

梁辉水库饮用水水源地水质评价

陈吉江¹, 吴 钦²

(1. 余姚市水利局, 浙江 余姚 315400; 2. 余姚市环境保护监测站, 浙江 余姚 315400)

摘要: 为了更好保护梁辉水库饮用水水源地, 对其水质情况进行调查监测分析, 利用影响饮用水水源地水质的一般污染物指数、有毒污染物指数、富营养化指数等构建了水质安全评价指标体系。通过指数评价法和单因子评价法对水质安全状况进行评价, 结果表明梁辉水库饮用水水源地水质目前尚安全, 但有富营养化趋势, 必须加强水源地保护工作。

关键词: 水源地; 水质评价; 梁辉水库

中图分类号: X824

文献标志码: A

文章编号: 1006-7647(2013)S1-0012-03

1 水库概况

梁辉水库位于浙江省余姚市梨洲街道南庙村, 流域面积 35.06 km², 流域多年平均降水量 1 617 mm, 多年平均径流量 3 204 万 m³, 是一座以防洪、供水为主, 结合发电、水产等综合利用的中型水库, 水库总库容 3 152 万 m³[1-2]。设计洪水位 46.9 m, 相应库容 2 799 万 m³; 正常蓄水位 45.00 m, 兴利库容 2 476 万 m³; 死库容 21.2 万 m³。库容系数 0.79, 为多年调节水库。水库工程于 1997 年 4 月蓄水, 1999 年 6 月通过竣工验收[1-2]。2001 年 5 月和 7 月分别向余姚城区和慈溪供水, 2003 年 10 月, 通过隧洞连通陆埠水库, 实施联库供水, 使日供水能力达到 12 万 m³, 年供水量提高到 4 500 万 m³, 其中向慈溪年供水量达 2 000 万 m³。

水库上游有 8 个行政村, 现有农户 3 982 户, 户籍人口 10 758 人, 实际常住人口为 6 950 人。上游共有耕地 441.3 hm², 竹林 1 395.2 hm², 茶园 241.9 hm², 柴林 1 422.5 hm²。库区内无规模工业企业, 家庭自来水普及, 村民生活水平一般。

2 评价方法和评价指标

采用指数评价法和单因子评价法分别进行评价[3-4]。

2.1 一般污染物指数计算

一般污染物指数计算的具体步骤如下:

a. 计算单项指标指数。当评价项目 i 的监测值 C_i 处于评价标准分级值 $C_{i,k}$ 和 $C_{i,k+1}$ 之间时, 该评

价指标的指数为

$$I_i = \left(\frac{C_i - C_{i,k}}{C_{i,k+1} - C_{i,k}} \right) + I_{i,k} \quad (1)$$

式中: C_i 为 i 指标的实测浓度; $C_{i,k}$ 为 i 指标的 k 级标准浓度; $C_{i,k+1}$ 为 i 指标的 $k+1$ 级标准浓度; $I_{i,k}$ 为 i 指标的 k 级标准指数值。

b. 计算综合指数 W_{oi} , 其值是各单项指数的算术平均值, 即

$$W_{oi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

式中: n 为参与评价的指标数。

c. 确定评价类别。①当 $0 < W_{oi} \leq 1$ 时, 水质指数为 1; ②当 $1 < W_{oi} \leq 2$ 时, 水质指数为 2; ③当 $2 < W_{oi} \leq 3$ 时, 水质指数为 3; ④当 $3 < W_{oi} \leq 4$ 时, 水质指数为 4; ⑤当 $4 < W_{oi} \leq 5$ 时, 水质指数为 5。

d. 特殊指标及特殊情况处理。①溶解氧指标的指数计算。溶解氧指标与一般指标(项目)不同, 一般来说, 溶解氧指标越大, 水质越好, 所以溶解氧指标的计算公式与其他指标的指数计算公式相反。②两级或多级标准值相等的处理。当标准中两级分级值或多级分级值相同时, 单项指标指数按下面公式计算:

$$I_i = m \left(\frac{C_i - C_{i,k}}{C_{i,k+1} - C_{i,k}} \right) + I_{i,k} \quad (3)$$

式中: m 为相同分级值的个数。当只有一个区域时, 如果该项目未检测出来, 则评价指数 $I_i = 1$; 如监测值小于所给标准, 则评价指数 $I_i = 2$; 如监测值大于

所给标准,则评价指数 $I_i=5$ 。③ $C_i>C_{i,5}$ 的处理。当 $C_i>C_{i,5}$ 时,为劣 V 类水,其单项指标指数一律计为 $I_i=5$ 。

