

青海湖水位变化与湖区气候要素的相关分析

马 钰

(青海省气象局, 西宁 810001)

摘要 对湖区现有气象和水文资料作相关分析后得出,影响青海湖水位或水量的主要气象因子是前期降水量、当年蒸发量、水汽压饱和差及融冰期开始后的气温。影响湖周水系流量的气象因子则视发源地远近而异:源于近处的短程河溪的流量受制于当时降水量;源于冰山雪岭的较长河流的流量,由发源地及其流域的固态水储量和当时热状况而定。

关键词 青海湖 水位 气候 相关分析

长期以来,青海湖呈现萎缩趋势。本世纪50年代中期到现在,水位平均每年以近11cm的速度下降着,湖面缩小300km²,已引起严重的生态环境问题,诸如湖周40%的草场退化,牧草生产水平和牲畜品质下降等^[1~3]。青海湖水位下降的原因及生态环境变化,已引起有关学者的关注^[4~10],但专门针对水位变化与湖区现代气候要素的关系的分析并不多。

考虑到青海湖周围气象台站的记录长度和完整性,兼顾各个方位,我们选择刚察、天峻、茶卡、共和、湟源等五站作为湖区的代表。水文资料来自青海水文总站。本文以1959~1988年的历年正规气象、水文记录为依据(降水资料自1958年),计算时用历年各月的合计(降水、蒸发)或平均(风速、气温、水汽压)值,通过综合分析探讨气候要素与青海湖水位的关系。

1 气候因子的选取

青海湖区(含水域、流域)为一封闭的内流水系,由水分收支理论^[11]可知,在水分封闭的区域,某一定时期(如季或年)留存于湖区的地表水、地下水,主要是由同期内该区域的降水量与蒸发量决定的。因此,选取因子将围绕降水与蒸发展开。

气温、风速和空气含水量的多少将直接影响蒸发量,从而间接影响湖水位。湖水位与湖区水系上游的固态水(含积雪、结冰)储量及暖季的融冰(雪)量有关,分析时还选取了前期的降水量以及融冰期气温、 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温等因子,经筛选后得10个候选项(表1)。

2 计算

2.1 统计方法

为简便地从10个自变量中选取一些对水位方差贡献显著的变量建立方程,采用求解正规方程与检验自变量回归效果显著性同时进行的逐步回归分析方法^[12]。设水位为 Y ,影响因子(气候要素)有 X_1, X_2, \dots, X_m ,通过引入与剔除的双向 F 检验,从 m 个候选因子中选出 p 个重要因子,建立方程:

收稿日期:1993-10-23;接受日期:1995-06-12。

作者简介:马钰,男,1939年生,工程师。1963年北京气象专科学校毕业。现主要从事气候分析工作。

表 1 气候因子与湖水位、河流量的关系
Tab. 1 Relationships between climatic factors, lake water level and river flow

代号	代表因子(历年值)	资料年代	湖周五站平均值与湖水位的相关系数	刚察气候因子与沙柳河流量的相关系数	刚察气候因子与布哈河流量的相关系数
X_1	年平均气温(℃)	1959~1988	0.44	0.80	0.44
X_2	年降水量(mm)	1959~1988	0.26	0.64	0.45
X_3	上一年降水量(mm)	1958~1987	0.59	0.25	0.80
X_4	年均水汽压饱和差(hPa)	1959~1988	0.48	0.70	0.43
X_5	年蒸发量(mm)	1959~1988	0.51	0.65	0.56
X_6	4月平均气温(℃)	1959~1988	0.26	0.23	0.18
X_7	5月平均气温(℃)	1959~1988	0.39	0.90	0.50
X_8	年平均风速(m/s)	1959~1988	(27)	(29)	(29)
X_9	年 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温(℃/a)	1959~1988	(26)	(29)	(6)
X_{10}	5~9月平均气温(℃)	1959~1988	(29)	0	(7)
Y	湖水位(cm)或河流量($10^8\text{m}^3/\text{a}$)	1959~1988			

* 湖水位是指 5~9 月平均水位差;相关系数栏中打()号者未通过 0.10 的置信度检验。

$$\hat{Y} = b_0 + \sum_{i=1}^p b_i X_i \quad (1)$$

其中, $b_i = r_{iy} \frac{\delta_y}{\delta_i}$, $b_0 = \bar{Y} - \sum_{i=1}^p b_i \bar{X}_i$, $\delta_y = S_{yy}^{1/2}$, $\delta_i = S_{ii}^{1/2}$ ($i = 1, 2, \dots, p$)。以下计算中,复相关系数 $R = (1 - r_{xy}^2)^{1/2}$; 剩余标准差 $SE = \delta_y r_{xy}^{1/2} (n - p - 1)^{-1/2}$ 。

