

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2017.11.003

基于中小企业的数控设备网络系统应用研究^{*}

张 耀^{1,2}, 黄文广^{1,2}, 张思齐³, 金济民¹

(1. 浙江机电职业技术学院, 浙江 杭州 310053; 2. 浙江省滑动轴承工程技术研究中心, 浙江 杭州 310053;
3. Magneto Media Co., Ltd., Victoria Melbourne 3000)

摘要:针对中小企业推进车间网络化问题,对网络拓扑结构、组网方式、数控设备联网及数据采集系统的实现方法等方面进行了研究,根据车间设备网络化的需求,提出了对应中小企业的网络结构,归纳了车间数控设备的 4 种组网方式,阐述了数控设备联网及数据采集系统的软件基本模块及设计思路,提出了车间 DNC 机和数控设备双向通信、管理模块与数据采集及处理模块的详细思路与实现方法。研究表明:所设计的面向中小企业车间的分布式、异构设备网络及其软件系统满足企业运行需求,能明显提升数控设备利用率,提高产品质量。

关键词:数控设备;组网方式;通信接口;数据采集

中图分类号:TH164

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2017)11-1243-06

Application of network system based on small and medium enterprises

ZHANG Yao^{1,2}, HUANG Wen-guang^{1,2}, ZHANG Si-qi³, JIN Ji-min¹

(1. Zhejiang Institute of Mechanical & Electrical Engineering, Hangzhou 310053, China; 2. Zhejiang Research Center of Sliding Bearing Engineering Technology, Hangzhou 310053, China;
3. Magneto Media Co., Ltd., Melbourne 3000, Australia)

Abstract: In order to solve the problem of workshop network in small and medium enterprises, the network topology, networking mode, CNC equipment networking and data acquisition system were studied. According to the requirement of workshop equipment network, a network system for small and medium enterprises was proposed, four kinds of network modes of workshop NC equipment were summarized, the basic software module and design idea of the digital control equipment networking and data acquisition system were expounded. The idea and implementation method on the communication system of the DNC computer of the workshop and CNC equipments, management module and data acquisition and processing module were proposed in detail. The results indicate that the distributed, heterogeneous equipment network and its software system designed for small and medium enterprise workshop can meet the needs of enterprise operation, can significantly improve the utilization rate of CNC equipment, and improve product quality.

Key words: numerical control equipment; networking mode; communication interface; data collection

0 引 言

网络信息技术引领未来制造业发展已成为全球共识,主要工业国都在为各自制造业发展战略进行统筹部署和推进,德国提出工业 4.0,美国抛出“工业互联

网”,中国推出“中国制造 2025”等,数控设备网络系统是基础和关键环节。

发达国家企业数控设备的利用率高达 60% ~ 80%^[1],而国内企业数控设备的利用率为 30% 左右^[1],造成这个结果的主要原因:(1)发达国家企业广

收稿日期:2016-11-04

基金项目:浙江省自然科学基金资助项目(LY15E050001);浙江省滑动轴承工程技术研究中心基金资助项目(2012E10028)

作者简介:张 耀(1962-),男,浙江浦江人,硕士,教授,主要从事机电一体化装备与企业信息化教学与科研方面的研究。E-mail:yaozhang45@sohu.com

泛采用网络技术及自动装卸料技术,它们的数控设备联网率达 80% 以上,而国内企业,特别是中小企业,数控设备仍主要采用单机运行模式,无法实现企业数控设备的有机集成与优化;(2)发达国家企业建立了与网络制造技术相适应的管理机制及相关的配套技术,提升了数控设备群工作效率,随着企业转型升级的深入,智能制造的实施,广大中小企业希望能通过数控设备网络化改造,将信息网与设备网联通,消除企业信息孤岛,实现信息技术与制造技术融合,提高产品质量,降低生产成本,提高企业效益。

笔者将对机械加工类中小企业网络拓扑结构、数控设备组网方式、异构设备网数据通信^[2]、数控设备联网软件系统等关键技术进行应用研究,提出面向中小企业的异构、分布式的网络系统,开发数控设备联网及数据采集软件系统。

