

内蒙古乌梁素海浮游动物与底栖动物调查*

武国正, 李畅游

(内蒙古农业大学水利与土木建筑工程学院, 呼和浩特 010018)

摘要: 乌梁素海是全球荒漠半荒漠地区极为少见的大型草原湖泊, 是我国北方候鸟重要的迁徙和繁殖地, 2002 年被国际湿地公约组织正式列入国际重要湿地名录. 为了对乌梁素海的浮游动物及底栖动物进一步深入的研究, 从 2004 年 4 月至 2005 年 1 月共进行了 4 次监测. 浮游动物共检出 34 属 62 种, 比 20 年前减少 3 种. 其中原生动物 11 属 16 种; 轮虫 17 属 33 种; 枝角类 4 属 4 种; 桡足类 5 属 9 种. 大型浮游动物(包括枝角类、桡足类及轮虫)全年平均丰度为 687ind./L, 平均生物量为 3.4985mg/L; 原生动物平均丰度为 2.508×10^4 ind./L, 平均生物量为 0.1254mg/L. 底栖动物共检出 4 科 11 种, 比 20 年前减少 39 种. 底栖动物两次调查的平均丰度为 3031.4ind./m², 平均生物量为 71.67g/m². 调查结果显示, 随着季节的变化, 浮游动物丰度及生物量变化幅度很大, 夏季最高, 春季次之, 秋冬两季极低. 利用浮游动物和底栖动物生物量作为水体状况评价指标对乌梁素海营养状况进行初步评价, 得出乌梁素海水体处于富营养化状态.

关键词: 乌梁素海; 浮游动物; 底栖动物; 营养状况

Investigation of zooplankton and zoobenthos in Lake Wuliangsuhai, Inner Mongolia

WU Guozheng & LI Changyou

(The College of Water Conservancy and Civil Engineering of Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010018, P.R.China)

Abstract: Lake Wuliangsuhai is a very important part of irrigation and drainage system of Hetao irrigation area. It is also an important migration and breeding ground for Northern China migratory birds. The wetland was listed in <Convention of Wetland on the List of International Important Wetland> in 2002. The present investigation deals with the aquatic status of Lake Wuliangsuhai from April 2004 to January 2005. The study revealed that there were 62 species of zooplankton belong to 34 genera in the lake, which include 16 species of Protozoa belong to 11 genera, 33 species of Rotifera belong to 17 genera, 4 species of Cladocera belong to 4 genera, and 9 species of Copepoda belong to 5 genera. The average abundance and biomass of macrozooplankton were 687ind./L and 3.4985mg/L and Protozoa were 2.508×10^4 ind./L and 0.1254mg/L, respectively. There were 11 species of zoobenthos found in the lake, which belong to 4 families. The average abundance and biomass of zoobenthos were 3031.4ind./m² and 71.67g/m². The abundance and biomass of zooplankton changed significantly with seasons. The abundance and biomass in the Spring and Summer are dramatically higher than in Autumn and Winter. The biomass of zooplankton and zoobenthos were used as indicators of water body status to evaluate the nutritional status and the results showed that the lake was in the status of eutrophication.

Keywords: Lake Wuliangsuhai; zooplankton; zoobenthos; nutritional status

浮游动物和底栖动物是淡水生态系统的重要组成部分, 在水域的食物链中处于重要的地位. 浮游动物对水生生态系统物质循环和能量流动起关键作用, 对水生生态系统的容纳量及生物资源补充量产生显著影响^[1]. 浮游动物的物种多样性、丰度和生物量决定了水生生态系统的鱼产力^[2]. 底栖动物是鱼类等经济水生生物的天然食料, 其种类组成和数量变化与周围环境密切相关, 在受到水环境污染等不利因素影响时, 适应性差的种类会迅速减少或消失, 适应性强的种类则会大量繁殖^[3]. 浮游动物及底栖动物对了解水生生态系统的结构和功能有重要的理论意义, 二者常作为水体环境监测的生物指标. 因此, 研究浮游

* 国家自然科学基金项目(50269001、50569002)资助. 2007-09-12收稿; 2007-12-24收修改稿. 武国正, 男, 1980年生, 博士研究生, E-mail: wgz08@yahoo.com.cn.

