

8个时期哈素海芦苇群落扩张状况及其原因分析

孙 标¹, 杨志岩², 赵胜男¹

(1. 内蒙古农业大学水利与土木建筑工程学院, 内蒙古 呼和浩特 010018;

2. 内蒙古地质环境监测院, 内蒙古 呼和浩特 010020)

摘要:以1986年、1990年、1994年、1998年、2002年、2007年、2011年和2014年的Landsat TM、ETM+影像为数据源,采用最大似然分类方法,研究了位于内蒙古自治区呼和浩特市淡水湖泊哈素海的湖区总面积、明水区面积、芦苇(*Phragmites australis*)区面积29 a来的变化。结果表明,1986~2014年期间,哈素海湖区总面积变化在29.12~30.13 km²之间,变化幅度很小,主要原因是在哈素海周边修筑的堤坝控制了水体和芦苇群落的向外扩张;明水区面积从1986年的18.74 km²减少到2014年的14.90 km²,有不断减少的趋势,到2014年,明水区面积已不足湖区总面积的一半;芦苇区面积从1986年的10.86 km²增大到2014年的14.98 km²,其占湖区总面积的比例由36.68%增加到50.13%,年增长率约为0.48%;从空间上看,芦苇群落扩张的主要位置为湖区的北端、南端和近东岸部分区域,说明在适宜的浅水区域芦苇群落极易扩张,说明底泥淤积和水深可能是制约哈素海芦苇群落扩张的主要因素。哈素海芦苇群落的扩张,说明哈素海底泥淤积严重,沼泽化进程明显,管理部门应该通过底泥清淤等措施,减少湖区淤泥,增加有效水深,以达到增加库容并控制芦苇群落扩张态势的目的。

关键词:哈素海;芦苇群落;扩张;水深;淤积;遥感影像

中图分类号:P343.3; TP79 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-5948(2016)06-931-05

在气候变化和人类活动的双重作用下,半干旱区湖泊出现了水域萎缩、沼泽化和水质恶化等^[1]严重的环境问题,加速了湖泊的老化过程^[2],以高等植物为主导的草型湖泊环境的生态脆弱性逐渐增强^[3]。位于内蒙古自治区呼和浩特市的哈素海,是因黄河变迁而遗留的牛轭湖,属大黑河水系的外流淡水湖泊,近年来淤积严重,沼泽化趋势明显。研究人员已经对哈素海的沉积物^[4]、浮游动植物^[5,6]、鸟类群落^[7]和水质^[8]等开展了研究,并对其渔业资源^[9]进行了调查。本研究对近29 a哈素海的中芦苇群落扩张状况进行了比较分析,探究其原因,提出减缓哈素海沼泽化进程的建议,以期为区域生态环境保护提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区

哈素海(40°34'N~40°38'N, 110°56'E~111°1'E)位于内蒙古自治区呼和浩特市土默特左旗境

内,大青山南麓洪积平原、黄河冲积平原和大黑河冲积平原三者的交接处。哈素海由东南向西北呈梭形,南北长9.5 km,东西宽5.3 km,湖面平均海拔为988.5 m,平均水深为1 m,最大水深可达1.7 m,围堤总长度约24.1 km。

在19世纪50年代,哈素海由黄河故道的洼地形成,到了20世纪70年代,先后建成扬水站、围护堤坝等工程措施,使其蓄水容量越来越大,成为一个人工湖库,现在黄河水通过南侧的民生渠对湖泊定期进行补给,还有部分沟渠接纳北侧大青山的雨季洪水。哈素海有“塞外西湖”之称,其蓄水量可以灌溉周围几万亩土地,形成了独一无二的田湖景观。1996年12月,建立了哈素海湿地自然保护区,2008年被列入“内蒙古自治区级自然保护区名录”,哈素海湿地自然保护区主要保护对象为湖泊、珍稀濒危野生动植物和水源涵养地。哈素海孕育了种类繁多的鱼类、水生和湿生植物、鸟类和两栖类动物等,特别是芦苇(*Phragmites australis*)丛和

收稿日期:2016-06-01; 修订日期:2016-08-24

基金项目:内蒙古农业大学优秀青年科学基金项目(2014XYQ-10)、国家自然科学基金项目(51409288)和高等学校博士学科点专项科研基金项目(20131515120005)资助。

