

2018 年工业互联网案例汇编



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

工业互联网产业联盟（AII）

2019 年 2 月

编写说明

工业互联网是新一代信息通信技术与工业经济深度融合下的关键基础设施、新型应用模式和全新工业生态体系，当前围绕工业互联网的应用探索和业务创新大量涌现。特别是《国务院关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》发布以来，我国制造企业、自动化企业、ICT企业、互联网企业、科研院所等各方力量积极参与我国工业互联网建设及推广工作，不断推动我国工业互联网的深化发展。

工业互联网产业联盟（以下简称“AIII/联盟”）依托试验平台组、产业发展组，持续组织开展工业互联网应用案例征集工作，2017年3月到2019年2月，联盟持续推进相关工作，通过多次组织专家评审，共遴选出了48个测试床、59个优秀应用案例，19个典型安全解决方案、30个网络优秀解决方案汇编成册并发布。希望通过产业应用案例汇编，全方位呈现工业互联网重点行业的应用实践和成效，展现工业互联网的核心能力和解决方案，展望未来产业创新发展趋势与方向，为工业互联网的实施部署提供示范和标杆，加速产业发展。

目 录

一、工业互联网测试床项目

1. 基于视觉智能工业品外观柔性检测方案	5
2. ROS 机器人无线通用平台测试床	13
3. 基于智能数控系统的工业 APP 平台测试床	26
4. 基于公有云的面向中小微企业的协同制造平台	41
5. NB-IoT 共享洗衣机测试床	50
6. 基于 SDN 和 SDP 的工业互联网专网	58
7. 基于工业互联网平台的设备远程监测诊断测试床	67
8. 基于 5G 网络连接的工业智能化巡检测试床	82
9. 基于人工智能技术的工程机械装备故障诊断与预测性维护测试床	95
10. 基于 5G 和人工智能的产品质量实时检测和优化	105
11. 基于空调云平台的节能控制系统测试床	131
12. 智能电网 5G 网络及切片应用	141
13. 智能制造安全监测与运营管理平台	155

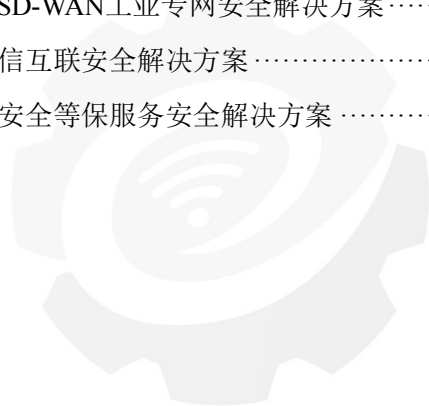
二、工业互联网优秀应用案例

1. 企业对接省级—国家级工业互联网安全平台——构建行业生态安全治理新思路	171
2. 数字化到智能化赋能精密组装堆叠——数据价值设计创造与执行	179
3. 便携式电子产品智能制造——七化融合，实现关灯智能生产	190
4. 中储粮智慧粮仓项目——全球最大的“互联网+粮食”应用案例	203
5. 传化工业互联网（服务）平台	212
6. 美欣达环保行业智慧运营管控平台	220
7. 精密机构智能云网制造系统及应用升级——助力 6C 行业智能运营及应用生态体系构建	230
8. 基于新兴信息技术的燃气燃煤机群监测诊断私有云平台——数智电力-领略数字医生的智慧诊断	241
9. 笔头加工制造数据采集与设备管家工业微应用项目——基于数据采集的工业微服务	

在笔头加工行业的应用	247
10. 法兰制造行业网络化协同制造项目——智能网关与云计算应用的实践案例	259
11. 思科工业互联网智造云平台&广东智能制造示范工厂——工业互联网平台打造智慧 互联工厂	271
12. 蜂窝无线专网释放 AGV 机器人潜能，助力仓储物流更智能——华为仓库物流自动 化项目	287
13. 富士康工业互联网平台 FiiBEACON 应用技术创新——绿色循环的精密智能制造	297
14. 工业互联网支撑下的智慧水务平台——智慧水务引领智慧城市新动向	306
15. 比亚迪“永恒之蓝”病毒应急处置和安全解决方案	316
16. 基于中化工业互联网平台的设备智能诊断系统搭建及应用——科技赋能流程制造	326
17. 用友精智工业互联网平台实践案例——践行智能制造，打造智慧企业	335
18. 经编行业云平台——整合经编行业上下游资源，构建行业互联网生态	355
19. 发电设备工业大数据应用技术平台	364
20. 面向有色行业的智能制造运营管理平台——基于工业互联网平台的业务优化和模 式创新	373
21. 海尔 COSMOPlat 工业互联网平台房车行业解决方案	385
22. AIndustry 工业互联网项目——华能集团携手太极股份联合打造流程型行业工业互 联网平台	397
23. 医疗设备物联网解决方案——实现医疗设备管理可视化与智能化	408
24. 基于 SYSWARE 的飞行器总体集成设计平台——多专业协同，正向研发设计	421
25. GETECH 格创东智工业互联网平台——数字化、智能化工厂转型实践中的应用	436
26. 汉云工业互联网平台在新能源物流行业的应用项目——新能源车辆物流运输管理	448
27. 华峰新材料工业互联网平台——产业生态 创享未来	459
28. 基于瀚云 HanClouds 工业互联网平台的设备智能管理应用——快捷、低成本上云和 能耗优化	469
29. WISE-PaaS 平台勤昆科技智能工厂案例——研华 iFactory SRP 助力智能化管理	480
30. LOGIDELTA 平台应用案例——工业互联赋能传统物流服务效率升级	490

三、工业互联网典型安全解决方案案例

1. 于威胁情报和白名单的轨道交通安全解决方案·····	507
2. 工业互联网数据安全解决方案·····	510
3. 汽车制造行业勒索病毒应急处理和安全解决方案·····	521
4. 某电厂信息安全监管与预警平台建设案例·····	525
5. 石化油气工业互联网安全解决方案·····	529
6. 某电子制造企业的安全解决方案·····	535
7. 某油田公司风城油田作业区工控安全加固案例·····	543
8. 城市污水处理厂安全解决方案·····	547
9. 某燃气SCADA工业系统安全防御建设项目案例·····	552
10. 某风电集控中心安全解决方案·····	555
11. 某发动机制造企业SD-WAN工业专网安全解决方案·····	559
12. 工业互联网云网可信互联安全解决方案·····	563
13. 石油石化行业工控安全等保服务安全解决方案·····	568



工业互联网测试床

编写说明

为加速孵化与推进优秀工业互联网解决方案，促进物联网、云计算、大数据、人工智能等技术在工业领域的创新与应用，自2016年工业互联网产业联盟成立后，已陆续征集了六期测试床项目，旨在通过联盟树立创新样板点，辐射影响力，推动形成示范应用，加速优秀工业互联网创新实践的推广与复制。

2018年是联盟迅速发展的一年，联盟的测试床也在呈现多元化发展的特色与趋势；在制造业垂直行业、基础共性技术、智慧港口等方面都有相关实践。目前已有48个测试床项目通过立项，其中11个测试床项目已完成结题。

本次汇编收录2018年立项的13个测试床，重点展示各测试床创新技术及创新的方案；通过对测试应用场景的分析与展现，发展行业生态，形成示范样板点，带动产业发展。

本汇编由测试床组组长单位华为技术有限公司与副组长单位中国信息通信研究院牵头，各测试床项目参加单位联合编写。

牵头编写单位：华为技术有限公司、中国信息通信研究院

参与编写单位：中国电信、中国移动、中国电信、智能云科信息科技有限公司、中兴通讯股份有限公司、上海威派格智慧水务股份有限公司、

万向集团公司研究院、360企业安全技术（北京）集团有限公司、富士康科技集团、凌华科技(中国)有限公司、宁波易联汇商信息科技有限公司、海尔集团、深圳达闼科技控股有限公司、朗坤智慧科技股份有限公司、广西玉柴机器集团有限公司、江苏徐工信息技术股份有限公司、中国联通网络技术研究院、青岛海尔空调电子有限公司，国网上海市电力公司。



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

基于视觉智能工业品外观柔性检测方案

引言/导读

随着工业制造 2025 计划的实施，工业品质量检测效率成为制约整个生产链条的重要因素。传统工业品产品外观检测，依赖“人眼+简单工具”，实现对产品外观的识别，剔除外观有缺陷的产品，效率低下，漏检率高。随着 AI 技术快速发展，本测试床探索将视觉智能检测技术应用于工业品外观检测。

一、关键词

视觉智能，边缘计算，薄膜类外观质量检测

二、发起公司和主要联系人联系方式

华为技术有限公司 IT 产品线，联系人李超洋 13571870047 Email: Andy.lee@huawei.com

富士康科技集团，联系人 郑承斌：15989547752 Email: benjamincheng@foxconn.com

三、合作公司

深圳云天励飞技术有限公司，联系人董卿 13714505207, Email: dong.qing@intellif.com

软通动力，联系人 崔士勇 13911161706, Email: sycuic@isoftstone.com

Intel 公司，联系人 张宇 13501081206, Email: richard.yu.zhang@intel.com

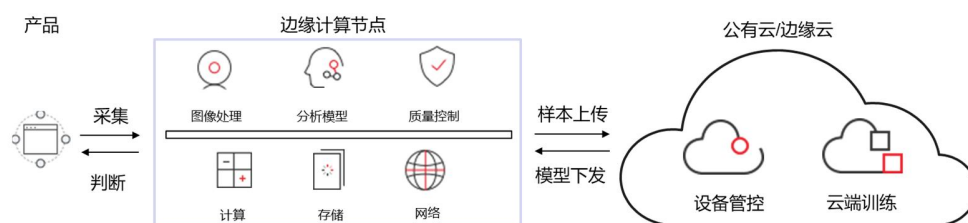
四、测试床项目目标和概述

所谓“机器视觉”，就是利用机器代替人眼来做测量和判断。机器视觉系统相当于人类的眼睛，“眼睛”通过把“看”到的影像传送到控制芯片，然后通过控制程序来进行事态的判断。一个典型的机器视觉系统包括：光源、镜头、相机、图像处理单元（或图像捕获卡）、图像处理软件、监视器、通讯/输入输出单元等。通过机器视觉获得的图像，经过AI智能算法的自动检测，识别，最终完成“人的眼睛和大脑”的功能，在实际工业质量检测中，达到代替现有人力，提高检测效率、提升检测准确率。

现工业产品检测，经过很多年发展，但现有自动检测的存在如下问题：

- **可检测产品单一，不通用：**设备高度专业化，只能在特定场景，对特定产品，特定的外观问题进行检测。例如，环境条件固定，只能检测外观尺寸，只能检测玻璃制品等。
- **检测精度低：**检测精度是固定的，不能实现“经验积累”：随着检测产品的增多，不断提高检测准确率。
- **检测效率低：**受检测设备算力的影响（一般都基于工控机），在检测效率较低，滞后日益进步的生产效率。

本测试床引入AI技术，充分利用边缘计算的业务灵活性和业务实时性，并在公有云实现AI算法的训练，充分利用公有云资源弹性调度、价格低廉的优势，以降低该方案的总体投入，以期达到可以规模复制的目标。



获取缺陷样本；对样本进行标注；云端进行训练；下发模型到边缘；边缘实现检测。

主要功能模块说明：

- 1、**采集端：**利用光电技术，获取工业品外观高质量图片。工业品，特别是薄膜类产品，具有容易弯曲、对光照敏感等特点，需要采用暗箱、强光等以达到高质量图像标准；

- 2、 边缘计算节点：边缘计算是工业检测的大脑，通过 AI 算法对产品外观图片进行智能分析和识别，并自动对有缺陷产品进行标记；边缘计算节点要求算力强、设备体积小、可以安装在工厂质检室或者生产线附近；
- 3、 云端训练：AI 的训练周期长，需要资源多，具有阶段性；因此采用租赁公有云方式较为合适；可以根据训练数据的大小、训练算法的复杂度，灵活租赁对应资源，训练完毕，获取模型后，即可释放训练资源，以期达到节省成本的目标。

五、测试床解决方案架构

本测试床在传统产品检测基础上，引入现在 AI 技术，依靠边缘云和公有云联动，工厂侧线下推理和识别，公有云线上训练，构成一个完整的测试方案。

（一）测试床应用场景

本测试床项目，适用于外观类产品质量检测，例如车辆框架、主承外观，对部分容易产生变形的产品，如非刚性产品，例如纸张等，需要采用额外的辅助方法，获得相对稳定的图像质量。因此，本测试床推荐应用在刚性产品外观检测，或者部分形变较小的产品外观检测场景。

（二）测试床重点技术

本测试床为提高检测的鲁棒性，引入了三项关键新技术，该技术在工业外观检测中比较新颖和独创性。

- 一、采用边缘计算新技术。边缘计算融合了计算、存储和网络于一体，具有很高的产品环境适应度。本测试床边缘采用引入深度学习 AI 技术，在边缘侧实现 AI 的推理，实现对产品检测的自动化和智能化。边缘智能计算的应用在业内属于首次。
- 二、引入 AI 技术。AI 技术最大的价值是具有自动学习和进化功能，对检测产品具有很强的鲁棒性；而强的鲁棒性，对本测试床的检测范围具有很大的价值。这点是传统影像技术无法比拟的。

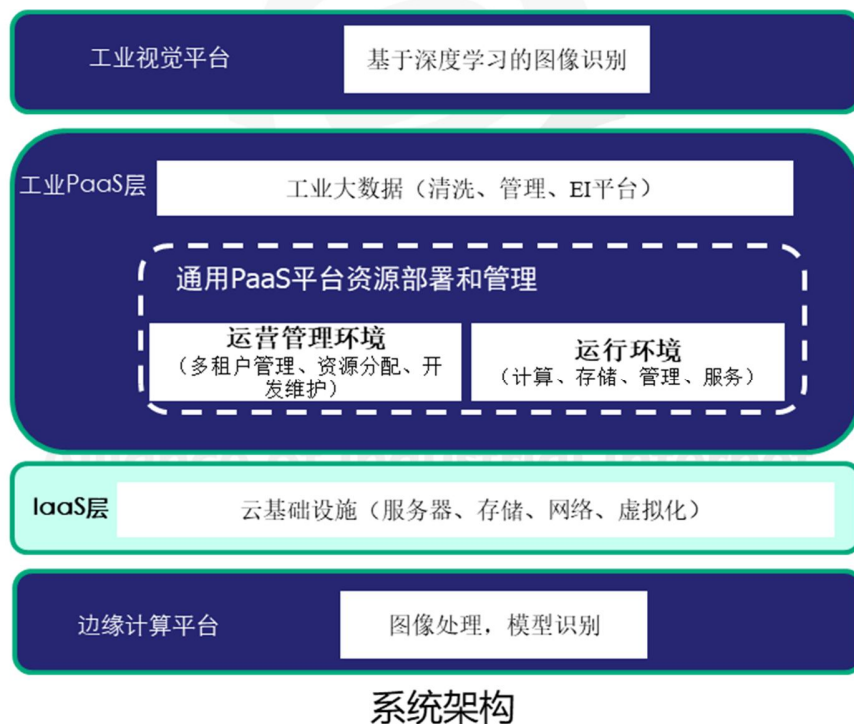
三、是引入公有云训练AI。AI的训练耗资巨大，对专业性要求很高，普通企业很难承受。通过引入公有云 AI 服务，可以把算法的训练和模型设计交给专业的服务公司实现，通过租赁资源方式，完成云端的训练；以降低 AI 的成本，获取便捷的服务。

(三) 技术创新性及先进性

本测试采用的边缘智能计算架构，为提升识别率引入的 AI 技术，都是在前工业检测中首次应用，并根据工业现场进行了技术专门开发，具有独特的价值。

(四) 测试床解决方案架构

本测试床解决方案整体架构如下，主要分为 4 个层面：



- 1、边缘计算平台：主要在工厂侧进行产品外观产品的识别和处理；是 AI 算法的主要载体；
- 2、IaaS 层：通过引入虚拟化和 Docker 技术，逻辑隔离各类业务应用，使应用具有更大的弹性，也更方便与工业云平台对接；

- 3、 工业 PaaS 层：对边缘前端和各类数据进行清理和管理的平台，通过 PaaS 层，企业 IT 人员关注业务，把复杂的 IT 基础设施的管理交给 PaaS 层；
- 4、 视觉业务应用层：深度学习的算法好服务。业务作为一个服务，提供给企业内部各个业务单元使用。

六、预期成果

本测试床预期目标为：产品检测率达到 100%；完全代替人工检测和识别部分，达到节省人力的目标。并通过技术创新，可应用在更多场景检测，如各类薄膜，产品外观等，柔性外观检测。

(一) 测试床的预期测试结果，针对测试项

本测试床预期检测结果：产品检测率达到 100%，通过多种检测技术的结合和运用，使产品检测率达到 100%，超越人工检测的精度。

(二) 商业价值

本测试床通过引入边缘计算和 AI 技术，将 AI 应用引入到工厂侧，AI 训练算法采用成本低廉的公有云；通过对传统工业的智能化改造，开创新的商业共赢模式，对在其他类似领域有非常好的启发作用。

(三) 经济效益

本测试床根据富士康 CPU 贴膜检测项目，商业价值估算如下：原人工检测：20 万+/年，通过本测试床方案一次性设备投资 10 万，云服务按需付费，节省 50%的检测投资；提升产品检测效率和正确率，节省产品缺陷类引起的负资产。

(四) 社会价值

减少由于人工检测引发的眼睛疲劳职业病，解放员工“眼睛”，减少和预防职业病；

七、测试床技术可行性

本测试床重点测试一下技术可行性：

1、工厂产品外观图像检测和采集的可行性：采集端要求对光源、产品略微形变鲁棒，采集图像设备能排除产线其他因素干扰等；

2、AI 算法的精度。AI 算法精度直接影响到检测的精度，需要实际验证算法的精度和识别速度。

(一) 物理平台

物理平台包括前端产品图像的采集端和边缘计算平台两个部分。

产品图集采集端：包括高速工业摄像机、专业光源、暗盒，运动轨道等辅助设备；

边缘平台：包括边缘硬件平台（含存储、网络设备），部分车间网络环境较差，需要提供 4G 等 WIFI 传输方式；其他连接线等辅助设备。

(二) 软件平台

本测试床不单独提供软件平台；其中 AI 算法包括在边缘平台中；

八、和 AII 技术的关系

(一) 与 AII 总体架构的关系

略

(二) AII 安全（可选）

略

(三) 详细清单（可选）

略

(四) 风险模型（可选）

测试床平台中运算处理器采用嵌入式 SoC，运行基于 Linux 操作系统的专用嵌入式软件，保证了软件系统的可靠性和安全性。系统采用分级用户权限管理，数据和视频存储采用嵌入数据库、数据加密和数据水印技术保证数据安全不可篡改

(五) 安全联系人

不涉及

(六) 与已存在 AII 测试床的关系

无，首次申请。

九、交付件

实验测试床一套：包括前端采集设备，边缘计算平台，以及内嵌的 AI 算法软件。

十、测试床使用者

相关单位可利用本测试床搭建或者改进，鼓励在各个领域进行推广和使用

十一、 知识产权说明

本测试床相关部件的产权归属各个申请企业，测试床方案和架构完全公开，鼓励企业据此架构开展各领域应用。

十二、 部署，操作和访问使用

可部署在互联网，根据申请，明确使用权限。

十三、 资金

企业自筹资金

序号	工作内容	需要资金（万）
1	前端采集设备（光源、相机等）	5
2	边缘智能节点	15
3	公有云平台	5
4	算法联调	8
合计		33

十四、 时间轴

本测试床关键时间点：

2018 年 8 月 30 日完成方案的工程效果测试；

2018 年 10 月 30 日项目验收和推广



十五、 附加信息

本测试床可以应用在以下领域：如工业 PCB 板质量检测，如线路漏焊，虚焊，线路断裂等；汽车钣金等外观质量检测，如检测是否有划痕，光滑度，完整度等。

ROS 机器人无线通用平台测试床

一、测试床名称

ROS 机器人无线通用平台测试床

二、发起公司和主要联系人联系方式

凌华科技(中国)有限公司 陈家榜 邮箱: ryanjb.chen@adlinktech.com

三、合作公司

华为技术有限公司 王斌 邮箱: binger.wang@huawei.com

四、测试床目标和概述

本测试床的基本目标 1) 是综合运用最新的机器人操作系统(ROS2: Robot Operating System 2)、蜂窝无线网络技术以及人工智能技术, 建设一个围绕 ROS 机器人产业在控制与通信领域的通用平台, 测试验证相关的业务需求和技术方案, 并通过测试床平台快速导入**智能制造/物流仓储/无人商店/机器人看护**等多场景机器人应用, 使周边设备及机器人实时相互协调工作, 推动 ROS 机器人在各场景下的全过程智能化应用。2) 是开展 ROS 机器人的行业应用示范, 通过发挥凌华公司和华为公司的龙头企业带动作用, 吸引科研院所、大专院校及机器人产业生态资源, 打造政产学研用紧密结合的协同创新载体, 形成良好的产业生态环境, 带动中小企业向“专、精、特、新”方向发展, 形成全产业链协同发展的局面, 推动国内机器人产业的蓬勃发展。3) 是通过测试床将未来各行业产业升级所涉及的三大要素:**无线连接、资料收集及智能控制**串连在一起, 形成一套完整的创新解决方案, 助力加快智能制造、智慧医疗、智能家居等产业转型升级之进程。

五、预期成果

5.1 商业价值

ROS 机器人无线通用平台测试床为基于 ROS2 开源系统的机器人领域从业者和使用者提供标准

化、通用化的机器人控制和无线通信承载方案。

- 1) 通过高可靠、高稳定性的无线专网承载技术，提高工业和服务机器人作业的精确控制和稳定运行，提高机器人的整体使用效率（如在工厂中，可通过人工智能技术，让工厂中的设备可以协助判别产线的良品率，以协助提高工厂的生产效率和品质）。
- 2) 引入机器人控制的分布式架构，提升机器人控制的效率和业务灵活性，进一步丰富机器人的业务使用场景和领域，带动机器人产业技术的持续更新升级。
- 3) 扩展 ROS、DDS 技术和蜂窝无线网络在服务及工业机器人领域的业务应用，为机器人产业提供工业级高品质的无线网络解决方案，并为之创造并扩大在工业、商业、及医疗等相关行业领域的市场空间。

5.2 经济效益

本测试床的经济效益一方面在于简化机器人从业者对机器人控制和通信相关领域的技术投入，缩短开发周期，降低开发成本，提高机器人研发效率，使得机器人开发从业者可以将资源更多地聚焦在机器人产业更前端的人工智能、感知与识别、机器和驱动、业务和应用等领域，驱动我国机器人产业的快速创新和产业繁荣；

另一方面在于对工业生产等社会效率的提升，以工业领域 ROS 机器人的使用为例进行经济效益评估，因使用 ROS2 系统与工业无线网络联网可满足产线实时分散式运算，可降低工业机器人的误操作发生概率（预期可下降 20%以上），且因为工厂使用该平台达到几乎全自动作业，可保障人身安全，预期可降低 15%的运维成本，提升 15%的工作效率。

5.3 社会价值

工业机器人是先进制造业的关键支撑装备，服务机器人是改善人类生活方式的重要手段，无论是在制造环境下应用的工业机器人，还是在非制造环境下应用的服务机器人，已经凭借开源成长为产业主导的 ROS 机器人平台都有涉足，本测试床立足于构建 ROS2 机器人操作系统底层的控制和通信通用平台，将大大降低围绕 ROS 平台开发机器人的难度，并依据测试床“DDS+蜂窝无线”优异的分布式控制与通信架构，提升所开发机器人的性能和场景匹配度。

测试床针对多种 ROS 机器人（如服务型机器人、导览机器人、工业机器人等）在**无人商店、自动化仓储、以及工业工厂**等场景提供应用案例，以呼应中国制造 2025 主要任务中“**推进工业机器人向中高端迈进**”的要求，同时聚焦智能生产、智能物流，攻克工业机器人关键技术，提升可操作性和可维护性，以及着力推进应用示范，重点针对需求量大、环境要求高、劳动强度大的工业领域，实现一批效果突出、带动性强、关联度高的典型行业应用示范项目。通过测试床的示范和虹吸效应，还能聚拢 ROS 机器人领域国内优秀的产、学、研资源，促进国内机器人产业持续健康快速发展，对于推动工业转型升级，加快制造强国建设，改善人民生活水平具有重要意义。

六、测试床技术可行性

本测试床技术方案主要针对 ROS 机器人应用于**机器人产业、工业工厂、自动化仓储以及无人商店**等不同场景领域，将与控制与通信相关的部分以无线通用平台的方式进行标准化和通用化。

以工业工厂为例，利用此通用平台实现周边设备及机器人实时相互协作，从而使得整个应用作业实现无人协作全自动化运营的能力状态。测试床整套系统具体分为三大部分(见下图 1)：分别是 eLTE 无线蜂窝技术为主的网络层、ROS2 工业级规格的控制平台层及面向不同应用场景的业务应用层。三层之间通过：1) 华为 eLTE 工业级无线通信系统与 DDS 中间层融合对接；2) DDS 中间层与 ROS 2 工厂设备的整合；3) ROS2 设备或机器人和 eLTE 工业无线网络整套导入工厂等三个方面的组合来实现测试床的应用孵化和创新落地。

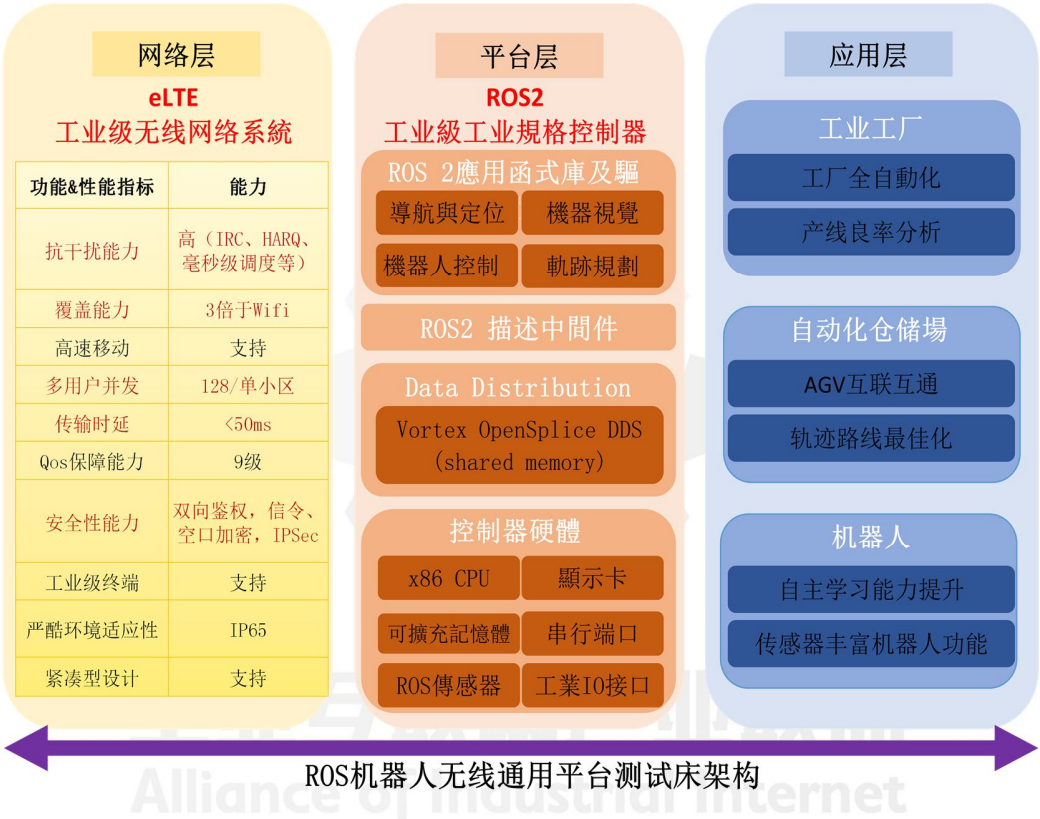


图 1: 测试床整体系统架构图

6.1 物理平台

ROS 机器人控制与通信平台测试床的物理平台主要包括：

- 1) 基于华为 eLTE 蜂窝无线专网设备和通信模块的网络层（前期采用 5.8G 免授权频谱的 eLTE-U 网络方案，后阶段再引入基于 5G 技术的 NR-U 的网络方案），eLTE-U 是一种在免授权频谱上使用 LTE 的无线宽带接入技术，eLTE-U 结合了 LTE 的高性能与 Wi-Fi 易部署的特点，相比 Wi-Fi 和微波技术，具备覆盖距离远、抗干扰能力强、移动性强、用户容量大、安全性和可靠性更高的特点，在承载机器人的控制和通信上有天然的性能优势。
- 2) 基于凌华公司工控机的 ROS2 机器人控制器硬件平台。此控制器以 ROS2 机器人操作系统作为控制器的中间件，使得机器人及工厂设备开发人员可以引用 ROS2 丰富的开源应用程序进行开发，实现工厂间设备顺畅沟通，在确保安全性的前提下，实现设备与设备的即时资料共享，并保证软硬件综合作后的实时性和可靠度，藉此实现各种智能制造应用

场景。此控制器同时支持 AI 运算平台(Nvidia GPU CUDA, Intel VPU AI)，可加速机器人的运算，对于机器人的影像识别(服务机器人之人形识别、工业机器人之 AOI)有很大的帮助，且能够将训练好的模型直接施行于这些运算平台上。另外，本控制器还将整合 AI 运算套件至 ROS2，未来结合收集产线大数据进行分析，可应用 AI 技术持续优化产线机器，提升生产控制智能化程度。

- 3) 采用上述硬件平台开发的 ROS2 机器人等行业设备（如凌华的 DDSBot、仓储 AGV、各类型服务机器人等），结合业务场景导入工厂转型。如下图 2 未来工厂的情景展示：客户从远端下订单，经过云端的资源管理系统，连接上 IT 系统，连接工厂端智能制造设备、各式移动机器人投产……UAV 取件，AGV 搬运与自动仓储，都在无人化或人机协助环境下完成。

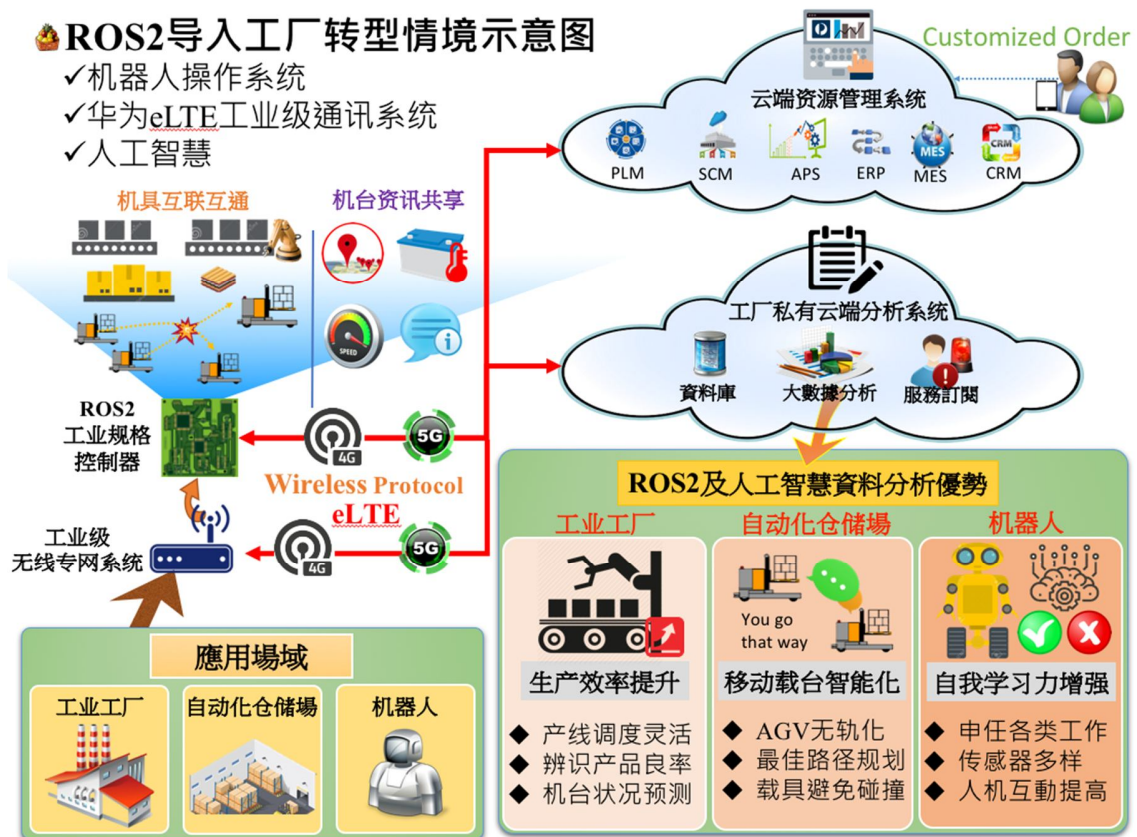


图 2 ROS2 导入工厂转型情境示意图

6.2 软件平台

本测试床的软件平台主要包括：

- 1) 实现蜂窝无线网络与终端模块之间无线通信的 eLTE-U 空口协议软件和后续的 NR-U 空口协议软件，和在无线空口协议之上实现数据通信的 UDP/TCP、IP 等协议软件，提供机器人环境检测和操作控制的无线通信承载；
- 2) 位于 ROS2 标准 API 之下，实现机器人 D2D 分布式通信的 DDS 协议软件和通信协议软件，实现数据采集点到控制终端之间点对点或点到多点的通信和控制。



图 3：测试床软件平台及接口协议

- 3) 开源的 ROS2 的标准 API 软件平台：ROS 是一成立于美国的 OSRF(Open Source Robotics Foundation)开源组织所提出的设计架构，适用于机器人的开源作业系统，ROS2 是其第 2 代开发平台，具有共通的架构和相通的语言，开发者可以在 ROS2 平台沟通设计内容，并具有如下几个方面的优势：
 - 提供了作业系统应有的服务，包括硬件抽象，底层设备控制，常用函数的实现，进程间消息传递及包管理，且因开源的关系，它也提供用于获取、编译、编写和跨计算机运行代码所需的工具和库函数，使开发者可進行**快速开发**。
 - 主要目标是为机器人研究和开发提供代码复用的支持，因此所有的工程都可以被 ROS 的基础工具整合在一起，可**快速复制**至不同的应用场景中。
 - ROS2 针对设备之间的资料分发和设备控制、设备和云端的数据传输等，具有相当高的匹配度，同时资料分发的即时效率非常高，能做到秒级内同时分发百万条消息到众多设备。智能工厂将持续引入大量装备及资料，可通过 ROS2 定义好资料格式，使用统一的流通格式，将工厂的静态设备及移动装备(AGV/AMR)、甚至传感器进行**实时互联网与协作沟通**。

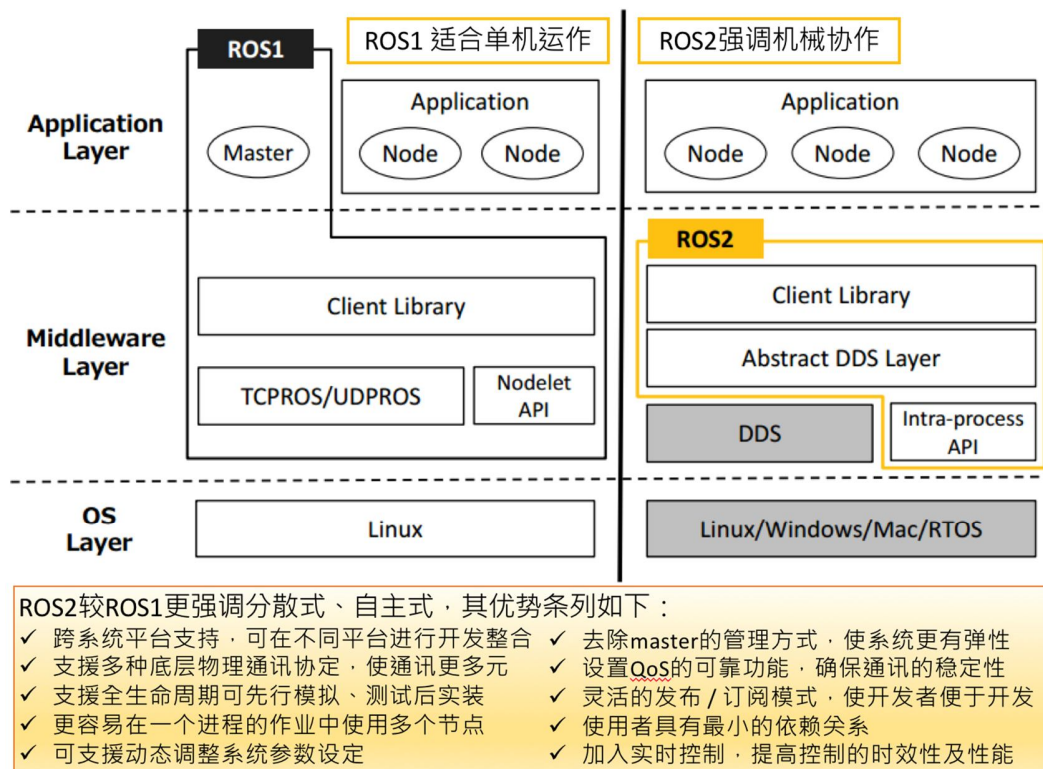


图 4 ROS 2 是离散式与自主式机器人的开源作业系统

6.3 软件开发和环境模拟

参与测试床的机器人开发者合作伙伴可以聚焦在 ROS 系统的软件开发，承载控制和通信功能的软、硬件分别由测试床发起单位凌华和华为提供，凌华上海张江实验室和华为 Openlab 实验室提供实际的 eLTE-U（后续 NR-U）网络及 ROS2 平台测试环境（开发者也可以登录华为官网 eLTE 开发者社区获取技术支持），测试床合作伙伴集成华为 eLTE 蜂窝无线模块和凌华的机器人控制器开发 ROS2 机器人，在凌华张江实验室或华为 Openlab 实验室进行测试和验证对接。

