

山东省科学技术进步奖提名书

(2018 年度)

一、项目基本情况

专业评审组： 机械

序号：

奖励类别： 技术开发与推广类

编号： 102-4012

提名单位（盖章）		青岛市科学技术局				
项目名称	名称	轨道交通装备优质高效激光焊接技术及服役安全评价				
	公布名					
完成人		韩晓辉, 王旭友, 张志毅, 秦国梁, 吴世凯, 李刚卿, 田洪雷, 马寅, 吕安松, 徐良, 张海军, 雷文				
完成单位		中车青岛四方机车车辆股份有限公司, 哈尔滨焊接研究院有限公司, 山东大学, 北京工业大学				
学科分类名称	1	焊接工艺与设备	代码	4602515		
	2	铁路机车车辆工程	代码	5803030		
	3		代码			
所属国民经济行业		C-制造业（37-铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业）				
所属科学技术领域		激光先进制造				
任务来源		E-企业				
具体计划、基金的名称和编号：						
计划名称	项目名称	编号	起止年限	经费（万元）	是否验收（鉴定）	
其他	干线不锈钢车体焊接技术工程化研究	2014NCK011	2014.01-2016.06	400.00	是	
其他	不锈钢激光焊焊接可靠性试验研究	JG-2014-517	2014.10-2015.11	680.00	是	
其他	不锈钢端部底架激光复合焊接技术工程化应用研究	JG-2014-640	2015.02-2016.06	140.00	是	
其他	氮气保护不锈钢激光焊接技术研究	JG-2014-639	2015.02-2016.03	80.00	是	
已提交的科技报告编号						
登记成果名称		轨道车辆不锈钢车体激光焊接技术及应用				
成果登记号		9372017Y0654				
授权发明专利（项）		19	授权的其他知识产权（项）		15	
项目起止时间		起始： 2010-01		完成： 2016-03		

山东省科学技术厅制

二、提名单位意见

提名单位	青岛市科学技术局		
通讯地址	香港中路 11 号	邮政编码	266071
联系人	徐文汇	联系电话	0532-85911349
电子邮箱	xuwenhuilawyer@sina.com	传 真	
提名意见 （限 600 字）			
<p>我单位认真审阅了该项目提名材料，相关内容符合山东省科学技术奖的提名要求。《轨道交通装备优质高效激光焊接技术及服役安全评价》项目是中车四方股份基于中国轨道交通跨越式发展要求，基于不锈钢轨道客车制造技术特点，结合不锈钢轨道客车激光焊接提出的重大工程问题，研制开发了国产激光焊接系统及通长部件精密组装的成套装备，创新性开发了一系列激光及激光-电弧复合焊接新工艺，创新了轨道交通装备激光焊缝验证评价检测方法，构建了不锈钢轨道客车激光焊接制造技术标准体系并形成产业化能力。</p> <p>该项目累计申请专利 48 项（已授权 34 项）；起草国家标准 7 项，行业标准 2 项；发表高水平论文多篇；近三年累计新增产值 627686 万元。通过项目实施，完成国内首列时速 120kmA 型、B 型城轨列车及时速 200km 干线客车三种激光焊车辆的研制，成功在北京、青岛、香港及芝加哥地铁项目中实现推广应用，取得了巨大的经济效益和社会效益，引领了现代轨道交通焊接技术的发展，推动了我国轨道交通装备的制造技术革命和产品升级换代，践行了国家“一带一路”战略。</p> <p>参照山东省科学技术奖授奖条件，提名该项目为山东省科技进步奖一等奖。</p>			
声明：			
<p>我单位严格按照《山东省科学技术奖励办法》及其实施细则的有关规定和山东省科学技术奖励委员会办公室对提名工作的具体要求，对提名书内容及全部附件材料进行了严格审查，确认该项目符合《山东省科学技术奖励办法实施细则》规定的提名资格条件，提名材料全部内容属实，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等有关法律法规及侵犯他人知识产权的情形，如被提名项目发生争议，将积极配合工作，协助调查处理。</p> <p>我单位承诺将严格按照山东省科学技术奖励委员会办公室的有关规定和要求，认真履行作为提名单位的义务并承担相应的法律责任。</p>			
法人代表签名：		单位（盖章）	
年 月 日		年 月 日	
对参评项目等级要求			
服从评审结果	√		
一等奖			
一等奖或二等奖			
<p>说明：请在相应栏打“√”进行选择。选择“服从评审结果”表示无论评审结果如何都接受；选择其他要求时，若评审结果等级低于所选择的相应等级，则视为自动放弃本年度评审结果。</p>			
<p>第一完成人签字：</p> <p style="text-align: right;">第一完成单位盖章：</p>			

