

大学生创新训练项目申请书

项目编号 s201910536014

项目名称 长沙综合枢纽库区底栖动物生物扰动环境效应研究

项目负责人 牟志杰 联系电话 17307406635

所在学院 水利工程学院

学 号 201613040115 专业班级 给排水科学与工程 1601

指导教师 聂小保

E-mail 357590471@qq.com

申请日期 2019.5.6

起止年月 2019.5 至 2020.5

长沙理工大学

填 写 说 明

1、本申请书所列各项内容均须实事求是，认真填写，表达明确严谨，简明扼要

2、申请人可以是个人，也可为创新团队，首页只填负责人。“项目编号”一栏不填。

3、本申请书为大16开本（A4），左侧装订成册。可网上下载、自行复印或加页，但格式、内容、大小均须与原件一致。

4、负责人所在学院认真审核，经初评和答辩，签署意见后，将申请书（一式两份）报送××××大学项目管理办公室。

一、基本情况

项目名称	长沙综合枢纽库区底栖动物生物扰动环境效应研究						
所属学科	学科一级门:	工学			学科二级类:	水利类	
申请金额	20000 元		起止年月	2019 年 5 月至 2020 年 5 月			
负责人姓名	牟志杰	性别	男	民族	汉	出生年月	1997 年 2 月
学号	201613040115	联系电话	宅:		手机: 17307406635		
指导教师	聂小保	联系电话	宅:		手机: 13787126905		
负责人曾经参与科研的情况	<p>项目负责人在本科学习阶段, 有志于从事与本专业相关的科研活动, 积极参与指导教师承担的相关科研项目研究工作, 包括国家自然科学基金青年项目(51408068)“供水系统中蠕虫的强化氧化灭活机理及灭活效果”、湖南省自然科学基金项目(2016JJ3011)“长沙枢纽蓄水后库区水质演变机理研究”, 以及湖南省水利科技项目和“水沙科学与水灾害防治”湖南省重点实验室开放基金项目等。主要承担的工作包括文献收集整理、实验装置加工制作, 以及实验系统启动和维护、现场水样、泥样采集等。</p> <p>其中, 在国家自然科学基金青年项目(51408068)项目中, 承担了蠕虫放大培养实验工作, 采用湘江长沙段的底泥对颤蚓和仙女虫进行实验室的放大培养。掌握了颤蚓等底栖动物的生活习性和迁移运动规律。在“长沙枢纽蓄水后库区水质演变机理研究”项目的实施中, 对库区水环境污染进行了详细的现场调研, 包括库区水文水动力条件变化、上覆水水质变化、底泥特性变化, 以及底栖动物生物量和生物密度的分布特征等。2017 年度项目负责人还在互联网+比赛获院级二等奖。</p> <p>上述成果的取得, 既是对项目负责人前期科研活动的肯定, 更激励着负责人今后以更高热情投入到研究性学习和创新性实验活动中。</p>						

