

# 中电鹏程工业互联网网络化解决方案

基于物联网和边缘智能的电子制造装备生产运维管控平台

引言：中电鹏程智能装备有限公司（简称中电鹏程）成立于 2020 年 3 月 27 日，注册资本金 1 亿元，由中国电子信息产业集团有限公司（简称中国电子）旗下中电工业互联网有限公司（简称中电互联）与深圳长城开发科技股份有限公司（简称深科技）合资组建，是中国电子响应“中国制造 2025”国家战略的标志性项目，是中国电子支撑制造型企业数字化转型的重要引擎。

以“智能装备+工业互联网”技术为产业方向，中电鹏程聚焦半导体、EMS 等核心工业制造领域，凭借超高精度智能视觉处理、超高精度运动轨迹控制、基于 ARM 的工控产品硬件核心模块等核心技术，为客户提供高端智能装备、智能产线升级改造、数字化工厂、智能制造咨询等产品及服务，为制造型企业“以智提质、以机增效”高质量发展提供强大支撑。

坚守“智”造强国初心，中电鹏程秉持诚实守信经营理念，聚焦市场发展与客户需求，以创新为驱动、以技术为支撑、以品质为保障、以奋斗者为本，致力于携手生态伙伴共同赋能引领制造业高质量发展，成长为值得信赖并受人尊敬的行业领军企业。

## 一、项目概况

### 1. 项目背景

我国制造业经过数十年的快速发展，在规模上已经处于国际前列，但是总体仍然大而不强，技术含量不高，产品附加值低，高精尖技术多年被国外所垄断。

随着新一代网络信息、数据传感、建模仿真、人工智能与计算机技术的发展，制造业也迎来新的发展契机和突破点。多个大国先后提出了制造业转型升级的国家战略，如德国的“工业 4.0”，美国的“工业互联网”以及我国的“中国制造 2025”。把握住“第四次工业革命”的重要机遇，将新一代科学技术应用于制造业，为制造业的转型升级提供新的动力，实现我国制造业对发达国家先进技术的追赶，是新时代我国由制造大国向制造强国发展的使命所在。

以智能制造为核心的“中国制造 2025”国家战略的快速推进，包括流程工业在内的各类工业企业走向智能制造已成为必然趋势，以万物互联、可感知、可诊断、可预测、可精准恢复、可自适应调整等为特征的设备远程（智能）运维应运而生，并成为工业企业智能制造实现的基础和重要组成。设备运维水平不仅直接影响企业的生产成本，包括维修维护、人力资源、物料消耗等费用，也直接影响生产效率和产品的质量。因此，提高智能化远程运维水平对我国从制造大国转型为制造强国具有非常重要的意义。

《国家智能制造标准体系建设指南》明确了智能制造新模式，包括流程型智能制造，离散型智能制造、网络协同制造、大规模个性化定制以及远程运维。同时，对远程运维进行了明确的要求：远程运维标准主要包括平台接口规范、通用要求、安全规范、监控规范和应急管理规范等五个部分。要求建有标准化信息采集与控制系统，自动诊断系统，基于专家系统的故障预警模型和故障检索模知识库；可实现装备远程无人操作，工作环境预警、运行状态监测、故障诊断与自修复；建立产品全生命周期分析平台、用户使用习惯信息模型；可对智能装备提供健康状态监测、虚拟设备维护方案推送、创新应用开发等服务。

## 2. 项目简介

中电鹏程自主知识产权的智能装备融合自主研发的超高精度智能视觉处理技术、激光定位技术、超高精度运动轨迹控制技术、半导体封测核心工艺、驱动控制以及、国内首创的除尘技术，采用“PKS”体系，在线智能装备运用飞腾高端嵌入式 CPU+麒麟嵌入式操作系统+“S- Security”立体防护的安全链。PKS 的双体系内生安全架构保障了智能装备数据安全、网络安全；防病毒，保数据、防扩散；防网络攻击；同时防止装备性能降、应急慢、生态不兼容，是一个工业智能终端，是工业互联网的一个节点载体。

