

安徽省河流和湖库型饮用水水源地水质评价*

周晓铁¹, 韩宁宁^{2**}, 孙世群², 王晓辉¹, 何翔亮¹

(1:安徽省环境科学研究院, 合肥 230061)

(2:合肥工业大学资源与环境工程学院, 合肥 230009)

摘要: 饮用水水源地的保护问题是关系国计民生的重大问题, 饮用水水源地的水质问题越来越受到社会的关注. 运用单因子标准指数法以及卡尔森指数法对安徽省境内 91 个县以上的饮用水水源地的水质状况以及 31 个湖库型水源地富营养化程度进行了综合评价, 并提出相应的防护措施. 结果表明, 全省 91 个饮用水水源地中水质达标的有 83 个, 达标率为 91.2%, 其中, 河流型水源地达标率为 93.3%, 湖库型水源地达标率为 87%, 地下水型水源地达标率为 87%.

关键词: 湖库; 饮用水水源地; 富营养化; 安徽省; 水质评价

Assessment of water quality in river-based and lake/reservoir-based drinking water sources in Anhui Province

ZHOU Xiaotie¹, HAN Ningning², SUN Shiqun², WANG Xiaohui¹ & HE Xiangliang¹

(1: *Anhui Institute of Environmental Science, Hefei 230061, P. R. China*)

(2: *School of Resources and Environmental Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, P. R. China*)

Abstract: The protection of drinking water sources is a major issue in people's livelihood, and the quality of drinking water sources had attracted increasingly attentions in recent years. The quality of drinking water sources from 91 counties and the degree of lake eutrophication (TSI) from 31 lakes and reservoirs in Anhui Province were comprehensively evaluated. Evaluation results show that 83 drinking water sources met the requirements and 91.2% satisfied with national standard for drinking water supply, which river based water supply satisfied 93.3%, lake and reservoir based water supply satisfied 87%, and groundwater-based water supply satisfied 87%.

Keywords: Lakes and reservoirs; the drinking water supply; eutrophication; Anhui Province; water quality assessment

饮水安全关系着亿万百姓的健康和生命安全, 一直是水资源保护的重中之重. 随着工业化与城市化的发展以及人类物质生活水平的提高, 水环境的污染已成为当今世界范围内普遍的问题^[1]. 饮用水水源地作为最重要的水源地, 也越来越受到社会的关注^[2].

安徽省地处长江、淮河和新安江流域, 据省内社会水厂取水总量统计, 地表饮用水水源地(河流、湖泊、水库)取水量占供水总量的 85% 以上, 全省饮用水供水水源类型主要以地表水为主. 长江、淮河流域的主要河流和湖泊既是重要的饮用水水源地, 也是上游尾水排放的通道. 长江、淮河干流沿岸排污口和取水口呈交错排列之状, 沿江(河)城市排污形成的岸边污染带直接威胁到饮用水水源地水质安全. 在湖库型水源地之中, 伴随着湖库水体富营养化发展速度的加快, 以及其污染物来源复杂, 危害性大, 处理困难的特点^[3], 湖库水体已成为水环境保护中的重大问题^[4,6]. 通过对安徽省境内饮用水水源地的全面、系统的分析评价以及湖库型水源地富营养化程度的综合评价, 得出了相应的结果, 并根据实际情况提出了切实可行的管理对策以及治理办法.

* 2009-08-03 收稿; 2009-11-19 收修改稿. 周晓铁, 男, 1956 年生, 高级工程师; E-mail: haleyning@163.com.

** 通讯作者; E-mail: haleyning@163.com.

1 研究区概况

安徽省位于我国的东南部(29°22′-34°40′N,114°53′-119°30′E),东西宽200-300km,南北长约500km,面积 $13.96 \times 10^4 \text{ km}^2$.安徽省主要湖泊及面积见表1.长江、淮河横贯境内,将全省分为淮北(皖北)、江淮(皖中)和江南(皖南)三个区域.地形由平原、山区、丘陵相间排列,自北向南依次为淮北平原、江淮丘陵、大别山区、长江沿岸平原和皖南丘陵山区.

