**附件2**

2021年度北京市自然科学基金-丰台轨道交通

前沿研究联合基金项目指南

重点研究专题项目指南

**一、面向城轨高实时、高带宽无线通信的组网关键技术研究**

**概述：**下一代城轨系统的智能化发展带来车车、车地高实时、高带宽通信需求。传统的城轨列车通信系统如LTE-M、WiFi等采用“车-地-车”的组网架构，通信网络时延大，同时部署地面基站、核心网成本高。本项目研究面向城轨高实时、高带宽无线通信组网技术，无需地面基础设施、部署灵活、鲁棒性强，可以有效满足车车、车地高实时、高带宽通信需求，简化通信组网架构，降低网络建设与维护成本。

**总体目标：**针对下一代城轨系统车车、车地高实时、高带宽通信需求，提出基于新的高实时、高带宽无线通信组网架构，实现车载设备、轨旁设备在列车高速移动以及城轨复杂环境下的鲁棒动态组网。单一频点网络支持节点数量（包括车载和轨旁节点）不少于500个，地铁隧道中节点之间无线通信带宽不低于50 Mbps，时延小于10 ms，非视通情况下通信距离不小于500米。

**研究内容：**

1.适用于下一代城轨系统车车、车地以及地面之间高实时性、高带宽通信的组网架构研究；

2.适用于列车高速移动以及城轨复杂环境的鲁棒动态无线组网机制研究；

3.高实时性、高带宽无线组网下的通信原型系统研究与测试验证。

**二、基于列车牵引制动性能与运行轨迹预测的高速地铁列车编队跟随控制方法研究**

**概述：**基于“虚拟车钩”的城轨列车编队运行方式能够实现车流与客流的最优匹配，提高运输的效率和灵活性，同时降低能耗，这些对于缓解城市交通拥堵和降低运输能耗意义重大。地铁运输方式具有如下特点：列车运行速度高、发车间隔小；作为公共交通方式对安全性的要求高；列车重量随乘客量波动、牵引/制动执行机构响应延时大；轮轨关系受到运行工况和环境的影响。这些特性给地铁列车编队运行带来了极大的挑战，传统的列车自动驾驶控制方法无法满足编队高密度、短间距的运行要求。

**总体目标：**围绕列车编队高速、短距离跟随运行的协同控制问题，无论轮轨关系如何，在长时间窗内准确预测车辆性能，对车辆牵引力、制动力和制动距离的预测准确率在±1%的范围内达到99%以上；在安全约束下，实现地铁列车编队（三辆及以上）在200 km/h速度下追踪间距低于80米，编队所有列车进站时间差小于3秒。

**研究内容：**

1.基于模型数据双驱动的地铁车辆牵引/制动性能预测方法研究；

2.基于列车运行轨迹预测的地铁列车多运营场景编队跟随控制方法研究；

3.对跟随控制方法鲁棒性、运输能力提升和节能减耗效果的综合分析及验证。

**三、面向智慧地铁网络化运营的车轨协同群体智能控制关键技术研究**

**概述：**目前，轨道交通信号系统采用计划式与集中式的管理与控制方式，存在环境感知能力单一、智能化水平不高、抗干扰性不足、行车组织效率不高、动态需求响应能力不足等问题。群体智能协同采用先进的分布式控制方式，旨在通过个体间的信息感知、交互和协作来完成复杂任务，具有高灵活度、高鲁棒性、高效率等优点。未来智能列车和轨旁设施融合了更丰富的感知数据，将群智协作的思想应用到轨道交通信号系统中，构建车轨协同的异构集群系统，提升系统智能化程度，是轨道交通未来最具潜力的发展方向之一。

**总体目标：**面向智慧轨道交通业务，围绕基于车轨协同的群体智能轨道交通信号系统，形成系统架构与可信通信网络架构与方案，设计分布式多源信息融合算法、基于群体智能的协同决策规划与控制算法，提升车轨协同下信号系统的智能化、以及协同控制效率。

**研究内容：**

1.基于车轨协同的群体智能轨道交通信号系统架构与可信通信网络架构与方案研究；

2.分布式车轨协同多源感知与信息融合技术研究；

3.基于车轨资源时空占用的智能规划方法研究与面向智慧地铁的车轨协同群体控制方法及验证研究。

**四、城市轨道交通列车集成智能控制平台芯片关键技术研究**

**概述：**目前轨道交通列车中存在海量功能相近、相互孤立、复用率低、存在冗余的子系统，且列车的各专业数据由不同信息系统存储和处理，缺乏统一的数据标准及处理平台，难以互通共享。为提升轨道交通列车的集约化、智能化水平，需要研制列车集成智能控制平台，实现列车各子系统信息采集、运算处理数和传输通信的数字化，列车集成智能控制平台的核心是高性能的嵌入式处理芯片，该芯片应能够承载不同安全等级的应用，应能够提升列车控制系统智能计算算力、存储容量、平台开放性、功能扩展性、运行稳定性和安全性等核心性能。

