

漳河流域典型区浅层地下水水化学特征分析

周晓妮,王振兴*,苗青壮,张冰

(中国地质科学院水文地质环境地质研究所,石家庄 050061)

摘要: 文章在阐述水文地质背景的基础上,根据采样所得水化学数据,采用舒卡列夫分类、Piper 三线图法等分析了浅层地下水水化学特征,认为研究区水化学类型和成因复杂,浅层地下水化学成分自西向东存在明显分带性,由此将本区分为两个区五个亚区,并分别对其溶解性总固体与主要离子关系进行相关分析和直线回归分析,总结了不同分区内溶解性总固体与各离子的相关关系,为该区域地下水的合理开发利用提供科学依据。

关键词: 地下水;水化学特征;相关分析

中图分类号: P641.12

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2020)03-0265-06

地下水作为水资源的重要组成部分,在京津冀一体化协同发展和维持生态平衡等方面具有重要作用。地下水化学特征反映了气候变化、岩石风化、蒸发作用、土地利用及人类活动等对区域地下水环境的影响,以及地下水的补径排特征,对合理开发利用地下水资源具有积极的指导作用^[1]。自上世纪60年代以来,国内外学者根据地下水化学离子组合特征,分析其离子来源、迁移转化过程与输送通量,通过研究地下水化学特征的演化过程与机理,探讨区域地下水循环模式和污染来源。如张旺等讨论了黄河中下游丰水期水化学特征及主要控制因素^[2];马荣等根据洛阳盆地地下水化学离子组合特征,定量刻画人类活动和水岩相互作用对区域地下水化学组分的影响^[3]。

漳河流域山前冲洪积平原主要位于华北平原南部,地处半湿润气候带,地理位置极为重要^[4-10]。近年来,随着经济的持续发展,人口、资源、环境矛盾日益突出^[11-17];由于受气候条件的限制,该地区水资源相对较为紧缺,人均资源量不足全国的1/6,长期以来水问题严重,供水缺口很大^[18-21],社会经济发展受到水资源瓶颈制约^[22-24],浅层水和土地资源潜力没有得到应有的开发利用。本文在该地区水文地质条件的基础上,分析其地下水的水化学特征及成因机制,为当地更好的利用地下水资源提供科学依据。

1 研究区概况

漳河流域山前冲洪积平原区位于河北省南部,华北平原西南部,属于漳卫河流域,涉及河北省邯郸市的磁县、临漳县、成安县、广平县、魏县五个县区,南邻河南省安阳县,面积约1 400 km²。区内较大的河流主要有两条,中部为漳河,自西向东流经本区域,南部边界处有安阳河自西南部流经本区;区内地势西高东低,海拔高程为54~120 m,局部海拔较高,为236 m;以0.7%~1.1%的坡度微倾向东北。本区属暖温带大陆性季风气候,多年平均降雨量558.8 mm,年蒸发量为1 563 mm^[25-26]。

漳河流域山前冲洪积平原位于山西断隆次一级构造—太行拱断东部和华北断拗—临清台陷南部和内黄台拱的北部,邢台—安阳深断裂及临漳—魏县大断裂分布以南北向和北西—南东方向穿过本区,对区内水文地质条件有明显的控制作用。自西向东依次为山前冲积洪积物,中部冲积、湖积物和东部冲积物。沉积物厚度自西向东逐渐增大,其中西部厚约65 m,东部最大厚度超过260 m;含水介质、颗粒的粗细、分选性、磨圆度、单层厚度、埋藏深度、包气带岩性以及距离补给源的远近是影响地下水赋存与分布的主要因素;卵石、中细砂、细砂是地下水赋存、运移的主要场所;冲洪积扇、河道带是孔隙水含水体

收稿日期:2020-06-28

资助项目:中国地质调查局项目“冀中南城市群综合地质调查(DD20190252)”

作者简介:周晓妮(1981-),女,博士,中国地质科学院水文地质环境地质研究所,主要从事水文地球化学方面研究,E-mail:zhouxiaoniz@163.com; *通讯作者:王振兴(1986-),男,博士,中国地质科学院水文地质环境地质研究所,主要从事水文地质工程地质方面研究,E-mail:wangzhxing9987@126.com。

