

江苏省高等学校
大学生创新创业训练计划项目申报表
(创新训练项目)

推荐学校： (盖章)

项目名称： 东太湖水生植物碳同位素的生态学
研究

项目类型：
 重点项目
 一般项目
 校企合作基金项目

所属一级学科名称： 地理学

所属重点领域： 生物技术与生物育种

项目负责人： 潘冬斌

联系电话： 18018037326

指导教师： 刘金亮

联系电话： 15996225467

申报日期： 2022年5月2日

江苏省教育厅 制

二〇二二年四月

填表说明

一、申报表要按照要求逐项认真填写，填写内容必须实事求是表述准确严谨。空缺项要填“无”。

二、格式要求：表格中的字体采用小四号宋体，单倍行距；需签字部分由相关人员以黑色钢笔或签字笔签名。

三、项目类型为重点项目、一般项目和校企合作基金项目等。

四、项目来源：1. “A”为学生自主选题，来源于自己对课题的长期积累与兴趣；“B”为学生来源于教师科研项目选题；“C”为学生承担社会、企业委托项目选题。
2. “来源项目名称”和“来源项目类别”栏限“B”和“C”的项目填写；“来源项目类别”栏填写“863项目”、“973项目”、“国家自然科学基金项目”、“省级自然科学基金项目”、“教师横向科研项目”、“企业委托项目”、“社会委托项目”以及其他项目标识。

五、所属重点领域：**省级重点项目选填**，如果属于重点领域的则填报。具体包括10类：泛终端芯片及操作系统应用开发、重大应用关键软件、云计算和大数据、人工智能、无人驾驶、新能源与储能技术、生物技术与生物育种、绿色环保与固废资源化、第五代通信技术和新一代IP网络通信技术、社会事业与文化遗产。

六、表格栏高不够可增加。

七、填报者须注意页面的排版。

项目名称	东太湖水生植物碳同位素的生态学研究						
项目所属一级学科	地理学		项目所属二级学科	地理科学类			
项目类型	(√) 重点项目 () 一般项目 () 校企合作基金项目						
所属重点领域	生物技术与生物育种						
项目来源	A	B	C	来源项目名称	来源项目类别		
		√		水生植物 α 纤维素碳同位素对湖泊富营养化的响应研究	江苏省高等学校基础科学(自然科学)面上项目		
项目实施时间	起始时间: 2022 年 7 月 完成时间: 2024 年 5 月						
项目简介 (限 200 字)	浅水湖泊的富营养化研究一直是国际学术界关注的前沿热点。本项目以位于长江中下游地区的典型草型湖泊东太湖为研究区域,通过调查东太湖现代不同种属水生植物 $\delta^{13}\text{C}$ 的时空分布特征,结合水体理化参数,利用相关性分析和冗余分析等方法,建立现代不同种属水生植物 $\delta^{13}\text{C}$ 与湖泊富营养化之间的相关关系,厘清不同种属水生植物 $\delta^{13}\text{C}$ 对湖泊营养环境变化的响应特性,这对于长江中下游浅水湖泊生态系统的恢复与保护具有重要的现实意义。						
申请人或申请团队	主持人	姓名	年级	学号	所在院系/专业	联系电话	QQ 邮箱
		潘冬斌	19	19050607	环境科学学院 地理科学(师范)	18018037326	1967256910@qq.com
	汪冬婧	21	21050736	环境科学学院 地理科学(师范)	19850701263	2764429442@qq.com	
	成员	胡雅婷	20	20050631	环境科学学院 地理科学(师范)	18779120023	2773931556@qq.com
		陈宇琪	20	20050210	食品科学学院 生物科学(师范)	15896016810	2674073376@qq.com
指导教师	第一指导教师	姓名	刘金亮		单位	南京晓庄学院	
		年龄	29		专业技术职务	讲师	

