

呼伦湖的近期扩张及其与全球气候变化的关系*

秦伯强 王苏民

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

提要 通过近20多年湖泊水量平衡分析发现,湖泊水位变化主要由湖盆内径流补给量的丰枯决定。进一步分析揭示,呼伦湖地区乃至整个东北地区,本世纪以来随气温升高,降水有增加的趋势。降水增加导致入湖径流量,湖水位上升。呼伦湖本世纪以来的扩张与内蒙古东部地区其他内陆湖泊的变化一致,但这在我国乃至整个亚洲内陆干旱或半干旱区是独一无二的,为此成为这一地区气候变化的指示器。

关键词 呼伦湖 水位上升 湖泊水量平衡 气候变化

呼伦湖,又称达赉湖,是我国内蒙古北部的著名高原大湖。长期以来,有关该湖自然地理及环境演变的研究甚少。自本世纪以来,有记录表明,该湖呈现扩张的趋势,在全球气候变暖、内陆湖泊普遍萎缩(施雅风,1990)背景下,格外引人注目。王乃梁等(1966)认为,呼伦湖的近期扩张是由于气温升高导致冻土融化,从而使地下水补给量增加。本文根据近年的考察资料,计算该湖几十年来的水量平衡,在此基础上分析本世纪以来该地区气候的变化及其与湖水位消长的关系。

1 呼伦湖区自然地理特征

呼伦湖位于内蒙古自治区满洲里市及新巴尔虎左旗、新巴尔虎右旗之间,即 $116^{\circ}58'$ — $117^{\circ}47'$ E, $48^{\circ}40'$ — $49^{\circ}20'$ N。湖面海拔543.03m(1983年);湖面积2054km²;平均水深5.7m,最大水深8m,蓄水量达130多亿m³。湖泊集水面积为153669km²,其中国内部分为37214km²,蒙古人民共和国为116455km²。湖盆东边是兴安岭山脉,阻隔了东南季风带来的湿润气流;西边及南边是蒙古高原;北边通过达兰鄂木罗河与黑龙江上游河流额尔古纳河及海拉尔河相连通。湖盆内有大小河流80余条,主要有哈拉哈河、贝尔湖及其下游乌尔逊河、克鲁伦河等,年径流补给量可达12亿m³左右,发源于蒙古人民共和国肯特山脉的克鲁伦河,在河流源区年降水量仅400mm,而在其流经的大部分地区处于干旱或半干旱草原或荒漠地带,因此年入湖水量与乌尔逊河入流量大致相当。湖北边的达兰鄂木罗河水流方向不定,在洪水季节水流从海拉尔河流入或从呼伦湖流出。直至1958年末,在达兰鄂木罗河上建筑堤坝后,才切断了湖泊与海拉尔河的水力联系(见图1)。湖盆内年降水量200—300mm,以草原植被为主,属寒温带大陆季风气候。

2 近一个世纪以来呼伦湖的演变

* 国家自然科学基金资助,4917119。本文承施雅风教授审阅并提出宝贵意见,一起参加野外调查的还有王云飞、吉磊、冯敏、羊向东、董本凤、马燕、沈瀚、薛滨,均此一并志谢。

