

# 根河市饮用水水源地水质时空分布特征及污染源解析

王瑞东<sup>2</sup> 邹晨晖<sup>1\*</sup> 朱佳林<sup>4</sup> 尹强<sup>1</sup> 齐啸<sup>3</sup>

1 内蒙古生态环境科学研究院有限公司 2 呼伦贝尔市生态安全屏障研究服务中心

3 呼伦贝尔市生态环境保护与发展中心 4 根河市生态环境监测中心

DOI:10.12238/eep.v7i12.2365

**[摘要]** 为探讨根河市饮用水水源地水质时空分布特征及污染来源,本文通过收集根河市饮用水水源地水质监测数据,分析了水环境指标的时空分布特征,根据根河水水质监测断面数据及现场采集数据,分析了水环境指标的空间分布特征及其来源。结果表明:2015~2021年(1月-8月)根河乌力库玛国控断面水质整体在III~劣V类之间波动,影响水质类别的主要水质指标为化学需氧量和高锰酸盐指数;根河流域水质及水色主要受到森林源头区腐殖质淋溶和流失的影响,根河流域内污染物主要以自然本底为主,COD、氨氮、总氮、总磷分别占排放总量的94.97%、93.81%、90.35%、88.99%。

**[关键词]** 饮用水水源地; 时空分布特征; 污染源解析

中图分类号: X501 文献标识码: A

## Temporal and Spatial Distribution Characteristics of Water Quality and Pollution Source Analysis in Drinking Water Source Areas of Genhe City

Ruidong Wang<sup>2</sup> Chenhui Zou<sup>1\*</sup> Jialin Zhu<sup>4</sup> Qiang Yin<sup>1</sup> Xiao Qi<sup>3</sup>

1 Inner Mongolia Research Institute of Ecological and Environmental Sciences Limited Hohhot

2 Hulunbuir Ecological Safety Barrier Research and Service Centre Hulunbuir

3 Hulunbuir Ecological Environment Protection and Development Centre Hulunbuir

4 Genhe Ecological Environment Monitoring Centre Hulunbeier

**[Abstract]** In order to explore the spatiotemporal distribution characteristics and pollution sources of drinking water sources in Genhe City, this paper collects water quality monitoring data from drinking water sources in Genhe City, analyzes the spatiotemporal distribution characteristics of water environment indicators, and analyzes the spatial distribution characteristics and sources of water environment indicators based on Genhe River water quality monitoring section data and on-site collection data. The results showed that from 2015 to 2021 (January to August), the overall water quality of the Ulikuma State controlled section of the Genhe River fluctuated between Class III and Class V, and the main water quality indicators affecting the water quality category were chemical oxygen demand and permanganate index; The water quality and color of the Genhe River Basin are mainly affected by the leaching and loss of humus from the forest source area. The pollutants in the Genhe River Basin are mainly natural background. COD, Ammonia nitrogen, total nitrogen, and total phosphorus account for 94.97%, 93.81%, 90.35%, and 88.99% of the total emissions, respectively.

**[Key words]** drinking water source area; Spatiotemporal distribution characteristics; Pollution source analysis

### 引言

饮用水质量对公众健康、社会稳定和经济发展至关重要,全球水资源保护和管理成为各国关注的焦点。根河市,中国北方关键水源地,面临经济增长和环境挑战的双重压力。水质受自然和人为因素影响,研究其时空分布特征对制定管理政策具有科学和实践价值。

根河市的水质受城市化、人口增长和工农业活动影响。现有研究多关注单一点监测,缺乏系统分析。本研究利用多年监测数据,分析COD、高锰酸盐指数等指标,探讨影响水质因素,并解析污染源,包括点源和非点源。研究强调季节性气候变化对水质的影响,指出雨季和旱季水质变化的关键环境因素。

根河市水源地保护对居民健康和生态平衡至关重要。国家

和地方政府正加强保护措施,但科学实施仍是挑战。本研究旨在提供根河市水源地水质时空分布和污染源的数据支持,为水资源可持续利用和环境保护提供指导,促进区域水资源管理进步。

