

文章编号:1001-4179(2011)23-0034-05

# 三峡水库蓄水前后干流水质特征与变化趋势研究

余明星, 邱波, 夏凡, 刘辉

(长江水利委员会水保局 长江流域水环境监测中心, 湖北 武汉 430010)

**摘要:**为了分析三峡水库蓄水前后水质的变化情况,选取三峡水库干流5个代表断面,通过2010年现状水质调查监测结果与1998~2009年历史水质资料的比较,深入分析了三峡水库蓄水前后干流水质特征和变化趋势。研究表明:目前三峡水库干流水质良好,年度水质为Ⅲ类;蓄水前以Ⅲ类为主,蓄水后以Ⅱ~Ⅲ类为主;从水库上游至下游,沿程水质逐渐趋好;蓄水后,总磷、高锰酸盐指数、铅等是影响水质的主要因子,与蓄水前相比,其沿程降低趋势更强,水质超标污染状况有所缓解。

**关键词:**水库蓄水;干流水质;水质趋势;三峡水库

中图法分类号: X824 文献标志码: A

三峡水库是国家重要的战略淡水资源库,也是重要的生态环境敏感区,水环境保护和管理问题已成为人们关注的焦点。保护好三峡水库水质与生态环境,是水库蓄水后水资源保护管理的重要任务之一,其中干流水质保护是其重要工作内容。三峡水库于2003年6月蓄水至135 m高程,2006年10月蓄水至156 m高程,2008年和2009年开展了175 m试验性蓄水,2010年10月三峡水库成功蓄水至175 m高程。随着蓄水进程的推进,库区干流水文情势发生了明显改变,相应的干流水质状况如何变化,是一个亟待研究的课题<sup>[1-2]</sup>。本文通过对三峡库区干流寸滩、清溪场、沱口、官渡口、太平溪等5个代表断面2010年的现状调查监测结果以及十多年来的水质监测历史资料进行系统、深入分析<sup>[3]</sup>,弄清了三峡工程兴建前后库区干流水质特征及变化趋势,以期对三峡水库水资源保护与供水安全保障工作提供科学依据。

## 1 现状水质特征分析

本文将2010年作为水质监测和评价的现状年,选取寸滩、清溪场、沱口、官渡口、太平溪5个代表断面,分别表征水库入库、库尾、库中、库首及坝前断面。通

过针对上述5个断面2010年月度 and 年度水质监测成果,参照《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)<sup>[4]</sup>,选取pH值、溶解氧、高锰酸盐指数、5 d生化需氧量、氨氮、总磷、铜、铅、镉、汞、砷、石油类等12项参评项目,采用单因子评价法进行评价。评价结果见表1。由表1可知,三峡水库水质具有以下特征。

(1) 年度水质总体稳定,5个监测断面的水质均为Ⅲ类。月度水质类别总体上也以Ⅲ类为主,占比68.3%,其次为Ⅱ类,20%,Ⅳ类占比8.3%,Ⅴ类占比3.3%。

(2) 水质沿程趋好,坝前和库首断面水质优于上游入库、库尾、库中断面。太平溪断面和官渡口断面月度水质类别符合(或优于)Ⅲ类标准的比例均达100%,高于沱口(83.3%)、清溪场(75.0%)和寸滩(83.3%)。

(3) 干流水质主要超标参数为总磷和铅,超标率分别为11.7%和1.7%;其中总磷超标倍数为0.1~0.85,铅超标倍数为0.2~0.26。超标时段也主要集中在汛期的7、8月和9月,超标断面主要集中在寸滩、清溪场和沱口断面。这主要是因为主汛期进入长江的泥沙含量大,与悬浮物密切相关的总磷和铅含量也相

收稿日期:2011-10-18

基金项目:国家水体污染控制与治理科技重大专项项目(2009ZX07104-001);水利部公益性行业科研专项项目(200901013)

作者简介:余明星,男,工程师,硕士,主要从事水环境监测科研工作。E-mail:yu\_mx@163.com

应增大,致使部分断面总磷和铅超出Ⅲ类水质标准。

表 1 三峡水库干流代表断面 2010 年水质类别评价

月份	寸滩	清溪场	沱口	官渡口	太平溪
1	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ
2	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ
3	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ
4	Ⅲ	V (TPO.55)	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ
5	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ
6	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ
7	Ⅲ	V (TPO.85, Pb0.26)	Ⅳ (TPO.4)	Ⅲ	Ⅲ
8	Ⅳ (TPO.1)	Ⅳ (TPO.5)	Ⅳ (TPO.2)	Ⅲ	Ⅲ
9	Ⅳ (TPO.25)	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ
10	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ
11	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ
12	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ
全年	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ

注:括号中为超标项目及超标倍数,超标倍数以Ⅲ类水质标准计算。

## 2 蓄水前后水质特征分析

三峡水库蓄水前的分析时段选定为 1998 ~ 2002 年,蓄水后的分析时段选定为 2004 ~ 2009 年。本节分别对库区干流 5 个代表断面蓄水前和蓄水后两个阶段,开展年度和月度水质类别评价及分析。

### 2.1 蓄水前干流水质特征

(1) 蓄水前库区干流水质总体稳定,年度水质以Ⅲ类为主,占比 72.0%;其次为Ⅳ类,占比 20.0%;Ⅱ类水质只占 8.0%。进一步对库区干流 5 个代表断面蓄水前 5 a 的月度水质评价结果进行分析,与前述年度水质类别分析结果基本一致:干流水质总体稳定,以Ⅲ类为主,符合或优于Ⅲ类水质标准的断面测次数达 62.3%。

(2) 对蓄水前干流 5 个代表断面 5 个年度的年度和月度水质类别评价结果的单独统计分析表明:与水库中游和上游相比,水库下游水质相对较好。库首官渡口年度水质均为Ⅱ~Ⅲ类,符合或优于Ⅲ类水的年度比例为 100%,月度比例为 95%;坝前太平溪断面水质状况次之,库中沱口和库尾清溪场水质状况与太平溪相比略差,3 个断面年度水质符合或优于Ⅲ类水的比例均为 80%,月度比例分别 65%,48.3%和 55%;入库寸滩断面水质相对最差,符合或优于Ⅲ类水的年度和月度比例最低,分别为 60%和 48.3%。

### 2.2 蓄水后干流水质特征

(1) 蓄水后库区干流水质稳定,年度水质以Ⅱ~Ⅲ类为主,占比 93.3%,其中Ⅲ类占比 56.7%,Ⅱ类占比 36.7%,Ⅳ类仅占比 6.7%。进一步对库区干流 5 个代表断面蓄水后 6 a 的月度水质评价结果进行分析,与前述年度水质类别分析结果基本一致:干流水质

总体稳定,以Ⅱ~Ⅲ类为主,符合或优于Ⅲ类水质标准的断面测次数达 78.3%。

(2) 蓄水后干流 5 个代表断面 6 a 的年度和月度水质类别的单独统计分析表明:太平溪断面和官渡口断面水质相对较好,且入库寸滩断面至坝前太平溪断面的水质沿程趋好。寸滩断面年度水质符合(优于)Ⅲ类的比例只占 66.7%,年度水质均为Ⅲ~Ⅳ类;清溪场、沱口、官渡口、太平溪 4 个断面年度水质符合(优于)Ⅲ类水的比例均为 100%,其中清溪场年度水质均为Ⅲ类,官渡口和沱口年度水质均为Ⅱ~Ⅲ类,太平溪年度水质均为Ⅱ类。此外,5 个代表断面的月度水质符合(优于)Ⅲ类的比例分别为 59.7%,61.1%,79.2%,95.8%和 95.8%,同样表明蓄水后干流水质由水库上游至下游沿程趋好。

(3) 蓄水后,由于水库的蓄水澄清作用,水中悬浮物沿程沉降,总磷、高锰酸盐指数、铜、铅等与悬浮物密切相关的水质参数<sup>[5]</sup>,从入库、库尾、库中至库首和坝前,沿程浓度降低,使得水质类别评价结果沿程趋好(见图 1~4)。pH、溶解氧、5 d 生化需氧量等参数,在库区干流没有明显的沿程下降趋势,主要因其与悬浮物的相关性不大,而与水体自身理化性质及水体自净因素有关(见图 5,6)。