三、项目简介

(限 1200 字)

1、项目内容

不锈钢轨道客车原有“电阻点焊+弧焊”的工艺已成为国内外高端轨道交通车辆制造的工艺瓶颈，采用激光焊技术具有效率高、变形小、气密性好、接头强度高显著优势，但存在长大零件成型精度低、通长部件组装难度大、连续焊接控制难度高、质量评价无标准、检测手段待开发等难题，亟需通过技术研发实现突破。项目紧密围绕轨道交通领域激光焊应用的重大工程难题开展研究，实现了高端装备的研制并获得香港、美国等高端市场订单，引领了现代轨道交通焊接技术的发展，推动了我国轨道交通装备的制造技术革命和产品升级换代。

2、技术创新

(1) 研制开发了国产激光焊接系统及通长部件精密组装的成套装备

研制了 8-12 轴大型龙门机器人高精度激光焊接成套系统，解决了成套集成控制、激光安全整体防护、离线编程、在线检测、随焊压紧等关键技术问题，国内首次实现该类装备的国产化，替代了昂贵的进口设备。同时开发了面向通长部件精密组装的工艺装备，实现了模块化精确定位、真空吸附柔性化铺装、全自动多点压紧、电永磁自动化组装等核心装配技术。

(2) 创新性开发了一系列激光及激光-电弧复合焊接新工艺

构建了不锈钢搭接接头激光焊接热源模型，揭示激光焊接温度场、流场与组织、相变、应力及变形之间的规律；创新性开发了氮气保护激光焊接工艺，成本降低 50%；提出了激光焊接熔池特征参数实时检测算法；开发了焦点位置稳定性控制及焊接参数自适应调控技术，通过智能监控补偿，解决了激光焊缝熔深、熔宽的精确控制，实现了蒙皮的无痕无色焊接；开发了长大部件连续焊接变形控制技术。

(3) 创新了轨道交通装备激光焊缝验证评价检测方法

构建了接头性能与焊缝尺寸、缺陷的数学模型，自主研发了可快速评价激光焊缝未熔合的超声波 B 扫描和精确检测激光焊缝熔宽的高频超声 C 扫描检测装置，形成以熔宽评价焊缝质量的检测方法和评价体系并广泛应用，填补国际空白。

(4) 构建了不锈钢轨道客车激光焊接制造技术标准体系

首次完成全产品系列共计 30 余种面向车体激光焊接的复杂断面、高强不锈钢零件的结构优化设计，建立了激光-电弧复合焊接国家标准体系和不锈钢轨道客车激光焊接制造技术标准体系，实现轨道车辆激光焊车辆工业化生产，形成了年产 800 辆的产业化能力。

3、授权专利情况

累计申请专利 48 项（已授权 34 项）；起草国家标准 7 项，行业标准 2 项；发表高水平论文 60 篇。

4、技术经济指标

累计销售车辆 2943 辆，按照激光焊接不锈钢车体占比，新增产值 58.86 亿元，利润 6.1 亿元，税收 2.6 亿元；哈尔滨焊接研究院有限公司累计新增产值 3.9 亿元，利润 1904 万元，税收 2667 万元。

5、应用推广及效益情况

通过项目研究，中车青岛四方股份公司已有北京地铁、青岛地铁共计 500 余辆激光焊车辆在线运营，车辆用户给予很高评价，获得北京地铁、青岛地铁、香港地铁及芝加哥地铁等项目累计 2943 辆订单，实现了效率提升 30%、能耗降低 50%、车辆强度提升 25%、制造精度提高 1 倍、单节车厢减重 400kg，在轨道交通装备制造领域起到了重要的示范作用。

五、客观评价

(限 2 页)

1、2016年1月5日，中国中车股份有限公司委托集团公司科协在青岛组织召开了中车青岛四方机车车辆股份有限公司承担的“轨道车辆不锈钢车体激光焊接技术及应用”项目科技成果鉴定会。会议邀请中车长春轨道客车股份有限公司、哈尔滨工业大学、西南交通大学、中国科学院金属研究所、大连交通大学、中车株洲电力机车有限公司、中车戚墅堰机车车辆工艺研究所有限公司等单位的专家组成成果鉴定委员会。

