



申请代码	E0804
受理部门	
收件日期	
受理编号	5150081984



国家自然科学基金 申请书

(2015版)

资助类别: 青年科学基金项目

亚类说明:

附注说明:

项目名称: 南水北调中线调水对密云水库产嗅藻生长影响研究

申请 人: 苏命 电话: 01062849149

依托单位: 中国科学院生态环境研究中心

通讯地址: 北京市海淀区双清路18号生态环境研究中心环境技术楼313室

邮政编码: 100085 单位电话: 01062923597/62849178

电子邮箱: mingsu@rcees.ac.cn

申报日期: 2015年03月13日

国家自然科学基金委员会

基本信息

申请人信息	姓 名	苏命	性别	男	出生年月	1984年10月	民族	汉族	
	学 位	博士	职称	助理研究员	每年工作时间(月)	10			
	电 话	01062849149		电子邮箱	mingsu@rcees.ac.cn				
	传 真	01062923541		国别或地区	中国				
	个人通讯地址	北京市海淀区双清路18号生态环境研究中心环境技术楼313室							
	工作单位	中国科学院生态环境研究中心							
	主要研究领域	饮用水安全保障							
依托单位信息	名 称	中国科学院生态环境研究中心							
	联系人	罗莎	电子邮箱	std@rcees.ac.cn					
	电 话	01062923597/62849178	网站地址	www.rcees.ac.cn					
合作研究单位信息	单 位 名 称								
项目基本信息	项目名称	南水北调中线调水对密云水库产嗅藻生长影响研究							
	英文名称	Study on the effect of Central Route of South-to-North Water Diversion Project on the growth of odor-producing algae in Miyun Reservoir							
	资助类别	青年科学基金项目			亚类说明				
	附注说明								
	申请代码	E0804			E090301				
	基地类别								
	研究期限	2016年01月 -- 2018年12月			研究方向: 水源水污染控制				
	申请经费	30.0000万元							
中文关键词	南水北调; 产嗅藻; 浮颤藻; 密云水库; 生态位								
英文关键词	South-to-North Water Diversion Project; Odor-producing algae; Planktothrix sp.; Miyun Reservoir; Ecological niche								

中 文 摘 要	<p>密云水库为北京市最重要的地表水水源地，近年来由于长期干旱与超采，存水量严重不足；为缓解密云水库水危机，南水北调中线预计于2015年向密云水库输水。然而，调水在解决了“水量”问题的同时，还需要保证“水质”达标。本项目以评估调水对密云水库水质影响为研究目标，结合多年来密云水库固有的饮用水嗅味问题，从多方位采用实验模拟，原位监测、模型计算等方法全面分析中线调水对密云水库水环境的影响，包含调水引起的水体混合对密云水库水质的直接影响，调水后由于水位上升导致水环境的变化，以及由于外来藻种引入对密云水库藻类群落结构的冲击。在此基础上，综合以上各点，采用模型模拟计算调水后水环境各项参数，最后利用生态位理论评估新环境下浮颤藻的生长潜力以及水库嗅味问题的发展态势，从而为全面评估调水后密云水库供水水质、制定科学合理的应对方案、探索有效的控制策略提供支撑。</p>
英 文 摘 要	<p>Miyun Reservoir, the most important surface source water for Beijing, has been suffered water crisis due to continuous drought and over-extraction during recent years; the Central Route of South-to-North Water Diversion Project (SNWDP) is expect to transfer water from Danjiangkou Reservoir to Miyun Reservoir in order to resolve the water shortage. The SNWDP will be bound to solve release the water crisis in the respect of “water quantity”, however, the “water quality” should also be guaranteed. This project is aiming to assess the impact of the SNWDP on the water quality of Miyun Reservoir, in a view of taste & odor problem in drinking water - a long term problem in Miyun Reservoir; the laboratory simulation, field monitoring as well as model computation were performed in this project to evaluate the impact from SNWDP on the water environment, including the mixing effect between south water and reservoir water, the water environmental changes caused by the water level increase as well as the invasion of external algal species from south water. Based on these results, the environmental parameters of Miyun Reservoir were determined according to the model simulation, and the growth potential of <i>Planktothrix</i> sp. and the trend of taste & odor problem in Miyun Reservoir were evaluated according to ecological niche theory; this project will assess the water quality of Miyun Reservoir after the execution of SNWDP, and is believed to be helpful for scientific policy adoption and effective strategies exploration.</p>



项目组主要参与者 (注: 项目组主要参与者不包括项目申请人)

编号	姓名	出生年月	性别	职 称	学 位	单位名称	电 话	电子邮箱	证件号码	每年工作时间(月)
1	于志勇	1976-07-17	男	高级工程师	博士	中国科学院生态环境 研究中心	010-62849135	yzy@rcees.ac.cn	220104197607172612	4
2	郭庆园	1985-09-20	男	博士生	硕士	中国科学院生态环境 研究中心	010-62849148	qyguon@126.com	371122198509207456	10
3	杨凯	1986-04-17	男	博士生	硕士	中国科学院生态环境 研究中心	010-62849148	kvyaa3@163.com	452424198604170014	10
4	李霞	1989-10-03	女	硕士生	学士	中国科学院生态环境 研究中心	010-62849148	lixiaxinghuo@163.com	371121198910034524	10

总人数	高级	中级	初级	博士后	博士生	硕士生
5	1	1			2	1



国家自然科学基金项目资金预算表（定额补助）

项目名称：南水北调中线调水对密云水库产嗅藻生长影响研究

项目负责人：苏命

金额单位：万元

序号	科目名称	金额	备注
	(1)	(2)	(3)
1	一、 项目资金支出	30.0000	/
2	(一) 直接费用	25.2000	
3	1、 设备费	4.7600	
4	(1) 设备购置费	1.2000	购置高压破藻装置，用于藻类计数前处理
5	(2) 设备试制费	0.0000	本项目不涉及此项费用
6	(3) 设备改造与租赁费	3.5600	模型运算租用计算工作站，采样车船租赁
7	2、 材料费	3.1300	样品采集、运输、测定所需耗材、标样等
8	3、 测试化验加工费	0.0000	所有测试在课题组内完成
9	4、 燃料动力费	0.3000	藻类培养室电费
10	5、 差旅费	5.1800	水库调查、2次国内会议
11	6、 会议费	0.0000	本项目拟不组织会议
12	7、 国际合作与交流费	2.2300	拟派1人参加IWA湖库会议
13	8、 出版/文献/信息传播/知识产权事务费	2.4000	国内出版2篇0.4万，购买数据2万
14	9、 劳务费	7.2000	2博士，1硕士补贴，1临时雇佣人员工资
15	10、 专家咨询费	0.0000	本项目拟不组织专家咨询会议
16	11、 其他支出	0.0000	本项目无其他支出
17	(二) 间接费用	4.8000	系统自动计算
18	其中：绩效支出	1.2000	系统自动计算
19	二、 自筹资金	0.0000	本项目无自筹资金

预算说明书

申请者所在实验室已具备研究过程中必需的大型仪器设备,因此不拟购置5.00万元以上固定资产及设备等。本项目研究经费预算30.00万元,各项预算及依据如下:

1. 设备费:

设备费预算总计4.76万元,占总经费的15.87%。具体测算情况如下:

1.1 设备购置费:

高压破藻装置,预算1套,计1.20万元:该设备主要用于“研究内容3”。由于藻细胞中存在气囊在水体中维持悬浮状态,显微镜计数时只能计数处于计数板底部的藻细胞,而忽略了悬浮的藻细胞,因此导致计数结果偏低,不利于本研究的进行。为本项目中产嗅藻及相关藻类计数提供支持,该装置主要包含不锈钢高压罐,高压气瓶,压力表等主要部件,经厂家报价每套1.20万元,拟加工1套。

1.3 设备改造与租赁费:

计算服务工作站,共计1.00万元:该设备主要用于“研究内容1”与“研究内容2”。由于研究中需要大量模型运算与数据分析。为保证模型的正常运行以及大量的数据处理和分析,拟租用中国科学院网络计算中心的计算服务器,拟租用1万CPU小时,经报价为1.00万元。

采样车船租赁,共计2.56万元:该设备主要用于“研究内容1”与“研究内容2”中水库调查和样品采集。研究中需对丹江口水库和密云水库分别进行8次采样调查,其中租用船只采样报价为1000元/次,故共需1.60万元;另外,密云水库与申请者所在研究单位均在北京市,为节约住宿费用与时间成本,拟采用租车当天往返的方式采样,经租车公司报价为1200元/天,故共需0.96万元。综上,共计2.56万元。

2. 材料费:

材料费预算3.13万元,占整个研究经费的10.44%。整个项目实施过程中,涉及的材料费主要包括样品采集、运输相关材料,实验室营养盐等相关指标测定所需标准样品、试剂,仪器测试用耗材,实验用耗材以及一些低值易耗品,重点针对水质指标以及藻类等生物样品指标进行分析,相关耗材分类及测算依据如表1所示。

4. 燃料、动力费:

燃料、动力费主要用于支付“研究内容3”中藻类竞争模拟实验的藻类模拟培养室的电费。按1000元/年计,3年共需0.30万元,占整个研究经费的1.00%。

5. 差旅费:

差旅费主要包含水库调查采样与国内学术研讨会所需费用,分别为4.14万元、1.04万元,共计5.18万元,占整个研究经费的17.27%。具体测算依据如下:水库调查与采样,4.14万元:根据“研究内容1”与“研究内容2”,本项目需要在2016-2017年两个水库共采样8次,拟每次2人前往丹江口水库采样与调查,为期3天,往返路费按2000元/人/次计,根据国家相关标准,住宿标准为350元/天/人,出差补贴为180元/天/人,故共需4.14万元。

国内学术研讨会,1.04万元:项目实施期间拟参加与本项目研究相关国内学术研讨会2次,微生态年会与藻类大会,每次2人参与,会议为期3天,往返路费按2000元/人/次计,根据国家相关标准,住宿标准为350元/天/人,出差补贴为180元/天/人,故共需1.04万元。

7. 国际合作与交流费:

本项目围绕湖库型水源地开展研究,两年一届的IWA湖库大会拟在美国举行下一届会议,为期4天,所需费用为2.23万元,占整个研究经费的7.43%。该会议邀请国际上湖库相关方向资深研究人员,共同交流探讨湖泊、水库等水体中的生态环境问题,对本项目具有十分重要的借鉴作用。拟派1名项目组成员参加,根据当前美元/人民币汇率以及相关标准所需费用为:往返机票12000元(人民币),会议注册费400美元,住宿费200美元/天,餐费60美元/天,其他杂费50美元/天,汇率按6.2658计算。故所需费用为:2.23万元。

8. 出版/文献/信息传播/知识产权事物费:

出版/文献/信息传播/知识产权事物费主要用于支付用于发表国内论文版面费,共0.40万元,购买数据,共2.00万元,共计2.40万元,占整个研究经费的8.00%。各项测算依据如下:

国内论文发表,0.40万元:拟发表2篇国内核心期刊论文,版面费按0.20万元/篇计,共需0.40万元。

地形、水文及水质数据购买,2.00万元:根据“研究内容1”与“研究内容2”,需要完整的地形数据,拟从美国NASA购买,经报价需5000元;另外密云水库水文数据,以及丹江口水库水质数据对于本项目十分重要,拟向相关单位购买,按1.50万元计。故该项费用共需2.00万元。

9. 劳务费:

劳务费主要用于支付研究生补助与临时雇佣人员工资,共7.20万元,占整个研究经费的24.00%。其中1名硕士生每年工作10月,按400元/月的标准发放,2名博士生每年工作10月按600元/月的标准发放,临时雇佣人员每年为本项目工作5月,其工资按1600元/月发放;

12. 间接费用:

间接费用共4.80万元,占整个研究经费的16.00%。



报告正文

(一) 立项依据与研究内容

- 项目的立项依据（研究意义、国内外研究现状及发展动态分析，需结合科学的研究发展趋势来论述科学意义；或结合国民经济和社会发展中迫切需要解决的关键科技问题来论述其应用前景。
附主要参考文献目录）

1.1 研究意义

随着城市化进程快速发展，水资源需求量上升，水库已经逐渐成为城市重要的水源地之一。然而，根据2009-2012年我国水专项进行的全国35个省会城市及地级市的水质普查表明，目前主要城市的水源水库中有75%的水体中存在嗅味问题，严重威胁到城市供水安全，引起了广泛的关注。而藻类生长代谢产生的次生产物是其主要原因^[1]。密云水库是北京市最主要的地表水水源地，受到严格保护，属II类水；然而，自2002年以来，每年9-10月期间水库中局部区域出现浮颤藻（*Planktothrix* sp.）大量生长代谢产生致嗅物质——二甲基异莰醇（2-MIB），导致嗅味问题^[2-4]，直接迫使北京自来水公司不得不投放大量活性炭进行应急处理。2015年，密云水库将收集南水北调中线调水，以补充其由于常年干旱和超采导致的失衡水量^[5]。那么，在南水北调来水混合条件下，密云水库长期以来存在的嗅味问题是愈演愈烈还是有所缓解，这与北京市供水安全密切相关，已经受到了高度重视。但是相关基础研究还很缺乏，不足以对部门决策形成科学支撑。

水库作为水生生物的承载体，其水体环境直接影响藻类生长和种群结构，同时也影响产嗅藻的产嗅功能。尽管南水北调中线水源地（丹江口水库）和密云水库同属II类水体，但水质仍然存在较大差异；以总氮为例，密云水库中平均浓度为 $910 \pm 285 \mu\text{g L}^{-1}$ （2009-2012），而丹江口水库为 $1373 \pm 94 \mu\text{g L}^{-1}$



(2010-2014)，比前者高约51%；基于预期中线输水量，密云水库总氮浓度最终将升高20%左右。而氮恰恰是藻类爆发所需的重要营养元素之一。因此，大幅度增加氮的浓度必然导致密云水库水环境出现变化，这种变化会直接影响藻类生态系统，其中对密云水库中产嗅藻（浮颤藻）的影响值得特别关注。与此同时，密云水库受水后水位的上升将改变水体中光照、温度以及流场等水下水文环境条件，进而影响产嗅藻的生长，但以往相关研究仅局限于实验室培养体系。最后，南北水质的差异必然导致两个水库中水生生态群落结构不同，调水的同时还向密云水库输送南方水体生态系统，新的藻种引入可能会抑制或促进浮颤藻的生长，更糟糕的情况是引入其他产嗅藻种如席藻 (*Phormidium* sp.)、颤藻 (*Oscillatoria* sp.)、鱼腥藻 (*Anabaena* sp.)^[6] 等进入密云水库。以上由于南水北调导致密云水库藻类生态系统演替可能出现的情况亟待研究。因此，考察调水后密云水库水质的变化、水位的抬升以及新的藻种引入对密云水库产嗅藻生长的影响，并分析新形势下水库嗅味问题的发展态势，从而为全面评估调水后密云水库供水水质、制定科学合理的应对方案、探索有效的控制策略提供科学支撑。

1.2 国内外研究现状及分析

跨流域调水对受水区水质影响研究进展：“南水北调工程”是世界规模最大、距离最长的调水工程之一。由于工程耗资巨大，前期已做了大量研究与论证，评估了工程的“利”与“弊”。这些研究主要侧重于工程的建设安全，水资源调配方案以及水源地及调水沿途水质保障方法等方面。在我国，高训宇等 (2013) 从水环境安全等方面讨论了密云水库受水后面临的问题与对策，其结果表明外来调水与水库水体混合后，水体的部分水质指标会发生变化，如 pH、溶解氧、营养盐等，将对现库区水体浮游生物产生一定的影响^[7]。Li et al. (2013) 采用三维水力动态模型 (EFDC) 的方法模拟了长江向太湖输水后对太湖水体水质及水生态环境的影响，结果显示输水过程协同太湖区域风力作用能显著改变水体流态，能在一定程度上缓解太湖富营养化与藻类水华问题^[8]；Liu et al. (2014) 利用实测与模型数据进一步证实了长江向太湖输水项目有利于太湖水质的提升^[9]。由于大型的跨流域调水项目在全球范围内为数并不多，且工程建设时期相对较早，如美国的“北水南调”



工程于 1973 年竣工，澳大利亚的“雪山工程”于 1975 年竣工等，跨流域调水对受水区水质影响在国外的研究十分有限。综合国内相关研究表明长距离调水对受水区的水质存在一定影响，南水北调对密云水库水质的影响机制和程度还需进一步的研究。

水位以及水质变化对浮游生物群落影响的研究进展：除上述外来调水与受水水库水体混合对水质产生直接影响以外，调水还将改变水库的运行水位。研究表明，水库水位将从多方面改变水体微环境，比如水下光照强度、水温及分层情况、溶解氧、营养盐垂向分布等，而这些指标与浮游生物生长密切相关^[10, 11]。白晓华，胡维平 (2006) 根据太湖实测数据发现水深变化对太湖局部区域的水环境具有显著的影响^[10]。Steinman et al. (2014) 发现水位显著影响影响沉积物—水界面的营养盐传输过程^[11]。上述研究表明密云水库受水后水位抬升将对水体水质产生一定影响；此外，水位上升将会淹没库中部分岛屿以及北库区大面积陆地，会形成新的浅水区；因此，密云水库受水后外来水体的混入加上水位抬升将共同改变水体微环境。而大量研究证明了水体微环境包含光照、营养盐、温度、水体稳定性等是藻类生长、竞争演替十分重要的影响因素^[12-17]。这意味着调水后密云水库水体环境的变化将影响藻类群落结构，其中新环境下水库原有产嗅浮颤藻的生长与产嗅潜力尤为重要。