收稿日期:1992年11月30日,接受日期:1993年8月14日。

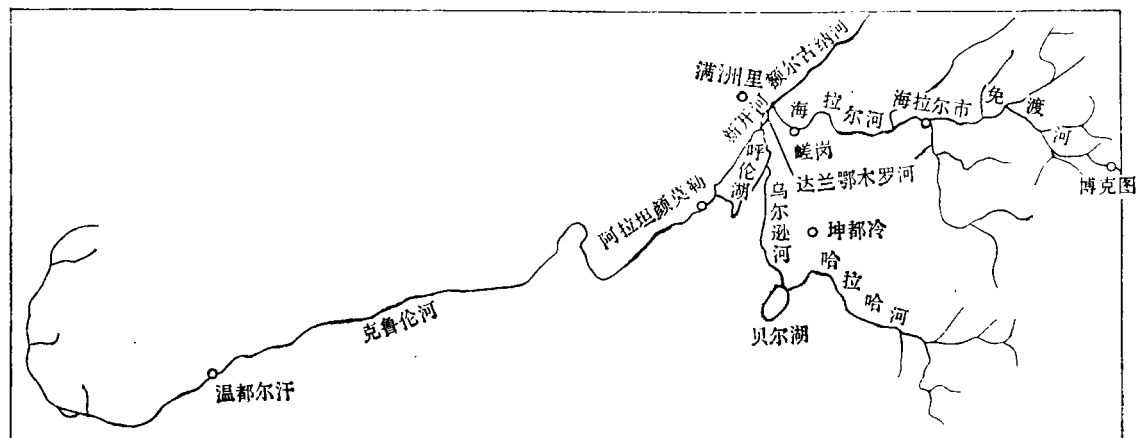


图 1 呼伦湖流域水系图

Fig. 1 The hydrographic net of Hulun Lake catchment

对呼伦湖水位进行系统连续观测始自 1959 年。在这之前, 仅有一些零碎的描述(王乃梁等, 1966)。在前人工作的基础上, 对湖水位变化的描述进行了补充。将历史文献中一些模糊的数据, 如湖泊长度、河湖关系叙述, 用湖泊水下地形图转化成湖水位。整理得到的本世纪以来湖水位变化大致如下。

1900 年前后, 湖泊几乎干涸, 仅为几个小水泡子, 说明当时湖水位是很低的¹⁾。

1903 年—1904 年, 湖水位上涨, 一年之间各个泡子就连在一起¹⁾。估计湖长约 20km, 宽约 10km, 深不过 1m²⁾, 因此湖水位高度约 536.7m。

1906 年因克鲁伦河来水增加, 呼伦湖扩展到长 30km, 宽 15km²⁾, 相当于湖水位 537.0m。

1906—1912 年间, 水位仍是上升时期。

1912—1915 年间, 呼伦湖与乌拉逊河中流的贝尔湖连通²⁾。据此推测该时期湖水位应高于 541.0m, 而 1916—1924 年间, 两湖是不连通的²⁾, 因此湖水位应低于 541.0m。另据访问得知 1921 年时, 湖水最深处约 4m 许, 估计当时水位应在 540m 左右, 与上述论述是一致的。

1924—1926 年间, 湖水位继续上升, 1926 年湖长达 75km²⁾。相当于湖水位 540.8—541m。

1927—1931 年湖水位下降, 1932—1942 年湖水位又上升。根据日本人当时的考察资料¹⁾, 1934 年时湖面积为 1 100km², 湖水位约 538.2m; 1939 年, 湖面积达 1 900km², 湖水位达 539.0m; 1942 年湖水位比 1939 年高 1m (王乃梁等, 1966), 湖水位应在 540.0m。

1943—1951 年, 湖水位在 539.0—540.0m 之间波动, 其中 1945 年湖水位为 539.0m (萨基科夫, 1960)。

1) 徐占江, 达赉湖形成与变迁初探, 达赉湖史志资料, 第 1—2 辑。

2) 阔尔玛佐夫, 呼伦贝尔, 东省铁路经济调查局, 1929 年。

1952—1962 年湖水位持续上涨, 水位从 539—540m 上涨至 545.10m, 为本世纪以来的最高湖水位。

1965—1982 年, 湖水位从 545.1m 下降至 542.9m, 1983 年后水位又开始回升。

从呼伦湖的水位变化 (见图 2) 可以看到本世纪以来, 湖泊经历了二次扩张与二次收缩, 扩张时间分别为 1900—1926, 1952—1962 年, 收缩时间为 1927—1951 年及 1963—1983 年。说明该地区气候经历了由湿变干, 再变湿至干的二个旋回。但总的趋势是扩张的。

