

山东烟台大沽夹河流域中下游地区地下水水质演变特征研究

陶志斌,于林弘,于剑锋,汤世凯,杨宁

山东省第三地质矿产勘查院,山东烟台,264004

内容提要:本文以山东烟台大沽夹河中下游地区1987~2017年地下水水质监测数据为背景,选取对地下水影响较大的钠钾离子、钙离子、镁离子、重碳酸根离子、硫酸根离子、氯离子、硝酸根离子以及总硬度、矿化度作为研究对象,利用 Grapher 软件,制作地下水水质动态曲线图,分析地下水水质多年变化特征,并使用 AquaChem 软件绘制 Piper 三线图,总结地下水水质类型及其变化规律,对比分析研究区30年地下水质量变化情况,选择时间序列法对大沽夹河中下游地区地下水水质进去趋势预测,结果表明:研究区地下水主要离子浓度呈上升趋势,水化学类型由 $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ 、 $\text{HCO}_3\text{-Cl-Ca}$ 、 Na 向 $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca}$ 、 Na 、 $\text{HCO}_3\text{-Cl-SO}_4\text{-Ca}$ 、 Na 转变。但地下水质量变化不大。除下游沿海区域外,大部分地区尚未超过Ⅲ类水标准,仅部分地区 NO_3^- 超标明显。

关键词:大沽夹河;动态规律;地下水水质;影响因素;水质演变

山东烟台大沽夹河流域中下游地区内主要河流为大沽夹河,由内夹河和外夹河两大支流汇合而成。大沽夹河流域中下游地区分布有多个水源地,是维系烟台市及大沽夹河流域中下游地区城镇居民正常生产生活和社会经济发展的“水源命脉”(Li Jiazhu et al., 2007)。

烟台大沽夹河中下游地区地下水勘查工作至今已有60余年,长期对地下水的开采使该地区地下水位、水质发生较大变化,对大沽夹河流域(Tao Zhibin et al., 2019)中下游地区地质环境、生态环境均产生较大影响,因此,现阶段对该地区地下水水质进行总结分析,是十分必要的。基于此,本文以近30年的监测数据为基础,分析大沽夹河流域地下水主要离子及其时空变化规律以及水质变化的主要影响因素,对掌握大沽夹河流域地下水水质动态,为地下水合理开发利用与水质保护提供科学支撑。

1 研究区概况

烟台大沽夹河流域中下游地区地貌类型(Jin

Bingfu et al., 2007)主要是堆积山间平原滨海平原亚区,个别地段分布在构造剥蚀丘陵亚区,地形总体趋势是南高北低、东西高中间低的特点。高处为基岩裸露的低山丘陵区,赋存基岩裂隙水和碳酸盐岩溶裂隙水。第四系松散岩类孔隙水(Ma Jian et al., 2017)除接受大气降水入渗补给外,还有基岩裂隙水的侧向径流补给和河水的渗漏补给。地下水主要由南向北径流,地下水的排泄主要为人工开采,次为蒸发和地下径流(Cang Yan et al., 2007)。地下水以第四系冲积-冲洪积砂及砂卵砾石层孔隙为主要蓄水空间(Fu Xiaozhong et al., 2017; Wang Yan et al., 2007),其南部边界为内夹河为门楼水库大坝、外夹河为东道平-陈村一线,北部边界为黄海,两侧以含水层尖灭线为界。第四系厚度一般为20~35 m,最厚可达44.5 m,含水层结构(Cheng Jianmei et al., 2003)从夹河中游至下游逐渐由单层、二元结构向三层结构变化,顶部厚2~7 m,岩性为粉细砂、粉土,局部中砂,赋存孔隙潜水;中间相对隔水层岩性为淤泥质砂土和粉土层,厚5~10 m;下部承压含

注:本文为山东省国土资源厅2016年度山东省地质环境项目“山东省地下水水源地调查评价(胶东半岛东部)”(编号鲁地环(2016)09号)资助的成果。

收稿日期:2019-08-09;改回日期:2019-09-19;责任编辑:李曼。

作者简介:陶志斌,男,1984年生。工程师,本科,主要从事水工环地质工作,Email:yzandcaugh@qq.com。通讯作者:杨宁,女,1987年生,工程师,硕士研究生,主要从事水工环地质等方面工作,Email:yangning@sddksd.com。

引用本文:陶志斌,于林弘,于剑锋,汤世凯,杨宁. 2019. 山东烟台大沽夹河流域中下游地区地下水水质演变特征研究. 地质学报, 93(s1):111~118, doi: 10.19762/j.cnki.dizhixuebao.2019217.

Tao Zhibin, Yu Linhong, Yu Jianfeng, Tang Shikai, Yang Ning. 2019. Research on evolution characteristics of groundwater quality in the middle and lower reaches of the Dagujia River in Yantai, Shangdong. Acta Geologica Sinica, 93(s1):111~118.

