

新疆博斯腾湖水盐变化及其影响因素探讨*

李卫红¹ 袁磊²

(1:中国科学院新疆生态与地理研究所,乌鲁木齐 830011;2:新疆环境监测中心站,乌鲁木齐 830011)

提 要 在博斯腾湖水文和水化学实测资料的基础上,研究了博斯腾湖水盐的年际和年内变化.近40年来,水质年际变化经历了好→中→差→中的过程;年内变化与区内最大补给源开都河不同季节河流来水量变化以及湖周农田排盐水等因素直接相关,而湖水的矿化度与水位变化呈负相关.对湖水主要离子含量变化特点和湖区矿化度变化规律的研究表明,湖水补给源及湖水循环状况是影响湖水水质变化的主要因素.

关键词 博斯腾湖 水盐变化

分类号 P343.3

博斯腾湖地处新疆维吾尔自治区南天山的焉耆盆地内,是我国最大的内陆淡水湖泊和芦苇产地,是开都河的尾间湖.孔雀河源于博斯腾湖,是新疆库尔勒市、尉犁两绿洲的工业、农业、居民生活用水的重要水源.因此,博斯腾湖水盐变化不仅直接影响湖区及水体的生态环境,而且与其下游工农业生产、居民生活和生存环境有密切关系.近40年来在人类经济活动影响下,博斯腾湖的水量及含盐量发生了很大变化,已严重影响到库尔勒的城市供水质量,为此,巴音郭楞蒙古自治州政府专门颁布了《博斯腾湖流域水环境保护及污染防治条例》,以保护该湖生态环境.对该湖的研究古已有之^[1],但较详细的研究始于1958年中国科学院新疆综合队^[2],60~70年代对博斯腾湖也有不少研究^[3~8],尤其80年代以后,博斯腾湖水问题的研究日益被关注,已有大量论文和著作发表^[9~14].本文是作者在参加博斯腾湖生态环境保护规划和开都河—孔雀河流域水资源保护规划工作的基础上,结合野外调查资料 and 前人工作成果,就博斯腾湖水盐变化及其影响因素做一初步分析,旨在为保护博斯腾湖水环境、促进区域社会经济可持续发展提供科学依据.

1 博斯腾湖概况

博斯腾湖位于新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州,湖东西长达55km,南北平均宽约20km.水位1048.75m时,水域面积为1002.4km²,容积为88×10⁸m³,平均水深7.38m,最大水深16m(表1).除大湖区外,西部还有逾400km²的小湖和沼泽区,其中小湖水面积为52.5km²,主要分布在大湖的西南角,进入盆地的各河流总径流量年均均为39.45×10⁸m³.

博斯腾湖,既是开都河的尾间湖,又是孔雀河的发源地,属冰雪融水、降水和地下水混合补给型湖泊,是新疆芦苇主要产区和渔业基地.由于湖周区大规模地垦殖,每年农田大量排盐水进入博斯腾湖,致使湖水矿化度急剧增高,水质不断恶化,湖区生态系统严重受损,鱼类

* 国家自然科学基金(90102007)和中国科学院知识创新项目(KZCX1-08-03)资助项目.

收稿日期:2001-05-01;收到修改稿日期:2002-02-02. 李卫红,女,1958年生,高级工程师.

种数和产渔量减少,新疆大头鱼和塔里木裂腹鱼等珍稀动物绝迹;同时,由于湖泊水域面积的萎缩,芦苇面积减少,自然群落衰退,芦苇资源量下降,严重影响区域社会的健康、持续发展. 博斯腾湖水环境问题已引起社会和各级政府的密切关注.

