

doi: 10.6046/gtzyyg.2018.01.30

引用格式: 胡尔西别克·孜依纳力, 毋兆鹏, 哈孜亚·包浪提将. 新疆玛纳斯湖近40年间时空变化图谱及其驱动机制[J]. 国土资源遥感, 2018, 30(1): 217-223. (Ziyinali H, Wu Z P, Baolangtjiang K. Lake changes in spatial evolution and driving force for the water area change of the Manas Lake in Xinjiang in the past forty years[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2018, 30(1): 217-223.)

# 新疆玛纳斯湖近40年间时空变化图谱及其驱动机制

胡尔西别克·孜依纳力<sup>1</sup>, 毋兆鹏<sup>1,2</sup>, 哈孜亚·包浪提将<sup>1</sup>

(1. 新疆师范大学地理科学与旅游学院, 乌鲁木齐 830054; 2. 新疆维吾尔自治区干旱区湖泊环境与资源重点实验室, 乌鲁木齐 830054)

**摘要:** 以新疆玛纳斯湖为研究区, 利用1972—2014年间8期遥感影像数据, 在提取了湖泊水域信息的基础上对近40 a间玛纳斯湖水域演化进行了研究。结果表明, 1972—2014年间玛纳斯湖呈现明显“增加—减小—增加—减小”变化态势, 水域重心不断往西南方向偏移。1972—1999年间玛纳斯湖长期处于干涸状态, 2000年恢复至研究期间最大水域面积(248.69 km<sup>2</sup>), 之后经历了2000—2008年和2011—2014年2次萎缩周期, 面积变化幅度和动态度的计算结果显示, 水域面积的退缩周期在缩短, 退缩速度在加快。玛纳斯湖水域面积变化整体受气候变化的影响不大, 但与极端高温和降水天气引起的超标准洪水关系密切, 流域内人类活动是玛纳斯湖演化的主要原因。

**关键词:** 玛纳斯湖; 时空变化图谱; 驱动机制; 遥感

**中图分类号:** X 144 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-070X(2018)01-0217-07

## 0 引言

湖泊是地球五大圈层相互作用的连接点, 由于其形成与消失、扩张与收缩引起的生态环境演化过程也必将是全球、区域和局部人类活动与气候事件共同作用的结果<sup>[1]</sup>。在我国西北部干旱区, 脆弱的生态系统更易受到周围环境变化的影响, 作为干旱区生态系统完整性的重要指标, 湖泊具有特殊的生态和经济意义。但随着这一区域社会经济的迅速发展, 河流下游湖泊水域面积急速萎缩、水质恶化, 甚至导致湖泊干涸等生态问题日益严重。在此过程中, 湖泊水域面积的变化因能直观反映流域自然环境变化而受到了研究人员的广泛关注<sup>[2-5]</sup>。

新疆玛纳斯河流域位于天山北坡经济带的核心区域, 为新疆最大的绿洲农耕区和我国第四大灌溉农业区<sup>[6]</sup>。近50 a来, 随着流域内绿洲迅速扩大, 水资源过度开发利用, 致使下游尾间玛纳斯湖因入湖水量锐减而迅速萎缩并干涸。由于该湖既处于准噶尔盆地荒漠生态系统中部, 又处于盆地老风口上,

湖泊湿地丧失使干涸湖底成为沙尘物源地, 在西风影响下给周围生态环境和经济发展带来毁灭性打击。因此, 玛纳斯湖水域面积减小而引起的区域性生态环境问题, 已成为当前丝绸之路经济带核心区建设前提下关系到新疆社会经济可持续发展全局的紧迫问题。

## 1 研究区概况

玛纳斯湖地处新疆伊犁哈萨克自治州和布克赛尔蒙古自治县南部, 克拉玛依市东部, 准噶尔拗陷内, 位于N 45°40'~45°57', E 85°4 0'~86°15'之间, 又名阿兰诺尔、阿雅尔诺尔、伊赫哈克明湖。湖长为51 km, 最大宽度为15.2 km, 文献记载玛纳斯湖最大水域面积出现在20世纪50年代, 达550 km<sup>2</sup><sup>[7]</sup>。湖区属温带干旱气候, 年平均气温为8.8℃, 1月平均气温为-20℃, 极端最低气温为-38.0℃; 7月平均气温为25.6℃, 极端最高气温为42.0℃。研究区年日照时数为2 742.2 h, 无霜期为174 d; 年均降水量为63.7 mm, 蒸发量为3 110.5 mm, 相对湿