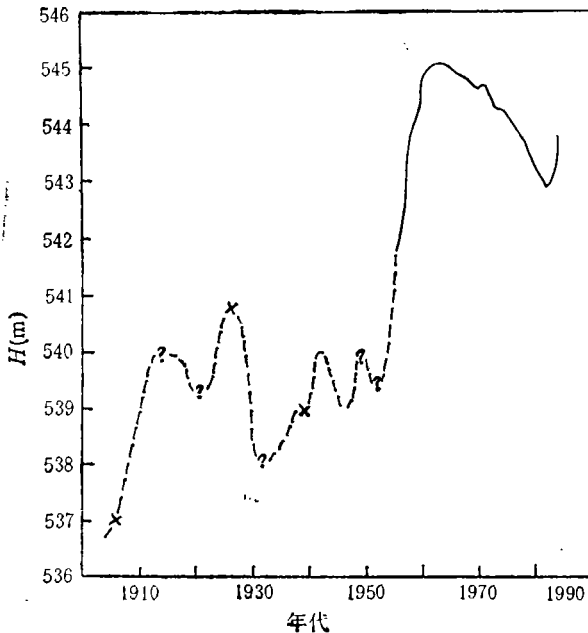


图 2 呼伦湖水位变化

Fig. 2 Water level fluctuation of Hulun Lake

3 近几十年湖泊水量平衡及湖水位变化原因

1960—1983 年是有实测资料时期, 也是湖水位持续下降时期。通过这一时期湖泊水量平衡的计算, 可以分析水位变化的影响因子。

水量平衡计算中, 湖区的降水与蒸发是利用湖盆内实测资料计算。在分析站点代表性的基础上, 考虑其观测系列长短, 选取湖西的呼伦湖湖泊试验站, 湖东北的嵯岗站和湖西南的阿拉坦额莫勒站 3 站, 用中心距离加权平均代表湖区的降水、蒸发。对于若干缺测的时段, 则用邻近站资料来代替, 如坤都冷站、满洲里站等, 站点分布见图 1。

需说明的是, 达兰鄂木罗河的进出水量没有观测记录。1958 年后, 该河修筑了闸坝, 1965 年后又在海拉尔河与呼伦湖之间新开了一条人工河, 其进出水量同样无观测资料。此外, 地下径流的补给因无资料, 亦无法估算。上述无资料的进出水量都归入水量平衡余项来处理。

3.1 多年平均水量平衡计算 从 1959 年初到 1983 年底, 湖水位从 543.90m 下降到

543.35m, 年平均下降 2.2cm, 湖泊蓄水量年平均亏损 (ΔV) 为 $0.6 \times 10^8 \text{m}^3$ 。该期间湖面积平均为 $2\,221 \text{km}^2$; 降水量年平均为 246.4mm, 折合水体 (v_p) 为 $5.47 \times 10^8 \text{m}^3$; 蒸发量年平均为 980mm, 蒸发量是用小口径蒸发皿观测值乘以折算系数 0.6 计算(施成熙等,1986),折合水量 (V_E) 为 $21.77 \times 10^8 \text{m}^3$; 地表入流(Q_i)主要为乌尔逊河与克鲁伦河二河之补给,即年均均为 $11.2 \times 10^8 \text{m}^3$; 剩下的地下径流(Q_g)、达兰鄂木罗河进出水量及人类引水量,都归为余项 ($V_{\ast}$), 计算式为:

$$\Delta V = V_p + Q_i + V_{\ast} - V_E$$

由此算得 $V_{\ast}$ 为 $4.5 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ 。

3.2 逐年水量平衡计算 用逐年实测水位、降水、蒸发、径流等代入上述水量平衡计算式,可计算逐年余项值(见表 1)。表 1 中湖面积是由水位查水位-面积-容积关系曲线得到的。通过湖区降水、蒸发、径流等因子变化(见图 3),可以看出 50—60 年代水位上升时期,水量收支盈余、降水与径流较丰; 60 年代之后,水位下降,水量收支负亏,降水,径流偏枯,蒸发略有增加的趋势。

