

威海市地下水防污性能评价

王玉莲,王振兴,钟振楠

(山东省第六地质矿产勘查院,山东威海 264209)

摘要:地下水防污性能评价反映地下水遭受污染的可能性,可以为土地利用规划、地下水资源保护规划、地下水水质监测等提供科学依据。该文采用美国 EPA 地下水防污性能评价方法(DRASTIC),对威海市主城区范围内地下水防污性能进行了评价,为政府部门合理开采利用地下水提供了科学依据,有利于地下水资源保护和城市建设协调发展。

关键词:地下水;防污性能评价;威海市

中图分类号:TU991.11

文献标识码:B

0 引言

近年来,由于水资源短缺,人们对地下水资源的保护日益重视,因此,不同地质和水文地质条件下的地下水的防污性能评价研究成了国内外学者关注的热门课题^[1]。该文采用世界上使用最广泛的美国 DRASTIC 模型,并依据威海市的具体情况,对威海市地下水防污性能进行了评价。

该文地下水防污性能为天然防污性能(Intrinsic vulnerability),是指在一定的地质与水文地质条件下,人类活动产生的所有污染物进入地下水的难易程度,它与含水层所处的地质与水文地质条件有关,与污染物性质无关^[1]。

1 评价区自然概况

威海市位于胶东半岛最东端,东、西、北三面濒临黄海,北与辽东半岛相对,东及东南与朝鲜半岛和日本列岛隔海相望,西与烟台市接壤。威海市地处中纬度,属于北温带季风型大陆性气候,四季变化和季风进退都较明显。与同纬度的内陆地区相比,具有雨水丰富、年温适中、气候温和的特点。年平均气温 11~13℃,多年平均降水量 778.4 mm,多年平均日照 2 569.4 h。

威海市为低山丘陵区,地势起伏和缓,除少数山

峰海拔 500 m 以上外,大部分为 200~300 m 的波状丘陵。山体多岩石裸露,土层覆盖较薄,平原多为滨海平原和山前倾斜平原。

威海市无大河,但水系尚发育。在各山脉之间发育和分布着各类间歇性河流。由于山脉临近海岸,所以河流短促,流域面积与径流量小,季节性变化大。主要有五渚河、徐家河、羊亭河、张村河等,是境内地表径流入海的主要通道。

2 评价区水文地质条件

区内地下水类型较为简单,依据地下水的赋存条件、含水层的水理性质及水力特征等,地下水含水岩组分为松散岩类孔隙含水岩组、变质岩-岩浆岩裂隙含水岩组、碎屑岩孔隙裂隙含水岩组。

2.1 松散岩类孔隙含水岩组

地下水主要赋存于坡积、洪积、冲积、海积砂砾石层中,分布于山间、河谷及滨海堆积区,受地形、地貌控制。在沿河地区,由上游至下游,含水层厚度由薄变厚,颗粒由粗变细;由河床向两侧,含水层厚度由厚变薄;垂直方向上,底部颗粒较上部粗,分选比上部好。在滨海地区,沿垂直海岸线方向,由内陆向沿海,颗粒由粗变细。

2.2 变质岩-岩浆岩类裂隙含水岩组

区内大面积出露,占总面积的 70% 以上,地下

收稿日期:2013-02-28;修订日期:2013-03-30;编辑:陶卫卫

作者简介:王玉莲(1983—),女,山东菏泽人,工程师,主要从事水文地质工程地质环境地质工作;E-mail:alane1983@163.com。

水主要赋存于风化裂隙及构造裂隙中。风化层深度一般在10~30 m,该层地下水的富水性受地形、地貌、地层岩性、地质构造控制,一般单井涌水量 $<100\text{ m}^3/\text{d}$,在汇水面积较大或受构造影响处,局部富水性较强,单井涌水量 $100\sim 500\text{ m}^3/\text{d}$ 。地下水交替循环强烈,水质良好,多为 $\text{HCO}_3-\text{Ca}\cdot\text{Mg}$ 或 $\text{HCO}_3\cdot\text{Cl}-\text{Ca}\cdot\text{Na}$,矿化度 $\leq 1\text{ g/L}$ 。

2.3 碎屑岩孔隙裂隙含水岩组

在该区小面积出露,主要分布于海西头以东中生代火山岩构造盆地中。岩性以安山岩、玄武凝灰岩为主。岩石原生孔洞裂隙不甚发育,仅有1~10 m深的风化裂隙,且裂隙多被泥沙充填,富水性弱,单井涌水量 $<100\text{ m}^3/\text{d}$,水化学类型以 $\text{HCO}_3\cdot\text{Cl}-\text{Ca}\cdot\text{Na}$ 和 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3-\text{Ca}\cdot\text{Na}$ 为主。

