

汽车白车身零部件螺母螺栓凸焊全自动化生产探究

颜剑航

(广州松兴电气股份有限公司 广东 广州 510530)

摘要:在汽车制造行业中,螺母螺栓的焊接通常是应用凸焊机和螺母螺栓上料机,来实现半自动化生产,螺母螺栓凸焊全自动化生产应用相对较少。本文对螺母螺栓凸焊全自动化生产实施必要性及全自动化实现的主要难点进行了分析,并针对性地提出了相关的解决方案和技术要点。

关键词:白车身凸焊自动化;白车身零件自动上料;螺母螺栓凸焊;螺母螺栓防错技术

0 引言

焊接自动化在汽车制造行业中的应用非常广泛,包括电阻点焊、弧焊、激光焊,等等。其相关技术成熟且配套完善,易于实现自动化,但螺母螺栓凸焊全自动化生产应用相对较少。目前,螺母螺栓的焊接通常是应用凸焊机和螺母螺栓上料机实现半自动化生产。螺母螺栓是自动上料,但白车身零部件依然由人工上料。人工上料的方法有以下风险。

(1) 安全性差。电阻焊是要使工件处于一定压力并利用电流产生电阻热实现的焊接方法,在汽车行业加压气缸配置在 $\phi 125\text{mm}$ 以上,产生压力可达 6kN ,用手放置工件时有可能误操作导致压伤。此外,焊接时有可能产生飞溅对操作人员造成烫伤。

(2) 品质。工件上需要焊接多个螺母或螺栓且不是同一型号时,时常发生漏焊、焊错,通常在汽车制造中需要在下一工序增加检测开关或需要品管重复确定,增加了成本以及返修次数。

(3) 劳动强度。如地板件等大型白车身零件,每天要重复搬运多次,操作人员劳动强度高,容易因疲劳导致生产效率低下。

在汽车制造业中,工业机器人的使用非常广泛。采用工业机器人代替操作人员抓取白车身零部件具备一定的优势,但在实际使用中还存在以下问题。

(1) 储料问题。白车身零件大多数是曲面较多的零件,这类零件不易叠料,仍需人工上料,人工劳动强度大的问题仍然无法解决。

(2) 柔性化问题。白车身零件以及螺母螺栓的种类非常多,如果无法兼容生产,实现柔性切换,过高的成本无疑是自动化的最大阻碍。

(3) 下电极磨损问题。焊接过程中会不断消耗电极,采用机器人点到点搬运,电极磨损时,工件无法贴合下电极上表面,加压气缸下压会损坏工件或抓手和机器人。

(4) 定位精度问题。机器人的重复精度通常可达 $\pm 0.1\text{mm}$,甚至更高,可满足使用要求。但是,通常白车身零件主定位基准孔相对螺母孔或螺栓孔的位置偏差为 $1 \sim 1.4\text{mm}$,如果螺栓直径小于螺栓孔 $0.1 \sim 0.2\text{mm}$,螺栓将很难准确送进工件孔内。

