

三峡工程运行后洞庭湖区饮用水的安全现状及影响因素分析

胡光伟^{1,2}, 张连^{1,2}

1. 湖南工业大学城市与环境学院, 株洲 412007

2. 湖南工业大学农牧业废弃物资源化综合利用湖南省重点实验室, 株洲 412007

摘要 为了解湖区饮用水安全情形,以洞庭湖区为例,利用洞庭湖入出湖径流量、水位和水质等监测数据,运用对比分析、数理统计和水质评价模型等分析方法,分析了湖区饮水安全现状,并从水量和水质两方面重点研究三峡工程蓄水运行对湖区饮水安全的影响,梳理了湖区饮水安全方面存在的问题,探讨了影响湖区饮水安全的原因。结果表明:洞庭湖地表水和地下水受到严重污染,存在重金属超标等问题,人畜饮水安全受到威胁;特别是三峡工程蓄水运行后,荆江三口入湖水量锐减,三口分流总量已下降为 $475 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$, 缩减幅度达52%;湖区降水持续偏少也加剧了湖区的旱情,降水量较历年同期偏少52%。为此,提出了保障湖区饮水安全的对策和治理措施:应优化水资源配置,加强水资源保护,做到取水与治污相结合;加大湖区饮用水工程建设力度,加强饮用水安全管理。

关键词 饮用水安全;三峡工程;洞庭湖区;水质污染

饮用水是区域生物赖以生存的基础和命脉,饮用水水质好坏关系到人民群众的身体健康和社会经济稳定发展^[1-2]。据世界卫生组织统计,全世界80%的疾病是由不安全的水和恶劣的环境卫生条件造成的^[3]。国务院2014年4月14日正式批复《洞庭湖生态经济区规划》,洞庭湖区区域发展正式上升为国家战略,洞庭湖区水安全重要性更为突出,因此,研究饮用水安全对洞庭湖生态经济区发展具有重要意义。

洞庭湖区是由通道型湖泊洞庭湖冲积而形成的淤积平原,在湖区快速城镇化影响下,水安全问题日趋严重。随着湖区工农业发展和产业规模不断扩大,人口增加、城市需水量增大、工农业污水排放量增加,湖区水污染加剧;同时三峡工程蓄水运行,荆江三口入湖水量锐减,加重了湖区的缺水形势,洞庭湖自净能力进一步减弱。湖区饮用水安全问题已对湖区社会经济可持续发展带来严峻的挑战,成为亟待研究和解决的问题。

收稿日期:2017-10-25;修回日期:2018-05-03

基金项目:湖南省社会科学基金项目(16YBQ022);湖南省自然科学基金项目(2017JJ3056);湖南省社会科学成果评审委员会课题(XSP18YBC064);中国科学院开放基金项目(WL2016A001)

作者简介:胡光伟,讲师,研究方向为湖泊水资源与水环境,电子邮箱:huguangwei5188@163.com

引用格式:胡光伟,张连. 三峡工程运行后洞庭湖区饮用水的安全现状及影响因素分析[J]. 科技导报, 2018, 36(12): 86-93; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2018.12.012

1 洞庭湖区饮用水安全现状及存在问题

洞庭湖经历了沧海桑田的变化,近100多年来在自然和人类活动的双重作用下,洞庭湖湖泊面积不断萎缩,从1825年的6000 km²减少到2002年的3082 km²。由于人为活动的加剧,工业废水、生活污水的排放和农药化肥侵蚀等因素,已造成了湖区居民难喝上放心水的尴尬局面。近年来,随着洞庭湖钉螺孳生,血吸虫病危害加剧,生物多样性下降,湖区鱼类年捕捞量比20世纪50年代初期下降50%,洞庭湖区干旱缺水问题日趋凸显,2005—2012年湖南省通过农村饮水安全工程共解决洞庭湖区38个县市504.85万人的饮水困难问题,但湖区部分地区仍有350.3万人的饮水安全问题需要解决,占全省人口比例达24.5%。

实地调查发现,位于三口河系的南县、华容、安乡等地干旱缺水问题较为突出,仍然有一部分群众还在饮用被污染的地表水和重金属严重超标的地下水,导致结石等各种疾病高发,群众解决饮水安全的要求十分强烈。“50年代淘米洗菜,60年代洗衣灌溉,70年代水质变坏,80年代鱼虾断代,90年代身心受害,2000年以来形成沿湖污染带。”这几句民谣道出了湖区农民心中的隐痛。

1.1 水污染严重,人畜饮水安全受到威胁

农村饮水安全直接关系到人民群众的身体健康和生命安全,张光贵等^[2]的研究表明,湖区集中供水源地中的水库型饮用水水质较好,河流型饮用水次之,地下水水质最差,存在着矿物含量超标、血吸虫肆虐、化学污染严重等问题。目前,湖区不到30%的居民达到了安全饮用水标准,39%的居民通过简易的手摇式压阀井设施取用浅层地下水,超过30%的居民直接饮用河

