

1990—2019年达里诺尔湖水体面积变化遥感监测

尹源¹, 范雪松² (1.内蒙古自治区克什克腾旗气象局, 内蒙古克什克腾旗 025350; 2.内蒙古自治区赤峰市气象局, 内蒙古赤峰 024000)

摘要 以 Landsat 遥感数据资料为基础, 采用归一化差分水体指数 (NDWI) 对达里诺尔湖水体进行识别和提取, 使该区域形成长时间监测, 研究 1990—2019 年达里诺尔湖的时空变化, 并通过气象数据探讨水体面积与气候变化的关系。结果表明, 达里诺尔湖 1990—2019 年水体面积呈波浪式变化, 整体呈下降趋势, 自 2000 年后, 达里诺尔湖水体面积逐渐减少, 20 年间共减少 41.82 km²; 在湖体东北方向减少幅度最大, 共减少 19.89 km²。达里诺尔湖水体面积与降水量呈正相关, 与气温呈负相关。

关键词 达里诺尔湖; 水体面积; 归一化差分水体指数 (NDWI); 时空变化; 遥感监测

中图分类号 TP 79 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)02-0092-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.02.024

开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID):



Remote Sensing Monitoring of Water Area Changes in Darinore Lake from 1990 to 2019

YIN Yuan¹, FAN Xue-song² (1. Meteorological Bureau of Keshiketeng Banner, Inner Mongolia Autonomous Region, Keshiketeng Banner, Inner Mongolia 025350; 2. Meteorological Bureau of Chifeng City, Inner Mongolia Autonomous Region, Chifeng, Inner Mongolia 024000)

Abstract Based on Landsat remote sensing data, the normalized differential water index (NDWI) was used to identify and extract the water body of Dalinore, so that the area could be monitored for a long time, the temporal and spatial changes of Dalinore Lake from 1990 to 2019 were studied, and the relationship between water area and climate change through meteorological data were explored. The results showed that from 1990 to 2019, the water area of Dalinore Lake showed a wave-like change, with an overall downward trend. Since 2000, the water area of Dalinore Lake had gradually decreased, with a total decrease of 41.82 km² in 20 years. The largest decrease was in the northeast of the lake, with a total decrease of 19.89 km². The water area of Dalinore Lake was positively correlated with precipitation, and negatively correlated with temperature.

Key words Dalinore Lake; Water area; Normalized differential water index (NDWI); Temporal and spatial variation; Remote sensing monitoring

湖泊是指湖水、湖盆和水中所含物质(有机质、无机质及水生生物)所组成的自然综合体, 湖泊参与自然界的物质和能量循环, 是我国生态环境基本要素和重要资源, 它是自然界水分循环的重要参与者, 是大量生态信息的载体, 也是湖泊流域物质存储库, 能够记录湖泊各个时期气候和环境变化的信息^[1]。同时, 气候变化对湖泊也有重要影响, 是湖泊水体面积变化的重要驱动因素。近几十年来, 湖泊面临着水质恶化、水体面积减少、植被退化、旱涝急转、土壤盐碱化等重大问题, 湖泊水体变化对周围生态环境变化和气候变化有着直接影响, 因此对湖泊时空变化的研究有重要意义^[2]。

早期对于湖泊监测的手段单一, 受到人力、财力等外界因素的限制, 导致研究内容较少、范围较窄、精度不高, 但是通过遥感(remote sensing)技术获得湖泊信息, 可以不受环境的限制, 用户可以在任何时候获得所需的地理信息^[3], 同时遥感资料可以连续、准确地反映地表信息特点, 现如今高分辨率、高光谱遥感数据已经出现, 加上水体遥感研究技术不断深入, 通过遥感数据提取水体信息, 已经成为水体研究的重点, 以丰富的遥感数据资料为基础, 综合运用地理信息系统技术, 可以有效地分析湖泊水体变化, 目前, 应用遥感技术研究水体信息的方法有水体指数法、图像分类法、阈值法等, 其中水体指数法是被广泛使用的研究方法。

美国陆地资源卫星(Landsat)数据是遥感应用中常用的卫星数据, 最早于 1972 年发射, Landsat 系列卫星数据可以满

足全球区域内研究的需要, 是进行长期监测最为有效的遥感数据之一^[4]。笔者以 Landsat 遥感数据资料为基础, 采用归一化差分水体指数(NDWI)对达里诺尔湖水体进行识别和提取, 使该区域形成长时间监测, 研究 1990—2019 年达里诺尔湖的时空变化, 并通过气象数据探讨水体面积与气候变化的关系, 为达里诺尔湖未来保护及治理提供科学合理的支撑。

