

沈乌灌域天然湖泊非冰封期水质阶段性评价与分析

朱科, 李为萍*, 史海滨, 李仙岳, 闫建文, 吴迪
(内蒙古农业大学水利与土木建筑工程学院, 呼和浩特 010010)

摘要:沈乌灌域湖泊水质状况对灌域生态环境有着重要影响。【目的】揭示沈乌灌域内天然湖泊水质状况, 阐明节水改造工程实施和特殊的灌溉制度对湖泊水质变化的影响。【方法】针对沈乌灌域8个典型天然湖泊2016—2017年非冰封期(3—11月)水质监测数据, 借助SPSS软件, 采用主成分分析方法, 选取COD_{Mn}、NH₃-N、TN、TP、DO 5个因子作为评价指标, 对研究对象进行了水质评价并对其水质变化原因进行了阐述。【结果】沈乌灌域8个典型湖泊水质在非冰封期处于动态变化, 3—5月水质较好, 一般能达到Ⅲ类水质, 6—9月水质处于波动期, 介于Ⅲ~Ⅴ类, 10—11月水质开始好转, 水质最差通常出现在8月与9月。【结论】8个典型湖泊其水质随时间波动较大, 在节水改造工程实施年份, 节水改造工程附近的湖泊水质有所降低, 氮素是影响湖泊水质的主要因素。

关键词:沈乌灌域; 天然湖泊; 主成分分析; 节水改造; 水质评价

中图分类号: X821; X824

文献标志码: A

doi: 10.13522/j.cnki.ggps.20180182

朱科, 李为萍, 史海滨, 等. 沈乌灌域天然湖泊非冰封期水质阶段性评价与分析[J]. 灌溉排水学报, 2019, 38(3): 114-120.

0 引言

水质变化是水生态演变的重要研究内容, 受到当今世界各国和学术界的广泛关注, 科学地判别水质变化趋势是正确认识和解决水环境问题的首要步骤^[1]。常用的水质评价方法有简单指数法、综合污染指数法、模糊数学法等。这些方法都只从某一方面反映水质情况, 容易导致反映水质污染状况的原有信息丢失。而主成分分析法(PCA)是通过降维技术把多因子纳入同一系统进行定量化研究的多元统计分析方法, 由于其能够客观地确定各指标的权重, 避免主观随意性, 因而越来越多地被应用于环境质量综合评价。

目前我国水质研究主要集中在天然大型湖泊、河流、城中景观湖及灌区退水的水质变化及其变化机制方面。黄代中等^[2]利用1991—2011年水质监测资料, 对洞庭湖水质与营养状态的时空变化特征进行了系统分析, 结果表明受流域社会经济发展等因素的综合影响, 洞庭湖水质整体呈下降趋势, 水体富营养化日趋严重。张琨等^[3]对2011年7月鄱阳湖丰水期56个站点表层水样的水质调查分析, 结合水动力模型, 建立了鄱阳湖水文地貌分区图, 探讨了水动力因素影响下鄱阳湖总氮、总磷、总悬浮泥沙与叶绿素的空间分布规律。LI等^[4]对鄱阳湖2009—2012年水质进行观测, 提出了一种综合模糊变量的评价方法。李家科等^[5]以中国最大的内陆淡水湖-博斯腾湖为研究对象, 应用RBF网络建立了水质评价模型。杨咪等^[6]运用基于熵权的贝叶斯水质模型, 对黄河宁夏段进行水质评价并研究其水质时空变化规律, 发现研究期水质以Ⅱ、Ⅲ类为主, 水质状况总体较好, 夏季最好, 春秋次之, 冬季最差; 空间变化为从宁夏段上游到下游, 水质逐渐变差。龚然^[7]等对南京城中小型湖泊进行监测, 选取NH₃-N、TN、TP、高锰酸盐指数和叶绿素5个监测指标, 发现其水质介于Ⅲ~Ⅴ类水质, 随时间变化的规律不太明显。邢君杰等^[8]运用灰色聚类法对宁夏引黄灌区退水水质进行分析, 结果表明, 灌区退水中氮、磷质量分数超标严重, 退水水质受养殖污染、灌水、农业上过量使用化肥等方面的综合影响。而针对灌域内多个天然湖泊展开联合研究较少。沈乌灌域地理位置和气候特征特殊且地

