

多工位自动送料系统的送料机构设计与运动分析

罗云华* 张祥林 张颖 黄早文

(华中科技大学模具技术国家重点实验室 430074)

摘要: 介绍在普通压力机实现多工位自动化冲压的方法, 提出研究两种行星式齿轮驱动的自动纵向送进机构和凸轮机构驱动的横向张合机构的送料原理, 进行自动送料机构的运动分析, 关键机构的设计计算, 对设计大型多工位自动化送料系统有参考价值。

关键词: 多工位冲压 自动送料系统 动作控制

Study on automated transfer feeder system of multi-stage stamping line

LUO Yun-hua ZHANG Xiang-lin ZHANG Ying HUANG Zao-wen

(Huazhong University of Science and Technology)

Abstract: Employing automated multi-stage press line which is proofed to be of highly-effective, safe and easy-employed will be a trend in modern sheet industry. This paper introduces the method of multi-stage automated stamping line, investigates the characteristics of transfer feeder system driven by planet gears and cam system, and discusses some key problems in design and analyses work.

Keywords: Multi-stage stamping Automated transfer feeder system Movement control

一、前言

现在汽车制造厂越来越多地使用多工位压力机

和冲压生产线, 可以大批量生产出高质量的冲压件, 提高劳动效率、降低产品成本、确保操作安全。若采用多工位专用压力机并利用其自带的多工位送料装置, 在冲压加工的材料供给、工件传送、制品及废料的排出、模具交换、冲床调整与运转、冲压过程异常状况监视等所有作业过程自动化, 固然理想, 但存在投资大、运行维护费用高, 生产柔性差等问

* 男, 38岁, 讲师, 在职博士生

收稿日期: 2003-07-11

参考文献

- 1 L A Yolshina, V Ya Kudyakov, V G zyryanov. A lead-film electrode on an aluminum substrate to serve as a lead-acid battery plate. *Journal of Power Sources*, 1999, 78 (1~2): 84~87
- 2 Jay Benny E, Datta Ajoy, Mathews Charles, Blyner Richard. Performance of the horizon advanced lead-acid battery. *Proceedings of the Annual Battery Conference*, Jan 11-13 1994
- 3 Siegmund Andreas, Prengaman, R David. Grid alloys for automobile batteries in the new mollenium. *JOM* 53 1 Jan 2001 Minerals, Metals and materials Soc (TMS), 38-39
- 4 Tortora, C. New technology for lead acid batteries. *INTELEC, International Telecommunications Energy Conference*, 1989 (6): 15~18
- 5 M Saakes, E Kluiters, D Schmal, S Mourad, et ad. Development and teting of a bipolar lead-acid battery for hybrid electric vehicles. *Journal of Power Source*, 1999, 78 (1~2): 199~203
- 6 I Kurisawa, M Shiomi, S Ohsumi, M lwata, M Tsubota . Development of positive electrodes with an SnO₂ coating by applying a sputtering technique for lead-acid batteries. *Journal of power sources*, 2001, 95 (1~2): 125~129
- 7 Blyner, Richard J. Mathews, Charles L. Method and apparatus for coating a core material with metal. US4658623 1987.
- 8 Hawkes DJ, Morgen RE. Conform extrusion current methods and capabilities. *Wire Industry* 1991 (6) .
- 9 Dawson J R, Hawkes D J. Continuous sheathing of fibre optic and CATV Canles. *The 6th Wire Asia International Conference and Exhibition Shanghai* 25th-28th, 1994.
- 10 贾春博, 刘元文等. 连续挤压包覆 CATV 同轴电缆芯线防灼伤系统研究. *锻压技术*, 2000, 25 (2)
- 11 谢建新, 刘静安著. *金属挤压理论与技术*. 北京: 冶金工业出版社, 2001.
- 12 罗守靖著. *复合材料液态挤压*. 北京: 冶金工业出版社, 2002.

