

梅林林, 朱大威. 江苏省苏南地区地下水环境质量评价及污染指标分析——以江苏省太仓市为例[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(5): 272–274. doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.05.071

江苏省苏南地区地下水环境质量评价及污染指标分析 ——以江苏省太仓市为例

梅林林², 朱大威¹

(1. 江苏省农业科学院, 江苏南京 210014; 2. 江苏省太仓市环境保护局, 江苏太仓 215400)

摘要:以江苏省太仓市为例, 对苏南地区地下水环境质量进行评价, 并分析其污染指标、超标原因及其空间分布。结果显示, 太仓市地下水水质达标率为 41.2%, 水质为Ⅳ类的点位比例为 37.2%, 水质为Ⅴ类的点位比例为 20.6%, 主要超标项目有总硬度、氨氮、硝酸盐和细菌总数, 主要受到生活污水、畜禽粪便、农业面源污染等人为活动的影响; 太仓市地下水水质评价结果达到“良好”级别的占 41.2%, “较差”级别的占 55.9%, “极差”级别的占 2.9%, 为垃圾填埋场监测井点位; 太仓市地下水综合评价分值 F 为 3.99, 整体水质情况“较好”。

关键词:太仓市; 地下水环境质量; 评价; 污染; 单项组分评价; 综合评价

中图分类号: X824 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)05-0272-03

我国是最早开采地下水的国家之一, 也是世界范围内地下水环境质量评价工作起步较晚的国家之一。我国水资源总量丰富, 但是人均水资源量却不足世界人均水量的 $1/4$ ^[1], 随着国民经济的发展, 以及人类对地下水需求的增多, 人类生产生活对地下水环境造成影响, 产生了一系列的环境问题。党的十八大提出将生态文明建设放在突出地位, 形成“五位一体”的中国特色社会主义事业总体布局, 把“美丽中国”作为生态文明建设的宏伟目标^[2]。江苏省苏南地区社会经济发展迅猛, 人口增长快, 由此引发的环境污染问题日益突出, 水质型缺水和水环境恶化已经制约了流域经济和社会的可持续性发展^[3]; 与此同时, 该地区水资源开发利用、水环境综合整治等方面均有较大投入, 对苏南地区开展地下水水质情况评价, 对于实现水资源可持续利用, 保障社会、经济与环境可持续发展具有十分重要的意义。

有关地下水的研究热点, 已从早期的地下水资源寻找与勘察、地下水资源量评价以及局限于水的用途和功能评价的水质评价, 转向环境影响、水质综合评价、污染机制等方面^[4]。地下水环境质量评价工作从单项指标到综合指数的计算, 从简单到复杂, 从数理统计到数学模型的建立, 从现状评价到趋势分析, 从室内模拟试验到现场大型试验逐步发展

起来。近年来, 国内外学者提出了多种水质评价方法, 如模糊综合评价法^[5]、灰色聚类法^[6]、神经网络法^[7-8]、内梅罗指数法^[9]、物元可拓法、主成分分析法以及投影寻踪法等, 它们各有优缺点, 均有待进一步考证和完善。本研究以江苏省太仓市为例, 开展地下水环境调查, 掌握地下水水质情况及区域特征分布, 科学合理地进行地下水环境质量评价, 以期政府地下水环境管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

太仓市隶属江苏省苏州市, 位于江苏省东南部, 长江口南岸 ($31^{\circ}20' \sim 31^{\circ}45'N$, $120^{\circ}58' \sim 121^{\circ}20'E$)。近年来太仓市水环境问题日益突出, 除长江外地表水受工业废水、生活污水、农业面源等污染严重, 已不能作为生活饮用水水源。目前, 该市城镇居民基本都饮用某大型水厂的自来水, 农村居民部分饮用自来水, 部分饮用地下水^[10]。太仓地区浅层地下水埋藏较浅, 水位埋深不超过 3 m。地表各种劣质水体的垂直渗透以及表层土壤的淋滤作用, 导致污染物容易进入地下水水体, 易造成浅层地下水被污染。

1.2 监测点位布设

根据太仓市域面积, 以 $5\text{ km} \times 5\text{ km}$ 的正方格作为 1 个基本网格单位划分网格, 以网格中心为原点, 就近选取常年使用的民井或生产井作为监测井, 均匀设置 26 个地下水环境质量监测点位。为重点了解涉及重金属污染排放企业、固废处置企业等重点污染区域对周边地下水质的影响, 在重点污染区

收稿日期: 2017-07-24

作者简介: 梅林林 (1980—), 男, 辽宁大连人, 硕士, 工程师, 研究方向为环境监测。E-mail: 20870187@qq.com。

通信作者: 朱大威, 硕士, 副研究员, 研究方向为农业政策与农业科技管理。E-mail: judeway@163.com。

[13] 曾希柏, 李菊梅. 中国不同地区化肥施用及其对粮食生产的影响[J]. 中国农业科学, 2004, 37(3): 387–392.