鉴定委员会认为焊接缺陷超声成像检测及评价技术总体达到国际先进技术水平，其中车体部分熔透激光焊缝高频超声成像技术达到国际领先水平。一致同意该项目通过科技成果鉴定。详见附件 25 中国中车股份科学技术成果鉴定证书。

2、2016年12月12日，中国焊接协会在青岛组织召开了中车青岛四方机车车辆股份有限公司承担的“无涂装干线不锈钢客车车体制造工艺开发及样车研制”项目科技成果鉴定会。

鉴定委员会认为本项目技术成果填补了国内空白，达到了国际先进水平，其中干线不锈钢客车通长部件激光焊接方法、激光焊缝超声波检测技术达到国际领先水平。鉴定委员会认为上述成果形成了无涂装干线不锈钢客车车体制造技术成果，一致同意该项目通过科技成果鉴定。详见附件 26 中国焊接协会科学技术成果鉴定证书。

2018年提名书正式册

六、应用情况、经济效益和社会效益

1. 应用情况（限 1 页）				单位：万元
应用单位名称	应用技术	应用起止时间	应用单位联系人/电话	经济效益
中车青岛四方机车车辆股份有限公司	轨道交通装备优质高效激光加工技术及服役安全评价	2010-01~ 2016-03	韩晓辉 /1379323733	588600.00
青岛泰科轨道车辆科技有限公司	轨道交通装备优质高效激光加工技术及服役安全评价	2015-01~ 2017-12	杨传良 /15806575800	12500.00

应用概述：

中车四方积极开展激光焊接技术的工程化应用研究，极大提升了不锈钢轨道客车的强度、精度及轻量化水平，推动了高速、城轨列车制造的技术革命和产品升级换代。项目紧密结合不锈钢轨道客车的结构特点、工艺特点、质量要求、载荷工况及服役环境，完成了基础工艺、工程化应用以及配套技术的创新，形成了不锈钢轨道客车制造工艺体系和质量评价方法。先后研制出国内首列激光焊 A 型地铁列车、国内首列时速 120km 大鼓型断面激光焊 B 型城轨列车、国内首列角型断面激光焊 B 型地铁列车以及国内首辆时速 200km 干线不锈钢客车四种激光焊车辆；创建了可工程化的组焊工艺流程，形成年产 800 辆激光焊车辆的产业化能力，填补了国内空白。

通过项目实施，中车四方已向北京地铁公司、青岛地铁、香港地铁公司提供了累计 500 余辆激光焊车辆，并已获得青岛 11 号线、青岛 13 号线、青岛 2 号线、青岛 1 号线共计 1120 辆激光焊接车辆订单，复兴号动车组、北京 16 号线、香港地铁及芝加哥地铁共计 1823 辆车也部分采用激光焊接技术，合同金额 58.86 亿元，取得了巨大的经济效益。

2. 近三年经济效益

单位：万元

自然年	完成单位			其他应用单位		
	新增销售额	新增利润	新增税收	新增销售额	新增利润	新增税收
2015	106895.00	9884.00	4490.00	2000.00	200.00	50.00
2016	201786.00	19629.00	8772.00	3500.00	500.00	125.00
2017	319005.00	31251.00	12949.00	7000.00	900.00	225.00
累 计	627686.00	60764.00	26211.00	12500.00	1600.00	400.00

主要经济效益指标的有关说明：（限 300 字）

通过项目研究，中车青岛四方股份公司已有北京地铁 14 号线、青岛地铁 2 号线、11 号线、13 号线共计 500 余辆激光焊车辆在线运营，车辆安全状况良好，车辆用户给予很高评价，获得北京地铁、青岛地铁、香港地铁及芝加哥地铁等项目累计 2943 辆订单，取得巨大社会效益。同时无涂装干线不锈钢客车的研制开发，丰富了干线客车车辆谱系，扩大了不锈钢车辆向时速 200km 的高速列车领域的推广应用，市场前景巨大。

中车青岛四方股份公司累计销售车辆 2943 辆，按照激光焊接不锈钢车体占整车价值的 25%核算，新增产值 588600 万。利润按产值的平均利润率 10%计算；税收按利税率 4%计算。哈尔滨焊接研究院有限公司累计新增产值 39086 万，利润 1904 万，新增税收 2667 万。详见审计报告和财务证明。