题。利用现有的普通压力机改装，在材料（工件）供给、传送采用自动送料装置，使用多工位模具进行自动化多工位冲压见效快、投资少、适用性强。多工位冲压的技术进步主要体现在多工位送料技术上。

二、多工位送料系统

多工位送料系统的种类和方式较多，但大致可分为以下3类：机械送料、电子送料和组合式送料，按送料方式可分为两向和三向送料。常见的机械式送料系统（机构）主要有气动夹钳式送料、辊式送料、夹板式送料，在大中型多工位自动化冲压生产中，多采用夹板式自动送料。

本文重点介绍机械式送料机构，它是通过与压力机传动系统的直接连接完成冲压件从一个工位移动到下一个工位，以行星齿轮驱动进行纵向进给，以凸轮驱动进行夹板的横向夹持和抬升，具有动作协调可靠，运动平稳，加速度特性好，重复定位精度高，送进距大，结构紧凑等特点。

1. 行星式送料机构

(1) 行星式传动机构的送料原理 三向送料通过3种不同的动作在压力机内传送冲压件。三向送料时夹板作三维空间运动，其工作循环为：夹紧—升起—送进一个工位距—松开—降下—退回一个工位距。行星齿轮驱动进行纵向送进和退回。

图1是外啮合行星齿轮送料机构的送料原理示意图。太阳轮1固定不动，行星齿轮4由转臂2带动，绕固定的太阳轮1转动，偏心销3安装在行星轮上，小滑块6套在偏心销上，它可以在夹板滑座7的导向槽内滑动。当行星轮绕太阳轮转动时，通过偏心销上的滑块带动夹板8左右运动一个工位距，实现夹板的纵向送进和退回。

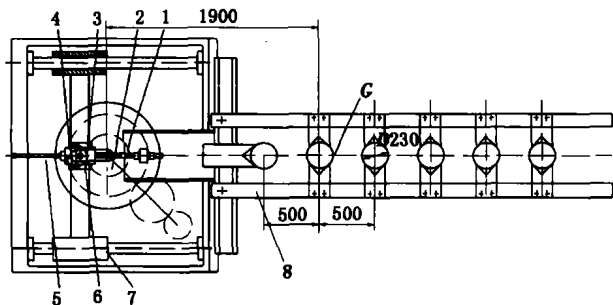


图1 外啮合行星齿轮送料机构的送料原理

外啮合行星齿轮送料机构和内啮合行星齿轮送料机构的偏心销运动轨迹见图2所示，外啮合情形

(图2a)，此时太阳轮直径 D 与行星轮直径 d 及偏心销偏心距 e 之比为 $D:d:e=10:5:1$ 时，偏心销的轨迹为一近似椭圆，在近似直线 ab 和 $a'b'$ 段，夹板纵向进给运动停止，仅作横向闭合、张开运动，相应的偏心销转角为 60° ，符合夹板纵向送料机构停顿 60° 的要求。而在 aa' 和 bb' 段，夹板分别作纵向送进和回退运动，送进距 $P=D+d-2e$ 。

