

## 1998 年特大洪水后鄱阳湖自然保护区 主要湖泊水生植被的恢复

李伟, 刘贵华, 熊秉红, 浦云海

(中国科学院武汉植物园/水生植物生物学实验室, 武汉 430074)

**摘要:** 鄱阳湖自然保护区的湖泊是相对独立于鄱阳湖主体湖的一个区域, 是国际重要湿地。1998 年的特大洪水导致湖泊中水生植物的地上部分大量毁灭。通过 1999 年和 2001 年的植被调查, 并与历史资料比较, 探讨了特大洪水干扰后的植被恢复动态。结果表明, 1999 年湖泊水生植物的种类和生物量均低于干扰前的水平; 2001 年物种种类已经恢复, 苦草(*Vallisneria* spp.) 和黑藻(*Hydrilla verticillata*) 的生物量已超过干扰前的水平, 但其它物种的生物量仍较低, 尚处于恢复的初始阶段。据此推断, 物种间恢复速度的差异主要与物种的无性繁殖方式有关。鄱阳湖自然保护区湖泊的植被恢复不同于温带和其它亚热带的湖泊, 不经历轮藻(*Chara* spp.) 作为先锋优势种的阶段, 苦草和黑藻可以作为先锋种首先在湖泊中恢复。这可能与鄱阳湖作为通江湖泊其水位频繁波动、轮藻不易定居有关。研究显示, 洪水导致的水生植物生物量下降和物种数目减少只是短期现象, 湖泊水生植物能在几年内恢复到干扰前的水平。

**关键词:** 水生植被; 鄱阳湖; 特大洪水; 恢复

中图分类号: Q948

文献标识码: A

文章编号: 1000-470X(2004)04-0301-06

## The Restoration of Aquatic Vegetation in Lakes of Poyang Lake Nature Reserve after Catastrophic Flooding in 1998

LI Wei, LIU Gui-Hua, XIONG Bing-Hong, PU Yun-Hai

(Laboratory of Aquatic Plant Biology, Wuhan Botanical Garden, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** The internationally important wetland, Poyang Lake Nature Reserve has several small lakes relatively independent from Poyang Lake. The aquatic plants in these lakes were destroyed by a catastrophic flooding occurred in 1998. The restoration of the aquatic vegetation following the high water stress was analysed by comparing the results of vegetation investigation in 1999 and 2001, as well as the historical data. The species number and the biomass in 1999 were lower than those before the flooding. However, species had restored by 2001, and the biomass of *Vallisneria* spp. and *Hydrilla verticillata* had exceeded that before the stress, but the biomass of the rest plants were still low. It was suggested the different restoration of plants were mainly related with their different vegetation propagation methods. The vegetation restoration in lakes of Poyang Lake Nature Reserve was different from that in temperate and other subtropical lakes in that no pioneer stage when *Chara* dominated occurred. The reason was that the frequent severe fluctuation of water levels in Poyang Lake affected the settlement of *Chara*. In the paper, we think that the decline of biomass of aquatic plants and the species number was just a short-term effect; and it will spend several years to restore the lake vegetation.

**Key words:** Aquatic vegetation; Poyang Lake; Catastrophic flooding; Recovery

水位对浅水湖泊中沉水植物的生物量及其空间分布有显著影响。许多温带湖泊的研究已经描述了

水位改变引起的沉水植物群落的变化动态<sup>[1-3]</sup>, 以及洪水干扰后的植被恢复<sup>[4]</sup>。在亚热带湖泊中, 沉水

收稿日期: 2003-10-21, 修回日期: 2004-02-24。

基金项目: 中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-SW-12), 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KSCX2-1-10), 国家重点基础研究发展项目(2002CB412300)。

作者简介: 李伟(1967—), 男, 研究员, 从事水生植物生物学研究。

植物是主要的初级生产者<sup>[5]</sup>,强烈地影响整个湖泊的生态系统动态。然而,目前在这一地区关于洪水对沉水植物群落影响的研究仅局限在一个短的时间尺度和部分类群<sup>[6]</sup>,对洪水过后植被恢复方面的研究很少。同时,由于水温、光周期等特征的季节变化明显不同,温带地区湖泊的研究结果不一定能直接应用到亚热带湖泊中。

