

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2018.06.011

U 形冰箱门壳钣金成型自动化设备研究*

李成祥¹, 刘丁一², 张新宇², 张耀磊¹, 金一²

(1. 中国运载火箭技术研究院 研究发展中心, 北京 100076; 2. 首都航天机械公司, 北京 100076)

摘要:针对传统钣金成型生产效率低、产品质量差的问题,在对 U 形冰箱门壳的产品成型工艺路线分析基础上,设计了轧辊成型工位、打 Z 工位和下料机械手工位的机械结构。提出了主要工位的作业动作流程,阐述了电气控制系统的工作原理;采用多组辊轮渐变成型方式,实现了复杂槽型的成型;采用吸盘式气动下料机械手方案,完成了大尺寸钣金件的平稳下料;采用 Profibus-DP 总线技术和西门子 S7-300PLC,设计了生产流水线自动控制原理图,实现了生产设备的自动化生产。研究表明:设备生产节拍不大于 35 s/套,废品率低于 0.1%,产品外观美观,尺寸精度满足使用要求。

关键词:自动化设备;结构设计;钣金成型

中图分类号:TH39;TG385

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2018)06-0603-06

Automated equipment for U-shape shell metal forming of refrigerator

LI Cheng-xiang¹, LIU Ding-yi², ZHANG Xin-yu², ZHANG Yao-lei¹, JIN Yi²

(1. Research and Development Center, China Academy of Launch Vehicle Technology, Beijing 100076, China;

2. Capital Aerospace Machinery Company, Beijing 100076, China)

Abstract: Aiming at the low efficiency and poor quality of traditional sheet metal forming, based on the analysis of the product forming process route of the U-shape refrigerator shell, the mechanical structure of the roll forming station, the Z forming station and the unloading manipulator station was designed, the operation procedure of main station was proposed, the principle of electrical control system was described. Using the multi-roll forming method, the complex groove forming was realized. Using the suction cup type pneumatic unloading manipulator, the smooth unloading of large sheet metal parts was realized. Using Profibus-DP technology and Siemens S7-300 PLC, the automatic control principle of the production line was designed, the automatic production of production equipment was realized. The practical results show that the equipment produces a product not more than 35 seconds, the rejection rate is less than 0.1% and the appearance of the product is beautiful, the dimension precision meets the use requirement.

Key words: automated equipment; structural design; sheet metal forming

0 引言

钣金具有自重轻、强度高、导电性能强以及加工制作成本低等优点,被广泛应用于电子电器、通信技术以及汽车工业中。钣金加工是钣金产品成型的一道必不可少的工序,包括切割下料、冲裁加工、弯压成形、挤压成形等。传统钣金成型费时费力、生产效率低、产品质

量差。随着电子微软用户技术和计算机科学技术地不断发展,钣金加工机械化自动化逐渐发展起来。钣金成型设备在我国尚无定型标准,设备生产厂不能在工艺过程中采用批量生产,需要根据产品型号尺寸要求单独设计。

本文介绍一款 U 形冰箱门壳成型非标设备,通过采用西门子 S7-300 可编程控制器进行生产控制,机械手自动下料,实现全线全自动生产。

收稿日期:2017-09-18

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51175013)

作者简介:李成祥(1981-),男,山东菏泽人,硕士研究生,高级工程师,主要从事飞行器设计和非标设备研究工作。E-mail:chengxiang_li@126.com

1 产品成型工艺分析

冰箱门壳采用冷轧板或 PCM 预涂钢板,厚度约 0.5 mm。U 形壳体的侧面和顶面交界点处拼角的外观要求,给成型设备的工艺设计、加工精度和装配精度提出了更高的要求。冰箱门壳成型过程应包括冲切落料、辊轧成型和翻边折弯等多项钣金成型技术。生产设备采用液压驱动和气源驱动,包括上料工位、冲切工位、翻转工位、辊轧工位、打 Z 工位、贴敷工位、折 U 工位、下料机械手工位,以及液压站和 PLC 电气控制操作台^[1]。

