

## 秦皇岛市地下水环境质量评价与分析

徐春霞<sup>1</sup>,刘树庆<sup>2</sup>,安虹宇<sup>3</sup>,安鑫龙<sup>4</sup>,李志伟<sup>1</sup>,张艳萍<sup>1</sup>

(1. 河北农业大学海洋学院,河北 秦皇岛 066003; 2. 河北农业大学资环学院,河北 保定 071000;  
3. 厦门大学化学与化工学院,福建 厦门 361005; 4. 南开大学环境科学与工程学院,天津 300071)

**摘要:**针对秦皇岛市地下水位下降,环境污染日益严重的现实,开展了以海水入侵区为主的地下水水质综合评价与分析。在全市境内布设 76 眼监测井,用单因子法和综合法对地下水质量进行了评价,并对地下水水质变化趋势进行了分析。研究表明:类水只占 5.3%、Ⅲ类水占 14.5%、Ⅳ类及超Ⅳ类水占到 80%以上,其中Ⅳ类水占 40%。主要污染物有 Fe、Mn、NO<sub>3</sub>-N、Cl<sup>-</sup>、总硬度等。地下水水质监测动态变化显示:总硬度、Cl<sup>-</sup>、矿化度、F<sup>-</sup> 等呈上升趋势,其中总硬度和 Cl<sup>-</sup> 上升达 75%,说明海水入侵的影响很大。

**关键词:**秦皇岛市;地下水;水质评价;变化趋势分析

中图分类号:P342

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)02-0330-03

### The Analysis and Assessment of Groundwater Quality of Qinhuangdao

XU Chun-xia<sup>1</sup>, LIU Shu-qing<sup>2</sup>, AN Hong-yu<sup>3</sup>, AN Xin-long<sup>4</sup>, LI Zhi-wei<sup>1</sup>, ZHANG Yan-ping<sup>1</sup>

(1. Ocean College, Agricultural University of Hebei, Qinhuangdao 066003, China;

2. College of Resources and Environment, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China;

3. College of Chemistry and Chemical Industry, Xiamen University, Xiamen, Fujian 361005, China;

4. College of Environment Science and Technology, Nankai University, Tianjin 300072, China)

**Abstract:** To counter the situation of increasingly declining groundwater level and environmental pollution, the water quality assessment and analysis of sea water invasion district was studied. 76 monitoring wells were laid, a single index method and the method of the comprehensive evaluation were used and the groundwater trends was analyzed. The results showed that the shallow groundwater of Qinhuangdao City meeting the category water standard accounted for only 5.3%, categories 14.5%, categories more than 80%, 40% of which was categories and that Fe, Mn, NO<sub>3</sub>-N, Cl, total hardness were the major chemical components. The dynamics monitoring of underground water indicated that total hardness, chlorine, degree of mineralization, fluorine are becoming upward trend, especially total hardness and chlorine increased by over 75%, which means salt water intrusion on the larger impact.

**Key words:** Qinhuangdao City; groundwater; water quality assessment; changing trend analysis

近年来,随着地下水开采量的增加以及连续干旱气候,再加上其他各种因素的影响,地下水环境质量明显下降,已引起国内外专家的重视<sup>[1-7]</sup>。秦皇岛市地处华北境内,河北省东北部,属于资源性缺水地区。全区地下水位呈下降态势,特别是井灌区,沿海平原地下水赋存条件较差地区,地下水水位下降已造成大批扬程低的离心泵不能使用,一些机井密度大的集中采水区,出现了较严重的地下水位降落漏斗,市区、枣园水源地等沿海区出现海水入侵。同时,石河下游平原区受石河、潮河下游水污染及沿岸工业废水排放的影响,一些区域地下水已遭污染。昌黎县城、抚宁县城、卢龙县城等排污河两侧,抚宁县留守营工业区排污河道两侧,工业废水、生活污水已造成饮马河、人造河、教场河等河流两侧地下水不同程度的污染。本研究在全市境内布设 76 眼监测

井,用单因子法和综合法对地下水质量进行了评价,并对地下水水质变化趋势进行了分析。旨在为防治地下水环境污染,保护地下水环境质量提供依据。

### 1 供试材料和方法

#### 1.1 测区概况

本区所处大地构造位置为华北地区的东北一隅。初露地层有太古界片麻岩、元古界寒武奥陶系灰岩、燕山期花岗岩及新生界第四系松散类沉积物,地层缺失严重。按不同地质的赋存条件,本区可划分成花岗岩安山岩基裂隙含水组、片麻岩风化裂隙含水组、碳酸岩裂隙溶含水组和松散盐类空隙含水组。

水化学类型按阿列金分类方法进行分类。本区浅层地

\* 收稿日期:2006-08-15

基金项目:河北省自然科学基金项目(301165)

