

新疆天山北坡平原区地下水质量与污染评价

赵江涛¹, 周金龙^{1,2,3}, 高业新², 李巧¹

(1. 新疆农业大学 水利与土木工程学院, 乌鲁木齐 830052; 2. 中国地质科学院 水文地质环境地质研究所, 石家庄 050061; 3. 中国地质大学 环境学院, 武汉 430074)

摘要: 地下水是新疆天山北坡平原区生活用水、工业用水及灌溉用水的主要水源。依据 2011 年 77 个地下水样的 pH 值、总溶解固体(TDS)、总硬度、氨氮、 NO_2^- 、 NO_3^- 、高锰酸盐指数、 F^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 检测结果, 采用单项指标评价法进行地下水质量评价, 统计了各地各评价指标在不同水质级别所占的比例; 采用化学组分浓度对比法对同一监测井 2003 年和 2011 年的 18 组水样进行地下水污染评价, 分析了水质变化趋势和地下水污染原因。结果表明: 2011 年潜水和承压水中 I 类和 II 类水质所占比例之和分别为 40.0% 和 47.6%; 潜水水质类别基本呈现变好的趋势, 而承压水水质类别呈现变差趋势。

关键词: 新疆天山北坡平原区; 地下水质量评价; 地下水污染评价

中图分类号: X523 文献标志码: A 文章编号: 1672-1683(2015)05-0888-07

Assessment of groundwater quality and pollution

in the plain area of northern slope of Tianshan Mountains in Xinjiang

ZHAO Jiang tao¹, ZHOU Jir long^{1,2,3}, GAO Ye xin², LI Qiao¹

(1. College of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;

2. Institute of Hydrogeology and Environmental Geology, Chinese Academy of Geological Sciences,

Shijiazhuang 050061, China; 3. School of Environmental Science, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: Groundwater is one of the important water sources of domestic water, industry water, and irrigation water in the plain area of northern slope of Tianshan Mountains in Xinjiang. Based on the pH, TDS, total hardness, ammonia, NO_2^- , NO_3^- , permanganate index, F^- , Cl^- , and SO_4^{2-} values of 77 groundwater samples in 2011, the single factor method was used to evaluate groundwater quality and calculate the proportions of each evaluation index in different groundwater quality levels. Groundwater pollution was assessed based on 18 groundwater samples of the same observation well in 2003 and 2011 using the chemical component concentration comparison method, and the variation trend of groundwater quality and causes of groundwater pollution were analyzed. The results showed that groundwater with quality level of I and II in the unconfined and confined aquifers accounts for 40.0% and 47.6% in 2011, and the water quality of unconfined aquifer improves while the water quality of confined aquifer deteriorates.

Key words: the plain area of northern slope of Tianshan Mountains in Xinjiang; groundwater quality assessment; groundwater pollution assessment

地下水已经成为新疆生活及工农业生产的主要水源^[1], 但地下水超采和地下水污染引起的一系列环境问题成为制约城市发展的重要因素^[2,3]。本文拟利用新疆天山北坡平原

区地下水化学测定数据, 对各取样点的地下水水质进行评价, 并对地下水水质污染变化趋势进行分析, 从宏观的角度把握天山北坡平原区地下水水质现状。

收稿日期: 2014-11-19 修回日期: 2015-08-15 网络出版时间: 2015-09-24

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20150924.2033.012.html>

基金项目: 中国地质调查局项目(1212011220982); 新疆自治区水文学及水资源重点学科基金(xjswszyzdxk20101202)

作者简介: 赵江涛(1987-), 男, 甘肃天水人, 博士, 主要从事地下水水质演化与保护研究。E-mail: 420334025@qq.com

通讯作者: 周金龙(1964-), 男, 浙江龙游人, 教授, 博士生导师, 主要从事干旱区地下水利用与保护、灌区土壤水-盐运移监测与模拟等研究。E-mail: zjzhoujl@163.com

1 研究区概况

新疆天山北坡总面积 141 471 km², 其中山区面积 50 902 km², 平原与沙漠面积为 90 569 km²[4]。本文的研究范围是新疆天山北坡平原区, 地理坐标约为 83° 50′ - 89° 10′ 和北纬 43° 15′ - 46° 25′ 之间, 研究区面积为 84 153 km²。研究区具有西北内陆干旱盆地山前带水文地质条件的一般规律, 地表水是地下水最主要补给源, 在自然条件下地下水的主要排泄途径是蒸发、人工开采、侧向径流和泉水溢出[5]。研究区在行政区划上包括乌鲁木齐市、昌吉回族自治州(以下简称“昌吉州”)(昌吉市、阜康市、呼图壁县、玛纳斯县)、石河子市、克拉玛依市、塔城地区(沙湾县和乌苏市)和伊犁哈萨克自治州直属(以下简称“伊犁州直属”)(奎屯市)。

2 地下水取样方法及检测方法

2.1 地下水取样方法

根据研究区域水文地质条件、土地利用状况和污染源分布状况, 选择区域内具有代表性的水井作为采样点(图 1), 在 2011 年共采集地下水水样 77 个(潜水区 35 个, 承压水区 42 个), 其中 18 个水样与 2003 年所取水样为同一监测井。采样密度约为 1 个/1000 km², 基本满足 1: 100 万区域地下水污染调查的精度要求。为保证数据的科学性、准确性和统一性, 样品的野外采集和室内测试严格执行《地下水污染调查评价规范》(DD 2008- 01)。

