

新型抓取元件

—短极距电磁铁与长极距电磁铁—

哈尔滨小型电机厂 李遵楷

提要 首先分析了抓取元件对上下料中的分片拿取、运送和送入模具的三个环节动作的影响,叙述了短极距和长极距电磁铁的原理和结构,列出了磁路计算的方法。最后举例说明应用的情况。

近几年来,国内在冲压生产中涌现出多种形式的上下料方法,如采用多工位级进模的高速冲床,三台冲床联成自动线,和各种各样的单台冲床自动上下料装置等。但是目前用得较好的仅限于生产批量大、品种少、规格小的产品。而品种多、批量小的情况,仍以手工操作为主。电机是属于多品种规格的产品,因此要实现行业的冲压生产自动化必须研制通用性高、结构简单、容易制造的上下料装置。

一、抓取元件对装置的影响

冲床上下料装置是用以代替手工操作,按照手工操作的动作加以分解可分为分片拿取、运送、送入(取出)模具三个环节。对这三个环节加以分析,就可讨论抓取元件对上下料装置结构和性能的影响。

分片:除用卷料的高速冲床外,所有的上下料装置都要解决如何从一叠板料中抓取一片而不带出第二片的问题。现在多用碗式真空吸头吸取。这种吸头产生真空又可有三种形式:自成真空、带真空泵和用压缩空气喷射造成负压。自成真空式工作不可靠,如有些三联冲床不得不改为人工喂料。真空泵式和喷射式可靠性好些,但结构较复杂。也有用永磁吸盘或

开口变压器式电磁吸盘,这类吸盘分片性能差,有时与磁浮装置配合使用,只适用于尺寸较大的产品,其吸力不易调整,大了易吸两片,小了则在运行时不能克服惯性力,会造成失误。永磁吸盘在放片时还需另设机构。上述吸头吸盘都不适宜高速工作。此外,还有抽屉式的送料装置,虽能分片,但其通用性很差,且只适用于小元片料。

送入:要求抓取元件具有较小的结构高度。上述吸头吸盘结构高度较大,如用作送入元件,就需要冲床有足够的空间,或用于点动状态,和送入机构交替工作时,将降低冲床的有效行程数,这样也就降低了生产率。所以有时换用其他送入方法,如机械方式的拨料或钩料等。但机械方法的送入速度不能太快,定位精度也不高,还须在料道上滑行,这样就限制了通用性。

运送:要考虑动力源、运动轨迹和控制方式等问题。

上下料装置的动力源可分为两种,利用冲床动力带动的从动式,和利用其他独立的动力源带动的他动式。从动式保证上下料装置与冲床运动有可靠的同步,使二者不会产生干涉,可靠性强,不需要降低冲床冲次。但往往因抓取元件结构的限制和通用性的要求不得不采用他动

式。如用吸头或吸盘分片，用机械方法送入，把结构拉得太长。或者抓取元件不能高速工作，需要降低冲次等原因，不宜用从动式。

运动轨迹的选取，也同抓取元件的性能有关系，往往因两种抓取方式并存，把运动轨迹搞得较复杂，如回转式加直线式，结构不紧凑，体积也较大。

采用他动式后，不但需要另找电动或气动的动力源，而且在控制上也带来很多麻烦。为了使上下料装置和冲床协调工作，须采用较复杂的控制系统，冲床需改装快速离合器、制动器，还加装各种各样的保险装置等，结果把一个辅助装置弄得比冲床本身还复杂得多。

综合上述，可见现有的抓取元件使得上下料装置通用性不强，往往为了提高通用性就得降低生产率和增加结构的复杂性。

本文介绍的短极距电磁铁与长极距电磁铁，是一种新型的电磁式抓取元件。短极距电磁铁不仅具有只会吸取单片的性能，且适用于带孔的板料，其吸力强，当改变产品规格时，吸力不需要调整，适合作分片元件。长极距电磁铁的结构高度极小，适合作送入元件，可以在动态中、冲床上升高度很小时插入模具。两种电磁铁重量均较轻，可以按需要做成不同的大小和形状，制造很容易。二者配合使用时，控制的形式统一，结构安排方便，使整个装置简化。在运送过程中，料被悬空的吸着，不需要料道，因而通用性好。吸力大，时间常数小，适合高速工作。是较理想的板料抓取元件。

