

基于 Pro/ENGINEER 的冲裁力和冲裁模压力中心确定

常州轻工职业技术学院模具系 都超平

利用 Pro/ENGINEER 软件系统可以快速查询实体物性的功能，通过建立和冲裁轮廓相对应的薄壁实体模型，快速得到各类冲裁方式中冲裁力数值大小和压力中心位置，方法简便，具有普遍的适应性和较强的实用性。

一、引言

冲裁力和冲裁模压力中心的计算确定，是设计冲裁模时工艺计算的主要内容之一。冲裁力是选用压力机和设计冲裁模的重要依据。模具的压力中心就是冲压力合力的作用点。为了保证模具和压力机的正常工作，应使模具的压力中心和压力机滑块的中心线相重合。否则，冲压时会使滑块承受偏心载荷，导致滑块导轨和模具导向部分不正常磨损，还会造成凸、凹模之间的间隙分布不均匀，从而影响制件质量和降低模具寿命甚至损坏模具。

一般手册和教科书介绍的冲裁力和压力中心的计算方法，较为繁琐、容易出错，适合于不是很复杂的形状的计算，在遇到不规则曲线等复杂情况时则难以计算，而利用 Pro/ENGINEER 强大的造型和分析功能，可以快速、准确地得到所需参数。

二、Pro/ENGINEER 系统应用分析原理

1. 冲裁力的计算原理

冲裁力一般是根据剪切原理进行计算。当用普通平刃模具冲裁时，其冲裁力 F 的计算公式为：

$$F = K L t \tau_b = K \sum L_i t \tau_b \quad (\text{N}) \quad (1)$$

式中： K 为安全系数，一般取 $K=1.3$ ； L 为冲裁周边

长度（剪切长度），单位为 mm； t 为板料厚度，单位为 mm； τ_b 为板料的抗剪强度，单位为 MPa。

2. 压力中心的计算原理

形状对称的冲裁件，其压力中心位于冲裁轮廓的几何中心上，一般不需计算。而对多凸模冲裁和形状复杂的单凸模冲裁的压力中心，按合力矩定理进行解析计算，如图 1、2 所示。

$$x_0 = \frac{\sigma_{i=1}^n F_i x_i}{\sigma_{i=1}^n F_i} \quad (2)$$

$$y_0 = \frac{\sigma_{i=1}^n F_i y_i}{\sigma_{i=1}^n F_i} \quad (3)$$

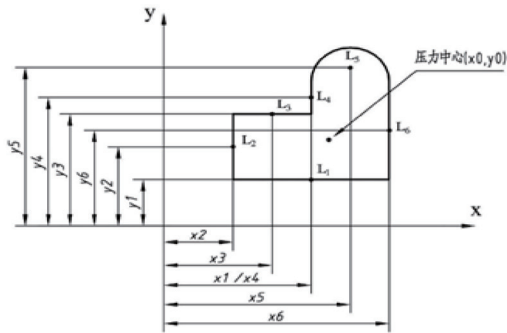


图 1 复杂形状单凸模压力中心计算

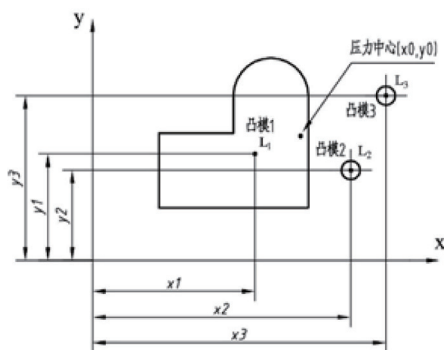


图2 多凸模压力中心计算

因冲裁力 F 与冲裁周边长度成正比，所以式 (2)、(3) 也可用冲裁周边长度。

$$x_0 = \frac{\sigma_{i=1}^n L_i x_i}{\sigma_{i=1}^n L_i} \quad (4)$$

$$y_0 = \frac{\sigma_{i=1}^n L_i y_i}{\sigma_{i=1}^n L_i} \quad (5)$$

3. Pro/ENGINEER 求解冲裁力和压力中心原理

由公式 (1)、(4) 和 (5) 可知，冲裁力和压力中心均和冲裁周边长度相关，单凸模冲裁各边和多凸模冲裁的各冲裁力均为空间平行力系，平行力系的合力大小等于各分力的代数和。平行力系合力的作用点即压力中心的位置，和冲裁周边各线段组成轮廓的质心重合。

在 Pro/ENGINEER 系统中，可以很方便地查询得到实体的体积、质心、惯性矩等参数。若按冲裁周边轮廓按拉伸薄板（加厚草绘）的方式，只要薄板厚度足够小，则拉伸实体的质心和压力中心位置在相当高的精度内重合，在轮廓平面内，质心的坐标值即压力中心的坐标值，如图 3 所示。

