附件 11

“工业软件”重点专项 2021 年度项目申报指南建议

(征求意见稿)

国家重点研发计划启动实施“工业软件”重点专项。本重点专项的目标是：针对我国工业软件受制于人的重大问题以及制造强国建设的重大需求，系统布局产品生命周期核心软件、智能工厂技术与系统、产业协同技术与平台，贯通基础前沿、共性关键、平台系统及生态示范等环节。到 2025 年，引领现代制造业发展的新模式、新平台、新体系和新业态逐步形成，核心工业软件基本实现自主可控，基于工业互联网的工业软件平台及数字生态逐步形成，工业软件自主发展能力显著增强，推动制造业产业生态创新以及技术体系、生产模式、产业形态和价值链的重塑。

根据本重点专项工作部署，现提出 2021 年度项目申报指南建议。2021 年度指南部署坚持问题导向、需求导向、分布实施、突出重点的原则，拟围绕制造业数字生态及基础前沿技术、产品生命周期核心软件、智能工厂技术与系统、产业协同技术与平台 4 个技术方向，启动 17 个指南任务。

1. 基础前沿技术

1.1 面向 OT 与 IT 融合的端边云互联集成理论与方法研

究

研究内容: 针对端边云部署工业应用系统面临大量异构设备接入、端边云协同困难等问题, 研究数据和模型驱动的分布式端边云互联集成模型, 构建标准化、平台化的端边云互联集成技术架构; 研究异构跨域通信映射模型及语义集成方法、端边云统一数据空间的制造资源信息建模与可重构方法等; 研究全互联、多场景的端边云资源调度方法及协同技术, 形成可配置的动态互联集成机制; 开展原理验证。

考核指标: 提出一种新型的支持 OT 与 IT 融合的端边云互联集成理论; 突破信息建模、资源调度和语义集成等新方法 ≥ 5 项; 研制信息模型配置、模型测试等基础软件工具或组件 ≥ 3 套; 研制云边端 OT 和 IT 融合集成测试验证系统 1 套, 在典型工业场景开展原理验证。

1.2 离散制造全流程工业数据智能理论与方法研究

研究内容: 针对离散制造中数据多源异构、流程复杂等问题, 研究基于多时空关联与场景感知交互的跨域推理和融合认知方法, 形成工业数据智能理论; 研究场景/知识/模型联动的时空演变数据重构/融合/关联/预测机理, 研发复杂离散工业企业决策模型, 实现企业动态智能管控与交互式决策; 研究制造智能体的知识自演化技术, 构建基于深度学习的跨平台模型描述/编译/调用的智能计算引擎。

考核指标: 建立离散制造全流程工业数据智能理论、方法和模型/构件库; 在典型企业开展方法与模型的原理验证; 申请发明专利或软件著作权 ≥ 10 项。

1.3 新一代工业物联网数据管理基础理论与技术研究

研究内容：针对工业物联网创新发展需求，研究端边云协同场景下海量数据采集、存储、查询、处理一体化基础理论，形成时效驱动、资源驱动、负载驱动的时序数据管理体系；研究工业物联网时序数据高鲁棒处理技术，形成工业时序数据的一致性、完整性、时效性、有效性等多维度数据质量画像；融入工业物联网数据管理开源软件生态。

考核指标：提出物联网时序数据管理理论模型；形成新型工业物联网时序数据库软件架构；支持面向时序数据时域、频域、区间、集合、采样等操作 ≥ 5 种；时序数据质量评价维度 ≥ 4 种；形成工业物联网时序数据库管理系统原型，单节点数据写入性能不低于2000万点/秒，读取性能不低于200万点/秒，通过国际TPCx-IoT标准测试认证。

1.4 嵌入域等几何 CAE 基础理论与方法研究

研究内容：研究复杂零部件CAD/CAE模型统一参数化表达方法；研究无网格离散一体化设计分析技术，数据/模型融合驱动的CAE分析技术；研发嵌入域等几何CAE分析内核、显示引擎及超高分辨率图像交互组件，实现众核CPU/GPU异构并行计算；开发国产三维CAE设计分析一体化软件原型，在航空航天、船舶、汽车等行业开展原型应用。

考核指标：形成国产三维CAE设计分析一体化软件原型1套；支持亿级单元规模的嵌入域等几何分析；支持不少于3种典型数据格式的无重构性能分析；在不少于3类行业中进行原型应用。

1.5 集团企业价值链数字生态理论研究

研究内容：针对集团型企业整合多制造基地构建生态价值链的需求，研究集团制造企业多基地价值链数字生态理论，突破制造企业多基地生态价值链模型及演化机理、网状拓扑组织结构、基于区块链的价值链运行、数据驱动的价值链优化、数据智能服务等方法和技术；构建集团制造企业多基地生态价值链应用场景，开展原理验证。

