

2022 年度自然资源科学技术奖提名项目公示

项目名称	群体感应信号介导的赤潮微生态学机制与藻类快检技术
推荐单位	深圳市海洋学会
完成单位	清华大学深圳国际研究生院，哈尔滨工业大学（威海），浙江大学
完成人	周进，陈国福，蔡中华，佟蒙蒙，张春云，晋慧，应珂臻

成果基本情况：

作为一种典型的海洋生态灾害-赤潮，理解其发生机理和生态过程一直是政府、公众和学界共同关心的议题。面对赤潮灾害的肆虐，人们对其进行了大量的研究，主要集中在其发生机制，预警技术和防控措施。然而，考虑到生态系统的复杂性和生物-环境的多变性，赤潮的研究和治理依然存在一些疑惑，最突出的体现在三个方面：发生机理，快速识别和脂溶性毒素的检测。这些核心内容的认识，能帮助我们进一步洞悉赤潮的本质。开发针对性的预警与防控技术，帮助海洋防灾减灾。为此，本项目聚焦于以上三点，完成了如下内容：1) 从微生物群体感应信号（quorum sensing, QS）的视角揭示了赤潮的爆发机制，为认识赤潮的发生机理提供了新的思路。2) 建立了多种有害藻类的高通量分子快检技术，为我国海洋环境有害微藻的监测提供便利工具。3) 开发了可快速定量检测脂溶性藻毒素的方法。构建了固相吸附毒素跟踪（SPATT）技术，实现了对脂溶性贝类毒素的精准检测，可用于对藻毒素进行监测和预警，并对赤潮灾害的次生危害做出应急响应。项目共发表论文 88 篇，其中 SCI 收录 58 篇；授权国家发明专利 18 项，实用新型 1 项；第三方评价 5 份。此外，项目构建的群感效应方法和高通量微藻识别技术在深圳、山东、上海和天津的养殖企业和环保企业进行了应用示范，获得了较好的经济效益或社会效益。项目成果有望维护海湾的生态健康，推动海洋环境科学的技术进步，确保海洋经济对 GDP 的高贡献率；同时也可服务于海洋管理部门，为防灾减灾提供科技支撑。

推荐意见：

作为一种典型的海洋生态灾害-赤潮，理解其发生机理和生态过程一直是研究者们努力的目标。该项工作主要集中在赤潮的发生机理，快速识别和脂溶性毒素的检测。取得了三个方面的主要成果：从微生物群体感应信号（QS）的视角揭示了赤潮的爆发机制；建立了多种有害藻类的高通量分子快检技术；开发了可快速定量检测脂溶性藻毒素的方法。这些核心内容的认识，能帮助我们进一步洞悉赤潮的本质，开发针对性的预警与防控技术，帮助海洋防灾减灾。项目共完成国家级-省级-市级项目 9 项，其中国家自然科学基金 5 项，发表论文 88 篇，SCI 收录 58 篇，获得授权专利 19 项，用户体验报告 5 份，知识产权转化 1 项，科技成果评价总体结论为：整体国际先进，部分国际领先，取得明显的经济效益或社会效益，对推动海洋科学技术进步有积极作用。

申报材料属实，合作单位无排名争议，我单位积极推荐申报二等奖。

成果简介：

在赤潮成因的认识上，从群体感应信号角度解读了藻菌关系及微生物行为对藻类生消的介导作用，项目揭示了藻华过程中微生物的动力学变化特征，丰富了藻华微生物学机制；开发的改性粘土与抑藻菌株耦合抑藻的方法，能有效延长藻类的控制时间，有效避免效果的反弹。在赤潮机理的认识上共发表论文 53 篇，申报发明专利 12 项：(希万氏菌的筛选及其在抑藻上的应用 ZL201310075585.3；一种奇异变形杆菌及其在微生物被膜抑制和减毒中的应用 ZL2014102911899.1；一种交替单胞菌及其在抑制赤潮上的应用 ZL201210075599.6；阴沟肠杆菌及其用途 ZL201400085290.1；检测样品中 N-酰基-高丝氨酸内酯类群体感应信号分子的方法 ZL201610309598.1；根瘤菌及其用途 ZL201610920840.9；戈登氏菌及其用途，ZL201610831096.5；一种用于海洋微小生物监测的远心照明和摄像系统，ZL201610109858.0 促进冈比亚藻生长、光合作用及分泌雪卡毒素的微生物、方法及试剂盒 201610697617.2；微生物被膜抑制剂的筛选及其用途，ZL201610697617.2；以及水质监测系统 ZL201510382973.2)。获得的专利技术可服务于海洋管理部门，为防灾减灾提供科技支撑。项目形成的赤潮防控潜力也有望协助我省海湾的生态健康，维护海洋经济。

