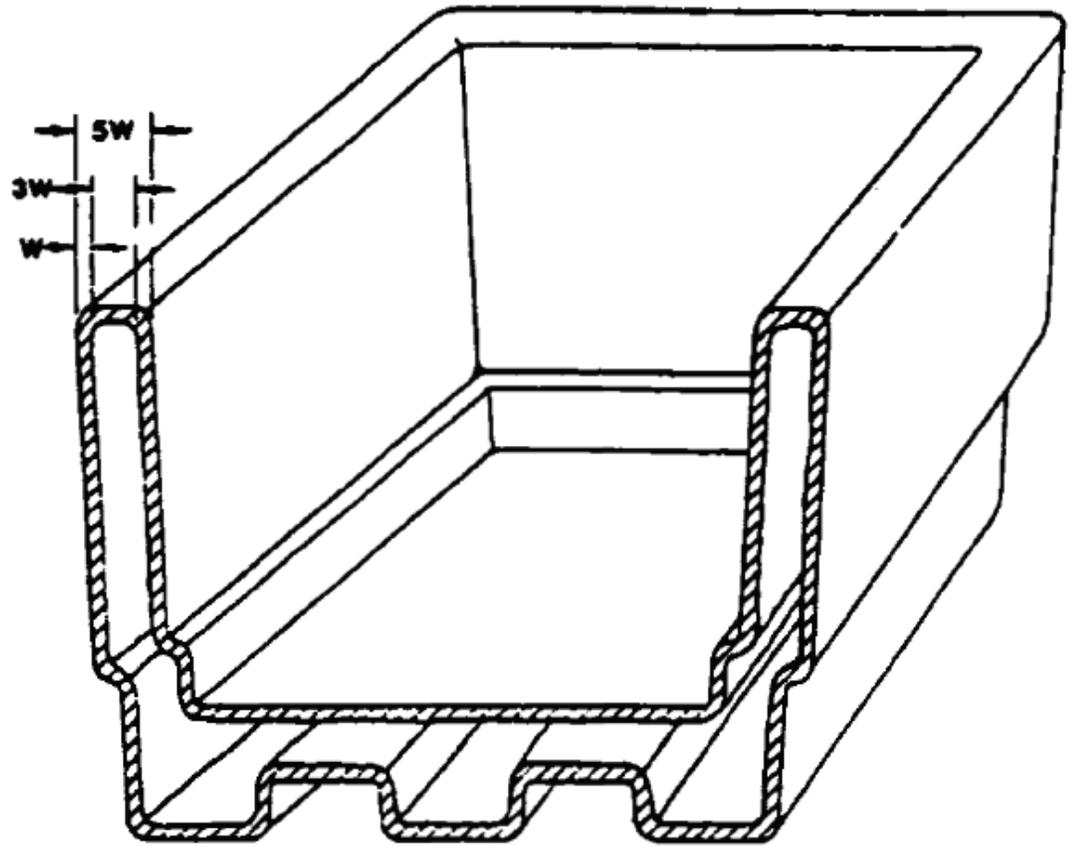


Figure III



# 滚塑制品设计要点

## ► 注意事项

### ► 弯角角度

- 想象粉体在炙热模壁上滚动的状态，可以想象曲面越圆滑越容易流动
- 通常大于90度的角度是不会有问题的，小于90度的时候就要细心考虑
- 对PE原料来讲，推荐的最小角度是30度，但有些流动性比较好的料是
- 可以做到20度的
- 弯角的另一个问题是两壁结合的拐角处还必须有足够的圆角。
- “最小壁间距”同“弯角圆角”的要求会同时对“弯角圆角”起作用

### ► 加强筋

- 合理应用和增加加强筋可以有效增加产品强度，减小材料厚度，节约成本
- 加强筋设计需遵从如下原则，
  - 多浅筋优于一深筋
  - 筋高大于筋宽
  - 筋尺寸设计参见图五
  - 斜度Z满足出模角设计要求