2.2 地下水样检测方法

对于所取水样, 测定了其 pH 值、总溶解固体(TDS)、总硬度、氨氮、NO₂⁻、NO₃⁻、高锰酸盐指数、F⁻、Cl⁻、SO₄²⁻[8]。各评价指标的检测依据为《生活饮用水标准检测方法》(GB/T 5750.1- 5750.13- 2006)和《饮用天然矿泉水检测方法》(GB/T 8538- 2008)。水样检测单位为新疆地矿局第二水文地质工程地质大队。

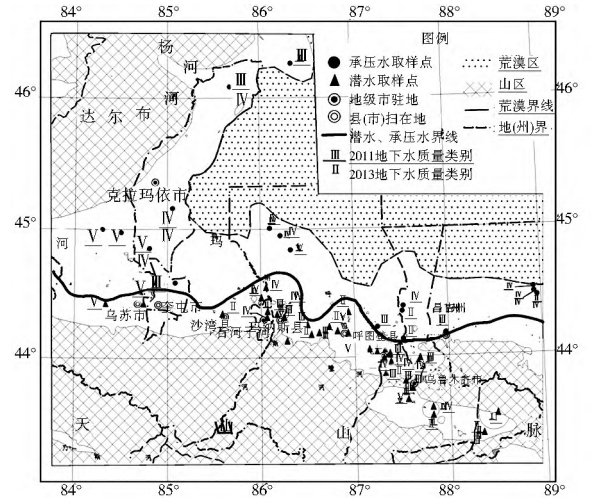


图 1 天山北坡平原区地下水采样点及地下水质量分布

Fig. 1 Distributions map of groundwater sampling sites and groundwater quality in the plain area of northern slope of Tianshan Mountains

3 地下水质量和污染评价方法

3.1 地下水质量评价方法

地下水质量评价以《地下水环境质量标准》(GB/T 14848- 93)为标准, 依据水利部《全国水资源综合规划细则》的统一要求, 选择具有代表性的 10 个水质指标作为评价的指标, 即: pH 值、总溶解固体(TDS)、总硬度、氨氮、NO₂⁻、NO₃⁻、高锰酸盐指数、F⁻、Cl⁻、SO₄²⁻, 10 项参评指标质量级别限值见表 1。地下水质量的单项指标评价是按照指标值所在的指标限值区间确定地下水质量的级别, 不同的地下水质量类别指标的限值相同时, 从优不从劣, 地下水质量综合评价按照单项指标评价结果的最高级别确定。

表 1 地下水质量评价指标及限值

Tab. 1 Evaluation index and its limited value for groundwater quality assessment

序号	指标	Ⅲ类	Ⅱ类	Ⅰ类	Ⅰ类	Ⅰ类
1	pH		6.5~ 8.5		5.5~ 6.5 或 8.5~ 9.0	5.5 或 > 9.0
2	总硬度(以 CaCO ₃ 计)/(mg·L ⁻¹)	≤150	≤300	≤450	≤650	> 650
3	溶解性总固体 TDS/(mg·L ⁻¹)	≤300	≤500	≤1 000	≤2 000	> 2 000
4	氨氮(以 N 计)/(mg·L ⁻¹)	≤0.005	≤0.05	≤0.5	≤1.0	> 1.0
5	硝酸盐(以 N 计)/(mg·L ⁻¹)	≤2.0	≤5.0	≤20	≤30	> 30
6	亚硝酸盐(以 N 计)/(mg·L ⁻¹)	≤0.001	≤0.01	≤0.02	≤0.1	> 0.1
7	高锰酸盐指数/(mg·L ⁻¹)	≤1.0	≤2.0	≤3.0	≤10	> 10
8	氟化物(mg·L ⁻¹)	≤0.2	≤0.5	≤1.0	≤1.5	> 1.5
9	氯化物(mg·L ⁻¹)	≤50	≤150	≤250	≤350	> 350
10	硫酸盐/(mg·L ⁻¹)	≤50	≤150	≤250	≤350	> 350

3.2 地下水污染评价方法

采用同一监测井 2003 年和 2011 年化学组分浓度对比法进行地下水污染评价, 评价指标与地下水质量评价指标一致。

4 地下水质量评价

通过 2011 年各评价指标监测值(见表 2)与《地下水环境

质量标准》(GB/T 14848- 93)中对应的各级标准值进行比较, 最终得出各地(州、市)各评价指标在不同水质级别中所占的比例。各地各评价指标在不同水质级别中所占比例见表 3。

由表 3 可以看出, 各地(州、市)评价指标Ⅰ类和Ⅱ类水质所占比例之和最高的分别是: 乌鲁木齐市为硫酸盐(25.1%); 昌吉州为 TDS(22.3%); 石河子市为 pH 值(25.0%)、氨氮(25.0%)、氟化物(25.0%); 克拉玛依市为