由此可见,要提高生产效率和安全性,实现真正的全自动化生产,必须有相关的方案来解决这些实际问题。

1 螺母螺栓凸焊全自动化生产设备的构成

螺母螺栓凸焊全自动化生产设备主要包括凸焊机、工业机器人、工件抓手、白车身零件储料机构、螺母螺栓上料机、控制系统及安全外围等(图1)。

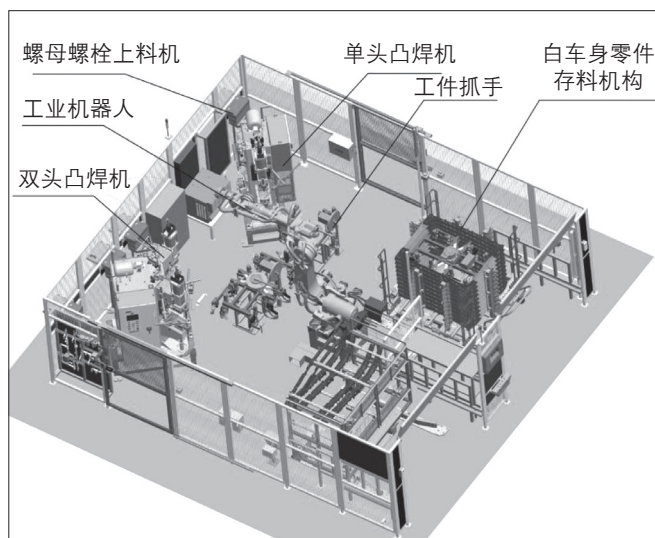


图1 凸焊全自动化生产设备主要构成

2 螺母螺栓凸焊全自动化生产设备的设计

2.1 凸焊机设计

凸焊机是生产线最核心的设备,主要由以下部件组成(图2)。

(1) 气动加压机构。由气缸加导向装置构成,采用直线运动方式,要求气缸的动态响应速度快、灵敏度高、随动性能好,有利于焊接质量的稳定。

(2) 气路系统。气源经过滤器洁净后,通过减压阀保持气压稳定。需要注意的是,由于凸焊自动化工作站需要焊接多种工件,所以在气路安装电气比例阀,用于调节焊机的焊接压力。

(3) 水路系统。在水冷系统中设有水过滤器,冷却对象主要是变压器、控制器、次级回路上的导电铜板及各导电接触面、电极等零部件。为确保冷却效果,水冷系统采用并联回路,各回路分别设有流量控制和流量显示器,可各自独立调节水流量。

(4) 导电回路。主要包括上/下导电铜板、上导电软铜带、上/下电极安装座等。次级回路由黄铜和高含铜量铸铜组成,每一个导电连接面均经过精细加工,使有效接触面积达到98%以上。导电铜板以及软铜带各接触面均通入冷却水,及时将无功热量迅速带走。软铜带与运动的加压机构的凸焊平台连接以圆弧过渡,可有

效消减弯曲应力,大大延长软铜带的使用寿命。

(5) 上/下电极组件。上电极一般由铬锆铜材料制作,下电极由电极盖和绝缘销(套)组成,其电极盖材料为铬锆铜,绝缘销(套)则采用KCF镀层材料,修磨频率通常为200~300点/次。在凸焊自动化的细分领域,为提高电极使用寿命,可采用钨铜代替铬锆铜,正常使用情况下,修磨频率可达6000点/次以上。

(6) 机壳。优质钢板由CO₂焊接拼装而成,变形小、刚性好,可以防止加压时上/下电极头的相对滑动,实现稳定焊接。焊接完的机体要进行整体退火处理,以消除焊接应力。

(7) 焊接电源及控制器。作为凸焊机最核心的两大部件,其选型是一台凸焊机设计成败的关键。

在凸焊机领域,常用的焊接电源分类如下。

① 工频交流焊机焊接时间调节分辨率为20ms,热效率低,功率因素低,变压器损耗大,成本较低。

② 电容储能焊机焊接时间不可控,但电流上升速度快,焊接时零件产生的热量还未扩散,焊接已完成,因此工件表面痕迹很小,产品比较美观,适用于表面要求比较高的工件。电容储能焊机变压器工作在更低的频率,为防止饱和,其变压器铁心更大,损耗加大,价格相对昂贵。

