

基于“5G+工业互联网”的无忧智能工厂测试床

引言/导读

鸿富锦精密电子（成都）有限公司（以下统称“鸿富锦（成都）”）是一家专业从事时尚平板电脑、台式电脑、可穿戴设备、一体机及笔记本电脑多类电子产品研发与制造的公司。富士康自2009年扎根四川成都以来，迅速发展壮大，拥有10余万员工及全球顶尖客户，2019年鸿富锦（成都）公司占四川GDP出口26%。凭借强大的核心竞争力服务全球一流客户，近两年荣获战略性新兴产业五十佳企业和成都制造业百强企业第二名等奖项。

该测试床由鸿富锦（成都）携手中国电信成都分公司共同研发，依托鸿富锦（成都）公司千亿级的生产能力及卓越的运营能力、三十余年的精密制造经验和工业互联网独立研发能力，结合中国电信5G云网核心能力及SA独立组网的创新研发优势，构建5G企业专网，将5G和智能制造深度融合。

公司坚持科技创新，将5G+工业互联网引入到高科技产品制造中，结合在3C高端产品上的制造经验，全力打造基于“5G+工业互联网”的无忧智能工厂，实现数字化、网络化和智能化技术的研发与应用，致力成为创新数字系统可便携式电子产品制造的智能工厂典范，助力《中国制造2025》。

关键词

5G、MEC、AIoT、XR、AI、8K、无忧工厂

测试床项目承接主体

发起公司和主要联系人联系方式

公司名称：鸿富锦精密电子（成都）有限公司

公司地址：四川省成都市高新西区合作路888号

联系人：夏子清，1342932577@qq.com

联系方式：+86+18200582608

028-68828888-82906

合作公司

合作单位：中国电信股份有限公司成都分公司

所属行业及特点

按照我国国民经济行业分类（GB/T 4754—2017），鸿富锦精密电子（成都）有限公司属于计算机、通信和其他电子设备制造业大类（代码 39），计算机制造中类（代码 391），计算机整机制造小类（代码 3911）。

近年来，中国电子制造业每年都在突飞猛进地发展，中国已经成为全球当之无愧的电子制造中心，并朝着强创新、高效率、促转型的高质量发展方向转变。5G+工业互联网的智能化升级和数字新型基础设施的快速推进，为电子信息制造业带来重要的发展机遇。对于工业互联网来说，5G技术将补齐工业互联网重大短板，它不仅破解工业互联网设备互联互通难题，还拓展工业互联网应用的广度与深度。

5G完全有能力在传输领域和互联网领域承载即将到来的工业互联网的诸多应用，能够直接或间接地影响工业互联网，甚至催生出全新的生产、生活思维方式，使之成为支撑工业互联网的网络基础。5G与工业互联网的结合必将加快我国智能制造步伐，推动我国制造业向高质量发展迈进。

测试床项目目标

工业互联网是“新基建”之一，也被业内视为“互联网的下半场”。在5G技术和政策推动下，5G+工业互联网将成为我国经济增长最为活跃的领域之一。

传统的无线网络技术在网络速率、通信可靠性、连接数量、覆盖范围、传输容量、时延及稳定性等性能指标上无法全面兼顾，因而无法满足大部分工业场景的需求。5G高传输速率、广覆盖、低延时的特性，为智能制造提供关键的基础能力保障及应用赋能服务，为工业互联网新兴基础设施建设和融合创新应用提供了关键支撑和重要机遇。

本项目依托企业自主研发的工业互联网平台，结合5G技术优势，将其与8K、XR、AI等多种技术深度融合，打造无忧智能工厂，实现设备互联、远程运维、质量保障、安全生产、智能物流等目标。

