

嘉兴市引水工程可选水源地水质研究

许科文,吕怀炼

(嘉兴市水文站,浙江 嘉兴 314001)

摘要 通过对嘉兴市引水工程可选水源地的水质监测,运用数理统计理论对各水源地进行了水质评价,计算出相应的水质类别和综合污染指标值 P ,并对影响水源地水质的重要项目进行单值比较研究,从可选水源的水质条件,确定新安江是最佳的引水工程水源地。

关键词 引水工程;水源地;水质;嘉兴市

中图分类号 TV213.4 **文献标识码** A **文章编号** 1004-693X(2004)03-0029-04

嘉兴市位于经济发达的长江三角洲南翼,浙江北部杭嘉湖平原东部。从 20 世纪 90 年代开始,随着全市经济建设的迅速发展和人口的快速增长,地表水环境质量急剧下降,人们赖以生存的水环境遭到严重破坏。

嘉兴市通过近几年治源、截污、清淤、整治等工程,着力改善水环境,对改善全市河网水质起到了一定的促进作用。但由于嘉兴市所处的特殊的地理位置,全市的主要水源为大量的过境客水,试图通过自身的治理和净化,大幅度提高河网水质还有相当大的距离。

1 水资源开发利用现状

嘉兴市地势平坦,河网密布,多年平均降水量 1 184 mm,多年平均径流量 15.84 亿 m^3 ,2002 年降水量 1 420.7 mm,较常年多 20%,地表水资源量为 24.78 亿 m^3 ,地下水(浅层)资源量为 7.85 亿 m^3 ,地表水资源和地下水资源重复计算量为 3.84 亿 m^3 ,全年水资源总量为 28.79 亿 m^3 ,占降水量的 51.8%,人均水资源占有量为 866.2 m^3 ,当地降水产流与西部太湖过境来水量的比例为 1:2.3。

2 水环境现状分析

2.1 水环境现状

以 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》Ⅲ类水标准为基准,对嘉兴市 2002 年度 42 条河道、6 个湖荡共计 80 个水环境监测断面的监测数据进行分析评价。在评价河长 695.42 km 的河道中,全年平均值达到Ⅲ类水标准的河长仅为 6.80 km,占总评价河长的 1.0%,达到Ⅳ类水标准的河长为 82.83 km,占

总评价河长的 11.9%;达到Ⅴ类水标准的河长 64.23 km,占总评价河长的 9.2%;劣于Ⅴ类水标准的河长为 541.56 km,占总评价河长的 77.9%。嘉兴市地表水主要超标项目为: NH_3-N 、TP、DO、 COD_{Mn} 、 BOD_5 、Fe 和 Mn。嘉兴市市域内基本无达标水体,水环境恶化已经成为制约嘉兴市经济可持续发展和人民生活质量提高的重要因素。

2.2 供水水源取水口水质现状

2002 年嘉兴市市内以地表水为水源的水厂共 9 座,设计供水能力为 64 万 t/d ,供水人口约 84 万,实际平均用水量为 32.1 万 t/d ,供水范围基本覆盖水厂城镇及近郊。根据 2002 年对南门水厂、石臼漾水厂、嘉善水厂、双溪桥水厂和果园桥水厂 5 个地表水厂取水口水源的监测分析,按全年平均值进行评价,除桐乡果园桥水厂取水口为Ⅴ类水体外,其余 4 个取水口均劣于Ⅴ类水体,主要的超标项目为 TN、TP、 NH_3-N 、DO、Fe 和 Mn。

2.3 农村居民生活饮用水水质状况

根据浙江省水利厅《关于开展全省农村饮用水水质调查的通知》精神,2003 年 10~11 月,在全市范围内对农村生活饮用水进行抽样调查,以县(市、区)为单位,选择当地有代表性的 1 个乡镇水厂的出厂水及管网出口水样,3 个乡村水厂或小型供水工程的入户处水样,2 个未通自来水乡村农户直接饮用的浅井水、河水、自流水水样,按照《生活饮用水卫生规范》进行评价,嘉兴市农村水厂的生活饮用水出厂合格率为 54.5%,主要的超标项目为 Fe、Mn 和细菌总数。由于通过管道输送等二次污染,农村入户的生活饮用水合格率仅为 31.2%,主要的超标项目为