作者简介:徐春霞(1963-),女,硕士学位,副教授,从事环境科学的教学与研究;通讯作者:刘树庆(1956-),男,博士,教授,博士生导师,从事环境质量评价研究。

下水绝大部分属于碳酸钙型水(HCO<sub>3</sub> - Ca),主要分布在燕山铁路以北昌乐公路以西地区。其中柳江盆地部分地区为硫酸钙型水(SO<sub>4</sub> - Ca)。市区中南、抚宁沿海(牛头崖、留守营以南)、昌黎沿海(大蒲河、团林、小滩以东)为氯化钠型水(Cl - Na)。在燕山铁路线有一过渡带,为氯化钙型水(Cl - Ca)。

### 1.2 地下水水质监测井的布设

#### 1.2.1 地下水水质监测井的布设原则

(1)全面掌握地下水质量状况,对地下水化学特性及污染状况进行监视、控制。

(2)根据地下水类型分区与开采强度分区,以主要开采层为主布设监测井(以浅层水为主)。

(3)监测井布设以主要供水区密、城区密、污染严重区密、海水入侵区密、山区稀、农村区稀、非污染区稀。

#### 1.2.2 地下水水质监测井的布设

本研究共布设地下水水质监测井 76 眼,站网密度为 1 眼/100 km<sup>2</sup>。布设区域和位置见表 1。

表 1 监测井布设区域及位置表

布设区域	数目 代表面积		位置
	/眼	/km <sup>2</sup>	
山区	6	600	青龙县
在丘陵盆地	11	1100	抚宁县丘陵区。其中柳江盆地水源地 5 眼
地下水漏斗及海水入侵区	15	1500	昌黎城关地下水水位漏斗区
	13	1300	抚宁枣园水源东至昌黎印庄海水入侵及咸水区
平原及市区	26	2600	昌黎平原及秦皇岛市区
交界区	5	500	唐秦交界唐山市迁安县、滦县、乐亭

### 1.3 地下水水质评价方法

#### 1.3.1 评价标准

本研究采用《地下水质量标准》(GB/ T14848 - 1993)进行评价。(详见表 1 - 2)

表 2 地下水质量标准 (GB/ T14848 - 1993)

类别	类	类	类	类	类
pH		6.5~8.5	5.5~6.5		<5.5
			8.5~9		>9
总硬度(TDS)	150	300	450	550	>550
矿化度(ESP)	300	500	1000	2000	20000
硫酸盐(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	50	150	250	350	>350
氯化物(Cl <sup>-</sup> )	50	150	250	350	>350
溶解性铁(aFe)	0.1	0.2	0.3	1.5	>1.5
总锰(Mn)	0.05	0.05	0.1	1.0	>1.0
挥发酚(Ph)	0.001	0.001	0.002	0.01	>0.01
高锰酸盐指数(COD <sub>Mn</sub> )	1.0	2.0	3.0	10	>10
硝酸盐氮(NO <sub>3</sub> - N)	2.0	5.0	20	30	>30
亚硝酸盐氮(NO <sub>2</sub> - N)	0.001	0.01	0.02	0.1	>0.1
氨氮(NH <sub>3</sub> - N)	0.02	0.02	0.2	0.5	>0.5
氟化物(F <sup>-</sup> )	1.0	1.0	1.0	2.0	>2.0
总氰化物(CN <sup>-</sup> )	0.001	0.01	0.05	0.1	>0.1
总砷(As)	0.005	0.01	0.05	0.05	>0.05
总镉(Cd)	0.0001	0.001	0.01	0.01	>0.01
六价铬(Cr <sup>6+</sup> )	0.005	0.01	0.05	0.1	>0.1
总铅(Pb)	0.005	0.01	0.05	0.1	>0.1
总汞(Hg)	0.0005	0.0005	0.001	0.001	>0.001

注:除 pH 外,其余单位均为 mg/L。

类主要反映地下水水化学组分的天然低背景含量,适用各种用途。类主要反映地下水水化学组分的天然背景含量,适用各种

用途。类以人体健康基准值为依据,适用于集中式生活饮用水水源及工农业用水。以农业和工业用水为依据,适用于农业和部分工业用水。类不宜饮用。其它用水可根据使用目的选用。

#### 1.3.2 评价参数

本研究选用 pH、总硬度、氯化物、硫酸盐、氟化物、硝酸盐氮、高锰酸盐指数、挥发酚、总氰、总砷、总汞、六价铬、总镉、总铅、溶解性铁、总锰、氟化物等 19 项指标作为评价参数。

