

附件 2

“网络协同制造和智能工厂”重点专项 2021 年度项目申报指南

为落实《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020 年）》《国家创新驱动发展战略纲要》《“十三五”国家科技创新规划》等提出的要求，国家重点研发计划启动实施“网络协同制造和智能工厂”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：针对我国网络协同制造和智能工厂发展模式创新不足、技术能力尚未形成、融合新生态发展不足、核心技术/软件支撑能力薄弱等问题，基于“互联网+”思维，以实现制造业创新发展与转型升级为主题，以推进工业化与信息化、制造业与互联网、制造业与服务业融合发展为主线，以“创模式、强能力、促生态、夯基础”以及重塑制造业技术体系、生产模式、产业形态和价值链为目标，坚持有所为、有所不为，推动科技创新与制度创新、管理创新、商业模式创新、业态创新相结合，探索引领智能制造发展的制造与服务新模式，突破网络协同制造和智能工厂的基础理论与关键技术，研发网络协同制造核心软件，建立技术标准，创建网络协同制造支撑平台，培育示范效应强的智慧企业。

本重点专项设立基础前沿与关键技术、装备/系统与平台、集

成技术与应用示范等 3 类任务以及基础支撑技术、研发设计技术、智能生产技术、制造服务技术、集成平台与系统等 5 个方向。专项实施周期为 5 年（2018—2022 年）。

2021 年，拟围绕工业互联、工业智能和工业软件等共性关键技术，按照共性关键技术类的布局启动不少于 22 个项目，全部为青年科学家项目，拟安排国拨经费总概算 1.1 亿元。

项目申报统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向进行。除特殊说明外，拟支持项目数均为 1~2 项。项目实施周期不超过 3 年。申报项目的研究内容须涵盖该二级标题下指南所列的全部考核指标。

青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过 3 家。每个项目设 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“拟支持项目数为 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. 共性关键技术

1.1 工业边缘计算系统级建模语言设计与工具研发

研究内容：针对工业边缘计算高复用、可移植等应用设计的

需求，研究支撑控制、组态、数据等多种工业边缘应用开发的系统级图形模块化建模语言；研究微服务与轻量化容器的工业边缘应用分布式部署、动态重构与移植方法；研究工业边缘计算建模语言运行时分布式语义解析与调度方法。

考核指标：形成工业边缘系统级建模语言，实现不少于 10 种工业编程语言混合设计；研发一套建模语言集成开发环境以及运行时系统，支撑不少于 5 种工业边缘计算应用类型开发；制定国家或国际标准 ≥ 3 项，申请发明专利 ≥ 5 项，获得软件著作权 ≥ 5 件。

1.2 基于区块链的可信工业互联网关键技术

研究内容：针对大规模工业互联网场景下的可信数据交互和协调制造需求，研究网络内生的工业区块链架构，设计适配工业制造场景的区块链机制；研究内置区块链的可信协调制造网络管控技术，实现协调制造数据可信传输机制；研究去中心化的可信协调制造技术，实现“区块链+”智慧工业原型平台。

考核指标：围绕“区块链+”智慧工业原型平台，开发软件构件不少于 8 个，具备去中心化的制造任务协同能力，支持对 OPC、Modbus TCP/Modbus RTU 等不少于 50 种主流工业协议的深度解析；在汽车、能源行业开展验证，制定国家、行业/团体/联盟或企业标准 ≥ 2 项，申请发明专利 ≥ 12 项，获得软件著作权 ≥ 5 件。

1.3 场景驱动的产品生态数据空间设计理论与方法

研究内容：面向制造业产品场景化应用的大规模个性化定制

需求，针对跨企业产品生态难互通、服务碎片等问题，研究场景驱动的产品生态数据空间设计理论，跨企业产品生态数据可靠存储、可信交换、集成演化等方法；研究场景驱动的产品生态数据空间服务引擎，形成主动决策及智能服务等方法及技术；研制场景驱动的产品生态数据空间构建、服务及管理原型系统，形成典型解决方案。

考核指标：建立场景驱动的产品生态数据空间设计理论和方法，开发产品生态数据空间构建及服务软件构件不少于 10 个。研制场景驱动的产品生态数据空间构建、服务及管理原型系统，在家电、电子等领域围绕核心制造企业开展验证，产品生态协同服务效率提升不少于 20%。制定国家、行业/团体/联盟或企业标准 ≥ 2 项，申请发明专利 ≥ 5 项，获得软件著作权 ≥ 5 件。