产品槽形如图 1 所示。

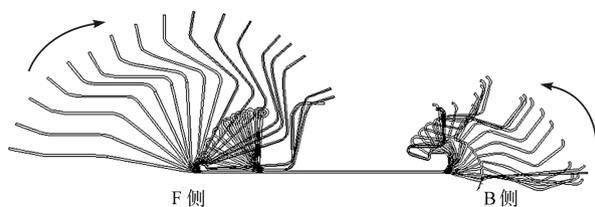


图 1 侧板成型渐变图

根据槽形形状,图中左侧槽形称作“F”侧,右侧槽形称作“B”侧。不同型号冰箱侧板的宽度改变,槽形保持不变。侧板截面由直线和圆弧组成,两侧槽形是由多组成型轮辊轧渐变形成,通过调整成型轮的形状渐变达到成型的目的,各组成型轮之间要保持基准一致、渐变成型,防止板材因受力不均、变形过大造成损伤^[2]。

U 形冰箱侧板拼角处叠边结构成型过程如图 2 所示。

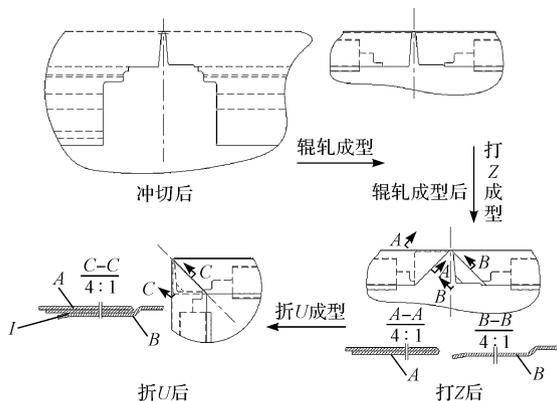


图 2 拼角成型过程示意图

板料经过冲切后,形成预定切口,经辊轧成型后为直线型槽,打 Z 工序的主要任务是利用模具完成图中双边 A 和“Z”形折边 B,经过折 U 工位后 A 和 B 按接触面 I 紧密贴合,便可形成拼角。

2 关键工位的机械设计

2.1 辊轧成型工位

辊轧工位是门板槽型的成型工位为设备核心工位,采用可移动式防护罩设计,实现正常生产时辊轮不外露,确保辊轧轮清洁和生产操作安全。工位由两排成型轮组分别完成两侧的槽形,每侧轮组由动力轮和惰轮组成,动力轮负责简单的折弯成型,并提供板料前进的动力,惰轮被动传动,负责复杂槽型的成型。

两侧的动力轮均由形状渐变的多组成型轮组成,均安装在齿轮箱上,由相同直径的齿轮啮合传递驱动,保证运动的同步性,防止板料被拉扯撕裂。每组成型轮都由上、下成型轮组成,成型轮采用硬度高、耐磨性好、强度高的 Cr12MoV 冷作模具钢材料。

本研究在复杂槽型位置的两组动力轮之间设计一组成型轮,在板料的带动下转动,并对板料进行折弯成型,这种辊轮因不提供动力输出而被称为惰轮,其安装位置灵活可调,槽型多样。

复杂槽型的成型轮结构如图 3 所示。

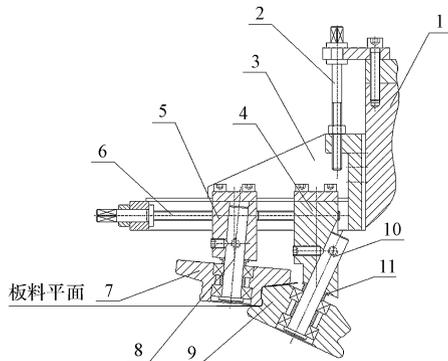


图 3 惰轮成型轮装配简图

1—齿轮箱;2—调节螺栓;3—定位支架;4—滑块 I;
5—滑块 II;6—调节螺栓;7—惰轮;8—惰轮轴 I;9—惰轮
II;10—惰轮轴 II;11—调节套

板料通过两个惰轮的形状进行挤压成型,惰轮通过滑块安装在定位支架上,通过调节螺栓 2 整体调节定位支架 3,带动两惰轮上下整体移动,通过调节螺栓 6 调整两个惰轮水平间隙,通过调节套 11 的厚度调整两个惰轮上下的间隙^[3]。

