

目次(卷终)

基于气象条件指数的我国重点区域PM_{2.5}和臭氧复合污染气象影响评估..... 杨欣, 杨元琴, 李红, 高健, 牛军捷, 储王辉, 刘世杰, 陈义珍, 何友江, 赵好希 (6433)

“2+26”城市PM_{2.5}与气象因子的尺度依存关系及影响因素分析..... 吴舒祺, 金团团, 郑冬阳, 顾杨吻, 赵文吉 (6441)

武汉军运会前后大气PM_{2.5}化学组分和来源..... 刘世豪, 孔少飞, 郑煌, 陈楠, 祝波, 祁士华 (6452)

2016~2020年邯郸市冬季PM_{2.5}污染特征与来源解析..... 牛红亚, 高娜娜, 鲍晓磊, 胡伟, 胡偲豪, 吴春苗, 马心怡, 纪晓腾, 樊景森, 王金喜 (6463)

渭南市冬季PM_{2.5}化学组成及来源解析..... 郭景宁, 李小飞, 余锋, 张蕊, 高月, 杨雯 (6474)

长三角城郊冬夏PM_{2.5}中铵盐的形成过程及来源解析..... 项妍琨, 曹芳, 张雯淇, 范美益, 章炎麟 (6486)

上海城区硝基芳香族化合物的化学组成及特征分析..... 杨露, 马英歌, 郁建珍, 吴宇航, 乔利平, 周敏, 朱书慧, 黄成, 童张法 (6495)

吕梁市PM_{2.5}中多环芳烃的来源解析及健康风险评估..... 车玲, 刘紫叶, 李杨勇, 李雪梅, 李晓帆, 刘添, 冯传阳, 姜辛 (6508)

广西背景大气中生物质燃烧对碳质气溶胶组成和吸光性的影响..... 吴星麒, 曹芳, 洪一航, 邢佳莉 (6518)

南京北郊大气棕碳吸光特性、来源及其季节变化特征..... 陈星州, 崔世杰, 张运江, 先久坤, 王镜雯, 汪俊峰, 盖鑫磊 (6529)

京津冀地区“煤改电”对PM_{2.5}污染的健康效益评估..... 张茹婷, 陈传敏, 刘松涛, 吴华成, 周卫青, 李朋 (6541)

基于化学损耗修正的青岛胶州市环境VOCs来源解析..... 孔翠丽, 吴雨彤, 顾瑶, 宋江邦, 孟赫, 石来元, 刘保双 (6551)

聊城市城区夏季VOCs污染特征及来源解析..... 李万勇, 黄浩瑜, 王艳振, 朱子博, 王一秋, 高艳珊, 彭娜娜, 伦小秀, 黄亮, 冯如帆, 菅月诚, 王强 (6564)

基于三维空气质量模型的淄博市臭氧及前体物来源解析..... 张馨心, 赵秀颖, 黄凌, 薛金, 卞锦婷, 王杨君, 李莉 (6576)

中国高温下臭氧抑制事件的时空特征及其影响因素..... 欧林冲, 陈伟华, 伍永康, 吴乐敏, 王雪梅 (6586)

基于无人机的城市大气细颗粒物与臭氧污染探测与溯源研究进展..... 曲雅微, 王体健, 袁成, 吴昊 (6598)

京津冀地区机动车细颗粒物污染的健康影响分析..... 郝永佩, 宋晓伟, 朱晓东, 王京伟, 程鹏 (6610)

中国水泥行业通过CCUS技术的减排潜力评估..... 魏宁, 刘胜男, 魏凤, 李小春 (6621)

钢铁行业生命周期碳排放核算及减排潜力评估..... 宋晓聪, 杜帅, 邓陈宁, 谢明辉, 沈鹏, 赵慈, 陈忱, 刘晓宇 (6630)

珠江三角洲二氧化碳源汇演变特征及驱动因素..... 胡景心, 沙青娥, 刘慧琳, 张雪驰, 郑君瑜 (6643)

东莞市低碳路径下加速电气化对CO₂和污染物协同减排影响..... 吴乐敏, 陈丙寅, 欧林冲, 白玉洁, 刘可旋, 王伟文, 彭勃, 王雪梅 (6653)

县域尺度下长株潭地区城市化与碳排放的关系..... 刘贤赵, 李阳 (6664)

城市草坪温室气体排放特征及影响因素..... 陈丽涵, 刘硕, 林溢, 郭娜, 臧昆鹏, 陈圆圆, 李嘉鑫, 邱珊珊, 卿雪梅, 洪海祥, 蒋凯, 熊浩宇, 方双喜 (6680)

双视角下中国畜牧业甲烷排放的温室效应..... 刘舒乐, 严薇, 高庆先, 马占云 (6692)

中国典型流域有机磷酸酯的污染特征与风险评估..... 赵江陆, 路海健, 吕佳佩, 杨江涛, 罗莹, 曹渺, 孙善伟, 郭昌胜, 徐建 (6700)

黄河下游悬河段饮用水源地土壤重金属污染、来源及健康风险..... 彭超月, 任翀, 申浩欣, 王艳锋, 段海静, 王玉龙, 李旭辉, 刘德新, 马建华 (6710)

黄河干流沉积物重金属的赋存形态特征及污染评价..... 王依滴, 欧阳威, 刘连华, 陆中桂 (6720)

土地利用结构与空间格局对鄱阳湖流域中小河流水质的影响..... 温嘉伟, 王鹏, 黄高翔, 张华, 聂明华, 丁明军, 折远洋 (6728)

内蒙古典型湖泊水环境特征及水质评价..... 王欣远, 潘保柱, 王立新, 刘铁军, 廖梓龙, 韩语, 杨子杰 (6744)

锡林河上游雨季降水、河水和地下水转化关系..... 孙金, 王怡璇, 杨璐, 段利民, 褚少杰, 张桂馨, 张波, 刘廷杰 (6754)

西北盐湖流域地下水水化学特征及控制因素..... 艳艳, 高瑞忠, 刘廷玺, 房丽晶, 王银龙 (6767)

巴里坤-伊吾盆地平原区地下水污染风险评价..... 刘钰, 曾妍妍, 周金龙, 闫志云, 白凡 (6778)

亚硫酸氢盐强化微量Fe²⁺活化过二硫酸盐降解扑热息痛..... 莫苗婷, 聂淑华, 晏彩霞, 丁明军, 陈诗瑶, 聂明华 (6790)

污泥生物炭活化过一硫酸盐降解环丙沙星..... 郑大洋, 邹佳丽, 徐皓, 王滕, 石宇翔, 陈永健, 李彬阳, 王亚宜, 冯沁, 吴敏 (6801)

NaHCO₃活化荞麦皮生物炭对碘酸钾的吸附..... 魏红, 赵江娟, 景立明, 钮金芬, 付冉, 董莹 (6811)

竹基N、P共掺杂活性炭的制备及其锂离子吸附性能..... 王贵龙, 刘艳艳, 江荣源, 李思敏, 林冠峰, 卢贝丽, 黄彪, 陈燕丹 (6823)

西南高山峡谷区植被变化及影响因素分析..... 赖金林, 齐实, 崔冉冉, 廖瑞思, 唐颖, 李鹏 (6833)

生物炭施用对农田土壤团聚体及有机碳影响的整合分析..... 孟艳, 沈亚文, 孟维伟, 王旭清, 李宗新, 刘开昌, 代红翠 (6847)

农田土壤碳循环过程及其量化方法..... 孙昭安, 朱彪 (6857)

生物炭施用5a后对桂北桉树人工林土壤有机碳组分的影响..... 牟芝熠, 沈育伊, 曹杨, 王紫卉, 陈运霖, 滕秋梅, 黄科朝, 毛馨月, 徐广平 (6869)

喀斯特地区植被恢复下土壤活性有机碳与碳库管理指数的演变特征..... 蔡华, 舒英格, 王昌敏, 廖远行, 罗秀龙, 龙慧, 李雪梅 (6880)

中国典型抗生素在环境介质中的污染特征与生态风险评估..... 陈丽红, 曹莹, 李强, 孟甜, 张森 (6894)

基于MGWR的土壤pH值空间建模及其影响因素分析..... 赵明松, 陈宣强, 徐少杰, 邱士其, 王世航 (6909)

某燃煤电厂周边农田土壤重金属污染特征及源解析..... 张军, 李旭, 刘磊玉, 李雨茹 (6921)

重庆典型在产石化场地土壤污染特征及来源解析..... 张渝蓉, 罗帅, 陈媛, 曹军, 刘斌, 刘元元 (6933)

高垦丘陵地区不同类型农用地土壤中抗生素抗性基因分布特征..... 陈瑞, 程建华, 唐翔宇 (6947)

有机肥配施生物炭对果园土壤反硝化微生物和酶活性的影响..... 邓正昕, 高明, 熊子怡, 王莹燕, 谢军, 王子芳 (6955)

有机肥处理对旱地土壤细菌群落及玉米生产力的影响..... 林婷婷, 郑洁, 朱国繁, 梁璐, 杨叶钰萍, 刘佳, 徐勤松, 孙波, 蒋瑞霖 (6965)

微塑料和镉复合污染对狼尾草根际土壤微生物群落结构和功能的影响..... 段莉阳, 张玉, 任学敏, 李玉英, 张英君, 张浩, 韩辉, 陈兆进 (6973)

设施番茄种植年限对土壤理化性质及微生物群落的影响..... 赵阳阳, 刘银双, 宋瑶, 张晓旭, 贾振华, 黄亚丽 (6982)

3种氧化剂对焦化场地多环芳烃的修复效果与土著微生物的响应关系..... 李伟, 王伟华, 孟祥宇, 孙英杰, 王亚楠, 李书鹏, 杨乐巍, 刘鹏, 刘渊文 (6992)

河北省不同盐渍化土壤类型的微生物多样性与种群结构..... 刘银双, 牛宏进, 赵阳阳, 孙宏勇, 陈晓波, 黄亚丽 (7004)

玉米根际微生物氮磷转化的功能基因组学分析..... 汪香君, 姜美彤, 李森, 倪浩为, 孙波, 梁玉婷 (7014)

外源菌剂联合柠檬酸强化龙葵修复土壤镉污染..... 王楷, 王丽, 王一钰, 游梦, 梁婷, 邹茸, 范洪黎 (7024)

1株肠杆菌与硫酸联合施用对水稻积累镉的影响..... 张朴心, 姚俊帆, 刘玉玲, 张威宇, 尹雪斐, 铁柏清 (7036)

《环境科学》第44卷(2023年)总目录..... (7045)

《环境科学》征订启事(6507) 《环境科学》征稿简则(6620) 信息(6743, 6846, 6856)

内蒙古典型湖泊水环境特征及水质评价

王欣远¹, 潘保柱^{1*}, 王立新², 刘铁军³, 廖梓龙³, 韩谔¹, 杨子杰¹

(1. 西安理工大学西北旱区及生态水利国家重点实验室, 西安 710048; 2. 内蒙古大学生态与环境学院, 呼和浩特 010021; 3. 水利部牧区水利科学研究所, 呼和浩特 010021)

摘要: 内蒙古高原湖泊位于我国北疆的生态脆弱区, 在调节区域气候、生态环境和维系生物多样性等重要生态功能中发挥着十分重要的作用. 由于自然因素以及人为因素的双重影响, 内蒙古湖泊水环境面临着挑战. 为明确内蒙古湖泊整体的水质情况, 基于2019年秋季(10~11月)与2021年夏季(7~8月)内蒙古典型湖泊的水质数据, 探讨其水质时空变化规律, 并分析不同指标对湖泊水质的影响, 进而识别出影响湖泊水质的关键因子. 结果表明: ①内蒙古典型湖泊春秋两季的多项理化指标在时空分布上均有差异. 时间尺度上, 主要以氨氮($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)以及亚硝氮($\text{NO}_2^- - \text{N}$)等指标含量在秋季时低于夏季, 溶解氧(DO)含量秋季时高于夏季; 空间尺度上, 内蒙古西南部湖泊的总磷(TP)、总氮(TN)、化学需氧量(COD)和盐度(Sal)等指标含量高于东北部的湖泊, DO则与之相反. ②溶解性总固体(TDS)为内蒙古典型湖泊水质的主要特征因子. ③湖泊综合水质质量指数(WQI)时空分布差异显著, 湖泊水质等级随TDS分区的升高而降低, 且湖泊水质秋季优于夏季.

