基于标准模架与组合的冲模三维CAD设计方法

山东理工大学机械工程学院 （淄博 255012） 赵婷婷

1. 概述

在三维CAD软件的支持下，冲模的设计方法有下述几种：

（1）自下向顶（DOWN－TOP）设计，即先设计零件，再把零件装配产生冲模。

（2）自顶向下（TOP－DOWN）设计，即在装配环境下，以凹模周界为参照，直接设计冲模零件。

（3）自动装配设计，先制定装配框架，再设计各零件，然后自动装配。

（4）先建立模架库，通过变更零件或参数，达到新模具的设计。

（5）建立关系式进行自动化设计。

这些方法中，若设计生产一般冲压件用冲模，采用第4种方法比较快捷。本文探讨，在模架库基础上的冲模设计方法。

基于标准模架与组合的冲模设计流程如图1所示。

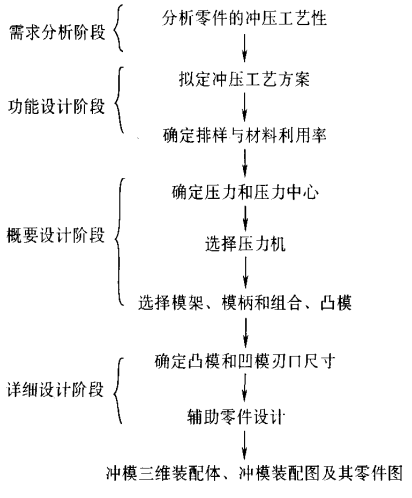


图1 基于标准模架与组合的冲模设计流程图

2. 基于标准模架与组合的冲模设计

我们以如图2所示零件为例，说明冲模的设计过程。零件材料为08钢，料厚1mm，大批量生产。

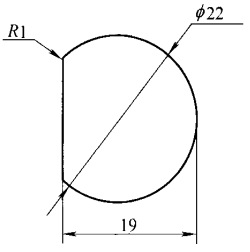


图2 零件图

（1）分析零件的冲压工艺性 本零件材料为08钢，属于优质碳素结构钢。低碳钢（$w_C = 0.08\%$）塑性较好，料厚为1mm，适宜冲压生产。

（2）拟定冲压工艺方案 本制件只要求加工外形，仅需用模具沿封闭轮廓线冲切板料，属于单一落料工序，采用落料单工序模即可生产。冲下部分即为零件。

（3）排样 由步距公式，则

$$S = L_{max} + a_1$$

式中 S——冲裁步距，mm；

L_{max}——沿条料送进方向（设定为 x 方向）工件的最大尺寸，mm；

a_1——工件间搭边值，mm。

$$S = L_{max} + a_1 = (19 + 1.5)\text{mm} = 20.5\text{mm}$$

毛坯条料宽度方向的尺寸公式为：

$$B = C_{max} + 2a$$

式中 B——条料宽度，其尺寸公差 Δ 一般为IT14级，则 $B_{-\Delta}^{0}$，mm；

C_{max}——沿条料宽度方向（设定为 y 方向）工件的最大尺寸，mm；

a——侧面搭边值，mm。

$B = C_{max} + 2a = (22 + 2 \times 1.5)\text{mm} = 25\text{mm}$

条料尺寸为 1000mm×25mm×1mm，则制件的排样如图 3 所示。

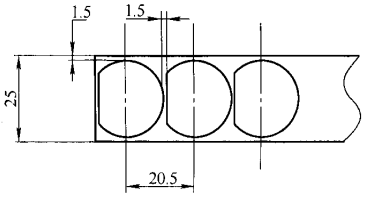


图 3　排样图

（4）材料利用率　计算制件面积的方法为：在 AutoCAD 中，绘制零件轮廓图形，建立面域后，通过［工具］→［查询］→［列表显示］，自动计算出制件的面积 $A = 348.3\text{mm}^2$（见图 4）。



图 4　制件面积的自动计算

一个步距内的材料利用率 $\eta_0 = A/BS \times 100\% = 348.3/(25 \times 20.5) \times 100\% = 69\%$。

（5）压力和压力中心的确定　冲裁压力和压力中心位置的计算公式为：

$$F_C = \sigma_b \delta L$$

$$x_O = \frac{\sum_{k=1}^{m} L_k X_k}{\sum_{k=1}^{m} L_k}$$

$$y_O = \frac{\sum_{k=1}^{m} L_k Y_k}{\sum_{k=1}^{m} L_k}$$

式中　x_O、y_O——模具的压力中心坐标，mm；

x_k、y_k——冲压力轮廓线的坐标，mm；

L_k——轮廓线长度，mm；

m——线段的总数；

F_C——冲裁压力，N；

σ_b——材料抗拉强度，由于材料为 08 钢，则 $\sigma_b = 330 \sim 450\text{MPa}$，取 $\sigma_b = 450\text{MPa}$；