**总体目标：**研究城市轨道交通列车集成智能控制平台芯片的体系架构，匹配其计算能力需求（应能够至少处理2路128线制的激光雷达的采样数据及2路1080P的摄像头的采样数据），研究控制融合架构，算力达到100000DMIPS和1.4FP32TFLOPS（或22.6INT8TOPS）或等效算力，核心处理器的功耗小于20瓦，应具备易扩展性、高安全性、高可靠性，能够支持AI算法，适配常见的工业接口、多路实时性高速网络接口和高速大容量的存储设备接口的能力。应满足轨道交通的使用环境要求。

**研究内容：**

1.高性能智能控制平台芯片的体系架构研究；

2.芯片内生的功能安全和信息安全的关键技术研究；

3.芯片的接口易扩展性关键技术研究；

4.研制芯片的原型系统，测试并验证基于该处理器的最小系统的功能和性能。

**五、城市轨道交通钢轨波磨智能诊断技术研究**

**概述：**城市轨道交通钢轨波磨问题严重影响列车运行舒适性与安全性。城市轨道交通钢轨波磨产生机理复杂、关联因素繁多、发展范围广且频率高，迫切需要对钢轨波磨检测技术与产生原因进行研究。通过对钢轨波磨产生的原因分析，研究钢轨波磨的测试方法、评价指标、维护治理、信息管理等，提高钢轨波磨的智能诊断能力，为城市轨道交通钢轨波磨的科学治理提供支撑，进而提高城轨线路运维效率，降低维保成本。

**总体目标：**基于非接触式测量技术与信息化大数据技术，提出钢轨波磨车载快速检测技术及数据分析技术；基于波磨病害数据统计分析及其影响，分析波磨产生原因，提出钢轨波磨评价指标与方法，提出波磨智能诊断方法。构建涵盖“感知-评价-诊断-决策-执行”全环节的城市轨道交通钢轨波磨智能管理体系，指导钢轨波磨管理及维保工作。

**研究内容：**

1.城市轨道交通钢轨波磨快速检测技术及数据分析方法研究；

2.城市轨道交通钢轨波磨产生原因分析、健康状态评估及智能诊断方法研究；

3.城市轨道交通钢轨波磨智能管理体系研究。

**六、运营时速200公里及以上轨道交通架空刚性接触网理论与关键技术研究**

**概述：**架空刚性接触网作为向轨道交通电动车辆提供牵引电能的无备用设施，具有结构简单、无张力、适宜低净空安装和建造难度低等优点，因而在轨道交通中低速线路隧道内广泛应用，但运营时速200公里及以上轨道交通架空刚性接触网的理论和应用体系国内外仍是空白。与架空柔性接触网相比，刚性接触网可以减小线路隧道断面400 mm以上，并且有效降低工程建造难度，因此研究适配更高运行速度的刚性接触网系统，是当前市域铁路和城际轨道交通隧道建设的重大技术难题。

**总体目标：**实现高速架空刚性接触网系统的体系创新。建立受电弓与刚性接触网的动力学耦合计算模型，搭建自主可控的架空刚性接触网弓网动力学仿真平台；揭示高速受流的刚性接触网动态耦合变化规律、影响因素和作用机制；提出时速200公里及以上轨道交通刚性接触网系统方案及原型验证；提出时速200公里及以上轨道交通刚性接触网关键参数动态测试方法及技术规范。

**研究内容：**

1.架空刚性接触网-受电弓弓网动态仿真模拟平台研究；

2.轨道交通刚性接触网弓网动态受流特性和相互作用规律研究；

3.轨道交通刚性接触网悬挂、机械分段、刚柔过渡等关键装备研发及系统方案研究；

4.轨道交通刚性接触网关键参数动态测试方法及技术规范研究。

前沿项目指南

1.基于人工智能的自主列车控制安全评估与验证关键技术研究

2.轨道交通信号系统的主动防御式智能运维理论与关键技术研究

3.运营突发事件下信息对乘客行为的引导影响及诱导机制研究

4.基于小样本机器学习的轨道交通列车运行障碍物识别或设备故障识别方法研究

5.基于视觉和雷达融合的隧道内高精度自主定位方法研究

6.基于人工智能的城轨关键系统故障诊断方法研究

7.多网融合条件下调度一体化与运输组织关键技术研究

8.轨道交通系统车站设备全息感知相关理论研究

9.轨道交通多专业、多系统数据融合分析方法研究