

# 离散型加工车间 MES 终端设计与开发

杨工研,程金石,王德权,张兆一

(大连工业大学机械工程与自动化学院,辽宁 大连 116034)

**摘要:**通过深入离散制造企业机加车间长期陪产研究,分析离散机加车间整体业务流程,结合管理信息系统的理论提出了基于离散型加工车间的 MES 终端系统。使用 Web 方式,结合 HTML、CSS、JavaScript 技术,在 Vue 框架下完成了 MES 工作站的开发。解决了企业工时统计不准确,零件信息无法追溯,设备维护不及时,无法查看机床设备实时状态等问题,增加了车间设备利用率,提高了车间工时统计精准度,也使生产信息可以追溯至零件,达到了生产车间信息化管控的目的,推动了企业的信息化进程。

**关键词:**管理信息系统;MES 工作站;离散制造业

**中图分类号:**TH162;TG506

**文献标识码:**A

## Design and Development of MES Terminal for Discrete Workshop

YANG Gong-yan, CHENG Jin-shi, WANG De-quan, ZHANG Zhao-yi

(School of Mechanical Engineering and Automation, Dalian Polytechnic University, Dalian Liaoning 116034, China)

**Abstract:** Through in-depth study on the long-term accompanying production of discrete machining workshop in manufacturing enterprises, the overall business process of discrete machining workshop is analyzed, and combined with the application of management information system, MES terminal system based on discrete machining workshop is proposed. The MES workstation is developed under Vue framework by using web mode, HTML, CSS and JavaScript technology. It solves the problems such as inaccurate man hour statistics, parts information cannot be traced, equipment maintenance is not timely, and it is unable to view the real-time status of machine tools and equipment. It improves the utilization rate of workshop equipment, enhances the accuracy of workshop man hour statistics, and makes the workshop production information traceable to parts. It achieves the purpose of workshop information management and control, and promotes the informatization process of enterprises.

**Key words:** management information system;MES workstation;discrete manufacturing industry

## 0 引言

我国制造行业生产能力不断提高,高质量、高效率已经成为离散制造企业发展的新目标,信息化时代的到来,使离散制造业越来越重视信息化的管理模式<sup>[1-2]</sup>。在企业信息化持续发展的今天,企业人员也逐渐对信息化管理提出了全新的要求<sup>[3]</sup>,从管理的角度来看,信息化必须满足设备管理和人员管理两方面的需求,企业的目光不再单单聚焦在人员管理上,更注重的是人机互动、设备利用率的提升等。

制造执行系统(MES)是面向车间层的实时信息系统,与上层计划系统和底层控制系统实现双向通信,使企业管理层能够实时掌握车间现场的生产情况,对提升车间生产效率、响应市场能力以及企业整体竞争力有重大意义<sup>[4-5]</sup>。

本次系统的设计针对的是离散型机加车间,通过在某离散制造企业的陪产,发现离散型加工车间的特点是每一个零件的生产不像普通的流水线一样有固定的工艺路线,每一个零件的加工都需要根据工艺部门设定的工艺在不同的设备上加工<sup>[6-7]</sup>,这给离散型加工车间的 MES 系统的流程设计带来了新的挑战。

针对这一特点进行本次 MES 系统的开发,旨在提高企业生产过程零件信息的可追溯性,精确生产过程中工时情况的统计,监测设备使用情况。本论文基于某离散型制造企业现状,研究其生产过程中存在的问题,根据生产现场的实际需求进行系统的设计和研发,真实有效地提高企业生产效率。

## 1 系统的需求分析

经过长期的车间陪产,了解工厂实际加工过程,发

收稿日期:2020-11-12;修回日期:2020-12-02

作者简介:杨工研(1995—),男,河南三门峡人,大连工业大学硕士研究生,研究方向为企业信息化,(E-mail)929128837@qq.com;通讯作者:程金石(1970—),男,长春人,大连工业大学副教授,硕士生导师,研究方向为先进制造技术、特种传动。

现传统的离散型制造企业由于其特有的非流水线生产模式,使车间的任务分配、生产节拍难以把控。此外车间操作员加工完成后,工时信息不能及时反馈,使管理者不能获取第一手准确的工时资料,无法查看现场工人的实时工作状态,也无法对设备的运行状态进行监测,因此无法对设备进行预防性维护。基于以上的问题结合离散制造业机加车间的特有的生产模式提出了零件信息、ANDON报警、设备维护、工时查询方面的业务需求,并以此为基础总结了车间生产的流程。从零件的工艺制定到最后的零件入库,每个流程经过反复的研究与确认,得到如下的车间生产业务流程图。如图1所示。

