

### 推荐国家科技进步奖项目公示

项目名称	海洋养殖新型结构关键技术研究及应用
推荐单位	教育部
推荐单位意见： <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>该项目根据国家实施海洋强国战略需求，针对渔业结构战略性调整，用高新技术改造和提升传统养殖业，促进网箱养殖向深水海区推进，从装备设计、装备制造到养殖产业链形成三个层面循序渐进进行了研究开发。建设了国家海洋设施养殖工程技术研究中心等科研平台；总体技术达到国际领先水平。项目以市场为导向，产学研紧密结合，迅速在全国沿海推广应用，并出口到智利、刚果、日本、菲律宾、马来西亚、马尔代夫以及俄罗斯等国家，拓展了养殖空间、促进了网箱养殖转型升级、改善了近海养殖环境，实现了新型离岸网箱养殖的规模化、集约化和产业化，取得了显著的社会、经济、生态效益，产业前景广阔。《中央电视台》《人民日报》等国家、省、市新闻媒体给予了大力宣传报导。</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一等奖。</p>	

### 项目简介：

海洋食品在粮食及营养安全方面发挥着不可替代的作用，提供人类健康所必需的高度不饱和脂肪酸、氨基酸、卵磷脂和微量元素，是绝好的优质蛋白质来源。水产品需求增长迅速，我国人均水产品消费量从 1995 年的 9.2 公斤增加到 2015 年的 19.35 公斤。然而由于过度捕捞，我国从 1988 年开始水产养殖产量已超过捕捞量，同时传统依赖的近海养殖已过于饱和，并引发近岸环境污染和鱼类品质安全等突出问题，因此发展海上养殖必须离开沿岸，走向深远海！

海洋养殖在外海区域，浪大、流急，要求设施既满足养殖需求又兼具抵抗台风等极端气候的能力，因此如何设计、建造安全的海洋养殖设施是世界范围内海上养殖业所面临的挑战性课题。针对海洋养殖设施是柔性、漂浮海工结构，且尺度大而构件细小，存在超大变形（容积损失超 80%）、超大位移（运动幅度超波幅）的特点，导致其动力行为极其复杂的问题，项目构建了离岸养殖装备水动力分析、设计与安全评估技术，突破了设计、建造和安全评估海洋养殖装备的技术瓶颈，在多项国家重要科研项目的支持下，经过多年的不懈努力，取得了多项创新性成果：

1) 创新性建立了深水网箱结构“多体耦合+柔性+超大变形、位移”的水动力分析技术理论体系。首创国际领先的网箱水动力模拟分析软件，解决了网箱设施系统抗风浪设计的技术难题。设计的网箱抗台风能力超 12 级，达到世界领先水平。

2) 创建了网箱结构优化配置理论，研制了大批国际领先的新型网箱设施。首创了网衣流固耦合分析、网箱智能升降系统、金属网箱、鲆鲽网箱等大批核心技术和装备。产品国内市场占有率达 70%，同时实现了自主制造网箱的大量出口。

3) 创新性建立了深水网箱标准化工程技术和结构安全评价体系。实现了离岸网箱的标准化生产、安装和全生命周期安全保障，进而推广了我国大黄鱼、红鳍东方鲀等名贵海水鱼的深水规模化养殖，单个示范区网箱数量达到 700 台，该规模国际罕见。

4) 创新性提出了立体式生态海洋牧场概念，建立了人工鱼礁区生态流场仿真、礁体稳定性分析、礁区设计和生态化建设的成套技术体系，攻克了人工鱼礁选址、选型、布局、投放中水环境和工程安全关键技术难题。建设的海洋牧场区，生物量平均增加 2.4~4.2 倍，工程成本降低 50~60%。

成果入选美国《海岸和海洋工程手册》和《中国海岸工程进展》，在我国四大海区（东、南、黄、渤海）广泛应用，突破了在 20m 以深海域安全养殖的技术瓶颈，设施曾多次抵御 12 级以上台风。累计推广网箱 6000 多只，价格仅为国外同类产品的 30%，单箱载鱼量突破 6 吨。与近海养殖相比，极大地改善了水域水质，单位水体产量提高 136%，利润提高 204%。取得了重大的经济和生态效益。教育部组织鉴定认为“成果促进了我国海洋养殖设施装备的产业化进程，总体上达到国际领先水平”。