	主要成果	<p>刘金亮，博士，荣获博士研究生国家奖学金和中国科学院大学“三好学生”称号，中国地理学会会员，江苏省海洋湖沼学会会员，主要从事同位素地球化学和湖泊沉积与环境演化的研究；</p> <p>1、近5年以第一作者身份发表论文</p> <p>(1) Decrypting stable oxygen isotope variability in modern plants of the Dajiuhu peatland from Hubei Province, China: Implications for palaeology and palaeoenvironments. <i>Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology</i>, 2020, 556(1-2): 109910. (SCI, TOP)</p> <p>(2) Variations in stable carbon isotopes in different components of aquatic macrophytes from Taihu Lake, China. <i>Ecological Indicators</i>, 2020, 118: 106721. (SCI)</p> <p>(3) Stable carbon isotope signatures of cellulose in macrophytes collected from three eutrophic lakes in China. <i>Limnologica</i>, 2020, 81: 125758. (SCI)</p> <p>(4) The $\delta^{13}\text{C}$ of cellulose from modern plants and its responses to the atmosphere-From the peatland records of Dajiuhu, China. <i>The Holocene</i>, 2018, 28(3), 408-414. (SCI)</p> <p>(5) 湖泊水生植物稳定碳同位素的分馏机制与应用研究进展. <i>生态学报</i>. 2020, 40(8): 2533-2544.</p> <p>(6) 大九湖泥炭地现代植物不同组分的 $\delta^{18}\text{O}$ 特征及其古气候意义. <i>第四纪研究</i>. 2018, 38(2): 1024-1034.</p> <p>2、参与编写的专著</p> <p>(1) 滇池—湖泊学研究. 科学出版社. 2021. (编委)</p> <p>(2) 长江中下游湖泊沉积地球化学与环境演变. 南京大学出版社. 2018. (3作)</p> <p>3、主持的科研项目</p> <p>(1) 江苏省教育厅，江苏省高等学校基础科学（自然科学）面上项目，2021-10至2023-09，在研，主持</p> <p>(2) 南京晓庄学院，校级高层次培育项目，2021-12至2024-12，在研，主持</p>		
第二指导教师	姓名		单位	
	年龄		专业技术职务	

	主要成果	
<p>一、申请理由（包括自身具备的知识条件、自己的特长、兴趣、已有的实践创新成果等）</p> <p>项目小组成员来自地理科学和生物科学专业，其中地理科学专业的潘冬斌、胡雅婷和汪冬婧三位成员具备扎实的自然地理学科素养，能够熟练掌握 ArcGIS、SPSS 等研究所涉及的相关软件，可以对项目中的数据结果进行处理与分析。此外，项目主持人潘冬斌为化学专业转为地理科学专业，也具备扎实过硬的化学基本知识，能够熟练完成本项目中样品的前处理和涉及的相关化学实验。陈宇琪为生物科学专业，具备较强的生物学知识，可以为本项目中水生植物的鉴定提供重要帮助。</p> <p>团队成员均具有各自专业领域丰富的知识技能，成员组成结构合理，分工有序，相信一定能够完成本项目中的既定目标和任务要求。</p>		
<p>二、项目方案</p> <p>具体内容包括：</p> <p>1、项目研究背景（国内外的研究现状及研究意义、项目已有的基础，与本项目有关的研究积累和已取得的成绩，已具备的条件，尚缺少条件及方法等）</p> <p>1.1 立项依据</p> <p>高等水生植物（下文中的水生植物均指高等水生植物）作为浅水湖泊的重要初级生产者，具有净化水质、抑制藻类生长等重要作用，是良性草型湖泊的重要指示器（Zhang et al., 2017）。近百年来，在全球环境持续恶化的大背景下，受气候变化和人类活动的综合影响，草型湖泊生态环境严重退化，威胁了社会经济的可持续健康发展（Scheffer et al., 1993）。在江苏省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要全文中明确提出了“坚持绿水青山就是金山银山的理念，发挥省内江海河湖特色自然地理优势，统筹山水林田湖草系统治理和空间协同保护，加强生态保护修复，彰显‘水韵江苏’的生态魅力”。深入研究湖泊水生植物和湖泊生态环境变化，对于江苏省湖泊生态环境保护与治理具有重要现实意义。</p> <p>碳是植物生命活动不可或缺的重要元素，水生植物的稳定碳同位素（$\delta^{13}\text{C}$）组成不仅反映了植物生长特点，也是生长环境的真实写照，已成为研究湖泊生态环境变化的重要方法（Van et al., 2018）。湖泊环境和水生植物群落之间相互作用，相互影响，湖泊为水生植物的生长提供物质与能量，而水生植物可以改善湖泊水质、降低水体营养程度等。当湖泊的营养水平发生改变时，湖泊中的水生植物种群会由于生境的变化而发生不同程度的改变，如大型水生植物群落与浮游植物群落在进行光合作用过程中会产生竞争，从而水生植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 受碳源供给影响而发生变化。早在 20 世纪 80 年代，Keller</p>		

