

Assessment and Source Approximation of River Pollution in Coal Mining Area: A Case Study from the Huihe River

Zixiang Zhao, Linhua Sun, Han Sun, Yu Li, Xiaojun Gao

School of Resources and Civil Engineering, Suzhou University, Suzhou Anhui
Email: 1339108361@qq.com, sunlinh@126.com

Received: Apr. 18th, 2019; accepted: May 2nd, 2019; published: May 9th, 2019

Abstract

River is one of the main sources of agricultural, industrial and domestic uses, and it is of great significance for human beings to protect the water resources of rivers, especially the ones in the coal mining area with water shortage. Forgetting the information about the pollution status of Huihe River in the Suixi County, the $\text{NH}_3\text{-N}$ contents in 38 water samples were measured, and the pollution status and the multi-sources have been analyzed by a series of methods. The results show that the water quality of the Huihe river is good (18, 17 and 3 samples are classified to be class I, II and III, respectively, when compared with the national surface water environmental quality standards). Spatial autocorrelation analysis shows that the distribution of the $\text{NH}_3\text{-N}$ contents vary significantly from area to area, and the samples with high contents are located in the upper and lower-middle section of river. Multi-source analysis identified three sources: the source 1 is the environmental background (0.006 - 0.165 mg/L), whereas the source 2 and 3 are related to human activities.

Keywords

River Pollution, Spatial Autocorrelation Analysis, Multisource Analysis, Mining Area, Huihe River

煤矿区河流污染与来源解析——以浍河为例

赵子翔, 孙林华, 孙 韩, 李 宇, 高晓军

宿州学院资源与土木工程学院, 安徽 宿州
Email: 1339108361@qq.com, sunlinh@126.com

收稿日期: 2019年4月18日; 录用日期: 2019年5月2日; 发布日期: 2019年5月9日

摘要

河流是工农业及生活用水的主要来源之一,保护好河流水资源对人类具有重要意义,尤其是对于缺水的煤矿区河流更是如此。为查明濉溪县浍河水质的污染状况,对38个水样中的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量进行了测试,并利用多种方法对其污染状况及污染来源进行了分析。结果表明:与国家地表水环境质量标准相比,浍河水质较为良好,18个水样为I类水,17个水样为II类水,3个水样为III类水。空间自相关分析表明, $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量空间差异性较大,含量异常点主要聚集在河流的上段和中下段。多源分析查明了氨氮的三个来源:源1为环境背景值(0.006~0.165 mg/L),源2和源3则与人为活动有关。

关键词

河流污染,空间自相关分析,多源分析,矿区,浍河

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

煤炭是我国主要的消费能源,是我国可持续发展战略实施的资源保证。但长期以来,煤炭的大量开采引发了一系列的环境问题,如地质灾害(加剧滑坡、崩塌、地面塌陷等)、土地资源破坏、植被破坏、煤矸石对水资源的污染、大气污染、噪音污染等[1][2]。基于此,大量与矿区环境有关的研究得以展开,并主要集中于污染评估、修复等问题上,如李鹏强等利用导水裂隙带高度计算公式及防水安全煤岩柱的保护层厚度公式对北阳庄矿区的地下水进行了研究,分析了被其贯通的含水层遭到的破坏问题[3];黄繁生通过回填复垦试验对塌陷区的修复进行了研究[4]。

河流是工农业及生活用水的主要来源之一,保护好河流水资源对人类具有重要意义,尤其是对于缺水的煤矿区河流更是如此。因此,保护好河流生态环境对矿区的可持续发展显得尤为重要。在诸多针对河流的研究中,查明河流的污染状态以及污染来源是河流生态环境保护的首要任务,因为只有弄清污染状态及来源,进而采取相应的修复措施,方可“药到病除”。基于此,前人开展了大量与污染评价和来源有关的研究,如薛荔栋等对黄海近岸表层沉积物中多环芳烃来源解析[5]、赵洁等对辽河河流水体污染源解析[6]、张彩香等采用PCA等方法对大辽河流域进行了分析并确定了潜在污染源[7]等,这些研究为区域水环境保护提供了大量可靠的信息,也为后续相关研究奠定了方法基础。