关键词: 内蒙古高原; 水质评价; 时空分布; 特征因子; 影响因素

中图分类号: X524 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2023)12-6744-10 DOI: 10.13227/j.hjxx.202212207

Water Environment Characteristics and Water Quality Assessment of Typical Lakes in Inner Mongolia

WANG Xin-yuan¹, PAN Bao-zhu^{1*}, WANG Li-xin², LIU Tie-jun³, LIAO Zi-long³, HAN Xu¹, YANG Zi-jie¹

(1. State Key Laboratory of Eco-hydraulics in Northwest Arid Region of China, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China; 2. College of Ecology and Environment, Inner Mongolia University, Hohhot 010021, China; 3. Institute of Water Resources for Pastoral Area, Ministry of Water Resources, Hohhot 010021, China)

Abstract: Lakes on the Inner Mongolia Plateau, located in the ecologically fragile area of the northern border of China, play a very important role in regulating the regional climate and ecological environment and maintaining biodiversity. Owing to the dual influence of natural factors and human factors, the lake water environment in Inner Mongolia is facing challenges. To clarify the overall water quality of lakes in Inner Mongolia, based on the water quality data of typical lakes in Inner Mongolia in autumn 2019 (October-November) and summer 2021 (July-August), the temporal and spatial variation in water quality was discussed, and the influence of different indexes on lake water quality was analyzed, and the key factors affecting lake water quality were identified. The results showed as follows: ① the spatiotemporal distribution of multiple physicochemical indices of typical lakes in Inner Mongolia were different in the two seasons. On the time scale, the concentration of ammonia nitrogen($\text{NH}_4^+ - \text{N}$) and nitrite nitrogen($\text{NO}_2^- - \text{N}$) were lower in autumn than that in summer, whereas dissolved oxygen (DO) was higher in autumn than that in summer. On the spatial scale, the concentrations of total phosphorus(TP), total nitrogen(TN), chemical oxygen demand(COD), and salinity(Sal) and other indicators in the southwest lakes of Inner Mongolia were higher than those of lakes in the northeast, but the DO index showed the opposite trend. ② Dissolved total solids(TDS) was the main characteristic factor of water quality of typical lakes in Inner Mongolia. ③ The spatiotemporal distribution of lake water quality index(WQI) was significantly different. The lake water quality level decreased with the increase in TDS, and the lake water quality was better in autumn than that in summer.

Key words: Inner Mongolia; water quality assessment; spatiotemporal distribution; characteristic; impact factor

湖泊是水圈的重要组成部分,也是重要的水资源之一^[1],在生态系统中发挥着极其重要的作用^[2],具有防洪调蓄、调节气候和净化水质等功能^[3].我国湖泊众多且分布广泛,但是随着工业化的快速发展,许多湖泊出现不同程度的水体污染问题,包括水体咸化^[4~6]、重金属污染^[7,8]以及有机物污染^[9,10]等.湖泊水质的不断下降,不仅威胁着生态安全^[11],还会对人类生产活动产生巨大的影响.因此,湖泊水质的时空变化问题逐渐引起了人们的关注和重视^[12],湖泊水环境特征及水质的研究对于保障经济发展以及生态的健康发展具有重要意义.

内蒙古自治区东起大兴安岭,西至居延海畔,东西跨度较大,其东西地域气候差异显著^[13],湖泊类型多.内蒙古西部为中温干旱和极干旱气候,处于内

陆腹地,以高原地貌为主,降水稀少,蒸发强烈,人烟稀少^[14],湖泊经长期的自然演化后盐湖和咸水湖较多;内蒙古中部为中温带半干旱和半湿润气候^[15],地貌类型复杂多样,如浑善达克沙地、锡林郭勒高原以及苏尼特盆地等,降水较少,蒸发较强^[16],且居住人口较多,农业以及畜牧业等人为因素对湖泊的影响较大,会造成湖泊氮和磷元素等的增加;内蒙古东部为寒温带湿润气候、中温带湿润气候以及中温带半湿润气候,自然环境条件优越,是典型的农牧

收稿日期: 2022-12-27; 修订日期: 2023-02-25

基金项目: 内蒙古自治区科技重大专项(2021ZD0011); 国家自然科学基金项目(32160279); 内蒙古自治区重点研发项目(2022YFHH0017)

作者简介: 王欣远(1999~),男,硕士研究生,主要研究方向为湖泊水环境评价, E-mail: xinyuanW9908@163.com

* 通信作者, E-mail: zhuzipan@xaut.edu.cn

林交错区域^[17], 湖泊受人为影响较小; 湖泊分布构成了一个北东—南西向的湖群带. 以往关于内蒙古湖泊的研究多集中于单个湖泊的演化及环境变迁为主, 如曾亚英等^[18]于 2020 年和 2021 年对居延海浮游生物及水质理化指标进行了研究; 朱鹏航等^[19]基于 1999 ~ 2019 年乌梁素海水质数据, 研究了该湖泊长时间的水质变化规律; 于海峰等^[20]以呼伦湖为研究对象, 对 2011 ~ 2020 年间其水质及富营养变化程度进行了评价. 仅有王世欢等^[21]和晓兰等^[22]对内蒙古湖泊群水质进行了研究分析, 但是所选湖泊类型以及水质指标较少, 而想要掌握内蒙古湖泊整体的水质状况, 需要多种类型的湖泊. 因此, 基于多项水质理化指标对内蒙古典型湖泊水体进行综合评价是非常有必要的.

本文根据内蒙古湖泊的海拔、面积以及湖泊类型等多种因素进行筛选后选取出了 12 个典型湖泊, 所选湖泊有高盐湖泊(巴丹西湖和通古淖尔), 受人为影响较小的湖泊(扎格斯塔湖等), 以及受人为活动影响较大的湖泊(乌梁素海、岱海等); 同时, 检测了 21 项水质理化指标. 基于 2019 年与 2021 年内蒙古典型湖泊的水质数据, 探讨其水质时空变化规律, 并分析不同指标对湖泊水质的影响, 进而识别出影响湖泊水质的关键因子, 以期为内蒙古湖泊水环境治理提供科学依据.

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

内蒙古大多数地区都属于高原地区, 全区海拔多在 1 000 ~ 1 500 m 之间. 内蒙古草原面积 7 880 万

hm², 是我国主要的畜牧业生产基地, 也是我国北部分布最广的自然生态系统^[23]. 该区处于欧亚大陆草原带的中部, 以温带大陆性季风气候为主, 属于干旱半干旱气候和东南沿海湿润半湿润季风气候的过渡带, 生态环境弱.

气候条件在内蒙古草原生态状况中起到决定性因素, 由于受到降水量自东向西不断减少和气温由东向西递增的影响, 内蒙古的植被类型形成了由森林、低地草甸带、草甸草原带和典型草原带向荒漠草原带、草原化荒漠带和荒漠带的过渡^[24, 25], 在不同的气候条件下, 各区域的湖泊也因此受到不同的影响.

1.2 样品采集与测试

1.2.1 样品采集

于 2019 年秋季(10 ~ 11 月)和 2021 年夏季(7 ~ 8 月)对位于内蒙古的 12 个典型湖泊进行了野外考察和采样工作(图 1 和表 1). 各个湖泊样点数目以及位置的选取是依据湖泊现状及水质监测需求定出, 所选取的样点均远离了河口和湖岸, 所采的水样都是湖面以下 0 ~ 5 cm 的表层湖水.

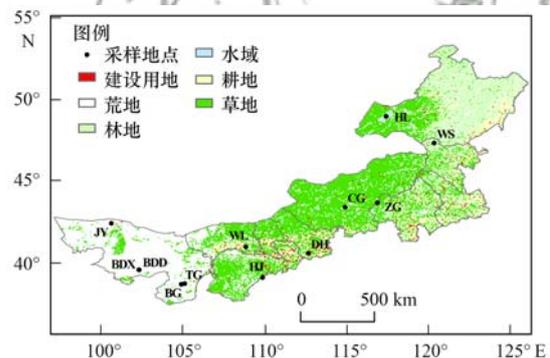


图 1 内蒙古调查湖泊分布示意图

Fig. 1 Distribution of survey lakes in Inner Mongolia

表 1 内蒙古调查湖泊基本信息

Table 1 Basic information of survey lakes in Inner Mongolia

湖泊编号	湖泊名称	纬度(N)	经度(E)	海拔/m	湖泊面积/km ²	样点数量
JY	居延海	42°25'29"	100°41'05"	879	43.10	13
BDX	巴丹湖(西)	39°33'14"	102°21'41"	1 538	<1	3
BDD	巴丹湖(东)	39°33'07"	102°22'01"	1 538	<1	3
BG	巴嘎达布苏	38°40'19"	104°56'36"	1 309	<1	3
TG	通古淖尔	38°43'05"	105°08'37"	1 304	<1	3
WL	乌梁素海	40°57'42"	108°52'52"	1 018	293.00	11
HJ	红碱淖	39°05'22"	109°52'52"	1 100	33.70	10
DH	岱海	40°34'33"	112°41'14"	1 212	55.10	10
CG	查干淖尔	43°25'22"	114°55'48"	1 018	29.81	13
ZG	扎格斯台湖	43°41'17"	116°53'45"	1 309	1.30	3
HL	呼伦湖	48°56'13"	117°25'18"	550	2 043.00	23
WS	乌苏浪子湖	47°18'10"	120°20'32"	1 045	1.53	5

1.2.2 指标检测

指标的测定可分为两部分: 现场测定和实验分析. ①现场测定所得指标: 盐度(Sal)、总溶解性固

体(TDS)、电导率(Cond)、溶解氧(DO)、水温(WT)和 pH 值. 在野外现场采用多参数水质检测仪(YSI ProPlus, YSI)进行实地测量, 水深(H)则使用

SM-5A 便携式测深仪进行实地测量; 浊度(Turb)的测量选用美国哈希便携式浊度仪(2100P, HACH)原位测量. ②实验分析所得指标: 总氮(TN)和总磷(TP)使用采集的湖泊水样经 NaOH-K₂S₂O₈ 消解后用比色法测定; 正磷(PO₄³⁻-P)、氨氮(NH₄⁺-N)、硝氮(NO₃⁻-N)、亚硝氮(NO₂⁻-N)、硅(Si)、总溶解氮(TDN)、总溶解磷(TDP)、碱度(ALK)、叶绿素 a(Chla)、硬度(Hardness)和化学需氧量(COD)则是先用孔径 0.45 μm 硝酸纤维滤膜过滤湖泊水样后再进行测定, 以上指标的测定方法在《水和废水监测分析方法》中均有收录^[26].

