

未减少,反而增加,例如1967年人为活动总耗水量由1966年的 $0.53 \times 10^8 \text{m}^3$ 增加到了 $0.57 \times 10^8 \text{m}^3$,而湖水总量并没有减少,反而比1966年增加(表2)。1973年是人为活动总耗水量较少的一年($0.36 \times 10^8 \text{m}^3$),但这一年的湖水亏损量达 $9.19 \times 10^8 \text{m}^3$ 。青海湖的输出部分主要是湖水面的蒸发量,根据水文总站1959—1988年的资料计算,湖水面年平均蒸发量为 $37.24 \times 10^8 \text{m}^3$,人为活动总耗水量在同期仅为湖水面蒸发量的1.29%。因此,青海湖湖水盈亏的多少是随着气候的变化而变化。

2. 人类经济活动对湖水位下降的影响

人类经济活动对青海湖地区生态环境的影响与青海湖水位下降具有相关关系。青海湖地区生态系统十分脆弱,由于人类不合理的经济活动,使生态环境受到了不同程度的破坏,生态系统的失调,破坏了青海湖的补给和保水条件。诸如草场超载过牧,草原退化;牲畜践踏破坏草地,土壤变干、土地沙化;大面积破坏森林,河流失去了涵养林,水量减少;乱砍、滥樵破坏灌木,水土流失严重,河流泥沙含量增多;盲目无限制的开荒,修筑公路、铁路,修建房舍大量破坏了冬季草场;大搞“万里长城”式的“草库仓”,在挡畜墙两边宽3—4m的草皮完全被铲光,沙土裸露,扩大了沙源等。促使生态环境急剧恶化,加速了湖区荒漠化的进程,加大流域范围的蒸发量,减少了湖泊的补给量,直接影响到湖水位下降。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院兰州地质研究所等。青海湖综合考察报告。北京,科学出版社,1979。
- [2] 中国科学院地理研究所等。祁连山中段地貌图(1:1000000)及其说明书。北京,测绘出版社,1985。
- [3] 周立华等。青海省1:3000000植被图及其说明书。高原生物学集刊,1987,(7):219—228。
- [4] 周立华等。青海省植被图(1:1000000)。北京,中国科学技术出版社,1990。
- [5] 施雅风等。青海湖及附近自然地理(着重地貌)初步考察。地理学报,1958,24(1):33—50。
- [6] 方永。青海湖湖盆地貌的基本特征、成因及其演变。地理集刊,(5),1963:100—120。
- [7] 陈克造等。青海湖的形成与发展。地理学报,1964,30(3):214—233。
- [8] 黄麒。青海湖沉积物的沉积速率及古气候演变的初步研究。科学通报,1988,33(22):1740—1774。
- [9] 张彭薰、张保珍、杨文博。青海湖冰后期水体环境的演化。沉积学报,1988,6(2):1—14。
- [10] 张彭薰等。青海湖冰后期以来古气候波动模式的研究。第四纪研究,1989,(1):66—77。
- [11] 杜乃秋、孔昭宸、山发寿。青海湖QH85— ^{14}C 钻孔孢粉分析及其古气候古环境的初步探讨。植物学报,1989,31(10):803—814。
- [12] 杨惠秋、江德昕。青海湖盆地第四纪孢粉组合及其意义。地理学报,1965,31(4):321—335。
- [13] 中国科学院罗布泊综合考察队。罗布泊科学考察研究。北京,科学出版社,1987。
- [14] 杜乃秋、孔昭宸。青海柴达木盆地察尔汗盐湖的孢粉组合及其在地理和植物学的意义。植物学报,1983,25(3):275—284。
- [15] 徐近之。青藏自然地理资料(地文部分)。北京,科学出版社,1960。

IMPACT OF HUMAN ACTIVITIES ON THE DECLINE OF WATER LEVEL, QINGHAI LAKE

Zhou Lihua Chen Guichen Peng Min

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica, Xining 810001)

Abstract

Qinghai Lake, the largest inland lake in China, is situated in the northeastern margin of Qinghai-Xizang Plateau. Because of the influences of natural factors and human activities in the past 30 years, the ecological environment around the lake has been rapidly deteriorated. The water level of the lake has fallen 3.35m and its surface area shrunk by about 200km². According to the investigations and the other data obtained, the mean water consumption from the lake is $4.36 \times 10^8 \text{m}^3$ every year, and artificial water consumption reaches up to about 8.7% of the total, accounting for about 1% of evaporation of the lake surface. It is not evident that the artificial water consumption is relative to the water fluctuation. The decline of Qinghai Lake water level is due to synthetical factors, among which the main one is climatic change. The influence of human activities on the lake water level is shown through the eco-environmental deterioration around the lake.