1998年夏天长江流域的特大洪水使鄱阳湖连续58 d超过警戒水位,给鄱阳湖的水生植被带来了严重影响。笔者通过对保护区水生植被在洪水过后的1999年和2001年的全面调查,结合历史资料,分析了洪水对湖泊水生植物的影响,并探讨了特大洪水影响过后湖泊水生植被的自然恢复过程。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究地点

鄱阳湖自然保护区位于鄱阳湖西部,地处江西省永修、新建和星子3县的交界,即赣江支流与修水复合三角洲前缘的湖滩湿地,由江西省永修县吴城镇周围的9个自然湖泊常湖池、中湖池、大汊湖、梅西湖、蚌湖、沙湖、大湖池、象湖和朱市湖组成,面积224 km<sup>2</sup>。该自然保护区已列入“国际重要湿地名录”,是候鸟迁飞过程中取食和栖息的重要基地。据记录,该地区鸟类有17目54科300多种,占全国鸟类的25.2%,其中列为国家一级保护的11种,二级保护的42种,在300种鸟类中候鸟有188种,其中不少为世界濒危物种<sup>[7-9]</sup>。

在组成鄱阳湖自然保护区的9个湖泊中(图1),大汊湖是鄱阳湖主体湖的一个湖湾,其余几个湖泊相对独立,蚌湖面积最大,终年与鄱阳湖主体湖连通,其余7个湖泊均与主体湖季节性连通。受到鄱阳湖水系的影响,丰水期(湖口站水位高程>16 m)时,这些子湖连成一片,常水位(<12.92 m)下被分割成大大小小的湖泊。1999年6月我们调查了所有湖泊的水生植被。2001年9月,根据1999年的调查

情况及各湖泊的面积,选择大湖池、蚌湖、沙湖、常湖池、梅西湖和中湖池6个湖泊开展第2次植被调查。

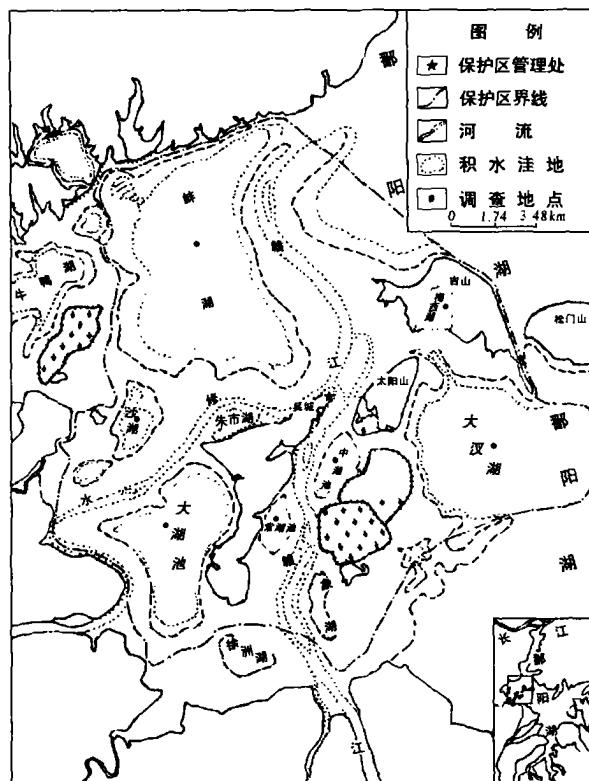


图1 鄱阳湖自然保护区水生植被采样点

Fig. 1 Sampling stations for aquatic vegetation in Poyang Lake Nature Reserve

### 1.2 调查与分析方法

两次调查在各湖泊选取的样点数及样方数见表1。采样时,每个样点用20 cm×20 cm的取样夹在500 m<sup>2</sup>的范围内随机采草不少于10次,将取样夹内的全部植物连根夹起,及时冲洗干净,分种类称量样方内的植物鲜重。取样时记录水深及周围植被状况。以频度和生物量来计算水生植物的优势度,Shannon指数=− $\sum P_i \log P_i$ ,其中P<sub>i</sub>为各物种的相对优势度值。将全部调查样方集中处理分析整个保护区水生植物情况。

表1 鄱阳湖自然保护区的湖泊和本研究取样调查概况  
Table 1 Lakes in Poyang Lake Nature Reserve and information of the surveys on aquatic vegetation

