

基于GIS的DRASTIC下辽河平原地区地下水防污性评价

赵旭,陈曦

辽宁省地质矿产调查院,辽宁 沈阳 110031

摘要 在运用基于GIS的DRASTIC评价方法,对下辽河平原潜水的防污性进行评价的过程中,分析了影响下辽河平原固有防污性的最主要的7个水文地质参数,分别评价各个因子。利用GIS的空间分析功能中区的合并分析功能,依次对各单指标分级图进行区合并操作,合并后生成区文件,绘制出防污性分布图。结果表明,防污性能较差区主要分布在辽河平原河谷地带,面积2 993.51 km²,占全区总面积的12.78%。评价结果有利于合理利用土地,有效保护地下水资源和防止地下水污染。

关键词 DRASTIC方法;GIS;下辽河平原;地下水;防污性

DOI:10.13686/j.cnki.dzyzy.2015.04.019

ASSESSMENT OF GROUNDWATER VULNERABILITY IN THE LOWER LIAOHE RIVER PLAIN WITH DRASTIC METHOD BASED ON GIS

ZHAO Xu, CHEN Xi

Liaoning Institute of Geological and Mineral Survey, Shenyang 110031, China

Abstract :The authors evaluate the groundwater vulnerability in the Lower Liaohe River Plain with GIS-based DRASTIC method, analyze 7 major hydrogeological parameters that affect the vulnerability, and evaluate each factor respectively. Using merger analysis of spatial analysis function in GIS, the classification graphs for each single index are integrated to generate zone files and vulnerability map. The result shows that the areas with poor antifouling property are mainly distributed in the valleys of Lower Liaohe River Plain, with an area of 2993.51 km², accounting for 12.78% of the total. The assessment result is beneficial to the rational utilization of land and effective protection of groundwater resources.

Key words :DRASTIC method; GIS; Lower Liaohe River Plain; groundwater; vulnerability

1 区域自然地理条件

下辽河平原位于辽宁省中部,地处辽东及辽西山之间,辽北丘陵的西南部,倾向辽东湾,由辽河等水系冲积而成。地势低平,总体由北向南缓倾,地面总体标高在50 m以下,向两侧辽东、辽西丘陵山地过渡地区地形增高。平原内,地面坡降较小,分布有大面积沼泽洼地、河滩及牛轭湖。下辽河平原行政区划涉及沈阳、铁岭、抚顺、辽阳、鞍山、阜新、营口、盘锦和锦州9个地级市,总面积约23 470 km²。下辽河平原地处中纬度地带,属暖温带大陆性半湿润、半干旱季风气候区,年平均降水量为623.2 mm,多年平均蒸发量为1 669.6 mm。春季降水少,空气干燥,多偏南

风,蒸发量大,平均蒸发量达600 mm,降水量小,平均为90 mm;夏季多南风,气候湿热,平均降水量可达390 mm;秋季多晴朗天气,气温明显转凉,降水量剧减,平均降水量不足120 mm;冬季寒冷,降水量小,平均降水量仅有13 mm。下辽河平原区河流发育,有辽河水系、绕阳河水系、大凌河水系及小凌河水系。其中辽河是辽宁省第一条大河,全长1 390 km,流域面积21.9×10⁴ km²,在辽宁境内长480 km,流域面积为6.092×10⁴ km²。

2 地下水防污性的影响因素分析

地下水防污性^[1]是指地下水环境由于自然条件变

收稿日期:2014-09-20 修回日期:2015-03-28 编辑:张哲

作者简介:赵旭(1982—),男,工程师,从事水文地质、工程地质、环境地质方面的研究工作,通信地址:辽宁省沈阳市皇姑区宁山路42号羽丰大厦,E-mail:68348934@qq.com

化和人类活动影响遭受破坏带来的一系列问题的敏感程度,它反映了地下水环境自我防护能力.从另一个角度来看,地下水防污性就是指地下水的易污染性^[2].地下水防污性依赖于各种因素,往往与含水层结构、埋藏条件、水动力条件、地下水形成条件及地下水环境对各种污染物自我防护能力的各种影响因素密切相关^[3-4].影响地下水固有防污性的主要因素有补给量、土壤介质、包气带、饱和带,次要因素还有地形、地表水和下伏含水层.影响补给量的主要因素有降水量、蒸发量、温度等;对介质而言主要考虑土壤的结构、构造、厚度和有机质、黏土含量、土壤含水量等;包气带的特征和其潜在吸附、降解能力对研究地下水的防污性程度起决定性作用.主要涉及到的参数为厚度、岩性和垂直渗透性.含水层结构、分布及埋藏条件是地下水防污性的主要因素,主要考虑含水层的类型和形状、孔隙度、渗透系数、储存特性、传递系数等.地下水的水动力条件指含水层的导水系数、流速及水力坡度等.