1 中小企业数控设备网络拓扑结构

根据中小企业的需求,企业网络系统采用“总线+星型”的拓扑结构,即管理层信息网采用总线结构,它具有结构简单,扩充方便,网络响应速度快,共享资源能力强;车间层设备网采用星型结构,该结构维护管理容易,网络重新配置灵活,故障隔离和检测方便,可以避免由于车间某一台设备的故障影响其他设备正常工作。系统采用主 DNC 机、车间 DNC 机、现场数控设备的三层架构,通过主 DNC 机、车间 DNC 机将设备网与信息网相联^[4],实现车间设备的加工、运行、工艺等数据与信息网的数据贯通和共享,为企业实现智能制造奠定基础。

数控设备网络拓扑结构图如图 1 所示。

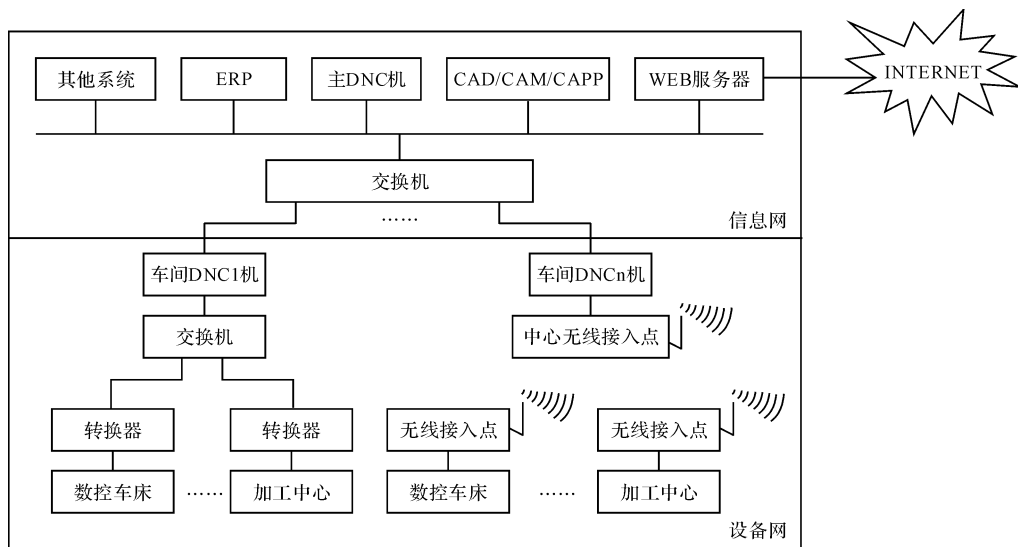


图 1 数控设备网络拓扑结构图

2 数控设备组网方式

设备网的主要任务是将生产车间的数控机床、机器人、智能测量设备等不同类型数控设备联网,变原单机生产方式为网络化生产方式,实现生产、设备实时管理。由于中小企业使用的数控设备型号繁多、通信接口类型多样,车间数控设备联网的方案也是多样的,归结起来分为串口、以太网、现场总线、无线网等方式。实际应用时,可以是某一种组网方式,也可以是几种方式的混合,即异构网方式。

2.1 串口方式

数控设备具有 RS232 串口^[5],采用单 RS232/以太网转换器,实现 RS232 串口与以太网接口之间协议的转换,完成单台数控设备与以太网连接;采用多

RS232/以太网转换器,实现多台数控设备经一台转换器与以太网的连接,如图 2(a)所示。通过这种方式,把车间的数控设备联成网络,实现数控设备的集中控制管理以及数控设备之间、数控设备与信息系统间的信息交换。