的主要蓄水构造,水量丰富,单井涌水量介于320~3 000 m³/d。目前研究区内浅层地下水主要用于农业灌溉,其补给来源为大气降雨、农业回灌补给、河流补给,排泄途径主要为人工开采。浅层地下水自西向东,地下水流向与漳河流向一致,在研究区西部一带地下水位较高,在东部地下水位最低,水位标高-10 m,在东北部略有升高,这主要是由于民用渠等灌溉渠对地下水产生补给,使得此处地下水位略

有抬升。

2 研究区浅层水水化学分布特征

2.1 地下水化学分布特征

在研究区共采集水化学全分析样品60组(图1)。水样测试是由水文地质环境地质研究所实验测试室完成,测试方法严格按照国家标准的要求完成。典型地带浅层地下水的化学统计特征见表1。

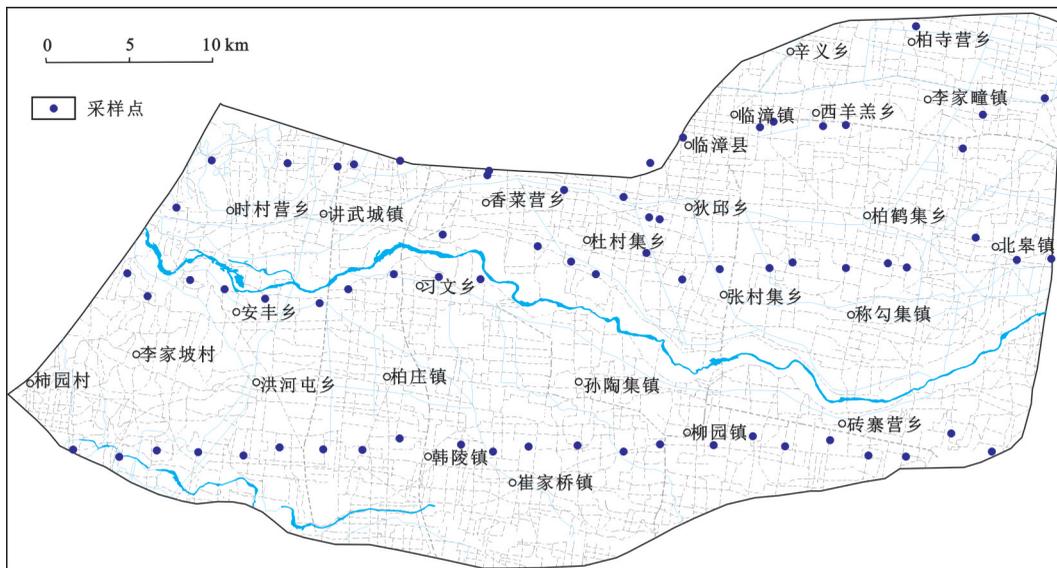


图1 水样采集点位置分布图

Fig.1 The distribution of water samples

表1 典型水样点测试分析结果(mg/L)

Tab.1 The test results and analysis of water (mg/L)

点号	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	TDS	pH值	采样时间
2019HSWT02	0.43	26.47	142.5	17.63	51.07	123.1	286.2	564.9	7.72	2019.9
2019HSWT07	114.7	36.93	96.71	36.16	47.55	87.72	420.1	794.6	7.66	2019.9
2019HSWT10	0.94	15.2	55.08	24.03	9.16	17.91	291.6	287.2	7.8	2019.9
2019HSWT24	1.13	52.33	71.31	14.99	36.63	50.74	310.5	426.4	7.45	2019.9
2019HSWT25	0.87	16.33	89.86	14.01	29.94	46.65	249.6	376.6	7.73	2019.9
2019HSWT28	2.2	44.83	135.2	31.34	82.76	169.2	279.5	665.9	7.58	2019.9
2019HSWT33	0.76	11.91	64.04	20.12	8.75	27.42	263	291.9	7.7	2019.9
2019HSWT61	0.69	29.77	66.96	30.73	16.11	16.25	378.3	376.8	7.86	2019.9
2019SHW16	0.94	62.09	58.44	35	12.68	33.39	449.9	457.8	7.68	2019.9
2019HSWT22	0.54	121.6	38.7	52.02	41.91	111.7	468.8	620.2	7.83	2019.9
2019HSWT44	0.48	130.7	38.48	61.58	19.61	72.04	655.9	671.5	7.94	2019.9
2019SHW47	1.06	559.2	152.9	288.2	385.2	1569	561.4	3258	7.77	2019.9
2019SHW70	1.04	361.9	150.8	176	287.1	913.8	585.8	2206	7.69	2019.9