作者简介:许科文(1964—),男,浙江诸暨人,高级工程师,从事水环境监测及水资源评价工作。

Fe、Mn、细菌总数、总大肠菌群、粪大肠菌群。

3 引水工程水源地选择

根据专家的多方论证 ,与嘉兴市的实际情况相结合 ,引水工程的水源地选择可分 3 个方案。

3.1 汾湖水源

汾湖位于嘉兴北部 ,分属江苏吴江市与浙江嘉善县 ,水域面积 3.488 km² ,太浦河自西向东穿越湖区 ,湖内主航道水深 5 m ,其他水域水深 2.0 ~ 3.5 m。湖中现修有汾湖穿堤 ,沿湖嘉善县境内有西苕港、梅潭港、西港闸、湖滨闸、陶庄枢纽与湖相通 ,江苏境内有太浦河进出口及 5 个口门与湖相连 ,湖体蓄水量约为 0.1 亿 m³。根据地形条件和水质状况 ,以汾湖为引水工程水源的取水口选择在嘉善县汾湖南岸。在距汾湖南岸 50 m 和 100 m ,分别布设 2 个监测站点。

3.2 太湖水源

太湖位于杭嘉湖平原的北部 ,西部为山区 ,北与长江连通 ,是全流域控制调节径流的平原湖泊。太湖面积 2427.8 km² ,其中水域面积 2338.1 km² ,多年平均水位 3.05 m ,平均水深 1.90 m ,相应蓄水量为 4.7 亿 m³ ,年吞吐量 5.2 亿 m³ ,水量交换系数为 1.18。

太湖周边有出入湖河道 220 条 ,其中入湖河道 70 条 ,出湖河道 150 条。主要来水为浙江省境内的苕溪水系和江苏省境内的荆溪水系 ,其中苕溪水系约占入湖水量的 50% ,荆溪水系占入湖水量的 30% ~ 40%。

在东太湖庙港和吴 靠岸 50 m ,100 m 和 200 m ,设置了 4 个监测站点。

3.3 新安江水系

新安江发源于安徽省休宁县六股尖东坡 ,源头海拔 1350 m ,干流长 359 km ,平均坡降 3.7% ,流域面积 11674 km² ,其中新安江水库干流长 318 km ,流域面积 10405 km²。1959 年水库建成蓄水后 ,形成了面积 580 km² 的人工湖泊 ,蓄水 178.4 亿 m³。水库主要以发电为主 ,并有防洪、航运、灌溉、养殖、旅游、供水等多种功能。综合分析库区和沿线地形、地质条件以及库区的水质现状 ,取水口位置初步选择在库区左岸富文湾 ,距新安江大坝 12 km。分别设置文昌、富文 1、富文 2、富文 3 和横公坞 5 个监测点。

4 可选水源地水质研究

4.1 评价标准和监测参数选择

4.1.1 评价标准

根据对取水水源地的水质功能要求 ,选择 3 个标准作为评价标准 :①GB 3838—2002《地表水环境质量标准》;②CJ 3020—1993《生活饮用水水源水质标准》;③《生活饮用水卫生规范》卫法监发[2001]161 号。

4.1.2 监测参数选择

a. 在常规的监测中 ,根据所选定的标准要求 ,选择了水位、透明度、肉眼可见物、嗅和味、pH 值、悬浮物、色度、浊度、氯化物、总硬度、DO、BOD₅、COD_{Mn}、氟化物、NH₃-N、NO₂-N、NO₃-N、挥发酚、Mn、Fe、TN、TP 和阴离子表面活性剂等共 24 项监测项目。

b. 对可选水源进行全面调查时 ,增加了溶解性固体、硫酸盐、总氰化物、总砷、Cr⁶⁺、Hg、Cd、Pb、Cu、Zn、硒、总大肠菌群、总(α)放射性、总(β)放射性、氯仿、四氯化碳、六六六、滴滴涕和苯并(a)芘等 19 个监测项目。

4.2 评价方法

4.2.1 分类指数评价法

常用单项污染指数 I_i 表示某种污染物对水环境产生等效影响程度 , I_i 值一般用该种污染物在水中的实测浓度 C_i 与该水环境中允许浓度(即评价标准) C_s 的比值进行计算。

