

水源与饮用水保障

王姗姗, 董圆媛, 尤佳艺, 等. 江苏省城市水源地水质指数评价[J]. 净水技术, 2022, 41(9):35-41.

WANG S S, DONG Y Y, YOU J Y, et al. City water quality indices evaluation of raw water sources in Jiangsu Province[J]. Water Purification Technology, 2022, 41(9): 35-41.



扫我试试?

江苏省城市水源地水质指数评价

王姗姗^{1,2}, 董圆媛^{1,*}, 尤佳艺¹, 高逸飞¹, 崔嘉宇³, 梁悦¹

(1. 江苏省环境监测中心, 江苏南京 210019; 2. 江苏省太湖水质监测中心站, 江苏南京 210019; 3. 江苏省苏力环境科技有限责任公司, 江苏南京 210036)

摘要 对水源地进行精准、客观、全面的评价是水源地水质保护和管理的基礎。文章分析了国内外水源地评价方法的特点, 选取城市水质指数法对江苏省县级以上集中式饮用水水源地进行评价和排名。结果显示: 江苏省水源地水质指数总体上呈现中南部地区较低、北部地区较高的特点, 且中南部地区波动范围较北部地区小; “十三五”时期(2016年—2020年), 江苏省各区县水源地城市水质指数前4年均呈现连续下降趋势, 2020年稍有回升, 2020年平均水质指数较2016年降低了10.5%。结果表明: 江苏省水污染防治工作取得了初步成效; 水源地水质指数排名在前10位的市县(区)均位于中南部地区, 排名在后10位的市县(区)在北部、中部和南部地区均有分布; 从各单项指标的水质指数来看, 总磷指标对江苏省水源地水质指数的贡献最大, 其次分别为溶解氧和高锰酸盐指数, 这与江苏省地表水首要污染指标为总磷的特点具有一致性。

关键词 城市水质指数 水源地 评价 排名 “十三五”时期

中图分类号: X824; TU991 文献标识码: A 文章编号: 1009-0177(2022)09-0035-07

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2022.09.005

City Water Quality Indices Evaluation of Raw Water Sources in Jiangsu Province

WANG Shanshan^{1,2}, DONG Yuanyuan^{1,*}, YOU Jiayi¹, GAO Yifei¹, CUI Jiayu³, LIANG Yue¹

(1. Jiangsu Provincial Environmental Monitoring Center, Nanjing 210019, China;

2. Jiangsu Provincial Taihu Water Quality Monitoring Center Station, Nanjing 210019, China;

3. Jiangsu Suli Environmental Science and Technology Co., Ltd., Nanjing 210036, China)

Abstract Accurate, objective and comprehensive evaluation of drinking water source quality is the basis of drinking water source protection and management. Characteristics of various drinking water source evaluation methods at home and abroad had been investigated in this article. City water quality index (CWQI) method was chosen to evaluate the drinking water source quality of counties and municipalities in Jiangsu Province, and values of them was ranked. Results showed that CWQI values was lower in the central and southern regions and higher in the northern regions in Jiangsu Province, and the fluctuation range in the central and southern regions was smaller than that in the northern regions. During “the 13th Five-Year Plan” period, average CWQI values of counties in Jiangsu Province declined continuously from 2016 to 2019 and then increased slightly in 2020. The average CWQI values of counties in Jiangsu Province in 2020 was 10.5% lower than that in 2016, indicating that the preliminary achievements have been made

[收稿日期] 2021-12-02

[基金项目] 江苏省环境与健康调查及风险评估体系建设研究(2018001); 江苏省环境监测科研基金(2012)

[作者简介] 王姗姗(1989—), 女, 硕士, 研究方向为环境监测与环境质量评价, E-mail: 1213867660@qq.com。

[通信作者] 董圆媛(1977—), 女, 正高级工程师, 研究方向为环境监测评价与管理, E-mail: 82780313@qq.com。

in prevention and control of water pollution in Jiangsu Province. The top ten counties in CWQI value ranking were all located in south or middle Jiangsu, in the meantime, the bottom 10 counties were located in north, middle and south Jiangsu. According to CWQI value of single index, total phosphorus contributes most to CWQI value of Jiangsu drinking water source, dissolved oxygen and potassium permanganate index take second and third place respectively, which was basically consistent with the total phosphorus as the primary pollution index of surface water in Jiangsu Province.

