

1 确定性融合边缘一体机测试床

1.1 引言/导读

边缘联接业务和生产现场，是目前行业内领先企业的主要研究方向。边缘控制是智能制造的关键，也是我国工业控制弯道超车的关键要素。基于边缘计算重构传统控制系统，工业系统从典型的五层架构，将走向开放的、软硬件解耦的下一代三层工控系统机构。

确定性融合边缘一体机探索开放的确定性IOT融合网络，国产化实时操作系统等技术，打造融合联接、融合计算、融合业务的智能边缘控制节点，实现OT域的国产化，网络的开放化。

1.2 关键词

DIP、欧拉操作系统、容器、虚拟化、IEC61499

1.3 测试床项目承接主体

1.3.1 发起公司和主要联系人联系方式

华为技术有限公司

吴治国，电话：15618889477，电子邮箱：wuzhiguo@huawei.com

王金斌，电话：13916476178，电子邮箱：wangjinbin@huawei.com

1.3.2 合作公司

上海交通大学

宝信软件

1.4 测试床项目目标

本测试床依托确定性联接技术和下一代工业控制边缘计算架构，打造远程、集中的工业控制模式，让操作人员可以在更安全、更舒适的集中控制室完成生产任务，也让大型企业得以在更大范围内实现总部、多基地之间的生产要素调度和优化。对于加速云化PLC的发展，带动下一代工业控制边缘计算架构的发展和升级，起到积极示范效应。