2007年安徽省水资源总量为 $699.24 \times 10^8 \text{ m}^3$,其中地表水资源量为 $651.88 \times 10^8 \text{ m}^3$,地下水资源量为 $178.09 \times 10^8 \text{ m}^3$,地表和地下水不重复量为 $47.36 \times 10^8 \text{ m}^3$.水资源总量中淮河流域水资源总量为 $253.22 \times 10^8 \text{ m}^3$,长江流域水资源总量为 $376.77 \times 10^8 \text{ m}^3$,新安江流域水资源总量为 $69.25 \times 10^8 \text{ m}^3$.

安徽省境内湖泊总面积为 $35.5 \times 10^4 \text{ hm}^2$,面积大于 1 km^2 的天然湖泊64个,现有湖泊主要分布在长江两岸和沿淮地区.安徽省境内水库总面积 $11.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$,已建成水库4815座,总库容 $186.9 \times 10^8 \text{ m}^3$,兴利库容 $82.4 \times 10^8 \text{ m}^3$,其中包括大型水库12个,中型水库100个.

表1 安徽省主要湖泊及面积

Tab.1 The main lakes and area in Anhui Province

湖泊	湖面面积(km^2)	水体功能	湖泊	湖面面积(km^2)	水体功能
巢湖	776	饮用	升金湖	100	饮用
龙感湖	200	防洪	南漪湖	150	防洪
大官湖	267	灌溉	瓦埠湖	160	灌溉
泊湖	240	航运	城东湖	100	航运
武昌湖	87	旅游	女山湖	90	旅游
菜子湖	200	养殖	高塘湖	133	养殖

全省县级以上城镇饮用水水源地共有116个,现用水源地101个,备用(规划)水源地15个.其中,河流型水源地60个,湖库型水源地31个,地下水型水源地25个.现用水源地服务人口达到1213.71万人,占到全省总人口的18.18%;设计取水量为 $655.59 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,实际取水量 $402.38 \times 10^4 \text{ m}^3$;取水口/供水井数量为343个(口);监测点(断面)数量为133个^[3].

2 评价方法

水质评价采用单因子评价法;湖泊(水库)富营养化评价采用综合营养状态指数法.

2.1 湖库水质评价方法

采用单因子标准指数法^[7]进行评价.

(1) pH的标准指数为:

$$S_{\text{pH},j} = \frac{\text{pH}_j - 7.0}{\text{pH}_{\text{su}} - 7.0} (\text{pH}_j > 7.0) \text{ 或 } S_{\text{pH},j} = \frac{7.0 - \text{pH}_j}{7.0 - \text{pH}_{\text{sd}}} (\text{pH}_j \leq 7.0)$$

式中, $S_{\text{pH},j}$ 为 pH_j 的单因子指数(无量纲); pH_j 为所测断面pH值(无量纲); pH_{su} 为地面水水质标准中规定的pH值下限(无量纲); pH_{sd} 为地面水水质标准中规定的pH值上限(无量纲).

(2) 溶解氧的标准指数为:

$$S_{\text{DO},j} = \frac{|\text{DO}_f - \text{DO}_i|}{\text{DO}_f - \text{DO}_s} (\text{DO}_j \geq \text{DO}_s) \text{ 或 } S_{\text{DO},j} = 10 - 9 \frac{\text{DO}_j}{\text{DO}_s} (\text{DO}_j < \text{DO}_s)$$

其中

$$\text{DO}_f = 468 / (31.6 + T_j)$$

式中; $S_{\text{DO},j}$ 为水质参数DO在j点的标准指数; DO_f 为该水温和溶解氧浓度(mg/L); DO_j 为实测溶解氧浓度(mg/L); DO_s 为溶解氧的标准值(mg/L); T_j 为j点的水温($^{\circ}\text{C}$).