1.3 WQI 评价方法

本文选用水质质量指数(WQI)^[27-29]对所研究的 12 个内蒙古典型湖泊进行水质评价. WQI 是用来表示水质情况的综合性指数, 是较为均衡全面的

综合性指数, 可解析水体主要污染因子, 定量评价污染程度, 其各指标的分值以及指标权重依据大量前人研究或各参与评估指标对水体健康的危害程度来确定^[30,31], WQI 方法各水质因子分数及权重见表 2. 根据 WQI 评分将水质分为 5 个等级: 优秀(90~100)、良好(70~90)、中等(50~70)、差(25~50)和极差(0~25).

WQI 的计算公式为:

$$WQI = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \times P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

式中, WQI 为水质综合指数; C_i 为第 i 种水质因子的标准化得分; n 为水质因子个数; P_i 为第 i 种水质因子的权重, P_i 的最小值是 1, 最大值是 4.

表 2 WQI 方法各水质因子分数及权重

Table 2 Weights and normalization factors of the parameters used in the calculation of the water quality index

因子	权重 (P_i)	标准化分数(C_i)										
		100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
DO	4	≥7.5	>7	>6.5	>6	>5	>4	>3.5	>3	>2	≥1	<1
TN	3	<0.1	<0.2	<0.35	<0.5	<0.75	<1	<1.25	<1.5	<1.75	≤2	>2
NH ₄ ⁺ -N	3	<0.01	<0.05	<0.1	<0.2	<0.3	<0.4	<0.5	<0.75	<1	≤1.25	>1.25
COD	3	<15	<16	<18	<19	<20	<25	<30	<35	<37	≤40	40
Chla	3	<1	<4	<7	<10	<15	<20	<30	<40	<50	≤65	>65
NO ₃ ⁻ -N	2	<0.5	<1	<1.5	<2	<3	<4	<5	<6	<8	≤10	>10
NO ₂ ⁻ -N	2	<0.005	<0.01	<0.03	<0.05	<0.1	<0.15	<0.2	<0.25	<0.5	≤1	>1
TDS	2	<100	<500	<750	<1 000	<1 500	<2 000	<3 000	<5 000	<10 000	≤20 000	>20 000
Turb	2	<5	<10	<15	<20	<25	<30	<40	<60	<80	≤100	>100
Cond	2	<750	<1 000	<1 250	<1 500	<2 000	<2 500	<3 000	<5 000	<8 000	≤12 000	>12 000
Hardness	1	<25	<100	<200	<300	<400	<500	<600	<800	<1 000	≤1 500	>1 500
TP	1	<0.01	<0.02	<0.05	<0.1	<0.15	<0.2	<0.25	<0.3	<0.35	≤0.4	>0.4
pH	1	7	7~8	7~8.5	7~9	6.5~7	6~9.5	5~10	4~11	3~12	2~13	1~14
WT	1	16~21	15~22	14~24	12~26	10~28	5~30	0~32	-2~36	-4~40	-6~45	<-6; >~45

1) 指标得分和权重依据文献^[31,32]或对生活健康的危害程度确定

1.4 数据分析

采用 ArcGIS 10.0 软件绘制地图, 采用 Origin 2018 绘制综合水质指数箱型图; 各湖泊指标的相关性分析、两季节聚类分析以及克鲁斯卡尔-沃利斯检验(Kruskal-Wallis test, $P < 0.05$ 表明存在显著差异)在 IBM SPSS Statistics (SPSS 25.0) 中进行; 主成分分析在 Rstudio 软件中完成.

2 结果与分析

2.1 湖泊水质理化指标时空分布

两季度各个湖泊水质理化指标在时空分布上存在差异. 从时间尺度上看, 水温(WT)、氨氮(NH₄⁺-N)以及亚硝氮(NO₂⁻-N)等指标在秋季时小于夏季, 溶解氧(DO)指标秋季时大于夏季. 同样, 本研究 12 个湖泊理化指标在空间上的分布也存在差

异, 内蒙古西南部湖泊的总磷(TP)、总氮(TN)、化学需氧量(COD)和盐度(Sal)等几项指标高于东北部的湖泊, DO 指标则与之相反. 湖泊水体中 ρ (DO) 范围为 0.43~20.52 mg·L⁻¹, 均值为 6.30 mg·L⁻¹, 多数湖泊 ρ (DO) 在 4.00 mg·L⁻¹ 以上, 在《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) 中达到 IV 类标准. 湖泊 Sal 范围为 0.04‰~150.00‰, 西南部的居延海和巴丹湖(东) Sal 较低, 范围为 1.16‰~4.93‰, 而通古淖尔和巴丹湖(西) Sal 范围为 96.95‰~150.00‰, 明显大于其他湖泊, 为高盐湖泊. 湖泊的总溶解性固体(TDS)和电导率(Cond)指标波动范围较大, ρ (TDS)和 Cond 分别在 59.80~201 000.00 mg·L⁻¹ 和 92.30~150 998.00 μS·cm⁻¹ 之间波动; 两高盐湖泊——通古淖尔和巴丹湖(西) ρ (TDS)和 Cond 范围为 92 105.00~201 000.00 mg·L⁻¹ 和

130 494.00 ~ 150 998.00 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, 远大于其他湖泊; 湖泊 $\rho(\text{TN})$ 均值达到 $2.31 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 湖泊 $\rho(\text{TP})$ 均值为 $1.00 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 两高盐湖泊——通古淖尔和巴丹湖(西), 夏秋两季 $\rho(\text{TN})$ 范围为 $3.32 \sim 66.05 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, $\rho(\text{TP})$ 范围为 $1.06 \sim 55.68 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 而其他湖泊 $\rho(\text{TN})$ 范围为 $0.02 \sim 5.32 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, $\rho(\text{TP})$ 范围为 $0.02 \sim 1.01 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 可以看出, 两高盐湖泊 TN 和 TP 含量明显高于其他湖泊, 且两高盐湖泊 TN 和 TP 的含量秋季时明显高于夏季的规律(远超出 V 类标准)。此外, 湖泊水体 pH 值范围为 $7.84 \sim 10.43$, 所有湖泊水体均呈碱性; 湖泊 $\rho(\text{COD})$ 均值达到 $55.20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

巴丹东湖与巴丹西湖虽是两个相邻的湖泊, 但是两湖泊绝大多数指标均存在较大差异, 巴丹东湖 $\rho(\text{DO})$ 范围为 $6.72 \sim 8.40 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, Sal 范围为 $1.16\% \sim 1.30\%$, $\rho(\text{TDS})$ 范围为 $1475.50 \sim 1920.00 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, $\rho(\text{COD})$ 范围为 $13.04 \sim 66.10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, $\rho(\text{TP})$ 范围为 $0.04 \sim 0.176 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$; 巴丹湖(西) $\rho(\text{DO})$ 的范围为 $1.29 \sim 3.97 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, Sal 范围为 $96.95\% \sim 120.54\%$, $\rho(\text{TDS})$ 范围为 $98215.02 \sim 155400.00 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, $\rho(\text{COD})$ 范围为 $170.59 \sim$

$262.22 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, $\rho(\text{TP})$ 范围为 $13.78 \sim 55.68 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$; 除了这些指标, TN 和碱度(ALK)等指标两湖泊也有明显的差异。此外, 面积较大、影响辐射较广以及关注度较高的呼伦湖与乌梁素海, 在湖泊内部总氮和总磷指标也存在差异。呼伦湖 $\rho(\text{TN})$ 范围为 $0.41 \sim 3.87 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 均值为 $1.46 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$; $\rho(\text{TP})$ 的范围为 $0.18 \sim 0.54 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 均值为 $0.29 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$; 总体上总氮总磷的规律表现为: 湖泊四周含量较高, 湖中心含量较低。乌梁素海 $\rho(\text{TN})$ 的范围为 $0.27 \sim 3.78 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 均值为 $1.78 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$; $\rho(\text{TP})$ 的范围为 $0.04 \sim 0.39 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 均值为 $0.14 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$; 总体上总氮总磷的规律表现为: 湖泊北部含量较南部含量高。

2.2 湖泊水质理化指标相关性分析

对 12 个湖泊水质理化指标进行相关性分析(图 2), 发现两季度 Sal、TDS 及 Cond 三者相互间存在正相关($P < 0.05$); 夏季时 DO 与 Sal、TDS 和 Cond 呈负相关($P < 0.05$)。在这几项理化指标中, TDS 和 Sal 与其余指标的相关性关系, 在两季度均有 10 个以上指标与其有显著相关性($P < 0.05$)。