③ 次级整流机调节分辨率为20ms,输出电流为直流,

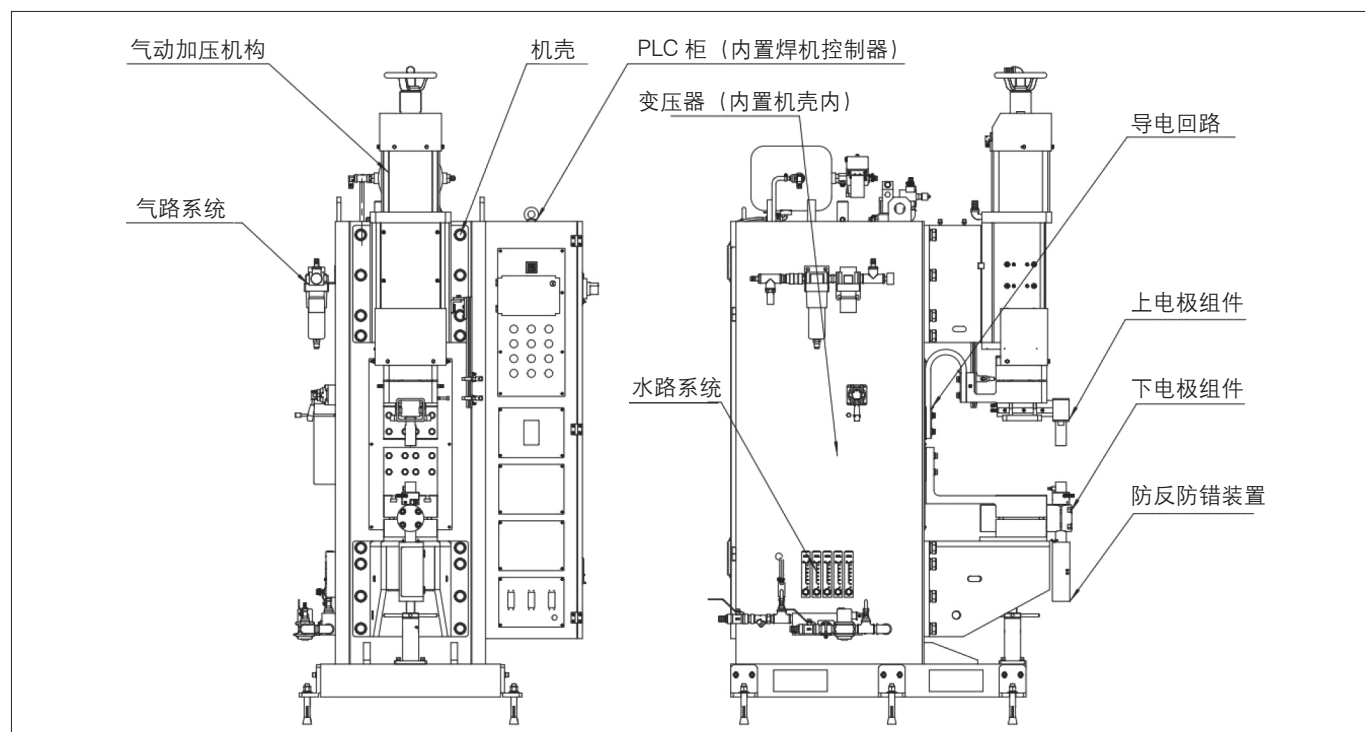


图2 凸焊机部件构成

无交流过零,热效率良好,成本高于交流机。

④中频交流焊机调节分辨率为 1ms 或更高,热效率低,功率因素低,变压器损耗接近直流焊机,低于次级整流机,成本相当于次级整流机。

⑤中频交流焊机调节分辨率为 1ms 或更高,热效率高,热输入稳定,由于没有明显的峰值,输出稳定,几乎没有飞溅,焊接质量比较稳定。由于焊接时间可控,适合不同种类板材的点焊、凸焊,中频交流焊机的应用范围比较广泛,且多年来采用国内自主品牌的中频控制器,成本略低于电容储能焊机。

在汽车白车身凸焊领域,次级整流机由于调节分辨率较差等原因,性价比不高,应用相对较少。其中,中频交流焊机因热效率高、输出电流稳定等特点应用最为广泛。另外,相对中频直流焊机,电容储能焊机和中频交流焊机因较高的电流上升率,在焊接热成形板和高强度板方面具有优势。在设计选型时,要根据焊接材料及焊接效果要求,并综合投入产出比,合理选择焊接电源的种类。

