

宿州市某畜牧场周边浅层地下水水化学特征及水质评价

孟渝函, 许继影, 王麒智, 赵景宇, 高力, 徐畅, 杨冉, 许洁玮, 王晓悦

宿州学院资源与土木工程学院, 安徽 宿州

收稿日期: 2023年2月11日; 录用日期: 2023年3月13日; 发布日期: 2023年3月20日

摘要

为进一步了解宿州市某畜牧场周边浅层地下水水化学特征以及水质状况, 以宿州市某畜牧场周边农村为研究区域, 以采集的24组浅层地下水样品为研究对象, 通过Piper图, Gibbs图以及多元统计分析法对研究区域浅层地下水水化学特征进行分析。通过结合《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006), 以及利用USSL和Wilcox图解法, 对研究区浅层地下水进行水质评价。研究结果表明: 研究区域浅层地下水水化学类型以 HCO_3^- - Mg^{2+} - Ca^{2+} 型为主, PH范围为7.16~7.58, 水样全部呈弱碱性, TDS的范围为307~690 mg/L, 平均值为406.3 mg/L, 属于偏硬水。阳离子浓度大小($\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+$); Na^+ 其中离子为优势阳离子, 阴离子浓度大小($\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$); HCO_3^- 为绝对优势阴离子。离子主要来源于盐岩、硫酸盐、碳酸盐溶解, 以及硅酸盐风化溶解, 研究区域浅层地下水基本适于饮用, 可以进行合理农业灌溉, 过度灌溉可能导致土地盐碱化。

关键词

水化学特征, 水质评价, 地下水污染处理

Hydrochemical Characteristics and Water Quality Evaluation of Shallow Groundwater around a Livestock Farm in Suzhou City

Yuhan Meng, Jiying Xu, Qizhi Wang, Li Gao, Chang Xu, Ran Yang

College of Resources and Civil Engineering, Suzhou University, Suzhou Anhui

Received: Feb. 11th, 2023; accepted: Mar. 13th, 2023; published: Mar. 20th, 2023

文章引用: 孟渝函, 许继影, 王麒智, 赵景宇, 高力, 徐畅, 杨冉, 许洁玮, 王晓悦. 宿州市某畜牧场周边浅层地下水水化学特征及水质评价[J]. 自然科学, 2023, 11(2): 190-197. DOI: 10.12677/ojns.2023.112022

Abstract

In order to further understand the hydrochemical characteristics and water quality status of the shallow groundwater around a livestock farm in Suzhou city, We investigated the countryside around a livestock farm in Suzhou and studied the 24 groups of shallow groundwater which we collected. Then we analyze the hydrochemical characteristics of the shallow groundwater by Piper plots, Gibbs plots, and multivariate statistical analysis. The water quality of the shallow groundwater in the study area was evaluated by combining the Drinking Water Sanitation Standard (GB 5749-2006) and using the USSL and Wilcox diagram methods. The results show that the hydrochemical types of shallow groundwater in the study area are mainly $\text{HCO}_3^- \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{Ca}^{2+}$, the PH range is 7.16~7.58, all the water samples are weakly alkaline, the range of TDS is 307~690 mg/L, and the average value is 406.3 mg/L, which belongs to the hard water. Cation concentration ($\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+$); Na^+ ion is the dominant cation, anion concentration ($\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$) HCO_3^- is the absolute dominant anion. Ions mainly come from the dissolution of salt rock, sulfate and carbonate, and the weathering and dissolution of silicate. The shallow groundwater in the study area is basically suitable for drinking water, and reasonable agricultural irrigation can be carried out. Excessive irrigation may lead to land salinization.