表 1 呼伦湖水量平衡计算结果
Tab. 1 Annual water budget of Hulun Lake

年 份	年均水位 (m)	湖面积 (km^2)	降 水		蒸 发		径 流 (10^8m^3)	余 项 (10^8m^3)	湖泊蓄水 量变化 (10^8m^3)
			(mm)	(10^8m^3)	(mm)	(10^8m^3)			
1959	544.11	2 190	292.9	6.41	1 063.3	23.29	19.56	7.81	10.5
1960	544.60	2 260	253.6	5.73	956.7	21.62	21.51	6.58	12.2
1961	544.95	2 310	220.6	5.10	1 016.1	23.47	13.68	6.70	2.0
1962	545.04	2 323	348.4	8.09	984.8	22.88	15.43	1.15	1.8
1963	545.07	2 328	256.0	5.96	982.9	22.88	10.16	5.26	-1.5
1964	545.08	2 330	254.5	5.93	919.5	21.42	13.59	4.20	2.3
1965	545.08	2 330	195.4	4.55	1 056.3	24.61	10.23	5.33	-4.5
1966	544.95	2 310	239.5	5.53	967.6	22.35	9.71	6.31	-0.8
1967	544.90	2 302	281.2	6.47	950.5	23.02	13.35	2.36	0.3
1968	544.80	2 291	201.6	4.62	902.7	20.68	9.39	3.87	-2.8
1969	544.73	2 280	199.5	4.55	946.0	21.57	9.85	3.38	-3.8
1970	544.67	2 270	271.7	6.17	955.6	21.69	12.62	3.70	0.8
1971	544.74	2 282	210.0	4.79	874.0	19.94	15.89	1.76	2.5
1972	544.57	2 257	238.9	5.39	1 069.2	24.13	5.36	4.38	-9.0
1973	544.30	2 218	278.1	6.17	952.8	21.13	12.90	0.32	-1.0
1974	544.28	2 212	320.3	7.09	913.0	20.19	11.11	0.70	-1.3
1975	544.21	2 205	227.4	5.01	974.2	21.48	10.65	2.62	-3.2
1976	544.00	2 170	227.6	4.94	955.9	20.74	8.28	2.52	-5.0
1977	543.89	2 159	282.6	6.10	1 006.2	21.72	9.72	5.04	-0.5
1978	543.78	2 145	258.0	5.53	1 019.8	21.87	5.97	4.17	-6.2
1979	543.55	2 108	289.8	6.11	1 002.1	21.12	5.93	5.29	-3.8
1980	543.31	2 085	160.0	3.34	1 042.3	21.73	5.63	7.27	-5.5
1981	543.15	2 070	141.4	2.39	1 122.2	23.23	8.68	8.62	-3.0
1982	542.89	2 035	281.8	5.73	1 025.3	20.86	10.03	5.70	0.6
1983	543.03	2 054	230.2	4.73	840.9	17.27	10.59	5.05	3.1

进一步用统计相关方法分析影响湖泊水位升降的主要影响因子,发现年径流量与湖水水位升降值(ΔH)的相关最高,相关系数达 0.94;其次是湖区降水,相关系数为 0.36;再其次是蒸发量,相关系数为 -0.19。因此,在呼伦湖的近期变化中,径流量丰枯将直接影响湖水位的消长,是湖泊变化的主控因子。

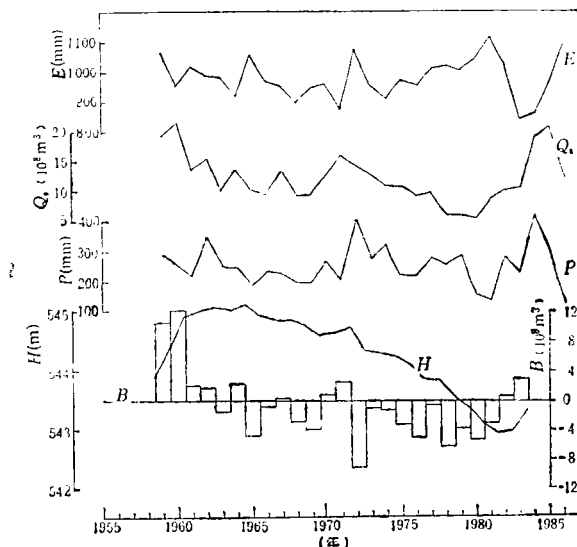


图 3 呼伦湖区蒸发(E)、径流(Q_s)、降水(P)、水位(H)及湖泊水量收支(B)的变化

Fig. 3 Annual fluctuation of evaporation (E), surface runoff into lake (Q_s), precipitation (P), water level (H) and water budget (B) in Hulun Lake