指导教师承担科研课题情况	<p>指导教师聂小保副教授主要研究方向为微污染源水处理和水环境修复。近年来主持完成国家自然科学基金青年项目 1 项：“供水系统中蠕虫的强化氧化灭活机理及灭活效果”（51408068）、湖南省重点研发计划项目 1 项：“洞庭湖区受污染内湖底泥环保疏浚关键技术研究”（2015SK20033）、“西北水资源与环境生态”教育部重点实验室开放课题 1 项：“底栖生物扰动下水源湖库沉积物中 Hg 甲基化过程及其影响因素研究”（14JS063）；参加湖南省自然科学基金青年项目 1 项：“长沙枢纽蓄水后库区水质演变机理研究”（2016JJ3011）。结合上述研究，在国内外核心期刊和国际学术会议上发表论文 30 余篇，其中 SCI/EI 检索 10 余篇；或省部级科技奖励 2 项；申报发明专利 7 项，授权 5 项。指导教师结合承担的科研项目研究，积极指导本科生开展相应的研究性学习和创新性实验，先后指导 2012、2014、2016 年度长沙理工大学“大学生创新性实验计划项目”各 1 项，其中 2014 年度申报项目“基于絮体“破碎-再絮凝”过程的污水厂强化化学除磷技术研究”还获批省级立项。2013 年度指导学生获得湖南省第十届“挑战杯”大学生课外科技作品竞赛 3 等奖 1 项。</p>				
指导教师对本项目的支持情况	<p>本申请项目是申请人在参加指导教师科研项目所取得的研究成果基础上形成和提出的，部分研究内容与指导教师承担的研究课题密切相关。指导教师将在研究经费、实验条件和研究思路与方案等方面对本项目进行支持。具体包括：在模拟装置搭建上给予一定经费支持；在测试分析条件上给予支持，指派硕士生对测试分析过程进行指导；对研究思路进行总体把关，对研究方案的细化和优化进行指导。</p>				
项目组主要成员	姓名	学号	专业班级	所在学院	项目中的分工
	陈任驰	201613040113	给排水 1601	水利工程学院	模拟装置搭建和运行
	汤佳欣	201613040127	给排水 1601	水利工程学院	底栖动物放大培养
	马睿	201713040119	给排水 1701	水利工程学院	样品测试分析
	邵洋	201713040202	给排水 1702	水利工程学院	资料收集，数据分析

二、 立项依据（可加页）

（一）项目简介

长沙综合枢纽蓄水通航后加大了库区底泥污染修复的难度。已有研究显示，底栖动物迁移运动引起的生物扰动效应有助于底泥污染修复。基于前期研究，本项目针对长沙综合枢纽径流式、槽蓄型特征，开展底栖动物生物扰动模拟实验，剖析生物扰动下长沙综合枢纽库区底泥营养盐交换和有机质矿化过程，探讨库区调度方案对底栖动物生物扰动效应的影响。研究成果可为采用底栖动物修复长沙综合枢纽库区底泥污染提供理论依据。

（二）研究目的

探明底栖动物生物扰动下长沙综合枢纽库区底泥营养盐交换和有机质矿化过程；揭示库区调度对底栖动物生物扰动效应的影响规律。

（三）研究内容

- （1）模拟底栖动物的迁移运动，分析有机质/营养盐在“底泥-间隙水-上覆水”间的分配和迁移，探明生物扰动作用下，底泥中营养盐的赋存形态转化过程和有机质的矿化途径，综合评价综合枢纽底栖动物生物扰动的环境效应。
- （2）模拟综合枢纽不同调度模式下的底栖动物迁移运动，分析调度模式对营养盐的吸附/解吸速率和有机质矿化速率的影响，研究调度方案对底栖动物生物扰动效应的影响。

（四）国、内外研究现状和发展动态

大型底栖无脊椎动物（体长大于 500 μm ，以下简称底栖动物）是常见底栖生物之一，特别在污染底泥中，由于对厌氧环境耐受性较强，往往是单一优势底栖生物。底栖动物摄食、爬行、建管、避敌、筑穴等迁移运动，会改变底泥初级结构，引起底泥物化特性变化，继而影响泥-水界面生物地球化学过程^[1]，这一系列过程称为生物扰动。其中，对底泥污染修复的积极效应表现在：提高泥-水界面溶解氧水平，抑制有机质、氨氮、铁锰等还原性污染物释放；加速间隙水与上覆水间物质交换，促进底泥微生物对污染物的分解、矿化和代谢；等等。

湘江长沙综合枢纽正常蓄水位 29.7m，形成了长约 135 km、连接长株潭 3 市的槽蓄型水库。尽管枢纽的建成运行对提升湘江航道标准和城市供水保证率效果显著，但对水生态环境的影响也是显而易见的。自长沙综合枢纽项目可行性论证以来，围绕枢纽是否会引发水生态水环境风险，就争议不断。其中，综合枢纽蓄水后库区内底泥污染的释放为焦点之一。考虑到底栖动物迁移运动的积极环境效应，如果能够在枢纽运行过程中，充分发挥底栖动物对底泥污染的生态修复作用，

