

基于天翼智造工业互联网的轻量柔性智能工厂 ---柔性智造自治生产

引言：广东日星机械科技有限公司，深耕橡胶机械领域 30 年载，专注高端轮胎成型鼓研发制造，集产学研服于一体。作为行业领军者，公司荣获多项国家级及省级荣誉，引领数字化转型，智能制造成熟度提升至 L4 级。

一、项目概况

1. 项目背景

随着汽车行业的竞争日益激烈，日星科技轮胎成型鼓产品配件需求更具个性化，甚至一个订单一种个性需求；而典型的开料、机加工、装配等离散型生产工艺，对熟练技工、生产工序协同现场管理要求高，原有 ERP/MES 等更多实现生产信息化管理，无法明显消除现场各种异常情况，无法进一步提升产能、压缩生产周期；

柔性的订单、稳定的产能对人的技术与经验管理依赖性大，中小企业人才相对有限，人均产能、效率等影响因素多、波动大，影响了客户下单信心，消耗了中小企业利润空间；

在“十四五”智能制造发展与产业升级过程中，头部企业往往拥有更多的人才与资金，得以逐步实现转型升级；而如日星科技这样的规上中小工业企业全国有近 40 万家，离散型中小企业占 60% 以上。如何突破产业转型升级难题呢？而日星科技基于企业发展规划，对工厂进行数字化转型升级，提高企业生产水平。

2. 项目简介

本项目基于工业互联网的数字工厂全流程数字化管理，打造运营智造一体化平台，包括业务报价订单管理、产品研发管理、订单计划排产、智能派工生产、智能产线物流、智能物料核验、5G+AGV、5G+AI 防拍、5G+仓储等数字化应用建设，并集成企业自身 ERP 系统。

3. 项目目标

本项目基于天翼智造大脑为平台底座，部署上线了智能大脑平台、订单评审、研发管理、供应链、排产生产、质量、仓库、客诉追溯等子系统，兼容了原有 ERP 等系统，拉通了全业务流程数据，并通过天翼智造大脑以数据驱动现场生产管理，帮助企业降本增效，实现高度柔性制造。让企业数字化转型、产业升级有了更深的认识与信心，将助力推动行业、产业的新质生产力发展。

二、项目实施概况

本项目是通过一体化平台、统一业务运营、智能制造等数字化资源调度和智能化可视化监控，实现生产环节多岗位的数字化协同，降低企业生产管理成本，提升生产效率和客户服务质量，提升工厂的数字化智能化管理水平，实现企业绿色低碳转型升级。

1. 项目总体架构和主要内容

（1）顶层设计架构

本项目设计框架是将基于天翼云双跨工业互联网平台为基础能力，以引入 PaaS 应用治理、数据治理技术轻量架构，打造企业天翼智造大脑，构建新一代信息技术的企业数字化系统架构，以更平滑方式兼容企业现有系统架构系统，并助力企业系统实现无缝升级迭代。如图 1 所示



图 1 架构图

智造大脑的运行机制、工作方法、迭代方案：首先，智造大脑神经末梢需触及（即全连接）人机料法环测，基于工业知识模型收集到各类工业数据，对工业大数据进行分析学习，反馈优化结果数据，通过应用系统指导生产现场生产作业；其次，通过 5G 全连接各基础要素数据，随着工业生产数据不断产生，人员熟练度、机器老化、供应商质量、生产品质、环境等数据不断在变化迭代，而天翼智造大脑将不断学习，将变量预测转化为定量，以确定的定量数据指导现场生产作业，减少管理不确定性，达到提升效率、提升产能等生产经营目标。

2. 网络架构

基于中国电信全国一张网的 5G SA 独立组网，为园区打造基于 SA 的网络切片，通过在无线接入层、承载层、核心网层的网络切片，为日星公司打造云网融合的专网通道，形成云网一体的数据安全隔离，实现云边协同的超低时延保障。

（1）MEC 平台（边缘计算）方案

通过在 5G 定制专网下沉的 UPF 侧部署 MEC 边缘资源，主要包括边缘节点、边缘应用和边缘设备。平台边缘侧的智能网关支持以容器的形式将边缘应用快速部署到边缘节点运行。通过把边缘应用程序上传到仓库，在平台上创建边缘应用，然后将边缘应用部署到边缘节点运行。支持对应用进行版本的升级、卸载、监控和日志采集。

