

DOI:10.16788/j.hddz.32-1865/P.2019.01.010

引用格式:孙跃,刘中刚,侯香梦,等. 安徽合肥地区浅层地下水质量评价[J]. 华东地质,2019,40(1):74-80.

# 安徽合肥地区浅层地下水质量评价

孙跃<sup>1</sup>,刘中刚<sup>1</sup>,侯香梦<sup>1</sup>,周迅<sup>2</sup>

(1.安徽省地质调查院,合肥 230001;2.中国地质调查局南京地质调查中心,南京 210016)

**摘要:**对合肥地区浅层地下水取样分析,采用单因子评价法、分类指标评价法和综合评价法对浅层地下水质量进行评价。结果显示:可以直接饮用的地下水资源(I类水、II类水和III类水)占59.3%,经过适当处理可以饮用的地下水资源(IV类水)占30.5%,不能直接饮用的地下水资源(V类水)占10.2%。在地下水评价指标中,挥发性有机指标较好,毒性重金属指标和半挥发性有机指标次之,无机毒理指标和一般化学指标较差。影响地下水质量的化学组分主要为铁、锰、总硬度、溶解性总固体、氟、硫酸盐和钠+钾等无机组分,与人类活动相关的化学组分主要为氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐、六价铬、砷、铝、碘、氯化物等无机组分和苯并(a)芘等有机组分。影响地下水质量的原因主要为城市和乡镇工业污水、生活污水排放,农村农药、化肥使用及生活垃圾污染。

**关键词:**浅层地下水;地下水质量评价;合肥地区

**中图分类号:**X824

**文献标识码:**A

**文章编号:**2096-1871(2019)01-074-07

地下水是保障我国城乡居民生活用水、支持社会发展的重要战略资源,在维持生态系统安全和生态环境建设方面具有重要作用。安徽合肥地区生活用水以地表水为主,地下水开采程度低,利用前景广阔。随着城市的快速发展,合肥地区水资源需求量逐年攀升,作为补充和后备应急水源的地下水显得尤其重要,地下水质量和污染问题成为制约城市发展的重要因素。袁陈敏等<sup>[1]</sup>对合肥市区浅层地下水受洗衣粉和细菌污染现状进行了调查,认为旧城区井水均受阴离子合成洗涤剂(LAS)、氯化物和细菌不同程度的污染;储茵<sup>[2]</sup>对合肥市浅层地下水受硝酸盐氮的污染程度进行了分析,并提出相关的防治对策;张留喜等<sup>[3]</sup>、操基玉等<sup>[4]</sup>对合肥市农村生活饮用水卫生现状进行调查,发现肥西县、肥东县和长丰县浅层地下水已被细菌等微生物污染。以上研究仅对受人类活动影响明显的单一地下水组分进行污染调查,缺乏对地下水水质和污染调查评价的系统研究。

2006年,中国地质调查局在安徽省首次启动了

“安徽平原地区(淮河流域)地下水污染调查评价”项目,工作区覆盖宿州市、淮北市、亳州市、阜阳市、蚌埠市和淮南市<sup>[5-8]</sup>。2011年,中国地质调查局再次启动“东南地区主要城市地下水污染调查评价”项目,工作区包括安徽省合肥市、芜湖市、马鞍山市、铜陵市、安庆市和池州市以及福建省晋江市。本文是该项目的研究成果之一,主要采用单因子评价法、分类指标评价法和综合评价法,评价合肥地区浅层地下水质量,查明浅层地下水的水质和污染现状,为该区防治地下水污染、保障饮水安全提供参考。

## 1 水文地质概况

研究区范围为安徽省合肥地区,地理坐标为116°50′~117°40′ E,31°30′~32°10′ N,包括合肥市区、规划区(部分)、肥西县、肥东县、长丰县(部分)及地下水补给、供水相关的区域(图1),面积约2 570 km<sup>2</sup>。