Keywords city water quality index (CWQI) drinking water source evaluation ranking “the 13th Five-Year Plan” period

水源地环境质量与人体健康息息相关,保障水源地水质是水环境管理中的核心工作。我国对水源地保护日益重视,水源地水质监测和水污染防治工作也不断加强,并取得了一定成效。然而,水源地水质状况仍然不容乐观,问题突出,如:水库型水源地水质达标率较低,甚至成为威胁我国饮用水安全的首要问题^[1];部分地区水体富营养化情况普遍,对饮用水安全造成影响^[2];镉、铁、锰等重金属或石油类特征因子超标^[3-4]等。分析江苏省水源地历史监测数据发现:一方面,江苏省水源地水质频繁波动,根据江苏省环境状况公报,“十三五”期间(2016年—2020年),江苏省县级及以上城市集中式饮用水水源地达标率分别为88.7%、96.2%、90.6%、83.6%和92.2%,其中,2018年和2019年水源地达标率连续两年下滑;另一方面,水源地水质超标指标多样,常规项目和特征项目超标的问题兼有,部分应急备用水源地水质甚至持续超标。

水源地管理相关制度和政策的制定均以目标为导向,而水源地水质评价是管理部门有的放矢、精准施策的基础。本文研究分析了国内外水源地水质评价方法,结合城市水质指数(city water quality index, CWQI)^[5]方法的优点及其已应用于地表水环境质量城市排名的实际情况,将该方法应用于江苏省县级及以上城市饮用水水源地评价中,根据水源地CWQI对各市县(区)进行排名,从时间和空间角度分别反映江苏省水源地水质变化趋势和特征,以期为管理部门加强水源地精细化管理、提高水源地信息公开力度提供思路和支撑。

1 水源地评价方法概况

1.1 国内

我国水源地水质评价根据《地表水环境质量评价办法(试行)》进行单因子评价,水质评价根据《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)^[6]和《地下水质量标准》(GB/T 14848—2017)^[7]的Ⅲ类水质标准

或标准限值判断达标与否^[8]。

单因子评价法的实质是一票否决原则,用最差的单项指标水质代表整体水质,结论简洁单一,较为片面。例如,某水源地只因pH超标便被判定为劣V类水质,但能通过自来水厂常规处理工艺即能达到出厂水标准。

1.2 国外

相关国际组织和欧美发达国家往往是根据水源地的生物、化学等综合指标的情况和对人体健康影响程度进行分级评价,例如:世界卫生组织(WHO)发布的《饮用水水质准则》中规定饮用水水质评价应进行优先性确定^[9];美国环保署(EPA)结合水体功能评价水源地水质^[10];欧盟委员会(EC)制定的《饮用水水质指令》,以饮用水达到饮用程度的处理措施和取水的适宜度为评价依据^[11-12];加拿大环境部长理事会(CCME)使用加拿大水质指数法(CCME WQI)对水源地水质进行评价^[13],该方法也被联合国环境署(UNEP)用于不同国家饮用水水质的评价^[14];新西兰环境部(MENZ)根据饮用水标准相关指标的最大可接受值和指导值评价水体水质^[15-16]。

2 评价方法

对比分析国内外水源地水质评价方法(表1),水质指数法适用范围广、评价结果全面,在区域或流域水源地水质评价中已有成熟应用:范灿鹏等^[17]采用综合污染指数法分析了珠海市金湾区水源地2016年—2020年的水质变化特征;费娟等^[18]运用内梅罗法、最差因子判别法、加权平均法计算水质综合指数,发现江苏省城市生活饮用水枯水期综合指数优于丰水期;袁丽艳等^[19]采用单因子评价和CCME WQI对比、结合的方式,对酒泉市“千吨万人”饮用水水源地进行分析,结果表明CCME WQI综合评价效果更客观。

