

# 面向“互联网+”协同制造的 5G 虚拟智能制造专网建设

熊国源 乔侠 刘利华 杨磊 朱文涛  
(中信戴卡股份有限公司 河北 秦皇岛 066011)

**摘要:**“十三五”规划期间,国际形势多变,贸易保护主义抬头,中国铝合金汽车车轮企业需面对反垄断问题,解决质量和成本的矛盾,探索标准化智能工厂协同平台建设途径,提高全球化协同生产能力,增强企业综合竞争力。为此,中信戴卡股份有限公司在“十三五”规划期间,立足 5G 技术与工业互联网平台发展,着手建设面向“互联网+”协同制造的 5G 虚拟智能制造专网,不断深化企业的数字化基础设施,强化全产业链制造服务能力,实现全球化协同研发、集中采购和协同智造。

**关键词:** 5G; 工业互联网; 协同制造; 数字化

## 1 企业和项目基本情况

### 1.1 企业背景

中信戴卡股份有限公司(以下简称“中信戴卡”)是中信集团于 1988 年 5 月投资创建的中国大陆第一家铝合金车轮制造企业。2011 年,全资并购德国 KSM 铸造集团后发展为集铝合金车轮、动力总成、底盘、车身零部件、装备制造、模具制造和产品表面工程等多元业务板块为一体的汽车零部件制造企业集团。目前,中信戴卡在全球拥有 26 家制造基地,铝车轮国际市场占有率将近 30%,国内市场占有率达到 45%,在 2018 年全球汽车零部件百强供应商中排名第 65 位。

### 1.2 项目建设背景

“十三五”规划期间,传统汽车零部件企业面临巨大挑战。国际形势多变,贸易保护主义抬头,中国铝合金汽车车轮企业需面对反垄断问题,解决质量和成本的矛盾,探索标准化智能工厂协同平台建设途径,提高全球化协同生产能力,增强企业综合竞争力。在上述背景下,基于 5G 网络的工业互联和智能制造成为了重要抓手。

在工业互联网领域,5G 将构建工业发展全新生态。5G 与工业互联网结合,既可满足工业智能化发展需求,形成具有低时延、高可靠、广覆盖特点的关键网络基础设施,也将是新一代信息通信技术与工业领域深度融合所形成的新兴应用模式。

在智能制造和协同制造方面,5G 无线网络将成为核心。高性能 5G 无线网络连接工厂内的海量传感器、机器人和信息系统,连接产生的海量数据不断“喂食”人工智能,并将分析及决策反馈至工厂“终端”。同时,5G 广覆盖的物联网覆盖全球,连接跨区域的商品、客户和供应商等,保持对整个产品生命周期的全连接。企业内/企业间的横向集成需要无所不在、无缝的 5G 联网,网络必须适应即时变化的容量和移动性要求,乃至能灵活融合各种不同的无线接入技术。因此,5G 无线网络的包容性和支持业务的多样性不可或缺。

## 2 数字化战略规划情况

### 2.1 数字化战略规划和 5G 网络基础

中信戴卡推进数字化战略,以实现流程的数字化为战略重点,通过数据连接从原材料采购、研发设计到产品转化、运维服务的全价值流程,初步实现了产品生命周期的全过程互动。此外,基于全集成的统一平台,对过程数据进行实时监控、采集、分析,实现了全流程的高效联通,以及强化生产保障、降低生产成本、提高生产效率和推动功能升级等战略目标。

目前,中信戴卡铝车轮智能化工厂包括产品开发、工艺流程、生产制造和质量控制等模块,其架构如图 1 所示。除了要对铝合金车轮开发过程进行建模与仿真外,还要根据产品的变化对生产系统运行进行仿真,使生产系统在投入运行前就了解系统的使用性能,分析其可靠性、经济性和质量数据等要素,为生产过程优化提供支持。

在 5G 基础网络建设方面,中信戴卡于 2019 年以中信戴卡产业园生产线为试点,勘探现场网络环境,增加相关基站,实现了六号线和一号线部分 5G 覆盖,可基于现场 5G 网络进行生产系统应用测试。

