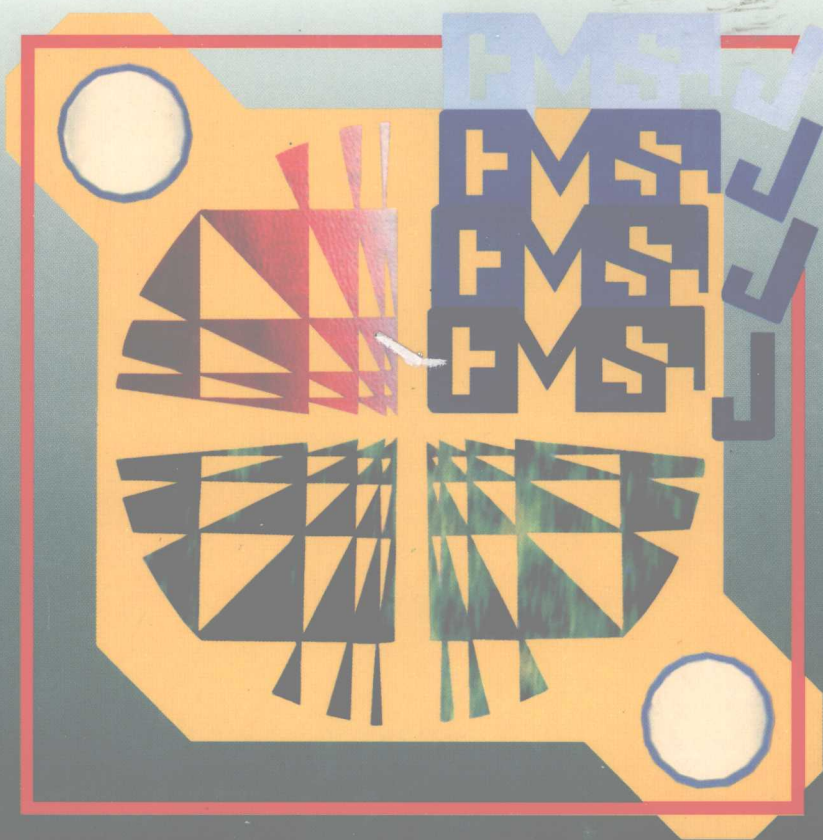


CHONGMU SHEJI CHENGXU HE FANGFA

冲模设计

程序和方法

袁名炎 编著



航空工业出版社

模具设计实践用书

主要内容

本书主要介绍模具设计的基本理论和实践知识，包括模具设计的基本原理、模具设计的基本步骤、模具设计的基本方法、模具设计的基本软件、模具设计的基本案例等。本书可作为模具设计专业及相关专业的教材，也可供从事模具设计工作的工程技术人员参考。

冲模设计程序和方法

袁名炎 编著

图例(CIP)数据源文件图

冲模设计程序和方法 / 袁名炎编著. — 北京: 机械工业出版社, 1996.10

ISBN 7-80134-007-8

1. 冲... 2. 袁... 3. 冲模-设计 I. TG382.5

中国版本图书馆(CIP)数据源文件图(96)第08204号

江苏工业学院图书馆
藏书章

书号
定价
元

内 容 提 要

本书着重阐述了冲模设计的程序和方法,有步骤、有方法、有实例、有数据,是作者多年来在从事模具设计和指导学生课程设计的过程中收集、积累起来的宝贵经验,有较强的科学性、系统性和实用性。

本书按冲模设计的步骤编写。主要内容包括:1. 设计冲压零件图;2. 制定冲压工艺方案;3. 确定原材料规格;4. 选择设备吨位;5. 选用与设计模具零件;6. 绘制模具装配图;7. 拆绘模具零件图;8. 校核图纸、协调尺寸;9. 拟订冲压工艺规程;10. 标准化检查。此外,还列举了实例,收集了与设计有关的资料和数据。

本书对于初次从事模具设计的工程技术人员,有较好的指导作用,设计者可按书中介绍的步骤和方法,循序渐进,完成冲模设计的全过程。

本书可作为大学本科、专科和中专模具设计专业学生的设计实践用书,也可作为模具设计专业的教师、厂矿模具设计工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

冲模设计程序和方法/袁名炎编著,一北京:航空工业出版社,1996.10

ISBN 7-80134-007-8

I. 冲… II. 袁… III. 冲模-设计 IV. TG385.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 08504 号

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

南昌航空工业学院印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

1996 年 10 月第 1 版

1996 年 10 月第 1 次印刷

开本:787×1092 毫米 1/16

印张:13

字数 300 千字

印数:1—1500

定价:25.00 元

前言

本书的油印本于1981年12月印出,并在机械工程学会举办的“冲模设计”学习班上多次作为教材,深受各机械厂从事模具设计的工程技术人员的欢迎和好评。

在模具设计实践中,本人总想将多年来从事模具设计的经验和体会撰写成书,以指导模具设计专业的学生进行课程设计和毕业设计。对从事模具设计的工程技术人员也有借鉴作用。但这一工作迟迟未能付诸行动。而科学是第一生产力的英明论断,却振奋了本人的精神,成为敦促本人勤奋耕耘,奋力拼搏的力量源泉。尤其是随着科学技术的发展和市场对复合型人才的需求,更增强了本人对1981年的油印本进行修改、补充、完善和提高了的决心。

