

数字化车间 DNC/MDC 与 MES 集成技术研究与系统设计

饶纳新¹ 栾京东^{1,2} 郭明儒¹ 马 琪¹ 李海兵^{1,2} 钟正虎¹

(1. 北京航天控制仪器研究所, 北京 100039; 2. 青岛海洋科学与技术试点国家实验室, 青岛 266237)



摘要: 研究了数字化加工车间中多系统集成技术, 提出了一种 DNC/MDC 与 MES 的集成模型, 构建了系统的通信网络, 在此基础上设计了智能加工综合管控平台。以局域网为信息流通渠道, 融合数字化制造技术、数据采集技术、分布式数字控制技术, 建立的一套实时管理和控制系统, 提高了车间的生产效率和管理效率, 证明了该集成模型和网络架构的有效性。

关键词: 数字化车间; 系统集成; MES; 数据采集

Research and Design of DNC/MDC and MES Integration System in Digital Workshop

Rao Naxin¹ Luan Jingdong^{1, 2} Guo Mingru¹ Ma Qi¹ Li Haibing^{1, 2} Zhong Zhenghu¹

(1. Beijing Institute of Aerospace Control Devices, Beijing 100039;

2. Qingdao Pilot National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266237)

Abstract: An integrated model of DNC/MDC and MES is proposed based on the research of multi-system integration technology in the digital workshop. With digital network model constructed, integrated management and control platform for intelligent machining is designed. The real-time system was established by using local area network as information flow channel, integrating digital manufacturing technology, data acquisition technology and distributed digital control technology. The efficiency of workshop production and management is improved, which proved the effectiveness of the integrated model and network architecture.

Key words: digital workshop; system integration; MES; data acquisition

1 引言

制造执行系统(Manufacturing Execution System, MES)作为面向车间的生产管理系统, 为制造企业提供了一个数字化、柔性化、精细化的生产环境, 能够帮助企业降低成本、缩短交货期、提高产品质量^[1, 2], 目前已广泛地应用于国内外制造企业之中。分布式数字控制(Distributed Numerical Control, DNC)以数控技术和通讯技术为基础, 把与制造过程有关的设备集成起来, 实现生产车间制造单元的数控程序管理和工艺管理^[3~5]。生产数据采集(Manufacturing Data Collection, MDC)是实现数字化制造系统的基本技术, 通过与数控系统、PLC 系统以及机床 PMC 系统集成, 实

现对机床数据采集部分的自动化执行^[6~8]。随着 DNC/MDC 技术的成熟和数字化生产线的完善, 以 MES 系统为主体, 融合分布式通讯、生产数据采集、数控程序管理诸多功能于一体的综合管控平台是数字化制造软件发展的新趋势^[9]。

目前各制造企业中过程控制、数字化工艺、数据采集等工业软件复杂多样, 功能界限混乱, 在实际生产过程中造成功能冗余、操作不便等诸多问题, 影响生产效率。展开研究数字化车间 DNC/MDC 与 MES 集成技术, 建立了一个囊括生产管理、数据采集等多功能的综合管控平台, 将基于不同方案建立的工业软件有机集成于易于管理、方便操控的单一系统中^[10, 11], 处理业务和共享信息。该平台涵盖数控机械加工全过

作者简介: 饶纳新(1994), 硕士, 仪器科学与技术专业; 研究方向: 智能制造生产线集成。

收稿日期: 2019-01-07

程的工业控制与过程管理,设计合理,操作方便,在实际生产中达到提高生产效率的目的。

2 总体设计

某车间石英表零件的加工线上拥有精密车加工中心和铣加工中心,具备数字化生产的条件,却严重依赖手工作业,工人操作重复,产品可追溯性差。经反复研究设计,在加工车间中引入多系统集成技术,建立智能加工综合管控平台,通过自动上下料、自动装卡、自动物流等,实现零件进入加工线后,自动按工艺流程加工,完成生产任务,使整个生产线具备小批量精密机加生产功能。

数字化加工车间的生产设备包括车床3台、铣床2台,其它设备有三坐标测量机1台、上下料机器人3台、AGV移动机器人车辆1辆、AGV泊位4个,车间布局如图1所示。智能加工综合管控平台系统的硬件设备包括MES服务器1台、MDC服务器1台、DNC服务器1台、数据库服务器1台、主控计算机1台,路由器1台、交换机1台。

