调查研究
Investigation

# 上海市青浦区2014—2019年水源水水质状况

姚新民[a]，陈云[b]，沈燕[a]，李禹昕[a]，高红梅[b]，赵锦江[b]

上海市青浦区疾病预防控制中心 a. 理化检验科 b. 五大卫生科，上海 201799

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2021.20346

**摘要：**

**[背景]** 目前，上海市只有青浦区从淀山湖水系水源地和青草沙水库水源地同时取水。然而，对于这两大水源地水源水水质状况未见报道。

**[目的]** 评估青浦区3家集中式供水单位的水源水水质状况。

**[方法]** 收集青浦区2014年1月—2019年12月3家集中式供水单位93份水源水水质监测数据，比较超标检测项目。

**[结果]** 青浦区2014—2019年水源水中除氨氮及化学耗氧量（chemical oxygen demand，$COD_{Mn}$）超标外，其他污染物指标均无超标。A、B、C三家水厂水源水的氨氮质量浓度中位数（$P_{25}$~$P_{75}$）分别为0.16（0.10~0.24）、0.32（0.19~0.67）、0.31（0.20~0.50）mg·L$^{-1}$，超标率分别为2.6%、32.1%、22.2%；$COD_{Mn}$中位数（$P_{25}$~$P_{75}$）分别为1.83（1.66~2.04）、3.58（2.97~4.24）、3.76（2.97~4.15）mg·L$^{-1}$，超标率分别为5.3%、71.4%、74.1%。A水厂水源水氨氮、$COD_{Mn}$超标率均低于B、C水厂（均$P<0.016\,7$）。A水厂水源水氨氮浓度和$COD_{Mn}$低于B、C水厂（均$P<0.016\,7$）。按水文期分析，枯水期A水厂水源水氨氮浓度低于B、C水厂（$P$=0.004、$P$=0.013）。不同水文期A水厂水源水$COD_{Mn}$均低于B、C水厂（均$P<0.05$）。

**[结论]** 2014—2019年的监测数据表明，青浦区水源水主要受氨氮和$COD_{Mn}$污染，且青草沙水库水源水水质优于淀山湖周边水系。

**关键词：**青草沙水库；淀山湖；水源水；氨氮；耗氧量

**Source water quality from 2014 to 2019 in Qingpu District, Shanghai**

YAO Xinmin[a], CHEN Yun[b], SHEN Yan[a], LI Yuxin[a], GAO Hongmei[b], ZHAO Jinjiang[b] (a.Physical and Chemical Laboratory b.Public Health Department, Shanghai Qingpu District Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 201799, China)

**Abstract:**

**[Background]** At present, only Qingpu District in the city of Shanghai draws water from water systems around Dianshan Lake and Qingcaosha Reservoir at the same time. However, there is no report comparing the source water quality between them.

**[Objective]** This study evaluates the quality of source water of three centralized water supply plants in Qingpu District.

**[Methods]** The monitoring data on 93 samples of source water were collected from three centralized water supply plants from January 2014 to December 2019 in Qingpu District, and the unqualified items were compared.

**[Results]** Except for ammonia nitrogen and chemical oxygen demand ($COD_{Mn}$), other pollutant items did not exceed the national standard limits from 2014 to 2019 in Qingpu District. The ammonia nitrogen concentrations [$M$ ($P_{25}$-$P_{75}$)] in the source water of the three water plants A, B, and C were 0.16 (0.10-0.24), 0.32 (0.19-0.67), and 0.31 (0.20-0.50) mg·L$^{-1}$, respectively, and the corresponding unqualified rates were 2.6%, 32.1%, and 22.2%, respectively. The $COD_{Mn}$ concentrations [$M$ ($P_{25}$-$P_{75}$)] were 1.83 (1.66-2.04), 3.58 (2.97-4.24), and 3.76 (2.97-4.15) mg·L$^{-1}$, respectively, and the unqualified rates were 5.3%, 71.4%, and 74.1%, respectively. The unqualified rates of ammonia nitrogen and $COD_{Mn}$ in the source water of water plant A were lower than those of plants B and C ($P<0.016\,7$). The concentrations of ammonia nitrogen and $COD_{Mn}$ in source water of water plant A were lower than those of plants B and C ($P<0.016\,7$). Regarding hydroperiod, in low flow period the level of ammonia nitrogen in the source water of water plant A was lower than those of plants B and C ($P$=0.004, $P$=0.013). In low, level, and high