水层岩性以砂、砂砾石及卵砾石为主,层底标高-20~-35 m。其单井涌水量均大于 1000 m³/d。

2 地下水水化学特征演变特征

烟台大沽夹河地下水水质监测自 20 世纪 80 年代开始,本次选取该地区 11 个监测点(图 1)自 1987 年~2017 年水质监测数据,选择对地下水影响较大的钠钾离子、钙离子、镁离子、重碳酸根离子、硫酸根

离子、氯离子、硝酸根离子以及总硬度、矿化度等进行分析总结。

2.1 水质多年变化特征

利用 Grapher 软件(Fu Junqing et al., 2013; Xu Huizhen, 2007; Shan Gui et al., 2010),制作典型监测井主要离子地下水水质动态曲线图(图 2),由图可以看出监测初期溶解性总固体较低,一般低于 0.5 g/L,总硬度多小于 300 mg/L。但 2000 年

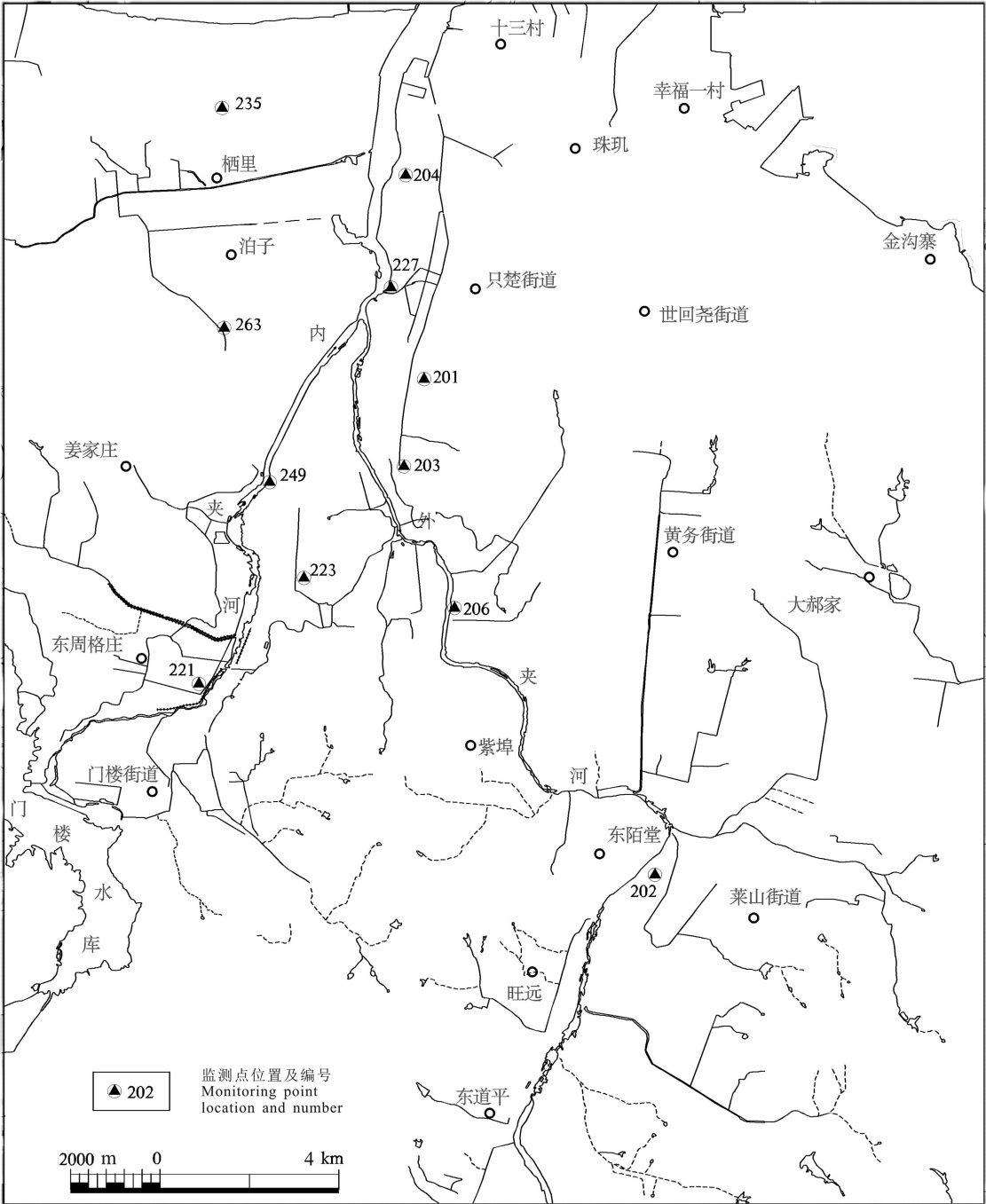


图 1 地下水监测点位置图
Fig. 1 Location of groundwater monitoring points

后各离子组分随枯水期丰水期变化较大,水质十分不稳定。结合地下水动态监测情况(图 3),2000 年前后该监测井地下水水位明显出现大幅下降,降水量偏低,开采量增大。之后该监测井持续开采,地下水水质波动持续不稳定,这说明该地区水质受开采影响较大,开采量增大,地下水水位波动幅度变大,导致地下水中各离子组分浓度增大。

2.2 水化学类型变化特征

选取 1987 年、1997 年、2007 年及 2017 年的主要离子(表 1)可以看出,1987 年大沽夹河中下游地区地下水水化学类型(Xiao Xin et al., 2015; Cui Sufang et al., 2015)为 $\text{HCO}_3\text{-Ca} \cdot \text{Na}$ 型、 $\text{HCO}_3 \cdot \text{Cl-Ca} \cdot \text{Na}$ 型,阳离子大部分集中偏向于钙离子和钠离子,阴离子偏向于重碳酸根离子集中,说明水质

