

## 迈向高智绿

## “灯塔工厂”的绿色智造之路

▶ 本报记者 罗晓燕

近日,记者在位于天津市武清区的丹佛斯商用压缩机中国(天津)工厂(以下简称“丹佛斯天津”)看到,一台台压缩机产品在自动化生产线上快速下线,清洗、装配、包装……分秒不停。这里每年有几十万台压缩机排队下线,运往全球。

得益于全数字追溯系统、智能传感器、视觉检测、自动监控系统等智能科技,丹佛斯天津生产效率连续保持两位数提高,客户投诉率每年都在下降。

以全球制冷行业领军著称的丹佛斯,是丹麦国家最大的工业集团之一。丹佛斯旗下的商用压缩机制造商丹佛斯天津扎根中国市场近30年,迈向高端化、智能化、绿色化的脚步从未停歇。基于数智引擎,丹佛斯天津于2019年被世界经济论坛评为引领第四次工业革命智能制造的“灯塔工厂”,并于今年2月跻身中国首批卓越级智能工厂名单。

## 压缩机有了专属“身份证”

走进丹佛斯天津生产车间,数据智慧采集显示屏上,产品计划产量、实际产出数量等信息实时显示、一览无余。

压缩机是制冷循环系统的核心部件,被誉为制冷系统的“心脏”。作为产品追溯规定,每台商用压缩机均配备一张追踪卡片——留存全部生产数据,方便厂家在需要时能够获取相应信息。只要压缩机还在运行,这张卡片就需要一直保留。

2011年,丹佛斯天津已经生产商用压缩机100多万台,但彼时尚未建立产品数字化追溯系统。整理、存档和查询这些纸质卡片,成了一件非常麻烦的事情。

“存放这些卡片就要占用很大空间,查找更是费时费力,客户需要时无法及时提供数据,客户很不满意。”丹佛斯天津高级运营总监张瑞兴回忆说,工厂曾尝试扫描录入生产数据,但由于基数太大,不仅需要投入很多人力,还用坏了多台扫描仪。

同时,设备运行状态和工时工单等停留在纸面上的数据信息,本可为工厂管理层决策提供统计依据,最终却无法有效应用,管理起来很复杂。

2012年,丹佛斯天津正式启动全数字追溯系统建设。“现在只要扫描一下条码,这些压缩机的批次、型号、检测报告等都能在电脑上快速且清晰呈现。”张瑞兴说,工厂生产环节逐步进行数字化改造后,生产流程更加透明,数据查询更加快捷,基于压缩机的专属“身份证”,随时可以溯源,实现精益数字化生产管理。

记者了解到,从打造数字化追溯系统,到应用各种数字化工具,再到引入机器人和视觉系统,丹佛斯天津变得更加聪明、高效。此外,为了解决错装、漏装等装配环节问题,该工厂生产线实现了当站防呆、关键工位“互锁”模式,前一个环节发生错误,就进入不了下一道工序,这确保了客户投诉率保持稳定下降趋势。

## 一颗螺栓的自动化之旅

组装一台压缩机,通常需要紧固10多颗螺栓。过去工人紧固螺栓,使用手动扭



工作人员用四头扳手紧固螺栓。

力扳手或气动扳手。由于这些定扭扳手没有防错功能,难免出现漏拧或者拧不到位现象,留下质量隐患。

丹佛斯天津资深生产技术经理罗慧萍告诉记者,为了从根本上解决这些不良现象,2012年,工厂采购了一批某知名品牌的数字化紧固工具。通过该工具和非标紧固系统程序关联,实时采集并上传作业过程的所有数据,实现了紧固数量和紧固力矩结果的实时监控。

质量提升和工艺优化是工程师们工作的两大重点。“以涡旋紧固工作站为例,随着生产效率的不断提升,每次紧固1个螺栓已经无法满足生产效率的需求,我们开发了双头紧固工具。”罗慧萍说。2016年,工人们用上了针对压缩机生产工艺定制的双头紧固工具,动作效率提高了约30%以上,同时降低了作业人员的劳动强度。

既然两颗螺栓可以同时拧,那么4颗呢?经过团队反复设计、试验,2018年,涡旋紧固工作站成功用上了四头紧固扳手,进一步缩短了紧固螺栓的节奏,仅需2次动作就可以完成8个螺栓的紧固。同时,生产线还设置了光电防错和顺序防错,确保工人进行正确的操作。