收稿日期: 2018-03-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(51539005, 51769024); 内蒙古自治区科技计划重大专项(201602049)

作者简介: 朱科(1989-), 男, 内蒙古乌兰察布中旗人。硕士研究生, 主要从事灌区农业水土环境研究。E-mail: nmgnd.zk@gmail.com

通信作者: 李为萍(1978-)女, 内蒙古多伦县人。副教授, 主要从事节水灌溉理论与应用研究。E-mail: nmnd_liwp@163.com

形地貌复杂,由于历史上黄河改道及沙漠中的丘间洼地经四周沙丘渗流汇集,形成了大量的河成湖与沙成湖。沈乌灌域总土地面积 18.6 万 hm^2 ,其中湖泊面积 9 433 hm^2 ,约占灌域总土地面积的 5.07%。因灌域内没有大型的排水系统,天然湖泊在维持灌域水平衡中发挥着重要的生态功能,因此对沈乌灌域内天然湖泊水质进行科学研究具有重要的实际意义。

2016—2017 年沈乌灌域内实施了渠道衬砌以及节制闸的重建维修等节水改造工程,工程实施过程中灌域灌溉管理模式及渠道渗漏水量将会改变。节水改造工程的实施是否会对灌域内天然湖泊水质产生影响,是值得关注重要的问题。在沈乌灌域实施节水改造工程的大背景下,以沈乌灌域内 8 个典型天然湖泊为研究对象,分析非冰封期湖泊水质的动态变化过程,以期对沈乌灌域水生态环境保护提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

沈乌灌域位于内蒙古河套灌区三盛公水利枢纽西北部(106°20′—107°06′E,40°14′—40°47′N),主要包括巴彦淖尔市的磴口县、杭锦后旗和阿拉善盟的阿左旗,南以乌兰布和沙漠穿沙公路以北为界,北以磴口县与杭锦后旗行政界为界,东起河套总干渠及乌拉河干渠,西至狼山冲洪积坡地边界。其地势为东南向西北倾斜,东南部巴彦高勒镇海拔高程为 1 055 m,西北部海拔高程为 1 030 m。沈乌灌域地下水位分布与宏观地貌相一致,即东南高、西北低,地下水由东向西、自南向北流动。