湖沟港内的地表水,不符合国家安全饮用水标准。华容县城有10多万居民,近些年饮水一直存在困难,首先是华容河封堵之后,闸坝前淤积严重,长江水无法进入,而河槽集水大肠杆菌等均超标。另外,深度达30 m的井水也是受污染的地表水下渗形成,也不能饮用。

1.1.1 地表水水质污染严重

20世纪80年代初期,洞庭湖未出现Ⅲ类以下水质,1998年洞庭湖湖泊整体水质良好,是环湖区城镇和农村居民生产生活的重要水源,21世纪以后,湖区造纸、化肥、化工等企业遍布,工业生产污水随意排入洞庭湖,加上沿湖城镇及农村居民生活污水的增多,洞庭湖逐渐出现富营养化加剧、水体大肠菌群超标、水质变差等污染问题^[4-5]。根据统计,湖区规模以上排污口年排放污水量和COD(化学需氧量)分别达到66384万t和172291 t。2005年,Ⅴ类及劣Ⅴ类水质河长占到监测河长的16.86%,西洞庭湖水质,汛期和非汛期均为Ⅳ类。特别是2003年三峡水库开始蓄水运行,入湖水量急剧减少,洞庭湖平均换水周期延长至21.4 d,导致湖泊自净能力下降,水质污染恶化趋势加快^[6]。2014年,洞庭湖各监测断面Ⅴ类以上水质达78.6%,N、P污染严重^[7]。

三峡水库蓄水运行对长江干流的水沙量的调节作用显著,洞庭湖入湖水沙量锐减、水位降低等导致洞庭湖提前退出汛期,洞庭湖的N、P、5d生化需氧量(BOD₅)污染物浓度相应就会升高,间接的为洞庭湖富营养化制造了条件。通过计算洞庭湖主要富营养指标综合营养状态指数 $\sum TLI$,洞庭湖 $\sum TLI$ 指数呈逐年上升趋势(图1)。1991—2007年,洞庭湖 $\sum TLI$ 指数一直在30~50之间波动变化,说明洞庭湖始终处于中营养状态;2008—2010年洞庭湖 $\sum TLI$ 指数开始超过50,洞庭湖出现轻度富营养状态。

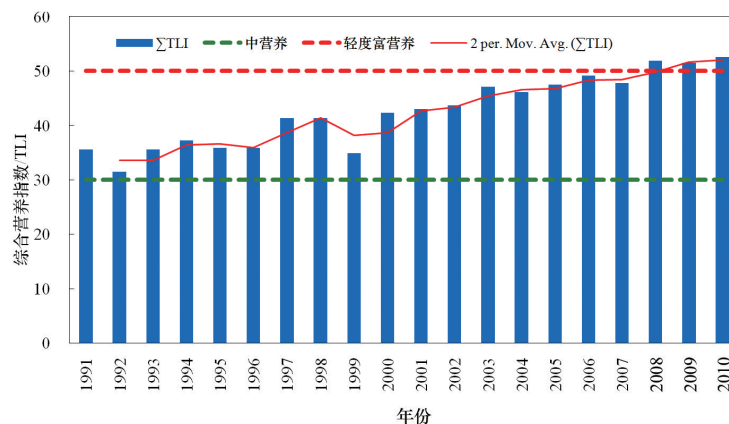


图1 洞庭湖 $\sum TLI$ 指数年变化趋势

Fig. 1 Changing tendency of $\sum TLI$ index in Dongting Lake basin

1.1.2 地下水也受到污染

罗孟君等^[8]的调查结果表明,湖区近50%的农村分散性饮用水直接来自地下水,但随着水质恶化,农村居民作为饮用水源的浅层地下水也受到污染,不再适合饮用。地下水的污染来源主要包括工业废水、农业化肥农药污染和生活污水等。湖区造纸、化肥和工矿企业较多,工业企业产生的废水和废渣直接排入洞庭湖,另外,洞庭湖作为中国重要的商品粮、棉等生产基地,农业生产中过度的使用化肥、农药等,通过地表渗透至地下含水层。根据检测,湖区井水中的Pb和Cr等重金属严重超标,含量分为达到0.15~0.58 mg/L和0.001~0.26 mg/L,《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)规定的限值。通过对洞庭湖地下水的采样分析^[9],湖区浅层地下水含有的主要污染物有Fe、Mn、PH值、NH₃-N、亚硝酸盐、硝酸盐氮、铍、COD_{Cr}等污染,不合格地下水占湖区地下水总量的比例达到34.59%(表1^[10]),湖区地下水污染形势较严峻。

表1 洞庭湖区地下水水质分级统计

Table1 Classification statistics of underground water quality in Dongting Lake area

水质分类	优质水	合格水	不合格水	合计
面积/km ²	14559.6	9627.88	12792.57	36980.05
占比/%	39.37	26.04	34.59	100

