

一、项目名称

高负荷异形孔设计与加工技术及装备

二、申报奖种

科技进步奖

三、推荐单位

山东大学

四、项目简介

目前，随着汽车排放国六标准的推行，汽车活塞所承受负荷越来越大，活塞失效主要是销孔产生裂痕。设计新型销孔对于提高活塞寿命有着重要意义，而加工异形销孔的关键设备不同于传统机床，需要微位移补偿装置。因此我们的项目主要基于以下两方面展开研究。

1. 高负荷异形孔设计技术

针对高负荷承载孔由于受力变形造成应力集中，影响承载零部件疲劳寿命及可靠性问题，本着“通过应力分布均化，降低应力集中峰值，提高零部件承载能力”的设计思想，提出了“高负荷异形孔”的设计方法，发明的主要内容是：通过承载孔截面轮廓形状和纵向素线轮廓形状的优化，实现工作时承载销孔应力分布的相对均化，达到降低应力集中峰值、提高零部件承载能力、可靠性及疲劳寿命的目的。

高负荷异形孔技术要点，包括：异形孔横截面为变椭圆形，异形孔的横向截面的椭圆度随轴向位置呈曲线（包括分段直线、分段曲线）规律变化；异形孔的轴向截面形状为：两端为上翘的喇叭口形，其素线为曲线形，中间段轴向截面素线为直线形。

本发明可使高负荷承载孔在材料及其它结构不变的情况下，提高承载能力30%以上。

2. 高负荷异形孔加工技术及装备

实现异形孔加工，关键在镗削刀具的径向微位移控制，而实现完成径向刀补运动，执行机构是关键，由此发明了多种变形体结构，并获国家发明专利。

项目申报单位发明的不同变形体结构，镗刀杆安装在变形体的前端，通过不同的机电、液压、气动驱动方式，实现变形体的变形量控制，实际形成了刀具微位移量的控制。

通过设计新型异形销孔形状，优化了活塞销孔应力分布，提高了活塞使用寿命；通过设计新型微位移补偿装置，实现了异形销孔的加工。该项目的整体水平在国内处于领先水平，获得 6 项发明专利，并且已经在博海精机和天润曲轴应用生产，产生了巨大的社会和经济效益。

五、主要完成单位及创新推广贡献

1. 山东大学

创新推广贡献：

山东大学作为项目的组织牵头单位，创造性地提出了“通过优化销孔形状，降低应力集中峰值，实现应力分布相对均化，提高销孔承载能力”的设计理念，并将该项技术应用于国六高负荷发动机零部件设计中，形成了满足高负荷要求的活塞、连杆等产品；提出了多种变形体结构型式，通过气动、液压及功能材料等方式，设计了多种致动器机构，实现了镗削刀具的精密补偿；以专用致动器为功能部件，安装于不同的机床上，形成了可完成不同工序要求的各类专机，如 BHT-31A/B/C，BHT-34/35 等活塞、连杆高速精密镗床。

相关研究，形成国家发明专利 5 项，与合作单位联合申报发明专利 1 项。

2. 滨州博海精工机械有限公司

创新推广贡献：

滨州博海精工机械有限公司作为本项目研发产品的制造工厂，为异形销孔加工机床的制造、试验提供了必要的设备和生产场地，负责设备的制造、销售及推广。

目前采用该项目已生产高负荷活塞及连杆销孔系列镗床 4 个系列（BHT-31A/B/C，BHT-35），共计 99 台套，使该项技术得以推广。随着国六排放标准的严格执行，发动机向更高爆发压力方向发展，而高负荷异形孔技术，已成为提高关键零部件承载能力的有效手段；异形孔加工技术与设备，也将成为高负荷发动机制造的必备技术。我们将继续积极做好扩大生产的准备，做好项目的推广工作。

3. 滨州渤海活塞有限公司

创新推广贡献：

滨州作为本项目专利形成的活塞异形销孔专用镗床的联合开发及使用单位。

目前采用该项目已生产高负荷活塞 3 个系列（BHT-31A/B/C），共计 87 台套，使该项技术得以推广。

六、推广应用情况

自 2016 年 3 月至 2019 年 2 月，累计生成活塞销孔镗床 87 台套、连杆镗床 12 台套，累计创产值 5717.80 万元，目前已成为活塞、连杆异形销孔加工的主类设备，产生了较好的经济及社会效益。

其中的 BHT35 异形孔机床，用于连杆高负荷销孔的精密镗削，已在天润曲轴股份有限公司服役 6 台套，为德国奔驰公司等生产高负荷连杆，该项技术通过德国奔驰公司质量管理评审认定，并成为国内唯一被德国奔驰公司认可的高负荷连杆加工设备。2016 年天润曲轴股份有限公司为德国奔驰公司等生产各类连杆产值 6427.91 万元人民币，2017 年产值增长到 11035 万元，2018 年截止到 6 月 30 日高负荷连杆产值 6016.62 万元。

