

项目情况简介（省科技进步奖）

1、项目名称

油气装备材料安全性评估关键技术开发及应用

2、主要完成人

魏林；杨雪；张双双；王双来；宋洋；吕燕斌；张鹏

3、提名单位

陕西省知识产权局

4、提名意见

石油天然气工业是国家能源安全的基石，其物资装备材料在极端工况（高温、高压、多相流腐蚀、复合载荷）下的安全性，直接关系到油气田的稳产增产、人员生命财产安全和生态环境保护。该项目针对油气装备材料的安全问题，紧扣“**材料腐蚀安全—装备承载安全—样品存储安全**”三大核心问题，开展了系统性、全链条的科研攻关，形成了一套覆盖“检测方法—试验装备—评估体系”的自主创新成果。项目所开发的评估技术和设备已在长庆油田、延长油田、塔里木油田的物资装备以及宝钢、天钢、衡钢等企业相关产品的安全性评估方面完成验证。该项目成果的推广应用，将显著降低油气田因腐蚀和过载导致的管柱失效事故率，对保障国家能源输送安全具有直接贡献。

该项目选题属学科前沿，技术创新突出，应用效果明显。提名该项目为陕西省科学技术进步奖三等奖。

5、项目简介

随着油气资源开发的深入进行，油气装备材料的服役环境越来越苛刻。深海、超深井、高腐蚀性等工况对油气装备的安全性提出的挑战越来越大。本项目围绕国家能源安全战略需求，针对石油天然气开采、储运过程中物资装备面临的极端

服役环境，从**材料的腐蚀安全、装备的承载安全、样品的存储安全**三个方向开展系统性科研攻关。项目通过理论分析与自主装备研发相结合的方式，建立了一套覆盖“检测方法—试验装置—评估体系”的完整安全评估技术链，解决行业内长期存在的“测不了”、“测不准”和“存不稳”的技术难题。

项目取得的主要成果如下：

（1）在材料腐蚀安全评估方面，创建了复杂工况腐蚀行为高保真模拟与精准评价技术体系，解决了苛刻腐蚀环境中材料抗腐蚀性能“测不了”的难题。

针对油气田特殊腐蚀环境，建立了完整的腐蚀安全评估体系。尤其是针对油气管道的冲蚀问题，发明了管道冲蚀腐蚀原位解耦评价方法及三阶段标准化测试流程，首次实现机械磨损与电化学腐蚀贡献量的实时定量分离。研制了高温高压多相流腐蚀全工况模拟装置与强腐蚀性化工品本质安全仿真检测设备，突破了气-液-固三相独立可控注入、动态/静态双模式切换及“双重密封+磁力驱动+负压操作”四位一体安全架构等核心技术；揭示了复杂流型与腐蚀速率的动态耦合机制，建立了“流型—传质—腐蚀”直接关联观测平台。

（2）在装备承载安全评估方面，攻克了大口径油气管材极限承载能力验证关键技术，破解复合载荷环境中油气管道力学行为“测不准”的难题。

油气管道服役中常承受拉伸、弯曲、外压等多重应力的叠加，而现有标准多采用单一载荷测试，导致安全裕度评估失真。该项目发明了大口径双金属复合管拉伸与弯曲复合载荷试验方法，提出了基于应变片阵列的层间剪切应力反演算法与“载荷比-界面脱粘-整体承载”三阶段失效判据；研制了油气管道外压挤毁试验装置，创新设计了卡箍型锥面自紧密封端盖、环形均压导流板及液压自适应对中机构，实现了大口径管材外压挤毁失效行为的精准模拟、均匀加载与安全裕度定量验证，为深海、超深井管柱设计提供了关键数据支撑。

（3）在样品存储安全方面，构建了石油检测样品“采集—转移—储运”全过程质量保障技术链，解决了石油检测样品“存不稳”的难题。

针对油气样品易挥发、组分易变、交叉污染等行业顽疾，开发了石油工程用分层定点取样装置，通过电动伸缩杆驱动多组独立取样筒串联布置，配合活塞-单向阀联动负压吸入机构，实现一次下井多层位同步精准取样，避免层间混样；研制了石油检测密闭定量取样装置，采用容积式计量腔体与三阀联动结构，全程密闭取样并连接气体回收管路，杜绝挥发泄漏与交叉污染；研制了可调节式分隔

