

附件

报奖项目信息

项目名称：海洋环境下高端紧固件的系统防护关键技术开发及应用

提名奖项和等级：天津市科学技术进步二等奖

主要完成单位：航天精工股份有限公司

河南航天精工制造有限公司

中国科学院金属研究所

主要完成人：刘燕，万冰华，郭绕龙，焦光明，程全士，
李文生，郑文斌，管勇

提名者：天津市东丽区科技局

项目简介：

随着“深海战略”的实施，大量航空航天国防装备面向海洋环境服役，配套紧固件的腐蚀问题非常严重，成为制约装备可靠性和服役效能的重要因素，亟需开展高端紧固件在海洋环境中的腐蚀性能和系统防护关键技术研究。

项目针对航空航天国防装备在苛刻腐蚀环境下配套紧固件的耐蚀、润滑、耐磨等性能需求，结合紧固件性能要求及服役工况特点，多维度评价了紧固件专用材料及典型涂镀层技术的耐腐蚀性能，突破了Cr/CrN多层梯度耐蚀耐磨防护涂层技术、耐蚀润滑复合涂层技术、水基十六醇干膜润滑剂等多项关键技术，制定了紧固件及防护技术标准

体系，取得创新成果如下：

(1) 多维度评价了紧固件专用材料及典型涂镀层技术的耐腐蚀性能，获得了千余条关键性能数据，解决了航空航天高端紧固件专用材料及典型涂镀层技术在海洋环境下耐腐蚀性能数据极其匮乏、难以支撑型号设计选型的问题，形成了紧固件耐腐蚀性能评定技术体系，填补了国内技术空白。

(2) 突破了紧固件 Cr/CrN 多层梯度耐蚀耐磨涂层技术、耐蚀润滑复合涂层技术、水基十六醇干膜润滑技术、无铬达克罗等多项关键技术，形成了纳米复合涂层、水基十六醇、无铬达克罗、电镀锌镍合金 4 项专用工艺及定制化设备，形成规模性产能。

(3) 制定了面向海洋环境的高耐蚀紧固件及防护技术相关产品和工艺标准体系，将多项高性能系统防护技术推广应用至航空航天国防装备，缓解了高性能防护技术无标准可依而难以应用的问题，促进了紧固件标准体系的升级换代。

项目获中国授权发明专利 7 项、实用新型专利 1 项，在申发明专利 2 项，其中 1 项专利获 2018 年中国专利优秀奖；发表论文 11 篇，含 SCI 论文 2 篇；制定企业标准 9 项，配合升级行业标准 1 项，制定型号专用标准 47 项；建成 4 项产业能力，有力保障了面向海洋环境服役的各类导弹、飞机等航空航天装备的紧固件防护设计和配套任务，显著增强了紧固件的耐腐蚀性能，提升了装备的连接可靠性和

服役效能。经科技成果转化鉴定认为，本项目“研究成果达到国际先进水平”。

项目成果近3年来在西飞、成飞的飞机，科工二院、三院、六院的导弹上应用，产生直接经济效益1.39亿元，社会效益和行业影响力显著。技术已推广应用到“复兴号”、舰载装备等轨道交通、船舶领域，正在向中海油的化工装备推广，应用前景广阔。项目对建设天津市紧固连接技术企业重点实验室，支撑天津市紧固件及上游装备发展，专业人才培养等起到了良好的支撑和带动作用。

发现点/发明点/创新点：

1. 多维度评价了航空航天国防装备紧固件专用材料及典型涂镀层技术的耐腐蚀性能，获得了千余条关键性能数据，解决了航空航天高端紧固件专用材料及典型涂镀层技术在海洋环境下耐腐蚀性能数据极其匮乏、难以支撑型号设计选型的问题，形成了紧固件耐腐蚀性能评定技术体系，填补了国内技术空白。

2. 突破了航空航天国防装备用紧固件Cr/CrN多层梯度耐蚀耐磨防护涂层技术、低耐蚀材料紧固件耐蚀润滑复合涂层技术、水基十六醇润滑技术、无铬达克罗等多项高防护性能关键技术，形成了纳米复合涂层、水基十六醇、无铬达克罗、电镀锌镍合金4项专用工艺及定制化设备，形成规模化产能。

