

推荐国家科技进步奖项目公示

项目名称	船舶与海洋工程结构全寿期安全性评估与风险控制技术及应用
推荐单位	教育部
<p>推荐单位意见：</p> <p>我单位认真审阅了该项目推荐书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关栏目均符合国家科学技术奖励工作办公室的填写要求。</p> <p>该项目在国家“973”计划、“863”计划、国家自然科学基金、国防预研基金以及企业项目的支持下，针对船舶与海洋工程结构在全寿期内的实际问题，开展了船舶与海洋工程结构全寿期安全性评估与风险控制技术研究及应用。通过十余年的系统性研究，在船舶与海洋工程结构的设计状态安全性评估、制造工艺安全性评估、服役期安全性评估、事故状态安全性评估，以及偶然灾害下船舶与海洋工程结构风险控制等技术方面取得了自主创新和重大突破，形成了具有自主知识产权的“船舶与海洋工程结构全寿期安全性评估与风险控制技术”，改进了相关结构设计方法，建立了相关设计规范、标准，缩短了船舶建造提高了我国船舶与海洋工程装备研发国际竞争力。</p> <p>该项目已获得授权发明专利 13 项、实用新型专利 5 项、软件著作权 1 项，发表学术论文 44 篇，出版学术专著 3 部，颁布企业标准 1 项，制定设计规范 1 部。成果整体水平居国内领先、国际先进，获 2016 年教育部科学技术进步一等奖。</p> <p>上述创新成果已在中国船舶重工集团、中国船舶工业集团等多家国内著名企业、研究院所的多类型产品上得到了广泛的应用，产生重大的经济和社会效益，产生间接经济效益 14.65 亿元，具有广阔的推广前景。经审核，该项目内容详实，客观真实。</p> <p>对照国家科学技术进步奖授奖条件，推荐该项目申报 2017 年度国家科学技术进步奖二等奖。</p>	

项目简介:

意义与难点: 全寿期安全性评估与风险控制技术是保障船舶与海洋工程结构在设计、制造、服役以及可预见性事故整个生命周期内的安全性、提高各类事故发生后结构物生命力的最重要技术手段。长期以来,该技术被国外垄断,已成为制约我国船舶与海洋工程装备技术发展的重大瓶颈,严重威胁着我国重大工程建设的战略安全。

科学技术内容: 本项目在国家 973、863、自然科学基金等项目支持下,通过产学研协同攻关,形成了具有自主知识产权的“船舶与海洋工程结构全寿期安全性评估与风险控制技术”,改进了相关结构设计方法,建立了相关设计规范和标准,提出了风险控制措施;缩短船舶建造周期约 15%,降低造价约 10%,提升了我国船舶与海洋工程装备的研发水平。主要创新点如下:

1、设计状态下船舶与海洋工程特种结构安全性评估技术: 建立了典型船舶与海洋工程结构物超规范设计的直接强度计算方法及安全性评估准则,解决了新型和超大型结构缺少安全性评估方法和强度校核标准的难题,并形成了相应的评价标准和指南。

2、制造状态下船舶与海洋工程结构安全性评估技术: 建立了关键结构焊接残余应力、模块吊装预变形、浮箱载运下水运动响应、分段合拢变形预报理论及其控制方法,解决了制造中结构应力和变形安全性评估技术难题,有效提高了建造效率。

3、服役状态下船舶与海洋工程结构安全性评估技术: 建立了腐蚀、裂纹等损伤条件下的结构极限承载力随机预报方法和动态时变可靠性预报方法,研发了智能结构振动控制技术,有效延长了船舶与海洋平台结构寿命。

4、事故状态下船舶与海洋工程结构损伤评估技术: 建立了碰撞、搁浅、爆炸等强冲击荷载作用下船舶与海洋工程结构非线性动态全耦合分析理论,提出了抗冲击轻质复合夹层结构设计方法,有效提高了强冲击事故载荷下结构的生存能力。

5、偶然灾害下船舶与海洋工程结构风险控制技术: 建立了偶然灾害下船舶与海洋工程结构多风险耦合演化分析与评估技术,提出了基于风险的船舶与海洋工程典型结构设计框架,解决了多风险耦合相关性无法计算以及设计阶段风险控制的难题。

