

铸造生产数据库的开发及应用

李增利^{1,2}, 李克锐¹, 赵竞翔¹

(1. 郑州机械研究所有限公司, 河南郑州 450001; 2. 机械科学研究总院集团有限公司, 北京 100044)

摘要: 分析了国内某多品种小批量铸造企业生产流程和质量体系管理模式, 采用Visual Studio 2019开发平台、C#语言和SQL Server 2016数据库管理系统等工具, 开发了铸造生产数据库。该数据库实现了铸件工艺技术文件、操作规程、生产原材料和全过程生产记录的数字化集中管理, 以及生产原材料、订单进度、铸件产量、生产稳定性的可视化快速统计分析。目前, 该数据库已在国内某铸造企业上线应用, 有效提升了铸造生产效率和稳定性。

关键词: 多品种; 铸造生产; 数据库; 数字化转型; 可视化; 统计分析

多品种小批量铸造生产灵活性高, 但生产流程复杂多变、组织难度较高, 大量依靠人力的技术体系和管理机制, 导致生产过程中问题反馈滞后、生产稳定性低, 工艺切换不快速、不精准等问题突出, 采用网络化协同和数字化转型实现生产的高效、精准与稳定需求迫切^[1-3]。针对上述问题, 分析了国内某多品种小批量铸造企业的生产流程和质量体系管理特点, 对生产数据内容进行了分类归纳, 采用Visual Studio 2019开发平台、C#语言和SQL Server 2016数据库管理系统等工具, 设计开发了铸造生产数据库, 实现了全流程生产数据的数字化集中管理, 生产过程可追溯、统计分析可视化, 在优化决策、提高生产效率和稳定性方面应用良好。

1 生产流程及问题分析

国内某多品种小批量铸造企业生产主要以订单驱动为主, 部分铸件根据市场情况备货生产, 综合管理部门根据客户要求及当前生产条件, 制定生产计划, 生产部门执行排产单, 根据原材料库存情况请购材料或直接生产, 在铸造生产基地完成造型、熔炼、浇注、清理等工作后, 经检验合格返回公司总部仓库。对于需要精整处理的铸件, 生产部门安排外协加工, 加工完成检验合格返库。根据交货日期和铸件库存情况, 综合管理部门适时将合格的铸件发给客户, 整个生产过程严格按照质量体系执行并详细记录, 生产流程关键过程如图1所示。

经统计, 该企业2020年度累计生产铸铁、铸钢件近120种, 铸件类型包括耐高温、耐磨、耐蚀铸铁铸钢件和金属基陶瓷复合材料铸件等, 材质牌号70余种, 铸件重量范围从1.4 kg到7 000 kg。同时铸件产品质量要求高, 工艺技术文件和操作规程多, 由于绿色化改造的要求, 铸件生产基地外迁入园, 给日常的生产管理带来了新的挑战, 大量依靠人工进行信息传递、反馈、分析的工作模式, 在便捷性、时效性等方面已远远不能满足要求, 采用数字化技术推进转型需求凸显。

2 数据库设计与开发

为最大限度契合当前铸造生产流程及管理模式, 对该企业质量体系和控制中的数据记录表单、操作规程、工艺技术文件等进行了分类, 将数据管理分为了6大模块, 包括铸造事业部、生产计划、铸造材料、工艺技术、生产记录和系统管理等,

作者简介:

李增利(1990-), 男, 工程师, 博士研究生, 主要研究方向为铸铁、铸钢合金及熔炼, 数字化铸造技术与装备等。电话: 0371-67983208, 15136293960, E-mail: lizl225@126.com

通讯作者:

李克锐, 男, 研究员, 博士生导师。E-mail: zrimpc@126.com

中图分类号: TG250.6

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2021)

04-0478-05

收稿日期:

