

蒙新高原湖泊高等水生植物和大型底栖无脊椎动物调查*

兰策介^{1,2}, 沈元¹, 王备新^{2**}, 吴敬禄³, 曾海鳌³, 马龙³

(1: 无锡市疾病预防控制中心, 无锡 214023)

(2: 南京农业大学水生昆虫与溪流生态实验室, 南京 210095)

(3: 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

摘要: 2008年7月和9月调查了我国蒙新高原12个湖泊的高等水生植物和大型底栖无脊椎动物, 除阜康天池外皆采集到了水生植物和底栖动物。水生植物共有8科12种, 优势种为芦苇和菹齿眼子菜。底栖动物共鉴定出4门8纲26科64种(属), 优势类群为摇蚊和水丝蚓。乌梁素海的水生植物和底栖动物种类最丰富, 分别为9种和35种(属)。乌梁素海和哈素海全湖都有水生植物分布, 但其它湖泊仅分布在个别湖湾。不同湖泊间的底栖动物群落相似性很低。将蒙新地区湖泊湖区分为敞水区、沿岸带水生植物区和强劲湖流区。底栖动物在沿岸带水生植物区的多样性比敞水区高, 优势集中性比敞水区低, 而强劲湖流区无底栖动物。沿岸带水生植物区不同类型生境中的底栖动物群落相似性分析表明沉水植物密布、风生湖流微弱生境中的底栖动物最丰富, 风生湖流强劲生境中无底栖动物。总体上, 蒙新高原湖泊水生植物和底栖动物群落相似性较低, 要保护湖泊生物多样性, 建议对每个湖泊进行适当保护, 重点保护风生湖流较弱的沉水植物区。

关键词: 蒙新高原; 湖泊; 高等水生植物; 大型底栖无脊椎动物

Investigation of aquatic plants and benthic macroinvertebrates of lakes in Inner Mongolia-Xinjiang Plateau

LAN Cejie^{1,2}, SHEN Yuan¹, WANG Beixin², WU Jinglu³, ZENG Hai'ao³ & MA Long³

(1: Wuxi Centre for Disease Control and Prevention, Wuxi 214023, P. R. China)

(2: Lab of Aquatic Insects and Stream Ecology, Department of Entomology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, P. R. China)

(3: Nanjing Institute of Geography and Limnology, CAS, Nanjing 210008, P. R. China)

Abstract: Higher aquatic plants and benthic macroinvertebrates of 12 lakes located in Inner Mongolia-Xinjiang Plateau were investigated in July and September, 2008. We have sampled aquatic macrophytes and benthic macroinvertebrates from the elevated 11 lakes, except for Lake Tianchi. A total of 12 species and 8 families of higher aquatic plants, and 64 macroinvertebrate taxa belonging to 26 families, 8 classes and 4 phylums were found. Of which *Phragmites australis* and *Potamogeton pectinatus* were dominant plant populations, and *Chironomus* spp. and *Limnodrilus* spp. were dominant benthic taxa. Lake Wuliangsuhai had the highest species richness of 9 of aquatic macrophytes and of 35 of benthic macroinvertebrates. Aquatic macrophytes were distributed in whole lakes in Lake Wuliangsuhai and Lake Hasuhai, but in other lakes they occurred only in some bays. The similarity of benthic macroinvertebrate faunas in 10 lakes was low (Stress value = 0.11). Benthos biodiversity in coastal macrophytes area was significantly higher than that in open water area. However, the dominant concentration in coastal macrophytes area was significantly lower than that in open water area. No benthos was found in the strong current water. Community similarity analysis of benthos in different habitats of coastal plant area indicated that the habitat of dense submerged plants area and weak lake current area had the high-

* 科技部基础性工作专项“中国湖泊水质、水量和生物资源调查”项目(2006FY110600)和国家自然科学基金项目(40971117)联合资助。2010-07-06 收稿; 2010-09-19 收修改稿。兰策介, 男, 1981年生, 硕士; E-mail: lancejie@126.com.

** 通讯作者; E-mail: wangbeixin@njau.edu.cn.

est abundance of benthic fauna, while the strong lake current area had no benthic animals. In general, the species similarity of both aquatic plant communities and benthic macroinvertebrate faunas were low in the lakes in Inner Mongolia-Xinjiang Plateau. Our results suggested that the coastal plant area, especially the weak lake current and submerged plant area, is key area to protect in whole lake system.

