

# 曹妃甸地区地下水水化学形成作用分析

柳富田,方成,秦雅飞,刘宏伟,胡云壮

(天津地质调查中心 天津 300170)

**摘要:** 在开展曹妃甸地区环境地质调查评价过程中,利用水化学组分及离子组合方法对曹妃甸地区水化学样品进行分析,结合曹妃甸地区水文地质条件,开展了地下水水化学形成作用研究,认为该区浅层地下水以溶滤地层中的岩盐、碳酸盐矿物和硅酸盐矿物为主,方解石、石膏等贫镁矿物的影响较小,同时,强烈的蒸发浓缩作用对浅层水水化学特征具有重要影响。深层水以溶滤地层中的硅铝酸盐、苏打土、岩盐等为主。此外,在水流路径上还发生了混合作用和阳离子交替吸附作用。河水以蒸发浓缩作用为主要水化学形成作用,同时还溶滤流经河床中的岩盐、硅铝酸盐和硫酸盐。

**关键词:** 地下水;水化学形成作用;曹妃甸地区

**中图分类号:** P614.3

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-4135(2011)03-0220-08

曹妃甸地区位于渤海湾北岸,唐山南部,属暖温带半湿润滨海大陆性季风气候。在曹妃甸岛附近有优良的海洋深槽,现已成为大型深水港口建设和临港产业发展的新开发区。曹妃甸在唐山市南80 km,距北京220 km,离天津120 km,交通十分便利。

根据唐山市曹妃甸新区总体规划(2008-2020年),将在2020年建成能够容纳200万人的国际生态城和曹妃甸工业区以及相应的配套设施。尽管在目前开发状况下,水资源可以满足工程建设与工业发展的需要,但在2020年曹妃甸新区开发建设完成后,将面临缺水6.2~7.0亿 $m^3$ 、缺水率达58%~66%的困境<sup>[1]</sup>。因此在曹妃甸地区大规模开发建设的背景下,对地下水资源进行调查分析,寻找可供利用的淡水资源已成为解决曹妃甸困境的重要途径。

在地下水资源开发利用过程中,需要面对地下水质量现状及开发利用中水质的变换情况。本文针对曹妃甸地区地下水化学形成作用进行研究,以期对地下水开发利用及保护措施的制定提供依据。

## 1 水文地质条件

根据研究区第四系沉积特征,自上而下可以将第四系含水层划分为四个含水层组<sup>[2,3]</sup>。第一含水层组(I)以粉土、粉砂、细沙为主,粒度粗、厚度大、垂向连续性强,属单、双层含水结构,透水性好,底界面埋深10~20 m。第二含水层组(II),在山前平原地区呈扇

形分布,由2~3套中细砂-中粗砂-砾石、卵石(或含砾粗砂)组成,透水性及富水性均强;在滨海平原地区,含水层以薄层细砂、粉砂为主,含水层之间多为粘土,透水性及富水性均弱,补给条件很差,地下径流缓慢;底界面埋深120~170 m。第三含水层组(III),在山前地带以中粗砂、砾石、卵石为主,呈扇状展布,并联成扇裙;在滨海平原地区,含水层以细砂、粉砂为主,富水性、渗透性及补给条件较差;底界面埋深250~350 m。第四含水层组(IV),在山前地带由3~4套中细砂-含砾中粗砂岩性韵律构成,含水层不甚发育且有不同程度的风化与胶结,渗透性及富水性较第三含水层组明显减弱;在滨海平原地区,含水层以中细砂、细砂为主,系由厚层粘土、粉质粘土与含水交替沉积,风化与胶结程度较高,透水性及富水性均较弱,故侧向径流微弱;底界面埋深350~550 m。根据前人研究资料<sup>[2,3]</sup>,在垂向上,各含水层组间均有大于5 m的粉质粘土、粉土或粘土相阻隔,各含水层组间未发现明显的水力联系。但在部分地区的I+II含水层组及III<sub>1</sub>亚组间广泛开采地下水,且多采用通天滤水管,早已人为沟通不同含水层组,产生不同程度的水力联系。

按照主要开采层位和地下水开发利用方式,又可将地下水划分为浅层地下水系统和深层地下水系统。其中,浅层地下水系统与第一和第二含水层组相对应,为潜水、微承压水;深层地下水系统与第三