a. 污染物的危害程度随其浓度的增加而增加的评价参数 ,其分项污染指数计算公式为

$$I_i = C_i / C_{si}$$

b. 污染危害程度随其浓度增加而降低的评价参数 ,其分项污染指数计算公式为

$$I_i = (C_{imax} - C_i) / (C_{imax} - C_{si})$$

c. 对具有最低和最高允许浓度的评价参数 ,其单项污染指数的计算公式为

$$I_i = (C_i - C_{si}) / (C_{si最高或最低} - C_{si})$$

如果 $I_i > 1$,说明该实测指标对水体产生了污染 ,以此确定水质的类别和超标程度。

4.2.2 综合污染指标 P

P 属均值型综合污染指标 ,计算公式为

$$P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$$

式中 :P 为水域综合污染指标 ;n 为水质参数数量 ; P_i 为某污染物的污染指标

$$P_i = C_i / S_i$$

其中 : S_i 为某污染物的地表水标准浓度。

按 P 值定出地表水环境质量分级标准 ,见表 1。

表 1 综合污染指标分级标准

P	级别	分级依据
<0.2	清洁	参数项目未检出 ,个别项目检出但在标准之内
0.2~0.4	尚清洁	检出值均在标准之内 ,个别接近标准
0.4~0.7	轻污染	个别项目检出值超过标准
0.7~1.0	中污染	有 2 次检出值超过标准
1.0~2.0	重污染	相当部分检出值超过标准
>2.0	严重污染	相当部分检出值超过标准数倍或几十倍

4.3 水质研究

根据评价标准 ,用分类指数法判断 ,在常规的 24 个监测项目和全面调查的 19 个监测项目中 ,影响水源地水质的主要监测项目为 :TN、TP、NH₃-N、COD_{Mn}、BOD₅、DO、Mn、Fe 等 8 个指标 ,其余监测项目基本能达到 GB 3838—2002 Ⅲ 类水水质标准或 CJ 3020—1993。

对各可选水源地及嘉兴市现状水源地的监测数据进行统计和分析 ,其中汾湖、太湖的监测数据为 2002 年 5 ~ 12 月共 22 次监测的资料统计成果 ,新安江水库的监测时间为 2003 年 5 ~ 12 月 ,每个监测点采上、中、下 3 个水样 ,统计结果为上、中、下的平均值 ,嘉兴市现状水源地水质为 2002 年全年的监测数据平均值。

4.3.1 水质类别、主要污染指标及超标率

统计结果见表 2。从表 2 可以得出以下结论。

a. 汾湖 2 个监测断面的总体水质类别为Ⅳ类水体 ,主要污染指标 :DO 超标率为 27.3% ;TP 超标率为 90.9% ;TN 超标率为 84.1% ;Fe 超标率为 50.5% ;Mn 超标率为 20.4%。

b. 太湖庙港监测点水质类别为Ⅲ类水体 ,主要污染指标 :TP 超标率为 27.3% ;TN 超标率为 22.7% ;Fe 超标率为 27.3%。

c. 太湖吴 3 个监测断面总体水质为Ⅲ ~ Ⅳ类水体 ,主要污染指标 :TP 超标率为 47.0% ;TN 超标率为 27.3% ;总铁超标率为 45.5%。

d. 新安江 5 个监测断面总体水质为Ⅱ ~ Ⅲ类水体 ,无污染指标超标。

e. 现状水源地 5 个水厂取水口总体水质为Ⅴ

~ 劣于Ⅴ类水体。

4.3.2 综合污染指标 P

根据公式计算各可选水源地的综合污染指标 P 值 ,选择影响较大的 DO、COD_{Mn}、BOD₅、NH₃-N、TP、TN、Fe 和 Mn 8 个项目为水质评价参数 ,并根据表 1 进行分级 ,结果见表 3。

表 3 综合污染指标 P 值

水源地		P 值	水质级别
汾湖	汾湖 50 m	0.86	中污染
	汾湖 100 m	0.93	中污染
太湖	庙港	0.45	轻污染
	吴 50 m	0.55	轻污染
	吴 100 m	0.64	轻污染
	吴 200 m	0.59	轻污染
新安江	文昌	0.23	尚清洁
	富文 1	0.19	清洁
	富文 2	0.20	尚清洁
	富文 3	0.21	尚清洁
	横公坞	0.21	尚清洁
现状水源	果园桥水厂	1.69	重污染
	双溪桥水厂	2.71	严重污染
	嘉善水厂	2.41	严重污染
	南门水厂	2.52	严重污染
	石臼漾水厂	1.87	重污染

根据综合污染指标 P 值的评价结果及表 1 分级标准判断 ,汾湖 2 个监测断面均为中污染级别 ;太湖 4 个监测断面均为轻污染级别 ,新安江 5 个监测断面中有一个为清洁级别 ,其余 4 个为尚清洁级别 ,说明新安江为无污染水体。而现状 5 个水源地的水质 2 个处于重污染级别 ,3 个处于严重污染级别。