该方式成本低、灵活性好、通信速度慢(一般只有 9 600 bit/s)、通信距离有限(不超过 15 m)等特点,适合有老式或低端数控设备的联网要求。

2.2 以太网方式

数控设备具有以太网接口,通过以太网将分散的数控设备连接起来,组成数控设备局域网,各数控设备之间的距离可以较远,是一种分散式通信网络,如图 2(b)所示。

该方式具有结构简单,可靠性高,传输速率快等优

点,近年来生产的数控设备大多具有以太网接口。

2.3 现场总线方式

数控设备有 X 现场总线接口^[6],采用 X 现场总线/以太网转换器,实现数控设备与以太网连接。

该方式具有结构简单,可靠性高,电缆短,易扩展,易布线和易维护等优点,但是与前面两种通信结构相比,具有故障诊断难,费用高等缺点。

数控设备组网方式结构图如图 2 所示。

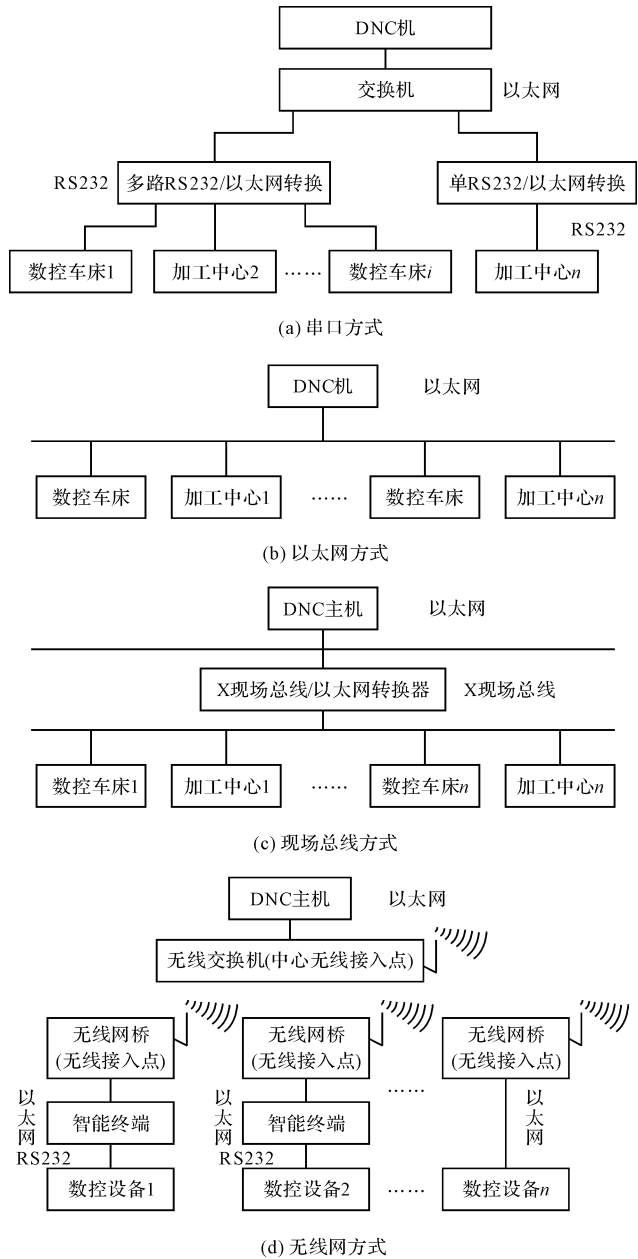


图 2 数控设备组网方式结构图

2.4 无线网络方式

本研究将车间若干数控设备组合一个群,每个群设置一个中心无线接入点(access point, AP)^[7],该 AP 放置在车间合适部位,负责与有线局域网的连接和

自身无线覆盖区域的无线终端接入,群中的每台数控设备顶部放置一台与之相连的无线接入点,中心无线接入点工作模式设置成为 Access Point 模式,和数控设备连接的无线接入点设置成 AP Client 模式(无线客户端),采用中心无线接入点与设备端连接的无线接入点建立无线局域网,如图 2(d)所示。若数控设备仅有 RS232 口,应在数控设备与无线接入点间配智能终端,将数控设备的 RS232 接口转换为以太网接口,然后与无线网桥相连。智能终端是带有嵌入式 OS 及 TCP / IP 协议的独立设备。

该方式无现场布线,具有较好的扩展性,对改造项目尤为有利,但存在抗干扰难等问题。

3 数控设备联网及数据采集系统

要发挥数控设备联网后的功效,除了要有好的网络架构、高性能的硬件设备之外,还须配备相应的软件系统。根据中小企业的要求,联网软件系统采用模块化设计,包含通信、管理、数据采集及处理、软件接口等模块,模块间通过生产过程中相关信息有机地联系在一起,软件系统框图如图 3 所示。