4 本世纪以来呼伦湖扩张的原因及其气候背景

通过上面分析,得到径流量是呼伦湖水位变化的主要影响因子,故分析该湖水位变化只需分析径流量的变化。

由于克鲁伦河的汇水区域大部分在蒙古人民共和国境内,得不到该河的水文、气象资料,而乌尔逊河流域内的降水、气温记录较短,仅二三十年时间,且由于该河上游有贝尔湖与哈拉哈河的调节,因此,径流的代表性较差,故利用海拉尔河嵯岗站的径流资料。该站距呼伦湖不足数公里。在达兰鄂木罗河被人为堵截之前,海拉尔河是仅次于克鲁伦河与乌尔逊河的第三补给河流。以 1958 年为例,该河补给量占全湖径流量的 25% (赵福林, 1990)。最重要的是海拉尔河年径流量变化同克鲁伦河与乌尔逊河的变化基本上同步(见图 4)。

海拉尔河嵯岗站以上集水面积 $54\,270\text{km}^2$, 多年平均径流量 $32.33 \times 10^8\text{m}^3$ 。分析发现,嵯岗站径流量与上游博克图站降水记录有较高的相关,相关系数达 0.81。原因是博克图站海拔较高,几乎接近分水岭线,为海拉尔河主干流免渡河的产流区。此外,分析发现,嵯岗站径流量与海拉尔气象站大于 0°C 的积温相关达 -0.64, 如此高的负相关说明,在海拉尔河流域径流较多的年份,亦是气温较低偏冷的年份,反之径流较少而气候偏暖。

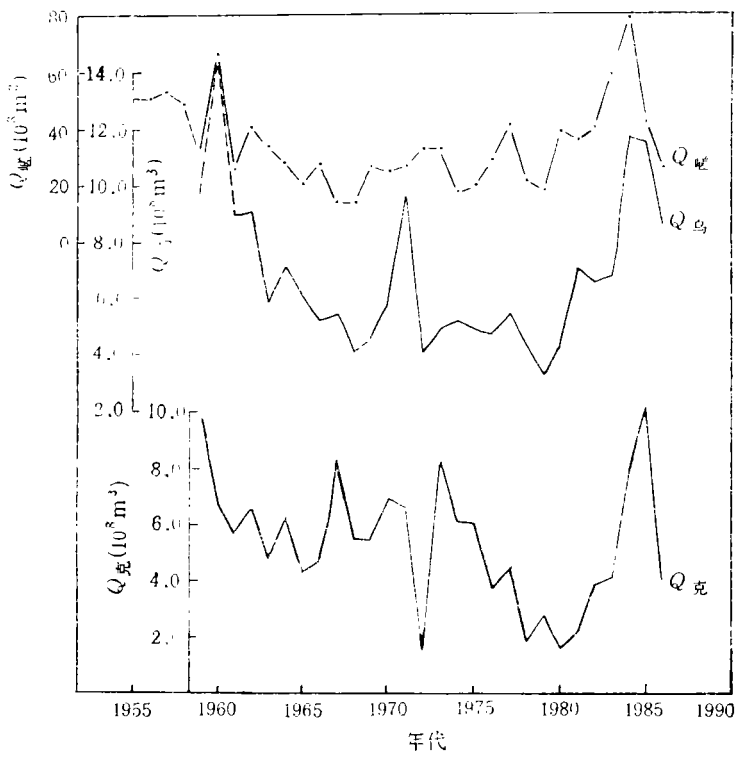


图 4 克鲁伦河、乌尔逊河与海拉尔河径流变化
Fig. 4 Annual runoff change of Kelulun, Wuerxun and Hailaer Rivers

博克图站降水记录始自 1914 年。利用该站的降水记录插补嵯岗站 1914—1954 年间缺测的径流过程(见图 5)。把径流量变化与湖水水位变化(图 2)对比可以看到,径流量的几个峰值,即 1924—1932 年,1951—1961 年及 1984 年与水位高值相对应。仅 1924—1932 年水位的峰值滞后了若干年,原因可能在水位记录上,因为相比之下,水位记录精度要差一些。但水位与径流变化的谷值则基本上是对应的。需要指出的是,尽管用相关插补方法来延长资料必须有一定的条件,但这里仅用于定性分析其变化趋势,因此,其精度是足够的。至此,可以肯定呼伦湖的水位变化主要受径流多寡的影响,而径流又由降水的丰枯来决定,因此只须分析降水的变化趋势。