储存箱，创新设计了滑槽-滑块位置可调分隔板、弹簧-定位架多档位抵紧定位机构及磁吸式备用分隔板收纳管理结构，实现了针对不同形态石油样品多样化盛装器皿的分隔与抵紧稳定。

6、客观评价

该项目紧扣国家能源安全战略需求，精准定位油气装备材料服役过程中面临的安全难题，从材料腐蚀安全、装备承载安全、样品存储安全三个方向开展系统性攻关，选题具有显著的现实紧迫性和战略前瞻性。项目累计形成发明专利 5 项、实用新型专利 5 项，构建了从方法到设备的知识产权保护体系，布局合理、层次分明。

在技术创新方面，项目实现了多项行业突破：多相流腐蚀试验领域实现了温度与压力的协同控制，并首创气-固、气-液、气-液-固三种冲蚀模式的自动切换功能，填补了国内动态腐蚀可视化监测装备的空白；装备承载安全评估领域开发的复合载荷试验方法，打破了 API 单一载荷标准的局限，为大口径复合管的设计提供了更贴近实际工况的数据支撑；样品存储领域构建了从同步采样、防倾倒高效取样到柔性分隔储存的全链条溯源体系。整体技术达到国内领先水平，对推动我国油气装备安全评估从被动应急向主动防控转型、保障国家能源输送安全具有深远意义。

7、应用情况

本项目主要针对该项目针对油气装备材料的安全问题开展系统的技术攻关，形成了一套从检测方法到试验装备的完整评估体系，其最终目的是保证油气装备的安全，协助企业实现增收节支的目标。

该技术自 2020 年开始，在中石油、中海油、国家管网等石油天然气大型企业获得应用，大幅度降低了油气田企业因为腐蚀或者载荷导致的设备失效事故，保证了油气资源的温度供应，取得了良好的社会效益。该技术在西安天力金属复合材料股份有限公司、湖南华菱湘潭钢铁有限公司、天津钢管制造有限公司、山西太钢不锈钢钢管有限公司以及宝山钢铁股份有限公司等油气装备制造企业的应用，为这些油气装备供应商改进产品质量、开拓市场提供了有益指导。同时，

该项成果转化后，累积为西安摩尔石油工程实验室股份有限公司增加销售收入1.2 亿元。

8、主要知识产权和标准规范等目录

序号	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	证书编号	权利人	发明人
1	实用新型专利	一种石油检测取样装置	中国	ZL2024 2166066 8.4	2025 年 05 月 27 日	2289 4123	西安摩尔石油工程实验室股份有限公司	魏林,张双双,郭梦龙,张鹏,李航博,欧阳春,李恩,蒲京茂
2	发明专利	一种大口径双金属复合管拉伸与弯曲复合载荷试验方法	中国	ZL2025 1127020 7.5	2025 年 12 月 09 日	8554 759	西安摩尔石油工程实验室股份有限公司	王双来, 孙妮, 陈建强, 张鹏
3	发明专利	一种管道冲刷试验设备及其使用方法	中国	ZL2024 1094899 1.X	2024 年 09 月 24 日	7398 537	西安摩尔石油工程实验室股份有限公司	宋洋,赵娜,杨偌旺,岳红梅,王雅倩,石家,郭静波,赵盖博
4	发明专利	一种油气管道外压挤毁试验装置	中国	ZL2024 1140100 1.7	2024 年 12 月 03 日	7575 238	西安摩尔石油工程实验室股份有限公司	杨偌旺, 宋洋, 王雅倩, 胡楠, 于明基, 王双来, 赵娜, 孙妮
5	发明专利	一种模拟多相流腐蚀试验装置	中国	ZL2024 1143121 0.6	2025 年 01 月 24 日	7690 402	西安摩尔石油工程实验室股份有限公司	张思琦, 蒋文瑞, 宋洋, 赵娜, 胡楠, 王文婷, 袁晓平, 李恩
6	发明专利	一种防泄漏的化工品腐蚀性仿真检测设备	中国	ZL2024 1125984 5.2	2024 年 11 月 15 日	7522 449	西安摩尔石油工程实验室股份有限公司	赵娜,于明基,张鹏,宋洋,杨偌旺,张三彪,张棚月,吕倩栋
7	实用新型专利	一种高温高压多相流腐蚀试验装置	中国	ZL2022 2215304 7.4	2022 年 12 月 02 日	1792 8872	西安摩尔石油工程实验室股份有限公司	宋洋, 郭梦龙, 张双双, 王雅倩
8	实用新型专利	卡箍型端盖密封石油管外压挤毁试验装置	中国	ZL2022 2214195 3.2	2022 年 12 月 06 日	1795 1125	西安摩尔石油工程实验室股份有限公司	王双来, 杨雪, 魏林, 胡莎莎
9	实用新型专利	一种石油检测样品储存箱	中国	ZL2024 2173031 0.4	2025 年 06 月 17 日	2296 9107	西安摩尔石油工程实验室股份有限公司	杨雪,魏林,张双双,张三彪,袁梦瑶,穆晨,

