

基于DRASTIC的沈北新区浅层地下水脆弱性评价

高世乾^{1,2,3,4}

¹陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 陕西 西安

²陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 陕西 西安

³自然资源部退化及未利用土地整治重点实验室, 陕西 西安

⁴陕西省土地整治工程技术研究中心, 陕西 西安

Email: 1129712869@qq.com

收稿日期: 2020年10月16日; 录用日期: 2020年11月6日; 发布日期: 2020年11月13日

摘要

本文以沈北新区为研究区, 通过选取具有代表性并易于查找的七个相关参数, 建立DRASTICA模型, 以该模型为基础构建指标评价体系, 对该区域浅层地下水固有脆弱性进行评价, 并借助GS+、ArcGIS、Spss等软件的空间统计数据分析和制图功能, 对该区域固有脆弱性的空间分布特征和变异规律进行研究分析, 得出该区域地下水固有脆弱性从西北到东南依次递减的空间分布梯度图和整体分布特征, 并对各个地区的地下水管理提出合理建议, 希望各区域能密切关注地下水质量变化情况。本研究成果能够为城市扩张区和农业集约发展区土地利用规划及地下水资源管理提供科学依据。

关键词

地下水, 脆弱性评价, 城市扩张

Vulnerability Assessment of Shallow Groundwater in Shenbei New District Based on DRASTIC

Shiqian Gao^{1,2,3,4}

¹Institute of Land Engineering and Technology, Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

²Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an, Xi'an Shaanxi

³Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, The Ministry of Nature and Resources, Xi'an Shaanxi

⁴Shaanxi Provincial Land Consolidation Engineering Technology Research Center, Xi'an Shaanxi

Email: 1129712869@qq.com

文章引用: 高世乾. 基于 DRASTIC 的沈北新区浅层地下水脆弱性评价[J]. 世界生态学, 2020, 9(4): 304-309.

DOI: 10.12677/ije.2020.94039

Abstract

This paper takes Shenbei New Area as the research area, establishes the DRASTICA model by selecting seven relevant parameters that are representative and easy to find, and builds an index evaluation system based on the model to evaluate the inherent vulnerability of shallow groundwater in the area. With the help of spatial statistical data analysis and mapping functions of software such as GS+, ArcGIS, Spss, etc., the spatial distribution characteristics and variation rules of the inherent vulnerability of the region are studied and analyzed, and the space in which the inherent vulnerability of groundwater in the region decreases from northwest to southeast is obtained. Distribution gradient map and overall distribution characteristics, and put forward reasonable suggestions for groundwater management in various regions, and hope that each region can pay close attention to changes in groundwater quality. The results of this research can provide a scientific basis for land use planning and groundwater resources management in urban expansion areas and agricultural intensive development areas.

Keywords

Groundwater, Vulnerability Assessment, Urban Expansion

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

水是人类和生物生存、发展不可或缺的物质。近年来，随着人口增加、社会经济快速发展以及全球气候变化的影响，地表水资源的供应不足和水质下降的问题日益严峻，迫使越来越多的地区开采使用地下水作为生活和生产的用水来源。而地下水一般具有隐蔽性与复杂性，使的地下水的治理非常困难，要想合理的解决地下水污染问题和地下水开采过度造成的环境负效应，我们应该从源头着手，我们应该想办法预防地下水的污染，在治理已被污染水源的同时做到其余的不被污染，这就是地下水资源保护最根本的方针，也是最经济有效的办法。而地下水脆弱性评价正是各个区域保护地下水资源的基础性和必要性的工作。

地下水脆弱性的概念是在 1968 年首次提出的，刚开始主要是从地质学的方面考虑了地下水的脆弱性，没有考虑人类的活动关系。国外最为典型的地下水脆弱性评价应用是美国环保署于 1987 年提出的 DRASTIC 模型，这种方法在国外应用很广泛。比如 2002 年 Zabet 对阿拉伯东部一个地区的含水层脆弱性进行评价时运用了该方法[1]。在此之后，国外大部分地下水固有脆弱性评价都以此方法为基础，并结合研究区的具体情况在评价过程中进行了改进。2003 年 Thirumalaivasan 等利用基于传统的 DRASTIC 方法进行修正过的 AHP.DRASTIC 方法对印度泰米尔北部的一个次分水岭进行了含水层的特殊脆弱性的评价[2]。之后，多将该模型与地理信息统计系统相结合评价地下水脆弱性，例如 Panagopoulous 等在 2005 年将 DRASTIC 与统计法和 GIS 相结合，对希腊伯罗奔尼撒半岛西南部地区含水层脆弱性进行了评价。Babiker 等也在 2005 年将 GIS 与 DRASTIC 方法结合起来对日本中部 Gifu 地区 Kakamigahara 高原的含水