研究显示,2015至2021年根河水水质波动,主要受COD和高锰酸盐指数影响。自然本底是主要污染源,人为污染包括畜禽养殖和城镇生活。季节性变化显著,雨季污染物随径流增加,旱季蒸发和流量减少导致浓度上升。这些发现为根河市水源地保护和水质管理提供了科学依据。

### 1 资料与方法

#### 1.1 研究区域概况

根河市,地处大兴安岭北段西坡、呼伦贝尔北部,坐标东经120° 12' 至122° 55',北纬50° 20' 至52° 30',拥有根河市饮用水水源地,2016年底建成。水源地为孔隙水砂砾石潜水型,地下水位6~8m,流向西南,服务根河市区。乌力库玛国控断面为水源地一部分,地形气候湿润,水文特征明显。水源地有一口取水井,距根河西岸500m,深12m,高程732.35m,内径10m,配2台潜水泵,设计取水量1.0万吨/天,实际0.56万吨/天。

#### 1.2 研究方法

##### 1.2.1 数据统计分析

本研究利用根河市饮用水水源地的监测数据,探究水质指标的时空变化。采用Excel 2021和SPSS 26.0进行数据分析,借助Origin 2023和ArcGIS 10.8实现数据可视化。

##### 1.2.2 污染负荷空间分布分析方法

收集研究区域内监测点的污染负荷及其坐标,统一格式后导入ArcGIS。利用ArcGIS的“Spatial Analyst”和克里金插值法,生成热力图展示污染分布,并通过“Hot Spot Analysis”工具识别污染热点,分析其分布特征,确定污染源。

### 2 结果与分析

#### 2.1 根河流域水质监测现状

根河市水源井位于根河西岸河漫滩约500m,井深12m,傍河取水可能导致地表水渗入,引起水质超标。因此,根据2016~2021年间根河国控断面水质监测结果,对位于水源井附近的根河上游的乌力库玛断面水质进行分析。

##### 2.1.1 断面水质年际变化趋势

表2-1 根河乌力库玛断面主要水质指标年际变化(单位:mg/L)

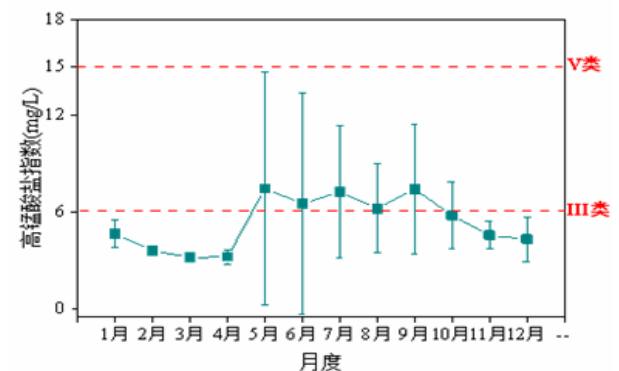
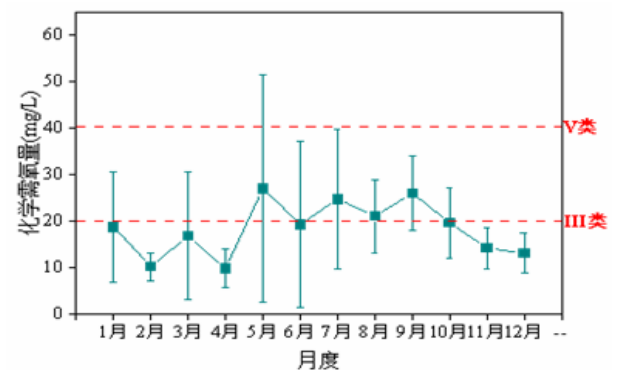
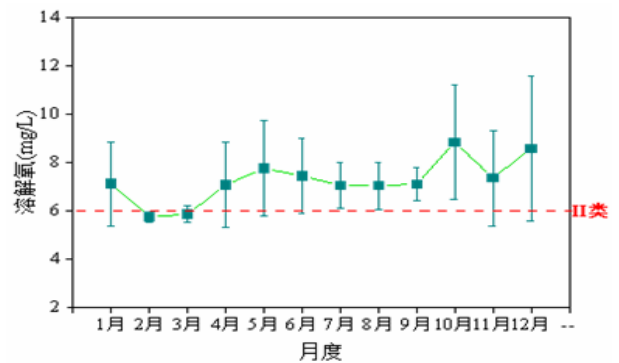
指标 年度	溶解氧	化学需氧量	高锰酸盐指数	五日生化需氧量
2015年	5.8	19.2	4.6	2.8
2016年	7.2	15.5	4.4	2.9
2017年	8.0	15.8	4.9	4.0
2018年	6.7	23.3	5.8	2.8
2019年	7.9	15.1	3.7	2.0
2020年	9.2	19.7	7.5	0.4
2021年(1月-8月)	8.9	47.0	17.2	2.2

