

# 2026 年度山东省科学技术奖候选项目公示信息 (科技进步奖)

奖励类别	科学技术进步奖（技术开发与推广类）
项目名称	基于多能场协同雾化的洁净智能供给成套装置关键技术创新与应用
提名单位（提名专家）	山东省教育厅
提名意见	<p>该项目针对准干式零件制造方法冷却润滑性能不足的技术瓶颈，突破了微量润滑剂气流场/静电/磁场协同雾化牵引物理机制与喷嘴装置，发明了难加工材料切磨削工艺适配生物润滑剂、刀具与智能刀柄，发明了工艺特征自适应微量润滑内/外冷与参数化精准调控供给系统，构建了高能效工艺优化策略与 AI 调度智能洁净制造产线。成果在航空航天、轨道交通等领域推广应用，PM2.5 产生浓度降低 50%以上、切削液使用量减少 95%以上、生产效率提升 30%以上。</p> <p>授权发明专利 197 件，其中美国、澳大利亚等国际专利 72 件，转让/许可 51 件、2 件入选高价值专利；高影响力专利 72 件，被来自于美国英国等 1000 多个专利权人引用 3400 次。制定国家标准和团体标准 13 项，获得中国专利优秀奖 4 项、山东省专利一等奖 3 项。发表高影响力论文 170 篇，60 篇为 ESI 高被引论文，成果得到刘维民、卢秉恒、单忠德院士等国内外同行高度评价。完成人入选 2023 年机械工程领域全球学者终身学术影响力排行榜第 10 名（全国仅 43 人）、中国高被引学者、全球高被引科学家等国际荣誉，获万人计划科技创新领军人才等省部级及以上荣誉。完成人获中国产学研合作创新人物奖、团队获中国产学研百佳科技创新团队。合作单位获得国家专精特新“小巨人”等荣誉 23 项。谭建荣院士为主任委员的鉴定结论为：国际领先水平。</p>
提名等级	一等奖
<b>项目简介</b>	
<p>矿物性切削液使用在制造业中量大面广已有数百年历史，造成严重的环境污染、成本压力与职业健康威胁，“双碳”目标迫使制造业转型升级。微量润滑技术在普通材料切削加工应用已初见成效，是绿色精密制造必然趋势，但面对航空航天等领域的难加工材料依然存在以下瓶颈：润滑剂多场协同雾化牵引输运机制不清、难加工材料切磨削适配生物润滑剂与刀具尚未突破、润滑剂自适应供给控制技术匮乏、加工性能与能效协同提升的智能洁净制造产线仍是空白。项目组在国家重点研发计划等 20 项国家级项目持续支持下，自 2008 年 9 月 1 日起历经 17 年取得以下创新成果：</p> <p>① 揭示了多场耦合作用下微量润滑剂荷电雾化物理机制，阐明了超声/磁场浸润空间与牵引力协同增效下浸润动力学行为；发明了多能场微量润滑雾化、润滑剂供给和场牵引切磨削。应用于航空航天结构件切削加工，润滑剂浸润效率提升了 35%，机床周边 PM2.5 浓度由<math>\geq 1 \text{ mg/m}^3</math>降低至<math>\leq 0.252 \text{ mg/m}^3</math>。</p>	

② 提出了润滑剂理化特性和刀具几何结构耦合设计方法，形成了钛合金、高温合金等材料切削适配的高抗氧化生物润滑剂、高耐磨刀具。发明了多维信息获取智能刀柄，构建了微量润滑工艺智能进化策略。应用于火箭壳体等部件加工，刀具寿命提升了 30%，表面粗糙度由  $Ra7.5$  改善了 69%。

③ 构建了工艺特征自适应内冷/外冷微量润滑切换供给策略，发明了流量自适应供给装置，内冷刀柄、刀具、喷嘴集成供给装置。构建了加工工艺、立式/卧式、机床自由度约束下的喷嘴跟靶机构型谱，研发了外冷喷嘴随动跟靶装置 5 种。依托国家重点研发计划，国内首次针对航空结构件加工应用，切削液使用量减少 95%以上。

④ 构建了加工流程集中润滑剂供给系统，实现切削工位的工艺参数和润滑参数智能控制。提出了工艺与能耗协同驱动高效生产 AI 调度运维策略，针对刀具、汽车轮毂、汽车变矩器等零件加工，构建了微量润滑切削加工示范产线。应用于汽车轮毂精密制造，生产效率提升了 30%以上、能耗利用率由 45.2%提升至 65.2%。