2.2 有毒物项目指数计算

有毒物项目指数计算的具体步骤如下:

a. 单项指标指数的计算与一般污染物项目指数计算相同。

b. 综合指数,取其各单项指数最大值为有毒物项目综合指数,即采用水质项目评价最差的作为有毒物项目的评判结果(最差项目赋全权)。

2.3 湖库营养状况指数计算

湖库型水源地需进行富营养化评价,其评价方法和标准与全国水资源综合规划有关技术细则一致。营养程度按富营养指数 1、2、3、4、5 评价。有多测点分层取样的湖泊(水库),评价年度代表值采用各垂线平均后的多点平均值。

评价方法采用评分法,具体做法为:

a. 查表将单项参数浓度值转为评分,监测值处于表列值两者中间者可采用相邻点内插,或就高不就低处理。

b. 几个参评项目评分值求取均值。

c. 用求得的均值再查表得富营养化指数。

2.4 水质状况综合指数

按一般污染物指数、有毒污染物指数、富营养化指数权重分别 0.2、0.5、0.3 计算湖库型水源地水质状况指数。

3 水库饮用水水源地水质评价

为全面掌握梁辉水库水质情况,以便确定其主要污染因子,近几年来,余姚市环保局、水利局分别对梁辉水库水质进行了监测,现选取以下 20 个参数作为水质监测和评价指标:pH、溶解氧、高锰酸盐指数、氨氮、总磷、总氮、氟化物、挥发酚、总氰化物、砷化物、六价铬、总汞、四价硒、铜、锌、硫酸盐、氯化物、铁、锰,以上指标均为地表水环境质量标准^[5]所列主要环境监测评价参数指标。

3.1 指数法评价

梁辉水库水体水质指数评价结果见表 1。按年均值评价,一般污染物项目指数为 1.17,有毒物项目指数为 1.06,富营养物项目指数为 2.09,综合水质评价指数为 1.39,水库水体水质类别为 II 类;按年极值评价,一般污染物项目指数为 1.46,有毒物项目指数为 1.58,富营养物项目指数为 2.63,综合水质评价指数为 1.64,水库水体水质类别为 II 类。

3.2 单因子评价

梁辉水库水体水质单因子评价和水质富营养化

表 1 梁辉水库水体水质指数评价结果

项目	年均值评价		年极值评价	
	年平均/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	指数	年极值/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	指数
溶解氧	8.68	1.00	4.56	3.22
高锰酸盐指数	2.17	1.09	3.12	1.56
氨氮	0.14	1.00	0.35	1.57
铜	0.02	1.05	0.06	1.18
锌	0.05	2.00	0.06	1.02
硫酸盐	15.00	1.00	17.30	1.00
氯化物	9.70	1.00	13.10	1.00
铁	0.07	1.21	0.13	1.40
锰	0.04	1.35	0.07	1.68
硒	—	1.00	—	1.00
一般污染物项目		1.17		1.46
挥发酚	—	1.00	—	1.00
硝酸盐	1.56	1.00	2.24	1.00
砷	—	1.00	—	1.00
六价铬	0.01	1.00	0.02	1.25
汞	—	1.00	—	1.00
总氰化物	—	1.00	—	1.00
氟化物	0.21	1.41	0.29	1.58
有毒物项目		1.06		1.12
总磷	0.04	2.59	0.06	3.02
总氮	0.79	2.59	1.32	3.32
高锰酸盐指数	2.17	1.09	3.12	1.56
富营养物项目		2.09		2.63
综合水质		1.39		1.64

注:“—”表示检测值小于分析方法的检出限。下同。

评价结果见表 2~5。

表 2 梁辉水库水体水质单因子评价结果

项目	年均值评价		年极值评价	
	年平均/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	水质类别	年极值/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	水质类别
溶解氧	8.68	I	4.56	IV
高锰酸盐指数	2.17	II	3.12	II
氨氮	0.14	I	0.35	II
铜	0.02	II	0.06	II
锌	0.05	II	0.06	II
硫酸盐	15.00	I	17.30	I
氯化物	9.70	I	13.10	I
铁	0.07	II	0.13	I
锰	0.04	II	0.07	I
硒	—	I	—	I
一般污染物项目		II		IV
挥发酚	—	I	—	I
硝酸盐	1.56	I	2.24	I
砷	—	I	—	I
六价铬	0.01	I	0.02	II
汞	—	I	—	I
总氰化物	—	I	—	I
氟化物	0.21	I	0.29	I
有毒物项目		I		II
总磷	0.04	III	0.06	IV
总氮	0.79	III	1.32	IV
高锰酸盐指数	2.17	II	3.12	II
富营养物项目		III		IV
综合水质类别		III		IV