注:测试单位为水文地质环境地质研究所实验测试室。

2.2 地下水化学分类

地下水的化学成分在地下工程及地下水资源的评价中具有重要的意义^[27]。本文根据地下水样品的测试结果,对地下水化学类型采用舒卡列夫分类法进行分类;该方法按摩尔百分数大于25%者定名,若出现NO₃⁻,OH⁻大于25%时同样列出并参加命名。命名时离子排列顺序按阴离子在前,阳离子在后,含

量大者在前,小者在后^[28]。区内浅层地下水水化学类型有23种,反应物质来源或成因环境极为复杂;其中主要的化学类型有五种,有HCO₃·SO₄-Ca, HCO₃-Ca·Mg, HCO₃-Mg·Ca·Na、HCO₃-Na·Mg、SO₄·HCO₃-Na·Mg;按照分类结果,可将研究区分为两个区,其中每个区又可划分2或3个亚区,具体分区情况见图2。

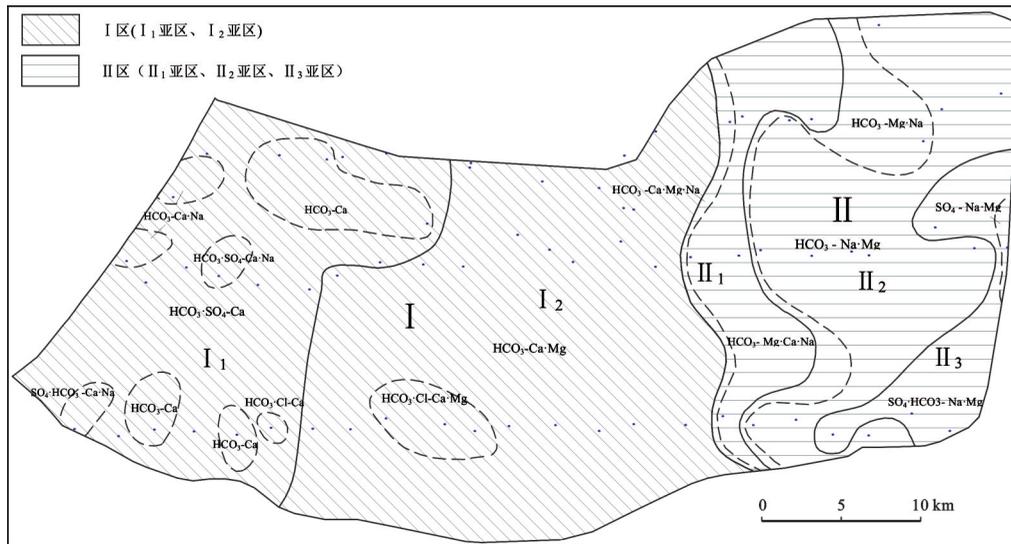


图2 研究区地下水化学分区

Fig.2 Chemical partition of groundwater in the study area

1.I₁-HCO₃·SO₄-Ca型水分区; 2.I₁-HCO₃-Ca·Mg型水分区; 3.I₁-咸淡水过渡带;

4.II₂-HCO₃-Mg·Ca·Na、HCO₃-Ca·Mg·Na、SO₄·HCO₃-Na·Mg型水分区; 5.II₃-SO₄·HCO₃-Na·Mg型水分区

由图2可知,研究区浅层地下水整体上分为东(II区)、西(I区)两个区;二者又分别分3个和2个亚区,用I₁、I₂、II₁、II₂、II₃区表示。

西区(I区)为全淡水区,其溶解性总固体在0.25~0.93 mg/L之间,均值0.51 mg/L;pH值在7.35~7.97之间,均值7.67;地下水类型以HCO₃·SO₄-Ca、HCO₃-Ca·Mg型为主,该区可分两个亚区:

I₁区以HCO₃·SO₄-Ca型水为主,其次为HCO₃-Ca型水,溶解性总固体在0.38~0.93 mg/L之间,均值0.62 mg/L;pH值在7.35~7.73之间,均值7.57;另外,该区靠近西部山区,因其复杂的地层岩性,导致地下水化学类型复杂,除以上两种主要类型,还存在HCO₃-Ca·Na、HCO₃·SO₄-Ca·Na、SO₄·HCO₃-Ca·Na和HCO₃·Cl-Ca型;

I₂区以HCO₃-Ca·Mg型水为主,溶解性总固体在0.27~0.75 mg/L之间,均值0.45 mg/L;pH值在7.51~7.95之间,均值7.72;相比于I₁区低,TDS含量减少,pH值略有增大;

东区(II区)地下水的溶解性总固体在0.18~3.26 mg/L之间,均值1.01 mg/L;pH值在7.59~8.41之间,均值7.85;地下水类型以HCO₃-Mg·Ca·Na、HCO₃-Na·Mg为主,相比西区,该区Na⁺、SO₄²⁻含量增大,溶解性总固体含量也随之增大,pH也较西区大,该区可分三个亚区:

II₁区为东西两区的过渡带,其水化学类型主要

以HCO₃-Mg·Ca·Na、HCO₃-Ca·Mg·Na、SO₄·HCO₃-Na·Mg为主,溶解性总固体在0.43~0.47 mg/L之间,均值0.45 mg/L;pH值在7.59~8.08之间,均值7.88;

II₂区主要为HCO₃-Na·Mg型水,Na⁺的含量增大,成为第一主要阳离子;溶解性总固体较前区增大,在0.44~0.90 mg/L之间,均值0.63 mg/L;pH值在7.78~8.41之间,均值7.89;

II₃区主要为SO₄·HCO₃-Na·Mg型水,除Na⁺离子占主导地位,阴离子中SO₄²⁻取代HCO₃⁻离子成为第一主要阴离子,同时其溶解性总固体含量明显增大,在1.26~3.26 mg/L之间,均值2.11 mg/L,多为微咸水;最东部SHW47号点,溶解性总固体含量达3.26 mg/L,已属于咸水范畴;pH值在7.60~8.01之间,均值7.79,水质较差。

2.3 水化学Piper三线图

图3显示浅层水样品点多分布在菱形的左侧,说明多数浅层水的碱土金属离子含量超过碱金属离子,仅II₂区内几个点,其碱金属离子超过碱土金属离子;多数样品其弱酸根含量超过强酸根,多数碳酸盐硬度超过50%;且绝大多数样品点其任一对阴阳离子含量均不超过50%毫克当量百分数^[29]。

2.4 溶解性总固体与主要离子相关性

在诸多的表征水化学属性的常量中,溶解性总固体(TDS),能够反映化学组分的总体情况。TDS是

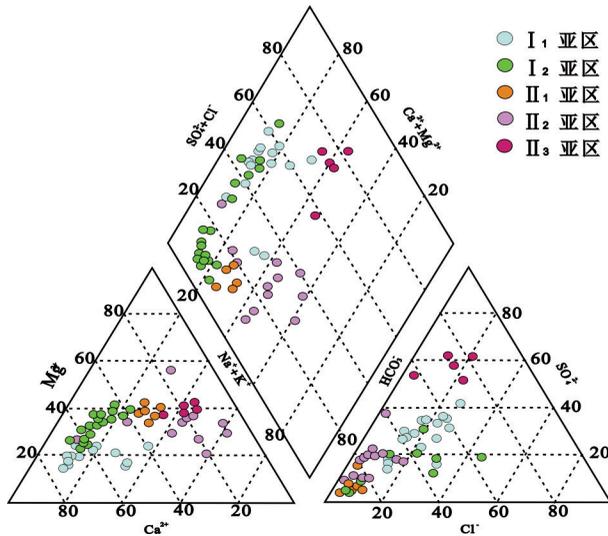


图3 浅层水水化学Piper“三线图”

