

铸造产品数字化集成制造平台的实施

李小静¹, 徐国强², 常涛², 罗永建², 唐钟雪²

(1. 四川共享铸造有限公司, 四川资阳 641300; 2. 共享装备股份有限公司, 宁夏银川 750021)

摘要: 从铸造企业和行业两个层面进行现实需求与发展趋势分析, 研究了基于PLM (产品生命周期管理: Product Lifecycle Management) 的数字化集成相关产品生命周期的系统平台集成创新技术, 建立了一套具有铸造行业特色的工艺设计集成控制系统, 构建了铸造方法和方案策划、虚拟设计、虚拟仿真、虚拟制造、过程质量闭环管控等核心功能; 以数据流驱动, 实现了研发制造服务一体化, 并与企业全面数字化管理系统、制造执行系统、智能生产单元控制系统等充分集成, 形成一套基于PLM的数字化集成系统, 提供统一模型、快速应用、全面协同的支撑平台。描述了铸造业的现状及全流程虚拟制造在铸造业中的应用, 通过全流程虚拟铸造数字化系统的实施, 实现了铸造工艺和制造过程的信息化、智能化和专业化。

关键词: 产品全生命周期; 全流程虚拟铸造; 数字化系统集成; 平台

离散制造业在我国工业领域长期占据重要位置, 但是传统的离散型制造企业在创新能力、生产效率和效益、生产模式、信息化建设、研发能力等方面仍有待提高, 这些因素制约着智能制造模式在我国工业中的快速发展。产品数据管理平台PDM技术已在很多制造行业中得到广泛应用。

铸造业属于离散制造业, 由于铸造业产品品种多、批量小, 在铸造业中PDM (产品数据管理: Product Data Management) 的功能依然以管理设计图纸模型数据为主。随着智能制造及智能铸造的提出和相关技术的不断发展, 传统PDM已无法满足铸造行业的发展。作为PDM的扩展, 铸造产品全生命周期PLM已成为企业发展的必经之路。国家大力扶持高新技术发展及产业化研发, 要求专项打造互联网+制造技术创新及其应用示范。

铸造业基于订单进行设计, 设计周期长, 出错率高, 同时仿真复杂, 设计与产品使用脱节, 铸造产品交付后往往难以追踪。

本文围绕打造铸造行业基于“互联网+”制造技术创新示范应用的迫切需求, 研究基于PLM的数字化系统集成相关的铸造产品全生命周期的数字化系统集成及其平台的构建技术, 主要包括全流程虚拟铸造系统、MES和智能单元三方面的内容。

全流程虚拟铸造系统: 主要负责铸造产品全流程虚拟设计、虚拟制造、仿真技术在产品性能验证、工艺质量优化、生产过程模拟等方面的应用, 是产品工艺设计、制造的数据中心。

MES: 主要负责通过信息传递从订单下达到产品完成的整个生产过程进行优化管理。一是对整个车间制造过程的优化; 二是MES具有提供实时收集生产过程中数据的功能, 并作出相应的分析和处理; 三是MES需要与计划层和控制层进行信息交互, 通过企业的连续信息流来实现企业信息全集成。

智能单元: 铸造五大工序智能单元是基于生产线各工序关键设备实现联网, 应用PLC、三维组态等技术实现信息采集; 通过构建工序级MES, 实现与ERP、VM、LIMS信息的互联互通; 借助专家系统、知识库实现对各序全流程控制, 并与关键设备集成, 将控制执行指令快速、准确、有效地传递至设备或生产人员以供执行; 通过数据的统计分析实现全工序人力资源、生产、质量、成本、设备、绿色全方位的

作者简介:

李小静 (1978-), 男, 工程师, 主要从事铸造技术的研究工作。电话: 18980386065, E-mail: 252166075@qq.com

中图分类号: TG28

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977 (2020) 12-1364-06

基金项目:

四川省科技计划项目 (2018FZ0086)。

收稿日期:

2019-07-12 收到初稿,
2020-04-13 收到修订稿。

闭环控制和优化。

1 总体框架

铸造产品数字化集成制造平台按照五层架构设计(图1),由铸造云协同系统、全面数字化管理系统(TDM)、全流程虚拟铸造系统(VM)和MES、五大智能单元软件构成。以工艺集成设计为龙头,以成形智能单元、熔化浇注智能单元、精整智能单元、砂处理智能单元为支撑,形成具有特色的集成应用平台,建立实时数据库、历史数据库和专家知识库,通过数据分析、推理,利用ERP/MES/VM/TDM等系统的集成,对生产、质量、设备、安全环境、成本的全过程监控,实现产品研发、工艺设计、仿真分析、关键制造过程数控化;采用多种实时传感系统、测控设备、3D打印技术、大容量射芯技术、自动划线技术、大吨位上下料机械手、RGV与立体库结合的智能物流系统、工业信息安全防护等智能装备,实现制造过程的自动化和网络化、物流采集信息化、物料传送自动化。

2 实施内容

2.1 智能单元框架

铸铁业务划分为成形、熔炼、精整三个智能单元(图2),各单元主要由单元设备、单元控制与管理系统(以下简称单元系统)组成。其中,单元设备提供单元运行的硬件基础;设备数据采集与互联平台通过OPC Server采集单元设备数据与单元系统互联。单元

系统通过数据接口(Web Service)与其他信息管理系统(如MES、ERP、VCS等)集成。智能单元内部基于工艺流程及数据控制流程,主导各工序的运行,通过人、设备、软件系统的协同,实现生产、质量、成本、设备、环境、人员六个维度参数的管控。智能单元的具体功能如下。

(1) 生产执行管理,接收MES生产计划、砂芯排产、砂芯生产进度跟踪,生产责任追溯;全流程生产信息采集,向MES-生产传输数据;

(2) 生产资源管理,通过BOM生成物料计划,指导配送、统计实时量、实现ERP反写,物料追溯;全流程成本信息采集,向MES-成本传输数据;

(3) 全面质量管理,各工序实时质量参数与对应产品质量标准、专家库数据的匹配、决策、执行,质量信息追溯,不合格品管理;全流程质量信息采集,向MES-质量传输数据;

(4) 全面设备管理,设备实时运行监控、故障报警预警提示,并与专家库数据匹配、决策、执行,设备历史信息回顾;全流程设备信息采集,向MES-设备传输数据;

(5) 环境安全管理,绿色实时数据监控,向MES-绿色全流程信息采集、传输。

2.2 MES 框架

MES主要有制造数据管理系统、计划排程管理系统、生产调度管理系统、库存管理系统、质量管理系统、人力资源管理系统、设备管理系统、工具工装管理系统、采购管理系统、成本管理系统、项目看板管