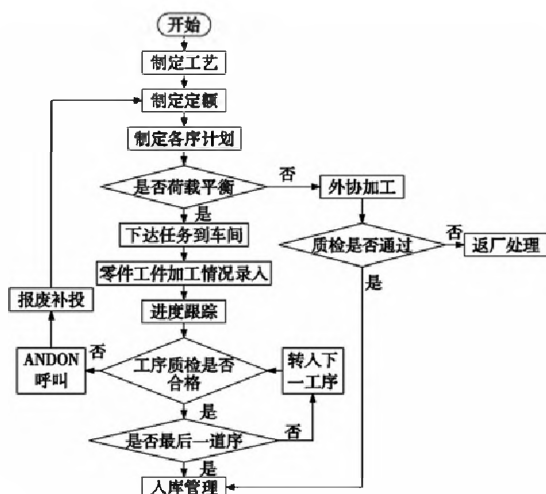


图1 车间生产业务流程图

(1)零件信息。业务需求分析:零件信息是MES终端系统的核心,也是操作者的主要工作界面,在此界面可以看到操作者信息,工作任务,设备状态等信息。操作者可通过零件信息界面更新自己的加工状态,查看加工任务,统计加工工时。

(2)ANDON报警。业务需求分析:报警情况充分结合现场实际生产需求,将报警信息分为三大类:物料、质量、故障。不同类别之下又有更详细的报警种类,当出现影响现场生产的意外状况时,操作员可通过ANDON报警呼叫相关人员对现场紧急状况进行及时处理。

(3)设备维护。业务需求分析:在启用MES系统之前车间设备的维护信息缺少一个详尽、及时的统计。这使得总是在设备出现问题之后才进行维护,大大降低了生产效率。MES系统的应用,使得所有维护信息都可以在MES终端上进行查询,同时也会提示使用者进行周期性维护,防止设备出现长期缺乏维护的现象。

(4)工时查询。业务需求分析:工时查询模块的作用是给操作员一个工时信息的反馈。MES系统启用之前操作者只能自己手动在本子上记录自己的工时信息,这样得来的信息既不准确,也容易丢失。MES系统将工时信息电子化,除了人工录入工时外,系统会根据设备状态和扫码状态统计设备工时和扫码工时,为工时统计提供可靠的依据。

## 2 系统开发的技术基础

现行的管理系统架构有C/S和B/S两种。C/S架构由客户机和服务器两部分组成,而B/S结构是基于web方式的一种架构模式,在MES工作站上只要安装标准的浏览器即可访问服务器,系统更新时也只需要更新服务器程序即可,因此B/S架构模式更适合于离散车间MES系统。

MES可视化终端系统为实现加工过程的精确记录、设备维护及ANDON信息的及时反馈等功能以及高效地实现数据追溯,因此将SQL Server 2012数据库作为数据存储以及逻辑处理的主要工具。在数据库中创建表,视图,以及存储过程来实现MES终端系统的业务逻辑,在基础表中存储人员、设备、工位、零件等信息。同时设置中间表,用于过渡信息的存储,例如零件加工过程中零件工时信息的实时统计,设备状态信息的实时监控,诸如此类需要实时记录的信息在临时表中进行存储。记录生产现场某一时刻的真实状态。同时为了防止数据丢失,每天对数据库进行定时备份,包括本机备份和远程备份,保证数据的安全性和可追溯性。

使用web的方式实现了整个系统的架构,系统的开发使用了HTML5、CSS、JavaScript等前端技术,同时引入了Vue.js框架。开发人员可以通过引入高度集成化的脚本进行开发,方便有效地实现系统功能。在Vue.js下引用MVVM架构模式进行开发,MVVM模式主要是指前台的View和Model之间通过ViewModel进行数据交互,实现前后台之间数据的同步更新。避免了开发过程中由于数据绑定引起的错误,大大提高了开发效率。

