

# 大型闭式压力机单机自动化上下料机械手机械结构设计

袁云龙

武汉轻工大学

**[摘要]**近些年来,伴随科学技术的不断发展,智能制造设备在冲压生产当中的应用范围逐渐扩大,在大中型企业当中,人工上下料这一传统方式逐渐被多工位压力机与多台连线冲压生产线所替代,而小型企业则由于自身资金原因,更多选择在原有压力机基础上增加自动上下料设备替代人工送料。基于此,本文将主要针对大型闭式压力机单机自动化上下料机械手机械结构设计展开相关探讨分析。

**[关键词]**大型闭式压力机;上下料自动化;机械手

**[DOI]** 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.11.1008

## 引言

冲压成型是一种常见的成型方法,随着国内冲压工业的发展,板材冲压设备的性能逐步与国际接轨,使冲压工艺的自动化水平进一步提高。为了提高企业的生产力,传统企业都会设计一整套的自动化生产线,从而减少成本。比如,济南二机床集团在2018年6月27号完成的“大规模全伺服冲压生产线示范工程”在武汉顺利完成,这是我国第一条50000 kN的大型全伺服冲压生产线。但是,这种模式对中小规模的配套企业而言,其成本相对较高;同时,采用单机具有更高的柔性、更低的成本,更符合企业的发展需要。

### 一、机械手主要技术要求

大型压力机械手主要用于对各种板件进行冲压成形后的下料,并对其进行弹性伸缩<sup>[1]</sup>。其主要性能指标为:1、压力机的主要参数:长×宽:2000毫米×4000毫米;最大开孔尺寸:400毫米;全冲程:4秒;工作台离地:1000毫米。(2)工件大小(长×宽×厚度):2100毫米×1100毫米×1毫米。(3)机器人的主要技术参数:横向冲程 L:1700 mm;纵向冲程 H:500毫米;载荷重量:25公斤;下料节拍:4秒/件;机械臂的位置精确控制在0.2毫米以内。

### 二、案例概述

YT28-4030紧凑型压力机(下文中,简称“压力机”)是一种适合于薄片拉伸、弯曲的大型冲压设备;成形等工艺,分成一定的工艺:定、压两种,为框架式四柱结构,其特点是抗偏载,液压冲击小,动作稳定。这种压板机通常都是人工进行,既要上料又要下料,既要下料又要下料,既要节省人力,又要投入大量的人力、物力和财力,因此采用机械臂代替人工来完成工作是当前冲压工艺发展的一个重要方向。从上述企业的生产现状及零部件的加工情况来看,目前的人工下料方法不但效率较低,而且对生产环境也有一定的影响。由于成本低廉,加工灵活,单机自动上料设备受到了中小企业的青睐。

### 三、单机自动化上下料设备控制系统总体方案设计

#### (一)控制系统类型

随着科学技术的飞速发展,各种先进的技术在工业控制中得到了广泛的应用。在此基础上,我们可以根据课题的具体情况,选择相应的控制模式。(1)继电器控制系统:主要包括继电器、触点;主令电器与电线构成,是一种常用于自动控制线路的电气控制元件<sup>[2]</sup>。(2)PLC控制系统:PLC是一种针对工业自动化而设计的,能根据预定的程序自动操作

的PLC,已经在工业控制中占有举足轻重的地位。PLC具有操作简便、工作可靠、软件设计灵活、可编程、可编程、可编程、可编程、可编程、可自诊断、自诊断等功能。(3)CNC系统,它的工作性能稳定,可靠性高,维护简单,而且CNC系统的控制柜体积较小,占用空间较少,操作简单,可以与其他机械设备相结合,有利于实现机电一体化<sup>[3]</sup>。

