

MES 系统在钢结构加工厂中的应用分析

沈青青 杨东澎 付洋杨 王子儒 樊警雷

中建八局新型建造工程有限公司，上海，200000；

摘要：随着我国制造业迈向高效化、智能化、绿色化发展，钢结构加工企业急需通过信息化手段提升生产管理水平。MES 系统作为连接车间现场与企业资源计划的关键平台，可实时监控、跟踪、记录和控制从原材料到成品的生产全过程。本文介绍了 MES 的基本原理与核心模块，梳理生产管理、质量管理、设备管理、物料管理、库存管理和报表分析等关键功能。分析了 MES 在钢结构加工中的典型应用场景并探讨 MES 与 BIM 系统、数字孪生等技术的集成方式，并评价其在数字化和智能化制造中的价值与面临挑战。最后展望了 MES 在钢结构行业的发展趋势，包括向云平台和模块化、智能化方向演进，以支撑多品种、小批量、高可靠的加工需求。为后续钢结构制造业信息化建设提供参考与借鉴。

关键词：MES 系统；钢结构加工；仓储管理；排产调度；智能制造

DOI：10.69979/3029-2727.25.10.039

引言

当前，传统钢结构加工行业面临转型升级压力。受经济增长放缓、劳动力红利消失等多重因素影响，钢结构加工厂需要提高生产效率、缩短交货周期，并灵活应对多品种小批量订单。数字化发展为此提供了技术支撑，物联网、云计算、大数据与人工智能的应用使生产过程和管理模式由线下向数字空间迁移，形成了大量可采集和分析的制造数据。BIM 技术及数字孪生概念的兴起，为钢结构加工过程的可视化管理、进度监控与过程优化提供了新途径。在此背景下，MES 系统以其对车间现场实时数据采集与管控能力，成为实现数字化和智能化生产的核心支撑平台。MES 可打通企业内部信息孤岛，将设计、采购、生产、质检、仓储等各环节连为一体。MES 也能够为企业提供全程生产透明度，提高决策实时性和准确性。对 MES 在钢结构加工厂的应用现状进行系统综述，分析其功能模块、典型应用、技术集成方式及应用价值，对于指导相关企业的技术改造具有重要意义。

1 MES 系统基本原理与关键功能模块

1.1 MES 系统基本原理

MES 系统是一种面向车间层面的动态信息系统，用于将生产现场的实时数据连接起来，监控、跟踪、记录并协调生产全过程。MES 实现了生产过程的无纸化管理和信息化控制，将生产计划转化为可执行的车间任务，可以实时采集生产执行结果，形成完整的追溯记录。

1.2 MES 系统关键功能模块

MES 系统通常包含若干核心功能模块，不同厂商和企业可根据自身需求进行模块化配置。常见的模块包括：生产管理、质量管理、设备管理、物料管理、库存管理和报表分析等。生产管理模块负责生产计划编制、排程执行、任务分派和过程监控。质量管理模块用于制定质量标准、进行在线质量检验、记录质量问题与分析反馈。设备管理模块则包括设备档案、维护保养、故障记录与监控。物料管理模块涉及采购入库、领料发放及耗用监控。库存管理模块通过盘点核对、预警报警等功能，降低库存成本。报表分析模块综合汇总生产和质量数据，为决策提供可视化的报表与图表支持。

MES 管理系统集成了订单、BOM、工单排程、生产报工、质检记录、出入库记录、财务数据等多类信息。实现了业务员、计划员、生产员、质检员、仓管员和财务员等多角色的协同管理。通过 MES 系统，可以将生产过程需要的纸质文件数字化为系统作业流程，使不同部门在同一平台上协同工作，减少中间环节并实时共享物料和生产信息。支持电子化作业指导和自动化的工序流转，可实时记录生产设备、人员和质量检验等数据，实现全流程的生产追溯。