Keywords

Hydrochemical Characteristics, Evaluation of Water, Groundwater Pollution Treatment

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着世界持续高速向前发展趋势和全世界人口资源的缺口不断快速增加,我国对于畜禽产品的需求量也急剧增加,传统的畜禽散养已经无法满足目前的需求,规模化养殖场在全国各地迅速发展起来,保障了我国对畜禽产品的需求,但大规模化的、高度密集的养殖模式产生的污染物,很可能超出了当地地下水水体自我调节功能的最大限度,造成严重的地下水污染。因此研究分析畜牧场周边地下水有着重大意义。中国作为世界的用水大国,水资源问题也是我们面临到的棘手问题之一。从世界目前现状来看,对于我国水资源开发利用方面的相关研究还主要应分为水量、水质分析 2 个方面。我国各地对于地下水资源开发利用的保护利用研究十分广泛,但对于地下水环境的管理基础薄弱。研究分析地下水化学类型以及分析其影响因素对地下水资源水质评价,对地下水资源的开发、管理和利用以及环境保护等方面具有重大意义[1]。地下水化学特征、地下水中离子的来源、水岩作用的类型及程度以及含水层水化学特征及类型均与区域畜牧养殖、水文地质环境、人类活动、气候变迁等作用密切相关。而对于浅层地下水的使用也存在着以下几个主要问题,例如地下水中的金属离子的主要来源,金属离子含量是否超标,地下水是否符合国家生活饮用水的卫生标准等。基于与此,本项目研究工作以安徽省宿州市埇桥区某研究区域 24 组农村家庭正常饮用浅层地下水质量为基本研究调查对象,通过开展对区域浅层地下水常规离子浓度值的动态测试评价与对比分析,重点系统开展了包括水岩作用、水质综合评价体系及各影响主要因素指标的测试分析,了解我省农村地区饮用水浅层地下水水质状况,确定

当前影响浅层水质指标的各种主要潜在影响的主要因素，为畜牧场周边地下水的管理及加强水资源综合管理工作提供了科学依据。

2. 研究区概况

研究区域位于安徽省宿州市埇桥区秦圩村(见图 1)，畜牧场位于研究区域西侧约 700 米处，畜牧场占地面积约为 0.16 Km²，以猪为主要饲养牲畜，研究区域总面积约为 0.36 Km²。东、东北接宿迁市、徐州市，南邻蚌埠市，西、西北邻淮北市、河南省商丘市、山东省菏泽市。地理坐标为东经 117°3'59"~117°3'46"，北纬 33°42'16"~33°41'55"；地处淮北平原东部，地势略高于周围，属于暖温带半湿润季风气候，主要特点气候温和，四季分明，雨热同季，降雨适中。



Figure 1. Research area overview

图 1. 研究区概况

3. 研究方法

3.1. 样品采集与测试

研究水样的采集工作参照《地下水水质检测方法水样的采集和保存》(DZ/T 0064.2-1993)，采水工作于 2022 年 9 月 24 日开展，共计采集浅层地下水样品 24 组，取样深度在 8~60 米左右，现场测量 TDS、PH、COND (总溶解性固体)、EC (电导率)。使用 500 mL 聚乙烯瓶采集水样，采集水样前先润洗三遍，后装满密封，当天运送到矿井水资源化利用安徽普通高校重点实验室进行测试。首先使用 0.45 μm 的滤膜过滤掉水样中杂质，完成过滤后用酸标准溶液滴定法测定 CO₃²⁻ 和 HCO₃⁻ 的含量，然后通过 ICS-900 离子色谱仪测定水样中 Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Cl⁻ 和 SO₄²⁻ 的含量。分析误差通过阴、阳离子浓度平衡法进行检测，测定结果误差在±0.1。

3.2. 数据分析方法

通过水化学统计、数理统计、相关性分析以及传统图解法(Pipper 图、Gibbs 图、USSL 图和 Wilcox 图)对研究水样进行综合分析，其中利用 Excel 完成描述性统计分析图表，其中 Pimper 图、Gibbs 图、USSL 图和 Wilcox 图由 Origin.2018 和 Coredraw.2018 共同完成。

4. 结果与讨论

4.1. 描述性统计分析

对研究区域水样进行水化学组分进行分析(见表 1), PH 最大值 7.58, 最小值 7.16, 范围 7.16~7.58, 水样全部呈弱碱性。研究区域阳离子浓度($\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+$), Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 为水样的主要阳离子, Na^+ 其中离子为优势阳离子, K^+ 相对于其他阳离子浓度较低。研究区域阴离子浓度($\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$), 其中 HCO_3^- 为绝对优势阴离子, Cl^- 和 SO_4^{2-} 相对 HCO_3^- 浓度较少。分析变异系数, TDS 较小说明区域分布相对稳定, 其中 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 变异系数均不大, 说明以上离子在此研究区域中地下水含量比较稳定, 其中 Cl^- 均变异系数较大, 可能受到研究区周边养殖场的影响而造成的原因。