通过上文的分析,洞庭湖湖泊水体和地下水均已遭受较严重污染,为湖区城市和农村供水安全带来严峻挑战,特别是农村饮水安全的威胁尤为明显。

1.2 入湖水量锐减,威胁饮用水安全

自20世纪70年代开始,荆江三口入湖水量就明显减少,特别是三峡水库运行以来,洞庭湖水情发生了显著变化,尤其是荆江三口入湖水量锐减,2002—2011年城陵矶出湖水量和年平均水位呈逐年下降趋势(图2)。随着下荆江裁弯、葛洲坝兴建和三峡水库的蓄水运行,三口分流总量呈递减趋势。三峡工程运行前,三口分流总量为 $987 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,而三峡水库运行期2003—2011年,三口分流总量已下降为 $475 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,缩减幅度达52%;荆江三口的总分流比由下荆江裁弯前的32.0%下降为三峡运行初期的12.0%。受来水量减少的影响,荆江三口洪道及三口口门河段逐年淤积萎缩,致枯水期除松滋口的新江口常年保持少量分流进入洞庭湖外,其他口门(沙道观、管家铺、康家岗、弥陀寺)连年

断流(图3),且三口断流天数呈增加趋势,近年来三口断流时间每年都保持在5—6月左右,藕池河西支康家岗站断流天数由2002年之前的241 d增加到2003—2010年的260 d;2006年藕池河西支断流天数达336 d,刷新了历史断流天数记录。即使松滋口常年保持不断流,但宜昌站流量在 $5000 \sim 10000 \text{ m}^3/\text{s}$ 的情况下,其西支枯季流量仅为 $10 \text{ m}^3/\text{s}$ 左右。断流天数不断增加,严重影响了湖区饮水安全。

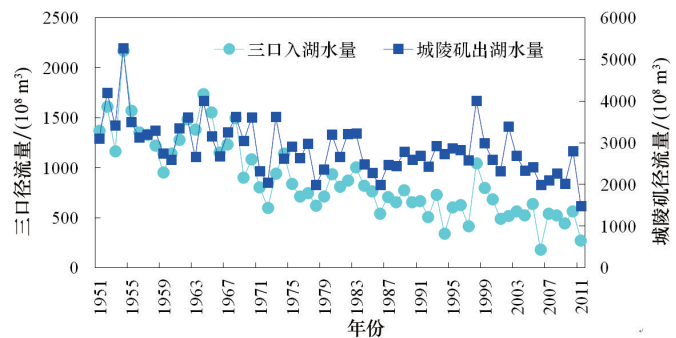


图2 荆江三口各站和城陵矶年径流量趋势

Fig. 2 Trend chart of annual runoff change of Three Outlets and Chenglingji

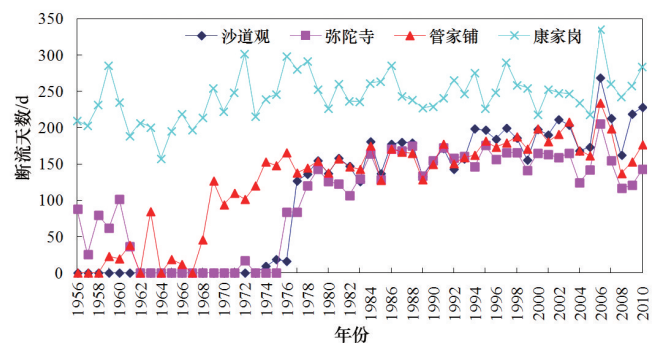


图3 荆江三口各站断流天数趋势

Fig. 3 Change trend chart of no-flow days at the representative control stations of the Three Outlets in Jingjiang River

2008年9月以来受荆江三口断流的影响,城陵矶水位仅22.02 m。洞庭湖水位下降,导致湘江与洞庭湖的水流比降增大,湘江入湖水流速度加快,湘江出现了罕见的枯水期,出现历史罕见低水位,长沙仅25.17 m。据统计,在三峡水库蓄水运行的9年中,平均每年造成湖区居民饮水困难人口达 108.3×10^4 人^[11],2006、2008和2009年枯水期,洞庭湖超低水位持续3个多月。特别是2009年10月,洞庭湖湖泊面积仅为 538 km^2 ,2009年11月19日,城陵矶水位下降至20.76 m,比多年平均值下降2.78 m,湖泊蓄水量约为6亿 m^3 ,危及湖区居民生活

用水,也造成长株潭城市群较长时间取水困难的局面。

1.3 湖区降水持续偏少,加剧了湖区的旱情

20世纪以来,洞庭湖区表现出了越来越明显的干旱少雨气候特征。图4为洞庭湖区1960—2008年历年降水量曲线与年降水量距平结果,可以看出,20世纪60—80年代中期湖区年降水量值在多年降水量均值上下波动,年际变化较为平缓,从20世纪80年代后期至90年代中期,年降水量呈现出以年均0.31 mm/a的速度增长。21世纪以来,湖区降水量表现出了偏枯状态,近10年来降水量减小趋势较为显著,减少幅度达25.6 mm/a^[9]。根据湖南省防汛抗旱指挥部办公室降雨资料显示,2011年以来,湖南省降雨均持续异常偏少,湖区发生了春夏连旱的严重灾情。截至2011年5月29日,全省平均降雨301 mm,较历年同期(621 mm)偏少52%。特别是自2011年4月1日入汛以来,全省平均降水166 mm,与历史同期均值(382 mm)相比减少了57%,是1910年至今同期降水最少年。汛期干旱,江河湖泊水位持续下降,气温却持续升高,导致洞庭湖区春旱严重,严重影响了农耕作业和居民饮水安全。据政府网站资料统计,全省共有县级以上受旱城市达87个,有33个城市达到重旱等级,有10个城市更是达到特旱等级。全省因干旱导致的饮水困难人口达111万人、牲畜达42万头^[12],仅益阳、岳阳、常德三市有182×10⁴亩农田春耕和44.94万人生活饮水受到影响,部分县区旱情十分严重。