基于AII开放的全栈国产化工控边缘体系架构，打造融合计算、存储、确定性网络等的边缘一体机。

- 基于国产鲲鹏生态的实时操作系统；
- 确定性的 IT/OT 融合网络；
- 支持融合计算业务；
- IEC61499 软件开发架构的探索。

1.5 测试床方案架构

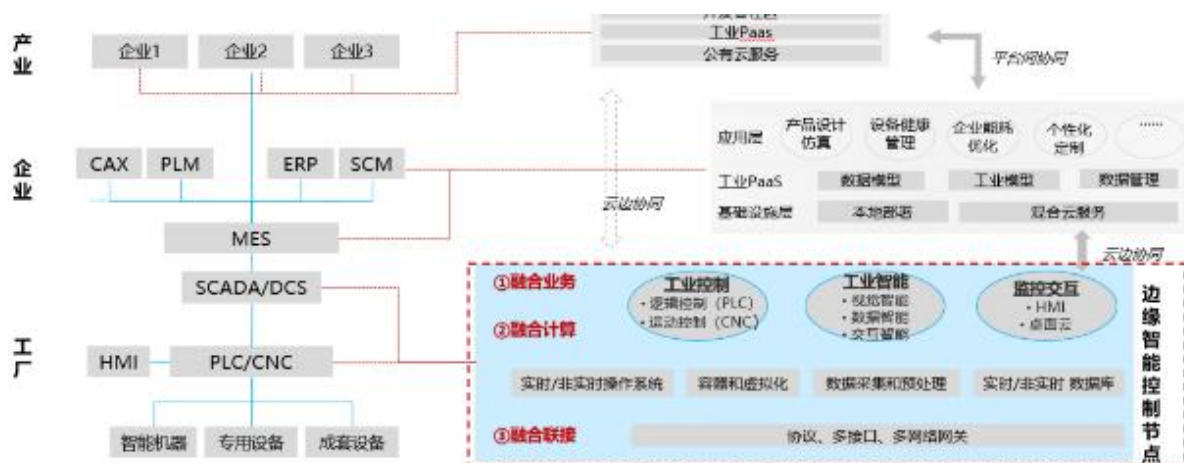
1.5.1 测试床应用场景

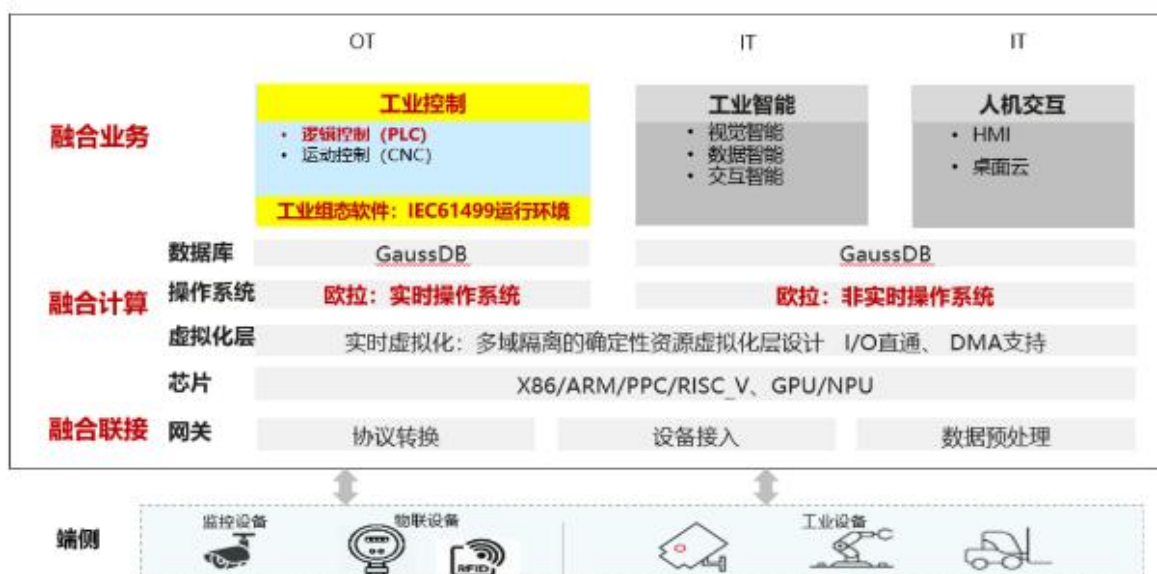
以机器人、数控机床等为主的智能化高端装备，利用自主感知与连接获取机床、加工、工况、环境有关的信息，通过自主学习与建模，完成自主控制与执行，实现加工制造过程的优质、高效、安全、可靠和低耗的多目标优化运行。需要边缘一体机支持提供稳定的运行环境，如高速的传输通道，确定性计算等。