1 资料与方法

1.1 研究区概况 达里诺尔湖(116°30'~116°48'E、43°13'~43°23'N)位于内蒙古自治区赤峰市克什克腾旗, 达里诺尔湖是赤峰市境内最大的湖泊(图 1), 是低浓度盐水湖, 整体形状呈海马状, 湖体按南北分布, 是封闭式苏达型半咸水湖。达里诺尔湖属于高原内陆湖, 湖水无外泻, 湖体总储水量是 16 亿 m³, 水深平均 10~13 m, 最大水深 13 m, 总面积 238 km²。此外, 达里诺尔湖周围还有很多水系流入, 在东西两岸各有一个湖泊, 分别是岗更诺尔湖和多伦诺尔湖, 耗来河、贡格尔河、沙里河将这 3 个湖泊贯穿在一起, 形成高原湖区。达里诺尔湖地区受温带大陆性季风气候控制, 年平均气温 2~4℃, 年降水量 250~500 mm, 降水多集中在 6—8 月份。

1.2 数据来源及处理 该研究从美国地质调查局(USGS)网站上选取下载 1990—2019 年共 30 景达里诺尔湖区域 Landsat 遥感数据, 由于数据的时间间隔较长, 所以 1990—2015 年选择 Landsat5/TM 遥感数据, 2016—2019 年选择 Landsat8/OLI 遥感数据, 为了使水体面积更加准确, 选择达里诺尔湖无云、无条带的遥感影像数据, 遥感影像时间均为每年 7 月份, 对遥感影像进行辐射定标、大气校正、几何校正等一系列预处理工作, 研究区的气象数据为经棚国家气象站, 数据来

作者简介 尹源(1994—), 女, 内蒙古赤峰人, 助理工程师, 从事大气科学研究; 范雪松(1989—), 男, 内蒙古赤峰人, 助理工程师, 硕士, 从事生态学研究。尹源和范雪松是共同第一作者。

