

机械工人学习材料

冲床工作压力计算

张耀卿 编著

机械工业出版社

内容提要 这本小册子系统地介绍了冲压工作的冲床压力吨位的计算方法。内容包括冲床最大压力吨数的计算，冲裁力、压延力、弯曲力以及压印力的计算。叙述简明扼要，资料实用，可供冲床工作者作为学习材料。

冲床工作压力计算

张耀卿 编著

*

机械工业出版社出版（北京阜成门内百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可証出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ · 印张 $1\frac{3}{8}$ · 字数 29 千字

1960年2月北京第一版·1974年1月北京重排第二次印刷

印数 6,051—96,050 · 定价 0.12 元

*

统一书号：15033·3158

毛 主 席 语 录

红与专、政治与业务的关系，是两个对立物的统一。一定要批判不问政治的倾向。一方面要反对空头政治家，另一方面要反对迷失方向的实际家。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

目 次

一	冲床最大压力吨数计算.....	1
	1 单曲轴冲床最大压力吨数计算(1)——2 摩擦压力机最大压力吨数计算(2)——3 手动螺杆式压力机最大压力吨数计算(3)	
二	冲裁力计算.....	3
	1 冲裁力基本公式(3)——2 阶级冲头的冲裁力(17)——3 斜刃模的冲裁力(19)——4 热冲的冲裁力(23)——5 条料或工件从冲头上脱下所需的力(25)——6 工件或废料从凹模中推出所需的力(27)——7 可能冲裁的最小尺寸(29)	
三	压延力计算.....	31
	1 压延力(31)——2 压边力(33)——3 孔的翻边力(36)	
四	弯曲力计算.....	37
	1 不带校整的弯曲力(37)——2 带校整的弯曲力(38)	
五	压印力计算.....	39

冲压是一种先进的生产工艺，它能在瞬时的冲击下完成复杂的工序，得到形状复杂的零件；而且用料经济，生产效率特别高，在生产中扩大冲压工艺的应用范围具有很大的意义。在冲压中，选择冲床吨位是一件很重要的工作。对于某种工件，我们要能计算出它所需要的冲床压力多少，以便适当地选择冲床，既保证床子安全又能发挥床子的潜力。如果遇到冲床吨位太小不能胜任我们所要冲压的工件时，设法减低工件的冲压压力，以小干大，解决设备不足的问题，也具有很大的意义。在这本小册子里我们就来谈谈这方面的问题。

一 冲床最大压力吨数计算

冲床的压力吨数在冲床说明书或名牌上总是已经记载好了，这时就不必再去计算；但是如果遇到旧冲床不明白它的最大压力吨数时，就需要进行计算，以便在工作中适当选用。现在介绍常用的三种冲压机床的最大压力估算方法。

1 单曲轴冲床最大压力吨数计算

一、按曲轴直径计算

$$P = 0.5 D^2 \quad (1)$$

式中 P ——最大压力吨数；

D ——曲轴直径(厘米)。

二、按调整螺杆直径计算

$$P = (d - 0.5)^2 \quad (2)$$

式中 d ——调整螺杆直径(厘米)。

上面两个公式计算的结果很可能不会一样,但相差有限,为了安全起见,可以取较小的数值作为冲床的吨位。

例 1 一部单曲轴冲床曲轴直径 7.1 厘米,调整螺杆直径 5.5 厘米,试计算最大压力吨数是多少?

解 按公式 (1)

$$P = 0.5 D^2 = 0.5 \times 7.1^2 = 0.5 \times 50.41 = 25.2 \text{ 吨}$$

按公式 (2)

$$P = (d - 0.5)^2 = (5.5 - 0.5)^2 = 5^2 = 25 \text{ 吨}$$

因此可以决定这部冲床最大压力是 25 吨。

例 2 一部单曲轴冲床曲轴直径 5.7 厘米,调整螺杆直径 4.5 厘米,试计算最大压力吨数是多少?

解 按公式 (1)

$$P = 0.5 D^2 = 0.5 \times 5.7^2 = 0.5 \times 32.49 = 16.25 \text{ 吨}$$

按公式 (2)

$$P = (d - 0.5)^2 = (4.5 - 0.5)^2 = 4^2 = 16 \text{ 吨}$$

因此可以决定这部冲床最大压力是 16 吨。

2 摩擦压力机最大压力吨数计算

摩擦压力机最大压力吨数可按升降螺杆直径用下式计算:

$$P = 0.5 D^2 \quad (3)$$

式中 D ——升降螺杆直径(厘米)。

例 一部摩擦压力机升降螺杆直径 10 厘米,问它的最大压力吨数是多少?