L——冲裁轮廓线长度，mm；

δ——板料厚度，mm。

把冲裁压力轮廓线设定为截面正方形边长为 1mm 的力实体线。求解压力时，把 $\delta\sigma_b$ 假定为力实体线的密度，则力实体线的质量（重量）即是所求压力的值。压力中心的计算转化为求力实体线各部分合力的作用点，即求力实体线模型的质心（重心）位置。

由 $\delta\sigma_b = 1 \times 450\text{N/mm} = 450\ \text{N/mm} = 0.45\text{kN/mm} \approx 0.045\text{TONNE/mm}$，在 CAD 软件中设置密度参数为 0.045TONNE/mm。

点击模型分析，如图 5 所示，得到冲裁压力 $F_C = 3.0\text{TONNE} = 30\text{kN}$。

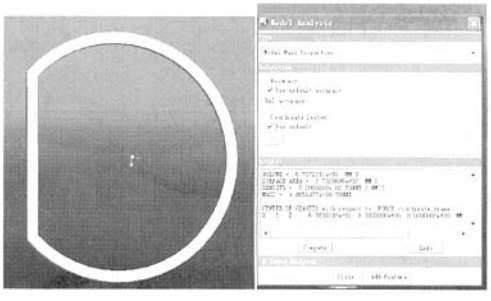


图 5　压力和压力中心的自动计算

压力中心 $x = 0.67$，$y = 0\text{mm}$。可近似认为：压力中心位于 $x = 0$，$y = 0$ 处。

总冲压力的计算公式为：

$$F_Z = F_C + F_S$$

$$F_S = F_{SX} + F_{ST}$$

$$F_{SX} = K_X F_C$$

$$F_{ST} = nK_T F_C$$

式中　F_Z——总冲压力，kN；

F_C——冲裁压力，$F_C = 30\text{kN}$；

K_X——卸料力系数，正常搭边 $K_X = 0.02 \sim 0.04$，取 $K_X = 0.04$；

K_T——推件力系数，一般情况下，$K_X = 0.04 \sim 0.06$，取 $K_X = 0.06$；

n——卡在凹模里的工件个数，$n = h/\delta$（h 为凹模刃壁垂直部分的高度，取 8mm，δ 为料厚）；

F_{SX}——卸料力，kN；

F_{ST}——推件力，kN；

F_S——辅助压力，kN；

则 $F_Z = F_C + F_S = (30 + 15.6)\ \text{kN} = 45.6\text{kN}$。

(6) 压力机的选择　压力机的公称压力 $F \geqslant (1.6 \sim 1.8) F_Z = 73 \sim 82\text{kN}$，取 100kN。

选用 J23－10 压力机，其主要参数如下：公称压力为 100kN，模柄孔尺寸为 ϕ30mm × 50mm，装模高度为 110～145mm。

(7) 模架、模柄与组合、凸模的选择　模架的规格由凹模周界尺寸确定。凹模周界尺寸的计算公式为：

$$B = B_{max} + 2 \times E$$

$$L = L_{max} + 2 \times E$$

式中　B——凹模纵向宽度，mm；

L——凹模横向长度，mm；

E——凹模壁厚，mm；

B_{max}——沿凹模纵向工件最大宽度，mm；

L_{max}——沿凹模横向工件最大长度，mm。

由冲件料厚 1mm 和冲件料宽 25mm 查《冲模设计手册》，得凹模壁厚 $E > 22 \sim 28\text{mm}$，取 $E = 40\text{mm}$。则 $B = (22 + 2 \times 40)\ \text{mm} \approx 100\text{mm}$，$L = (19 + 2 \times 40)\ \text{mm} \approx 100\text{mm}$。凹模周界为 $L \times B = 100\text{mm} \times 100\text{mm}$，如图 6 所示。

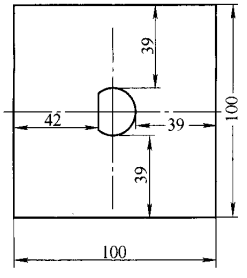


图 6　凹模周界

选用冲模滑动导向后侧导柱模架 100 × 100 × 110 × 130 GB/T 2851.3—1990，冷冲模弹压卸料横向送料典型组合 100 × 100 × 110 130 GB 2872.2—1981，模柄 A30 × 34JB7646.1，圆凸模 36 × 25 × 56－T10A JB/T5826。从模架库中调入图 7 所示模型，在凸模固定端切出平面作为固定面，防止凸模转动。

(8) 确定凸模和凹模的刃口尺寸　落料时，凸凹模刃口尺寸的计算公式为：

$$D_d = D - K_x\Delta$$

$$D_p = D_d - Z_{min} = D - (K_x\Delta + Z_{min})$$

式中　D_d——落料凹模尺寸，mm；

D_p——落料凸模尺寸，mm；

Δ——冲裁件落料尺寸公差，未注公差采用精度 IT14，mm；

D——当落料件尺寸为 $D_{-\Delta}^{0}$ 时，取落料件的基本尺寸，其他取最大极限尺寸，mm；

Z_{min}——最小始用双面间隙，mm；

K_x——系数，$K_x = 0.5 \sim 1$，本例 $K_x = 0.5$。

以落料尺寸建立刃口基本模型，落料凹模为尺寸偏移 $-K_x\Delta/2$，凸模为尺寸偏移 $(K_x\Delta + Z_{min})/2$。在图 7 所示的凸、凹模基础上，修改相应尺寸（见图 8）。

