

吉林市城区地下水中总氮的分布规律及迁移影响因素分析

孟晓路¹,梁秀娟¹,盛洪勋²,郭龙浩³

(1. 吉林大学环境与资源学院,长春 130026;2. 吉林市水资源管理办公室,吉林 吉林 132000;
3. 辽宁地质工程勘察施工集团公司,沈阳 110011)

摘 要:针对吉林市城区地下水中总氮浓度逐年升高的现象,对总氮浓度在空间上和时间上的分布规律进行了研究。在空间上,南部由丰满大坝及二松支流——温德河谷地向北部市区方向,地下水中总氮浓度逐渐升高;东西以贯穿整个城区的第二松花江为分界线,东部以牯牛河支流的河谷平原区为中心地带,地下水中总氮浓度由东向西逐渐降低;西部以九站工业区方向向孤店子井灌区所在地,总氮浓度逐渐降低。在时间上,年内变化表现为,丰水期的总氮浓度高于枯水期,但农业区的总氮浓度变化较为规律,工业区的变化呈现出不规律的现象;在年际上,总氮在年际的变化规律随地点的不同而存在差异。工业、农业和生活污染源是总氮的主要来源,其分布和污染强度是总氮浓度变化规律的重要影响因素。总氮的迁移主要受大气降水、灌溉水、农业施肥量、土壤的渗透性以及包气带厚度等因素的影响。并针对控制及减少输入到地下水中总氮的总量提出了建议。

关键词:总氮;分布规律;影响因素;地下水;吉林市

中图分类号:X524

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)06-0085-03

Analysis of Distribution Law and Influence Factors of Transportation of
Total Nitrogen in Groundwater in Jilin City

MENG Xiao-lu¹, LIANG Xiu-juan¹, SHENG Hong-xun², GUO Long-hao³

(1. Water Resources and Environment Institute of Jilin University, Changchun 130026, China; 2. Water Resources Management Office in Jilin City, Jilin, Jilin 132000, China; 3. Liaoning Geological Engineering Surveying and Constructing Group Co., Shenyang 110011, China)

Abstract :According to the situation of total nitrogen's increasing in the groundwater in Jilin City ,the article analyzes the distribution law of total nitrogen in space and time. On space ,from Fengman bank in the south and the tributary of Second Songhua River-Wende River valley ,to city in the north ,total nitrogen in the groundwater is increasing gradually ;and in the east and west ,the dividing line is Second Songhua River which breakthroughs the city ,to its east ,taking the Mangniu River valley with the centre zone ,total nitrogen in the groundwater decreasing from the east to the west ;to its west ,it decreases gradually from Jiuzhan industrial area to Gudianzi irrigation area. On time ,its expression in annual is ,total nitrogen is higher in high water period than low water period ,but it varying in agriculture area much regularly ,and variations in industrial area are not so regularly ;in interannual ,varying law of total nitrogen is different with its location. Industry ,agriculture and life pollutions are sources of total nitrogen ,so their distribution and pollution intensity are important influence factors of total nitrogen's varying law. Transportation of total nitrogen is mainly affected by precipitation ,irrigation ,rate of fertilizer application of agriculture ,permeability of soil and thickness of unsaturated zone et al. And we also give some advice on controlling and reducing the total quantity of TN ,which was input into the groundwater.

Key words :total nitrogen ;distribution law ;influence factors ;groundwater ;Jilin city

随着工业化和城市化进程的加快,地下水污染日趋严重。与地表水体相比,地下水中的氮污染具有地区上的广域性、时间上的持久性、治理上的艰巨性和影响因素的复杂性等特点。吉林市城区的河谷平原区是主要的人口聚居地,同时也是工业、农业较为发达的地区。地下水水质的好坏,与人民生活有重大的关系。地下水不仅是吉林市城区居民的重要饮用水源,且是工业、农业的主要供水水源。总氮作为地下水污染的一项重要指标,在本区地下水呈现逐年升高的趋势。为了防止形成地下水氮污染系统,有必要对总氮在本区地下水中分布、迁移的规律进行分析,寻找总氮的污