合肥地区属于北亚热带湿润季风气候,多年平

\* 收稿日期:2018-02-26 修订日期:2018-06-22 责任编辑:谭桂丽

基金项目:中国地质调查局“东南地区主要城市地下水污染调查评价(编号:1212011121169)”项目资助。

第一作者简介:孙跃,1987年生,男,工程师,主要从事水工环地质勘查及研究工作。

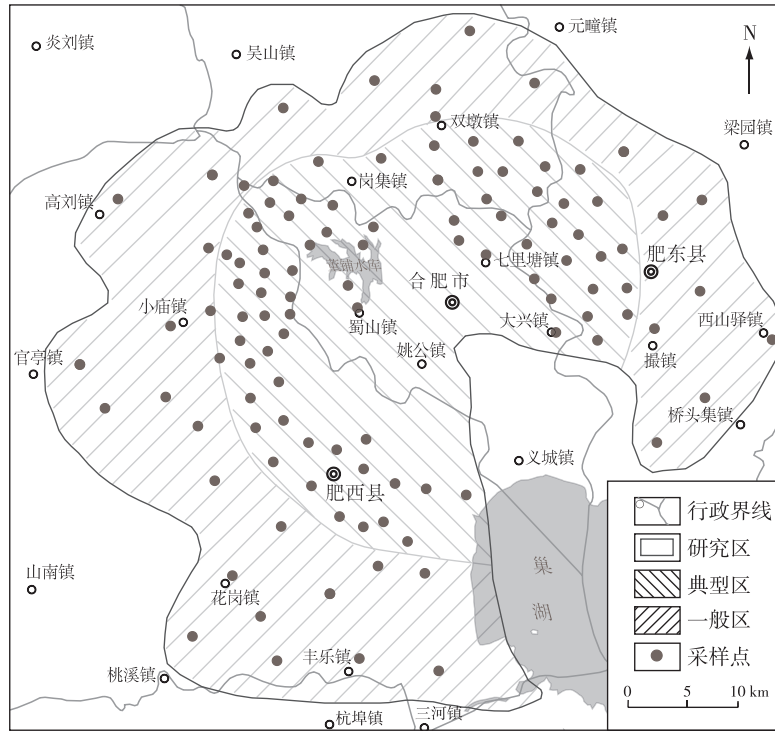


图 1 研究区范围及采样点分布图

Fig. 1 Map showing the coverage and sampling positions of the study area

均降水量为 995.2 mm,7 月降水最多,12 月降水最少;多年平均蒸发量为 1 760 mm,6—8 月蒸发最强,12 月—次年 2 月蒸发最弱;多年平均气温为 15.7℃,多年平均相对湿度为 76%~79.5%。

研究区位于江淮波状平原地区,地形标高为 +6~+282 m,地貌类型为平原和丘陵,浅层含水岩组主要由全新世芜湖组(Qh<sub>w</sub>)和晚更新世下蜀组(Qp<sup>3</sup><sub>x</sub>)亚黏土、亚砂土、粉砂和细砂组成。地下水一般为潜水,局部微承压,厚度一般为 10~30 m;水位埋深随地形起伏相差较大,一般为 0.3~6.9 m;单井涌水量为 1~1 000 m<sup>3</sup>/d,杭埠河两岸河漫滩区最富水(图 2)。地下水化学类型大部分为溶解性总固体<1 g/L 的 HCO<sub>3</sub>-Ca·Mg 型水<sup>[9]</sup>。

## 2 取样与测试

以“先调查,后采样”为原则,在对土地利用类型、污染源分布、水文地质条件、地下水开发利用情况调查的基础上,在研究区进行机民井分布与使用情况普查。一般地段的观测点数量为 6~8 个/100 km<sup>2</sup>,典型地段的观测点数量为 40~50 个/100 km<sup>2</sup>,共调查观测民井 253 口。平均布点,选择具有代表性的井

点作为采样点。一般工作区浅层地下水采样密度为 3~4 组/100 km<sup>2</sup>,典型地段采样密度为 10~20 组/100 km<sup>2</sup>,其中有机样和无机样比例为 1:1。样品野外采集和室内测试严格按照《DD2008-01 地下水污染地质调查评价规范》<sup>[10]</sup>执行,共采集地下水样品 118 组(图 1,表 1)。