et al. (1987) 和 Gearing et al. (1991) 通过控制实验发现海岸带湿地生态系统中水生植物叶绿素的 $\delta^{13}\text{C}$ 与水体中溶解的无机氮和二氧化硅浓度之间具有显著的负相关关系, 证实了水生植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 在一定程度上可以反映沿海地区的富营养化。之后, Canuel et al. (1995) 在美国海洋生态系统实验室同样证实了当水体发生水华时, 悬浮颗粒的 $\delta^{13}\text{C}$ 随着水体中叶绿素浓度的增加而偏重, 可以有效地指示水体初级生产力的变化。因此, 在以浮游植物为主的海岸带湿地生态系统中, 植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 可以作为指示富营养化的代用指标 (Oczkowski et al., 2014)。在湖泊生态系统中, Xu et al. (2011) 通过野外控制实验研究了 *V. natans* 在不同营养环境下其 $\delta^{13}\text{C}$ 的周转速率, 发现水体的富营养化程度增加会显著改变 *V. natans* $\delta^{13}\text{C}$ 的变化幅度。由于不同生活型水生植物 (如挺水植物、沉水植物和浮叶植物等) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 不同, 其对湖泊环境变化的响应也存在一定的差异。吴功果 (2012) 通过分析云贵高原 3 个湖泊和东部平原区 14 个湖泊沉水植物 $\delta^{13}\text{C}$ 的变化特征和影响因素, 发现沉水植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 能够记录湖泊富营养化过程中沉积物有机质富集的变化, 同时对湖泊甲烷的释放也有很好的响应, 是揭示湖泊富营养化的重要指标。此外, 张金美等 (2016) 在 2014 年监测了鄱阳湖 6 个不同生态功能湖区的水质, 并分析了马来眼子菜 (*Potamogeton malaianus*) 和荇菜 (*Nymphoides peltatum*) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 变化特征, 结果显示水华发生区沉水植物马来眼子菜的 $\delta^{13}\text{C}$ 偏轻, 能够很好的指示湖泊环境的灾变。然而, 也有研究发现挺水植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 对湖泊营养环境变化的响应更敏感, 如 Wang et al. (2015) 研究了 Florida's Everglades 水生植物的碳、氮同位素, 发现香蒲 (*Typha domingensis*) 和锯齿草 (*Cladium jamaicensis* Crantz) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 随水体中总磷浓度的升高而逐渐偏轻, 作者认为这主要是由于水体营养水平的升高而导致植物的气孔导度和羧化分馏减小, 因此挺水植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 可以作为指示湖泊水体营养环境变化的指标。虽然水生植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 已被广泛应用于研究湖泊营养环境变化中, 并取得了显著的研究成果, 但是由上述可见, 大量现代过程研究发现不同生活型水生植物的生理特性不同, 其 $\delta^{13}\text{C}$ 对湖泊营养环境变化的响应会存在一定的差异, 明确现代不同生活型水生植物 $\delta^{13}\text{C}$ 与湖泊富营养化的关系, 厘清何种水生植物对湖泊营养环境变化响应最敏感, 可以为我省湖泊富营养化的治理和生态修复提供新的线索与思路。