动物动物和底栖动物在渔业和环境科学上均有裨益。

乌梁素海位于内蒙古自治区巴彦淖尔市乌拉特前旗境内, 湖区界于北纬 40°36′-41°03′, 东经 108°43′-108°57′, 湖面高程平均值为 1018.5m, 库容量为 $2.5 \times 10^8 - 3 \times 10^8 \text{m}^3$, 最大水深为 3m, 平均水深 1m. 乌梁素海是全球荒漠半荒漠地区极为少见的大型草原湖泊, 是河套灌区排灌水系的重要组成部分, 对河套灌区节水灌溉工程正常运行和控制盐碱化起着关键性的作用. 同时, 乌梁素海湿地生态系统对维护周边地区生态平衡起着相当重要的作用, 它是我国北方候鸟重要的迁徙和繁殖地, 是亚洲十分重要的湿地系统生物多样性保护区, 2002 年被国际湿地公约组织正式列入国际重要湿地名录.

20 世纪 80 年代末, 内蒙古环境科学研究所对乌梁素海的游动物物及底栖动物做了详尽的调查研究^[4], 共检出浮游动物 65 种, 其中原生动物 14 种, 轮虫 33 种, 枝角类 10 种, 桡足类 8 种. 轮虫占绝对优势, 占种类数的 50%. 检出底栖动物 50 种, 其中水生线虫 1 种, 环节动物 4 种, 软体动物 3 种, 节肢动物 42 种, 节肢动物占绝对优势, 占种数的 84%. 内蒙古自治区水产科学研究所和南开大学在 20 世纪 80 年代中期对乌梁素海也进行了渔业资源的调查研究^[5]. 此外, 谢祚辉、何志辉^[6]等对乌梁素海水化学和水生生物也曾做过初步调查研究. 近 20 年过去了, 有关乌梁素海浮游动物与底栖动物的调查研究一直未见报端, 而湖泊水体已发生了巨大的变化. 2004、2005 年内蒙古自治区水产科学研究所对乌梁素海的水生动物做了详细的调查研究^[7]. 本文旨在通过这次调查研究的结果对乌梁素海的浮游动物及底栖动物群落结构、丰度、生物量及季变化规律作初步研究, 并对水体营养状况进行评价, 从而为乌梁素海渔业的可持续发展及水环境保护提供理论依据.

1 材料与方法

1.1 采样时间和样点布设

本次调查监测由内蒙古自治区水产科学研究所分别于 2004 年 4、8、10 月及 2005 年 1 月 4 个季节按照《内陆水域渔业自然资源调查试行规范》^[8]和相关标准进行采样.

根据乌梁素海水面具体情况, 在明水区设 15 个点采样(图 1). 由于乌梁素海湖水较浅, 各点均取中上层水进行分析测定. 分别进行水质常规分析、污染物监测分析、浮游植物、浮游动物及底栖动物调查分析. 其中底栖动物于 2004 年 8、10 月进行了 2 次调查, 2004 年 4 月和 2005 年 1 月未作调查.

1.2 样本的采集和鉴定

浮游动物采集和鉴定采用全国内陆水域水生生物和环境调查规范中的方法^[8]. 定性样品用 13 号定性网, 在水下 0.5m 处作“∞”字型拖曳 3min, 加福尔马林固定后保存于 100ml 标本瓶中. 定量样品采水 10L 置于 25 号浮游生物网中过滤, 浓缩至 20ml. 加福尔马林固定后保存于 100ml 标本瓶中. 测定丰度时, 先将定量样品稀释至 100ml. 原生动物计数时, 将浓缩水样充分摇匀, 用吸管吸出 0.1ml 样品, 置于 0.1ml 计数框内, 盖上盖玻片, 在 400 倍显微镜下进行全片计数. 轮虫和无节幼虫计数时, 取摇匀的浓缩样品 1ml, 放入 1ml 计数框内, 全片计数. 每个样品计数 2 片, 求出平均值, 再根据公式换算成每升水中的数量. 枝角类和桡足类计数时, 取摇匀的浓缩样品 5ml, 置于 5ml 计数框内, 在 20 倍显微镜下进行全片计数. 在进行生物量计算时, 参考《内陆水域调查规范》主要浮游动物的平均湿重测算数据.

