

焉耆盆地绿洲区承压水硝态氮含量空间变异研究

魏光辉^{1,2}, 汪昌树², 杨鹏年²

(1. 新疆塔里木河流域管理局, 新疆 库尔勒 841000; 2. 新疆农业大学 水利与土木工程学院, 乌鲁木齐 830052)

摘要: 基于 GIS 与地统计学原理, 使用 ArcGIS 地统计分析模块研究焉耆盆地绿洲区承压水硝态氮的空间变异情况。结果表明: 灌溉水硝态氮数据服从对数正态分布, 块金效应值为 1.16, 变程为 0.198 km, 空间相关性较弱; 饮用水硝态氮数据服从对数正态分布, 块金值为 0.26, 变程达 1.58 km, 空间相关性较强; 承压水硝态氮数据同样服从对数正态分布, 块金效应为 0.53, 变程为 0.138 km, 空间相关性中等; 采用克里格插值方法绘制了承压水硝态氮含量分布图, 可更直观地了解研究区地下水硝态氮分布。

关键词: 地统计学; 承压水; 硝态氮; 空间变异; 克里格插值; 焉耆盆地

中图分类号: X523

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2018)04-0087-04

Study on the spatial variability of artesian water nitrate nitrogen concentration in Yanqi Basin oasis area

WEI Guanghui^{1,2}, WANG Changshu², YANG Pengnian²

(1. Xinjiang Tarim River Basin Management Bureau, Korla 841000, China;

2. College of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract: This paper used ArcGIS geostatistical analysis module to study spatial variation of confined nitrate in Yanqi basin oasis area based on the geostatistics principle and GIS. The results showed that the irrigation water nitrate data obeys lognormal distribution, the nugget effect value is 1.16, the variation range is 0.198 km, and the spatial correlation is weak. The nitrate nitrogen data of drinking water obeys lognormal distribution, the nugget value is 0.26, the variation range is 1.58 km, and the spatial correlation is relatively strong. The nitrate nitrogen data also obeys lognormal distribution, the nugget effect value is 0.53, the variation range is 0.138 km, and the spatial correlation is moderate. The distribution of nitrate nitrogen content in confined water was plotted by using the Kriging interpolation method, which can provide more intuitive understanding of confined water nitrate nitrogen distribution.

Key words: geostatistics; confined water; nitrate nitrogen; spatial variability; Kriging interpolation; Yanqi Basin

1 研究背景

随着经济社会的快速发展, 人类逐渐忽视对环境的保护, 各种环境污染问题日益凸显, 尤其是地下水环境问题^[1-4]。伴随着人口的增长, 粮食需求量的增加, 农业集约化程度(如作物种植、灌溉排水、施肥喷药等)不断提高, 区域地下水环境质量问题愈演愈烈。近 30 年来, 硝态氮为进入地下水系统最频繁的污染物, 也成为全球分布最广的地下水污染物^[5]。魏光辉等^[6]根据新疆博斯腾湖 1997-2010

年主要水环境质量指标数据, 采用改进灰色关联分析法与趋势分析法分析了水质与硝态氮变化情况, 发现博斯腾湖水质与硝态氮含量呈变好趋势; 牛世伟等^[7]以辽河流域典型种植区为研究区域, 对其地下水硝态氮含量进行分析, 研究表明不同典型种植区地下水硝态氮含量差异明显; 王喜峰等^[8]以海河流域平原区为例, 以硝态氮为研究指标, 分析区域地下水污染的时空情势, 研究表明研究区污染严重, 重金属及硝、氮为主要污染物; 庞会等^[9]根据 2009-2014 年河北平原浅层地下水硝态氮监测数据, 分

收稿日期: 2017-02-05; 修回日期: 2017-09-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(51369030); 水利部公益性行业科研专项经费项目(201501059)

