

卧式加工中心 FMS 线在医疗与新能源汽车领域中供应链灵活性的影响

黄凯

宁夏小巨人机床有限公司, 宁夏银川, 750002;

摘要: 伴随医疗与新能源汽车行业的快速发展, 产品类型趋于多样, 交付周期进一步缩短, 对于供应链的柔性响应能力提出更高要求。作为智能制造的重要支撑技术, 卧式加工中心与柔性制造系统的深度融合, 可打造小批量、多品种的制造模式。本文结合医疗与新能源汽车行业的实际发展, 对卧式加工中心 FMS 线的影响展开探析, 以期加快制造业智能化转型, 创建高效的敏捷供应链体系。

关键词: 卧式加工中心; FMS 线; 新能源汽车; 供应链

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 04. 032

引言

新时代下, 制造业迈入柔性化发展的新阶段。在医疗器械与新能源汽车两个前沿高精度产业中, 产品迭代快、交付窗口期短。以往的刚性制造与线性供应链模式无法适应市场变化, 企业从“大规模制造”转为“高柔性响应”, 打造更为敏捷、响应能力强的供应链体系很有必要。卧式加工中心在生产精度和稳定性上有着较大优势, 也具备很强的模块化能力。探析卧式加工中心对供应链的影响, 对于我国制造行业的转型与升级有着巨大帮助。

1 卧式加工中心 FMS 线对供应链灵活性的影响机制分析

1.1 生产柔性提升路径

在医疗和新能源汽车制造中, 产品种类趋于多样, 更新速度较快, 刚性生产线的灵活性较差, 无法满足个性化定制和快速切换的要求。卧式加工中心 FMS 采用模块化布局和换托盘体系, 生产柔性水平进一步提高。专业的设备处理单元和中央控制体系, 自动化水平大幅提升, 有利于多品种混线生产与工艺动态切换, 满足不同批量订单的高效响应。除此以外, FMS 内嵌先进的排产优化算法, 结合任务优先级、资源配置情况等多种因素, 管控加工路径与排产计划, 生产工作的灵活性得以提高。在新能源汽车行业中, 面向不同的客户群体, 产品结构一般会经过多次调控, FMS 的可重构加工路径可在很大程度上缩短换线的非生产时间, 提高设备开动率, 产品开发至交付的整个时间大范围缩短, 对于后续生产工作的开展有着重要意义。

1.2 物流与库存柔性优化

FMS 线的运行机制主要体现在柔性加工, 关乎企业

内部物流体系与库存结构的优化。该类产线的自动化水平较高, 物料控制与物流系统得以高效协同, 动态调拨与精确投送原材料、半成品和成品, 避免人工搬运的低效问题, 使得生产节拍与物料供应紧密匹配, 物料大量堆积的问题大幅减少。在医疗器械行业中, 许多产品在生产过程中, 加工环境同物流环节应完成无尘对接, 该类产线特设安全区, 精简后续的生产流程, 严格控制物流路径中的风险因素, 医疗产品质量的稳定性进一步提高。与此同时, 在库存管理中, FMS 线支持按需投料与小批量多频次交付, 有利于优化企业在制品的安全库存管理, 缩短库存周期, 加快资金的周转与流通, “准时生产+弹性物流”模式为企业构建起更为稳定、成本更优的供应链运行条件。

1.3 信息系统驱动下的响应速度提升

卧式加工中心 FMS 线是智能制造的一大载体, 后期的运行依靠信息系统的即时监控和调度。在 MES、ERP 及工业物联网技术的协同下, FMS 线可动态采集设备状态、任务进度、能耗分析等相关数据, 展开科学的整合与分析, 驱动智能化生产决策。在新能源汽车行业中, 面对复杂的订单需求和突发性设计更改, 利用中央数据库调整排产测量, 安排合适的设备加工下一批产品, 有利于促进无缝换产。信息驱动下的柔性管理, 使得企业可快速应对客户定制、突发订单, 减少人为干预时间, 提升整个链条的响应速度。除此以外, 多个系统的协同与配合也可提升信息共享水平, 引领企业提升自身的协同作战能力, “数据闭环+智能判断”的运行模式正逐渐成为提升供应链韧性与灵活性的一大技术保障。

1.4 对供应链稳定性与鲁棒性的增强

卧式加工中心 FMS 线采用多种技术, 更为重视管理

机制的创新,整体的鲁棒性进一步加强。FMS线具备强大的可重构性,冗余备选路径趋于多样。多机并行加工与工序替代能力较强,一台设备出现故障后,可自动调整后续的生产工艺,安排其他可用机床完成生产,生产中断问题大幅减少。FMS线内的预测性维护系统,在整合历史数据和即时状态信息的前提下,高效预测设备故障,降低突发性停机概率。在医疗行业中,产品质量与交期要求较高,常见的风险因素可能引发严重事故。FMS线的智能排障机制,可规避大量的风险因素,保证整个生产链的稳定运行。在原材料供应波动或市场需求不确定的情况下,FMS线可帮助技术人员快速调整生产计划和工艺参数,完成“以变应变”的目标。全方位的数据分析与业务模拟,使得企业可在更早阶段识别供应链风险并制定预案,增强整个价值链的适应力。

