

2019 年度浙江省科技进步奖提名公示表

一、成果名称

多模式电磁场可控涂层技术及装备研发

二、提名单位及提名意见

提名单位	温州市人民政府
提名意见（限 600 字）	
<p>本项目在国家、省等多项科研项目资助下，契合省八大万亿产业之高端装备制造业表面防护技术需求，开展了多模式电磁场可控的电弧离子镀涂层技术研究，解决了传统离子镀“大颗粒”、等离子体密度低、分布不均匀等重大技术难题，突破了国外技术垄断，为机电产业高质量发展提供了强有力的支撑。主要研究创新成果如下：</p> <p>(1) 开发了多模式动态耦合磁场可控离子镀弧源技术以及基于该技术的核心部件装备，实现了弧斑均匀分布，解决了电弧离子镀大颗粒瓶颈问题，满足工模具及机电部件高性能耐磨防护涂层制备需求；</p> <p>(2) 开发了电磁式多结构耦合磁场适应型旋转弧离子镀技术及基于该技术的核心装备，满足了绿色精细装饰防护涂层制备需求；</p> <p>(3) 开发了应用于机电产品的纳米复合涂层及等离子体表面改性工艺，满足了机电产品的绿色替电镀真空装饰镀膜。</p> <p>该项目已获授权发明专利 15 件，其中代表性发明专利 5 件，发表 SCI 论文 40 篇，其中代表性论文 10 篇，SCI 他引 141 次。成果已实现成果转化和产业化，4 家合作企业近 3 年新增销售收入超过 4.68 亿元，8 家推广单位新增销售收入超过 6.92 亿元。</p> <p>项目成果经浙江省技术经纪人协会组织专家鉴定，项目总体居于国内领先、国际先进水平。</p> <p>本单位认真审阅相关材料后，确认该申报材料属实，认为项目取得了系统性的创造成果，推动了机电行业及相关产业链科技进步，经济效益和社会效益显著。</p> <p>提名该成果为省科技进步奖<u>一</u>等奖。</p>	

三、成果简介

主要技术内容、授权知识产权情况、技术指标、应用推广及取得的经济社会效益等（限1000字）

涂层技术是提高现代机电产品表面性能和寿命的有效途径，离子镀技术是制备高性能表面防护涂层的关键技术。传统离子镀存在严重的“大颗粒”问题，难以制备高质量纳米涂层。本项目针对“大颗粒”等技术难题，在多项国家和省级项目的支持下，从磁控弧斑运动机理出发，系统地揭示了磁场对弧斑运动的控制规律，开发了高性能镀膜核心部件和高质量涂层关键工艺，取得以下系列创造性技术成果：

1.首次提出多模式动态耦合磁场改善弧斑放电的方案，系统研究了不同模式磁场对电弧离子镀弧斑运动的影响规律，开发了多模式动态耦合磁场可控离子镀弧源技术以及基于该技术的核心部件装备，满足工模具及机电部件高性能耐磨防护涂层制备需求。

2.率先提出旋转横向磁场辅助离子镀技术方法，揭示了电磁场叠加耦合效应对离子镀弧斑运动规律及放电物理机制，开发了电磁式多结构耦合磁场适应型旋转弧离子镀技术及基于该技术的核心装备，满足绿色精细装饰防护涂层制备需求。

3.针对金属基材机电产品，开发了高性能 AlCrN、纳米 TiSiN 以及复合涂层等工艺。针对高分子基材机电产品的内部结构，研究了外界环境诱导下聚合物结构转变的物理机制，提出了分数受限维度等概念准确表征其转变规律，开发了聚合物高分子材料等离子体表面改性工艺。针对高分子基材机电产品的工业应用，开发了绿色替电镀真空装饰镀膜工艺和绿色纳米防腐材料新技术。

本项目获授权发明专利 15 件，其中代表性发明专利 5 件，发表 SCI 论文 40 篇，其中代表性论文 10 篇，SCI 他引 141 次。经第三方检测，涂层表面粗糙度 Ra0.0136 μm ，涂层摩擦系数 μ 为 0.174，复合涂层硬度(显微硬度)HV0.05 为 3730，涂层与基体结合力 >75N。成果分别在刀具、模具、有耐磨要求的机械部件上应用，提升产品寿命 3-5 倍。

