

基于精益生产理论的钢箱梁制造 MES 系统

谷 林¹, 张 旭²

(1. 中铁山桥集团有限公司, 河北 秦皇岛 066200; 2. 中铁山桥南通有限公司, 江苏 南通 226532)

摘 要: 针对钢箱梁行业在生产过程中管理模式粗放的问题, 基于精益生产和工业工程理论, 结合企业自身的生产管理成熟度水平, 按照现代化钢结构智能制造建设的相关要求, 建立了钢箱梁生产制造执行系统。该系统开发了生产计划执行、产品质量管控、设备运维管理等功能模块, 通过车间工业网络、数据采集终端, 与车间重要资源要素进行物联, 可有效提高生产的精细化管理水平, 支撑钢箱梁项目的运营决策。

关键词: 钢箱梁行业; 精益生产; 生产制造执行系统; 生产车间; 工业网络

中图分类号: U445.47⁺2; TU997

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)11-0270-04

Introduction to the MES System for Steel Box Girder Manufacturing Based on Lean Production Theory

GU lin¹, ZHANG Xu²

[1. China Railway Shanhaiguan Bridge (NanTong) Co., Ltd., Qinhuangdao 066200, China; 2. China Railway Shanhaiguan Bridge (NanTong) Co., Ltd., Nantong 226532, China]

Abstract: In view of the extensive manufacturing process management mode of steel box girder industry, based on lean production and industrial engineering theory, combined with the maturity level of production management of the enterprise, in accordance with the relevant requirements of modern steel structure intelligent manufacturing construction, a steel box girder production and manufacturing execution system is established. The system develops production plan execution, product quality control functional modules such as equipment operation and maintenance management can effectively improve the level of refined production management and support the operation decision-making of steel box girder project by connecting things with important resource elements of the workshop through workshop industrial network and data acquisition terminal.

Keywords: steel box girder; lean production; MES; production workshop; industrial networks

0 引 言

近年来, 新一代信息技术与制造技术迅速融合, 促使全球范围内的产业格局发生重大调整。在资源环境和要素成本约束日益趋紧的情况下, 我国的经济的发展进入新的阶段。在新的战略机遇期, 信息化是新经济发展的第一驱动力, 因此, 国务院国有资产监督管理委员会对中央企业信息化工作的监管与考核力度不断加强。在此背景下, 中国中铁股份有限公司召开“双轮驱动”会议, 提出全面启动以“数智升级、智慧建造”为目标的数智升级工程, 要求所属企业加快推进数字化转型工作, 做好数字化转型的深度宣传, 让成果转化为实实在在的生产力。

精益生产是起源于日本丰田汽车公司的一种生产管理方式, 它以企业利润最大化为目标, 以准时化生产为手段, 消除生产过程中的浪费行为。国内对精益生产的引介可以追溯到 20 世纪 70 年代末, 当时长春第一汽车制造厂首次组织工程师到丰田公司进行访问, 这一时间比西方国家到丰田公司访问要早很多年。

近年来, 随着现场改善的方法和理论不断成熟与完善, 国内企业纷纷开始将精益生产方式作为提高企业综合竞争力的有效工具。但从目前国内学术界和企业界对精益生产方式的研究和经验总结来看, 总体上仍落后于美国等西方国家。因此, 结合精益生产理论打造钢箱梁制造数字化车间, 对钢箱梁制造行业来说是一次创新的挑战^[1]。

1 钢箱梁制造数字化车间

传统钢箱梁制造采用半自动切割下料、人工组

收稿日期: 2025-01-14

作者简介: 谷林(1981—), 男, 本科, 工程师, 从事工业信息化架构设计工作。

装、手工焊接的生产模式,存在工作效率低、焊接质量不稳定、制造精度不高等弊端,已渐渐无法满足现代钢桥梁的建设需求。且大量工作需要依靠人工,而产业工人的数量却日渐减少,给行业的未来发展埋下了很大隐患。因此,制造企业应抓住发展机遇,开展智能制造关键技术研究,将生产制造模式与先进技术有机融合,实现生产过程的数字化和信息化转型,构建钢桥梁智能制造管控体系,实现真正意义上的智能制造。

企业结合精益生产理论,运用信息化技术,建设以板材智能下料切割生产线、板单元智能焊接生产线和车间制造执行智能管控系统为核心的钢箱梁制造数字化车间(见图1),既可以保障钢箱梁项目如期高质量完成,又可以保障车间有序、协调、高效地生产,还可以全面提升钢箱梁制造的自动化、数字化、智能化制造水平,推进我国桥梁制造业向信息化、精益化发展,全面促进钢箱产业的转型升级^[2]。

