

洛阳市浅层地下水化学特征及其氮化物浓度分布特征研究

丁 峰^{1,2}

(1.内蒙古自治区国土资源厅,内蒙古 呼和浩特市 010020;2.内蒙古大学环境与资源学院,内蒙古 呼和浩特市 010021)

摘 要:通过采集22组地下水样品,对洛阳市浅层地下水水化学特征和三氮浓度分布特征进行了分析.研究表明:该区地下水主要以低矿化度的 $\text{HCO}_3\text{—Ca}$ 和 $\text{HCO}_3\text{—Mg}$ 型水为主;“三氮”浓度分布在区域上存在较大差异性,局部地区超标现象较为严重.其中,硝酸盐氮浓度最高达42.45 mg/L,位于洛阳市西南的辛店地区;氨氮和亚硝酸盐氮浓度分布特征较为相似,最高值均出现在伊河河畔及其以南的丘陵地区,浓度分别高达2.80 mg/L和0.52 mg/L.图5,表1,参11.

关键词:地下水;水化学特征;三氮;洛阳市

中图分类号:P641

文献标识码:A

在工农业现代化进程快速发展的状态下,人类活动对自然环境的作用和改变在不断加强,已经成为影响区域地下水环境的主要因素之一^[1-4].洛阳市地区作为中西部国家重点建设城市,近年来城市规模日益扩大,人口持续增多,工农业污染的现象也愈来愈严重.洛阳市地下水的过量开采以及工农业生产导致的废水不合理排放不断加剧,地下水中某些化学组分的含量持续升高,对区域地下水环境已经产生了明显的影响^[5-8].“三氮”化合物作为衡量地下水环境污染的重要指标,其浓度在洛阳市及其周边地区不同程度上已经呈现出上升的趋势^[9].因此,对洛阳市地下水化学组分及“三氮”浓度的分布特征进行分析研究,有助于保护和改善洛阳市地下水资源,为实现水资源可持续利用提供科学的依据.

1 研究区自然地理及水文地质概况

1.1 自然地理概况

洛阳盆地位于河南省西部黄河南岸,西起延秋、东至黑石关,呈北东—北东东向延伸近百公里,

南北宽约10余公里,伊、洛河贯流其间.洛阳市位于洛阳盆地的西部,西起新安—宜阳,东至偃师,北起孟津,南接伊川.重点研究区为伊洛河河谷平原西部区.

该区属于暖温带季风气候区,四季分明,冬季寒冷雨雪少,夏季炎热雨集中.多年平均气温为14.3℃,多年平均降水量545.98 mm,降水时空变化较大,一般集中在7、8、9三个月,约占全年降水量的50%,多年平均蒸发量为1 451.7 mm.

研究区属黄河流域的伊洛河水系,主要河流有洛河、伊河及洛河支流涧河等.主要干渠有中州渠、伊东渠等.

1.2 区域地质地貌及水文地质概况

洛阳市北靠邙山,南抵嵩山,西有小秦岭,中东部为伊洛河冲积平原,构成三面环山,向东敞开的箕形地貌.总体地势呈西高东低,南北高中间低,由中心至周边,地形渐次升高,由低到高地貌类型依次为伊洛河河谷平原区、黄土丘陵(台塬)区、基岩山区,且整体由西向东倾斜.

研究的主要对象为浅层地下水含水层组,在河谷平原区由全新统、上更新统冲洪积形成的一套砂卵石、粗砂砾石、中粗砂为主的粗颗粒地层,含水层厚度 30~50 m,在此之间无稳定的隔水层。伊洛河冲积平原区浅层地下水埋藏浅,水量丰富,亦是区内工农业用水的主要开采层;黄土丘陵区及山前冲洪积平原区由上更新统和中更新统黄土状粉土、砂砾石、砂卵石组成,含水类型以孔隙裂隙水和孔隙水为主,由于所处的地貌部位不同和含水层岩性的差

异,其透水性变化较大。

2 样品采集与测定分析

研究在洛阳市共布置 22 个采样点,采集地下水样品 22 组,基本覆盖了洛阳市及其周边地区。对铵根、硝酸根、亚硝酸根等显著人为污染因子及钾、钠、钙、镁、氯离子、硫酸根及碳酸根等宏量离子进行了采样分析,采样点的位置分布如图 1。

