

# 湖南省大学生研究性学习和创新性实验计划

## 项 目 申 报 表

项目名称:太阳能浮游式微纳磁捕除藻装置的研制				
学校名称	水利工程学院			
学生姓名	学 号	专 业	性 别	入 学 年 份
张羽涵	201613040104	给排水科学与工程	女	2016
邓 芸	201613040107	给排水科学与工程	女	2016
王正博	201613040103	给排水科学与工程	女	2016
杨正卿	201613040124	给排水科学与工程	男	2016
姚嘉伟	201713040113	给排水科学与工程	男	2017
指导教师 1	雷超	职称	讲师	
指导教师 2	万俊力	职称	讲师	
项目所属一级学科	土木工程	项目科类(理科/文科)		理科
学生曾经参与科研的情况 无				

指导教师承担科研课题情况

## 雷 超

1. 主持国家自然科学基金项目（51509021），在研；
2. 主持湖南省教育厅科学研究项目一般项目（14C0045），已结题；
3. 近五年以第一作者发表 SCI 一篇、CSCD 一篇。

## 万俊力

1. 主持湖南省教育厅科学研究项目一般项目（17C0055），在研；
2. 主持湖南省水沙科学与水灾害防治湖南省重点实验室项目（2011SS06），已结题；
3. 参与国家自然科学基金项目（51309032、51509021），在研；
4. 近五年以第一作者发表 SCI 两篇、CSCD 三篇。

项目研究和实验的目的、内容和要解决的主要问题

### 1、研究目的

拟采用太阳能供电控制微纳磁捕除藻装置用于治理水体表层水华，同时控制装置浮游于水体表面，达到大面积高效地除藻抑藻、修复水环境系统的目的。

### 2、研究内容

（1）基于铁锰氧化物的微纳磁捕除藻技术的原理分析

- 1) 微观分析铁锰氧化物处理后藻细胞的活性、形态及结构变化；
- 2) 对能有效“捕获”或“束缚”失活藻细胞的磁性微粒进行表征分析。
- 3) 初步揭示磁性铁锰氧化物微纳颗粒捕获藻细胞的控制机理。

（2）微纳磁捕除藻技术的效能研究

1) 选择不同藻类进行微纳磁捕除藻技术的去除效果评价实验分析，研究锰铁氧化物去除藻细胞的投加方式，探讨微纳磁性颗粒直接作用和药剂投加在线生成微纳磁捕颗粒对代表性藻细胞的去除效能；

- 2) 考察微纳磁性颗粒的重复利用次数，分析其再生利用的可行性；

3) 分析微纳磁捕除藻技术去除藻细胞的主要影响因素, 确定微纳磁捕除藻系统的最佳工艺参数。

### (3) 太阳能浮游式微纳磁捕除藻小试装置的设计与制作

1) 设计确定太阳能浮游式微纳磁捕除藻小试装置的结构与尺寸, 该装置拟将太阳能转化为电能驱动电磁装置与游动装置, 实现装置能源自给;

2) 借助风能无需动力并附加电动机驱动螺旋桨, 实现装置自动浮游, 同时优化装置外形设计, 以降低游动阻力并有利于装置漂浮于水面上;

3) 实现太阳能发电装置与蓄电池输入端电连接, 拟将微纳磁捕除藻系统设置在浮游装置底部并实现与蓄电池输出端电连接。

## 3、要解决的主要问题

(1) 研究微纳磁捕除藻技术对不同藻类的去除效果, 分析藻类初始浓度、药剂投加量、磁场作用水深等对除藻效能的影响, 得出最佳运行参数;

(2) 确定所需电量和吃水深度, 将太阳能发电装置、微纳磁捕除藻系统和浮游装置集成优化, 研制小试实验装置。

### 国内外研究现状和发展动态

水体富营养化及其防治是当今世界普遍关注的热点与难点问题, 其带来的直接危害就是藻类水华的产生, 会对水生动物的正常生长繁殖产生不利影响。藻类在代谢过程中或藻体破裂后会释放藻毒素, 目前已研究证实的毒藻种有铜绿微囊藻、鱼腥藻、颤藻等, 其中最易形成水华、影响范围最广、毒性最强的是蓝藻门藻类<sup>[1]</sup>。段玮娟<sup>[2]</sup>研究表明湘江长沙段水源水高藻期以硅藻、绿藻和隐藻为主, 所占藻类总数量的比例为 90.3% 左右。1990 年以来太湖几乎年年出现蓝藻暴发, 水体异常腥臭, 导致无锡市和昆山市自来水厂 85% 的供水量受到威胁<sup>[3,4]</sup>。针对当前普遍性的富营养化问题, 控制有害藻类的生长繁殖, 成为水环境治理急需解决的首要问题。