根据2015至2021年乌力库玛断面数据显示,根河水水质在III至劣V类间波动。溶解氧2015年为III类,随后保持在I~II类。化学需氧量2015至2020年维持III类,2021年1月-8月超V类标准。高锰酸盐指数2015至2018年稳定在III类,2019年降至II类,2020年和2021年上升,2021年1月-8月超V类。BOD<sub>5</sub>除2017年外,其余时间保持I~II类。根河水水质主要超标因子为化学需氧量和高锰酸盐指数。

#### 2.1.2 主要指标月度变化趋势

在分析了根河乌力库玛断面的年际水质变化后,本研究进一步考察了关键水质指标的月度波动。

如图2-1所示,2015至2021年间,溶解氧含量通常维持在5.8至8.8mg/L,2月和3月稍低,其他月份多在I~II类。化学需氧量和高锰酸盐指数在夏季高峰,2015和2021年5月达到劣V类,其余月份通常为III类,显示雨季对水质有显著影响。五日生化需氧量则全年保持在III类水平。



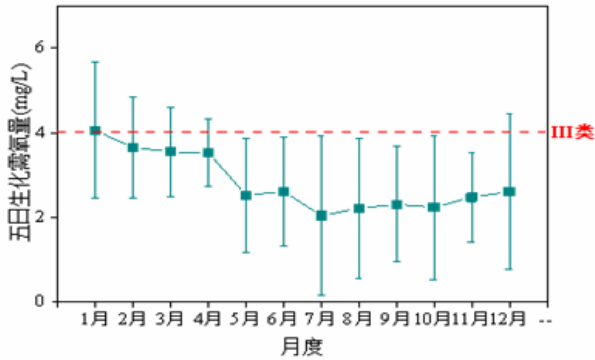


图2-1 乌力库玛断面主要指标月度变化

根据根河乌力库玛断面数据显示,夏季高水位期间化学需氧量和高锰酸盐指数常升高,可能是根河市水源地耗氧量超标的原因。2021年8月,水源地耗氧量显著增加,与乌力库玛断面化学需氧量和高锰酸盐指数的增加一致。2021年1月至7月,呼伦贝尔市降雨量是2020年同期的两倍,致使乌力库玛断面化学需氧量和高锰酸盐指数激增,影响水源地水质。

2.2 根河流域水质空间变化特征

在国控断面水质监测结果分析的基础之上,于2021年7月对根河流域主要水质指标的沿程变化情况进行了调查分析。

2.2.1 化学需氧量

调查结果显示,根河流域水体化学需氧量浓度在35~102mg/L之间,平均值为56mg/L。如图2-2所示,化学需氧量浓度在空间上呈现出上游高、下游低的沿程变化趋势特征;上游化学需氧量浓度基本在60mg/L以上,至中游变化至40~60mg/L之间,上游及中游整体处于劣V类水平;下游浓度降低至35mg/L,处于V类水平。

