

成都平原典型样区浅层地下水水质调查与污染评价

唐学芳^{1,2}, 吴勇^{1,2}, 韩莉璧^{1,2}, 陈晶³, 李仁海^{1,2}, 邓东平^{1,2}, 荣欣萍^{1,2}

(1. 成都理工大学 环境与土木工程学院, 四川 成都 610059; 2. 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 四川 成都 610059; 3. 四川省地质工程勘察院, 四川 成都 610032)

摘要: [目的] 开展成都平原区浅层地下水水质调查与污染评价, 为该区域开展土壤和地下水资源保护、合理开发利用地下水资源提供理论依据。[方法] 在成都平原典型样区采集了 60 个浅层地下水样, 分析水样的 pH 值、溶解性总固体、总硬度、氯化物、氨氮、氟化物、硝酸盐、亚硝酸盐、硫酸盐、铁、锰等 11 项指标。利用层级阶梯评价法和主成分分析法对研究区浅层地下水水质进行评价, 并用 MapGIS 绘制了水质综合评价图。[结果] 研究区浅层地下水部分指标超标, 尤其是硝酸盐污染较严重, 其次是总硬度、铁和锰。[结论] 研究区地下水质量总体较好, 局部地区有一定程度污染。

关键词: 地下水; 水质; 污染评价; 成都平原地区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2019)06-0163-07

中图分类号: X824

文献参数: 唐学芳, 吴勇, 韩莉璧, 等. 成都平原典型样区浅层地下水水质调查与污染评价[J]. 水土保持通报, 2019, 39(6): 163-169. DOI: 10. 13961/j. cnki. stbctb. 2019. 06. 024; Tang Xuefang, Wu Yong, Han Libi, et al. Water quality investigation and pollution evaluation of shallow groundwater in typical sample area of chengdu plain[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2019, 39(6): 163-169.

Water Quality Investigaton and Pollution Evaluation of Shallow Groundwater in Typical Sample Area of Chengdu Plain

Tang Xuefang^{1,2}, Wu Yong^{1,2}, Han Libi^{1,2}, Chen Jing³, Li Renhai^{1,2}, Deng Dongping^{1,2}, Rong Xinping^{1,2}

(1. College of Environment and Civil Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China; 2. State Key Laboratory of Geohazard Prevention and Geoenvironment Protection, Chengdu, Sichuan 610059, China; 3. Sichuan Institute of Geological Engineering Investigation, Chengdu, Sichuan 610032, China)

Abstract: [Objective] The quality survey and pollution assessment of shallow groundwater was conducted in Chengdu plain in order to provide theoretical basis for soil and groundwater resources protection and the rational development and utilization of groundwater resources in this region. [Methods] Sixty shallow groundwater samples were collected in the typical sample area of Chengdu plain, and 11 indicators including the pH value, total dissolved solids, total hardness, chloride, ammonia nitrogen, fluoride, nitrate, nitrite, sulfate, iron and manganese were analyzed. The groundwater quality in the study area was evaluated by the hierarchical ladder evaluation method and principal component analysis method (PCA). And the comprehensive evaluation map of water quality was drawn by MapGIS. [Results] Some indicators of shallow groundwater in the study area exceeded the standard, especially nitrate pollution, followed by total hardness, iron and manganese. [Conclusion] The groundwater quality in the study area is generally good, except for a certain degree of pollution in some areas.

Keywords: groundwater; water quality; pollution assessment; Chengdu plain

研究区位于成都市西北部, 为冲积平原, 耕地土层深厚、质地适中, 自流灌溉, 是我国 5 大粮食主产区之一^[1]。近 20 a 来, 增施以氮肥为主的化肥是该区域提高粮食和蔬菜产量的主要措施之一, 氮肥年用量

常高达 250~350 kg/hm²^[2]。水文地质系统中氮的运动受自然循环过程、人为影响和随机事件的控制, 人口密度、氮肥负荷、地下水补给、土壤防护能力、渗流带渗透率、地下水深度和饱和带渗透率等因素能影

收稿日期: 2019-04-29

修回日期: 2019-06-06

资助项目: 四川省重点研发项目“高产农田区重金属污染修复方法及影响研究”(2018ZDYF3447), “四川省关闭矿井地下水循环演化模式及诱发灾害研究”(2018JY0425), “四川省关闭煤矿酸性矿井水特征及源头治理技术研究”(2018SZ0290)