钢铁等行业，工作环境恶劣，客户期望通过远程集中控制减少危险作业环境对人的依赖，减少人员伤亡，改善工作环境；对于集团型企业，客户期望通过集团统一控制，实现各个公司的工艺水平拉齐，保持工艺一致性，同时对于特殊关键产品的工艺参数集中管控，不希望分散到各个子业务部门，实现保密性。

另外，柔性生产、多轴加工等对产线间协同生产提出了新的要求，单纯依靠原有的节拍或者监测控制的方式，已经无法完全满足现代工业生产的需要。这都需要引入边缘控制，增强实时性和协同性，同时提升效率降低成本。

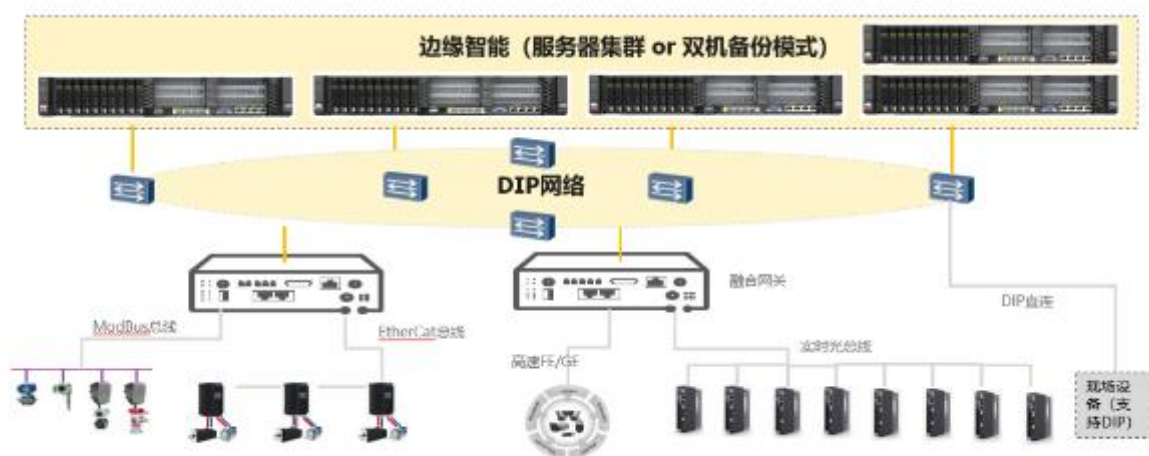
基于AII工业互联网体系架构，边缘侧提供提供海量工业数据接入、转换、数据预处理和边缘分析应用等功能。确定性融合边缘一体机探索 开放的确定性IOT融合网络，国产化实时操作系统等为技术，打造融合联接、融合计算、融合业务的智能边缘控制节点，实现OT域的国产化，网络的开放化。





