

制造执行系统助力打造轴承加工数字化标杆车间

瓦房店轴承集团精密传动轴承有限公司

摘要：中国制造的十大领域的五大重点之一即为智能制造，紧密围绕重点制造领域关键环节，开展新一代信息技术与制造装备融合的集成创新和工程应用。传统意义上，制造业被认为是将原材料转化为物理产品的过程，而实现数字化与自动化生产的工厂，被认为是制造单元。制造业的不断转型，通过MES（Manufacturing Execution System）制造执行系统进行集中控制，实现设备维护、物料拆分、生产计划及实施等全流程管理，系统的运用实现后端数据实时掌握，并自动生成报表，定期推送。实现智能排期，精准计算并一键下发到生产车间。根据生产计划，接收生产任务，生产完成后在线记录产品检测结果，更新速度快且产品一物一码，可溯源。满足企业在信息化生产管理领域不同规划阶段的要求使资源优化来降低成本，提升自身竞争优势，创造更多附加价值，使其与企业的整体战略高度契合。

企业简介：

瓦房店轴承集团精密传动轴承有限公司（以下简称传动轴承公司）成立于2007年，是瓦房店轴承集团全资子公司，2010年传动轴承公司被认定为大连市高新技术企业。

传动轴承公司现有员工220人，占地面积16700平方米，注册资本3000万元，总资产3.5亿元。年产量12万套，产值4亿元。主要生产内径100mm至外径950mm的各种规格轴承，产品结构类型包括圆锥滚子轴承、圆柱滚子轴承、调心滚子轴承等。拥有世界一流和国内领先的数控加工设备120余台，装备数控化率达96%，拥有多项核心加工技术。

传动轴承公司经过结构调整和转型升级，产品精度等级由P6级提高到目前的P5级以上。涉及的产品领域由单一行业发展到多行业领域。已经为世界500强企业以及国内外80余家重点用户批量供货，并称为国内外重点大型企业的战略客户。在风力发电、钢铁冶金、轨道交通、工业齿轮箱、石油、煤

矿、港口、水泥、造纸机械等领域占有一席之地。未来讲全方位发展中高端产品，积极与国际先进企业进行产品对标，大力研发国产替代进口和抢占国内外中高端市场。

一、制造执行系统助力打造轴承加工数字化标杆车间的背景

轴承加工数字化车间现已实现 5G 网络 100%覆盖，采用分层式网络架构，通过部署工业防火墙、工业网闸、开展网络安全检测等手段保障工业网络信息安全。应用 CAD 和 ROMAX 软件进行三维仿真设计，在产品实际制造前对产品进行全面模拟分析，以确保产品达到预期的质量、可靠性、性能和成本等要求。

使用制造执行系统和手持扫码终端实现物料实时跟踪，运用手持扫码终端扫码，实时采集各生产工艺环节生产数据，并传送到制造执行系统中，实现原材料在制品的流转追踪。人工控制生产过程，无法对原材料进行流转过程的实时追踪。利用条码技术为物料打上唯一的标识码，系统根据物料属性信息和标识码建立物料档案，并记录物料的生产供应流程。并将有关数据传送到制造执行系统中进行集中管理。物料实时跟踪，在系统中可随时查看原材料流转过程和生产进度。

通过 ERP 系统实现采购、销售、库存、财务以及生产管理，并与制造执行系统集成。ERP 系统根据原材料、库存以及设备状态，自动生成生产作业计划，通过 BOM 清单下达生产指令，由制造执行系统执行制造。

车间建有轴承数字化加工生产线和轴承装配线，全部设备均含有 PLC 控制系统，通过 OPC 接口实现数据自动采集与传输，通过 5G 网络传输到制造执行系统，实现对生产过程的实时监控。使用高档机床实现人际协同作业，数据自动采集比率 100%，自控比率 100%，数字化水平高。

