

岱海水位下降原因分析*

黄 群 姜加虎

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

提 要 湖水位下降是近期我国西北地区湖泊一种普遍现象, 由于该地区湖泊多属闭合流域, 湖泊水位下降往往导致湖水浓缩咸化, 进而给湖体及湖周带来一系列的生态环境问题. 本文根据近几十年来岱海的湖区气候、湖泊集水域的入湖径流特征分析, 以及湖泊水量平衡计算, 分辨出 1955-1995 年 3.85m 的水位降幅中, 人为影响的贡献为 3.17m, 占 82%, 自然因素的贡献为 0.68m, 占 18%, 说明岱海湖水位下降主要是集水域内人类截流活动加剧的结果.

关键词 岱海 水位下降

分类号 P343.3

1 岱海流域概况

岱海位于内蒙古自治区南部的凉城县境内, 为一内陆封闭型湖泊, 湖面积按 1982 年航测为 149.4km^2 , 相应的最大水深为 17.00m (图 1). 岱海北靠阴山支脉的蛮汗山, 南为马头山低山丘陵, 集水域面积 2312.75km^2 . 集水域内主要有中低山地、丘陵和陷落盆地平原三种地貌形态, 其中岱海盆地东西长 45km, 南北宽 16km, 面积 720km^2 , 海拔在 1230-1350m, 地势平缓, 地下水埋深较浅, 是农业活动开展得最为集中的地区. 本世纪 50-60 年代, 岱海水位处于波动状态, 但 70 年代后湖泊水位持续下降, 由 1970 年的 989.90m 下降到 1995 年的 986.05m (三苏木站, 假定高程), 25 年共下降 3.85m, 平均每年下降 0.154m (图 2). 相应地, 湖面积亦由 160km^2 萎缩到 109km^2 [1,2].

2 水量平衡分析

降水量、湖水位的统计显示: 1955-1970 年, 水位上升的年份有 8 年, 下降的年份也有 8 年, 年降水量如超过多年平均值, 则该年水位就上升, 仅有一年例外. 1971-1995 年, 水位上升的年份只有 7 年, 而下降的年份有 18 年, 在水位下降的年份中有 5 年的年降水量超过了多年平均值. 可见, 70 年代以来湖水位上升所需要的降水量水平有了显著的提高.

按水量平衡的观点, 湖水位的下降是由于湖泊水量收支的入不敷出. 岱海没有出流, 而且由于矿化度高, 也不存在提取湖水的情况. 其水量收入为湖面降水和入湖径流, 支出为湖面蒸发, 水量平衡式可写为:

$$P - E + R = (H_2 - H_1)S$$

式中, P 为湖面降水量, E 为湖面蒸发量, R 为入湖地表及地下径流量, H_1 为时段初水位, H_2

* 中国科学院基础研究特别支持项目“人类活动对湖沼系统影响与对策研究”资助.

收稿日期: 1998-05-31; 收到修改稿日期: 1999-04-08. 黄群, 男, 1964 年生, 副研究员.