表 1 博斯腾湖水位、面积、容积关系

Tab. 1 Relationships between water level, lake area and volume of Bosten Lake

水位(m)	1049.38	1048.75	1048.00	1047.50	1047.25	1047.00	1046.50	1046.00	1044.00
面积(km ²)	1840	1002.40	990	980	975	970	950	930	820
容积($\times 10^8\text{m}^3$)		88.0	81.5	77.8	75.9	74.0	69.5	65.0	47.0

2 湖泊水质变化

2.1 湖泊水质年际变化

博斯腾湖水质在近 40 年,经历了好→中→差→中这样一个变化过程,与人类对博斯腾湖周围的开发与保护密切相关. 博斯腾湖水质在 1958 年以前,矿化度为 0.25~0.39g/L,未超过 0.40g/L,属于淡水湖. 以后随着人类活动强度的不断加大,进入湖盆的排盐水增多,加之两干渠直接将大量淡水引入孔雀河,使湖水循环水量减少,导致湖水水质发生明显变化,矿化度呈持续升高趋势. 1975 年上升到 1.44g/L,由淡水湖逐渐演变成咸水湖. 虽然 1984 年湖水矿化度上升幅度较 1981 年以前有所减缓,但仍处于上升趋势;1987 年湖水矿化度升高到 1.6~2.02g/L,达到最高值. 之后至 1989 年矿化度一直维持在 1.80g/L 上下;进入 90 年代,博期腾湖的保护力度加大,湖水矿化度逐渐好转,90 年代初,表现出有升降波动的下降趋势;90 年代后期以来,湖水水质呈明显好转态势,2000 年仅为 1.12g/L(图 1).

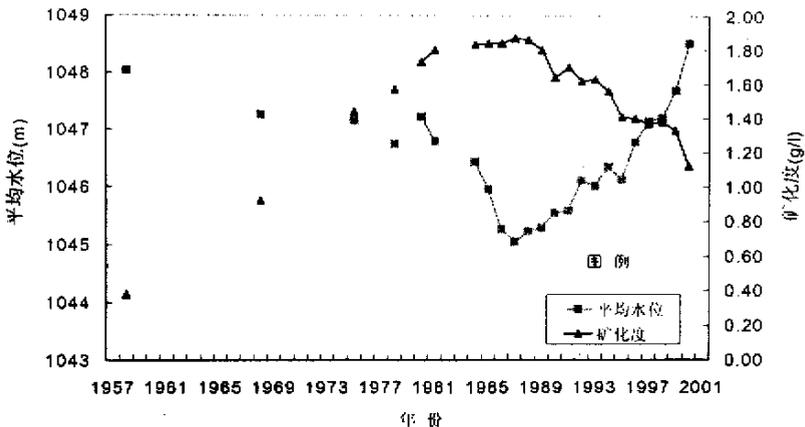


图 1 博斯腾湖近 40 年来平均水位和水质变化(1958~2000 年)

Fig. 1 Variations of water level and mineralized degree of Bosten Lake, 1958—2000

2.2 湖泊水质年内变化

博斯腾湖水质的年内变化与区内最大补给源开都河不同季节河流来水量变化以及湖周农田排盐水等因素直接相关,存在明显的变化规律. 表现为:在洪水期,上游开都河的大量

补给和下游孔雀河的大量出流,加大了湖水循环,因而在这期间,湖水矿化度最低;而在枯水期,淡化水补给大为减少,而农田排盐水大量进入湖区,从而致使湖水总体矿化度偏高,但幅度不大。

博斯腾湖水体在不同时期,其主要离子含量是不同的.表现为在 20 世纪 50 年代,水中以碳酸盐为主,矿化类型为 C_{T}^{Ca} 型;20 世纪 80 年代中期以后,水体矿化度增高,水体中硫酸盐和氯化物占绝对优势,矿化度类型为 SO_{4}^{Na} 型;进入 90 年代,虽然水体矿化度有所降低,但水化学类型仍为 SO_{4}^{Na} 型。

在离子含量增长过程中, Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 增长平缓,幅度很小,而 SO_{4}^{2-} 、 Cl^{-} 和 $K^{+}+Na^{+}$ 增长迅速,幅度很大.离子含量依次为: $SO_{4}^{2-}>Cl^{-}>HCO_{3}^{-}>K^{+}+Na^{+}>Mg^{2+}>Ca^{2+}>CO_{3}^{2-}$,其所占比例与所处湖区位置有关。

