

轮胎行业智能制造分析

沈爱华

(安徽佳通乘用车子午线轮胎有限公司, 安徽 合肥 230601)

摘要：智能制造是《中国制造 2025》的主攻方向之一。为适应工业 4.0 和《中国制造 2025》，中国轮胎工业必将进入智能制造时代，届时轮胎制造过程将实现自动化、信息化、网络化和智能化。本文通过阐述智能制造的大背景、国际轮胎制造大国智能制造发展计划及罗列国内积极推行智能制造的轮胎生产企业、轮胎行业面临的挑战与压力，引出了智能制造核心内容：设备智能化、检测智能化、物流智能化、数字化/信息化，并逐项解释；再通过分析国内轮胎行业智能制造现状，引出轮胎智能工厂具体发展方向：设备智能化、检测智能化、物流智能化、MES、基础，并逐个工序列表介绍；最后通过对万力、韩泰、森麒麟等实际案例介绍，展示智能工厂的魅力。

关键词：智能制造；自动化；信息化；网络化和智能化

中图分类号：TQ330.44

文献标识码：B

文章编号：1009-797X(2025)07-0017-10

DOI:10.13520/j.cnki.rpte.2025.07.005

0 引言

智能制造是《中国制造 2025》的主攻方向之一。轮胎工业作为汽车工业发展的基础，在国民经济发展中起到非常重要的作用，其整个设计、制造、仓储、运输、销售和售后跟踪服务周期很长，需要花费大量的人力、物力和财力，进行轮胎工业的改造意义重大。利用智能制造的数字化、信息化、网络化和智能化技术可以有效的提高轮胎的质量，降低轮胎的制造成本，增加轮胎设计、生产、销售和服务的效率，因此，智能制造技术在轮胎工业大有可为。

1 智能制造大背景

生产制造历经自动化、量产化、全球化发展历程后，世界制造强国纷纷推进制造业向智能化、自动化转型，以快速反应或预测市场需求；产业供应链垂直与水平数字化、智能化，成为全球抢单竞争关键。

当前，新一轮科技革命和产业变革不断深入，制造业数字化、网络化、智能化融合发展，正在不断突破新技术、催生新业态。智能制造已成为推动制造业转型升级、加快制造业高质量发展的重要抓手。

智能制造大背景主要源于人类社会的进步、经济的发展以及技术的迅猛进步。随着互联网技术、大数据技术、物联网技术、人工智能技术和机器人技术的发展，工业 4.0 技术的应用越来越广泛，智能制造已经成为新的主流。智能制造时代的特色包括智能设备

的普及，智能传感器、智能控制器和各种电子设备的应用范围不断扩大，可以实现自动化检测、控制和数据采集。

1.1 国际轮胎制造大国智能制造发展计划

美国 2011 年推出“APM”计划，借此重新取得国际制造业竞争力领先地位；德国 2012 年推动“工业 4.0 计划”，借此维持在全球制造领域的竞争优势；日本 2013 年推出“日本产业重振计划”，通过设计和研发来重振制造业；韩国 2014 年提出“制造业创新 3.0 策略”，协助中小型制造业建立智慧化与最佳化生产程序；中国 2015 年宣布实施“中国制造 2025”，实现制造业升级，力争到 2025 年从制造大国迈入制造强国行列。

轮胎智能制造的发展与创新是每一个轮胎企业发展的主要方向，而对于传统的轮胎制造业来说，转型与升级已经是轮胎企业能否继续生存并健康发展下去的关键所在。国内的许多轮胎企业都在努力的进行着，基于自身的基础和条件寻找适合自己的转型升级之路，通过智能制造方面的投入，提高企业的生存力和竞争力。

作者简介：沈爱华（1972-），男，高级工程师，本科，目前主要从事轮胎设备管理及轮胎工艺与设备开发工作，曾获得合肥市第二届职工技术创新成果奖三等奖，被授予“合肥市金牌职工”荣誉称号，已发表多篇论文。