目前,CWQI法已广泛应用于全国及各省地表水环境质量排名工作,具有评价指标全面且能够反

表 1 国内外水源地水质评价方法
Tab. 1 Drinking Water Sources Quality Assessment Methods at Home and Abroad

国家或组织	水源地评价方法	特点
中国	单因子评价	水质类别基于最差指标类别,结果简洁明了,但较为片面,存在过保护的问题
WHO	优先性评价	基于人体健康目标,确定优先性顺序;微生物安全且保持水的可接受性,化学品危险性,在嗅、味和感观方面影响饮用水可接受性的物质,采取适当技术措施使污染物浓度低于准则值或规范值
美国 EPA	多元分析结合水质指数	根据水体功能分为 4 个级别:完全达到使用要求、完全达到使用要求但使用功能受到威胁、部分受损、完全受损
EC	根据水体处理难易程度分级	根据水体处理难易程度划分为 3 大类别:A1 类为经简单物理处理和消毒手段即能达到饮用要求的水体,A2 类为经常规物理和化学处理、消毒以达到饮用要求的水体,A3 类为经集约化物理、化学处理及额外的处理措施和消毒方法达到饮用要求的水体
CCME	水质指数评价	通过指数方程计算水体水质指数(0~100),根据水质指数大小将水体划分为 5 个等级:95 及以上为“很好”、80~94 为“好”、65~79 为“中等”、45~64 为“临界”、低于 44 为“差”,对不同级别的水体采取不同的处理措施,以满足饮用水安全的目标
MENZ	水质和风险情况分级评价	根据适宜性水平将饮用水分为 5 个等级:很好、好、中等、差和很差,将水质等级分为 1~4 或者 1~5 的级别 ^[20]

映时空变化特征等优点。为了综合考虑水源地各项监测指标对水体水质的影响,本文采用 CWQI 法对“十三五”期间(2016 年—2020 年)江苏省县级及以上城市集中式饮用水水源地水质进行评价。

2.1 评价指标

根据江苏省县级及以上集中式饮用水水源地例行监测方案,监测指标和评价指标包含基本项目、补充项目和特定项目共计 53 项,即《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中 pH、溶解氧、高锰酸盐指数等 20 项基本项目指标(除水温、化学需氧量、粪大肠菌群和总氮外),硫酸盐、氯化物、硝酸盐、铁、锰 5 项补充项目指标,以及三氯甲烷、四氯化碳、三氯乙烯等 28 项特定项目指标。

2.2 评价对象

选取江苏省县级及以上城市集中式饮用水水源地作为评价对象,县级及以上城市集中式饮用水水源地一直以来都是环保部门例行监测的内容,监测断面(点位)相对固定。由于江苏省县级及以上城市集中式饮用水以地表型水源为主,本文仅针对江苏省地表水型水源地进行研究分析。

2.3 数据来源

基础监测数据来源于江苏省生态环境厅及江苏省环境监测中心公布的全省县级及以上城市集中式饮用水水源地水质数据,该数据每月进行信息公开,监测数据具有权威性、连续性和可靠性。

2.4 计算方法

第一步:用平均值法分别计算出排名区县水源地的各单项指标浓度均值,低于检出限的项目,统一按 1/2 检出限值参加各单项指标浓度的算术平均值计算。

第二步:常规项目指标依据各单项指标的浓度值除以该指标对应《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅲ类标准值计算单项指标的水质指数,补充项目和特定项目指标依据各单项指标的浓度值除以该指标对应《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)的标准限值,计算单项指标的水质指数。单项指标的水质指数计算如式(1)。

$$CWQI(i) = \frac{C(i)}{C_s(i)} \quad (1)$$

其中: $C(i)$ ——第 i 个单项指标的监测值;
 $C_s(i)$ ——第 i 个单项指标地表水Ⅲ类标准值或标准限值;
 $CWQI(i)$ ——第 i 个单项指标的水质指数。