二、短极距电磁铁

原理与结构：硅钢片是导磁材料，用磁力吸取是较好的办法。一般的磁铁其分片性能都不好，所以未能广泛应用。从电机磁场中的高次谐波只产生表面损耗的现象，给创造新型电磁铁以启示。如果能运用高次谐波极距短，透入深度小的原理，制成短极距电磁铁，使其磁力线不透入第二片板料，则将提高其分片性

能。极距要短到什么程度？理论上似乎愈短愈好，而实际上要考虑：(1)结构上与工艺上的可能性，(2)既有较好的分片性能又有较大的吸力，(3)漏磁系数不能太大，(4)磁路各部分磁密分布合理。图1即根据这些原则研制的短极距电磁铁。其铁心为梳式结构如图2(a)所示，用一组薄铁板组成磁极，

极板厚度 $b = 3D$ (板料厚度)

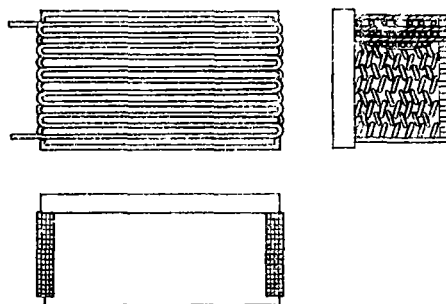


图1 短极距电磁铁

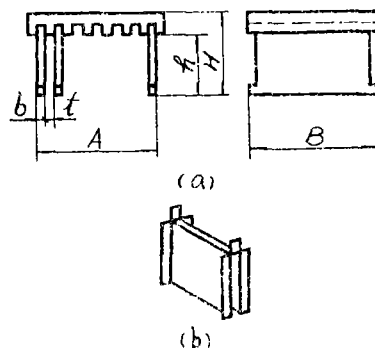


图3 (a)铁心 (b)槽绝缘

极间距 $t = (3 \sim 4)D$

那么极距就是 $\tau = b + t = (6 \sim 7)D$

抓取0.5毫米的硅钢片，取 $b = 1.5$ 毫米，用于园片料时取 $t = 1.5$ 毫米，用于条料时取 $t = 2$ 毫米。

激磁绕组采用连续波绕、反复多层的型式（见图3），使每两极之间的槽中导线电流方向一致，工作时通入直流电，形成N极与S极相间的磁场。这种结构的特点是磁路短，各部分磁密适当，所需磁势不大。在板料内部磁密

不饱和的情况下，可以取较大的气隙磁密，就可保证磁力线不透入第二片板料，并取得较大的吸力（见图4）。因而体积可以做得小些，靠近两端的槽中，导线数为其他槽的一半，这是为了减小边缘效应，边缘效应相当于增长极距。

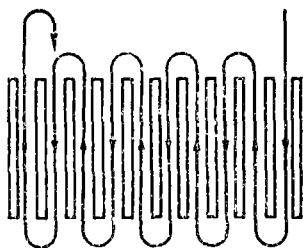


图3 多层波绕

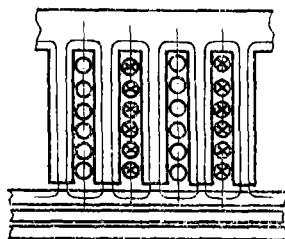


图4 短极距电磁铁吸取板料时的磁路

磁铁是用小于36伏的交流电，经硅整流器单向全波整流后的电源，以保证操作安全。

短极距电磁铁的每单位面积吸力，要比开口变压器式电磁铁大得多，图5表示开口变压器式电磁铁吸取一片板料的情况，在板料中磁密高度饱和，大部分磁力线仍穿过空气隙，因此气隙磁密不高，因吸力与气隙磁密平方成正比，故每单位面积的吸力不大，且分片性能不好。