1.2 国内积极推行智能制造的轮胎生产企业

轮胎智能制造的发展与创新是每一个轮胎企业发展的主要方向,而对于传统的轮胎制造业来说,转型与升级已经是轮胎企业能否继续生存并健康发展下去的关键所在。国内的许多轮胎企业都在努力的进行着,基于自身的基础和条件寻找适合自己的转型升级之路,通过智能制造方面的投入,提高企业的生存力和竞争力。例如:浦林成山、三角、玲珑、森麒麟轮胎、赛轮轮胎、万力轮胎、风神轮胎、通用股份等。

1.3 轮胎行业面临的挑战与压力

面临劳动人力、土地供应、人均产值成长超缓、竞争力衰退课题。

市场上遭遇日、韩、台湾及欧美大厂积极抢单及国内轮胎生产商双重夹击的严峻挑战。

提升产业自身的生产效能及降低成本,减缓轮胎产业面临贸易保护主义抬头之冲击。

1.3.1 轮胎行业面临的外部挑战

市场快速变化,传统生产制造形态追求低廉劳力,大量生产,市场现状是:产品生命周期短,面对如何少量多样化大量客户化需求;轮胎制造版图重新洗牌,由国内轮胎厂商抢占量产市场,发展为工业国家抢占客户化市场;资源与环境课题,全球生产要素资源有限(土地、人力、水电),面临环保与发展压力;轮胎产能还在不断扩张且新设工厂都往智能制造发展。

1.3.2 轮胎企业面临的内部压力

人均产值成长超缓,生产管理联网化,企业管理巨资化,协助劳工提高,工作品质与效率;劳动人力不足,导入智能化设备,解决缺工、工资上涨,等人事人本问题;营运模式待转型,建立营销网络大数据,从BtoB转型Bto(B+C)系统。

2 智能制造核心内容

2.1 以“两化融合”为总框架推动智能制造

两化融合就是“以信息化推动工业化,以工业化促进信息化,走新型工业化道路,通过跨越式发展,实现中国版的“工业4.0”,见图1。

2.2 智能制造的核心内容

智能制造的核心内容:设备智能化、检测智能化、物流智能化、数字化/信息化。

2.2.1 设备智能化

智能设备是指任何一种具有计算处理能力的设备、器械或者机器。智能设备是传统电气设备与计算

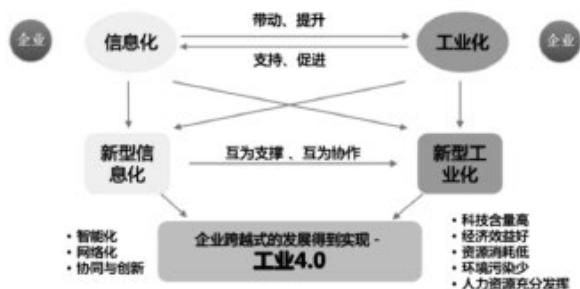


图1 两化融合示意图

机技术、数据处理技术、控制理论、传感器技术、网络通信技术、电力电子技术等相结合的产物。功能完备的智能设备必须具备灵敏准确的感知功能、正确的思维与判断功能以及行之有效的执行功能。

“自动化”是智能制造的有益支撑,但不是必要条件。过度追求自动化可能会导致建设成本激增和柔性的降低。

2.2.2 检测智能化

设备状态监测系统。

在重要设备上安装传感器,实时监测设备的运行情况,实时在线监控并诊断设备状态,能早期发现设备异常状态的预知保全系统;防止突发性设备故障,设备高效运行,根据检测数据在故障发生前,计划保养时间并实施。

2.2.3 物流智能化

智能物流是利用集成智能化技术,使物流系统能模仿人的智能,具有思维,感知,学习,推理判断和自行解决物流中某些问题的能力。

智能物流就是利用条形码、射频识别技术、传感器、全球定位系统等先进的物联网技术通过信息处理和网络通信技术平台广泛应用于物流业运输、仓储、配送、包装、装卸等基本活动环节,实现货物运输过程的自动化运作和高效率优化管理,提高物流行业的服务水平,降低成本,减少自然资源和社会资源消耗。

2.2.4 数字化、信息化——制造信息技术核心“MES”

高性能计算平台搭建,基于智能工厂数据海量、多维、异构的特点,搭建虚拟化与高并发计算集成的硬件环境。

业务协同,基于服务管理的跨域、跨部门、跨系统数据集成与业务协同。

海量数据存储与处理,海量结构化与非结构化数据存储。

数据的高并发处理，数据智能分析。
基于动态知识库的结构化技术。
基于数据挖掘技术轮胎质量管理。
终端适配，多终端适配技术，影像数据在智能终端显示技术。
安全与监控。

