

模具

汽车覆盖件模具运动平衡性判据及优化

曹 彪, 乔晓勇, 徐冰锋, 覃 策

(上汽通用五菱汽车股份有限公司 技术中心, 广西 柳州 545007)

摘要: 针对某项目尾门内外板合模模具上模在拆模过程中出现的偏转问题, 通过对上模与压机滑块的相互运动关系以及上模两侧所受的力矩进行详细分析, 发现上模座在上升过程中两侧出现明显的力矩差是上模发生偏转的根本原因, 因此, 提出了一种针对非对称结构上模受力平衡性的快速判断方法。经过 28 套模具实际现场数据验证, 当上模两侧合力矩的比值在 (1.0 ± 0.1) 以内时, 发生偏转的可能性低。按照此研究结果, 建立了上模运动受力平衡性检查表, 可以对上模的运动平衡性进行快速判断, 以指导新项目模具设计。经过多个项目验证, 该方法为分析和解决上模平衡性问题提供了参考, 并取得了较好的效果。

关键词: 汽车覆盖件; 模具运动; 力矩平衡; 模具偏转; 合力矩比值

DOI: 10.13330/j.issn.1000-3940.2023.09.024

中图分类号: TG385.2

文献标志码: A

文章编号: 1000-3940 (2023) 09-0190-07

Movement balance criterion and optimization on automobile cover panel die

Cao Biao, Qiao Xiaoyong, Xu Bingfeng, Qin Ce

(TDC, Saic-GM-Wuling Automobile Co., Ltd., Liuzhou 545007, China)

Abstract: For the deflection problem occurred in the upper die of tailgate inner and outer panel closing die for a certain project during the process of disassembling the die, the mutual motion relationship between upper die and slider of press and the torque on both sides of the upper die were analyzed in detail. It was found that the fundamental reason for the deflection of the upper die was the obvious torque difference on both sides of the upper die base during the ascent process. Then, a rapid judgment method for the force balance of the upper die with asymmetric structure was proposed. Through the actual field data verification of twenty eight sets of dies, when the resultant torque ratio on both sides of the upper die was within (1.0 ± 0.1) , the possibility of deflection was low. Furthermore, according to the results of this study, the checklist for the force balance of the upper die movement was established to quickly judge the movement balance of the upper die and guide the die design of new projects. After multiple project verifications, the results show that the method provides a reference for analyzing and solving the balance problems of upper die and achieves good results.

Key words: automobile cover panel; die movement; torque balance; die deflection; resultant torque ratio

随着汽车产业的发展, 为了提高生产效率, 目前绝大多数汽车主机厂外覆盖钣金零件已经全部实现自动化生产。而偏心连杆式压力机由于结构简单、行程速度快, 同时能够提供较大的行程量, 便于机械化送料, 目前大面积应用在大型压力机生产线除拉延外的后续压力机上^[1-2]。对于安装在此类型压力机上的外覆盖件钣金冲压模具而言, 当模具在自动化拆卸时, 随着压力机滑块快速上升, 上模受到内部各种类型氮气弹簧的作用力也会快速向上运动。当模具尺寸较

大且结构非对称时 (如尾门内外板合模模具、顶盖尾部整形模等), 由于氮气弹簧的规格、数量、安装位置以及上模自身重力等存在差异, 上模在上升过程中两侧受到的力矩会存在偏差, 此时上模容易产生偏转倾斜现象, 而目前在模具结构设计中往往忽略对上模平衡性的检查, 造成后期出现此类问题, 对模具维护产生严重影响^[3-4]。本文将出现偏转问题的模具为对象, 通过分析上模运动过程的受力状态, 找出相关的平衡性检查方法, 避免此类问题再次出现。