第三步:根据各单项指标的 CWQI 值采用加和值法分别综合出区县河流型和湖库型水源地的 CWQI 值,计算如式(2)。

$$CWQI_{\text{河流或湖库}} = \sum_{i=1}^n CWQI(i) \quad (2)$$

其中: $CWQI_{\text{河流或湖库}}$ ——河流型或湖库型水源地

的水质指数;

n ——指标个数。

第四步:用河流型和湖库型水源地数量的加权均值计算出排名区县水源地的 CWQI 值,计算如式(3)。

$$CWQI_{\text{区县}} = \frac{CWQI_{\text{河流}} \times M + CWQI_{\text{湖库}} \times N}{M + N} \quad (3)$$

其中: $CWQI_{\text{区县}}$ ——排名区县的水质指数;

$CWQI_{\text{河流}}$ ——排名区县河流型水源地的水质指数;

$CWQI_{\text{湖库}}$ ——排名区县湖库型水源地的水质指数;

M ——排名区县的河流型水源地个数;

N ——排名区县的湖库型水源地个数。

第五步:以 CWQI 结果为依据,以市县(区)为单位,按水质指数从小到大的顺序对江苏省各区县水源地水质指数进行排名。

3 评价及排名

3.1 总体情况

根据 2.4 小节的计算方法对江苏省各区县水源地水质指数进行计算, CWQI 越低, 水源地水质越好。统计 2016 年—2020 年江苏省各市县及以上城市集中式饮用水水源地水质指数, 如图 1 所示。2016 年—2020 年, 江苏省水源地水质指数在 4.678 1~9.324 4, 其中, 苏州、常州、镇江和泰州 4 市 5 年水质指数波动范围较小, 南通、徐州、盐城和宿迁 4 市 5 年水质指数波动范围较大。南京市 5 年水质指数在 4.678 1~5.130 2, 均处于最低水平且波动不大; 徐州、盐城和宿迁 3 市 5 年平均水质指数分别为 8.085 3、7.847 4 和 8.138 1, 长期在高位波动。总体来看, 全省水源地水质指数呈现苏南、苏中地区较低而苏北地区较高的特点, 即苏南、苏中地区水源地水质整体好于苏北地区; 此外, 水源地水质指数波动范围也呈现苏南、苏中地区小于苏北地区的特征。

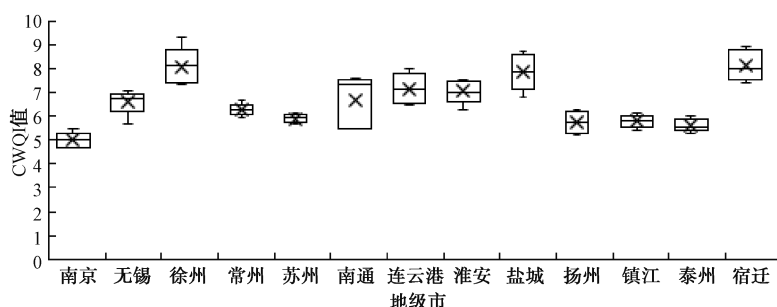


图 1 2016 年—2020 年江苏省各市饮用水水源地水质指数变化

Fig. 1 Changes of CQWI Values of Drinking Water Sources in Each City in Jiangsu Province during 2016 to 2020

3.2 时间变化趋势

2016 年—2020 年江苏省县级及以上城市集中式饮用水水源地水质指数年度变化如图 2 所示。2016 年—2020 年, 江苏省各区县水源地水质指数平均值分别为 7.243 1、6.987 9、6.958 4、6.280 4 和 6.481 1, 整体呈波浪型变化趋势, 前 4 年均呈现连续下降的趋势, 2020 年稍有回升, “十三五”末期(2020 年)水质指数较初期(2016 年)降低了 10.5%, 表明江苏省水污染防治工作取得了初步成效。值得关注的是, 2016 年—2020 年, 超出全省各区县水源地水质指数均值的区县个数分别为 25、24、25、29、30 个, 前 3 年处于稳定波动状态, 2019 年