### 2.2 研发设计、生产制造等关键子系统

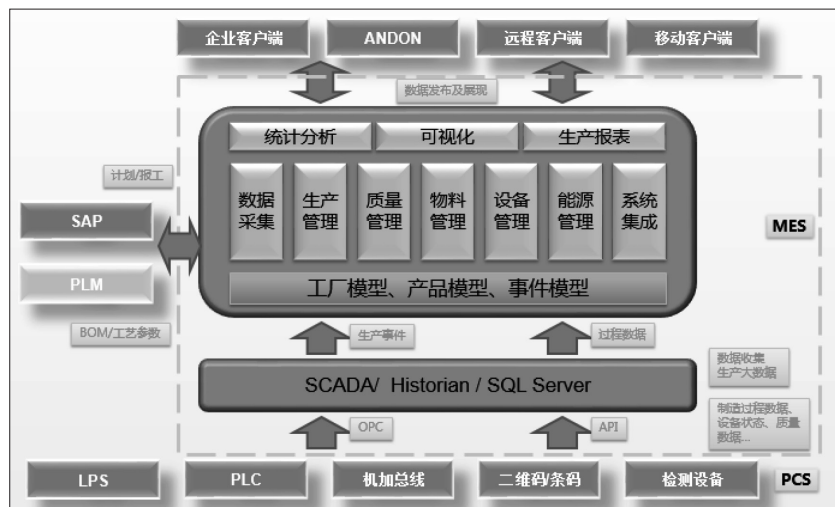


图 1 中信戴卡铝车轮智能化工厂架构图

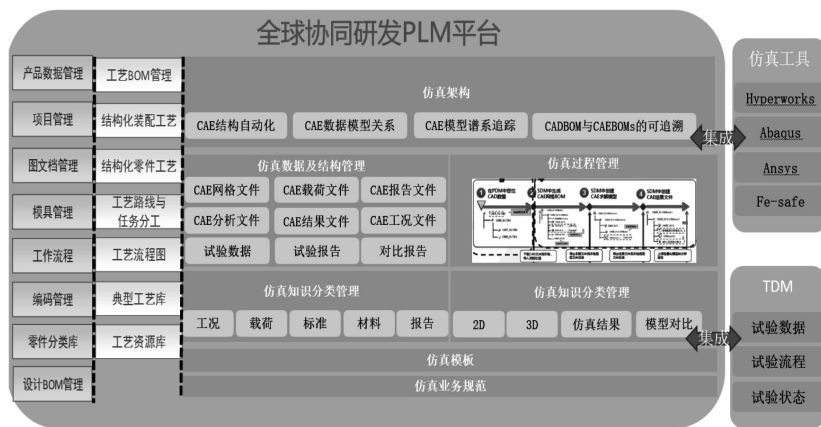


图2 中信戴卡全球协同研发PLM平台

### 2.2.1 研发设计系统

中信戴卡建立了基于PLM平台的集成化系统“工程环境”，如图2所示。通过此平台将项目、业务（产品设计、仿真分析、工艺设计、模具设计、制造加工、维护维修等）、数据、人员关联起来，将系统工程、知识工程与产品全周期的管理融为一体，为跨领域、跨部门、跨区域的产品研制提供统一的信息化管理中枢，实现系统驱动的产品开发，使研究院可以从整体上把握价值链的上下游，使得集团各工厂在统一的集成和协同环境中，充分利用已有的单一数据源开展工作，集成仿真分析系统和数字化试验系统，通过产品仿真和工艺仿真，全面模拟产品可靠性和制造过程，减少物理试验，有效地缩短整个产品研制周期，改善生产现场工作环境，提高产品设计质量和生产效率。

### 2.2.2 生产过程采集与分析系统

中信戴卡铝车轮工厂数据采集的范围覆盖了铝车轮加工过程中所有的关键生产设备，实现了从铝锭到轮毂加工过程的全程数据采集。数据采集与分析系统划分为接口层、数据采集处理层、应用表示层等3层结构形式。具体架构分层如图3所示。