解 按公式 (3)

$$P = 0.5D^2 = 0.5 \times 10^2 = 50 \text{ 吨}$$

答 这部摩擦压力机最大压力是 50 吨。

3 手动螺杆式压力机最大压力吨数计算

手动螺杆式压力机最大压力吨数可按升降螺杆直径用下式计算：

$$P = 0.25D^2 \quad (4)$$

式中 D ——升降螺杆直径(厘米)。

例 手动螺杆式压力机升降螺杆直径 8 厘米，问其最大压力是多少？

解 按公式 (4)

$$P = 0.25D^2 = 0.25 \times 8^2 = 0.25 \times 64 = 16 \text{ 吨}$$

答 这部手动螺杆式压力机最大压力是 16 吨。

二 冲裁力计算

1 冲裁力基本公式

外形落料及冲孔等冲裁工作所需的压力计算的基本方法是被冲裁的切断面积乘材料的抗剪强度，而冲裁的切断面积也就是等于冲裁周长乘材料厚度，因此我们得出冲裁力基本公式：

$$P = LS\tau \quad (5)$$

式中 P ——所需冲裁力(公斤)；

L ——冲裁周长(毫米)；

S ——材料厚度(毫米)；

τ ——材料抗剪强度 (公斤/毫米²)。

但选择冲床压力吨位需比计算出来的冲裁力 P 大些，这是因为考虑到冲压中刃边的钝化、材料厚度及性质（强度）的不均匀及其他现象，尤其是在没有计入从凹模中推出工件或废料所需的力量 P_2 （见本章 6 “工件或废料从凹模中推出所需之力” 一节）时，或没有计入顶料弹性装置（如橡皮、弹簧）的压缩力量时更需要选择压力吨位比计算出来的冲裁力大些的冲床，一般可用下式计算：

$$P_n = 1.3P \quad (6)$$

式中 P_n ——选择冲床压力吨位；

P ——计算出来的冲裁力(吨)。

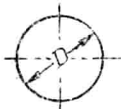
要计算所需冲裁力首先要知道哪些因素呢？从公式（5）可以看出要先知道 L 、 S 和 τ 三个因素，这三个因素当中，材料厚度 S 是很容易知道的，但周长 L 和抗剪强度 τ 的数值的求得比 S 稍微麻烦一些，现在分别介绍如下：

一、周长 L 的计算

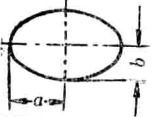
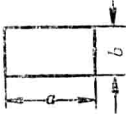
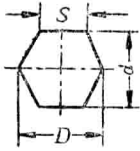
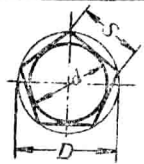
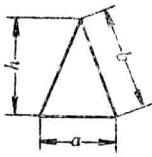
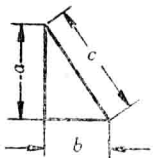
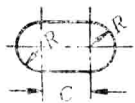
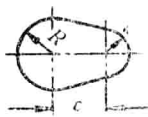
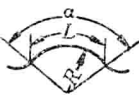
1. 简单几何形状的周长——简单几何形状的周长可按照几何定理把它求出来，常遇到的几何形状周长计算公式如表 1 所示。

2. 复杂及不规则曲线周长求法——复杂的几何形状，例如由很多半径不同的圆弧及直线相连接成的曲线图形，可以分段用表 1 中的公式分别求出各部分长度，然后加起来。但这样做法很麻

表 1 常用几何形状周长计算公式

图 形	名称	周 长 L	图 形	名称	周 长 L
	圆	$L = \pi D$		正方形	$L = 4a$

(续)

图 形	名称	周 长 L	图 形	名称	周 长 L
	椭圆	$L = \pi \sqrt{2(a^2 + b^2)}$		长方形	$L = 2(a + b)$
	正六边形	$L = 3D$ 或 $L = 6S$ $L = 3.46d$		正三角形	$L = 3S$
	正 n 边形	$L = nS$ 或 $L = nD \sin \frac{180^\circ}{n}$ $L = nd \operatorname{tg} \frac{180^\circ}{n}$		等腰三角形	$L = a + 2b$ 或 $L = a + \sqrt{a^2 + 4h^2}$
	直角三角形	$L = a + b + c$ 或 $L = a + b + \sqrt{a^2 + b^2}$ $L = a + c + \sqrt{c^2 - a^2}$ $L = b + c + \sqrt{c^2 - b^2}$		扇形	$L = \frac{\pi R \alpha}{180} + 2R$
	长圆形	$L = 2(\pi R + c)$		弓形	$L = \frac{\pi R \alpha}{180} + 2R \sin \frac{\alpha}{2}$
	皮带形	$L = \pi(R + r) + 2c + \frac{(R - r)^2}{c}$		圆弧	$L = \frac{\pi R \alpha}{180}$

