

青海湖萎缩干涸原因、发展趋势及对生态环境的影响

朱 琰, 崔广柏, 杨 珏

(河海大学水文水资源及环境学院, 江苏 南京 210098)

摘要 对青海湖萎缩干涸原因、发展趋势及其对生态环境的影响进行研究, 结果表明: (a) 该湖泊的补给水量常常入不敷出, 原因是受气候变化和人类经济活动等影响, 其中湖区所受的人类活动影响较小; (b) 湖水位的变化与人类耗用水量之间没有明显的联系, 其水位变化基本上反映了该流域内的自然气候条件的变化. 针对青海湖流域的这一特点, 采用线性扰动模型(LPM), 能较好地模拟青海湖的水位变化过程及预测未来的水位变化趋势.

关键词 生态环境 湖泊萎缩 荒漠化 线性扰动 季节有效性

中图分类号 P343 **文献标识码** A **文章编号** 1000-1980(2001)04-0104-05

1 青海湖现状

青海湖盆地位于青藏高原东北隅, 祁连褶皱带的南缘, 是喜马拉雅晚期新构造运动产生的一个断陷盆地. 流域总面积 29 660 km². 海拔高度一般为 3 200 ~ 4 800 m.

青海湖形状近似梨形, 东西长约 109 km, 南北约宽 65 km, 周长约 360 km. 水位 3 193.59 m 时, 湖面面积为 4 300 km², 湖水容积 738 亿 m³, 平均水深 21 m, 最大水深 25.5 m (1988 年实测). 湖水呈弱碱性, pH 值为 9.23, 相对密度 1.0115, 含盐量 14.134 g/L. 湖泊补给系数为 6.9.

青海湖流域处于我国东部季风区、西北部干旱区和西南部高寒区的交汇地带, 并有其自身的湖泊效应, 因而具有明显的地区性气候特点, 干旱、少雨、多风、太阳辐射强烈, 气温日差较大, 属高原半干旱高寒气候区.

湖区气温多年平均值为 -0.7℃, 最热的 7 月平均气温为 10.4℃ ~ 15.2℃, 最冷的 1 月平均气温为 -10.4℃ ~ -14.7℃, 每年 12 月至翌年 3 月湖面冰封, 冰厚最大可达 60 ~ 80 cm. 青海湖区年均气温由湖外自湖内递增.

湖区降水多年平均值为 319 ~ 395 mm, 降水量多集中在 6 ~ 8 月份, 周围山区年降水量大于 400 mm, 降水量分布特点为湖心向湖周山区递增. 青海湖区降水分布不太均匀, 湖外降水多, 湖内降水少, 湖区外围平均年降水量为 360 mm, 而湖内平均年降水量为 250 mm. 青海湖区的年蒸发量在 800 ~ 1100 mm 之间, 一般说来湖滨平原的蒸发量比湖周山地大. 青海湖区气候的另外一个特点为湖陆风盛行.

注入青海湖的河流, 流长大于 5 km 的约有 50 余条, 其中多为季节性河流. 由于湖区流域范围内西部及北部山区腹地辽阔、地势高峻, 南及东部山区狭窄低矮, 所以西北部水系较东南部发育, 其中较大的河流有 5 条, 包括布哈河、沙柳河、哈尔盖河、乌哈阿兰河及黑马河. 五条河流的年总径流量为 1.3385×10^9 m³, 占入湖地表径流量的 83%, 其余部分则为湖区其他 40 余条河流径流量的总和. 青海湖流域大部分河流为雨、雪补给型河流, 它们的流量依降水量的多少而变化, 年内分配很不均匀, 最大水量集中于 5 ~ 9 月, 占全年径流量的 85% 以上.

实测资料表明, 近 30 年来湖水位总的趋势是在波动变化中下降, 由 1959 年的 3 196.55 m 到 1988 年的 3 193.59 m, 累计下降了 2.96 m, 平均每年下降 10.2 cm. 据统计, 在 1959 ~ 1988 年中, 水位持平 and 上升年份只有 8 年, 占 27.6%, 其中多数年份水位上升小于 10 cm (6 年), 上升幅度最大的为 32 cm (1968 年), 而水位下降年数为 21 年, 占总年数的 72.4%, 其中有 17 年下降幅度超过 10 cm, 下降幅度最大的是 1978 年 (34 cm).

