

滇池水位变化趋势及影响因素初步分析

朱珊珊^{1,2}, 姚林³

(1. 云南省水文水资源局昆明分局, 云南 昆明 650051; 2. 河海大学, 江苏 南京 210098;
3. 云南省电力设计院, 云南 昆明 650051)

摘要: 近年来,滇池富营养化加剧,水质下降,水量不足,已成为国家重点治理的“三河三湖”之一。湖泊水质变化与水位变化密切相关,本文采用 Mann-Kendall 非参数检验方法对滇池(海埂)站 1970-2010 年水位的变化趋势进行分析,并初步探讨了影响滇池水位变化的主要因素。结果表明:自 1989 年以来,滇池水位上升趋势明显,蒸发、淤积和人类活动是影响水位上升的主要因素,而降雨对水位变化影响相对较小。

关键词: 滇池; 水位; Mann-Kendall 非参数检验方法

中图分类号: TV131.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-643X(2012)02-0182-03

Analysis on the variation trend and affecting factors of water level in Dianchi Lake

ZHU Shanshan^{1,2}, YAO Lin³

(1. Kunming Branch, Yunnan Bureau of Hydrology and Water Resources, Kunming 650051, China;
2. Hohai University, Nanjing 210098, China; 3. Yunnan Electric Power Design Institute, Kunming 650051, China)

Abstract: In recent years, Dianchi Lake has become one of the national key treatment project, and one of the three most polluted rivers and three lakes for its increasing eutrophication, declining in water quality and water shortage. The water quality closely related to the water level of the lake. In this article, the main factors, which affect the water level, were preliminary studied based on the analysis of the water level changing trends from 1970 to 2010 at Haigeng station by using Mann-Kendall, one of nonparametric test methods. The results showed that Dianchi lake water level has been rising significantly since 1989, which is caused mainly by evaporation, siltation and human activities, rather than rainfall.

Key words: Dianchi lake; water level; Mann-Kendall nonparametric test method

1 概述

滇池位于昆明市西南区,古称“滇南泽”,是云南省面积最大的高原湖泊。滇池位于东经 102°36'~102°48',北纬 24°40'~25°02'之间,湖面面积约 330 km²,湖体略呈弓形,弓背向东,湖面南北长 40 km,东西均宽 7.5 km,最宽处 12.5 km,湖岸线长 163 km,平均水深 4.4 m。近年来滇池水体自净能力减弱、水质下降、水量不足,这些问题的出现与滇池水位的变化密切相关。

滇池水位的变化直接关系到昆明市的用水安全,分析滇池水位的变化趋势和原因,对于昆明市的防洪排涝、科学治理滇池和用水安全具有重要的意义。

2 资料与方法

2.1 资料的选用

本文以滇池现有的 3 个水位控制站,即东岸的海埂站,西岸的中滩站和北岸的大观楼站的观测数据为依据,收集整理了滇池(海埂)站 1970-2010 年的实测水位资料、降水、蒸发资料和湖底高程资料。采用线性分析和 Mann-Kendall 非参数检验方法,分析其变化趋势,讨论可能的影响因素,为昆明市水资源开发利用与管理提供参考依据。

2.2 Mann-Kendall 非参数秩次相关检验法

Kendall 非参数秩次相关检验法常用于流量、降水、水质和气温序列资料的变化趋势检验。与传统参数统计检验法相比,非参数检验法更适用于非正态分布或存在奇异点、资料不完整的序列,因此,

Mann - Kendall 检验法在水文气象领域具有相对较为广泛的应用^[1-3]。Mann - Kendall 非参数检验方法的计算过程如下:

对于水文序列 x_i , 先确定所有对偶值 ($x_i, x_j; j > i, i = 1, 2, \dots, n-1; j = i+1, i+2, \dots, n$) 中的 $x_i < x_j$ 的出现个数 p , 对于无趋势的序列, p 的数学期望值为:

$$E(p) = n(n-1)/4 \quad (1)$$

构建 Mann - Kendall 秩次相关检验的统计量:

$$U = \tau / [V_{\tau}(\tau)]^{1/2} \quad (2)$$

式中: $\tau = \frac{4p}{n(n-1)} - 1$, $V_{\tau}(\tau) = \frac{2(2n+5)}{9n(n-1)}$, n 为序列样本数。

当 n 增加时, U 很快收敛于标准化正态分布。假定序列无变化趋势, 当给定显著水平 α 后, 可在正态分布表中查得临界值 $U_{\alpha/2}$, 当 $|U| > U_{\alpha/2}$ 时, 拒绝假设, 即序列的趋势性显著。

