

青海湖湖岸形态变化及成因分析

李凤霞^{1,2}, 李林³, 沈芳⁴, 伏洋^{1,2}

(1. 青海省遥感中心, 西宁 810001; 2. 青海省气象科学研究所, 西宁 810001;
3. 青海省气候资料中心, 西宁 810001; 4. 华东师范大学, 上海 200062)

摘要:青海湖在 1975 年~2000 年的 25 年间,湖岸形态发生了较大变化,西岸和北岸陆地相对推进距离分别达到 1 566.3m 和 3 266.9m,年平均推进距离分别为 62.6m 和 130.6m;湖区东岸沙体形似“鸟嘴”侵蚀东岸湖水,近 100 km² 的水体被分离,只有很窄的河道连通湖区,且“鸟嘴”有继续延伸趋势。造成湖岸形态变化的主要原因是气候暖干化、湖水水位下降、土地沙漠化和人类活动的共同影响。青海湖环湖地区气候暖干化导致的青海湖水位下降和土地沙漠化是造成湖岸变化的直接成因;人类活动引起的草场退化则进一步加速了湖岸的变化。

关键词:青海湖;湖岸形态变化;气候暖干化;草场退化

中图分类号:P931.7(244) **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7588(2004)01-0038-07

青海湖位于青海省的东北部,东经 99°36' ~ 100°47',北纬 36°32' ~ 37°15',是中国第一大咸水湖。青海湖流域四周分别为日月山、青海南山、大通山所环抱,形成一内陆盆地,湖泊位于盆底低洼处,形似梨形。

青海湖地区具有丰富的气候资源、水资源、土地资源、草场资源、野生生物资源、矿产资源和旅游资源,是青海省重点发展的区域之一,也是全国生态环境重点建设草原区。环青海湖地区的地类主要包括农田、人工草场、天然草场、河流、湖泊、沙漠、高山砾石等。近百年来,由于气候暖干化,导致湖面水位下降,湖面面积缩小,青海湖湖岸形态发生较大变化。本文使用美国陆地卫星 1975 年的 MSS 数据和 2000 年的 ETM 数据,研究了青海湖湖岸变化,并对其成因进行了分析。

1 研究资料与方法

本文使用的主要信息源为美国陆地卫星 1975 年的 MSS 数据和 2000 年的 ETM 数据。同时还收集了青海湖沙陀寺及下社水文观测资料,以及青海湖东、西、南、北方位的海晏、茶卡、共和及刚察气象站 1976 年~2000 年 25 年的逐月气温、降水等资料。

研究首先以青海省西宁市 1:500,000 地形图为基准图对取得的遥感图像进行几何校正。由于该地形图为 70 年代以前测绘的,至今几十年来景物变化较大,如河流改道、青海湖湖岸地貌改变等,选择大量的地物标志点有一定的困难,本文在综合分析对比之后,选择了近 20 个地物标志点,这些地物标志点主要是交通干线交汇点、山脊线转折点、小水体、湖中小岛等变化较小的地物特征点,采用双线性内插法对图像进行重采样,误差控制在一个像元以内。

接着对图像进行复合处理,在经过几何校正后的图像上提取水体。根据水体的光谱特性,采用 TM5 或 TM7、MSS7 单波段影像确定水陆界线,提取湖水体,进行水体、非水体二值变换处理,再将不同时相的遥感图像复合,选取研究区 1975 年 MSS 图像、2000 年 ETM 图像,以分辨率较高的 ETM 图像为基准图,对 MSS 图像进行图像和图像配准。分别在两幅图像上选取具有相同的、变化不大的地物标志点,如两条河流的交叉处、山脊线的转折处、湖中小岛等地物标志点,采用 3 次卷积内插运算对 MSS

收稿日期:2003-06-30;修订日期:2003-11-30

基金项目:国家重点科技项目(攻关)计划西部大开发科技专项(编号:2000-K01-06-03)。

作者简介:李凤霞(1964-),女,江苏无锡人,高级工程师,主要从事应用气象和遥感应用研究。

图像进行重采样,完成图像配准,对配准的图像进行二值变换处理,突出湖岸地貌形态。

2 青海湖湖岸形态变化

分析 1975 年和 2000 年的遥感影像,研究结果表明:近 25 年来青海湖湖岸总体变化趋势是陆地相对向湖水方向推进,湖岸形态整体萎缩(图 1a),变化较大的湖岸为东岸沙岛和海晏湾地带(图 1b)、北岸沙柳河入湖一带地区(图 1c)、西岸布哈河入湖地带(图 1d)。