为用户界面层、业务逻辑层和数据接口层三个部分,依据柔性化的生产需求和数字化的管理需求,完成软件的模块化设计。

根据车间的生产模式,智能加工综合管控平台综合MES、DNC、MDC的相关功能。MES功能主要包括订单管理、系统管理、计划排产、指令下达、完工情况等;MDC功能主要包括设备数据采集和设备监控;DNC功能主要包括设备通信、数据采集、代码管理、刀具管理等管理功能。

接口层包括通讯接口和数据库接口。通讯接口主要用于接收设备上传的数据,并将其转化为具有明确物理含义的生产参数,同时将下发设备动作指令;通讯接口硬件方面采用工业以太网接口,软件方面设计基于Socket接口的通讯数据解析模块,实现数据转换功能。数据库接口主要用于实现对数据库的高效操作。该接口主要通过编程方式将查询、添加和删除等常用SQL操作语句封装为通用函数,实现模块化编程。

3 系统集成

在智能加工综合管控平台的设计过程中对数字化车间DNC/MDC与MES集成技术进行研究,根据车间实际生产情况设计DNC/MDC与MES的多系统集成模型,分析并构建车间网络的拓扑结构。基于Socket的模块通讯技术和基于SQL Server的数据库技术,完成了软件设计与开发。

3.1 多系统集成模型

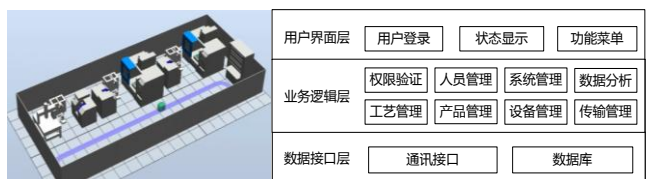


图1 车间布局图 图2 综合管控平台的系统架构

综合管控平台的软件架构如图2所示。系统划分

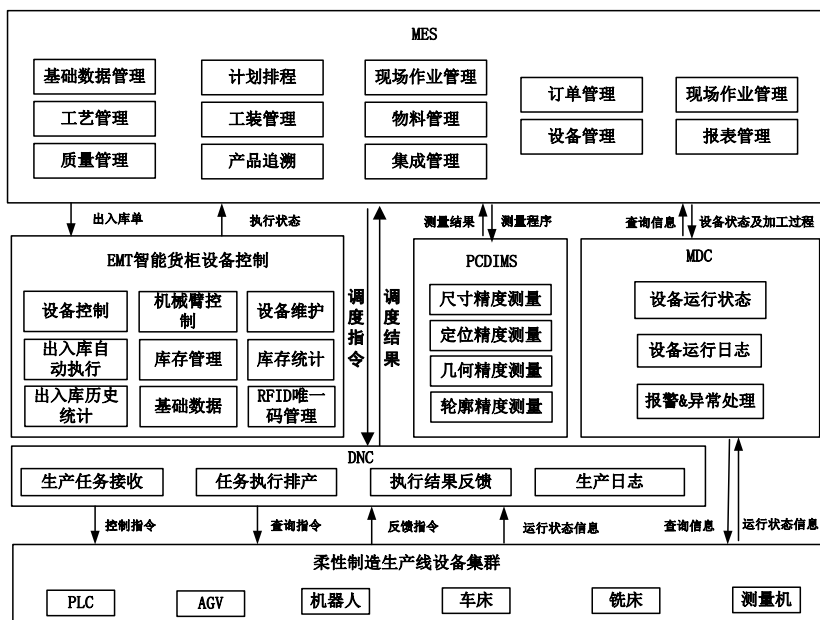


图3 多系统集成模型

数字化加工车间中各系统集成实现管理层、设备层、数据层的信息传递,划分工业软件的功能界限,明确各系统的信息流动关系。MES 负责订单、工艺、物料、质量、生产计划的集中管理,DNC 负责生产任务和 NC 程序的下发,MDC 负责实时生产数据的采集和监控,如图 3 所示。MES 向 DNC 下发 NC 代码和工艺信息,MDC 向 MES 传输生产数据信息,数据采集、设备监控和故障警报。集成模型实现了 MES 与 MDC、DNC 等系统间的集成关联,实现数据的传递和共享,并建立完整的数据库,打破各系统的信息孤岛状态,消除生产数据的矛盾和冲突,提高生产效率和管理效率。

3.2 车间网络拓扑结构

车间网络须满足传输迅速、可靠性高的实际生产要求,网络架构采用星型拓扑结构,采取集中式通信控制策略,实现中央节点的全部控制;有线与无线混搭,以保证若干条并行数据的同步传递。

