

叶片式气动马达轴向间隙的优化设计

中国矿业大学机电与材料工程学院(221008) 杨善国

摘要: 轴向间隙影响着叶片式气动马达的容积效率和机械效率。本文利用优化设计原理确定叶片式气动马达的最优轴向间隙。

关键词: 叶片式气马达 轴向间隙 效率 优化设计

Optimum Design of Axis-direction Clearance of Pneumatic Vane Motor

Yang Shan-guo

Abstract: Axis-direction clearance influences the volumetric efficiency and the torque efficiency of pneumatic vane motor. By optimum design theory, the best axis-direction clearance of pneumatic vane motor is obtained in this paper.

Key words: pneumatic vane motor; axis-direction clearance; efficiency; optimum design

1 引言

单作用叶片式气动马达主要由定子、转子和叶片等零件组成,是通过改变空气容积的大小来工作的(如图1所示)^[1]。压缩空气从A孔输入,进入相应的密封工作容积,作用在相邻两叶片上有转矩差,从而推动转子逆时针旋转。作功后的气体由C孔排出,残余气体经B孔排出。叶片式气动马达具有结构简单、体积小、扭矩脉动小、运转平稳、噪声低和制造维修容易等优点。在叶片马达内部,高压气体主要通过2条途径泄漏到低压腔(图1中箭头所示):(1)叶片与叶片槽两侧面的间隙;(2)转子端面与端盖的间隙,即轴向间隙。其中对容积效率影响最大的泄漏是轴向间隙泄漏,因此确定轴向间隙的合理值可以提高叶片式气马达容积效率与工作性能。

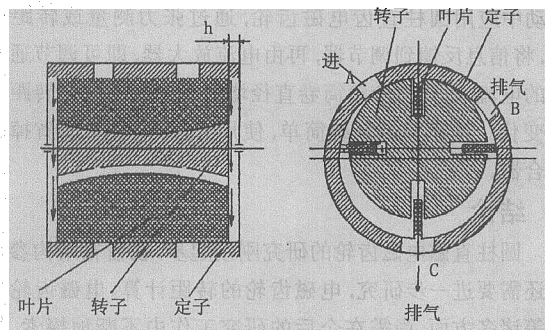


图1 叶片式气动马达原理简图

2 最优轴向间隙的确定

对于单作用叶片式气马达,减小轴向间隙有利于提高容积效率。但是,如果间隙过小,运转时将容易发生接触咬合,使摩擦损失加大,噪声提高,机械效率下降。因而,不能一味地片面减小轴向间隙,必定有合理的最优值。在这里以单侧总的功率损失 P 最小为设计目标,以转子与端盖间的单侧间隙为设计变量^[2]。

轴向间隙引起的单侧总功率损失 P ,是单侧轴向间隙泄漏功率损失 P_q 与单侧粘性摩擦功率损失 P_f 之和,即:

$$P = P_q + P_f = q\Delta p + P_f \quad (1)$$

式中, q —单侧轴向间隙泄漏量(m^3/s);

Δp —进、排气的气压差 P_a 。

转子与端盖间单侧端面泄漏间隙面积为^[3]:

$$s = (D - d)h \quad (2)$$

式中, D —定子的内径(m);

d —转子的支承轴直径(m);

h —转子与端盖间的单侧间隙(m)。

这样单侧泄漏流量为:

$$q = \frac{\eta \psi v \phi_k}{2\sqrt{RT}} \quad (3)$$

其中,当 $\epsilon > (\frac{2}{k+1})^{\frac{1}{k-1}}$ 时 $\phi = \sqrt{\frac{2k(\epsilon^{\frac{2}{k}} - \epsilon^{\frac{k+1}{k}})}{k-1}}$

当 $\epsilon \leq (\frac{2}{k+1})^{\frac{1}{k-1}}$ 时 $\phi = (\frac{2}{k+1})^{\frac{1}{k-1}} \sqrt{\frac{2k}{k+1}}$ $\epsilon = \frac{p_1}{p_2}$

式中: ϕ —流量函数;

η —泄漏系数,一般可取0.60~0.80;

s —转子与端盖间端面泄漏间隙面积 m^2 ;

v —气体进气时比体积 m^3/kg ;

ϵ —压力比;

P_1 —进气压力 P_a ;

P_2 —排气压力 P_a ;

k —气体的等熵指数;

R —气体常数 $[\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})]$;

T —排气温度 K 。

叶片及转子端面与端盖间由于粘性摩擦力产生的单侧功率损失为^[3]:

$$P_f = \frac{\pi \mu \omega^2 (D^4 - d^4)}{32h} \quad (4) \text{ (下转第 25 页)}$$

作者简介: 杨善国(1970-),男,安徽安庆人,中国矿业大学讲师,博士研究生,主要从事现代设计理论科研和教学工作。

收稿日期: 2003-5-7

因此,确定压料面要做到如下几点。

(a). 压料面尽可能为平面、圆柱面、圆锥面或曲率很小的双曲面等可展面,当毛坯被压紧时,不应该产生皱纹或扭曲现象,以便材料向凹模内顺利流动。

(b). 压料面与拉深凸模的形状应保持一定的几何关系。保证在拉深过程毛坯始终处于拉胀状态,拉入凹模内的材料不会“多料”,也就不会产生皱纹。为此,必须满足如下关系(图2、3):