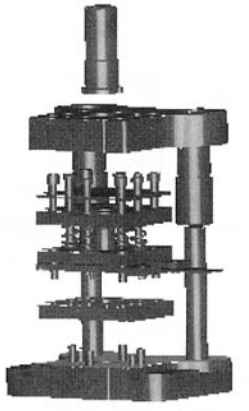


图 7　模架库的三维冲模实体模型



图 8　凸模三维实体模型

(9) 辅助零件设计　根据条料宽度修改导料板的尺寸，选择固定挡料销 A8 JB/T7649.10，按排样位置装配在凹模上 。

(10) 冲模三维装配体、冲模装配图及其零件图　由图 7 所示三维装配体，CAD 软件自动生成装配图（见图 9）及其零件图。

（下转第 42 页）

静态精度只能用以区分精度等级，难以全面地反映出一台冲床的精度，所以，当我们根据产品的精度选用冲床时，所说的选用几级的冲床，实际上也只是一个大概的说法。

2. 冲床的刚性

冲床在工作中承受模具传递的反作用力时，会产生弹性变形，这种弹性变形直接影响冲床下死点的精度，因此，冲压加工对冲床的刚性也有一定的要求。冲床的刚性主要表现在机架、滑块、工作台、连杆及曲轴等几部分。目前，在相关行业标准里还没有比较详细的对刚性做出的相应规定。如果真正地反映冲床精度，还应该包括刚性因素。

3. 导轨的间隙

考虑滑块导轨长时间工作温度会升高所带来的热膨胀的影响，必须留有一定的间隙，但此间隙又会影响加工的稳定性。因此，在保证导轨不卡死的情况下，能做到的最小间隙也是影响冲压加工的一个因素。在高速冲床中也有采用零间隙导柱冲床，此时导柱的刚性也是一个因素。

4. 下死点的热变形

在冲压车间内，如果没有恒温设施，一天中温差可能达到十几度甚至几十度。即使有恒温设施，冲床内部也会因摩擦而升温。因此必须将下死点的热变形量控制在一定的范围内，否则会影响产品的品质。因此，热变形也是冲床的一个因素。

5. 滑块的运动方式

利用驱动机构改变滑动的运动方式满足各种高精度加工的要求，是冲床的发展方向之一。目前主要有：曲轴式、连杆式和肘杆式三种。曲轴式是普通的一种，连杆式主要用于拉深加工，而肘杆式则多用于冷锻。

6. 综合分析

根据产品的精度特点，合理使用冲床，才能发挥每台冲床的最大效益。

(1) 根据产品的精度值，使用相应精度等级的冲床。

(2) 如果产品要求冲床下死点的精度，就要更多地考虑冲床的刚性，甚至热变形。

(3) 当模具间隙的要求比较严格时，则要考虑冲床的导向精度，包括导向间隙和导柱刚性。

(4) 根据产品的成形特点，必要时选择相应的滑块运动模式的冲床。

四、结语

合理地使用冲床，充分发挥每一台冲床的功能，才能创造出最佳的经济效益，提高企业的竞争力。因此，在选购冲床、安排生产时，需充分了解加工产品的特点，选择与之相适用的冲床来加工，真正实现合理使用冲床，提高经济效益的目标。

(20060109)

(上接第 38 页)

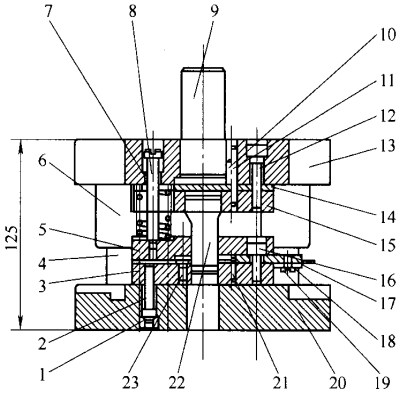


图 9 冲模装配图

1、12、16、18. 螺钉 2、10、11、21. 圆柱销 3. 凹模
4. 导柱 5. 卸料板 6. 导套 7. 卸料螺钉 8. 弹簧
9. 模柄 13. 上模座 14. 垫板 15. 凸模固定板
17. 导料板 19. 承料板 20. 下模
22. 凸模 23. 定位销

3. 结语

利用标准模架和组合的三维模型库设计冲模，是极佳的冲模设计方法。借助 CAD 的分析功能，只需作简单的计算和模型修改，即可完成整套模具设计，大大加快了冲模设计的速度。同时，设计、加工制造的标准化程度提高，可节约设计和生产成本，缩短生产周期。

本方法可用于一般冲压件的模具设计，包括冲裁、弯曲、拉深及翻边等各种冲压工艺的简单模、复合模和级进模。

(20060106)