

2007 ~ 2008 年引江济太调水对太湖水质改善效果分析

周小平,翟淑华,袁 粒

(太湖流域水资源保护局,上海 200434)

摘要 在对引江济太调水工程前期研究的基础上,对 2007 年无锡供水危机事件和 2008 年冬春季引水中引江济太工程的作用进行了系统分析。在 2007 年无锡供水危机爆发 1 周内,随着引江济太调水工程的进行,贡湖水厂水源地溶解氧和氨氮等水质指标从劣 V 类转变为 III 类,小湾里水厂和锡东水厂水质也有好转;在 2007 年下半年和 2008 年上半年调水条件下,2008 年 5 月与去年同期相比,贡湖高锰酸盐指数、总磷和总氮质量浓度分别从 7.04 mg/L、0.106 mg/L、4.10 mg/L 下降到 3.35 mg/L、0.087 mg/L、2.87 mg/L,氨氮水质指标保持在 III 类,表明引江济太调水工程对改善太湖局部湖区水质、保障太湖供水安全具有重要意义。最后提出了进一步推动引江济太调水工程长效化运行的对策措施建议。

关键词 引江济太调水工程;太湖;水质改善

中图分类号:TV213.9 文献标识码:A 文章编号:1004-693X(2010)01-0040-04

Influences of water diversion from Yangtze River to Taihu Lake on water quality of Taihu Lake between 2007 and 2008

ZHOU Xiao-ping, ZHAI Shu-hua, YUAN Li

(Taihu Basin Water Resources Protection Bureau, Ministry of Water Resources, Shanghai 200434, China)

Abstract: On the basis of pilot studies on the water diversion from the Yangtze River to Taihu Lake (WDYT), the influence of WDYT both on the water supply crisis in Wuxi City in 2007 and from January to June in 2008 were analyzed systematically. During the one-week water supply crisis in Wuxi City, water quality indexes such as dissolved oxygen and ammonia in water sources of the Gonghu water supply plant improved from category V to category III when the WDYT went into operation. According to the national water quality standard, the water quality of the Gonghu water supply plant and the Xidong water supply plant also gradually improved. WDYT was in operation in the second half of 2007 and the first half of 2008. The concentration of the permanganate index, the total phosphorous, and the total nitrogen in Gonghu decreased from 7.04 mg/L, 0.106 mg/L, and 4.10 mg/L in May 2007 to 3.35 mg/L, 0.087 mg/L, and 2.87 mg/L, respectively, in the same period of 2008. The concentration of ammonia nitrogen held the water in category III. The results showed that WDYT was very important to the improvement of the water quality in part of the area and to guaranteeing water supply in Taihu Lake. Countermeasures to advancing long-term operation of WDYT were finally promoted in the paper.

Key words: Water Diversion Project from Yangtze River to Taihu Lake (WDYT); Taihu Lake; water quality improvement

太湖流域地跨江苏、浙江和上海两省一市,流域面积 3.69 万 km²。2006 年太湖流域以占全国 0.38% 的土地面积、3.5% 的人口,创造了全国 11.7% 的国内生产总值和 21% 的财政收入;人均

GDP 超过 7 000 美元,是我国经济最发达的地区之一。太湖流域本地水资源相对不足,人均、亩均本地水资源占有量分别仅为全国的 1/5 和 1/2,流域水污染治理和水资源保护力度远不及流域经济社会的快

速发展 ,流域水环境质量状况不容乐观。2005 年 ,流域 89.3% 的评价河长水质劣于Ⅲ类 ,主要水功能区水质达标率为 18.6% 参评的 47 个地表饮用水水源地中 ,34% 水质劣于Ⅲ类。

为保障太湖流域供水安全 ,改善流域水环境 ,根据温家宝总理提出的“以动治静、以清释污、以丰补枯、改善水质”的指示精神 ,引江济太调水工程于 2002 年启动 ,至今一直在运行。已有研究表明 :2002 ~ 2003 年的引江济太调水措施让太湖富营养化关键性水质指标总磷浓度改善幅度达 31% ,太湖水质有机污染指标高锰酸盐指数浓度改善幅度为 19%^[1] ,太浦河及黄浦江下游及流域部分河网水量、水质也得到改善 ,为太湖流域供水安全提供了有效保障^[4]。