本项目利用物联网技术融合了未来网络“LY208N 型-低功耗物联网数据采集器”、紫金山实验室科技成果、基于 TSN 的智能制造协同网络设计采集上传智能装备的原始传感器信息运行数据（电流、电压、振动、噪声等）、生产车间环境数据（温度、湿度等）、生产车间图像数据（人流数量、安装姿态），基于工业现场异构通信协议集成实施工业现场的高效数据采集，通过低功耗物联网数据采集终端对客户生产车间设备的实时采集监控，车间局域网通信采用基于 TSN 的智能制造协同网络设计优化设备布局与通信方式，实现工厂内网络的车间级和现场级融合，IT 网络与 OT 网络融合。

基于 SD-WAN 的高质量企业外网实现工厂局域网与云平台的通信，实现边缘层采集的海量工业数据的高质量传输。实现智能调度，实时监管，即插即用的功能。大大加强了平台可扩展性，满足中电鹏程各领域客户生产车间与平台对接。

云平台采用母公司中电工业互联网有限公司自主研发的“中电云网”平台，中电云网（BachOS）”为本项目提供成套云技术和安全保障，具备完整的工业 APP 开发、部署、运行、运维等全生态平台。

本项目运用 5G+确定性网络/时间敏感网络（TSN）+边缘计算+工业光网+IPv6 等技术，通过物联网系统和工业互联网大数据平台完成对智能装备的整体生命周期的过程管控，运用远程智能故障诊断系统代替人工分析诊断，能耗管理，运用 BP 神经网络为设备提供预测性维护，并给出维护策略，提高了运维效率；为智能制造企业提供 SASS 服务，整合智能制造行业上下游资源，为智能制造客户提供整体解决方案，提高行业整体服务水平和竞争力。通过对智能装备运行的实时监测，提供远程维护、故障预测、性能优化等一系列服务，并反馈优化产品设计，实现企业服务化转型，开拓装备服务新模式。

### 3. 项目目标

1、智能装备远程运维平台目标为解决当前行业痛点问题，并且进行系统运维软件和远程运维系统在设备管理方面的层级架构升级，关键技术突破，功能更新更加完善，结合当前工业互联网技术新生态，新架构来进行功能升级和生态衍生。另一个方面，以自主可信、可控为目标，项目结合中国电子 PKS 体系，从系统核心处理器，到操作系统及自有云平台中电云网及平台上的海量应用，实现智能装备远程运维平台全流程的国产化，系统化，可信可控化，安全化。