1 案例说明

图 1 为代号为 E50MCE 的某小型车尾门内外板合模翻边模。模具在自动化拆卸过程中, 上模出现

收稿日期: 2023-04-04; 修订日期: 2023-07-28

作者简介: 曹 彪 (1985-), 男, 学士, 高级工程师

E-mail: caobiao0408301@126.com

通信作者: 乔晓勇 (1981-), 男, 博士, 高级工程师

E-mail: byond8848@126.com

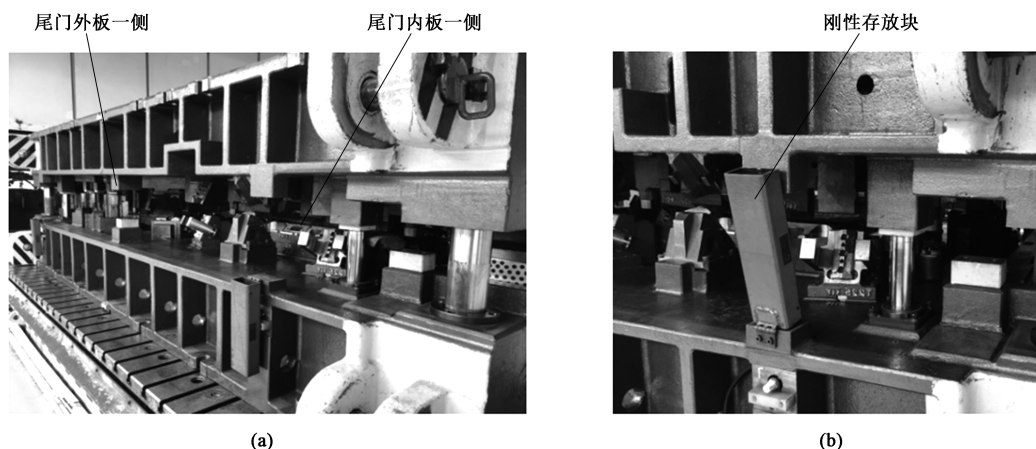


图1 尾门内外板上模偏转

(a) 上模偏转 (b) 刚性存放块翻转时与上模干涉

Fig. 1 Deflection of upper die for tailgate inner and outer panels

(a) Deflection of upper die (b) Interference of rigid storage block with upper die when overturning

尾门外板一侧高、尾门内板一侧低、整体向尾门内板一侧偏转倾斜的现象，导致刚性存放块翻转时与上模出现干涉。这不仅影响模具的多层存放，同时对模具维护保养产生严重影响。

2 上模运动受力与平衡

模具在拆模上升过程中，上模受到的作用力包含氮气弹簧总压力、压机滑块对上模的压力、上模自身重力以及导向机构（导柱和导板）之间的摩擦力，如图2所示。

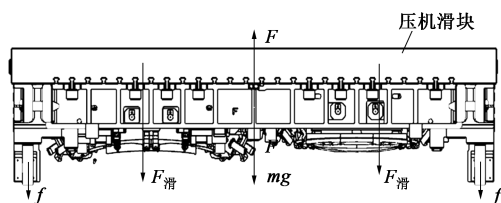


图2 上模在拆模上升过程中受力分析

Fig. 2 Force analysis of upper die in process of remaving and lifting die

这些作用力之间满足牛顿第二定律，其关系如下：

$$F - F_{\text{滑}} - mg - f = ma \quad (1)$$

式中： F 为模具氮气弹簧总压力； $F_{\text{滑}}$ 为压机滑块对上模的作用力，其与上模和滑块之间的相对运动有关； m 为上模质量； g 为重力加速度； f 为导向机构之间的摩擦力，其与上模平衡性相关，当上模不发生偏转时，两侧导向机构间隙不发生变化，摩擦力很小可以忽略不计，当上模出现偏转时，会使导向机构的间隙发生变化，此时摩擦力快速增大，对上模运动产生影响； a 为上模运动加速度。

在上模与压机滑块同时从静止开始向上运动的过程中，两者的相对运动关系与两者的加速度有关：当上模的运动加速度大于滑块的加速度时，上模被滑块压住，两者的上升速度相同，此时上模不会产生偏转，导向机构的摩擦力可以忽略不计；当上模运动加速度接近或者小于滑块加速度时，两者的运动速度产生偏差，滑块对上模的作用力逐渐减小，上模会与滑块产生脱离。此时如果上模两侧受的力矩存在差异，上模会出现偏转趋势，而偏转又会使导向机构的间隙发生变化，导致摩擦力快速增大，进一步加剧运动的不平衡性。

为了更好地分析机床滑块与上模的运动关系，假设机床滑块与上模在向上运动过程中互不影响，即滑块对上模的压力 $F_{\text{滑}} = 0$ ，在此条件下分别对压机滑块和上模运动进行分析。

2.1 压机滑块运动状态

偏心连杆压力机的滑块运动曲线为正弦曲线^[5]。图3为JIER 1000 t压力机滑块在每分钟16次条件下的滑块行程、速度及加速度曲线，其中 S 为滑块行程、 V 为滑块速度、 $a_{\text{滑}}$ 为滑块加速度。模具在拆卸时，机床滑块按照每分钟16次节拍下的速度快速抬升。当滑块位于下死点（180°）时，滑块速度为0，加速度最大；当从下死点抬升 S （ $S \leq 250$ mm，外覆盖件模具的整个运动行程通常在250 mm以内）时，滑块运动速度增加，加速度递减，加速度变化范围为 $2.5 \sim 1.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。