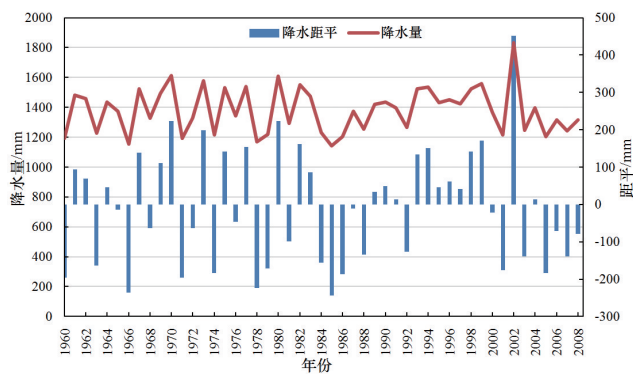


图4 洞庭湖流域年降水量变化趋势(1960—2008年)

Fig. 4 Variation trend of annual precipitation in Dongting Lake in 1960—2008

岳阳华容县塌西湖、下西湖等内湖基本处于干涸状态,山塘水库蓄水率不到38%,42×10⁴亩早稻田无法翻耕,11.8×10⁴亩秧田无法完成灌溉,县城居民主要饮用水源华容河水位降至27.2 m,比取水保证水位低

0.1 m。湘阴县外河水位持续偏低,湘江城关站水位仅23.6 m,比去年同期低近3 m,外河水位全部低于底闸水位,无法开闸放水灌溉。

1.4 改水工作步履维艰

湖区农村饮水安全问题引起各级政府的高度重视,将农村饮水安全问题纳入构建社会主义和谐社会的民心工程。新农村建设启动后,投放大量资金用于集中供水工程和其他改水工程的建设。但是农村改水工作任务重,涉及面广,还受基层干部对改水工作不够重视、部分群众思想自筹资金缺乏主动性、政府改水资金投入不足等诸多的因素制约,改水工作进展缓慢。

2 三峡工程运行对洞庭湖区饮用水安全的影响

2.1 三峡工程运行对下泄水量的影响

三峡水库蓄水运行后,每年10月开始蓄水,下泄流量比多年平均流量减少7890 m³/s,枯水期1—3月流量增加1170~1760 m³/s,4月流量减少370 m³/s,5月流量增加3760 m³/s,洪水期6—9月流量变化不大。

根据多年月均流量统计,宜昌站10月的月平均流量为18134 m³/s,而三峡水库蓄水运行后的宜昌站流量减少至10800 m³/s;11月从三峡运行前的9885 m³/s减少至三峡运行后的9300 m³/s(图5)。宜昌站1—6月三峡运行后的下泄流量大于三峡运行前的流量,三峡出库流量均超过5500 m³/s。受下泄流量减少的影响,荆江三口在三峡工程运行前(1951—2002年)分流总量为987×10⁸ m³/a,而三峡水库运行期2003—2011年,由三口进入洞庭湖的径流量已下降为475×10⁸ m³/a,缩减幅

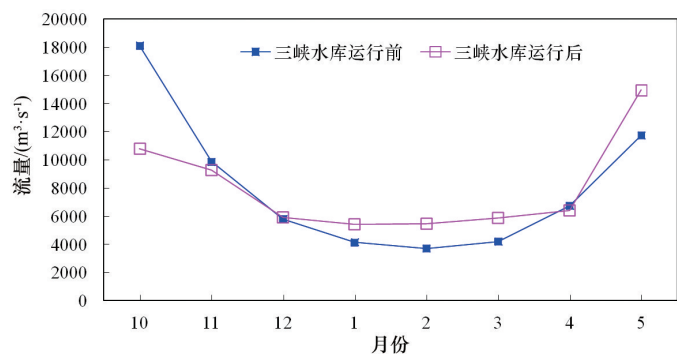


图5 三峡水库运行前后宜昌站多年月平均流量过程

Fig. 5 Monthly average flow process of Yichang before and after the operation of the Three Gorges Reservoir

度达 52%；荆江三口的总分流比由下荆江裁弯前的 32.0% 下降为三峡运行初期的 12.0%。

根据三口四水 1951—2011 年入湖水量资料统计，湘、资、沅、澧四水年均入湖总水量为 $1655 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，占出湖总水量的 57.8%，荆江松滋、太平、藕池三口年均入湖总水量为 $912 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，占出湖总水量的 31.9%。由此可见，洞庭湖来水以四水来水为主，三口来水为辅。根据统计，洞庭湖入湖总水量在逐年下降，其中四水来水量变化不明显，三口入湖水量的下降是导致洞庭湖来水量减少的直接原因。三峡工程运行前，三口分流总量