3 国内轮胎行业智能制造现状
3.1 国内轮胎行业 MES 及自动化应用状况

国内轮胎行业 MES 及自动化应用状况见表 1。

表 1 国内轮胎行业 MES 及自动化应用状况					
公司名称	MES 应用状况				
	密炼 MES	预备 MES	成型 MES	硫化 MES	成品检测
普利司通	奥驰实达与普利司通合作开发				
米其林	自主开发				
大陆	采用罗克韦尔平台软件，自主开发				
森麒麟	鑫海智桥				
三角	青岛软控				
金宇	青岛软控				
中策				多供应商开发	
锦湖	自主开发				
万力	罗克韦尔				
玲珑	青岛软控				

3.2 国内轮胎行业智能制造现状（PCR）
国内轮胎行业智能制造现状（PCR）见表 2。

表 2 国内轮胎行业智能制造现状（PCR）			
工段	项目	自动化方式	应用厂家
预备	部件存储（胎面、胎侧、钢圈、帘布、带束层、内衬）	立体库	山东三角、森麒麟、耐克森、韩泰
	预备至成型部件转运	AGV（RGV）	山东三角、森麒麟、耐克森、韩泰
成型	成型 → 硫化转运	提升机 + 倍速链 托抱式悬挂链	广州丰力 倍耐力
		EMS	山东三角、森麒麟、韩泰
硫化	生胎分拣、存储及转运	立体库 + 倍速链 + 托盘桁架机械手	厦门正新（皮带运输）
	硫化机台 → 成品修剪转运	立体库 + EMS 输送带自动转运	森麒麟、耐克森、韩泰 大部分轮胎厂已实施
检验	成品外检 → 均动试验机	输送带自动转运 + 自动分拣	山东金宇、赛轮、倍耐力、山东恒宇、森麒麟安徽佳通
	均动试验机 → 成品库入库区	输送带自动转运	
	成品分拣	龙门机械手分拣 + 自动上架 重力库分拣 + 机器人装笼	山东金宇、赛轮、倍耐力、山东恒宇、森麒麟 米其林
成品库	成品存储	立体库	山东恒宇、森麒麟、韩泰、赛轮、三角、芜湖双钱
	成品出库	RGV+AGV	

3.3 国内轮胎行业智能制造现状（TBR）
国内轮胎行业智能制造现状（TBR）（见表 3）。

表 3 国内轮胎行业智能制造现状（TBR）			
工段	项目	自动化方式	应用厂家
预备	部件存储（胎面、胎侧胎肩三角胶、钢圈、帘布、内衬、子口带束层、内衬预复合、子口预复合、软三角）	立体库（密集库）	韩泰、万力
	预备至成型部件转运	AGV	合肥万力、青岛双星
成型	成型 → 硫化转运	机器人 + 倍速链 提升机 + 倍速链	青岛双星 中策
		立体库 + 倍速链 + 托盘桁架机械手	青岛双星、合肥万力
硫化	生胎分拣、存储及转运	立体库 + AGV	新安江中策
	硫化机台 → 成品修剪转运	输送系统自动转运	大部分轮胎厂已实施
检验	成品外检 → 均动试验机	输送带自动转运 + 自动分拣	合肥万力、青岛双星、安徽佳通、八一轮胎
	均动试验机 → 成品库入库区	输送带自动转运 + 自动分拣	
	成品分拣	龙门机械手分拣 + 自动上架 重力库分拣 + 机器人装笼	下沙中策、韩泰 米其林
成品库	成品存储	立体库	合肥万力、青岛双星、韩泰
	成品出库	RGV+AGV	

