

基于 DRASTIC 的山东省丘陵山区地下水防污性能评价

李爱军,张丰

(山东省鲁南地质工程勘察院,山东 济宁 272100)

摘要:地下水防污性能评价是研究和预防地下水污染的一种有效途径。在分析山东省丘陵山区地质、水文地质条件的基础上,选用 DRASTIC 评价方法,评价了其地下水防污性能,获得了山东省丘陵山区地下水防污性能分区图,其成果可为水行政主管部门对含水层保护和水资源配置提供科学参考。

关键词:丘陵山区;DRASTIC;防污性能;地下水

中图分类号:X824

文献标识码:B

引文格式:李爱军,张丰.基于 DRASTIC 的山东省丘陵山区地下水防污性能评价[J].山东国土资源,2015,31(5):62-66.LI Aijun,ZHANG Feng. Groundwater Vulnerability Assessment in the Hilly and Mountain Area of Shandong Province Based on DRASTIC[J].Shandong Land and Resources,2015,31(5):62-66.

近年来,随着山东省丘陵山区人口日益增长和社会经济的快速发展,工业“三废”、生活污水、农药化肥等污染源不断增多,极易引起地下水水质恶化,进而威胁以地下水作为饮用水源的人体健康。而地下水防污性能评价是研究和预防地下水污染的一种有效途径。该文选用目前国内外应用最为广泛的 DRASTIC 评价方法,对山东省丘陵山区地下水防污性能进行评价,可为该区域预防地下水污染、保护地下水环境提供科学依据。

1 DRASTIC 评价方法简介

DRASTIC 评价方法是由美国环境保护局和美国水井协会于 1985 年提出。该方法选取对地下水防污性能影响大且资料容易获取的 7 个因子:地下水埋深 D 、净补给量 R 、含水层介质 A 、土壤介质 S 、地形坡度 T 、包气带影响 I 、含水层水力传导系数 C 作为评价因子。按各因子对防污性能影响的大小分别给予权重值,影响最大的权重值为 5,影响最小的为 1,权重值一般是不变的常数。7 个因子分为两类: D, R, T, C 因子属数值分类;因子 A, S, I 属介质分类。每个因子被细分为不同的数值范围(数值

分类因子,如 D)或介质类型(介质分类因子,如 A),用 1~10 的指标值量化各因子数值范围和介质类型对地下水污染的可能影响,防污性能最好的数值范围或介质类型评分为 1,最差的评分为 10。最后用公式(1)计算 DRASTIC 指数(该文称其为地下水防污性能指数)。地下水防污性能指数越大,相应区域的地下水相对防污性能越差,该区域的地下水相对来说越容易遭受污染;反之,地下水相对防污性能越好,越不易遭受污染。

$$DI = D_w D_R + R_w R_R + A_w A_R + S_w S_R + T_w T_R + I_w I_R + C_w C_R \quad (1)$$

式中: DI 为地下水防污性能指数,下标 W 表示该因子的权重,下标 R 表示该因子的评分值。

DRASTIC 评价方法自被提出以来,凭借其原理简单、容易实现、结果合理等优点,已成为目前国内外地下水防污性能评价中应用最为广泛的一种方法^[1-3]。该方法先后被美国、加拿大、南非、欧盟、中国等国家采用^[4-7]。