Fig.3 The piper map of unconfined groundwater

表征水文地球化学作用过程的重要参数,也是反映地下水径流条件的重要指标。TDS是地下水各组分浓度的总指标,地下水化学组分浓度的变化特别是常量组分浓度的变化,随之引起TDS的变化,因此它能很好地反映地下水中物质组分在总体上的分布特征和变化趋势^[30]。

A)相关分析是研究两组变量间相关关系的一种数理统计方法^[31],可揭示地下水水化学组分间的相似相异性及地下水来源的一致性和差异性^[32],相关系数是测定变量间相关密切程度的统计指标。由相关系数r公式:

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum(y_i - \bar{y})^2}} = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n\sum y^2 - (\sum y)^2}}$$

计算本次测定结果中TDS与各离子含量的相关系数,并做出相关图。

B)浅层地下水溶解性总固体与各组分相关系数的计算和回归分析。

I区浅层地下水与主要离子含量分布如图4所示,用回归分析的方法,将各离子与TDS的关系以一组斜率不同的直线方程表示出来。很明显,本区浅层地下水TDS与各组分(HCO₃⁻除外)含量呈较好的线性相关关系,相关方程及相关系数见表2(表中X为离子含量,Y为矿化度)。

表2表明,矿化度与阳离子Ca²⁺相关性最好,与阴离子SO₄²⁻和Cl⁻高度相关性强于HCO₃⁻离子,与HCO₃⁻线性相关程度极弱。

II区浅层地下水与主要离子含量分布如图5所

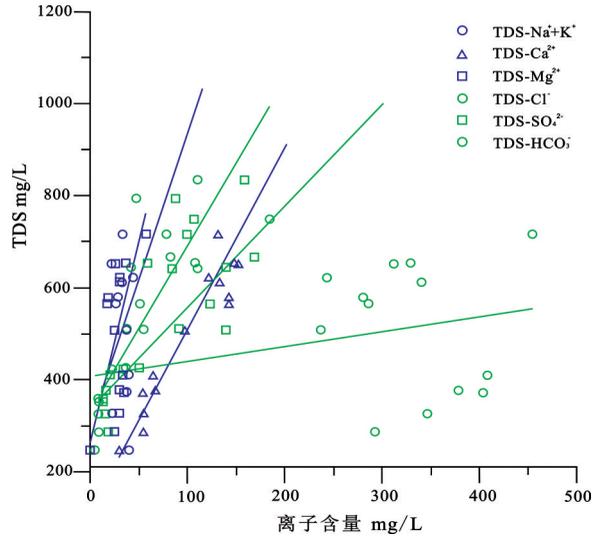


图4 I区浅层地下水Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Cl⁻、SO₄²⁻、HCO₃⁻等含量与TDS关系

Fig.4 Relations between Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻ and TDS in unconfined groundwater in I region

表2 浅层地下水(I区)矿化度与各化学成分含量之间的相关关系

Tab.2 The correlation between TDS and every chemical composition

序号	离子	相关系数R	R ²	拟合方程
1	K ⁺	0.083 7	0.007 0	y = 4E-05x + 0.723 9
2	Na ⁺	0.972 5	0.945 7	y = 0.1675x + 2.276 9
3	Mg ²⁺	0.986 4	0.972 9	y = 0.085x - 1.729 7
4	Ca ²⁺	0.889 6	0.791 3	y = 0.046 6x + 20.774
5	Cl ⁻	0.936 1	0.876 2	y = 0.119 8x - 48.72
6	SO ₄ ²⁻	0.987 4	0.975 0	y = 0.548 9x - 220.41
7	HCO ₃ ⁻	0.382 1	0.146 0	y = 0.064 9x + 445.15

