

订单驱动的产品全生命周期管理系统研究

华琰,徐晶,陈新文,谢显晨,丁亚军
(扬州大学 机械工程学院,江苏 扬州 225000)

摘要:针对订单多样化的情况,以真空机组为例,对订单生命流程与产品全生命周期各阶段活动的驱动关系进行研究。在制造业自动化的背景下,设计了产品全生命周期管理系统(PLM)的主要功能,构建了一个更为完善的PLM体系架构,在订单驱动的PLM信息模型基础上,利用统一建模语言对订单管理信息进行建模,以PLM信息模型为主要依据开发了真空机组PLM系统,并验证了研究的可行性。

关键词:产品全生命周期;管理系统;订单驱动;体系架构;信息模型

中图分类号:TP391.7 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2022)01-0094-04

Research on Order-driven Product Life-cycle Management System

HUA Yan, XU Jing, CHEN Xinwen, XIE Xianchen, DING Yajun

(School of Mechanical Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225000, China)

Abstract: Aimed at the diversification of orders, the order of life processes and activities in different stages of the product whole life cycle of driving relations are studied. The main functions of product life cycle management system against the background of manufacturing automation are designed. A more perfect product life cycle management system architecture is constructed. On the basis of order-driven product life cycle management information model, unified modeling language is applied to build model order management information model. With the PLM information model as the main basis, the vacuum PLM system is developed, and the feasibility of the research is verified.

Keywords: product life-cycle; management system; order-driven; structure; information mode

0 引言

2018年首届中国国际进口博览会一位参展商指出他们的智能化生产线不生产批量产品,只针对客户个性化定制。这表明现代制造业生产经营的目标是能够提供满足客户需求的产品,而代表客户需求的订单即成为现代制造企业尤其是离散型制造企业一切活动的驱动力。随着产品全生命周期(product life-cycle, PLC)各阶段的推进,客户订单在产品研发、采购、生产、销售、售后等环节都起到非常重要的作用^[1],期间产品还会产生大量复杂的技术和商务信息,这对于企业而言,是一笔十分宝贵的财富。在目前全球化市场竞争愈演愈烈,新产品层出不穷的背景下,以产品PLC活动为主线,结合互联网技术,构建协同制造平台,可以有效增加企业效益^[2]。

随着客户需求越来越多样化、产品功能结构越来越复杂化,物联网、云计算、大数据等新兴技术的发展,越来越多的学者开始聚焦产品全生命周期管理(product life-cycle management, PLM)^[3],四部门联合发布的《智能制造工程实施指南解读(2016-2020)》也将PLM软件列为智能制造核心支撑软件的开发重点。在产品需求分析阶段,崔剑等^[4]运用了以客户需求为中心的PLM系统需求信息管理理念,提出了面向PLM的需求信息管理模型。

在产品方案设计阶段,ZHANG J S等^[5]应用制造企业产品配置的建模与知识管理技术,建立面向订单的产品配置模型。在产品生产制造阶段,白俊杰等^[6]研究了多种不同交货期订单并存时可重构制造系统中VMC(虚拟制造单元)的构建问题,构造了面向订单制造的多目标非线性0-1整数规划模型。张正文等^[7]分析了面向订单设计型企业的特点,提出了一种适合面向订单设计型企业的制造执行系统功能模型。这些研究成果对企业订单管理有一定的指导意义,很大程度上提高了企业订单执行的效率,但是研究均拘泥于PLC的某一阶段,没有面向PLC整个过程,无法高效整合企业所有信息资源。基于此,本文以真空机组为产品案例,梳理了订单对真空PLC各阶段的驱动关系,描述了真空PLM系统的主要功能,构建了一个更为完善的系统体系架构,并对真空PLM信息进行建模,为真空PLM的建立提供依据,最后开发了真空PLM系统并在真空产品制造企业进行试验,验证了研究的可行性。

1 订单生命与真空PLC的联系

1.1 订单生命节点与真空PLC各阶段的驱动关系

真空PLC是产品从无到有的全部生命历程,在相关

基金项目:国家自然科学基金项目(52105344)

