

文章编号: 1671-6612 (2021) 06-866-05

一种制冷涡旋式压缩机机器人翻转设备的研制

李俊超 李小丹 许晓飞 陈建斌

(珠海凌达压缩机有限公司 珠海 519100)

【摘要】 随着工业 4.0 的兴起以及智能自动化的技术升级,在大多数的制冷空调压缩机制造行业中,越来越多的运用到自动化技术。我司在制冷涡旋式压缩机装配过程中,多个工序需要运用到工件 180° 翻转的需求。因此,就需要设计一种自动翻转设备,解决人工翻转工件效率低的问题。

【关键词】 制冷涡旋式压缩机; 工件翻转装置; 机器人; 自动化

中图分类号 TH122 文献标识码 B

Development of a Robot Turnover Equipment for Refrigeration Scroll Compressor

Li Junchao Li Xiaodan Xu Xiaofei Chen Jianbin

(Zhuhai Landa Compressor Co., Ltd, Zhuhai, 519100)

【Abstract】 With the rise of the industry 4.0 and advances in intelligent automation, In most of the refrigeration and air conditioning compressor manufacturing industry, more and more use of automation. Our company in the refrigeration scroll compressor assembly process, a number of processes need to be applied to the workpiece 180° turnover demand. Therefore, it is necessary to design an automatic turnover equipment to solve the problem of low efficiency of manual turnover workpiece.

【Keywords】 Refrigeration scroll compressor; Workpiece turnover device; Robot; Antomation

作者(通讯作者)简介: 李俊超(1993-),男,本科,初级工程师、可靠性工程师, E-mail: 379734519@qq.com

收稿日期: 2021-03-18

0 引言

近年来,随着国内制冷压缩机研究技术提升,压缩机逐渐从小型化往大型化方向发展。同时,传统的制造业需要升级,则必须引出“机器人换人”的概念,大力推动自动化设备,解放劳动力以及减小劳动强度。我司自主研发的制冷涡旋式压缩机产品,从手工样机切换到设备生产线生产过程中,秉承生产效率提升,以及我司自动化高效生产理念,需要对工件翻转工序进行相关的设备研制,替代人力手工搬运翻转的生产方式^[1,2]。

1 产品及设备方案简介

1.1 涡旋式压缩机翻转需求

一台涡旋式压缩机的重量至少达到了 80 斤以上,目前采用传统的人手搬运翻转工件的话,会造成生产效率低、工人劳动强度大、产品质量不稳定、人工成本增加等问题。因此,结合图 1 所示的制冷压缩机翻转需求,项目组评估研制出一种高效翻转的设备,即可以解决人力手工翻转的问题,同时也满足整条装配线的生产节拍要求^[3]。下面对设备的总体方案进行详细说明。

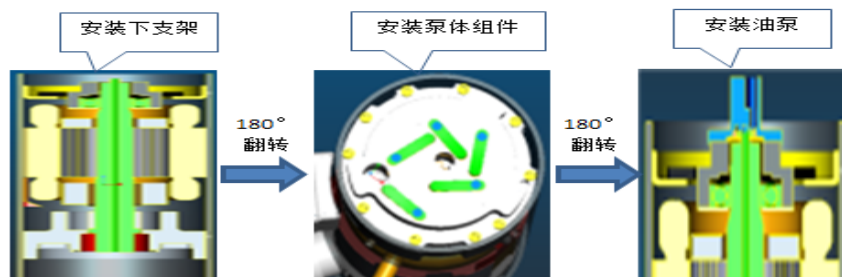


图 1 涡旋式压缩机翻转需求

Fig.1 Rollover requirements for scroll compressors

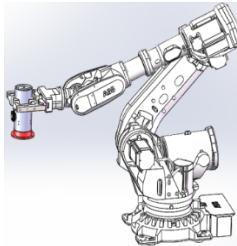
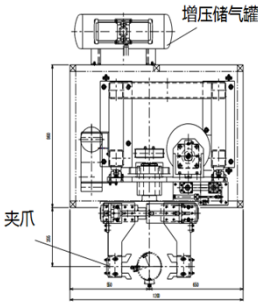
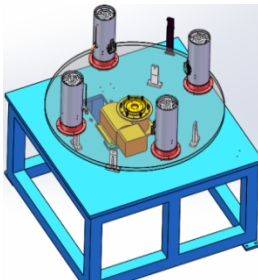
1.2 设备的设计要求及总方案