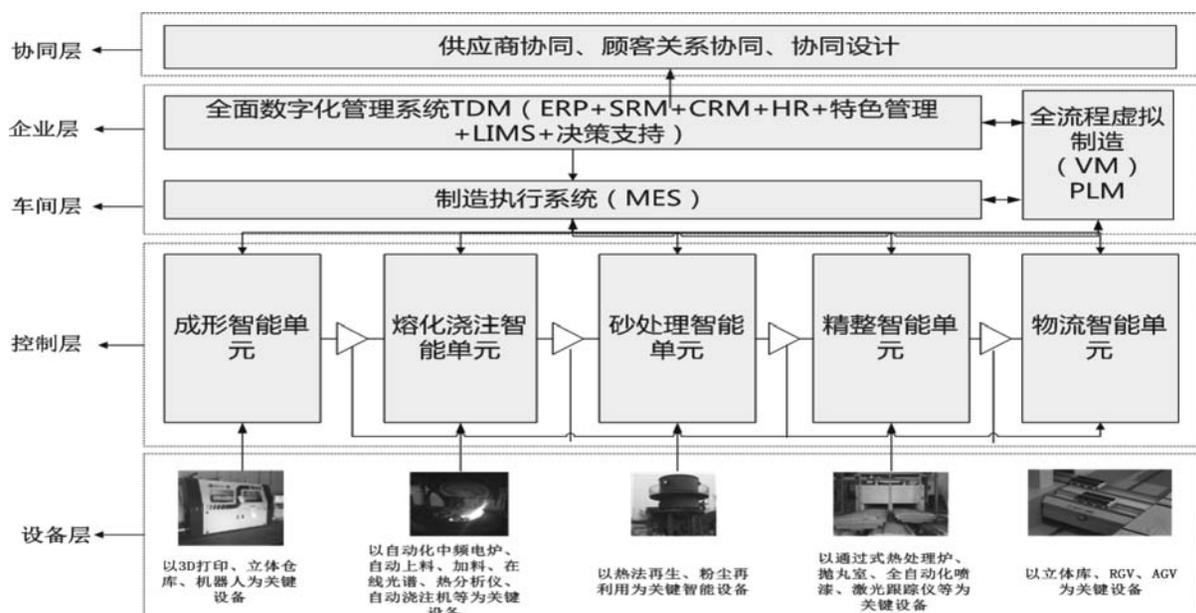


图1 铸造产品数字化系统集成总体框架

Fig. 1 Digital integration overall framework for casting products

理系统、生产过程控制系统等模块（图3），向上通过以太网与ERP、PLM、LIMS等系统集成，向下通过接口与各智能单元集成，形成一个可靠、全面、可行的制造协同管理平台。

MES能实时、准确地采集和跟踪在制品信息，在获取实时数据的基础上，能统计分析产品的实时产出率，及时了解生产瓶颈和提供决策支持，对企业生产能力做出准确的评估^[1]。实现产品数字化制造，提高产品的制造能力，缩短产品制造周期，降低制造成本^[2]。

2.3 全流程虚拟铸造系统（VM）框架

全流程虚拟铸造系统（图4）融合了虚拟制造、知识库应用、设计制造一体化等先进理念，通过专业化设计、知识库应用、数据闭环管控，让每一位工程

师摆脱“个人经验”限制，充分利用企业技术资源，全面协同工作。其主要包括基础配置、用户管理、工艺数据知识库、标准库、模板库和问题库。通过使用大数据的思维对整个生产制造过程的数据进行收集，结合软件优良的流程化管理功能，实现内部专家库的PDCA的循环，不断扩展优化底层数据，推进最优工艺。KOCEL-VM系统覆盖了公司风电类、发电类、内燃类、压缩类、矿机类、机床类、轨道交通类、成品砂芯类等9个系列的近2000种产品的工艺数据^[3]。

2.4 全面数字化管理系统（TDM）框架

TDM（Total Digital Management System）系统（图5）：以企业经营管理体系（Q-Form/一体化体系）为核心，以ERP、PDM为主要平台、以自编软