第一作者简介:华琰(1994—),女,江苏宝应人,硕士研究生,研究方向为计算机辅助设计与制造。

研究中,PLC 通常被学者分为客户需求分析、产品概念设计、详细设计、生产制造阶段及产品服务 5 个阶段^[8],其中结合真空机组的实例后,具体内容如下。

1)在客户需求分析阶段,企业市场人员需收集客户对真空泵工作参数(工艺过程产生的气体、工作介质、背压容器极限真空度、工艺过程中最大放气量)、结构等基础信息及对产品大小、价格、售后服务等重要信息,并运用产品质量屋^[9]、质量功能配置、设计手册等方法将其转换为统一格式的需求方案^[10],为下一阶段的工作打好基础。

2)在产品概念设计阶段,企业技术人员根据需求方案,结合行业工作经验及专业知识,设计真空机组技术方案,并与客户对接。

3)在产品详细设计阶段,企业技术人员依据真空机组技术方案,列出详细的零部件信息并设计出完整的工艺 BOM。

4)在产品生产制造阶段,企业相关人员将工艺 BOM 转化为制造 BOM,安排好真空机组准备、采购、加工、装配、调试等过程,并监控生产全过程,确保产品的可靠性。

5)在产品服务阶段,按照客户需求,为客户安排物流,企业服务人员进行售后操作。

客户订单与真空 PLC 有着颇大的关系,真空 PLC 各阶段都是随着客户订单状态的变更逐步推进的,它们的对应关系如图 1 所示。

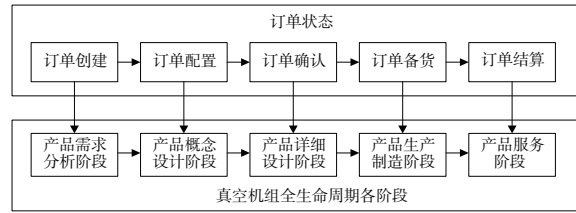


图 1 订单状态与真空机组 PLC 对应关系

1.2 订单生命周期的演变流程

真空制造企业的一切活动都是围绕真空产品订单展开的,如图 2 所示,订单经过录入、审核、拆分、配置、调度等一系列操作后,直到客户确认收货方可结束生命周期。

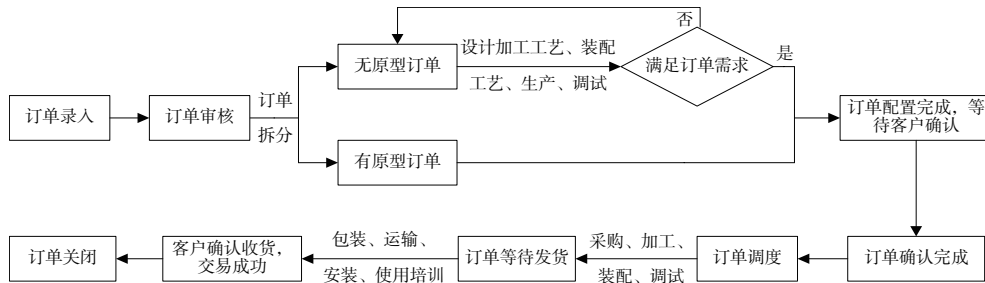


图 2 订单生命周期演变流程

2 真空 PLM 系统的主要功能及体系架构

真空 PLM 系统是以数据库、云计算、无线传感等计算机网络技术作为基础,实现将离散的资源统一管理^[11],可以有效地提高不同订单需求的产品研发效率,缩短研发周期,实现研发过程的协同工作,并大大缩短产品的上市周期,降低产品成本。

2.1 真空 PLM 系统的主要功能

通过对真空 PLC 各阶段内容及真空机组制造企业工作人员工作类型的调研和分析,本文提出了如图 3 所示的真空 PLM 系统的主要功能,它们贯穿于真空 PLC 的各个阶段。

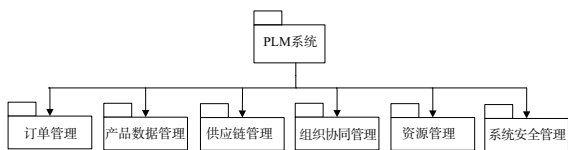


图 3 真空机组 PLM 系统的主要功能

1) 订单管理提供客户订单信息的输入与查询操作,所述订单信息包括当前及以往所有客户个人信息、客户来源信息、真空订单信息以及客户与企业交流中关于产品的所有记录信息。