表3 梁辉水库丰、平、枯水期水体水质单因子评价结果

项目	丰水期	平水期	枯水期	
一般污染物	溶解氧	II	I	I
	高锰酸盐指数	II	II	II
	氨氮	I	I	I
	铜	II	II	II
	锌	II	I	II
	硫酸盐	I	I	I
	氯化物	I	I	I
	铁	II	II	II
	锰	I	II	II
	硒	I	I	I
一般污染物项目	II	II	II	
有毒物	挥发酚	I	I	I
	硝酸盐	I	I	I
	砷	I	I	I
	六价铬	I	I	I
	汞	I	I	I
	总氰化物	I	I	I
	氟化物	I	I	I
	有毒物项目	I	I	I
富营养物	总磷	III	I	IV
	总氮	I	IV	III
	高锰酸盐指数	II	II	II
	富营养物项目	III	IV	IV
综合水质类别	III	IV	IV	

表4 梁辉水库水体富营养化评价结果

项目	年平均/ (mg·L ⁻¹)	年平均 评分值	年极值/ (mg·L ⁻¹)	年极值 评分值
总磷	0.04	35.9	0.06	52.0
总氮	0.79	55.9	1.32	63.2
高锰酸盐指数	2.17	40.8	3.12	45.6
富营养化项目		44.2		53.6

表5 梁辉水库丰、平、枯水期水体富营养化评价结果

项目	评分值		
	丰水期	平水期	枯水期
总磷	42.0	40.0	52.0
总氮	33.5	60.7	53.8
高锰酸盐指数	45.0	42.2	40.4
富营养化项目	40.2	47.6	48.7

水库水体水质单因子评价结果为:

a. 按年均值评价:水库水体综合水质为Ⅲ类,其中一般污染物项目为Ⅱ类,有毒物项目为Ⅰ类,富营养化项目为Ⅲ类。定类项目为总磷、总氮。

b. 按年极值评价:水库水体综合水质为Ⅳ类,其中一般污染物项目为Ⅳ类,有毒物项目为Ⅱ类,富营养为Ⅳ类。水质定类项目为溶解氧(4.56 mg/L)、总磷(0.06 mg/L,超标20%)、总氮(1.32 mg/L,超标32%)。

c. 丰水期评价:水库水体综合水质为Ⅲ类,其中一般污染物项目为Ⅱ类,有毒物项目为Ⅰ类,富营养化项目为Ⅲ类。定类项目为总磷。

d. 平水期评价:水库水体综合水质为Ⅳ类,其中一般污染物项目为Ⅱ类,有毒物项目为Ⅰ类,富营养化项目为Ⅳ类。定类项目为总氮。

e. 枯水期评价:水库水体综合水质为Ⅳ类,其中一般污染物项目为Ⅱ类,有毒物项目为Ⅰ类,富营养化项目为Ⅳ类。定类项目为总磷。

水库水体富营养化评价结果为:

a. 按年均值评价:总磷指标单项评分值为35.9,总氮指标评分值为55.9,高锰酸盐指标评分值40.8,富营养指标综合评价为44.2,属于中营养~轻度富营养。

b. 按年极值评价:总磷指标评分值为52.0,总氮指标评分值为63.2,高锰酸盐指标评分值45.6,综合评价为53.6,属于轻度富营养。

c. 按不同水期评价:丰水期综合评价为40.2,平水期47.6,枯水期评价为48.7,均值为中营养~轻度富营养。

4 结 语

通过两种水质评价方法,对梁辉水库水质进行了评价。评价结果为:按指数法评价为Ⅱ类;按单因子评价丰水期为Ⅲ类,平水期为Ⅳ类(定类项目为总氮),枯水期为Ⅳ类(定类项目为总磷)。湖库营养指标属中营养~轻度富营养。综合确定水库水体现状水质为Ⅲ类,能满足饮用水GB3838—2002《地表水环境质量标准》,但水体营养程度呈缓慢上升趋势。

根据梁辉水库饮用水水源地水质评价结果,须严格控制总氮、总磷的输入。建议饮用水水源地保护工作应以治理生活污染及库区面源污染为重点,结合生态湿地、生态浮岛建设,并运用生物操纵技术进行生态养殖,提高水库纳污能力,达到降低总氮、总磷成分的目的,从而改善水体水质,满足水资源可持续利用支撑经济社会可持续发展的要求。

参考文献:

[1] 王贝,何锡君,郑日红,等. 梁辉水库水源地污染源调查与水质评价[J]. 浙江水利科技,2011(4):22-23.
 [2] 吴江,赵翔. 梁辉水库水质变化趋势分析及对策研究[J]. 中国资源综合利用,2010(8):54-57.
 [3] 张文胜. 水源地安全可靠研究[D]. 南京:淮海大学,2006.
 [4] 陈吉江,宋立松. 余姚市饮用水水源地安全评价[J]. 中国农村水利水电,2011(2):101-103.
 [5] GB3838—2002 地表水环境质量标准[S].

(收稿日期:2012-09-21 编辑:熊水斌)