对于皖北矿区而言,大量的煤矿开采均靠近河流,因此河流的生态环境风险极高。本研究以淮北市濉溪县浍河水为研究对象,通过对38个水样中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量的多种分析,以期获取:1)浍河水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量及分布特征;2) $\text{NH}_3\text{-N}$ 的环境背景值及污染源。

2. 方法与材料

2.1. 研究区概况

濉溪县位于安徽省淮北市境内,东经 $116^{\circ}23'\sim 116^{\circ}59'$,北纬 $33^{\circ}17'\sim 34^{\circ}01'$ 。东临宿县,南接蒙城县和怀远县,西连涡阳县和河南省的永城县,北靠淮北市郊区和萧县。总占地面积约 2431 km^2 ,其中,陆地

面积约 2393 km²，占总面积的 98.4%；水面面积约 38 km²，占总面积的 1.56%。

浍河，古名涣水河，又名浍水，原是淮河一条重要支流，曾是滎潼河水系的一部分，现为怀洪新河最大的支流。浍河发源于河南省商丘市夏邑县，是跨省河流，全长约 320 km，流经河南夏邑县、永城市、安徽省濉溪县、宿州市、固镇县、五河县等市县，在五河县九湾流入香涧湖与濉河汇流，通过怀洪新河流入洪泽湖。