3.4 国内轮胎行业智能制造现状（原材料 & 密炼）
国内轮胎行业智能制造现状（原材料 & 密炼）见表 4。

4 轮胎智能工厂发展方向
设备智能化、检测智能化、物流智能化、MES、基础，具体如下：

表 4 国内轮胎行业智能制造现状（原材料 & 密炼）

工段	项目	自动化方式	应用厂家
原材料	原材料存储	立体库（密集库）	合肥万力、八一轮胎
	原材料至密炼转运	AGV（RGV）+ 提升机	合肥万力
密炼	密炼胶料存储	立体库（密集库）	合肥万力（全钢）、八一轮胎（全钢）、广州丰力（半钢）、山东三角（半钢）
		无动力辊道库	山东三角（半钢）
	密炼内部胶料转运	立体库 + 倍速链 + 托盘桁架机械手	合肥万力（全钢）、山东三角（半钢）、广州丰力（半钢）
	胶料转运至预备	立体库 + 皮带输送	广州丰力（半钢）
	小粉料存储、转运	RGV+AGV	广州丰力（半钢）
	快检取片	自动取片 + 皮带转运	合肥万力（全钢）、广州丰力（半钢）

4.1 原料、密炼工序

原料、密炼工序（见表 5）。

4.2 预备工序

预备工序见表 6。

表 5 原料、密炼工序

	内容
设备智能化	密炼自动叠胶收取、自动上托盘、自动转运
	密炼胶片自动取样
	胶料破碎混匀系统
	开炼机自动翻炼
	小粉料自动称量、制袋、套袋、喷码、取料
检测智能化	母炼供胶胶片自动切片 & 称量
	密炼机转子、侧壁、卸料门冷却水独立温度控制
	排胶温度以卸料门和侧壁两点控制
	密炼主减速机、转子、主电机（预知保全）
物流智能化	螺杆\压片\开炼机减速机、主电机（预知保全）
	原材料、密炼胶料立体库存储
	原材料、密炼胶料 AGV(RGV) 转运
	小粉料皮带输送
MES	快检样片气力输送
	密炼车间 MES 系统（所有密炼机、小粉料称量、炭黑（油）输送）
	密炼作业检点电子化系统
基础	密炼车间胶盘 RFID 防错
	设备联网与数据采集、厂房布局优化、上层系统的数据支持

表 6 预备工序

	内容
设备智能化	压延机、压出线喂料堆积胶自动管控 - 自动供胶
	自动纠偏、胶片贴合自动定位
	纤维帘布裁断帘布自动定中，自动裁断，自动切换工位，恒张力卷取
	钢丝圈缠绕机钢丝圈自动收取装置
	钢丝圈贴合机自动放钢丝圈、收取、自动称量装置
检测智能化	胎面收取大卷化，自动化
	JF 在线挤出
	钢丝 / 纤维压延机测厚及厚度自动调节
	内衬测厚、测宽；测宽自动调节
	胎面轮廓在线扫描，胎面测宽调速反馈
	胎侧轮廓在线扫描，测宽调速反馈
	带束层宽度及错位检测
	帘布层宽度及错位检测、帘布接头量自动检测
物流智能化	露铜检测：压延机、小角度裁断机、帘布裁断机
	开炼机主减速机、主电机（预知保全）
	押出主减速机、主电机（预知保全）
	压延主减速机、主电机（预知保全）
MES	部件立体库存储
	预备至成型部件 AGV(RGV) 转运
	钢丝圈自动轨道传输
基础	预备车间 MES 系统
	预备车间作业检点电子化系统
	预备车间胶盘供料 RFID 防错
	设备联网与数据采集、厂房布局优化、上层系统的数据支持

4.3 成型工序

成型工序见表 7。

表 7 成型工序	
内容	
设备智能化	一次法成型机 二次法运输带自动定长, 自动供料, 纠偏 二次法各部件导开张力自动控制 胎胚自动称重 自动贴扫码装置
检测智能化	帘布、带束层、胎面等接头间距自动检测 生胎立体库
物流智能化	生胎托抱式悬挂链传输 运输线自动喷粉
MES	成型车间 MES 系统 成型机供料 RFID 防错
基础	设备联网与数据采集、厂房布局优化、上层系统的 数据支持

4.4 硫化工序

硫化工序见表 8。

表 8 硫化工序	
内容	
物流智能化	生胎立体库 导轨机械手/EMS 小车 倍速链托盘输送机
检测智能化	自动扫码称重
MES	硫化车间 MES 系统 生胎托盘 RFID
基础	设备联网与数据采集、厂房布局优化、上层系统的 数据支持