2.2 打 Z 工位

打 Z 成型采用液压油提供驱动力,通过模具挤压板料成型,利用模具间形状和精度保证产品成型部位的形状和精度。打 Z 组件采用 4 个液压缸,驱动两套模具完成工作,其爆炸视图如图 4 所示。

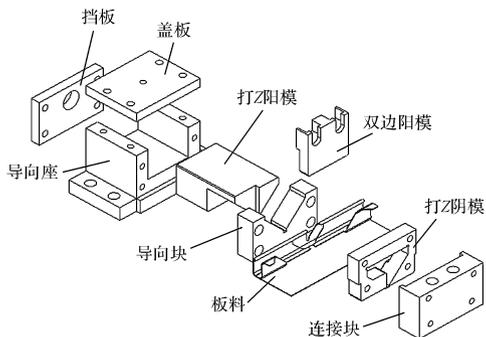


图4 打Z模具爆炸视图

产品质量的好坏取决于各模具及产品间的配合间隙,需要根据经验进行设计和反复修磨。打Z组件装配简图如图5所示^[4]。

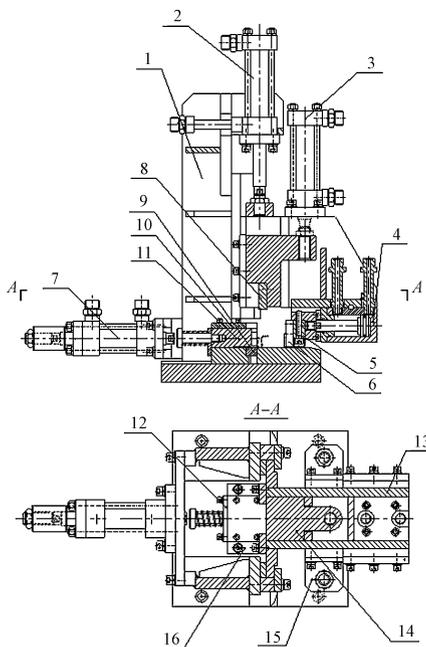


图5 打Z组件装配简图

1—支架;2—上油缸;3—中油缸;4—内油缸;5—连接块;6—打Z阴模;7—外油缸;8—双边阳模;9—导向块;10—盖板;11—打Z阳模;12—挡板;13—活动支架;14—双边阳模滑块;15—直角座;16—导向座

2.3 下料机械手工位

该工位采用龙门式4自由度吸盘气动机械手方案,可以完成机械手的水平移动、上下升降、旋转及伸缩,可吸持与松开工件。两侧吸盘将折U后的产品取出,并按照装配要求的姿态放置在指定的位置,包括龙门支架、水平移动台车、上下移栽装置、真空吸附机械臂、转台和升降台几部分^[5]。

3 全自动控制系统

3.1 控制系统总体设计

该设备工艺复杂、工位多,总长80多米,数字I/O

点数近千点,伺服驱动器33台,变频器20台,还包括液压站、气缸及电磁阀、接近开关、光电开关、限位开关等传感器。本研究综合分析工艺特点,采用西门子PLC,设计了控制系统总体方案,如图6所示。



图6 控制系统总体方案示意图

本研究根据生产线工艺布局和流程,将生产线分为前、中、后3部分。前段部分是整个生产线控制核心,控制器选用CPU 315-2DP作为主控制器,负责上料工位、冲切工位、翻转工位和辊轧工位,同时承担整条生产线的集中控制和配方数据管理;中段部分采用ET200M从站形式,负责打Z工位和帖覆工位;后段部分也使用ET200M从站形式,负责折U工位和下料机械手工位。