产嗅藻（浮颤藻）生长影响因子的研究进展：浮颤藻为浮游型的蓝藻，主要分布在浅水水体底层^[4, 18]。申请者所在的研究团队在对密云水库连续 12 年的研究中，发现在水质保持良好的密云水库中，产嗅浮颤藻主要隐蔽地分布在局部向阳浅水区底层，这与该区域充足的营养盐与水下光照条件等相关^[3, 4]。调水后，随着水位上升，密云水库北部浅水区域将外迁，其面积及底泥营养盐含量的变化将直接影响产嗅浮颤藻的生长。除水体理化环境对藻类生长产生影响以外，藻类种群之间的竞争具有同等重要的地位^[19-21]。申请者本人在对密云水库藻类群落长期连续监测过程中，发现微囊藻 (*Microcystis* sp.) 与浮颤藻存在竞争演替作用，表层微囊藻的大量生长拦截了太阳光照，抑制了底部浮颤藻的生长，微囊藻逐渐消亡后，浮颤藻开始暴发^[3]。一方面，调水后由于水环境的变化，微囊藻与浮颤藻可



能形成新的平衡格局；另一方面，调水引入新的藻种，可能会对浮颤藻产生竞争抑制或协同促进及替代作用，更糟糕的是引入产嗅藻种会进一步恶化水库嗅味问题。因此，全面评估调水对密云水库产嗅藻的生长迫切需要进一步的研究。

1.3 本项目申请源起与研究思路

一方面，密云水库由于常年超采与干旱，水库“亏空”了四分之三，目前水位比正常蓄水位低27 m左右，可见密云水库的“饥渴”已经到了警戒程度。另一方面，南水北调中线已正式通水，预计2015年将富余水量输送至密云水库，一定程度上能缓解水量的问题。然而，对于重要的水源地，供水安全不仅仅是“水量”的问题，更注重“水质”的好坏。本项目以评估调水对密云水库水质影响为出发点，采用原位监测、水文模型等方法解析调水引起的水文环境变化、采用实验室模拟与水库水质模型解析水质的变化，通过实验室模拟藻类竞争实验研究主要藻类群落结构变化；最后，综合以上所有因素引起的水环境变化，利用生态位概念与环境空间漂移理论，分别确定产嗅藻（浮颤藻）的生态位分布区域与调水前后密云水库水环境在生态位空间中的“漂移路径”，根据两者的“位置”关系核算新环境下产嗅藻的生长与产嗅潜力，评估调水对密云水库嗅味问题的影响。

参考文献

- [1] Susan B Watson. *Cyanobacterial and eukaryotic algal odour compounds: signals or by-products? a review of their biological activity*. *Phycologia*, 42(4): 332–350, 2003.
- [2] Zonglai Li, Jianwei Yu, Min Yang, Jing Zhang, Michael D. Burch, Wei Han. *Cyanobacterial population and harmful metabolites dynamics during a bloom in yanghe reservoir, north china*. *Harmful Algae*, 9(5):481–488, 2010.
- [3] Ming Su, Jianwei Yu, Shenling Pan, Wei An, Min Yang. *Spatial and temporal variations of two cyanobacteria in the mesotrophic miyun reservoir, china*. *Journal of Environmental Sciences*, 26(2):289–298, 2014.
- [4] Ming Su, Jianwei Yu, Junzhi Zhang, Hui Chen, Wei An, Rolf D. Vogt, Tom Andersen, Dongmin Jia, Jingshi Wang, Min Yang. *Mib-producing cyanobacteria (*Planktothrix* sp.) in a drinking water reservoir: Distribution and odor producing potential*. *Water Research*, 68(0):444 – 453, 2015.



- [5] 南水北调办公室. 南水北调中线一期工程正式通水. 2014.
- [6] American Water Works Association Ming SU. *Algae: Source to Treatment*. American Water Works Association, 2010.
- [7] 高训宇, 郝丽娟, 罗阳春. 密云水库调蓄南水北调来水面临的问题与对策. 北京水务, 2013(6):56-59, 2013.
- [8] Yiping Li, Chunyan Tang, Chao Wang, Desmond O. Anim, Zhongbo Yu, Kumud Acharya. Improved yangtze river diversions: Are they helping to solve algal bloom problems in lake taihu, china? *Ecological Engineering*, 51(0):104 - 116, 2013.
- [9] Yong Liu, Yilin Wang, Hu Sheng, Feifei Dong, Rui Zou, Lei Zhao, Huaicheng Guo, Xiang Zhu, Bin He. Quantitative evaluation of lake eutrophication responses under alternative water diversion scenarios: A water quality modeling based statistical analysis approach. *Science of The Total Environment*, 468-469(0): 219 - 227, 2014.
- [10] 白晓华, 胡维平. 太湖水深变化对氮磷浓度和叶绿素 a 浓度的影响. 水科学进展, 17(5):727-732, 2006.
- [11] AlanD. Steinman, MaryE. Ogdahl, Maggie Weinert, DonaldG. Uzarski. Influence of water-level fluctuation duration and magnitude on sediment-water nutrient exchange in coastal wetlands. *Aquatic Ecology*, 48(2):143-159, 2014.
- [12] Verena S Brauer, Maayke Stomp, Jef Huisman. The nutrient-lgad hypothesis: patterns of resource limitation and community structure driven by competition for nutrients and light. *The American Naturalist*, 179(6):721-740, 2012.
- [13] Ming Su, Wei An, Jianwei Yu, Shenling Pan, Min Yang. Importance of underwater light field in selecting phytoplankton morphology in a eutrophic reservoir. *Hydrobiologia*, 724(1):203-216, 2013.
- [14] Kevin J. Flynn. A mechanistic model for describing dynamic multi-nutrient, light, temperature interactions in phytoplankton. *Journal of Plankton Research*, 23(9):977-997, 2001.
- [15] Jef Huisman Franz J. Weissing. Competition for nutrients and light in a mixed water column - a theoretical-analysis. *American Naturalist*, 146(4):536-564, OCT 1995.
- [16] Luigi Naselli-Flores. Phytoplankton assemblages in twenty-one sicilian reservoirs: relationships between species composition and environmental factors. *Hydrobiologia*, 424:1-11, 2000.
- [17] Noriko Tomioka, Akio Imai, Kazuhiro Komatsu. Effect of light availability on *Microcystis aeruginosa* blooms in shallow hypereutrophic lake kasumigaura. *Journal of Plankton Research*, 33(8):1263-1273, 2011.



- [18] Camilla Blikstad Halstvedt, Thomas Rohrlack, Tom Andersen, Olav Skulberg, Bente Edvardsen. *Seasonal dynamics and depth distribution of *Planktothrix* spp. in lake steinsfjorden (norway) related to environmental factors*. *Journal of Plankton Research*, 29(5):471–482, 2007.
- [19] David Tilman RobertW. Sterner. *Invasions of equilibria: tests of resource competition using two species of algae*. *Oecologia*, 61(2):197–200, 1984.
- [20] Elena Litchman Christopher A. Klausmeier. *Competition of phytoplankton under fluctuating light*. *The American Naturalist*, 157(2):pp. 170–187, 2001.
- [21] E Litchman. *Competition and coexistence of phytoplankton under fluctuating light: experiments with two cyanobacteria*. *Aquatic Microbial Ecology*, 31(3): 241–248, APR 3 2003.

2. 项目的研究目标、研究内容, 以及拟解决的关键问题 (此部分为重点阐述内容)

2.1 研究目标

本项目在前期研究的基础上, 从密云水库嗅味问题角度开展研究, 通过野外现场调查、实验室模拟、模型计算等方法全方位研究南水北调中线调水补充密云水库后, 水质和水文环境变化对产嗅藻 (浮颤藻) 生长的影响, 并评估其产嗅风险, 最终为南水北调对密云水库水质的影响评估提供科学方法。

2.2 研究内容

针对南水北调中线 -密云水库调水工程, 从多方位研究调水后密云水库水文、水质等水环境的变化, 解析水环境的变化对产嗅藻 (浮颤藻等) 生长的影响, 评估致嗅物质的产生潜力。

研究内容 1, 南水北调中线调水引起的密云水库后水文条件变化对水下环境的影响: 基于密云水库三维地形与出入库水量监测数据, 模拟研究不同调水量时水库水位的季节动态变化规律, 研究水位抬升对库区水体温度场、垂向稳定性、水下光场与流场的影响, 揭示调水引起的水文条件变化对库区水下环境的影响。



研究内容 2, 南水北调中线调水对密云水库水质影响: 根据研究内容 1 中的水文变化, 针对调水后由于水位抬升被淹没的岸边带开展营养盐释放规律研究, 计算其对水库营养盐的贡献量; 另外, 通过构建密云水库箱式模型, 模拟研究外来调水进入水库在各库区的传输与扩散途径, 揭示调水后密云水库各库区水质时空动态变化。

研究内容 3, 综合所有因素, 研究调水对浮颤藻生长的影响: 通过对比分析丹江口水库与密云水库藻类群落结构异同, 研究调水引入的新藻种对密云水库藻类生态系统的影响; 选取新环境中 2-3 株优势藻, 构建其与产嗅藻(浮颤藻)之间的竞争模型, 揭示藻间竞争对产嗅藻的影响; 综合水体直接混合与水位抬升后藻类生长环境的变化, 研究新环境下产嗅藻的生长潜力, 评估水库出现嗅味问题的风险。