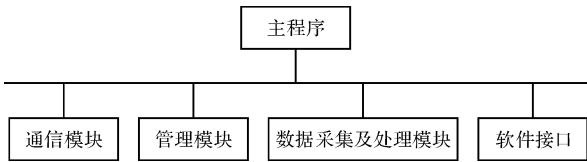


图 3 软件系统框图

3.1 通信模块

通信模块主要包括车间 DNC 机与现场数控设备之间的通信^[8],车间 DNC 机与主 DNC 机之间的通信等内容,它是数控设备组网的关键技术之一。

通信模块框图如图 4 所示。

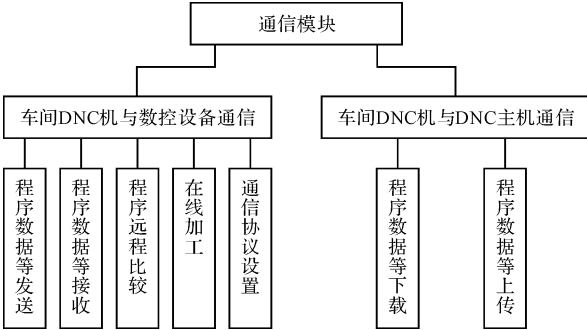


图 4 通信模块框图

车间 DNC 机与数控设备之间通过串口、以太网、现场总线及无线技术等实现数控程序及相关数据的发送、接收等,其程序主要包括通信口初始化、数控程序

及相关数据发送和数控程序及相关数据接收等内容。数控程序、数据发送程序,首先数控设备向车间 DNC 机发出请求,车间 DNC 机根据收到的信息查询该设备对应的 ID 号码,从程序库中调用相关的程序或数据发送到该数控设备,具体的发送流程和接收流程如图 5 所示。

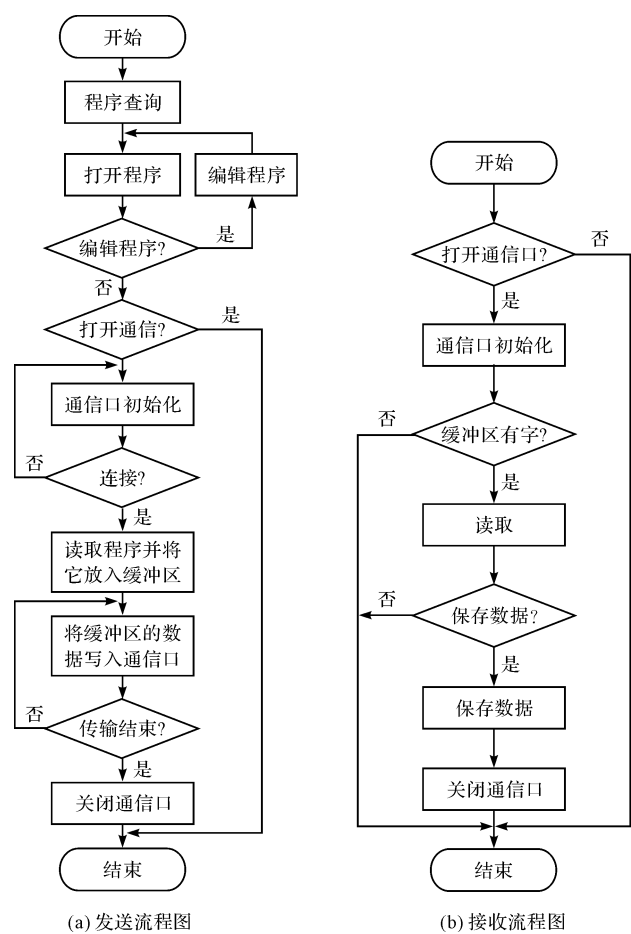


图 5 车间 DNC 机与数控设备通信流程图

车间 DNC 机与主 DNC 机之间通信通过企业内部以太网实现。在系统中,采用 C/S 结构,利用 TCP/IP 协议通过企业局域网来实现两者间的通信。主 DNC 机向车间 DNC 机发出命令,车间 DNC 机接收该命令对其做出相应的处理并执行该任务,最后将结果返回给主 DNC 机。

在 C/S 模式下,笔者采用 Socket 方式来开发客户机与服务器之间的通信程序。根据 DNC 系统特点,网络通信的实现选择面向连接的套接字。服务端按以下方式创建:首先启动服务器,创建套接字 Socket,然后命名套接字,将套接字与本地网址链接到一起,建立等待客户端连接的队列,设置套接字为监听状态,接收客户端的连接 Accept,客户机与服务器连接,可进行数据的发送与接收,数据传输完成后,关闭套接字。客户