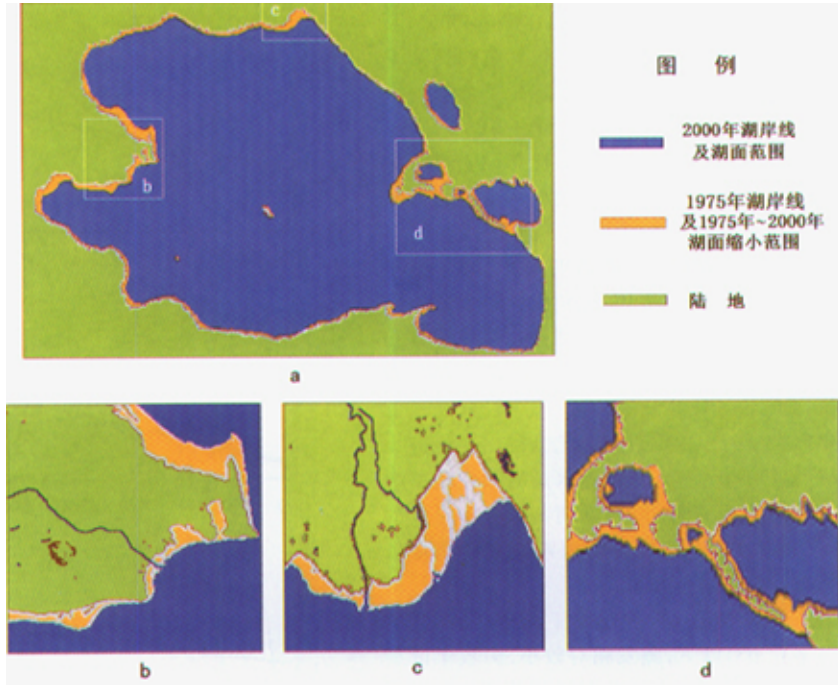


图 1 青海湖湖岸线变化

Fig.1 Variation of the coast line around Qinghai lake

从图 1 可以发现,相对来说,西岸陆地推进速度较快,本文测定的青海湖主要入湖河流布哈河向湖水前方相对推进距离为 1 566.3m,年平均推进距离 62.6m;布哈河南部一支流向湖水前方相对最大推进距离 2 565.6m,年均推进距离 102.6m;海色皮北端向北相对最大推进距离为 3 086.4m,年均推进距离 123.1m。

图 1c 反映出 25 年以来青海湖北岸流经刚察县的沙柳河入湖口湖岸发生了较大变化,该部位为刚察冲积扇与哈尔盖冲积扇的交界处,陆地相对最大推进距离为 3 266.9m,年均推进距离 130.6m。

图 1d 反映了青海湖东岸 25 年以来的动态变化,湖区东岸为面积约 180km² 的流动沙漠地带,沙体形似“鸟嘴”侵蚀东岸湖水,近 100 km² 的水体被分离,只有很窄的河道连通湖区,且“鸟嘴”有继续延伸趋势。

3 湖岸形态变化原因分析

3.1 气候暖干化

分析环青海湖周围各气象站的观测资料发现,在青海湖湖周出现了气温升高、降水减少、蒸发增

大等气候变化特征。

3.1.1 气温 图2给出了环青海湖地区四季及年平均气温的年际变化情况。从图2可以看出,各季及年平均气温除年际间的微小波动外,均呈现出明显的上升趋势。通过估计气候趋势同样发现,气温增幅较为显著,春、夏、秋、冬及年平均气温的线性变率每10年分别达 0.451°C 、 0.502°C 、 0.583°C 、 0.531°C 和 0.490°C ,其中以秋、冬两季增温最为显著。年平均气温线性变率尽管仅为 $0.490^{\circ}\text{C}/10$ 年,但其数值明显高于全青海省平均增幅($0.20^{\circ}\text{C}/10$ 年)和全球气温增幅($0.03^{\circ}\text{C}/10$ 年 $-0.06^{\circ}\text{C}/10$ 年)。虽然这些数据在统计年限上有一定的出入,但这至少可以说明环青海湖地区是全省乃至全球增温较为显著的地区之一。

3.1.2 降水 图3是环青海湖地区四季及年降水量年际变化曲线。从图3可以看出,四季及年降水量年际变化中除秋季呈现出明显的减少趋势外,其余季节和年降水量均有自70年代中后期开始增多,到80年代末达到最大值,此后开始出现显著的减少趋势,这一现象在春季和年降水量的变化中表现的尤为突出。值得一提的是,通过趋势分析得出,秋季降水量的线性变率达 $-5.29\text{mm}/10$ 年,该数值同样高于全青海省秋季降水量减幅($-1.83\text{mm}/10$ 年),说明环青海湖地区秋季降水量减幅就青海省而言是显著的。

