

项目名称:

高碳高强度低应力大型机床承重铸件关键制造技术及应用

提名单位（专家）意见:

该申报项目依托高档数控机床技术升级要求,面向国内外高档数控机床床身功能部件市场,致力研发具有高尺寸精度稳定性的大型床身铸件。项目提出通过床身铸造过程和铸后处理控制组织、应力和性能以保持机床精度稳定性的原理和方法,设计开发了新一代高碳高强度低应力大型精密机床的床身、立柱等承重功能先进铸件,实现了同类大型数控机床的关键配套功能铸件的国产化设计制造。项目完成的科技创新内容和成果经过四川省科技成果查新服务中心(机械分中心)查新认证为国内创新技术。项目技术推广应用产品“大型数控龙门导轨磨床关键承力部件”,在2017年2月被四川省经济和信息化委员会、四川省财政厅认定为“2016年度四川省重大技术装备省内首台(套)产品”。2016年12月28日经四川省机械工程学会鉴定,本项目研发成果已应用于华辰重机MK5225大型数控龙门导轨磨床整机配套,拥有自主知识产权,具有较强市场竞争优势和良好经济效益。鉴定专家组认为该项目总体技术达到国内领先水平。经过成果应用推广,相关技术在实际生产应用中取得了良好的经济效益。项目完成单位近三年产生的直接经济效益整机市场销售价值达3亿元规模,替代进口3.5亿元。该申请项目高碳高强度低应力大型机床承重铸件关键制造技术及应用,极大减少对环境污染,实现清洁生产和绿色制造,对提升我国高端基础装备产品质量具有重要的促进作用。

提名该项目为四川省科技进步奖一等奖。

项目简介:

高档机床产品作为装备制造业的基础工具,国产中、高档产品很大程度上依靠进口,目前国产高档机床关键功能部件无论从品种、数量、档次上都不能满足主机配套要求,高档数控机床配套产业竞争力亟待提升。国内急需的高档大型数控机床极其依赖进口,如汽车领域进口装备占比超过40%,航空航天、核工业、大型船舶和潜艇等亟需的高档大型数控机床几乎全部均为进口,而发达国家在某些关键制造装备上又对我国实行禁售。因此,这种外部大环境和产品技术升级内需迫切需要加快发展精密机床关键基础部件如床身在内的产品。我国目前稳居世界第一大机床消费国和进口国,据相关统计,过去5年,中国机床产量的年均复合增长率为37.39%,截止2017年,全国机床需求将达40万台套,产品年销售额达8500亿元。

本项目依托高档数控机床技术升级要求,项目包含的主要技术内容为设计开发新一代高碳高强度低应力大型精密机床的床身、立柱等承重功能先进铸件,实现同类大型数控导轨磨

床的关键功能铸件的国产化设计制造,研发了新一代高碳高强度低应力大型铸件产品的关键铸造工艺技术,极大提高了我国高档大型数控机床关键功能零部件的制造水平和服役精度。

项目完成单位四川大学技术研发团队长期从事铸造、特种合金材料等研究工作,先后多次承担各种纵向、横向与钢铁铸造相关的研究课题。对高档数控机床床身功能部件研发具有深厚的研究积累和基础。项目完成单位四川简阳海特有限公司长期从事高档数控机床各类功能部件铸件的设计开发,具有夯实的实践经验。目前项目攻克了多个工程技术难题,申报授权了多个国家发明专利,如:振动凝固低应力床身铸件及其铸造方法,ZL201610532488.1(专利号),低应力高精度大型床身铸件的制备方法,201611044888.4(专利号申请号);床身铸件(随形石墨冷铁,ZL201020652713.2(专利号);功能部件铸造(一种低应力铸铁铸造工艺方法,2015105591858.4(专利申请号);工装(一种铸造配重钻孔工装,ZL201420831758.2(专利号);精度测量(一种便于测量变形量的新型应力框,ZL201520702222.8(专利号)等。

