

武汉东湖水生植被现状调查及群落演替分析

吴振斌, 陈德强, 邱东茹, 刘保元

(中国科学院水生生物研究所淡水生态与生物技术国家重点实验室, 湖北武汉 430072)

摘 要:对东湖水生植物的调查结果表明, 东湖现存水生维管束植物共计 20 科 25 属 33 种, 其生物量约为 1, 137t, 分布面积仅占东湖总面积的 0.7%, 其中挺水植物分布面积占总面积的 98%。与 1957 年、1962~1963 年和 1988~1994 年相比, 东湖水生植物的种类、分布面积和生物量进一步减少。认为造成东湖水生植被衰退的主要原因包括富营养化作用加剧、过度放养草食性鱼类和人类活动的影响。

关键词: 武汉东湖; 水生植被; 衰退; 演替分析

中图分类号: X 176

文献标识码: A

文章编号: 1001- 2141(2003)08- 0054- 05

武汉东湖(E114. 49°; N30. 32°)是长江中游有代表性的一个中型浅水湖泊, 面积约 28km², 平均水深约为 2. 21m, 最大水深 4. 5m。20 世纪 50~60 年代东湖是一个水质清澈、水草丰茂的草型湖泊。40 多年来, 随着湖泊集水区内人口的增长和工农业生产的发展, 大量生活和生产废水排入东湖, 水体污染严重, 加之不合理的水产养殖活动, 水生植被遭到破坏, 加速了湖泊富营养化进程, 严重影响了正常功能的发挥, 治理东湖已到了刻不容缓的地步。恢复水生植被是重要的生物治理措施, 1957~1994 年期间东湖水生植被均有文献记载^[1-8], 1994 年以后则未见相关调查资料, 笔者于 2001 年 9 月对东湖水生植被的现状做了全面调查, 以期水生植被的恢复工作提供参考。

1 研究方法

2001 年 9 月, 按陈洪达和何楚华所设置的断面^[2]调查东湖的水生植被, 用面积 1/6m² 的带网铁钺采样, 每点 2~3 次, 按水生植物种类分别称取湿重, 计算生物量, 另增加环湖采集路线, 调查水生植物群落的分布面积和单位面积生物量。全湖水生植物生物量用群丛法计算。按文献^[9]测定水体理化参数。

2 研究结果

2.1 武汉东湖水质状况

目前东湖已被人为分割成几个子湖, 由于各子湖

的污染源和污染程度以及渔业操作水平和集水区内土地利用方式的不同, 各子湖的水质状况也不同。表 1 列出了东湖 5 个主要子湖的水质指标。按《地表水环境质量标准》(GB 3838- 2002), 东湖各子湖水水质均低于Ⅲ类, 总氮、总磷等指标则低于Ⅲ类水标准; 从营养状况看, 各子湖均处于富营养和重富营养水平^[10]。

2.2 武汉东湖水生植物的种类组成

笔者于 2001 年 9 月, 按图 1 所示断面全面调查了东湖各子湖的水生植被, 采样点的设置与陈洪达大致相同, 但略作调整, 共采集到水生维管束植物 33 种, 分别隶属于 20 科 25 属(表 2)。

表 1 东湖主要子湖湖区水质理化指标(2001 年 9 月)

| | 透明度 (m) | pH | 高锰酸盐指数 (mg/L) | 生化需氧量 (mg/L) | 总氮 (mg/L) | 总磷 (mg/L) |
|-----|------------|-------|------------------|-----------------|--------------|--------------|
| 水果湖 | 25 | 8. 25 | 7. 05 | 9. 14 | 2. 770 | 0. 356 |
| 郭郑湖 | 28 | 7. 89 | 6. 05 | 7. 86 | 2. 025 | 0. 334 |
| 庙湖 | 25 | 8. 35 | 7. 30 | 10. 60 | 3. 100 | 0. 695 |
| 汤林湖 | 50 | 8. 30 | 5. 16 | 4. 28 | 2. 210 | 0. 065 |
| 后湖 | 48 | 8. 12 | 6. 66 | 5. 50 | 2. 470 | 0. 053 |