4.5 成品检验工序

成品检验工序见表 9。

表 9 成品检验工序	
内容	
设备智能化	龙门机械手 分拣机械手 自动装笼/码垛机 自动修剪机
检测智能化	标识度检查
物流智能化	条码扫描分拣 自动输送系统
MES	成检车间 MES 系统
基础	设备联网与数据采集、厂房布局优化、上层系统的 数据支持



图 2 智能立体库



图 3 智能胶料立库



图 4 双工位堆垛机

储及 IHI 钢丝压延机、FISCHER 裁断机等的使用, 提高了各生产部件的精度。通过四大智能立库, 有效降低了生产中间环节库存, 保证了部件及半部件品质。

通过智能化监控, 我们可以从屏幕上看到各个部

4.6 成品仓库

成品仓库见表 10。

表 10 成品仓库	
内容	
物流智能化	成品立体库 RGV/堆垛机出入库 自动拆垛
基础	仓库布局优化、信息系统支持

5 实际案例介绍

5.1 合肥万力全钢智能轮胎工厂介绍

单个 TBR 轮胎全工艺流程生产时间从 48 h 降低至 30 h, 人均产值达到 332.58 万元/年, 是传统模式的三倍。其中的奥秘在于运用“海陆空”全自动输送链: AGV 及 RGV 小车、EMS 空中输送小车、倍速链及提升机串联四大智能立库, 实现自动物流提升了整体物流效率, 同时还从每个生产工艺抢时间。

传统胶料仓库储存占地面积大, 而且需要叉车和司机共同作业, 胶料缓存过程较慢。合肥万力轮胎智能工厂使用了胶料、钢丝帘布、胎体胎侧内衬层、胎胚四大智能立体库, 使空间利用率提升 10 倍以上, 见图 2。