根据 2002 ~ 2003 年引江济太调水工程试验中的丰富实践经验 ,引江济太的水资源调度不断丰富、完善 ,并从试验逐步走向常年运行、长效化运行^[5-6]。在 2008 年 5 月国务院批复的《太湖流域水环境综合治理总体方案》中 ,引江济太调水是一项重要措施 ,调水规模将会扩大 ,并将长期实施下去^[7]。目前 ,针对引江济太调水工程实验阶段的调水效果分析文献较多^[1-6] ,对近期引江济太调水工程效果系统研究的资料较少^[8-9] ,笔者针对 2007 年引江济太应急调水应对无锡供水危机和 2008 年冬春季引江济太调水抑制夏季蓝藻暴发作用进行了系统分析 ,为引江济太调水工程的长效运行提供参考依据。为保持与以往对引江济太调水工程效果分析研究的一致性 ,水质分析指标仍选用 DO、COD_{Mn}、NH₃-N、TN、TP 和叶绿素 a ,水质等指标监测分析方法采用国标或通用分析方法 ,文中不再阐述。

1 引江济太调水工程基础条件分析

1991 年太湖流域洪水后实施的治太骨干工程为引江济太调水工程的运行提供了工程条件。引江济太是利用已建成的望虞河工程 ,将长江水引入河网和太湖 ,再通过太浦河、东苕溪导流、环太湖口门等工程将太湖清水供给黄浦江上游地区、浙江杭嘉湖地区和环太湖周边地区 ,从而达到提高流域水资源、水环境承载能力的目的。

长江为引江济太调水工程提供了充足的优质水源。长江望虞河河口下游 15 km 处长江徐六泾断面多年平均径流总量 9335 亿 m³ ,径流量以 5 ~ 11 月较为丰沛 ,在 95% 的设计保证率下 ,其月径流总量均在 200 亿 m³ 以上。且引水区处于长江河口潮流界以内 ,多年平均涌入长江河口的潮汐水量为 8.40 × 10¹² m³ ,约为长江年径流量的 9 倍 ,引水区水量充沛 ;水质优良 ,常年保持在Ⅱ类(表 1)。

表 1 2006 ~ 2007 年长江徐六泾断面、望虞河河口、太湖水质状况 mg/L

断面	ρ(DO)	ρ(COD _{Mn})	ρ(TP)	ρ(NH ₃ -N)	ρ(TN)
长江徐六泾	8.70	1.05	0.10	0.37	—
望虞河口	7.01	2.42	0.10	0.26	1.90
竺山湖	7.96	8.67	0.190	2.68	5.99
梅梁湖	7.90	6.29	0.130	1.63	4.28
贡湖	9.76	4.90	0.079	0.42	2.67
太湖平均	9.33	5.45	0.084	0.47	2.57

表 1 数据表明 ,长江水质指标 COD_{Mn}、TN、NH₃-N 均优于太湖平均值 ,TP 虽然略高于太湖平均值 ,但优于太湖西北部湖区和北部湖湾区(梅梁湖、竺山湖)水质指标 ,引江济太调水措施总体有利于太湖整体水质改善。与其他入太湖河流水质对比表明 ,望虞河引江入湖水水质总体优于其他入太湖河流 ,为改善太湖水环境提供了重要的优质水源。

2 2007 年引江济太应急调水效果分析

2.1 无锡供水危机和引江济太调水过程

2007 年 4 月底 ,太湖蓝藻大规模暴发 ,西北部梅梁湖等地积聚了大量蓝藻。5 月 6 日梅梁湖小湾里水厂水源地叶绿素 a 质量浓度达到 259 μg/L ,位于贡湖湾和梅梁湖交界的贡湖水厂达到 139 μg/L ,贡湖湾锡东水厂水源地达到 53 μg/L ,叶绿素 a 的质量浓度在太湖西北部湖湾全部超过 40 μg/L 的蓝藻暴发界定值。到 5 月中旬 ,太湖梅梁湖等湖湾的蓝藻进一步聚集 ,蓝藻分布的范围和程度均在扩大和加重。由于水厂水源地附近蓝藻大量死亡等原因导致水质恶化 ,5 月 28 日无锡贡湖水厂氨氮质量浓度上升到 5 mg/L 以上 ,溶解氧质量浓度为 0 ,无锡市居民自来水臭味严重 ,引发无锡市饮用水水源地供水危机。