Keywords: Inner Mongolia-Xinjiang Plateau; lake; aquatic macrophyte; benthic macroinvertebrates

开展蒙新高原湖泊水生植物和底栖动物的调查,对全面了解蒙新高原湖泊资源具有重要意义.蒙新高原干旱少雨,除额尔齐斯河流域外,其他湖泊大都在退化、萎缩,水质逐渐盐碱化^[1].水质、水量的快速变化直接影响水生植物的生长,可能导致水生植被退化,改变水生植物群落的演替进程,同时严重威胁底栖动物多样性.吕爱华研究表明,柴窝堡湖的底栖动物种类丰富度和多样性都严重降低^[2].在乌梁素海,鱼类体型趋向小型化,鱼产量较往年明显降低.湖泊水质、水量和生物资源的退化严重影响当地居民的生产、生活.而近年来,关于蒙新高原湖泊水生植被和底栖动物的报道较少,有必要将蒙新湖泊水生植被和底栖动物调查结果做一总结,为湖泊生态系统管理提供参考.

1 材料与方法

1.1 调查方法

2008年7月和9月调查了蒙新高原12个湖泊的高等水生植物和大型底栖无脊椎动物(湖泊位置参见文献[3]之图1).12个湖泊特征见表1^[4].水生植物调查:现场记录植物种类、生活型和分布,采用Drude法目测其多度^[5].受条件限制,可能漏采部分水生植物种类,此外,还缺少生物量及具体的分布面积数据.

底栖动物调查.敞水区用1/16m²彼德森采泥器采2个平行样,沿岸带浅水区(水深0-0.6m)用D形网(0.3m宽,60目尼龙纱)采3m².现场用60目筛淘洗泥样后挑出底栖动物,装入50ml聚乙烯瓶,并加入8%福尔马林液固定样品.不能及时挑出的装入自封袋,全湖采样结束后再将标本挑出.当天未能及时挑出的装入500ml塑料方瓶,加福尔马林保存后带回实验室处理.底栖动物尽量鉴定到种或属,少数鉴定至科或亚科^[6-8].

1.2 分析方法

根据对底栖动物生境特征的调查,每个湖泊大致可分为沿岸带水生植物区、敞水区和强劲湖流区(风生湖流强劲,底质裸露,一般无水生植物分布),其中沿岸带水生植物区又可分为4种生境类型,分别为:I,沉水植物,无挺水植物,风生湖流微弱,水深<60cm;II,沉水植物,无挺水植物,风生湖流明显,水深<60cm;III,挺水植物,混生零星沉水植物,风生湖流微弱,水深<60cm;IV,沉水植物,无挺水植物,风生湖流强劲,水深<60cm.在统计水生植物和底栖动物分类单元、分析群落结构的基础上,进行群落相似性分析.采用T检验对沿岸带水生植物区和敞水区的底栖动物多样性进行了差异性比较.群落物种相似性排序分析在Primer 6.0中进行,其中水生植物种类出现与否(1/0)经presence/absence转换后,计算群落物种相似性系数;大型底栖动物的密度数据经重平方根转换后,计算群落相似性系数,并进行nMDS(非度量多维尺度)分析.将各点位水生植物的五级多度从低到高分别赋值,为1、2、3、4、5,无水生植物则记为0,将多度为同级别的点位归为同一组,计算每组底栖动物种类数的平均值和多样性的平均值.在SPSS15.0中,以水生植物多度为自变量,分别以底栖动物种类数平均值和多样性平均值为因变量进行回归分析.

表1 调查湖泊概况

Tab.1 General attributes of investigated lakes

省(区)	湖泊	代码	平均水深/ 最大水深(m)	面积 (km ²)	矿化度 (g/L)
新疆	赛里木湖	SLM	46/91	453	2.85
	喀纳斯湖	KNS	120.1/188.5	44.78	0.0046-0.0067
	乌伦古湖	WLG	8.00/12.25	753.0	2.14
	吉力湖	JIL	9.9/14.7	174.0	0.441
	阜康天池	TCH	60.0/103.0	2.65	
	柴窝堡湖	CWP	4.18/6.10	30.0	4.01
	博斯腾湖	BST	8.08/16.50	992.2	1.866
内蒙古	乌梁素海	WLS	1.12/2.50	233.0	1.25
	哈素海	HSB	1.5/3.0	29.7	
	岱海	DAH	7.41/16.05	133.46	4.31
陕西省	达里诺尔	DLN	6.8/13.0	219.53	5.55
	红碱淖	HJN	8.2/10.5	60.3	3.45

