

## 三峡大坝截流前后长江中上游江段 水化学特性的初步调查

刘瑞秋

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

**摘要:** 1997—1998年, 在三峡大坝截流前后, 对长江中上游地区十多个江段及若干个支流进行了多次的水质监测分析。结果表明: 长江中上游水资源丰富, 但污染较严重。从多项数据指标分析结果和多项资料表明, 目前污染源主要为沿江工业和城市生活污水。长江干流污染远高于支流(嘉陵江除外)。而大江截流对长江中上游的水质近期影响较小, 可以忽略不计。

**关键词:** 长江; 水质分析; 大江截流

**中图分类号:** X131.2    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1000-3207(2000)05-0446-05

长江是中国的第一大河流, 世界的第三大河。干流全长 6300km, 流域面积  $18 \times 10^5 \text{ km}^2$ , 约占国土面积的五分之一。长江在宜昌以上通称上游, 水资源和水力资源丰富, 三峡工程和葛洲坝工程都位于这一河段<sup>[1~3]</sup>, 三峡江段水流湍急, 三峡工程规模巨大, 对生态和环境的影响, 早为各方所关注。三峡工程的兴建, 将为长江水能资源的开发和利用开拓更加广阔的前程。但同时, 大江截流对库区江段的水环境与生态带来怎样的影响呢? 是迫切需要了解清楚的。本文主要对大江截流前后长江中上游的水质作了一个初步调查, 以便为今后长江水质的研究提供科学依据。

### 1 研究方法

#### 1.1 采样点的设置 从重庆至武汉江段共设 20 个采样站, 其分布如下:

1) 干流: U-1 重庆, U-2 涪陵, U-3 丰都, U-4 万县, U-5 云阳, U-6 奉节, U-7 巫山, U-8 巴东, U-9 香溪, U-10 茅坪, U-11 宜昌, U-12 沙市, U-13 城陵矶, U-14 武汉。

2) 支流: 嘉陵江, 巫溪一线天, 巫溪大宁河, 大昌大宁河, 巫山大宁河口, 洋溪河, 岳阳。

1.2 工作方法 采集的水样均为表层(水面下 0.5m)。测定项目包括水温、透明度、pH 值、电导率、硬度、碱度、耗氧量、主要离子  $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ , 以及水中的主要生物营养元素(包括各态氮、磷和硅)等。水温、透明度等均现场测定, 化学项目现场固定后带

收稿日期: 1999-12-01; 修订日期: 2000-03-21

基金项目: 国家自然科学基金项目(39670150); 国家“九五”科技攻关专题(96-920-04-12)

作者简介: 刘瑞秋(1963—), 女, 湖北省武汉人, 主要从事水化学方面的研究

回实验室测定。分析方法采用规定的标准法<sup>[4-5]</sup>。用 721 分光光度计比色。各种形态磷的含量按 P 元素计算。

## 2 结果与讨论

**2.1 水温** 长江三峡地处亚热带季风湿润气候区,四季较分明。据 1997—1998 年的实测数据可知:长江中上游江段的水温在平面分布上差异较小,在季节分布上有较大的差异。观测期间平均水温为 16.93℃。

**2.2 透明度** 观测数据表明,长江中上游三峡江段的主要干流上透明度均不高,在平面分布上却有明显的差异。以秋季为例,大江截流前,长江干流 1997 年 10 月最大透明度为 35cm,最小透明度为 7cm,平均值为 11cm。而大江坝截流后 1998 年 11 月实测为最大透明度为 25cm,最小透明度为 16cm,平均为 19.57cm。从以上结果可以看出,大江截流以后,长江中上游江段的透明度略有提高。

**2.3 pH 值** 长江中上游地区各江段的 pH 值不论是平面分布上,还是季节分布上均没有较大的差异,大江截流前后也无多大变化,整个观测期间各江段的 pH 值变动在 7.22—8.82 之间,属中性偏弱碱性水体。截流前平均值为 8.4,截流后平均值为 8.14。

**2.4 电导率** 水中的各种溶解盐类都是以离子状态存在,具有导电作用,所以水中的电导率可以间接表现出溶解盐的含量。长江中上游地区各江段及支流水体电导率的变动范围为 219—421 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ,平均为 322.5 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ,电导率最高的为长江支流的大昌大宁河,变动在 360—421 $\mu\text{s}/\text{cm}$  之间。溶解盐含量最低的则为长江支流的洞庭湖,为 221 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 。大坝截流前后电导率没有明显的差异,但 1997 年 10 月大坝截流前坝址附近茅坪江段的电导率为 360 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ,而 1998 年 11 月同季节截流后电导率为 280 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ,有较大的差别。

**2.5 碱度** 总的看来,长江中上游各江段的总碱度( $\text{CaCO}_3$  计)较为均一,但随各江段水动力条件和碱性化合物的不同,又存在较小的差异。长江主干流大坝附近江段总碱度变动在 80—140.14mg/L(平均为 118.69mg/L)。平面分布和季节变动均不明显。大坝截流前巫山到宜昌江段的总碱度变动在 100—112mg/L,截流后变动在 125.13—130.13mg/L 之间,没有较明显的差异。

