

# 锻造操作机钳口夹紧力和夹紧缸能力的计算

孟宪国<sup>1</sup>, 冯长儒<sup>2</sup>

(1. 一重集团公司设计研究院高级工程师, 黑龙江 富拉尔基 161042; 2. 东北特钢北满特钢有限公司  
助理工程师, 黑龙江 富拉尔基 161041)

**摘要:** 在锻造操作机设计中, 钳口夹紧力和夹紧缸能力的计算是首要的和关键的问题, 它的分析、计算、选择是否正确, 对操作机整体设计至关重要。

**关键词:** 钳口夹紧力; 夹紧缸能力; 夹紧力计算; 夹紧缸选择; 三种计算方法

**中图分类号:** TG312 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-3355 (2006) 02-0001-03

## Jig Jaw Clamping Force and Cylinder Clamping Capacity Calculation for Forging Manipulator

Meng Xianguo, Feng Changru

**Abstract:** The calculation of jig jaw clamping force and cylinder clamping capacity is critical to the design of forging manipulators. The correctness of the analysis, calculation and choice put great influence on entire manipulator design.

**Key words:** jig jaw clamping force; cylinder clamping capacity; clamping force calculation; cylinder selection; three calculation methods.

锻造操作机虽然是锻造水压机的主要配套设备, 但就其结构而言, 其复杂程度要超过水压机本体设备。它的设计计算涉及机械、液压及起重运输等各方面的知识, 同时兼有振动等复杂问题。所以在设计操作机时, 对其各个部位都要进行详细的计算。现就10 t操作机钳口夹紧力和夹紧缸能力的计算论述如下。

### 1 操作机的性能参数

操作机的计算根据主要是操作机的性能参数以及一些特殊的工艺要求。10 t操作机的主要性能参数如下:

载重量 $Q_{\max}$	10 t
载重力矩 $M_0$	25 t-m
钳头伸出量 (指钳垫外端平面到前轮中心的距离) $l_0$	2 m
钳头回转直径 $D_0$	1 790 mm
夹持圆棒的直径	$d_{\max}$ : 940 mm

	$d_{\min}$ : 360 mm
(如更换钳垫时 $d_{\min}$ :	200 mm)
夹钳中心离轨面的距离	$h_{\max}$ : 1 600 mm
	$h_{\min}$ : 900 mm
钳身平行提升量 $H$	700 mm
钳身平行提升速度 $v_1$	4 m/min
钳头绕轴线回转速度 $n$	7/14 r/min
钳口夹紧缸活塞移动速度 $v_2$	1.29 m/min
钳身上倾摆角 $\alpha_1$	5°
钳身下倾摆角 $\beta_1$	10°
钳身垂直缓冲量 $H_1$	74 mm
钳身水平缓冲量 $H_2$	175 mm
钳身侧移量 (左右各)	225 mm
钳身侧移速度 $v_3$	3 m/min
轨距 $S$	3 300 mm
轮距 $S_0$	6 000 mm
大车行走名义线速度 $v_4$	7/19/43 m/min
机器总重 $G$	70 t

## 2 钳口夹紧力和夹紧缸能力的确定

关于钳口夹紧力的计算要做两方面的工作。第一是把现有的夹紧力公式进行收集和分析,并把设计确定的原始数据代入运算,得出一组表列的数据,进行分析比较。第二是根据临界状态推导出夹紧力计算公式。把本设计的原始数据代入运算也得出一组数据。

钳口夹紧机构所需拉紧力的计算,一般是在钳口夹住最重而且最长的锻件时(此时载重量及载重力矩最大)根据力和力矩的平衡关系来考虑。由于操作过程中钳杆需要经常旋转,钳口位置也随着不断变化。当钳口处于不同位置时,整个钳头的受力情况也就不同,力和力矩的平衡关系也随之改变,因而所需拉紧力也就不同。所以对钳口在不同位置时的拉紧力应分别加以计算,取其中最大值作为设计拉紧装置的依据。为简化计算起见,现按二个位置来考虑,即钳口处于垂直位置和水平位置,如图1所示。