Table 1. Statistical results of the water chemical composition of the sample

表 1. 样品水化学成分统计结果

	中位数	标准差	最大值	最小值	平均值	变异系数
Na^+	45.83	17.10	83.47	30.37	50.40	0.37
K^+	0.89	0.15	1.42	0.64	0.92	0.17
Mg^{2+}	50.67	10.76	62.63	27.18	48.01	0.21
Ca^{2+}	44.37	7.83	60.03	27.94	44.28	0.18
Cl^-	10.51	60.76	207.66	3.18	41.41	5.78
SO_4^{2-}	13.21	5.47	27.65	3.93	12.40	0.41
HCO_3^-	483.56	84.71	543.05	222.71	448.73	0.18
PH	7.32	0.09	7.58	7.16	7.34	0.01
TDS	344	115.33	690	307	406.29	0.34

4.2. 水化学类型及水岩作用分析

分析 piper 三线图(见图 2), 对研究区域地下水水化学分类, 水样点主要落在菱形的左侧, 说明碱土金属离子大于碱金属离子且弱酸根大于强酸根。对研究区域水样进行水化学类型共有 5 种分别是: ($\text{HCO}_3^- \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{Ca}^{2+}$ 型、 $\text{HCO}_3^- \cdot \text{Cl}^- \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{Ca}^{2+}$ 型、 $\text{HCO}_3^- \cdot \text{Na}^+ \cdot \text{Mg}^{2+}$ 型、 $\text{HCO}_3^- \cdot \text{Na}^+ \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{Ca}^{2+}$ 型、 $\text{HCO}_3^- \cdot \text{Cl}^- \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{Na}^+ \cdot \text{Ca}^{2+}$ 型); 分别占总水化学类型的 58.3%、16.6%、12.5%、8.3%、4.1%。可知研究区域浅层地下水水化学类型主要为 $\text{HCO}_3^- \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{Ca}^{2+}$ 型、 $\text{HCO}_3^- \cdot \text{Cl}^- \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{Ca}^{2+}$ 型。

Gibbs 图是通过纵坐标 TDS 含量与横坐标 $\text{Cl}^-/(\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-)$ 和 $(\text{Na}^+ / (\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+}))$ 的含量的关系来分析水体水化学组分的成因, 用来判断大气降水, 岩石风化, 蒸发浓缩对水体的影响。

研究区水样的 Gibbs 图所示(见图 3), 研究区域地下水样的 TDS 在 100~1000 之间, 由图可知 $\text{Cl}^-/(\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-)$ 、 $\text{Na}^+ / (\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+})$, 只有少数存在明显变化差异, 但都集中在岩石风化区域。这表明研究区地下水水化学组份主要受岩石风化等水岩相互作用过程的控制, 受蒸发沉淀作用微弱且几乎不受大气降水控制。