2 结果与分析

2.1 群落特征分析

2.1.1 水生植物群落特征 本次调查共发现水生植物 8 科 12 种, 其中挺水植物 3 科 4 种、沉水植物 4 科 7 种、浮叶植物 1 科 1 种。挺水植物以芦苇 (*Phragmites australis*) 最常见, 沉水植物以菹齿眼子菜 (*Potamogeton pectinatus*) 最常见。浮叶植物仅荇菜 (*Nymphoides peltatum*) 一种, 分布在乌梁素海农田退水总干渠入湖口。12 个湖泊除阜康天池外都有水生植物 (表 2)。水生植物分布最广的是乌梁素海, 芦苇分布面积约为全湖的 40%, 菹齿眼子菜和金鱼藻 (*Ceratophyllum demersum*) 几乎布满了另外的 60%。其它各湖泊的水生植物集中分布在风生湖流较弱的湖湾浅水区, 风生湖流强劲的沿岸带和水质较深的敞水区无水生植物分布。

表 2 各湖泊水生植物分布、多度、种类数和优势种
Tab. 2 The distribution, community abundance, species richness and dominant species of aquatic macrophytes of each lake

湖泊	分布	多度	种类数	优势种
赛里木湖	西南沿岸、湖中岛湾	++++	1	菹齿眼子菜
喀纳斯湖	南端沿岸	++	1	竹叶眼子菜
乌伦古湖	南部湖湾、西北沿岸	++++	8	芦苇、菹齿眼子菜
吉力湖	北部湖湾	++++	8	芦苇、菹齿眼子菜
博斯腾湖	南部湖湾、西南沿岸	++++	3	芦苇、菹齿眼子菜
柴窝堡湖	码头沿岸	++	2	芦苇
乌梁素海	全湖	++++	9	芦苇、菹齿眼子菜、金鱼藻
哈素海	全湖沿岸	++++	3	芦苇、菹草
岱海	东、南部湖湾	++++	7	芦苇、菹齿眼子菜
达里诺尔	北部码头沿岸	++	2	菹齿眼子菜
红碱淖	3 个湖湾内	++	1	菹齿眼子菜

表 3 底栖动物种类数、密度、生物量
Tab. 3 Species richness, density and biomass of benthic macroinvertebrates

湖泊	种类数	密度 (ind./m ²)	生物量 (g/m ²)
赛里木湖	6	200.0	1.61
喀纳斯湖	7	8.8	0.07
博斯腾湖	10	103.0	0.40
乌伦古湖	18	269.0	3.86
吉力湖	25	335.0	0.83
柴窝堡湖	8	1601.0	10.09
乌梁素海	35	1487.0	8.80
红碱淖	8	720.0	1.38
哈素海	13	239.2	2.20
岱海	26	516.7	1.63
达里诺尔	7	902.0	10.14

2.1.2 底栖动物群落特征 12 个湖泊中除阜康天池外皆采集到了底栖动物 (表 3, 图 1)。11 个湖泊 74 个采样点共获得 59 个有效样本, 鉴定出 4 门 8 纲 26 科 64 种 (属)。其中节肢动物门昆虫纲 18 科 52 种, 甲壳纲 3 科 3 种, 蛛形纲 1 种; 软体动物门腹足纲 2 科 6 种, 双壳纲 1 科 1 种; 环节动物门寡毛纲 1 科 2 种, 蛭纲 1 种; 扁形动物门涡虫纲 1 种。各湖泊底栖动物的种类数、密度、生物量差别较大, 详见表 3。各湖泊物种组成, 乌伦古湖、吉力湖、乌梁素海和岱海的底栖动物以水生昆虫最丰富; 赛里木湖、喀纳斯湖、柴窝堡湖、红碱淖和哈素海以摇蚊类最丰富 (图 2)。摇蚊 (*Chironomus*) 和水丝蚓 (*Limnodrilus*) 为蒙新湖泊底栖动物的优势类群。

2.2 群落相似性分析

2.2.1 水生植物的群落相似性 不同湖泊间的水生植物群落相似性分析结果 (Stress value = 0, 图 2a) 表明, 11 个

湖泊的水生植物群落可以明确分为五组, 第一组乌伦古湖、吉力湖、乌梁素海和岱海水生植物最丰富, 有 7 种以上。第二组博斯腾湖和达里诺尔各有 3 种和 2 种水生植物, 且优势种为菹齿眼子菜。第三组柴窝堡湖和哈素海也各有 2 种和 3 种, 但其优势种为芦苇。第四组赛里木湖和红碱淖仅有 1 种菹齿眼子菜。第五组喀纳斯湖只有竹叶眼子菜 1 种。