当前,在由计划经济向市场经济过渡的关键时期,国有大中型企业正在进行改革,走入市场;乡镇企业如雨后春笋在祖国大地上星罗棋布,为大幅度提高我国的经济实力和综合国力而拼搏前进。但劳动者的素质还有待于提高。中央提出的“要使经济建设转移到依靠科技进步和提高劳动者素质的轨道上来”的号召是实现我国跨世纪建设蓝图的关键措施。

在激烈的市场竞争中,企业的效益完全取决于产品的质量,产品的质量没有工艺装备来保证,很难开发、生产第一流的产品。没有质量,就没有数量。靠作坊式的生产模式是不可能形成批量生产的。只有提高工艺装备的水平,才有可能降低成本,提高劳动生产率。。

初次设计冲模,难免会碰到许多问题,甚至无从下手。本书的出版为设计者提供了一条切实可行的捷径。设计者可通过书中介绍的内容和思路,依葫芦画瓢,顺藤摸瓜,循序渐进,即可完成冲模的设计工作。

本书主要阐述冲模设计的全过程。有步骤,有方法,有实例,有数据,是作者多年来实践经验的总结,有较强的科学性、系统性和实用性,是从事模具设计工程技术人员不可多得的设计参考书。

本书由孙卫和副教授、叶文丰高级工程师(研究员级)审稿。在编著过程中,南昌大学杨国泰教授、罗丽萍副教授还提出了许多宝贵意见。在此一并表示衷心的感谢!

由于水平有限,错误和不妥之处在所难免,竭诚欢迎读者批评指正。

编著者

1996年10月

目

1. 设计冲压零件图	(1)
2. 制定冲压工艺方案	(12)
2.1 分析零件的冲压工艺性	(12)
2.2 确定冲压工艺方案	(14)
2.3 选择冲模类型及结构形式	(15)
2.4 绘制模具草图	(39)
3. 确定原材料规格	(39)
3.1 选择冲裁件的排样方法	(39)
3.2 确定搭边值	(40)
3.3 计算条料宽度尺寸与公差	(41)
3.4 计算材料利用率	(42)
3.5 确定原材料规格	(42)
4. 选择设备吨位	(43)
4.1 计算冲裁力	(43)
4.2 计算卸料力、顶件力和推件力	(45)
4.3 计算弯曲力	(47)
4.4 计算拉延力和压边力	(48)
4.4.1 计算拉延力	(48)
4.4.2 计算压边力	(48)
4.5 计算成形力	(50)
4.5.1 计算校平力	(50)
4.5.2 计算整形力	(51)
4.5.3 计算起伏冲压力	(51)
4.5.4 计算缩口力	(51)
4.5.5 计算胀形力	(53)
4.5.6 计算翻边力	(53)
4.5.7 计算橡皮冲裁力	(54)
4.5.8 计算冷挤压力	(54)
4.6 计算模具压力中心	(55)
4.7 计算模具闭合高度	(57)
4.8 选择冲压设备	(58)
5. 选用与设计模具零件	(60)
5.1 选用标准零件	(60)
5.2 设计模座零件	(60)
5.3 设计模具工作零件	(69)

录

5.3.1 设计冲裁模工作零件	(69)
5.3.2 设计弯曲模工作零件	(82)
5.3.3 设计拉延模工作零件	(92)
5.3.4 设计翻边模工作零件	(106)
5.3.5 设计冷挤压模工作零件	(109)
5.4 设计定位、导向零件	(110)
5.5 设计卸料、顶件零件	(126)
5.6 设计改变运动方向的零件	(140)
5.7 设计弹簧、橡皮零件	(142)
5.8 选用与设计固定、联接零件	(144)
5.9 设计其它模具零件	(155)
5.9.1 设计垫板零件	(155)
5.9.2 设计凸模固定板零件	(155)
6. 绘制模具装配图	(159)
7. 拆绘模具零件图	(162)
8. 校核图纸、协调尺寸	(164)
9. 拟订冲压工艺规程	(164)
10. 标准化检查	(166)
附录 I 冲模设计实例	(167)
弹簧上垫的冲模设计	(167)
附录 II 设计参考资料及数据	(176)
附表 II.1 冲压常用材料的机械性能	(176)
附表 II.1.1 黑色金属材料的机械性能	(176)
附表 II.1.2 有色金属材料的机械性能	(177)
附表 II.1.3 非金属材料的抗剪强度	(178)
附表 II.1.4 加热时非金属材料抗剪强度	(178)