作者简介: 魏光辉(1981-), 男, 新疆石河子人, 博士, 高级工程师, 硕士生导师, 主要从事干旱区水资源利用与生态环境保护工作。

析河北平原浅层地下水污染状况,并利用氮氧双同位素的方法对地下水中硝态氮的来源进行了示踪;刘白杨等^[10]以湖南省长沙县金井流域为例,于2013-2014年春夏秋冬四季随机采集流域内120口饮用水井水体样品,研究了景观格局对地下水硝态氮浓度的影响;王庆锁等^[11]采集了巢湖流域地下水样品,分析其硝态氮含量,表明研究区地下水硝酸盐污染比较严重,不同土地利用类型的地下水硝态氮含量以村庄、菜地及早地居多。

截至目前,国内外关于新疆焉耆盆地绿洲潜水硝态氮的研究鲜见报道^[12]。鉴于此,本文以该研究区为例,基于地统计学原理,开展变化环境下的绿洲区承压水硝态氮空间变化研究,以期开展农业面源污染治理和防治地下水硝态氮污染提供参考借鉴。

2 研究区概况

焉耆盆地位于新疆巴音郭楞蒙古自治州境内,行政区划包括和静县、焉耆县、和硕县、博湖4县及新疆生产建设兵团第二师8个农牧团场。盆地内部主要由2部分组成——绿洲区与湖泊湿地区(也称为博斯腾湖大、小湖区),如图1所示。焉耆盆地是巴音郭楞蒙古自治州的重要特色农业种植基地。

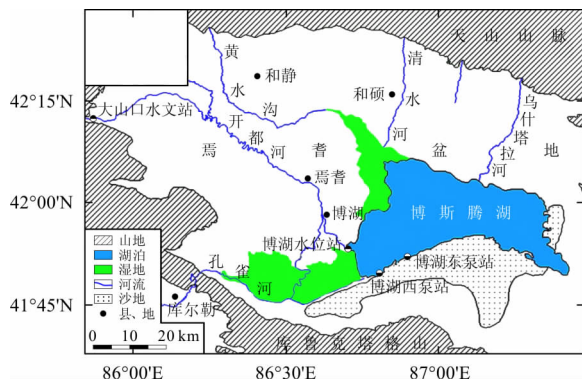


图1 研究区地理位置

3 研究方法

本研究的计算公式参照王政权^[13]的研究,设 $Z(x)$ 为区域化变量, x 为空间位置向量,点 $x+h$ 处的半变异函数记为 $\gamma(h)$,则^[14]:

$$\gamma(x, y) = \frac{1}{2} \text{Var}[Z(x) - Z(x+h)]^2 \quad (1)$$

即:

$$\gamma(x, h) = \frac{1}{2} E[Z(x) - Z(x+h)]^2 - \frac{1}{2} \{E[Z(x)] - E[Z(x+h)]\}^2 \quad (2)$$

对任意的 h 有:

$$E[Z(x+h)] = E[Z(x)] \quad (3)$$

因此,公式(1)可改写为:

$$\gamma(x, h) = \frac{1}{2} E[Z(x) - Z(x+h)]^2 \quad (4)$$

当变异函数与位置 x 无关时, $\gamma(x, h)$ 可改写为 $\gamma(h)$,即:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} E[Z(x) - Z(x+h)]^2 \quad (5)$$

实际工作中,变异函数中的球状模型应用较为广泛,表达式如下^[15]:

$$\gamma(h) = \begin{cases} C_0 & h = 0 \\ C_0 + C \left(\frac{3h}{2a} - \frac{h^3}{2a^3} \right) & 0 < h \leq a \\ C_0 + C & h > a \end{cases} \quad (6)$$