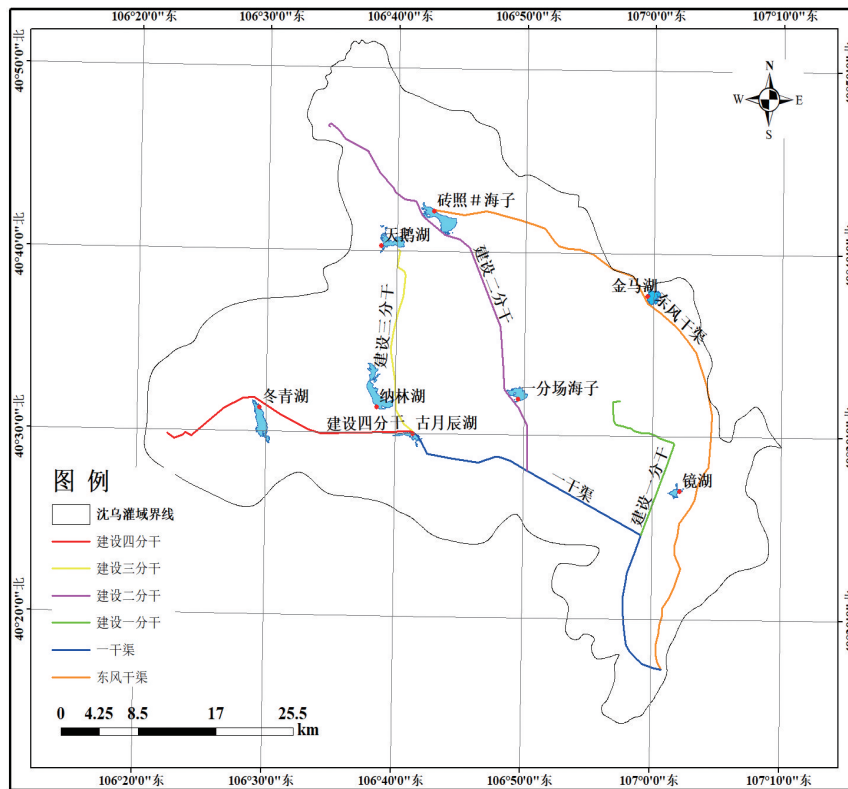


图 1 沈乌灌域典型湖泊地理位置

研究区属于典型的温带大陆性气候,多年平均降水量 144 mm,主要集中在 6—8 月(具体 2016—2017 年降雨资料见表 1),多年平均水面蒸发量为 2 389 mm,年水面蒸发量是年降水量的 17 倍。

表 1 2016—2017 年沈乌灌域非冰封期降水量

mm

年份	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月
2016	0	6	47.6	25.4	59.3	2.2
2017	0	0	18	13.8	2.8	1.0

本研究主要考虑沈乌灌域中天然水域的利用类型,在灌域中所处的地理位置及天然水域面积这 3 个主要因素,选取镜湖、砖照井海子、金马湖、古月辰湖、纳林湖(西湖)、一分场海子、冬青湖(西湖)、天鹅湖 8 个天然水域为研究对象(表 2),面积从 2012 年遥感影像中提取。按照地表水监测采样点布设要求,在每个湖泊布置 3 个采样点,共计 24 个采样点。2016—2017 年连续 2 a 分别于 3—11 月进行采样,水样取自采样点 0~50 cm

的上层水。水质采样具体方法按照《湖泊水库水质采样》(GB/T 14581—1993)和《水质采样技术指导》(GB 12998—1991)中的规定进行。

表2 沈乌灌域天然水域概况

编号	水域名称	经度	纬度	面积/hm ²	利用类型	备注
1	镜湖	106°32'51"	40°48'9"	53.46	养殖	灌域上游
2	金马湖	106°59'30"	40°37'40"	120.48	旅游	灌域中游
3	古月辰湖	106°41'23"	40°30'00"	51.79	养殖	灌域中游
4	纳林湖(西湖)	106°38'34"	40°31'26"	384.51	旅游	灌域中游
5	一分场海子	106°49'31"	40°34'58"	155.41	养殖	灌域中游
6	砖照井海子	106°42'51"	40°42'10"	292.32	养殖	灌域中游
7	冬青湖(西湖)	106°29'29"	40°31'18"	262.03	养殖	灌域下游
8	天鹅湖	106°38'44"	40°40'14"	213.19	养殖	灌域下游

1.2 水质分析方法

根据《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002),对表征沈乌灌域天然湖泊水质的主要指标化学需氧量(COD_{Mn})、氨氮量(NH₃-N)、总氮量(TN)、总磷量(TP)、溶解氧量(DO)进行了测定。其中化学需氧量采用高锰酸钾法测定(HJ/T 399—2007),氨氮采用纳氏试剂比色法(GB/T11893—1989)测定,总氮采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法(GB 11894—89)测定,总磷采用钼酸铵分光光度法(HJ 636—2012)测定,溶解氧采用多项目水质计WGQ-24-1-1现场测定(GB/T 11913—89)。

1.3 数据分析方法

采用SPSS 22.0数据分析软件对测试数据进行主成分分析并绘图。

主成分分析法^[8-10]在本研究中主要有2方面作用:一是建立综合评价指标,评价各湖泊的水质,并对各湖泊水质进行排序;二是评价各单项指标在综合指标中所起的作用,指导删除次要的指标。主要步骤有:

1)建立原始变量矩阵 X ,由 m 个样本 n 个因子构成,每个湖取3个点的均值作为其样本,共15个样本,每个样点值为5个因子:COD_{Mn}(X_1)、NH₃-N(X_2)、TN(X_3)、TP(X_4)、DO(X_5)。

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \cdots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