(8) 防反防错装置。该装置属于凸焊自动化要求下的增强功能,包括下电极握杆、检测杆、绝缘销、螺母下电极以及非接触式位移传感器。工作时,加压机机构下压,螺母通过绝缘销下压到检测杆,检测杆下面安装有非接触式位移传感器。螺母有凸点,焊接时螺母有凸点的一面与板件贴合。如果将螺母有凸点的一面背离板件,则检测数据与理论有差异,通过 PLC 进行控制,无法进行焊接。同样原理,螺母有各种规格,如果焊接时放错了螺母,则设备不能焊接,否则焊接工件需报废。螺栓有各种规格,同一种螺栓也有长短之分,焊接时如果放错了螺栓,设备同样也不能焊接。可以利用防错机构解决下电极磨损问题,具体操作为在不放螺母和工件情况下,加压机机构下压,位移传感器的显示数值 A,经过 200 ~ 300 件生产后,再重复操作,可得数值 B, A 与 B 的差值则为磨损量,可通过 PLC 进一步控制机器人进行动作补偿。

2.2 工业机器人选型

凸焊自动化生产线的机器人选型主要考虑的参数为有效负载、工作范围、运动速度、重复定位精度、转动惯量、关节自由度和通信接口等。

(1) 有效负载。有效负载是机器人可以携带的最大质量,一般此类工作站选型的机器人负载为 6kg ~ 210kg,核算机器人有效负载时需要根据机器人提供的负载曲线或计算软件核算,负载重心与工业机器人末端

的相对位置,对机器人携带的重量有很大影响。

(2) 工作范围。工作范围是机器人在空间可达的最大距离及不可达的最小距离。工作站的来料状态通常是确定的,所以在实际选型时需要考虑抓手的抓取状态对工作范围的影响。在汽车的设计与生产中,通常利用 ppds、delmia 等仿真软件进一步确定转手的空间可达性。

(3) 运动速度。运动速度是决定工作站产能的关键因素,目前市场主流品牌的机器人基本可以满足需求。

(4) 重复定位精度。重复定位精度即点到点的重复定位精度。凸焊工作站中一般要求 $\pm 0.3\text{mm}$ 就可以满足使用要求。

(5) 转动惯量。机器人需要一定的转矩才能正常工作,尤其是急停时机器人能不能刹得住,都需要重点校核转动惯量。

(6) 关节自由度。凸焊自动线常用的机器人一般为 4 轴或 6 轴机器人。主流的进口机器人中,4 轴具有更高的速度和精度,6 轴机器人灵活性更高,如凸焊的螺母螺栓是在同一平面,采用 4 轴机器人较为合适,如凸焊存在多个异面,则只能选择 6 轴机器人。

(7) 通信接口。在常规凸焊自动线中,由于在同个系统兼容多种工件以及抓取动作相对复杂,采用 IO 进行通信无法满足需要,目前主要采用网络控制的通信系统,如西门子的 pofinet、欧姆龙的 Devicenet、三菱主流 cc_link 等,具有实时性、开放性、保护功能齐全、通信速率快、网络先进、布线方便、抗干扰能力强等优点,有利于分散系统实现集中监控。

2.3 工件抓手设计

抓手是生产线中重要的部分,其设计、制造直接关系到产品质量的稳定性,也直接关系到焊接时操作的便捷程度。抓手需具备恰当的基准和足够的刚度,以便定位和夹紧所有散件(焊接过程中变形小),操作简单、省力,精度调整方便,维护量小且容易操作,可满足机器人焊接姿态的调整,具有重复定位精度高,易损件更换便捷、性能稳定的特点。为进一步解决柔性化问题,在设计时可以通过以下方式增加兼容性。

(1) 同一个抓手,设置多处定位机构,通过合理布置工件位置,抓手可根据需要分时抓取不同工件。

(2) 增加工具快换装置(ATC)。ATC 具备自动更换末端执行器功能,可通过切换更换不同抓手,使机器人的应用更具柔性。末端执行器包含点焊焊枪、抓手、气动/电动马达等。工具快换装置由两部分组成,分别

是机器人侧工具盘(公盘)和末端执行器工具盘(母盘)。其中,机器人侧工具盘安装在机器人第六轴法兰上。工具快换装置能够让气、电、液等不同介质从机器人手臂连通到末端执行器。

(3) 在抓手增加浮动装置(补偿单元),可解决定位精度问题。首先设计为多方向的弹簧机构,一般要求 X/Y/Z 平移加 X/Y 和 X/Z 的旋转方向,通过电极定位销引导可以随动进入定位。