现有除藻方法包括化学除藻法、生物除藻法、物理除藻法等<sup>[1,2,5-8]</sup>。化学除藻法是利用化学药剂来对藻类进行杀除, 其特点是工艺简单、操作方便及效果明显, 然而伴随着化学除藻剂的使用, 除藻剂本身对水体带来的污染以及除藻过程中可

能导致的藻毒素大量产生和释放，从而可能对水环境造成二次污染。生物除藻法是利用培育的生物或培养、接种的物的生命活动，对水中污染物进行转化、降解及转移，从而使水体环境健康得到恢复的一种方法。生物除藻法是一种环境友好除藻方法，不会造成二次污染，但其整个系统容易受到外界环境的影响和人为的破坏，同时有可能造成物种入侵。物理除藻包括微滤机法、气浮法、直接过滤法、大梯度磁滤器法和活性炭吸附法等。物理除藻法不会造成二次污染和物种入侵，但存在技术成本高、操作环境差、除藻效率低等问题。上述处理方法各有利弊，有必要对现有方法进行联合使用并加以改进优化。

通常对水生态系统和人类健康生活造成严重危害的有毒蓝绿藻水华暴发迅速，涉及水域面积广，需要高效的除藻抑藻技术进行控制。化学氧化除藻和超声除藻是近年来诸多除藻方法中短期内效果最好的热点技术，两类方法基于不同的原理灭活藻细胞从而控制藻类暴发，但藻类在凋亡的过程中会伴随有藻源性内毒素的释放，给水质安全和生态系统带来了巨大的威胁<sup>[8,9]</sup>。一方面，灭活富营养化水体藻类的技术应严格控制胞内藻毒素的释放程度<sup>[10]</sup>，另一方面，应对死亡藻细胞进行收集处理<sup>[11]</sup>。最新研究表明<sup>[7,10-12]</sup>利用磁分离技术能迅速捕获并从水中分离出藻细胞，同时将太阳能转化为电能储存于蓄电池中供浮游式除藻设备运行使用，可实现“零”运行成本。因此，如何在实际应用中将物理和化学除藻方法联合利用并加以改进，开发出节能、高效、低耗和适用面广的组合新工艺，是未来除藻技术的主要研究发展方向。

本项目将以基于铁锰氧化物的微纳磁捕除藻技术的原理分析和效能研究为基础，拟将太阳能发电装置、微纳磁捕除藻系统和浮游装置集成优化，明确组合小试装置的最佳工况参数，同时实现除藻、抑藻和藻水分离的功能。本项目的成功实施，将对水体藻污染治理具有重要的实际应用价值，并且太阳能浮游式微纳磁捕除藻小试装置将化学氧化除藻技术和藻细胞磁分离技术进行有效结合，能量自给，二次污染低，易于推广。

#### 参考文献：

[1] 谈伟强，孔赞，潘国强，王庆. 湖库富营养化生物控藻技术的研究进展[J]. 环境污染

及其防治, 2017, 4: 58-63.

[2] 段玮娟. 湘江流域饮用水源水藻类特征及除藻工艺的研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2012.

[3] 晁爱敏, 于海燕, 周胜利等. 南太湖富营养化调查及评价[J]. 环境污染与防治, 2017, 9: 971-975.

[4] 徐圃青, 王振, 余益军等. 夏季太湖蓝藻水华暴发与臭氧污染的关联性[J]. 中国环境监测, 2017, 4: 84-90.

[5] 简正, 吕锡武. 脉冲渠槽/氧化沟/人工湿地处理太湖富藻水研究[J]. 工业水处理, 2012, 32(11): 17-20.

[6] 延克军, 吴思聪, 甄树聪等. 交变电磁场强化混凝除藻的研究[J]. 硅酸盐通报, 2015, 34(4): 1155-1159.