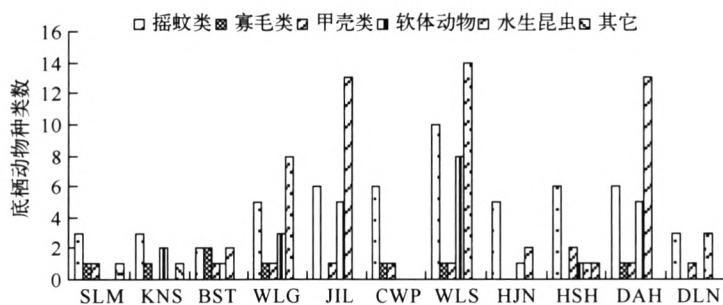


图1 底栖动物群落物种组成

Fig. 1 Species composition of benthic macroinvertebrate assemblage of each lake

2.2.2 底栖动物群落相似性分析 不同湖泊间的底栖动物群落物种相似性分析结果 (Stress value = 0.11, 图3b) 表明, 不同湖泊间底栖动物的群落物种相似性很低. 只有乌梁素海和吉力湖的底栖动物群落相似, 其它各湖泊的底栖动物群落均相对比较独立.

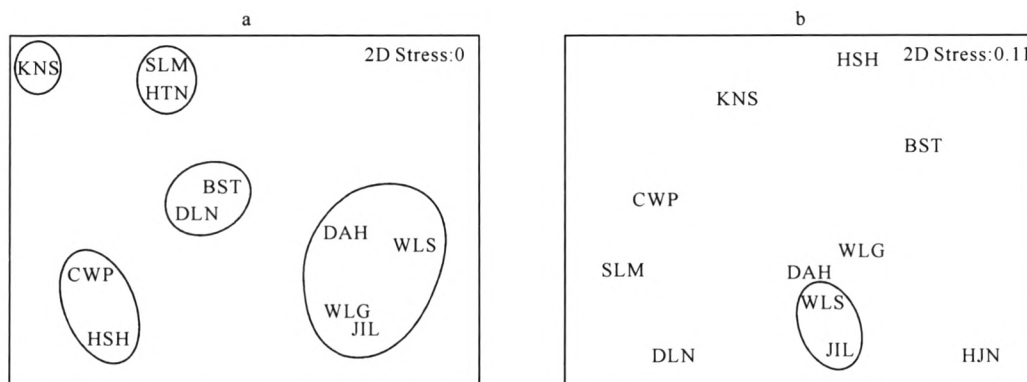


图2 11个湖泊水生植物群落(a)和底栖动物群落的 Bray-Curtis 系数(b)的排序图

Fig. 2 Ordinal configuration of the community of aquatic macrophytes(a) and macroinvertebrate ordinal configuration using Bray-Curtis coefficient(b) in the 11 lakes

11个湖泊的沿岸带和敞水区底栖动物群落相似性分析表明 (Stress value = 0.2), 敞水区的群落与沿岸带群落物种组成差异明显 (图3). 敞水区和沿岸带香农威纳多样性指数分别为 0.841 ± 0.802 、 1.774 ± 0.831 ; 优势集中性指数分别为 0.686 ± 0.288 、 0.430 ± 0.242 . 多样性和优势集中性指数也显示, 敞水区与沿岸带的底栖动物群落特征差异极显著 ($P < 0.01$), 沿岸带的多样性是敞水区的 2.11 倍, 优势集中性是敞水区的 0.63 倍.

不同生境间的群落相似性分析结果 (Stress value = 0.09) 表明底栖动物群落不同生境中分布有明显差异. 其中 I 型生境中有底栖动物 57 种, II 型有 14 种, III 型有 10 种; IV 型生境中未采集到底栖动物. 说明 I 型生境最利于底栖动物生存, II 型次之, III 型较差, IV 型最差. 根据 4 种类型生境的特征, 沉水

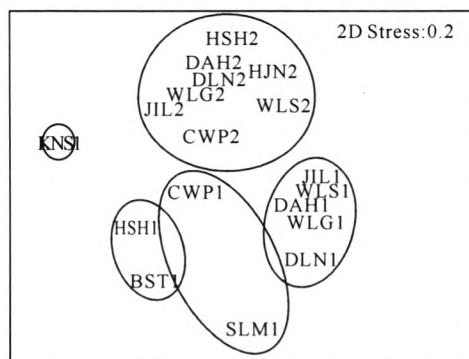


图3 沿岸带与敞水区底栖动物群落排序图
(1. 沿岸带, 2. 敞水区)