附表 II.1.5 各种金属材料在不同温度下的强度极限	(179)	配合极限偏差数值对照表	(186)
附表 II.2 冲压常用材料的规格	(180)	附表 II.3.2.4 部分旧国标和新国标基孔制过渡配合极限偏差数值对照表	(188)
附表 II.2.1 普通碳素钢冷轧与热轧薄钢板的规格和厚度公差	(180)	附表 II.3.2.5 部分旧国标和新国标基孔制间隙配合极限偏差数值对照表	(189)
附表 II.2.2 镀锌和酸洗钢板的规格和厚度公差	(181)	附表 II.3.3 冲压件常用自由公差	(191)
附表 II.2.3 电工用薄硅钢板的厚度公差	(181)	附表 II.3.4 冲模零件的加工精度及其配合	(191)
附表 II.2.4 普通碳素钢冷轧钢带的厚度和宽度公差	(182)	附表 II.3.5 冲模零件的表面粗糙度	(192)
附表 II.2.5 优质低碳钢冷轧钢带的厚度和宽度公差	(182)	附表 II.4 冲模常用材料及热处理要求	(192)
附表 II.2.6 冷轧黄铜板的厚度、宽度和长度公差	(183)	附表 II.4.1 凸、凹模常用材料及热处理要求	(192)
附表 II.2.7 铝板和铝合金板的厚度公差	(183)	附表 II.4.2 冲模一般零件的材料及热处理要求	(193)
附表 II.3 冲模零件常用公差、配合及表面粗糙度	(184)	附表 II.4.3 冲模常用材料的许用应力	(194)
附表 II.3.1 基准件公差	(184)	附表 II.5 冲模上有关螺钉孔尺寸与螺钉旋进深度	(194)
附表 II.3.1.1 新旧国标公差等级对照表	(184)	附表 II.5.1 容纳螺钉螺栓用的沉孔尺寸	(195)
附表 II.3.1.2 表面粗糙度新、旧标准对照表	(184)	附表 II.5.2 螺钉旋进深度	(195)
附表 II.3.1.3 基准件公差	(184)	附表 II.6 常用截面形状的面积(F)和最小轴惯性矩(J)的计算公式	(195)
附表 II.3.2 常用公差与配合	(185)	附表 II.7 常用截面的重心	(197)
附表 II.3.2.1 标准公差数值	(185)	附表 II.8 常用热处理和表面处理的名词解释	(198)
附表 II.3.2.2 基孔制优先常用配合	(186)	附表 II.9 常用材料国内外对照表	(199)
附表 II.3.2.3 部分旧国标和新国标基孔制过盈		主要参考文献	(200)

冲压是机械制造业中较先进的加工方法之一,其实质是利用冲模在机械压力机或液压机上对板料施加压力,使其分离或变形,从而得到所需零件的一种压力加工方法。

冲模是冲压生产不可缺少的工艺装备。冲模设计的好坏,直接影响产品的质量、生产效率的提高和操作的安全。

设计冲模时,一般应遵循以下程序和方法:

1. 设计冲压零件图
2. 制定冲压工艺方案
3. 确定原材料规格
4. 选择设备吨位
5. 选用与设计模具零件
6. 绘制模具装配图
7. 拆绘模具零件图
8. 校核图纸、协调尺寸
9. 拟订冲压工艺规程
10. 标准化检查

本书将按上述程序和设计方法分别阐述和说明。

1. 设计冲压零件图

1.1 “消化”产品零件图

1.1.1 分析产品零件的结构特点和技术要求。

1.1.2 分析产品零件的尺寸精度和表面位置要求。

1.1.3 了解产品零件的装配关系和工作条件。

1.2 查阅机械设计资料和数据

1.2.1 查阅零件所用材料的机械性能(见附录)。

1.2.2 查阅零件所用材料的其它性能(见附录)。

1.3 选定绘图比例

1.3.1 以比例 1:1 绘制冲压零件图。

1.3.2 根据需求和可能,冲压零件图可按比例放大,也可按比例缩小。

1.4 确定毛料尺寸与形状

用 1:1 的比例绘制冲裁件图。弯曲、拉延、成形件需要进行毛料展开,再确定冲裁件尺寸与形状。

1.4.1 冲裁件的毛料尺寸与形状 冲裁件一般为平板零件,通常不需进行计算,直接根据产品零件图设计。

1.4.2 弯曲件的毛料展开尺寸计算 弯曲件的毛料展开尺寸与中性层的位置有关。

当弯曲变形程度不大(R/t 很大)时,可以认为中性层

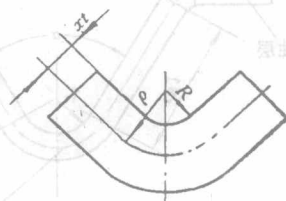


图 1.4.1 中性层位置

位于板料厚度的中心,其曲率半径为

$$\rho = R + \frac{t}{2} \quad (\text{毫米}) \quad (1.4.1)$$

式中 ρ ——曲率半径(毫米);