还好,夹河入海口地区受氯离子影响,2017 年地下水水化学类型则为 $\text{HCO}_3 \cdot \text{Cl} \cdot \text{SO}_4\text{-Ca} \cdot \text{Na}$ 型、 $\text{HCO}_3 \cdot \text{Cl} \cdot \text{SO}_4\text{-Ca} \cdot \text{Na} \cdot \text{Mg}$ 型,与 1987 年相比,阳离子变化幅度不大,阴离子则发生了转移,硫酸根离子明显增多,说明大沽夹河下游地区,地下水水质受工业、农业影响,导致硫酸盐污染,直接影响地下水化学成分的变化。

参考该地区 1997 年、2007 年和 2017 年全部水质监测数据,利用 AquaChem 软件绘制 Piper 三线图(Yao Pu et al., 2006; Zhang Boran et al., 2018; Gong Xiaoyan et al., 2018)也可以看出,阳离子中 Ca^{2+} 含量缓慢升高, Na^+ 、 Mg^{2+} 两种离子含量变化不大;阴离子从 1997 年到 2007 年 Cl^- 、 HCO_3^- 离子含量升高,从 2007 年到 2017 年,水中 Cl^- 、 HCO_3^-

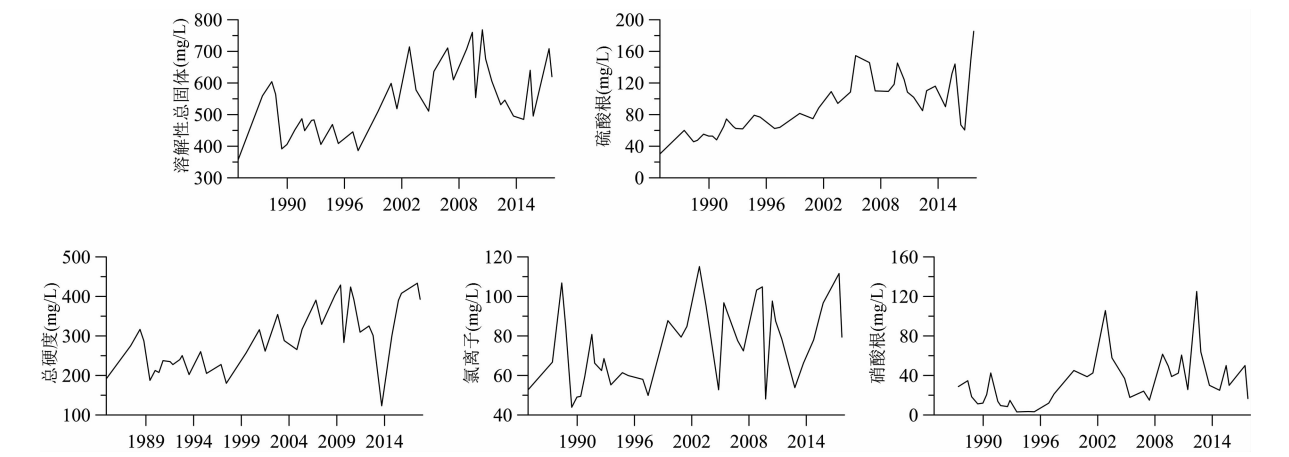


图 2 典型监测井主要离子地下水水质动态曲线图
Fig. 2 Typical ionic groundwater dynamic curves of typical monitoring wells

