

Survey and Analysis of Submerged Plant Communities in Honghu Lake, China

Lanjing Li^{1,2}, Ying Feng³

¹Department of Biology, Manitoba University, Winnipeg, Canada

²Department of Biology, Cuiying Honor College, Lanzhou University, Lanzhou Gansu

³School of Resources and Environmental Science, Hubei University, Wuhan Hubei

Email: 598005824@qq.com

Received: May 11th, 2018; accepted: May 24th, 2018; published: May 31st, 2018

Abstract

Submerged plant is a group of aquatic macro plants which are rooted in the bottom of a water course while the leaves remain submerged below the surface of the waters. They are the main components of lake ecosystem and have very important ecological functions in terms of clearing water, providing forage, improving habitat and building landscape. Honghu Lake is the largest fresh water lake in Hubei province, ranking as the seventh largest in China. It carries abundant aquatic plants. Following the guideline for aquatic plants investigation, I surveyed submerged plant communities in Honghu lake in July 2017. Results suggested that there are 15 constructive species in 8 genus belonged to 6 families. Species included *Ceratophyllum demersum*, *C. oryzetorum*, *Hydrilla verticillate*, *Vallisneria natan*, *Myriophyllum spicatum*, *M. verticillatum*, *Potamogeton cristatus*, *P. lucens*, *P. maackianus*, *P. malaianus*, *P. pectinatus* and *P. pusillus*. The submerged plants constructed 48 plant communities classed into 7 community associations. The submerged plant communities covered 49.14% areas of the lake. Analyses showed that in 1960s, constructive species were *Potamogeton malaianus*, *Vallisneria natans* and *Hydrilla verticillate*. These three species usually have weak pollution resistibility and high forage value, indicating Honghu had clean water, abundant forage and health ecosystem that moment. However, in 1980s the constructive species were replaced by *Potamogeton maackianus*, *Potamogeton cristatus* and *Ceratophyllum demersum*, which had higher pollution resistibility. This species structure continued to the end of 1990s. It indicated that during 1980 to 1990, the water quality was quite bad. Our investigation in this research showed that although the dominant species were still *Potamogeton maackianus* and *Potamogeton cristatus*, *Hydrilla verticillate* and *Potamogeton malaianus* appeared again as the constructive species, indicating that the water quality is starting to recovery and ecosystem is becoming health. For improving the ecosystem, we suggest that the web fishing, aquatic plant harvesting and collecting snail should be stopped. Meanwhile, we should improve the water quality in the upper reaches, increase water transparency and promote restoration of submerged plants.

Keywords

Submerged Plant, Ecosystem, Plant Community, Biodiversity, Honghu Lake

中国洪湖沉水植物群落调查与分析

李岚晶^{1,2}, 封瑛³

¹曼尼托巴大学生物系, 温尼伯, 加拿大

²兰州大学翠英学院, 甘肃 兰州

³湖北大学资源环境学院, 湖北 武汉

Email: 598005824@qq.com

收稿日期: 2018年5月11日; 录用日期: 2018年5月24日; 发布日期: 2018年5月31日

摘要

沉水植物是指植物体全部位于水层下面固着生存的大型水生植物, 是湖泊生态系统的重要组成部分, 具有净化水质、提供饵料、改善生境、营造景观的多重生态功能。洪湖是中国第七大、湖北省第一大淡水湖泊, 水生植物十分丰富。按照水生植物调查规范, 2017年7月对洪湖沉水植物群落调查, 发现洪湖主要建群沉水植物有6科8属15种, 包括金鱼藻(*Ceratophyllum demersum*)、五刺金鱼藻(*C. oryzetorum*)、黑藻(*Hydrilla verticillata*)、苦草(*Vallisneria spiralis*)、水车前(*Ottelia alismoides*)、荇菜(*Nymphoides peltata*)、金银莲花(*Nymphoides indica*)、狐尾藻(*Myriophyllum spicatum*)、轮叶狐尾藻(*M. verticillatum*)、菹草(*Potamogeton cristatus*)、光叶眼子菜(*P. lucens*)、微齿眼子菜(*P. maackianus*)、竹叶眼子菜(*P. malaianus*)、篦齿眼子菜(*P. pectinatus*)和小眼子菜(*P. pusillus*)。沉水植物组成了7个群丛48个群落, 覆盖了洪湖49.14%的面积。分析表明, 1960年代洪湖主要优势沉水植物是耐污能力差、饵料价值高的竹叶眼子菜、苦草和黑藻, 表明那时的洪湖水水质清洁, 鱼类饵料丰富、生态系统优良; 1980年代, 耐污能力强的微齿眼子菜、菹草和金鱼藻占据优势, 1990年代一直维持着这个格局, 表明1980~2000期间, 洪湖水水质比较差; 本次调查显示, 虽然优势沉水植物还是耐污能力比较强的菹草和篦齿眼子菜, 但苦草和竹叶眼子菜又重新回到优势种的位置, 表明洪湖局部地区水质开始好转, 生态健康程度有所回升。为提高生态系统稳定性, 建议进一步取缔围网、绞草、拖螺等人为干扰, 同时改善入湖水质, 增加水体透明度, 促进沉水植物的恢复。

关键词

沉水植物, 生态系统, 植物群落, 生物多样性, 洪湖

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

1.1. 研究意义

中国共有 1.0 km² 以上的自然湖泊 2693 个, 总面积 81,414.6 km², 约占全国国土面积的 0.9%; 其中大于 1000 km² 的特大型湖泊有 10 个, 分别为色林错、青海湖、博斯腾湖、鄱阳湖、太湖、洞庭湖、呼伦湖、洪泽湖、纳木错[1]。湖泊是重要的国土资源, 具有调节河川径流、发展灌溉、提供工业和饮用的

水源、繁衍水生生物、沟通航运, 改善区域生态环境以及开发矿产等多种功能, 在国民经济的发展中发挥着重要作用同时, 湖泊及其流域是人类赖以生存的重要场所, 湖泊本身对全球变化响应敏感, 在人与自然这一复杂的巨大系统中, 湖泊是地球表层系统各圈层相互作用的联结点, 是陆地水圈的重要组成部分, 与生物圈、大气圈、岩石圈等关系密切, 具有调节区域气候、记录区域环境变化、维持区域生态系统平衡和繁衍生物多样性的特殊功能[2]。