4.3.3 可选水源地单项水质参数比较

为了更直观地反映可选水源地的水质状况 ,将各水源的监测断面平均值作比较 ,绘制成水质参数

表 2 可选水源地和现状水源地水质监测成果

水源地		DO			COD _{Mn}			BOD ₅			NH ₃ -N			TP			TN			Fe			Mn			水质类别
		平均值	超标率	最差值	平均值	超标率	最差值	平均值	超标率	最差值	平均值	超标率	最差值	平均值	超标率	最差值	平均值	超标率	最差值	平均值	超标率	最差值	平均值	超标率	最差值	
汾湖	汾湖 50 m	5.48	27.3	4.25	4.32	0	5.78	1.49	0	2.38	0.46	0	0.73	0.076	90.9	0.130	1.30	81.8	2.37	0.32	50.0	1.16	0.06	18.2	0.15	Ⅳ
	汾湖 100 m	5.65	27.3	3.80	4.41	0	5.70	1.48	0	3.06	0.49	0	0.77	0.090	90.0	0.189	1.38	86.4	2.36	0.36	50.0	1.24	0.06	22.7	0.18	Ⅳ
太湖	庙港	7.95	0	5.11	3.03	0	3.52	1.20	0	2.27	0.18	0	0.28	0.038	27.3	0.080	0.65	22.7	1.80	0.24	27.3	0.96	0.01	0	0.05	Ⅲ
	吴 50 m	8.11	0	6.53	3.03	0	4.06	1.39	4.55	4.57	0.22	0	0.56	0.049	27.3	0.136	0.84	31.8	2.20	0.34	36.4	1.46	0.02	0	0.07	Ⅲ
	吴 100 m	8.18	0	5.09	3.03	0	3.61	1.45	4.55	8.10	0.26	0	0.59	0.062	54.5	0.175	0.84	27.3	2.21	0.47	59.1	1.29	0.02	0	0.05	Ⅳ
	吴 200 m	8.28	0	5.09	3.11	0	3.95	1.24	0	2.61	0.25	0	0.72	0.059	59.1	0.154	0.84	22.7	2.42	0.38	40.9	1.28	0.02	0	0.06	Ⅳ
新安江	文昌	7.13	0	5.43	1.64	0	2.09	1.07	0	1.76	0.07	0	0.09	0.010	0	0.020	0.55	0	0.72	<DL	0	<DL	<DL	0	<DL	Ⅲ
	富文 1	7.68	0	6.76	1.35	0	1.80	0.79	0	1.28	0.06	0	0.08	0.010	0	0.020	0.47	0	0.67	<DL	0	<DL	<DL	0	<DL	Ⅱ
	富文 2	7.30	0	6.59	1.33	0	1.54	0.79	0	1.50	0.05	0	0.12	0.010	0	0.020	0.50	0	0.82	<DL	0	<DL	<DL	0	<DL	Ⅱ
	富文 3	7.18	0	6.23	1.33	0	1.63	0.72	0	1.31	0.05	0	0.13	0.010	0	0.020	0.54	0	0.82	<DL	0	<DL	<DL	0	<DL	Ⅲ
	横公坞	7.40	0	6.36	1.39	0	1.67	0.78	0	1.58	0.06	0	0.12	0.010	0	0.020	0.57	0	0.84	<DL	0	<DL	<DL	0	<DL	Ⅲ
现状水源	果园桥水厂	4.27	75.0	3.09	4.24	0	5.07	1.77	0	3.19	1.52	100	2.39	0.223	25.0	0.384	2.97	100	3.75	0.56	75.0	0.93	0.26	100	0.34	Ⅴ
	双溪桥水厂	2.10	100	1.27	4.97	0	5.87	3.18	25.0	4.56	3.11	100	4.47	0.288	75.0	0.281	4.58	100	6.01	0.39	75.0	0.49	0.34	100	0.45	劣Ⅴ
	嘉善水厂	3.29	100	2.26	5.05	0	5.75	2.54	0	3.53	2.06	100	2.52	0.208	75.0	0.296	3.43	100	4.05	1.19	75.0	3.06	0.32	100	0.44	劣Ⅴ
	南门水厂	3.30	100	1.92	4.98	25.0	6.52	2.31	0	3.53	3.74	100	5.16	0.365	75.0	0.573	4.53	100	5.16	0.42	50.0	0.96	0.32	75.0	0.65	劣Ⅴ
	石臼漾水厂	3.00	100	1.68	5.07	25.0	6.60	1.88	0	2.91	2.25	100	3.47	0.315	75.0	0.487	3.75	100	5.19	0.12	0	0.21	0.11	75.0	0.41	劣Ⅴ

