

光伏玻璃智能工厂实践与创新

文 | 中建材（宜兴）新能源有限公司 李茂刚 葛壮 曾敏 谢囿有 李萍 杜佳喜

摘要：为提高企业工作效率，降低生产劳动成本，加快世界首条超薄高透光光伏玻璃生产线的智能建设，我司以联合优势企业，与科研院所和高等学校相结合，形成联合体的方式来开展智能制造工作，先后上线 ERP 系统、DCS 系统和 MES 系统等智能制造关键系统，将关键系统整合为智能管理平台，形成了原片不落地的光伏玻璃流程型智能工厂新模式。本文总结了光伏玻璃智能工厂的建设过程及相关经验，对建材企业如何加快推进智能制造工作具有借鉴意义。

关键词：光伏玻璃；流程型；智能工厂；新模式

一、绪论

1、建材行业智能制造发展趋势

建设数字化、网络化和智能化智能工厂已成为各国制造业占领制造技术制高点的重点方向。其中，中国建材制造业正处于产业转型、创新发展及激烈的国际竞争中，急需找到企业转型升级的突破口。同时，党的十八大报告表明信息化建设是建材制造业发展智能制造的必行之策，“中国制造 2025”要求建材行业等制造业全方位发展智能制造，各种智能制造试点项目的启动大力推动了建材制造业智能化、绿色化和信息化发展进程，这为企业通过建设智能工厂实现转型升级提供了很好的机遇。

2、光伏玻璃企业现状

我国玻璃制造行业总体水平较低，技术创新能力不足，生产管理落后，智能制造基础薄弱。光伏玻璃企业是在传统平板玻璃的基础上发展而来，既具备了传统玻璃企业的特点，同时也融合了国际先进的生产加工技术。光伏玻璃企业作为我国战略新兴产业和玻璃制造业的新业态，急需抓住制造业转型的契机，降本增效，布局国际市场，提高我国光伏产品国际竞争力。智能制造为光伏玻璃企业提供了弯道超

车的机遇，将工厂升级为智能工厂，不仅能有效降低产品制造过程中各类成本，提高生产效率，同时有利于企业缩短产品研发周期、快速扩大产销规模并显著提高市场竞争力。

二、智能工厂的建设

1、智能工厂方案论证

牵头企业需联合优势企业，与科研院所和高等学校相结合，形成联合体，并大力推行建材自动化成套设备、智能传感器、在线系统、智能工业机器人、人工智能技术以及可视化技术等智能化模块的研发与应用是光伏玻璃企业智能工厂建设的核心。联合体单位前期进行深入技术交流与技术方案论证，对智能工厂的建设进行设备的定制和专项开发，实现了光伏玻璃生产工艺与智能设备的良好匹配，从而提高企业内部流程运转效率，降低办公成本，实现集中灵活调度生产和实时监控与实时在线优化，通过数据集成和模拟仿真，建立一个覆盖全厂的运营监控平台。

2、方案实施

智能工厂是以自动化及智能设备为基础，DCS 等工业控制软件为结构单元，智能平台系统为核心，金蝶 K/3 系统

基金项目：超薄光伏玻璃基板材料智能制造新模式应用（国家级智能制造新模式应用项目）。

为辅助，搭建的一整套光伏玻璃智能工厂典型架构。建设智能工厂的实施过程图（如图1所示）和网络架构图（如图2所示），清晰直观的表现了建设智能工厂的详细实施过程和工厂全生命周期架构模式。

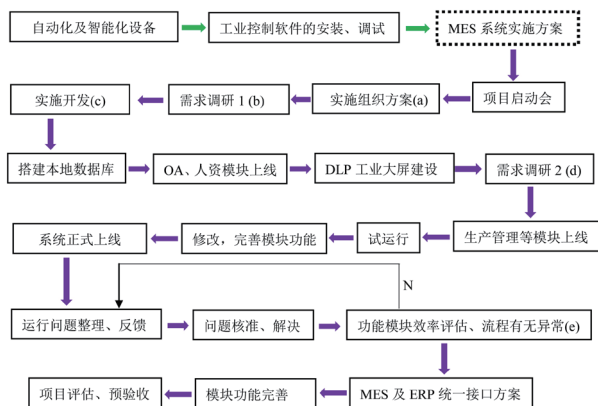


图1 智能工厂实施过程图

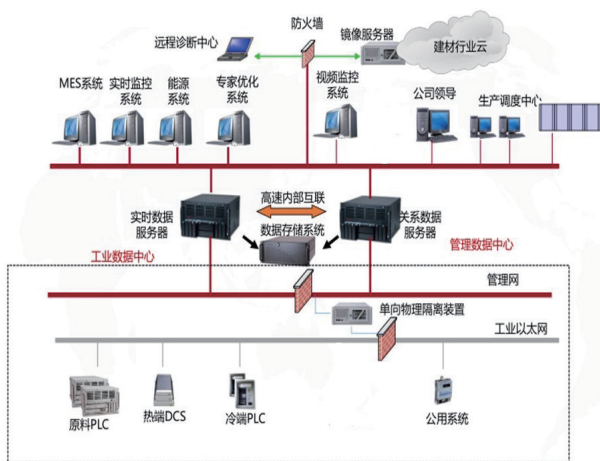


图2 智能工厂网络架构图

三、光伏玻璃智能工厂应用概况

以智能工厂为核心推进智能制造工作，从装备智能化、可视化技术、搭建工业软件平台和工业互联网及企业大数据分析四个层面实现对光伏玻璃基板材料智能制造新模式的构建，从而实现降本增效、柔性化生产的目标，并通过分析智能工厂建设过程所遇瓶颈问题，总结出建设智能工厂的经验。