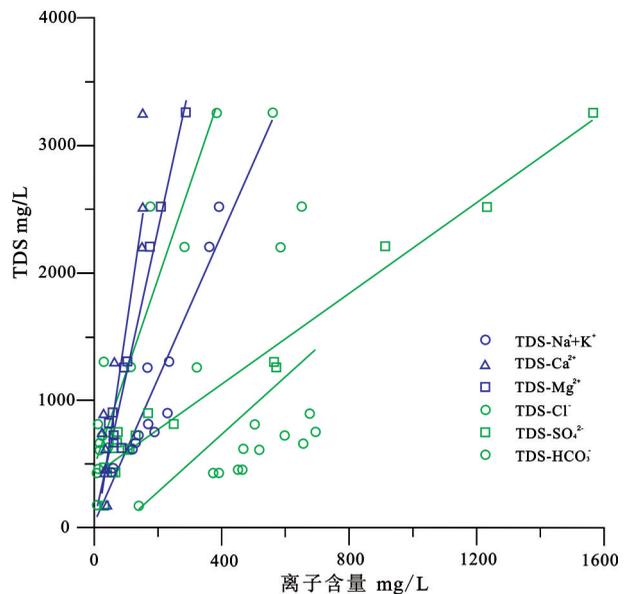


图5 II区浅层地下水Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Cl⁻、SO₄²⁻、HCO₃⁻等含量与TDS关系

Fig.5 Relations between Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻ and TDS in unconfined groundwater in II region

示;本区浅层地下水 TDS 与各组分(HCO_3^- 除外)含量呈较好的线性相关关系,相关方程及相关系数见表2(表中X为离子含量,Y为溶解性总固体)。

表3表明,矿化度与阳离子 Mg^{2+} 、 Na^+ 显著相关,与 Ca^{2+} 高度相关;与阴离子 SO_4^{2-} 和 Cl^- 显著相关,与 HCO_3^- 线性相关程度较弱。

表3 浅层地下水(有深层水区)矿化度与各化学成分含量之间的相关关系

Tab.3 The correlation between TDS and every chemical composition

序号	离子	相关系数R	R^2	拟合方程
1	Na^+K^+	0.605 2	0.366 3	$y = 0.053 7x + 5.217 4$
2	Mg^{2+}	0.506 6	0.256 6	$y = 0.025 8x + 15.772$
3	Ca^{2+}	0.919 9	0.846 3	$y = 0.216 8x - 9.758$
4	Cl^-	0.875 0	0.765 7	$y = 0.202 4x - 53.892$
5	SO_4^{2-}	0.838 3	0.702 7	$y = 0.301 2x - 74.628$
6	HCO_3^-	0.169 1	0.028 6	$y = 0.065 6x + 285.8$

3 浅层地下水水化学类型成因机制探讨

由以上分析可知,本区地下水化学类型自西向东总体上呈 $\text{HCO}_3^- - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$ ($\text{HCO}_3^- - \text{Ca}$)、 $\text{HCO}_3^- - \text{Na} \cdot \text{Mg}$ 、 $\text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3^- - \text{Na} \cdot \text{Mg}$ 、 $\text{SO}_4 - \text{Na} \cdot \text{Mg}$ 的变化规律;浅层地下水化学类型的成因主要与地质环境、水文地质条件及其气候有关,受沉积物岩性和地质结构的影响控制,作用方式为地下水化学成分的溶滤作用和浓缩作用,另外,地下水的径流方式也对地下水化学成分产生影响^[14,25]。

本区地下水总体自西向东径流;西部靠近山区,地层出露从西到东为震旦、寒武、奥陶、石炭、二叠系^[5]和第三系第四系,其中有大面积的燕山期中性杂岩体出露,含水层岩性复杂;受复杂的地质条件影响,在地下水的长期溶滤作用下,岩层中大量的氯化物、硫酸盐析出,造成本区西部水化学类型总体以重碳酸硫酸钙、重碳酸钙型为主,但同时多处出现重碳酸钙钠、重碳酸硫酸钙钠的情况,地下水化学类型复杂。

随着地下水自西向东径流,本区中部区域(I₂区)地下水在运移过程中经过混合作用及阳离子交替吸附等作用, Mg^{2+} 含量增多,溶解性总固体含量减少,地下水类型逐渐转化为重碳酸钙镁型水为主,该区水化学类型比较简单。