3.1.3 蒸发 蒸发量的年际变化特征如图4所示。冬季由于气温多在 0°C 以下,蒸发相对较小,多数年份蒸发量低于 6.0mm 。夏季及年蒸发量的变化特征与降水量的变化情况较为相似,即从70年代中后期开始增大,至80年代中、后期达到极值,从90年代开始出现微弱的减小趋势,但就总体而言,夏季及年蒸发量还是表现出较为明显的增大趋势。春季蒸发量呈微弱的减少趋势。秋季蒸发的变化自1976年以来呈现出减少的趋势,这与降水量总的变化趋势也是一致的,但不同的是,进入90年代后蒸发量却出现了显著增大的趋势。另外,通过气候趋势的估算得出,夏季及年蒸发量的线性变率分别达 4.90 、 $2.79\text{mm}/10$ 年,夏季和年蒸发量较大,同时其增幅也较为明显。

通过以上分析得出:环湖地区出现了温度逐步升高、蒸发量增大、降水量减少的暖干旱化的气候变化趋势,这与其他专家^[1,2]的研究结论非常一致。

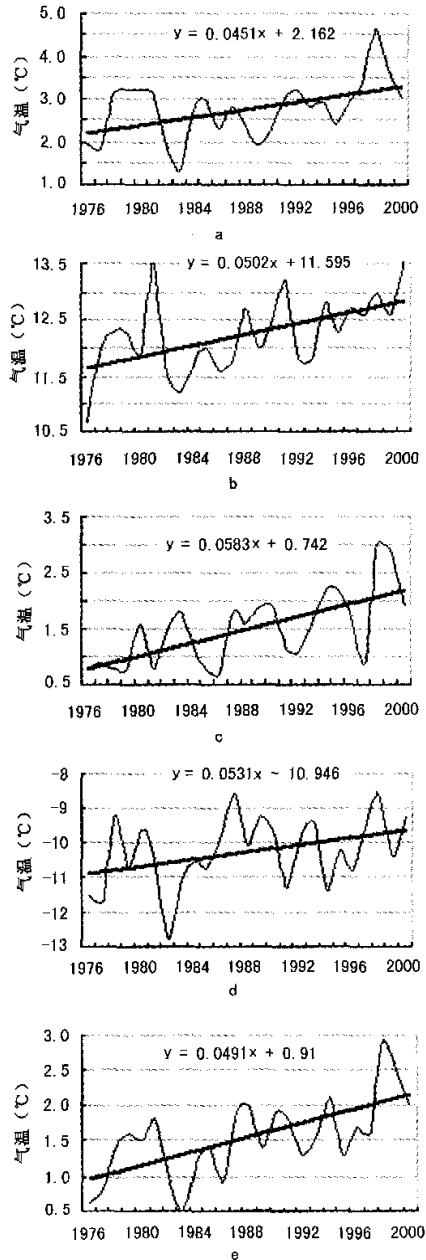


图2 环青海湖地区四季(a:春季,b:夏季,c:秋季,d:冬季)及年平均气温(e)变化趋势
Fig. 2 Seasonal (a: spring, b: summer, c: autumn, d: winter) and annual average air temperature variation tendency (e) around Qinghai lake

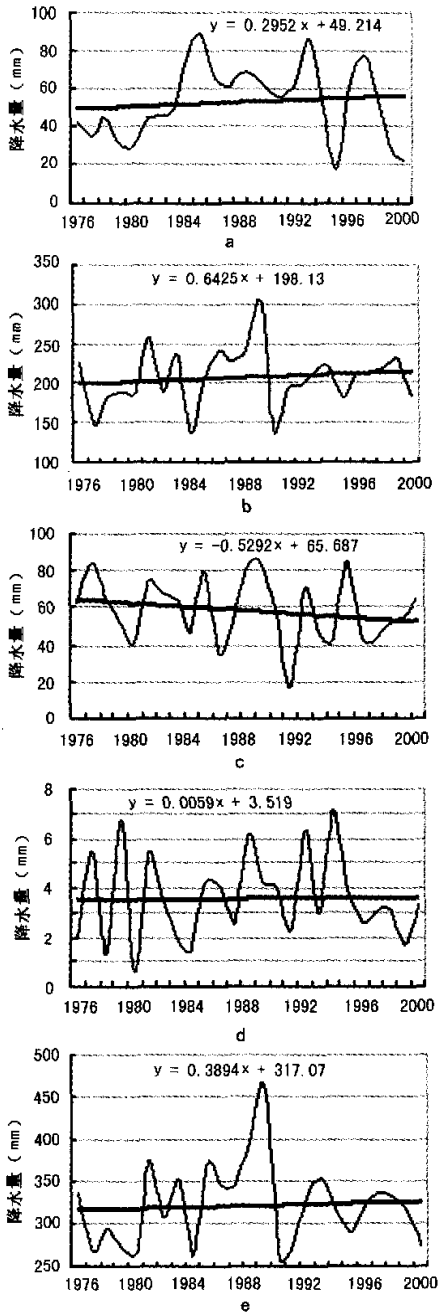


图 3 环青海湖地区四季(a:春季,b:夏季, c:秋季,d:冬季)及年(e)降水量变化趋势
 Fig.3 Seasonal(a:spring,b:summer,c:autumn,d:winter) and annual precipitation variation tendency (e) around Qinghai lake