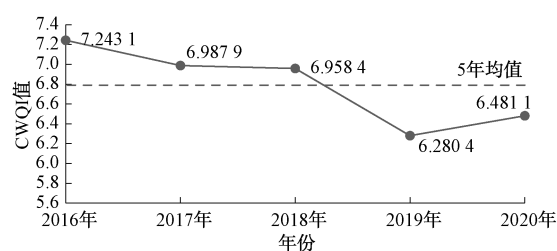


图 2 2016 年—2020 年江苏省县级及以上城市集中式饮用水水源地水质指数变化

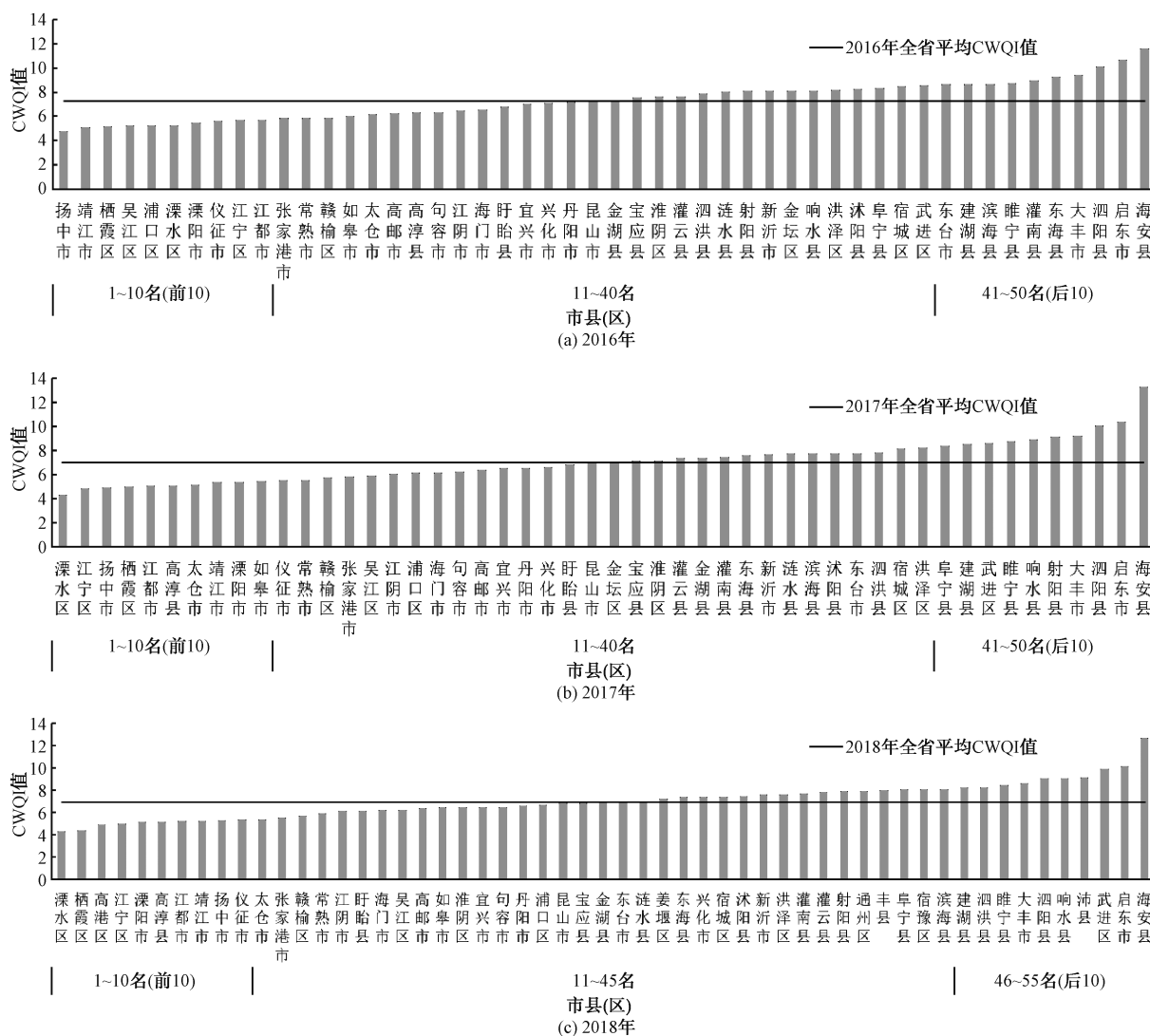
Fig. 2 Changes of CQWI Values of Drinking Water Source of Cities in Jiangsu Province during 2016 to 2020