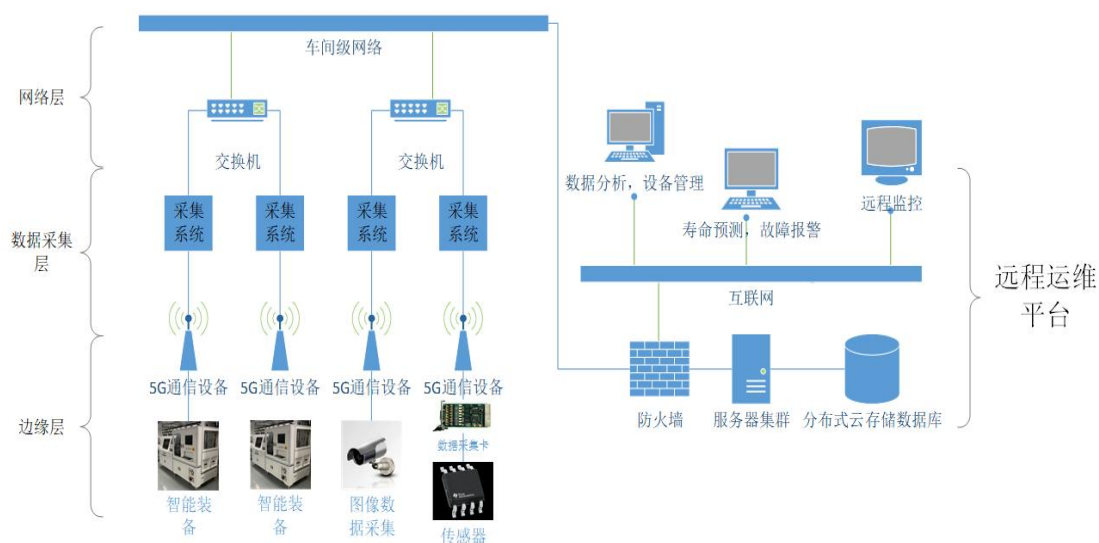


图 1 基于物联网和边缘智能的电子制造装备生产运维管控平台数据流

1) 通过对智能装备运行的实时监测，提供远程维护、故障预测、性能优化能一系列服务，并反馈优化产品设计，实现企业服务化转型。

2) 结合物联网系统和工业大数据预测性维护、诊断，完成对智能装备的整体生命周期的过程管控，让设备更智能，产线更精益，有效做到提质、增效、降本。

3) 简化产业链流程，达到对当前工业企业产业链的优化目标，提高对产业链上企业生产的效率，对工业企业资金压力的缓解，降低采购成本，提高企业的销售收入，帮助企业进行转型升级改造，完成对企业的供给侧改革。

4) 在不少于 4 个行业（智能装备、数字零售、SMT、工程机械等）模式复制应用，落地应用场景不少于 10 个，接入设备数量不低于 10 万台，总体服务企业数量不低于 240 家，营收不少于 3 亿元。

2、以 PKS 为体系，开发全国产化的、可定制、可编程的智能装备，立足于核心装备建设基于中国制造 2025 智能制造行业的，以 PKS 为体系，集成国产化可信可控零件模组，传感器，自主研发操作系统，融合工业互联网，数据采集系统，云计算，大数据，视觉系统，运动控制，敏感网络，TSN，SDWAN,IP6，5G，AI 等互联网新技术新生态，用于智能制造装备行业智能装备企业级/车间级/工厂级远程运维的信息系统平台。平台采用工业互联网网络技术、设计云边端协同的新型工厂内网网络架构、并研制 TSN 原型系统及建设企业级/车间级云平台，满

足制造过程中的数据实时采集、灵活存储、按需分享等需求。

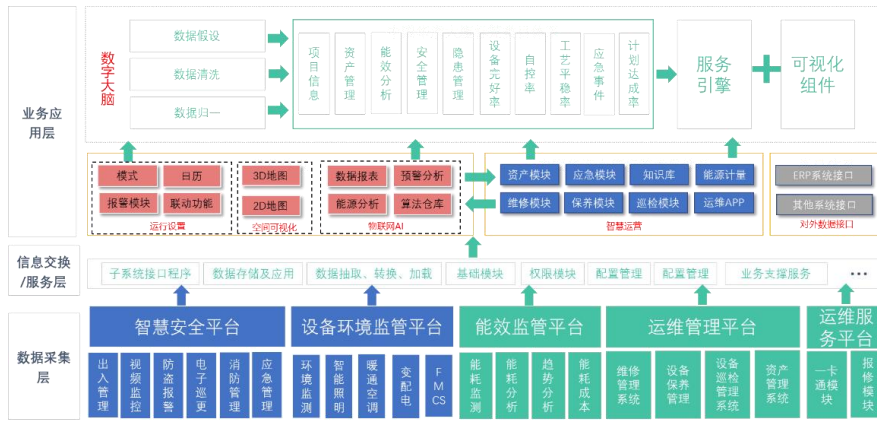


图 2 基于物联网和边缘智能的电子制造装备生产运维管控平台功能框架

## 二、项目实施概况

### 1. 项目总体架构和主要内容

“中电鹏程基于物联网和边缘智能的电子制造装备生产运维管控平台” 开拓“智能装备+工业互联网”的全新商业模式，带动智能制造整体产业链的协同创新，形成跨行业、跨领域推广应用，为制造企业“机器换人”提质、增效、降本，提供有力支撑，助力装备制造行业企业有效提升。并打造智能制造行业及地区的工业互联网标杆，与相关领域企业共享数据平台，为制造企业赋能，推动制造企业转型升级。