端创建较为简单,主要由创建套接字 Socket、连接服务端 connect、关闭连接 close 等。客户机端(主 DNC 机)通信程序流程与服务器端相似,只是少了一个监听端口,在这里不再赘述。

数控设备与车间 DNC 机、车间 DNC 机与主 DNC 机的通信速率相差较大,进行大文件传输时,尤其是接收的数据大于空余的数据缓冲区时,将发生数据丢失现象。特别当设备网是异构网时,设备层需完成通信协议、数据的同构化处理,数据丢失就更突出,因此,须采取特殊技术处理,确保各环节传输速度匹配,以保证数据的完整性和正确性。

3.2 管理模块

管理模块主要由程序管理、设备管理、任务管理、用户管理和日志管理等子模块组成,各子模块间的关系如图 6 所示。

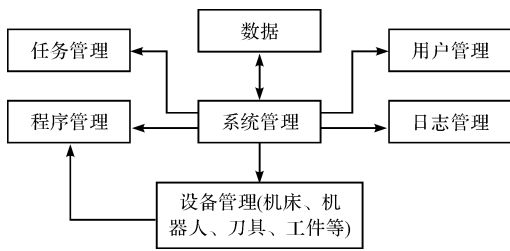


图 6 管理模块各子程序关系图

程序管理子模块是其核心部分,功能也较多,设备管理、任务管理、日志管理和用户管理等子模块都是程序管理子模块的辅助功能,每个子模块都可以通过数据库对数据信息进行操作,如添加、删除、修改和查询等。通过它们来获得数控加工的基本数据、数控系统的性能数据、刀具和工件数据等。

程序管理子模块主要包括数控程序库管理、数控文件管理和数控程序编辑与处理等,它的结构与主要内容如图 7 所示。

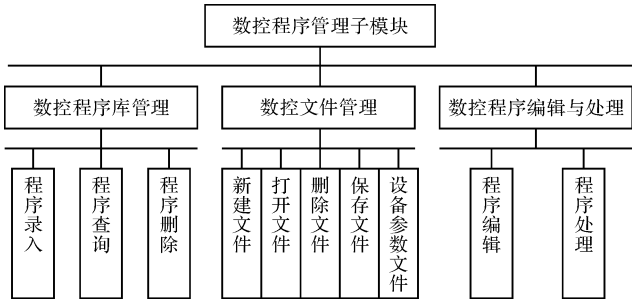


图 7 数控程序管理子模块结构图

设备管理子模块主要包括数控设备、刀具及工件等的管理。数控设备管理主要按照数控设备(机床、机器人、测量仪等)名称、型号、控制系统、关键参数和

所属车间等信息对企业拥有的数控设备进行有效管理,实时显示数控设备的运行状态、生产状态,方便管理者选择合适数控设备、分配生产任务及编程者了解该数控设备能否完成对相关零件的加工等。由系统管理员对数控设备进行添加、删除和设备信息的修改,普通用户只能对相关信息进行浏览。刀具管理按照刀具代码、刀具类型、刀具参数和刀具材料等对刀具进行管理,通过添加、删除等来更新刀具信息。工件管理按照工件编号、工件名称等信息对工件进行系统的管理。

任务管理子模块,车间根据具体的任务要求及设备生产能力、工人的状况等来制定相应的生产计划,将任务和生产计划等录入到生产任务管理数据库中,同时根据工件编号、任务编号、交货时间等进行管理,车间 LED 看板实时显示车间生产任务的完成情况。

用户权限管理子模块是针对编程员、操作员、技术主管等不同的人员设置不同的权限,一般分为普通用户、管理员和高级管理员等。管理员具有较高的权限,可以添加、删除修改和修改用户信息等;普通用户则根据岗位拥有的权限来执行相应的操作,如实现对程序的编辑、修改和上传等操作;高级管理员拥有最高级别的管理权限,可进行管理后台的所有管理操作,可以创建、修改、删除企业普通用户、管理员等。

日志管理子模块对数控设备执行的各种操作及设备的运行状态实时记录,并录入到系统的后台数据库中,形成数控设备的运行日志。记录包括操作者姓名、事件名称、操作时间、设备运行状态等,并负责相关日志数据的管理与维护。通过该模块,管理者及时了解数控设备的运行状态和运行历史,通过对相关数据的统计和分析,推动现场精细化管理。