（2）UPF 部署方案

构建了基于 5G 的“工业网关+下沉 UPF+工业互联网平台+应用系统”的“全域性溯源系统”。

端侧：部署 5G 工业网关，提供多种工业通信接口和协议，向下接入各种现场设备和数据采集设备，向上通过 5G 模组接入 5G 网络。

网侧：以室分+宏站实现产线覆盖，并将 UPF 下沉至园区，实现数据的本地处理，满足安全要求的同时，降低业务时延。

平台侧：在 MEC 上部署工业互联网平台，实现终端的管理和多种数据的融合。

应用侧：部署了全域数据溯源系统，并可根据场景需求灵活部署 生产 ERP、智能工艺优化等应用。如图 2 所示

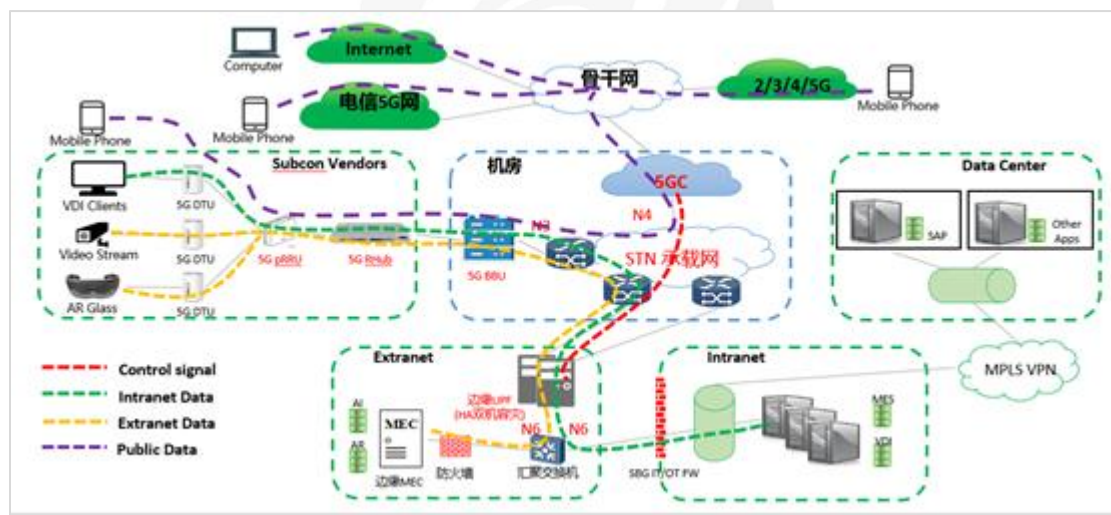


图 2 5G SA 组网架构

➤ 无线接入层：搭建中国电信自研移频 MIMO；引入 FDD 异频组网，将 2.1G 作为上行补充；开启基站侧无线预调度功能；DNN 签约 5QI，下发无线 QoS 策略，使无线基站对专网终端优先接入、优先处理、优先转发。以上措施使空口时延降低 50%。

➤ 承载层：基站 BBU 所接 A 设备与下沉 UPF 所接 B 设备是上下联关系，基站上行数据可经最近 A 设备（ATN950B）、B 设备（CX600）接入 UPF，减少 IPRAN 承载网侧数据绕行。