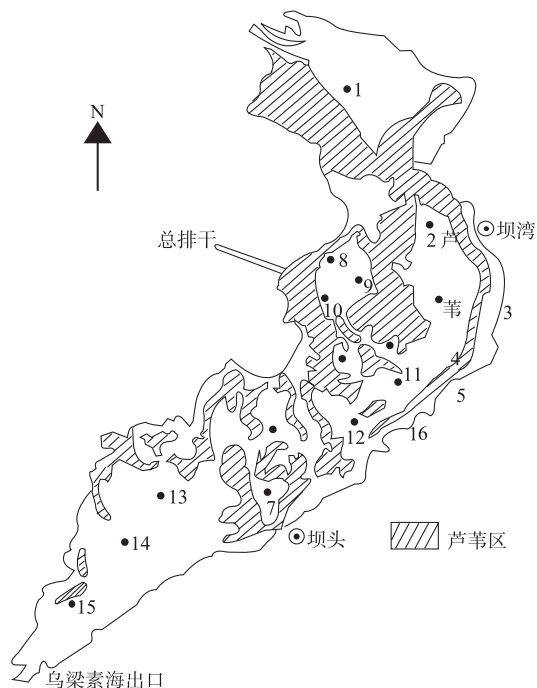


图 1 乌梁素海生物采样点
Fig.1 The sampling stations of Lake Wuliangsohai

底栖动物定性采用三角拖网采取. 定量采样方法用1/16m²的彼得生采泥器在每个采样点采泥1-2次, 采得的泥样经40目分样筛筛洗后带回实验室处理. 先将底栖动物挑出, 然后进行种类鉴定、计数和重量测定.

2 结果

2.1 种类组成

2.1.1 浮游动物群落组成及优势种属 经初步鉴定, 乌梁素海浮游动物共有四大类62种. 其中轮虫最多, 共有33种; 原生动物次之, 为16种; 桡足类和枝角类较少, 分别为9种和4种(表1).

表1 乌梁素海浮游动物及底栖动物名录
Tab.1 Directory of zooplankton and zoobenthos in Lake Wuliangsohai