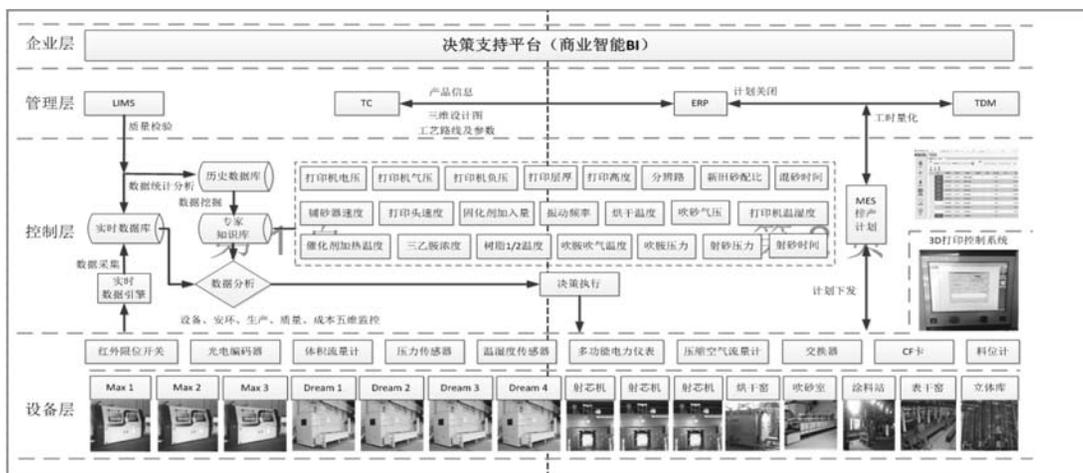


图2 智能单元框架
Fig. 2 Intelligent unit framework



图3 MES框架
Fig. 3 MES framework

件为补充，融合企业（共享集团）经营管理思想、方法，融合先进的企业管理理念、应用先进的信息技术，全面整合企业管理方式，形成企业（共享集团）独具特色的，具有完整、高效、简洁的业务特点，具备集团化、可定制、可移植、商品化等特点的管理信息系统。全面数字化管理系统模块图（图6）。

系统建设目标是“转变发展方式、变革制造模式、引领行业进步”，通过流程再造（BRP）、组织再造、全流程虚拟制造、智能制造、绿色制造，以全面数字化管理平台为依托，与虚拟制造、智能制造系统有机融合，实现涵盖企业战略、创新、人力资源、财务、环境安全、物流、质量等全方位，形成“有高度（战略）、有深度（现场）、有宽度（全方位）”多维度集成的数字化管理模式。

3 数字化系统集成功能

以企业程序、制度为依据，以ERP、VM、MES、智能单元等为主要系统平台、自主研发系统TDM为补充，融合企业经营管理思想、建立覆盖企业战略管理、创新管理、人力资源管理、物流管理、质量管理、环境安全管理、财务管理及企业其他特色管理等全方位、多维度的立体式数字化管理系统，构建了全面数字化管理的数字化管理体系。建立一套具有铸造行业特色的产品信息管理，工艺设计集成控制系统，构建了铸造产品的铸造方法和方案策划、虚拟设计、虚拟仿真、虚拟制造、过程质量闭环管控等核心功能，以数据流驱动，实现了研发制造服务一体化，并与企业资源管理系统、制造执行系统、智能单元控制系统等充分集成，形成一套基于PLM的数字化集成系统，提供统一模型、快速应

