

松嫩平原浅层地下水水质状况及发展趋势研究

朱巍, 赵勇胜, 唐雯, 都基众 (中国地质调查局沈阳地质调查中心, 辽宁沈阳 110032)

摘要 根据松嫩平原地质、地貌和水文地质条件, 利用野外实地调查的现场数据, 首次对该区域内浅层地下水的水质变化特征及水资源保护进行了分析研究, 并且根据主要污染物的浓度变化绘制出了 20 世纪 80 年代及 2005 年典型离子浓度等值线图 and 浓度对比图。同时, 对该区域内地下水质量环境的演变趋势进行了研究。该研究为松嫩平原地下水保护、水污染防治及地下水合理开发利用提供了参考。

关键词 松嫩平原; 浅层地下水; 水质状况; 发展趋势

中图分类号 S273.4 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)04-01664-06

Study on Shallow Groundwater Water Quality Status and Development Trends in Songnen Plain

ZHU Wei et al (Shenyang Geological Survey Center, China Geological Survey Bureau, Shenyang, Liaoning 110032)

Abstract According to geological, geomorphological and hydrogeological conditions of Songnen Plain, using data of field investigation, water quality variation characteristics and water resource protection of shallow groundwater were analyzed. According to variation of main pollutants concentration, typical ion concentration isoline map and concentration contrast diagram of 1980s' and 2005 was obtained. At the same time, the evolution trend of groundwater quality environment was studied. The study provides reference for groundwater protection, water pollution control and reasonable development in Songnen Plain.

Key words Songnen Plain; Shallow groundwater; Water quality conditions; Development trend

松嫩平原是东北三大平原之一, 是我国重要的商品粮基地, 平原内草场集中, 畜牧业也相对发达。近年来, 受自然、地质环境及人类活动的影响, 区域内浅层地下水受到了一定程度的污染, 造成地下水水质正在发生变化。浅层地下水是地质结构中位于第一透水层中, 第一隔水层之上的地下水, 由大气降水、地表径流透水形成, 埋藏浅, 更新较快, 水质较差, 水质与水量均受降水和径流影响^[1-2]。松嫩平原浅层地下水水质由补给区至排泄区, 总的变化规律是由好水渐变为不宜饮用, 不能利用的劣质水。这是由于工业“三废”、生活污水的排放和农田大量使用化肥、农药, 致使其中的有毒、有害物质渗入地下水体造成的。地下水超量开采又加速了污染物的迁移。因此, 水质状况逐年下降。国内学者曾揭示过该区域不同时期的污染现状。笔者以现场调查的水质数据为基础, 通过对典型离子浓度等值线图和浓度对比图的分析, 尝试查明污染的主要组分及其变化规律。

1 松嫩平原社会经济与自然地理环境

松嫩平原行政区跨黑龙江、吉林两省和内蒙古自治区东部, 总体形状呈南北长, 东西窄的椭圆形。全区总面积约 18.28 万 km²。区内交通便利, 有京哈等铁路和京哈高速公路及国道和省级公路, 纵贯东西南北。平原为一四周高、中间低, 由周边向中部缓倾斜的半封闭式、不对称盆地。西、北、东三面分别为大、小兴安岭、张广才岭及长白山丘陵山地, 南部由微隆起的松辽分水岭与西辽河平原相连。受构造运动的影响, 区内地貌形态及沉积物堆积厚度、剥蚀程度及岩性组成等变化较大, 区内地貌类型根据内动力成因可分为剥蚀地貌、剥蚀堆积地貌和堆积地貌 3 种类型。

2 区域地质背景

2.1 白垩系-新近系地层 由中生代沉积盆地演化而成的松嫩平原, 沉积了厚达 8 000 余米的陆相碎屑岩地层。白

垩系下统在盆地内发育得十分完整, 各层间虽有沉积间断, 但一般无大角度的不整合。盆地从古近纪中期开始接受新生代沉积, 古近系很薄, 并缺失古新统。古近系依安组仅分布于低平原的北部, 新近系大安组、泰康组则主要分布在低平原的南部^[3]。

2.2 第四纪地层 下更新统主要为灰白色砂砾石和紫红色泥砾, 包括分布在西部山前倾斜平原的东华组、白土山组、平台组和分布于伏龙泉-王府东一带组成砂砾石台地的冲湖积层以及广泛埋藏于低平原地面以下 25~100 m 的湖积层。厚度在西部山前倾斜平原为 20~90 m, 中部低平原 25~50 m, 东部高平原为 48 m 以上。中更新统主要为砂砾石、砂, 湖相淤泥、粘土和黄土状亚粘土, 厚度在西部为 25~50 m, 中部 35~106 m, 东部为 7~95 m。上更新统主要为砂砾石、细砂、粉砂层, 黄土状亚粘土和亚砂土, 西部厚度为 21~50 m, 中部为 8~63 m, 东部为 25~100 m。全新世堆积物呈条带状分布于各大河流沿岸, 冲积湖积物主要分布于古河道, 湖沼堆积物呈斑块状环绕湖泡周围分布, 冲积与湖沼堆积物主要分布于河流尾间处, 风积物大面积分布于低平原西南部。

2.3 构造 松嫩平原大地构造处于蒙古-兴安褶皱系的东段。平原的西部属兴安华力西中期褶皱带, 东部为吉黑华力西晚期褶皱带。平原东、北、西三面环山, 平原内大部分被第四系覆盖。盆地内影响较大的壳断裂有嫩江-开鲁断裂、孙吴-双辽断裂和依兰-依通断裂等, 它们呈北北东向延伸, 在其附近有大量的火山岩分布。断裂活动期具有自西向东逐渐变新的特点^[4]。新构造运动总体上延续了中生代的构造格局, 呈现明显的继承性, 在老构造格局的基础上, 主要表现为不均衡的升降, 形成了一些新的隆起和凹陷, 地层沉积普遍, 但厚度不稳定。东西两侧和松辽分水岭一带缓慢抬升, 造成新近系缺失。