浮游动物	团藻无柄轮虫(<i>A. volvocicola</i>)
原生动物 Protozoa	大肚须足轮虫(<i>Euchlanis dilatata</i>)
肉足虫	三翼须足轮虫(<i>E. triquetra</i>)
盘表壳虫(<i>Arcella discoidea</i>)	小须足轮虫(<i>E. parva</i>)
圆滑表壳虫(<i>A. rotundata</i>)	卜氏晶囊轮虫(<i>Asplanchna brightwelli</i>)
无棘匣壳虫(<i>Centropyxis ecornis</i>)	暗小异尾轮虫(<i>Trichocerca pusilla</i>)
盘状匣壳虫(<i>C. discoidea</i>)	鼠异尾轮虫(<i>T. rattus</i>)
巧砂壳虫(<i>Diffugia elegans</i>)	冠饰异尾轮虫(<i>T. lophoessa</i>)
瓶砂壳虫(<i>D. urceolata</i>)	环顶巨腕轮虫(<i>Pedalia fennica</i>)
大变形虫(<i>Amoeba proteus</i> Leidy)	尖尾环顶巨腕轮虫尖(<i>P. femica oxyuris</i>)
蛞蝓变形虫(<i>A. limax</i>)	枝角类 Cladocera
放射太阳虫(<i>Actinophrys sol</i>)	长肢秀体溞(<i>Diaphanosoma leuchtenbergianum</i>)
纤毛虫	蚤状溞(<i>Daphnia pulex</i>)
团焰毛虫(<i>Askenasia volvox</i>)	长额象鼻溞(<i>Bosmina longirostris</i>)
圆缨球虫(<i>Cyclotrichium sphaericum</i>)	圆形盘肠溞(<i>Chydorus sphaericus</i>)
毛板壳虫(<i>Coleps hirtus</i> Hitzsch)	桡足类 Copepoda
沟钟虫(<i>Vorticella convallaria</i>)	英勇剑水蚤(<i>Cyclops strennus</i>)
小口钟虫(<i>V. microstoma</i>)	近邻剑水蚤(<i>C. vicinus</i>)
大弹跳虫(<i>Halteria grandinella</i>)	角突刺剑水蚤(<i>Acanthocyclops thomasi</i>)
湖累枝虫(<i>Epistylis lacustris</i>)	大尾真剑水蚤(<i>Eucyclops macraroidea</i>)
轮虫 Rotifera	如愿真剑水蚤(<i>E. speratus</i>)
颤动疣毛轮虫(<i>Synchaeta tremula</i>)	锯齿真剑水蚤(<i>E. macraroidea denticulatus</i>)
尖尾疣毛轮虫(<i>S. stylata</i>)	台湾温剑水蚤(<i>Thermocyclops taihokuensis</i>)
角突臂尾轮虫(<i>Brachionus angularis</i> Gosse)	直刺北镖水蚤(<i>Arctodiaptomus rectispinosus</i>)
萼花臂尾轮虫(<i>B. calyciflorus</i> Pallas)	咸水北镖水蚤(<i>A. salinus</i>)
壶状臂尾轮虫(<i>B. urceus</i>)	底栖动物
蒲达臂尾轮虫(<i>B. budapestiensis</i>)	节肢动物门 Arthropoda
花篮臂尾轮虫(<i>B. capsuliflorus</i>)	摇蚊科 Chironomidae
螺形龟甲轮虫(<i>Keratella cochlearis</i>)	隐摇蚊(<i>Cryptochironomus</i> sp.)
曲腿龟甲轮虫(<i>K. valga</i>)	拟长跗摇蚊(<i>Paratanytarsus</i> sp.)
矩形龟甲轮虫(<i>K. quadrata</i>)	羽摇蚊(<i>Chironomus plumosus</i>)
尖削叶轮虫(<i>Notholca acuminata</i>)	塞氏摇蚊(<i>Tendipes gr. thammii</i>)
囊形单趾轮虫(<i>Monostyla bulla</i>)	大红羽摇蚊(<i>Tendipes gr. reductus</i>)
精致单趾轮虫(<i>M. elachis</i>)	梯形多足摇蚊(<i>Polypedilum scalaenum</i>)
盘镜轮虫(<i>Testudinella patina</i>)	花翅前突摇蚊(<i>Procladius chorensis</i>)
微凸镜轮虫(<i>T. mucronata</i>)	雕翅摇蚊(<i>Glyptotendipes</i> sp.)
长三肢轮虫(<i>Filinia longiseta</i>)	软体动物门 Mollusca
针簇多肢轮虫(<i>Polyarthra trigla</i>)	椎实螺科 Lymnaeidae
钩状狭甲轮虫(<i>Colurella uncinata</i>)	萝卜螺(<i>Radix</i>)
钝角狭甲轮虫(<i>C. obtusa</i>)	扁卷螺科 Planorbidae
卵形鞍甲轮虫(<i>Lepadella ovalis</i>)	旋螺(<i>Gyraulus</i>)
裂足轮虫(<i>Schizocerca diversicornis</i>)	环节动物门 Annelida
月形腔轮虫(<i>Lecane luna</i>)	颤蚓科 Tubificidae
没尾无柄轮虫(<i>Ascomorpha ecaudis</i>)	霍甫水丝蚓(<i>L. hoffmeisteri</i>)