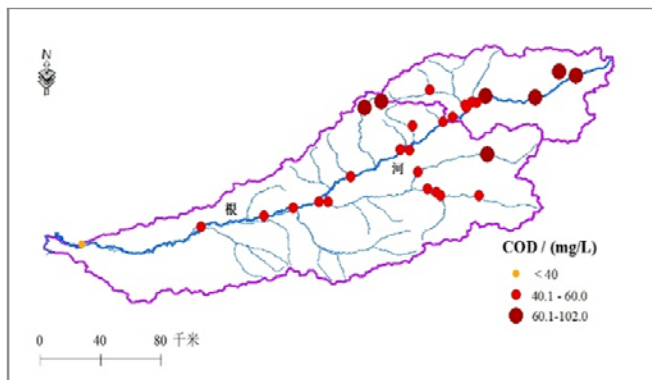


图2-2 根河流域水体化学需氧量空间变化特征

2.2.2 高锰酸盐指数

根河流域水体高锰酸盐指数浓度在13.1~38.3mg/L之前,平均值为21.5mg/L。如图2-3所示,高锰酸盐指数同样在空间上呈现出自上游至下游浓度逐渐降低的沿程变化趋势特征;上游高锰酸盐指数浓度多在25mg/L以上,中游在15~25mg/L之间,上游及中游均处于劣V类水平;下游浓度降低至13.1mg/L,处于V类水平。

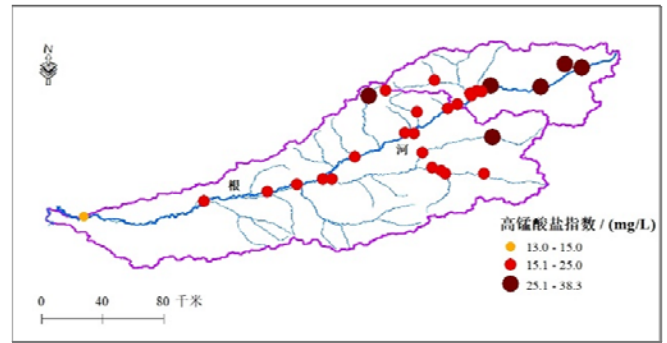


图2-3 根河流域水体高锰酸盐指数空间变化特征

2.2.3 五日生化需氧量

五日生化需氧量是反映水环境质量的一个重要指标。调查结果显示,根河流域水体中五日生化需氧量浓度在0.3~1.8mg/L之间,均值为1.0mg/L。从空间分布来看,上游区域五日生化需氧量相对较高,中下游低于1.0mg/L。但整个流域内水体的五日生化需氧量浓度均低于I~II类阈值( $\leq 3\text{mg/L}$ ),表明该指标处于地表水I类的优良水平。

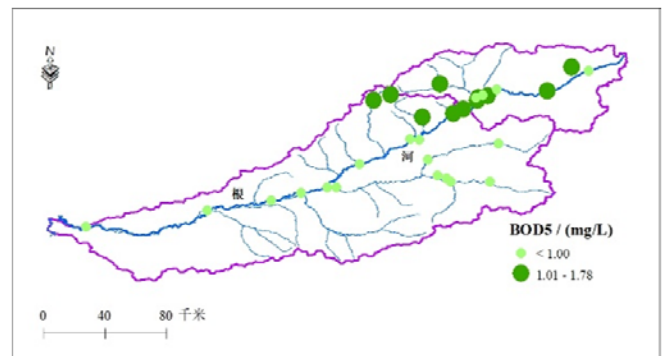


图2-4 根河流域水体五日生化需氧量空间变化特征

2.2.4 总有机碳

根河流域水体中总有机碳(TOC)浓度在13.2~38.78mg/L,均值为21.49mg/L。如图2-5所示,TOC的沿程变化与COD空间分布情况一致,上游浓度超过30mg/L,中下游浓度有所降低。此外,相关分析结果表明,根河流域TOC与COD呈极显著正相关( $r=0.98, p < 0.01$ ); COD/TOC均值 $> 2.6$ ,表明水体中的有机物主要为含碳有机物。