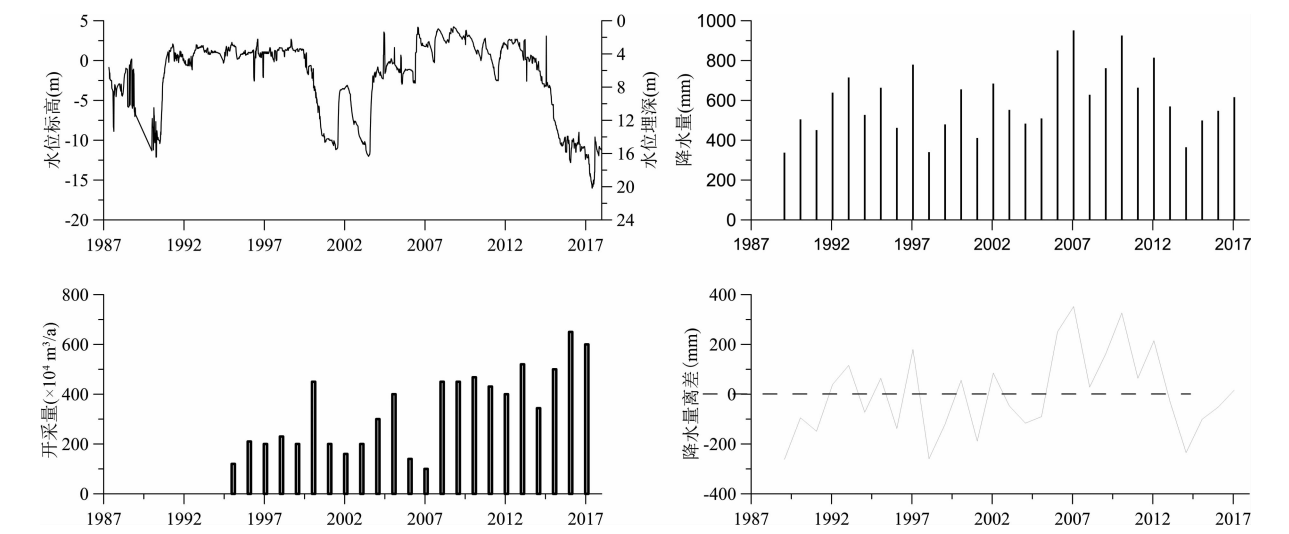


图 3 典型监测井地下水动态曲线图
Fig. 3 Groundwater dynamic curves of typical monitoring wells

表 1 典型监测井不同年代水化学特征

Table 1 Chemical characteristics of typical water monitoring wells in different years

监测井 编号	年份	主要阴离子含量(mg/L)			主要阳离子含量(mg/L)			溶解性总固体 (mg/L)	总硬度 (mg/L)	水化学类型
		HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	K ⁺ +Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺			
201	1987	155.6	108.07	292.61	182.20	32.81	44.09	851.21	13.74	Cl-Na
	1997	103.73	321.80	326.29	163.60	59.55	125.25	1153.37	558.00	Cl·SO ₄ -Na·Ca·Mg
	2007	164.35	258.37	364.28	194.10	56.73	110.45	1174.83	509.46	Cl·SO ₄ -Na·Ca·Mg
	2017	134.31	440.00	352.20	191.85	77.02	127.00	1300.58	634.23	Cl·SO ₄ -Na·Ca·Mg
202	1987	109.84	50.43	43.12	28.9	12.76	43.09	326.99	8.97	HCO ₃ ·Cl—Ca·Na
	1997	131.19	69.64	60.27	39.77	14.58	63.13	436.68	217.70	HCO ₃ ·Cl-Na·Ca
	2007	254.46	69.07	99.35	48.90	22.55	92.42	626.56	323.69	HCO ₃ ·Cl-Ca
	2017	198.55	128.00	69.74	49.00	23.10	86.78	513.16	311.83	HCO ₃ ·Cl·SO ₄ -Ca·Na
203	1987	137.30	93.66	127.31	68.42	23.70	60.12	536.16	13.88	Cl·HCO ₃ —Ca·Na
	1997	134.24	124.88	178.73	119.06	24.91	62.12	679.54	257.73	Cl·SO ₄ -Na·Ca
	2007	212.55	115.11	95.21	69.35	22.55	75.51	615.28	281.45	HCO ₃ ·Cl·SO ₄ -Ca·Na
	2017	245.26	215.00	338.25	217.85	43.64	88.90	1041.29	401.68	Cl·HCO ₃ ·SO ₄ -Na·Ca
249	1987	241.03	60.04	66.74	47.97	24.31	70.14	559.26	15.42	HCO ₃ —Ca·Mg·Na
	1997	128.14	63.88	49.88	42.37	16.41	45.09	386.17	180.16	HCO ₃ ·Cl-Na·Ca
	2007	233.50	110.00	72.44	43.30	24.61	91.29	610.14	329.30	HCO ₃ ·SO ₄ -Ca
	2017	297.82	150.00	111.59	67.28	29.52	124.88	708.42	433.39	HCO ₃ ·Cl·SO ₄ -Ca·Na

离子含量有减少的趋势,SO₄²⁻离子含量升高(图4)。

3 地下水质量演变特征

依据《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017)中规定的地下水综合评价方法对大沽夹河中下游地区地下水质量进行评价,取选取 1987 年、1997 年、2007 年及 2017 年的 11 个监测点的所有离子,按单指标评价结果的最高类别确定水质类别,并指出最高类别的超标组份。

根据评价结果(表 2),下游沿海地区地下水质量(Yu Linhong, 2019; Chen Qiao et al., 2019)较差,一般为Ⅳ~Ⅴ类水,主要超标离子为 Cl⁻ 离子,以 Cl⁻ 离子含量大于 250 mg/L 作为海水入侵的判别标准时,可以判断该地区导致地下水质量较差的主要因素为海水入侵;中游地区地下水质量较好,超标离子主要为 NO₃⁻ 离子。综合分析大沽夹河中下游地区地下水质量随年代变化不大,Mn 离子超标一般在 80~90 年代,20 世纪之后 Mn 离子并未出现超标情况,NO₃⁻ 离子超标主要发生在农业种植区。

4 地下水水质变化趋势分析

利用多年地下水水质观测资料来推算近期地下水水质的趋势变化情况。一般采用时间序列分析法或灰色预测法。本次采用时间序列分析法(Luo Zhiping et al., 2007)进行大沽夹河中下游地区地下水水质预测。