鉴于梅梁湖大规模暴发蓝藻 ,太湖流域管理局 5 月 6 日启用望虞河常熟水利枢纽泵站 ,实施引江济太应急调水 ,至 5 月 11 日待入湖水水质符合要求后望亭水利枢纽开闸引水入湖 ,引江流量在 160 m³/s ,入湖流量在 100 m³/s 左右。5 月 30 日 ,在获悉无锡市发生供水危机后 ,立即启动应急响应机制 ,加大望虞河调水力度 ,加强加密监测 ,加大长江清水入湖水量。望虞河常熟枢纽引水流量从 160 m³/s 增加到 240 m³/s ,望亭水利枢纽入湖流量从 100 m³/s 增加到 200 m³/s。至 7 月 4 日 ,从常熟枢纽调入长江水 10.04 亿 m³ ,从望亭水利枢纽进入太湖水量达 6.24 亿 m³。当地水利部门于 5 月 30 日晚紧急启动了梅梁湖泵站抽取太湖水 ,日均抽水流量 40 ~ 50 m³/s (装机容量为 50 m³/s) ,期间累计抽水近 1.30 亿 m³。

2.2 应急调水效果分析

在 2007 年引江济太应急调水中 ,太湖水位总体呈上涨趋势 ,调水期间太湖水位维持在 3.00 ~ 3.20 m ,再加以梅梁湖泵站的引流作用 ,加快了贡湖和梅梁湖等水域的水体流动。由于长江清水大量进入贡湖 ,有效抑制了贡湖等湖湾蓝藻生长 ,贡湖湾锡东水厂的叶绿素 a 质量浓度由调水前的 53 μg/L 逐步降低到 10.5 μg/L ,贡湖湾蓝藻暴发现象得到明显抑制。

从水质监测结果分析 ,长江清水入湖后 ,直接受水的贡湖水域水质明显好转 ,锡东水厂水源地水质稳定。位于贡湖和梅梁湖交界处的贡湖水厂(南泉水厂)取水口水质在应急调水后水质明显好转 ,与 5 月 28 日相比 ,6 月 1 日溶解氧质量浓度从近 0 mg/L (劣 V 类)升至 5.89 mg/L(Ⅲ类) ,氨氮质量浓度从 5.0 mg/L(劣 V 类)降至 1.37 mg/L(Ⅳ类) ,供水水质基本恢复正常 ,贡湖水厂自来水味道明显减轻 ,6 月 4 日贡湖水厂水源地水质逐步稳定 ,18 时溶解氧质量浓度 6.87 mg/L(Ⅱ类) ,氨氮质量浓度 1.3 mg/L(Ⅳ类) ,6 月 6 日贡湖水厂水源地溶解氧质量浓度 6.94 mg/L(Ⅱ类) ,氨氮质量浓度 0.98 mg/L(Ⅲ类) ,并保持稳定 ,在此期间高锰酸盐指数和总磷质量浓度也有较大程度的下降并保持稳定。应急调水期间其余水源地水质变化过程见图 1 ,其中位于贡湖的锡东水厂和金墅港水源地由于距引江济太调水工程望亭立交入湖口较近 ,直接受到引江济太调水入湖影响 ,水质一直保持良好的 ,位于梅梁湖的小湾里水厂取水口水质也呈现出与贡湖水厂类似的水质改善过程 ,但由于距引江济太调水工程望亭立交入湖口较远 ,水质好转所需时间相对较长。2007 年引江济太应急调水期间太湖水源地水质变化过程进一步表