**作者简介**
姚新民（1981—），男，硕士，主管医师；
E-mail：lookxmyao@163.com

**通信作者**
赵锦江，E-mail：qpbgs@126.com

**伦理审批** 不需要
**利益冲突** 无申报
**收稿日期** 2020-07-12
**录用日期** 2021-01-04

**文章编号** 2095-9982(2021)02-0148-04
**中图分类号** R123.2
**文献标志码** A

**▸引用**
姚新民，陈云，沈燕，等.上海市青浦区2014—2019年水源水水质状况[J].环境与职业医学，2021，38(2)：148-151.

**▸本文链接**
www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2021.20346

**Correspondence to**
ZHAO Jinjiang, E-mail: qpbgs@126.com

**Ethics approval** Not required
**Competing interests** None declared
**Received** 2020-07-12
**Accepted** 2021-01-04

**▸To cite**
YAO Xinmin, CHEN Yun, SHEN Yan, et al. Source water quality from 2014 to 2019 in Qingpu District, Shanghai[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2021, 38(2): 148-151.

**▸Link to this article**
www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2021.20346

flow periods, the levels of $COD_{Mn}$ in the source water of water plant A were all lower than those of plants B and C ($P<0.05$).

**[Conclusion]** The monitoring data of 2014 to 2019 reveal that the outstanding source water pollutants in the region are ammonia nitrogen and $COD_{Mn}$, and the source water quality of Qingcaosha Reservoir is better than that of the water system around Dianshan Lake.

**Keywords:** Qingcaosha Reservoir; Dianshan Lake; source water; ammonia nitrogen; chemical oxygen demand

青浦区地处上海市西郊，太湖下游，黄浦江上游。目前，全区共有三个水厂（A、B、C）和两个水源地（淀山湖水系水源地和青草沙水库水源地），其中B水厂水源水来自淀山湖附近的金泽水库，C水厂水源水来自淀山湖下游的太浦河，两者都属于淀山湖周边水系。近年来，淀山湖富营养化水平严重，湖泊中氮、磷负荷过大是造成湖泊富营养化的主要原因[1-2]。为改善饮用水水质，确保居民饮用水安全，2012年，位于青浦区大虹桥地区的A水厂完成水源水切换，引入来自青草沙水库的长江水源水。目前全市只有青浦区从这两个水源地同时取水，但未见对两者水质的报道。本研究拟通过分析青浦区2014—2019年3家集中式供水单位的水源水水质，为持续改善区域内集中式供水水质提供数据支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 水样采集

2014年1月—2019年12月枯水期（12月—次年3月）、平水期（4—5月、10—11月）和丰水期（6—9月）在青浦城区三家水厂取水点各设1个水源水监测点，其中A水厂在枯水期、平水期和丰水期分别采集13、13、12份水样；B水厂分别采集9、10、9份水样；C水厂分别采集9、8、10份水样。采样、保存、运输按GB/T 5750—2006《生活饮用水标准检验方法》执行。共收集水样93份。

### 1.2 检测项目

臭和味、肉眼可见物、色度、浑浊度、总硬度、溶解性总固体、pH值、阴离子合成洗涤剂、挥发性酚类、铅、铁、锰、铝、汞、氨氮、亚硝酸盐（以氮计）、硝酸盐（以氮计）、化学耗氧量（chemical oxygen demand，$COD_{Mn}$）、三氯甲烷、四氯化碳、总大肠菌群、菌落总数、氯化物、硫酸盐、砷、氟化物、铜、锌、铬（六价）、镉、硒、氰化物，共32项。

### 1.3 检测与评价

水样按照GB/T 5750—2006《生活饮用水标准检验方法》和GB 5749—2006《生活饮用水卫生标准》进行检测和评价；其中水源水氨氮质量浓度>0.5 mg·L$^{-1}$，耗氧量>3.0 mg·L$^{-1}$视为超标。