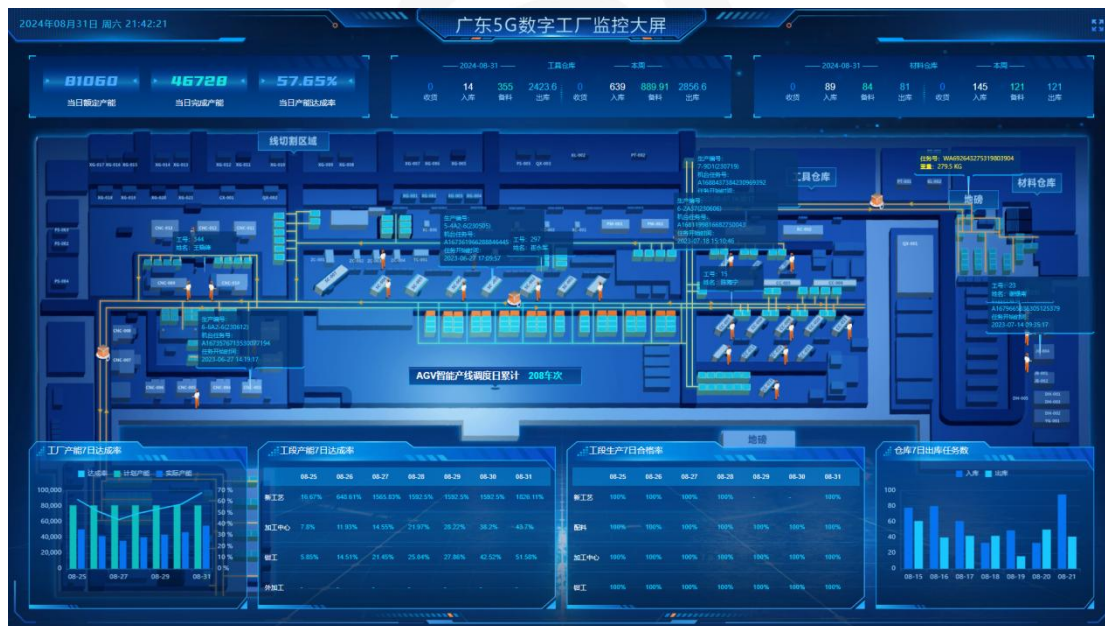
➤ 核心网层：采用中国电信自研低时延版本 UPF URANUS 2000S，具备加速卡硬件加速能力，实现 UPF 数据低时延转发。

3. 具体应用场景和应用模式

日星科技利用 5G “广连接、大带宽、低时延” 的通讯技术特点，搭建企业工业智造大脑为底座，基于智能制造成熟度模型打造数字化智能化 5G 全连接工厂平台，平台覆盖销售、研发、制造、物流、服务等全业务流程。

(1) 智造大脑平台

智造大脑平台包含三个子系统工业制造模型、设备联网模型、工业大数据模型，以 5G 网络为底座打造全连接工厂，将研发、生产、仓储、销售等业务环节实现要素数字化，通过 5G 全流程数字化运营智造平台统一接入各业务系统，数据汇集，可视化展示。



(2) 销售订单评审

基于产品物料合同评审，生产订单转单、生产进度、应收管理、售后服务，实现订单业务数字化管理。

(3) 研发项目管理

对订单个性需求产品自动转立项研发，按需求分配研发资源，管理研发进度，研发物料结果自动转 BOM，管控产品研发全生命周期管理。

(4) 采购供应链

根据 BOM、仓库、工艺等数据自动生成采购需求，根据供应商信息生成采购计划及自动核价，对采购订单进度实时管理，跟进采退及应付，保障生产物料，降低采购成本与库存。

（5）智能仓库管理

对原料仓、半成品仓、工具模具仓、成品仓、包材仓等进行条码数字化精准管理，对原料基于智造大脑数据精准用料加工及 5G 智能入库，对来料检、出入库、备领料、盘点等库内作业实现高度智能协同管理，大幅减少呆滞料，降低仓库库存。

（6）生产智造管理

接收到生产订单，根据设备 5G 联机数据、订单交期、各车间产能自动进行排产，生产现场结合智造大脑提供数据进行智能派工协同生产，智造大脑“滴滴派单”模式减少现场班组长 90%+协同工作，提升了柔性制造效率、产能。

（7）智能产线物流

根据生产订单工艺工序要求，胚料半成品、半成品、成品、工具、模具等产线配送，由智造大脑智能协同 5G +AGV 配送，智能入库，让加工人员无忧而专注生产，提升生产效率与柔性制造能力。AGV 中央调度系统能同时对多个仓库、多台 AGV 实行监管、控制和调度的系统，部署在企业内网，方便内部通讯和管理。主要功能模块要包括系统控制器、调度子系统用户界面、数据统计及客户端接口。通过 5G 网络与各 AGV 小车保持通讯，指挥系统中各 AGV 小车的作业，用户可以从系统界面实时了解每部受控 AGV 的设备状态、所在位置、工作状态等情况。同时支持与仓储管理系统对接和集成。