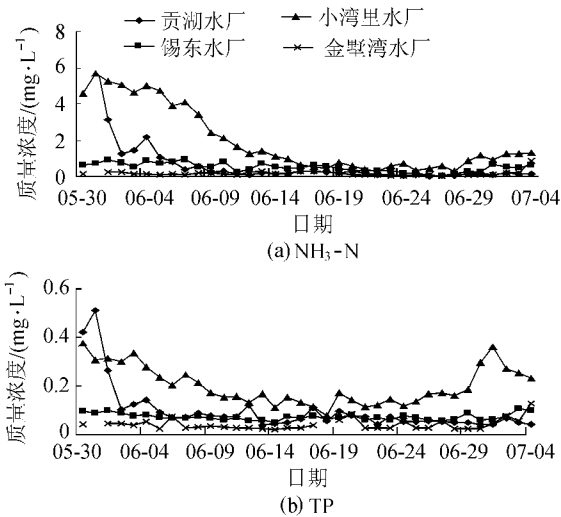


图 1 2007 年引江济太调水工程应急调水期间太湖水源地水质指标变化

明 ,引江济太调水是缓解本次无锡市水源地供水危机、保障贡湖水源地供水安全的有效措施。

2.3 引江济太调水前后水源地水质对比分析

为进一步分析 2007 年引江济太调水对贡湖水源地供水安全的作用 ,选取 2007 年调水前的 1 ~ 5 月和调水后的 6 ~ 12 月的太湖贡湖水厂取水口、金墅湾水源地和锡东水厂取水口的水质进行对比分析(表 2)。数据表明 ,调水后各水源地的 COD_{Mn}、NH₃-N、TN、TP 和叶绿素 a 质量浓度均得到改善。

表 2 2007 年引江济太调水前后水源地水质对比

断面	时段	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{TN})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{TP})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{chl a})$ ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)
贡湖水厂取水口	1 ~ 5 月	8.25	1.21	5.14	0.14	55.35
	6 ~ 12 月	5.45	0.65	3.08	0.10	20.03
金墅湾水源地	1 ~ 5 月	5.38	0.87	3.69	0.07	17.53
	6 ~ 12 月	4.41	0.18	1.76	0.05	3.12
锡东水厂取水口	1 ~ 5 月	5.55	0.45	3.41	0.09	26.81
	6 ~ 12 月	3.28	0.51	2.61	0.08	10.80

注 5 月水质监测具体时间为引江济太调水入湖前。

3 2008 年冬春季引江济太调水效果分析

3.1 调水背景及调水实况

由于冬春季降雨偏少、温度较低而导致水体中微生物活性逐渐下降 ,以及入湖河流营养盐浓度较高等因素 ,一般而言 ,太湖水体中冬春季的总磷、总氮浓度较高。而春季水体较高的氮磷浓度使得越冬藻类快速繁殖 ,为夏季蓝藻大规模暴发埋下祸根。为此 ,开展了冬春季引江济太引水试验 ,探索冬春季调水对降低夏季太湖营养物质浓度、抑制夏季蓝藻暴发具有重要意义。

在 2007 年引江济太调水成功应对无锡供水危机的经验基础上 ,2008 年引江济太调水工作提前于 1 月 10 日正式启动 ,比常年提早了 4 个月左右 ,在入湖水质达标前提下 ,望亭水利枢纽于 1 月 22 日开闸引水入湖。调水期间 ,太湖流域管理局根据流域水雨情、水质情况 ,实施精细调度 ,如为保障春节期间供水安全和黄浦江水源地水质 ,太浦闸供水流量从 50 m³/s 加大至 80 m³/s ,针对 3 月中旬望虞河西岸支流污水对入湖水质造成影响 ,不断压减入湖流量 ,3 月 22 日被迫关闭望亭枢纽数天。至 6 月 8 日因太湖流域进入梅雨期 ,太湖水位上升 ,为统筹防洪调度 ,引江济太调水工程暂停运行 ,期间共引长江水 20.15 亿 m³ ,入湖 8.92 亿 m³。在此期间 ,梅梁湖泵站因运行时间较长 ,于 2 月中旬至 3 月底停机检修 ,其余时间一直处于运行中 ,日均流量约 40 m³/s。根据环湖主要河流水质监测结果表明 ,2007 年 5 月至 2008 年 5 月期间环湖河流入湖水质与近几年同期水质基本持平 ,其中湖西区入湖河流水质仍为劣 V 类。