(3) 其它项目标准指数为:

$$P_i = C_i / C_{oi}$$

式中: P_i 为 i 类污染物单因子指数, 无量纲; C_i 为 i 类污染物实测浓度平均值 (mg/L); C_{oi} 为 i 类污染物的评价标准值 (mg/L).

2.2 湖库富营养化评价方法

2.2.1 综合营养状态指数 采用卡尔森指数方法进行评价^[8], 计算公式为:

$$TLI(\Sigma) = \sum_{j=1}^m W_j \cdot TLI(j)$$

式中, $TLI(\Sigma)$ 为综合营养状态指数; W_j 为第 j 种参数的营养状态指数的相关权重; $TLI(j)$ 为第 j 种参数的营养状态指数.

2.2.2 湖泊水库营养状态分级 采用 0-100 的一系列连续数字对湖泊营养状态进行分级: $TEL(\Sigma)$ 代表指数. $TEL(\Sigma) < 30$ 贫营养; $30 \leq TEL(\Sigma) \leq 50$ 中营养; $TEL(\Sigma) > 50$ 富营养; $50 < TEL(\Sigma) \leq 60$ 轻度富营养; $60 < TEL(\Sigma) \leq 70$ 中度富营养; $TEL(\Sigma) > 70$ 重度富营养. 在同一营养状态下, 指数越高, 其营养程度越重.

3 结果及分析

3.1 河流型水源地水质评价

河流型水源地水质总体良好, 水质达标率为 93.3%, 绝大多数水源地近 3 年水质能够达到《地表水环境质量标准》GB3838-2002 中的 III 类标准 (表 2). 但以淮河干流为水源地的水质较差, 水质达标率较低, 超标因子为氨氮, 主要受淮河干流水质较差的影响. 除淮河流域以外其他地区的水源地只出现零星的超标现象, 如安庆市太湖县长河及岳西县衙前河水源地的石油类超标, 究其原因, 应该是由于受城区生活污水影响所致; 而池州市石台县水源地的挥发性酚超标, 则是由于受工业污染的影响所致, 目前水质已转好.

3.2 湖库型水源地水质评价

湖库型水源地的水质除个别水源地及个别水源地的个别年份有水质超标现象外, 基本上均能达到《地表水环境质量标准》GB3838-2002 中的 III 类标准, 总体水质较好, 达标率为 87% (表 2). 其中滁州市沙河水

表 2 河流型和湖库型水源地水质评价结果

Tab. 2 Evaluation results of water quality of river-based and lake/reservoir-based water supply

	地市	环境质量状况				地市	环境质量状况		
		水源地数量	不达标水源地数量	水质达标率 (%)			水源地数量	不达标水源地数量	水质达标率 (%)
河流型水源地	芜湖市	6	0	100	湖库型水源地	合肥市	4	0	100
	蚌埠市	3	0	100		蚌埠市	1	0	100
	马鞍山市	4	0	100		淮北市	2	0	100
	铜陵市	2	0	100		安庆市	3	1	66.7
	六安市	4	0	100		宣城市	4	0	100
	池州市	5	1	80		黄山市	1	0	100
	淮南市	7	1	85.7		滁州市	8	3	62.5
	滁州市	3	0	100		巢湖市	5	0	100
	巢湖市	3	0	100		六安市	3	0	100
	安庆市	7	2	71.4		合计	31	4	87
	宣城市	5	0	100					
	黄山市	11	0	90.9					
合计	60	4	93.3						

库水源地和天长市高邮湖水源地水质超标经调查是由于入湖支流受工业废水影响所导致的.今年由于减排减排等措施,水质状况有所好转.

3.3 湖库富营养化评价

全省湖库富营养化评价结果显示(表3),除了巢湖、高邮湖水库以及淮北杨庄塌陷区的富营养化评价分值超过50(属于轻度富营养化)以外,根据历史数据,其它大多数湖库最近几年的富营养化评价分值都在30-50之间,属于中营养化水平;也有少数几个湖库的富营养化评价分值小于30,属于贫营养水平.