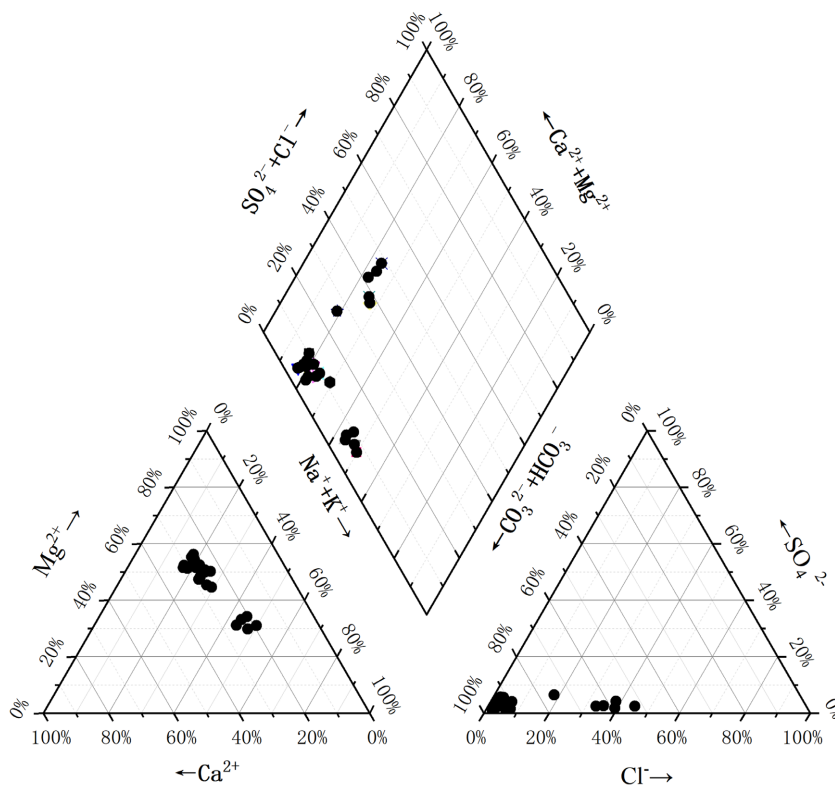


Figure 2. Piper three-line diagram
图 2. Piper 三线图

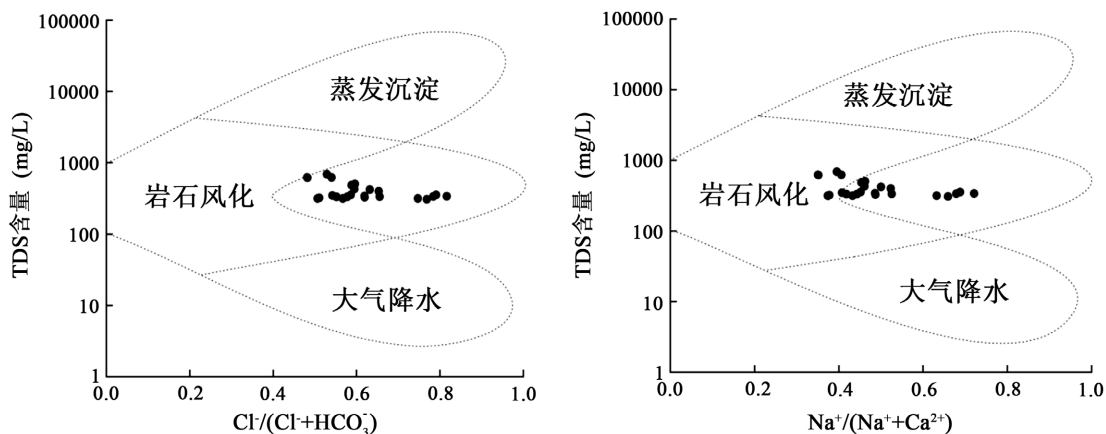


Figure 3. Research area Gibbs chart
图 3. 研究区 Gibb

4.3. 相关性分析

一般情况下，地下水中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 主要来自碳酸盐岩矿物溶解以及阳离子交替吸附作用，地下水中的 Na^+ 大部分来自于硅酸盐的风化作用(式(1))以及盐岩的溶解作用，以及阳离子交替吸附作用(式(2))； HCO_3^- 主要来自于碳酸盐矿物的风化溶解以及硅酸盐矿物的风化溶解，有一部分于大气和土壤中的 CO_2 的溶解以及生物降解有机物过程的产物，地下水中的 Cl^- 主要来自于盐岩溶解， SO_4^{2-} 一般来自于石膏或硫化物的氧化[2] [3]。

研究利用多元统计方法,对样品中的 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、PH、EC 和 TDS 共十项指标进行相关性分析(见表 2)。其中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和 Cl^- 之间有着显著的正相关关系,说明可能来源于硅酸盐矿物的风化溶解, Na^+ 和 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 之间呈显著负相关关系可能发生阳离子交替吸附作用[4] [5] [6]。