2.2 上模运动受力分析

上模在结构上包含上模座和压料芯两部分，压

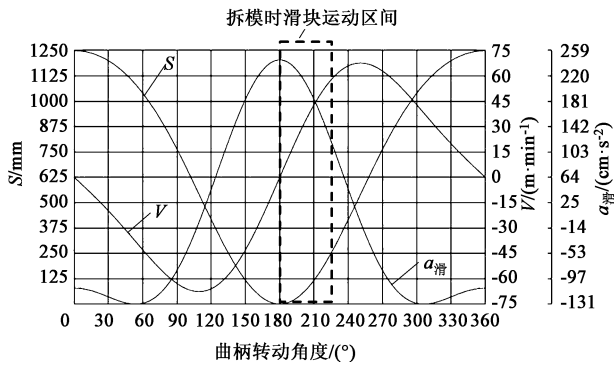


图 3 压机滑块行程、速度和加速度曲线

Fig. 3 Stroke, speed and acceleration curves of press slide

料芯安装在上模座中,通过氮气弹簧与上模座接触。模具在的拆卸过程中可以视为压料芯从一开始与下模接触至脱离下模且随上模座向上运动的过程。研究上模运动受力状态需要分别研究上模座和压料芯的受力状态。可以根据压料芯是否与下模接触将上模的上升过程分为两个阶段:第 1 阶段,从模具压缩到底状态至压料芯脱离下模前;第 2 阶段,从压料芯脱离下模后至上模上升到位。图 4 为 E50MCE 尾门内外板氮气弹簧作用行程示意图,从图 4 中可以看出各种氮气弹簧的行程关系。两个阶段中,压料芯氮气弹簧是否参与工作会对上模的整体受力状态产生较大影响,因此,研究上模平衡性首先需要研究这两个阶段的受力状态并确定问题产生的阶段^[6-7]。

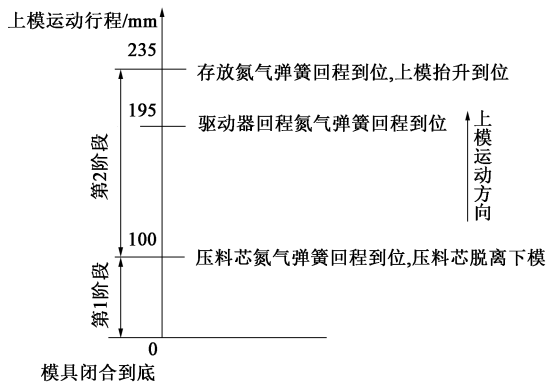


图 4 E50MCE 尾门内外板氮气弹簧作用行程示意图

Fig. 4 Schematic diagram of nitrogen spring working stroke for ESOMCE tailgate inner and outer panels

2.2.1 第 1 阶段

此阶段上模座抬升,压料芯相对下模处于静止状态,氮气弹簧总压力克服上模座本身重力和导向机构摩擦力后推动上模座产生运动加速度^[8]。由式 (1) 可得:

$$F_I - m_{\text{模座}} g - f_I = m_{\text{模座}} a_{\text{模座}} \quad (2)$$

式中: F_I 为第 1 阶段下作用在上模座的氮气弹簧总压力,包含压料芯氮气弹簧以及安装在下模上的所有氮气弹簧作用力; $m_{\text{模座}}$ 为上模座质量; $a_{\text{模座}}$ 为上模座运动加速度; f_I 为第 1 阶段导向机构摩擦力。

由式 (2) 可得:

$$a_{\text{模座}} = (F_I - m_{\text{模座}} g - f_I) / m_{\text{模座}} \quad (3)$$

由于氮气弹簧上升过程中的压力会减小,因此需要计算压料芯脱离下模时(即压料芯氮气弹簧回程到位前)上模座的运动加速度。通过查询尾门内外板模具相关信息得 $F_I = 854000 \text{ N}$, $m_{\text{模座}} = 13000 \text{ kg}$,代入式 (3) 可得:

$$a_{\text{模座}} = 55 - f_I / 13000 \quad (4)$$

通过图 3 可以看出,在上升 100 mm 过程中,压机滑块加速度的变化区间为 $2.5 \sim 1.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$,此时上模座的加速度远大于滑块的加速度。在实际情况中,受压机滑块限制,上模座会紧贴滑块向上运动,运动加速度与机床一致,因此,此阶段上模两侧受到的合力矩为零,上模保持力矩平衡,不发生偏转,同时此阶段导向机构的摩擦力可以忽略不计^[9]。