收稿日期: 2016-09-09; 修订日期: 2016-11-03

基金项目: 新疆维吾尔自治区科技支撑项目“玛纳斯湖退化湿地生态恢复研究”(编号: 201533109)、国家自然科学基金项目“新疆艾比湖流域潜在土地利用冲突动态演变及建模研究”(编号: 41761113)、新疆师范大学地理学博士点开放课题“玛纳斯湖退化湿地景观格局变化研究”(编号: XJNU-DL-201604)和新疆师范大学“十三五”校级重点学科地理学项目共同资助。

第一作者: 胡尔西别克·孜依纳力(1992-), 男, 硕士研究生, 主要从事3S技术与绿洲资源开发研究。Email: 614034202@qq.com。

通信作者: 毋兆鹏(1976-), 男, 博士, 教授, 主要从事3S技术与绿洲资源开发研究。Email: wuzhaopengxj@sina.com。

度为 48%。盛行西北风,年均风速为 3.3 m/s。研究区位置如图 1 所示。

自中国气象科学数据共享服务网,社会、经济和人口等数据来自新疆统计年鉴和相关政府公报。

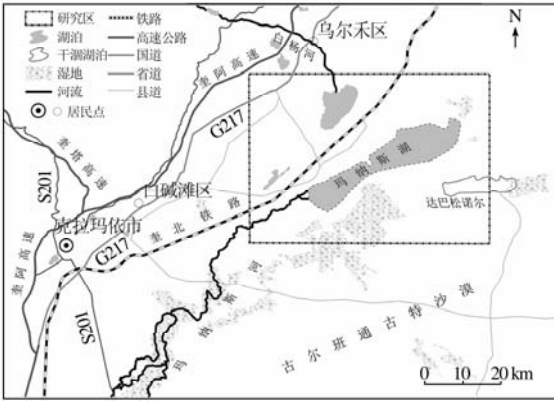


图 1 研究区位置示意图

Fig. 1 Location of the study area

## 2 数据来源及研究方法

### 2.1 数据获取

选取 Landsat MSS, TM, ETM + 和 OLI 系列 8 期遥感影像作为主要的数据源(表 1),数据条件为研究区域范围内无云雾等影响。利用 ENVI4. 8 对遥感影像进行辐射定标、大气校正、几何精校正、图像镶嵌和图像裁剪等预处理工作。其中 2003 年 5 月 31 日以后的 Landsat7 卫星 ETM + 数据存在条带噪声影响,对 2003 年,2006 年和 2008 年的 ETM + 数据进行了修复。由于研究区景观类型比较单一,大部分区域以湖泊和裸地为主,所以修复后对研究结果影响不大,可以满足实际应用要求。气象数据取

表 1 遥感影像数据源

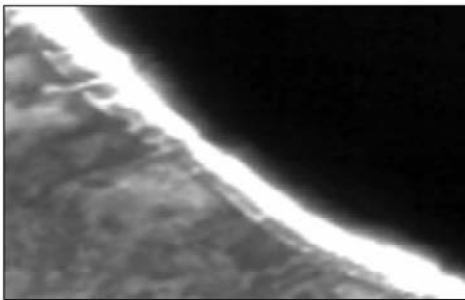
Tab. 1 Remote sensing images

序号	数据类型	行列号	获取时间	空间分辨率/m
1	MSS	144/28	19720901	60
2	ETM +	144/28	20000706	30
3	ETM +	144/28	20030731	30
4	ETM +	144/28	20060605	30
5	ETM +	144/28	20080610	30
6	TM	144/28	20110713	30
7	OLI	144/28	20130702	30
8	OLI	144/28	20140721	30

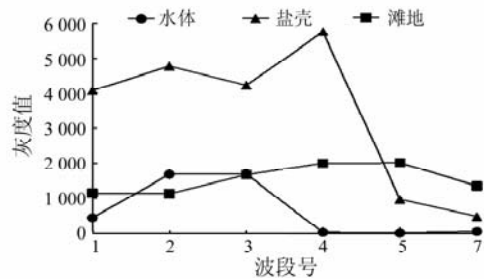
### 2.2 水体信息提取

玛纳斯湖为咸水湖,湖水盐度高,表面及周围存在盐沼与盐壳,其边界在遥感影像上并不明显,若仅通过水体指数(normalized difference water index, NDWI)和改进的归一化水体指数(modified normalized difference water index, MNDWI)提取研究区水域面积,可能无法抑制与水体无关的背景信息,会造成检测结果不精确。