2) 产品数据管理是对真空机组本身的数据信息、PLC 中的研发设计、产品模型、生产装配、运行调试等各种信息的管理等,它可以提供上述信息的写入、调用、替换等功能。

3) 供应链管理包括库存管理、采购管理、物流管理等,主要用来监控企业仓库内所有物品的来源、型号、数量及质量等重要信息以及采购计划的制定、采购订单的发起、采购件质量的检验、供应商的管理等。

4) 组织协同管理是对不同部门的工作流管理,根据不同的数据对象可及时触发相应的工作流,缩短部门间等待时间,保证信息流通的便捷性、高效性和可靠性。

5) 资源管理是对客户、企业技术、生产设备、防故障预案等资源的管理,保证企业生产的可靠性以及企业发展的持续性。

6) 系统安全管理实现用户身份验证、权限管理、系统日志记录管理的功能。包括为登陆用户分配操作权限,监视系统中发生的事件,防止恶意攻击等。

2.2 真空 PLM 系统的体系架构

目前,在软件系统的体系架构设计中,最常用的是 1 种 3 层分布式 B/S (Browser/Server, 浏览器/服务器) 系统架构,简化了客户端计算机的负担,带给用户的操作体验更好。如图 4 所示,B/S 的 3 层体系结构自顶而下分别为界面表示层、业务逻辑层和数据访问层。

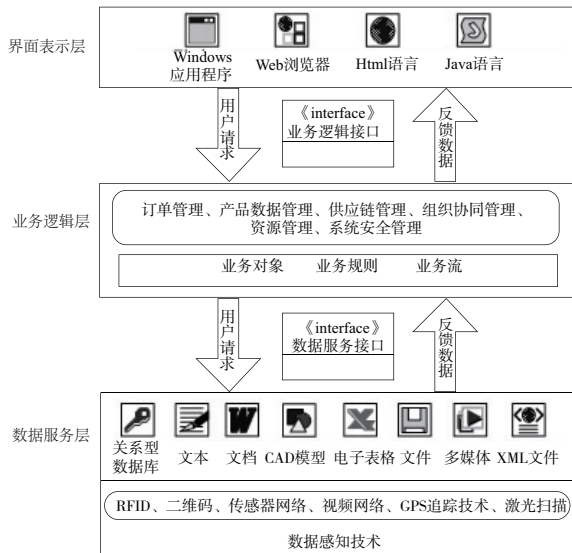


图 4 真空 PLM 系统的体系架构

界面表示层为客户提供一种良好的人机交互界面,用于接收用户输入的请求并返回用户需要的数据。

业务逻辑层位于数据访问层和界面表示层之间,它负责处理与业务相关的部分,包括定义业务中的对象、业务规则、业务流的逻辑关系等内容。

数据访问层给系统赋予了可通过 RFID、二维码、传感器技术、视频网络、GPS 追踪技术、激光扫描等数据感知技术采集到的数据。

3 订单驱动的真空中 PLM 信息模型

客户订单的差异性,导致真空产品的研发生产具有复杂性,为了及时响应客户需求,实现真空 PLC 不同阶段信息的交流与共享,需要以真空机组 PLM 系统的功能为基础建立 PLM 信息模型,为 PLM 系统的开发提供依据。

3.1 全局管理信息模型

以订单形式,分别保存对应真空 PLC 信息,不仅方便企业追踪订单状态,还使得客户信息和产品信息的搜寻更加便捷。根据李有堂等^[12]提出的终端建模原理中模块细分原则,建立的真空 PLC 信息全局结构模型如图 5 所示。