Fig. 3 Macroinvertebrate ordinal configuration of coastal area and open water area using Bray-Curtis coefficient

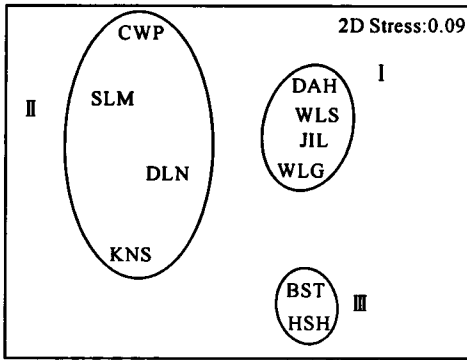
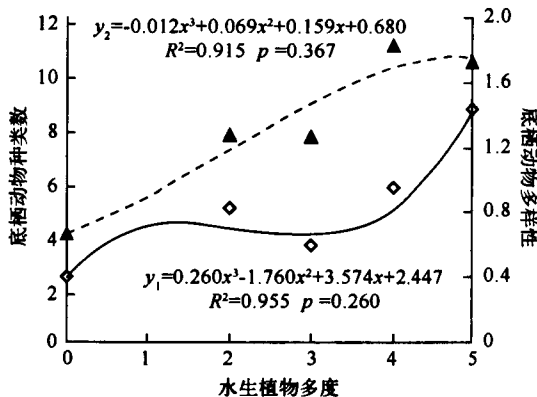


图4 不同生境中底栖动物群落排序图

Fig. 4 Ordinal configuration of macroinvertebrate communities in different habitats

图5 水生植物多度(x)分别与底栖动物种类数(y_1)、生物多样性(y_2)的回归分析Fig. 5 Regression analysis of aquatic plant abundance(x) and species number(y_1), and biodiversity(y_2) of macroinvertebrates

植物较挺水植物更有利于底栖动物的分布;风生潮流是底栖动物分布的限制性因子,潮流越强,底栖动物越难定居。

2.3 底栖动物种类数与水生植物多度的相关性

底栖动物种类数(y_1)和底栖动物生物多样性(y_2)与水生植物多度都有较高的相关性($R^2_{y_1} = 0.955$, $R^2_{y_2} = 0.915$, 图5),但模型成立的统计学意义都不显著($p_{y_1} = 0.260$, $p_{y_2} = 0.367$)。

3 讨论

3.1 群落特征

蒙新高原湖泊水生植物和底栖动物的种类丰富度与多样性较东部平原湖泊低^[9-10]。一方面,是本次调查仅有1次采样,且部分湖泊调查点位偏少,会漏采部分种类。另一方面,可能是蒙新高原湖泊的生态位较窄^[1],水生植物和底栖动物的本底种类数较少。个别湖泊种类少有其特殊原因。柴窝堡湖,水体赛氏透明度小于30cm,沉水植物难以获得足够的光能;博斯腾湖水位15年间变化4.36m^[11],沉水植物难以适应。沉水植被的退化直接导致底栖动物多样性降低。调查显示,除喀纳斯湖、赛里木湖水位较稳定外,其他湖泊水位都有不同程度地下降,如果水位继续下降,沉水植被可能继续退化,芦苇很可能会成为水生植物群落的绝对优势种,同时底栖动物多样性也会逐渐降低。

3.2 群落相似性

总体上,水生植物群落和底栖动物群落各湖泊之间分布的异质性较高(表2,图2)。一方面可能因为各湖泊的水系独立,在自然状态下生物几无直接联系,由于地理隔离,在长期的演替过程中各湖泊的生物群落出现多样性,这与东部平原水网地区不同。另一方面是各湖泊生境的异质性较高。乌梁素海和哈素海平均水深分别为0.8-1.0m^[12]和1.5m^[13],全湖都有水生植物分布;而阜康天池平均水深60.0m,几无浅滩,无水生植物分布。