2 山东省丘陵山区概况

2.1 自然地理

山东省丘陵山区为除鲁西北、鲁西南平原区以

收稿日期:2014-09-29;修订日期:2014-12-02;编辑:曹丽丽

作者简介:李爱军(1982—),女,满族,辽宁丹东人,工程师,主要从事水工环地质工作;E-mail:26977886@qq.com

外的山东省所有地区,包括鲁中南中低山丘陵区、鲁东低山丘陵区及胶莱盆地,具体包括枣庄、临沂、日照、泰安、莱芜、青岛、烟台、威海全部行政区和济南、淄博、潍坊、济宁部分行政区域,总面积约 8.8 万 km^2 。属暖温带季风气候区,多年平均气温 14°C ,气温变化趋势自东北沿海向西南内陆地区逐渐升高。多年平均降水量为 550~950 mm,时空分配很不均衡;时间上,年内分配具有明显的季节性,全年降雨量的 70%~75%集中在汛期,年际间则存在着明显的丰、枯交替现象;空间上,降水量由东南部山区向西北平原逐渐减少,鲁中南山区为 600~900 mm,半岛地区为 500~800 mm。区内水系较为发达,河湖交错,水网密布。地貌单元分为鲁中南构造侵蚀为主中低山丘陵区 and 鲁东半岛剥蚀构造为主低山丘陵区。

2.2 水文地质条件

根据含水介质岩性组合及地下水的赋存特征,区内可划分为 5 种含水岩组类型。

(1)松散岩类孔隙含水岩组:广泛分布于山前冲洪积平原、鲁中南山区的山间盆地以及鲁东丘陵区的滨海河谷地区。

山前冲洪积平原:主要在沂沭断裂带附近,松散岩层厚度由山前外围地区逐渐增大,大部分地区厚度 50~200 m;含水砂层发育厚度一般 5~30 m,岩性以中粗砂或含砾中粗砂为主,颗粒粗、透水性好,富水性强,单井涌水量一般为 1 000~5 000 m^3/d ;地下水位埋深由山前往平原地区逐步变浅,一般地区埋深 4~10 m。

鲁中南山间盆地及鲁东滨海河谷地区:松散岩层主要分布在河谷的两侧,岩性多为洪积和残、坡积的粉质粘土、粘质粉土夹卵砾石或碎石,近河谷地带分布有粗砂层及粗砂夹砾石层,累计厚度一般小于 20 m,垂向分布多呈现上部粘性土、下部砂性土的双层结构特征;含水层厚度自上游到下游逐渐增大,自河道向两侧逐步变薄,一般厚度 3~10 m,单井涌水量一般 1000 m^3/d 左右,部分面积较大的河谷平原地区地下水补给条件优越,富水性强,单井涌水量 1 000~3 000 m^3/d 。

(2)碎屑岩类孔隙裂隙含水岩组:主要分布于鲁中南山区的断陷盆地、单斜前缘和鲁东丘陵的胶莱盆地等地区;除在鲁中南山区和鲁东丘陵区有部分出露,其他地区均隐伏于松散岩层之下;组成岩性为

砂岩、页岩及砾岩或砂岩、页岩夹煤层、灰岩等;含水层裂隙、孔隙发育差、富水性弱,单井涌水量一般小于 100 m^3/d ,水位埋深多在 10 m 以浅。

(3)碳酸盐岩类裂隙岩溶含水岩组:广泛分布于鲁中南山区及其外围近山前地带,组成岩性主要为灰岩、白云岩及泥灰岩等,地下水赋存于灰岩、白云岩的溶蚀裂隙和溶洞中;石灰岩山区,含水层一般发育较差,富水性较弱,单井涌水量多小于 500 m^3/d ,在有利的地貌、构造部位单井涌水量 500~1 000 m^3/d ,局部地段可达 1 000~3 000 m^3/d ;山前隐伏地区,灰岩裂隙岩溶发育程度较高,含水层富水性强,单井涌水量一般 1 000~5 000 m^3/d ,部分强富水地段单井涌水量大于 5 000 m^3/d ,最大可达 10 000 m^3/d 以上;水位埋深自山区到隐伏区逐渐变浅,山区一般埋深 20~50 m,最大埋深大于 100 m;隐伏区水位埋深一般在 5~10 m 之间。

(4)岩浆岩类孔洞及裂隙含水岩组:主要分布于鲁东丘陵区和沂沭断裂带,鲁中南山区有部分分布;组成岩性为花岗岩、闪长岩、玄武岩、安山岩等侵入岩或喷出岩,地下水赋存于岩石的风化、构造裂隙及风化壳中,含水层发育厚度小、储存空间差、富水性弱,单井涌水量大部分地区小于 100 m^3/d ;水位埋深一般小于 5 m。

