

# Research on Flexible Design Strategy and Production Efficiency Improvement of Refrigeration Compressor Assembly Line

Shuangquan Li

Chongqing Shijia Toubu (Chongqing) Technology Co., Ltd., Chongqing, 400000, China

## Abstract

As the core component of the refrigeration system, the importance of the refrigeration compressor is self-evident. Its production efficiency and assembly quality, like the cornerstone of a high-rise building, are closely related to product performance and have a profound impact on a company's market competitiveness. At present, the global demand for high-efficiency refrigeration equipment is showing a sustained and rapid growth trend. Against this backdrop, how to improve the productivity of refrigeration compressors and optimize the flexible design of production lines have naturally become hot topics of high concern in the entire industry. In recent years, with the vigorous development of Industry 4.0 and intelligent manufacturing technology, flexible manufacturing technology for refrigeration compressor production lines has been increasingly widely applied. Therefore, in-depth research on flexible design strategies and production efficiency improvement methods for refrigeration compressor assembly lines undoubtedly has significant practical significance, which will inject new powerful impetus into the development of the refrigeration industry.

## Keywords

refrigeration compressor; Flexible design of assembly line; productivity

# 制冷压缩机装配线柔性化设计策略与生产效率提升研究

李双全

势加透博(重庆)科技有限公司, 中国·重庆 400000

## 摘 要

制冷压缩机作为制冷系统的核心部件,其重要性不言而喻。它的生产效率以及组装质量,如同基石之于高楼,直接紧密关联着产品性能,更对企业的市场竞争能力产生深远影响。当下,全球对于高效率制冷设备的需求呈现出持续迅猛增长态势,在此背景下,如何提高制冷压缩机生产率,怎样优化生产线柔性化设计,自然而然成为整个业界高度关注的热点话题。近年来,伴随工业4.0与智能制造技术的蓬勃发展,制冷压缩机生产线柔性制造技术得到了越来越广泛的应用。因此,深入研究制冷压缩机装配线柔性化设计策略与生产效率提升途径,无疑具有极为重要的现实意义,这将为制冷行业的发展注入新的强大动力。

## 关键词

制冷压缩机; 装配线柔性化设计; 生产效率

## 1 引言

柔性设计是将先进的机器人技术、自动化设备和智能控制系统有机地结合在一起,使一条生产线能够适应多种规格的产品的新兴技术。如 ABB、西门子等,将大数据分析 with 物联网技术应用于柔性制造系统,通过实时监测与预测维修,可有效减少停工时间,提高生产效率。同时,人工智能与机器视觉技术相结合,柔性装配线可进一步优化生产过程,降低人为失误,提升产品质量,因而研究制冷压缩机装配线柔性化设计策略与生产效率提升为当前相关行业的热门

课题。

## 2 制冷压缩机装配线概述

制冷压缩机生产线是现代制冷装备生产的重要组成部分,其主要作用是根据工艺要求对各部件进行高效精确的装配,并进行必要的检测,保证产品的质量与性能。该生产线采用高自动化、智能化的生产设备,可实现从装配到成品检测的整个过程<sup>[1]</sup>。同时,在生产线上配置数据采集与监测系统,实时监控各关键工艺参数,以保证装配过程的稳定与一致性。这种高度集成化的流水线,不但可提高生产效率,而且在降低人为错误、优化工艺流程的同时,可提高产品的质量与一致性。

【作者简介】李双全(1987-),男,中国重庆人,本科,工程师,从事机械空调板块、装配工程设计研究。

### 3 制冷压缩机装配线柔性化设计的必要性

#### 3.1 适应市场多样化需求

随着全球经济一体化的发展,市场需求日趋多元化、个性化。制冷压缩机在空调、冰箱、冷链物流等领域有着广泛的应用,不同的行业和不同的用户对其性能、规格和功能的要求也各不相同<sup>[2]</sup>。传统装配线设计与布置多为一种或几种型号,产品类型相对固定,难以对动态变化的市场做出快速响应。而柔性设计的流水线可以对生产流程、设备参数和工艺布局进行灵活调整,从而实现不同型号和规格的制冷压缩机的高效生产。

#### 3.2 提高生产效率与灵活性

传统的装配线在生产过程中,当产品型号或工艺发生变化时,需要重新调试设备、更换工装、重新布置生产线,需要耗费大量的时间和成本,这不仅使生产停滞不前,而且使生产成本上升。而柔性生产线则采用先进的自动化设备及智能控制系统,使模具更换迅速,参数调整迅速。当生产任务改变时,装配线可以快速响应,通过自动程序调节设备运行参数,更换工装夹具,实现不同产品间的快速切换。