表3 湖库型水源地富营养化评价结果

Tab.3 Evaluation results of eutrophication of lake/reservoir-based water supply

城市	水源地	水质营养状态指数			
		2005年	2006年	2007年	2008年
合肥	合肥市肥东县众兴水库	32.29	31.32	35.1	32.51
淮北	淮北市化家湖水源地	35.47	41.7	48.32	39.9
	淮北市杨庄塌陷区水源地	-	44.72	51.1	-
安庆	安庆市太湖县一水厂水源地	45.38	40.72	43.12	-
	安庆市桐城市牯牛背水库水源地	42.93	49.2	47.88	-
黄山	安庆市桐城市境主庙水库	35.99	41.75	43.61	45.39
	黄山市黟县新水厂水源地	35.28	42.94	46.39	43.2
滁州	滁州市沙河集水库水源地	42.14	33.4	42.14	42.14
	滁州市来安县一水厂水源地	30.58	30.6	30.88	0
	滁州市来安县二水厂水源地	25.79	24.5	22.19	36.61
	滁州市全椒县一水厂水源地	33.26	29.97	24.5	44.89
	滁州市凤阳县水厂水源地	32.86	33.65	33.58	-
巢湖	滁州市天长市一水厂水源地(高邮湖)	52.93	52.41	52.11	-
	巢湖市一水厂水源地	44.16	43.55	43.42	-
	巢湖市二水厂水源地	51.63	51.88	52.47	-
	巢湖市庐江县水厂水源地	-	-	38.83	42.16
六安	巢湖市含山县水厂水源地	24.93	25.47	24.93	26.04
	六安市霍邱县水厂水源地	26.21	24.39	27.32	34.95
	六安市金寨县水厂水源地	41.7	45.5	40.7	-
	六安市霍山县水厂水源地	32.57	31.74	30.26	-
宣城	宣城市郎溪县水厂水源地	43.78	43.12	30.5	11.88
	宣城市广德县水厂水源地	35.92	36.09	35.81	24.53
	宣城市宁国市港口湾水库	20.83	22.07	22.07	-

4 结论与建议

由评价结果可知,全省91个河流和湖库型饮用水水源地中,达标个数为83个,达标率为91.2%。其中,河流型水源地达标率为93.3%,湖库型水源地达标率为87%。总体来看,湖库型水源地水质达标率较高;河流型水源地除淮河干流水源地外的达标率也较高,由于以淮河干流为饮用水水源地的数量较少,因此对全省河流型水源地水质达标率影响不大,全省河流型水源地水质达标率仍处于较好的水平。饮用水资源的保护是水资源保护的重中之重,所以目前必须加强对饮用水水源地的保护,确保饮用水水质安全^[9]。

(1) 控制“工业三废”排放量.调整农业产业结构,发展生态农业,减少农药、化肥的用量,严格控制有毒有害的污水直接灌溉,加强流域乡镇的生活污水、粪便、垃圾的管理与治理.从根本上切断污染源^[10]。

(2) 针对农业面源已成为湖库水源地主要负荷的现状,通过发展生态农业、循环经济模式从根本上减少污染物排放;加强农业生态环境保护,建设生态缓冲带、生态湿地和生态护坡,减少因地表径流形成的污染物入湖量^[11-12]。

(3) 利用生态工程、生态修复^[13-15]等手段,因地制宜,将生态工程与环境工程、生物工程相结合,修复受

损生态系统、提高水体自净能力、改善富营养化湖泊水质并建立湖泊健康生态系统^[16-17]。

(4) 继续加强重点水源地水质监测,掌握水质变化规律及变化趋势^[18],及时向有关政府部门通报,以便协调管理^[19]。

(5) 完善饮用水水源保护区的建立与保护机制,对饮用水水源保护区进行合理的区划^[20],水源地保护区系统的进行一二级保护区划分。对饮用水水源一级保护区内的排污口和违章建筑进行强有效的整治,采用取缔、关闭、搬迁、调整位置等手段,清除或降低直接进入或可能污染保护区水体的污染负荷;严格限制和有效治理水源二级保护区内污染行为和活动,保证饮用水安全。