2.3 武汉东湖水生植被面积与分布

目前东湖水生植被面积仅为全湖面积的 0.7%。各子湖的水生植被分布极不平衡。水果湖、郭郑湖、庙湖几乎没有水生维管束植物, 菱角湖只有少量分布, 汤林湖、牛巢湖、后湖是水生植物主要分布湖区, 但此三个湖区的水生维管束植物也仅限于沿岸带(水深约 0~1.5m)分布, 湖心地带仅发现若干菹草的石芽。莲、香蒲是东湖水生植物群落的优势种, 其次是芦苇、苔菜、菱和大茨藻, 一些对污染较为敏感的或为鱼类所喜食的水生植物, 如微齿眼子菜(*Potamogeton maackianus*)、黑藻(*Hydrilla verticillata*)、水车前(*Ottella alismoides*)、水马齿(*Callitriche stagnalis*)、谷

收稿日期: 2003- 02- 26

作者简介: 吴振斌(1956-), 男, 湖北黄梅人, 研究员, 博士, 主要从事水生植物生态学、水污染净化工艺研究。

基金项目: 国家杰出科学青年基金项目(39925007); 欧盟科技合作项目(ERBIC18CT960059); 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KSCX2- SW- 102); 中国科学院水生生物研究所创新领域前沿项目(220315)。

1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

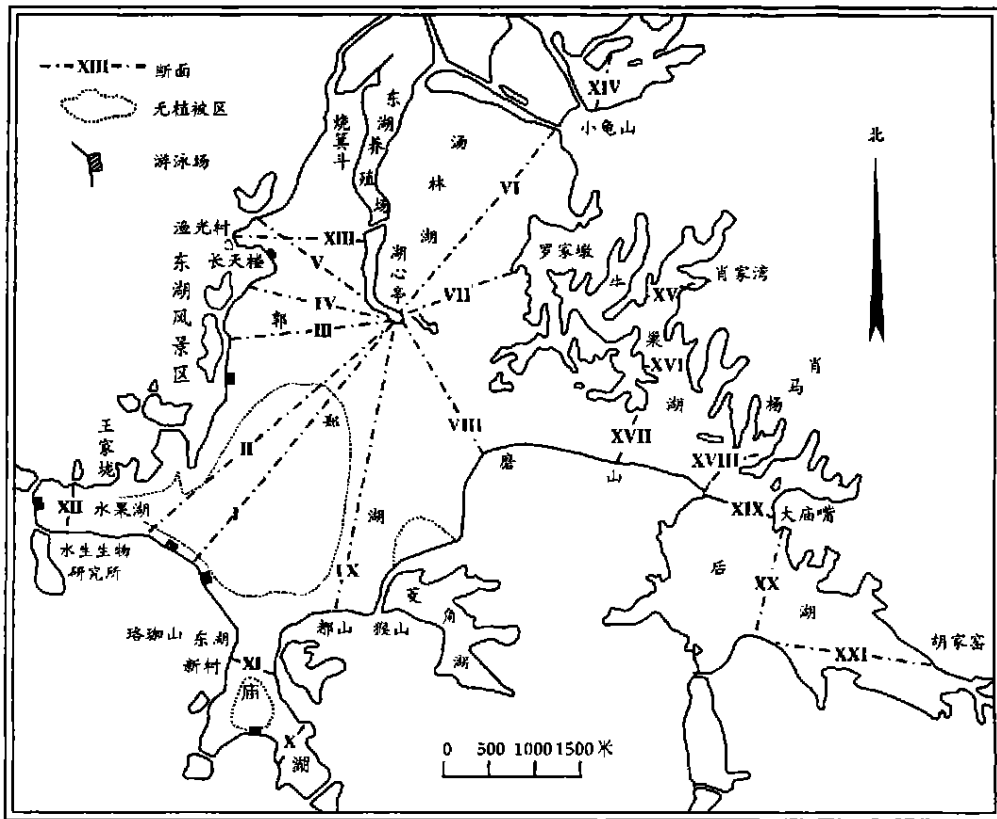


图 1 武汉东湖水生植被调查断面布置图^[1]