(5)变质岩类裂隙及岩溶裂隙含水岩组:大面积出露于鲁中南山区及鲁东丘陵地区,组成岩性主要为片麻岩、片岩、板岩夹大理岩、灰岩等;含水层总体发育状况差,富水性弱,单井涌水量多小于 100 m^3/d ;部分大理岩分布地段岩溶、裂隙较发育,富水性相对好一些,单井涌水量 100~500 m^3/d ,局部补给、蓄存条件较好的地段单井涌水量可达 1 000~3 000 m^3/d ;水位埋深一般小于 10 m。

3 地下水防污性能评价

3.1 评价因子的选取

科学合理地选取地下水防污性能评价因子,既要尽可能地反映评价因子对地下水防污性能的影响,又要考虑评价区客观的地质、水文地质条件及资料获取情况。评价区内,村镇地表多为建筑物或人工填土所覆盖,因此将土壤介质 S 作为一个评价因子不合适;此外,受资料所限,无法获得包气带影响 I 的相关资料,但考虑到评价区涉及范围较大,且主

要为丘陵山区,而 DRASTIC 方法中包气带影响 I 在小范围区域中作为评价因子较合适,结合实际情况,选用第四系厚度 Q 作为一个评价因子替代包气带影响 I;若第四系厚度 Q 大于地下水埋深,其厚度值以地下水埋深为准^[8-9]。

山东省丘陵山区地下水防污性能评价选取 6 个评价因子即地下水埋深 D、净补给量 R、含水层介质 A、地形坡度 T、含水层水力传导系数 C 及第四系厚度 Q。

3.2 评价因子评分体系

DRASTIC 评价方法用 1~10 的指标量化得分代表各因子数值范围或介质类型,指标量化得分越低,地下水防污性能越好,指标量化得分越高,地下水防污性能越差。选取 6 个评价因子的数值分布范围或介质类型,结合 DRASTIC 评价方法的因子评分体系,建立该次评价的因子评分体系(表 1)。

表 1 评价因子评分体系

地下水埋深 D		净补给量 R		含水层介质 A	
埋深/m	评分	净补给量/mm	评分	介质	评分
<5	4	<50	1	块状页岩	1
5~10	3	50~100	2	变质岩、火成岩	2
10~20	2	100~200	3	砂砾岩	3
>20	1	>200	4	岩溶发育灰岩	4
地形坡度 T		含水层水力传导系数 C		第四系厚度 Q	
坡度/%	评分	C/m.d ⁻¹	评分	厚度/m	评分
<5	4	<20	1	<5	4
5~10	3	20~40	2	5~10	3
10~18	2	40~80	3	10~20	2
>18	1	>80	4	>20	1

3.3 评价因子权重体系

评价因子的相对权重反映其对地下水防污性能“贡献”的大小。权重值与贡献度成正比,在 DRAS-TIC 评价方法中,给定每个因子一个相应的权重,范围为 1~5,对地下水污染影响程度最小的因子权重为 1,影响最显著的因子权重为 5。该次评价相对于 DRASTIC 评价方法,评价因子作了调整,若照搬其权重体系,就脱离实际,因此,该次评价据各因子的数值范围与介质类型及其对地下水防污性能影响的程度,确定了各因子的相对权重(表 2)。

3.4 评价结果及分区

根据评价区 101 个取样点各评价因子的数值范围和介质类型,对照表 1 得到各评价因子的评分,结合表 2 各评价因子的权重,利用公式(1)计算求得各

取样点的地下水防污性能指数 DI。地下水防污性能指数 DI 越高,则地下水防污性能越差。按地下水防污性能指数 DI 将评价区地下水防污性能分为 4 级:防污性能高区(I)、防污性能较高区(II)、防污性能较低区(III)、防污性能低区(IV)。具体分级标准见表 3。