式中:块金值 C_0 、基台值 $C_0 + C$ 与变程 a 的具体含义详见文献[16]。

4 结果分析

分别对绿洲区97眼农田灌溉井、39眼饮用水井进行硝态氮分布特征分析。

4.1 农田灌溉水硝态氮空间分布特征

97眼农田灌溉井硝态氮含量分布特征见表1。

表1 灌溉井硝态氮含量分布特征

均值*	偏度	峰度	分布类型
0.19*	3.74	-0.77*	对数正态

注:符号*为对数转换后的值。

由表1可知,经转换后的硝态氮数据偏度-0.77,峰度4.23,服从对数正态分布。

对数据进行趋势分析(见图2),可知,东西向(X轴)拟合线为平稳的一阶趋势,南北向(Y轴)正交平面最佳拟合线呈倒“U”型,存在明显趋势效应,可选用二阶曲线拟合。

采用球状模型进行变异函数参数计算(结果见表2)。由表2可知,地下水硝态氮块金值 C_0 、基台值 $C_0 + C$ 及变程 a 分别为0.52、0.45、0.198,块金效应值 $C_0/(C_0 + C)$ 为1.16,各向异性比为21.07。

表2 半方差函数参数

各向异性比	C_0	$C_0 + C$	$C_0/(C_0 + C)$	a
21.07	0.52	0.45	1.16	0.198

图3为灌溉水硝态氮空间分布。由图3可知,其分布呈明显的区域性,各县均分布有大面积的Ⅱ

类水质。这主要是灌区内氮肥的常年低效利用和不合理的地下水开发利用(将地下水用于高效节水农业)造成的。

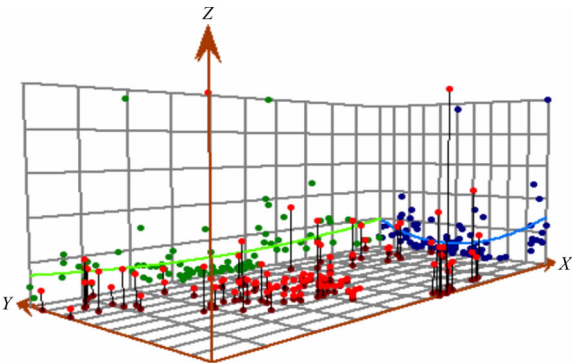


图 2 灌溉井水硝态氮含量趋势分析

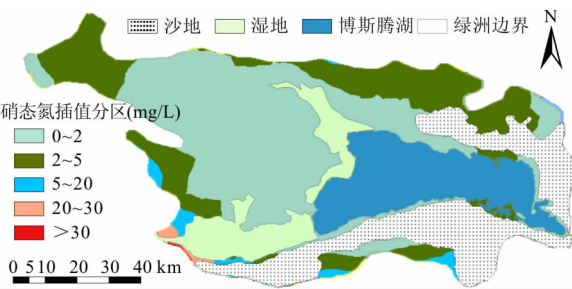


图 3 绿洲区灌溉井水硝态氮空间分布

4.2 饮用水硝态氮空间分布特征

承压水中的 39 眼饮用水井硝态氮含量分布特征见表 3。

表 3 饮用水硝态氮含量分布特征

均值 *		偏度		峰度		分布类型
-0.28 *	0.94	-0.74 *	2.97	3.16 *		对数正态

注:符号*为对数转换后的值。

由表 3 可知,经对数转换后的数据偏度为 -0.74,峰度为 3.16,服从对数正态分布。

对饮用水硝态氮数据进行趋势分析(见图 4),可知,采样点在东西向(X 轴)趋势线呈“U”型,南北向(Y 轴)存在一阶趋势,选用球状模型得到半变异函数参数(见表 4)。

采用球状模型进行变异函数参数计算(结果见表 4)。可知,地下水硝态氮块金值 C_0 、基台值 $C_0 + C$ 及变程 a 分别为 0.26、0、1.58,各向异性比为 1.00。