### 2.2.3 制造执行系统（MES）

中信戴卡目前正在建设铝车轮三号线、六号线MES系统、KSM秦皇岛工厂MES系统和戴卡美国工厂MES系统。中信戴卡以MES系统为核心，搭建生产及运营数字化管理平台，建立了覆盖工艺、质量、生产、设备、能源、物料、成本和安全等全方位的中央管控系统，具备计划管理、数据统计、结果反馈、自动参数控制、异常报警、远程监控、人机交互、信息互联等功能，实现了生产作业透明化和制造过程监控可视化；提高了设备可用率，缩短了生产周期，在提高合格率、降低综合成本的基础上，确保了按时交付产品；实现了无

纸化、数字化工厂，推动了信息流与物流、业务流的统一，实现生产统计汇总的及时化、自动化，消除了生产作业实绩与人工统计汇总的不一致和滞后问题。

## 3 总体方案和主要应用场景

### 3.1 总体方案和关键模块

本项目致力于建设支撑中信戴卡全厂区的5G专网，用于生产终端的数据采集，生产自动化控制，推动厂区安防平台的部署和无人工厂应用的实施工作。基于5G网大带宽、低时延、大连接的特性，对中信戴卡整厂区网络环境做全面优化，生产车间应用设备可实现柔性生产，以移代固，提高流水线的生产效率。利用5G切面技术，部署两套MEC边缘计算设备，规模化部署5G虚拟企业专网，建设工业互联网基础数据采集平台及AI开放式智能应用平台，基于5G的制造全生命周期监控业务平台对全厂区的人财物进行立体化、全方位的多面管理。同时，利用5G高精度定位技术，实现厂区AGV无人运输车辆的运行，提高仓储物流效率。利用5G监控手段，实现高风险作业区人员行为监测、厂区周界安防等功能。