2.4 白车身储料机构的设计

根据上述的储料问题,储料机构有以下解决方法。

(1) 固定工件台上料方案。物料由人工拿取放到工作台,再由机器人抓取到凸焊机进行凸焊作业。该方案无法有效降低工人的工作强度,通常在两种情况下使用。一是工件有多个凸焊点,人工只是存取一次,其余过程移动交由机器人。二是零件有多工序,需先进行点焊,后再由机器人抓取工件进行凸焊。

(2) 台车或台架叠料方案。由操作人员预先在非标订制的台车预放多个工件,由台车叠料机构以及操作高度决定。该方案要求工件有一定质量,比如地板、B 柱、A 柱等相对较重的零部件;同时,工件能叠放的数量为 10 ~ 20 件。台车由台车框架以及支撑旋转机构,以及工件的外部定位机构组成,为满足机器人或机构自动抓取,支撑旋转机构需要设计为可支撑也可以打开的状态(图 2)。状态 A 工件放置于支撑旋转机构,通过工件的重力将其压平;状态 B 取出第一个工件,支撑旋转机构

在其设计的重心下旋转到位,此时第二层工件获得取件的空间;状态 C 为第二层工件取走状态(图 3)。

(3) 伺服顶升叠料方案。此方案要求零件可以进行叠料,且零件与零件相互不卡料,通过外限位将工件堆成一垛,一般可达 50 ~ 100 件。工件下方安装伺服丝杆顶升机构,抓手在工件上方抓取,每抓取一次,伺服丝杆顶升机构提升一个工件的厚度。通常此方案可以做成 4 ~ 6 工位的结构,做到上料时不影响设备的动作(图 4)。

(4) 分张器叠料方案。此方案应用优势较大,通用较强,可对伺服顶升叠料方案不能解决的零件进行补充处理,主要用于中 / 小型零件(双手可以各拿 1 个的程度,如图 4 所示)。零件通常为 30 ~ 80 片一摞,从底部分片精准定位、分张固定,从分张器顶部摞料,摞料完成,分张器在料片的底部分张定位,机器人抓取定位料片搬运到指定工件(图 5)。