其他经济效益指标的有关说明：（限 300 字）

轨道交通装备优质高效激光焊接技术及服役安全评价项目的研发与应用，首次实现了激光焊接技术在轨道客车领域的工程化应用，突破了国外技术封锁并填补了国内空白，创建了完整的制造技术标准及服役安全评价系统，形成了大规模的产业化能力并出口美国、香港等发达国家及地区。随着公司高端轨道装备技术创新及产业化推进，公司规模持续扩大，业绩连创新高，销售收入稳步上升。中车四方股份的收入和净利润连续三年居行业首位，品牌影响力进一步增强，取得了巨大的经济效益。

3.社会效益

轨道交通装备优质高效激光加工技术及服役安全评价项目的成功实施，中车四方研制的高端装备走向美国、香港等发达国家、地区的海外市场，不锈钢轨道客车的制造技术标准体系也输出到海外并得到了用户的高度认可，践行了国家“一带一路”战略，取得了巨大的社会效益。

2018年提名书正式版

七、完成人情况表

姓名	王旭友	性别	男	排名	2
出生年月	1965-12	出生地	山东	民族	汉族
身份证号	230103196512093912	党派	群众	国籍	中国
行政职务	总经理	归国人员	否	归国时间	
工作单位	哈尔滨焊接研究院有限公司	二级单位	哈尔滨现代焊接技术有限公司	所在地	黑龙江
通讯地址	黑龙江省哈尔滨市松北区创新路 2077 号			邮政编码	150028
家庭住址	哈尔滨道里区通顺街荣耀天地小区			住宅电话	13115600580
电子信箱	13115600580@163.com	办公电话	0451-86300537	移动电话	13115600580
毕业学校	机械科学研究院哈尔滨焊接研究所	毕业时间	1990-06	文化程度	研究生
技术职称	研究员	专业、专长	焊接	最高学位	硕士
曾获省级以上科技奖励情况	2011 年 12 月，大功率固体激光-脉冲电弧复合热源焊接技术，证书编号 2011-009-01，黑龙江省科技进步二等奖，排名 1。				
参加本项目起止时间	自 2010-01 至 2016-03				
<p>对本项目技术创造性贡献：（限 300 字）</p> <p>分项负责人，对本项目创新点 2.2 和 2.3 有实质性贡献。主持“激光焊接过程在线检测系统”、“轨道交通车体部件大型龙门机器人激光焊接系统”、“新型地铁不锈钢枕梁激光-电弧复合焊接技术开发及示范验证”等研发工作。</p> <p>其是附件 5《激光焊接质量在线检测方法》、附件 6《激光焊接质量快速无损检测方法》、附件 7《激光-GMA 电弧复合热源填丝焊接方法》、附件 8《可显著改善接头组织及应力状态的预置焊材激光焊接方法》、附件 9《一种激光-冷金属过渡电弧复合热源焊接方法》专利的发明人，以及附件 14、16、17 篇论文的第一作者。</p>					
<p>声明：本人遵守《山东省科学技术奖励办法》及其实施细则的有关规定和山东省科学技术奖励委员会办公室对推荐工作的要求，保证所提交材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。该项目是本人本年度被推荐的唯一项目。如有虚假，愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议，保证积极配合调查处理工作。</p> <p>本人签名： 年 月 日</p>			<p>声明：本单位确认该完成人情况表真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如产生争议，愿意积极配合调查处理工作。</p> <p>单位（盖章） 年 月 日</p>		