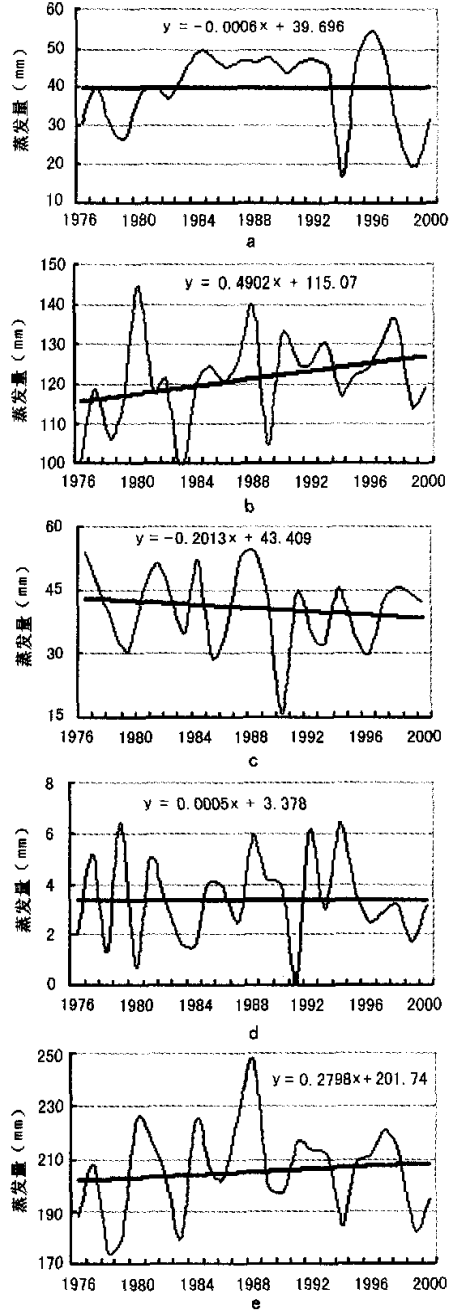


图 4 环青海湖地区四季(a:春季,b:夏季, c:秋季,d:冬季)及年(e)蒸发量变化趋势
 Fig.4 Seasonal(a:spring,b:summer,c:autumn,d:winter) and annual evaporation variation tendency (e) around Qinghai lake

3.2 水位下降

由于环湖地区蒸发量增大、降水量减少直接导致了青海湖水位下降。据青海湖沙陀寺及下社2水文站观测1959年~2000年资料,近40多年来青海湖水位除个别年份略有回升外,总体上呈现出明显下降趋势(图5),年下降7.9cm,其中特别是1975年之后,水位下降更趋明显。

随着青海湖水位的下降,青海湖湖面面积日益萎缩(表1)。1975年到2000年的25年中,湖面面积缩小了149.6 km²。水位的下降和面积的缩小,为湖岸沙漠化的发展提供了物源和场地,从而导致湖岸形态变化。

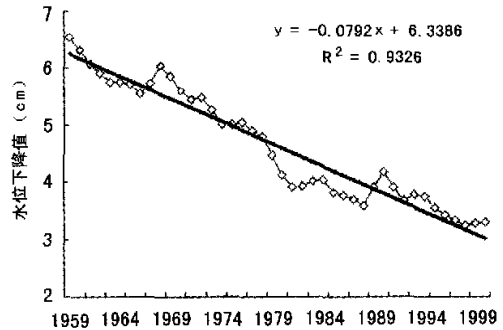


图5 1959年~2000年青海湖水位变化曲线

Fig.5 Curve of water level variation in Qinghai Lake

表1 青海湖面积变化

Table Area variation in Qinghai Lake

(km²)

1908年 (文献[3])	1957年 (文献[3])	1975年 (本文遥感量算)	1986年 (文献[3])	2000年 (本文遥感量算)
4 980	4 568	4 405.64	4 304	4 256.04