自 20 世纪 50 年代以来, 中国湖泊在自然和人为活动双重胁迫的共同作用下, 其功能发生了剧烈的变化, 总体趋势是湖泊在大面积的萎缩乃至消失, 贮水量相应骤减, 湖泊水质不断恶化, 湖泊生态系统严重退化, 给区域经济和社会可持续发展带来严重威胁。如洪湖, 在 20 世纪 80 年代湖泊水质还保持在 II-III 类水平, 湖泊沉水植物繁茂, 湖水清澈见底。随着围网养殖面积的恣意扩大, 大量消耗水生植物, 从而造成水生植被的消失, 降低了湖泊的自净能力, 损害了湖泊生态系统前置库的生态服务功能。2000 年湖泊围网养殖面积约占湖泊面积的 30% 左右, 之后发展到超过 50%, 这不但对围网区的生态结构造成破坏, 而且对非围网区无节制的捞草, 已使得全湖的水生植被遭受破坏, 湖泊水质已呈现恶化趋势, 湖泊营养水平不断升高, 处于富营养化的边缘, 蓝藻水华开始出现[3]。

沉水植物是指植物体全部位于水层下面营固着生存的大型水生植物。它们的根有时不发达或退化, 植物体的各部分都可吸收水分和养料, 通气组织特别发达, 有利于在水中缺乏空气的情况下进行气体交换。这类植物的叶子大多为带状或丝状, 如苦草、金鱼藻、狐尾藻、黑藻等。因为沉水植物在生长过程中会吸收水体中的营养物质, 包括氮、磷等。针对富营养化的湖泊、湿地, 可采用每年有计划地收割沉水植物的方式转移水体中过量的营养物质, 对缓解水体富营养化起到积极作用[4]。

首先, 沉水植物可以净化水质。沉水植物的表皮细胞没有陆生植物那种强硬度的角质层, 在水中能够非常顺利地吸收水中的营养物质, 沉水植物的通气组织非常发达, 因而可以在水中氧气不充分的情况下也能够生存, 可以吸收大量的磷、氮物质为自身所用, 并且其吸收水中磷、氮物质的速率大大高于水藻类植物, 使得水藻类植物不能吸收足够的磷、氮物质, 而停止生长[5]。沉水植物对富营养化水体具有高效的生态修复功能, 对于富营养化水体修复、改善水体生态与质量等方面具有巨大的研究空间与价值[6]。

其次, 水生植物可以增加生物多样性。水生植物群落为亲水的水鸟、昆虫和其他野生动物提供食物来源和栖居场所。水生动植物以及非生物物质的相互作用和循环往复, 使得水体成为具有生命活力的水生生态环境, 从而保存了水生环境的生物多样性。

其三, 水生植物具有景观价值。水生植物以其洒脱的姿态、优美的线条和绚丽的色彩, 点缀着形形色色的水面和岸边, 并容易形成水中美丽的倒影, 具有很强的造景功能。

1.2. 研究目的

本研究的目的是以洪湖夏季沉水植物的种类、群落、生物量调查为基础, 分析洪湖沉水植物群落的组成及其分布面积、沉水植物群落的演替以及其生态意义, 从而为洪湖及江汉湖群生态环境保护和水生生态修复提供科学依据。

1.3. 洪湖沉水植物研究进展

尽管洪湖为“千湖之省”湖北省最大的湖泊, 但洪湖水生植物长期以来并没有引起重视, 最先提及洪湖水生植物的是康在彬 1958 年在其论文“湖北省钉螺的形态及地理分布”中进行了简单描述[7]。1983 年, 武汉大学利用美国陆地卫星多光谱扫描影象, 通过数字影象纠正、多光谱影象的比值变换、生物量指标变换、灰度值分段线性拉伸和集群法非监督分类等数字图象处理[8], 配合地物光谱测定和叶绿素含量测定数据, 对洪湖水生植物进行计算机自动分类和类属判定, 产生的洪湖水生植物分布线画图、彩色

影象图以及各类群面积的统计数值。1989年,中科院水生所对洪湖的菰(*Zizania latifolia*)的化学成分级利用价值进行了研究[9]。

第一次对洪湖水生植物做出完整描述的论文是王飞等1990年发表的论文“洪湖湿地生态系统的演替趋势及管理对策”[10],文章以60年代初以来的调查资料为基础,从结构和功能方面论述了洪湖湿地生态系统的演替趋势,并提出其管理对策。洪湖沉水植物真正的深入研究有李伟等人开创[11][12][13],通过主要沉水植物群落的定量分析,揭开了洪湖沉水植物研究的序幕。

2003年,王学雷等通过对洪湖湿地水环境的监测调查,分析了洪湖水环境质量状况,对水生植物的生态功能进行了系统研究[14]。杜耘等利用2003年夏季在洪湖采集的20个水体样本的测定结果分析了洪湖目前的水体化学性质[15]。历恩华等研究了洪湖三种水生植物的分解速率及氮、磷动态[16]。2010年,王学雷等人[17]以中心发散的放射式角度来确定景观各向异性的方向,将洪湖生态恢复前后时期的水生植被景观及其动态变化作为实例,计算各方向的水生植被百分比、最大斑块指数和最大斑块距离指数,对景观各向异性分析方法进行了探索性的应用研究。

2016年,经过几年的调查,李兆华等[18]出版了《洪湖生态环境调查与评价》一书,对洪湖生态环境进行了全面调查与评价。其中的调查涉及到2012~2013年的沉水植物群落情况。但近几年来,尚没有研究发表洪湖沉水植物现状进行调查分析,这也是本研究的研究目的之一。

2017年,荆州市环境监测站的检测结果表明,洪湖夏季为Ⅲ类水,则其他季节的水质等级很有可能在Ⅲ类以下(见:网上公示《荆州市环境公报》)。洪湖水体的理化性质各方面状况有利于水生生物的生长和繁殖[19]。通过主成分分析方法,得到了目前洪湖水质的三个主要控制因素。洪湖水水质主要受到氮盐营养元素和生物活动的控制,其次是悬浮物和水体的离子属性,第三是水体的磷化合物。尽管磷是大多数湖泊水体富营养化的关键物质,但它对洪湖湖水而言,并不是最重要的控制因素[20][21][22]。

2. 研究方法

2.1. 研究地点

洪湖位于千湖之省湖北省的中南部,长江中游北岸,江汉平原东南端,是中国第七大淡水湖,湖北省第一大湖泊。洪湖为长江和汉江支流东荆河之间的大型浅水洼地壅塞湖,横跨荆州市洪湖市和监利县,是整个四湖(长湖、三湖、白露湖、洪湖)水系的水量调蓄湖泊和通江出入口[23]。洪湖水域范围介于东经113°12'50"~113°28'33"、北纬29°41'55"~29°58'02",湖心坐标为东经113°20'13"、北纬29°51'20"。