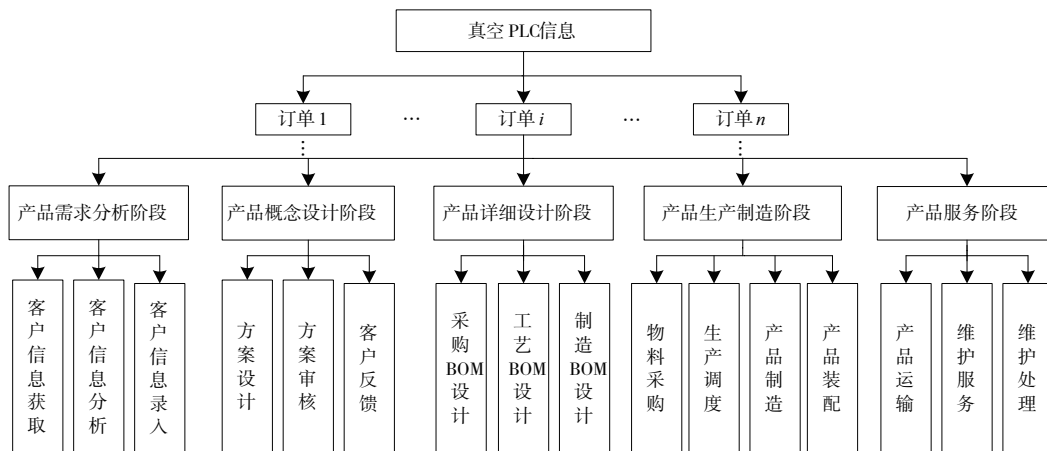


图 5 真空 PLC 全局信息模型

依据子模块是对父模块实现功能细化的原则,以订单 *i* 模块为例,将其划分为 5 个阶段,然后将这 5 个阶段再进行划分。上述的子模块有些可细分为其他模块,例如在产品详细设计阶段,工艺 BOM 设计模块还可细分为加工工艺 BOM、设计和装配 BOM 设计 2 个子模块;在产品服务阶段,维护模块可细分为客户交互信息、安装培训、产品保养及维修 3 个子模块。

3.2 订单管理信息模型

在真空机组 PLM 信息中,与客户订单相关的信息最为重要,因为客户订单是企业宝贵财富,订单中不论是客户的个人信息,还是客户与真空机组的交互信息,都是企

业改进产品、开拓市场的助力器。为了帮助企业对订单资源进行有效管理,本文使用统一建模语言 (UML) 建立如图 6 所示的订单管理信息模型。

4 真空机组 PLM 系统开发

根据上述提出的真空机组 PLM 系统的主要功能,更为完善的体系架构及信息模型,借助 Java 编程语言、MyEclipse 编辑器、Oracle 关系型数据库、JavaScript 脚本语言、HTML 网页描述语言、Tomcat 服务器和 Windows 操作系统等工具开发基于 Web 的真空机组 PLM 系统。该系统开发完成后,于江阴某公司进行试验,该公司是依据客

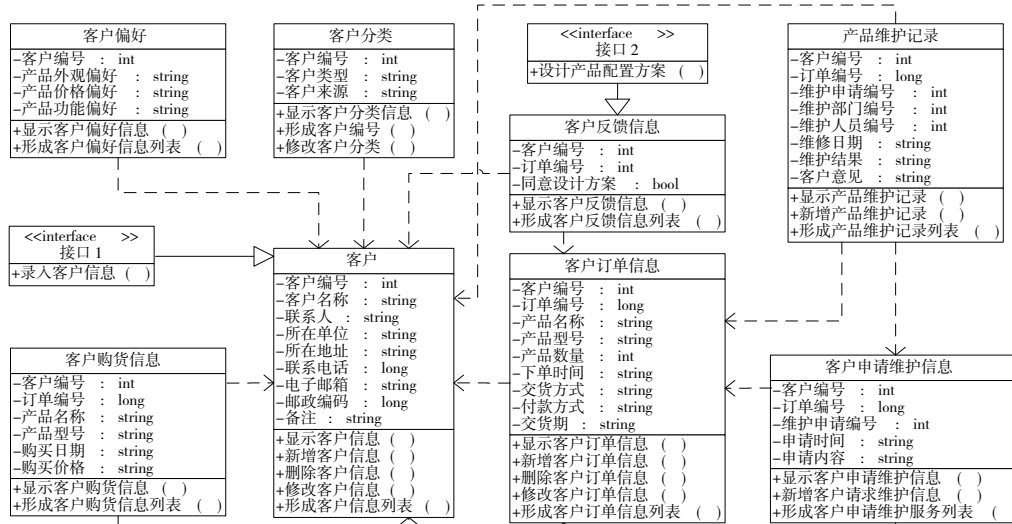


图 6 订单管理信息模型

户需求对真空机组进行研发、生产的科技型公司,属于一种基于订单驱动的经营模式。经试验,发现本系统能够完整保存客户订单的所有信息和追踪真空机组 PLC 信息,为企业积累经验、发现不足、改善创新提供宝贵资源。其中,真空机组 PLM 系统登录界面如图 7 所示,已完成订单信息基本内容如图 8 所示。