2.5 控制系统运用

在凸焊机自动化生产线中,要求在凸焊机单独设置电控系统,并能与整体系统相互通信,也可作为单机使用。对凸焊机而言,单机控制系统需要具备以下功能。

(1) 网压自动补偿功能。在 $\pm 10\%$ 范围内完成电压自动补偿。

(2) 电流自动补偿功能。对工件表面状态以及二次回路阻抗变化而造成的不稳定进行自动补偿。

(3) 存储功能。设备在断电、故障时程序不丢失;程序有存储功能,并且储存容量在 50 套以上。

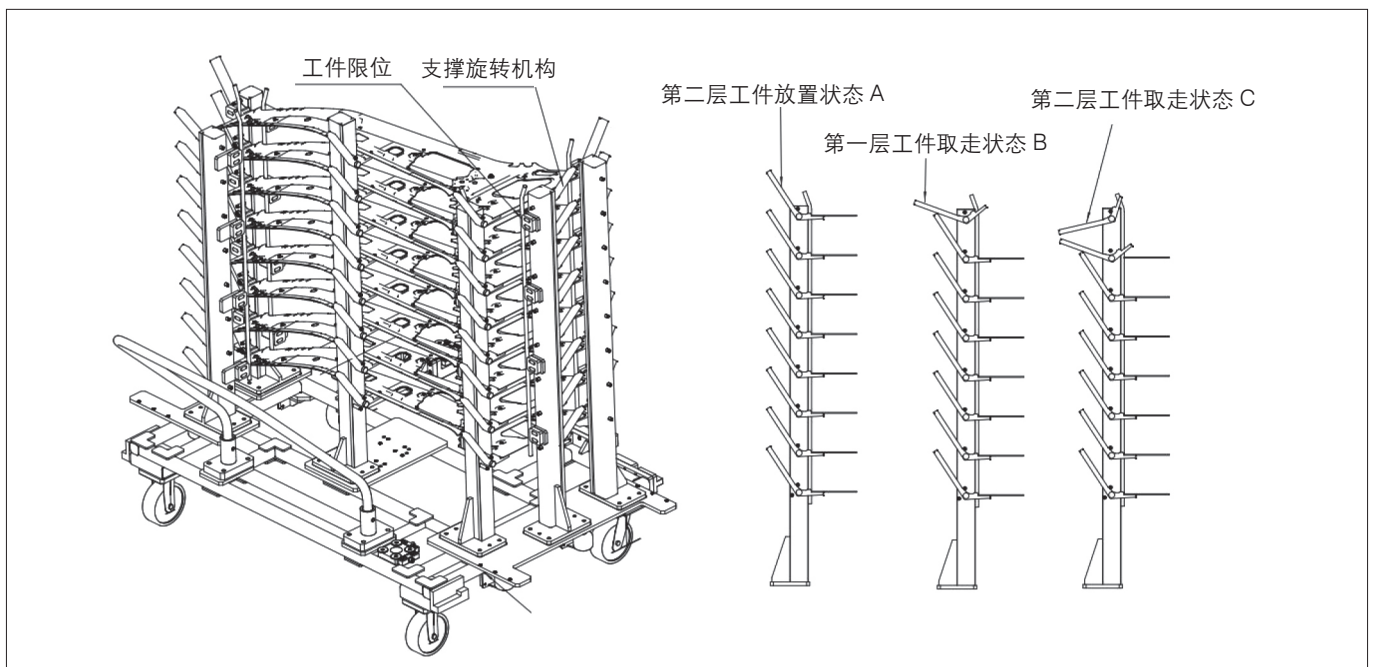


图 3 台车叠料方案

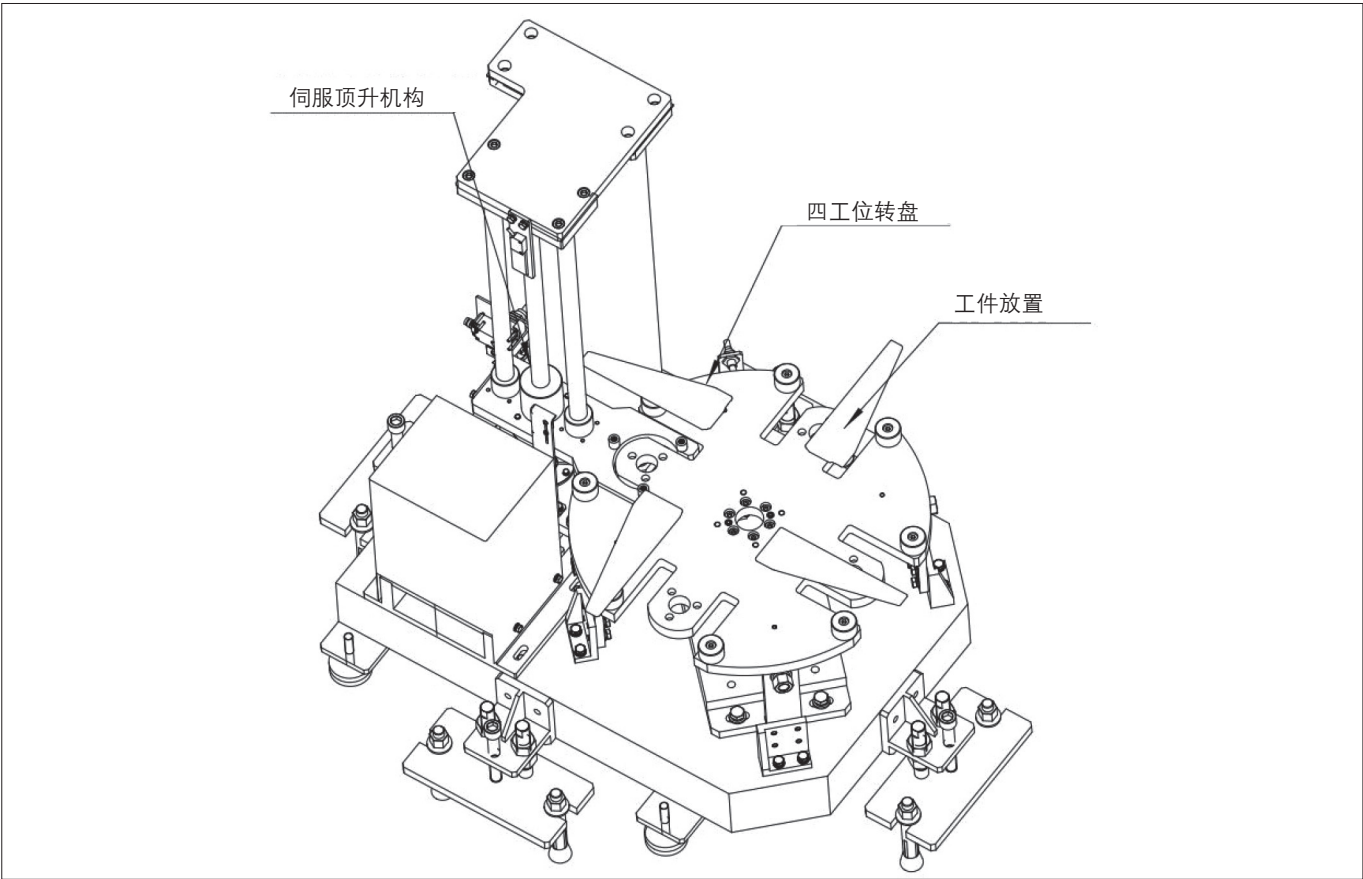


图 4 伺服顶升叠料方案

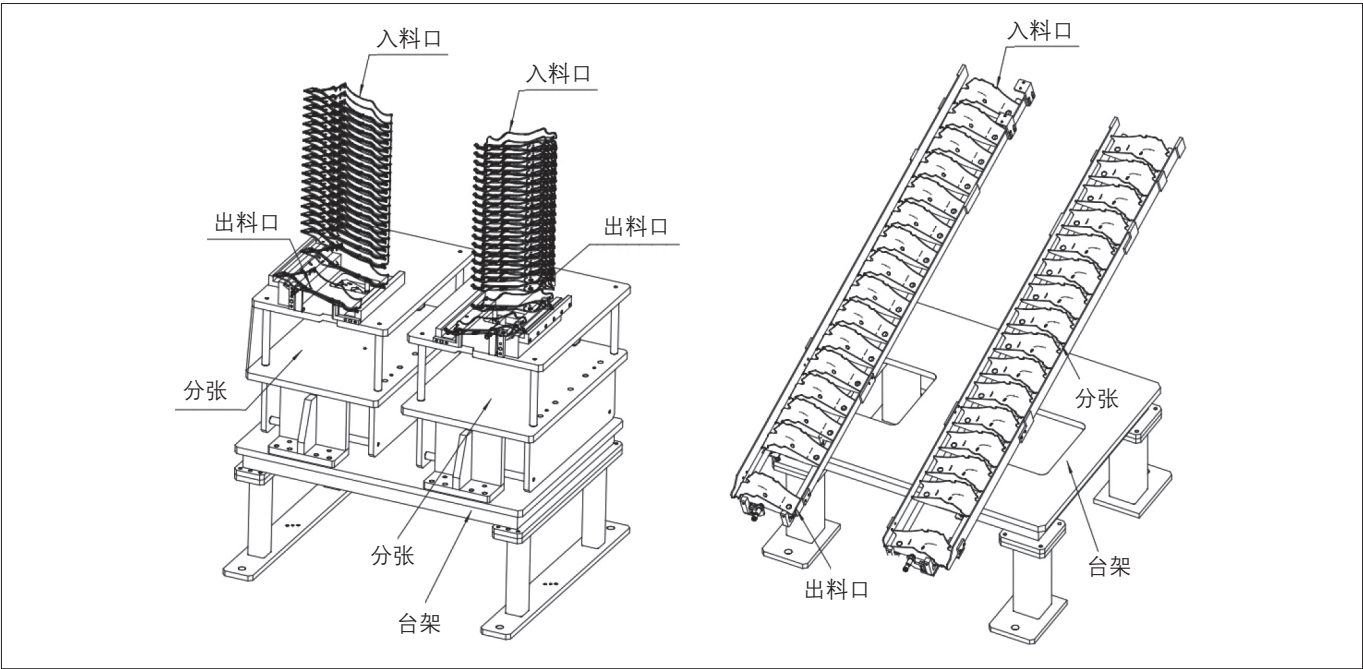


图 5 分张器叠料方案

(4) 报警功能。控制器温度、变压器温度、水温较高时(或循环水流不畅、流量不足),气压不足,或者电流、电压异常时,设备停止工作并发出警报。

(5) 计数功能。具备生产计数、成品计数、废品计数、

修磨计数等功能,且需与整体系统通信集成在系统控制屏上。

(6) 螺母螺栓检测。当无螺母螺栓、螺母螺栓放置反向,或者螺母螺栓厚度偏差过大时,应该发出警报,

停止焊接。

对于整体系统而言,需要采用集中控制及规范化、柔性化的电气控制模式。