在生产加工过程中使用手持扫码终端进行扫码，运用条码技术采集质量信息，数据实时传输到制造执行系统中。工艺数据收集完毕后，制造执行系

统进行全面追溯，根据条码识别每个产品的加工路径、所使用的原材料的来源以及具体生产过程等信息，实现产品批次管理和质量精准追溯。

制造执行的总体定位是工厂生产制造集成，因企业加工产品的规格种类繁多所涉及的工艺数据也各不相同，初始阶段需要工艺人员花费大量的时间来制作 BOM（Bill of Materials 指的是在产品制造阶段制定的物料清单），来确保在规定生产周期内将产品交付。企业操作者的平均年龄在 46-50 岁之间，对于他们来说接受数字化的系统也存在一定的排斥心理。故而实施制造执行要对企业生产管理流程进行重组和优化，因其涉及企业管理、工厂管理、生产管理、车间管理以及专题管理（如技术管理、人员管理等），要协调所有相关的管理人员、业务人员和技术人员，协调难度较大。从而制定了制造执行周例会，对每周发生的问题进行剖析，决策出执行方案循序渐进的推进制造执行运行。

二、制造执行系统助力打造轴承加工数字化标杆车间的主要做法

（一）系统模块管理

1. 主计划管理

市场工程部主要依据物流部下发的市场需求计划，该计划即为生产主计划，后续的生产组织和排产，都是依据该主计划进行，线下接收市场需求计划，在线下根据管理特点，进行相关信息的补充并进行审核，审核通过后导入制造执行系统，形成系统主计划，对主计划进行分解，即形成生产工单计划，对工单根据实际情况进行投产计划制定，投产计划确定后，生成该主计划的物料需求计划，该需求计划可以提供给供应链管理部作为采购参考。已经下达的主计划，可以根据实际生产情况进行完成情况监控。

市场工程部将确认好的市场需求导入制造执行系统，系统自动计算车工、磨工、装配的开始和结束时间。主计划分解后，生成外协工单、标准生产工单、装配工单、包装工单。在标准生产工单上填写“投料数量”，系统自动

识别余品数量，然后自动计算计划数量，计划数量=投料数量-余品数量。系统根据投料，自动生成物料需求计划，该计划可导出成 Excel 供采购部门参考，根据物料跟供应商对应关系，物料需求表中物料自动对应供应商。按计划根据生产进度和完工情况进行计划监控，主计划状态管理：“取消”和“拆单”状态需要计划人员手工调整，其他状态系统根据工单任务自动调整。

2. 生产准备模块

市场工程部的主计划分解后的生产工单为工作基础，在市场工程部对分解的标准生产工单进行投料后并工单进行展开，展开后可随时进行齐套，监控齐套进度，在标准生产工单的输入物料都齐套的情况下，对标准生产工单下达，下达的工单包含的工作，作业长可进行派工生产。

主计划分解出的工单完成投料后，市场工程部部以此组织生产，工单展开（依据制造 BOM），工单齐套（主要是物料齐套，根据物料需求，查询库存计算物料是否齐套）。如果未能进行齐套，则线下沟通直至系统能齐套成功，如果不能齐套，查询库存数量，决策是否需要根据已有物料拆单生产，如果要拆单，在系统进行拆单操作，对工单或者子工单下的工序任务制定计划并对工单进行下达，作业长依据工序任务时间按机台进行任务分派，打印工单二维码，放置在首工序物料中，对下达的工单进行进度监控和完工情况监控。

3. 作业执行模块

工序间加工人员先进行设备点检，接着接收工作任务，然后做工作开工检查：对仪器进行较准备，对物料、工具工装、相关资料进行检查确认，最后进行工作汇报。

机加工人员每班上班需扫描设备二维码开始设备点检，扫描产品二维码或者在任务列表接收作业长分配的工序任务。对接收的工序任务，做开工前的物资及资料检查。对已通过开工检查的任务，进行开工。

加工完成的首件，机加工人员进行首件自检并填写检验记录系统自动生成首件专检给检查员，检查员扫描产品二维码做首检专检并填写检验记录。机加工人员加工过程中定时扫描产品二维码做自检汇报，检查员定期巡检，扫描产品二维码填写巡检记录。如果工序需要做末件检，机加工人员最后一件加工完后，进行末件自检汇报系统自动生成末件专检给检查员。检查员扫描产品二维码做末件检验并填写检验记录，机加工人员提交检查员确认的专检，检查员扫描产品二维码对检查员确认的专检进行确认，填写不合格数量，如果不合格数量为 0，则填写 0 即可，机加工人员做完工汇报。