这对于保障长沙综合枢纽水生态环境安全的重要性不言而喻。

国内外就海洋、河口、湖库、河流等水体开展过大量生物扰动研究^[2-5]。尽管上述水体生态系统存在差异,产生扰动的底栖动物种属也不尽相同,但生物扰动作用机制却基本一致:首先底栖动物在沉积物中产生大量迁移痕迹和过水通道,促进溶解态物质的交换和颗粒态物质的混合^[6];其次底栖动物钻行筑穴和摄食排泄,改变沉积物颗粒垂直分布和粒径分布,提高沉积物孔隙率,增强沉积物中的垂向传质过程^[7]。

目前关于底栖动物迁移运动的环境效应研究包括对底泥颗粒分布的影响^[8]、对营养盐迁移转化和有机质矿化的影响^[3,5,9-10]、对重金属钝化的影响^[4],以及对放射性污染物降解的影响^[6]等。对电站水库而言,营养盐迁移转化和有机质矿化尤为重要,这是因为电站水库消落带水位冬涨夏落,夏季温度较高,消落带水位降低,光线透过率提高,极易引起藻类爆发和富营养化。研究者也注意到环境条件对生物扰动的影响。国内 Wang 等^[4]与李大鹏和黄勇^[11]报道了风浪对生物扰动的影响,靳辉等^[12]报道了底栖藻对生物扰动的抑制作用;国外开展了沉积物厚度^[5]、铅污染^[13]和铀污染^[6]对寡毛类生物扰动的影响研究。

长沙综合枢纽属径流式、槽蓄型水库,库区水体总体为完全混合型,且完全分布在城市群之内,受到人类开发活动的强烈影响,这在全球范围内尚属首例。在此特殊环境下,底栖动物的生物扰动对底泥中有机质与营养盐的迁移转化的影响作用是否会与其他类型水体有明显区别?长沙综合枢纽蓄水通航后,水位发生显著变化,此时水位的波动和季节性变温耦合过程中对生物扰动效应又有什么影响?等等,这些都有待研究解决。

因此,尽管国内外关于底栖动物的生物扰动效应研究已非常丰富,但难以用来准确描述长沙综合枢纽底栖动物的生物扰动效应。针对长沙综合枢纽底栖动物生物扰动效应的系统研究,仍必不可少。

参考文献:

- [1] Aneiros F., Moreira J., Troncoso J.S. Temporal variation of polychaete assemblages and their bioturbation potential in subtidal sedimentary bottoms[J]. Journal of Sea Research, 2018, 142: 62-78.
- [2] Granberg M.E., Gunnarsson J.S., Hedman J.E., *et al.* Bioturbation-driven release of organic contaminants from Baltic Sea sediments mediated by the invading polychaete *Marenzelleria neglecta*[J]. Environmental Science & Technology, 2008, 42: 1058-1065.
- [3] 贾新苗, 李井懿, 杨宇, 等. 生物扰动作用对河口沉积物中荧蒽去除的影响[J]. 生态毒理学报, 2017, 12(3): 629-635.
- [4] Wang P.F., Yao Y., Wang C., *et al.* Impact of macrozoobenthic bioturbation and wind fluctuation interactions on net methylmercury in freshwater lakes[J]. Water Research, 2017, 124, 320-330.
- [5] Mermillod-Blondin F., Nogaro G., Gibert J., *et al.* Laboratory study highlights the key influences of stormwater