### 3.2 协同智能制造云平台



图3 中信戴卡生产过程数据采集与分析系统构架

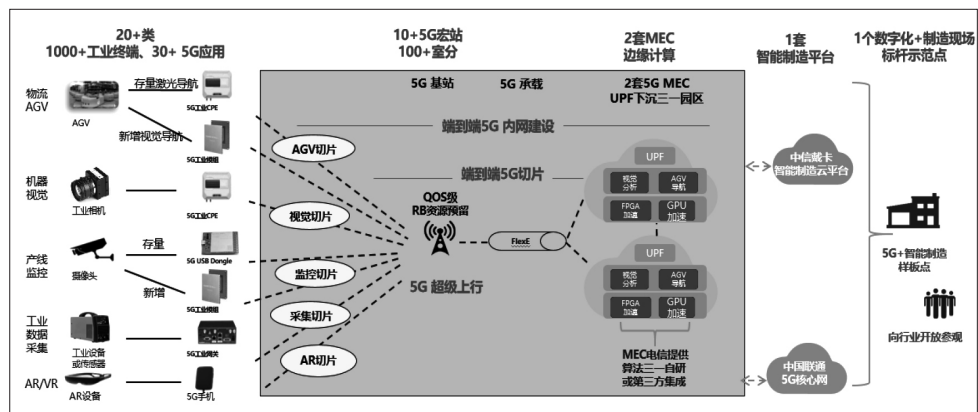


图4 项目总体方案

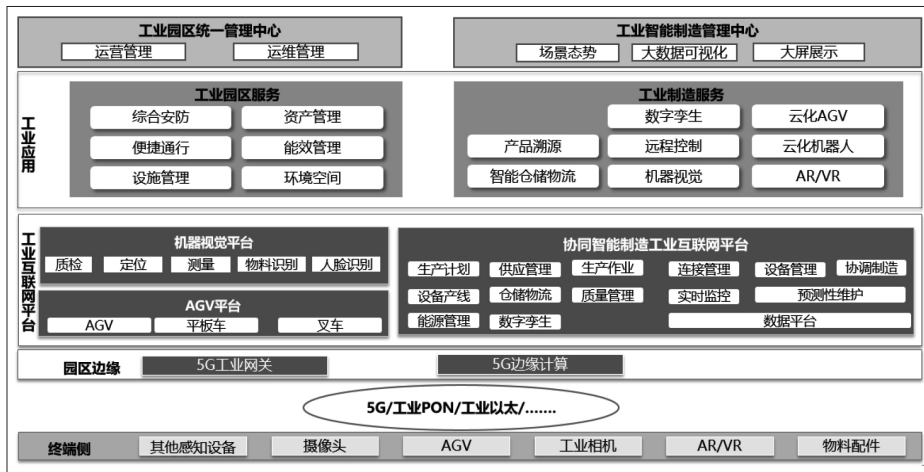


图 5 平台总体架构

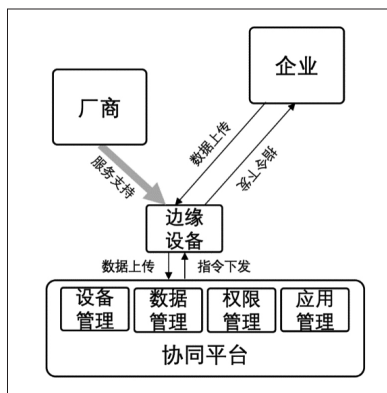


图 6 协同平台与边缘设备连接

中信戴卡协同智能制造云平台是本项目核心平台之一，为客户提供一站式工业应用管理平台，借助 5G 技术，通过信息化、智能化系统，中信戴卡将全球的产研销能力贯通起来，并利用网络化协同不断优化全球要素配置，实现 24 小时不间断全球协同研发及高数字化、高柔性化、高智能化的协同制造体系。

在必要的数据授权的基础上，客户可以使用平台上的

SaaS 工业应用，也可将应用从平台部署到企业私有网络或 5G 边缘设备上使用；同时，平台也为应用开发商提供标准化的系统接口及运行环境，在授权情况下实现对客户 5G 网络和设备资源的抽象调用，便于其快速、低成本、高品质地开发出工业应用，并上架平台应用市场开放给客户，推动所有相关客户的资源共享，实现整个平台内的研发与制造协同。

本平台可以实现多个应用间的数据交换、流转，打通应用间的壁垒，从而帮助工业客户实现工业领域生产活动的全要素、全流程、全价值链的

工业应用工具协同；在此工业应用协同系统的基础上，工业客户可以通过本平台自有生态伙伴，也可以通过对接的第三方平台的生态资源，寻找优质的产品、服务或方案的供应商合作，实现供应链上的制造协同，提升企业竞争力。

### 3.3 5G 虚拟企业专网和边缘计算

综合考虑中信戴卡业务对带宽、时延的要求，以及数据安全、专网自运维等要求，为优化 5G 网络资源使用效率，提升上行带宽能力，建立 5G 虚拟企业专网，如图 7 所示。

5G 虚拟专网中将运用 5G 网络切片、5G 超级上行、5G 边缘计算等先进技术。其中，5G 边缘计算如图 8 所示。具有流量本地化、企业数据分流，以及计算边缘化和辅助敏感计算等功能。

本项目计划建设 5G 边缘节点 2 个，实现中信戴卡园区网络本地分流，分流规则可基于用户签约等方式，也支持由园区策略设置访问权限（应用层、白名单等），可保证内部访问和流量不入核心网，园区内部终结；提供计算能力，在网络分流基础上提供边缘 IaaS 基础，包括计算、存储、GPU 等基础能力；利用云和网的能力保障 MEC 的安全，实