3.3 土地沙化和草场退化

青海湖位于青藏高原青海湖盆地环湖沙漠区中,沙漠化土地可划分为重度、中度、轻度3个等级和流动沙丘地、半固定沙丘地、固定沙丘地和半裸露沙砾4种类型^[4],沙漠化土地面积达1 023.69 km²。其中,80%的流动沙丘地分布与湖东的海晏;半固定沙丘地主要分布在湖东北的哈尔盖和湖西北的鸟岛;固定沙丘地和半裸露沙砾全部分布与湖西北的布哈河流域鸟岛等地。青海湖盆地的沙漠化一直处于发展状态,据何东宁等人研究,该区域沙漠化年扩大面积为9.2 km²,1986年盆地内的沙丘地面积比1955年增加了63.05%^[5],反映了青海湖盆地土地沙漠化的严峻形势。

伴随着土地沙漠化,青海湖周围地区的草地也出现较为严重的退化现象。主要表现在植被覆盖度降低、草层高度降低、草地生产力下降等方面。

根据铁卜加牧业气象试验站1987年~1996年10年间观测的天然牧草发育期、高度、产量分析,平均天然牧草公顷产鲜草量为2 833 kg,其中前5年为3 287.7 kg,后5年为2 079.1 kg,后5年较前5年产量下降了36.76%;10年期间禾本科牧草平均高度为24 cm,前5年为29 cm,后5年为19 cm,后5年较前5年高度降低了34.48%,见图6、图7。

环青海湖地区土地沙化和草地退化的日趋严重,致使这一地区的生态环境产生了显著变化,植被退化明显。据参考文献,对土地沙漠化和草场退化而言,气候暖干化和不合理的人为活动具有同等效力,在气候干旱化的背景下,土壤蒸发量的加大加剧了地面的裸露程度,进而加速了土地沙漠化的过程^[6-9]。同时土地沙漠化和草场退化进一步改变了地气热量和水分循环,加剧了气候的干旱化,对湖泊水位的下降和湖岸形态的变化起到了推波助澜的作用。

3.4 人类活动

人类活动主要包括湖周耕地、草原灌溉用水和人畜饮水以及不合理利用草场3个方面。青海湖地区共有农田耕地22 420 hm²,占流域土地总面积的0.75%,灌溉草地面积4 000 hm²,年灌溉量0.8 × 10⁸ m³。已有研究表明(周立华,1992),青海湖多年平均亏水量为4.6 × 10⁸ m³,而人类活动耗水量占亏水量的17.4%,人类活动通过减少入湖水量而间接导致沙漠化发展。此外,湖北岸冲积扇上的耕地,

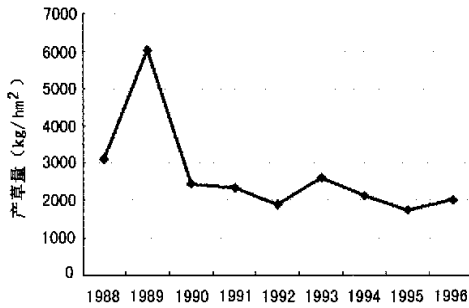
图 6 环湖地区铁卜加牧试站历年牧草鲜产量(kg/hm²)

Fig.6 Fresh grazing output in Tie Bujia stockbreeding experiment station

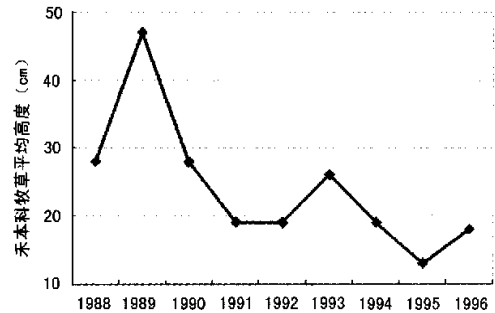


图 7 环湖地区铁卜加牧试站历年禾本科牧草平均高度(cm)

Fig.7 Gramineae grazing average height in Tie Bujia stockbreeding experiment station

由于地形的原因,水土流失严重,导致湖岸淤积。在草场的利用方面,随着草地载畜量的增加,牧草被啃食的强度增大,牧草失去了繁衍生息的机会,相应降低了草地盖度、牧草高度和草地生产力^[10]。

通过以上分析看出,造成青海湖湖岸变化四方面的成因本身有联系,又相互作用,相互影响。气候暖干化直接导致湖水水位下降、土地沙漠化、草场退化,人类活动加剧了发生的程度。同时,水位下降、土地沙漠化、草场退化又反过来促进气候向暖干化发展。因此可以认为,青海湖环湖地区的气候变化是导致青海湖湖岸形态变化的直接成因;而由于气候暖干化导致的青海湖水位下降、土地沙漠化、草场退化进一步加剧了青海湖湖岸的变化,是造成湖岸变化的间接原因;人类活动则是通过对水位、土地和草场利用的影响,间接影响湖岸变化的。