- sediment thickness and bioturbation by tubificid worms on dynamics of nutrients and pollutants in stormwater retention systems[J]. Chemosphere, 2008, 72: 213-223.
- [6] Lagauzère S., Boyer P., Stora G., *et al.* Effects of uranium-contaminated sediments on the bioturbation activity of *Chironomus riparius* larvae (Insecta, Diptera) and *Tubifex tubifex* worms (Annelida, Tubificidae)[J]. Chemosphere, 2009, 76: 324-334.
- [7] Nogaro G., Mermillod-Blondin F., Montuelle B., *et al.* Do tubificid worms influence organic matter processing and fate of pollutants in stormwater sediments deposited at the surface of infiltration systems[J] Chemosphere, 2007, 70: 315-328.
- [8] 孙刚, 房岩. 底栖动物的生物扰动效应[M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [9] Reible D.D., Popov V., Valsaraj K.T., *et al.* Contaminant fluxes from sediment due to tubificid oligochaete bioturbation[J]. Water Research, 1996, 30: 704-714.
- [10] 杨艳青, 刘凌, 陈沐松, 等. 摇蚊幼虫生物扰动对富营养化湖泊内源磷释放的影响[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2016, 44(6): 485-490.
- [11] 李大鹏, 黄勇. 风浪与底栖生物扰动对底泥内源磷释放的协同作用[J]. 中国给水排水, 2013, 29(4): 17-20.
- [12] 靳辉, 谷娇, 蔡永久, 等. 底栖藻对水丝蚓生物扰动效应的抑制研究[J]. 环境科学学报, 2017, 37(6): 2055-2060.
- [13] Blankson E.R., Deb Adhikary N.R., Klerks P.L. The effect of lead contamination on bioturbation by *Lumbriculus variegates* in a freshwater microcosm[J]. Chemosphere, 2017, 167: 19-27.

(五) 创新点与项目特色

在径流式、槽蓄型的城市群水库这一特殊环境中, 开展水库底栖动物生物扰动效应研究, 探讨枢纽调度运行对生物扰动效应的影响, 这是本项目的创新点, 也是特色所在。

(六) 技术路线、拟解决的问题及预期成果

(1) 研究方案

底栖动物生物扰动的环境效应研究主要通过模拟实验完成。环境效应主要通过考察生物扰动下, 有机质/营养盐在“底泥-间隙水-上覆水”间的分配和迁移来获得。

首先在等水位等温条件下, 开展底栖动物种群密度(含空白对照)对营养盐迁移转化和对有机质矿化过程影响的单因素实验, 综合底泥、间隙水和上覆水中营养盐和有机质的赋存情况, 获得种群密度与迁移转化率和矿化率之间的定量关系; 然后基于控温“淹水-落干”迁移运动实验, 模拟长沙综合枢纽不同调度运行方案下的水位与温度耦合变化过程, 深入剖析长沙综合枢纽调度运行方案对底栖动物生物扰动的环境效应。水位与温度的耦合方案参考历年来长沙综合枢纽的实测资料进行。