海孜矿位于安徽省淮北市濉溪县境内，井筒位于祁集镇。北距淮北市约 40 km，东距宿县约 35 km，交通极为方便(图 1)。

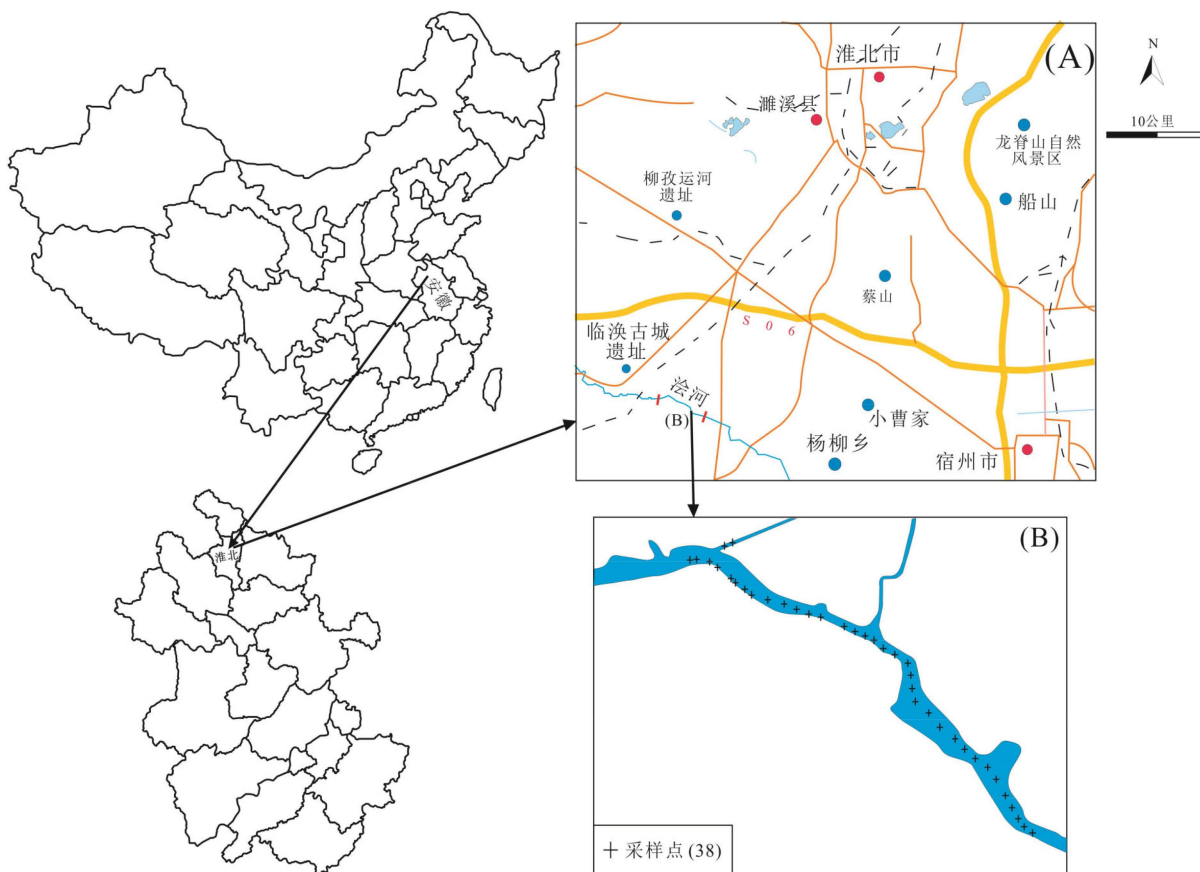


Figure 1. Location of the sampling area

图 1. 采样区域

2.2. 取样及测试

采样时间为 2018 年 7 月，在浍海孜矿段大约 2 km 范围内，以海孜矿为中心点进行采样，共采取 38 个样品(每隔 50 m 左右使用采水器采取 1 个样品)。采集样品后立即记录其采样位置，并测试、记录其 pH 值和 TDS 值，封装样品后送至实验室进行进一步处理。在实验室中首先利用 0.22 μm 滤纸进行抽滤，进而测试其 NH₃-N 含量。

2.3. 数据分析

数据分析通过以下三个方面进行：1) 将 NH₃-N 含量与国家地表水环境质量标准(GB3838-2002)对比，进行水质类型划分；2) 利用空间自相关分析、聚类分析确定 NH₃-N 含量异常聚集区；3) 利用多源分析

查明浍河 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量环境背景值及污染源。

3. 结果与讨论

3.1. 水质类型分析

地表水环境质量标准(GB3838-2002)适用于中华人民共和国领域内江河、湖泊、运河、渠道、水库等具有使用功能的地表水水域。根据水中化学组分含量,将水质类型划分为以下五类: I类主要适用于源头水、国家自然保护区; II类主要适用于集中式生活饮用水地表水源地一级保护区、珍稀水生生物栖息地、鱼虾类越冬场、仔稚幼鱼的索饵场等; III类主要适用于集中式生活饮用水、地表水源地二级保护区、渔业水域及游泳区; IV类主要适用于一般工业用水区及人体非直接接触的娱乐用水区; V类主要适用于农业用水及一般景观要求水域。近年来,基于国标 GB3838-2002 的河流污染评价研究已有大量报道,例如:郑霞指出黄河宁夏段水域中的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量最大浓度为标准倍数的 1.9 倍,为 IV 类水质[8];王保旺对安徽省淮河流域水污染现状进行了分析,查明其 50%左右的水为 V 类水质,污染较严重[9]等。

通过与国标 GB3838-2002 (表 1)对比发现,绝大部分水样为 I 类水和 II 类水,水质较为良好。从图 2 中可知,38 个水样中, I 类水有 18 个(占比 47%), II 类水有 17 个(占比 45%);而 III 类水仅有 3 个(占比 8%)。此外还可以发现,采样区域上段和中下段水样中的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量明显比中段高,这种情况表明,采样区域上段和中下段受人为因素影响更为显著。

Table 1. Environmental quality standard of surface water (GB3838-2002, mg/L)

表 1. 地表水环境质量标准(GB3838-2002, mg/L)

分类	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类
$\text{NH}_3\text{-N}$	0.15	0.5	1.0	1.5	2.0

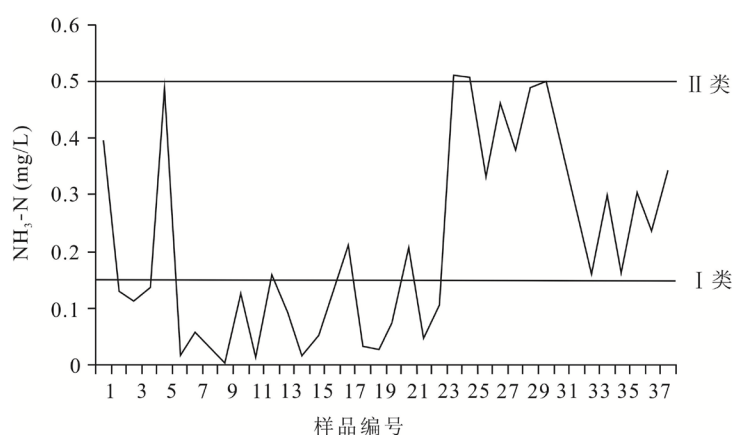


Figure 2. Comparison of $\text{NH}_3\text{-N}$ content and surface water environmental quality standard of Huihe River