第一作者: 唐学芳(1981—), 女(汉族), 四川省雅安人, 博士研究生, 研究方向为环境水文地质。E-mail: tangxuefang123@163.com。

通讯作者: 吴勇(1966—), 男(汉族), 四川省安岳县人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事水文地质方面的研究。E-mail: ywu@cdut.edu.cn。

响硝酸盐向地下水迁移的相对难易程度。在农业生产密集的地区,氮肥施用量与地下水硝酸盐含量密切相关,尤其是不适当的施肥制度^[3-4]。目前,对该区域地下水研究多集中在地下水胶体^[5]、硝酸盐污染方面^[2,6],对该区开展地下水水质调查与评价研究,有利于掌握该地区地下水质量状况和变化趋势,有针对性的开展土壤和地下水资源保护,对合理开发利用地下水资源提供决策依据具有重要现实意义。

1 研究区概况

研究区面积 438 km²。属亚热带季风性湿润气候,年平均气温 16 ℃,年平均降雨量 979.4 mm,6—9 月丰水期占全年降雨量的 69%,12 月至次年 2 月枯水期降雨量为全年的 2.4%,其余月份为平水期。多年平均蒸发量 879.2 mm,平均相对湿度 84%。境内河网密布,河道总长 158 km。研究区属岷江冰水—流水堆积扇中部,区内大部分为平原区,仅在西北部横山子一带为一级台地。平原区位于堆积扇中部,由第四系冰水及冲洪积等多种成因的沉积物堆积而成,地下水类型主要为第四系松散岩类孔隙潜水;西北部横山子残留台地,上覆第四系上更新统砂质黏土或含泥砂砾卵石层,下伏白垩系砂泥岩,地下水类型为第四系松散岩类孔隙潜水和白垩系砂泥岩裂隙水。研究区主要河流包括蒲阳河、走马河、柏条河、江安河等。研究区地处岷江扇地下水径流带与排泄带的过渡地区,地下水主要沿平原倾斜方向自北西南东运移,区内地下水的补给来源主要为河流、农灌、渠系入渗,其次为降雨入渗和侧向径流。研究区地下水化学类型以 HCO₃-Ca, HCO₃-Ca·Mg 型为主,局部地段为 HCO₃·SO₄-Ca 型。矿化度大多数小于 1 g/L,少数在 1~2 g/L,硬度 300~450 mg/L。区内地下水 pH 值多在 6.5~8.5 之间,为中性水,少部分为弱碱性水。根据 2017 年研究区内 25 口地下水监测井资料,地下水位埋深在 2.6~13.1 m 之间。

2 材料与方法

2.1 数据来源

本文选取了成都平原典型样区 60 个地下水监测井为水样采集点,采样时间为 2018 年 11 月,枯水期,采样计划制定、样设备选择、样品采集方法、样品保存与送检、实验室分析测试等均严格按照《区域地下水污染调查评价规范(DZT0288-2015)》执行,保证了数据的科学性、准确性。本次采样充分考虑了研究区水文地质条件、污染源分布状况,采样点分布合理,基本涵盖了研究区的环境敏感点,可以代表研究区域浅层

地下水整体的水质状况。本次调查评估特别注重了样品野外采集质量控制和室内测试质量控制,选择具有国家计量认证的实验室进行水样的分析测定。水质检测指标包括:常规水质指标如溶解性总固体、总硬度、硫酸盐、氯化物;主要由人类活动产生并对农业灌溉和饮水安全有潜在威胁的指标,如硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮和氟化物等;以及对人类和其他生物生长发育有重要影响的指标,如铁(Fe³⁺)、锰(Mn²⁺)等。

2.2 研究方法

2.2.1 单因子污染评价法 对照《地下水质量标准(GB/T14848-2017)》^[7]中指标限值(Ⅲ级),将测试指标与Ⅲ级限值对照进行阶梯评价,得出地下水水质初步评价,通过无机毒理指标和微量有机指标进行地下水污染评价,将地下水水质初步评价与污染评价相结合,判定地下水质量类型是否升级^[12]。

