**提名2019年度国家科学技术奖项目**

**项目名称：“海翼”水下滑翔机关键技术与应用**

**一、提名意见**

|  |
| --- |
| 提名意见：  水下滑翔机是实现中小尺度实时精细观测，增强实时海洋信息保障能力的重要技术装备。该项目在国内技术空白基础上，通过十五年的基础研究、技术攻关，解决了大深度轻质耐压结构、深海环境密度自适应、高效能源利用、精确观测控制等核心技术问题，研制出了完全自主知识产权的“海翼”系列水下滑翔机，实现大深度、长航程、精细自主海洋观测能力，打破国际技术封锁与禁运，使我国成为目前国际上唯一具备7000米深度连续自主观测能力的国家。  主要技术发明点：（1）提出了基于碳纤维复合材料的深海轻质耐压结构设计方法及其成型工艺，实现了7000米大深度下潜能力。（2）提出了基于高可压缩液体的自适应节能浮力补偿技术，实现系统对深海环境密度的自适应。（3）提出基于代理模型的水下滑翔机外形优化方法和基于能耗最优的水下滑翔机运动参数优化方法，实现4个多月、3000多公里长续航观测能力。（4）提出了基于等效滑翔运动模型的深平均流估计与预测方法，实现观测路径精确跟踪控制。  该项目研制的“海翼”系列水下滑翔机已成功执行了多次海洋科考航次任务，已累计海上观测天数超过1700天、观测距离超过40000公里，获得了26000多条剖面数据，创造了水下滑翔机最大下潜深度、最远航程、最长作业时间等多项国际、国内新纪录，首次揭示了海洋中尺度涡旋、西太平洋黑潮水体、白令海陆坡流区、南海西边界流等精细结构，显著提升了我国海洋环境实时立体观测能力。  经审核，项目提名材料真实有效，相关栏目符合填写要求，公示期间无异议。  提名该项目为国家技术发明奖二等奖。 |

**二、项目简介**

水下滑翔机是一项将对海洋观测技术产生颠覆性影响的深水海洋高技术，与新一代信息技术相结合可实现海洋信息的智能感知，是当前国际海洋观测技术领域的研究和发展热点。“海翼”水下滑翔机是在国家 863 计划“水下滑翔机测量系统”项目等多个国家级项目支持下，突破核心关键技术，研发出具有自主知识产权的“海翼”系列水下滑翔机，打破国际技术封锁，使我国水下滑翔机总体水平跻身国际先进行列，部分指标达到国际领先水平，为支撑国家海洋强国建设提供重要海洋信息保障技术基础。本项目取得的主要技术发明包括：

一、提出了基于碳纤维复合材料的轻质深海耐压结构技术方案和基于微型高压泵的高压高效深海浮力调节及控制技术，显著降低了水下滑翔机载体重量，实现了大深度下潜能力。

二、提出了基于代理模型的水下滑翔机外形优化方法，获得水下滑翔机低阻外形，发明了一种基于能耗最优的水下滑翔机运动参数优化方法，优化了水下滑翔机的系统能耗特征和运动性能，提升了水下滑翔机续航能力。

三、提出了一种基于简化运动模型的水下滑翔机深平均流估计与预测方法，及基于深平均流的水下滑翔机观测路径精确跟踪控制方法，实现了水下滑翔机观测路径的精确跟踪。

四、提出了一种模块化的水下滑翔机总体技术方案，实现功能和载荷的可扩展性，发明了滑翔机专用姿态角与航向角控制机构，实现水下滑翔机姿态角和航向角的精确控制，发明了一种小型可靠的熔断式抛载方法及控制装置，增强了水下滑翔机遇到突发情况的安全性。项目研制的“海翼”系列水下滑翔机已成功执行了多次海洋科考航次任务，获得了大量珍贵的海洋环境精细观测数据，并首次揭示了海洋中尺度涡旋三维精细结构，创造了水下滑翔机最大下潜深度、最远航程、最长作业时间等多项国际、国内新纪录，显著提升了我国海洋环境实时立体观测能力，产生重大经济和社会效益，具有重要的应用价值和市场前景。 “‘海翼’号深海滑翔机完成深海观测” “入选”了习近平主席 2018 年新年贺词。 “国产水下滑翔机下潜 6329米刷新世界纪录”入选两院院士评选的 2017 年中国十大科技进展。

项目共获授权发明专利 10 件，授权实用新型 10 件，软件著作权 1 项，发表论文 55 篇。项目近三年创造经济效益 20955 万元。

**三、客观评价**

1、 、“ 自主水下滑翔测量系统” 科技查新报告，教育部科技查新工作站(L03) ，

201536000L030011

查新点为：1、“提出了能耗最优的水下滑翔机运动参数（包括滑翔角度、滑翔深度、滑翔速度）优化方法”；2、“研制了将转向舵与稳定翼相融合的适用于水下滑翔机的航向控制装置”；3、“研制了双向液压泵驱动排油式水下机器人浮力调节装置，实现水下滑翔机在不同深度下的浮力调节”；4、“研制了可应用于水下滑翔机的熔断抛载机构及其控制装置”。