2.2.2 第 2 阶段

此阶段压料芯在脱离下模的一瞬间,压料芯氮气弹簧的作用力突然消失,由下模氮气弹簧总压力克服上模整体重力和导向机构摩擦力后对推动上模整体产生运动加速度。根据牛顿第二定律:

$$F_{II} - m_{\text{模}} g - f_{II} = m_{\text{模}} a_{\text{模}} \quad (5)$$

式中: F_{II} 为第 2 阶段下作用在上模的氮气弹簧总压力,包含存放氮气弹簧以及其他行程大于压料芯行程的氮气弹簧作用力; $m_{\text{模}}$ 为上模整体质量; $a_{\text{模}}$ 为上模整体运动理论加速度; f_{II} 为第 2 阶段导向机构摩擦力。

由式 (5) 得出:

$$a_{\text{模}} = (F_{II} - m_{\text{模}} g - f_{II}) / m_{\text{模}} \quad (6)$$

计算上模上升至自由状态(即存放氮气弹簧回程到位)时上模整体运动加速度。通过查询模具相关信息得 $F_{II} = 200000 \text{ N}$, $m_{\text{模}} = 16500 \text{ kg}$,由此计算可得:

$$a_{\text{模}} = 2.1 - f_{II} / 15000 \quad (7)$$

通过比较式 (4) 与式 (7) 可以发现,相比于第 1 阶段,第 2 阶段的上模运动加速度大幅度减小,此时上模运动加速度已经接近机床滑块加速度(由图 3 可以看出,此阶段压机滑块加速度的变化区间为 $1.8 \sim 1.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$)。

从 E50MCE 尾门内外板实际表现可以看出,上模在上升过程中发生了偏转,出现明显平衡性问

题^[10],因此可以确定偏转发生在上模上升过程的第2阶段。在此阶段中,由于压料芯氮气弹簧作用力消失,滑块对上模的作用力也会陡然递减。如果上模两侧力矩不平衡,上模两侧在运动过程中容易产生偏转趋势,同时,随着上下模导向机构的接触距离不断减小,上模微小的偏转会导致两侧导向机构间隙发生变化,摩擦阻力会陡然加大,进一步影响上模运动速度,使得上模与压力滑块产生脱离。

2.3 上模运动平衡分析

2.3.1 合力矩计算

为便于研究上模在抬升过程第2阶段的平衡性,可以将尾门内外板上模沿模具中心线分为A、B两部分,模具前面左侧为A、右侧为B。将上模的运动看作为“A/B两侧向上直线运动+A/B两侧沿模具中心线转动”两种运动方式的结合。

图5为下模氮气弹簧分布示意图,这些氮气弹簧在上模上升过程中产生作用力。图6为A、B侧力矩分布示意图,A侧(尾门外板)受到的竖直向上的力矩由两个存放氮气弹簧1、2和4个回程氮气弹簧3、4、5、6提供,竖直向下的力矩由A侧自身重力提供;B侧(尾门内板)受到的竖直向上的力矩由下模的两个存放氮气弹簧7、8提供,竖直向下的力矩由B侧自身重力提供。

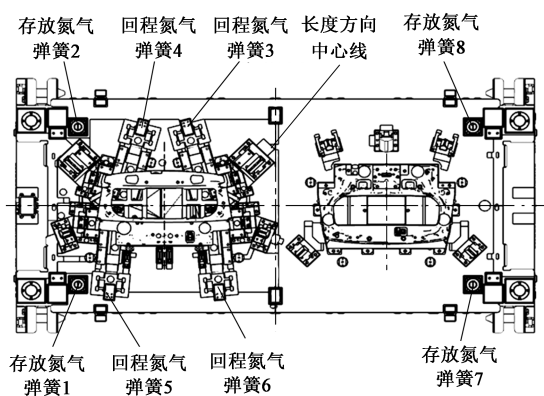


图5 下模氮气弹簧布置示意图

Fig. 5 Layout schematic diagram of nitrogen springs in lower die

图6中, F_1 、 F_2 分别为A侧存放氮气弹簧1、2对上模的作用力, $F_1=F_2$; L_1 、 L_2 分别为存放氮气弹簧1、2与中心线的距离, $L_1=L_2$; F_3 、 F_4 、 F_5 、 F_6 分别为A侧回程氮气弹簧3、4、5、6分别对上模的作用力,由于规格型号相同, $F_3=F_4=F_5=F_6$; L_3 、 L_4 、 L_5 、 L_6 分别为回程氮气弹簧3、4、5、6与中心线的距离; G_1 为A侧重力; D_1 为A侧重心与中心线的距离; F_7 、 F_8 分别为B侧存放氮气弹簧7、8对上模的作用力,由于规格相同, $F_7=F_8$; L_7 、 L_8