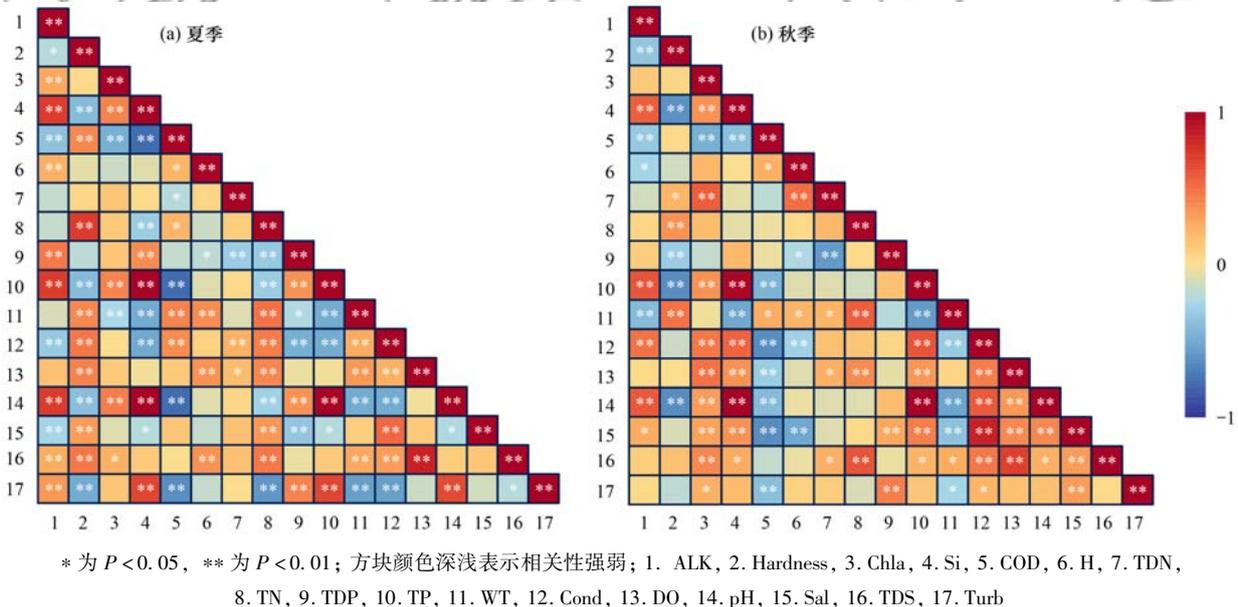


图 2 内蒙古典型湖泊两季节水质理化指标相关性热图

Fig. 2 Heat map of correlation of water physicochemical indexes of typical lakes in Inner Mongolia in two seasons

2.3 湖泊水质理化指标主成分分析

对 12 个湖泊两个季度所有水质理化指标进行主成分分析。根据主成分提取原则, 两个季度均提取了数据解释率最高的前 7 个主成分, 分别解释了 83.4% (夏季) 和 91.7% (秋季) 的数据(图 3)。其中第一主成分(F1)方差贡献率分别达到了 33.6% (夏季) 和 41.7% (秋季), 明显大于第二主成分(F2) 17% (夏季) 和 13.8% (秋季) 及其后 4 个主成分的

方差贡献率, 是影响水质的最主要成分。

Sal、Cond、TDS 和 TN 在 F1 上的载荷较大, TN 可表征水体中的有机物含量, 而 Sal、Cond 和 TDS 能表征水体中可溶性物质的含量, 因此 F1 能够代表湖泊水质的基本情况。F2 上载荷较大的指标为浊度(Turb)和叶绿素 a(Chla), 因而 F2 能反映出湖泊水体的悬浮物质的含量以及水体富营养化的程度。由于 TDS 在 F1 上的载荷最大, 因此

TDS 能作为本研究 12 个湖泊水质的代表性指标. 两张分析图中不同颜色散点分布的区域是根据 TDS 大小的排序对本研究的 12 个湖泊的初步聚

类,发现通过对 TDS 这一指标进行聚类后 12 个湖泊的所有样点能够较为明显地分成 4 类,即 L1、L2、L3 和 L4.

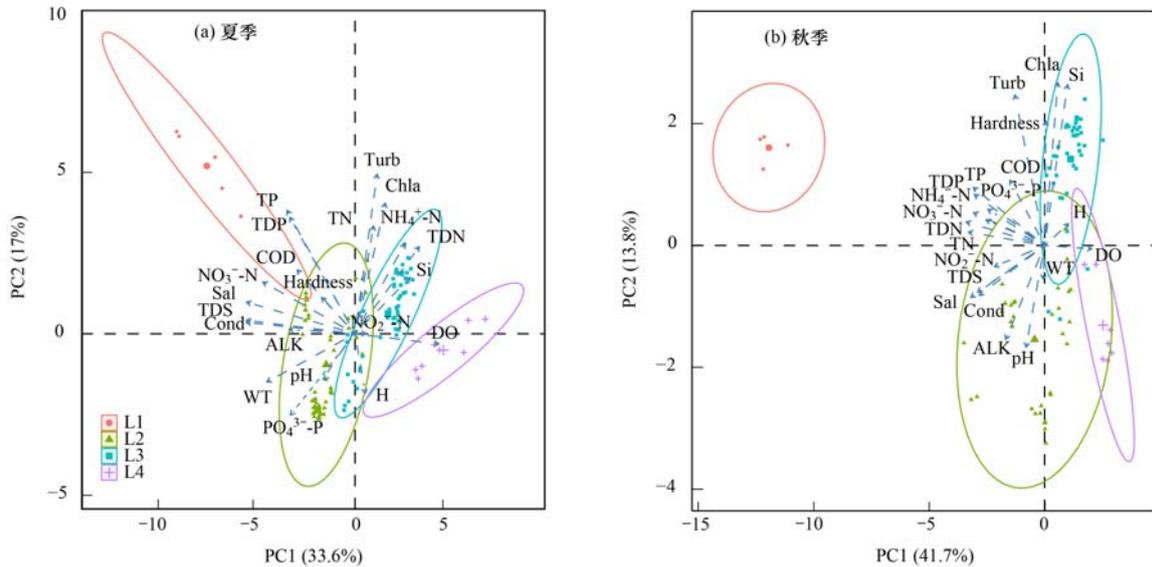


图 3 内蒙古典型湖泊两季节理化指标主成分分析

Fig. 3 Principal component analysis of physicochemical indexes of typical lakes in Inner Mongolia in two seasons

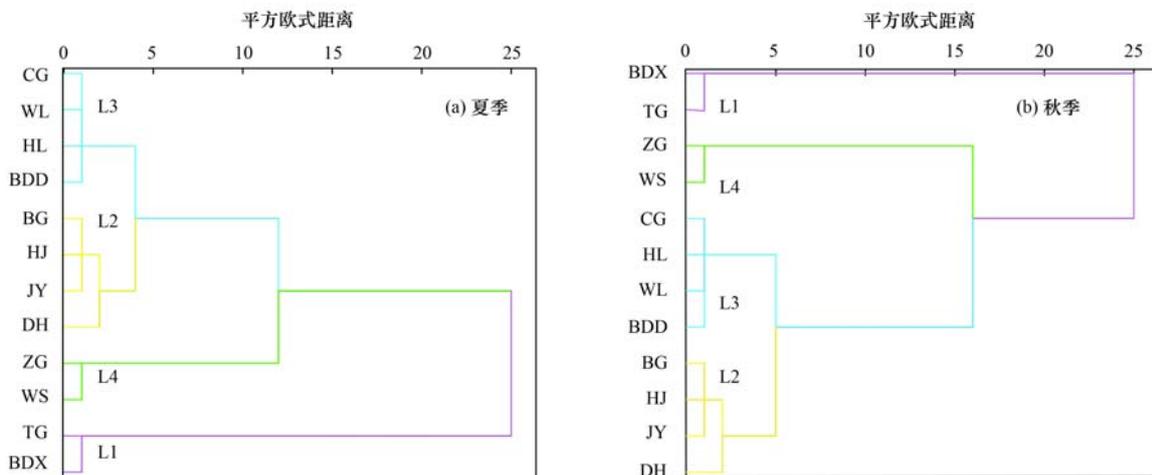
2.4 湖泊聚类分析

从前文主成分分析得知,TDS 能作为湖泊水质的代表性指标表征两季度湖泊水质情况,根据两个季度的 F1 主成分中 TDS 指标进行 SPSS 聚类分析.分析聚类谱系图可将本研究 12 个湖泊分为 4 个类群,包含 L1 [通古淖尔和巴丹湖 (西)]; L2 (红碱淖、巴嘎达布苏、居延海和岱海); L3 [乌梁素海、查干淖尔、呼伦湖和巴丹湖 (东)] 和 L4 (扎格斯台湖和乌苏浪子湖),分析结果见图 4.与主成分分析中的初步聚类结果相比较,发现用 SPSS 25 系统聚类得出的结果能够

与其完全对应,说明 TDS 为不同湖泊具有代表性特征的水质指标.

2.5 湖泊水质综合评价

采用 WQI 对湖泊进行评价时,在人类活动影响较大的内蒙古中部区域,湖泊内 TN、NH₄⁺-N 以及 COD 等指标含量与其他湖泊显示出较大的差异,而各湖泊的 DO、Cond、TN、NH₄⁺-N、COD 以及 Chla 等指标含量的差异,会造成各湖泊评价结果的不同.评价结果为:L1 [通古淖尔和巴丹湖 (西)] 组夏季时得分在 27.20 ~ 29.20 之间,秋季时在 31.30 ~ 38.90 之间,水质等级都属于差; L2 (红碱淖、巴嘎达布

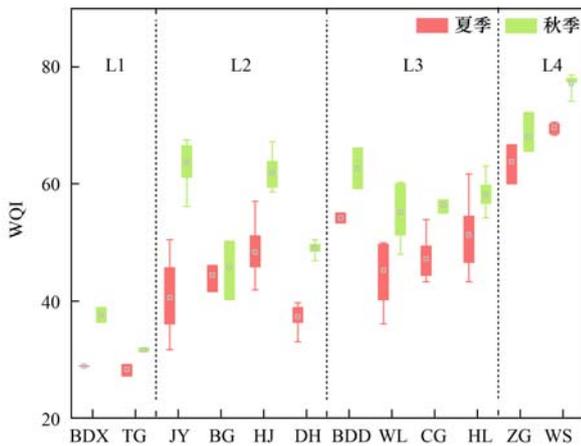


CG 为查干淖尔,WL 为乌梁素海,HL 为呼伦湖,BDD 为巴丹湖 (东),BG 为巴嘎达布苏,HJ 为红碱淖,JY 为居延海, DH 为岱海,ZG 为扎格斯台湖,WS 为乌苏浪子湖,TG 为通古淖尔,BDX 为巴丹湖 (西)

图 4 内蒙古典型湖泊两季节聚类谱系图

Fig. 4 Cluster pedigree diagram of typical lakes in Inner Mongolia in two seasons

苏、居延海和岱海)组夏季时得分处于 31.60 ~ 57.00 之间,除了少数几个样点水质为一般等级外,其他均为差等级,秋季时得分在 40.20 ~ 67.50 之间,巴嘎达布苏与岱海水质为差等级,居延海与红碱淖水质均为一般等级; L3[乌梁素海、查干淖尔、呼伦湖和巴丹湖(东)]组湖泊夏季时得分在 36.10 ~ 61.70 之间,处于差和一般等级,秋季时得分在 48.10 ~ 66.10 之间,除乌梁素海中有一个样点得分为 48.10,处于差的等级外,其余湖泊样点得分均大于 50,水质等级为一般; L4(扎格斯台湖和乌苏浪子湖)组湖泊夏季时得分在 60.00 ~ 70.60 之间,秋季时在 65.60 ~ 78.60 之间,水质等级为一般和良好,分析结果见图 5。