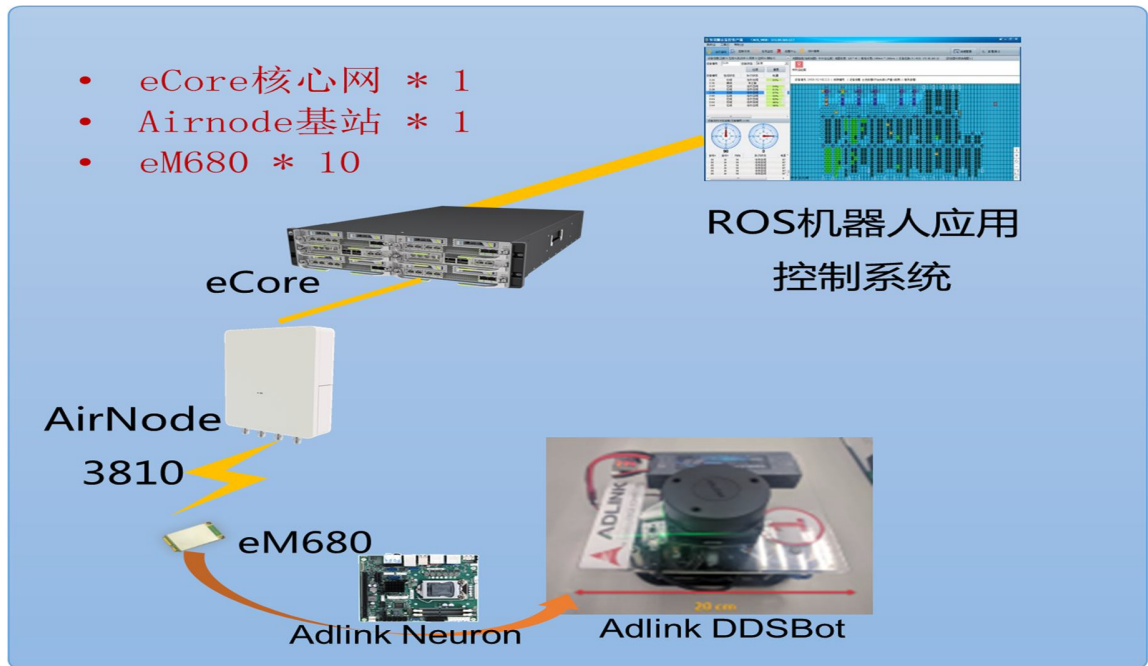


图 5：上海凌华张江实验室 ROS2 机器人无线通信平台测试环境

七、和 AII 技术的关系

7.1 AII 总体架构

工业互联网 AII 参考架构（见下图 6A）由物理系统、数据、网络、安全、应用及用户组成，ROS 机器人无线通用平台测试床各层在参考架构中的映射如下图 6B 所示，主要覆盖其中的网络、数据和应用，验证其与 AII 体系架构的符合度及运行效果。

网络：网络是实现机器人控制的通信承载基础，通过基于 5.8G 免授权频谱的 eLTE-U 技术，在凌华公司展示和测试实验室部署工业级 eLTE-U 无线互联网，在凌华的机器人控制器内嵌入无线通信模块，满足 ROS 机器人与后台控制系统的通信交互。

数据：测试床有效整合 ROS2 及 eLTE 工业级无线通讯，实现工厂内各设备及部件的紧密连结，工厂内的机器、传感器及制动器等设施利用 eLTE 无线通信系统及 ROS2 底层的通讯协议传输资料、数据或指令，使得分布在工厂各处的机器、工具、电脑、设备等硬件都能流畅地执行任务。

应用：服务机器人、工业工厂以及自动化仓储等场景下 ROS2 机器人或智能设备通过 eLTE 无线网络承载通信控制下的各种各样的智能化应用。

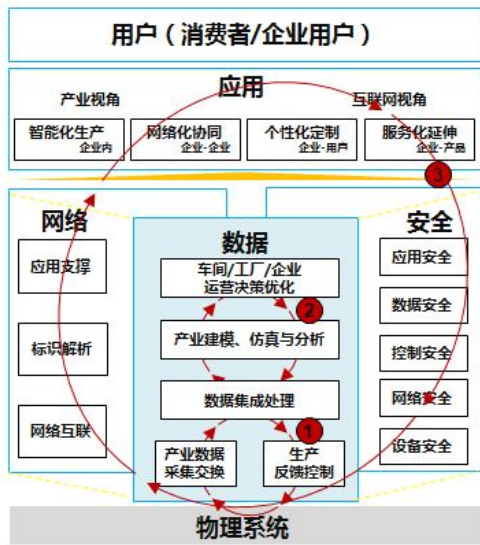


图 6A



图 6B

7.2 All 安全

安全是AII参考架构中的重要组成部分，ROS机器人无线通用平台测试床团队将对测试床中潜在的漏洞进行针对性分析，测试床所采用的安全协议和策略，如加密和解密、认证、权限控制与授权以及IP安全将遵循相关标准。与本测试床相关可能的安全风险如下：

- 物理安全（设备被物理攻击甚至破坏）
 - ROS2 控制器设备，eLTE 网络设备，ROS2 控制及应用服务器等
- 通信安全（数据在通信过程中被修改或截获）
 - ROS2 控制器与基站之间无线通讯
 - eLTE 基站与核心网之间有线通讯
 - eLTE 核心网与应用服务器之间有线通讯
- 数据安全（数据篡改，丢失及保密性）
 - eLTE 网络平台数据
 - 应用层服务器
- 系统安全（非法用户或设备的攻击，网络攻击）
 - 对所连数据交换承载网系统的网络攻击

应对措施如下表所示：

No.	Threats	Countermeasures
1	<ul style="list-style-type: none"> 伪造的通信模块提供虚假数据给基站 不合法的设备接入网络 	<ul style="list-style-type: none"> 通信模块和网络之间互相验证 加装防火墙及接入控制策略
2	<ul style="list-style-type: none"> 基站和终端模块之间的无线通信被攻破 	<ul style="list-style-type: none"> 通信加密及内容完整性保护 安全区机制
3	<ul style="list-style-type: none"> 数据被截获或篡改 	<ul style="list-style-type: none"> 通信加密及内容完整性保护
4	<ul style="list-style-type: none"> 数据篡改 数据丢失 非鉴权的服务器接入平台 平台被网络攻击 	<ul style="list-style-type: none"> 所有数据在存储平台之前被加密 灾难数据恢复机制 平台和应用的互相鉴权 攻击保护系统 (如 NGFW, IPS, DDoS)
5	<ul style="list-style-type: none"> 平台与应用, 应用与用户之间的通信被恶意攻击 	<ul style="list-style-type: none"> 安全鉴权和通信(比如 IPSec, SSLVPN)
6	<ul style="list-style-type: none"> 非鉴权的用户接入 应用被网络攻击 数据被篡改 	<ul style="list-style-type: none"> 用户鉴权 攻击保护(如 NGFW, IPS, DDoS) 数据加密和内容完整性保护

7.3 详细清单

测试床所涉及的具体组件清单如下表所示:

序号	名称	厂家或型号	数量	说明
1	eLTE 核心网	华为	1	紧凑型 eLTE 核心网网元, 为支持 D2D 通信需求,需引入支持 Multicast over UDP 功能
2	eLTE 通信基站	华为	1	5.8GHz 免授权频谱 eLTE 蜂窝技术组网
3	eLTE 终端模块	华为	10	MiniPCIe 标准接口通信模块, 支持 5.8GHz 免授权频谱的 eLTE 蜂窝网络
4	ROS2 控制器	凌华	若干	硬件: 可更换 CPU, 可扩充存储, PCIe x16 Gen3.0, RS-232 及 RS-485 串口, USB 2.0/3.0 接口, 支持 GPIO, I2C, SPI 等; 软件: 实时 OS (Xenomai), 数据分布式服务(DDS)导入, ROS1 及 ROS2 环境等 预留 MiniPCIe 接口与 eLTE 通信模组对接
5	ROS2 机器人或 AGV	不限	若干	智能型设备,前期由凌华的 DDS Bot 蜂群机器人对接,后续由加入测试床的 ROS2 机器人开发合作伙伴提供
6	ROS2 应用软件服务器	凌华	1	通用服务器硬件, 可加载不同的 ROS2 上层应用软件

7.4 风险模型

本测试床安全相关最关键部件包括 ROS2 的控制器、eLTE 网络设备和 ROS 业务应用服务器，可能的风险如下（更详细的风险模型文档将参考安全框架，在安全组的指导下在实施阶段输出）：

- （1）网络通信安全：数据在网络通信过程中被修改或截获，包括感知终端与网关、网关与平台、平台与应用、应用与用户之间等。
- （2）数据安全：包括数据篡改、丢失。
- （3）系统安全：非法用户或设备的攻击、网络攻击。

7.5 安全联系人

华为:张腾翼 zhangtengyi@huawei.com

7.6 与已存在 All 测试床的关系

新增机器人控制与通信平台类水平测试床，与现有测试床无重复。

八、交付件

● 阶段1：需求分析

目标：

- 根据ROS2目前使用案例确定需求和适用条件。

交付件：

- ROS机器人无线通用平台测试床需求说明文档。

成功标准：

- 文档完成并通过评审。

● 阶段2：示范平台初始测试床设计

目标：

- 确定ROS机器人无线通用平台测试床架构的技术细节；
- 针对应用案例提出定制化的解决方案；

交付件：

- ROS机器人无线通用平台测试床设计文档；
- ROS机器人无线通用平台测试床测试方案；

- ROS机器人无线通用平台测试床网络安全测试方案；
- 评估方案的业务活用性与安全情况。

成功标准：

- 文档完成并通过评审。

● **阶段3：示范平台测试床开发**

目标：

- 开发并集成ROS机器人无线通用平台测试床的各个部分功能模组；
- 说明验证示范平台的真题运作流程。

交付件：

- 测试报告：说明测试床的操作流程；
- 提议可复制的改造流程。

成功标准：

- 测试床部署鉴定完成。

● **阶段4：部署及验证**

目标：

- 实际场景部署测试床；
- 验证测试床的市场价值。

交付件：

- 评估报告：评估部署的实效性；
- 优化可复制的改造流程；
- 可复制改造流程的商业案例。

成功标准：

- 完成可复制流程更广泛部署的鉴定。

九、测试床使用者

欢迎涉及机器人产业、工厂自动化、仓储系统与无人商店相关的 AII 成员企业参与本测试床项目。唯本示范验证平台初始阶段将开放给项目合作伙伴开展技术试验，后期示范验证平台团队将根据企业应用场景相关性增加更多的合作伙伴。

十、知识产权说明

华为公司配合凌华科技股份有限公司完成本测试床的建设，后者对本测试床拥有运营和使用产权，双方将就知识产权管理达成一致原则。这些原则将细化规则以确保尽可能广泛的传播应用案例方案结果，同时保证妥善保护知识产权和保密信息。此原则将针对以下几点详细说明通用规则：

- 保密和出版规范
- 知识产权报告和纠纷解决机制
- 发表专利和授权许可的权利
- 共同所有权问题及访问权限

十一、部署，操作和访问使用

本测试床将主要部署在上海浦东张江凌华公司，并与华为建设联合实验室和验证展示环境，此验证展示环境将由凌华公司负责统一运营管理，并与凌华科技提供的相关运动控制卡及相关设备整合在一起，提供给凌华科技目前在台湾正在执行的计划使用，同时本测试床未来亦可提供给相关的合作厂商如上海 INTEL、北斗创新中心以及中国的 ROS 机器人公司、AGV 厂家使用。

十二、资金

测试床展示及测试环境由凌华公司提供并承担相应的运营管理费用。

十三、时间轴

- ✓ **阶段 1 (2018 H1): 需求分析**
 - ✓ 根据 ROS2 目前市场需求和适用条件
 - ✓ 分析潜在业务融合需求
- ✓ **阶段 2(2018 H2): 示范平台初始测试床设计**
 - ✓ 确定 ROS 机器人无线通用平台测试床架构的技术细向
 - ✓ 针对使用案例提出 ROS 机器人无线通用平台业务融合解决方案

- ✓ 提供平台的设计方案.
- ✓ **阶段 3 (2018 H2): 示范平台测试床开发**
 - ✓ 开发并集成 ROS 机器人无线通用平台测试床的各个部分功能模块
 - ✓ 装配模块到测试床相关系统
 - ✓ 提供示范平台的整体运作流程
- **阶段 4(2019 H1): 部署及验证**
 - ✓ 实际在上海浦东张江凌华公司部署验证示范平台
 - ✓ 验证示范平台的市场价值
 - ✓ 实地操作并验证示范平台

十四、附加信息

[请列出其他有价值的信息以便委员会更好的对测试床提案申请进行评估和决策，如可应用复制的行业等。]

基于智能数控系统的工业 APP 平台测试床

引言/导读

沈机（上海）智能系统研发设计有限公司（以下称“沈机智能”），由沈阳机床集团于 2015 年投资创建，致力于面向机床行业的运动控制技术及云制造技术的产品研发和技术储备。沈机智能前身为沈阳机床（集团）设计研究院有限公司上海分公司（以下称“沈阳机床上海研究院”），历时 7 年完成了 i5 数控系统的技术研发及产业化，并推出自主品牌伺服驱动器（HSHA 系列产品）和智能工厂管理软件（WIS 系统软件）。

沈机智能在完成 i5 运动控制核心技术的研发与 i5 数控系统的产业化之后，进一步提出社会化的开发思路，将 i5 运动控制核心技术进行模块化封装，以平台形式向数控行业产业链上下游的参与方（包括大中小型制造企业、装备供应商、个体开发者、创客等）开放，为数控技术在各个垂直领域的应用与推广打造通用的工业 APP 开发、应用与分享的平台。该平台于 2017 年 11 月向全世界发布，即被业界所熟知 i5OS 工业操作系统（简称为“i5OS”）。

一、关键词

i5OS、运动控制、工业 APP 平台、安全

二、发起公司和主要联系人联系方式

沈机（上海）智能系统研发设计有限公司 黄云鹰 18502106759

三、 合作公司

智能云科信息科技有限公司

张晓 18918357719

四、 测试床项目目标和概述

基于 i5 智能数控系统的工业 APP 平台测试床项目是围绕数控行业各个垂直领域对于智能化数控技术的需求而提出的云端协同解决方案。沈机智能基于自主知识产权的 i5 智能数控系统，向数控行业的装备制造商、大中小型制造企业、个体开发者、创客等提供运动控制底层技术支撑，以开放的接口和 APP 开发平台，为其提供工业 APP 的开发、测试及应用环境，使其能够基于 i5 运动控制核心技术，快速开发各自领域内的工业 APP；同时，测试床项目为成熟的工业 APP 提供软件托管服务和交易商城，通过工业互联网平台为工业 APP 的交易、授权、应用与产权保护提供保障服务，促进工业 APP 在行业内分享与复用。

本测试床项目的目标是以 i5 运动控制技术为基础，打造数控行业各个垂直领域通用的工业 APP 开发与应用平台，帮助行业知识与诀窍以工业 APP 的形式沉淀，形成各个细分行业（如激光雕刻、激光打标、锂电池加工、机械手控制等等，见图 1：i5OS 相关行业）丰富的工业 APP 库，并提供可靠的工业 APP 交易服务，使行业知识和诀窍可在其相关的行业领域得到快速复用。



图 1 i5OS 相关行业

五、测试床解决方案架构

(一) 测试床应用场景

本测试床解决方案适用于丰富的工业应用场景：包括以运动控制技术为核心的各个工业领域，如金属切削、激光雕刻、锂电池加工、机械臂控制等等，在各个细分领域内，本测试床解决方案都能为其提供底层的运动控制技术和构建本领域内工业 APP 的开发工具链、微服务组件，以及统一的运行环境和线上商城。

(二) 测试床重点技术

(正文小四 宋体。行距 1.5 倍行距)

(1) 面向云服务工业 APP 的数据接口协议 (iPort 协议)

面向装备全生命周期服务（如设备健康度诊断、远程监控、预测性维护、资产管理等）的工业 APP，需要采集大量的设备状态和过程数据，并进行及时的处理；然而工控系统因有限的 IT 资源，不能满足这种基于工业大数据采集和分析的服务型工业 APP。本测试床项目的重点技术之一是自主开发的数据接口协议 (iPort)，以满足数控装备到云服务平台（本项目中为 iSESOL 工业云平台，亦能接入其他的云服务平台）之间的数据交互和边缘处理需求。数据接口协议 (iPort 协议) 作为数控系统和云服务平台之间的桥梁，具有以下几个方面的特点：(1) 实现异构数据源的装备认证接入和数据采集（除了搭载 i5 数控系统的机床以外，还兼容 FANUC、SIEMENS 等主流的数控系统）；(2) 基于 VPN 加密通道，保障工业数据传输安全；(3) 支持多种数据采集模式（如毫秒级的实时数据采集、非实时的周期性采集等），具有消息订阅机制，以此建立工业 APP 丰富的应用场景。iPort 协议支持两种联网模式：直连模式和间接（基于装备接入设施 iBox）模式如图 2 所示，图中搭载 i5 数控系统的机床装备可直接与云服务平台相连，并进行数据交互，其他非 i5 系统的机床装备能够接入 iBox，并由 iBox 间接与云服务平台连接。iBox 设备上部署了 iPort 协议，成为其他设备与云服务平台数据交互的中转站。

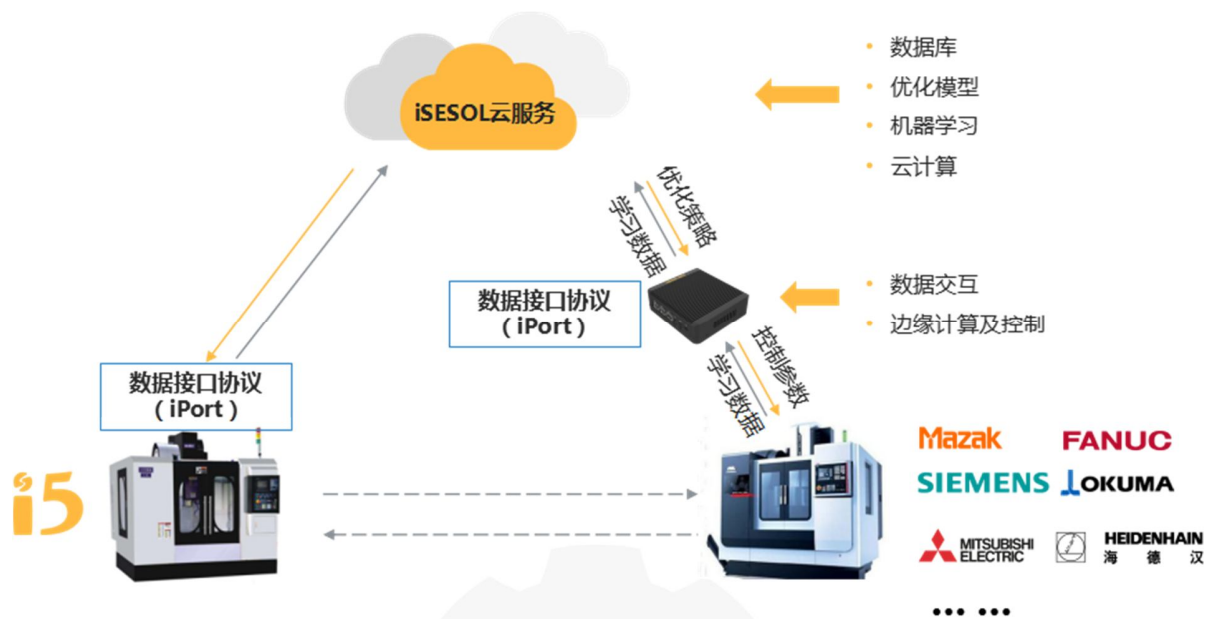


图 2 i5OS 数据接口协议 (iPort) 连接模式

iPort 协议架构如图 3 所示，基于 iPort 协议的通讯系统由 Agent、iBox 和 Machine 三个基本部分组成，分为两种应用模式：直连模式和间接模式 (iBox 中转)，图 3 中的名词解释如表 1。

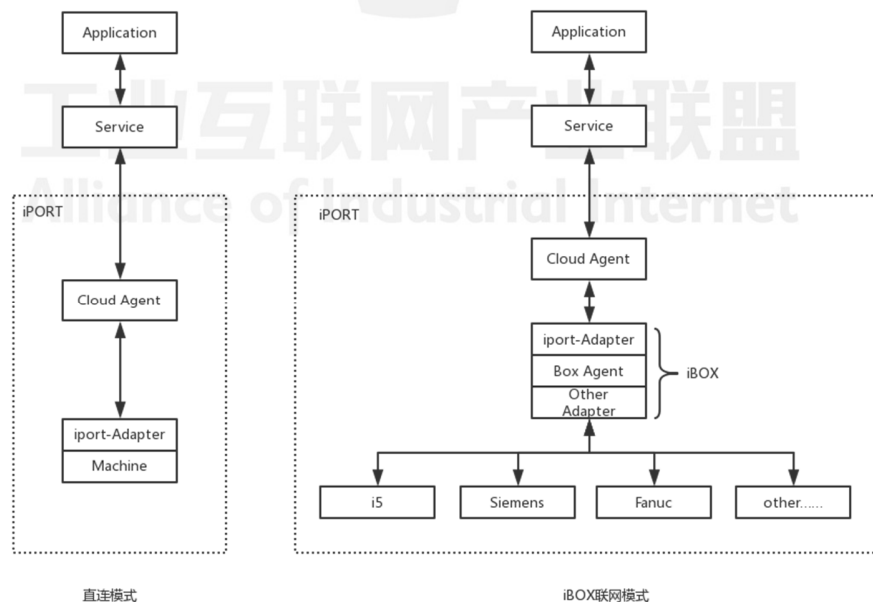


图 3 iPort 协议架构

表 1 iPort 协议架构名词解释

术语名称	术语中文	术语解释
Agent	代理	靠近服务端（云服务平台或边缘服务器），向上兼容不同的服务平台，代表服务端对设备认证授权，以及与设备进行交互。代理是服务端与设备通信的主要节点，根据部署的环境，分云服务代理（Cloud Agent）和边缘服务代理（Box Agent），其中边缘服务代理部署在接入设施（iBOX）中。
Adapter	适配器	向下兼容不同品牌的设备（Machine），用于连接代理和设备，部署于设备或接入设施中。
Machine	设备	经过认证的设备与代理之间有连接机制，设备与代理的交互不区分云服务代理或边缘服务代理。
iBox	接入设施	接入设施中部署有边缘服务代理，与云服务代理之间有连接机制，同时边缘服务代理还完成设备与云服务代理之间的连接机制。边缘代理还可以连接支持其他通信协议的设备，比如 OPC UA 设备。

（2）工业 APP 封装技术

为增强工业 APP 对不同运行环境的兼容性，本测试床项目采用开放式的开发框架，集成了多种主流的工业软件开发工具（如 Python，QT，Kiv 等），并进行统一的打包封装，有效缩短开发时间。以 iOS 测试床的开发工具 Kiv 为例，Kiv 框架由脚本解析引擎（负责解析脚本文件）、插件库（封装了工业知识的库文件）、图元（图形界面的控件）共同组成。Kiv 框架基于对象容器技术来管理 UI 中各个图形控件，为开发者提供了图形化的 APP 开发工具。

（3）工业 APP 授权技术

工业 APP 授权技术是为有效地保护工业 APP 的知识产权而开发与应用，从技术层面保障工业 APP 的所有者通过授权机制来合理获得收益。工业 APP 的授权模式分为多种模式，

如按使用次数授权、按使用时间授权、按使用设备授权等等。授权机制由 i5OS 云端应用商城来统一管控。

i5OS 云端应用商城 (www.i5osapp.com) 允许 APP 的使用者通过商城账户在线购买 APP，获取 APP 加密授权文件，授权文件的下发和加密采用了金融领域的防护技术，防止授权文件的破解和更改。完整的授权机制如图 4 所示。被授权的工业 APP 可以在手机等智能终端上被查询，并在被授权的指定设备上被使用。

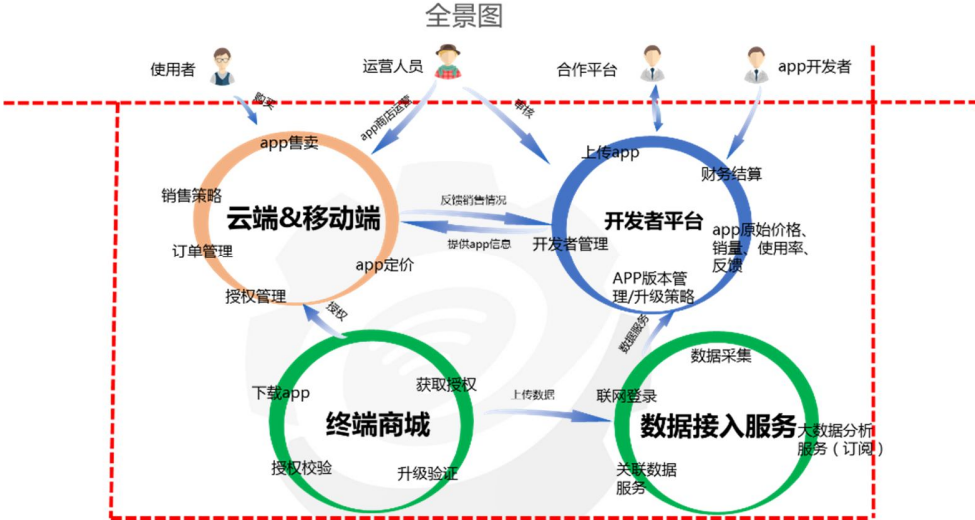


图 4 工业 APP 授权机制

(三) 技术创新性及先进性

i5OS 测试床运动控制底层数据透明化，将 i5 运动控制核心技术进行封装并形成模块，供上层调用，既有效地保护了 i5 核心技术的知识产权，又向社会共享了 i5 运动控制技术，需要指出的是，i5OS 为有研发能力的平台用户提供了一个完整的操作系统和开发工具平台。该测试床作为一个运动控制领域的开发性平台，具有以下几个方面重点的创新技术，从而区别了一般的 Paas 平台。

(1) 开放

其运动控制底层的相关技术 i5OS 全部对社会开放，以接口的形式提供给 APP 开发者，使得运动控制技术得到整个社会化的共享。

(2) 自主

底层运动控制技术由 i5 研发团队历经 5 年自主研发形成。攻破运动控制底层关键技术，例如：轴插补运动控制、龙门轴控制、五轴 RTCP 技术、机床热误差补偿等等。

(3) 安全

APP 安装包和授权文件的发放经过金融级别的区块链加密技术保护，应用商店集成第三方工业安全品牌，通过白名单形式安装，双重保障开发者的知识产权。

(4) 可控

APP 应用开发方便、简单，需经过专业测试人员通过之后才可上架到 i5OS 应用商城中，并通过购买授权的方式获取。通过商业模式确保开发者的利益。

(四) 测试床解决方案架构



图 4 测试床系统架构图

(1) 应用程序层

i5OS 测试床不仅仅是操作系统，也包含了许多应用程序，诸如面向数控行业的 CNC、面向激光行业的应用、单机自动化应用、机器人应用、示波器、热误差补偿、等应用程序。这些应用程序可以面向不同的行业领域，并且通过功能购买组合可以搭载不同的设备性能，这点不同于其他系统固化在系统内部的软件，更加灵活和个性化，满足不同用户的需求。

(2) 应用通信框架层

应用程序框架层是我们从事 i5OS 开发的基础，很多核心应用程序也是通过这一层来实现其核心功能的，该层简化了组件的重用，开发人员可以直接使用其提供的组件来进行快速的应用程序开发，也可以通过继承来实现个性化的拓展。

a) iOS/Android/Windows 通信接口

管理 i5OS 和其他操作系统的远程访问端口；

b) 应用通信

使得不同应用程序之间存取或者分享数据；

c) 应用图元

构建应用程序的基本组件；

d) 插件框架

软件框架中业务模型构建的基本组成；

e) 脚本解析

对 UI 控件解析和为了解决代码冗余获取插件的属性或方法；

f) 权限管理框架

管理使用者对系统的操作权限；

g) iport3.0

管理应用程序和云平台数据共享和交互；

h) iAUTH

基于区块链技术的授权管理平台；

i) i5 Console

管理应用程序上线和发布平台；

j) 高频数据采集

针对特定事件下的机床高频数据采集接口；

k) WIS

车间级生产任务管理框架。

(3) 底层运动控制层

底层运动控制层是我们从事 i5OS 开发的基础功能设施，是 i5OS 的核心技术，很多核心应用程序也是通过调用 CNC 中间件来实现其核心功能的。i5OS 不是普通的操作系统，是基于运动控制算法核心，面向主机厂商/自动化方案提供商/自动化设备制造商等对象的运动控制核心软件平台。

a) 主轴/串联轴/辅助轴控制

针对不同功能属性的轴的基本运动控制功能；

b) 速度前看

运动轨迹提前规划算法，使得加工速度更加平稳，提高工件表面质量；

c) 插补前平滑

针对小线段程序运动规划的平滑功能，有效去除加工中的毛刺；

d) 空间误差补偿

基于分布体对角线测量方法的空间误差补偿方法，得到 3 项定位误差、6 项直线度误差和 3 项垂直度误差以及反向间隙误差；

e) G 代码解释器

自定义开发的 G 代码解释器，图形化的编程引导工具，提高编程效率；

f) 插补后平滑

单轴运动速度规划，有效去除加工过程中的加速度突变导致的工件表面质量差；

g) Linux 内核驱动层

i5OS 是基于 Linux 实时内核，其核心系统服务如安全性、内存管理、进程管理、网络协议以及驱动模型都依赖于 Linux 内核。

六、预期成果

(一) 测试床的预期测试结果，针对测试项

i5OS 测试床提供了运动控制领域的操作系统平台：向主机厂商/自动化方案提供商/自动化设备制造商提供运动控制核心软件平台，提供开放的 APP 框架，统一的开发平台，使其能够快速基于 i5 运动控制核心技术进行面向各自领域的自动化集成方案开发，行成专业领域的 APP。

(二) 商业价值

i5OS 搭载 isesol 云制造平台的创新模式不仅仅可以用在目前已有的 i5 设备上，这种模式可以被复制到其他传统装备上，让设备制造商拥有核心技术可控的智能装配，进一步搭配 isesol 的产能交易、租赁等模式，可以进一步引发商业模式上的变革。

(三) 经济效益

设备的制造商、系统的集成商只要掌握自己专业优势，就可利用 APP 快速构建工具链，结合云平台和运动控制技术，快速地构建出智能化的、面向行业的应用，定制在行业领域具有独特性和差异性的 APP 并以产品的形式推向市场，使其具备独特的行业竞争力。通常的行业应用软件是委托第三方团队开发，投入成本高，产品无法产生额外的价值。i5OS 平台使得专家端的成果得到放大，单个软件的开发成本得到降低。

(四) 社会价值

在 i5OS 中对于应用开发者的知识产权和专业优势采取了安全性保护功能——区块链技术。区块链技术具有去中心化、无须信任系统、不可篡改和数据加密安全的特性，带给用户在知识产权方面的高度信任感。应用开发者，利用 i5 的基础设置和 APP 构建工具链，通过简单的操作构建出具有自主知识产权的应用，经过打包、认证、签名，最终在 i5Console 平台发布 APP。系统管理人员上架审核通过之后，开发商可以在线登录账户，通过给用户授权获利，i5 从中收取服务费用，实现价值共享。我们的目标是越来越多的人使用 i5OS 平台，快速聚合社会上的研发资源和能力，使得行业的生态链越来越繁荣。

对于不同行业的设备制造商而言，i5OS 测试床及其背后丰富的工业 APP 库将为设备制造商提供丰富的系统功能和应用场景，使传统的工业控制设备由“功能机”向“智能机”升级。i5OS 平台通过授权向设备制造商提供产品及服务，替代封闭式工控系统的传统解决

方案；同时，设备制造商也可以以 i5OS 为基础，开发其专用的数控系统，为其降低开发成本，提高开发速度，i5OS 上提供了面向数控行业的标准解决方案。

对于掌握行业诀窍的开发者而言，i5OS 测试床使得有行业专业知识和诀窍的行业专家能够绕开研发运动控制技术的技术壁垒，在 i5OS 这个开放的操作系统上将自己的专业知识和诀窍以 APP 的形式沉淀下来，并通过有偿分享的方式创造价值。一方面极大地调动了开发者的创造积极性，另一方面也方便了行业内的知识和诀窍以互联网为渠道向全世界推广。

七、测试床技术可行性

(一) 物理平台

(正文 小四 宋体。行距 1.5 倍行距)

i5OS 测试床目前搭载的是 i5 的硬件平台，主板支持 X86 和 Arm 两种架构，i5 硬件均经测试验证，可以搭载 i5OS 软件系统，包括：主机、PLC、DAC、HSHA 伺服驱动等。

(二) 软件平台

i5OS 测试床作为软件操作系统平台，其本身就是操作系统，它是基于 Linux 开发环境下的 Ubuntu 进行定制开发。

八、和 AII 技术的关系

(一) 与 AII 总体架构的关系

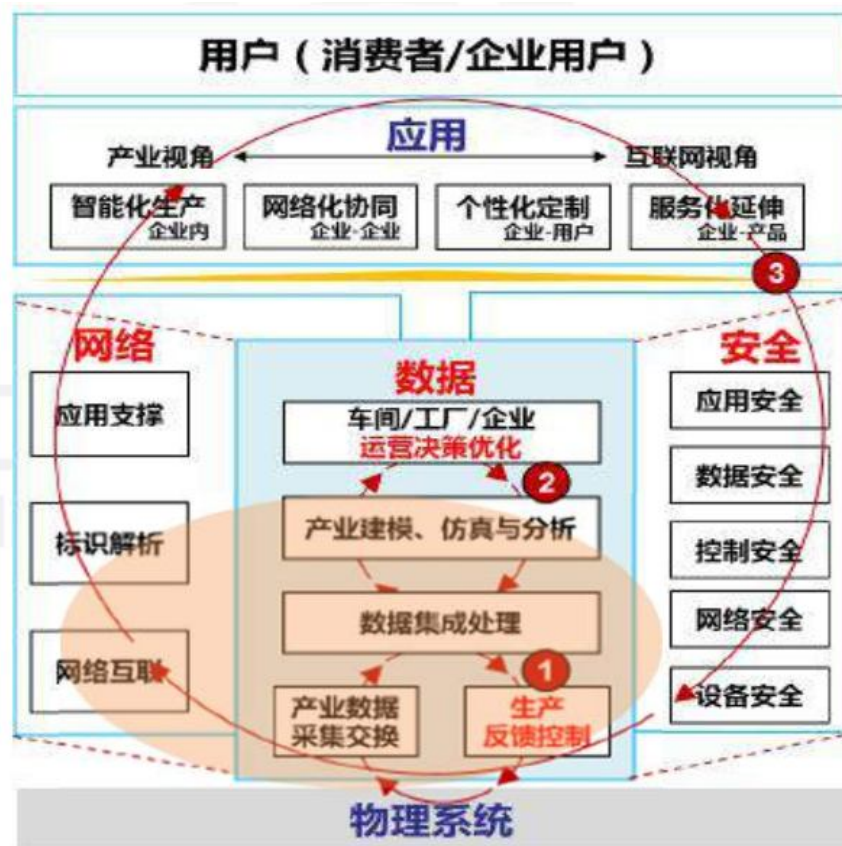


图 5 AII 工业互联网体系架构图

本测试床验证了 AII 总体架构中的网络功能中应用支撑、网络互联部分，i5OS 测试床通过 iport 协议和云平台大数据分析结合再一起，大大丰富了 i5OS 上工业 APP 的种类，验证了数据部分的产业数据采集交换、生产反馈控制、数据集成处理等部分，i5OS 平台由于其安装在设备上在数据采集上具有天然的优势，通过不同的 APP 采集的数据，可以使得产业数据采集得到交换、生产过程得到反馈、数据能够集中处理。测试床同时验证了安全模块中的设备安全、应用安全、数据安全部分，其基于区块链技术的授权技术保证了用户的应用安全，通过应用商城安装添加白名单的操作，防止应用程序的拷贝。

(二) AII 安全 (可选)

(三) 详细清单 (可选)

(四) 风险模型 (可选)

