

# 近百年来亚洲中部 内陆湖泊演变及其原因分析

秦伯强

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

**提 要** 本文对亚洲中部地区内陆湖泊近百年来变化及其变化的原因,特别是气候因素进行了考察与分析.位于我国内蒙古东部及蒙古高原北部的湖泊,近百年来其变化以水位上涨与面积扩张为主,产生这种湖泊水位上升的原因与该地区降水增加有关.此外,气温升高使冻土与地下冰融化,亦间接地增加了径流产出率,导致河川径流增加.该地区降水的增加同整个北半球高纬度地区降水增加相一致.位于亚洲内陆区西部的里海,自70年代末以来出现水位上升,亦与其集水区域内气候转湿润有关;位于中亚山区及平原的湖泊均以下降为主要特征.导致湖泊水位下降的原因中,有的是由于人类活动影响,有的是气候干旱所致,或二者兼而有之.中亚地区气温有升高的趋势,但降水减少,反过来又促使人类引水拦蓄等活动加剧,造成径流进一步减少,加速湖泊水位下降与面积收缩.

**关键词** 亚洲中部 内陆湖泊 演变 气候变化 人类活动影响

**分类号** P343.3

内陆湖泊是干旱或半干旱地区水资源的重要组成部分.近年来,由于气候的变暖,加之人类不合理地开发利用,导致了若干内陆湖泊濒临绝境,甚至消亡.如我国西北的罗布泊、玛纳斯湖、艾比湖等.伴随着湖泊水位下降与湖面积收缩,致使湖滨地区的大片沼泽与森林死亡,沙漠发展,水质恶化而使鱼类生长环境日益恶化,给当地居民生活及工农业生产造成严重的影响.由于干旱地区生态平衡比较脆弱,一旦遭受破坏,很难恢复.从这个意义上讲,开展干旱、半干旱地区内陆湖泊的演变与成因分析,评价气候变化与人类活动对湖泊的影响,是一项非常重要、具有前瞻性的工作.对于合理开发、利用干旱与半干旱地区的湖泊资源具有指导意义.

亚洲中部地区是世界上最大的干旱荒漠地区.为了研究方便起见,这里讨论的亚洲中部地区主要是指 $35^{\circ}\text{N} - 55^{\circ}\text{N}$ ,  $50^{\circ}\text{E} - 120^{\circ}\text{E}$ 的窗口地带,亦即包括了哈萨克斯坦高原、帕米尔高原、天山地区、新疆大部、青藏高原北部与蒙古高原全部.主要涉及的湖泊共有20个(表1).

## 1 亚洲中部地区的气候背景

本地区的气候条件与其地理位置密不可分.本区的西部有乌拉尔山脉,阻挡着来自大西洋的湿润气流.而在东部,由于蒙古高原的存在,使湿润的夏季风无法深入本地区.南部为喜马拉雅山脉与青藏高原、帕米尔高原与伊朗高原,使得来自阿拉伯海与印度洋的暖湿气流受阻<sup>[1]</sup>.冬季为极地大陆气团所控制,气候干冷;夏季,由于地面增温,使极地大陆气团充分变性而成为

• 收稿日期:1998-12-09. 秦伯强,男,1963年生,研究员.

干热气团,气候干热.年降水量在 100-400mm 左右,在山区可能会略高些<sup>[1]</sup>.年降水的空间分布由东、西二边向中亚腹地逐渐减少.降水主要集中在夏季,这是由夏季风的暖湿气流造成的;而在西部,即中亚地区,降水以冬季降水为主<sup>[2]</sup>.这是由于冬季西风带南移带来的湿润气流.年可能蒸发量达 900-1500mm,大部分地区为干旱荒漠与干草原.上述气候背景对于理解下面湖泊演变是非常有必要的.