3. 制定了面向海洋环境的高耐蚀紧固件及防护技术的产品和工艺标准体系，将多项高性能系统防护技术推广应用

至航空航天国防装备，缓解了高性能防护技术无标准可依而难以应用的问题，促进了紧固件标准体系的升级换代。

主要技术支撑材料：

1. 代表性论文

附件编号	论文（专著）名称/刊名/作者	影响因子	年卷页码	他引次数	检索数据库
1	Formation and properties of Zr/Ti based nano-sized nonchromium chemical conversion coating on AA 5083/Journal of Nanoscience and Nanotechnology/Bin Liu, Yi Zhao, Liang Li, Yafei Feng, Zhigang Fang, Haitao Liu, and Yong Guan	1.134	2019, 6(19):3487-3494	2	SCI/EI
2	Preparation and characterization of silicone oil modified polyurethane damping materials/Journal of Applied Polymer Science/Lianzhen Li, Bo Tian, Linlin Li, Meihui Shi, Yong Guan, Haitao Liu	3.125	2019, 136:47579-47586	3	SCI/EI
3	紧固件真空镀铝层耐腐蚀性能评价/电镀与精饰/刘燕、许彦伟、殷小健、马艳云、徐昊、郭晓龙	0.672	2020,10:12-16	0	CNKI
4	超声辅助涂覆对17-4PH螺母表面MoS ₂ 涂层的影响/电镀与精饰/马换梅、刘燕、许彦伟、殷小健、胡登科	0.672	2018,7:37-40	0	CNKI
5	航空航天钛合金紧固件铝涂层评价指标及方法研究/航天标准化/万冰华、张松林、林忠亮、宁广西、杨军	0.253	2017,1:1-9	4	CNKI
6	紧固件二硫化钼干膜润滑剂涂层涂覆技术研究/航天标准化/万冰华、林忠亮、王燕芳、张晓斌	0.253	2018(01):15-19.	5	CNKI
7	氩离子轰击对中频-直流磁控溅射铝薄膜耐蚀性能的影响/表面技术/王付胜、何鹏、郁佳琪、胡隆伟、刘燕、陈亚军	1.344	2019,48(03):185-194.	6	CNKI
8	17-4PH航空紧固件表面氧化皮去除工研究[J].电镀与精饰,鲁文婷、陈亚军、刘燕,等	0.672	2021,1; 47-54	0	CNKI

2. 知识产权和标准规范

附件编号	知识产权(标准)类别	知识产权(标准)具体名称	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)
9	发明专利	一种Cr-CrN纳米复合金属陶瓷涂层及其制备方法和设备	ZL201510151858.2	2017-10-13	国家知识产权局	航天精工股份有限公司	胡隆伟、杨兵、刘燕、王川、柳阳阳、李立堂、徐国奇
10	发明专利	一种水基十六醇润滑剂、其制备方法及其应用	ZL201410116063.3	2014-03-26	国家知识产权局	航天精工股份有限公司	万冰华、陈立、杨军、王川、王旭、郑建锋、章骏
11	发明专利	一种不锈钢表面处理方法	ZL201510884373.4	2015-12-04	国家知识产权局	航天精工股份有限公司	焦莎, 刘燕, 万冰华, 于建政、王川, 潘慧, 郑晓冬, 张晓玲
12	发明专利	一种气相沉积薄涂层固化工装	ZL201610224063.4	2016-04-08	国家知识产权局	航天精工股份有限公司	黄孝庆、刘燕、王川、王家明、刘智昂、郑晓冬
13	行业标准	一字槽六角头螺栓	HB8035-XXX-X	2021-09-23	国家国防科技工业局	中国航空综合技术研究所、航空工业第一飞机设计研究院、海军驻阎良地区航空军事代表室	贾安涛、杨健、张小明、张明勇、侯崑、苗生沛、赵喆
14	企业标准	真空离子镀氮化铬纳米复合镀层工艺规范	QHTJG J204-1-2016	2016-08-01	航天精工股份有限公司	航天精工股份有限公司	刘燕、胡登科、郭绕龙
15	企业标准	不锈钢类紧固件纳米镀层技术条件	APP J11.460-2014	2014-05-01	航天精工股份有限公司	航天精工股份有限公司	杨军、刘燕
16	企业标准	水基十六醇	JGY3161-2018-12	2019-03-25	航天精工股份有限公司	航天精工股份有限公司	万冰华
17	企业标准	纳米涂层涂覆工艺规程	AX.2261.149	2019-04-30	航天精工股份有限公司	航天精工股份有限公司	郭绕龙