乌梁素海春季(5月份)浮游动物优势种类主要为剑水蚤, 轮虫中的角突臂尾轮虫、矩形龟甲轮虫、尖尾疣毛轮虫、尖削叶轮虫、壶状臂尾轮虫、囊形单趾轮虫等. 夏季(8月份)浮游动物种类数量明显增加, 优势种类为剑水蚤、镖水蚤、秀体溞, 特别是轮虫种类多数量大, 主要种类为: 角突臂尾轮虫、矩形龟甲轮虫、蓴花臂尾轮虫、长三肢轮虫、针簇多肢轮虫、卜氏晶囊轮虫、尖尾疣毛轮虫、异尾轮虫、壶状臂尾轮虫等. 秋季(10月下旬)、冬季(1月份)浮游动物种类数量大幅下降, 只有少量剑水蚤和极个别圆形盘肠溞、龟甲轮虫、疣毛轮虫、无柄轮虫等.

2.1.2 底栖动物群落组成 2004年8月和10月分别进行了两次调查采样, 共获底栖动物11种, 隶属3门、3纲、4科. 其中节肢动物门摇蚊科8种; 软体动物门椎实螺科和扁卷螺科各1种; 环节动物门颤蚓科1种(表1).

2.2 年均丰度和生物量

2.2.1 浮游动物丰度和生物量 从四次调查结果可见, 乌梁素海浮游动物丰度较高、生物量较大. 由于浮游动物个体大小差别较大, 计数方法不同, 在计算数量时, 将其分为大型浮游动物(包括枝角类、桡足类、轮虫)和原生动物两部分. 其中大型浮游动物的平均丰度为687ind./L, 原生动物的平均丰度为 2.508×10^4 ind./L. 平均生物量为3.624mg/L. 各类浮游动物数量、生物量及所占比例详见图2、图3.

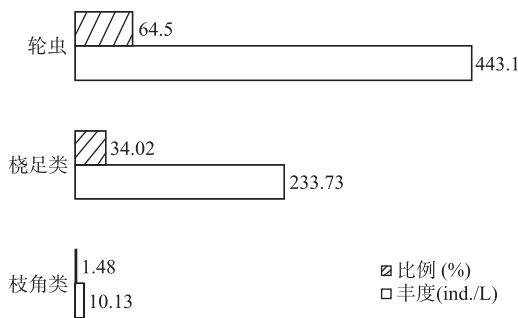


图2 乌梁素海大型浮游动物丰度及组成比例
Fig.2 Abundance and proportion of macrozooplankton in Lake Wuliangsu

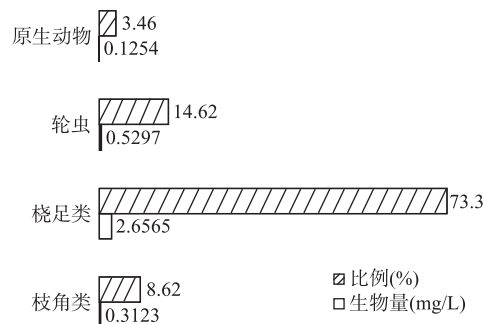


图3 乌梁素海浮游动物生物量及组成比例
Fig.3 Biomass and proportion of zooplankton in Lake Wuliangsu

2.2.2 底栖动物数量及生物量 根据2004年8、10月份的调查, 乌梁素海底栖动物平均丰度为 3031.4 ind./m^2 , 其中摇蚊幼虫丰度最大, 占总数的93.58%; 软体动物次之, 占总数的6.07%; 寡毛类极少, 仅占总数的0.35%. 底栖动物平均生物量为 71.672 g/m^2 , 其中摇蚊幼虫生物量最大, 占总数的50.30%; 其次为软体动物, 占总数的49.64%; 寡毛类仅占总数的0.06%, 几乎为零(图4、图5).

