

数字化车间构建要素与实施路径研究

申思思

(中航长沙设计研究院有限公司,湖南省长沙市,410007)

摘要 随着信息技术的快速迭代,各行各业的生产制造工厂逐步进行自动化、智能化、数字化生产模式的探索与阶段性建设,数字化车间的建设受到了日益广泛的关注。本文从数字化车间的构建思路着手,阐述了数字化车间的构建要素及实施方式,为机加型数字化车间建设提供参考。

关键词 数字化车间;智能制造;系统集成;数字孪生

中图分类号:TH18 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2026)06-0048-02

智能化生产线/生产单元一般由数控设备、机器人、AGV、软件、网络、信息数据等构成,是在流水线的基础上逐渐发展起来的,通过工件传送系统和控制系统,将一组数控机床和辅助设备按照工艺顺序联结起来,自动完成产品全部或部分制造过程的生产系统。多条智能生产线或多个智能生产单元通过进一步的系统集成,能够形成数字化车间和数字化工厂,实现整个工厂的自动化和智能化^[1]。

1 数字化车间的核心构建要素

实现产品从原材料到成品的全生命周期管理,需满足人、机、料、法、环五大生产要素的协同建设。在传统工厂中,各生产要素之间缺乏有效连接,形成信息孤岛,而实现各生产要素的互联互通是数字化车间初步构建的关键^[2]。

1.1 机器要素的系统性构建

机器要素涵盖上下料设备、传输设备、生产设备、检测设备以及设备全生命周期管理系统,需按照“毛料准备-搬运上料-机内加工-机内测量-补偿加工-下料搬运”的完整流程进行构建。上下料设备主要由扫码设备、物料传送线、转台、工具箱、机器人及操作终端机构成,实现物料的中转;传输设备由行走轨道、工业机器人、机械手等组成,承担物料(夹具、刀具、产品)在各设备间的传送任务,其中夹具传输一般采用工业机器人进行线边库管理,刀

具传输依托桁架刀具站(由钢结构架、集中刀库、刀盘固定托架、机器人第七轴、机器人本体和末端执行器组成),机床加工传输则通过机械手实现物料的夹持、传递与交换^[3];生产设备以四轴以上加工中心为核心,集成车、钻、铣、磨等多功能,设备排列依据产品工艺顺序及工时节拍确定;在线检测设备由工业机器人、末端执行器和多源传感器组成,包括接触实测型(如三坐标)、激光扫描型、试验检测型等类别。设备全生命周期管理需建立从规划、采购、安装、调试、验收、使用、保养、维修、改造、更新至报废的全过程档案,并通过振动、温度、电流等各类传感器采集运行数据,监测设备加工情况及综合利用率。

1.2 物料要素的智能化管理

物料要素包括原材料、工装、成品及辅助材料,主要采用条形码、二维码或RFID等方式进行编码跟踪,并通过AGV小车实现转运。原材料管理由仓储单元、AGV小车及仓储物流系统WMS构成,仓储单元根据吞吐量、原材料尺寸、重量及配送效率进行定制化设计;工装管理涵盖刀具、量具、夹具、模具的重复利用,由仓储单元、AGV小车、在线检测及管控系统组成;中央刀库系统包括垂直刀具升降库、刀柄货架、对刀仪、刃磨机、工作台、AGV运输车、刀具托盘及停靠支架、刀具识别系统等;管控系统实现工装的采购、打码、借用、归还、检测、送修、报废全过程管理;成品管理可设置车间独立仓储或工厂总仓储(车间设中转区);辅助材料管理涉及切削液集中供液系统等,实现自动供液及净化再生。物料仓储物流管理通过WMS系统实现入库、出库、调拨、

作者简介:申思思(1988~),女,湖南邵阳人,本科,工程师,研究方向为:建筑工艺。

盘点、质检及库存管理,通过TMS进行物流方案规划,保障产业链运转顺畅及供应链效率。

1.3 环境要素的综合管控

环境要素涵盖水、电、气、温湿度、振动等参数,需根据设备选型、厂房面积、人员数量进行用量估算。水系统包括给水、排水及污水处理;强电系统含智能变配电、照明、防雷接地;弱电系统含网络通信综合布线、视频安防监控、广播、视频会议、火灾报警及机房设备等;气系统保障工艺设备所需的压缩空气、天然气、氮气等;温湿度由智能空调(供暖、制冷)及通风机调控。能源管控主要对工艺设备及其他设备的能耗及利用率进行监测与管理。