#### 1.3.3 评价方法

采用单因子法和内梅罗综合指数评价法。

(1)单因子法:将评价参数的实测值与评价标准进行比较,以各参数全部符合的水质级别作为监测井的水质级别。

(2)综合法评价:内梅罗综合指数法公式:

$$F = [(P^2 + P_{max}^2) / 2]^{1/2}$$

式中: P<sub>max</sub> —— 单项水质级别与 P<sub>i</sub> (单项评价分值) 换算关系确定的单项评分值,见表 3, P —— 各单项评价值的均值; F —— 综合评分值。

表 3 水质级别与 P<sub>i</sub> 换算表

水质级别	P <sub>i</sub>				
	0	1	3	6	10

根据综合评分值,按水质综合评价分级表(表 4)来确定地下水水质级别。

表 4 水质综合评价分级表

水质类别	(优)	(良好)	(较好)	(较差)	(极差)
综合评分值	<0.80	0.8~2.5	2.5~4.2	4.2~7.2	>7.2

## 2 评价结果与分析

### 2.1 单因子法

设置 76 眼评价井,代表面积 7 750 km<sup>2</sup>。其评价结果表明,秦皇岛市的浅层地下水均不符合类标准(优级);达到良好的类水质仅存在于抚宁马庄、昌黎城关一带;符合类水标准的面积为 2 740 km<sup>2</sup>,占评价面积的 35%;超类标准较差、极差的类、类水质面积为 4 830 km<sup>2</sup>,占评价面积的 62%。(详见表 5)。

表 5 单因子法评价结果表

序号	符合水质标准类别	代表面积/km <sup>2</sup>	占总评价面积比例/%
1		0	0
2		180	2.3
3		2740	35
4	超	4830	62

山区:山区地下水水质较好,多属于类水质,山区地下水中主要污染物为铁和锰,超标率分别为 33%和 17%。其中青龙马道沟铁含量高达 3.92 mg/L,超标 12 倍。

丘陵盆地:卢龙盆地多为类水,主要污染物有氨氮、溶解性铁、总锰等。其中铁、锰的最高含量分别为 2.04 mg/L 和 0.86 mg/L,分别超标 5.8 倍和 7.6 倍,超标率分别为 100%和 33%;柳江盆地为类水,主要超标物为亚硝酸盐,超标率为 60%。

平原区:市区及抚宁县、昌黎县沿海平原区多为类水。主要污染物有高锰酸盐指数、硝酸盐氮、氨氮、氯离子等。

地下水漏斗区:昌黎县城关漏斗区符合类水质标准的占 20%,符合类水质标准的占 27%,超标准的占 53%;留守营一带为类、类水,超标物主要有氯离子、高锰酸盐指

数、铁。

2.2 综合法

综合法的评价结果见表 6。评价结果表明,综合评分值小于 0.8,属于优良水质的监测井有 4 眼,只占 5.3%;评分值在 0.8~4.25,属于水质良好的或较好的监测井 11 眼,占 14%,分布在青龙城关、抚宁柳江盆地、昌黎县城关一带;评分值在 4.25~7.20,属于水质较差的监测井 30 眼,占近 40%,分布在青龙县、昌黎平原及市区北部一带,主要污染物有铁、锰、硝酸盐氮等;评分值大于 7.20,属于水质较差的监测井 31 眼,占 40%,分布在昌黎县东南沿海、抚宁县东南沿海、市区滨海区及山海关桥梁厂,主要污染物有高锰酸盐指数、硝酸盐氮、氯化物、总硬度等。说明海水入侵造成的影响较大。(详见表 6)

表 6 综合法评价结果表

综合评分值	水质类别	评价井数量(眼)	所占比例/%	主要污染物
<0.8	(优良)	4	5.3	
0.8~4.25	(良好)	11	14.5	
4.25~7.2	(较差)	30	39.5	Fe、Mn、NO <sub>3</sub> -N
>7.2	(极差)	31	40.8	高锰酸盐指数、Cl <sup>-</sup> 、NO <sub>3</sub> -N、总硬度

综合法与单因子法评价比较:单因子法评价直观,可以较好地说明地下水水质是否污染或污染物是否超标,但不能反映地下水质量的整体状况,在多种污染共存时难以评价或检验。综合法评价比较符合客观实际,但超标因子较多时,也存在分辨率也高的情况。综合分析两种方法的评价结果,可较客观地掌握秦皇岛市地下水环境质量状况。

2.3 地下水水质变化趋势分析

在地下水水位漏斗区,海水入侵区外围及城市区选取 4 眼常年监测井进行水质变化趋势分析,包括昌黎县城关的钱庄及刘台庄,市区的邹吕庄和戴河村,根据本区地下水水质特点及污染物,选用硬度、矿化度、氯离子、硝酸盐氮、氨氮、氯化物和高锰酸盐指数等主要污染物进行单项趋势分析,根据单项权重计算该监测井的变化趋势,评价结果见表 7。

