

## 2019 年度广东省科学技术奖公示表 (科技进步奖)

项目名称	微小齿轮高质高效巨量制造成套技术及产业化
主要完成单位	深圳市兆威机电股份有限公司
	北京工业大学
	深圳市密姆科技有限公司
主要完成人 (职称、完成单位、工作单位)	1. 石照耀 (教授, 北京工业大学, 北京工业大学, 微型传动系统的总体方案、微小齿轮修形、MIM 齿轮收缩机理、微小齿轮测量研究, 对创新点 1、4 作出创造性贡献。)
	2. 叶曙兵 (中级工程师, 深圳市兆威机电股份有限公司, 深圳市兆威机电股份有限公司, 开展了金属粉末注射成型模具和注射成型工艺等的研究, 提出了微型传动系统动态参数调控方法, 解决微型传动系统一致性的关键难题, 为创新点 2、3 作出突出贡献)
	3. 朱祖良 (无, 深圳市密姆科技有限公司, 深圳市密姆科技有限公司, 负责金属粉末喂料、MIM 成型脱脂烧结工艺的研究, 对创新点 1 作出创造性贡献。)
	4. 李平 (中级工程师, 深圳市兆威机电股份有限公司, 深圳市兆威机电股份有限公司, 完成了多级微行星传动、高效轴承、微型丝杆、嵌件注射成型螺母等传动方案和结构设计, 为创新点 1 和 3 作出了突出贡献。)
	5. 李海周 (无, 深圳市兆威机电股份有限公司, 深圳市兆威机电股份有限公司, 开展了微型传动系统自主设计软件、高效制造工艺等技术的研究, 对创新点 1、3 作出了突出贡献。)
	6. 于渤 (讲师, 北京工业大学, 北京工业大学, 齿轮修形与齿轮误差评价方法研究, 对创新点 1、4 作出创造性贡献。)
	7. 沈亚强 (中级工程师, 深圳市兆威机电股份有限公司, 深圳市兆威机电股份有限公司, MIM 微小齿轮模具型腔设计方法研究, 对创新点 2、3 作出创造性贡献。)
	8. 辛栋 (中级工程师, 深圳市兆威机电股份有限公司, 深圳市兆威机电股份有限公司, 完成了少齿数齿轮齿根过渡曲线优化研究以及齿形设计软件的开发, 微型行星传动脱啮的仿真分析, 对创新点 1、3 作出了贡献。)
	9. 徐尚祥 (无, 深圳市兆威机电股份有限公司, 深圳市兆威机电股份有限公司, 完成了微型行星机构的传动参数设计、0.065mm 微小模数齿轮的齿形设计等。为创新点 1 和 3 作出了贡献。)
	10. 谢伟群 (中级工程师, 深圳市兆威机电股份有限公司, 深圳市兆威机电股份有限公司, 针对微型传动系统全工况的寿命、效率等试验装备和基于云平台的性能监测系统研发等开展了深入的研究, 为创新点 3、4 作出了贡献。)
	11. 费家怡 (无, 深圳市兆威机电股份有限公司, 深圳市兆威机电股份有限公司, 开发了国内首款微型传动系统设计软件, 提出了微小齿轮的修形方法, 对创新点 1、3 作出贡献。)
	12. 陆志强 (无, 深圳市兆威机电股份有限公司, 深圳市兆威机电股份有限公司, 完成了 1 模 64 穴微小齿轮金属粉末注射成型模具以及成型自动化装置的开发, 实现了大批量微小齿轮的高质高效制造, 为创新点 2 作出了贡献。)
	13. 王立新 (无, 深圳市兆威机电股份有限公司, 深圳市兆威机电股份有限公司, 完成了微型传动系统自动化激光焊接、自动化加油、FPC 自动高强度连接等组装工艺技术的研究, 为创新点 3 作出了贡献。)
	14. 南奋勇 (无, 深圳市兆威机电股份有限公司, 深圳市兆威机电股份有限公司, 开展了微型传动系统寿命和可靠性试验研究, 形成了微型传动系统的测试方法, 对创