表 1 无机样品与有机样品采集情况

Table 1 Statistics of inorganic and organic samples

测试指标	采样容器	容量/mL	数量/瓶	保存方法
无机指标	塑料瓶	2 500	1	原样保存
	塑料瓶	1 000	1	加入 10 mL 硝酸(50%浓度)
	磨口玻璃瓶	1 000	1	加入氢氧化钠至溶液饱和
	塑料瓶	380	1	加入 12.5 mL 浓硝酸、2.5 mL 重铬酸钾溶液(5%浓度)
有机指标	棕色玻璃瓶	1 000	1	原样 4℃保存
	棕色玻璃瓶	40	2	加入 4 滴浓盐酸,4℃保存

在平水期进行采样,将每天采集的样品编排为一批次及时送样测试,样品运输使用保温箱和冰块



标评价和综合评价<sup>[12-15]</sup>。单指标评价参照各参评指标级别限值确定地下水质量类别,不同类别指标限值相同时,从优不从劣;分类指标评价将地下水指标按一般化学指标、无机毒理指标、毒性重金属指标、挥发性有机指标和半挥发性有机指标划分为 5 类(表 2),分别采用各类参评指标对地下水进行分类指标质量评价;综合评价按等级最差单指标的质量等级确定,从劣不从优。

表 2 分类指标地下水质量评价划分  
Table 2 Groundwater quality evaluation by classification index

类别	数量/项	名称
一般化学指标	14	pH、铁、锰、铜、锌、铝、氯化物、硫酸盐、总硬度、溶解性总固体、耗氧量、氨氮、钠+钾、硒
无机毒理指标	4	碘化物、氟化物、硝酸盐、亚硝酸盐
毒性重金属指标	5	砷、镉、六价铬、铅、汞
挥发性有机指标	23	三氯甲烷、四氯化碳、1,1,1-三氯乙烷、三氯乙烯、四氯乙烯、二氯甲烷、1,2-二氯乙烷、1,1,2-三氯乙烷、1,2-二氯丙烷、溴仿、溴二氯甲烷、一氯二溴甲烷、氯乙烯、1,1-二氯乙烯、1,2-二氯乙烯、氯苯、邻二氯苯、对二氯苯、苯、甲苯、乙苯、二甲苯、苯乙烯
半挥发性有机指标	10	总六六六、 $\gamma$ -BHC(林丹)、总滴滴涕、六氯苯、七氯、苯并(a)芘、萘、蒽、荧蒽、苯并(b)荧蒽

4 评价结果

根据浅层地下水质量分类指标及综合评价结果(表 3),合肥地区浅层地下水质量总体一般,可以直接饮用的地下水资源(I 类水、II 类水和 III 类水)占 59.3%,经过适当处理可以饮用的地下水资源(IV 类水)占 30.5%,不能直接饮用的地下水资源(V 类水)占 10.2%。

由表 3 可知,地下水的有机指标好于无机指标,其中挥发性有机指标最好,I 类水、II 类水和 III 类水挥发性有机指标达 100%。毒性重金属指标和半挥发性有机指标较好,I 类水、II 类水和 III 类水毒性重金属指标达 97.5%,IV 类水毒性重金属指标为 2.5%,无 V 类水;I 类水、II 类水和 III 类水半挥发性有机指标达 95.8%,IV 类水半挥发性有机指标为 4.2%,无 V 类水。无机毒理指标一般,I 类水、II 类水和 III 类水无机毒理指标为 81.3%,IV 类水无机毒理指标为 10.2%,V 类水无机毒理指标为

8.5%。一般化学指标最差,I 类水、II 类水和 III 类水一般化学指标为 72.9%,IV 类水一般化学指标为 22.0%,V 类水一般化学指标为 5.1%。

表 3 合肥地区浅层地下水质量分类指标及综合评价结果统计

Table 3 Statistics of classification index and comprehensive evaluation results of shallow groundwater quality in the Hefei area