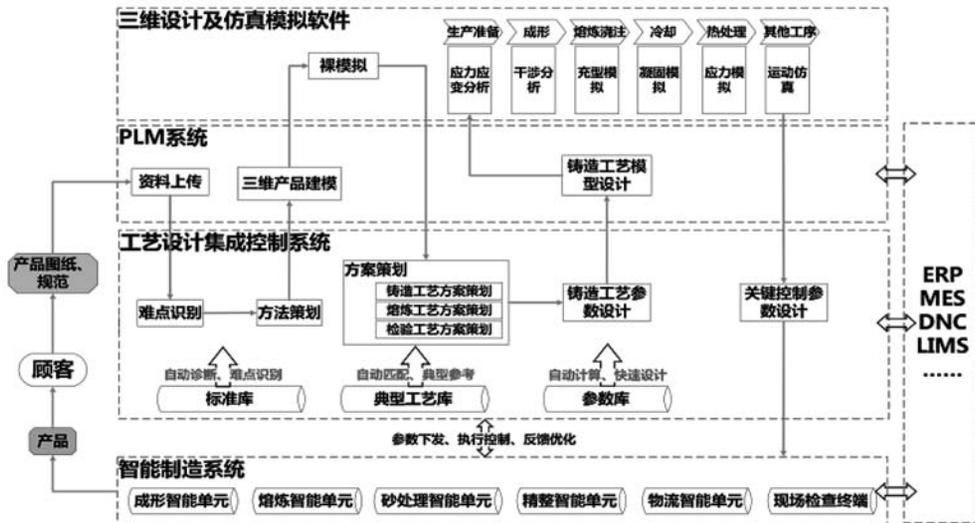


图4 全流程虚拟铸造系统框架
Fig. 4 Full flow virtual casting system framework

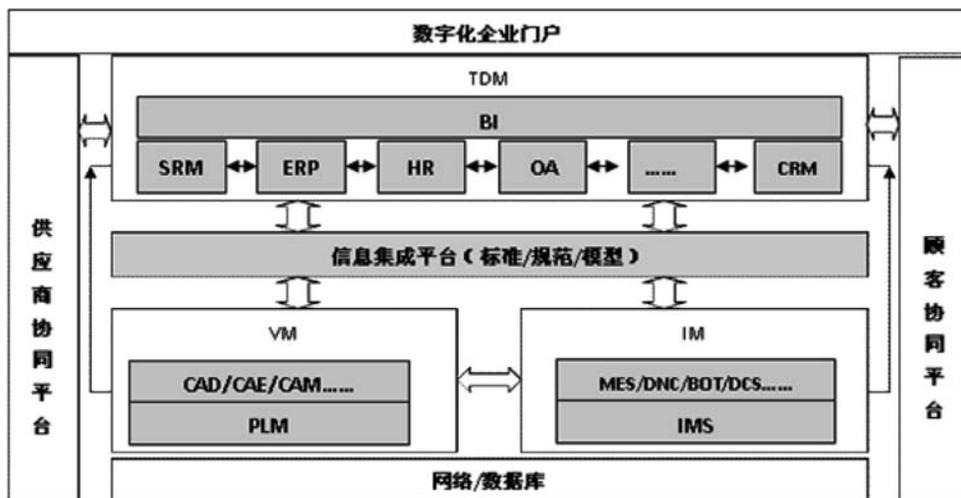


图5 全面数字化管理系统框架
Fig. 5 Comprehensive digital management system framework

用、全面协同的支撑平台（图7）。

4 有益效果

数字化系统集成平台，向上与工业互联网平台有效对接，聚集、整合、优化行业内优质的创新设计资源；向下研究建立新型工业操作系统及APP等应用模式，强化生产过程管控。打造的基于专业软件工具、应用模型库、技术知识库、测试评估库、典型案例专家库、虚拟仿真、虚拟制造等基础数据和工具的开发集成和工业云平台在线共享，降低研发门槛和成本，提高研发效率，发展虚拟在线、敏捷高效、按需供给的新型研发服务，助推铸造行业的转型升级。

(1) 将先进的制造理念（如虚拟制造、智能制造、绿色制造、柔性制造等），先进的智能装备（大容量射芯机、大尺寸3D打印机、重载RGV车、大型

机械手等）和快速成形技术应用到铸造业中来，结合“互联网+”制造技术，实现铸造业技术革新，从根本上改变传统的手工造型、制芯模式，开辟铸造新模式，示范带动铸造行业技术进步，实现铸造业由劳动密集型向技术密集型跨越。

(2) 公司重点推进线上技术服务平台建设，通过在铸造行业推广应用，汇集先进的铸造工艺设计理念、方法和技术，缩短平台企业的新产品研发周期，保证新产品研发质量，全面支撑平台企业实现万众创新。引领公司由传统运行模式的制造企业向数字化企业转变，并建立数字化引领、创新推动、绿色制造、效率倍增的新型企业发展方式。

