

基于 B/S、C/S 混合架构的变压器铁心车间智能生产管家系统设计与应用

韩 力¹, 武云轩², 刘利军¹, 胡明生¹

(1.中节能西安启源机电装备有限公司, 陕西 西安 710018; 2.华北电力大学, 河北 保定 071003)

摘要: 以变压器铁心车间生产流程为研究对象, 开发了智能生产管家系统。采用 B/S、C/S 混合架构完成了计划管理系统模块 (PMS)、仓库管理系统模块 (WMS)、仓库控制系统模块 (WCS) 等相关功能, 实现了变压器铁心车间从计划到执行、从设备到物料的一体化管控, 有效解决了铁心车间各流程节点数据纸质化流转和数据孤岛等问题。

关键词: 双碳目标; 变压器; 信息化; 信息系统设计; 混合架构

中图分类号: TP319 **文献标识码:** A

1 引言

电力领域作为碳排放的重要来源, 其绿色化、低碳化转型对于实现我国“双碳目标”意义非凡。随着我国提出碳达峰和碳中和的目标, 国内新能源转型的力度持续加大, 电力行业作为关键领域, 肩负着重要的责任和使命。在实现电力行业的绿色化、低碳化转型过程中, 变压器生产企业积极响应相关政策, 推动生产制造向智能化、数字化的方向发展。

传统的变压器产业中, 铁心车间在运营过程普遍存在以下问题: ①数据实时性差, 原料、条料、柱料管理混乱, 库存明细数据无法实时提取; ②信息传递效率低, 各工艺节点离散, 任务独立, 业务数据纸质流转关联性差, 信息溯源难度较大; ③管理决策性不足, 无法实时地根据库存信息合理实行备料操作, 很难实现精益化管

理; ④空间利用率低, 生产环节中物料存放多采用地面平铺方式, 立体空间利用较少; ⑤智能化程度低, 各离散的工艺节点物料流转人工参与度高, 自动化程度低, 安全隐患大。本文结合公司多年在变压器铁心车间的业务积累, 以提升车间智能化生产、实现数字化转型为目的, 设计实现了智能生产管家系统。通过该系统, 企业可以实现对生产过程的精准控制, 提高生产效率, 降低能耗和排放。同时, 还可以帮助企业实现资源的优化配置, 减少浪费, 提升产品质量, 增强企业的核心竞争力和可持续发展能力。

2 智能生产管家系统简介

智能生产管家系统是铁心车间生产运营的灵魂。该系统的设计与应用, 核心目的是帮助企业围绕原料、条料、柱料, 在纵剪、横剪、叠装和绕线等工艺流程, 实现业

务数据一体化流转,打破信息孤岛壁垒,做到各业务部门、各工艺环节之间的信息贯通和共享,确保生产过程中的数据实时、准确地传递和分析。

2.1 智能生产管家系统的总体结构

各个企业需要根据自身进行产业转型。国家及各地政府也需要结合当地实际情况,出台相关政策及进行相关关键技术研究^[1]。智能管家系统设计过程中综合考虑到

系统涉及业务流程众多,单一任务执行过程离散化,物料运转过程中,需要对接多种类型的智能硬件设备,例如堆垛机、AGV 运转小车、悬臂货架等,且控制精度要求高,通信频繁;因此,系统在设计过程中,充分利用了 B/S、C/S 混合架构(接入层采用 C/S 架构,业务层及应用层采用 B/S 架构)完成开发,整体项目层次结构如图 1 所示。