和 2020 年有明显上升的趋势, 水污染防治成果有待进一步巩固和稳定。

3.3 空间分布特征

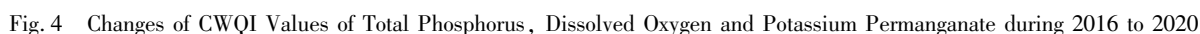
2016年—2020年江苏省各市县(区)水源地CWQI排名结果如图3所示。排序在前10名的市县(区)均位于苏南或者苏中地区,排序在后10名的市县(区)在苏北、苏中和苏南地区均有分布。前10名市县(区)中,南京市所占比例连续5年均为最高,为30%~40%;扬州市2016年—2019年所占比例次之,分别为20%、10%、20%和20%;“十三五”期间,苏州市前10名区县增加数量最多,2020年前10名区县苏州市占3个(常熟市、张家港市和太仓市),较2016年增加了2个;镇江市和泰州市2016年—2018年前10名区县占比为10%~20%,但2019年—2020年均无前10名市县(区);常州市2016年—2020年连续5年保持前10名市县(区)占

比10%,均为溧阳市;南通市2017年、2019年、2020年前10名市县(区)占比分别为10%、20%和10%,波动较为频繁;无锡市2020年前10名区县破0(江阴市)。后10名市县(区)中,盐城市5年占比分别为40%、50%、30%、0和40%,呈现较大波动趋势;宿迁市5年占比分别为10%、10%、20%、20%和20%,泗阳县和泗洪县近3年时间均处于后10名水平;徐州市5年占比分别为10%、10%、20%、30%和10%,水质指数整体呈先升后降的趋势;南通市5年占比分别为20%、20%、20%、20%和0,2016年—2019年4年中稳定占据2席,至2020年已退出后10名的行列,其中,海安县2016年—2018年连年位列最末,2019年位列倒数第8位,至2020年已脱离后10名的范围。





后升趋势;高锰酸盐指数水质指数为 0.572 4~0.612 5,呈连续波动状态。从各单项指标的水质指数来看,总磷对江苏省水源地水质指数的贡献最大,其次分别为溶解氧和高锰酸盐指数,总体与江苏省地表水水质首要污染指标为总磷的特点具有一致性。



(2)从水质指数时间变化趋势来看,江苏省水源地水质指数总体呈下降趋势,但 2020 年略有回升,超过全省平均水质指数的区县近两年有上升趋势。

(3)从排名结果的空间分布特征来看,排名靠前的水源地主要分布在中南部地区,排名居后的水源地无明显区域性差异,在江苏北部、中部和南部均有分布。

(4)从江苏省水源地主要污染指标水质指数来看,对水源地水质指数影响最大的指标分别为总磷、溶解氧和高锰酸盐指数。

4.2 探讨

由于CWQI可基于时间和空间反映水源地水质变化情况,且指标覆盖广泛,较单因子评价法的“一票否决”更加全面客观,具有较大的应用空间,具体如下。

(1)参考CWQI的计算思路可评估饮用水处理措施的有效性。如计算水厂处理前后某项或某几项特征污染物指标的水质指数变化, Δ CWQI为负值说明该水厂工艺对于该项或该几项特征污染物的去除有效;如为正值,表明该水厂工艺对于该项或该几项特征污染物的去除缺乏针对性,需进一步优化。