3 结果与讨论

3.1 滇池水位变化特征

滇池(海埂)站多年平均水位为 1 886.67 m, 历年最高年平均水位为 1 887.71 m, 其出现在 1997 年, 历年最低年平均水位为 1 884.97 m, 其出现在 1960 年。2010 年年平均水位为 1 886.79 m, 其中, 最高水位 1 887.37 m, 最低水位 1 886.37 m, 与云南大旱前一年 2008 年相比, 年平均水位、年最高水位、年最低水位同比分别下降 0.43、0.07、0.58 m。滇池湖水位年际变化大, 每年最低水位一般出现在 5-7 月, 其中 50% 出现在每年的 5 月份, 27.5% 出现在每年的 6 月份, 15% 出现在 7 月份; 最高水位一般持续性在 11-1 月, 其中 25% 出现在 1 月份, 32.5% 出现在汛末 11 月及 12 月份。

为方便分析, 本文通过计算滇池(海埂)站 1970-2010 年水位的多年均值和均方差, 定义了三种水平年:

$$\text{水位正常年份: } \bar{H} - \delta < H < \bar{H} + \delta$$

$$\text{水位偏低年份: } H \leq \bar{H} - \delta$$

$$\text{水位偏高年份: } H \geq \bar{H} + \delta$$

式中: H 为每年的年平均水位; \bar{H} 为多年平均水位; δ 为年均水位的均方差。

1970-2010 年期间, 滇池湖水位偏高 8 a, 偏低 6 a, 持平 26 a。1990 年以前, 水位在一个较低的范围内变动, 特别是 1989 年的最高、最低及年平均水位均达到历史最低值, 1990 年后水位呈明显的上升趋势。按 10 年滑动平均值计, 滇池(海埂)站 20 世纪 70、80 年代平均水位在 1 886.36~1 886.37 m 之

间波动, 20 世纪 90 年代平均水位为 1 886.92 m, 进入 21 世纪以来平均水位抬升至 1 887.03。图 1 给出了滇池(海埂)站 1970-2010 年的年平均水位、最高水位和最低水位的线性趋势。由图 1 可看出滇池水位上升趋势明显。其中, 最低水位线性升高率最大, 约为 0.028 m/a; 年平均水位线性升高率居中, 约为 0.024 m/a; 最高水位线性升高率最小, 约为 0.019 m/a。

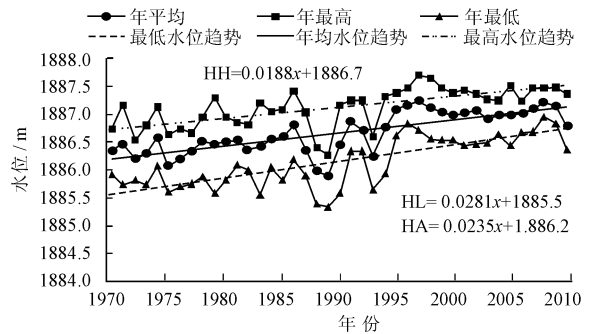


图 1 滇池年最高、年最低和年平均水位的历史变化

3.2 滇池水位变化趋势显著性诊断

本文采用 Mann - Kendall 非参数检验方法诊断 1970-2010 年滇池(海埂)站的年平均水位、年最高水位和年最低水位 3 个要素的历史变化趋势, 图 2 给出了 3 个要素的 M - K 统计量的变化过程。由图可以看出: ①到 2010 年, 滇池最高、最低、和年均水位的 M - K 统计值分别为 3.9、4.8、4.7, 均超过显著水平为 0.05 的临界值 1.96, 这说明滇池的水位呈现显著的升高趋势。②自 1989 年以来, 滇池水位总体持续升高, 其中, M - K 值在 1995 年前后超过显著水平为 0.05 的临界值 1.96, 上升趋势明显。

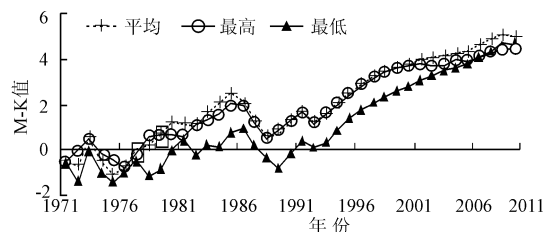


图 2 滇池年最高、最低和年平均水位变化趋势的诊断结果

3.3 滇池水位变化影响因素

(1) 降水和蒸发。滇池水位的多年变化, 一般是与滇池流域降水和入湖径流量成正比而与流域蒸发量成负相关^[4]。滇池流域多年平均降雨量为 1 003.5 mm, 年平均蒸发量为 1 409 mm, 降水小于蒸发。流域内降水量年际变化较大, 该流域降水经历了 1970-1981 年的减少期, 1981-1985 年的增长期, 1985-1990 年的减少期、1990-2000 年的增

长期和2000-2010年的减少期,年降水量变差系数 C_V 值在0.14~0.16之间。对海埂站1970-2010年降水和蒸发(E601)做趋势分析,如图3。从图中可看出,各年段降水无明显的增减趋势,年均减少1.3 mm,因此降水对湖水位变化影响不大。而E601蒸发量则有明显的减少趋势,年均减小11.8 mm。参考类似地区资料,E601型蒸发器的水面蒸发折算系数取0.85,则湖水蒸发量年均减小10 mm,蒸发量的减小使湖水蒸发损失减小,在其它条件都不变的情况下,蒸发减少使水位年均升高约10 mm,约为湖水位年均升高量(23 mm)的43%。蒸发、降水的共同作用使得湖水位年均升高8.7 mm,约为湖水位年均升高量的38%。因此水面蒸发量的减小对湖水位的升高有很大作用,是湖水位升高的原因之一。