表 1 亚洲主要内陆湖泊一览表

Tab. 1 The list of main lakes in inland mainland Asia

湖盆名称	英文名称	国家	北纬	东经	海拔/m	面积/km <sup>2</sup>
里海	Kaspian	俄罗斯	42.5°	50°	-28	374000
咸海	Aral Sea	乌兹别克斯坦	45°	60°	45	64300
伊塞克湖	Issyk-kul	吉尔吉斯斯坦	42.5°	77.5°	1607	6257
查得科尔湖	Chatyrkel	吉尔吉斯斯坦	40.6°	75.3°	3530	161
巴尔喀什	Balkhash	哈萨克斯坦	47.5°	75.01°	345	18200
卡拉库里	Kapakyli	吉尔吉斯斯坦	41.8°	75.2°	3914	380
艾比湖	Aibi	中国	44.93°	82.87°	189	522
柴窝堡湖	Chaiwupu	中国	43.5°	87.9°	1090	29
乌伦古湖	Wulungu	中国	47.22°	87.3°	489	736
罗布泊	Lop	中国	40.2°	90.15°	768	干盐湖
塞里木湖	Selimu	中国	44.51°	81.22°	2073	457
乌鲁克科勒	Wulukekule	中国	35.67°	81.6°	4780	15
阿什科勒	Ashikulei	中国	35.73°	81.57°	4670	12
青海湖	Qinghai	中国	36.8°	100.18°	3195	4340
乌布苏诺尔	Uvs Nuur	蒙古	50.3°	92.7°	759	3350
库苏泊	Hovsgol	蒙古	51°	100.5°	1645	2620
贝尔湖	Buir Nuur	蒙古	47.8°	117.9°	585	
岱海	Daihai	中国	40.37°	112.4°	1223	140
呼伦湖	Hulunhu	中国	48.95°	117.4°	545	2054

## 2 近百年来亚洲中部地区湖泊演变

从近百年来亚洲中部地区湖泊演变史来看,湖泊演变可以分为三类.第 I 类是近百年来水位以上升为主.这类湖泊主要位于蒙古高原北部和我国内蒙古东部,如呼伦湖、岱海以及蒙古人民共和国境内的库苏泊、乌布苏诺尔湖、贝尔湖等(图 1).

以岱海为例,1929 年时湖面积仅为 50km<sup>2</sup> 左右,至 1950 年达 110km<sup>2</sup>,而 1986 年时,仍有 134km<sup>2</sup><sup>[3]</sup>.呼伦湖 1959-1983 年的水量平衡发现,湖泊水位变化与入湖径流量的丰、枯有很大的关系,进一步分析发现,决定径流量的是该地区降水的情况<sup>[4]</sup>.通过对满州里地区历史气象记录的整理,按气温与降水等级建立的该地区气候变化序列发现,该地区气温有升高的迹象(气温等级 1909-1935 年为 3.4,1936-1962 年为 3.0,1963-1990 年为 2.7),降水同期亦趋