3 地下水系统

3.1 含水层系统结构 松嫩平原是一个包含第四系孔隙水及新近系、古近系、白垩系孔隙-裂隙水的大型地下水含水

作者简介 朱巍(1979-), 男, 辽宁铁岭人, 工程师, 在读博士, 从事水文地质、环境地质调查工作, E-mail: zhuwei_1114@163.com。

收稿日期 2012-12-24

层系统。地下水含水层系统边界是由盆地周边的各种弱透性地层、基岩岩体、阻水断层和区域性稳定的地下水分水岭(盆地南缘)组成^[5]。含水层系统内有从白垩系、古近系、新近系到第四系的多个含水层(组),各含水层之间在平面或剖面上有着直接或间接的水力联系。按照主要含水层的上、下叠置关系,松嫩平原含水层系统结构可分为“单层、双层和多层结构含水层系统”3种类型。单层结构含水层系统主要分布在西部山前倾斜平原;双层结构含水层系统主要分布在东部和北部高平原;多层结构含水层系统主要分布在中部低平原。

3.2 地下水(流)系统划分 松嫩平原作为一个大型地下水汇水盆地,是一个完整的地下水系统,具有统一的地下水流动系统特征。由于松嫩平原又是一个包含多个含水层的盆地,各含水层都具有各自相对独立的水流系统,因此在剖面上形成了浅层、中层和深层相互联系、又相对独立的地下水流动系统^[6]。盆地地下水总体的流动趋势是从两侧补给区向盆地中心排泄区汇流,最后通过横贯盆地的松嫩干流及河谷潜流流出盆地。

3.3 区域地下水循环 松嫩平原地下水的主要补给来源是大气降水的垂直渗入,其次为山区地下水的侧向径流和地表水的渗漏。其中,大气降水入渗是最普遍的地下水补给形式。主要排泄方式是蒸发、河流排泄、侧向径流及人工开采。地下水总的流动趋势是由东部、北部和西部三面山区流入平原,汇同来自南部松辽分水岭的径流,向盆地中部汇集^[7],在第二松花江和嫩江汇流处的大安-松原一带形成松嫩平原区域地下水排泄中心,之后通过松花江河谷潜水及河水向东流出松嫩平原。

4 地下水水质状况

在自然、地质环境及人类活动长期相互作用下,伴随着地下水的补给、径流、排泄运动,地下水中的各种化学元素经过溶滤、迁移、聚集,不断地变化并形成了复杂的地下水化学成分^[6]。通过对研究区浅层地下水水质监测点水化学资料的整理分析,发现对研究区内含水层水质有影响的地下水有害组分及特征指标包括氟离子、矿化度、总硬度、锰离子、硝酸盐指数、高锰酸盐等。前4项主要是在原生环境下形成的,称之为原生有害组分,后两项是由人为活动造成的,称之为次生污染。现将它们的分布特征逐一介绍。

4.1 氟的分布特征 松嫩平原氟病分布面积较大,同时地下水中氟含量较高。地下水中的氟主要有两种来源,一部分直接来自于西部大兴安岭地层中含氟矿物,由河流和地下径流携带进入;另一部分是从盆地沉积物中所含大量火山岩含氟矿物的分解、溶滤而来;松嫩平原地下水中氟的分布具有明显的水平分带性,即从平原中心到边缘,氟含量存在着由高变低的规律。

松嫩平原地下水在西部倾斜低平原、北部倾斜高平原和东部垄岗状高平原绝大部分地区,由于地下水交替循环条件较好,在长期的溶滤作用下,地下水中氟元素较贫乏,一般 <0.5 mg/L,局部为 $0.5 \sim 1.0$ mg/L,个别达到 $1.0 \sim 3.0$

mg/L,因而成为区内的低氟区。氟含量超过饮用水规定的 1.0 mg/L标准的高氟区,在低平原东部、以及高、低平原接触部位的林甸-大庆、肇州-肇源、双城-呼兰一带呈面状分布,在松原-通榆以北、洮南-通榆以西、长岭-乾安一带呈点状分布,高氟区含量区间为 $1.01 \sim 7.67$ mg/L。在北部五大连池境内有零星分布,超标值一般为 $1 \sim 2$ mg/L,局部地带为 $2 \sim 4$ mg/L(图1)。

形成高氟水的主要原因与该地区土壤的苏打盐渍化作用和浅层水的蒸发浓缩作用有关。在苏打盐渍化过程中,土壤溶液的pH增高, K^+ 、 Na^+ 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 含量增加,直接导致水溶性氟在土壤中的聚集并形成高氟地下水^[8]。另外,半干旱的气候和富钙地球化学环境下的苏打盐渍化的影响作用,也为地下水氟的聚集提供了有利的环境条件。

4.2 矿化度的分布特征 松嫩平原矿化度分布的主要特征是东部高平原和西部山前冲洪积扇区地下水矿化度较低,一般 <150 mg/L,北部高平原区地下水矿化度偏低,为 $150 \sim 500$ mg/L;而广大低平原区及低平原与高平原接触地带,矿化度较高,一般为 $500 \sim 1\,000$ 或 $1\,000 \sim 3\,000$ mg/L,局部 $>3\,000$ mg/L,主要分布在林甸-大庆-泰来和洮南-松原-长岭一带,在分布形状上,洮南市、松原市、杜蒙县、长岭县地区呈点状分布,肇东、肇州等地呈片状分布(图2)。

纵观全区,矿化度的分布与地形地貌、水文地质条件及气候有关。在高平原和西部山前倾斜平原大部分地区地下水交替条件好,由大气降水和地表水补给,矿化度较低;低平原中部和高平原南部地区分布于地势低平地段或洼地内,为微咸水区,这些地段的浅层地下水常常埋藏较浅,强烈的蒸发及开采作用导致其矿化度较高。