两个位置的夹紧力是不一致的,以下分析表明垂直位置所需夹紧力比水平位置的夹紧力要大,因而通常按垂直位置时的夹紧力作为设计依据(分析过程略)。

现将各个夹紧力的计算公式分述如下:(垂直位置)

(1) 清华大学试用教材和上海交大锻造操作机教材所列钳口夹紧力的公式:

$$R_1 = \frac{2L-l+y}{2y+0.6d} Q$$

$$R_2 = \frac{2L-l+y+0.6d}{2y+0.6d} Q$$

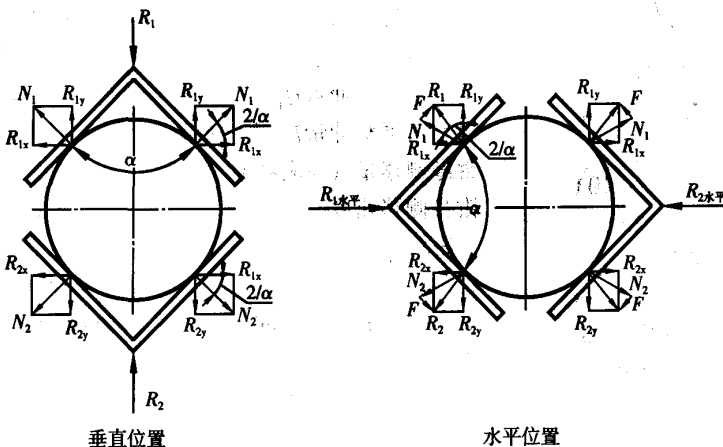


图1 钳口受力状态

$$R_1+R_2 = \frac{2L-l+0.3d}{y+0.3d} Q$$

上式根据 $\Sigma M_0=0$ ,  $\Sigma M_x=0$ ,  $\Sigma M_y=0$ , 且令 $\mu=0.3$ , 按图2推导求得。

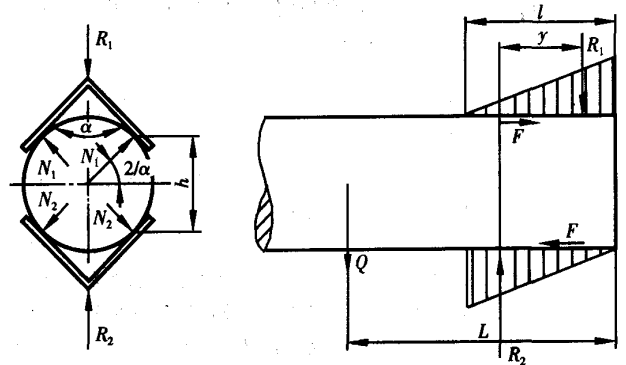


图2 钳口垂直位置受力状态

式中,  $Q$ —锻件重心位置处的重量 (t);  $d$ —锻件夹持处的直径 (m);  $L$ —锻件重心到钳口垫末端距离 (m);  $l$ —钳口宽度 (m);  $\alpha$ —钳口夹角 ( $90^\circ \sim 120^\circ$ );  $N_1, N_2$ —钳口法向反力 (t);  $F$ —钳口与锻件接触处的摩擦力 (t);  $y$ —夹紧力  $R_1, R_2$  的距离 (m), 推荐用  $y = \left(\frac{1}{3} \sim \frac{2}{3}\right) l$ ;  $R_1, R_2$ —钳口在垂直位置时的夹紧力 (t)。

在整个计算公式中, 关键在于确定  $y$  值, 按照  $y = \left(\frac{1}{3} \sim \frac{2}{3}\right) l$  范围选取, 这对夹紧力的大小影响很大。公式还反映出夹紧力的大小与钳口宽度和夹持锻件直径的大小有关, 而与钳口夹角  $\alpha$  无关。

在根据具体条件确定  $R_1$  和  $R_2$  之后, 可折算到夹紧缸的拉力  $P$ , 由下式确定:

$$P = \frac{(R_1+R_2)K}{i\eta}$$

式中,  $K$ —夹紧力的裕度系数,  $K=1.17$ ;  $i$ —钳臂的杠杆比, 即主动杆绕原点的垂直长度与从动杆绕原点的垂直长度之比。当  $i \leq 1$  时叫短杠杆, 当  $i > 1$  时叫长杠杆;  $\eta$ —夹紧机构的效率, 一般取 0.85。

