

新时代期间乌梁素海流域水质状况浅析

魏曼¹ 陈晓爽²

1 巴彦淖尔市生态环境事业发展中心

2 内蒙古自治区环境监测总站巴彦淖尔分站

DOI:10.32629/eep.v8i10.2929

[摘要] 本文采用主成分分析法和Spearman秩相关系数法,对2012–2023年乌梁素海流域5个监测断面(红圪卜、入口区、湖心区、出口区、总入黄)的水质状况进行了综合评价与趋势分析。通过提取全部主成分,综合化学需氧量、氨氮、总磷和总氮4项指标信息,计算主成分综合得分值,并利用Spearman秩相关系数法检验趋势显著性。研究结果表明:乌梁素海流域水质自2015年起持续改善,各断面主成分综合得分值显著下降(置信水平99%),其中入口区断面趋势最为明显;红圪卜断面水质最优且稳定,出口区和总入黄断面受外部因素影响波动较大。此外,乌梁素海水体自净能力较强,水质恢复迅速。本研究为河流水质趋势分析提供了新思路,对流域生态管理具有重要参考价值。

[关键词] 乌梁素海; 水质评价; 主成分分析法; Spearman秩相关系数; 趋势分析

中图分类号: TU991.21 **文献标识码:** A

Analysis of Water Quality in the Wuliangusuhai Basin during the New Era

Man Wei¹ Xiaoshuang Chen²

1 Bayannur Ecological Environment Development Center

2 Inner Mongolia Autonomous Region Environmental Monitoring Station Bayannur Branch

[Abstract] This article uses principal component analysis and Spearman rank correlation coefficient method to comprehensively evaluate and analyze the water quality status of five monitoring sections (Honggebu, inlet area, lake center area, outlet area, and total inflow) in the Wuliangusuhai Basin from 2012 to 2023. By extracting all principal components and integrating information from four indicators including chemical oxygen demand, ammonia nitrogen, total phosphorus, and total nitrogen, the comprehensive score of principal components was calculated, and the Spearman rank correlation coefficient method was used to test the significance of the trend. The research results show that the water quality in the Wuliangusuhai Basin has been continuously improving since 2015, and the comprehensive scores of principal components in each section have significantly decreased (with a confidence level of 99%), with the entrance section showing the most obvious trend; The water quality at the Honggebu section is optimal and stable, while the outlet area and the total inflow section are subject to significant fluctuations due to external factors. In addition, the water body of Wuliangusuhai has strong self purification ability and the water quality recovers rapidly. This study provides a new approach for analyzing the trend of river water quality and has important reference value for watershed ecological management.

[Key words] Wuliangusuhai; Water quality assessment; Principal component analysis method; Spearman rank correlation coefficient; trend analysis

乌梁素海流域位于内蒙古自治区西部巴彦淖尔市境内,是我国北方极为重要的生态系统和生态功能区,对维护我国西北地区乃至更广大区域的生态平衡,保护物种多样性起着相当重要的作用^[1]。

水质评价的本质是根据水质的一些指标值,通过建立数学模型,对水环境质量的好坏进行定性或定量地描述水质现状的

过程。其中,代表性方法有主成分分析法、神经网络法、质量指数法等。本文结合主成分分析法和spearman秩相关系数法对乌梁素海流域的水质进行了现状和趋势变化分析。由于获取的水质指标相对较少,本文摒弃了主成分分析法能够提取少量综合因子,简化计算的优势,主要利用主成分分析法综合水质指标信息,定量评价水质实际状态。虽然提取所有主成分加大了计算量,

但也保全了所有的水质指标信息。结合在水质趋势分析中广泛运用的spearman秩相关系数法,可有效判别时间序列数据趋势变化的显著性,对主成分综合得分值进行了再分析,指出当前乌梁素海流域变化情况并预测乌梁素海流域的水质变化趋势,长期为水质管理提供依据^[2]。

1 主成分分析法

Puckett等于1992首次将主成分分析法应用于美国弗吉尼亚州部分河流水质评价中,这标志着该方法在水质评价领域的首次实践。主成分分析法的基本原理是以降维的思想,通过正交变换将多个存在相关性的原始随机变量转化为少数几个相互独立的新变量。其主要计算步骤如下:(1)将原始数据进行标准化处理,转化为无量纲数据;(2)计算标准化数据的相关系数矩阵,以及相关系数矩阵的特征根和特征向量;(3)依据各特征根的占比进行降序排列,选取累积占比>85%的前几项特征根作为主成分;(4)特征向量除以对应特征根的绝对值,构成主成分系数矩阵;(5)主成分系数矩阵与标准化数据相乘,得到各项主成分得分值;(6)将各项主成分得分值与对应主成分的贡献率相乘后累加,即可得到主成分综合得分值^[3]。