**收稿日期:** 2011-05-10

**基金项目:** 中国国土资源大调查项目:河北曹妃甸滨海地区海岸带环境地质调查评价(1212010814005)

**作者简介:** 柳富田(1980-),男,山东青岛人,博士,主要从事同位素水文地球化学研究,Email:Liufutian80@gmail.com。

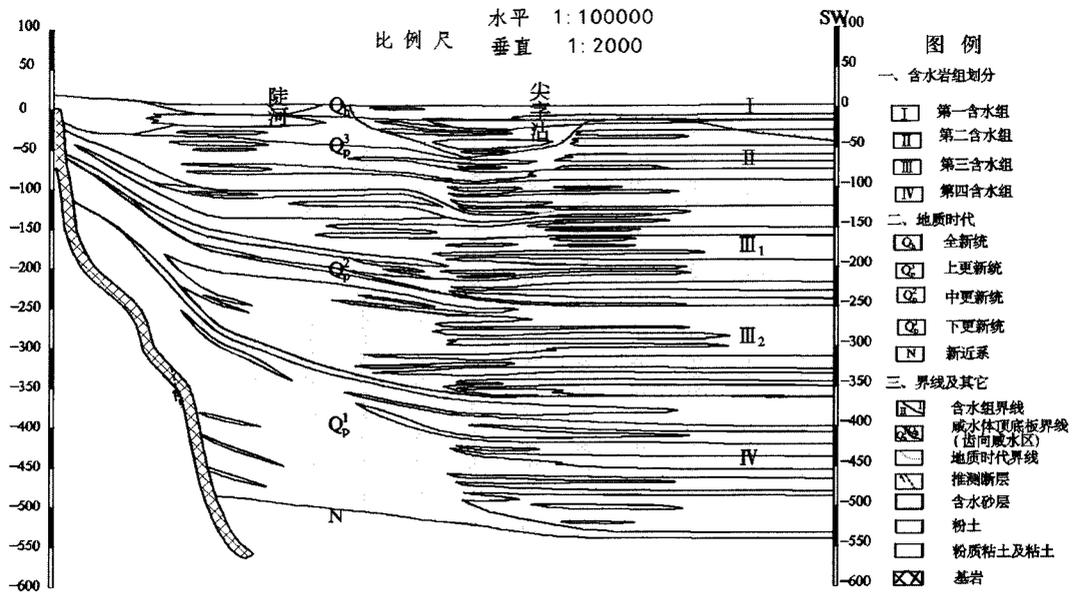


图1 曹妃甸地区水文地质剖面图

Fig.1 Hydrogeological profile in the Caofeidian area

和第四含水层组相对应,为承压水。

浅层地下水主要接受大气降水、地表水体、灌溉回归水的入渗补给,以蒸发蒸腾、人工开采和越流为主要排泄方式。受地貌和循环条件的影响,浅层地下水呈现出由北向南及由东北向南水平水化学分带规律。北部淡水分布区水化学类型一般由北向南自HCO<sub>3</sub>-Ca型、HCO<sub>3</sub>-Ca·Mg型,到咸淡水界线附近过渡为HCO<sub>3</sub>-Ca·Na型、HCO<sub>3</sub>-Na·Ca型,至沿海地带水化学类型逐渐过渡为Cl-Na型。

深层地下水主要接受大气降水、侧向径流、越流补给,以人工开采和侧向径流排泄为主。区内自北向南,随着含水层颗粒变细,矿化度成规律性上升趋势,由于含水介质含盐量较低,因此深层地下水多为矿化度小于2 g/L的淡水,多分布在0.2~1.0 g/L之间,山前往南水化学类型为HCO<sub>3</sub>-Ca·Mg、HCO<sub>3</sub>-Ca·Na,到滨海地区变为HCO<sub>3</sub>-Na·Ca、HCO<sub>3</sub>-Na型。

### 2 样品采集与测试

沿地下水流向,选择双龙河南北一线附近的一定数量的采样点,以便查明该区地下水中化学组分来源。样品点包括4条河水、9个潜水和21个深层水(图2)。多数样品采集时间为2010年6~9月,少数数据取自2009年7~9月。

样品采集过程基本按照相应规范要求,在部分取样条件较差的地区,尽量延长抽水时间,以便采集

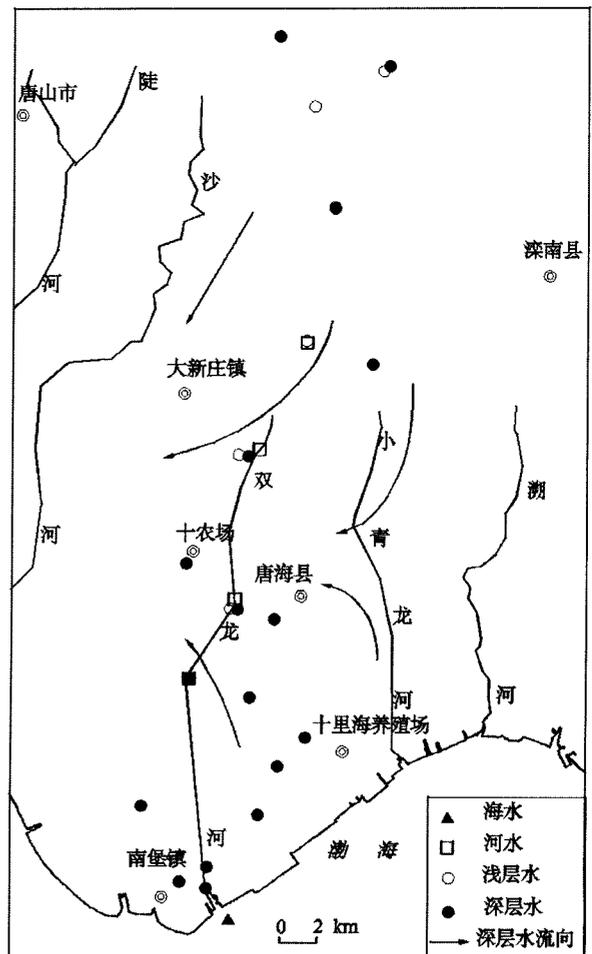


图2 取样点位置分布图

Fig.2 Locations of the sample points

表1 曹妃甸地区样品测试结果(单位:mg·L<sup>-1</sup>)  
Table 1 Chemical compositions of the samples in Caofeidian area (mg·L<sup>-1</sup>)