为 $987 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ，而三峡水库运行期 2003—2011 年，由三口进入洞庭湖的径流量已下降为 $475 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ，缩减幅度达 52%；荆江三口的总分流比由下荆江裁弯前的 31.2% 下降为三峡运行初期的 12.2%（表 2）。其中，藕池口在三口分流量和分流比中衰减速度最快，1951—1966 年其多年平均分流量为 $690 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，2003—2011 年其多年平均分流量仅为 $104 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，减少 $586 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，减小幅度达 84.9%；相应的分流比则由 15.3% 下降为 2.7%。这一明显变化与 2003 年三峡水库的蓄水运用有直接关系。

表 2 宜昌站、荆江三口分时段径流量、分流比统计

Table 2 Annual mean runoff and flow diversion ratio of Three Outlets and Yichang in different periods

统计时段	宜昌径流量/ 10^8 m^3	松滋口		太平口		藕池口		三口合计	
		径流量/ 10^8 m^3	分流比/%	径流量/ 10^8 m^3	分流比/%	径流量/ 10^8 m^3	分流比/%	径流量/ 10^8 m^3	分流比/%
1951—1966	4517	510	11.3	208	4.6	690	15.3	1408	31.2
1967—1972	4164	445	10.7	186	4.5	390	9.4	1022	24.5
1973—1980	4301	428	9.9	160	3.7	247	5.7	834	19.4
1981—1993	4414	395	8.9	139	3.2	201	4.6	735	16.7
1994—2002	4268	336	7.9	123	2.9	158	3.7	616	14.4
2003—2011	3903	282	7.2	90	2.3	104	2.7	475	12.2

2.2 三峡工程运行对洞庭湖地下水的影响

三峡水库运行后，洞庭湖入湖水量明显减少，洞庭湖区地下潜水位相应下降，特别是枯水期地下水位下降更为显著。根据湖南省地质环境监测总站对洞庭湖东岸 7 个观测点获取的 1998—2008 年地下水逐日动态观测数据^[13]（图 6）可以看出，2003 年三峡水库蓄水运行以后，荆江三口入洞庭湖的水量显著减少，导致洞庭湖地区潜水位下降，尤其是枯水期水位下降明显^[6]。

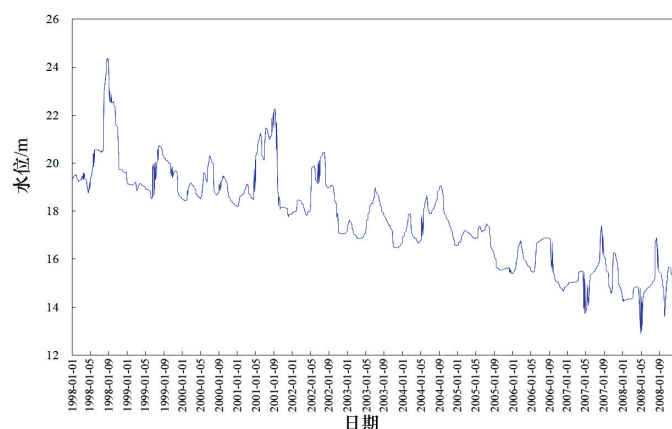


图 6 岳阳市湖滨监测点地下水位变化趋势

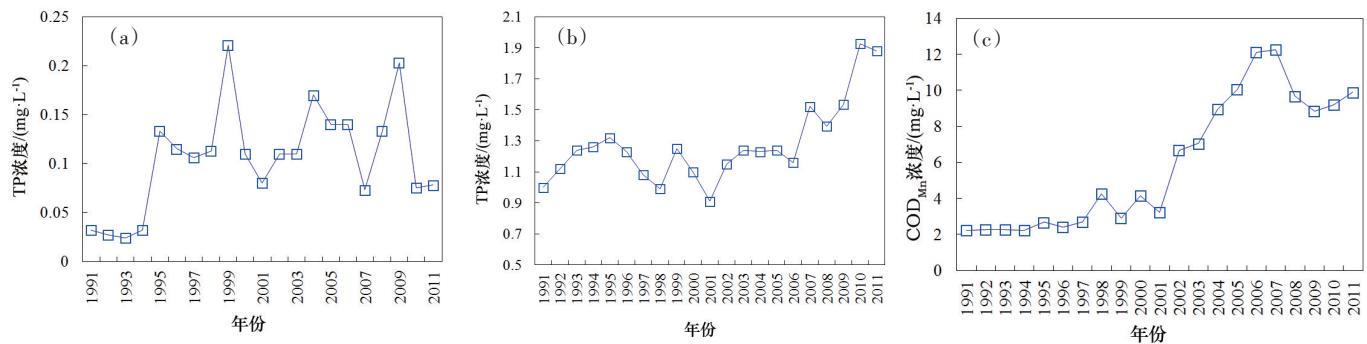
Fig. 6 Trend chart of groundwater level change of the lakeside monitoring point of Yueyang