据2012年实地测量,洪湖水域(扣除内垸)东西最大长度23.4 km,南北最大宽度20.8 km,岸线长108.4 km。洪湖平面形态略呈三角形,分别为螺山干渠、四湖总干渠、及与长江平行的湖岸为三边。洪湖湖岸平直,湖盆呈浅碟形,湖底平坦。根据荆州市水文局提供的数据,2015年洪湖正常水位为24.5 m,平均水深1.16 m,丰水期水深2.32 m,枯水期水深0.76 m,平水期水深1.3 m,最大水位变幅为1.56 m。湖底高程为23.38 m,底质以泥沙为主,平均泥深为0.93 m。洪湖承雨面积为5980 km²,平均入湖流量为100 m³/s,年最大流量为566 m³/s,平均径流量 31.53×10^8 m³,多年平均入湖水量 20.28×10^8 m³,洪湖调蓄容量为 5.424×10^8 m³ [18]。

洪湖属亚热带季风湿润区,近地层为季风环境控制,雨热同季,四季分明。冬季寒冷干燥,夏季炎热多雨,春秋两季气候宜人,且冬夏长,春秋短。洪湖流域雨量充沛,多集中于春夏,阳光充足,热量丰富,无霜期长,时有旱涝、寒潮、大风、冰雹等灾害天气发生,其中洪涝灾害较多。洪湖多年平均降雨量为900~1350 mm,降雨最多的月份是7月,少的月份是1月。多年平均气温为16℃~19℃,1月最冷,平均气温0℃~4℃,7月份气温最高,平均气温27℃~29℃,历史记载的极端高温达41℃,1月份温度最低,极端低温达-16.5℃。夏季多东南风,冬季多西北风,平均风速2.5米/秒。据统计,2015年流域最高

气温为 36.6℃, 最低气温为-3.1℃, 平均气温为 17.1℃~17.9℃。年日照时间在 1428~2000 h 之间, 无霜期在 230~270 d 之间, 年蒸发量 767~1724 mm。

2.2. 研究方法

2.2.1. 采样点布置

根据洪湖湖泊外形, 采用断面法进行调查和采集植物, 调查和采样过程中用 GPS 进行定位, 并记录采样点坐标, 根据采样点获取的植物种类信息和采样途中目视范围内的植被分布, 对植物群丛进行标注, 为后期绘制植物分布图提供线索和依据。全湖共设 15 个断面、61 个采样点, 采样点和采样断面分布如图 1, 调查时间 2017 年 7 月 3~16 日。

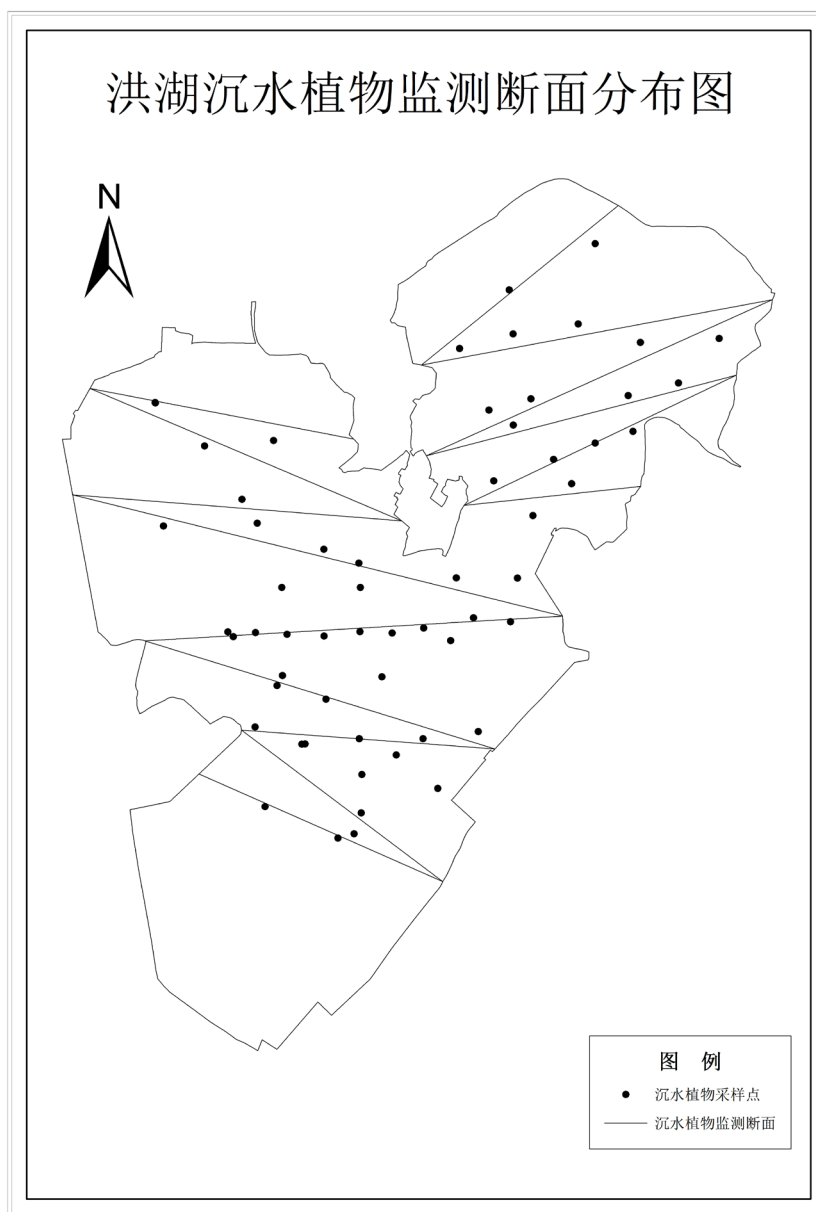


Figure 1. Sampling spots of submerged plants in Honghu lake
图 1. 洪湖沉水植物监测断面及监测点分布

2.2.2. 植物种类调查

由于是进行群落分析, 调查只在采样点进行, 并未涵盖全湖。采集样方每种沉水植物, 样方面积为 1 m^2 左右。采集标本, 对标本进行编号, 初步进行现场鉴定, 有疑问的回实验室鉴定, 主要参考华中科技大学出版社 2009 年款班的《水生植物图鉴》进行鉴定核对[24]。