技术水平: 授权发明专利 13 项、实用新型专利 5 项、登记软件著作权 1 项,发表学术论文 44 篇,出版学术专著 3 部,颁布企业标准 1 项,制定设计规范 1 部。成果整体水平居国内领先、国际先进,获 2016 年教育部科学技术进步一等奖。

经济效益: 近十年共产生间接经济效益 14.65 亿元。

应用与效果: 应用于船舶与海洋工程国家研究机构和最重要装备制造企业:中国船舶及海洋工程设计研究院(708 所)、中国舰船研究设计中心(701 所)、中国船舶科学研究中心(702 所)、外高桥造船有限公司、江南造船(集团)有限公司、烟台中集来福士海洋工程有限公司等 40 余家单位 50 多种船舶和海洋工程产品,提高了我国基于目标设计的船舶与海洋工程设计及建造能力,为我国首个深海钻井平台“海洋石油 981”、首个载人深潜器“蛟龙号”等国家重点工程提供了技术支撑,促进了船舶与海洋工程行业技术进步,提高了我国船舶与海洋工程装备研发国际竞争力。

客观评价：

1、鉴定意见（鉴字[教 NP2016]第 003 号）

2016 年 4 月 22 日，教育部组织了“船舶与海洋工程结构全寿期安全性评估技术及应用”的科技成果鉴定会。鉴定委员会一致认为：船舶与海洋工程结构全寿期安全性评估技术对于我国重大海洋装备设计、建造及服役各个阶段具有重大意义，该项目成果系统性和创新性强，工程应用价值高，整体技术达到国内领先水平，部分成果达到国际先进水平，建议进一步扩大研究成果的推广应用范围。

2、学术评价

船舶与海洋工程领域国际知名学者评价：国际船舶与海洋工程结构委员会（ISSC）碰撞与搁浅分会主席、葡萄牙里斯本技术大学 C. GuedesSoares 教授和第 35 届海洋、海洋工程和北极工程国际会议（OMAE）执行主席、韩国釜山大学 J. Kee Paik 教授分别在《Assessment of the strength of double-hull tanker side structures in minor ship collisions》和《An experimental and numerical study on nonlinear impact responses of steel-plated structures in an Arctic environment》文章中对项目组的创新成果进行了引用。

3、行业评价

江苏省船舶工业行业协会评价：江苏省是我国第一造船大省，江苏省年造船完工量约占全国的三分之一，连续 8 年位居全国第一。江苏科技大学是省内唯一以船舶为特色，主要为船舶行业服务的院校，对江苏船舶工业发展做出了重要贡献。尤其是针对船舶与海洋工程结构全寿期内安全性的关键问题，历经十余年系统研究，建立了船舶与海洋工程全寿期结构安全性评估与风险控制技术体系，成功地应用于江苏省内中远船务工程集团有限公司（南通）、中远川崎船舶工程有限公司、江苏新时代造船有限公司等 30 余家船舶制造企业的 70 余类产品上，成功解决了典型船舶与海洋平台结构建造过程中焊接残余应力影响大、分段合拢变形控制难以及浮箱下水姿态控制难等技术难题，节约了建造成本，有效提高了设计建造效率，产生了巨大的经济效益和社会效益，共产生间接经济效益约 40 亿元，对江苏造船行业技术的进步做出了巨大的贡献，同时为江苏造船强省建设和加快海洋经济发展、向海洋强省的迈进作出了重要贡献。

4、新闻媒体评价

《上海外高桥船厂年造船完工总量突破 800 万吨》：外高桥造船公司非常注重新工艺、新工法的引进、吸收、创新及固化、推广应用。2010 年以来，该公司已陆续开展中型管机器人焊接、合拢管测量再现系统、总段异地总组、工装式脚手架、高效自动化焊接、超级油轮（VLCC）轴舵系镗孔、20.6 万吨散货船舱口围总组吊装、大型总段吊装、平台拉线照光镗孔等一系列新工艺和新工法，不仅提升了船舶建造的质量，而且还大大地提高了生产效率。17.6 万吨散货船、20.6 万吨散货船和 31.9 万吨超级油轮（VLCC）船坞内搭载周期分别为 40 天、45 天和 55 天，最短的一艘散货船船坞内搭载周期仅为 35 天，达到了世界先进水平。