作者简介:孙标(1983-),男,内蒙古自治区商都人,助理研究员,主要从事湖泊湿地水文水环境演化研究。E-mail: sunbiao@imau.edu.cn

丰盛的水草,吸引着众多的鸟类在迁徙途中来这里停留、歇息和越冬。哈素海在防洪抗旱、调节气候、涵养水源等方面都发挥了重要的生态功能^[7]。

该区年平均气温为 6.5 °C,最大冻土深度为 1.31 m,湖水最大冰冻深度为 0.7 m,年日照时数为 2 903.2 h;年降水量为 391.8 mm;年平均风速为 2.0 m/s,最大风速为 36 m/s;年蒸发量约为年降水量的 5 倍^[4-6]。

1.2 数据

选取了 1986 年 6 月 8 日、1990 年 8 月 13 日、1994 年 8 月 24 日、1998 年 7 月 2 日、2002 年 8 月 23 日、2007 年 8 月 12 日、2011 年 7 月 22 日和 2014 年 7 月 30 日的遥感影像作为数据源。其中,2014 年 7 月 30 日为 Landsat ETM+ 影像,其它都为 Landsat TM 影像,TM 影像与 ETM+ 影像在 1 波段~5 波段和 7 波段具有完全一致的属性,可以混合使用^[10]。这些影像数据来源于中国科学院计算机网络信息中心,通过地理空间数据云平台免费获取。

1.3 遥感影像处理

1.3.1 影像预处理

本研究所用的影像数据产品在发布前,已经由美国国家航空与航天局(NASA)和美国地质调查局(USGS)进行了系统的辐射校正,数据级别为辐射校正产品(Level 1),所以本研究的影像预处理仅为对影像的几何精校正。选择研究区范围内均匀分布的 5 个地面控制点,采用二次多项式方法,对影像进行纠正;采用最邻近法,进行重采样和几何精校正,校正后的均方根误差控制在 0.5 个像素以内,精度达到了分析要求。

1.3.2 分类方法

首先,对 8 个时期哈素海的遥感影像进行假彩色合成,采用 7 波段、4 波段和 2 波段假彩色合成方法,由于绿色植物对波段 4 的高反射率以及水体高吸收率的原因,7 波段、4 波段和 2 波段假彩色合成图使哈素海的地物色彩对比较为强烈,水体表现为黑色或深蓝色,芦苇表现为绿色。采用监督分类法中的最大似然法,进行地物分类。哈素海中的挺水植物的绝对优势种为芦苇,部分区域为芦苇群落与香蒲群落镶嵌生长,这部分面积不足 0.5 km²,由于香蒲和芦苇具有相似的光谱特征,Landsat 影像无法将二者区分开^[11],所以本研究将芦苇群落与香蒲群落镶嵌生长区也划归了芦苇区。

1.3.3 训练样本选取

使用 ENVI 软件的感兴趣区功能,进行训练样本选取,其中在表现为水体和芦苇的区域分别选取数量不少于 1 000 个像元点的感兴趣区,选取时尽可能地选择无斑点、无条纹的纯色区域。

1.3.4 分类精度

分类结束后,将分类结果转变为矢量面文件,以进行下一步分析及图件生成。根据 2014 年 7 月 30 日的影像分类结果和当年在湖面调研时实测的 35 个 GPS 记录点,进行对比分析,所有调查点分类都正确无误,分类精度达到 100%。

1.4 数据处理

利用 ENVI 4.7 和 ArcGIS 9.3 软件^[12],进行信息提取和分析。

2 结果与讨论

8 个时期的哈素海总面积在 29.12~30.13 km² 之间变化(表 1),变化幅度很小(图 1),主要原因是哈素海周边堤坝的修筑,控制了水体和芦苇群落的向外扩张。明水区面积由 1986 年的 18.74 km² 减小到 2014 年的 14.90 km²,在逐渐减小,占湖泊总面积的比例由 63.32% 减小到 49.87%,明水区面积已经不足湖区面积的一半。芦苇区面积由 1986 年的 10.86 km² 增长到 2014 年的 14.98 km²,在逐渐增加,占湖泊总面积的比例由 36.68% 增加到 50.13%,年增长率约为 0.48%,大于同纬度的乌梁素海。乌梁素海芦苇区面积由 1986 年的 150.1 km² 增长到 2010 年的 219.1 km²,占湖泊总面积的比例由 48.21% 增加到 56.68%,年增长率约为 0.35%^[13]。在干旱区草型湖泊中,乌梁素海属于沼泽化严重的湖泊^[14]。可见,哈素海芦苇群落的扩张速度较快。