2.2.3. 生物量测定

样方内的全部植物连根夹起, 及时冲洗干净, 分出种类, 再称其湿重。

2.2.4. 优势度测定

优势度表示植物群落内各植物种类处于何种优势或劣势状态的群落测定度。研究采用覆盖度测定, 能覆盖全湖 5% 以上(分布面积大于 17 km^2)即为优势种。

2.2.5. 植被分布面积与覆盖率的求算

根据采样过程中采集的植物分布信息、实地绘制的简易植物分布图以及采样点的地理坐标, 利用地理信息系统(GIS)软件求算各群丛的分布面积。具体为在 GIS 软件 ARC/INFO 的支持下进行调查点位及丛群边界线条绘制, 并进行拓扑关系建立, 求算各丛群类型的实际分布面积及湖泊总植被面积, 其中由于洪湖周围存在未拔起的围网残桩, 采样船只难以进入, 尤其是洪湖西北区域和靠近螺山干渠的洪湖南部。最后将总植被面积除以该湖泊总面积得到全湖沉水植被覆盖率。

3. 研究结果

3.1. 沉水植物种类

2017 年 7 月的调查发现, 21 个采样点共发现 6 科 8 属 15 种沉水植物, 植物中分别是: 金鱼藻(*Ceratophyllum demersum*)、五刺金鱼藻(*C. oryzetorum*)、黑藻(*Hydrilla verticillata*)、苦草(*Vallisneria natans*)、水车前(*Ottelia alismoides*)、荇菜(*Nymphoides peltata*)、金银莲花(*Nymphoides indica*)、狐尾藻(*Myriophyllum spicatum*)、轮叶狐尾藻(*M. verticillatum*)、菹草(*Potamogeton cristatus*)、光眼眼子菜(*P. lucens*)、微齿眼子菜(*P. maackianus*)、竹叶眼子菜(*P. malaianus*)、篦齿眼子菜(*P. pectinatus*)和小眼子菜(*P. pusillus*)。其中菹草、篦齿眼子菜、狐尾藻、微齿眼子菜(黄丝草)、金鱼藻、苦草、竹叶眼子菜和黑藻最为常见(表 1)。

由于洪湖是浅水湖泊, 沉水植物分布区伴生这挺水植物和浮叶植物, 常见的有 12 科 13 属 14 种, 包括漂浮植物凤眼莲(*Eichhornia crassipes*)、浮萍(*Lemna minor*)、槐叶萍(*Salvinia natans*)、水绵(*Spirogyra communis*)、水鳖(*Hydrocharis dubia*), 共 4 种。挺水植物和浮叶植物菖蒲(*Acorus calamus*)、菰(*Zizania caduciflora*)、芦苇(*Phragmites communis*)、莲(*Nelumbo nucifera*)、睡莲(*Nymphaea tetragona*)、菱(*Trapa incisa*)、水芹(*Oenanthe javanica*)、莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)和香蒲(*Typha orientalis*), 共 10 种。

3.2. 沉水植物群落

根据植被分类原则, 调查显示洪湖沉水植被共包含 7 个群丛 48 个群落。群丛为菹草群丛(1 个群落)、竹叶眼子菜群丛(3 个群落)、苦草群丛(16 个群落)、黄丝草群丛(6 个群落)、狐尾藻群丛(3 个群落)、黑藻群丛(4 个群落)和篦齿眼子草群丛(15 个群落)。群落类型见表 2。

3.3. 沉水植被面积及分布

调查结果显示, 2017 年夏季洪湖分布的沉水植物主要有 8 类: 菹草、篦齿眼子菜、狐尾藻、黄丝草、金鱼藻、苦草、竹叶眼子菜和黑藻。全湖沉水植物覆盖面积约为 171.13 km^2 , 占全湖面积的 49.14%。

Table 1. Species list of submerged plants in Honghu lake
表 1. 洪湖沉水植物物种名录

类型	科名	序号	属名	序号	种名	拉丁名
沉水植物	1. 金鱼藻科	1	金鱼藻属	1	金鱼藻	<i>Ceratophyllum demersum</i>
				2	五刺金鱼藻	<i>C. oryzetorum</i>
	2. 水鳖科	3	黑藻属	3	黑藻	<i>Hydrilla verticillata</i>
				4	苦草	<i>Vallisneria natans</i>
				4	水车前	<i>Ottelia alismoides</i>
	3. 睡莲科	5	荇菜属	6	荇菜	<i>Nymphoides peltata</i>
				7	金银莲花	<i>Nymphoides indica</i>
	4. 小二仙草科	6	狐尾藻属	8	狐尾藻	<i>Myriophyllum spicatum</i>
				9	轮叶狐尾藻	<i>M. verticillatum</i>
				10	菹草	<i>Potamogeton cristatus</i>
				11	光叶眼子菜	<i>P. lucens</i>
				12	微齿眼子菜	<i>P. maackianus</i>
	5. 眼子菜科	7	眼子菜属	13	竹叶眼子菜	<i>P. malaianus</i>
				14	蓖齿眼子菜	<i>P. pectinatus</i>
				15	小眼子菜	<i>P. pusillus</i>
				16	小茨藻	<i>Najas minor</i>
	6. 茨藻科	8	茨藻属	17	大茨藻	<i>N. marina</i>
1				凤眼莲	<i>Eichhornia crassipes</i>	
伴生植物	1. 雨久花科	1	凤眼莲属	1	凤眼莲	<i>Eichhornia crassipes</i>
	2. 菖蒲科	2	菖蒲属	2	菖蒲	<i>Acorus calamus</i>
	3. 浮萍科	3	浮萍属	3	浮萍	<i>Lemna minor</i>
	4. 禾本科	4	菰属	4	菰	<i>Zizania caduciflora</i>
	5. 槐叶萍科	5	芦苇属	5	芦苇	<i>Phragmites communis</i>
	6. 莲科	6	槐叶萍属	6	槐叶萍	<i>Salvinia natans</i>
				7	莲	<i>Nelumbo nucifera</i>
	7. 菱科	8	菱属	8	睡莲	<i>Nymphaea tetragona</i>
	8. 伞形科	9	菱属	9	野菱	<i>Trapaincisa</i>
	9. 双星藻科	10	水芹属	10	水芹	<i>Oenanthe javanica</i>
	10. 双星藻科	11	水绵属	11	水绵	<i>Spirogyra communis</i>
	11. 水鳖科	12	莲子草属	12	莲子草	<i>Alternanthera philoxeroides</i>
12. 香蒲科	13	水鳖属	13	水鳖	<i>Hydrocharis dubia</i>	
	14	香蒲属	14	香蒲	<i>Typha orientalis</i>	

Table 2. Plant community list of submerged plants in Honghu lake in early July 2017
表 2. 洪湖 2017 年夏初沉水植物群落类型