（8）品质管控管理

基于生产工艺模型建立质检标准，内置工艺质量要求算法模型，结合视觉、数采、人工、互检等技术方法，实现巡检过程精准高效追溯，提高产品质量稳定性，MES 生产过程可视化，提高制造过程可控及稳定水平。

（9）生产安全管理

通过安全可靠的 5G 工业定制专网，对生产岗位安全视觉、工序 AI 用图纸、网络安全、网络冗余备用、云计算、人机料等进行全连接，并采取了相应的技术手段，保障生产安全、生产连续性。

（10）生产能效管控

通过云、大数据、AI 等新技术实现企业的用能管理、精准故障诊断、实时负荷预测和多级能耗分析等功能，透视企业能源结构，优化能源运营方案，为节能降碳提供决策支持。生产现场实现 5G 网络覆盖，通过内置 5G 模块的仪器仪

表，实时采集企业水、电、气、热等各类能源消耗数据采集，实现大规模终端海量数据秒级采集和能效状态实时监控。同时结合大数据分析技术，分析企业用能趋势，助力企业优化生产能效、节能减排，助力企业“双碳”目标实现。

4. 安全及可靠性

本项目建设所采用的网络、新技术应用确保了项目产品的安全和可靠性。

（1）网络安全性

通过安全可靠的 5G 工业定制专网，对生产岗位安全视觉、工序 AI 用图纸、网络安全、网络冗余备用、云计算、人机料等进行全连接，并采取了相应的技术手段，保障生产安全、生产连续性。

（2）可靠性

本项目基于天翼云双跨工业互联网平台为基础能力，以引入 PaaS 应用治理、数据治理技术轻量架构，打造企业天翼智造大脑，构建新一代信息技术的企业数字化系统架构，以更平滑方式兼容企业现有系统架构系统，并助力企业系统实现无缝升级迭代。

5. 其他亮点

（1）项目规模化推广

1) 市场竞争性：从企业项目上线后的数据显示，提升效率、降低成本、提升产能等数据分析，企业投入项目验收上线后，一年内可收回投资成本；同等项目规模，天翼智造大脑+系统平台相对市场同类系统平台产品价格的 50~70%，主要原因是技术架构与工业模型的技术创新领先性。

2) 服务竞争性：平台产品拉通全业务数据流程，数据模型化运算，减少系统及系统间定制，工业数据具有 AI 学习优化能力，大大减少对企业操作的数据录入与数据变化的升级，降低企业迭代成本、提升操作体验及无纸化水平。

3) 规模推广可行性：日星科技项目成功交付运行后，已成功复制了 10 多个项目，交付成本更低、交付期更短；产品项目开始进入了规模推广阶段，并且迭代出不同行业、规模的版本，最轻量版本交付周期达到 15 天内，相应交付成本也会较低。

（2）产业联动效应

1) 从国家智能制造的角度分析，本项目产品可助力企业智能制造成熟度达到 4 级。目前，全国规上工业中小企业近 40 万家，从某地市智能制造第三方诊断样本分析（根据某市工信局公布诊断数据），90%以上规上工业中小企业智能制造成熟度在 L3 级及以下；如本项目产品能在全国工业中小企业中规模推广，将推动企业高质量发展，提升产能，降低企业生产综合成本 5~15%，大幅提升我国中小企业竞争力；同时，对产业、行业的工业知识库形成快速积累共享，以人工智能等形式优化生产工艺，助力企业发展新质生产力，加速形成我国产业发展明显优势