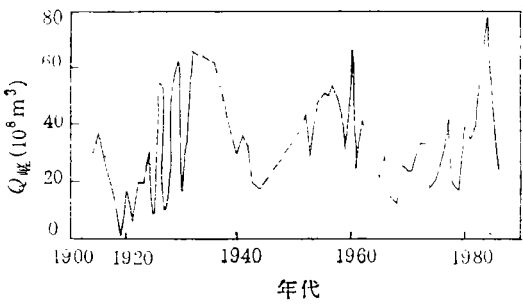


图 5 海拉尔河嵯岗站径流变化
Fig. 5 Annual runoff change of Hailaer River at St. Cuogang
——实测记录; ---缺测记录。

利用呼伦湖盆地北部的满洲里气象站本世纪以来的实测降水与气温记录。按《中国五百年旱涝分布图》(中央气象局气象科学研究所, 1981)及《中国气温等级图》(气象科学

研究院天气气候所等,1984)所用办法,把降水与气温分别按从“湿”至“干”及从“暖”至“冷”分为5级。这样对于1943—1956年缺测的年份可用上述两本资料予以插补。从上述即可得到满洲里站降水气温等级图(见图6)。从图6中可以看出,降水、气温均呈波动升高的趋势。这说明呼伦湖区本世纪以来,伴随气温升高,降水呈增加趋势。降水增加直接导致径流上升,从而使湖泊扩张。

进一步查阅有关文献就可以发现,我国东北、华北区汛期降水量自上世纪末至60年代初呈现增加的趋势(张家诚,1973)。而旱涝指数所反映的黑龙省本世纪以来的湿润状况呈上升的趋势(龚高法,1979),全省几个有较长降水记录的站所指示的降水变化亦与上述情况完全一样(季山,1984)。

同亚洲其他干旱或半干旱内陆湖泊变化相比,内蒙古地区的湖泊,如岱海、黄旗海等近一个世纪以来的变化与呼伦湖亦基本相似。而在其他地区尚未发现有此现象。即使是一些高纬度地区的湖泊,如原苏联西西伯利亚南缘的恰纳湖,本世纪以来的湖泊变化亦呈现以收缩为主要特征(见图7),产生这种状况的原因尚有待进一步研究。

5 结论

5.1 从恢复的湖水位变化曲线看,本世纪初以来,湖水位确实处于波动上升之中,其中二次是非常显著的湿润期,即1900—1926年及1952—1962年。

5.2 近30年实测水文、气象记录分析及湖泊的

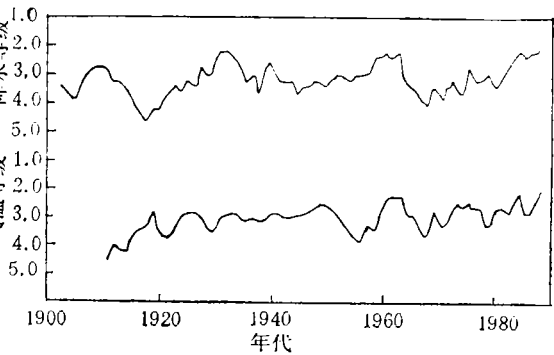


图6 满洲里气象站降水、气温等级变化图
Fig. 6 The changes of precipitation and temperature at St. Manzhouli