1.4 工业大数据驱动的产品质量智能管控理论和方法

研究内容：研究面向产品质量的多过程汇聚的大数据集成标准、模式和服务架构；研究大数据驱动的生产、运维、设备故障与产品质量之间的关联关系；研究基于机器视觉和深度学习的影响产品质量的生产操作行为识别技术；研究产品质量相关的动态不确定业务过程建模、挖掘和预测理论/方法；面向电气、电子、能源、特种设备等行业开展相关理论、方法和技术验证。

考核指标：开发多源工业大数据集成融合、生产操作行为识别、业务过程挖掘等服务构件不少于 10 个；构建生产运维、设备故障和产品质量因果分析等大数据应用场景不少于 10 个；开

发产品质量管控软件原型，降低产品缺陷率 $\geq 10\%$ ，面向不少于 2 个行业开展验证；制定国家、行业或企业标准 ≥ 3 项；申请发明专利 ≥ 5 项，获得软件著作权 ≥ 5 件。

1.5 制造业产品生命周期价值链多维数据空间及服务理论

研究内容：解决制造业产品生命周期价值链多维数据空间构建及服务问题，研究产品生命周期多维数据空间模型与多维数据集成融合方法，探索基于多维数据空间的产品研发协同模式与数据智能服务方法；研究产品价值链多维数据可视化分析方法、面向多角色的产品知识生成技术以及基于数据空间的因果推断技术。

考核指标：构建产品生命周期价值链多维协同数据空间原型；提出可服务于制造业产品生命周期全业务流程的多维数据知识推理方法与技术，研发基于多维数据空间的多维度数据因果推断、优化管控、分析服务等软件构件不少于 10 项，申请发明专利 ≥ 5 项，获得软件著作权 ≥ 5 件，在典型离散制造行业验证。

1.6 工程知识与数据融合驱动的复杂产品一体化智能设计方法

研究内容：研究工程知识建模及其统一量化表征方法；工程知识与数据融合的快速仿真方法；数据驱动的多学科一体化智能优化方法；搭建工程知识与数据融合驱动的一体化多学科智能设计软件系统。

考核指标：研发 1 套工程知识与数据融合驱动的多学科智能设计软件系统，并在航天、兵器等行业开展应用验证，实现总体、气动、结构、控制等的多学科智能优化设计，典型复杂产品的总

体关键性能指标比传统设计方法提升 20%以上，设计时间缩短 30%以上；申请发明专利 ≥ 5 项，获得软件著作权 ≥ 5 件。

1.7 几何驱动的建模—分析—设计一体化技术及工具

研究内容：解决航空航天等重点工程领域的复杂曲面构件描述复杂、分析精度欠佳及设计过程割裂等问题，研究复杂曲面参数化建模与连续描述技术，完成多类型几何数据的高精度参数化表达；研究复杂曲面性能分析策略，实现跨尺度的分析计算；研究复杂曲面构件的结构—功能集成化设计技术，建立几何驱动的复杂超轻质装备优化设计理论体系；开发几何驱动的复杂曲面构件建模—分析—优化一体化软件。

考核指标：开发建模—分析—设计一体化软件工具 1 套，支持的典型数据格式不少于 2 种；开展高端装备研制领域的应用验证不少于 2 类，设计方案与传统设计相比减重 $\geq 15\%$ ，低维标准空间结构分析结果较试验分析结果精度差异 $\leq 5\%$ ；申请发明专利 ≥ 5 项，获得软件著作权 ≥ 5 件。

1.8 智能生产单元人机交互与自主协同控制技术

研究内容：针对智能工厂环境下人机交互、多机协作等复杂作业需求，围绕智能生产单元人机交互、作业协同、资源适配等核心问题，研究基于增强现实的智能生产单元仿真布局与人机交互验证技术；智能人机交互与多任务运行实时优化技术；多工序路径规划与自主协同控制技术；研究构建智能生产单元人机交互与自主协同控制演示验证原型系统。