项目成果已实现产业化，推广应用涂层核心部件 448 套，4 家合作企业新增销售收入超过 4.68 亿元，新增税收 0.24 亿元，新增利润 0.41 亿元，8 家推广单位新增销售收入超过 6.92 亿元，新增税收 0.57 亿元，新增利润 0.47 亿元。项目技术应用过程中，无“三废”污染（国环评证乙字第 2014 号），达到保护环境的目的，解决可持续发展与环境污染的矛盾。为区域经济转型升级、我省高端装备制造业发展提供了强有力的支撑，同时推动了我国绿色防护技术的进步。

成果经鉴定，项目总体居于国内领先、国际先进水平。

四、第三方评价

评价结论、检测结果等（限 1200 字）

本项目共发明了多模式交变耦合磁场辅助电弧离子镀沉积弧源设备等 5 项授权发明。（附件 4）

1.鉴定意见：研究成果经浙江省技术经纪人协会组织专家鉴定（谭建荣院士为鉴定委员会主任）：成果研究了可变磁场的离子镀等关键技术，开发了高性能镀膜核心部件和高质量涂层关键工艺，实现了弧斑均匀分布；研制了多功能离子镀装备，开发了结构紧凑的特种多功能离子镀枪、非平衡动态拱形兼容轴向导引磁场辅助离子镀装置、电磁式多结构耦合磁场适应型旋转弧离子镀装置，解决了离子镀大颗粒、离化率、靶材利用率、传输效率等关键技术问题，拓展了离子镀技术应用范围。

产品关键技术已获发明专利 10 件，发表代表性 SCI 论文 10 篇，处于国内同类技术领先水平，其中可变磁场控制技术和工模具离子镀涂层工艺处于国际先进水平。项目产品经第三方检测中心检测，所测指标符合相关要求。项目技术经多家企业应用，反映良好，经济和社会效益显著。（附件 2-1）

2.检测报告：经第三方检测，涂层表面粗糙度 $Ra0.0136\mu m$ ，涂层摩擦系数 μ 为 0.174，复合涂层硬度（显微硬度）HV0.05 为 3730，涂层与基体结合力 $>75N$ 。（附件 8-1）

3.验收报告：浙江省科技厅关于“面向机电产品表面防护的绿色高性能精细纳米涂层技术研发”验收意见(浙科验字〔2017〕210 号)：该项目通过等离子源技术创新，完成多种离子镀装置和镀膜工艺开发要求，所测各项指标符合项目合同任务书的要求，通过验收。“旋转横向磁场可控电弧离子镀等工艺基础研究 LQ12E01003”浙江省自然科学基金结题。（附件 2-2）

4.查新报告：经浙江省科技信息研究院科技查新，除委托单位公开的中国发明专利外，在所检其他离子镀涂层技术的相关文献中未见述及。（附件 8-2）

5.环评报告：该技术应用过程中无工艺废气、废水污染物产生，达到减排、根除传统电镀三废污染、保护环境的目的，解决可持续发展与环境污染的矛盾，为建设环境友好型社会和资源节约型社会服务。（附件 8-7）

6.学术论文及同行评价：在 *Soft matter*、*Journal of Physical Chemistry B* 等国际高影响权威刊物上发表 SCI 代表论文 10 篇，SCI 他引 141 次。本项目提出的理论方法与模型已被国内外同行高度认可与广泛引用，产生了重要的国际影响。如加拿大的 Liu 等在 SCI 期刊 *Chemical Society Reviews* 上发表论文，单独段落引用代表论文 2，阐明我们的方法可有效地调控聚合物微纳相结构的转变。美国的 Hoheisel 等在 *Progress in Polymer Science* 发表论文，引用代表论文 5，认为我们提出的理论与模型在研究聚合物纳米复合材料的微相结构上，比同行其他方法更有效、便捷。（附件 5）