时间序列是按时间先后顺序排列的一系列观测

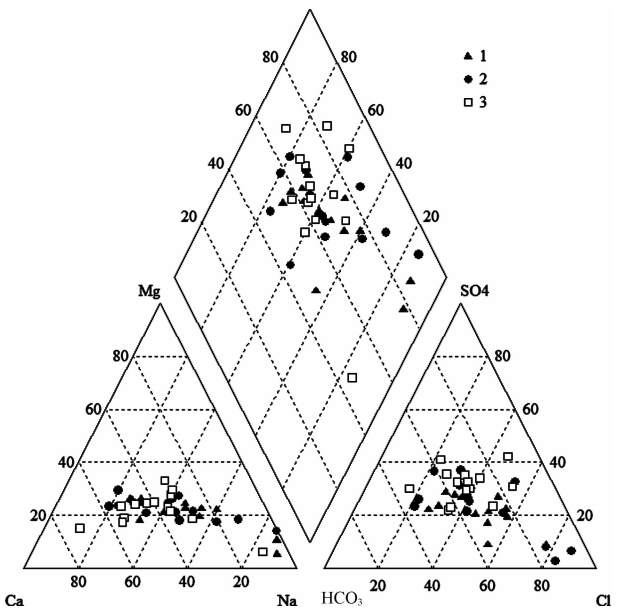


图 4 不同年代地下水 Piper 三线图
Fig. 4 Groundwater Piper trilinear diagram
in different years

1—1997 年松散岩类孔隙水;2—2007 年松散岩类孔隙水;
3—2017 年松散岩类孔隙水
1—Pore water of loose rock in 1997;2—pore water of
loose rock in 2007;3—pore water of loose rock in 2017

数据,根据地下水水质在随时间变化的过程中,任一时刻的变化与前期要素的变化均有关联,利用这种关系建立模型反映水质变化的规律性,然后根据模型对地下水水质进行预报,分析其变化趋势。本次采用时间序列分析法中的指数平滑法进行预测(Wang Ciguang, 2004;Liu Luoman, 2009),利用过

表 2 不同年代地下水质量评价表

Table 2 Groundwater quality evaluation form in different years

监测井 编号	1987 年		1997 年		2007 年		2017 年		超标因素
	水质类别	超标组份	水质类别	超标组份	水质类别	超标组份	水质类别	超标组份	
235	V	Cl ⁻	Ⅳ	TDS、Cl ⁻	V	Cl ⁻	V	Cl ⁻	海(咸)水入侵 养殖污染
204	V	SO ₄ ²⁻	Ⅳ	NO ₃ ⁻ 、Mn	Ⅲ		Ⅲ		
201	Ⅳ	Cl ⁻ 、Mn	Ⅳ	总硬度、TDS、SO ₄ ²⁻ 、Cl ⁻ 、Mn	V	Cl ⁻	V	SO ₄ ²⁻ 、Cl ⁻	
227	Ⅲ		V	Cl ⁻	V	Cl ⁻	Ⅲ		海(咸)水入侵
263	Ⅲ		V	NO ₃ ⁻	Ⅳ	TDS	Ⅲ		
203	Ⅳ	Mn	Ⅳ	Mn	Ⅲ		Ⅳ	TDS、Cl ⁻	
206	Ⅳ	Mn	Ⅳ	Mn	Ⅲ		Ⅳ	NO ₃ ⁻	农药、化肥
249	Ⅲ		Ⅲ		Ⅲ		Ⅲ		
223			Ⅳ	NO ₃ ⁻	Ⅲ		Ⅳ	NO ₃ ⁻	
202	Ⅲ		Ⅲ		Ⅲ		Ⅲ		
221	Ⅲ		Ⅲ		Ⅲ		Ⅲ		