江苏省地处长江经济带, 是我国经济最为发达的省份之一, 省内常年水面面积大于 1 平方千米的湖泊有 99 个, 湖泊面积达 6260 平方千米, 是我国淡水湖泊分布较为集中的区域 (杜云彬等, 2020)。随着工业化和城市化的迅速发展, 省内多数湖泊出现水面萎缩、污染负荷上升和生态系统退化等问题 (江苏省水利厅湖长制调研课题组, 2018)。近年来, 全省有关部门在加强河湖管理、修复河湖生态方面做了大量工作, 也取得了明显成效, 但是由于流域内湖泊营养本底较高、水文格局变化大等多重因素影响, 湖泊富营养化的治理与修复仍存在一定的难度 (Qin et al., 2019)。东太湖作为我国长江中下游现存为数不多的草型湖泊, 近些年来, 其沼泽化和营养化现象严重, 生物多样性逐步减小, 严重危害了流域内社会经济可持续健康发展 (Cheng et al., 2020)。

综上所述, 本项申请拟选择太湖为研究区域, 通过调查东太湖现代不同种属水生植物 $\delta^{13}\text{C}$ 的时空分布特征, 同时结合水体理化参数, 利用相关性分析和冗余分析等方法, 建立现代不同种属水生植物 $\delta^{13}\text{C}$ 与湖泊富营养化之间的相关关系, 厘清不同种属水生植物 $\delta^{13}\text{C}$ 对湖泊营养环境变化的响应特性, 这对于长江中下游浅水湖泊生态系统的恢复与保护具有重要的指导意义。

参考文献:

Canuel, E.A., Cloern, J.E., Ringelberg, D.B., et al. Molecular and isotopic tracers used to examine sources of organic matter and its incorporation into the food webs of San Francisco Bay. *Limnology and Oceanography*, 1995, 40: 67-81.

Cheng, L. J., Xue, B., Zawisza, E., et al. Effects of environmental change on subfossil Cladocera in the subtropical shallow freshwater East Taihu Lake, China. *Catena*, 2020, 188: 104446.

Gearing, P.J., Gearing, J.N., Maughan, J.T., et al. Isotopic distribution of carbon from sewage sludge and eutrophication in the sediments and food web of estuarine ecosystems. *Environment Science and Technology*, 1991, 25(2): 295-301.

Keller, A.A., Frithsen, J.B., Oviatt, C.A., et al. Marine ecosystem responses to sewage sludge and inorganic nutrient additions: a mesocosm experiment data report. Report number 6, MERL (Marine Ecosystem Research Laboratory) series. University of Rhode Island, Kingston, Rhode Island, USA. 1987.

Oczkowski, A., Markham, E., Hanson, A., et al. Carbon stable isotopes as indicators of coastal eutrophication. *Ecological Applications*, 2014, 24(3): 457-466.

Qin, B.Q., Paerl, H.W., Brookes, J.D., et al. Why Lake Taihu continues to be plagued with cyanobacterial blooms through 10 years (2007-2017) efforts. *Science Bulletin*, 2019, 64(6): 354-356.

Scheffer, M., Hosper, S.H., Meijer, M.L., et al. Alternative equilibria in shallow lakes. *Trends in Ecology & Evolution*, 1993, 8(8): 275-279.

Van, H.M., Chakraborty, A., Davies, K.L., et al. The stable isotope composition of organic and inorganic fossils in lake sediment records: Current understanding, challenges, and future directions. *Quaternary Science Reviews*, 2018, 196: 154-176.

Wang, J. Z., Gu, B. H., Ewe, S. M. L., et al. Stable isotope compositions of aquatic flora as indicators of wetland eutrophication. *Ecological Engineering*, 2015, 83: 13-18.

Xu, J., Cao, T., Zhang, M., et al. Isotopic turnover of a submersed macrophyte following transplant: the roles of growth and metabolism in eutrophic conditions. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 2011, 25(21): 3267-3273.

Zhang, Y.L., Jeppesen, E., Liu, X.H., et al. Global loss of aquatic vegetation in lakes. *Earth-Science Reviews*, 2017, 173: 259-265.

杜云彬, 陈求稳, 王智源, 等. 江苏省典型湖泊饮用水源地安全综合评价. *水资源保护*, 2020, 36(5): 71-79.

江苏省水利厅湖长制调研课题组. 江苏省湖泊管理与保护的实践与思考. *水利发展研究*, 2018, 18(4): 1-7.

吴功果. 湖泊沉水植物碳稳定性同位素特征研究[D]. 中国科学院研究生院, 2012.