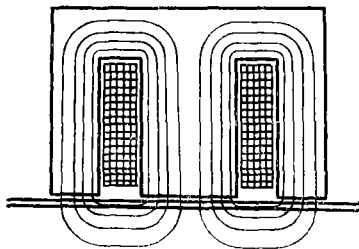


图5 开口变压器式电磁铁吸取板料时的磁路

短极距电磁铁的实验说明：对0.5毫米的硅钢片，当 $B\delta < 4000$ 高斯就不吸双片，当 $B\delta \approx 3000$ 高斯时，甚至也不会吸放在第一片下面的小槽形废料，此时每槽安匝数 $nI \approx 100$ （见表2），每单位面积的吸着力为 $0.15 \sim 0.20$ 公斤/厘米²，这个数值已足够大，所以每当设计新规格的电磁铁时只要保持 nI 值不变，再计算结构面积就可算得吸力的大小，设计工作极为简单。

磁路计算：先计算平均漏磁系数（即不考虑铁心中的磁阻和因饱和而引起的漏磁分布的变化），再计算考虑漏磁后铁心中的磁势。因为整个磁路是在饱和值以下工作，上述的简化是允许的。具体有如下的几项计算。

1、平均漏磁系数 K_s

$$K_s = \frac{\phi_M}{\phi_\delta} = 1 + \frac{\phi_s}{\phi_\delta}$$

$$= 1 + \frac{2h(\delta_1 + \delta_2)}{b(t + 2\delta_2)}$$

$$\phi_M = \phi_s + \phi_\delta$$

$$\phi_\delta = nI \frac{\mu_0 b B}{2(\delta_1 + \delta_2)}$$

$$\phi_s = \frac{nI}{2} \frac{2\mu_0 h B}{(t + 2\delta_2)}$$

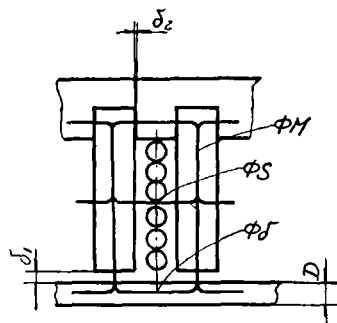


图6 简化磁路

式中 ϕ_M ——磁极磁通；
 I ——激磁电流； μ_0 ——真空磁导率；
 ϕ_δ ——工作气隙磁通； ϕ_s ——极间漏磁通；
 n ——极间槽中导线数，即波绕层数。

其它符号意义见图2、6。

2. 气隙安匝 $AT\delta$

$$\Delta T_{\delta} = 1.6 B_{\delta} (\delta_1 + \delta_2)$$

取 $\delta_1 = 0.1$ 毫米, $\delta_2 = 0.02$ 毫米, 即: 要求磁铁工作面不平度不大于0.1毫米, 轭板槽与极板公差配合要求紧些。

3. 磁极安匝数 AT_M

$$AT_M = at_M \cdot 2h$$

$$B_M = K_S B_{\delta}$$

at_M ——查磁极用铁板的磁化曲线。

4. 每槽中安匝 AT

$$AT = AT_{\delta} + AT_M$$

至于轭板与冲片板料中的安匝数可不计。

因轭板厚度是由机械强度决定的, 并且磁密很低。为了保证不会吸双片, 冲片内磁密一般不超过6000高斯。

5. 激磁线圈与导线面积

$$n = \frac{AT}{I}$$

从下线需要考虑应满足:

$$d_i < t - 2C_i$$

$$nd_i < h - C - C_i$$

式中 d ——带绝缘导线直径;

C_i ——槽绝缘厚度;