5、科技查新报告查新结论

根据教育部科技查新工作站 G06 的“查新报告”结论：与检索到的国内外文献进行分析对比，关于查新点①针对设计状态，建立船舶与海洋工程结构体系快速安全性评估方法；②针对制造状态，建立船舶与海洋工程结构制造流程中安全性评定方法；③针对服役状态，建立服役期内船舶与海洋工程结构动态安全性评估技术；④针对事故状态下的船舶与海洋工程结构损伤安全性评估技术。除本课题委托人的研究成果外，在国内外公开发表的文献中均未见报道。

推广应用情况：

该项目通过十余年的研究，形成了船舶与海洋工程结构全寿期安全性评估与风险控制技术体系，其核心技术达到了国内领先、国际先进水平。研究成果已经在中国船舶工业集团公司第 708 研究所、中国船舶重工集团公司第 701、702 研究所、上海外高桥造船有限公司、江南造船（集团）有限公司、招商局重工（江苏）有限公司、烟台中集来福士海洋工程有限公司、南通中远川崎船舶工程有限公司等多家单位设计、建造的多类型船舶以及海洋工程装备上进行了推广应用，为“海洋石油 981”钻井平台、“蛟龙号”7000 米载人潜水器、3000T 起重船、38000T 半潜驳、新型护卫舰、绿色环保散货船等国家重点建设工程作出了贡献，提高了我国基于目标设计的船舶与海洋工程设计及建造能力，为我国大型船舶、重要的海洋工程结构的全寿期安全性提供了技术手段，提升了我国船舶与海洋工程装备的研发水平，产生了巨大的经济和社会效益，共产生间接经济效益 14.65 亿元。

该安全性评估体系填补了船舶与海洋工程领域多项技术空白，促进了船舶与海洋工程行业的技术进步，提高了我国船舶与海洋工程装备研发国际竞争力，经济效益和社会效益显著，推广应用前景广阔。

主要知识产权证明目录:

序号	类别	名称	国家	授权号	日期	权利人	发明人
1	发明专利	一种前倾式浮式风机系泊系统	中国	201210299718.6	2015.05.13	江苏科技大学	嵇春艳
2	发明专利	一种节能型浮式海洋平台运动控制装置	中国	201210299702.5	2015.05.13	江苏科技大学	嵇春艳
3	发明专利	海洋平台智能振动控制装置	中国	201210224185.5	2014.10.29	江苏科技大学	嵇春艳
4	发明专利	三维抗冲击支吊架	中国	201210294445.6	2014.2.5	江苏科技大学	嵇春艳
5	国家发明专利	一种抗冲击弹簧管卡	中国	201210295816.2	2014.4.16	江苏科技大学	嵇春艳
6	发明专利	自调节型单点系泊系统	中国	201210272606.1	2015.5.13	江苏科技大学	嵇春艳
7	发明专利	阻尼通道高度可调的磁流变阻尼器	中国	201210224169.6	2014.7.16	江苏科技大学	嵇春艳
8	发明专利	一种用于张紧式系泊系统的系泊装置	中国	201310205263.1	2015.8.19	江苏科技大学	施兴华
9	发明专利	一种用于超深水浮式结构物的混合式系泊系统及系泊方法	中国	201310430867.6	2013.09.22	江苏科技大学	施兴华
10	发明专利	一种防火抗爆自主逃生多功能舱室	中国	20121534828.6	2012.12.12	江苏科技大学	张健
11	发明专利	一种用于船舶舱壁的防火绝热材料及其制备方法和应用	中国	2015101100548	2015.3.12	江苏科技大学	张健
12	发明专利	一种水冰两栖科考艇	中国	201510054266.9	2016.1.13	江苏科技大学	张健
13	发明专利	组合气囊式风浪联合浮式发电平台	中国	2013107141330	2016.3.2	江苏科技大学	李良碧
14	实用新型	一种抗冲击船底结构	中国	200920284761.9	2010.8.11	江苏科技大学	张健
15	实用新型	一种轻质船用防火舱壁	中国	201120262371.9	2012.5.6	江苏科技大学	张健
16	实用新型	一种水冰两栖科考艇	中国	201520073211.8	2015.2.2	江苏科技	张健