2.2.2 PCA 因子分析法 利用因子分析或主成分分析对数据集进行解析并降维,通过对多个变量间关系的分析,以较少有代表性因子来说明众多因子信息^[8-9],基本步骤包括:①确认待分析的原始指标变量是否适合作因子分析;②构造因子变量;③利用旋转方法使因子变量更具可解释性;④计算主成分及其贡献率和累积贡献率;⑤计算主成分荷载^[10]。选取研究区 60 个地下水监测资料,每个监测点选取总硬度、溶解性总固体、铵根离子、氯离子、氟离子、硫酸根、硝酸根、亚硝酸根、铁、锰共 10 个指标进行综合评价。

3 结果分析

3.1 地下水理化特征

利用 SPSS 对 60 组水样的测试结果进行统计分析(表 1)。由表 1 可知,研究区浅层地下水中亚硝酸、铵根离子、硫酸根、氯离子、氟离子的超标检出率小于 2%,污染较轻。总硬度、溶解性总固体、硝酸根、铁和锰的超标率均大于 3%,有一定程度污染,其中总硬度、硝酸根和锰的超标率分别是 13.3%,11.7%和 33.3%,属于污染较重的指标,这 3 个指标的变异系数分别为 0.36,1.86 和 1.42,具有超标率较高、变异系数较低特点,表明污染空间分布广,主要是面源污染。检测结果与《地下水质量标准(GB/T14848-2017)》Ⅲ级标准进行比较,除了亚硝酸、铵根离子、氯离子和氟离子没有超标,其它分析指标均有不同程度的超标,其中总硬度、硝酸根和锰的超标率达到 11%以上,硫酸根、铁和 TDS 的超标率在 1%~3.5%。检测结果与《生活饮用水卫生标准(GB5749-2006)》^[11]进行比较,超标项目主要为硝酸盐、硫酸盐、溶解性总固体(TDS)、总硬度、铁和锰。

表 1 研究区浅层地下水理化特征的统计分析

项目	总硬度	TDS	硝酸根	亚硝酸	铵根离子	硫酸根	氯离子	氟离子	铁	锰
最小值/(mg·L ⁻¹)	52	165	0.05	0.001	0.02	6.3	2.3	0.02	0.004 5	0.000 1
最大值/(mg·L ⁻¹)	641	1403	50.7	0.246	0.9	324	63.6	0.65	3.52	0.759
平均值/(mg·L ⁻¹)	317.91	447.88	6.78	0.03	0.10	68.57	19.81	0.26	0.20	0.10
标准差	114.23	204.49	12.63	0.06	0.17	48.99	12.97	0.11	0.48	0.15
变异系数	0.36	0.46	1.86	2.36	1.71	0.71	0.65	0.44	2.38	1.42
检出率/%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
超标率/%	13.3	3.3	11.7	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	3.3	33.3
地下水质量标准(Ⅲ级)	450	1000	20	0.02	0.2	250	250	1	0.3	0.1

3.2 单因子评价结果

根据层级阶梯评价法对研究区地下水水质进行评价^[12](表 2)。60 组地下水样品中,地下水质量标准符合Ⅱ类水的取样点有 7 组,占地下水取样总数的 12%,符合Ⅲ类水的取样点有 26 组,占地下水取样总数的 43%,符合Ⅳ类水标准的取样点有 20 组,占地下水取样总数的 33%,达到Ⅴ类水标准的取样点有 7 组,占地下水取样总数的 12%。从评价结果显示,无机常规化学指标中主要影响离子是总硬度、铁离子和锰,其中,有 1 个取样点的锰达到劣Ⅴ类水标准,有 18 个取样点的锰达到Ⅳ类水标准;有 3 个取样点的硫酸

盐达到Ⅲ类水标准,有 1 个取样点的硫酸盐达到Ⅳ类水标准;有 3 个取样点的铁离子达到Ⅲ类水质标准,有 1 个取样点的铁达到Ⅴ类水标准;有 27 个取样点的总硬度达到Ⅲ类水标准,研究区地下水质量主要与无机常规化学指标有关,无机毒理指标影响离子主要是硝酸根和亚硝酸根,其中,有 7 个取样点的硝酸盐达到Ⅳ类及以上标准,有 10 个取样点的硝酸盐达到Ⅲ类标准,有 5 个取样点的亚硝酸盐达到Ⅲ类标准,研究区地下水质量与无机毒理化学指标有一定程度关系。综合评价研究区地下水质量局部地区有一定污染。