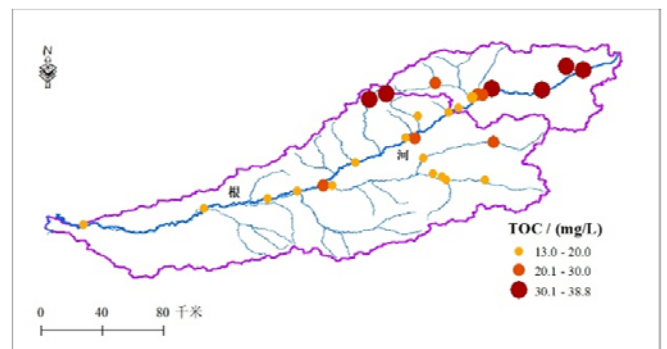


图2-5 根河流域水体总有机碳空间变化特征

2.3 污染源解析

2.3.1 点源污染

(1)工业污染源排放量。根据呼伦贝尔市污染普查和环保监测,呼伦贝尔市境内正常生产的重点企业主要以小微企业为主,其中包含涉水企业。主要涉及热力生产及供应、食品制造业等行业。根据企业污水处理情况调查结果,大部分工业废水进入城市污水处理厂或工业废水集中处理厂经过处理后再次排放,部分工业废水进入地渗或蒸发地,仍有部分企业存在直接排放入江河湖库等水环境的状况。

(2)城镇生活污染源排放量。根据呼伦贝尔市城镇人口统计结果,城镇生活污水主要进入城镇污水处理厂,经处理后排入江河湖库等水环境中,根据额尔古纳市各行政区域城镇污水处理厂运行情况相关统计数据,区域内污水处理厂主要处理工艺为A2/O工艺,执行一级A标准。最终得到额尔古纳市城镇生活污染源排放量。

(3)规模化畜禽养殖污染源排放量。规模化畜禽养殖涵盖规模化养殖场、养殖小区和专业户,均涉及废水、废气、废渣等污染物排放。养殖废水含大量有机物、氮磷化合物及病原微生物。畜禽排泄物堆积分解产生氨气、甲烷、硫化氢等有害气体,污染大气。固体废弃物如饲料残渣、死禽、粪便等未经处理直接排放会污染土地。

2.3.2 面源污染

(1)农村生活污染源排放量。农村生活污染主要来自厨余、洗浴和洗衣废水,以洗浴废水为主。根据第二次污染源普查相关结果,得到区域内各区农村生活污染物排放量情况。(2)种植业污染源排放量。为了增加粮食收入,缓解人地矛盾,各种农用化学物质的使用量不断加大。农业生产中化肥的大量投入、各种杀虫剂、生长素物质的使用是保证农业稳产高产的必要措施,但是过多使用化肥、杀虫剂和生长素会对环境产生巨大影响。种植业污染主要因化肥、农药随径流入水,增加水中氮磷含量,引发水质问题。污染程度受自然条件和人类活动如不当施肥、耕作影响。施入农田的化肥未被作物吸收的部分会通过地表径流、渗透等方式流入水体,造成农业非点源污染。(3)畜禽分散养殖污染源排放量。畜禽散养定义为小规模养殖,包括年存栏猪少于50头、奶牛少于5头、肉牛少于10头及家禽少于500只的农户或小企业。(4)林草本底污染源排放量。林地和草地的降水径流是面源污染的关键部分。通过应用相关研究中的排放系数,估算自然林草区域的COD、氨氮、总氮和总磷的污染负荷,以确定其对环境的总体影响。