1.4 方法要素的信息化支撑

方法管理是对产品整个生命周期及相关过程的管理,包括工艺、生产、质量等内容。PLM(产品生命周期管理)支持产品全生命周期信息的创建、管理、分发和应用;PDM(产品数据管理)管理所有与产品相关的信息和过程。PLM在互联网发展基础上,于PDM之上扩展了从产品需求端到售后、回收端的多方管理。国产PLM厂商包括思普软件、天喻软件、华天软件、开目软件、艾克斯特、天河智造、CAXA、中车信息、神舟软件、国睿信维、阳易信息、用友、金蝶、鼎捷等,国外厂商包括UGS-Tecnomatix、达索-Delmia、PTC-Polyplan等。

1.5 工艺内容的标准化设计

工艺管理主要体现在工艺规程的制定上,通过建立典型零件工艺库(工装库),进行产品族类分析,调用同类典型零件工艺模板,应用DFX对新产品工艺资料进行结构化高质高效设计。具体包括:从设计院PLM/PDM系统集成设计EBOM主数据,创建产品工艺PBOM,进行工艺规程(含临时资料、修理资料、更改单、技术通知、技术协调单、操作指导卡等)的结构化设计管理;使用UG、SolidWorks、3ds Max、CAD、CAXA、CAPP等软件进行工序附图设计,三维出图可采用MBD、PMI标注等形式,软件自动生成尺寸序号,各工序合成为整本工艺规程。工艺规程在管理系统中进行线上会签,并对版本、进度、状态进行管理及统计分析。

2 数字化车间的构建思路

构建流程首先对产品进行产品族、xyz abc库存矩阵、工艺流程和价值流等分析,其中价值流分

析通过比较客户需求节拍与各工序生产周期,对生产线全部工序进行负荷分析及调整优化;在此基础上进行车间宏观及微观布局规划,宏观布局包含功能区域规划、面积需求计算及布局组合优化,微观布局包括工作站、生产线、生产单元、站间物流等设计;最后通过仿真模型辅助决策,生产系统建模仿真包括五个阶段。仿真模型设计软件包括IPLCSIM V1X、Tecnomatix Process Simulate、Tecnomatix Plant Simulation、3ds Max、PLCSIM Advanced、WinCC、SIMIT等、Simcenter Amesim、MCD(NX Mechatronic Concept Designer)等。

3 数字化车间的系统集成

通过以太网、各业务系统、采集模块对车间生产数据进行采集、检测、统计与分析,实现对制造现场的有效管理,支持企业管理层与现场自动化控制设备之间的信息互通。需建立园区范围内的网络,连接固定终端(台式机、服务器、打印机等)、移动终端(笔记本电脑、AGV小车、机床加工设备、传感器、服务机器人等)和IoT终端(门禁、考勤机、摄像头、烟雾传感器等),实现终端间的互联互通及按需接入互联网。借助3D工业软件,搭建车间数字孪生仿真平台,实现车间环境和生产场景的三维动态还原和虚拟仿真。

4 结语

数字化车间的构建核心在于打破人、机、料、法、环五大要素的信息壁垒,通过智能装备、信息系统与网络设施的深度融合,实现生产全过程的数据驱动。构建应遵循“分析-设计-验证”流程:以产品工艺分析为起点,通过价值流分析优化生产节拍,开展宏微观布局规划,借助仿真技术验证方案;同步建立覆盖园区的统一网络架构,基于数字孪生搭建虚实映射平台。成功构建需从系统工程视角统筹各要素耦合关系,建立标准化、可扩展的体系架构,方能实现制造数字化转型升级。

参考文献

- [1] 王立平.智能制造装备及系统[M].北京:清华大学出版社,2020.
- [2] 姜雪崑,赵钦志,王军见,等.机床加工数字化车间建设研究[J].制造技术与机床,2024,(04):159-166.
- [3] 史建勋.民用航空锻压数字化车间集成中的关键技术分析[J].中国设备工程,2024,(03):231-233.