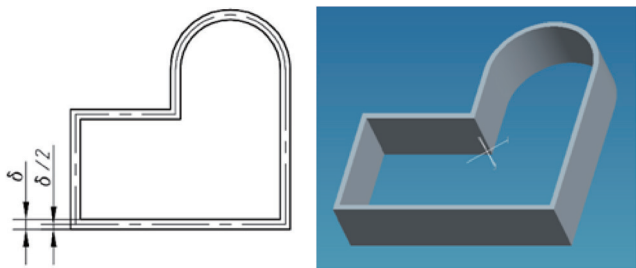


图3 薄板轮廓的质心

若令拉伸高度 $H = \frac{\tau_b t}{\delta}$ （式中， t 为拉伸薄板厚度），把材料密度值设成 K 值（ $K=1.3$ ），则实体质量的数值和冲裁力的数值相等，冲裁力的单位是牛顿（N）。

$$m = KV = KL\delta H = KL\delta \frac{\tau_b t}{\delta} \quad (6)$$

三、实例应用

图示冲裁件，材料为 Q235 钢，板料厚度 $t=1\text{mm}$ ，分别确定冲裁外轮廓、复合冲裁、级进冲裁（多凸模冲裁）时冲裁力和压力中心。

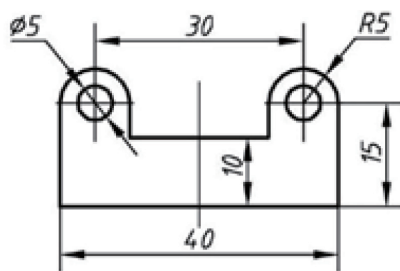
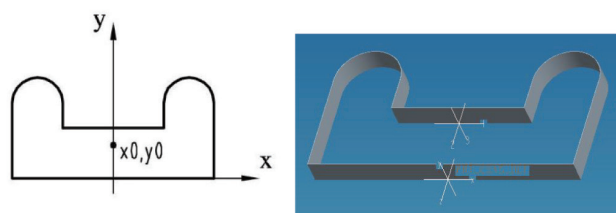
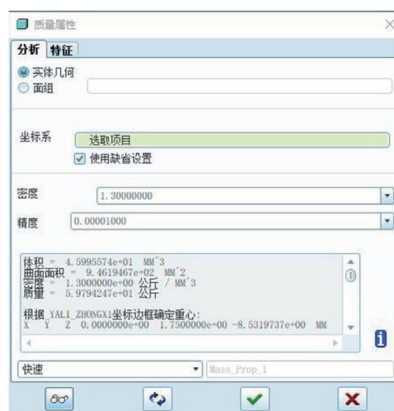


图4 冲裁件零件图

在 Pro/ENGINEER 系统中，分别安装实际的冲裁轮廓画草图，选择拉伸（加厚草绘）的方式，薄板的厚度取 $\delta=0.1\text{mm}$ ，拉伸高度 $H = \frac{\tau_b t}{\delta} = \frac{350 \times 1}{0.1} = 3500$ ，考虑实际显示效果，按 $H=3.5$ 进行拉伸，则此时压力中心不变，质量数值亦即冲裁力的数值，单位为 kN。图 5 ~ 7 为外轮廓冲裁、复合冲裁和级进冲裁（多凸模）三种冲裁情况。

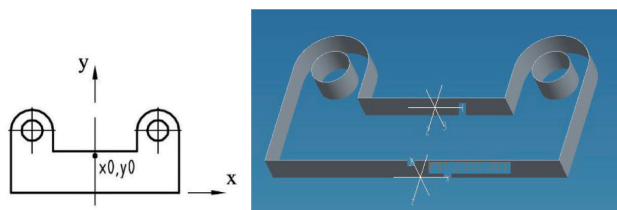


(a) 轮廓造型



(b) 查询结果

图5 外轮廓冲裁

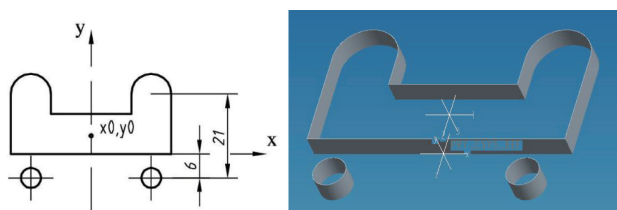


(a) 轮廓造型



(b) 查询结果

图 6 复合冲裁



(a) 轮廓造型



(b) 查询结果

图 7 级进冲裁(多凸模)

图 5 ~ 7 中的三种冲裁情况的 Pro/ENGINEER 系统结果和手工计算的结果对比如表所示。

表 Pro/Engineer 系统和手工计算结果对比

项目类型		Pro/Engineer 数据	手工计算
冲裁外轮廓	冲裁力 (kN)	59.794	59.794
	压力中心 (x_0, y_0)	(0, 8.53197)	(0, 8.53196)
复合冲裁	冲裁力 (kN)	74.088	74.088
	压力中心 (x_0, y_0)	(0, 9.77988)	(0, 9.77988)
级进冲裁	冲裁力 (kN)	74.088	74.088
	压力中心 (x_0, y_0)	(0, 5.72825)	(0, 5.72824)

四、结语

从数据结果对比表 1 可以看出, 当取加厚草绘(薄板厚度) $\delta=0.1\text{mm}$ 进行轮廓拉伸时, Pro/ENGINEER 系统生成的结果和手工计算的结果, 在不同的冲裁模具形式中都是高度重合, 其精度完全满足实际冲压的需要。用 Pro/ENGINEER 系统生成计算结果, 更快捷高效, 适应性广, 尤其对于有复杂曲线轮廓的冲裁件, 优势特别明显。

基于此原理, 对于不等厚板材的冲裁, Pro/ENGINEER 系统同样可以适用, 只需对拉伸轮廓按厚板变化稍作处理。

从拉伸轮廓图容易看出, 压力中心(轮廓质心)和冲裁件本身的重心是两个概念, 一般情况下是不重合的。

Pro/ENGINEER 系统的这种确定冲裁力和压力中心的方法, 同样适用于其他三维软件。