评价指标	I、II、III 类/%	IV 类/%	V 类/%
一般化学指标	72.9	22.0	5.1
无机毒理指标	81.3	10.2	8.5
毒性重金属指标	97.5	2.5	0
挥发性有机指标	100.0	0	0
半挥发性有机指标	95.8	4.2	0
综合评价	59.3	30.5	10.2

从浅层地下水质量单指标评价结果(表 4)可知,对合肥地区浅层地下水质量具有决定性的超标(III 类水以下)化学组分主要为“三氮”(氨氮、硝酸盐和亚硝酸盐)、六价铬、砷、铝、碘、氯化物、铁、锰、总硬度、溶解性总固体、氟、硫酸盐、钠+钾等无机组分和苯并(a)芘等微量有机组分。

5 讨 论

5.1 地下水化学组分超标原因

对比超标元素与地下水环境背景值,确定地下水化学组分超标的原因<sup>[16-17]</sup>。采用合肥地区浅层地下水水质数据计算各项组分的背景值<sup>[9,18]</sup>,对于早期未分析的指标,参考《GB/T14848—2007 地下水质量标准》<sup>[11]</sup>,按照 II 类水上限确定(表 5)。

由表 5 可知,影响合肥地区浅层地下水质量的天然化学组分主要为铁、锰、总硬度、溶解性总固体、氟、硫酸盐、钠+钾等无机组分,由原生地质环境引起;与人类活动影响相关的化学组分主要为“三氮”(氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐)、六价铬、砷、铝、碘、氯化物等无机组分和苯并(a)芘等微量有机组分。

5.2 影响地下水质量的原因

本次地下水质量评价结果显示,空间分布上,合肥地区浅层地下水质量较差点多出现于城市开发区、城乡结合部以及乡镇人口和工业集中区。将与人类活动相关的地下水组分与野外调查获得的污染源分布情况进行对比,发现影响地下水质量的原因为以下 5 个方面。

表 4 合肥地区浅层地下水质量单指标评价结果统计

Table 4 Statistics of single factor evaluation results of shallow groundwater quality in the Hefei area

无机指标/%				有机指标/%			
评价指标	I、II、III类	IV类	V类	评价指标	I、II、III类	IV类	V类
PH 值	100.00	0	0	三氯甲烷	100.00	0	0
铝	99.15	0.85	0	四氯化碳	100.00	0	0
铁	93.22	5.93	0.85	1,1,1-三氯乙烷	100.00	0	0
锰	90.68	9.32	0	三氯乙烯	100.00	0	0
铜	100.00	0	0	四氯乙烯	100.00	0	0
锌	100.00	0	0	二氯甲烷	100.00	0	0
氯化物	94.07	2.54	3.39	1,2-二氯乙烷	100.00	0	0
硫酸盐	99.15	0	0.85	1,1,2-三氯乙烷	100.00	0	0
总硬度	84.75	11.86	3.39	1,2-二氯丙烷	100.00	0	0
溶解性总固体	94.92	4.24	0.85	溴二氯甲烷	100.00	0	0
耗氧量	100.00	0	0	一氯二溴甲烷	100.00	0	0
钠+钾	95.76	3.39	0.85	溴仿	100.00	0	0
碘化物	97.46	1.69	0.85	氯乙烯	100.00	0	0
氨氮	99.15	0	0.85	1,1-二氯乙烯	100.00	0	0
亚硝酸盐	96.62	3.39	0	1,2-二氯乙烯	100.00	0	0
硝酸盐	88.99	4.24	6.78	氯苯	100.00	0	0
氟离子	96.62	2.54	0.85	邻二氯苯	100.00	0	0
六价铬	99.15	0.85	0	对二氯苯	100.00	0	0
砷	98.30	1.69	0	三氯苯	100.00	0	0
汞	100.00	0	0	苯	100.00	0	0
镉	100.00	0	0	甲苯	100.00	0	0
硒	100.00	0	0	乙苯	100.00	0	0
铅	100.00	0	0	苯乙烯	100.00	0	0
				总六六六	100.00	0	0
				γ-BHC	100.00	0	0
				总滴滴涕	100.00	0	0
				六氯苯	100.00	0	0
				七氯	100.00	0	0
				苯并(a)芘	95.76	4.24	0
				蒽	100.00	0	0
				苯并[b]荧蒽	100.00	0	0
				荧蒽	100.00	0	0