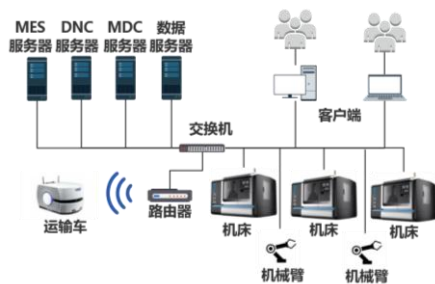


图 4 车间网络拓扑结构

集成系统使用交换机作为整个网络的中央节点,系统中的每一个设备通过网卡连接到中央节点,计算机、机床、机器人之间通过中央节点通讯,网络结构呈星状分布,如图 4 所示。同时网络通过路由器发出覆盖整个车间的无线 Wi-Fi 信号,使运输车无论位于哪个位置,都可以通过无线网卡接入,保持通讯状态。

3.3 基于 Socket 的模块通讯技术

Socket 是网络抽象层中定义的一组接口,把复杂的 TCP/IP 协议族封装于其内部。用户通过调用接口实现数据传输的过程如下:服务器端分配一个网络端口,在初始化的 Socket 与端口绑定(bind),监听端口(listen),调用 accept 阻塞线程,等待客户端连接。当有客户端发出连接服务器(connect)的请求时,服务器端响应并建立连接。客户端发送数据请求,服务器端接收并处理请求,然后把数据发送给客户端,客户端读取数据,最后关闭连接,一次交互结束,通讯流程如图 5 所示。

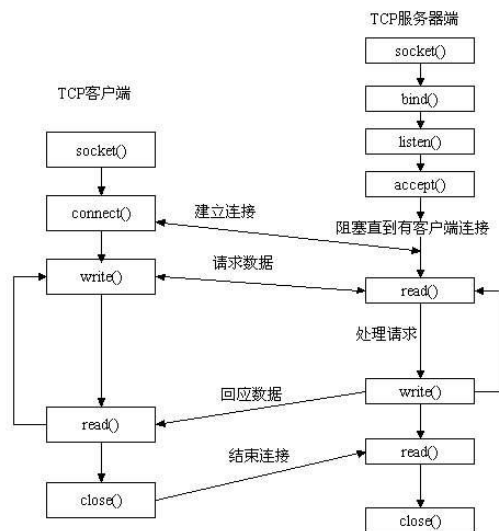


图 5 Socket 通讯流程

在 TCP 协议中,MES 作为智能加工综合管控平台核心部分,分别与其他各个模块通讯,因此作为 TCP 协议中的 Server,请求监听所有连接,验证身份后开启一个新的 Socket,正式建立与其他系统通讯。

3.4 基于 SQL Server 的数据库设计

在智能制造模式中,产品全生命周期的各个环节中都存在大量的数据,包括生产订单、计划排产、工艺工装、制造、库存管理、售后服务等。工业数据种类多,数据量大,传统模式下的各系统分管各自数据的做法制约了生产效率。为了实现各系统数据共享,打破信息孤岛,多系统集成模型对数据库进行重新设计,通过高集成度的平台管理 MES、DNC、MDC 的数据。

数据库是综合管控平台的数据结构核心,因此数据库的合理设计是综合管控平台的可靠性和运行效率的重要保障。设计中利用应用数据库设计的三范式,在尽可能避免数据冗余的同时,提高查询效率。由于 SQL Server 具有可伸缩性好,与 Windows 软件集成程度高的特点,项目中采用 SQL Server 2014 数据库软件建立数据服务器,根据数字化加工车间的实际生产需求设计数据库表格和数据关系,实现人员、产品、设备及生产过程中的重要信息的数据库管理。

如图 6 所示,MES、DNC、MDC 等工业现场软件所关心的设备信息、生产计划信息、任务信息、工艺信息、产品信息、用户信息、刀具信息等数据在数据库中作统一管理。在生产过程中,DNC/MDC 通过各自数据接口与生产设备建立通讯连接,但不直接操作数据库。所有数据都通过接口与 MES 之间传递,在 MES 中完成访问和修改数据库的操作。

DeviceInfo	PlanInfo	BatchInfo	TehcInfo
DeviceID	gIndex	BatchID	BatchID
DeviceName	ProdName	PartID	PartName
DeviceType	PartName	ProjName	StepIndex
DeviceModel	StepName	PartName	StepName
DeviceIP	GZName	PartNum	DeviceType
DevicePort	DeviceName	EndTime	ProgName
DeviceLocation	ProgName	BatchState	GZName
DeviceState	ToolName	InitCode	NeedClear
DeviceFac	CheckRule	InitNum	CheckID
ToolNum	PartNum		ToolID

