Journal of Water Resources Research 水资源研究, 2017, 6(3), 272-277
Published Online June 2017 in Hans. http://www.hanspub.org/journal/jwrr
https://doi.org/10.12677/jwrr.2017.63032

Identification and Evaluation of Multi-Source Pollution in Serious Polluted Area of Hutuo River Basin

Xiaoming Wang, Chenbo Mu, Bing Huang

College of Water Resources and the Environment, Hebei University of Geosciences, Shijiazhuang Hebei
Email: m18033893381@163.com

Received: Apr. 22nd, 2017; accepted: May 13th, 2017; published: May 16th, 2017

Abstract

With the rapid development of China's economy and the continuous improvement of people's living standards, the corresponding groundwater problem is also intensified. As some places unilaterally pursue economic growth rate, environmental protection is not got attention enough, which results more and more serious pollution. The contradiction between economic development and environmental protection is increasing. In this study, the polluted water quality of the polluted areas in the Hutuo River basin was investigated and analyzed. The causes and characteristics of groundwater organic pollution and the sources of nitrate pollution were analyzed. Through the analysis of survey points and water quality data, the scientific treatment and restoration plan of the serious pollution area in Hutuo River basin of Shijiazhuang are put forward. Finally, the water quality of the contaminated area is divided, delineated several serious pollution sources of contaminated areas, Shijiazhuang emergency water source construction to provide technical support.

Keywords

Pollution Area, Pollution Sources, Water Quality, Water Source

滹沱河流域严重污染区多源污染识别与评价

王小明，穆晨波，黄　冰

河北地质大学水资源与环境学院，河北　石家庄
Email: m18033893381@163.com

收稿日期：2017年4月22日；录用日期：2017年5月13日；发布日期：2017年5月16日

作者简介：王小明，男，1993 生，陕西周至人，在读硕士，研究方向为地下水科学与工程，主要从事水资源的评价与管理方面的研究。

文章引用：王小明，穆晨波，黄冰．滹沱河流域严重污染区多源污染识别与评价[J]．水资源研究, 2017, 6(3): 272-277.
https://doi.org/10.12677/jwrr.2017.63032

摘　要

随着我国经济的快速发展和人民生活水平得不断提高，随之而来与之对应的地下水问题也愈演愈烈。由于一些地方单方面追求经济增长速度，对环境保护重视不够，致使污染越来越严重。因而，造成了经济发展与环境保护矛盾日益加剧的局面。本次研究对滹沱河流域严重污染区多源污染水质进行了调查分析，主要对地下水有机污染成因及特征和硝酸盐污染来源进行了浅析。通过调查点和水质数据的分析，对石家庄滹沱河流域严重污染区的污染源提出了科学的治理与修复方案。最后对污染区的水质进行了划分，圈定了几个较严重的污染区污染物来源，为石家庄应急水源地建设提供技术支撑。

关键词

污染区，污染源，水质，水源地

1. 引言

近几十年来滹沱河流域地下水污染越来越严重，特别是石家庄周边和滹沱河沿岸地区，其中污染来源有多方面的因素，特别是有机污染和无机污染对地下水水质产生了重大影响。

石家庄是河北省省会，也是地下水污染比较严重的地区，尤其是无极县和辛集市地区。由于滹沱河流域一些地方单方面追求经济增长速度，对环境保护重视不够，致使污染愈演愈烈，因而，造成了经济发展与环境保护背道而驰的局面。由此引发了地方疾病、水质恶化、土地盐碱化和水资源超采疏干等一系列问题。石家庄地区滹沱河流域地下水污染的成因及其主导因素问题，事关该区经济能否可持续发展和人民生活的幸福指数，值得进一步探讨。

众多学者从有机污染和无机污染等方面，对石家庄地区滹沱河流域多源污染水质的原因进行了研究。李亚松等[1]认为，滹沱河冲积平原浅层地下水已经受到有机污染威胁，主要检出有机组分为卤代烃类和氯代苯类。由于有机物的高毒理性，研究区内有机污染已经不容忽视。费宇红等[2]提出，滹沱河冲积平原区典型的检出有机污染物为：三氯甲烷、四氯化碳、三氯乙烯和四氯乙烯，各采样点风险的主要贡献污染物为三氯甲烷和四氯化碳,主要的污染源应以工业和工业产品的使用污染为主。