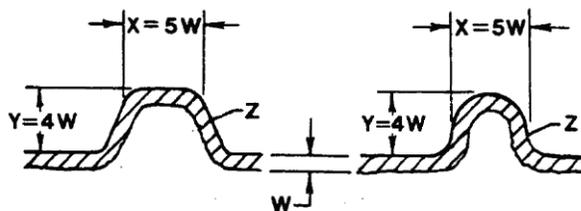
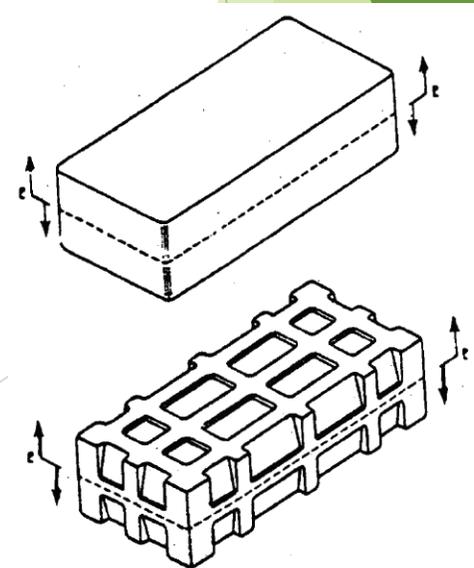
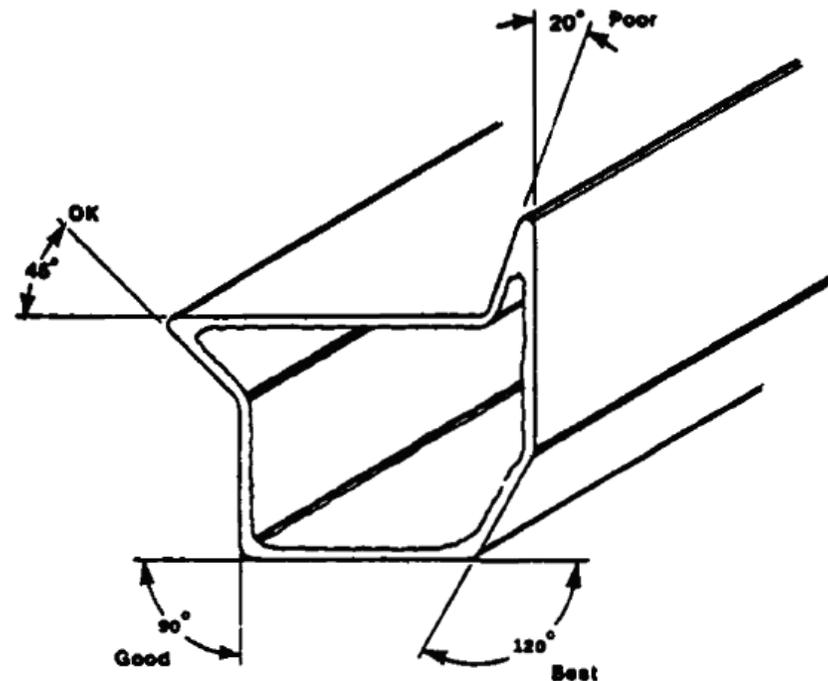