表 2 研究区水质评价结果一览表

样号	铁离子	锰离子	总硬度	溶解性固体	硝酸根	亚硝酸根	硫酸根	综合评价
JC ₀₁	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅳ			Ⅳ
JC ₀₂		Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅴ			Ⅴ
JC ₀₃		Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅴ			Ⅴ
JC ₀₄		Ⅱ	Ⅱ		Ⅱ			Ⅱ
JC ₀₅		Ⅱ	Ⅱ					Ⅱ
JC ₀₆	Ⅴ	Ⅳ						Ⅴ
JC ₀₇		Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ			Ⅳ
JC ₀₈		Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅴ			Ⅴ
JC ₀₉		Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅴ			Ⅴ
JC ₁₀		Ⅳ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ			Ⅳ
JC ₁₁		Ⅱ	Ⅱ		Ⅲ			Ⅲ
JC ₁₂	Ⅱ				Ⅲ	Ⅲ		Ⅲ
JC ₁₃		Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ				Ⅲ
JC ₁₄		Ⅳ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ			Ⅳ
JC ₁₅		Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ		Ⅲ
JC ₁₆		Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ		Ⅱ		Ⅳ
JC ₁₇		Ⅳ	Ⅱ					Ⅳ
JC ₁₈		Ⅱ		Ⅲ	Ⅱ			Ⅲ
JC ₁₉		Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ			Ⅲ	Ⅳ
JC ₂₀		Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ				Ⅳ
JC ₂₁		Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅴ			Ⅴ
JC ₂₂		Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ			Ⅲ
JC ₂₃	Ⅲ		Ⅲ	Ⅱ				Ⅲ
JC ₂₄		Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ				Ⅲ
JC ₂₅		Ⅳ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ		Ⅳ

续表 2

样号	铁离子	锰离子	总硬度	溶解性固体	硝酸根	亚硝酸根	硫酸根	综合评价
JC ₂₆		II	II	II				II
JC ₂₇		III	III	II		II		III
JC ₂₈		III	III	II	III	II		III
JC ₂₉		III	III	II				III
JC ₃₀		IV	II					IV
JC ₃₁		IV	III	II				IV
JC ₃₂		III	III	II				III
JC ₃₃		V	II			II		V
JC ₃₄		III	III	II				III
JC ₃₅		II	II	III	IV	II		IV
JC ₃₆		IV	III	II				IV
JC ₃₇		III	III	II				III
JC ₃₈		IV		II		III		IV
JC ₃₉		II	III	III	III			III
JC ₄₀		II	II	II				II
JC ₄₁	III	IV	III					IV
JC ₄₂		II	II	II				II
JC ₄₃		II	III	III				III
JC ₄₄		II	III	II		III		III
JC ₄₅		IV		III				IV
JC ₄₆		II		II				II
JC ₄₇		II		II	II			II
JC ₄₈		IV	III	II				IV
JC ₄₉		II	III	II				III
JC ₅₀		II		III	II			III
JC ₅₁		III	III	III	III			III
JC ₅₂	II	IV	III	III		II		IV
JC ₅₃		IV	II	II		III		IV
JC ₅₄		II		III	III		III	III
JC ₅₅		III		III				III
JC ₅₆		II		III				III
JC ₅₇	II	II	III	III		III		III
JC ₅₈		II		III	II		IV	IV
JC ₅₉		II		III	II		III	III
JC ₆₀	III	II	II	II	III			III

3.3 主成分分析结果

按照主成分分析计算步骤对研究区地下水水质进行综合评价。将原始数据进行标准化处理后求出相关系数矩阵^[10]。根据表 3 可知,前 5 个主成分因子的累积贡献率接近 80% 的提取限值,故提取前 5 个主成分,根据得到的主成分,计算荷载(表 4)。污染源解析如表 4 和图 1—2 所示,公因子 F_1 特征值为 2.41,贡献率为 24.18%,主要包括铁、锰、 NH_3^+ ,其中,铁、锰的荷载系数较高。公因子 F_2 特征值为 2.19,贡献率为 21.87%,主要荷载变量为总硬度和 SO_4^{2-} 。公因子 F_3 特征值为 1.24,贡献率为 12.39%,主要荷载变量为 Cl^- 和 F^- 。公因子 F_4 特征值为 1.04,贡献率为 10.45%,主要荷载变量为 TDS 和