1、装备智能化

(1) 智能工业机器人。

建设智能工厂所应用的机器人如图3所示，主要有搬运

机器人、铺纸机器人、激光钻孔机器人及平面关节型搬运机器人。

搬运机器人是由三个互相平行的旋转轴和一个线性轴构成的机器人手臂，自由度高，几乎适合任何轨迹或者角度的搬运工作；铺纸机器人可配合搬运机器人自主完成铺边和裁边工作；激光钻孔机器人利用高功率密度激光束照射玻璃，使该处玻璃迅速被加热至汽化温度，蒸发形成所需孔洞形状，主要应用于光伏组件背板玻璃的无接触数字化精确打孔；平面关节型搬运机器人采用西门子S7-1200系列PLC(Programmable Logic Controller，可编程逻辑控制器)，集上片、下片和补片功能于一体。通过人机界面集中控制达到紧密配合行星减速机和西门子伺服电机作业，实现平面抓取、竖立摆放以及横向移动等工作的精准定位。



图3 智能工业机器人

a) 搬运机器人 b) 铺纸机器人

c) 激光钻孔机器人 d) 平行关节型搬运机器人的现场图

(2) 智能传感、控制、检测设备。

智能传感器采用光敏传感方式，当玻璃基板通过传感器1处位置1时，传感器1将信号反馈至PLC。PLC控制伺服电机进行运输辊道加减速，玻璃基板材料行至位置2时，传感器2反馈信号，运输辊道停止，达到精准定位。另外，工作人员通过控制系统及智能检测设备对玻璃生产工艺流程中关键工艺参数实现自动化控制，对玻璃原片质量、玻璃成品的缺陷及透光率实现自动在线无损检测。

(3) 人工智能技术。

搭载人工智能深度学习技术的玻璃全面缺陷在线检测仪，通过使用多通道高频率同步系统，实现了最新Z7高速智能处理线阵相机对同一缺陷多种图像的采集。使用Windows 08 Server操作系统和Microsoft SQL Server 2008

数据库的中央通讯服务器,通过引导系统训练和学习,将标准图库中已有的缺陷种类图像产生一套记忆系数。当输入待识别图像时,系统凭记忆系数识别缺陷种类,再经由多场图像分析,进一步分析、确定各类缺陷。

2、可视化技术

可视化技术是一种处理数据的有效分析手段,主要过程是建模和渲染。建模是把数据映射成物体的几何图元;渲染是把几何图元描绘成图形或图像。通过建设智能工厂,已实现对原料设备、原料配料的工艺流程进行建模;对熔窑设备进行建模;对原片切割机进行建模;并整体实现了关键设备远程数字化和可视化控制;实现了光伏玻璃由原片、深加工至包装生产连线的建模,辅以高清摄像头,面向 MES 系统,完成了 DLP 工业大屏的建设, DLP 工业大屏拼接图,如图 4 所示。

3、工业软件

(1) 业务管理软件。

中建材(宜兴)新能源有限公司使用的业务管理软件包括朗坤智能平台系统及金蝶 K/3 财务管理系统。朗坤智能平台系统主要提供包括办公一体化、生产管理、设备管理、质量管理、发货管理、供应链管理、安环管理、资产管理、生

产看板管理、生产过程控制等 MES 系统的功能模块及供应链管理、销售与市场、客户服务、库存管理、报表和企业信息等 ERP 系统的功能模块。金蝶 K/3 系统主要提供以财务管理为核心的功能模块。朗坤智能平台系统与金蝶 K/3 系统通过协同集成,形成了统一的数据流程集中管理平台,完成了生产运营全过程的有效监控。

(2) 工业控制软件。

现场总线控制系统即生产线集成监控系统,将有效监控生产现场各类设备,采集和控制各采集点数据,实现与企业管理系统互联。冷端辊道控制系统主要执行生产工艺过程中对退火后玻璃板的各种检测、剪裁和堆垛装箱等工艺过程的输送,在生产线上安装光电传感器,对软件中玻璃板的位置进行校对和修正,通过工业网络通讯,实现不同系统间数据交换和监控,以完成辊道传输生产线的全自动控制。分布控制系统采用西门子公司 PCS7 过程控制系统,是集 DCS、SIS(Safety Instrumented System,安全仪表系统)以及远程 I/O 为一体的全集成自动化控制系统。深加工连线控制系统通过输送辊道将各工艺单元连接起来,连线 II、III、IV 互联互通、互为备用,可实现同种玻璃路径优化选择,各连线辊道运行速度通过结合钢化炉产能节拍予以调整。