关于设备的设计关键要求: (1) 工件可实现自动翻转; (2) 节拍满足整条装配线 70 秒/件的要求。根据该两点核心要求, 对设备进行立项研制, 通过参考相关文献及方案 (见表 1), 提出文献中的核心原文信息点, 可得出工件翻转的借鉴信息:

采用机器人翻转工件的方案可以加快设备对工件的加工节拍; 参照我司现有的设备进行设计优化; 可以通过多工位的转台实现工件暂存, 人员装配产品的相关零部件后, 再旋转至翻转设备所等待的夹取位置, 进行工件的二次翻转。综合以上借鉴信息, 提出两种设计方案。

表 1 参考文献的借鉴内容

Table 1 Reference Content of Reference Literature

参考文献的借鉴内容表				
借鉴内容	方案来源	原文信息点	借鉴方面	构想
工件翻转	《智能化柔性化发动机装配线的设计与应用》(内容来源:《汽车工业研究》2016 年第 10 期刊)	采用机器人翻转工件以及完成加油润滑、涂胶等工艺	可采用机器人翻转工件的方案, 加快设备对工件的加工节拍	
工件翻转	《工件 180 度翻转装置的设计》(内容来源:《科技创新与应用》2013.03 期刊)	夹紧液压缸夹紧工件; 接着电机工作, 带动链轮链条旋转过 180 度; 由两侧接近开关控制旋转的角度。翻转结束后, 上下两液压缸缩回	与我司现有的设备类似	
工件过渡	《伺服式多工位转台模块化设计与实验研究》(文宪来源:东南大学【网络出版年期】2016 年 08 期)	一种伺服式多工位转台装置, 以交流伺服电机与谐波减速器组合驱动多工位转盘进行间歇转位运动; 通过参数设置可以改变转台的分度数和分度周期, 具有转位柔性好、运动精度高等特点	可通过多工位的转台实现工件暂存, 人员装配后再旋转至翻转设备进行工件翻转	

设计方案 1 是采用气缸结合夹爪的方式, 对工件进行夹持, 实现工件 180° 的翻转。动作流程步骤: 首先设备通过插接气源, 使得增压储气罐中充满气体, 用于供给升降气缸以及旋转气缸。接着, 连接升降气缸的皮带导轨则可以实现上下升降, 同