C ——极靴高度。

从发热角度考虑, 按短期重复工作制 $nB = 50\%$, 取电流密度 $\Delta < 12$ 安/毫米²。

6. 吸力 F

$$F = \left(\frac{B_{\delta}}{5000} \right)^2 A_{\delta} \text{ 公斤}$$

$$A_{\delta} = Bb(N-1) \text{ 厘米}^2$$

式中 N ——磁极片数。

表1是三种短极距电磁铁的数据。表2、表3是计算数据和实测数据。

作用力的分析与磁铁的布局: 短极距电磁铁工作时对板料的作用力应考虑以下三个方

表1 短极距电磁铁数据

代号	用途	$A \times B$ (毫米 ²)	H (毫米)	h (毫米)	b (毫米)	t (毫米)	N (片)	d (毫米)	n (匝)	I (安)	自重 (公斤)
I	转子复式冲槽	34.5×60	30	25	1.5	1.5	12	0.67	30	3	0.4
II	定子复式冲槽	34.5×80	30	25	1.5	1.5	12	0.67	24	3	0.5
III	一落三元	57.5×60	30	25	1.5	2	17	1.2	17	6	0.7

表2 计算数据

代号	K_s	B_{δ} (高斯)	AT_{δ} (安匝)	B_M (高斯)	at_M (安匝/厘米)	AT_M (安匝)	AT (安匝)	I (安)	F (公斤)
I	3.6	3000	57.6	10800	6.65	33.3	90.9	3.03	3.56
II	3.6	2700	53	9900	5.6	28	81	3.37	3.85
III	3.04	3550	68.3	10800	6.65	34.5	108.8	6.04	7.28

面:

1. 吸力 $F >$ 板料重力 g ;

2. $(F - g)\mu >$ 板料运动时的惯性力,

μ ——极表面与板料间的摩擦系数, 一般为0.15~0.2;

3. 剥离力: 由于板料自重产生的柔性变

形, 会在磁铁的边缘产生集中力, 以致可以将板料逐渐撕下来(见图7)。

通过计算可知, 第一第二两个条件是很容易满足的, 要克服剥离力, 只能通过电磁铁的合理布局才能解决, 图8a是用两个磁铁吸取定子元片料以减少剥离力的情况, 图8b是用

表 3 实测数据

代 号	I (安)	F (公斤)	与计算值比较 (%)
I	3	3.28	-8
II	3.35	3.4	-11.5
III	6	8.15	+12



图 7 剥离力

两个磁铁吸取条料一端的情况，但磁铁的布局
和磁极方向都不合理，图 8c 则较合理。在结
构允许的条件下，可以用增长受剥离力作用的
那一部分边缘的长度的方法来克服剥离力。

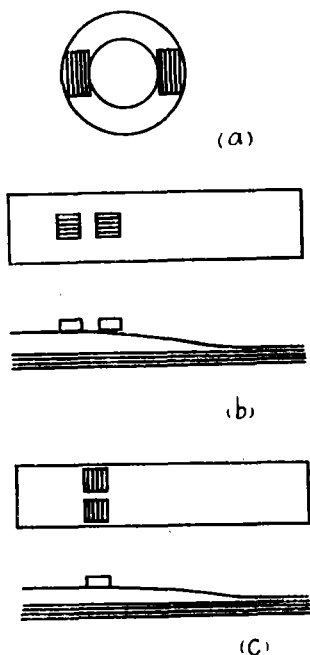


图 8 克服剥离力的方法

剩磁的影响：用低碳钢做磁路，剩磁虽然
较小，但对小元片料（每片 0.03 公斤），在放
片时影响仍很大。可以采用通电退磁的方法解

决。所加电压值：为激磁电压的 10% 左右的 5⁰
周交流电，反向直流电则为 5%，并采用激磁与
退磁交替的控制电路。也可以采用机械的方法
，装一个小弹簧在磁极旁边，其自由状态高出
磁极表面，吸片时被压缩，放片时小簧将冲
片剥离下来。

制造工艺：磁轭板先铣好槽，将已铣成形
的极板插入槽中，在两端焊接，修整槽口焊
渣，再将板面加工平，用一层复合绝缘纸绝缘
（图 2b）。下线用手工绕制。

三、长极距电磁铁

原理与结构：为了增强通用性和简化结
构，对定、转子复式冲槽的进料最好采用电磁
铁抓取元片料直接送入模具的方式；对一落三
元的出料则需将电磁铁伸入上下模间取出定、
转子元片和四周剩下的料，但普通冲床的行程
都不太大，特别是为了不降低生产率，冲床要
连续工作。在这种情况下，对电磁铁的要求是
高度 H 必须较小，重量较轻，同时不允许带有
点头机构，因而电磁铁必须具有较大的吸程。
长极距电磁铁就是针对这种要求设计的。其结