样品编号	含水岩组	井深/m	PH	TDS	K	Na	Ca	Mg	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>
PST-01	海水		7.16	34978.4	296.4	11229.0	379.6	1161	19320.2	2423.0	167.8
CFST-12	河水		7.63	691.1	3.0	82.7	68.8	36.0	70.9	307.0	119.0
CFST-04	河水		7.67	1214.1	26.7	243.2	33.8	58.9	283.6	208.2	353.9
PST-13	河水		8.02	1841.3	27.2	388.6	47.8	100.3	542.4	228.3	503.4
PST-05	河水		7.94	2965.6	31.7	797.4	53.9	111.2	1364.8	269.3	335.6
CFST-14	浅层水	60-70	7.37	580.9	0.7	31.6	87.9	25.2	42.5	160.4	216.6
P4	浅层水	30-40	7.92	350.2	1.3	10.6	49.7	16.4	12.4	31.0	213.6
CFST-13	浅层水	30	7.51	321.3	0.4	31.5	31.6	13.3	30.1	26.2	170.9
CFST-11	浅层水	40	7.72	481.2	0.5	53.1	46.4	21.2	19.5	87.7	238.0
CFST-05	浅层水	70	7.60	836.9	0.8	103.2	87.0	29.5	120.5	96.3	384.4
CFST-15	浅层水	11	7.58	3414.1	25.3	667.6	56.0	176.9	771.0	129.4	1549.9
CFST-17	深层水	200	7.63	673.0	0.6	24.4	84.7	44.5	37.2	83.0	302.0
CFST-16	深层水	130	7.4	328.8	0.7	27.9	44.4	9.1	28.4	32.5	167.8
CFST-131	深层水	220	7.51	275.2	0.8	30.0	29.3	7.2	1.8	34.8	149.5
CFST-06	深层水	200	7.91	416.6	1.0	40.9	40.3	15.4	1.8	41.6	256.3
CFST-051	深层水	280	7.57	424.4	0.5	45.4	44.5	11.3	8.9	37.4	259.3
PST-12	深层水	200	7.69	467.9	0.6	59.1	51.7	9.5	39.0	49.0	244.1
PST-04	深层水	约200	7.60	445.7	0.5	87.1	28.7	4.2	33.7	37.4	241.0
CF5LS090702-02	深层水	约200	8.01	485.3	0.5	118.3	10.8	2.5	24.8	10.1	305.1
CF5LS090703-03	深层水	约200	7.86	578.1	0.7	143.6	10.4	4.8	30.1	2.1	372.2
CF5LS090703-04	深层水	约200	8.58	661.1	0.7	167.2	8.6	5.2	30.1	2.0	421.0
PST-03	深层水	300	7.90	760.9	0.7	194.6	7.0	4.1	31.9	1.9	506.5
PST-02	深层水	200	8.31	897.2	0.9	229.9	7.8	6.1	46.1	3.8	588.8

新鲜水样。所有样品均由天津地质矿产测试中心按照测试规范要求完成。测试数据见表1,以下分析均基于该表格进行。

### 3 溶滤作用

#### 3.1 矿物饱和指数(SI)

在地壳中含量较高,且较易溶于水,或是地壳中含量虽不大,但极易溶于水的矿物是地下水中化学组分的重要来源<sup>[4]</sup>。在曹妃甸地区地层中,常见矿物为石英、长石等硅铝酸盐与粘土矿物。其中粘土矿物中以伊利石、蒙脱石等为主,局部地段含少量方解石、白云石、石膏等矿物,这些矿物的存在对地下水化学组分具有较大影响。在浅部地层,岩盐等蒸发岩的存在对地下水化学组分具有重要的控制意义,尤其是南部咸水分布区。依据所取水化学样品测试结果,计算得出方解石、白云石、石膏、岩盐等矿物的饱和指数,可以说明各矿物对地下水水质的影响过程和程度。

从表2可以看出河水中仅方解石处于过饱和状态,白云石、石膏、岩盐等均未达到饱和,表明其还有一定的溶解能力。

浅层水与深层水中矿物的石膏饱和指数多为负值,而方解石和白云石矿物的饱和指数多为正值。由于该区自北向南,浅层水中SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>含量总体呈增加趋势;HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>变化趋势并不明显;Cl<sup>-</sup>总体为增加趋势,但中间存在较大波动;阴离子的这种分布特征(图3)表明硫酸盐和岩盐溶解对浅层水水质有较大影响,在此过程中发生的碳酸盐溶解沉淀反应使得HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>变化出现波动。深层水Cl<sup>-</sup>含量少,变化不大且相对较为稳定,SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>总体呈现由北向南减少的趋势,HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>则不断增加,这种分布特征(图4)表明岩盐与硫酸盐对深层水水质影响较小,而碳酸盐的影响相对较大。

地下水对方解石、白云石、石膏和岩盐溶滤作用化学反应方程式为:

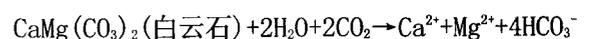
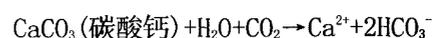