染来源,从而达到从源头控制或减少氮的目的,且对于评价城区地下水质量有十分重要的意义。

1 基本概况

吉林市城区在吉林省中部偏东,西距省会长春 102 km,交通比较便利。本区属于中低山丘陵山区的潮湿气候区,为长白山余脉向松嫩平原的过渡地带,海拔最高点 1 000 m,最低点为 175 m。多年平均气温为 4.4℃,平均降雨量为 688.97 mm,区内多年平均蒸发度为 1 432 mm,夏季蒸发度最大,5 月份最多,平均为 281 mm,占全年蒸发度的 20%。

收稿日期:2006-11-27

基金项目:中国地质调查局项目(2003104001);吉林省科技攻关项目(20020401)

作者简介:孟晓路(1981-),女,吉林省吉林市人,硕士研究生,主要从事城市污染研究。

平均湿度为 70 %。

本区新构造运动活动频繁、强烈,为地下水的形成与分布奠定了良好的基础^[2]。区内有集中开采地下水水源地五处,即孤店子井灌区水源地、松源水源地、哈达湾水源地、九站水源地和五水厂水源地。孤店子乡井灌区水源地开采量较大,以 1995 年为例,达到了 $3\,097.86 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ (110 d 计算)。全城区地下水总开采量为 $7\,632.03 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,分配比率为农田灌溉用占 59 %,工业用水占 37 %,乡镇企业人畜用水占 1 %,其他占 3 %。农田灌溉用水为区内最大的地下水消耗方式。

2 总氮在地下水中的分布规律

2.1 空间的变化规律

本文以研究区 1992 - 2000 年河谷平原区各采样点的总氮浓度作为研究对象。

如图 1、2 所示,在区内主要的地表水体二松进入平原区

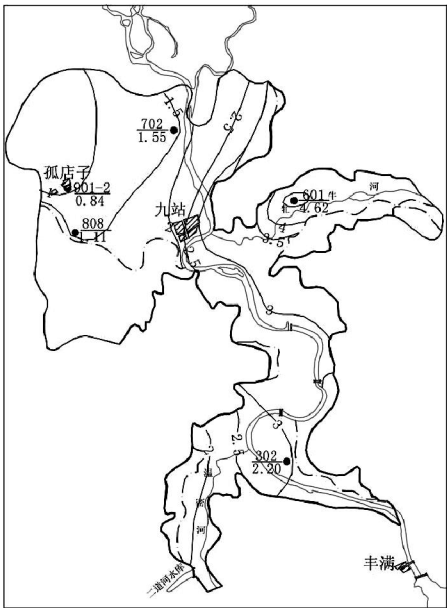


图 1 5 月总氮浓度

其中,902 - 1 号点和 302 号点的 NH_4^+ 浓度在年内的变化与 NO_3^- 浓度和总氮浓度的变化趋势基本相同;而在 601 号点处,总氮浓度是区内最高的,且 NH_4^+ 浓度与 NO_3^- 浓度相差较大,造成总氮浓度较高的主要是 NO_3^- 。

2.2.2 年际变化

总氮在年际的变化规律随地点的不同而不同。902 - 1 号点与 302 号点的变化趋势较为接近,即总氮浓度在 1993 - 1995 年间达到峰值,在 1998 - 1999 年间有一定程度的降

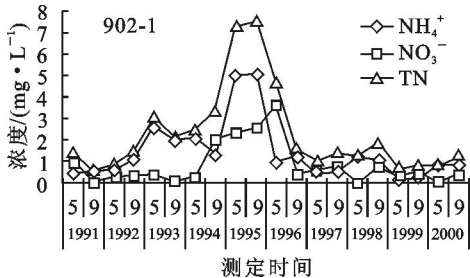


图 3 901 - 2 号点总氮浓度分布

处的 302 号点附近,地下水水位较高,污染程度较轻;南部由丰满大坝及二松支流——温德河谷地向北部市区方向,地下水中总氮浓度逐渐升高。东西以贯穿整个城区的第二松花江为分界线,东部以牯牛河支流的河谷平原区为中心地带,地下水中总氮浓度由东向西逐渐降低;西部以九站工业区方向向孤店子井灌区所在地,总氮浓度逐渐降低。