Key words Qinghai Lake, human activities, water level fluctuation, eco-environment

33-43

关于伊塞克湖水位下降的原因

Романовский В. В.

P. B. B. 春伯强
(吉尔吉斯斯坦共和国天山高山地区自然地理学观测站)

P3 32.3

提要 本文较为详细地分析了近半个世纪以来的伊塞克湖区实测水文和气象资料,指出流域内降水量的变化未出现减少趋势,相反在湖泊东部迎风坡上,降水有增大的趋势,这部分增加的降水量是由于气候趋暖造成蒸发量增加所致。同时气候趋暖也使冰川消融扩大,径流量增加。但由于沿河引水灌溉,使河川径流在滨湖地带显著减少。灌溉的实质是扩大蒸发面,使蒸发水量增加。蒸发形成的水量,部分以降水形式返回湖内,部分越过流域边界外逸,外逸水量的多少决定了湖水位的下降速度。

关键词 气候趋暖 水位下降 伊塞克湖 原因

关于伊塞克湖水位下降原因,以往研究者曾归纳为三点:

(1)截断了楚河与伊塞克湖的水文联系;2)湖泊流域内的湿度降低;3)从补给该湖的河流中引水灌溉。

本文拟讨论第二个,即气候方面的原因。为此,我们想先研究一下决定湖泊流域湿度状况的最重要气象要素如气温、降水等的多年变化规律。在分析时我们用了沿湖滨分布的6个站气象观测资料,即渔翁站、乔尔潘阿塔站、红十月站、普尔热瓦尔斯克站、波克罗夫卡和塔姆加站。

普尔热瓦尔斯克站的观测时间最长。在这期间,该站有两次迁站。从1933年起,分为两个站进行同时观测,持续了5年。从1943年起,又分为两站进行同时观测持续到1952年。两站同时观测期间的降水量之比波动于1.74至0.54之间。年降水量之比变化如此大,就不可能正确地把两站合并成一个序列。为此,我们在分析普尔热瓦尔斯克站的降水量多年变化时,仅用了最后一次迁站后的数据资料。

为了对比降水量与湖水位的变化关系,对降水量进行2年滑动平均。这样作是因为湖水位用年平均值表示。因此,在前一个干旱年末水位低和本湿润年底水位高时,则本年水位平均值仍然可能比前一个干旱年低;相反,前一个湿润年末的水位高和本干旱年底的水位低时,则本年水位平均值仍可能比前一年高。例如,1981年是湿润年,普尔热瓦尔斯克站的降水量为528mm,该年年平均湖水位比1980年仅升高了1cm;1982年降水量为408mm,显然,1982年年平均湖水位也比1981年水位高1cm。虽然1982年年平均水位升高与1981年末的高水位有关,但事实上湿润的1981年底时水位已升高了7cm,而1982年为一干旱年,年末水位比年初低5cm。

分析降水量的多年变化表明,在湖盆西部(渔翁站)以及中部(乔尔潘阿塔站、塔姆加站、波克罗夫卡站)未发生年降水量定向增减的情况,而在湖泊东部红十月站及普尔热瓦尔斯克站出现降水量明显增多(图1)。如1933年—1965年期间,年降水量(未经增湿作用修正)平均值红十月站为583mm^(*),1966—1985年间增至640mm;普尔热瓦尔斯克站,年均降水量