NH_3^+ 。公因子 F_5 特征值为 1.02,贡献率为 10.20%,主要荷载变量为 TDS 和 NH_3^+ 。运用 MapGIS 绘制水质评价图(图 3)。

表 3 研究区地下水水质评价主成分特征分布

主成分因子	特征值	贡献率/%	累积贡献率/%
1	2.418	24.183	24.183
2	2.188	21.875	46.058
3	1.239	12.386	58.445
4	1.045	10.452	68.897
5	1.021	10.205	79.102
6	0.708	7.077	86.179
7	0.622	6.225	92.404

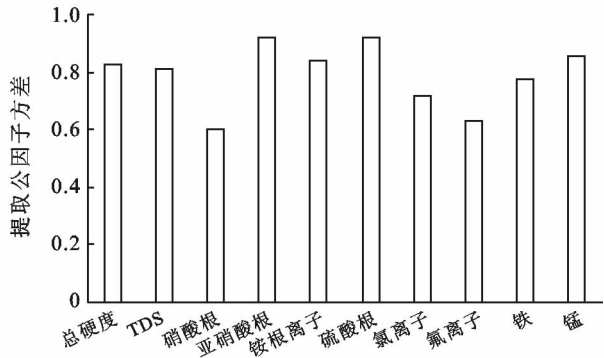


图 1 研究区污染源解析标准化地下水水质指标的因子提取率

表 4 研究区污染源解析旋转因子的荷载矩阵

评价因子	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅
总硬度	-0.083	0.848	0.313	-0.001	-0.041
TDS	-0.178	0.350	0.158	0.790	-0.090
NO ₃ ⁻	-0.346	-0.250	-0.584	0.222	-0.176
NO ₂ ⁻	-0.010	0.005	0.017	0.034	0.959
NH ₄ ⁺	0.465	-0.189	0.022	0.724	0.247
SO ₄ ²⁻	0.003	0.941	-0.119	0.143	0.012
Cl ⁻	-0.232	0.148	0.743	0.219	-0.212
F ⁻	0.279	-0.278	0.572	0.219	0.321
Fe	0.862	-0.115	-0.118	-0.059	0.044
Mn	0.892	0.043	0.212	0.119	-0.037

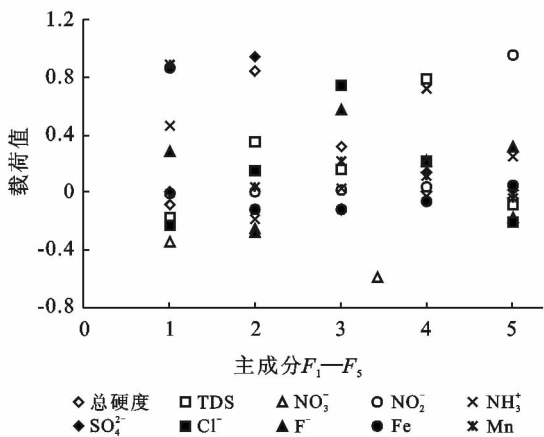


图 2 研究区污染源解析旋转因子荷载矩阵

4 讨论

4.1 硝酸根离子影响因素及成因分析

地下水中硝酸根离子含量一般与污染源和环境水文地质因素有关^[12]。世界卫生组织(WHO)颁布的饮用水水质标准规定硝酸盐含量的最大允许浓度为 10 mg/L^[13], 欧洲为 11.3 mg/L, 我国 GB/T14848-2017 地下水水质Ⅲ类饮用水标准中规定硝酸盐含量不得超过 20 mg/L。本次 60 组地下水样品中, 硝酸根离子有 7 组超标, 超标点为 JC₀₁, JC₀₂, JC₀₃, JC₀₈,

JC₀₉, JC₂₁, JC₃₅, 其中, JC₀₂, JC₀₃, JC₀₈, JC₀₉, JC₂₁ 这 5 个采样点的硝酸根离子达到Ⅴ类水标准, 这些超标点位主要分布在研究区西北部, 这种异常超标的点, 与天然背景值关系不大, 与污染源的关系较为密切。研究区大部分为农业耕作区, 受地表人类活动影响较大, 农业生产施用过量化肥, 农灌水下渗均可产生面源污染, 引起地下水硝酸盐污染^[10]; 其次氮污染受包气带岩性的防污性能、地下水水位埋深、地下水径流速度等水文地质条件因素的影响。研究区河网密集, 地下水接受河水补给, 为氮磷污染物进入地下水系统提供了通道, 研究区内岩性为砂质黏土和砾卵石, 含水层岩性分布对氮素转化具有控制作用, 颗粒细的含水层中以还原作用为主, 颗粒粗的含水层中以硝化作用为主^[10]。氮污染物从排放到进入地下水到参与地下水运动的过程, 均受水文地质环境因素的综合制约, 水文地质条件是决定其污染源扩散进入地下水的重要因素^[12]。研究区中地下水硝酸盐污染主要来源于农业耕作中化肥农药的长期使用。