数据库在系统中主要实现系统数据的管理,主要包括设备、加工任务、数控程序、工件、刀具、设备状态和用户等数据。数据库的设计主要分创建数据库、建立各工作信息表、建立表间关系以及数据库的连接等。数据库应用主要分界面层、逻辑层和数据层。界面层主要实现操作者与应用程序的交流,是人机接口,同时,在该层还可以实现对数据的输入、获取、删除和修改等操作;逻辑层是一个简单的数据接口,是界面层与数据层的枢纽,用来实现二者的交互;数据层是用户来实现数据存取和管理的平台,在该层还实现对数据安全性 and 完整性的维护工作,它响应逻辑层的请求,最后逻辑层根据该结果做出相应的处理。

3.3 数据采集及处理模块

该模块是提高产品质量、设备利用率、现场管理的重要环节,主要包含数据采集、数据可视化、数据分析

等,数据采集模块组成图如图 8 所示。

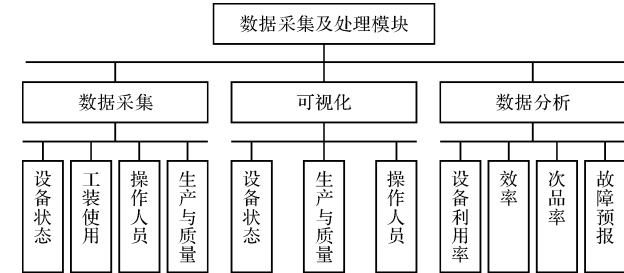


图 8 数据采集模块组成图

车间数据采集方式主要有网卡、宏指令、PLC 以及 RIFD 等形式^[9]。数据采集主要有设备状态、操作人员情况、工装使用情况、生产与质量等数据。

3.3.1 设备状态

设备状态是反映设备运行状态的数据,分为准备、加工、报警、空闲状态。

(1)准备。指设备准备加工,但还未正式加工的状态,包括刀具、夹具的准备、安装,工件的装夹、程序的试切等。采集的数据包括准备开始时间、待加工任务号、待加工零件号、待加工程序号、已经耗时等;

(2)加工。指工件连续加工的状态,采集的数据包括加工开始时间、加工程序号、加工零件号、加工行号、主轴名称、主轴速度、进给速度、刀具号、操作人员工号、预计结束时间、主轴负载等;

(3)报警。指设备处于故障的状态,采集的数据有报警时间、报警号、报警机床号、报警的序号、报警的参数等;

(4)空闲。指机床长期内(如 0.5 h 以上)既没有加工任务也没有发生故障的状态,采集的数据有开始时间、之前任务号、闲置原因等信息。

3.3.2 操作人员情况

反映操作人员操作加工过程的数据,具体有操作的设备号,加工量,所用的刀具夹具等,做到每个工件、每台设备一一对应,这对核算操作人员的工资,进一步提升车间管理具有现实意义。