结论如下：除该项目委托人发表的文献外，该项目完成的以上述查新点 1-4为主要技术特征的“自主水下滑翔测量系统”，未见比项目委托人更早提出全面完整的文献报道。

2 、国家 863 计划项目验收专家组验收意见

“水下滑翔机测量系统”（2006AA09Z157）项目完成了合同中规定的任务，达到了合同规定的考核目标和技术指标。项目研制了水下滑翔机测量系统样机，在总体集成技术、低功耗控制技术、载体优化与建模、动态环境测量技术等方面取得了创新成果，所研发的水下滑翔测量系统具有自主知识产权。验收专家组一致同意通过项目验收。

3 、水下滑翔机获得多项行业重要奖励“国产水下滑翔机下潜 6329 米刷新世界纪录”入选两院院士评选的2017 年中国十大科技进展新闻“国产水下滑翔机下潜 6329 米刷新世界纪录”入选 2017 年度中国十大海洋科技进展“‘海翼’水下滑翔机取得重大技术突破和应用成果”入选 2017 年度中国海洋与湖沼十大科技进展“海翼”水下滑翔机研究团队获 2017 年度中国自动化领域年度团队

4 、国家机器人检测与评定中心检测报告

**四、推广应用情况、经济效益和社会效益**

1 1 ． 应用情况

目前已经研制和生产了 50 多台水下滑翔机（如图 1 所示），并已经交付用户开展海上观测应用。水下滑翔机先后在南海、东海和西北太平洋、印度洋开展了试验性应用，海上累计工作天数超过 900 天，累计航程超过 20000 公里， 累积获得剖面数超过 9000 个。项目相关技术成果在中国科学院沈阳自动化研究所后续多个项目中得到推广应用，创造直接效益 20955 万元。水下滑翔机已经在我国海洋科学研究中发挥重要作业，首次获得了包括东海黑潮断面、南海中尺度涡旋断面、南海西边界流断面等珍贵的高分辨率观测数据，并已经发表了多篇高质量科学研究论文，对我国海洋安全、海洋环境和海洋渔业产生了重要影响和价值，创造可观的间接经济效益。

2 2 ． 应用效果

本项目成果已经为我国海洋科学研究发挥了作用，产生重要科学应用价值和社会效益。2014 年“海翼”水下滑翔机观测发现了南海混合层变冷受控于海表潜热通量和上层混合过程对低温水团的夹带。 2015 年“海翼”水下滑翔机观测发现南海北部一个反气旋式涡旋是黑潮入侵南海生成的涡旋向西传递。2015年 3 月“海翼”水下滑翔机在南海西沙附近对一个气旋式涡旋进行了观测，准确揭示了中尺度涡水文和生物地球化学参数的空间分布。2017 年 3 月，“海翼”水下滑翔机连续三次下潜深度超过 6000 米，最大下潜深度 6329 米，打破了此前由美国保持的水下滑翔机最大下潜深度世界纪录。2017 年 8 月，12 台“海翼”水下滑翔机群累计航行 7891 公里、航行天数 340 多天，共获得了 3720 个不同深度剖面的观测数据，创造了我国水下滑翔机最大规模集群组网观测应用新纪录，实现了观测能力从线到面的跨越。2017 年 10 月，一台“海翼”水下滑翔机连续航行 91 天，航行距离 1884 公里，获得了 488 个剖面观测数据，创造了我国水下滑翔机海上连续工作时间最长、航行最远、剖面数最多的新纪录，一举让中国成为全球第二个具有跨季度的自主移动海洋观测能力的国家。

美国《新闻周刊》、《国家利益》、CNBC、澳大利亚 News 等多家国际主流媒体也对“海翼”水下滑翔机的研究成果给予肯定和关注，纷纷转载报道，产生重要国际影响。美国《新闻周刊》认为，“海翼 7000”深潜成功无疑是一项突破。为海洋工程和科学做出了巨大贡献，同时也反映了中国创造的力量正在崛起。**五、主要知识产权证明目录（不超过10件）**