2.3 拟解决的关键问题

如何确定调水导致密云水库水文、水质等水环境的变化对产嗅藻生长的影响: 嗅味问题是密云水库近年来的关键水质问题, 调水后由于水环境的变化, 嗅味问题的发展是愈演愈烈还是有所缓解, 是本研究拟解决的关键科学问题。为克服传统方法在高维环境问题中不足, 本项目利用生态位理论从新的角度解析产嗅藻在新环境下的生长潜力, 评估调水后出现嗅味问题的风险。

3. 拟采取的研究方案及可行性分析(包括研究方法、技术路线、实验手段、关键技术等说明)

3.1 技术路线

本课题主要考察南水北调中线向密云水库输水对水库中产嗅浮颤藻生长的影响。首先研究调水抬升水库水位后由于水文条件变化对水下环境的影响, 包括水下温度场的变化、水体分层与垂向稳定性、水下光场与流场等方面; 其次, 考察由于调水导致的水体水质变化特征, 包含由于水体直接混合的影响, 水位抬升后被淹没的岸边带土壤中营养盐的释放等方面; 另外, 考察由于调水引入外来藻种



对密云水库生态系统的影响；最后，综合所有因素，分析调水后密云水库中浮颤藻的生长潜力，并评估其产嗅风险。

本研究的技术路线如图1所示。

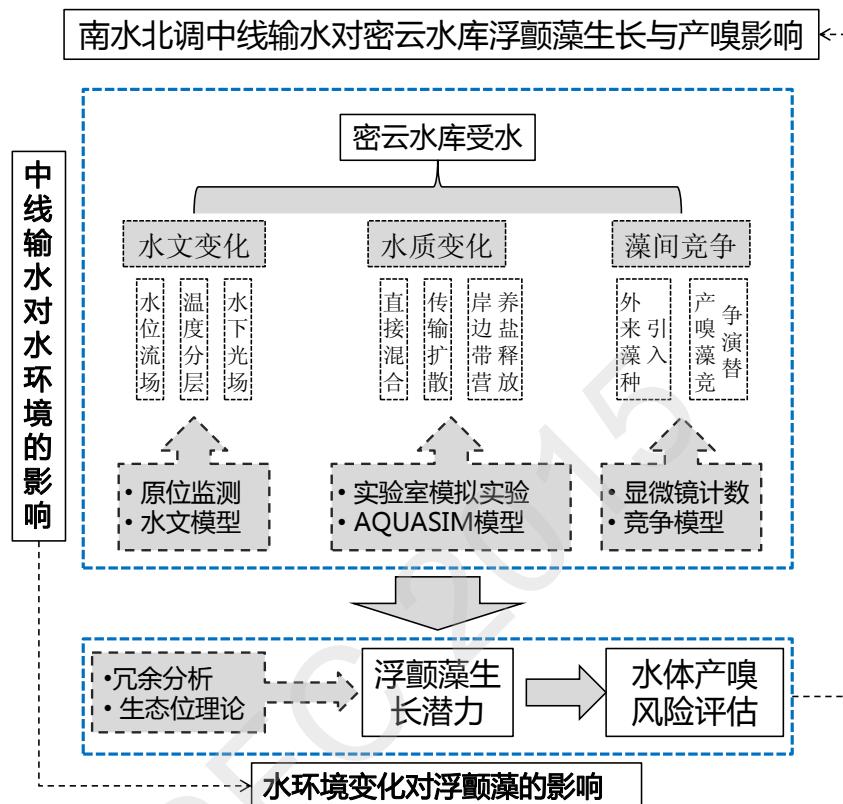


图 1: 技术路线

3.2 研究方法和实验手段

密云水库受水后水位变化及其对水环境的影响：采用多普勒声学剖面仪 (ADCP) 扫描水面 (约海拔 130 m) 以下库底地形，购买密云水库区域卫星遥感 ASTER-GDEM 高程数据集 (海拔 127 m 以上，精度 30 m, NASA, 美国)，基于空间插值方法构建水库完整地形图。记录密云水库主要河流 (白河、潮河)、南水北调输水每天的入库流量，以及水厂取水等出库流量，构建密云水库水量模型，解析不同季节南水北调输水量与水库水位动态变化关系；原位监测水库中 8 个采样点的垂向温度、光照分布与季节变化，利用 AQUASIM 模型拟合不同输水比例时，水库中



各库区温度分布特征，并计算水体的温跃层的季节变化和水体垂向稳定性；同时，根据监测的浊度、透明度与太阳光照资料用朗格缪尔定律计算水下光场分布特征；采用多普勒声学剖面仪原位监测水库流场变化，利用 AQUASIM 模型模拟水位抬升后水库的流场变化。

南水北调中线调水对密云水库水质影响：以密云水库库心为中心，将密云水库划分为 6 个扇形区域，在每个扇形区域水面外围一定距离以内（海拔 157 m 以下，海拔 157 m 为密云水库的最高水位）等距采集 10 份土壤样品，测定分析营养盐含量、粒径分布等；并在实验室模拟淹没后营养盐的释放速率与平衡常数，计算在不同水位下岸边土壤淹没后对密云水库水体营养盐的贡献量；使用实验室混合模拟与现场监测相结合的方法，在中线水源地丹江口水库与受水区密云水库调水入库口（白河大坝）按季度采样，并根据不同输水比例模拟混合过程，采用国标方法测定混合前后水质的主要变化，包含总氮、硝酸盐、氨氮、总磷、磷酸盐、pH、浊度等。另外，采用在线监测仪器与实验室测验相结合的方法监测密云水库从西往东中轴线（调水入库口—水厂取水口沿线）上 8 个采样点（MY01—MY08）的理化参数与水质指标；采用 AQUASIM 箱式模型构建外来水源在密云水库中的传输与扩散模型，根据实测数据进行参数率定，最终基于实验室混合模拟实验测定的不同输水比例下水质各参数的变化率，模拟不同输水比例下密云水库 8 个采样点位置的营养盐、温度、光照垂向空间—季节动态变化。

综合所有因素，考察调水对浮颤藻生长的影响：分别采集丹江口水库与密云水库水样，采用显微镜鉴定/计数方法分别构建藻类数据库，用统计方法对比两个生态系统种群结构，分析调水后外来藻种对密云水库生态系统的影响；基于资源竞争理论在实验室模拟 2-3 株优势藻种与浮颤藻之间的竞争抑制或协同促进关系，构建藻类竞争模型；根据课题组在密云水库的历史监测资料（2009-2012 年期间，藻类、水质数据集），采用冗余分析等降维方法提取浮颤藻的关键影响因子，并结合生态位理论在关键因子维度上确定浮颤藻的生态位空间分布特征；根据不同输水比例下密云水库水环境的变化特征，确定调水前后水体环境在浮颤藻关键因子维度构成的生态位空间中的“漂移路径”，根据“漂移路径”与浮颤藻生态位空间



“位置”关系，计算浮颤藻的生长潜力：若“路径”穿过浮颤藻生态位空间，则表明水库将出现浮颤藻生长；反之，则出现浮颤藻生长概率较小；另外，若轨迹穿过浮颤藻生态位中心，如25%概率密度分布区域，则表明密云水库在对应季节发生浮颤藻的爆发的风险为75%。最终，采用分位回归方法分析浮颤藻密度与水体中致嗅物质的相关性，并评估不同输水比例下密云水库发生嗅味问题的风险。

3.3 可行性分析

研究方法、技术手段合理可行：本项目涉及的实验分析方法包括常规水质分析、藻类鉴定与计数等，国内外均有成熟的分析方法，故分析手段合理可行；本项目中水质及其他水环境条件的计算需要AQUASIM模型支持，AQUASIM模型为瑞士EAWAG开发，在全球范围内已有广泛应用；另外藻种之间的竞争等关系基于传统的资源竞争理论，近年来Jef Huisman的竞争模型提供了充分的技术保障；本项目中用到的生态位理论是生态学方向传统经典理论，在全球范围内已有报道和应用；因此，以上研究方法、技术手段均合理客词那个，为本项目的进行提供了坚实的理论依据。

研究条件可行：南水北调中线已正式开通，预计2015年输入密云水库，因此能保证2016年研究工作的正常进行；申请者所在课题组与北京市水务局及下属密云水库管理处建立了长期的战略合作关系，能够确保项目的采样工作顺利进行。申请者所在实验室具备雄厚的试验平台，拥有多普勒声学剖面仪、多参数水质监测仪、连续流动采样系统等野外设备，以及流动注射分析仪、显微镜等项目必需设备；此外，申请者所在课题组已购买AQUASIM模型，并与模型开发单位瑞士EAWAG建立了良好的合作关系；课题组与藻类竞争模型的研发实验室（Jef Huisman，荷兰）建立了项目合作关系。良好的研究基础、充足的软硬件设施和顺畅的合作交流为本项目顺利实施提供保障。



4. 本项目的特色与创新之处

4.1 特色

紧密与实际需求的环境问题相结合：本项目以“南水北调”中线调水工程向密云水库输水为研究背景，与密云水库长期以来存在的嗅味问题相结合，评估调水对密云水库产嗅藻的影响，具有十分重要的现实环境意义。

