

# 基于遥感的达来诺尔湖泊水域面积变化研究

张宝林<sup>1</sup>, 贾瑞晨<sup>2</sup>, 张倩<sup>3</sup>, 程高<sup>1</sup>

(1. 内蒙古师范大学 化学与环境科学学院, 呼和浩特 010020;

2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3. 北京工业大学 环境与能源工程学院, 北京 100124)

**摘要:**达来诺尔是浑善达克地区重要的湖泊之一,利用遥感技术,通过近红外单波段灰度阈值法对达来诺尔的水域面积进行了分析。研究表明:单波段灰度阈值法可以简单快速地实现湖泊水体信息的提取和水域面积的变化研究,1975 年,1987 年,2001 年和 2008 年四期遥感影像表明达来诺尔水域自 1975 年以来一直在萎缩,尤其是进入 21 世纪以后,湖泊的四周水域均发生明显的变化,湖泊萎缩和干涸是人类必须面临的重要环境问题之一。随着气候变暖和人口压力的增加,浑善达克沙地湖泊湿地的保护和生态环境的可持续发展必将面临更为严峻的考验。

**关键词:**遥感; 达来诺尔湖泊; 水域面积; 变迁

中图分类号:P332.3

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)06-0196-04

## The Water Body Area Changes of Dalainur Lake Based on Satellite Images of Remote Sensing

ZHANG Bao-lin<sup>1</sup>, JIA Rui-chen<sup>2</sup>, ZHANG Qian<sup>3</sup>, CHENG Gao<sup>1</sup>

(1. College of Chemistry and Environmental Sciences, Inner Mongolia Normal University, Hohhot, Inner Mongolia 010020, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi,

712100, China; 3. College of Environmental and Energy Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

**Abstract:** The changes of the area of Dalainur, one of the key lakes in Otintag Sandy Land, were analyzed in this paper based on remote sensing technology. The results show that the information about the lake and its changes in area of water body can be achieved quickly and conveniently by the method of single near infrared grayscale threshold. Satellite images of remote sensing, acquired by Landsat in 1975, 1989, 2001 and 2008, presented that Dalainur had been shrinking since 1975. Especially with the advent of the 21st century, the lake began to change significantly on all sides. Lakes shrinking and drying up are the important environmental issue that human has to cope with seriously. Under the pressure from global warming and population growth, the lake and wetland protection in Otintag Sandy Land and its local eco-environment sustainable development will face the greater challenges.

**Key words:** remote sensing; Dalainur Lake; water body area; change

内陆湖泊是气候变化、环境变异的指示器<sup>[1]</sup>,其形成与消失、扩张与收缩及其引起的生态环境的演化过程都是全球的、区域的和局部的构造和气候事件共同作用的结果<sup>[2]</sup>。由于人类对湖泊的考察和定点观测范围有限<sup>[3]</sup>,大范围、全面深入的湖泊环境变化研究可以通过遥感技术来实现。如今,可见光和微波遥感均已应用于湖泊动态监测,如可见光遥感卫星传感器 SPOT(Systeme Probatoire d'Observation de la

Tarre)<sup>[4]</sup>、LandSat<sup>[5-11]</sup>、MODIS(Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)<sup>[12]</sup>、CBERS(China-Brazil Earth Resources Satellite)<sup>[13]</sup>和 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)<sup>[14]</sup>等,主动微波传感器如 ERS-1(European Remote-Sensing Satellite-1)、ERS-2 及 Radarsat 也是湖泊水域监测的重要数据源。

由于水体和陆地对太阳辐射的反射、吸收和透射

的情况不同,它们在遥感图像上的反映也迥然不同,水陆界线异常清楚,所以湖泊水体的界线在遥感图像上比较清晰,容易识别<sup>[3]</sup>。湖泊信息的主要提取方法有阈值法<sup>[8,11-12]</sup>、色度判别法<sup>[8]</sup>、谱间关系法、光谱混合分析法、彩色空间转化法、决策树法<sup>[4]</sup>、水体指数法等<sup>[9,11,15]</sup>。目前遥感技术主要应用于研究湖泊变化与古湖泊<sup>[7]</sup>、湖泊物理参数、湖泊生物与生态、湖泊水文水质、湖泊冰情等等<sup>[3]</sup>。