2)对原始变量矩阵 X 进行标准化处理,消除原始数据量纲和数量级的影响。

3)计算标准化后的变量间的相关矩阵 R ,形成特征方程: $Rb = \lambda b$,求解特征方程并将其特征根按大小顺序排列, λ 为 R 的特征向量。

4)确定主成分个数。根据累积方差贡献率进行确定,即按照方差占总方差的比例。

5)确定主成分 F_i 的表达式:

$$\begin{aligned} F_1 &= \alpha_{11}ZX_1 + \alpha_{21}ZX_2 + \cdots + \alpha_{n1}ZX_n \\ F_2 &= \alpha_{12}ZX_1 + \alpha_{22}ZX_2 + \cdots + \alpha_{n2}ZX_n, \\ &\dots\dots\dots \\ F_m &= \alpha_{1m}ZX_1 + \alpha_{2m}ZX_2 + \cdots + \alpha_{nm}ZX_n \end{aligned} \quad (2)$$

式中: $\alpha_{1m}, \alpha_{2m}, \dots, \alpha_{nm}$ 为原始变量矩阵 X 的协方差的特征值对应的特征向量值; ZX_1, ZX_2, \dots, ZX_n 为原始变量矩阵经过标准化处理的值。

6)确定综合评价函数。

$$F = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \cdots + \lambda_n} F_1 + \frac{\lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2 + \cdots + \lambda_n} F_2 + \cdots + \frac{\lambda_n}{\lambda_1 + \lambda_2 + \cdots + \lambda_n} F_n, \quad (3)$$

式中: $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ 为协方差矩阵的特征值; n 为变量个数; p 为主成分个数。

根据各指标与主成分的相关系数,即主成分载荷值来确定系统主要评价指标并根据主成分综合得分来判断水质现状。

2 结果与分析

2.1 应用主成分分析法的可靠性分析

选用对沈乌灌域天然湖泊水质影响较大的COD_{Mn}(X_1)、NH₃-N(X_2)、TN(X_3)、TP(X_4)、DO(X_5)5个水质指

标。数据处理前首先对所有数据样本进行统计性描述以及 KMO 及 Bartlett 检验。表 3 为 8 个典型湖泊水质指标描述性统计结果。由表 3 可知, TN 的标准差最大, 为 1.059, 说明极大值和极小值相差最大, 为 1.059, 反映出 TN 在不同湖泊不同时段差别较大, 而 TP 的标准差最小, 为 0.089, 说明 TP 在不同湖泊不同时间段差别较小。所有样本 KMO 统计量均大于 0.683, Bartlett 的球形检验值小于 0.001, 说明数据样本符合主成分分析要求, 适用主成分分析法。

表 3 8 个典型湖泊水质指标描述性统计结果 mg/L

指标	极大值	极小值	标准差
TN	6.091	0.19	1.059
TP	0.54	0.01	0.089
NH ₃ -N	3.09	0.03	0.579
DO	30.52	25.96	0.863
COD _{Mn}	6.92	1.93	0.963

表 4 相关矩阵特征根、方差贡献率

湖泊名称	主成分	特征值	方差贡献率/%	湖泊名称	主成分	特征值	方差贡献率/%
冬青湖 (西湖)	1	2.736	54.727	天鹅湖	1	3.019	60.381
	2	1.217	24.343		2	1.030	20.601
	3	0.728	14.57		3	0.628	12.566
	4	0.178	3.555		4	0.243	4.863
	5	0.140	2.805		5	0.079	1.589
砖照井海子	1	2.485	49.692	镜湖	1	2.582	51.636
	2	1.100	21.999		2	1.218	24.364
	3	0.863	17.257		3	0.824	16.475
	4	0.365	7.304		4	0.331	6.618
	5	0.187	3.748		5	0.045	0.907
一分场海子	1	2.669	53.378	古月辰湖	1	2.439	48.783
	2	1.115	22.300		2	1.511	30.214
	3	0.783	15.663		3	0.821	16.428
	4	0.331	6.610		4	0.139	2.783
	5	0.102	2.048		5	0.09	1.792
金马湖	1	2.380	47.592	纳林湖 (西湖)	1	1.934	38.672
	2	1.500	30.01		2	1.602	32.032
	3	0.723	14.465		3	0.949	18.972
	4	0.251	5.019		4	0.344	6.871
	5	0.146	2.914		5	0.173	3.453