值从 1943 年—1965 年的 364mm, 增加到 1966—1988 年的 435mm。

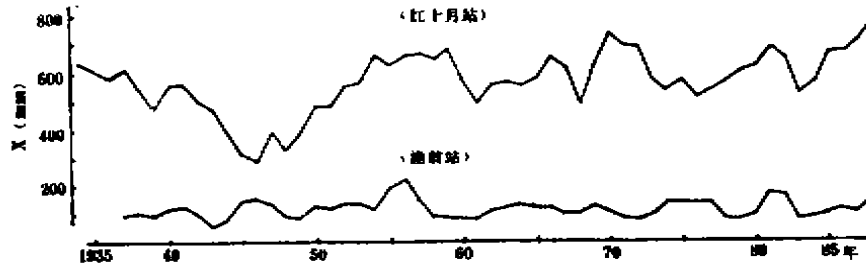


图 1 红十月站与渔翁站年降水变化

Fig. 1 Precipitation change in St. Leibaqiye and St. Red-Oct

尽管湖盆东部的降水量有相当大的增加, 但伊塞克湖水位却在继续下降。把普尔热瓦尔斯克站的年降水量与湖水位比较(图 2)之后, 可以看出 1956—1960 年期间, 湖水位上升是因为年降水量值达 410mm 之多; 1970—1971 年和 1981—1982 年, 湖水位上升也是其年降水量分别为 460mm、465mm 情况下产生的。湖盆内降水量有了增加, 但伊塞克湖水位仍在继续下降。究其原因可能有二: 即蒸发量增加和补给湖泊的河川径流量减少。

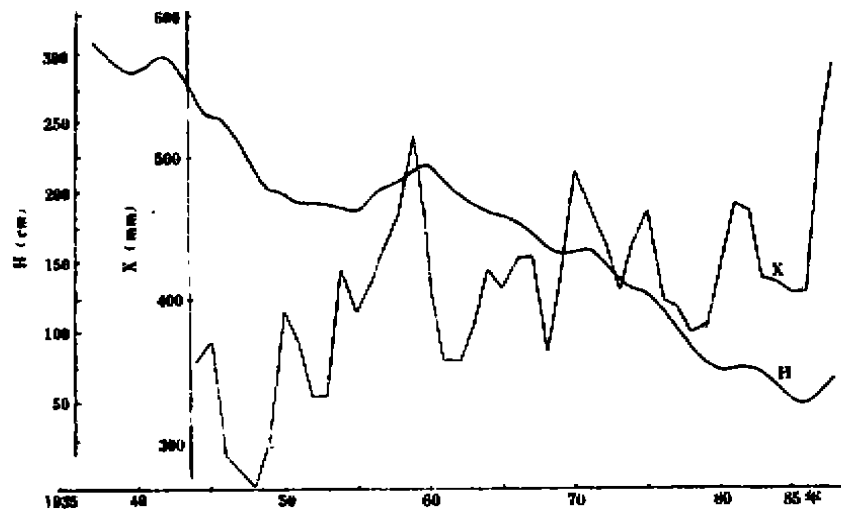


图 2 伊塞克湖水位多年变化(H)和普尔热瓦尔斯克站年降水变化(X)及 2 年滑动平均变化

Fig. 2 Variation of the annual mean water level in L. Issyk-kul and the annual precipitation in St. Purlewarsk

为了分析第一个原因, 我们考察了湖盆内的气温变化过程。与降水量的情况不同, 根据 6 站资料, 在多年变化进程中都具有同步的特征。因此, 可以根据普尔热瓦尔斯克站(该站有 1883 年以来的实测序列)的气温变化来判断整个湖盆的气温变化趋势。

通过分析普尔热瓦尔斯克站的多年气温变化(图 3), 可以看到, 从 30 年代末以来, 气温

呈上升趋势,至 60 年代初骤然过渡到变暖。自 1920 年至 1939 年,该站年平均气温为 5.4°C ,在以后 20 年中,增加到 5.6°C ,而在 1960—1979 年时段内,平均气温甚至达到 6.1°C 。