时对接气缸的夹爪在夹取工件后, 则可以完全实现工件升降、以及工件 180° 翻转, 翻转到位后进行相关零部件的安装^[4-7]。详见图 2 的设计方案示意图。

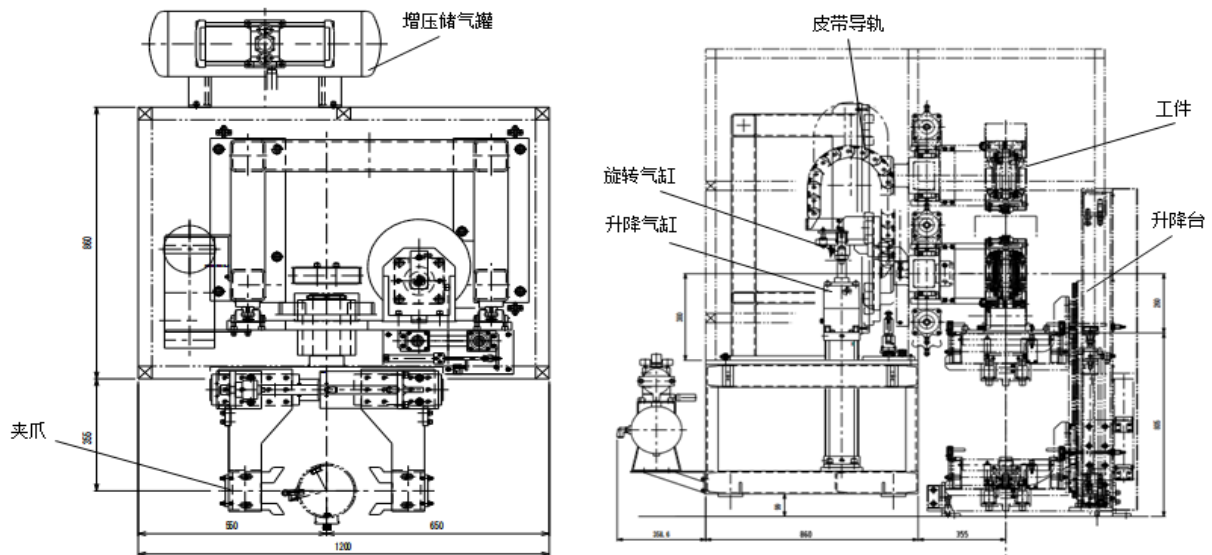


图2 方案1 翻转设备结构示意图

Fig.2 Option 1 Schematic diagram of turnover equipment

方案2则是研制出一种创新型的翻转设备,结合技术文献的借鉴项,采用机器人配合多工位分度盘的设计结构进行动作流程分析。工件到达流水线指定工位后,由机器人接收感应器的信号,接着前往夹取工件,并在移动至多工位分度盘的过程中,

同步进行工件的180°翻转。下一步,工件放置于多工位分度盘后,则旋转至人工装配油泵或者下支架零件的工位处,人员再进行零部件的装配。零部件经过人工装配后,再旋转回机器人处,进行二次夹持翻转下线^[8,9]。详见图3的设计方案示意图。