(6) 开展水源一级保护区隔离防护工程^[21],包括物理隔离工程(护栏、围网等)和生物隔离工程(防护林),防止人类不合理活动对水源保护区水量、水质造成影响。隔离工程沿着保护区的边界建设,各地根据水源保护区的大小、周边污染情况等因素合理确定隔离工程的范围。

5 参考文献

- [1] 张嘉治,王海泽,王绍斌. 我国饮用水污染现状及防治对策. 沈阳农业大学学报, 2003, **34**(6): 460-46.
- [2] 梁 菁,彭晓春,贺 涛. 湖库型饮用水水源地污染防治对策研究. 广东农业科学, 2009(7): 181-185.
- [3] 贺 涛,彭晓春,白中炎等. 水库型饮用水水源地保护区划分方法比较. 资源开发与市场, 2009, (2): 122-124.
- [4] 江 涛,刘祖发,陈晓宏等. 广东省水库富营养化评价. 湖泊科学, 2005, **17**(4): 378-382.
- [5] 顾恩华,石文甲,董树海. 浅谈湖泊水库富营养化问题成因及防治对策. 黑龙江水利科技, 2003, (1): 28.
- [6] 马经安,李红清. 浅谈国内外江河湖库水体富营养化状况. 长江流域资源与环境, 2002, **11**(6): 575-578.
- [7] 徐祖信. 我国河流单因子水质标识指数评价方法研究. 同济大学学报, 2005, **33**(3): 321-325.
- [8] 王教团,裘哲勇,周朝卫. 千岛湖水环境富营养化评价. 杭州电子科技大学学报, 2008, **28**(4): 85-87.
- [9] 肖羽堂. 我国水资源污染与饮用水安全性研究. 长江流域资源与环境, 2001, **10**(1): 51-59.
- [10] 李玉前. 徐州城市饮用水源地水质安全保障评价及保护措施. 能源技术与管理, 2009, (1): 87-89.
- [11] 王振祥,朱晓东,孟 平. 巢湖富营养化年度尺度变化分析及对策. 环境保护, 2009, (3): 33-36.
- [12] Liu W, Qiu RL. Water eutrophication in China and the combating strategies. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 2007, **82**(9): 781-786.
- [13] Nakai S, Inoue Y, Hosomi M *et al.* Growth inhibition of blue-green algae by allelopathic effects of macrophytes. *Water Science and Technology*, 1999, **39**(8): 47-53.
- [14] Li FM, Hu HY. Allelopathic effects of different macrophytes on the growth of *Microcystis aeruginosa*. *Allelopathy Journal*, 2005, **15**(1): 145-152.
- [15] 李先宁,宋海亮,朱光灿等. 组合型浮床生态系统的构建及其改善湖泊水源地水质的效果. 湖泊科学, 2007, **19**(4): 367-372.
- [16] 王国祥,成小英,濮培民. 湖泊藻型富营养化控制技术、理论及应用. 湖泊科学, 2002, **14**(3): 273-279.
- [17] 濮培民,王国祥,李正魁等. 健康水生态系统的退化及修复理论与技术及应用. 湖泊科学, 2001, **13**(3): 199-210.
- [18] 孟繁盛,田凤玲. 辽宁省城市饮用水水源地保护及污染治理. 东北水利水电, 2009, (3): 45-47.
- [19] 孙繁亭,朱建春,李 勇等. 新疆库尔勒市重点水源地水质现状分析. 现代农业科技, 2009, (3): 265-266.
- [20] 李建新. 德国饮用水水源保护区的建立与保护. 地理科学进展, 1998, **17**(4): 88-94.
- [21] 何进知. 合肥市饮用水水源地水质评价及保护措施. 水利技术监督, 2007, (6): 38-39.