Figure 5



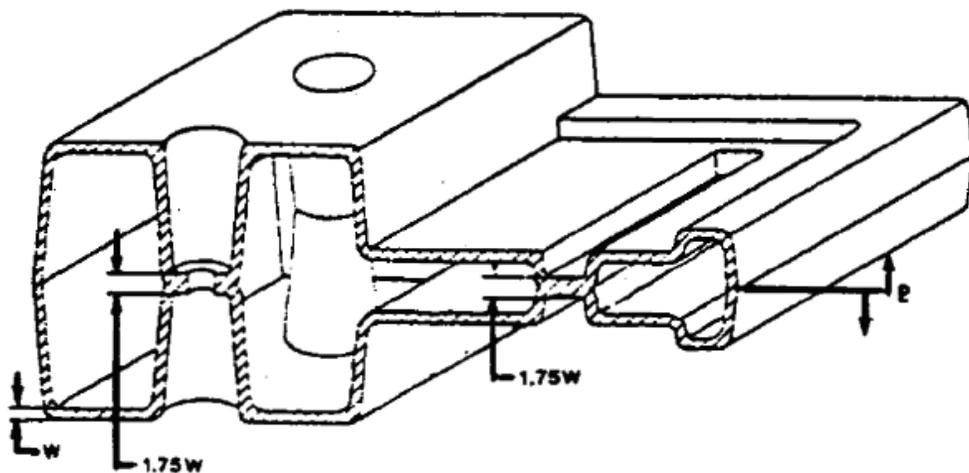


# 滚塑制品设计要点

## ► 注意事项

### ► 碰穿孔 / 搭接筋设计

- 搭接筋设计是滚塑的另一个独有的特点，把平行的两面墙壁连在一起增加强度和尺寸稳定性
- 搭接筋的距离不太好确定，通常需要试错的过程
- 实验研究，搭接距离可以初设为1.75倍的名义壁厚再根据试模调整
- 如果两个平面距离比较远，设置搭接筋时，最好在搭接筋中间设置个穿孔改善受热
- 如果结构需要无法设置中间穿孔，就要考虑在模具上增加局部增热装置和用好的导热材料



# 滚塑制品设计要点

## ► 注意事项

### ► 拔模角度

- 滚塑的优势之一是即使没有拔模角，也是可以出模的。但对于内部特征（比如圆环的中心，冷却时会抱在模具上）就有点麻烦，需要控制好出模时间，而且产品也要有足够的壁厚防止出模变形。所以设置拔模角特别是对内部特征还是很有必要的。
- 不同材料的建议出模角参加下表
- 模具表面的光洁度和纹路对脱模也是有影响的。如果产品设计有凹凸凹凹的特征，或者要求比较粗糙的表面，或有纹路的表面，就必须有拔模角度，经验告诉我们需要在下表建议的拔模角度上，每增加0.001英寸的纹路深度，就增加1度拔模角会比较好。

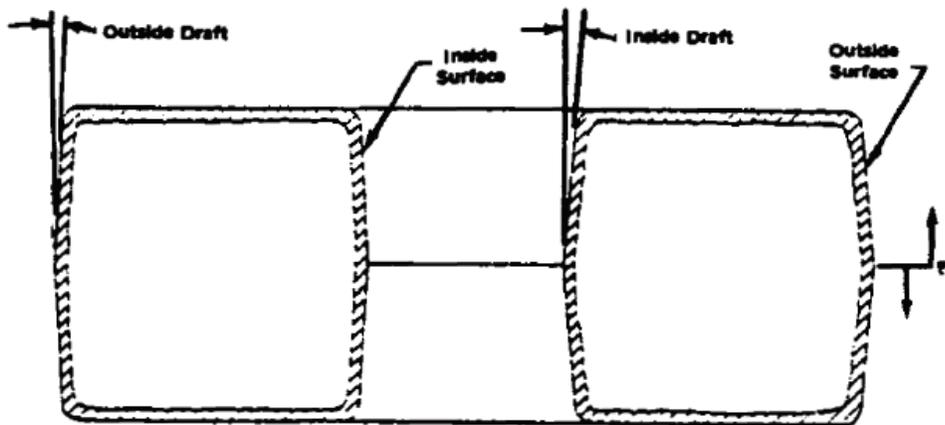


Chart 1

Recommended Draft angles in Degrees Per Side

	Outside Surfaces		Inside Surfaces	
	Minimum	Better	Minimum	Better
Polyethylene	0°	1°	2°	4°
PVC	0°	1.5°	1°	3°
Nylon	1°	1.5°	1.5°	3°
Polycarbonate	1.5°	2°	2°	4°
Polyester	1°	1.5°	1.5°	3°

# 滚塑制品设计要点

## ► 注意事项

### ► 圆角半径

- 圆角的作用有两个，一是把应力分散到周围，二是改善材料在拐角处的流动
- 研究表明，当内圆角尺寸少于25%的名义壁厚时，产品在圆角处的张力会非常大
- 当圆角尺寸大于75%的名义壁厚时，圆角处的强度会明显改善
- 当圆角尺寸很大时，圆角强度改善并不明显。圆角尺寸和强度的关系见右图（图VI）。
- 很尖的内角让材料流动时很容易飘过不在拐角存留，同时模具在这个地方也很难受热，这两个因素会导致尖内角的地方壁厚会偏薄
- 很尖的外角也是个问题，这个地方模具受热快，材料容易积聚，所以通常会比其他地方厚很多
- 尖内角和尖外角通常出现的问题是原料在圆角前积聚搭住，这样在圆角的尖点就因缺料形成气泡或破面
- 对比较厚的零件，通常建议的最小圆角直径，是不小于名义壁厚。
- 下面的表格是PE材料的建议圆角