烦，很费时间，而且又容易算错，至于不规则曲线图形的周长更无法用简单的公式来计算。当我们遇到这两种情况时，不必去采用复杂的计算方法，可以采用简便实用的“围测法”来求出周长，就是在实物上或按比例绘成的图纸上用细线或细铁丝沿着曲线绕一周，围成封闭曲线，然后再拉直量出这根细线或细铁丝的长度，就是所要求的周长 L 。但要注意，如果图纸不是 1:1 的，围测后长度应该乘上比例的倒数，例如缩小比例 1:2 的图纸，围测后长度应该乘上 2，1:5 的图纸围测后要乘上 5，又如放大比例 2:1 的图纸围测后要乘上 $\frac{1}{2}$ ，余类推。如果曲线形状是对称的话，只要围测一半，以后乘上 2 即可。由于计算冲裁力的精确度不需要很高，事实上很多因素（例如材料性质、模口情况、润滑情况等）使计算结果和实际需要力量不可能完全符合，所以这种围测法求出的周长用于计算冲裁力已够准确。这方法非常简便迅速而实用，在很多情况下我们推荐采用这种方法来求周长。

二、材料抗剪强度的求法

1. 查表法——金属材料有明确牌号的可以查表 3~5，没有明确牌号的查表 2、非金属材料可查表 6。

2. 近似算法——一般材料手册上并没有列出抗剪强度 τ 而只列出抗张强度 σ_b 及其他机械性质，我们可以用经验公式从 σ_b 算出 τ 的近似值来。当然这仅是近似值，与实际测定的抗剪强度是有出入的，准确数值应从试验得到。下面的经验公式供参考：

对于铜、黄铜、青铜 $\tau = 0.87\sigma_b \quad (7)$

对于铝 $\tau = 0.75\sigma_b \quad (8)$

对于硬铝 $\tau = 0.6\sigma_b \quad (9)$

对于钢 $\tau = 0.86\sigma_b \quad (10)$

钢还可以测出其布氏硬度 HB 的数值用下面近似公式计算

表 2 各种材料抗剪强度及挤入深度

材 料	抗剪强度 τ (公斤/毫米 ²)		挤入深度 h_n (%)	
	退 火	硬 化	退 火	硬 化
含碳0.1%的钢板	25	32	50	38
含碳0.2%的钢板	32	40	40	28
含碳0.3%的钢板	36	48	33	22
含碳0.4%的钢板	45	56	27	17
含碳0.6%的钢板	56	72	20	9
含碳0.8%的钢板	72	90	15	5
含碳1.0%的钢板	80	105	10	2
硅钢	45	56	30	—
不锈钢	52	56	—	—
青铜板	36	50	25	17
德银(铜锌镍合金)	32	50	—	—
黄铜	25	38	50	20
紫铜	20	28	55	30
杜拉铝	22	38	50	30
铝	10	15	50	30
镁合金(在常温下)	14	16	15	12
镁合金(加热到300°C)	5	7	75	—
锌	12	20	50	25
铅	2~3		50	
锡	3~4		40	

表3 冷压用黑色金属的机械性能

材 料 名 称	牌 号	材 料 状 态	抗剪强度 τ (公斤/毫米 ²)	抗拉强度 σ_b (公斤/毫米 ²)
普通碳素钢薄钢板 (见GB912-66)	B2		30~36	34~42
	B3		32~40	38~47
	B4		36~45	42~52
	B5		44~53	50~62
优质碳素结构钢薄钢板 (见GB710-65)	05F	拉延级别: S 和 P	22~24	26~28
	08F	拉延级别: Z	22~31	26~36
	08, 08b		24~34	28~39
	10F		24~36	28~42
	10		26~38	30~44
	15F		28~40	32~46
	15, 20F		30~42	34~48
	25		35~48	40~55
	30		38~53	45~60
	35		44~56	50~65
	40		45~58	52~67
	45		48~60	55~70
	50		48~63	55~73
低碳钢冷轧钢带 (见YB209-63)	08,	特软(TR)	24~34	28~40
	10,	软(R)	28~40	33~45
	B1	半软(BR)	32~44	38~50
		低硬(dI)	36~48	42~55
碳素结构钢冷轧钢带 (见YB207-65)		硬(I)	50~70	58~80
	15	再结晶退火(T)	28~43	32~50
	20		28~47	32~55
	25		30~52	35~60
	30		35~52	40~60
	35		35~56	40~65
	40~45		38~60	45~70
	50~70		38~65	45~75