2020-10-23 收到初稿,

2020-12-09 收到修订稿。

应用SQL Server 2016数据库管理系统设计建立了铸造生产数据库，数据库主要内容如表1所示。

采用Visual Studio 2019开发平台、C#语言、ASP.NET core3.0跨平台开发框架，开发了功能丰富、操作简单的B/S体系数据管理系统，建设了云端服务器，可远程维护数据，减少了数据传递，实现了数据的系统、科学、全面管理，全面固化了已有产品生产经验与技术，管理人员、技术人员、一线工人能够共享一致性的数据，进行精准、高效的生产执行和分析，所开发的数据管理系统主界面如图2所示。

3 数据库的应用

通过对生产数据的全面数字化管理，目前数据库良好地应用于原材料、生产订单、铸件产量、生产稳定性的可视化与多维度统计分析，在应用过程中有效提高了管理到一线的反应能力，缩短了交货周期，提高了质量稳定性。

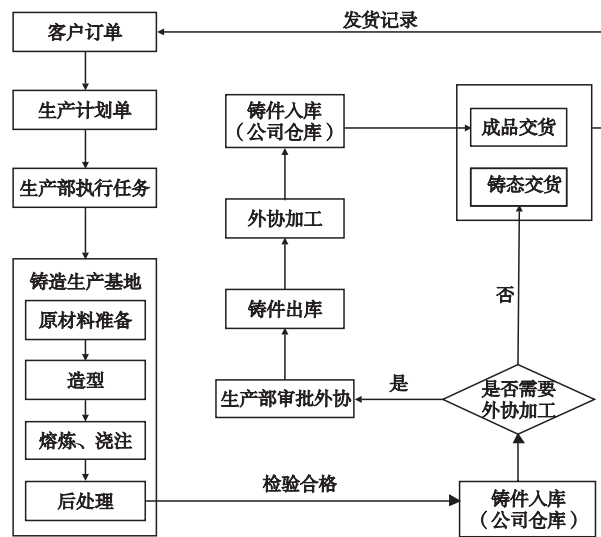


图1 铸造生产流程示意图

Fig. 1 Schematic diagram of casting production process

表1 铸造生产数据库内容

Table1 Contents of casting production database

| 序号 | 数据管理模块 | 数据库主要内容 | 数据主要用途 |
|----|--------|--|-------------------|
| 1 | 铸造事业部 | 生产技术组, 铸件, 生产车间及班组, 生产公告 | 生产整体安排与控制 |
| 2 | 生产计划 | 生产准备单, 生产计划单 | 计划执行贯穿生产流程 |
| 3 | 铸造材料 | 熔炼原材料请购单, 辅料请购单, 材料分类, 材料入库单, 领料单 | 原材料准备与控制 |
| 4 | 工艺技术 | 工艺文件, 操作规程, 材质推荐, 铸件标准 | 技术支持, 质量控制 |
| 5 | 生产记录 | 铸型检表, 熔炼配料记录, 浇注记录, 化学成分分析记录, 金相检验记录, 机械性能测试结果, 清理质检, 铸件入库记录, 外协加工记录, 出库交货记录 | 过程追溯、产量统计、生产稳定性分析 |
| 6 | 系统管理 | 用户, 角色, 日志 | 用户管理, 权限分配, 数据维护 |



图2 数据管理系统主界面

Fig. 2 Main interface of data management system

3.1 原材料库存可视化

统计每一种材料的当前库存，当库存总量低于预警值时提醒采购备货。汇总材料入库和出库明细，统计任意一种材料、任意日期范围内的采购入库和领料使用情况，为大宗贵重材料的库存优化提供依据，保证生产原材料的同时，尽可能减少库存降低资金占用，其中2020年度截至9月份高碳铬铁材料出入库按月统计情况如图3所示。

3.2 生产进度可视化

铸造编号、订单编号贯穿于铸件各工序生产记录之中，通过数据关联查询，可查看排产订单不同铸件的生产进度，在需要安排紧急任务时，管理和技术人员能够快速掌握当前所有订单执行情况，同时生产的调整情况能够直接下达各班组，使得生产有序进行，订单进度可视化效果如图4所示。