生产线的操作方式分为手动、自动、全线自动,当运行在自动状态时,本研究使用光电开关、接近开关等传感器来判断板料到达指定工位的具体位置,按照程序指令来判断板料到达的工位和具体位置,然后按照顺序指令启动相应机构动作。人机界面通过WinCC flexible编写人机操作界面,实现各工位操作和显示界面。生产线中普通电机主要用来传送驱动,采用变频器控制方式,方便实现无级调速。模具位置调整和其他定位装置通过伺服电机位置控制方式实现。气动和液压元器件采用开关量控制,通过电磁阀来实现^[6]。

控制系统的通讯模式采用Profibus-DP现场总线。主站读取从站的输入信息,并周期地向从站发送输出信息。此外,Profibus-DP还提供智能化现场设备所需的非周期性通信以进行组态、诊断和报警处理。由于采用了现场总线,整个系统结构高度分散,构成了网络集成式全分布控制系统,提高了可靠性,简化了系统结构^[7]。

3.2 打Z工位控制子系统的设计

打Z工位主要控制对象为皮带传送、打Z模具装置定位、板材定位机构和模具动作,分别通过普通电机、伺服电机、气缸、液压实现。打Z工位控制流程如图7所示。

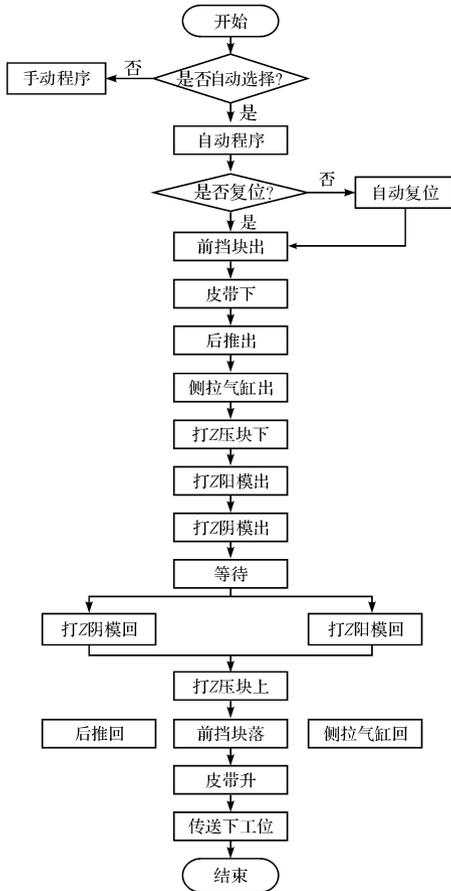


图 7 打 Z 工位程序流程图

PLC 控制程序示例如图 8 所示。

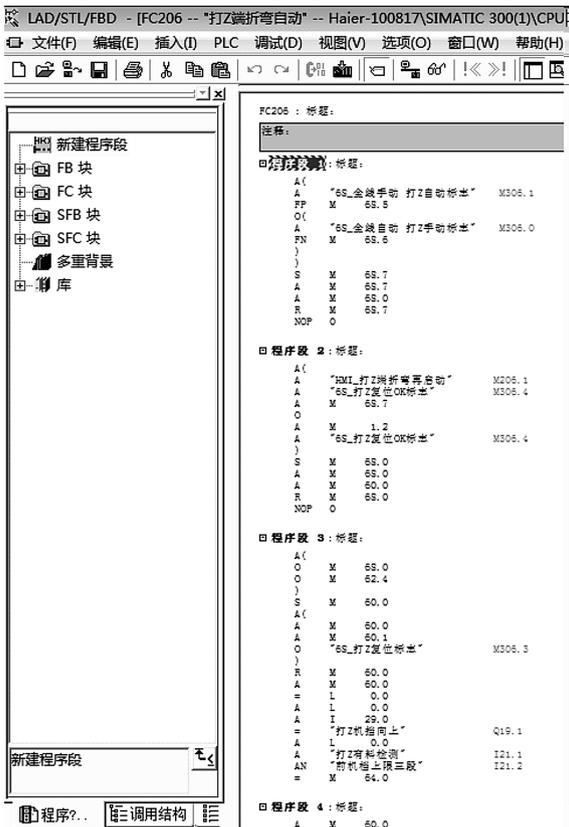


图 8 打 Z 工位程序示例

3.3 下料机械手工位控制子系统的设计

下料机械手工位主要实现成型后的 U 壳自动下料。控制对象为台车水平移动、机械手上下移动、机械手关节运动,转台旋转和传送以及状态检测。该工位基本动作是:通电复位→水平移载装置将吸盘移至 U 型工件→吸盘内收夹紧工件→抽真空,吸盘吸住工件→上下移载装置使工件上移少许位移→水平移动至转台处→垂直旋转 90°→上下移载装置下移使工件落至输送平台→吸盘停止吸附并外扩放置工件,吸盘复位→输出工件至后续流水线^[8]。

3.3.1 下料机械手数字 I/O 分配