收稿日期 2001-03-20

基金项目 国家“九五”重点科技攻关项目 (96-912-01-01)

作者简介 朱琰 (1963—), 男, 江苏无锡人, 副教授, 硕士, 主要从事水资源水文研究.

2 青海湖萎缩原因

在西北干旱地区,湖泊的补给量常常入不敷出,究其原因 是气候变化和人类经济活动等影响.其中青海湖湖区所受的人类活动影响较小.湖周水浇地面积约 20 000 hm²,草地灌溉面积 4 000 hm²,年灌溉用水量为 0.8 × 10⁸ m³,人畜饮水量为 0.1 × 10⁸ m³.湖周耕地多半是 1958 ~ 1960 年开垦的,其后废弃不少,至今保留约一半耕地.耕地在减少,而湖水位却持续下降,这说明湖水 位的变化与人类耗用水量之间没有明显的联系.选取用水量最多的 1960 年及用水量最少的 1970 年进行比较,结果是水位下降最多的年份不是 1960 年而是 1978 年,而 1970 年水位亦无回升.青海湖年亏损水量约 4.5 × 10⁸ m³.人类活动所耗用的水量只占湖泊多年平均亏损水量的 1/5.因此,可以说青海湖区人类活动对湖泊的影响是比较小的.青海湖水位变化基本上反映了该流域内的自然气候条件的变化.

3 青海湖水位变化模拟模型及发展趋势预测

3.1 模拟模型

模拟青海湖水位变化过程,预测青海湖未来水位的变化,对我国内陆湖泊的研究具有代表性.目前,在这方面的研究主要有下列一些方法.

3.1.1 水量平衡模式

用水量平衡模式对青海湖进行逐年水量平衡和多年水量平衡的分析计算,根据入出湖水量的亏盈,来反映气候的波动.该方法较好地揭示了湖泊水位下降的原因.

3.1.2 统计相关模式

用统计相关模式建立青海湖湖面和流域陆面蒸发量与湖面和陆面降水量之间的关系,以及建立入湖径流量与陆面降水量和蒸发量之间的经验关系.利用这些经验关系求得湖面降水量、径流量及蒸发量,计算湖面水位变化过程.

针对青海湖流域的特点,采用线性扰动模型(LPM)能较好地模拟青海湖的水位变化过程并预测未来的水位变化趋势.采用 LPM 模型主要基于以下考虑:

- a. LPM 模型采用的是时间序列分析方法,而且是一个多输入单输出系统.即可考虑多个因素对系统的影响,可以用来模拟不同时间尺度的水文时间系列,如日或月的过程.
- b. 对青海湖流域来说,由于水位变化受人类经济活动影响较小,月降水及蒸发系列有十分明显的季节性,非常适合模型的要求.
- c. 以往对青海湖水位变化的研究都是采用年水文系列,而本次利用 LPM 模型对月水文系列进行了较为精细的模拟,从而能揭示出青海湖水位的年内变化过程.

3.2 线性扰动模型(LPM)的结构

线性扰动模型将水文系列分成确定性成分和随机成分两部分.其中确定性成分用系列的季节光滑值表示,随机成分为实测系列与季节光滑系列之差,即所谓扰动部分.利用下列傅立叶函数可以对水文系列进行光滑处理:

其中

$$q_d = \bar{q} + \sum_{j=1}^J \left[A_j \cos\left(\frac{2\pi jd}{N}\right) + B_j \sin\left(\frac{2\pi jd}{N}\right) \right]$$
$$\bar{q} = \frac{1}{N} \sum_{d=1}^N q_d$$
$$A_j = \frac{2}{N} \sum_{d=1}^N q_d \cos\left(\frac{2\pi jd}{N}\right)$$
$$B_j = \frac{2}{N} \sum_{d=1}^N q_d \sin\left(\frac{2\pi jd}{N}\right) \quad (j = 1, 2, \cdots, J)$$

在傅氏系数个数的选取上,需要挑选出那些对系列的总方差贡献大的部分,这些部分往往代表了系统的季节有效性.将时间序列的资料作光滑处理后,就能分离出确定性因素和随机因素.随机因素也就是扰动部分.下一步是用多元线性回归的方法来求得系统对扰动所作出的响应.