表 2 武汉东湖水生维管束植物名录

| | |
|---|---|
| 蕨类植物 Pterodophyte | |
| 1 苹科 Marsileaceae | (16) 马来眼子菜 <i>Potamogeton malaianus</i> Miq. |
| (1) 苹 <i>Marsilea quarifolia</i> L. | 11 茨藻科 Najadaceae |
| 双子叶植物 Dicotyledoneae | (17) 大茨藻 <i>Najas major</i> All. |
| 2 蓼科 Polygonaceae | (18) 小茨藻 <i>Najas minor</i> All. |
| (2) 两栖蓼 <i>Polygonum amphibium</i> L. | (19) 草茨藻 <i>Najas graminea</i> Del. |
| (3) 旱苗蓼 <i>Polygonum lapathifolium</i> L. | 12 泽泻科 Alismataceae |
| (4) 喜旱莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i> Griseb. | (20) 慈菇 <i>Sagittaria trifolia</i> (L.) var. <i>sinensis</i> (Sims) Makino. |
| 3 睡莲科 Nymphaeaceae | (21) 野慈菇 <i>Sagittaria trifolia</i> L. |
| (5) 芡实 <i>Euryale ferox</i> Salisb. | 13 水鳖科 Hydrocharitaceae |
| (6) 莲 <i>Nelumbo multiflora</i> Gaertn. | (22) 苦草 <i>Vallisneria spiralis</i> L. |
| 4 金鱼藻科 Ceratophyllaceae | 14 禾本科 |
| (7) 金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i> L. | (23) 芦苇 <i>Phragmites communis</i> Trin |
| 5 菱科 Hydrocaryaceae | (24) 稗 <i>Echinochloa crusgallia</i> (L.) Beauv |
| (8) 菱 <i>Trapa bispinosa</i> Roxb. | (25) 菰 <i>Zizania caduciflora</i> Turcz |
| (9) 野菱 <i>Trapa incisa</i> Sieb. et. Zucc. | 15 莎草科 Cyperaceae |
| (10) 四角矮菱 <i>Trapa natans</i> (L.) var. <i>pumila</i> Nakano. | (26) 水葱 <i>Scirpus lacustris</i> (L.) var. <i>tabernaemontani</i> Trautv. |
| 6 小二仙草科 | (27) 草 <i>Scirpus triquetus</i> L. |
| (11) 穗花狐尾藻 <i>Myriophyllum spicatum</i> L. | 16 天南星科 Araceae |
| 7 龙胆科 Gentianaceae | (28) 菖蒲 <i>Acorus calamus</i> L. |
| (12) 苔菜 <i>L. nymphyoides</i> (L.) Hoffm. et. Link. | 17 浮萍科 Lemnaceae |
| 8 狸藻科 Lentibulariaceae | (29) 浮萍 <i>Lemna minor</i> L. |
| (13) 黄花狸藻 <i>Vtricularia aurca</i> Lour. | 18 鸭跖草科 Commileneaceae |
| 单子叶植物 Monocotyledoneae | (30) 水竹叶 <i>Anilema keisak</i> Hassk. |
| 9 香蒲科 Typhaceae | 19 雨久花科 Pontederiaceae |
| (14) 狭叶香蒲 <i>Typha angustifolia</i> L. | (31) 凤眼莲 <i>Eichhornia crassipes</i> Solms. |
| 10 眼子菜科 Potamogetonaceae | (32) 雨久花 <i>Monochoria korsakovii</i> Regel et Maack. |
| (15) 菹草 <i>Potamogeton crispus</i> L. | 20 灯心草科 Juncaceae |
| | (33) 灯心草 <i>Juncus effusus</i> L. |

精草(*Eriocaulon buergerianum*)等已从东湖消失^[6]。其它一些种类如苦草、金鱼藻和马来眼子菜只有零星分布。

2.3.1 挺水植被

东湖目前的水生植被主要由挺水植物组成,挺水植被面积约占水生植被总面积的98%,分布较广的为香蒲群落和莲群落,在汤林湖、牛巢湖和后湖等子湖港汊和岸边浅水处形成较大面积的群落,伴生种有喜旱莲子草、慈菇、菖蒲和水葱等。此外,芦苇在汤林湖和牛巢湖也有较大面积的分布,菱角湖有少量挺水植物分布,其余湖区则几乎无挺水植物分布。

2.3.2 浮水植被

东湖浮水植被包括苔菜群落、菱群落,且主要分布于汤林湖、牛巢湖的沿岸带,其余湖区除凤眼莲外,基本无浮水植物分布。浮水植物群落多为单优种,伴生有零星的穗花狐尾藻和苦草等。

2.3.3 沉水植被

东湖现存沉水植被面积仅占水生植被总面积的0.5%,分布最广的是大茨藻,主要分布于牛巢湖。此外,穗花狐尾藻在牛巢湖和汤林湖各有40m²~50m²的分布,其余沉水植物如苦草、金鱼藻、马来眼子菜仅有零星分布,水果湖、郭郑湖、庙湖、菱角湖几乎无沉水植物分布。