五、推广应用情况、经济效益和社会效益

1. 完成单位应用情况和直接经济效益

单位名称	新增应用量			新增销售收入(单位:万元)			新增税收(单位:万元)			新增利润(单位:万元)		
	2016年	2017年	2018年	2016年	2017年	2018年	2016年	2017年	2018年	2016年	2017年	2018年
温州职业技术学院	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
温州大学	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
大连维钛克科技股份有限公司	152	200	96	5390.47	6041.05	2364.39	701.00	624.30	109.96	1325.55	1173.20	317.22
建达电气有限公司	10232	12296	13356	1993.20	3854.12	6084.30	73.54	52.87	111.00	159.14	43.34	325.06
兴机电器有限公司	77993	127809	148147	2748.39	4177.93	4740.34	147.06	254.74	277.76	67.64	157.51	213.09
浙江中立集团有限公司	11588	11400	14308	2720.37	2794.34	3906.21	15.73	47.51	22.97	171.73	98.62	49.91
合计	99965	151705	175907	12852.43	16867.44	17095.24	937.33	979.42	521.69	1724.06	1472.67	905.28
	427577			46815.11			2438.44			4102.01		

2. 推广应用情况和经济效益（非完成单位）

应用单位名称	起止时间	单位联系人、电话	新增应用量			新增销售收入(万元)			新增税收(万元)			新增利润(万元)		
			2016年	2017年	2018年	2016年	2017年	2018年	2016年	2017年	2018年	2016年	2017年	2018年
浙江佰通防腐设备有限公司	2016至2018	徐丽梅 057786726112	773	1210	1705	2085	3270	4632	118	192	283	53	102	152
浙江红光机械有限公司	2016至2018	王双 15858559861	2000	2500	3200	500	600	750	51	65	72	100	150	200
贝普医疗科技有限公司	2016至2018	牟雄辉 15825617188	18000	26000	33000	486	3631	2125	58	435	255	24	544	318
天宇工贸集团有限公司	2016至2018	胡秀芳 057788430183	25000	24000	45000	1128	1067	2060	107	61	129	45	63	66
上海长光企业发展有限公司	2016至2018	丁长光 13901655790	1008	1440	2160	1768	2525	4257	145	207	326	203	290	407
瑞安市瑞鑫电器有限公司	2016至2018	潘鸿雷 13868388782	5000	5600	6000	7661	8554	9096	767	743	778	314	311	330
华联机械集团有限公司	2016至2018	柯君阳 057789989999	28000	46000	53000	2256.07	3207.23	3854.42	201.82	260.43	312.99	253.35	326.82	392.77
温州驰诚真空机械有限公司	2016至2018	赵中红 13587886689	126	159	186	910.29	1235.51	1589.35	63.71	77.57	47.91	26.51	44.30	32.21
合 计:			79907	106909	144251	16794.36	24089.74	28363.77	1511.53	2041	2203.9	1018.86	1831.12	1897.98

	331067	69247.87	5756.43	4747.96
--	--------	----------	---------	---------

浙江省科学技术奖励2019年

3. 社会效益和间接经济效益（限 600 字）

【社会效益】

①项目所取得的产业化成果，其综合性能和关键技术指标已达到国际先进水平（附件 2-1），具有性价比优势，可与国外著名涂层公司的产品竞争，替代国外进口涂层技术。项目技术成果已成功应用于大连远东工具有限公司（高速钢工具行业的全球领导者），拥有众多国际知名品牌及专利技术，全球市场占有率稳居第一，经济和社会效益显著。

②项目技术具有节能环保、性能优异、使用寿命长等特点，达到减排、根除传统电镀三废污染、保护环境的目的，解决可持续发展与环境污染的矛盾，为建设环境友好型社会和资源节约型社会服务，推动了我国绿色防护技术的进步。（附件 8-7）

③在项目成果支撑下，团队被评为“温州市轻工构件表面改性技术重点创新团队”，实验室获批为温州市聚合物及机电产品表面改性技术研究重点实验室，并且成功申报了省级研发平台。近 5 年来来实验室参观与学习的单位达 340 多家，实验室运行模式成为高职院校立地式研发的楷模。

【经济效益】

项目成果进行产业化以来，近三年时间，在大连维钛克，兴机电器，建达电气，贝普医疗等多家企业成功实施和推广（附件 3），产品使用寿命增加 3 倍以上，反映良好，经济和社会效益显著，已实现销售收入 11.6 亿元，利税 0.8 亿元（附件 3-1, 3-2）。为企业节省了人力成本，提高企业的产品质量。在后续产业化推广过程中，预计新增年销售额可达 5 亿元，年利税 0.4 亿元。