智能胶料立库共有 2 462 个库位, 可储存胶料 1 500 t, 见图 3。

4 台双工位堆垛机、2 套提升机及 AGV 物流运输系统, 实现胶料的实时自动收取、自动上料、自动输送等。1 min 内可完成 6 次出入库, 见图 4。

厂区内共有 38 台 AGV 小车, 负责运输胶料、部件等。

AGV 小车将卷取好的胎面和胎侧等部件, 按照设定好的路线, 运输至下一环节。

首先是原料及部件的质量稳定, 除了关注最主要原材料胶料的稳定, 还通过炭黑分月储罐及日储罐存

件的完成率情况。

成型所需要的半部件均由 AGV 小车、EMS 系统自动输送到成型上料工位。

成型后的胎胚经过自动称量、自动贴合条形码、

FRID 绑定后, 自动输送到胎胚立库。

硫化车间智能化生产设备能够以 2 m/s 的行进速度自动输送至硫化机存胎器进行硫化, 30 min 内完成 15 台机位的输送。

无人值守的硫化车间, 智能化的硫化车间基本实现无人值守, 颠覆了传统生产工艺。

桁架机器人将成型的胎胚抓取至存胎器进行硫化。

龙门分拣堆垛机器人, 龙门机器人主要用于待检(均匀性、动平衡)轮胎的临时存放, 提高生产效率。

在终检环节采用 X 光机等设备, 实现自动分拣、自动检测、自动判级, 自动标识、不合格品自动隔离。不漏检不漏判, 检验结果无人工误差, 准确可靠。

除此之外, 生产的全过程通过条码识别系统及 MES 系统对轮胎规格及检验结果进行区分和信息绑定, 实现了工艺全过程的识别与追溯。

龙门分拣堆垛时间为 24 s, 满足动、均检验时间要求。龙门分拣堆垛机器人主要用于待检轮胎的临时存放和重新上线, 提高生产效率。

5.2 韩泰智能轮胎工厂介绍

采用轨道式 RGV 进行原材料的转运, 节省了叉车和人员使用, 减少了安全事故的发生, 提高了劳动生产率, 见图 5。



图 5 轨道式 RGV

采用立体仓库保管原材料, 保证了原材料的先入先出。避免原材料因存放条件造成的品质下降, 确保轮胎质量, 见图 6。



图 6 立体仓库

使用立体库 + 叉车式 AGV 转运的方式。节省了叉车和人员使用, 提高了厂房的使用率, 减少了安全事故的发生, 提高了劳动生产率, 见图 7。



图 7 立体库 + 叉车式 AGV 转运

使用悬挂链或 EMS 小车转运成型机生产的生胎胚, 生胎在空中运行, 节约了地面空间。

使用立库暂存生胎, 提高了生胎存放的空间利用率, 实现了生胎的智能化管理。避免生胎无序摆放造成的生产上的困难, 保证了生胎的品质。

使用 EMS 小车为硫化机提供硫化生胎, 生胎在空中运输, 避免了生胎遭到污染。节约了人力成本, 避免人员在转运时可能发生的安全事故。

单胎运输带输送方式, 见图 8。



图 8 单胎运输带输送方式

- (1) 通过适用 CELLCONVEYOR 确保空间效率;
- (2) 规格分别保管。

龙门分拣手 + 立体库, 相比传统三层或四层铁制货架, 大大减少了轮胎存放所需要的空间。实现了轮胎的智能化信息化管理, 见图 9。

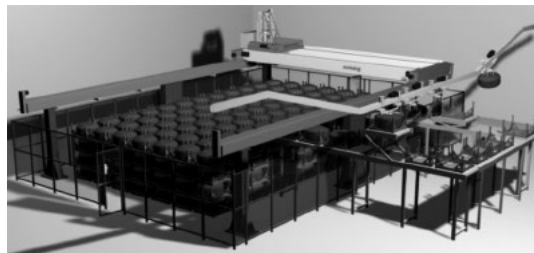


图 9 龙门分拣手 + 立体库

根据轮胎规格分类, 装载到托盘上, 装好轮胎的

托盘转移入库，自动贴标机，节约人工。

5.3 森麒麟智能轮胎工厂介绍

叉车式 AGV 转运的方式。节省了叉车和人员使用，提高了厂房的使用率，减少了安全事故的发生，提高了劳动生产率，见图 10。

每个生胎放在一个单独的铁架里，铁架里有塑料托盘，承托生胎。龙门机械手将铁架依次码垛，生胎在龙门库区内暂时存储。需要时，再由龙门机械手将生胎取出，见图 11。

使用 EMS 空中小车为硫化机提供硫化生胎，生胎在空中运输，避免了生胎遭到污染。节约了人力成本，避免人员在转运时可能发生的安全事故，见图 12。

使用输送带输送轮胎，自动修剪机对轮胎胎毛进行修剪，降低了人的劳动强度，保证了成品轮胎的质量，见图 13。

利用了龙门机械手对轮胎进行了码垛处理，便于下一步骤，轮胎随时取用，见图 14。



图 10 叉车式 AGV 转运



图 11 龙门库区



图 12 EMS 空中小车



图 13 自动修剪机



图 14 龙门机械手

5.4 通用股份 5G 智能轮胎工厂介绍

通用股份 5G 智能工厂于 2021 年全面部署，旨在打造行业工业 4.0 样板工厂。工厂引入大数据、云计算、人工智能等先进技术，实现全流程智能化生产管理，见图 15。

通用半钢胎工厂，拥有行业领先的“黑灯车间”。在无照明、无人工干预的情况下，整条生产线可 24 h 不间断生产。这能够节约用工成本 50%，提升生产效率 40%，降低运营成本 20%，见图 16。



图 15 通用股份全钢工厂



图 16 通用股份半钢黑灯车间

通用股份全钢 5G 智能工厂硫化生产车间，全程自动化操作。在“黑灯”运作的胎胚立体库区域，传

统的重体力劳动被智能设备取代。胎胚立库的堆垛机根据上位机调度软件指令，自动完成胎胚出入库作业。

从胚胎被精准送入硫化机，只需一键启动，即可完成硫化作业从开模到合模的全过程自动化。

自动化设备有序运转、AGV 小车穿梭自如、操作人员寥寥无几……自动高效、干净整洁是通用股份智能工厂带来的最直观感受。面对数字化浪潮，公司通过“工业大脑”等技术，在行业率先打造“黑灯车间”以及“5G 破云智能工厂”，将新一代数字技术与传统的经营模式深度融合，实现从原材料入库到成品出库全过程的智能化生产，满足用户柔性化、定制化需求，该工厂先后被评为“国家级智能制造优秀场景”、“江苏智能制造示范工厂”等。