表2 双龙河剖面河水与地下水样品矿物饱和指数统计表

Table 2 Statistics of mineral saturation index of the groundwater and river water around Shuanglonghe river

矿物类别		SI (Calcite)	SI (Dolomite)	SI (Gypsum)	SI (Halite)
河水	最大值	3.23	-1.28	-4.64	-0.16
	最小值	2.12	-1.85	-6.85	-0.60
	平均值	2.56	-1.64	-5.65	-0.35
浅层水	最大值	1.40	-1.36	-4.94	0.92
	最小值	-0.61	-3.18	-8.45	0.40
	平均值	0.29	-2.01	-7.10	0.57
深层水	最大值	1.12	-1.70	-6.46	0.68
	最小值	-1.43	-4.41	-8.80	0.34
	平均值	-0.01	-2.88	-7.21	0.45

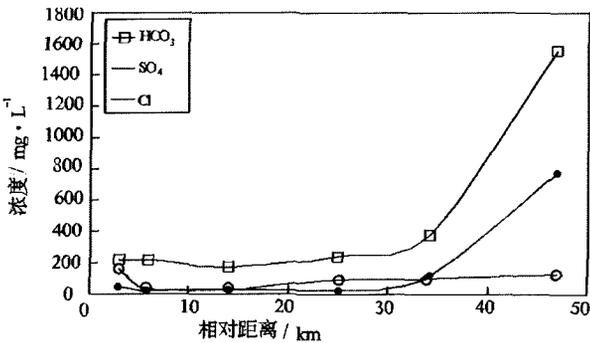


图3 浅层水阴离子变化图

Fig.3 Anion change in the shallow water

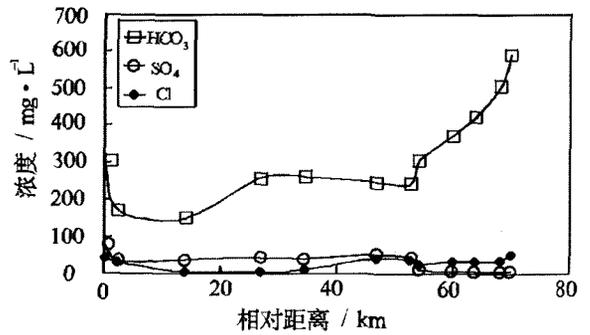
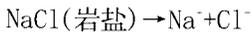
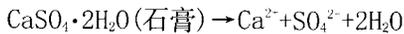


图4 深层水阴离子变化图

Fig.4 Anion change in the deep water



### 3.2 吉布斯图

区内地表水与地下水的吉布斯图(Gibbs)(图5)可以反映出不同水体具有明显的水-岩作用差异<sup>[5,6]</sup>。海水均位于图的右上方,为明显的蒸发作用影响。

河水分布于蒸发区与岩石风化-溶滤作用区之间,反映了蒸发浓缩作用和岩石风化-溶滤作用是控制河水化学特征的主要作用,且蒸发浓缩作用的影响程度更大。

浅层水分布于岩石风化-溶滤作用区与蒸发作用影响区之间,更加靠近岩石风化-溶滤作用区,其主要的水化学形成作用为风化-溶滤作用,在此过程中受到较强的蒸发浓缩作用的影响。

深层水点在两图中的分布具有较大差异。在  $\gamma Na / \gamma (Na+Ca) - TDS$  图上(图5a),深层水点多分布于蒸发浓缩作用和降水作用影响区之间,反映其受到两种作用影响;部分点位于岩石风化-溶滤作用区,表明溶滤作用对深层水化学组分具有较大影响。在  $\gamma Cl / \gamma (Cl+HCO_3) - TDS$  图上(图5b),深层水点分布

于岩土风化-溶滤作用区,反映溶滤作用是主要的水化学形成作用。深层水在Gibbs图上的分布特征还表明其可能受到苏打土(易溶盐以 $NaHCO_3$ 为主)溶滤的影响。

综合两图分布特征,海水和河水主要受到溶滤作用和蒸发浓缩作用的控制;浅层水的主要水化学形成作用是溶滤作用和蒸发浓缩作用,其中溶滤作用影响更大;深层水的主要水化学形成作用是溶滤作用,受降水及山前径流等低矿化水的影响较大。

### 3.3 水化学组分含量比值

#### 3.3.1 $r(Ca^{2+}+Mg^{2+}) - r(HCO_3^-+SO_4^{2-})$ 散点图

从图6可看出,双龙河剖面河水与浅层水的  $r(Ca^{2+}+Mg^{2+}) / r(HCO_3^-+SO_4^{2-})$  接近于1,表明碳酸盐矿物和硅酸盐矿物的溶解是该区河水和潜水化学形成的主要作用;多数深层水的  $r(Ca^{2+}+Mg^{2+}) / r(HCO_3^-+SO_4^{2-})$  远小于1,表明该区主要发生硅酸盐或硫酸盐矿物的溶解<sup>[7,8]</sup>。