4 小结

25 年以来,青海湖湖岸总体变化趋势是陆地相对向湖水方向推进,湖水面积缩小。其中湖东西两岸变化较快,湖区北部排列着几个较大的冲积扇,冲积扇上多分布着裸露耕地,水土流失严重,泥沙入湖量大,从而淤积湖岸。

造成湖岸形态变化的主要原因是气候暖干化、湖水水位下降、土地沙漠化和人类活动的共同影响。其中青海湖地区出现的气温升高、降水减少、蒸发增大等气候暖干化特征,是导致青海湖湖岸形态变化的直接成因。而由于气候暖干化导致的青海湖水位下降、土地沙漠化、草场退化进一步加剧了青海湖湖岸的变化,是造成湖岸变化的间接原因。人类活动则是通过对水位、土地和草场利用的影响,间接影响湖岸变化的。

参考文献 (References):

- [1] 任振球,张素琴,李松勤.干旱、沙漠化的成因探讨[J].大自然探索,1987,6(3):37~42.[RENG Zhen-qiu, ZHANG Su-qin, LI Song-qin. Discussion on the causes of arid and desertification[J]. *Nature Explore*, 1987, 6(3): 37~42.]
- [2] 周陆生,杨卫东.青海湖流域近六百年来气候变化与湖水水位下降原因[J].湖泊科学,1992,4(3):25~31.[ZHOU Lu-sheng, YANG Wei-dong. The reason for climatic variation in Qinghai lake area over the past six hundred years and the falling of water level in Qinghai lake[J]. *Journal of Lake Science*, 1992, 4(3): 25~31.]
- [3] 周陆生,汪青春.青海湖流域全新世以来气候变化的初步探讨[A].中国西北干旱气候研究[C].北京:气象出版社,1997. 20~26.[ZHOU Lu-sheng, WANG Qing-chun. The initial investigation of climatic variation in the drainage area of Qinghai lake since the early new Era[A]. *Research on Arid Climate in Northwestern China*[C]. Beijing: Meteorology Press, 1997, 20~26.]
- [4] 王苏民,林而达,余之祥.环境演变对中国西部发展的影响及对策[A].见:秦大河(总主编).中国西部环境演变评估(第三卷)

- [C]. 北京: 科学出版社, 2002. 44 ~ 53. [WANG Su-min, LIN Er-da, SHE Zhi-xiang. Influence on socio-economic development of western China by evolution of environment and response strategy [A]. QIN Da-he (general editor in chief). Assessment for Evolution of Environment in Western China. (Volume 3) [C]. Beijing: Science Press, 2002. 44 ~ 53.]
- [5] 李森, 董玉祥, 董光荣, 等. 青藏高原土地沙漠化区划[J]. 中国沙漠, 2001, (21)4: 418 ~ 425. [LI Sen, DONG Yu-xiang, DONG Guang-rong, et al. Regionalization of land desertification on Qinghai-Tibet Plateau [J]. *Journal of Desert Research*, 2001, (21)4: 418 ~ 425.]
- [6] 何东宁, 赵鸿斌, 张登山, 等. 青海湖盆地沙地特征及风沙化趋势[J]. 地理科学, 1993, 13(4): 382 ~ 388. [HE Dong-ning, ZHAO Hong-bin, ZHANG Deng-shan, et al. Sandy land features and sandification trend [J]. *Geographic Science*, 1993, 13(4): 382 ~ 388.]
- [7] 徐建华, 艾南山, 金焯, 等. 沙漠化的分形特征研究[J]. 中国沙漠, 2002, 22(1): 6 ~ 9. [XU Jian-hua, AI Nan-shan, JIN Jiong, et al. Fractal characters of desert and desertification [J]. *Journal of Desert Research*, 2002, 22(1): 6 ~ 9.]
- [8] 徐建华, 艾南山, 樊胜岳. 再论人类活动对地理过程影响的定性分析模型[J]. 中国沙漠, 1995, 15(2): 14 ~ 19. [XU Jian-hua, AI Nan-shan, FAN Sheng-yue. Qualitative model of influences on geographical progress by Human's Activities [J]. *Journal of Desert Research*, 1995, 15(2): 14 ~ 19.]
- [9] 周陆生. 青海省长期气候变化趋势及其生态环境可能影响的初步展望[J]. 青海气象, 2001, (2): 2 ~ 13. [ZHOU Lu-sheng. Long-term climatic variation trend in Qinghai and its possible impact on eco-system [J]. *Journal of Qinghai Meteorology*, 2001, (2): 2 ~ 13.]
- [10] 董玉祥. 青藏高原沙漠化研究的进展与问题[J]. 中国沙漠, 1999, 19(3): 251 ~ 255. [DONG Yu-xiang. Progresses and problems in research on sandy desertification in Qinghai-Tibet Plateau [J]. *Journal of Desert Research*, 1999, 19(3): 251 ~ 255.]
- [11] 青海省农业资源区划办公室. 青海省农业资源动态分析[M]. 西宁: 青海人民出版社, 1998. 205 ~ 221. [The Office of Agriculture and Resource in Qinghai Province. Dynamic Analysis of Agricultural Resource in Qinghai [M]. Xining: Qinghai People Press, 1998. 205 ~ 221.]