						大学	
17	实用新型	一种轻质可承重防火墙	中国	200820033476.5	2008.12.24	江苏科技大学	尹群
18	实用新型	一种抗冲击鞋	中国	200820033475.0	2008.12.24	江苏科技大学	尹群

主要完成人情况:

1. **王自力, 排名 1, 校长, 教授, 工作单位: 江苏科技大学, 完成单位: 江苏科技大学**, 是该项目主要负责人, 对创新点 1、2、4 均有贡献, 具体为: 创新点 1 中超大型浮式结构强度直接计算方法; 创新点 2 中典型模块吊装预变形分析及控制方法、浮箱下水状态动响应预报及姿态控制方法; 创新点 4 中碰撞、搁浅等强冲击荷载作用下船舶与海洋工程结构非线性动态全耦合分析方法。
2. **嵇春艳, 排名 2, 院长, 教授, 工作单位: 江苏科技大学, 完成单位: 江苏科技大学**, 是该项目主要负责人, 对创新点 3、4、5 均有贡献, 具体为: 创新点 3 中腐蚀、裂纹等结构损伤状态下海洋平台结构体系极限承载力随机计算方法研究、全寿命/老龄化船舶与海洋工程结构体系动态可靠性预报方法研究; 创新点 4 中船舶与海洋工程结构在水下爆炸、空中爆炸、侵彻和油气爆炸过程的研究; 创新点 5 中建立了偶然灾害下船舶与海洋工程结构多风险耦合演化分析方法。
3. **尹群, 排名 3, 院长, 教授, 工作单位: 江苏科技大学, 完成单位: 江苏科技大学**, 是该项目主要负责人, 对创新点 1、2、4 均有贡献, 具体为: 创新点 1 中典型船舶与海洋工程结构物超规范设计的直接强度计算方法; 创新点 2 中船舶与海洋工程结构吊装安全性分析方法研究; 创新点 4 中船舶与海洋工程结构在水下爆炸、空中爆炸、侵彻和油气爆炸过程的研究。
4. **张延昌, 排名 4, 副主任, 高工, 工作单位: 中国船舶工业集团公司第七〇八研究所, 完成单位: 中国船舶工业集团公司第七〇八研究所**, 对创新点 2、4 均有贡献, 具体为: 创新点 2 中建立了制造状态下船舶与海洋工程典型结构焊接残余应力预报及控制方法; 创新点 4 中提出了船舶与海洋工程结构抗冲击轻质复合夹层结构设计方法。
5. **顾学康, 排名 5, 副总工, 研究员, 工作单位: 中国船舶重工集团公司第七〇二研究所, 完成单位: 中国船舶重工集团公司第七〇二研究所**, 对创新点 1、3 均有贡献, 具体为: 创新点 1 中建立了超大型浮式结构物直接强度计算方法, 预报了复杂载荷作用下大型浮式结构的极限强度; 创新点 3 中建立了全寿命/老龄化船舶与海洋工程结构体系动态可靠性预报方法。
6. **刘昆, 排名 6, 主任, 讲师, 工作单位: 江苏科技大学, 完成单位: 江苏科技大学**, 对创新点 2、4 均有贡献, 具体为: 创新点 2 中船舶与海洋平台管路支吊架结构强度分析软件开发及管路支吊架标准制定、船舶与海洋工程结构典型模块吊装预变形分析控制方法、船舶与海洋结构浮箱下水过程的动响应预报方法; 创新点 4 中考虑材料动态非线性影响的结构冲击响应仿真分析及碰撞、搁浅荷载作用下的全耦合分析方法、设计了新型抗冲击防护结构。
7. **崔杰, 排名 7, 院长助理, 副教授, 工作单位: 江苏科技大学, 完成单位: 江苏科技大学**, 对创新点 1、3、4 均有贡献, 具体为: 创新点 1 中舰船典型板架结构应力响应动塑性半解析计算方法研究, 制定大型水密、深舱结构设计准则; 创新点 3 中海洋平台结构的半主动控制系统优化设计技术研究; 创新点 4 中船舶与海洋工程结构在水下爆炸、空中爆炸、侵彻和油气爆炸过程的研究。
8. **白旭, 排名 8, 副所长, 讲师, 工作单位: 江苏科技大学, 完成单位: 江苏科技大学**, 对创新点 1、3、5 均有贡献, 具体为: 创新点 1 中深水耐压结构临界载荷简化计算方法研究, 提出了不同缺陷幅值对耐压结构刚度折减方法; 创新点 3 中全寿命船舶与海洋工程结构体系动态可靠性预报方法; 创新点 5 提出了基于风险的船舶与海洋工程典型结构设计框架, 解决了多风险耦合相关性无法计算以及设计阶段风险控制的难题。
9. **张健, 排名 9, 主任, 副教授, 工作单位: 江苏科技大学, 完成单位: 江苏科技大学**, 对创新点 1、4、5 均有贡献, 具体为: 创新点 1 中破冰船结构与冰载荷耦合动力学分析及冰区船首结构设计方案研究; 创新点 4 中建立了油气泄露事故状态下海洋平台结构损伤评估方法并设计了新型防爆墙结构研究。创新点 5 中建立了偶然灾害下船舶与海洋工程结构多风险耦合演化评估方法。
10. **王珂, 排名 10, 主任, 副教授, 工作单位: 江苏科技大学, 完成单位: 江苏科技大学**, 对创新点 1、2、4 均有贡献, 具体为: 创新点 1 中深水耐压结构的保载—疲劳裂纹扩展速率理论研究; 2、创新点 2 中船舶与海洋工程结构吊装安全性分析方法研究; 创新点 4 中船舶与海洋工程结构在水下爆炸、空中爆炸、侵彻和油气爆炸过程的研究。