六、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	权利人	发明人(培育人)
授权发明专利	一种聚合物高分子材料等 离子体表面改性工艺	中国	CN201510093846.9	2016-11-30	温州职业技术学院	王向红, 郎文昌, 高斌, 谢婷婷
授权发明专利	一种高分子材料制品的真 空装饰镀膜工艺	中国	CN201510096024.6	2016-11-09	温州职业技术学院	王向红
授权发明专利	多模式交变耦合磁场辅助 电弧离子镀沉积弧源设备	中国	CN201210431983.5	2014-04-09	温州职业技术学院	郎文昌, 王向红, 李明 霞
授权发明专利	一种聚合物材料产品的表 面镀膜工艺	中国	CN201510192732.X	2018-04-03	温州职业技术学院	郎文昌, 曹艳, 王向红
授权发明专利	一种紧凑高效的准扩散弧 冷阴极弧源	中国	CN201210444314.1	2014-06-30	温州职业技术学院	郎文昌

七、代表性论文专著目录

作者	论文专著名称/刊物	年卷期 页码	发表 时间 (年、月)	SCI 他引次数	他引 总次数
Xianghong Wang, Shibei Li, Linxi Zhang, Haojun Liang	Surface-field-induced effects on morphologies of lamella-forming diblock copolymers in nanorod arrays/ Chinese Physics B	2011,20(8):083601	2011.03	5	5
Linli He, Linxi Zhang, Yisheng Ye, Haojun Liang	Solvent-induced self-assembly of polymer-tethered nanorods/ Journal of Physical Chemistry B	2010,114(21):7189-7200	2010-04	31	33
Shibei Li, Ying Jiang, Yongyun Ji, Xianghong Wang*	Electric-field-induced sphere-cylinder phase transitions of diblock copolymers/ Polymer	2013,24(54):6636-6643	2013-10	7	7
Ji Wu, Xianghong Wang, Yongyun, Ji, Linli He, Shibei Li	Phase diagrams of diblock copolymers in electric fields: a self-consistent field theory study/ Physical Chemistry Chemical Physics	2016,15(18):10309-10319	2016-03	6	6

Linli He, Linxi Zhang, Haojun Liang	The effects of nanoparticles on the lamellar phase separation of diblock copolymers/ Journal of Physical Chemistry B	2008,(112):4194-4203	2008-01	28	28
合 计:				77	79

八、主要完成人员情况

排名	姓名	行政职务	技术职称	现从事专业	工作单位	二级单位	完成单位	对本成果主要科技创新的创造性贡献
1	王向红	副院长	教授	表面物理	温州职业技术学院	电气电子工程系	温州职业技术学院	主持完成本项目，明确本项目总体研究目标。
2	郎文昌	无	副研究员	材料表面工程	温州职业技术学院	机械工程系	温州职业技术学院	提出了创新方案，解决了电弧离子镀大颗粒瓶颈问题，开发了多种离子镀涂层核心部件及关键工艺。
3	何林李	副院长	副教授	高分子物理	温州大学	数理学院	温州大学	主要参与聚合物微结构研究及等离子表面改性技术开发。
4	高斌	副处长	研究员	机械工程、表面工程	温州职业技术学院	机械工程系	温州职业技术学院	主要参与镀膜核心部件开发，负责电磁场模拟及结构设计、弧斑放电试验。
5	吴百中	无	教授	机械制造	温州职业技术学院	机械工程系	温州职业技术学院	主要参与镀膜核心技术开发，并在镀膜工艺开发及推广起重要作用。
6	李士本	无	教授	高分子理论与模拟	温州大学	数理学院	温州大学	在创新点三有突出贡献，研究聚合物在空间受限下的自组装行为时，首次提出了受限维度以及内外表面受限的新概念。
7	詹显光	董事长	工程师	机械工程	浙江中立集团有限公司	浙江中立集团有限公司	浙江中立集团有限公司	合作企业浙江中立集团有限公司负责人，对创新点二、三有重要贡献，主要承担高质量装饰镀层的工艺开发及应用。
8	郑有义	董事长	工程师	机械工程	建达电气有限公司	建达电气有限公司	建达电气有限公司	合作企业建达电气有限公司负责人，对创新点三有重要贡献，主要承担高质量精细纳米耐磨、防腐涂层技术开发。
9	马槽伟	总经理	工程师	工商管理	大连维钛克科技股份有限公司	大连维钛克科技股份有限公司	大连维钛克科技股份有限公司	合作企业大连维钛克科技股份有限公司负责人，对创新点一、三有重要贡献，主要承担将本技术成果应用于集成镀膜整机装备开发。

