

# 高速磁悬浮电磁推进系统关键技术及应用

(推荐奖项：科技攻关奖)

(推荐专家：贾贺，丁叁叁，刘旭东，李艳亮，马捷)

推荐专家：

## 1. 推荐意见

专家：贾贺（北京空间机电研究所）

高速磁悬浮电磁推进系统是地面高速科学研究与试验、航天电磁发射等高速前沿装备的关键核心。项目团队突破了高速直线电机、强冲击下磁悬浮、速度精确控制等关键技术，研制成功世界首个电磁橇设施，实现超声速运行，创造了该领域世界最高速度记录。

该设施开辟了高速装备动态特性精确试验与测试的新途径，完成了高速条件下新型航天降落伞开伞充气及阻力特性测试，为我国航天器高可靠、高精度、高安全回收着陆研制提供了重要支撑，解决了高速下航天降落伞关键部件作动过程中的流体-结构-控制强耦合特性测试难题，对保障国家航天重大工程顺利实施具有重要意义。

我推荐本项目作为中国科学院杰出科技成就奖(科技攻关奖)候选者。

专家：丁叁叁（中车青岛四方机车车辆股份有限公司）

高速磁悬浮与电磁推进是超高速地面交通、高速科学研究与试验等领域的关键核心技术，也是电气工程学科的前沿科技。团队突破了高速大推力直线电机、自调节磁悬浮等一系列关键技术，研制成功世界首个电磁橇

设施，在国际上首次实现了超声速运行，创造该技术领域的世界最高速度记录。

该设施为我国自主研制下一代时速 600 公里高速磁悬浮列车开展了 38G 车-地无线通信、空气动力学特性、定位测速等重要性能的研究与试验测试，解决了高速磁悬浮列车在高速、高动态条件下的运行性能验证难题，在高速磁悬浮列车全速度范围关键部件与设备功能与性能测试方面发挥不可替代的重要作用。

我推荐本项目作为中国科学院杰出科技成就奖(科技攻关奖)候选者。

### **专家：刘旭东（航天科工集团二院）**

高速磁悬浮电磁推进系统是地面超高速试验设施、航天电磁发射等前沿装备的关键核心。团队突破了高速大推力直线电机、自调节磁悬浮等一系列关键技术，解决了大电流冲击、高过载、多场强耦合条件下的超高速电磁推进系统分析设计与稳定调控难题，研制成功世界首个电磁橇设施，在国际上首次实现了磁悬浮电磁推进系统的超声速运行，创造该技术领域的世界最高速度记录。

本项目研制的电磁橇设施可精确模拟高速装备的高速高动态实际运行过程，且具有控制精度高、振动干扰小、试验结果可重复性好等突出优势，为新型航天器宽速域动态特性的精确试验与测试提供了新途径。

我推荐本项目作为中国科学院杰出科技成就奖(科技攻关奖)候选者。

**专家：李艳亮（中国航空工业集团有限公司沈阳空气动力研究所）**

团队突破了高速大推力直线电机、宽速域高精度控制等关键技术，研制成功世界首个电磁橇设施，实现了亚跨超声速下稳定运行。该设施可对超声速飞机等航空飞行器开展全速域的气动特性研究与精确测试，一次试验即可获得全速度范围内的气动特性典型参数，具有振动干扰小、可重复性好等突出优势，为航空飞行器气动特性快速精准测试提供了新途径。

设施完成了有关飞机模型不同速度、不同攻角、不同侧滑角等工况下气动力测量，解决了飞行器全速域下的气动特性典型参数测试难题，测试时间由既有手段的数周缩短为 2-3 天，大幅提升了测试效率，为缩短飞行器研发周期提供了强有力支撑。

我推荐本项目作为中国科学院杰出科技成就奖（科技攻关奖）候选者。

**专家：马捷（西安机电信息技术研究所）**

团队攻克了高速大推力直线电机、抗强冲击磁悬浮等关键技术，研制成功了电磁橇设施，实现了大载荷超声速下的稳定运行，具有控制精度高、振动干扰小等技术优势，为高速装备高动态特性的精确研究与试验测试提供了新途径。

该设施已为有关装备在亚跨超声速状态下的目标精确探测能力及系统适配性等重要性能验证提供了测试条件，解决了目标探测装置研制缺乏低成本、可重复高速交汇性能验证手段的难题，为该装备的首飞成功奠定了坚实基础，同时也成功标志着我国突破了适配目标探测技术，并对后续相关装备研制与性能验证试验具有重要意义。