2.2 主成分综合得分与水质评价

利用特征根大于 1 的原则进行筛选, 选出前 2 个主成分。表 4 为各主成分的特征根、方差贡献率, 其中前 2 个主成分累积贡献率最小的是纳林湖, 达到 70.704%, 主成分累积贡献率最大的是天鹅湖, 达到 80.982%。前 2 个主成分均代表了原始指标的绝大部分信息。

表 5 主成分中因子载荷

湖名	指标	主成分 1(F ₁)	主成分 2(F ₂)	湖名	指标	主成分 1(F ₁)	主成分 2(F ₂)
冬青湖 (西湖)	COD _{Mn}	0.822	-0.448	天鹅湖	COD _{Mn}	-0.406	0.854
	DO	-0.748	0.519		DO	-0.658	-0.54
	TN	0.782	0.529		TN	0.935	-0.06
	TP	0.534	0.683		TP	0.899	-0.013
	NH ₃ -N	0.777	-0.028		NH ₃ -N	0.859	0.07
砖照井海子	COD _{Mn}	0.659	-0.61	镜湖	COD _{Mn}	0.681	-0.335
	DO	-0.687	0.572		DO	-0.447	0.825
	TN	0.812	0.413		TN	0.952	0.240
	TP	0.556	0.273		TP	0.684	0.604
	NH ₃ -N	0.781	0.394		NH ₃ -N	0.738	-0.061
一分场海子	COD _{Mn}	0.134	0.965	古月辰湖	COD _{Mn}	0.650	-0.722
	DO	-0.583	-0.049		DO	-0.739	0.411
	TN	0.958	-0.058		TN	0.745	0.612
	TP	0.814	-0.359		TP	0.656	0.649
	NH ₃ -N	0.854	0.223		NH ₃ -N	0.697	-0.155
金马湖	COD _{Mn}	0.899	-0.139	纳林湖 (西湖)	COD _{Mn}	-0.875	0.346
	DO	-0.897	0.131		DO	0.831	-0.381
	TN	0.699	0.620		TN	0.645	0.654
	TP	0.526	-0.435		TP	0.047	-0.353
	NH ₃ -N	0.039	0.943		NH ₃ -N	0.242	0.886

主成分载荷表示各指标与主成分之间的相关关系,指标与某一主成分的载荷绝对值越大,说明指标与该主成分的相关性越强,联系越紧密。金马湖、纳林湖(西湖)第一主成分中COD_{Mn}、DO占据了绝大部分信息,是导致湖泊水质变化的主要因素,且二者呈明显负相关,主要反映有机物污染对灌域湖泊水质的影响。其第二主成分中TN、与NH₃-N占据了信息的绝大部分。冬青湖(西湖)、天鹅湖、砖照井海子、镜湖、一分场海子,第一主成分中TN都占据了大部分信息,氮素是影响其水质变化的主要因素,主要代表盐污染对水质的影响。

根据综合主成分评价函数和标准化数据以及参考地表水环境质量标准(GB 3838—2002)水质等级分类标准(详见表6),计算出各时期水质综合得分和水质判别标准,对沈乌灌域8个湖泊各时期的水质情况进行评价划分,见表7。

表6 地表水环境质量标准限值 mg/L

等级	TN	TP	NH ₃ -N	COD	DO
I	≤0.2	≤0.02	≤0.15	≤15	≤7.5
II	0.2~0.5	0.02~0.1	0.15~0.5	15	6~7.5
III	0.5~1.0	0.1~0.2	0.5~1.0	15~20	5~6
IV	1.0~1.5	0.2~0.3	1.0~1.5	20~30	3~5
V	1.5~2.0	0.3~0.4	1.5~2.0	30~40	2~3