表 2 2011 年各地(州、市)各评价指标监测值

Tab. 2 Groundwater quality monitoring data of different areas in 2011

地级行政区	样本数	特征值	pH 值	TDS	总硬度 (以 CaCO ₃ 计)	氨氮 (NH ₃ -N)	NO ₃ ⁻ -N	NO ₂ ⁻ -N	高锰酸盐指数	F ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
乌鲁木齐市	16	最大值	8.68	839.67	897.50	0.36	12.98	< 0.012	4.76	0.79	1225.33	308.22
		最小值	7.55	173.50	20.40	< 0.04	0.70	< 0.012	0.60	0.11	39.25	12.90
		平均值	7.87	450.00	288.71	0.13	5.35	< 0.012	1.79	0.18	213.23	74.20
昌吉州	32	最大值	8.80	7100.00	1263.50	0.21	9.86	0.03	1.57	1.30	2711.20	2546.46
		最小值	7.51	190.00	13.01	< 0.04	0.63	< 0.012	0.47	0.12	10.30	12.45
		平均值	7.86	870.00	202.56	0.05	2.85	< 0.012	1.10	0.27	241.52	224.26
石河子市	8	最大值	8.92	1270.00	472.25	114.41	4.89	0.021	4.27	17.24	325.91	153.80
		最小值	6.61	190.00	25.67	< 0.04	0.05	< 0.012	0.79	0.26	40.55	12.45
		平均值	8.03	530.00	159.13	14.38	1.21	< 0.012	0.65	2.63	140.48	82.87
克拉玛依市	5	最大值	8.80	576.20	946.10	0.12	5.13	0.003	10.92	0.34	861.98	2652.16
		最小值	7.40	220.00	12.01	< 0.04	2.37	< 0.002	0.50	0.30	48.99	22.69
		平均值	8.13	440.00	360.48	0.08	3.75	< 0.002	2.87	0.32	257.92	571.04
塔城地区	9	最大值	8.44	6790.36	1496.50	0.83	6.07	0.086	5.89	0.99	2970.92	1298.84
		最小值	7.34	127.46	60.00	< 0.04	0.04	< 0.002	0.70	0.40	14.94	14.20
		平均值	7.80	1450.00	526.08	0.24	1.44	< 0.012	1.93	0.57	620.14	199.67
伊犁州直属	7	最大值	8.09	1910.00	1090.90	< 0.04	31.60	0.025	1.10	0.50	854.90	368.70
		最小值	7.36	150.00	100.10	< 0.04	0.70	< 0.002	0.40	0.30	15.40	10.75
		平均值	7.81	810.00	507.67	< 0.04	11.63	0.01	0.73	0.41	291.18	139.59

mg/L

pH(20.0%)、总硬度(20.0%)、高锰酸盐指数(20.0%)、氟化物(20.0%)、硫酸盐(20.0%);塔城地区(沙湾县、乌苏市)为总硬度(44.5%);伊犁州直属(奎屯市)为硫酸盐(57.8%)。

通过对各地(州、市)潜水与承压水评价指标 0 类、Ⅰ类水质所占比例进行求和(表 4),发现潜水和承压水 0 类、Ⅰ类水质所占比例之和分别为 40.0% 和 47.6%,乌鲁木齐市潜水和承压水 0 类、Ⅰ类水质所占比例之和分别为 45.5% 和 40.0%;昌吉州(昌吉市、阜康市、呼图壁县、玛纳斯县)承压水水质劣于潜水,潜水与承压水 0 类、Ⅰ类水质所占比例分别为 14.3% 和 42.8%;石河子市 3 眼潜水监测井水质均为 0 类,承压水 0 类、Ⅰ类水质所占比例之和为 60.0%;克拉玛依市和塔城地区(沙湾县、乌苏市)采样点均属承压水,0 类、Ⅰ类水质所占比例分别为 60.0% 和 42.9%;伊犁州直属(奎屯市)7 监测井均为潜水,0 类、Ⅰ类水质所占比例为 57.1%。

5 地下水污染评价

5.1 地下水污染状况

采用 2003 年与 2011 年同一监测井地下水水质监测值和 2011 年、2003 年各监测值的比值(以下简称“比值”)分析新疆天山北坡平原区各地(州、市)地下水水质污染现状,若比值 ≥ 1.0 且比值越大,说明 2011 年各监测值与 2003 年相比较增长的幅度越大,水质污染越严重。由表 5 可见,2003 年-2011 年间,新疆天山北坡平原区各地(州、市)地下水 pH 值的比值范围为 0.85-1.04,潜水与承压水变化均较小,其它指标则差异明显,具体如下。