表 4 冷压用有色金属及合金的机械性能

材料名称	材料形状	状 态	牌 号	抗剪强度 τ (公斤/ 毫米 ²)	抗拉强度 σ_b (公斤/ 毫米 ²)	延 伸 率 δ_{10} (%)
黄铜	板料、条料 及卷料	冷辗的, 软的	H68	26	30	40
			H62	26	30	35
			HPb59-1	30	35	25
		冷辗的, 半硬 的	H68	30	35	25
			H62	33	38	20
			冷辗的, 硬的	H68	34	40
H62	36	42		10		
HPb59-1	40	45		5		
锰黄铜	板料及卷料	软的	HMn58-2	34	39	30
		半硬的		40	45	25
		硬的		52	60	3
锡磷和锡 锌青铜	条料及卷料	软的	QSn6.5-0.1	26	30	38
		硬的	QSn4-3	48	55	5
		特硬的		50	65	2
铝青铜	卷料	退火的	QA17	52	60	10
		未退火的		56	65	5
紫铜	板料及卷料	软的	T1, T2, 和 T3	18	21	30
		硬的		26	30	3
镍	板料及卷料	软的	N2, N4, N6, N7	35	40	35
		硬的	N8	47	55	2
德银	板料及卷料	软的		30	35	35
		硬的		48	55	1
		特硬的		56	65	1
锌	板料		Zn1~Zn5	12~20	14~23	40~36
铅	板料		Pb1~Pb6	2~3	2.5~4	50~40

表5 冷轧铝及铝合金板材机械性能

牌 号	材 料 状 态	抗 剪 强 度 τ (公斤/毫米 ²)	抗 拉 强 度 σ_b (公斤/毫米 ²)
特二号铝 一号铝	退火	5.5	7
特二号铝 一号铝 二号铝	冷作硬化	11 11 10	15 14.5 12.5
L4, L6		8	11
LF2	退火 半冷作硬化 冷作硬化	12 15 16	23 24 27
LF21	退火 半冷作硬化 冷作硬化	7~9 9~13 11	11~15 15~22 19
LD2	退火 淬火自然时效 淬火人工时效	9 11 20	15 20 30
LY11	退火 淬火自然时效	15 22	24 28
LY12	退火 淬火自然时效 淬火自然时效后冷 作硬化	15 26 30	24 43.5 46.5

$$\tau = 0.31HB \quad (11)$$

上面已经说过冲床压力需比计算得到的冲裁力大些，一般来说是乘上系数1.3〔见公式(6)〕。因此在只知道抗拉强度 σ_b 而不知道抗剪强度 τ 时，也可以用 σ_b 代替 τ 而不必去用上面的公式

表 6 非金属材料用模子冲裁时的抗剪强度

材 料	抗 剪 强 度 τ (公斤/毫米 ²)	抗 拉 强 度 σ_b (公斤/毫米 ²)
纤维板 { 普通的	12	—
纤维板 { 硬的	17	—
纸 { 普通的	2~3	—
纸 { 硬的	2.5~4	—
硬纸板	3~6	5~7
硬橡胶	3	—
赛璐珞	6	—
白氏胶木(电木)	3~7	3.5~7.5
夹纸胶木	7~11	8~13
夹布胶木	8~15	9~13.5
压板	7~8	4~3
人造云母	10	18~2
橡皮	0.6~1	—
皮革	5.4	—