层脆弱性进行研究[3]。我国学者多采用迭置指数法,研究对象为较大区域、城市密集区或水源地,针对城郊区等城乡交错带的研究较少。但也有不少学者对 DRASTIC 模型做了改进,丰富了该模型的理论证据。例如张少坤等建立了基于熵权的 DRASCLP 模型,结合 GIS 技术评估了三江平原地下水易污性[4]。孙才志等采用模糊模式识别技术对下辽河平原地下水脆弱性进行评价[5]。孙爱荣等根据实际情况用降雨入渗补给量替代 DRASTIC 模型中地下水净补给量,对南昌市地下水易污性进行评价[6],均取得了较为科学合理的结果。

本次研究采用 DRASTIC 模型方法,根据该区域的地形水文和地质地貌条件选取适合沈北新区的研究指标,对其进行数值化,通过计算得出该区的脆弱性评价指数;利用 ArcGIS 强大的空间建模能力和数据分析能力,生成该地区的地下水脆弱性分区图,通过对地下水脆弱性评价研究,可以得出地下水易于受污染的区域和不容易被污染的区域,为地下水资源管理和土地的规划利用提供有力的数据资料,进而协助决策者和管理者制定切实有效的地下水保护措施。

2. 研究区概况

沈北新区位于沈阳中心城区北部,坐标介于东经 123°16′至 123°48′,北纬 41°54′至 42°11′之间。由沈阳郊区的新城子街道和沈阳农业高新技术开发区、沈阳虎石台经济技术开发区、沈阳道义国家级星火技术密集区三个省级以上开发区为主体共同组成,包括新城子街道、清水台街道、辉山街道、道义街道、虎石台街道等 14 个街道(镇)。区域面积 1098 平方千米。研究区区域位置、行政区划范围及采样点分布见图 1。



Figure 1. Location, administrative divisions and distribution map of groundwater sampling points in Shenbei New District
图 1. 沈北新区位置、行政区划及地下水采样点分布图

最高海拔为东部的石人山(434 米),最低海拔 29 米,平均海拔为 58 米;全区地势自东向西倾斜,东高西低,东部属丘陵地貌,中部属黄土堆积平原,西部属辽河冲积平原。沈北新区的东部属于山丘基岩

和岩溶水文地质区, 由于大量的断裂带, 蓄水为裂隙水和岩溶水, 涌水量为 1.77~241.9 m³/d。北部和西北部属于辽河河谷潜水水文地质区, 含水层的厚度为 5~70 m, 下层为砂砾、卵石, 上层为细沙和中沙。渗透系数为 30~72 m/d, 是该区地下水的主要储存区。中部山前为倾斜平原, 黄土状黏土外露, 厚度为 30~50 m。南部山前为浑河冲洪积扇区, 承压水水文地质区, 地表岩性大部分属于黄土状黏土。中南部水资源较缺乏。

3. 评价方法与数据来源

3.1. 评价方法

本研究采用 DRASTIC 模型进行沈北新区浅层地下水固有脆弱性评价。DRASTIC 方法选取的评价指标体系包括 7 项指标: 地下水埋深(D)、含水层净补给量(R)、含水层介质类型(A)、土壤介质类型(S)、地形坡度(T)、渗流区介质类型(I)、含水层水力传导系数或渗透系数(C)。因为 DRASTIC 模型参数的选取需要结合研究区资料从多方面考虑, 所以本次研究选用单位涌水量和地下水补给模数代替了净补给量和水力传导系数。进行地下水本质脆弱性评价时, 使用所有污染物的权重值, 各指标依次赋予固定权重值 5、4、3、2、1、5、3。借鉴地下水评分标准[7], 根据各个指标的内在属性和变化范围进行等级划分, 由于沈北新区属于平原地带, 地形变化范围较小, 所以对其评分标准做出一定的修正。具体评分标准见表 1。各项指标评分和权重加权叠加起来得到脆弱性指数(D)。