2.3 三峡工程运行对洞庭湖水质的影响

三峡水库蓄水运用后，受入湖水沙量锐减的影响，尽管洞庭湖区采取措施进行水污染治理，关停了环湖不达标造纸企业，洞庭湖枯水期湖区水环境恶化和水质污染问题逐渐显现，洞庭湖区治理水污染的形势依然严峻。

总氮、总磷和高锰酸盐指数是影响洞庭湖水质的主要指标，三者浓度在三峡工程运行后上升趋势非常显著。图 7(a)、(b)、(c) 分别是 1991—2011 年 TP、TN、 COD_{Mn} 浓度的变化情况，20 世纪 90 年代中期以后，湖泊 TN、TP 严重超标，且呈显著上升趋势，加剧了洞庭湖水环境的恶化。TN 指标除 1992、1998 和 2001 年为 III 类水质标准外，全湖 TN 浓度在 1993—2006 年一直维持在 IV 类水质标准，相对较为稳定。而 2007—2011 年间 TN 浓度有显著变化，水质进一步恶化为 V 类水质标准。TN 浓度在 2010 年上升到峰值（浓度为 1.95 mg/L ），洞庭湖氮污染逐年加重，可以看出三峡工程建设后洞庭湖的 TN 浓度上升趋势非常显著。

而 TP 浓度除 1997 年为 IV 类水质标准外，在 1991—1999 年均为 III 类水质标准，2000—2003 年三峡

图7 洞庭湖TN、TP、COD_{Mn}浓度变化趋势Fig. 7 Concentration trend variation of TN, TP, COD_{Mn} in Dongting Lake

水库蓄水运行前除2000年外均为IV类水质标准,三峡水库蓄水运行后,洞庭湖TP浓度上升到IV~V类水质间波动变化,可以看出洞庭湖磷污染依然很突出^[14-15]。

20世纪90年代初,洞庭湖平均换水周期为4.7 d,污染物扩散顺畅,洞庭湖COD_{Mn}浓度很低,水质指标在I类和II类之间。1998年后COD_{Mn}浓度开始上升,2003年三峡水库开始蓄水运行,入湖水量急剧减少,洞庭湖平均换水周期延长至21.4 d,导致湖泊自净能力下降,水质污染恶化趋势加快^[6]。2007年达到峰值后稍有下降,但仍维持在较高水平,基本维持在IV类水质标准。水质的改善主要得益于2007年洞庭湖开始的综合整治行动,省环保厅共整治和关停了234家排放不达标的造纸企业,直接入湖的污染物减少,湖水中的COD_{Mn}、BOD₅、COD_{Cr}等有机物浓度均显著减少,特别是2009年降到近年来最低值,但到2010年又呈上升趋势^[16]。

3 洞庭湖区饮用水安全治理措施

3.1 健全法规制度,优化水资源配置,确保供水安全

科学合理配置水资源,充分发挥四水流域大型水库的联合调度作用,为枯水期的洞庭湖补充水源;制定洞庭湖流域综合管理与整治的法律法规,为水资源综合利用、统一调度与调配提供制度基础;结合湖区重点工程建设,加快洞庭湖水环境治理,兴建平原水库,辅之调水工程建设,优先解决湖区350万人饮水安全问题。根据洞庭湖流域水资源规划,采取工程措施与非工程措施相结合,为解决洞庭湖饮用水供需矛盾做出贡献。

3.2 加强对水资源的保护,取水与治污相结合

湖区工农业生产废水和生活污水的随意排放导致

洞庭湖水水质呈明显的恶化趋势,加上三峡工程蓄水造成三口入湖水量的锐减,湖泊自净能力减弱,为湖区居民的饮用水安全造成威胁。针对洞庭湖水水质性缺水问题,首先相关部门对水源地开展定期的水质检测,构建饮水安全监测网络;其次,疏挖三口洪道,加大入湖水量,提高湖泊水体自净能力,逐步改善湖泊水质;第三,加快新(扩)建一批污水处理厂,加快提高农村地区的污水处理率;据统计,湖区仍有排污口1451处,占全省35%^[7]。最后加大水资源保护的宣传力度,培养湖区居民的水资源保护和饮水安全意识,鼓励公众对水资源污染企业和个人进行监督和举报。

3.3 加大饮用水工程建设投资力度,加强饮用水安全管理

一是加大对湖区饮用水工程建设投资力度。重视《洞庭湖区供水专项规划》的编制,将其纳入环洞庭湖生态经济圈建设总体规划框架,对饮水安全问题突出的纯湖区优先安排投资计划。二是建立城乡供水安全保障体系,提高水资源科学合理利用水平,确保城乡饮水安全。三是集中供水与分散供水方式双管齐下。由于农村居民点呈分散布局,湖区除部分乡镇有条件集中供水外,其余不具备集中供水条件。湖区应借鉴安乡县新农村示范片区安全饮水工程的成功经验,采取分散式供水方式。

