

**成果名称：**南黄海绿潮发生机制与源头防控技术体系

**提名等级：**科技进步奖一等奖

**主要完成人：**何培民、蒋晓山、张建恒、刘材材、王华、赵升、刘涛、纪焕红、蔡春尔、秦玉涛、徐军田、温若冰、刘金林、吴海龙、赵爽

**主要完成单位：**上海海洋大学、国家海洋局东海环境监测中心，国家海洋局东海预报中心、江苏海洋大学、国家海洋局北海环境监测中心、中国海洋大学

### **成果简介：**

绿潮是重大海洋生态灾害之一，2008年青岛奥帆赛海域绿潮暴发震惊世界。近16年来，黄海绿潮连续大规模暴发，山东及江苏近海每年损失10-20亿元，严重破坏近海生态环境，严重威胁近海生态安全。面对绿潮暴发源头不明与治理难等瓶颈，项目组历经16年协同攻关，攻克了南黄海绿潮发生机制及绿潮高效防控关键技术，防控成效显著。

#### **1. 揭示了南黄海绿潮发生机制**

首次通过种间杂交技术将黄海绿潮优势种命名为浒苔青岛亚种（*Ulva prolifera* subsp. *Qingdaoensis*），发现了浒苔快速营养繁殖及单性生殖方式加速生物量激增是绿潮爆发性生长的主要原因，且暴发规模与漂移过程中适宜环境和持续时间密切相关；首次证明浒苔蛋白核具有CCM功能，且漂浮浒苔能利用空气CO<sub>2</sub>进行光合作用，发现浒苔可高效利用水体硝酸氮、铵氮和尿素等多种氮源机制，综合揭示了浒苔绿潮暴发生物生态学机制；

建立浒苔类绿藻分子鉴定技术，首次发现南黄海绿潮暴发早期4个绿潮藻种存在种群演替规律及浒苔生态亚型演变现象，通过浒苔全基因组与转录组分析，解析了暴发种浒苔抗高光强和抗高温双重特性，揭示了浒苔能够大规模暴发并成为单一优势种分子生态学机制，奠定了黄海绿潮防控理论基础。

#### **2. 查明了南黄海绿潮主要源头**

最早发现南黄海漂浮浒苔长距离漂移机制，聚集绿潮斑块可保护水下悬挂藻丝避免强光和高温伤害，在南风作用下持续向北漂移；建立了基于船舶监测南黄海绿潮最早零星漂浮和聚集漂浮精准预测和监测技术，连续15年在第一时间监测确定了南黄海绿潮发生源头海区，为防控赢得了宝贵时间。

采用海区现场系统监测及浒苔分子鉴定技术跟踪溯源，进一步确认南黄海紫菜养殖筏架固着浒苔是绿潮暴发的主要原始种源，解决了绿潮源头不明的难题。

#### **3. 创建了南黄海绿潮源头防控体系**

首次将黄海绿潮暴发全周期划分为准备期、快速生长期、平稳期、衰亡期等4个阶段，首次创建了黄海绿潮浒苔活力评价体系，最早阐明浒苔带状漂浮聚集斑块形成机制，最早发现射阳-滨海近岸涡旋流及往复流是南黄海漂浮浒苔聚散

地，且源源不断向外输送具有最强活力的漂浮浒苔，并发现江苏滨海-日照区域是绿潮漂浮浒苔“快速生长期”区域，绿潮面积日增长率最高可达38-51%。

创建了南黄海绿潮源头固着浒苔清除、防止浒苔固着、海区零星与带状漂浮浒苔精准预测及拦截等防控关键技术，为黄海绿潮源头与早期防控提供了技术支持。提出了源头防控建议均被自然资源部采纳。其中，2022年采用源头防控极大减少了黄海绿潮暴发规模，为历年绿潮暴发最小面积，有效控制了绿潮大暴发。

#### 4. 项目研究成果达到国际领先水平

连续16年为国家进行南黄海绿潮暴发监测，绿潮源头防控技术得到大面积应用推广，绿潮防控效果显著，为海洋重大生态灾害防控治理提供了示范效应。项目授权国家专利24项（发明专利12项）、软件著作权2项，出版7部专著，发表论文138篇（SCI论文58篇），项目南黄海绿潮早期发生机制与防控技术体系研发与应用总体达到国际领先水平。

### 主要知识产权目录：

#### 1. 知识产权情况：

国别	知识产权类别	授权号	名称	发明人
中国	授权发明专利	ZL201510028240.7	一种快速鉴定绿潮浒苔类藻类的方法	徐文婷；何培民；黄希文；张建恒；霍元子；兰兆辉；黄艳；孙溢华；杨亚云；韩红宾.
中国	授权发明专利	ZL201310424955.5	一种紫菜养殖过程中的绿藻的清除方法	于克锋；朱莹；华梁；张林慧；张建恒；李少香；郭子叶；何培民.
中国	授权发明专利	ZL201911061295.2	一种浒苔中硝酸盐转运蛋白体及其编码基因	刘涛；金月梅.
中国	授权发明专利	ZL201911067268.6	一种海洋藻类培养装置及其应用	刘涛；金月梅.
中国	授权发明专利	ZL201310596624.X	一种草酸青霉菌FH6菌株酶解浒苔的应用方法	费岚；邵飞；胡乐琴；何培民；贾睿.