目前,我国大型精密机床制造行业正处于蓬勃发展时期,市场对超大型机床需求迫切,但国内对与超大型机床的开发及相关技术的研究起步较晚,能够生产一些专用高档大型机床,例如大型数控龙门导轨磨床(加工长度>12m)的厂家仅有一两家,这些高档大型机床市场基本被各种国外品牌所充斥,且价格昂贵、交货期长,因此本项目研发了制造此类产品关键技术,展现出良好的技术经济指标和应用推广效益。四川简阳海特有限公司是国内高档机床功能部件的主要生产企业之一,公司为国内众多知名精密机床整机制造企业,如昆山华晨重机、汉川数控机床、秦川格兰德机床等产品配套超过1000套/年。基于本项目取得的技术突破和研究成果,公司2015年-2018年已签约各类大型数控机床配套功能部件、产品订单50套/年,按市场价值600万元/套估算,每年整机市场销售价值达3亿元规模。相关技术的应用推广,有利于扩大我国高档大型数控机床市场占有率,促进产品出口,企业每年新增综合经济效益约6000万元,出口创汇300万美元。

客观评价:

项目依托高档数控机床技术升级要求,项目包含的主要技术内容为设计开发新一代高碳高强度低应力大型精密机床的床身、立柱等承重功能先进铸件,实现同类大型数控导轨磨床的关键功能铸件的国产化设计制造,开发新一代高碳高强度低应力大型铸件产品的关键铸造工艺技术,提升高档大型数控机床关键功能零部件的制造水平和服役精度,项目完成的科技创新内容和成果经过四川省科技成果查新服务中心(机械分中心)查新认证该成果为国内创新技术(报告编号:JX2016-0080)。项目技术推广应用产品“大型数控龙门导轨磨床关键承

力部件（规格型号:MK5225）”，在 2017 年 2 月被四川省经济和信息化委员会、四川省财政厅认定为“2016 年度四川省重大技术装备省内首台（套）产品”。2016 年 12 月 28 日经四川省机械工程学会鉴定，本项目研发成果已应用于华辰重机 MK5225 大型数控龙门导轨磨床整机配套，拥有自主知识产权，具有较强市场竞争优势和良好经济效益。专家组认为该项目总体技术达到国内领先水平（鉴定全文附后）。

2016 年 12 月 28 日，四川省机械工程学会在成都组织专家对四川简阳海特有限公司完成的“MK5225 大型数控龙门导轨磨床关键承力部件铸件”项目进行了成果鉴定。专家组听取了项目研究总结和技术报告、审阅了相关资料，经质询讨论，形成鉴定意见如下：

1. 项目单位提供的资料齐全，符合鉴定管理办法相关要求。

2. 项目针对 MK5225 大型数控龙门导轨磨床（最大磨削长度：13000mm，最大磨削宽度 2500mm，最大磨削高度 1800mm），开发了配套关键承力部件铸件。