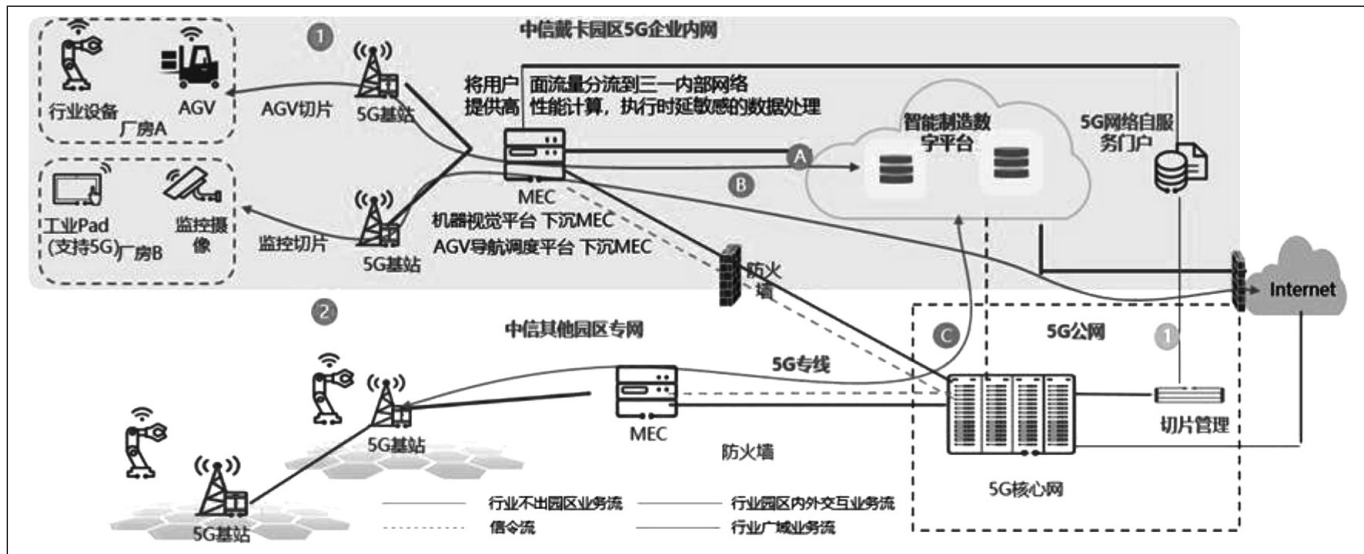


图 7 中信戴卡的 5G 虚拟企业专网



表 5G 工业应用场景

5G 建设内容	5G 应用场景
基于 5G 的智能研发	基于 5G 的产品服役安全性评价系统
	基于 5G 的全流程智慧仿真平台
	基于 5G 通信技术的试验数据采集系统
	基于 5G 网络的试验室管理及信息处理平台 (TDM)
	基于 5G 智慧车轮——车轮车联网系统 II 期
	基于数理模型的实时铸造工艺优化与实时过程自控控制技术研究
基于 5G 的智能制造	基于数字孪生技术的工厂设计与运营系统研发
	以 PLM 系统为核心的全球系统研发平台建设
	基于 5G 的二维码在线识别
	基于 5G 设备数据采集及可视化
	基于 5G 的激光二维码蚀刻
	基于 5G 的产品精确追溯系统
	基于 5G 压铸智能调控
	基于 5G 机加智能调控
	基于 5G 砂轮缺陷检查及反馈系统
	基于 5G 成品车轮标签粘贴管理系统
基于 5G 的智能检测	基于 5G 设备健康管理
	基于 5G 装配面激光无损除漆系统
基于 5G 的智能运营	基于 5G 智能生产物流系统
	基于 5G 激光自动刻号系统
基于 5G 的智能物流	基于人工智能的产品外观检测软硬
	基于人工智能的实时 X 光检测软硬一体系统研发及质量监控中心建设
基于 5G 的智能安防	基于 5G 的智能运营平台
	基于 5G 全球协同监控
	基于 5G 的协同办公
基于 5G 的智能安防	基于 5G 的 AGV 系统
	基于 5G 的无人叉车系统
	基于 5G 的终端识别应用
	基于 5G 的物流跟踪
	基于 5G 物流综合管理
基于 5G 的智能安防	基于 5G 的智能载具
	基于 5G 的智能安防
基于 5G 的智能安防	基于 5G 的智能安防
	基于 5G 全方位安全监控系统

现防护成本、部署运维速度、防护效果的平衡,满足企业关于网络和数据安全的关键诉求。同时,通过边缘使能 PaaS 开放平台架构,保证最优连接适配超性能计算。

### 3.4 基于 5G 的主要工业应用场景

本项目共落地 33 个 5G 工业应用场景,如表所示。

其中部分基于 5G 的关键智能化业务应用场景,简述如下。

#### 3.4.1 基于 5G 全球协同监控

基于 5G 网络实时广泛连接,将全球各工厂相关数据实时采集并汇总分析,搭建全球经营数据智能分析系统,旨在对中信戴卡集团层面跨工厂及工厂内部的数字制造和生产运营数据进行集成分析及展示,对各级管理者提供数据分析、钻取和展示,辅助决策,并基于 5G 终端,实现随时随地可视化智能运营,实现从对业务问题的原因