#### 3.3.2 $\gamma Na / \gamma Ca - \gamma Mg / \gamma Ca$ 散点图

从图7可以看出,河水和少数深层水样品中的  $rMg / rCa$  大于1,说明白云石溶解对河流与局部地区

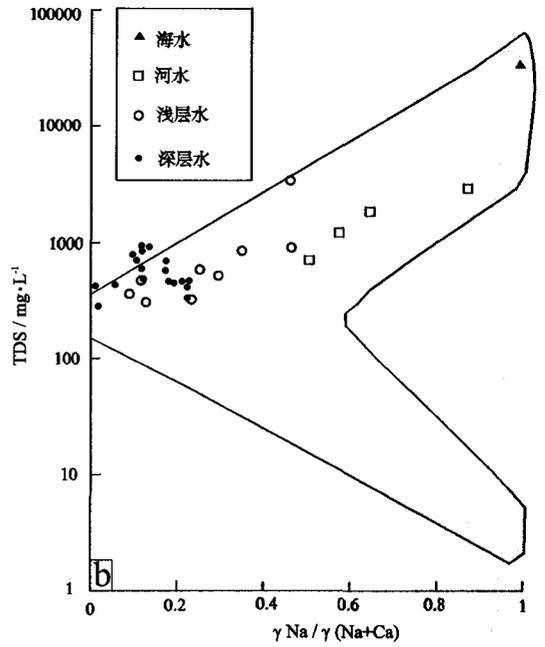
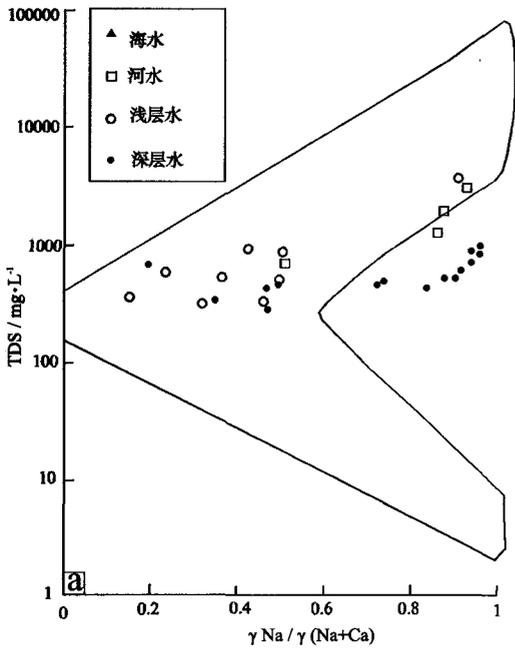


图5 不同水体的吉布斯图

Fig.5 Gibbs figures of the different waters

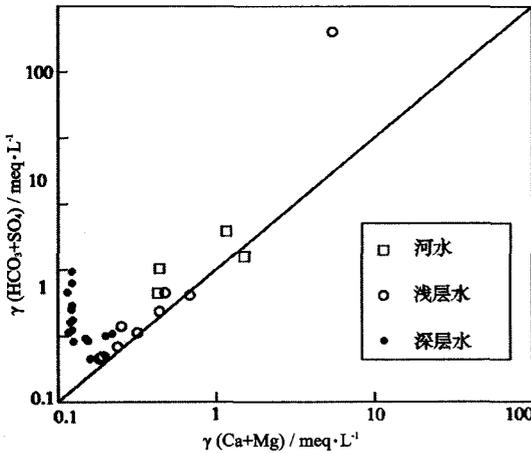


图6  $\gamma(Ca+Mg) - \gamma(HCO_3+SO_4)$ 散点图

Fig.6 Scatters of  $\gamma(Ca+Mg) - \gamma(HCO_3+SO_4)$

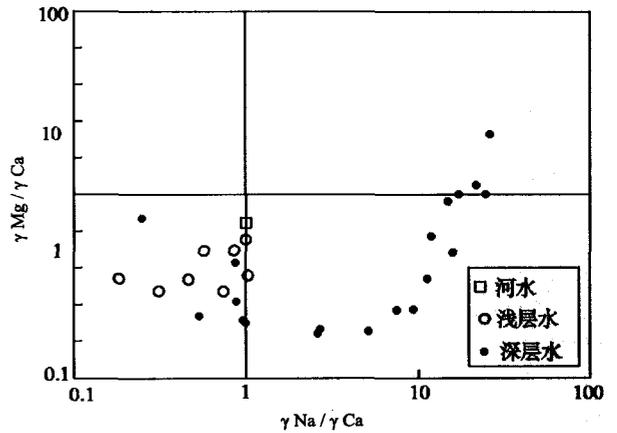


图7  $\gamma Na / \gamma Ca - \gamma Mg / \gamma Ca$ 散点图

Fig.7 Scatters of  $\gamma Na / \gamma Ca - \gamma Mg / \gamma Ca$

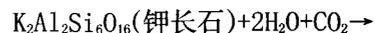
深层地下水具有较大的影响。

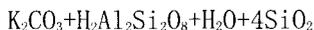
浅层水与大多数深层水中的  $rMg/rCa$  小于 1 (多数低于 0.8), 可能表明水化学组分主要受方解石和石膏等贫镁矿物影响。在自北向南的区域地下水流向上, 深层水  $Ca^{2+}$  含量总体呈降低趋势,  $Mg^{2+}$  含量基本不变,  $Na^+$  呈增长趋势, 方解石和白云石等矿物在地层中的含量总体较少, 因此, 方解石和石膏等贫镁矿物对深层水化学组分的影响程度应该不大或在水流路径上发生阳离子吸附交替反应导致  $Ca^{2+}$  含量减少。