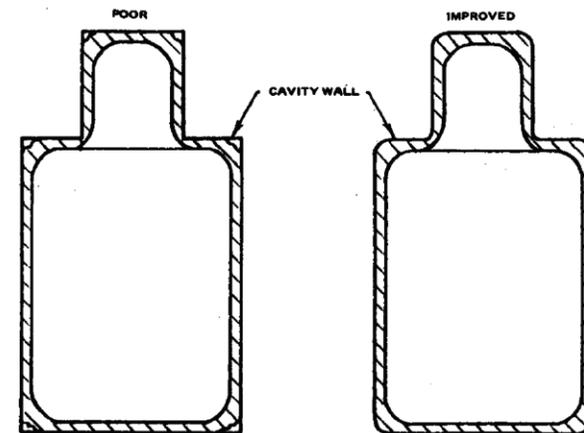
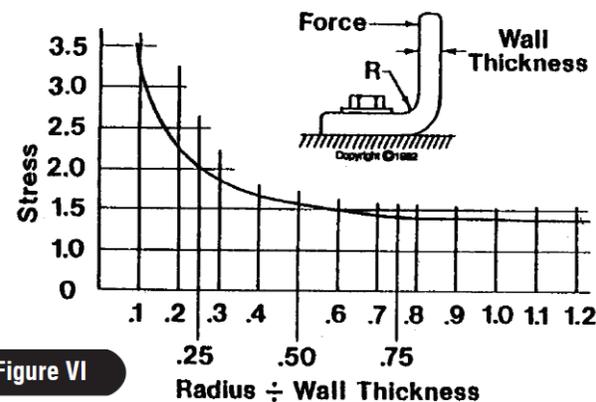
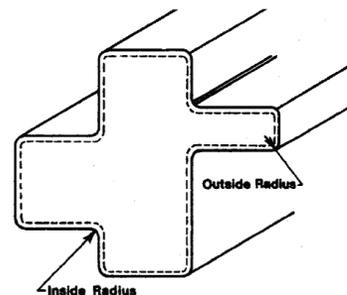


Chart II

	Inside Radius (in inches)	Outside Radius (in inches)
<b>Polyethylene</b>		
Ideal	.250	.250
Commercial	.187	.187
Minimum	.060	.125