MES系统硬件主要由现场MES终端、LED大屏幕、数据采集服务器以及数据库服务器组成。现场扫描枪,电流计程序数据传输通过WebSocket数据传输协议进行通讯。使用WebSocket协议不仅可以实现服务器和浏览器的双向通讯,服务器不再是被动接受浏览器请求才返回数据,而是当服务器数据有更新事,可以主动的返回数据。数据采集服务器主要实现MES终端与数据库服务器的通讯,传输扫描枪和电流计的实时状态,将现场实时数据反馈给数据库服务器。通过数据库服务器处理后将信息展示在车间LED大屏幕上。整体网络架构如图2所示。

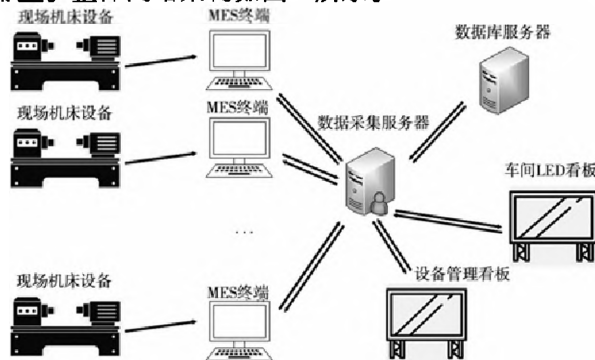


图2 车间网络架构图

### 3 系统流程设计

MES 系统向上承接 ERP 系统的管理,执行 ERP 系统下达的生产任务,向下与车间设备等互联互通,在整个生产体系中起到了“承上启下”的作用。在生产过程中扮演着全程参与的“信息传递者”的角色,要拥有管理调节车间活动的各项功能,同时也密切联系其它信息系统并为其提供服务<sup>[8-9]</sup>,所以设计的 MES 系统必须满足以下几个要求:

- (1) 工位终端必须是分布式结构;
- (2) 与企业的 ERP 等其他系统实现信息交互;
- (3) 以生产现场的实时信息为核心,为管理层提供决策的依据。

结合以上的要求,设计 MES 工作站的功能流程如图 3 所示。

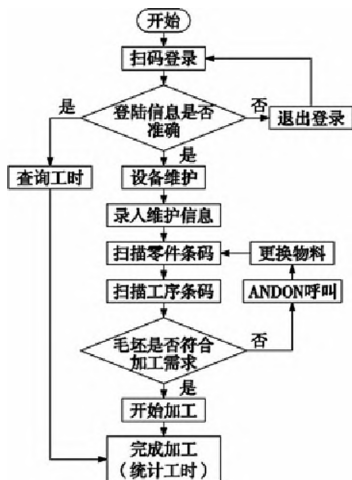


图3 MES 工作站流程图

MES 终端系统根据生产现场的需要设计了零件信息、ANDON、设备维护、工时查询等模块。详细展示了加工过程中零件的来源,工艺流程等,指导加工人员完成零件的加工。MES 终端系统可实时采集生产现场的加工状态,包括人员工作状况和设备运行状态,以此为基础进行工时统计。模块设置如图 4 所示。



图4 MES 终端系统的模块

## 4 系统模块设计

### 4.1 零件信息模块

零件信息是操作者的主要工作界面,操作者通过此界面进行零件加工,查看零件工序信息,录入零件加工备注等。零件信息页面头部包含工位和设备信息,工位和设备一一对应,操作者通过扫描自己的人员条形码进行登录。主界面由两个表单构成,下部表单展示待加工零件信息,在该区域可以看到待加工零件的名称、图号、待加工工序、数量等信息。该区域的零件是按扫码的先后顺序进行排序的,操作员可以通过表单上的操作栏调整待加工零件的加工顺序。上部展示

正加工零件的工序信息。在该区域可以看到正加工零件工序的工艺信息和完成情况,已完成的工序呈现灰色,正在加工工序为蓝色,未加工工序为白色。界面右侧侧边栏显示当前加工工件的零件信息,显示该零件所属的项目、机床、分组等。

最下方由三个按钮组成的区域为加工过程管控区。当操作员离开设备时点击暂停加工按钮,工时统计会暂时停止,暂停加工按钮会变成继续加工样式。当操作员点击继续加工时可以继续加工该零件,同时恢复工时统计。零件加工完成时,可通过加工完成按钮完成工时统计以及设备状态的更新。零件信息界面如图 5 所示。