发表学术论文 336 篇，其中 SCI 论文 219 篇，国际水产工程领域最有影响期刊论文 11 篇，发明专利 31 项，软件著作权 4 项，制定标准与技术规范 35 项。成果先后获教育部科技进步一等奖、海洋工程科学技术一等奖，其他省部二等奖励 7 项。

客观评价:

### 1. 知识产权认定

本项目核心技术已授权国家发明专利 31 项, 软件著作权 4 项, 发表学术论文 336 篇, 其中 SCI 论文 219 篇, 形成拥有自主知识产权的技术系统。

### 2. 成果鉴定和查新意见

(1) 《离岸养殖新型结构关键技术研究及应用》成果 2014 年鉴定意见: 教育部组织以谢世楞院士为组长的专家组对本成果进行了鉴定, 认为“本课题针对离岸养殖新型结构设计、制造及使用的技术难题, 系统深入地对离岸网箱、筏式结构以及人工鱼礁的动力特性开展了研究, 取得了大量创新性研究成果……, 促进了我国海洋养殖设施装备的产业化进程, …… , 该项成果具有很强的系统性、创新性和实用性, 开发的软件具有自主知识产权, 总体上达到国际领先水平”。

(2) 国家科技支撑计划项目《离岸抗风浪金属网箱高效养殖技术集成与示范》成果鉴定意见: 项目自主研发了抗风浪金属网箱并实现了国产化生产。生产期间抵御过 10 级台风, 可适用于离岸半开阔海域或开阔海域使用。项目成果已在辽宁等地推广应用, 与近海传统网箱养殖相比, 单位水体产量提高 136%。项目成果总体技术达到国际先进水平。

(3) 《离岸抗风浪网箱水动力特性与安全评估关键技术研究及应用》成果 2015 年查新结论: 经对所查密切相关文献的分析与对比, 除本课题组发表文献外, 未见其它波浪和水流作用下网衣物理模型相似准则研究的相关文献报道; 除本课题组发表文献外, 未见其它网箱浮架系统在波浪作用下的受力-运动-弹性变形耦合计算研究的相关文献报道; 除本课题组发表文献外, 未见多体组合式网箱在波流作用下的数值模拟研究的相关文献报道。

### 3. 科技获奖评价

项目获教育部高等学校科学研究优秀成果奖 2016 年科技进步一等奖、2015 年海洋工程科学技术一等奖、其他省部二等奖 7 项, 包括: 2009 年教育部自然科学二等奖、2006 年教育部科技进步二等奖, 2007 年教育部自然科学二等奖、2013 和 2011 年海洋工程科学技术奖二等奖, 2016 年辽宁省科技进步二等奖、2006 年浙江省科技进步二等奖。

### 4. 技术标准

网箱设计核心技术理论纳入了美国《海岸和海洋工程手册》和《中国海岸工程进展》。主持起草了大连市农业(渔业)技术规范《金属框架网箱养鱼技术规程》、辽宁省海洋与渔业地方标准《离岸抗风浪金属网箱》、中国水产行业标准《海水重力式网箱设计技术规范》(征求意见阶段)等相关标准 35 项。第三完成人赵云鹏和第五完成人刘圣聪当选全国和辽宁省水产标准委员会委员。

### 5. 同行专家评价

(1) 挪威、美国、中国“三国”院士、海洋工程著名学者 O.M.Faltinsen 教授认为: 课题组开发的网箱数学模型具有相当好的计算精度, 同时可实现不规则波浪和网箱内外流场的模拟计算; (见附件 9—学术评价); (2) 台湾成功大学校长、海岸工程领域著