(五) 安全联系人

(六) 与已存在 AII 测试床的关系

(1) 与智能云科信息科技有限公司入选的 iSESOL 云制造平台测试床的区别与联系：

第一，应用场景不同。i5OS 是应用一个在工业装备，终端机器上的，控制设备运动的系统；而云平台是应用在工业互联网上的大数据平台，它通过和设备互通具有采集数据、分析数据、下发数据的功能。

第二，实现功能不同。云制造平台和 i5OS 平台共同合作和联通能打造出面向工业领域的新型 APP 功能，举个例子，如果只有 i5OS 我们能实现单台设备的智能管控功能，但由于设备端采集的数据量不够，分析能力较弱、没有对整个车间管理的功能，如果只有云制造平台采集来的数据就没有实际的落地的应用，没有终端的操作系统配合开发的特色 APP 这些数据也是产生不了价值的。

(2) 与北京航天智造科技发展有限公司入选的基于工业互联网平台的制造服务测试床项目的区别，该测试床项目将工业 APP 作为一个服务层嵌入在 INDICS 云制造服务平台中，由云制造服务平台提供基于工业大数据采集和分析处理的工业 APP 服务，如远程监控、智能诊断、售后服务、资产管理；这些工业 APP 提供的是工业领域通用的智能化服务，不涉及细分行业内对运动控制技术的沉淀，同时，该测试床项目没有工业 APP 交易和授权使用机制。

九、交付件

(1) 设计阶段：

需求设计文档；

(2) 实现阶段：

i5OS 测试床平台，包含完整的开发工具链。

十、测试床使用者

i5OS 测试床是开放的测试床，其开发环境的获取需要通过网站的开发者身份注册和开发者身份认证之后，申请开发者环境即可获取。

十一、 知识产权说明

i5OS 测试床的知识产权属于沈机（上海）智能系统研发设计有限公司，但是 i5OS 测试床上的工业 APP 的知识产权归开发者所有。

十二、 部署，操作和访问使用

i5OS 测试床开发环境是部署在电脑通用的操作软件中，是经过加密狗保护的开发环境套装，可通过 i5OS 开发者中心网站 www.i5osapp.com，认证成为 i5OS 开发者免费获取。开发环境中的虚拟机是经过签名定制和加密狗双重保障，配套相关的安装说明文档。

i5OS 的运行环境部署在 i5 CNC-box 上，如下图所示，它是应用在工业现场的主机，具有防水防尘防油污的特点；内置 RFID 读卡模块，方便用户管理人员权限等级；全铝合金机身，可回收再制造；便捷的触屏操作，更友好的交互体验；高达百万次的按键使用寿命。



十三、 资金

十四、 时间轴

(1) 2018 年 6 月

里程碑：测试床床面向市场化的底层稳定版本和配套开发辅助；

特色功能：车间批量推送安装、软件管家的应用白名单保护。

(2) 2018 年 9 月

里程碑：针对数控机床行业的主流产品，如车床、铣床、五轴机床，开发完整的工业 APP 解决方案，并扩展至其他 2~3 个行业的解决方案。

(3) 2019 年 3 月

里程碑：基于测试床形成各行业的解决方案，开发平台聚集一定量开发者，上线较多数量的第三方工业 APP。

十五、 附加信息

运动控制技术（Motion Control）的发展是制造自动化前进的旋律，是推动新的产业革命的关键技术。对于数控系统来说，最重要的是控制各个电机轴的运动，这是运动控制器接收并依照数控装置的指令来控制各个电机轴运动从而实现数控加工的，数据加工中的定位控制精度、速度调节的性能等重要指标都与运动控制器直接相关。比如数控机床里面要协调 XYZ 轴电机，完成插补动作；在机器人里面，协调各个关节的电机，使得末端执行器的运动轨迹/速度符合要求并达到目标位置。

运动控制是装备制造领域一项非常通用的核心技术，类似机器人、注塑机、纺织、印刷等领域都需要运动控制核心技术的支撑。但是运动控制技术又是一项投入巨大，收获缓慢的基础核心技术研发。

基于公有云的面向中小微企业的协同制造平台

引言

企业概况：

华为是全球领先的信息与通信解决方案供应商，专注于 ICT 领域，坚持稳健经营、持续创新、开放合作，在电信运营商、企业、终端和云计算等领域构筑了端到端的解决方案优势，为运营商客户、企业客户和消费者提供有竞争力的 ICT 解决方案、产品和服务。华为立志：把数字世界带入每个人、每个家庭、每个组织，构建万物互联的智能世界。

华为云是领先的云服务品牌，用在线的方式将华为 30 年 ICT 基础设施以云服务的方式提供给客户，致力于为企业提供稳定可靠、安全可信、可持续创新的云服务，做智能世界的“黑土地”。面向大中型企业，华为云帮助他们解决云转型中的困难，更好地把握未来，引领数字化转型；面向中小型企业，华为云帮助他们应对互联网业务云基础设施 2.0 时代的新挑战，陪伴他们成长。

截至 2018 年 7 月，华为云已上线 16 大类 120 个云服务，以及包括制造、电商、游戏、金融、车联网、SAP、HPC、IoT、安全、DevOps 等 60+ 解决方案。

宁波易联汇商信息科技有限公司成立于 2015 年 1 月，是一家专业提供完整生产解决方案的生产集成商，公司独创“E 联-生意帮”（以下简称“生意帮”）自主品牌，旨在用物联网、大数据、云计算等前沿技术赋能传统制造业，充分发挥区块产业优势，云组建、云管理“敏捷云制造”网络，打造华东地区最大的“云工厂”。

生意帮“云工厂”通过自主研发的 CFOS（Cloud Factory OS）系统（位于华为 FusionPlant 平台），利用协同生产物联网平台（IoT）、云工厂供应链管理系统（SCM）及云工厂协同生产管理系统（SPM），充分整合甬台温地区小微工厂的闲置产能，形成制造众包供应池（目前已包含 15000 多家合作工厂，40+ 万生产设备）。

一、关键词

公有云、制造协同、数据贯通、中小微企业

二、发起公司和主要联系人联系方式

(正文 小四 宋体。行距 1.5 倍行距)

华为技术有限公司	朱 星	zhuxing@huawei.com	13918596682
宁波易联汇商信息科技有限公司	游 林	youl@easylinking.cn	15267889935

三、合作公司

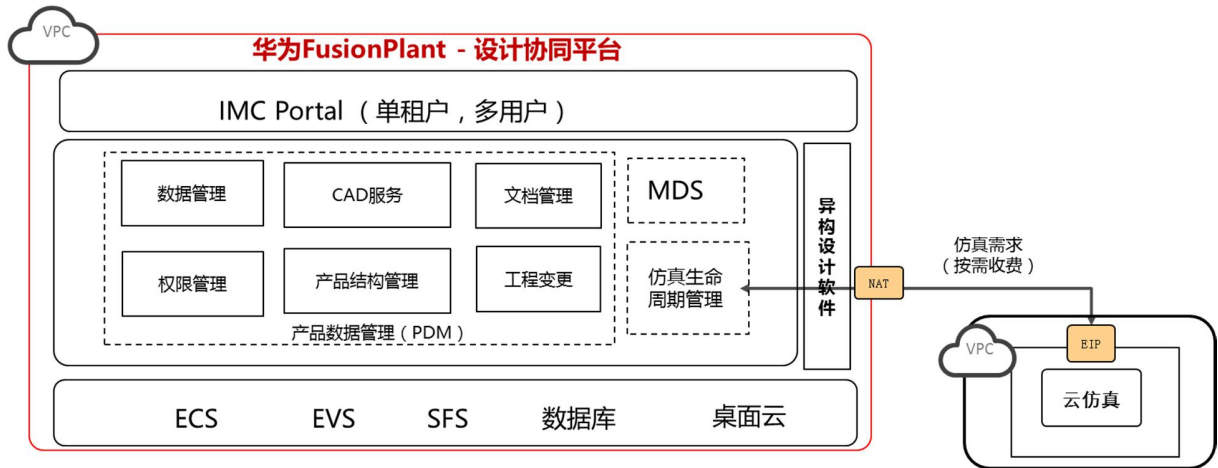
景驰技术

四、测试床项目概述和目标

在工业设计领域，我国目前涌现了大量中小微创新型企业。这些创新型企业的长处是在产品创意和设计，短板是缺乏产品制造经验。同时，因为成立时间短，在企业的信息化建设上，对成本比较敏感。

在工业制造领域，国内呈现出明显的区域聚集态势。例如，东莞的电子设备制造，台州的钣金加工，南海的模具制造等。在产业聚集地的中小微企业基本都采用接单加工的商业模式。区域化的产业聚集，会面临两方面的问题：一方面，在特定区域内，会出现产能过剩的问题；一方面，因为供需信息不对称，造成订单找不到合适的工厂承接。

工业互联网建设，特别是基于公有云的工业互联网建设，为上述问题的解决提供了有效途径。企业信息软件 SaaS 化（设计、仿真、制造、经营管理、销售管理、库存管理、物理管理、服务管理等），解决了广大创新型中小微工业企业用不起、用不上企业信息软件的问题。

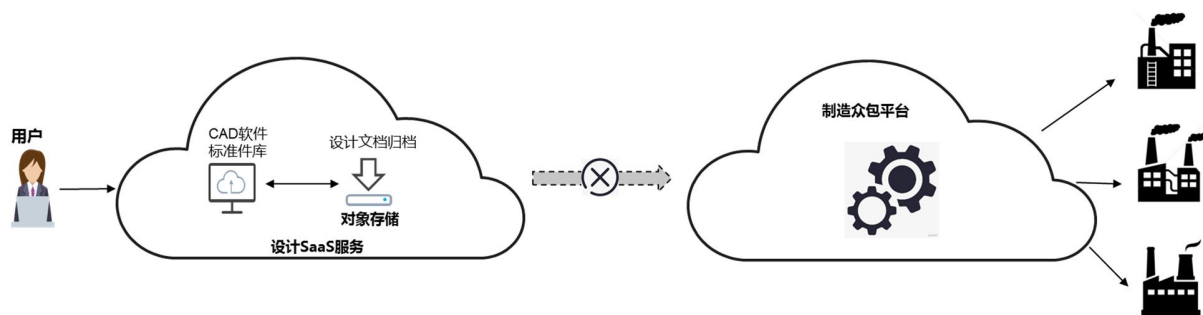


以工业设计与仿真 SaaS 为例，传统软件 SaaS 化之后，使得企业用户可以按需使用相应的功能模块，并且支持多种付费模式（按次、按时长、包月等）。对中小微企业而言，降低了工业设计与仿真软件的使用门槛和使用成本。

基于公有云的集成众包制造平台的出现，可以解决创意创新/设计创新型企业不懂制造的问题。同时，充分利用区域制造优势，对接供需，实现产品的高效快速交付，减少产能闲置。



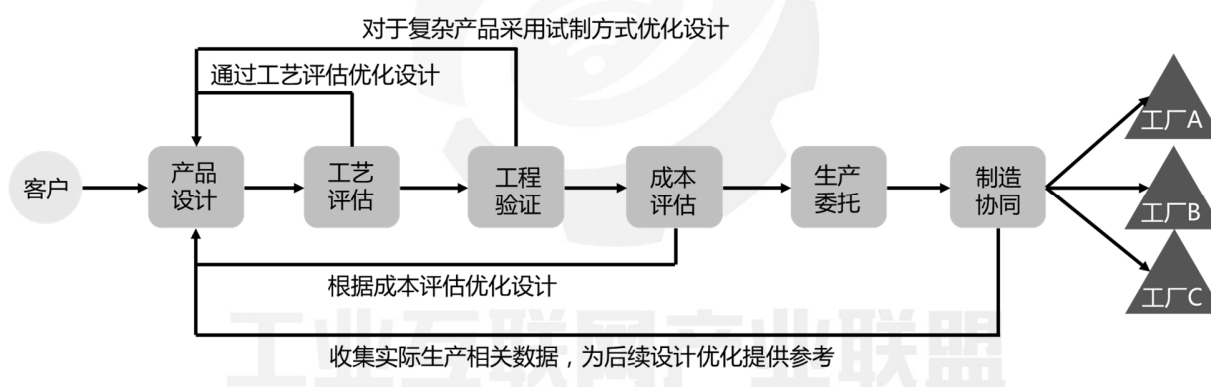
宁波易联汇商的生意帮平台就是一个典型的例子。生意帮 CFOS 的特点是，不仅是一个接单和派单的平台，而且作为制造专家，可以指导设计公司完成设计优化，协助生产厂家制定和完善制造工艺。



目前面临的一大挑战是设计和制造独立进行，云上设计和线下制造脱节，制造和设计无法及时有效交互：

云上设计 - 相对于传统设计软件，除了成本降低，没有明显优势。对于缺乏制造经验的设计型企业，无法及时获知设计方案的合理性，无法对采用该设计方案的产品制造成本进行评估。

线下制造 - 设计方案采用线下方式传递，制造意见无法快速有效的通知设计方，交互缓慢，效率低。



针对上述问题，本测试床项目的目标是：通过数据贯通，打通云端的设计平台与制造平台，实现研发设计、工艺评估、成本估算、生产委托、制造众包的全流程贯通和数据闭环，有效提升设计水平与制造效率。

五、测试床解决方案架构

(一) 测试床应用场景

华为 FusionPlant 平台是以华为云为基础的工业互联网平台。在 FusionPlant 上汇集了面向制造业的多种服务，其中包括工业设计 SaaS 和制造众包平台——生意帮 CFOS 平台。本项目通过对接工业设计 SaaS 以及 CFOS，实现了从设计到制造的全流程数据贯通和闭环，可以有效服务设计类和制造类广大中小微企业。

(二) 测试床重点技术

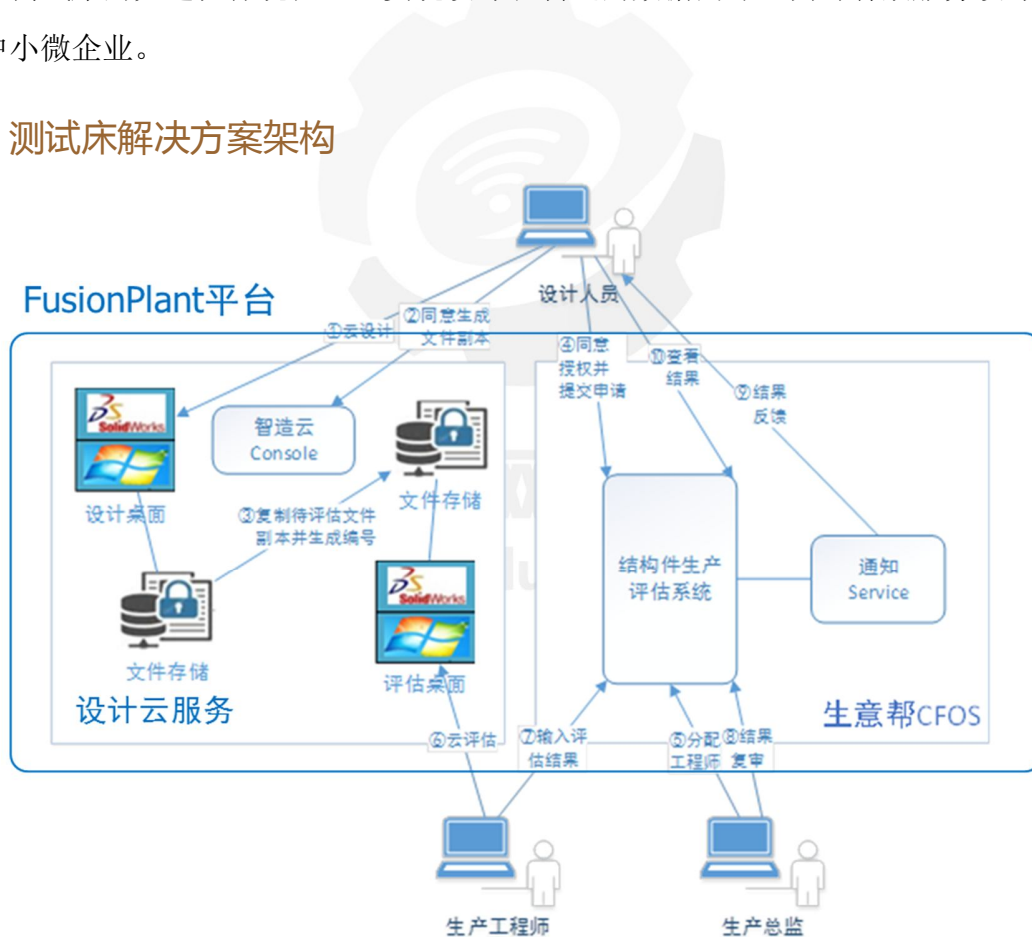
本测试床涉及的重点技术包括基于公有云的设计 SaaS 服务、制造众包平台、贯通设计服务与制造平台的工作流引擎、高效可靠的对象存储服务。

(三) 技术创新性及先进性

本测试床的创新性体现在以公有云平台为基础，构建高效可靠的数据通道，连通设计 SaaS 服务与制造平台。

本测试床的先进性体现在通过实现设计和制造的数据闭环，同时有效服务设计型和制造型中小微企业。

(四) 测试床解决方案架构



如上图所示，本测试床以公有云平台（华为 FusionPlant 平台）为基础，利用公有云数据存储服务和 workflow 引擎，连接设计云服务与生意帮 CFOS，高效服务设计人员、制造工程师和生产管理人员。

- 1、云设计（设计人员）：设计人员利用 FusionPlant 提供的设计云服务，完成产品设计。
- 2、选择评估文件（设计人员）：对于需要进行设计评估的产品，设计人员登录智造云 Console，完成文件的选择。
- 3、上载设计文件副本（系统）：系统自动将需要进行评估的设计文件，上传到专用文件存储区。
- 4、提交评估申请（设计人员）：设计人员提交设计工艺评估申请。
- 5、分配评估任务（生产管理）：生产管理人员接收到设计工艺评估申请后，进行工作任务分派，安排对口的制造工程师进行评估。
- 6、进行云评估（制造工程师）：制造工程师接收评估任务，登录评估专区，进行设计方案的评估和生产工艺、工序的制定。
- 7、提交评估报告（制造工程师）：制造工程师提交评估报告。
- 8、评估结果复核（生产管理）：生产管理人员对评估结果进行复核。在审核过程中，生产管理人员与制造工程师会对工艺方案和工序进行完善。
- 9、评估结果通知（系统）：复核通过后，系统会通知设计人员，评估完成
- 10、查看评估结果（设计人员）：设计人员登录系统，查看评估结果。完善设计后，可重复上述交互过程，进行设计优化，也可以直接下单给 CFOS 平台，提交制造委托。
- 11、CFOS 平台接收订单后，启动制造众包流程，完成产品制造。

六、预期成果

（一）测试床的预期测试结果

测试床的预期测试结果是：完成解决方案中的全部流程，实现产品设计到制造的数据贯通与闭环。

（二）经济效益

通过推广测试床方案，可以实现如下收益：

- ✓ 设计成本节省约 20%

- ✓ 制造成本节省约 40%
- ✓ 有效缩短产品上市（TTM）时间：从数月到数天。

(三) 社会价值

赋能设计型创新公司，推动设计创新；充分利用制造型公司的现有产能；通过设计与制造的数据闭环和反馈，提升整体工业设计和制造水平。

七、测试床技术可行性

(一) 物理平台

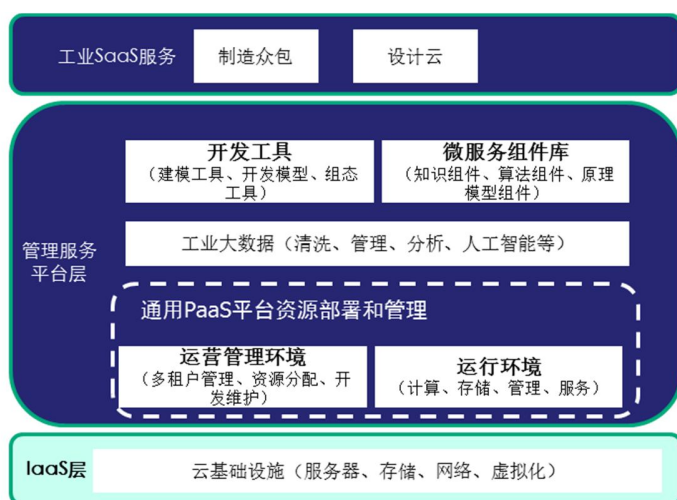
华为云的基础硬件设施（计算、存储、网络）

(二) 软件平台

华为 FusionPlant 设计云服务、生意帮 CFOS 以及华为云基础服务（OBS、云桌面、 workflow 引擎等）。

八、和 AII 技术的关系

(一) 与 AII 总体架构的关系



如上图所示，本测试床项目以 AII 参考架构为基础，主要是面向工业 SaaS 服务创新。

(二) 安全联系人

杨权 华为技术有限公司 yangquan2@huawei.com 13480849602

(三) 与已存在 AII 测试床的关系

无

九、交付件

阶段交付件：

- 项目计划任务书
- 解决方案设计书
- 对接测试报告
- 解决方案验证报告
- 测试床结题报告

最终交付件：基于公有云的协同制造平台解决方案

成功标准：成功服务至少一家中小微企业，完成设计到制造的数据贯通与闭环，完成产品生产与交付。

十、测试床使用者

对于非发起方公司，需事先联系发起方公司，完成系统接入后，可以使用测试床。

十一、 知识产权说明

测试床相关的知识产权归属华为公司和宁波易联汇商。

十二、 部署，操作和访问使用

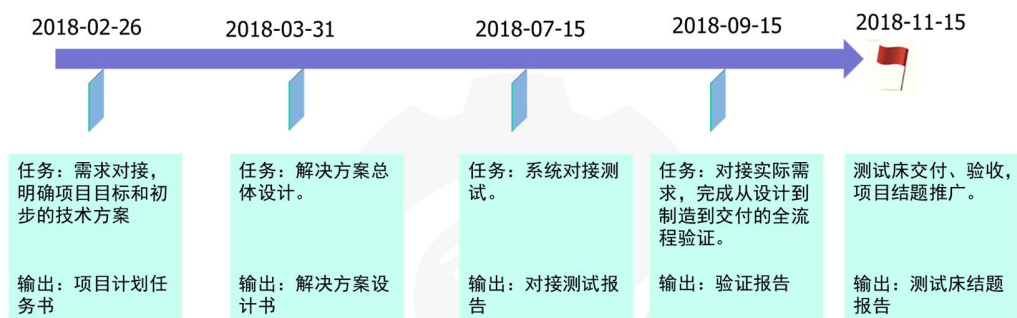
测试床部署在华为 FusionPlant 上，由华为和宁波易联汇商共同运营。测试床项目结题后，会提供网络访问链接，供其他企业访问及使用。

十三、 资金

全部资金由测试床发起单位自筹。

十四、 时间轴

项目时间轴



十五、 附加信息

无

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

NB-IoT 共享洗衣机测试床

引言/导读

海尔集团创立于 1984 年，是全球大型家电第一品牌，目前已从传统家电产品制造企业转型为开放的创业平台。海尔致力于成为物联网时代的引领者，因此和中国电信合作，利用 NB-IoT 技术实现新型商业模式的应用，将自己的产品通过物联网的方式更好为客户服务。

一、关键词

共享、NB-IoT、新型商业模式

二、发起公司和主要联系人联系方式

中国电信：曹玺涛，caoxt@sttri.com.cn

三、合作公司

海尔集团：马成东，machengdong@haier.com

四、测试床项目目标和概述

NB-IoT 共享洗衣机测试床主要是想基于 NB-IoT 技术实现新型商业模式——共享，将洗衣机安放在相应的场所实现洗衣机的共享使用模式。

NB-IoT 共享洗衣机测试床具备以下几点：

- 采用先进的 NB-IoT 广域通信技术，电信无线频谱资源，监控洗衣机状态；
- 端到端的安全技术保障数据安全和接入安全；

- 连接共享洗衣机，构建基于物联网和云计算的社区洗衣机共享平台；
- 新型商业模式的验证，打造完善的家电企业产品端到端的用户体验。

五、测试床解决方案架构

本测试床系统架构如图 1 所示。测试床首先要在共享洗衣机上安装 NB-IoT 通讯模组，从而可以实现洗衣机使用状态的上报，控制指令下发等操作；通过中国电信 NB-IoT 网络，连接了海尔 Uhome 平台，海尔集团通过该平台进行相应的租赁，维修等相关服务。

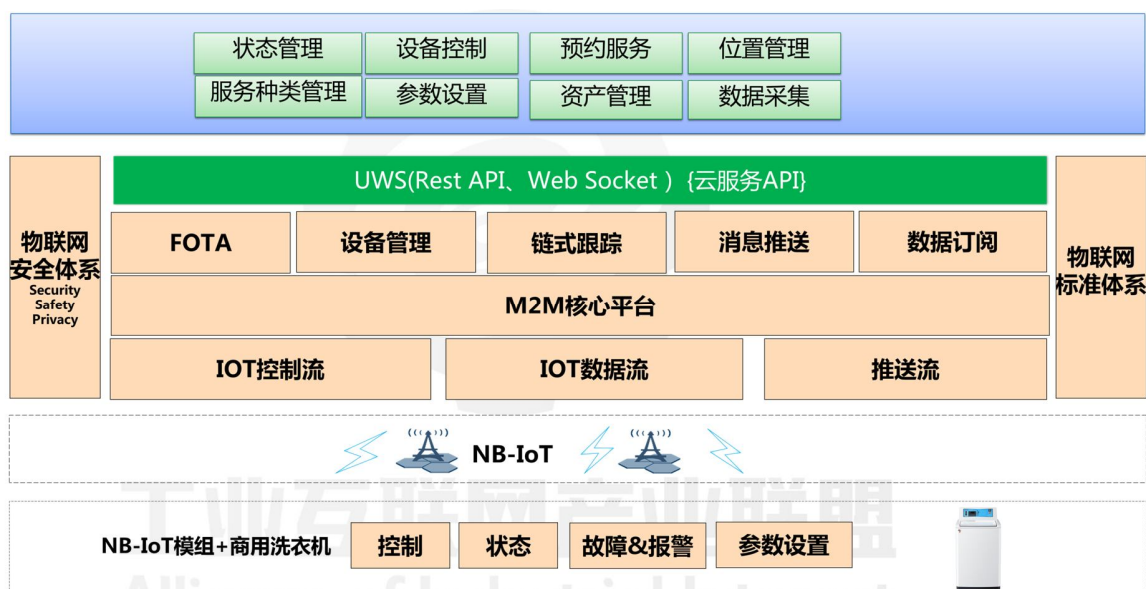


图 1：测试床总体架构

（一）测试床应用场景

NB-IoT 共享洗衣机主要应用在校园、白领公寓、职工宿舍等类似场所，为居住的用户提供便利。

（二）测试床重点技术

NB-IoT 是一种基于蜂窝通信 3G/4G 演进的物联网通信技术，全球移动通信标准组织 3GPP 负责 NB-IoT 技术的标准化，首个标准版本 Release13 已经于 2016 年 6 月发布，并持

续演进。NB-IoT 工作于专用授权频段，主要应用于低吞吐量、海量连接的场景，未来将承接大量物联网业务接入。

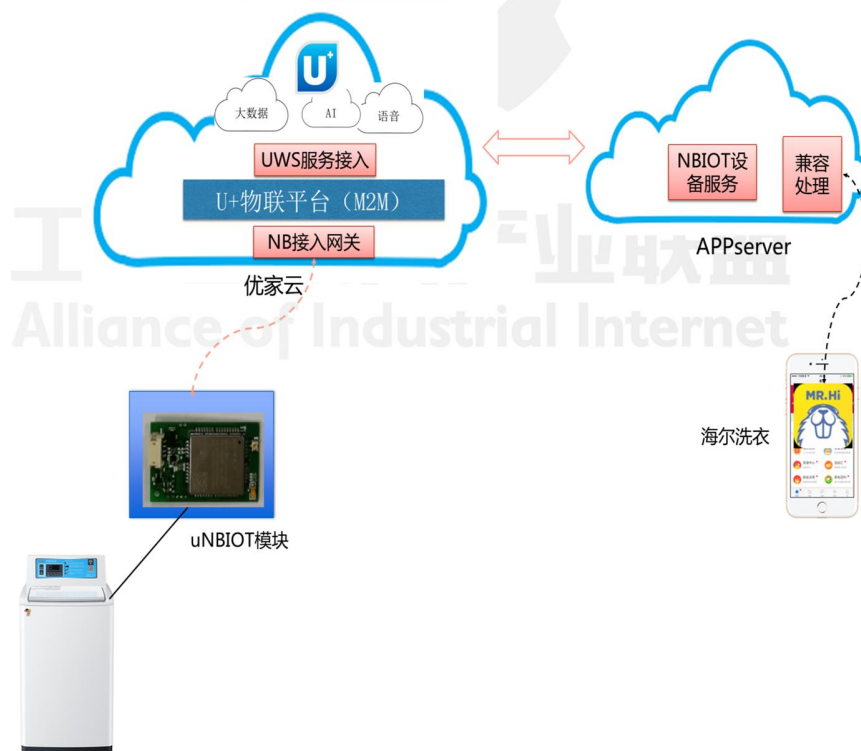
(三) 技术创新性及先进性

NB-IoT 技术的主要特点：1、覆盖广且深：比 GPRS 覆盖增强 20dB+；2，低功耗：基于 AA 电池，使用寿命可超过 10 年；3，低成本；4，大连接：50k+用户容量/200kHz 小区；5、高安全：基于专用频谱、空口双向鉴权及严格加密，提供电信级别的安全可靠能力。

系统特点

- 可维护性强：NB-IoT 方案网络由运营商负责运维，对客户而言系统结构也相对简单，整体可靠性会较高
- 网络覆盖广：NB-IoT 比 GSM 提升 20dB 增益，减少组网设备数量，降低设备成本和人工布设成本；

(四) 测试床解决方案架构



NB-IoT 共享洗衣机是主要应用在校园、白领公寓、职工宿舍等类似场所，为居住的用户提供便利，利用 NB-IoT 广覆盖，低成本的特性，实现对社区洗衣机的远程运行状态采集，计费，洗衣机的开关等操作的应用场景与技术方案。

系统功能

- 通过 NB-IoT 网络对洗衣机状态进行采集反馈到平台上，手机通过 APP 可以检查洗衣机状态；
- 通过手机 APP 可以实现对洗衣机的预约，付费等功能；
- 平台侧可以对洗衣机状态进行监测，提前预警，建设设备停机时间

六、预期成果

(一) 测试床的预期测试结果，针对测试项

NB-IoT 共享洗衣机测试床可以实现洗衣机的新型商业模式——共享。通过海尔 Uhome 平台实现对洗衣机的预测性维护，同时满足客户通过手机 APP 进行付费使用洗衣机。

(二) 商业价值

NB-IoT 共享洗衣机测试床的目的是提供一个可复制的家电的共享新型商业模式的分析应用方案。此测试床能将洗衣机设备通过 NB-IoT 网络连接到家电运营平台上，实现共享洗衣机的运营状态数据上报，和平台测下发控制洗衣机的指令等操作。此测试床也可以应用到其他家用电器应用案例。

共享家电服务模式下，提供共享服务企业（中间商）会通过对电源、控制模块等进行改造，使用投币、定期租赁等方式向最终用户提供服务，而家电制造商无法接触到该类大量的最终用户群。通过 NB-IoT 物联网技术，家电制造商可以成功将该类最终用户转化为直接客户，避开了中间商，实现了客户的精准服务，可以结合客户使用习惯，提供保养、维护等个性化服务，帮助家电制造企业数字化转型。

(三) 经济效益

测试床的经济效益包括：

- 通过共享产生直接受益，增加产品附加值
- 通过数据远程维护，缩短维护周期，增加使用时间)

(四) 社会价值

本测试床的主要优点是通过引入 NB-IoT 技术，实现洗衣机的共享运营模式，该场景可以复制到多种家电设备，同时加强了家电企业和客户的联系，为家电企业以后的产品开发，用户营销提供多种数据基础。

七、测试床技术可行性

(一) 物理平台

NB-IoT 模组+共享洗衣机：

共享洗衣机主控板，通过和 NB-IoT 模组相连，将共享洗衣机运行状态、控制指令等数据传输到 NB-IoT 网络上，实现洗衣机的预测性维护、控制等指令。

(二) 软件平台

Uhome 平台：

海尔主要通过 Uhome 平台实现洗衣机设备管理，对洗衣机运行状态进行存储分析；同时，和用户的手机 APP 进行配合，用户可以通过手机 APP 实现付费，对洗衣机进行开关控制。

八、和 AII 技术的关系

(一) 与 AII 总体架构的关系

如前面“测试床技术可行性”部分所述，本测试床总体架构如图 1 所示，架构模式与 AII 工业互联网体系架构对应。

(二) AII 安全 (可选)

安全是 AII 参考架构中必不可少的部分。本测试床安全体系主要包括网络安全、数据安全和系统安全等内容。测试床安全所采用的协议和政策，如网络访问、数据传输、加密和解密、认证、权限控制与授权以及 IP 安全将遵循相关标准。

测试床开发过程中，安全框架中测试床安全机制的采用和开发将会被记录形成文档，这也是可交付成果的一部分，并会在测试床整个生命周期中持续更新。

(三) 详细清单 (可选)

(四) 风险模型 (可选)

可能的风险如下，更详细的风险模型文档将在实施阶段输出：

- 1.网络通信安全：数据在网络通信过程中被修改或截获，包括传感器与网关、网关与平台、平台与应用、应用与用户之间等
- 2.数据安全：数据篡改，丢失及保密性
- 3.系统安全：非法用户或设备的攻击，网络攻击

(五) 安全联系人

李洁，中国电信，lijie@sttri.com.cn

(六) 与已存在 AII 测试床的关系

九、交付件

交付件包括：

- 1、共享洗衣机需求分析
- 2、NB-IoT 共享洗衣机解决方案
- 3、NB-IoT 共享洗衣机测试床运行测试报告
- 4、形成包括 NB-IoT 终端、网络、平台的 NB-IoT 共享洗衣机测试床

十、测试床使用者

1 测试床使用者

欢迎所有的 AII 成员企业参与本测试床项目。然而，在初始阶段，由于试验站点的访问权限有限，本测试床将仅限于现有的合作伙伴。之后，测试床团队将根据企业对实现目标做出的贡献考虑增加更多的合作伙伴。

十一、知识产权说明

合作伙伴将就知识产权管理达成一致原则。这些原则将细化规则以确保尽可能广泛的传播应用案例方案结果，同时保证妥善保护知识产权和保密信息。此原则将针对以下几点详细说明通用规则：

- 保密和出版规程
- 知识产权报告和纠纷解决机制
- 发表专利和授权许可的权利
- 共同所有权问题及访问权限]

十二、部署，操作和访问使用

测试床的部署和操作将在中国进行。物理组件将安装在北京某些高校内，海尔集团运营 Uhome 平台以及相关设备，访问控制和管理权限极限与参与者。

十三、资金

资金来源：测试床的资金将来自于参与的企业。

十四、时间轴

阶段 1：需求分析：2018.5 完成社区洗衣机需求分析

阶段 2：初始设计：2018.8 完成社区洗衣机设计方案

阶段 3：开发与实施：2018.12 开发社区洗衣机系统功能

阶段 4：部署与验证：2019.3 在北京某高校部署实施社区洗衣机，验证测试床功能。



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

基于 SDN 和 SDP 的工业互联网专网

引言

达闼科技全球首创的云端智能机器人，将机器人认知系统放在云端，传感器、驱动等硬件放在机器人本体上，通过安全高速通信网络将二者连接起来，实现云端操控机器人的能力。这种新型的云端智能机器人将可满足在社会服务、医疗康复、救灾救援、公共安全、教育娱乐等领域的不同场景需求。

云端智能平台即云端机器人远程操控开放平台，结合云端智能的机器视觉和听觉的基础操控能力，吸引和聚集一批合作伙伴的领先的人工智能（以下简称：AI）技术能力和机器人应用，构造一个最领先而又具有实用支持的云端智能机器人运营体系。本测试床项目希望结合移动物联网和专网，并引入 SDN 和 SDP 设计思想，实现机器人智能终端的区块链接入认证，为机器人应用提供高安全、高可靠、高质量的网络传输保障。