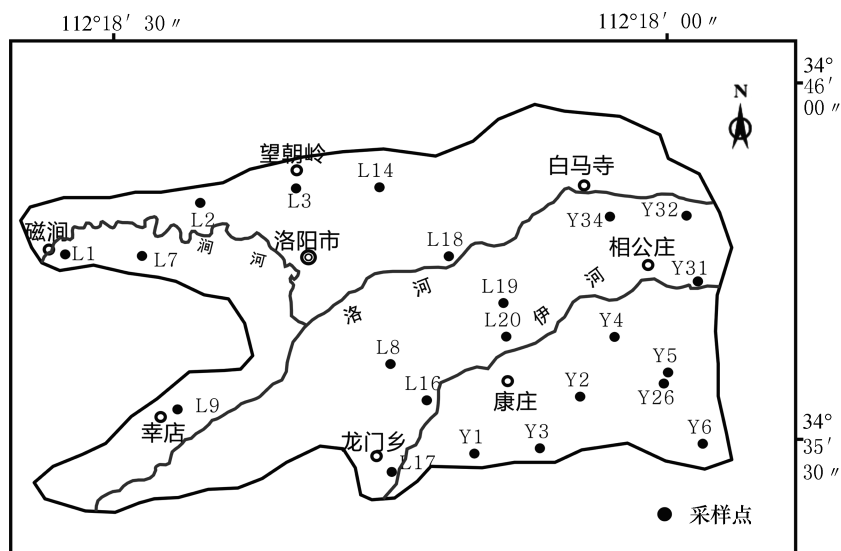


图 1 采样点分布示意图

Fig.1 Distribution of sampling sites

3 水化学类型分析

天然地下水的化学成分含量是在漫长的地质演化过程中逐渐累积的,其形成过程依据具体水文地质条件的不同,主要受所流经的岩石土体的种类和性质、补给水的特征以及水—岩相互作用等共同影响^[10]。

研究基于采集到的地下水样品数据,应用 Piper 三线图法,对洛阳市地下水化学类型进行了分析(图 2)。阳离子三角形中观测点的位置主要分布于左侧,Ca²⁺离子的含量居多,其次为 Mg²⁺;阴离子三角形中,水样点几乎全部位于最左侧,HCO₃⁻含量远高于其它阴离子。进一步结合菱形图中的水样点分布可得出,研究区内的水化学类型主要为HCO₃—Ca型,其次为 HCO₃—Mg 型;研究区矿化度在 205.64~889.49 mg/L 之间,总硬度在 172~573 mg/L 之间,

pH 为 7.0~7.9,为低矿化度、中性淡水。

4 浅层地下水中氮化物的分布特征及原因分析

4.1 研究区“三氮”浓度统计

洛阳市地区地下水中“三氮”的浓度以 NO₃⁻—N 为最高,其次为 NH₄⁺—N、NO₂—N(表 1)。22 个样品中 NO₃⁻—N 全部被检出,其浓度平均浓度为 10.65 mg/L,其中超标样品有 3 个,最高质量浓度达 42.45 mg/L。NO₂⁻—N 的检出率为 36.36%,其平均浓度为 0.013 mg/L,超标样品共有 2 个,最高浓度为 0.052 mg/L;地下水中 NO₂⁻—N 含量虽少,但由于其具有强致癌性,所以危害性较大。NH₄⁺—N 浓度的平均值为 0.022 mg/L,超标点样品有 1 个,最高值达 2.80 mg/L。