2.3 浮游动物丰度和生物量季节变化情况

2.3.1 丰度季变化趋势 乌梁素海原生动物和大型浮游动物丰度均以夏季最高, 平均丰度分别为 $3.978 \times 10^4 \text{ ind./L}$ 和 1874.05 ind./L ; 其次为春季, 分别为 809.83 ind./L 和 $3.881 \times 10^4 \text{ ind./L}$; 原生动物的最低丰度出现在秋季, 仅为 $0.6933 \times 10^4 \text{ ind./L}$; 而大型浮游动物的最低丰度出现在冬季, 丰度值为 12.21 ind./L (图6). 原生动物、大型浮游动物中的桡足类春夏两季的丰度变化不大, 夏季仅比秋季略有增加; 而大型浮游动物中的枝角类和轮虫丰度变化很大, 夏季较春季分别增加了1.93倍和2.82倍. 所有浮游动物丰度在秋季急剧下降, 除原生动物丰度值有所增加外, 各类大型浮游动物均在冬季降到最低值.

2.3.2 生物量季变化趋势 乌梁素海浮游动物生物量也以夏季最高, 平均生物量为 7.8099 mg/L ; 春季次之, 达到了 5.9024 mg/L ; 秋季生物量迅速降到 0.5617 mg/L ; 冬季生物量降到最低, 生物量仅为 0.2207 mg/L . 除轮虫冬季生物量较秋季高外, 其它各浮游动物生物量季变化趋势与丰度变化趋势相一致(图7).

2.4 营养状况

利用浮游动物群落结构和生物量变化以及优势种分布情况监测评价水环境具有重要应用价值, 在国内外已有相当长的历史^[9]. 何志辉综合国内211个内陆水域调查结果对中国湖泊水库营养型分类作过较

详细的讨论^[10], 并提出一个以浮游动物生物量评价水体营养级别的标准, 即: 0.16–2.19mg/L(平均 0.96mg/L)为贫营养型; 0.28–17.6mg/L(平均 2.1mg/L)为中营养型; 0.59–9.52mg/L(平均 3.59mg/L)为富营养型. 李明德根据于桥水库调查提出了非结冰期年均值表示法^[11], 即: 小于 1mg/L 为贫营养型; 1.1–3.4mg/L 为中营养型; 3.5–8mg/L 为富营养型; 大于 8mg/L 为超富营养型. 依照上述评价标准, 乌梁素海全年平均生物量为 3.624mg/L, 变动范围为 0.2207–7.81mg/L, 属于富营养类型.