测试床方案架构

测试床应用场景

智能化应用实施，让无忧智能工厂落地

(1) 5G+IoT万物智联，实现数据的互连互通



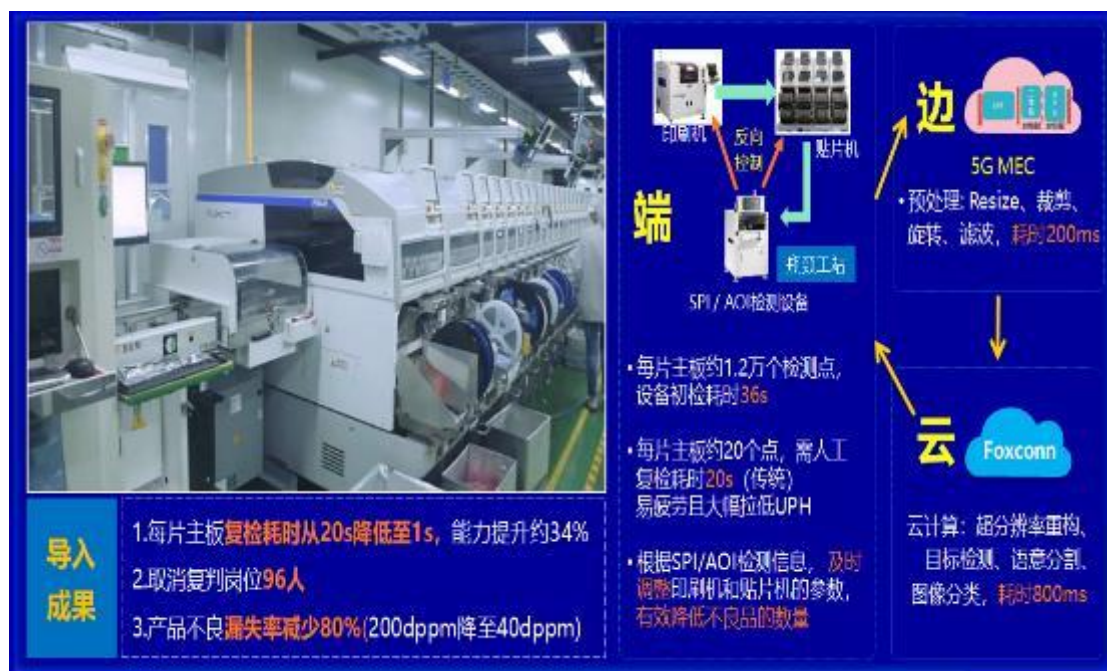
图：5G+IoT设计框架

该方案利用5G企业专网，实现百万工业设备的灵活接入，设备生产运行数据实时感知、动态控制。打破传统网络受限于网线布局的限制，线体规划和布局可更加灵活多变，生产弹性和瓶颈解决将更易实现。

传统以太网络架构部署周期长、WiFi稳定性差，已很难满足当前产品快速迭代更新的要求，利用5G网络优势，可构建大带宽、海量连接、低时延、高可靠等特色的5G+IoT工业万物智联网络体系，更好的解决生产制造过程的问题。

该专案利用4台5G CPE将8K、4K、全景摄像头及VR/AR眼镜、工业手机等移动设备接入5G企业专网，解决原WiFi方案视频卡顿，带宽不够的痛点；使用华为MH5000-31芯片方案改装2台AGV及20台智能供料料车，使其拥有连接5G的能力，替代WiFi连接的旧方案，解决夸楼层网络不稳定的问题；使用高通X55方案开发自研过站设备CMC508，该设备连接光学检测仪、锡膏印刷机、贴片机、回焊炉等生产机台，共计84台生产设备，使其接入5G企业专网，数据可直接上传云端服务器，实现“5G+IoT万物智联互连互通”。