	新点 4 作出了贡献。)
项目简介	<p>微小齿轮是微型传动系统的核心零件，广泛应用于航空航天、仪器仪表、汽车等领域；伴随智能时代的到来，作为执行器在通信设备、智能家居、服务机器人、物联网的末端组件等领域形成了巨量需求。西方发达国家将微小齿轮传动技术列为影响产业竞争力的基础技术，是必争的前沿科技制高点。</p> <p>微小齿轮要求高精度、高可靠性、长寿命，巨量制造中要确保质量一致性。微小齿轮通常采用金属切削加工工艺，因生产效率低、成本高，难以满足巨量生产的需求；或采用注塑工艺，虽能巨量低成本制造，但注塑齿轮性能不能满足使用要求。微小齿轮的高质、高效、巨量制造，是世界性难题。近十年，深圳市兆威机电股份有限公司联合北京工业大学和深圳市密姆科技有限公司进行技术攻关，以微小齿轮金属粉末注射成型（MIM）技术为核心和突破口，研发了微小齿轮成套技术，在世界上首家实现了微小齿轮的高质、高效、巨量制造；进而研发了基于 MIM 齿轮的微型传动系统及其成套制造技术，实现了产业化，在世界上首家实现了微型传动系统的高质、高效、大批量生产。项目创新成果如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 揭示了微小齿轮金属注射成形过程中粉末材料各向异性大收缩率的机理和变化规律，提出了基于材料异向收缩特性的微小齿轮模具设计方法及其确保模具制造精度的“在线补偿法”，提出了确保微小齿轮高性能的材料优化配方和粘结剂配方。</li> <li>2. 发明了高效并行成型技术，开发了外径 0.753mm 微小齿轮的“1 模 64 腔”模具，研制了可防止微小齿轮产品吸取后出现歪斜及碰伤现象的自动化取出装置，提出了精确监控脱脂率的闭环型脱脂工艺，形成了金属粉末注射成型微小齿轮的成套工艺技术，实现了微小齿轮的高质高效巨量生产（200 万件以上/天）。</li> <li>3. 通过系统的动态参数调控，解决了微型行星减速器脱啮和“卡死”难题，提出了微型传动系统设计方法，开发了国内首款微型传动系统设计软件，实现了微型传动系统的主动精确设计。研制出国内外最小尺寸 <math>\Phi 3.4\text{mm}</math> 微型传动系统。围绕微型传动系统的高性能要求，研发了基于 SPC 理念的装配工艺和关键技术，保证了大批量产品的一致性和可靠性，微型传动系统的寿命达到 30 万次。</li> <li>4. 针对微小齿轮精密测量难题，提出了白光干涉测量方法，研制了高精度微小齿轮测量系统。提出了微型传动系统的传动精度动态试验方法，研发了面向全工况的微型传动系统的寿命、摩擦、效率等试验装备和基于云平台的性能监测系统，形成了系统的测试方法和规范，解决了微小齿轮和微型传动系统的测量难题，填补了测试装备的空白。</li> </ol> <p>授权专利 59 项（发明专利 21 项）、软件著作权 16 项，发表论文 14 篇。鉴定意见和查新报告表示，具有完全自主知识产权，整体上处于国际领先水平。</p> <p>项目已形成 9 个标准系列和 200 余种非标产品，涉及通信、医疗器械、手机、汽车、智能家居、机器人 6 大行业，大批量用于华为、BOSCH、vivo、OPPO 等标杆企业，微小齿轮日产能 200 万件，微型传动系统日产能 20 万套，项目启动至今，直接经济效益超过 18 亿元。为智能装备提供了技术支撑，推动了我国相关行业的技术进步。</p>
代表性论文 专著目录	<p>论文 1：小模数齿轮单面啮合测量仪的设计</p> <p>论文 2：小模数齿轮单面啮合测量机的研制</p> <p>论文 3：外啮合珩齿的间齿啮合过程分析</p> <p>论文 4：塑料齿轮缩腰的机理分析及解决方法</p> <p>论文 5：微小模数齿轮影像检测方法的研究</p> <p>论文 6：少齿数直齿齿轮过渡曲线的优化</p>

	论文 7: Mathcad 在平行轴轮系传动设计中的应用
	论文 8: 塑料齿轮模具型腔磨粒流体抛光技术的应用
	论文 9: 一种章动减速器的设计与精密建模
知识产权名称	专利 1: 一种微型齿轮箱的双联齿轮及微型齿轮箱 (ZL201110381720.3)
	专利 2: 斜齿轮模具的复位机构及斜齿轮模具 (ZL201110381777.3)
	专利 3: 一体式行星架模具、加工方法和行星架 (ZL201310053167.X)
	专利 4: 一种微小塑胶齿轮件的取出方法和装置 (ZL201110381717.1)
	专利 5: 直线往复运动机构 (ZL201510295380.0)
	专利 6: 传动装置及其齿条拐角转向机构 (ZL201510685540.2)
	专利 7: 圆柱齿轮的拓扑修形方法 (ZL201510146490.0)
	专利 8: 微型齿轮箱及其输出轴 (ZL201620128426.X)
	专利 9: 一种新型多型腔流动平衡的冷流道结构 (ZL201320074727.5)
	专利 10: 镶嵌式齿轮 (ZL201621308615.1)
推广应用情况	<p>面对国内缺少成熟的微型传动系统技术的局面,项目团队通过自主研发,形成具有完全自主知识产权的成套技术,成功实现科技成果转化。自从本项目第一款产品问世以来,产品已有小批量适用转变为大规模应用,产品性能与产品质量不断提高。伴随着市场需求的变化,项目团队的研发工作从没有停止,相继产生了 200 多种升级产品。随着物联网的快速发展,智能手机、通信设备、汽车、智能家居、医疗器械、机器人等末端执行器对微型传动系统的需求激增,兆威公司稳步拓宽微型传动系统的市场,逐步成为 BOSCH、华为、vivo、OPPO、小米、华硕、耐克等国内外知名品牌的优质供应商。项目启动至今,微型传动系统订单总量约 6000 万套,实现销售收入超过 18 亿元。</p>