多学科交叉特色：围绕核心问题，即南水北调中线调水对密云水库产嗅藻生长的影响，从不同角度包含水体混合导致水质变化、水位上升导致水环境改变以及外来藻种引入对生态系统的冲击分析调水对水环境的综合影响，并利用生态位理论评估水环境的变化对浮颤藻生长的影响；研究中涉及水文学、环境工程学以及生态学的内容，具有多学科交叉特色。

4.2 创新点

采用生态位理论研究藻类暴发风险：野外环境中藻类的生长影响因素多而复杂，传统的方法在解决高维的环境问题时存在明显不足：要么因素过多无法求解，要么过于简单无法综合分析。本研究采用生态位概念与环境空间漂移理论，用全新的方法研究藻类在变化的环境中的暴发风险，具有很强的创新性。

5. 年度研究计划及预期研究结果（包括拟组织的重要学术交流活动、国际合作与交流计划等）

5.1 年度研究计划

本项目计划3年完成，年度研究计划如下：

2016年1月—2016年12月：按季度采集丹江口水库与密云水库水样，在实验室模拟不同输水比例下水质的变化；监测两个水库常规理化参数、水质、藻类种群；记录密云水库出入库流量与水位变化；扫描密云水库水面以下地形，构建库区完整地形；采集密云水库岸边土壤样品，完成营养盐测定与释放实验；构建南



水北调输水量与水位动态模型；初步构建基于 AQUASIM 外来调水在密云水库的传输与扩散模型。整理已有数据，撰写学术论文。

2017 年 1 月—2017 年 12 月：继续两个水库所有监测项目。完成 AQUASIM 模型构建与参数率定；结合水体混合实验结果、利用模型计算不同水位下环境因子的时空动态变化；对比分析两个水库藻类种群异同，分析外来藻种对密云水库生态系统的影响；基于藻类监测数据，选取 2-3 株优势藻种与浮颤藻混合培养，构建竞争模型；全面完成调水对水库水环境影响的研究。撰写学术论文和学术会议报告。

2018 年 1 月—2018 年 12 月：根据监测资料，提取浮颤藻的关键影响因子，并在关键因子组成的生态位空间上确定浮颤藻的生态位分布区域；根据前期模型模拟计算得到的水环境参数，计算不同输水比例下密云水库水环境在关键因子生态位空间中的“漂移路径”；根据浮颤藻生态位分布区域与水体环境“漂移路径”位置关系，计算浮颤藻的生长潜力，并评估其产嗅风险。全面总结本项目的研究结果，撰写学术论文和学术报告。接受对本项目的最终审查和考核。

在本项目执行期间和完成之后，本项目所取得的研究成果拟参加 1 次国际学术会议、2 次国内学术研讨会。

5.2 预期研究结果

解析南水北调调水对密云水库水质的综合影响：采用实验室水体混合模拟与 AQUASIM 水质模型相结合考察调水后由于水体混合引起的水质变化，分别从底泥释放、水下光照与温度角度考察调水抬升水位后水体环境的变化，另外考察外来藻种引入对密云水库生态系统的影响。

解析水环境变化对浮颤藻生长的影响：根据模型模拟不同输水比例下水环境的变化，利用生态位理论预测新环境下浮颤藻的生长潜力及其产嗅风险。

学术论文和发明专利：项目完成后发表学术论文 3-5 篇；其中高水平 SCI 论文 2-3 篇；申请发明专利 1-2 项；



(二) 研究基础与工作条件

1. 研究基础（与本项目相关的研究工作积累和已取得的研究工作成绩）

1.1 相关的研究工作基础积累

理论基础：在博士研究生阶段，申请者作为主要研究骨干，高质量（优）完成国家自然重点基金一项（“湖库型水源地蓝藻水华及其有害次生产物暴发机制（50938007）”）。申请者主要从事产嗅藻相关研究，2009-2012年期间在密云水库进行连续监测，围绕密云水库嗅味问题展开研究，积累了大量的历史监测数据（水质、藻类、理化指标、气象数据、水文数据等），建立了系统的湖库藻类水质相关方法体系，揭示了密云水库致嗅物质及其生产者浮颤藻的时空分布特征与产生机制，获得了十分重要的进展；申请者研究成果突出，受到了同行专家的认可，发表数篇高水平学术论文，为本项目的顺利实施奠定了坚实的理论基础。

研究工具基础：申请者熟练湖库野外调查、相关水质、藻类等分析方法，自行设计了采样、监测、分析方面的工具，代表性的成果包含连续流动采样系统、底栖藻采样器、自动定时采样微系统、藻类计数软件等，如图2所示；这些工具在研究项目中得到了大量的应用，为项目的顺利进行提供十分重要研究工具；此外，申请者具有扎实的数据分析能力，精通2门常用编程语言（R、matlab），为本项目中模型数据的解析等提供保障。

1.2 已取得的研究成绩

申请者近3年以第一作者在相关领域发表4篇SCI期刊论文，影响因子分别为（5.323、5.323、2.212和1.922）；以合作作者发表SCI论文3篇，国内核心期刊论文1篇；另有2篇SCI论文在审，1项发明专利。

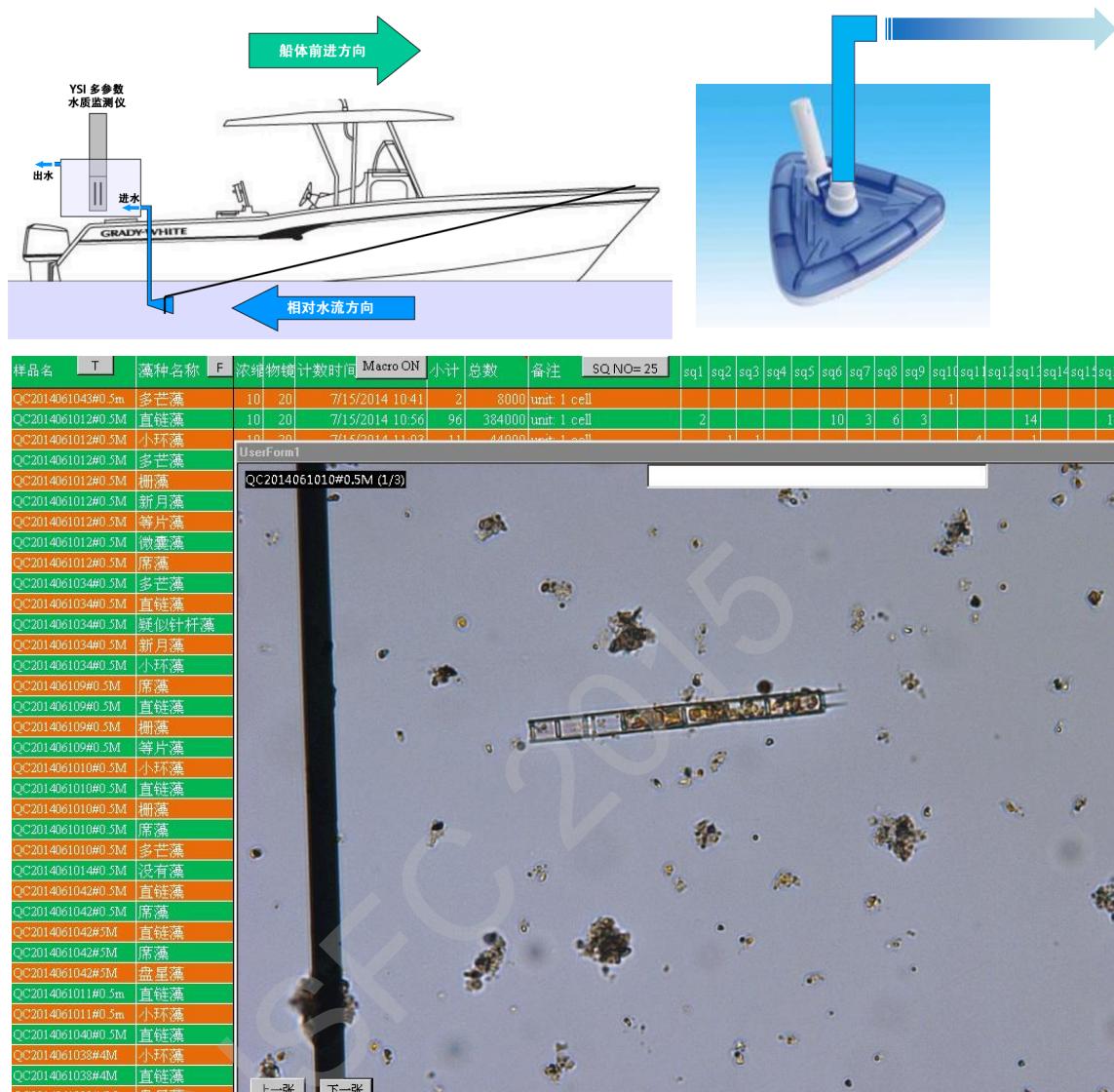


图 2: 申请者设计的研究工具, 左上: 连续流动采样系统, 右上: 底栖藻采样器, 下: 藻类计数软件

1.3 申请者预研究情况

丹江口水库作为南水北调中线水源, 其水质对于密云水库十分重要。申请者已进行初步调研, 发现其总氮浓度平均比密云水库高出 51% 左右。表明调水会增加密云水库中营养盐的含量, 可能导致藻类种群演替; 因此, 本项研究十分必要。