中国	授权发明专利	ZL201710274108.3	一种利用凝胶电泳鉴别绿潮浒苔属藻类的方法	张建恒; 王诗颖; 何培民; 王艺; 霍元子; 于克锋.
中国	授权实用新型专利	ZL201420455851.0	一种绿潮浮筒实验装置	韩红宾; 韦章良; 何培民; 杨亚云; 于克锋; 吴海龙.
中国	授权实用新型专利	ZL201420796848.5	一种紫菜网帘绿藻去除装置	韩红宾; 于克锋; 赵明林; 丁平真; 陶燕东; 王淑贤; 刘媛媛; 何培民.
中国	授权实用新型专利	ZL202120428683.6	一种可测量漂浮绿潮厚度的装置	赵升; 韩龙江; 周瑞佳; 李继业; 杜小媛; 徐东会; 王泰森.
中国	授权实用新型专利	ZL201420666407.3	一种浒苔微观繁殖体培养器	徐文婷; 黄艳; 韩军军; 何培民.

## 2. 发表论文著作情况:

序号	论文著作	通讯作者	引用次数
1	何培民, 张建恒, 霍元子, 等. 中国绿潮[M]. 北京: 科学出版社, 2019.	/	2
2	Huo YZ, Zhang JH, Chen LP, Yu KF, Chen QF, He Q, He PM. Green algae blooms caused by <i>Ulva prolifera</i> in the southern Yellow Sea: Identification of the original bloom location and evaluation of biological processes occurring during the early northward floating period[J]. <i>Limnology and Oceanography</i> , 2013, 58:2206-2218.	何培民 张建恒	84

3	Cui JJ, Zhang JH, Huo YZ, Zhou LJ, Wu Q, Chen LP, Yu KF, He PM. Adaptability of free-floating green tide algae in the Yellow Sea to variable temperature and light intensity[J]. Marine Pollution Bulletin, 2015, 101:660-666.	何培民	70
4	Wang SY, Huo YZ, Zhang JH, Cui JJ, Wang Y, Yang LL, Zhou QY, Lu YW, Yu KF, He PM. Variations of dominant free-floating Ulva species in the source area for the worlds largest macroalgal blooms, China Differences of ecological tolerance[J]. Harmful Algae, 2018, 74: 58-66.	何培民 张建恒	29
5	Cui JJ, Shi JT, Zhang JH, Wang LT. Fan SY, Xu ZY, Huo YZ, Zhou QY, Lu YW, He PM. Rapid expansion of Ulva blooms in the Yellow Sea, China through sexual reproduction and vegetative growth[J]. Marine Pollution Bulletin, 2018, 130: 223-228.	何培民 张建恒	28
6	Zhao XH, Cui JJ, Zhang JH, Shi JT, Kang XY, Liu JL, Wen QL, He PM. Reproductive strategy of the floating alga Ulva prolifera in blooms in the Yellow Sea based on a combination of zoid and chromosome analysis[J]. Marine Pollution Bulletin, 2019, 146: 584-590.	何培民 张建恒	17
7	Liu JL, Tong YC, Xia J, Sun YQ, Zhao XH, Sun JY, Zhao S, Zhuang MM, Zhang JH, He PM. Ulva macroalgae within local aquaculture ponds along the estuary of Dagu River, Jiaozhou Bay, Qingdao[J]. Marine Pollution Bulletin, 2022, 174: 113243.	刘金林 赵爽 张建恒 何培民	19
8	Gao G, Zhong ZH, Zhou XH, Xu JT. Changes in morphological plasticity of Ulva prolifera under different environmental conditions: A laboratory experiment[J]. Harmful Algae, 2016, 59:51-58.	徐军田	74
9	Gao G, Beardall J, Bao ML, Wang C, Ren WW, XuJT. Ocean acidification and nutrient limitation synergistically reduce growth and photosynthetic performances of a green tide	徐军田	35

	alga <i>Ulva linza</i> [J]. <i>Biogeosciences</i> , 2018, 15:3409-3420.		
10	Liu JL, Xia J, Zhuang MM, Zhang JH, Yu KF, Zhao S, Sun YQ, Tong YC, Xia LH, Qin YT, He PM, Liu W, Dai WP, Xu H. Controlling the source of green tides in the Yellow Sea: NaClO treatment of <i>Ulva</i> attached on <i>Pyropia</i> aquaculture rafts[J]. <i>Aquaculture</i> , 2021, 535: 736378.	何培民 张建恒	24