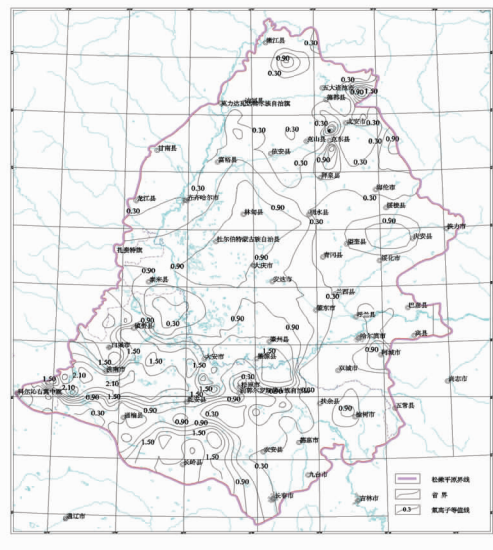


图1 松嫩平原2004年氟离子分布

4.3 总硬度的分布特征 总硬度分布的主要特征与矿化度大致相似。低平原外围及北部、东北部高平原地带总硬度低,一般 <150 mg/L,西部山前倾斜平原与东部高平原边缘地带总硬度较低,一般为 $150 \sim 300$ mg/L 或 <150 mg/L;高平原西部克东-拜泉、依安-讷河、肇东-双城、镇赉-泰来一

带为总硬度高值区,呈片状分布,在低平原的洮南市东南部、通榆县东部、长岭县等地呈点状分布,含量在 450 ~ 1 650 mg/L(图 3)。这些高值区所处地貌部位分别是高、低平原地势低洼盐渍化地段和硝酸盐污染地带。

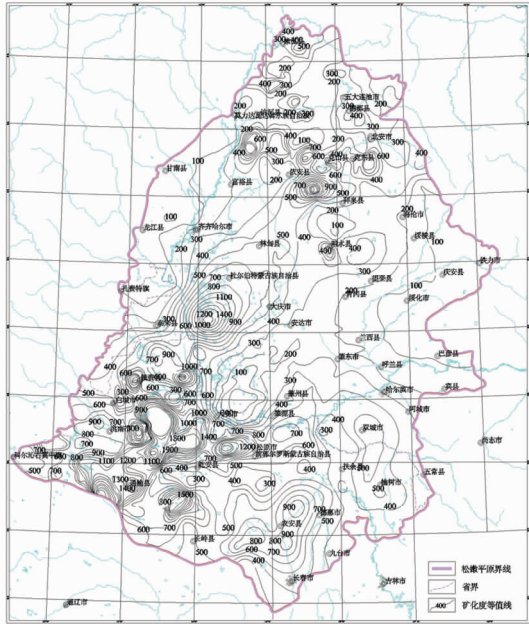


图 2 松嫩平原 2004 年矿化度分布

导致总硬度升高的原因一方面是由于盐渍效应对地下水硬度升高的影响,当水中存在不同离子的其他盐类,如氯化钠、硫酸钙时,碳酸钙镁的溶解度可能更大。另一方面,离子交换作用对地下水硬度增高也产生一定的影响,含酸废水能够直接溶解碳酸盐矿物,所产生的钙、镁、硫酸根、氯化物、硝酸根等离子随降水下渗补给地下水,造成地下水永久硬度的增长。此外,中部地带的封闭—还原环境也是导致超标的原因。

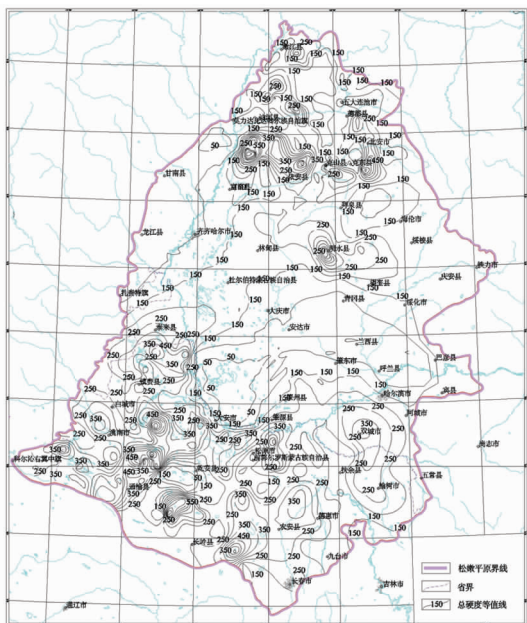


图 3 松嫩平原 2004 年总硬度分布

4.4 锰离子的分布特征 高锰水的广泛分布是松嫩平原地

下水水质的一大显著特征,它给地下水的水质级别带来了严重的影响。地下水中的锰主要源于岩石中含锰矿物的溶解。在该地区岩石或地下水中富含有机质,在地质结构上具有还原环境。此外,地下水中富含二氧化碳,也有利于形成锰矿物溶解的地质环境条件^[8]。当具备这些条件时,高价锰化合物则会转化为锰溶解于水中。

松嫩平原地下水中锰的分布有着明显的规律性。整个平原地下水中锰含量符合国家饮用水质标准 0.1 mg/L 的地段很少,仅在河网切割剧烈的东部高原,含水层开启程度较高的西部山前倾斜低平原,地下水交替循环条件较好,含