参考文献:

[1] 彭文启,张祥伟.现代水环境质量评价理论与方法[M].北京:化学工业出版社,2005.56-58.  
 [2] 宋秀杰,丁庭华.北京市地下水污染的现状和对策[J].环境保护,1999,(11):44-47.  
 [3] 杨建设,牛显春,林东年.近海岸水环境污染评价与对策[J].水土保持研究,2003,10(2):38-40.  
 [4] Asia Development Bank. Development of Environment Statistics in Developing Asian and Pacific Countries[Z].1999.  
 [5] WHO. Guidelines for Drinking - Water Quality, Volume I, Recommendations[M]. Geneva: World Health Organization, 1993.  
 [6] 张笑归,刘树庆等.白洋淀水环境污染对策[J].中国生态农业学报,2006,14(2):27-31.  
 [7] 唐小鹃,吴普特.杨陵区地表水及地下水环境质量评价[J].水土保持研究,2002,9(2):135-140.

(上接第 329 页)

参考文献:

[1] 邓聚龙.灰色系统理论教程[M].武汉:华中理工大学出版社,1990.  
 [2] 李英年,周华坤,沈振西.高寒草甸牧草产量形成过程及与气象因子的关联分析[J].草地学报,2001,(9):234.  
 [3] 刘思峰,郭天榜,党耀国,等.灰色系统理论及其应用[M].北京:科学出版社,1999.44-66.  
 [4] 祈斌,张志元,朱学义,等.环境与空气污染[M].兰州:甘肃民族出版社,2001.63-210.  
 [5] 田裘学,周伶芝.兰州市大气污染对居民健康影响的研究[J].中国环境科学,1994,14(3):200-205.  
 [6] 刘军.兰州市人群血液 COHb 值初探[J].甘肃科技,1994,10(6):22.  
 [7] 田裘学,周伶芝,田瑞.兰州市空气污染对儿童及其父母呼吸系统健康的影响[J].中国环境监测,2001,17(7):48-51.  
 [8] 吴佩君,张守斌,王克兰,等.兰州市城关区疾病检测点 1990~1996 年居民病伤死亡原因分析[J].疾病监测,1998,13(6):219.

表 7 地下水水质污染趋势分析表

区县	取样点	资料年份	综合评价	污染趋势	总硬度	氯离子	矿化度	硝酸盐氮	亚硝酸盐氮	氨氮	氯化物
昌黎县	钱庄	2005	4.71		432	278	941	16.6	0.010	0.41	0.68
		2004	2.33		298	127	721	16.6	0.014	0.00	0.53
		2003	7.38		330	236	904	31.7	0.010	0.05	0.60
		2002	4.67		326	248	885	15.4	0.018	0.29	0.59
		2001	4.71		260	182	766	9.8	0.072	0.35	0.38
昌黎县	靖安	2005	2.30		259	23.8	454	15.6	0.010	0.18	0.09
		2004	2.27		182	28.4	482	2.84	0.013	0.06	0.14
		2003	4.37		190	42.6	543	20.2	0.008	0.02	0.12
		2002	2.60		200	72.8	580	14.4	0.020	0.08	0.16
		2001	2.33		212	18.9	641	18.2	0.010	0.04	0.25
北戴河区	北戴河村	2005	4.42		570	680	1630	7.08	0.004	0.48	0.62
		2004	4.50		188	174	608	10.5	0.008	0.64	0.80
		2003	2.50		159	132	555	11.0	0.008	0.00	1.08
		2002	4.44		251	162	741	19.4	0.008	0.10	0.80
		2001	7.31		211	277	803	14.4	0.008	0.08	0.68
海港区	邹吕村	2005	4.53		350	136	570	28.8	0.008	0.14	0.18
		2004	2.30		202	126	500	16.2	0.008	0.10	0.24
		2003	4.45		184	140	606	20.3	0.010	0.04	0.11
		2002	2.41		164	87.0	505	18.2	0.004	0.03	0.20
		2001	4.50		182	121	527	16.0	0.026	0.08	0.16

注: 代表上升趋势, 代表下降趋势, - 代表趋势不明显。

分析表 2-3 得出,昌黎县钱庄污染上升趋势明显,总硬度、氯离子、矿化度、硝酸盐氮和氯化物均有上升趋势,而且硝酸盐氮和氯化物只有钱庄有上升趋势。北戴河和昌黎县钱庄的矿化度有明显的上升趋势。除昌黎县靖安外,其余三处监测井的总硬度、Cl<sup>-</sup> 污染均上升趋势明显,单项污染物总硬度和氯离子上升趋势达 75%,这说明沿海地区及地下水漏斗区氯离子和总硬度有上升趋势。