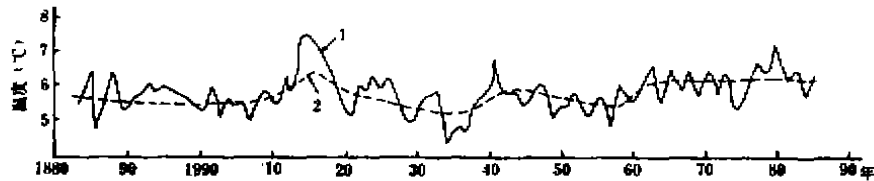


图 3 普尔热瓦尔斯克气象站年平均气温变化

1. 实测, 2. 滑动平均变化

Fig. 3 The annual average temperature variation in St. Purlewarsk

随着湖盆内气候趋暖,湖盆内的水汽饱和差亦越来越大^[3],但是在湖盆东部却未出现水汽饱和差增大的趋势,这可能是由于东部降水量增加的缘故。气候变暖通过大气中水汽饱和差的增大,导致流域内水面和陆面蒸发量的增加。据 Т. П. Гронская^[4]的材料,伊塞克湖面蒸发量呈现极强烈的上升趋势。如 1940—1959 年,年平均蒸发量为 814mm,而 1960—1979 年增加到 860mm。在此时段内,年平均气温升高 0.5°C ,而年蒸发量增加 46mm,也就是年平均气温升高 0.1°C ,年蒸发量增加约 10mm。

湖泊水域及其流域蒸发量的增加,引起湖泊迎风坡大气降水的增加,并使输出湖盆的那部分蒸发水量也增加。这就最终导致伊塞克湖水位的下降。由此可见,伊塞克湖东部降水量的增加是与气候变暖有关,后者使湖泊及其集水区的蒸发量增加。

М. И. Будыко 及其合著者预言在西天山地区,与 50 年代相比气温将升高 0.5°C ,年降水量增加 55mm^[1,2]。根据他们的资料,由现代工业生产引起的大气气候状况的变化,正在导致气候发生长期和本质的变化。天山地区到 2025 年,1 月气温将升高到 3°C ,7 月气温与过去相似,而年降水量将增加 150mm,而普尔热瓦尔斯克站的年平均气温将是 $7-7.5^{\circ}\text{C}$,比现在高 $0.5-1.0^{\circ}\text{C}$;年降水量为 530—550mm,比现在增加 70—90mm。在红十月站,至 2025 年,年降水量将从现在的 680mm 增至 800mm。可见,在湖盆东部,到 2025 年年降水量将增加 70—120mm。

气温对盆地内靠冰川补给的河流径流量影响相当大,冰川融化形成的径流占年径流量的 30%^[5],在夏季诸月中,可占到 61%。据 А. Н. Диких 计算,气温与径流量之间的相关系数为 0.73。因此,冰川消融量和河川径流量的增加与气候趋暖密切相关。羌-克孜尔苏河流域内铁尔斯凯依-阿拉套山的卡拉-巴特卡克冰川,1957 年到 1975 年期间,年收支量呈负值,为 -182mm ,而 1976—1987 年间其负值急增至 -822mm ^[6]。卡拉-巴特卡克冰川在强烈消融时期(1978—1987),羌-克孜尔苏河在列斯诺依-卡尔顿站(位于该河流入湖滨平原的出山口处)的年平均流量为 $5.3\text{m}^3/\text{s}$,而常年平均流量为 $4.7\text{m}^3/\text{s}$ 。

据 Т. П. Гронская 资料,来自全流域产流区的入流量均有增加。由径流形成区带来的年入流量在各时期:1931—1943 年为 $113\text{m}^3/\text{s}$,1946—1960 年为 $119\text{m}^3/\text{s}$,1961—1974 年为 $135\text{m}^3/\text{s}$ 。

卡拉-巴特卡克冰川获得的实测数据反映了当前全盆地的冰川作用状况及其变化趋势。当前气候出现的变暖趋势,导致了冰川的不断融化和河川径流量的增多。但是这种趋势保持下去,则必将导致冰川的完全消失,或者使冰川的大量减少,以致对河流补给不再发生重大影响。

由此可见,气候变暖导致因冰川融化而使河川径流量增多。可是,山区形成的河川径流在湖滨平原上要发生很大的变性,大量的河水在这里消耗于灌溉。灌溉对入湖水量的影响是很明显的,比如在伊塞克湖全流域 118 条河流中,只有 30 条河流能全年补给湖泊。几乎所有河流在入湖河口断面处的流量均小于它从出山口进入湖滨平原处的流量。在平原上河水被用于灌溉(见表)。