东湖现存水生植被结构简单,伴生种类极少或为单优群落。水生植物分布呈镶嵌式样。植物群落仅在沿岸浅水处分布,沉水植物向岸边退缩,在污染严重的湖区尤为明显,仅在局部湖汊可以见到自岸边向湖心由挺水植物、漂浮植物、浮叶根生植物和沉水植物形成的水平与空间分布格局。

表3 武汉东湖水生植物群落的面积和生物量(湿重)

| 生活型 | 群丛 | 面积 (m ²) | 单位面积 生物量 (g/m ²) | 群丛 生物量 (t) | 占植被 总面积 百分比 (%) | 占总生 物量 百分比 (%) |
|------|---------|-------------------------|------------------------------------|------------------|--------------------------|-------------------------|
| 挺水植物 | 香蒲群丛 | 92,900 | 7,976 | 741.00 | 46.17 | 65.20 |
| | 莲群丛 | 91,200 | 3,480 | 317.00 | 45.33 | 27.89 |
| | 芦苇群丛 | 8,800 | 3,017 | 26.55 | 4.37 | 2.34 |
| | 菱群丛 | 4,400 | 5,899 | 25.95 | 2.18 | 2.28 |
| | 小计 | 197,300 | 5,628 | 1,110.50 | 98.05 | 97.71 |
| 浮叶植物 | 苔菜群丛 | 900 | 1,173 | 1.05 | 0.45 | 0.09 |
| | 菱群丛 | 500 | 1,900 | 0.95 | 0.25 | 0.08 |
| | 凤眼莲群丛 | 1,500 | 5,400 | 8.10 | 0.75 | 0.71 |
| | 小计 | 2,900 | 3,483 | 10.10 | 1.45 | 0.88 |
| 沉水植物 | 大茨藻群丛 | 900 | 1,800 | 16.00 | 0.45 | 1.41 |
| | 穗花狐尾藻群丛 | 100 | 300 | 0.03 | 0.05 | < 0.001 |
| | 小计 | 1,000 | 1,603 | 16.03 | 0.50 | 1.41 |
| 合计 | 201,200 | 5,649 | 1,136.58 | 100.00 | 100.00 | |

2.4 武汉东湖水生植物生物量

由于东湖水生植物群落面积较小,且多分布于湖区沿岸带,分布极不均匀,如果按断面法计算则每个采样点的数据均对全湖生物量的计算产生影响,结果导致总生物量偏高,故采用群丛计算法来计算生物量(表3)。

3 结果讨论

3.1 武汉东湖水生维管束植物生活型组成变化。

表4 武汉东湖水生维管束植物生活型组成

| 生活型 | 1957 | | 1962~1963 | | 1988~1994 | | 2001 | |
|--------|------|-------|-----------|-------|-----------|-------|------|-------|
| | 种数 | 比例(%) | 种数 | 比例(%) | 种数 | 比例(%) | 种数 | 比例(%) |
| 挺水植物 | 27 | 48.2 | 40 | 48.2 | 38 | 47.5 | 15 | 45.4 |
| 漂浮植物 | 8 | 14.3 | 9 | 10.8 | 9 | 11.2 | 2 | 6.1 |
| 浮叶根生植物 | 9 | 16.1 | 13 | 15.7 | 13 | 16.3 | 7 | 21.2 |
| 沉水植物 | 12 | 21.4 | 21 | 25.3 | 20 | 25.0 | 9 | 27.3 |
| 总计 | 56 | 100 | 83 | 100 | 80 | 100 | 33 | 100 |

注:1957,1962~1963,1988~1994数据分别引自文献[1]、[2-3]、[5-7]

从表4可以看出,1957~1963年,东湖水生维管束植物物种有所增加,1988~1994年水生植物物种数量基本和1962~1963年接近。至2001年,东湖只采集到水生维管束植物20科25属33种,物种数量分别只有1962~1963年的39.8%和1988~1994年的41.3%。从表4还可以看出,40多年来,东湖各种生活型水生植物组成比例没有发生变化,依次是挺水植物>沉水植物>浮叶根生植物>漂浮植物,只是各种生活型的物种数量逐渐减少,一些种类如水蕨(*Ceratopteris thalitroides*)、微齿眼子菜、黑藻、水车前、水芹(*Oenanthe javanica*)等已从东湖消失。