3.3.3 工装使用情况

反映刀具、夹具的使用数据,它跟设备信息是紧密相连。由于需要对它进行使用率的分析,所以单独把它列出来进行采集。

3.3.4 生产与质量

反映生产过程的数据,是车间调度的依据,具体有加工的工件数、合格量、验证人等。

可视化实现管理者、生产者随时掌握车间生产、单台设备的生产、人员、设备等实时信息,管理者掌握这些信息,可对车间的生产、人员、设备等做通盘安排,生

生产者看到这些信息,就能明白自己要做什么。

数据分析包含设备利用率、效率及质量等内容。本研究对一段时期内车间或某台设备的生产情况进行统计分析,数据分析功能图如图 9 所示。

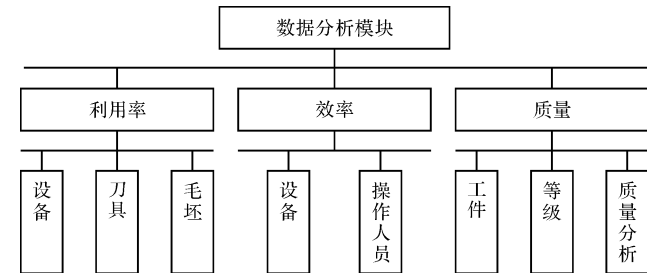


图 9 数据分析功能图

本研究通过采集设备启动、运行、待机、故障等数据,分析出设备的运行效率、操作人员工作效率,给出生产调度方法、生产管理改进等建议;采集毛坯、刀具的过程数据,分析出利用率,给出对它们进一步的有效整合,提高加工的有效性;通过对每位操作者、每台设备生产工件的质量情况分析,可看出操作者的责任心是否强,设备是否处于良好状态中,并提出相关建议等;通过采集生产过程中相关质量数据,对每位操作者、每台设备生产的合格率(产品质量)、引起质量差别的情况分析,提出提高质量的建议。

3.4 软件接口

该模块负责数控设备联网软件系统与 MES、ERP、CAPP 等应用软件系统的连接与信息共享。

4 案 例

某模具制造企业是典型的多品种小批量生产企业,车间以机加工为主,加工设备为数控机床、智能测量仪等,共有 53 台。企业在不同时期购买多种数控设备,数控系统涉及到 FANUC Oi mate/210i /31i、SIEMENS 840D、HEIDENHAIN 430/530、SODIK LYNOC 等,车间数控设备网由以太网、RS232 两种组网方式混合组成。

数据采集用网卡、宏命令等自动完成,对某些质检数据等用 RFID 采集录入,通过信息系统使现场的生产、工艺、设备状态等数据经处理后及时传输到各部门。在正常情况下,采集生产现场数据不超过 1 s。

车间设置带有以太网接口的 LED 看板,实时显示车间各台数控设备的生产、工艺、状态数据及车间产品合格率、生产效率等信息,当某设备异常时,LED 及时显示报警信息。联网运行后,实现车间生产可视化,数控设备工作效率平均提高 20% 以上,数控机床现场操作人员减少 100% 以上,次品率降低 7% 以上。

5 结束语

车间数控设备网络系统是施敏捷制造、网络制造、智能制造、工业 4.0 等先进制造的基础和前提。本研究通过实现从底层设备的联网开始,逐渐扩展到应用层的 MES、数据采集与统计分析,对接 ERP、CAD、CAPP 等,为企业产品质量提升提供技术保障,进而给企业的生产优化提供实际数字依据,实现车间分散资源间的信息共享和集中管控,达到生产过程可视、可控要求。

从课题组已完成的多个企业应用项目看,可显著提高数控设备的生产效率、车间产品质量,提升企业对车间生产的管控能力。

参考文献(References):

- [1] 于桂君,马晓娜. 数控机床组网平台及工作站控制器软件设计[J]. 邵阳学院学报:自然科学版,2010,7(1):44-47.
- [2] 金风明,窦志平,杨前进. 异构数控系统 DNC 技术应用研究[J]. 机电产品开发与创新,2015,28(1):133-135.
- [3] 王建胜. 基于 DNC 的数控机床联网方案[J]. 成组技术与生产现代化,2012,29(4):41-44.
- [4] 侯小林. 数控车间现场数据采集系统及应用[J]. 航空制造技术,2012,412(16):99-101.
- [5] 陈颂阳. 采用串口设备服务器的数控机床联网研究[J]. 装备制造技术,2010(1):134-136.
- [6] 黄国庆,蔡英,樊留群,等. 数控机床的网络化[J]. 江南大学学报:自然科学版,2002,1(6):150-153.
- [7] 施吉祥,张远明. 数控机床无线通信平台的构建[J]. 机械设计,2012,29(9):1-6.
- [8] 乌建中,蒋一斌,蒋时春. 以太网与 CAN 异构通信网络实时性的研究[J]. 中国工程机械学报,2013,11(2):88-92.
- [9] 张芬,杜朋,杨亚非. 离散制造企业 MES 中的生产数据采集实践[J]. 机械设计与制造,2011(3):245-247.

[编辑:李 辉]

本文引用格式:

张 耀,黄文广,张思齐,等. 基于中小企业的数控设备网络系统应用研究[J]. 机电工程,2017,34(11):1243-1248.

ZHANG Yao, HUANG Wen-guang, ZHANG Si-qi, et al. Application of network system based on small and medium enterprises[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2017,34(11):1243-1248.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>