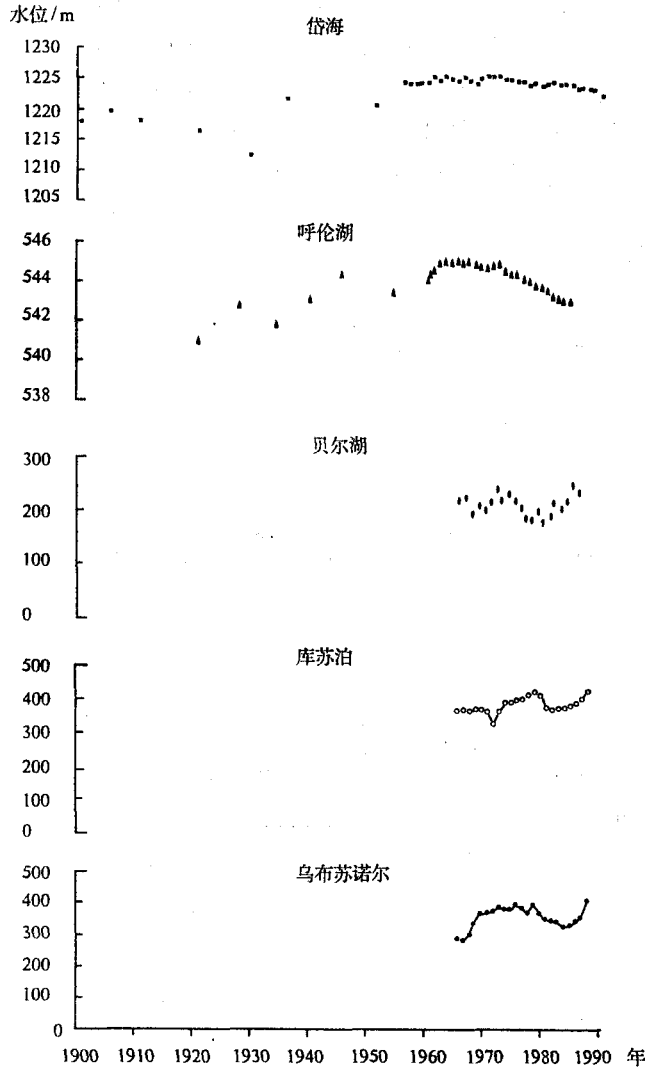


图 1 蒙古高原地区若干湖泊水位变化

Fig. 1 Some lake level variations in Mongolian Plateau

于增加(降水等级 1909 - 1935 年为 3.3, 1936 年 - 1962 年为 3.0, 1963 - 1990 年为 2.6)<sup>[4]</sup>. 用蒙古境内兴凯湖地区树木年轮资料重建的降水记录同样指示该地区降水自本世纪初以来连续上升<sup>[5]</sup>.

除此之外, 另外还有一类湖水位上升的湖泊. 这些湖泊仅限于中亚高山地区. 如位于帕米尔高原的卡拉库里湖(Каракуль)与萨里兹库耶湖(Сарезкое). 前者湖泊面积在 1880 年时, 仅 256km<sup>2</sup>, 而到 1986 年时已扩展到 380km<sup>2</sup>, 后者自 1941 年以来, 湖水位以每年数十厘米的速度在上升. 分析这类湖泊的补给特征不难出, 冰川补给量占到总径流量的 40%<sup>[6]</sup>. 而本世纪以来的气候变暖, 有利于冰川消融, 使入湖径流增加.

第Ⅱ类湖泊是变化较小或者说基本没有变化.如位于西昆仑山区的乌鲁克库勒和阿什库勒,1970年时二湖面积分别为 $15.5\text{km}^2$ 与 $11\text{km}^2$ ,至1986年时,湖面积分别为 $15\text{km}^2$ 与 $10.5\text{km}^2$ <sup>[7]</sup>;又如位于天山山区的塞里木湖及柴窝堡湖,前者50年代时湖面积为 $454\text{km}^2$ ,1972年为 $457\text{km}^2$ ,至1986年时仍为 $457\text{km}^2$ .尽管对这些湖泊的水量平衡缺乏研究,特别是山区湖泊.但据柴窝堡湖的水量收支看,径流补给,特别是地下径流的补给,由于源自山区冰川消融至山麓地区渗入地下,不易为人类拦截引用,从而使湖泊有较为稳定的补给源<sup>[8]</sup>.这是湖泊变化不大的主要原因.