3.2 武汉东湖水生维管束植物种类、分布面积和生物量变化

对东湖水生植物的研究始于20世纪50年代。1957~2001年东湖水生维管束植物种类的变化见表4。1957年水生植物分布面积和生物量未见有资料记载。1962~1963年间,东湖水生植被面积为23.78km²,占全湖总面积的83%,水生植物生物量为30,440t^[2]。1972~1978年微齿眼子菜分别从郭郑湖和汤林湖消失^[3]。1987~1988年间,水果湖、郭郑湖和汤林湖三个湖区共有水生植物50种,其中挺水植物19种,浮叶植物7种,漂浮植物6种,沉水植物18种^[4]。植被分布面积以汤林湖最大,约占该湖区面积的90%。1991~1993年水生植被面积为0.8km²,不到全湖面积的3%,水生植物生物量为3,070t^[5]。1992年东湖水生植被的面积曾高达全湖面积的12.45%,主要是因为后湖水生植物的繁茂。此后,后湖及其它子湖再也没有出

现 1992 年水生植被繁茂的情况。本次调查结果表明东湖水生植被面积仅为 0.2 km^2 , 占全湖面积的 0.7% , 水生植物生物量采用群丛法计算为 $1,137 \text{ t}$ 。

3.3 武汉东湖水生维管束植物群落演替分析

植物群落演替是一个复杂的过程, 往往受多种因素的影响, 它反映了植物与环境的动态关系。植物群落演替最明显的特征是优势种的更替。40 多年来, 东湖水生植物群落结构发生了明显的变化。20 世纪 50 年代末期东湖主要种为芦苇、菰、微齿眼子菜、满江红 (*Azolla imbricata*)、苔菜等^[1]。60 年代初期的优势种为微齿眼子菜、大茨藻、黑藻、穗花狐尾藻和金鱼藻, 其中微齿眼子菜的分布面积和生物量占绝对优势。水生植被划分为 14 个群丛, 主要群丛类型为大茨藻群丛、微齿眼子菜群丛、微齿眼子菜+黑藻群丛和微齿眼子菜+穗花狐尾藻群丛。自 1965 年以后水生植被分布面积越来越小, 庙湖、烧箕斗和水果湖的水生植物相继绝迹, 郭郑湖仅沿岸和个别湖汊有植物零星分布, 其它湖区则由大茨藻、穗花狐尾藻和金鱼藻各自形成单优群丛。1972 年和 1975 年, 微齿眼子菜分别从郭郑湖和汤林湖消失, 大茨藻代之而成为绝对优势种。到 70 年代末期, 除莲群丛和大茨藻群丛继续存在外, 其它群丛都接近消失或已经消失^[3]。80 年代末期水生植被开始恢复, 群丛类型增加, 但原有的微齿眼子菜群丛、微齿眼子菜+黑藻群丛、金鱼藻群丛等未见出现, 绝大部分为大茨藻群丛分布^[4]。九十年代初, 东湖仍未发现微齿眼子菜, 水生植被以大茨藻、穗花狐尾藻和苦草占优势, 划分为十个群丛: 即大茨藻群丛、苦草群丛、穗花狐尾藻群丛、大茨藻+苦草群丛、苦草+穗花狐尾藻群丛、菹草群丛、金鱼藻+穗花狐尾藻群丛、香蒲群丛、菱群丛和莲群丛, 除几个优势种形成单优群丛外, 开始出现共优群丛^[5,11]。2001 年, 黑藻、水车前等也从东湖消失, 水生植物以挺水植物香蒲和莲占绝对优势, 植物群落包括结构单一的莲群丛、香蒲群丛、芦苇群丛和蓼群丛, 此外还有小面积的苔菜、菱、凤眼莲、大茨藻和穗花狐尾藻群丛, 水生植物生物量大大降低。

植物种类的减少、优势种的更替、群落类型的改变和分布区的缩小, 使东湖水生植物群落的带状分布和层次结构也随之发生变化。40 多年来东湖水生植被调查表明, 挺水植物群落、浮叶植物群落和沉水植物群落的植物带分别按 $0 \sim 4.0 \text{ m}$ (分布水深)、 $0 \sim 3.5 \text{ m}$ 、 $0 \sim 2.3 \text{ m}$ ^[11] 逐渐从湖心向湖岸退缩至本次调查的 $0 \sim 1.5 \text{ m}$, 植物带逐渐变窄。