由于气候变迁、人类活动等因素的影响,产生了湖泊萎缩、湖泊富营养化、湖泊污染等一系列的生态环境问题<sup>[3]</sup>。我国学者已经利用遥感技术研究了青藏高原<sup>[5,10,16]</sup>、苏北<sup>[12]</sup>、黄土高原<sup>[11]</sup>、三江源<sup>[17]</sup>、江汉湖群<sup>[13]</sup>等的变化状况,但对于内蒙古浑善达克地区湖泊的研究并不多见<sup>[14,18]</sup>。近年来,西部地区的生态环境问题受到越来越多的关注,其中最重要的核心问题是水土资源问题。本研究利用 Landsat 系列卫星获得的浑善达克达来诺尔地区的遥感影像,通过湖泊信息的提取和水域面积的变化分析,对达来诺尔湖泊的变迁进行遥感监测,以期对浑善达克沙地湖泊水资源的合理开发利用和生态环境可持续发展提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

达来诺尔位于中国内蒙古赤峰市克什克腾旗西北部的一个断陷构造湖,又称达里诺尔、达里湖。湖面海拔 1 226 m。东西平均宽约 9.8 km,南北长约 22.4 km,面积近 219.53 km<sup>2</sup>。达来诺尔地处大陆深处,气候干旱,水面蒸发量是降水量的 5.3 倍,湖水盐度为 5.6,是一典型的高原内陆半咸水湖。平均水深

7~8 m,最深 13 m。入湖河流主要有公格尔河、萨林河、浩来河和亮子河,蓄水量约 16 亿 m<sup>3</sup><sup>[19]</sup>。

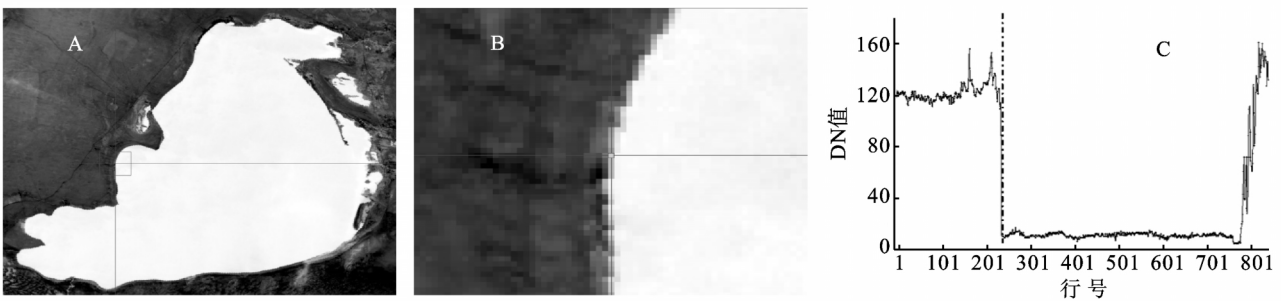
1.2 数据来源

研究所使用数据来自美国马里兰大学(<http://glcf. umiacs. umd. edu/>)和中国科学院对地观测中心与数字地球科学中心(<http://www. ceode. cas. cn/>)。数据来自于美国陆地资源卫星(Landsat),传感器包括 Multispectral Scanner System (MSS) 和 Thematic Mapper (TM),分别采集于 1975 年 9 月 27 日、1987 年 7 月 31 日、2001 年 5 月 19 日和 2008 年 4 月 28 日。

1.3 研究方法

由于水体光谱的特殊性,本研究中采用了单波段灰度阈值法。单波段阈值法基本原理是利用水体在近红外波段反射率较低,易与其它地物区分的特点,选取单一的红外波段,确定一个区分水体与其它地物的分类阈值。阈值法识别水体的优点是简便迅速,易于实现。采用阈值法的提取水体关键是阈值的确定,为提高水体识别的精度,对不同地区和时相的影像应采用不同阈值(表 1)。

在本研究中采用 Landsat 系列卫星的近红外波段单波段灰度值阈值法结合真彩色合成卫星影像进行湖泊信息的识别和面积的提取。在所利用的卫星影像中,Landsat 2 近红外波段 MSS-7 波长范围为 0.8~1.1  $\mu\text{m}$ ,而在 Landsat 5 TM 和 Landsat 7 TM 中没有相应的波段,其第 5 波段波长范围为 1.55~1.75  $\mu\text{m}$ ,故研究采用了 Landsat 2 MSS-7 波段(0.8~1.1  $\mu\text{m}$ )、Landsat 5 TM 和 Landsat 7 ETM+ 的第 5 波段(1.55~1.75  $\mu\text{m}$ ) 进行湖泊信息的识别和面积的提取。具体的实现方法见图 1-2。