					司	有限公	司	
10	章如海	总经理	高级经营师	经营管理	兴机电器有限公司	兴机电器有限公司	兴机电器有限公司	合作企业兴机电器有限公司负责人，主要承担应用于电气配件模具的高品质纳米复合涂层开发及产业化应用、推广。

九、主要完成单位情况表

排名	单位名称	对本成果科技创新和推广应用支撑作用情况（限 300 字）
1	温州职业技术学院	温州职业技术学院是第一完成人王向红教授, 第二完成人郎文昌博士, 第四完成人高斌博士、第五完成人吴百中教授的工作单位, 对本项目的主要科学发现做出了突出贡献。
2	温州大学	温州大学是第三完成人何林李博士、第六完成人李士本教授的工作单位, 对本项目的主要科学发现做出了重要贡献。
3	大连维钛克科技股份有限公司	大连维钛克科技股份有限公司为高新技术与出口型企业, 主要承担将本技术成果应用于集成镀膜整机装备开发, 负责多模式动态耦合磁场辅助离子镀弧技术的结构优化、工艺开发以及推广应用。
4	建达电气有限公司	建达电气有限公司为高新技术与出口型企业, 致力于全球知名企业制研发生产低压电气产品及汽车部件开发生产, 产品广泛应用于电气工程、机电设备、汽车等领域。
5	兴机电器有限公司	兴机电器有限公司是专业生产销售高低压电器元件、成套装置附件的企业, 是国家高、低压电器行业协会理事单位, 主要承担应用于电器配件模具的高品质纳米复合涂层开发及产业化应用、推广。

6	浙江中立集团有限公司	浙江中立集团有限公司为高薪技术与出口型企业，于 2013 年与温州职业技术学院建立了联合攻关小组，主要解决高品质装饰镀膜中的膜层粗糙度、防腐、颜色开发以及耐磨等问题。
---	------------	---

浙江省科学技术奖励2019年度

十、完成人合作关系说明（含情况汇总表）

完成人合作关系说明

“多模式电磁场可控涂层技术及装备研发”成果由温州职业技术学院牵头，联合温州大学、大连维钛克科技股份有限公司、建达电气有限公司，兴机电器有限公司、浙江中立集团有限公司六家单位经过多年的产学研合作共同完成。

主要围绕浙江机电产业转型升级，急需绿色环保的高质量表面防护涂层技术现状，基于环保的离子镀涂层技术，多方位合作，系统研究开发，从源头解决传统离子镀存在严重的“大颗粒”污染问题，满足机电行业不断发展的要求，使得环保离子镀技术能够达到绿色高质量表面防护涂层制备的各项要求，成为一种比较优异的表面防护技术，在各个需要的行业领域发挥作用。

温州职业技术学院王向红教授、郎文昌博士、高斌博士、吴百中教授与温州大学的何林李博士、李士本教授具有多年的合作关系，在机电产品表面改性技术领域开展了多个方向的合作研究，形成了合作团队，获批成立了温州市聚合物及机电产品表面改性技术研究重点实验室，同时，团队成为温州市重点创新团队“温州市轻工构件表面改性技术重点创新团队”，并且成功申报了浙江省应用技术协同创新中心。

温州职业技术学院王向红教授、郎文昌博士、高斌博士、吴百中教授在本项目开发中，承担了多模式动态磁场可控离子镀弧技术及多模式旋转磁场可控离子镀技术的开发，弧斑放电机理研究，核心部件开发以及基于新技术的关键工艺开发及对企业的技术服务，同时，针对金属基材的机电产品开发了多种复合涂层工艺，在真空设备、紧固件、刀具、模具、医疗器械、卫浴、五金、汽车配件等多个行业应用，带动了多个机电行业的产品提升、技术革新、产业升级，取得了极大的产业价值、经济效益、社会效应。