4.2 总硬度影响因素及成因分析

长期饮用高硬度地下水会对人体健康产生很大影响^[14-15]。本次调查与监测结果显示, 研究区地下水总硬度达到Ⅲ类及以上的取样点达到 27 个, 研究区地下水总硬度超标的原因主要包括 4 点: ①研究区内人类活动产生的废弃物(包括液、固)通过各种方式进入土壤, 在土壤中发生机械过滤、生物分解、离子吸附与交换等作用^[16], 随下渗水进入含水层, 使地下水中一种或多种化学组分浓度(包括 Ca²⁺, Mg²⁺)增加, 造成地下水硬度的升高; ②研究区环境污染以人类生产、生活污水、农业废弃物等有机物在土壤微生物的参与下, 形成硝酸、硫酸等酸类, 这些酸可能会溶解土层中的钙、镁矿物质, 使之进入地下水, 增加了地下水硬度^[17]; ③研究区地处岷江扇地下水径流带与排泄带的过渡地区, 第四系松散岩类孔隙潜水含水层, 岩性为砂砾石、砂卵石, 含水层颗粒松散、粒度粗、径流条件较好, 岩层中的钙镁化合物溶滤条件较好, 强烈的交替作用使岩层中的钙镁化合物溶滤变成 Ca²⁺ 和 Mg²⁺ 离子, 使地下水中 Ca²⁺ 和 Mg²⁺ 浓度较高^[18]; ④研究区内重点污染源有养猪场, 根据现场调查显示, 存在畜禽粪便及废弃物未处理排放现象, 畜禽废弃物中 Cl⁻, Na⁺ 含量很高, 迁移能力强, 能够将土壤层中的 Ca²⁺ 和 Mg²⁺ 置换出来, 使土壤中 Ca²⁺ 和 Mg²⁺ 离子进入地下水从而增加了地下水的硬度^[19]。因此, 该区域总硬度较高是水文地质条件和人类活动影响的综合作用结果。