TaskDetail	ProdInfo	Userinfo	ToolInfo
TaskIndex	ProdID	mIndex	ToolIndex
BatchID	ProdName	UserID	ToolPos
PartName	PartName	UserName	ToolName
StepName	PartNum	PassWord	Tip
GZName	Round	Role	DeviceName
EndTime	FailNum	Authority	IsUsing
PartNum	PIndex	InGroup	
Round	State	Workshop	
StepID		Department	

图6 数据库表格

4 工程应用

通过多系统集成技术, DNC/MDC 系统与 MES 系统深入集成, 综合管控平台负责生产管理和调度执行, 实现数字化车间的生产调度、工艺管理和过程控制, 同时采集数据, 监控生产过程, 实现质量监控和实时跟踪, 提高生产效率和管理效率。项目实施以来, 不仅使车间生产的运作流程得到优化, 还使生产效率大规模提高。

接到新的生产订单后, 单击任务管理开始生产准备工作。任务管理模块负责对生产任务的添加、排产及相应的查询等功能。排产管理模块可以结合目前车间的生产状况合理安排加工作业的顺序, 并完成生产调度、生产监督等功能, 而且设备异常等突发时间做处理, 从而保证车间的生产, 使得车间的生产能按期有效地具体执行。

在排产之前, 通过设置确定生产项目、生产批次、零件类型、生产数量、使用工艺(包括加工步骤、机加工工艺和使用夹具), 操作员手动选择项目、批次、加工步骤和数量信息, 系统自动根据数据信息确定机加工工艺、夹具和空闲设备, 形成了生产任务信息传递给相应的设备, 实现了自动生产。

在生产过程中, MES 分别对机床、机器人和 AGV 进行设备管理, 统计各个生产设备的基本属性、工作状态、维修状态, 并实时查询。当设备出现故障时, 系统能够第一时间发布报警信息, 保证了生产安全。同时, 系统自动存储生产过程数据, 数据包括时间、设备、人员和产品等多种信息, 形成数据记录。

MDC 模块主要用于实现生产设备的集散管理及

相关信息采集和处理, 不仅涵盖数控机床的数据采集和监控, 还包括上下料机器人、AGV 小车和测量机等

的状态监控, 实现了功能较为全面的 MDC 系统。在生产过程中对局域网内设备的远程监控, 通过数据监控模块, 可以实时监控车床的绝对位置、转速、进给及功率等主轴参数, 以及主程序、当前程序等工艺参数。同时, 对机床状态和报警信息等全面监控, 并可以对运行时间、加工时间等参数进行检测和统计。系统还实现了对设备启动和暂停控制、冷却液开启等点开关的控制功能, 基本实现了远程控制和状态监控功能。

除了数控机床的数据, 操作人员可以实时查询物流设备的数据, 包括上下料机器人和 AGV。操作人员生产时可随时查询上下料机器人当前工作, 检查设备是否处于正常工作状态, 即按流程完成上料和下料工作。对于 AGV, 系统实时监控小车的当前位置和目标位置, 确保小车按生产需要转移工件。数据采集模块还监控 AGV 的当前电量, 当电量低于正常工作电量时及时通知操作人员。

智能加工综合管控平台在实际生产中对数控机床的数据采集和监控, 也对上下料机器人、AGV 小车等设备的工作状态实时监控, 并对故障报警, 实现了对数控生产过程的监控与管理, 提高了数字化加工生产线的可靠性。

该智能加工综合管控平台中, DNC 模块接收 MES 提供的 NC 程序和工艺信息, 完成 NC 程序的上传和下载, MDC 负责数控机床和物流设备的信息采集和统计, 并将数据传入数据库, MES 系统从数据库中实时获取加工信息, 实时监控设备状态, 根据实际生产需求和车间状况执行添加加工单、暂停生产等操作, 可靠性高, 操作简便, 不仅实现对数字化生产流程的整体管控, 也有效提高了车间的生产效率。

5 结束语

本文对数字化车间中 DNC/MDC 与 MES 集成技术展开研究, 研究并设计了针对数字化车间的多系统集成模型, 搭建了数字化车间网络, 将传统 DNC、MDC 集成于 MES 系统中, 研究设计了一套智能加工综合管控平台, 拥有生产管理、排产管理、设备管理、程序管理、数据采集等功能, 实现了对生产线的全周期管控, 减轻了工人的工作量, 提高了生产和管理效率。

(下转第 48 页)