2.3.3 流域污染负荷解析

根据调查结果,根河流域内污染物排放来源主要以林草本底为主,COD、氨氮、总氮、总磷分别占排放总量的94.97%、93.81%、90.35%、88.99%。除林草本底外,COD人为污染源主要来自畜禽散养、规模化畜禽养殖及城镇生活,排放量分别为1099.88吨、768.64吨、410.63吨。氨氮人为污染源主要来自城镇生活,排放量为41.06吨。总氮人为污染源主要来自城镇生活、

畜禽散养,排放量分别为123.19吨、83.98吨。畜禽散养、规模化畜禽养殖及城镇生活对总磷污染排放均有一定影响。总体而言,根河流域内污染物主要以自然本底为主,人为污染中的点源和面源均有一定贡献,工业点源和规模化畜禽养殖源均较多。点源主要沿河流两岸分布。区域内图里河镇的范围存在畜禽散养情况比较明显,面源污染负荷较高。具体如图2-6至2-9所示。

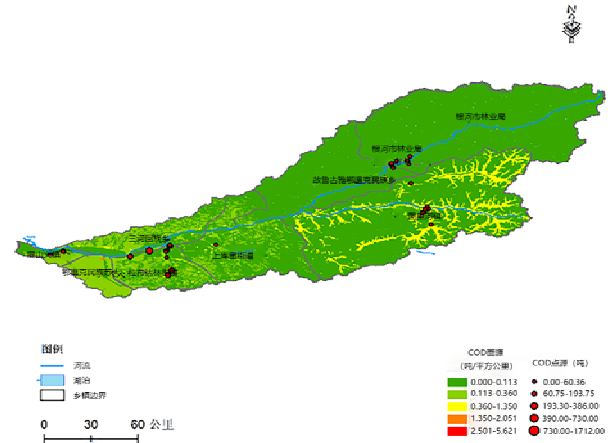


图2-6 根河流域化学需氧量负荷空间分布

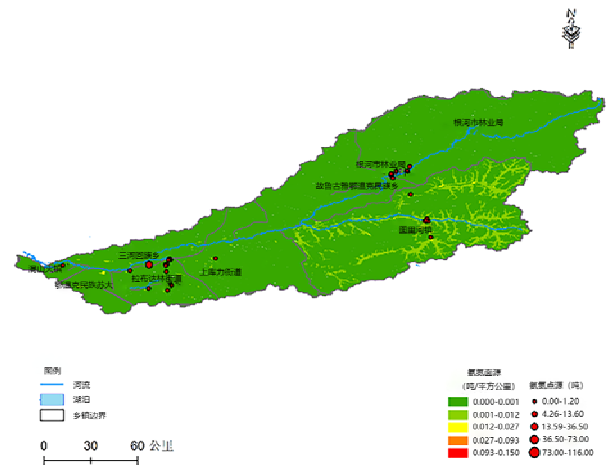


图2-7 根河流域氨氮负荷空间分布

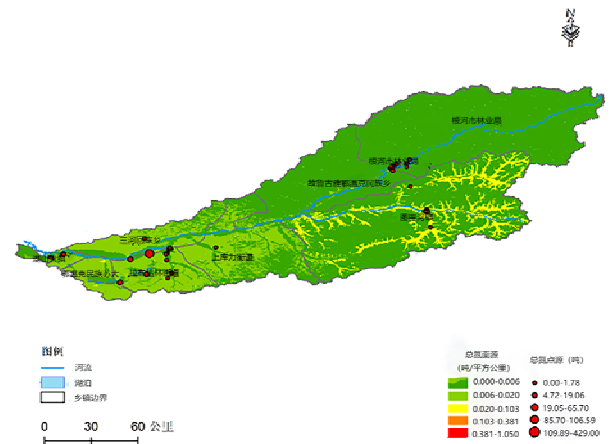


图2-8 根河流域总氮负荷空间分布

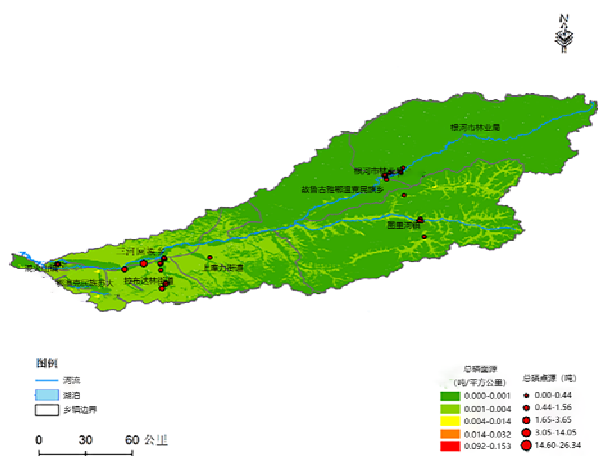


图2-9 根河流域总磷负荷空间分布

### 3 结论

本文通过收集根河市饮用水水源地水质监测数据,分析水环境指标的时空分布特征,根据根河水水质监测断面数据及现场采集数据,分析水环境指标的空间分布特征及其来源。研究结论如下:

(1)2015~2021年(1月-8月)根河乌力库玛国控断面水质整体在III~劣V类之间波动,影响水质类别的主要水质指标为化学需氧量和高锰酸盐指数;受雨期暴雨径流影响,两者在5~9月整个夏季阶段浓度达到最高,超过III类水平。(2)2021年7月根河流域水体中化学需氧量、高锰酸盐指数、总有机碳及五日生化需氧量大体均呈现出自上游至下游浓度逐渐降低的趋势;其中,上游、中游的化学需氧量及高锰酸盐指数均处于劣V类水平,而五日生化需氧量在整个流域内处于I类水平。结果表明根河流域水质及水色主要受到森林源头区腐殖质淋溶和流失的影响。(3)根河流域内污染物主要以自然本底为主,COD、氨氮、总氮、总磷分别占排放总量的94.97%、93.81%、90.35%、88.99%。