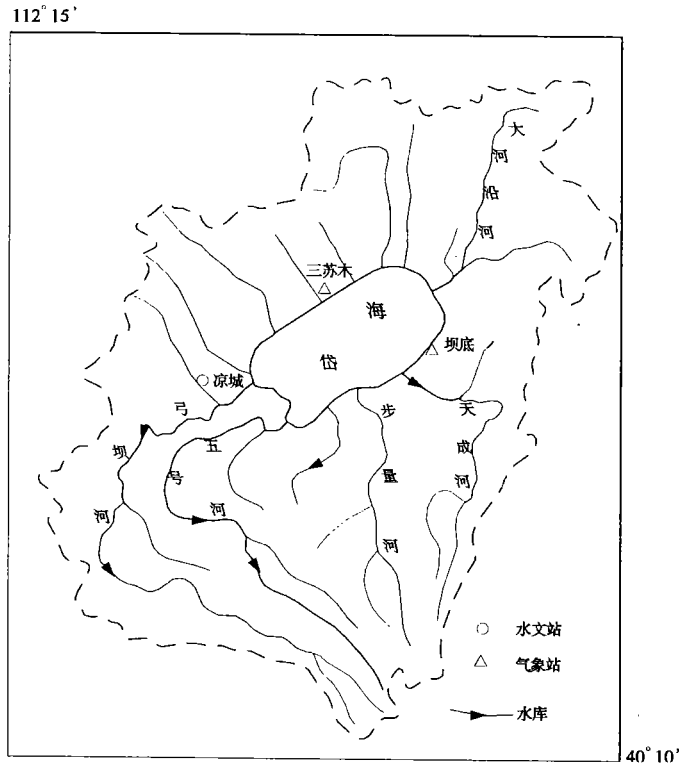


图 1 岱海流域水系图

Fig. 1 The map of water system in Daihai Lake

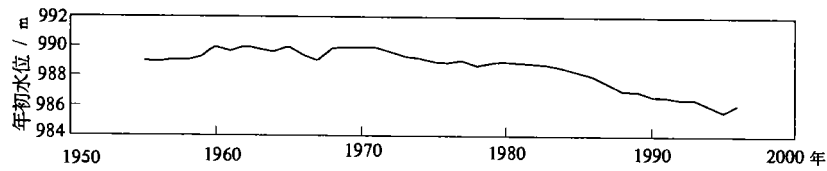


图 2 岱海水位变化 (1955 - 1995 年)

Fig. 2 Lake level variation in Daihai Lake (1955 - 1995)

为时段末水位, S 为湖面积. 计算中降水和蒸发均用凉城气象站的数据, 水面蒸发量由 20cm 蒸发皿观测值通过折算而得, 湖面积取全年的平均值.

从表 1 可以看出, 在岱海降水量、蒸发量和入湖径流量这三个水量平衡要素中, 湖面降水量不足蒸发量的一半, 要维持湖水水位不致下降, 其余部分须由入湖径流来补充, 故入湖径流对于湖水位的升降相当重要. 本世纪 50 年代以来, 岱海降水量并无明显减少的趋势, 蒸发量则略有下降, 蒸发与降水的差值趋于减小, 而入湖径流则呈明显的下降态势(图 3). 由此可见, 气候变化的因素不是引起岱海近期水位下降的主要原因, 而导致 1970 年后水位的持续下降的直接原因乃是入湖径流量的减少. 气候因素实际上只是对水位下降起到一种延缓或加速的作用, 即在降水偏丰的时段水位下降速度减慢或保持稳定, 在降水偏枯的时段下降速度加快.

