

银川地区地下水氮污染原因及防治

姬亚东¹, 张黎², 钱会¹

(1. 长安大学 环境科学与工程学院 陕西 西安 710054; 2 宁夏回族自治区 地质调查院, 宁夏 银川 750021)

[摘要] 通过对银川地区 1991~2000 年的地下水水质动态监测数据分析发现其地下水氮污染严重, 其中尤以氨氮污染最为严重, 对其氮污染的成因作进一步分析得出: 引起潜水氮污染的主要因子是农田大量施用化肥和地面污水下渗, 引起承压水氮污染的主要因子是大量开采承压水造成的潜水对其越流补给, 最后提出了相应的防治措施。

关键词 银川地区; 地下水; 水质; 三氮; 氮污染

[中图分类号] P641.3; X523 [文献标识码] A [文章编号] 1672 6561(2005)03 0100 04

〔作者简介〕 姬亚东(1976-),男,陕西米脂人,博士研究生,从事水文水资源研究。

氮素是重要的生命元素之一,是农业生产不可缺少的营养物质,同时又是日益增长的污染因子^[1]。对于以地下水作为主要饮用水源的国家 and 地区来说,氮污染地下水对人体的潜在危害十分严峻。氮的化合物尤其是“三氮”即离子态的氨氮($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)、亚硝酸盐氮($\text{NO}_2^- - \text{N}$)、硝酸盐氮($\text{NO}_3^- - \text{N}$)是致癌物质亚硝胺生成的主要物质基础,因此,对地下水氮污染的研究越来越受到人们的重视。

笔者研究了银川地区地下水氮污染的现状和成因。研究区位于宁夏中北部、银川平原中部,行政区划属银川市所辖,包括银川市及其所辖贺兰、永宁 2 县(图 1)。近年来,随着工农业的迅速发展,地下水受到不同程度污染,其中尤以氮污染最为严重,而地下水又是其工业、生活唯一的供水水源,这种污染必然对人民生活及当地社会经济发展造成不良影响。所以,对氮污染进行分析、研究已是当务之急。

1 地下水氮污染现状

根据研究区 1991~2000 年的地下水水质监测数据^{2~3},对潜水、承压水中三氮的含量进行了分析。笔者采用《地下水质量分类标准》(GB/T14848-93)所列水质指标,选取水质标准第三类作为水质评判

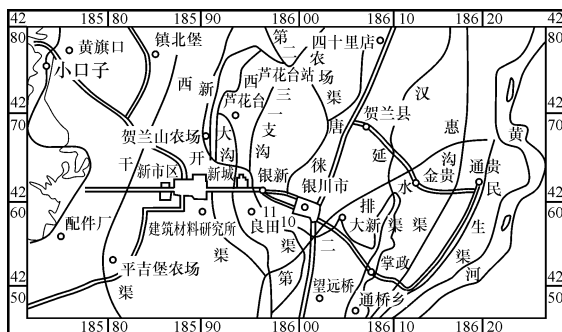


图 1 研究区平面图

Fig. 1 Plane map of the research area

标准,满足第三类水质的三氮质量浓度分别为: $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的 $\leq 20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 的 $\leq 0.02 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的质量浓度 $\leq 0.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。由分析知(表 1, 图 2): $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 在潜水中超标率为 11.54% ~ 31.42%, 年检出平均值 $0.08 \sim 0.354 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 最高检出值为 $16 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 超标 80 倍, 在承压水中超标率为 37.50% ~ 64.86%, 年检出平均值为 $0.23 \sim 0.62 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 最高检出值为 $9.6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 超标 48 倍, 且承压水的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 污染比潜水严重。 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 在潜水中的超标率为 2.83% ~ 13.53%, 年检出平均值 $0.0017 \sim 0.028 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 最高检出值为 $0.3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 超标 14 倍, 在承压水中的超标率为 0% ~ 13.16%, 年检出平均值 $0 \sim 0.005 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 最高检出率为 0.14, 超标 7 倍。 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 污染相对没有 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 严重, 从 1991 年到 2000 年潜水 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 质量浓度逐渐减小, 承压水 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 相对潜水更小。