图 2. 浍河 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量与地表水环境质量标准比较

3.2. $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量特征

由表 2 可知,水样中的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量波动范围为 0.006~0.513 mg/L,平均值为 0.211 mg/L。通过变异系数(CV)可以客观的比较两组及两组以上数据的离散程度大小。在环境科学研究中,变异系数通常用于反映污染物受人为影响的程度,CV 值越大,说明受人为影响程度越大(CV < 0.2,代表人为影响较轻;CV > 0.8,代表人为影响较严重)。由表 1 可知,水样中的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量 CV 值逼近 0.8 (为 0.792),说明河

流中的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量受到了较为明显的人为污染，此结果恰恰与前文(3.1)推测相互印证。

Table 2. Statistical results of $\text{NH}_3\text{-N}$ contents of water samples (mg/L)

表 2. 水样 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量统计表(mg/L)

分类	样品数	最小值	最大值	平均值	CV 值	P 值
$\text{NH}_3\text{-N}$	38	0.006	0.513	0.211	0.792	<0.01

3.3. 空间自相关分析

莫兰指数可以用来判别样本的全局空间依赖性[10] [11]。其值域为[-1, 1]，当指数为负数时，空间单元内具有负的自相关关系。当指数为正数时，空间单元内具有正的自相关关系。莫兰指数计算公式(1)如下：

$$\text{Moran's } s = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 S_0} \quad (1)$$

其中： W_{ij} 为空间权重矩阵， \bar{x} 为样本平均值， S^2 为样本方差， S_0 为所有变量的空间权重之和。

经计算，样本莫兰指数值为 0.52，表明样本具有正的全局空间自相关性。而空间聚类分析可以对主要水环境污染物的空间相关性进行剖析[12]，根据空间聚类分析结果(图 3)，可将采样点分为以下三类：

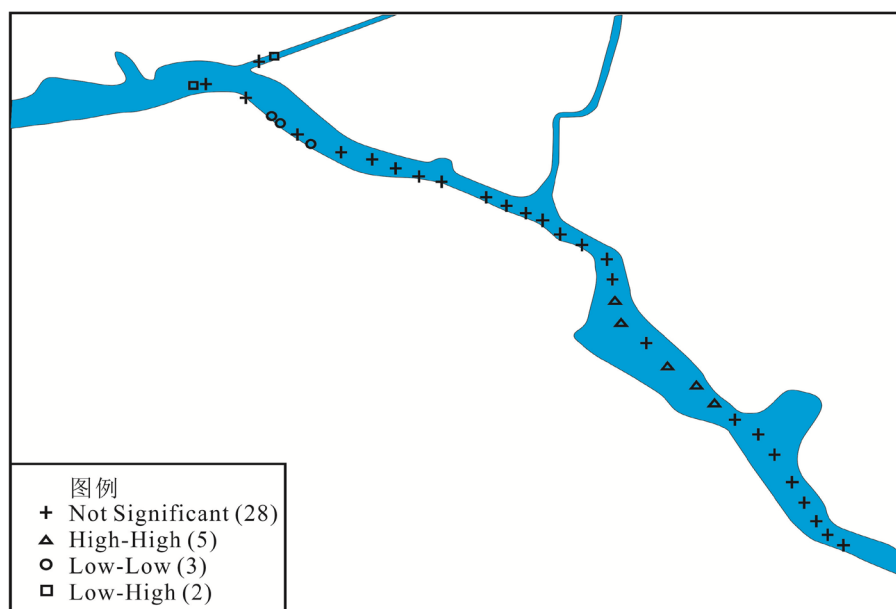


Figure 3. Results of spatial autocorrelation analysis

图 3. 空间自相关分析结果

A 类：高 - 高，即为此位置 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量很高，周围含量更高，包含 25、26、28、29、30 号这五个取样点，基本处于所采集样品水域下段。