考核指标：形成集团制造企业多基地价值链数字生态理论；突破方法和技术 ≥ 3 类；研发生态价值链支撑构件 ≥ 10 个，获得软件著作权或申请发明专利 ≥ 10 项；在重大装备等离散制造企业得到验证，实现支撑集团企业多基地价值链的协同。

1.6 大规模制造产业网状结构价值链数字生态理论研究

研究内容：针对基于第三方平台构建网状结构生态价值链的需求，研究基于第三方平台的多价值链协同体系、网状结构价值链数字生态理论；突破网状结构价值链及数字生态模型及演化机理、网状拓扑组织结构、基于区块链的价值链运行、数据驱动的价值链优化、数据智能服务等方法和技术；基于第三方平台构建网状结构生态价值链应用场景，开展原理验证。

考核指标：建立基于第三方平台的网状结构价值链数字生态理论，突破方法和技术 ≥ 3 类，研发生态价值链支撑构件 ≥ 10 个，获得软件著作权或申请发明专利 ≥ 10 项，遴选汽车、家电等大规模制造的离散制造业，在第三方平台得到验证，

实现支撑网状结构的多价值链协同。

1.7 大规模制造产业可信溯源理论与方法研究

研究内容：针对大规模制造产业链全域标识数据异构多源、可信度低、实时追溯和协同共享难等问题，研究基于区块链的多源异构数据管理架构、协同共享模型和可信追溯机理；研究面向产业链全域数据溯源共识算法和成员敏感数据实时共享机制；研究大规模产品设计/制造/服务全生命周期数据协同共享和实时追溯方法；构建大规模制造产业可信高效溯源应用场景，开展原理验证。

考核指标：建立基于区块链的大规模制造产业可信溯源理论；突破前沿技术 ≥ 5 项；研发基于区块链的大规模产品数据协同管理和可信溯源支撑构件 ≥ 10 个；在电子信息、通信、汽车等行业开展原理验证；申请发明专利或软件著作权 ≥ 10 项，制定相关标准。

1.8 新一代现场级工业物联网融合组网与配置前沿技术研究

研究内容：针对现场级工业物联网对灵活、便捷接入及确定性低时延等需求，研究新一代现场级工业物联网有线与无线融合组网新技术与新方法；研究基于软件定义的现场级异构网络统一配置前沿技术；研究覆盖工业现场总线、TSN网络、工业无线网络、5G等异构网络协议互联互通与协同新方法；开发基于新一代现场级工业物联网融合的典型行业制造过程管控技术。

考核指标：提出至少5种主流工业有线网络与5G等2

种无线网络互联互通的统一配置新方法；满足工业现场端到端确定性时延抖动 $<1\text{ms}$ ，在钢铁生产、新能源汽车等场景中应用验证；申请相关专利 ≥ 10 项，提出相关国家或国际标准2项。

1.9 流程行业智能工厂数字安全一体化管控理论与方法研究

研究内容：针对流程行业工艺繁多、流程长、工序关联耦合等特点导致的工厂级综合安全管控困难等问题，研究攻击安全、故障安全、失效安全等多种安全机制协同和优化方法；研究基于智能工厂多源危险安全机理和关联特征的一体化风险模型；研究基于AR的工厂危险预知预警方法；研究多模态交叉融合的安全风险一体化管控理论方法；研制流程行业智能工厂安全一体化管控原型系统。

考核指标：开发功能安全与信息安全冲突消解和人机交互风险预知等技术 ≥ 8 项；研发安全一体化管控系统1套，满足功能安全完整性SIL2级，信息安全SL2级；申请发明专利 ≥ 10 项，制定相关标准，在典型行业开展验证。

1.10 数据驱动的制造过程闭环控制分析与优化方法研究

研究内容：面向航空、航天等复杂产品制造过程面临的提质增效重大挑战，研究数据驱动的制造过程闭环控制分析与优化方法，研究产品制造过程数字主线、多性能数据关联分析方法、多目标“预测-反应式”闭环调度方法等基础理论，开发“云边端”协同环境下的运维一体化制造过程优化系统，

在典型行业开展验证。

考核指标：提出数据驱动的制造过程闭环控制分析与优化方法，开发数字主线、关联分析、闭环调度等新技术 ≥ 5 项，开发“云边端”协同环境下的运维一体化制造过程优化原型系统1套；制定相关标准，申请发明专利 ≥ 10 项，在航空航天、能源石化等行业得到验证。

1.11 基于云边端协同的智能产线管控理论和方法研究

研究内容：面向离散行业的精密零件加工无人化、柔性化和智能化需求，研究基于云边端协同的智能产线管控理论和方法。研究基于5G网络的智能产线云边端协同管控系统架构；研究基于横纵向数据流的智能产线OPCUA信息建模和数据封装方法；研究基于视觉的智能产线零件加工质量在线感知新方法；研究基于云边端协同的智能产线精度控制、运行调度、能效优化等新技术。