(2)湖泊淤积。湖泊泥沙等的淤积也是影响水位变化的因素之一。为分析滇池水位抬升是否受湖底淤积的影响,本文采用滇池水位-库容曲线和水位-面积曲线求出滇池相对水深,从而推算湖底平均高程并做滇池湖底平均高程变化趋势图(图4)。

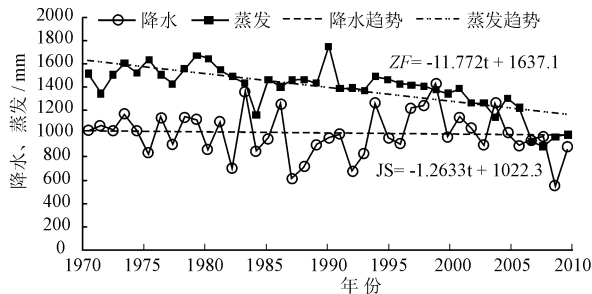


图3 滇池(海埂)站降水、蒸发趋势图

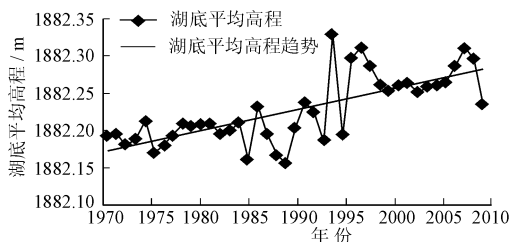


图4 滇池湖底平均高程变化趋势图

从图4中可以看出湖底平均高程呈现上升趋势,但变化范围不大。由于水位-库容和水位-面积曲线的绘制年限的时间因素,以及其滇池(海埂)站仅为滇池东岸水位控制站,滇池淤积是否呈整体上升趋势仍然是需要进一步研究的问题。但滇池局部地区的淤积逐年上升表明淤积是影响水位抬升的重要因素之一。

(3)来水和出流。滇池流域多年平均陆地天然入湖水量为6.65亿 m^3 。1995年以前,海口河为滇池主要出流,1996年建成的西元隧洞为滇池增加了

另一出流通道,据海口(大烟冲)水文站和西园隧洞出流资料统计,滇池多年平均出湖水量为4.286亿 m^3 。由于滇池流域水资源匮乏,加之滇池湖水置换周期长,滇池沿岸农业灌溉用水增多,年平均弃水量只有1.49亿 m^3 ,仅为滇池蓄水量的11%^[5]。滇池弃水量逐年减少也是影响湖水位抬升的因素之一。

(4)人为因素。伴随昆明城市化进程的快速推进,特别是从20世纪80年代开始,随着滇池地区人口增加和社会经济的不断发展,城区面积增加,城市不透水性铺砌面和城市管网建设的推进,滇池流域蒸散发量减少,汇流速度加快,地表径流增加。

“滇中引水”工程建设快速推进,如:2007年掌鸠河引水工程竣工通水,每天向昆明供水80万 m^3 ,余水可进入滇池;目前正在建设中的清水海引水工程,年引水总量为1.7亿 m^3 。即将完工的清水海一期工程,每年可向昆明城区输水1.04亿 m^3 ,平均每天供水约25万t,这些引水工程在减少滇池用水量的同时也一定程度上使入湖径流增加,水位上升。

4 结 语

滇池治理,举世关注。昆明市委市政府强抓滇池治理工作,清污分流、环湖截污、入滇河道治理等初见成效,但是滇池污染成因复杂,治理滇池任重道远,水位变化是湖泊演变的主要问题之一。Mann-kendall检验结果表明:滇池1970-2010年的年最高、年最低和年平均水位均超过显著水平为0.05的临界值1.96,近40年来滇池水位呈现显著的上升趋势,这是滇池治理中急需关注的问题。蒸发、淤积和人类活动是影响水位上升的主要因素,而降雨对水位变化影响较小。

参考文献:

- [1] Hirsch R M, Slack J R. Non-parametric trend test for seasonal data with serial dependence[J]. Water Resource Research, 1984, 20(6): 727-732.
- [2] Gan T Y. Hydroclimatic trends and possible climatic warming in the Canadian Prairies[J]. Water Resource Research, 1998, 34(11): 3009-3015.
- [3] Douglas E M, Vogel R M, Kroll C N. Trends in floods and low flows in the United States: impact of spatial correlation[J]. Journal of Hydrology, 2000(240): 90-105.
- [4] 吴兆录. 滇池流水位的变化和控制[J]. 云南环境科学, 1989, 18(3): 44-50.
- [5] 张秀川, 黄波. 滇池水资源保护战略[J]. 云南环境科学, 2004, 23(增刊): 94-96.