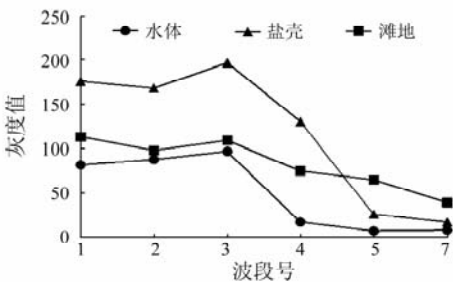
在遥感水体边界识别中,水体界线一般通过遥感影像的近红外波段来确定,在光谱波段值上,玛纳斯湖区遥感影像的每个波段都出现了水体与湖边盐壳的突变,易于识别水体与盐壳的界线;在 Landsat TM/ETM + 数据的 B4, B5, B7 和 Landsat8 OLI 数据的 B5—B7 波段均出现了滩地与水体的突变,有助于正确识别水体与滩地界线(图 2)。



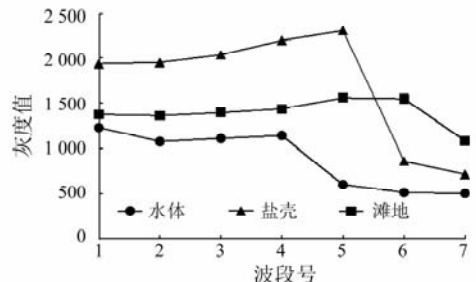
(a) 2011 年 Landsat TM 近红外波段灰度影像



(b) 2011 年 Landsat TM 数据



(c) 2003 年 Landsat ETM + 数据



(d) 2013 年 Landsat8 OLI 数据

图 2 遥感数据的波段突变曲线

Fig. 2 Band catastrophe curve of remote sensing images

从图 2 可以看出,Landsat TM 和 ETM + 遥感影像中除了 B4 波段以外,其他波段水体与盐壳之间没有明显的突变,因此归一化植被指数(normalized difference vegetation index,NDVI)能更有效地识别湖泊水体与盐壳和盐沼的界线。Landsat8 OLI 影像中在 B5 波段水体与盐壳、滩地之间的突变更为明显,结果表明其近红外波段最适合识别 OLI 影像水体与盐壳、滩地的界线。首先,对 1972—2011 年间遥感影像利用 NDVI 指数提取水体,对 2013 年和 2014 年的遥感影像借助近红外波段(B5 波段)利用单波段灰度阈值法<sup>[8]</sup>进行水体检测(表 2);然后,结合人工目视解译对检测结果进行修正;最后,对检测

结果进行面积计算(图 3)。

表 2 遥感影像波段阈值范围

Tab.2 Bands threshold range of remote sensing images

获取时间	数据类型	波段类型	阈值范围
19720901	MSS	NDVI	[-0.36, -0.10]
20000706	ETM +	NDVI	[-1.14, -0.11]
20030731	ETM +	NDVI	[-0.79, -0.43]
20060605	ETM +	NDVI	[-0.66, -0.29]
20080610	ETM +	NDVI	[-0.58, -0.31]
20110713	TM	NDVI	[-1.56, -0.27]
20130702	OLI	B5	[574, 1335]
20140721	OLI	B5	[582, 1391]

