

青海湖近 600 年的水位变化

冯松¹ 汤懋苍¹ 周陆生²

(1: 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 兰州 730000; 2: 青海省气象台, 西宁 810001)

提 要 根据王苏民^[4]给出的青海湖深水区重力岩芯的密集采样结果, 重建了青海湖近 600 年的水位变化. 发现水位变化与降水关系密切, 水位的升降时段与降水的丰枯时段相对应. 600 年来青海湖区的环境变化有 180 年左右的周期.

关键词 青海湖 水位变化 气候变化 近 600 年

分类号 P343.3

根据汤懋苍等^[1]的研究结果可知, 在年代际时间尺度上, 青藏高原北部和西部的气候变化属于“暖干、冷湿型”, 此种气候变化型对封闭湖泊的水位变化影响强烈. 近代气候的干暖化使高原西部和北部的湖泊正以不同的速度经历着萎缩过程^[2,3]. 青海湖的水位观测从 1956 年才开始, 对较长时间尺度的研究, 只能靠代用资料. 根据青海湖深水区沉积岩芯的密集采样结果^[4], 作者对青海湖 600 年来的水位变化作了进一步的分析, 并对其与气候变化的关系进行了初步探讨.

1 水位变化曲线的重建

通过对重力岩芯沉积的采样分析, 王苏民等^[4]对青海湖近 600 年来的环境变化进行了初步的推断(图 1). 该图中各种成分变化所反映的气候变化有时并不一致, 如各成分谷值出现的时间有时相差 30—50 年. 在某些情况下甚至可能出现相反的情况, 如 1900 年左右沉积物粒径与总碳酸盐变化相反; 1920 年左右 Sr/Ba 与 Ca/Mg 的变化相反. 王苏民等^[5]指出, 湖泊沉积中各环境指标之间的关系十分复杂, 单项指标都或多或少带有混合性. 这些给分析带来了一定的困难. 作者对图 1 中各要素的变化进行了综合分析. 若假定青海湖各沉积元素对环境变化(如气候变化、水位变化)的响应是同时的, 则可对青海湖中沉积资料(见图 1a—e 中折线)进行三次样条插值, 插值时间间隔为 10 年(因为各元素的分辨率约为 10 年). 插值结果见图 1a—e 中圆点. 为了便于比较, 将插值结果进行标准化处理, 再相加求平均得图 1f, 它是图 1a—e 的综合结果, 可称其为青海湖的环境指数(简称 QEI).

王苏民等^[4]的分析表明, 青海湖近 600 年来有 5 次湖泊相对扩张、水位上升、湖水趋于淡化的阶段. 它们分别发生在公元 1398、1528、1688、1778 和 1898 年(标于图 1f). 将它们与 QEI 曲线相对比, 可见这五次水位上升的时段与 QEI 小于 -0.4 的 5 个极小值段刚好一一对应, 仅 1898 年 QEI 超前十几年. 自 1880 年以后, QEI 逐渐增大, 这与近百年来青海湖水位逐渐降低是一致的(图 2a).

• 国家重点基础研究专项经费资助、中国科学院青藏高原研究项目(G1998040800, KZ95T-06)成果.

收稿日期: 1999-09-20; 收到修改稿日期: 2000-03-01. 冯松, 男, 1971 年生, 博士, 现在美国 Nebraska 大学工作.