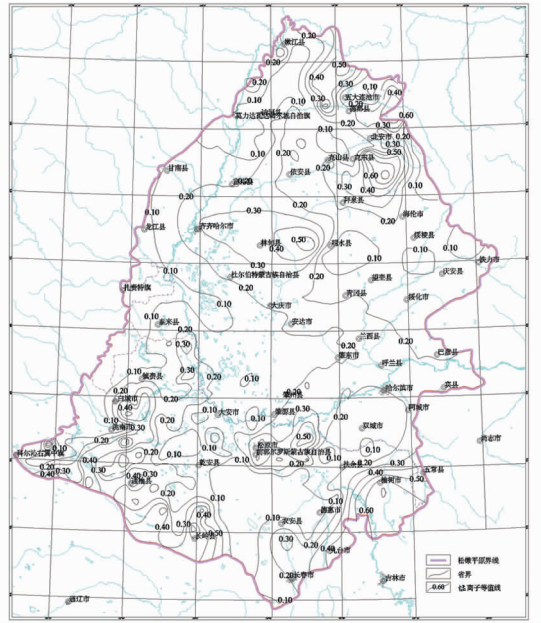


图 4 松嫩平原 2004 年锰离子分布

水层盖层中的有机质较少,不利于锰元素在地下水中富集。在其他地区,锰含量存在不同程度的超标。在嫩江和松花江及其支流河谷区,由于含水层上部一般有一层较厚的粘性土层覆盖,致使下部呈现还原环境,加之冲积层中常夹有薄层或透镜状的淤泥、草碳层,使得地下水中富含二氧化碳,呈弱酸性,进一步增大了含水层的还原功能,促进了锰的聚集,导致锰含量局部高达 0.8 mg/L;低平原北部和西南部地下水径流滞缓,呈现出还原环境,为锰富集创造有利条件,锰含量局部达 1.0 mg/L;在高平原区,除了乌裕尔河、双阳河和呼兰河等分水岭局部地带为低锰水外,整个高平原区的地下水含量也比较高,这主要是由于含水层上部有一层厚度不等的亚粘土,为含水层提供了还原环境,因而极大地影响了地下水的利用价值(图 4)。

4.5 硝酸盐(以氮计)的分布特征 区内地下水硝酸盐污染十分严重,其含量高,分布面积也较大,且污染峰面正向广度和深度发展,特别是高平原区硝酸盐含量已在大范围内超过生活饮用水国家标准。硝酸盐的分布规律,在高平原区的讷河—依安、低平原的农安—乾安一带超标点呈片状大面积分布,在山前倾斜平原地区的洮南等地局部分布,其他地区呈零星分布。硝酸盐超标区间多在 20 ~ 50 mg/L,少部分在 100 ~ 150 mg/L,局部 > 150 mg/L,最高达 220 mg/L(图 5)。

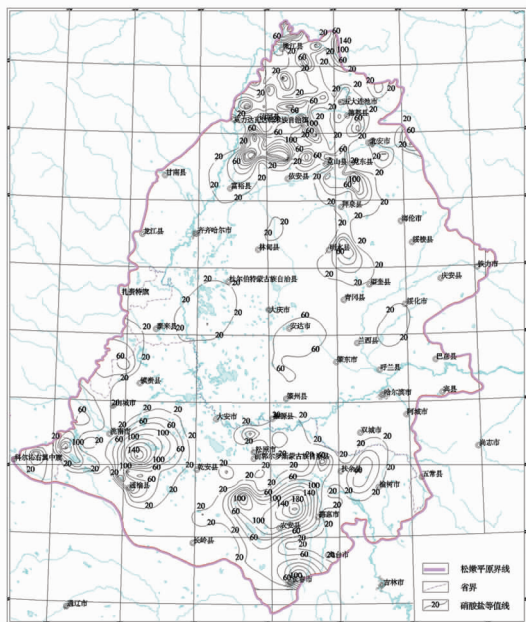


图5 松嫩平原 2004 年硝酸盐分布

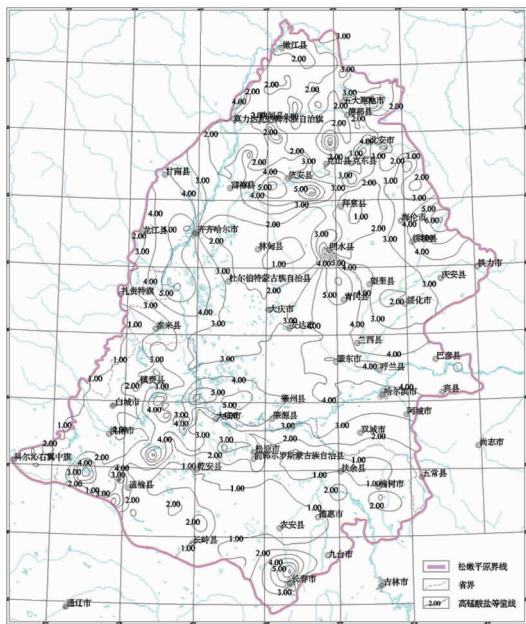


图6 松嫩平原 2004 年高锰酸盐指数分布

通过对硝酸盐的超标分布进行分析可知,这主要与农业区大量施用化肥有关,同时也与含水层所处的地形、地貌、地下水的补、径、排条件相关。在农业较发达地区,即粮食主产区,地下水中氮污染就比较严重。而在低平原中的沼泽化、荒漠化或盐渍化地区,由于耕地少,化肥、农药施用量小,故氮污染就相对少。高平原地区地形平整、位置低洼、地下水径流滞缓、地下水区域性下降较明显,其硝酸盐含量较高,且分布较广,说明污染历史悠久。低平原地区为了调整粮食产业结构,新开垦水田区较多,且均较集中,使用化肥和农药量不断增加,地下水中硝酸盐含量明显增高,分布范围也较大,说明新的污染区正在形成和发展。

4.6 高锰酸盐指数的分布特征 高锰酸盐指数是反映地下水污染的化学指标之一,它的变化间接地反映出地下水污染

的程度。从全区来看,高锰酸盐指数 $< 1 \text{ mg/L}$ 的地区,在西部倾斜平原以南北向呈条带状分布,在低平原东南部呈片状分布; $1 \sim 2 \text{ mg/L}$ 的地区主要分布于低平原及东北部高原的大部分地区及嫩江河谷; $2 \sim 3 \text{ mg/L}$ 的地区分布广泛,面积较大,尤其在高原北部及松花江河谷一带分布密集;高锰酸盐指数 $3 \sim 10 \text{ mg/L}$ 地区主要呈片状分布于高原区,其次为低平原及河谷平原,在低平原地区以南北向呈条带状分布,尤其以富裕-依安、明水-青冈一带较为突出,其他地区均以点状小面积零星分布。