4 结论

近百年来,洞庭湖经历了沧海桑田的变化,湖泊面积和容积与1949年相比减少了50%以上。受工业废水、生活污水和农药化肥等对洞庭湖的污染,导致湖区的水质性缺水形势越来越严重。随着洞庭湖钉螺孳

生,血吸虫病危害加剧,生物多样性下降,湖区鱼类年捕捞量比20世纪50年代初期下降50%,洞庭湖区干旱缺水问题日趋凸显,2005—2012年湖南省通过农村饮水安全工程共解决洞庭湖区38个县市区504.85万人的饮水困难问题,但湖区仍有部分地区城乡群众饮水安全问题突出,需要解决饮水安全的人口已达350.3万人,占全省的24.5%。通过实地调查发现,位于三口河系的南县、华容、安乡等地干旱缺水问题较为突出,被污染的地下水重金属严重超标,解决群众的饮用水安全问题迫在眉睫。研究表明:

1) 洞庭湖地表水和地下水受到严重污染,人畜饮水安全受到威胁,同时荆江三口入湖水量锐减,湖区降水持续偏少也加剧了湖区的旱情,饮用水安全受到严重威胁,另外,湖区改水工作步履维艰是农村饮水困难的现实情况。

2) 三峡工程运行后,每年10月开始蓄水,下泄流量比多年平均流量减少7890 m³/s,枯水期1—3月流量增加1170~1760 m³/s,4月流量减少370 m³/s,5月流量增加3760 m³/s,洪水期6—9月流量变化不大。荆江三口入洞庭湖的水量显著减少,导致洞庭湖地区潜水位下降,尤其是枯水期水位下降明显。

3) 为保障湖区饮用水安全,应优化水资源配置,加强水资源保护,做到取水与治污相结合,加大湖区饮用水工程建设力度,加强饮用水安全的管理。

参考文献(References)

- [1] 陈文花, 曾雨. 福建省城市生活饮用水源地水质状况及保护措施[J]. 环境科学与管理, 2010, 35(10): 5-8.
Chen Wenhua, Zeng Yu. Water quality and protection measures of city drinking water sources in Fujian[J]. Environmental Science and Management, 2010, 35(10): 5-8.
- [2] 张光贵, 张屹. 洞庭湖区城市饮用水源地水环境健康风险评估[J]. 环境化学, 2017, 36(8): 1812-1820.
Zhang Guanggui, Zhang Yi. Water environmental health risk assessment in urban drinking water sources in Dongting Lake region[J]. Environmental Chemistry, 2017, 36(8): 1812-1820.
- [3] 王硕, 朱华平, 柴志妮, 等. 国际饮用水安全评价[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(11): 182-185.
Wang Shuo, Zhu Huaping, Chai Zhini, et al. Safety assessment of the international drinking water[J]. Food Research and Development, 2009, 30(11): 182-185.
- [4] 康爱卿, 魏传江, 谢新民, 等. 水资源全要素配置框架下的三次平衡分析理论研究与应用[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2011, 9(3): 161-167.
Kang Aiqing, Wei Chuanjiang, Xie Xinmin, et al. Research and application on three equilibrium law under the framework of water resources[J]. Journal of China Institute of Water Resources and Hydropower Research, 2011, 9(3): 161-167.
- [5] 严登华, 王浩, 杨舒媛, 等. 面向生态的水资源合理配置与湿地优先保护[J]. 水利学报, 2008, 39(10): 1241-1247.
Yan Denghua, Wang Hao, Yang Shuyuan, et al. Ecology oriented reasonable deployment of water resources and giving priority to protection of wetland[J]. Journal of Hydraulic Engineering 2008, 39(10): 1241-1247.
- [6] 虞瑞锐. 三峡工程运营后对洞庭湖水环境影响及其治理对策研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2011.
Tuo Ruirui. Effect of the Three Gorges Project on the water environmental of Dongting Lake and its countermeasures research[D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2011.
- [7] 何怀光, 李芳, 郭文娟, 等. 洞庭湖区城市化发展对水安全的影响浅析[J]. 湖南水利水电, 2017(2): 59-62.
He Huaiguang, Guo Wenjuan, et al. Analysis on the influence of urbanization development on water safety in Dongting Lake area[J]. Hunan Hydro & Power, 2017(2): 59-62.
- [8] 罗孟君, 陈宗高. 洞庭湖湖区分散性饮用水中的重金属污染情况的调查[J]. 广州化工, 2016, 44(10): 164-165.
Luo Mengjun, Chen Zonggao. Description on heavy metals pollution in drinking water in Dongting Lake area[J]. Guangzhou Chemical Industry, 2016, 44(10): 164-165.
- [9] 王旭, 肖伟华, 朱维耀, 等. 洞庭湖水位变化对水质影响分析[J]. 南水北调与水利科技, 2012, 10(5): 59-62.
Wang Xu, Xiao Weihua, Zhu Weiyao, et al. Effects of water level variation on water quality in Dongting Lake[J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2012, 10(5): 59-62.
- [10] 王旭, 肖伟华, 朱维耀, 等. 洞庭湖区供水安全问题[J]. 南水北调与水利科技, 2012, 10(1): 82-84, 93.
Wang Xu, Xiao Weihua, Zhu Weiyao, et al. Analysis and strategy on water supply security in Dongting Lake area[J]. South-to-North Water Diversion and Water Science & Technology, 2012, 10(1): 82-84, 93.
- [11] 欧朝敏, 李景保, 余果, 等. 水沙过程变异下洞庭湖系统功能的连锁响应[J]. 地理科学, 2011, 31(6): 654-660.
Ou Chaomin, Li Jingbao, Yu Guo, et al. Response of Dongting Lake's aystem function under changed water and silt process [J]. Scientia Geographica Sinica, 2011, 31(6): 654-660.
- [12] 胡光伟, 毛德华, 李正最, 等. 三峡工程运行对洞庭湖与荆江三口关系的影响分析[J]. 海洋与湖沼, 2014, 45(3): 453-461.