根据本设计具体规定的的数据, 按上述公式并根据载重力矩  $M_0=25 \text{ t}\cdot\text{m}$  的一组数值, 叫第一种计算方法, 见表1 (略)。

(2) 哈尔滨工业大学根据钳口夹持锻件按临界平衡状态, 并假设三个条件: 上钳口转动; 锻件和下钳口转动; 锻件在钳口中滑动, 据此推导出了一个钳口夹紧力的公式。如图3所示。

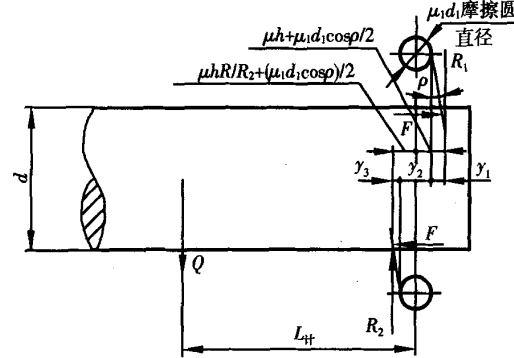
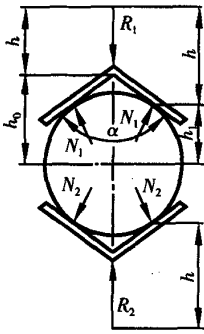


图3 钳口垂直位置受力状态

$$R_2 = \frac{L_{\text{H}} + \frac{1}{2} \mu_1 d_1 \cos \phi' + \mu d + 2 \mu' h}{2 \mu' h + \mu_1 d_1 \cos \phi' + \mu d} Q \quad (\text{t})$$

而  $R_1 = R_2 - Q$

式中,  $L_{\text{H}}$ —锻件重心到钳口铰接中心的距离 (m);  $d_1$ —铰接销轴直径 (m);  $\mu_1$ —铰接销轴与孔的滑动摩擦系数, 通常取0.15;  $\mu_1 d_1 \cos \phi'$ —销轴摩擦圆的投影长度, 即  $y_2$  之值;  $\mu$ —锻件与钳口的摩擦系数, 一般取0.3;  $d$ —锻件夹持处直径 (m);  $\mu'$ —当量摩擦系数,  $\mu' = \frac{\mu}{\sin \frac{\alpha}{2}}$ ,  $\text{tg}^{-1} \mu' = \rho'$ ;  $h$ —锻件

与钳口接触点到销轴中心之距 (m),  $h = h'$

$$+ \left( \frac{d}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} - \frac{d}{2} \sin \frac{\alpha}{2} \right).$$

这一公式与第一种方法比较在受力上没有什么不同, 所不同的是公式反映了与钳口夹角  $\alpha$  的大小有关, 且与钳口销轴尺寸有关, 总的说来与取定的  $\gamma$  值有关。

根据具体条件确定  $R_1$ 、 $R_2$  以后, 可用前述相同方法来夹紧缸的拉力  $P$

$$P = \frac{(R_1 + R_2) K \eta}{i} \quad (\text{t})$$

式中, 机械效率  $\eta = 0.85$ , 因按临界平衡状态推导,  $\eta$  是有碍松开的, 故  $\eta$  放到分子上。

根据本设计条件按上式并根据载重力矩  $M_0 = 25 \text{ t} \cdot \text{m}$  得一组夹紧力之值叫第二种计算方法, 见表2 (略)。

(3) 西安交通大学编锻造操作机教材推荐的钳口夹紧力计算公式如下:

$$R_1 = \frac{L_{\text{H}}}{A \text{tg}(\rho' + \phi)} Q \quad (\text{t})$$

$$R_2 = R_1 + Q \quad (\text{t})$$

夹紧缸拉力  $P$

$$P = \frac{K \mu}{i} (R_1 + R_2) \quad (\text{t})$$

式中,  $A$ —钳口销轴纵向中心距 (m);  $\rho'$ —当量摩擦角, 当  $\mu = 0.3$  时,  $\rho' = 18.1^\circ$ ;  $\phi$ —允许锻件下坠, 下坠中心线与水平中心线的夹角, 通常取  $2^\circ$ 。