张金美, 张萌, 匡武名, 等. 水华条件下鄱阳湖区植物叶片碳氮同位素特性. *环境科学研究*, 2016, 29(5): 708-715.

1.2 项目已有的基础

(1) **丰富的监测资料。**长江中下游地区湖泊相关的近现代器测资料相对丰富，本项目指导教师攻读硕士和博士学位期间所在单位(南京师范大学和中国科学院南京地理与湖泊研究所)以及相关科研院所、环保和水利部门等对太湖监测频次高，对于太湖的水质环境变化研究具有一定的基础和丰富的经验。此外，东太湖相关的历史文献资料和研究较为详实，能够开展水生植物-湖泊营养环境变化的响应研究，可保证本项目的顺利实施。

(2) **坚实的理论基础。**本项目来源于江苏省高等学校基础科学(自然科学)面上项目，前期积累了大量的一手资料，同时围绕湖泊生态环境演化发表了多篇 SCI 论文和中文核心期刊论文，并参与发表多篇专著，具备扎实的理论基础，具备完成该项目研究任务和目标的能力。

1.3 已具备的条件

本项目将主要依托南京晓庄学院开展，学校拥有江苏省地理与资源环境实践教育中心和自然地理实验室，配备重力采样器、高精度沉积物柱芯切样器、植物采集器、YSI 水质分析仪等实验设备，能够满足本项目中的样品采集与处理等工作。

1.4 尚缺少的条件及方法

本项目中的碳同位素分析所需仪器为 MAT-253 同位素质谱仪，目前申请人所在学校暂缺，但是申请人团队和中国科学院南京地理与湖泊研究所一直保持良好的合作，中国科学院南京地理与湖泊研究所拥有湖泊与环境国家重点实验室，配有 MAT-253 同位素质谱仪、傅里叶变换红外光谱仪和元素分析仪等仪器，可以满足本项目中 $\delta^{13}\text{C}$ 、元素含量等指标的测定。

2、项目研究目标及主要内容

2.1 研究目标

本项申请拟选江苏省典型草型湖泊—东太湖为研究区域(图 1)，首先分析东太湖不同湖区不同现代种属水生植物 $\delta^{13}\text{C}$ 的时空分布特征；同时，结合水体理化参数，建立多元回归属性模型，揭示不同种属水生植物 $\delta^{13}\text{C}$ 与湖泊营养环境之间的关系，揭示何种水生植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 对湖泊营养环境响应最敏感，以期为长江下游浅水湖泊的生态修复和治理提供理论依据。