但是，如何进一步定量认识有机污染和无机污染对地下水的影响程度，从社会经济方面的尺度把握污染物、当地人民生活的质量和地下水水质恶化之间的相互耦合规律，仍是需要深入研究的课题。

本文从有机污染和无机污染二者关系入手，采用实地调查、检测化验和相关分析等方法，深入了解滹沱河流域地下水污染多年来地下水的污染原因及驱动力。所有的资料源自河北省相关部门的长观数据和近几年来监测、统测及试验数据。

2. 研究区概况

滹沱河流域严重污染区，位于河北省中部，流域经过省会石家庄周边的市区县。污染区地处东经114˚10'~115˚00'，东经38˚00'~38˚20'之间，区内海拔80米，平均海拔30~100米。调查区域东临辛集市，南临石家庄市区，西接平山县，北部同正定接壤。研究区内道路纵横，交通便利。本次调查的重点区域是平山，灵寿，正定，石家庄市区，藁城，无极，晋州和辛集和滹沱河沿岸地区。污染区位于石家庄周边，地处一级阶地，二级阶地和第四系地貌松散沉积物之间。辖区内大地构造，属山西地台和渤海凹陷之间的接壤地带，地势东低西

高差距大，地貌复杂。地貌由西向东依次排列为中山、低山、丘陵、盆地、平原。大气降水为主要补给来源，地下径流，人工开采和蒸发为主要排泄方式。

3. 研究区调查方法

3.1. 遥感技术

在水质调查前期，首先应用遥感技术对研究区土地利用状况进行解析，根据调查的比例尺选择不同分辨率的遥感影像，掌握研究区土地利用及潜在污染源分布状况，然后利用不同水体所呈现的波谱特征的差异，对研究区地表有机污染水体进行识别和提取，形成了应用于水质调查工作初期较完整的遥感技术调查体系，以此为进一步查清污染源提供参考[3]。

3.2. 同位素技术

基于同位素技术和水化学理论，研究地下水硝酸盐浓度和同位素的延程变化的特点，揭示影响其迁移转化的主控因素，探讨硝酸盐在冲洪积扇地区含水层中的迁移转化机理；识别造成硝酸盐污染的主控因素，揭示太行山前松散含水层硝酸盐污染的驱动机制；综合运用多种同位素联合识别技术，定性识别地下水硝酸盐的污染来源，阐明太行山前松散含水层不同土地利用类型下地下水硝酸盐污染来源差异性及其季节变化特点；基于稳定同位素分析混合模型，定量解析不同监测站点地下水中硝酸盐污染来源的贡献率。

4. 地下水污染特征

4.1. 有机物污染特征

根据已有数据，研究区有机污染总体上呈点状分布，但是在局部区域有面状聚集特征和线状延伸特征(图 1)。沿着滹沱河两岸，离河道近的有机检出率高。

沿着滹沱河两岸，离河道近的有机检出率较高，这是因为河道是不法企业任意排污的有利途径，很多小工厂小作坊就建在滹沱河河道附件，造成了沿河道有机污染比远离河道严重。研究区发现的污染最严重的场地皆为有机污染。其中秋山村 1.2-二氯乙烷超标点，晋州化工厂有机超标点均在化工厂附近。

总体上，研究区的有机污染检出率高，超标率低，且浓度较低。有机污染总体呈点状分布，但是受用地规划和管理的影响，局部呈面状聚集趋势。

4.2. 硝酸盐污染特征

研究区共采集地下水样品 186 组，地表水样品 9 组。其中，地下水样品硝酸盐浓度均值为 48.70 mg/L，已接近 WHO 规定的饮用水中硝酸盐浓度值 50 mg/L，39.5%的样品超出 WHO 限定饮用水中硝酸盐浓度值，15.7%的样品超出我国地下水质量标准我国地下水质量标准(90 mg/L)。地表水硝酸盐浓度均值为 10.28 mg/L。由硝酸盐浓度等值线图(图 2)可知，滹沱河冲洪积扇地区硝酸盐污染已呈现面状污染的特点，高值区出现在滹沱河冲洪积扇顶部正定县、灵寿县、石家庄市区和藁城县城区周边[4]。