(2) 技术路线

具体研究技术路线见图 1。

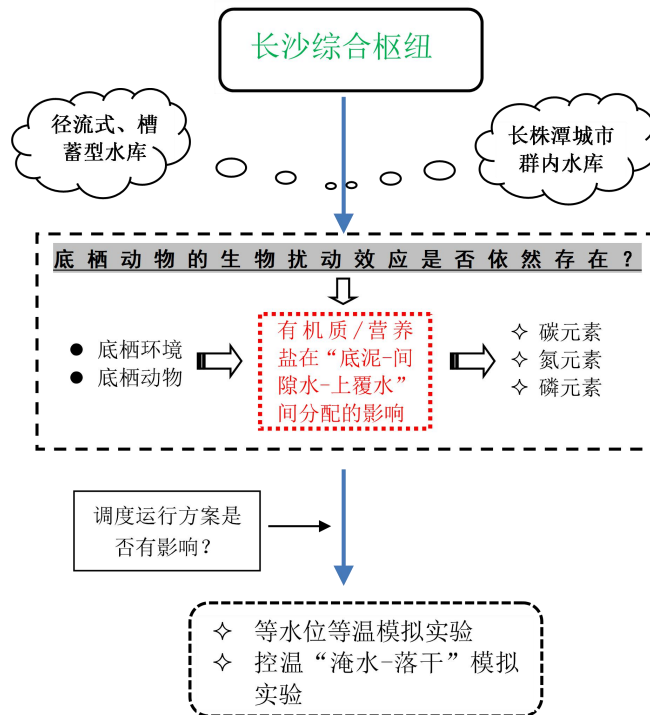


图 1 项目研究技术路线图

(3) 实验方案

① 模拟实验装置

模拟装置示意图见图 2。

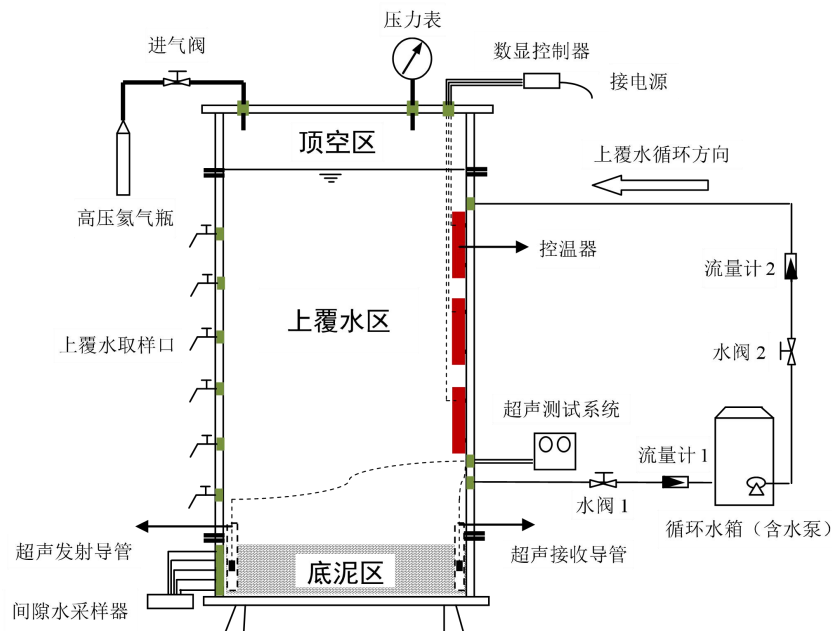


图 2 模拟实验装置示意图

装置主体采用直径为 100 cm 的有机玻璃柱，以便观察、取样和分析。装置自上至下由法兰连接依次分为顶空区、上覆水区和底泥区，各自高度分别为 30 cm、200 cm 和 30 cm（其中，底泥区投放底泥厚度为 25 cm，剩余 5 cm 投加上覆水，以便于装置拆卸后进行泥水微界面特性测试分析）。模拟装置所用上覆水和底栖动物均采自长沙综合枢纽主库区消落带，其中底栖动物为消落带的优势种属。配套装置包括温度控制系统、压力控制系统、上覆水与间隙水分层采集系统和上覆水循环系统。其中温度控制系统和压力控制系统联用可实现控温“淹水-落干”循环，用于模拟不同的枢纽调度运行方案。

②装置的运行

在底泥区柱段投加底泥和底栖动物后，预埋间隙水采样器，连接上覆水区柱段，投加上覆水，再连接顶空区柱段。

控温“淹水-落干”过程的模拟：通过控温器控制上覆水水温，模拟长沙综合枢纽库区季节性变温；通过调节上覆水深度模拟 200 cm 以下运行水位，200 cm 以上运行水位模拟则通过控制顶空区气压实现。由于模拟装置内实际水量与模拟水位对应水量间存在差异，可能扰动效应产生影响。为此，对上覆水进行循环，控制系统总水量（上覆水柱段与循环水箱内水量之和）为模拟水位下柱段内的理论水量。

等水位等温过程控制上覆水深为 200 cm，温度 20 °C。

③底栖动物迁移运动的环境效应分析

利用模拟装置的上覆水和间隙水采集系统，获得上覆水和间隙水；在装置运行结束后对底泥进行柱状采样。分析底泥、上覆水和间隙水中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、TN、有机磷 (Or-P)、可交换态磷 (Ex-P)、铝磷 (Al-P)、铁磷 (Fe-P) 和钙磷 (Ca-P) 的浓度，同时采用高效液相色谱-质谱联用技术 (HPLC-MS)，对样品中的有机质进行定性和定量分析。综合分析上述结果，探讨有机质/营养盐在“底泥-间隙水-上覆水”间的分配和迁移。