Table 2. Correlation analysis of hydrochemical parameters

表 2. 水化学参数相关性分析

	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	TDS	PH
Na^+	1	-	-	-	-	-	-	-	-
K^+	0.363	1	-	-	-	-	-	-	-
Ca^{2+}	-0.509*	0.040	1	-	-	-	-	-	-
Mg^{2+}	-0.716**	-0.202	0.841**	1	-	-	-	-	-
HCO_3^-	0.317	0.050	-0.233	-0.374	1	-	-	-	-
Cl^-	0.200	0.204	0.605**	0.456*	-0.192	1	-	-	-
SO_4^{2-}	0.083	0.308	0.312	0.237	-0.083	0.368	1	-	-
TDS	-0.408*	-0.356	0.340	0.360	-0.080	0.180	-0.031	1	-
PH	0.364	0.240	0.255	0.043	0.202	0.602**	0.309	-0.056	1

5. 水质评价

5.1. 饮用水卫生评价

参照《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006);对水样进行饮用水标准评价(见图 4),PH 最大值为 7.58;平均值为 7.34,符合国家标准,TDS 最大值为 690 mg/L;平均值为 406 mg/L,符合国家标准,硫酸盐最大浓度为 24.6 mg/L;平均值为 12.4 mg/L;符合国家标准,氯化物最大值为,207 mg/L,平均值为 41.4 mg/L,符合国家标准。可知 PH、TDS、硫酸盐、氯化物均符合国家标准,以此四项数据来看可作为饮用水(PH 范围在 6.5~8.5; TDS \leq 1000 mg/L; 硫酸盐 \leq 250 mg/L; 氯化物 \leq 250 mg/L)。

5.2. 灌溉水水质评价

通过 SAR (碱害)和 EC (盐害)对水样进行灌溉标准进行分析(见图 5),对水样灌溉标准进行评价。如图 5 所示,研究区域样品全部分布在 S1-C2、S2-C2 区域,碱害区有 80.7%的样品处于低碱害影响区,19.2%的样品处于中碱害的影响区;盐害区所有水样全部处于中度盐害区域。由此可知使用此地区的地下水进行农业浇灌有可能造成土地盐碱化。由图 5 得,研究区的样品几乎全部落在极好与良好区域。综上所述,研究区浅层地下水,可以用于进行适当农业灌溉,过度灌溉可能造成土壤盐碱化。