图 4 DLP 工业大屏拼接图

4、工业互联网及大数据

玻璃生产的关键设备基本能够实现正常数据联网,通过实时数据采集将生产线各工序及公用系统中现有实时数据统一集存在智能工厂实时数据库中,实现生产数据实时采集、集中存储,可反映生产效率及设备状态,方便追溯产品率最高时刻设备运行参数。数据可上传至建材云系统,通过建材云系统分析大数据以实现设备状态的检测、生产过程监视及指标管理。

5、智能工厂发展方向

光伏玻璃智能工厂的建设应采取先建立框架,再实现“智能化”功能的顺序。在建成智能工厂的框架后,以下应为光伏玻璃智能工厂重要发展方向(为我司智能制造第二阶段建设范围)。

◎ 智能化仓储、智能物流系统的建立:完善条码打印、推行 AGV(Automated Guided Vehicle, 自动引导运输车)小车的使用、推行合理仓储制度以及建立智能物流系统。

◎ 熔窑 AI 人工智能:熔窑 AI 系统可根据熔窑历史环境温度和控制在量,预测接下来一段时间内温度变化趋势,及时发现将要出现的异常情况,根据温度设定值,计算控制策略,使环境温度稳定在设定值附近。

◎ 工业云平台进一步建设使用:加快搭建集大数据平台、应用开发平台与云管理平台为一体的基础技术支持平台;加强云计算功能的开发,制定统一、开放的光伏玻璃行业标准;将平台推广到客户、专家、供应商和制造商,最终建立完善的互联网服务平台。

◎ APS 有限能力排产:建立有限能力排产模型,使用图形化的高级排产算法,最大程度优化生产计划。

四、结论

以智能工厂为核心的智能制造项目开展以来,已取得较好的成果。从产线情况来看,项目实施后,产品的生产效率明显提高,产品的升级周期、产品的不良率、单位产值能耗、用工成本以及运营成本明显降低;从公司经营情况来看,光伏玻璃流程型智能工厂项目实施后,企业的资本实力、装备水平和技术实力均得到了提升,进而显著提升了企业的产销规模和盈利能力,为企业后期稳定发展打下了良好的基础。

智能工厂平台的建设不可能毕其功于一役,因此在智能

制造推进过程中,应注重总结建设经验以及制定完善系统的方案。通过总结宜兴新能源在智能工厂推进过程中的经验和教训,智能工厂在建材制造企业中实施时应把握以下关键点。

◎ 智能工厂必须建立在设备具有较高自动化水平基础上,但购买整套自动化、智能化设备和控制系统时,需考虑各设备和系统端口开放与连接权限的问题。

◎ 关于 MES 系统和 ERP 系统接口连接问题,在系统建设初期应考虑周详并制定解决方案,待 MES 系统建设完善后,再进行接口统一会造成更多人力、物力的浪费。针对建材制造企业生产加工的特殊性, MES 系统需量身定制,要求系统稳定性及可编辑性强。

◎ 生产管理人员乃至领导决策团队智能化意识的建立是推行智能工厂建设的重中之重,应对相关人员进行全面的培训和考核。

智能制造是大势所趋,前途广阔。就像十年前人们不相信智能手机会改变人类的生活方式一样,相信十年后智能制造将改变中国企业的运营方式。企业也会像人们离不开手机一样,离不开智能制造,我们共同努力,期待这一天早日到来。■

参考文献

- [1] 江源. 加快推进建材行业的探讨智能制造 [J]. 中国建材, 2015(12): 102-105.
- [2] Ren Y. A Comparative Study of Intelligent Manufacturing between China and the Main Developed Countries [J]. Industrial Economy Review, 2015(02): 68-76.
- [3] Zhong R Y, Xu C, Chen C, et al. Big Data Analytics for Physical Internet-based intelligent manufacturing shop floors [J]. International Journal of Production Research, 2017, 55(9): 2610-2621.
- [4] Pan J, Jing W, Gu J. Study on the development strategy of high performance intelligent manufacturing in China [J]. Heat Treatment of Metals, 2015, 40(1): 1-6.
- [5] 祁晓荔, 邓金伟. “互联网+”重大工程项目分析——创新“两级”云平台, 服务建材行业转型升级 [J]. 信息通信技术, 2016, 10(5): 46-53.
- [6] 中国建筑材料联合会. 中国制造 2025 中国建材制造业发展纲要 [J]. 中国建材, 2018(7): 16-23.
- [7] 张戈. 面向智能制造和绿色制造: 构建新时代工程训练的思考 [J]. 教育现代化, 2018(19): 184-187.
- [8] 航天云网. 构建数据驱动的智慧企业 [J]. 智能制造, 2017(10): 15-18.