表7 综合得分及水质类别

日期	冬青湖(西湖)		天鹅湖		砖照井海子		镜湖		一分场海子		古月辰湖		金马湖		纳林湖(西湖)	
	F值	类别	F值	类别	F值	类别	F值	类别	F值	类别	F值	类别	F值	类别	F值	类别
201603	-0.722	III	-1.317	III	-0.706	III	-0.623	III	-0.836	III	-1.173	III	-0.467	III	-0.256	III
201604	-0.760	III	-0.700	III	-1.110	III	-0.871	III	-0.825	III	-1.344	III	-1.948	III	-0.848	III
201605	-0.193	III	-1.446	III	-0.940	III	-0.636	III	-0.216	III	-0.502	III	-0.215	III	-0.422	III
201606	-0.197	III	-1.611	III	-0.563	III	-0.478	III	-0.667	III	-0.522	III	0.407	IV	0.133	IV
201607	0.252	IV	0.443	IV	1.344	V	0.371	IV	0.145	IV	-0.009	IV	0.176	IV	0.851	V
201608	1.402	V	0.859	IV	0.658	IV	0.950	IV	1.297	V	1.36	V	0.165	IV	1.083	V
201609	1.569	V	1.664	V	0.501	IV	1.807	V	0.741	IV	1.401	V	0.779	IV	0.984	V
201610	0.630	IV	-0.763	III	0.308	IV	0.079	IV	0.211	IV	1.344	V	-0.242	III	-0.885	III
201611	0.970	IV	-0.709	III	-0.373	III	-0.800	III	-0.492	III	-0.428	III	-0.642	III	-0.876	III
201703	-0.751	III	-0.424	III	-1.133	III	-0.986	III	-0.598	III	-0.973	III	-1.233	III	-0.729	III
201704	-1.135	III	-1.113	III	-1.126	III	-1.482	III	-1.589	III	-0.772	III	-0.642	III	-0.590	III
201705	-0.794	III	-0.434	III	0.084	IV	-0.872	III	-0.053	IV	-0.956	III	-0.883	III	1.171	III
201706	-0.706	III	1.726	V	-0.846	III	-0.645	III	0.166	IV	-0.301	III	1.061	V	-0.523	V
201707	0.989	IV	1.208	IV	-0.727	III	0.542	IV	0.269	IV	1.700	V	0.987	IV	0.789	IV
201708	1.309	V	1.312	IV	1.786	V	1.018	V	1.579	V	0.824	V	1.849	V	1.272	V
201709	1.452	V	0.688	IV	1.056	V	1.125	V	0.700	IV	0.037	IV	1.185	V	-1.009	III
201710	-0.229	III	-0.790	III	-0.079	IV	0.251	IV	-0.706	III	-0.355	III	-0.592	III	-0.110	III
201711	-0.185	III	-0.592	III	-0.133	III	-0.751	III	-0.125	III	-0.332	III	-0.747	III	-1.034	III

沈乌灌域8个典型天然湖泊2016—2017年非冰封期水质随时间的动态变化规律基本一致。研究年份内,3—5月水质最好,除砖照井海子2017年5月水质F值为0.084为IV类外,其余湖泊及砖照井海子2016年3—5月及2017年3—4月水质F值介于-1.589~-0.193之间,均达到III类。研究期内,6—8月除2016年砖照井海子和金马湖,2017年的天鹅湖、金马湖和纳林湖(西湖),其余典型天然湖泊水质均呈下降趋势,湖泊水质分别由III类下降为IV类、V类。8—9月属于典型湖泊非冰封期湖泊水质最差期(只有天鹅湖在2016年6月湖泊水质达到最差,为V类)。10—11月8个典型天然湖泊水质均属上升期,除2016年11月冬青湖水水质为IV类外,所有湖泊水质均再次达到III类。分析其原因,沈乌灌域内作物生育期内灌水结束后,每年9月下旬结余的灌溉用水作为生态补水补给灌域内湖泊。同时,沈乌灌域具有特殊的秋季灌溉制度,每年10月中旬秋浇结束后,要对灌域内湖泊进行生态补水,从而使得灌域内湖泊10—11月水质上升。每年的3月底4月初会有凌汛水补给灌域内湖泊,使灌域内湖泊3—5月水质最好,基本达到III类。根据2016—2017年灌域降雨资料以及湖泊周围土地利用情况实地调查结果可知,2016年及2017年降雨主要集中在6—8月,湖泊周围为农田,由于湖泊周围农业生产过程中大量化肥和农药,牲畜粪便等随着雨水冲刷径流到湖泊,农田土壤水分侧渗及土壤侵蚀等造成湖泊水质恶化,另外,金马湖和纳林湖属于旅游景点,6—8月为旅游旺季,人类活动频繁,也是导致这2个湖泊6—8月水质变差的主要原因之一。