### 1.4 统计学分析

采用Excel 2010软件构建数据库，结果用最小值、第25百分位数（$P_{25}$）、中位数、第75百分位数（$P_{75}$）、最大值表示，计算各指标的超标率，并使用SPSS 19统计软件进行统计分析。使用Fisher精确检验比较不同水源水中氨氮超标率的差异，使用Pearson卡方检验比较$COD_{Mn}$超标率的差异，两两比较采用Bonferroni校正。使用Kruskal-Wallis秩和检验比较不同水文期三个水源水中检测指标的差异，任意两个水源水之间的比较采用Mann-Whitney $U$检验。检验水准$\alpha$=0.05。Bonferroni法调整的$\alpha$=0.016 7。

## 2 结果

### 2.1 总体污染状况

青浦区2014—2019年A、B、C三家水厂水源水的氨氮质量浓度中位数（$P_{25}$~$P_{75}$）分别为0.16（0.10~0.24）、0.32（0.19~0.67）、0.31（0.20~0.50）mg·L$^{-1}$，超标率分别为2.6%、32.1%、22.2%；$COD_{Mn}$中位数（$P_{25}$~$P_{75}$）分别为1.83（1.66~2.04）、3.58（2.97~4.24）、3.76（2.97~4.15）mg·L$^{-1}$，超标率分别为5.3%、71.4%、74.1%。除氨氮及$COD_{Mn}$超标外，其他污染物指标均无超标。因此本研究仅对氨氮及$COD_{Mn}$进行分析（表1）。

### 2.2 不同水源水中氨氮、$COD_{Mn}$比较

2014—2019年青浦区三家水厂水源水中氨氮、$COD_{Mn}$超标率不全相同（$P$=0.002，$P<0.001$）。经两两比较发现，A水厂水源水中氨氮、$COD_{Mn}$超标率低于B、C水厂（均$P<0.016\,7$），而B水厂和C水厂之间差异没有统计学意义。不同水源水中氨氮浓度、$COD_{Mn}$差异有统计学意义（$H$=19.89，$P<0.001$；$H$=56.32，$P<0.001$）。经两两比较发现，A水厂水源水中氨氮浓度、$COD_{Mn}$低于其他两家水厂（均$P<0.016\,7$），B水厂和C水厂水源水中氨氮浓度差异无统计学意义。见表1。

表1 青浦区2014—2019年不同水源水中氨氮、$COD_{Mn}$总体情况

Table 1 Statistics of ammonia nitrogen and $COD_{Mn}$ in different source waters in Qingpu District from 2014 to 2019

| 水厂名称 | 水样数 | 氨氮 | | | | | | | $COD_{Mn}$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 最小值/(mg·L$^{-1}$) | $P_{25}$/(mg·L$^{-1}$) | 中位数/(mg·L$^{-1}$) | $P_{75}$/(mg·L$^{-1}$) | 最大值/(mg·L$^{-1}$) | 超标数 | 超标率/% | 最小值/(mg·L$^{-1}$) | $P_{25}$/(mg·L$^{-1}$) | 中位数/(mg·L$^{-1}$) | $P_{75}$/(mg·L$^{-1}$) | 最大值/(mg·L$^{-1}$) | 超标数 | 超标率/% |
| A | 38 | 0.01 | 0.10 | 0.16 | 0.24 | 1.25 | 1 | 2.6 | 1.23 | 1.66 | 1.83 | 2.04 | 3.60 | 2 | 5.3 |
| B | 28 | 0.06 | 0.19 | 0.32* | 0.67 | 2.74 | 9 | 32.1* | 1.88 | 2.97 | 3.58* | 4.24 | 7.40 | 20 | 71.4* |
| C | 27 | 0.13 | 0.20 | 0.31* | 0.50 | 1.43 | 6 | 22.2* | 1.88 | 2.97 | 3.76* | 4.15 | 7.44 | 20 | 74.1* |
| $\chi^2$ | | | | | | | | — | | | | | | | 41.34 |
| $P$ | | | | | | | | **0.002** | | | | | | | **<0.001** |

[注] *：与A水厂比较，$P$<0.0167。

## 2.3 不同水文期水源水中氨氮、$COD_{Mn}$比较

在枯水期，三家水厂水源水氨氮浓度差异有统计学意义（$H$=10.74，$P$=0.005）；在平水期和丰水期，则差异没有统计学意义。两两比较发现，枯水期A水厂水源水中氨氮浓度低于B水厂和C水厂（$P$=0.004、0.013），B水厂和C水厂水源水中氨氮浓度差异没有统计学意义。见表2。