可见滹沱河冲洪积扇地区地下水硝酸盐污染已经非常严重。地表水硝酸盐浓度无超标情况。研究区地下水 NO_3^- 含量总体由西北向东南呈减小趋势，在岗南-黄壁庄水库之间以及石家庄市区西南部出现了 NO_3^- 含量高值区，而且 Cl^- 、总硬度也呈现出与 NO_3^- 同样的分布规律。

5. 地下水污染成因

5.1. 有机物污染成因

石家庄藁城工业区带有机的高检出率和工厂的密集分布和便利的交通条件有关。藁城工业区内是聚集了多

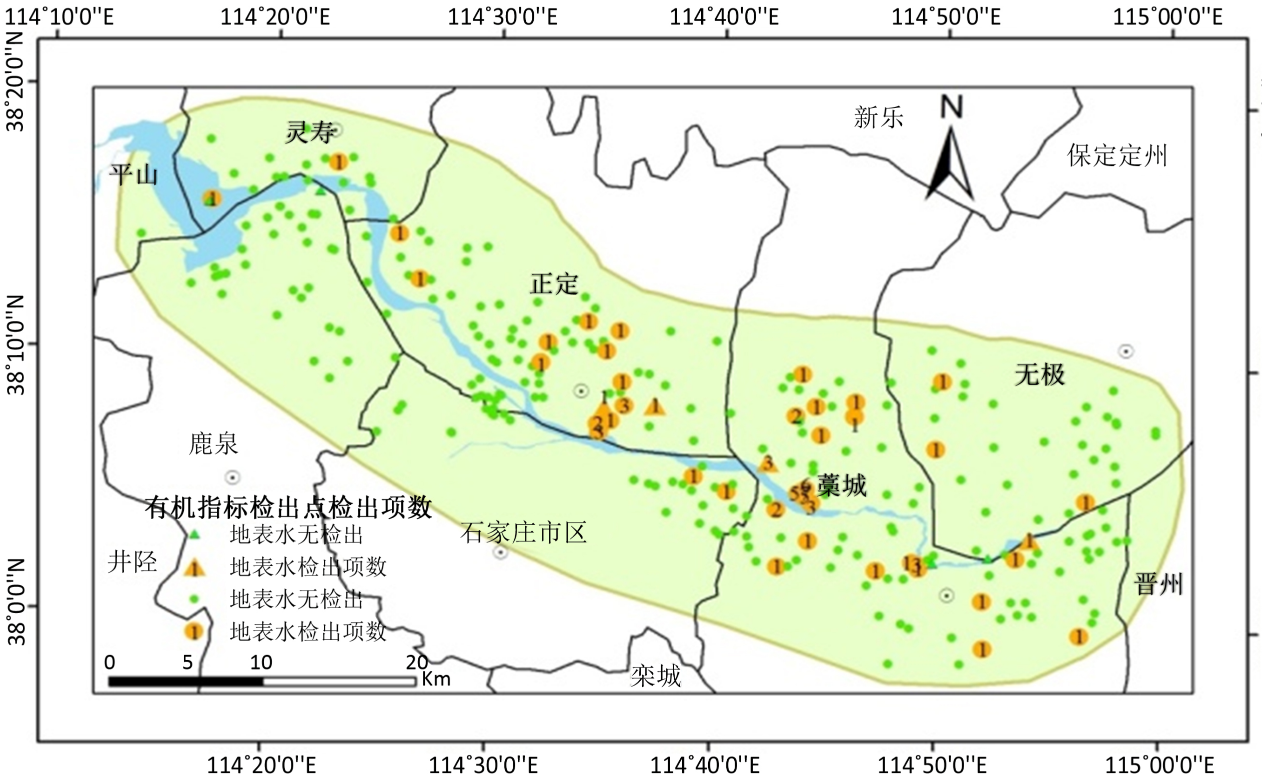

Figure 1. Distribution map of organic index in study area