系列扰动部分输入与输出的关系为

$$X'(t) \rightarrow Y'(t)$$

为了方便,以下省略上标.对一个线性时不变系统而言,有

$$X(t) \rightarrow Y(t)$$

若 t 时刻前的扰动输入对 t 时刻的扰动输出有贡献,则二者之间的关系可以用一卷积来描述:

$$y(t) = \int_0^t x(t - \tau) h(\tau) d\tau$$

将一个水文系统概化为线性时不变系统时,必然存在误差,应加上误差项,上式经离散化后为

$$y_n = \sum_{m=0}^n x_{n-m} h_m + e_n \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

式中: e_n —— 误差项; m —— 记忆长度; y_n —— 对前 m 个时段扰动输入的响应. 将上式改写成矩阵形式为

$$Y = Xh + e$$

式中: Y, h, e —— 输出、参数、误差的矩阵; X —— 包含多个输入系列的输入矩阵.

由线性回归分析可以推导出参数矩阵的最小二乘估计为

$$h = (X^T X)^{-1} X^T Y$$

据此,就得到了系统对扰动输入的响应关系.以后对每一次的扰动输入,由此关系都可以得到相应的扰动输出,加上代表季节有效性的光滑值就得到了相应的预测值.

3.3 模拟成果及分析

本次模拟选取的模型率定期为 1959 ~ 1984 年共 26 年,模型的有效性为 80.1%,计算月水位值与实测月水位值的比较见图 1.

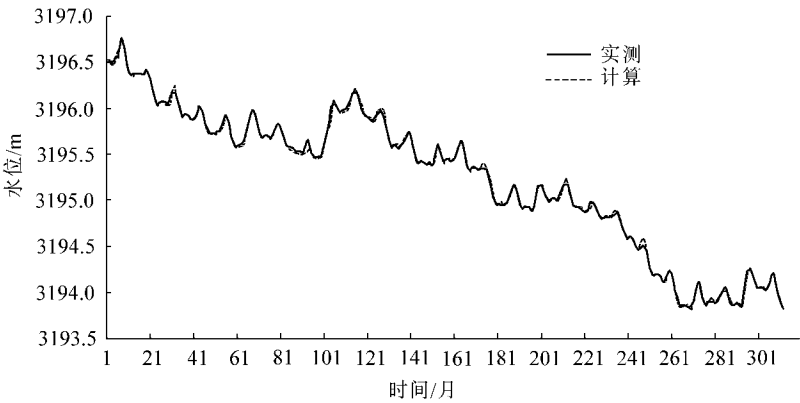


图 1 青海湖实测及计算月平均水位过程线(率定阶段)

Fig.1 Observed and calculated monthly average water level graph for Qinghai Lake(calibration stage)

本次模拟选定 1987 ~ 1988 年两年作为模型检验期,检验期模型的有效性为 84.5%,计算月水位值与实测月水位值的比较见图 2.

从图 2 中能看出,所建模型能较好地反映青海湖两年的水位变化过程.

3.4 青海湖水位变化趋势的预测

根据近 30 年青海湖的水位变化统计表明,水位变化的总趋势为波动中下降.预测某一特定年份的水位变化可采用下列计算公式:

a. 月过程预测:

$$(\Delta H)_t = (\Delta H)_d + (0.058\alpha_t + 0.13\alpha_{t-1})\Delta P - (2.822\beta_t + 2.74\beta_{t-1})\Delta T$$

式中: α_t —— 降水量年内各月所占的权重;

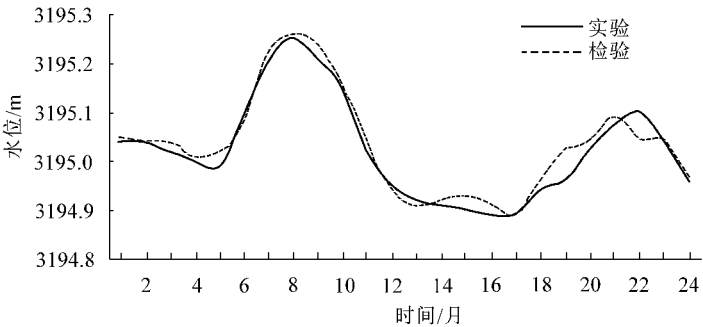


图 2 青海湖实测及计算月平均水位过程线(检验阶段)

Fig.2 Observed and calculated monthly average water level graph for Qinghai Lake(verification stage)

β_t ——蒸发量年内各月所占的权重 ; ΔP ——特定年份降水量的增幅(相对于多年平均值) ; ΔT ——气温增量.