在枯水期、平水期和丰水期水源水中$COD_{Mn}$差异均有统计学（$H$=20.34，$P$<0.001；$H$=17.03，$P$<0.001；$H$=12.34，$P$=0.002）。两两比较发现，在不同水文期A水厂水源水中$COD_{Mn}$均低于B水厂和C水厂（均$P$<0.05），而B水厂和C水厂之间差异没有统计学意义。见表2。

表2 青浦区2014—2019年不同水文期水源水中氨氮和$COD_{Mn}$情况

Table 2 Distribution of ammonia nitrogen and $COD_{Mn}$ in different source waters in different hydrological periods from 2014 to 2019

单位（Unit）：mg·L$^{-1}$

| 来源 | 枯水期 | | 平水期 | | 丰水期 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 氨氮 | $COD_{Mn}$ | 氨氮 | $COD_{Mn}$ | 氨氮 | $COD_{Mn}$ |
| A | 0.20 (0.12~0.25) | 1.91 (1.77~2.13) | 0.15 (0.07~0.22) | 1.80 (1.64~1.92) | 0.14 (0.08~0.25) | 1.62 (1.49~1.98) |
| B | 0.76 (0.38~1.92) * | 3.68 (2.98~4.58) * | 0.25 (0.14~0.42) | 3.58 (3.11~4.24) * | 0.26 (0.13~0.40) | 3.98 (3.46~4.45) * |
| C | 0.76 (0.24~0.89) * | 3.98 (3.62~4.68) * | 0.26 (0.18~0.34) | 3.82 (3.34~4.11) * | 0.26 (0.19~0.40) | 3.76 (3.50~4.76) * |

[注] *：与A水厂比较，$P$<0.05。

## 3 讨论

城市集中式供水的起点是取水点的水源水，在水处理工艺不变的情况下，水源水水质的优劣直接影响城市自来水水质。随着城市规模的扩大，水源地不可避免地受到附近工业和农业生产的影响，进而影响居民健康。

本研究通过对2014—2019年青浦区集中式供水单位的水源水水质进行分析发现，该地水源水水质污染指标是氨氮和$COD_{Mn}$，其他污染物指标稳定且均无超标。氨氮是天然水被人畜粪便等含氮有机物污染后，在有氧条件下经微生物分解形成的中间产物。水中氨氮浓度增高，表示新近可能有人畜粪便污染[3-4]。$COD_{Mn}$是指在规定条件下检测出水样中所含有可氧化物质的总量，水中可氧化物质主要是有机物，因此该指标在一定程度上反映水体中有机物的含量[5]。青浦区水源水污染指标主要是氨氮和$COD_{Mn}$，说明淀山湖水系和青草沙水库水源水污染主要受居民生活污水和农业生产废水的污染。

本研究结果显示，A水厂水源水氨氮浓度、$COD_{Mn}$低于B水厂和C水厂，表明总体上淀山湖水系附近的金泽水库和淀山湖下游的太浦河受氨氮、$COD_{Mn}$的污染较严重，青草沙水库水源水污染较轻。本研究结果还显示，枯水期A水厂水源水氨氮浓度低于B水厂和C水厂，而B水厂和C水厂水源水中氨氮没有差别；在平水期和丰水期，三家水厂水源水中氨氮分布差异没有统计学意义。在平水期和丰水期，地表径流给三大水源水都带来了大量含氮有机物的污染，加之平水期和丰水期温度高于枯水期，含氮有机物的分解也会增加，所以导致在这两个时期三家水厂的水源水中氨氮没有差别。在枯水期，属于内陆河水系的金泽水库和太浦河由于水量减少，氨氮浓度相应升高，而青草沙水库水源属于长江水源，可能受盐水入侵的不利影响[6]，水量并未大量减少，导致氨氮浓度较低。$COD_{Mn}$浓度在不同水文期都表现为A水厂水源水低于B水厂和C水厂，表明在不同水文期青草沙水库受有机物污染的程度较淀山湖周边水系轻，可能是因为淀山湖水

系周边人口众多，工农业生产、生活污水排放导致的有机物污染也更严重。

2014—2019年的监测数据表明，青浦区水源水主要受氨氮和$COD_{Mn}$污染，青草沙水库水源水水质优于淀山湖周边水系水源水。建议政府部门继续加大对淀山湖水系周边环境的整治力度，加强对水厂的卫生监督管理，提高水厂对氨氮、$COD_{Mn}$的处理工艺，改善出厂水水质，确保居民用水安全。

## 参考文献


[1] 成沔. 淀山湖年际水质评价及变化趋势分析[J]. 环境与发展，2019，31（7）：149-150.
CHENG M. Interannual water quality evaluation and trend analysis of Dianshan Lake [J]. Environ Dev，2019，31（7）：149-150.