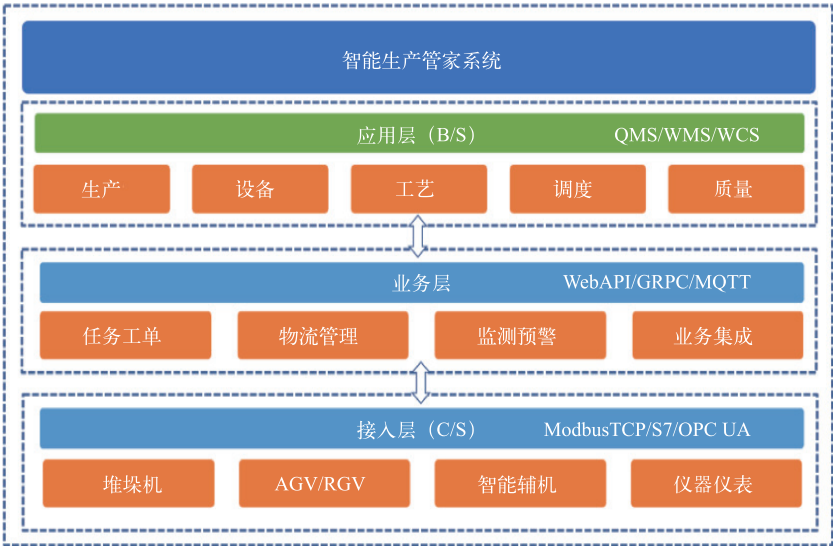


图 1 系统层次架构图

2.2 智能生产管家系统的设计目标

铁心车间智能生产管家系统的设计目标主要是围绕铁心车间的设备和工艺流程,实现生产管理的智能化、协同化,重点围绕以下几个方面进行考虑。

1) 完善数据链路与信息溯源。引入数据采集功能,通过各工艺节点条码扫码,确保原料、条料、柱料的出入库信息能够实时更新;建立完善的库存管理系统,实现库存明细数据的实时提取和查询,确保数据的准确性和时效性;通过数据接口或 API,将库存管理系统与生产管理系统、销售管理系统等集成,实现数据的实时共享和同步;对各工艺节点进行数据链路梳理,确保数据在流转过程中的完整性和连续性。

2) 完善决策支持。设备允许过程中产生数据^[2],利用各维度数据实时分析,对工艺及流程数据进行深入挖掘和分析,为备料操作提供决策支持;建立库存预警机制,当库存量低于安全库存时自动触发预警,提醒相关人员及时备料;引入精益化管理理念和方法,通过持续改进和优化生产流程,提高生产效率和质量。

3) 完善空间利用率。结合机械特性,采用立体仓库或货架存储方式,提高空间利用率;根据物料属性和使用频率进行智能货位管理,分类存储,实现高效存取;利用各类辅机设备(如转臂、AGV、堆垛机等)进行物料搬运,减少人工搬运成本和安全风险。

4) 完善自动智能化水平。引入智能化设备、终端和技术,如智能搬运 AGV、堆垛机、自动化转臂等设备,减少人工参与度;建立物料流转的自动化控制系统,实现物料在各工艺节点之间的自动流转;加强安全监控和预警系统建设,降低安全隐患和事故风险。

3 智能生产管家系统设计应用

改变思维模式,塑造技术未来^[3]。为了打破工人原有的定式思维,以功能角度为切入点,将铁心车间生产管家系统划分为 PMS、WMS、WCS 三大模块子系统,通过各子系统的相互配合,可以全面提升企业的生产管理水平和效率。PMS 既考虑了信息化程度较低用户的需求,也充分照顾到了已经拥有成熟上游系统的客户。这种设

计思路体现了系统的灵活性和可扩展性，使得智能生产管家系统能够适应不同用户的不同需求。

对于信息化程度较低的用户来说，PMS 自带的生产、工艺等核心模块的业务功能已经足够满足其车间的业务需求。这些功能涵盖了从生产计划制定到工艺执行的全过程，用户无需再额外购买或开发其他系统，降低了使用成本和学习成本。同时，由于这些功能都是系统自带的，因此在数据的准确性和一致性方面也有很好的保障。对于已经拥有 ERP、MES 等成熟上游系统的客户来说，