图5 零件信息界面

### 4.2 ANDON 信息模块

ANDON 是设置一种视觉系统以警示团队、领导者或提示某个流程需要协助;在企业中设立快速解决问题的制度和对策;在企业文化中融入发现问题立即暂停或减缓速度就地改进质量以提升生产力的理念<sup>[10]</sup>。

MES 终端系统对于 ANDON 方面的功能设计主要包括三个方面:物料呼叫、质量呼叫以及故障呼叫。物料呼叫包括缺料呼叫、错料呼叫和不合格呼叫,当工位缺少加工毛坯料时,点击缺料呼叫相关工作人员进行物料配送。错料呼叫是为配送物料出现错误而设置的报错机制,不合格呼叫是当原材料有质量问题时进行的 ANDON 报警提示。质量呼叫包括质量异常、工艺问题以及图纸问题三个方面。质量异常是操作员加工失误造成的报废件,以此进行提示。当操作员在加工过程中发现有不合理的工艺安排,可以提交工艺问题 ANDON 报警信息。所有的加工跟单配备有零件图纸,操作员发现零件图纸设计不合理之处可以选择图纸 ANDON 报警信息进行反馈。故障呼叫是针对机床设备的,可以手动点击反馈机床故障信息或者电流计监控机床电流出现过载现象时也会自动进行 ANDON 报警。

### 4.3 设备维护模块

设备维护的作用是记录生产车间机床设备维护信息,包括设备的日维护、周维护、月维护等。针对不同的机床设备维护项的设置不尽相同,日维护主要是针对机床使用前后的检查和清洁工作。例如重要部位检查、清洁导轨、润滑、设备使用结束后打扫铁屑等。设备维护系统的应用旨在延长设备的使用寿命。

### 4.4 工时查询模块

操作者可通过工时查询界面查看自己已完成的工作的工时统计情况。通过时间选择器选择时间段可以查看在该时间段内自己完成的工作内容,包括零件图号、零件名称、工艺名称、完成数量、单件工时、加工工时、准结工时、扫码工时以及扫码的开始和结束时间等信息。

(下转第 179 页)

根据式(13)、式(14)及表3,利用 MATLAB 计算可得:  $\lambda_{\max} = 5.2264$ ,  $CI = 0.066$ ,  $CR = 0.0589$ ,  $\beta'_j = (0.013, 0.294, 0.293, 0.286, 0.285)$ 。

### (3) 计算客观权重

根据式(15)~式(18)利用 MATLAB 计算可得:  $E_j = (0.6050, 0.4668, 0.6204, 0.5653, 0.6017)$ ,  $\alpha_j = (0.1845, 0.2491, 0.1773, 0.2030, 0.1861)$ 。

### (4) 计算 QoS 匹配度

根据式(19)计算组合权重,然后根据式(11)计算候选服务  $S_i$  与  $R_a$  的匹配度,  $\omega_j = (0.499, 0.1221, 0.1359, 0.0722, 0.2399)$ ,  $QoS(S, R_a) = (0.98362, 0.98365, 0.9699)$ 。因此,可得  $CS4 = (S_1, S_2, S_7)$ 。

### 步骤5:综合匹配

令  $\mu = 0.4$ ,  $\gamma = 0.6$ , 根据式(20), 可以计算得到,  $Match(S_1, R) = 0.9306$ ,  $Match(S_2, R) = 0.99019$ ,  $Match(S_7, R) = 0.92238$ 。

按照从大到小排序:  $CS5 = (S_2, S_1, S_7)$ 。

通常查全率 Recall 和查准率 Precision 来衡量匹配算法的优劣性。其中 Recall 是指符合要求的候选服务集与返回的服务集的交集占前者的比例, Precision 是指符合要求的候选服务集与返回的服务集的交集占后者的比例。如表5所示,将本文的匹配结果与文献[1]的匹配结果相比较,可知本文匹配算法的查准率有明显提高。

表5 不同算法的匹配结果比较

匹配方法	符合要求的 服务集 C	返回的 服务集 CS4	查全率 Recall / %	查准率 Precision / %
本文	$(S_2, S_1)$	$(S_2, S_1, S_7)$	100	67
文献[1]	$(S_2, S_1)$	$(S_2, S_1, S_3, S_5, S_7)$	100	40