3 地下水防污性评价方法

3.1 评价体系的建立

地下水环境均具有某种程度的防污性,其影响因素具有多样性和复杂性.地下水防污性是相对的,影响其防污性的原因很多.因此,按照中国地质调查局地质调查技术标准,结合下辽河平原实际情况,选取 DRASTIC 法作为此次评价方法.该方法为地下水防污性能评价的典型方法,是目前应用最为广泛且成功的一种评价方法.

DRASTIC 指标法是一种参数加权得分法,对应的是 7 项水文地质参数(因素)^[5-6]评价指标的加权值.这 7 项水文地质因素分别为地下水埋深(D)、净补给(R)、含水层介质(A)、土壤介质(S)、地面坡度(I)、包气带介质(I)和含水层的水力传导系数(C)^[4].DRASTIC 地下水防污性指标^[7]由式(1)确定.

DRASTIC 指标= $W_D R_D + W_R R_R + W_A R_A + W_S R_S + W_T R_T + W_I R_I + W_C R_C$ (1)

式中 R 表示指标值, W 表示指标的权重.

3.2 评价指标权重的确定

按指标对防污性能影响的大小分别给予权重经验值,见表 1.

表 1 地下水防污性能评价指标权重
Table 1 Evaluation index weight of groundwater vulnerability

评价指标	D	R	A	S	T	I	C
权重值	5	4	3	2	1	5	3

3.3 评价指标的分级

根据(1)式计算出的 DRASTIC 指标为防污性能评价指标数值,范围为 23~230,平均分为 5 个等级(如表 2).值越高,防污性能越差;反之防污性能越好.

表 2 地下水防污性能评价指数分级标准
Table 2 Evaluation index grading standard of groundwater vulnerability

防污性能分级	很好	较好	中等	较差	很差
防污性能综合评分值	23~70	70~110	110~150	150~190	190~230

4 地下水防污性能评价

4.1 单指标分级图

利用 GIS 的矢量化制图功能,设置相应的属性结构,按照表 3 中各指标评分值进行分级,编制单指标图,并以区文件的形式存储.7 个指标的分级图见图 1~7.

表 3 下辽河平原区含水层参数分区值
Table 3 Partition parameters of aquifer in Lower Liaohe River Plain

代号	水均衡分区	降雨入渗系数(α)	潜水蒸发系数(ε)
1	辽河石佛寺以上	0.22	0.05
2	辽河石佛寺以下	0.26	0.07
3	柳河	0.31	0.06
4	柳河口以下区间	0.22	0.07
5	绕阳河	0.25	0.06
6	浑河	0.20	0.06
7	太子河	0.18	0.05
8	大辽河	0.19	0.07
9	大清河-大辽河	0.18	0.07
10	大凌河	0.31	0.01
11	小凌河	0.26	0.01

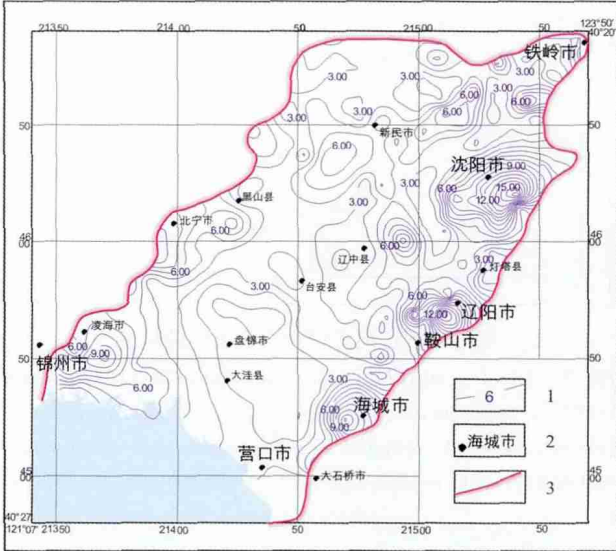


图 1 下辽河平原潜水水位埋深等值图
Fig. 1 Isogram for depth of phreatic water level in Lower Liaohe River Plain
1—水位埋深等值线 (isopleth of groundwater depth); 2—县市位置 (city); 3—下辽河平原边界 (boundary of Lower Liaohe River Plain)