BDX 为巴丹湖(西),TG 为通古淖尔,JY 为居延海,BG 为巴嘎达布苏,HJ 为红碱淖,DH 为岱海,BDD 为巴丹湖(东),WL 为乌梁素海,CG 为查干淖尔,HL 为呼伦湖,ZG 为扎格斯台湖,WS 为乌苏浪子湖

图 5 内蒙古典型湖泊两季节水质综合指数(WQI)箱型图

Fig. 5 Box diagram of water quality indexes(WQI) of typical lakes in Inner Mongolia in two seasons

L1 组湖泊有巴丹湖(西)和通古淖尔,这两个湖泊中的 ρ (TDS) 在所研究的湖泊中最高,超过 90 000.00 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; L2 组湖泊为居延海、巴嘎达布苏、红碱淖以及岱海,岱海的 ρ (TDS) 在 10 920.00 ~ 19 600.00 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间,其余 3 个湖泊的 ρ (TDS) 在 3 380.00 ~ 8 860.00 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间; L3 组湖泊有巴丹湖(东)、乌梁素海、查干淖尔和呼伦湖,该组湖泊 ρ (TDS) 在 702.00 ~ 2 880.00 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; L4 组湖泊有扎格斯台湖和乌苏浪子湖,两湖泊的 ρ (TDS) 在 59.80 ~ 251.00 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间。

通过 SPASS 软件,对得到的各湖泊 WQI 按照分区以及季节的不同进行 Kruskal-Wallis 检验,该检验中 $P < 0.05$ 说明该差异具有统计学意义,检验结果显示两 P 值均小于 0.05,说明湖泊所得的 WQI 随着季节和分区的不同,存在明显的差别。

3 讨论

所研究的内蒙古湖泊中,部分理化指标在时空尺度上存在差异.首先,从时间上看,湖泊中 WT、DO、 NH_4^+ -N 以及 NO_2^- -N 等指标在夏秋两季之间存在差异,其中 WT 在夏秋两季节差别较大,秋季时湖泊 WT 明显低于夏季,WT 的降低也是造成 DO 在秋季时的含量高于夏季的主要原因,DO 随 WT 的降低,其溶解度会增大^[33]; NH_4^+ -N 和 NO_2^- -N 等营养元素在秋季时的含量小于夏季,这是因为大多数浮游植物都能以氨、亚硝酸盐和硝酸盐为氮源,合成细胞所需氨基酸等物质^[34].夏季温度较高,湖泊水体中 DO 含量降低,湖泊中的厌氧环境限制了浮游植物对营养元素的利用,以及沉积物中大量的有机氮分解氨化^[35],并且夏季气候干燥,湖水蒸发较多,致使湖泊中 NH_4^+ -N 和 NO_2^- -N 等营养元素增加^[36].从空间上看,内蒙古西部湖泊的 TN、TP、COD 和 Sal 等几项指标高于东部的湖泊,DO 指标则与之相反.依据《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002),可以得出内蒙古湖泊水质整体上表现出内蒙古东北部地区优于西南部地区的规律。

研究区域西部降水稀少,蒸发强烈,湖泊经长期的自然演化后多为盐湖和咸水湖,其中通古淖尔与巴丹湖(西)为高盐湖泊.两高盐湖泊由于其高盐度的影响,可适应生存的物种少,多样性低,但群落生物量不一定低^[37],例如卤虫,盐藻等广盐种,可以在高盐度的环境中生存^[38].两高盐湖泊 TDS 和 Cond 值较高可能是因为较高的 Sal 造成的,Sal 的增大会导致 TDS 和 Cond 升高,三者之间存在明显的正相关性^[39,40];两高盐湖泊 TN 和 TP 含量明显高于其他湖泊,且 TN 和 TP 的含量呈现出秋季明显高于夏季的规律,这可能是因为内蒙古多年的降雨导致的面源污染,使得营养元素进入到湖泊水体^[41],湖泊中氮和磷含量本应增大,但是夏秋两季时湖泊中的藻类会利用湖泊中的氮和磷,因此其湖泊中氮和磷不会过高,且夏秋两季节不会有太大区别,但是通古淖尔、巴丹湖(西)为高盐湖泊,高盐度湖泊中藻类对于氮和磷的利用会被抑制^[34],这就就会造成夏季进入到两高盐湖泊内的营养元素得以积累,致使这两个湖泊 TN、TP 含量秋季明显高于夏季,且大于其他湖泊.其次,巴丹湖(东)与巴丹湖(西)虽是两个相邻的湖泊,但是两湖泊绝大多数指标均存在极大差异.可能是以下原因造成的:一方面体现在沙山对湖泊的阻挡,另一方面体现在双湖湖盆形态的差异上.巴丹湖(东)的东部和东南部主要接受大量的地下水淡水补给,直接排泄到北部;西部以及巴丹湖

(西)接受有限的降水通过沙山的渗透补给,从而导致东湖的 Sal 等指标远远低于西湖^[42]. 而居延海 Sal 较低的原因可能是黑河对居延海进行生态补水的调水工程,使得近年来居延海的水量逐渐增加. 一方面,水量的增加对湖泊中离子起到稀释的作用;另一方面,黑河来水量大小直接影响水体更新速率和黑河来水离子汇量;整体来看,受生态补水的影响,居延海水质明显改善^[43],因此 Sal 有所降低.

此外,面积较大、影响辐射较广以及关注度较高的呼伦湖与乌梁素海两个湖泊内部不同区域 TN 和 TP 含量也存在差异. 呼伦湖四周 TN 和 TP 含量较高,而湖中心含量较低. 这可能是因为呼伦湖流域以放牧为主,沿岸分布着大量的牧户,畜牧业较为发达. 位于湖泊北部的新开河,东部的乌尔逊河,以及南部的克鲁伦河是呼伦湖的 3 个入湖河流,河两岸是牧民的集中放牧处,造成大量牛羊粪便进入湖泊^[44,45];湖泊北部以及东南部的渔场,在进行鱼类养殖时将含有大量营养盐的水排入呼伦湖中,对湖泊影响较大^[46,47]. 再加上,湖泊附近的城镇,旅游区等也会对湖泊水质产生较大影响^[47]. 而乌梁素海内部 TN 和 TP 的规律表现为:湖泊北部含量较南部含量高. 造成这种结果的原因可能是其西北部的红圪卜扬水站和八九排于汇入的大量来自河套地区的灌溉余水与生活污水,致使湖泊北部的营养盐含量较高^[48]. 在湖泊北部的入口区和湖泊中部有大量的芦苇生长,加之沉水植物的吸收与湖水的自净作用,水体自北向南流动,水体中的各类营养物含量逐渐减小^[19].

对两个季度的水体理化参数进行相关性分析,发现两季度 TDS、Sal 及 Cond 三者间存在显著正相关($P < 0.05$),有相关研究显示 TDS、Sal 和 Cond 三者间存在正相关性^[39,40]. 夏季时 DO 与 TDS、Sal 和 Cond 呈负相关($P < 0.05$). 原因可能是夏季 WT 较高加速了水生生物的生产代谢和水体与沉积物间的离子交换频率,导致水体 DO 含量下降, TDS、Sal 和 Cond 升高^[49]. 基于前文 PCA 分析得到 TDS 是本研究 12 个湖泊水质特征的代表性指标且其与 WQI 的相关性最强,说明 TDS 是表征内蒙古高原湖泊水质综合情况的主要因子. 在湖泊中 TDS 不仅与 pH、Sal 和 Cond 等理化指标有关联,还与一些生物类指标关系密切. 在殷旭旺等^[50]的研究中 TDS 是影响太子河流域着生藻类群落结构的显著影响因素;在陆开宏等^[51]的研究中 TDS 与浮游植物的季节演替有着较高的相关性.

对比图 5 综合水质指数箱型图以及 K-W 检验结果可以看出, WQI 在时空上均有着明显的差异.

从时间尺度上看, L1 ~ L4 组湖泊在秋季时的水质明显好于夏季,造成这种结果的原因是,计算 WQI 时所选用的某些指标含量在夏、秋两季节存在较大的差别. 以上指标主要是 WT、DO、 NH_4^+ -N 以及 NO_2^- -N 等,这与前文所提到的一致. 空间上 WQI 从 L1 ~ L4 (TDS 逐渐减小)逐步增大,代表湖泊的水质从 L1 ~ L4 在逐步变好. L1 ~ L4 组湖泊 TDS 指标逐渐减小, L2 组湖泊中岱海的 TDS 指标明显高于该类湖泊中其他 3 个湖泊. L1 组湖泊在 4 类湖泊中盐渍化最为严重, L2 组 4 个湖泊中岱海盐渍化明显比其他 3 个湖泊更严重,盐渍化指的是水中 TDS 的增加^[52],有研究表明盐渍化会对湖泊水质产生不利的影响^[53],特别是在干旱和半干旱地区,水质退化最明显的现象之一就是水体盐渍化^[54]; L2 组湖泊中岱海的水质明显差于其他 3 个湖泊,造成岱海湖泊水质变差的原因主要为湖泊本身特点的影响以及周围城镇的干扰. 一方面,岱海为农牧交错带尾间湖,本身没有出流,外源污染物长期积累于湖泊内部,再加上湖内藻类、水草等消亡后腐烂于湖底,导致内源污染较严重^[55];另一方面,生活和工业废水的排放以及农业有机肥面源污染等^[56]. 此外,从地理位置上也可以看出, L1 ~ L4 组湖泊,即是从内蒙古西南部地区湖泊到东北部地区湖泊,符合前文对湖泊水体理化参数进行分析所得到的结果. 造成这种结果的原因可能是,内蒙古高原横跨经度大,从东向西气候由湿润向干旱过渡,蒸发量逐渐增大,降雨量逐渐减小^[57],这造成了内蒙古内的湖泊分布极其不均匀,东部湖泊数量、面积和储水量较西部的要大很多^[58],而湖泊水质变化总体与水量变化是一致的^[59].

近几十年来,在气候和人类活动的双重影响下,内蒙古湖泊水环境污染负荷增大,湖泊面临出水量减少、水体咸化等问题^[59]. 近年来国家开展的湖泊水环境保护工作已有很大成效,但是在一些区域湖泊水环境仍然存在着一定的问题,因此对于内蒙古湖泊水环境特征及水质综合评价的调查研究显得极为重要. 本文基于内蒙古多个湖泊水体中的多项理化指标,分析各湖泊在时空尺度上的水环境特征,并对其水质进行综合评价,以期对敏感脆弱的内蒙古生态环境的保护与管理打好基础,为内蒙古水环境治理提供科学依据.