根据高锰酸盐指数分布特点分析表明,在松嫩平原西部、北部、东部形成地下水补给区,即氧化环境区,致使溶解氧增高,高锰酸盐指数减少,因此,该地区高锰酸盐指数 $< 3 \text{ mg/L}$ 。在地下水径流区,由于氧化作用逐渐减少,遇到有机质含量高的物质,溶解氧被消耗殆尽,形成还原环境^[9],因此在低平原中部及高原局部低洼闭流区形成高锰酸盐指数高值区(图6)。

4.7 水质状况评述 综上所述,依据我国生活饮用水卫生标准,区内浅层地下水锰离子超标现象普遍,且超标倍数一般较大;硝酸盐(以氮计)污染十分严重,且含量较高,分布面积也较大,其污染锋面有向广度和深度发展的趋势。在高原区、高低平原区的接触地带和个别城镇,高锰酸盐指数、总硬度、矿化度、氟等5项指标已超出饮用水标准^[10],均不适宜饮用,这些地区的地下水在进行处理后,才适宜生活饮用(表1)。

表1 2004 年水质超标现状与饮用水标准对比

有害组分	标准值 mg/L	水质超标现状 mg/L	典型地区
氟	1.0	1.01 ~ 7.67	林甸-大庆-肇州-肇源-双城-呼兰一带
矿化度	1 000	1 000 ~ 3 000	林甸-大庆-泰来-洮南-松原-长岭一带
总硬度	450	450 ~ 1 650	克东-拜泉-依安-讷河一带
锰	0.1	局部达 0.8 或 1.0	嫩江-德都-前郭-五常、通榆-长岭一带
硝酸盐	10	多在 20 ~ 50, 局部 100 ~ 150	拜泉-克东-洮南-通榆、松原-农安一带
高锰酸盐	3	3 ~ 10	富裕-依安、明水-青冈、大安-肇州、兰西-哈尔滨-肇州一带

5 地下水水质发展趋势

20 世纪 80 年代以来,松嫩平原地下水开采量增长迅速,在 20 多年的时间里地下水开采量增加了 1 倍多。1985 ~ 1994 年,地下水开采量平均每年增加 1.10 亿 m^3 ;1994 ~ 2004 年,平均每年增加 1.89 亿 m^3 。地下水开采呈加速趋势,而同一时期的降水量又有所减少,地下水没有得到足够的补给,浅层地下水水位出现了明显的区域性下降,研究区水位埋深 $< 5 \text{ m}$ 的区域明显减少。由此可见,随着人类活动的增强,水动力条件发生了很大的改变。伴随着开采量的增大,地下水位不断下降,地下水流场发生改变,这直接导致了地下水中某些特殊元素含量和地下水化学动态均发生了较大的变化。

浅层地下水水质的变化主要体现在以下几个方面,一是以城市为中心对地下水的污染程度加重,表现为地下水中矿化度、总硬度等指标的升高;二是受农业生产影响,浅水中

NO₃⁻、NO₂⁻含量显著升高,这是近20年来地下水质量变化的一个显著特点;三是常量组分升高,如高氟水分布面积扩大。分析地下水水化学成分及其变化,认识地下水质量环境的演变趋势,对于保护地下水资源具有重要的现实意义。现将浅层地下水矿化度、总硬度、亚硝酸盐和氟的变化趋势表述如下:

5.1 矿化度变化趋势 从80年代初期和2000年初期松嫩平原(黑龙江)浅层地下水矿化度含量等值线图可知,两个时期矿化度分布特征相差不大,西部、北部和东部地下水主要补给区的矿化度均 < 1 000 mg/L,嫩江河谷的矿化度为 500 ~ 1 000 mg/L, > 1 000 mg/L 的地区集中分布于低平原中部,其面积有向低平原外延扩大的趋势(图7)。松嫩平原(黑龙江)2000年初期矿化度Ⅳ类水和Ⅴ类水的分布面积和含量均大于80年代初期,Ⅳ类水面积由 18 987. 00 km² 增加到 22 035. 48 km²; Ⅴ类水面积由 27. 40 km² 增加到 263. 71 km²。

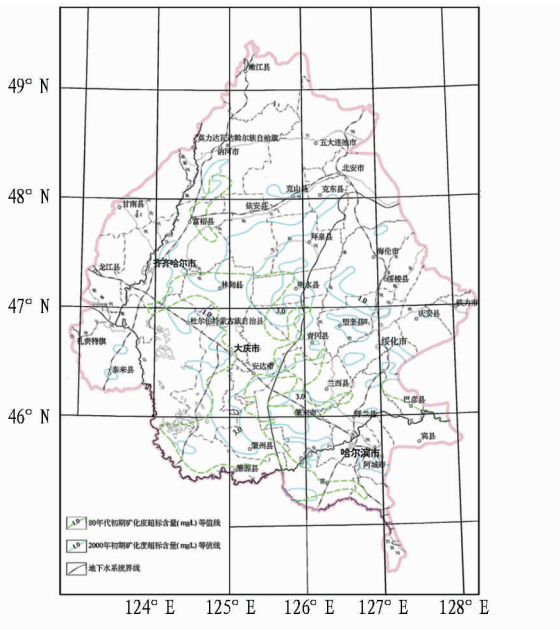


图7 松嫩平原(黑龙江)80年代初期与2000年初期矿化度对比
松嫩平原(吉林)2005年的矿化度超标含量和面积均大于80年代中期,2005年矿化度超标面积达 13 509. 60 km²,增长了 16. 85%。影响矿化度变化的因素较多,主要因素是气候干旱、降雨量偏小,蒸发强烈,地下水化学作用加强。因此,当部分元素含量增高时, > 1 000 mg/L 的地区面积就会扩大,向低平原外延,并且这种趋势还在发展之中。