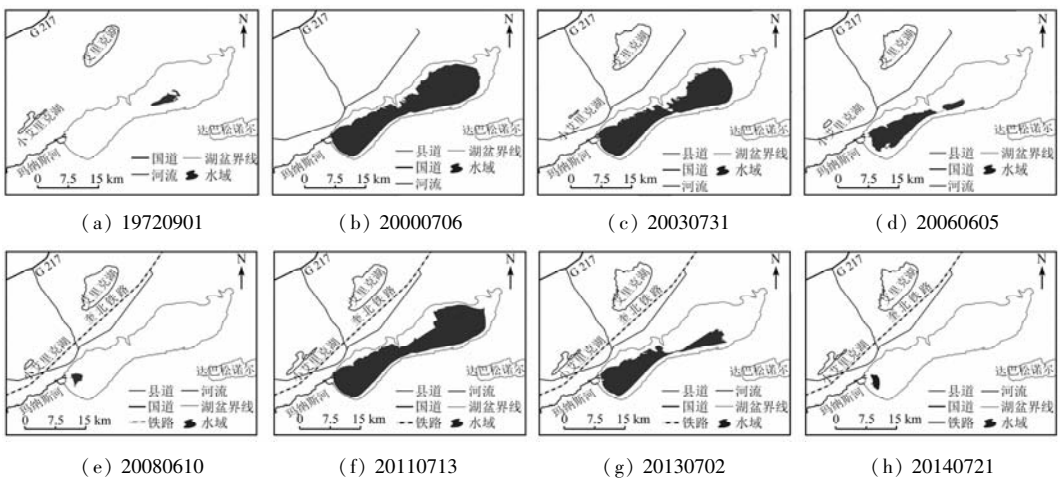


图 3 玛纳斯湖水域面积时空变化

Fig.3 Spatial evolution in Manas Lake

### 3 结果与分析

#### 3.1 玛纳斯湖水域面积时空变化

利用 8 期遥感影像检测的结果表明,玛纳斯湖近 40 a 间水域面积变化可分为 3 个阶段(图 4)。

增大后开始递减。从 1999 年开始玛纳斯湖水域恢复,2000 年湖泊水域面积达 248.69 km<sup>2</sup>,2000 年以后玛纳斯湖水域面积开始萎缩,2003 年,2006 年和 2008 年分别为 199.91 km<sup>2</sup>,73.51 km<sup>2</sup> 和 5.15 km<sup>2</sup>。

第三阶段是从 2009 年至今,表现为水域面积呈现波动性变化。2009—2010 年间湖水干涸,2011 年湖水又得到恢复,水域面积为 243.48 km<sup>2</sup>。从 2013 年开始玛纳斯湖再次出现水域面积减小的情况,2013 年和 2014 年的水域面积分别为 108.12 km<sup>2</sup> 和 5.48 km<sup>2</sup>,2015 年玛纳斯湖已经干涸,形成盐沼和盐壳为主的景观。因此,推测玛纳斯湖在近几十 a 来,已演变成为间歇性湖泊,当洪水期或补给河流中上游水量富余时,该湖可被水充填,但水面很浅,周期大约 3~4 a。

重心点是研究物体运动变化的一个重要指标。通过采用重心点转移模型来研究不同时期湖泊的空间变化,既可以反映湖泊水域面积在空间上的均势程度,还可以说明湖泊水域在空间上的扩张或退缩情况。利用湖泊重心转移模型<sup>[9]</sup>对玛纳斯湖进行研究,模型表达式为

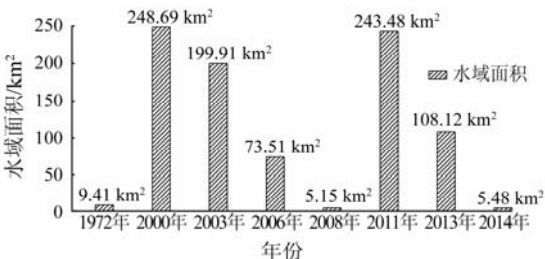


图 4 玛纳斯湖水域面积统计

Fig.4 Statistic of water area in Manas Lake

第一阶段是从 20 世纪 70 年代至 1999 年,表现为湖泊迅速萎缩并干涸。1972 年玛纳斯湖水域面积为 9.41 km<sup>2</sup>;从 1973—1999 年长达 26 a 间玛纳斯湖为干涸状态。

第二阶段是 2000—2008 年间,表现为湖泊迅速

$$X_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{ii} X_i)}{\sum_{i=1}^n C_{ii}} \quad (1)$$

$$Y_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{ii} Y_i)}{\sum_{i=1}^n C_{ii}} \quad (2)$$

式中： $X_t$  和  $Y_t$  分别为第  $t$  年湖泊分布重心的经纬度坐标； $C_{ii}$  为第  $t$  年第  $i$  个湖泊水域的面积； $X_i$  和  $Y_i$  分别为第  $i$  个湖泊水域的经纬度坐标。玛纳斯湖重心位移结果如图 5 所示。

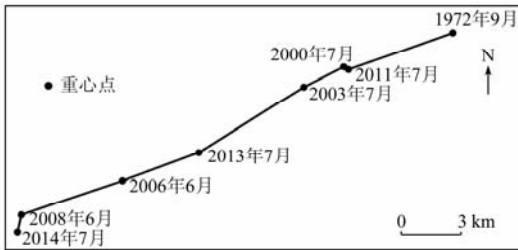


图 5 玛纳斯湖重心位移

Fig. 5 Lake center migration of Manas Lake

从图 5 可以发现,在 1972—2014 年近 40 a 间,玛纳斯湖水域重心主要往西南方向偏移。其中除 1972 年和水域面积较大的 2000 年、2011 年湖泊重心点在湖盆的东北部分外,在其他研究时期,玛纳斯湖重心由于水域面积的缩小和修建于干涸湖盆上盐场的不断扩大而一直往西南方向转移。