(2) 5G+AI构建机器视觉智能检测



图：5G+AI设计框架

SMT检测工站有使用SPI、Pre AOI、Post AOI设备对产品外观进行缺陷检测，

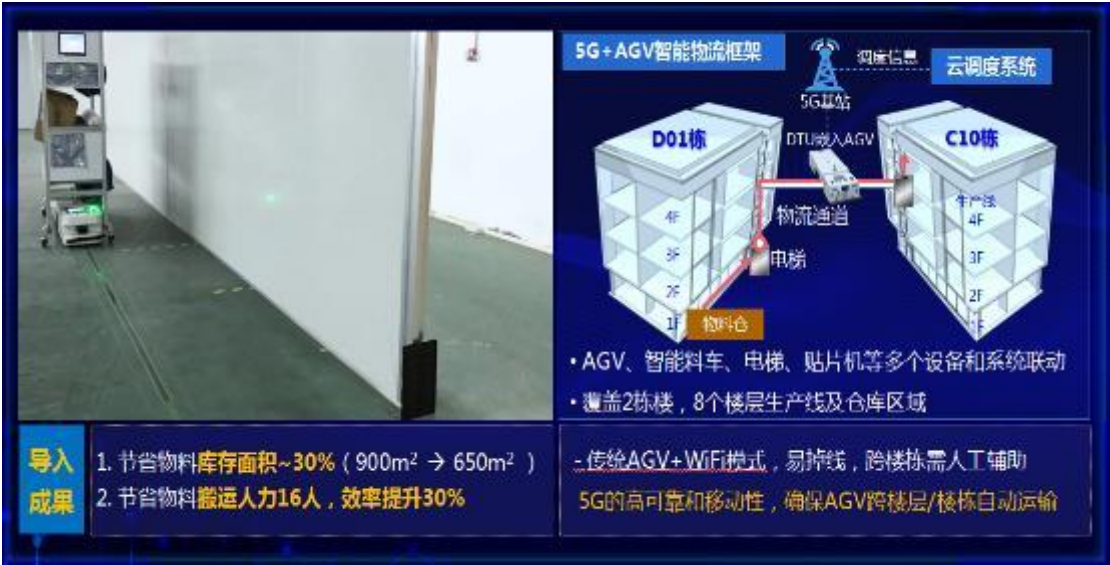
为保证真实不良能够被有效检出，检测标准设置有趋于严格，这也导致保证高检出的同时造成了高误报。以Post AOI检测结果为例，每片板大约有20张图片需人工在线复判，额外耗时增加约20秒。同时每人每班需累计复判约1.8万张图片，高强度复判使人员易疲劳漏失，无法保证长效的复判品质。

为提升瓶颈检测工站的检测效率，节省复判人力，保障检测品质。现通过5G网络将SPI、AOI设备输出的海量高清检测图片进行边缘处理，如Resize、裁剪、旋转、滤波等处理操作。再调用云端的深度学习与机器视觉混合模型对待判图片进行在线智能检测，通过复判结果可以控制暂存机对不良主板进行集中暂存与维修。同时实时分析复判结果数据，当发现制程异常时，主动推送至设备远程叫修系统，异常及时处理。

另外，SPI/AOI设备输出的不良元件图片，可以经过大数据的分析，找出共性的因子，向前反向的控制印刷机和贴片机的参数，及时纠正设备的运行，减少不良品的流出。

通过5G+AI构建机器视觉智能检测，解决单机运算资源不足与云端计算网络延时问题，实现端边云协同毫秒级响应处理，提升检测效率与品质，单日产出可增加24,000片，复判人力节省96人，不良漏失减少80%。

(3) 5G+AGV改变传统物流模式



图：5G+AGV设计框架

该方案通过改造AGV原有的通讯设备，华为巴龙MH5000-31作为芯片模组、

树莓派4B作为透传设备，自行设计开发5G终端通讯设备，5G模块作为WAN口、以太网作为LAN口，实现以太网与5G网络数据相互转发。改造后的通讯设备硬件接口设计简单，具备通用可扩展能力，可快速应用到其他设备实现通信功能。

5G为AGV的通信提供高速稳定的网络支持，5G信号覆盖全车间和室外区域，解决了原有通信方式接入干扰大、速率低的问题，实现AGV跨楼栋流畅运输，保障AGV运行稳定、高效。

(4) 5G+AR实现设备专家远程运维



远程专家指导
设备疑难故障时，可呼叫专家远程诊断
现场与远端高清影像实时交互（大带宽、低延时）
工程师技能潜移默化中得到提升

AR辅助维修
AR眼镜连线云端3D模型（移动性、低延时），
维修工序快速加载展现于工程师面前

导入成果

1. 提高专家指导效率，减少设备委外维修次数80%，解决疫情期间，专家不便进厂的问题
2. 工程师技能提升，A类工程师占比：25%→50%
3. 设备综合效率提升10%，运维成本减少：5.8万RMB/线/月