在有害藻类的快检技术上，开发了 5 种高通量的常见赤潮藻的快速识别技术，建立的现场及高通量检测技术具有特异性强、灵敏度高、简单快速等特点，可克服传统赤潮藻检测技术经验依赖度高、准确性差的缺点，可用于赤潮的早期预警和海洋环境有害微藻的日常监控，因此对于减少赤潮造成的生态危害、海洋食品污染及水产养殖经济损失具有重大意义。项目共发表论文 19 篇，申报发明专利 5 项（一种简易、快速、灵敏的东海原甲藻现场检测试剂

盒 ZL201310010931.5 ;一种可同时检测多种赤潮藻的膜分类芯片的制备与应用方法 ZL201310022457.8 ;一种可高通量检测东海原甲藻自然水样的试剂盒 ZL201310011623.4 ;一种可简易检测自然水样中多种赤潮 ZL201310022461.4 ;基于超分枝滚环扩增标记的海洋产毒微藻检测试剂盒及检测方法 ZL201810004077.4)。获得的成果可更有效服务于海洋管理,为防灾减灾提供科技支撑。社会效益体现在促进海湾生态的有效保护与健康开发,维护海洋经济对 GDP 的贡献率。

项目执行期内共形成用户第三方使用评价 5 份,涵盖环保公司、生物企业和养殖企业;体现了项目的社会价值和生态效应。其中就申报的溶藻菌专利(阴沟肠杆菌 *Enterobacter cloacae*)进行了野外应用,该菌于 2016 年 3 月 11 日保藏于中国微生物菌种保藏管理委员会普通微生物中心,保藏编号为 CGMCC12206。在处理含有赤潮藻的水样以及抑制赤潮藻生长中具有显著的作用。该菌于 2014-2015 年在深圳市品态生物科技有限公司进行第三方验证,取得了很好的效果。项目执行期实现科技成果转化一项,经中弘耀资产评估(北京)有限公司进行了专利市场价值的验资评估,出具了专业报告(中弘耀评报字[2019]第 HY123001 号),对专利技术的社会价值和经济价值有了清晰的定位。详见附件材料。此外,项目共培养海洋类人才 50 余名,参加学术会议 30 于次,形成专著 4 部【《海藻生物技术》,总字数 20 万,海洋出版社,2015;《海洋科学百科全书》第二版,总字数 60 万,上海交通大学出版社,2016 年 9 月。《医学实验室原理与操作技术》,科学出版社,2018 年 6 月。《Implication of quorum sensing systems in biofilm formation and virulence》Springer,2018 年 12 月出版】。总体结果在公共领域上,获得了一种赤潮防控的微生物机制与方法,能够研发出环境友好型方法来治理污染,达到防灾减灾的目的。

客观评价:

聚焦于微生物行为及其调节过程能为认识赤潮的生消机制提供新的线索,获得一些原创性的理论成果,突破以往思维的局限,从微生态学角度认识赤潮的形成机制,在学术前沿上具有明显的先进性和重要的科学价值。针对藻类检测试业务化复杂的特点,建立了多种膜基分类芯片技术,这些方法具有高特异性、高灵敏度、检测快速和实用性等优点,既可用于实验室单种分析,又可用于现场高通量检测,可为我国海洋环境有害微藻的监测提供便利工具。此外,针对藻类毒素建立了固相毒素吸附跟踪技术(SPATT),替代了传统的吸附监测,可用于早期毒素预警与防范,确保养殖生物安全和食品安全。上述成果不仅仅体现在学术论文和知识产权,也进行了企业应用和市场转化,具有很好的应用性和落地的价值。