Evolution of Lakeshore Shape of Qinghai Lake and its Causes

LI Feng-xia^{1,2}, LI Lin³, SHEN Fang⁴, FU Yang^{1,2}

(1. Qinghai Remote Sensing Center, Xining 810001, China;

2. Institute of Qinghai Meteorological Science Research, Xining 810001, China;

3. Qinghai Meteorological Bureau, Xining 810001, China;

4. East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: From 1975 to 2000, the lakeshore shape of Qinghai Lake had changed much. The relative advance distances are 1566.3m and 3 266.9m respectively on west and north bank, its average advance distances are 62.6m/a and 130.6m/a respectively. The sand body on east bank is eroding the lake with a shape of "beak", the water body about 100km² will be separated, and there is only a strait river way connecting with the lake region, the "beak" has an outspread trend. Warm and dry climate, water level declined, desert land and human activity are the primary reasons of this evolution. Climatic change around Qinghai Lake is the direct cause of aspect variation along the coast line of lake, while climatic warming and drying, which results in falling of water level, land desertification and grassland degeneration are the indirect causes of its variation. Human activities have an indirect influence on its variation through grassland, land and water utilization.

Key words: Qinghai Lake; Evolution of Lakeshore shape; Warm and dry climate; Grassland degeneration

青海湖湖岸形态变化及成因分析

作者: [李凤霞](#), [李林](#), [沈芳](#), [伏洋](#)
 作者单位: [李凤霞, 伏洋\(青海省遥感中心, 西宁, 810001; 青海省气象科学研究所, 西宁, 810001\)](#), [李林\(青海省气候资料中心, 西宁, 810001\)](#), [沈芳\(华东师范大学, 上海, 200062\)](#)
 刊名: [资源科学](#) ISTIC PKU CSSCI
 英文刊名: [RESOURCES SCIENCE](#)
 年, 卷(期): 2004, 26(1)
 被引用次数: 16次

参考文献(11条)

1. [任振球; 张素琴; 李松勤](#) 干旱、沙漠化的成因探讨 1987(03)
2. [周陆生; 杨卫东](#) 青海湖流域近六百年来气候变化与湖水水位下降原因 1992(03)
3. [周陆生; 汪青春](#) 青海湖流域全新世以来气候变化的初步探讨 1997
4. [王苏民; 林而达; 余之祥](#) 环境演变对中国西部发展的影响及对策 2002
5. [李森; 董玉祥; 董光荣](#) 青藏高原土地沙漠化区划[期刊论文]-[中国沙漠](#) 2001(04)
6. [何东宁; 赵鸿斌; 张登山](#) 青海湖盆地沙地特征及风沙化趋势 1993(04)
7. [徐建华; 艾南山; 金炯](#) 沙漠化的分形特征研究[期刊论文]-[中国沙漠](#) 2002(01)
8. [徐建华; 艾南山; 樊胜岳](#) 再论人类活动对地理过程影响的定性分析模型 1995(02)
9. [周陆生](#) 青海省长期气候变化趋势及其生态环境可能影响的初步展望 2001(02)
10. [董玉祥](#) 青藏高原沙漠化研究的进展与问题[期刊论文]-[中国沙漠](#) 1999(03)
11. [青海省农业资源区划办公室](#) 青海省农业资源动态分析 1998

本文读者也读过(10条)