4 结论

(1)内蒙古典型湖泊两个季节的多项理化指标在时空分布上均有差异. 时间尺度上, NH_4^+ -N 以及 NO_2^- -N 等指标在秋季时小于夏季, DO 指标秋季时

大于夏季; 空间尺度上, 内蒙古西南部湖泊的 TP、TN、COD 和 Sal 等几项指标高于东北部的湖泊, DO 指标则与之相反。

(2) TDS 为内蒙古典型湖泊水质的主要特征因子。

(3) 湖泊综合水质质量指数(WQI)时空分布差异较大, 湖泊水质等级随 TDS 分区的升高而降低, 且湖泊水质秋季优于夏季。

参考文献:

- [1] Zhang G Q, Yao T D, Xie H J, *et al.* Response of Tibetan Plateau lakes to climate change: trends, patterns, and mechanisms[J]. *Earth-Science Reviews*, 2020, **208**, doi: 10.1016/j.earscirev.2020.103269.
- [2] Miao S, Liu C, Qian B J, *et al.* Remote sensing-based water quality assessment for urban rivers: a study in Linyi development area[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2020, **27**(28): 34586-34595.
- [3] 张莹莹, 蔡晓斌, 杨超, 等. 1974-2017 年洪湖湿地自然保护区景观格局演变及驱动力分析[J]. *湖泊科学*, 2019, **31**(1): 171-182.
Zhang Y Y, Cai X B, Yang C, *et al.* Driving force analysis of landscape pattern changes in Honghu Wetland Nature Reserve in recent 40 years[J]. *Journal of Lake Sciences*, 2019, **31**(1): 171-182.
- [4] 郭鹏程, 杨司嘉. 岱海水质变化规律及成因分析[J]. *华北水利水电大学学报(自然科学版)*, 2021, **42**(1): 40-46.
Guo P C, Yang S J. Analysis on the characteristics and reasons of Daihai Lake quality change [J]. *Journal of North China University of Water Resources and Electric Power (Natural Science Edition)*, 2021, **42**(1): 40-46.
- [5] 梁旭, 刘华民, 纪美辰, 等. 北方半干旱区土地利用/覆被变化对湖泊水质的影响: 以岱海流域为例(2000-2018 年)[J]. *湖泊科学*, 2021, **33**(3): 727-736.
Liang X, Liu H M, Ji M C, *et al.* Effects of land use/cover change on lake water quality in the semi-arid region of northern China: a case study in Lake Daihai Basin (2000-2018) [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2021, **33**(3): 727-736.
- [6] 吴敬禄, 曾海鳌, 马龙, 等. 新疆主要湖泊水资源及近期变化分析[J]. *第四纪研究*, 2012, **32**(1): 142-150.
Wu J L, Zeng H A, Ma L, *et al.* Recent changes of selected lake water resources in arid Xinjiang, northwestern China[J]. *Quaternary Sciences*, 2012, **32**(1): 142-150.
- [7] 蔡长卿, 金昌盛, 陈佳, 等. 东洞庭湖沉积物重金属污染及生态-健康风险[J]. *农业环境科学学报*, 2022, **41**(6): 1337-1347.
Cai C Q, Jin C S, Chen J, *et al.* Sediment heavy metal pollution and its ecological and health risk assessment in the East Dongting Lake, China[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2022, **41**(6): 1337-1347.
- [8] 刘成, 黄蔚, 古小治, 等. 白洋淀沉积物重金属潜在生态风险及生物可利用性分析[J]. *湖泊科学*, 2022, **34**(6): 1980-1992.
Liu C, Huang W, Gu X Z, *et al.* The potential ecological risks and bioavailability of heavy metals in the sediments of Lake Baiyangdian[J]. *Journal of Lake Sciences*, 2022, **34**(6): 1980-1992.
- [9] 陶玉强, 赵睿涵. 持久性有机污染物在中国湖库水体中的污染现状及分布特征[J]. *湖泊科学*, 2020, **32**(2): 309-324.
Tao Y Q, Zhao R H. Occurrence and distribution of persistent organic pollutants in water of Chinese lakes and reservoirs[J]. *Journal of Lake Sciences*, 2020, **32**(2): 309-324.
- [10] 杨桂山, 马荣华, 张路, 等. 中国湖泊现状及面临的重大问题与保护策略[J]. *湖泊科学*, 2010, **22**(6): 799-810.
Yang G S, Ma R H, Zhang L, *et al.* Lake status, major problems and protection strategy in China[J]. *Journal of Lake Sciences*, 2010, **22**(6): 799-810.
- [11] 余茂蕾, 洪国喜, 许海, 等. 湖泊蓝藻水华对连通河道水质的影响[J]. *环境科学*, 2019, **40**(2): 603-613.
Yu M L, Hong G X, Xu H, *et al.* Effects of cyanobacterial blooms in eutrophic lakes on water quality of connected rivers [J]. *Environmental Science*, 2019, **40**(2): 603-613.
- [12] Paerl H W, Huisman J. Blooms like it hot[J]. *Science*, 2008, **320**(5872): 57-58.
- [13] 博文静, 沈钰仟, 王馨悦, 等. 植被覆盖度对夏季降温效应的影响——以内蒙古为例[J]. *生态学报*, 2022, **42**(22): 9165-9174.
Bo W J, Shen Y Q, Wang X Y, *et al.* The influence of vegetation coverage on cooling effect in summer: a case study of the Inner Mongolia[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2022, **42**(22): 9165-9174.
- [14] 杨崇曜, 李恩贵, 陈慧颖, 等. 内蒙古西部自然植被的物种多样性及其影响因素[J]. *生物多样性*, 2017, **25**(12): 1303-1312.
Yang C Y, Li E G, Chen H Y, *et al.* Biodiversity of natural vegetation and influencing factors in western Inner Mongolia[J]. *Biodiversity Science*, 2017, **25**(12): 1303-1312.
- [15] 李文宝, 李畅游, 贾德彬, 等. 内蒙古中部夏季大气降水水中同位素变化[J]. *干旱区研究*, 2017, **34**(6): 1214-1221.
Li W B, Li C Y, Jia D B, *et al.* Change of stable isotopes in summer precipitation in central Inner Mongolia[J]. *Arid Zone Research*, 2017, **34**(6): 1214-1221.
- [16] 田育红, 纪中奎, 刘鸿雁. 内蒙古高原中部主要气候因子及地表覆盖对沙尘暴影响分析[J]. *应用气象学报*, 2005, **16**(4): 476-483.
Tian Y H, Ji Z K, Liu H Y. Main climatic factors and land cover effects on sandstorms in the central part of inner Mongolia Plateau [J]. *Journal of Applied Meteorological Science*, 2005, **16**(4): 476-483.
- [17] 欧阳玲, 马会瑶, 王宗明, 等. 气候变化与人类活动对内蒙古东部草地净初级生产力的影响[J]. *生态学报*, 2020, **40**(19): 6912-6924.
Ouyang L, Ma H Y, Wang Z M, *et al.* Impacts of climate change and human activities on net primary productivity of grassland in the eastern Inner Mongolia [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2020, **40**(19): 6912-6924.
- [18] 曾亚英, 王晓清, 杜海波, 等. 居延海浮游生物群落特征与水质评价[J]. *北方农业学报*, 2022, **50**(3): 95-103.
Zeng Y Y, Wang X Q, Du H B, *et al.* Community characteristics of plankton and water quality evaluation in Juyan lake[J]. *Journal of Northern Agriculture*, 2022, **50**(3): 95-103.
- [19] 朱鹏航, 于瑞宏, 葛铮, 等. 乌梁素海长时序水质变化及其驱动因子[J]. *生态学杂志*, 2022, **41**(3): 546-553.
Zhu P H, Yu R H, Ge Z, *et al.* Long-term changes of water quality and the driving factors of Wuliangsuhai Lake[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2022, **41**(3): 546-553.
- [20] 于海峰, 史小红, 孙标, 等. 2011-2020 年呼伦湖水质及富营养化变化分析[J]. *干旱区研究*, 2021, **38**(6): 1534-1545.
Yu H F, Shi X H, Sun B, *et al.* Analysis of water quality and