图：5G+AR设计框架

工程师借助AR眼镜提升交互可视化体验的真实感，使得能远程掌握所要处理的设备及场景的空间信息，还能够高难度、高危险性的维修过程中给予更好地操作指导与错误预警；如果遇到无法修复的疑难故障，可以通过5G+AR运维系统与专家联系，使得技术人员可实时在线咨询远程专家，通过5G网络将现场视频推送到云端，请求专家远程指导，弥补专家不能及时到现场处理的问题，降低委外维修成本；利用5G+AR+4K技术，通过5G网络将设备内部的4K超高清视频实时低延时可靠传输到云端存储与分析，作为新人培训素材。

AR可视化辅助维修：利用AR 技术将维修工序3D模型展现于维修工程师面前，给其维修提供指导，当作业错误时，音/视频及时提醒纠错。

远程专家指导：疑难故障呼叫，专家远程诊断；专家远程查看设备运行视频

或现场工程师维修视频，协助分析。

新人技术培训：维修视频重播，为新人提供学习素材，达到资源、技能的有效分配和传承，提升工程师维修技能。

（5） 5G+8K+AI+VR实现生产现场全景呈现及人员行为识别

应用5G的大带宽、低时延、移动性，结合全景相机和8K摄像头精确同步拍摄、自由视点、VR等技术，实现生产现场全景呈现，缩短空间距离，助力主管随时随地无死角掌控现场，让管理者掌控于千里之外，实现高效管理、提升客户体验、树立公司形象的目的。同时配合AI算法，为车间生产的安全管理提供可靠依据，从“被动监控，事后调查”向“主动识别，提前预警”的安防模式转变。

专案分为 “5G+全景+VR ”全景现场及“5G+8K+AI” 天眼工程：



图：5G+全景+VR全景现场设计框架

5G+全景+VR 全景现场，应用5G的大带宽、移动性，结合全景相机精确同步拍摄、自由视点、 VR等技术，实现生产现场全景呈现，缩短空间距离，助力主管随时随地无死角掌控现场；利用全景直播，管理者掌控于千里之外，实现高效管理、提升客户体验、树立公司形象的目的。

为了专案成功落地，打造了流媒体云平台为项目基础，应用工作站及服务器集群组建，该平台采用Docke容器和Kubernetes容器编排引擎微服务部署。其微服务、持续集成和开发、应用全生命周期管理、监控、日志记录、异常报警、

安全管理、集群管理等功能，



5G+8K+AI 天眼工程，利用5G大带宽的特性传输8K高清影像，结合AI视觉算法，实现人员行为识别、安全预警和流程辅助等功能。为了项目成功落地，建立模型数据应用平台，采用机器学习YOLO-v4人体检测模型（把目标检测问题简化成一个回归问题，直接从图像像素出发，去得到框和分类概率）、HRNet定位身体各部位（对于关键点检测、姿态估计、多人姿态估计，可以保持高分辨率表征，提升姿势识别效果）、ResNet目标分类（增加深度来提高准确率，内部残缺块使用跳跃连接，缓解深度网络增加深度带来的梯度消失问题），判断是否按SOP作业要求进行安全生产。通过ETL数据仓库实时获取时间戳视频流，实时监控员工作业动作，倘若作业不合规，能够及时发出警报，并于平台上展示，从而实现“主动识别，提前预警”。