授权发明专利 197 件，其中美国、澳大利亚等国际专利 72 件，转让/许可 51 件、入选高价值专利 2 件、高影响力专利 72 件，被来自于美国英国等 1000 多个专利权人引用 3400 次。制定国家标准和团体标准 13 项，获得中国专利优秀奖 4 项、山东省专利一等奖 3 项。发表高影响力论文 170 篇，60 篇为 ESI 高被引论文。完成人入选 2023 年机械工程领域全球学者终身学术影响力排行榜第 10 名（全国仅 43 人）、中国高被引学者、全球高被引科学家等国际荣誉，获万人计划科技创新领军人才等省部级及以上荣誉。完成人获中国产学研合作创新人物奖、团队获中国产学研百佳科技创新团队。合作单位获得国家专精特新“小巨人”等荣誉 23 项。

### 主要完成人情况

排名	姓名	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目主要科技创新的贡献
1	李长河	教授	青岛理工大学	青岛理工大学	项目总负责人，对全部 4 项创新点做出核心贡献。国际上首次提出多能场协同雾化理论，发明系列雾化输运装备；构建立 / 卧式机床喷嘴跟靶映射关系；牵头搭建智能洁净制造产线体系。
2	张彦彬	教授	青岛理工大学	青岛理工大学	对全部 4 项创新点做出贡献。揭示多场耦合下微量润滑剂双级雾化机理；参与超声 / 磁场牵引浸润动力学研究；参与研发随动跟靶供给装置；负责柔性智能加工产线的搭建与测试。
3	曹华军	教授	重庆大学	重庆大学	对创新点 1、3、4 做出贡献。参与多能场雾化输运技术研发；参与构建机床加工数据与喷嘴跟靶机构映射关系；负责工艺全流程感知与协同管控技术研究，支撑智能产线构建。

4	陈云	教授级高工	西华大学	成都工具研究所 有限公司	对创新点 3、4 做出贡献。负责难加工材料切削刀具适配技术研发；参与搭建润滑剂智能供给装置；牵头航空航天零部件清洁切削示范应用，支撑国家重点研发计划落地。
5	丁文锋	教授	南京航空航天大学	南京航空航天大学	对创新点 3 做出贡献。研究刀具气流场扰动下微液滴穿透运输机理；揭示刀具工件楔形空间气流场分布规律；参与研发多能场位姿自适应随动跟靶供给装置。
6	毛聪	教授	长沙理工大学	长沙理工大学	对创新点 3、4 做出贡献。揭示不同加工方式下刀具 / 工件约束界面涡流场分布规律；参与研发随动跟靶智能供给装置；参与搭建航空结构件柔性智能加工生产线。
7	安庆龙	教授	上海交通大学	上海交通大学	对创新点 1、4 做出贡献。建立纳米润滑剂微液滴微结构演变行为与粒径分布模型；参与搭建多能场雾化随动跟靶柔性智能加工生产线；负责切削工艺数据的分析与优化。
8	聂晓霖	高级工程师	南京科润工业 介质股份有限 公司	南京科润工业介 质股份有限公 司	对创新点 3 做出贡献。负责纳米生物润滑剂的配伍与稳定性研究；推动生物润滑剂产业化生产与市场推广。
9	刘宗毅	高级工程师	力鼎智能装备 (青岛) 集团有 限公司	力鼎智能装备 (青岛) 集团有 限公司	对创新点 4 做出贡献。负责智能洁净制造产线的工程化设计与落地；牵头汽车零部件、航空结构件加工示范产线的搭建与应用验证；推动成果产业化推广。
10	刘波	高级工程师	四川新航钛科 技有限公司	四川新航钛科 技有限公司	对创新点 3、4 做出贡献。揭示航空难加工材料切削界面涡流场分布规律；参与发明夹紧力可调定位铣削设备；负责航空结构件加工场景的技术应用与验证。
11	李代刚	高级工程师	成都工具研究 所有限公司	成都工具研究所 有限公司	对创新点 4 做出贡献。参与构建纳米润滑剂雾化参数智能优化策略与控制系统；负责刀具洁净制造产线的智能化改造与工艺调试；支撑刀具生产端的技术落地。
12	信海源	高级工程师	保定市立中车 轮制造有限公 司	保定市立中车轮 制造有限公司	对创新点 4 做出贡献。负责汽车轮毂加工场景的产线应用验证；配合完成微量润滑产线的工艺参数优化与能效测试；支撑生产效率与能耗指标的落地验证。

13	张乃庆	教授级高工	上海金兆节能科技有限公司	青岛理工大学	对创新点 1、2、3 做出贡献。参与发明多场赋能润滑剂靶向浸润与强化换热系列装置；构建立 / 卧式机床机械加工数据与雾化喷嘴跟靶机构映射关系，研发 5 款多能场位姿与射流参数自适应随动跟靶系列智能供给装置。
14	殷庆安	副教授	青岛理工大学	青岛理工大学	对创新点 3、4 做出贡献。参与微量润滑自适应供给装置研发；负责智能产线工艺参数优化与实验测试；支撑核心专利数据采集与整理。
15	段振景	副教授	青岛理工大学	青岛理工大学	对创新点 2、4 做出贡献。参与难加工材料切削工艺试验研究；负责产线应用效果的性能检测与数据整理；支撑表面质量与刀具寿命指标验证。