一、关键词

SDN，SDP，区块链，工业互联网专网，移动物联网

二、发起公司和主要联系人联系方式

深圳达闼科技控股有限公司，主要联系人：魏旭宾 13810592506

三、合作公司

和中云业

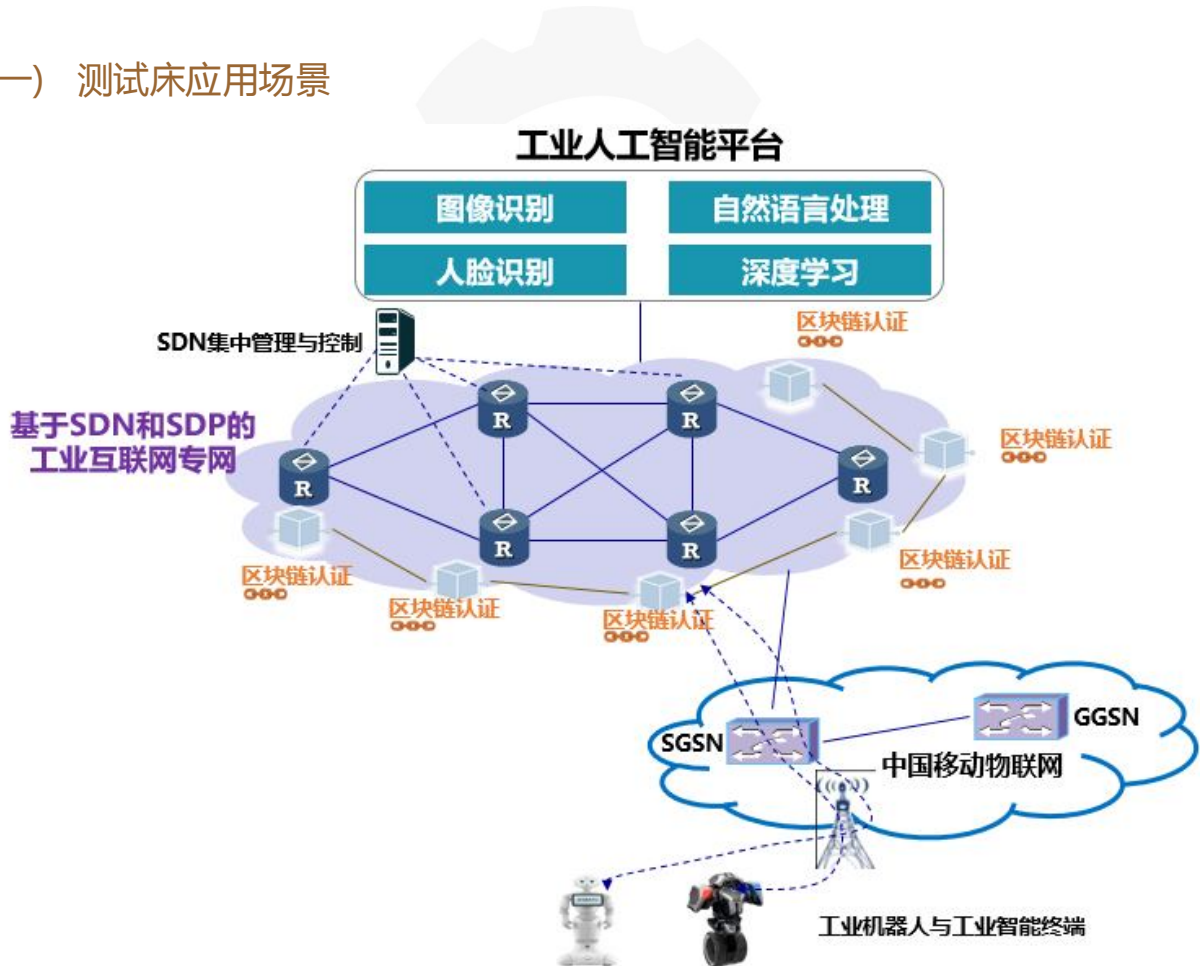
中国移动物联网公司

四、测试床项目目标和概述

当前工业互联网传输大多数采用公众互联网，公众互联网存在传输质量不稳定、访问慢等问题，安全问题更加突出。该测试床项目基于机器人的应用，结合移动物联网与基于SDN/SDP的工业互联网专网，构建端到端与Internet完全隔离的安全网络，并通过骨干专网保障机器人应用端到端传输的质量。

五、测试床解决方案架构

(一) 测试床应用场景



测试床应用场景：工业机器人或智能终端通过移动物联网卡接入到工业互联网专网，网络接入部分融合基于区块链实现的去中心化认证方式，核心骨干专网利用SDN/NFV的部署

思想，云平台则与专网一体化部署，最终实现特定的工业数据的安全的、可靠的、高速的传输。

(二) 测试床重点技术

1) 基于区块链实现的去中心化接入认证

SDP（软件定义边界，Software Defined Perimeter）是 CSA（云安全联盟，Cloud Security Alliance）制定的一套可按需动态配置的网络安全隔离框架，将需保护的网络和服务与不安全的网络环境隔离以抵御各种网络攻击。设备在通过 SDP 的身份认证前，由 SDP 保护的基础设施对其是不可见的。

在区块链平台上实现 SDP：去中心化的网络接入认证

➤ 许可链层面

网络中各实体均为许可链网络中的节点，依据角色不同，为其区块链账户设定不同的权限，以此限定该节点在区块链中可进行的操作。

➤ 链上应用层面

身份/服务授权信息以智能合约的形式发布到许可链上，用户接入网络时，网络边界接入点将智能合约所记录的信息进行认证和接入控制。Controller 功能通过智能合约实现，只有区块链上的合法账户方可调用该智能合约。

➤ 链外应用层面

用户、网络接入点分别运行 SDP IH 和 AH 的功能软件，这些功能软件将许可链作为可信数据来源，从许可链中获得实现 SPA 协议、VPN 协议所需的基本信息与数据。

2) SDN/NFV 部署

基于 SDN 集中管理的网络架构，同时支持接入转发节点的 NFV 虚拟化部署

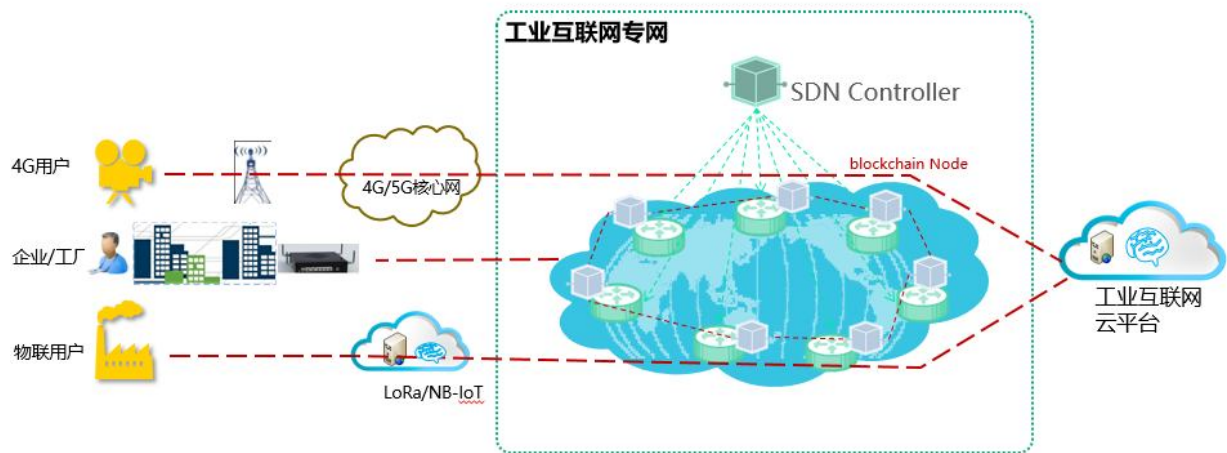
3) 基于 4G APN 物联网卡的接入

(三) 技术创新性及先进性

实现物联网接入与区块链认证的结合创新

实现物联网与专网的互联互通，构建端到端与 Internet 隔离的业务环境

(四) 测试床解决方案架构



测试床解决方案架构

- 1) 基于 SDN 集中管理调度的专网以及接入网关的 NFV 部署
- 2) 基于区块链实现的去中心化接入认证
- 3) 基于 4G APN 物联网接入
- 4) 云平台与专网一体化

六、预期成果

(一) 测试床的预期测试结果，针对测试项

- 1、机器人或智能终端支持 4G 物联网卡接入，测试通过
- 2、机器人或智能终端 APP 支持区块链认证，测试通过
- 3、接入网关支持 NFV 部署，并支持 SDN 集中管理与业务发放，测试通过
- 4、端到端业务完全与 Internet 隔离，所有节点（包含终端、接入网关、骨干网转发节点、云平台应用等）均与 Internet 不能互通，测试通过

(二) 商业价值

- 1、通过高质量的专网来提升工业数据的长途传输质量，从而保障端到端稳定可靠的工业数据传输。
- 2、通过移动物联网+区块链解决最后一公里传输，结合私有骨干专网和私有云平台，实现端到端的工业数据的安全可靠传输。

为要求低时延、高可靠、大带宽的数据传输的工业应用领域提供了很好的解决方案参考。

(三) 经济效益

根据咨询机构 IoT Analytics 的统计，预计 2020 年工业互联网产值规模将达到 1.9 万亿美元。安全是工业互联网的重中之重，预期有 30% 的工业连接通过专网承载。工业互联网专网的安全、可靠、高质量的传输特性是某些特定工业应用场景的必要条件。

(四) 社会价值

SDN 和 SDP 等新思想、新技术在工业互联网领域的落地实现促进了技术创新应用，加快了技术向生产力的转化。

七、测试床技术可行性

(一) 物理平台

本测试床涉及的物理设备包括：

- 1) 网络设备，包含路由器、接入网关、交换机等
- 2) 运行 SDN 网络管理/运维平台、人工智能平台所需要的计算服务器、存储服务器等
- 3) 工业机器人或工业智能终端等

(二) 软件平台

本测试床涉及的软件平台包括：

- 1) SDN 网络管理/运维平台：SDN 集中管理、业务发放、集中可视化运维等
- 2) 云端智能平台：与专网实现一体化部署，具备人脸/图像识别、自然语言处理及深度学习能力

八、和 AII 技术的关系

(一) 与 AII 总体架构的关系

测试床与 AII 总体架构一致，是架构中“工厂外网络”部分。

(二) AII 安全 (可选)

[和 AII 安全组密切合作，安全组成员需要参加测试床项目评审会，对 AII 测试床项目进行安全评审。]

(三) 详细清单 (可选)

[测试床项目中有那些物，形式是什么？哪些是智能的，哪些不是？测试床中通信方式（通信协议、信道和流）是什么？]

(四) 风险模型 (可选)

[是否有风险应对模型？哪些是最关键部件？哪些是最脆弱的部件？最易受攻击的部件？]

(五) 安全联系人

[安全首位贡献者?]

魏旭宾 13810592506

(六) 与已存在 AII 测试床的关系

[请说明测试床和之前已经审批的测试床的关联关系。以防重复申请。并考虑互操作性。测试床组可提供指导。]

九、交付件

请参考第十四条。

十、测试床使用者

达闼科技、合作伙伴公司、以及有相关需求的工业企业均可使用该测试床，面向工业企业全面开放，但带宽限制为每企业小于 20Mbps。

十一、 知识产权说明

达闼科技对测试床的建设、运营以及使用拥有知识产权

十二、 部署，操作和访问使用

1、测试床部署与操作包含：

- 1) 数据中心 POP 点建设与运营、骨干网的网络运营
- 2) 云端智能平台部署、操作与运营管理
- 3) SDN 系统开发、部署与运营管理

2、测试床访问使用由达闼科技提供权限和跳板机登录方式

十三、 资金

预估资金需求：650 万元 RMB，包含

- 1) 北京/上海/深圳/广州/成都等五个 POP 点建设，每个 POP 主要涉及路由器、交换机、接入网关、服务器、机柜租赁、带宽租赁、实施部署等费用，预计 500 万元 RMB
- 2) SDN 系统研发投入，预计 100 万元 RMB
- 3) 其他约 50 万元 RMB，包含机器人或智能终端投入、云端智能系统搭建与运营等

资金来源：测试床经费和达闼自有资金

十四、 时间轴



阶段一：测试床项目方案设计与研发计划（4周，时间点：20180731）

步骤规划：

- 方案概要设计
- 产品研发计划

交付文档：

- HLD 设计文档
- 产品研发计划

阶段二：研发设计与项目实施准备（12周，时间点：20181031）

步骤规划：

- SDN 系统研发与接入网关设计文档
- 网络 POP 节点建设规划，包含 POP 点网络拓扑设计、设备/线路/IDC 采购、机架布局与施工设计等

交付文档：

- SDN 系统相关设计文档
- 网络节点建设相关文档

阶段三：研发设计与项目实施准备（24周，时间点：20190430）

步骤规划：

- SDN 系统与接入网关开发与测试
- 人工智能平台部署实施
- POP 点建设实施和配置部署
- 与移动物联网互联互通
- 移动终端等资源准备
- 详细验收方案和用例设计
- 集成验证与测试

交付文档：

- 验收方案文档
- 验收用例文档

阶段四：验收与交付（8周，时间点：20190630）

步骤规划：

- 验收用例执行
- 验收报告输出
- 现场交付

交付文档：

- 验收用例执行文档
- 验收报告

十五、 附加信息

对于某些要求低时延、高可靠、大带宽网络传输的工业应用领域，公众互联网具备传输不稳定、质量不高、安全性差的先天不足，专网传输是必要条件。本测试床通过物联网+区块链认证解决最后一公里的安全和私密性，通过专网解决中间一公里的安全可靠专网，通过云网一体化实现服务侧的安全和私有化，实现了端到端的高安全和高可靠网络传输，可以复制到类似的工业智能接入场景。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

基于工业互联网平台的设备远程监测诊断测试床

引言：企业概况

朗坤智慧成立于 1999 年，总部位于江苏省南京市，是国内领先的工业领域信息化整体解决方案提供商。公司秉承“连接、共享、融合、生态”的经营理念，持续创新，开放合作，在“智慧工厂、智慧园区、智慧城市”领域构建起“管理咨询、解决方案与产品、IT 运维服务、IT 监理服务”的全流程全寿期服务体系。

一、关键词

远程诊断、边缘计算、数据网关、工业大数据、设备感知、专家诊断系统

二、发起公司和主要联系人联系方式

发起公司

朗坤智慧科技股份有限公司

主要联系人

严云峰，副总经理，负责本项目的总体策划和研发组织工作，13913940312。

三、合作公司

江苏省国信资产管理集团有限公司，火电关键设备监测；

山东能源临沂矿业集团有限责任公司，煤矿关键生产设备监测；

南京大学，提供故障诊断人工智能算法模型。

四、测试床项目目标和概述

本测试床项目针对当前工业设备管理、运维检修领域存在的问题，提出一种基于工业互联网的设备远程监测与故障诊断解决方案，广泛采集各种大型工业设备运行和状态监测数据，建立设备大数据平台，采用专业的信号分析技术，将远程技术专家人工诊断与智能诊断相结合，解决目前工业设备故障诊断面临的故障样本少、专业技术人员缺乏等矛盾，为工业企业提供远程监测、故障诊断等专业的运维服务。

五、测试床解决方案架构

(一) 测试床应用场景

建立车间、部门、工厂、集团、云平台五级应用，主要应用场景如下：

- 车间

数据检测、设备检查，接收平台设备诊断报告及运维检修改善建议。

- 部门

设备监视、预警信息处理，辅助分析设备状态，调度车间运行方式。

- 工厂

全厂综合监视，处理关键设备状态异常事件，执行集团设备管理及生产调度指令。

- 集团

全集团设备状态评估、统计对标分析、异常监控、检修运维策略优化。

- 云平台

专家远程诊断服务、设备故障预警审查、设备数据建模维护配置。

(二) 测试床重点技术

1. 数据采集技术

设备状态监测与故障诊断面向的对象复杂，数据源多种多样，有离散控制系统（DCS）、管理信息系统（MIS）、厂级监控系统（SIS）、数据采集与监控系统（SCADA）等，以及设备设计、试验、维修等相关数据的 EAM 系统等。测试床需要具备对不同设备的监

测仪表、终端、控制系统等数据源的海量实时/非实时数据进行统一采集、处理、传输、存储和管理的能力。

2. 工业网关平台

设备互联是工业企业实现智慧化转型的第一步；朗坤从提升设备连接能力与设备智能化两方面入手，通过智能化的网关软件与完善的设备组网方案，打造一个智能工业物联网平台，帮助用户解决设备接入难、设备自主功能弱的难题。

朗坤从设备接入场景、设备接入网关、设备接入网络与安全、设备接入平台服务几个方面入手，设计了一套完整的工业设备物联网解决方案，目前解决方案已经开发落地，主要由设备端的网关软件、平台侧的设备接入管理系统以及完善网络接入硬件方案组成，朗坤工业物联网平台以其无处不在的智能化设备感知能力，能够为企业智慧化转型打下坚实的基础。



(工业物联网技术方案)

● 网关软件功能介绍

工业网关平台是朗坤工业物联网平台边缘侧解决方案的核心组件，朗坤基于 19 年的设备端数据采集处理经验，通过整合平台化思想、边缘计算概念以及互联网思维，打造了一个通用的工业设备智能连接平台。网关软件主要功能如下表。

功能类别	功能描述
采集功能	1、按照配置定时执行数据采集任务 2、接受控制指令，控制设备运行 3、提供常用设备通讯协议库 4、提供协议二次开发标准模板
计算功能	1、完成一次采集数据的二次计算 2、支持计算脚本的编辑与测试工作
模型发布	1、加载算法模型，通过分析设备原始数据给出决策指导 2、模型库功能，支持自定义开发模型添加到模型库
本地缓存	提供数据共享平台，为边缘计算等功能提供数据接口
数据转发	1、按照配置上传实时数据至云端 2、网络异常数据缓存功能 3、接收并下发云端控制指令
系统管理	系统配置、系统监控、日志管理、系统升级、远程控制
二次开发	1、通讯协议二次开发 2、设备模型二次开发

● 设备接入管理系统介绍

朗坤设备接入管理系统支持以租户为单位的设备统一管理，用户注册开通即可使用，能够实现对网关、设备的云端统一管理、监控。

模块名称	功能描述
设备接入	提供企业设备接入监控、配置、事件报警功能。
规则引擎	支持基于 JSON、二进制格式的设备数据实时分发、存储。
接入 SDK	提供 Https、SDK（JAVA/C++等语言）等接口方便开发者基于平台做数据设备接入二次开发
数据存储	支持数据存储至时序数据库、关系数据库、NOSQL 等
租户管理	租户的权限、授权信息，租户下用户账户信息
安全保护	从用户认证、通讯加密、权限控制等方面严格控制通讯过程，用户信息、数据的安全。

3. 时序数据库技术

TrendDB 是朗坤自主研发的一套大型通用分布式时序数据库管理软件，包含完整的实时历史数据库系统，及应用开发所需要的套装软件：管理工具、开发工具、分析应用和对外接口。TrendDB 提供全方位处理实时数据的功能，同时对开发应用提供了全面支撑。



在压缩效率、分布式、吞吐量、实时历史缓存等关键指标方面都处于领先地位，关键技术指标如下：

指标	值	备注
单服务数据库标签点容量	支持 100 万点	支持无限扩展
分布式支持	支持	支持分散部署，及无限标签点容量的平滑升级
吞吐量	100 万事件/秒	具备时序数据库高事件并发处理能力，响应高并发访问需求
时间精度	1 毫秒	数据标签测点时间存储精度达到毫秒级
最小数据刷新周期	100 毫秒	
平均压缩比	30:1	支持有损和无损压缩混合压缩，数据拟合还原精度无影响
数据采集率	100%	通过数据链接诊断和断点续传实现数据完整采集
用户并发访问数量	不限	
备份与恢复	支持在线备份与恢复	支持在线增量备份
自定义在线计算功能	支持	高效的在线实时计算引擎
计算功能支持脚本	VBScript、C#语言	高级语言动态语义解析
专业计算库	支持	热力计算库、水蒸气库等专业计算库
云部署	支持	支持云端部署

4. 数字信号处理技术

采用数字滤波、计算阶比跟踪、包络解调及重采样等技术，用于工业设备振动监测信号降噪、变速变工况下振动信号分析、轴承部件故障微弱冲击信号提取等，实现设备故障特征提取，方便远程监测专家对设备故障进行分析诊断，或者通过机器学习算法实现设备故障智能诊断。

5. 人工智能机器学习技术

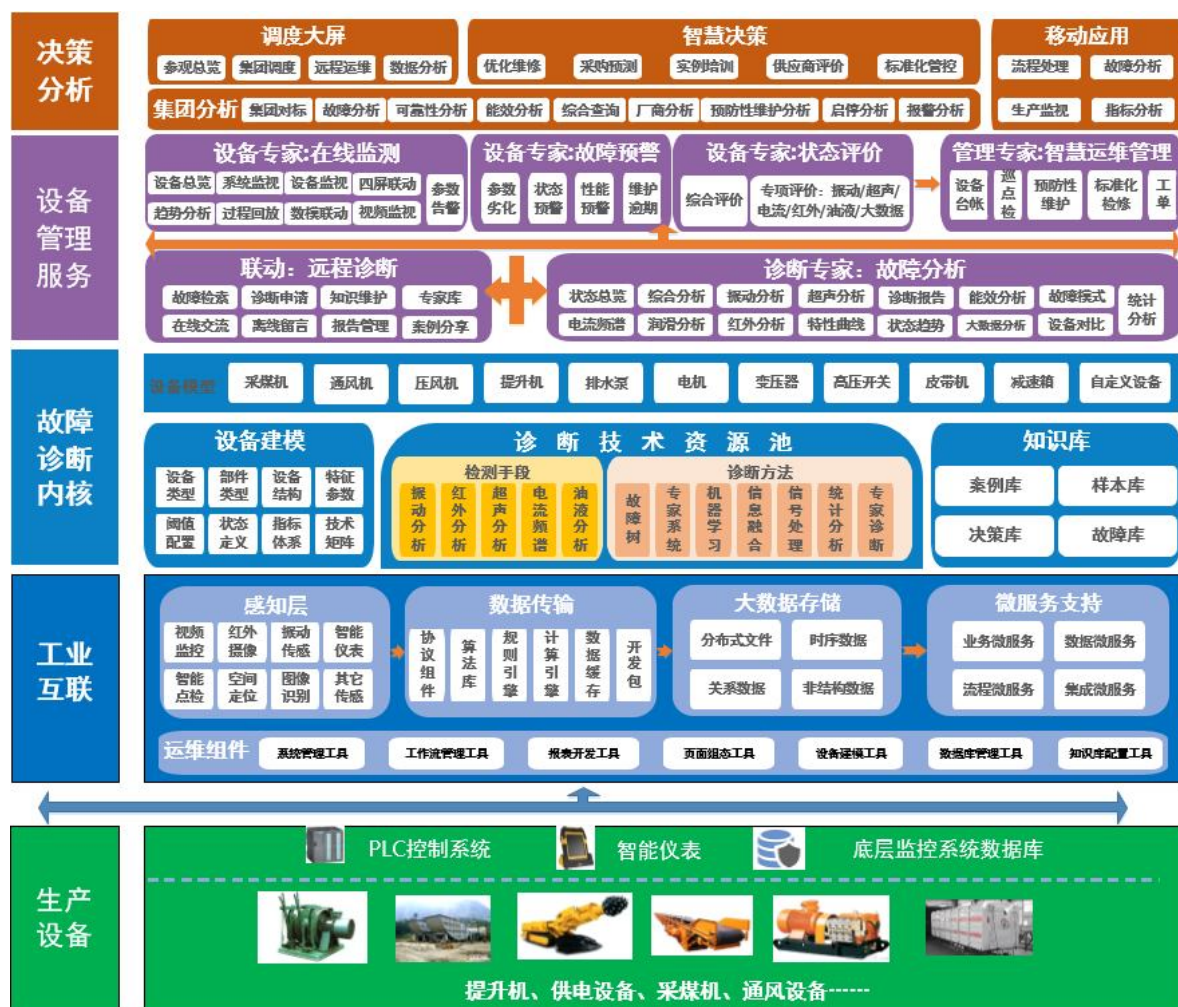
建立设备故障诊断模型，采用卷积神经网络等深度学习方法，对设备远程监测大数据平台收集的故障样本进行训练学习，不断提高模型诊断精度，实现设备故障的智能诊断。

(三) 技术创新性及先进性

1. 采用基于 DSP+FPGA+ARM 结构的嵌入式信号采集技术，增加了信号采集的实时性、可靠性和稳定性；
2. 采用边缘计算技术，系统具备一定的智能化预警能力；
3. 采用了计算阶比跟踪和数字包络分析等大量专业的信号分析技术；
4. 对振动数据的存储采取了时间稀释及工况标记相结合的优化技术，在常规存储硬件条件下同时满足了实时分析的高密度数据存储及异常数据的永久存储要求；
5. 采用多维专业检测综合状态评价技术，使诊断对象结果更加全面可靠；
6. 平台提供故障机理专家规则知识库诊断和大数据机器学习预测两种故障分析模式，可以根据设备模型和数据的完整度选择恰当的分析模型，提高了故障分析的适用性和准确性。

(四) 测试床解决方案架构

本测试床通过在设备层采集大型工业设备运行时 DCS、SIS、DEH、PLC 及部分智能仪表数据，以及转动设备运行时振动状态数据，远程传输到设备状态监测大数据平台，经过专业的信号分析技术进行信号预处理和特征提取，形成设备故障特征数据库，通过数据挖掘、技术专家人工分析、神经网络机器学习方法，建立设备故障诊断模型，形成故障诊断知识库，为工业设备运行提供基于工业互联网的远程监测、故障诊断专业技术服务和远程运维服务。



工业互联网平台架构图

六、预期成果

搭建数据中心、专家诊断系统、远程在线服务平台，组成工业互联网，将设备制造商、专业诊断专家服务团队、工厂（设备拥有方及使用方）、软件平台数据服务团队融入到一个平台，实现数据共享、专业知识共享、专家资源共享，通过移动数据降低设备人员流动成本，利用大数据分析技术，预测设备状态劣化趋势，优化设备运行维修策略，节约运维检修费用，提高设备效能和利用率。具体包括以下三个层面的预期成果：

（一）测试床的预期测试结果，针对测试项

1. 建设一个行业大数据中心

以国信集团、临矿集团为基点，搭建行业设备数据中心，实时采集电厂、矿井设备数据，为大数据远程故障诊断提供数据支撑，使设备故障预测更精准、可靠；

2. 建设一个矿业、能源行业设备故障预测与健康管理平台

基于大数据，建立设备故障样本数据库，采用专家诊断与人工智能诊断相结合，实现故障早期预测以及设备健康评估；

3. 开辟一套行业设备服务模式

集聚专家资源，集中诊断；集中维修队伍，人才资源合理利用。使用方、生产商、专家、政府合作，搭建重型设备的制造、运维、诊断、检修生态圈，提供平台化服务，并能进行产业推广，推动矿山、能源等行业设备集聚。

(二) 商业价值

基于工业互联网平台的设备远程监测诊断测试床为企业、高校、科研院所、制造商、工业服务商提供了一个共享的技术服务平台，充分利用现有的高校、研究院、制造商、使用方等单位的专家资源和工业互联网平台的大数据与 AI 技术，为企业生产和运维服务提供远程技术支持，这一技术服务模式和共享服务平台具有广阔的应用市场，商业价值巨大。

(三) 经济效益

基于工业互联网平台的设备远程监测诊断测试床可以实现对大型工业设备的远程监测和故障诊断，充分利用制造商、高校、科研院所的技术专家，为工业企业设备管理提供技术指导，大幅降低企业设备维修成本，解决当前企业设备运行维护中存在的维修不足导致的故障频发以及过维修导致维修成本居高不下等问题，提高了企业设备管理效率、降低设备故障率和停产时间，提高了设备可用率，为企业创造可观的的经济效益。

(四) 社会价值

基于工业互联网平台的设备远程监测诊断测试床的应用推广，有力的推动了设备运行维护体系的变革，改变现有的设备预防性维护向预测性维护和状态检修方向发展，大大减轻预防性定期检修带来的社会资源的浪费（过维修）和人力成本的增加，同时远程监测诊断的推广也提升了设备技术专家这一紧缺资源的价值和有效利用率，对社会进步和技术发展起到积极地推动作用。

七、测试床技术可行性

本测试床需要测试的技术包括物理平台和软件平台两部分，以软件平台为主。

(一) 物理平台

- 振动传感器

采集精度、信号类型、数据同步性等。

- 网关设备

支持设备通过以太网、串口物理通讯；

通过透传方式采集数据；

支持 4G、WIFI 两种网络通讯模块，云端解析；

支持离线运行，通过移动 APP 配置。

- 手持终端

测温、测振、存储容量、电池容量、防护等级（防尘、防水、防爆、跌落）、摄像、定位、通讯网络等。

- 移动设备

操作系统、屏幕、通讯网络、电池容量、防护等级等。

(二) 软件平台

- 数据采集

本地缓存、自动恢复、稳定性、实时性、完整性、准确性、远程配置等。

- 数据存储

存储测点容量、存储精度、存储数据容量等。

- 数据服务

响应速度、开放程度、接口方式、数据安全等。

- 专家诊断

自动诊断、人工诊断、远程诊断、分析工具、分析模型等。

- 在线监视

刷新频率、监测范围、数据融合效果、用户体验等。

- 状态评估与预警

实时性、准确性、可追溯性等。

八、和 AII 技术的关系

(一) 与 AII 总体架构的关系

本测试床遵循并应用了 AII 总体架构中的网络互联、标识解析、平台与支撑、工业互联网数据、安全及应用中的一部分标准。关键部分详见下表：

AII 总体架构标准	AII 总体架构子标准	本测试床应用说明
网络互联标准	工厂内网络标准	矿井侧工业环网、OPC、Modbus、RS485 等
标识解析标准	编码与存储标准	设备编码、故障模式编码、数据标签编码
平台与支撑标准	边缘计算标准	开放平台、网关、云计算协同
工业互联网数据标准	工业互联网数据管理标准	存储结构、数据字典、元数据、数据质量
工业互联网数据标准	工业互联网数据建模标准	静态属性、运行状态、工况规则、诊断模型
工业互联网数据标准	工业互联网大数据服务	大数据存储、大数据分析服务、数据建模、数据开放
安全标准	网络安全标准	电力行业安全防护
应用标准	个性化定制	按专业、按设备分析主题，支持个性化定制
应用标准	网络化协同	制造商、设备使用方、专家诊断团队、检修公司的业务协同

(二) AII 安全

遵循煤矿、电力行业安全防护规定，按照“安全分区、网络专用、横向隔离、纵向认证”的基本原则，采用在Ⅰ区与Ⅲ区之间配置物理隔离装置的部署方式，确保电力实时闭环监控系统及调度数据网络的安全，以抵御黑客、病毒、恶意代码等通过各种形式对系统发起的恶意破坏和攻击。

(三) 风险模型

厂矿侧部署工业环网及数据本地缓存、断点续传和自适应数据采集策略，以应对厂矿侧与集团侧或云端之间的通讯网络环境比较脆弱的实际问题。

(四) 安全联系人

胡杰英，负责本测试床项目的数据隔离、数据传输、数据授权等信息管理安全。

(五) 与已存在 AII 测试床的关系

本测试床采用了时间稀释、工况标记等振动数据的弹性存储，振动、红外、超声、电流频谱、油液等综合检测评估模型，远程在线诊断服务模式等多种独创实用技术，在平台层面实现了数据接入、数据建模与数据订阅的工业互联网远程专家诊断功能，与现有已存在 AII 测试床都存在巨大的差异。

九、交付件

第一阶段：建立智能传感器、设备网关、数据网关的数据传输通道，实现本地缓存、边缘计算、数据采集上传云端、远程配置管理等功能，阶段交付件为智能网关平台。

第二阶段：建立远程在线监测与参数预警平台，实现设备生产过程数据、振动检测数据、红外成像数据、油液化验数据、超声检测数据、电流频谱检测数据等复杂类型数据的长期存储、实时刷新与历史检索、参数异常预警等高效数据服务，阶段交付件为远程在线监测平台与大数据存储平台。

第三阶段：建立专家诊断系统与设备远程诊断平台，实现设备状态在线评估、远程专家诊断等专家远程诊断服务功能，阶段交付物为设备故障建模工具及设备故障远程诊断服务平台。

十、测试床使用者

电力集团、煤矿集团的设备诊断专家、设备管理专家、运行人员、检修人员都需要通过本系统监视设备运行状态，实现设备的运行优化与优化检修决策。

1. 设备诊断专家

熟悉设备结构、设备特性、故障模式，利用平台专家系统及分析工具，实现设备状态评估，为设备管理专家、运行人员、检修人员提供远程指导。

2. 设备管理专家

熟悉设备结构、设备特性，精通设备管理方法，利用检测数据及专家诊断数据，检查设备管理水平，制定设备运维、检修方案。

3. 运行人员

熟悉设备运行维护操作规程，接收平台预警通知信息、辅助诊断专家确认故障现象、接收设备管理专家和诊断专家的远程指导。

4. 检修人员

熟悉设备结构和检修操作规程，根据专家诊断系统及设备管理专家、故障诊断专家的状态评估结果、分析诊断结论及维修建议，接受远程维修策略指导。

十一、知识产权说明

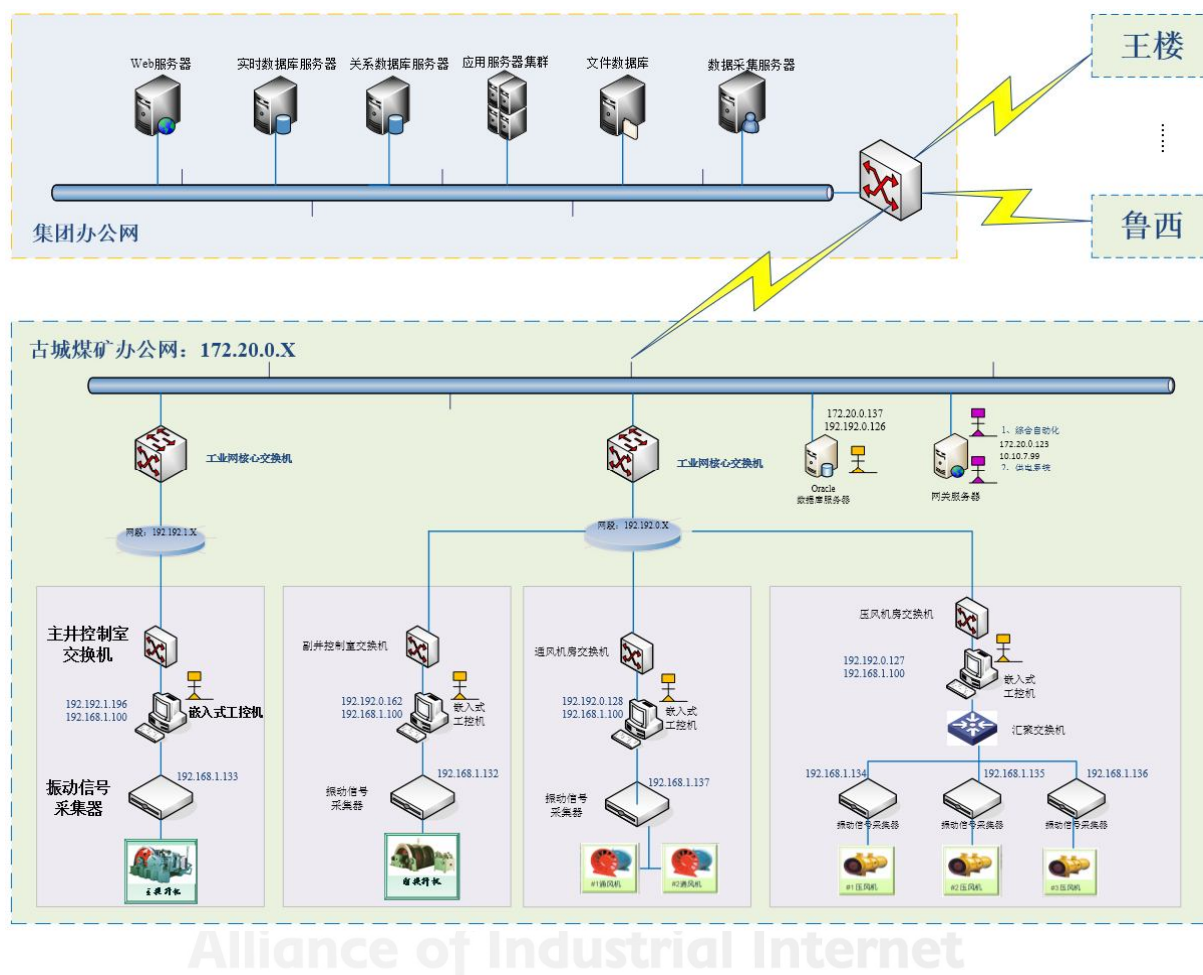
朗坤智慧科技股份有限公司对本测试床的建设、运营、使用拥有产权；

江苏省国信资产管理集团有限公司、山东能源临沂矿业集团有限责任公司对本测试床在各自集团内部的使用拥有产权。

十二、部署，操作和访问使用

本测试床采用集中部署、多级应用的架构模式，需要将分散在全国各地矿站的 7 大业务系统的振动检测数据、生产实时过程数据及运维业务数据的采集传输并实现业务协同处理，贯穿矿侧工业环网、矿侧办公网络及集团办公网络，然后利用集团网络同步至工业

互联网设备远程诊断云平台。本测试床存在地理分布广、网络通讯链路节点多、数据量大、数据结构复杂、时效性要求高等特点，为实现平台数据的可靠性、稳定性、准确性、实时性、全面性，拟采用以下网络拓扑结构：



十三、 资金

总投资：2500 万元		资金来源：自筹
序号	支出科目	支出金额
研发费用支出（万元）		

1	设备费	300
2	测试化验加工费	200
3	材料费	245
4	燃料动力费	20
5	会议费	10
6	差旅费	200
7	合作与交流费	75
8	出版文献\信息传播\知识产权事务费	40
9	劳务费	100
10	人员费	1200
11	专家咨询费	40
运营管理费用		
12	管理费	20
13	其他支出	50
14	合计	2500