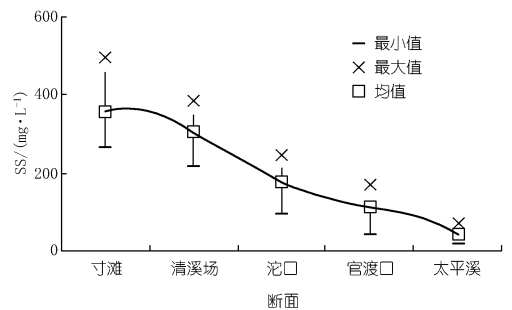


图 1 水库蓄水后 SS 沿程变化情况

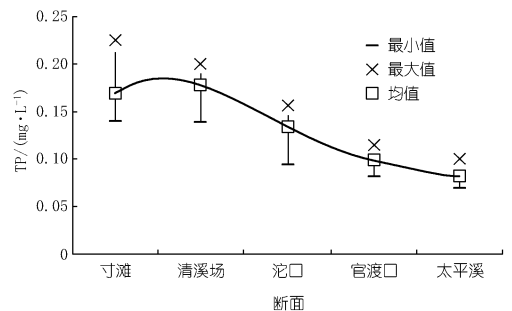


图 2 水库蓄水后 TP 沿程变化情况

## 3 蓄水前后干流水质变化趋势研究

对库区干流 5 个代表断面蓄水前后的水质类别构成及典型参数的对比分析表明:蓄水后库区干流水质

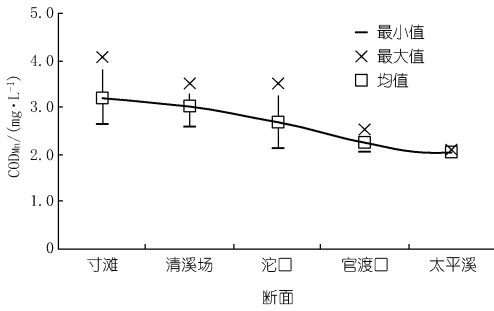


图3 水库蓄水后 COD<sub>Mn</sub> 沿程变化情况

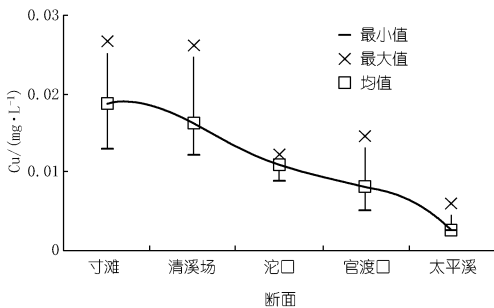


图4 水库蓄水后 Cu 沿程变化情况

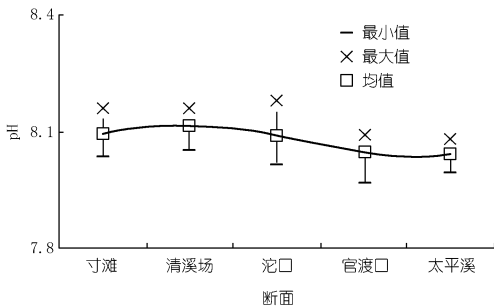


图5 水库蓄水后 pH 沿程变化情况

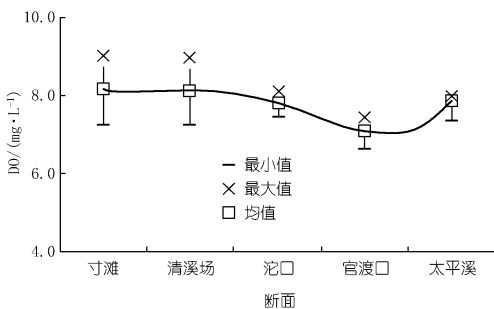


图6 水库蓄水后 DO 沿程变化情况

较蓄水前总体趋好。蓄水后符合(优于)Ⅲ类水质的断面测次比例有所提高,部分水质主要影响因子的浓度值有一定程度降低,主要水质影响因子超标污染状况有所减轻。

### 3.1 水质类别

(1) 蓄水后干流水质总体趋好。蓄水前后库区干

流断面年度和月度水质类别分析评价结果表明:蓄水前,库区干流断面年度水质类别符合(优于)Ⅲ类水的比例为80%,蓄水后上升为93.3%,提高了13.3个百分点;月度水质类别也较蓄水前的62.8%提高了16.0个百分点。