[14] 张智全, 黄高宝, 李广. 陇东耕地净第一性生产力与生态服务价值分析[J]. 中国沙漠, 2011, 31(6): 1516–1520.

[15] 马新辉, 孙根年, 任志远. 西安市植被净化大气物质质量的测定及其价值评价[J]. 干旱区资源与环境, 2002, 16(4): 83–86.

[16] Hwang S L, Yoon K S. Multiple attribute decision making[M]. Berlin: Springer-Verlag, 1992.

[17] 宋小青, 欧阳竹. 1999—2007 年中国粮食安全的关键影响因素[J]. 地理学报, 2012, 67(6): 793–803.

[18] 宋小青, 欧阳竹, 柏林川. 中国耕地资源开发强度及其演化阶段[J]. 地理科学, 2013, 33(2): 135–142.

域附近设置污染控制点位 8 个。综上,共设浅层水井监测点位 34 个。

1.3 地下水水质检测

现场检测项目:水位、pH 值、水温、色、嗅和味、浑浊度、肉眼可见物。

实验室检测项目:电导率、总硬度、总大肠菌群、细菌总数以及溶解性总固体、氯化物、硫酸盐铜、铁、锌、锰、挥发酚、高锰酸盐指数、阴离子合成洗涤剂、硝酸盐、氨氮、亚硝酸盐、氰化物、氟化物、汞、铅、镉、砷、六价铬、总铬、镍、六六六、滴滴涕、钠、钙、镁、钾的含量。

根据《地下水环境监测技术规范》(HJ/T 164—2004)和《水和废水监测分析方法(第 4 版)》^[11]进行采样、检测分析。

1.4 地下水环境质量评价方法

参照《地下水质量标准》(GB/T 14848—1993),采用单项组分评价和综合评价相结合的方法,对各监测点位的水质情况进行评价。该标准将地下水质量划分为 5 类。

1.4.1 单项组分评价法 单项组分评价法评价因子选择 27 个因子,即 pH 值、总硬度、溶解性总固体、硫酸盐、氯化物、铁、锰、铜、锌、挥发酚、阴离子合成洗涤剂、高锰酸盐指数、硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮、氟化物、氰化物、汞、砷、硒、铅、镉、六价铬、镍、六六六、滴滴涕、细菌总数。如果有一项指标值超过《地下水质量标准》(GB/T 14848—1993)Ⅲ类标准限值,就认为本监测点位超标。评价结果分为细菌总数参与评价和不参与评价 2 类。

1.4.2 综合评价法 综合评价法评价因子为单项组分评价法评价因子中不包括细菌总数的其他 26 项因子。首先评价各单项组分,确定组分所属质量类别。然后根据表 1 分别确定单项组分的评价分值 F_i ,再计算综合评价分值 F ,根据表 2 确定地下水水质等级,最后将细菌学指标评价类别注在级别定名之后。

F 值计算公式:

$$F = \sqrt{\frac{\bar{F}^2 + F_{\max}^2}{2}}; \tag{1}$$

$$\bar{F} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_i。 \tag{2}$$

式中: \bar{F} 为各单项组分评分值 F_i 的平均值; F_{\max} 为单项组分评分值 F_i 的最大值; n 为项数。

表 1 单项组分评价分值

类别	F_i
I	0
II	1
III	3
IV	6
V	10

表 2 地下水综合评分值与级别

F 值	级别
<0.80	优良
0.80~2.49	良好
2.50~4.24	较好
4.25~7.20	较差
>7.20	极差

1.4.3 区域地下水水质等级评价 区域地下水水质等级评价采用点位平均分 F 法,即首先在确定各监测点位的综合评价分值的基础上,然后计算区域各监测点位的算术平均综合评价分值,最后根据表 2 确定区域的地下水水质级别。

1.4.4 区域水质达标评价 采用单因子法评价地下水水质,即有一项指标值超过《地下水质量标准》(GB/T 14848—1993)Ⅲ类标准限值就认为本监测点位超标。评价区域内按达标率评价地下水的达标情况,计算方法为超标率=超标井数/监测井数×100%。