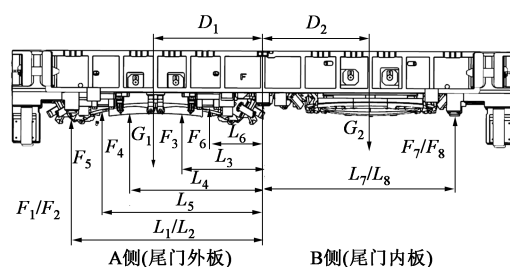


图6 上模A、B侧力矩示意图

Fig. 6 Torque schematic diagram of A and B sides in upper die

分别为存放氮气弹簧7、8与中心线的距离, $L_7=L_8$; G_2 为B侧重力; D_2 为B侧重心与中心线的距离。

A、B两侧的力矩计算公式为:

$$M_A = F_1L_1 + F_2L_2 + F_3L_3 + F_4L_4 + F_5L_5 + F_6L_6 - G_1D_1$$

$$M_B = F_7L_7 + F_8L_8 - G_2D_2 \quad (8)$$

式中: M_A 为A侧合力矩; M_B 为B侧合力矩。

分别计算A、B侧每个作用力在上升过程中的力矩,得出A、B两侧各作用力力矩随行程的变化关系图,如图7所示(存放氮气弹簧1、2和存放氮气弹簧7、8的力矩相同,作用线重合)。从图7中可以看出:在上模上升的第2阶段,在100~195 mm上升过程中,由于4个回程氮气弹簧继续作用,A侧合力矩大于B侧合力矩, $M_A/M_B=1.58$,A、B两侧合力矩出现明显偏差,这是产生偏转的根本原因;在195~235 mm上升过程中,4个回程氮气弹簧作用力消失,A侧合力矩发生突变, $M_A/M_B=0.99$,A、B两侧合力矩基本相同。

2.3.2 偏差范围确定

由于力矩受作用力与中心线的距离影响,模具长度方向的尺寸越大,往往越容易发生偏转现象^[11]。为了确定合力矩比值的允许范围,从以往开发的、结构不对称、长度方向尺寸超过3.5 m的覆盖件模具中选取20套上模未出现偏转的模具以及8套曾经出现过上模偏转的模具进行分析。模具种类包含发动机罩内外板合模生产的模具、尾门外板上下片合模模具、顶盖和左右侧围外板。利用统计学方法,通过分析每套模具上模两侧所受的合力矩比值来找出合理的偏差范围。图8为这28套模具上模合力矩比值分布图,前20套模具经过评估为未发生偏载的模具,其合力矩比值均落在0.9~1.1范围之内。后8套模具在使用过程中出现不同程度的过偏转现象,其合力矩比值均落在0.9~1.1范围之外。由此可判定,当上模两侧合力矩比值在 1.0 ± 0.1 以内时,发生偏转的可能性低,当合力矩比值超出此范围,发生偏转的风险增加。

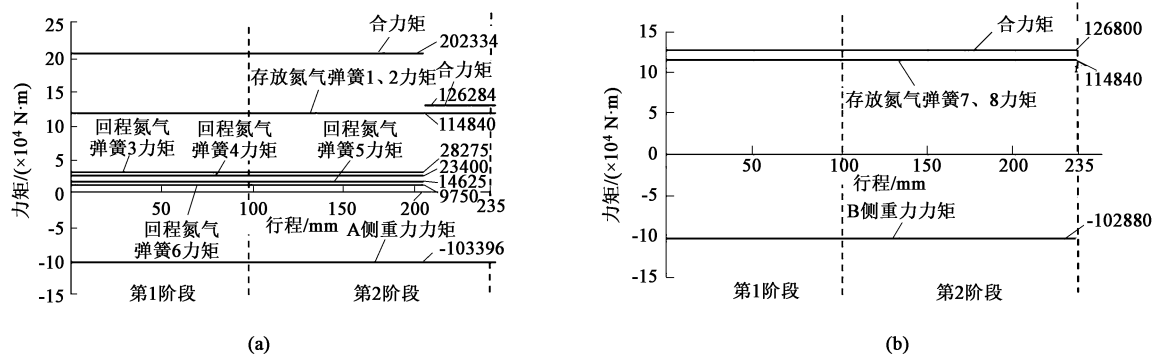


图 7 各力矩与行程关系示意图

(a) A 侧 (尾门外板) (b) B 侧 (尾门内板)

