

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 大型复杂颗粒一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一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；揭示极端情况下流一固耦合动量、热量或质量传递机制。

考核指标：攻克复杂极端工况下颗粒一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