根据申请者在密云水库中积累的水质和藻类历史数据, 提取出了关键环境因子 - 总氮和光照浓度, 并在该生态位平面上确定了浮颤藻的生态位分布区域, 同



时也确定了密云水库在2009-2012期间水环境在该生态位平面上的运行轨迹，如图3所示。初步结果表明当密云水库总氮浓度升高后，浮颤藻的主要竞争者微囊藻的竞争优势将失去，从而有利于浮颤藻的生长，因此将增加产嗅风险，但这部分结论还需进一步的研究确认。

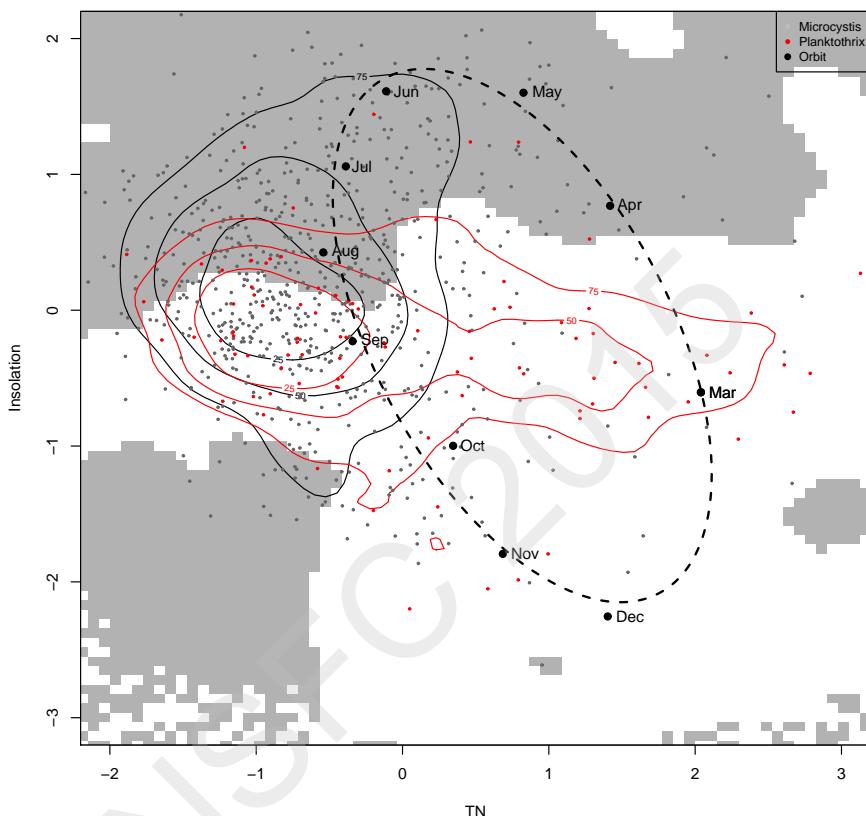


图 3: 浮颤藻的在总氮 - 光照生态位平面上的分布特征，以及 2009-2012 年密云水库水环境 “空间漂移路径”



2. 工作条件（包括已具备的实验条件，尚缺少的实验条件和拟解决的途径，包括利用国家实验室、国家重点实验室和部门重点实验室等研究基地的计划与落实情况）

2.1 已具备的工作条件

人才结构：项目组成员由环境工程、生态学、环境地理学等专业的科研人员和研究生组成，学科交叉优势明显，与本项目的学科交叉特色相符。

硬件条件：申请者所在实验室具备雄厚的试验平台，拥有多普勒声学剖面仪、多参数水质监测仪、连续流动采样系统等野外设备，以及流动注射分析仪、显微镜等项目必需设备；这些设备为本项目中各项研究内容的开展提供了十分完善的硬件条件。

合作条件：申请者所在课题组与北京市水务局及下属密云水库管理处建立了长期的战略合作关系，能够确保本项目的采样工作顺利进行；申请者所在课题组已购买 AQUASIM 模型，并与模型开发单位瑞士 EAWAG 建立了良好的合作关系；课题组与藻类竞争模型的研发实验室（Jef Huiman，荷兰）建立项目合作关系。多方的合作交流为本项目取得高水平研究成果提供了有力的保证。

2.2 尚缺少的工作条件和拟解决的途径

项目涉及大量模型运算，由于申请者所在课题组尚无计算工作站，拟租用中国科学院计算中心计算服务器解决。



3. 承担科研项目情况（申请人和项目组主要参与者正在承担的科研项目情况，包括国家自然科学基金的项目，要注明项目的名称和编号、经费来源、起止年月、与本项目的关系及负责的内容等）

申请者未承担科研项目。

4. 完成自然科学基金项目情况（对申请人负责的前一个已结题科学基金项目（项目名称及批准号）完成情况、后续研究进展及与本申请项目的关系加以详细说明。另附该已结题项目研究工作总结摘要（限 500 字）和相关成果的详细目录）

申请者未承担国家自然科学基金项目。

（三）资金预算说明（购置单项经费 5 万元以上固定资产及设备等，须逐项说明与项目研究的直接相关性及必要性）

本项目将在中国科学院生态环境研究中心环境水质学国家重点实验室完成，实验室已具备研究过程中必需的大型仪器设备，因此不拟购置 5.00 万元以上固定资产及设备等。本项目研究经费预算 **30.00 万元**，无自筹费用，其中直接费用 **25.20 万元**，各项预算及依据如下：

1. 设备费：4.76 万元，占 15.87 %

设备费预算总计4.76 万元，占总经费的 15.87 %，其中设备购置费1.20 万元，设备改造与租赁费3.56 万元。具体测算情况如下：



1.1 设备购置费：1.20 万元

高压破藻装置，预算 1 套，计 1.20 万元：该设备主要用于“研究内容 3，综合所有因素，研究调水对浮颤藻生长的影响”。由于藻细胞中存在气囊在水体中维持悬浮状态，显微镜计数时只能计数处于计数板底部的藻细胞，而忽略了悬浮的藻细胞，因此导致计数结果偏低，不利于本研究的进行。为解决此问题，拟设计一套高压破藻装置，通过使用高压罐产生较高气压破坏藻细胞中气囊，使其快速沉降，显著提高计数精确度，并减少计数时间。为本项目中产嗅藻及相关藻类计数提供支持，该装置主要包含不锈钢高压罐，高压气瓶，压力表等主要部件，经厂家报价每套 1.20 万元，拟加工 1 套。

1.2 设备试制费：0.00 万元

本项目不涉及该项费用。

1.3 设备改造与租赁费：3.56 万元

计算服务工作站，共计 1.00 万元：该设备主要用于“研究内容 1，南水北调中线调水引起的密云水库后水文条件变化对水下环境的影响”与“研究内容 2，南水北调中线调水对密云水库水质影响”。由于研究中涉及到水库的水质、水文模型，需要大量模型运算与数据分析。这部分任务在整个研究中十分重要，为保证模型的正常运行以及大量的数据处理和分析，需要一台高性能的科学计算工作站，目前课题组不具备此设备，拟租用中国科学院网络计算中心的计算服务器，拟租用 1 万 CPU 小时，经报价为 1.00 万元。

采样车船租赁，共计 2.56 万元：该设备主要用于“研究内容 1，南水北调中线调水引起的密云水库后水文条件变化对水下环境的影响”与“研究内容 2，南水北调中线调水对密云水库水质影响”中水库调查和样品采集。研究中需对丹江口水库和密云水库分别进行 8 次采样调查，其中租用船只采样报价为 1000 元/次，故共需 $1000 \text{ 元} \times 8 \times 2 = 1.60$ 万元；另外，密云水库与申请者所在研究单位均在北



京市，为节约住宿费用与时间成本，拟采用租车当天往返的方式采样，经租车公司报价为 1200 元/天，故共需 $1200 \text{ 元} \times 8 = 0.96 \text{ 万元}$ 。综上，共计 2.56 万元。

2. 材料费：3.13 万元, 占 10.44 %

材料费预算3.13 万元，占整个研究经费的 10.44 %。整个项目实施过程中，涉及的材料费主要包括样品采集、运输相关材料，实验室营养盐等相关指标测定所需标准样品、试剂，仪器测试用耗材，实验用耗材以及一些低值易耗品，重点针对水质指标以及藻类等生物样品指标进行分析，相关耗材分类及测算依据如表1所示。

3. 测试化验加工费：0.00 万元

本项目所有测试化验均在课题组内完成，故不涉及此项费用。

4. 燃料、动力费：0.30 万元, 占 1.00 %

燃料、动力费主要用于支付“研究内容 3，综合所有因素，研究调水对浮颤藻生长的影响”中藻类竞争模拟实验的藻类模拟培养室的电费。按 1000 元/年计，3 年共需 0.30 万元，占整个研究经费的 1.00 %。