七、完成人情况表

姓名	徐良	性别	男	排名	10
出生年月	1984-04	出生地	山东	民族	汉族
身份证号	370781198404234572	党派	中国共产党	国籍	中国
行政职务	无	归国人员	否	归国时间	
工作单位	哈尔滨焊接研究院有限公司	二级单位	哈尔滨现代焊接技术有限公司	所在地	黑龙江
通讯地址	黑龙江省哈尔滨市松北区创新路 2077 号			邮政编码	150028
家庭住址	哈尔滨南岗区学府路 239 号			住宅电话	15124524686
电子信箱	xuliang9811@163.com	办公电话	0451-86336695	移动电话	15124524686
毕业学校	机械科学研究院哈尔滨焊接研究所	毕业时间	2011-06	文化程度	研究生
技术职称	高级工程师	专业、专长	焊接	最高学位	硕士
曾获省级以上科技奖励情况		无			
参加本项目起止时间		自 2010-01 至 2016-03			
<p>对本项目技术创造性贡献：（限 300 字）</p> <p>作为项目参与者，对本项目创新点 2.2 和 2.3 有实质性贡献。主持“激光焊接过程在线检测系统”、“轨道交通车体部件大型龙门机器人激光焊接系统”、“新型地铁不锈钢枕梁激光-电弧复合焊接技术开发及示范验证”等研发工作。</p> <p>其是附件 5《激光焊接质量在线检测方法》专利的发明人，以及附件 16 篇论文的作者。</p>					
<p>声明：本人遵守《山东省科学技术奖励办法》及其实施细则的有关规定和山东省科学技术奖励委员会办公室对推荐工作的要求，保证所提交材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。该项目是本人本年度被推荐的唯一项目。如有虚假，愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议，保证积极配合调查处理工作。</p> <p>本人签名： 年 月 日</p>			<p>声明：本单位确认该完成人情况表真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如产生争议，愿意积极配合调查处理工作。</p> <p style="text-align: right;">单位（盖章） 年 月 日</p>		

八、完成单位情况表

单位名称	哈尔滨焊接研究院有限公司			所在地	黑龙江
排 名	2	单位性质	转制研究院所	传 真	0451-86300537
联 系 人	徐良	联系电话	0451-86336695	移动电话	15124524686
电子信箱	xuliang9811@163.com			邮政编码	150028
通信地址	黑龙江省哈尔滨市松北区创新路 2077 号				
<p>对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：（限 600 字）</p> <p>创新性地开发了一种拥有自主知识产权的激光焊接过程在线检测系统，实现了对不锈钢搭接焊缝熔深以及对接焊缝熔透性的在线检测，很好地解决了实际焊接生产过程中激光焊缝熔合质量的可靠性问题；研制开发了大型龙门机器人激光焊接成套系统，实现了该类轨道交通激光焊接装备的国产化，替代了昂贵的进口设备，填补了国产集成设备的空白，该类设备已在我国多家轨道交通制造企业累计销售 6 台套，设备的可靠性及稳定性达到了同类进口设备的水平；针对不锈钢车体部件的激光焊接工程化问题，创新性地开发了一系列激光及激光-电弧复合焊接新工艺，解决了新型地铁不锈钢枕梁内部狭小空间焊接的可达性及可靠性问题、框架结构密集焊缝的焊接变形控制问题、单面焊双面成形等关键技术问题，并利用自主研制开发的大型龙门机器人激光焊接设备完成了新型不锈钢枕梁的工程化验证及批量生产；首次主持制定了钢、不锈钢、镍基合金等金属材料的激光-电弧复合焊接国家标准（涵盖“试验评定方法”、“焊接工艺规程”、“焊接缺欠分级指南”共 3 项标准），初步建立了指导工程化应用的激光-电弧复合焊接技术国家标准体系，为该技术的推广应用奠定了基础。</p>					
声 明	<p>本单位严格按照《山东省科学技术奖励办法》及其实施细则的有关规定和山东省科学技术奖励委员会办公室对推荐工作的具体要求，如实提供了本推荐书及相关材料，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等有关法律法规及侵犯他人知识产权的情形，如被推荐项目发生争议，将积极配合工作，协助调查处理。如有不符，本单位愿承担法律责任。</p> <p style="text-align: right;">完成单位（盖章） 年 月 日</p>				