丹佛斯天津生产车间

随着企业自动化和数字化发展的逐步深入,丹佛斯天津决定采用自动送钉机构、工业视觉系统及机器人实现多系统联动的全自动紧固作业。该系统通过自动送钉实现物料供给、自动拍照识别紧固孔位置,机器人带动紧固工具执行紧固螺栓动作,控制器判定紧固力矩合格后压缩机进入下一工作站,实现了压缩机螺栓全自动紧固。该系统投入使用后,每班节省了工作人员1人,当站生产节奏快了14%。

罗慧萍自豪地告诉记者,目前丹佛斯天津几乎所有的螺栓紧固工作站均已全面实现自动化,节省人力的同时大幅度提升生产效率。

## 100多项技术背后的管理创新

在丹佛斯天津,大部分智能化升级改造系由其自身设备工程师联合供应商自主完成。

“在这当中,我们工程师的贡献和投入十分大,因为我们在这方面走过一些弯路,比如有些测试机是国外进口的,设备的升级和改造都需要由供应商来做,程序源代码在供应商处,需要优化程序时,总是面临改造时间长、改造成本高的问题。”张瑞兴坦言,丹佛斯天津很早就意识到要拥有自主知识产权、掌握源代码,后续可以自主完成改造升级。

以压缩机生产过程中的表面处理工艺——磷化为例,早期丹佛斯天津从供应商那里购买设备,后续使用过程中有工人在进入该设备所在的封闭车间后,被烫伤了脚。“后来发现完全没必要进去,我们在设备里面安装摄像头接入监控系统,从外面就可以进行实时观测。这一改造也被供应商做成了标准化配置。”张瑞兴说,可以说丹佛斯天津的数字化智能化改造不是靠买来的,而是靠大家一起做出来的。

记者了解到,天津市工业和信息化局对丹佛斯天津的智能化升级进行梳理并发掘了100多项技术,其中有的已经申请或正在申请相关知识产权专利。

“同时,我们非常注重对人才的培养,清晰地意识到人才是最宝贵的资源和财富。”张瑞兴介绍说,针对第一线工人,丹佛斯天津每年都会举办相关培训和技能大赛;针对工程师,每月有两个小时围绕

4-5个主题进行内部技术分享活动。这也为其培养了一批出色的工程师,他们或精于设备改造或精于系统开发或既懂技术又会管理,形成了企业级智能制造人才梯队。

“通过内部培训可以有效避免大家在做同样的工作时犯错,同时每月的技术分享活动,可以让自己及时了解最新技术知识,从而互相学习进步。”2018年4月入职丹佛斯天津担任压缩机装配线维修技术员的李震对此表示受益良多。同年7月,他升任为维修工程师。

## 打造节能减碳新范式

在建设智能化工厂的同时,丹佛斯天津也在打造低碳节能的绿色工厂。2023年年初,丹佛斯天津入选工业和信息化部“绿色工厂”。

近年来,丹佛斯天津不断将智能化改造融入绿色运营中,充分利用企业领先的磁悬浮集中制冷、智能供热、热泵,热回收及综合能源利用等技术大幅度提升园区能效。自2015年至今,丹佛斯天津销售增加46%,而总能耗反而减少5%,能效提升71%。

“基于精益的思想,如何利用数字化等方法减少水、气、电以及制冷剂的使用量,从而实现成本降低和减少碳排放,是我们一直在做的。”张瑞兴说,以省电为例,丹佛斯天津所有照明均为LED灯,并通过系统实时控制每一盏灯的亮度。比如在员工用餐时间,只有通道的灯是亮的,其他区域的灯亮度自动调为正常的20%,在保障安全的前提下做到最大限度节能。

与此同时,丹佛斯天津通过传感器和数字化技术实现精细化管理。“我们的主要耗能设备电机都装有变频器和传感器,实时监控设备能耗状态并及时在系统中予以反馈,目的是为了将能源消耗最小化。”张瑞兴说。

尤其值得一提的是,丹佛斯天津还通过与国网(天津)综合能源服务有限公司签订协议采购绿电,绿电接入后,丹佛斯天津每年实现减排超2.52万吨,为丹佛斯中国区减排目标贡献28.7%,为丹佛斯全球减排目标贡献7%。