表 1 因灌溉而形成的地表径流变化

Tab. 1 The surface runoff change resulted from the irrigation expansion

河 名	来自径流形成区的入流量 (m ³ /s)	进入湖泊的入流量 (m ³ /s)
卡拉科尔	6.6	3.7
朱 卡	6.3	2.7
哲特-奥古兹	5.6	2.5
羌-阿克苏	5.1	0.8
羌-克孜尔苏	4.7	1.4
阿克-塞依顿	5.9	4.0
阿克-梯莱尔	4.5	2.3
图拉苏	3.1	0.3
阿克苏	2.9	0.5

一部分用于灌溉的水从地下流入湖泊,另一部分被蒸发掉,其中一部分以大气降水形式降落于湖盆东部,另一部分则被携带出湖盆而不再返回湖区。据 Т. П. Гронская 估算^[4],从湖盆内灌溉农地上汽化后不再返回湖区的水份约占 36%。全流域灌溉面积在 1960—1979 年同比 1940—1958 年的平均值增加了 7.8%,灌溉引水量增加 38%。

引水量的增加对灌溉的影响程度,从盆地内最大的河流特热加朗河可明显看出。据该河口站资料,1960 年春季流量急剧减少,秋冬季流量又由于春夏季灌溉后有回归地下水而得到增加(图 4)。这种径流量的年内再分配在湖盆内第二大河邱毕河的年内径流量的分配上也能说明,从整体上来看,尽管湖盆东部降水量在增加,但邱毕河与特热加朗河的年均流量的变化趋势却与降水变化相反。

在气候变暖的背景下,60 年代起进行的引水灌溉,引起了蒸发水量的增加。其中一部分附加蒸发水量以大气降水形式降落于湖盆东部的迎风坡上;另一部分蒸发水分即决定湖泊水位下降速度的那部分水被带出湖盆而外逸。温度上升时期,河川径流量因冰川强烈消融而增加。在不引水灌溉的情况下,河川径流量增加不仅可以完全补偿蒸发量的增加,而且可以导致湖水升高。这一点可以用 М. П. Кривошей 和 Т. П. Гронская 的平衡方程^[7]予以证实。根据 1935—1978 年的资料计算,1956 年(这一时期的中间年份)湖面积为 6257km²,水位绝对高度为 1606m,每年因灌溉产生的无回归损耗约 78mm,或 0.49km³。

其湖泊水量平衡式如下:

$$F = \frac{Y'}{Z - X} \quad (1)$$

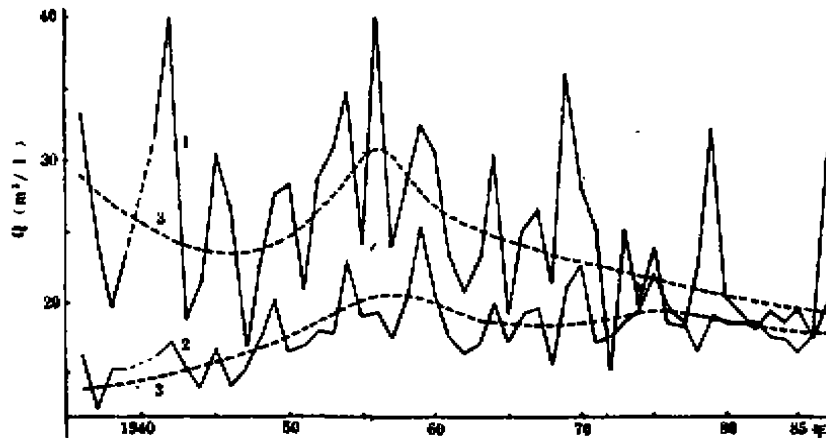


图 4 特热加朗河米哈伊洛夫卡站的径流变化

1. 春季—夏季(3月—8月), 2. 秋季—冬季(9月—次年3月), 3. 3年滑动平均变化

Fig. 4 The runoff variation of R. Delegalang in St. Mihayilovka

其中, F ——湖泊面积; Y ——地表与地下入湖水量, 以体积单位计; $(Z - X)$ ——“可见蒸发量”(蒸发与降水之差), 以深度单位计。把产流区形成的入流量值及“可见蒸发”值代入, 可以得出伊塞克湖在不引水灌溉情况下的湖面积为:

$$\frac{3.72\text{km}^3/\text{a}}{0.562\text{m}/\text{a}} = 6619 \times 10^3\text{km}^2$$