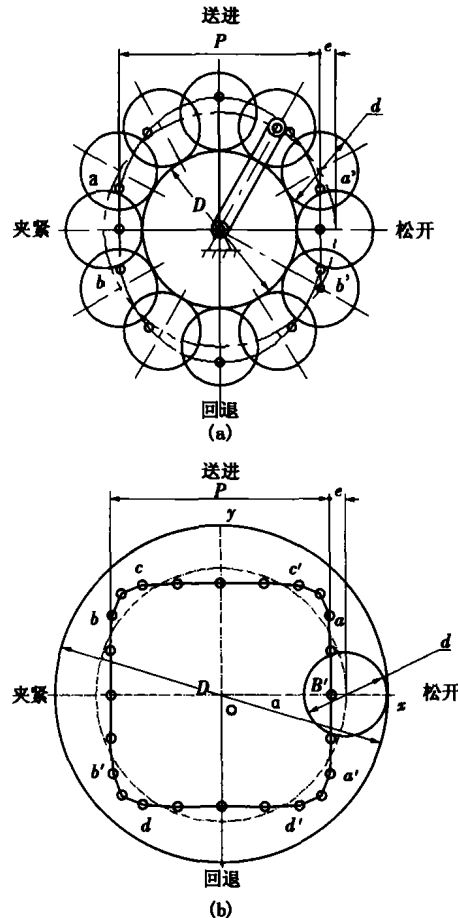


图2 偏心销运动轨迹
(a) 外啮合 (b) 内啮合

在内啮合时（图2b），当 $D:d:e=20:5:1$ 时，偏心销的轨迹近似为一正方形，在近似直线 aa' 、 bb' 段，夹板纵向运动停止，仅作横向松开或夹紧工件运动，而在 ba 和 $a'b'$ 段，夹板分别作纵向送进和回退运动，夹板纵向送进距 $P=D-d-2e$ 。

从两种行星齿轮驱动的偏心销运动轨迹可以看出，内啮合时，在直线 cc' 和直线 dd' 段，夹板的横向运动完全停止，此时夹板只有纵向送进和退回，而在直线 aa' 和直线 bb' 段，夹板的纵向运动完全停止，此时夹板只进行横向松开和夹紧，夹板的降下和升起。进行内啮合驱动的行星方式比外啮合的驱动方式得到的偏心销轨迹比较，内啮合行星齿轮驱动的夹板纵向运动更平稳。

(2) 行星式传动机构的运动分析和设计计算
以外啮合为例进行分析计算, 参见图 3 内啮合同理可推导。

已知工作距 P , 根据 $P = D + d - 2e$ (1)

及 $D : d : e = 10 : 5 : 1$ (2)

可以求得太阳轮直径 D , 行星轮直径 d , 及偏心销的偏心距 e 。

如果 $D : d : e$ 之比严格等于 $10 : 5 : 1$, 则 $P = 10e + 5e - 2e = 13e$ 。 D 和 d 的值取决于齿轮的齿数和模数, P 和 e 常取整数, 但 P 不一定是 13 的整数, 为此, 可以取 $D : d : e = 10 : 5 : k$, 其中 k 为偏心系数 $k \approx 1$ 。

1) 运动方程

$$\begin{cases} B_x = \frac{1}{2}(D+d)\cos\alpha - e\cos 3\alpha \\ B_y = \frac{1}{2}(D+d)\sin\alpha - e\sin 3\alpha \end{cases} \quad (3)$$

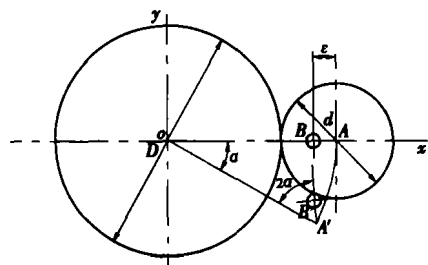


图 3 外啮合时偏心销运动轨迹分析

当行星轮沿着太阳轮旋转时, 偏心销 B' 的坐标值可由下面的公式计算:

根据不同的 α 角可以确定偏心销轨迹。

送料方向速度方程:

$$v_x = \left[3\sin 3\alpha - \frac{7.5\sin\alpha}{k} \right] e\omega \quad (4)$$

加速度方程:

$$a_x = \left[9e\cos 3\alpha - \frac{7.5\cos\alpha}{k} \right] e\omega^2 \quad (5)$$

2) 送料波动及最大波动量 在近似直线 ab 和 $a'b'$ 段, 夹板纵向进给运动停止, 仅作横向闭合、张开运动, 实际上, 偏心销在 X 方向有微量的夹板送进或退回, 形成波动, 此纵向送进的微量波动可由设计的弹簧装置 5 吸收消除 (图 1), 提高送进定位精度, 为了设计弹簧装置, 还须计算最大波动量和最大波动量时转臂与 X 轴的夹角 α 可由

$$B_x = \frac{1}{2}(D+d)\cos\alpha - e\cos 3\alpha$$

两边对 α 求导, 令 $B_x = 0$ 得到:

$$\text{即 } \alpha = \sin^{-1} \frac{1}{2} \sqrt{3 - \frac{5}{k}} = 20.1^\circ$$

最大波动量为: $\Delta B_x = B'_x - B_x$

$$\text{即 } \Delta B_x = e \left[\frac{15(\cos\alpha - 1)}{2k} + 1 - \cos 3\alpha \right] \quad (6)$$