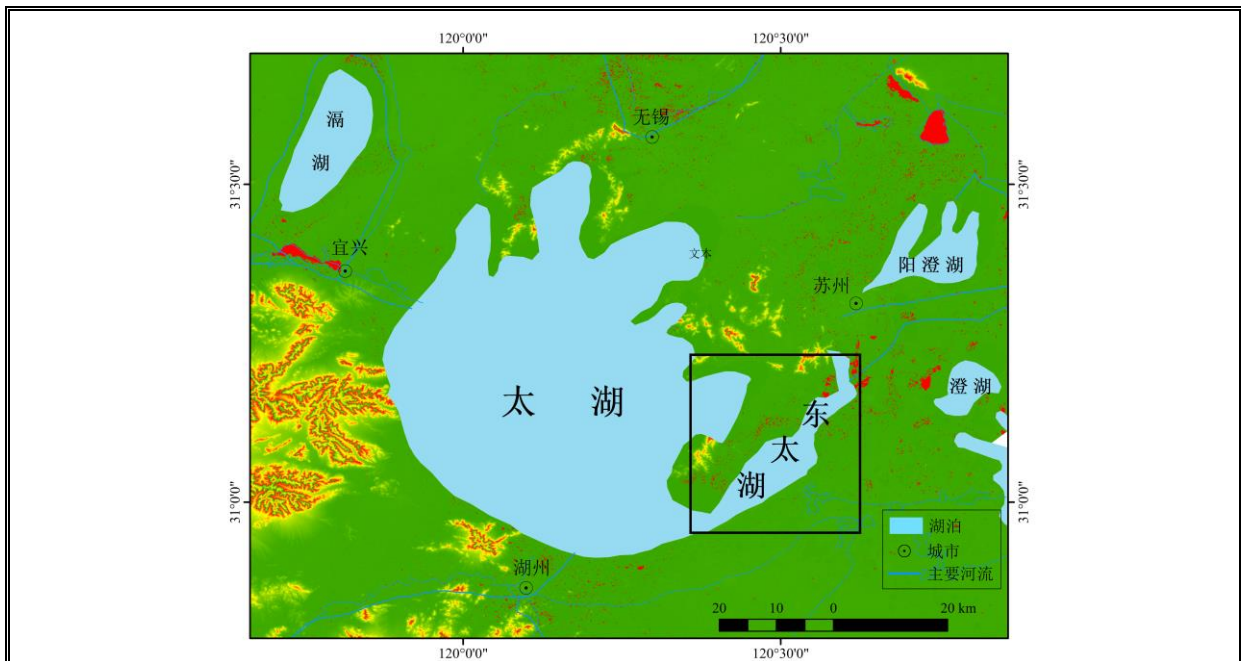


图 1 本项目研究区域

2.2 主要内容

(1) 东太湖现代水生植物 $\delta^{13}\text{C}$ 的时空分布特征

本研究以东太湖作为研究区域，调查东太湖在不同季节（春、夏、秋、冬）不同湖区水生植物的分布特点；同时，对不同种属水生植物和水体样品进行采集，分析不同种属水生植物 $\delta^{13}\text{C}$ 的时空分布特征。

(2) 揭示不同种属水生植物 $\delta^{13}\text{C}$ 对湖泊富营养化的响应特性

结合湖区的水体理化性质（pH、总氮、总磷和叶绿素等）和环境要素，利用相关性分析、回归分析和冗余分析等统计方法，量化不同种属水生植物 $\delta^{13}\text{C}$ 与湖泊富营养化之间的关系，揭示不同种属水生植物 $\delta^{13}\text{C}$ 对湖泊富营养化的响应特性，为进一步利用典型水生植物修复湖泊生态系统提供科技支撑和理论基础。

3、项目创新特色概述

浅水湖泊的富营养化研究一直是国际学术界关注的前沿热点。湖泊生态系统退化最主要的表现是由草型湖泊退化为藻型湖泊，近几十年来，随着稳定碳同位素技术的发展与改进，水生植物 $\delta^{13}\text{C}$ 已被广泛应用于研究湖泊水生生态系统演变和营养传递规律等方面，逐步成为研究水生植物与湖泊湿地生态环境间相互关系的重要方法与手段。

江苏省是我国经济最为发达的省份之一，受近代社会经济活动等影响，流域内湖泊富营养化现象严重，湖泊生态服务功能持续降低，区域社会-生态耦合系统面临严峻挑战。在江苏省十四五规划中明确提出了“发挥省内江海河湖特色自然地理优势，统筹山水林田湖草系统治理和空间协同保护，加强生态保护修复，彰显‘水韵江苏’的生态魅力”。因此，选择江苏省典型草型湖泊为研究区域，通过研究不同种属水生植物 $\delta^{13}\text{C}$ 与湖泊营养化之间的关系，揭示典型水生植物 $\delta^{13}\text{C}$ 对湖泊富营养化的响应特性，对于我省湖泊富营养化治理与生态环境保护具有重要的现实意义。