# 滚塑制品设计要点

## ► 注意事项

### ► 孔

► 除了完整的球体，其他形状的产品必须得有排气孔，保证在成型过程中内外气压互通

► 右图列出了滚塑工艺实现的不同的孔，

► 对C外孔来讲，外直径最好是名义壁厚的6倍

► A孔的尺寸会比较精确，C孔会比较粗糙

► 不建议采用孔B的结构，孔边是非常难于成型的，因为料进不去，可以采用A的形式设计成双壁结构代替

► 绝大多数孔是沿合模线垂直方向的，但其他方向也可以如孔F，这时就需要单独的小镶件

► 有时候会采用两件合并生产再切开的生产方式

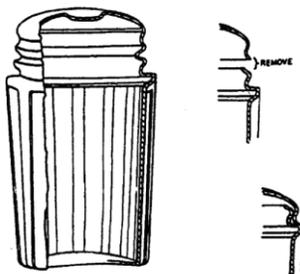


Figure IX

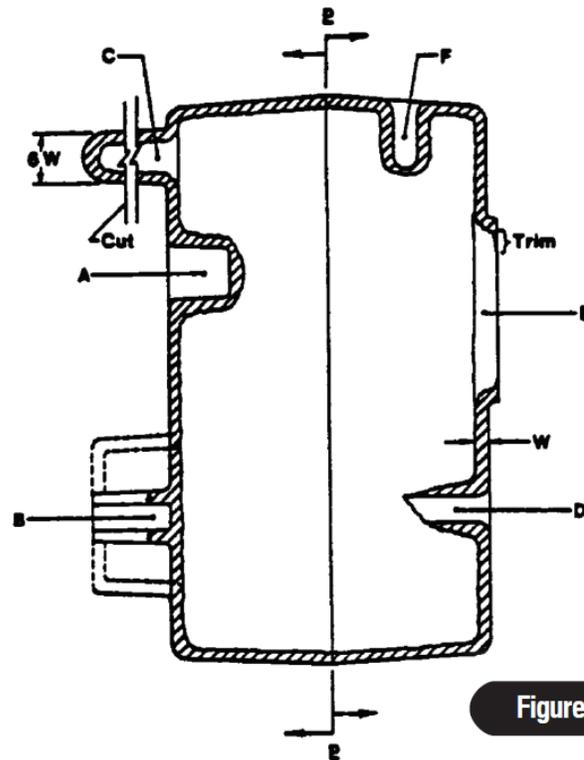


Figure VII

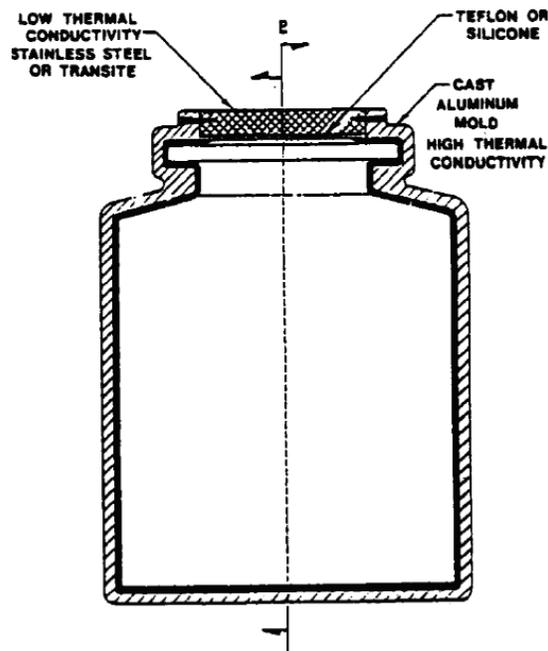


Figure VIII



# 滚塑制品设计要点

## ► 注意事项

### ► 倒扣 / 帽型设计

- 如无必要，滚塑最好是两片模直接成型
- 但如果倒扣太多，多片模就是必须的，要意识到模具制造和维护成本都会增多
- 右图中倒扣A可通过分模成型，B和C就要多片模或者强脱（根据材料和尺寸而定）
- 倒扣D基本是不可能实现的，因为很容易抱在模具上无法出模