2) 联动复制案例成果

✓ 原接 2 万个/订单，现可接 2000 个/订单，柔性制造能力明显提升（接 1 万个与 2000 个的订单利润一样，成本、能耗更低）。

✓ 原排产需 3~4 小时，现 10 多分钟即可，效率大幅提升。

✓ 原异常工时 2000 多工时/月，经智造大脑驱动管理，现降低至 100 多工时/月，降低 95%。

✓ 两个工厂，30 多个专业仓库物料调度，由人工协同转智造大脑数据智能调度。

✓ 智造大脑数据协同，订单生产周期由 30 天，缩短到 20 天。

3) 项目（产品等）的生态影响力

本产品项目融合 AGV、视觉、物联网、5G、数字化等生态能力，已逐步覆盖机械、汽车、服装、小家电等多个离散制造行业，项目验收后一年内，由行业、本地工信、其他等组织参观，企业接待了参观交流不低于 500 人次；本项目参加首届新绿杯，荣获全国“优秀奖”，本项目采用专利技术不少于 3 个，工业模型及 AI 算法大于 15 个；所有产品都是自主可控，支持信创。

三、下一步实施计划

1. 计划 1

进一步优化数据结构及数据训练模型，提升 AI 模型管理成熟度

2. 计划 2

提升工位智能化自动化程度，接入 AI 模型数据，实现从无纸化往无人化方向发展

3. 计划 3

提升整体智慧化管理水平，对接产业市场，提升并改变订单获得方式，改变商业模式

四、项目创新点和实施效果

1. 项目先进性及创新点

(1) 先进性

基于天翼智造大脑协同日星科技企业生产制造，达到智能制造成熟度 L4 级，达到甚至超过了部分头部企业智能制造管理水平。

(2) 创新点

引入基于智能制造成熟度模型天翼智造大脑能力平台，每周产生 1000 万多条工业数据，保障了智造大脑协同生产有序开展，有效提升了生产效率与产能。

1) 平台产品创新点---天翼智造大脑

产能不稳定、人均产能无法提升等问题的关键是不确定性的要素问题管理，人工无法及时、有效协同解决，比如员工、管理者、设备故障、物料质量、个性需求等实时协同，但通过天翼智造大脑的全连接神经末梢能力可很容易实现，并将根据工业知识运算，协同优化后的结果快速反馈给现场管理，实现有效的提升管理效率，提升产能；如通过天翼智造大脑协同作业减少 92%现场异常，智造大脑“滴滴派工”代替了现场班组长现场管理，智造大脑智能调试 5G AGV 提升智能调度能力，保障物料到料齐套生产等。

2) 平台产品创新点---智能边缘计算

在企业生产过程中，有各类场景需要现场处理，但又无法实时现场监控管理，更多是事后追溯，但亡羊补牢，为时已晚；比如日星科技仓库钣金开料用料、胚料入库等---智能开料及称重入库，关键图纸现场防泄漏管理-Ai 防偷拍等等基于

智能边缘计算场景，现场生产作业过程中即根据工艺模型智能运算，反馈优化、规范员工作业指引，降低作业门槛、提升生产效率。

2. 实施效果

本项目基于天翼智造大脑为平台底座，增加部署上线了智能大脑平台、订单评审、研发管理、供应链、排产生产、质量、仓库、客诉追溯等子系统，兼容了原有 ERP 等系统，拉通了全业务流程数据，并通过天翼智造大脑以数据驱动现场生产管理，帮助企业降本增效，实现高度柔性制造。让企业数字化转型、产业升级有了更深的认识与信心，将助力推动行业、产业的新质生产力发展。

一是降本，AI 防拍可让客户放心将图纸电子化发放产线，降低图纸泄露风险，减少每个产品纸质图纸达 800+张；智能称重助力企业精准使用原材料，无人值守入库，减少了 8%的原材料浪费；接单生产，包含开料、机加工、装配等全流程车间，智脑“滴滴”派工实现柔性自治生产，数据驱动减少 80%现场管理，减少车间管理人员 8 人。

二是增效：厂内智能物流实现 AGV 自动化调度，提高生产效率 20%，降低人工日送料 600+人次，同时产品工序碳足迹清晰，有效地实现了提效降耗；智能排产自动生成采购、生产和委外等任务，实现生产订单计划的统一协同；生产周期减少到 30 天，订单并行生产最高提升至 210 单/天，综合产能提升 23%。

三是提质：品质管控实现巡检过程精准高效追溯，提高产品质量稳定性；MES 生产过程可视化，提高制造过程可控及稳定水平。