3 评价区地下水环境特征

威海地区水文地质条件简单,地下水资源较为匮乏,地下水唯一补给来源是大气降水。以古老变质岩及侵入岩为主体所组成的丘陵山区,地形坡陡、崎岖,岩石裂隙不发育,使大气降水不易渗入,多以地表径流形式运动,地下水流向与地表水系基本一致。地下水接触大气降水补给后,自分水岭较大的水力坡度顺坡而下,往往以潜流或下降泉的形式排入河谷。河谷第四纪孔隙水不仅得到山区地下水侧向补给,还有大气降水渗入补给,一部分地下水自上游流向下流,最终排泄入海,一部分蒸发排泄或人工开采。区内地下水由于受强烈的溶蚀作用及海洋性气候影响,水化学类型具有明显水平分带性,丘陵山区为矿化度 $<1\text{ g/L}$ 的 HCO_3 型及 $\text{HCO}_3\cdot\text{Cl}$ 型水,滨海地区则为矿化度 $1\sim 2\text{ g/L}$ 的 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3$ 水。

4 地下水系统防污性能评价

目前国外现有的防污性能评价指数模型很多,共有30多种,其中,DRASTIC模型应用最为广泛,DRASTIC评价方法是美国环境保护局(USEPA)和美国水井协会(NWWA)综合了40多位水文地质学专家的经验,于1985年合作开发的^[2],该方法已被许多国家采用。

4.1 评价因子的选择及分级

根据DRASTIC模型,地下水系统防污性能主要受地下水埋深(D)、地下水净补给量(R)、含水层介

质(A)、土壤介质(S)、地形地貌(T)、包气带介质(I)和水力传导系数(C)等因素影响。因此选择这7项评价因子对地下水防污性能进行评价。各评价因子评分标准见表1^[3]。

在DRASTIC方法所采用参数的基础上,根据可获得的资料和具体的水文地质条件,以降雨入渗补给量代替含水层的净补给量,其他的因子不变。

4.2 确定权重

直接参考DRASTIC方法中给定的权重,即地下水埋深、降雨入渗补给量、含水层介质、土壤介质、地形坡度、包气带介质和含水层渗透系数的权重值分别为5,4,3,2,1,5,3。

4.3 指标计算

DRASTIC地下水系统防污性能指标由下式确定:

$$\text{DRASTIC} = 5 \times D + 4 \times R + 3 \times A + 2 \times S + 1 \times T + 5 \times I + 3 \times C$$

具有较高指标的区域,则该区的地下水就易于被污染,反之亦然,DRASTIC指标提供的仅仅是相对概念,而不是绝对的。最小指标为23,最大指标为226,一般DRASTIC指标值在50~200之间,为计算方便,最大值折算为100,最小值约为10^①。

根据DRASTIC指标将地下水防污性能划分为5个等级,见表2。

5 威海市地下水防污性能评价

5.1 评价程序

该次评价工作程序为:野外调查和资料收集→划分评价单元、确定评价区指标参数→建立评分体系和权重体系→计算评价指标值→防污性能区域划分→绘制脆弱性评价图^[4]。

5.2 资料来源

降雨入渗系数采用《山东省文(登)荣(成)环(翠)地区水文地质调查报告》的数据,降雨量采用多年平均降雨量;地形坡度主要根据威海市1:5万地形图;地下水埋深、土壤介质、包气带介质、含水层介质根据该次调查工作调查的26个水点;渗透系数采用经验值。