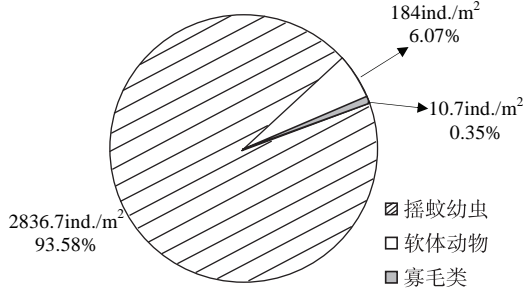


图4 乌梁素海底栖动物丰度及组成比例

Fig.4 Abundance and proportion of zoobenthos in Lake Wuliangsohai

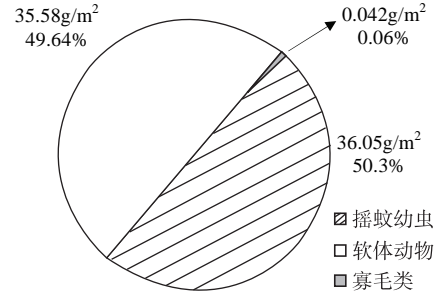


图5 乌梁素海底栖动物生物量及组成比例

Fig.5 Biomass and proportion of zoobenthos in Lake Wuliangsohai

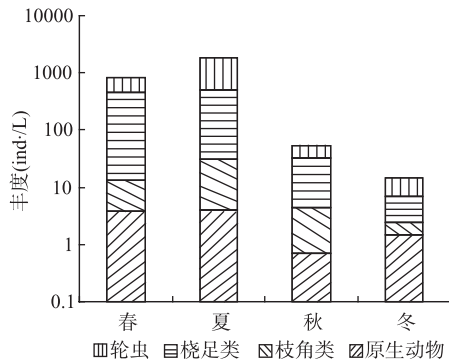


图6 乌梁素海各季节浮游动物丰度变化情况

Fig.6 Seasonal changes of abundance of zooplankton in Lake Wuliangsohai

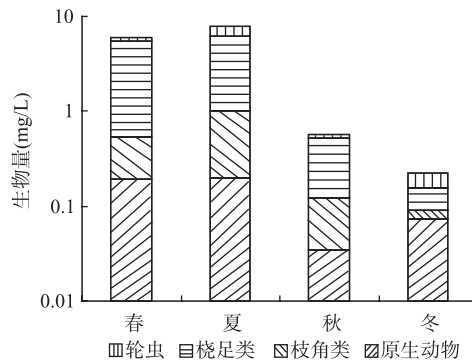


图7 乌梁素海各季节浮游动物生物量变化情况

Fig.7 Seasonal changes of biomass of zooplankton in Lake Wuliangsohai

底栖动物是淡水生态系统的重要组成部分, 它们对环境变化的反应较灵敏, 能较直观的反应水质的变化, 是常用的水体状况指示生物^[12]. 按照1952年Carlander分类, 水库底栖动物群落生物量0.2–1.7g/m²为贫营养, 2.5–6.25g/m²为中营养, 10–25g/m²为富营养. 1980年俄罗斯学者A.И.依萨耶夫将苏联的水库营养类型分为<1.5g/m², 1.5–3g/m², 3–6g/m², 6–12g/m², 和>12g/m²五个级别^[13]. 从生物量上看, 乌梁素海夏秋两季的平均生物量高达71.672g/m², 属富营养类型.

综合以上分析可以看出, 无论从浮游动物角度还是底栖动物角度评价, 乌梁素海皆属富营养类型. 这与李畅游等^[14]以及郝伟罡等^[15]根据理化指标得出的结论相一致.

3 讨论

根据以上分析结果可以得出如下结论:

(1)乌梁素海浮游动物种类由多到少为: 轮虫>原生动物>枝角类>桡足类. 浮游动物平均生物量由多到少为: 桡足类>轮虫>枝角类>原生动物. 底栖动物生物量由多到少为: 摇蚊幼虫>软体动物>寡毛类. 游动物丰度和生物量均以夏春两季最高, 秋季急剧下降, 冬季达到最低(原生动物除外). 造成这一

现象的主要因素为当地气温在秋季急剧下降,并随之进入寒冷的冬季。

(2)与20年前的调查相比较,乌梁素海的浮游动物种类减少3种,而底栖动物由过去的50种锐减到现在的11种。许多物种已经消失,取而代之的是一些耐污品种的出现。如原生动物中出现了大变形虫、蛞蝓、变形虫、放射太阳虫、纤毛虫等耐污品种;轮虫中出现了疣毛轮虫、狭甲轮虫和无柄轮虫等新物种;枝角类中直额裸腹溞、多刺额裸腹溞、长刺溞、点滴尖额溞、网纹溞和短腹平直溞在本次调查中没有发现。底栖动物中绝大多数物种已经消失,现在环节动物门中只剩下了耐污物种霍甫水丝蚓;软体动物门也只有萝卜螺和旋螺生存;减少最为严重的是节肢动物门,由过去的42种减少至现在的8种,可见水质恶化对底栖动物影响之巨。造成上述情况的直接原因就是近年来大量污水的排入导致水质的不断恶化。虽然此次调查初步摸清了乌梁素海水生动物的基本现状,但具体的污染机理尚有待于进一步的调查研究。

(3)利用浮游动物和底栖动物生物量作为水体状况评价指标,得出乌梁素海目前正处于富营养化状态。虽然单纯地采用浮游动物及底栖动物生物量对水体营养类型进行评价有较大的局限性,但仍可在一定程度上反映水体的营养状况。而且,就乌梁素海而言,本文所得出的结论与根据理化指标得出的结论相一致,说明本文的营养状况评价方法对乌梁素海是适用的。生物指标和理化指标各有其优缺点,只有将二者结合起来才能使评价更全面,说明问题更有力^[16]。