#### (二)控制方式类型

(1)继电器的控制方式:由硬件连接,线路复杂,继电器在灵活性、扩展性等方面存在一些限制;而基于PLC技术的PLC和NC技术,则是将程序存储到内存中,再由程序来完成逻辑控制,它的控制逻辑会随程序的改变而改变,从而使系统的性能得到很大的改善。(2)转速控制:继电器采用机械触电的方式来控制线路,在运行过程中,不可避免地会发生抖动,从而影响控制的准确性。PLC及CNC系统采用编程指令控制回路,具有快速的响应能力,不存在机械接触、不抖动等问题。(3)控制精确度:中继控制系统的精度较低,PLC可依据所收到的信息来控制装置,具有快速、准确等特点。相对于PLC,CNC具有较高的精确度和较高的可靠性。(4)可靠性和维护:PLC和CNC系统采用编程命令控制回路,具有较高的可靠性和较长的寿命。与传统的继电器、PLC相比较,CNC系统具有较强的自我诊断能力,能够准确地定位和修理故障。(5)控制模式的选取:本论文所述的大型闭式冲压自动上下料装置动作多、操作复杂,对控制的稳定性和控制精度有很高的要求。

### 四、上下料机械手布局及结构设计

该冲床为四柱框架结构,仅可向前;由于后两个方向都是上、下、下两个位置都是可移动的,因此,在压机的两边各有一个上料机和一个下料机。因为上料和下料时间是有重叠的,而且上、下两个机器人的操作基本相同,所以将上、下两个机器人分离开来,构造完全相同。上料和下料机器人各设于两个桁架,桁架的两端由一个牛头支架支承,一个牛头支架的一端与压力机直接焊接。机器人沿X轴的方向作左边;在Z轴上做上下移动,在Y轴上做前后平移,所以上、下两个机器人的自由度都是3。Y轴机械手采用齿条驱动,以确保Y轴的运动精度,将终端装置置于机械手的末端。板材的大小是1200毫米乘800毫米到2500毫米\*1600毫米,厚度是0.5毫米至2毫米,最大重量是20公斤。针对机器人的动作特性和设计需求,采用SolidWorks软件进行了机器人的三维模型化。前、后两个机器人臂由一个滚动滑块与一个滚子滑块连

表1 上下料机械手调试

日期	板料数 (个)	成功数 (个)	成功率 (%)	工件数 (个)	成功数 (个)	成功率 (%)
4.1	451	409	90.67	100	81	80.00
4.2	451	413	91.56	100	83	84.00
4.3	451	418	92.00	100	86	85.00
4.4	451	418	92.67	100	86	85.00
4.5	451	421	92.67	100	88	85.00
4.6	451	425	93.33	100	89	87.00
4.7	451	427	94.22	100	89	88.00
4.8	451	431	94.67	100	90	88.00
4.9	451	425	95.56	100	91	89.00
4.10	451	427	95.56	100	93	90.00

接, 一个垂直移动的马达底座上的伺服马达带动一个输出的减速装置, 把这个动作传递到一个齿轮上, 再由齿轮和齿条相互啮合, 从而驱动机器人的手臂。机器人的 Z、X 轴的移动与上面所述的一样。

### 五、基于Adams的运动学分析

#### (一) 模型的建立

因为上、下料机器人的建模比较复杂, 所以在完成三维建模后, 要将其引入 Adams, 将其简化为Solid-Waks的3D模型, 尽量减少对模拟分析的影响。针对上下料机器人的特性, 对其进行了如下处理, 简化原则如下: (1) 采用单一零件表示的焊接零件; (2) 不考虑轨道滑板等的组装错误; (3) 忽略其他附属零件如电缆、拖链。为了提高模拟的效率, 对模型进行合理的简化, 以达到预期的结果。