对未来不同的气温增量和降水组合,湖水位年内的变化幅度是不同的,如图 3 和图 4 所示.图 3 为温度增加 2℃,降水量分别增加 5%,10%,15%,20% 的情况下水位的增量变化.图 4 为降水增加 10%,温度增加 0.5,1,1.5,2℃ 的情况下水位的增量变化.

b. 年预测 :青海湖年水位变化增量可用回归方程表示为

$$\Delta H = -10 + 0.188\Delta P - 5.5632\Delta T$$

利用这一回归方程,在全球变暖、气温增高 2℃ 情形下,以及不同的降水组合,预测至 2020 年的青海湖水位变化过程如图 5.

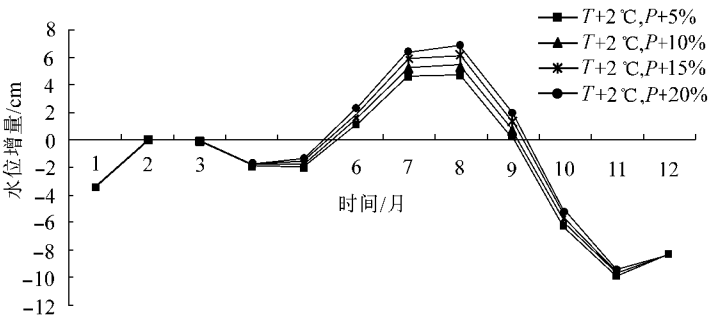


图 3 青海湖年内水位增量随降水、气温的变化情况
Fig.3 Monthly water level increment vs.precipitation and templeture of Qinhaihu Lake(1)

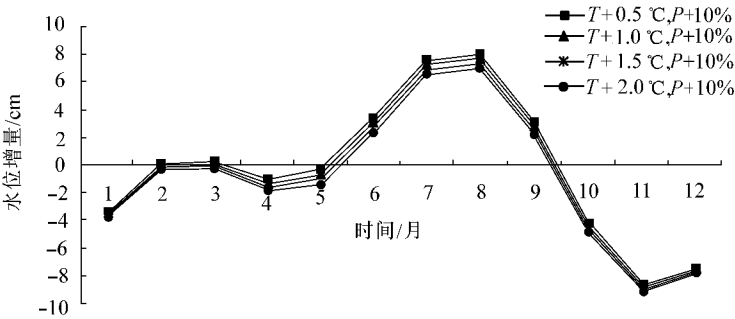


图 4 青海湖年内水位增量随降水、气温的变化情况
Fig.4 Monthly water level increment vs.precipitation and templeture of Qinhaihu Lake(2)

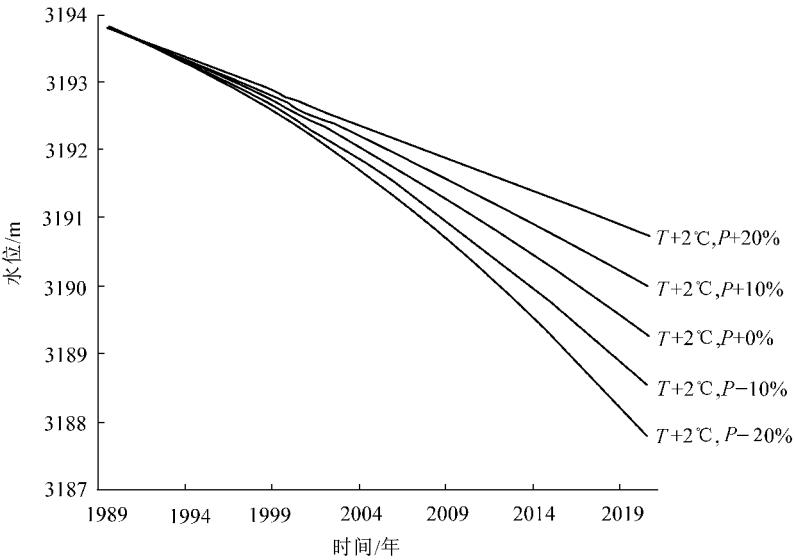


图 5 青海湖水位变化预测
Fig.5 Prediction of water level change of Qinhaihu Lake

通过从 1988 年到 2020 年进行了逐年的演算,得到了湖水位变化的一组曲线.由图5可知,今后 30 年内青海湖水位以下降为主要趋势,最不利的气候变化将使湖水位下降约 5 ~ 6 m.