探索、方案的预测与模拟到财务绩效的评估的业务管理闭环,实时综合分析全球产线产能及生产运营情况,协同各产线产品结构,充分发挥各产线的制造优势,实现全球范围内的协同制造,最终达到提高设备运行效率,提高产品质量、降低产品成本的目标。

#### 3.4.2 基于 5G 压铸智能调控

基于 5G 网络实时传输 X 光检测结果及压铸机运行参数,建立智能调控系统,通过分析模具当前的使用状态和车轮的加工质量情况,使用强化学习方式训练代替人工判断的智能体,完成下一次加工时的冷却回路参数的调整策略分析。

强化学习方法要综合考虑环境、设备状态、产品检测结果等因素进行自我学习,最终训练出代替人工分析的参数推荐模型(智能体),实现对压铸生产过程的自动优化控制指导建议。

基于 5G 网络高带宽、低延时的特性,在全球建立压铸智能调控计算中心,实施监控全球各工厂压铸工序的运转信息,整体提高产品质量和成品率及工艺协同优化能力。

#### 3.4.3 基于 5G 设备数据采集及可视化

搭建全车间 5G 工业网络(如图 9 所示),实现对生产设备的自动数据采集及现场可视化平台的建设,可实现对熔炼、压铸、热处理、机加、喷涂下线等各工序的实时数据采集及监控,从设备状态、生产效率、质量控制、物料流转等多个维度,实时进行监控、分析、反馈,同时作为 MES 系统的数据源,提供生产过程数据。

#### 3.4.4 基于 5G 的 AGV 系统

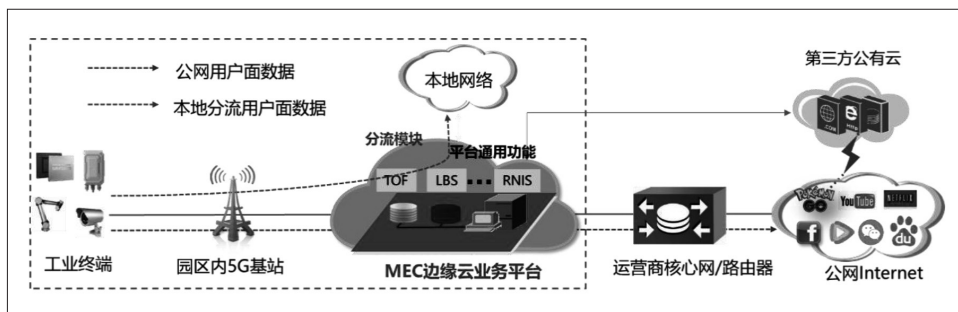


图 8 5G 边缘计算的部署情况

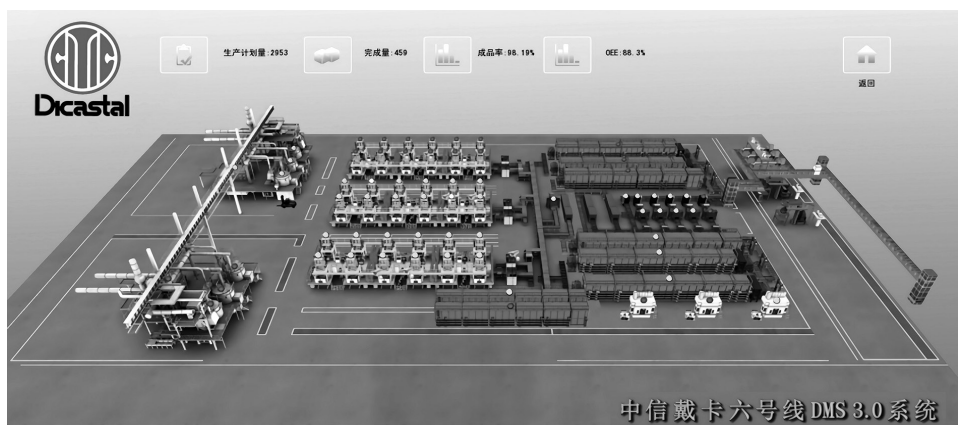


图 9 六号线 DMS 系统示意图



图 10 中信戴卡以 PLM 系统为核心的全球系统研发平台

5G 网络延时低的特点，可以使物流各个环境能更加快速、直观、准确地获取相关数据，物流运输、产品包装等数据能更迅捷地达到用设备端，并为高精度测距、精准定位提供支持。5G 的高传输速率为 AGV/ 无人叉车协同作业平台提供了充分的技术保障。5G 通信可联网设备数量增加了 10—100 倍，可以更好地获得整体数据信息，增强系统可靠性，为大规模多种类自动物流单元嵌入生产工序提供技术支持。