(2) 蓄水后干流断面年度Ⅱ类水比例上升,Ⅳ类水比例下降,水质整体趋好。蓄水前年度水质以Ⅲ类为主,占72.0%,其次为Ⅳ类(20.0%),Ⅱ类水质只占8.0%;蓄水后仍以Ⅲ类为主,占比56.7%,其次为Ⅱ类(36.7%),Ⅳ类占比6.7%。

(3) 对干流5个代表断面蓄水前后年度和月度水质类别比例变化的分析也表明:蓄水后水库上游至下游各断面的年度水质类别都有不同程度的趋好。5个断面的年度水质符合(优于)Ⅲ类的比例蓄水后较蓄水前分别提高6.7,20,20,0和20个百分点,月度水质比例也分别提高11.4,6.1,30.9,0.8和30.8个百分点。

### 3.2 典型参数

对蓄水前后库区干流5个代表断面主要水质影响因子的浓度变化分析表明:蓄水后干流主要水质影响因子浓度含量沿程降低趋势明显,下游断面水质显著趋好。

(1) 结合蓄水前后库区水体悬浮物含量变化情况,对影响干流水质的主要因子如总磷、高锰酸盐指数、铅等水质参数进行蓄水前和蓄水后两个阶段全量均值的对比分析表明(见图7~10):蓄水后,寸滩断面和清溪场断面悬浮物浓度降低不显著,沱口断面和官渡口断面悬浮物浓度明显降低;沱口和官渡口断面总磷、高锰酸盐指数、铅等参数含量水平在蓄水后有一定程度下降,寸滩、清溪场断面较蓄水前,反而有一定程度上升。此外,蓄水后各参数浓度沿程均有比较明显的下降趋势,与蓄水前各断面参数浓度高低波动的现象形成明显对比。

(2) 对库区干流代表断面分别开展蓄水前后1998~2009年长时间序列主要水质影响因子的浓度变化趋势分析表明(见图11~14):蓄水后水库下游断面主要水质影响因子浓度降低趋势明显,蓄水后的澄清作用对水库下游的干流断面水质有明显的利良性。水库下游的官渡口断面悬浮物、总磷、高锰酸盐指数、铅含量在2003年蓄水后年均浓度一直呈现较为明显的下降趋势,且大部分低于蓄水前;同时官渡口断面上上述主要水质影响因子在蓄水后各年度均值也明显低于水库代表断面的全库均值。库中、库上游的其他3个干流断面沱口、清溪场和寸滩,主要水质影响因子浓度基本呈现一致的波动性变化,蓄水后各断面各年的参