项目 Item	湖泊 Lakes					
	蚌湖 Banghu	大湖池 Dahuchi	沙湖 Shahu	常湖池 Changhuchi	中湖池 Zhonghuchi	梅西湖 Meixihu
面积 Size(km <sup>2</sup> )	73	30	14	7	6	3
1999年6月取样位点数(样方数) Site (and sample) number in Jun., 1999	3(30)	1(10)	1(10)	1(17)	2(20)	1(10)
2001年11月取样位点数(样方数) Site (and sample) number in Nov., 2001	6(60)	5(50)	2(20)	3(30)	3(30)	1(15)

## 2 结果分析

### 2.1 种类组成及生物量

两次调查共记录到16个物种,其中包括轮藻类植物(*Charaphyte*)和5种湿生植物(表2)。各个湖泊中的物种总数从3种至8种,差异很大。1999年调查中,保

护区水生植被的平均生物量约为360 g·m<sup>-2</sup>。其中苦草(*Vallisneria* spp.)和黑藻(*Hydrilla verticillata*)是生物量最大的2个种。2001年保护区水生植被的平均生物量增加到1980.9 g·m<sup>-2</sup>。苦草和黑藻仍然是保护区生物量最大的种类,竹叶眼子菜(*Potamogeton malayanus*)在保护区中的生物量有了很大的提高。

表2 1999年和2001年鄱阳湖自然保护区各湖泊的水生植物生物量比较

Table 2 Comparison of aquatic plants biomass in lakes of Poyang Lake Nature Reserve in 1999 and 2001

(wet weight, g·m<sup>-2</sup>)

物种 Species	大湖池 Dahuchi		蚌湖 Banghu		沙湖 Shahu		常湖池 Changhuchi		梅西湖 Meixihu		中湖池 Zhonghuchi	
	1999	2001	1999	2001	1999	2001	1999	2001	1999	2001	1999	2001
苦草 <i>Vallisneria</i> spp.	67.5	1015.5	13.3	679.2	381.3	1053.8	113.2	644.2	257.5	875.0	223.8	1330.0
黑藻 <i>Hydrilla verticillata</i>	2.5	235.0	245.0	1476.3	5.0	168.8			774.2	8.8	762.5	443.8
竹叶眼子菜 <i>Potamogeton malayanus</i>			35.0		91.3	1.3				10.0	85.0	1.3
小茨藻 <i>Najas minor</i>					12.9		40.0	0.7	4.2		7.5	
轮藻 <i>Charaphyte</i>		191.5					26.3	0.4	1.7		2.5	3.8
荇菜 <i>Nymphoides peltata</i>	1.3	3.5									40.0	
菱 <i>Trapa</i> spp.					18.3	50.0						140.0
金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i>							3.8					
蕙齿眼子菜 <i>Potamogeton pectinatus</i>			40.8									
穗花狐尾藻 <i>Myriophyllum spicatum</i>				170.8					3.3			
大茨藻 <i>Najas marina</i>					5.0							
沼生水马齿 <i>Callitricha palustris</i>		54.0					25.0					
牛毛毡 <i>Eleocharis yokoscensis</i>		101.5		116.7					5.8			
苔草 <i>Carex</i> spp.		12.5										
水田碎米荠 <i>Cardamine lyrate</i>		0.5						2.9				
水蓼 <i>Polygonum hydropiper</i>											2.5	
合计 Total	84.3	1636.0	299.2	2570.4	437.5	1317.5	117.4	1433.3	276.3	1732.5	715.0	2534.2

### 2.2 多样性指数

除中湖池外,其它5个湖泊在2001的Shannon多样性指数均明显高于1999年(图2)。综合来看,整个保护区的Shannon多样性指数从1999年的0.53增加到2001年的0.66。

## 3 讨论

### 3.1 鄱阳湖自然保护区的水生植被特征

在长江中下游的湖泊中,开敞水面水生植物群落的种类组成一般比较简单,往往形成单优植物群

落,这一种类组成的特点在鄱阳湖自然保护区同样存在(表2)。该保护区虽然与鄱阳湖主体湖相对独立,但是仍然受到鄱阳湖剧烈变动的水位影响,剧烈波动的水位成为决定生境特征的主导因子,受制于这种变化强烈的生境。调查中发现,水生植物的分布以斑块的形式分布于适于生长的生境,不同植物的分布彼此之间缺乏联结关系。与非通江湖泊相比,其水生植物的分布非常稀疏。