依托国内智能工厂经验，通用股份建设了泰国、柬埔寨两大海外生产基地。其中，柬埔寨工厂一期已全面达产，二期项目也在全面推进中。2024 年 6 月，通用国内半钢二期与泰国二期项目顺利投产。这标志着，通用股份在数智化、绿色化道路上，再上新台阶。

5.4.1 项目背景

通用股份积极探索运用数据赋能，2021 年在基于工业互联网平台的基础上，提升能耗装备监测数字化管理，率先针对全钢三厂建立了 5G 破云平台对能源消耗破值指数进行智能化管理，致力于打造行业破中和工厂，示范引领“双碳”目标加速落地。

5.4.2 项目内容

主要涉及 5G 专网建设，立体库、堆垛机、AGV 和桁架机器人等硬件设施，以及 WCS 库位管理系统、WMS 调度系统以及 EMS 生产执行系统等软件系统的对接、集成等。

5.4.3 项目方案

项目建设方案主要包括厂区 5G 专网的布设、基于 5G 网络的 AGV 智能仓储系统以及 5G 破云能源平台等，主要技术指标需实现：AGV 小车整体控制时延低于 50 ms；设备综合效率 OEE 不小于 75%。

（1）5G 组网及 MEC 整体接入方案

项目破云智能工厂端到端网络由 5G 基站、5G 承载网和 5G 核心网组成，通过 MEC 实现用户面网元和控制面网元的交互，内外网业务融合互通。

5G 基站：5G 基站实现 5G 用户的接入和用户数据的空口传输。集中管理整个基站系统，包括操作维护、信令处理，并完成上、下行用户数据基带处理功能，提供基站与传输网络的接口，完成信息的交互。

5G 承载网：承载网的作用是将 5G 基站连接至核心网，实现 5G 用户信令和用户数据的传输。

5G 核心网：5G 核心网的功能主要是提供用户连接、对用户的管理以及对业务完成承载，作为承载网络提供到外部网络的接口。

（2）智能仓储建设方案

基于 MEC 的 AGV 指令卸载系统：将定位、导航、图像识别及环境感知等需要复杂计算能力需求的模块上移到 MEC 服务器上，同时，运动控制/紧急避障等实时性要求更高的模块仍然保留在 AGV 本体以满足安全性等要求，降低整体指令的运算与处理的时间成本。

5G 柔性 AGV 集群控制系统：由六部分功能组成。包括：

路径规划：群控系统需要多机器人的功能，以满足群控系统的静态地图上的路径规划、动态的路径跟踪、重新路径规划的目标。

地图管理：群控系统需要管理地图的功能，以满足群控系统进行地图的编辑、地图的下载、地图的上传、地图的派发、地图的切换等目标。

电池管理：群控系统还需要机器人电池的管理功能，以满足机器人在各种状态下的充电管理以及充电桩的合理利用，比如空闲条件下的充电任务和电量到达最低极限的充电任务管理。

心跳包收集：群控系统还需要收集和处理机器人心跳包数据的功能，满足群控系统对机器人电量、位置和姿态以及任务执行状态的实时把控，得以及时地对机器人的电量、姿态和任务进行高效准确的管理。

任务管理：满足群控系统对任务的接收、派发、划分优先级、分解等目标。

日志管理：满足群控系统对多机器人运行总体情况、任务执行的总体情况、机器人的电量消耗情况进行登记和记录。

基于 5G 专网的优先运输安全算法部署：

任务分配算法首先需要接收生产系统的任务，并对任务进行优先级排序并管理。

（3）能耗管理平台建设方案

利用 IOT-PLUS 数据采集系统对计量仪表、MES/DCS 等生产管理及控制系统实时数据采集并上传至智能网关和通过 5G 的方式进行上传。接入高低压配电系统各类传感设备，包括微机保护测控装置、多功能仪表、剩余电流传感器、直流屏、变压器温控仪、暖通仪表（水、冷热量、工业气体等）以及其他电源系统，包括柴油发电机、UPS、光伏、风力发电、