车间和设备的确定性联接，支持IOT共管道高可靠、低抖动联接，可扩展。以确定性联接为纽带，协同融合工业边缘，设备网联化、联接IP化、网络智能化的先进工业网络是工业互联网发展的基础。

测试床组网部署方案如下：

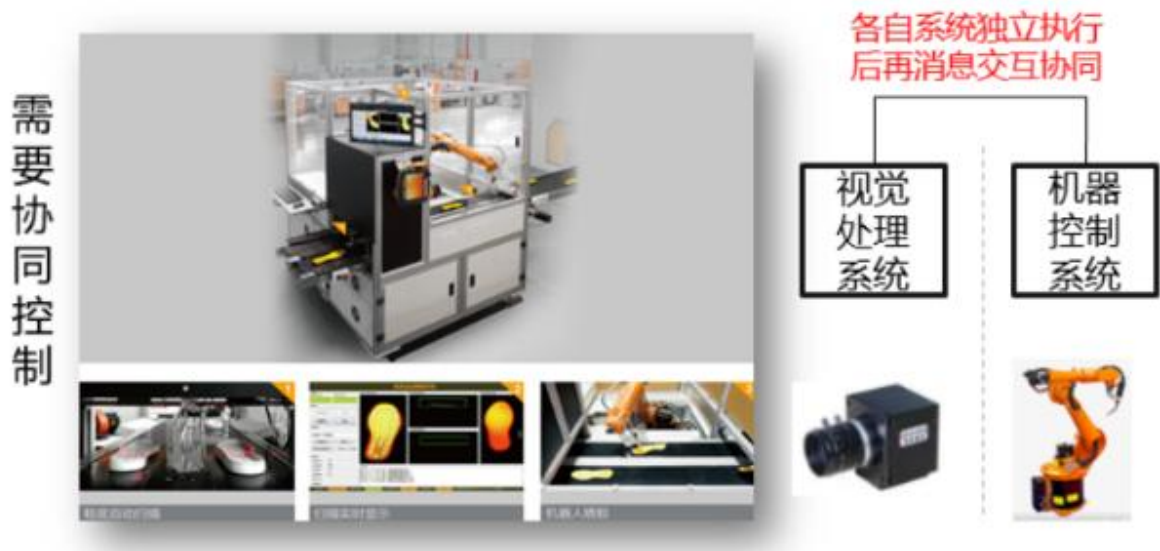
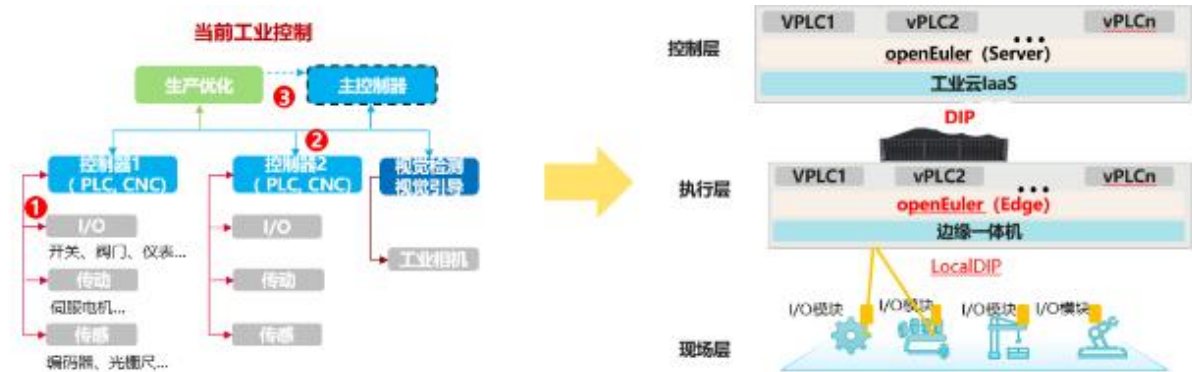