名学者**黄煌辉教授**认为：本项目建立的数学模型能够很好地模拟网箱结构在波、流联合作用下的动力响应，是网箱养殖设施设计的重要基础；（见附件 10—学术评价）；（3）**美国 UNH 大学海洋工程专家 Igor 教授**认为：大连理工大学开发的网箱计算分析软件（DUT-FlexSim）的相关计算结果，精确于 UNH 大学自主开发的网箱计算分析商业软件 Aqua-Fe（目前世界上应用最广的网箱模拟商业软件），并就两个软件的相互比较问题联合发表学术论文；（4）**土耳其著名力学专家 Tufekci 教授**认为：课题组开展的浮架结构水弹性研究对于网箱结构的设计至关重要；（5）**澳大利亚塔斯马尼亚大学，渔业工程专家 C.Balash 教授**认为：本项目对波浪作用下网衣结构的惯性力和拖曳力进行了分析，探明了 KC 数对惯性力和拖曳力系数的影响规律。

## 6. 行业影响

主持承担了我国首个网箱国家“863”项目、设施渔业领域首个国家自然科学基金重点项目。组建了我国唯一的“国家海洋设施养殖工程技术研究中心”。组建了我国最大的国家级农业综合标准化深水网箱养殖示范区。

第一完成人董国海教授作为中国唯一代表在亚太海岸工程（APAC-2011）国际会议上作“中国离岸网箱工程进展”大会报告；第三完成人赵云鹏教授担任水产工程领域最高影响学术期刊 Aquacultural Engineering 的编委；赵云鹏教授担任美国农业局（USDA）网箱项目评审专家；赵云鹏教授和李玉成教授入选 Elsevier 发布的中国高被引学者榜单（海洋工程领域全国仅 9 人）；特邀组织编写我国第一部“离岸养殖设施水动力研究”SCI 专刊；“深水重力式网箱水动力特性数值模拟研究”获 2009 年全国百篇优秀博士学位论文提名奖。

## 7. 用户单位和社会评价

人民日报、科技日报、中国海洋报等国家级平面媒体，央视《来自深海的蓝色革命》、中央 2 台《生财有道》、中央 7 台《科技苑》、《致富经》、《乡土》等栏目的央视媒体，以及日本 NHK 新闻台等国外媒体，均对本项目离岸抗风浪网箱的推广和应用进行了报道和评价。特别是中共浙江省委习近平书记、原中共浙江省委张德江书记对项目组在深海网箱研究和产业化过程中的贡献给予大力肯定。

国际铜业协会负责人接受中国网记者采访时表示，由本项目组研发的铜合金网衣网箱作为网箱工程新型设施装备的主要代表产品，更高效、更健康、更环保，开启了网箱养殖的新时代。多家应用企业评价认为：自主生产的网箱又一次经受住了 12 级以上台风的考验，多次证明了其抗风浪性能的优越性。

推广应用情况：

项目研究成果目前在我国四大海区（东、南、黄、渤海）的离岸养殖区均得到广泛应用。主体技术与成果形成于 2003 年，并逐步得到推广应用。研发和推广方形网箱、矩形网箱、鲆鲽网箱、鲍鱼网箱、海参网箱、组合式网箱、镀锌铝合金网衣、铜合金网衣、超高分子纤维复合式网衣，以及浮动饵料平台、海上工作监测房、自动投饵平台、T 型锚泊系统等共计 14 种新型装备设施，建立了全国最大的离岸深水网箱养殖示范区。项目以市场为导向，产学研紧密结合，迅速在全国沿海推广应用，并出口到智利、刚果、日本、菲律宾、马来西亚以及俄罗斯等国家。据测算，项目累计研制和推广离岸网箱 6000 余只，为 30 余家行业企业开展网箱结构设计优化和工程安全评估 2700 余次，节省建造成本 4000 余万元。设施使用过程中多次成功抵御 12 级以上台风，保障了 20.83 亿元鱼类的海上安全。项目技术服务和产品最远已在南沙群岛海域得以应用（位于南沙美济礁附近，见应用证明），开创了离岸网箱技术在我国南部深远海的应用，同时具有特殊战略作用。项目拓展了养殖空间、促进了网箱养殖转型升级、改善了近海养殖环境，实现了新型离岸网箱养殖的规模化、集约化和产业化，取得了显著的社会、经济、生态效益。