[7] 王鑫, 王学江, 张晶, 赵建夫. 漂浮型光催化剂制备及其除藻性能初探[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2016, 9: 1424-1429.

[8] 卜令君, 周石庆, 施周等. 藻源性内毒素在铜绿微囊藻灭活过程中的释放[J]. 中国环境科学, 2017, 12: 4675-4680.

[9] 张咏雪. 超声灭活硅藻过程中藻类有机物对水质安全的影响研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2015.

[10] 韩洪晶, 杨元林. 绿色高效新型水处理剂高铁酸盐的性质及应用进展[J]. 化学工程师, 2016, 5: 46-49.

[11] 科技日报. 除藻除磷似“湖水透析机”中科院藻水磁分离工程每年控磷 500 吨[N]. 科技传播, 2010, 19: 14.

[12] 范功端, 陈薇, 苏昭越, 刘德明. 浮游式太阳能超声除藻装置的研制及应用[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(10): 46-49.

#### 本项目学生有关的研究积累和已取得的成绩

本项目小组已经查找并阅读了大量与本项目相关的文献资料, 对现有物化法藻类处理工艺进行了比较全面的了解, 制定了合理的项目实施方案。

本课题小组前期采用微纳磁性颗粒对含有小球藻的模拟废水进行了杯罐静态试验, 已经证实了微纳磁捕技术去除藻细胞的可行性。

### 项目的创新点和特色

本项目采用微纳磁捕除藻技术处理不同藻类，得到最佳运行参数，以达到抑制和灭活藻类同时保持藻细胞完整性的目的；将太阳能发电装置、微纳磁捕除藻系统和浮游装置集成优化，研制出太阳能浮游式微纳磁捕除藻小试装置。

### 项目的技术路线及预期成果

#### 1.技术路线

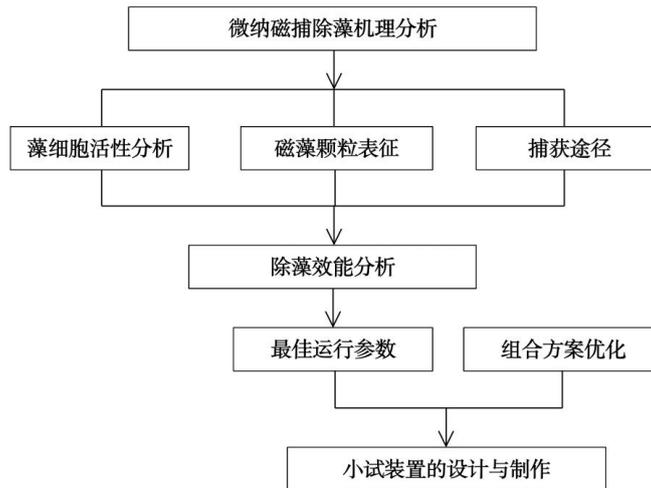


图 技术路线图

#### 2、预期成果

- (1) 实验得出微纳磁捕除藻的工艺参数，设计制作出太阳能浮游式微纳磁捕除藻小试装置；
- (2) 完成项目研究报告 1 份；
- (3) 正式发表相关学术研究论文 1 篇。

#### 年度目标和工作内容（分年度写）

##### 第一年度

**目标：** 进行微纳磁捕除藻技术的原理分析及其除藻的效能研究。

**内容：**

(1) 通过文献总结并结合现场调研，分析城市内湖泊和内河水环境富营养现状，确定高藻期水环境中的主要代表性藻种；

(2) 细化实验方案，熟悉实验所需仪器和设备的操作方法，通过静态实验方式，确定微纳磁捕除藻的有效参数范围，初步揭示除藻机理。

## **第二年度**

**目标：**根据微纳磁捕除藻的最佳工艺参数，设计制作出太阳能浮游式微纳磁捕除藻小试装置，实施完成项目计划。

### **内容：**

(1) 设计加工太阳能浮游式微纳磁捕除藻小试装置；

(2) 进行小试实验，考察微纳磁捕除藻技术的影响因素，得到相关技术成果；

(3) 分析处理实验数据、撰写论文、完成并呈交结题报告。

指导教师意见

签字：

日期：