表 1 岱海水量平衡
Tab.1 The water balance of Daihai Lake

年份	降水/mm	蒸发/mm	年初水位/m	水位变化/m	湖面积 [*] /km ²	入湖径流量/ $\times 10^8\text{m}^3$
1960	285.7	983.6	989.93	-0.32	160.12	0.605
1961	604.9	960.2	989.61	+0.34	159.46	1.109
1962	306.8	1034.4	989.95	-0.17	161.53	0.901
1963	323.8	1018.7	989.78	-0.24	158.29	0.720
1964	581.8	851.6	989.54	+0.38	159.28	1.035
1965	201.0	1192.7	989.92	-0.55	158.69	0.701
1966	375.3	1212.2	989.37	-0.36	152.26	0.726
1967	588.2	1012.1	989.01	+0.71	152.96	1.887
1968	425.5	1103.7	989.82	+0.08	160.64	1.218
1969	479.6	1127.7	989.9	-0.05	161.19	0.964
1970	498.4	1032.4	989.85	+0.05	161.11	0.941
1971	326.8	1065.1	989.9	-0.29	160.22	0.718
1972	377.6	1218.0	989.61	-0.30	155.98	0.843
1973	531.5	1066.7	989.31	-0.13	152.53	0.618
1974	462.0	1104.2	989.18	-0.24	150.41	0.605
1975	421.0	1053.2	988.94	-0.09	148.10	0.803
1976	612.6	961.2	988.85	+0.19	148.14	0.798
1977	295.9	1100.5	989.04	-0.41	147.46	0.582
1978	515.5	1157.4	988.63	+0.25	144.80	1.291
1979	452.7	999.7	988.88	+0.08	148.79	0.933
1980	311.0	1052.5	988.96	-0.16	148.34	0.863
1981	490.6	1051.5	988.8	+0.01	146.32	0.835
1982	463.0	947.8	988.81	-0.12	146.28	0.534
1983	327.0	1003.5	988.69	-0.20	144.00	0.686
1984	340.6	1002.7	988.49	-0.27	140.92	0.553
1985	423.8	988.1	988.22	-0.27	137.34	0.404
1986	270.0	1066.0	987.95	-0.47	132.80	0.433
1987	342.9	1087.6	987.48	-0.53	127.70	0.274
1988	497.8	935.2	986.95	+0.01	124.78	0.558
1989	384.3	966.0	986.96	-0.32	123.00	0.322
1990	469.0	931.2	986.64	-0.06	119.94	0.482
1991	491.3	920.0	986.58	-0.17	118.74	0.307
1992	484.4	865.2	986.41	+0.04	116.33	0.490
1993	307.0	935.2	986.45	-0.49	113.47	0.157
1994	320.0	1017.6	985.96	-0.43	105.50	0.282
1995	600.9	1058.4	985.53	+0.52	103.98	1.016

* 岱海水面面积按水位面积曲线量算。

3 人类活动对岱海水文过程的影响

3.1 人类活动概述

根据凉城县 1983 年的调查,全县年总用水量为 $8411.4 \times 10^4 \text{m}^3$,其中灌溉用水量为 $8043.1 \times 10^4 \text{m}^3$,其它工业用水、生活用水及牲畜饮水等合计 $368.3 \times 10^4 \text{m}^3$,灌溉用水量占总

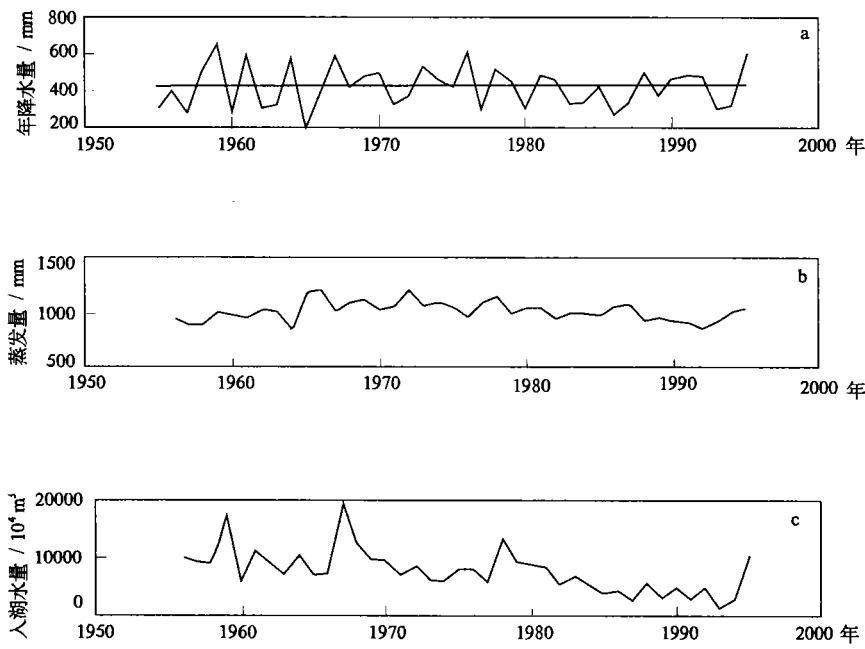


图 3 岱海降水量、蒸发量、入湖径流量年际变化

Fig.3 Variations of yearly precipitation, evaporation and runoff in Daihai Lake

用水量的 95.6%. 岱海流域的 95% 位于凉城县境内, 情况基本相同. 故对岱海水文过程的影响主要来自于流域内的农业生产活动.