(1)城市开发区工业企业集中,城乡结合部排污管网配套不健全,工业污水和生活污水排放造成地下水污染。厂企多为点状污染,排放的污染物集中且浓度高,对地下水的影响巨大。

(2)乡镇工业园区工厂粗放式排污,污水先进入附近塘河湖,后经入渗污染地下水。乡镇企业具有生产集中、影响局部和防污意识差等特点,易导致周边地区地下水重金属污染和有机污染。

(3)乡镇生活垃圾填埋场选址不当,且无任何

防渗措施,仅为简单随意堆放和填埋,垃圾渗滤液下渗污染地下水。调查发现,许多乡镇生活垃圾场选在地下水补给源区或地表水上游流域,且多数建场时未做防渗处理。

(4)农村生活污水随意排放和生活垃圾随意堆置造成地下水污染。调查发现,农村生活垃圾、牲畜粪便处置随意,村中的坑塘被作为垃圾堆放池使用,是造成农村地下水污染主要原因之一。

(5)农业化肥和农药的大量使用导致地下水面



表 5 合肥地区浅层地下水超标元素与环境背景值对比  
Table 5 Comparison of superscalar elements and environment background value of shallow groundwater in the Hefei area

超标元素	背景值/ ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	实测值/ ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	超标原因
铁	0.03~17.6	0.05~2.18	原生地质环境
锰	0.05~0.84	0.000 7~0.536 1	原生地质环境
硫酸盐	1.0~250	2.57~175.10	原生地质环境
总硬度	92.58~732.26	144.3~606.1	原生地质环境
溶解性总固体	110~1 560	266~1 444	原生地质环境
钠+钾	12.75~282.72	31.22~227.90	原生地质环境
氟化物	0.14~1.42	0.15~0.67	原生地质环境
氨氮	0.02~0.05	0.02~2.00	人类活动
亚硝酸盐	0.003~0.02	0.003~0.265 2	人类活动
硝酸盐	0.04~10.00	0.27~228.47	人类活动
六价铬	0.01	0.003 2~0.061 0	人类活动
砷	0.01	0.000 4~0.011 8	人类活动
铝	0.05	0.001 7~0.408 2	人类活动
氯化物	1.75~224.10	11.9~541.2	人类活动
碘化物	0.04	0.01~0.25	人类活动
苯并(a)芘	$1.7\times 10^{-3}$	0.001 8~0.033	人类活动

状污染。化肥的不合理施用导致地下水三氮污染,农药的大量使用造成地下水有机污染,本次调查中苯并(a)芘有机组分的超标即与农药相关。

## 6 结 论

(1)合肥地区浅层地下水质量总体一般,可以直接饮用的地下水资源(I类水、II类水和III类水)占 59.3%,经过适当处理可以饮用的地下水资源(IV类水)占 30.5%,不能直接饮用的地下水资源(V类水)占 10.2%。

(2)合肥地区地下水的有机指标好于无机指标,挥发性有机指标较好,毒性重金属指标和半挥发性有机指标次之,无机毒理指标和一般化学指标较差。

(3)影响合肥地区浅层地下水质量的天然化学组分主要为铁、锰、总硬度、溶解性总固体、氟、硫酸盐、钠+钾等无机组分,与人类活动影响相关的主要为“三氮”(氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐)、六价铬、砷、铝、碘、氯化物等无机组分和苯并(a)芘等微量有机组分。影响地下水质量的原因主要为城市和乡镇工业污水、生活污水排放,农村农药、化肥的使用以及生活垃圾污染。