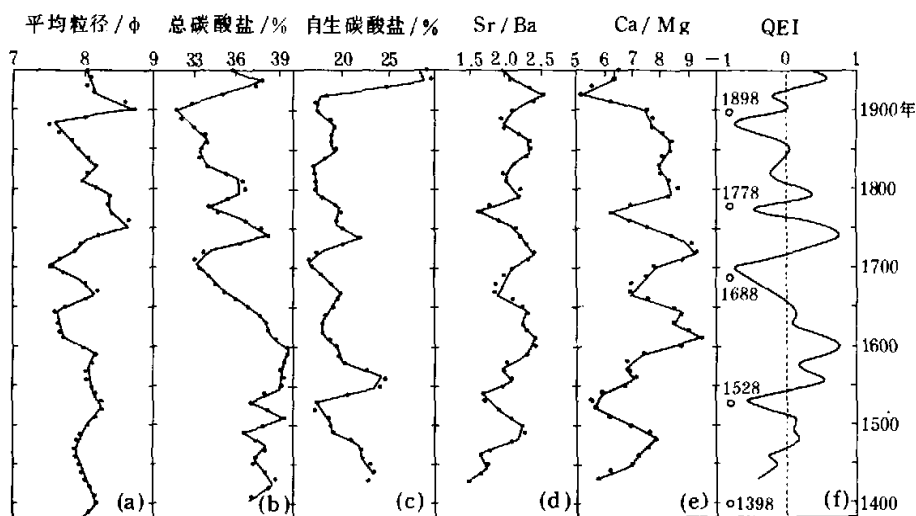


图1 青海湖沉积物平均粒径(a);碳酸盐总量(b);自生碳酸盐(c);Sr/Ba(d);
Ca/Mg(e)^[4]及其综合指数曲线(f)

· 为三次样条插值结果; ○ 为湖泊相对扩张,水位上升,湖水趋于淡化的阶段^[4]

Fig. 1 Mean diameter of sediment particles (a); Total carbonate (b); Authigenic carbonate (c);
Sr/Ba (d); Ca/Mg (e); and Integrated index curve (f) in Qinghai lake

陈克造等^[6]根据国外学者的考察结果,推测 1884—1886 年的水位为 3206.6m, 1893—1894 年的水位为 3206.5m, 1927 年的水位为 3205m. 施雅风等^[2]根据俄国学者的考察结果,推测 1908 年青海湖水位为 3205m. 这似乎表明在 1908—1927 年间,青海湖水位处于基本稳定阶段. 它与本世纪最初 20 年高原气候处于冷期是一致的^[1]. 根据这些考察结果,可线性内插得到 1885 至 1957 年青海湖的水位值,再求出每 10 年平均值(图 2a),可求得 1880s—1950s 青海湖的水位变化与 QEI 的线性相关为 $-0.80 (n=8)$, 达到了 99% 的置信度水平. 据此建立 QEI 与水位的线性回归方程,就可大致推断青海湖水位近 600 年来的变化特征(图 2b). 从图可见,600 年来青海湖水位呈波动变化,1530s, 1710s 和 1890s 出现了三个极高水位,1600s, 1760s 和 1980s 出现了三个极低水位. 这就是说,青海湖水位有一个 180 年左右的准周期变化. 水位下降期较短(<100 年),水位上升期较长(>100 年). 若按此外推,21 世纪似是水位上升期. 将其与近 600 年高原北部的温度变化曲线相对照^[7],可见水位上升段与低温期对应;水位下降与高温期对应. 1920—1980 年水位下降了约 11m,这一时段刚好与 600 年来的最高温段相合. 根据施雅风^[8]和张彭熹^[9]给出的青海湖全新世以来的水位估算,可求出青海湖水位不同时段每百年的变化速率(图略),结果表明:全新世以来,青海湖每百年水位变化超过 10m 的现象是经常发生的,甚至有每百年水位变化超过 30m 的时段. 表明近 600 年来青海湖水位变化的幅度在历史上曾多次出现过.

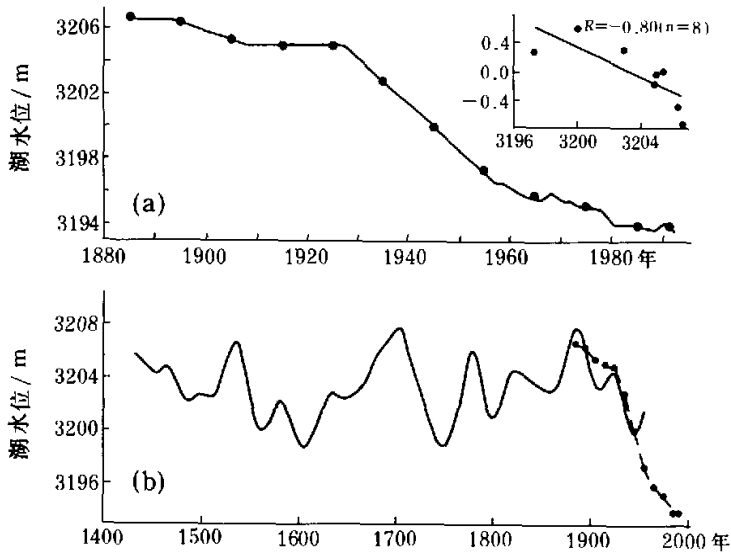


图 2 青海湖近百年(a)和近 600 年(b)水位变化的重建曲线

Fig. 2 Level fluctuation in Qinghai Lake during the last 100 years (a) and 600 years (b)