① 甘肃省地质环境监测院,郭富赉、尹念文、魏玉涛等,甘肃省兰州市城市环境地质调查评价报告,2007年。

表 1 地下水防污性能评价指标等级分量标准

评价因子	范围/类型	等级	典型等级	评价因子	范围/类型	等级	典型等级
降雨入渗 补给量 $R(\text{mm/a})$	0 ~ 50	1		含水层 介质 A	块状页岩	1 ~ 3	2
	50 ~ 100	3			变质岩、火成岩	2 ~ 5	3
	100 ~ 175	6			风化变质岩、火成岩	3 ~ 5	4
	175 ~ 250	8			薄层状砂岩、灰岩	5 ~ 9	6
	>250	9			页岩	5 ~ 9	6
地下水埋 深 $D(\text{m})$	0 ~ 1.5	10			块状砂岩	4 ~ 9	6
	1.5 ~ 3	9			块状灰岩	4 ~ 9	6
	3 ~ 4.5	8			砂和砂砾层	6 ~ 9	8
	4.5 ~ 9	7			玄武岩	2 ~ 10	9
	9 ~ 15	5			岩溶灰岩	9 ~ 10	10
	15 ~ 22.5	3		砂土、粘土	1 ~ 2	1	
	22.5 ~ 30	2		页岩	2 ~ 5	3	
地形坡度 $T(\%)$	>30	1		包气带 介质 I	灰岩	2 ~ 7	6
	0 ~ 2	10			砂岩	4 ~ 8	6
	2 ~ 6	9			层状灰岩、砂岩、页岩	4 ~ 8	6
	6 ~ 12	5			变质岩、火成岩	2 ~ 8	4
	12 ~ 18	3			砂和砂砾层	6 ~ 9	8
土壤介质 S	>18	1			玄武岩	2 ~ 10	9
	薄或缺失	10			岩溶发育的灰岩	6 ~ 9	10
	砂砾层	10			0 ~ 4.1	1	
	砂	9			4.1 ~ 12.2	2	
	收缩或凝集的粘土	7			12.2 ~ 28.5	4	
	砂质壤土	6		28.5 ~ 40.7	6		
	壤土	5		40.7 ~ 81.5	8		
	粉砂质壤土	4		>81.5	10		
土壤介质 S	粘土质壤土	3		渗透系数 C			
	非胀缩或非凝集的粘土	1					

表 2 地下水防污性能评价程度划分标准

地下水防污指标	<20	20~40	40~60	60~80	80~100
防污性能	好	较好	中等	较差	差
防污性能级别	I	II	III	IV	V

5.3 评价结果

采用 DRASTIC 方法进行评价,得出威海市地下水防污性能指标值在 54 ~ 82 之间,分为地下水防污性能差(V)、较差(IV)、中等(III)3个级别。

(1)地下水防污性能差区(V):主要分布在威海市西北部第四纪覆盖的区域以及杨家滩至东山口一带,DRASTIC 防污性能指标为 80.1 ~ 82.3,该区表层主要为中粗砂,含水层岩性主要为中粗砂及砾石,地形坡度较小,地下水防污性能差,是市区地下水极易遭受污染的区域。

(2)地下水防污性能较差区(IV):分布在威海市的大部分地区,DRASTIC 防污性能指标为 61.5 ~

79.6,该区地表上覆地层薄或缺失,含水层岩性主要为砂砾石或花岗岩,地形坡度较大,地下水防污性能较差,是市区地下水容易遭受污染的区域。

(3)地下水防污性能中等区(III):主要分布在威海市布谷乔、陶家乔一带,DRASTIC 防污性能指标为 54 ~ 56.2,该区地下水为基岩裂隙水,地表基岩裸露,含水层岩性主要为花岗岩,地形坡度大,地下水防污性能中等。

参考文献:

[1] 钟佐攀.地下水防污性能评价方法探讨[J].地学前缘,2005,(4):3-11.
 [2] 张泰丽,冯小铭,刘红樱,等.DRASTIC 评价模型在台州市浅层地下水脆弱性评价中的应用[J].资源调查与环境,2007,2(28):138-144.
 [3] 杨庆,栾茂田.地下水易污性评价方法——DRASTIC 指标体系[J].水文地质工程地质,1999,(2):4-9.
 [4] 刘细元.江西省吉安市地下水系统防污性能评价[J].地质调查与研究,2006,(9):217-221.

Assessment of Groundwater Vulnerability in Weihai City

WANG Yulian, WANG Zhenxing, ZHONG Zhennan

(No. 6 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Weihai 264209, China)

Abstract: Groundwater vulnerability reflects the pollution potentiality of the groundwater. It can provide scientific basis for land use planning, groundwater resources reservation programs and groundwater quality monitoring, etc. Adopting DRASTIC, the groundwater vulnerability evaluation methodology of the US EPA, an assessment of groundwater vulnerability has been carried out in main urban areas of Weihai city. It can not only provide scientific basis for reasonable exploitation and utilization of groundwater, but also is helpful for groundwater resources reservation and coordinated development of city construction.

Key words: Groundwater; groundwater vulnerability assessment; Weihai city