表 2 评价因子权重体系

评价因子	权重
地下水埋深 D	5
净补给量 R	4
含水层介质 A	3
地形坡度 T	1
含水层水力传导系数 C	4
第四系厚度 Q	5

表 3 地下水防污性能分级标准

地下水防污性能指数 DI	级别
$22 \leq DI \leq 40$	防污性能高区(I)
$40 < DI \leq 55$	防污性能较高区(II)
$55 < DI \leq 70$	防污性能较低区(III)
$70 < DI \leq 88$	防污性能低区(IV)

根据评价区地下水防污性能分级标准,绘制了评价区地下水防污性能分区图(图 1)。具体分区如下:

(1)防污性能低区(IV):其分区主要有 2 种类型,第一种是分布在大汶河、沂河、沭河、淄河、弥河、潍河、孝妇河、泗河、大沽河段富水性大的地段,绣针河和付疃河下游一带,区内为第四系孔隙水,地下水埋深浅,普遍小于 10 m,富水性大,受污染河流对其补给量大;第二种类型分布在泗水息陬、肥城胡屯、临沂城区西部、枣庄十里泉、渴口水源地附近以及临淄区大武-湖田一带,区内主要开采岩溶水,区内第四系厚度小,受补给量大,主要影响因子为含水层介质 A 及含水层水力传导系数 C,DI 值在 70~88 之间。

(2)防污性能较低区(III):主要分布在防污性能低区外围以及枣庄城区及蟠龙河附近、荣成崂山镇、峡山水库南部潍河附近、高密-平度一带,其 DI 值在 55~70 之间;区内地下水埋深 5~15 m,富水性较大,净补给量 100~200 mm,含水层岩性为砂砾岩和岩溶较发育灰岩,地形坡度普遍小于 5%,此外,沿海地段由于地下水开采影响,虽然地下水埋深变大,但是间接增加了净补给量和含水层水力传导系数,导致防污性能较低。