3.4 武汉东湖水生植被衰退的原因

3.4.1 水生植被衰退与水体富营养化的关系

20 世纪 50 ~ 60 年代, 东湖周边地区城市化水平较低, 1950 年湖滨人口只有 2 万人左右^[12]。东湖水质清澈, 水生植物丰富。此时东湖正处于由中营养型向富营养型化转化的阶段, 1957 年东湖水生植物中耐肥种有 13 种, 标志着它已成为富营养型湖^[1]。但此时人为的影响尚属次要, 从整个湖来说, 还是天然富营养作用为主。60 年代以后, 东湖周边地区城市化不断提高。20 世纪 70 年代东湖周边人口已超过 10 万人^[12], 90 年代滨湖地区人口更是达到了 50 多万。目前全湖区人口已逾百万。大量的氮、磷通过生活污水和工业废水的排放进入东湖。据测算^[13], 每年输入东湖的氮总量为 536.3 t , 磷为 87.8 t , 而输出的氮仅为 213.1 t , 磷为 70.1 t , 这样每年积累在东湖的氮和磷分别为 323.2 t 和 67.7 t 。从而人为加速了东湖富营养化进程。1956 ~ 1964 年, 东湖水的氮磷比为 13 左右, 磷素限制着浮游植物的初级生产, 浮游植物以甲藻和硅藻为主, 生产力较低, 水生植物能充分利用沙底泥中的营养而大量生长和繁殖, 生物量和分布面积较大。1973 ~ 1993 年, 氮磷比为 8 ~ 12 之间。到 2001 年, 东湖水氮磷比进一步降低, 水果湖、郭郑湖和庙湖等污染严重的湖区甚至降至 4 ~ 8, 丰富的营养和适合的营养比例刺激浮游植物大量繁殖, 生产力提高, 数量迅速增加, 种类组成转变为以蓝藻和绿藻为主, 夏、秋季常暴发“水华”, 水质恶化, 悬浮颗粒增多, 透明度下降, 限制了水生植物尤其是沉水植物的生长和分布。穗花狐尾藻和金鱼藻能通过增大叶绿素含量在苗期适应弱光环境^[14], 成长后其植株的部分集中于水表层获得对光的生理需要。大茨藻的光补偿点较低, 其种子即使在黑暗条件下亦可以萌发^[15-16], 成长后形成较长的枝条, 部分枝叶处于水体表层, 故受透明度下降的影响相对较小。这可能是穗花狐尾藻、金鱼藻和大茨藻尚能在东湖少量存在的原因。同时随着浮游植物生产力的提高, 养分循环加速, 湖泊沉积物稳定性下降, 不利于沉水植物扎根。春季沉积物表层中有机物的分解所造成的厌氧状态还会影响沉水植物种子的萌发^[17]。此外藻类分泌的化感物质及藻类死亡后分解的物质对水生植物的生化克制作用亦影响水生植物的兴衰^[18]。这些都是富营养化水平不利于沉水植物生长的方面。在这些不利因素的综合影响下, 沉水植物的种类和数量逐渐减少, 生态位压缩, 从湖心向沿岸浅水处退缩直至消失。

3.4.2 水生植被衰退与渔业养殖之间的关系

东湖原来是一个以捕捞天然渔业为主的湖泊, 此时草食性鱼类的数量对水生植被的威胁不大。从 20 世纪 50 年代开始, 东湖渔业逐步转为人工放养。20 世纪

60年代以后人工放养量逐年增加,同时为了渔业增产的目的,大量草食性鱼类被放养,致使草食性鱼类的摄食量大大超过了水生植物再生产能力^[19]。鱼类的捕食作为一个强大的选择压力^[7],淘汰了那些对捕食敏感的水生植物,只有那些再生能力强和具备各种物理和化学防御机制的物种才能维持其生存。微齿眼子菜根系不发达,植株再生能力较弱,同时因粗纤维含量低、营养成分易消化吸收而为草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)、团头鲂(*Megalobrama amblycephala*)等鱼类所喜食^[19-20],因而随捕食强度的不断增大而从东湖消失。金鱼藻、穗花狐尾藻虽含丰富的蛋白成分,但粗纤维含量亦高而为鱼类不喜食^[20]。大茨藻的枝叶具有较厚的棘刺和角质层,鱼类对其选择性也较低。东湖的汤林湖、牛巢湖和后湖与其它湖区相比,水质较好,透明度较高,有利于沉水植物的生长,但由于附近渔场放养的草鱼性鱼类的捕食,苦草、菹草、金鱼藻和马来眼子菜等沉水植物在这三个湖区数量锐减甚至消失^[19,21]。