2.2 时间的变化规律

2.2.1 年内变化

地下水中总氮在年内变化表现为:丰水期的总氮浓度高于枯水期。位于孤店子井灌区的 901 - 2 号点,由于主要受到农业的污染,年内总氮的变化较为规律(见图 3)。位于牯牛河五水厂附近的 601 号点(图 4)和位于研究区南部的 302 号点(图 5),由于主要受到工业污染及生活污染的影响,总氮浓度的年内变化呈现出不规律的现象。

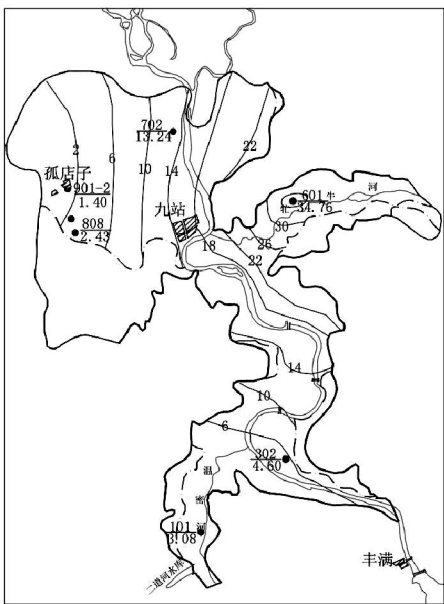


图 2 9 月总氮浓度

低,但从 2000 年开始总氮浓度又有明显的升高趋势。601 号点则呈现出不规则的变化。总氮在 1992 年达到最大,然后呈现出升高的降低交替的现象。说明,601 号点受工业污染影响较为明显,而工业生产及排污等,主要受到人类活动的影响,破坏了其自有的规律。除 902 - 1 号点 1995 年由于农业施肥量的增长而导致 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 的量突增外,全区的 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 变化较为规律(图 6)。

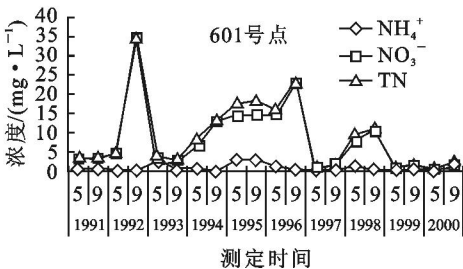


图 4 601 号点总氮浓度分布

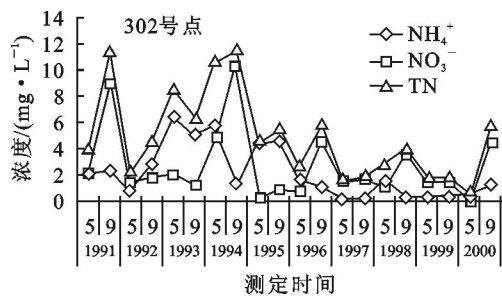


图 5 302 号点氮浓度分布

3 总氮的来源及影响因素分析

3.1 地下水中总氮的来源

(1) 工业污染源。沿江两岸集中的化工、造纸、冶金、纺织等工业,将“三氮”不合理排放进入地下水。其中,仅工业排放的废气中,NO 总量就为 $3.60 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 。大量的工业污水处理未达标,工业废渣的不合理堆放,都是地下水中氮素的重要来源。

(2) 生活污染源。吉林市城区人口多集中在 93 km^2 的江北、老城区等区域内,人口密度一般为 $5\,000 \text{ 人}/\text{km}^2$,最大达到 $10\,000 \text{ 人}/\text{km}^2$ [21]。居住集中、每天排放大量生活污水和垃圾,不合理的排放与堆积及市区下水系统不完善,致使有害元素下渗污染地下水。