4 青海湖萎缩对生态环境的影响

随着湖水位下降,湖面积进一步萎缩,湖水矿化度也在不断增加.青海湖的萎缩必定对湖区生态环境造成不利影响,并将影响到青海湖的经济发展,主要表现为:

4.1 加剧沙漠化和荒漠化

青海湖湖区总体表现有半干旱和干旱为特征的大气候背景下的荒漠化过程,主要特点是沙质地表沙漠化过程分布面积范围广、危害大、持续时间长.近年来,湖区的荒漠化现象更趋剧烈.

湖区风沙的活动范围已由原来集中于东北部地区向整个湖盆地带扩大.过去仅在湖东海宴湾南北有大片沙漠,而今在湖西岸鸟岛西北部的布哈河三角洲上已出现了大面积沙地.1956 年布哈河三角洲前沿还没有沙丘,但现已形成约 13 km² 的沙丘地带.

4.2 渔业资源减少

近 30 多年来,青海湖的渔业资源结构发生了明显的变化,产量急剧下降,个体明显减小,种群结构低龄化.除了造成青海湖渔业资源急剧下降的重要原因,即过度捕捞外,本区气候变化以及造成青海湖裸鲤鱼产卵环境极度恶化的人类活动影响以外,湖水矿化度的增加也对渔业资源造成了不利影响.

4.3 鸟类栖息环境恶化

驰名中外的鸟岛位于青海湖的西部、布哈河三角洲的前端,由蛋岛和海西皮组成.自 1959 年至 1988 年的 30 年间,青海湖水位下降了 2.96 m.水位的大幅度下降,导致湖面萎缩,使鸟岛西侧的湖底沙地露出水面,形成了连接鸟岛与西面湖滨滩地的陆桥,1972 年起造成鸟岛连陆,至 1979 年鸟岛已完全连陆,至今已发展为距湖岸 80 余米的沙丘状半岛,闻名遐迩的鸟岛现已不复存在.由于鸟岛连陆,使鸟岛上鸟类的栖息环境恶化,鸟的种类和数量急剧减少.

4.4 影响植物群落的演替

植物演替的发生往往与其所处的环境条件的变化密切相关,受到温度、湿度和土壤理化性质的影响.湖滨平地带的土壤性质直接受湖水位的影响.随着青海湖的萎缩,湖水位不断下降,湖滨平原的植物群落也不断发生演替,给以牧业为主的经济带来长期的不良后果.

参考文献:

[1] Nash J E,Foley J J.Linear models of rainfall-runoff systems[M].USA :Copy by Water Resources Publications,1982.30 ~ 200.
[2] Dooge J C I.Linear theory of hydrologic systems[M].USA :Department of Agriculture,Technical Bulletin No.1468,1973.1 ~ 10.
[3] 朱琰,崔广柏,杨珏.线性扰动模型在长江中下游洪水预报中的应用[J].人民长江,1993(4) :36 ~ 40.
[4] 王洪道,窦鸿身.中国湖泊资源[M].北京:科学出版社,1989.1 ~ 100.

Causes of Shrinking and Drying up of Qinghaihu Lake, Trend of Development and Its Impact on Ecological Environment

ZHU Yan,CUI Guang-bai,YANG Jue

(College of Water Resources and Environment , Hohai University ,Nanjing 210098,China)

Abstract Qinghaihu Lake is the largest saltwater lake in the northwestern arid region of China. Recharge to the lake basin is often less than the losses, resulting in the shrinking and drying up of the lake. The main causes of climatic changes and human economic activities are identified, and of the two factors, the latter has less effect on the lake. Researches show that the water level variation is not clearly related to water consumption by human beings, but basically reflects the changes of climatic conditions within the basin. According to this characteristic, the linear perturbation model (LPM) is adopted in this paper to simulate the process of water level variation of the lake and to predict its trend in the future.

Key words ecological environment ;lake shrinking ;desertification ;linear perturbation ;seasonal effectiveness