1.5.3 测试床方案

测试床方案主要围绕确定性融合边缘一体机的核心部件和实现的业务功能进行。业务部分主要测试边缘控制的集中功能和协同控制功能展开，核心部件放在方案重点技术里介绍。

钢铁等行业，工作环境恶劣，客户期望通过远程集中控制减少危险作业环境

对人的依赖，减少人员伤亡，改善工作环境；对于集团型企业，客户期望通过集团统一控制，实现各个公司的工艺水平拉齐，保持工艺一致性，同时对于特殊关键产品的工艺参数集中管控，不希望分散到各个子业务部门，实现保密性。



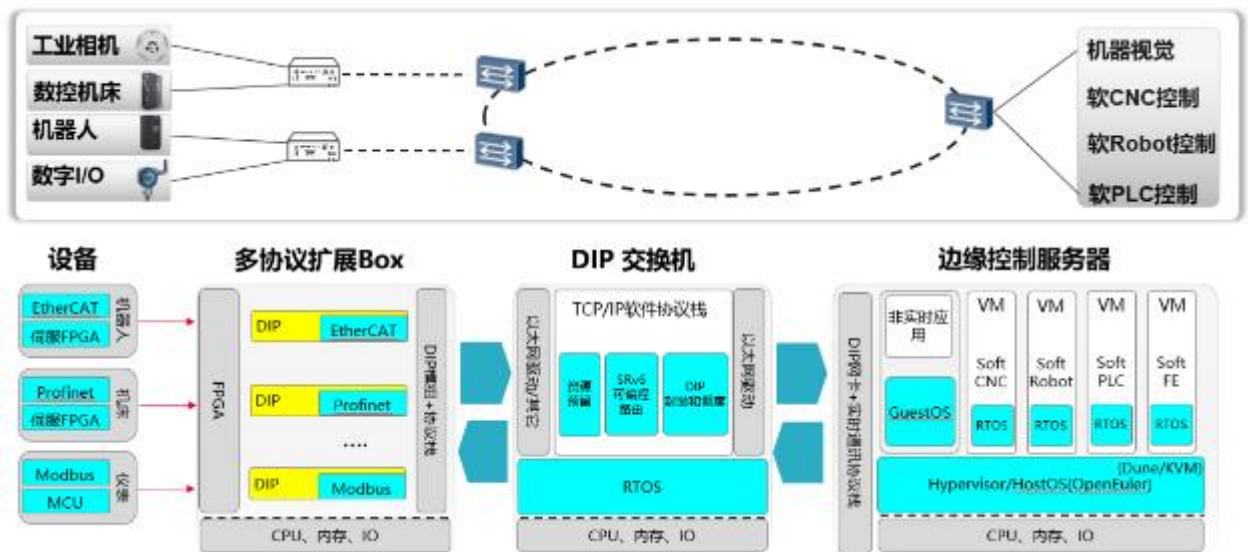
在手眼协同控制系统中，需要引入边缘控制，增强实时性和协同性。



1.6 方案重点技术

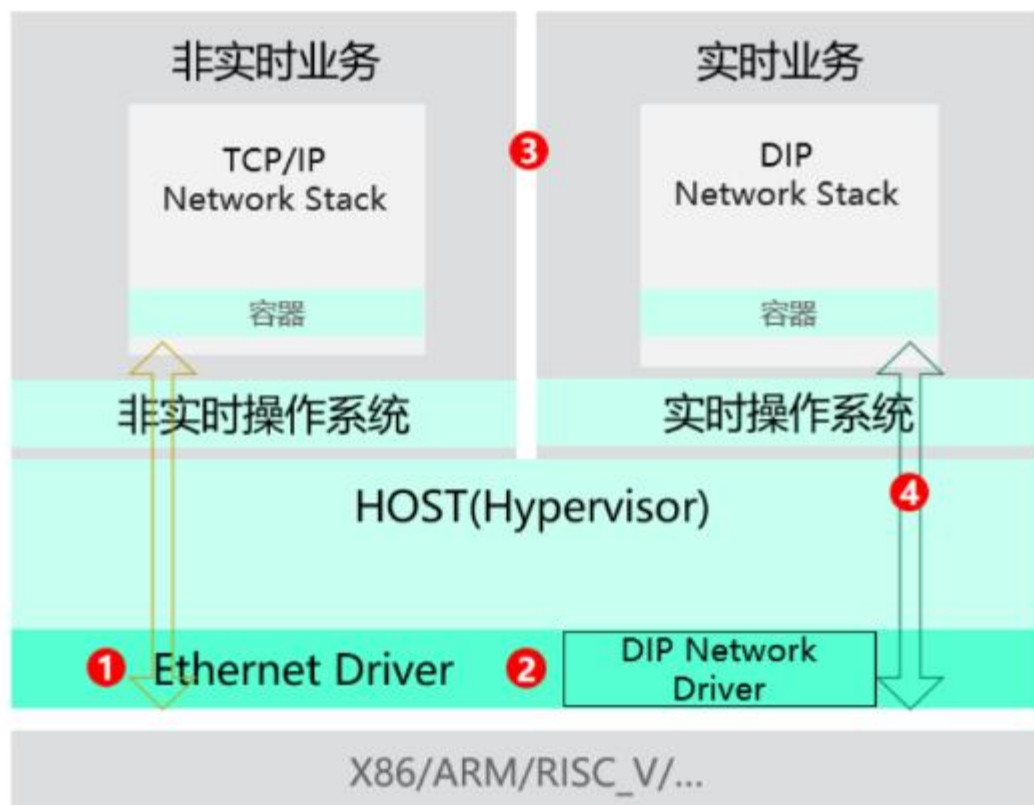
1.6.1 确定性 IOT 融合网络 – DIP (overlay 方案)