主要完成单位及创新推广贡献：

一、第一完成单位：江苏科技大学

江苏科技大学是一所船舶特色鲜明的省部共建高校，作为本项目负责单位，承担了项目总体规划设计，以及关键技术理论创新和技术攻关，协助合作单位实现推广和应用。

（一）科技创新贡献

在本项目执行过程中，通过利用学校及合作单位国家级、省级实验室以及研究中心拥有的设施和资源，攻克了多项技术难题，形成如下创新成果：

1、建立了典型船舶与海洋工程结构物超规范设计的直接强度计算方法及安全性评估准则，解决了新型和超大型结构缺少安全性评估方法和强度校核标准的难题，并形成了相应的评价标准和指南。

2、建立了关键结构焊接残余应力、模块吊装预变形、浮箱载运下水运动响应、分段合拢变形预报理论及其控制方法，解决了制造中结构应力和变形安全性评估技术难题，有效提高了建造效率。

3、建立了腐蚀、裂纹等损伤条件下的结构极限承载力随机预报方法和动态时变可靠性预报方法，研发了智能结构振动控制技术，有效延长了船舶与海洋平台结构寿命。

4、建立了碰撞、搁浅、爆炸等强冲击荷载作用下船舶与海洋工程结构非线性动态全耦合分析理论，提出了抗冲击轻质复合夹层结构设计方法，有效提高了强冲击事故载荷下结构的生存能力。

5、提出了基于风险的船舶与海洋工程典型结构设计框架，解决了多风险耦合相关性无法计算以及设计阶段风险控制的难题。

（二）推广应用贡献

学校与其他完成单位建立了长期稳定的集研发、应用于服务为一体的产学研合作联盟。项目成果成功推广应用于中国船舶与海洋工程国家研究机构和最重要装备制造企业的多类型产品，为我国大型船舶、重要的海洋工程结构的全寿期安全性与风险控制提供了重要的技术支撑。围绕本项目创新技术研究，江苏科技大学培养了一批人才，产生了重大社会和经济效益，为提高我国船舶与海洋工程学科的发展、提升我国船舶与海洋工程装备研发国际竞争力，做出了重要贡献。