2 MES 在钢结构加工中的典型应用场景

在钢结构加工厂中，MES 可应用于多种生产管理场景，协助企业解决复杂制造过程中的信息化难题。典型的应用场景主要包括以下几个方面：

2.1 仓储与物料管理

钢结构加工涉及的原材料种类多、规格复杂，合理管理物料库存是降低成本的关键。MES 系统在仓储管理方面提供库存实时监控和预警机制。当某种物料库存低于设定阈值时自动提醒采购部门补货，避免因缺料导致生产停滞。记录每批物料的采购入库、存放位置和出库使用情况，实现完整的物料可追溯性。通过科学的仓储管理，还可减少呆滞库存、降低资金占用，可帮助企业节省库存损失。物料管理模块可以与供应链系统接口，能自动生成物料需求计划，与生产排程联动，确保生产所需物料及时到位。

2.2 生产调度与排产

钢结构加工流程繁复，需要对下料、切割、焊接、打磨、防腐、装配等多个工序进行合理排程。MES 通过集成排产算法或对接高级排程系统，根据订单优先级、交付期、设备能力和人员情况，自动生成详细的生产计划。系统可实时平衡人、料、机资源，最大化设备利用率并延长运行时间。在生产过程中，MES 监控各工单的执行进度，遇到设备故障或订单变更时可动态调整排程，实现生产的灵活调度。MES 可通过移动终端一键报工，使得每道工序完成后生产数据即时上传，大大提高生产透明度和协同效率。

2.3 质量控制与追溯

钢结构产品质量直接关系到工程安全与性能，MES 质量管理模块可对生产过程进行在线检测与实时监控，支持手检、自动检测、定期检验等多种检验方式，并将检测结果自动记录于系统。一旦发现质量异常，MES 可立即发出停产预警并记录异常信息，从而减少废品和返工。通过对生产全程的报工和检验数据采集，MES 还可实现设备和人员的全过程追溯管理。这种全程可追溯能力不仅提升了产品合格率和客户满意度，也为后续质量改进和责任界定提供了依据。

2.4 生产过程监控与信息看板

钢结构厂房通常有面积较大、生产线多工位，传统管理依赖人工检查效率低下的特点。MES 系统能够将生

产过程可视化，实时监控关键工艺参数、设备运行状况和生产节拍。通过车间大屏或移动端看板可以向管理人员展示生产进度、设备状态和质量指标等信息。系统可定期推送日常生产报表，包括产量、合格率、原材料成本和人员效率等多维指标，为决策层提供数据支撑。车间管理者仅需通过手机查看报表即可直观了解工厂状态，实现生产现场由粗放管理向精益化管理的转变。