3.2 引江济太调水效果分析

2007 年引江济太调水于 5 月中旬开始 ,其中 5 月份太湖水质资料为未开展引江济太调水时的监测数据 ,2008 年引江济太调水于 1 月开始至 5 月底 ,且在引江济太调水的同时 ,江苏省相关部门一直在启用梅梁湖泵站引流 ,故通过对 2008 年 5 月与 2007 年同期水质对比 ,从一定程度上反映了引江济太调水对太湖水质尤其是对直接影响区贡湖和梅梁湖的水质改善作用。

从表 3 可以看出 ,2008 年 5 月太湖水质与 2007 年 5 月相比较 ,贡湖除 $\text{NH}_3\text{-N}$ 质量浓度有所增加外 (但均为 II 类) , COD_{Mn} 从 IV 类改善为 II 类 ,TP 改善 1 个类别 ,TN 虽然仍为劣 V 类 ,但浓度大幅降低 ,叶绿素 a 质量浓度也大幅下降 ,水质得到明显改善 ,梅梁湖除 TP 质量浓度有所增加外 , $\text{NH}_3\text{-N}$ 从 III 类改善为 I 类 ,TP 改善 1 个类别 ,TN 质量浓度大幅降低 ,水质改善效果明显 ;竺山湖仅 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度得以改善 ,其余水质指标改善效果不明显 ,叶绿素 a 质量浓度还大幅上升 ;东太湖和湖心区水质基本持平 ,南部沿岸区水质 COD_{Mn} 和 TP 指标有所变差 , $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 TN 质量浓度基本持平 ,但叶绿素 a 质量浓度大幅上升 ,水质有所变差。就太湖平均而言 ,2008 年 5 月太湖水质与 2007 年 5 月整体持平 ,但叶绿素 a 质量浓度有所上升。

从 2008 年 5 月与 2007 年 5 月太湖湖区水质分析表明 ,除贡湖和梅梁湖外 ,各湖区和太湖水质与去年基本持平 ,而叶绿素 a 质量浓度却有所上升。贡湖是望虞河引江济太调水工程望亭立交入湖的直接受水区 ,梅梁湖是梅梁湖泵站引流直接影响区 ,说明通过望虞河引江济太调水工程和梅梁湖泵站引流的共同作用 ,对稳定太湖湖区整体水质、对调水直接影响区的贡湖和梅梁湖具有较明显的改善作用。由于太湖水源地多数位于贡湖和梅梁湖 ,因此 ,在现有条件下通过引江济太调水改善贡湖和梅梁湖水质 ,对保障水源地供水安全起到了最直接有效的作用 ,同时表明通过冬春季调水对抑制蓝藻暴发、保障供水

安全具有较好作用。

4 结论与建议

a. 引江济太调水是应对水源地水质危机的有效措施。2007 年无锡供水危机中 ,通过引江济太应急调水 ,有效降低了水源地蓝藻浓度 ,改善了取水口附近水质 ,水源地水质改善过程充分表明了引江济太调水是缓解水源地供水危机、保障贡湖水源地供水安全的有效措施 ,这与已有研究观点一致^[8-9]。

b. 冬春季调水对缓解太湖蓝藻生长具有较好作用。在 2008 年冬春季引江济太调水实践中 ,仅贡湖和梅梁湖水质得到改善 ,代表藻类密度的叶绿素 a 质量浓度有所下降 ,充分说明引江济太调水和梅梁湖泵站引流对改善湖区水质及抑制蓝藻发生起到了一定的作用 ,为今后保障北部湖区水源地供水安全、实现引江济太调水工程长效化运行提供了参考。

c. 进一步加大区域污染源治理 ,充分发挥引江济太调水工程效益。望虞河西岸支流水污染严重 ,在调水过程中多次发生望虞河西岸支流污水进入望虞河、影响调水顺利进行的情况 ,引江济太调水工程另一骨干河道太浦河也受到两岸污水的影响 ,在完善工程调控措施的同时 ,仍需要大力加强两岸地区污染源治理 ,确保望虞河清水入湖、太浦河供水水质 ,实现引江济太调水工程效益最大化。