4、项目研究技术路线

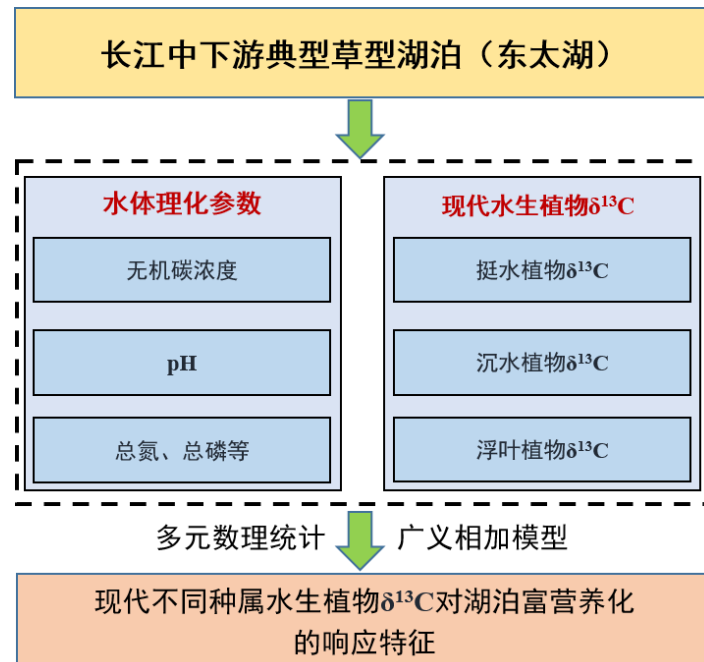


图 2 本项目技术路线图

5、研究进度安排

本申请自 2022 年 7 月至 2024 年 5 月，共计 2 年。

1、第一年度（2022/07-2023/09）

（1）在 2022 年 7 月至 8 月，收集东太湖流域内气象、水文、水质等器测资料以及人类活动等相关文献资料，制定完整的野外样品采集计划。

（2）在 2022 年 9 月至 2023 年 9 月，于不同季节在东太湖采集高等水生植物与水体样品，并于现场同步测定水体相关理化参数；完成水生植物 $\delta^{13}\text{C}$ 测试和水样相关理化指标的测试。

2、第二年度（2023/10-2024/05）

（1）依据实验结果，对相关缺失样品进行查漏补缺。

（2）在 2023 年 10 月至 2024 年 5 月，采用相关性分析和数理模型等手段，揭示典型水生植物 $\delta^{13}\text{C}$ 对湖泊富营养化的响应特性。

（3）进行项目总结，提交结题报告。发表研究论文 1 篇。

6、项目组成员分工

（1）潘冬斌：主要负责野外采样、数据分析和撰写报告工作，全面统筹项目规划与管理；

（2）胡雅婷：负责实验处理和数据分析工作；

（3）陈宇琪：负责水生植物鉴定工作；

（4）汪冬婧：负责实验处理和数据分析工作。

三、学校提供条件（包括项目开展所需的实验实训情况、配套经费、相关扶持政策等）

- 1、环境科学学院拥有江苏省地理与资源环境实践教育中心和自然地理实验室，配备植物采集器和 YSI 水质分析仪等实验设备。
- 2、课题组成员在校期间可随时到学校图书馆网站，使用相关数字资源平台。
- 3、学校提供课题外出实地考察及相关物资购置、平台搭建等经费。

四、预期成果

- (1) 阐明东太湖现代不同种属水生植物 $\delta^{13}\text{C}$ 对湖泊营养环境变化的响应特征。
- (2) 围绕本项目在高水平期刊发表研究论文 1 篇。
- (3) 提交项目结题报告 1 份。

五、经费预算

总经费（元）	200 00	财政拨款/企业 资助（元）		学校拨款 （元）	
--------	-----------	------------------	--	-------------	--

注：总经费、财政拨款、学校拨款按照规定金额填写，校企合作项目企业资助金额不少于 5000 元。

具体包括：

- 1、调研、差旅费：**1.1 万元**
租车费用 0.5 万元（用于水体和近岸水生植物样品采集）；租船费用 4 次×1500 元/次=0.6 万元（用于湖区水生植物采集采集）。
- 2、用于项目研发的元器件、软硬件测试、小型硬件购置费等：**0.4 万元**
用于购买化学试剂、实验耗材等，共计 0.4 万元。
- 3、资料购置、打印、复印、印刷等费用：**0.2 万元**
用于打印、复印等费用共计 0.2 万元。
- 4、学生撰写与项目有关的论文版面费、申请专利费等：**0.3 万元**
用于发表论文版面费共计 0.3 万元。

六、导师推荐意见

本项目选题合理，研究目标明确，立意新颖，技术路线明确，具有较强的创新性和可行性，团队成员具备相关基础，同意推荐！

签名：

年 月 日

七、院系推荐意见

院系负责人签名：

学院盖章：

年 月 日

八、学校推荐意见：

学校负责人签名：

学校公章

年 月 日