R ——制件弯曲半径(毫米);

t ——板料厚度(毫米)。

当弯曲变形程度很大(R/t 很小)时,中性层的位置随 R/t 的减小,向内侧移动(图 1.4.1),其中性层的曲率半径按下面的经验公式计算:

$$\rho = R + xt \quad (\text{毫米}) \quad (1.4.2)$$

式中 x ——中性层位移系数,可在表 1.4.1 中查取。

表 1.4.1 中性层的位移系数

$\frac{R}{t}$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1	1.2
x	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.28	0.3	0.32	0.33
$\frac{R}{t}$	1.3	1.5	2	2.5	3	4	5	6	7	≥ 8
x	0.34	0.36	0.38	0.39	0.4	0.42	0.44	0.46	0.48	0.5

注:表内未有的数字取小值。

中性层的位置确定后,就可以进行弯曲件毛料长度的计算。求毛料长度分两种情况:

①具有一定圆角半径的弯曲(图 1.4.2)

毛料展开尺寸等于弯曲件直线部分长度和圆弧部分长度之和。即:

$$L = \Sigma l_{\text{直}} + \Sigma l_{\text{弯}} \quad (1.4.3)$$

式中 L ——弯曲件毛料长度(毫米);

$\Sigma l_{\text{直}}$ ——弯曲件各直线段之和(毫米);

$\Sigma l_{\text{弯}}$ ——各弯曲部分中性层的展开长度之和(毫米)。

$$l_{\text{弯}} = \frac{\pi \varphi}{180^\circ} (R + xt) \quad (1.4.4)$$

式中 $\varphi = 180^\circ - \alpha$;

α ——弯曲角。

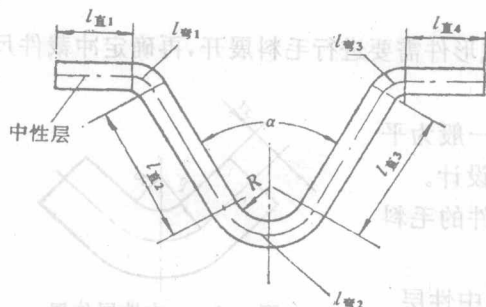


图 1.4.2 有圆角半径的弯曲

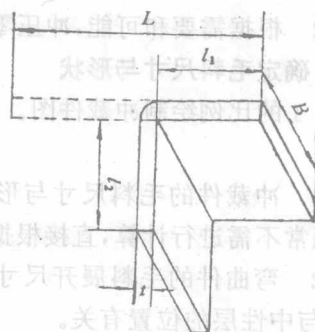


图 1.4.3 无圆角半径的弯曲

②无圆角半径的弯曲(图 1.4.3)

无圆角半径或圆角半径很小($R < 0.5t$)的弯曲件,其毛料尺寸是根据毛料与制件体积相等,并考虑到弯曲处材料变薄情况而求得的。在这种情况下,毛料长度等于各直线段长度之和再加上弯角处的长度。即:

$$L = \sum l_{\text{直}} + Knt \quad (1.4.5)$$

式中 L ——毛料长度(毫米);

$\sum l_{\text{直}}$ ——各直线段长度之和(毫米);

n ——弯角数目;

t ——料厚(毫米);

K ——在单角弯曲时 介于 0.48~0.5 之间;

在双角弯曲时 介于 0.45~0.8 之间;

在多角弯曲时 取 0.25;

塑性很大的金属弯曲时 取 0.125。

例题 1.4.1 弯曲如图 1.4.4 所示零件,试求其毛料的展开长度。

解 毛料展开长度公式为:

$$L = \sum l_{\text{直}} + \sum l_{\text{弯}}$$

式中 $\sum l_{\text{直}} = AB + CD$

$$\sum l_{\text{弯}} = \widehat{BD}$$

$$AB = AE - BE$$

$$= 50 - (R+t) \operatorname{ctg} \frac{60^\circ}{2}$$

$$= 50 - (10+5) \operatorname{ctg} 30^\circ = 24.02$$

$$CD = CE - DE = 38 - (R+t) \operatorname{ctg} \frac{60^\circ}{2} = 38$$

$$- (10+5) \operatorname{ctg} 30^\circ = 12.02$$

$$\widehat{BD} = \frac{\pi \varphi}{180^\circ} (R+xt) = \frac{3.14(180^\circ - 60^\circ)}{180^\circ} (10 + 0.38 \times 5) = 24.87$$