(4) 预期成果

在水库消落带底栖动物生物扰动环境效应方面撰写 1-2 篇学术论文；在底栖动物生物扰动模拟方面申报发明专利 1 项。

(七) 项目研究进度安排

本项目计划研究期限1年，即2019年05月—2020年05月。计划安排如下：

前半阶段：2019年05月-2019年11月

文献查阅，研究方案细化；模拟试验装置的设计、加工、安装和运行；开展底栖动物生物扰动的模拟实验；申报发明专利1项。

后半阶段：2019年12月-2020年05月

开展综合枢纽调度运行方案对生物扰动效应的影响研究；数据分析整理，撰写相关学术文章1-2篇；进行相关补充实验，总结课题，完成并提交结题报告。

（八）已有基础

（1）与本项目有关的研究积累和已取得的成绩

申请者在2018年度协助指导教师开展了“长沙枢纽蓄水后库区水质演变机理研究”项目研究。在工作过程中，申请者注意到长沙综合枢纽蓄水通航不但会对库区水质有影响，还可能对底栖动物的分布有显著影响，如申请者在三汊矶大桥断面底泥中检测到大量的环节动物门寡毛虫，而在库区以下湘江湘阴段，底栖动物则以摇蚊幼虫为主。

考虑到底栖动物的生物扰动对底泥污染修复治理具有一系列的积极效应，申请者思考，长沙综合枢纽蓄水通航后，底栖动物的生物扰动效应是否依然存在？如果存在，综合枢纽的调度运行方案又会对生物扰动效应造成什么样的影响？等等。在此背景下，经过指导老师的指导和项目组成员的反复研讨，形成了关于本项目研究的基本雏形。

（2）已具备的条件，尚缺少的条件及解决方法

项目依托单位长沙理工大学的“水沙科学与水灾害防治”实验中心和“洞庭湖水环境治理与生态修复”实验中心属湖南省重点实验室，拥有水分析化学实验室、环境化学实验室、环境微生物实验室等，而上述实验室在业务与学术管理上又隶属于本项目申请者所在的水利工程学院。实验室具备进行本项目研究所需的主要物理分析、化学分析和微生物分析条件，在学院领导的关怀和指导教师的支持下，经协调可用于本项目研究的主要仪器设备如下：

- ◇ DR5000 紫外可见分光光度计
- ◇ Virtis DB24D 冷冻干燥机
- ◇ LEICA CM1900 冷冻切片机
- ◇ STEPONE PLUS 96WELL 实时定量PCR 仪
- ◇ TSQ Quantum Ultra EMR 液相色谱质谱联用仪
- ◇ 3H-2000PM1 比表面积仪

◇ Mastersizer 3000 激光粒度分析仪

三、 经费预算

开支科目	预算经费 (元)	主要用途	阶段下达经费计划(元)	
			前半阶段	后半阶段
预算经费总额	20000			
1. 业务费	7000		3000	0
(1) 计算、分析、测试费	500	相关指标外委测试	500	0
(2) 能源动力费	0		0	0
(3) 会议、差旅费	2000	参加国内学术会议 1 人次	2000	0
(4) 文献检索费	500	报告查新 1 次	500	0
(5) 论文出版费	4000	出版 CSCD 核心论文 2 篇	0	4000
2. 仪器设备购置费	2000	移液枪 2 把	2000	0
3. 实验装置试制费	3000	模拟设备制作	3000	0
4. 材料费	8000	化学试剂、玻璃仪器等	4000	4000
学校批准经费	20000			

四、 指导教师意见

本项目选题具有较强理论和实际应用价值，研究目标明确，研究内容紧密围绕研究目标展开，所制定的研究方案详细具体、切实可行，项目特色和创新之处明显。作为项目指导教师，本人将在总体研究思路、具体研究条件等方面进行指导，并在研究经费方面给予支持。

同意指导。

导师（签章）：

年 月 日

五、 院系大学生创新创业训练计划专家组意见

推荐校级项目。

专家组组长（签章）：

年 月 日

六、学校大学生创新创业训练计划专家组意见

负责人（签章）：
年 月 日

六、大学生创新创业训练计划领导小组审批意见

负责人（签章）：
年 月 日