

附件一：

科学技术进步奖项目公示信息（一）

一、 **项目名称：**新一代轨道交通大功率高效直驱永磁牵引电传动系统研制

二、 **提名者及提名意见**

提名者：运城市人民政府

提名意见：

该项目研制了电力机车用 7.2MW 大功率永磁直驱牵引电传动系统，主要包括直驱永磁同步电机、牵引辅助变流器及其控制装置等，成功装备于大功率直驱永磁交流传动客运电力机车样车，并通过了研究性试验与联调联试，各项性能指标达到设计要求。

成果的主要创新点如下：

（1）研制了国际首台大功率电力机车兆瓦级直驱永磁牵引电传动系统，额定工况下机车总效率可提升到 88%，与传统异步牵引系统相比提高了 3%。

（2）提出了基于高频脉振电压注入的兆瓦级多极对数直驱永磁同步电机的转子初始位置检测方法和参数辨识方法，提高了电机的控制性能；采用优化电机设计、增加隔离接触器和优化弱磁控制算法等方式结合，解决了反电动势对牵引变流系统的过压冲击问题。

该项目授权发明专利 10 件，实用新型专利 1 件，软件著作权 2 件，发表论文 8 篇，其中 SCI 检索 3 篇，EI 检索 3 篇。

项目材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合科技进步奖提名条件，特提名为科技进步奖三等奖。

三、 **项目简介**

牵引系统是轨道交通车辆的核心部件之一。牵引系统的不断创新是推动轨道交通车辆技术进步的关键。从蒸汽驱动、内燃驱动到直流驱动，再到交流驱动，每一个进步都以应用更强大的动力和更高效的

牵引系统为标志。

传统牵引传动系统一般采用异步电机+齿轮箱的驱动模式，但齿轮箱在使用过程中，存在漏油、振动、过热和噪声大等缺点，且由于齿轮箱存在机械效率损失，使得牵引系统对电能的利用率降低。作为新兴技术代表，直驱永磁技术是目前牵引传动系统的重要发展方向之一，是我国继“快速客运电力机车”和“重载电力机车”之后，在交流电力机车领域又一新的突破，机车总效率从85%提升到88%，显著增强机车运行效能，同时具有环保、静音、维护成本低等一系列优势。

本项目是公司承担的中国国家铁路集团有限公司科技研究开发计划课题合同《机车车辆关键技术提升研究-大功率直驱永磁驱动技术研究》(合同编号：2017J009-F)的子课题，公司负责研制以直驱永磁牵引系统为代表的新一代轨道交通大功率高效直驱永磁牵引电传动系统。

直驱永磁牵引系统可将机车总效率从85%提升到88%，具有节能和全寿命成本低的优点。项目经科技成果评价，评价委员会认为该成果具有良好的应用价值及推广前景，技术水平达到国际领先水平。项目推动我国具有自主知识产权的新一代轨道交通牵引系统的发展，缩小了与国外先进技术的差距，并可产生良好的经济、社会、环境效益。

四、 客观评价

在轨道交通快速发展及成长的时期，永磁同步牵引系统在节能减排方面必将发挥其优势，为未来牵引系统的发展提供支撑。项目提供的技术资料齐全、规范，符合评价要求。项目研制了电力机车用7.2MW大功率永磁直驱牵引电传动系统，主要包括直驱永磁同步电机、牵引辅助变流器及其控制装置等，成功装备于大功率直驱永磁交流传动客运电力机车样车，并通过了研究性试验与联调联试，各项性能指标达到设计要求。

五、应用情况

本项目的大功率机车永磁直驱技术目前应用到大同公司大功率永磁直驱交流传动客运电力机车上，该技术应用的永磁机车从 2019 年完成了机车试制、出厂调试和在厂内的滚动试验台整车功能验证，后续又陆续进行了环铁型式试验和研究性试验，试验证明在恒功区，永磁直驱客运机车总效率 ≥ 0.9 ，验证了机车效率 ≥ 0.88 的主要技术指标要求，较既有齿轮箱驱动的机车效率提升 3%以上，具有高效节能环保的特点，代表节能减排，绿色环保的技术发展趋势。

六、主要知识产权和标准规范等目录

| 序号 | 知识产权类别 | 知识产权具体名称 | 国家(地区) | 授权号 | 授权日期 | 证书编号 | 权利人 | 发明人 |
|----|--------|-----------------------------|--------|------------------|------------|---------|------------|---------------------------------------------|
| 1 | 发明专利 | 一种大功率直驱永磁同步电机控制调制方法 | 中国 | ZL201910771408.1 | 2021.01.01 | 4185956 | 中车永济电机有限公司 | 张瑞峰; 于森林; 王晓妮; 苏鹏程; 詹哲军; 司军民; 张吉斌 |
| 2 | 发明专利 | 一种电力机车四象限变流装置低谐波抑制方法 | 中国 | ZL201911061709.1 | 2021.06.22 | 4497405 | 中车永济电机有限公司 | 于森林; 苏鹏程; 王力; 张巧娟; 詹哲军; 梁海刚; 司军民 |
| 3 | 发明专利 | 一种机车牵引变流器网压中断检测及控制方法 | 中国 | ZL201910660295.8 | 2021.08.03 | 4594056 | 中车永济电机有限公司 | 王力; 于森林; 张瑞峰; 詹哲军; 苏鹏程; 张巧娟; 张吉斌; 梁海刚 |
| 4 | 发明专利 | 直驱永磁电力机车变流器电流偏置调节方法及设备 | 中国 | ZL201811324911.4 | 2021.07.30 | 4586157 | 中车永济电机有限公司 | 于森林; 张瑞峰; 张巧娟; 苏鹏程; 牛剑博; 张亚斌; 梁海刚; 詹哲军; 邹会杰 |
| 5 | 发明专利 | 粘着控制方法及装置 | 中国 | ZL201811324886.X | 2021.08.03 | 4593719 | 中车永济电机有限公司 | 苏鹏程; 张巧娟; 于森林; 詹哲军; 张瑞峰; 牛剑博; 高永军; 张吉斌; 邹会杰 |
| 6 | 发明专利 | 内置式永磁同步电机的改进控制方法 | 中国 | ZL201911036325.4 | 2021.04.02 | 4334165 | 中车永济电机有限公司 | 杨高兴; 张瑞峰; 柴璐军; 路瑶; 贺志学; 张吉斌; 丁志勇; 梁海刚 |
| 7 | 发明专利 | 一种大功率永磁直驱机车变流器接地故障判断方法及定位策略 | 中国 | ZL201910675593.4 | 2021.06.22 | 4504610 | 中车永济电机有限公司 | 路瑶; 张吉斌; 张巧娟; 詹哲军; 张瑞峰; 丁志勇; 梁海刚 |

| | | | | | | | | |
|----|--------|----------------------|----|------------------|------------|---------|------------|--------------------------------------------|
| 8 | 发明专利 | 控制方法、电传动系统及电力机车 | 中国 | ZL202010722994.3 | 2021.12.07 | 4839425 | 中车永济电机有限公司 | 詹哲军; 王彬; 贺志学; 张瑞峰; 杨高兴; 路瑶; 王力; 苏鹏程 |
| 9 | 发明专利 | 一种旋转变压器接线自检测系统 | 中国 | ZL201910971396.7 | 2021.10.26 | 4757422 | 中车永济电机有限公司 | 张瑞峰; 丁志勇; 路瑶; 张吉斌; 王彬; 詹哲军; 梁海刚 |
| 10 | 发明专利 | 牵引变流器的故障确定方法和装置 | 中国 | ZL201811325368.X | 2022.03.15 | 5000326 | 中车永济电机有限公司 | 王龙刚; 牛剑博; 张宇龙; 张瑞峰; 蒯代其; 路瑶; 高永军; 詹哲军; 梁海刚 |
| 11 | 实用新型专利 | 机车变流器用电阻水冷板组件 | 中国 | ZL201821933664.3 | 2019.07.26 | 9147176 | 中车永济电机有限公司 | 裴冰; 孙湘漪; 李秋玲; 郑旭阳; 田尚川 |
| 12 | 软件著作权 | 永磁同步电机参数分析计算软件 V1.0 | 中国 | 2019SR0618584 | 2019.06.17 | 4039341 | 中车永济电机有限公司 | 张瑞峰; 王博; 于森林; 詹哲军; 牛剑博; 李岩; 李国锋; 邹会杰 |
| 13 | 软件著作权 | 永磁同步电机专用上位机通讯软件 V1.0 | 中国 | 2019SR0618573 | 2019.06.17 | 4039330 | 中车永济电机有限公司 | 张瑞峰; 詹哲军; 李岩; 王博; 李东; 于森林; 高永军; 丁虎晨 |