d. 进一步加强流域统一调度。引江济太调水工程管理和调度涉及不同省市和不同行业利益 ,除望亭、常熟水利枢纽及太浦闸等主要控制性枢纽由流域管理机构直接调度外 ,其余环湖口门及望虞河、太浦河沿线口门均由地方管理 ,流域统一调度难以有效实施 ,如在调水实践中望虞河东岸口门分流过大影响入湖水量水质的现象时有发生。要在统筹流域防洪和供水安全、流域与区域需求的基础上 ,实现流域水资源统一调度 ,增大入湖水量比例 ,确保引江济太调水工程长效运行。

致谢 :文中部分水质监测数据来自太湖流域管理局水文水资源监测局 ,在此深表谢意。

表 3 2008 年 5 月和 2007 年 5 月太湖水质对比

监测区	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$		$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$		$\rho(\text{TP})(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$		$\rho(\text{TN})(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$		$\rho(\text{chl}a)(\text{mg}\cdot\text{m}^{-3})$	
	2007 年	2008 年	2007 年	2008 年	2007 年	2008 年	2007 年	2008 年	2007 年	2008 年
贡 湖	0.20	0.34	7.04	3.35	0.106	0.087	4.10	2.87	46.40	18.60
梅梁湖	0.90	0.07	6.07	5.39	0.087	0.102	4.51	3.80	28.10	26.70
竺山湖	3.48	1.93	11.80	11.10	0.189	0.25	7.63	8.16	110.00	244.00
东太湖	0.13	0.12	4.69	4.00	0.036	0.028	1.67	1.12	5.52	7.10
湖心区	0.21	0.10	3.74	3.91	0.043	0.051	2.55	2.35	7.81	10.60
南部沿岸区	0.11	0.10	4.20	8.30	0.053	0.094	2.08	1.95	9.52	141.00
全湖平均	0.36	0.19	5.25	5.78	0.071	0.083	2.93	3.07	19.52	72.40

(下转第 48 页)

口站多年平均流量(1 447 m³/s)的 0.13% ,年平均最小流量 764.2 m³/s(1991 年)的 0.24% ,因此开采地下水不会对黄河径流量产生大的影响。此外 ,黄河含沙量居世界首位 ,开采地下水是否会引起黄河水中的悬浮物沉积淤塞河道、影响河床透水性和补给量的问题自然受到人们的关注。按水源地设计供水能力 33 万 m³/d 计 ,以黄河水平均含沙量 30 kg/m³计(据花园口水文站资料) ,每年由于抽取地下水而增加的泥沙淤积量为 253 万 t ,与花园口站年均 11.6 亿 t 输沙量相比 ,其影响甚微 ,对该段泥沙淤积量的改变是非常微小的^[7] ,因此 ,开采地下水不会对黄河径流量及其透水性、补给量产生大的影响。

4.7 水源地面临的主要问题

郑州沿黄区地下水水源地的允许开采量是基于当时勘探期的水文地质条件提出的 ,如今 10 多年过去了 ,区内环境地质条件发生了巨大变化 ,农渔业用水方式也发生了改变 ,使得引黄灌溉量大幅度减少。特别是渔业大规模无序开采地下水 ,给水源地带来很大影响 ,同时产生了城乡供水矛盾(尽管农渔业和城市供水的开采层位不完全相同) ,也暴露出现阶段对水源地立法保护不够。作为城市的集中供水地下水水源地 ,应严禁其他用水户的无序开发。下一步需要政府积极引导 ,恢复引黄淤灌、鱼塘改稻田等措施 ,对地表水、地下水联合调度 ,进行系统、科学、统一的规划 ,加强对地下水水源地的保护。