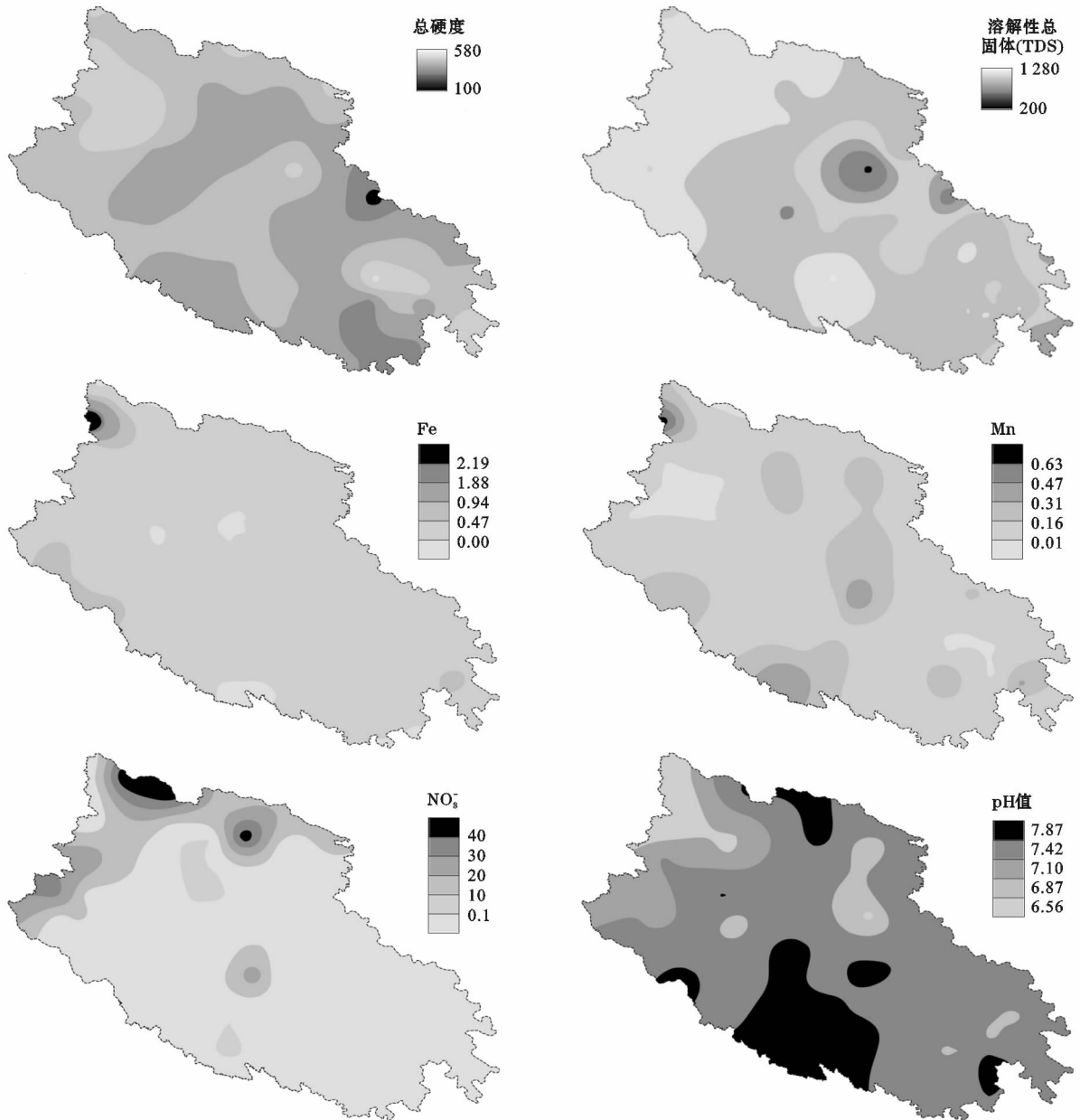


图 3 研究区地下水水质评价结果

4.3 铁、锰影响因素及成因分析

地下水中 Fe^{3+} 和 Mn^{2+} 的含量主要受上覆岩土及水介质的化学成分、地下水系统所处的氧化还原环境及季节性变化等因素的影响,且与地下水补给、径流、排泄条件直接相关^[20]。研究区地下水埋藏于第四松散的含水层,含水层主要为全新统、更新统地层,铁锰结核分布于更新统冰水一流水堆积层中,含有丰富的铁、锰元素。地下水中铁、锰元素含量与含水介质的铁、锰元素具有较好的相关性^[21],研究区含水介质和上覆地层中含有大量铁、锰元素,是影响地下水中铁、锰含量较高的主要因素。研究区铁离子和锰离子超标点主要为基本农田区,地下水埋藏浅,且主要接受垂向渗补给(农灌、大气降水和渠),地下水水平

径流缓慢,铁锰离子进入地下水后向下游迁移速度缓慢,铁、锰均为变价元素,有氧条件下能形成难溶化合物,更减慢了迁移,这也是研究区内地下水铁锰离子含量高的原因。此外,工业污水中排放的有机酸作用,会加速铁锰由岩石进入地下水的过程^[22]。综上,研究区地下水中的铁锰离子主要来源于含水层地质岩性,属地质环境背景因子。

5 结论

(1) 对照《地下水质量标准(GB/T14848-2017)》中指标限值(Ⅲ级),研究区地下水质量标准符合Ⅱ类水占 13%,符合Ⅲ类水占 43%,符合Ⅳ类水标准占 33%,达到Ⅴ类水标准占 10%。区域整体地下水水质

量存在一定程度污染,局部地区污染较严重,有1个取样点的锰达到劣V类水标准,有18个取样点的锰达到IV类水标准,有7个采样点的硝酸盐达到IV类标准,其中有5个采样点的硝酸根离子为V类标准。