从两次调查的结果看,与非通江湖泊如洪湖相比,保护区的水生植被生物量比较低(表2),尽管这

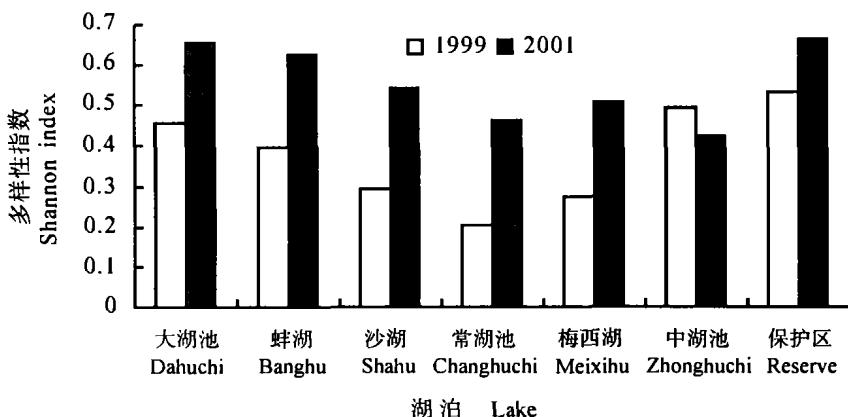


图 2 1999 年和 2001 年鄱阳湖自然保护区各湖泊的生物多样性指数变化

Fig. 2 Comparison of Shannon index in lakes of Poyang Lake Nature Reserve in 1999 and 2001

里是鄱阳湖水生植物分布最为集中的区域,剧烈波动的生境条件是限制水生植物大量发展的最主要因素。另外在调查中还发现在不少湖泊中,一些湿地植物往往成为湖泊水生植被中的常见种类,造成这种情况的主要原因是剧烈变动的水位使得鄱阳湖成为一个水陆界线模糊且变化明显的系统,这一特征使得湿地植物和水生植物能够在不同的季节交替发展,甚至在同一地段的不同季节可以发现截然不同的植被类型。水生植物和湿地植物的季节性变换明显是鄱阳湖水生植被的一个显著特征。水位的频繁变化所导致的植物种类变换表明,鄱阳湖的水生植物群落从种类组成到空间结构均频繁发生着显著变化,明显表现出水生植物层片的高度独立性<sup>[10]</sup>,层片的加入和退出在不同的季节由于不同的水情而频繁发生。

官少飞等<sup>[7,8]</sup>将鄱阳湖苦草定名为 *Vallisneria spiralis*,我们通过栽培实验认为鄱阳湖苦草至少有 2 个种——苦草 (*V. natans*) 和刺苦草 (*V. spinulosa*)<sup>[11]</sup>,2 个种中首先开花结果的是刺苦草。虽然苦草较后开花结果,但其数量明显较刺苦草多。2 个种的典型特征只在果实和种子,形态以及冬芽无法区分。鄱阳湖的苦草属植物仍以苦草占据优势。1999 年 6 月调查中还在自然保护区内大多数湖泊中发现了大量的苦草种子苗。沉水植物的种子苗在多数情况下不易在野外发现,苦草种子苗的大量出现可能与这些湖泊在早春与主体湖不连通,水位稳定以及水深较浅有关。实验研究表明,由于苦草的幼苗极为纤细,微小的水位波动即会导致上浮进而死亡。而且苦草幼苗的生长需要良好的光照条件<sup>[12]</sup>。鄱阳湖自然保护区的各湖泊在早春的低水位为苦草种子苗的定植成功提供了有利的环境条件。

### 3.2 水生植被的恢复与发展

由于没有 1998 年洪水前自然保护区内主要湖泊水生植被的详细资料,我们对官少飞等<sup>[8]</sup>1987 的鄱阳湖全湖的植被调查资料进行了分析。他们通过 22 个断面对全湖的水生植被进行调查,其中断面 11~13 所代表的区域与本研究的区域基本一致,我们选取这 3 个断面的调查资料与本研究结果进行比较,探讨洪水后水生植物的恢复情况。