(1) 凸焊机参数需要在站外触摸屏操作台上实现可视化,站外触摸屏操作台可以调整、监测焊机参数,工作站内的所有报警、焊机的所有信号、焊机的各种监控数据、焊机和机器人之间的连接信号需集成在主控制屏上并可查看,出现异常可进行复位,所有的报警信息需有历史数据并可查,存储一定数量后自动覆盖。

(2) 电气控制系统采用 PLC 进行系统控制,具有自动控制、检测、保护和报警等功能。当工件的规格改变时,可通过示教盒重新示教机器人或重新编制有关控制程序来适应新的生产需要。

(3) 机器人控制柜、示教盒、副操作盒上设有急停按钮,在系统发生紧急情况时可完成急停。

3 结语

本文对汽车白车身零部件螺母螺栓凸焊全自动化生产的技术要点进行了分析,以期为凸焊全自动化生产在汽车白车身制造中的广泛应用提供参考。

参考文献:

- [1] 楼文质. 螺母和螺栓的凸焊[J]. 焊接, 1982(07): 15-17.
- [2] 陈发书. 凸焊螺母在汽车上的应用[J]. 焊接技术, 1999(02): 49-50.
- [3] 杨旭乐, 崔占生. 白车身凸焊技术[J]. 现代零部件, 2013(01): 84-85.

作者简介: 颜剑航(1988.01-), 男, 汉族, 广东汕尾人, 大专, 工程师, 研究方向: 焊接自动化。

(上接第 25 页)