七、曾获科技奖励情况

“高负荷异形孔设计与加工技术”获 2018 年度山东省高校科技奖三等奖

八、主要知识产权证明目录

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	发明专利有效状态
发明专利	高负荷异形孔	中国	ZL 2008 10159649.2	2010-7-14	648909	山东大学威海分校	翟鹏, 王新亮, 秦磊, 钱丽萍, 王朋	
发明专利	一种新型镗削刀具补偿装置	中国	ZL 2011 10196379.4	2013-5-29	1201627	山东大学威海分校	翟鹏, 秦磊, 王朋, 李瑞珍, 王萌, 曲孟孟	
发明专利	用于加工异型曲面的镗床	中国	ZL 2005 10044793.8	2007-2-7	307729	山东大学	翟鹏, 张承瑞, 王海涛	
发明专利	一种旋转式非接触电能传输	中国	ZL 2013 10216772.4	2015-3-4	1596972	山东大学(威海)	翟鹏, 李瑞珍, 翟少鹏, 张洪洋, 肖加海, 周游, 李	

	装置						秀丽	
发明专利	一种液压式镗削刀具微进刀装置以及设有该装置的镗床	中国	ZL 2015 10066721.7	2017-4-19	2458008	山东大学（威海）	翟鹏, 张洪洋, 王春阳, 秦磊, 张琨, 肖博涵, 贺凯, 刘维娟	
发明专利	连杆异形孔镗床	中国	ZL 2016 11046853.4	2018-8-31	3054899	山东滨州渤海活塞股份有限公司, 滨州博海精工机械有限公司	秦磊, 翟鹏, 王龙昌, 刘维娟, 王立伟, 刘涛, 孙宏, 蔡海雷, 张春明	

九、主要完成人情况表

1、姓名：翟鹏 排名：1 技术职称：教授

工作单位：山东大学

完成单位：山东大学

对本项目技术创造性贡献：

1.提出了高负荷异形孔设计原理（发明专利 高负荷异形孔 ZL 2008 1

0159649.2) (论文 车用高负荷活塞异形销孔结构发展趋势及加工技术研究 汽车技术)

2.设计了多种异形销孔加工用变形体结构及微位移补偿装置(发明专利 一种液压式镗削刀具微进刀装置以及设有该装置的镗床 ZL 2015 10066721.7)

3.提出了异形销孔机床整体方案并负责整体方案的实施及推广(发明专利 用于加工异型曲面孔的镗床 ZL 2005 1 0044793.8)

曾获科技奖励情况:

“高负荷异形孔设计与加工技术”获 2018 年山东省高等学校科学技术奖三等奖, 排名第一位

2、姓名: 林风华 排名: 2 技术职称: 研究员

工作单位: 山东渤海活塞有限公司

完成单位: 山东渤海活塞有限公司

对本项目技术创造性贡献:

提出了变椭圆异形孔设计原理, 参与机床整体方案的设计, 并组织设备制造与推广销售。

曾获科技奖励情况: 无

3、姓名: 秦磊 排名: 3 技术职称: 高工

工作单位: 滨州博海精工机械有限公司

完成单位: 滨州博海精工机械有限公司

对本项目技术创造性贡献:

负责异形销孔机床机械部分设计,完成机床 BHT-31A/B/C, BHT-34/35 针对不同产品的系列机床设计, 并负责现场机床制造及调试。(发明专利 连杆异形孔镗床 ZL 2016 1 1046853.4)。

曾获科技奖励情况: 无

4、姓名: 王龙昌 排名: 4 技术职称: 高工

工作单位: 滨州博海精工机械有限公司

完成单位: 滨州博海精工机械有限公司

对本项目技术创造性贡献：

负责 BHT-31A/B/C, BHT-34/35 专用设备的电气系统设计，基于贝加莱 IPC 专用数控系统的开发与调试。

曾获科技奖励情况：无

5、姓名：孙建浩 排名：5 技术职称：无

工作单位：山东大学

完成单位：山东大学

对本项目技术创造性贡献：

负责变形体结构有限元分析及优化，提出摩擦前馈补偿算法；负责后续基于高频响伺服阀的刀杆系统优化及系统搭建；参与专用机床的设计开发，并进行现场调试。

曾获科技奖励情况：无

6、姓名：赵国华 排名：6 技术职称：高工

工作单位：滨州博海精工机械有限公司

完成单位：滨州博海精工机械有限公司

对本项目技术创造性贡献：

负责 BHT-31A/B/C, BHT-34/35 专用机床的现场制造与调试，并负责上述系列专用机床的行业推广、售后数据信息采集等。

曾获科技奖励情况：无

7、姓名：宋文平 排名：7 技术职称：高工

工作单位：滨州博海精工机械有限公司

完成单位：滨州博海精工机械有限公司

对本项目技术创造性贡献：

参与项目方案设计与评审，参与活塞异形销孔机床主机设计及图纸审核。

曾获科技奖励情况：无

8、姓名：李岩 排名：8 技术职称：无

工作单位：山东大学

完成单位：山东大学

对本项目技术创造性贡献：

负责比例阀阀芯位移摩擦非线性模型建立与前馈补偿算法研究，全程参与实验及设备改造。

曾获科技奖励情况：无