说明：系统转工序前判断合格数量+余品数量 $\geq$ 成品订单计划数量。

4. 质量管理模块

质量检验管理是整个生产过程中机加工车间半成品及装配后的成品的检验，是保证产品质量的基础工作。同时在检验过程中，对于检验不合格的不合格品进行不合格品后续处置的流程的管理。

检查员查找检验任务（线下检查接收待检验物资数量），检验物资齐备后检验工序开始检验。检验完后做检验数据填写，并进行检验判定，如果是多人检验，需要采集多人信息，或者多人检验后，由一个人负责填写检验记录并判定。如果检验品是单件追溯的，需要每件进行检验项数据填写。检验中如果有不合格品，进入不合格品评审流程完成后续操作。检验全部完成后，进行检验工序完工汇报，检查员扫描批次或者序列号二维码接收工序专检任务或者接收检验工序任务，填写检验记录。

如果系统判定不合格，自动生成不合格品通知单。检验人员对不合格品通知单发起评审，由工艺人员或者质量工程师进行评审并给出处置意见。生产人员（班组长）对处置意见进行确认。如果接收处置意见，就按处置结论处置，处置结论分①返工返修：系统会自动生成返工返修工单；②让步接收：操作工在报工时将让步接收数量加入合格数量报工；③报废：系统会记录报

废数量，在半成品报工时进行废品消耗。如果生产人员（班组长）不接收处置意见，则升级评审，操作工按照升级评审的结论处置。

三、制造执行系统助力打造轴承加工数字化标杆车间的效果

（一）经济效益

车间建有轴承数字化加工生产线和轴承装配线，设备均含有 PLC 控制系统，通过 OPC 接口实现数据自动采集与传输，通过 5G 网络传输到制造执行系统，实现对生产过程的实时监控。通过数字化生产设备的运用，产品产量由原来的 9093 套增加到 186000 套，产量提高 1945.52%。生产效率由原来的 45 套/人/天增加到 70 套/人/天，生产效率提高 55%。生产装备水平提高，加工精度提高，产品质量提高。产品不良品率由原来的 0.19% 下降为 0.08%，不良品率下降 57%。

（二）社会效益

车间使用的生产设备均为节能环保型新设备，设备能耗低，可实现绿色生产。车间单位产值能耗由 0.01 吨标准煤 1 万元下降为 0.009 吨标准煤/万元，节约能源 10%。数控机床、数控磨床等加工设备中均配有光电保护装置、安全防护装置等安全设施，保障操作人员的人身安全，实现安全生产。通过制造执行系统开展设备巡检，加强对车间设备管理，避免人工漏洞所造成的安全隐患，工伤事故率 0%。

指标项	建设完成前	建设完成后	提升/降低比例（%）
关键工序数控化率（%）	10	95	850
机器人密度（台/万人）	0	0	0
生产效率（平均产量/人/天）	45	70	55
产品不良品率（%）	0.19	0.08	57

（说明：流程行业关键工序数控化率是指关键工序中过程控制系统如 PLC\DCS\PCS 等的覆盖率；离散行业关键工序数控化率是指关键工序中数控系

统如 DNC\CNC\FMC 等的覆盖率)

(三) 示范性和可复制性可推广性

运用 CAD 和 ROMAX 软件进行三维仿真设计。在产品实际制造前对产品进行全面模拟分析,以确保产品达到预期的质量、可靠性、性能和成本等要求,提高产品质量和客户满意度。ERP+制造执行实现企业综合管理。通过 ERP 系统实现采购、销售、库存、财务以及生产管理,并与制造执行系统集成。ERP 系统根据原材料、库存以及设备状态,自动生成生产作业计划,通过 BOM 清单下达生产指令,由制造执行系统执行制造。

运用条码技术实现产品批次管理和质量精准追溯。在生产加工过程中使用手持扫码终端进行扫码,运用条码技术采集质量信息,数据实时传输到制造执行系统中。工艺数据收集完毕后,制造执行系统进行全面追溯,根据条码识别每个产品的加工路径、所使用的原材料来源以及具体生产过程等信息。

5G+柔性生产+数据实时采集与监控。利用 5G 网络具有大连接低延时的特点,将车间生产设备和制造执行系统实现连接,提升数据采集及时性的同时,为生产流程优化提供网络支撑。通过优先级配置方式,为生产环节提供适合的网络控制力和性能保障。