测试床架构

平台架构总体设计，为无忧智能工厂奠基

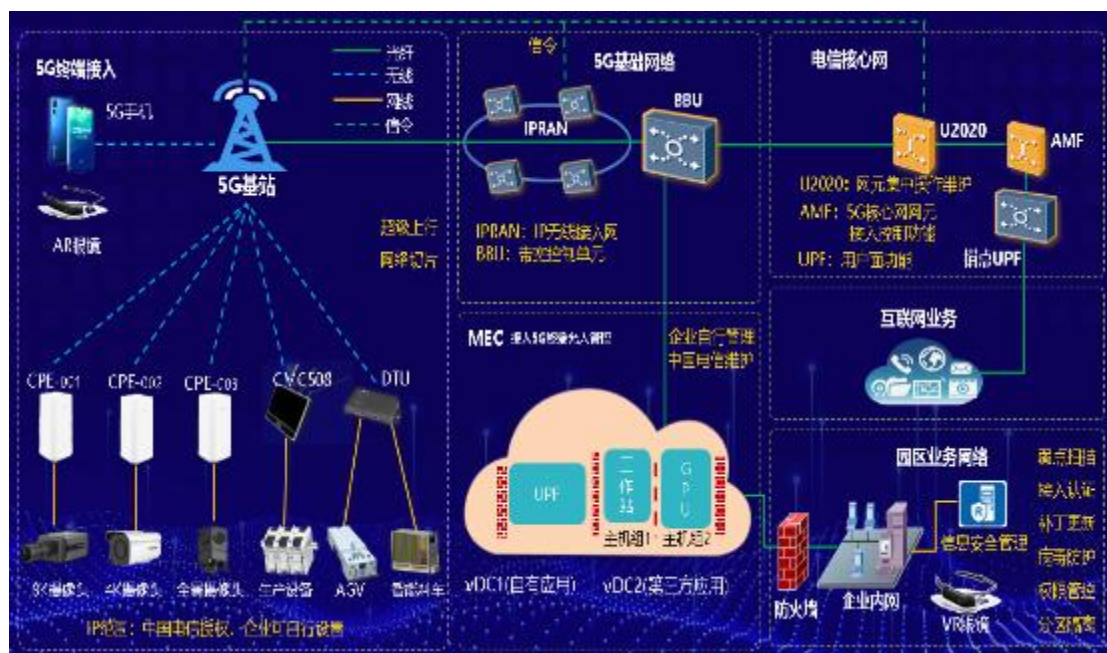


图：平台架构

如图所示，基于“5G+工业互联网”的无忧智能工厂平台架构包括边缘层、网络层、平台层和应用层四个部分。边缘层为各种工业设备及传感器的数据采集。网络层为5G 和现有 IOT 网络技术相结合，弥补现有网络通讯的不足，提供多种网络连接方式，保障设备之间网络互联互通、网络通讯安全、服务器虚拟化、海量数据仓储、海量数据计算。平台层通过对DT（Data Technology）数据采集与边缘处理、AT（Analysis Technology）经验知识模型与算法、OT（Operation Technology）工业应用微服务组件三大技术体系的整合，以实现数据管理、数据分析、数据服务。应用层在平台层的基础上为特定客户、特点场景设计个性化的工业 SaaS 及 App。AI 模型可发布为公有云 API、设备 SDK、私有服务器部署，通过合理地部署到边或云，实现计算的边云协同。

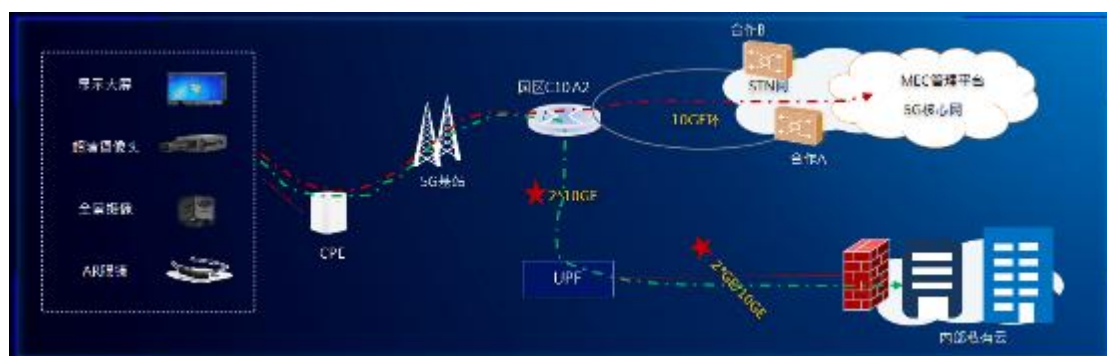
总体架构依托企业自主研发的工业互联网平台，结合5G技术优势，将其与8K、XR、AI等多种技术深度融合，打造无忧智能工厂，实现设备互联、远程运维、质量保障、安全生产、智能物流等目标。