(当 $R/t=2$ 时,查表 1.4.1, $x=0.38$)

整个毛料长度:

$$L = 24.02 + 12.02 + 24.87 = 60.91 \text{ 毫米}$$

例题 1.4.2 计算图 1.4.5

所示无圆角的多角弯曲件的毛料展开长度 L 。

解 无圆角半径的弯曲件,其毛料展开长度计算公式为:

$$L = \sum l_{\text{直}} + Knt$$

$$= 15 + 25 + 6 + 30 + 8 + 10$$

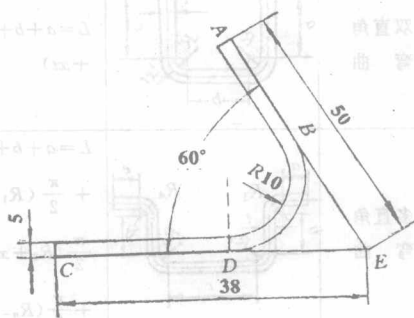


图 1.4.4 60°角弯曲件

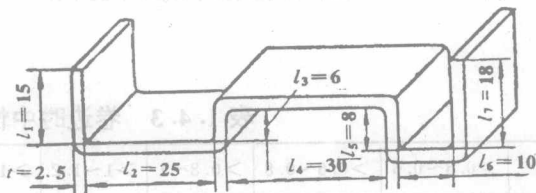


图 1.4.5 无圆角多角弯曲件

$$+18+0.25 \times 6 \times 2.5$$

$$=112+3.75$$

$$=115.75(\text{毫米})$$

为了计算的方便,弯曲件毛料长度展开公式可在有关表中查到(表 1.4.2)。但应指出,表内所列公式仅适用于一般精度要求的弯曲件,这是因为公式中忽略因素较多(如材料性质、变形速度、模具结构、弯曲方式等)。因此,对于尺寸精度要求较高的弯曲件,其毛料长度应在计算的基础上,进行试弯修正,即先做出弯曲模,对几种长度不同的毛料进行试弯,最后确定毛料尺寸。

表 1.4.2 弯曲件毛料展开长度公式

弯曲方式	简 图	公 式	弯曲方式	简 图	公 式
单直角弯曲		$L = a + b + \frac{\pi}{2}(R + xt)$	半圆弯曲		$L = a + b + \pi(R + xt)$
双直角弯曲		$L = a + b + c + \pi(R + xt)$	铰链式弯曲		$L = 1.5\pi(R + xt) + R + a$
多直角弯曲		$L = a + b + c + \dots + e + \frac{\pi}{2}(R_1 + x_1t) + \frac{\pi}{2}(R_2 + x_2t) + \dots + \frac{\pi}{2}(R_{n-1} + x_{n-1}t)$	无圆角直角弯曲		$L = a + b + \frac{\pi}{4}t$

例题 1.4.3 计算图 1.4.5 所示铰链的展开尺寸。图中 $t=2.5$ (毫米)、 $R=3.1$ (毫米)、 $a=92.2$ (毫米)。

解 铰链毛料展开长度的计算和一般弯曲件尺寸计算相似,所不同的只是中性层由板料厚度中间向弯曲外层移动。因此中性层位移系数变为 x_0 ,其值可在表 1.4.3 中查得。

查表 1.4.2 铰链毛料长度展开公式为

$$L = 1.5\pi(R + x_0t) + R + a$$

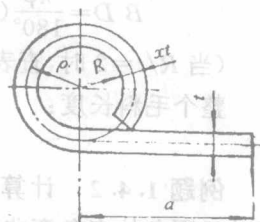


图 1.4.5 铰链

表 1.4.3 卷边时中性层位移系数 x_0

$\frac{R}{t}$	$>0.5 \sim 0.6$	$>0.6 \sim 0.8$	$>0.8 \sim 1$	$>1 \sim 1.2$	$>1.2 \sim 1.5$	$>1.5 \sim 1.8$	$>1.8 \sim 2$	$>2 \sim 2.2$	>2.2
x_0	0.76	0.73	0.7	0.67	0.64	0.61	0.58	0.54	0.5

按 $R/t=1.24$ 查表 1.4.3 $x_0=0.64$,并将其它已知数代入上式

$$L=1.5 \times 3.14(3.1+0.64 \times 2.5)+3.1+92.2=117.44(\text{毫米})$$

1.4.3 拉延件毛料尺寸的确定 计算拉延件毛料尺寸的方法很多,常用的是等面积法,即根据假设制件面积和毛料面积相等的原则计算毛料。

①简单旋转体拉延件(筒形件)的毛料尺寸计算

如图 1.4.6 所示筒形件,其毛料尺寸求法如下:

筒形件为旋转体零件,通常将旋转体分成几个简单的部分,然后求其面积和。

筒形件的面积为:

$$F_1=f_1+f_2+f_3 \quad (1.4.6)$$

式中 $f_1=\pi d_2 h$ ……筒形面积(毫米²);

$$f_2=\frac{\pi}{4}(2\pi d_1 r+8r^2) \cdots \cdots \text{四分之一球环带表面积} \\ (\text{毫米}^2);$$

$$f_3=\frac{\pi d_1^2}{4} \cdots \cdots \text{筒底面积(毫米}^2)。$$

$$\text{毛料面积为: } F=\frac{\pi D^2}{4} (\text{毫米}^2)$$

式中 D ——毛料直径。

根据面积相等原则

$$F=F_1$$

$$\text{即: } \frac{\pi D^2}{4}=\pi d_2 h+\frac{\pi}{4}(2\pi d_1 r+8r^2)+\frac{\pi d_1^2}{4}$$

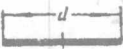
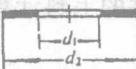
因此,毛料直径为:

$$D=\sqrt{d_1^2+2\pi d_1 r+8r^2+4d_2 h} \quad (1.4.7)$$

为计算方便,简单几何形状的表面积公式可从表 图 1.4.6 筒形件毛料尺寸的确定

1.4.4 中查取。

表 1.4.4 简单几何形状的表面积公式

序号	名称	简图	表面积
1	圆片		$\frac{\pi d^2}{4}$
2	环		$\frac{\pi}{4}(d_2^2-d_1^2)$
3	圆筒		$\pi d h$
4	圆锥		$\frac{\pi d l}{2}$

(续表 1.4.4)

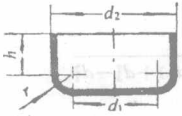
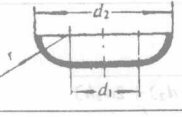
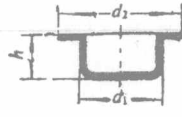
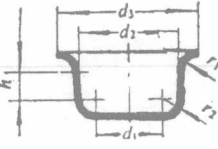
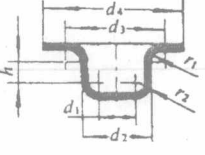
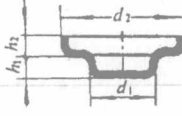
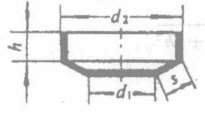
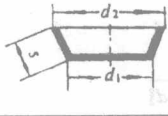
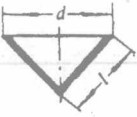
序号	名称	简图	表面积
5	圆锥台		$\frac{\pi L}{2}(d+d_1)$
6	半球面		$2\pi r^2$
7	球面片		$2\pi rh$
8	球面带		$2\pi Rh$
9	四分之一球带 (凸)		$\frac{\pi}{4}(2\pi Dr+8r^2)$
10	四分之一球带 (凹)		$\frac{\pi}{2}(\pi Dr+2.28r^2)$ 或 $\frac{\pi}{4}(2\pi D_1r-8r^2)$
11	部分球带 (凸)		$\pi(DL+2rh)$ 其中 $L=\frac{\pi r\alpha}{180^\circ}$ $=0.017r\alpha$
12	部分球带 (凹)		$\pi(DL-2rh)$ 其中 $L=\frac{\pi r\alpha}{180^\circ}$ $=0.017r\alpha$

根据上述计算方法,一些规则的旋转体零件的毛料计算公式已列在有关表格中。表 1.4.5 为规则旋转体零件毛料直径的计算公式。

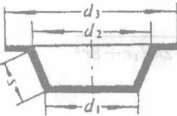
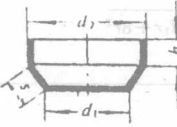
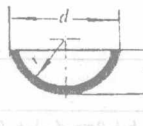
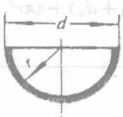
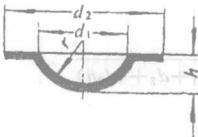
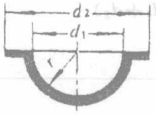
表 1.4.5 规则旋转体零件毛料直径的计算公式

序号	零件形状	毛料直径 D
1		$\sqrt{d^2+4dh}$

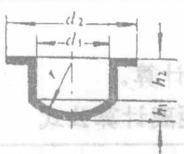
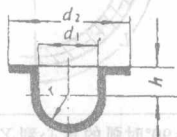
(续表 1.4.5)