2 Spearman秩相关系数法

Spearman秩相关系数是一种非参数统计方法,用于衡量两个变量之间的单调相关关系。它通过对数据进行“排序(秩转换)”来规避对数据分布的假设,适用于多种数据类型(如有序分类数据、偏态分布数据等)。

3 乌梁素海流域水质评价与分析

选取总排干红圪卜(入乌梁素海口)、乌梁素海湖面上3个点位、总排干乌毛计(出乌梁素海口)共5个监测断面,通过这5个断面水质状况来概括乌梁素海流域整体的水质现状。分析数据采用上述5个断面2012-2023年的化学需氧量、氨氮、总磷和总氮4个指标年均值。各监测断面位置见图1。

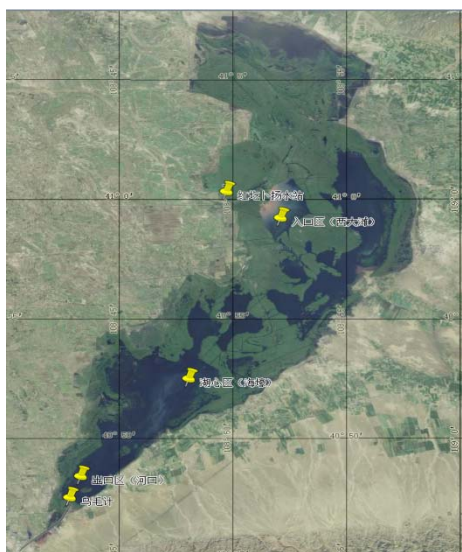


图1 乌梁素海流域监测断面位置图

4 主成分分析结果

由主成分分析法所得结果(表1)可见,各监测断面的主成分综合得分呈现出显著的动态变化特征,这一现象揭示了乌梁素海流域水质演化存在特定的规律性。主成分综合得分作为融合所有水质指标信息的无量纲复合指标,能够全面表征由4项核心指标所反映的水体整体质量状况。

结合主成分综合得分的数值特征(图2、图3)分析可知,乌梁素海流域各断面水质整体呈现改善趋势:自2018年起,所有断面的综合得分均处于负值区间,表明水质状况良好;而当综合得分>0时,则意味着水质处于较差水平。其中,红圪卜断面水质最优,综合得分为-0.0003;入口区断面水质最差,综合得分为0.008。

进一步分析12年间各断面得分的变幅特征发现,从上游至下游,水质呈现同步改善的趋势。红圪卜断面水质稳定性最强,而出口区、总入黄断面的水质波动较为显著,易受外来因素影响。

表1 2012-2023年各断面水质的主成分得分值

监测断面	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年
红圪卜	0.978	0.623	-0.041	-0.17	-0.312	-0.459	-0.734	-0.792	-0.869	-0.837	-0.876	-0.882
入口区	0.561	0.161	-0.06	-0.346	-0.142	-0.456	-0.487	-0.61	-0.653	-0.645	-0.632	-0.656
湖心区	0.295	0.14	0.143	0.255	-0.1	-0.063	-0.22	-0.587	-0.807	-0.752	-0.789	-0.812
出口区	0.158	0.001	0.034	0.136	-0.02	0.134	-0.034	-0.107	-0.444	-0.7	-0.315	-0.623
总入黄	0.851	0.602	0.099	-0.089	0.108	0.035	-0.725	-0.808	-0.813	-0.921	-0.688	-0.854