潜水中,TDS 的比值范围为 0.57-1.66,比值 ≤ 1.00 的

地下水位于呼图壁县园户村乡下三工村(0.95)、克拉玛依市乌尔禾区城乡供水站(0.69)和呼图壁县五工台乡乱山子村(0.57),其余的比值 ≥ 1.00 ,最大值位于玛纳斯电厂家场区西部(1.66);总硬度(以 CaCO₃ 计)的比值范围为 0.69-2.04,其中比值 ≤ 1.00 位于呼图壁县五工台乡二队(0.96)、呼图壁县五工台乡乱山子村(0.85)、克拉玛依市乌尔禾区城乡供水站(0.69)和呼图壁县园户村乡下三工村(0.69),最大值位于玛纳斯电厂家场区西部(2.04);氨氮的比值范围为 3.00-9.00,有明显增长,最小值位于克拉玛依市乌尔禾区城乡供水站(3.00),最大值位于乌鲁木齐市南郊客运站老啤酒厂内(9.00);高锰酸盐指数的比值范围为 0.05-1.67,除克拉玛依市乌尔禾区城乡供水站(1.67)和乌鲁木齐市南郊客运站老啤酒厂内(1.64)外,整体呈现明显的下降趋势;F⁻ 比值范围 0.15-0.65,各监测井均有明显的下降;克拉玛依市乌尔禾区城乡供水站 SO₄²⁻ 和 Cl⁻ 比值均 < 1.00 。

承压水中,TDS 的比值范围为 0.50-2.10,比值 ≤ 1.00 位于奎屯市安集海石河子市巴管处水塔井(0.50),其余的比值 ≥ 1.00 ,最大值位于乌鲁木齐市八一钢铁厂水源地(2.10);总硬度(以 CaCO₃ 计)的比值范围为 0.55-2.32,比值 ≤ 1.00 位于奎屯市安集海石河子市巴管处水塔井(0.55),其余的比值 ≥ 1.00 ,最大值位于乌鲁木齐市八一钢铁厂水源地(2.32);氨氮的比值范围为 1.00-7.50,均有明显增长,最小值位于乌鲁木齐市七水厂 2 号井(1.00),最大值位于乌鲁木齐市三坪农大教学实习场藏葵园内(7.50);高锰酸盐指数的比值范围为 0.47-3.93,除乌鲁木齐市达板城自来水厂 3 号井(0.47)外,整体呈现明显的增长趋势,最大值位于乌鲁木齐市八一钢铁厂水源地(3.93);136 团团部水井 SO₄²⁻ 和 Cl⁻ 比值均 ≥ 1.00 ,分别为 1.12 和 1.31。

表3 2011年各地(州、市)各评价指标在不同水质级别中所占比例

Tab.3 The proportion of each evaluation index in different water quality level of different areas in 2011 (%)

各地(州、市)	评价指标	\bar{N}	$\hat{0}$	$\hat{1}$	$\hat{2}$	$\hat{3}$	合计	$\hat{0}$ 类、 $\hat{1}$ 类小计	参与统计井数(眼)
乌鲁木齐市	pH	93.8	0.0	0.0	6.2	0.0	100.0	6.2	16
	总硬度	18.7	56.2	12.5	6.3	6.3	100.0	12.6	16
	TDS	25.0	25.0	43.8	0.0	6.2	100.0	6.2	16
	氨氮	10.0	40.0	30.0	20.0	0.0	100.0	20.0	16
	硝酸盐氮	30.0	30.0	40.0	0.0	0.0	100.0	0.0	16
	亚硝酸盐氮	30.0	70.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	16
	高锰酸盐指数	25.0	43.8	25.0	6.2	0.0	100.0	6.2	16
	氟化物	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	16
	氯化物	33.3	60.0	0.0	6.7	0.0	100.0	6.7	16
硫酸盐	12.4	43.7	18.8	18.8	6.3	100.0	25.1	16	
昌吉州	pH	92.6	0.0	0.0	7.4	0.0	100.0	7.4	32
	总硬度	40.7	33.3	11.1	0.0	14.9	100.0	14.9	32
	TDS	18.5	40.7	18.5	7.5	14.8	100.0	22.3	32
	氨氮	9.1	37.8	43.1	10.0	0.0	100.0	10.0	32
	硝酸盐氮	54.5	22.3	18.2	5.0	0.0	100.0	5.0	32
	亚硝酸盐氮	18.5	60.0	10.0	11.5	0.0	100.0	11.5	32
	高锰酸盐指数	25.7	64.3	10.0	0.0	0.0	100.0	0.0	32
	氟化物	95.6	0.0	0.0	4.4	0.0	100.0	4.4	32
	氯化物	40.5	33.3	7.2	0.0	19.0	100.0	19.0	32
硫酸盐	14.8	46.5	21.7	3.5	13.5	100.0	17.0	32	
石河子市	pH	75.0	0.0	0.0	25.0	0.0	100.0	25.0	8
	总硬度	50.0	37.5	0.0	12.5	0.0	100.0	12.5	8
	TDS	37.5	25.0	25.0	12.5	0.0	100.0	12.5	8
	氨氮	0.0	62.5	12.5	12.5	12.5	100.0	25.0	8
	硝酸盐氮	75.0	25.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	8
	亚硝酸盐氮	0.0	75.0	12.5	12.5	0.0	100.0	12.5	8
	高锰酸盐指数	25.0	50.0	12.5	12.5	0.0	100.0	12.5	8
	氟化物	75.0	0.0	0.0	12.5	12.5	100.0	25.0	8
	氯化物	50.0	37.5	12.5	0.0	0.0	100.0	0.0	8
硫酸盐	50.0	37.5	0.0	12.5	0.0	100.0	12.5	8	
克拉玛依市	pH	80.0	0.0	0.0	20.0	0.0	100.0	20.0	5
	总硬度	20.0	20.0	40.0	0.0	20.0	100.0	20.0	5
	TDS	20.0	40.0	40.0	0.0	0.0	100.0	0.0	5
	氨氮	50.0	0.0	50.0	0.0	0.0	100.0	0.0	5
	硝酸盐氮	0.0	50.0	50.0	0.0	0.0	100.0	0.0	5
	亚硝酸盐氮	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	5
	高锰酸盐指数	60.0	20.0	0.0	0.0	20.0	100.0	20.0	5
	氟化物	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	5
	氯化物	40.0	40.0	0.0	0.0	20.0	100.0	20.0	5
硫酸盐	20.0	40.0	20.0	0.0	20.0	100.0	20.0	5	
塔城地区	pH	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	9
	总硬度	33.3	22.2	0.0	11.1	33.4	100.0	44.5	9
	TDS	33.3	22.2	11.1	11.1	22.3	100.0	33.4	9
	氨氮	14.3	28.6	42.8	0.0	14.3	100.0	14.3	9
	硝酸盐氮	83.3	0.0	16.7	0.0	0.0	100.0	0.0	9
	亚硝酸盐氮	16.7	33.3	16.7	33.3	0.0	100.0	33.3	9
	高锰酸盐指数	50.0	33.3	0.0	16.7	0.0	100.0	16.7	9
	氟化物	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	9
	氯化物	55.5	11.1	22.2	0.0	11.2	100.0	11.2	9
硫酸盐	22.2	22.2	11.2	0.0	44.4	100.0	44.4	9	
伊犁州直属	pH	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	7
	总硬度	42.9	0.0	0.0	0.0	57.1	100.0	57.1	7
	TDS	42.9	0.0	14.3	42.8	0.0	100.0	42.8	7
	氨氮	14.3	0.0	85.7	0.0	0.0	100.0	0.0	7
	硝酸盐氮	42.8	0.0	28.6	14.3	14.3	100.0	28.6	7
	亚硝酸盐氮	14.3	57.1	14.3	14.3	0.0	100.0	14.3	7
	高锰酸盐指数	83.3	16.7	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	7
	氟化物	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	7
	氯化物	42.8	14.3	14.3	14.3	14.3	100.0	28.6	7
硫酸盐	27.9	14.3	0.0	28.9	28.9	100.0	57.8	7	