2 卧式加工中心 FMS 线在医疗与新能源汽车领域中的应用挑战

2.1 技术复杂度较高

在后续的生产和加工中,加工精度要求高,还应满足多种工艺的诉求。医疗器械对材料、尺寸公差等因素的管控更为严格。在骨科植入物的制造中,一般采用医用不锈钢、钛合金等材料,这类材料的加工难度相对较大。卧式FMS线在产品生产中可完成动态切换,但 μm 级别精度的保持难度较大。与前者相比,新能源汽车零部件对尺寸精度的要求稍松,零部件的内部构造较为复杂,在电池托盘等部件的生产中,夹具设计是一项常见的技术难题。面对多个平台零部件加工的诉求,FMS线应具备较强的可重构性,在短期内开展优化与升级,进一步提升生产路径的自动规划能力。除此以外,多通道工序调度与路径规划困难,以往的调度算法适应性交叉,无法应对设备故障等突发情况,在快节奏的生产环境下,“调度僵硬”无疑会造成严重的资源浪费问题。

2.2 成本与投资压力大

结合卧式加工中心FMS线的建设来看,要求投入大量的资金与资源,囊括信息管理平台、自动物流体系、高精度加工设备等构成,初期成本是过去产线的2至3倍,单条产线的造价高达数千万元,对于一些资金实力薄弱、规模较小的中小企业来说,前期的投资是一项巨大的难题。新能源汽车企业在本方面略具优势,但车型的更新频率较高,生产线投资回报周期较短,过多的投资会大幅加重企业的资本风险。除此以外,设备的后期维护和升级成本较高,软件系统、传感器网络等设施的建设与升级都要求较高的投入,相关设备的投资成本远高于以往的生产线,部分部件(如高速电主轴、自

动换刀系统、AGV导航模块等)的寿命受限,维修代价高。

2.3 专业人才较为匮乏

操作人员数字化素养不足,大多以机械加工为主,对FMS系统中的信息流、数字指令、MES接口等理解有限,难以独立完成排故、调度与运行管理。在中小医疗企业与地方汽车配套企业中,这类“复合型技能人才”严重匮乏。工程师团队建设滞后,FMS线的部署不仅需要机械、电气工程师,还需要软件开发、自动化调度、数据分析、系统运维等综合性团队。而目前大多数制造企业尚未具备此类团队建设机制,外包工程服务常造成响应滞后、运营风险上升。除此以外,许多企业沿用传统产线管理模式,强调单件成本、产能最大化,但柔性制造更强调响应速度、产线通用性与系统冗余。该种观念冲突使得FMS运行后反而被传统思维束缚,柔性优势无法发挥。

2.4 系统集成与信息化挑战

MES与FMS属于不同的管理系统,在后续的运行中,接口冲突现象较为常见,MES大多采用“任务下发-工单执行-数据回传”逻辑展开流程管理,FMS更为侧重“自主调度与即时反馈”,在对接过程中,指令冲突、任务重复等问题频繁出现,影响整个产线的稳定运行。数据标准尚未统一,在医疗行业,产品溯源与生产过程质量追溯是监管红线,而FMS系统若无法对每一刀加工生成详细数字档案,难以获得市场与监管机构认可。新能源汽车行业虽对溯源要求稍低,但随着电池安全、智能网联等要求上升,要求创建更为完善的工艺数据链条。

3 卧式加工中心 FMS 线在医疗与新能源汽车领域的应用策略

3.1 加强技术适配与平台优化

对于医疗与新能源汽车两大行业需求差异较大的现状,FMS系统应由“通用化”向“行业定制化模块”方向转变。医疗领域选取适用于微创器械、小尺寸钛合金植入物的精细加工单元,并开发可追溯刀具管理系统与洁净加工控制模块。新能源汽车领域开发适配壳体、结构件等大型铝制件的重载型柔性托盘系统、多工序复合加工路径规划模块。优化调度算法与控制架构,打造基于AI的自适应调度系统,结合历史订单数据、设备状态与生产节奏,动态优化刀具与工件分配。使用数字孪生(Digital Twin)技术对FMS全流程建模,有利于虚拟验证、产线负载预测、异常预测与预警。除此以外,建立设备与信息系统标准接口,推动统一接口标准,例如,OPC UA、MTConnect、UMATI协议,解决不同供应商

设备间的互联障碍。加强 FMS 系统与 ERP、MES、QMS、PLM 系统的纵向集成,构建端到端的数据流管理体系,保证生产、质量与溯源系统全面贯通,对于信息流与资金流的流动有着巨大帮助。