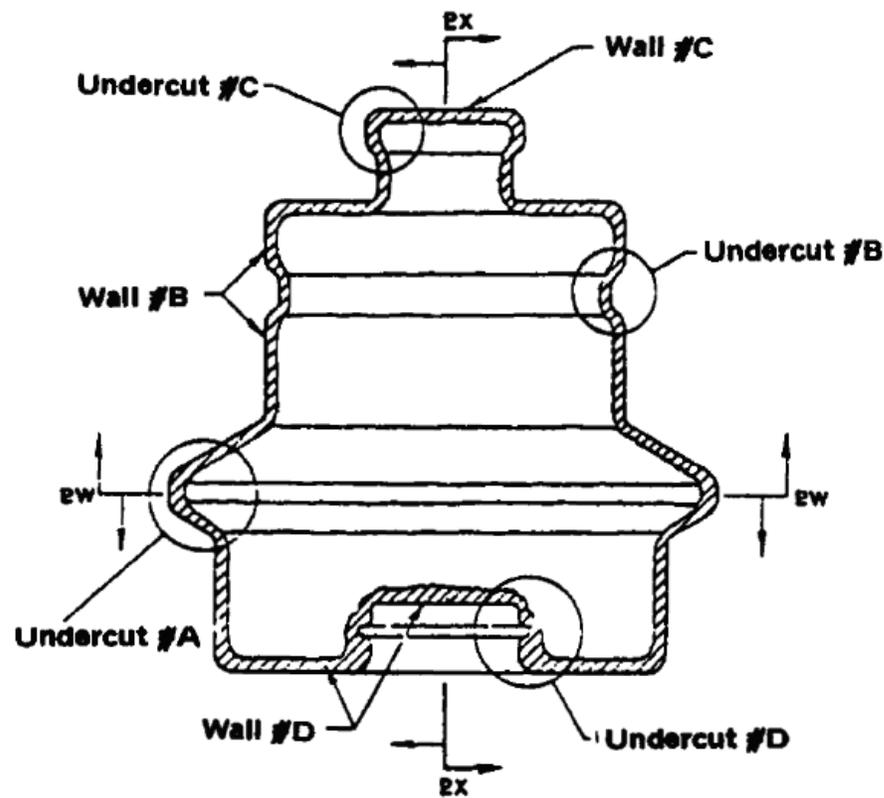


Figure X



# 滚塑制品设计要点

## ► 注意事项

### ► 公差

- 产品设计，材料，模腔尺寸，和生产工艺都会影响公差，如有特殊要求公差，需要尽早同厂商沟通
- 设计因素，
  - 小件公差紧，大件公差宽
  - 同样尺寸和外形，薄壁比厚壁产品尺寸更精确
  - 图XI中，外尺寸A, B, C, F的变化会比较大，因为冷却时自由收缩
  - 内尺寸D, E会变化小写，因为冷却时会抱在模具上
  - 零件的内腔尺寸通常是不做约束的，因为根本控制不到，确实需要的话，只能通过名义壁厚计算然后后加工来控制，会抬升不少成本

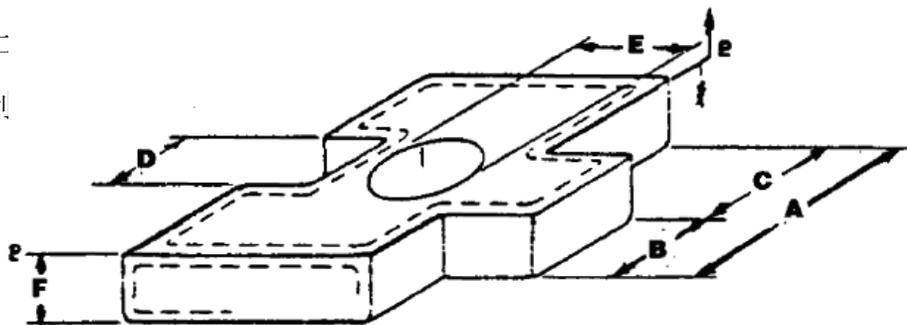


Figure XI



# 滚塑制品设计要点

## ▶ 注意事项

### ▶ 公差

#### ▶ 材料因素，

- ▶ 收缩率小的材料尺寸变化会小
- ▶ 非晶体材料（PVC， PC）比晶体材料（HDPE， 尼龙）， 尺寸变化会小
- ▶ 不同批次的原材料也会有差异， 但最近些年材料的进步使得这个差异基本趋零
- ▶ 再生料， 降级料或者不合格的粉体都会影响产品的尺寸变化， 甚至很大的影响生产工艺

#### ▶ 模具设计和制造因素

- ▶ 毫无疑问， 不考虑成本的情况下， 尽可能提升模具的精度是确保产品尺寸精确的第一法则
- ▶ 多腔模具生产， 各腔模具的尺寸是会有少许差异的
- ▶ 滚塑的模具合模是无需太大压力的， 因此合模线通常会比其他工艺厚些， 经常清理合模线， 维护好模具会有效降低合模线变粗对产品尺寸带来的影响
- ▶ 脱模剂的品种， 品牌， 和用量也会对产品尺寸带来影响， 所以， 铁氟龙涂层模具做到产品尺寸会稳定些
- ▶ 如确有必要， 可以设计些冷却夹具限制产品的收缩来控制尺寸

# 滚塑制品设计要点

## ► 注意事项

### ► 公差

#### ► 工艺因素，

- 大家公认工艺因素是产品尺寸变化的最大来源，可喜的是最近几年设备和工艺进步让工艺控制不再象以前那么困难
- 设计工程师一定要很小心地规定尺寸公差，在产品功能允许的情况下尽可能的放大公差
- 右边的表格给出了滚塑公差的建议，但仅供参考
- 每个零件因形状和尺寸不同，其尺寸的变化一定是不同的，有经验的生产工程师会给出比较好的公差建议