### 3.2 湖泊水域面积变化分析

为了更好地描述不同时期湖泊水域面积的变化程度,引入了变化幅度指数 ( $R$ ) 和动态度指数 ( $R_s$ )<sup>[10]</sup>。 $R$  主要用以反映水域面积变化总态势, $R_s$  则用以进一步表达一定时间内湖泊面积变化的速度,其表达式分别为

$$R = (U_b - U_a) / U_a \times 100\% \quad (3)$$

$$R_s = (U_b - U_a) / U_a T \times 100\% \quad (4)$$

式中： $U_a$  和  $U_b$  分别为研究初期和末期水域面积； $T$  为研究时间段。近 40 a 间研究区湖泊水域面积变化幅度和动态度的计算结果如表 3 所示。

表 3 玛纳斯湖水域面积变化、变化幅度和动态度  
Tab. 3 Area change and change extent of water area of Manas Lake

年份	变化面积/km <sup>2</sup>	变化幅度 ( $R$ )/%	动态度 ( $R_s$ )/%
1972—2000 年	239.28	2 542.83	90.82
2000—2003 年	-48.78	-19.61	-6.54
2003—2006 年	-126.40	-63.23	-21.07
2006—2008 年	-68.36	-92.99	-46.49
2008—2011 年	238.33	4 627.77	1 542.59
2011—2013 年	-135.36	-55.59	-27.79
2013—2014 年	-102.64	-94.93	-94.93
1972—2014 年	-3.93	-41.76	-99.44

玛纳斯湖水域面积呈现明显“增加—减小—增加—减小”变化态势。其中 1972—2000 年间,变化幅度为 2 542.83%,这主要是由于 1999 年玛纳斯河上游水库溃坝,大量洪水流入湖泊后<sup>[11]</sup>,水域面积得到了大幅增长,使得玛纳斯湖水域面积的变化幅度发生了研究期间的第一次突变,水域面积也达到了有记录以来的第二次高点(248.69 km<sup>2</sup>)。2000—2008 年间,玛纳斯湖水域面积保持着持续减小的趋势,至 2008 年,已有 92.99% 水域面积干涸,在此时间段内年均减少幅度为 24.70%。2008—2011 年间,玛纳斯湖水域面积出现了研究期间第二次突变,变化幅度高达 4 627.77%,其原因依然是由于 2010 年 8—9 月间玛纳斯河流域中上游遭遇洪水灾害,水库向下游大量放水所致,这也使得玛纳斯湖重新得到了恢复,水域面积达到了有记录以来的第三次高点(243.48 km<sup>2</sup>)。2011—2014 年间,玛纳斯湖水域面积又开始出现减幅趋势。但对比 2000—2008 年间,在此时间段内年均减少幅度为 61.36%,远高于前者的年均减少幅度,且仅在 2013—2014 年 1 a 间就有 94.93% 水域面积消失,表明在此时间段玛纳斯湖萎缩态势较之以前呈现明显加剧。从 1972—2014 年间总体上看,玛纳斯湖有 99.44% 的水域面积发生过干涸,几乎经历了再生湖的过程。

## 4 湖泊水域面积变化驱动因素分析

### 4.1 自然因素

众多干旱区气候的近期研究结果表明,干旱区气候正在由暖干转向暖湿<sup>[12]</sup>。玛纳斯湖所处的流域也同样经历着这种气候转型,即在温度持续升高的影响下降水与蒸发均出现增加,并由此导致冰川消融加快,河川径流量增加,玛纳斯河上游肯斯瓦特水文站的年径流量从 1954 年的  $9.8 \times 10^8 \text{ m}^3$  增长到 2010 年的  $16.61 \times 10^8 \text{ m}^3$  也证明了这一点(图 6)。

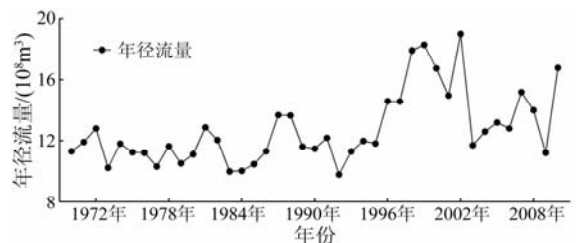


图 6 玛纳斯河肯斯瓦特水文站年径流量

Fig. 6 Runoff volume of Kensiwate hydrological station

但作为尾间湖的玛纳斯湖却与此相反,近 40 a 间水域面积不仅没有增长和保持,却不断萎缩,并多次出现干涸。采用相关分析法分析水域面积与气温、降水及蒸发的相关关系。与气温、降水量呈正相

