

“十四五”国家重点研发计划“交通载运装备与智能 交通技术”重点专项 2023 年度项目申报指南

(征求意见稿)

1.交通运载装备共性技术

1.1 高能效高功率密度电动直驱牵引传动系统技术（共性关键技术类）

研究内容：研究基于安全和高能效的主动导向直驱牵引传动系统拓扑结构和信息感知技术；研究高功率密度直驱电机增效设计技术，研究基于实时控制的电力直驱牵引/制动技术，研究直驱系统控制策略和协同机制；研究直驱传动系统的机电耦合技术，研究驱动部件的动力学性能和优化技术，研究面向高能效高功率密度的载运装备电动直驱系统多物理场协同仿真技术；研究直驱系统服役可靠性试验验证技术，研究直驱系统服役健康监测及故障诊断技术；研制轨道交通和水运交通典型载运装备的电动直驱系统，开展试验验证。

考核指标：面向轨道交通和水运交通的典型载运装备，形成高能效高功率密度电动直驱牵引传动系统设计、试验和

运维技术体系和标准；研制高效高功率密度的电动直驱牵引/推进电机，研制基于实时控制的高功率密度牵引/推进和制动系统，研制电动直驱牵引/推进传动系统及其全生命周期监测故障诊断设备；构建轨道交通和水运交通典型载运装备新型电动直驱系统集成试验平台，开展电动直驱系统的试验验证；典型载运装备电动直驱系统效率 90%以上，直驱牵引/推进电机效率不低于 94.5%，比传统机械传动驱动设备节能 10%以上，主要设备功率密度提升 15%以上，直驱系统机电设备整体减重 10 % 以上。

关键词：电动直驱电机，电动直驱牵引传动系统，载运装备

1.2 氢能驱动时速 250km 级高速列车关键技术(共性关键技术类)

研究内容：面向轨道车辆绿色、低碳的发展需求，开展氢能驱动高速列车关键技术与装备研制。具体包括：研究高性能氢动力系统在轨道交通服役条件下的应用技术，研究形成适用于轨道交通高速列车的氢动力系统顶层设计指标、技术路线和技术体系；研究轨道交通高速列车用大功率、高效率、长寿命、模块化氢动力系统设计及集成技术，研究高载氢量需求下储氢系统高效存储、架构安全、跨车供氢与

快速加注技术，研制适配氢能高速列车牵引、制动特性的高功率密度储能装置；建立基于轨道交通运行工况的氢动力系统仿真平台，研究面向高速列车应用的氢动力多源耦合技术，研究具备协调控制、容错控制的集群式氢动力系统综合能量管理技术；研究基于氢能高速列车总体架构匹配需求的轻量化承载、减阻节能及高效传动技术；研究高速列车运行条件下氢能动力系统故障预警与健康管理技术，建立轨道交通通用氢安全评估及试验测试方法；研制氢能高速列车样车并完成试验验证。

考核指标：建立适用于轨道交通高速列车的氢动力系统顶层设计指标、技术路线和技术体系，形成轨道交通装备氢气安全评估标准草案和燃料电池轨道交通装备相关标准草案 4 份；形成轨道交通燃料电池基动力系统功率、能耗及寿命等测试规程 1 套；研制轨道交通高速列车用燃料电池发电系统，系统功率密度大于 600W/kg、额定功率下发电效率不低于 50%，电堆设计寿命不低于 25000 小时、单堆额定功率不低于 350kW、功率密度不低于 4.5kW/L；适配氢能动力的传动系统效率不低于 83%，储能系统功率密度不低于 800W/kg、能量密度不低于 60Wh/kg，综合能量管理单元具备 SiL-2 安全等级及热备冗余构架；CO₂、NO_x 排放为 0，车载存储满足续航里程大于 700 公里运行需求；非储能多能源

耦合动力系统并行运行效率不低于功率总和的 98%（不计入充放电储能损耗）；建立燃料电池基混合动力系统能耗仿真平台 1 套；研制氢能源高速列车样车，完成运行实验验证，最高时速不低于 250 公里，续航里程大于 700 公里，形成氢能驱动高速列车试验测试规程 1 套。