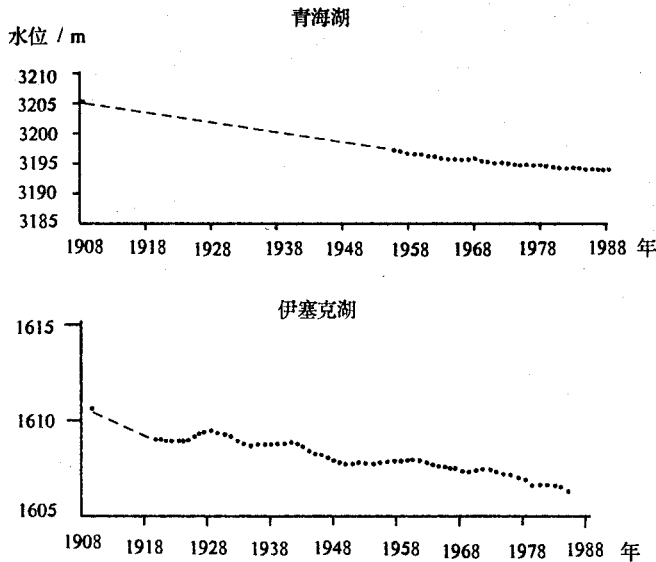


图2 中亚地区部分湖泊水位变化

Fig. 2 The lake level fluctuations in the 20-century in central Asia

第Ⅲ类湖泊是以面积收缩、水位下降为主的湖泊.这一类湖泊在亚洲中部地区占大多数.如青海湖、巴里坤湖、艾比湖、玛纳斯湖、乌伦古湖、伊塞克湖、巴尔喀什湖、咸海等(图2).尽管这些湖泊演变情况基本相同,但细究起来,又有不同.青海湖代表的是一类以自然影响、特别是气候变化影响为主的湖泊.青海湖在1908年时,湖水位为3205m,湖面积 $4980\text{km}^2$ ,至1986年湖水位下降为3193.78m,湖面积仅为 $4303\text{km}^2$ ,年均水位下降 $10\text{cm}$ <sup>[9]</sup>.湖泊水量平衡分析发现,降水与径流不足以抵消蒸发是水位下降的真正原因,尽管降水略呈变小的趋势,但湖盆内径流量减少的趋势非常显著<sup>[10]</sup>.据分析,人类引水灌溉造成的水量负亏仅占25%左右<sup>[10]</sup>,由此可以看出,该湖的近百年来水位下降反映了湖盆内业已存在的干、暖化趋势.位于新疆北部的乌伦古湖则代表了人类剧烈活动所造成的影响(表2).以乌伦古湖主要补给河流乌伦古河为例(表2),1958年到1988年实测年均径流量是 $4.4 \times 10^8 \text{m}^3$ ,实际情况下湖水位在该时期下降了 $3.88\text{m}$ <sup>[11]</sup>.而如果没有拦蓄、引水等影响,湖水位实际下降仅为 $1.85\text{m}$ <sup>[11]</sup>.说明人类活动对湖泊演变的影响已完全占主导地位.这一类湖泊在我国西北平原地区非常普遍,如罗布泊、

索果淖尔、艾比湖、玛纳斯湖、巴里坤湖等。

表 2 乌伦古湖还原情形与实际情形下的水量平衡

Tab. 2 The water budget of Lake Wulungu with correction and non-correction of runoff

年份	湖水位 /m	湖面积 /km <sup>2</sup>	降水		蒸发		地表径流 /10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	地下径流 /10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	跨流域引水 /10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	平衡值 /10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>
			/mm	/10 <sup>8</sup> km <sup>3</sup>	/mm	/10 <sup>8</sup> km <sup>3</sup>				
A: 还原情形										
1959	482.8	830	133	1.1	916.3	7.61	10.07	1.24	-	4.8
1969	483.45	846	182.1	1.54	869.2	7.35	12.67	1.58	-	8.44
1979	481.93	823	83.7	0.69	1066	8.77	5.3	0.67	-	-2.11
1986	480.43	799	133.5	1.07	989.4	7.91	5.23	0.7	-	-0.91
B: 实际情形										
1959	482.8	830	133	1.11	916.3	7.65	8.63	1.08	0	3.17
1969	480	792	182.1	1.44	869.2	6.88	9.05	1.16	0	4.77
1979	479.1	772	83.7	0.646	1066	8.23	0	0.49	3.8	-3.29
1986	478.6	745	133.5	0.995	989.4	7.37	0	0.38	2.41	-3.58