将 8 个时期的哈素海芦苇区叠加后,观察其边界发生变化的主要位置。由图 2 可以看出,哈素海芦苇区的变化区域主要分布在湖区的北端、南端和东岸部分,这些区域由原来的明水区逐渐转化为芦苇区,而湖泊中部的芦苇区界限基本未变。哈素海湖底淤积严重,而且中部深、周边浅,这说明底泥淤积和水深可能是制约哈素海芦苇群落扩张的主要因素,湖区中部的深水区,无芦苇生长,有部分沉水植物生长,在浅水区沉水植物易演替为挺水植物芦苇。这与乌梁素海的相关研究结论^[13-16]一致。

表1 8个时期哈素海明水区和芦苇区的面积及其所占比例

Table 1 Areas of open water and *Phragmites australis* in Hasuhai Lake and their proportions in total area

时期	芦苇区面积(km ²)	所占总面积的比例(%)	明水区面积(km ²)	所占总面积的比例(%)	总面积(km ²)
1986年	10.86	36.68	18.74	63.32	29.60
1990年	11.25	38.23	18.17	61.77	29.42
1994年	12.12	40.70	17.67	59.30	29.79
1998年	12.37	42.47	16.76	57.53	29.12
2002年	12.49	41.73	17.43	58.27	29.92
2007年	14.91	49.48	15.22	50.52	30.13
2011年	14.46	48.42	15.40	51.58	29.86
2014年	14.98	50.13	14.90	49.87	29.88