关键词：氢能，燃料电池基动力系统，氢动力高速列车

1.3 氢能驱动典型船舶关键技术（共性关键技术类）

研究内容：面向船舶绿色低碳的发展需求，开展氢能驱动船舶关键技术研发。具体包括：研究氢能动力与船舶适配性评估方法和全船布置与总体设计技术；研究船舶氢气储供、加注及安全防护技术，研究氢能在船舶应用全生命周期的风险识别和风险评估技术；研究船用燃料电池系统控制与优化技术，开发船用高效大功率燃料电池系统；研究船舶多能源耦合电力组网、电能控制与电力推进技术；研发典型的氢能驱动船舶，实现示范验证。

考核指标：研发氢能驱动船舶动力适配性评估指南和软件，编制氢能驱动船舶设计标准，不少于 3 份；编制船舶氢气加注指南、氢能在船舶应用风险评估指南、氢能驱动船舶操作指南，不少于 3 份；研制船用高效大功率燃料电池系统及配套的氢气储供和加注系统，燃料电池额定功率不低于

500 千瓦、效率不低于 55%；多能源耦合电力组网全工况母线电压动态调节时间不超过 1 秒，母线电压稳态误差小于 1.5%，突加突卸 50%额定功率负荷时瞬态电压波动不超过 15%，推进电机驱动系统平均效率不低于 94%，转速稳态误差小于 0.1%；开发至少 10 种氢能驱动典型船舶方案，其中氢燃料供应系统和典型涉氢区域通过仿真验证，水域涵盖沿海和内河，船型包括客船、散货船、液货船和集装箱船等，排水量为 1000 至 6000 吨，方案通过专家评审；在上述船型方案中选取一种完成实船示范验证，排水量不少于 1000 吨，航速不低于 12 节，续航不低于 120 海里，额定工况下燃料电池输出功率不低于总功率的 70%。

关键词：燃料电池，多能源耦合电力推进，氢能动力船舶

2. 自主式交通系统共性技术

2.1 交通载运装备数字化与孪生系统技术（共性关键技术类）

研究内容：研究自主式交通系统载运装备数字化与孪生系统体系架构，研究不同物理尺度和系统层次的自主交通系统中载运装备及相关系统组分的数字化技术，研究动态环境下自主交通系统设备智能控制和状态预测技术，研究支持多

源异构、多模态、多尺度、多范式设备和组件的数字孪生系统构建技术。研究自主式交通系统载运装备数字化模型构建与更新关键技术，研究构建不同物理尺度和系统层次的自主式交通载运装备数字化模型库，研究构建支撑规模异构、多范式自主交通载运装备在信息空间的安全、实时、可靠交互平台。研究自主式交通系统载运装备物理实体与数字孪生模型的可信映射、实时交互与精准响应技术，研究在有限资源限制下系统物理实体与数字孪生模型之间的多目标驱动资源优化和调度算法。研究自主式交通系统载运装备基础仿真技术，研制自主式交通载运装备基础仿真工业软件，支持自主式交通系统设计、仿真、评估、优化和验证。研究自主式交通系统载运装备信息物理原型平台集成构建技术，研制支持超规模异构、多模态、跨层次的自主式交通系统载运装备信息物理平台，实现支持不同自主式载运装备渗透率下的全局交通态势仿真、评估、优化和验证。

考核指标：形成自主式交通系统载运装备数字化建模技术标准规范；建立不同交通方式、不同自主化水平下的交通载运装备数字化模型；形成自主式交通系统载运装备物理实体与数字孪生模型信息交互与接口技术规范；形成自主式交通系统信息物理系统标准规范。研制自主式交通系统基础仿真工业软件，支持不同自主化水平下 4 种交通方式自主式交

通系统载运装备设计、仿真、评估、优化和验证；嵌入不少于 400 个组分、功能、互操作关系和测试评估数字化模块，其中支撑传感器性能仿真验证的数字化高保真模型不少于 100 个。建立功能可配置、场景可选择的自主式交通系统信息物理平台，支持不少于 4 种交通方式、不同自主化水平下典型场景不少于 20 个；用于大规模模拟评估、演化分析的单元节点不少于 600 个；形成基于信息物理平台的自主式交通系统应用和服务模式不少于 50 个。