$$D = D_r D_w + R_r R_w + A_r A_w + S_r S_w + T_r T_w + I_r I_w + C_r C_w$$

式中, 下标 w 表示权重, r 表示评分。

DRASTIC 指数只能用来表示不同区域地下水的相对脆弱程度, 而不是表示某一区域地下水脆弱的绝对数值。根据地下水脆弱性指数由小到大我们将地下水脆弱性划分为五个等级: 低、较低、中等、较高和高。这五个不同的级别能够相对的反映地下水脆弱性的情况, 脆弱性指数较高的区域其地下水系统相对更容易被污染。

3.2. 数据来源

本次研究以沈北新区为研究区, 选取该地区的相关指标数据进行计算分析。水文地质参数数据来自《辽宁省水文地质图集》、《沈阳市地下水监测点优选方法研究》、《沈阳土壤》、《沈阳土种志》、《沈阳土地资源》、《辽宁国土规划》、《沈阳市土地志》、《沈阳市水利志 2001~2005》等资料。在该研究区内选取 68 个采样点, 通过收集资料, 对这些采样点的七个指标进行分析。并结合 ArcGIS 软件和 SPSS 进行数据分析。

4. 评价结果与分析

运用 SPSS15.0 软件分析地下水脆弱性指标的统计数据, 其中, 双尾检验(Asymp. Sig. (2-tailed))和 Q-QPlot 图来分析数据是否满足正态分布[8], 以确定能否用于空间插值。样本数据正态检验结果如表 1 所示, 通过 Q-Q 图(图 2)进一步确认是否服从正态分布。

Table 1. Classical statistical description of shallow groundwater vulnerability in the study area
表 1. 研究区浅层地下水脆弱性经典统计描述

指标	样本数	最小值	最大值	均值	标准差	偏度	峰度	Sig.
脆弱性	68	84	166	134.40	24.84	0.23	1.253	1.724

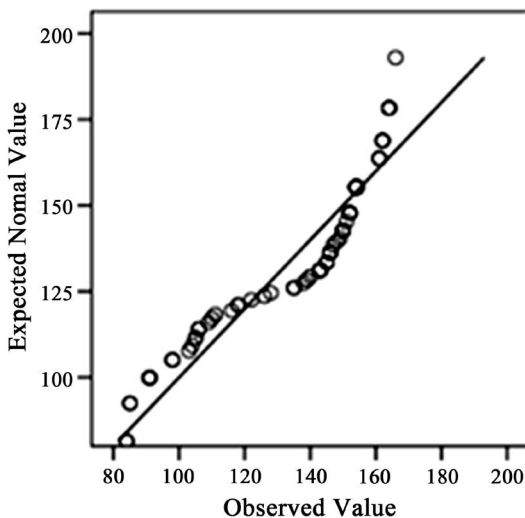


Figure 2. Q-QPlot diagram of normal distribution of shallow groundwater vulnerability in the study area
图 2. 研究区浅层地下水脆弱性正态分布 Q-QPlot 图

因为变异函数的数据需要符合正态分布，由表 1 经典统计描述得出，根据 K-S 检验的结果 $\text{Sig.} > 0.05$ 服从正态分布。用 Q-Q 图进一步测试数据是否服从正态分布，图 2 显示：脆弱性指标均匀分布在直线 $y = x$ 轴两侧，展示了正态分布。由统计分析结果可知脆弱性数据能够应用于地统计学分析。利用 GS+地统计软件和 ArcGIS10.5 软件中克里格空间插值法将取样点数据转化成具有连续分布特征的面状数据，得到沈北新区浅层地下水脆弱性空间分布图(图 3)。