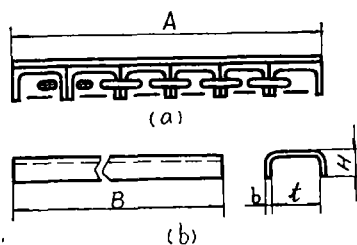


图 9 (a) 长极距电磁铁 (b) 槽铁磁路

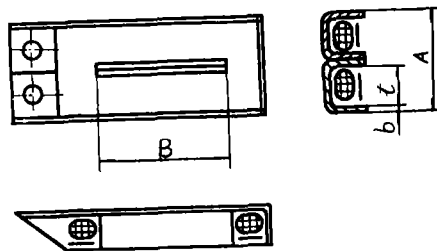


图 10 长极距电磁铁

构见图9，图10。为了轻重量和减小高度，由薄板制成槽形磁路，线圈做成集中绕组式样，每个线圈跨两个槽铁，根据吸程与极距成正比的原则，极间距按有效吸程 δ_0 决定(见图11)。

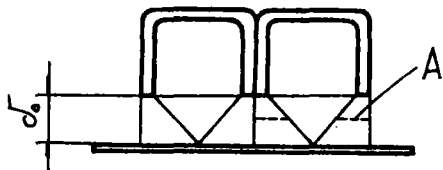


图11 吸取力计算

$$t=2\delta_0$$

且有： $t>b$ ，和 $t>H$ 的特点，所以称为长极距电磁铁。

设计时只考虑有效吸程 δ_0 处的吸力即可。吸上后由于气隙减小，磁密增加，其吸力自然增大。

表4列出两种长极距电磁铁的数据。

表 4

长距电磁铁数据

代 号	用 途	A×B (毫米 ²)	H (毫米)	b (毫米)	t (毫米)	N (片)	d (毫米)	n (匝)	I (安)	自 重 (公斤)
IV	一落三元	280×500	16+8	1.5	27	16	0.67	120	3	5
V	定转子复式冲槽	40×60	16	1.5	17	4	0.83	100	6	0.2

四、应用实例

首次采用两种新型电磁铁作为抓取元件的上下料装置是用于3台80吨开式冲床(其行程为115毫米，行程次数为45次/分，工作台面积为750×500毫米²)，使JO₂3~5*电机冲片一定子复式冲槽、转子复式冲槽、一落三元三道工序都实现了单机自动化。上、下料装置布置在冲床两侧，便于装卸模具。由冲床滑块带动，比用曲轴偏心传动机构简单些，用可调螺杆连接，可不受模具高度不同、或修模后冲床封闭高度变化的影响。下面分别介绍定、转子复式冲槽，与一落三元两种装置的结构。

磁路计算：只计算吸力 F_0 ，且不考虑铁心中磁阻和漏磁的影响。

$$F_0=\left(\frac{B_{\delta}}{5000}\right)^2A_0$$

$$\text{其中 } B_{\delta}=\frac{nI}{1.6\delta_0} \text{ 高斯} \quad \delta_0=0.5t \text{ 厘米}$$

$$A_0=\left(b+\frac{t}{4}\right)BN\text{厘米}^2$$

举例：V号电磁铁计算

$$\delta_0=0.5\times1.7=0.85\text{厘米}$$

$$A_0=\left(0.15+\frac{1.7}{4}\right)\times6\times4=13.8\text{厘米}^2$$

$$B_{\delta_0}=\frac{100\times6}{1.6\times0.85}=440\text{高斯}$$

$$F_0=\left(\frac{440}{5000}\right)^2\times13.8=0.107 \text{ 公斤}$$

两个电磁铁吸力共0.214公斤，而JO₂5-2元片料重0.124公斤，所以够用。

例1. 定、转子复式冲槽自动进、出料装置。

这种装置是在将经过落料后形状比较规格化的板料再作第二次冲压时用的。定子复式冲槽与转子复式冲槽的区别只是在料仓内定位的方式不同，定子外元用四杆定位，转子内元用心轴定位，其余结构皆相同。规格改变时，只需调整料仓定位装置。