九、支撑技术创新点的主要知识产权证明目录

序号	知识产权名称	知识产权类别	发明人（作者）	知识产权人	知识产权号	取得日期	国（区）别 （刊名）	发明专利 有效状态	证明材料
1	发明专利-一种无涂装 不锈钢板激光焊接方 法	发明专利权	韩晓辉；王素环； 刘胜龙	中车青岛四方机车 车辆股份有限公司	ZL 2012 1 0339457.6	2016-12- 21	中国	有效	附件-1
2	发明专利-激光焊接施 工装置	发明专利权	马爱华；刘永刚； 韩晓辉；何智勇	中车青岛四方机车 车辆股份有限公司	ZL 2015 1 0340883.5	2015-06- 18	中国	有效	附件-2
3	发明专利-轨道车辆平 顶密封腔夹紧工装及 焊接方法	发明专利权	肖雪峰；马爱华； 韩晓辉；何智勇	中车青岛四方机车 车辆股份有限公司	ZL 2014.1 0092156.7	2016-09- 07	中国	有效	附件-3
4	发明专利-轨道车辆侧 梁增强活性激光- MAG 复合焊接方法	发明专利权	吴向阳；张志毅； 马寅；李文；陈北 平；万里；路浩	中车青岛四方机车 车辆股份有限公司	ZL 2014 1 0814347.X	2014-12- 23	中国	有效	附件-4
5	发明专利-激光焊接质 量在线检测方法	发明专利权	孙谦；王旭友；王 威；雷振；黄瑞生； 徐良	机械科学研究院哈 尔滨焊接研究所	ZL201310459376.4	2015-08- 05	中国	有效	附件-5
6	发明专利-激光焊接质 量快速无损检测方法	发明专利权	孙谦；王旭友；王威； 雷振；滕彬；李荣； 陈晓宇；周立涛；李 长义	机械科学研究院哈 尔滨焊接研究所	ZL201310459378.3	2016-01- 20	中国	有效	附件-6
7	发明专利-激光- GMA 电弧复合热源填 丝焊接方法	发明专利权	雷振；王旭友；王小 朋；李长义	机械科学研究院哈 尔滨焊接研究所	ZL201410092005.1	2016-08- 24	中国	有效	附件-7
8	发明专利-可显著改善 接头组织及应力状态 的预置焊材激光焊接 方法	发明专利权	雷振；王旭友；俎志 鸿；杨燕；都治国； 林尚扬；孙谦	机械科学研究院哈 尔滨焊接研究所	ZL201410092004.7	2017-01- 11	中国	有效	附件-8

9	发明专利-一种激光-冷金属过渡电弧复合热源焊接方法	发明专利权	林尚扬;杜兵;雷振;王旭友;王威;卜大川;穆瑞骥;徐孝福;滕彬;于洪军	机械科学研究院哈尔滨焊接研究所	ZL200910078404.1	2011-08-17	中国	有效	附件-9
10	软著-基于 OpenCV 的激光深熔焊接熔池分析软件	计算机软件著作权	吴世凯;何凯	北京工业大学	2016SR036525	2016-01-02	中国	有效	附件-10

(注: 不超过 10 件)

承诺: 上述知识产权用于报奖的情况, 已征得未列入项目主要完成人的权利人(发明专利指发明人)的同意。

第一完成人签名:

2018年提名书正式版

十、支撑技术创新点的主要论文专著目录

序号	论文专著名称	发表刊物（出版社）	发表（出版）时间	作者（按刊物发表顺序）	证明材料
1	论文-《不锈钢薄板非熔透激光搭接焊热源模型》	中国激光	2017-05	韩晓辉；陈静；阚盈；陈怀宁；赵瑞荣	附件-11
2	论文-《不锈钢激光_MAG 复合焊接头成型规律及性能》	西南交通大学学报	2017-06	韩晓辉；赵延强；杨晓益；陈辉；苟国庆	附件-12
3	论文-《兰姆波在搭接焊缝上的干涉》	机械工程学报	2017-01	韩晓辉；李阳；周庆祥；刘芳；蔡桂喜	附件-13
4	论文-《激光焊接中的等离子体变化规律及气孔缺陷快速测试方法——检测信号整体分析方法》	焊接学报	2016-03	王旭友；孙谦；王威；李小宇	附件-14
5	论文-《激光焊接中的等离子体变化规律及气孔缺陷快速测试方法——气孔缺陷特征参数提取方法》	焊接学报	2016-06	孙谦；王旭友；李小宇；徐富家；廖盈	附件-15
6	论文-《激光-熔化极电弧复合热源焊接特性》	焊接	2014-08	王旭友；徐良；陈晓宇	附件-16
7	论文-《激光-短路 MAG 复合热源焊接过程稳定性的影响因素》	焊接学报	2010-03	王旭友；王威；林尚扬；雷振	附件-17
8	论文-《NdYAG 激光+P-GMA 复合热源焊接过程中激光对熔滴过渡频率和电流的影响》	中国激光	2010-07	秦国梁，林尚扬	附件-18
9	论文-《Control of the plume induced during high-power fiber laser welding with a transverse arc》	Laser Physics Letters	2015-12	Shikai Wu, Jianglin Zou, Rongshi Xiao and Fei Li	附件-19
10	论文-《氮气保护不锈钢激光焊接接头组织及力学性能》	中国激光	2016-12	李竹洁，吕俊霞，邹江林，张建超，吴世凯	附件-20