(4)造成乌梁素海富营养化的原因是多方面的。主要包括:①河套灌区农田退水。目前,河套灌区农田化肥用量已达 $55 \times 10^4 \text{t}$,而其利用率仅为30%左右^[17]。每年输入乌梁素海的营养物质约为 $38.5 \times 10^4 \text{t}$,使水体初级生产力越来越高。②工业废水。河套地区工业结构性污染突出,其中造纸、化工行业是地区的主导行业,同时又是污染大户,无污染或少污染的高新技术产业比重很小。每年有大量工业废水未经处理就直接通过灌区的排水渠汇入乌梁素海,大大加速了该湖的富营养程度。③生活污水。每年河套灌区有大量高含磷量的生活污水也未经处理而直接排入乌梁素海。④流域内的农村面源污染。流域内大量的人畜粪便及秸秆腐烂物质随着降雨径流汇入乌梁素海,同样也对湖泊造成了污染。

乌梁素海水体已处于富营养状态,水环境状况不断恶化,生物多样性急剧减少,如果不尽快积极治理与保护,乌梁素海极有可能在30年内演化成为芦苇沼泽地^[18],这样许多物种就会灭绝,而且将会给当地的环境、社会、经济及文化带来严重冲击。

4 参考文献

- [1] 李超伦,王克.植食性浮游桡足类摄食生态学研究进展.生态学报,2002,22(4):593-596.
- [2] Plūraitė V. Species diversity of zooplankton in the Curonian Lagoon in 2001. *Acta Zoologica Lituanica*, 2003, 13(2): 106-113.
- [3] 刘录三,李中宇,孟伟等.松花江下游底栖动物群落结构与水质生物学评价.环境科学研究,2007,20(3):81-86.
- [4] 内蒙古环境科学研究院.内蒙古乌梁素海富营养化调查及防治途径研究.1990.
- [5] 内蒙古自治区水产科学研究所,南开大学.乌梁素海、哈素海渔业资源考察论文集.天津:南开大学出版社,1986.
- [6] 何志辉,谢祚辉,雷衍之.乌梁素海水化学和水生生物学初步调查.大连水产学院学报,1984,(1):41-56.
- [7] 内蒙古自治区水产科学研究所.巴彦淖尔市农垦系统大中水面渔业资源调查报告.内蒙古自治区水产科学研究所,2005.
- [8] 全国渔业自然资源调查和渔业区划淡水专业组.内陆水域渔业自然资源调查试行规范,1980.
- [9] 王新华,纪炳纯,罗阳等.引滦工程上游浮游动物及其水质评价.城市环境与城市生态,2003,16(6):243-245.
- [10] 何志辉.中国湖泊和水库的营养分类.大连水产学院学报,1987,(1):1-10.
- [11] 天津市环境保护科学研究所编.于桥水库富营养化及防治研究.1991.
- [12] 王丽珍,刘永定,陈旭东等.滇池马村湾、海东湾底栖无脊椎动物群落结构及其水质评价.水利渔业,2003,23(2):47-50.
- [13] 虞左明.青山水库底栖动物群落初步研究.环境污染与防治,2001,23(5):229-231.
- [14] 李畅游,高瑞忠,刘廷玺等.乌梁素海水富营养化评价及其年季动态变化特征.水资源与水工程学报,2005,16(2):11-15.
- [15] 郝伟强,李畅游,高瑞忠.乌梁素海水环境质量现状评价.环境科学与技术,2005,28(增刊):86-88.
- [16] 潘立勇,栗多寿,王立功.京杭运河徐州段底栖动物与水质的关系.中国环境监测,1994,10(5):34-36.
- [17] 于瑞宏,刘廷玺,许有鹏等.人类活动对乌梁素海湿地环境演变的影响分析.湖泊科学,2007,19(4):465-472.
- [18] 尚士友,杜健民,李旭英等.乌梁素海富营养化及其防治研究.内蒙古农业大学学报,2003,24(4):7-12.