(2) 根据本次调查监测的实际情况,建议采取以下措施。①根据气候、水文地质条件和土壤类型,选择适宜的耕作方式,结合作物种类和耕作条件确定肥料的品种、用量、施用时间和施用方式,推广使用有机肥。②定期开展研究区土壤和地下水监测与评估,对典型地区开展土壤—植物—水系统中物理生化过程及溶质输移的研究与建模,为决策提供依据,加强土壤—植物—水系统的全面管理。

致谢:在本次地下水资源调查和污染现状评价过程中得到了四川省地质工程勘察院、四川省天晟源环保股份有限公司的鼎力协助,在此表示衷心的感谢。

[参 考 文 献]

- [1] 尚二萍,许尔琪,张红旗,等. 中国粮食主产区耕地土壤重金属时空变化与污染源分析[J]. 环境科学,2018,39(10):4670-4683.
- [2] 刘英华,张世熔,张素兰,等. 成都平原地下水硝酸盐含量空间变异研究[J]. 长江流域资源与环境,2005,14(1):114-118.
- [3] Pékny V, Skorepa J, Vrba J. Impact of nitrogen fertilizers on groundwater quality-some examples from Czechoslovakia[J]. Journal of Contaminant Hydrology, 1989, 4(1): 51-67.
- [4] Marco M, Simone P, Simone S, et al. Spatial and statistical assessment of factors influencing nitrate contamination in groundwater[J]. Journal of Environmental Management, 2008, 86(1): 272-281.
- [5] Wang Kaifeng, Zhao Yifan, Yang Zhuanwei, et al. Concentration and characterization of groundwater colloids from the northwest edge of Sichuan basin, China[J]. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 2018, 537(20): 85-91.
- [6] 张志强,张强,张希雨,等. 川中红层灌区地下水硝酸盐污染特征及影响因素[J]. 人民长江,2018,49(9):6-10.
- [7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T14848-2017 地下水质量标准[S]. 北京:中国标准出版社,2017.
- [8] Meng Li, Zuo Rui, Wang Jinsheng, et al. Apportionment and evolution of pollution sources in a typical riverside groundwater resource area using PCA-APCS-MLR model[J]. Journal of Contaminant Hydrology, 2018, 218: 70-83.
- [9] Hu Shan, Luo Ting, Jing Chuanyong, et al. Principal component analysis of fluoride geochemistry of groundwater in Shanxi and Inner Mongolia, China[J]. Journal of Geochemical Exploration, 2013, 135: 124-129.
- [10] 孟利,左锐,王金生,等. 基于 PCA-APCS-MLR 的地下水污染源定量解析研究[J]. 中国环境科学,2017,37(10):3773-3786.
- [11] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. GB5749-2006 生活饮用水卫生标准[S]. 北京:中国标准出版社,2006.
- [12] 陆雯婷. 固原市地下水污染调查评价[D]. 河北 邯郸:河北工程大学,2016.
- [13] Environmental Protection Agency. National primary and secondary drinking recommendations[R]. 2017.
- [14] 姜体胜,杨忠山,黄振芳,等. 北京郊区浅层地下水总硬度变化趋势及其机理浅析[J]. 水文地质工程地质,2010,37(4):33-37.
- [15] 孙长虹,陈淑峰,刁徐笑,等. 基于 GIS 的华北某市潜层地下水总硬度变化趋势分析[J]. 环境工程,2015(6):44-48.
- [16] 蒋春云. 太原市地下水化学特征及水质分析评价[D]. 北京:中国地质大学,2018.
- [17] 郭海丹,魏加华,王光谦. 地下水硬度升高机理研究综述[J]. 人民黄河,2011,33(6):52-55.
- [18] 赵洁,徐宗学,刘星才. 辽河河流水体污染源解析[J]. 中国环境科学,2013,33(5):838-842.
- [19] 张会杰. 典型离子对地下水总硬度变化影响研究[D]. 辽宁 阜新:辽宁工程技术大学,2014.
- [20] 丁继双,赵瑞君,杨湘奎. 哈尔滨市地下水中 Fe^{3+} 和 Mn^{2+} 分布规律及成因探讨[J]. 水利科技与经济,2011,17(1):6-8.
- [21] 曾昭华. 地下水中铁元素的形成及其控制因素[J]. 江苏地质,2003,27(4):220-224.
- [22] 崔健,都基众,马宏伟,等. 基于因子分析的浑河冲洪积扇地浅层地下水水质影响因素辨析[J]. 中国农村水利水电,2011,7(4):45-48.