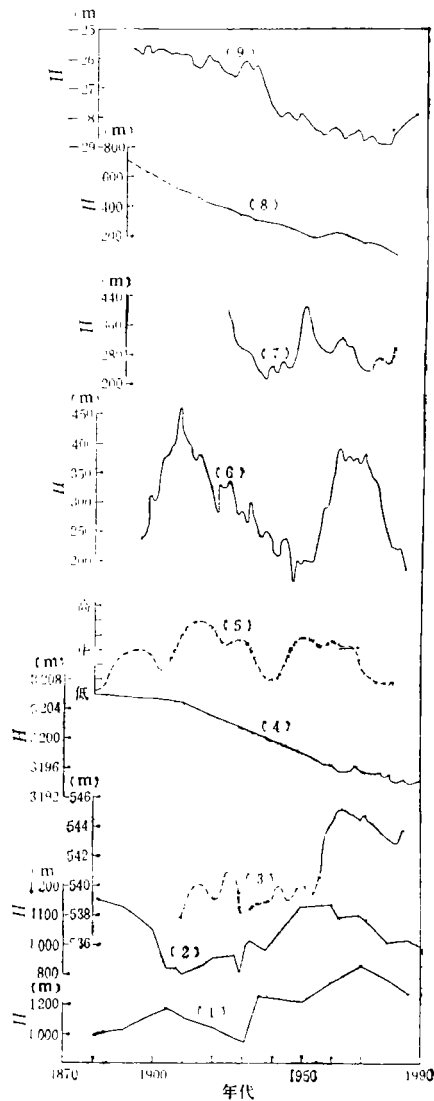


图7 亚洲中部部分内陆湖泊本世纪以来的水位波动

Fig. 7 Some inland lakes level fluctuation central Asia in this century

(1)黄旗海;(2)岱海;(3)呼伦湖;(4)青海湖;(5)哈萨克斯坦平原湖泊变化统计(A. B. Шнитников, 1982);(6)巴尔喀什湖;(7)恰纳湖;(8)伊塞克湖;(9)里海。——实测记录;---历史文献记录。

水量平衡计算均显示, 呼伦湖水位波动主要受地表径流量多少的控制。在有实测记录的 1959—1983 年中, 湖水位连续下降, 其原因是地表径流补给减少。地表径流补给减少的原因, 一方面是气候趋于干暖; 另一方面是人为切断了海拉尔河对呼伦湖的补给。但目前的湖水位仍是本世纪来比较高的。

5.3 相关分析结果显示, 影响径流变化的主要因子是降水的变化。因此, 影响湖水位变化最根本的原因是降水波动。从该地区的实测降水记录及降水等级来看, 该地区降水具有增大的趋势。这是湖泊扩张的根本原因。降水增加的现象并不是孤立的, 整个东北地区本世纪以来降水记录有上升的趋势; 在此背景下, 内蒙古东部地区的内陆湖泊, 呈现水位上升。这一状况与亚洲整个内陆地区的湖泊近一个世纪以来的变化相反, 值得注意。

参 考 文 献

- 王乃梁等, 1966, 呼伦贝尔盟达赉湖形成及其变迁的初步分析, 干旱区地理学术会议论文集, 科学出版社(北京), 22—31。
- 中央气象局气象科学研究所, 1981, 中国近五百年旱涝分布图集, 地图出版社(北京), 242—249。
- 气象科学研究所天气气候所, 中央气象台, 1984, 中国气温等级图(1911—1980 年), 气象出版社(北京), 193—276。
- 季 山, 1984, 200 年来黑龙江省气候干湿的变化, 水文, 4: 18—22。
- 张家诚, 1973, 气候变迁研究现状的几个问题, 大气科学, 3: 234—239。
- 赵福林, 1990, 呼伦湖水文特性, 水文, 3: 44—47。
- 施成熙等, 1986, 水面蒸发器折算系数研究, 地理科学, 6(4): 305—313。
- 施雅风, 1990, 山地冰川与湖泊萎缩所指示的亚洲中部气候干暖化趋势与未来展望, 地理学报, 45(1): 1—17。
- 龚高法等, 1979, 黑龙江省的气候变化, 地理学报, 34(2): 129—137。
- 萨基科夫, A. A., 1960, 扎赉诺尔地区水利问题, 黑龙江流域综合考察学术报告, 第 3 集, 科学出版社(北京), 247—251。

THE RECENT EXPANSION OF HULUN LAKE AND ITS RELATION TO WARMING GLOBAL CLIMATE

Qin Boqiang, Wang Sumin

(Nanjing Institute of Geography and Limnology, Academia Sinica, Nanjing 210008)

ABSTRACT

With the warming global climate, the water level record partly restored from historical data of Hulun Lake located in Inner Mongolia, China, Has shown apparently expansion which is contrary to most inland lake evolution in Central Asia recently. Studies of the lake water budget in 1959—1983 showed that the lake level fluctuation was mainly depended on surface runoff change. More detailed analysis of the surface runoff showed that runoff increase and water level rise of the lake were closely related to precipitation increase with the rise of temperature in lake region and Northeast China. Above changes of Hulun Lake are similar to Inner Mongolia, but these lakes evolution is opposited to that of most inland lakes of Aisa. It becomes an indicator of the climate change in this region.

Key words Hulun Lake Lake level rise Lake water budget
Climate change