测试床采用DIP网络作为连接，现阶段不解析原有工业连接协议，由box进行封装，overlay的方式进行传输。



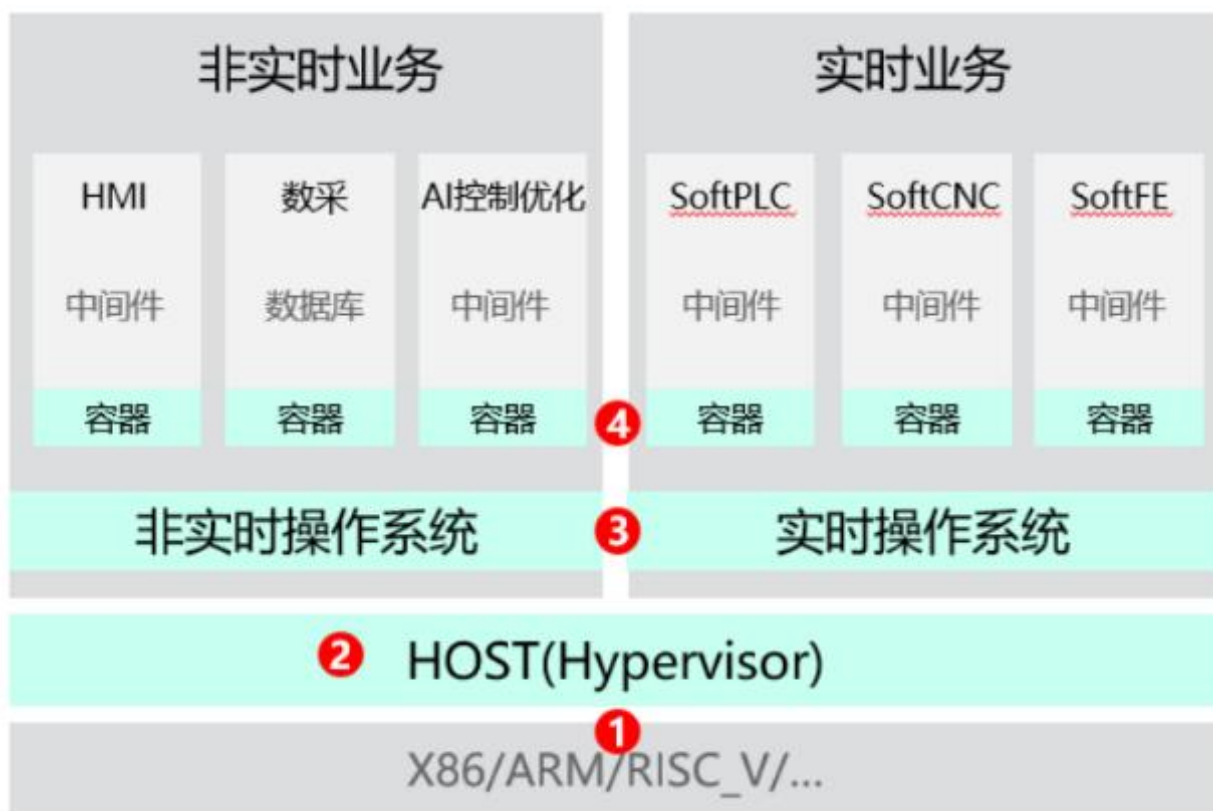
1.6.2 实时操作系统 – 和 DIP 深度融合的华为 Euler OS

- Ethernet 网络驱动与系统融合：软件协议栈中包含的以太网驱动程序经过专门优化，可确保高优先级、定时调度数据，同时低优先级也具备高效的（例如常规 TCP/IP 流量）的实时数据处理。
- DIP 网络驱动与系统融合：DIP 软件协议栈包括一个特殊的 DIP 专用网络驱动，不受其他协议影响，提供网络传输实时性数据。
- 不同协议数据交换：DIP 软件协议栈提供方便且用户友好的 API，用于通过 DIP 网络从 TCP/IP 和 EtherCAT 等其他协议交换数据。
- 中断直通：操作系统虚拟化层经过特殊优化，判断 DIP 协议数据后，实现中断直通功能，DIP 数据直达协议处理部分。可确保高优先级、确定性调度数据。



1.6.3 虚拟化和容器 – 支持实时和非实时系统协同部署

- 多样性算力：开放支持多种计算架构实现多样性算力协同；支持社区版本支持 x86、鲲鹏、飞腾、RISC-V、昇腾；伙伴商业发行版增量支持龙芯、申威、兆芯、海光等国产化芯片
- 系统虚拟化：硬件资源的模拟、隔离和共享。支持中断直通、DMA 等。包含 CPU 虚拟化、内存虚拟化和 I/O 虚拟化。核心敏感指令经过 VMM 翻译保证安全，同时各虚机在共享内存资源的同时保持相互独立，每个虚机都相当于拥有独立、完整的外设。
- 实时和非实时系统协同部署：在虚拟资源池上同时运行实时和非实时操作系统，保证工业控制实时性需求，非实时业务不影响实时业务运行。
- 容器方式支持业务隔离运行：实现更为简单，开销小、启动快、隔离性增强、应用移植到其他平台时无需进行环境配置就可直接运行。



1.6.4 IEC61499 开发运行环境

基于IEC 61499标准的PLC集成开发环境及运行环境，采用通用边缘计算架构、开放的IP网络协议和新一代低代码集成开发环境，深度融合IT技术和OT技术，加速下一代工业控制架构的升级进程。



1.6.5 方案自主研发性、创新性及先进性

本方案基于国产鲲鹏生态的实时操作系统，采用下一代先进DIP网络，支持融合计算业务，具备自主性、创新性，引领下一代工控边缘计算架构的发展和升级。

1.6.6 方案安全风险控制

厂区数据本地加载和闭环，不基于公网进行回传，故本方案采用端到端的专网解决方案，起到了与公网数据的良好隔离，保证了数据的安全及私密性并有效的规避了外网攻击的风险性。

1.7 测试床实施部署

1.7.1 测试床实施规划

序号	阶段名称	时间	主要工作内容
1	可行性研究阶段	2021. 11-2022. 6	(1) 沟通交流，行业调研； (2) 深度对接，达成初步意向； (3) 与行业客户明确战略合作框架，确定价值场景范围(可签署战略合作框架协议)。
2	设计阶段	2022. 6-2022. 12	(1) 需求对接，联合创新，积极探索示范试点项目； (2) 联合供应商，完善平台设计及设备选型；在主语实验室完成设备内场测试联调及对接。
3	施工部署阶段	2022. 12-2023. 6	设备入场施工部署调测

4	运行验收阶段	2023.6-2023.10	根据客户需求，实现平台相关功能及运行稳定性
5	宣传推广阶段	2023.10-2023.12	(1) 尝试输出白皮书，引导行业水平参考架构设计； (2) 建设标准体系，扩大产业可复制空间； (3) 营造生态体系，构筑商业粘性； (4) 打造产业样板间，进一步构筑商业粘性。