群丛			群落	
序号	名称	序号	名称	面积(hm ²)
1	菹草群丛	1	菹草 + 金鱼	273.42
		2	竹叶眼子菜 + 黄丝草 + 狐尾 + 菹草	1133.66
2	竹叶眼子菜群丛	3	竹叶眼子菜 + 狐尾藻 + 菹草	64.06
		4	竹叶眼子菜 + 狐尾藻	3.94

Continued

		5	苦草 + 菹草 + 金鱼藻	167.66
		6	苦草 + 菹草	1167.6
		7	苦草 + 金鱼藻	186.41
		8	苦草 + 黄丝草 + 菹草 + 金鱼藻	3
		9	苦草 + 黄丝草 + 菹草	47.23
		10	苦草 + 黄丝草 + 狐尾藻 + 菹草	216.87
		11	苦草 + 狐尾藻	5.05
3	苦草群丛	12	苦草 + 狐尾藻 + 菹草	392.3
		13	苦草 + 黑藻 + 黄丝草 + 狐尾藻 + 菹草	0.02
		14	苦草 + 黑藻 + 狐尾藻 + 菹草	14.4
		15	苦草 + 黑藻 + 狐尾藻	24.32
		16	苦草 + 黑藻	3.16
		17	苦草 + 篔齿眼子草 + 菹草 + 金鱼藻	180.53
		18	苦草 + 篔齿眼子草 + 菹草	80.99
		19	苦草 + 篔齿眼子草 + 金鱼藻	60.43
		20	苦草 + 篔齿眼子草 + 黄丝草 + 菹草 + 金鱼藻	93.74
		21	黄丝草 + 菹草	211.58
		22	黄丝草 + 金鱼藻	7.14
4	黄丝草群丛	23	黄丝草 + 狐尾藻	130.95
		24	黄丝草 + 菹草 + 金鱼藻	69.05
		25	黄丝草 + 狐尾藻 + 菹草	898.76
		26	黄丝草 + 狐尾藻 + 金鱼藻	51.52
		27	狐尾藻 + 菹草 + 金鱼藻	33.74
5	狐尾藻群丛	28	狐尾藻 + 菹草	645.01
		29	狐尾藻 + 金鱼藻	383.79
		30	黑藻 + 黄丝草 + 狐尾藻 + 菹草	55.09
6	黑藻群丛	31	黑藻 + 黄丝草 + 狐尾藻	7.7
		32	黑藻 + 狐尾藻 + 菹草	8.17
		33	黑藻 + 狐尾藻	65.82
		34	篔齿眼子草 + 菹草 + 金鱼藻	857.98
		35	篔齿眼子草 + 菹草	3955.32
		36	篔齿眼子草 + 金鱼藻	281.27
		37	篔齿眼子草 + 黄丝草	108.08
		38	篔齿眼子草 + 黄丝草 + 菹草 + 金鱼藻	150.51
		39	篔齿眼子草 + 黄丝草 + 菹草	81.11
		40	篔齿眼子草 + 黄丝草 + 金鱼藻	13.35
7	篔齿眼子草群丛	41	篔齿眼子草 + 黄丝草 + 狐尾藻 + 菹草	27.77
		42	篔齿眼子草 + 黄丝草 + 狐尾藻 + 金鱼藻	16.46
		43	篔齿眼子草 + 狐尾藻 + 菹草	8.53
		44	篔齿眼子草 + 狐尾藻 + 金鱼藻	24.55
		45	篔齿眼子草 + 狐尾藻	1.77
		46	篔齿眼子草 + 黑藻 + 狐尾藻 + 菹草	1.49
		47	篔齿眼子草 + 黑藻 + 狐尾藻	27.89
		48	篔齿眼子草 + 黑藻	91.17

该时期分布面积最广的沉水植物为菹草, 分布面积为 132.34 km², 占全湖面积的 38.03%, 该季节菹草生长旺盛, 几乎遍布湖面大部分地区。其次为篦齿眼子菜, 分布面积为 70.93 km², 蓝田、湖心 A、排水闸、杨柴湖、小港和湖心 B 周围都有分布, 分布面积占全湖面积 20.38%。由于该季节菹草和篦齿眼子菜生长旺盛, 且这两种植物植株较长, 在洪湖湖面上可看到大片的水草浮于水面, 通常就是这两种植物伴生形成的。狐尾藻分布面积约为 45.03 km², 其主要分布在排水闸和杨柴湖附近, 分布面积占全湖面积的 12.94%。黄丝草、苦草和金鱼藻分布面积大致相近, 分别为 33.85 km²、29.60 km² 和 34.79 km², 分别占全湖面积的 9.73%、8.51% 和 10.00%。黄丝草主要分布在两片区域, 一片区域在桐梓湖、杨柴湖附近, 另一片在湖心 B、小港附近。苦草主要分布在蓝田、桐梓湖附近, 小港与杨柴湖也有少量分布。金鱼藻分布相对来说也较为分散, 在小港和排水闸附近有两个稍微较大的群落, 面积分别为 17.89 km² 和 8.07 km², 在桐梓湖和蓝田也有发现其群落的存在。竹叶眼子菜和黑藻分布面积相对较小, 分布也较集中, 竹叶眼子菜分布面积为 12.02 km², 分布面积占全湖面积的 3.45%, 仅在桐梓湖和杨柴湖中间的位置有出现。黑藻分布面积为 3.91 km², 占全湖面积的 1.12%, 仅在杨柴湖附近发现其存在。具体分布情况见图 2。

4. 讨论

4.1. 洪湖沉水植物种类的演化

洪湖作为一个大型浅水草型湖泊, 水生植被既是一类独特的自然景观, 也是构成湖泊生态系统的基本骨架[25]。近四十年来, 受湖泊水文、水质条件以及人类活动的影响, 水生植被群落发生了明显的演替过程, 主要表现为种类组成和优势种群结构的演变[26] [27]。

20 世纪 60 年代初, 洪湖面积为 600 km², 分布最广的水生植物是菱、竹叶眼子菜、苦草、黑藻, 其次为穗花狐尾藻(聚草)、微齿眼子菜(黄丝草)、金鱼藻、篦齿眼子菜、菰、莲、芦苇、黄花狸藻和棕苔等。水生植被明显地分为湿生植被带、挺水植被带、浮叶植被带和沉水植被带, 并以浮叶植被带面积为最大。主要的植物群落有 11 种, 包括苔草群落、苔草 + 黑藻群落、菱—黄丝草群落、菱—竹叶眼子菜 + 聚草群落、菱—竹叶眼子菜 + 黄丝草群落、菱—聚草 + 黄丝草群落、黄丝草群落、莲群落、菰群落、芦苇 + 菰群落[28] [29]。