3. 项目主要创新点：

（1）控制应力产生源，即在产品铸造成型过程中，通过冶金质量、组织，相成分、铸造工艺、及应力场分析进行尺寸精度改善。

（2）消除残余应力工艺方法，即在产品铸造成型后利用表面改性技术强化铸件刚度，通过先进时效处理削减残余应力，铸件残余应力消除率 $\geq 75\%$ 。

（3）为高精度大型导轨磨床提供了高强度低应力铸件，形成了大型高强度、低应力铸件核心工艺技术，取得了相关发明专利及项实用新型专利成果。

4. 本项目研发成果已应用于华辰重机 MK5225 大型数控龙门导轨磨床整机配套，拥有自主知识产权，具有较强市场竞争优势和良好经济效益。

综上所述，专家组认为该项目总体技术达到国内领先水平，建议加大成果的推广应用。

应用情况：

高档机床产品作为装备制造业的基础工具，国产中、高档产品很大程度上依靠进口，目前国产高档机床关键功能部件无论从品种、数量、档次上都不能满足主机配套要求，高档数控机床配套产业竞争力亟待提升，本项目依托高档数控机床技术升级要求，面向国内外高档数控机床床身功能部件市场，致力研发具有高尺寸精度稳定性的大型床身铸件。项目研究成果目前已推广应用到包括低应力床身铸件，立柱等多个大型高档机床的功能部件生产制造上，项目对包括长期合作企业如：昆山华晨重机有限公司、秦川格兰德机床有限公司等进行了良好的技术应用和推广，开发制造的相关产品具有广阔的市场空间和良好的经济效益。合作企业四川简阳海特有限公司，该公司最为国内高档机床功能部件的主要生产企业之一，企业的主体产品大型机床床身铸件在国产大型机床产品中占有率约为 5%（2010-2017 年度数据），公司为国内众多知名精密机床整机制造企业的配套机床功能部件产品超过 1000 套/年，企业床身铸件主营业务收入超过 2 亿元/年，部分产品远销东南亚、欧洲等国家。项目技术

主要应用单位情况如下表:

序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人/电话
1	秦川格兰德机床有限公司	大型数控机床低应力承力铸件制造技术	大型数控机床导轨, 立柱铸件, 100 套/年, 近三年生产的直接经济效益整机市场销售价值近 2000 万元	2015. 1-2018 . 12	王亚/ 0917-6292228
2	昆山华晨重机有限公司	MK5225 大型数控龙门导轨磨床高强度床身铸件制造技术	MK5225 大型数控龙门导轨磨床床身铸件, 50 套/年, 近三年生产的直接经济效益整机市场销售价值近 3 亿元	2015. 1-2018. 12	刘若兰 /0512-55107666

主要知识产权和标准规范等目录:

知识产权(标准)类别	知识产权(标准)具体名称	国家	授权号(标准编号)	授权(标准发布)日期	证书编号(标准批准发布部门)	权利人(标准起草单位)	发明人(标准起草人)	发明专利(标准)有效状态
发明专利	振动凝固低应力床身铸件及其铸造方法	中国	ZL201610532488.1	2018.06.26	国家知识产权局	四川大学	范洪远, 周长春, 吴亚楠, 王均, 孙兰, 殷国富	有效
实用新型	一种便于测量变形量的新型应力框	中国	ZL201520702222.8	2015.9.11	国家知识产权局	四川简阳海特有限公司	李晓虎	有效
实用新型	随形石墨冷铁	中国	ZL201020652713.2	2010.12.10	国家知识产权局	四川简阳海特有限公司	刘云东	有效
实用新型	一种铸造配重钻孔工装	中国	ZL201420831758.2	2014.12.25	国家知识产权局	四川简阳海特有限公司	赖劲松	有效

主要完成人情况:

姓名	范洪远	性别	男	排名	第一	技术职称	教授
----	-----	----	---	----	----	------	----

工作单位	四川大学					行政职务	处级
完成单位	四川大学					所在地	
						单位性质	
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>通过研究床身铸件尺寸精度控制及其稳定性关联影响机理，从理论上探索控制床身精度的关键要素和工艺，进而提出床身对机床整机精度稳定性的影响规律和原因，建立相关控制理论。</p>							
姓名	周长春	性别	男	排 名	第二	技术职称	副研究员
工作单位	四川大学					行政职务	无
完成单位	四川大学					所在地	
						单位性质	
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>研究了床身铸件在成型过程中及其后处理过程中的质量控制，为开发精密床身铸件的先进时效及表面处理建立科学理论依据。建立了通过控制床身关键部件质量以提升高档大型精密机床整机性能的控制技术。</p>							
姓名	鲜广	性别	男	排 名	第三	技术职称	工程师
工作单位	四川大学					行政职务	无
完成单位	四川大学					所在地	
						单位性质	
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>研究床身材料在铸造过程中相变及组织控制和转变机制；金属凝固过程中通过材料、化学、物理等适当措施调节结晶组织以获得均匀细密的等轴晶组织；</p>							
姓名	王均	性别	男	排 名	第四	技术职称	教授
工作单位	四川大学					行政职务	无
完成单位	四川大学					所在地	
						单位性质	