七、主要完成人情况

| 姓名 | 排名 | 行政职务 | 技术职称 | 工作单位 | 完成单位 | 对本项目贡献 |
|-----|----|------|----------|--------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 张瑞峰 | 1 | 副部长 | 高级工程师 | 中车永济电机有限公司 | 中车永济电机有限公司 | 主持项目的开发工作，具体承担电机控制算法、PWM 调制算法的开发和调试。针对电机电流谐波较大并且逆变器开关频率较低的问题，着重研究了基于分段调制策略的 PWM 算法，取得了较好的应用效果。 |
| 詹哲军 | 2 | 部长 | 教授级高级工程师 | 中车永济电机有限公司 | 中车永济电机有限公司 | 完成大功率直驱技术电传动系统的匹配、控制逻辑、保护等研发工作，研发的大功率永磁电机控制方法获得授权发明专利。 |
| 原志强 | 3 | 副院长 | 教授级高级工程师 | 中车大同电力机车有限公司 | 中车大同电力机车有限公司 | 参与项目研发，重点承担整车系统与牵引系统的匹配设计工作，承担项目的部分试验工作。 |
| 王琛琛 | 4 | 副院长 | 教授 | 北京交通大学 | 北京交通大学 | 全程参与项目研发。重点承担牵引控制核心算法的开发工作，承担大功率轨道交通永磁同步电机的控制算法、PWM 调制算法研究工作。 |
| 于森林 | 5 | 副部长 | 高级工程师 | 中车永济电机有限公司 | 中车永济电机有限公司 | 主要负责四象限变流控制技术平台搭建和技术开发工作，完成控制算法设计、软件开发和整车调试，解决了四象限整流的交流侧电流偏置、弓网侧电流谐波抑制、多重化精度较低等技术问题。 |
| 裴冰 | 6 | 无 | 高级工程师 | 中车永济电机有限公司 | 中车永济电机有限公司 | 负责大功率永磁直驱牵引系统中牵引辅助变流器的研制开发，负责变流器项目总体协调、总体设计、电气设计和试验技术等工作。 |

八、主要完成单位及创新推广贡献

1、中车永济电机有限公司

中车永济电机公司作为新一代轨道交通大功率高效直驱永磁牵引电传动系统研制单位，在本项目立项后，公司积极负责制定项目总体方案和技术路线，对项目进展进行全方位把控，投入资源并协调各部门推动项目顺

利进行，确保了项目的按时完成，对项目的主要贡献包括：

- (1) 负责兆瓦级直驱永磁同步电机设计研发工作；
- (2) 负责牵引变流器及其控制系统设计研发工作；
- (3) 负责牵引电机型式试验、联调试验，并完成装车运行考核。

2、中车大同电力机车有限公司

中车大同电力机车有限公司作为新一代轨道交通大功率高效直驱永磁牵引电传动系统研制的参与单位，全程参与项目的研发工作。在本项目立项后，积极配合制定项目总体方案和技术路线，重点承担整车系统与牵引系统的匹配设计工作，投入资源并协调各项试验的进行，确保了项目进度，对项目的主要贡献包括：

- (1) 负责电力机车整车系统的验证工作；
- (2) 负责牵引系统匹配设计工作；
- (3) 负责整车型式试验。

3、北京交通大学

北京交通大学作为项目的参与单位，全程参与项目的研发工作。重点参与永磁牵引系统核心技术的开发，确保了项目的按时完成。主要完成了项目中核心控制算法，包括大功率永磁同步电机电流环控制算法、大功率永磁同步电机弱磁控制算法、大功率永磁同步电机高速重投策略、大功率永磁同步电机参数辨识算法、分段 PWM 调制策略等控制算法的研发和调试工作。