

项目名称：海洋环境金属基耐腐蚀自润滑复合材料研制及其零部件的考核评价与应用

报奖类别：2026 年度中国腐蚀与防护学会科学技术奖

申报等级：科技进步奖一等奖

主要完成人：

第 1 完成人	陈明辉	教授	东北大学
第 2 完成人	隋成国	高级工程师	中航工业成都飞机设计研究所
第 3 完成人	李东彪	高级工程师	中国航发沈阳发动机研究所
第 4 完成人	雷驰	高级工程师	中航工业成都飞机设计研究所
第 5 完成人	慕仙莲	高级工程师	中国特种飞行器研究所
第 6 完成人	王群昌	高级实验师	东北大学
第 7 完成人	李浩远	高级工程师	中航工业成都飞机设计研究所
第 8 完成人	赵巍	高级工程师	中国航发沈阳发动机研究所
第 9 完成人	程梦鸽	工程师	中航工业成都飞机设计研究所
第 10 完成人	张晓越	高级工程师	中国航发沈阳发动机研究所
第 11 完成人	王金龙	副教授	东北大学
第 12 完成人	杨莎莎	讲师	东北大学
第 13 完成人	唐晨	博士后	东北大学
第 14 完成人	王福会	教授	东北大学

主要完成单位：

1. 东北大学
2. 中航工业成都飞机设计研究所
3. 中国航发沈阳发动机研究所
4. 中国特种飞行器研究所

项目简介：

新一代空天运输与作业装备利用火箭发射升空执行轨道运输、快速投送及岛礁部署等任务，完成后通过海上起落回收实现可重复使用。其中，传动部件的腐蚀与磨损是动力推进系统性能提升所亟需解决的关键问题之一。这类部件全程覆盖远洋高空停泊、

海水起落、快速启动等工况，因此长期在多工况（如：海水腐蚀、高温氧化、高湿度等）下遭受腐蚀-磨损-承载多因素耦合失效，对材料的自适应匹配性、长寿命可靠性与自主可控性提出了极高的要求。当前适配海洋腐蚀和太空往返等苛刻环境的自润滑材料和零部件面临技术与产业的双重挑战。技术上（1）润滑油脂太空环境稳定性差，易挥发。公开报道的各种自润滑复合材料耐海水腐蚀磨损性能差，磨损率高达 $10^{-4} \text{mm}^3 \text{N}^{-1} \text{m}^{-1}$ 量级，远远高于轴承/衬套零部件产品 $5 \times 10^{-5} \text{mm}^3 \text{N}^{-1} \text{m}^{-1}$ 要求；（2）传统自润滑复合材料力学承载能力弱，易变形、压缩屈服强度普遍低于 600 MPa。产业上，国产自润滑轴承/衬套多集中于中低端通用工业场景，而针对海洋和太空等极端环境的高端自润滑复合材料和自润滑轴承/衬套产品则与国际头部品牌存在明显代差，核心材料技术受制于人，存在显著的供应链安全风险。

该项目基于核心需求构建完整成果体系，主要实现以下**五大技术创新**：

（1）基于纳米金属颗粒敏化的润滑相自释放技术，通过微量活性金属组元的高强度界面搭建与阳极牺牲效应，同步实现力学性能、腐蚀防护与润滑相可控释放，使材料在海水、大气等多场景下均保持稳定服役。

（2）原位自生润滑相包覆构型技术，通过前驱体设计与固相反应调控，原位生成“硬质承载内核+润滑功能外壳”的包覆结构润滑单元，进一步拓宽材料的适配工况。

（3）粉末冶金微铸造技术，通过微区液相调控消除界面孔隙缺陷，解决了烧结致密化与润滑相高温稳定矛盾，实现力学性能与摩擦学性能的同步跃升。

（4）零件级多工况腐蚀磨损考核评价技术，搭建多工况腐蚀磨损综合测试平台，完成多因素耦合的零件服役寿命预测模型构建，形成适配空天装备要求的零件级材料评价方法。

（5）工程化制备技术与应用，解决批量生产过程中材料性能离散率高、大尺寸坯料均匀性差的工程化瓶颈，建立全链条质量管控体系，保障批次间性能稳定性与一致性。

主要知识产权目录：

1. 一种 XXXXXX 自润滑金属基复合材料及其制备方法和应用，2020，ZL 2016 1 XXXXX10.1
2. 一种具有包覆结构的自润滑复合材料及其制备方法，2025，ZL 2024 1 091 1292.8
3. 一种耐高温抗氧化的金属基自润滑复合材料及其制备方法，2019，ZL 2017 1

0382168.7

4. 一种高强高韧抗氧化金属基自润滑复合材料及其制备方法, 2021, ZL 2020 1 1216974.5
5. 摩擦氧化调控表面生成自补充润滑相复合材料及制备方法, 2022, ZL 2021 1 0965701.9
6. 可原位析出氟化物纳米晶的耐腐蚀自润滑搪瓷涂层及其制备方法, 2022, ZL 2021 1 1316964.3
7. 一种高硬耐磨抗热冲击的厚钽涂层及其制备方法, 2020, ZL 2017 1 0298701.1
8. 一种抗氧化、耐磨减摩的梯度纳米金属涂层及其制备工艺, 2023, ZL 2021 1 1622161.0
9. 一种耐海洋腐蚀、耐磨的自润滑复合涂层及其制备工艺, 2021, ZL 2019 1 0607531.X
10. 一种具有位移协调能力的调节机构, 2018, ZL 2018 1 1425965.X
11. Materials Characterization, 2026, 236: 116427
12. Tribology International, 2026, 221, 112019
13. Rare Metals, 2026, 45:e70358
14. Journal of Materials Science & Technology, 2026, 244, 20-33
15. Journal of Materials Science & Technology, 2017, 33, 1416-1423