

2019 年宁波市科学技术进步奖申报项目公示

- 1、报奖项目名称：面向零件复杂内腔细节结构的水射流精密磨削技术与直线驱动装备
- 2、项目类别：技术发明奖
- 3、推荐奖励等级：一等奖
- 4、项目简介

随着航空航天、机床、电子、半导体等领域对装备的低噪声、抗冲击、高强度要求的不断提升，对零件的质量也有了更高的要求，相应地，传动、光学等关键零件的高精度已成为发展的必然趋势。零件的高精度依赖高精密的加工技术，因此，世界各国都非常重视精密加工技术，并制定计划对其大力发展，如美国的 NNI 计划、英国的 IRC 计划等，我国也已将零件的精密加工技术列入战略性新兴产业发展计划，发展了精密车削、精密磨削等多种精密切削加工技术和激光加工、离子束加工等特种加工技术。尽管如此，零件的精密加工仍然是制约我国制造业发展的瓶颈之一，尤其是对零件复杂内腔细节结构的精密加工，目前仍没有高效、可控的加工技术能够解决。为此，项目组率先提出采用水射流对零件复杂内腔细节结构进行精密磨削，在国家基金等项目资助下，历时十余年攻关，取得如下创新成果：

- 创新点 1. 首创零件复杂内腔宏观结构的完整保形和细节结构的微观去除的精准调控技术
- 创新点 2. 开发零件复杂内腔细节结构的水射流精密磨削装备-工艺-工况的约束优化技术
- 创新点 3. 发明水射流磨削系统噪声抑制与消声和零件细节区域磨料滞留的干扰协同技术
- 创新点 4. 研制水射流磨削装备的精密直线驱动与零件细节结构智能磨削的反馈控制技术

在上述成果基础上，还攻克零件细节结构抛光和光饰、在线视觉检测、磨削质量稳定性与批量加工一致性等技术难题，研制直线电机、直线导轨、直线喷嘴、直线运动轴承等直线运动零部件、直线驱动装配设备以及水射流自动化产线。

项目成果获日本发明专利 1 件、中国发明专利 18 件，发表 SCI 研究论文 9 篇。成果在芯片、汽车模具内腔、轴承内外沟道等零件精密加工中得到成功应用，并推广到太阳能电池、汽车等制造企业。应用项目成果近三年累计新增销售 16.71 亿元，利润 1.39 亿元。

项目有效缓解零件复杂内腔细节结构精密加工过程中的高精度与高效率之间的矛盾，提高加工过程的稳定性和零件复杂内腔细节结构的形性确定性。与现有的其它零件内腔加工方法相比，具有加工过程可控，加工效率高的优点，对促进我国机电零配件整体制造水平的提升起到积极作用。

5、第三方评价

- (1) 项目成果已通过第三方组织的科技成果鉴定（会议鉴定），鉴定结论为：该项目处于国际先进水平。
- (2) 项目理论研究成果已通过国家自然科学基金委的验收：项目（51075217）于 2014 年 4 月 25 日按有关规定已审核完毕，准予结题。
- (3) 项目核心知识产权已经过国家知识产权局专利检索，检索结论为：权利要求具有新颖性和创造性。
- (4) 项目经国家一级科技查新单位分别对总体成果和各创新点进行科技查新，5 份科技查新报告的查新结论皆为：查新内容除委托单位已公开的发明专利中有部分述及外，未见其他文献述及。