主要知识产权证明目录：

七、主要知识产权证明目录（不超过 10 件）

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	发明专利有效状态
授权发明专利	一种养殖网箱动态响应三维物理模拟测量装置的测量方法	中国	ZL 201110316856.6	2013-11-06	1299518	大连理工大学	赵云鹏、董国海、李玉成	有效
授权发明专利	一种柔性网衣对水流影响的三维数值模拟方法	中国	ZL 201110209064.9	2013-04-17	1176993	大连理工大学	赵云鹏、董国海、毕春伟	有效
授权发明专利	一种柔性网衣对波浪传播影响的模拟方法	中国	ZL 201310130029.7	2015-12-23	1889243	大连理工大学	赵云鹏、毕春伟、董国海	有效

实用新型专利	编制养殖用网箱网衣的金属丝	中国	ZL 200820219629.5	2009-09-02	1276626	大连天正实业有限公司	孟雪松、刘进京、张青、刘忠强、刘圣聪	有效
实用新型专利	金属管制养殖网箱	中国	ZL 2008200126622.6	2009-02-04	1172264	大连天正实业有限公司	孟雪松、刘文强、刘圣聪、邹国华	有效
软件著作权	DUT 网箱运动图像分析软件 V1.0	中国	2013SR010060	2013-01-02	0615822	大连理工大学	赵云鹏,董国海	
软件著作权	DUT 网箱框架结构动力模拟与安全分析软件 V1.1	中国	2015SR010222	2014-09-20	0897304	大连理工大学	赵云鹏,白晓东	
软件著作权	DUT 养殖网箱内外流场分布模拟软件 V1.0	中国	2015SR013515	2014-12-01	0900597	大连理工大学	赵云鹏,毕春伟	
软件著作权	DUT 网箱结构水动力数值模拟软件 V1.1	中国	2015SR010229	2014-08-25	0897311	大连理工大学	赵云鹏,许条建	

主要完成人情况:

1. 董国海, 排名 1, 国家重点实验室主任, 教授, 工作单位: 大连理工大学, 完成单位: 大连理工大学, 是该项目总负责人, 对创新点 1、2、3、4 均有重要贡献, 具体负责海洋养殖工程装备抗风浪和制造技术总体方案设计、组织管理和协调, 负责“柔性+大变形”结构水弹性方法研究, 提出了网箱浮架水弹性分析理论、网箱水动力模拟技术理论。负责研制了抗风浪网箱负责设计软件平台。

2. 桂福坤, 排名 2, 教授, 工作单位: 浙江海洋大学, 完成单位: 浙江海洋大学, 是该项目主要负责人之一, 对创新点 1、2、3、4 均有重要贡献, 具体负责海洋养殖工程装备制造和标准化技术总体方案、组织管理和协调, 负责新型网箱的研制工作和传统 HDPE 网箱结构的优化升级, 提出了网箱设计理论方法、基于 CCD 的网箱运动跟踪测量技术。

3. 赵云鹏, 排名 3, 教授, 工作单位: 大连理工大学, 完成单位: 大连理工大学, 是

该项目主要负责人之一，对创新点 1、2、4 均有重要贡献，具体负责海洋养殖工程装备水动力特性的总体技术研究方案和组织管理，提出了网箱水动力数值仿真方法研究，提出了人工鱼礁水动力数值计算方法、网衣系统流固耦合计算方法。负责研制了网箱计算机辅助设计软件平台。

4. 宁德志，排名 4，教授，工作单位：大连理工大学，完成单位：大连理工大学，是该项目主要负责人之一，对创新点 1、2、3 均有重要贡献，具体负责了网箱平台结构的安全评估理论分析方法，提出了海洋工程结构动力响应快速计算方法和结构疲劳分析方法。

5. 刘圣聪，排名 5，高级工程师，工作单位：大连天正实业有限公司，完成单位：大连天正实业有限公司，是该项目主要负责人之一，对创新点 2 和 3 均有重要贡献，具体负责海洋养殖工程结构的标准化建设和应用示范工作，组建了网箱海上示范基地，提出了金属网箱结构、金属网衣的研制、网箱养殖相关标准。

6. 李玉成，排名 6，教授，工作单位：大连理工大学，完成单位：大连理工大学，是该项目主要负责人之一，对创新点 1、2、3、4 均有重要贡献，具体负责网箱的选型和水动力理论研究，提出了新的网具水动力物理模型试验相似新准则，提出的网箱水动力成果纳入了美国《海岸和海洋工程手册》。