2.2 依变量Y的选择

在计算之前,先用刚察单站资料进行试验。 Y 取历年 5~9 月平均水位(Y_t),相邻两年 5~9 月平均水位升降值($Y_t - Y_{t-1}$)和 5~9 月水位波动值($Y_t - Y$)。结果是, Y 用 5~9 月平均水位升降值所选因子较少而复相关系数最大。故确定 Y 用水位升降值。

2.3 回归方程

用湖周五站有关值的合计或平均。饱和水汽压 E_s (分未结冰和结冰两种状态,用 E_* 和 E_{**} 表示)。用年均气温计算,计算用马格努斯经验公式:

$$E_* = E_0 \times 10^{7.45t/(235+t)} \quad (t > 0^{\circ}\text{C}) \quad (2)$$

$$E_{**} = E_0 \times 10^{9.5t/(265+t)} \quad (t \leq 0^{\circ}\text{C}) \quad (3)$$

式中, $E_0 = 6.11\text{hPa}$, t 为实测温度(℃)。

为了有助于确定对水位影响大小的因子,计算时采取逐步降低 F_a 的方法,其结果是:

$$Y = -0.07652 + 0.00186X_3 - 0.27172X_4 \quad (4)$$

$$R = 0.74, \quad SE = 0.121, \quad F_a = 7.72 \text{ (可通过 } 0.01 \text{ 的置信度检验)}$$

$$Y = -0.25431 + 0.00235X_3 - 0.26751X_4 - 0.00039X_5 + 0.08627X_7 \quad (5)$$

$$R = 0.85, \quad SE = 0.099, \quad F_a = 5.57 \text{ (可通过 } 0.05 \text{ 的置信度检验)}$$

3 对水位与气候要素关系的分析

3.1 计算结果分析

(4)式说明,水位的年际变化受前期降水量影响明显,其次是年平均水汽压饱和差。置信

度降低后,5月平均气温、年蒸发量相继入选。

蒸发、水汽压饱和差主要因空气温度与湿度而异。一般来说,空气湿度小时此两项大,反之则小。所以方程中蒸发、水汽压饱和差对水位的影响呈反相位。

上年降水量在方程中的贡献较为突出,且为正相位,这一方面表明湖水位滞后于降水,另一方面表明,在入湖河流的上游,当年降水的一部分或呈固态或渗入地下被积存下来,以后被融化或由地下渗出成溪流注入湖中。促成固态水向液态水转化的气象条件是融冰期开始后的温度(5月气温),因为一旦气温稳定通过 0°C 后,冰雪将不断地化作流水注入湖中。水位与5月气温关系密切的原因还在于湖周各站 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的始期在4月中下旬,远离湖体的山地沟壑等水源所在地 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的始期理应晚于测站,加之冰雪消融的初期需要大量热能,进入稳定融冰期的时间自然也滞后于气温 0°C 始期。

为了证实径流与降水、温度的关系,笔者分别计算了沙柳河和布哈河流量对刚察有关气象因子的依赖关系(表1),其方程分别为:

$$Y = 5.81996 + 0.00686X_2 - 0.00202X_5 - 0.81304X_8 \quad (6)$$

$$R = 0.84, \quad SE = 0.43$$

$$Y = -6.29997 - 4.14067X_1 + 0.01567X_2 - 0.01647X_5 + 0.01779X_9 \quad (7)$$

$$R = 0.74, \quad SE = 2.46$$

沙柳河源于大通山,流程较短,其流量受当年降水影响很大。布哈河源远流长,蒸发量、年均气温和 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温是影响流量的主要因子,其流量的不少部分源于融冰(雪)水。

3.2 从水位与气候要素的周期变化看它们之间的关系

用方差分析法对水位、降水、温度、蒸发等各项时间序列 X_1, X_2, \dots, X_n 计算其隐含的周期及其振幅,并利用主周期迭加的办法外推未来时刻的可能取值,结果是,降水与水位有4~5年基本同步的周期,其它项则3年周期明显,各项在10年左右和14~15年又有较长的周期(表2)。不难理解,如果各因子同时处于相对一致的某一相位时,水位将出现高峰或低谷,如