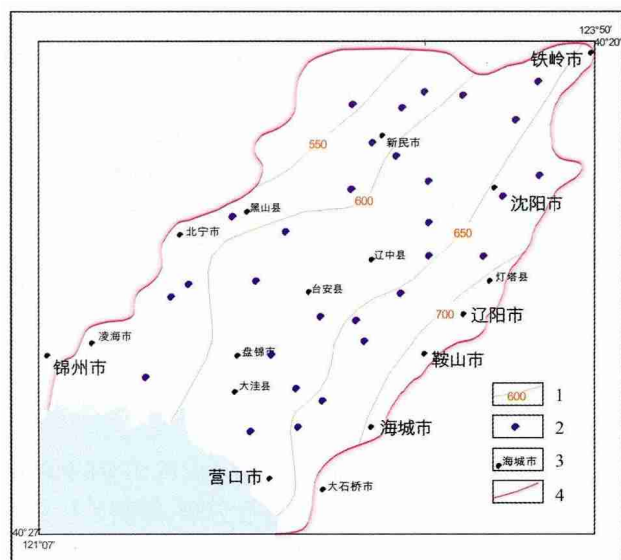


图 2 下辽河平原近年平均降雨量等值线

Fig. 2 Average rainfall isogram for Lower Liaohe River Plain in recent years

1—降水量等值线 (rainfall isopleth) 2—降雨站位置 (rainfall station) ;
3—县市位置 (city) 4—下辽河平原边界 (boundary of Lower Liaohe River Plain)

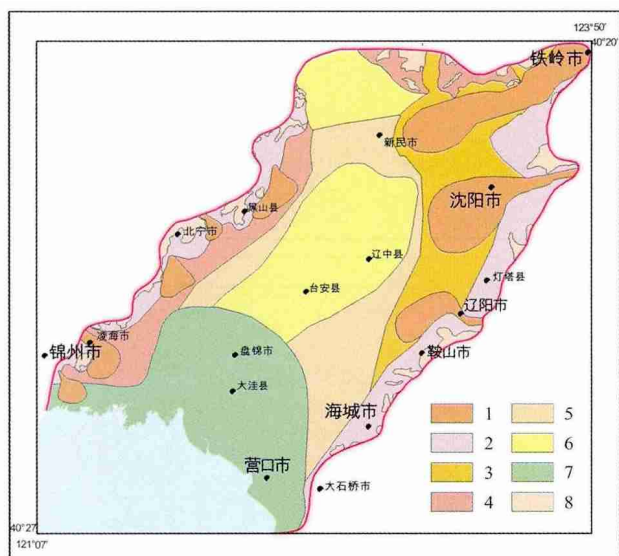


图 3 下辽河平原含水层岩性分区图

Fig. 3 Lithology distribution of Lower Liaohe River Plain aquifer

1—砂含石 (stone with sand) 2—粗砂含砾 (coarse sand with gravel) 3—粗砂 (coarse sand) 4—中粗砂含砾 (medium-coarse sand with gravel) 5—中砂 (medium sand) 6—细砂 (fine sand) 7—粉细砂 (silty-fine sand) 8—基岩 (bed rock)

4.2 评价过程及结果分析

在属性数据库的基础上, 利用 GIS 的空间分析功能中区对区的合并分析功能, 依次对各单指标分级图进行区合并操作, 合并后生成区文件. 由计算公式, 得

出研究区地下水防污性能评价指数 DI 范围为 71~188. 按照结果分级标准, 分为 3 级类型区, 即防污性能较差区、防污性能中等区和防污性能较好区, 并绘制研究区浅层地下水防污性能评价分区图 (图 4).