打造5G MEC企业专网，让企业数据更安全



如上图所示，5G MEC企业专网以5G数据分流技术为基础，通过无线和控制网元的灵活定制，构建一张增强带宽、低时延、数据不出园的基础连接网络。核心网用户面网元UPF为园区私有化部署，根据生产区域需求可灵活部署无线基站，提供物理独享的5G专用网络。

MEC和企业本地服务器之间部署防火墙，实现隔离和访问控制，保障数据的安全快速传输。5G和企业业务网络无缝联接，保障了数据高速稳定安全的传输，实现生产设备、传感器、控制系统、管理系统、工业应用系统等关键要素的泛在互联互通，实现生产区域网络全覆盖。



图： 5G企业专网组网图

园区新增部署5G核心网用户面网元UPF、STN接入点及5G基站，采用SA

组网架构，UPF经2*10GE口字型上联园区C10 A2节点，实现UPF与5GC及基站的组网：① 控制面及网管流：通过STN接至城域ER，经5GC CE接入5GC核心网；② UPF-基站：通过C10 A2接入园区gNR基站。

本地转发流量：业务数据经边缘UPF转发，经防火墙后由内部通道进入内部私有云。

测试床实施部署

测试床实施规划

（1）建立先进技术支持“3+3”实施战略

面对电子制造行业的新形式、新任务、新要求，鸿富锦成都公司提出从version1.0到version3.0的发展规划，预计未来3到5年内，将从现有劳力密集，转型升级到脑力、技术与资本密集的全新阶段。

version2.0数位转型战略的成功实施使集团取得了庞大的效益，在此基础上，集团步入version3.0产业升级阶段，以先进技术支持“3+3”战略实施，“3+3”即新产业（电动车、数字医疗、机器人）与新技术（人工智能、半导体、5G/6G移动通信技术）。

鸿富锦成都公司以“3+3”战略理念为引导，全力打造基于“5G+工业互联网”的无忧智能工厂，以机器视觉为切入，融合电信云网（5G网络），通过超高清视频AI开展生产环境、生产线等的数据信息处理，同时运用边云协同计算和数字孪生等前沿技术，致力智能产线升级，提升产线效率，推动传统产业的转型升级。

（2）成立“决策+专家+管理执行”的组织和技术保障体系

集团成立以总经理为核心、3位高阶主管为成员的战略决策层，从集团内抽调5名技术专家和11名技术骨干，同时联合高校、合作企业等3名专家教授，共同组建工业互联网办公室，统一规划部署、分配协调集团内外部资源和技术研发能力，集中优势人员打造“5G+工业互联网”无忧智能工厂，快速全面推进经验成果的复制应用，从整体上保障项目敏捷研发的速度、工业大数据价值的深度、合

作领域的广度、战略技术的高度。

(3) “5G+工业互联网”无忧智能工厂实施

测试床预期成果

测试床的预期可量化实施结果

基于“5G+工业互联网”的无忧智能工厂项目在鸿富锦成都SMT工厂试点运营，在生产线上无故障运行时间大于24个月，产品的可靠性高。

项目总体规划部署服务工业互联网的5G基站6个，边缘计算（MEC）平台1个，智慧综合业务接入区1个，部署 5G 终端模组10套。充分利用现有平台资源，构建多系统融合可扩展的DT(采集与边缘处理平台)、AT(经验知识模型平台)、OT(工业互联网应用平台) 三大平台，实现5G网络、终端能力调用及监测，具备百万级以上规模终端的接入管理能力。

当前示范线已实现82%区域关灯生产，65%人力精实，智能场景易于部署，产品不需要再次研发，可实施性强。

测试床的商业价值、经济效益

本项目总投资760万人民币（如下表1），总收益800万人民币/年（如下表2），投资回报周期为11个月。

投资项	投资金额
网络基础设施	320万人民币
服务器	110万人民币
终端	50万人民币
软件	280万人民币
合计	760万人民币

表：项目投资费用明细

收益项	收益金额
一次布网满足柔性生产	200万人民币/年
设备综合效率提升10%	140万人民币/年
人力节省104人	460万人民币/年
合计	800万人民币/年