温州职业技术学院王向红教授、郎文昌博士、高斌博士与温州大学的何林李博士、李士本教授在分子机电产品表面改性方面展开了多项合作，针对高分子机电产品，研究了外界环境诱导下聚合物结构转变规律，首次提出了整数受限维度和分数受限维度的概念，通过调控受限维度、环境表面特性等，完整地获得了一系列依赖于外部环境诱导的、具有独特功能的聚合物微结构。开发了聚合物高分子材料等离子体表面改性工艺以及高分子材料制品的绿色替电镀真空装饰镀膜工艺，对传统产业转型升级、节能减排、绿色可持续发展，机电核心部件性能及使用寿命提升提供了有力的共性技术支撑，带来巨大的社会效益。

章汝海是完成单位之一兴机电器有限公司的负责人，郑有义是完成单位之一建达电气有限公司负责人，两家公司模具等部件急需高质量离子镀涂层技术，与温州职业技术学院具有多年的合作关系，在本项目中主要承担高质量精细纳米耐磨、防腐涂层技术开发、及在汽车零部件、模具等上的产业化应用、推广，积累应用数据，帮助改进、优化高质量精细纳米耐磨、防腐涂层技术。

马槽伟是完成单位之一大连维钛克科技股份有限公司负责人，该公司主要开发销售各类工具镀、装饰镀、功能镀膜设备，于2013年与温职院建立了技术战略合作关系，主要承担将本技术成果应用于集成镀膜整机装备开发，负责多模式动态耦合磁场辅助离子镀弧技术的结构优化、工艺开发以及推广应用，共同承担高性能硬质耐磨防护涂层制备工艺的开发及产业化。

詹显光是完成单位之一浙江中立集团有限公司的负责人，于2013年于温州职业技术学院建立了联合攻关小组，主要解决高品质装饰镀膜中的膜层粗糙度、防腐、颜色开发以及耐磨等问题，积累应用数据，帮助改进、优化本项目离子镀技术，提升工模具及机械产品的制造水平和使用寿命，促进制造业转型升级提供有力支撑。

承诺：本人作为成果第一完成人，对本成果完成人合作关系及上述内容的真实性负责，特此声明。

第一完成人签名：

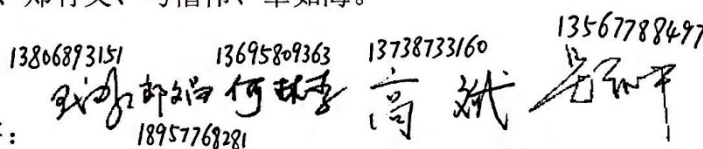


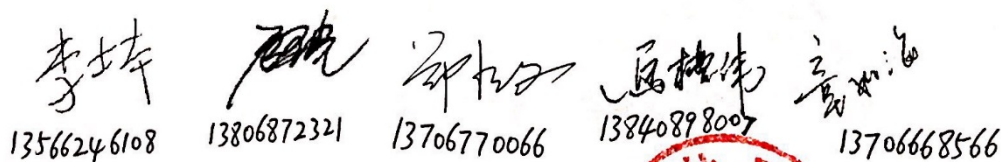
关于完成人排序及完成人“章如海”的说明

兹有温州职业技术学院王向红为项目负责人完成的成果“多模式电磁场可控涂层技术及装备研发”参加 2019 年度浙江省科学技术进步奖评审,用于报奖的发明专利和论文成果均获得所有发明人及作者的知情同意,对于完成人的排序,所有完成人均知晓并同意。用于报奖的发明专利和论文成果为本项目独有,若本项目获奖,已经使用的成果不作为今后申报浙江省科学技术进步奖的支撑材料。

章如海是完成单位之一兴机电器有限公司的负责人,主要承担应用于电器配件模具的高品质纳米复合涂层开发及产业化应用、推广,积累应用数据,帮助改进、优化高品质纳米复合涂层工艺,与其他完成人共同完成了“应用于电气配件模具的纳米复合 AlTiCrCN 涂层技术及产品研发”项目研究。同时,参与了浙江省技术经纪人协会的项目鉴定,本项目其他完成人知情同意其作为完成人参与报奖。