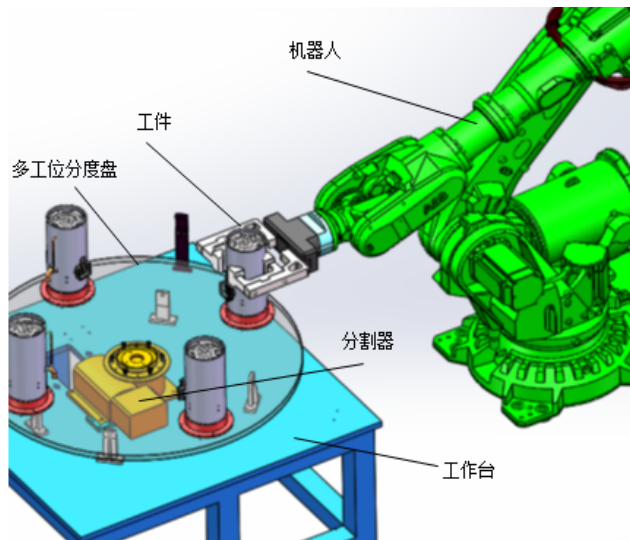


图3 方案2 翻转设备结构示意图

Fig.3 Option 2 Schematic diagram of turnover equipment

2 方案确认及实施

2.1 方案确认

通过制作方案对比分析表,从设备结构安装、功能及影响、研制投入成本三个维度进行方案分析

确认。因方案2:创新研制一种机器人结合多工位分度盘高效翻转设备,具备可以实现工件自动翻转,以及设备节拍满足整条装配线70秒/件的核心要求,最终锁定该方案。

表 2 设备总方案研制分析表

Table 2 Development and analysis table of overall equipment plan

方案	设备总方案研制分析表				结论	是否采用
	类别	结构安装	优缺点 功能及影响	成本		
夹爪及气缸配合夹持工件 180° 翻转设备	优点	结构较简单, 我司有现有的模版设备进行参考	功能简易功率大	设备自制价格约 15 万	投入成本不低, 项目周期长、难以把控。且无法达到整线节拍要求	不采用
	缺点	1. 整台设备的采购周期很长, 至少 6 个月以上; 2. 分开各个部品进行采购, 再进行组装的周期难以把控	由于无法实现人、机分离, 初步评估无法达到整线节拍 70s/台的要求	新增一个增压泵, 增加压缩空气的使用成本		
创新研制一种机器人结合分度盘高效翻转的设备	优点	1. 咨询我司备件库房, 有闲置的伺服式多工位转台装置、ABB 机器人; 2. 具备核心的装置可减少项目落地周期	可实现设备与人工装配时间分离, 高效加工所需的工件, 满足整线节拍 70s/台	1. 方案计划 40 万, 减去可以投用的闲置装置, 采购工作台、工装、防护栏、相关电器原件总共约 10 万元; 2. 无需增加气源成本	具备较高的创新性、挑战性, 减去可利用闲置设备的成本投入, 总成本比方案一要低	采用
	缺点	结构较复杂, 项目具备较高的创新性, 没有成功案例借鉴	/	/		

2.2 方案选型

本文仅对设备主体的核心结构进行选型说明, 涉及设备的小型感应器选型、工作台设计、以及防护栏等工装备件, 则不作详细说明。

(1) 机器人选型条件: ①根据负载重量: 工件+夹爪=50kg+25kg=75kg; ②机器人摆放空间大小: 2.5m*2.5m, 机器人需要最小展臂距离约 1.2m; 机器人控制精度: ③根据工装定位精度核算, 需求重复定位精度≤0.10mm。通过调查确认机器人 ABB 选型手册, 以及我司机器人库存种类得出: 评估选择型号 IRB-6700 的机器人。

表 3 机器人参数表

Table 3 A list of the parameters of the robot

参数项	荷重(kg)	工作范围 (m)	安装 方式	重复定位精 度 (mm)
150/3.2	150	3.2	落地	0.1
175/3.05	175	3.05	落地	0.1
205/2.8	205	2.8	落地	0.1
235/2.65	235	2.65	落地	0.1

注: IRB-6700 系列的 ABB 机器人参数表

(2) 气缸选型及夹爪设计: 气缸选型及夹爪设计需考虑成本、强度、精度等需求。因此, 进行

以下详细计算选型, 在保证强度满足要求下, 实现成本最小化。气缸基本参数计算: 单边夹持力 $F=f\mu$ (压缩机重量取 50kg、摩擦力 μ 查找机械设计手册: 钢-软钢: 0.2), 得出 $F=1250N$ 。气缸选型: $M_y=F*d$, 预估空间取 $d=200mm$, $M_y=250Nm$, 气缸选型 $\geq PGN-plus 300/1$, 夹持力为 $2F=2500$, 气缸选型 $\geq PGN-plus 200/2$ 。找到相关厂家提供的气缸手册, 选择气缸为雄克 PGN-plus 300/1。在夹爪设计方面, 根据气缸的定型方案, 对夹爪进行有限元分析, 计算出最大应力 $2.044*10^8MPa \leq 2.206*10^8MPa$, 复核满足强度要求。因此, 评估挖空局部位置, 可以减轻夹爪整体重量降低制造成本。