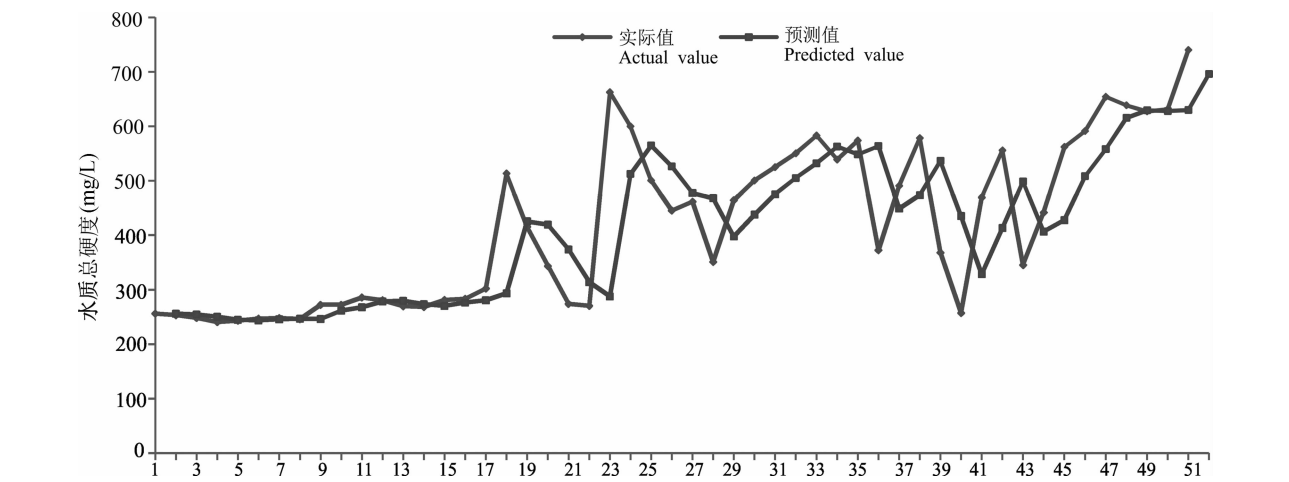


图 5 总硬度预测模型曲线图

Fig. 5 Total hardness prediction model curve

去已知的观测值,进行加权平均,来预测未来的观测值。

$$S_t^{(2)} = \alpha S_t^{(1)} + (1 - \alpha) S_{t-1}^{(2)} \tag{1}$$

式中: $S_t^{(2)}$ 为第 t 周期的二次指数平滑值; $S_t^{(1)}$ 为第 t 周期的一次指数平滑值; $S_{t-1}^{(2)}$ 为第 $t-1$ 周期的二次指数平滑值; α 为加权系数(也称为平滑系数,取值 0.1—0.9)。

预测值:

$$Y_{t+n} = a_t + b_t \cdot n \tag{2}$$

式中: n 为实测值后 n 年。

4.1 地下水水质预测

根据研究区 1987~2017 年监测数据选取主要影响指标总硬度、溶解性总固体、氯离子、硫酸根离子、硝酸根离子长系列监测数据各 51 个(各指标实际参评地下水样品数 ≤ 51 个),由二次指数平滑预测得出各离子预测模型(图 5、表 3)。

4.2 地下水水质变化趋势分析

将预测结果与 2017 年水质分析实测值进行对比发现,烟台大沽夹河地下水 202 监测井水质继续恶化,水质类别属Ⅳ类水;其余监测井各离子均有不同程度的增加或减少,但均未超过Ⅲ类水标准。详见表 4。

5 结论

本次对大沽夹河中下游地区地下水水质特征及演变趋势进行研究,主要是通过对比不同年代地下水中所含阴阳离子的变化规律进行地下水水质趋势分析,得到以下结论:

(1)大沽夹河中下游地区地下水主要离子浓度、总硬度、溶解性总固体随着时间的推移发生了明显变化,其中 SO_4^{2-} 离子浓度明显升高,水化学类型由 $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ 、 $\text{HCO}_3 \cdot \text{Cl-Ca} \cdot \text{Na}$ 向 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4\text{-Ca} \cdot \text{Na}$ 、 $\text{HCO}_3 \cdot \text{Cl} \cdot \text{SO}_4\text{-Ca} \cdot \text{Na}$ 转变。

表 3 典型监测井地下水水质预测模型

Table 3 Groundwater quality prediction model of typical monitoring well

监测井编号	201	202	221	249	备注
总硬度	$Y_{t+n}=784.18+29.33\times n$	$Y_{t+n}=300.43+16.23\times n$	$Y_{t+n}=393.73+4.76\times n$	$Y_{t+n}=390.14+16.07\times n$	
溶解性总固体	$Y_{t+n}=1248.65+149.45\times n$	$Y_{t+n}=482.62-0.31\times n$	$Y_{t+n}=694.33+9.86\times n$	$Y_{t+n}=621.02+19.89\times n$	
氯离子	$Y_{t+n}=344.21+1.91\times n$	$Y_{t+n}=76.66+0.04\times n$	$Y_{t+n}=69.51+1.53\times n$	$Y_{t+n}=92.83+3.06\times n$	
硫酸根	$Y_{t+n}=394.09+7.60\times n$	$Y_{t+n}=109.26+3.12\times n$	$Y_{t+n}=150.91-2.88\times n$	$Y_{t+n}=170.83+10.64\times n$	
硝酸根	$Y_{t+n}=12.68+2.89\times n$	$Y_{t+n}=49.55+3.35\times n$	$Y_{t+n}=140.11+7.76\times n$	$Y_{t+n}=38.38+0.65\times n$	

表 4 地下水水质变化趋势对比表

Table 4 Comparison chart groundwater quality trends

监测井编号	对比项目	1987 实测值(mg/L)	2017 年实测值(mg/L)	预测值(mg/L)	变量	变化趋势
201	溶解性总固体	851.21	1300.58	1547.54	增加	恶化
	总硬度	13.74	634.23	842.85	增加	
	氯离子	292.61	352.2	348.02	减少	
	硫酸根离子	108.07	324.68	409.29	增加	
	硝酸根离子	1.25	5.84	18.46	增加	
202	溶解性总固体	326.99	513.16	482.00	减少	稳定
	总硬度	8.97	311.83	332.88	增加	
	氯离子	43.12	69.74	76.74	增加	
	硫酸根离子	50.43	128	115.51	减少	
	硝酸根离子	27.5	45	56.26	增加	
221	溶解性总固体	435.32	695	714.04	增加	稳定
	总硬度	11.78	393.81	403.25	增加	
	氯离子	50.31	74.81	72.57	减少	
	硫酸根离子	33.62	141.69	145.15	增加	
	硝酸根离子	16.25	147.15	155.64	增加	
249	溶解性总固体	559.26	708.42	660.79	减少	稳定
	总硬度	15.42	433.39	422.28	减少	
	氯离子	66.74	111.59	98.95	减少	
	硫酸根离子	60.04	150	192.11	增加	
	硝酸根离子	21.25	50	39.68	减少	