5.2 总硬度变化趋势 从松嫩平原(黑龙江)80年代初期和2000年初期总硬度含量等值线图可知,Ⅳ类水面积由80年代初期的 9 187. 96 km² 增加到2000年初期的 9 523. 96 km²,增长了 336. 00 km²; Ⅴ类水面积由80年代初期的 8 491. 40 km² 增加到2000年初期的 9 178. 74 km²,增长了 687. 34 km²(图8)。

导致该区总硬度高值区增加的原因主要为两方面,一方面是由于污染而导致的硬度增加,另一方面是由于地下水的过量开采而引起的水动力场和水文地球化学环境改变而引起的硬度变化。当地下水承载能力与环境均衡系统发生改

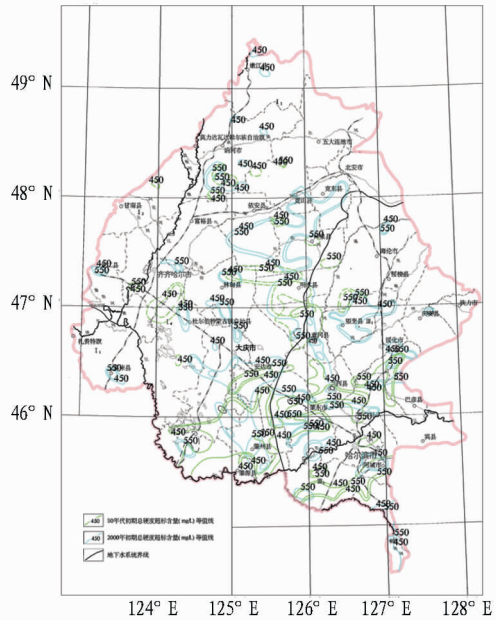


图8 松嫩平原(黑龙江)80年代初期与2000年初期总硬度对比

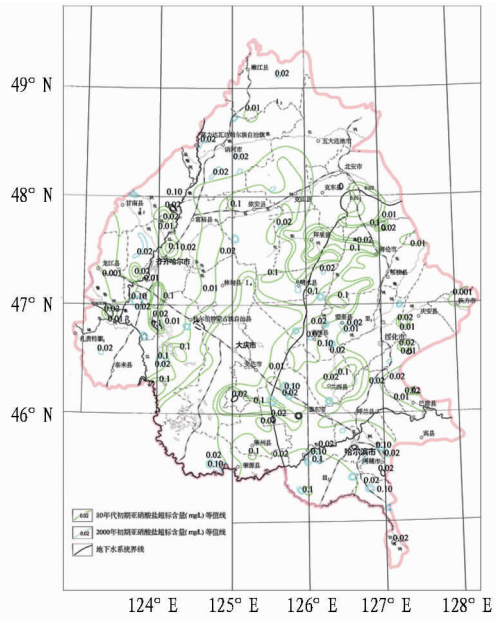


图9 松嫩平原(黑龙江)80年代初期与2000年初期亚硝酸盐(以氮计)对比

变时,污染载体与包气带之间发生一系列的水文地球化学作用,促使土壤及其下层沉积物中的钙镁易溶盐、难溶盐及交换性钙镁由固相向水中转移^[11],从而使地下水硬度增高。

5.3 亚硝酸盐(以氮计)变化趋势 从松嫩平原(黑龙江)80年代初期和2000年初期的亚硝酸盐含量等值线图可知,80年代亚硝酸盐含量较高,超标面积也较大,亚硝酸盐Ⅳ类水超标面积达 26 742. 80 km²,占松嫩平原总面积的 19. 4%,集中于松嫩平原中南部,而到了2000年初期,超标面积则大量减少,仅为 2 325. 97 km²,仅占松嫩平原的 1. 9%,且零星分布(图9)。

究其原因主要是由于80年代开采量很小,含水层基本处于天然厌氧条件下,在天然条件下 NH₄-N 含量低于 0. 20

mg/L,在厌氧的地下环境,NH₄-N 含量可高达 0.30 mg/L,一般情况下 NO₃-N 含量为 0.30 mg/L^[12],而该区超标含量不超过 0.30 mg/L,所以该区 80 年代超标面积大是正常的。