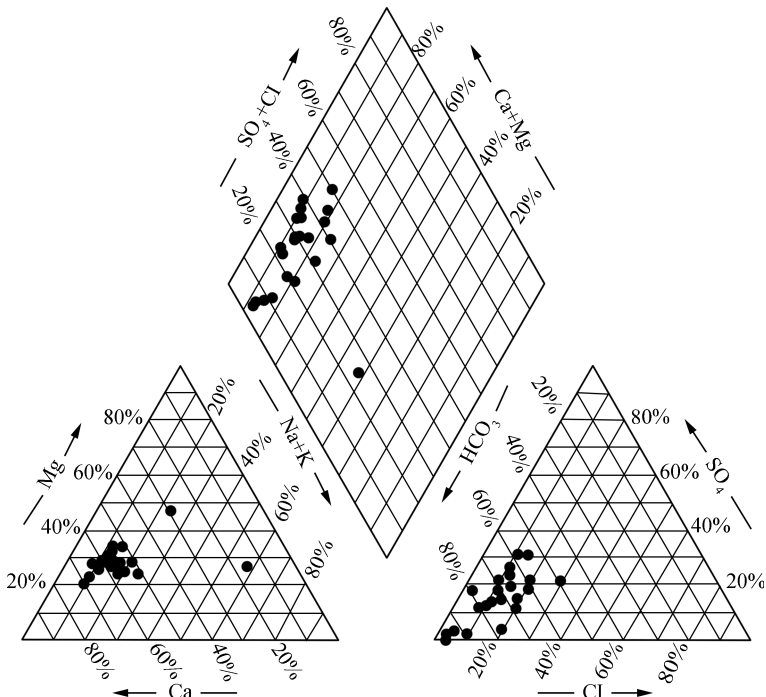


图 2 洛阳市地下水 piper 三线图

Fig.2 Piper trilinear nomograph of groundwater in Luoyang City

变异系数的大小在一定程度上能反映洛阳市地区“三氮”浓度质量分布在地域上的不均匀性和差异性.三者中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的变异系数最小,为 104.98%,反映出其浓度质量分布差异性相对较小; $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 的变异系数为 231.20%,其浓度分布的较为离散. $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的变异系数最高,达到 342.57%,在三者中属于强变异,具有明显的分散性,局部地区的浓度较高,对地下水水质的影响较大.

表 1 洛阳市 2009 年三氮检出结果

Tab.1 Nitrides detection result of Luoyang City in 2009

项目	最大值 (mg/L)	最小值 (mg/L)	平均值 (mg/L)	检出率 /%	变异系 数/%
$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	2.80	—	0.17	31.82	342.57
$\text{NO}_3^- - \text{N}$	42.45	0.60	10.65	100	104.98
$\text{NO}_2^- - \text{N}$	0.052	—	0.013	36.36	231.20

注:—代表未检出

4.2 地下水“三氮”浓度分布特征

(1)氨氮分析.研究区大部分地区氨氮的浓度低于 0.2 mg/L,符合地下水Ⅲ类水水质标准(GB/T 14848—93);浓度较高地区主要位于研究区东南部伊河的以南地带,其最高浓度达到 2.80 mg/L,呈现

出小区域的点状分布,在大范围上表现出南高北低的趋势(图 3).伊河沿岸多为农业种植区,氮肥的大量使用是导致氨氮含量升高的主要原因之一;此外,伊河南岸有多条引入伊河水的干渠常年对农田进行灌溉,目前干渠水(如伊东渠)亦遭到水质的污染.

从区域地下水流动特征来看,伊河南岸主要为黄土丘陵地带,处于地下水的径流区.在连续入渗条件下,水土系统中始终保持着一定的厌氧环境,进入地下水中氮化物多以氨氮形式存在和迁移,因而会表现出氨氮污染的特征.

(2)硝酸盐氮分析.硝酸盐氮浓度高的地区主要分布在研究区西南部的洛河沿岸地带,最高值出现在辛店,达到 40 mg/L 以上;此外,研究区中部洛河沿岸的部分区域以及研究区的东南部地区硝酸盐氮浓度也较高,均达到了 20 mg/L 以上,地下水中的硝酸盐氮浓度已超出地下水Ⅲ类水水质标准(图 4).