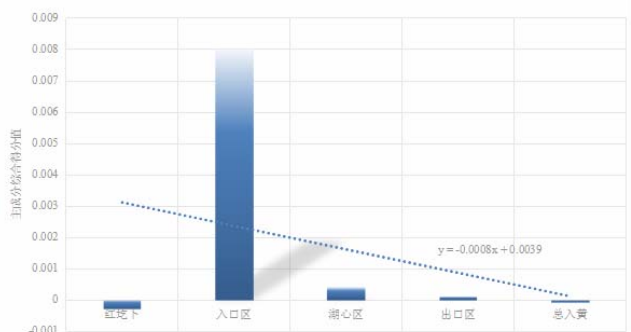


图2 各断面主成分综合得分值均值

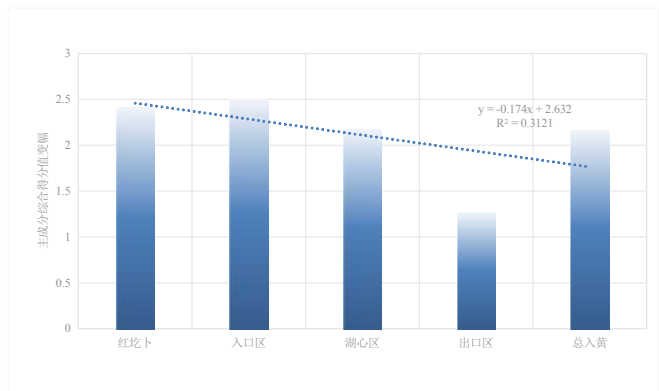


图3 各断面主成分综合得分值变幅

5 乌梁素海水质趋势变化分析

本研究采用Spearman秩相关系数法,对乌梁素海流域5个监测断面12年间的主成分综合得分值进行再分析,计算结果详见

图4。分析表明,乌梁素海流域各断面的主成分综合得分呈现波动减小的态势,与2012年相比,红圪卜、乌梁素海入口区、湖心区、出口区、总排干入黄河口5个断面的主成分综合得分值分别降低1.9、2.5、2.1、1.3和1.3,这一变化特征揭示了流域水质整体向好的演变趋势,其中以乌梁素海入口区断面的改善趋势最为显著。

具体来看,红圪卜断面的得分值在2012年出现一个明显波峰,最大值为0.978,最小值则出现在2023年,为-0.882,这一数据特征表明该断面在2012年的环境状况较为复杂,后续呈现逐步改善的态势;总排干入黄河口断面呈现相似的变化规律,其得分值在2012年达到最大波峰0.851,2015年之后水质状况快速好转,并于2018年起保持持续改善的趋势。

乌梁素海入口区断面的得分值在2012年达到最高点1.86,此后整体保持稳定,12年间呈现持续向好的演变特征;湖心区断面得分值的最高点出现在2012年(0.295),自2016年起水质开始持续改善;出口区断面的得分值在2012年为最高点0.158,2015年和2017年出现两个小幅波峰,水质略有回落,但2018年之后迅速恢复并呈现好转趋势。

综合来看,乌梁素海流域的5个监测断面在2012-2014年间水质状况相对较差,自2015年起各断面水质均呈现稳步改善的趋势。

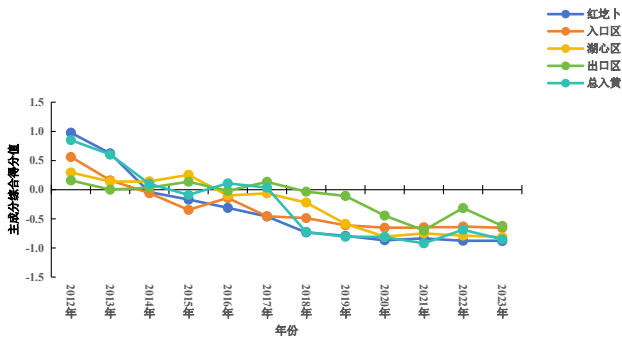


图4 断面主成分综合得分值变化曲线

各断面的主成分综合得分值趋势变化显著性结果表明(表2):乌梁素海流域各断面有下降趋势,在置信水平99%时具有显著意义,说明各断面水质变好的趋势明显。

表2 断面主成分综合得分值变化曲线

监测断面	N	r _s 值	置信度(0.05)	置信度(0.01)	趋势	显著性
红圪卜	12	-0.986	0.532	0.661	下降	有显著意义
入口区	12	-0.986	0.532	0.661	下降	有显著意义
湖心区	12	-0.958	0.532	0.661	下降	有显著意义
出口区	12	-0.916	0.532	0.661	下降	有显著意义
总入黄	12	-0.923	0.532	0.661	下降	有显著意义

6 结论

本研究采用主成分分析法,对新时代背景下乌梁素海流域2012-2023年的水质状况展开分析,并基于所得结果,进一步运用Spearman秩相关系数法对综合得分值进行深入再分析。研究结果表明:(1)乌梁素海流域各监测断面的水质自2015年起呈现持续改善的态势;(2)乌梁素海流域各断面的水质状况均展现出显著的好转趋势;(3)乌梁素海水体具备较强的环境自净能力,在不受外部因素干扰的情况下,其水质可快速恢复至良好状态。本研究表明,通过主成分分析法提取全部主成分并计算综合得分值,再结合对得分值变化规律的剖析来确定水质变化趋势,这一分析模式可为我国河流水质变化趋势的探究提供全新的思路与方法。

[参考文献]

- [1]杨盼,卢路.基于主成分分析的spearman秩相关系数法在长江干流水质分析中的应用[J].环境工程,2019,37(08):76-80.
- [2]林卉,蓝月存,许园园,等.南流水质时空变化特征及影响因素研究[J].绿色科技,2020,(10):10-14+24.
- [3]王玉婷,赵泽华.我国典型印染行业废水处理污泥污染特征研究[J].生态与农村环境学报,2020,36(12):1598-1604.

作者简介:

魏曼(1988-),女,蒙古族,内蒙古巴彦淖尔人,本科,工学学士,工程师,研究方向:水体环境监测、环境空气质量。