收稿日期 2021-04-13; **修回日期** 2021-05-31

自中国气象数据网。

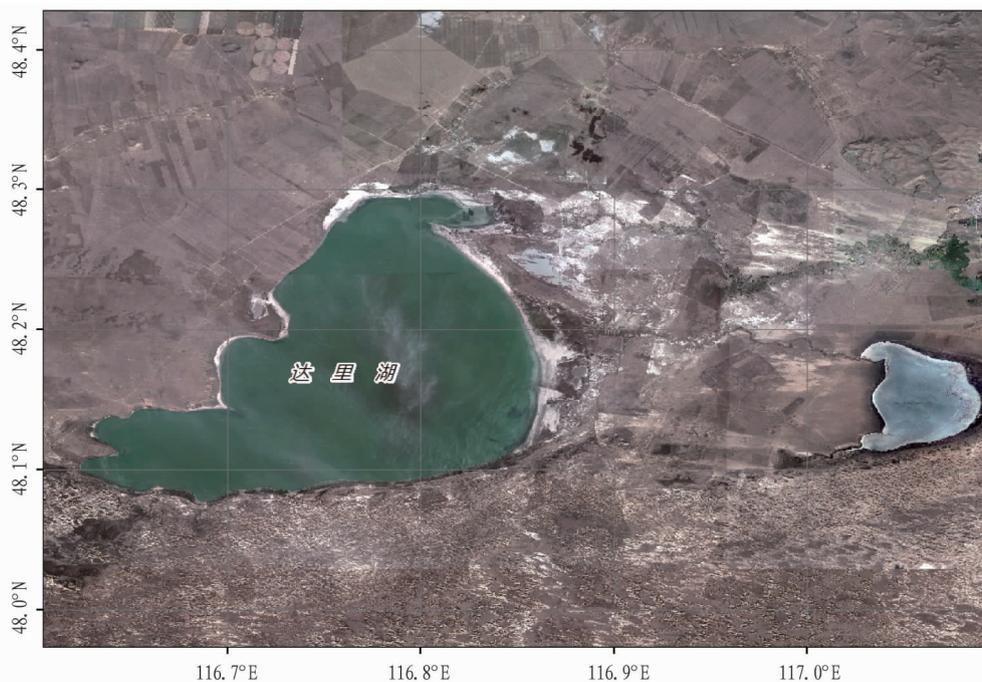


图 1 达里诺尔湖地理位置

Fig.1 The geographical location of the Dalinore Lake

1.3 研究方法 卫星遥感数据是记录地表物体反射信息以及地物自身的辐射信息,对于一般地物而言,在遥感传感器范围内,水体的反射率总是相对较弱的,该研究对达里诺尔湖水体面积提取采用水体指数法^[5-9],水体指数法的本质就是把地表物体最弱的反射率和最强的反射率波段分别作为分子和分母,进行波段运算,然后把两者的差距拉大,进行归一化处理^[10],这样可以对背景信息抑制,能够较好地增强水体信息^[11],归一化差分水体指数 (NDWI)^[12]是一种被广泛应用计算水体识别的研究方法(表 1)。

表 1 水体指数模型

Table 1 Model of the water index

| 指数名称 Index name | 模型公式 Model formula | 参考文献 Reference |
|--------------------|---|-------------------|
| NDWI | $NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR)$ | [5] |
| EWI | $EWI = (Green - NIR - MIR) / (Green + NIR + MIR)$ | [6] |
| ENDWI | $ENDWI = (Green - MIR) / (Green + MIR)$ | [7-8] |

注:Green 为绿色波段波长,对应着遥感影像数据的第 2 波段和 Landsat/OLI 影像数据第 3 波段;NIR 为近红外波段,对应着遥感影像数据的第 4 波段和 Landsat/OLI 影像数据第 5 波段;MIR 为中红外波段,对应着遥感影像数据的第 5 波段和 Landsat/OLI 影像数据第 6 波段

Note: Green is the green band wavelength, which corresponds to the second band of remote sensing image data and the third band of Landsat/OLI image data; NIR is the near-infrared band, corresponding to the 4th band of remote sensing image data and the 5th band of Landsat/OLI image data; MIR is the mid-infrared band, corresponding to the 5th band of remote sensing image data and the 6th band of Landsat/OLI image data

通过遥感图像识别 1990—2019 年达里诺尔湖水体面积,并对水体面积进行时空变化分析,该研究采用 ENVI 空间分析法,对达里诺尔湖每年的水体面积变化进行分析,分析湖体面积变化的时空变化过程,同时对达里诺尔湖面积与气

候变化进行分析。

2 结果与分析

2.1 湖体面积变化特征 对达里诺尔湖水体 1990—2019 年进行 NDWI 运算,识别出 1990—2019 年 30 景遥感影像中达里诺尔湖水体(图 2),通过 ENVI 处理遥感数据,得出每年达里诺尔湖水体面积(图 3)。结果显示,达里诺尔湖水体面积变化总体呈现波浪式变化,整体呈下降趋势,水体面积在 1993、1999 年 2 次出现变化拐点,具体变化为 3 个阶段,其中 1990—1993 年达里诺尔湖水体面积逐年增加,4 年期间增加了 4.35 km²,1994—1999 年达里诺尔湖水体面积趋于平缓基本保持不变,在 1999 年水体面积为 223.21 km²,从 2000 年开始达里诺尔湖水体面积逐渐减少;第 3 阶段 2000—2019 年达里诺尔湖水体面积呈下降趋势,20 年期间共减少 41.82 km²。总体来看,达里诺尔湖水体面积变化程度明显,整体上呈下降趋势。

2.2 湖体格局时空变化 该研究通过 ArcGIS 对达里诺尔湖 1990—2019 年水体面积进行空间对比分析,进一步研究达里诺尔湖水体时空格局变化过程,从水体面积变化趋势来看,水体整体呈下降趋势,面积减少幅度最大的区域集中在达里诺尔湖的东北和东南方向,分别缩减了 19.89 和 10.63 km²。通过分析发现,由于达里诺尔湖周围水体水深较浅,受自然环境因素影响明显,水体边缘变化幅度较大,在湖泊边缘很容易出现水体干涸的情况,并且在东北方向减少幅度最大。

2.3 湖体面积与气候变化 达里诺尔湖的湖体面积增加主要是靠降水来补给,该研究进一步探讨降水量和气温与达里诺尔湖面积变化的关系,从图 4 可以看出,近 30 年达里诺尔湖水体面积变化波动且不稳定,总体呈下降趋势,利用 1990—

2019年经棚国家气象站年降水量和年平均气温数据与达里诺尔湖水体面积进行分析比较,结果显示,达里诺尔湖水体面积与降水量呈现一定的相关性,但是并不十分显著,年降水量变