关键词：自主式交通系统，交通载运装备数字化，孪生系统

2.2 自主式交通系统计算技术（共性关键技术类）

研究内容：研究支持自主式交通计算需求的交通系统一体化信息模型和集成架构。研究多载运装备耦合协同的交通状态全息感知、认知模型、可信交互和评估技术。研究考虑多关联因素的载运装备在途运行行为语义化认知计算、决策与位姿控制技术；研究行为偏好的多模态载运装备级联控制与优化技术。研究面向提高交通计算效率和精准度的基础算法，研究自主交通导向的感知、通信、计算和决策基础技术，研究人工智能与交通计算及控制需求的融合技术，研究类生物进化机制在自主交通系统中的应用技术，研究自主式交通系统的信息安全相关算法与技术，研究自主式交通系统多粒度 RAMSI（可靠性、可用性、可维护性、安全性与互操作性）评估模型与计算方法，形成载运装备端自主式轻量化、高效计算技术。研究支持不同自主化水平下交通计算与互操作需求的自主式交通系统平台构建技术，形成载运装备侧和运营管控侧计算平台。

考核指标：建立自主式交通系统交通状态及其载运装备在途状态语义化表达标准规范，自主式交通系统信息建模与数据集成标准规范。实现在 100km² 内城域交通网自主式交通系统中整体出行效率提升 10%、基于群体博弈的路网交通

效率提升 10%和决策评估效率提升 20%的技术能力；建立自主式交通系统模型库，自主式交通系统信息模型库中载运装备信息模型不少于 200 个、基础算法模型不少于 500 个和专用算法模型不少于 200 个。

关键词：自主式交通系统，计算技术，载运装备

3. 轨道交通载运装备与自主化系统技术

3.1 轨道交通牵引供电接触网智能化自轮运维装备（共性关键技术类）

研究内容：研究接触网多维高精度图像检测数据实时压缩、多源数据分布式边缘处理与快速转储及高精度分类辨识技术，开发检测数据高效处理和关键特征精确识别设备；研究接触网故障与结构、材质、运维以及外部气象、环境的耦合关系及故障特征提取技术，研究接触网关键零部件复杂环境服役退化机理及剩余寿命预测技术，建立全寿命周期接触网系统安全评价方法及体系；研究多空间复杂环境下多工种机器人协同作业的场景重构技术，开发场景快速重构算法、多机协同控制算法，以及作业施工质量检测与评估算法；研究适应野外多环境要素作用的柔性接触网运维机器人，具备整体吊弦更换、可调吊弦长度调整、导线拉出值调整、腕臂

螺栓拧紧作业功能；研究刚性接触网运维机器人，具备多维度图像识别与状态检测、绝缘子自动清洁、高净空检修作业功能；研究多工序条件下具有智能检测功能的群体机器人“自组织”、“自学习”作业技术与自轮运维移动平台，实现不同场景多工种机器人协同作业；搭建接触网系统主要工序验证环境及数字化测试、评估及运维体系，建立基于数字化与智能化技术的接触网的自轮运维技术体系，形成系列标准规范。

考核指标：形成轨道交通牵引供电接触网运维综合检修自轮移动平台集成技术与装备，具备主要维护作业能力；构建接触网数字化自轮运维标准、技术及安全评价体系；实现柔性/刚性接触网系统运维典型安全隐患（失效）特征识别，准确率 90%以上，检测监测数据处理效率提高 30%；辅助或替代工作人员完成 70%以上日常运维作业，维修保养工作效率提高 20%，降低劳动强度 40%；实现示范接触网少人（无人）运维，故障率降低 10%以上。

关键词：边缘处理与状态分析，多机协同控制，作业机器人

3.2 低成本小运量磁浮客货运输系统(共性关键技术类)

研究内容：针对我国骨干交通网络的末端接入运输难题，研究智能、绿色、低碳、立体的低成本小运量磁浮客货运输体系。研究低成本小运量磁浮客货运输系统总体技术；研究低成本小运量磁浮客货运输系统线路规划、线桥适应性、站场设施匹配、运输组织、运营调度与自动驾驶技术；研究适用于低成本小运量客货运输的磁悬浮和牵引制动技术，构建磁浮与牵引制动系统性能评价标准，满足低成本小运量客货运输要求；研究适用于不同载荷形态、体积和重量等运输对象的运载平台技术；研究轻量化桥梁和轨道技术、客货自适应运载平台自动装载技术，满足运输系统末端接入节点自动化、无人化、基础设施轻量化需求；研究基于智能化的客、货、装备信息管理、追踪、监控、安全与防护技术；研制低成本小运量磁浮客货运输系统关键装备。