### 3.3.3 $\gamma(Na+K) - \gamma Cl$ 散点图

$\gamma(Na+K) - \gamma Cl$  的相互关系可以反映出离子是否存在硅酸盐矿物溶解来源<sup>[9]</sup>。由  $\gamma(Na+K)$  和  $\gamma Cl$  的关系图(图8)可以看出, 河水与多数浅层水的  $Na^+K^+$  与  $Cl^-$  含量基本相同, 表明水中的  $K^+$  和  $Na^+$  主要来源于岩盐的溶解, 并在受到蒸发浓缩作用后使浓度增大。深层水中  $Na^+K^+$  远远大于  $Cl^-$ , 说明深层水中的  $K^+$  和  $Na^+$  离子除部分来源于岩盐的溶解以外, 普遍受到硅酸盐矿物溶解的影响。

本区地层中常见硅酸盐矿物为钾长石, 溶解反应为:





### 3.3.4 $\gamma(SO_4 + Cl) - \gamma HCO_3$ 散点图

从  $\gamma(SO_4 + Cl)$  与  $\gamma HCO_3$  的关系图(图9)上可以发现,河水和浅层水位于1/1线以下,  $\gamma(SO_4 + Cl)$  远高于  $\gamma HCO_3$ ,表明河水和浅层潜水的水化学组分主要来源于蒸发盐岩溶解。深部深层水水样点则多位于1/1线的上方,反映深层水的水化学组分主要起源于碳酸盐的溶解,如  $NaHCO_3$ 。

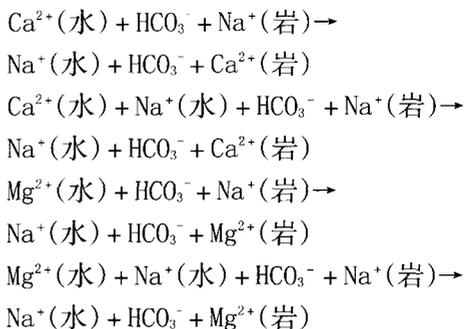
### 3.3.5 $\gamma(Na+Ca) - r HCO_3$ 散点图

$Na^+$ 和  $HCO_3^-$  是该区深层水中的优势离子,其次为  $Ca^{2+}$  和  $Cl^-$ 。从深层水的  $\gamma(Na+Ca) - r HCO_3$  关系图(图10)中可看出,多数样品位于1/1平衡线附近,且  $Na^+ + Ca^{2+}$  含量稍大于  $HCO_3^-$ ,可能表明  $NaHCO_3$  是深层深层水中化学组分的主要来源,其次为盐岩等其他矿物的溶解。河水和浅层水则多分布与1/1平衡线上方,  $HCO_3^-$  多于  $Na^+ + Ca^{2+}$  含量,可能说明河水与浅层水中有其他来源的  $HCO_3^-$ ,如大气中  $CO_2$  进入水中以及白云

石溶解。

## 4 阳离子交替吸附作用

阳离子交换反应主要包括以下典型反应方式:



在双龙河剖面上,河水、浅层水与深层水的钠吸附比(SAR)总体沿地下水流向不断变大(图11),说明阳离子吸附交替能力也逐渐增强。在剖面上的Ca含量不断减少,Mg含量基本不变,Na含量不断增加的现象(图12)也表明发生阳离子吸附交替作用。在此过

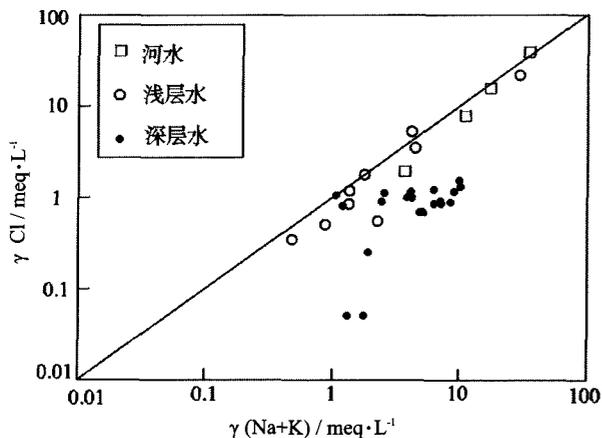


图8  $\gamma(Na+K) - \gamma Cl$  散点图  
Fig.8 Scatters of  $\gamma(Na+K) - \gamma Cl$

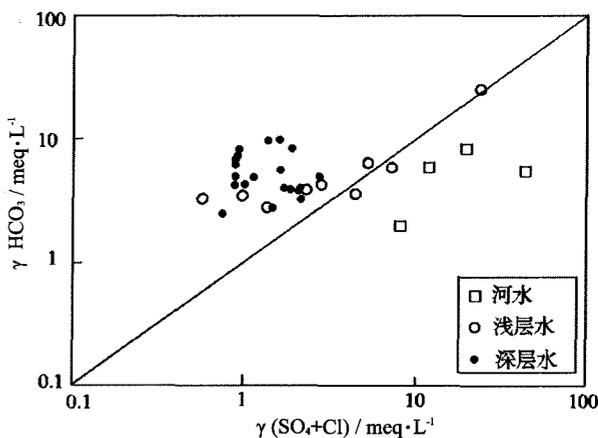


图9  $\gamma(SO_4 + Cl) - \gamma HCO_3$  散点图  
Fig.9 Scatters of  $\gamma(SO_4 + Cl) - \gamma HCO_3$