[2] 石磊. 基于季节性Kendall检验法分析淀山湖水质变化趋势[J]. 环境与发展，2019，31（6）：154-155.
SHI L. Analysis of the variation trend of Dianshan Lake water quality based on seasonal Kendall test [J]. Environ Dev，2019，31（6）：154-155.

[3] 吕学研，张咏，徐亮，等. 典型入太湖河流夏-秋季氮素污染变化特征[J]. 水利水运工程学报，2016（5）：9-15.
LYU XY，ZHANG Y，XU L，et al. Nitrogen pollutants variation of typical rivers entering into Taihu Lake in summer-autumn period [J]. Hydro-Sci Eng，2016（5）：9-15.

[4] 谢文理，田颖，祁红娟，等. 太滆运河氨氮污染时空特征及来源研究[J]. 安徽农业科学，2018，46（22）：55-57.
XIE WL，TIAN Y，QI HJ，et al. Study on spatial-temporal features and source of ammonia-nitrogen pollution of Taige Canal [J]. J Anhui Agric Sci，2018，46（22）：55-57.

[5] 杨克敌，郑玉建. 环境卫生学[M]. 7版. 北京：人民卫生出版社，2012：118.
YANG KD，ZHENG YJ. Environmental hygiene [M]. 7th ed. Beijing：People's Medical Publishing House，2012：118.

[6] 李国平，朱建荣. 2015—2017年枯季长江河口青草沙水库盐水入侵分析[J]. 华东师范大学学报（自然科学版），2018（2）：160-169.
LI GP，ZHU JR. Analyses of saltwater intrusion at the water intake of Qingcaosha reservoir in the Changjiang Estuary in dry season from 2015 to 2017 [J]. J East China Normal Univ（Nat Sci），2018（2）：160-169.


（英文编辑：汪源；责任编辑：汪源）

（上接第136页）


[19] HEITBRINK WA，EVANS DE，KU BK，et al. Relationships among particle number，surface area，and respirable mass concentrations in automotive engine manufacturing [J]. J Occup Environ Hyg，2008，6（1）：19-31.

[20] MAYNARD AD. Estimating aerosol surface area from number and mass concentration measurements [J]. Ann Occup Hyg，2003，47（2）：123-144.

[21] DONALDSON K，STONE V. Current hypotheses on the mechanisms of toxicity of ultrafine particles [J]. Ann Ist Super Sanita，2003，39（3）：405-410.

[22] MONTEILLER C，TRAN L，MACNEE W，et al. The pro-inflammatory effects of low-toxicity low-solubility particles，nanoparticles and fine particles，on epithelial cells in vitro：the role of surface area [J]. Occup Environ Med，2007，64（9）：609-615.

[23] SCHWARTZ J，MARCUS A. Mortality and air pollution in London：a time series analysis [J]. Am J Epidemiol，1990，131（1）：185-194.

[24] MOSHAMMER H，NEUBERGER M. The active surface of suspended particles as a predictor of lung function and pulmonary symptoms in Austrian school children [J]. Atmos Environ，2003，37（13）：1737-1744.

[25] MAYNARD AD，MAYNARD RL. A derived association between ambient aerosol surface area and excess mortality using historic time series data [J]. Atmos Environ，2002，36（36/37）：5561-5567.

[26] ZHANG Q，GANGUPOMU RH，RAMIREZ D，et al. Measurement of ultrafine particles and other air pollutants emitted by cooking activities [J]. Int J Environ Res Public Health，2010，7（4）：1744-1759.

[27] XING M，ZOU H，GAO X，et al. Workplace exposure to airborne alumina nanoparticles associated with separation and packaging processes in a pilot factory [J]. Environ Sci Process Impacts，2015，17（3）：656-666.


（英文编辑：汪源；责任编辑：陈姣）