Fig. 7 Schematic diagrams of relationship between various torques and stroke

(a) Side A (Tailgate outer panel) (b) Side B (Tailgate inner panel)

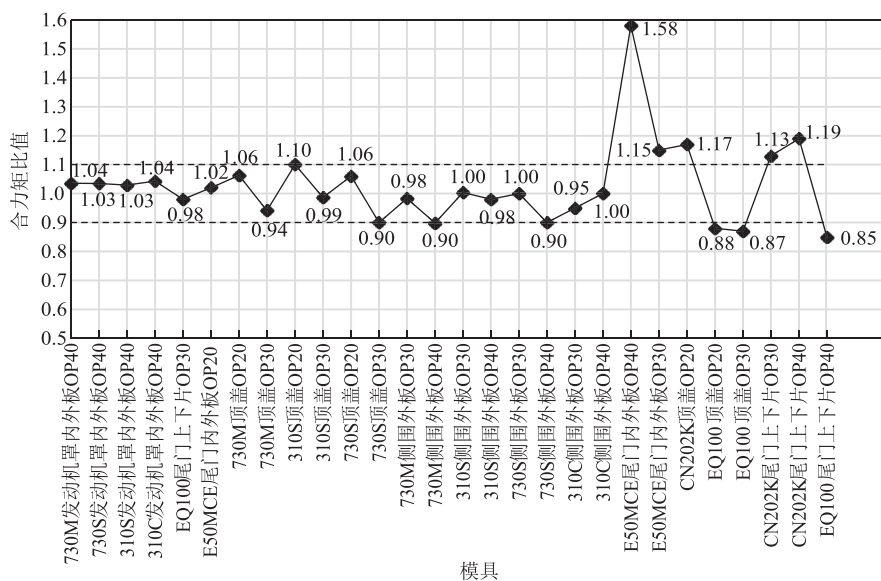


图 8 28 套上模合力矩比值分布图

Fig. 8 Distribution diagram of joint torque ratio for 28 sets of upper dies

2.3.3 平衡性检查表

为了方便快速对上模的平衡性做出判断,特编制了冲压模具上模受力平衡性检查表,如表 1 所示。从表 1 中可以直观看出,上模两侧所受的各个作用力的力矩明细以及合力矩比值,并对上模的平衡性做出快速判断,同时,表 1 可以为寻找解决平衡性问题的相关措施以及措施的有效性验证提供指导^[12]。

3 措施及验证

针对尾门内外板上模不平衡问题,只能通过更改氮气弹簧压力使两侧合力矩比值控制在允许的偏差范围内。在满足正常工作的前提下,根据平衡检查表分别对内外板两侧的部分氮气弹簧压力进行调

整,具体措施如下:

(1) 将尾门内板一侧两个存放氮气弹簧规格由 TU5000-250 更换为 TU7500-250,并将氮气弹簧压强降低 1/5,将压力值由 99500 N 降低至 79600 N。

(2) 将尾门外板 4 个回程氮气弹簧压强降低 1/5,弹簧压力由 19000 N 降低至 15200 N。

通过上述措施,尾门外板与尾门内板合力矩比值由原来的 1.58 降低至 1.07,平衡性满足要求。通过实际验证上模偏转现象消失,刚性存放块能翻转到位,如图 9 所示。

模具开发时需要关注上模的力矩平衡性,对于处于设计阶段的模具,通过快速检查上模两侧的合力矩比值是否超差,可以快速对上模的平衡性做出判断,这样可以提前对氮气弹簧的规格大小和位置布置进行及时调整,降低后期上模出现偏转的风险。

表 1 尾门内外板上模受力平衡性检查表

Table 1 Check table of force balance in upper die of tailgate inner and outer panels