(I) 防污性能较差区 主要分布在下辽河平原河谷地带, 面积 2 993.51 km², 占全区总面积的 12.78%. 地下水埋深较浅, 污染物传播过程中与包气带介质接触时间较短, 容易受到污染物污染, 含水层介质主要为砂

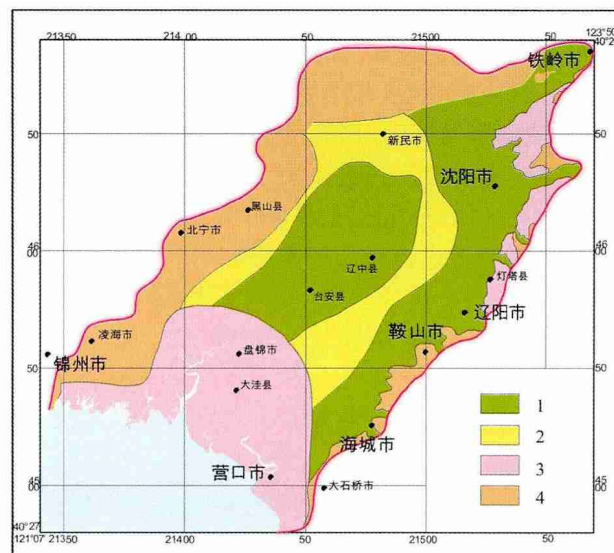


图 4 下辽河平原地表岩性分区图

Fig. 4 Surface lithology distribution of Lower Liaohe River Plain

1—亚黏土 (loam) 2—粉砂质亚黏土 (silty loam) 3—黏土质亚黏土 (clayey loam) 4—砂质亚黏土 (sandy loam)

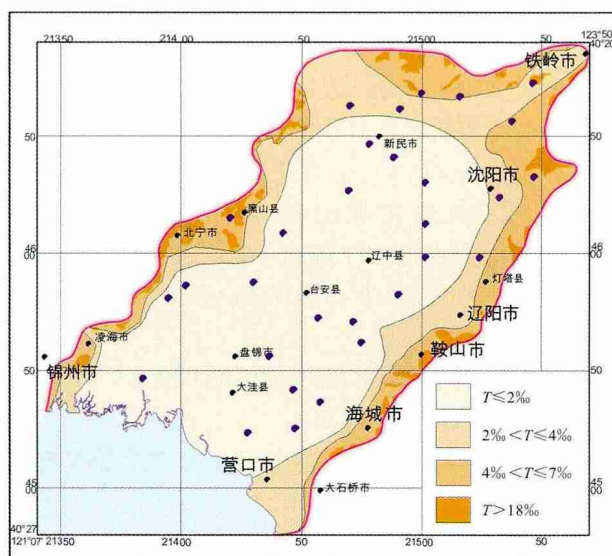


图 5 下辽河平原地形坡度分区图

Fig. 5 Topographic slope partition map of Lower Liaohe River Plain

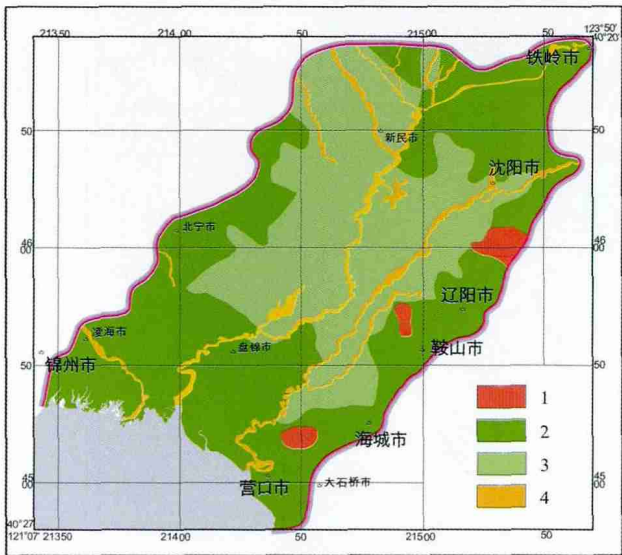


图 6 下辽河平原包气带岩性分区图

Fig. 6 Lithology distribution of aeration zone in Lower Liaohe River Plain

1—黏土 (clay) 2—亚黏土 (loam) 3—亚砂土 (clayey silt) 4—砂类土 (sandy soil)



图 7 下辽河平原区含水层厚度等值线图

Fig. 7 Thickness isogram of Lower Liaohe River Plain aquifer

1—含水层厚度等值线 (aquifer thickness isopleth) 2—下辽河平原边界 (boundary of Lower Liaohe River Plain)

类土, 颗粒较粗, 渗透性好, 污染物的衰减能力较差, 自净能力较差. 利用 DRASTIC 评价方法, DRASTIC 指标在 150~190.