姓名	孙兰	性别	女	排名	第五	技术职称	副教授
工作单位	四川大学					行政职务	无
完成单位	四川大学					所在地	
						单位性质	
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>进行了大型铸件残余应力分析，应用先进的时效处理及表面改性技术，包括物理场时效、表面物理或化学改性等技术以释放、降低铸件残余应力，改善床身铸件的质量及其尺寸精度。</p>							
姓名	胡腾	性别	男	排名	第六	技术职称	
工作单位	四川简阳海特有限公司					行政职务	无
完成单位	四川简阳海特有限公司					所在地	
						单位性质	
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>应用当前较为先进的机床床身尺寸精度及其稳定性的测算评估方法和体系，对于床身铸件的尺寸精度进行综合科学的测试评估。</p>							
姓名	刘云东	性别	男	排名	第七	技术职称	高级工程师
工作单位	四川简阳海特有限公司					行政职务	无
完成单位	四川简阳海特有限公司					所在地	
						单位性质	
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>实践稳定床身铸件精度的工艺技术方法，通过控制铸造成型工艺如浇注工艺、相成分、细晶强化等技术以改善铸件质量。</p>							
姓名	李晓虎	性别	男	排名	第八	技术职称	工程师
工作单位	四川简阳海特有限公司					行政职务	无
完成单位	四川简阳海特有限公司					所在地	
						单位性质	
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>应用先进的时效处理及表面改性技术，包括物理场时效、表面物理或化学改性等技术以释放、降低铸件残余应力，改善床身铸件的质量及其尺寸精度。</p>							

主要完成单位及创新推广贡献：

四川大学：对大型机床关键承力部件的高强度铸件产品进行了技术创新，技术通过铸

造及成型后的质量控制，大幅提升铸件材料的尺寸精度，稳定长效工作服役精度。创新技术完成了：(1)通过产品铸造成型过程和成型后处理两个阶段进行铸件质量控制和尺寸精度稳定性改善；(2)床身在铸造过程中实现晶粒细化、材料组织结构和相成分均匀；(3)床身铸造成型后利用物理场处理、表面改性处理有效削减材料中的残余应力，减小铸件精度尺寸变形提升其稳定性。过去，中国机床行业由于受制核心零部件、软件算法系统等诸多技术，处于“高端失势，低端过剩”的恶劣局面。随着国家“一带一路”战略提出和国家关于发展高端装备制造业的契机，争夺高档机床市场将成为我国机床行业发展的必然之路。我单位联合产品具体实施制造企业，通过高端大型机床关键配件产品制造技术升级换代，提升产业自动化、智能化水平，为该类产品的创新推广和迅速抢占和扩大中高端机床市场份额做出了自己的积极贡献。

四川简阳海特有限公司：公司与四川大学进行了长期合作，取得了高档大型机床床身、立柱等关键承力铸件产品的关键设计制造技术，并对相关产品进行了良好的技术应用和推广，开发制造的产品显示出广阔的市场空间和良好的经济效益。具体对稳定床身铸件精度的工艺技术方法进行了技术创新，通过控制铸造成型工艺如浇注工艺、相成分、细晶强化等技术以改善铸件质量，同时应用先进的时效处理及表面改性技术，如物理场时效、表面物理或化学改性等技术以释放、降低铸件残余应力，改善床身铸件的质量及其尺寸精度。研究应用了床身铸件尺寸精度的新型测量技术，对床身稳定性进行全面科学的评估。这些内容在传统技术基础上具有相当的技术升级和创新。公司迅速成长为国内高档机床功能部件的主要生产企业之一，企业的主体产品大型机床床身铸件在国产大型机床产品中占有率约为 5%（2010-2017 年度数据），公司为国内众多知名精密机床整机制造企业的配套机床功能部件产品超过 1000 套/年，企业床身铸件主营业务收入超过 2 亿元/年，部分产品远销东南亚、欧洲等国家。企业近三年产生的直接经济效益整机市场销售价值达 3 亿元规模。公司直接制造生产高尺寸精度铸铁件 22000 吨，企业新增综合经济效益约 18000 万元，出口创汇 600 万美元。增加的就业人数 25 人，税金约 600 万元，替代进口 3.5 亿元。本项目中应用的先进制造技术，极大能减少对环境的污染，实现清洁生产和绿色制造，产品对环保、节能等技术创新和升级作出了良好的创新推广贡献。利于改善我国高档大型数控机床的窘境，促进我国机床产业发展和国力提升。