储能系统等。

构建智慧驾驶舱大屏，以能源管理为抓手稳步推进数字化管理，对各用能部门的能耗指标进行实时显示、统计、分析，实现对电、水、汽、热等运行状况的集中监控、故障告警。利用碳监测算法生成能源碳排放热力图，指导车间、设备、班组持续开展节能工作，实现“一屏观天下”，做到节能减排、资源优化，全面推进生产过程绿色化。

5.4.4 项目应用效果

在智能仓储方面，通过 WMS、WCS 系统细化过程控制，集成智能化立体库（AS/RS）、AGV 小车、智能输送线、货位探测器等仓储装备，利用 5G 网络通信、条码识别技术，物料管理系统等信息技术及精益管理手段，实现多种仓储作业管理，同时与 MES、APS 系统互联互通，实现服务于智能生产的配送管理，全面提升仓储、物流、生产的管理效率。

在能源管理方面，通过先进的 5G 专享网络模式，并结合 IOT-plus 数据前置采集系统对计量仪表、MES/DCS 等生产管理及控制系统开展实时数据采集，实现对全钢三厂水、电、气、热的自动计量，在此基础上进一步利用碳云平台对各用能部门的能耗指标进行实时显示、统计、分析，实现对电、水、汽、热等运行状况的集中监控、故障告警，以达到智能化能效管理和配电管理的目标。

5.4.5 创新点及推广价值

项目基于 5G 网络的 AGV 智能物流系统，利用 MEC 指令卸载技术解决了无线环境下 AGV 小车低时延通信的问题；基于 5G 的 AGV 柔性运输集群，解决了在漫布置 AGV 小车场景下，多点通信丢包的问题；同时还完成了基于 5G 专网任务优先运输安全算法的部署，具有较强的创新性。

同时，项目目前在通用全钢工厂密炼、硫化、材料、成型四个车间 500 多台设备，128 个重点点的综合能耗监测，通过实时监测、数据分析、节能预警，解决能源管理中的跑冒滴漏等管理漏洞。精准用能、节能评估使全钢工厂在产能持续平稳的情况下，实现每月用能同比降低 0.5%，年节约近百万元，具有良好经济性和推广价值。

6 结束语

未来轮胎工厂投新生产线将普遍会结合云、大数据、人工智能、区块链、5G 等先进技术，形成数字化、智能化、全球化的工业互联网平台。因此，作为轮胎企业，实施智能化改造，建设智慧型工厂必将是主流趋势。

参考文献：

- [1] 周济. 智能制造——“中国制造 2025”的主攻方向[J]. 中国机械工程, 2015,26(17):2 273-2 284.
- [2] 熊有伦. 智能制造[J]. 科技导报, 2013,31(10):1.
- [3] 古岛龙. 轮胎生产自动化、智能化应用和发展前景轮胎橡胶行业“以机代人”智能生产主题峰会暨 2015 中国橡胶杂志社年会论文集.
- [4] 孙怀建. 轮胎工业“以机代人”智能制造的机遇与挑战轮胎橡胶行业“以机代人”智能生产主题峰会暨 2015 中国橡胶杂志社年会论文集.
- [5] 黄培, 许之颖, 张荷芳编著, 智能制造实践. 清华大学出版社, 2021.
- [6] 辛国斌主编. 国家智能制造标准体系建设指南(2015) 解读[M]. 电子工业出版社, 2016.
- [7] 辛国斌. 主编. 智能制造标准案例集[M]. 电子工业出版社, 2016.
- [8] 国家智能制造标准化总体组主编. 智能制造基础共性标准研究成果[M]. 电子工业出版社, 2018.
- [9] 李海花. 工业互联网和工业大数据[J]. 科技中国, 2016(7).

Intelligent manufacturing analysis of tire industry

Shen Aihua

(Anhui Giti Radial Tire Co. LTD., Hefei 230601, Anhui, China)

Abstract: Intelligent manufacturing is one of the main directions of "Made in China 2025". To adapt to Industry 4.0 and "Made in China 2025", China's tire industry will inevitably enter the era of intelligent manufacturing. By then, the tire manufacturing process will achieve automation, informatization, networking, and intelligence. This article introduces the core content of intelligent manufacturing by elaborating on the

(R-03)

Ruike collaborates deeply with Yizumi to build a new benchmark in the automotive parts industry

(R-03)