图 7 PLM 系统登录界面

订单编号	产品名称	客户编号	客户类型	客户来源	下单时间	状态	属性	审核	操作
20180910002	DP型无油螺杆真空泵	20140802005	一级	企业	2018-09-10 11:02	已完成	普通	通过	查看详情
20180910001	Z型三叶罗茨真空泵	20161102001	二级	企业	2018-09-10 9:56	已完成	普通	通过	查看详情
20180909002	VDP型干式无油真空泵	20160321009	三级	个人	2018-09-09 15:15	已完成	普通	通过	查看详情
20180909001	DP型无油螺杆真空泵	20170412010	二级	个人	2018-09-09 10:23	已完成	加急	通过	查看详情
20180907001	罗茨循环真空机组	20150913023	二级	企业	2018-09-07 9:45	已完成	普通	通过	查看详情
20180903002	Z型三叶罗茨真空泵	20180104080	一级	企业	2018-09-03 16:08	已完成	加急	通过	查看详情
20180903001	DP型无油螺杆真空泵	20170130009	二级	企业	2018-09-03 10:01	已完成	普通	通过	查看详情
20180109004	罗茨循环真空机组	20140513001	一级	个人	2018-09-01 15:34	已完成	加急	通过	查看详情
20180901003	VDP型干式无油真空泵	20161030023	三级	企业	2018-09-01 10:13	已完成	普通	通过	查看详情
20180901002	Z型三叶罗茨真空泵	20170721012	三级	个人	2018-09-01 9:05	已完成	普通	通过	查看详情

图 8 已完成订单信息基本内容界面

5 结语

本文在离散型企业客户订单复杂多变的背景下,以真空机组为产品案例进行了研究:

1) 梳理了订单对真空 PLC 各阶段的驱动关系,描述了真空机组 PLM 系统的主要功能,构建了更为完善的系统体系架构。

2) 基于模块细分原则对系统结构进行了划分,并对订单管理信息建立了 UML 静态模型,为 PLM 系统的开发提供了依据。

3) 开发了一个真空机组的 PLM 系统并在真空产品制造企业进行试验,证明本文研究具有可行性。

(下转第 104 页)

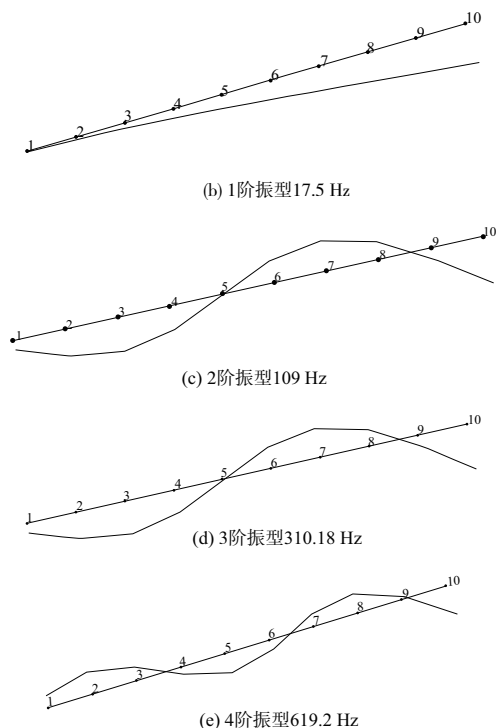


图 11 虚拟数据分析结果

3 结语

1) 如上所示基于 Unity3D 的模态试验虚拟仿真教学系统,由虚拟实验到最后的数据处理一套流程就完善了。可以应用到模态试验课程教学上,分析一些结构变化对模态参数的影响,无需再做具体实验。使用 Unity3D 开发完成后将其发布到 PC 端,使用者可以自由安装体验实验过程,伴随教师的讲解,使得学习者对模态试验过程的认识更加深入。

2) 随着三维建模技术和虚拟现实技术的不断发展,对于虚拟现实内容的开发会变得越来越简便,虚拟模态试验各种实验条件会越来越完善,为模态试验的学习与实践提供重要的补充。