本研究的调查范围未包含湖滨带的湿生植物,因此我们仅选择其中的沉水和浮叶植物进行比较。分析表明,除去湿生物种后 6 个湖泊 1999 年和 2001 年的平均生物量分别为 355 和 1 856 g·m<sup>-2</sup>,即使考虑到取样季节的差异,这些数值也远低于 1987 年的 2 902 g·m<sup>-2</sup>。但是从物种组成看,1987 年共记录到 9 个物种,1999 年只有 7 个物种,2001 年增加到 9 个物种,且与 1987 年的物种种类完全一致(表 3)。1999 年缺失的物种包括穗花狐尾藻 (*Myriophyllum spicatum*)、金鱼藻 (*Ceratophyllum demersum*) 和大茨藻 (*Najas marina*) 3 种,但该年在蚌湖中调查到的蓖齿眼子菜 (*P. pectinatus*) 在 1987 和 2001 年均未发现。从各物种的生物量来看(表 3),1999 年除荇菜 (*Nymphoides peltata*) 和蓖齿眼子菜外,其余各物种的平均生物量均低于 1987 年和 2001 年的水平。2001 年,虽然大部分物种的平均生物量仍低于 1987 年的水平,然而苦草和黑藻的平均生物量已超过 1987 年。由此表明,苦草和黑藻是洪水干扰后恢复最快的 2 个物种。

许多温带湖泊水生植物恢复的研究结果表明,轮藻 (*Chara*) 是湖泊恢复的先锋种,并且能在与植被中其它物种的竞争中逐步取代其它物种而成为植被中稳定的优势种<sup>[13,14]</sup>。亚热带湖泊的水生植物恢

表3 1984、1999和2001年鄱阳湖自然保护区  
湖泊水生植物的生物量变化

Table 3 Biomass changes of macrophytes in lakes of  
Poyang Lake Nature Reserve in 1984, 1999 and 2001  
(wet weight, g·m<sup>-2</sup>)

物种 Species	1984*	1999	2001
苦草 <i>Vallisneria</i> spp.	840.3	192.9	919.4
黑藻 <i>Hydrilla verticillata</i>	514.7	139.6	835.7
竹叶眼子菜 <i>Potamogeton malaianus</i>	796.3	2.0	39.4
小茨藻 <i>Najas minor</i>	119.7	0.2	9.4
荇菜 <i>Nymphoides peltata</i>	134.7	11.6	0.9
菱 <i>Trapa</i> spp.	93.0	7.1	25.9
金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i>	307.7		0.4
穗花狐尾藻 <i>Myriophyllum spicatum</i>	84.3		23.4
大茨藻 <i>Najas marina</i>	11.3		1.5
篦齿眼子菜 <i>Potamogeton pectinatus</i>		1.8	
合计 Total	2902.0	355.1	1855.8

\* 1984年数据来自官少飞等(1987)。

\* The data of 1984 from Guan et al. (1987).

复显然不同于温带湖泊。Havens 等<sup>[15]</sup>对佛罗里达的Okeechobee湖在经历了几年高水位干扰再退洪后的植被恢复的研究中发现,轮藻只是湖泊退洪后一年内的暂时优势种,在随后的演替中逐渐被黑藻、苦草属和眼子菜属的物种所取代。我们的结果表明,尽管在多个湖泊中均有轮藻分布,但它并非群落中的优势种,黑藻和苦草充当了洪水干扰后植被恢复的先锋种。

造成鄱阳湖保护区湖泊与其它湖泊水生植物恢复差异的原因可能主要与水文的差异有关。轮藻能在光照较弱的水体里生长<sup>[16]</sup>,因而在洪水过后水体尚处于浑浊状态时即已先于其它高等植物生长,当水体处于稳定状态时可以成为植被中的优势种。然而,鄱阳湖属于通江湖泊,水位变化频繁,轮藻没有真正的根附着在底泥中,因而在这种水位条件下难以成为优势种。只有具有发达根系的植物才能在这种波动水体中成功定居。

我们在调查中发现,在湖泊的水生植物恢复过程中,各物种恢复速度出现明显差异,我们推测主要与物种的繁殖方式,特别是无性繁殖方式有关。上述物种中,苦草和黑藻均具有特化的营养繁殖体,竹叶眼子菜则是依靠匍匐茎进行无性繁殖,其它物种则主要靠断枝繁殖。洪水虽然导致地上部分消失,但对底泥中的无性繁殖体影响较小,因而苦草和黑藻的恢复比较迅速。其它物种的发生可能主要来自少数洪水期间幸存的个体。目前其生物量均较低,表明尚处于恢复的初始阶段。1987年植被中的另一优势种竹叶眼子菜的生物量在2001年有了明显增加,但目