关,相关系数分别为 0.211 和 0.563,与蒸发量呈负相关(-0.287),但相关性均不显著。

然而,研究表明自 20 世纪 80 年代中期以来,新疆极端气候事件频繁发生,暴雨及其导致的洪灾呈上升趋势<sup>[13]</sup>。受此影响,玛纳斯河流域的夏季洪水,尤其是超标准洪水(超过多年最大洪峰流量平均值的洪水)的发生频率也不断增多,玛纳斯河多年最大洪峰流量平均值为  $369.4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ <sup>[14]</sup>,玛纳斯河极值洪峰流量如图 7 所示。

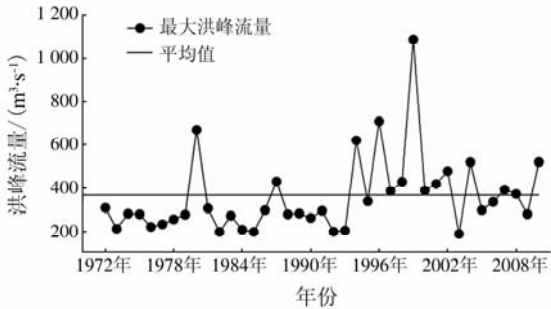


图 7 玛纳斯河极值洪峰流量

Fig. 7 Maximum runoff of Manas River

由图 7 可以看出,以 1993 年为界,之前的 21 a 间只出现 2 次超标准洪水,而之后的 17 a 间就出现有 12 次超标准洪水,且无论从频次还是规模上,后者都远大于前者。对比玛纳斯湖水域面积变化,2000 年和 2011 年出现的 2 次峰值,原因皆是源于 1999 年和 2010 年 8—9 月份玛纳斯河流域中上游发生的特大洪水灾害。由此可以认为,在仅考虑自然因素的前提下,玛纳斯湖水域面积变化与气温和降水的关系并不密切,但与极端高温和降水天气引起的超标准洪水关系密切。

#### 4.2 人文因素

玛纳斯河流域主要包括玛纳斯县、沙湾县、石河子市以及兵团农 8 师的部分团场。1970 年流域内只有 28.95 万人,2014 年底流域内总人口则达到了 103.43 万人(图 8)。

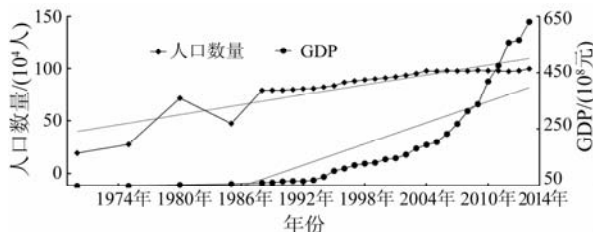


图 8 玛纳斯河流域 1970—2014 年间人口数量和 GDP 变化

Fig. 8 Changes of population and GDP in Manas

River basin from 1970 to 2014

该流域国内生产总值从 1970 年的 0.51 亿元增长到 2014 年的 559.4 亿元,流域内耕地面积持续增加,从 1960 年的  $1882.25 \text{ km}^2$ 、占流域总面积的 13.85%,

增长到 2014 年的  $6532.84 \text{ km}^2$ 、占流域总面积的 48.07%,人工干渠和支渠总长度分别由 1976 年的 920 km 和 722 km 增长到 2014 年的 1170 km 和 1260 km。根据 2014 年统计数据,该流域内第一、第二和第三产业的增加值分别为 206 亿元、195 亿元和 153 亿元,3 种产业结构比为 37:35:28,流域内主导经济为农业。而由玛纳斯河多年放水统计资料提供的流量及沿河各灌区引水分配情况来看,玛纳斯河水绝大部分被人工利用,剩余水量按 70% 的河道损耗并考虑蒸发、下渗因素,理论上平均每年补给玛纳斯湖的径流量不足  $0.4 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,引水后的玛纳斯河水对湖泊的贡献微乎其微。因此,随着天山北坡经济带的发展、人口的增多和城市化趋势的日益增长,玛纳斯河流域中上游天然河网多数已被人工河网替代,流域土地被开垦为农业用地,发展灌溉农业,最终导致玛纳斯河下游断流,从而无水补给玛纳斯湖。