#### 3.3 降低生产成本与风险

柔性设计流水线降低了对专用设备及工装夹具的依赖,利用通用装备与可重构性的工装夹具,实现产品多样化生产,减少设备购置及工装夹具研发成本。另外,能对市场需求做出快速反应,避免生产过剩或产品滞销所带来的库存积压风险。企业可根据客户的实际需求来组织生产,达到“零库存”或“低库存”的生产模式,降低库存管理成本,降低产品贬值风险<sup>[3]</sup>。

#### 3.4 促进技术创新与产业升级

近年来,我国制冷压缩机行业出现了许多新材料和新工艺,新控制技术不断出现。柔性装配生产线为上述新技术的应用与创新提供良好的平台。采用先进的自动化、信息化及智能化制造技术,可对生产线进行智能监测、数据分析与优化决策。不仅可以帮助企业研发更加高效、节能、环保的制冷压缩机产品,促进产品技术创新,还可以推动整个生产线生产模式的变革,实现由传统制造向智能制造的转变。

## 4 制冷压缩机装配线柔性化设计提升生产效率的有效策略

#### 4.1 智能化调度系统的集成与优化

在基础制冷压缩机装配线柔性化设计中,要考虑的是对智能调度系统进行集成和优化。该系统基于物联网、大数据分析等技术,可实现对生产过程中物料供应、生产进度、设备状态等各环节的实时监测<sup>[4]</sup>。同时,可利用算法对需求变化进行预测,自动调整生产计划,实现资源动态分配。如采用机器学习算法预测零件消耗率,提前安排补料,避免停工,可根据订单的轻重缓急,灵活调整生产计划,保证对市场的快速响应。

例如,在大型制冷压缩机生产线中,可对智能调度系统进行集成优化,利用物联网技术,将生产线上的设备、物料和工位等设备连接起来,对生产过程进行实时监控。在每一个工位上都安装有传感器,用来监控零部件的消耗、设备运行状况和生产进度,采集到的数据经无线网络传输到中央控制室,由大数据分析平台处理。在算法上,运用先进的机器学习算法,挖掘历史生产数据,建立零部件消耗预测模型,在此基础上,采用基于历史消耗数据、生产计划和市场需求变化的预测方法。如可根据过去3个月的生产资料,该模型预计某一种关键零部件每月消耗10000件,而随着市场需求增长,下月该消耗将上升至12000件。在此基础上,系统根据预测结果,自动调整材料采购计划,提前安排补料时间,保证生产线不间断运转,避免因零件短缺而停工。另外,还可利用智能调度系统根据订单的紧急性,对生产计划进行灵活调整。当一批紧急订单到达后,系统会自动将该批订单的生产任务分配给空闲工位,并对其他非紧急订单进行调整,以保证紧急订单的准时交货。系统可极大提高生产线的灵活性,提高生产线的响应速度,使企业能更好地适应市场的需要。

#### 4.2 模块化与可重构生产单元的应用

为提高装配线的灵活性与适应性,可采用模块化和可重构的生产单元设计方法。该方法把装配流水线分割成若干个独立且能迅速重组的模块,每个模块都能独立地完成某一具体的生产任务。当产品的型号和生产工艺发生改变时,只需更换或重新配置部分模块,从而大大缩短更换周期。另外,模块化的设计可以方便设备的维护与升级,降低长期的运行费用。

例如,以某制冷压缩机生产线为例,采用模块化与可重构的生产单元设计方法,需要将装配线划分为几个可快速重组的独立模块,各模块分别承担某一特定的生产任务。如A组负责压缩机的初步装配,B组负责精密部件的装配,C组负责试验调试。当需要生产不同型号的压缩机时,只需对某些模块进行更换或重新配置即可。如由制造A型压缩机到制造B型压缩机时,只需用与B型压缩机相匹配的夹具替换A型压缩机的夹具,并相应地调整B型压缩机的装配程序。采用模块化设计方法,使产品更换周期由原来的4小时缩短为1小时。同时,模块化设计使设备维护和升级变得更加方便,如当C模块中的试验设备需要更新时,只需将其拆下,经过升级后再重新安装,而不需要停线维修。这种维修方法可以大大减少维修费用,提高设备利用率。

#### 4.3 人机协作与自动化技术的融合

推动人机协同和自动化技术在柔性生产线上的深度融合,是提高柔性装配线生产效率的重要途径。协同机器人、智能辅具、增强现实(AR)等技术的引入,使员工能够与机器高效协作。增强现实眼镜能给操作人员提供装配指导,减少误差,提高组装精度<sup>[5]</sup>。协同式机器人可以完成高强度、