## 参考文献

- [1] 袁陈敏,李晓淳,陈月珍,等.合肥市区浅层地下水(井水)受洗衣粉和细菌污染的调查[J].安徽医科大学学报,1985,20(3):16-17.
- [2] 储茵.合肥市地下水硝酸盐氮污染程度及其防治对策的研究[J].安徽农业大学学报,2001,28(1):98-101.
- [3] 张留喜,操基玉,孙锋,等.合肥地区农村生活饮用水卫生现状调查[J].中国卫生工程学,2005,4(6):338-341.
- [4] 操基玉,张留喜,孙锋,等.合肥农村不同水系地区井水卫生学调查[J].环境与健康杂志,2006,23(4):331-333.
- [5] 徐小磊.淮河流域(安徽段)地下水污染调查评价与防治对策研究[J].安徽地质,2007,17(2):128-134.
- [6] 杨佩明,杨则东,吴成尧,等.亳州市涡河沿岸地下水污染调查成果评价[J].安徽地质,2009,19(4):287-290.
- [7] 朱学群,林桂香,蒋艳娇.安徽省沱河沿河地区地下水水质现状[J].安徽地质,2013,23(2):146-149.
- [8] 王晓明,王璐璐,吴泊人,等.安徽淮北平原浅层地下水硝酸盐分布特征及污染源分析[J].安徽地质,2013,23(2):142-145.
- [9] 安徽省地质矿产局第一水文地质工程地质队.合肥幅 1:20万水文地质普查报告[R].1981:38-78.
- [10] 中国地质调查局. DD2008-01 地下水污染地质调查评价规范[S]. 北京:中国地质调查局,2008.
- [11] 中国地质调查局,水利部水文局,中国地质科学院水文地质环境地质研究所,等.GB/T 14848—2007 地下水质量标准[S].
- [12] 白玉娟,殷国栋.地下水水质评价方法与地下水研究进展[J].水资源与水工程学报,2010,21(3):115-119.
- [13] 文冬光,林良俊,孙继朝,等.中国东部主要平原地下水质量与污染评价[J].地球科学:中国地质大学学报,2012,37(2):220-228.
- [14] 张兆吉,费宇红,郭春艳,等.华北平原区域地下水污染评价[J].吉林大学学报(地球科学版),2012,42(5):1456-1461.
- [15] 文冬光,林良俊,孙继朝,等.区域性地下水有机污染调查与评价方法[J].中国地质,2008,35(5):815-819.
- [16] 周锴锷,王赫生,龚建师,等.淮河流域平原区浅层地下水铁锰分布特征及原因浅析[J].资源调查与环境,2014,35(2):147-151.
- [17] 刘林,周迅,叶永红.基于多元统计分析的浅层地下水受人为活动影响表征性指标筛选[J].资源调查与环境,2014,35(4):305-310.
- [18] 杨则东,彭玉怀,杨佩明,等.淮河流域(安徽段)环境地质调查研究[M].北京:地质出版社,2013:66-104.

## Quality assessment for shallow groundwater in the Hefei area, Anhui Province

SUN Yue<sup>1</sup>, LIU Zhong-gang<sup>1</sup>, HOU Xiang-meng<sup>1</sup>, ZHOU Xun<sup>2</sup>

(1. *Geological Survey of Anhui Province, Hefei 230001, China;*

2. *Nanjing Center, China Geological Survey, Nanjing 210016, China*)

**Abstract:** Quality of shallow groundwater sampled from the Hefei area was assessed using single factor evaluation method, classification index evaluation method and comprehensive evaluation method. The results show that groundwater suitable for drinking directly (I—III level) accounts for 59.3%, the groundwater after proper treatment (IV level) for 30.5%, and the groundwater not suitable for drinking (V level) for 10.2%. Among all the assessment indices, volatile organic matter show better indication, followed by toxic heavy metal index and semi-volatile organic index. The inorganic toxicology index and the general chemical index are poor indicators. The natural chemical constituents affecting the quality of groundwater are iron, manganese, total hardness, total dissolved solid, fluorine, sulfate, sodium+potassium and other inorganic components. The chemical constituents related to human activities are inorganic components such as ammonia nitrogen, nitrate, nitrite, hexavalent chromium, arsenic, aluminum, iodine and chloride, and organic component such as benzopyrene. The main reasons affecting groundwater quality are urban and township industrial sewage, domestic sewage discharge, pesticides and fertilizers, and household garbage pollution.

**Key words:** shallow groundwater; groundwater quality assessment; Hefei area