(2)地下水质量随年代变化不大,受海水入侵影响范围内地下水质量较差,其余地区地下水质量较好,但近年来 NO₃⁻ 离子超标明显增多,主要受周边农业大量使用氮肥,包括碳酸氢铵、硫酸氢铵、硝酸氢铵、尿素等化肥,并且由于目前农村施肥技术仍然比较落后,氮肥利用率只有 20%到 70%左右,其余流失到水、土壤中导致硝酸盐超标。

(3)除下游沿海区域受海水入侵、工业等因素,地下水水质处于恶化趋势外,其余地区各离子均有不同程度的增加或减少,尚未超过Ⅲ类水标准,地下水水质趋势基本稳定。但对大沽夹河中下游地区的地下水水污染防治工作仍要加强,确保地下水资源的稳定持续发展。

References

Chen Qiao, Zhuang Yan, Hao Decheng, Wang Hongmei. 2019. Quality evaluation and forming-factors analysis of groundwater in coastal zones of northern Shandong Province: case of Buzhuang town, Weifang City. Yangtze River,50(5):36~40.

Cheng Jianmei, Chen Chongxi, Ji Mengrui, Sun Guiming. 2003.

Determination of seaward boundary with three-dimensional density-dependent tidal effect model: by example of coastal aquifers in Jiahe River basin Shandong Province. Earth Science- Journal of China University of Geosciences, 28(2): 225~231 (in Chinese with English abstract).

Cui Sufang, Zhang Baoxiang, Fan Mingyuan, Wei Xiaoyan, Zhang Jisheng, Liu Dongmei, Wu Quanyuan, Liu Jie. 2015. Research on the evolution law of groudwater hydrochemistry in Feicheng basin. Yellow River, 37(3): 75~79 (in Chinese with English abstract).

Gong Xiaoyan, Bian Jianmin, Wang Yu, Sun Xiaoqing, Yang Guangshen. 2018. Chemical characteristics and causes of riparian groundwater in Jilin section of Songhua River. Yangtze River, 49(11):19~23 (in Chinese with English abstract).

Fu Junqing, Sun Zhixin, Fan Jingcheng. 2013. Tips and tricks on the application of grapher. Gansu Metallurgy, 35(6): 117~119.

Fu Xiaozhong, Dong Xiaohui. 2017. Study on underground water storage space of alluvial fan of Taoyer River in Baicheng City. Groundwater, 39(5): 46~47 (in Chinese with English abstract).

Jin Bingfu, Song Jian, Zhang Lin. 2007. Geomorphiic responseto the environmental change at the mouth of the Jiahe River in Yantai since the last four decades. Marine Science, 31(8): 26~29 (in Chinese with English abstract).

Li Jiazhu, Liu Xianzhao. 2007. Water quality change and trend analysis of Dagujia River basin in Yantai. Water Resources and Power, 25(6): 20~24 (in Chinese with English abstract).

Liu Luoman. 2009. Application of exponential smoothing in time series analysis. Journal of Shenyang Normal Unviersity

(Natural Science), 27(4):416~418 (in Chinese with English abstract).

Luo Zhiping, Zhou Xinzhi, Gu Zhongbi. 2007. Time series hydrological forecasting based on data mining. Computer Engineering and Applications, 43(30):231~233 (in Chinese with English abstract).

Ma Jian, Zhang Jitao, Wang Longchang. 2017. Analysis on hydrogeological conditions and aquifer electrical characteristics in Yantai City, Shan Dong Land and Resources, 33(4):50~54 (in Chinese with English abstract).

Shan Gui, Liu Sujing, Wang Shengzhi. 2010. Draft the topographical profiles with mapgis and grapher software. Geolgy of Chemical Minerals, 32(3):183~185 (in Chinese with English abstract).

Tao Zhibin, Yu Linhong, Yang Ning. 2019. A review on the evaluation and research of Dagujia River groundwater source region in Yantai. Shan Dong Land and Resources, 35(02):26~33 (in Chinese with English abstract).

Wang Ciguang. 2004. Simple method of determining the initial value in secondary exponential smoothing method. Journal of Southwest Jiaotong University, 39(3):269~271 (in Chinese with English abstract).

Wang Yan, Wang Weiping, Wang Huiting. 2007. Research on water resources status and countermeasures in Yantai City. Shan Dong Water Resources, (4):40~41 (in Chinese with English abstract).

Xiao Xin, Chen Miao, Wu Yonggui. 2015. Groundwater hydrochemical characteristics and spatital-temporal variations from the main urban areas in Zunyi. Journal of Guilin Unviersity of Technology, 35(1):142~146 (in Chinese with English abstract).

Xu Huizhen. 2007. Study on the character of groundwater geochemistry and its defence capacity to contamination in the karst spring area of Jinan. PhD thesis of China University of Geosciences (Beijing), 1~58 (in Chinese with English abstract).

Yao Pu, Jiang Zhenquan, Tian Meiqing, Zou Zuguang. 2006. Evaluation and development trend of sea water intrusion in the middle and lower reach of Jiahe River. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 17(4):110~115 (in Chinese with English abstract).

Yu Linhong. 2019. Comprehensive assessment of groundwater quality in Yantai City in Shandong peninsula blue economic zone. Shan Dong Land and Resources, 35(01):74~80 (in Chinese with English abstract).