3.4.3 水生植被衰退与其它人类活动之间的关系

一个多世纪以来,由于自然演变和人为活动(围垦、随意填塞等)的影响,东湖面积逐渐缩小^[22]。尤其20世纪60年代末以来,为了渔业养殖和城市建设的需要,人为地在各湖区之间修路筑堤,东湖被分割成几个子湖,几十个湖湾港汊也被隔离、填没,大大削弱了东湖的自净能力。湖岸筑堤以后,减少了湖滨沉积作用,沿岸带底质逐渐变硬,湿地生境丧失,不利于芦苇和菰等具有复杂的地下茎和根系的挺水植物的生长,限制和破坏了挺水植物带的发育,各湖区靠近堤岸的地方,几乎无挺水植物分布。此外,各湖区之间的分隔还阻碍了水生植物种源的散布,限制了水生植物的分布和恢复速度^[11]。由于各湖区的富营养化程度不同,水生植被衰退程度也不同。郭郑湖、水果湖和庙湖湖区污染程度最严重,属于重富营养化类型,已基本无水生植被分布。牛巢湖、后湖、汤林湖和菱角湖主要用于渔业养殖,污染程度较轻,是水生植被的主要分布区。

致谢:衷心感谢中国科学院水生生物研究所淡水生态学研究室金刚副研究员在水生植物鉴定方面的大力帮助。感谢任峰、周巧红同学协助进行水生植被调查。感谢课题组其他成员的支持。

4 参考文献

- 周凌云,李清义,戴伦膺. 武昌东湖水生植物维管束植物区系的初步调查. 武汉大学学报(自然科学版), 1963, (2): 122~132.
- 陈洪达,何楚华. 武汉东湖水生维管束植物的生物量及其在渔业上的合理利用问题. 水生生物学集刊, 1975, 5(3): 410~412.
- 陈洪达. 武汉东湖水生维管束植物群落的结构与动态. 海洋与湖沼, 1980, 11(3): 275~283.
- 姚作五,李益健,夏盛林. 武汉东湖水生维管束植物与富营养化. 重庆环境科学, 1990, 12(4): 26~30.
- 邱东茹,吴振斌,周元祥等. 武汉东湖水生植物生态学研究 I. 水生植被现状与演替动态. 水生生物学, 1995, 19(增刊): 103~114.
- 于丹. 东湖水生植物群落学研究. 东湖生态学研究(二)(刘建康主编). 北京: 科学出版社, 1990.
- 倪乐意. 武汉东湖水生植被结构和生物多样性的长期变化规律. 水生生物学, 1996, 20(增刊): 60~74.
- 于丹,涂芒辉,刘丽华等. 武汉东湖水生植物区系四十年间的变化与分析. 水生生物学, 1998, 22(3): 219~228.
- 国家环保总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法(第3版). 北京: 中国环境科学出版社, 1989.
- 顾丁锡. 湖泊富营养化评价方法. 环境污染与防治, 1982(3): 14~17.
- 严国安,马剑敏,邱东茹等. 武汉东湖水生植物群落演替的研究. 植物生态学报, 1997, 21(4): 319~327.
- 饶钦止,章宗涉. 武汉东湖浮游植物的演变(1956-1975)和富营养化问题. 水生生物学集刊, 1980, 7(1): 1~15.
- 李植生,梁小民,陈旭东等. 东湖水化学现状. 东湖生态学研究(二)(刘建康主编). 北京: 科学出版社, 1990.
- Barko J. W., Hardin, D. G. & Matthews M. S. Growth and morphology of submerged freshwater macrophyte in relation to light and temperature. *Can. J. Botany*, 60: 877~887.
- Forsberg, G. Sterile germination of oospores of *Chara* and seeds of *Najas marina*. *Physiol. Plant*, 1965, 18: 128~137.
- Van Vierssen, W. Some notes on the germination of seeds of *Najas marina* L. *Aquat. Bot.*, 1982, 12: 201~203.
- Phillips G L, Eminson D & Moss B. A mechanism to account for macrophyte decline in progressively eutrophicated freshwaters. *Aquat Bot*, 1978, 4(1): 103~126.
- Van Vierssen, Prins T. C. On the relationship between the growth of algae and aquatic macrophyte in brackish. *Aquatic Botany*, 21: 165~179.
- 陈洪达. 养鱼对武汉东湖生态系的影响. 水生生物学, 1989, 13(4): 359~368.
- 朱顺清,周刚,于能等. 以隔湖为例湖泊种植饲料水草的养鱼效果研究. 水产学报, 1993, 17(3): 189~197.
- 陈洪达. 放养草鱼对东湖生态系的影响. 东湖生态学研究(一)(刘建康主编). 北京: 科学出版社, 1990.
- 蔡述明. 东湖的地质基础与沉积类型. 东湖生态学研究(一)(刘建康主编). 北京: 科学出版社, 1990.