〔收稿日期〕 2004 09 30

[基金项目] 国家自然科学基金项目(40372114)

是小面积污染, 大多数监测孔监测值为 0, 而其从 1991~2000 年逐渐减小。 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 在潜水中的超标率为 0%~12.82%, 年平均检出值 $0.99 \sim 17.6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 最高检出值为 $143.43 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 超标 7 倍, 超标主要出现在 1991~1992 年。 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 在承压水中没有超标, 年检出平均值为 $0.034 \sim 2.182 \text{ 5 mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 最高检出值为 $8.85 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

表 1 研究区地下水“三氮”监测结果统计
Table 1 Statistics results of “3 Nitrogen” in groundwater in the research area

类型	年 度	$\text{NH}_4^+ - \text{N}/\%$		$\text{NO}_2^- - \text{N}/\%$		$\text{NO}_3^- - \text{N}/\%$	
		检出率	超标率	检出率	超标率	检出率	超标率
潜 水	1991	60.90	31.41	26.92	7.05	31.41	12.82
	1992	63.91	30.83	54.10	13.53	63.95	9.77
	1993	64.55	20.91	70.00	10.39	60	2.73
	1994	43.93	16.82	15.89	3.74	35.51	0
	1995	55.34	21.36	24.27	10.68	64.08	0
	1996	64.22	19.27	16.51	5.50	49.54	1
	1997	51.89	14.15	8.49	2.83	50	2
	1998	34.62	11.54	15.38	3.85	57.69	1
	1999	62.96	15.74	11.11	3.70	50	0
	2000	52.38	13.33	15.24	4.76	55.23	2
承 压 水	1991	100	48.78	4.88	4.88	14.63	0
	1992	80.00	37.50	12.5	2.50	47.50	0
	1993	97.83	56.52	45.65	4.35	32.60	0
	1994	91.89	64.86	5.41	0	13.51	0
	1995	100	57.89	23.68	13.16	26.32	0
	1996	94.29	51.43	11.43	5.71	6	0
	1997	76.47	50.00	11.76	0	23.52	0
	1998	66.67	44.44	19.44	5.56	22.22	0
	1999	75.68	45.95	13.51	2.70	13.51	0
	2000	82.98	48.94	14.89	1.43	34.04	0

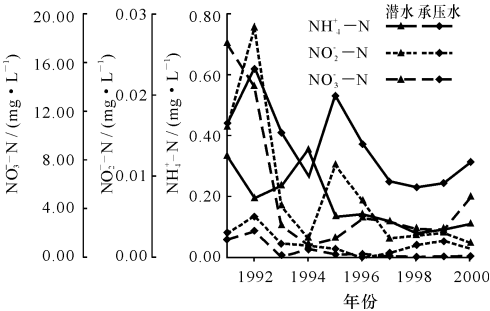


图 2 研究区地下水三氮年平均动态变化曲线
Fig. 2 Fluctuation line of “3 Nitrogen” annual average values in groundwater in the research area