## 4 总结

针对云制造环境下的资源匹配问题,本文提出了一

种服务资源描述方法,在此基础上,设计了基于基本信息、功能信息、QoS 的云服务匹配算法,并且在 QoS 匹配过程中融合主观赋权法和客观赋权法。通过与其他算法进行比较,证明了该方法可以明显提高匹配准确度。

### [参考文献]

- [1] Feng W J, Yin C, Li X B, et al. A classification matching method for manufacturing resource in cloud manufacturing environment[J]. International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing, 2017, 8(2):1750057.
- [2] Thekinen J, Panchal J H. Resource allocation in cloud-based design and manufacturing: A mechanism design approach[J]. Journal of Manufacturing Systems, 2017(43):327-338.
- [3] Tao F, Cheng J, Cheng Y, et al. SDMSim: A manufacturing service supply-demand matching simulator under cloud environment[J]. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2017(45):34-46.
- [4] Cheng Y, Tao F, Zhao D, et al. Modeling of manufacturing service supply-demand matching hypernetwork in service-oriented manufacturing systems[J]. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2017(45):59-72.
- [5] 高新勤,朱斌斌,杜景霁. 云模式下制造资源的服务化描述与虚拟化封装方法[J]. 制造业自动化,2017,39(10):140-145.
- [6] 吴冲,潘莉,苏梅月,等. 基于 QoS 感知的再制造服务选择模型[J]. 组合机床与自动化加工技术,2018(12):145-149.
- [7] 邓朝结,徐君. 多目标优化与 AHP 相结合的机床床身优化设计[J]. 沙洲职业工学院学报,2018,21(4):11-17.
- [8] 邓雪,李家铭,曾浩健,等. 层次分析法权重计算方法分析及其应用研究[J]. 数学的实践与认识, 2012, 42(7):93-100.
- [9] Dagdeviren M, Yavuz S, Kilinc N. Weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment[J]. Expert Systems with Applications, 2009,36(4):8143-8151.
- [10] 李海,王伟,范磊. 云制造环境下机床装备资源选择方法[J]. 航空学报, 2020,41(7):48-59.

(编辑 李秀敏)

(上接第174页)

## 5 结束语

通过对某专机制造企业离散机加车间实际需求的分析与调研,采用 web 方式,以数据库技术和 Vue.js 框架为基础研究与开发了 MES 可视化终端系统。它是一种先进的信息化管理模式满足了离散机加行业的实际需求。该系统已在某制造企业顺利实施并稳定运行,将生产过程中涉及的零件信息、ANDON 信息、设备维护信息以及工时统计信息共同反映在可视化终端系统中。使管理部门可以实时掌控车间的实际生产状况,大大提高了企业的生产效率,增加了设备的利用率,方便了相关部门及时发现问题和解决,实现了车间管理的信息化。

### [参考文献]

- [1] 宋野,付闯闯,何体,等. 基于 C/S 架构的 3D 打印机管理信息系统设计与开发[J]. 科学技术创新,2017(28):121-123.
- [2] 于瑞泓,王德权. 发动机装配线物料拉动系统的开发与研究[J]. 组合机床与自动化加工技术,2015(6):158-160.

- [3] 马文超. 基于 MES 的机械离散型制造企业的信息化改造[J]. 科技经济导刊,2019,27(16):36.
- [4] 付闯闯,王德权,朱旭飞,等. 基于 MES 应用的 U 型装配线综合实验的研发[J]. 科学技术创新,2017(28):1-2.
- [5] Lee W B. Digital factory-manufacturing in the information age[J]. Journal of the Chinese Mechanical Engineering, 2000, 11(1/2):93-96.
- [6] Monostori L, Kadar B, Bauernhansl T, et al. Cyber-physical systems in manufacturing[J]. CIRP Annals: Manufacturing Technology, 2016,65(2):624-641.
- [7] Permin E, Bertelsmeier F, Blum M, et al. Self-optimizing production systems[J]. Procedia CIRP, 2016,41:417-422.
- [8] 苗润泽,杨国太. 离散制造车间 MES 系统的架构研究[J]. 铜仁学院学报,2018,20(3):76-80.
- [9] 魏光辉. 面向中小型离散企业的物料管理与跟踪[D]. 沈阳:东北大学,2010.
- [10] 张银利. 安灯系统在生产制造执行过程中的应用[J]. 中国信息化,2018(8):97-99.

(编辑 李秀敏)