集水域耕地灌溉状况对其水文循环有着重要的影响, 这由于一方面农田灌溉增加了陆面蒸发损耗, 另一方面为灌溉而建的一些水利设施在相当程度上改变了水文过程. 岱海集水域灌溉农业的发展大致经历了三个阶段:

(1) 原始阶段. 50 年代及 60 年代初, 由于开展农田基本建设和水泵提水, 灌溉面积有了一定的增加, 但仍处于较低的水平.

(2) 兴建蓄水工程阶段. 水库、塘坝等拦蓄水工程的兴建始于 1958 年“大跃进”时期, 由于当时盲目上马, 多前建后毁. 真正进行蓄水灌溉是从 60 年代中期以后, 灌溉面积因此有一个迅速的增加, 此后因一些水库、塘坝的毁坏, 及管理、配套方面的原因, 灌溉面积又一度下滑.

(3) 大面积抽取地下水阶段. 50 年代以来, 灌溉用井逐步由机械提水取代了人力提水, 数量亦逐年增加, 1973 年开始, 机井数量呈激增之势, 灌溉面积随之大幅回升, 到 70 年代末, 灌溉面积最大时达到 18395hm², 占总耕地面积的 19%. 80 年代以后因部分耕地还牧还林, 灌溉面积有所减少, 但仍维持在 13000hm² 左右(图 4). 目前, 集水域内共有中小型水库 11 座, 总库容 3832 × 10⁴ m³, 集水面积达 840km², 如果再加上 14 个蓄水塘坝, 则水库塘坝的集水面积几近岱海集水面积的一半. 灌溉地大多分布在岱海周围的地势低平地区.

3.2 人类活动对岱海水文过程的影响

岱海集水域多年平均径流深介于 55 - 43mm 之间, 湖泊以西为 50mm, 偏西和西北为 55mm, 以东和以南为 43mm, 平均值为 49.6mm. 依此算得多年平均径流量为 20083 × 10⁴ m³.

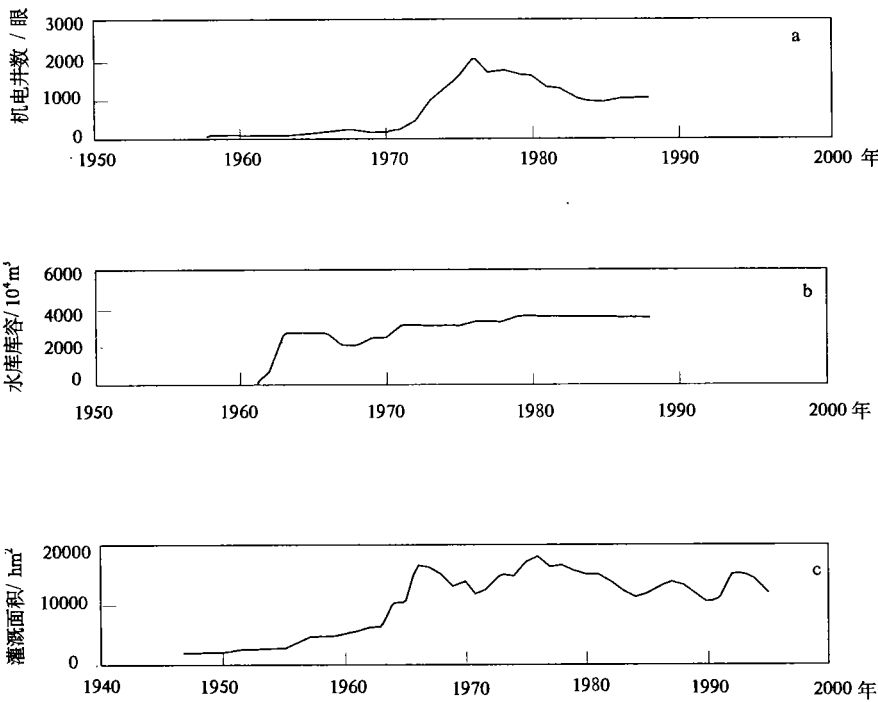


图 4 岱海流域机井数量、水库库容、灌溉面积年际变化

Fig.4 Variations of well amount, reservoir capacity and irrigation area in the catchment