项目 编号	E50MCE		模具线 名称	尾门内外板	工序号	OP40	力矩检查 方向	长度方向			
力矩 方向	力源编号	力源型号	A 侧（尾门外板）			力矩 方向	力源编号	力源型号	B 侧（尾门内板）		
			作用力/ N	与中心 线距离/ m	力矩/ (N·m)				作用力/ N	与中心 线距离/ m	力矩/ (N·m)
竖直 向上	存放氮气弹簧 1	TU5000-250	66000	1.74	114840	竖直 向上	存放氮气弹簧 7	TU5000-250	66000	1.74	114840
	存放氮气弹簧 2	TU5000-250	66000	1.74	114840		存放氮气弹簧 8	TU5000-250	66000	1.74	114840
	回程氮气弹簧 3	X1500-200	19500	0.75	14250		无				0
	回程氮气弹簧 4	X1500-200	19500	1.20	22800		无				0
	回程氮气弹簧 5	X1500-200	19500	1.45	27550		无				0
	回程氮气弹簧 6	X1500-200	19500	0.50	9500		无				0
	向上力矩合计/(N·m)		303780				向上力矩合计/(N·m)		229680		
竖直	重力		83384	1.24	103396	竖直	重力		81651	1.26	102880
向下	向下力矩合计/(N·m)		103396			向下	向下力矩合计/(N·m)		102880		
A 侧合力矩 $M_A/(N·m)$			200384			B 侧合力矩 $M_B/(N·m)$			126880		
A/B 侧合力矩比值 M_A/M_B			1.58								
上模平衡性评价结论			外板一侧力矩比内板一侧偏差严重，上模存在倾斜严重风险								

注：1. 氮气弹簧作用力按照平均值进行计算，即 $(F_{初}+F_{工})/2$ ，其中， $F_{初}$ 为氮气弹簧初始压力， $F_{工}$ 为工作行程下的氮气弹簧压力；2. 上模平衡性评价结论：当 A、B 两侧合力矩比值 $0.9\leq M_A/M_B\leq 1.1$ 时，上模两侧受力平衡性偏差较小，不会对上模运动产生影响；当 A、B 两侧合力矩比值 $M_A/M_B>1.0$ 或 $M_A/M_B<0.9$ 时，上模两侧受力平衡性偏差较大，会对上模运动产生影响，需要对模具结构进行调整。



图 9 尾门内外板上模倾斜问题解决

Fig. 9 Solving of deflection problem of upper die for tailgate inner and outer panels

对于已经在制造或者调试阶段的模具，当上模已经产生偏转问题时，同样可以通过计算两侧的合力矩比值对氮气弹簧的规格型号进行重新调整，为改善上模平衡性提供指导方法。

4 结论

(1) 上模的平衡性问题容易出现在压料芯脱离下模至上模上升到位这一过程中。上模两侧的合力

矩超差是造成上模出现偏转的根本原因。

(2) 为保证运动的平衡性，上模两侧的合力矩比值需要控制在 1.0 ± 0.1 以内，当超过这一范围时，上模出现偏转的风险会加大，这时需要对模具结构设计进行调整。

(3) 通过冲压模具上模受力平衡性检查表，可以对上模的平衡性做出快速判断，并且可以为措施制定和方案验证提供参考。

(4) 以往项目在模具设计阶段容易忽略对上模的平衡性检查，往往是问题出现了才开始找原因和对策。根据此方法，在设计阶段即对非对称结构模具上模受力平衡进行重点关注，当存在偏转风险时，及时对结构进行调整，避免类似的问题再次出现。

参考文献：

[1] 杨玉英,崔令江. 实用冲压工艺及模具设计手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.

Yang Y Y, Cui L J. Practical Stamping Process and Die Design Manual [M]. Beijing: China Machine Press, 2004.

[2] 哈尔滨工业大学理论力学教研室. 理论力学 (I) [M]. 8 版. 北京: 高等教育出版社, 2016.

Department of Theoretical Mechanics, Harbin Institute of Technology. Theoretical Mechanics (I) [M]. Eighth Edition. Beijing:

- Higher Education Press, 2016.
- [3] 高双明, 矫阿娇, 崔礼春. 某轿车后门内板冲压工艺及整形模具结构优化 [J]. 锻压技术, 2021, 46 (1): 65-69.
Gao S M, Jiao A J, Cui L C. Stamping process and structure optimization of sizing die for inner panel of a car rear door [J]. Forging & Stamping Technology, 2021, 46 (1): 65-69.
- [4] 胡祚麻, 刘淑梅, 毛欣然. 基于正交试验与响应面法汽车转向节模具结构优化 [J]. 锻压技术, 2022, 47 (8): 178-184.
Hu Z X, Liu S M, Mao X R. Structural optimization on automobile steering knuckle mold based on orthogonal test and response surface method [J]. Forging & Stamping Technology, 2022, 47 (8): 178-184.
- [5] 潘龙飞. 曲柄压力机常用曲线的推导与分析 [J]. 锻压装备与制造技术, 2019, 54 (4): 21-25.
Pan L F. Derivation and analysis of common curves of crank press [J]. China Metal Forming Equipment & Manufacturing Technology, 2019, 54 (4): 21-25.
- [6] 陈超, 秦登林, 赵升吨, 等. 1600 kN 精压机工作机构的力学分析 [J]. 塑性工程学报, 2021, 28 (5): 53-61.
Chen C, Qin D L, Zhao S D, et al. Mechanical analysis of working mechanisms of 1600 kN precision press [J]. Journal of Plasticity Engineering, 2021, 28 (5): 53-61.
- [7] 胡建国, 孙友松, 章争荣. 伺服机械压力机非对称双伺服输入工作机构动力学分析 [J]. 塑性工程学报, 2020, 27 (10): 221-227.
Hu J G, Sun Y S, Zhang Z R. Dyanmic analysis of asymmetrical working mechanism with two servo-input for mechanical servo press [J]. Journal of Plasticity Engineering, 2020, 27 (10): 221-227.
- [8] 叶梦彬, 马宝顺. 汽车模具非标准斜楔机构设计要点及力学分析 [J]. 模具工业, 2019, 45 (2): 31-36.
Ye M B, Ma B S. Design points and mechanical analysis of non-standard cam drive for automobile die [J]. Die & Industry, 2019, 45 (2): 31-36.
- [9] 石鹏飞. 风电叶片模具翻转机构分析与优化 [J]. 机械研究与应用, 2020, (1): 17-25.
Shi P F. Optimization and analysis on turnover mechanism of wind power blade mould [J]. Mechanical Research & Application, 2020, (1): 17-25.
- [10] 李双义, 刘卫京, 段春红. 侧向冲压成型模具的运动及受力分析 [J]. 汽车技术, 2002, (11): 35-37.
Li S Y, Liu W J, Duan C H. Analysis of the movement and force of lateral stamping die [J]. Automobile Technology, 2002, (11): 35-37.
- [11] 魏明, 韩宝奎, 闫世超. 16000 kN 多工位压力机的理论受力分析 [J]. 机械设计, 2021, (S1): 250-252.
Wei M, Han B K, Yan S C. Theoretical force analysis of 16000 kN multi-station press [J]. Journal of Machine Design, 2021, (S1): 250-252.
- [12] 侯敏, 张懋. 偏心侧冲斜楔平衡结构的设计和应用 [J]. 模具制造, 2014, (7): 3-5.
Hou M, Zhang Q. Design and application of balance structure with eccentric C-PI CAM [J]. Die & Mould Manufacture, 2014, (7): 3-5.

欢迎订阅《锻压技术》杂志 (月刊)

国内外公开发行, 全国各地邮局均可订阅, 逾期未订上者可与编辑部联系邮购

《锻压技术》杂志 1958 年创刊, 中国机械工业联合会主管、中国机械总院集团北京机电研究所有限公司和中国机械工程学会塑性工程分会主办。本刊是全国锻压行业会刊, 全国中文核心期刊, 被国内外多个著名检索系统收录。突出技术内容, 注重技术和信息相结合, 全面反映锻压行业的技术进步和发展趋势。

主要栏目: 综述、锻造、板料成形、管材成形、特种成形、装备与成套技术、模具、摩擦与润滑、加热与热处理、测试技术、节能技术、材料与成形性能、理论与实验研究、计算机应用、技术交流、标准化、行业信息等。

读者对象: 大专院校的师生, 金属塑性成形(锻压)领域的科研、设计、生产部门的工程技术人员以及中等以上文化程度的工人等。

本刊为月刊, 每月 25 日出版, 大 16 开本, 256 页。统一刊号: CN11-1942/TG。邮发代号: 2-322。

(一) 购买期刊: ● 每册定价: 25.00 元; ● 年定价: 300.00 元。

(二) 购买合订本: ● 1991-2011 年合订本(每本包含全年 1-6 期杂志): 110 元/本;

● 2012-2013 年合订本(每本包含全年 1-6 期杂志): 140 元/本;

● 2014-2018 年合订本(上册)(包含上半年 1-6 期杂志)、2014-2018 年合订本(下册)(包含下半年 7-12 期杂志): 180 元/本。

直接通过编辑部订阅者, 请与杂志发行部负责人林玉彤联系。并按编辑部地址汇款, 款到后我们会定期寄给您刊物。

邮局汇款信息:

地址: 北京市海淀区学清路 18 号北京机电研究所有限公司 709 室

邮编: 100083

收款人: 《锻压技术》编辑部

附言处: 请注明“订阅《锻压技术》”

联系人: 林玉彤 电话: 010-62920652-804

E-mail: fst_linyutong@163.com

《锻压技术》编辑部