表：项目收益明细

测试床的社会价值

本项目已在鸿富锦精密电子成都SMT工厂落地，对内正在向集团1600+ SMT生产线推广，对外可赋能工业互联网万亿级大规模市场的潜在用户，包含整体方案规划、场景输出、人才培育等模式。“5G+工业互联网”的无忧智能工厂项目标杆，在促进企业效益增长的同时，也提升了企业抗风险的能力，必将加快我国智能制造升级步伐，推动制造业向高质量发展迈进，让无忧智造逐步成为现实。

测试床初步推广应用案例

鸿富锦成都具备工业互联网的完整研发能力，加上中国电信庞大的工业PON光纤和5G网络，强强联合，形成了成熟的5G+工业互联网整体解决方案，且方案中所需的5G网络及其它硬件设备均已实现规模化生产，系统软体也是基于高集成及高可移植开发，故可为众多企业智能制造转型提供有力保障。

本项目极大地促进和填补了 5G+工业互联网产业链条的空白，使得体系逐步走向成熟，结合工业互联网丰富的应用场景，市场需求旺盛的优势，形成了良性发展生态。

经过项目的产品化及云化集成，构建了天工灵云工业云大脑， 赋能万亿级大规模市场潜在用户（含场景输出、人才培育、技术支持等）， 致力于为 32.7 万个规上企业和 1.6 亿个中小企业服务。

达则兼济天下。我们通过传输理念、咨询规划、产品赋能等方式，帮助产业

链上下游企业以及其他中小企业数字转型，为四川乃至全国制造业高质量发展“增亮添彩”。

其他信息

“5G+工业互联网”的无忧智能工厂项目，将形成新一代信息通信技术和先进制造业深度整合的新形式和应用模式。5G企业专网的建立，将5G和企业网络深度融合，5G应用场景贯穿于工业制造的全过程：

5G+物联网使设备、材料、人员、产品等生产要素的数据能够实时连接和显示，大大提高了企业的经营效率，给制造业带来了极大的效率和灵活性。5G+智能物流将改变传统物流模式，在高速稳定的5G网络下，AGV将巡航整个车间而无死角，解决传统Wifi信号不稳定的问题。5G+AR设备远程运维，将改变设备维护的模式，远程指导模式的建立，有效降低了设备维修的成本。5G+安全无忧基于事件识别的安全预警，为车间生产的安全管理提供可靠依据，从“被动监控，事后调查”向“主动识别，提前预警”的安防模式转变。

未来5G将成为工厂的中枢神经系统，给工业生产带来颠覆性的变化。5G技术大规模的运用到工业互联网中，让现代工业和信息网络牢固的结合在一起，加快工业互联网的发展步伐。

（1）建议加强企业数字化转型意识

在推动5G与工业互联网的融合过程中，首先要提高企业全体人员的数字化转型意识，特别是中高级管理人员的认知水平。数字换转型不是单纯的使用某种技术，替换某些机器，而是要让企业全体人员达成共识，朝着同一个方向前进，打通企业内部的全数据链，达到数据与工业互联网设备的互联互通，从而使管理人员的管理方式得到高效敏捷的提升，实现创新的可持续的发展。

（2）重视创新

本项目在通信模式、影像检测、边云协同智能检测、运维模式、管理模式等方面都做了重大创新突破，但是还需从多维度、多模式的方向做出更多创新，例如5G+TSN（时间敏感网络）的结合应用，这可使生产过程中需要达到微秒级精准同步的需求得到更好的满足，这有助于5G与企业内部生产得到更多的扩展模式，更好的满足OT与IT的需求，可让管理者执行者都看得更清、看的更高、

看得更远。

（3）建议加强人才队伍建设

建立补齐人才短板，留住人才的方案体系。与各高校建立定制化人才输送管道，培养“既懂5G又懂工业”的人才，帮助企业解决在转型升级中遇到的问题。同时积极与科研单位及相关企业展开合作，在关键技术问题上寻求突破，合力打造工业互联网示范基地。拥有一个优秀的团队，是一个项目成功的关键因素。

（4）重视产业生态圈的建设

一是建立研发、产品、服务等全方位的检测认证评估体系，完善行业标准建设；二是建立以联合高校，政府，企业为中心的交流合作体系，形成合作共赢的局面，并在行业内树立标杆。