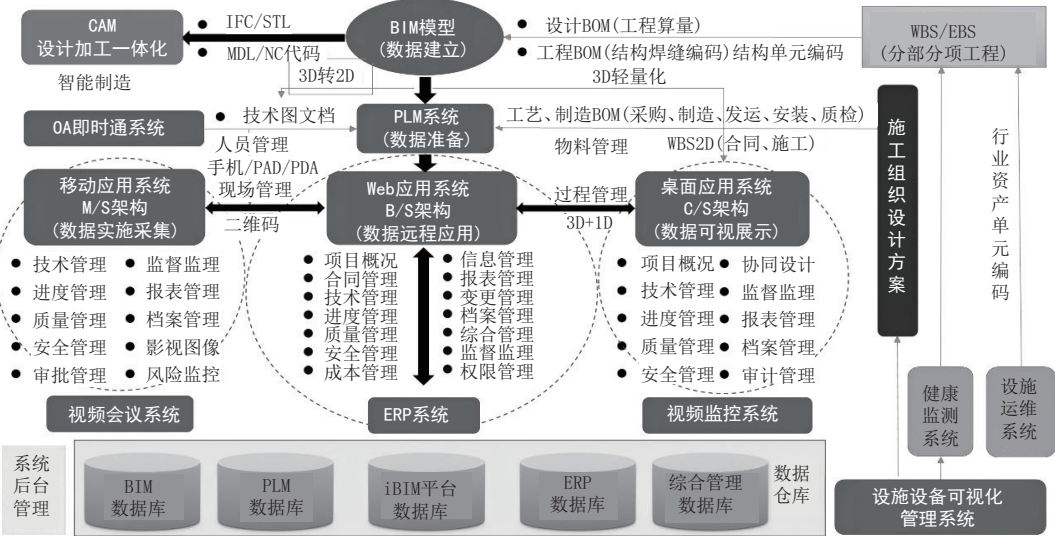


图1 钢箱梁制造管理体系

板材智能下料切割生产线,通过板材切割下料管理系统与车间制造执行智能管控系统的融合,将操作数据经由套料软件,通过智能物联网inIoT下发到作业数控切割机器,实现数控切割设备直接从系统读取下料程序,并实时反馈切割数据和收集加工作业数据,最终以报工形式传入MES系统,从而实现自动报工。

板单元智能焊接生产线能够自动获取工件信息并生成焊接程序。使用电子和机械跟踪器对焊缝进行精准定位和跟踪,通过焊接群控系统采集焊接参数。U肋与板单元的焊接质量稳定可靠。板单元数字化焊接车间的各种生产设备和工位机通过有线和无线网络与MES系统互联。

2 基于精益生产理论的MES系统

本文中的MES系统指适用于中铁山桥(南通)有限公司(简称“中铁山桥公司”)的生产管理系统,包括系统的建设背景、结构设计、功能设计等内容。

2.1 MES系统建设背景

作为典型的大型钢结构生产企业,中铁山桥公司在生产和运营过程中,面临越来越复杂的产品结

构,生产周期逐渐拉长。面对越来越多的市场订单,企业规模不断扩大,按照传统的手工方式管理生产任务、监控质量跟踪、统计生产成本,已经无法满足企业的管理需要,因流程错误、信息不及时造成的管理成本越来越高。因此,以精益生产为目标,带动自主创新能力的提升,引领行业技术的进步,打造精益生产管理模式下的钢箱梁制造MES系统,可以有效保障企业有序、协调、高效地生产^[3]。

相较于国外的研究方向,目前国内的研究方向主要集中在MES系统的开发和应用上。本文的研究方向并不仅仅局限于MES系统的功能研发,更深入到钢结构生产制造领域,实现了基于精益生产理论的生产制造执行系统开发与应用。中铁山桥公司研发了基于BIM技术的制造云平台iBIM作为核心系统,与PLM、ERP、iWeld、inIoT,以及智能涂装管理系统进行集成,打造出基于精益生产且适用于钢箱梁制造的生产制造执行系统(见图2)。