#### (二) 施加约束和驱动

为了仿真上下料机器人的动作, 必须增加约束、载荷和驱动。首先, 对零件的材质进行定义。再在各个零件间增加一种约束: 将压力机当作一个固定的对象, 与地面形成一对固定的固定; 该桁架充当固定轴X, 并与该压力机形成一对固定的连杆; 轨道滑块沿纵梁运动, 形成运动副; Z轴机械手与导引滑板连接, 沿 Z轴方向设置运动副; Y轴机器人和 Z轴机器人形成了一个运动副, 并沿 Y轴运动。最后, 将驱动添加到每个节点中。

### 六、基于ANSYS Workbench 的机械手受力分析

在完成了机械臂的设计后, 该结构的安全性和可靠性仍不能得到充分的保障。采用有限元软件对其进行了静态分析, 并对其在给定荷载下的应力、应变进行了计算, 并对其进行了分析。通过 SolidWorks建立了上下料机器人的三维模型, 在将机器人的三维建模引入有限元软件前, 必须先对其进行简单的建模, 避免多余的倒角、圆孔、零件等, 在满足分析的要求和计算机的性能要求的情况下, 简化模型, 减少了计算的时间和工作量。桁架承载着上、下两个机器人的所有负荷, 因此, 在对其进行静态分析时, 应充分考虑机器人在移动时所受到的最大负荷<sup>[8]</sup>。在机器人的最长行程中, Z轴的最小值是最小的; 在 Y轴延伸最长时, 在 Z、Y轴上力的作用点与网架的质量中心相距最远时, 所产生的力矩最大。Y、Z轴的总重量是259公斤, 板材与桁架的距离是2250

毫米, 板材的最大重量是20千克, 不考虑桁架的自重, 将其加载到桁架上。将 SolidWorks创建的3D模型引入 ANSYS Workbench。通过对桁架的简单处理, 采用 ANSYSWork-bench对网格进行了分割, 得到了1491786个单元格, 343962个结点, 并对结点进行了约束和负载<sup>[9]</sup>。从计算结果可知, 在最危险状态下, 最大变形值为0.040毫米, 而按超长轨道最大弯曲值为0.1 mm时, X轴即桁架, 其最大变形值满足设计指标。

### 七、实物样机及试验分析

通过对上料机操作状态的分析, 可以看出这种设计的合理性。机械手在工厂安装和调试完毕后, 进行了多天的现场实验, 通过对机械手的实际使用, 证明了该机械手的机械结构设计是合理的, 并且模拟的结果是正确的。在开始14天内, 成功率都不到100%, 通过实验和分析, 发现因工厂供应的空气压力不够, 使得收割机无法拾取板料, 最后改善了压力, 并对其进行了单独的压力控制, 结果均达到了100%<sup>[10]</sup>。试验表明: 这种上下料机械手的机构结构设计合理, 工作稳定, 振动不大, 桁架不会发生变形, 可以正常工作。

#### 结语:

为了解决YT28-1030型压力机的上下料问题, 本文对其进行了机械臂的设计与布置, 采用 SolidWorks软件对其进行了模型化, 并用 Adams软件进行了模拟, 并对其进行了仿真, 得出了该机器人的动作速率和加速度, 结果表明: 该机器人具有柔性撞击, 而非刚性碰撞, 满足了设计的需要。采用 ANSYS Workbench方法, 对主构件(桁架)进行了静态分析, 结果表明, 该结构的变形量很小, 不会对机械臂的工作造成任何的影响。现场测试结果表明, 所设计的机械臂结构合理, 操作稳定可靠。实验表明: 这种机械手可以很好的解决这种压力机的上下料问题。

#### 参考文献:

- [1] 郭涛, 于涛, 姜长升, 等. 大型闭式压力机单机自动化上下料系统的设计及实现[J]. 机床与液压, 2020, 48(4): 4.
- [2] 王乐天, 王梦娇, 赵银萍, 等. 基于PLC的上下料机械手结构设计[J]. 内燃机与配件, 2020(2): 2.
- [3] 周益锋. 冲床上下料机械手的结构设计[J]. 锻压装备与制造技术, 2021, 56(6): 4.