表 4 2011 年天山北坡平原区潜水、承压水在不同水质级别所占比例分布

Tab. 4 The proportion of groundwater quality level in unconfined and confined aquifers in the plain area of northern slope of Tianshan Mountains in 2011

(%)

地(州、市)	地下水类型	取样点数	水质级别					合计	Ⅱ类、Ⅲ类合计
			Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类	Ⅳ类	Ⅴ类		
乌鲁木齐市	潜水	11	9.1	36.3	9.1	36.4	9.1	100.0	45.5
	承压水	5	0.0	20.0	40.0	40.0	0.0	100.0	40.0
昌吉州	潜水	14	0.0	28.5	57.2	14.3	0.0	100.0	14.3
	承压水	18	0.0	28.6	28.6	17.8	25.0	100.0	42.8
石河子市	潜水	3	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	100.0	100.0
	承压水	5	0.0	20.0	20.0	40.0	20.0	100.0	60.0
克拉玛依市	潜水	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	承压水	5	0.0	0.0	40.0	40.0	20.0	100.0	60.0
塔城地区	潜水	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	承压水	9	0.0	42.8	14.3	14.3	28.6	100.0	42.9
伊犁州直属(奎屯市)	潜水	7	0.0	14.3	28.6	0.0	57.1	100.0	57.1
	承压水	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
评价区	潜水	35	2.9	25.7	31.4	25.7	14.3	100.0	40.0
	承压水	42	0.0	26.2	26.2	23.8	23.8	100.0	47.6

综上所述,新疆天山北坡平原区 2003 年-2011 年间同一监测井地下水水质从整体上看,污染程度有所加剧。从潜水和承压水水质变化趋势来看,潜水与承压水均出现了较大范围的变化,潜水比值整体增长幅度要小于承压水,说明潜水劣变程度小于承压水。

对比分析表 5 中 2003 年和 2011 年同一井位的地下水水质监测资料发现,在 9 眼潜水监测井中,水质类别变好的有 6 眼(占潜水监测井的 66.7%),水质类别不变的有 1 眼(占潜水监测井的 11.1%),水质类别变差的有 2 眼(占潜水监测井的 22.2%);在 9 眼承压水监测井中,水质类别变好的有 3 眼(占承压水监测井的 33.3%),水质类别不变的有 2 眼(占承压水监测井的 22.2%),水质类别变差的有 4 眼(占承压水监测井的 44.5%)。因此,新疆天山北坡平原区潜水水质类别基本呈现变好的趋势,而承压水水质类别呈现变差趋势。

5.2 地下水污染原因初步分析

通过 2011 年、2003 年各监测值的比值分析可以看出,2003 年-2011 年间地下水各监测值总体呈增长的态势,尤其是克拉玛依市与塔城地区增长尤为突出。克拉玛依市是我国重要的石油石化基地、新疆重点建设的新型工业化城市,油气工业占整个城市产业的近 80%^[7],城镇及工业区人类生活和生产所造成的污水、工业“三废”,没有经过适当的处理或直接排放,会直接或间接导致地下水中各离子浓度增加,造成地下水污染。而塔城地区素有新疆的“粮仓、油库、肉库”之称,农牧业较为发达,对农药化肥的需要量很大。农业用地中农药、化肥的不合理施用会造成地下水污染。

