

关于发布未来工业互联网基础理论与关键技术重大研究计划 2023 年度项目指南的通告

以下内容转载自基金委网站：<https://www.nsf.gov.cn/publish/portal0/tab442/info90019.htm>
更详细信息见上述链接

未来工业互联网基础理论与关键技术重大研究计划

2023 年度项目指南

未来工业互联网是新一代信息通信网络技术与工业制造深度融合的全新工业生态、关键基础设施和新型应用模式，通过人机物的安全可靠智联，实现生产全要素、全产业链、全价值链的全面连接，推动制造业生产方式和企业形态根本性变革，形成全新的工业生产制造和服务体系，显著提升制造业数字化、网络化、智能化发展水平。

本重大研究计划瞄准工业互联网国家重大战略需求，围绕未来工业互联网的重大核心科学问题，打通未来工业互联网基础研究、原始创新的“最先一公里”和科技成果转化、产业化应用的“最后一公里”，为我国工业互联网发展水平走在国际前列奠定理论和技术基础。

一、科学目标

瞄准工业互联网国家重大战略需求，把握未来工业互联网发展趋势，创新工业互联网全要素互联的结构化组织机理、生产制造流程的柔性构造机制、产业链与价值链的网络化调控原理等基础理论与方法，突破一批核心关键技术，完成三个以上工业制造典型场景的集成示范验证，形成若干重大基础性原创成果，培养一批有国际影响力的人才和团队，推动工业互联网应用与服务的范式变革，为构建要素互联结构化、生产制造流程化、工业网络体系化的产业新生态奠定理论和技术基础，引领未来工业互联网的科学发展。

二、核心科学问题

本重大研究计划针对未来工业互联网生产要素互联的时空关系演变及调控规律这一核心问题，围绕以下三个科学问题展开研究。

（一）全要素互联的结构化组织机理。

针对未来工业互联网人机物全要素安全可靠互联的系统复杂性难题，重点解决如何刻画未来工业互联网全要素互联的联接关系与结构关系，如何度量其复杂性并构建相互控制关系等问题。重点研究未来工业互联网按需联接的本征模型与调控机理、生产要素数据多维表征及结构化组织机理、全要素互联的系统熵理论。

（二）生产制造流程的柔性构造理论与方法。

面向未来工业互联网柔性化制造全流程的流畅性与稳定性要求，重点解决如何精准刻画未来工业互联网生产链制造全流程中的误差传播、有效识别生产流程的脆弱性、定量评估生产线重构的收敛性等问题。重点研究未来工业互联网柔性化制造全流程的容差分析与传播模型、全流程稳定性构建方法、全流程重构的理论与方法。

（三）产业链与价值链的网络化调控原理。

针对未来工业互联网生产制造的全产业链、全价值链耦合与复杂调控关系，重点解决如何从效率角度建立网络化产业链模型、从效用角度建立网络化价值链模型，如何实现跨产业链与价值链联动的多目标调控优化等问题。重点研究未来工业互联网生产制造的全产业链构建模型、全价值链构建模型、跨链耦合的网络化调控原理。

三、2023 年度资助研究方向

（一）培育项目。

围绕上述科学问题，以总体科学目标为牵引，2023 年度对于探索性强、选题新颖、前期研究基础较好、产学研用相结合的申请项目，将以培育项目方式予以资助，建议研究内容围绕以下方向。

1.工业互联网智能模型的安全检测与防护方法(申请代码 1 选择信息科学部或数理科学部所属申请代码)。

面向工业互联网智能模型的安全检查和防护需求 ,针对工业互联网中智能模型不确定和安全风险问题 ,研究工业互联网智能模型的脆弱性机理、安全性检测方法与防护加固方法 ,建立完备的工业互联网智能模型安全体系 ,构建智能模型的安全风险检测框架 ,突破工业互联网智能模型全生命周期的安全检测评估和防护加固技术 ,并构建工业互联网智能模型安全检测与防护原型系统 ,开展关键技术的应用验证。

2.工业互联网生成式人工智能方法与关键技术(申请代码 1 选择信息科学部或数理科学部所属申请代码)。

面向生成式人工智能技术变革和工业互联网对高质量数据资源的需求 ,研究工业互联网机器设备时序数据的生成方法 ,建立通用时序数据生成大模型 ,探索多模型训练策略及受控生成技术 ,结合装备运行物理机理的工业物联网数据质量画像与改进算法 ,突破关键设备故障多传感器数据缺失和长尾分布难题 ,结合工业 AI 故障检测、预测性维护等典型场景开展应用验证。