图 3 平台数字驾驶舱

项目基于 PKS 体系的智能装备，采用 CEC “PKS” 体系运用 5G+确定性网络/时间敏感网络（TSN）+边缘计算+工业光网+IPv6 等技术，通过物联网系统和工业互联网大数据平台完成对智能装备的管控，运用远程智能故障诊断系统、智

能装备预测性维护系统代替人工分析诊断，提高维修效率；为智能制造企业提供 SASS 服务，整合智能制造行业上下游资源，为智能制造客户提供整体解决方案，提高行业整体服务水平和竞争力。

通过对智能装备运行的实时监测，提供远程维护、故障预测、性能优化等一系列服务，并反馈优化产品设计，实现企业服务化转型；结合物联网系统和工业大数据预测性维护、诊断，完成对智能装备的管控，让设备更智能，产线更精益，有效做到提质、增效、降本；实现中电鹏程智能装备的设计、加工过程监控、物流、质量检测等关键环节的全流程数字化管控，提高车间生产效率和生产管理能力和，细化材料、工时等消耗统计，缩减企业生产和管理成本，实现车间的产品制造生产的数字化。该系统技术能够有效弥补 MES、ERP 系统在装备生产环节中的数字化、智能化管控方面的不足之处，实现工艺数据上传、规范下达、质量控制追溯、工时精准管控等车间级精细管理，解决管控软件进车间、取真数据等难题，突破车间级底层设备的互联互通、制造大数据的如何应用难题。



图 4 平台装备运行管理界面

1) 在线智能装备运用飞腾高端嵌入式 CPU+麒麟嵌入式操作系统+“S-Security”立体防护的安全链。PKS 为智能装备提供可信双体系防护，具有 CPU 计算核和可信核，采用可信应用软件和可信固件，处理器隔离出可信核用于可信计算、内存隔离、I/O 隔离；将白名单机制嵌入到 OS，全流程监控。同时中电鹏程智能装备运用自主研发的超高精度智能视觉处理技术，激光定位技术、超高精度运动轨迹控制技术，灵活的接口，使得智能装备不只是生产装备，而且是一个工业智能终端，是工业互联网的一个节点载体。

2) 装备智能管控工业互联网平台项目融合了国家重点实验室紫金山实验室的未来网络“LY208N 型-低功耗物联网数据采集器”、紫金山实验室科技成果、

基于 TSN 的智能制造协同网络设计。采集上传智能装备的原始传感器信息运行数据（电流、电压、振动、噪声等）、生产车间环境数据（温度、湿度等）、生产车间图像数据（人流数量、安装姿态），基于工业现场异构通信协议集成实施工业现场的高效数据采集，通过低功耗物联网数据采集终端对客户生产车间设备的实时采集监控。

### 3) 时间敏感网络（TSN）的创新运用

TSN 配置管理系统架构创新，基于 SDN 的 TSN 网络配置管理工具，采用分层分域的架构，可以实现全网配置 TSN 网络资源，根据业务需求，弹性分配网络资源，达到网络资源可视、分析、预测，保障的目的。

TSN 配置管理系统互联互通创新，针对时间敏感网络互联互通难题，设计基于 SDN 的控制器系统，遵循 NetConf/RestConf/Yang 模型，可以实现不同厂商的 TSN 交换机，TSN 网关设备互通互联和控制管理；支持 SNMP 协议，还可以实现普通交换机的控制管理；同时兼容 OPC UA, MQTT 工业协议的业务接入需求，实现 TSN 工业行业应用的互联互通。