2 地下水氮污染成因分析

2.1 潜水氮污染成因分析

潜水氮污染主要是由工业废水、生活污水、农业施肥等对潜水的大量下渗补给而造成。

2.1.1 农业施肥

研究区得益于黄河, 灌溉方便, 土地肥沃, 农业发展得天独厚。但是, 由于农药、农业含氮肥料的使用和流失, 特别是在银川市郊的菜地及农场区的大量使用是造成银川地区地下水氮污染的主要因素。目前使用的农药有乐果、稻瘟净、杀草丹等, 银川郊区每天平均使用量 208 kg 左右, 永宁县 72 kg 左右, 平均使用量 $19 \sim 66 \text{ kg/hm}^2$ 。化肥使用量(实物量) $11.92 \times 10^4 \text{ t/a}$, 平均 $5 \sim 10 \text{ t/hm}^2$ 左右。施用氮肥后氮素的利用率仅 20%~35%, 大气挥发 5%~15%, 土壤吸收 10%~15%, 剩余 40%~65% 可能进入水体(地面水和地下水)。由于研究区大量引黄灌溉, 灌溉水量为 $11.445 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$, 地下水的灌溉入渗补给量占总补给量的 91%, 氮素即随灌溉入渗水补给进入地下水造成潜水氮的污染^[4~6]。由于银川市蔬菜保护地面积小, 复种指数高, 化肥施用量特别是氮肥施用量更高, 它们被施入土壤后, 很快就溶解在土壤溶液中, 主要以氨态氮($\text{NH}_4^+ - \text{N}$) 形式存在, 其中一部分被作物吸收, 另一部分被土壤吸附, 达到饱和后就会下渗穿过中间带进入地下水。

2.1.2 污水下渗污染

工业废水、生活污水、人类生活排泄物、固体废弃物等地面污水的下渗是造成潜水氮污染的又一个原因^[7~8]。研究区工业废水年排放量为 $2\,871.68 \times 10^4 \text{ t}$, 其中银川化肥厂、氮肥厂污水中氨氮排放浓度年平均值分别为 $170.4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $289.3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 生活污水年排放量为 $918.96 \times 10^4 \text{ t}$, 人类生活排泄物年排放量为 $3.7 \times 10^4 \text{ t}$, 固体废弃物年排放量为 $18.805 \times 10^4 \text{ t}$ 。这些污染物虽经处理, 但其中还有一些污染物通过各种方式进入地下水。其下渗途径可分为 2 种:

(1) 污染物在排出点, 如排污池、垃圾堆、化粪池、各类建筑物、石油和化工原料及其产品堆放点等直接下渗污染地下水。

(2) 通过接纳污水的四二千沟、银新干沟、第二排水沟、第四排水沟、宁大湖以及以其他方式间接污染地下水。

区内多数工厂废水和生活污水通过上述沟道排入黄河, 由于这些排水沟均无衬砌, 致使污水、废水沿途渗入地下污染地下水。由表 2 可以看出, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 在这些纳污水体中含量均较高, 这些沟都无防渗设施, 下渗造成地下水氮的污染。

表 2 纳污水体水质监测统计

Table 2 Monitoring data of the quality of water absorbing wastewater						
项目	四二千沟油站断面	四二千沟宁城断面	第四排水沟北塔断面	银新干沟八里桥断面	第二排水沟新村断面	宁大湖中心
检测个数	9	9	9	9	9	9
$\text{NH}_4^+ - \text{N}$ $/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	35.77	42.88	16.12	14.03	3.48	6.51
$\text{NO}_3^- - \text{N}$ $/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	0.98	0.90	0.28	0.43	0.37	0.24
$\text{NO}_2^- - \text{N}$ $/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	0.55	0.35	0.30	0.125	0.026	0.060

2.1.3 潜水蒸发对含氮量的影响

研究区大量引用黄河灌溉, 日照充足、气候干燥、蒸发强烈、地势平坦低洼、地下水运动滞缓、潜水位浅, 导致潜水以蒸发排泄为主。以 2000 年为例, 其蒸发量为 $3.0528 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$, 地下水总排泄量为 $5.570621 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$, 其中蒸发排泄量占总排泄量的 54.8%。如此大的蒸发量导致研究区土壤盐渍化程度较高, 潜水中 N 质量浓度与 Cl^- , Na^+ 有很大的相关性, N 随着 Cl^- , Na^+ 的升高而升高(图 3)。由此可见, 研究区地下水大量蒸发产生的蒸发浓缩作用是导致潜水中氮浓度升高的另一个重要原因。