3.面向智能制造的弹性控制与智能决策(申请代码 1 选择信息科学部、工程与材料科学部或管理科学部所属申请代码)。

针对典型高端智能制造场景下信息域与物理域跨域强耦合、多层次、时空分离等难题 ,探索生产制造流程的多层复杂网络建模方法 ,研究多产线、多车间分布式柔性调度技术 ,提高大规模动态网络分布式优化决策效率 ;研究多源不确定条件下复杂工业网络自适应调控理论与技术 ,为

工业互联网产线级、车间级精准协同提供关键技术支撑，并在航空航天等高端智能制造场景下开展验证。

4.面向流程工业的节能降碳优化控制与智能决策(申请代码 1 选择管理科学部、信息科学部或工程与材料科学部所属申请代码)。

针对冶金等流程工业的要素配置失灵与能源低效利用问题 ,开展节能降碳优化控制与智能决策理论研究,形成物质流与能量流的智能协同与优化方法,构建新型绿色低碳管控平台,实现对所提优化控制与智能决策方法和关键技术的应用验证。

5.工业互联网质量的度量方法与评价体系(申请代码 1 选择管理科学部所属申请代码)。

针对应用于各种场景下的大规模工业互联网复杂性和多样性评价参数难以获取的问题 ,探索多维度、多尺度的工业互联网质量度量指标体系,研究适用于多种工业互联网场景的度量模型,实现对工业互联网质量的全面定量或定性评价 ;研究工业互联网质量的分析评估建模理论及方法,综合评估工业互联网人机物料法环全要素的可适配性问题。面向典型工业应用场景开展关键技术应用验证。

(二) 重点支持项目。

围绕核心科学问题,以总体科学目标为牵引,2023 年对于前期研究成果积累较好、对总体目标在理论和关键技术上有较大贡献、具备产学研用合作基础的申请项目,将以重点支持项目方式予以资助,重点支持方向如下。

1.面向远海远域产业链的跨时空高可靠传输与组网技术(申请代码 1 选择信息科学部所属申请代码)。

面向远海远域等全球制造场景,聚焦全球产业链的全要素安全可靠互联、生产制造流程的柔性重构等难点问题,研究基于低轨星座的全球制造链跨时空全要素互联模型与机理 ;研究地海天跨域协同的高可靠并发信息分发技术,实现远海远域制造场景下的差异化、大规模高可靠传输 ;

研究多维时空信息辅助的星地资源协同调度技术,实现对紧急任务及重要环节的精准定位;研究异构业务下的制造链信息高效协同计算技术,解决制造链协同敏捷实时响应与星上处理资源严苛受限的矛盾。选取典型远海、远域(例如沙漠无人区等)产业链场景开展验证,满足典型场景的组网节点数量不小于100万个,信息传输可靠性不低于99.99%等关键指标。

2.面向规模化离散制造的异构生产资源协同控制与智能优化(申请代码1选择信息科学部或工程与材料科学部所属申请代码)。

针对规模化离散制造异构协同场景中动态高并发智能优化难等瓶颈问题,构建异构生产要素多维态智能融合感知模型;研究高确定性工业互联网架构与异构生产资源管理技术,实现业务时延与时序服务质量确定的生产资源协同控制;研究高实时、强鲁棒的异构组合设备智能调度算法,实现通信-计算-作业的高可靠一体化。选取汽车零部件制造等典型规模化离散制造场景开展关键技术验证,支持不少于50类PLC和CNC控制系统的异构设备通信与协同控制,在联设备不少于500台,离散智能制造系统中单任务的网络通信、控制与计算的合计延时低于0.01秒,提升系统生产效率20%以上。

3.面向工业互联网柔性制造系统的优化算法理论及稳定性分析(申请代码1选择数理科学部所属申请代码)。

面向工业互联网柔性化制造流程的敏捷性和稳定性要求,探索制造系统柔性协同的物理机理,建立生产、输送和资源调度一体化数学模型和优化决策理论,实现工业互联网柔性制造全流程云-边-端高效协同与大规模任务需求精准适配;研究稳定高效的在线自适应优化算法,实现优化算法的稳定性快速分析与自适应生成。针对柔性制造典型应用场景开展理论与方法验证,实现大规模柔性制造任务需求下秒级任务规划与资源调度,降低任务延迟时间20%以上,提高生产效率20%以上。

4.工业互联网轻量化智能软件体系架构(申请代码1选择信息科学部所属申请代码)。

针对工业互联网云-边-端下行应用场景，研究智能软件构建方法，突破融合 IT-OT 的业务语义数据建模、支持云上实时机器学习的数据副本机制、学习模型边缘敏捷部署、数据模型算法三者协同管理等关键技术，构建层次化、轻量化软件架构体系，结合复杂装备智能维护、协同制造、跨域融合等典型场景，开展软件理论、方法与架构的有效性验证，显著提升工业互联网智能软件开发与运行效率，感知工况规模千万以上，机器学习节点数据同步时间小于 1 毫秒，边缘模型更新速度达到秒级。