考核指标：突破不少于 3 项智能生产单元人机交互与自主协同控制关键技术；构建 1 套智能生产单元协同作业控制原型系统，支持基于视线追踪的智能人机交互。申请发明专利 ≥ 5 项，获得软件著作权 ≥ 5 件，制定国家、行业/团体/联盟或企业标准 ≥ 1 项。

1.9 数据/模型混合驱动的生产线智能协同与自主决策理论

研究内容：针对离散制造柔性生产需求，研究复杂环境下基于数据/模型驱动的智能决策理论；实现不确定环境下分层跨域知识的关联推理与集成演化机理，攻克制造过程的状态检测、全局调度、主动容错等核心关键技术；研究复杂场景多任务生产线数字孪生与自动重构技术，实现制造过程的柔性化与产品定制，并在典型行业进行验证。

考核指标：围绕离散制造，研制基于数据/模型混合的制造过程智能感知、自动重构及自主决策软件构件不少于 8 个；在典型行业开展验证，形成基于数字孪生的智能生产过程验证原型系统 1 套；制定国家、行业/团体/联盟或企业标准 ≥ 2 项，申请发明专利 ≥ 12 项，获得软件著作权 ≥ 5 件。

1.10 基于增强现实的可视化智能装配关键技术与算法

研究内容：研究基于增强现实的智能装配辅助技术，实现智能装配过程的虚实融合；研究基于多种交互模式的可视化智能装配检测方法，实现装配质量的在线检测；研发基于增强现实的智能装配可视化原型系统，并在典型行业进行验证。

考核指标：突破不少于 3 项智能装配可视化、装配质量在线

检测等关键技术与算法；开发基于增强现实的智能装配车间可视化分析原型系统，在典型行业进行验证，实现复杂产品的可视化智能装配；制定国家、行业/团体/联盟或企业标准 ≥ 1 项，申请发明专利 ≥ 5 项，获得软件著作权 ≥ 5 件。

1.11 数据驱动的多价值链群智协同服务技术与方法

研究内容：面向制造企业及协作企业群形成的产业价值链，研究基于第三方平台的制造业多价值链协同数据运行体系，探索多价值链群智协同服务模式；研究价值链协同数据的可信性、多义性和相似性，数据驱动的多价值链服务感知、价值挖掘、关联匹配、多链服务等群智协同技术和方法；研发数据驱动的多价值链群智协同服务构件；基于第三方产业价值链协同平台进行验证。

考核指标：形成典型应用场景及数据运行体系原型，突破数据驱动的多价值链群智协同和群智协同服务关键技术，研发数据驱动的多价值链群智协同服务构件不少于10个，获得软件著作权或申请发明专利 ≥ 10 项；制定国家、行业/团体/联盟或企业标准 ≥ 5 项，并在支持多价值链协同的第三方平台得到验证。

1.12 基于云边环境的智能装备精准运维大数据分析技术

研究内容：面向智能装备运行预测与精准运维的需求，研究机理模型与数据驱动结合的健康评估、故障诊断、寿命预测算法，实现基于联邦学习的自学习、自诊断功能；研究基于工业云的具

有隐私保护、可信认证设备模型构建方法；研究云边协同的数据分析任务全计算过程优化部署方案，开发相应工业云平台及算法库、模型库，并进行平台与软构件的验证。

考核指标：搭建工业云平台，开发不少于 50 项共性算法，构建不少于 10 项智能装备自学习、自诊断模型，模型准确率达到 90%以上；优化部署方案提升资源利用率不低于 30%；开发支持健康管理、故障溯源、寿命预测等 APP 不少于 3 种；在核工业、机器人、高端装备、特种装备等领域开展验证；申请发明专利 ≥ 5 项，获得软件著作权 ≥ 5 件。

1.13 极端服役功能驱动的超大型结构极限轻量化智能设计技术及软件

研究目标:针对航空、航天等领域超大型结构超高承载、极端隔热、高强冲击等服役极限轻量化设计需求，研究力/热功能驱动的晶格材料跨尺度计算方法、材料分布表征建模及结构性能映射规律，形成极端服役功能驱动的超大型结构极限轻量化智能设计理论。突破功能结构一体化模型构建、超大规模点阵结构高效计算等关键技术，研发智能设计软件原型系统，在航空、航天等领域开展验证。