20 世纪 80 年代初, 洪湖面积约 355 km², 根据植物覆盖面积的排序, 组成洪湖植被的优势种类是微齿眼子菜、穗花狐尾藻、菰、金鱼藻和黑藻五种, 其次为莲、睡莲、轮藻、水鳖、竹叶眼子菜、大茨藻和菱等, 从频度上看, 分布较广的水生植物为: 微齿眼子菜(92.75), 穗花狐尾藻(95.65)、黑藻(76.81)、金鱼藻(55.07)、菱(23.19)、菰(13.30)、轮藻(7.25), 睡莲(5.80)、莲(3.30)、竹叶眼子菜(2.90)、苦草(2.90)、槐叶苹(2.90)、大茨藻(1.45)、小茨藻(1.45), 水鳖(1.45)、狸藻(1.45)。水生植被分布较为明显的只有挺水植被带和沉水植被带, 20 世纪 60 年代初分布面积最大的浮叶植被带已不明显, 湿生植被带基本消失。60 年代的主要优势种类菱、竹叶眼子菜、苦草、篦齿眼子菜、莲、菹草已大为减少, 而微齿眼子菜和穗花狐尾藻则成为全湖的优势种。优势群落主要有 6 种, 分别为聚草—金鱼藻群落、聚草—黄丝草群落、黄丝草群落、莲 + 菰群落、菰群落。与 20 世纪 60 年代相比, 20 世纪 80 年代的优势群落总数减少了 5 个, 只有黄丝草群落和菰群落两个是共同的优势群落, 其余四种为新增优势群落[29]。

至 20 世纪 90 年代初, 微齿眼子菜和穗花狐尾藻是洪湖沉水植物中的绝对优势种, 并遍布全湖, 其次为金鱼藻、黑藻、菹草、轮藻和光叶眼子菜。浮叶植物菱等的分布零散, 未能形成大面积的群落。生物量也有所减少。优势群落增至 18 个, 且大多数为新增的优势群落[30]。

本次调查结果显示洪湖分布的优势沉水植物主要有 8 类: 菹草、篦齿眼子菜、狐尾藻、黄丝草、金鱼藻、苦草、竹叶眼子菜和黑藻。全湖沉水植物覆盖面积约为 171.13 km², 占全湖面积的 49.14% (表 3)。

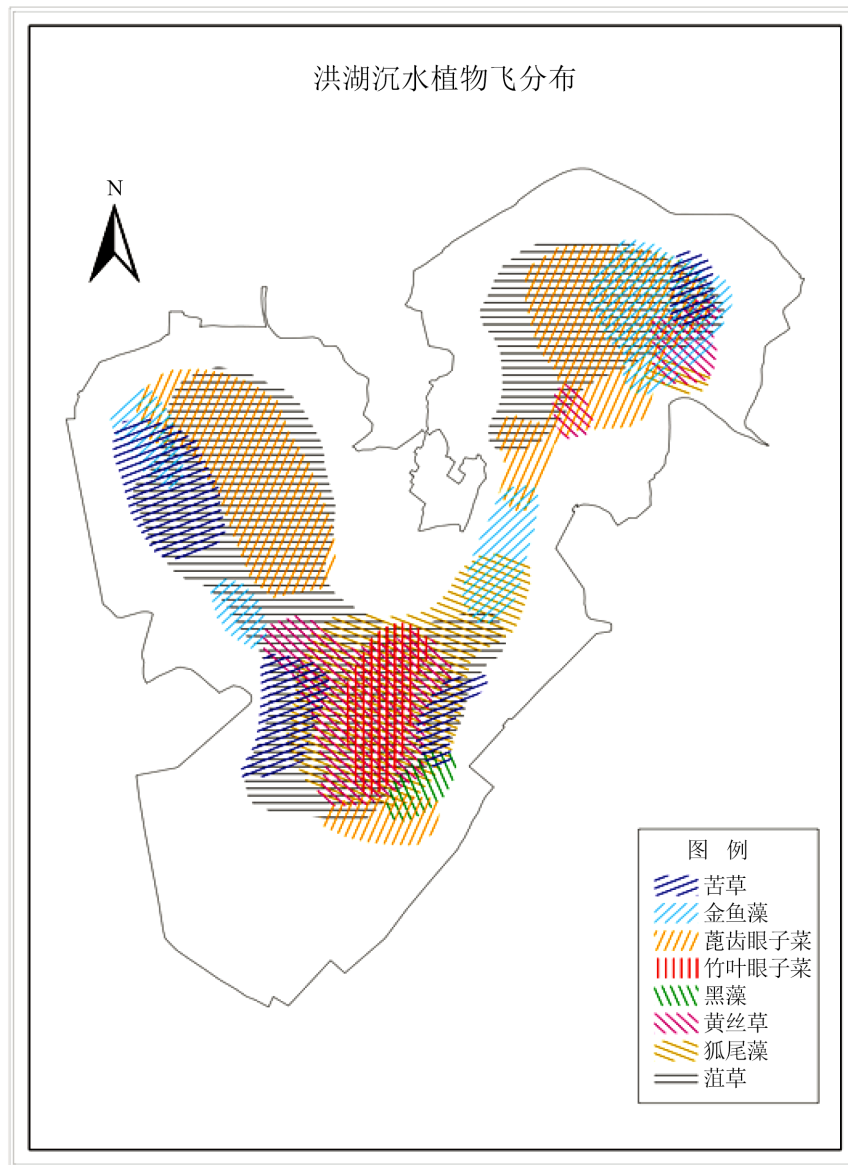


Figure 2. Distribution of submerged plant communities in Honghu lake in July 2017
 图 2. 洪湖沉水植物群落分布情况图(2017年7月)

Table 3. Succession of dominant submerged plants in Honghu lake
 表 3. 洪湖沉水植物优势种演变

优势度	1960年代[29]	1980年代[29]	1990年代[29]	本次调查
第一优势种	竹叶眼子菜	微齿眼子菜	微齿眼子菜	菹草
第二优势种	苦草	菹草	菹草	篦齿眼子菜
第三优势种	黑藻	金鱼藻	金鱼藻	狐尾藻
第四优势种	穗花狐尾藻	黑藻	黑藻	微齿眼子菜
第五优势种	微齿眼子菜(黄丝草)	轮藻	轮藻	金鱼藻
优势种	金鱼藻	竹叶眼子菜	光叶眼子菜	苦草
优势种	篦齿眼子菜	大茨藻		竹叶眼子菜
优势种	黄花狸藻			黑藻