序号	零件形状	毛料直径 D
2		$\sqrt{d_1^2 + 4d_2h + 2\pi d_1r + 8r^2}$
3		$\sqrt{d_1^2 + 2\pi d_1r + 8r^2}$
4		$\sqrt{d_2^2 + 4d_1h}$
5		$\sqrt{d_1^2 + 2\pi r_2d_1 + 8r_2^2 + 4d_2h + 2\pi r_1d_2 + 4.56r_1^2}$ 若 $r_1 = r_2 = r$ $\sqrt{d_1^2 + 4d_2h + 2\pi r(d_1 + d_2) + 4\pi r^2}$
6		$\sqrt{d_1^2 + 2\pi r_2d_1 + 8r_2^2 + 4d_2h + 2\pi r_1d_2 + 4.56r_1^2 + d_3^2 - d_3^2}$ 若 $r_1 = r_2 = r$ $\sqrt{d_1^2 + 4d_2h + 2\pi r(d_1 + d_2) + 4\pi r^2 + d_3^2 - d_3^2}$
7		$\sqrt{d_2^2 + 4(d_1h_1 + d_2h_2)}$
8		$\sqrt{d_1^2 + 2s(d_1 + d_2 + 4d_2h)}$
9		$\sqrt{d_1^2 + 2s(d_1 + d_2)}$
10		$\sqrt{2dl}$

(续表 1.4.5)

序号	零件形状	毛料直径 D	
11		$\sqrt{d_1^2 + 2s(d_1 + d_2) + d_3^2 - d_2^2}$	
12		$\sqrt{d_1^2 + 2[s(d_1 + d_2) + 2d_2h]}$	
13		$\sqrt{d^2 + 4h^2}$	
14		$\sqrt{2d^2} = 1.414d$	
15		$1.414 \sqrt{d^2 + 2dh}$	
16		$\sqrt{d_2^2 + 4h^2}$	
17		$\sqrt{d_1^2 + d_2^2}$	

(续 1.4.5)

序号	零件形状	毛料直径 D
18		$\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + 4d_1h}$
19		$\sqrt{d^2 + 4(h_1^2 + dh_2)}$
20		$\sqrt{d_2^2 + 4(h_1^2 + d_1h_2)}$

②复杂形状旋转体拉延件毛料直径的计算

如果旋转体形状复杂,在有关表格中查不到,就需用计算法来求出。这里关键的问题是求旋转体拉延件的表面积。任何旋转体的表面积计算方法,可用久里金法则求出。

久里金法则提供了如下计算旋转体面积的公式:

$$F' = 2\pi Lx$$

即任何形状的母线 AB 绕轴 YY 旋转所得到的旋转体面积(图 1.4.7),等于母线长度 L 与其重心绕轴线旋转所

得周长 $2\pi x$ 的乘积。

设:毛料面积为 F , 则 $F = \frac{\pi D^2}{4}$ 。

根据拉延件拉延前后面积相等的假设,即:

$$\frac{\pi D^2}{4} = 2\pi Lx$$

$$D = \sqrt{8Lx}$$

(1.4.8)

式中 L ——零件母线长度(毫米);

x ——母线的重心到轴线的距离(毫米)。

由上述可知,如果知道母线长度 L 和母线重心到旋转轴的距离 x 就可以算出毛料的直径了。

求母线长度和重心位置的方法有三种:

a. 解析法

这种方法是将母线分成简单的直线和圆弧,算出直线长度和圆弧长度(可以从有关表中查出),再求出直线和圆弧重心到轴线的距离(也可以从有关表中查出),然后按下面公式计算。

即:

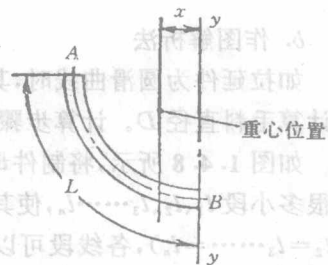


图 1.4.7 旋转体母线

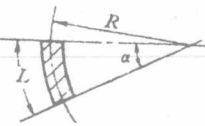
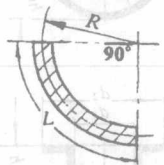
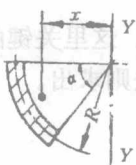
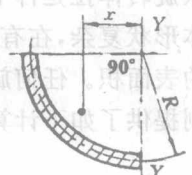
$$D = \sqrt{8 \sum l_n x_n} \quad (1.4.9)$$

式中 l_n ——各线段长度(毫米);

x_n ——各线段重心到旋转轴距离(毫米)。

圆弧长度和其重心到旋转轴的距离可按表 1.4.6 中公式计算。

表 1.4.6 圆弧长度和重心到旋转轴的距离计算公式

中心角 $< 90^\circ$ 时的弧长	中心角 $\alpha = 90^\circ$ 时的弧长
$L = \pi R \frac{\alpha}{180^\circ}$	$L = \frac{\pi}{2} R$
	
