

项目名称：高速列车空气动力学设计及评估技术

提名单位：中国力学学会

提名意见：

该项目发展了高速列车气动优化设计理论、方法和技术，建成了高速列车数字化协同仿真设计平台，创新性地提出压缩空气间接加速和磁涡流非接触减速的动模型实验原理，建成了最高实验速度超过 500km/h、模型缩比 1:8、实验段长度超过 100m 的高速列车双向动模型实验平台。利用高速列车数字化协同仿真设计平台和动模型实验平台，完成了 CRH380A 型高速列车气动定型设计，确定了 CRH380B 型高速列车关键结构部件的气动优化改进方案；完成了高寒列车防积雪结冰与抗风防沙气动优化设计。CRH380 系列高速列车已成为我国高速铁路的主力车型，并将用于中泰高铁、印尼雅万高铁、俄罗斯莫喀高铁等海外市场，为我国高速铁路“走出去”战略提供了坚实的技术支撑，取得了显著的社会经济效益。

提名该项目为国家科学技术进步奖二等奖。

项目简介

（一）主要技术内容

我国高速铁路发展迅猛，“四纵四横”高速铁路网基本建成，高速铁路技术享誉国内外。高速列车是高速铁路的关键装备，针对我国 CRH380 系列高速列车的研制，按照“引进、消化、吸收再创新”的指导原则，通过多年努力研究攻关，发展了高速列车气动优化设计和评估技术，研制了高速列车动模型实验平台，设计并确定了具有中国民族特性和文化特色、气动性能优异的 CRH380 系列高速列车气动外形。本项目主要创新成果有：

1. 全面系统总结了高速列车的关键力学问题，发展了高速列车气动设计理论、方法和技术，提出了高速列车多目标气动优化设计方法。发展了高速列车明线运行和交会、隧道通过和交会、强横风等复杂运行场景下的流场和气动噪声计算技术，建成了高速列车数字化协同仿真设计平台。

2. 创新性地提出压缩空气间接加速和磁涡流非接触减速的动模型实验原理，研制了动模型加速和减速装置，创建了最高实验速度超过 500km/h、模型缩比 1:8、实验段长度超过 100m 的高速列车双向动模型实验平台。

3. 利用创新研制的高速列车数字化协同仿真设计平台和动模型实验平台，完成了 CRH380A 型高速列车气动定型设计；确定了 CRH380B 型高速列车关键结构部件的气动优化改进方案；完成了高寒列车防积雪结冰与抗风防沙气动优化设计。

（二）本项目获发明专利 14 项，实用新型专利 2 项，外观专利 3 项，发表论文 42 篇。

（三）技术经济指标、应用推广及效益情况

优化设计完成的具有自主知识产权的 CRH380 系列高速列车，已成为我国高速铁路的主力车型，据不完全统计结果，近三年累计生产 CRH380 系列高速列车 680 余列，新增销售额约 1457 亿元，与项目研究成果相关的经济效益约 14 亿元。在国际高速铁路市场，中国高速列车将推向中泰高铁、印尼雅万高铁、俄罗斯莫喀高铁等海外市场，为我国高速铁路“走出去”战略提供了坚实的技术支撑。

客观评价

序号	第三方单位名称	评价类别	主要评价意见	旁证
1	科学技术部 铁路总公司	验收专家意见	<p>课题建成了高速列车空气动力学数值仿真平台；完成了高速列车空气动力学运行行为、头型族与外形族等优化设计方案、不同运行场景下运行安全评估技术、气动设计规范和气动安全评估等课题任务书规定研究内容。研究成果已应用于我国新一代高速列车CRH380A和CRH380B的气动方案定型设计。</p> <p>课题建成了最高试验速度500公里/小时、缩比1:8、双向运行大型动模型实验平台；课题研究成果为我国高速列车空气动力学设计提供了有力的技术支撑。</p>	国家科技支撑计划课题技术验收专家意见书，附件 6-01
2	科学技术部	验收专家意见	提出了增量叠加参数化方法，形成了高速列车气动外形优化设计平台以及高速列车空气动力学实验平台，研究成果已成功应用于CRH380系列高速列车和中国标准动车组的气动外形设计。	973 计划项目结题验收专家组意见表，附件 6-02
3	中国力学学会	奖励	“高速列车空气动力学优化设计及评估技术”，2016 年中国力学科学技术进步奖，一等奖	获奖证书，附件 7-01
4	中国铁道学会	奖励	“设计时速 380 公里高速动车组技术研发及应用”，2012 年中国铁道学会科学技术奖，特等奖	获奖证书，附件 7-02
5	中国铁道学会	奖励	“CRH380A 新一代高速列车研制”，2012 年中国铁道学会科学技术奖，特等奖	获奖证书，附件 7-03

6	中国铁道学会	奖励	“CRH380B 高寒技术开发及应用”，2013 年中国铁道学会科学技术奖，特等奖	获奖证书，附件 7-04
7	中国铁道学会	奖励	“CRH5 型高速动车组技术开发及应用”，2014 年中国铁道学会科学技术奖，特等奖	获奖证书，附件 7-05
8	中国铁道学会	奖励	“高速铁路空气动力学基础研究与安全技术”，2014 年中国铁道学会科学技术奖，一等奖	获奖证书，附件 7-06
9	吉林省科学技术奖励委员会	奖励	“350kmh 高速动车组”，2014 年吉林省科学技术奖，一等奖	获奖证书，附件 7-07
10	中国科学技术协会	奖励	“高速列车的关键力学问题”，2017 年第二届中国科协优秀科技论文遴选计划优秀论文奖	获奖证书，附件 7-08

推广应用情况

本项目研究成果已全部用于 CRH380 系列高速列车优化设计和评估，设计并确定了具有中国民族特性和文化特色、气动性能优异的 CRH380 系列高速列车气动外形。本项目研究成果还与高速列车制造企业的产品设计和评估深入结合，一方面对数十种高速列车备选头型进行评估，优选出性能卓越的列车外形；另一方面对既有高速列车头型进行外形设计与优化，进一步提升高速列车的气动性能。目前，我国的 CRH380A、CRH380AM（时速 500 公里试验列车）、CRH380B、CRH380B 高寒动车组、CRH5G 高寒防风沙动车组和“复兴号”中国标准动车组均应用了本项目研究成果，我国的高速列车优化设计技术走在了世界前列。现正在使用发展的优化设计方法和动模型实验平台围绕“先进轨道交通”重点研发计划专项，为我国研制时速 400 公里高速列车、时速 250 公里高速货运动车组和时速 600 公里高速磁浮列车提供技术支撑。

主要知识产权目录

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	专利有效状态
发明专利	列车头优化设计方法	中国	ZL201210560359.5	2015年09月09日	1781870	中车唐山机车车辆有限公司	李国清; 李明; 孔繁冰; 刘斌; 韩璐	有效专利
发明专利	一种高速列车模型实验平台	中国	ZL201210435081.9	2015年10月07日	1811422	中国科学院力学研究所	杨乾锁; 杨国伟	有效专利
发明专利	防风沙高速轨道车辆	中国	ZL201410747554.8	2017年10月31日	2676688	中车青岛四方机车车辆股份有限公司	程建峰; 权光辉; 丁叁叁; 梁建英; 陶桂东	有效专利
发明专利	基于压缩气体驱动的高速列车模型加速装置	中国	ZL201110398808.6	2013年12月04日	1317590	中国科学院力学研究所	杨乾锁; 杨国伟	有效专利
发明专利	基于动量传递的防回弹高速列车模型加速装置	中国	ZL201210170188.X	2015年04月29日	1648805	中国科学院力学研究所	杨乾锁	有效专利
发明专利	城际型轨道交通车辆	中国	ZL201310738869.1	2016年05月25日	2083595	中车青岛四方机车车辆股份有限公司	徐宏伟; 王学亮; 丁叁叁; 何丹炉; 王栋; 马云双; 王军; 龚明; 梁建英等	有效专利
发明专利	铁道车辆抗大风倾覆能力测试方法及其装置	中国	ZL201110428848.0	2012年12月20日	1680599	中车青岛四方机车车辆股份有限公司	李海涛; 张志强; 虞大联; 陈大伟; 王斌; 赵长龙; 王晓军; 徐冠基; Steve Haeg	有效专利
发明专利	一种更为灵活的电力动车组编组方法	中国	ZL201510169414.1	2017年03月29日	2431481	中车长春轨道客车股份有限公司	赵明花; 李军; 王成涛; 沙森; 袁德强; 金文斌	有效专利
发明专利	轨道车辆转向架回转阻力特性测定试验装置及方法	中国	ZL201410238112.0	2016年07月20日	2147137	中车长春轨道客车股份有限公司	滕万秀; 刘诗慧; 谭富星	有效专利
发明专利	轨道车辆头部可开闭式前罩	中国	201210507204.5	2016年03月23日	1994296	中车青岛四方机车车辆股份有限公司	蔡军爽; 丁叁叁; 田爱琴; 杜健; 李文化	有效专利

主要完成人情况

姓 名	杨国伟	性别	男	排 名	1	国 籍	中国
技术职称	研究员			最高学历	研究生	最高学位	博士
工作单位	中国科学院力学研究所					行政职务	实验室副主任
完成单位	中国科学院力学研究所					所在地	北京
						单位性质	公益型研究单位
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>项目负责人。973项目首席科学家，科技支撑计划项目课题负责人。组织完成了CRH380系列高速列车气动定型设计、高速列车气动优化设计平台和高速列车双向动模型实验平台创建；形成了我国高速列车空气动力学分析、优化、实验一体化研究体系，支撑了我国高速列车技术发展。</p> <p>对本项目科技创新点一、二、三均有创造性贡献；参加本项研究工作时间占工作总时间的50%。旁证：发明专利ZL201210435081.9(附件1-02)、ZL201110191550.2(附件7-01)；2012年铁道科技特等奖(附件8-02)；2015年力学科技进步一等奖(附件8-01)。</p>							

姓 名	丁叁叁	性别	男	排 名	2	国 籍	中国
技术职称	教授级高工			最高学历	研究生	最高学位	博士
工作单位	中车青岛四方机车车辆股份有限公司					行政职务	副总工程师兼工程中心主任
完成单位	中车青岛四方机车车辆股份有限公司					所在地	山东
						单位性质	国有大中型企业
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>项目执行人，在国家科技支撑计划项目课题“高速列车空气动力学优化设计及评估技术”中，负责CRH380A型高速列车的设计定型工作，在973项目“高速列车基础力学问题研究”中，作为课题负责人，领导并完成高速列车基础力学问题的子课题研究工作。</p> <p>对本项目科技创新点一、三有创造性贡献；参加本项研究工作时间占工作总时间的50%。旁证：附件1-03发明专利ZL201410747554.8，附件7-10外观设计专利ZL201230475797.2（2016年中国外观设计优秀奖）；2012年获中国铁道学会铁道科技特等奖（附件8-03）；2015年获中国铁道学会铁道科技一等奖（附件8-06）。</p>							

姓 名	沙森	性别	男	排 名	3	国 籍	中国
技术职称	高级工程师			最高学历	大学本科	最高学位	学士
工作单位	中车长春轨道客车股份有限公司					行政职务	副总工程师
完成单位	中车长春轨道客车股份有限公司					所在地	吉林
						单位性质	国有大中型企业
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>国家科技支撑计划项目课题执行人。主持了CRH5G高寒动车组防积雪结冰空气动力学设计技术、抗风防沙设计技术的研究。创建了转向架区域积雪结冰疏绕技术，车体设备防风沙、排风沙技术，建立了一整套针对高寒大风沙环境下高速列车空气动力学设计研究体系。</p> <p>本人针对本项目创新点一、三有突出贡献，在本项目投入的工作量占本人工作总量的40%。旁证：发明专利ZL201510169414.1（附件7-04）；新产品新技术鉴定认证书（附件10-01）；2012年获铁道科技奖特等奖（附件8-02）。</p>							

姓 名	郭迪龙	性别	男	排 名	4	国 籍	中国
技术职称	高级工程师			最高学历	研究生	最高学位	博士
工作单位	中国科学院力学研究所					行政职务	无
完成单位	中国科学院力学研究所					所在地	北京
						单位性质	公益型研究单位
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>项目执行人。负责了CRH380系列高速列车气动性能的数值仿真评估工作，负责研制了高速列车动模型地面和车载的测速、测压系统，并负责动模型实验。</p> <p>对本项目科技创新点一、二有创造性贡献；参加本项研究工作时间占工作总时间的50%。旁证：2016年获中国力学科技进步一等奖（附件8-01）；发表“<i>Influences of affiliated components and train length on the train wind</i>”等系列论文（附件9-03、附件9-04）。</p>							

姓 名	李明	性别	男	排 名	5	国 籍	中国
技术职称	高级工程师			最高学历	研究生	最高学位	博士
工作单位	中车唐山机车车辆有限公司					行政职务	业务经理
完成单位	中车唐山机车车辆有限公司					所在地	河北
						单位性质	国有大中型企业
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>项目执行人，负责高速列车数字化协同仿真设计平台建设，提出了基于参数化驱动的高速列车新头型多学科优化仿真设计技术，可实现高速列车新头型的自动建模、仿真分析与优化设计，应用于CRH380B型高速列车的气动优化设计。</p> <p>对本项目科技创新点一、三有创造性贡献；参加本项研究工作时间占工作总时间的50%。旁证：附件1-01发明专利ZL201210560359.5；附件7-12外观设计专利ZL201200450454.0。</p>							

姓 名	陈大伟	性别	男	排 名	6	国 籍	中国
技术职称	教授级高工			最高学历	研究生	最高学位	博士
工作单位	中车青岛四方机车车辆股份有限公司					行政职务	无
完成单位	中车青岛四方机车车辆股份有限公司					所在地	山东
						单位性质	国有大中型企业
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>项目执行人。参加国家科技支撑计划项目课题“高速列车空气动力学优化设计及评估技术（2009BAG12A03）”和973项目“高速列车基础力学问题研究（2011CB711100）”，负责了CRH380A气动外形优化设计与评估工作，负责系列车型的风洞试验与线路试验分析工作。</p> <p>对本项目科技创新点一、三有创造性贡献；参加本项研究工作时间占工作总时间的50%。旁证：发明专利ZL201110428848.0（附件7-05）。</p>							

姓 名	孙振旭	性别	男	排 名	9	国 籍	中国
技术职称	副研究员			最高学历	研究生	最高学位	博士
工作单位	中国科学院力学研究所					行政职务	无
完成单位	中国科学院力学研究所					所在地	北京
						单位性质	公益型研究单位
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>项目执行人。参与国家科技支撑计划项目课题“高速列车空气动力学优化设计及评估技术”和973项目“高速列车基础力学问题研究”，完成了高速列车多运行环境、多物理过程的复杂流场及声场机理分析，实现了高速列车细部结构的改型优化，建立了面向高速列车气动外形的高效优化策略。</p> <p>对本项目科技创新点一、三有重要贡献；参加本项研究工作时间占工作总时间的50%。旁证：发表了“Parametric design and optimization of high speed train nose”等10多篇论文（附件9-03、附件9-04）。</p>							

姓 名	滕万秀	性别	男	排 名	10	国 籍	中国
技术职称	教授级高工			最高学历	研究生	最高学位	硕士
工作单位	中车长春轨道客车股份有限公司					行政职务	实验室党支部书记兼副主任
完成单位	中车长春轨道客车股份有限公司					所在地	吉林
						单位性质	国有大中型企业
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>项目执行人。主持了中车长客股份高速列车气动设计研究，搭建了中车长客股份空气动力学仿真分析及试验平台；开展了高速列车气密性研究，制定了适合中国高速动车组的空气动力学载荷设计规范、气密性设计规范。</p> <p>本人针对本项目创新点一、三有突出贡献，在本项目投入的工作量占本人工作总量的40%。旁证材料：附件7-06发明专利ZL201410238112.0；2013年“CRH380B型高寒高速动车组技术开发及应用”获铁道科技特等奖（附件8-04）；2014年“CRH5型高速动车组技术开发及应用”获铁道科技特等奖附件（8-05）。</p>							

主要完成单位及创新推广贡献

单位名称	中国科学院力学研究所				
排 名	1	法定代表人	秦伟	所 在 地	北京
<p>中国科学院力学研究所作为项目总体负责单位，全面负责项目的组织及实施，建立了高速列车空气动力学性能评估和优化设计平台，创建了最高实验速度500公里/小时、模型缩比1:8的高速列车双向动模型实验平台。形成了我国高速列车空气动力学分析、优化、实验一体化研究体系，通过数值仿真、风洞实验和动模型实验，对多种高速列车气动外形方案的气动性能进行综合比较，最终确定了CRH380A的气动外型设计方案；在分析原型车CRH3的气动阻力源的基础上，完成了风挡、空调整流罩、裙板、受电弓整流罩等结构部件的多方案气动性能比较，确定了CRH380B改进方案。经线路试验和多年的运营检验，研制的CRH380系列高速列车气动性能优良，为我国高速列车技术领先世界及高速铁路“走出去”战略的实施提供了良好的技术支撑。</p>					

单位名称	中车青岛四方机车车辆股份有限公司				
排 名	2	法定代表人	张在中	所 在 地	山东
<p>中车青岛四方机车车辆股份有限公司作为项目主要完成单位之一，承担了高速列车气动优化设计和评估技术的主要工作，建设了高速列车数字化协同仿真设计平台，完成了CRH380A型高速列车的气动设计定型工作，自主研制的CRH380A型高速动车组承担京沪、京广等高速铁路的运营主力，并创造了486.1公里/小时世界运营列车最高试验速度，CRH380A型高速列车将推向印尼雅万高铁、俄罗斯莫喀高铁等海外市场，对本项目的技术创新及推广应用起到了重要作用。</p>					

单位名称	中车唐山机车车辆有限公司				
排 名	3	法定代表人	侯志刚	所 在 地	河北
<p>中车唐山机车车辆有限公司作为项目主要完成单位之一，承担了高速列车气动优化设计和评估技术的主要工作，提出基于参数化驱动的高速列车新头型多学科优化设计方法，建设了高速列车数字化协同仿真设计平台，通过空气动力学、车辆动力学、气动噪声、车内流场以及结构设计、静强度与疲劳、振动与模态、噪声等关键技术协同仿真分析，完成了CRH380B型高速列车的气动外形优化设计，项目成果已推广应用于CR400BF中国标准动车组等项目，CRH380B型高速列车上线运行至今，空气动力学、安全可靠性等指标优良，乘坐环境舒适，获得了中国铁路上海局集团有限公司、中国铁路西安局集团有限公司等列车运营方认可，对本项目的技术创新及推广应用起到了重要作用。</p>					

单位名称	中车长春轨道客车股份有限公司				
排 名	4	法定代表人	王润	所 在 地	吉林
<p>中车长春轨道客车股份有限公司是本项目主要完成单位之一，深入开展了高速列车空气动力学设计及评估技术研究，确定了高速列车明线空气动力学、隧道空气动力学合理的气动仿真边界条件，为头型设计技术决策提供技术支撑；形成了完善的模型处理和仿真计算方法，建立了较为准确的仿真预测模型，准确揭示了高速列车过隧道时流场机理和压力脉动规律，确定了不同速度级列车的交会压力波允许值，并成为企业设计规范；研发了高寒动车组防积雪结冰空气动力学设计技术、抗风防沙设计技术；基于以上研究成果及理论，完成了CRH380B、CRH380C、CRH5G高寒抗风沙动车组、时速350公里中国标准动车、“复兴号”CR400BF、时速250公里中国标准动车组等气动方案设计，并成功运行在京沪线、武广线、哈大线、兰新线等线路，各车型空气动力学性能优良，对本项目的技术创新及推广应用起到了重要作用。</p>					