B 类：低 - 低，即为此位置 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量低，周围含量更低，包含 7、8、10 号这三个取样点，主要分布于所采集样品水域中段。

C 类：低 - 高、高 - 低，分别为此位置 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量低，周围含量高以及此位置 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量高，周围含量低，为水质异常区域。前者包含 1、3 号这两个取样点，主要分布于所采集样品水域上游段。后者无取样点。

聚类结果表明, 浚河水域 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量空间差异性相对来说较大, A 类采样点主要集中于水域的中下段, 可能受到了人为的影响; B 类主要位于水域的中段, 由于水流自身的作用, 如水的稀释作用才呈现出此种分布; C 类主要位于水域的上游, 反应水流受到了人为和自然的双重影响。

3.4. 多源分析

河流水环境背景值是水中的各个化学组分未受污染情况下的天然含量[13]。因此, 确定 $\text{NH}_3\text{-N}$ 环境背景值是查明浚河氨氮污染来源的首要任务。从图 4 中可以看出, 浚河水质 $\text{NH}_3\text{-N}$ 不符合标准的正态分布, 而是呈现出双峰式特征。同时结合上文水质类型及氨氮含量特征分析可知, 浚河水质受到了多种因素的影响。

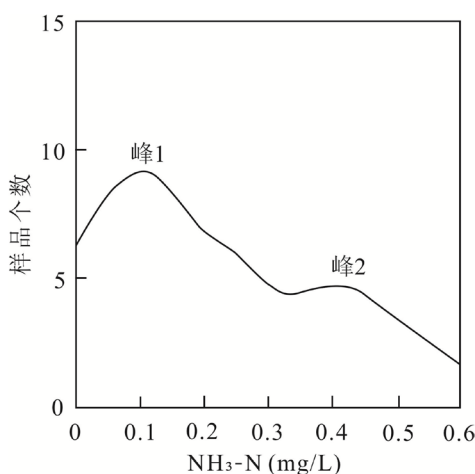


Figure 4. Density plot of $\text{NH}_3\text{-N}$ contents

图 4. $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量密度图

氨氮含量直方图(图 5)表明, 浚河水中的氨氮至少存在三种来源, 图中标记为 1、2、3。同时, $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量正态概率分布图(图 6)也可划分为三段(表示为源 1、源 2、源 3): 源 1 氨氮含量范围为 0.006~0.165 mg/L, 包括 21 个水样; 源 2 范围为 0.211~0.393 mg/L, 包括 11 个水样; 源 3 范围为 0.462~0.513 mg/L, 包括 6 个水样。

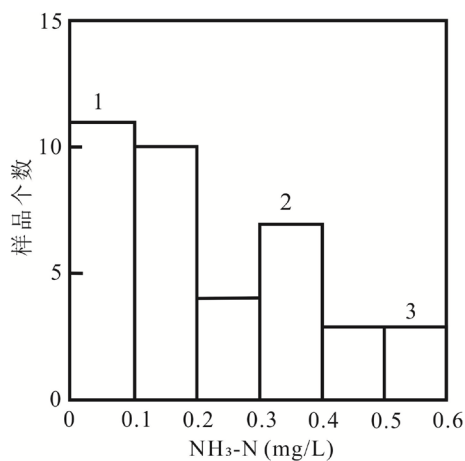


Figure 5. Histogram of $\text{NH}_3\text{-N}$ contents

图 5. $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量直方图

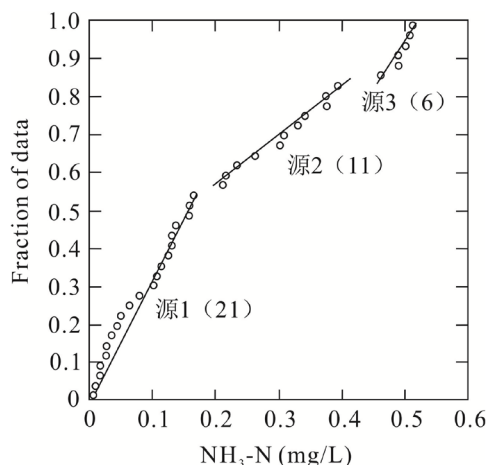


Figure 6. Normal probability plot of $\text{NH}_3\text{-N}$ contents
图 6. $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量正态概率分布图