智能生产管家系统则提供了预留的接口模块，使得这些上游系统的业务数据能够顺利地对接。这种对接不仅实现了数据的联动，提高了工作效率，还使得各个系统之间的信息得以共享，增强了系统业务的灵活性。客户可以根据自身的业务需求，选择性地使用智能生产管家系统的某些功能，或者将其他系统的数据与智能生产管家系统进行整合，以满足更为复杂和多样化的业务需求。针对铁心车间，设计过程中形成了如图 2 所示的信息系统关系图。

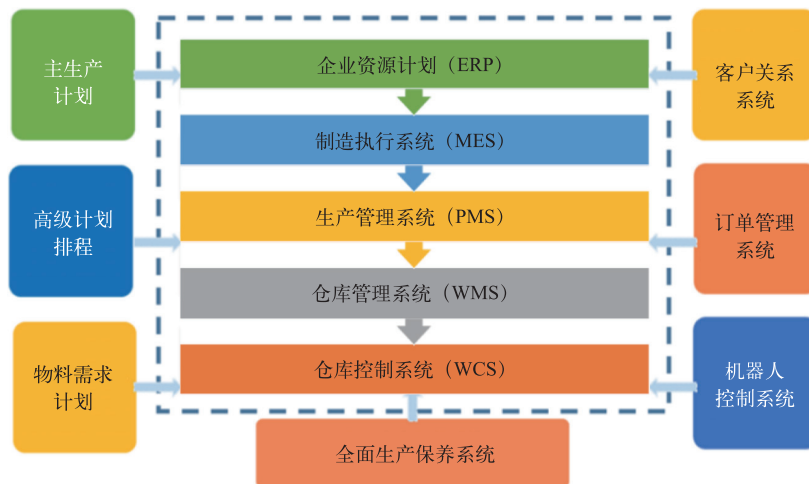


图 2 信息系统关系图

3.1 基于 C/S 和 B/S 混合架构的对比分析

软件是算法的代码化，算法是对现实问题解决方案的系统描述，是人类认识时间运行规律的思想结晶^[4]。架构是软件代码化过程中的指导蓝图。在智能生产管家系统设计与应用过程中，根据系统面临的业务场景，研发团队将 C/S 架构和 B/S 架构的特性进行了分析，具体的分析结果见表 1。

对比可知，对于需要设备高频次稳定通信的场景，选择 C/S 架构，充分利用客户机硬件资源，保证数据采集、分析、传输高效稳定。考虑到多工位用户、多权限、多样化查询功能，采用 B/S 架构则更为合适。因此，综合考虑到系统的使用场景及业务需求，WMS 采用 B/S 架构完成开发，WCS 采用 C/S 架构完成开发，二者通过 WebAPI 接口和 gRPC 实现系统内部的数据传输，共同保证了整个软件系统的快速、稳定运行。

3.2 基于 C/S 和 B/S 混合架构的应用实现

铁心车间不同的业务需求需要不同的处理方式。B/S、

C/S 各有优势，B/S 架构适用于基于 Web 的应用，而 C/S 架构则更加灵活，支持多种类型的客户端。混合使用这两种架构可以更好地满足复杂业务需求。

表 1 C/S、B/S 架构对比

架构场景	C/S	B/S
分布性	分布性弱	分布性强，维护方便，共享性强
时效性	存取安全、网络通信量低、大量数据处理优势明显	能力弱，多用于后台获取，通信量大，受网络影响大
幂等性	单一界面触发，集中通信	多终端触发，幂等性较高
运维性	近用户端部署，特定客户端程序	服务端部署，基于 Internet 技术，使用浏览器访问

B/S 架构具有跨平台、易部署和维护的特点，可以减少客户端软件的安装和更新成本，研发团队基于这样的

架构特性，开发实现了PMS模块和WMS模块，功能包括大屏监控、任务管理、移动端管理，覆盖车间纵剪、横剪、叠装等工艺节点，核心功能就是围绕铁心车间的原料库、条料库、柱料库库存信息进行全面而精细的管理。各个工艺流程的操作人员通过PC浏览器、移动终端都能轻松访问系统计划信息、实时追踪和监控仓库内的商品，包括任务执行进度、物料库存数量、位置和状态等信息，为管理人员提供准确的数据支持。此外，用户无需安装和维护复杂的客户端软件，只需通过浏览器即可进行仓库管理操作，降低系统维护成本的同时，还提高了系统的易用性。