考核指标：提出基于云边端协同的智能产线管控理论方法；开发智能产线信息建模和数据封装、零件加工质量感知等新技术 ≥ 3 项；研发1套云边端协同的智能产线管控原型系统；申请发明专利 ≥ 10 项；制定相关标准；在高端制造装备、航空航天等行业得到验证。

1.12 基于MEC的边缘控制与实时仿真基础理论与方法研究

研究内容：针对云端化工业软件部署的边缘侧功能分配等问题，研究基于MEC的边缘感知、分析、决策、控制等理论与方法。研究基于MEC的边缘侧行为级编程、基于产

品设计模型的工艺表征与在线规划、制造过程加工/装配工艺代码生成等方法；研究基于多学科联合与机器学习的轻量化仿真方法；构建适用于 MEC 边缘控制与实时仿真的数据集、算法库、工艺包与建模工具等。

考核指标：提出基于 MEC 的边缘控制与实时仿真理论；开发基于 MEC 的边缘控制与实时仿真工具和软件构件≥30 项，实现机器人运动轨迹、机床 NC 代码的自动生成；申请发明专利≥15 项；制定相关标准；在典型行业开展验证。

2. 共性关键技术

2.1 离散行业工业互联网操作系统核心组件研发与应用

研究内容：针对离散制造行业的工业互联网操作系统的接入资源种类多、数据量大和应用场景多的问题，研究面向设备、产品和服务全要素资源接入技术；研究基于大数据与知识深度迁移的异构系统大数据空间共享融通技术；研究基于虚拟仿真时空一致性和多任务调度的双场景驱动工业引擎技术；研制离散制造行业工业互联网操作系统的核心组件，开展应用验证。

考核指标：研制操作系统核心组件，含接口协议库、大数据湖、工业引擎和场景化机理模型库等；提供≥10 个资源接入模型和≥20 种接口协议，≥10 种异构数据和 10 万节点的集成与管理能力；提供操作系统原型样机，在离散行业的设计和制造等场景开展验证；制定国家/行业标准（草案）≥3 项。

2.2 大型工程机械装备设计/制造/运维一体化平台研发

与应用

研究内容：针对复杂施工环境重大工程对大型工程机械装备提出的适应性难题，研究产品设计/制造/运维一体化发展模式；研发基于模型的定制化匹配设计技术及系统，供应链多维度动态协同、智能柔性排产等技术，数据与知识驱动的装备状态监测、故障诊断、性能预测、地质风险预警、远程服务等技术；研发产品设计/制造/运维一体化平台并开展应用验证。

考核指标：建立基于模型的产品设计/制造/运维一体化平台，在3类以上大型工程机械装备研制和复杂施工环境的重大工程建设中进行应用，为重大工程中使用的150台套以上大型工程机械装备提供服务；制定相关标准。

2.3 大规模制造产业工业互联网平台研发与应用

研究内容：针对产业链供应链强链稳链需求，探索以平台为支撑、核心产品为服务载体的产业生态构建机制；研究大规模制造模式下产业链多主体间风险预警、智能决策、资源精准对接等关键技术；研发大规模制造模式下产业生态化协同要素交互模型和资源自组织算法，形成场景智能适配的产业链资源共享工业APP组件库；研发大规模制造产业工业互联网平台并开展应用。

考核指标：建立支持跨域增值、多维生态协同的大规模制造产业工业互联网平台，制定相关标准，在家电电子、汽车制造等行业开展应用，支持产业链协作的企业 ≥ 500 家，提升供应链重塑响应速度 $\geq 20\%$ 。

2.4 个性化定制产业工业互联网平台研发与应用

研究内容：针对个性化定制产业链各环节交互协同密切、产品运维实时性高等难题，研究产品设计、生产、管理、运维统一数据模型、数据开放互联机制等；研究个性化定制产品生命周期全域价值链纵横协同机制和工业机理模型、价值拉动的生态资源重构技术；研发个性化定制产业生态的构建、评估、优化、演进、运行和管控等技术和各业务环节服务组件；研发个性化定制产业工业互联网平台，并开展应用验证。

考核指标：建立基于模型、跨系统业务流程融合的个性化定制产业工业互联网平台，制定相关标准，实现支持产业链协作的企业累计 ≥ 100 家。

2.5 分布式工厂工业互联网平台研发与应用

研究内容：针对分布式工厂间生产资源互联、生产协同执行与质量高效管控等需求，研究分布式工厂协同生产及工业互联网机理和基于 MBSE 的异地协同生产执行、数据驱动的产线运行透明管控、面向生产拉动的智能物流配送、基于数字主线的全产业质量预测与控制等关键技术；研发分布式工厂工业互联网平台并开展应用。

考核指标：建立分布式工厂工业互联网平台，制定相关标准，在民用飞机制造等企业进行应用验证，实现与 50 家以上企业间生产计划、资源使用等协同。