6、主要完成人及技术贡献

排名	姓名	技术职称	工作单位	对本项目技术创造性贡献
1	程晓民	教授	宁波工程学院	对本项目技术创造性贡献：项目技术总负责人，主持技术方案制定、关键技术研发及推广应用工作，是该项目技术创新的主要贡献人。对技术创新点 1、创新点 2 作出主要贡献，对创新点 3、创新点 4 作出重要贡献，授权发明专利 7 件。贡献证明材料见主要知识产权 1-7，代表性论文 10，附件 1 科技成果鉴定证书，附件 3 国家基金结题报告，附件 5，17-20 科技查新报告，附件 6 国家知识产权局检索报告。
2	伍鹏	国家千人计划专家 教授	嘉兴华嶺机电 设备有限公司	负责直线电机技术和直线驱动装备技术的研发。对创新点 4 作出主要贡献，授权发明专利 3 件。贡献证明材料见主要知识产权 1，8-9。
3	吴大转	教授	浙江大学	负责水循环系统理论建模和噪声控制与消声技术的研发。对技术创新点 3 作出重要贡献，发表 SCI 论文 9 篇。贡献证明材料见代表性论文 1-9。
4	施飞	副教授	宁波工程学院	负责系统建模和软件研发。对创新点 2 作出重要贡献，授权发明专利 2 件。贡献证明材料见主要知识产权 4-5。
5	易新华	副教授	宁波工程学院	负责模拟仿真和视觉系统研发。对创新点 1 作出重要贡献，授权发明专利 1 件。贡献证明材料见主要知识产权 7，代表性论文 10。
6	王民豪	工程师	宁波美亚特精 密传动部件有 限公司	负责直线轴承技术及驱动技术研发。对创新点 4 作出重要贡献，授权发明专利 1 件。贡献证明材料见主要知识产权 10。
7	梁荣	高级实验师	宁波工程学院	负责水循环系统关键零件和装配工具研发。对创新点 3 作出重要贡献，授权发明专利 5 件。贡献证明材料见附件知识产权证明 8-12。
8	樊红朝	副教授	宁波工程学院	负责装置设计和控制系统研发。对创新点 1 作出重要贡献。
9	林志立	讲师	宁波工程学院	负责能量有限元建模和水射流磨削能量传递分析。对创新点 2 作出重要贡献。
10	赵忠	副教授	宁波工程学院	负责设备调试和实验测试。对创新点 2 作出主要贡献，授权发明专利 1 件。贡献证明材料见主要知识产权 3。
11	王可胜	副教授	宁波工程学院	负责关键部件制造和专利技术实施。对创新点 4 作出重要贡献，授权发明专利 3 件。贡献证明材料见主要知识产权 6，附件知识产权证明 13-14。
12	陈吉	高级技师	宁波宇力机械 制造有限公司	负责机床基础件制造和设备测试维护。对创新点 4 作出重要贡献。

7、主要完成单位及创新推广贡献

排名	单位名称	对本项目科技创新和推广应用支撑作用情况
1	宁波工程学院	项目科技创新的主体单位，制定零件复杂内腔细节结构水射流精密磨削技术的总体方案，首创水射流精密磨削过程的微观去除精准调控技术、细节区域磨料滞留的干扰协同技术、以及水射流智能磨削的反馈控制技术，开发装备-工艺-工况的约束优化技术。积极推广上述技术成果在行业中的应用，解决零件复杂内腔细节结构精密制造难题，推动精密加工行业技术进步。对技术创新点 1、创新点 2 作出主要贡献，对创新点 3、创新点 4 作出重要贡献，授权发明专利 16 件，贡献证明材料见主要知识产权证明 1-7，附件知识产权证明 8-16，附件 1 科技成果鉴定证书，附件 3 国家基金结题报告，附件 5，17-20 科技查新报告，附件 6 国家知识产权局检索报告。
2	嘉兴华嶺机电设备有限公司	参与关键技术的攻关，开发直线驱动控制技术，解决直线电机驱动系统、控制策略与水射流装备参数协同设置的难题，有效保证水射流精密磨削装备运动精度。对创新点 4 作出主要贡献，授权发明专利 3 件，贡献证明材料见主要知识产权证明 1，8-9。
3	浙江大学	负责水循环系统噪声控制与消声技术的攻关，研发噪声优化控制技术，研发出阻抗结合的管路消声器，实现水射流精密加工系统的降噪。对技术创新点 3 作出重要贡献，发表 SCI 论文 9 篇，贡献证明材料见代表性论文 1-9。
4	宁波美亚特精密传动部件有限公司	负责直线驱动系统技术，研制水射流精密磨削装备所需直线轴承等高性能精密传动零配件，有效保证水射流精密磨削装备运动稳定性。对创新点 4 作出重要贡献，授权发明专利 1 件，贡献证明材料见主要知识产权证明 10。
5	宁波宇力机械制造有限公司	负责装备制造与集成技术，研发出高质量高效率的水射流精密磨削装备，有效保证零件复杂内腔细节结构的磨削质量。对创新点 4 作出重要贡献。