主要知识产权和标准规范等目录

知识产权(标准)类别	知识产权(标准)具体名称	国家(地区)	授权号(标准编号)	授权(标准发布)日期	证书编号(标准批准发布部门)	权利人(标准起草单位)	发明人(标准起草人)	发明专利(标准)有效状态
发明专利	耐压希万氏菌的筛选及其在抑藻上的应用	中国	ZL2012105 96277.6	2012.10.05	国家知识产权局	清华大学深圳国际研究生院	周进,银鹏	已授权、有效中
发明专利	检测样品中 N-酰基-高丝氨酸内酯群感信号分子的方法	中国	ZL2016103 09598.1	2016.10.30	国家知识产权局	清华大学深圳国际研究生院	周进,蔡中华,马志平	已授权、有效中
发明专利	根瘤菌及用途	中国	ZL2016109 20840.9	2016.10.09	国家知识产权局	清华大学深圳国际研究生院	周进,蔡中华,常虹	已授权、有效中
发明专利	促进冈比亚藻生长、光合作用及分泌雪卡毒素的微生物、方法及试剂盒	中国	ZL2016106 97617.2	2016.10.29	国家知识产权局	清华大学深圳国际研究生院	周进,蔡中华,王博,姚蜜蜜	已授权、有效中
发明专利	阴沟肠杆菌及其用途	中国	ZL2016103 08236.0	2016.10.18	国家知识产权局	清华大学深圳国际研究生院	周进	已授权、有效中
发明专利	微生物被膜抑制剂的筛选及其用途	中国	ZL2016106 97617.2	2016.10.25	国家知识产权局	清华大学深圳国际研究生院	周进,蔡中华,常虹,劳永民,晋慧,陈璐	已授权、有效中

发明专利	一种交替单胞菌及其在抑制赤潮上的应用	中国	ZL201210075599.6	2012.10.09	国家知识产权局	清华大学深圳国际研究生院	蔡中华,周进,詹五根,陈璐	已授权、有效中
发明专利	一种奇异变形杆菌在微生物被膜抑制和减毒中的应用	中国	ZL201210403221.4	2012.10.04	国家知识产权局	清华大学深圳国际研究生院	蔡中华,余时琛,陈璐,常虹,朱小山,周进	已授权、有效中
发明专利	水质检测系统	中国	ZL201510382973.0	2015.09.08	国家知识产权局	清华大学深圳国际研究生院	蔡中华,朱伟胜,毛盾,毛乐山	已授权、有效中
发明专利	促进冈比亚藻生长、光合作用及分泌雪卡毒素的微生物、方法与试剂盒	中国	ZL201610920840.9	2016.08.25	国家知识产权局	清华大学深圳国际研究生院	蔡中华,周进,王博,兰霞,劳永民,晋慧,姚蜜蜜	已授权、有效中
发明专利	戈登氏菌及其用途	中国	ZL201610831096.5	2016.04.06	国家知识产权局	清华大学深圳国际研究生院	蔡中华,劳永民,周进,张怀瑾,晋慧	已授权、有效中
发明专利	一种用于海洋微小生物监测的远心照明和摄像系统	中国	ZL201610109858.0	2017.05.09	国家知识产权局	清华大学深圳国际研究生院	程雪岷,毕洪生,何永红,蔡中华,林家用	已授权、有效中
发明专利	基于超分枝滚环扩增标记的海洋产毒微藻检测试剂盒及检测方法	中国	ZL201810004077.4	2018.03.09	国家知识产权局	哈尔滨工业大学(威海)	陈国福,张春云,王媛媛	已授权、有效中
发明专利	一种可简易检测自然水样中多种赤潮藻的试剂盒	中国	ZL201310022461.4.	2013.12.29	国家知识产权局	哈尔滨工业大学(威海)	张春云,陈国福,马超帅	已授权、有效中
发明专利	一种可同时检测多种赤潮藻的膜分类芯片的制备与应用方法	中国	ZL201310022457.8	2013.10.22	国家知识产权局	哈尔滨工业大学(威海)	陈国福,张春云,刘洋	已授权、有效中
发明专利	一种简易、快速、灵敏的东海原甲藻现场检测试剂盒	中国	ZL201310010931.5	2013.08.07	国家知识产权局	哈尔滨工业大学(威海)	陈国福,张春云	已授权、有效中
发明专利	一种可高通量检测东海原甲藻自然水样的试剂盒	中国	ZL201310011623.4	2013.06.08	国家知识产权局	哈尔滨工业大学(威海)	陈国福,张春云	已授权、有效中
发明专利	大孔吸附树脂中贝类毒素的解析装置及其方法	中国	ZL201610030278.2	2016.05.23	国家知识产权局	浙江大学	佟蒙蒙,梁佩佩	已授权、有效中
实用新型	一种用于水体有机污染物的被动吸附采用装置	中国	201521068047.8	2015.04.06	国家知识产权局	浙江大学	佟蒙蒙,梁佩佩,华晨枫,申屠溢醇,黄瑞宝	已授权、有效中