考核指标：形成成套低成本小运量磁浮客货运输系统，完成运输组织、货物自动装卸、自动驾驶验证；研制低成本小运量磁浮客货运输系统的运载平台、磁浮系统关键部件、牵引系统、制动系统、运行控制系统、监测系统样机；建成一条不小于 1 公里的新型低成本小运量磁浮客货运输系统试验线，最高试验速度不低于 80km/h；较现有中低运量磁浮交通系统，单位周转量运营成本降低 20%、牵引能耗降低 10%、悬浮能耗降低 30%，总体系统造价降低 30%；与既有

典型接入运输系统相比效率提升 10%。

关键词：末端接入运输，磁悬浮，低成本小运量客货运输

4. 水运交通装备与自主化系统技术

4.1 大型海港干散货装卸作业过程智能化技术（共性关键技术类）

研究内容：针对大型海港干散货装卸作业效率低、能耗高等问题，面向大型海港干散货装卸作业转型升级需求，开展大型海港干散货装卸作业过程智能化技术研发。具体包括：研究面向大型海港多类干散货装卸作业全过程智能管控技术体系；研究典型干散货装卸全过程生产运营智能调度及多装备协同控制技术；研究典型干散货装卸、输送、堆取料等作业环节大型装备智能运维技术；研究典型干散货无人清舱技术及系统装备；开展典型干散货装卸全过程智能作业系统应用示范。

考核指标：形成大型海港干散货装卸作业全过程智能管控技术体系，适用于散货类型 ≥ 3 种；研发大型海港典型干散货装卸系统全过程智能管控平台 1 套，支持接入作业设备数量 ≥ 100 台套，实现装卸控制、数字堆场、智能调度等功能，

船时作业效率提高 $\geq 15\%$ ；研发典型干散货装卸系统的大型装备全生命周期健康管理及智能运维系统 1 套，典型故障检测的准确率 $\geq 85\%$ ，实现分钟级远程故障诊断，具备智能预测维护功能；研发无人清舱系统装备 1 套，实现船舱区域无人作业，单船清舱作业总时长减少 $\geq 10\%$ ；在年吞吐量 3000 万吨以上的典型单体干散货码头开展集成应用示范，装卸作业效率提升 $\geq 10\%$ 、降低人工工时 $\geq 40\%$ 。

关键词：干散货，装卸作业，智能控制，无人清舱

4.2 内河船舶编队航行技术及应用示范（应用示范类）

研究内容：面向新一代航运系统自主化发展需求，开展内河自主船舶编队航行技术研究。具体包括：解耦并重构自主船舶技术体系，建立功能架构、物理架构和互操作架构；研究船舶编队的队内协同机制和队外交互策略、支持条件和运营组织，制定编队航行的功能架构与技术路径；研究内河船舶航行气象风险辨识与极端恶劣天气预警技术；突破自主船舶的环境感知与态势评估、组合通讯与导航定位以及异构货船编队航行的编组决策、轨迹跟踪与跟随控制等关键技术；研究自主船舶的 RAMSI（可靠性、可用性、可维护性、安全性与互操作性）量化评价方法，研究自主船舶编队航行的验证技术；开展编队航行实船示范验证。