3) 停顿角 为了设计夹板张合机构, 须对停顿角 $2\alpha_0$ 的大小即夹板纵向进退开始和终了之时行星轮与太阳轮中心连线的夹角进行计算。

则由几何关系得到:

$$\frac{1}{2}(D+d)\cos\alpha - e\cos 3\alpha = \frac{1}{2}(D+d) - e$$

解此方程得到停顿角之半 $\alpha_0 = 28.7^\circ$, 停顿角为 57.4° , 大致符合夹板纵向送料机构停顿 60° 的要求。此参数角的大小与夹板张合机构的设计密切相关。停顿角小, 则夹板从开始张开到终了的时间也就少, 因而惯性力大, 对张合机构不利。

2. 凸轮传动张合机构

(1) 凸轮横向张合机构运动原理 夹钳横向张合机构和抬升机构的类型较多。常用凸轮通过摆杆、连杆带动齿条、齿轮、与齿轮同轴的偏心轮, 再通过杠杆及连杆机构, 带动两个夹板作横向张合运动, 夹紧力由中间气缸产生。在试冲、模具调整或冲压过程中出现故障时, 向气缸活塞下部通入压缩空气, 夹板会立即松开。摆杆上的滚轮对凸轮的压紧力, 由气缸内的压缩空气产生, 如图 4 所示。

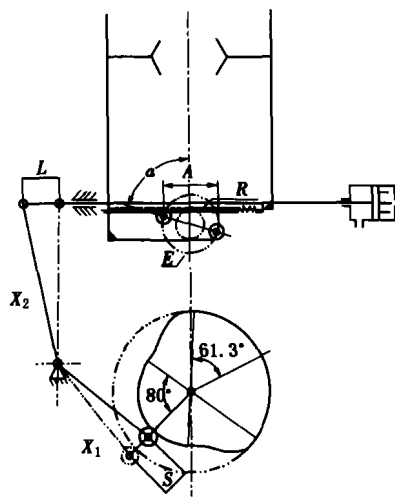


图 4 凸轮横向张合机构示意图

$$LX_1 = SX_2 \quad (7)$$

$$2aR = L \quad (8)$$

$$2Esina = A \quad (9)$$

通过设计摆杆机构、齿轮齿条机构、偏心机构, 可以使夹钳的纵向位移 (张合行程 A) 是凸轮从动杆位移 S 的两倍。

(2) 凸轮设计 对凸轮传动张合机构要求如下: 行星式送料机构将工件送进一个送进距, 此时张合

机构不动, 压力机滑块在上死点附近, 当曲轴转角为 61.3° 时, 夹板送进结束, 此时凸轮张合机构动作, 带动夹板开始张开, 而夹板纵向运动停止, 当停顿 57.4° 后, 在曲柄转角 118.7° 时夹板完全张开, 而后夹板松开工件作空行程回退运动, 此时张合机构不动, 压力机的滑块在下死点, 多工位模具在冲制工件。在曲柄转角 241.3° 时, 张合机构开始动作, 带动夹板横向夹紧工件。因此, 在凸轮的 360° 圆周上, 相应包含有上升段 ($61.3^\circ \sim 118.7^\circ$)、停止段 ($118.7^\circ \sim 241.3^\circ$)、下降段 ($241.3^\circ \sim 298.7^\circ$) 及停止段 ($298.7^\circ \sim 61.3^\circ$)。在上升段和下降段, 凸轮机构运动, 控制夹钳的张开和闭合, 而在其他的时间里, 凸轮都相当于一圆, 不发生任何位移。