2.2 承压水氮污染成因分析

承压水是研究区的主要开采层位, 由氮污染现状分析知, 承压水中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 检出率和超标率均大于潜水, 污染面积也大于潜水, 污染原因主要与人类活动有关^[9]。

由于人类对承压水的大量开采, 使承压水水位大幅下降, 区域地下水降落漏斗不断扩大, 造成潜水位高于承压水位, 产生潜水对承压水的越流补给, 加之有些地区潜水和承压水之间的隔水层较薄, 部分地段有“天窗”存在, 使“三氮”极易随潜水补给承压水, 使不易受污染的承压水因潜水的越流补给而受到氮的污染。另外, 由于部分地段潜水与承压水的混合开采使得潜水与承压水发生直接的水力联系, 在这种情况下潜水的氮污染越严重, 水头差越大, 承压水中氮污染物的检出含量就越高。

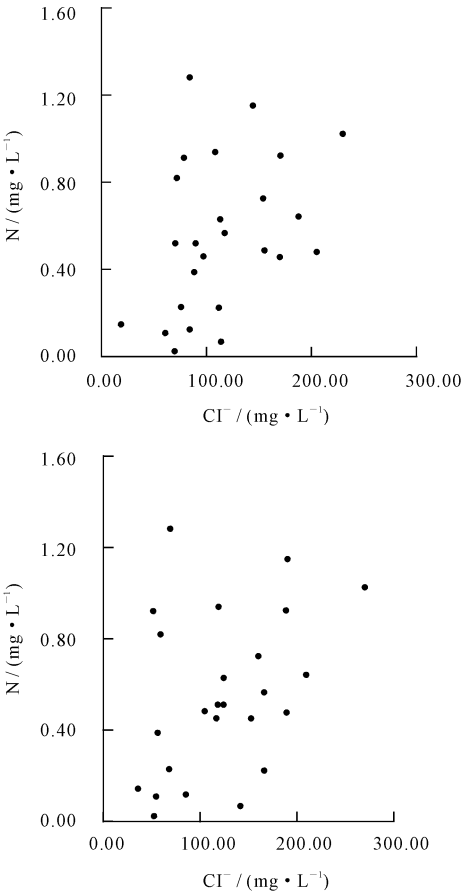


图 3 2000 年潜水 N 与 Cl^- , Na^+ 相关关系

Fig.3 Correlation of N and Cl^- , Na^+ in phreatic aquifer in 2000

在承压水大量集中开采条件下所形成的区域水位降落漏斗, 加快了承压水的流动速度, 加之承压水的水平运动相对较垂直运动强, 进入承压水的氮污染物参与承压水的水平径流运移, 受到污染的地段很快波及较大范围内, 所以致使氮污染物质在承压水中分布面积比潜光大。

3 地下水氮污染的防治措施

根据研究区地下水氮污染的现状成因, 应采取相应的防治措施。

(1) 合理、科学、经济地使用化肥、农药, 为了防治地下水污染, 应大力推广无公害生产技术和先进的测土施肥、病虫害综合防治等技术。

(2) 应加强对“三废”的管理, 严格执行废水排放标准, 减少废水的排放量; 增建和完善废水排放管网, 地表排水沟要进行必要的防渗处理, 选择建立固定的垃圾场, 加强固体废弃物的综合利用。

(3)合理开采地下水, 进一步加强对地下水开采利用的合理科学管理, 控制开采漏斗的进一步发展, 保护水源地, 防止地下水污染。

(4) 进一步加强环境水文地质的监测和研究工作。

[参 考 文 献]

[1] 罗泽娇, 靳孟贵. 地下水三氮研究进展[J] . 水文地质工程地质, 2003, 30(4) : 28 ~ 32.

[2] 张黎, 王利, 王红英, 等. 宁夏地下水资源[M] . 银川: 宁夏人民出版社, 2002.

[3] 张黎. 银川地区地下水动态监测总结报告[R] . 银川: 宁夏地

质环境监测总站, 2001.