### 4) 运用基于 SD-WAN 的高质量企业外网

设备、网络和应用融合：FN-IND 平台面向工业企业数字化、网络化、智能化需求，采集海量工业互联网感知层数据，并基于工业互联网海量数据的采集、汇聚、分析提供开放式 API 接口，结合工业现场实际需求赋能应用。同时将 SD-WAN/蜂窝连接和工业设备数据进行融合，实现高质量网络和蜂窝连接管理，具备云网端融合、多平台聚合、网络连接多场景覆盖等特点。实现设备层、网络层、应用层的全场景覆盖。

5) 项目结合中电云网工业互联网平台，助力全生命周期的工业智能制造，实现了包含研发设计，采购供应，生产制造，运营管理，企业管理，仓储物流，产品服务全流程的远程运维及工业互联网服务。

6) 运用人工智能神经网络和目标优化等多种方法，实现了精度较高的故障预测方法对设备故障进行了预测，满足制造企业对其设备的可靠性和利用率提出了更高的要求，不仅要求减少设备停机次数和时间，提高设备综合利用效率，而且要求降低设备维护成本。

## 2. 具体应用场景和应用模式

应用场景一：面向工业现场的生产过程优化。中电鹏程的生产运维平台能够有效采集和汇聚设备运行数据、工艺参数、质量检测数据、物料配送数据和进度管理数据等生产现场数据，通过数据分析和反馈在制造工艺、生产流程、质量管理、设备维护和能耗管理等具体场景中实现优化应用。

应用场景二：面向企业运营的管理决策优化。借助平台可打通生产现场数据、企业管理数据和供应链数据，提升决策效率，实现更加精准与透明的企业管理，其具体场景包括供应链管理优化、生产管控一体化、企业决策管理等。

应用场景三：面向社会化生产的资源优化配置与协同。平台可实现制造企业与外部用户需求、创新资源、生产能力的全面对接，推动设计、制造、供应和服务环节的并行组织和协同优化。场景包括协同制造、制造能力交易与个性定制等。

应用场景四：面向产品全生命周期的管理与服务优化。平台可以将产品设计、生产、运行和服务数据进行全面集成，以全生命周期可追溯为基础，在设计环节实现可制造性预测，在使用环节实现健康管理，并通过生产与使用数据的反馈改进产品设计。具体场景主要有产品溯源、产品/装备远程预测性维护、产品设计反馈优化等。

应用模式：平台化设计，集人员、设备、算法、模型等资源，能够实现装备机理模型分析和管控；数字化管理，实现数据收集、分析、模型优化等一体化，让生产更精确，高效；智能化制造，从设计、生产、管理、运输等都能实现智能化人工替代；网络化协同，平台可集聚生产设备资源、智力资源和各种核心能力进行协同管理、协同服务；个性化定制，面对客户的个性化需求，实现高质量、个性化产品；服务化延伸，平台可实现售出设备的联网与运行数据采集，并利用大数据分析提供多样化智能服务。

### 3. 其他亮点

目前国内外主要智能制造企业，虽然部分实现了数字化工厂，但是主要侧重于车间设备状态的监控方面，与企业数字化管控系统（PDM、MES、ERP）缺乏信息交互，更无法对整个装备的生命周期进行维护管理，缺少相关大数据的分析和反馈。本项目通过建立智能装备全生命周期智能管控工业互联网平台，完成了产品从设计研发到生产制造，再到运营维护，最后将运维数据反馈到产品的升级



改造中的一整个闭环系统，实现了智能数字工厂与下游设备以及不同制造工厂之间的互联互通，具有典型性和代表性。

### 三、下一步实施计划

首先是从自身应用实施开始，在自身实施的基础上，对系统功能进行逐步优化完善。向母公司中电互联及其分子公司进行逐步推广。结合中电互联在中电云网，工业互联网，5G，大数据，云计算，AI等众多优势及技术支撑下，利用中电互联众多的业务模式和应用场景，进行各个模块，各个系统的推广实施。