硝酸盐氮是浅层地下水的主要污染指标之一,整个研究区硝酸盐氮有多处地方超标,超标地区已占到整个区域的 30%左右,整个高值区主要分布在洛河沿岸以及伊河南部的工农业较为发达的地区,

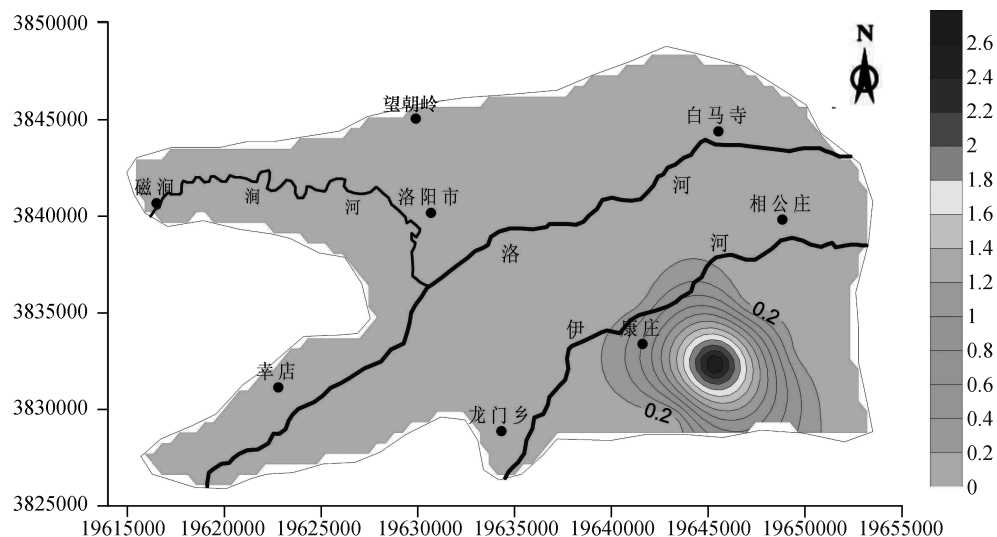


图3 地下水中氨氮浓度分布等值线图(mg/L)

Fig.3 Distributing chart of ammonia nitrogen(mg/L)

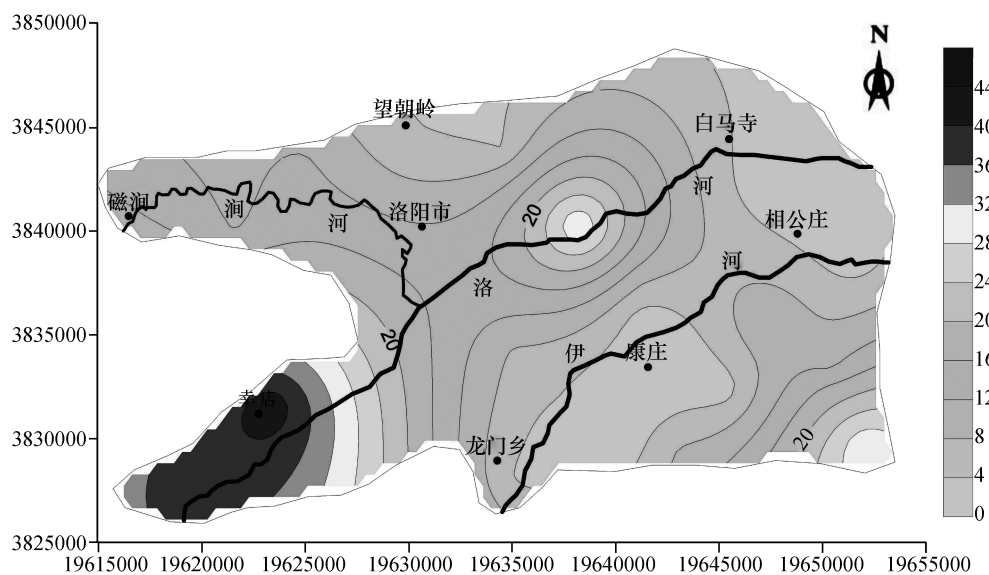


图4 地下水中硝酸盐氮浓度分布等值线图(mg/L)

Fig.4 Distributing chart of nitrate nitrogen(mg/L)

其余地区大部分硝酸盐氮的浓度也已接近阈值,具有超标的危险.出现最高值的辛店地区主要为农业种植区以及养殖区,受农业氮肥以及牲畜粪便污染的影响,导致地下水中硝酸盐氮的含量较高.此外,受到浅层土壤氧化还原条件的影响,在有氧环境中,地下水中的硝化细菌能够进一步氧化氨氮,也会导致地下水中硝酸盐氮的增多^[11].