传动系统：图14装置中左边部份是上料，冲床滑块通过有两个中间支点的杠杆系统，再经双簧机构带动水平导轨上的上料滑块运动，双簧机构和固定支架上的两端挡块组成间歇机构。这样就将滑块的垂直往复运动经放大和转向变为上料滑块的水平往复间歇运动。其所以

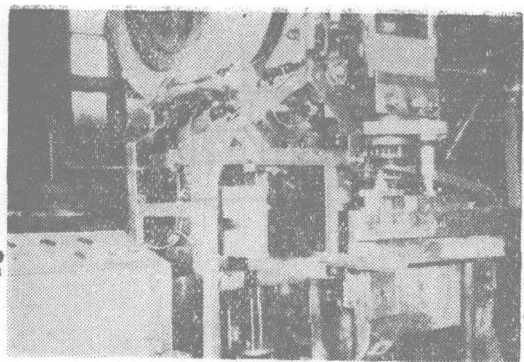


图12

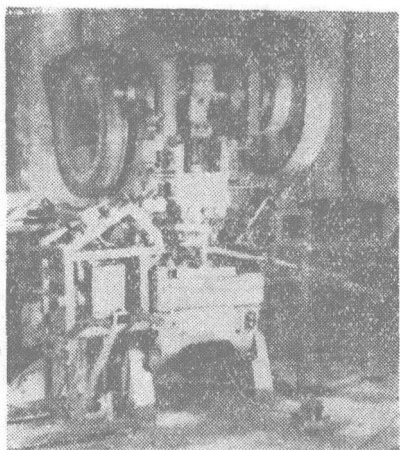


图13

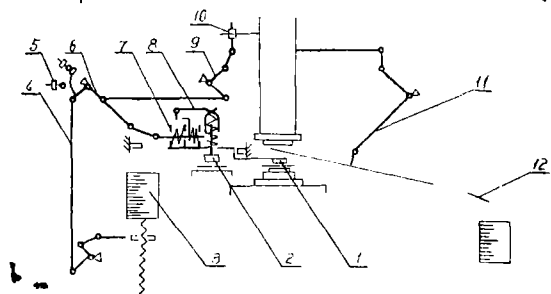


图14 定转子复式冲槽自动进出料装置

1. V号长极距电磁铁 2. II号(或丁号)短极距电磁铁 3.料仓 4.棘轮丝杠提升机构 5.行程开关 6.放大杠杆 7.双簧机构 8.点头机构 9.转向杠杆 10.可调螺杆 11.出料杠杆 12.成品

需要有两个中间支点,是因为使第一个支点的位置可以尽量靠近冲床,以减少滑块所受的扭矩,第二个支点的位置,由料仓的位置决定。

上料滑块上装有两对电磁铁,作为两级抓取元件,第一级用两个I号或II号短极距电磁铁,并装有柔性点头机构。第二级用一对V号长极距电磁铁,模具与料仓间没有中间料仓,料分两步送入模内。第一步由料仓送至中间料仓,第二步由中间料仓送入模内。料仓采用棘轮丝杠提升。出料也由滑块带动。对模具结构无特殊要求,可采用一般的下定位上打料结构。

双簧间歇机构:目的是为了保证送料精度。可消除:(1)运动惯性;(2)传动间隙和磨损带来的误差;(3)行程控制中不可避免的缺点,即由行程开关动作的提前量带来的误差;(4)从动式传动时由冲床振动带来的影响。结构原理见图15,在上料滑块的两端装有滑座,十字轴可以在其中滑动,轴上套有双簧,在滑座和中间挡板之间装入时加有初应力,其值大于上料滑块在导轨上的静摩擦力,因此十字轴可以通过双簧推动滑块在导轨上左右运动,而双簧不被压缩,当滑块运动至两端,和机架上的挡块相碰时(图15a,c),滑块被阻挡而停歇,十字轴则压缩一个簧而产生超行程,所以冲床带动十字轴作水平简谐运动,而上料滑块作水平往复间歇运动,图16表示其运动曲线,弹簧起强迫消振作用。停歇期间传动机构拨动行程开关动作,控制电磁铁抓片、放片。