								张凡,陈雪
10	实用新型专利	一种石油工程用石油取样装置	中国	ZL2024 2161090 5.6	2025 年 07 月 01 日	2302 8862	西安摩尔石油工程实验室股份有限公司	张双双, 吕燕斌, 胡莎莎, 石家, 杨茹娟, 刘革化, 张航, 郝申申

9、主要完成人情况

排序	完成人	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目的贡献
1	魏林	副总工程师	工程师	西安摩尔石油工程实验室股份有限公司	西安摩尔石油工程实验室股份有限公司	项目总负责人,全面负责项目的立项及研发工作,主持项目设计、组织和实施,协调解决项目研究中的关键问题。
2	杨雪	研发中心副主任	工程师	西安摩尔石油工程实验室股份有限公司	西安摩尔石油工程实验室股份有限公司	负责石油检测样品储存安全设备的研发。
3	张双双	研发工程师	工程师	西安摩尔石油工程实验室股份有限公司	西安摩尔石油工程实验室股份有限公司	负责石油工程用石油取样及相关设备的研发。
4	王双来	研发中心副主任	教授级高级工程师	西安摩尔石油工程实验室股份有限公司	西安摩尔石油工程实验室股份有限公司	负责复杂载荷下油气装备承载安全性评估相关设备的研发。
5	宋洋	研发工程师	高级工程师	西安摩尔石油工程实验室股份有限公司	西安摩尔石油工程实验室股份有限公司	负责苛刻腐蚀环境下油气装备腐蚀安全性评估相关设备的研发。
6	吕燕斌	研发工程师	工程师	西安摩尔石油工程实验室股份有限公司	西安摩尔石油工程实验室股份有限公司	负责油气装备材料安全性评估技术的验证。
7	张鹏	研发工程师	工程师	西安摩尔石油工程实验室股份有限公司	西安摩尔石油工程实验室股份有限公司	负责油气装备材料安全性评估技术的应用推广,解决应用过程中存在的问题。

10、完成人合作关系说明

本项目完成人共 7 人,均为西安摩尔石油工程实验室股份有限公司在职员

工，并且均为依托西安摩尔石油工程实验室股份有限公司建立的“西安市石油管材料工程实验室”成员，在油气装备材料安全性评方面进行了长期的合作研究，形成了一系列共同的研究成果。所有成员任务清晰，责任明确，保证了项目的顺利实施。完成人合作关系见下表。

完成人合作关系说明

	魏林	杨雪	张双双	王双来	宋洋	吕燕斌	张鹏
魏林	/	1, 2	1, 2	1, 2	2	2	1, 2
杨雪	/	/	1, 2	1, 2	2	2	2
张双双	/	/	/	2	1, 2	1, 2	2
王双来	/	/	/	/	1, 2	2	2
宋洋	/	/	/	/	/	2	1, 2
吕燕斌	/	/	/	/	/	/	2
张鹏	/	/	/	/	/	/	/

注：1——共同专利；

2——共同产业合作；