

2020年宁波市科学技术进步奖申报项目公示

1、报奖项目名称：零件细节结构水射流磨-研-抛-光饰一体化技术及直线驱动装备

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、半导体等领域的快速发展，对其所使用的工作母机及其零件的质量要求越来越高，如要求零件的细节部位具有极高的尺寸、形状精度和极低的表面粗糙度等。而现有的制造技术无法胜任对零件细节结构进行形性精确性加工的要求，寻找新的制造方法和技术成为超精密加工领域亟待解决的问题。为此，世界各国都制定计划加快研发超精密加工技术，如美国的 NNI 计划、英国的 IRC 计划等，我国也已将零件的超精密加工技术列入战略性新兴产业发展计划，研发了精密车削、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，仍然无法很好地解决零件细节结构的超精密加工难题，零件细节结构的超精密加工已成为制约制造业发展的瓶颈之一。项目组另辟蹊径，率先提出采用水射流对零件复杂内腔细节结构进行超精密磨削，在国家基金等项目资助下，历时十余年攻关，解决了零件复杂内腔细节结构的高效、可控超精密加工技术难题，开发出磨-研-抛-光饰一体化技术及直线驱动装备，取得的创新成果包括：

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，还攻克在线视觉检测、加工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、直线运动轴承等直线运动零部件、以及用于磨-研-抛-光饰一体化加工的直线驱动装备。

项目成果获日本发明专利 1 件、中国发明专利 18 件。成果在芯片、模具内腔、轴承内外沟道等零件超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。近三年，应用成果技术新增销售 54585.5 万元，新增利润 8070.6 万元。

成果有效缓解零件复杂内腔细节结构超精密加工过程中的高精度与高效率之间的矛盾，提高加工稳定性和零件复杂内腔细节结构的形性确定性，解决现有加工方法无法实现的零件复杂内腔细节结构超精密加工难题，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) 项目成果经第三方科技成果鉴定，鉴定结论为：填补国内空白，达到国际领先水平。

(2) 项目理论研究成果已通过国家自然科学基金委的结题验收。

(3) 项目核心知识产权已经过国家知识产权局专利检索，结论为：权利要求具有新颖性和创造性。

- (4) 项目总体成果已经过科技查新（国内外），查新结论为：除本查新项目委托单位申请的专利和发表的相关文献外，国内外未见其他文献述及。
- (5) 项目各创新点已经过国家一级科技查新机构科技查新，4 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述及外，未见其他文献述及。
- (6) 采用项目技术生产的产品经国家智能制造装备产品质量监督检验中心检测：4 份检测报告结论为：产品符合 GB/T3177-2009、GB/T1985-2017、GB/T10610-2009 标准。
- (7) 采用项目技术生产的产品经国家级光电产品检测重点实验室测试，STC 下性能优良。

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	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。
2	伍鹏	国家千人计划专家 正高级工程师	嘉兴华嶺机电设备有限公司	①直线电机技术 ②直线驱动装备技术
3	梁荣	高级实验师	宁波工程学院	①水循环系统洁净处理技术 ②设备调试
4	施飞	副教授	宁波工程学院	①系统建模与软件开发 ②专利技术实施
5	赵忠	副教授	宁波工程学院	①实验设计与视觉系统 ②加工精度控制
6	崔怀峰	讲师	宁波工程学院	①系统噪声控制与消减技术 ②实验验证
7	王民豪	工程师	宁波美亚特精密传动部件有限公司	①直线轴承技术 ②传动系统技术
8	陈永清	高级实验师	宁波工程学院	①水循环系统关键零件开发 ②加工产品检测
9	郭建亮	副教授	宁波工程学院	①关键零部件设计制造 ②设备维护
10	周林	副教授	宁波工程学院	①流体控制技术 ②模拟仿真与流固耦合

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，开发水循环系统噪声控制与洁净处理技术，进行装备设计、制造、调试及控制集成。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。
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的运动精度。
3	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的运动稳定性。

8、主要知识产权证明目录（限 10 件）

序号	授权项目名称	知识产权类别	国别	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	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
5	一种水射流型腔抛光设备及方法	发明专利	中国	ZL201710188838.1	有效
6	一种射流冲砂精磨孔壁的装置及方法	发明专利	中国	ZL201710188530.7	有效
7	阀体类零件射流光整设备及方法	发明专利	中国	ZL201710188210.1	有效
8	一种自动除垢阀	发明专利	中国	ZL201410711702.0	有效
9	直线运动轴承	发明专利	中国	ZL201610416582.0	有效
10	一种直驱光栅尺自动检测装置	发明专利	中国	ZL201410035866.6	有效

9、项目经济效益和推广应用

成果解决了航空航天等领域关键零部件细节结构的精密制造难题，尤其是对零件复杂内腔细节结构的精密制造，达到了目前其它方法无法实现的加工形性精确性，形成系列知识产权，填补国内外空白。项目 10 件发明专利中，3 件为联合研发，1 件已经产业化应用。经审计，2017-2019 年度，成果直接经济效益为：累计新增销售 37714.51 万元，新增利润 5691.22 万元，新增税收 2199.01 万元；项目技术推广应用，应用单位新增销售 16870.95 万元，新增利润 2379.38 万元，新增税收 645.22 万元。