柔性点头机构:双簧机构中的初应力大于导轨摩擦力,所以在运动中十字轴对滑块位置居中,无相对运动。当运动到左端的料仓上面时,滑块碰挡块而停歇,十字轴向左产生超行程,轴上的顶杆通过杠杆迫使点头机构下降,同时行程开关通电,使电磁铁抓取一片板料(图17),然后十字轴作返回运动,点头机构上升,最初滑块还停歇着,到左簧伸长,十字轴才推动右簧,滑块才开始向右运动。因此板料是在上升运动完毕后才开始水平向右运动,这样就避免因板料堆松散度不同、高低不一而产生的送料误差。当料堆超高时,导柱迫使内簧(图17,3)压缩得以缓冲。

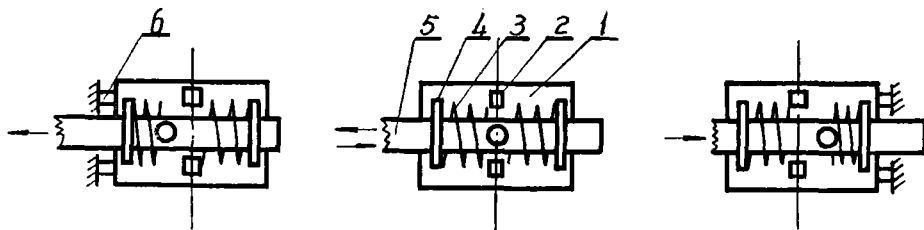


图15 双簧间歇机构原理

1.上料滑块 2.挡板 3.双簧 4.滑座 5.十字轴 6.挡块

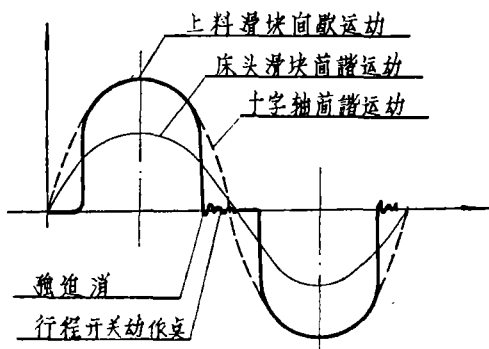


图16 间歇运动速度曲线

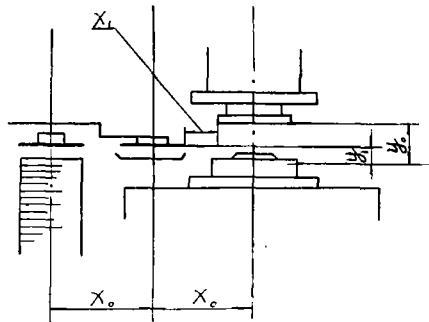


图18 料仓位置

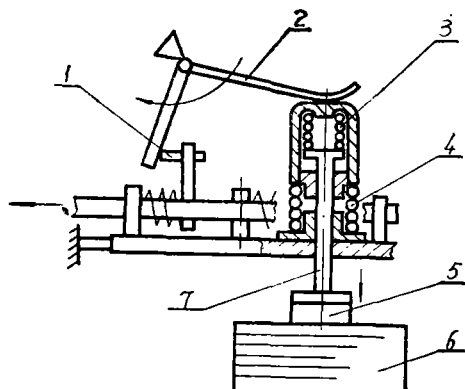


图17 柔性点头机构

1.顶杆 2.杠杆 3.内簧 4.外簧 5.短极距电磁铁 6.板料堆 7.导柱

放片时同样是在水平运动完毕后，行程开关才动作，使电磁铁放片。双簧迫使滑块靠着两端的固定挡块定位，可以消除前述各种原因产生的误差，保证送料的精度较高。

料仓到冲床的最小距离：距离愈小，磨损愈小。其最小值决定于：

(1)冲床台面尺寸与最大冲片外径。

(2)送入时不和模具发生干涉，应满足下列不等式（见图18）：

$$\frac{X_1 + \Delta}{X_0 + \Delta} > \frac{y_1}{y_0}$$

式中 X_0 ——料仓到冲床距离之半；

X_1 ——中间料仓中最大冲片外径至脱料板的距离；

Δ ——双簧机构的超行程；

y_0 ——冲床行程；

y_1 ——抓取平面至冲头最低位置的距离。

例2.一落三元自动进出料装置。

本装置的上料和下料都用Ⅳ号长极距电磁铁，二者直接联接以保证同步。条料装在电动升降台上，由普通牵引电磁铁带动两个Ⅲ号短极距电磁铁，组成提升机构，吸取一片条料的一端，当上料电磁铁在冲床滑块带动下、运动至条料上方时，接过Ⅲ号电磁铁抓着一片条料，再一步一步送入模内。提升机构在计数器控制下，每冲完一片条料工作一次，以保证冲床