(3)亚硝酸盐氮分析.亚硝酸盐氮浓度较高的地区主要集中分布在伊河南岸以及本区伊河入口处

的龙门乡以南,最高浓度位于康庄的东南边,浓度达到0.05 mg/L以上(图5).研究区亚硝酸盐氮的浓度分布与氨氮较为相似,均表现出南高北低的趋势;南部丘陵地带亚硝态氮浓度总体高于北部黄土丘陵及中部平原区.

与硝酸盐氮相比,地下水中亚硝酸盐氮很不稳定,其浓度范围在时间和空间分布上变化较大.总体上看,受地下水流动系统影响,平原区亚硝态氮浓度相对丘陵山区低,亚硝态氮较高浓度区呈现点状分布.

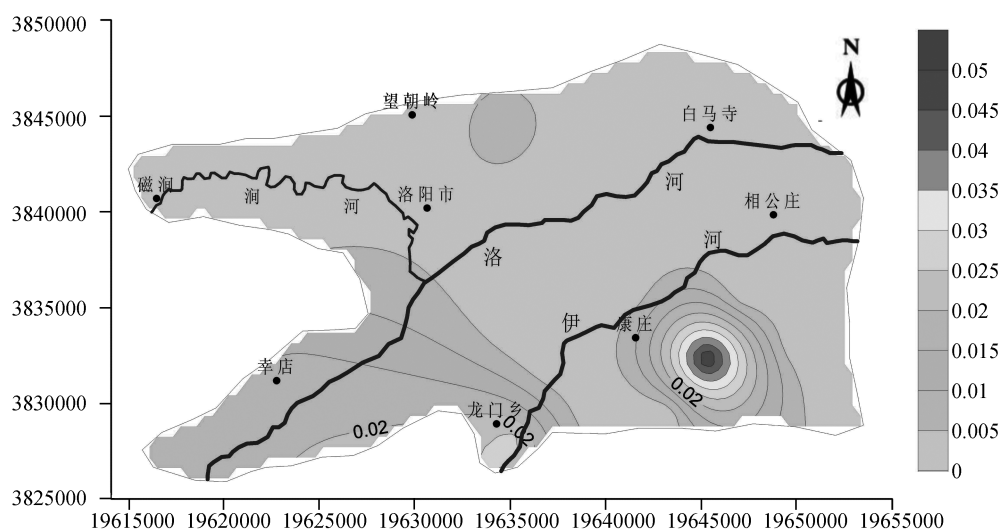


图 5 地下水中亚硝酸盐氮浓度分布等值线图 (mg/L)

Fig.5 Distributing chart of nitrate nitrogen (mg/L)

5 结 论

洛阳市地下水水化学类型主要为低矿化度的 $\text{HCO}_3\text{—Ca}$ 和 $\text{HCO}_3\text{—Mg}$ 型;在局部地区“三氮”浓度有所超标现象.其中,硝酸盐氮超标浓度和范围最为严重,最高浓度达到 42.45 mg/L,辛店地区农业及畜牧业污染是导致该地区硝酸盐氮超标的主要原因.氨氮和亚硝酸盐氮浓度最高值出现在伊河河畔及其以南地区,浓度分别高达 2.80 mg/L 和 0.052 mg/L.地下水氨氮、亚硝酸盐氮同时超标主要是受工农业含氮废水污染的影响.此外,长期的地质作用使得本区土壤岩层中积存有丰富的有机质,地下含水层通气性较差而呈现出一种还原条件,加之受农业和生活污染,导致局部地下水中氨氮、亚硝酸盐氮污染突出.

参考文献:

- [1] 王佳音,张世涛,王明玉,等.滇池流域大河周边地下水氮污染的时空分布特征及影响因素分析[J].中国科学院研究生院学报,2013,30(3): 339-346.
WANG Jia-ying, ZHANG Shi-tao, WANG Ming-yu, et al. Temporal and spatial distribution of groundwater nitrogen pollution and influence factors in Dahe river catchment in Dianchi watershed [J]. Journal of Graduate University of Chinese Academy of Sciences, 2013, 30(3): 339-346.
- [2] 董少刚,刘白薇,唐仲华.太原市地面沉降数值模拟[J].水资源保护,2010,26(6): 19-22.
- [3] 叶许春,张世涛,宋学良,等.昆明盆地浅层地下水氮的分布及污染机理[J].水土保持学报,2008(4): 185-188.
YE Xiu-chun, ZHANG Shi-tao, SONG Xue-liang, et al. Nitrogen Distribution and Pollution Mechanism of Fleet Layer Groundwater in Kunming Basin [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2008(4): 185-188.
- [4] Dong S G, Liu B W, Shi X L, et al. The spatial distribution and hydrogeological controls of fluoride in the confined and unconfined groundwater of Tuoketuo County, Hohhot, Inner Mongolia, China [J]. Environmental Earth Sciences, 2015, 74: 325 - 335.
- [5] Liu G D, Wu W L, Zhang J. Regional differentiation of non-point source pollution of agriculture-derived nitrate nitrogen in groundwater in northern China [J]. Agriculture, ecosystems & environment, 2005, 107(2): 211-220.
- [6] 浮海梅,金云霄.浅谈地下水硝酸盐污染[J].地下水, 2009, 31(3): 85-87.
FU Hai-mei, JIN Yun-xiao. Primary Discussion on Nitrate Contamination of Groundwater [J]. Groundwater, 2009, 31(3): 85-87.
- [7] 王现国,彭涛.洛阳市浅层孔隙地下水化学环境演化分析[J].人民黄河,2009(4): 58-60.
WANG Xian-guo, PENG Tao. The evolution analysis of Shallow pore groundwater chemical environment of Luoyang

- City[J].Yellow River,2009(4):58-60.
- [8] 乔 刚.洛阳市地下水环境动态特征分析[J].地下水,2014(3):74-75.
- QIAO Gang.Dynamic characteristics of the groundwater environment in Luoyang City[J].Groundwater,2014(3):74-75.
- [9] 李政葵,董绍勤,冯海波.偃师市地下水化学特征及氮化物浓度分布研究[J].湖南生态科学学报,2015 2(1):20-23.
- LI Zheng-kui, DONG Shao-qing, FENG Hai-bo. Study on Chemical Characteristic and Nitride Distribution of Groundwater in Yanshi city[J].Journal of Hunan Ecological Science,2015 2(1):20-23.
- [10] 高业新,王贵玲,刘花台,等.石羊河流域的水化学特征及其地表水与地下水的相互转化[J].干旱区资源与环境,2006,20(6):84-88.
- GAO Ye-xin, WANG Gui-ling, LIU Hua-tai, et al. Analysis of the Interaction Between the Unconfined Groundwater and Surface Water Based on the Chemical Information Along the Shiyang River, Northwestern China. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2006, 20(6):84-88.
- [11] 邱汉学,刘贯群.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:自然科学版,1997,27(4):533-538.
- QIU Han-xue, LIU Guan-qun. The circulation of nitrogen and groundwater pollution in Xin Dian area: case study [J]. Journal of Ocean University of QingdaoA: 1997, 27(4):533-538.

Research on Chemical Characteristics and Nitride Distribution of Shallow Groundwater in Luoyang City

DING Feng^{1,2}

(1.Land and Resources Department of Inner Mongolia,Huhhot 010020,China;2.College of Environment and Resources, Inner Mongolia University,Hohhot 010021,China)

Abstract: Through 22 groups of groundwater samples, hydrochemical and 3-nitrogen concentration distribution characteristics of shallow groundwater in Luoyang City were analyzed. Studies showed that groundwater in this area were mainly the $\text{HCO}_3\text{—Ca}$ water and $\text{HCO}_3\text{—Mg}$ water with low salinity; there is a big difference on 3-nitrogen concentration distribution in this area and its contents was out of limits in some regions; nitrate nitrogen concentration located in Xindian, southwest of Luoyang City was up to 42.45 mg/L; ammonia nitrogen were up to 2.80 mg/L and 0.52 mg/L respectively in the hilly banks of the Yihe River and south of the region, which were the peak values. 5figs., 1tabs., 11refs.

Keywords: groundwater; hydrochemical characteristics; 3-nitrogen; Luoyang City

Biography: DING Feng, male, born in 1975, Inner Mongolia, postgraduate, research field in hydrogeology and environmental geology