- eutrophication changes in Hulun Lake from 2011 to 2020 [J]. *Arid Zone Research*, 2021, **38**(6): 1534-1545.
- [21] 王世欢, 张生, 武蓉, 等. 内蒙古典型湖泊浮游植物群落特征及其营养状态评价适用性分析[J]. *中国环境科学*, 2022, doi: 10.19674/j.cnki.issn1000-6923.20221019.002.
Wang S H, Zhang S, Wu R, *et al.* Characteristics of phytoplankton communities in typical lakes in Inner Mongolia and their applicability in evaluating their nutritional status[J]. *China Environmental Science*, 2022, doi: 10.19674/j.cnki.issn1000-6923.20221019.002.
- [22] 晓兰, 王丹丹, 王塔娜. 浅析2000—2014年内蒙古主要湖泊水质变化[J]. *环境保护与循环经济*, 2016, **36**(10): 41-43.
- [23] 巩祥夫, 刘寿东, 钱拴. 基于Holdridge分类系统的内蒙古草原类型气候区划指标[J]. *中国农业气象*, 2010, **31**(3): 384-387.
Gong X F, Liu S D, Qian S. Climatic distribution indicators of Inner Mongolia grassland based on holdridge classification system [J]. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 2010, **31**(3): 384-387.
- [24] 王义凤, 雍世鹏, 刘钟龄. 内蒙古自治区的植被地带特征[J]. *植物学报*, 1979, **21**(3): 274-284.
Wang Y F, Yong S P, Liu Z L. Characteristics of the vegetational zones in the Nei Mongol autonomous region [J]. *Acta Botanica Sinica*, 1979, **21**(3): 274-284.
- [25] 李博. 内蒙古地带性植被的基本类型及其生态地理规律[J]. *内蒙古大学学报*, 1962, (2): 41-74.
- [26] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法[M]. (第四版). 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [27] 刘琦, 田雨露, 刘洋, 等. 两类水质综合评价方法的特点及其在河流水环境管理中的作用[J]. *生态学报*, 2019, **39**(20): 7538-7546.
Liu Q, Tian Y L, Liu Y, *et al.* Characteristics of two comprehensive assessment methods for water quality based on different evaluation criteria and their applications in aquatic environment management [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, **39**(20): 7538-7546.
- [28] 赵爽, 倪兆奎, 黄冬凌, 等. 基于WQI法的鄱阳湖水质演变趋势及驱动因素研究[J]. *环境科学学报*, 2020, **40**(1): 179-187.
Zhao S, Ni Z K, Huang D L, *et al.* Evolution of water quality of Poyang Lake using WQI method and driving factors identification [J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2020, **40**(1): 179-187.
- [29] 韩谓, 潘保柱, 陈越, 等. 黄河水环境特征与氮磷负荷时空分布[J]. *环境科学*, 2021, **42**(12): 5786-5795.
Han X, Pan B Z, Chen Y, *et al.* Characteristics of water environment and spatial-temporal distribution of nitrogen and phosphorus load in the Yellow River [J]. *Environmental Science*, 2021, **42**(12): 5786-5795.
- [30] Koçer M A T, Sevgili H. Parameters selection for water quality index in the assessment of the environmental impacts of land-based trout farms [J]. *Ecological Indicators*, 2014, **36**: 672-681.
- [31] Pesce S F, Wunderlin D A. Use of water quality indices to verify the impact of Córdoba city (Argentina) on Suquí a river [J]. *Water Research*, 2000, **34**(11): 2915-2926.
- [32] Ramesh S, Sukumaran N, Murugesan A G, *et al.* An innovative approach of Drinking Water Quality Index—A case study from Southern Tamil Nadu, India [J]. *Ecological Indicators*, 2010, **10**(4): 857-868.
- [33] KALFF J. *Limnology: inland water ecosystems* [M]. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002.
- [34] 鲁彩艳, 陈欣. 有机碳源添加对不同C/N比有机物料氮矿化进程的影响[J]. *中国科学院研究生院学报*, 2004, **21**(1): 108-112.
Lu C Y, Chen X. Effect of organic carbon on the mineralization process of organic nitrogen in organic material with different C/N ratio [J]. *Journal of the Graduate School of the Chinese Academy of Sciences*, 2004, **21**(1): 108-112.
- [35] 刘建康. 高级水生生物学[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [36] 金相灿, 姜霞, 徐玉慧, 等. 太湖东北部沉积物可溶性氮、磷的季节性变化[J]. *中国环境科学*, 2006, **26**(4): 409-413.
Jin X C, Jiang X, Xu Y H, *et al.* Seasonal variation of dissolved nitrogen and phosphorus in sediments in northeast part of Lake Taihu [J]. *China Environmental Science*, 2006, **26**(4): 409-413.
- [37] 陈立婧, 杨菲, 吴淑贤, 等. 西藏那曲地区盐湖浮游植物群落结构的特征[J]. *上海海洋大学学报*, 2013, **22**(4): 577-585.
Chen L J, Yang F, Wu S X, *et al.* Characteristics of community structures of phytoplankton in the salt lakes in Naggu region, Tibet [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2013, **22**(4): 577-585.
- [38] 霍元子, 赵文, 张永生, 等. 内蒙古锡林郭勒盟盐湖浮游生物的群落特征[J]. *湖泊科学*, 2005, **17**(3): 243-250.
Huo Y Z, Zhao W, Zhang Y S, *et al.* Plankton community diversity of Saline Lakes in Xilinguole, Inner Mongolia, China [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2005, **17**(3): 243-250.
- [39] 邵天杰, 赵景波, 董治宝. 巴丹吉林沙漠湖泊及地下水化学特征[J]. *地理学报*, 2011, **66**(5): 662-672.
Shao T J, Zhao J B, Dong Z B. Water chemistry of the lakes and groundwater in the Badain Jaran Desert [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2011, **66**(5): 662-672.
- [40] Şener Ş, Şener E, Davraz A, *et al.* Hydrogeological and hydrochemical investigation in the Burdur Saline Lake Basin, southwest Turkey [J]. *Geochemistry*, 2020, **80**(S4), doi: 10.1016/j.chemer.2019.125592.
- [41] Liu C, Zhu L P, Wang J B, *et al.* *In-situ* water quality investigation of the lakes on the Tibetan Plateau [J]. *Science Bulletin*, 2021, **66**(17): 1727-1730.
- [42] 张皓月, 胡晓农, 王旭升. 巴丹东、西湖地貌演化及其对湖泊水体特征的影响[J]. *现代地质*, 2017, **31**(2): 406-414.
Zhang H Y, Hu X N, Wang X S. Research on geomorphologic evolution of east and west Badain Lake and the impact on water body features [J]. *Geoscience*, 2017, **31**(2): 406-414.
- [43] 高喆, 范正军, 畅祥生, 等. 东居延海水质时空变异及影响因素研究[J]. *人民黄河*, 2019, **41**(7): 23-27, 32.
Gao Z, Fan Z J, Chang X S, *et al.* Research on spatial-temporal variation characteristics and influencing factors of water quality of East Juyan Lake [J]. *Yellow River*, 2019, **41**(7): 23-27, 32.
- [44] 付尧, 贾克力, 梁丽娥, 等. 呼伦湖不同季节水质现状评价及主要影响因子分析[J]. *环境监测管理与技术*, 2017, **29**(1): 25-29.
Fu Y, Jia K L, Liang L E, *et al.* Seasonal water quality assessment of Hulun Lake and its main impact factors analysis [J]. *The Administration and Technique of Environmental Monitoring*, 2017, **29**(1): 25-29.
- [45] 韩向红, 杨持. 呼伦湖自净功能及其在区域环境保护中的作用分析[J]. *自然资源学报*, 2002, **17**(6): 684-690.
Han X H, Yang C. An analysis of the self-purification function of Hulun Lake and its effect on regional environmental conservation

- [J]. *Journal of Natural Resources*, 2002, **17**(6): 684-690.
- [46] 梁丽娥, 李畅游, 孙标, 等. 内蒙古自治区呼伦湖水质变化特征及其影响因素[J]. *水土保持通报*, 2017, **37**(2): 102-106.
Liang L E, Li C Y, Sun B, *et al.* Impact factors and characteristics of water quality variation of Hulun Lake in Inner Mongolia Autonomous Region [J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2017, **37**(2): 102-106.
- [47] 张立杰, 张生, 孙标, 等. 内蒙古呼伦湖水体水质时空变化特征[J]. *安徽农业大学学报*, 2016, **43**(4): 568-575.
Zhang L J, Zhang S, Sun B, *et al.* Spatial and temporal variation of water quality in Hulun Lake [J]. *Journal of Anhui Agricultural University*, 2016, **43**(4): 568-575.
- [48] 郭嘉, 韦玮, 于一雷, 等. 乌梁素海湿地富营养化研究进展[J]. *生态学杂志*, 2015, **34**(11): 3244-3252.
Guo J, Wei W, Yu Y L, *et al.* Research progress on the eutrophication of Wuliangsu Hai wetland [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2015, **34**(11): 3244-3252.
- [49] 刘智琦, 潘保柱, 韩谱, 等. 青藏高原湖泊水环境特征及水质评价[J]. *环境科学*, 2022, **43**(11): 5073-5083.
Liu Z Q, Pan B Z, Han X, *et al.* Water environmental characteristics and water quality assessment of lakes in Tibetan Plateau [J]. *Environmental Science*, 2022, **43**(11): 5073-5083.
- [50] 殷旭旺, 渠晓东, 李庆南, 等. 基于着生藻类的太子河流域水生态系统健康评价[J]. *生态学报*, 2012, **32**(6): 1677-1691.
Yin X W, Qu X D, Li Q N, *et al.* Using periphyton assemblages to assess stream conditions of Taizi River basin, China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, **32**(6): 1677-1691.
- [51] 陆开宏, 朱津永, 王扬才, 等. 湖南镇水库浮游生物及其影响因子的典范对应分析[J]. *中国水产科学*, 2008, **15**(6): 950-960.
Lu K H, Zhu J Y, Wang Y C, *et al.* Structure and dynamics of plankton community and their impact factors based on CCA analysis in Hunanzhen Reservoir [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2008, **15**(6): 950-960.
- [52] Kaushal S S, Groffman P M, Likens G E, *et al.* Increased salinization of fresh water in the northeastern United States [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2005, **102**(38): 13517-13520.
- [53] Flörke M, Bärlund I, van Vliet M T, *et al.* Analysing trade-offs between SDGs related to water quality using salinity as a marker [J]. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2019, **36**: 96-104.
- [54] Vengosh A. Salinization and saline environments [J]. *Treatise on Geochemistry*, 2003, **9**: 1-35.
- [55] 赵丽, 陈俊伊, 姜霞, 等. 岱海水体氮、磷时空分布特征及其差异性分析[J]. *环境科学*, 2020, **41**(4): 1676-1683.
Zhao L, Chen J Y, Jiang X, *et al.* Temporal and spatial distribution characteristics and difference analysis of nitrogen and phosphorus in Daihai Lake [J]. *Environmental Science*, 2020, **41**(4): 1676-1683.
- [56] 张玲凤, 于婵, 陈坤娇, 等. 2020 年岱海水环境质量评价与分析[J]. *内蒙古水利*, 2021, (12): 7-9.
- [57] 杨志岩, 李畅游, 张生, 等. 内蒙古乌梁素海叶绿素 a 浓度时空分布及其与氮、磷浓度关系[J]. *湖泊科学*, 2009, **21**(3): 429-433.
Yang Z Y, Li C Y, Zhang S, *et al.* Temporal and spatial distribution of chlorophyll-a concentration and the relationships with TN, TP concentrations in Lake Ulansuhai, Inner Mongolia [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2009, **21**(3): 429-433.
- [58] 李亚威, 韩天成. 内蒙古湖泊水资源及主要环境问题[J]. *内蒙古环境保护*, 2000, **12**(2): 17-21.
Li Y W, Han T C. Situation of lakes water resources and major environmental problems in Inner Mongolia [J]. *Inner Mongolia Environmental Protection*, 2000, **12**(2): 17-21.
- [59] 汪敬忠, 吴敬禄, 曾海鳌, 等. 内蒙古主要湖泊水资源及其变化分析[J]. *干旱区研究*, 2015, **32**(1): 7-14.
Wang J Z, Wu J L, Zeng H A, *et al.* Changes of water resources of the main lakes in Inner Mongolia [J]. *Arid Zone Research*, 2015, **32**(1): 7-14.