8、代表性论文、专著目录

序号	作者	论文专著名称/刊物	年卷页码 (X年X卷X页)	发表时间	SCI 他引 次数	他引 总次数
1	Peng Wu, Zhounian Lai, Dazhuan Wu, Leqin Wang	Optimization research of parallel pump system for improving energy efficiency/Journal of Water Resources & Planning Management	2015, 141(8): 04014094	2015.07.12	SCI, IF: 3.197 他引 8 次	9
2	Dazhuan Wu, Shuai Yang, Peng Wu, Leqin Wang	MOC-CFD coupled approach for the analysis of the fluid dynamic interaction between water hammer and pump/Journal of Hydraulic Engineering	2015, 141(6): 06015003	2015.02.01	SCI, IF: 2.08 他引 6 次	6
3	Shijie Qin, Ning Chu, Yao Yao, Jingting Liu, Bin Huang, Dazhuan Wu	Stream-wise distribution of skin-friction drag reduction on a flat plate with bubble injection/Physics of Fluids	2017, 29: 037103	2017.03.09	SCI, IF: 2.279 他引 6 次	6
4	Tao Du, Shiyang Li, Jingting Liu, Dazhuan Wu	Acoustic performance of a water muffler/ Noise Control Engr. J.	2015, 63 (3), 239-248	2015.10.06	SCI 他引 2 次	3

5	Zhounian Lai, Peng Wu, Dazhuan Wu	Application of fuzzy adaptive control to a MIMO nonlinear time-delay pump-valve system /ISA Transactions	2015, 57: 254-261	2015.02.10	SCI, IF: 3.37 他引 1 次	1
6	Shuai Yang, Xin Chen, Dazhuan Wu, Peng Yang	Dynamic analysis of the pump system based on MOC-CFD coupled method/ Annals of Nuclear Energy	2015, 78: 60-69	2015.01.09	SCI, IF: 1.476 他引 3 次	3
7	Dazhuan Wu, Peng Wu, Shuai Yang, Leqin Wang	Transient Characteristics of a Closed-Loop Pipe System During Pump Stopping Periods/Journal of Pressure Vessel Technology	2014,136:1-9	2014.07.17	SCI, IF: 1.182	
8	Weiwei Xu, Zhounian Lai, Dazhuan Wu, Leqin Wang	Acoustic emission characteristics of underwater gas jet from a horizontal exhaust nozzle/Applied Acoustics	2013,74:845-849	2013.02.14	SCI, IF: 1.721	
9	Tiancheng Miao, Jingting Liu, Shijie Qin, Ning Chu, Dazhuan Wu, Leqin Wang	The flow and acoustic characteristics of underwater gas jets from large vertical exhaust nozzles/Journal of Low Frequency Noise	2018, 37(1): 74-89	2018.01.05	SCI, IF: 1.494	
10	Xin-Hua Yi, Xiao-Min Cheng, Feng-Lian Niu	CFD simulation of micro particle trapping under water tweezer/ Advances in Manufacturing	2014,2: 259-264	2014.09.01	SCI	

9、主要知识产权证明目录

序号	授权项目名称	知识产权类别	国(区)别	授权号	法律状态
1	微粒子ナイフ及び当該微粒子ナイフを用いた切削装置	发明专利	日本	特许第 6078155 号	有效
2	一种水射流精密磨削方法	发明专利	中国	ZL201710188207.X	有效
3	一种水射流精密磨削设备	发明专利	中国	ZL201710188208.4	有效
4	一种水射流型腔抛光设备及方法	发明专利	中国	ZL201710188838.1	有效
5	射流自动光饰流水线及其光饰方法	发明专利	中国	ZL201710188841.3	有效
6	阀体类零件射流光整设备及方法	发明专利	中国	ZL201710188210.1	有效
7	一种水下基桩避障维护机器人	发明专利	中国	ZL201710250159.2	有效
8	一种直驱光栅尺自动检测装置	发明专利	中国	ZL201410035866.6	有效
9	一种直驱节能在线检测及高效装配设备	发明专利	中国	ZL201310112831.3	有效
10	直线运动轴承	发明专利	中国	ZL201610416582.0	有效

10、项目经济效益和推广应用

项目创新成果获得一批自主知识产权，解决了能源、电子、家电、汽车等领域关键零件细节结构的精密制造难题，尤其是零件内部细节结构的形性精密制造难题。2016-2018 年度，项目直接经济效益合计新增销售 5.71 亿元，新增利润 6304.55 万元，新增税收 3874.59 万元。项目技术在国内多家单位推广应用，2016-2018 年度，应用单位合计新增销售 11.1 亿元，新增利润 7541.9 万元，新增税收 1858.0 万元。