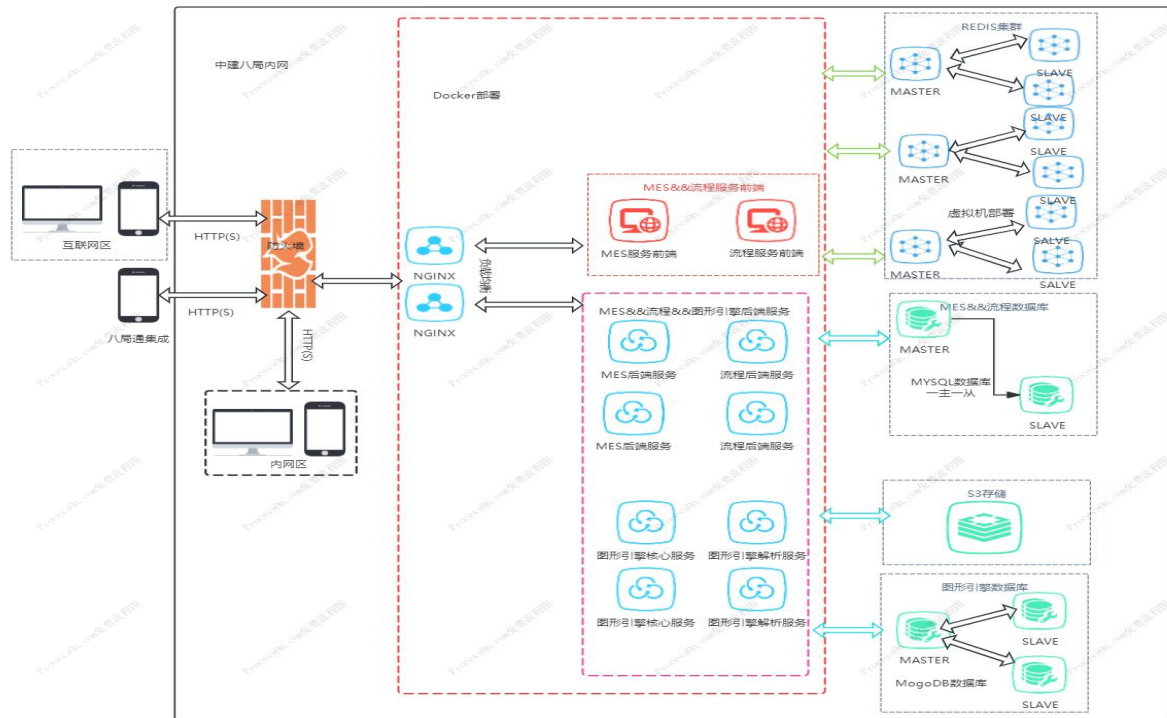
2.5 生产数据采集与建模

钢结构加工中贯穿订单下达、采购、质检、运输等全过程，数据分散于各个环节。MES 通过 RFID、条码、传感器、PLC 等手段对生产数据进行全面采集。对生产中的订单号、构件号等信息进行分类编号和归档。对所有数据进行清洗和统一处理，保证数据在各工序中的传递一致性。基于采集的工艺参数和运行数据，MES 可建立数字模型用于优化排程和预测预警，根据过往工序数据预测工时并对滞后订单进行报警。通过“数据驱动+模型分析”，逐步实现对生产计划和工艺流程的闭环优化。

3 MES 系统与 BIM、数字孪生等技术的集成与应用

3.1 MES 系统与 BIM 的集成

随着数字技术的发展，MES 正与其他信息化系统深度融合，共同促进钢结构加工的智能化升级。MES 系统可与 BIM 结合，利用 BIM 模型进行生产管理的可视化。可以构建全过程信息平台，将 MES 的功能模块服务化，并通过接口将生产计划、排产进度等数据与 BIM 应用程序集成。在平台上，可通过轻量级 BIM 模型引擎实现可视化，通过浏览器即可查看构件的生产状态、质量检测数据和调度信息。通过建立钢结构 BIM 生产信息平台，通过集成设计数据、物料清单、生产进度和质量管理等信息，可以使 MES 生成的生产数据可同步映射到 BIM 模型中，实现生产进度可视化与跨部门协同。通过 BIM 系统的构件编号与 MES 数据对接，可以实现设计与制造信息的无缝传递，提高工程项目从设计到施工的数字协同效率。



3.2 MES 系统数字孪生技术的集成

数字孪生技术为 MES 赋能提供了新的思路。MES 系统的实时生产数据采集为数字孪生模型提供了丰富的数据源,包括设备状态、产量、质量等信息。构建数字孪生后,可对生产过程进行虚拟仿真和优化,系统可以在数字空间中实时映射真实车间状态,并基于 AI 算法对物理生产进行模拟分析,实现生产方案的虚拟调试、工艺验证和瓶颈诊断。MES 与数字孪生互为支撑,MES 负责收集和下发生产任务,数字孪生负责精确模拟生产现场,从而使得生产流程的每个环节都可可视化、可追溯、可控制。当某台关键设备出现异常时,数字孪生模型可以快速分析影响范围和替代方案,并将优化建议反馈给 MES, MES 进行动态调整调度计划和资源分配。这种数据与仿真的闭环协同,使钢结构加工更加灵活和高效。