(2)应用于饮用水风险级别的预警预报。以水源地不同时间序列的CWQI为预警线参考值,可以月为单位进行日常监控管理,或以年为单位进行风险预警。

参考文献

- [1] 刘健利. 水源型水库水质研究进展与我国代表性水库现状[J]. 净水技术, 2019, 38(12): 1-5, 45.
- [2] 张洁. 上海典型水域总磷、总氮含量比较[J]. 净水技术, 2018, 37(s1): 14-17, 24.
- [3] 朱慧峰. 黄浦江上游水源中锑的分布与处置对策[J]. 净水技术, 2018, 37(5): 25-32.
- [4] 潘春芳. 青浦备用水源水质分析与比较[J]. 2021, 40(s1): 5-8, 14.
- [5] 生态环境部办公厅. 城市地表水环境质量排名技术规定(试行)[EB/OL]. (2017-06-12)[2021-12-02]. <https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgt/201706/W020170615563179786247.pdf>.
- [6] 国家环境保护总局, 国家质量监督检验检疫总局. 地表水环境质量标准: GB 3838—2002[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 地下水质量标准: GB/T 14848—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [8] 李文攀, 朱擎, 李东一, 等. 集中式饮用水水源地水质评价方法研究[J]. 中国环境监测, 2015, 31(1): 24-27.
- [9] World Health Organization. Guidelines for drinking water quality [S]. 4th edition. 2011.
- [10] United States Environmental Protection Agency. National primary drinking water regulations [EB/OL]. (2021-01-26)[2021-12-02]. <https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/national-primary-drinking-water-regulations>.
- [11] European Communities. COUNCIL DIRECTIVE 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption [S/OL]. (2010-01-06)[2021-12-02]. <https://www.cambridge.org/core/books/abs/documents-in-european-community-environmental-law/council-directive-9883-ec-of-3-november-1998-on-the-quality-of-water-intended-for-human-consumption-oj-l-330-05121998-p-32/257BA95373BD550B4BC2AA37B4C97A23>.
- [12] 张朝舟. 集中式饮用水水源地水质评价方法研究[J]. 黑龙江水利科技, 2018, 46(6): 237-239.
- [13] Canadian Council of Ministers of the Environment. Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life [S/OL]. (2021-03-12)[2021-12-02]. <https://ccme.ca/en/res/wqimanualen.pdf>.
- [14] 刘玲花, 吴雷祥, 吴佳鹏, 等. 国外地表水水质指数评价法综述[J]. 水资源保护, 2016, 32(1): 86-90.
- [15] Ministry for the Environment New Zealand. Draft guidelines for drinking water quality management for New Zealand [S/OL]. (2013-10)[2021-12-02]. [https://www.moh.govt.nz/notebook/nbbooks.nsf/0/B97E4331F0C1F869CC257C2E0072BAB9/\\$file/guidelines-drinking-water-quality-management-for-new-zealand-oct13.pdf](https://www.moh.govt.nz/notebook/nbbooks.nsf/0/B97E4331F0C1F869CC257C2E0072BAB9/$file/guidelines-drinking-water-quality-management-for-new-zealand-oct13.pdf).
- [16] 衣强, 毛战坡, 彭文启. 饮用水水源地评价方法研究[J]. 给水排水, 2006(s1): 6-10.
- [17] 范灿鹏, 雄杰. 2016—2020年珠海市金湾区集中式饮用水水源地环境质量变化特征[J]. 环境监控与预警, 2021, 13(4): 54-58.
- [18] 费娟, 郑浩, 于洋, 等. 应用综合指数法评价江苏省城市生活饮用水水质[J]. 江苏预防医学, 2017, 28(4): 372-375.
- [19] 袁丽艳, 刘晓燕. 单因子评价法和加拿大水质指数法在水源地水质评价中的应用——以酒泉市“千吨万人”饮用水水源地为例[J]. 中国资源综合利用, 2021, 39(5): 48-51.
- [20] 仇茂龙, 刘玲花, 邹晓雯, 等. 国内外水源地水质评价标准与评价方法的比较[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2013, 11(3): 176-182.