表 5 中潜水监测井基本为农村生活用水井,水井周围环境状况相对较好,加上易接受降水与地表水的补给,水质劣变不明显;承压水监测井一般位于地下水集中开采区域,水质劣变的监测井均位于地下水超采区,地下水超采易导致水质较差的浅层地下水越流补给开采的承压含水层,可能会造成承压水水质劣变。通过对 2003 年与 2011 年同一监测井

地下水质量类别变化分析,承压水水质类别劣变程度高于潜水水质类别的劣变程度。

6 结论和建议

6.1 结论

(1) 新疆天山北坡平原区 2011 年潜水和承压水Ⅱ-Ⅲ类水质所占比例之和分别 40.0% 和 47.6%。

(2) 从潜水和承压水水质分析变化趋势来看,潜水与承压水均出现了较大范围的变化,潜水比值整体增长幅度要小于承压水,说明潜水劣变程度相比承压水较小。

(3) 对比分析 2003 年和 2011 年同一井位的地下水水质监测资料发现,新疆天山北坡平原区地下水潜水水质类别呈现变好的趋势,而承压水水质类别呈现变差趋势。

6.2 建议

(1) 严格控制地下水超采区地下水开采量。目前新疆天山北坡平原区地下水超采现象比较严重,必须严禁地下水的非法开采,严格控制水源地的开采,严格执行打井、取水审批制度。

(2) 城镇化影响地下水水质来自生活污水、污泥及生活垃圾三个方面,提高城镇生活污水处理效率,加强排污系统的管网建设,避免管网泄漏;工业废水必须进行无害化处理,各项指标满足国家污水排放标准,批准后方可排放^[8]。

(3) 地下水中“三氮”污染(研究区主要是氨氮和亚硝酸盐氮污染)的主要因素是施用化肥和有机肥^[9],应提倡合理、科学、经济地施用化肥农药,控制化肥农药的施用量^[10]。在地下水高脆弱性区^[11]可种植需肥量低、环境效益突出的农作物,调整种植业结构和优化布局;在地下水高脆弱性区禁止使用污水灌溉,防止污水灌溉对地下水造成污染。

(4) 建立地下水防护体系,完善地下水污染监测体系^[2],加强地下水污染防治科学研究和工程示范,提升地下水污染防治基础能力,有效保护地下水资源与环境。

表5 2003与2011年同一监测井地下水水质变化趋势分析

Tab. 5 Variation trend of groundwater quality in the same well between 2003 and 2011