(3) 农业污染源。位于市郊与外围的 13 个乡镇大面积的农田和菜田,大量施用化肥农药,而其主要成分为 N 和 P,氮肥施入土壤后,除被作物吸收利用外,每年有 70 % 左右的农用氮肥进入环境。农药的利用率也较低,仅为 10 %。氮肥及农家肥的施用是重要的地下水非点状污染源,可以引起大面积的浅层潜水水质的恶化。

3.2 总氮迁移影响因素

总氮的迁移主要受大气降水、灌溉水、农业施肥量、土壤的渗透性以及包气带厚度 [4] 等因素的影响。

大气降水是本区 3 个主要污染源中含氮化合物迁移的主要载体,具有较强的时间规律性。本区每年 7 - 9 月降水量最大,为丰水期,降水量占全年的 60 % ~ 70 %; 3 - 5 月偏小,降水量仅占全年的 10 % ~ 15 %,为枯水期。工业污染源、生活污染源和农业污染源所含产生的含氮化合物可能在大气降水的淋滤下,直接进入含水层。另外,也可以通过地表径流的形式进入地表水,对地表水产生污染,进而随着地表水与地下水的水力联系,对地下水造成间接污染。因此,大气降水量在丰、枯水期的差异,是导致区内总氮在年内分布变化的主要因素之一。

对于农业污染源来说,除大气降水外,灌溉水也是总氮产生迁移的重要载体。灌溉水相对大气降水来说,其时间性更加明显。农业灌溉用水在研究区地下水用水量所占比率较大,约为 60 %,而用水时间集中于每年的 5 - 8 月,即丰水期。同时,5 - 8 月也是农业施用化肥的高峰期。大气降水和灌溉水的共同淋溶下,过量的化肥、农药进入地下水中,使总氮的浓度升高。位于孤店子井灌区的 902 - 1 号点,地下水中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度超标较为严重,在年内的分布规律明显,是大气降水、灌溉水和农业施肥共同作用的结果(图 3)。

土壤的渗透性好坏也是总氮迁移的影响因素之一。分布于伊舒盆地的孤店子一带和牯牛河河谷平原,含水层颗粒

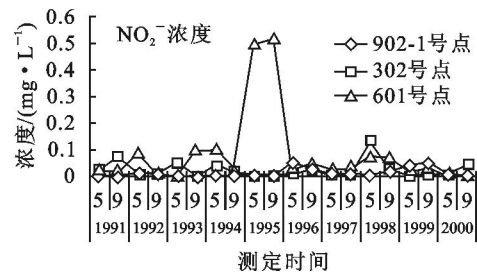


图 6 各点 NO₂ - N 浓度分布

粗,厚度较大,包气带岩性以砾砂、圆砾和砾卵石为主,土壤的渗透性较好,为总氮在含水层中的迁移提供了条件。本区潜埋藏较浅,多为 5 ~ 10 m,包气带的厚度较薄,减少了含氮化合物在土壤中吸附和硝化的时间,增加了总氮污染地下水的几率。

由于地表水和地下水的水力联系而产生的总氮污染,在区内有两处集中体现。一是研究区东部牯牛河下游的 601 号点处总氮浓度较高,其原因可能是由于五水厂水源地的开采强度是最大的区域,可能已经形成地下水下降漏斗,被污染的地表水进入地下水系统可能是此区地下水中总氮浓度成为研究区浓度最高的原因之一。二是九站工业区的开采量较大,附近存在工业排水明渠,工业废水向地下水降落漏斗处汇集,造成总氮的浓度超标。

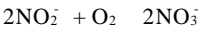
4 总氮的形成机理

由于土壤颗粒表面绝大多数带负电,进入包气带环境的 NH_4^+ 首先被迅速吸附并保存在土壤中,在适宜的温度、土壤 pH 及含水量、包气带岩性的影响下经硝化作用转化为 NO_3^- ,并进入地下水。硝化作用是指氨经过微生物作用氧化成亚硝酸,再进一步氧化成硝酸的过程。它分 2 个阶段:

(1) 亚硝化作用。硝化作用的第一阶段,氨被亚硝化细菌氧化成亚硝酸,



(2) 硝化作用。硝化作用的第二阶段,亚硝酸经硝化作用,氧化为硝酸,



由于硝化作用过程需消耗氧气和碱度,所以 pH 的降低和升高都会减缓硝化作用的进行。而且包气带的岩性以颗粒较粗,厚度较大时有利于硝化作用的进行。本区的包气带以砾砂、圆砾等渗透性较好的岩性为主,但厚度不大(仅为 5 ~ 10 m)对硝化作用产生了一定的不利影响。

$\text{NO}_3^- - \text{N}$ 基本上不被土层吸附,在松散沉积物中有很强的迁移能力。因此地下水中含氮化合物的污染形式主要为 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 及较少的 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 。如果污染物排放强度过大,超过了包气带的自净能力,或者是污水直接进入含水层,则地下水中的可能有氨氮的存在。在九站、金珠、孤店子井灌区及 101 井所在的丰满区勤俭屯,地下水中氨氮的含量较高,其中,901 井所在的孤店子镇含量为 $0.96 \text{ mg}/\text{L}$,超过饮用水水质标准 4.8 倍,氨氮的污染比较严重。

水 - 土体系还存在着硝化作用的反过程——反硝化作用,即 NO_3^- 在反硝化菌作用下,先还原为 NO_2^- ,继而还原为分子氮(N_2)或氧化亚氮(一氧化二氮 N_2O)的作用。

(下转第 141 页)

表 7 2005 年 12 个月大气指标聚类系数及其所属类型

时间	灰类及聚类系数					评价级别
	一级 (清洁)	二级 (轻污染)	三级 (污染)	四级 (中污染)	五级 (重污染)	
1 月	0.012	0.110	0.193	0.070	0	三级
2 月	0.018	0.110	0.185	0.047	0	三级
3 月	0.055	0.139	0	0	0	二级
4 月	0.100	0.017	0	0	0	一级
5 月	0.106	0	0	0	0	一级
6 月	0.106	0	0	0	0	一级
7 月	0.106	0	0	0	0	一级
8 月	0.106	0	0	0	0	一级
9 月	0.106	0	0	0	0	一级
10 月	0.090	0.044	0	0	0	一级
11 月	0.055	0.134	0.033	0	0	二级
12 月	0.033	0.028	0.197	0.194	0	三级

3 结论与讨论

用灰色聚类分析大气环境质量评价时,是通过不同聚类对象的不同污染因子对不同类别的比较分析得出,由不同聚类对象与各个灰类的亲疏程度来决定类别的划分。因此其评价结果是定量的、多层次的、全面的。能准确地反映大气质量的优劣程度及其发展变化趋势。应用灰色聚类关联分析法对乌市大气环境质量进行综合评价表明,其评价结果具有时空上的广泛可比性,符合实际的级别。2000 - 2004 年乌市的大气质量状况趋于稳定发展,在总体上大气质量向清洁的方向发展,通过对 2005 年 12 个月污染物的灰色聚类综

合评价得出在采暖期大气质量状况较差达到三级即污染水平,而在非采暖期处于清洁水平,这与实际情况较为符合。这说明一方面,乌市大气污染防治取得了一定的成效,使乌市大气污染没有朝更严重的方面发展;但另一方面,由于乌鲁木齐市地区的特殊地形,城市建设规模的扩大,各种大、中、小型汽车的增加,加上大气逆温、阴雾天气、城市热岛效应、人口急增及生产的发展使局地工业源成为大气污染的主要排放源,加之一些管理上的漏洞导致大气质量状况较差,因此应加强管理,提高空气质量。

参考文献:

[1] 吕爱华,高丽君.乌鲁木齐市大气污染治理存在的问题及应对措施[J].新疆环境保护,2002,24(4):14-17.