在车轮铸件产品生产物流自动化基础上，计划通过 5G+AGV 承接工序间的物流分选转储。前序半成品经过二维码 / 视觉识别后，用 5G 网络联接大规模集群 AGV，经过数据及规则调度，将半成品分类存储于线边库，按时间按品种传输至后序生产，实现生产过程中半成品的全自动化衔接，提高生产效率，将生产数据前后贯穿起来。

#### 3.4.5 以 PLM 系统为核心的全球系统研发平台

中信戴卡依托 PLM 系统，建立智能设计平台 I-SODA (I-Integrated 平台集成, S-Safety 数据安全, O-Optimized 结构最优, D-Digitization 数字智能, A-Advanced 理念领先) 以及全球协同模式 (如图 10 所示)，为复杂产品的研制提供独特的模型驱动的系统工程工作环境，它将项目、业务、数据、人员关联起来，将系统工程与产品全生命周期的管理融为一体，为跨领域、跨部门、跨地域的复杂产品研制提供统一的信息化管理中枢，实现设计的自动化，数据的标准化，结构的平台优化，对公司意义深远。

在全球项目协同层面，通过 5G 网络建立虚拟团队，以 PLM 时间表为工具，把分散在全球的团队人员聚集在一起，

在实时的“工作间”中建立、共享和管理项目信息。项目团队可以利用这些信息进行实时的项目安排、组织分解、资源管理以及项目跟踪与报表统计，同步分配全球团队成员的工作任务并安排工作进度，降低产品开发成本的同时实现全球人员 24 小时不间断研发。

在设计协同层面，平台将实现 3D 浏览解决方案地功能，能够创建、共享并管理 3D 虚拟样机，分散在各地的团队成员可以在设计的早期阶段交互式地就其所关注的问题进行评审，支持并授权参与价值链的成员创建、捕捉、共享和管理产品评审信息。工程师把这些评审信息分配到特定的设计元素中，并为每个元素确立量化指标，从而显著提高公司产品研发成功率。

#### 4 结语

中信戴卡通过“互联网+”协同制造 5G 虚拟智能制造专网的建设工作，一方面，不断深化了企业的数字化基础设施，尤其是 5G 网络等基础设施，构建了中信戴卡“先进制造+数字技术”创新平台，形成全球领先的数字化制造服务能力，同时广泛连接全球研发、设计、制造、检测和服务等高端资源，对内满足戴卡全面持续数字化升级需求，对外满足戴卡以智能产品、装备和软件向产业链和产业集群深度赋能的需要。

另一方面，企业得以不断优化 5G+ 工业互联网协同智造平台，强化全产业链制造服务能力，实现全球化协同研发，全球化集中采购，全球化协同智造，在平台上将材料技术、制造技术和信息技术等多种技术的融合叠加、互促共进，不断强化平台对先进制造技术的供给能力，持续搭建跨行业跨地区的智能制造需求场景，实现可持续发展模式。

#### 参考文献:

[1] 孙柏林. 5G 技术为智能化社会提供发展机遇 [J]. 自动化博览, 2019(11):8-12.  
 [2] 魏晓军. 微课在高中信息技术教学中的应用探讨 [J]. 计算机与网络, 2018(24):43.  
 [3] 傅一平. 深入浅出地理解 5G 在垂直行业的重要作用 [J]. 计算机与网络, 2018(24):44-47.  
 [4] 唐堂, 滕琳, 吴杰, 陈明. 全面实现数字化是通向智能制造的必由之路——解读《智能制造之路数字化工厂》[J]. 中国机械工程, 2018(3):366-377.