这个公式的出发点与前述二种方法略有不同, 是允许锻件下垂一个角度  $\phi$  为出发点的。

从而根据本设计计算条件并按载重力矩  $M_0 = 25 \text{ t} \cdot \text{m}$  得一组夹紧力计算值, 叫钳口夹紧力的第三种计算方法, 见表3 (略)。

根据经验数据, 一般钳口夹紧力在折算到夹紧缸拉力时, 对短杠杆 ( $i \leq 1$ ) 取  $P = (18 \sim 23) Q$ , 即  $P = (18 \sim 23) Q = 180 \sim 230 \text{ t}$ 。

结合三组计算数据, 本操作机构夹紧缸最大拉力  $P$  取  $190 \text{ t}$ 。锻件夹紧处直径  $d = 0.45 \text{ m}$ 。

从而, (1) 液压系统夹紧缸溢流阀按  $P = 190 \text{ t}$  折算到液体压力来设定。(2) 凡与夹紧缸最大拉力  $P$  有关的零件强度、刚度均按  $P = 190 \text{ t}$  来设计验算。

### 3 结 语

在锻造操作机的设计计算中, 首先计算的是钳口夹紧力和夹紧缸的能力, 它的计算选择正确合理, 才能使操作机其它部分的计算设计得以正确合理地进行, 使操作机整体设计合理、适用, 以满足锻造工艺的要求。



# 锻造操作机钳口夹紧力和夹紧缸能力的计算

作者：[孟宪国](#)，[冯长儒](#)，[Meng Xianguo](#)，[Feng Changru](#)  
作者单位：[孟宪国, Meng Xianguo\(一重集团公司设计研究院\)](#)，[冯长儒, Feng Changru\(东北特钢北满特钢有限公司\)](#)  
刊名：[一重技术](#)  
英文刊名：[CFHI TECHNOLOGY](#)  
年，卷(期)：2006 (2)  
被引用次数：9次

## 引证文献(9条)

1. [王驰](#), [任云鹏](#), [李学飞](#), [陈希红](#) [钳口夹紧机构的优化设计](#)[期刊论文]-[重型机械](#) 2010 (2)
2. [翟富刚](#), [孔祥东](#), [王林](#), [权凌霄](#) [锻造操作机夹持机构最优夹紧力分析](#)[期刊论文]-[机械设计与研究](#) 2010 (4)
3. [刘畅](#), [刘军毅](#), [潘权](#), [马波](#), [汪洋](#), [郝乐](#), [郝瑾](#) [带装出料功能的5t多功能有轨液压锻造操作机](#)[期刊论文]-[重型机械](#) 2010 (z2)
4. [翟群杰](#) [锻造操作机钳杆机构的动态分析](#)[期刊论文]-[锻压技术](#) 2010 (5)
5. [吴永宏](#), [李群明](#) [机械手夹持接触力及力封闭分析](#)[期刊论文]-[中南大学学报 \(自然科学版\)](#) 2009 (6)
6. [谭宝成](#), [王大为](#), [俞开文](#) [变结构PID在锻造操作机控制系统中的应用](#)[期刊论文]-[西安工业大学学报](#) 2009 (5)
7. [何竞飞](#), [陈艳](#), [聂荣光](#), [邓华](#) [巨型重载夹持机构反作用力响应盲区和承载能力的研究](#)[期刊论文]-[机械设计](#) 2009 (2)
8. [浮志强](#), [何竞飞](#), [邓华](#) [基于ABAQUS的夹钳钳口有限元应力分析](#)[期刊论文]-[机械工程与自动化](#) 2008 (5)
9. [何竞飞](#), [聂荣光](#), [浮志强](#) [含转动副摩擦夹持机构精确力学建模](#)[期刊论文]-[现代制造工程](#) 2008 (11)

本文链接：[http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_ycjs200602001.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_ycjs200602001.aspx)