冷轧大螺距丝杠

江西机床修理厂 余兴民

摘要 叙述了大螺距丝杠冷轧的基本原理, 轧辊结构、筒形轧辊的设计计算、元环轧辊的修正设计及轧件的精度分析。

我厂从一九七〇年开始采用冷轧方法生产 $T40 \times 12$ 的大螺距丝杠。采用的设备是车床上附加一轧辊箱体改装而成的轧机。轧制过程中

轧辊由轧件带动旋转。通过几年的实践证明, 冷轧大螺距丝杠工艺是可行的。轧辊寿命如轧制1666毫米长的 $\phi 620$ 丝杠, 一付(3只)轧辊最

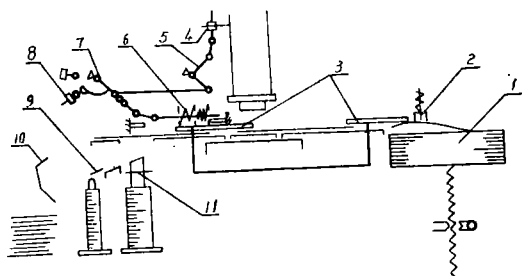


图19 一落三元自动进出料装置

1. 条料台 2. III号短极距电磁铁 3. IV号长极距电磁铁 4. 可调螺杆 5. 转向杠杆 6. 双簧机构 7. 放大杠杆 8. 行程开关 9. 转子片 10. 废料 11. 定子片

连续工作。当提升机构感到条料高度不够时, 便可使料台上升一定高度。下料电磁铁伸入上、下模间, 将冲好的定、转子元片连同四周剩下的废料一同吸取, 并一步一步送出, 最后将三者分别堆放好。

改变冲片规格时, 只要调整步距(在放大杆上与横杆连接处有了孔, 分别适用 3° 、 4° 、 5° 冲片)和料台与出料的位置。

结 语

上下料装置采用短极距电磁铁和长极距电

磁铁作抓取元件, 使分片和送入控制形式统一, 便于采用从动式传动, 结构简化, 磁力抓取不再需要料道, 因而通用性好, 运动轨迹简化, 吸力大, 所以又为高速化创造了条件。这些对冲床自动化都具有普遍意义。

短极电磁铁有较好的分片性能, 但其吸程较小, 所以必须配之以柔性点头机构, 才能稳定工作。长极距电磁铁结构高度小, 吸程较大, 但其极间距大, 所以使用时要注意板料的对称性, 否则产生横向位移, 影响送料的准确性。如例二中, 一落三元装置, 下料电磁铁取出成品料时, 因 $JO_2 3^\circ$ 冲片四周剩下的废料太小, 产生横向位移, 以致无法连续工作。

这两种电磁铁如采用H极绝缘材料, 可进一步减小结构高度和重量, 使结构安排更加方便。如能采用溶槽绝缘, 其制造的工艺性可更好些。

间歇机构是保证高精度送料必不可少的一环, 设计时应注意间歇时间与行程开关和点头机构的动作时间之间的恰当比例, 使用两种进出料装置时, 如果元片料上油泥过多, 或条料滚剪后未校平, 都会影响正常工作。