- Hu Guangwei, Mao Dehua, Li Zhengzui, et al. The impact analysis of the relations between Dongting Lake and the three outlets of Jingjiang River after the Three Gorges Project operation[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2014, 45(3): 453-461.
- [13] 姜端午, 黄树春, 张苑平, 等. 基于地质环境遥感调查与监测数据探讨洞庭湖演变规律[J]. *国土资源遥感*, 2010(S1): 124-129.
- Jiang Duanwu, Huang Shuchun, Zhang Yuanping, et al. A discussion on the evolution of the Dongting Lake based on geo-environmental remote sensing investigation and monitoring data[J]. *Remote Sensing for Land & Resources*, 2010, (S1): 124-129.
- [14] 田琪, 李利强. 三峡工程运行对洞庭湖浮游植物群落及水质的影响[J]. *岳阳职业技术学院学报*, 2011, 26(6): 30-33.
- Tian Qi, Li Liqiang. The effects of three Gorges Project running on phytoplankton community and water quality in Dongting Lake [J]. *Journal of Yueyang Vocational and Technical College*, 2011, 26(6): 30-33.
- [15] 饶建平, 易敏, 符哲, 等. 洞庭湖水质变化趋势的研究[J]. *岳阳职业技术学院学报*, 2011, 26(3): 53-57.
- Rao Jianping, Yi Min, Fu Zhe, Research on water quality changes in Dongting Lake [J]. *Journal of Yueyang Vocational and Technical College*, 2011, 26(3): 53-57.
- [16] 彭莹莹. 洞庭湖水质综合评价研究[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2016.
- Peng Yingying. Study on the comprehensive evaluation of water quality of Dongting Lake[D]. Changsha: Hunan Normal University, 2016.

The present situation in Dongting Lake Basin after the operation of Three Gorges Project and its influencing factor of drinking water safety

HU Guangwei^{1,2}, ZHANG Lian^{1,2}

1. College of Urban and Environment Science, Hunan University of Technology, Zhuzhou 412007, China
2. Hunan Provincial Key Laboratory of Comprehensive Utilization of Agricultural and Animal Husbandry Waste Resources, Hunan University of Technology, Zhuzhou 412007, China

Abstract The regional economy development is restricted by the supply of high-quality water resource. As an important source of drinking water and fresh water reserve for people's livelihood in the Dongting Lake Basin, the water quality of Dongting Lake directly affects people's health. To grasp the drinking water security situation in the Dongting Lake Basin, we take the advantage of monitoring data such as runoff, level and quality of Dongting Lake water both into and out of the lake, and use comparative analysis, mathematical statistics and water quality evaluation model, as well as other analytical methods to study the current situation of drinking water safety and the impact of the operation of the Three Gorges Project on drinking water safety in the Basin in terms of water quantity and quality. Aiming at the problems existing in drinking water safety, we discuss the reasons for the safety of drinking water in the Basin. We show that the surface water and groundwater in Dongting Lake are seriously polluted and that there are some problems such as excessive heavy metal and threat of drinking water for people and animals. Especially after the operation of the Three Gorges Project, the water into the lake of the Three Outlets of Jingjiang River drops sharply, and the total diversion of Three Outlets has decreased to $475 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$, a reduction of 52%; continuous low-rainfall in the Basin also exacerbates the drought situation, with precipitation dropping by 52% over the same period of the previous year. Finally, we put forward countermeasures and measures to ensure the safety of drinking water in the Basin. First, allocation of water resources should be optimized and the protection of water resources should be strengthened so that the combination of water abstraction and pollution control can be strengthened. Then, the construction of drinking water projects should be increased in the Basin and the management of drinking water safety should be improved. Last but not the least, a basis for solving drinking water safety problem in the Basin is urgent, which may play an active role in ensuring the harmonious and stable development of the ecological economic zone of Dongting Lake.

Keywords drinking water safety; Three Gorges Project; Dongting Lake Basin; water pollution ●



(责任编辑 祝叶华)