（注：不超过 10 篇）

承诺：上述论文专著用于报奖的情况，已征得未列入项目主要完成人的作者的同意。

第一完成人签名：

十一、主要附件目录

序号	附件名称	附件类别
1	发明专利-一种无涂装不锈钢板激光焊接方法	知识产权证明
2	发明专利-激光焊接施工装置	知识产权证明
3	发明专利-轨道车辆平顶密封腔夹紧工装及焊接方法	知识产权证明
4	发明专利-轨道车辆侧梁增强活性激光-MAG 复合焊接方法	知识产权证明
5	发明专利-激光焊接质量在线检测方法	知识产权证明
6	发明专利-激光焊接质量快速无损检测方法	知识产权证明
7	发明专利-激光-GMA 电弧复合热源填丝焊接方法	知识产权证明
8	发明专利-可显著改善接头组织及应力状态的预置焊材激光焊接方法	知识产权证明
9	发明专利-一种激光-冷金属过渡电弧复合热源焊接方法	知识产权证明
10	软著-基于 OpenCV 的激光深熔焊接熔池分析软件	知识产权证明
11	论文-《不锈钢薄板非熔透激光搭接焊热源模型》	论文、论著证明
12	论文-《不锈钢激光_MAG 复合焊接头成型规律及性能》	论文、论著证明
13	论文-《兰姆波在搭接焊缝上的干涉》	论文、论著证明
14	论文-《激光焊接中的等离子体变化规律及气孔缺陷快速测试方法——检测信号整体分析方法》	论文、论著证明
15	论文-《激光焊接中的等离子体变化规律及气孔缺陷快速测试方法——气孔缺陷特征参数提取方法》	论文、论著证明
16	论文-《激光-熔化极电弧复合热源焊接特性》	论文、论著证明
17	论文-《激光-短路 MAG 复合热源焊接过程稳定性的影响因素》	论文、论著证明
18	论文-《NdYAG 激光+P-GMA 复合热源焊接过程中激光对熔滴过渡频率和电流的影响》	论文、论著证明
19	论文-《Control of the plume induced during high-power fiber laser welding with a transverse arc》	论文、论著证明
20	论文-《氮气保护不锈钢激光焊接接头组织及力学性能》	论文、论著证明
21	实用新型专利-零部件安装用高度尺杆	评价证明及国家法律法规要求审批的批准文件

22	实用新型专利-车体搭接式侧墙	评价证明及国家法律法规要求审批的批准文件
23	论文-《激光焊接参数对不锈钢搭接焊缝性能的影响》	评价证明及国家法律法规要求审批的批准文件
24	论文-《基于疲劳性能的不锈钢车体激光焊接结构优化研究》	评价证明及国家法律法规要求审批的批准文件
25	中国中车科技成果鉴定证书	评价证明及国家法律法规要求审批的批准文件
26	中国焊接协会科技成果鉴定证书	评价证明及国家法律法规要求审批的批准文件
27	激光-电弧复合焊接工艺规程-国家标准	评价证明及国家法律法规要求审批的批准文件
28	钢、镍及镍合金的激光-电弧复合焊接接头缺欠质量分级指南-国家标准	评价证明及国家法律法规要求审批的批准文件
29	钢、镍及镍合金的激光-电弧复合焊接工艺评定试验-国家标准	评价证明及国家法律法规要求审批的批准文件
30	《不锈钢激光焊接推荐工艺规范》-国家标准起草证明	评价证明及国家法律法规要求审批的批准文件
31	中车青岛四方应用证明	应用证明
32	青岛泰科轨道车辆科技有限公司应用证明	应用证明
33	完成人合作关系说明	完成人合作关系说明
34	中车财务证明	其他证明
35	哈尔滨焊接所财务证明	其他证明
36	2017 年审计报告（1）	其他证明
37	2017 年审计报告（2）	其他证明
38	2017 年审计报告（3）	其他证明
39	2016 年审计报告	其他证明
40	2015 年审计报告	其他证明