(3)防污性能较高区(II):呈带状分布在防污性能较低区外围,苍山西南、淄博-萌水镇以及大部分第四系厚度较薄地带;地形坡度小于 10%,净补给量 50~

100 mm,含水层水力传导系数为 20~40 m/d,富水性较弱,DI 值为 40~55。

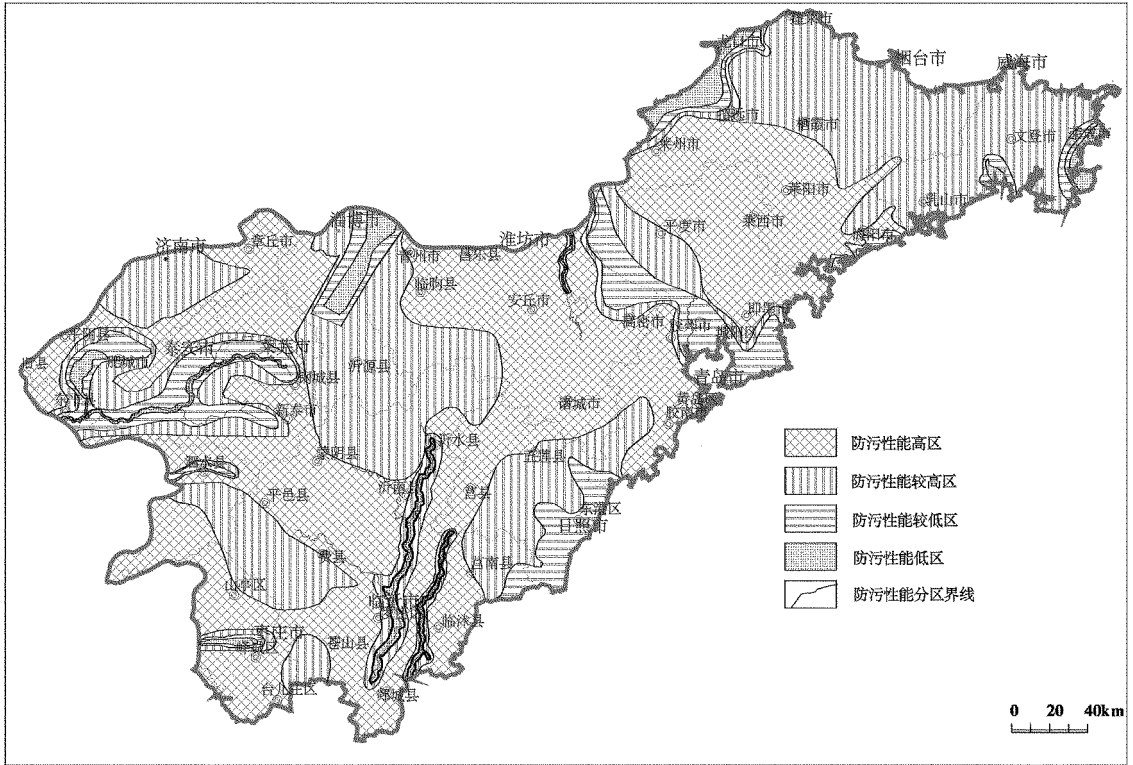


图 1 评价区地下水防污性能分区图

(4)防污性能高区(I):评价区内的其他地段,山区丘陵地带,地形坡度大,含水层岩性以变质岩、火成岩以及块状页岩为主,部分地段虽然第四系厚度小,但由于其富水性弱,地下水埋深大,含水层水力传导系数小,DI 值在 22~40 之间。

4 结语

该文结合山东省丘陵山区的地质、水文地质条件,对 DRASTIC 方法的评价因子、评价因子评分及权重进行了调整。利用调整后的 DRASTIC 方法,评价了山东省丘陵山区的地下水防污性能。评价结果表明,调整后的 DRASTIC 方法更加符合研究区的实际情况,划分的地下水防污性能分区更加科学合理。

参考文献:

[1] 于向前,李云峰,赵义平,等.基于 DRASTIC 的地下水防污性

能评价组合权重分配方法[J].地球与环境,2012,40(4):568-572.
 [2] 张泰丽,冯小铭,刘红樱,等.基于 DRASTIC 的丽水市地下水防污性能评价[J].地球与环境,2012,40(1):115-120.
 [3] 左海凤,魏加华,王光谦.DRASTIC 地下水防污性能评价因子赋权[J].水资源保护,2008,24(2):22-33.
 [4] 张翼龙,陈宗宇,曹文庚,等.DRASTIC 与同位素方法在内蒙古呼和浩特市地下水防污性评价中的应用[J].地球学报,2012,33(5):819-825.
 [5] 王玉莲,王振兴,钟振楠.威海市地下水防污性能评价[J].山东国土资源,2014,30(2):47-53.
 [6] 邹胜章,李灵娟,卢海平等.岩溶地下水系统防污性能评价方法[J].地球学报,2014,35(2):262-268.
 [7] 崔秀凌,李庚阳.银川市地下水防污性能研究[J].农业科学研究,2013,34(3):14-18.
 [8] 王禹,王赫生,朱春芳,等.综合指数影响评价模型在地下水防污性能评价中的应用[J].资源调查与环境,2014,35(3):225-230.
 [9] 刘春华,张光辉,王威,等.区域地下水系统防污性能评价方法探讨与验证——以鲁北平原为例[J].地球学报,2014,35(2):217-222.

Groundwater Vulnerability Assessment in the Hilly and Mountain Area of Shandong Province Based on DRASTIC

LI Aijun, ZHANG Feng

(Lunan Geo - engineering Exploration Institute, Shandong Jining 272100, China)

Abstract: Groundwater vulnerability assessment is an efficient way for the research and prevention of groundwater pollution. In this paper, on the basis of analyzing geological and hydrogeological conditions in the hilly and mountain area of Shandong province, by using DRASTIC method, groundwater vulnerability has been evaluated, and the zoning map of groundwater vulnerability assessment has been made. The research can provide scientific references for the department of water administration to protect the aquifer and configure the water resources.

Key words: Hilly and mountain area; DRASTIC; vulnerability; groundwater