(2) 防污性能中等区: 该区分布面积广泛, 进一步划分为地下水防污性能中等偏好区与地下水防污性能中等偏差区.

地下水防污性能中等偏差区: 主要分布在下辽河平原中部地带, 面积 7 102.36 km², 占全区总面积的 30.34%. 该区包气带岩性主要为亚砂土和粉砂质亚黏土, 颗粒大小中等, 污染运移能力中等, 吸附降解能力中等; 含水层介质岩性为中细砂, 颗粒大小中等, 渗透性中等, 自净能力中等. 利用 DRASTIC 评价方法, DRASTIC 指标在 130~150.

地下水防污性能中等偏好区: 主要分布在下辽河平原东西两侧山前地带、南部沿海地带, 面积 12 734.85 km², 占全区总面积的 54.40%. 该区包气带岩性主要为亚黏土, 颗粒较细, 污染物运移能力差, 吸附降解能力强. 但是该区含水层介质主要为粗砂含砾, 颗粒较大, 渗透性较好, 自净较差. 地形坡度较大, 水力传导系数较大, 污染物传播速度较快, 污染物扩散能力较强. 根据上述性质利用 DRASTIC 评价方法, DRASTIC 指标在 110~130.

(3) 防污性能较好区: 主要分布在下辽河平原东南部, 面积 580.28 km², 占全区总面积的 2.48%. 该区含水层介质岩性主要为细砂, 颗粒细小, 渗透性较差, 自净能力较强. 地形坡度较小, 水力传导系数较小, 污染物传播速度慢, 扩散能力较差. 根据上述性质利用 DRASTIC 评价方法, DRASTIC 指标在 70~110.

5 结论

本文在下辽河平原地下水污染评价的基础上, 采用基于 DRASTIC 的评价方法, 选取了地下水埋深、补给量、包气带岩性、渗流区岩性、含水层岩性、地形坡度、渗透系数等 7 个最主要的地下水防污性影响因素, 对下辽河平原地下水防污性进行了评价. 结果表明, 在自然条件影响下, 下辽河平原地下水防污性能较差区主要分布在下辽河平原河谷地带. 该研究结果对下辽河平原的土地利用和水资源保护具有一定的参考价值.

参考文献:

[1] 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, 35 (5): 943—948.
[2] 贺新春, 邵东国, 陈南祥, 等. 地下水防污性分区研究 [J]. 武汉大学学报: 工学版, 2005, 38 (1): 73—78.
[3] 张立杰, 巩中友, 孙香太. 地下水防污性的模糊综合评判 [J]. 哈尔滨师范大学自然学报, 2001, 18 (2): 109—112.
[4] Al-Zabet T. Evaluation of aquifer vulnerability to contamination potential using the DRASTIC method [J]. Environmental Geology, 2002, 43: 203—208.
[5] 单良, 左海军. 基于 DRASTIC 模型的下辽河平原地下水环境脆弱性