2.2 MES系统架构设计

针对钢箱梁制造行业目前在生产现场管理中存在的种种弊端,以及企业生产现场管理面临的种种需求,结合制造执行理论、精益生产理论、看板管理

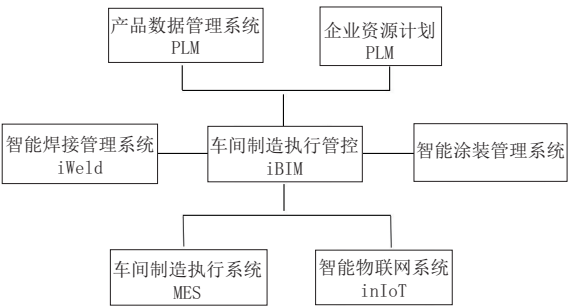


图2 集成式车间制造执行系统

等先进管理思想,以及先进的IT技术,提出MES系统必须包含对从原材料上线到成品入库全过程的实

时数据采集、控制和监控^[4]。基于精益生产目标的MES系统,是从生产计划的下达,到成品的出货,对整个过程进行实时数据采集、监控、管理的软件系统。以MES软件为核心,将数据采集技术、移动计算技术、自动化控制技术、数据库技术与敏捷制造、精益生产、工业系统工程理论有机结合,填补以企业资源计划(Enterprise Resource Planning, ERP)为代表的计划层和以HMI为代表的控制层之间的沟壑,实现生产现场的透明化管理。根据这一设计思想,其系统架构设计如图3所示。



图3 MES系统架构设计

系统利用中铁山桥公司私有的云服务,从钢箱梁制造车间生产计划、过程协同、资源管控、质量管控、决策支持,以及车间信息的互联互通6个方面着手,通过智能仓储、计划排产、物流管控、精度管控等功能模块,实现制造车间生产过程的自动化、信息化、网络化、智能化管理。应用MES系统从ERP、PLM系统读取主生产计划和工艺数据,实现车间数字化排产。利用自主开发的模型轻量化技术,方便在移动端查看BIM模型、图纸、工艺和检验规程等文件,指导作业及时、准确。应用终端扫码报工、报验,采集生产数据,实时反映板单元的制造进度。规范处理问题,与质量监督检查高效协同,同时实现产品生产过程可追溯。通过调度指挥中心远程监控,及时掌握现场施工动态,及时预警纠偏,保障生产可控。

2.3 MES系统功能设计

基于精益生产理论的MES系统,应重视生产现场的工艺路线、资源追踪、实时分析等管理功能,系统功能设计如图4所示,为企业提高生产效益。从现场管理的角度看,MES系统集成了企业生产现场各单位的各项数据,得到运作所需的信息,以提升生产效率。MES系统集成相关数据采集和信息显示的硬件配备。精益生产化的MES系统,采用模块化的

功能设计,针对企业的需求作出弹性的模块搭配,将建设和升级成本降至最低^[5]。基于精益生产的MES不仅是一个独立的系统,还是整个企业信息化中的重要组成部分,其与企业的PLM、ERP、iWeld、inIoT及智能涂装管理系统进行集成,组成企业级的信息管理系统。

2.3.1 研发设计协同与应用

建立产品设计、工艺数据与图纸、文档管理的一体化管理平台,统一标准规范和设计过程,提供钢箱梁产品制造从零件、构件到梁段的产品全生命周期管理;加强对文档、图纸、数据的高效利用,使工作流程更加规范化;减少纸质图纸的发放份数,以电子单据代替纸质单据,提高无纸化程度约80%。提升研发设计应用能力,为下游的采购、生产提供完整的数据支撑。以在建钢结构制造项目为实施载体,以关键制造环节的信息化为核心,以智能物联网为支撑,通过信息交互,实现桥梁钢结构项目整个生产过程的协同设计和流程优化。