5 结 语

a. 郑州沿黄地下水水源地的建设 ,增大了城市集中供水量中地下水的比重 ,提高了城市供水的安全可靠程度 ,尤其是当黄河突发性水污染事件发生

而影响正常供水时 ,应急能力将得到明显的增强 ,其社会、经济效益十分显著。

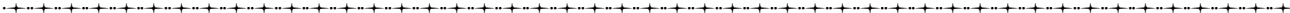
b. 针对沿黄地下水水源地尚未满负荷投入使用 ,应循环启用开采井 ,保持经常性抽水 ,以避免因长期闲置而造成滤水管堵塞 ,降低出水量。此外 ,中深层开采井由于其补给能力较差 ,宜作为应急(备用)水源使用。

c. 继续进行地下水动态监测 ,加强对水源地的立法保护 ,做好水源地及近邻地区的水污染防治工作 ,是实现水资源可持续利用的重要基础。采取‘采补调蓄’措施 ,进行系统、科学、统一的规划 ,是实现地下水资源可持续开发与生态环境和谐统一的关键。

参考文献：

[1] 邓晓颖 ,贾杰华 ,牛树敏 ,等 . 郑州沿黄区浅层地下水水质演化趋势分析[J]. 人民黄河 , 2006 , 28(7) : 78-79 .
[2] 田秋菊 ,唐仲华 ,邓晓颖 ,等 . 黄河下游岸边浅层地下水环境演化研究[J]. 人民黄河 , 2007 , 29(4) : 30-31 .
[3] 刘礼领 ,焦红军 ,邓晓颖 ,等 . 黄河河南段河道变迁对傍河水源地的影响[J]. 人民黄河 , 2007 , 29(6) : 28-30 .
[4] 王利 ,焦红军 ,侯怀仁 ,等 . 小浪底运行后黄河下游影响带地下水变化分析[J]. 人民黄河 , 2007 , 29(8) : 31-32 .
[5] 邓晓颖 ,贾杰华 ,宋会香 ,等 . 浅层地下水集中开采对黄河大堤稳定性的影响[J]. 人民黄河 , 2006 , 28(4) : 44-45 .
[6] 林学钰 ,廖资生 ,石钦周 . 黄河下游傍河开采地下水研究 ,以郑州—开封间黄河段为例[J] , 吉林大学学报 : 地球科学版 , 2003 , 33(4) : 495-502 .
[7] 钱云平 ,刘志宏 ,黄彦林 . 郑州北郊地下水源地傍河取水对区域环境的影响分析[J]. 地下水 , 1997 , 19(3) : 110-111 .

(收稿日期 2009-01-30 编辑 高渭文)



(上接第 43 页)

参考文献：

[1] 翟淑华 ,张红举 ,胡维平 ,等 . 引江济太调水效果评估[J]. 中国水利 , 2008(1) : 21-23 .
[2] 吴浩云 ,胡艳 . 引江济太调水试验工程对黄浦江上游水环境的影响分析[J]. 河海大学学报 : 自然科学版 , 2005 , 33(2) : 144-147 .
[3] 水利部太湖流域管理局 . 引江济太为太湖流域水安全提供保障[J]. 中国水利 , 2008(1) : 3-7 .
[4] 高怡 ,毛新伟 ,徐卫东 . “ 引江济太 ” 工程对太湖及周边地区的影响分析[J]. 水文 , 2006 , 26(1) : 92-94 .

[5] 吴浩云 . 引江济太调水试验的实践与启示[J]. 中国水利 , 2004(5) : 45-47 .
[6] 水利部太湖流域管理局、太湖流域引江济太办公室 . 引江济太调水试验关键技术研究总报告[R]. 上海 : 太湖流域管理局 , 2007 .
[7] 国家发展与改革委员会 . 太湖流域水环境综合治理总体方案[R]. 北京 : 国家发展与改革委员会 , 2008 .
[8] 水利部太湖流域管理局 ,江苏省水利厅 ,江苏省环境保护厅 . 引江济太应急调水改善太湖水源地水质效果分析[J]. 中国水利 , 2007(17) : 1-2 .
[9] 贾锁宝 ,迎华 ,王嵘 . 引江济太对不同水域氮磷浓度的影响[J]. 水资源保护 , 2008 , 24(3) : 53-56 .

(收稿日期 2008-08-27 编辑 高渭文)