1.5 数据分析与统计

采用 SPSS 13.0 软件分析数据。当测定结果低于分析方法的最低检出浓度时,按 1/2 最低检出浓度值参加统计处理。

2 结果与分析

2.1 太仓市地下水环境质量评价

2.1.1 单项组分评价法 监测结果表明,在细菌总数指标参与评价的情况下,太仓市 34 个地下水监测点位中,没有点位水质达到 I 类或 II 类;水质达到Ⅲ类的点位有 6 个,地下水达标率为 17.6%;水质为Ⅳ类的点位有 20 个,占所有点位的 58.8%;水质为Ⅴ类的点位有 8 个,占所有点位的 23.5%。

在细菌总数指标不参与评价的情况下,太仓市 34 个点位中,没有点位水质达到 I 类或 II 类;水质达到Ⅲ类的点位有 14 个,地下水达标率为 41.2%;水质为Ⅳ类的点位有 13 个,占所有点位的 38.2%;水质为Ⅴ类的点位有 7 个,占所有点位的 20.6%。

2.1.2 综合评价法 根据综合评价法得出各监测井开采层地下水的综合评价分值 F_i ,再计算全市监测点位的综合评价分值均值 F ,对地下水水质等级进行定性评价。

太仓市地下水水质评价结果达到“良好”级别的点位有 14 个,占总监测点位的 41.2%;“较差”级别的点位有 19 个,占总监测点位的 55.9%;“极差”级别的点位有 1 个,占总监测点位的 2.9%,为垃圾填埋场监测井点位。

太仓市地下水综合评价分值 F 为 3.99,整体水质情况“较好”,其中民用井水质综合评价分值 F 为 3.89,整体水质情况“较好”;环境质量监测点位综合评价分值 F 为 3.73,整体水质情况“较好”;污染源监测点位综合评价分值 F 为 4.84,整体水质情况“较差”。

2.2 太仓市地下水污染分析

2.2.1 地下水超标指标分析 太仓市地下水污染物超标率统计见表 3。太仓市地下水的超标项目有高锰酸盐指数、总硬度、氨氮含量、挥发酚、阴离子洗涤剂含量、锰含量、溶解性总固体含量、细菌总数、硝酸盐含量、亚硝酸盐含量,共计 10 项。其中超标率最高为细菌总数,超标率达 64.7%;其次为总硬度,超标率达 41.2%;硝酸盐含量、氨氮含量指标的超标率也较高,分别为 17.6% 和 11.8%;溶解性总固体含量、高锰酸盐指数、亚硝酸盐含量、锰含量等 4 项指标各仅有 1 个点位超标。

2.2.2 地下水主要污染因子超标原因分析 本研究中,太仓市地下水细菌总数指标超标普遍,表明太仓市浅层地下水水质已经受到生活污水、畜禽粪便污染等人为活动的影响^[12]。水的硬度反映水中钙、镁等多价金属离子含量的总和,是

表 3 太仓市地下水超标指标超标率

指标	超标率(%)			
	总点位	民用井监 测点位	环境质量监 测点位	污染源监 测点位
高锰酸盐指数	2.9	—	—	12.5
总硬度	41.2	42.4	34.6	62.5
氨氮含量	11.8	9.1	11.5	12.5
挥发酚含量	8.8	6.1	7.7	12.5
阴离子洗涤剂含量	5.9	3.0	3.8	12.5
锰含量	2.9	—	—	12.5
溶解性总固体含量	2.9	3.0	3.8	—
细菌总数	64.7	63.6	61.5	75.0
硝酸盐含量	17.6	18.2	11.5	37.5
亚硝酸盐含量	2.9	—	—	12.5

评价水质优劣的重要指标之一。太仓市位于江苏省苏州地区的东北部,其东北部紧临长江,浅部广泛分布淤泥质粉质黏土层,富含钙、镁等元素,使得浅层地下水中总硬度偏高。但地下水硬度上升大多是由人类活动造成污染引起,工业废水、生活污水和固体垃圾渗滤液中可降解的有机物使地下水中 CO₂ 的平衡压力升高,离子交换作用和盐效应使地下水硬度升高;同时,大量超采地下水也会引起地下水硬度升高^[13]。

氨氮、亚硝酸盐氮和硝酸盐氮属无机氮,地下水中“三氮”的主要来源是生活污水、农田排水及含氮工业废水的排放。有机氮通过矿化作用形成 NH₄⁺,然后在土壤氨氧化菌和亚硝酸盐氧化菌的作用下,部分 NH₄⁺ 转化成 NO₂⁻ 和 NO₃⁻。在弥散和下渗水流作用下,NH₄⁺、NO₂⁻、NO₃⁻ 穿越土壤和包气带渗入到地下水中。由于 NH₄⁺ 易被土壤吸附,而 NO₃⁻ 有很强的移动能力,因此在下渗过程中,地下水中硝酸盐氮的污染较为突出。