5. 差旅费：5.18 万元, 占 17.27 %

差旅费主要包含水库调查采样与国内学术研讨会所需费用，分别为 4.14 万元、1.04 万元，共计 5.18 万元，占整个研究经费的 17.27 %。具体测算依据如下：

水库调查与采样，4.14 万元：根据“研究内容 1，南水北调中线调水引起的密云水库后水文条件变化对水下环境的影响”与“研究内容 2，南水北调中线调水对密云水库水质影响”，本项目需要在 2016-2017 年两个水库共采样 8 次，其中密云水库拟当日租车往返，故无需差旅费用；另拟每次 2 人前往丹江口水库采样与调查，为期 3 天，往返路费按 2000 元/人/次计，根据国家相关标准，住宿标准为



表 1: 材料费明细与测算依据

序号	材料名称	数量	单价/元	单位	规格	金额/元	备注
1	小容量冷藏运输箱	3	1760	套	57L	5280	低温运输
2	大容量长途冷藏箱	2	1976	套	107L	3952	低温运输
3	60ml 棕色玻璃瓶	50	14	60ml	只	700	水样保存
4	量筒	50	7.5	个	500ml	375	藻细胞计数前处理富集
5	样品瓶 (40mL)	2	500	箱	安普	1000	水库样品存储
6	样品瓶 (60mL)	2	500	箱	安普	1000	水库样品存储
7	浮游生物网	2	300	只	75 μ m	600	水库藻类富集, 用于藻类鉴定
8	藻类培养瓶	1	960	箱	75ml 康宁	960	藻类的分离培养
9	采水器	2	425	个	5L	850	水库水样采集
10	优级纯氯化钠	10	78	瓶	500g	780	常规试验用, 如培养基配置等
11	氨基磺酸	5	158	瓶	500g	790	营养盐测定等常规实验用
12	氯化铵	5	98	瓶	500g	490	营养盐测定等常规实验用
13	磷酸	5	56	瓶	500mL	280	营养盐测定等常规实验用
14	碘胺	5	186	瓶	500g	930	营养盐测定等常规实验用
15	α -萘基乙烯二胺	5	268	瓶	100g	1340	营养盐测定等常规实验用
16	酒石酸钾钠	5	168	瓶	500g	840	营养盐测定等常规实验用
17	柠檬酸三钠	5	195	瓶	500g	975	营养盐测定等常规实验用
18	氢氧化钠	10	152	瓶	500g	1520	营养盐测定等常规实验用
19	水杨酸钠	5	175	瓶	500g	875	营养盐测定等常规实验用
20	硝普纳	5	265	瓶	100g	1325	营养盐测定等常规实验用
21	二氯乙氰尿酸钠	5	218	瓶	100g	1090	营养盐测定用
22	浓硫酸	5	86	瓶	500mL	430	营养盐测定等常规实验用
23	四水钼酸氨	5	158	瓶	500g	790	营养盐测定等常规实验用营养盐测定用
24	酒石酸锑钾	5	236	瓶	500g	1180	营养盐测定用
25	L(+) 抗坏血酸 VC	5	148	瓶	100g	740	营养盐测定等常规实验用
26	浊度标样	1	808	瓶	500ml	808	每季度校正一次浊度
27	电导率标样	1	225	瓶	1000 μ Scm	225	电导率校正液
28	透明度盘	4	300	只	20cm 直径	1200	现场调查用测水体透明度



350 元/天/人, 出差补贴为 180 元/天/人, 故共需 $2000 \text{ 元} + (350 \text{ 元} + 180 \text{ 元}) \times 3 \text{ 天} \times 2 \text{ 人} \times 8 \text{ 次} = 4.14 \text{ 万元}$ 。

国内学术研讨会, 1.04 万元: 项目实施期间拟参加与本项目研究相关国内学术研讨会 2 次, 微生态年会与藻类大会, 每次 2 人参与, 会议为期 3, 往返路费按 2000 元/人/次计, 根据国家相关标准, 住宿标准为 350 元/天/人, 出差补贴为 180 元/天/人, 故共需 $2000 \text{ 元} + (350 \text{ 元} + 180 \text{ 元}) \times 3 \text{ 天} \times 2 \text{ 人} \times 2 \text{ 次} = 1.04 \text{ 万元}$ 。

6. 会议费: 0.00 万元

本项目不拟组织会议, 故不涉及此项费用。

7. 国际合作与交流费: 2.23 万元, 占 7.43 %

本项目围绕湖库型水源地开展研究, 两年一届的 IWA 湖库大会拟在美国举行下一届会议, 为期 4 天, 所需费用为 2.23 万元, 占整个研究经费的 7.43 %。该会议邀请国际上湖库相关方向资深研究人员, 共同交流探讨湖泊、水库等水体中的生态环境问题, 对本项目具有十分重要的借鉴作用。拟派 1 名项目组成员参加, 根据当前美元/人民币汇率以及相关标准所需费用为: 往返机票 12000 元 (人民币), 会议注册费 400 美元, 住宿费 200 美元/天, 餐费 60 美元/天, 其他杂费 50 美元/天, 汇率按 6.2658 (USD/CNY, 2015-03-06) 计算。故所需费用为: $((400 \text{ 美元} + (200 \text{ 美元} + 60 \text{ 美元} + 50 \text{ 美元}) \times 4 \text{ 天}) + 12000 \text{ 元}) \times 1 \text{ 人} = 2.23 \text{ 万元}$ 。

8. 出版/文献/信息传播/知识产权事物费: 2.40 万元, 占 8.00 %

出版/文献/信息传播/知识产权事物费主要用于支付用于发表国内期刊论文所需版面费, 共 0.40 万元, 购买地形、水文及水质数据, 共 2.00 万元, 共计 2.40 万元, 占整个研究经费的 8.00 %。各项测算依据如下:

国内论文发表, 0.40 万元: 拟发表 2 篇国内核心期刊论文, 版面费按 0.20 万元/篇计, 共需 0.40 万元。



地形、水文及水质数据购买, 2.00 万元: 根据“研究内容 1, 南水北调中线调水对密云水库水质直接影响”与“研究内容 2, 密云水库受水后水文条件变化对藻类生长环境的影响”, 需要构建密云水库水文与水质模型, 因此需要完整的地形数据, 拟从美国 NASA 提供的高程数据库处购买, 经报价需 5000 元; 另外密云水库的出入库流量等水文数据, 以及丹江口水库的历史水质数据对于本项目的研究十分重要, 拟向相关监测单位购买, 按 1.50 万元计。故该项费用共需 2.00 万元。

9. 劳务费: 7.20 万元, 占 24.00 %

劳务费主要用于支付研究生补助与临时雇佣人员工资, 共 7.20 万元, 占整个研究经费的 24.00 %。其中 1 名硕士生每年工作 10 月, 按 400 元/月的标准发放, 2 名博士生每年工作 10 月按 600 元/月的标准发放, 临时雇佣人员每年为本项目工作 5 月, 主要负责协助采样、野外调查以及部分实验室支撑工作, 保证研究的各项内容顺利进行, 其工资按 1600 元/月发放; 具体说明见表2。

表 2: 劳务费明细与测算依据

类别	月/年	人数	元/月	年数	金额/万元	说明
在读博士	10	2	600	3	3.6	课题主要参加人员, 完成研究内容 2、3
在读硕士	10	1	400	3	1.2	课题主要参加人员, 协助完成研究内容 1、2
临时雇佣人员	5	1	1600	3	2.4	临时雇佣人员, 协助采样, 野外调查等

10. 专家咨询费: 0.00 万元

本项目不拟组织专家咨询会议, 故不涉及该项费用。

11. 其他支出: 0.00 万元

本项目无其他支出。

12. 间接费用: 4.80 万元, 占 16.00 %

间接费用共 4.80 万元, 由系统自动计算给出, 占整个研究经费的 16.00 %。



13. **自筹费用：0.00 万元**

本项目无自筹费用。

(四) 其他需要说明的问题

申请者于去年（2014年）以博士后身份申请了国家自然科学基金面上项目（2014年度），但未获资助。相关信息如下：

项目名称为：“湖库型水源地产嗅底栖藻生长机制及对水质的影响”

项目选择上海新建青草沙水库作为研究对象，对底栖藻的生态行为及其产嗅机制进行基础科学研究。具体内容包括：产嗅藻类鉴定与动态监测，以及致嗅物质分析与监测；底栖藻生长过程原位模拟与生态位解析，及其产嗅机制解析与影响因子筛选；产嗅底栖藻产嗅潜力评估与水质风险预测。本项目旨在揭示浅水型湖库型水源地中产嗅底栖藻的生长与产嗅机制，为水源地由于藻类导致的水质问题奠定理论基础和科学支持。

五位同行专家的评审意见为：三位专家建议优先资助，另两位专家认为青草沙水库水库的嗅味问题与底栖藻之间不一定存在必然关系，立项依据不足。

根据专家的评审意见，申请者今年重新选题，恰逢2015年南水北调中线向密云水库输水，研究调水后密云水库原有嗅味问题的发展态势密切关系到北京市的供水安全，具有重要的理论与实际意义。申请者认为，本年度的立项依据与去年相比有明显改进。