十四、 时间轴

本测试床属于历时多年的研究项目，主要分为以下几个关键的时间点：

第一阶段为智能网关平台研发及试点实施阶段，计划历时 6 个月(2018.2~2018.7)，完成临矿集团数据接入与存储工作；完成国信集团下属能源企业设备数据的接入与存储工作。

第二阶段为远程在线监测与参数预警平台研发与试点实施阶段，计划历时 4 个月（2018.8~2018.12），完成临矿集团的综合监视页面组态、设备数据关系建模、参数预警建模及专业诊断分析工具（振动分析、超声分析、电流频谱分析、红外摄像分析、油液质量分析）的研发。完成国信集团下属能源企业主要生产实时监视画面的建设，构建工厂工艺模型。

第三阶段为诊断模型深度应用阶段，计划历时 8 个月（2018.10~2019.5），建立煤矿重点设备类型的专家诊断模型。构建国信集团下属能源企业关键设备的设备画像，并实现关键设备的预测性维护。

第四阶段为建设行业生态服务圈，计划历时 6 个月（2019.6~2019.12），建立设备厂商、临矿集团、国信集团、专家诊断团队、专业检修公司的数据共享协同平台。基于临矿集团、国信集团的试点，共同向其它同类型企业输出平台的设备远程诊断能力。

十五、 附加信息

本测试床项目的关键功能模块，包括智能感知、信号处理、数据存储及专家系统知识库，都是基于平台化建模组态设计模式，具有很强的可移植性。采用的振动、红外、超声、油液、电流频谱、机器学习等关键专业检测诊断技术，可识别的故障机理具备一定的普适性，能够有效分析诊断旋转机械、电机、电气设备、真空类或高压类容器设备，除适合应用在火电、煤矿之外，也适宜于水电、风电、光伏发电、冶金、采矿等对设备可靠度要求高的重资产生产企业。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

基于 5G 网络连接的工业智能化巡检测试床

中国移动通信集团政企客户分公司（简称：政企分公司），成立于 2012 年 8 月，是中国移动通信集团下属经营集团客户市场的专业化分公司。政企分公司依托于中国移动在网络、客户、渠道、业务和产业链等方面的整体优势，紧密围绕“移动改变生活”的发展愿景，为各行各业提供安全有效的行业解决方案，做质量更好、服务更优、创新更强、价值更高、管理更有效的运营商和现代服务企业。

2017 年底，国务院下发《深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》，其中明确指出：在 5G 研究中开展面向工业互联网应用的网络技术试验，协同推进 5G 在工业企业的应用部署。为积极响应国务院加速工业互联网应用的发展，2017 年 10 月，中国移动政企公司与广西玉柴共同成立为期 3 年的智能制造联合实验室，重点结合 5G 网络技术，开展面向车间内部设备以及厂区电力设备的智能化巡检测试验证工作。

一、关键词

5G、巡检、AR、工业机器人、图像分析

二、发起公司和主要联系人联系方式

中国移动通信集团公司政企客户分公司

杨天乐: yangtianle@chinamobile.com; 13810755446

梁睿: liangrui@chinamobile.com; 13910102465

王科: wangkezq@chinamobile.com; 13811628367

三、合作公司

广西玉柴机器集团有限公司

四、测试床项目目标和概述

项目背景及目标：

2017 年 10 月，中国移动政企公司与广西玉柴共同成立智能制造联合实验室，实验室计划为期 3 年。结合 5G、AR、智能硬件终端等技术，对玉柴传统车间进行智能化试点改造，并将试点验证的成果进行内部复制推广，逐步实现玉柴智能制造转型升级。

项目概述：

设备的定期巡检与故障排查对于产线 7*24 小时安全生产至关重要，而传统的设备巡检存在诸多弊端，如人员误操作，假巡检，专业技能较低等，给企业的生产工作埋下了很多安全隐患。随着 5G、机器人、增强现实等技术的逐步成熟，可实现设备的智能化巡检。

本项目具体满足如下场景：

1. **工业 AR 设备点检：**借助 AR 眼镜，采集前端巡检人员观察到的实时画面，将视频图像实时回传至云端，可实现前后端人员的实时交互，同时还可以利用 AR 眼镜管理设备信息，包括维修，点检记录，保养信息等。

关键性能指标：

- a. AR 眼镜设备要求：

主要性能	指标内容	范围要求
可佩戴	最高运行温度	≤50℃
	重量	≤200g
摄像头	拍照	≥1000 万像素
	摄像	1080P
续航能力	续航时间	≥5 小时

- b. 实时性要求：

数据端到端传输时延应小于 20ms，以消除眩晕感。

c. 对 5G 网络性能需求:

功能	上行速率	下行速率	端到端时延	覆盖	连接数	可靠性 (丢包率)
AR 视频数据传 输	10Mbps/ 每个终端	10Mbps/ 每个终端	<20ms	连续覆盖 试点范围	50	<10 ⁻⁵

2. **变电站机器人巡检:** 远程控制机器人的运动轨迹, 实时采集、回传高清视频图像至云端, 系统通过对采集到的图像数据进行人工智能分析判断变电站内设备是否存在异常, 从而大幅减少人工投入。

关键性能指标:

a. 精度要求

摄像头分辨率应达到 1080P, 可实现高倍数自动调焦和手动调焦, 满足对至少 12 米外仪表数据的清晰拍摄; 传感器采集的主要数据精度应达到下表要求:

项目	测量分辨率	测量范围	测量精度
温度	0.1℃	0~60℃	±0.1℃
湿度	0.1%	0~100%RH	±1%
TVOC	0.1mg/m ³	0~5.00mg/m ³	±15%

b. 移动要求:

行进速度可控, 遇到异常情况可紧急制动, 支持遥控器手动操控;

c. 实时性要求:

远程控制信息端到端数据传输时延应小于 10ms;

传感视频数据端到端传输时延应小于 50ms;

d. 续航能力要求

续航时间保证在 5 小时以上，并且在电量不足时，可自动发出告警或自动回到充电点进行充电。

e. 对 5G 网络性能需求：

功能	上行速率	下行速率	端到端时延	覆盖	连接数	可靠性（丢包率）
传感和视频数据传输	20Mbps/ 每台机器人	10Mbps/ 每台机器人	50ms	连续覆盖试点范围	10	$<10^{-5}$
远程控制			10ms			

五、测试床解决方案架构

（一）测试床应用场景

场景 1（工业 AR 设备点检）：

客户需求

玉柴的机加生产线具有很多高价值机床设备，需要定期对设备进行点检。玉柴传统的方式还是采用人工抄写纸质表单的方式进行设备点检，急需要通过信息化手段升级关键设备的点检方式。玉柴希望在五工段机加生产线的 HELLER 加工中心使用 AR 终端对 40-50 台机加工设备进行智能化点检，具体需求为：

1. 希望通过 AR 眼镜实现设备维修时前后端的交互。
2. 智能识别设备，管理设备信息，包括维修，保养，点检记录，设备状态等。



业务功能:

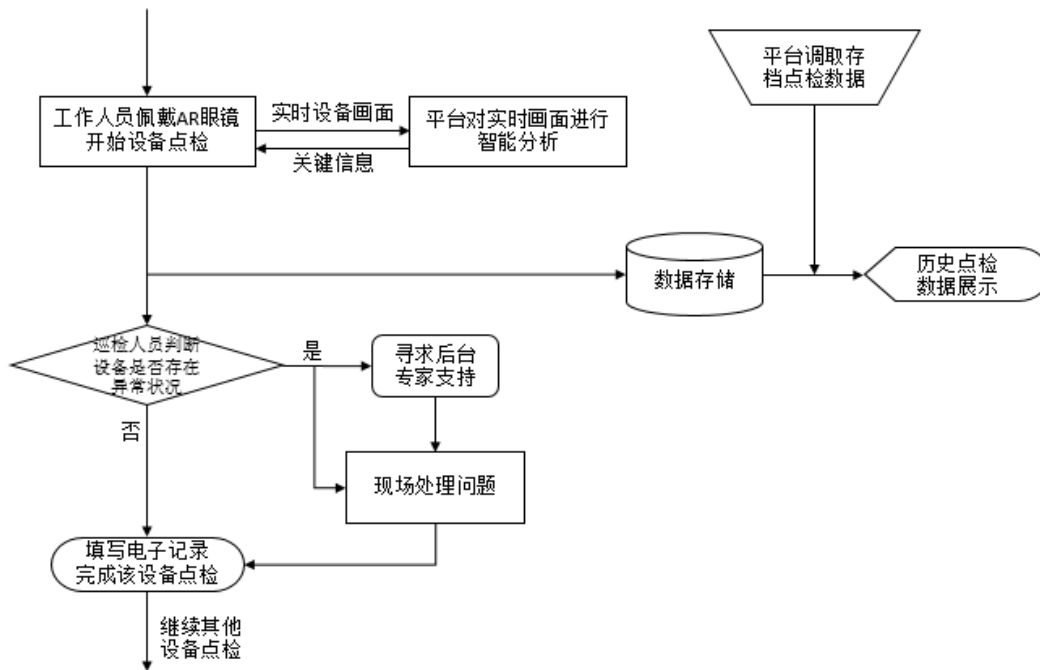
通过给点检人员佩戴 AR 眼镜，可以将 AR 终端所见的实时视频通过 5G SDN 网关组建的工业虚拟专网回传至平台，平台通过对画面进行智能分析，将点检人员需要了解的关键信息（如厂区环境参数，设备运行状况，耗损情况等）发回至 AR 眼镜终端，叠加在现实画面上，以帮助点检人员准确判断点检设备是否出现异常。当出现异常时，后台技术人员可通过 AR 眼镜摄像头拍摄的实时画面了解异常状况，并向厂区人员下达实时指令及现场操作指导等信息。通过 5G 移动边缘计算技术，保证虚拟画面叠加至现实景象的低时延，以消除眩晕感。

通过平台，主要可实现以下功能：

1. 智能识别生产设备，通过 AR 终端管理设备信息，包括维修，保养，点检记录，设备状态等；
2. 点检人员与后端技术人员的实时音视频交互；
3. 可作为教学直播平台，利用实际点检、维修过程培训新技师；

4. 平台可存储一段时间内的点检，维修视频数据，并提供调阅功能，可作为后期事故分析及追责的主要依据。

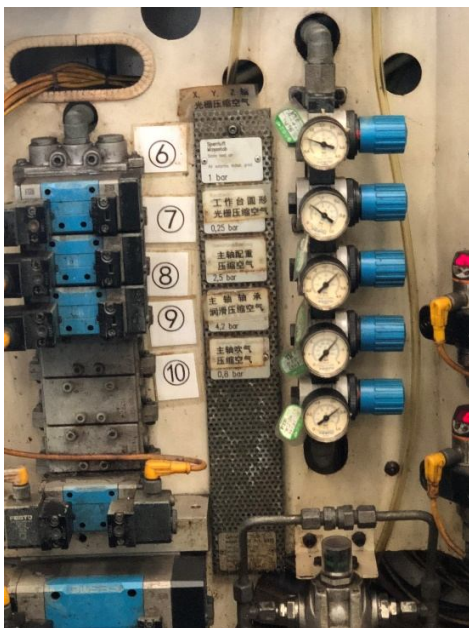
业务流程图：



场景 2（智能机器人巡检）：

客户需求：

玉柴厂区内设置了一个变电站，站内最高电压 11w 伏。目前完全依赖人工进行巡检，共 3 个巡检班，每班 2 人，一天共巡检 6 次，每个班每天巡检两次。巡检设备包括变压器、电流互感器、断路器、隔离刀闸、避雷器、PT 端子线等，巡检内容包括对仪表数值检查和记录、器件破损检查、温度检测、声音检测等。目前的问题在于巡检项目很多，人工成本高；一些设备和仪表位于 6 米以上的高处，人工查看难度大；变电站环境比较危险，工人人身安全保障要求高。



综上，玉柴希望能使用智能机器人自动化巡检的方式，减少人工巡检的工作量。

业务功能：

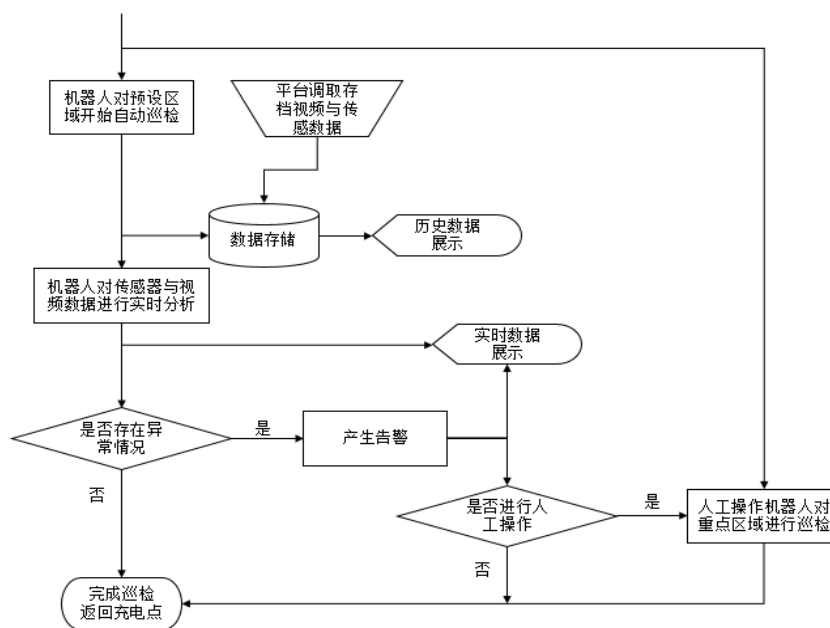
智能巡检机器人通过搭配各类传感器，红外传感技术，音视频识别技术等，可安全高效的完成巡检任务，是未来巡检的重要方式。智能巡检机器人可定时，定点，定路径巡检，根据不同场景，按需制定巡检方案。巡检过程中，通过 5G 网络回传实时高清巡检画面、设备信息、环境信息等，系统通过对收集到的数据进行人工智能分析判断厂区设备或环境是否存在异常。后台人员可对机器人进行远程实时控制，以对厂区某些地点进行重点巡查，

节省大量人力物力。通过 5G 移动边缘计算技术降低机器人指令传输时延，已满足对机器人进行远程实时控制的要求。

智能机器人巡检应用的主要功能：

1. 机器人可搭载多种传感器和高清摄像头，可对巡检对象的温度、声音、震动等环境参数进行检测；
2. 机器人可拍摄高清的现场画面并进行无线回传；
3. 平台可对设备及仪表画面进行智能分析，识别仪表数据及设备的异常状况；
4. 平台可对人脸、行为、物体摆放等进行智能识别，对异常环境状况或人员行为进行实时告警；
5. 机器人具备自主移动，自我管理，自动避障，自动充电等功能，同时通过平台，可由人工对机器人进行远程操控。

业务流程图：



(二) 测试床重点技术

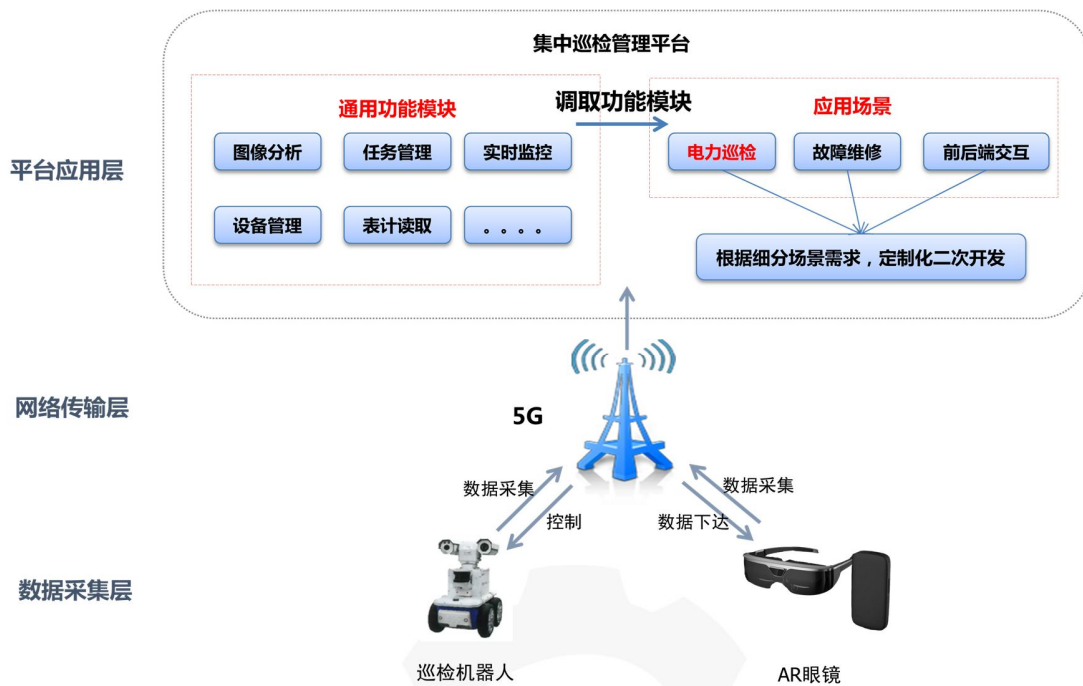
1. **5G:** 5G 技术在低时延、工厂应用的高密度海量连接、可靠性、以及网络移动性管理等方面具备显著优势，为移动设备的数据稳定传输提供了强有力的保障，打破了传统工业有线传输的禁锢。因此，5G 的发展可以真正实现信息化和工业化的深度融合。
2. **增强现实:** 通过将工厂内设备信息和虚拟世界信息进行“无缝”集成，从而把原本在现实中难以观察到的信息（温度，产品编号，故障代码等），通过设备建模，模拟仿真后再与真是场景叠加，将虚拟的设备信息实时应用到真实世界，让工人直观的观察设备的实时运行状态。
3. **机器人巡检:** 智能巡检机器人通过搭配各类传感器，红外传感技术，音视频识别技术等，可定时，定点，定路径巡检。巡检过程中，通过 5G 网络回传实时高清巡检画面、设备信息、环境信息等，系统通过对收集到的数据进行人工智能分析判断厂区设备或环境是否存在异常。

(三) 技术创新性及先进性

本测试床利用 5G 技术的高速率、低时延、高可靠、网络切片和移动边缘计算等特性，与人工智能技术进行有机的结合，创造出基于 5G 的智能巡检业务，可大幅提升工厂内的巡检效率。通过 5G 的低时延高可靠特性可大大提高对智能机器人远程控制的实时性和可靠性，从而可利用机器人对厂区进行有效的自动巡检。

同时 5G 的高速率和低时延可大幅提高 AR 应用的实时性，大幅降低 AR 眼镜的眩晕感，使得 AR 技术可真正应用于工业领域。结合人工智能技术的机器人巡检与工业 AR 点检业务可大幅提高巡检和点检效率和效果。

(四) 测试床解决方案架构



六、预期成果

(一) 测试床的预期测试结果，针对测试项

工业 AR 设备点检：在降低人力成本的同时，可以解决维修人员水平参差不齐的问题，提升设备维修效率。并保证巡检结果 100%的电子化，实现设备状态及保养信息的即时查看。实现的主要功能点如下：

1. 智能识别生产设备，通过 AR 终端管理设备信息、包括维修、保养、点检记录、设备状态等；
2. 点检人员与后端技术人员的实时音视频交互；
3. 可作为教学直播平台，利用实际点检、维修过程培训新技师；
4. 平台可存储一段时间内的点检，维修视频数据，并提供调阅功能，可作为后期事故分析及追责的主要依据。

机器人巡检：每天可节省 6 个人的巡检工作，并且还可以保证 7*24 小时全天候巡检。可实现的功能如下：

1. 机器人可搭载多种传感器和高清摄像头，可对巡检对象的温度、声音、震动等环境参数进行检测；
2. 机器人可拍摄高清的现场画面并进行无线回传；
3. 平台可对设备及仪表画面进行智能分析，识别仪表数据及设备的异常状况；
4. 平台可对人脸、行为、物体摆放等进行智能识别，对异常环境状况或人员行为进行实时告警；
5. 机器人具备自主移动，自我管理，自动避障，自动充电等功能，同时通过平台，可由人工对机器人进行远程操控。

(二) 经济效益

利用 AR 眼镜对工厂内设备进行日常检查维修可极大的提升效率，减少维护人员的投入成本，并可以将误操作给设备带来的潜在安全风险降至最低。传统车间设备是依靠工人凭借自身经验对设备进行维护，对工人的专业技能要求很高，且依然难以保证工人可以应对所有故障问题。而利用 AR 技术，前端维护人员可在后端技术专家的实时指导下对所有设备的突发状况进行有效的应对。

可利用巡检机器人代替人工对变电站进行日常的巡检工作，大幅减少人员的投入。一个 300 平方米左右的变电站一天需要 12 人次的巡检（不保障夜间巡检）。而一台巡检机器人则可以承担上千平方米的变电站的日夜巡检，可以大大节省电力公司的运营成本。

(三) 社会价值

“4G 改变生活，5G 改变社会”，这是各行各业对 5G 的普遍认知。但 5G 技术尚未得到实际的应用，因此，通过在工业领域智能巡检应用中利用 5G 网络进行实时的数据传输，可以有效的验证 5G 的传输速率，稳定性等特性，不仅可以加速发展工业的无线网络体系，突破现有有线传输的禁锢，实现工业的智能化巡检。同时还可以加速 5G 在各行各业应用的速度，给社会经济，生活带来革命性的影响。

七、交付件

最终交付 AR 眼镜 5 套、巡检机器人 1 套、集中巡检管理平台；

八、测试床使用者

广西玉柴机器集团有限公司

九、知识产权说明

中国移动享有本测试床的全部知识产权，负责项目的研发测试。广西玉柴拥有使用权，包括巡检机器人，AR眼镜以及巡检管理平台。其中，数据模型属于双方共有。

十、部署，操作和访问使用

平台部署在中国移动 IDC/云计算资源池上，并为广西玉柴相关人员提供访问权限。

十一、资金

预计约为 400 万。

十二、时间轴

时间	任务	具体工作	输出内容
2018.4-2018.5	需求分析	与合作方沟通确认示范项目具体需求	示范方案、网络建设需求表
2018.5-2018.6	方案制定	完成网络建设方案，完成端到端业务解决方案	网络建设方案 端到端业务解决方案
2018.7-2018.8	业务验证方案	完成业务验证方案	业务验证方案
2018.9-2018.10	业务采购	完成业务采购需求冻结	采购需求上会材料，技术需求说明书
2018.10-2018.11	网络建设	完成网络建设，并达	试点网络

		到业务需求指标	
2018.10-2019.3	业务采购	完成业务类采购	业务类采购合同
2018.10-2019.3	业务部署	完成业务部署，具备业务示范能力，进行初步业务示范	业务示范
2019.4-2019.12	业务验证	完成业务验证，进行业务示范，完成业务示范总结	业务示范 业务示范总结



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

基于人工智能技术的工程机械装备故障诊断与预测性维护测试床

引言/导读

江苏徐工信息技术股份有限公司（简称“徐工信息”）是一家混合所有制的国家高新技术企业，于 2014 年 7 月 1 日正式注册成立。公司秉持“为工业赋能，与伙伴共生”的企业使命，基于徐工集团的深厚制造业背景，在工业互联网、智能制造等业务领域奋力开拓，致力于“成为工业互联网技术和解决方案的引领者”。徐工信息参与了国家两化融合管理体系、工业云、物联网、智能工厂等国家级标准的制定，是国家“首批”两化融合管理体系贯标咨询服务机构，建立了国家级工程机械物联网应用研发中心，是中德智能制造发展联盟“首批”成员单位。徐工信息是江苏省智能车间认定标准起草者，是江苏省 10 家重点电商企业之一、江苏省企业互联网化优秀服务机构，是中国工业 4.0 星火小组五家成员之一。此外，徐工信息是中国两化融合咨询服务联盟成员单位、全国智能制造发展联盟单位、中国工业互联网产业联盟理事单位。

徐工早在 2005 年就开始了工业设备互联的相关研发工作并投入生产运营。在 2017 年正式发布了 Xrea 工业互联网平台，目前入网设备累计数量已超过 50 万台，覆盖超过 30 个行业领域。Xrea 工业互联网平台入网设备包括起重机械、铲运机械、挖掘机械、物流运输设备、新能源汽车等 6000 多种设备类型。数据的种类超过 7000 多种，峰值的吞吐量每秒为 11 万条，年数据增长量 1.1PB，数据可靠率高，达到 99.9999999%。

徐工信息依托徐工集团在重型起重机、挖掘机等工程机械装备的完整的数据积累和专业经验积累，针对工程机械装备的故障维修和预测性维护进行了长期深入的实践项目，形成了一套行之有效的预测性维护方法和工具。

一、关键词

工程机械，故障诊断，预测性维护，机器学习

二、发起公司和主要联系人联系方式

发起公司：江苏徐工信息技术股份有限公司

联系人：张毅

邮箱：zhangy@xcmg.com

电话：051687738581

手机：15952167524

三、合作公司

徐工集团重型机械有限公司

徐工集团挖掘机械有限公司

四、测试床项目目标和概述

针对工程机械装备的预测性维护测试床是由徐工信息联合徐工集团重型事业部、挖机事业部等业务集团共同打造的基于工业大数据的分析与预测专业解决方案。测试床的建设地点位于徐州市和北京市，在徐州市建设测试床中的工业互联网平台及大数据部分，在北京建设测试床的模型与算法等。

该测试床满足基于工业互联网平台的工程机械装备故障诊断与预测性维护的需求，降低企业及用户减少装备故障带来的经济损失，促进企业进行数字化转型升级，共同推进装备故障诊断与预测性维护的规模化和常态化，打造智能装备和智能运维的示范样板和行业标杆，并有广泛适用性，未来可在行业中推广应用。

本测试床项目的目标是基于徐工信息 Xrea 工业互联网平台，结合工程机械装备采集的大量数据，通过人工智能算法进行大数据建模分析，实现对工程机械装备的故障诊断和预测性维护，以达到降低维护成本的目的。

五、测试床解决方案架构

(一) 测试床应用场景

工程机械装备在复杂的环境和高强度的生产作业中，很容易出现故障，给企业和用户带来较大的经济损失。为了预防并减少故障的发生，需要对工程机械进行定期维护保养。为了降低故障带来的经济损失，对于已经发生的故障，需要维修服务人员快速地进行故障诊断与分析，做出准确的判断与决策，进行维修服务。现有传统的预防式维护和故障诊断方法主要是基于周期性维护和装备已有的故障代码和故障现象，其维护的成本较高，维修的效率较低，难以满足企业及用户的需求。

故障诊断与预测性维护测试床基于工业互联网平台，采用人工智能技术，利用物联网采集大量工程机械相关数据并分析，建立更加精准的预测性维护和故障诊断分析模型，满足工程机械装备的故障诊断和预测性维护的需求，帮助工程机械公司降低维护和维修成本，促进企业的转型升级，共同推进故障诊断和预测性维护的规模化和常态化，打造智能装备和智能运维的示范样板和行业标杆，并有广泛适用性，未来可在行业中推广应用。

(二) 测试床重点技术

本测试床采用的重点技术包括物联网技术、人工智能技术、大数据技术等。

首先，通过对工程机械装备施工作业的数据采集，实时监测装备的运行状态，充分了解工程机械在施工作业过程中不同状态下的运行规律。

然后，以获取的大量装备状态历史数据为基础，结合设备维修历史数据，通过人工智能的机器学习算法，抽取装备历史数据中的关键特征，如发动机转速、油温、油压、工作时间等，构建装备故障分析模型与装备故障预测模型，进而实现故障原因的快速定位和维修措施的建议，以及为防止未来发生故障是否需要进行维护的建议。

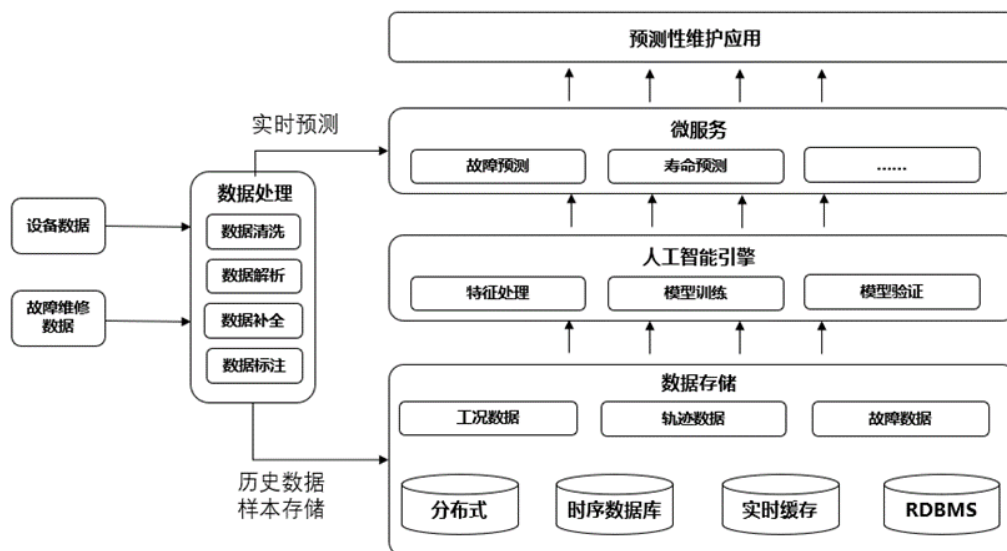
通过物联网+大数据+人工智能技术对工程机械进行全面的分析和洞察，给出系统性的预测性维护与故障诊断解决方案是本测试床聚焦的方向。

(三) 技术创新性及先进性

故障诊断与预测性维护测试床，通过工业机理模型和数据分析模型相结合，可以有效实现对工程机械装备的智能化监测、诊断和预测性维护，极大地降低故障率和总体维护成本，是一项人工智能技术应用的创新。

目前在工程机械领域，基于人工智能技术的预测性维护应用尚在探索阶段，行业内尚未出现大规模、规范化的应用，测试床所采用的人工智能技术相关框架和组件是业内最新发布成果，在工程机械领域的应用属于前列，因此具有较好的先进性。

(四) 测试床解决方案架构



测试床解决方案架构分为数据处理、数据存储、人工智能引擎、微服务与故障诊断与预测性维护应用五大模块组成。

数据处理模块对设备实时数据和历史故障数据进行清洗、解析、分类、补全与标注，然后将数据转发至数据存储模块。

数据存储模块将转入的数据分别存储至分布式存储、时序数据库、实时缓存与关系型数据库中。

人工智能引擎模块对大量数据进行统计分析、特征处理与机器学习算法建模，并对模型进行验证。

建立好的模型在微服务开发平台中部署微服务接口向应用层用户提供服务。

六、预期成果

(一) 测试床的预期测试结果，针对测试项

工程机械装备故障诊断与预测性维护测试床项目预期的测试结果包括两个方面

1. 对于工程机械装备剩余使用寿命的预测，预期预测结果与实际的误差在 10%以内。
2. 对于工程机械装备在下 N 个周期内发生故障的概率预测，预期预测结果的准确率在 90%以上。

(二) 商业价值

工程机械装备故障诊断与预测性维护测试床项目具有多项商业价值

3. 对于工程机械生产企业，可以提升产品的质量，提高服务效率，降低保修期内的维修成本。
4. 对于工程机械最终用户，可以减少设备停机带来的经济损失，提高装备带来的收益。
5. 对于工程机械装备物联网平台运营方，可以提高平台价值收入，吸引更多工程机械用户，提升业务收入。

(三) 经济效益

基于人工智能技术的故障诊断与预测性维护测试床可以实现对工程机械装备的智能化监测和预测性维护，可以极大地降低故障率、故障恢复周期和总体维护成本。根据美国联邦能源管理计划(FEMP)所进行的研究估算，与预防性维护相比，预测性维护的最主要优势是可以提前消除 70%—75%的故障，减少 35%—40%的停机停产时间。

(四) 社会价值

基于人工智能技术，建设推广的工程机械装备故障诊断与预测性维护测试床，满足工程机械装备的健康管理和维护的综合要求，联合工程机械公司推进故障预测的规模化和常

态化，共同打造工程机械装备的预测性维护的示范样板和行业标杆，并有广泛适用性，未来可在行业中推广应用。

七、测试床技术可行性

(一) 物理平台

本测试床项目设计的物理设备包括：

1. 传感器组
2. 工程机械装备及其自身控制系统
3. 智能物联采集终端
4. 数据传输网络（2G/3G/4G 等）
5. 运行物联网大数据及人工智能引擎所需的服务器、存储设备及网络设备

(二) 软件平台

本测试床项目设计的软件平台包括：

Xrea 工业互联网平台：徐工信息自主研发的工业互联网平台，将工程机械装备的采集数据接入 Xrea 平台，平台可以实现装备的实施监控、控制与数据的存储、管理、分析，同时平台内提供人工智能算法库和微服务开发环境，为工程机械的数据建模和模型发布调用提供支持，完成装备故障诊断与预测性维护的目标。

八、和 AII 技术的关系

(一) 与 AII 总体架构的关系

AII 总体架构如图所示：



本测试床项目基于总体架构的指导，物理系统为工程机械装备，对装备进行数据采集交换、数据集成处理、数据建模、仿真与分析，最终实现设备的运行优化和企业的运营决策优化。测试床重点测试的技术包括 2G/3G/4G 网络传输技术、人工智能算法建模技术、物联网数据采集与大数据存储管理技术等，属于总体架构中网络互联与标识解析、数据集成处理、数据建模仿真与分析的范围。

(二) 详细清单

序号	名称	厂家或型号	数量	说明
1	工程机械物联网	徐工信息	1 套	
2	智能物联终端	徐工信息	N 台	1 台工程机械配备一台终端，数量与装备数量有关
3	Xrea 工业互联网平台	徐工信息	1 套	实现数据接入、存储、管理与分析的基础软件平台
4	工程机械装备	徐工集团	N 台	按项目实际需求配备相应数量装备

工程机械装备本身不具备联网能力，需要加装智能物联终端实现装备的数据采集与传输，数据的传输通过 2G/3G/4G 网络，采用 TCP/MQTT 协议进行传输。

(三) 安全联系人

安全联系人：张毅 江苏徐工信息技术股份有限公司 工业互联网事业部副总经理

(四) 与已存在 AII 测试床的关系

该测试床项目与之前已经审批的测试床项目无任何关联。

九、交付件

该测试床的交付件包括：

1. 项目设计方案书
2. 数据分析与算法设计报告
3. 验证报告

十、测试床使用者

[明确非发起方的公司可以使用测试床程度，以及相关的要求和限制条件。]

非发起方的平台参与者可以使用验证示范平台的所有操作功能，但仅限于功能的操作使用，禁止泄露给同行业的第三方。

项目合作过程中产生的全部开发成果及其知识产权，包括但不限于申请专利的权利、专利申请权、专利权、版权、商业秘密，均归发起方所有；未经一方书面同意，另一方不可将本协议项目合作过程中产生的任何知识产权转让、许可给任何第三方。

十一、知识产权说明

项目合作过程中产生的全部开发成果及其知识产权，包括但不限于申请专利的权利、专利申请权、专利权、版权、商业秘密，均归发起方所有；未经一方书面同意，另一方不可将本协议项目合作过程中产生的任何知识产权转让、许可给任何第三方。

十二、部署，操作和访问使用

本项目部署在徐工信息 Xrea 工业互联网平台上，平台提供基础的 IaaS 层服务器、网络、存储资源，以及物联网接入、大数据管理分析工具。徐工信息作为测试床系统的运营主体，与徐工挖机、徐工重型进行合作，将其工程机械装备加装智能物联终端进行数据的采集，并提供故障诊断与预测性维护的服务接口供徐工挖机、徐工重型及其最终用户使用。用户通过 Web API 接口调用系统预测服务。具体分工如下：

徐工信息：

1. 工业互联网大数据平台的搭建与运维；
2. 实时数据的采集与处理；
3. 数据建模分析与算法优化；
4. 预测性维护 APP 开发与应用。

徐工挖掘，徐工重型：

1. 原始 CRM 维护维修数据的准备；

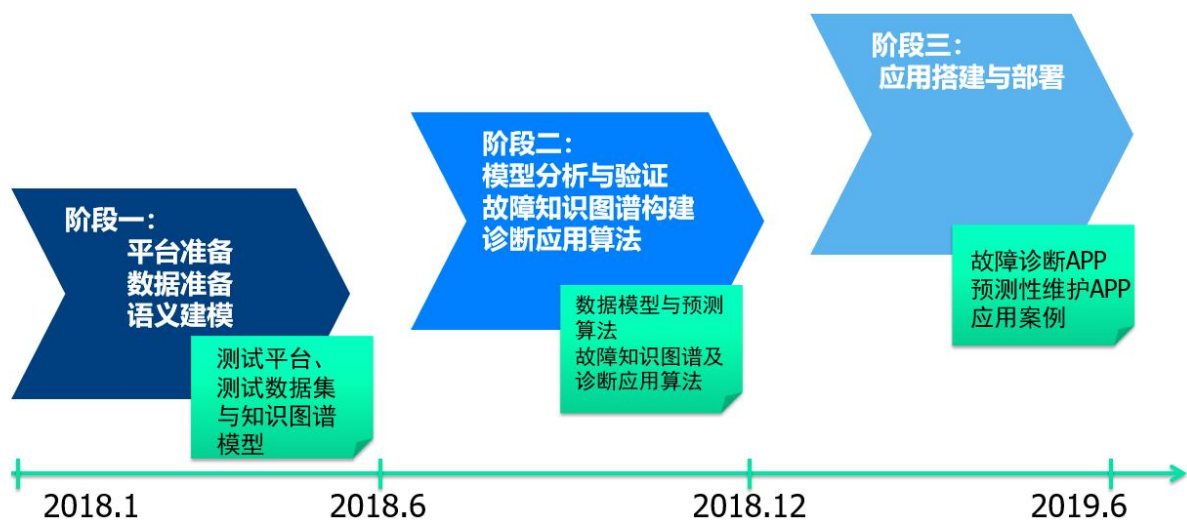
2. 故障数据的准备与标注;
3. 工业机理模型的评估与确认。
4. 故障知识图谱的建模与确认。