A: Landsat 系列卫星近红外单波段灰度影像;B: 湖泊边界放大 10 倍的近红外单波段灰度影像(A 中的十字位置);C: A 中的十字位置横向剖面图

图 1 达来诺尔湖泊水域面积提取的单波段阈值法

表 1 达来诺尔面积提取的单波段阈值法

卫星 传感器	影像获取 时间	空间分辨 率/m	单波段灰 度阈值
Landsat 2 MSS	1975-09-27	57.0	10
Landsat 5 TM	1987-07-31	28.5	30
Landsat 7 TM	2001-05-19	28.5	30
Landsat 5 TM	2008-04-28	30.0	30

进行面积提取时,根据所选单波段阈值建立掩膜,从而获得湖泊面积的变化。并将掩膜保存为矢量数据,以进行湖泊边界的变化分析。

2 结果与分析

湖泊动态变化监测的主要任务是监测湖泊水域

是否发生变化及其变化的具体状况,它包括对湖泊信息的识别与提取和对湖泊动态变化信息的监测两方面内容。湖泊信息的提取实质是将湖泊信息与其它信息区分开来。

### 2.1 湖泊信息的提取

在可见光和近红外波段内,水体识别主要是基于水体、植被、土壤等地物的光谱反射差异。水对近红外和中红外波段的能量吸收最多,该波段内的能量很少被反射,而植被和土壤对可见光波段反射极少,但对近红外反射却很高。因此,用遥感数据中的近红外和可见光波段可以方便地解决地表水域定位和边界确定等问题。

在可见光范围内,水体的反射率总体上比较低,并随着波长的增大逐渐降低。水体的反射主要集中在蓝绿光波段,在其它各个波段上反射率均较低,特别是近红外波段,水体对该波段几乎完全吸收。水体在各波段图像上均呈暗色调,轮廓明显,与其周围的地物反差较大,容易识别和判读(图 2)。1987、2001 年和

2008 年的 Landsat 彩色合成影像特征的差异主要是由于成像时间、湖泊水质状况及季节变化等原因造成的。

### 2.2 湖泊面积的变化

从图 2 和表 2 中可以看出,从时间上,过去 34 a 间达来诺尔的面积是逐渐减小的,1987 年较 1975 年缩减 9 km<sup>2</sup>,减少了 3.9%,2001 较 1987 年缩减了 4 km<sup>2</sup>,减少了 1.8%,2008 年较 2001 年缩减了 22 km<sup>2</sup>,减少了 10.2%。由此可以看出 1975—1987 年、1987—2001 年变化都不是很大,2001—2008 年面积缩小比较明显。

表 2 达来诺尔湖泊水域面积的变化

影像获取时间	卫星传感器	空间分辨率/m	单波段灰度阈值	像元个数	面积/km <sup>2</sup>
1975	Landsat 2 MSS	57	10	70178	228
1987	Landsat 5 TM	28.5	30	269014	219
2001	Landsat 7 TM	28.5	30	265126	215
2008	Landsat 5 TM	30	30	214433	193