二、第二完成单位：中国船舶重工集团公司第七〇二研究所

中国船舶重工集团公司第七〇二研究所是中国船舶与海洋工程科学研发中心，作为项目的主要完成单位之一，共同参与研发船舶与海洋工程结构全寿期安全性评估与风险控制技术，主要承担项目的工程应用和推广工作。

（一）科技创新贡献

在项目开展过程中，中船重工第 702 研究所利用江苏科技大学的理论研究成果和技术优势，配套相应的研发基金，以及拥有船舶与海洋工程领域重点实验室，形成如下创新成果：

1、建立了超大型浮式结构物直接强度计算方法，预报了复杂载荷作用下大型浮式结构的极限强度。

2、发展了浮式结构物强度直接计算方法和多种失效模式下的极限强度分析方法。

3、建立了能够预报复杂载荷作用下主要结构的极限强度计算模型，提出了超大型浮式结构物各种失效模式下的安全分析方法。

4、建立了全寿期/老龄化船舶与海洋工程结构体系动态可靠性预报方法。

（二）推广应用贡献

中船重工第 702 研究所作为项目的合作研发单位，积极开展船舶与海洋工程全寿期安全性的推广应用，已经在 702 所的多项国家级重点建设工程（“蛟龙号”7000 米载人深潜器、深海超大型浮体结构）上开展应用，推动了项目成果在海洋工程装备高新技术领域的科技进步和应用，提升了我国船舶与海洋工程装备的研发水平。

三、第三完成单位：中国船舶工业集团公司第七〇八研究所

中国船舶工业集团公司第七〇八研究所是中国船舶及海洋工程最重要的设计研究机构，作为项目的主要完成单位之一，共同参与研发船舶与海洋工程结构全寿期安全性评估与风险控制技术，主要承担项目的工程应用和推广工作。

（一）科技创新贡献

中船工业第 708 所紧密结合重大工程的应用需求，协同江苏科技大学形成如下创新成果：

1、研发了适合船舶与海洋工程等大型结构典型结构的高效焊接残余应力预报和控制技术，

2、揭示了焊接残余应力在建造加工及服役过程中的产生、演变及对结构的力学特性的影响规律，

3、形成了有效控制船舶与海洋工程焊接结构残余应力和延长使用寿命的施工工艺

4、提出了船舶与海洋工程结构抗冲击轻质复合夹层结构设计方法。

(二) 推广应用贡献：

中船工业第 708 所做为项目的合作研发和应用单位，已经在 708 所的多项重点建设工程（新型补给船、某型登陆舰、某型军辅船、FPSO）上开展应用，推动了项目成果在海洋工程装备高新技术领域的科技进步和应用。

完成人合作关系说明：

项目由王自力担任组长，统筹规划项目，分为五个研发方向，专人负责。

“设计状态下船舶与海洋工程特种结构安全性评估技术”由尹群负责，江苏科技大学王自力、张健、崔杰、王珂、白旭等、中船重工第七〇二所顾学康参与。共同取得成果有授权发明专利 2 项；实用新型专利 1 项；专著 1 部；软件著作权 1 项；规范 1 部。

“制造状态下船舶与海洋工程结构安全性评估技术”王自力负责，江苏科技大学尹群、刘昆、王珂等、中船工业第七〇八研究所张延昌参与。共同取得成果有专著 1 部；实用新型专利 2 项；企业标准 1 项。

“服役状态下船舶与海洋工程结构安全性评估技术”由嵇春艳负责，江苏科技大学崔杰、白旭等、中船重工第七〇二所顾学康参与，共同取得成果有授权发明专利 7 项；专著 1 部。

“事故状态下船舶与海洋工程结构损伤评估技术”由尹群、嵇春艳负责，江苏科技大学王自力、刘昆、崔杰、张健、王珂等、中船工业张延昌参与。共同取得成果有授权发明专利 4 项；实用新型专利 2 项。

“偶然灾害下船舶与海洋工程结构风险控制技术”由嵇春艳负责，江苏科技大学白旭、张健等人参与。共同取得成果有发表学术论文 2 篇。