

附件 8

“工业软件”重点专项 2021 年度 项目申报指南

为落实“十四五”期间国家科技创新有关部署安排，国家重点研发计划启动实施“工业软件”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2021 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：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。

2021 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕工业软件及数字生态前沿技术、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等 4 个技术方向，按照基础前沿技术、共性关键技术，拟启动 17 个项目，拟安排国拨经费 1.92 亿元。其中，围绕工业软件及数字生态前沿技术方向，

拟部署 2 个青年科学家项目方向，每个方向支持 2 个项目，拟安排国拨经费 1200 万元，每个项目 300 万元。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。每个项目拟支持数为 1~2 项，实施周期不超过 3 年。申报项目的研究内容必须涵盖二级标题下指南所列的全部研究内容和考核指标。基础前沿技术类项目下设课题数不超过 4 个，项目参与单位总数不超过 6 家，共性关键技术类项目下设课题数不超过 5 个，项目参与单位总数不超过 10 家。项目设 1 名负责人，每个课题设 1 名负责人。

青年科学家项目（项目名称后有标注）不再下设课题，项目参与单位总数不超过 3 家。项目设 1 名项目负责人，青年科学家项目负责人年龄要求，男性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1981 年 1 月 1 日以后出生。原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

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 (青年科学家项目)

研究内容：针对端边云分布式部署的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。

有关说明：青年科学家项目，支持 2 项。

1.2 离散制造全流程工业数据智能理论与方法研究（青年科学家项目）

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，构建基于人工智能的跨平台模型描述/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；申请发明专利或获得软件著作权 ≥ 10 项。

有关说明：青年科学家项目，支持2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；研究新型时序数据压缩与存储技术；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；研发工业物联网数据分析通用算法库；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，单节点数据读写性能均不低于2000万点/秒，支持进行分组聚合运算不低于5000万数据点/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：研究复杂工程结构CAD/CAE模型统一参数化表达方法；研究无需网格剖分的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；研究高精度、高效率、高数值稳定性的先进等几何 CAE 数值方法；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；支持多个零部件的复杂装配体等几何分析；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；突破集团企业生态价值链模型、价值链优化和数据智能服务等方法和技术 ≥ 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，突破网状结构多价值链协同、数据驱动的价值链优化等方法和技术 ≥ 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、协同共享模型和基于多方治理决策的可信追溯机理；研究面向产业链全域数据溯源共识算法和成员敏感数据切片式实时共享机制；研究大规模制造产品设计/制造/服务全生命周期数据标识寻址、实时追溯和可监管隐私保护方法；构建大规模制造产业可信高效溯源典型应用场景及服务平台，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；突破毫秒级跨域切片式实时共享传输、可监管隐私保护等前

沿技术 ≥ 5 项；研发基于区块链的大规模制造产业可信溯源平台，研发可信溯源支撑构件 ≥ 10 个；在电子信息、通信、汽车等行业开展原理验证；申请发明专利或获得软件著作权 ≥ 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：针对智能工厂人机料法环对工业物联网灵活、便捷接入及确定性低时延等需求，研究新一代智能生产线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、纺织化纤等场景中应用验证；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、能源石化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、航空航天等离散制造行业得到验证。

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；研究基于数字孪生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；提供资源接入模型 ≥ 10 个和接口协议 ≥ 20 种，提供不少于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，研究产品研发设计/生产制造/运维服务一体化发展模式和产品生命周期价值链协同技术，基于知识的产品与施工地质环境自适应设计方法，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；研发基于模型的定制化匹配设计、智能化生产排产和装备运维技术及系统，构建大型工程机械装备设计/制造/运维一体化平台；开展应用验证。

考核指标：研发建立基于模型的大型工程机械装备设计/制造/运维一体化平台，支撑产品生命周期价值链协同；形成平台集成定制化匹配设计系统1套、柔性排产模型 ≥ 10 个、价值链协同和运

维服务构件 ≥ 15 个，建立企业标准体系；在硬岩掘进机、钻爆法施工装备等3类以上大型工程机械装备研制以及高原、高寒、缺氧、高地应力、软岩大变形等复杂施工环境的国家重大工程建设中进行应用，支持150台套以上大型工程机械装备的运维服务，支持实现施工速度提升10%以上、维修周期或者成本降低10%以上。

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：针对工业互联网环境下大规模制造产业协同模式创新的需求，面向制造企业为核心的产业价值链，研究基于工业互联网和人/物/业务相联结的价值链协同模式、产业价值链治理与重构机制以及价值链协同业务流程，研究大规模制造产业价值链优化技术、基于区块链的价值链管控技术、数据驱动的价值链业务协同预测/预警技术，研究工业互联网平台架构，研发大规模制造产业工业互联网平台，开发产业价值链协同优化APP组件，以链主制造企业为核心实现平台的应用。

考核指标：建立支撑产业链重构及多维生态协同的大规模制造产业工业互联网平台，研发支持产业链快速重构的工业APP ≥ 10 个，申请发明专利或获得软件著作权 ≥ 15 项，建立企业标准体系，在汽车、家电、电子信息等产业开展应用验证，产业链协同企业 ≥ 2000 家，要素整合周期缩短 $\geq 20\%$ ，产业链重塑响应速度提升 $\geq 20\%$ 。

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：针对工业互联网环境下个性化定制产品生命周期价

价值链各环节交互协同、产品研制和运维服务实时性要求高等难题，面向大型复杂个性化定制产业价值链，研究基于工业互联和人/物/业务相联结的价值链协同模式，研究面向制造企业为核心的产品研发设计、生产制造、运维服务以及与关键配套设备供应协同的统一数据模型和开放共享机制；研究跨系统业务流程融合、产品生命周期全流程协同优化与控制、基于区块链的全域价值链生态资源重构等技术；研发个性化定制产业工业互联平台，开发业务环节服务组件，构建个性化定制的产业生态链模式，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平台 1 个，研发服务组件 ≥ 30 个，建立企业标准体系，申请发明专利或获得软件著作权 ≥ 10 项；在船舶、核电等个性化定制产业实现应用验证，实现典型协同场景 ≥ 10 个，支持产业链协作的企业累计 ≥ 100 家，核心协作企业 ≥ 30 家。

2.5 分布式工厂工业互联平台研发与应用

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机理；研究基于 MBSE 的异地协同生产执行、数据驱动的产线运行透明管控、多源异构数据融合、基于数字孪生的分布式工厂产能协同优化配置、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，开发相关软件；研发分布式工厂工业互联平台并开展应用。

考核指标：建立分布式工厂工业互联平台，开发工业 APP \geq 50 个，连接生产类型 \geq 8 种，飞机总装状态质量预测和问题诊断溯源准确率提高 20%，主制造商和供应商间制造协同效率提升 30%，建立企业标准体系，在国产民用飞机干线客机核心制造企业进行应用验证，实现与不少于 80 家企业开展生产计划、资源使用等协同，支撑产能的大幅度提升。