Zhang Boran, Luo Xilai, Ding Di. 2018. Research on groundwater quality characteristics and evolution trend of the river alluvial fan. Journal of Qufu Normal University, 44(2):86~91 (in Chinese with English abstract).

及其成因分析-以潍坊市昌邑市卜庄镇为例. 人民长江, 50(5):36~40.

成建梅, 陈崇希, 吉孟瑞, 孙贵明. 2003. 运用三维变密度潮汐效应模型确定滨海含水系统的海底等效边界-山东烟台夹河中下游地区为例. 地球科学, 28(2):225~231.

崔素芳, 张保祥, 范明元, 魏晓燕, 张吉圣, 刘冬梅, 吴泉源, 刘杰. 2015. 肥城盆地地下水水化学演变规律研究. 人民黄河, 37(3):75~79.

宫晓艳, 卞建民, 王宇, 孙晓庆, 杨广申. 2018. 松花江吉林段傍河地带地下水化学特征及成因. 人民长江, 49(11):19~23.

付俊清, 孙治新, 樊景成. 2013. Grapher 在使用中的几点心得和技巧. 甘肃冶金, 148(6):117~119.

付晓忠, 董小辉. 2017. 白城市洮儿河冲洪积扇地下蓄水空间研究. 地下水, (5):46~47.

金秉福, 宋键, 张林. 2007. 烟台夹河口近 40 年来环境变化的地貌响应. 海洋科学, (8):26~29.

李嘉竹, 刘贤赵. 2007. 烟台大沽夹河流域水质演变与趋势分析. 水电能源科学, (6):20~24.

刘罗曼. 2009. 时间序列分析中指数平滑法的应用. 沈阳师范大学学报(自然科学版), 27(4):416~418.

罗志平, 周新志, 古钟璧. 2007. 基于数据挖掘的水文时间序列预测. 计算机工程与应用, 43(30):231~233.

马健, 张吉涛, 王龙昌. 2017. 烟台市水文地质条件与含水层电性特征分析. 山东国土资源, (04):50~54.

单贵, 刘肃敬, 王生志. 2010. 利用 MAPGIS、GRAPHER 软件绘制地形地质剖面图. 化工矿产地质, 32(3):183~185.

陶志斌, 于林弘, 杨宁. 2019. 烟台大沽夹河地下水水源地评价研究综述. 山东国土资源, 35(2):26~33.

王慈光. 2004. 二次指数平滑法中确定初始值的简便方法. 西南交通大学学报, 39(3):269~271.

王燕, 王巍萍, 王慧婷. 2007. 烟台市水资源状况及对策研究. 山东水利, (4):40~41.

肖欣, 陈森, 吴永贵. 2015. 遵义市主城区地下水水化学特征及水质的时空变化. 桂林理工大学学报, 35(1):142~146.

徐慧珍. 2007. 济南岩溶泉域地下水水文地球化学特征及防污性能研究. 中国地质大学(北京), 1~58, 博士学位论文.

姚普, 姜振泉, 田梅青, 邹祖光. 2006. 烟台市夹河段海水入侵与时空演化研究. 中国地质灾害与防治学报, 17(4):110~115.

于林弘. 2019. 山东半岛蓝色经济区烟台市地下水质量综合评价. 山东国土资源, 35(01):74~80.

张博然, 罗熙来, 丁迪. 2018. 某河流冲洪积扇地下水水质特征及演变趋势研究. 曲阜师范大学学报:自然科学版, 44(2):86~91.

参 考 文 献

陈桥, 庄妍, 郝得成, 王红梅. 2019 山东北部沿海区地下水质量评价

Research on evolution characteristics of groundwater quality in the middle and lower reaches of the Dagujia River in Yantai, Shangdong

TAO Zhibin, YU Linhong, YU Jianfeng, TANG Shikai, YANG Ning*

No.3 Exploration institute of Geology and Mineral Resources ,Shandong Yantai 264000 ,China

* Corresponding author :yangning@sddksd.com

Abstract

This paper takes the groundwater quality monitoring data in the middle and lower reaches of Dagujia River in Yantai from 1987 to 2017 as the background. Sodium potassium ion, calcium ion, magnesium ion, bicarbonate ion, sulfate ion, chloride ion, nitrate ion and total hardness and salinity are selected as research objects. Grapher software is used to make dynamic graph of groundwater quality and analyze the characteristics of groundwater quality changes over the years. Using AquaChem software rendering Piper trilinear nomograph, summarizes the type of groundwater quality and its change rule. The variation of groundwater quality in the study area in 30 years Is compared and analyzed. Prediction of groundwater quality trend in the middle and lower reaches of Dagujia River by time series analysis. The results show that the main ion concentration of groundwater in the study area is on the rise. The type of water chemistry is changed from $\text{HCO}_3\text{-Ca}$, $\text{HCO}_3 \cdot \text{Cl-Ca} \cdot \text{Na}$ to $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4\text{-Ca} \cdot \text{Na}$, $\text{HCO}_3 \cdot \text{Cl} \cdot \text{SO}_4\text{-Ca} \cdot \text{Na}$, but the quality of groundwater has not changed much. Except the downstream coastal area,most areas have not exceeded Class III water standards,only in some areas, NO_3^- exceeds the standard.

Key words: Dagujia River; dynamic law; groundwater quality; influencing factors; waterquality evolutionary