图 1. 研究区有机指标检出分布图

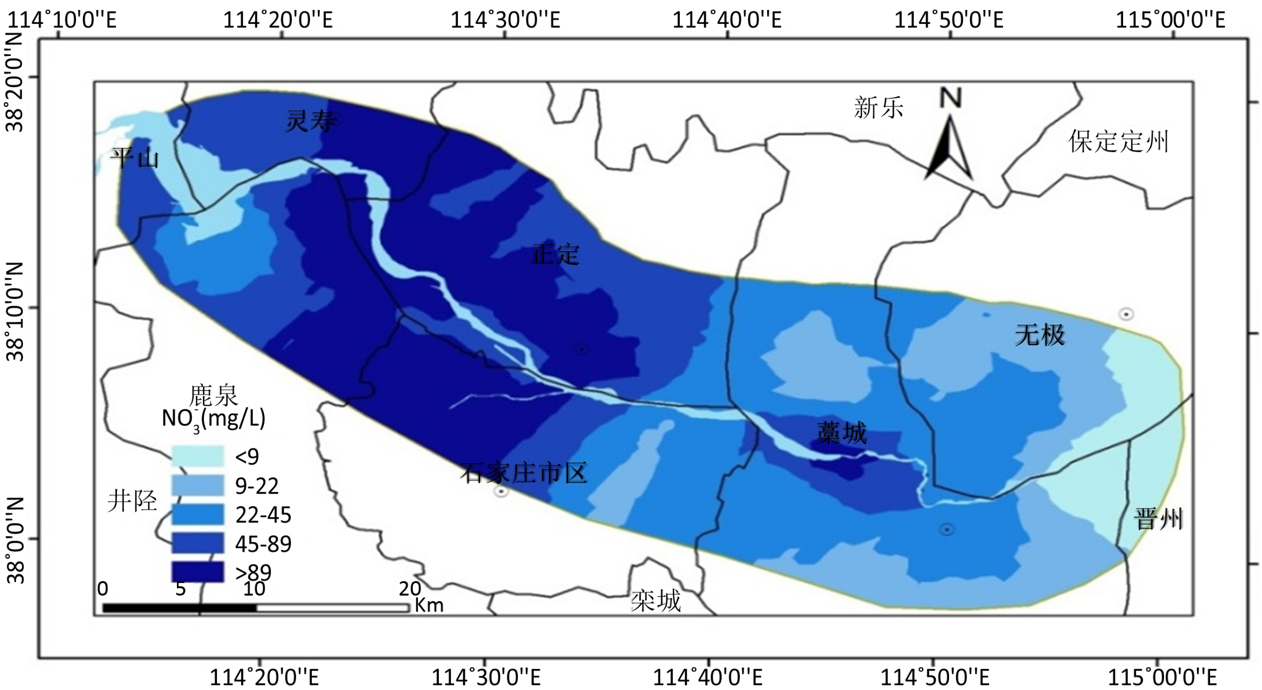

Figure 2. Contour map of nitrate concentration
图 2. 硝酸盐浓度等值线图

家化工企业和药厂。其中部分化工企业和药厂通过非法手段排污，影响了地下水环境。

自藁城工业区污水处理厂流出的污水未经处理直接排进了兴安村河道内，并沿滹沱河河道南岸挖掘了一条 4~5 米的排污沟持续不断的向其中排放污水。其污水排污口处，检出的有机物有 10 种之多，这也影响了藁城滹沱河沿岸有机检出率。