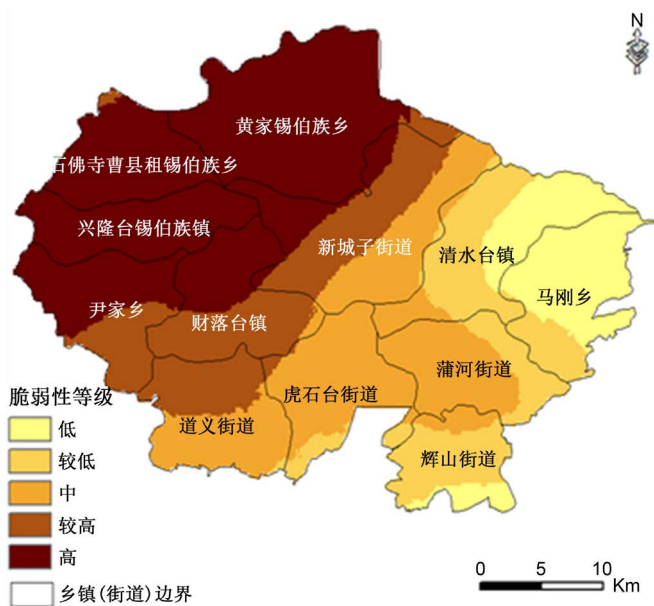


Figure 3. Spatial distribution map of shallow groundwater vulnerability in the study area
图 3. 研究区浅层地下水脆弱性空间分布图

该地区黄家乡、石佛寺和兴隆台地区地下水脆弱性较高，主要原因可能是西北部地下水埋深浅，土地开发程度高，多为集中开发的水田，化肥农药量投入大，东部海拔相对较高，多为丘陵山地，地下水埋深较深，受人类活动影响小，森林和植被覆盖率高，地下水不易遭到影响，其地下水脆弱性低。

5. 结论

本次研究以沈北新区为例, 通过实地监测和资料查询, 土壤、地形、水文地质等专题图件处理获得数据, 构建了 DRASTIC 模型, 处理得到各样点脆弱性数据, 经过统计学分析, 验证数据精度, 制得沈北新区浅层地下水固有脆弱性空间分布图, 提出该地区地下水风险分区和管理建议: 地下水脆弱性分布区域均从西北至东南依次递减, 呈梯度分布; 整体上, 平原地区地下水脆弱性较高而低山丘陵区脆弱性相对较低。针对地下水固有脆弱性分布现状, 建议加强西南部石佛寺镇、黄家镇和兴隆台镇地下水取水管理, 严格限制污染型产业引入, 中部新城子街道和南部虎石台街道应加强水质监测效率, 增加检测指标, 密切关注地下水质量变化情况, 提高地下水管理水平。

参考文献

- [1] AL-Zabet, T. (2002) Evaluation of Aquifer Vulnerability to Contamination Potential Using the DRASTIC Method. *Environmental Geology*, **43**, 203-208. <https://doi.org/10.1007/s00254-002-0645-5>
- [2] Tirumalaivasan, D., Karnegan, M. and Venugopal, K. (2003) AHP-DRASTIC: Software for Specific Aquifer Vulnerability Assessment Using DRASTIC Model and GIS. *Environmental Modelling & Software*, **18**, 645-656. [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(03\)00051-3](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(03)00051-3)
- [3] Panagopoulos, G.P., et al. (2006) Optimization of the DRASTIC Method for Groundwater Vulnerability Assessment via the Use of Simple Statistical Methods and GIS. *Hydrogeology Journal*, **14**, 894-911.
- [4] 张少坤, 付强, 张少东, 等. 基于 GIS 与熵权的 DRASCLP 模型在地下水脆弱性评价中的应用[J]. 水土保持研究, 2008, 15(4): 134-141.
- [5] 孙才志, 左海军, 栾天新. 下辽河平原地下水脆弱性研究[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2007, 37(5): 943-948.
- [6] 孙爱荣, 周爱国, 梁合诚, 等. 南昌市地下水易污性评价指标体系探讨[J]. 人民长江, 2007, 38(6): 10-12.
- [7] 孙才志, 奚旭, 董璐. 基于 ArcGIS 的下辽河平原地下水脆弱性评价及空间结构分析[J]. 生态学报, 2015, 35(20): 6635-6646.
- [8] 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.