7. 陈昌平，排名 7，教授，工作单位：大连海洋大学，完成单位：大连海洋大学，是该项目主要参加人，对创新点 1、2、3 均有重要贡献，具体负责海洋养殖工程结构锚泊系统的设计和优化研究工作，提出了网箱网格格式锚碇系统的受力分析方法。

8. 朱爱意，排名 8，研究员，工作单位：浙江海洋大学，完成单位：浙江海洋大学，是该项目主要参加人，对创新点 1、2、3 均有重要贡献，具体负责网箱在我国东海区的应用和推广工作，研制了适合东海区海域养殖的多种新型网箱结构并实现推广示范。

9. 崔勇，排名 9，助理研究员，工作单位：中国水产科学研究院 黄海水产研究所，完成单位：中国水产科学研究院 黄海水产研究所，是该项目主要参加人，对创新点 1 和 4 均有重要贡献，具体研制了网箱在波浪作用下动力响应的数值仿真方法，提出了鲆鲽网箱结构模型和水动力分析方法。

10. 李娇，排名 10，助理研究员，工作单位：中国水产科学研究院 黄海水产研究所，完成单位：中国水产科学研究院 黄海水产研究所，是该项目主要参加人，对创新点 4 有重要贡献，具体负责人工鱼礁水动力和生态效果研究，提出了人工鱼礁生态效应营造方法和理论，设计多种新型人工鱼礁并应用示范。

11. 郑艳娜，排名 11，副教授，工作单位：大连海洋大学，完成单位：大连海洋大学，是该项目主要参加人，对创新点 1、2、3 均有重要贡献，具体负责网箱浮架和养殖用浮式消浪系统的研究和开发。

12. 吕林，排名 12，副教授，工作单位：大连理工大学，完成单位：大连理工大学，是该项目主要参加人，对创新点 1、2、3 均有重要贡献，具体负责浮式结构共振响应、波浪抨击荷载的计算和分析。

13. 勾莹，排名 13，副教授，工作单位：大连理工大学，完成单位：大连理工大学，是该项目主要参加人，对创新点 1、2、3 均有重要贡献，具体负责浮式结构的三维运动响应数值模拟。

14. 许条建，排名 14，讲师，工作单位：大连理工大学，完成单位：大连理工大学，是该项目主要参加人，对创新点 1、2、3 均有重要贡献，具体负责网箱组群结构水动力特性的数值模拟和模型试验研究。

15. 毕春伟，排名 15，讲师，工作单位：大连理工大学，完成单位：大连理工大学，是该项目主要参加人，对创新点 1、2、3 均有重要贡献，具体负责养植物和网衣生物附着对网箱水动力特性影响的分析方法。

## 主要完成单位及创新推广贡献:

### 1. 大连理工大学

先后承担完成了国家自然科学基金重点项目、国家 863 计划、国家科技支撑计划项目等 20 余项课题。组织开展了离岸抗风浪网箱和人工鱼礁水动力特性研究、离岸养殖设施结构优化、新型离岸养殖设施的研制和推广、配套装备开发及技术集成应用等研究。发表学术论文 200 余篇、获国家发明专利 4 项、软件著作权 4 项、完成英文学术专著 5 章。形成了我国离岸养殖设施结构水动力学与安全评估的理论与技术体系。是我国最早进行离岸网箱研发单位之一。网箱和人工鱼礁水动力学理论研究和相关技术属国际领先。完成了离岸抗风浪网箱设计理论、海洋养殖工程装备安全评估技术理论、人工鱼礁水动力分析和稳定性构建等工作。在水动力研究方面首次提出了网箱水动力物理模型相似新准则、网衣流固耦合数值模拟方法、浮架水弹性计算方法、网箱组群结构水动力分析方法，解决了网箱水动力特性全时域数值模拟的问题；首次研制养殖网箱水动力辅助设计分析软件；首次实现了人工鱼礁群体水动力特性的数值模拟，解决了人工鱼礁的力学和结构稳定性分析的难题。