4.2. 水生植被演替

洪湖水生植被演替的原因。现代洪湖是明代开始形成的一个浅水河间洼地, 经过几百年的自然演化和人类活动的影响, 已初步向沼泽化发展。在此过程中, 水生植物尤其是挺水植物承担着沼泽化先锋的作用[31][32]。莲、菰和芦苇等群落, 其植物的水上部分和水下的根状茎极为发达, 其残体以及淤积的泥沙逐渐聚集起来, 使湖泊基底不断抬高, 而最终露出水面, 土壤水分也随之减少; 这就为湿生植物创造了条件, 逐渐为禾本科、莎草科以及灯心草科的一些喜湿的植物所演替, 而形成新的植被类型。芦苇和菰群落则向原浮水植物区域侵移, 依次类推, 原浮水植物群落向原沉水植物区域侵移, 而原沉水植物群落则向原深水水域侵移, 由于各水域内植物残体的积累, 泥沙的堆积, 年复一年, 湖底不断抬高, 由深水湖变为浅水湖, 进而变为湖沼[33][34][35]。由于环境条件的变化, 加速了水生植物向沼生植物甚至湿生植物的演替过程, 出现草甸、灌草丛和森林植被, 导致出现“沧海桑田”变化[36][37][38][39]。

近 40 年来, 洪湖水生植被在自然因素和人为因素的共同作用下, 经历了三个不同的演替阶段[40]。20 世纪 50 年代江湖阻隔以前, 洪湖植被以自然演替为主, 植被类型分布主要受长江、汉水泛滥泥沙和 水位大涨大落的影响, 湿生植被占有明显的优势[19]。

20 世纪 50 年代末江湖阻隔之后, 水利建设和围湖垦殖使洪湖的面积由阻隔前的 600 km² 左右减至 80 年代的 355 km², 原有几乎全部的湿生植物带和大部分挺水植物带被围垦, 由于水位落差减少, 而挺水植物带由浅水区向湖心扩展, 至 1987 年达到顶峰, 超过全湖面积的 50% 以上, 这是洪湖植被演替的第二个阶段。另一方面, 沉水植物微齿眼子菜等抗干扰能力弱而竞争力较强的物种在湖水运动显著减少、水位落差波动较小情况下快速扩展, 使竹叶眼子菜和苦草等 1960 年代以前的优势种退缩。在与挺水植物和沉水植物的竞争过程中, 菱等竞争力较弱的浮叶植物处于劣势, 进而使浮叶植物带为挺水植物和沉水植物带所演替[37][41][42]。

20 世纪 80 年代中期以后, 围湖圈养草食性鱼类快速发展, 水生植被开发利用的强度不断加大, 至 90 年代基本形成了水生植物开发利用下的恢复性演替过程。具体表现有两个特点。挺水植物菰群落的面积不断减少。虽然菰有发达的地下茎系统, 能与水面叶片系统一起将氧气转输到地下高度厌氧环境以维持正常生理代谢; 但大规模刈割菰叶饲养草食性鱼类, 一方面减少了地下部分的氧气供应, 另一方面水从菰轴条断面进入维管系统, 阻断了植物体内的交换过程, 使得菰地下茎系统无法进行正常的生理活动而腐烂, 从而导致菰群落大面积死亡。沉水植被的演替也是人为干扰作用的结果。由于微齿眼子菜和穗花狐尾藻皆主要依赖无性繁殖来实现种群的恢复、更新和扩展, 但两者的繁殖策略迥然不同: 微齿眼子菜主要依靠其匍匐茎和营养茎的生长扩展, 而穗花狐尾藻主要靠丛生的茎的破碎及随后的漂流来实现。因而, 随着洪湖水产养殖业大规模开发[43], 对微齿眼子菜的压力越来越大, 尤其是在绞草过程中使用铁耙, 破坏了微齿眼子菜赖以生成的匍匐茎, 造成对该群落毁灭性的破坏; 而穗花狐尾藻则相反, 养殖活动对其影响较小, 甚至绞草过程中加速穗花狐尾藻的断裂还有助于其扩展, 通过茎的破碎及随后的漂流迅速占据以前微齿眼子菜占据而现由于绞草而几乎成为裸地的区域。

从目前植被的现状看, 洪湖水生植物正处于剧烈变动的阶段。2017 年洪湖沉水植物分布范围有所增加, 但其水生植物群落类型多, 破碎化程度还较高。为加快洪湖生态修复, 提高生态系统稳定性, 应提高水体的透明度, 增加水中光照强度。进一步取缔围网、绞草、拖螺等人为干扰, 同时改善入湖水质, 增加水体透明度, 促进沉水植物的恢复; 增加水位变幅, 促进水生植物资源的合理利用, 避免沼泽化重演。