目前, 确定环境背景值的方法有多种, 如正态分布法、迭代标准差法、累计频率法等[14]。本文取正态概率分布图上第一条直线段, 将其代表的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 范围视为环境背景值。如图 6 所示, 源 1 即环境背景值范围, 其含量为 0.006~0.165 mg/L。基于环境背景值分析, 17 个(占总样品数的 44.7%)水样中的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量要高于环境背景值, 表明这些样品均受到了不同程度的污染。

4. 结论

1) 与国家地表水环境质量标准相比, 浍河水质较为良好, 38 个水样中, I 类水有 18 个(占比 47%), II 类水有 17 个(占比 45%); 而 III 类水仅有 3 个(占比 8%)。

2) $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量特征分析显示, 浍河水质受到较强的人为影响, 高含量的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 主要集中在采样区域的上段和中下段。

3) 空间自相关分析表明, 样品之间具有正的全局空间自相关性, $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量空间差异性较大, 水质氨氮含量异常聚集区域为河流的上段和中下段, 与含量特征分析结果一致。

4) 多源分析确定了浍河水中氨氮的 3 个来源: 源 1 为环境背景值(0.006~0.165 mg/L), 源 2 和源 3 则与人为活动有关。

基金项目

宿州学院第十二届大学生科研立项(KYLXLKZD18-24)资助。

参考文献

- [1] 袁霄梅, 李光, 陈永胜. 浅析煤矿开采对环境的影响及对策[J]. 煤矿开采, 2008, 13(6): 33-35.
- [2] 王晶. 煤矿开采对环境的影响及治理对策[J]. 黑龙江科技信息, 2013, 22(5): 4.
- [3] 李鹏强, 张永波. 开滦集团北阳庄煤矿开采对地下水资源的影响研究[J]. 图书情报导刊, 2012, 22(1): 122-124.
- [4] 黄繁生. 采矿对地质环境的影响及治理设想[J]. 中国新技术新产品, 2010, 2(13): 14.
- [5] 薛荔栋, 郎印海, 刘爱霞, 刘洁. 黄海近岸表层沉积物中多环芳烃来源解析[J]. 生态环境, 2008, 17(4): 1369-1375.
- [6] 赵洁, 徐宗学, 刘星才, 牛翠娟. 辽河河流水体污染源解析[J]. 中国环境科学, 2013, 33(5): 838-842.
- [7] 张彩香, 王焰新, 张兆年. 因子分析法在黄柏河下游水质评价中的应用[J]. 水资源保护, 2005, 21(4): 11-14.
- [8] 郑霞. 黄河宁夏河段水污染现状评价[J]. 宁夏农林科技, 2001, 3(2): 11-12.

- [9] 王保旺. 安徽省淮河流域水污染现状及治理建议[J]. 江淮水利科技, 2007(5): 10-11.
- [10] 张海森, 宋向东, 于尚洋, 杨婧. 局部聚类的鉴别: 一种基于模型的 Moran's I 检验[J]. 燕山大学学报, 2007, 31(6): 545-548.
- [11] 王雪青, 陈媛, 刘炳胜. 中国区域房地产经济发展水平空间统计分析——全局 Moran's I、Moran 散点图与 LISA 集聚图的组合研究[J]. 数理统计与管理, 2014, 33(1): 59-71.
- [12] 潘宝, 王晓辉, 王秀, 周春财, 刘桂建. 南淝河主要水体污染物空间分布特征与污染源解析[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(13): 41-43.
- [13] 刘畅, 甘圣斌. 地下水环境背景值的确定方法探讨[J]. 绿色科技, 2016(16): 132-133.
- [14] 孙林华, 付金沐. 重污染河流多源污染识别及环境背景值的确定——以宿州奎河氨氮为例[J]. 地球与环境, 2014, 42(1): 90-95.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2330-1724, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ojs@hanspub.org