至东部平原区(II区),地下水埋藏较浅,水平径流较弱,地下水排泄方式以垂直蒸发为主,导致地下水溶液逐渐浓缩,含盐量增加,地下水中 Na^+ 离子含量逐渐增多,同时 SO_4^{2-} 占比也逐渐增大,地下水的化

学成分发生变化^[24];地下水的化学类型由重碳酸钙镁型水过渡为重碳酸钠镁型水,最后转化为以硫酸钠镁为主的地下水。

另外,本区西南部有安阳河流过,经取样测试结果可知,河水化学成分中 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 Na^+ 含量较高,其水化学类型多为重碳酸硫酸钙型和硫酸氯重碳酸钙钠型;本区西南部地下水均不同程度的受到河水的影 响,导致局部出现硫酸重碳酸钙钠型和重碳酸氯化物钙型水的情况。

4 结论及建议

(1)研究区浅层地下水水化学类型复杂,其中主要的化学类型有五种,有 $\text{HCO}_3^- \cdot \text{SO}_4 - \text{Ca}$ 、 $\text{HCO}_3^- - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$ 、 $\text{HCO}_3^- - \text{Mg} \cdot \text{Ca} \cdot \text{Na}$ 、 $\text{HCO}_3^- - \text{Na} \cdot \text{Mg}$ 、 $\text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3^- - \text{Na} \cdot \text{Mg}$;反应该区浅层地下水物质来源或成因环境的复杂性。

(2)研究区浅层地下水化学成分由西向东具有明显的分带性;西部重碳酸钙、重碳酸钙镁区(I区),为全淡水区,TDS和pH值相对较低,又可分为两个亚区:西亚区以重碳酸硫酸钙、重碳酸钙为主,TDS含量低,水质较好;东亚区为重碳酸钙镁区,镁离子含量较西亚区增多,TDS含量低,水质较好;东部重碳酸镁钙钠、重碳酸钠镁和硫酸重碳酸钠镁区(II区),钠离子含量逐渐增多,同时TDS含量随之增大,pH值相对较高,特别是在本区西部边界处,其TDS含量超过1 mg/L,已属于微咸水、咸水范畴。

(3)浅层地下水样品中,多数碱土金属离子含量超过碱金属离子,且弱酸根含量超过强酸根;少数碱金属离子含量超过碱土金属,主要分布于区内东部边界处。

(4)通过相关性计算和回归分析,I区TDS与阳离子 Ca^{2+} 高度相关,与阴离子 SO_4^{2-} 和 Cl^- 也呈高度相关,与 HCO_3^- 线性相关程度极弱;II区TDS与阳离子 Mg^{2+} 、 Na^+ 显著相关,与 Ca^{2+} 高度相关;与阴离子 SO_4^{2-} 显著相关,与 Cl^- 与 HCO_3^- 呈高度相关,与 HCO_3^- 线性相关程度较弱。

参考文献:

- [1] 覃绍媛,李泽琴,许模.黑龙潭泉域地下水化学特征及补给源识别[J].人民黄河,2020,42(3):63-67.
- [2] 张旺,王殿武,雷坤,等.黄河中下游丰水期水化学特征及影响因素[J].水土保持研究,2020,27(1):380-386.
- [3] 马荣,石建省.模糊因子分析在地下水污染评估中的应用