到了 2000 年初期,大规模的开采地下水导致地下含水层天然状态被破坏,含水层由还原环境变为氧化环境,致使亚硝酸盐含量大大降低。

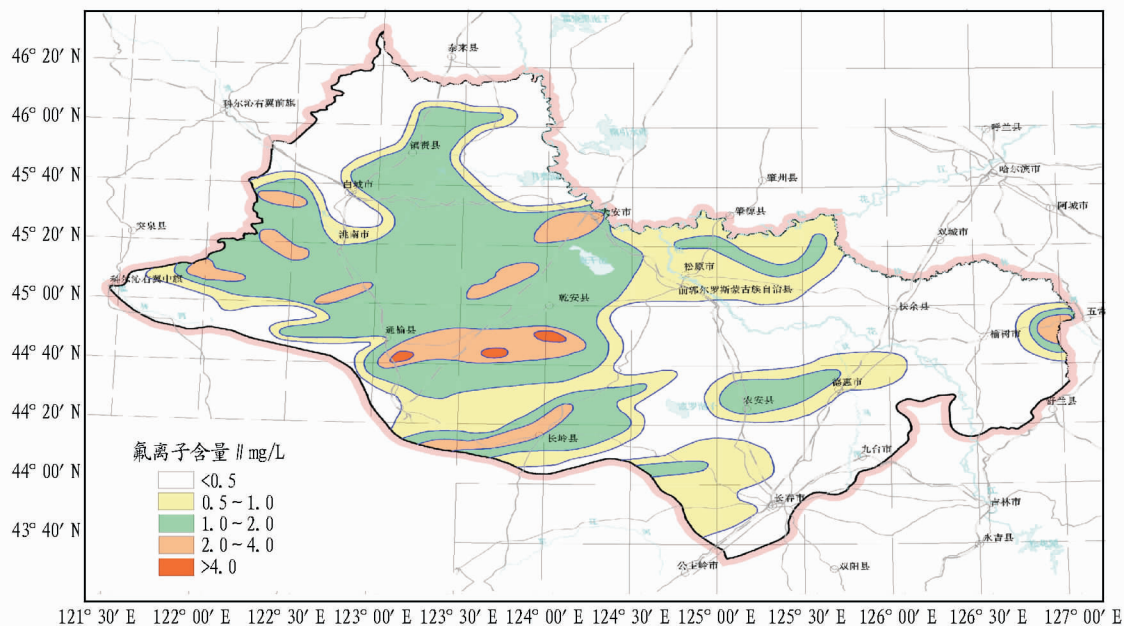


图 10 松嫩平原(吉林)2005 年氟离子含量分布

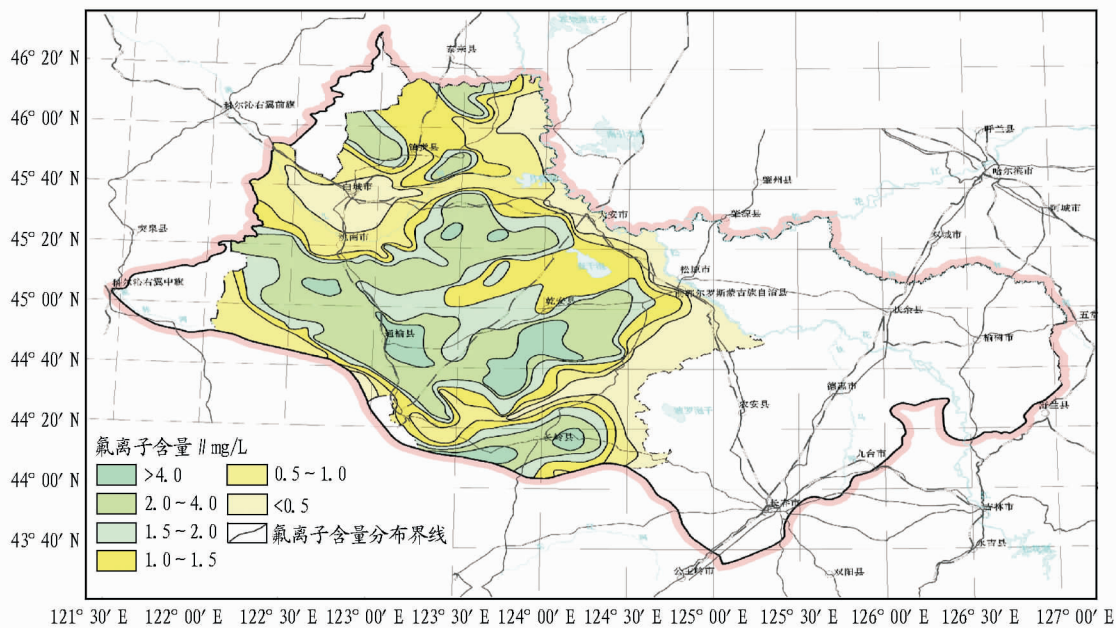


图 11 松嫩平原(吉林)80 年代中期低平原氟离子含量分布

5.4 氟变化趋势 松嫩平原(吉林)低平原 80 年代中期与 2005 年浅层地下水氟含量变化规律总体相同,即氟含量由南部的松辽分水岭向北部的洮儿河-嫩江河间地块逐渐降低,高氟水带在低平原中部大面积分布,2005 年向北扩大到洮儿河河谷地区。氟含量 > 1.0 mg/L 的面积变化较大,80 年代中期为 24 830 km²,2005 年为 28 972 km²,增加了 4 142 km²,增长 14.29%。该面积变化主要分布在洮儿河河谷地区,80 年代中期洮儿河河谷、部分白城扇形地前缘和嫩江西侧一带为低氟水带,含量均 < 1.0 mg/L,而 2005 年已成为高氟水

区,含量区间值为 1.0 ~ 2.0 mg/L(图 10、11)。分析表明,氟含量的变化主要是由于该区主要排泄和分散地下水氟作用的洮儿河水已断流,因此,失去了利用地表水排泄和分散地下水氟的作用,从而大量接受了地下水侧向补给的氟。此外,含水层中含氟矿物大量溶解积累富集,也导致了该区成为高氟水带。

6 结论

(1) 地下水中超标离子一方面是原生离子,如铁、锰、氟;
(下转第 1744 页)

从表 2 可以看出,胡萝卜经过 3 种不同的烹调方式处理后,其 V_c 含量的损失率都比较大,但是不同烹调处理方式造成的 V_c 损失率数值相差并不是很大,其中采用炖这种处理方式时损失率为最大,采用炒的处理方式时损失率为最小。推测原因为胡萝卜不属于易熟的蔬菜,结构比较致密,采用不同的烹调处理时其所用的时间都较长,因此造成了烹调处理后 V_c 损失率都比较大且数值比较接近的结果。所以,在日常食用胡萝卜时,为了避免 V_c 的损失可以采用生食的方式。

2.3 西红柿烹调处理前后 V_c 含量的变化 西红柿由于其结构的疏松和本身的性质,可以采用多种食用方式。该试验比较了西红柿在利用炒、煮、蒸 3 种烹调方式处理前后其 V_c 含量的变化,结果见表 3。