[2] 张杰,刘雪玲,任朝霞,等.乌鲁木齐市大气污染成因分析及防治对策[J].新疆环境保护,2000,22(2):65-70.

[3] 邢爱国,胡厚田,王仰让.大气环境质量评价的灰色聚类法[J].环境保护科学,1999(94):29-31.

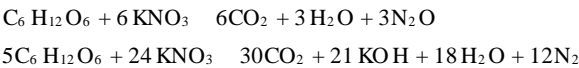
[4] 兰文辉.灰色聚类法在大气环境评价中的应用及与其它方法的比较[J].干旱环境监测,1995,9(3):147-150.

[5] 何德文,蒋柱武,李金香.大气环境质量灰色聚类评价的研究[J].内蒙古环境保护,1998,10(3):30-32.

[6] 梁爱萍,侯棋棕,刘爱东.大气环境质量灰色聚类关联分析法的应用研究[J].工业环境与环保,2005,31(6):35-37.

[7] 李泳,丁晶,彭荔红,等.环境质量评价原理与方法[M].化学工业出版社,2004:118-142.

(上接第 87 页)



硝化作用与反硝化作用中产生的少量 NO₂⁻,共同造成了地下水中的亚硝酸盐污染。研究区内地下水中 NO₂⁻-N 的检出率为 65.22%,超标率为 17.39%,平均含量 2.30 mg/L,是饮用水水质标准的 1.15 倍,污染非常严重。

5 结论及建议

本区地下水中总氮浓度在空间的分布特点:南部由丰满大坝及二松支流——温德河谷地向北部市区方向,地下水中总氮浓度逐渐升高。东西以贯穿整个城区的第二松花江为分界线,东部以牐牛河支流的河谷平原区为中心地带,地下水中总氮浓度由东向西逐渐降低;西部以九站工业区方向向孤店子井灌区所在地,总氮浓度逐渐降低。在年内,丰水期的总氮浓度高于枯水期;年际上,呈现出不规则的上升与下降交替出现的趋势。

浓度差异必然使污染质产生运移。总氮在地下水中的分布,与工业区、人口聚居地、农田等易于产生含氮浓度较高水体的地区以及地下水位下降较为强烈地区的影响。总氮在包气带中垂直方向上的迁移,主要受到大气降水、灌溉水、农业施肥量、土壤渗透性及包气带厚度等因素的影响。

工业三废、农业化肥、生活污水、垃圾和已受到污染的地表水等为研究区地下水中总氮的来源。从这些污染的源头

进行控制,将工业污染进行处理后再排放,倡导农业合理施用化肥,杜绝过量灌溉^[4],将生活垃圾进行合理处置等,都是减少总氮来源的重要手段。

参考文献:

[1] 冯绍元,黄冠华.试论水环境中的氮污染行为[J].灌溉排水,1997,16(2):34-36.

[2] 吉林省吉林市城区水文地质勘察报告[R].1996.

[3] 邱汉学,刘贯群,焦超颖.三氮循环与地下水污染:以辛店地区为例[J].青岛海洋大学学报,1997,10(27):533-538.

[4] 阮晓红,王超,朱亮.氮在饱和土壤层中迁移转化特征的研究[J].河海大学学报,1996,24(2):51-55.

[5] 赵俊玲,段光武,韩庆之,等.浅层地下水中的氮含量与地下水污染敏感性:以石家庄市为例[J].安全与环境工程,2004,12(11):32-35.

[6] 周波,王德成,谷丽.浅谈吉林市区地下水资源的可持续利用[J].吉林水利,2002(2):28-30.

[7] 姜爱霞.水环境氮污染的机理和防治对策[J].中国人口·资源与环境,2000(10):75-76.

[8] 张翠云,郭秀红.氮同位素技术的应用:土壤有机氮作为地下水硝酸盐污染源的条件分析[J].地球化学,2005,9(34):533-540.

[9] 姬亚东,等.银川地区地下水氮污染原因及防治[J].地球科学与环境学报,2005,9(27):100-103.