中电鹏程将开发电子制造装备生产运维数字孪生平台，技术将真实物理空间的成套智能装备，实时映射到数字空间的装备孪生体，运用智能应用软件，从数字空间得到有效的指导与决策。贯穿设计、制造、调试、运行、维护、报废/回收智能装备全生命周期，提升装备从设计到报废过程的智能化水平。

项目将采用更加安全的策略确保客户的数据不外泄。采用保密通信综合解决方案基于“绝对安全”的量子密钥分发技术，结合国密算法，通过分布式量子密钥管理服务平台，为各远程运维平台的车间集基础网络和企业外网提供安全自主的量子保密通信，为远程运维平台系统提供量子安全赋能。

### 四、项目创新点和实施效果

#### 1. 项目先进性及创新点

中电鹏程自主知识产权的智能装备，可以和系统无缝对接，可编程可定制可调整，本项目采用 CEC “PKS” 体系，在线智能装备运用飞腾高端嵌入式 CPU+麒麟嵌入式操作系统+“S- Security” 立体防护的安全链。PKS 的双体系内生安全架构保障了智能装备数据安全、网络安全；防病毒，保数据、防扩散；防网络攻击；同时防止装备性能降、应急慢、生态不兼容。本项目运用确定性网络/时间敏感网络（TSN）+边缘计算+工业光网+IPv6+人工智能等技术，通过物联网系统和工业互联网大数据平台完成对智能装备的管控，运用远程智能故障诊断系统、智能装备预测性维护系统代替人工分析诊断，提高维修效率。工厂内网络的车间

级和现场级将融合性高，IT 网络与 OT 网络融合性高。此外，本项目采用基于 SD-WAN 的高质量企业外网实现工厂局域网与云平台的通信，实现边缘层采集的海量工业数据的高质量传输。实现智能调度，实时监管，即插即用的功能。大大加强了平台可扩展性，满足中电鹏程各领域客户生产车间与平台对接。

1) 硬件层面，本系统采用的 PKS 系统底层硬件、软件系统、网络架构，云计算及上层各种应用，均采用的国产化的处理器，操作系统及安全保障系统，完全自主知识产权，可信可控，掌握核心技术，不被卡脖子；

2) 应用对象智能装备，属于自主研发、生产、制造。设备采用的工控机、运动控制卡、驱动器，传感器等关键模组零部件，也均是国产化，对于底层硬件及网络架构的互联互通更加便捷，扩展及通用性更强，兼容性更全面。

3) 实现了制造业全流程的，从底层硬件基础，到智能装备层面数据采集运算加工分析，再到云端各种应用程序的融合，真正打通了各个环节的数据互通，解决了国外局部应用，数据孤岛，无法实现全流程的服务缺陷。

## 2. 实施效果

产品研发模型更优化，更贴近客户需求，产品用户体验及可靠度提升，核心竞争力提升；

生产制造数据通过车间数字化管控系统，结合机器学习、大数据分析模型，实现产品工艺优化、设备自动控制、智能监测等，提升装备生产效率，降低人工、设备、工时、材料等资源消耗，可有效降低企业的生产管理成本 20%以上；

平台智能故障诊断代替人工分析诊断，无需专业工程师参与即可快速定位故障，提高维修效率 30%以上，提高了客户设备整体稼动率；

平台大数据建模+机器学习算法，自动预测设备运行趋势及使用寿命、提供智能化维护维修建议，降低定期维护次数，减少备品备件的采购和库存。

消除“信息孤岛”，打造数字化、网络化、物联化、智能化、可视化的智慧工厂，实现真正的数字工厂；提高生产车间生产速度，提升智能装备利用率与使用率，实现智能装备的生产效益最大化，助力企业大大减少工厂的管理成本、人力资源成本，打造真正的黑灯工厂。