基金项目

环境保护部“清洁湖泊”项目资助。

参考文献

- [1] 裘知, 王睿, 李思亮, 孔令为, 蒋升飞, 梅荣武. 中国湖泊污染现状与治理情况分析[C]//中国科学技术协会学会学术部、吉林省人民政府. 湖泊湿地与绿色发展——第五届中国湖泊论坛论文集. 中国科学技术协会学会学术部、吉林省人民政府, 2015: 5.
- [2] 王志强, 崔爱花, 缪建群, 王海, 黄国勤. 淡水湖泊生态系统退化驱动因子及修复技术研究进展[J]. 生态学报, 2017, 37(18): 6253-6264.
- [3] 王学雷, 蔡述明. 洪湖湿地自然保护区综合评价[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2006, 40(2): 279-281.
- [4] 李琳琳, 汤祥明, 高光, 邵克强, 龚志军, 陈丹, 张云华. 沉水植物生态修复对西湖细菌多样性及群落结构的影响[J]. 湖泊科学, 2013, 25(2): 188-198.
- [5] 王圣瑞, 金相灿, 赵海超, 崔哲, 颜昌宙, 步青云, 楚建周, 周小宁. 沉水植物黑藻对上覆水中各形态磷浓度的影响[J]. 地球化学, 2006, 35(2): 179-186.
- [6] 姚会文. 沉水植物的富营养水体修复研究[J]. 环境与发展, 2017, 29(7): 198-200.
- [7] 康在彬, 王萃鏹, 周述龙. 湖北省钉螺的形态及地理分布[J]. 动物学报, 1958(3): 225-241.
- [8] 杨凯, 林开愚. 遥感技术在洪湖水生植物分布状况调查中的应用[J]. 武汉测绘学院学报, 1983, 8(1): 1-13.
- [9] 王业勤, 冯勃. 洪湖野菰及其化学成分分析[J]. 水生生物学报, 1989, 13(1): 51-57.
- [10] 王飞, 谢其明. 洪湖湿地生态系统的演替趋势及管理对策[J]. 农村生态环境, 1990, 6(2): 21-25.
- [11] 李伟, 程玉. 洪湖主要沉水植物群落的定量分析 I 微齿眼子菜群落[J]. 水生生物学报, 1999, 23(1): 53-58.
- [12] 李伟, 程玉. 洪湖主要沉水植物群落的定量分析 II 微齿眼子菜 + 穗花狐尾藻 + 轮藻群落[J]. 水生生物学报, 1999, 23(3): 240-244.
- [13] 程玉, 李伟. 洪湖主要沉水植物群落的定量分析 IV 穗花狐尾藻 + 微齿眼子菜 + 金鱼藻群落[J]. 水生生物学报, 2000, 24(3): 257-262.
- [14] 王学雷, 刘兴土, 吴宜进. 洪湖水环境特征与湖泊湿地净化能力研究[J]. 武汉大学学报(理学版), 2003, 49(2): 217-220.
- [15] 杜耘, 陈萍, Sato, K., Aoe, H., 何报寅. 洪湖水环境现状及主导因子分析[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(4): 481-485.
- [16] 厉恩华, 刘贵华, 李伟, 袁龙义, 温峰. 洪湖三种水生植物的分解速率及氮、磷动态[J]. 中国环境科学, 2006, 26(6): 667-671.
- [17] 王学雷, 厉恩华, 余璟, 邓帆. 生态恢复前后洪湖水生植被景观各向异性动态变化研究[J]. 湿地科学, 2010, 8(2): 105-109.
- [18] 李兆华, 邓楚洲, 张斌, 等. 洪湖神态环境调查与评价[M]. 武汉: 湖北科技出版社, 2016.
- [19] 李昆, 王玲, 李兆华, 王祥荣, 陈红兵, 吴忠, 朱鹏. 丰水期洪湖水水质空间变异特征及驱动力分析[J]. 环境科学, 2015, 36(4): 1285-1292.
- [20] 彭小思, 邹开鹏. 洪湖长湖富营养化现状及其综合防治对策[C]//中国科学技术协会. 健康湖泊与美丽中国——第三届中国湖泊论坛暨第七届湖北科技论坛论文集. 武汉: 湖北科学技术出版社, 2013: 468-472.
- [21] 胡久生, 邢晓燕, 康群, 等. 湖北省农村环境污染典型调查——洪湖市万泉镇南昌村实证研究[J]. 中国农业资源与区划, 2011, 32(1): 24-30.
- [22] 卢进步. 湖北省四湖流域推进生态文明建设的思考[J]. 中国水利, 2014(7): 8-9.
- [23] 周文昌, 史玉虎, 潘磊, 庞宏东. 基于固碳服务价值评价的洪湖湿地保护对策[J]. 湿地科学与管理, 2017, 13(4): 8-11.
- [24] 赵家荣, 刘艳玲. 水生植物图鉴[M]. 武汉: 华中科技大学出版社出版, 2009.
- [25] Ehrlich, P.R. and Daily, G.C. (1993) Population Extinction and Saving Bio-Diversity. *Ambio*, No. 22, 64-68.
- [26] 尹发能. 洪湖自然环境演变研究[J]. 人民长江, 2008, 39(5): 19-22.
- [27] 陈萍. 洪湖近 1300 年来的环境演变[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 中国科学院测量与地球物理研究所, 2004.
- [28] 卢山, 王圣海. 洪湖湖泊环境演变与湿地生态产业发展的思考[J]. 湿地科学与管理, 2009, 5(4): 46-48.
- [29] 刘毅, 任文彬, 舒潼, 等. 洪湖湖滨带植被现状以及近五十年的变化分析[J]. 长江流域资源与环境, 2015(24): 38-45.

- [30] 姚书春, 薛滨, 夏威夷. 洪湖历史时期人类活动的湖泊沉积环境响应[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(4): 475-480.
- [31] 刘小莉. 江汉湖群中小型湖泊湿地保护研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 湖北大学, 2012.
- [32] 吴立. 江汉平原中全新世古洪水事件环境考古研究[D]: [博士学位论文]. 南京: 南京大学, 2013.
- [33] 班璇, 杜耘, 吴秋珍, 等. 四湖流域水环境污染现状空间分布和污染源分析[J]. 长江流域资源与环境, 2011, 20(Z1): 112-116.
- [34] 尹发能. 四湖流域综合管理研究[J]. 国土与自然资源研究, 2010(3): 58-60.
- [35] 彭小思, 付克金. 四湖总干渠水环境质量现状及水污染防治措施[J]. 湖南理工学院学报(自然科学版), 2015, 28(1): 77-80.
- [36] 阎梅, 张宝林, 严林浩, 等. 洪湖纳污能力分析(湖泊论坛)[C]//中国科学技术协会. 健康湖泊与美丽中国——第三届中国湖泊论坛暨第七届湖北科技论坛论文集. 武汉: 湖北科学技术出版社, 2013: 603-606.
- [37] 邓为中, 李雪松, 郑晨昀, 雷新, 徐关瑜. 洪湖现状问题及对策研究[J]. 农村经济与科技, 2016, 27(19): 60-61.
- [38] 严平川, 伍朝辉. 洪湖水环境现状调查与生态修复措施探讨[C]//中国科协年会专题论坛暨湖北科技论坛. 武汉, 2007: 83-85.
- [39] 卢碧林, 严平川, 田小海, 等. 洪湖水体藻类藻相特征及其对生境的响应[J]. 生态学报, 2012, 32(3): 680-689.
- [40] 朱明勇, 王学雷, 吴后建. 江湖关系演变对洪湖湿地的生态影响与对策[J]. 湿地科学与管理, 2007, 3(4): 59-61.
- [41] 吴后建, 王学雷, 宁龙梅, 等. 变化环境下洪湖湿地生态恢复初步研究[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2006, 40(1): 124-127.
- [42] 杨凯, 林开愚, 张荣幸, 等. 遥感数字图象处理技术在洪湖水生植物分布调查中的应用[J]. 植物学报, 1983, 25(5): 472-481.
- [43] 班璇, 余成, 魏珂, 等. 围网养殖对洪湖水质的影响分析[J]. 环境科学与技术, 2010, 33(9): 125-129.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2324-7967, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ije@hanspub.org