#### 主要完成单位

排名	单位名称
1	青岛理工大学
2	重庆大学
3	成都工具研究所有限公司
4	南京航空航天大学
5	长沙理工大学
6	上海交通大学
7	南京科润工业介质股份有限公司
8	力鼎智能装备 (青岛) 集团有限公司
9	四川新航钛科技有限公司
10	保定市立中车轮制造有限公司

### 主要知识产权和标准规范等目录（限 10 件）

知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	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	第一完成人是否为发明人（标准起草人）	第一完成单位是否为权利人（标准起草单位）
发明专利权	Electrostatic nozzle and minimal quantity lubricating and grinding system for controllable jet	美国	US12138649B2	2024-11-12	US12138649B2	青岛理工大学；内蒙古民族大学	李长河、贾东洲、曹华军、许雪峰、韩志光、张乃庆、赵华洋、杨敏、张彦彬、王晓铭、李润泽、高腾、武文涛、崔歆、侯亚丽	有效	是	是
发明专利权	Nanofluid minimum quantity lubrication grinding device of ultrasonic vibration assisted grinding fluid micro-channel infiltration	美国	US11597049B2	2023-03-07	US11597049B2	青岛理工大学	李长河、高腾、张彦彬、杨敏、贾东洲、张仙朋、杨宜亮、邴召荣、张乃庆、翟涵、侯亚丽	有效	是	是
发明专利权	Internal cooling/external cooling-switching milling minimum-quantity-lubrication intelligent nozzle system and method	美国	US11794297B2	2023-10-24	US11794297 B2	青岛理工大学；上海金兆节能科技有限公司；陕西金兆航空科技有限公司	李长河、吴喜峰、韩一学、张乃庆、张彦彬、吴启东、曹华军、高腾、杨敏、卢秉恒、杨玉莹、崔歆、赵绪峰、刘明政、贾东	有效	是	是

							洲、张效伟、马浩			
发明专利权	Integrated on line measurement system for thermophysical property parameters of nanofluid cutting fluid	美国	US11047818B2	2021-06-29	US11047818B2	青岛理工大学； University of Southern California	李长河、杨敏、李润泽、张彦彬、张仙朋、纪合聚、侯亚丽、张乃庆、吴启东	有效	是	是
发明专利权	Milling machine processing system with intelligently follow-up cutting fluid nozzle and working method thereof	美国	US11794298B2	2023-10-24	US11794298B2	青岛理工大学	李长河、武文涛、曹华军、毛聪、丁文锋、张乃庆、隋孟华、翟涵、高腾、张彦彬、杨敏、贾东洲、殷庆安、张晓阳、侯亚丽	有效	是	是
发明专利权	Multi-procedure integrated automatic production line for hard alloy blades under robot control	美国	US11951618B2	2024-04-09	US11951618B2	青岛理工大学； 宁波三韩合金材料有限公司	李长河、高腾、罗亮、唐立志、张彦彬、吉卫喜、万斌辉、尹硕、曹华军、卢秉恒、崔歆、刘明政、徐杰、罗慧明、徐海州、杨敏、洪华平、杨玉莹、李昊罡、马五星、陈帅	有效	是	是
发明专利权	System for machining and positioning automobile hub and production line for intelligent cleaning and precision machining	美国	US11707810B2	2023-07-25	US11707810B2	青岛理工大学； 汉能（青岛）润滑科技有限公司	李长河、刘德伟、周宗明、吴启东、卢秉恒、刘波、陈云、曹华军、毛聪	有效	是	是

发明专利权	Automatic unstacking- stacking loading and unloading intelligent self- detection production line for machining turning tool bit mold cavity	澳大利 亚	AU2 0212 0376 9B2	2023-03- 23	AU202 120376 9B2	青岛理工大学	李长河、李昊罡、罗 亮、吉卫喜、万斌 辉、尹硕、曹华军 、卢秉恒、唐立志 、崔歆、刘明政、 张彦彬、徐杰、罗慧 明、徐海州、杨敏 、洪华平、高腾、 杨玉莹、马五星、 陈帅	有效	是	是
发明专利权	内部及び外部冷却のインテ リジェントスイッチングに 基づく媒体循環放熱フライ ス加工システム	日本	JP74 5028 2B2	2024-03- 07	JP74502 82B2	青岛理工大学	杨敏、马浩、李长 河、刘波、陈云、 曹华军、周宗明、张 乃庆、吴启东、卢秉 恒、高腾、张彦彬 、刘明政、王晓铭	有效	是	是
发明专利权	一种实时测量切削力、振动 和切削温度的多传感融合智 能化刀柄监测装置	中国	ZL 2022 1016 4934. 3	2024.01. 30	1147499 94	重庆大学	曹华军、康信禛、 张金、黄雪峰、渠达	有效	否	否