

2017 年度国家科技进步奖公示内容

项目名称	直线电机地铁车辆关键技术和系统集成及应用
推荐单位（专家）意见	
该项目紧密结合国家新兴产业发展战略，经过长期的关键技术与工程实践验证，在突破中大运量直线电机地铁车辆传动控制与效能提升、平衡式低磨耗转向架结构、整车系统集成等系列关键技术基础上，研制了适应大坡道、小半径的直线电机驱动地铁车辆成套技术装备，形成了自主知识产权的技术标准，填补了国内空白，推动我国新型轨道交通重大装备产业化发展，并在国际上形成极强的竞争力。项目成果已在广州地铁 4、5、6 号线全面推广应用。 推荐该项目为国家科学技术进步奖二等奖。	
项目简介（限 1200 字）	
受城市特殊地质结构、地形地貌、既有建筑物、历史文化古迹保护等诸多因素的制约，大坡道、小半径的城市轨道交通工程选线在构建多层次、立体化城市轨道交通系统中难以避免，而直线电机驱动的地铁车辆技术由于其爬坡能力强、转弯半径小、噪声低以及隧道断面小和建设成本低等显著优势，成为突破上述制约的技术选择。 课题组历经 10 年努力，在突破中大运量直线电机地铁车辆传动控制与效能提升、平衡式低磨耗转向架结构、整车系统集成等系列关键技术基础上，研制了适应大坡道、小半径的直线电机驱动地铁车辆成套技术装备，形成了自主知识产权的技术标准，填补了国内空白，并在广州地铁 4、5、6 号线全面推广应用。主要创新成果有： 一、首创了中大运量直线电机地铁车辆载荷平衡式转向架结构技术。通过轮对内侧独立悬挂、轴箱外置式转向架结构设计，实现了电机载荷与车辆载荷在轮轴和车轮的均匀分布，有效降低了由于载荷不均匀导致的轮对多边形磨耗与轨道的波浪形磨耗，不仅减少了轮轨系统维护工作量，也大大提高了轮对与轨道的安全使用寿命。 二、突破了中大运量直线电机地铁车辆传动控制与效能提升技术。一方面，采用课题组发明的基于初级磁链幅值、频率滞环的直线电机牵引控制技术，实现了磁链幅值连续调节、磁链矢量的精准控制，以及车辆制动能量回收与能效提升；另一方面，采用无间隙弹性轴悬挂和小气隙直线电机结构，克服了直线电机驱动低能效的技术难题。 三、研制了中大运量直线电机地铁车辆成套技术装备。在攻克直线电机地铁车辆转向架结构设计、牵引及网络控制系统、制动系统、车钩及缓冲系统等系列重大技术难题的基础上，完成了直线电机车辆整车的设计、制造与系统集成，形成了具有自主知识产权、且能与既有运营线路互联互通的直线电机地铁车辆成套技术装备。 以轨道交通牵引供电专家钱清泉院士为组长的成果鉴定专家组认为：项目攻克了中大运量直线电机车辆设计、制造和集成关键技术难关，降低了直线电机车辆的制造和维护成本，填补了我国直线电机车辆研制领域的空白。项目的整体技术达到国际先进水平，在无间隙弹性轴悬与电机载荷、车辆载荷平衡式直线电机转向架技术等方面达到国际领先水平。 本项目成果形成国家及行业标准 3 项，授权发明专利 9 项、软著 1 项、实用新型专利 13 项、外观设计专利 1 项，专著 1 部。 技术经济指标、应用推广及效益情况：项目成果已在广州地铁 4、5、6 号线全面推广应用，形成了中大运量直线电机地铁车辆研发-设计-制造-运营维护完整的创新链和产	

业链，实现了在 60%最大坡道和 60 米曲线半径线路上的安全可靠运行，对我国城市轨道交通大坡道、小半径、低噪声地铁建设具有科技示范作用；列车平稳性、旅客舒适性以及噪声环保性等指标均达到或优于传统地铁车辆；投入运营近 4 年来，总运营里程超过 2131 万公里，累计载客量超 2.15 亿人次，车辆建设成本减低 25%，累计节约车辆购置费 4.5 亿元，运营以来创造经营收益（含节约运维与电费）5 亿元。

客观评价

（一）鉴定意见

“城市轨道交通自主知识产权直线电机车辆研制”于 2014 年 9 月通过以钱清泉院士为主任的广东省科技成果鉴定（粤科鉴字【2014】91 号），专家委员会鉴定认为：项目开展了直线电机车辆的集成、转向架设计制造、牵引及网络控制系统、制动系统、车钩及缓冲系统等技术的研究，攻克了中大运量直线电机车辆设计、制造和集成关键技术难关，降低了直线电机车辆的制造和维护成本，填补了我国直线电机车辆研制领域的空白。项目的整体技术达到国际先进水平，在无间隙弹性轴悬与电机载荷、车辆载荷平衡式直线电机转向架技术等方面达到国际领先水平。

（二）中国交通运输协会评审意见

项目于 2011 年 5 月通过中国交通运输协会的技术设计评审，专家组意见：研制单位对直线电机车辆车体、转向架、牵引系统、辅助电源、网络控制、制动、钩缓等关键技术进行系统集成，技术设计合理，可满足城市轨道交通大中运量运用要求；在线路坡度大、曲线半径小的情况下可保证安全运行，一致同意通过技术设计审查，可以进行样车试制。

项目于 2013 年 3 月通过中国交通运输协会的载客运行前评审，专家组意见：车辆各部件及整车均进行了严格的型式试验，各项技术指标均满足技术要求。车辆于 2012 年 4 月 19 日投入了空载试运行，至今已完成了 5000 公里空载运行，各项运行技术指标均达到合同技术要求，一致同意通过评审，可以上线载客运行。

（三）第三方检测报告

本项目分别委托铁道部产品质量监督检验中心机车车辆检验站（通过国家 CMA、CNAS 认证）及牵引电气设备检验站（通过国家 CMA、CNAS 认证）、株洲变流技术国家工程研究中心实验中心（通过国家 CMA、CNAS 认证）等具备检验资质的第三方检验单位，对车辆关键系统进行检测，完成转向架动力学试验、牵引及网络控制系统试验、供风模块试验、车钩系统静强度试验等关键系统型式试验，试验结果均满足标准及技术要求。

（四）用户意见

本项目研发的直线电机车辆技术已在广州地铁 4、5、6 号线全面推广应用，车辆总运营里程超过 2131 万公里，总载客量近 2.15 亿人次，从正式投入载客运营至今未发生因车辆故障导致的清客、晚点事件，首列车 AT0（全自动驾驶）控制模式下运行累计对标 27.6 万次，停车对标精度高达 99.999%。列车转向架、牵引及网络控制系统、制动系统、车钩等各系统工作稳定可靠，满足运营要求。

（五）获奖情况

“城市轨道交通自主知识产权直线电机车辆研制”获得 2015 年度广东省科学技术一等

奖、2014 年度广州市科学技术一等奖。							
推广应用情况							
本项目研发的直线电机车辆技术已在广州地铁 4、5、6 号线全面推广应用，车辆总运营里程超过 2131 万公里，总载客量近 2.15 亿人次，从正式投入载客运营至今未发生因车辆故障导致的清客、晚点事件，首列车 AT0（全自动驾驶）控制模式下运行累计对标 27.6 万次，停车对标精度高达 99.999%。累计节约车辆购置费 4.5 亿元，创造经营收益（含节约运维与电费）5 亿元。							
主要知识产权目录（不超过 10 件）							
序号	知识产权类别	知识产权具体名称	授权号	证书编号	权利人	发明人	发明专利有效状态
1	发明专利	直线电机高度测量基准轨道装置及其测量调整方法	ZL 2011104 53549.2	1993588	中车青岛四方机车车辆股份有限公司、广州地铁集团有限公司	丁建隆、张雄飞、李言义、蔺高	有效
2	发明专利	轨道车辆直线电机转向架及其制造方法	ZL20101 0274898 .3	1020589	南车青岛四方机车车辆股份有限公司（现名称：中车青岛四方机车车辆股份有限公司）	龚明、周建乐、宋晓文、李言义、周业明、张月军、张雄飞、于春广、董晓红、王斌、孙厚礼、冯永华、蔺高、王玉光	有效
3	发明专利	铰接构架直线电机转向架	ZL 2008100 89229.1	788687	中车青岛四方机车车辆股份有限公司、广州地铁集团有限公司	龚明、朱士友、宋晓文、李言义、马利军、张雄飞、周业明、林俊、马龙、高常君、崔志国	有效
4	发明专利	轨道车辆直线电机悬挂和高度调整装置及其方法	ZL20101 0607906 .1	1086283	中车青岛四方机车车辆股份有限公司、广州地铁	宋晓文、何霖、李言义、周业明、董晓红、周建乐、孙珉堂	有效

					集团有限公司		
5	发明专利	直线电机转向架	ZL201010607723.X	1245179	南车青岛四方机车车辆股份有限公司（现名称：中车青岛四方机车车辆股份有限公司）	宋晓文、李言义、周业明、张月军、张雄飞、于春广、董晓红、周建乐	有效
6	发明专利	轨道车辆直线电机悬挂装置及其方法	ZL201010608505.8	1127457	南车青岛四方机车车辆股份有限公司（现名称：中车青岛四方机车车辆股份有限公司）	宋晓文、李言义、周业明、董晓红、周建乐、孙珉堂	有效
7	发明专利	直线感应电机的控制方法	ZL200610136757.9	461556	株洲南车时代电气股份有限公司（现名称：株洲中车时代电气股份有限公司）	郭焕、刘可安、王坚	有效
8	发明专利	城市轨道交通车辆及铁路机车车辆制动盘用合金蠕墨铸铁	ZL200910083482.0	913658	中国铁道科学研究院	李继山、李和平	有效
9	发明专利	车钩电气连接器推送控制系统	ZL200910210734.1	1051951	青岛四方车辆研究所有限公司（现名称：中车青岛四方车辆研究所有限公司）	陈凯、郑权、欧阳省	有效
10	软件著作权	广州地铁车	2015SR0	0924056	广州市地	-	有效

权		辆故障分析及可靠性信息系统		36976				下铁道总公司(现名称:广州地铁集团有限公司)					
主要完成人情况													
第(1) 完成人	姓名	丁建隆	完成单位	广州地铁集团有限公司		工作单位	广州地铁集团有限公司						
	负责项目整体规划、总体方案策划及研究思路,主持中大运量直线电机地铁车辆技术方案的制定及审查、直线电机车辆调试验证与工程应用研究,对创新点一“中大运量直线电机地铁车辆载荷平衡式转向架结构技术”、创新点二“中大运量直线电机地铁车辆传动控制与效能提升技术”、创新点三“中大运量直线电机地铁车辆成套技术装备”有重要贡献。												
	曾获得国家科技奖情况:无												
主要完成人情况													
第(2) 完成人	姓名	龚明	完成单位	中车青岛四方机车车辆股份有限公司		工作单位	中车工业研究院有限公司						
	负责中大运量直线电机地铁车辆转向架总体设计方案与系统集成技术研究,实现了电机载荷与车辆载荷在轮轴和车轮的均匀分布,有效降低了由于载荷不均匀导致的轮对的多边形磨耗与轨道的波浪形磨耗;研究形成中大运量直线电机车辆技术体系,对创新点一“中大运量直线电机地铁车辆载荷平衡式转向架结构技术”、创新点三“中大运量直线电机地铁车辆成套技术装备”有重要贡献。												
	曾获得国家科技奖情况:无												
主要完成人情况													
第(3) 完成人	姓名	何霖	完成单位	广州地铁集团有限公司		工作单位	广州地铁集团有限公司						
	负责中大运量直线电机地铁车辆课题技术路线,完成直线电机车辆整车的设计、制造与系统集成,形成了具有自主知识产权、且能与既有运营线路互联互通的直线电机地铁车辆成套技术装备。对创新点一“中大运量直线电机地铁车辆载荷平衡式转向架结构技术”、创新点三“中大运量直线电机地铁车辆成套技术装备”有重要贡献。												
	曾获得国家科技奖情况:无												
主要完成人情况													
第(4)	姓名	朱士友	完成单位	广州地铁集团有限公司		工作单位	广州地铁集团有限公司						

完成人	完成中大运量直线电机地铁车辆集成技术研究，建立中大运量直线电机车辆的设计、制造与调试试验技术平台，总体策划整车型式试验、系统接口调试及载客试运营等验证工作。对创新点一“中大运量直线电机地铁车辆载荷平衡式转向架结构技术”、创新点三“中大运量直线电机地铁车辆成套技术装备”有重要贡献。					
	曾获得国家科技奖情况：无					
主要完成人情况						
第（5） 完成人	姓名	陈高华	完成单位	株洲中车时代电气股份有限公司	工作单位	株洲中车时代电气股份有限公司
	负责中大运量直线电机地铁车辆牵引及网络控制系统总体设计，突破车辆传动控制方法，实现了磁链幅值连续调节、磁链矢量的精准控制，克服了直线电机驱动低能效的技术难题，对创新点二“中大运量直线电机地铁车辆传动控制与效能提升技术”有重要贡献。					
	曾获得国家科技奖情况：无					
主要完成人情况						
第（6） 完成人	姓名	李学锋	完成单位	中国铁道科学研究院	工作单位	中国铁道科学研究院
	负责中大运量直线电机地铁车辆制动系统总体设计，首创提出直线电机车辆轮装制动盘、具有复合缸结构的紧凑型制动夹钳设计方案，对创新点三“中大运量直线电机地铁车辆成套技术装备”有重要贡献。					
	曾获得国家科技奖情况：					
主要完成人情况						
第（7） 完成人	姓名	陈凯	完成单位	中车青岛四方车辆研究有限公司	工作单位	中车青岛四方车辆研究有限公司
	创新研发气动控制和电路控制结合的车辆车钩系统技术，实现车辆连接装置故障率低、触发可靠、灵敏度高、空间需求小等先进技术目标，对创新点三“中大运量直线电机地铁车辆成套技术装备”有重要贡献。					
	曾获得国家科技奖情况：无					
主要完成人情况						
第（8） 完成人	姓名	赖森华	完成单位	中车青岛四方机车车辆股份有限公司	工作单位	中车青岛四方机车车辆股份有限公司

		负责中大运量直线电机地铁车辆转向架设计方案，提出直线电机无间隙弹性轴悬设计，解决车辆运行舒适性、电机牵引效率和振动噪声的矛盾问题，保证车辆的动力学性能，对创新点一“中大运量直线电机地铁车辆载荷平衡式转向架结构技术”有重要贡献。				
		曾获得国家科技奖情况：无				
主要完成人情况						
第（9） 完成人	姓名	庞绍煌	完成单位	广州地铁集团有限公司	工作单位	广州地铁集团有限公司
	研究适应中大运量直线电机车辆的新型转向架、牵引及制动特性等总体技术标准；负责中大运量直线电机地铁车辆静动态调试、安全评估，解决静动态调试、线路运行试验技术难题。对创新点三“中大运量直线电机地铁车辆成套技术装备”有重要贡献。					
	曾获得国家科技奖情况：无					
主要完成人情况						
第（10） 完成人	姓名	龙静	完成单位	广州地铁集团有限公司	工作单位	广州地铁集团有限公司
	负责中大运量直线电机地铁车辆集成技术方案，参加整车系统集成与调试技术研究，通过系统仿真与试验研究，优化确定各关键系统之间的参数匹配与接口技术，保证了直线电机车辆的可靠性、安全性和舒适性。对创新点三“中大运量直线电机地铁车辆成套技术装备”有重要贡献。					
	曾获得国家科技奖情况：无					
主要完成单位创新推广贡献						
第 1_完成单位		广州地铁集团有限公司				
广州地铁集团有限公司作为项目的牵头单位，组织联合中车青岛四方机车车辆股份有限公司、株洲中车时代电气股份有限公司、中国铁道科学研究院、中车青岛四方车辆研究所等国内优秀的城市轨道交通装备企业及研究单位，结合各自的经验和优势，以在建项目为依托，采取产学研用相结合的方式共同开展中大运量直线电机地铁车辆关键技术及应用，负责项目总体方案与技术要求、车辆集成应用研究及载客验证。						
第 2_完成单位		中车青岛四方机车车辆股份有限公司				
负责中大运量直线电机地铁车辆转向架、车体研制及车辆整体集成。						
第 3_完成单位		株洲中车时代电气股份有限公司				
负责中大运量直线电机地铁车辆牵引及网络控制系统研制。						
第 4_完成单位		中国铁道科学研究院				
负责中大运量直线电机地铁车辆制动系统研制。						

第 5 完成单位	中车青岛四方车辆研究所有限公司
负责中大运量直线电机地铁车辆车钩系统研制。	
完成人合作关系说明	
《中大运量直线电机地铁车辆关键技术及应用》项目由广州地铁集团有限公司牵头，中车青岛四方机车车辆股份有限公司、株洲中车时代电气股份有限公司、中国铁道科学研究院、中车青岛四方车辆研究所有限公司共同参与完成。项目完成人丁建隆、何霖、朱士友、庞绍煌、龙静工作单位为广州地铁集团有限公司，负责项目整体规划、总体方案策划及研究思路,主持中大运量直线电机地铁车辆技术方案的制定及审查,负责整车型式试验、关键系统接口调试及车辆载客试运营等验证工作，是国家标准 GB/T32383-2015《城市轨道交通 直线电机车辆》、行业标准 CJ/T 311-2009《城市轨道交通直线感应牵引电机技术条件》、专著《城市轨道交通大中运量直线电机车辆运用与检修》的主编人，以及《直线电机高度测量基准轨道装置及其测量调整方法》等专利发明人。完成人龚明、赖森华，工作单位分别为中车工业研究院有限公司、中车青岛四方机车车辆股份有限公司，共同负责载荷平衡式转向架结构技术研发、中大运量直线电机车辆系统集成，是《轨道车辆直线电机转向架及其制造方法》等专利的发明人，以及国家标准 GB/T32383-2015《城市轨道交通 直线电机车辆》、行业标准 CJ/T 310-2009《城市轨道交通直线电机车辆通用技术条件》主编人。完成人陈高华，工作单位为株洲中车时代电气股份有限公司，负责中大运量直线电机地铁车辆传动控制与效能提升技术研发；完成人李学锋，工作单位为中国铁道科学研究院，负责直线电机车辆制动技术研发；完成人陈凯，工作单位为中车青岛四方车辆研究所有限公司，负责直线电机车辆车钩技术研发，是《车钩电气连接器推送控制系统》等专利的发明人。上述完成人全部申报并获得了 2014 年度广州市科学技术一等奖、2015 年度广东省科学技术一等奖。	

如有论文不超过 10 篇，请参考自然科学奖格式补充。