以上青海湖与乌伦古湖分别代表着气候变化与人类活动各占主导的湖泊演变。位于吉尔吉斯斯坦共和国境内的伊塞克湖、哈萨克斯坦的巴尔喀什湖和土库曼斯坦的咸海则代表了气候影响与人类活动双重作用的影响。以伊塞克湖为例,湖盆内的平均气温从 1929-1939 年间的 5.4℃,升高至 1940-1959 年间的 5.6℃,至 1960-1979 年间达 5.6℃;相应地水面蒸发从 1940-1959 年的 814mm 增加至 1960-1979 年间的 860mm<sup>[12]</sup>。气温升高也使湖盆内受冰川补给的河川径流量增加,这可以部分地抵消因气温升高导致的蒸发量增加,但由于人为引水灌溉及其蒸发量的增加,因此,湖泊水位仍处于下降之中。咸海水位下降已经持续近百年时间了。由此而产生的一系列问题已经引起国际社会的关注。自本世纪以来的水量平衡计算可以看出(表 3)<sup>[13]</sup>,降水、径流均有下降的趋势。由于咸海的集水区域与伊塞克湖、巴尔喀什湖等一样在西天山地区。而根据有关文献报道,该地区降水长期趋势有变小的迹象<sup>[14]</sup>。历史上,咸海水位的高低或升降与汇水区域内气候干湿状况密切相关<sup>[15]</sup>。因此,湖泊水位下降,包括伊塞克湖等,与该地区降水减少有关。再加上该地区引水灌溉、拦河建坝较为活跃,促使径流减少加快,客观上加速了水位下降与面积收缩。

表 3 不同时期咸海水量平衡

Tab. 3 The water budget of Aral Sea during the different periods

时段	径流量		降水量		蒸发量		平衡值	
	/10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>	/cm	/10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>	/cm	/10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>	/cm	/10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>	/cm
1911-1960 年	56	84.7	9.1	13.8	66.1	100	-1	-1.5
1961-1970 年	43.3	68.5	8	12.7	65.4	103.5	-14.1	-22.3
1971-1980 年	16.7	29.3	6.3	11	55.2	96.8	-32.2	-56.5
1981-1985 年	2	4.1	7.1	14.7	45.9	96.2	-36.8	-77.4
1986-1988 年	10.8	28	6.2	15.4	47	116.3	-30	-72.9

最后,有必要分析里海的变化情况。尽管里海仍处于本文讨论的区域之内,但其集水区域

大部分在俄罗斯中、西部平原,亦即在里海的北部地区.因此,尽管里海与咸海二者很相近,但水位变化却相差很大.在近百年时间里,里海水位亦以下降为主,尽管中间有升有降.下降最快的是 30 年代与 70 年代.当时人们讨论的话题是关于里海水位下降的对策.但自 1978 年以来,水位止跌回升.至 90 年代已从 -29m 上涨到 -26.9m 以上.现在人们关心的是水位快速上涨带来的一系列问题.关于里海水位止跌回升的原因.至今仍众说纷纭,未有定论.但一般认为与流域内干湿变化有关<sup>[16]</sup>.从表 4<sup>[4]</sup>中可以看出在水位下降时径流量、降水量以负距平为主,而在水位上升时期,则以正距平为主.降水增加使径流增加.而气温升高,使冻土与地下冰融化,增加土壤含水量与径流产出率,也有利于水位升高.

表 4 里海水位上升与下降期间的水量平衡<sup>1)</sup>

Tab. 4 The water budget of Caspian Sea during the level increase and level decrease