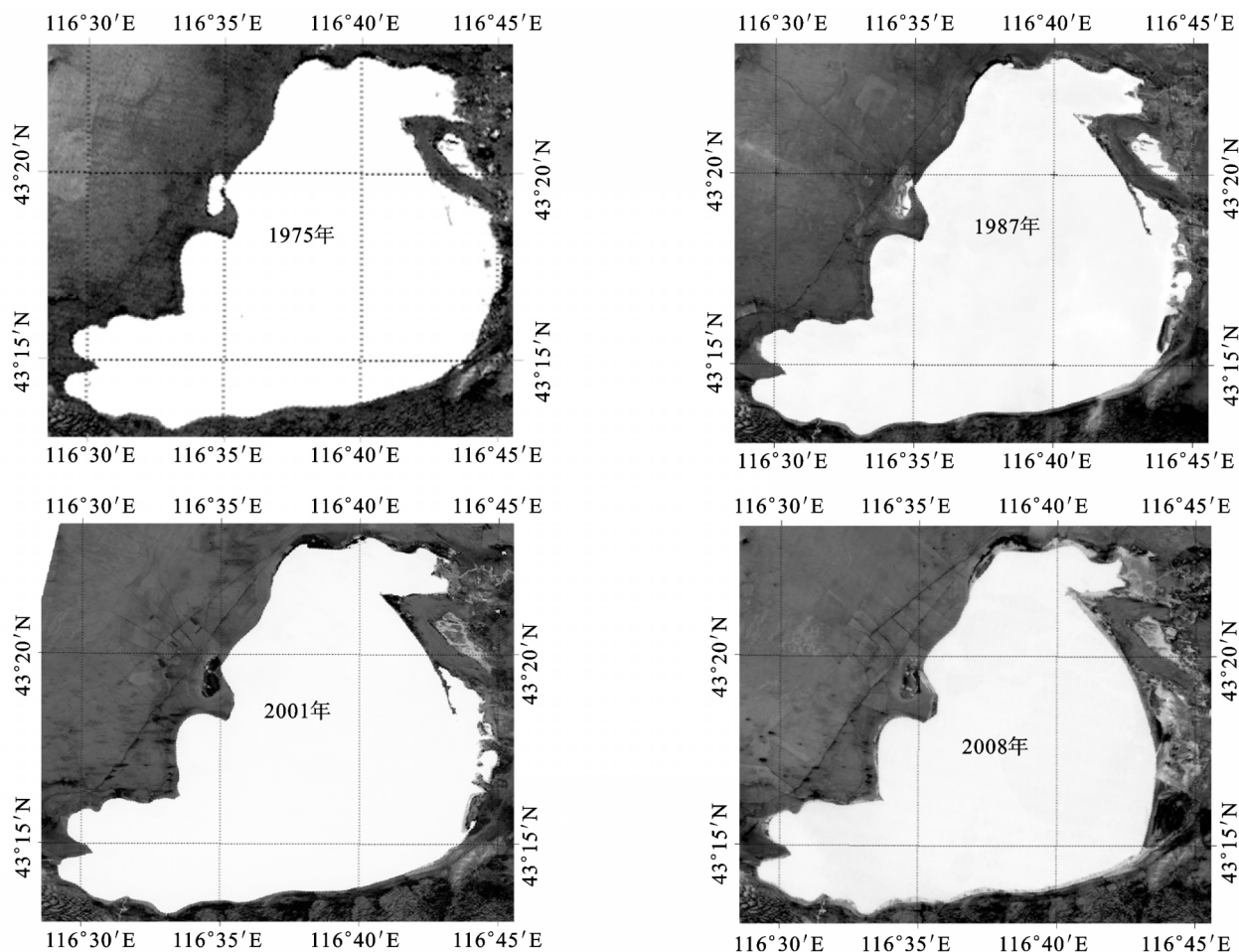


图 2 达来诺尔湖泊水域面积的变化

达来诺尔水域的萎缩首先发生在湖泊的西侧和东北侧的水泡,2001 年以后湖泊周围的水泡全部干

涸。与 2001 年相比,2008 年湖泊的四周均可见明显的水域萎缩现象,尤其以东侧和北侧严重(图 3)。

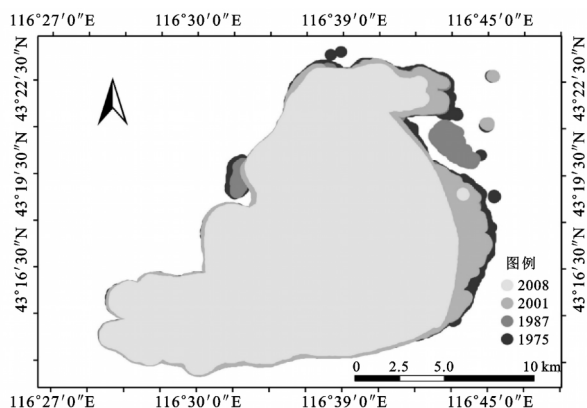


图3 1975—2008年达来诺尔水域面积的变化

### 3 讨论

自1975年以来,达来诺尔的水域面积发生了萎缩,尤其是进入21世纪以后,湖泊面积变化更为明显。研究表明,自晚更新世晚期以来,达来诺尔经历了湖面收缩、湖面分离、河道再联的演化过程<sup>[19]</sup>。全新世以来,由于地壳的持续上升,湖水开始衰退。近年来,由于干旱少雨,蒸发消耗大于补给,湖泊面积逐年缩小<sup>[14,20]</sup>。这一现象与我国众多湖泊发生的萎缩、干涸现象一致<sup>[5-6,10,13,17]</sup>。与晚更新世晚期相比,达来诺尔水面收缩率已经达到90%以上<sup>[18]</sup>;自20世纪60年代以来,气候干旱导致湖面平均每年下降0.1 m<sup>[20]</sup>,尤其是进入21世纪以后,湖面东南西北均发生严重萎缩现象,警示人们气候变化可能对浑善达克沙地湖泊湿地保护产生潜在的不利影响。