5.2. 硝酸盐污染成因

研究区 NO_3^-、Cl^-、Na^+均受人类活动影响强烈。根据历史检测数据，研究区天然条件下的地下水化学类型基本为 $Ca{\cdot}HCO_3$ 型水，Cl^- 含量很少。由于几十年来人类社会发展的影响，研究区的地下水化学发生了一定的变化，部分地区 Cl^- 含量明显增大。Cl^- 在自然界中是相对稳定的保守元素，它不受水环境中物理化学作用及迁移转化过程的影响，常用来指示人类活动的影响。其可能来源为动物粪便、生活污水和卤水等，另外，农业化肥中也可能含有 Cl^- (如 KCl、NH4Cl)；生活污水和动物粪便中含有大量的 Na^+。研究区无卤水侵入含水层，且 Cl^- 与 Na^+具有较好的相关性，因此浓度较高的 Cl^- 很可能来源于动物粪便和生活污水。对样品数据的 NO_3^- 和 Cl^- 做相关性分析，发现二者有很好的相关性($r = 0.754$, $p < 0.01$) (图 3)，说明动物粪便和生活污水是研究区地下水 NO_3^- 的重要来源[5]。

研究区地下水硝酸盐受人类活动的影响包括两个方面，一是人为输入，即从硝酸盐来源方面分析，NO_3^- 与 Cl^- 较好的相关性说明生活污水和人畜粪便是硝酸盐的重要来源；另一方面，从硝酸盐迁移转化条件方面分析，地下水开采导致地下水动力场的变化，其诱发的物理化学作用导致总硬度升高的同时，也为更多的 NO_3^- 进入地下水创造了有利条件，NO_3^- 与总硬度较好的相关性说明地下水开采也是 NO_3^- 含量升高的一个诱因[6]。

6. 对污染源物质的改善设施

6.1. 有机污染物降解

滹沱河流域严重污染区内地下水中有机污染物来自于非法排放的化工原料与有机溶剂，单纯依靠土壤与水体的自净能力分解有机污染物存在诸多缺陷，地下水含水层中有机物衰减周期过长，且地下含水系统消解有机污染物的能力有限。建议采用主动修复技术修复污染严重的地下含水层区域，结合化学修复法与生物修复法，将污染严重的场地内注入季铵盐阳离子表面活性剂，使有机污染物富集避免受地下水溶质运移作用进行扩散。进一步利用生物注射法与有机粘土法等生物修复方法对场地内的有机污染物进行处理[7]。

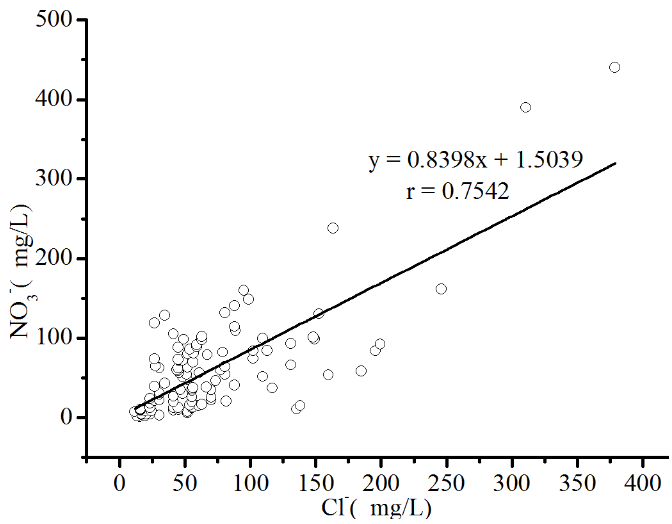

Figure 3. Correlation between NO_3^- and Cl^-

图 3. NO_3^- 与 Cl^- 的相关性

6.2. 硝酸盐污染的治理和修复

滹沱河流域严重污染区地下水硝酸盐氮的治理自然净化过程中的反硝化作用是一个很环保的地下水污染修复手段。除此之外，也可以借鉴局部城市已采用的去地下水中的硝酸盐氮的方法来对农村地下水的污染进行修复，其修复手段主要是靠生物修复技术，物理化学修复技术，化学修复技术化学来解决。

7. 结语

研究区共采集样品超过 400 组，根据已经取得结果的 281 组样品对地下水质量进行分析。根据评价结果显示滹沱河流域严重污染区地下水样 I~III 类水 183 组、IV 类水 77 组、V 类水 21 组，分别占 65%、27%、8%，即 35%的地下水不适于直接饮用。在已经完成了的调查工作中，圈出藁城金鑫化工厂、藁城工业区、藁城污水处理厂、秋山村、晋州化工业区、晋州爆炸化工厂等数处重点场地，为污染物的主要来源。通过调查点和水质数据的分析，对石家庄应急水源地的建设提供技术支撑。