2.3.2 生产排产管理

聚焦生产计划、生产执行,以技术驱动生产,在线上编制生产计划和生产进度,自动接收PLM系统下发的BOM数据,并对数据进行生产计划管理,系

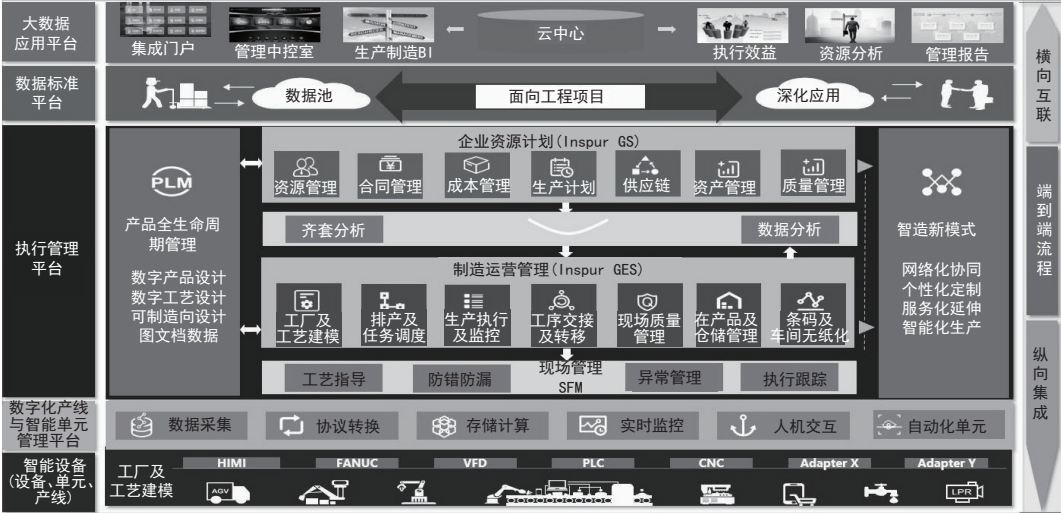


图4 MES系统功能设计

统地生成工单生产计划任务。生产保障部结合当前的生产任务做出生产月度计划,并根据车间各工段的生产能力派发生产任务,按照项目、工单进行生产计划执行跟踪。生产调度根据月度生产计划进行筛选,实现实时对车间作业人员的任务下达。基于精益生产理论的准时性控制,可保障生产计划高度完成,提高生产过程中的工作效率,月均产量可提升19%,同时减少钢板库存积压约4 000 t。

2.3.3 生产制造执行

建立产品设计、工艺数据与图纸、文档管理的一体化管理平台,统一标准,通过与ERP系统对接,可以获取生产计划的相关信息。车间作业人员接收对应的生产工单后在工单管理板块进行发布,然后根据实际业务生成序列号,从序列号管理板块打印产品条码并进行粘贴,实现产品的序列号管理;依据序列号管理对已完成产品的部件进行报工,按照关键工序管控要求,在工位机或手机端进行实时报工,并将生产进度反馈到生产管理模块,提供实时的生产进度信息。

2.4 MES系统的应用效果

在实施应用MES系统的过程中,制造数据采用的是在生产全过程中贯通使用的、标准统一的最新数据;将生产计划、资源计划的管理做到结构化、信息化,在此基础上,由系统进行自动化分解,并由人工调整分解结果^[6];实现组织生产相关业务的全流程应用,企业除了在管理方面得到了很大的改善之外,工作效率和经济效益也都得到了明显的提高,相关提升内容如表1所示。

3 结 论

桥梁钢结构是中铁山桥公司的传统主营产品,

表1 地勘土体参数表

原业务情况	现业务情况	提升
纸质图纸和审批单份数较多	车间投入工位机,减少图纸发放份数,以电子单据代替纸质单据	无纸化程度提高约80%
每月平均产量14 000 t	每月平均产量17 000 t	生产效率同比提升19%
平均库存近39 000 t	平均库存35 000 t	库存积压同比减少10%
手工焊接工人较多	采用智能设备和系统降低了对人员的需求	相同吨位的产量,投入的人员数量减少1/3

处于国内领先、国际先进水平,占据市场领先地位。拥有百年发展历史的中铁山桥公司,肩负着贯彻落实国家发展战略、支撑国民经济转型升级、振兴民族工业的历史使命,有着其他企业不可替代的先天优势,在努力实现“国内领先、世界一流”企业发展目标,积极推动“3个转变”的背景下,通过建设基于精益生产理论的钢箱梁制造数字化车间MES系统,有利于提升中铁山桥公司整体的智能化制造水平,抢占未来发展的制高点,打造国内先进的桥梁钢结构智能制造车间。

参考文献:

[1] 鲁玉军,金倩倩.基于MES系统的精益生产计划与控制模型研究[J].经营与管理,2017(5):92-95.
[2] TB 10212—98,铁路钢桥制造规范:33—36[S].
[3] 李孝斌,尹超.面向生产过程云服务的制造执行系统[J].计算机集成制造系统,2016,22(1):177-188.
[4] 陈轩.面向MES的离散制造车间SCADA系统设计开发[D].南京:南京理工大学,2017.
[5] 王立志.物联网MES平台与精益生产的相互融合实践初探[J].机电技术,2017(3):113-116.
[6] 王晋.制造执行系统的研究现状和发展趋势[J].兵器装备工程学报,2016,37(2):92-96.