又据内蒙古水利设计院整理的《内蒙地区降水入渗系数图》，凉城县北部山区降水入渗系数取 0.04，南部山区取 0.074，岱海盆地取 0.14，一些小型盆地也取 0.14。由此算得多年平均降水入渗补给量为 $8695 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。按 1983 年的区划调查的数字，当年灌溉用水量 $8043.1 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。其中地表水 $6149.9 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，地下水 $1893.2 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。分别占多年平均地表、地下径流量的 30.6% 和 21.8%。

实际上，目前流域内所兴建的水库和塘坝，由于库容较小，都不具备年际调节能力，运行方式一般是 8 月份至翌年 3 月份蓄水，3 月份开始放水灌溉，在洪水期间除引用一部分进行灌溉外，大部分洪峰流量是直接入湖的。如弓坝河水库 1975－1986 年平均年引水量 $392 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，而其集水面积上的年均产流量为 $470 \times 10^4 \text{ m}^3$ （按平均径流系数估计），弃水量接近一半。

岱海水资源大幅开发利用前后的水文过程变化如图 5 所示，两者有较大差别：其一是在水位年内过程中上升幅度减小而下降幅度增大。其二是因此随着春汛的结束，水位便出现了一个明显的回落过程。显然，前者是由于流域面上来水量的减少，而后者则是由于灌溉用水主要集中在每年的 5－7 月份的缘故。同时，年内水位峰值的出现时间前后基本一致，丰水年份更是如此，又表明流域上人类活动对主汛期的影响是比较小的。

4 岱海水位还原计算

农田灌溉对内陆封闭型湖泊影响，其实质是将本应入湖的水量变为流域面上的蒸发而散

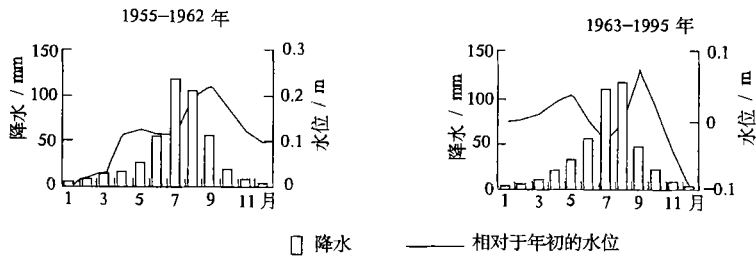


图 5 各时段平均水位、降水过程

Fig.5 Processes of averaged water level and precipitation in 1955 – 1962 and 1963 – 1995, respectively

失到大气中,所以确定灌溉损耗是定量评估人类活动(即农田灌溉)对近期岱海水位下降的影响力度的最为直接的方法.由于灌溉用水除经植物蒸腾和土壤蒸发而散失外,尚有一部分通过下渗又回补给地下水,因此,实际耗水量为灌溉用水量减去灌溉回归水量.故运用该方法进行估算时关键在于确定灌溉用水量及灌溉回归系数.

灌溉回归系数是与土壤性质、灌溉定额、地下水埋深等因素有关的一个数值,表示为:

$$B = h_{\text{渗}} / h_{\text{灌}}$$

式中, B 为灌溉回归系数, $h_{\text{渗}}$ 、 $h_{\text{灌}}$ 分别为田间入渗补给量与灌溉水量.国际气象组织(WMO)认为灌溉回归系数的变化范围在 0.2 – 0.6 之间^[3],根据岱海流域的自然条件,取为 0.3 较为合适.