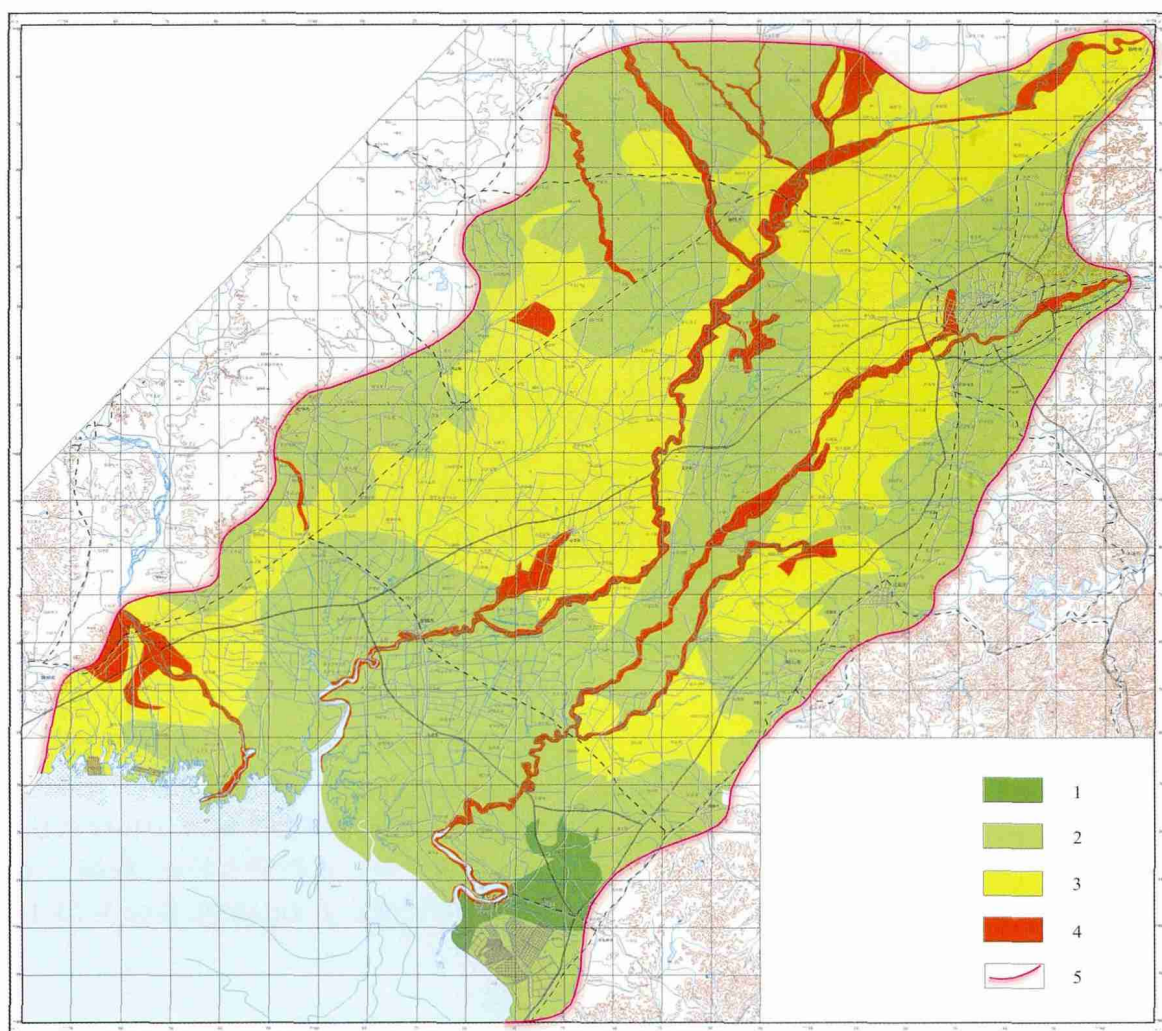


图 8 下辽河平原地下水防污性能评价分区图

Fig. 8 Groundwater vulnerability assessment partition map of Lower Liaohe River Plain

1—防污性能较好区 ($70 < DI \leq 110$, good antifouling area) 2—防污性能中等偏好区 ($110 < DI \leq 130$, medium-to-good antifouling area) 3—防污性能中等偏差区 ($130 < DI \leq 150$, poor-to-medium antifouling area) 4—防污性能较差区 ($150 < DI \leq 190$, poor antifouling area) 5—工作区界线 (boundary of study area)

评价体系 [J]. 辽宁师范大学学报 自然科学版, 2006, 29 (2): 241—244

[6] 周惠成, 王国利. 基于 DRASTIC 模糊含水层易污染性模糊综合评价

[J]. 大连理工大学学报, 2001 (3): 212—215.

[7] Lobo-Ferrera J P. DRASTIC groundwater vulnerability mapping of Portugal [C]. Proceedings, Congress of the International Association of Hydraulic Research, IAHR- R, 1997: 132—137.