表 3 西红柿烹调前后 V_c 含量的变化

烹调方式	V_c 含量//mg/kg		V_c 损失率//%
	处理前	处理后	
炒	299.7	251.6	16.05
煮	299.7	182.1	39.24
蒸	299.5	212.6	29.02

从表 3 可以看出,西红柿采用以上 3 种不同的烹调处理方式加工后,其 V_c 的损失率最大的为采用煮这种烹调处理方式,其次为采用蒸这种烹调处理方式,而采用炒烹调方式处理西红柿时,其 V_c 损失率最低。推测原因, V_c 属于水溶性的物质,采用煮的方式处理西红柿时,西红柿与水大量接触,容易造成 V_c 的损失。采用蒸的烹调处理方式时,虽然其温度较煮时要高,但是加工时间要短一些,与水的接触要少很多,因此 V_c 的损失率没有煮时的高。采用炒的烹调处理方式时,食用油不易造成 V_c 的溶解损失。这时虽然温度较高,但时间较短,因此采用炒的处理方式时 V_c 损失率较低。

2.4 辣椒烹调处理前后 V_c 含量的变化 辣椒中 V_c 的含量在蔬菜中位居第 1 位,此外还含有较为丰富的人体必需矿物

质,是一种营养丰富的蔬菜。根据日常生活中的饮食习惯,该试验比较了辣椒在利用炒和煮 2 种烹调方式处理前后其 V_c 含量的变化,结果见表 4。

表 4 辣椒烹调前后 V_c 含量的变化

烹调方式	V_c 含量//mg/kg		V_c 损失率//%
	处理前	处理后	
炒	973.0	875.1	10.06
煮	973.0	552.4	43.23

从表 4 可以看出,辣椒在烹调处理前后 V_c 含量的变化是不同的,其中利用煮这种烹调处理方式其损失率要远大于利用炒这种处理方式。推测是因为 V_c 属于水溶性的物质,采用煮这种烹调方式时,辣椒与水发生了接触, V_c 容易溶解损失掉。而采用炒这种烹调处理方式时,虽然温度要较煮时要高,但时间较短,因此 V_c 损失率较低。

3 结论

不同种类的蔬菜在经过一定的烹调处理后,都会对其所含的 V_c 造成一定的损失。其中叶菜类(菠菜)、茄果类(西红柿、辣椒)在烹调时比较容易变成熟菜,利用炒的加工方式处理时所用时间较短,并且与水的接触也较少,采用这种加工方式时, V_c 的损失率相对于其他的加工方式要低很多。根茎类(胡萝卜)在烹调加工时,由于其结构比较致密,不容易变为熟菜,在加工处理时所用时间相对较长,容易造成 V_c 的损失,在食用此类蔬菜时,应将其切成较小的部分,以减少其烹调加工的时间。因此,在蔬菜加工过程中应尽量缩短加工时间,并且减少与水的接触,这样可以减少 V_c 的损失。

参考文献

[1] 黄富生. 合理使用维生素 C[J]. 生物学通报,2006,41(11):25-26.
 [2] 张莹. 超级维生素[M]. 北京:北京工业大学出版社,2006:124-126.
 [3] 刘志泉. 食品营养学[M]. 北京:轻工业出版社,2004:105-106.
 [4] 尤新. 维生素 C 的生理功能和对食品工业的特殊功用[J]. 中国食品添加剂,1996(4):15-17.
 [5] meteorological and Environmental Research,2011,2(9):77-80.
 [6] GUO J M, WANG H, YANG G Q. Vulnerability assessment of shallow groundwater in Ordos Cretaceous Basin [J]. Meteorological and Environmental Research,2012,3(1/2):1-4.
 [7] 赵海卿,赵勇胜,杨相奎,等. 松嫩平原地下水资源及其环境问题调查评价[M]. 北京:地质出版社,2009.
 [8] 陈梦熊. 中国水文地质环境地质问题研究[M]. 北京:地震出版社,1998.
 [9] 林学钰,陈梦熊. 松嫩盆地地下水资源及其可持续发展研究[M]. 北京:地震出版社,2000.
 [10] 林学钰,廖资生,赵勇胜. 现代水文地质学[M]. 北京:地质出版社,2005.
 [11] 曹剑峰,迟宝明. 专门水文地质学[M]. 北京:科学出版社,2006.
 [12] 廖资生,林学钰. 松嫩盆地的地下水化学特征及水质变化规律[J]. 中国地质大学学报,2004,29(1):96-102.
 [13] 吴有志. 太原市城区地下水污染现状及其成因分析[J]. 山西水利科技杂志,2000(1):92-94.
 [14] 中华人民共和国卫生部. 生活饮用水卫生标准. GB5749—2006[S]. 北京:中国标准出版社,2007.
 [15] 庞良,任润虎,王献坤,等. 汝州市浅层地下水污染特征及成因分析[J]. 水文地质工程地质,2004(1):75-78.
 [16] 罗泽娇,靳孟贵. 地下水三氮污染的研究进展[J]. 水文地质工程地质,2002(4):65-69.

(上接第 1669 页)

另一方面是由于人类活动而引起变化的离子,如矿化度、总硬度、硝酸盐、亚硝酸盐等。其产生原因主要是由于工业“三废”、生活污水的排放和农田大量使用化肥、农药,致使其中的有毒、有害物质渗入地下水体。同时,地下水超量开采,也加速了污染物的迁移。

(2)地下水质的变化具有以下特点:①地下水污染主要呈点状分布,污染原因是受农药化肥的影响。主要工业城市地下水污染呈片状分布,污染质主要为总硬度、矿化度、氯离子等。②地下水水质在城镇居民点附近或农田供水集中地区由点状恶化正逐步转为区域性恶化,某些污染组分的含量已在大范围内超过饮用水标准。随着地下水开采量的增大,水质恶化程度也在加重。

参考文献

[1] YANG T, WANG S J. Analysis on the chemical characteristics of shallow groundwater and causes of formation in the area around Poyang Lake[J].