计算 τ (因 $\sigma_b > \tau$)，即：

$$P_n = LS\sigma_b \quad (12)$$

3. 冲两种相叠材料时的抗剪强度——如果有两种不同的材料相叠在一起冲裁，则两种材料合成的抗剪强度可用下式来计算：

$$\tau = \frac{\tau_1 S_1 + \tau_2 S_2}{S_1 + S_2} \quad (13)$$

式中 τ_1 ——第一种材料抗剪强度 (公斤/毫米²)；

τ_2 ——第二种材料抗剪强度 (公斤/毫米²)；

S_1 ——第一种材料厚度 (毫米)；

S_2 ——第二种材料厚度 (毫米)；

τ ——合成的抗剪强度 (公斤/毫米²)。

在计算两种相叠材料之冲裁力时可以用上面公式所求得的合成抗剪强度来计算，但也可以把上下两块的冲裁力分别计算以后

再加起来。一般来说，后一种方法还比较简便些(在后面例 10 中可以看出)。

以上我们分别介绍了求周长的各种计算公式和围测法以及求抗剪强度的方法，下面我们举几个实例应用以上的方法来求冲裁力。

例 1 在厚 3 毫米钢号 20 F 的薄钢板上冲出 $\phi 50$ 的圆形工件(图 1)，问冲裁力有多少吨？

解 周长 $L = \pi D = 3.1416 \times 50$
 $= 157 \text{ 毫米}$

查表 4，钢号 20 F 薄钢板的抗剪强度 $\tau = 30 \sim 42 \text{ 公斤/毫米}^2$ ，取 $\tau = 40$ ，代入公式 (5) 得：

$$P = LS\tau = 157 \times 3 \times 40 = 18840 \text{ 公斤}$$

$$= \frac{18840}{1000} \text{ 吨} \approx 19 \text{ 吨}$$



图 1

以后在计算出公斤数后只要从个位起点三位小数点就是吨数，如果本来有小数点的，只要把小数点往左移 3 位就是吨数。

例 2 在厚 1 毫米软黄铜皮上冲制椭圆形牌子(图 2)，长轴 100 毫米，短轴 70 毫米，问需要多大的压力？

解 按表 1 中椭圆周长公式：

$$L = \pi \sqrt{2(a^2 + b^2)} = \pi \sqrt{2(50^2 + 35^2)}$$

$$= 3.1416 \times 86.3 = 271 \text{ 毫米}$$

在表 4 中查软黄铜的抗剪强度 τ ，取 $\tau = 30 \text{ 公斤/毫米}^2$ ，代入公式 (5) 得：

$$P = LS\tau = 271 \times 1 \times 30 = 8130 \text{ 公斤} \approx 8 \text{ 吨}$$

例 3 用厚 6 毫米的 30 钢板冲制 M8 六角螺帽。按标准六角

对边 14 毫米 (图 3), 钢板是退火状态, 问需要多大力量?

解 按表 1 中六角形周长公式:

$$L = 3.46d = 3.46 \times 14 = 48.4 \text{ 毫米}$$

查表 2, 含碳 0.3% 钢板退火状态 $\tau = 36 \text{ 公斤/毫米}^2$, 代入公式 (5) 得: $P = LS\tau = 48.4 \times 6 \times 36 = 10454 \text{ 公斤} \approx 10.5 \text{ 吨}$

例 4 在厚 4 毫米硬铝板 LY11-M 上冲出弓形孔 (图 4), 尺寸如图所示, 求冲裁力有多大?

解 按表 1 中弓形孔周长公式:

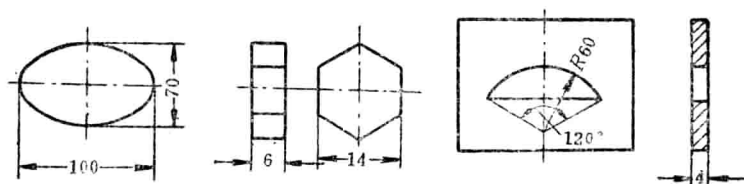


图 2

图 3

图 4

$$L = \frac{\pi R \alpha}{180} + 2R \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{\pi \times 60 \times 120}{180} + 2 \times 60 \sin 60^\circ$$

$$= 125.6 + 120 \times 0.866 = 229.5 \approx 230 \text{ 毫米}$$

硬铝板 LY11-M 为退火状态, 查表 5 得 $\tau = 15 \text{ 公斤/毫米}^2$, 代入公式 (5) 得:

$$P = LS\tau = 230 \times 4 \times 15 = 13800 \text{ 公斤} \approx 14 \text{ 吨}$$

例 5 在厚 3 毫米硬质的 H62 黄铜皮上用复合冲模同时冲出外圆及方孔, 形状及尺寸如图 5 所示, 问需要多大力量?

解 总周长 $L = \text{外圆周长} + \text{方孔周长}$

$$= 3.1416 \times 100 + 30 \times 4 = 314 + 120$$

$$= 434 \text{ 毫米}$$

由表 4 查得硬的 H62 黄铜的抗剪强度 $\tau = 36 \text{ 公斤/毫米}^2$, 代入