一分场海子、纳林湖、古月辰湖、天鹅湖、冬青湖均靠近建设分干渠,此5个湖泊的生态补水均由建设分干渠提供。2016年灌域完成了对建设分干渠渠道衬砌以及所属节制闸的重建维修等节水改造工程。将工

程实施年内(2016年)5个湖泊的水质情况和非施工年份(2017年)进行比较发现,非施工年除冬青湖水质在10—11月才有所好转外其余湖泊水质均在6—10月得到改善。金马湖、镜湖和一分场海子均靠近东风分干渠,此3个湖泊的生态补水均由东风分干渠提供,工程施工在2017年进行。金马湖2017年(工程实施年)6—9月水质较2016年水质变差,由Ⅲ类恶化成Ⅳ类水质;镜湖2017年8月份水质较2016年水质变差,由Ⅳ类恶化成Ⅴ类;砖照井海子2017年水质5月、8月、9月水质较2016年水质变差,7月水质较2016年有所好转。分析其原因:由于节水改造工程的实施,使原本正常有序的灌溉以及湖泊补给秩序被打乱。除此以外,节水改造过程中,频繁的人类活动是造成施工年水质较差的原因。

3 讨论

沈乌灌域天然湖泊的补给主要来自于引黄水、地下水补给及降雨,兹对沈乌灌域内8个典型天然湖泊非冰封期水质进行了动态连续监测,发现其水质介于Ⅲ~Ⅴ类水质,其中氮素对湖泊水质影响较大,主要是因为附近农田随雨水径流到湖泊中。胡益刚等^[11]对宁蒙黄灌区农田排水沟水质进行监测,选取 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 TN 、 TP 等水质指标,发现内蒙古引黄灌区排水沟污染物中以氮素量为主,这与本文的研究结果是一致的。本文持续监测了灌域内典型湖泊2016—2017年非冰封期(3—11月)水质,发现其水质呈动态变化趋势,3—5月水质较好,6—9月水质处于波动阶段,10—11月水质开始好转。杨咪等^[6]对黄河宁夏段水质时空变化规律进行了分析,得出水质随时间的变化规律为夏季最好,春秋次之,冬季最差,但该研究对象为河流,与本文研究对象不同。龚然等^[7]对南京城中小型湖泊进行监测,选取 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 TN 、 TP 、高锰酸盐指数和叶绿素5个监测指标,对2011年9月、2011年11月,2012年3—6月,2013年1月、11—12月的水质进行分析评价,得出其水质介于Ⅲ~Ⅴ类水质,该文的研究对象是城中小型湖,且研究时间序列不连续,没有具体指出水质随时间的变化规律。

前人针对农业退水、工业废水以及生活污水对各种类型湖泊水质的影响进行了大量研究^[11-14],但是将节水改造工程的实施作为影响因素,开展对湖泊水质的影响分析还未见报道。沈乌灌域天然湖泊的补给主要来自于引黄水、地下水补给以及降雨,节水改造工程的实施,必定会对沈乌灌域地下水流域有所影响。本文揭示出节水改造工程实施阶段对湖泊水质有影响,但是没有将影响程度进行定量化描述,没有深入阐明其影响机制,这也是后续工作中需要继续研究的方向。

4 结论

1)金马湖、纳林湖(西湖)中第一主成分中 COD_{Mn} 、 DO 占据了绝大部分信息,第二主成分中 TN 、与 $\text{NH}_3\text{-N}$ 占据了信息的绝大部分,冬青湖(西湖)、天鹅湖、砖照井海子、镜湖、一分场海子, TN 占据了大部分信息,总体来说,氮素是影响其水质变化的主要因素。

2)沈乌灌域8个典型天然湖泊2016—2017年非冰封期水质随时间的动态变化规律基本一致。3—5月水质最好,基本能达到Ⅲ类。6—8月天然湖泊水质整体呈下降趋势,湖泊水质分别由Ⅲ类下降为Ⅳ类、Ⅴ类。8—9月属于典型湖泊非冰封期湖泊水质最差期。10—11月8个典型天然湖泊水质均属上升期,绝大部分湖泊水质均再次达到Ⅲ类。