3.2 制定科学投资方案

科学的投资方案可为后期的建设工作提供客观的依据,可采取模块化部署,分阶段建设的模式。按“核心设备优先+自动化逐步升级”的思路分阶段部署,例如先建设“2 卧式加工中心+1 自动物流模块”的小型 FMS 单元,根据订单结构、产品周期等动态调整模块组合,产业互补“柔性制造单元”快速扩展。借助融资工具与外部资源,利用融资租赁或“FMS 设备+服务”一体化运营模式,降低初期投资压力。联合地方产业园、行业龙头,申请政府智能制造补贴、技改基金、专精特新专项,划分投资建设中的责任,共担建设风险。优化 FMS 效益评估模型,构建以“单位设备综合利用率、订单交付周期、换产时间、人均产值”等多维度指标为核心的 ROI 模型,加入“柔性潜在价值评估”,测算应对订单波动与产品更迭能力带来的间接收益,促进各类资源的优化配置,也可在一定程度上降低前期的投资成本。

3.3 推进专业人才培养

在人才培养工作中,注重创建“复合型”人才梯队,制定岗位分级模型,划分“操作层—维护层—集成层—优化层”人才类型,匹配不同培训体系。联合高职院校与设备供应商开设 FMS 专项课程,如:“智能制造集成技术”、“CNC 联网与调度基础”、“柔性线系统调试与维护实训”。建设 FMS 运维中心与产线保障机制,在企业内部设立 FMS 技术运维支持中心,引入跨学科工程师(机械+软件+信息系统),打造快速响应机制,建立“定期巡检+远程诊断+故障回溯”三重机制,提升系统可用性,避免非计划停机。除此以外,促进组织结构柔性化改革,推行“工艺—设备—IT”融合的跨职能小组制,将责任从单一职能转向“系统运行整体效率”。引领从“产量为王”向“效率+柔性+交期”的新型考核体系转型,激发管理机制适应柔性化变革。人才激励机制的完善与优化也是一项重要任务,应结合以往的人才培养经验,提供丰富的激励措施,进一步调动人才的学习自主性,对于后续产线的建设有着重要意义,

3.4 加大系统集成与信息化建设力度

在信息化规划中,加大智能制造平台的建设力度,打通从订单驱动→工艺编程→自动调度→质量控制→

交付回溯全过程信息流,采用工业物联网平台(IIoT)与统一数据湖,使得设备、系统、人员数据全面采集与融合,精简数据和信息的整合和分析流程。推动信息安全与数据可信,面向不同的管理场景,合理选用防护技术。一般考虑实施 FMS 系统的信息分层保护,例如,车间层加密传输、指令冗余备份、操作权限精细化控制,构建数据可追溯机制,结合区块链或不可篡改数据库,保障医疗产品全流程监管合规。除此以外,与上下游企业进行数据协同,创建供应链协同平台,与零部件供应商/整车厂/医院等单位共享 BOM、库存、交付计划等数据。在 FMS 系统中预置“柔性响应参数”,例如,交付时间权重、品质预警阈值、可替代性模型,动态响应协同方需求变动,着重把控生产中的要点和薄弱环节,制定科学的应对防范预案,有利于提升整个产线的稳定性。

4 结语

随着生产诉求趋于多样,制造业的发展面临严峻的形势,供应链的灵活性成为衡量企业综合竞争力的重要因素,受到相关行业的广泛关注。卧式加工中心 FMS 线(柔性制造系统)以强大的智能化特征,成为制造业转型的一大载体,在医疗与新能源汽车领域的应用愈发深入。相关行业的技术人员应紧跟行业和时代的发展脚步,借助加强技术适配与平台优化、制定科学投资方案、推进专业人才培养等多项策略,加快卧式加工中心 FMS 线的建设,助力智能制造生态的重构与优化,引领相关产业的转型与升级。

参考文献

- [1] 沈艳斌,钱应平,王磊阳,等. BF-H80 卧式加工中心立柱的轻量化设计[J]. 重型机械, 2025, (03): 96-102.
- [2] 李珂,黄祖广,程竑力,等. 基于遗传算法的加工中心精度优化分配方法[J]. 制造技术与机床, 2025, (06): 170-176.
- [3] 王玉功,梁兵. 卧式加工中心换刀机械手故障的快速排除方法[J]. 金属加工(冷加工), 2025, (04): 95-97.
- [4] 吴春林. 卧式加工中心自适应切削参数的优化及应用[J]. 装备制造技术, 2024, (12): 43-45.
- [5] 杜守志. 高精密卧式加工中心热控制分析和设计[J]. 机械制造, 2024, 62(08): 63-65+78.
- [6] 尹浇钦,高自成,李立君,等. 双主轴卧式加工中心横梁结构综合优化设计[J]. 机床与液压, 2024, 52(14): 94-99.