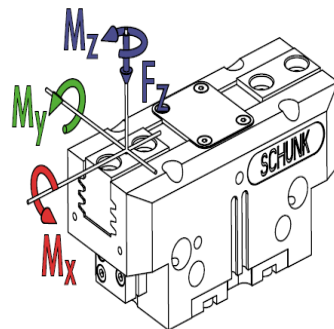


图 4 气缸力矩示意图

Fig.4 Schematic diagram of cylinder moment

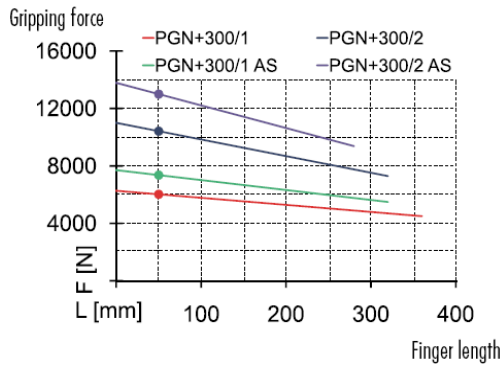


图 5 气缸夹紧力与力臂关系图

Fig.6 Relationship between gripping force and finger length

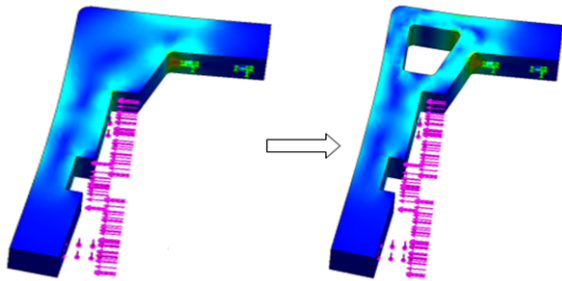


图 6 夹爪有限元受力分析后的优化

Fig.6 Optimization of gripper after finite element analysis

(3) 凸轮分割器选型：选型条件包括：①8 工位；②分度盘最大直径：1400mm；③重量：分度盘 120kg、工装 6.27kg、工件 50kg。选型分析过程：见图 7 过程计算图。根据计算的总扭矩值，以及分割器厂家提供的选型手册：确认凸轮分割器的最终型号 15AD-08187R-SR3VW1。

1. 根据节拍、工位，选择分度角为 180°
2. 输入轴回转数： $N = \frac{60}{t_2} \cdot \frac{\theta}{360} = 60rpm$
3. 总惯性力矩 $J = M_1 K_1^2 + M_2 K_2^2 + M_3 K_1^2 = 7.58N \cdot m$
4. 惯性扭矩 $T_i = 226.2Am \frac{J \cdot N^2}{s \cdot (r/m)} = 131.73N \cdot m$
5. 摩擦扭矩 $T_f = \mu WR = 168N \cdot m$
6. 总扭矩 $T = T_i + T_f = 299.73N \cdot m$

图 7 分割器选型过程计算图

Fig.7 Calculation chart of splitter selection process

2.3 方案实施

项目组根据制冷涡旋式压缩机量产节点为导

向，制定了与方案实施相关的倒排计划。首先在线下完成核心部件的安装以及调试，确认研制设备的基本动作是否异常，以及对相关工装、电气元件进行查漏补缺。紧接着，用工件进行试运行，确认机器人夹持动作正常，多工位分度盘在凸轮分割器的带动下运转正常。最后，将所研制的设备搬运至装配流水线上，进行匹配调试，确认对前后工序无影响，相关连线程度正确无误。



图 8 设备现场调试

Fig.8 On-site commissioning of equipment

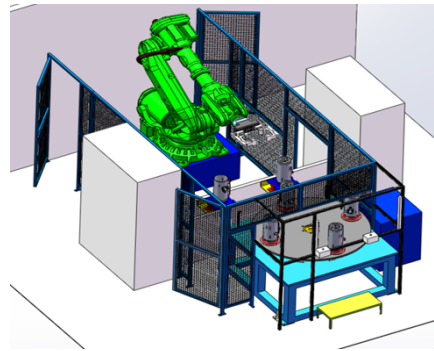


图 9 设备连接装配线

Fig.9 Equipment Connection Assembly line

3 结论与成果

本文所讲述的自主研发的创新型高效翻转设备，从方案确认、方案选型以及方案落地实施上的论述说明，验证出一种高效的机器人翻转设备，可以在制冷涡旋式压缩机上得到了充分的应用。并且，切切实实解决了人力手工翻转效率低、劳动强度大的问题。该台设备研制为我司首创案例，目前设备已投入到制冷涡旋式压缩机量产中。设备的相关研制理论及分析，对今后制冷压缩机大型化的发展提供了设备基础研究积累，同时也可供制冷行业相关

人员参考借鉴。

(下转第 898 页)