表 4 球状模型参数

各向异性比	C_0	$C_0 + C$	$C_0 / (C_0 + C)$	a
1.00	0.26	0		1.58

图 5 为饮用水硝态氮空间分布。由图 5 可知,研究区水质良好,受人为因素干扰较小。

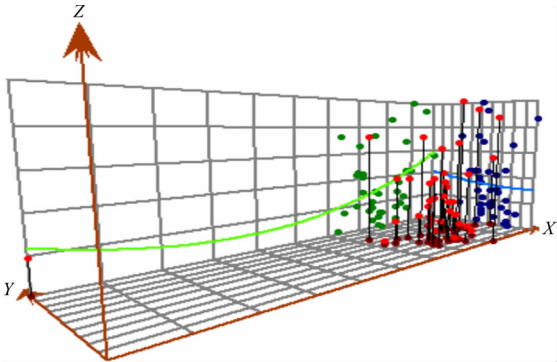


图 4 绿洲区饮用水硝态氮量趋势分析图

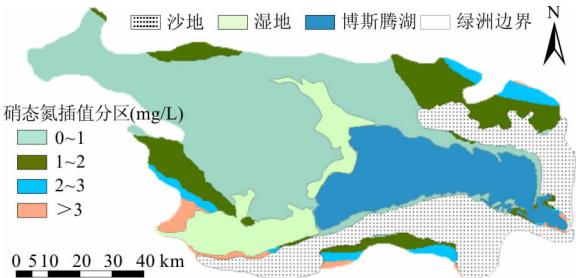


图 5 绿洲区饮用水硝态氮空间分布

4.3 硝态氮量总体空间分布特征

对研究区 136 个承压水硝态氮样本进行统计分析(见表 5)。经对数转换,样本偏度为 -0.63,峰度为 4.1,服从对数正态分布。

表 5 硝态氮总体分布特征

均值 *	偏度		峰度		分布类型
0.05 *	4.34	-0.63 *	26.8	4.1 *	对数正态

注:符号*为对数转换后的值。

对所有承压水硝态氮含量数据进行趋势分析(见图 6)。由图 6 可以看出,趋势分析旋转一定角度后,采样点在两个方向趋势线均近似于一阶上升的趋势,将数据对数转换后进行插值,半方差函数球状模型参数计算结果见表 6。

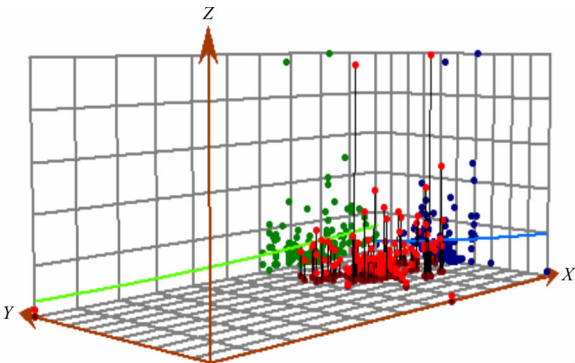


图 6 绿洲区承压水硝态氮量趋势分析

表 6 球状模型参数

各向异性比	C_0	$C_0/(C_0 + C)$	a
1.62	0.32	0.53	0.138

图 7 为承压水硝态氮插值分布。大部分地区分布着 I 类水质,部分区域分布有 II 类水质。总体而言,研究区承压水水质较好,适于灌溉与饮用。承压水空间分布近似于灌溉水,在 136 个数据样本中,灌溉水有 97 个,占 71.3%,对空间插值的结果有明显影响。

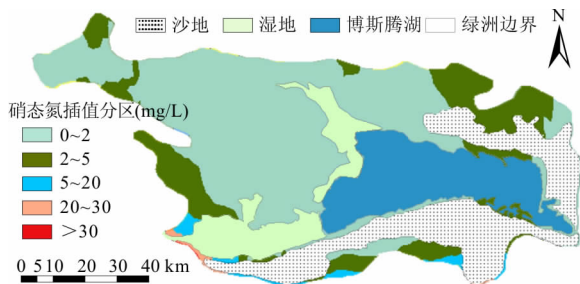


图 7 承压水硝态氮插值分布

5 结 论

本文以新疆焉耆盆地绿洲区为例,利用地统计学原理,从农田灌溉水、饮用水两个方面对承压水中硝态氮的空间分布情况进行了分析,得到如下结论:

(1)农田灌溉水硝态氮服从对数正态分布,其块金效应值为 1.16,空间相关性较弱,且结构性较小,各向异性比为 21.07,变程为 0.198 km。

(2)饮用水硝态氮经对数转换后,偏度为 -0.74,峰度为 3.16,服从对数正态分布;其各向异性比为 1,块金值为 0.26,变程为 1.58 km。

(3)研究区承压水硝态氮经对数转换后,偏度为 -0.63,峰度为 4.1,服从对数正态分布;其块金效应值为 0.53,具有中等空间相关性,各向异性比为 1.62,变程为 0.138 km。

(4)研究区大部分地区地下水为 I 类水质,部分区域为 II 类水质,总体而言,承压水水质较好,适于灌溉与饮用。

参考文献:

- [1] 戴轩宇,徐爱兰,姚颖. 南通平原河网地区典型农田系统地下水硝态氮污染调查[J]. 环境监测与预警,2017,9(3):53-55+61.
- [2] 闫雅妮,马腾,张俊文,等. 地下水与地表水相互作用下硝态氮的迁移转化实验[J]. 地球科学,2017,42(5):783-792.
- [3] 李 桢,史海滨,李仙岳,等. 农田硝态氮淋溶规律对不同水氮运筹模式的响应[J]. 水土保持学报,2017,31(1):310-317.
- [4] 赵秀春,王成见,孟春霞. 青岛市地下水中硝酸盐氮的污染及其影响因素分析[J]. 水文,2008,28(5):94-96.
- [5] 陈云增,陈志凡,马建华,等. 沙颍河流域典型癌症高发区土壤硝态氮对地下水和蔬菜硝酸盐积累的影响[J]. 环境科学学报,2016,36(3):990-998.
- [6] 魏光辉,杨鹏年. 新疆博斯腾湖 1997~2010 年水质及硝态氮变化研究[J]. 水电能源科学,2016,34(5):42-45+54.
- [7] 牛世伟,宫亮,蔡广兴,等. 辽河流域典型种植区地下水硝态氮含量特征分析[J]. 河南农业科学,2015,44(8):204-208.
- [8] 王喜峰,贾仰文. 海河流域平原区地下水水质评价及硝态氮污染研究[J]. 地下水,2015,37(6):31-33.
- [9] 庞会从,刘福亮,付海燕,等. 2009-2014 年河北平原浅层地下水硝态氮特征及其来源[J]. 环境工程学报,2015,9(10):4766-4772.
- [10] 刘白杨,尹黎明,刘新亮,等. 金井流域景观格局对地下水硝态氮时空分布的影响[J]. 农业环境科学学报,2017,36(4):753-760.
- [11] 王庆锁,顾颖,孙东宝. 巢湖流域地下水硝态氮含量空间分布和季节变化格局[J]. 生态学报,2014,34(15):4372-4379.
- [12] 毕晶晶,彭昌盛,胥慧真. 地下水硝酸盐污染与治理研究进展综述[J]. 地下水,2010,32(1):97-102.
- [13] 王政权. 地统计学及在生态学中的应用[M]. 北京:科学出版社,1999.
- [14] 晏伟. TIN 到 GRID 的动态转换——基于四叉树的多分辨率显示及实时渲染[D]. 西安:西安科技大学,2012.
- [15] 王建,白世彪,陈晔. Surfer8 地理信息制图[M]. 北京:中国地图出版社,2004.
- [16] 施周,闫杭召,毕晨,等. 基于地统计学——克里格插值法的村镇地表水体水质监测[J]. 环境工程学报,2017,11(4):2607-2613.