### 2. 浙江海洋大学

是我国最早进行离岸网箱研发单位之一。组织建设了国家海洋设施养殖工程技术研究中心。主持了国家 863 计划“深海抗风浪网箱的研制”、“深海抗风浪网箱的研制与养殖示范”、“新型离岸深水网箱成套装备及养殖技术”、国家支撑计划“东海区浅海健康高效养殖技术开发与示范”以及国家自然科学基金“柔性渔用网衣在波浪中的水动力特性研究”、“海水养殖生态系统的能值评估”等课题。研制了多种新型离岸网箱装备，并使网箱养殖实现了规模化、集约化和产业化，取得了显著的社会、经济、生态效益，产业前景广阔。

### 3. 中国水产科学研究院 黄海水产研究所

是我国最早进行离岸网箱和人工鱼礁研发单位之一。先后承担完成了“十一五”国家科技支撑计划、863 计划、现代农业产业技术体系、山东省科技计划等 5 项课题。开展了人工鱼礁工程技术研究和新型礁体结构开发。组织开展了网箱设施优化、新型网箱研制、配套装备开发、养殖模式构建及技术集成应用等研究。在离岸网箱和人工鱼礁相关研究中获国家发明专利 6 项；发表论文 10 余篇。依托本单位，建立 4 家离岸抗风浪网箱设施与装备制造基地和 6 个高效养殖示范基地，在推广应用新型离岸网箱，开展人工鱼礁增殖和示范带动产业发展中发挥了重要的作用，为推动我国离岸养殖产业发展做出重要贡献。

### 4. 大连天正实业有限公司

公司参与承担“十一五”国家科技支撑计划课题，进行“离岸抗风浪金属网箱高效养殖技术集成与示范”开发研究。利用本项目技术突破技术壁垒，实现金属网箱的国产化生产，成为国内唯一能够生产各种型号金属网箱的企业，并具有自主知识产权，使离岸网箱的生产成本得到大幅度降低。公司在河豚鱼养殖网箱、配套养殖设施、苗种培育、高效养殖模式和病害防控等方面开展了卓有成效的工作。目前，公司海上网箱养殖场的抗风浪金属网箱总数已发展到 700 只，成为辽宁省乃至我国北方规模最大的离岸抗风浪金属网箱养殖基地。在离岸网箱相关研究中授权专利 2 项，制定辽宁省地方标准 3 项，为积极发展生态型离岸深水网箱养殖产业做出了积极的贡献。

### 5 大连海洋大学

从 1999 年开始参与本项目的研发工作，提出了网箱浮架结构动力响应仿真分析方法。参与提出了离岸养殖用板网式浮式防波堤结构水动力特性数值仿真方法。提出了网箱群组结构锚泊布置方法。参与提出了组合式网箱水动力特性分析方法。发表学术论文 5 篇，提高了网箱养殖设施结构研究的理论水平，促进了我国离岸网箱养殖产业的发展。



完成人合作关系说明：

课题完成单位共有 5 家，包括：大连理工大学、浙江海洋大学、中国水产科学研究院黄海水产研究所、大连天正实业有限公司和大连海洋大学。

大连理工大学与浙江海洋大学、中国水产科学研究院黄海水产研究所、大连天正实业有限公司、大连海洋大学从 2001 年起就开始了紧密的研发与合作。共同承担的课题主要包括：国家自然科学基金重点项目“海洋灾害环境下离岸养殖设施的动力特性”（编号：51239002），国家 863 计划项目“深水养殖网箱的研制”（编号：2001AA623010、2003AA623010），国家 863 计划项目“新型离岸深水网箱成套装备及养殖技术”（编号：2006AA100301），国家科技支撑计划项目“东海区重要渔业资源调查及名优水产增养殖的关键技术研究及示范”（编号 No.2007BAD43B00），国家科技支撑计划项目“东海区浅海健康高效养殖技术开发与示范”（编号 No.2007BAD43B07），以及辽宁省科技项目、国家重点实验室自主项目等课题。

项目完成人董国海、赵云鹏、刘圣聪、李玉成、陈昌平、郑艳娜、许条建、毕春伟、崔勇、李娇共同获得了 2016 年教育部科技进步一等奖。

项目完成人董国海、桂福坤、赵云鹏、刘圣聪、李玉成、陈昌平、郑艳娜共同获得了 2006 年教育部科技进步二等奖。

项目完成人董国海、宁德志、吕林、勾莹共同获得了 2007 年自然科学二等奖。