选用等径凸轮, 这种凸轮两半是对称的, 因此在绘制凸轮轮廓图时, 只须讨论其中的上升段, 图 5 表示凸轮轮廓线的画法。

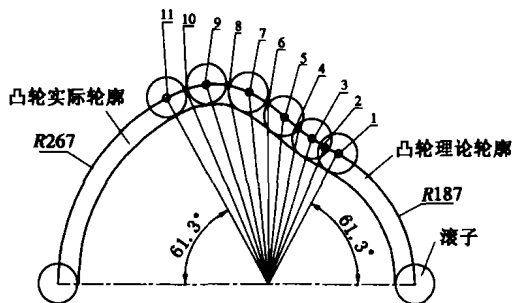


图 5 凸轮轮廓

取凸轮轮廓的最大半径 $R_{\max} = 267\text{mm}$, 基圆半径 $R_{\min} = 187\text{mm}$, 则上升距离为 80mm , 将上升段 57.4° 作 10 等分, 其中每一段的上升距离由表 1 中查出, 即可得到上升点, 将这些点连接起来就得到凸轮的理论轮廓线。从动件一般均用滚子, 设滚子半径为 5mm , 以曲线上任一点为圆心, 以 5mm 为半径作一系列圆, 则这些圆内侧的包络线即为凸轮实际轮廓线。

表 1 凸轮位移数据表

各点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
位移	0.52	3.89	11.89	24.52	40	55.48	68.11	76.11	79.48	80

三向送料时, 还必须使用夹板抬升机构, 也采用凸轮驱动机构, 因此对夹板抬升机构的分析与上述夹板横向张合机构类似。本文不作分析了。

三、结论

(1) 与昂贵的专用多工位压力机相比, 利用现

有的普通压力机改装, 在材料(工件)供给、传送采用自动送料装置, 使用多工位模具进行自动化多工位冲压是见效快、投资少、适用性强、较为经济的适合我国国情的生产方案。

(2) 以行星齿轮驱动进行纵向进给, 以凸轮驱动进行夹板的横向夹持和抬升, 具有动作协调可靠, 运动平稳, 加速度特性好, 重复定位精度高, 送进距大, 结构紧凑等特点。

(3) 内啮合驱动的行星方式与外啮合的驱动方式得到的偏心销轨迹比较, 内啮合行星齿轮驱动的夹板纵向运动更平稳。

参考文献

- 1 成虹. 冲压、机械化与自动化. 南京: 江苏科学技术出版社, 北京: 电子工业出版社, 1990.
- 2 中国机械工程学会锻压分会. 锻压手册(第3卷). 北京: 机械工业出版社, 1993.
- 3 罗云华, 张海鸥. 内、外锅冲压生产线的设计. 锻压机械, 2000, (6): 6~8
- 4 叶朝辉, 吕林源. 多工位压力机送料系统. 锻压机械, 2000, (6): 16~17
- 5 罗云华, 张海鸥. 一种内啮合行星式送料机构. 锻压机械, 2001 (1): 22~23
- 6 孙恒, 陈作模. 机械原理. 北京: 高等教育出版社, 2001.

“提高模具寿命应用技术实例” 一书将出版

由中国热协前常务副秘书长王德文研究员级高工主编, 机械工业出版社出版的“提高模具寿命应用技术实例”一书, 2004年9月与读者见面。本书以实用技术为主, 兼有一定的理论分析, 旨在更好地有助于解决生产实际中的技术问题。全书内容共12章, 近70万字, 包括有热压、冷挤压、塑料成形用模具材料及其热处理技术的发展和运用, 表面改性技术及真空热处理技术的发展和运用, 润滑剂等; 有成形工艺及设计结构合理化, 合理选用模具材料, 采用强韧化技术及工艺, 采用表面改性技术, 改进制造工艺、提高模具使用性能, 选用合适的润滑剂, 改进模的使用和维护条件, 采用综合技术措施等400余例实用技术。该书综合了作者们的科技成果及现场实践经验和国内外的实用先进技术, 是具有实用价值的参考书, 对提高模具行业的模具性能和使用寿命及经济效益有大的帮助。

本书适用于模具企业中的工程技术人员参阅应用, 也可供院校模具专业的师生及科研单位的模具科研工作者参考。

咨询联系电话: 010-68369328

手机: 13611172889

联系人: 王德文