(3) 为其他铸造工厂提供智能改造的服务支撑，通过数字化智能铸造项目的实施和验证，为其他铸造工厂的智能改造提供完整的解决方案和借鉴方案。可

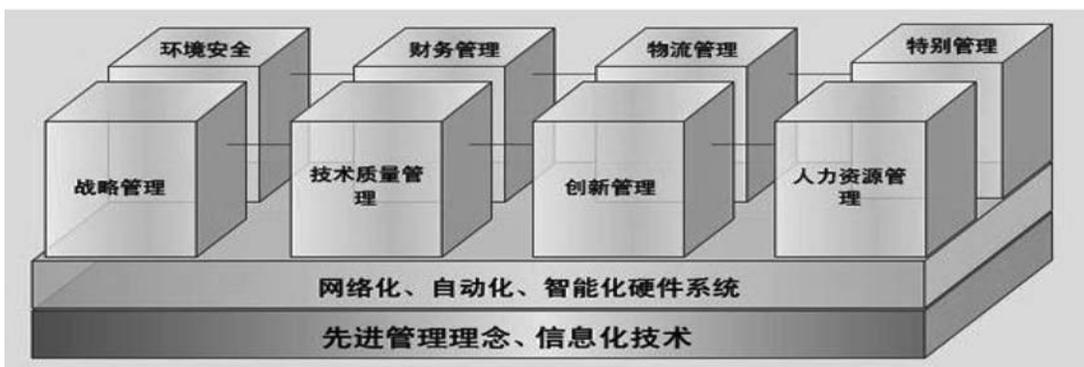


图6 全面数字化管理系统模块图
Fig. 6 Overall digital management system module diagram



图7 数字化集成制造平台实施
Fig. 7 Digital integrated manufacturing platform implementation

以做新工厂的全新设计、也可以提供关键工序如成形工序、熔炼浇注工序、砂处理工序等独立改进；同时，通过本项目形成了3D打印技术在铸造领域的原辅材料标准、关键过程参数控制专家库，能够进一步上升为行业标准，为铸造行业整体转型升级提供帮助。

5 结束语

数字化铸造工厂示范项目，为打造企业基于“互联网+”制造技术创新示范应用，通过项目的立项、实施，将云铸造交互系统、全面数字化管理系统（TDM）、PLM数据管理系统、全流程虚拟铸造系统（VM）、MES、智能单元软件、物流系统以及相关配套软件充分集成，以打通企业生产经营全部流程为着眼点，实现从产品订单、设计、制造到销售，从设备控制到企业资源管理所有环节的信息快速交换、传

递、存储、处理和无缝智能化集成。

（1）实现铸造产品生产制造关键工序、过程控制参数的数字化、信息化和网络化。

（2）实现了铸造产品的快速制造，有效解决铸造企业关注的“质量、OTD、成本”指标。

（3）实现大量的人工作业环节和方式被替代，减少了大量的重复工作、体力劳动和人为影响因素，过程控制更加稳定，从而生产效率、一次投产成功率大幅提高。实现铸造业由劳动密集型向技术密集型跨越。

（4）打造一条全流程虚拟（智能）设计的“高速公路”，在“多品种、小批量、个性化、快速成形”铸造生产方面，建成一座“数字化、柔性化、绿色、高效”的铸造示范车间，引领行业进步，开创一种铸造新模式，推动铸造业转型升级。

参考文献：

- [1] 杨敏. 浅谈离散制造业MES系统应用[J]. 信息安全与技术, 2013(8): 123-125
- [2] 王皓, 常涛, 王永永. 浅谈MES系统在铸造行业的应用[J]. 铸造工程, 2017(6): 34-37.
- [3] 宋亮, 刘旭东, 王洪涛. 铸造过程全流程虚拟制造技术的应用[J]. 铸造工程, 2015, 39(6): 34-37.
- [4] 李强, 杨保. PLM支持下的虚拟制造技术及应用研究[J]. 中国铸造装备与技术, 2014(1): 46-49.

Implementation of Digital Integrated Manufacturing Platform for Casting Products

LI Xiao-jing¹, XU Guo-qiang², CHANG Tao², LUO Yong-jian², TANG Zhong-xue²

(1. Kocel Foundry Co., Ltd., Ziyang 641300, Sichuan, China; 2. Kocel Machinery Co., Ltd., Yinchuan 750021, Ningxia, China)

Abstract:

The actual demand and development trend of casting enterprises and industry are analyzed. Based on PLM (product lifecycle management), the study on the system platform integration innovation technology of digital integration related to product lifecycle is conducted. A set of integrated process design control system with the characteristics of casting industry is established, and core functions such as foundry method and scheme planning, virtual design, virtual simulation, virtual manufacturing, closed-loop control of process quality are constructed. Driven by data flow, the integration of R & D and manufacturing services are realized, which integrates with the enterprise digital management system, manufacturing execution system, intelligent production unit control system, and so on. It forms a set of PLM based digital integrated system, providing unified model, fast application and comprehensive collaboration support platform. This paper also describes the present situation of casting industry and the application of the whole process virtual manufacturing in the casting industry.

Key words:

product life cycle; whole process virtual casting; digital system integration; platform