## 5 结论与讨论

1) 根据遥感数据分析,玛纳斯湖近 40 a 间水域面积变化可分为 3 个阶段:第一阶段是从 20 世纪 70 年代至 1999 年,表现为湖泊迅速萎缩并干涸的逆向演化;第二阶段是 2000—2008 年间,表现为湖泊迅速恢复的正向演化后再次进入逆向递减;第三阶段是从 2009 年至今,表现为水域波动性变化周期。根据面积变化幅度和动态度的计算表明,玛纳斯湖水域面积的退缩周期在缩短,退缩速度在加快。

2) 近 40 a 间,玛纳斯湖水域面积的变化趋势与玛纳斯河水量的变化趋势不一致,表明玛纳斯湖水域面积变化整体受气候变化的影响不大,但与极端高温和降水天气引起的超标准洪水关系密切。

3) 流域内人类活动依然是玛纳斯湖演化的主要原因,并且受此影响,使得玛纳斯河上游对下游及玛纳斯湖的供给水资源功能不断下降。同时,玛纳斯湖水域重心不断往西南方向偏移,也是由于 1958 年在湖盆上建设盐场,担负着新疆重要的原盐及食盐生产供应重任,其盐场面积的不断扩张打破了玛纳斯湖原有的重心位置范围,从而进一步加剧了玛纳斯湖萎缩的局面。

4) 在内陆干旱区,由于大量人工渠网修建及流域水量不合理分配和使用而导致的下游湖泊萎缩、干涸,必将引起很多甚至是毁灭性的环境问题。玛纳斯湖地处主要风口上,干涸的湖底则更容易成为沙尘起源地。因此,进一步研究准噶尔盆地内湖泊变化与流域水资源优化调控,对改善湖泊生态环境、