化幅度较大,呈波浪状,但是总体是下降趋势,这与达里诺尔湖面积变化趋势相一致,年平均气温与达里诺尔湖面积呈负相关,气温升高,蒸发量增多,水体面积减少。

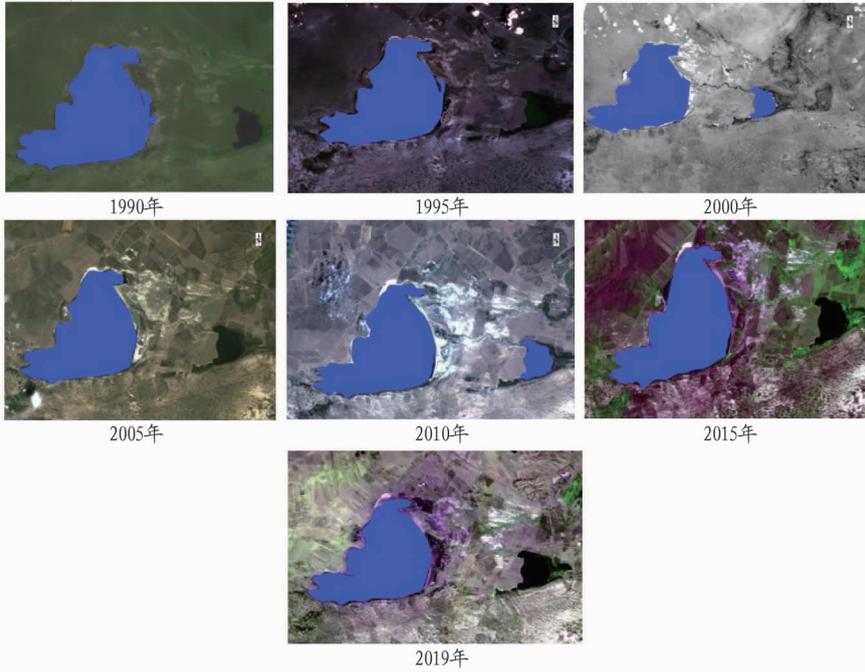


图2 不同时期提取的达里诺尔湖面积

Fig.2 Dalinore Lake area extraction result in different times

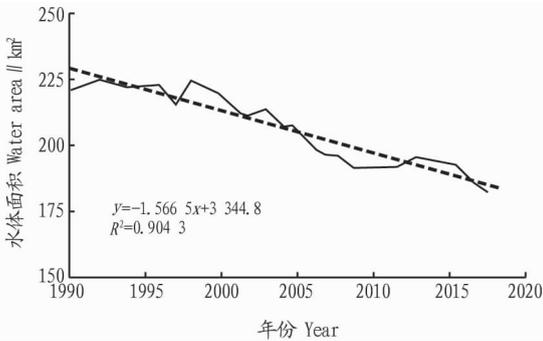


图3 1990—2019年水体面积变化趋势

Fig.3 Change trend of water area from 1990 to 2019

3 结论

该研究以1990—2019年达里诺尔湖共30景Landsat遥感数据为基础,遥感与信息系统为技术手段,采用归一化差分水体指数(NDWI),通过对近30年达里诺尔湖水体面积变化研究,并与年降水量和年平均气温进行相对关联分析。结果表明,达里诺尔湖1990—2019年水体面积呈波浪式变化,整体呈下降趋势,在1993、1999年出现2次拐点,自2000年后,达里诺尔湖水体面积逐渐减少,20年间共减少41.82 km²。空间变化分析得出,在湖体东北方向减少幅度最大,共减少19.89 km²。达里诺尔湖水体面积与降水量呈正相关,与气温呈负相关。