1.7.2 测试床实施的技术支撑及保障措施

主要围绕信通院-华为-上海交大-行业客户四方合作模式开展相关工作，依托信通院和华为资源牵头成立开放合作实验室，联合上海交大来为整体方案的部署实施提供技术支撑，并和行业客户开展相关的生态建设。华为以在网络侧的技术能力与上海交大在工业领域的技术能力结合，在研究内容满足部署的情况下，通过行业客户提供的应用场景去进行试点应用和落地，并最终为AII联盟提供案例反馈，形成完整闭环机制。

1.7.3 测试床实施的自主可控性

基于鲲鹏生态的国产实时操作系统，实现全栈自研，完全自主可控的工业控制系统。

1.8 测试床预期成果

1.8.1 测试床的预期可量化实施结果

- 确定性 IOT 融合网络时延满足工业控制要求可行性；
- 基于国产鲲鹏生态的实时操作系统在工业控制领域应用可行性；
- 边缘智能控制节点实现云化 PLC 功能；

1.8.2 测试床的商业价值、经济效益

通过边缘一体机、确定性网络承载，加速国产替代，增强国家工控安全。
改善生产条件、降低危险作业，节省人力成本。

1.8.3 测试床的社会价值

完全自主可控的工业控制智能边缘节点，提升国产化开放化工控能力水平。

1.9 测试床成果验证

1.9.1 测试床成果验证计划

测试床成果验证计划主要包括实时操作系统、确定性DIP、容器和虚拟化、边缘控制集中下发四个部分。

硬件由多个服务器集群构成，提供存储、计算、AI能力，通过确定性网络连接。硬件系统将统一控制工业机器人、门阀、继电器、仪表等装备群。融合网关提供设备接入、协议转换、数据预处理等能力，数据和参数由融合计算进行分析并处理，VPLC应用进行PLC控制优化。确定性网络以及普通车间网络通过网络管理平台进行管理。

1.9.2 测试床成果验证方案

测试床成果验证计划主要针对边缘控制集中能力进行测试。

测试项目：边缘控制集中能力测试
测试目的：验证边缘一体机基于确定性网络进行控制集中的协同控制业务可行性
预置条件： a) PLC群对装备群的控制编排完成。 b) 确定性网络完成网络流量编排及部署。 c) 装备群存在明确控制时延要求
测试步骤：

a) 工业平台下发PLC群控制命令。 b) 装备群按照PLC群下发的控制命令进行相应的生产业务执行
预期结果： a) 工业平台PLC群控制命令下发顺畅，无阻塞及下发失败情况。 b) 装备群按照PLC群的控制意图进行生产业务执行，无执行失败或告警。
测试结果：
结论：

1.10 测试床成果交付

1.10.1 测试床成果交付件

边缘一体机测试软硬件；

应用场景测试报告；

融合工业边缘控制白皮书；

1.10.2 测试床可复制性

该测试床可为智能制造行业增加边缘智能控制节点，提供一体化存储、计算、AI能力，广泛适用于流程制造和离散制造的车间和厂区边缘。

1.10.3 测试床开放性

该测试床基于软硬件解耦的开放架构，本身已经广泛应用，具备良好的开放及兼容能力，可以与企业的软件系统进行平滑对接，可以拓展到相关场景开放环境中。

1.11 其他信息

1.11.1 测试床使用者

欢迎第三公司参与本测试床建设

1.11.2 测试床知识产权说明

由参与方各自负责模块自行协商

1.11.3 测试床运营及访问使用

建设初期，华为和信通院牵头相关设备厂家负责整体系统集成及平台的部署及运营。建设后期行业客户可基于平台进行业务访问及简单的操作及维护，相关技术难点及故障维护可通过维保服务由华为及信通院进行跟进支撑及解决。

1.11.4 测试床资金

序号	预算科目名称	合计（万元）	备注
	（1）	（2）	（3）
1	一、成本费用支出	145.8	
2	1、差旅费	5.8	
3	2、办公费	0	
4	（1）耗材配件	0	
5	（2）技术资料费	0	
6	（3）文印费	0	
7	3、低值易耗品	0	
8	4、通信费	0	
9	5、车辆租赁费	0	
10	6、技术服务费	150	