基于C/S架构设计开发的WCS模块，作用是一个高效的通信枢纽，它在整个铁心车间的原料库、条料库、柱料库调度任务中发挥着至关重要的作用。其核心功能在于将接收到的调度任务拆解成具体的、可执行的设备指令，这些指令随后通过接入层的各类通信协议，被精准地下发至各类通信辅机，如纵剪、横剪生产线物料接送设备、立体库堆垛机及AGV等。通过这种方式，WCS不仅确保了调度任务的准确性和高效性，还实现了车间自动化任务的顺畅完成。它像一个智能的“交通指挥官”，根据实时交通情况（即调度任务）调整交通信号（即设备执行指令），以确保整个交通系统（即车间生产流程）的顺畅运行。此外，WCS还具备强大的实时监控和故障处理能力。它可以实时获取并显示当前系统所控制的所有物流设备的运行状态，一旦有设备发生异常，WCS会在界面中对应的设备上显示异常信息并产生警报并记录，相关岗位操作人员根据异常信息处理问题。这种实时反馈和快速响应的机制，极大地提高了车间生产的稳定性和安全性。

该系统已经在国内多个变压器厂家落地实施，结合客户的反馈和运行系统数据综合分析，充分证实了基于B/S、C/S混合架构设计的合理性与优越性。此方案系统不仅满足智能铁心厂区车间的实际业务需求，而且有助于加快智能车间的信息系统方案规划设计及投产运行，包括对铁心物料及设备在后期的生产、储运及管理等方面也有了一个高效性与稳定性的系统支撑。面对行业业

务日益复杂多变，B/S、C/S混合架构在其分布、时效、运维等多个方面实现技术资源整合互补，具备很强的应用优势，真正做到取长避短、高效应用、灵活开发。

4 结束语

随着科技的快速发展和制造业的转型升级，数字化、智能化已经成为工厂用于降本增效、优化管理的重要手段；数字化和智能化车间是工厂未来发展的方向。MES是智能制造的枢纽^[5-6]，而基于B/S、C/S混合架构设计研发的智能生产管家系统，则是智能执行者。通过该系统将生产数据进行实时采集、传输、分析应用，实现对各个工艺流程进行数字化管理。极大程度上帮助企业提高了生产过程的透明度和可追溯性，帮助企业更好地掌握生产进度、产品质量和成本情况，从而做出更科学的决策。相对于传统的车间管理模式，大幅度提高了生产效率，减少人力成本，还降低了人为因素对变压器铁心产品质量的影响，提高产品的稳定性和可靠性。同时，该混合架构应用也为企业提供了更加灵活、高效、安全和个性化的信息系统解决方案，对智能车间的其他业务系统架构设计提供了很好的借鉴意义。 

参考文献

- [1] 陈明，梁乃明，方志刚，等. 智能制造之路：数字化工厂[M]. 北京：机械工业出版社，2023：10-15.
- [2] 李培根，高亮. 智能制造概论[M]. 北京：清华大学出版社，2021：236-245.
- [3] 施瓦布，戴维斯. 第四次工业革命（实践版）[M]. 北京：中信出版社，2018：3-14.
- [4] 安筱鹏. 重构数字化转型的逻辑[M]. 北京：电子工业出版社，2019：84-85.
- [5] 朱铎先，赵敏. 机·智：从数字化车间走向智能制造[M]. 北京：机械工业出版社，2018：236-238.
- [6] 宁振波. 智能制造的本质[M]. 北京：机械工业出版社，2021：30-35.

收稿日期：2024-07-03