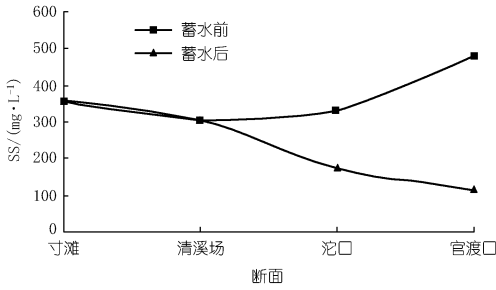


图 7 蓄水前后各断面悬浮物含量变化情况

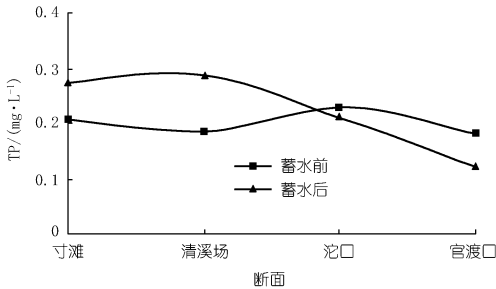


图 8 蓄水前后各断面总磷含量变化情况

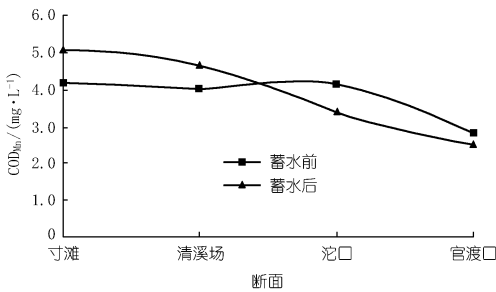


图 9 蓄水前后各断面高锰酸盐指数含量变化情况

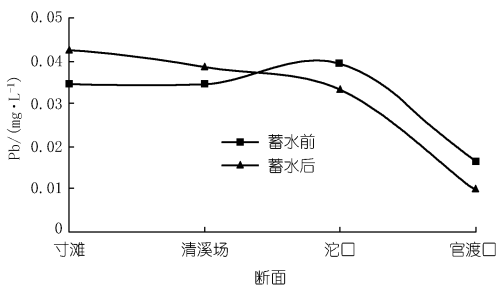


图 10 蓄水前后各断面铅含量变化情况

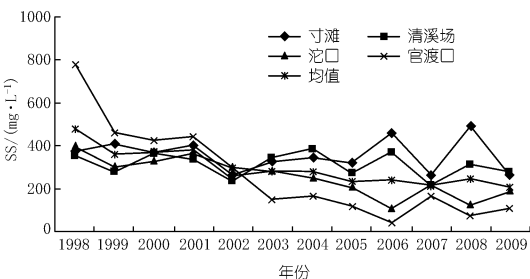


图 11 蓄水前后各断面长系列 SS 含量变化情况

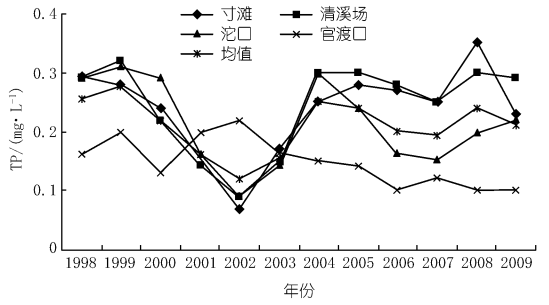


图 12 蓄水前后各断面长系列 TP 含量变化情况

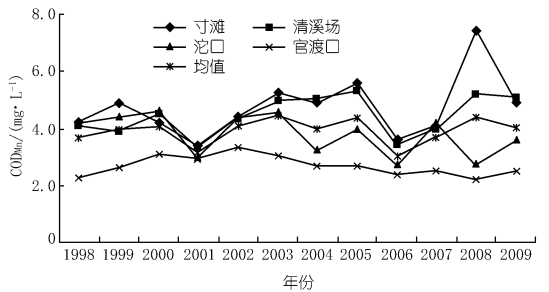


图 13 蓄水前后各断面长系列 COD<sub>Mn</sub> 含量变化情况

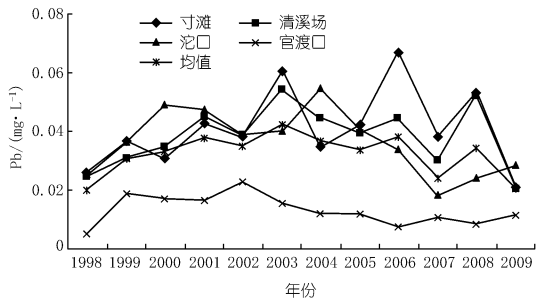


图 14 蓄水前后各断面长系列 Pb 含量变化情况

数浓度互有高低。这主要是由于水库上游断面在蓄水前后水文情势改变程度相对较小,上游的寸滩和清溪场断面的水质主要受来水影响,水库的澄清作用并不明显;随着上游来水水质影响的逐渐减弱及水库澄清作用的逐渐增强,相对靠近坝前的官渡口断面,其总磷、高锰酸盐指数、铅等参数浓度因蓄水后悬浮物的显著下降而明显降低<sup>[6]</sup>。

### 3.3 季度污染情况

对三峡水库干流 5 个代表断面开展季度水质评价工作,评价参数和评价方法同前,以分析库区干流主要常规污染物在各断面以及各季度超标分布状况。上述 5 个断面 1999 ~ 2009 年 11 a 间 220 个评次的各参数超标率评价分析结果表明:总磷、高锰酸盐指数、总铅和石油类为库区干流江段的主要超标因子,各江段均有超标污染物分布;超标时间主要为第三季度,但蓄水后(2004 年以后)超标污染状况有所减轻。

(1) 5 个代表断面 11 个年份的季度数据统计评

价结果表明:总铅和总磷超标率分别为 10.5% 和 10.0%,主要在寸滩、清溪场和沱口断面;高锰酸盐指数和石油类超标率分别为 7.3% 和 6.4%,高锰酸盐指数除官渡口未超标外,其余断面均有超标,石油类在各断面均有超标现象;总镉只在官渡口有一次超标情况,超标率最低,为 0.5%;总铅主要是蓄水前水库上游断面超标现象较多,但蓄水后超标率明显降低。