· 简讯 ·

重庆“生态保护行动计划”取得阶段性成果

“生态保护行动计划”自2002年10月启动以来,各项工作进展顺利,并取得阶段性成果。大部分专项已完成了资料收集整理、野外调查、采样和数据处理、典型分析与评价、图件编制等工作,正在编写专项报告,其中“生态环境保护监督管理对策研究”已通过验收。该行动计划包括重庆市农村面源污染调查、外来物种入侵和自然保护区生物多样性保护调查、生态环境脆弱

弱性评价及生态破坏经济损失评估、不同类型生态系统的生态功能比较研究、生态环境保护监督管理机制及对策研究等专项。其将为该市生态功能区划、生态保护规划以及重庆三峡库区国家级生态功能保护区规划编制,生态保护的宏观决策和监督管理提供重要依据。

(吕俊强)

balance of HRT and superficial velocities, the carry-out of Anaerobic Ammonium Oxidation and technics mending.

Key words: Up-flow Anaerobic Sludge Bed; low strength wastewater of the lower temperature

Optimization of Simplified Activated Sludge Process Models

Liu Fang, Gu Guowei

(Pollution Control and Resources Research State Key Laboratory, Tongji University, Shanghai 200092)

Abstract: In order to promote the simplified activated sludge process models from the operation, the optimization must be used to enhance the simulation precision. The extend Kalman filter, the neural network, the simple errors feedback system and those simulation results were induced. The simulation results showed that the qualitative change behavior of the optimization ROM was similar to that of ASM 1, the simulation results of PO_4^{3-} and NO_x^- of neural network were perfect and that the simulation performance of the simple errors feedback system was well.

Key words: simplified activated sludge process models; optimization; the extend Kalman filter; the neural network; the simple errors feedback system

Review On Spray Dryer Absorption Flue Gas Desulfurization Technology

Pan Zhaoqun

(South China University of Technology, GuangZhou 510641)

Abstract: Spray dryer flue gas desulfurization technology has been applied in China in these years. In this paper the process and the mechanism have been introduced; the relationship between the efficiency and the chemical ratio, near saturated temperature, inlet gas temperature, sulfur dioxide concentration have been analyzed in details. This new method gets advantages over more simple system, lower investment, less operational cost and the residue which is easier to deal with.

Key words: spray drying absorption; flue gas desulfurization

Relating the Situation of Food Safety and the Development of Green Food

Sheng Yiling

(Jinhua college of profession and technology,

Abstract: In the light of the action that many contraband are used on food production and processing, analyzing the present situation of food quality and safety, raising the feasibility and urgency for green food development. We are sure that green food must have wide development open space by the increasing of people's level.

Key words: food safety; green food; development prospects

Some Problems about Feasibility Report and Environmental Impact Assessment when Construction Project Carry Out

Zhao Kejun, He Liqun, Zhang Yong, Zhao Tongxin
(Xinjiang chemical engineering design&research institute, Urumqi 830006)

Abstract: Base the many years' work experience, the author analyse some problems about Feasibility report and Environmental impact assessment on Construction project, raises how make full use of Feasibility report about Construction project for Environmental impact assessment, and how make Environmental impact assessment accurate if there is no Feasibility report. In a word, one of the main aim of this article is to improve the quality of Environmental impact assessment and harmonize relation with Environmental impact assessment, prevent pollution from constructing.

Key words: construction project; environmental impact assessment; feasibility report; environmental protection

Investigation of the Distribution of the Aquatic Vegetation in Lake Donghu, Wuhan

Wu Zhenbin, Chen Deqiang, Qiu Dongru, Liu Baoyuan
(The State Key Laboratory of Fresh Water and Biotechnology, Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072)

Abstract: The investigation showed that there were 33 species aquatic plants belonged to 25 genus and 20 families in Lake Donghu. The distribution area of the aquatic plants was only 0.7 percent of the total area of the lake and the biomass was 1,137 ton. Compared to the data in 1957, 1962~1963 and 1988~1994, the aquatic vegetation in the lake has declined seriously, especially the submerged vegetation. The paper discussed the main reasons of declination of aquatic vegetation including the eutrophication, the excessive breeding of herbivorous fishes and the effect of human beings.

Key words: lake Donghu of Wuhan; aquatic vegetation; declination; evolution analysis