十三、资金

本测试床项目所需资金由参加者提供。

十四、时间轴

本项目周期为一年半，预期的关键时间节点、任务和输出如下：



2018

基于 5G 和人工智能的产品质量实时检测和优化



万向集团公司研究院
中国联通网络技术研究院

基于 5G 和人工智能的产品质量实时检测和优化

引言/导读

本项目由万向研究院、中国联通网络技术研究院牵头，万向钱潮公司、杭州领克信息科技有限公司、广东宜通世纪科技股份有限公司参与。

上述单位共同参与测试床项目的目的是对创新性的工业互联网业务进行研究和探索，并为此提供所需的技术和资源(包括人力、设备、资金等)，以确定解决方案，并对解决方案的性能、成本、适用性等各方面进行验证。

万向研究院，其前身是万向集团技术中心，为接轨国际先进技术，2002 年改组为公司型运行。1996 年被原国家经贸委、财政部、海关总署联合批准为国家级技术中心。以国家人事部批准建立的国家级企业博士后科研工作站为依托，研究院共拥有数百名专业研发技术人员。

中国联通网络技术研究院以中国联通发展战略为指导，构建起中国联通网络技术支撑体系和专业支撑团队，围绕网络演进、建设、运行、优化等关键环节开展技术研究，并按照网络技术发展生命周期，不断加强对网络技术演进、新技术引入以及网络建设、运行、维护、优化等各环节的系统性研究和统筹规划，按照系统性、完整性、独立性和专业性要求，加强技术跟踪、标准预研、验证测试、规范编制、网络分析、网络评测，为中国联通网络运营发展提供整体解决方案和全面技术支撑。其拥有的国家级汽车零部件实验室，出具的实验报告获得 44 个国家和地区的互认资格。浙江省汽车零部件实验基地也落户在万向研究院。

万向钱潮一直致力于汽车零部件的研发和制造，产品从零件到部件到系统集成，生产专业化，产品系列化，供货模块化；产品涵盖万向节、轮毂单元、轴承、汽车底盘及悬架

系统、制动系统、传动系统、排气系统、燃油箱、工程机械零部件等汽车系统零部件及总成，是国内最大的独立汽车系统零部件供应商之一。

杭州领克信息科技有限公司，一家专门从事工业物联网系统研究、开发、应用、咨询的公司，拥有众多自主研发的创新型技术及产品，包括机床设备节拍分析设备、综合数据采集平台、智能业务设计平台、物联网云服务平台等。

广东宜通世纪科技股份有限公司，是广州市高新技术产业开发区天河科技园内一家专业从事计算机信息技术研究、计算机信息系统集成、通信软硬件产品研发、智慧医疗、大数据、物联网等信息技术与软件服务的民营高科技企业。

一、关键词

5G，MEC 边缘云，边缘网关，机器学习，机器视觉，质量检测，质量优化。

二、发起公司和主要联系人联系方式

万向集团公司研究院：

主要联系人：

马吉军

手机：13777880980

邮箱：jjun.ma@wxciv.com

中国联通网络技术研究院：

主要联系人：

贾雪琴

手机：18601106631

邮箱：jjxq21@chinaunicom.cn

三、合作公司

万向钱潮股份有限公司：

主要联系人：

柯佳华

手机：15657181289

邮箱：kejiahua@wxj.wxqc.cn

杭州领克信息科技有限公司

主要联系人：

余长宏

座机：0571-56071258

手机：13858033500

邮箱：yuchanghong@linkortech.com

广东宜通世纪科技股份有限公司：

主要联系人：

王永斌

手机：18518051830

邮箱：wangyongbin@etonetech.com

四、测试床项目目标和概述

在产品质量是企业生命的今天，如何提高产品质量的检测效率和精度是企业一直关注的重点，也是该测试床要解决的重大目标。通过机器视觉、5G 蜂窝无线、人工智能、边缘计算等新技术的有机结合，实现产品实时在线高精度检测，并通过工业云平台实现检测模型的迭代提高和共享。

五、测试床解决方案架构

(一) 测试床应用场景

产品质量是保障工业安全与效率的基础，如万向节和齿轮轴作为汽车零部件中的的关键部件，其质量对车辆运行安全性和持久性有很大影响，因此在生产过程中的产品质量必须进行严格控制。



图 齿轮轴



图 万向节

当前缺陷检测技术主要依赖于将产品检测图像与预定义的缺陷类型库进行对比分析，缺乏一定的学习能力和检测弹性，从而导致检测精度和效率较低。



图 在线检测设备

采用基于深度学习的在线机器视觉检测，提高了缺陷检测的准确率和效率。利用机器视觉系统实时采集产品图像：在生产线上部署工业高速和高灵敏度线扫描 CCD 相机和照明系统；图像采集子系统从不同角度采集图像。

深度学习模型由训练和测试图像构建并部署到边缘计算平台中：确定产品是否有缺陷；确定缺陷类型，如表面裂纹、磨削废料、压力损伤、挫伤等；深度强化学习提高了检测精度。



图 深度学习在线机器视觉检测系统

(二) 测试床重点技术

2.1 蜂窝网络支持工厂现场数据采集

从工业互联网的角度，按照上行和下行数据的维度，工业装备的数据可以分为两类：

上行的状态类数据：从生产装备处采集的数据，包括加工监控数据、产品质量控制数据、生产环境监控数据等；

下行的控制类数据：生产装备接收到的数据，主要涉及对工业装备的控制类数据、配置类数据等。

根据工厂装备升级的实际情况，多数情况下，上行数据和下行数据需要分开处理。数据采集方案主要包括：

- 1) 工业装备的网络化改造：采用蜂窝网技术将从装备采集的数据传输到车间的边缘网关。移动互联网的快速发展促使工业厂家对无线通信的要求日益增强，目前多数工业厂房通过 WIFI 进行无线接入。然而，WIFI 在抗干扰、安全认证、QoS 质量保证、业务连续性方面无法进行可靠保障，难以满足工业场景对无线传输质量的要求。
- 2) 边缘网关：在边缘网关处对采集到的装备数据进行解析、数据封装和本地数据处理。

3) MEC 边缘云：采用 MEC 边缘云技术，利用 MEC 边缘云的分流功能，将从装备采集来的原始数据在本地处理，以极大缩短数据传输时延（相比于中心云存储，时延缩短 50%）。

4) 中心云：将机器学习的训练过程所需的时延不敏感数据分流到中心云存储。

蜂窝网络和 MEC 边缘云结合，可以实现工业设备生产数据的实时分析处理和本地分流，助力企业转型升级，实现生产数据采集、数据分析、生产优化，提高生产效率。数据在边缘侧进行分析、存储，无需经过传统核心网，因此，采用蜂窝网络结合 MEC 边缘云的方案具有时延短、安全性高，带宽高等优势。

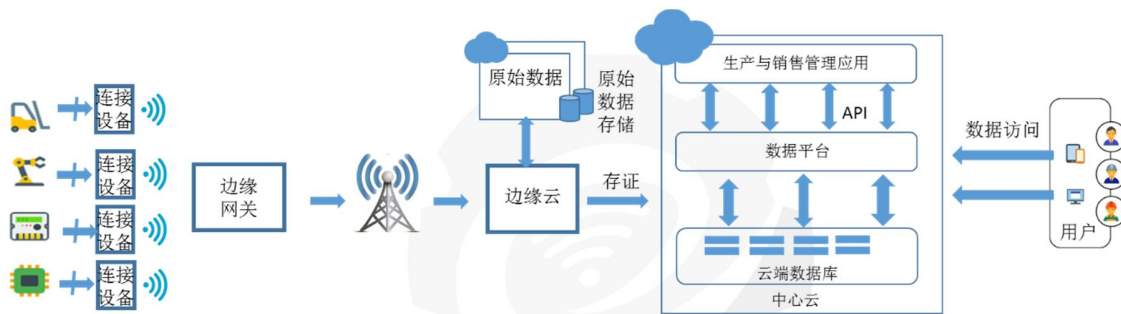


图 工业数据采集

2.2 边缘计算

2.2.1 MEC 边缘云

MEC 边缘云技术是 5G 关键技术之一。因 MEC 与无线接入网络的松耦合性，在 5G 网络还未成熟的情况下，运营商一般选择把 MEC 部署在 4G 网络上，以对 MEC 的性能、功能、接口等进行试验。

MEC 边缘云位于无线接入网和核心网 EPC 之间，利用无线基站内部或无线接入网边缘的云计算设施提供本地化的公有云服务，并能连接位于其它网络（如企业网）内部的私有云从而形成混合云。MEC 边缘云基于特定的云计算系统（例如，OpenStack）提供虚拟化软件环境用以规划管理边缘云内的 IT 资源。第三方应用以虚拟机（VM）的形式部署于边缘云，能够通过统一的 API，获取开放的无线网络能力。MEC 边缘云由业务域及管理域构成。业务域用于支持第三方应用的运行。管理域负责对 MEC 边缘云的业务域进行管理。

在本项目执行期间，因 5G 模组和终端尚未成熟，因此优先考虑将 MEC 边缘云部署在 LTE 网络中。MEC 边缘云有两种形态：

- 1) 作为基站的增强功能，通过软件升级或者新增版卡，与基站集成的内置方式
- 2) 作为独立设备，部署在基站后或网关后的外置方式。

下图为中国联通 LTE 网络中典型的边缘云端到端组网架构，边缘云服务器位于基站与核心网之间，通过解析 S1 消息实现业务的分流。基站和核心网之间通常经过多个传输环：接入环、汇聚环、和核心环。根据业务类型、处理能力，网络规划等需求，可将边缘云部署于网络中的合适位置。

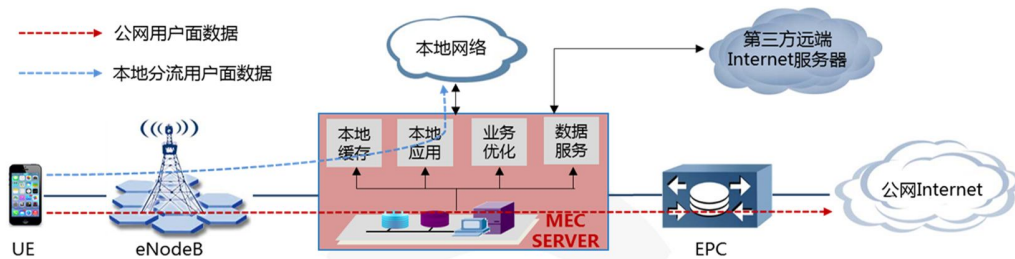


图 LTE 网络中 MEC 端到端组网架构图

2.2.2 边缘网关、边缘分析

1. 边缘网关设计：

本测试床项目中的边缘服务器设计参考并遵循 ECC、EdgeX Foundry 等组织的协议及架构，如下图所示，本项目边缘服务器从架构上分为：设备支持层、核心服务层、用户服务层、扩展服务层。

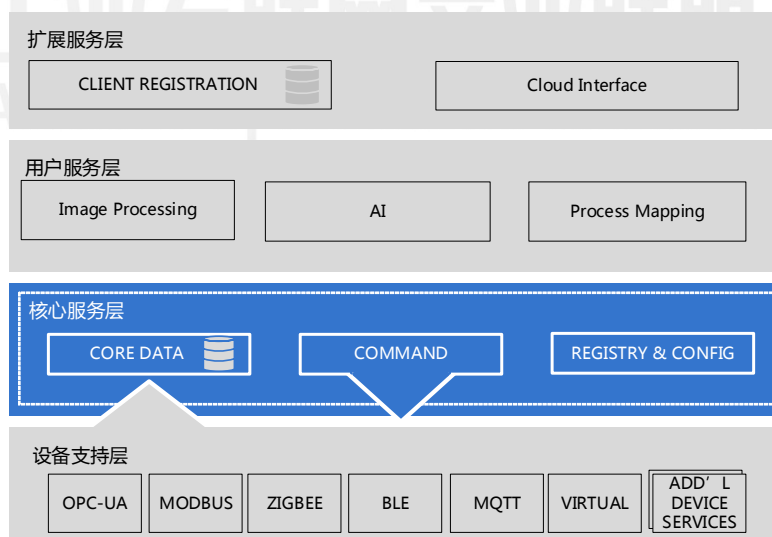


图 边缘侧四层服务架构

- 1) 设备支持层：

该层负责与南向设备交互。

设备支持是与南向设备或物联网对象交互的边缘连接器，包括本测试床项目所有的机器设备，产品的检测设备等等，其中，基于视觉的产品质量分析检测设备由本层支持并提供驱动及数据接口服务。设备支持同时服务于多个异质设备（如多种加工中心、数控机床、锯床、磨床等）。

设备支持层的微服务采用数据重构的方法，通过物联网对本次测试床实施对象本身的协议与设备，传感器，执行器和其他物联网对象进行通信。

2) 核心服务层：

核心服务层介于北向与南向之间，主要由以下组件组成：

Configuration and Registration: 为其它微服务提供相关服务的信息，包括微服务配置属性；

Core Data: 持久性存储库和从南侧对象收集的数据的相关管理服务；

Metadata: 提供配置新设备并将它们与其拥有的设备服务配对的功能；

Command: 处理北向应用发往南向设备的请求；当然该服务还会处理框架内其它微服务发往南向设备的请求，如本地的分析服务。

3) 用户服务层：

用户服务（CS）层包含本次测试床实施项目所有的微服务，本层微服务主要提供边缘侧视频图像实时处理服务和智能分析决策服务，同时也提供生产流水线工艺优化智能算法的服务。此外，该层提供如日志记录，调度和数据清理（清理）等的支持功能。

4) 扩展服务层：

本测试床实施中，应用中国联通 5G 快速接入的特点，将质量检测图像实时传送给云端，云端进行同步分析，并结合图像数据的历史分析结果进行更新反馈给边缘服务器，因此，扩展服务层实现了一组微服务实现以下功能：

北向应用可以在网关注册，并获取其感兴趣的南向设备的数据；

通知数据何时被发往中国联通云服务器；

通知数据传输格式；

反馈图像处理结果，并增加更新算法信息

2.3 机器学习

2.3.1 基本方法和模型

本测试床计划首先采集大量的相同规格的产品检测彩色图片。然后，把彩色图片转化成统一的灰度图。对采集的图片进行标记，对于每一张图片，进行相应的标记（合格：1，不合格：0）。将标记的数据分为训练集、测试集、验证集，将所有的灰度图片以及它所对应的标记随机划分为训练集（training set）（60%），验证集（cross-validation set）（20%），测试集（test set）（20%）。利用训练集进行模型训练，学习深度学习网络参数，通过调参保证模型的泛化能力，用交叉熵（cross entropy）来作为损失函数。

主要考虑采用以下 2 种模型架构：

1) 模型 1 的架构：

第一层：第一层卷积神经网络（CNN）

第二层：通过线性整流激活函数（ReLU）

第三层：应用最大池化层（Max-pooling）

第四层：第二层卷积神经网络

第五层：通过线性整流函数

第六层：再次应用最大池化层

第七层：使用扁平层（flatten layer）

第八层：经过全连接层（fully-connected layer）

第九层：利用脱离层（Dropout layer），并设置脱离率（dropout rate）为 0.5

第十层：再次经过全连接层

第十一层：最后使用柔性最大层（softmax）

2) 模型 2 的架构：

第一层：第一层卷积神经网络（CNN）

第二层：通过最大输出激活函数（maxout）

第三层：应用最大池化层（Max-pooling）

第四层：第二层卷积神经网络

第五层：通过线性整流函数

第六层：再次应用最大池化层

第七层：使用扁平层（flatten layer）

第八层：经过全连接层（fully-connected layer）

第九层：利用脱离层（Dropout layer），并设置脱离率（dropout rate）为 0.5

第十层：再次经过全连接层

第十一层：最后使用柔性最大层（softmax）

利用验证集对深度学习模型进行测试，防止过拟合，并使用验证集分别验证上述 2 个被训练出来的模型，选出最佳模型所对应的参数。利用测试集对深度学习模型进行验证，保证模型的正确性。使用测试集进行模型预测，从而来衡量该最优模型的性能和分类能力。即可以把测试集当成从来不存在的数据集，在确定模型参数后，对该模型进行性能评价。

2.3.2 图像识别和质量诊断智能化、质量预测智能化

流程化工业生产过程中，作为开发 AI 支持的分析与自优化机器的第一步，机械与自动化制造商应该对自身机器性能保持完全透明。本测试床采用图像识别方式，将人工智能方法在流程化生产制造领域的优化决策过程的辅助作用。

本测试床项目将产品质量优化问题的全过程概括分为数据获取、决策优化、方案实施这三个阶段，边缘网关通过图像处理方法，实现决策优化过程，基于远端云海量数据和算法，更快更好地完成边缘服务难以实现的大数据计算任务。基于 5G 和人工智能的产品质量实时检测和优化测试床项目在实施阶段的云端检测反馈信息作为新的输入数据，并对边缘侧算法进行自我更新和提升，不断提高边缘侧的图像识别能力，提高分析的准确率。

在边缘侧，通过基于 5G 高性能网络传输，将图像在云端做进一步处理，同时同步到边缘侧，边缘侧通过产品质量检测，可以从以下两个方面改进产品的质量：

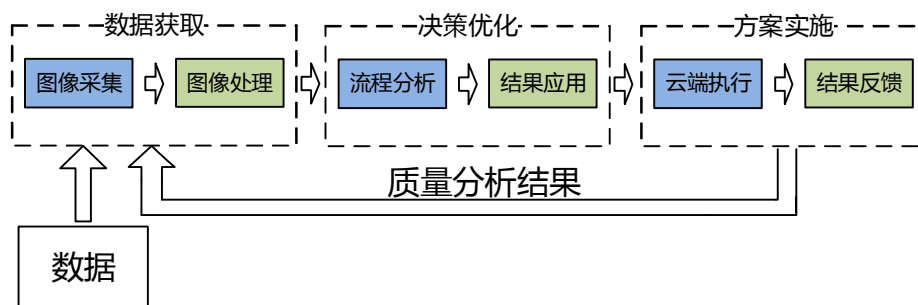


图 算法更新与质量提升闭环流程

1) 质量诊断智能化

质量诊断是本测试床项目中针对一字轴产品的专题诊断，利用图像处理方法，针对产品质量方面存在的问题，自动快速地进行评价，并为消除缺点、提高生产工艺水平而提出改进建议和指导实施。产品质量诊断，指的是定期对已交库的产品进行抽查试验，检查产品质量能否满足用户的需要。通过诊断检查，掌握产品的质量信息，以便及早采取措施加以改进。工序质量诊断，指的是对工序质量进行检查，评价各工序能力是否达到要求，掌握工序质量信息，寻找影响工序质量的主要因素，以便采取对策加以改进。

工序质量诊断是质量诊断的基础，也是最重要的一环，所以，本测试床项目着重研究基于图像处理得到的质量检测结果，通过此结果来进行工序质量诊断。质量诊断最为关键的是数据分析、知识检索和故障判定三个环节。数据分析通过对质量特征值的进一步处理，提取最能反映工序质量问题的信息；根据这些信息，从人、机、料、法、环、测（即5M1E）等角度进行检索，排查质量问题的可能故障源；最后依照相关准则对质量故障源给出判定，依照判定结果结合相关知识对工序进行调整，其流程图如图所示。

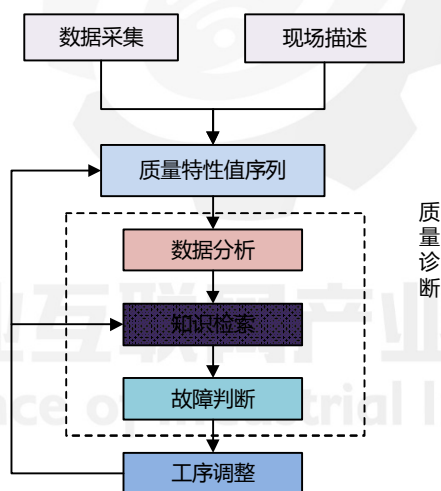


图 工序质量诊断的一般流程

从数学角度看，质量诊断的过程实际上就是把症状空间的向量映射到故障源空间，即实现空间 X （症状空间）到空间 Y （故障源）的映射 F （映射关系）。映射关系 F 是未知的，质量诊断的实质也就是综合各种参数、知识和方法，找出这种映射关系 F ，进而应用这种关系，在以后发生质量问题时能快速找出问题根源。基于以上分析可知，应用何种控制方法查找这种映射关系，是智能化工序质量诊断的关键问题所在。

结合人工智能技术的特点、应用流程以及质量诊断的原理，本测试床项目在前期实施过程中，初步得出人工智能技术与工序质量诊断有以下结合点：

①一字轴加工过程系统中，影响工序质量的因素极其复杂，从故障现象到故障原因的推理过程是非线性的。人工智能算法中，神经网络技术的非线性特征能够满足这种要求。

②良好的工序质量诊断系统不但能够对以往出现过的故障进行有效识别，还能够对初次出现的质量问题给出初步诊断，或提供参考信息，即诊断系统有一定的学习拓展能力，这与人工智能算法中的神经网络的学习算法在本质上是一致的。

③工序质量诊断过程中需要同时处理多种多样的质量信息，而且要求信息处理必须及时。神经网络技术信息处理的并行机制可以解决控制系统中大规模实时计算问题，而且并行机制中的冗余性可以使控制系统具有很强的容错能力。

④工序质量受到来自 5M1E 条件下多种因素影响，有些甚至干扰很强烈，这就要求系统有一定的抗干扰能力。神经网络的信息分布特点，使经过训练的神经网络具有强大的联想能力，对个别神经元和连接权值的损坏，并不会对信息特征造成太大的影响，因此神经网络具有很好的稳定性，即神经网络受干扰时自动稳定的特性和强大的容错能力。

2) 质量预测的智能化

目前，人工智能算法在质量预测模型中的研究成果主要有两个方面：一方面是以产品错误报告为基础，以失效时间作为人工智能网络输入的质量预测模型；另一方面是以质量度量参数作为人工智能网络输入的质量预测模型。

失效时间是指产品从加工完成时至在正常使用状况下失去使用价值时的时间段，是衡量产品质量的一个有力指标。产品的失效时间一般是通过抽样测试来确定的，其估算方法如下：已知 (τ_{j-1}, τ_j) 时间内有 l_j 个样品失效，可以用等间隔方式估计此 l_j 个失效样品的失效时间，即在 (τ_{j-1}, τ_j) 内第 h 个失效时间可用如下公式计算。

$$\tau_{jh} = \tau_{j-1} + \frac{\tau_j - \tau_{j-1}}{l_j + 1} h, \quad h=1, 2, \dots, l_j$$

式中， τ_j, τ_{j-1} ——试验某时间段的起止时间； τ_{jh} ——第 h 个失效时间； l_j ——失效产品个数。

而度量是按照明确定义的规则，将数字或者符号赋予真实世界中的实体的属性的过程，通过这种映射人们可以更容易的理解实体的特性和实体间的关系。而困难在于如何解释数字化的行为和判断其在现实世界的意义。度量理论对于在企业质量管理中选择和应用合适的度量是很重要的，通过这种方式来描述实体的属性。这一赋值虽然本质上是经验性的，但是，所赋数值或符号必须能够反映事物被度量的属性。度量是一个三元组 (Q, M, N) ，其中：

1) 经验关系系统 $Q = (Q, R)$ ， Q 为被度量实体的集合， $R = \{R_1, R_2, \dots, R_n\}$ 为 Q 上的一系列关系。

2) 数值关系系统 $N = (N, P)$ ， N 为数值或者符号的一个集合， $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ 为 N 上的一系列关系。

3) 映射 $M : Q \rightarrow N$ ， $M(x)$ 为实体 x 在被度量属性方面的度量值。

本测试床通过图像处理方法，对生产线上的产品进行自动质量检测，事实上是对一字轴产品进行聚类分析，输出仅为二值：合格与不合格，这实际上是一个模式识别问题。在项目实施过程中，把人工智能网络应用于模式识别问题包括两个截然不同的阶段。第一个阶段是训练阶段，这一阶段是调整权值，以表现问题域，见图质量检测训练模型。第二个阶段是工作阶段或称预测阶段，如图质量预测网络模型，在这一阶段中，权值固定不变，并且当把实验数据或实际数据输入到网络时，网络能够对其分类。

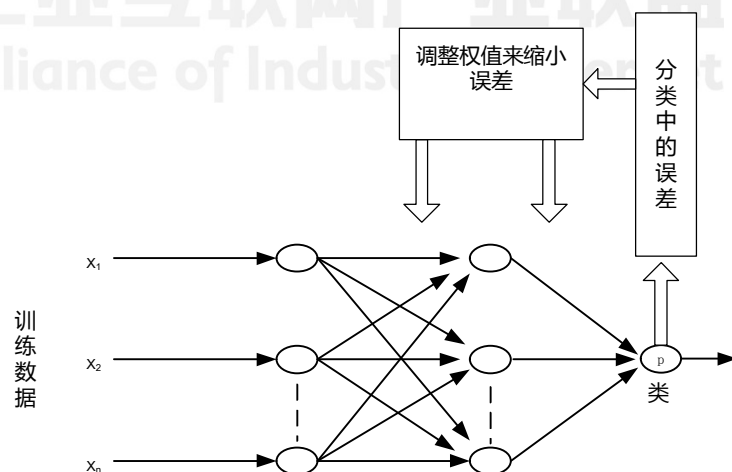


图 质量检测训练模型

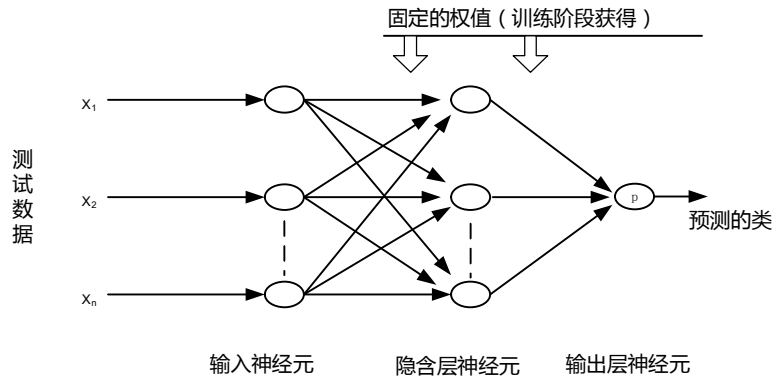


图 质量预测网络模型

通过生产过程中的设备数据预处理后，就可以将数据输入神经网络模型中进行质量预测。数据预处理可以改进数据的质量，从而有助于提高其后的 BP 神经网络训练的精度和性能。数据预处理，是将得到的原始数据转化为能被人工神经网络识别的数据，是数据挖掘的重要内容之一。BP 神经网络由于具有很好的函数逼近能力，因而通过对训练样本的学习，能很好地反映出对象的输入/输出之间复杂的非线性关系。实质是求误差函数的最小值，它通过多个样本的反复训练，权值误差函数的最速下降(负梯度)方向来改变，最终收敛于最小点，最后将多个已知样本训练得到的各层连接权及各层神经元的偏置值等信息作为知识保存，以便对未训练样本值进行预测。

2.4 物联网设备管理平台

在本测试床项目中主要验证物联网设备管理平台在 MEC 边缘云上的部署。物联网设备管理平台可实现物联网的设备连接、设备管理、应用使能等功能。向下提供设备的快速接入、数据采集；提供灵活的可编程智能规则等。对数据进行分析、存储、可视化及整合；同时提供丰富的可调用的应用接口（API），满足行业客户的应用快速开发。

平台的优势如下：

- 1) 数据采集：立子云平台支持 ModBus、CANbus 等多种工业通信协议，针对各类物联网终端，通过在终端或服务器侧部署 Agent 进行协议解析数据格式转换，实现终端与平台的快速连接。支持以太网、光纤等通用协议接入，支持 2G/3G/4G、NB-IoT、LoRaWAN 等无线通信协议接入方式。

- 2) 协议适配：支持 HTTP、MQTT、CoAP、LWM2M、ModBus、CANbus 等协议，按照终端应用层协议，将采集的数据以上述协议数据格式发送到云端，实现数据的远程接入。
- 3) 图形化编程：采用通用拖拽式仪表盘和柱状图、饼状图等展示部件；灵活的可配置智能规则；标准的设备配置、固件和 OTA 升级方式。
- 4) 电信级安全体系：设备、应用与平台数据交互均采用 SSL 安全加密机制；支持 128 位 AES、64 位 DES、3DES 等算法；支持设备认证鉴权，批量注册和设备主动请求凭证方式。
- 5) 便捷的水平扩展能力：通过 Nginx 负载均衡和 MongoDB 技术实现基于 node 方式的无限水平扩展能力，以较少的资源支持海量设备接入。
- 6) 灵活的部署方式和多租户管理：支持多级租户、分级运营模式，每个租户独有数据库，保障数据隔离和安全；支持公有云和私有云部署方式，目前已在联通沃云、阿里云、AWS 云上部署。
- 7) 实时处理能力：实时监控设备异常数据，通过 SMS、语音、邮件等进行告警；对设备即使触发远程自动操作。
- 8) 多语言与工具支持：采用多层次开发架构，针对不同开发能力的用户提供多样化开发方式，方便用户快速实现功能的构建、应用的开发。提供基于 Java Script 的 SmartApp Kit；提供支持 Java C++、Lua 的 SDK；提供插件、小部件开发方式，定制化的用户应用。

(三) 技术创新性及先进性

在产品质量是企业生命的今天，如何提高产品质量的检测效率和精度是企业一直关注的重点。通过机器视觉、5G 蜂窝无线、人工智能、边缘计算等新技术的有机结合，实现产品实时在线高精度检测，并通过工业云平台实现检测模型的迭代提高和共享。

测试床采用 5G 边缘云对图像数据进行实时分析，与现有中心云技术相比，能提供基于位置的云服务能力，在实时性、安全性方面更好满足工业应用需要。测试床采用 5G 技术，实现质量检测图像数据实时上传到云服务，云服务器端基于检测图像实时和历史图像数据的人工智能学习，实现算法自我进化。设计的四层边缘服务架构，实现对异质型设备

的数据支持，采用数据重建方法，实现对异质型数据非透明设备实现设备运行信息采集。在边缘侧基于图像处理结果，结合人工智能算法，实现质量识别和质量预测算法，通过算法的自我更新及工艺的自我提升，实现流水线生产流程的质量提升。

(四) 测试床解决方案架构

1. 整体架构实现概述

整体框架如图所示，共分为三层架构：

1) 设备层

通过工业机器视觉实现产品质量的图像实时检测，并将实时图像数据传输至边缘层进行智能分析决策，同时根据反馈结果实时操作。

2) 边缘层

边缘层接收来自工业视觉形成的产品图像数据，基于人工智能算法模型进行实时分析决策，同时将数据经过聚合后上传到公有云；同时接收经过训练的数据处理模型进行更新，以提高检测精度。

3) 公有云

接收来自边缘云聚合的数据信息，训练模型，将更新模型输出到边缘云端，完成数据的分析和处理，公有云根据周期数据流完成模型迭代。基于人工智能检测模型可在云平台通过 API 进行调用，实现模型的共享。



图 测试床整体架构

2. 架构特征

- 1) 实时性：由于图像数据采用 5G 边缘云技术在靠近设备的边缘侧被分析处理并即时反馈给应用方，满足了工业应用实时性的要求。
- 2) 精确性：在云端基于历史数据完成对模型的训练，训练后的算法模型在边缘层持续完成迭代更新，识别精度随着模型的训练逐步提高。
- 3) 数据安全：数据在本地边缘层进行实时分析和处理，在满足实时性的同时更大限度的保障产品数据的安全。
- 4) 模型共享：训练模型可在云端通过 API 调用的方式进行共享，提升行业整体水平。

3. 测试床功能架构

通过物联网传感器设备采集数据，通过工控机的智能分析与控制，将数据深度加工挖掘为其他工业应用作为数据储备，数据处理的相关工作在边缘云内完成，针对数据的深度分析则是在中心云内进行，如下图所示。

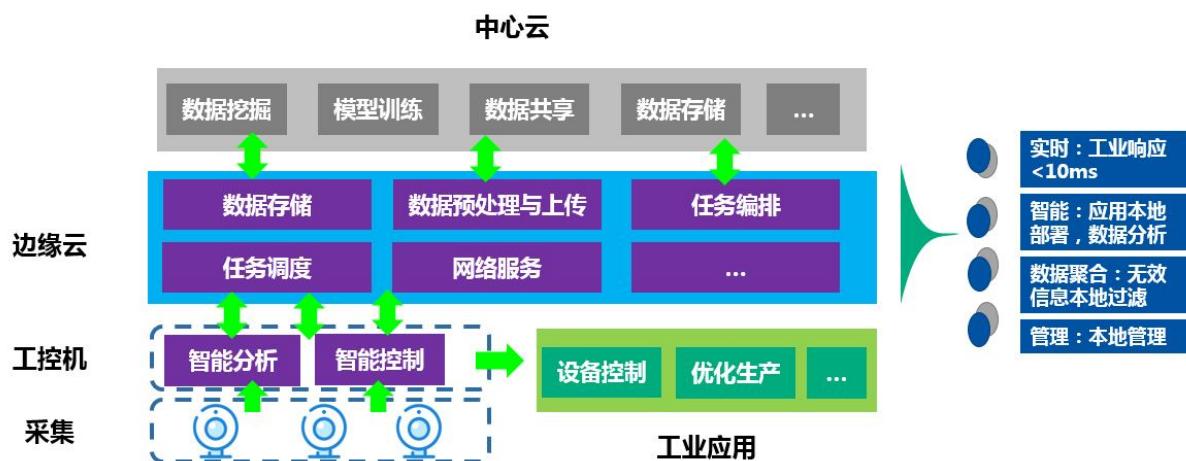


图 测试床功能架构

4. 边缘云架构

在本测试床项目中，主要试验 MEC 边缘云与边缘网关的准实时性业务对接、与物联网设备管理平台的对接。

为解决降低开销，降低时延，自适应响应等问题，需要一种新的网络资源模型，即为边缘节点配置计算和存储能力，让其在更接近高数量增长的移动设备的同时，降低云端的计算负载，降低服务延时，同时也可以降低整个网络的带宽开销。“边缘云”或“MEC 移动

边缘云”设备可以允许协同边缘网络节点（比如基站，接入点，交换机，路由器）进行计算和存储能力的配置，如下图所示，从而可以实现分布式计算。

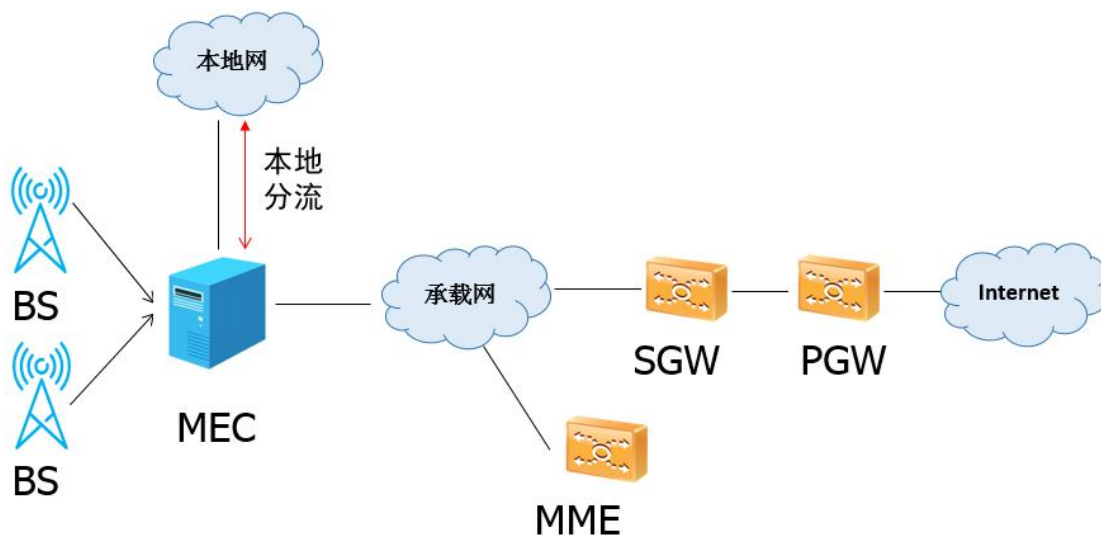


图 边缘云架构

六、预期成果

(一) 测试床的预期测试结果，针对测试项

本测试床主旨在于通过创新先进的各类前沿技术，提高工业产能与效率，主要表现为以下三个方面：

提高产品质量检测精度：将机器视觉检测技术结合云计算，在传统质量检测算法基础上，结合云端进行算法的更新和进化，并同步到边缘侧，不断提高产品质量检测精度；

提高产品检测效率：利用机器视觉实时检测，并利用蜂窝网络和 5G 边缘计算支持准实时分析决策反馈，根据产品形式实时调整检测模型，最大程度提升产品检测效率；

提升行业整体水平：通过云平台实现检测模型的调用和共享，提升行业整体水平。

(二) 商业价值

从云与平台的角度：云平台可实现检测模型的调用和共享，通过训练模型术对金属表面缺陷识别、缺陷特征、缺陷规律等进行显性化、模型化、代码化，同时可供零配件制造业 APP 开发者灵活调用，解决相关场景的核心和痛点问题，这将带来巨大的商业价值。