年份	年均水位 /cm	年径流量		年降水量		年蒸发量		年流出量		平衡水位 变化 /cm	平衡蓄量 变化 /10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>	实际水位 变化 /cm
		/cm	/10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>	/cm	/10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>	/cm	/10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>	/cm	/10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>			
1930	-26.07	-8.8	-35.2	-2.9	-11.6	-1.3	-5.2	-2.3	-9.2	-15.3	-61.2	-17.3
1931	-26.22	-3.1	-12.4	3.4	13.6	-3.2	-12.8	-1.4	-5.6	-4.3	-17.2	-6.3
1932	-26.13	11.4	45.6	2.7	10.8	0.1	0.4	-2.5	-10	11.7	46.8	9.7
1933	-26.16	-13	-52	0.8	3.2	5.7	22.8	-1.8	-7.2	-8.3	-33.2	-10.3
1934	-26.38	-13.3	-53	-4.1	-16.3	-2.4	-9.6	-0.5	-2	-20.3	-80.9	-22.3
1935	-26.57	-13.6	-53.9	-2	-7.9	1.4	5.5	-0.1	-0.4	-14.3	-56.7	-16.3
1936	-26.79	-18.1	-71.4	-2.4	-9.5	-1.9	-7.5	0.1	0.4	-22.3	-88	-24.5
1937	-27.01	-22.6	-88.7	-2.3	-9	-0.8	-3.1	0.4	1.6	-25.3	-99.2	-27.3
1938	-27.32	-20.6	-79.9	-0.9	-3.5	-6.2	-24	0.6	2.3	-27.1	-105.1	-29.1
1939	-27.62	-17.1	-65.5	-1.5	-5.7	-6.9	-26.4	1.2	4.6	-24.3	-93	-26.3
1978	-28.95	7.4	26.6	7.9	28.4	9.3	33.2	1.4	5	26	93.2	24
1979	-28.6	18.2	66.1	6	21.6	-6.1	-22	0.8	2.9	18.9	68.6	16.9
1980	-28.48	2.4	8.7	4.4	15.9	-4.9	-17.8	2.2	8	4.1	14.4	2.1
1981	-28.33	10.4	38.2	5.9	21.6	0.8	3	2.5	9.2	19.6	72	17.6
1982	-28.25	-4.6	-16.9	1.7	6.4	6	22.2	2.6	9.6	5.7	21.3	3.7
1983	-28.2	-5.1	-18.8	-2.7	-9.9	-0.1	-0.4	2.8	10.4	-5.1	-18.7	-7.1
1984	-28.08	-3.4	-12.6	8.3	31.3	-1.5	-5.6	3	11.2	6.4	24.3	4.4
1985	-28.03	14.4	54.1	-5.3	-20	17.3	65	2.6	9.8	29	108.8	27
1986	-27.98	8.4	31.5	-0.8	-3	-5.3	-20	2.8	10.6	5.1	19.1	3.1

1)表中数字系相对于多年平均值而言的.

### 3 讨论

自本世纪有气候观测记录以来,全球气温具有明显升高的趋势,自 1880-1980 年间,平均升高约 0.5℃<sup>[18]</sup>.这其中,高纬增温高于低纬,冬季增温又高于夏季.与气温相比,降水在全球范围内的变化差别较大.在北半球地区,中、低纬度带内(5°N-35°N),降水有变少的趋势,尤以 60 年代以后为甚,在中纬度带内(35°N-70°N)则存在降水增加的趋势<sup>[19]</sup>.这一纬圈正好覆盖了亚洲中部内陆地区.但就本文讨论的区域而言,虽然气温升高较为一致,但降水变化却差别很大.在蒙古高原地区及我国内蒙古地区,无论是器测记录还是树木年轮的代用资料或者湖泊水位,均指示了变湿的迹象<sup>[5,20]</sup>.这种变湿,一方面是由于降水的增加,另一方面是气温升

高,使冻土及地下冰融化,从而使径流产出率增加.在外贝加尔湖地区、河川径流的长期变化显示了增加的趋势<sup>[21]</sup>;在黑龙江地区,长系列降水记录亦显示本世纪以来降水逐渐在增加<sup>[20]</sup>.由此,不难理解为什么该地区湖泊以水位上升为主要趋势,尽管目前仍无法判断该区域的降水增加是否是季风增强所致.

对于中亚地区而言,特别是在天山至里海之间,历史记录表明尽管气温有升高的迹象,但降水非但没有增加,反而呈现略微下降的趋势<sup>[14]</sup>.该区域降水主要源自冬季西风带的水汽输送.但由于该地区气温增加,特别是冬季升温明显<sup>[22]</sup>,将必然影响西风带冬季南移的位置,从而使冬季降水减少.这大约可以部分地解释为什么咸海、伊塞克湖等湖水位持续下降,面积收缩.如果这种假设可以成立,那么未来气候的进一步趋暖必将使该地区降水进一步减少,干旱的程度也将加深,这对该地区的湖泊是非常不利的.同时,降水减少必然导致径流减少,从而加剧人类引水等活动,使湖泊的萎缩加快.与咸海虽然是邻居,但水位变化大相径庭的里海,由于其汇水区域主要在 $50^{\circ}\text{N}$ 以北,特别是俄罗斯的欧洲部分地区,这一地区的降水记录多年变化,特别是60年代以来,有增加趋势.其中冬季降水及其云量的增加尤为显著<sup>[14,23]</sup>.这种表现为冬季降水增加的情况也可能与西风带的位置移动有关.伴随着气温上升,降水增加,河川径流及汛期持续时间均在增加<sup>[16]</sup>,这与全球气温升高在高纬度的反映是一致的.里海水位上涨与汇水区域内的降水增加这一现象可以与亚洲东部地区蒙古高原的气候变化与湖泊变化情况相对应.