本次报奖完成人顺序:王向红、郎文昌、何林李、高斌、吴百中、李士本、詹显光、郑有义、马槽伟、章如海。

项目完成人签字: 



第一完成单位(盖章):温州职业技术学院



完成单位合作关系说明

“多模式电磁场可控涂层技术及装备研发”成果由温州职业技术学院牵头，由温州职业技术学院牵头，联合温州大学（机理研究），大连维钛克科技股份有限公司（涂层装备开发与制造），建达电气有限公司（工具镀涂层开发及应用），兴机电器有限公司（零部件涂层开发及应用），浙江中立集团有限公司（装饰涂层开发及应用），经过多年的产学研合作共同完成。

主要围绕浙江机电产业转型升级，急需绿色环保的高质量表面防护涂层技术现状，基于环保的离子镀涂层技术，多方位合作，系统研究开发，从源头解决传统离子镀存在严重的“大颗粒”污染问题，满足机电行业不断发展的要求，使得环保离子镀技术能够达到绿色高质量表面防护涂层制备的各项要求，成为一种比较优异的表面防护技术，在各个需要的行业领域发挥作用。

本项目研究经浙江省技术经纪人协会组织专家鉴定，居于国内领先、国际先进水平。

温州职业技术学院是第一完成人王向红教授、第二完成人郎文昌博士、第四完成人高斌博士、第五完成人吴百中教授的工作单位，是项目牵头单位，对本项目的主要科学发现做出了突出贡献。

温州大学是第三完成人何林李博士、第六完成人李士本教授的工作单位。对本项目的理论研究方面做出了重要贡献。

大连维钛克科技股份有限公司为高新技术与出口型企业，主要承担将本技术成果应用于集成镀膜整机装备开发，负责多模式动态耦合磁场辅助离子镀弧技术的结构优化、工艺开发以及推广应用，与第一完成单位共同完成了“PVD 镀膜设备的关键部件弧源及工艺开发”项目研究。

建达电气有限公司主要承担高质量精细纳米耐磨、防腐涂层技术开发、及在汽车零部件、模具等上的产业化应用、推广，积累应用数据，帮助改进、优化高质量精细纳米耐磨、防腐涂层技术，与第一完成单位共同完成了“面向工模具及机电产品表面绿色防护的高品质离子镀涂层关键技术研发及应用”项目研究。

兴机电器有限公司是专业生产销售高低压电器元件、成套装置附件的企业，是国家高、低压电器行业协会理事单位。主要承担应用于电器配件模具的高品质纳米复合涂层开发及产业化应用、推广，积累应用数据，帮助改进、优化高品质纳米复合涂层工艺，与第一完成单位共同完成了“应用于电气配件模具的纳米复合 AlTiCrCN 涂层技术及产品研发”项目研究。

浙江中立集团有限公司为高薪技术与出口型企业，于 2013 年与温州职业技术学院建立了联合攻关小组，主要解决高品质装饰镀膜中的膜层粗糙度、防腐、颜色开发以及耐磨等问题，主要承担高质量装饰镀层的工艺开发及应用，积累应用数据，帮助改进、优化高质量精饰技术。与第一完成单位共同完成了“面向工模具及机电产品表面绿色防护的高品质离子镀涂层关键技术研发及应用”项目研究。

第一完成单位（盖章）：温州职业技术学院



完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者	合作时间	合作成果	证明材料编号	备注
1	校企项目合作	王向红; 郎文昌; 高斌; 马槽伟;	2010.1- 至今	PVD 轴瓦涂层的关键部件及工艺开发	1	
2	校企项目合作	王向红; 郎文昌; 何林李; 高斌; 李士本; 吴百中; 章如海;	2010.1- 至今	应用于电器配件模具的纳米复合 AlTiCrCN 涂层技术及产品开发	2	
3	校企项目合作	王向红; 詹显光;	2010.1- 至今	面向工模具及机电产品表面绿色防护的高品质离子镀涂层关键技术研发及应用	3	
4	校企项目合作	王向红; 郎文昌; 吴百中; 郑有义;	2011.1- 至今	应用于热固性断路器模具的纳米复合 AlTiCrCN 涂层技术及产品开发	4	