我推荐本项目作为中国科学院杰出科技成就奖（科技攻关奖）候选者。

## 2. 主要知识产权和标准规范等列表

| 发明专利名称                             | 国家<br>(地区) | 授权号                      | 授权<br>日期                  | 权利人                | 发明人                                       | 发明专利有效<br>状态 |
|------------------------------------|------------|--------------------------|---------------------------|--------------------|-------------------------------------------|--------------|
| 分布式直线电机推进<br>系统及供电方法               | 中国         | ZL2021<br>107265<br>55.4 | 2022<br>年 9 月<br>6 日      | 中国科学院<br>电工研<br>究所 | 李耀华<br>李子欣<br>张烨<br>史黎明                   | 有效           |
| 基于分布式多时间尺<br>度并行运算的测试设<br>备、方法及装置  | 中国         | ZL2021<br>109209<br>32.8 | 2023<br>年 10<br>月 24<br>日 | 中国科学院<br>电工研<br>究所 | 李耀华<br>徐飞<br>史黎明<br>李子欣                   | 有效           |
| V/v 变压器牵引供电<br>系统的同相供电装<br>置、方法和系统 | 中国         | ZL2021<br>113020<br>75.1 | 2025<br>年 2 月<br>14 日     | 中国科学院<br>电工研<br>究所 | 李子欣<br>胡钰杰<br>张烨<br>王平<br>李耀华             | 有效           |
| 一种具有纵向端部倾<br>斜次级结构的直线感<br>应电动机     | 中国         | ZL2019<br>100584<br>24.6 | 2021<br>年 1 月<br>1 日      | 中国科学院<br>电工研<br>究所 | 史黎明<br>王培龙                                | 有效           |
| 一种永磁电动悬浮导<br>向驱动一体化装置              | 中国         | ZL2021<br>114682<br>16.7 | 2024<br>年 1 月<br>26 日     | 中国科学院<br>电工研<br>究所 | 段家珩<br>李耀华<br>史黎明<br>徐炜钰<br>王培龙           | 有效           |
| 一种静止状态下直线<br>感应电机的参数测试<br>方法       | 中国         | ZL2023<br>102064<br>36.5 | 2023<br>年 6 月<br>13 日     | 中国科学院<br>电工研<br>究所 | 曾迪晖<br>王珂<br>葛琼璇<br>赵鲁<br>张波<br>杨培<br>朱进权 | 有效           |
| 不等长分段供电直线<br>感应电机控制方法及<br>系统       | 中国         | ZL2021<br>108522<br>09.0 | 2023<br>年 7 月<br>28 日     | 中国科学院<br>电工研<br>究所 | 徐飞<br>李耀华<br>史黎明<br>李子欣                   | 有效           |
| 一种级联多电平储能<br>变流器均衡充放电控<br>制方法      | 中国         | ZL2022<br>103809<br>58.2 | 2025<br>年 3 月<br>18 日     | 中国科学院<br>电工研<br>究所 | 高范强<br>李子欣<br>李自强<br>李耀华                  | 有效           |

| 发明专利名称                    | 国家<br>(地区) | 授权号                      | 授权<br>日期              | 权利人        | 发明人                                          | 发明专利有效<br>状态 |
|---------------------------|------------|--------------------------|-----------------------|------------|----------------------------------------------|--------------|
| 基于电流源变换器的超高速电磁驱动供电系统及控制方法 | 中国         | ZL2021<br>113506<br>65.1 | 2025<br>年 3 月<br>14 日 | 中国科学院电工研究所 | 赵聪<br>李耀华<br>李子欣<br>高范强                      | 有效           |
| 一种高速直线电机的位置和速度检测系统及方法     | 中国         | ZL2022<br>106553<br>92.X | 2024<br>年 7 月<br>30 日 | 中国科学院电工研究所 | 范满义<br>史黎明<br>李耀华<br>周世炯<br>徐飞<br>李子欣<br>张明远 | 有效           |

3. 成员贡献情况

| 排序 | 姓名  | 工作单位       | 主要贡献                                                                               |
|----|-----|------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 李耀华 | 中国科学院电工研究所 | 项目总负责人，项目总体技术路线制定，发明了大功率直线感应电机新型结构、永磁差动式自调节悬浮和阻尼增强新技术等，解决了马赫级速度下大推力产生和稳定可靠悬浮技术的难题。 |
| 2  | 李子欣 | 中国科学院电工研究所 | 高精度实时控制系统和大容量宽频变频器负责人，提出了大功率直线电机一整套控制方法、储能-变频一体化的大容量多电平宽频变频器新拓扑及控制方法。              |
| 3  | 史黎明 | 中国科学院电工研究所 | 超声速磁悬浮系统负责人，发明了永磁差动式双向自调节磁悬浮与复合涡流阻尼增强技术，发明了直线电机定子背式绕组交叉换位连接技术及梭形栅格动子新型结构。          |
| 4  | 徐飞  | 中国科学院电工研究所 | 主要负责电流轨迹优化的直线电机快速切换和自学习模型预测主动抗扰控制技术研究，研制超高速直线电机高精度实时控制系统软硬件及现场调试。                  |

|    |     |            |                                                      |
|----|-----|------------|------------------------------------------------------|
| 5  | 高范强 | 中国科学院电工研究所 | 主要负责储能-变频一体化的大容量多电平宽频变频器新拓扑及其分析设计方法研究，研制大容量变频器系统软硬件。 |
| 6  | 赵聪  | 中国科学院电工研究所 | 主要负责大容量宽频变频器高性能混合调制、多模块协同控制等关键技术研发。                  |
| 7  | 葛琼璇 | 中国科学院电工研究所 | 主要负责大功率直线电机高性能驱动控制和大容量宽频变频器相关理论及技术创新，参与总体技术路线制定。     |
| 8  | 王珂  | 中国科学院电工研究所 | 主要负责大功率直线电机分析、高性能驱动控制、变频供电等相关理论及关键技术。                |
| 9  | 范满义 | 中国科学院电工研究所 | 主要负责高速大功率直线电机定位测速及高精度实时控制系统研发。                       |
| 10 | 段家珩 | 中国科学院电工研究所 | 主要负责双边差动式悬浮导向机构关键参数的优化方法研究。                          |

说明：公示内容须与推荐书相关部分一致。