### ► 螺纹

- 内外螺纹都是可以直接滚塑出来的，但最好是粗螺纹
- 如果是细螺纹如美式螺纹或管螺纹，建议做成大概的形状再做一次攻丝好些，或者直接替换为嵌件
- 建议按图XII指示设计螺纹
- 螺纹设计需要同时考虑壁间距，孔和拔模角问题

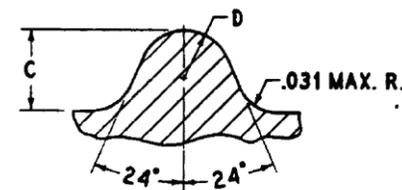
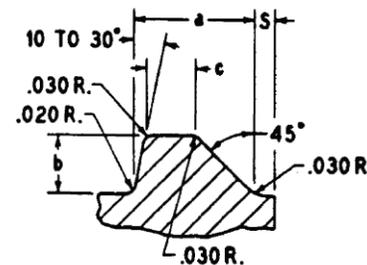
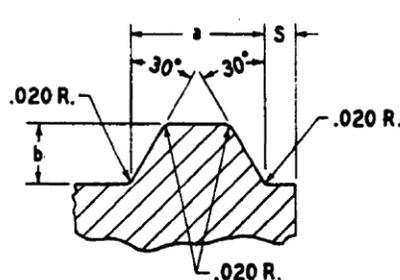


Figure XII

Chart III

## Recommended Tolerances

(Values in inches/inch. Does not include tolerance of cavity.)

### DIMENSION FROM FIGURE XI:

	A	B	C	D	E	F
<b>POLYETHYLENE</b>						
Ideal	±.020	±.020	±.020	±.015	±.010	±.020*
Commercial	±.010	±.010	±.010	±.008	±.008	±.010*
Precision	±.005	±.005	±.005	±.004	±.004	±.005*

**NOTE:** Ideal Tolerance = Minimum care required  
 Commercial Tolerance = Possible with reasonable care  
 Precision Tolerance = Possible with difficulty & added cost

\*Plus .010 inch for parting line variations



# 滚塑制品设计要点

## ▶ 注意事项

### ▶ 嵌件，

- ▶ 理论上，只要耐热不易融，不变形，都可作为嵌件材料，但导热好的材料会表现比较好
- ▶ 使用嵌件必须要能在模具上固定住嵌件
- ▶ 如有可能，使用嵌件还是要做下测试，因为嵌件周围还是容易产生应力集中而破裂的，特别是比较大的嵌件
- ▶ 如果多个嵌件使用，尽量减少嵌件之间的距离。嵌件过多，嵌件间距过大都会带来冷却过程中收缩应力问题

### ▶ 后处理

- ▶ 如果不是特别的外观件，其实滚塑制品是可以不修边使用的
- ▶ 表面喷漆，丝印，贴标，都是可行的，但PE产品喷漆和丝印需要特别处理不然牢固度是个问题
- ▶ 模具上做纹路同其他工艺一样
- ▶ 如果同个产品要做不同的颜色，可以同过模内印刷实现，但费用不菲
- ▶ 焊接，发泡充填，后续机械加工，根据应用需要都有在应用



# 材料选择和物性

- ▶ LLDPE
  - ▶ 绝对主流
  - ▶ 有分C-4, C-6, C-8, 刚度有显著差别
  - ▶ 有硬料和软料之分, 常用料为60D的硬料, 软料可以做到40~80A
  - ▶ 颜色有干混和改性之分
  - ▶ 改性厂商通常会根据应用需求添加增强, 增韧, 抗UV, 阻燃, 抗菌, 抗静电等等功能
- ▶ XLDPPE
  - ▶ 耐温、耐腐蚀的交联料, 但无法回收二次使用
- ▶ HDPE
  - ▶ 顾名思义, 高密度料
  - ▶ 改性厂商提供的HDPE通常是只添加了一小部分HDPE的改性料
- ▶ MDPE
  - ▶ 又叫茂金属料, 改性厂商推出的特殊改性料, 通常会有优越的强度和刚度
- ▶ PP
  - ▶ 国内已有商用PP料, 但对比LLDPE, 性能表现不如注塑料性能对比明显
- ▶ 尼龙
  - ▶ 超级贵, 目前仅应用在特殊场合如多层油箱
- ▶ 可根据应用向生产商索取材料物性表

END