### [参考文献]

[1]阮仲斌.集中式饮用水水源地水质状况及污染防治方法探究[J].皮革制作与环保科技,2024,5(16):127-129.

[2]谭杰,樊娟,肖金,等.湘江流域(湖南段)水质时空分布特征及污染源解析[J].四川环境,2024,43(03):29-35.

[3]季晓琪,范昊明.东北黑土区土壤侵蚀自然驱动因子时空分布特征[J].水土保持研究,2024,31(05):130-138.

[4]夏诗语,吕文,杨金艳,等.苏州河水质时空分布特征及影响因素分析[J/OL].环境科学,1-14[2024-10-29].

[5]Environmental Monitoring; Research from North West University Reveals New Findings on Environmental Monitoring (A spatiotemporal analysis of water quality characteristics in the Klip river catchment, South Africa)[J].Ecology Environment & Conservation,2020,916-924.

[6]杨贤,高倩倩,傅德瑜,等.石亭江流域水质时空分布特征及污染源解析[J].当代化工研究,2023,(24):106-108.

[7]张贺玉,杨莉园,卢少勇,等.基于主成分分析的城市河流水质时空分布特征研究——以沧州市为例[J].环境工程技术学报,2024,14(04):1273-1283.

[8]Wei Y B,Cheng M J,Su Y X,etal.[Spatial-temporal Variati on in Water Quality of Rain-source Rivers in Shenzhen from 2015 to 2021 and Its Response to Rainfall][J]. Huan jing ke xue=Huanjing kexue,2024,45(2):780-791.

[9]乐可多.水利工程城市河流治理过程现状及应对分析[J].城市建设理论研究,2024,(24):199-201.

### 作者简介:

王瑞东(1982--),男,汉族,内蒙古自治区呼伦贝尔市人,大学本科,呼伦贝尔市生态安全屏障研究服务中心,工程师,主要研究方向为水生态、自然生态资源环境、环境评估研究,长期从事流域生态环境保护管理和政策研究、生态环境课题的科研和成果转化、生态环境相关评估考核的技术支撑等相关工作。