从数据采集及处理的角度：采用全新的设备数据重构方法，采集异质型数据非透明设备的运行数据，此采集设备能够广泛应用数字化工厂的建设，同时能够实现 MES、ERP、PLM 等企业管理软件的自动生产数据获取，设备具有很大的市场前景。

从 MEC 边缘云的通信新技术角度：基于三层架构的边缘侧服务器构建，同时让人工智能算法嵌入边缘服务器，实现半定制化的行业深度应用，此人工智能算法和产品质量改进方法具有行业普遍性，在配车零配件生产类企业中具有很大的市场推广价值。

(三) 经济效益

利用机器视觉技术实现产品质量检测精度和检测效率的大大提升，在降低生产成本的同时提高了产品质量，从而避免了产品因质量问题带来的经济损失，同时利用机器视觉技术可对各类型的产品质量图像检测进行自主学习，大大提升了检测柔性，进一步提升了企业产品的市场竞争力，从而给企业带来巨大的经济效益。

边缘侧采用数据重构方法，支持异质型数据非透明设备的接入，可灵活配置支持多业务场景，包括设备厂商、终端工厂、设备租赁方、维修方、代理商等等，让设备所有者或者厂商可以远程管理自己销售出去的所有生产设备，通过本测试床使用的方法，实时获取设备运行数据和生产状态，从而基于设备的数据和统计，对设备生产的产品质量进行改进。

对于制造类企业客户而言，结合产品质量情况，同时利用车间中运行的所有机床设备及其运行状态、故障记录、产量、良品率、保养等生产因素，改善生产条件，改进工艺流程，让工厂设备可以完全智能化运转。

(四) 社会价值

1. 云制造新模式

随着人工智能、工业大数据、云计算等技术的发展，以数据为驱动的生产过程和产品质量提升将成为企业提升发展的方向。本测试床从生产线数据自动感知、边缘平台实时分

析、云平台持续优化、生产系统精准执行，实现产线、边缘、云平台的协同优化的云制造新模式。

2. 提升行业整体水平

云平台可实现检测模型的调用和共享，通过训练模型术对金属表面缺陷识别、缺陷特征、缺陷规律等进行显性化、模型化、代码化，可供零配件制造工业 APP 开发者灵活调用，促进零配件制造工业知识的沉淀、传播、复用与价值创造，从而提升行业整体水平。

3. 带动相关行业发展

机器视觉、云制造等新模式实施的同时还可对数字化控制系统、高精度检验设备、精密传感器、自动化装备等智能装备行业发展产生巨大的带动作用，进一步促进国家产业结构的调整和经济发展。

七、测试床技术可行性

(一) 物理平台

物理平台主要功能为两方面：一方面是设备数据解析器，实现异构型机床设备的数据采集，采集本测试床项目所覆盖的设备运行参数；另一方面是 MEC 边缘云，实现设备接入和边缘服务，采用 ModBus、OPC UA 等工业协议实现边缘服务器从设备支持层的接入，并且采用 MQTT 协议，实现 5G 云端数据接口的接入。

(二) 软件平台

1. 基于质量检测结果的生产流程更新算法：

结合生产过程监控和质量检测结果，对生产过程中存在的非正常信号进行自我分析，实现产品质量的初步提升；对生产过程中的设备运行节拍进行自我分析，结合工艺要求，边缘侧自动分析质量提升方法；

2. 边缘侧设备参数可视化平台

设备数据的可视化操作，包括：设备运行参数、设备运行时间、设备产能、设备 OEE 等。拟采用的界面如下图所示。

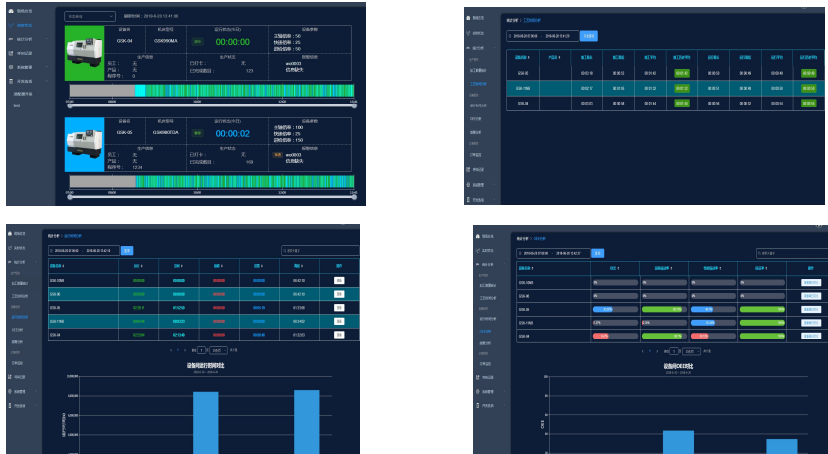


图 拟测试的设备可视化界面

3. 物联网设备管理平台

物联网设备管理平台可实现物联网的设备连接、设备管理、应用使能等功能。向下提供设备的快速接入、数据采集；提供灵活的可编程智能规则等。对数据进行分析、存储、可视化及整合；同时提供丰富的可调用的应用接口（API），满足工业行业的应用快速开发。

八、和 AII 技术的关系

（一）与 AII 总体架构的关系

AII 总体架构

参考 AII 《工业互联网体系架构》中的 AII 参考体系构架，见下图，本测试床项目服务的业务属于企业内智能生产业务，主要着眼于：

- 基于机器学习对工厂产线机器视觉系统的改造以提高机器视觉系统的智能；
- 采用升级后机器学习系统改造生产线良品保障系统。

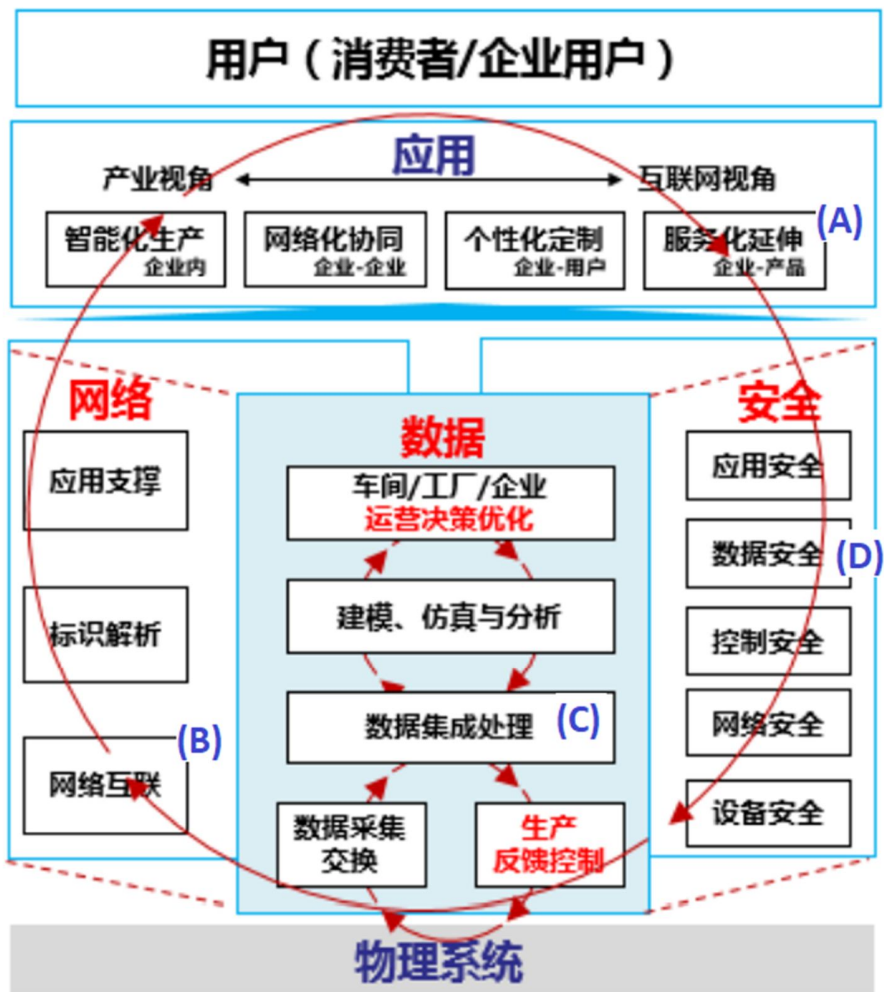


图 AII 参考体系构架

本测试床成果可为 AII 参考体系架构中数据域的数据采集交换提供技术参考，包括：

- 试验蜂窝网络对于准实时图像数据采集、分析的支持；
- MEC 边缘云与边缘网关的业务协同。

本测试床成果可为 AII 参考体系架构中数据域的工业数据建模、仿真与分析提供技术参考，包括：

- 采用机器学习对工业图像分析算法进行改进，试验多种机器学习模型；
- 试验将准实时图像分析算法部署在 MEC 边缘云上，将机器学习模块部署在中心云。

本测试床成果可为 AII 参考体系架构中的网络域应用支撑提供技术参考，包括：

- 试验物联网设备管理平台在 5GMEC 边缘云上的部署以支撑低延时高可靠工业应用；
- 试验物联网设备管理平台对图像类准实时数据识别算法的支持。

(二) AII 安全 (可选)

无

(三) 详细清单 (可选)

无

(四) 风险模型 (可选)

无

(五) 安全联系人

单位	联系人	联系电话	电子邮件
万向集团公司研究院	马吉军	13777880980	jijun.ma@wxciv.com
万向钱潮股份有限公司	柯佳华	15657181289	kejiahua@wxj.wxqc.cn
联通网络技术研究院	贾雪琴	18601106631	Jiaxq21@chinaunicom.cn

(六) 与已存在 AII 测试床的关系

目前 AII 已存在工业领域的测试床主要集中在对物理设备数据采集上云，并且通过云端数据分析和挖掘，以数据为导向，实现车间的智能化生产，或者是对新型无线网络协议的测试。主要的注意力集中在构建数据链路，以及后期对数据的分析利用。

而本测试床的亮点集中在基于人工智能的机器视觉技术实现产品质量检测精度和检测效率，虽然也涉及设备物联和数据上云，但是采用了最新的 5G 技术（包括 MEC 边缘云）、最新的物联网边缘设备管理平台。我们的注意力并不是对数据的分析和挖掘，而是对数据本身的保护，确保其真实、可信、可靠。

九、交付件

交付时间	交付内容	验证标准
2018年9月	工业检测设备的实施和数据采集	实现产品质量图像的全自动检测和采集
2018年12月	5G边缘云架构搭建	搭建5G边缘云
2019年6月	人工智能图像识别模型的开发和训练	完成模型的训练和测试
2019年12月	实现产品质量图像智能识别，同时开发模型API	可实现模型的调用共享。

十、测试床使用者

测试床项目是针对机器视觉技术实现产品质量检测精度和检测效率的一个概念验证，欢迎非发起方的公司使用该测试床进一步提出创新的想法。

十一、知识产权说明

本测试参与各方本着互相尊重、互为合作，保护对方利益为前提的原则进行合作，对包括但不限于任何专利权、专有技术、版权、商标权以及商业秘密等所产生的任何侵权和赔偿，双方应在充分协商的基础上，协调解决。

十二、部署，操作和访问使用

测试床的物理生产线直接使用万向钱潮股份有限公司车间内的生产线，数据存储于边缘云和中心云平台上，参与单位可以通过特定接口访问。

十三、资金

预估资金 1000 万，包括设备采购以及开发成本。资金由牵头单位和参与单位自筹。

十四、时间轴

时间节点	项目任务
2018 年 9 月	工业检测设备的实施和数据采集
2018 年 12 月	5G 边缘云架构搭建
2019 年 6 月	人工智能图像识别模型的开发和训练
2019 年 12 月	实现产品质量图像智能识别，同时开发模型 API

十五、附加信息

无

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

基于空调云平台的节能控制系统测试床

引言

中国移动通信集团有限公司政企客户分公司（简称：政企分公司），成立于 2012 年 8 月，是中国移动通信集团下属经营集团客户市场的专业化分公司。政企分公司作为政企市场经营和新业务开拓的专业化公司，立志成为“全球领先的行业数字化运营商”，成为跨行业专业化运营、共创行业数字化新价值的企业集团。政企分公司不断追求成为万物智联新时代的先行者、行业数字化变革的赋能者、合作共赢大生态的开拓者，在各行业数字化创新浪潮中发挥赋能支撑和方向引领的作用。政企分公司着力构建“政企 2.0”战略蓝图，经营范围横跨政务、金融、教育、交通、医疗、工业能源、互联网、农商等 8 个重点行业，整合云、管、端能力，提供行业整体解决方案，赋能数字化转型。

《“十三五”节能减排综合工作方案》要求强化建筑节能，强化既有居住建筑节能改造，实施改造面积 5 亿平方米以上，完成公共建筑节能改造面积 1 亿平方米以上。中央空调作为建筑中不可或缺的组成单元，耗电量十分巨大。我国能源总消费中建筑能耗占比超过 30%，中央空调能耗约占整个楼宇能耗的 30%~60%，通过节能控制，中央空调系统可节约 10%~50%能耗，节能利益空间巨大。对中央空调进行节能改造是国家政策要求和客户节能减排的利益诉求。

一、关键词

中央空调，节能控制，节能减排，设备上云

二、发起公司和主要联系人联系方式

中国移动通信集团有限公司政企客户分公司

胡伟: huwei@chinamobile.com; 13911685313

张翠柳: zhangcuiliu@chinamobile.com; 15201614921

三、合作公司

青岛海尔空调电子有限公司

四、测试床项目目标和概述

本测试床面向中央空调用户，以设备智能连接、数据采集能力为基础，通过 2G、4G、NB-IoT 等技术实现空调设备上网，将中央空调系统主机、冷冻泵、冷却泵、冷却塔等设备的运行状态、环境参数等传输至云端，通过云端智能化分析选择当前状态下最优运行逻辑，控制中央空调系统各设备的运行，实现系统高效节能运行及自动化运维管理，解决客户中央空调系统能耗高、运维成本高等问题。

测试床主要测试目标为节能算法的有效性，同时节能算法可根据专家经验和运行数据分析进行更新、迭代和优化。系统可实现节能运行、实时监测、远程控制、能耗分析、故障预警、智能维保 6 种功能。

(1) 节能运行

通过采集空调设备状态和运行数据，经过平台智能化分析生成最优运行方案，下发控制指令至空调系统，调整主机、水泵、冷却塔等设备的运行状态，实现中央空调系统节能。

(2) 实时监测

实时监测空调系统状态和运行参数，如压缩机工作状态，进出水温度，系统运行状态等，实现设备远程智能监测。

(3) 远程控制

通过 Web 端、手机端远程控制中央空调系统运行状态，如开关、制冷模式、温度等。

(4) 能耗分析

对中央空调系统的耗电量、制冷量、能效比等参数进行分析。

(5) 故障预警

对可能出现的故障、预警信息进行提示，如机组故障、水流丢失保护、设备清洗等并针对预警内容给出处理建议。

（6）智能维保

根据使用时长、设备情况定时提醒用户进行维保，详细说明维保项目及内容，指导用户进行维保。

五、测试床解决方案架构

（一）测试床应用场景

使用中央空调系统的大型高耗能楼宇，如数据中心、写字楼、酒店、综合商体、机场、地铁等，通常建筑面积超过 2 万平方米，中央空调年耗电量超过 100 万度，通过将中央空调接入空调云平台进行综合节能控制，可节约 10%~50%空调能耗，有效降低用户用电成本。

（二）测试床重点技术

（1）系统综合节能控制

传统空调系统的主机、水泵、冷却塔等设备独立运行，没有进行整体的节能控制，系统运行效率低；例如冷却水温度越低，主机运行能效越高，但冷却水温度的降低却会增加冷却塔风扇的能耗，不同设备之间的最优运行工况差异给空调系统整体能效的优化调节带来了极大困难。本测试床采用的系统综合节能控制技术可以通过传感器和空调定制网关采集并获取主机、水泵、冷却塔等设备的运行状态参数并对数据进行实时监测，在此基础上借由节能算法自动生成当前工况下系统最优运行方案，并将控制逻辑下发到设备执行，实现中央空调系统的高效节能。

（2）冷量按需索配

传统空调系统的冷量供应恒定不变，这会造成人员体验差和能源浪费。例如一栋写字楼，在空调冷量供应不变的情况下，随着进入人数的不断增多，人员会出现闷热感，相反随着人员的减少，则会出现冷感，同时也造成了能源的浪费。本测试床可以根据当前室内

外环境参数自动对比系统制冷能力与冷负荷需求，并动态调整冷量输出，实现冷量按需索配。

(3) 机房无人值守

常规空调系统需要人工定期巡检，故障发现不及时的情况时有发生。本测试床可以通过远程控制、故障预警和智能维保功能实现最少人力投入甚至是无人情况下，空调系统的安全、稳定、可靠运行。

(三) 技术创新性及先进性

传统中央空调系统主机、水泵、阀门、冷却塔等设备只能依靠人工根据经验在现场进行简单的启停、调节操作，无法根据环境变化、负载需求动态调整设备的运行状态。而本测试床以设备智能连接、数据采集能力为基础，通过 2G、4G、NB-IoT 等技术实现空调设备上云，采集中央空调系统主机、冷冻泵、冷却泵、冷却塔等设备的运行状态实现实时监控。根据中央空调的运行状态、环境参数等信息，选择当前工况下最优运行方案，控制中央空调系统各设备的运行，实现高效节能服务，解决客户中央空调系统能耗高、运维成本高等问题。

(四) 测试床解决方案架构

本测试床总体方案架构如下图所示。底层通过可适配多种协议和通信方式的定制空调网关采集中央空调主机、冷却泵、冷冻泵、冷却塔、风机盘管、控制柜等设备的运行数据，通过 2G/4G/NB-IoT 方式上传数据至工业互联网基础平台，空调云平台通过工业互联网基础平台收集设备数据和下发指令。

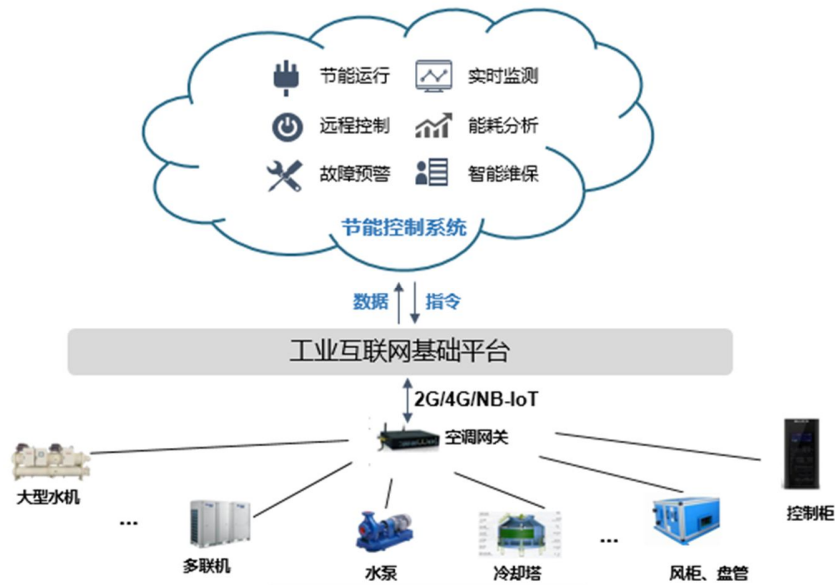


图 1. 空调云节能控制系统总体方案架构

本测试床的功能架构如下图所示：

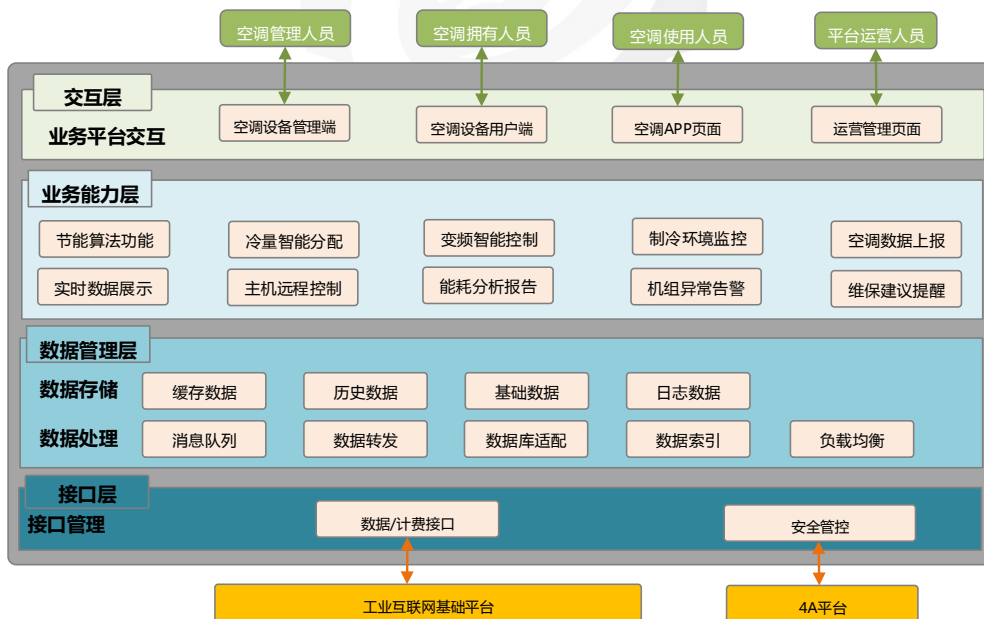


图 2. 空调云节能控制系统功能架构

- 接口层：实现平台间的接口定义。
- 数据层管理：实现数据存储和处理，持久化设备的运行参数和设定参数，并保存设备周围温湿度，参与数据运算和算法生成与优化。

- 业务能力层：实现节能算法控制、设备监测、远程控制、能耗报告、机组异常告警、维保建议提醒等功能。
- 交互层：实现平台与用户的页面交互，包括 Web 端和 App 端，空调管理人员、空调拥有人员、空调使用人员、平台运营人员拥有不同的管理和查看权限。

六、预期成果

(一) 测试床的预期测试结果，针对测试项

本测试床预期在项目结束时验证节能算法的有效性，同时节能算法可根据专家经验和运行数据分析进行更新、迭代和优化。系统实现节能运行、实时监测、远程控制、能耗分析、故障预警、智能维保 6 种功能。

(二) 商业价值

本测试床是对传统电器产品的功能升级，实现了电器设备与服务的智能化。测试床通过空调专用网关，将传统中央空调设备连接至网络，对设备的运行状态进行统计和监测，并通过云端分析实现设备的高效、节能运行，推动空调产品升级，提升空调产业价值，助力企业智慧运营。

(三) 经济效益

主流商业建筑规模 10 万平米，空调年耗电约 500 万元，通过节能控制，空调系统可降耗 10%~50%，取平均水平 30%则每年可为用户节约电费 150 万元。此外，通过远程控制、故障预警和智能维保功能实现的机房无人值守，也可以大幅减少企业人员的投入，降低人力资源成本。

(四) 社会价值

(1) 促进两化融合，推动行业跨界合作，提升工业产品与服务价值

中国移动与海尔联合打造空调云产品，打破了制冷、暖通行业与 IT、通信行业的专业壁垒，实现双方产品的融合创新。更是通过新一代信息技术的发展，实现了社会资源的节约。通过两化融合，推进制造业的转型升级。

（2）积极响应国家节能减排要求，解决能耗高、管理不到位问题

《“十三五”节能减排综合工作方案》要求强化建筑节能，强化既有居住建筑节能改造，实施改造面积 5 亿平方米以上，完成公共建筑节能改造面积 1 亿平方米以上。发改委等 4 部委联合发布的《关于请组织申报 2014 年云计算工程的通知》要求：新建数据中心 PUE 不高于 1.5。目前国内机房已超过 40 万个，年耗电量超过全社会用电量的 1.5% ， PUE 在 1.5 以下的仅占 10%左右。工信部也要求狠抓工业节能降耗，大力推广先进节能技术和产品。本测试床通过对空调系统进行节能控制，可有效提升空调系统能效，降低能耗 10%~50%。

七、测试床技术可行性

（一）物理平台

本测试床涉及的物理设备包括：

- 1) 传感器组
- 2) 中央空调设备及自身控制系统
- 3) 空调专用网关（中国移动智能硬件）
- 4) 数据回传网络（2G/4G、NB-IoT）
- 5) 运行移动云所需的计算服务器、存储设备、网络设备

（二）软件平台

本测试床涉及的软件平台包括：

- 1) 中国移动空调云平台（简称“空调云”）：空调云节能控制系统面向具有节能需求的空调用户，可针对不同用户需求提供定制空调网关，通过平台智能化分析，实现空调系统节能运行、远程监控、智能维保，使空调系统运行更加可靠、高效、节能。
- 2) 中国移动工业互联网基础平台（简称“基础平台”）：空调云建立在基础平台之上，通过基础平台采集数据、下发指令。基础平台是中国移动工业互联网“1+N”产品体系的基础和核心，支持物联卡/设备接入管理及监控，并为工业客户构建通用的工业互联网能力支撑，包含 IoT 能力、大数据分析、工业 AI 等能力，帮助工业客户快速的搭建工业互联

网应用，满足工业、能源行业客户及应用的通用需求，同时提供合作伙伴的引入和管理服务，助力构建开放共赢的工业互联网生态。

3) 移动云：空调云和基础平台运行于移动云。作为公有云平台，“移动云”搭建 IaaS、PaaS、SaaS 完整三层架构产品体系，通过云计算与网络资源的系统互连，为客户提供云网融合整体服务，实现智能计算、海量存储、高速互联、精准调度、快速分发，同时可广泛应用于政务、教育、金融、医疗、互联网和媒体等行业。

八、和 AII 技术的关系

(一) 与 AII 总体架构的关系

本测试床符合 AII 工业互联网总体架构以及在网络体系、数据体系和安全体系方面的架构。同时以节能运行、实时监控、远程控制、能耗分析、故障预警、智能维保为核心功能的重点测试技术则验证了 AII 工业互联网体系架构网络模块中的网络互连（空调设备网络连接）；数据模块中的产业数据采集交换、数据集成处理以及产业建模和分析功能。



图 2.AII 工业互联网体系架构

(二) 安全联系人

张翠柳 中国移动空调云产品经理

(三) 与已存在 AII 测试床的关系

本测试床与之前已经审批的测试床无任何关联。

九、交付件

测试床的交付件包括：

- 1) 解决方案设计书
- 2) 空调专用网关
- 3) 空调云节能控制系统

十、测试床使用者

非发起方的测试床参与者可以使用本测试床的所有操作功能，但仅限于功能的操作使用，禁止泄露给同行业的第三方。

十一、知识产权说明

中国移动通信集团有限公司政企客户分公司拥有对基于空调云平台的节能控制系统测试床的建设、运营以及使用权。

十二、部署，操作和访问使用

平台部署在中国移动 IDC/云计算资源池上，并为青岛海尔相关人员提供访问权限。

十三、资金

测试床建设为自有资金，稳定充足，同时也会争取专项资金支持。

十四、时间轴

本测试床为短期项目，测试床验证的时间进度安排如下：

2018年9月-2018年12月：需求调研，平台功能、架构设计

2019年1月-2019年3月：搭建空调云节能控制系统

2019年4月-2019年6月：项目现场勘察，方案设计

2019年7月-2019年9月：项目节能改造工程实施，实现空调云节能控制系统接入

2019年10月-2019年12月：节能效果评估

十五、附加信息

测试床具备良好的可复制性，可在数据中心、写字楼、酒店、综合商体、机场、地铁等使用中央空调且具有节能需求的高耗能楼宇场景中应用。同时以采集、监测、算法、调节为核心的云化、智能化节能解决方案也适用于所有电器产品的节能。



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

智能电网 5G 网络及切片应用

一、关键词

智能电网、5G、网络切片

二、发起公司和主要联系人联系方式

中兴通讯股份有限公司 邵伟翔 shao.weixiang@zte.com.cn

国网上海市电力公司 柳劲松 liujinsong1888@126.com

中国移动通信集团有限公司上海公司 杜艳艳 duyuy@sh.chinamobile.com

三、合作公司

设备厂商和科研机构，提供相关技术支持，包括：

- 许继集团
- 南瑞集团
- 清华大学
- 合肥工业大学

四、测试床项目目标和概述

本测试床旨在提供一个可复制的使用 5G 网络切片实现的智能配电解决方案。该方案应用微型同步相量测量技术对智能配电网的多种要素（配电网故障、配电网运行状态、分布式电源系统、柔性负荷系统、用电营销系统、电动汽车接入）进行采集、分析和协调控制，并和 5G 系统相结合，实现基于网络切片的配电自动化、智能化，增加配电网的可靠性、灵活性及效率。

五、测试床解决方案架构

(一) 测试床应用场景

配电网直接面向电力用户，其性能对用户的供电可靠性有重要影响，也受到用户用电行为习惯的影响，随着大规模随机波动分布式能源的接入，电动汽车充电负荷快速增长，用户供需互动日益频繁，使源、网、荷具有更强的时空不确定性，对配网安全可靠运行带来更大挑战。

随着电力可靠供电要求的逐步提升，要求高可靠性供电区域能够实现电力不间断持续供电，将事故隔离时间大大缩短，减少停电区域和时间，对目前的集中式配电自动化中的主站集中处理能力和时延等提出了更加严峻的挑战，因此智能分布式配电自动化成为未来配网自动化发展的方向和趋势之一。

当前配电网存在以下挑战：

- 如何最大可能地减少故障停电时间和范围，使配网故障处理时间从分钟级提高到秒级甚至毫秒级
- 如何利用配电网同步相量测量装置 PMU 实现配电网的状态感知和优化控制
- 如何实现配电自动化和电网其他业务的完全隔离

除了同步相量测量、差动保护等对时延有着高要求外，无人机、智能机器人巡检对带宽有着明确的需求，分布式能源接入、高级计量接入等场景大连接有明确的需求。本项目主要针对大规模分布式电源、电动汽车接入和负荷侧用户供需互动对配电网运行特性的影响，重点研究适用于配合智能配电网同步相量测量系统的 5G 网络切片技术，提供一个可复制的使用 5G 网络切片实现的智能配电解决方案。

(二) 测试床重点技术

针对当前配电网存在的“如何最大可能地减少故障停电时间和范围，使配网故障处理时间从分钟级提高到秒级甚至毫秒级”的挑战，本项目采用高精度微型同步相量测量装置技术应用在配电网，实现智能分布式配电自动化和毫秒级精准负荷控制。

针对当前配电网存在的“如何利用配电网同步相量测量装置 PMU 实现配电网的状态感知和优化控制”的挑战，本项目采用 5G 技术作为组网通信，构建满足运行状态估计和主动协调控制等应用需求的同步相量测量网络。

针对当前配电网存在的“如何实现配电自动化和电网其他业务的完全隔离”的挑战，本项目采用 5G 网络切片技术实现智能配电网的网络切片，从无线接入、承载网、核心网几个层面来实现配电自动化和电网其他业务的完全隔离。

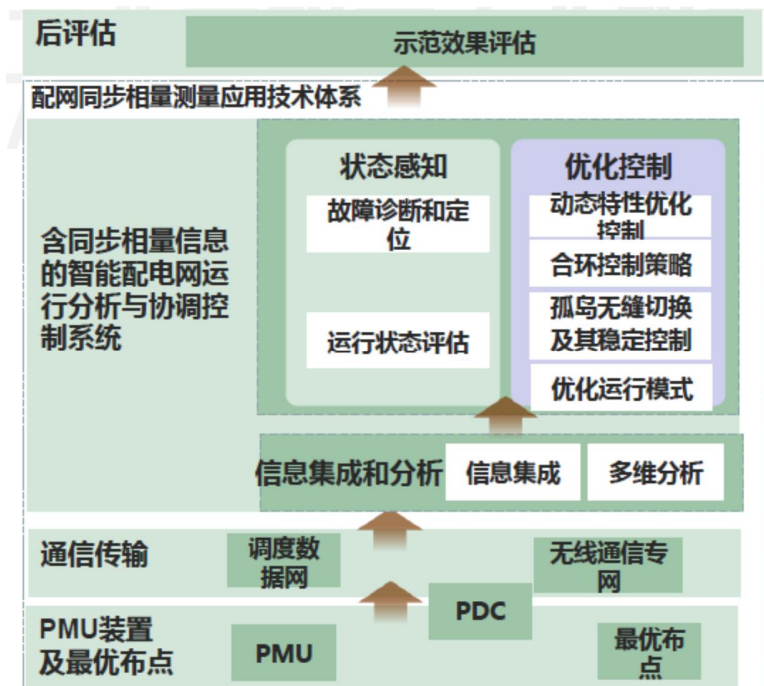
(三) 技术创新性及先进性

测试床创新点：

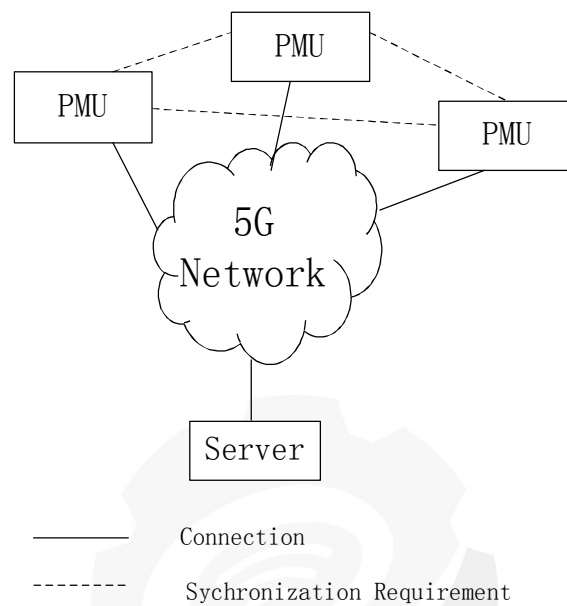
- ✓ 智能配电网微型同步相量测量应用技术
- ✓ 5G 无线网络技术在智能配电网中的验证
- ✓ 5G 网络切片技术实现智能配电网的网络切片
- ✓ 5G 模组应用实现智能电网端到端的解决方案

(四) 测试床解决方案架构

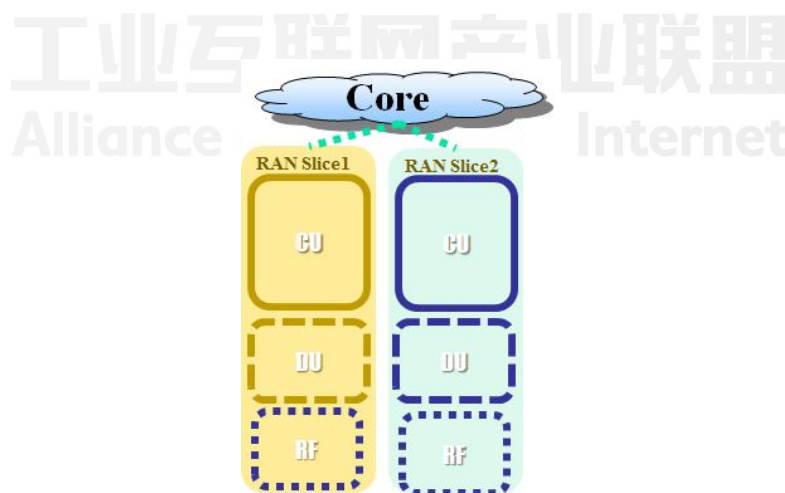
总体方案



组网方案



5G 切片安全方案：切片间采用完全隔离。在业务场景中，控制区、采集区、管理区等不同的场景对网络时延、带宽、安全性等方面有着不同的要求，根据不同的需要进行切片，技术实现上主要从无线接入、承载网、核心网等几个层面来开展网络切片，保障网络安全。



六、预期成果

(一) 测试床的预期测试结果，针对测试项

验证 5G 网络在智能配网通信的可行性。

验证 5G 网络切片技术可以保证配电自动化和电网其他业务的完全隔离。

(二) 商业价值

可复制的使用 5G 网络切片实现的智能配电解决方案，配电网故障检测准确率达 99% 以上，综合故障测距精度达到 150m，无线广域覆盖范围达 99% 以上，测量装置上线率达 99% 以上，高密度实时数据传输成功率达 99% 以上，为 5G 系统方案进入电力行业提供范式。