												mg/L
监测井位置	监测井周边 土地利用方式	地下水 类型	年限	pH 值 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TDS	总硬度 (以 CaCO_3 计)	氨氮 ($\text{NH}_3 \cdot \text{N}$)	高锰酸 盐指数	F^-	SO_4^{2-}	Cl^-	质量 类别
图壁县园户 村乡下三工村	农业用地	潜水	2003	8.30	370.00	282.20	—	19.17	1.44	—	—	0
			2011	8.00	350.00	195.06	< 0.04	1.11	0.21	103.69	47.61	0
			2011/2003	0.96	0.95	0.69	—	0.06	0.15	—	—	—
			污染趋势	→	→	↓	—	↓	↓	—	—	↓
呼图壁县二十 里店 654 台村	农业用地	潜水	2003	8.10	510.00	270.00	—	18.92	0.92	—	—	0
			2011	8.03	590.00	277.19	< 0.04	1.03	0.19	152.43	57.13	0
			2011/2003	0.99	1.16	1.03	—	0.05	0.21	—	—	—
			污染趋势	→	↑	→	—	↓	↓	—	—	↓
玛纳斯酒厂	城镇及工 业用地	潜水	2003	8.80	560.00	290.00	—	18.43	0.20	—	—	0
			2011	7.51	660.00	444.53	< 0.04	1.28	0.13	172.58	51.27	0
			2011/2003	0.85	1.18	1.53	—	0.07	0.65	—	—	—
			污染趋势	↓	↑	↑	—	↓	↓	—	—	↓
G312 国道北 新疆玛纳斯电 厂场区西部	农业用地	潜水	2003	8.50	320.00	185.00	—	19.17	0.20	—	—	0
			2011	7.65	530.00	376.77	< 0.04	2.08	0.12	111.11	73.24	0
			2011/2003	0.90	1.66	2.04	—	0.11	0.60	—	—	—
			污染趋势	↓	↑	↑	—	↓	↓	—	—	↓
克拉玛依市 乌尔禾区城乡 供水站	城镇及工 业用地	潜水	2003	8.05	782.85	490.39	0.04	0.84	—	209.41	77.99	0
			2011	7.40	539.10	338.30	0.12	1.40	0.34	122.31	37.27	0
			2011/2003	0.92	0.69	0.69	3.00	1.67	—	0.58	0.48	—
			污染趋势	↓	↓	↓	↑	↑	—	↓	↓	↓
呼图壁县五 工台乡二队	农业用地	潜水	2003	8.59	160.00	123.10	—	—	—	—	—	0
			2011	8.02	190.00	118.06	0.18	1.44	0.19	31.83	14.65	0
			2011/2003	0.93	1.19	0.96	—	—	—	—	—	—
			污染趋势	↓	↑	↑	—	—	—	—	—	↓
呼图壁县五工 台乡乱山子村	农业用地	潜水	2003	8.50	404.00	168.13	—	—	—	—	—	0
			2011	8.05	230.00	143.73	< 0.04	1.11	0.19	56.09	14.65	0
			2011/2003	0.95	0.57	0.85	—	—	—	—	—	—
			污染趋势	↓	↓	↓	—	—	—	—	—	→
农七师 123 团部	农业用地	潜水	2003	—	—	—	0.02	—	—	—	—	Ⅲ
			2011	7.66	1607.65	727.80	0.07	—	0.99	599.69	152.68	—
			2011/2003	—	—	—	3.50	—	—	—	—	—
			污染趋势	—	—	—	↑	—	—	—	—	↑
乌鲁木齐市 南郊客运站 老啤酒厂内	城镇及工 业用地	潜水	2003	7.70	700.00	345.00	< 0.04	1.60	—	—	—	0
			2011	7.55	764.00	372.70	0.36	2.62	0.29	302.16	81.33	0
			2011/2003	0.98	1.09	1.08	9.00	1.64	—	—	—	—
			污染趋势	→	↑	↑	↑	↑	—	—	—	↑
昌吉市榆树沟 信用社院内	农业用地	承压水	2003	—	—	—	< 0.04	0.49	0.32	—	—	0
			2011	7.99	401.10	245.00	—	1.12	—	82.95	27.24	0
			2011/2003	—	—	—	—	2.29	—	—	—	—
			污染趋势	—	—	—	—	↑	—	—	—	↓
乌苏市哈图布 呼镇供水井	农业用地	承压水	2003	—	—	—	< 0.04	0.57	—	—	—	0
			2011	8.01	325.18	239.90	—	1.04	—	107.55	50.18	0
			2011/2003	—	—	—	—	1.82	—	—	—	—
			污染趋势	—	—	—	—	↑	—	—	—	↓
乌鲁木齐市 达板城自来水 厂 3 号井	城镇及工 业用地	承压水	2003	7.80	280.00	205.00	< 0.04	1.50	—	—	—	0
			2011	7.71	416.42	286.20	—	0.71	—	133.05	41.57	0
			2011/2003	0.99	1.49	1.40	—	0.47	—	—	—	—
			污染趋势	→	↑	↑	—	↓	—	—	—	↓

续表 5

监测井位置	监测井周边 土地利用方式	地下水 类型	年限	pH 值 (mg · L ⁻¹)	TDS	总硬度 (以 CaCO ₃ 计)	氨氮 (NH ₃ · N)	高锰酸 盐指数	F ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	质量 类别	
奎屯市安集海 石河子市巴管 处水塔井	城镇及工 业用地	承压水	2003	7.80	338.26	216.17	-	-	-	-	-	0	
			2011	8.09	168.84	118.90	< 0.04	-	0.40	32.59	10.75	0	
			2011/2003	1.04	0.50	0.55	-	-	-	-	-	-	-
			污染趋势	→	↓	↓	-	-	-	-	-	-	→
136 团团部水井	农业用地	承压水	2003	8.20	339.34	185.15	< 0.04	0.52	-	91.26	38.99	0	
			2011	8.33	394.43	191.70	-	0.96	-	102.63	50.89	0	
			2011/2003	1.02	1.16	1.04	-	1.85	-	1.12	1.31	-	-
			污染趋势	→	↑	→	-	↑	-	↑	↑	-	→
乌苏市火车站 供水厂	城镇及 工业用地	承压水	2003	-	-	-	< 0.04	0.61	-	-	-	Ⅲ	
			2011	8.11	127.46	121.00	-	1.12	-	14.94	17.20	0	
			2011/2003	-	-	-	-	1.84	-	-	-	-	-
			污染趋势	-	-	-	-	↑	-	-	-	-	↑
乌鲁木齐市 八一钢铁厂 水源地	城镇及 工业用地	承压水	2003	7.88	400.00	216.00	< 0.04	0.40	-	-	-	0	
			2011	7.96	839.67	500.90	0.20	1.57	0.15	295.01	113.25	0	
			2011/2003	1.01	2.10	2.32	5.00	3.93	-	-	-	-	-
			污染趋势	→	↑	↑	↑	↑	-	-	-	-	↑
乌鲁木齐市 七水厂 2 号井	城镇及 工业用地	承压水	2003	8.00	350.00	175.00	< 0.04	1.40	-	-	-	0	
			2011	7.85	361.00	174.20	< 0.04	2.64	0.32	80.96	23.03	0	
			2011/2003	0.98	1.03	1.00	1.00	1.89	-	-	-	-	-
			污染趋势	→	→	→	→	↑	-	-	-	-	↑
乌鲁木齐市三 坪农大教学实 习场藏菜园内	农业用地	承压水	2003	7.90	470.00	200.00	< 0.04	1.30	-	-	-	0	
			2011	7.78	582.85	265.80	0.30	1.46	0.13	152.41	57.34	0	
			2011/2003	0.98	1.24	1.33	7.50	1.12	-	-	-	-	-
			污染趋势	→	↑	↑	↑	↑	-	-	-	-	↑

注：“↓”表示下降趋势，“↑”表示上升趋势，“→”表示不变，“-”表示资料缺失；“2011/2003”表示同一监测井 2011 年监测值与 2003 年监测值的比值。

参考文献 (References) :

[1] Jinlong Zhou, Xinguang Dong, Guomin Li. et al. Evaluation of Groundwater Quality in Xinjiang Plain Area[J]. Frontiers of Environmental Science & Engineering in China, 2010, 4(2): 183-186.