与上述两大区域不同的青藏高原北部与新疆地区的湖泊大都仍处于水位下降之中.尽管该地区降水补给主要由季风气流所造成,但与蒙古高原,特别是东亚高纬地区的降水增加不一样<sup>[24]</sup>.这一方面反映了在同一气候系统内,低纬地区降水并不像高纬地区那样对全球气候变暖非常敏感;另一方面,深居中亚腹地的新疆地区,无论是西边的西风带或东边的季风环流均难以深入及此,从而导致客观上其变化要较其它地区滞后.这意味着该地区气候干旱仍将持续一段时间,湖泊水位变化短期内仍难以逆转.

## 4 结论

本文对亚洲中部地区内陆湖泊近百年来变化进行了分析,通过对照该地区及北半球气候变化情况和对湖泊变化的原因分析,初步获得以下几点认识:

(1) 位于我国内蒙古东部及蒙古高原北部的湖泊,近百年来以水位上涨与面积扩张为主.产生这种湖泊水位上升的原因首先与该地区降水增加有关.降水增加的直接后果是径流增加.此外,气温升高使冻土与地下冰融化,亦间接地增加了径流产出率,导致河川径流增加.从更大的空间尺度上看,该地区降水的增加不是孤立的.因为整个北半球高纬度地区降水均有增加的迹象.位于亚洲内陆区西部的里海自70年代末以来的水位上升,亦与其集水区域内降水增加直接有关,尽管里海地区与蒙古高原地区的气候影响系统并不一致.

(2) 位于中亚山区及平原的湖泊均以下降为主要特征.尽管导致湖泊水位下降的原因中,有的是由于人类活动影响,有的是气候干旱所致,但多数情况下二者兼而有之.气候记录表明,中亚地区气温有升高的趋势,但降水非但没有增加,反而略呈下降的趋势.这种降水减少很可能与该地区因冬季趋暖从而影响西风带位置致使冬季降水减少有关.降水减少,反过来又促使人类引水拦蓄等活动加剧,造成径流进一步减少,加速湖泊水位下降与面积收缩.

致谢 本文的工作是施雅风先生主持的“七·五”重大基金项目“中国气候变化与海面变化及其影响研究”中的一小部分内容。很多工作都是在他的指导与启发下完成的。值此先生八十华诞之际,承《湖泊科学》编辑部之邀,谨以此文恭贺先生。