(三) 经济效益

实现电网内部多种业务切片混合组网、统一管理、统一运维、实现安全完全隔离，有效解决传统 3G/4G 无线专网的部分特性不支持智能配电组网方案；帮助电网客户大幅节省成本，预期 5G 网络切片组网比传统 3G/4G 无线专网建设成本降低 20%，运营成本降低 15%。

(四) 社会价值

探索出智能电网新模式，完善智能电网通信相关技术标准，推动行业制造技术进步。

七、测试床技术可行性

(一) 物理平台

一、相量数据集中装置 PDC

1、功能要求：

1. 信息采集：接收、处理和解释 PMU 报文
2. 通讯功能：按照规约和协议与 PMU / PDC / 主站交换数据
3. 信息转发：根据设置向不同主站发送不同数据；
4. 数据存贮：保存实时数据和扰动数据；
5. 状态自检：检查与 PMU 装置通讯状态；
6. 参数维护和修改：可以在当地和主站设置和修改设置参数。

2、通讯考核指标：

与主站通信带宽>10Mb/s，单台可接入 PMU 数量不低于 20 台，相量传输速率 1、5、10、25、50、100 帧/s 可调，支持多种接入方式。

二、配电网同步相量测量装置 PMU

1、通信特点

- 测量点多：大量终端
- 通信频次高，相量数据传输要求 100 次/s
- 延时要求小：实时控制、保护等要求延时越小越好；毫秒级
- 数据多样性：报文有大（录播文件）有小（相量/三遥信息）、实时性有高（相量保护等在线信息）有低（离线文件）
- 通信形式多样：主要信息流为 PMU 经接入网送 PDC(多媒介专用相量集中处理装置，位于变电站)汇集后经骨干网送主站 WAMS(广域监测系统)，但也可能存在 PMU 之间、PDC 之间以及和其它监测/控制/保护设备之间的对等通信，以满足快速保护和协调控制等要求。本方案中 5G 通信不通过 PDC 中转。

2、通信频次要求：频次高，易碰撞

PMU 相量数据按 100 帧/s 主动上传，按一条线路 5 台 PMU 计算，变电站 8 条线路，只是相量数据传输将达到每秒 4K 次，即 250us 要上传 1 次；变电站 16 线路，只是相量数据传输将达到每秒 8K 次，即 125us 要上传 1 次相量数据；如此高频度的数据并发出现在网络，同时有命令报文、录播文件、原来配电自动化三遥数据，将可能出现数据碰撞问题、导致通信质量下降，可靠性低，实时性差，误差率高。

3、延时要求：毫秒级

不同 WAMS 广域监测系统应用类型的典型通信传输需求

参数	离线 (研究, 操作验证, 模型验证)	操作可视化 (图形显示)	操作报警	状态估计	运行状态 估计	实时控制、 保护、运行 状态
数据速率 (最小)	25-50 帧/秒	10 帧/秒	10 帧/秒	1 帧/秒	10-100 帧/秒	10-100 帧/秒
通信延迟 (最大)	无要求	2 秒	2 秒	10 秒	0.05-1 秒	0.05-1 秒
测量响应时间	中等, 5-300ms	低, 150-500ms	低, 150-500ms	低, 150-500ms	高, 100-1000ms	高, 20-500ms

4、通信速率要求

基于 TCP 的 26865.2-2011 格式数据的相量数据传输速率要求

传输数据速率 (比特数每 秒)	10/s, 整型	25/s, 整型	50/s, 整型	100/s, 整型
1 个 PMU,10 个 相量	10080	25200	50400	100800
10 个 PMU,6 个 相量/PMU	26080	65200	130400	260800
100 个 PMU,12 个相量/PMU	390880	977200	1954400	3908800

相量传输带宽主要取决于通信速率和 PMU 数量, 以及 PMU 内部的相量数量和数据类型。TCP 比 UDP 方式稍有增加, 整形和浮点型相比明显减少。

主干网: 按变电站一个 PDC 汇集 100 台 PMU, 每台 PMU 接入 12 个相量, 使用 TCP 方式, 100 帧/s 通信速率, PDC 上行通道需要 3.9Mb/s 的通信带宽 (未考虑快速录播文件)。

接入网: 1 个 PMU,10 个相量, 使用 TCP 方式, 100 帧/s 通信速率, PMU 上行通道需要 100.8Kb/s 的通信带宽 (未考虑快速录播文件)。

5、配电网 PMU/PDC/主站等多方通信要求

序号	通信各方	特点	规约
1	PDC---主站	毫秒级, 大帧结构, 数据量大	GB/T 26865.2-2011 电力系统 实时动态监测系统第 2 部分: 数据传输协议 TCP+UDP 相量 配置帧, 头帧, 命令帧 离线动态文件+离线暂态文件 (COMTRADE 数据格式)
2	PMU--主站	毫秒级, 小帧结构, 数据量中等	
3	PMU--PDC	毫秒级, 小帧结构, 数据量中等	
4	PMU 和 PMU、控 制装置之间 PDC 之间	事件传输 (保护, 合闸, 控制) 对等通信	

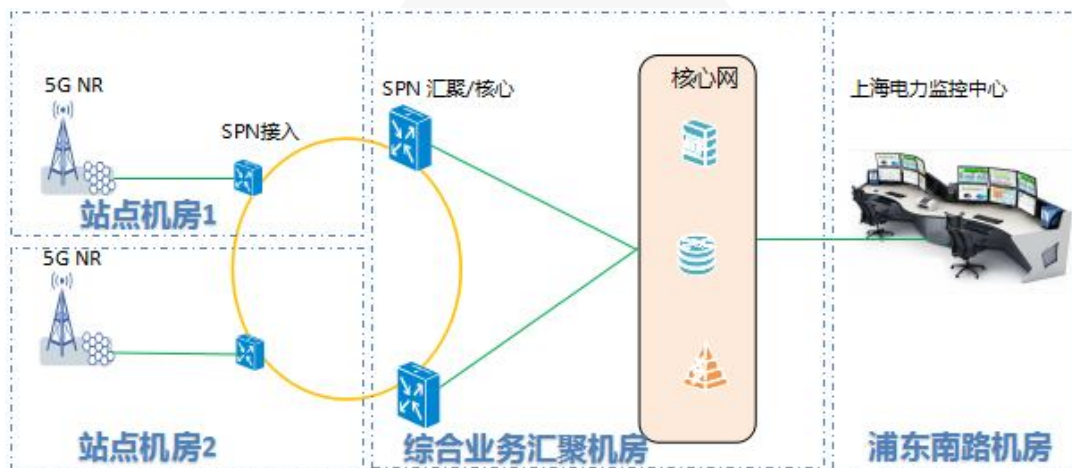
三、智能配电网通信组网要求

- 同步相量测量装置 PMU 接入变电站 PDC 通信带宽在 100kbps ~ 200kbps 之间;
- 变电站 PDC 接入主站 WAMS 通信带宽 2Mbps~10Mbps ;

- 通信延时小于 20ms；
- 支持业务重要程度按预定优先级传输；
- 支持终端之间直接对等通信方式；
- 支持 TCP/UDP 混合通信方式；
- 支持点对点通信（C/S 结构）和 UDP 组播通信方式。

四、测试床网络结构

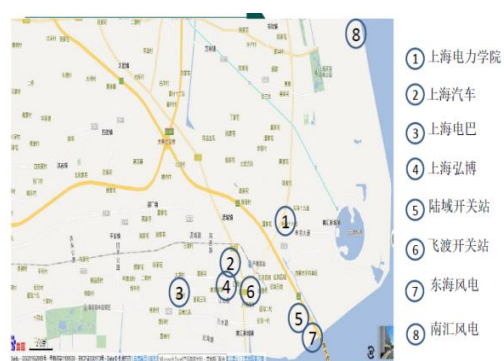
网络结构见下图。无线和核心网的站点机房都部署在浦东临港，上海电力的监控中心位于浦东南路，监控中心和核心网机房两个点之间建立专用数据链路。



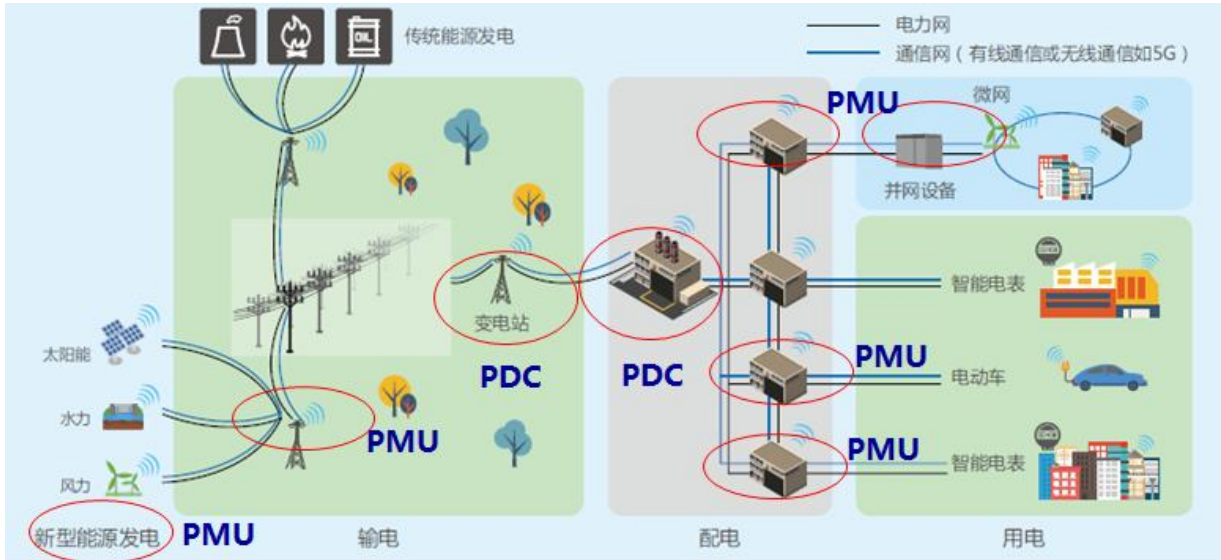
Alliance of Industrial Internet

五、测试床物理部署方案

示范区为临港南边区域，西边靠近奉贤，南边为杭州湾，东临东海，北边到兴旺变电站，面积约 100 平方公里，如下图所示。初期项目要求建设 2-3 个 5G 基站，覆盖上海电力学院附近区域。

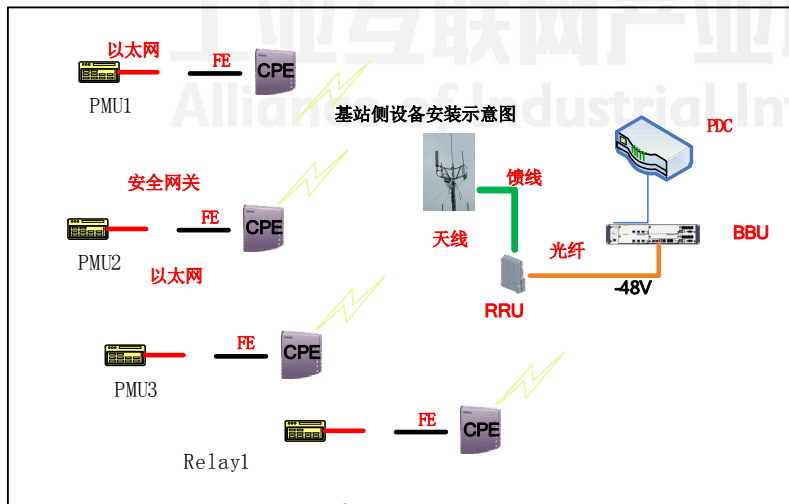


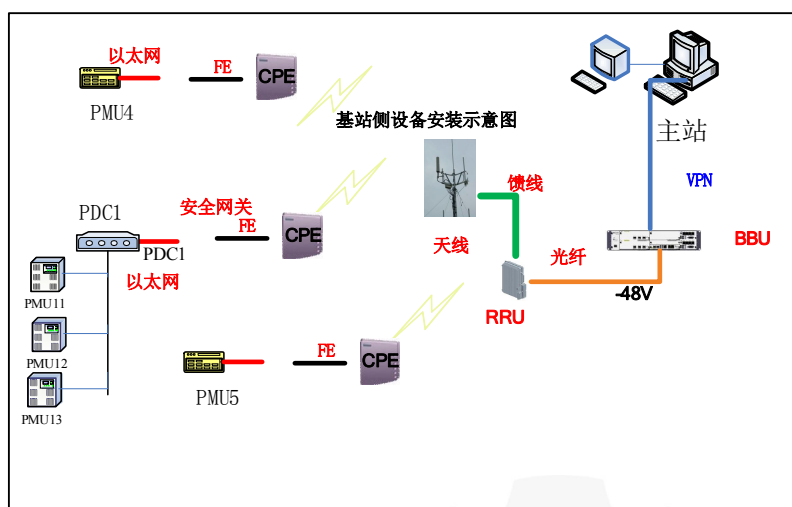
六、测试床网络部署模型



上海电力临港示范区配电网的 PMU(同步相量测量装置)/ PDC(多媒介专用相量集中处理装置)和 5G 终端互通，通过 5G 网络实现组网接入主站配网 WAMS 系统。

七、测试床组网方案





(二) 软件平台

本验证示范平台的软件平台主要包括两大系统：配电网主站广域相量测量系统、5G 核心网平台。

配电网软件系统对应于“智能电网技术与装备”重点专项 2017 年度项目申报指南第三大部分“多元用户供需互动用电”第 1 个项目“智能配电网微型同步相量测量应用技术（共性关键技术类）”，包括具体技术方案：基于该装置的配电网故障诊断及精确定位方法；配电网运行状态估计方法；分布式电源、柔性负荷、用电营销等系统的相关信息集成机制、多维数据分析方法与协调控制技术；

5G 核心网平台包括 5G 核心网软件、虚拟化软件、网络切片技术等。

八、和 AII 技术的关系

(一) 与 AII 总体架构的关系

参考 AII 总体架构设计，本验证示范平台对照符合工业互联网泛在的无线连接需求，采用 5G 新型网络技术研发和部署来支撑工业互联网发展。

本验证示范平台对照满足 AII 安全体系和 AII 数据体系目标框架。

(二) AII 安全 (可选)

本验证示范平台将遵循工业互联网产业联盟提供的安全体系, 将和 AII 安全组密切合作, 邀请安全组成员参加验证示范平台项目评审。

本验证示范平台的安全机制:

对于智能电网的应用, 管侧安全重点聚焦“网络专用、横向隔离”, 5G 网络将重点关注网络切片安全, 以及网络安全的能力开放两方面。

1、5G 核心网提供多层次的切片安全保障, 为智能电网业务提供差异化的隔离服务。5G 切片安全机制主要包含三个方面: UE 接入安全、网络域安全, 外网设备访问安全。

1) UE 接入安全: 通过接入策略控制来应对访问类的风险, 由 AMF 对 UE 进行鉴权, 从而保证接入网络的 UE 是合法的。另外, 可以通过 PDU (分组数据单元) 会话机制来防止 UE 的未授权访问。

2) 网络域安全: 网络域通信安全可以分为 NF 间互访安全、不同切片间 NF 的隔离和切片内的 NF 间安全三种情况。

3) 外网设备访问安全: 在切片内 NF 与外网设备间, 部署虚拟防火墙或物理防火墙, 保护切片内网与外网的安全。如果在切片内部署防火墙则可以使用虚拟防火墙, 不同的切片按需编排; 如果在切片外部署防火墙则可以使用物理防火墙, 一个防火墙可以保障多个切片的安全。

2、5G 网络安全能力开放, 助力智能电网实时更灵活的安全保障措施。体现 5G 网元与外部业务提供方的安全能力开放, 包括开放认证与密钥管理。也可以根据业务对于数据保护的安全需求, 提供按需的用户面保护。

(三) 详细清单 (可选)

验证示范平台中设计的组件:

- 现场级:
 - IT 网络接入: 智能网关/交换机/路由器;
 - 无线接入: 5G 基站、5G 终端;
 - PMU(同步相量测量装置)/ PDC(多媒介专用相量集中处理装置)
- 平台层: 主站 WAMS 广域监测系统、5G 核心网平台

(四) 风险模型 (可选)

本平台面临的风险如下：

- 设备层面，本平台中使用的 PMU、PDC、5G 基站、5G 终端是最关键部件，如果受到内外部攻击或操作错误影响，会产生严重后果。
- 控制层面，本平台中，主站 WAMS 广域监测系统、5G 核心网平台，是比较脆弱的部件，可建立相对独立的网络，采用防火墙与其他网络系统相隔离。
- 网络层面，网络通信过程包括 PMU/PDC 与 5G 终端 CPE、5G 终端 CPE 与 5G RRU、5G RRU 与 5G BBU、5G BBU 平台与 5G 核心网平台之间等存在安全风险，如非授权访问或对设备的网络攻击。
- 应用层面，主站 WAMS 广域监测系统存在安全风险如非授权访问等。

(五) 安全联系人

中兴通讯股份有限公司 林兆骥 lin.zhaoji@zte.com.cn

(六) 与已存在 AII 测试床的关系

AII 现没有 5G 网络相关测试床，也没有电力行业相关测试床。

九、交付件

本测试床交付件包括下列方面：

- 验证示范平台技术框架方案、5G 网络切片设计方案、5G 网络无线基站部署方案、智能配电网 PMU/PDC 和 5G 终端互通方案、5G 模组应用实现智能电网端到端的解决方案
- 验证示范平台相关实体，如 5G 网络无线基站、5G 终端、5G 核心网、PMU(同步相量测量装置)、PDC(多媒介专用相量集中处理装置)、WAMS(广域监测系统)等
- 验证示范平台测试文档、评估报告和可复制的商业流程说明

十、测试床使用者

测试床初期仅限于现有的合作伙伴使用，示范平台成熟后向联盟中企业和社会开放

十一、知识产权说明

中兴通讯股份有限公司、国网上海市电力公司、中国移动通信集团有限公司上海公司对本测试床的建设、运营以及使用拥有产权。本测试床相关的专利、软件著作权等在测试建设合作单位中根据情况协商确定。

十二、部署，操作和访问使用

本测试床依托国家项目：智能电网技术与装备重点专项 2017 年度项目申报指南第三大部分“多元用户供需互动用电”第 1 个项目“智能配电网微型同步相量测量应用技术（共性关键技术类）”

验证示范平台部署在上海电力临港示范区。初期将开放给项目参与单位开展技术试验，待成熟后向更多的合作伙伴开放。

十三、资金

本测试床验证示范平台将利用中兴通讯自有资金和上海电力“智能电网技术与装备”重点专项已有的财政资金参与建设，不需要另外筹集资金。

十四、时间轴

本验证平台建设周期拟为三年

2018 年 12 月完成实验验证平台需求分析、系统方案设计、关键部件选型，并进行 5G 网络无线基站建设，覆盖上海电力学院附近区域。

2019 年 6 月实现 5G 网络和 PMU、监控主站的对接，完成通过 5G 网络通道传输 PMU 数据的技术验证，并完成 5G 网络通道的测试评估。

2020 年 6 月完成通过 5G 切片实现电力专用通信网络的可行性研究，具体包括验证网络切片对各类智能电网业务的支持、验证网络安全性、验证网络高可靠性、验证组网结构等；

2020 年 12 月完成 5G 模组应用实现智能电网端到端的解决方案。

十五、附加信息

英文词汇表

英文缩写	英文全称	中文解释
5G	5th-Generation	第五代移动通信
All	Alliance of Industrial Internet	工业互联网产业联盟
BBU	Building Base band Unit	基带处理单元
C/S	Client/Server	客户端/服务器
CPE	Customer Premise Equipment	客户终端设备
CU	Centralized Unit	集中单元
DU	Distributed Unit	分布单元
FE	Fast Ethernet	快速以太网
IPS	Intrusion Prevention System	入侵防御系统
PDC	Phasor Data Concentrator	相量集中处理装置
PMU	Phasor Measurement Unit	同步相量测量装置
RAN	Radio Access Network	无线接入网
RF	Radio Frequency	射频
RRU	Radio Remote Unit	射频拉远单元
TCP	Transmission Control Protocol	传输控制协议
UDP	User Datagram Protocol	用户数据报协议
VPN	Virtual Private Network	虚拟专用网络
WAMS	Wide Area Measurement System	广域监测系统

智能制造安全监测与运营管理平台

引言/导读

360 企业安全技术（北京）集团有限公司是 360 公司继个人安全市场后专注于为政府、军队、企业，教育、金融等机构和组织提供企业级网络安全技术、产品和服务的网络安全公司，法定代表人为齐向东，注册资本 1.33 亿人民币，总部设立在北京市朝阳区酒仙桥路 6 号院 2 号楼（电子城国际电子总部），同时公司在上海、成都、广州、大连等地设有分支机构。公司拥有 4000 余名网络安全技术、产品和服务人员。截止目前已经为 90%部委、72%央企、100%大型银行以及上百万中小企业提供了网络安全产品和服务。

本项目采用物联网、大数据、云计算、人工智能等工业互联网先进技术，在实现供水设备智能互联的基础上，通过对采集数据的实时分析、深度学习和数据挖掘，整合供水设备从设计、生产、安装、运营、维保、报废到优化的全生命周期八大环节的数据，开发基于目标用户的设备个性化需求系统、设备标准化设计系统、设备最优化智能生产系统、移动施工管理系统、设备远程监管系统、设备故障预警系统、故障专家自诊断系统、维保快速响应系统等服务应用，并通过 APP、Web 等人机交互工具为不同用户提供多层次、多元化的用户界面，构建供水设备全生命周期的一体化管理平台。

一、关键词

安全监测、运营管理

二、发起公司和主要联系人联系方式

发起单位：360 企业安全技术（北京）集团有限公司

主要联系人：崔君荣 cuijunrong@360.net 陶耀东 taoyaodong@360.net

三、合作公司

上海威派格智慧水务股份有限公司

四、测试床项目目标和概述

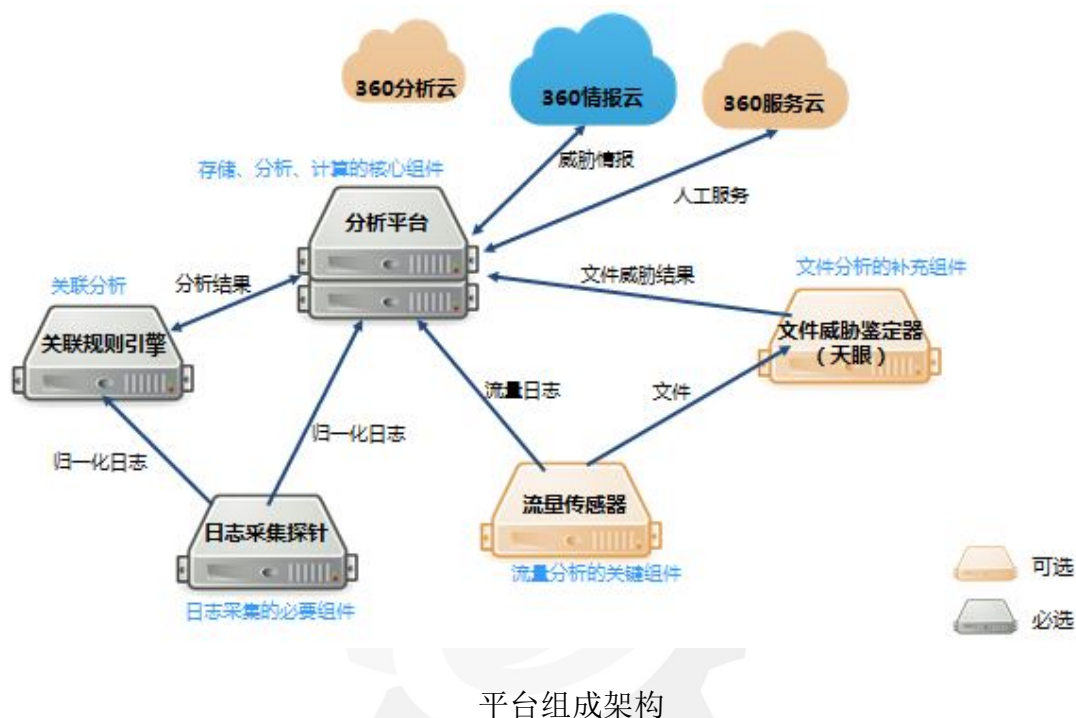
➤ 主要目标

“智能制造安全监测与运营管理平台”主要实现对智能制造企业工控系统通信数据和安全日志进行快速、自动化的关联分析，及时发现智能制造行业工控系统异常和针对工控系统的威胁，通过可视化的技术将这些威胁和异常的总体安全态势展现给用户，通过对告警和响应的自动化发布、跟踪、管理实现安全风险闭环管理。

通过建设智能制造安全监测与运营管理平台，实现企业内网 IT 和 OT 安全的统一管理，企业内部通过全网流量监测，提前洞悉企业内部各种工业安全威胁，降低智能制造企业在进行工业互联网转型过程中的安全门槛，促进智能制造相关产业高速发展。

➤ 总体概述

智能制造安全监测与运营管理平台主要包括流量传感器、日志采集探针、关联规则引擎和分析平台 4 个硬件模块。如下图所示：



平台组成架构

1) 流量传感器

流量传感器的功能主要是采集工控网络中的工业协议流量数据，将原始的工控网络全流量转化为按 session 方式的格式化流量日志，全流量日志会加密传输给分析平台存储用于后期的审计和分析。

2) 日志采集探针

日志采集器的主要功能是对工控网络内工控设备（PLC/DCS/RTU/HMI 等）、安全设备、工业以太网、上位机、服务器等设备通过主动采集或被动接收等方式对日志进行采集并进行归一化预处理，方便数据流后面的关联规则和数据分析能够快速使用。同时日志采集器还负责对内网资产进行扫描识别，收集资产数据。

3) 关联规则引擎

关联规则引擎主要负责对来自日志采集器的大量日志信息进行实时流解析，并匹配关联规则，对异常行为产生关联告警。

4) 分析平台

分析平台用于存储流量传感器和日志采集器提交的流量日志、设备日志和系统日志，并同时提供应用交互界面。分析平台底层的数据检索模块采用了分布式计算和搜索引擎技

术对所有数据进行处理，可通过多台设备建立集群以保证存储空间和计算能力的供应。

五、测试床解决方案架构

(一) 测试床应用场景

本平台主要面向智能制造领域，对中小企业建设具有监测、预警的管理平台，利用平台的实时监测能力，有效加强企业的工业互联网安全水平。

水务是一个涉及到国计民生的行业，近年来中国水务向数字化、自动化、智慧化的方向发展。为保证供水生产设备的安全运行、预防系统突发性重大事故的发生，并在事故发生后迅速有效地控制和处理，最大限度地减少事故损失和相关系统的影响，在企业内部建立安全运营管理平台，以数据为驱动，以安全分析为工作重点，立足于安全策略防护，充分利用大数据平台的数据收集、查询能力进行持续的监控与分析；在持续监控的基础上，实现安全管理体系、预警监测体系、安全服务体系、纵深安全防护之间的有效协同和共同作用，最终形成可以有效落实的体系化安全解决方案。

(二) 测试床重点技术

该平台数据采集部分，除了对智能制造行业传统的 Syslog、Flow、各种系统日志和安全设备日志以外还突破性的针对原始流量日志（依赖于流量传感器或 360 下一代防火墙）和终端日志（依赖于天擎 EDR 模块）进行采集。依赖于更加原始的日志信息，平台可以发现隐藏更深的各种威胁，同时能够提供完整的事件回溯分析能力。

平台在数据的存储和分析中大量使用大数据相关技术，在标准化组件中可以依赖于分布式全文检索技术提供接近 PB 级日志量的存储和快速计算，同时能够提供良好的可靠性保证，以解决意外断电、磁盘故障可能对系统带来的可靠性问题。

平台使用多种分析引擎针对不同的管理目标提供相应支撑，关联分析、统计分析、快速搜索等功能相较于传统产品具有明显的性能优势。

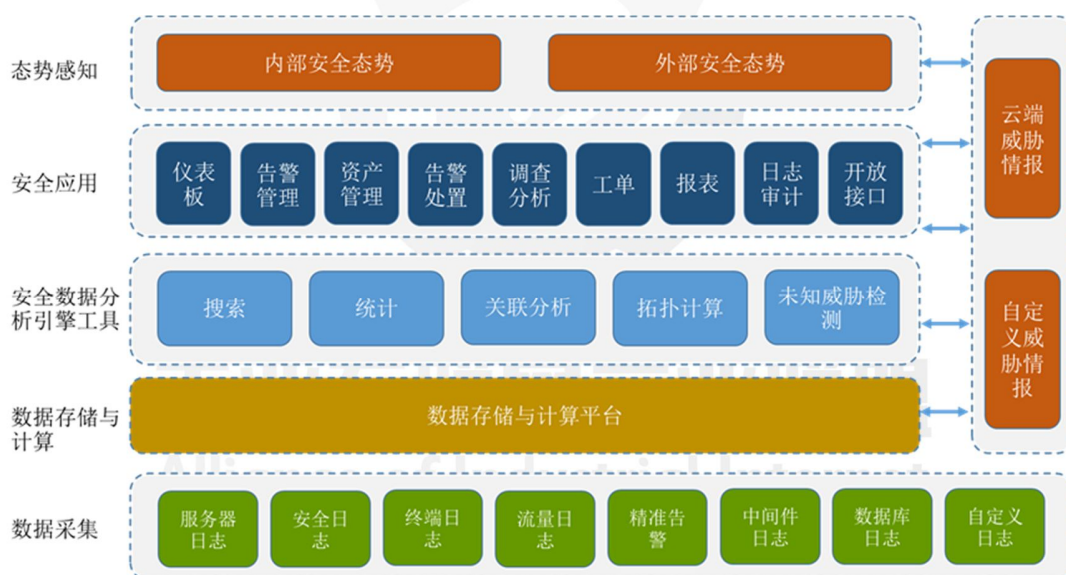
平台最外层提供友好、高效的交互管理页面，既满足了使用需求，又能够提升工作效率。再结合威胁情报、安全服务等来自于 360 特有的安全知识输入，该平台可以极大的提升本地安全运营的效率。

(三) 技术创新性及先进性

通过全网流量监测，发现工业网络中的各类威胁和高级威胁，并进行情报挖掘与云端关联分析，提前洞悉企业内部各种工业安全威胁，并将威胁情报以可机读格式推送到本地系统，供本地威胁检测和分析时使用。

(四) 测试床解决方案架构

该平台将建设成一个以多种安全管理为目标、以智能制造工业数据为核心、威胁情报为特色、打通安全运营中的检测、响应、预警、防御多个领域环节的完整安全体系，能够覆盖安全管理与运营的各个环节，功能架构图如下：



平台功能架构

六、预期成果

(一) 测试床的预期测试结果，针对测试项（重点）

1、工控系统关键资产管理

该平台能够提供对企业内网资产的扫描发现、手工管理、资产变更比对、资产信息整合展示等基本功能。同时，提供长期的服务、流量、威胁相关的监控，所有资产相关的监控数据均可在资产详情页查看。

2、工控系统操作行为监测

该平台能够实时监测工控系统控制器下装、上传、启动、停止等关键操作行为，包括智能制造行业常用西门子 S7-300、施耐德昆腾、罗克韦尔 Control Logix 等系列工控系统。

3、威胁发现及时性提升

利用多种新型威胁监测手段，再结合威胁情报的使用，该平台能够更快的发现隐藏在各类日志中的安全问题。更早的发现威胁，一方面可以帮助企业或单位在安全管理上更为从容，无需面临可能被通报追查的窘境，另一方面可以留下更多挽回损失的机会，为快速的弥补安全问题提供宝贵的时间窗口。

4、安全运营

该平台可以在多种安全功能基础之上提供安全运营，帮助用户快速的、宏观的了解整个企业的安全情况。对各种威胁采取措施控制指令下发至控制系统，形成监控、分析、控制的闭环。

(二) 商业价值

传统工业领域安全防护常用的分层分域的隔离与边界防护思路以及传统的 IT 安全手段已不能有效识别和抵御所有可能的攻击。安全监测与运营管理平台为智能制造中小企业的工业控制系统信息安全保障提供了一种有效解决方案。

(三) 经济效益

通过该平台的部署，可以实时监控企业内网的流量，及时发现智能制造网络空间的可疑行为和风险，大大提高了整个工业控制过程自动化领域的信息安全保障水平，同时提高用户对自己使用的工业控制系统信息安全的自主把控能力。本平台作为智能制造行业工业互联网建设和正常运行的重要支撑和保护，其建设具有良好的经济效益。

(四) 社会价值

智能制造行业工业控制系统在我国经济生产生活中起着举足轻重的作用，如果工业控制的信息被窃取或者被修改，可能造成人身伤亡、财产损失等严重后果，更严重的甚至会影响到国家安全。本平台建成后，将快速面向智能制造中小企业，形成良好的工业互联网

和网络安全产业生态，加快工业物联网在工业信息化产业中的布局，降低企业工业控制信息化的复杂度，从而让工业充分享受信息化产业带来的便利，社会效益十分显著。

七、测试床技术可行性

(一) 物理平台

平台主要包括流量传感器、日志采集探针、关联规则引擎和分析平台 4 个硬件模块。主要部署在网络出口交换机旁，或者其他需要监听流量的网络节点旁，接收镜像流量，极大的避免了硬件接入至企业厂区内对生产本身的影响。

(二) 软件平台

所用设备操作系统为 linux。

八、和 AII 技术的关系

(一) 与 AII 总体架构的关系



安全监测和运营管理平台在工业互联网体系架构中提供安全服务，网络边缘侧接入的终端类型广泛，数量巨大，承载的业务繁杂，被动的安全防御往往不能起到良好的效果。因此，需要采用更加积极主动的安全防御手段，包括基于大数据的态势感知和高级威胁检测，以及统一的全网安全策略执行和主动防护，从而更加快速响应和防护。再结合完善的运维监控和应急响应机制，则能够最大限度保障系统的安全、可用、可信。

(二) AII 安全 (可选)

智能制造安全监测与运营管理平台是安全产品，能够连接工控防火墙、工业安全审计、工业主机防病毒软件、工控交换机等设备，统一管理安全事件。

同时，该平台在出厂时已经通过公司内部安全审查和评估。

(三) 详细清单 (可选)

配置和控制接口

模块	接口
流量传感器	2×1GE 管理口 (电), 2×1GE 监听口 (电), 2×1GE 监听口 (光口, 可插千兆光模块)
日志采集探针	4×1GE 电口
关联规则引擎	4×1GE 电口
分析平台	4×1GE 电口

数据通讯接口

工控通信协议 MODBUS/TCP、OPC DA、S7 等。

(四) 安全联系人

孙树海 sunshuhai@360.net

(五) 与已存在 AII 测试床的关系

参考工业互联网产业联盟成果发布——测试床，现有 34 个测试床，主要集中在智能服务平台、通信设备制造、家电协同制造等方面。现有成果没有从安全角度考虑建设测试床，因此，智能制造安全监测与运营管理平台的部署是非常有必要的，同时需要亟待落实。

九、交付件

智能制造安全监测与运营管理平台是一个总系统，主要包括流量传感器、日志采集探针、关联规则引擎和分析平台，部署在智能制造同一个网段中。

十、测试床使用者

智能制造安全监测与运营管理平台建设成功后，可应用于工业控制系统安全国家地方联合工程实验室进行展示，同时可用于威派格智慧水务生产设备系统的安全监测、分析预警、安全态势展现、威胁情报发布与使用。

十一、知识产权说明

1.项目实施过程中所产生的知识产权，

①各方独立完成的成果所有权归各自所有；共同完成的成果所有权，按照参与方的贡献大小进行分配。

②共同完成的项目成果转让，须经参与各方同意的前提下进行，任何一方不得私自开展。

2.独立完成的知识产权成果各方可独立组织成果鉴定。

3.共同完成的项目成果申报各级奖项，应根据各方贡献大小排名。具体事宜另行商定。

十二、部署，操作和访问使用

流量传感器通常部署在网络出口交换机旁，或者其他需要监听流量的网络节点旁，接收镜像流量。关联规则引擎、日志采集器和分析平台部署在流量传感器同一个网段即可。

十三、资金

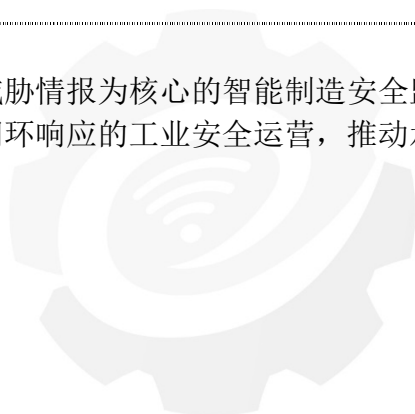
自筹

十四、时间轴

项目建设周期为两年。2018 年完成流量传感器、日志采集探针等技术的开发，2019 年实现新探针、新应用开发技术模式，2020 年基本完成。

十五、附加信息

该平台通过以大数据和威胁情报为核心的智能制造安全监测和运营管理平台建设，实现威胁检测、可视化展现、闭环响应的工业安全运营，推动水务设备制造及智能制造行业的发展。



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet