



# 我省获10项国家科学技术奖

1月8日,国家科学技术奖励大会在北京隆重召开,对获得2017年度国家科学技术奖的项目和人员进行表彰。从省科技厅获悉,我省共有10项科研成果获得2017年度国家科学技术奖。其中,由省单位(人员)主持完成的获奖项目2项,分别为国家自然科学奖二等奖、国家技术发明奖二等奖;由省单位(人员)参与完成的获奖项目8项,分别为国家技术发明奖二等奖1项、国家科技进步奖特等奖1项、二等奖6项。

2017年5月,国务院办公厅印发了《关于深化科技奖励制度改革方案》,重点针对改革完善国家科技奖励制度提出了实行提名制、建立定标定额评审机制、调整奖励对象要求、健全科技奖励诚信制度等诸多举措。此次国家科学技术奖励大会是改革后首次与公众见面,共授奖9名科技专

家和271项成果。其中,国家最高科学技术奖2人,国家自然科学奖35项,包括一等奖2项、二等奖33项,国家技术发明奖66项,包括一等奖4项、二等奖62项,国家科学技术进步奖170项,包括特等奖3项、一等奖21项、二等奖146项,授予7名外籍科学家中华人民共和国国际科学技术合作奖。

目前,我省正加紧研究制定《河北省科技奖励制度改革方案》,通过改革科技奖励制度、完善科技奖励评审机制,进一步提高奖励质量,增强学术性、突出导向性、提升权威性、提高公信力、彰显荣誉性,充分发挥科技奖励在激励自主创新、激发人才活力、营造良好创新环境的作用,为推动全省科技进步和经济社会发展,加快建设新时代经济强省、美丽河北注入新动能。

## 我省单位主持完成获奖项目展示

### 高速运动刚柔相互作用系统非线性建模与振动分析

奖项与等级:国家自然科学奖二等奖  
项目主要完成人与完成单位:杨绍普(石家庄铁道大学),陈立群(上海大学),李韶华(石家庄铁道大学),申永军(石家庄铁道大学),丁虎(上海大学)

该项目属于机械动力学与振动领域。高速运动系统存在大量刚柔相互作用,如车辆与道路、柔性传动系统等。在高速运行时,系统中的接触、摩擦、啮合等因素使得非线性动力学效应更加突出,影响了系统的性能,加剧了磨损失效,甚至对系统的稳定性和安全性产生恶劣影响。刚柔相互作用系统呈现出高维、时变、非光滑特性,其建模、分析和控制非常困难,是机械动力学领域国际前沿科学难题,也是制约机械系统向高精尖发展的瓶颈。该项目针对高速运动刚柔相互作用系统的建模、分析和控制进行了系统深入的研究,获得了一批原创性成果。研究成果受到国内外学者高度评价,八篇代表性论著被SCI他引404次,单篇最高他引196次,总他引721次。主要科学发现及科学价值包括:

1、控制刚柔相互作用系统的动力学行为常采用磁流变液等新型智能材料,磁流变液的双粘性和非牛顿流特性导致建模、分析困难。该成果提出了磁流变液作动器双曲滞回模型,揭示了时滞对半主动控制系统周期响应的规律,发现了滞回非线性车辆悬架系统中从周期到拟周期直至环面破裂通向混沌运动的道路,为刚柔相互作用系统的分析和控制提供了理论依据和技术支撑。

刚柔相互作用系统的动力学行为控制,常采用磁流变液等新型智能材料作动器,由于磁流变液的双粘性和非牛顿流特性,精确建模非常困难,而建模结果直接影响着系统的控制效果。该成果基于实测数据与理论分析,建立了磁流变液非线性状态模型。

这一模型形式简洁、参数物理意义明确,便于进行动力学分析与控制。与传统的滞回模型相比,该模型可以更加精确方便地描述磁流变液的特性。法国格勒诺布尔理工学院 Olivier Sename 教授将该模型与经典的 Bouc-Wen、Bingham 等四种模型并列列为磁流变液最重要的模型。西班牙蒙特雷大学教授 J.Lozoya-Santos 认为该成果是磁流变液最重要的工作之一。基于该模型,该成果还研制了适合车辆半主动悬架系统的新型磁流变阻尼器,该阻尼器线圈组件不与磁流变

液直接接触,具有可靠性高、散热好、磁路不易饱和、阻尼力调节范围宽、有效行程长等优点,获得4项国家发明专利授权。通过硬件在环和在真中能源改装车实车实验发现,该阻尼器工作性能可靠,可有效减小车体加速度和轮胎动载荷,提高车辆平顺性和道路友好性。

2、刚柔相互作用系统存在接触、摩擦、啮合等非线性,该成果以典型的刚柔相互作用系统——车辆道路相互作用为例,提出了考虑路面振动的非线性轮胎新模型,建立了三维车路非线性刚柔相互作用模型,构建了车辆道路相互作用系统动力学研究框架,揭示了由于基础柔性频率密集所导致的超三维模态收敛的内在机理,为大系统的精确数值仿真提供了可行的判据,发现了车路相互作用规律并通过现场试验进行了验证,带动了车辆、道路动态设计的技术突破。

突破了现有汽车动力学与道路动力学学科分离的研究思路。通过非线性轮胎力将重型汽车整车模型与道路地基模型相联接,建立了三维非线性车路刚柔相互作用模型,考虑了车辆振动、路面不平顺和路面振动的影响,真实描述了多刚体车辆与柔性道路系统的相互作用。发展了车辆-道路相互作用系统超三维模态分析算法,发展了超三维数值仿真算法,发现传统的低阶截断研究中存在较大定量偏差,揭示了支撑柔性体具有的密频特征导致车辆与道路响应模态收敛缓慢的机理,提出通过线性派生系统的固有频率增长趋势,判断非线性系统模态截断收敛性的方法,该方法简捷有效,为大系统精确数值仿真提供了理论指导。中国科学院闻邦椿院士等指出该成果给出了截断收敛性的细致分析。

基于所提出的车路相互作用模型,分析了系统参数对车辆平顺性和道路疲劳破坏的影响。在大广高速公路深州至大段段构建了车辆-道路相互作用试验段。实现了对车辆和道路响应数据的动态采集,为分析车辆与道路的动力相互作用规律提供了宝贵的实测数据。通过对比仿真与试验结果,验证了仿真模型和方法的正确性。提出的道路动态设计方法,用于大广高速公路衡大段长寿命路面设计和线形优化,该路段通车六年来性能稳定,有效保障了道路安全通行。该成果被美国 TRB 车路相互作用委员会主席 K.C.Geroge 称为开创性工作并获得杰出成就奖。

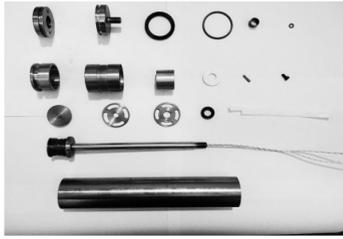
守恒量可以应用于证明平衡点的稳定性,该成果被 ASME 评为会刊 JVA 近两年10篇最高引论文第二名。该成果的动态设计及稳定性分析方法应用于冀中能源 DTL 和 DSJ 两个系列60余种皮带输送机研制,减小了皮带的振动和偏移量,延长了维修周期10%。

3、刚柔相互作用系统界面存在接触、摩擦、啮合等非线性,该成果以典型的刚柔相互作用系统——车辆道路相互作用为例,提出了考虑路面振动的非线性轮胎新模型,建立了三维车路非线性刚柔相互作用模型,构建了车辆道路相互作用系统动力学研究框架,揭示了由于基础柔性频率密集所导致的超三维模态收敛的内在机理,为大系统的精确数值仿真提供了可行的判据,发现了车路相互作用规律并通过现场试验进行了验证,带动了车辆、道路动态设计的技术突破。

突破了现有汽车动力学与道路动力学学科分离的研究思路。通过非线性轮胎力将重型汽车整车模型与道路地基模型相联接,建立了三维非线性车路刚柔相互作用模型,考虑了车辆振动、路面不平顺和路面振动的影响,真实描述了多刚体车辆与柔性道路系统的相互作用。

发展了车辆-道路相互作用系统超三维模态分析算法,发展了超三维数值仿真算法,发现传统的低阶截断研究中存在较大定量偏差,揭示了支撑柔性体具有的密频特征导致车辆与道路响应模态收敛缓慢的机理,提出通过线性派生系统的固有频率增长趋势,判断非线性系统模态截断收敛性的方法,该方法简捷有效,为大系统精确数值仿真提供了理论指导。中国科学院闻邦椿院士等指出该成果给出了截断收敛性的细致分析。

基于所提出的车路相互作用模型,分析了系统参数对车辆平顺性和道路疲劳破坏的影响。在大广高速公路深州至大段段构建了车辆-道路相互作用试验段。实现了对车辆和道路响应数据的动态采集,为分析车辆与道路的动力相互作用规律提供了宝贵的实测数据。通过对比仿真与试验结果,验证了仿真模型和方法的正确性。提出的道路动态设计方法,用于大广高速公路衡大段长寿命路面设计和线形优化,该路段通车六年来性能稳定,有效保障了道路安全通行。该成果被美国 TRB 车路相互作用委员会主席 K.C.Geroge 称为开创性工作并获得杰出成就奖。



图为自制新型磁流变减振器。



图为科研人员现场布线。



图为科研人员埋设的传感器。



图为科研人员现场调试设备。

术进步,并称其为第二代贝氏体轴承。中国轴承工业协会在十三五期间将重点推广该技术成果。

发明了超高强度低合金中碳超细贝氏体耐磨钢及其制造关键技术。用铝固氮形成氮化铝,避免氮与钒结合,确保钒固溶且偏聚于奥氏体晶界位置,降低原奥氏体晶界能,使之产生奇妙的超淬透性效应,从而保证了合金元素含量较少的中厚钢板具有足够的淬透性。创立了含钒钢的超淬透性理论,并利用该理论解决了低合金含量中厚板淬透性不足的问题,结合 AIN 阻止焊接热影响区组织粗化,突破了超高强度耐磨钢板焊接工艺性差的瓶颈,实现了强度级别 HB550 以上超高端耐磨钢板的批量自主生产。采用该成果制造的超高强度耐磨钢板,大量应用到港口设备、矿山机械等工程领域,耐磨钢板的耐磨性和焊接工艺性达到甚至超过进口 Hardox600 耐磨钢板的水平,而成本仅为其 1/3。实现了超高端超强度耐磨钢板制造技术的自有化,替代了进口,并出口到一带一路沿线以及欧洲多个国家和地区。

该项目总体技术达到国际领先水平,曾获教育部技术发明一等奖1项、河北省技术发明一等奖2项,制定国家标准2项、冶金行业标准1项、机械行业标准1项、企业标准1项,应邀为行业作大会报告多次,获欧洲产品认证1项,培养国家杰青1人;出版专著1部,发表学术论文98篇;成果已在多家企业大量应用,取得了显著的经济和社会效益。

## 2017年度河北省获奖情况

我省单位(人员)主持完成的获奖项目2项

序号	奖种	等级	项目名称	主要完成人(单位)
1	国家自然科学奖	二等奖	高速运动刚柔相互作用系统非线性建模与振动分析	杨绍普(石家庄铁道大学),陈立群(上海大学),李韶华(石家庄铁道大学),申永军(石家庄铁道大学),丁虎(上海大学)
2	国家技术发明奖	二等奖	超细贝氏体钢制造关键技术及应用	张福成(燕山大学),杨志南(燕山大学),吕博(燕山大学),王天生(燕山大学),于宝东(中铁山桥集团有限公司),庞碧涛(洛阳LYC轴承有限公司)

我省单位(人员)参与完成的获奖项目8项

序号	奖种	等级	项目名称	主要完成人	参与单位
1	国家技术发明奖	二等奖	土木工程结构区域分布光纤传感与健康监测关键技术	张浩(石家庄铁道大学)(第六完成人)	
2	国家科技进步奖	特等奖	特高压800kV直流输电工程	张喜乐(第十八完成人)	保定天威保变电气股份有限公司等
3	国家科技进步奖	二等奖	深水板桩码头新结构关键技术研究与应用	于泳(第三完成人)	唐山港口实业集团有限公司等
4	国家科技进步奖	二等奖	番茄加工产业化关键技术创新与应用	连运河(第四完成人),韩文杰(第八完成人)	晨光生物科技股份有限公司等
5	国家科技进步奖	二等奖	矿山超大规模提升机全系列变频智能控制技术与装备	付贵祥(第四完成人),秦邦振(第十完成人)	开滦(集团)有限责任公司冀中能源邯郸矿业集团有限公司等
6	国家科技进步奖	二等奖	煤层气储层开发地质动态评价关键技术与探测装备	朱庆忠(第四完成人)	中国石油天然气股份有限公司华北油田分公司等
7	国家科技进步奖	二等奖	基于木材细胞修饰的材质改良与功能化关键技术		河北爱美森木材加工有限公司等
8	国家科技进步奖	二等奖	煤矿深部开采突水动力灾害预测与防治关键技术	尹尚先(第七完成人)	华北科技学院等

### 超细贝氏体钢制造关键技术及应用

奖项与等级:国家技术发明奖二等奖  
项目主要完成人与完成单位:张福成(燕山大学),杨志南(燕山大学),吕博(燕山大学),王天生(燕山大学),于宝东(中铁山桥集团有限公司),庞碧涛(洛阳LYC轴承有限公司)

钢铁工业是国民经济的重要基础产业,是国之基石,然而,多年来,我国钢铁行业创新能力不强,品种和热加工技术水平不高,严重制约制造业的发展。贝氏体钢是钢中最新成员,具有较好的力学性能,是当今研究热点,并广泛用于现代工业。然而,贝氏体组织复杂,受控于成分和工艺,尤其是工艺,构成温度、时间和性能三维坐标,造成同成分贝氏体钢性能迥异。铁路安全关乎国家战略,铁路线路中服役条件最恶劣、最易发生事故的普通贝氏体钢辙叉寿命短且离散,偶有突发脆断危险,威胁铁路安全。轴承和耐磨钢板用量巨大,但因材料问题我国高端轴承和超高强度耐磨钢板依赖进口,受制于人。该项目在1项国家杰出青年科学基金、1项创新群体基金、4项面上基金,及中铁山桥集团有限公司、洛阳LYC轴承有限公司等企业合作项目资助下,从2004年5月至2013年12月历时10年完成。

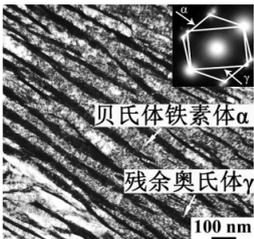
该项目取得4项原创成果,获授权国家发明专利24项。首次发现钢中高共格度纳米析出相可作为异形核相显著加

速贝氏体相变,贝氏体铁素体中过饱和的碳与淬火急冷和贝氏体相变过程中产生的空位,形成碳空位团簇阻碍贝氏体长大,贝氏体板条厚度随形成温度降低,铝硅含量增加而减小;发现超细贝氏体钢强韧化新机制,贝氏体铁素体板条中过饱和碳和高密度位错引起强化,高碳稳定的薄膜残余奥氏体,以及贝氏体板条间大角度错配导致韧化。发现铝可以显著降低贝氏体钢的氢脆敏感性,找到了解决高强度钢普遍存在的顽症——氢致脆性的途径。贝氏体铁素体中过饱和的碳原子束缚了空位,阻碍空位聚集,连接形成裂纹源,薄膜残余奥氏体稳定且阻碍裂纹扩展,显著提高了钢的抗疲劳性能。由此,创立了快速相变贝氏体钢化学成分设计和组织性能精确调控理论。

针对铁路辙叉寿命短且离散、威胁铁路安全的问题,发明了铁路辙叉用中低碳超细贝氏体钢及其热处理关键技术,突破了低碳钢中无法获得超细贝氏体组织的技术瓶颈。该钢的综合力学性能达到成分为0Ni18Co9Mo3Ti马氏体时效钢的水平,成本仅为其1/10。发明辙叉心轨和翼轨匹配技术,使辙叉心轨和翼轨服役过程中受载均等、寿命均衡;发明贝氏体辙叉与珠光体钢轨焊接技术等,实现了贝氏体钢辙叉稳定长寿。采用该技术制造铁路辙叉的使用寿命(过载荷)达到3.5亿

吨以上。

发明了渗碳表层高碳超细贝氏体心部低碳温变马氏体轴承钢及制造关键技术。渗碳轴承表层高硬度高韧性,且存在大而深的压应力层,心部高韧性,从而大幅度提高轴承的耐磨和抗疲劳、以及抗冲击性能,滚动接触疲劳寿命比国际上最广泛使用的经典G20Cr2Ni4A渗碳马氏体轴承钢提高250%以上,而成本降低20%以上。发明了整体全淬高碳超细贝氏体轴承钢及制造关键技术。高碳轴承钢高韧性,且表面为高残余压应力,滚动接触疲劳寿命比进口到港GCr15马氏体轴承钢提高170%。采用该项技术制造的高端重载轴承取得了很好的应用效果。三种全新的轴承钢种已分别纳入国家标准(GB/T3203-2016渗碳轴承钢)和冶金行业标准(YB/T4572-2016轴承钢 轧轴件及毛坯),其热处理技术已纳入相应国家标准(GB/TXXXX滚动轴承 高碳铬轴承钢零件热处理技术条件)和行业标准(JB/T8881-XXXX滚动轴承 渗碳热处理技术条件)。洛阳LYC轴承有限公司等采用该技术制造了高端重载轴承,并得到很好的应用效果。该项技术实现了高端轴承制造技术的自有化,打破了受制于人的局面。轴承行业对超细贝氏体轴承钢给予高度评价,认为其引领了轴承行业技



图为超细贝氏体组织。

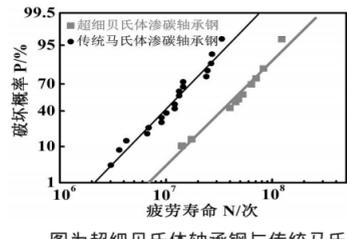


图 1 超细贝氏体轴承钢与传统马氏体轴承钢疲劳性能对比。

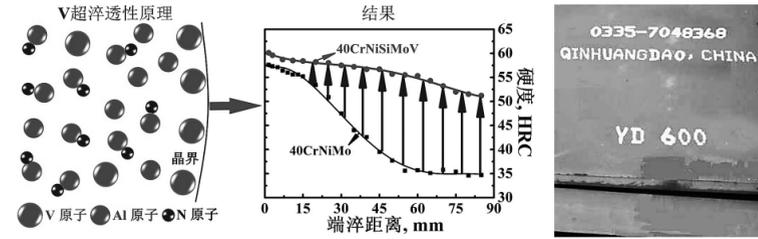


图 2 钒的超淬透性效应及制造的超细贝氏体耐磨钢板。