[2] 周仰效, 李文鹏. 地下水水质监测与评价[J]. 水文地质工程地质, 2008, 1(1): 1-9. (ZHOU Yang xiao, LI Wen peng. Groundwater quality monitoring and assessment. [J] Hydrogeology & Engineering Geology, 2008, 1(1): 1-9. (in Chinese))

[3] 刘斌, 陈旭光, 陈强, 等. 准噶尔盆地天山北麓水文地质条件变化特征[J]. 新疆地质, 2010, 29(1): 90-94. (LIU Bin, CHEN Xu guang, CHEN Qiang. et al. The changing characteristic of hydrogeologic condition in the southern areas of junggar basin (the northern piedmont areas of the Tianshan Mountains)[J]. Xinjiang Geology, 2010, 29(1): 90-94. (in Chinese))

[4] 肖军. 新疆天山北麓水资源保证程度分析[J]. 干旱区资源与环境, 1994, 8(2): 47-56. (XIAO Jun. Water resources of the region to the north side of Tianshan Mountains, Xinjiang[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 1994, 8(2): 47-56. (in Chinese))

[5] 段磊, 王文科, 曹玉清, 等. 天山北麓中段地下水水化学特征及其形成作用[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(9): 29-33. (DUAN Lei, WANG Wenke, CAO Yuqing. et al. Hydrochemical characteristics and formation mechanics of groundwater in the Middle of Northern Slope of Tianshan Mountains[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2007, 21(9): 29-33. (in Chinese))

[6] 贾瑞亮, 李巧, 周金龙. 塔里木盆地平原区地下水质量现状分析[J]. 新疆农业大学学报, 2012, 35(4): 329-333. (JIA Rui liang, LI Qiao, ZHOU Jir long. Analysis on groundwater quality of Tarin Basin in Xinjian g[J]. Journal of Xinjiang Agriculture University, 2012, 35(4): 329-333. (in Chinese))

[7] 刘维, 成福田, 余晓钟, 等. 油气资源型城市“非油”高新技术发展之路—以新疆克拉玛依市为例[J]. 天然气技术与经济, 2013, 7(6): 67-69. (LIU Wei, CHENG Fir tian, YU Xiao zhong. et al. How the oil & gas resource oriented city takes a road of norr oil high tech development Case study on Karamay City of Xinjiang[J]. Natural Gas Technology and Economy, 2013, 7(6): 67-69. (in Chinese))

[8] 杨广淼, 李巧, 周金龙. 新疆吐鲁番地区地下水质量与污染评价[J]. 节水灌溉, 2014(2): 29-32. (YANG Guang yan, LI Qiao, ZHOU Jir long. Assessment of groundwater quality and pollution in Turpan Region of Xinjiang[J]. Water Saving Irrigation, 2014(2): 29-32. (in Chinese))

[9] 左锐, 盖鹏, 滕彦国, 等. 浑河冲洪积扇土壤硝酸盐污染特征及相关因素分析[J]. 南水北调与水利科技, 2013, 11(4): 46-50. (ZUO Rui, GAI Peng, TENG Yan guo. et al. Characteristics and factors of nitrate pollution in soil in the alluvial pluvial fan of Hun River[J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2013, 11(4): 46-50. (in Chinese))

[10] 白春艳, 贾瑞亮, 李巧, 等. 塔里木盆地平原区 2003-2011 年地下水水质变化特征分析[J]. 新疆农业大学学报, 2012, 35(6): 504-509. (BAI Chu ryan, JIA Rui liang, LI Qiao. et al. Analysis of variation characteristics of groundwater quality in Tarin Basin Plain in 2003 and 2011[J]. Journal of Xinjiang Agriculture University, 2012, 35(6): 504-509. (in Chinese))

[11] Jinlong Zhou, Guomin Li, Feng Liu. et al. DRAV Model and Its application in Assessing Groundwater Vulnerability in the Arid Areas: A Case Study of Pore Phreatic Water in Tarim Basin, Xinjiang, Northwest China[J]. Environmental Earth Science, 2010, 60(5): 1055-1063.

[12] 纪媛媛, 贾瑞亮, 周金龙. 新疆伊犁河谷地地下水质量与污染评价[J]. 节水灌溉, 2014(3): 32-36. (JI Yuan yuan, JIA Rui liang, ZHOU Jir long. Assessment of groundwater quality and pollution in yiu River Valley of Xinjiang[J]. Water Saving Irrigation, 2014(3): 32-36. (in Chinese))