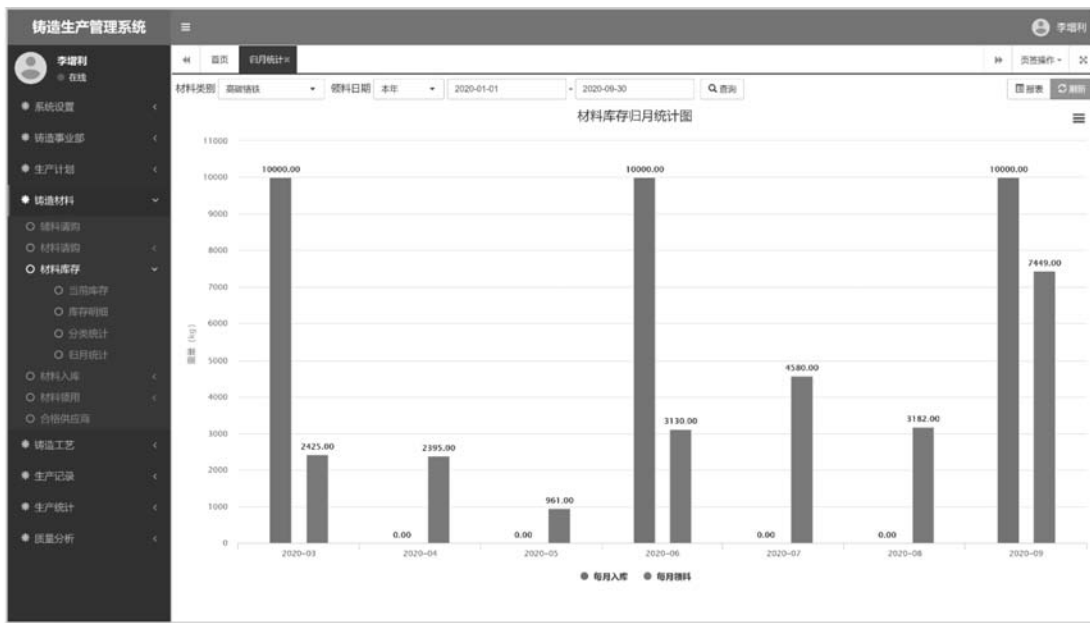


图3 原材料出入库按月统计

Fig. 3 Monthly statistics of raw materials in and out of warehouse

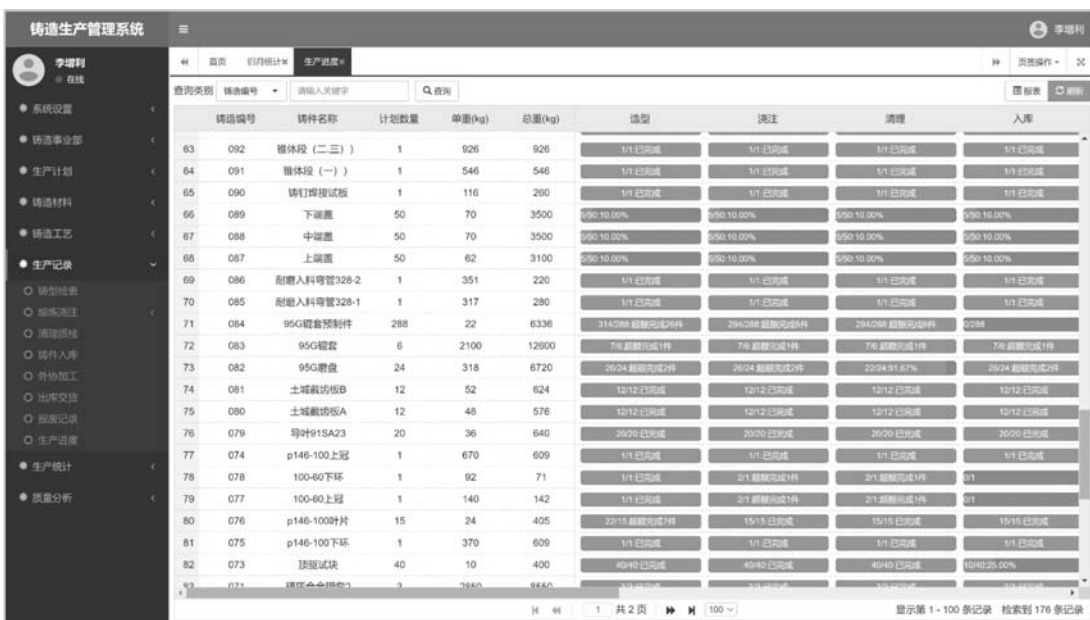


图4 订单进度可视化

Fig. 4 Visualization of order progress

3.3 产量多维统计分析

为便于生产管理人员能够及时统计出各工序、各在产铸件的生产情况，评估生产能力、发现薄弱环节，适时调度生产人员或设备，研究开发了铸件产量多维度的分析模式，可查看任意生产日期范围内各种铸件、各工序的生产件数和重量，2020年度该公司截至9月底生产统计结果如图5所示。

3.4 生产稳定性分析

铸造流程复杂，同时多品种小批量生产铸件种

类多，对于不同铸件各个环节都采取检测手段成本极高。通过对生产过程不同材质铸件的出炉温度、浇注时间、化学成分等关键参数的统计分析，监测质量波动，根据异常点及时判断问题并调整生产，是保证生产质量又降低成本的有效方法，某材质2020年度生产中C元素波动情况如图6所示。

在国内某铸造企业应用中，统计2020年截至9月份铸造生产相关数据，较2019年同期相比，质量体系数据全部完成在线管理、集中共享，生产安排、材料请购、工艺调整、统计分析等环节效率提高了1倍，工艺