1968年和1983年的高水位与1969~1970、1980年的低水位期。

4 结论

回归分析和方差周期分析说明,湖区干燥度、水系上游储水量、解冻初期的温度以及水汽压等都对水位(水量)升降(增减)产生直接影响。它们对于青海湖水位贡献大小的次序和相位是:上一年降水量(正)、年蒸发量(负)、水汽压饱和差(负)、融冰期平均气温(正)。

气象因子对湖周河水流量的影响随流程长度而异:源于较远高寒山区的河溪流量决定因子是水的储量和当时温度;而源于附近较暖地区的河溪流量则取决于新近的降水量。

表2 水位与有关因子的主周期^{1),2)}

Tab. 2 The main period of the water level and its related factors

有关因子	主周期与F值
水位(升降值)	$F_{(5)} = 3.26$
年降水量	$F_{(4)} = 4.2, F_{(14)} = 3.7, F_{(5)} = 3.1$
年蒸发量	$F_{(8)} = 1.6^{3)}$
5月气温	$F_{(3)} = 6.0, F_{(11)} = 4.0, F_{(13)} = 3.2$
水汽压饱和差	$F_{(3)} = 9.2, F_{(7)} = 3.6, F_{(11)} = 3.5$

1) 按F值最大的原则选取周期;

2) F下标为周期长度(年);

3) 未通过检验。

参 考 文 献

- 1 施雅风,陈梦熊,李维质等. 青海湖及附近地区自然地理(着重地貌)初步考察. 地理学报, 1958, 24(1): 33~48
- 2 方 永. 青海湖湖盆地貌的基本特征、成因及其演变. 地理集刊, 第 5 号. 北京: 科学出版社, 1963. 100~120
- 3 中国科学院兰州地质研究所. 青海湖综合考察报告. 北京: 科学出版社, 1979
- 4 秦伯强,王洪道. 青海湖水位下降与水量平衡分析. 中国科学院南京地理与湖泊研究所集刊, 第 7 号. 北京: 科学出版社, 1990. 52~59
- 5 范建华,施雅风. 气候变化对青海湖水情的影响(I): 近 30 年时期的分析. 中国科学(B 辑), 1992: 537~542
- 6 范建华,施雅风. 气候变化对青海湖水情的影响(I): 历史时期分析和未来情景研究. 中国科学(B 辑), 1992: 657~662
- 7 杨贵林,刘国东. 青海湖水位下降与趋势预测. 湖泊科学, 1992, 4(3): 17~24
- 8 周陆生,杨卫东. 青海湖流域近六百年来气候变化与湖水位下降原因. 湖泊科学, 1992, 4(3): 25~31
- 9 周立华,陈桂琛,彭 敏. 人类活动对青海湖水位下降的影响. 湖泊科学, 1992, 4(3): 32~37
- 10 曲耀光. 青海湖水量平衡及水位变化预测. 湖泊科学, 1994, 6(4): 298~307
- 11 朱炳海,王鹏飞,束家鑫主编. 气象学词典. 上海: 上海辞书出版社, 1985
- 12 屠其璞,王俊德等. 气象应用概率统计学. 北京: 气象出版社, 1984

CORRELATIONS BETWEEN MODERN CLIMATIC FACTORS AND LAKE LEVEL CHANGE IN QINGHAI LAKE

Ma Yu

(Meteorological Bureau of Qinghai Province, Xining 810001)

Abstract

The correlation analysis is carried out based on the meteorological and hydrological data available(1959—1988). The results show that the main meteorological factors affecting the Qinghai Lake water level are the previous year's precipitation, annual evaporation, vapor pressure saturation difference and ice thawing temperature especially in May. Those factors come in the following order(together with their phases) according to their contribution to the Qinghai Lake water level: (1) the previous year's rainfall (positive), (2) the annual evaporation (negative), (3) vapor pressure saturation difference (negative), and (4) mean temperature in May (positive). The meteorological factors to influence the waters around Qinghai Lake differ with the distance from their origins. The water flow of those shorter and more distantly originated rivers (for example, the Shaliu River) is directly determined by the newly arrived rainfall; the water flow of those longer rivers (such as Buha River) which originate in the icy and snowy mountaineous regions is determined by the on-the-spot heat conditions of the origins and solid water reserve of the catchment.

Key Words Qinghai Lake, climate, water level, relativity analyse