与 1956 年湖面积相比, 湖面积应增加 362km^2 。

在湖水位下降的范围内, 湖泊水面面积与湖水位增量之间的关系, 用线性方程表示:

$$F = 0.047\Delta H + 6.165 \quad (2)$$

这里湖水位是以 1606m 为标尺零点, 用 m 计, 湖面积以 10^3km^2 计。

当湖泊面积增加 362km^2 时, 湖水位相应为 $1608 + \frac{0.362}{0.047} = 1615.7\text{m}$ 。0.047 是(1)式中推导出的湖面积导数值。

模拟计算显示, 坚持实行目前的灌溉引水量, 经过许多年之后伊塞克湖面积将缩小到 512km^2 , 水位将下降 10m。

因此, 在目前的气候条件下, 如果不进行灌溉引水, 则伊塞克湖水位只比上世纪最高水位 1618.5m 低 2.8m。目前的湖水位下降速度根据 1927 年至 1988 年各湖泊水文站实测资料为 $5\text{cm}/\text{a}$, 这是由于引水灌溉所造成的。伊塞克湖流域内的水利经营活动造成可观的沿岸带损失, 也无疑对整个湖泊自然综合体发生着不良的影响。

(秦伯强译 刘西平校)

参 考 文 献

- [1] Будико М. И., Бизников К. Я., Лроздов О. А. и др. Предстоящие изменения климата, Изв. АН СССР, сер. геогр. М. 1979, Вып. 6, С. 5—20.
- [2] Будико М. И., Ефимова Н. А., Лобанов В. В. Будущий уровень Каспийского моря. Метеорология и гидрология. 5. 1988, С. 86—94.
- [3] Гринская Т. П. Особенности расчета притока в озеро Иссык-Куль // Исследования водного баланса, термического и гидрохимического режима озера Иссык-Куль. Л., Гидрометиздат. 1980, С. 16—21.
- [4] Гринская Т. П. Водный баланс и ожидаемые уровни воды озера Иссык-Куль // Автореф. канд. дисс. Л. 1982, С. 16.
- [5] Диких А. Н. Режим современного оледенения Центрального Тяньшаня. Фрунзе. 1982, С. 159.
- [6] Диких А. Н. Динамика и режим ледников бассейна оз. Иссык-Куль в текущем столетии // Озеро Иссык-Куль и тенденции его природного развития. Наука. 1986, С. 59—68.
- [7] Кривошей М. И., Гринская Т. П. Водный баланс озера Иссык-Куль // Проблемы исследования крупных озер СССР. Л., Наука. 1986, С. 276—280.
- [8] Смирнова А. М. Визуальная изменчивость климата Иссык-Кульской котловины // Озеро Иссык-Куль и тенденции его природного развития. Л., Наука. 1986, С. 37—59.
- [9] Справочник по климату СССР. Вып. 32. Л., Гидрометиздат. 1969, С. 307.

ON DECLINE OF ISSYK-KUL LAKE LEVEL

V. V. Romanovski

(The Physical Geographical Station of High-Mountain in Tian-shan Region, Kirghizia R.)

Abstract

The sequence of some hydrological factors has been analyzed in detail since the mid century. The result shows that the precipitation has not shown any increase in the basin, but in the eastern zone against the wind the precipitation has been increasing. The reason is that the rise of temperature resulted in the increase of evaporation. In addition, glacier melting increase may be another reason for the increase in precipitation. In fact, the runoff feeding the lake has not increased since the amount of water was expanded under irrigation. The plough irrigation is responsible for the evaporating area and evaporation as well. Part of evaporating vapor has come back to the lake in the way of precipitation, the left has passed over the boundary of the basin to the outside, leading to decline of the lake level.

Key words climate warming, lake level decline