2 青海湖环境变化的多尺度特征

对时间序列的分析,过去常用 Fourier 变换,但 Fourier 分析是一种纯频域分析,在时空域中没有任何分辨率,不能用作局部分析,故不能反映不同尺度的特征.为了克服上述缺点,子波分析技术应运而生.子波分析既保留了 Fourier 分析的优点,又弥补了它的不足,它从有限个具有正则性与振动性的子波函数出发,通过平移和展缩,为 L^2 空间提供了一类新的正交基—子波正交基.从本质上讲,子波分析是一种局部和带有多种尺度的 Fourier 分析,故其在时空域具有良好局部化性质.传统上使用 Fourier 分析的地方,都可以用子波分析取代.现在人们已构造出了多种子波函数,本节主要使用 Morlet 子波^[10]来分析 QEI 的多尺度特征.

图 3a 给出了 Morlet 子波的实部,其中的阴影部分表示子波实部为正值.可见 QEI 近数十年来的正位相是 40a、100a 和 160a 以上周期相互叠加的结果.从图上可看到,近 600 年来 QEI 各正负位相的周期是不一样的,其影响因子也应该不一样.

从 QEI 的子波功率谱可以更清楚地看出周期强弱随时间的变化(图 3b).为方便计,作者用蒙特卡罗方法对局域子波功率谱进行了显著性检验^[10],图中粗实线所包围的部分为超过 0.1 显著水平的周期.可见近 600 年来最为显著的是 180 年左右的周期,这与太阳活动的双世纪周期是一致的. Yu 等^[11]对北美大平原地区近 2100 年以来湖泊沉积资料进行了分析,也发现了约 200 年的周期.另外 1650—1850AD QEI 有较为显著的年代际及百年尺度的周期,而在其它时段,这种周期不显著.