中心角 $< 90^\circ$ 时弧的重心到 YY 轴的距离	中心角 $\alpha = 90^\circ$ 时弧的重心到 YY 轴距离
$x = R \frac{180^\circ \cdot \sin \alpha}{\pi \alpha} \quad x = R \frac{180^\circ (1 - \cos \alpha)}{\pi \alpha}$	$x = \frac{2}{\pi} R$
	

b. 作图解析法

如拉延件为圆滑曲线时,其母线长度和重心到旋转轴距离可用作图法量出,然后按以上公式计算毛料直径 D 。计算步骤如下:

如图 1.4.8 所示,将制件母线放大若干倍,并分成很多小段 $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$,使其各段近似相等(即: $l_1 = l_2 = l_3, \dots = l_n$),各线段可以认为是直线,其重心即为线段中心,线段长度和重心到旋转轴距离可从图上量取,然后将其代入公式:

$$D = \sqrt{8 \sum l_n x_n} \quad (1.4.10)$$

即可求得毛料直径 D 。

c. 作图法

用作图法求拉延件毛料直径 D 的方法,如图

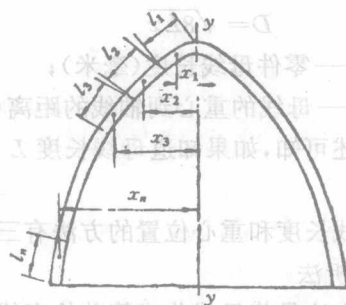


图 1.4.8 母线为圆滑曲线的拉延件

其作图步骤如下:

首先是将拉延件母线放大,并分成若干线段(直线或圆弧) l_1, l_2, l_3, l_4, l_5 ,找出各线段重心。其次是按照各线段的长度依次连成一条直线 AB ,使其平行旋转轴 $Y-Y$,并自线段各点与

任意一点 O 作连线 6、7、8、9、10、11。

三是通过各线段重心分别作回转轴 $Y-Y$ 的平行线 1、2、3、4、5。然后从 $Y-Y$ 轴上的任意一点开始依次作 6、7、8、9、10、11 的平行线 6'、7'、8'、9'、10'、11'。

四是直线 6' 与 11' 的交点 S 即为母线重心的位置，该点到轴线的距离 x 即为母线的旋转半径。

五是前面公式 $D = \sqrt{8Lx}$ 作如下推导：

$$D^2 = 8Lx$$

$$(2R)^2 = 4L(2x)$$

$$R^2 = L \cdot 2x \quad (1.4.11)$$

式中 R ——毛料半径(毫米)；

L ——拉伸件母线长度(毫米)；

$2x$ ——拉伸件旋转直径(毫米)。

该式说明毛料半径为拉伸件旋转直径与母线长度的比例中项，因此将直线 AB

长度延长至 C ，取 $BC = 2x$ ，并以 AC 为直径作半圆，再通过 B 点作 AC 的垂线与圆弧交于 D ，则 BD 之长即为毛料的半径 R 。

以上所述为确定旋转体拉伸毛料直径的方法。应当指出，毛料形状和尺寸大小不仅关系到材料节约问题，也影响到制件的质量。过大的毛料，变形困难，易使制件破裂。毛料尺寸小了，不能保证制件的形状和尺寸要求。确定拉伸件的毛料尺寸时，一般可先根据面积相等的原则算出需要的尺寸，再通过实践(试拉)的结果加以修改。

拉伸后的制件口缘部分不是平直的，经常会出现不同程度的波齿形。因此，对精度要求高的拉伸件在计算毛料尺寸时，应当考虑加上一定的修边余量。

修边余量的数值可参考表 1.4.7 和表 1.4.8。

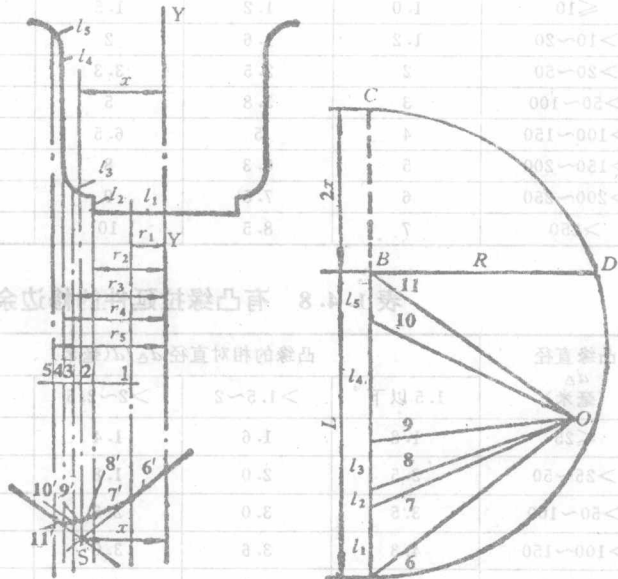


图 1.4.9 求毛料尺寸的作图法