完成人合作关系说明

针对我国“八纵八横”高速铁路网对不同运营环境下高速列车的需求，在“中国高速列车自主创新联合行动计划”中，本项目承担了国家科技支撑计划项目“中国高速列车关键技术研究及装备研制”中的“高速列车空气动力学优化设计及评估技术”（2009BAG12A03）课题，以及国家基础研究发展计划（973）项目“高速列车基础力学问题研究”（2011CB711100）。本项目采用产、学、研相结合的方式开展科研攻关，所有完成人均来自我国高速列车研究与制造一线，其中包括了主持高速列车空气动力学设计与评估技术项目的中国科学院力学研究所代表（杨国伟、郭迪龙、杨乾锁、赵桂林、孙振旭），生产 CRH380A 型高速列车的中车青岛四方机车车辆股份有限公司代表（丁叁叁、陈大伟），生产 CRH380B 型高速列车的中车唐山机车车辆有限公司代表（李明），生产 CRH380B 和 CRH5G 高寒防风沙高速列车的中车长春轨道客车股份有限公司代表（沙淼、滕万秀）。

在科学研究方面，依托国家科技支撑计划项目和国家基础研究发展计划（973）项目，由中国科学院力学研究所牵头，中车青岛四方机车车辆股份有限公司、中车唐山机车车辆有限公司、中车长春轨道客车股份有限公司等多家单位参加，本项目所有完成人均是骨干研究人员，在高速列车气动设计与评估理论、实验与仿真平台建设和高速列车研制过程中，团结合作，刻苦钻研，在共同立项、共同发表论文、共同获奖、共同知识产权等方面取得了丰硕成果。研制的 CRH380 系列高速列车已成为中国高速铁路主力车型，为中国高速铁路的快速发展提供了技术支撑，对中国高速铁路“走出去”和“一带一路”战略具有重要作用。

具体合作情况详见《完成人合作关系情况汇总表》。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	课题研究	中国科学院力学研究所（杨国伟、郭迪龙、杨乾锁、赵桂林、孙振旭等） 中车青岛四方机车车辆股份有限公司（丁叁叁、陈大伟等） 中车唐山机车车辆有限公司（李明等） 中车长春轨道客车股份有限公司（沙森、滕万秀等）	2009～2013	国家科技支撑计划项目课题“高速列车空气动力学优化设计及评估技术” （2009BAG12A03）	附件6-03	
2	课题研究	杨国伟（首席科学家） 中国科学院力学研究所（杨国伟、郭迪龙、杨乾锁、赵桂林、孙振旭等） 中车青岛四方机车车辆股份有限公司（丁叁叁、陈大伟等）	2011～2015	国家基础研究发展计划（973）项目“高速列车基础力学问题研究” （2011CB711100）	附件6-04	
3	专利申报	杨乾锁（01）、杨国伟（02）	2012	发明专利“一种高速列车模型实验平台”，2012104350819	附件1-02	
4	共同获奖	杨国伟（01）、杨乾锁（02）、郭迪龙（03）	2016	“高速列车空气动力学优化设计和评估技术”，2016年荣获第二届中国力学科技进步一等奖	附件8-01	
5	共同获奖	杨国伟（28）、沙森（17）	2012	“设计时速380公里高速动车组技术研发及应用”，2012年中国铁道学会铁道科技奖，特等奖	附件8-02	
6	共同发表论文	杨国伟、郭迪龙、陈大伟、孙振旭	2010～至今	发表相关研究论文30多篇	附件9-03 9-04	