基金项目

河北省高等学校科学研究项目(ZD2014023)；河北省科技厅科研项目(15273630)；中国地质科学院水文地质环境地质研究所重点实验室开放基金(KF201605)；河北省研究生创新资助项目(CXZZSS2017129)。

参考文献 (References)

[1] 李亚松, 张兆吉, 费宇红, 王昭, 陈京生, 张凤娥, 钱永. 滹沱河冲积平原浅层地下水有机污染研究[J]. 干旱区资源与环境, 2012(8): 52-56.
LI Yasong, ZHANG Zhaogui, FEI Yuhong, WANG Zhao, CHEN Jingsheng, ZHANG Feng'e and QIAN Yong. Study on shallow groundwater organic pollution in Hutuo River alluvial plain. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2012(8): 52-56. (in Chinese)

[2] 费宇红, 张兆吉, 杨梅, 李亚松, 钱永, 孟素花, 陈京生. 滹沱河平原地下水有机污染健康风险评价[J]. 上海地质, 2010(2): 13-19.
FEI Yuhong, ZHANG Zhaoji, YANG Mei, LI Yasong, QIAN Yong, MENG Suhua and CHEN Jingsheng. Evaluation of groundwater organic pollution health risk in Hutuo River Plain. Shanghai Geology, 2010(2): 13-19. (in Chinese)

[3] 赵鹏宇, 冯文勇, 崔嫱, 郑庆荣, 刘秀丽, 徐学选. 2004-2011 年滹沱河忻州段水质变化及影响因素[J]. 水土保持通报, 2015(1): 90-95.
ZHAO Pengyu, FENG Wenyong, CUI Qiang, ZHENG Qingrong, LIU Xiuli and XU Xuexuan. Water quality change and influencing factors in Xinzhou section of Hutuo River from 2004 to 2011. Journal of Soil and Water Conservation, 2015(1): 90-95. (in Chinese)

[4] 赵兴茹, 耿梦娇, 暴志蕾, 江秋枫, 刘琰, 昌盛, 郭睿. 石家庄市滹沱河冲洪积扇地下水中 BHT 和 TEP 的污染水平及风险评价[J]. 环境科学研究, 2016(9): 1297-1302.
ZHAO Xingru, GENG Mengjiao, BAO Zhilei, JIANG Qiufeng, LIU Yan, CHANG Sheng and GUO Rui. The pollution level and risk assessment of BHT and TEP in the groundwater of the Hutuo River alluvial fan in Shijiazhuang City. Environmental Science Research, 2016(9): 1297-1302. (in Chinese)

[5] 陈岩, 赵翠平, 郜志云, 白辉, 赵琰鑫. 基于 SWAT 模型的滹沱河流域氨氮污染负荷结构[J]. 环境污染与防治, 2016(4): 91-94.
CHEN Yan, ZHAO Cuiping, GAO Zhiyun, BAI Hui and ZHAO Yanxin. Study on ammonia nitrogen pollution load structure in Hutuo River Basin Based on SWAT Model. Environmental Pollution and Control, 2016(4): 91-94. (in Chinese)

[6] 马月伟, 谷俊武. 滹沱河流域山西段生态修复可行性措施研究[J]. 山西水利科技, 2016(4): 48-50, 54.
MA Yuewei, GU Junwu. Study on feasibility measures of ecological restoration in shanxi section of Hutuo River Basin. Shanxi Water Conservancy Science and Technology, 2016(4): 48-50, 54. (in Chinese)

[7] 郭世民, 李翠青. 忻州市滹沱河水环境质量评价[J]. 科技信息, 2011(14): 344-345.
GUO Shimin, LI Cuiqing. Xinzhou Hutuo River water quality assessment. Science and Technology Information, 2011(14): 344-345. (in Chinese)