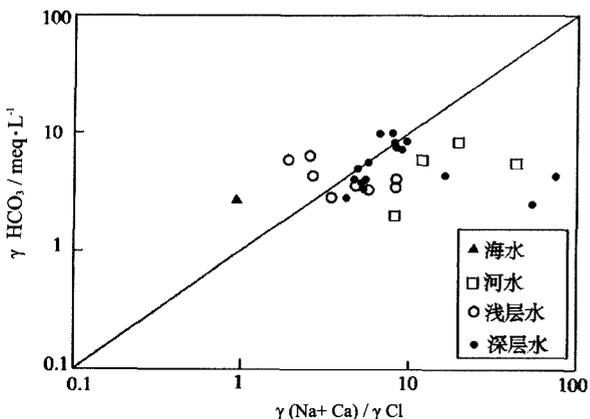


图10  $\gamma(Na+Ca) - r HCO_3$  散点图  
Fig.10 Scatters of  $\gamma(Na+Ca) - r HCO_3$

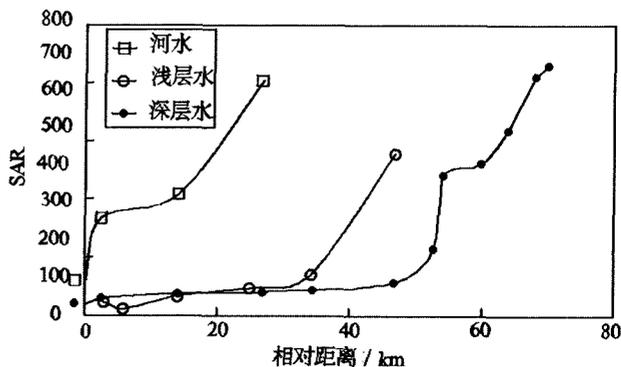


图11 双龙河剖面水体钠吸附比值  
Fig.11 Sodium adsorption ratios of the different water around Shuanglonghe river

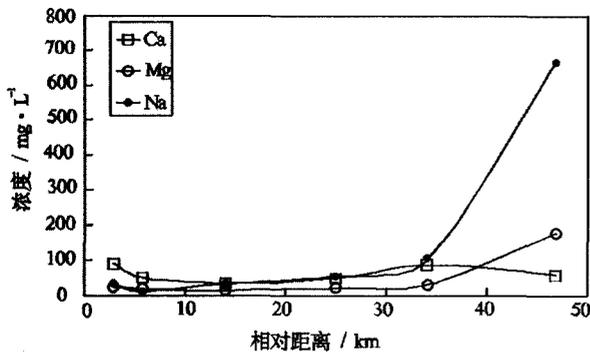


图12 浅层水阳离子变化图

Fig.12 Changing characters of the cations in the shallow water

程中,水化学类型也发生类似相应的变化。浅层水水化学类型由Cl-Na型向HCO<sub>3</sub>-Na·Mg型过渡,深层水水化学类型由HCO<sub>3</sub>-Na·Mg型水向HCO<sub>3</sub>-Na型水过渡。

浅层水及部分深层水的rNa/rCa小于1,河水及大部分深层水的rNa/rCa大于1,说明河水及大部分深层水均存在Ca缺失的现象。通常情况下,地下水中Ca的缺失主要是蒸发沉积作用和阳离子交换作用的结果。河水在地表受到强烈的蒸发浓缩作用,可能引发的沉淀作用是Ca缺失的主要原因;而深层水中方解石与白云石矿物饱和指数多大于0,但不能作为发生沉淀作用的标志,却可能导致阳离子吸附交替作用的发生。

## 5 混合作用

混合作用是指成分不同的两种水汇合在一起,形成化学成分与原来两者都不相同的地下水的作用。混合作用同样存在于曹妃甸地区,对地下水水化学、水质形成具有重要影响,包括大气降水入渗与地下水的混合作用以及从补给区到排泄区的径流过程中不同水体之间的混合作用。

研究区河水、浅层水、深层水以及下部第三系地下水之间存在密切的水力联系。根据地下水循环方面的相关研究,第四系地层中的第三、四含水层中深层水普遍接受浅层水以及更深层地下水的补给。由于粘土层对地下水中盐分具有过滤作用,因此,在混合作用中并未发生第三、四含水层中深层水咸化的现象,仅使深层水中出现大面积的HCO<sub>3</sub>、HCO<sub>3</sub>·Cl型水。

## 6 蒸发-浓缩作用

尽管研究区处于沿海,降水丰富,但干旱-半干旱的温带季风气候依然使得该区蒸发作用十分强

烈。尤其沿海地区地势平坦,潜水流动缓慢,河流流行平缓,都给蒸发浓缩作用创造了十分良好的条件。强烈的蒸发-浓缩作用,直接影响着区内地表水体和浅层地下水的水化学组分和TDS含量,是区内重要的水化学形成作用。一般情况下,地下水埋藏深度越小,蒸发作用也越强烈,常形成TDS>1 g/L的HCO<sub>3</sub>·Cl型水。当地普遍存在的Cl型水与Cl·HCO<sub>3</sub>型水也是蒸发作用强烈的一个重要标志。