3) 虚拟仿真实验系统并不能涵盖到所有实验内容,在实际实验中总会遇到各种各样的问题;在虚拟仿真学习的基础上,应该尽可能地让学习者实践接触,虚实结合、互相补充。

参考文献:

- [1] 马永列. 结构模态分析实现方法的研究[D]. 杭州:浙江大学,2008.
- [2] 杨晨. 基于 LabVIEW 的振动测试与分析系统设计[D]. 大连:大连理工大学,2019.
- [3] 单卫东,臧朝平,张根辈,等. 基于频响函数识别结构非线性模态参数的方法[J]. 机械制造与自动化,2020,49(3):109-111,146.
- [4] 林宝灯. 高校信息资源开放共享机制建设的新载体—虚拟实验室[J]. 图书馆理论与实践,2018(1):96-100.
- [5] 钟海丽. 虚拟仿真实验在电子技术教学中的应用[J]. 科教导刊(中旬刊),2018(8):85-86.
- [6] 张庆高,孙建刚,王惠青,等. 虚拟实验室设计与实现[J]. 软件导刊,2018,17(4):120-123.
- [7] 方沁. 基于 Unity 和 3dmax 的虚拟实验室三维建模设计与实现[D]. 北京:北京邮电大学,2015.
- [8] 刘忠凯,李焕良,孙琰,等. 基于 Unity 3D 的装甲车辆虚拟现实运动系统的设计[J]. 机械制造与自动化,2016,45(4):111-113,131.
- [9] 唐小兵,潘传富. 结构动力修改研究的几个问题[J]. 武汉汽车工业大学学报,1997,19:84-87.
- [10] 王彤,张令弥,邵珊珊. 模态测试与分析软件中的通用文件读写接口设计[J]. 振动与冲击,2006,25(6):147-149,186.

收稿日期:2020-11-24

(上接第 97 页)

在与企业生产实际接洽过程中,发现企业基于订单驱动的生产情况比较混乱,无法根据订单优先程度有序安排生产和得出可靠真空产品加工方案,这将作为下一步研究工作的重点。

参考文献:

- [1] 王爱民,肖田元,孟明辰. 面向产品生命周期的网络化大规模定制生产模式研究[J]. 机械科学与技术,2004,23(11):1320-1324.
- [2] 周欢伟. 面向产品全生命周期的协同制造模型构建[J]. 机床与液压,2017,45(14):30-33.
- [3] OLIVEIRA P S G D, SILVA D D, SILVA L F D, et al. Factors that influence product life cycle management to develop greener products in the mechanical industry[J]. International Journal of Production Research, 2016,54(15):4547-4567.
- [4] 崔剑,祁国宁,纪杨建,等. 面向产品全生命周期的需求信息管理模型研究[J]. 计算机集成制造系统,2007,13(12):2406-2414.
- [5] ZHANG J S, WANG Q F, WAN L, et al. Configuration-oriented product modelling and knowledge management for made-to-order

manufacturing enterprises [J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology,2005,25(1/2):41-52.

- [6] 白俊杰,龚毅光,王宁生,等. 面向订单制造的可重构制造系统中虚拟制造单元构建技术[J]. 计算机集成制造系统,2009,15(2):313-320.
- [7] 张正文,马正元. 面向订单设计型企业的制造执行系统的研究[J]. 工业工程,2006,9(4):35-38.
- [8] 周奇才,沈鹤鸿,刘星辰,等. 大型机械设备全生命周期管理体系结构研究[J]. 中国工程机械学报,2017,15(4):318-323.
- [9] 李强,刘计良,张迎楠. 基于 QFD 的个性化定制产品规划模型[J]. 现代电子技术,2018,41(9):137-141,146.
- [10] 朱金达,谭颢,王作杰,等. 面向快速设计的产品全生命周期知识层级递进驱动策略[J]. 计算机集成制造系统,2016,22(12):2751-2758.
- [11] 刘俊,敬石开,吴东峰. 一种基于知识整合的集团企业云制造服务平台[J]. 机械制造与自动化,2017,46(4):95-97.
- [12] 李有堂,杨松. 基于产品全生命周期的信息终端模型[J]. 机械设计,2008,25(12):1-5.

收稿日期:2018-12-26