注 :平均值和最差值的单位为 mg/L ,超标率的单位为 %。

比较图 ,见图 1 ,选择的参数以表 2 中数据为基准。

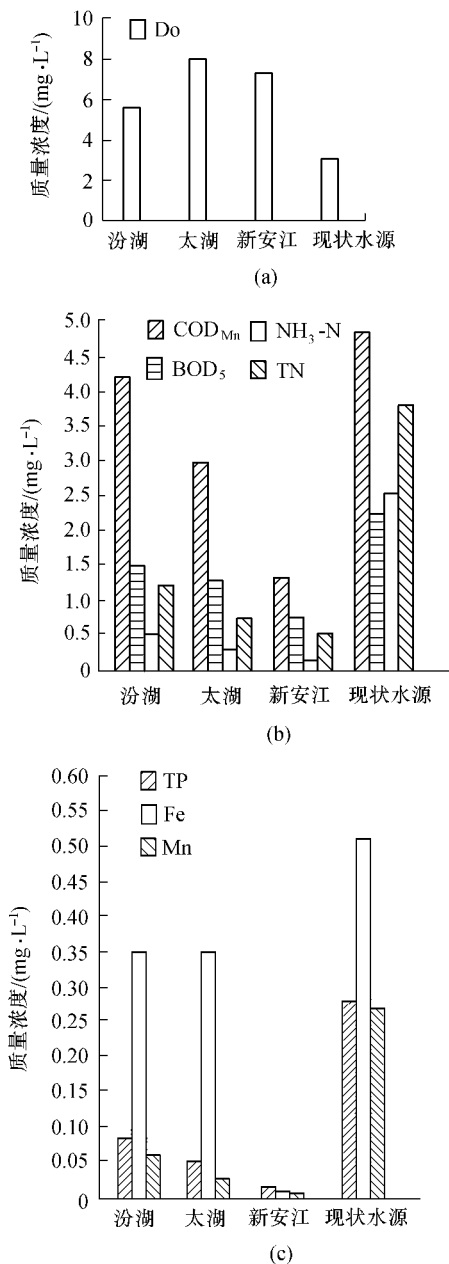


图 1 水质参数比较

从水质参数比较图分析。

a. DO :太湖水源地略好于新安江水源地。这是由于太湖水体水深较浅 ,所取水样在水面下 0.5 m 处 ,而新安江所取水样为上、中、下 3 层的平均值。二者均好于汾湖水源 ,为现状水源的 2 倍多。

b. COD_{Mn} 汾湖水源地接近于现状水源 ,太湖水源地是新安江水源地的 2 倍左右。

c. BOD₅ 汾湖、太湖水源地比较接近 ,是新安江水源地的 2 倍左右。

d. NH₃-N 汾湖水源地是太湖水源地的 2 倍左右 ,新安江水源地接近于检出限 ,无污染。

e. TP :汾湖水源地比太湖水源地大 1/3 左右 ,新安江水源地接近于检出限 ,无污染。

f. TN 汾湖水源地是太湖水源地的 2 倍左右 ,新安江水源地约为太湖水源地的 2/3。

g. Fe 汾湖和太湖水源地基本接近 ,新安江水源地小于检出限 ,无污染。

h. Mn 汾湖和太湖水源地略有检出 ,新安江水源地小于检出限 ,无污染。

5 结论和建议

通过对嘉兴市引水工程可选水源地的水质研究 ,结果表明 :

a. 汾湖水源水质经多项指标评价 ,为Ⅳ类水体 ,综合污染指标 *P* 处于中等污染指标级别 ,尤其是水质参数 TP ,TN ,Fe 和 Mn 超标率较高。汾湖不宜作为引水工程的水源选择地。

b. 太湖水源水质经多项指数法评价 ,为Ⅲ ~Ⅳ类水体 ,综合污染指标 *P* 处于轻度污染级别。但由于受上游来水的影响 ,水质稳定性较差 ,尤其 TP ,TN 和总铁的超标率较高。BOD₅ 最大值达 8.10 mg/L ,TP 的最大值达 0.175 mg/L ,TN 的最大值达 2.42 mg/L ,Fe 的最大值达 1.46 mg/L ,为引水工程的水源安全性考虑 ,太湖水源作为引水工程水源不是最理想的。

c. 新安江水源的水质经多项指数法评价 ,为Ⅱ ~Ⅲ类水 ,综合污染指标 *P* 值处于清洁和尚清洁级别 ,无任何超标项目 ,水质稳定 ,新安江是最佳的引水工程水源地。

d. 引水工程是合理调配水资源的重要工作之一 ,工程投资大 ,技术难度高 ,建设时间长 ,从多因素考虑合理选择水源地是工程的关键。建议政府和行政主管部门进一步加强水源地的监测力度 ,为工程的决策提供更详实和准确的科学依据。

参考文献 :

[1] 方子云 .水资源保护工作手册 [M].南京 :河海大学出版社 ,1988.

(收稿日期 2004-02-20 编辑 胡新宇)