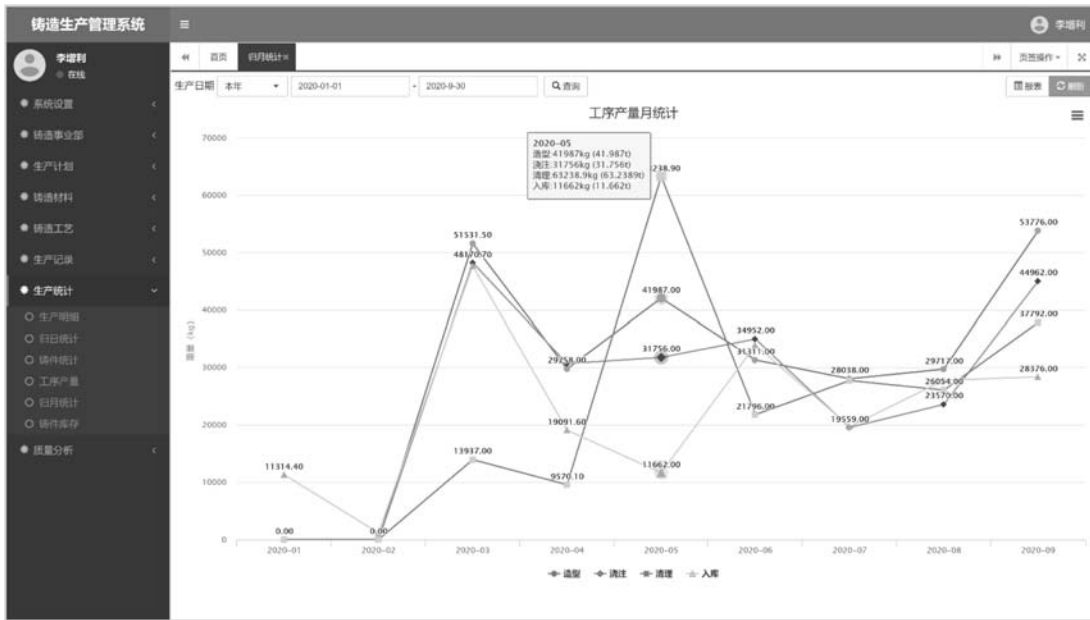


图5 各工序铸件产量对比分析

Fig. 5 Comparison and analysis of casting output of each process

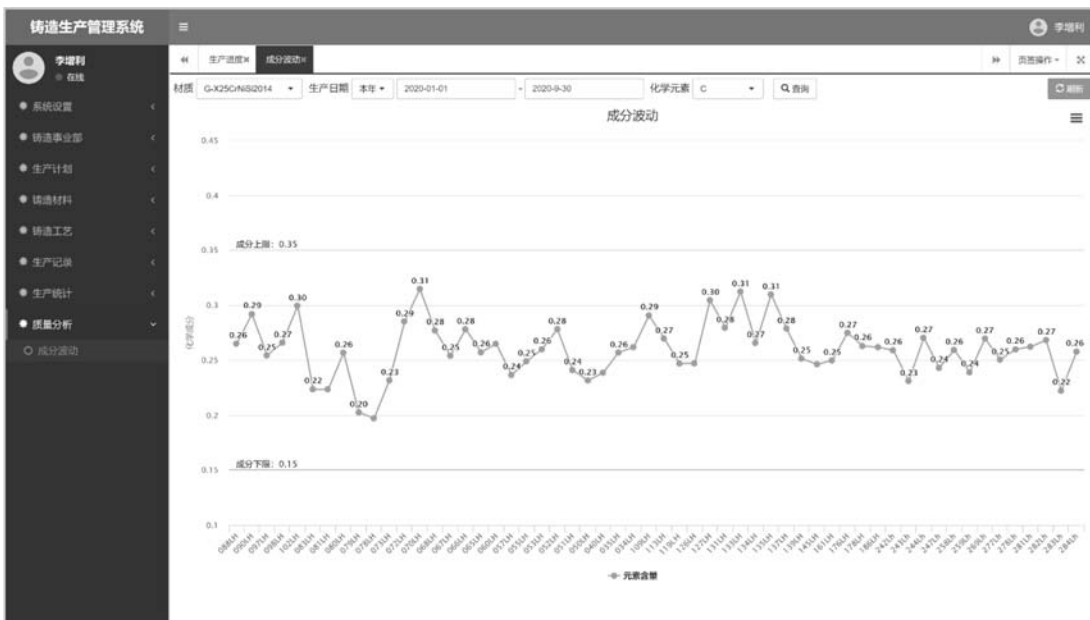


图6 铸件化学成分波动检测

Fig. 6 Fluctuation detection of chemical composition of castings

参数、作业指导现场可查，数据驱动分析原因、解决问题，综合废品率降低了1.25%。

4 结束语

所开发的铸造生产数据库，对生产数据进行了数字化集中管理，减少了人工的数据传递，管理到一线实时共享生产数据；在应用过程中，工艺方案执行精准高效，实现了原材料库存、订单执行进度、铸件与工序产量、关键生产参数的可视化多维度统计分析；生产过程可追溯，问题反馈更及时，提高了工作效率，生产技术与经验不断固化积累，生产和质量稳定性大幅提高。

参考文献：

- [1] 郭海华, 姜自莲. 单件小批量铸造生产质量控制 [J]. 机械研究与应用, 2009 (4): 19-20.
- [2] 李克锐, 卫东海, 吴现龙, 等. 《铸造技术路线图》摘录 铸铁 [J]. 铸造设备与工艺, 2018 (4): 66-72.
- [3] 汤胜龙. 多品种小批量智能制造产线关键技术及应用 [D]. 广州: 华南理工大学, 2018.

Development and Application of Casting Production Database

LI Zeng-li^{1,2}, LI Ke-rui¹, ZHAO Jing-xiang¹

(1. Zhengzhou Research Institute of Mechanical Engineering Co., Ltd., Zhengzhou 450001, Henan, China; 2. China Academy of Machinery Science and Technology Group Co., Ltd., Beijing 100044, China)

Abstract:

The production process and quality system management mode of a domestic casting enterprise with multi-variety and small-batch production mode were analyzed, and visual studio 2019 development platform, C# language and SQL Server 2016 database management system were used to develop a casting production database. This database realizes the digital centralized management of casting process technical documents, operating procedures, production raw materials and the entire production process record. It also realizes the fast visual statistical analysis of production raw materials, order progress, casting output and production stability. At present, the database has been applied to a domestic foundry. It has effectively improved the casting production efficiency and quality stability.

Key words:

multi-variety; casting production; database; digital transformation; visualization; statistical analysis