通过与 BIM、数字孪生等新技术的集成应用, MES 在钢结构加工中的应用价值得到进一步提升。利用数字孪生和 BIM 进行实时决策和可视化管理,可以实现对生产进度、质量和资源使用的全面掌握和优化。高度集成的智能制造模式可满足多品种、短批量订单需求,实现生产过程的精准感知与动态调整。

4 数字化、智能化制造中的价值与挑战

MES 系统在促进钢结构加工厂数字化和智能化制造

方面具有重要价值。能够提高对生产全过程的管控力度。通过实时掌握原材料、在制品和成品库存状态,可显著提高仓储盘点和物料使用效率,并提高成本算量的准确性。MES 将物料采购计划、生产计划和作业计划紧密关联,使生产资源组织更加精细,从而保证构件交付期、提升客户满意度。基于 BIM 可视化技术与 MES 的集成,管理人员可实时跟踪加工进度,加快反馈信息传递,为质量控制和结算提供依据。可使企业节省大量人力和时间成本,降低损耗。

MES 系统的实施也面临诸多挑战。钢结构加工厂通常具有设备类型多样、工序复杂的特点,与通用制造业相比标准化程度低,这对 MES 系统的适用性提出了更高要求。在实际应用中, MES 须针对钢结构的特有工艺和数据格式进行高度定制。多种系统之间的互联互通难度较大,需要统一的数据接口和协议支持,且实际厂区的网络稳定性、数据完整性等也是隐患。

5 发展趋势与技术演进方向

随着人工智能和机器学习技术成熟, MES 将内嵌更多智能算法,实现生产过程的自决策和自优化。未来的 MES 系统将更注重实时性、可视化和智能化,在排产调度、质量分析、故障预测等方面具备更高级的自动化与学习能力。

云MES具有成本低、部署快、易维护等优点,将成为中小型企业的选择,大型钢结构企业可能采用私有云或混合云架构,实现资源的灵活扩展和跨工厂协同。

未来MES将与传感器、智能设备更紧密融合,通过5G等高速网络实现车间现场的低时延通信,将更多数据处理下沉至边缘,提高生产系统的可靠性和实时性。

基于上下游关系链的多层级数字孪生模型将在MES基础上进一步发展,支撑生产过程的仿真验证和全生命周期管理。

BIM与MES的协同将超越可视化,向设计生产闭环迈进,打通前端工程设计和后端制造执行的全流程数据流。

6 结论

MES系统在钢结构加工厂的应用可从根本上解决生产过程的透明化、精细化和智能化管理难题。通过对生产计划、物料管理、质量控制、设备维护和数据分析等模块的全面集成,MES实现了生产现场与企业管理层的有效衔接,为提升生产效率、质量水准和灵活响应提供了坚实支撑。与BIM、数字孪生等先进数字化技术的融

合,更拓展了MES的应用边界,实现了真实与虚拟的协同与优化。未来,随着云计算、工业互联网、人工智能和边缘计算等技术的深入融合,MES系统将在全生命周期管理、生态化平台、智能决策和绿色制造方面发挥更大作用,为钢结构行业迈向高质量发展提供持续动力。

参考文献

- [1]陈伟,秦忠,何雨洁.MES系统在钢结构公司的应用研究与实现[J].科技与创新,2021,(16):179-181. DOI: 10.15913/j.cnki.kjycx.2021.16.079.
- [2]吴刚,徐琥,叶祥宇,等.油脂加工厂油罐区MES系统开发与应用[J].粮食与食品工业,2021,28(04):54-55.
- [3]周海顺.叶片加工厂的MES系统设计与应用[J].数字通信世界,2021,(08):199-200+220.
- [4]钟志坚,邓攀,万小伟,等.基于MES系统的大数据应用[J].中国科技信息,2025,(05):91-93.
- [5]赖靖军.MES系统在医疗器械智能制造中的应用分析[J].中国机械,2024,(34):100-103.