苏命 简历

中国科学院生态环境研究中心，环境水质学国家重点实验室，助理研究员

教育经历（按时间倒排序）：

2007/09 - 2013/07, 中国科学院大学, 环境工程, 博士, 导师: 杨敏

2003/09 - 2007/07, 武汉大学, 环境科学, 学士, 导师: 吴兴国

工作经历（科研与学术工作经历，按时间倒序排序）：

2015/02 – 至今, 中国科学院生态环境研究中心, 环境水质学国家重点实验室, 助理研究员

2013/07 – 2015/02, 中国科学院生态环境研究中心, 环境水质学国家重点实验室, 博士后

曾使用证件信息（限3个）

身份证件, 410111198601019870

- 参加人苏命曾使用410111198601019870身份证件信息获得过国家自然科学基金项目“湖库型水源地蓝藻水华及其有害次生产物暴发机制, 50938007”资助, 该身份证件信息有误, 原因: 抄写错误;
- 参加人苏命曾使用410111198601019870身份证件信息获得过国家自然科学基金项目“水源地蓝藻暴发临界状态环境因子阈值估算及安全预警, 50809066”资助, 该身份证件信息有误, 原因: 抄写错误。

主持或参加科研项目及人才计划项目情况（按时间倒序排序）：

- 中国科学院国际合作项目, YSW2013A02、中国流域富营养化所带来的压力、影响以及缓解措施的管理过程模拟研究、2011/01-2014/12, 80万元、已结题、参与。
- 国家自然科学基金重点项目, 50938007、湖库型水源地蓝藻水华及其有害次生产物暴发机制、2010/01-2013/12, 200 万元、已结题、参与。
- 国家自然科学基金面上项目, 50809066、水源地蓝藻暴发临界状态环境因子阈值估算及安全预警、2009-2011, 20 万元、已结题、参与。
- 国家自然科学基金国际合作项目, 50911120029、中国和澳大利亚湖库水源中蓝藻暴发及嗅味产生控制机理研究、2009/01-2010/12, 9万元、已结



题、参与。

NSFC 2015



于志勇 简历(参加者)

中国科学院生态环境研究中心，环境水质学国家重点实验室，高级工程师
教育经历（从大学本科开始，按时间倒排序）：

2005/09 - 2011/07，中科院生态环境研究中心，环境科学，博士，导师：杨敏

2000/09 - 2003/07，吉林大学，分析化学，硕士，导师余振宝

1995/09 - 1999/07，长春科技大学，化学工程与工艺，本科

工作经历（科研与学术工作经历，按时间倒排序）：

2015/01 - 至今，中科院生态环境研究中心环境水质学国家重点实验室工作，高级工程师

2003/12 - 2014/12，中科院生态环境研究中心环境水质学国家重点实验室工作，工程师

曾使用证件信息（限3个）

无

主持或参加科研项目及人才计划项目情况（按时间倒排序）：

- 国家自然科学基金, 21377144、嗅味指纹技术结合构效关系模型识别河流型水源中关键腥臭味物质的研究、2014/01-2017/12、 82 万元， 在研，参加；
- 国家自然科学基金, 50808171、饮用水中硫醚类致嗅物质的分布、形成机制与控制原理研究, 2009/01-2011/12, 21 万元，已结题，参加；
- 国家自然科学基金, 50678166、饮用水中嗅味物质识别和控制技术研究，2007/01-2009/12, 30 万元，已结题，参加；
- 国家自然科学基金, 50578153、基于降解基因信息的壬基酚聚氧乙烯醚降解机制研究, 2006/01-2008/12, 30 万元，已结题，参加；
- 国家自然科学基金, 50578155、微污染水源水体有机物优化混凝机理、工艺及操作规范, 2006/01-2008/12, 27 万元，已结题，参加；
- 国家自然科学基金, 20477054、无机高分子絮凝剂的颗粒粒度效应、形成与影响机制及其应用, 2005/01-2007/12, 24 万元，已结题，参加。



近5年（2010年1月1日以后）代表性研究成果列表

- 1、Ming Su^(#), Jianwei Yu^(*), Junzhi Zhang, Hui Chen, Wei An, Rolf D. Vogt, Tom Andersen, Dongmin Jia, Jingshi Wang, Min Yang^(*), MIB-producing cyanobacteria (*Planktothrix* sp.) in a drinking water reservoir: Distribution and odor producing potential, *Water Research*, 2014, 68 (0) : 444-453。 **期刊论文**
- 2、Ming Su^(#), Virginie Gaget, Steven Giglio, Michael Burch, Wei An, Min Yang^(*), Establishment of quantitative PCR methods for the quantification of geosmin-producing potential and *Anabaena* sp. in freshwater systems, *Water Research*, 2013, 47 (10) : 3444-3454。 **期刊论文**
- 3、Ming Su^(#), Wei An^(*), Jianwei Yu, Shenling Pan, Min Yang, Importance of underwater light field in selecting phytoplankton morphology in a eutrophic reservoir, *Hydrobiologia*, 2013, 724 (1) : 203-216。 **期刊论文**
- 4、Ming Su^(#), Jianwei Yu, Shenling Pan, Wei An^(*), Min Yang, Spatial and temporal variations of two cyanobacteria in the mesotrophic Miyun reservoir, China, *Journal of Environmental Sciences*, 2014, 26 (2) : 289-298。 **期刊论文**
- 5、Shenling Pan^(#), Wei An^(*), Hongyan Li, Ming Su, Jinliang Zhang, Min Yang, Cancer risk assessment on trihalomethanes and haloacetic acids in drinking water of China using disability-adjusted life years, *Journal of Hazardous Materials*, 2014, 280 (0) : 288-294。 **期刊论文**
- 6、Jianwei Yu^(#), Juan Liu, Wei An, Yongjing Wang, Junzhi Zhang, Wei Wei, Ming Su, Min Yang^(*), Multiple linear regression model for bromate formation based on the survey data of source waters from geographically different regions across China, *Environmental Science and Pollution Research*, 2014, 22 (2) : 1232-1239。 **期刊论文**
- 7、Yunyun Zhao^(#), Jianwei Yu^(*), Ming Su, Wei An, Min Yang, A fishy odor episode in a north China reservoir: Occurrence, origin, and possible odor causing compounds, *Journal of Environmental Sciences*, 2013, 409 (2) : 2361-2366。 **期刊论文**
- 8、于建伟^(#), 陈克云, 苏命, 杨敏^(*), 刘代成, 不同营养源条件下螺旋鱼腥藻生长与产嗅特征研究, *环境科学*, 2011, 32 (08) : 2254-2259。 **期刊论文**
- 9、杨敏, 李铮, 张昱, 安伟, 苏命, 一种水样采集器与水质监测系统, 中国, 201210134591.2。 **专利**



附件信息

序号	附件名称	备注	附件类型
1	SCI 论文 1	Water Research (1 作)	代表性论著
2	SCI 论文 2	Water Research (1 作)	代表性论著
3	SCI 论文 3	Hydrobiologia (1 作)	代表性论著
4	SCI 论文 4	Journal of Environmental Sciences (1 作)	代表性论著
5	专利	专利	专利
6	澳大利亚会议邀请函	澳大利亚第四届藻类大会做报告 (大会报告)	会议报告



签字和盖章页

申请 人： 苏命

依托单位： 中国科学院生态环境研究中心

项目名称： 南水北调中线调水对密云水库产嗅藻生长影响研究

资助类别： 青年科学基金项目

亚类说明：

附注说明：

申请人承诺：

我保证申请书内容的真实性。如果获得资助，我将履行项目负责人职责，严格遵守国家自然科学基金委员会的有关规定，切实保证研究工作时间，认真开展工作，按时报送有关材料。若填报失实和违反规定，本人将承担全部责任。

签字：

项目组主要成员承诺：

我保证有关申报内容的真实性。如果获得资助，我将严格遵守国家自然科学基金委员会的有关规定，切实保证研究工作时间，加强合作、信息资源共享，认真开展工作，及时向项目负责人报送有关材料。若个人信息失实、执行项目中违反规定，本人将承担相关责任。

编号	姓名	工作单位名称	证件号码	每年工作时间（月）	签字
1	于志勇	中国科学院生态环境研究中心	220104197607172612	4	
2	郭庆园	中国科学院生态环境研究中心	371122198509207456	10	
3	杨凯	中国科学院生态环境研究中心	452424198604170014	10	
4	李霞	中国科学院生态环境研究中心	371121198910034524	10	
5					
6					
7					
8					
9					

依托单位及合作研究单位承诺：

已按填报说明对申请人的资格和申请书内容进行了审核。申请项目如获资助，我单位保证对研究计划实施所需要的人力、物力和工作时间等条件给予保障，严格遵守国家自然科学基金委员会有关规定，督促项目负责人和项目组成员以及本单位项目管理部门按照国家自然科学基金委员会的规定及时报送有关材料。

依托单位公章

日期：

合作研究单位公章1

日期：

合作研究单位公章2

日期：