(2) 第三季度超标率最高,为污染物超标主要分布时段,超标率达 65.5%;其次是第二季度和第四季度,超标率分别为 16.4% 和 12.7%;第一季度超标率最低,仅 5.5%。

(3) 蓄水后(2004~2009年)较蓄水前(1999~2002年)污染物超标明显减少,全库超标率由蓄水前的 30% 降低为 20.8%,下降 9.2 个百分点。

## 4 结 论

(1) 2010 年三峡库区干流水质良好,寸滩、清溪场、沱口、官渡口、太平溪 5 个代表断面的年度水质类别均为Ⅲ类;库内水质沿程趋好,坝前和库首断面水质优于入库、库尾、库中断面;库区干流主要超标参数为总磷和铅,超标时段主要集中在第三季度,超标断面主要集中在水库入库、库尾和库中的寸滩、清溪场和沱口断面。

(2) 蓄水前后库区干流水质总体稳定,蓄水前年度水质以Ⅲ类为主(占比 72.0%);蓄水后年度水质以Ⅱ~Ⅲ类为主(占比 93.3%),总体水质进一步趋好,

且从水库上游至下游沿程趋好。蓄水前,库区干流断面年度水质类别符合(优于)Ⅲ类的比例为 80%,蓄水后该比例上升为 93.3%,提高 13.3 个百分点;同时蓄水后月度水质符合(优于)Ⅲ类水质标准的断面测次数达 78.3%,较蓄水前的 62.3% 提高 16.0 个百分点;而且蓄水后水库上游至下游各断面的年度水质类别以及月度水质类别也都有不同程度的趋好。蓄水后干流断面总磷、高锰酸盐指数、铅等主要水质影响因子,较蓄水前沿程降低趋势增强,下游断面水质趋好明显。

(3) 对库区干流蓄水前后长系列水质资料的季度水质评价结果分析表明:总磷、高锰酸盐指数、总铅和石油类为库区干流江段的主要超标因子,各江段均有超标污染物分布,超标时段集中在每年第三季度,但蓄水后(2004 年以后)超标污染状况有所减轻。

## 参 考 文 献:

- [1] 郑守仁. 三峡水库设计水位 175 m 试验性蓄水运行的相关问题思考[J]. 人民长江, 2011, 42(13): 1-7.
- [2] 吕平毓, 米武娟. 三峡水库蓄水前后重庆段整体水质变化分析[J]. 人民长江, 2011, 42(7): 28-32.
- [3] 长江水利委员会. 长江三峡工程生态与环境监测系统水文水质同步监测年报(1998-2010)[R]. 武汉: 长江水利委员会.
- [4] 国家环境保护总局, 国家质量监督检验检疫总局. 地表水环境质量标准(GB 3838-2002)[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [5] 余明星, 邱光胜, 刘辉, 等. 三峡水库 135 米蓄水期水库水环境质量状况研究[R]. 武汉: 长江流域水环境监测中心, 2005.
- [6] 刘辉, 叶丹, 左涛, 等. 三峡水库水质演变趋势及保护对策[J]. 水资源保护, 2010, 26(4): 17-18.

(编辑: 常汉生)

## Research on water quality characteristics and variation of mainstream of Yangtze River before and after impoundment of Three Gorges Reservoir

YU Mingxing, QIU Bo, XIA Fan, LIU Hui

(Yangtze River Water Environmental Monitoring Center, Changjiang Water Resources Protection Bureau, Wuhan 430010, China)

**Abstract:** In order to analyze the variation trend of water quality in the mainstream of Yangtze River before and after impoundment of Three Gorges Reservoir, 5 representative sections were selected and the water quality conditions were analyzed and the monitoring data of 2010 and the historical data from 1998 to 2009 were compared. The research results show that the water quality of the mainstream is good at present, annual water quality in III classification; mainly in III classification before impoundment and mainly in II~III classification after impoundment; from upstream to downstream, the water quality gradually improved. The indexes such as TP, COD<sub>Mn</sub>, lead are the main factors influencing water quality and their concentration decrease more than that before impoundment, and the excessive water pollution is mitigated.

**Key words:** reservoir impoundment; water quality in mainstream; variation trend of water quality; Three Gorges Reservoir