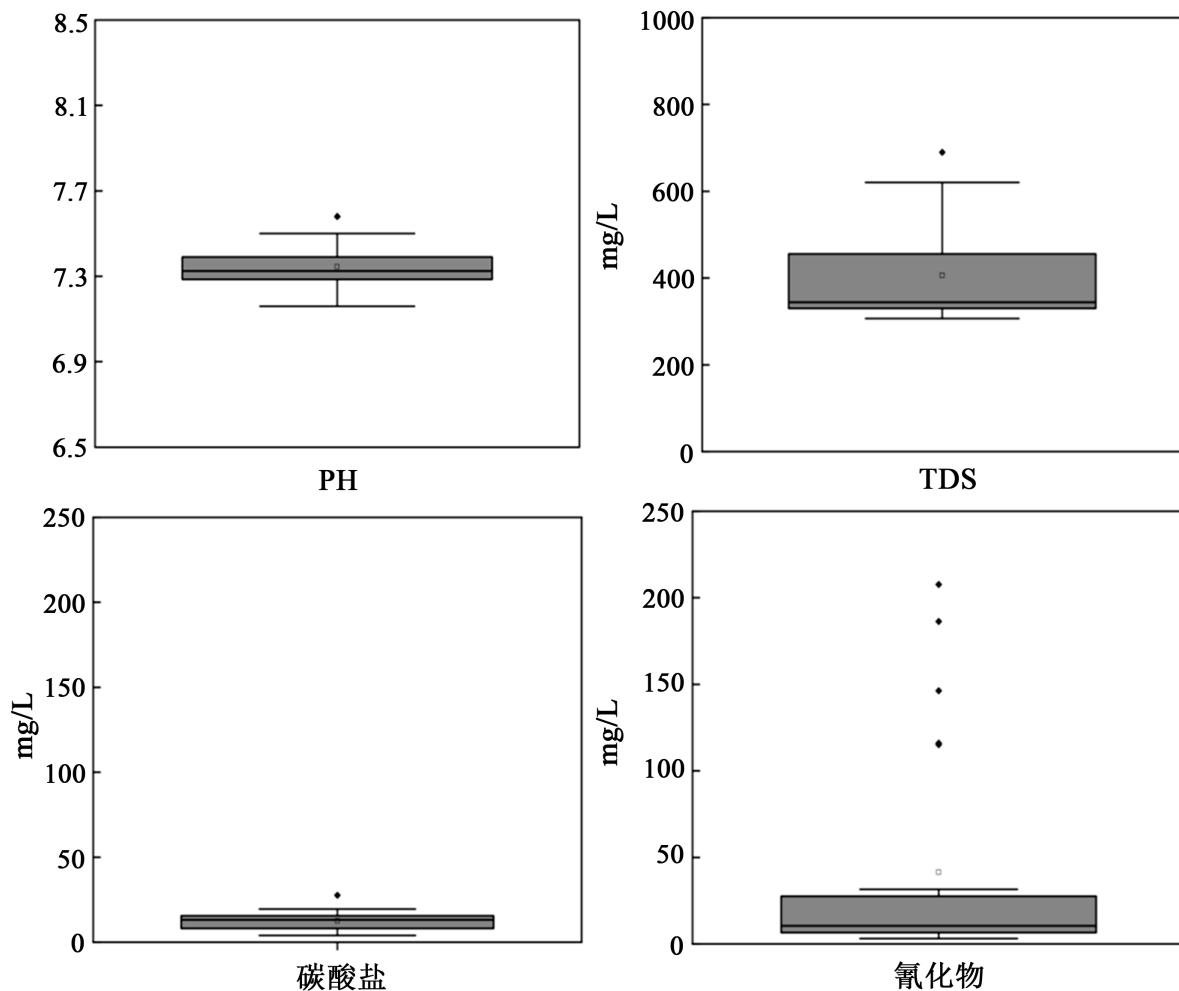


Figure 4. Drinking water sanitation standard index limit chart
图 4. 饮用水卫生标准指数限度图

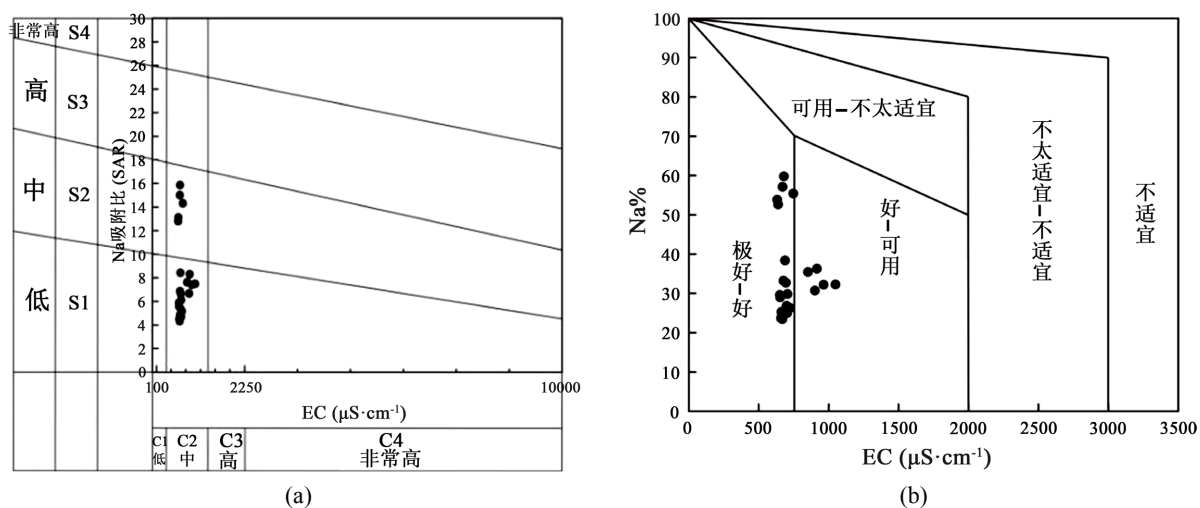


Figure 5. Classification of irrigation water quality and evaluation of irrigation water quality in the research area (a) Research area USSL chart (b) Research area Wilcox chart
图 5. 研究区灌溉水质分类情况及灌溉水水质评价图。(a) 研究区 USSL 图；(b) 研究区 Wilcox 图