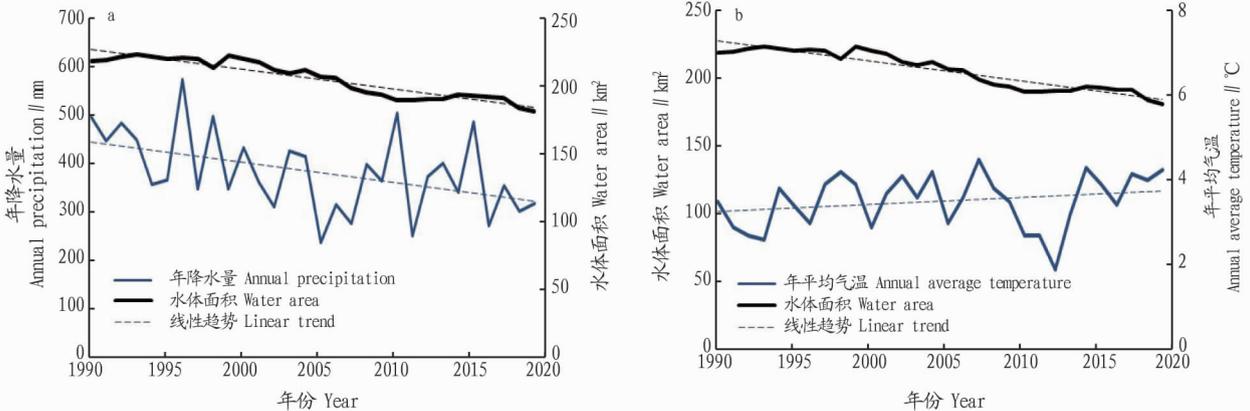


图4 1990—2019年水体面积与年降水量(a)和年平均气温(b)变化

Fig.4 Variations of water area and annual precipitation (a) and annual average temperature (b) from 1990 to 2019

旬的成虫发生量急剧上升,与北方降温后草地贪夜蛾南迁和田间寄主条件(苗期至喇叭口期)适宜成虫产卵等有关。

3 结论与讨论

诱芯的持效期和稳定性是制约性信息素防控技术推广应用的重要因素。所以,需要利用一定材料作为载体来保持性信息素的化学稳定性并使其能有效匀速释放^[14]。通过不同信息素释放载体对草地贪夜蛾诱捕效果筛选,橡皮头诱芯引诱活性好,微管诱芯与橡皮头诱芯相比,短期引诱效果不理想,但微管诱芯性诱剂释放速度稳定、持效期更长,可能与载体的材质、性诱剂释放速率有很大关系^[15]。

诱捕器的形状、颜色及诱芯颜色等视觉线索在植食性昆虫寄主定位中均具有重要作用^[16]。该试验中,船型诱捕器、桶型诱捕器、倒圆锥型诱捕器以及蛾类通用型诱捕器 4 种相比较,以船型诱捕器效果最好,蛾类干式诱捕器和桶型诱捕器效果次之,倒圆锥型最差。这与和伟等^[11]的试验结果存在一定差异,分析原因可能是该试验船型诱捕器中的黏胶纸黏性更强,造成草地贪夜蛾成虫逃逸率大大降低,诱捕率大大提高,以至于船型诱捕器的引诱效果强于桶型诱捕器。由于在实际生产应用,船型诱捕器与桶型诱捕器相比,安装上相对烦琐,在草地贪夜蛾的监测中,建议推荐船型诱捕器,在实际防治中,可以采用桶型诱捕器,降低人工成本,提高诱捕效率。

通过对草地贪夜蛾发生为害情况的连续调查,表明草地贪夜蛾性信息素引诱剂可用于草地贪夜蛾的成虫发生监测,峰型清晰,草地贪夜蛾在长泰地区周年发生,全年成虫发生 6 个高峰,推测成虫发生代数 5~6 代,这与谢殿杰等^[17]的研究结果一致,全年发生高峰集中在 9 月下旬—10 月中下旬,正值秋玉米集中种植高峰期,可采取性诱剂诱杀,同时在卵和低龄幼虫孵化高峰期,选择具有杀卵活性的高效低毒低残留