3 影响因素分析

分析博斯腾湖的水质变化,原因有二:一是湖水补给源;二是湖水循环状况。

3.1 湖水补给源分析

博斯腾湖以开都河为主要补给源,属冰雪融水和降水补给为主的内陆湖泊,在 20 世纪 50~60 年代以前一直是淡水湖泊,水质较好.以后由于湖周大面积的垦殖,进入博斯腾湖的农田排盐水不断增加,致使博期腾湖既受开都河淡水之贿,又同时接纳湖周大量排盐水.统计表明,20 世纪 70 年代,焉耆盆地每年排入博斯腾湖的农田水 $2.65 \times 10^8 m^3$,带入盐分 $63.7 \times 10^4 t$;1982~1995 年排入湖中的水量 $(1.9 \sim 3.1) \times 10^8 m^3$,带入盐分 $(46 \sim 64) \times 10^4 t$;进入 90 年代,排水量和排盐量仍未减少,排水量在 $(2.0 \sim 3.0) \times 10^8 m^3$,带入的盐量在 $50 \times 10^4 t$ 以上,从而使大量盐分远源不断地进入博斯腾湖.尽管西泵站给孔雀河供水过程中,每年排出相当部分盐分,但从各季度出入博斯腾湖主要污染物总量可见(表 2),带进的盐分较带出的盐分多.因此,湖周农田排入湖区的污水是造成湖水盐化的重要原因之一。

表 2 各季度出入博斯腾湖主要污染物总量统计

Tab. 2 Statistics of main pollutant flowing into and out of Bosten Lake

项目	Cl^{-}				SO_{4}^{2-}				盐分			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
入湖量($10^4 t$)	1.73	7.72	17.50	4.53	4.24	13.20	29.40	8.45	18.10	45.30	120.00	34.10
出湖量($10^4 t$)	4.96	8.77	9.82	6.73	3.33	11.60	6.94	4.79	23.60	56.90	47.10	35.10

再则,从博斯腾湖水质空间变化差异分析,博期腾湖水域面积约 $1000 km^2$,不同区域由于水源补给的差异,水体矿化度变化很大.西部两河口区直接接受河流淡化水的补给,水体矿化度为全湖的最低区;北部黄水区,因接纳农田排污水量最大,故矿化度达到全湖的最高值;湖中区比较稳定,西泵站区接近湖中区水质.进一步分析不同季节博期腾湖区水质空间变化可见(表 3),河口区在汛期和非汛期的水质都较好,矿化度不足 $300 mg/L$;黄水区在汛期和非汛期有明显变化,表现为汛期接纳大量农田排污水,氯离子由非汛期的 $608.6 mg/L$ 升高到 $931 mg/L$,矿化度由非汛期的 $2871.1 mg/L$ 升高到 $3900 mg/L$,由此也表明农田排水是导致湖水矿化度升高的重要原因。

由于博斯腾湖湖水较浅,湖流及扩散作用较好,矿化度垂直分布的差异不明显.西泵站区由于是出水口,水盐变化趋势与河口区一致,表现为汛期水质好于非汛期水质.

表 3 博斯腾湖不同湖区、季节水质监测结果

单位:mg/L

Tab. 3 Results on the water quality in different seasons and sub-lakes of Bosten Lake

地点	汛期			非汛期			年平均		
	河口区	黄水区	西泵站区	河口区	黄水区	西泵站区	河口区	黄水区	西泵站区
Cl ⁻	14.8	931.0	166.0	14.2	608.6	215.5	14.4	689.0	199.0
SO ₄ ²⁻	28.4	1223.3	197.0	50.5	1060.9	306.8	45.0	1105.5	270.2
矿化度	272.3	3900.0	899.0	281.8	2871.1	1086.8	285.2	3128.0	1024.0

3.2 湖水循环状况分析

博期腾湖水质在 20 世纪末趋于好转的原因除采取了部分工程、管理措施外,关键与近些年开都河处于丰水年密切相关.开都河在 20 世纪 70~80 年代平水年,多年径流量为 $33 \times 10^8 \text{m}^3$;到 90 年代后期,开都河连年为丰水年,1999~2000 年两年径流量超过 $40 \times 10^8 \text{m}^3$,大量河流淡水由开都河输送给博斯腾湖,使博斯腾湖淡水量大大增加,湖水水位抬升,水质淡化,加之供给其下游孔雀河的水量增加,加大了湖泊水体的循环,从而湖泊水质得以改善.