6. 结论

本次研究以 24 组宿州市某区域的浅层地下水为研究对象,通过采用数理统计,传统图解法以及水化学类型分析;对研究区域水样水化学特征和演变规律以及灌溉饮用进行分析。

a) 研究区域浅层地下水阳离子中 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 相对含量较高,阴离子 HCO_3^- 、 Cl^- 相对含量较高,PH 的平均值为 7.34; TDS 的平均值为 406.29。分析 piper 三线图,研究区域水样的碱土金属离子大于碱金属离子且弱酸根大于强酸根,水化学类型主要为 $\text{HCO}_3^- \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{Ca}^{2+}$ 型、 $\text{HCO}_3^- \cdot \text{Cl}^- \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{Ca}^{2+}$ 型,分别占总水化学类型的 58.3%、16.6%、12.5% [7]。其中造成地下水中 Cl^- 含量过高的原因可能是养殖场中动物尿液造成,或者是地下含有大量的盐岩被溶解。

b) 由 Gibbs 图分析,研究区地下水水化学组份主要受岩石风化等水岩相互作用,受到蒸发沉淀作用微弱,阳离子交换作用以及人类的活动也对其有着一定的影响,基本不被大气降水所影响。

c) 参照《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006),PH、TDS、硫酸盐、氯化物含量均在国标饮用水的范围之内,可知符合国标饮用水标准,属于可饮用水。通过 SAR (碱害)和 EC (盐害)综合分析可知此研究区域浅层地下水可以适当合理灌溉,过度灌溉可能造成土地盐碱化。

致 谢

感谢国家煤矿防治技术中心提供实验条件。

基金项目

2022 年省级大学生创新创业训练计划项目(宿州地源地勘技术服务公司), 2022 年国家级大学生创新创业训练计划项目(202210379055S), 宿州学院大学生创新创业训练计划项目 KYLXYBXM22-078。

参考文献

- [1] 张玉洁,董慧,马杰,白秀秀,刘家乐,颜晓龙.宿州市河流水化学特征及水质评价——以新汴河刘闸段下游为例[J].河南科技,2022,41(9):109-113. <https://doi.org/10.19968/j.cnki.hnkj.1003-5168.2022.09.024>
- [2] 胡云虎,张付海,钮志远,董众兵,刘桂建,高连芬.皖北地区集中式深层地下水饮用水源地水化学特征及水质评价[J].中国科学技术大学学报,2014,44(11):913-920+925.
- [3] 陈光旭,孙林华.芦岭煤矿煤系砂岩水常规离子来源分析[J].宿州学院学报,2014,29(10):85-89.
- [4] 曾一凡,梅傲霜,武强,华照来,赵嶝,杜鑫,王路,吕扬,潘旭.基于水化学场机器学习分析与水动力场反向示踪模拟耦合的矿井涌(突)水水源综合判识技术[J/OL].煤炭学报:1-14 [2023-01-16]. <https://doi.org/10.13225/j.cnki.jccs.2021.1979>
- [5] 陈凯.新集矿区地下水水质评价及水源识别模型构建[D]:[硕士学位论文].淮南:安徽理工大学,2020. <https://doi.org/10.26918/d.cnki.ghngc.2020.000762>
- [6] 冯建国,鲁统民,高宗军,李贵恒,刘久潭,杨海博.新泰市地下水水化学特征及成因探讨[J].山东科技大学学报(自然科学版),2020,39(1):11-20. <https://doi.org/10.16452/j.cnki.sdkjzk.2020.01.002>
- [7] 李雪菲,赵庆英,柴社立,张青伟.吉林省西部主要湖泊的水化学特征及其水质评价[J].科学技术与工程,2010,10(27):6722-6726.