湖泊水域动态变化的遥感研究一般是选取几幅不同时相的卫星遥感图像,通过各种不同的遥感图像处理技术提取湖泊水体的信息,来反映湖泊面积大小的动态变化<sup>[3]</sup>。通过单波段阈值法求得的1987年达来诺尔水域面积为219 km<sup>2</sup>,与中国湖泊志的记载相一致<sup>[19]</sup>,说明单波段阈值法可以简单快速地对湖泊水域面积的遥感监测。然而,在数据方面,选择不同的阈值会造成误差,同时由于这4 a获取数据的时间不完全一致,季节的变化也会在提取湖泊面积带来一定误差。

#### 参考文献:

- [1] 濮培民,王苏民. 中国湖泊学研究进展[J]. 湖泊科学, 1989, 1(1): 1-11.
- [2] 张兰生. 中国生存环境历史演变规律研究[M]. 北京: 海洋出版社, 1993: 22-31.
- [3] 柯长青. 湖泊遥感研究进展[J]. 海洋湖沼通报, 2004(4): 81-86.
- [4] 都金康, 黄永胜, 冯学智, 等. SPOT 卫星影像的水体提取方法及分类研究[J]. 遥感学报, 2001, 5(3): 214-219.
- [5] 刘登忠. 青藏高原湖泊萎缩的遥感图像分析[J]. 国土资源遥感, 1992(4): 1-6.
- [6] 乔彦肖, 刘芳圆. 卫星遥感初探安国里淖退缩—干涸历程[J]. 河北省科学院学报, 2006, 23(4): 73-76.
- [7] 谢连文, 李锋, 邓国武. 罗布泊盐湖古环境信息遥感研究方法[J]. 遥感信息, 2003(4): 1-4, 19.
- [8] 陆家驹, 李士鸿. TM 资料水体识别技术的改进[J]. 环境遥感, 1992, 7(1): 17-23.
- [9] 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.
- [10] 李凤霞, 肖建设, 郭安红, 等. 环青海湖地区湿地变化初步研究[J]. 中国沙漠, 2007, 27(6): 1018-1021.
- [11] 程磊, 徐宗学, 左德鹏, 等. 基于 Landsat TM 数据的黄土高原区水体识别方法研究[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2010, 46(3): 424-430.
- [12] 徐萌, 李亚春, 曾燕, 等. 苏北大型湖泊水域的 EOS、MODIS 遥感监测[J]. 气象科技, 2007, 35(4): 579-582.
- [13] 李晖, 肖鹏峰, 冯学智, 等. 近 30 年三江源地区湖泊变化图谱与面积变化[J]. 湖泊科学, 2010, 22(6): 862-873.
- [14] 韩芳, 李兴华, 高拉云. 内蒙古达里诺尔湖泊湿地动态的遥感监测[J]. 内蒙古农业大学学报: 自然科学版, 2007, 28(1): 74-78.
- [15] 王海波. 基于遥感的湖泊水域动态变化监测研究进展[J]. 遥感技术与应用, 2009, 25(5): 674-684.
- [16] 于雪英, 江南. 基于 RS、GIS 技术的湖面变化信息提取与分析: 以艾比湖为例[J]. 湖泊科学, 2003, 15(1): 82-84.
- [17] 邹尚辉. 应用遥感技术研究江汉湖群的近代变迁[J]. 海洋与湖沼, 1987, 18(5): 469-476.
- [18] 高照山. 达来诺尔的变迁[J]. 地理科学, 1988, 7(4): 40-47.
- [19] 王苏民, 奚鸿身. 中国湖泊志[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 324-325.
- [20] 杨志荣, 宋春青. 内蒙古达来诺尔地区环境演变与国土整治研究[J]. 内蒙古师大学报: 自然科学汉文版, 1989(4): 40-47.