协调湖泊流域可持续发展及支撑丝绸之路经济带核心区建设等方面具有重要的生态意义。

### 参考文献 (References):

- [1] 柯长青. 湖泊遥感研究进展[J]. 海洋湖沼通报, 2004(4): 81-86.  
Ke C Q. A review of monitoring lake environment change by means of remote sensing[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2004(4): 81-86.
- [2] 阿布都米吉提·阿布力克木, 阿里木江·卡斯木, 艾里西尔·库尔班, 等. 近40年台特玛—康拉克湖泊群水域变化遥感监测[J]. 湖泊科学, 2014, 26(1): 46-54.  
Ablekim A, Kasimu A, Kurban A, et al. Monitoring the water area changes in Tetima—Kanglayka Lakes region over the past four decades by remotely sensed data[J]. Journal of Lake Sciences, 2014, 26(1): 46-54.
- [3] 成晨, 傅文学, 胡召玲, 等. 基于遥感技术的近30年中亚地区主要湖泊变化[J]. 国土资源遥感, 2015, 27(1): 146-152. doi: 10.6046/gtzyyg. 2015. 01. 23.  
Cheng C, Fu W X, Hu Z L, et al. Changes of major lakes in Central Asia over the past 30 years revealed by remote sensing technology [J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2015, 27(1): 146-152. 10.6046/gtzyyg. 2015. 01. 23.
- [4] 张振瑜, 王乃昂, 吴月, 等. 1973—2010年巴丹吉林沙漠腹地湖泊面积空间变化的遥感分析[J]. 湖泊科学, 2013, 25(4): 514-520.  
Zhang Z Y, Wang N A, Wu Y, et al. Remote sensing on spatial changes of lake area in Badain Jaran Desert hinterland during 1973—2010[J]. Journal of Lake Sciences, 2013, 25(4): 514-520.
- [5] 张飞, 王娟, 塔西甫拉提·特依拜, 等. 1998—2013年新疆艾比湖湖面时空动态变化及其驱动机制[J]. 生态学报, 2015, 35(9): 2848-2859.  
Zhang F, Wang J, Tashpolat T, et al. The spatial and temporal dynamic changes and driving forces in the surface area of Ebinur Lake from 1998—2013[J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(9): 2848-2859.
- [6] 封玲, 田晓明. 玛纳斯河流域农业开发与水资源分配格局的改变及其生态效应[J]. 中国农史, 2006, 25(1): 119-126, 133.  
Feng L, Tian X M. The change of water resource distribution and its ecological effects caused by the agriculture development in Man-
- asi River Valley in modern time[J]. Agricultural History of China, 2006, 25(1): 119-126, 133.
- [7] 郭敬辉, 汤奇成, 郭知教, 等. 新疆水文地理[M]. 北京: 科学出版社, 1966: 36-41.  
Guo J H, Tang Q C, Guo Z J, et al. Hydrological Geography in Xinjiang[M]. Beijing: Science Press, 1966: 36-41.
- [8] 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.  
Li H, Xiao P F, Feng X Z, et al. Lake changes in spatial evolution and area in source region of Three Rivers in recent 30 years[J]. Journal of Lake Sciences, 2010, 22(6): 862-873.
- [9] 李磊, 李艳红, 陈成贺日, 等. 1972—2011年期间艾比湖面积变化研究[J]. 湿地科学, 2014, 12(2): 263-267.  
Li L, Li Y H, Chen C H R, et al. Change of Ebinur Lake area during 1972—2011[J]. Wetland Science, 2014, 12(2): 263-267.
- [10] 许诗, 刘志明, 王宗明, 等. 1986—2008年吉林省湖泊变化及驱动力分析[J]. 湖泊科学, 2010, 22(6): 901-909.  
Xu S, Liu Z M, Wang Z M, et al. Dynamics of lake area changes and its driving force analysis in Jilin Province from 1986 to 2008 [J]. Journal of Lake Sciences, 2010, 22(6): 901-909.
- [11] 姚永慧, 汪小钦, 周成虎, 等. 新疆玛纳斯湖近50年来的变迁[J]. 水科学进展, 2007, 18(1): 17-23.  
Yao Y H, Wang X Q, Zhou C H, et al. Changes of Manas Lake in the past 50 years in Xinjiang Province[J]. Advances in Water Science, 2007, 18(1): 17-23.
- [12] Estrella N, Menzel A. Recent and future climate extremes arising from changes to the bivariate distribution of temperature and precipitation in Bavaria, Germany[J]. International Journal of Climatology, 2013, 33(7): 1687-1695.
- [13] 赵勇, 黄丹青, 朱坚, 等. 北疆极端降水事件的区域性和持续性特征分析[J]. 冰川冻土, 2011, 33(3): 524-531.  
Zhao Y, Huang D Q, Zhu J, et al. The feature analysis of regional and persistent extreme precipitation events in Northern Xinjiang Region[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2011, 33(3): 524-531.
- [14] 邹全, 王国亚, 贺斌, 等. 1957—2010年天山玛纳斯河流域夏季径流及洪水过程对极端气候事件的响应[J]. 冰川冻土, 2013, 35(3): 733-740.  
Zou Q, Wang G Y, He B, et al. Responding of summer runoff and flood processes to extreme climate events in Manas River basin, Tianshan Mountains during 1957—2010[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2013, 35(3): 733-740.

## Lake changes in spatial evolution and driving force for the water area change of the Manas Lake in Xinjiang in the past forty years

Hurixbek · Ziyinali<sup>1</sup>, WU Zhaopeng<sup>1,2</sup>, Kazya · Baolangtijiang<sup>1</sup>

(1. College of Geography and Tourism Science, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China; 2. Key Laboratory of Arid Land Lake Environment and Resource Xinjiang Uyghur Autonomous Region, Urumqi 830054, China)

**Abstract:** With the Manas Lake in Xinjiang as the study area, by using eight remote sensing images from 1972 to

2014, and on the basis of extracting the information of lake water, the authors analyzed the evolution of the Manas Lake area in the past forty years. The results are as follows: The Manas Lake showed a significant “increase – decrease – increase – decrease” trend of change from 1972 to 2014, and the barycenter of water area was migrating in southwest direction. Lake had dried up from 1972 to 1999, then it restored the largest water area (248.69 km<sup>2</sup>) in 2000, and after that it experienced two shrinking periods that happened in 2000—2008 and 2011—2014 respectively. Calculation result of area variation amplitude and dynamic degree shows that the shrinking period of the water area was shortened and the shrinking speed increased. In the past forty years or so, the change trend of lake water area was not consistent with the change trend of the Manas River. The authors point out that climate change has little effect on the change of the water area of the Manas Lake, but has an intimate relationship with extraordinary flood caused by extremely high temperature and extreme precipitation, and that human activities in the basin constitute the main reason for the evolution of the Manas Lake, which causes the declining of the function of supplying water resources to the lower reaches.

**Keywords:** Manas Lake; spatial evolution; driving forces; remote sensing

(责任编辑: 陈 理)