考核指标：建立不同自主水平的船舶技术架构、功能/性能/RAMSI 量化指标体系与验证评估体系，形成标准指南不少于 5 份；研发内河船舶航行气象导航智能终端，具备气象采集、通信导航、北斗定位等功能不少于 5 类，提供不少于 4 类内河船型、不少于 5 类极端恶劣天气的气象导航服务，实现航路强对流气象 0~2h 短临预报；研发异构货船编队航行控制设备和系统 1 套，实时感知 5km 范围内船舶的运行状态，动态评估编队与 3km 范围内船舶的安全态势，船-船协同组合通讯双向往返时延 $\leq 300\text{ms}$ ，导航定位精度优于 1.0m，完好性风险优于 $10^{-5}/3\text{h}$ ，智能决策更新所需时长优于 3s，队形保持控制误差优于 0.5 倍船长；研发自主船舶编队航行的虚拟/真实场景交互验证平台，实现对控制设备和系统的功能、性能以及 RAMSI 量化评估验证；在内河典型区段开展 5 艘以上百/千吨级异构货运船舶编队航行示范验证，至少 1 艘队内船舶具备自主轨迹跟踪与跟随控制能力，单次连续编队航行距离不少于 10 公里，运行效率提升 10%。

关键词：自主船舶，编队航行，轨迹跟踪，跟随控制

5.绿色航空器与空中交通自主运行技术

5.1 国产民用飞机智能运维关键技术及示范应用（应用示范类）

研究内容：针对国产民机运维能力相对薄弱、日利用率较低的突出问题，研究国产民机运维数据的深度挖掘技术、国外对标机型运维数据在国产民机运维中的应用迁移技术和国产民机典型系统安全运维容限的判定方法；研究飞行任务条件下关键系统/结构的损伤状态评估、性能退化规律、系统故障传播机制和健康状态预测模型；制定国产民机典型系统的预测性维修任务逻辑分析规范并开发相应的业务系统；研究典型系统的单机运维智能决策技术并开发单机差异化运维支持系统；构建国产民机典型系统健康状态预测与智能运维决策集成平台，开展示范应用。

考核指标：迁移数据规模要求覆盖国外对标机型 ≥ 2 种、数量 ≥ 200 架、累计运行时间 ≥ 60 万飞行小时的航空公司运维数据；形成国产民用飞机飞行与维修数据采集、存储与交互规范，构建面向飞机关键系统专业特性的知识导语库；构建起落架、燃油、环控、飞行操纵、APU、飞机结构关重件等10个典型系统/部件的健康状态预测模型，模型的剩余寿命预测百分比误差平均值 $\leq 5\%$ ；预测性维修任务逻辑分析规范1份；预测性维修任务逻辑分析系统1套；单机差异化运维支持系统1套；建立国产民机典型系统和核心部/附件数字化健康状态预测、故障预警与智能运维决策平台，预警准确率不低于95%；完成 ≥ 20 架飞机，累计 ≥ 2 万飞行小时的示范应

用，示范飞机日利用率提升 $\geq 10\%$ 。

关键词：国产民机，健康状态预测，预测性维修，运维支持系统

5.2 空中交通管理智能化运行关键技术与验证（共性关键技术类）

研究内容：面向复杂空域环境下空中交通安全高效运行的需求，研究构建基于多端协同的智能化空中交通管理技术体系；突破空管多模态信息智能处理、空中交通时空运行图动态构建与优化调度、人机协同的空中交通智能管制、空中交通多主体全阶段高效协同运行等关键技术，研发空中交通航迹智能规划与管理系统、智能管制指挥系统、空管与航空公司协同运行控制系统等典型系统与装备；围绕繁忙航路高密度运行、恶劣天气下航班协同运行等场景，开展综合验证与应用示范。

考核指标：智能化空中交通管理技术体系至少覆盖能力、数据、业务、服务、系统等 5 个维度以上的要素组成；空中交通航迹智能规划与管理系统 1 套，具备全国空中交通时空运行图的动态构建与监视预警能力；智能管制指挥系统 1 套，具备空域运行监视、飞行冲突预警、管制指挥调配等

能力，对管制员操作习惯模仿精准度超过 80%，单个扇区内可同时监视和引导 12 架以上航空器；空管与航空公司协同运行控制系统 1 套，支持空管、机场与航空公司的多主体协同决策能力，重大事件响应时间缩减 20%；开展繁忙航路高效管制、恶劣天气下航班协同运行等业务场景的应用验证，实现民航空管全国运行管理单位和地区管制运行单位之间以及空管和航空公司之间的航班协同调度，空中交通运行效率提升 10%，形成空管系统智能化运行规范（建议稿）2 项。

关键词：空中交通管理，航迹规划管理，智能管制，多主体协同决策