## 7 结论

曹妃甸地区主要的水化学形成作用是溶滤作用、蒸发浓缩作用、混合作用以及阳离子吸附交替作用。

(1)浅层地下水以溶滤地层中的岩盐、碳酸盐矿物和硅酸盐矿物为主,方解石、石膏等贫镁矿物的影响较小,同时,强烈的蒸发浓缩作用对浅层水水化学特征具有重要影响。此外,还在水流路径上发生了明显的阳离子交替吸附作用,导致离子变化出现波动变化。

(2)深层水以溶滤地层中的硅铝酸盐、苏打土、岩盐等为主要,方解石和石膏等贫镁矿物对深层水水化学组分的影响程度不大。此外,在水流路径上,还受到上下含水层中不同来源化学组分的混合作用影响,并发生了阳离子交替吸附作用。

(3)河水以蒸发浓缩作用为主要水化学形成作用,同时还溶滤流经河床中的岩盐、硅铝酸盐和硫酸盐。

### 参考文献:

- [1] 中国城市规划设计研究院.唐山市曹妃甸新区总体规划(2008~2020),水资源专题研究(初稿)[R].2009,4.
- [2] 河北省地质局水文地质工程地质大队.冀东平原农田供水水文地质勘察报告[R].1983,5.
- [3] 河北省地矿局水文工程地质勘察院.曹妃甸地区水文地质工程地质环境地质基础调查评价专题报告(送审稿)[R].2009.
- [4] 王大纯.水文地质学基础[M].北京:地质出版社,2005.
- [5] Gibbs R J. Mechanisms controlling world water chemistry[J]. Science,1970,170:1088-1090.
- [6] Gibbs R J. Mechanisms controlling world water chemistry[J]. Evaporation-crystallization process.Science,1971,172: 871-872.
- [7] N. Subba Rao. Geochemistry of groundwater in parts of Guntur district,Andhra Pradesh,India[J].Environmental Geology, 2002,(41):552-562.

[8] R. Umar, A. Absar. Chemical characteristics of ground-water in parts of the Gambhir river basin, Bharatpur district, Rajasthan, India [J]. Environmental Geology, 2003, (44): 535-

544.

[9] 温小虎, 许彦卿, 苏建平, 等. 额济纳盆地地下水盐化特征及机理分析[J]. 中国沙漠, 2006, 26(5): 836-841.

## Study on the Groundwater Hydrochemical Formation Process in Caofeidian Area, Hebei Province

LIU Fu-tian, FANG Cheng, QIN Ya-fei, LIU Hong-wei, HU Yun-zhuang

(Tianjin center of China Geology Survey, Tianjin 300170, China)

**Abstract:** During the investigation process of the environmental and geological problems in Caofeidian area, the chemical components and compounding characters of samples in Caofeidian area are used to research the groundwater chemical formatting mechanism combined with the hydrogeology conditions. It is suggested that the dissolution-precipitation process of the halite, carbonate minerals, and silicate mineral in the aquifer is the main effect of the shallow groundwater, while the poor-Magnesium calcite and gypsum have little effect. Meanwhile, the intense evaporation-concentration has important influence on the hydrochemical features of the shallow groundwater. The dissolution-precipitation process of silica-alumina salt, sodic soil and halite effects the deep groundwater heavily. Besides, the mixing action and the cation exchange happen along the flow path. The evaporation effects the river water besides dissolving the halite, silica-alumina salt and sulfate salt.

**keywords:** groundwater; hydrochemical formation process; Caofeidian

## 《地质调查与研究》征订启事

经国家科委和新闻出版署批准,我刊《前寒武纪研究进展》于2003年起更名为《地质调查与研究》。办刊宗旨:本刊为地质科学领域中的学术性刊物,执行党的基本路线及国家的出版政策法规,坚持“百花齐放,百家争鸣”的双百方针,面向地质调查和研究工作,为地质调查和研究成果提供交流载体,推动我国地质调查和研究工作的开展,为我国的经济建设和发展服务。主要刊登内容:地质调查和研究中的新认识、新成果、新进展,地区性、专业性焦点、难点问题讨论,新理论、新技术、新方法、新工艺的研究和引进。内容涉及基础地质、矿床地质、同位素地质年代、第四纪地质、水资源与环境、灾害地质、城市地质、农业地质、地球物理勘查、地球化学勘查、地质调查信息等领域,以及国民经济和社会发展对地质工作的需求等方面的文章,亦刊登国外相关领域的研究动态和成果。主要开设栏目:基础地质、矿产资源、水文地质、灾害地质、环境地质、技术方法等,非常适合地质工作者、地质院校师生和有关单位的管理者阅读参考。

本刊为80页的季刊,每期约12万字,铜版纸印刷,公开发行,可全年订阅,也可分期订阅。订阅办法:1)单位和个人均可向我刊编辑部订阅;2)邮局汇款地址:天津市河东区大直沽八号路4号编辑部,邮编:300170;3)银行信汇:天津市河东区工商行大直沽分理处,账号:0302040109006621382。

联系电话:022-84112950。

《地质调查与研究》编辑部