### 参 考 文 献

- 1 Lydolph P E. Climates of the Soviet Union. In: World Survey of Climatology, Vol. 7. Amsterdam: Elsevier, 1997. 151 - 189
- 2 盛承禹. 世界气候. 北京: 气象出版社, 1988. 121 - 139
- 3 李华章, 刘清泗, 汪家兴. 内蒙古高原黄旗海、岱海全新世湖泊演变研究. 湖泊科学, 1992, 4(1): 31 - 39
- 4 秦伯强, 王苏民. 呼伦湖的近期扩张及其与全球气候变化的关系. 海洋与湖沼, 1993, 25(3): 280 - 287
- 5 Севастьянов Д В, ватнасан Н. Изменчивость увлажненности состояние озер в различных ландшафтно климатических областях Монголии. *Водные Ресурсы*, 1993, 20(1): 123-127
- 6 Севастьянов, Д. В., Егоров, А. Н. Современные Тенденции эволюции природных ресурсов горных озер средней Азии. *География и Природные Ресурсы*, 1988, 3: 50 - 54
- 7 李栓科. 中昆仑山区封闭湖泊湖面波动及其气候意义. 湖泊科学, 1992, 4(1): 19 - 30
- 8 施雅风, 曲耀光. 柴窝堡 - 达坂城地区水资源与环境. 北京: 科学出版社, 1989. 1 - 135
- 9 秦伯强, 王洪道. 青海湖水位下降与水量平衡. 中国科学院南京地理与湖泊研究所集刊, 1990, 7: 51 - 57
- 10 秦伯强, 施雅风. 青海湖流域的水文特征及水位下降原因分析. 地理学报, 1992, 47: 267 - 273
- 11 秦伯强. 气候变化与人类活动对乌伦古湖影响分析. 干旱区地理, 1992, 15: 10 - 16
- 12 Севастьянов Д В, Смирнова, Н П Озеронисскы куль и Тенденции его Дриро дног Развитие. *ЛИ Наука*, 1982: 69 - 184
- 13 Ёртник ВН. Современное состояние и возможное будущее Аральского Моря. *Иза АН сер географ*, 1994, 4: 62 - 68
- 14 Семенов ВА, Алексеева АК. Изменения стока рек России и прилегающих территорий в XX столетии. *Метеор и Гидрол*, 1994, 2: 76 - 83
- 15 Мельникова АП. Климатический фактерв колебании уровня Арала. *Иза АН сер географ*, 1994, 4: 26 - 35
- 16 Никонова РЕ. Характеристика межгодовой и сезонной изменчивостей составляющих водного баланса и уровня каспийского моря за период его современного повышения. *Водные Ресурсы*, 1994, 21(4/5): 410 - 414
- 17 Голицын ГС. Панин ГН. О водном балансе современных изменениях уровня Каспия. *Метеор и Гидрол*, 1989, 1: 57 - 63
- 18 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Climate Change 1992-The Supplementary Report to the IPCC scientific Assessment. Cambridge: Cambridge University Press(U. K.), 1992. 1 - 110
- 19 Bradley R S, Diaz H F, Eischeid J K, et al. Precipitation fluctuations over northern hemisphere land areas since the mid-19th century. *Science*, 1987, 237: 171 - 175
- 20 季 山. 200年来黑龙江省气候干湿的变化. 水文, 1984(4): 18 - 22
- 21 Шикломанов АИ. О влиянии антропогенных изменений глобального климата на сток в бассейне Енисея. *Метеор и Гидрол*, 1994, 2(3): 84 - 93
- 22 Fallot J M. variations of mean cold season temperature, precipitation and snow depths during the last 100 years in the Former Soviet Union. *Hydro Sci J*, 1997, 42(3): 301 - 327
- 23 Ефимова НА. Изменения температуры воздуха и облачности в 1967-1990 года на территории бывшего СССР. *Метеор и Гидрол*, 1994, 6: 66 - 69
- 24 陈隆勋, 邵永宁, 张清芬等. 近 40 年我国气候变化初步分析. 应用气象学报, 1991, 2(2): 164 - 173



## A Preliminary Investigation of Lake Evolution in 20-century in Inland Mainland Asia with Relation to the Global Warming

QIN Boqiang

(*Nanjing Institute of Geography and Limnology, CAS, Nanjing 210008*)

### Abstract

This paper summarizes lake changes in the arid or semi-arid inland mainland Asia since the beginning of 20-century, and further investigates the possible causing, especially the effects of climatic change. In the northern Mongolia and eastern Inner Mongolia, the lakes show a general increase in water stand, which is caused by the increase in precipitation. Meanwhile, the temperature rising is favourable for melting the frost underground water and augmenting the soil tension water and runoff. In the western Central Asia, the water level of Caspian Sea has turned to rise since 1978, which is also associated with the increase in moisture condition in the catchment. In the mountainous central Asia, most lakes show a general decrease in water level. These lake level drop are caused either by the trend of dry and warm condition, or by the human activities, or by both. The rainfall record indicates a slightly reduction of rainfall, particularly the reduction of winter rainfall, which presumably related to the increase in winter temperature resulted in the shift of westerlies in winter time. Decrease in precipitation result in more water to be channeled and irrigated, therefore, the lake shrinkages will be speeded up.

**Key Words** Inland mainland Asia, lake evolution, climate change, human activities