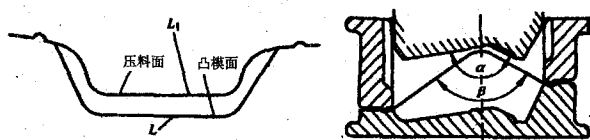


图2 压料面展开长度与图模展开长度的关系 图3 凸模夹角与压料面夹角的关系

$$L > L_1 \quad \alpha > \beta$$

式中: L ——凸模形状展开长度

L_1 ——凹模口以内压料面展开长度

α ——凸模夹角

β ——压料面夹角

(c). 同时,为了使压料可靠,压料面与拉深方向之间的夹角 $\theta \geq 60^\circ$, $\theta = 90^\circ$ 是最理想的状态。

3.3 合理增加工艺补充面

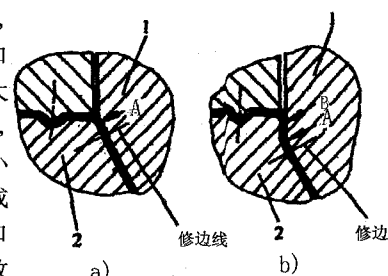
工艺补充面的作用在于改善拉深覆盖件拉深时的工艺条件,使材料各处变形均匀,也是拉深后修边和翻边工序的需要。因工艺补充面在拉深后被修掉,所以尽量少用工艺补充面,节约材料。同时,尺寸满足的情况下,尽量采用浅拉深,让制件容易成形。

如图4所示的工艺补充面就改善了拉深条件。在图4(a)中,拉深件无直壁部分,在拉深过程中斜壁部分容易起皱形成波纹。如在拉深件工艺补充面上直壁AB段(如图4(b),在拉深AB段时增大了进料阻力,使毛坯紧贴凸模成形,这样减少或消除斜壁的起皱。一般AB段取10~20mm。

3.4 增加工艺切口或冲工艺孔

当覆盖件的局部需压制深度较大的突起和鼓包时,或有

反向拉深窗口时,可用冲制工艺切口或冲工艺孔来增大坯料局部变形量,避免在拉应力过小的地方形成波纹或起皱。故工艺切口或冲工艺孔必须放在拉应力最大的拐角处(图5、6),至于工艺切口或冲工艺

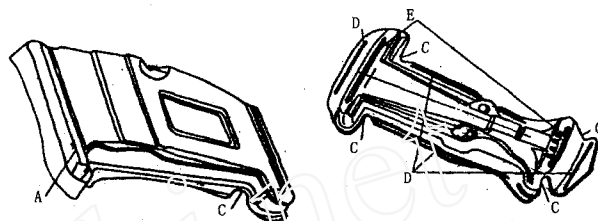


a) 没有直壁 b) 有直壁

1—凸模 2—凹模

图4 改善拉深条件示意图

孔的数量、形状和位置一般是在制件试模过程中加以确定。



A—修边线 C—工艺切口 C—工艺切口 D—拉深筋 E—凹模

图5 某汽车侧围外板示意图 图6 某汽车中支柱外板拉深件图

同时,覆盖件拉深成形时,绝大多数模具上都设置了拉深筋和拉深槛,主要是为了增大径向力,防止起皱,提高材料塑性变形。在图6中就设置了四条拉深筋,嵌入在压料圈上,只要在凹模上开出相应的槽配合就好了。

汽车覆盖件拉深工艺的编制工作是一个具体而全面的工作,拉深件表面质量的好坏取决于众多因素,但一套合理的拉深工艺方案也的确是表面质量的保证。以上几个方面是我在过去从事工艺分析时的总结,只供大家参考。

参考文献

- 1 许发铨. 实用模具设计与制造手册. 机械工业出版社, 2002年.
- 2 王孝培. 冲压设计资料. 机械工业出版社, 1990.

(上接第10页)

式中: ω —转子旋转角速度, rad/s

μ —气体动力粘度, Pa·s

由式(1)、式(2)、式(3)和式(4)得:

$$P = \frac{\eta \omega P_g (D-d) h}{2\sqrt{RT}} \Delta p + \frac{\pi \mu \omega^2 (D^4 - d^4)}{32h} \quad (5)$$

为简单起见, 令 $K_1 = \frac{\eta \omega P_g (D-d) \Delta p}{2\sqrt{RT}}$,

$K_2 = \frac{\pi \mu \omega^2 (D^4 - d^4)}{32}$, 则式(5)简化为:

$$P = K_1 h + \frac{K_2}{h} \quad (6)$$

将式(6)对 h 求导, 并令导数为零, 即 $\frac{\partial P}{\partial h} = 0$ 可得:

$$h^* = \sqrt{\frac{K_2}{K_1}} \quad (7)$$

显然, 只要确定了单作用叶片式气动马达结构等参数,

便能确定轴向间隙的最优值。

3 结论

轴向间隙影响着叶片式气动马达的容积效率和机械效率。减小轴向间隙有利于提高马达容积效率, 但会导致其机械效率下降; 相反, 增大轴向间隙有利于提高马达机械效率, 但会导致其容积效率降低。以轴向间隙泄漏引起的功率损失与粘性摩擦引起的功率损失之和最小为设计目标进行优化设计, 确定了轴向间隙的最优值, 该值综合考虑了叶片式气动马达的容积效率与机械效率, 对于马达的设计、制造、装配有一定的参考价值。

参考文献

- 1 赵怀文, 陈智喜. 液压与气动[M]. 北京: 石油工业出版社, 1988.
- 2 宋俊, 王淑莲, 王洁(等). 液压元件优化[M]. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- 3 马国远, 李红旗. 旋转压缩机[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.