下料机械手工位中,使用行程开关检测和判断台车运动是否到位,共 9 个输入点。使用接近开关判断机械臂是否抓取工件,使用磁性开关来检测和判断气缸动作是否到位,每个气缸有两个位置需要检测是否到位,每个气缸上都安装 2 个磁性限位开关,共 10 个输入点。旋转台上 5 个输入点,用来检测转台状态。因此共使用 24 个输入点。在输出端,需要升降气缸升/降、机械臂正转/反转、机械臂伸出/缩回、运行指示灯、停止指示灯和故障指示灯,以及真空吸盘的通断信号,一共占用 PLC 的 18 个输出点^[9]。机械手 PLC 的 I/O 分配表如表 1 所示。

表 1 机械手 PLC 的 I/O 地址分配表

名称	代号	地址	名称	代号	地址
取料停止限	SA1	I34.0	台车移动变频输出 1	U	Q29.0
放料停止限	SA2	I34.1	台车移动变频输出 2	V	Q29.1
取料极限	SA3	I34.2	台车移动变频输出 3	W	Q29.2
放料减速限	SA4	I34.3	台车移动变频故障	YA3	Q29.3
等待减速限	SA5	I34.4	升降气缸降	YA4	Q30.0
取料减速限	SA6	I34.5	升降气缸升	YA5	Q30.1
等待停止限	SA7	I34.6	机械臂正转	YA6	Q30.2
取料上限	SA8	I34.7	机械臂反转	YA7	Q30.3
取料下限	SA9	I35.7	右臂伸出	YA8	Q30.4
左臂夹具后限检测	SB1	I36.0	右臂缩回	YA9	Q30.5
左臂夹具前限检测	SB2	I36.1	真空发生器开	YA10	Q30.6
右臂夹具前限检测	SB3	I36.2	转台升	YA11	Q31.0
右臂夹具后限检测	SB4	I36.3	转台降	YA12	Q31.1
右臂吸盘吸检测	SB5	I36.4	转台正传	YA13	Q31.2
左臂吸盘吸检测	SB6	I36.5	转台反转	YA14	Q31.3
旋转气缸水平检测	SB7	I36.6	运行指示灯	YA15	Q32.0
旋转气缸垂直检测	SB8	I36.7	停止指示灯	YA16	Q32.1
板料到位检测 1	SB9	I35.0	故障指示灯	YA17	Q32.2
板料到位检测 2	SB10	I35.1			
转台原位检测	SC1	I35.2			
转台 90 度检测	SC2	I35.3			
转台升限检测	SC3	I35.4			
转台落限检测	SC4	I35.5			
传送出检测	SC5	I35.6			

电气接口如图 9 所示。