1. [李凤霞](#), [李林](#), [沈芳](#) 青海湖湖岸形态变化及成因分析[会议论文]-2003
2. [蒋昌丽](#), [张颖](#) 张抗抗知青小说创作风格的文本阐释[期刊论文]-[电影文学](#)2010(11)
3. [韩英](#) 语法教学的再认识[期刊论文]-[中国科教创新导刊](#)2010(28)
4. [廖小芳](#), [陈瑜](#) 农民工的政治参与[期刊论文]-[现代企业教育](#)2009(20)
5. [时兴合](#), [李生辰](#), [李栋梁](#), [苏忠诚](#), [汪青春](#), [秦宁升](#), [SHI Xing-he](#), [LI Sheng-chen](#), [LI Dong-liang](#), [SU Zhong-cheng](#), [WANG Qing-chun](#), [QIN Ning-sheng](#) 青海湖周边年代际气候振动及其对青海高原气候变化的响应[期刊论文]-[中国沙漠](#)2008, 28(5)
6. [索南多杰](#), [德旦项毛](#), [Suonanduojie](#), [Dedanhangmao](#) 论清代“环湖八族”形成的历史背景[期刊论文]-[青海民族研究](#) 2010, 21(2)
7. [温国安](#), [WEN Guoan](#) 青海湖流域生态环境恶化与成因探讨[期刊论文]-[青海大学学报\(自然科学版\)](#) 2010, 28(5)
8. [宋春晖](#), [方小敏](#), [师永民](#), [王新民](#), [SONG Chun-hui](#), [FANG Xiao-min](#), [SHI Yong-min](#), [WANG Xin-min](#) 青海湖西岸风成沙丘特征及成因[期刊论文]-[中国沙漠](#)2000, 20(4)
9. [时兴合](#), [李林](#), [汪青春](#), [刘蓓](#), [张焕萍](#), [刘振君](#), [Shi Xinghe](#), [Li Lin](#), [Wang Qingchun](#), [Liu Pei](#), [Zhang Huanping](#), [Liu Zhenjun](#) 环青海湖地区气候变化及其对湖泊水位的影响[期刊论文]-[气象科技](#)2005, 33(1)
10. [陈章进](#) 平板显示器扫描模型与理论研究[学位论文]2008

引证文献(16条)

1. [冯钟葵](#), [李晓辉](#) 青海湖近20年水域变化及湖岸演变遥感监测研究[期刊论文]-[古地理学报](#) 2006(1)
2. [许长军](#), [侯光良](#) 利用遥感和地理信息系统对青海湖环湖沙地的研究[期刊论文]-[青海大学学报\(自然科学版\)](#) 2005(3)

3. 周万福, 李凤霞, 周秉荣, 王力, 颜亮东 人工增雨补水型湿地修复技术研究[期刊论文]-草业科学 2009(12)
4. 陈晓光, 李剑萍, 李志军, 韩颖娟, 陈葆德 青海湖地区植被覆盖及其与气温降水变化的关系[期刊论文]-中国沙漠 2007(5)
5. 侯光良, 许长军 利用(RS)和(GIS)对青海湖环湖沙地分布等情况的调查研究[期刊论文]-青海环境 2005(3)
6. 张慧超, 沙占江, 张婷婷, 郭丽红, 马燕飞 20年来环青海湖区沙漠化土地的空间变化及其驱动力分析[期刊论文]-干旱区资源与环境 2011(3)
7. 常国刚, 李凤霞, 李林 气候变化对青海生态与环境的影响及对策[期刊论文]-气候变化研究进展 2005(4)
8. 李迪强, 郭焱, 朵海瑞, 武海波 青海湖流域土地覆盖时空变化与生态保护对策[期刊论文]-中央民族大学学报(自然科学版) 2009(1)
9. 唐仲霞, 王有宁 青海湖流域沙漠化现状及综合治理研究[期刊论文]-安徽农业科学 2009(5)
10. 妥进才, 陈骏, 姚素平, 季峻峰, 李一良, 张传伦 青海湖:研究地质微生物的天然实验室[期刊论文]-高校地质学报 2005(2)
11. 孙永亮, 李小雁, 许何也 近40 a青海湖流域逐日降水和气温变化特征[期刊论文]-干旱气象 2007(1)
12. 妥进才, 陈骏, 姚素平, 季峻峰, 李一良, 张传伦 青海湖:研究地质微生物的天然实验室[期刊论文]-高校地质学报 2005(2)
13. 李小雁, 许何也, 马育军, 王建华, 孙永亮 青海湖流域土地利用/覆被变化研究[期刊论文]-自然资源学报 2008(2)
14. Yongliang SUN, Xiaoyan LI, Lianyou LIU, Heye XU, Dengshan ZHANG Climate change and sandy land development in Qinghai Lake Watershed, China[期刊论文]-中国高等学校学术文摘·环境科学与工程 2008(3)
15. 储开凤, 汪静萍 中国水文循环与水体研究进展[期刊论文]-水科学进展 2007(3)
16. 张登山 青海高原土地沙漠化及其综合防治研究[学位论文]博士 2005

引用本文格式: 李凤霞, 李林, 沈芳, 伏洋 青海湖湖岸形态变化及成因分析[期刊论文]-资源科学 2004(1)