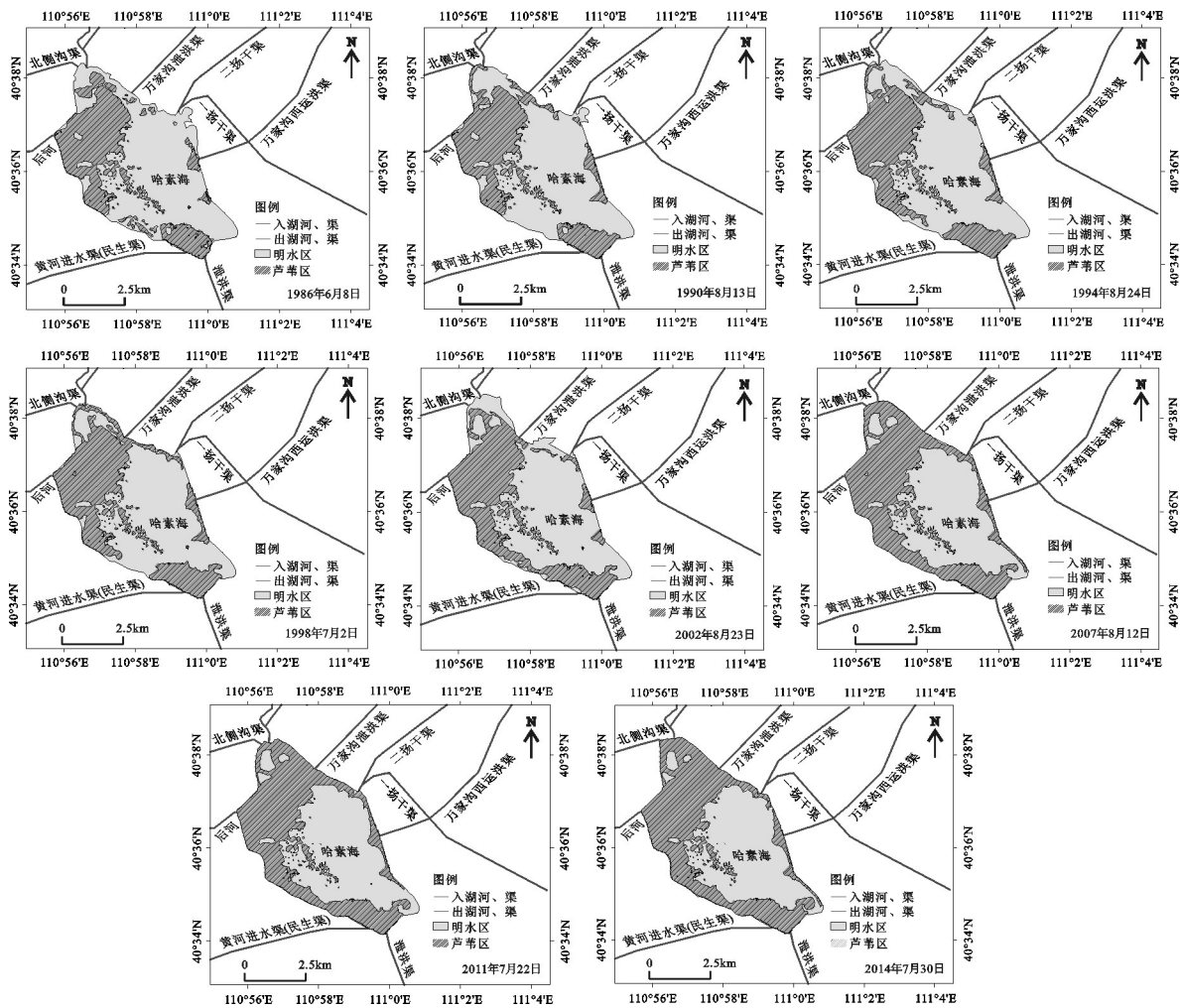


图1 8个时期哈素海遥感影像解译图

Fig.1 The interpretation maps of Hasuhai Lake for 8 periods

芦苇可以通过吸收湖水中的氮、磷元素来净化水质^[7],还可以为部分水生动物提供栖息地,同时芦苇也是湖泊景观的重要组成部分^[8]。但是,大范围的芦苇群落及其扩张也使得湖区内部的水流速度减慢,容易引起水质恶化,芦苇死亡后的生物填平作用,也使湖区库容不断减小^[14,19]。由此可

见,芦苇的存在对湖泊利弊参半。因此,应该将哈素海的芦苇面积控制在一定面积之内。

哈素海目前主要补给水源为黄河水和大青山山洪调蓄后的部分洪水。黄河水携带了大量的泥沙入湖,使得湖泊不断淤积,而且由于河流水质的不断恶化,使得有机污染物和营养盐不断地进入

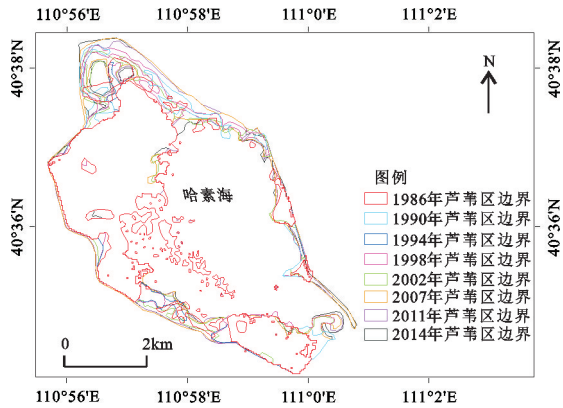


图2 8个时期哈素海芦苇区边界叠加图

Fig.2 Map of over-lapped boundaries of

Phragmites australis area in Hasuhai Lake for 8 periods

哈素海。目前,哈素海的水体已经被有机物污染且富营养化^[8,9],水中营养元素丰富,有利于芦苇等水生植物的过度繁殖,在冬季,未移出的芦苇和水草等水生植物的枯落物不断堆积在湖底,在缺氧条件下,其分解的很慢,植物残体逐年累积在湖底,形成泥炭,使湖底不断淤积。如果不采取相应的治理措施,随着泥炭的增厚,湖中心的湖底将进一步抬高,水体逐步变浅,到一定时期可能低于临界值,芦苇将进一步向湖中心扩散,最终湖面会不断缩小,明水区可能消失,湖泊演化为沼泽。

延缓哈素海沼泽化的建议:①冬季结冰后,在哈素海芦苇等水生植物茂密区,进行收割,这样既可以转移出生物体内的氮、磷营养盐,减轻水体的富营养化状况,又可以有效减少生物填平作用;②疏通全湖水循环的重要通道,加快湖水的循环流动,上游建立水土保持设施,防止水土流失,减少由山洪携带的泥沙在湖中的淤积量;③在对水生生态系统论证的基础上,在有条件的情况下,应该通过对湖泊底泥清淤等工程措施,减少湖区淤泥厚度,以增加有效水深,达到增加库容和控制芦苇群落扩张的目的。

3 结论

在1986~2014年期间的8个时期,哈素海总面积变化在29.12~30.13 km²之间,明水区面积在逐步减小,芦苇区面积在逐步增大。哈素海芦苇区的面积由1986年的10.86 km²增加到2014年的14.98 km²,其占湖泊总面积的比例由36.68%增加到50.13%,年增长率为0.48%。目前,哈素海明显沼泽化。