5.基于工业互联网的复杂产品研发制造运维一体化管理技术(申请代码 1 选择管理科学部或工程与材料科学部所属申请代码)。

围绕基于工业互联网的复杂产品研发制造运维全生命周期一体化运作的重大需求，针对数字化网络化智能化环境下协同流程构建、跨类型模型融合、自组织决策等问题，研究复杂产品研发制造运维一体化运作的价值关系与协同机理、跨生命周期的研制迭代优化与运行机制、多级闭环决策体系与智能决策方法、数据驱动的一体化协同流程构建方法、全过程智能优化与自适应控制方法，构建基于工业互联网的研发制造运维一体化管理新模式。面向航空、航天等重大装备研制的典型场景，开展基础理论与方法的有效性验证，缩短复杂新产品研发周期 15%以上，降低非固定制造成本 20%以上。

6.面向大规模定制的协同感知与柔性调控理论与关键技术(申请代码 1 选择信息科学部或管理科学部所属申请代码)。

面向大规模定制的工业互联网生产全要素信息精准感知与自适应调控需求，针对协同制造场景下分布式融合感知与高精度柔性调控等难题，研究工业互联网超低功耗协同感知模型、多目标耦合机理与分布式推理机制；探索大规模定制化制造网络的多重入闭环与时空解耦特征，研究强不确定性下复杂工业网络的轻量化建模、分析与牵制协同控制理论，建立敏捷响应与弹性供给的生产链调控技术与方法体系；面向装备制造、流程工业、汽车、电子等典型大规模定制应用场景，

在不少于 2 个行业开展协同感知与柔性调控理论方法与关键技术应用验证，实现边缘侧智能控制模块吞吐量不少于每秒 10 万条数据更新、控制指令间隔不高于 10 毫秒、控制任务响应准确率不低于 95%。

（三）集成项目。

在本重大研究计划前期布局和资助成果的基础上，集中优势力量，围绕以下方向进行集成，力争实现跨越发展。

1.基于新型工业互联网体系架构的全要素按需协同互联集成演示验证(申请代码 1 选择信息科学部所属申请代码)。

面对大规模生产要素的工业场景复杂性、动态性、多样性等特点和生产任务无人化、协同化、柔性化等需求，通过集成本重大研究计划前期布局项目的研究成果，重点围绕生产全要素按需协同互联的新型工业互联网体系架构、面向全链条生产要素动态交互关系的工业互联网信息模型及其网络化表征、扁平化分布式的融合型标识解析体系、知识-数据模型联合驱动的全要素感知接入与群智协同交互控制、通感算资源跨域跨链的高效协同交换与按需适配调控、大规模高效协作的新型智能网元及分布式操作系统、基于数字孪生的工业互联网服务平台等新模式、新机制、新理论与新方法，深化未来工业互联网生产全要素按需协同互联与融合集成等问题的研究；依托工业互联网创新数字孪生驱动的生产全要素管理与决策一体化模式，形成满足新型体系架构和信息模型要求的未来工业互联网集成系统，构建支撑生产全要素与全产业链资源高效协同的未来工业互联网技术体系与演示验证环境，并在装备制造、消费电子、交通、冶金、化工、矿山等行业中的不少于 3 个典型应用场景开展创新应用示范，促进前期布局项目研究成果加速转化落地。

2.生产制造流程的柔性构造理论方法与技术集成演示验证(申请代码 1 选择工程与材料科学部或管理科学部所属申请代码)。

面向设计制造一体化的个性化定制与敏捷制造模式,通过集成本重大研究计划前期布局项目的研究成果,重点围绕多品种变批量柔性生产过程中分布式资源调控机制、多变量误差传播与耦合机理,面向生产系统柔性重组的软件可定义的设备、安全工控网络和互操作总线、可制造性的工艺设计,全流程多类型跨尺度生产质量调控、小样本生产数据驱动工艺优化,以及多层级多维度柔性制造系统可靠性建模与辨识等新模式、新机制、新理论与新方法,深化工业互联网柔性构造与动态调控、可重构的设计制造协同优化、质量精准评价与数字化追溯等问题研究,依托复杂动态工业场景柔性制造全流程协同调控与质量控制新模式,构建支撑生产制造流程柔性构造的技术体系与验证环境,并在航空、航天、装备制造等不少于 3 个行业中的典型应用场景开展创新应用示范,促进前期布局项目研究成果加速转化落地。