完成人合作关系说明：

本项目依托高档数据机床技术升级要求，面向国内外高档数控机床床身功能部件市场，致力研发具有高尺寸精度稳定性的大型床身铸件。项目研究成果目前已推广应用到包括低应力床身铸件，立柱等多个大型高档机床的功能部件生产制造上。项目技术的突破及成功应用得益于本项目完成人之间长期友好的合作经历。项目单位四川大学研究团队包括：范洪远教

授、周长春副教授、鲜广工程师、王均教授等，长期从事铸造工程、铸铁和铸钢、特种合金材料的研究工作，先后承担纵向课题 10 余项、横向课题 20 余项，在高档大型机床产品的研发方面具有成熟的研究队伍、深厚的积累和相关研究条件。本人在长期的研究过程中，提出通过研究床身铸件尺寸精度控制，可实现大型机床整机长效服役精度稳定的关联影响机理，进而从理论上探索控制床身精度的关键要素和工艺，提出本项目的技术创新要点和突破口。团队成员周长春副教授研究了床身铸件在成型过程中及其后处理过程中的质量控制，为开发精密床身铸件的先进时效及表面处理建立科学理论依据。建立了通过控制床身关键部件质量以提升高档大型精密机床整机性能的控制技术。团队成员鲜广工程师研究了床身材料在铸造过程中相变及组织控制和转变机制；金属凝固过程中通过材料、化学、物理等适当措施调节结晶组织以获得均匀细密的等轴晶组织。团队成员王均教授建立、完善了基于现行的机床产品精度控制的指标体系和标准，建立了针对大型高档精密机床关键零部件、组件的精度、稳定性评价体系。同时，本项目的另一完成单位，四川简阳海特有限公司是国内机床床身的主要生产企业之一，为四川省铸造学会常务理事单位，该单位长期从事机床关键功能部件、产品的设计开发，在大型机床的功能部件铸造成型，提高铸件的性能方面具有夯实的理论基础和实践经验。该公司与四川大学进行了长期合作，取得了高档大型机床床身、立柱等关键承力铸件产品的关键设计制造技术，并对相关产品进行了良好的技术应用和推广。海特公司胡腾工程师应用当前较为先进的机床床身尺寸精度及其稳定性的测算评估方法和体系，对于床身铸件的尺寸精度进行了综合科学的测试评估。海特公司刘云东高级工程师研究了床身铸件精度的工艺技术方法，通过控制铸造成型工艺如浇注工艺、相成分、细晶强化等技术以改善铸件质量。海特公司李晓虎工程师应用先进的时效处理及表面改性技术，包括物理场时效、表面物理或化学改性等技术以释放、降低铸件残余应力，改善床身铸件的质量及其尺寸精度。通过长期的项目合作和创新技术开发，这些研究成果在传统大型机床铸件制造技术基础上具有较大的技术升级和创新，促使海特公司迅速成长为国内高档机床功能部件的主要生产企业之一，企业的主体产品大型机床床身铸件在国产大型机床产品中占有率约为 5%（2010-2017 年度数据），公司为国内众多知名精密机床整机制造企业的配套机床功能部件产品超过 1000 套/年，企业床身铸件主营业务收入超过 2 亿元/年，部分产品远销东南亚、欧洲等国家。项目团队完成人之间相互信任、精诚合作，取得了实实在在的技术创新成果和良好应用经济效益，这对于改善我国高档大型数控机床的窘境，促进我国机床产业发展和关键技术自主创新具有积极意义。