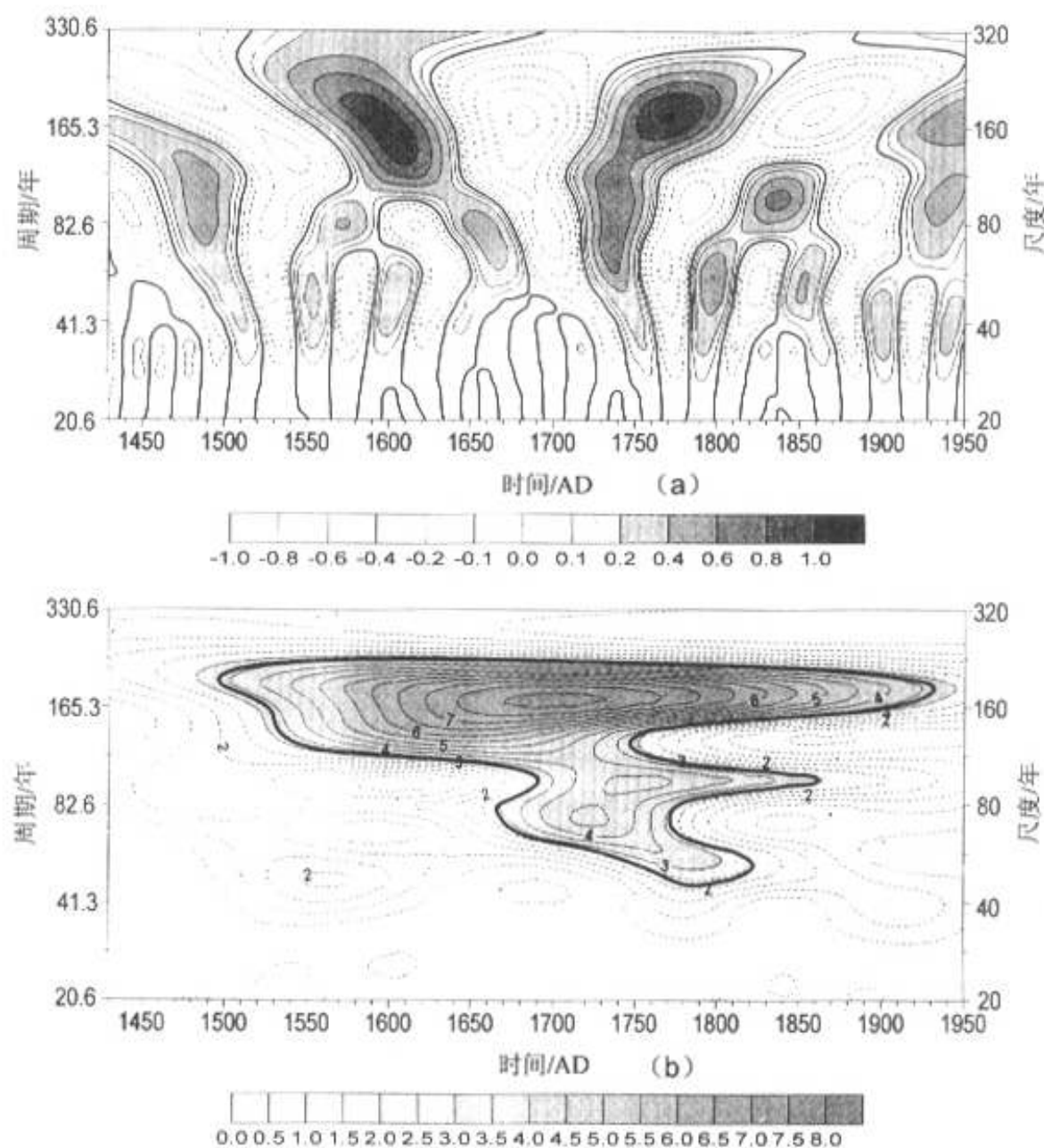


图3 青海湖环境指数(QEI)的子波实部(a)和子波功率谱(b)

Fig. 3 The wavelet real part (a) and power spectrum (b) of Qinghai Lake environment index

3 与降水变化的关系

周陆生等的研究表明^[23], 乌兰树轮指数能较好地代表青海湖区年降水的变化. 为了突出低频变化特征, 先对该指数每 10 年为一组求平均, 再进行 3 点二项式平滑得图 4b. 可见, 青海湖的五次水位上升的时段与降水增多时段一一对应, 水位下降时段则与降水减少相对应. 另外, 从乌兰树轮指数的变化(图 4b)可知, 1650—1900 年左右, 青海湖区降水有较明显的年代际和百年尺度波动, 而其它时段则是更长时间尺度的周期占优势, 这与 QEI 百年及年代际振荡

在 1650—1850 左右较强(图 3)是一致的,1650—1900 年间,正是小冰期的极盛期(仅 18 世纪略为温暖),而此时段也是我国气候变化最不稳定的时候,大旱大涝频繁发生^[13,14]。张德二等^[15]也指出在温度较为寒冷的时段,我国降水发生突变的次数明显增加。由此看来,青海湖环境变化对气候变化的响应是非常强烈的。

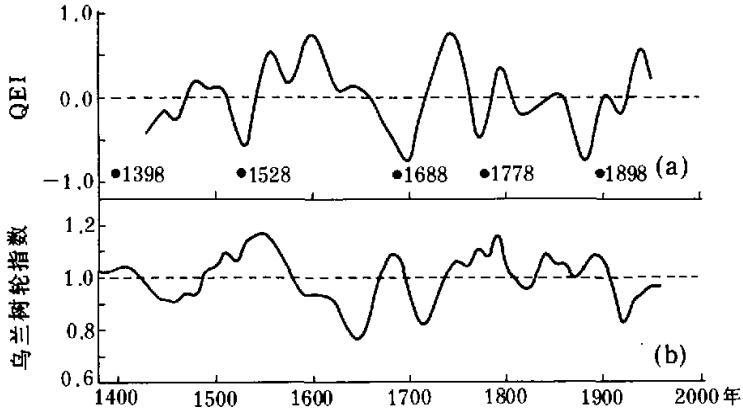


图 4 青海湖近 600 年 QEI(a)与乌兰树轮指数(b)的变化

Fig. 4 The QEI (a) and tree ring index in Wulan (b) during the last 600 years

4 小结

通过对近 600 年青海湖高分辨率沉积的分析,主要得出了如下几点结论:

(1) 半定量地建立了近 600 年青海湖区环境指数,并利用其与近百年水位变化的关系,初步建立了青海湖近 600 年的水位变化序列。

(2) 600 年来青海湖的环境指数与高原北部的降水密切相关,水位上升的时段与降水多期相对应,反之,则与少雨时段相对应。

(3) 近 600 年青海湖区的环境变化具有 180 年左右的周期,在 1650—1850 年间年代际变化也较为明显,与高原北部的降水相一致。

参 考 文 献

- 1 汤懋苍,白重媛,冯 松等. 本世纪青藏高原气候的三次突变及天文因素的相关. 高原气象,1998,17(3):250—257
- 2 Shi Y F, Ren J W. Glacier recession and lake shrinkage indicating a climatic warming and drying trend in central Asia. *Annals of Glaciology*, 1990, 14:261—265
- 3 李世杰,李万春,夏威岚等. 青藏高原现代湖泊变化与考察报告. 湖泊科学,1998,10(4):95—96
- 4 王苏民,李建仁. 湖泊沉积—研究历史气候的有效手段——以青海湖、岱海为例. 科学通报,1991,36(1):54—56
- 5 王苏民,张振克. 中国湖泊沉积与环境演变研究的新进展. 科学通报,1999,44(6):579—587
- 6 陈克造, J M Bowler, K Kelts. 四万年来青藏高原的气候变迁. 第四纪研究,1990,(1):21—31
- 7 冯 松,姚檀栋,江 灏等. 青藏高原近 600 年的温度变化. 高原气象,2000,19(4)
- 8 Shi Y F, Kong Z, Wang S M, et al. Mid-Holocene climates and environments in China. *Global and Planetary Change*,

- 1993, 7:219-233
- 9 张彭熹,张保珍,钱桂敏等. 青海湖全新世以来古环境参数的研究. 第四纪研究,1994,(3):225-238
- 10 Torrence C, Compo G P. A practical guide to wavelet analysis. *Bulletin Amer Meter Soc*, 1998, 79(1): 61-78
- 11 Yu Z, Ito E. Possible solar forcing of century-scale drought frequency in the northern Great Plains. *Geology*, 1999, 27(3):263-266
- 12 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. 见:孙国武主编. 中国西北干旱气候研究. 北京:气象出版社,1997. 20-26
- 13 冯 松,汤懋苍. 太阳活动百年尺度的跃变与气候跃变的相关分析. 高原气象,1998,17(3):266-270
- 14 Zheng S Z, Feng L W. Historical evidence on climatic instability above normal in cool periods in China. *Science in China (B)*, 1986, 29(4):441-448
- 15 张德二,刘传志,江剑民. 中国东部 6 区域近 1000 年干湿序列的重建和气候跃变分析. 第四纪研究,1997,(1):1-11

Level Fluctuation in Qinghai Lake During the Last 600 Years

FENG Song¹ TANG Maocang¹ ZHOU Lushen²

(1:Lanzhou Institute of Plateau Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China;
2:Qinghai Meteorological Bureau, Xining 810001, China)

Abstract

According to the high resolution sediment data reveal by a core in deep water area in Qinghai Lake, the fluctuation of lake level in the last 600 years is reconstructed. The results show that the fall of Qinghai Lake level was more than 9m in the first half of 18th century. Moreover, there is a close relationship between lake level and climatic fluctuations in century time scale. The rises and falls of lake level are more or less in line with the wet and dry stages in the last 600 years. Wavelet analysis results indicate that the environment in Qinghai Lake has a quasi 180 year cycle during the research period.

Key Words Qinghai Lake, lake level, climatic fluctuation, last 600 years