药剂进行控制,压低虫口基数,缓解后续防控压力。

参考文献

- [1] SPARKS A N.A review of the biology of the fall armyworm[J]. Florida entomologist, 1979, 62(2): 82-87.
- [2] 姜玉英,刘杰,朱晓明.草地贪夜蛾侵入我国的发生动态和未来趋势分析[J].中国植保导刊,2019,39(2): 33-35.
- [3] 吴孔明.中国草地贪夜蛾的防控策略[J].植物保护,2020,46(2): 1-5.
- [4] 杨普云,常雪艳.草地贪夜蛾在亚洲、非洲发生和影响及其防控策略[J].中国植保导刊,2019,39(6): 88-90.
- [5] 孟宪佐.我国昆虫信息素研究与应用的进展[J].昆虫知识,2000,37(2): 75-84.
- [6] SEKUL A A, SPARKS A N. Sex pheromone of the fall armyworm moth: Isolation, identification, and synthesis [J]. Journal of economic entomology, 1967, 60(5): 1270-1272.
- [7] TUMLINSON J H, MITCHELL E R, TEAL P E A, et al. Sex pheromone of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) [J]. Journal of chemical ecology, 1986, 12(9): 1909-1926.
- [8] CRUZ I, FIGUEIREDO M D L C, DA SILVA R B, et al. Using sex pheromone traps in the decision-making process for pesticide application against fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* [Smith] [Lepidoptera: Noctuidae]) larvae in maize [J]. International journal of pest management, 2012, 58(1): 83-90.
- [9] 车晋英,陈华,陈永明,等.4种不同性诱剂对玉米草地贪夜蛾诱集作用[J].植物保护,2020,46(2): 261-266.
- [10] 沈嘉彬,蹇永祥,王丽琴,等.草地贪夜蛾不同配方性诱剂诱捕试验[J].中国植保导刊,2019,39(12): 59-60.
- [11] 和伟,赵胜国,葛世帅,等.草地贪夜蛾种群性诱测报方法研究[J].植物保护,2019,45(4): 48-53, 115.
- [12] 金化亮.性引诱剂对草地贪夜蛾的诱捕效果与应用[J].安徽农业科学, 2021, 49(20): 175-177.
- [13] 刘杰,姜玉英,刘万才,等.草地贪夜蛾测报调查技术初探[J].中国植保导刊,2019,39(4): 44-47.
- [14] 胡玉伟,管楚雄,安玉兴,等.国内外昆虫性信息素剂型及其在不同作物上的研究概况[J].甘蔗糖业,2015(5): 68-73.
- [15] 李晓,鞠倩,金青,等.不同种类诱芯及诱捕器对暗黑鳃金龟的田间诱捕效果[J].花生学报,2015,44(3): 41-46.
- [16] 胡代花,杨晓伟,韩鼎,等.二化螟性诱剂田间应用技术研究[J].中国农学通报,2015,31(23): 77-80.
- [17] 谢殿杰,唐继洪,张蕾,等.我国草地贪夜蛾年发生世代区划分[J].植物保护,2021,47(1): 61-67, 116.
- [18] 马丹.基于 MODIS 数据的水体提取研究[J].地理空间信息,2008,6(1): 25-28.
- [19] MCFEETERS S K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features [J]. International journal of remote sensing, 1996, 17(7): 1425-1432.
- [20] 江辉.基于多源遥感的鄱阳湖水质参数反演与分析[D].南昌:南昌大学,2011.
- [21] 陆吉贵.利用组合水体指数(NCIWI)提取水体信息研究[J].安徽农业科学,2018,46(3): 49-52.
- [22] ANDREA O, SAMSON O A O, CYRILUS O W, et al. Analysis of seasonal time series with missing observations of fish harvesting in lake Victoria, Kenya [J]. Mathematical theory and modeling, 2014, 14(4): 131-141.
- [23] BURLAKOVA L E, KARATAYEV A Y, PADILLA D K. Changes in the distribution and abundance of *Dreissena polymorpha* within lakes through time [J]. Hydrobiologia, 2006, 571(1): 133-146.
- [24] SOSZKA H, KOLADA A, GOEUB M. Changes of water quality in benchmark lakes in the Polish national monitoring network in the 1999-2004 period [J]. Oceanological and hydrobiological studies, 2010, 39(2): 153-159.

(上接第 94 页)

近年来,达里诺尔湖周围生态系统恢复较好,湖体面积主要是受自然环境的影响,因此,加强生态保护,维持生态平衡是保护水资源的根本,实现达里诺尔湖发展和生态保护的发展。

参考文献

- [1] 邹尚辉.武汉市湖泊环境的遥感研究[J].地理科学,1991,11(3): 261-268.
- [2] 刘耀彬,陈红梅.武汉市主城区湖泊发展的历史演变、问题及保护建议[J].湖北大学学报(自然科学版),2003,25(2): 163-167.
- [3] 马荣华,段洪涛,唐军武,等.湖泊水环境遥感[M].北京:科学出版社,2010.
- [4] 文雄飞,蔡斌,陈蒂青,等.基于 Landsat 卫星数据的洪湖水体遥感监测研究[J].人民长江,2012,43(8): 43-47.
- [5] 徐涵秋.利用改进的归一化差异水体指数(MNDWI)提取水体信息的研究[J].遥感学报,2005,9(5): 589-595.