前仍处于较低的生物量水平,我们推测,导致其恢复较慢的因素与洪水后的长期干旱有关。竹叶眼子菜没有特化的营养繁殖体,其赖以进行营养繁殖的匍匐茎在基质中分布较浅<sup>[17]</sup>,对干化的耐受性较小,长时期的干旱可能导致大量的匍匐茎失去活力。尽管不同的种类恢复速度存在差异,根据2001年与1984年物种组成情况的比较,以及2001年与1999年各物种生物量增长情况的比较,我们推断湖泊水生植物将在未来几年内恢复到干扰前的水平。

崔心红等<sup>[6]</sup>通过洪水后一年内的两次调查后推断,1998年的特大洪水将影响水生植物的恢复与更新,同时导致湖泊初级生产力下降。我们的结果表明,洪水导致的水生植物生物量下降和物种数目减少只是短期现象,湖泊能在几年内恢复初级生产力。

致谢:黄德四参与全部野外调查,王相磊和张学江参与部分野外调查。

### 参考文献:

- Wallsten M, Forsgren P O. The effects of increased water levels on aquatic macrophytes [J]. *J Aquat Plant Manage*, 1989, **27**: 32-37.
- Kowalczewski A, Ozimek T. Further long-term changes in the submerged macrophyte vegetation of the eutrophic Lake Mikolajskie (north Poland) [J]. *Aquat Bot*, 1993, **46**: 341-345.
- Gafny S, Gasith A. Spatially and temporally sporadic appearance of macrophytes in the littoral zone of Lake Kinneret, Israel: taking advantage of a window of opportunity [J]. *Aquat Bot*, 1999, **62**: 249-267.
- Carter V, Rybicki Jr N. Resurgence of submersed aquatic macrophytes in the tidal Potomac River, Maryland, Virginia, and the District of Columbia [J]. *Estuaries*, 1986, **9**: 368-375.
- Canfield D E, Langeland K A, Linda S B. Relations between water transparency and maximum depth of macrophyte colonization in lakes [J]. *J Aquat Plant Manage*, 1985, **23**: 25-28.
- 崔心红, 钟扬, 李伟, 陈家宽. 特大洪水对鄱阳湖水生植物三个优势种的影响 [J]. 水生生物学报, 2000, **24**: 322-324.
- 官少飞, 郎青, 张本. 鄱阳湖水生植被 [J]. 水生生物学报, 1987, **11**: 9-21.
- 官少飞, 郎青, 张本. 鄱阳湖水生维管束植物生物量及其合理开发利用的初步建议 [J]. 水生生物学报, 1987, **11**: 219-227.
- 朱海虹. 鄱阳湖湿地的结构、功能及其保护 [A]. 见:

- 陈宜瑜主编. 中国湿地研究[M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 1995. 182—190.
- [10] 李伟. 洪湖水生植被及其演替研究[D]. 武汉: 中国科学院水生生物研究所, 1995.
- [11] 孙祥钟. 中国植物志(第 8 卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1992. 176—180.
- [12] Kimber A, Korschgen C E, van der Valk A G. The distribution of *Vallisneria americana* seeds and seedling light requirements in the upper Mississippi River[J]. *Can J Bot*, 1995, **73**: 1966—1973.
- [13] Blindow I. Long and short term dynamics of submerged macrophytes in two shallow lakes[J]. *Freshwater Biol*, 1992, **28**: 15—27.
- [14] van den Berg M S, Scheffer M, van Nes E, Coops H. Dynamics and stability of *Chara* sp. and *Potamogeton pectinatus* in a shallow lake changing eutrophication level[J]. *Hydrobiologia*, 1999, **408/409**: 335—342.
- [15] Havens K E, Sharfstein B, Brady M A, East T L, Harwell M C, Maki R P, Rodusky A J. Recovery of submerged plants from high water stress in a large subtropical lake in Florida, USA [J]. *Aquat Bot*, 2004, **78**: 67—82.
- [16] Grimshaw H J, Havens K E, Sharfstein B, Steinman A, Anson D, East T, Maki R P, Rodusky A, Jin K R. The effects of shading on morphometric and meristic characteristics of wild celery, *Vallisneria americana*, transplants from Lake Okeechobee, Florida[J]. *Arch Hydrobiol*, 2002, **155**: 65—81.
- [17] 蒲云海. 鄱阳湖竹叶眼子菜的生态学研究[D]. 武汉: 中国科学院武汉植物研究所, 2000.