中国华能华亭煤业公司矿山机械公司托辊生产现状,提出智能化托辊生产线技术方案及建设内容,整条生产线按照托辊的生产工艺流程合理布局。智能化托辊生产线自动化程度高、生产效率高、产能大,以及设备操作调试方便,生产的托辊质量可靠,生产线操作人员少,劳动强度低。智能化托辊生产线建设完成后,托辊年产能可达到 20 万件以上,每班仅需 3~4 人进行托辊生产程序的调整、巡检即可,托辊生产加工实现全自动化。智能化托辊生产线的建设使托辊生产效率提升、产能增加、制造成本降低,托辊质量大幅提高、运行寿命增长,有效降低矿用带式输送机的运行成本,提升公司经济效益及产品的市场竞争力。同时,制造自动化、智能化水平的大幅提升将有力推动公司智能制造水平的提高,为打造科技型、智能型机械制造知

名企业奠定坚实基础。

参考文献:

- [1] 北京起重运输机械设计研究院, 武汉丰凡科技开发有限责任公司. DT II (A) 型带式输送机设计手册(第二版)[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2014.
- [2] 宋伟刚. 通用带式输送机设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [3] 雷七四, 武立仓, 刘宏兵. 先进的全自动托辊生产线[J]. 起重运输机械, 2008(9): 56-57.
- [4] 冯开平, 唐兵. 带式输送机托辊的发展趋势[J]. 矿山机械, 2000(5): 51-52.
- [5] 刘智平. 托辊生产流水线设备优缺点及改造方案[J]. 内蒙古煤炭经济, 2014(7): 125-127.