3)节水改造工程实施年,对靠近渠道的湖泊水质产生一定的负面影响,影响主要体现在6—10月,对其他月份水质影响不明显。

参考文献:

- [1] 高伟,陈岩,徐敏,等.抚仙湖水质变化(1980—2011年)趋势与驱动力分析[J].湖泊科学,2013,25(5):635-642.
- [2] 黄代中,万群,李利强,等.洞庭湖近20年水质与富营养化状态变化[J].环境科学研究,2013,26(1):27-33.
- [3] 张琍,陈晓玲,张媛,等.水文地貌分区下鄱阳湖丰水期水质空间差异及影响机制[J].中国环境科学,2014,34(10):2637-2645.
- [4] LI Bing, YANG Guishan, WAN Rongrong, et al. Using fuzzy theory and variable weights for water quality evaluation in poyang lake, China[J]. Chinese Geographical Science, 2017, 27(1):39-51.
- [5] 李家科,周孝德,李亚娇,等. RBF神经网络方法在水质评价中的应用[J].灌溉排水学报,2003,22(6):70-73.
- [6] 杨咪,屈文岗,钱会.基于熵权的贝叶斯模型及其在水质评价中的应用[J].灌溉排水学报,2018,37(1):85-90.
- [7] 龚然,徐力刚,徐进,等.主成分分析法在城市小型湖泊水质评价中的应用[J].环境科学与技术,2014,37(S2):486-488,545.
- [8] 赫卫,张慧,董延龙,等.辣椒种质资源形态学性状相关性、主成分与聚类分析[J].北方园艺,2018(4):9-17.
- [9] 李国锋,刘宪斌,刘占广,等.基于主成分分析和水质标识指数的天津地区主要河流水质评价[J].生态与农村环境学报,2011,27(4):27-31.

- [10] 杜军凯,傅尧,李晓星. 模糊-主成分分析综合评价法在地下水水质评价中的应用[J]. 中国环境监测, 2015, 31(4):75-81.
- [11] 胡宜刚,吴攀,赵洋,等. 宁蒙引黄灌区农田排水沟渠水质特征[J]. 生态学杂志, 2013, 32(7):1 730-1 738.
- [12] 熊昱,廖炜,李璐,等. 湖北省湖泊污染现状及原因分析[J]. 中国水利, 2016(18):54-57.
- [13] 张传更,高阳,张立明,等. 水分管理措施对施用有机肥麦田土壤酶活性和微生物群落结构的影响[J]. 灌溉排水学报, 2018, 37(2):38-44.
- [14] 张德彬,刘国东,钟瑞. 孝新合气田区地下水铁锰污染分析及环境健康风险评价[J]. 灌溉排水学报, 2018, 37 (1):70-77.

Evaluating and Analyzing the Water Quality of Natural Lakes in Shenwu Irrigation District during Non-frozen Period

ZHU Ke, LI Weiping*, SHI Haibin, LI Xianyue, YAN Janwen, WU Di
(Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010010, China)

Abstract: **【Objective】**Water quality has a profound impact on ecological functions of irrigation district. This paper analyzed the water quality of natural lakes in Shenwu Irrigation District, as well as its response to implementation of water-saving projects and special irrigation systems. **【Method】**We analyzed the data collected from eight natural lakes in Shenwu irrigation district from 2016 to 2017 (March to November) using SPSS, and selected COD_{Mn}, NH₃-N, TN, TP and DO as the evaluation indicators in principle component analysis of the water quality. We also analyzed the mechanisms underlying the change in water quality. **【Result】**Water quality of the eight lakes in Shenwu irrigation district dynamically changed during frozen and non-frozen season. The water quality was good from March to May, reaching Class III, but fluctuated from June to September between Class III and Class V. The water quality began to improve from October to November, with the worst occurring in August and September. **【Conclusion】**The water quality of the eight typical lakes fluctuates greatly with time. Implementing the water-saving reconstruction project reduced the water quality in its vicinity. Nitrogen is the main factor affecting the water quality.

Key words: the Shenwu irrigation district; natural lakes; the principal component analysis method; water-saving reconstruction project; quality evaluation of natural lake

责任编辑:陆红飞