四、项目遴选的基本原则

为确保实现总体目标,本重大研究计划要求研究内容必须符合指南要求,把握工业互联网发展趋势,结合工业互联网的实际问题,提炼基础科学问题开展创新性研究。

(一)要求研究与未来工业互联网相关的基础科学问题,即在申请书中需要明确解释研究对象的具体应用场景及需求,需要明确研究问题对全要素互联的结构化组织机理、生产制造流程的柔性构造理论与方法、产业链与价值链的网络化调控原理等核心科学问题的贡献。

(二)在阐述国际发展的最新态势及该方向在重大研究计划支持下已经取得的重要进展基础上,要归纳提炼明确的科学问题。

(三)针对科学问题,研究队伍要有明确的分工,发挥各自优势,开展联合攻关和协作研究,形成有机的研究链条,建议积极吸纳工业互联网用户单位为项目参与单位。

(四)要明确对实现重大研究计划总体目标和解决核心科学问题的贡献。

(五)要明确具体应用场景,研究目标中应包含可量化、可考核的指标。

五、2023 年度资助计划

2023 年度拟资助培育项目 8 项，直接费用资助强度约为 80 万元/项，资助期限为 3 年，申请书中研究期限应填写“2024 年 1 月 1 日-2026 年 12 月 31 日”；拟资助重点支持项目 6 项，直接费用资助强度约为 230 万元/项，资助期限为 3 年，申请书中研究期限应填写“2024 年 1 月 1 日-2026 年 12 月 31 日”；拟资助集成项目 2 项，直接费用资助强度约为 1000 万元/项，鼓励申报单位和地方政府部门按照 1:2 配套，资助期限为 2 年，申请书中研究期限应填写“2024 年 1 月 1 日-2025 年 12 月 31 日”。

六、申请要求及注意事项

（一）申请条件。

本重大研究计划项目申请人应当具备以下条件：

1. 具有承担基础研究课题的经历；
2. 具有高级专业技术职务（职称）。

在站博士后研究人员、正在攻读研究生学位以及无工作单位或者所在单位不是依托单位的人员不得作为申请人进行申请。

（二）限项申请规定。

执行《2023 年度国家自然科学基金项目指南》“申请规定”中限项申请规定的相关要求。

（三）申请注意事项。

申请人和依托单位应当认真阅读并执行本项目指南、《2023 年度国家自然科学基金项目指南》和《关于 2023 年度国家自然科学基金项目申请与结题等有关事项的通告》中相关要求。

1. 本重大研究计划项目实行无纸化申请。申请书提交日期为 2023 年 9 月 13 日 - 9 月 19 日 16 时。

（1）申请人应当按照科学基金网络信息系统中重大研究计划项目的填报说明与撰写提纲要求在线填写和提交电子申请书及附件材料。

(2) 本重大研究计划旨在紧密围绕核心科学问题，将对多学科相关研究进行战略性的方向引导和优势整合，成为一个项目集群。申请人应根据本重大研究计划拟解决的具体科学问题和项目指南公布的拟资助研究方向，自行拟定项目名称、科学目标、研究内容、技术路线和相应的研究经费等。

(3) 申请书中的资助类别选择“重大研究计划”，亚类说明选择“培育项目”、“重点支持项目”或“集成项目”，附注说明选择“未来工业互联网基础理论与关键技术”，根据申请的具体研究内容选择相应的申请代码。

培育项目和重点支持项目的合作研究单位不得超过 2 个，集成项目的合作单位不得超过 4 个。

(4) 申请人在申请书“立项依据与研究内容”部分，应当首先说明申请符合本项目指南中的拟资助研究方向，以及对解决本重大研究计划核心科学问题、实现本重大研究计划科学目标的贡献。

如果申请人已经承担与本重大研究计划相关的其他科技计划项目，应当在申请书正文的“研究基础与工作条件”部分论述申请项目与其他相关项目的区别与联系。

2. 依托单位应当按照要求完成依托单位承诺、组织申请以及审核申请材料等工作。在 2023 年 9 月 19 日 16 时前通过信息系统逐项确认提交本单位电子申请书及附件材料，并于 9 月 20 日 16 时前在线提交本单位项目申请清单。

3. 其他注意事项。

(1) 为实现重大研究计划总体科学目标和多学科集成，获得资助的项目负责人应当承诺遵守相关数据和资料管理与共享的规定，项目执行过程中应关注与本重大研究计划其他项目之间的相互支撑关系。

(2) 为加强项目的学术交流，促进项目群的形成和多学科交叉与集成，本重大研究计划将每年举办 1 次资助项目的年度学术交流会，并将不定期地组织相关领域的学术研讨会。获资助项目负责人有义务参加本重大研究计划指导专家组和管理工作组所组织的上述学术交流活动。

(四) 咨询方式。

国家自然科学基金委员会信息科学部信息科学二处

联系电话：010-62327929，62327807，62327090