考核指标:开发高性能高效计算等关键软构件不少于 12 个，建立超大型结构极限轻量化智能设计理论；研发自主可控的超大型结构件极限轻量化智能设计软件原型系统 1 套，支持 1000 万以上有限元网格模型的高效数值计算；开展不少于 3 件超大型构

件的设计验证，减重 30%以上；申请发明专利 ≥ 10 项。

1.14 工业智能软件敏捷开发理论与方法

研究内容：针对工业智能应用需要满足非 IT 背景的最终用户开发、基于预测分析精度的模型与服务优化迭代、实现从工业过程驱动转变为工业数据驱动的颠覆性变化，研究工业智能软件工程方法学，研究预测分析智能评估指标驱动的软件迭代过程模型，研究面向工业最终用户、低代码、组件化的工业智能软件开发与运行一体化平台关键技术。

考核指标：面向工业智能软件敏捷开发与持续迭代需求，研发一套融合 CRISP-DM、MDA 框架的工业智能应用软件架构体系，面向特定领域的应用快速组装平台，以及工业数据智能驱动的软件构件库 1 套，并在不少于 3 个智能工业互联网应用场景下进行应用验证。制定行业、团体、企业标准 ≥ 3 项；申请发明专利 ≥ 5 项，获得软件著作权 ≥ 5 件。

1.15 智能制造执行系统中生产设备统一信息建模、智能感知及动态集成方法和使能工具

研究内容：针对生产设备密集型制造车间多型异构生产设备智能优化管控需求，研究面向制造全过程的生产设备统一信息模型建模方法及知识库和模型库；攻克生产设备智能化互联感知、人机交互、云端化普适接入、云边协同优化运行等关键使能技术，开发弱耦合、高内聚及高自治的生产设备优化运行构件；研发支持广域异构生产设备互联感知、动态适配与集成优化管控的智能

制造执行系统。

考核指标：构建生产设备统一信息模型不少于 50 类；开发生产设备智能接入与云边协同软件构件不少于 10 个；研发智能化制造执行原型软件 1 套，在不少于 3 家典型企业开展示范应用，生产设备互联感知覆盖率不低于 90%，生产运行效率提升不低于 10%；制定国家、行业/团体/联盟或企业标准 ≥ 2 项，申请发明专利 ≥ 5 项，获得软件著作权 ≥ 5 件。

1.16 面向增材制造的多物理场耦合优化方法研究及工具开发

研究内容：针对航空航天、汽车、能源动力等行业对产品的创新需求，研究力学特性、散热、导流、电磁辐射等多物理场耦合的基于密度梯度的变边界载荷隐式加载方法、边界控制拓扑优化方法；研究综合考虑支撑/粗糙度/打印方向/多工序协同加工/材料不确定性及失效模式等增材制造工艺约束的产品结构创成式设计方法；开发面向增材制造的固、热、流、电磁等多物理场耦合优化工具。

考核指标：攻克面向增材制造的多物理场耦合优化的关键技术不少于 3 项；研发一套软件工具，支持固、热、流、电磁等多物理场的耦合优化，考虑支撑/粗糙度/打印方向/多工序协同加工等增材制造工艺约束；开发面向热固、热流、热光等多物理耦合新型结构不少于 3 个，验证结构功能性能；申请发明专利 ≥ 5 项，获得软件著作权 ≥ 5 项。

1.17 大型复杂颗粒—流体系统的高精度建模优化关键技术研究与软件开发

研究内容：针对复杂极端条件下的大规模颗粒—流体系统的高精度数学建模需求：提出具有广泛尺寸分布的大规模颗粒群与流体耦合作用的高精度建模优化理论和技术；揭示极端情况下流—固耦合动量、热量或质量传递机制。

考核指标：攻克复杂极端工况下颗粒—流体耦合作用中关键技术不少于3项，开发数值模拟软件不少于3套；在航空航天发动机、增材制造、医药等领域开展工程试用；在复杂多相、颗粒粘固结、高速、高温、高压等极端情况下两相或多相流动损失的预测精度大于颗粒追踪模型5%以上；申请发明专利 ≥ 5 项，获得软件著作权 ≥ 5 件。

1.18 面向网络协同制造的开放性知识融合与服务技术

研究内容：研究制造服务领域知识组织和融合方法、知识图谱的智能构建技术及方法；研究开放性知识融合与服务技术标准体系和基于知识图谱的智能服务支持模型；并在典型网络协同制造平台中开展应用验证。