**六、主要完成人情况表**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 俞建成 | 排 名 | | 1 |
| 行政职务 | 研究室主任 | 技术职称 | 研究员 | |
| 工作单位 | 中国科学院沈阳自动化研究所 | | | |
| 完成单位 | 中国科学院沈阳自动化研究所 | | | |
| 对本项目技术创造性贡献：  “海翼”水下滑翔机项目的第一完成人，对核心技术的创新点 1、 3、 4、 5 做出了创造性贡献。提出了模块化水下滑翔机总体技术方案；提出了一种基于能耗最优的水下滑翔机运动参数优化方法；发明了一种熔断式抛载方法及控制装置。  证明：（1）发明专利： ZL201010573970.2、 ZL200710157714.3、 ZL200610046471.1 | | | | |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 金文明 | 排 名 | | 2 |
| 行政职务 | 无 | 技术职称 | 副研究员 | |
| 工作单位 | 中国科学院沈阳自动化研究所 | | | |
| 完成单位 | 中国科学院沈阳自动化研究所 | | | |
| 对本项目技术创造性贡献：  主要参加人员。对核心技术创新点 1、 2、 6 做出了创新性贡献。  证明：发明专利 ZL200910220204.5、 ZL200910220203.0、 ZL201010566735.2、ZL200910219614.8 | | | | |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 黄琰 | 排 名 | | 3 |
| 行政职务 | 无 | 技术职称 | 副研究员 | |
| 工作单位 | 中国科学院沈阳自动化研究所 | | | |
| 完成单位 | 中国科学院沈阳自动化研究所 | | | |
| 对本项目技术创造性贡献：  主要参加人员。对核心技术创新点 1 做出了创新性贡献。  证明：专利 ZL20132078483；文章“基于改进 Xm odem 协议的水下滑翔机通信系统设计” | | | | |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 李硕 | 排 名 | | 4 |
| 行政职务 | 副所长 | 技术职称 | 研究员 | |
| 工作单位 | 中国科学院沈阳自动化研究所 | | | |
| 完成单位 | 中国科学院沈阳自动化研究所 | | | |
| 对本项目技术创造性贡献：  主要参加人员。对核心技术创新点 1 做出了创新性贡献。证明：发明专利 ZL20061004647 | | | | |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 罗业腾 | 排 名 | | 5 |
| 行政职务 | 无 | 技术职称 | 助理研究员 | |
| 工作单位 | 中国科学院沈阳自动化研究所 | | | |
| 完成单位 | 中国科学院沈阳自动化研究所 | | | |
| 对本项目技术创造性贡献：  “海翼”水下滑翔机项目软件研发负责人。完成上位机控制软件，实现观测任务无人值守、多设备联合监控、基于海图的轨迹展示、数据可靠性传输等功能。设计并实现水下滑翔机专用数据库，分别在沈阳、三亚和青岛搭建规划中心、监控中心和数据中心。支撑“海翼”水下滑翔机的实际海上应用。 | | | | |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 谭智铎 | 排 名 | | 6 |
| 行政职务 | 无 | 技术职称 | 助理研究员 | |
| 工作单位 | 中国科学院沈阳自动化研究所 | | | |
| 完成单位 | 中国科学院沈阳自动化研究所 | | | |
| 对本项目技术创造性贡献：  负责“海翼”水下滑翔机结构设计，大深度轻质内压结构和小型高压浮力调节装置主要完成人。证明：文章“D evelopm ent and Experim ents of the Sea-W ing7000 U nderwater G lider” | | | | |

## 七、完成人合作关系说明

完成人俞建成、金文明、黄琰、李硕、罗业腾、谭智铎均为中国科学院沈阳自动化研究所研究人员，是“海翼”水下滑翔机研究团队核心成员，已进行了长期合作。俞建成为项目负责人，是“海翼”水下滑翔机总设计师，是本项目ZL20061004647等10余项专利的主要发明人，是本项目多篇论文的主要作者。金文明是本项目“海翼”水下滑翔机机械分系统负责人，负责“海翼”水下滑翔机机械分系统的设计、关键技术攻关与验证、系统集成与联合调试，是ZL20091022020 等4项专利的主要发明人。黄琰是本项目“海翼”水下滑翔机控制分系统负责人，负责“海翼”水下滑翔机控制系统技术方案与设计实施，是本项目多篇论文的主要作者。李硕负责“海翼”水下滑翔机研制过程的协调与沟通，同时参与“海翼”水下滑翔机控制系统的研制，是本项目ZL20061004647专利的主要发明人。罗业腾是本项目“海翼”水下滑翔机软件系统负责人，负责“海翼”水下滑翔机软件设计与开发，是本项目多篇论文的合作者。谭智铎是本项目“海翼”水下滑翔机载体结构发明主要参加人，负责“海翼”水下滑翔机部分结构设计与开发，是本项目多篇论文的合作者。

## 完成人合作关系情况汇总表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 合作方式 | 合作者/  项目排名 | 合作时间 | 合作成果 | 证明材料 |
| 1 | 共同  知识  产权 | 俞建成/1，  李硕/4 | 2007.01-  2017.12 | 一种依靠浮力驱动滑行的水下机器人  （ZL 20061004647） | 附 件  1.1.1 |
| 2 | 共同  知识  产权 | 俞建成/1，  金文明/2 | 2007.01-  2017.12 | 一种水下机器人用双向排油式浮力调节装置  （ZL20091022020） | 附 件  1.1.2 |
| 3 | 共同  知识  产权 | 黄琰/1，俞  建成/2，金  文明/3 | 2011.01-  2017.12 | 基于改进 Xmodem 协议的水下滑翔机通信系统设计. 传感器与微系统 | 附 件  2.11 |
| 4 | 共同  知识  产权 | 俞建成/1，金文明/2，谭智铎/3，黄琰/4，罗  业腾/5 | 2007.01-  2017.12 | Development and Experiments of the Sea-Wing7000 Underwater Glider | 附 件  2.13 |