哈素海芦苇扩张区主要分布在湖区的北端、南端和东岸部分区域。这些区域由原来的明水区逐渐转化为芦苇区。湖泊淤积和水深可能是制约哈素海芦苇扩张的主要因素。

应该通过底泥清淤等工程措施,减少哈素海湖区淤泥厚度,以增加有效水深,适度控制芦苇群落的扩张。

参考文献

- [1]于淑玲,李秀军,陈国双,等.小兴凯湖富营养化和沼泽化程度分析[J].湿地科学,2016,14(2):271-275.
- [2]李根保,李林,潘珉,等.滇池生态系统退化成因、格局特征与分区分步恢复策略[J].长江流域资源与环境,2014,24(4):485-496.
- [3]金相灿.中国湖泊环境[M].北京:海洋出版社,1995:5-50.
- [4]沈丽丽,何江,吕昌伟,等.哈素海沉积物中氮和有机质的分布特征[J].沉积学报,2010,28(1):158-165.
- [5]王俊,赵林.哈素海浮游动物群落结构季节变化规律研究[J].内蒙古师范大学学报(自然科学版),2012,41(5):511-517.
- [6]徐艳玲,刘文盈,袁晓霞,等.哈素海与乌梁素海浮游植物与环境关系研究[J].广东农业科学,2013,(3):129-131.
- [7]高利霞.哈素海湿地鸟类群落的季节动态及物种多样性研究[D].呼和浩特:内蒙古师范大学,2013:28-58.
- [8]任铁军.哈素海富营养化的主要特征及其评价[J].内蒙古环境保护,1995,7(1):22-34.
- [9]张利,郭世和,李岩平,等.哈素海渔业资源调查及初步分析[J].内蒙古农业科技,2010,(3):73-75.
- [10]夏晓瑞,韦玉春,徐宁,等.基于决策树的Landsat TM/ETM+图像中太湖蓝藻水华信息提取[J].湖泊科学,2014,26(6):907-915.
- [11]范云豹,赵文吉,宫兆宁,等.基于高光谱信息的芦苇和香蒲地上干生物量反演方法研究[J].湿地科学,2016,14(5):654-664.
- [12]张毅,孔祥德,邓宏兵,等.近百年湖北省湖泊演变特征研究[J].湿地科学,2010,8(1):15-20.
- [13]李畅游,孙标.基于3S技术的乌梁素海湿地水环境研究[M].北京:科学出版社,2013:87-97.
- [14]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[J].湖泊科学,2007,19(4):465-472.
- [15]罗强.基于遥感数据的乌梁素海水质参数及湿地演化反演研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2011:80-89.
- [16]段晓男,王效科,欧阳志云,等.乌梁素海野生芦苇群落生物量及影响因素分析[J].植物生态学报,2004,28(2):246-251.
- [17]刘秋华.收割对湖滨湿地芦苇生长与氮磷去除的影响[D].南京:南京林业大学,2013:11-20.
- [18]侯明行,刘红玉,张华兵,等.地形因子对盐城滨海湿地景观分布与演变的影响[J].生态学报,2013,33(12):3765-3773.
- [19]黄昕琦,李琳,吕焜,等.内蒙古乌梁素海湿地土壤有机碳组成与碳储量[J].湿地科学,2015,13(2):252-257.

Expansion Status of *Phragmites australis* Communities in Hasuhai Lake for 8 Periods and Their Reasons

SUN Biao¹, YANG Zhiyan², ZHAO Shengnan¹

(1. Water Conservancy and Civil Engineering College, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, Inner Mongolia Autonomous Region, P.R.China; 2. Inner Mongolia Institute of Geo-environment Monitoring, Hohhot 010020, Inner Mongolia Autonomous Region, P.R.China)

Abstract: Total area, open water area and area of *Phragmites australis* communities in Hasuhai Lake (located in Hohhot, Inner Mongolia Autonomous Region) were studied using images of Landsat TM and ETM+ in 1986, 1990, 1994, 1998, 2002, 2007, 2011 and 2014, with the method of maximum likelihood classification. The total area of Hasuhai Lake was not varied significantly (29.12 km² to 30.13 km²) during 8 periods due to a weir was built around the lake to help regulate water and reed area to protect against the vegetation expansion. The open water area decreased from 18.74 km² in 1986 to 14.70 km² in 2014 consequently and now the area was even less than half of the total lake area. On the contrary, the area of *Phragmites australis* communities developed from 10.86 km² in 1986 to 14.98 km² in 2014, associated with 0.48% annual increase rate, which was 50.13% of the total lake area now (only 36.68% in 1986). The expansion of *Phragmites australis* communities was only observed at shallow water area (northern, southern and part of the eastern lake) indicated that water depth might dominate the *Phragmites australis* growth. Therefore, the lake is evaluating to the wetland with a high annual sediment precipitation rate. The area of *Phragmites australis* communities in Hasuhai Lake would continue to expand unless management practice was improved like sediment dredging or water depth increasing.

Keywords: Hasuhai Lake; *Phragmites australis* community; expansion; water depth; silting-up; remote sensing image