2.2.3 地下水污染空间分析 本研究中,太仓市 34 个地下水监测点位的水质状况没有表现出明显的区域差异性和污染因子分布特征,表明太仓市浅层地下水主要受其周边生活污水、生活垃圾、畜禽粪便和农业面源等地表污染影响,而受地下水体中远距离迁移的污染物影响较小。

2.3 太仓市地下水环境质量变化分析

太仓市环境监测站 2005 年对太仓市农村 27 口饮用水井的监测显示,水质属“较差”级别的占 85%,其中 13 口浅水井的综合评分均值为 6.07,14 口深水井的综合评分均值为 6.41,全市地下水总体较差,且呈面状污染^[10]。与 2005 年的监测点位结果相比,本研究中 2013 年太仓市监测点位的地下水水质有了明显改善。

太仓市环境监测站 2005 年所监测的 27 口井中,超标项目有总大肠菌群、氨氮含量、硝酸盐氮含量、氯化物含量、铁含量和高锰酸盐指数。超标较严重的项目为总大肠菌群和氨氮含量,超标率分别为 100%、81.5%。其次为硝酸盐含量、铁含量,超标率分别为 29.6%、22.2%。本监测结果与之相比,

细菌总数、氨氮含量、硝酸盐含量等 3 项指标依然超标率较高,表明微生物和含氮污染物仍然是太仓市地下水的主要污染源。本研究发现,太仓市地下水总硬度超标率明显提高,说明太仓市浅层地下水受工业废水、生活污水、垃圾的影响,总硬度指标总体呈恶化趋势,与汪珊等对长江三角洲地区地下水环境质量评价的结果^[14]相一致。

3 结论

本研究表明,太仓市 34 个地下水点位中,没有点位水质达到Ⅰ类或Ⅱ类,地下水达标率为 41.2%,水质为Ⅳ类的点位的比例为 37.2%,水质为Ⅴ类的点位比例为 20.6%,主要超标项目有总硬度、氨氮含量、硝酸盐含量、细菌总数,主要受到生活污水、畜禽粪便、农业面源污染等人为活动的影响。太仓市地下水水质评价结果达到“良好”级别的占 41.2% ,“较差”级别的占 55.9% ,“极差”级别的占 2.9% ,为垃圾填埋场监测井点位。太仓市地下水综合评价分值 *F* 为 3.99,整体水质情况“较好”。

参考文献:

[1]李义松,陈昱晗. 转型背景下我国农业面源水污染防治立法实施路径[J]. 江苏农业科学,2015,43(3):441-443.

[2]丁金华,陈雅珏. 基于空间耦合的苏南水网乡村格局优化策略[J]. 江苏农业科学,2015,43(7):364-367.

[3]马 铤,吕伟娅,顾银海. 苏南农村农业面源污染的研究进展[J]. 江苏农业科学,2012,40(8):351-353.

[4]柴成繁. 天津市地下水质量评价及氟吸附研究[D]. 天津:天津大学,2006.

[5]罗焕炎,陈雨孙. 地下水运动的数值模拟[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1988:21-87.

[6]孙诤正. 地下水流的数值模型和数值方法[M]. 北京:地质出版社,1981:35-59.

[7]李凤全,林年丰. 神经网络和地理信息系统耦合方法在地下水水质评价中的应用[J]. 长春科技大学学报,2001,31(1):50-53.

[8]薛禹群,吴吉春. 面临 21 世纪的中国地下水模拟问题[J]. 水文地质工程地质,1999,26(5):1-3.

[9]朝 君,潘 颖,潘明杰. 内梅罗指数法在地下水水质评价中的应用及存在问题[J]. 环境保护科学,2002,28(1):45-47.

[10]桂烈勇. 太仓市农村地下饮用水水质调查与评价[J]. 环境与可持续发展,2006(2):42-44.

[11]国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 4 版. 北京:中国环境科学出版社,2002.

[12]赵新锋,曾松青,陈建耀,等. “珠三角”地区城市化对地下水水质影响案例研究[J]. 生态环境,2008,17(2):533-536.

[13]郭海丹,魏加华,王光谦. 地下水硬度升高机理研究综述[J]. 人民黄河,2011,33(6):52-55.

[14]汪 珊,孙继朝,李政红. 长江三角洲地区地下水环境质量评价[J]. 水文地质工程地质,2005,32(6):30-33.