考核指标：形成开放性知识融合与服务技术标准体系，并制定国家、行业/团体/联盟或企业标准 ≥ 3 项；研发基于知识图谱的智能服务支持模型，在家电、航空航天、新能源等行业网络协同制造平台中开展应用验证，支持平台实现基于知识图谱的制造服务领域知识智能推送、智能检索及智能问答等服务功能；申请发

明专利 ≥ 5 项，获得软件著作权 ≥ 5 件。

1.19 离散智能车间制造资源自适应动态集成方法及优化运行支持技术

研究内容：针对离散制造车间分散异构制造资源信息集成交互难题，研究制造资源多模态信息融合感知方法及多协议自适应交互和互联技术，研究多工位柔性布局的资源协同配送与路径优化方法；研发支持多协议智能交互的边缘网关及车间全互联制造网络；攻克工艺参数网络化决策、制造过程能效优化提升、制造资源智能动态调度等离散智能车间优化运行支持技术，开发制造资源动态集成优化运行工业 APP。

考核指标：形成离散智能车间制造资源全信息模型建模工具 1 套；研发制造资源多协议智能交互边缘网关及互联网络 1 套，支持 20 种以上制造业务数据边缘处理；开发制造资源动态集成与优化运行的工业 APP 不少于 10 套，并在 3 家以上企业开展示范应用；制定国家、行业/团体/联盟或企业标准 ≥ 2 项，申请发明专利 ≥ 5 项，获得软件著作权 ≥ 5 件。

1.20 支持增量集成的装备 CAE 开源软件理论与方法

研究内容：解决装备 CAE 开源软件的集成问题，研究知识/经验驱动的参数智能优化理论与异构自适应开源仿真计算方法；研发任务驱动的装备 CAE 软件开放数据接口标准和商业仿真软件支撑软构件，形成融合开源软构件的增量集成方法；研发面向装备设计仿真的在线云编程环境，开发原型系统，培育基于 CAE

开源软件的产业价值生态。

考核指标：建立异构自适应开源仿真算法库，开发关键算法不少于5个；开发数据接口、增量集成、在线编程等软构件不少于5个；选择盾构/高铁等复杂装备领域的典型设计仿真场景验证，开源生态融入装备制造产品全生命周期价值网络。制定国家/行业/企业标准 ≥ 1 项；申请发明专利 ≥ 5 项，获得软件著作权 ≥ 5 件。

1.21 自由曲线曲面设计与求交理论与方法

研究内容：针对我国CAD几何引擎稳定性差等瓶颈问题，研究自由曲线曲面新型拟合与逼近理论与算法，攻克自由曲线曲面投影、偏置和过渡算法以及自由曲面上的自由曲线设计难点，研究自由曲线曲面求交及其误差分析，建立自由曲线曲面设计质量评测方法，研发自由曲线曲面设计与求交及其评测开源软件工具。

考核指标：面向任意次数的自由曲线曲面，提出自由曲线曲面设计与求交理论与方法，通过拓扑类型分析提高求交算法的精度；研发一套自由曲线曲面高精度设计与求交开源软件、一套完备的自由曲线曲面设计与求交误差度量与评测开源工具；在航空、船舶等核心零件造型中应用验证；申请发明专利 ≥ 5 项，获得软件著作权 ≥ 5 件。

1.22 面向工业互联网的智能制造管理软件快速构建方法

研究内容：研究面向领域需求的知识表述与融合方法、需求到软件模型的智能化辅助转换方法，工业管理软件多层面统一建模方法及其代码生成技术，基于云原生技术的在线开发运维一体

化方法；形成开源工业管理软件模型描述体系。

考核指标：形成开源工业管理软件模型描述体系 1 套和管理软件快速构建工具集 1 套，支持的模型数量不少于 30 个；在汽车、大型装备制造等行业的管理软件领域开展应用验证，支持在线协同开发、模型智能辅助生成、动态个性化定制、弹性扩容等，提升软件开发效率 60% 以上；制定国家、行业/团体/联盟或企业标准 ≥ 2 项；申请发明专利 ≥ 5 项，获得软件著作权 ≥ 5 件。