根据水生植物和底栖动物在湖内的分布特征,湖泊大致可以分为沿岸带水生植物区、敞水区和强劲湖流区(图3)。各湖区群落的差异较大,主要原因是受水深^[14]和风生潮流^[1]的胁迫。在喀纳斯湖,南端湖湾的浅滩有水生植物分布,而其它部分湖岸陡峭、水深没有水生植物分布;除阜康天池、乌梁素海和哈素海外,其它湖泊的水生植物都分布在浅滩湖湾。蒙新高原湖泊风生潮流强劲,水生植物难以扎根生长。赛里木湖的东北湖湾处于下风口,风生潮流强劲,底质为洁净的砾石,寸草不生,而西南湖湾受风生潮流胁迫较弱,有成丛的菹齿眼子菜。博斯腾湖白鹭岛附近为银色沙滩,表层细沙随湖水而流动,植物很难扎根生长,无水生植物,而南部湖湾受风生潮流胁迫较弱,有大量水生植物。

水生植物既可以削弱风生潮流对底栖动物的胁迫以及捕食压力,也能为底栖动物提供食物资源^[15],对底栖动物的分布具有重要意义^[16],相关性分析也显示水生植物影响底栖动物群落(图5)。调查分析还表明,强劲风生潮流是底栖动物的胁迫因子,沉水植物较挺水植物更有利于底栖动物的分布(图4)。赛里木湖的渔场湖湾无水生植物,风生潮流强劲,但仍有大量底栖动物分布,可能因为该湖湾底质卵石的粒径较大,可以

抗击风生湖流的冲刷,保持栖境的稳定,为底栖动物提供规避湖流胁迫的栖境。因而水生植物、湖流、底质是可能蒙新湖泊底栖动物分布的主要影响因子。不同湖泊的盐碱化程度及水温差异较大,因而水质的理化因子也可能是重要的影响因子,有待进一步研究。

4 小结

蒙新高原湖泊生态位窄,高等水生植物和底栖动物的种类较少。水生植物以挺水植物芦苇和沉水植物菹齿眼子菜为绝对优势种,底栖动物以摇蚊和水丝蚓为优势类群。湖泊之间种类数差别较大,在湖泊内部分布也不均匀,水生植物主要分布在湖湾、浅滩水域,底栖动物主要分布在沉水植物丰富的水域。

5 参考文献

- [1] 胡汝骥,姜逢清,王亚俊等. 亚洲中部干旱区的湖泊. 干旱区研究,2005,22(4):424-430.
- [2] 吕爱华. 用底栖动物评价底质. 干旱环境监测,1993,7(3):160-164.
- [3] 曾海鳌,吴敬禄. 蒙新高原湖泊水质状况及变化特征. 湖泊科学,2010,22(6):882-887.
- [4] 王苏民,窦鸿身. 中国湖泊志. 北京:科学出版社,1998.
- [5] 孙儒泳,牛翠娟,楼安如等. 基础生态学. 北京:高等教育出版社,2002.
- [6] Morse JC, Yang LF, Tian LX. Aquatic insects of China useful for monitoring water quality. Nanjing: Hohai University Press, 1994.
- [7] 大连水产学院. 淡水生物学. 北京:农业出版社,1982.
- [8] 刘月英. 中国经济动物志(淡水软体动物). 北京:科学出版社,1979.
- [9] 谷孝鸿,张圣照,白秀玲等. 东太湖水生植物群落结构的演变及沼泽化. 生态学报,2005,25(7):1541-1548.
- [10] 谢志才,张君倩,陈静等. 东洞庭湖保护区大型底栖动物空间分布格局及水质评价. 湖泊科学,2007,19(3):289-298.
- [11] 赵龙,单秀琴,达伟等. 新疆博斯腾湖水量的演变. 河南水利与南水北调,2009,2:15-16.
- [12] 厚福祥,邓芳. 内蒙古乌梁素海生态恢复工程试验研究. 内蒙古大学学报(自然科学版),2006,37(1):105-110.
- [13] 格日乐图. 哈素海、岱海、黄旗海湿地鸟类的调查研究. 内蒙古师范大学学报(自然科学(汉文)版),2004,33(3):294-299.
- [14] 马剑敏,成水平,贺锋等. 武汉月湖水生植被重建的实践与启示. 水生生物学报,2009,33(2):222-229.
- [15] Jones RC, Walti K, Adams MS. Phytoplankton as a factor in the decline of the submersed macrophyte *Myriophyllum spicatum* L. in Lake Wingra, Wisconsin, USA. *Hydrobiologia*, 1983, 107: 213-219.
- [16] Lodge DM, Leathers BK, Bronmark C *et al.* Distribution of freshwater snails: spatial scale and the relative importance of physicochemical and biotic factors. *Am Malacol Bull*, 1987, 5: 73-84.