对于引水、蓄水等地表水灌溉,除存在田间入渗外,尚存在渠系渗漏.渠系渗漏系数 m 由下式确定:

$$m = r(1 - n)$$

式中, $n = Q_{\text{净}} / Q_{\text{引}}$, $Q_{\text{引}}$ 为引水量, $Q_{\text{净}}$ 为经由渠系输送到田间的净灌溉水量,对无衬砌渠道, n 的取值在 0.4 – 0.5. r 是渠系蒸发、润湿等的损失量的一个修正系数,取值在 0.35 左右^[4].

按上述方法计算出岱海的逐年灌溉实际耗水量,将其加到入湖径流量中,即得天然情形下的入湖径流量,再通过水量平衡式,可得天然情形下的岱海水位变化过程,为全面起见,又同时计算了灌溉回归系数为 0.2 和 0.6 两种极端情况(图 6).

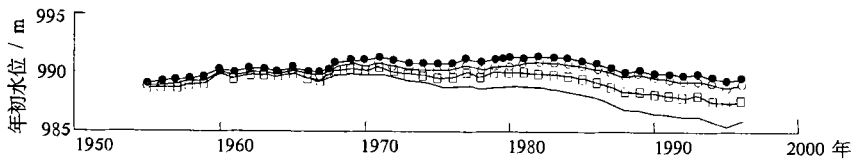


图 6 还原后的岱海水位过程

(由下向上依次为实测、灌溉回归系数取 0.6、0.3、0.2)

Fig.6 Restituted lake levels under various irrigation regression coefficients

还原后的 1995 年岱海水位为:灌溉回归系数取 0.2 时为 989.65m,取 0.3 时为 989.22m,取 0.6 时为 987.81m.分别比实际水位 986.05m 高出 3.60m、3.17m、1.76m.可以说,如果没

有集水域面上的灌溉活动,70 年代以来岱海水位总体上将保持稳定状态,只是随降水的丰枯有一些波动而已.以还原至天然情形下 1995 年的水位 989.22m 计,则 1970—1995 年间水位 3.85m 的降幅中,只有 0.68m 是气候原因造成的,而有 3.17m 是人类活动影响的结果.即使灌溉回归系数定在 0.6 时(这是最不利的一种情况,灌溉回归系数 0.6 所对应的土壤类型为沙土,在此情况下灌溉水的消耗比例最小)水位的下降幅度也只有 2.09m,不到实际下降幅度 3.85m 的 2/3.

5 结 论

(1) 岱海是一个受人类活动影响较大的湖泊,随着人类活动强度的不断加大,湖泊水文情势无论在总量上还是在过程上都发生了很大的变化.

(2) 近期岱海水位的持续下降主要是集水域面上截流和提取地下水进行灌溉造成的,气候变化影响已退居次要位置,只是对水位下降过程起一种延缓或加速的作用.

参 考 文 献

- 1 王苏民等.岱海.合肥:中国科学技术大学出版社,1990
- 2 刘清泗等.岱海盆地全新世环境演变及其开发利用.干旱区资源与环境,1989,3(3)
- 3 世界气象组织.水文实践指南.北京:水利电力出版社,1988.145
- 4 沈阳农学院.农田水利学.北京:农业出版社,1982.97—99

Analysis of Water Level Descent in Daihai Lake

HUANG Qun JIANG Jiahu

(Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

Abstract

It is widely accepted that the lake water level will descend in the northwest of China in the near future. Because most of lakes in northwestern China belong to closed basins, the descent of water level often results the condensation and salination of the water, bringing about a series of environmental problems to the lakes and the catchment areas. A calculation based on the analysis of climate, runoff, water balance and water level in Daihai Lake basin shows that the total fall-down of water level is 3.85 m during 1955 to 1995, among which human factor occupies a drop of 3.17 m. It is very clear that human activities give very strong impact on the water balance of Daihai Lake.

Key Words Daihai Lake, water level descent