高强度的重复任务,将人的注意力从复杂任务中解放出来。这不仅可提高生产效率,也可提高生产安全性,提供人性化的工作环境。

例如,在制冷压缩机生产线中,生产线采用协作机器人、智能辅具、增强现实(AR)等技术,实现员工与机器的高效协同。具体而言,可使用增强现实眼镜对操作者进行装配指导。如组装一个复杂的压缩机零件,只要戴上增强现实眼镜,镜片上就会出现零件的三维模型和组装步骤。其中,协作式机器人主要用于高强度、高重复的作业。在压缩机的操作定位时,协作机器人可以对压缩机进行精确的抓取,并将其放置在指定位置。这样不但可以减轻工人的工作强度,而且可以提高生产率。

#### 4.4 质量控制系统的智能化升级

为保证基础制冷压缩机高质量输出,必须对其质量控制系统进行智能化升级。可采用基于机器视觉的缺陷检测和传感网络对关键参数进行在线监测和智能检测,实现全流程的质量控制。当检测到异常时,会立即启动预警机制,对生产参数进行调整或剔除不合格品,有效地防止批量质量问题,保证产品的一致性与可靠性。

例如,制冷压缩机生产线为实现质量控制系统的智能化升级,利用机器视觉技术,结合传感器网络技术,在线监测并实现关键参数的智能化检测。需要将机器视觉技术引入到压缩机外观检测中,该系统利用摄像机采集压缩机外形图像,采用图像处理算法对其进行分析处理。当检测出有缺陷的产品时,系统立即发出报警信号,剔除不合格产品,采用基于机器视觉的疵病检测方法。在压缩机性能试验中,可采用传感器网络技术对其进行测试,该系统通过在压缩机各关键部件上安装传感器,实现对压缩机工作参数的实时监控。

#### 4.5 持续改进与数据驱动的决策支持

构建以数据驱动为支撑的持续改进文化与机制,是维持并提高装配线柔性生产效率的长效策略。可通过对生产数据的定期收集与分析,找出瓶颈和改善空间,运用PDCA(计划-执行-检查-行动)循环对生产流程进行持续优化<sup>[6]</sup>。与此同时,可建立跨部门数据共享平台,促进研发、生产、销售等部门之间的协作,根据数据分析结果,对市场变化做出快速反应,促进产品与服务的不断创新,确保企业在市场

竞争中立于不败之地。

例如,在制冷压缩机生产企业中,可建立基于数据驱动的持续改进文化和机制。通过对生产数据的定期收集与分析,找出生产过程中存在的瓶颈与改进空间。

具体而言,就是每个月要收集并分析生产线的生产数据,如在对某一个月份的生产数据进行分析后,发现某一零部件在加工过程中出现了“瓶颈”,从而导致该零部件的生产效率低下。为解决此问题,企业制定改善方案,优化生产过程。同时,企业还可搭建一个跨部门数据共享平台,使研发、制造、销售等各部门更好地协同工作。当销售部门发现某一种新型压缩机在市场上有较大的需求时,就会通过数据共享平台向研发、生产等部门传递这些信息。研发部根据市场需求对产品进行优化设计,制造部根据优化结果对生产计划进行调整。这样,企业就能迅速地对市场的变化作出反应,不断地推出新的产品,以适应市场的需要。

## 5 结语

综上所述,对制冷压缩机生产线进行柔性化设计,提高生产效率是非常有意义的。柔性设计不仅可增强生产线的适应性与柔性,而且采用智能化、自动化技术对生产过程进行优化,降低成本,提高产品质量。未来,随着绿色节能材料的应用以及智能化制造技术的深入发展,制冷压缩机生产线将向高效、绿色、可持续方向发展。这不仅可以帮助企业提高市场竞争能力,也可以促进整个产业向高品质和智能化的转型升级。

## 参考文献

- [1] 张艳全,王彦江,尹飞,曾登林,王东升.丙烯制冷压缩机浮环密封磨损原因分析及对策[J].乙烯工业,2024,36(04):40-43+73.
- [2] 刘晓林.改进SVM的制冷压缩机电磁阀故障智能诊断[J].机械设计与研究,2024,40(06):284-289.
- [3] 丁国军.“船舶制冷压缩机”理实一体化教学模式研究[J].装备制造技术,2024,(12):120-123.
- [4] 鲁涵锋,张龙爱,张治平,武晓昆,周江峰.双螺杆制冷压缩机振动激励特性分析[J].噪声与振动控制,2024,44(04):296-301.
- [5] 黄心远,刘厚涛.丙烯制冷压缩机防喘振开度分析与优化[J].乙烯工业,2024,36(02):47-53+71.
- [6] 杨盼,龙先煌,梁多,白仲辉,杨志楠.丙烯制冷压缩机一段吸入罐液位高的原因分析及对策[J].乙烯工业,2024,36(02):57-59+71.