- 以河南省洛阳市为例[J].地球学报,2011,32(5):611-622.
- [4] 李杰,李春燕.邯郸市浅层地下水水环境评价及成果分析[J].地下水,2014(05):41-43.
- [5] 徐胜强,刘熙.邯郸市高氟地下水分布现状及成因分析[J].地下水,2011(02):28-29.
- [6] 张爱芬.邯郸平原区地下水动态浅析[J].河北水利科技,1996(02),24.
- [7] 谌会芹,李萍,程祖锋.邯郸市地下水对混凝土的腐蚀性评价研究[J].河北工程大学学报(自然科学版),2004,21(001):19-22.
- [8] 张爱芬.邯郸市地下水动态监测现状及对策[J].河北水利,2006,(5):38.
- [9] 胡浩云,王海峰,刘新霞.邯郸市地下水水质现状分析[J].人民长江,2005,36(010):31-32.
- [10] 刘熙,徐胜强.邯郸市地下水水质现状评价[J].科技信息,2010,35:1216-1217.
- [11] 王默涵,张淑花,周亦,等.邯郸市地下水埋深变化及其影响因素定量分析[J].矿产勘查,2018,009(005):985-992.
- [12] 刘彬,王海峰,蒋云钟.邯郸市地下水水质变化趋势预测分析[J].南水北调与水利科技,2009(04):60-62.
- [13] 陈文彬.邯郸市地下水压采效果简析[J].南方农机,2017,48(019):57,59.
- [14] 张晓强,张伟科,王志瑶.基于人水关系的邯郸市水资源承载能力评价[J].地下水,2017,39(001):87-90.
- [15] 胡新锁,郭凤震,穆淑敏.邯郸市地下水资源及其水质状况分析[J].河北工程技术高等专科学校学报,2007,000(002):5-7,16.
- [16] 许广明,刘立军,费宇红,等.华北平原地下水调蓄研究[J].资源科学,2009(03):375-381.
- [17] 孟庆华,杨齐青,谢海澜.浅谈环渤海经济区环境地质图编图[J].地质调查与研究,2019,42(02):129-134.
- [18] 张宗祜,沈照理.华北平原地下水环境演化[M].地质出版社,2000,2.
- [19] 左其亭,张修宇.气候变化下水资源动态承载力研究[J].水利学报,2015,46(4):387-395.
- [20] 刘敏,聂振龙,王金哲,等.华北平原地下水资源承载力评价[J].南水北调与水利科技,2017(4):13-18+33.
- [21] 王昭.华北平原地下水质量评价及微量有机污染物淋溶迁移性研究[D].中国地质科学院,2008.
- [22] 石建省,李国敏,梁杏,等.华北平原地下水演变机制与调控[J].地球学报,2014,(05):527-534.
- [23] 贾金生,刘昌明.华北平原地下水动态及其对不同开采量响应的计算—以河北省栾城县为例[J].地理学报,2002(02):201-209.
- [24] 邢丽娜,郭华明,魏亮,等.华北平原浅层含氟地下水演化特点及成因[J].地球科学与环境学报,2012,34(4):57-67.
- [25] 王海峰,王慧勇,李春燕等.邯郸市地下水水化学类型分布及污染物成因分析[J].河北工程大学学报(自然科学版),2017,34(1):53-56.
- [26] 刘彬,王海峰,蒋云钟.邯郸市地下水水质变化趋势预测分析[J].南水北调与水利科技,2009,(4):66-68.
- [27] 赵建.海(咸)水入侵与浅层地下水水化学特征及变化研究[J].地理科学,1999,19(6):525-531.
- [28] 周福俊,李绪谦等.水文地球化学[M].吉林大学出版社,1993,39-40.
- [29] 王大纯.水文地质学基础[M].地质出版社,1986.
- [30] 石建省,马荣,马震.区域地球多圈层交互带调查探索研究[J].地球学报,2019,40(6):767-780.
- [31] 徐振邦,娄元仁.数学地质基础[M].北京大学出版社,1994,250-266.
- [32] 王珺瑜,王家乐,靳孟贵.济南泉域岩溶水水化学特征及其成因[J].地球科学-中国地质大学学报,2017(5):822-831.

Study the shallow groundwater chemical characteristics in the typical area of Zhanghe catchment basin

ZHOU Xiao-ni, WANG Zhen-xing*, MIAO Qing-zhuang, ZHANG Bing

(The Institute of hydrogeology and Environmental Geology, CAGS, Shijiazhuang 050061, China)

Abstract: On the base of expatiation on the background of hydrogeology in Zhanghe Drainage Basin, this paper explains the chemical characteristics of the unconfined water by Piper 3 chart according to the data of samples, reaches conclusions that the types and causes of water chemistry are complex. The chemical constituents have obvious zonation from west to east. Two regions and five sub-regions have been divided in the typical area of the Zhanghe catchment basin. Via correlation analysis and linear regression analysis about TDS and its main ion relations, and summary of the correlation between TDS and ions in different zones, scientific basis for rational exploitation and utilization of groundwater in this area could be provided.

Key words: Groundwater; hydrochemical characteristics; correlation analysis