从近些年博斯腾湖水位与水质变化关系也可见到,博斯腾湖水位的高低与矿化度存在着明显的反比关系(图 1),湖水水位高时,矿化度低,如 2000 年平均水位 1048.52m,湖水矿化度为 1.12g/L;而湖水水位低时矿化度则高,如 1987 年平均水位 1044.99m,湖水矿化度为 1.87g/L.由此可见,博斯腾湖水质变化与上游河水的丰、枯和湖水循环两大因素有密切关系.

4 结语

博斯腾湖是我国最大淡水湖泊,博斯腾湖生态系统的保护不仅对该地区生态环境的良性循环具有重要意义,而且对区域社会经济的可持续发展有巨大的促进作用.上述分析表明,博期腾湖湖水矿化度与进湖淡水量密切相关,同时也受到含盐排水的直接影响.因此,一方面要积极开发焉耆盆地的水源地,确保开都河有一定量的淡水补给博斯腾湖,同时要实施节水灌溉,不断减少排入博斯腾湖的农田污水,并且在丰水期要加大湖水循环,否则博斯腾湖水再次咸化的可能还会发生.

参 考 文 献

- 1 西域国志,清乾隆二十八年(1763年)
- 2 中国科学院新疆综考队. 1957年新疆综合考察报告汇编. 北京:科学出版社,1959
- 3 库兹查佐夫,穆尔扎也夫. 博斯腾湖及其将来. 见:新疆维吾尔自治区的自然条件(论文集). 北京:科学出版社,1959
- 4 中国科学院新疆综考队. 新疆地下水. 北京:科学出版社,1965
- 5 中国科学院新疆综考队. 新疆水文地理. 北京:科学出版社,1966
- 6 中国科学院新疆综考队. 新疆地貌. 北京:科学出版社,1978
- 7 毛德华. 博斯腾湖可能的自然演变. 新疆地理,1978,1(1):56-63
- 8 曲耀光. 博斯腾湖盐化的原因及其防治途径. 新疆地理,1978,1(2):57-68
- 9 杨利普. 博斯腾湖的合理利用问题. 自然资源,1980,(1):29-34

- 10 程其畴. 博斯腾湖研究. 南京: 河海大学出版社, 1995
- 11 成正才. 博斯腾湖的咸化与淡化. 干旱区资源与环境, 1996, **10**(4): 33-42
- 12 程其畴. 博斯腾湖水质矿化度与水资源利用. 干旱区地理, 1993, **16**(4): 32-37
- 13 郝毓灵, 霍勇. 博斯腾湖及周围地区环境质量评价及预测. 地理科学, 1993, **13**(2): 155-160
- 14 刘松. 博斯腾湖水水质矿化度模型及预测研究. 干旱环境监测, 1996, **10**(3): 142-146

On the Water-Salt Change of Bosten Lake in Xinjiang

LI Weihong¹ YUAN Lei²

(1: Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, P. R. China)

(2: Xinjiang Environmental Monitoring Station, Urumqi 830011, P. R. China)

Abstract

Bosten Lake is one of the biggest freshwater lakes in China. On the basis of *in situ* hydrological and hydro-chemical data of Bosten Lake, this paper discusses the annual and seasonal change of water salt of Bosten Lake in detail. During the past 40 years or so, the lake water has undergone an annual changing process and the seasonal change is closely related to the water discharge coming from Kaidu River that is the largest water source supplying for the Bosten Lake. The farmland drainage contains salt around the Lake. The change of mineralized degree in the lake is negatively correlated with the water level in the past 40 years, i. e. when the water level is lower, the lake mineralized degree is higher. With the increase of ion content, Ca^{2+} and Mg^{2+} increase slowly, while the contents of SO_4^{2-} , Cl^- and $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ show markable increase. The descending ion content order is $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{K}^+ + \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{CO}_3^{2-}$, and its proportion may differ with the sampling positions in the lake. The hydro-chemical type is SO_4^{Na} . The lake water sources and lake water circulation are the main factors that have impacts on the change of lake water quality. The measurement for improving Bosten lake water eco-environment are suggested as follows: farmland irrigation quota should be reduced, river water amount flowing into Bosten Lake be promised, the groundwater resources utilization in the Yanji Basin be sped-up, and the lake water circulation intensity strengthened.

Keywords: Bosten Lake; water level change; mineralized degree