CONTENTS

Meteorological Impact Assessment of PM _{2.5} and O ₃ Complex Pollution in Key Regions of China Based on Meteorological Conditions Index	YANG Xin, YANG Yuan-qin, LI Hong, <i>et al.</i>	(6433)
Scale Dependence Between PM _{2.5} and Meteorological Factors and Its Influencing Factors in "2+26" Cities	WU Shu-qi, JIN Jian-nan, ZHENG Dong-yang, <i>et al.</i>	(6441)
Chemical Constituents and Sources of PM _{2.5} Around the Wuhan Military Games Period	LIU Shi-hao, KONG Shao-fei, ZHENG Huang, <i>et al.</i>	(6452)
Characteristics and Sources of PM _{2.5} Pollution During Winter in Handan City from 2016 to 2020	NIU Hong-ya, GAO Na-na, BAO Xiao-lei, <i>et al.</i>	(6463)
Chemical Compositions and Sources of PM _{2.5} in Weinan City	GUO Jing-ning, LI Xiao-fei, YU Feng, <i>et al.</i>	(6474)
Analysis of Formation Processes and Sources of PM _{2.5} Ammonium During Winter and Summer in Suburban Area of the Yangtze River Delta	XIANG Yan-kun, CAO Fang, ZHANG Wen-qi, <i>et al.</i>	(6486)
Chemical Composition and Characterization of Nitroaromatic Compounds in Urban Areas of Shanghai	YANG Lu, MA Ying-ge, YU Jian-zhen, <i>et al.</i>	(6495)
Source Analysis and Health Risk Assessment of PAHs in PM _{2.5} , Liliang City	MU Ling, LIU Zi-ye, LI Yang-yong, <i>et al.</i>	(6508)
Effect of Biomass Burning on Carbonaceous Aerosol Composition and Light Absorption in Guangxi Regional Background Site	WU Xing-qi, CAO Fang, HONG Yi-hang, <i>et al.</i>	(6518)
Characteristics of Light Absorption, Sources, and Seasonal Variation of Atmospheric Brown Carbon in Northern Nanjing	CHEN Xing-zhou, CUI Shi-jie, ZHANG Yun-jiang, <i>et al.</i>	(6529)
Health Benefit Assessment of Coal-to-electricity Policy on PM _{2.5} Pollution in Beijing-Tianjin-Hebei Region	ZHANG Ru-ting, CHEN Chuan-min, LIU Song-tao, <i>et al.</i>	(6541)
Source Apportionment of Ambient VOCs in Qingdao Based on Photochemical Loss Correction	KONG Cui-li, WU Yu-tong, GU Yao, <i>et al.</i>	(6551)
Pollution Characteristics and Source Apportionment of VOCs in Urban Areas of Liaocheng in Summer	LI Wan-yong, HUANG Hao-yu, WANG Yan-zhen, <i>et al.</i>	(6564)
Source Analysis of Ozone and Its Precursors in Zibo Based on 3-D Air Quality Model	ZHANG Xin-xin, ZHAO Xiu-ying, HUANG Ling, <i>et al.</i>	(6576)
Spatio-temporal Characteristics and Influencing Factors of Ozone Suppression Events Under High Temperature in China	OU Lin-chong, CHEN Wei-hua, WU Yong-kang, <i>et al.</i>	(6586)
Review of UAV-based Atmospheric Fine Particulate Matter and Ozone Pollution Detection and Source Localization	QU Ya-wei, WANG Ti-jian, YUAN Cheng, <i>et al.</i>	(6598)
Health Impact Analysis of Fine Particulate Pollution from Vehicles in the Beijing-Tianjin-Hebei Region	HAO Yong-pei, SONG Xiao-wei, ZHU Xiao-dong, <i>et al.</i>	(6610)
Assessment of Emission Reduction Potential of CO ₂ Capture, Geological Utilization, and Storage in Cement Industry of China	WEI Ning, LIU Sheng-nan, WEI Feng, <i>et al.</i>	(6621)
Life Cycle Carbon Emission Accounting and Emission Reduction Potential Assessment of Steel Industry	SONG Xiao-cong, DU Shuai, DENG Chen-ning, <i>et al.</i>	(6630)
Evolution Characteristics and Driving Forces of Carbon Dioxide Emissions and Sinks in the Pearl River Delta Region, China	HU Jing-xin, SHA Qing-e, LIU Hui-lin, <i>et al.</i>	(6643)
Impact of Accelerated Electrification Under the Low Carbon Path in Dongguan City on the Coordinated Emission Reduction of CO ₂ and Pollutants	WU Le-min, CHEN Bing-yin, OU Lin-chong, <i>et al.</i>	(6653)
Relationship Between Urbanization and Carbon Emissions in the Chang-Zhu-Tan Region at the County Level	LIU Xian-zhao, LI Yang, <i>et al.</i>	(6664)
Characteristics and Influencing Factors of Greenhouse Fluxes from Urban Lawn	CHEN Li-han, LIU Shuo, LIN Yi, <i>et al.</i>	(6680)
Dual-Perspective Analysis of the Warming Effect of the Methane Emissions from Animal Husbandry in China	LIU Shu-le, YAN Wei, CAO Qing-xian, <i>et al.</i>	(6692)
Pollution Level and Risk Assessment of OPEs in Typical River Basins of China	ZHAO Jiang-lu, LU Hai-jian, LÜ Jia-pei, <i>et al.</i>	(6700)
Soil Heavy Metal Contamination, Sources, and Health Risk of Typical Drinking Water Sources in the Suspended Reach of the Lower Yellow River	PENG Chao-yue, REN Chong, SHEN Hao-xin, <i>et al.</i>	(6710)
Fraction Characteristic and Risk Assessment of Heavy Metals in Surface Sediments of the Yellow River Mainstream	WANG Yi-di, OUYANG Wei, LIU Lian-hua, <i>et al.</i>	(6720)
Influence of Land Use Structure and Spatial Pattern on Water Quality of Small and Medium-sized Rivers in Poyang Lake Basin	WEN Jia-wei, WANG Peng, HUANG Gao-xiang, <i>et al.</i>	(6728)
Water Environment Characteristics and Water Quality Assessment of Typical Lakes in Inner Mongolia	WANG Xin-yuan, PAN Bao-zhu, WANG Li-xin, <i>et al.</i>	(6744)
Relationship Between Precipitation, River Water, and Groundwater Conversion in the Upper Reaches of Xilin River During the Rainy Season	SUN Jin, WANG Yi-xuan, YANG Lu, <i>et al.</i>	(6754)
Hydrochemical Characteristics and Control Factors of Groundwater in the Northwest Salt Lake Basin	YAN Yan, GAO Rui-zhong, LIU Ting-xi, <i>et al.</i>	(6767)
Groundwater Pollution Risk Assessment in Plain Area of Barkol-Yiwu Basin	LIU Yu, ZENG Yan-yan, ZHOU Jin-long, <i>et al.</i>	(6778)
Bisulfite Promoted Minute Fe ²⁺ -Activated Peroxydisulfate for Paracetamol Degradation	MO Xi-ting, NIE Shu-hua, YAN Cai-xia, <i>et al.</i>	(6790)
Degradation of Ciprofloxacin by Activating Peroxymonosulfate with Sludge Biochar	ZHENG Da-yang, ZOU Jia-li, XU Hao, <i>et al.</i>	(6801)
Adsorption of Iopamidol by NaHCO ₃ -activated Buckwheat Biochar	WEI Hong, ZHAO Jiang-juan, JING Li-ming, <i>et al.</i>	(6811)
Preparation of Bamboo-based N, P Co-doped Activated Carbon and Its Lanthanum Ion Adsorption Performance	WANG Gui-long, LIU Yan-yan, JIANG Rong-yuan, <i>et al.</i>	(6823)
Analysis of Vegetation Change and Influencing Factors in Southwest Alpine Canyon Area	LAI Jin-lin, QI Shi, CUI Ran-ran, <i>et al.</i>	(6833)
Effect of Biochar on Agricultural Soil Aggregates and Organic Carbon: A Meta-analysis	MENG Yan, SHEN Ya-wen, MENG Wei-wei, <i>et al.</i>	(6847)
Carbon Cycling Processes in Croplands and Their Quantification Methods	SUN Zhao-an, ZHU Biao, <i>et al.</i>	(6857)
Effects of Biochar Application on Soil Organic Carbon Component in <i>Eucalyptus</i> Plantations After Five Years in Northern Guangxi	MOU Zhi-yi, SHEN Yu-yi, CAO Yang, <i>et al.</i>	(6869)
Evolution Characteristics of Soil Active Organic Carbon and Carbon Pool Management Index Under Vegetation Restoration in Karst Area	CAI Hua, SHU Ying-ge, WANG Chang-min, <i>et al.</i>	(6880)
Pollution Characteristics and Ecological Risk Assessment of Typical Antibiotics in Environmental Media in China	CHEN Li-hong, CAO Ying, LI Qiang, <i>et al.</i>	(6894)
Spatial Prediction Modeling for Soil pH Based on Multiscale Geographical Weighted Regression (MGWR) and Its Influencing Factors	ZHAO Ming-song, CHEN Xuan-qiang, XU Shao-jie, <i>et al.</i>	(6909)
Characteristics and Source Analysis of Heavy Metal Pollution in Farmland Around a Coal-fired Power Plant	ZHANG Jun, LI Xu, LIU Lei-yu, <i>et al.</i>	(6921)
Characteristics of Soil Pollution and Source Analysis of Typical Pollutants in the Petrochemical Site	ZHANG Yu-rong, LUO Shuai, CHEN Yuan, <i>et al.</i>	(6933)
Characteristics of Antibiotic Resistance Genes Distribution in Different Types of Agricultural Land Soils in Highly Cultivated Hilly Areas	CHEN Rui, CHENG Jian-hua, TANG Xiang-yu, <i>et al.</i>	(6947)
Effects of Organic Fertilizer Combined with Biochar on Denitrifying Microorganisms and Enzyme Activities in Orchard Soil	DENG Zheng-xin, GAO Ming, XIONG Zi-yi, <i>et al.</i>	(6955)
Effects of Organic Fertilization on Bacterial Community and Maize Productivity in Dryland Red Soil	LIN Ting-ting, ZHENG Jie, ZHU Guo-fan, <i>et al.</i>	(6965)
Effects of Combined Pollution of Microplastics and Cadmium on Microbial Community Structure and Function of <i>Pennisetum hybridum</i> Rhizosphere Soil	DUAN Li-yang, ZHANG Yu, REN Xue-min, <i>et al.</i>	(6973)
Effects of Tomato Planting Years on Soil Physical and Chemical Properties and Microbial Communities	ZHAO Yang-yang, LIU Yin-shuang, SONG Yao, <i>et al.</i>	(6982)
Remediation of Three Oxidants on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Coking Contaminated Soil and Its Response to Indigenous Microorganisms	LI Wei, WANG Hua-wei, MENG Xiang-yu, <i>et al.</i>	(6992)
Microbial Diversity and Population Structure of Different Salinized Soil Types in Hebei Province	LIU Yin-shuang, NIU Hong-jin, ZHAO Yang-yang, <i>et al.</i>	(7004)
Functional Genomics Analysis of Nitrogen and Phosphorus Transformation in Maize Rhizosphere Microorganisms	WANG Xiang-jun, JIANG Mei-tong, LI Sen, <i>et al.</i>	(7014)
Remediation of Soil Cadmium Contamination by <i>Solanum nigrum</i> L. Enhanced by the Combination of Exogenous Bacteria and Citric Acid	WANG Kai, WANG Li, WANG Yi-kun, <i>et al.</i>	(7024)
Effect of Combined Application of an <i>Enterobacter</i> and Sulfur Fertilizer on Cadmium and Arsenic Accumulation in Rice	ZHANG Pu-xin, YAO Jun-fan, LIU Yu-ling, <i>et al.</i>	(7036)