[4] 杨胜利. 沸石去除地下水中氨氮的影响因素分析作用机理探讨[J] . 西安工程学院学报, 2000, 22(3) : 69 ~ 72.

[5] 钱会. 渭河水污染对杨凌区拟建水源地水质的影响分析[J] . 西安工程学院学报, 2001, 23(2) : 50 ~ 55.

[6] 易秀, 李侠. 西北地区土壤资源特征及其开发利用与保护[J] . 地球科学与环境学报, 2004, 26(4) : 85 ~ 89.

[7] 毕二平. 石家庄市地下水中氮污染分析[J] . 水文地质工程地质, 2001, 28(1) : 31 ~ 34.

[8] 邱汉学, 刘贯群. 三氮循环与地下水污染[J] . 青岛海洋大学学报, 1997, 27(4) : 533 ~ 538.

[9] Hisock K M . Review of natural and artificial denitrification of groundwater[J] . Water resource, 1991, 25(9) : 56 ~ 58.

Reason and prevention measures of nitrogen pollution in groundwater at Yinchuan Area

JI Ya dong¹, ZHANG Li², QIAN Hui¹

(1. School of Environment Sciences and Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, China; 2. Ningxia Province Institute of Geological Survey, Yinchuan 750021, China)

Abstract: By analyzing the monitoring data of the quality of groundwater at Yinchuan Area from 1991 to 2000, this paper concludes the current situation of nitrogen pollution is serious, especially ammonia pollution. moreover, concludes the factors that the phreatic aquifer is polluted by nitrogen is the excessive use of chemical fertilizer in the farmlands and the leakage of the surface polluted water and the factor that causes the confined aquifer to be polluted by nitrogen is that the excessive exploiting the confined aquifer causes increased phreatic water recharge to the confined aquifer. The corresponding measures of preventing nitrogen pollution are presented.

Key words: Yinchuan Area; groundwater; the water quality; 3 Nitrogen; nitrogen pollution

[英文审定: 马致远]

欢迎赐稿 欢迎订阅

《地球科学与环境学报》

《地球科学与环境学报》(1979 年创刊, 刊名先后为《西安地质学院学报》、《西安工程学院学报》、《长安大学学报(地球科学版)》、《地球科学与环境学报》) 是教育部主管、长安大学主办的地学综合类学术期刊, 系中国科技核心期刊。20 世纪 80 年代以来, 她先后被《美国化学文摘》、《美国地质学题录与索引》、《俄罗斯文摘杂志》、《中国核心期刊(遴选) 数据库》、《中国科学引文数据库》、《中国地质文摘》、《中国石油文摘》等国内外十余家著名权威文摘或数据库固定收录。

《地球科学与环境学报》编委会由 40 多名专家学者组成, 其中包括 17 名中国科学院与中国工程院院士、2 名长江学者。本刊以发展地球科学以及与之相交叉的环境科学的理论与创新为己任, 并将为此而作出不懈地努力。

本刊刊登内容主要有基础地质与矿产地质、水文地质与工程地质、环境地质与生态地质、地球物理、地球信息科学等, 她重点报道地学前缘及交叉学科的高水平科技成果, 突出西部大开发中资源勘查、干旱与半干旱地区地质与生态环境保护以及国家重要基础工程建设中重大地质科技问题的研究特色, 将我国尤其是西部地区的地学与生态环境方面的高水平科技成果推向世界。

在此, 热诚欢迎广大地学科技工作者为本刊撰写论文, 对高质量特别是国家各种基金项目或重大科技攻关项目产出的论文将优先发表。

本刊现为季刊, 每季末月出版, 96 页, 每册定价 8 元, 邮发代号 52-280, 国外代号 Q4115, 邮局漏订者亦可直接同本刊编辑部联系。

本刊地址: 西安市雁塔路南段 126 号长安大学雁塔校区; 邮政编码: 710054; 电话: (029) 82339978 85585151; E-mail: dkjyxb@chd.edu.cn