**2.6 总硬度** 长江中上游江段的总硬度含量较高,据 1997—1998 年的调查结果,江段的总硬度变幅为 7.22—11.77 德国度,平均值为 9.26 德国度。整个调查期间各江段的总硬度没有较大的差异,比较高的为重庆、城陵矶和香溪江段,平均值分别为 10.80、9.87 和 9.702 德国度,比较低的为万县、洞庭湖和沙市江段,分别为 7.22、7.29 和 8.34 德国度。

**2.7 有机物耗氧量** 长江三峡江段的有机物耗氧量在大江截流前后均较低,没有较明显的差异,平面分布上以支流的嘉陵江含量为最高(3.571mg/L),含量最低的为支流的大昌大宁河(1.06mg/L)。长江干流上有机物含量在大江截流前后,不论平面分布还是季节分布上均没有较大的差异,其平均值为 1.84mg/L。

**2.8 主要生物营养元素** 水体中的主要生物营养元素包括氮化合物、磷化合物、二氧化硅、铁离子和有机物等。它们在水体中含量的多少将直接影响到水体中生物的生长和发育,因而是水质监测的一个重要指标<sup>[6]</sup>。长江中上游地区不同江段及支流的主要营养物含量见表 1。

表 1 长江中上游各江段主要生物营养物质含量(mg/L)(不含支流)

Tab. 1 Concentration of main biotic nutrients in different parts of the upper and middle reaches of the Changjiang River

	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_2^-$	$\text{NO}_3^-$	T-N	$\text{PO}_4^{3-}$	T-P
嘉陵江 Jialingjiang	0.466	0.110	0.760	0.711	0.076	0.114
重庆 Chongqing	0.335	0.036	0.575	0.451	0.032	0.053
涪陵 Fuling	0.317	0.021	0.623	0.287	0.016	0.023
万县 Wanxian	0.290	0.017	0.420	0.519	0.022	0.031
丰都 Fengdou	0.293	0.015	0.561	0.385	0.006	0.053
云阳 Yunyang	0.134	0.010	0.839	1.165	0.033	0.052
奉节 Fengjie	0.250	0.021	0.900	1.519	0.059	0.358
巫山 Wushan	0.241	0.0185	0.873	1.561	0.053	0.344
巴东 Badong	0.312	0.0283	0.869	2.225	0.078	0.546
香溪 Xiangxi	0.238	0.0315	1.003	1.821	0.082	0.218
茅坪 Maoping	0.315	0.0172	0.874	1.596	0.071	0.323
宜昌 Yichang	0.221	0.0226	0.850	1.539	0.063	0.190
沙市 Shashi	0.169	0.0211	0.824	1.295	0.058	0.103
岳阳 Yueyang	0.157	0.044	0.684	0.807	0.030	0.073
城陵矶 Chenglingji	0.319	0.0949	1.034	1.746	0.085	0.232
武汉 Wuhan	0.288	0.0194	0.880	1.504	0.051	0.175

**氮化合物** 在天然水体中,无机氮化合物常以铵态氮、亚硝态氮和硝态氮三种形式存在,而长江与我国许多湖泊、河流一样常以  $\text{NO}_3^-$ -N 为主(表 2),其水体含量检测平均为 0.748mg/L,  $\text{NH}_4^+$ -N 次之,含量平均值为 0.226mg/L,而  $\text{NO}_2^-$ -N 含量最低,平均为 0.023mg/L。各江段所含硝态氮占无机氮总量的 75%,铵态氮占 22%,亚硝态氮仅占 2.3%。而大江截流前  $\text{NO}_3^-$ -N 平均值 0.742mg/L,  $\text{NH}_4^+$ -N 为 0.204mg/L,  $\text{NO}_2^-$ -N 为 0.026mg/L。硝态氮占无机氮总量的 74%,铵态氮占 20%,亚硝态氮仅占 2.6%。截流后,  $\text{NO}_3^-$ -N 含量平均值为 0.754mg/L,  $\text{NH}_4^+$ -N 含量平均值为 0.248mg/L,  $\text{NO}_2^-$ -N 含量平均值为 0.0202mg/L。硝态氮占无机氮总量的 74%,铵态氮占 24%,亚硝态氮仅占 2%。由此可见,大江截流前后,长江中上游地区各态氮的含量没有明显的变化。

**铵态氮** 长江中上游的铵态氮含量比较高,变动在 0.046—0.535mg/L 之间,平均为 0.226mg/L。铵态氮含量在不同江段分布上以截流后 1998 年 11 月武汉江段为最高(0.535mg/L),其次为截流前长江支流嘉陵江(含量为 0.466mg/L)。坝址附近的宜昌和茅坪截流前分别为 0.123 和 0.234mg/L,截流后为 0.318mg/L 和 0.396mg/L,变化较明显。其它江段在平面分布上差异也较大,主要表现为干流的含量普遍高于支流的含量(嘉陵江除外)。长江中上游各江段铵态氮的含量虽差异较明显,但季节的变化和平面分布差异不太一致,大江截流前后总体平均值差异不大。

**亚硝态氮** 在一般的天然水体中,  $\text{NO}_2^-$ -N 的含量普遍较低,同样长江中上游江段的

$\text{NO}_2-\text{N}$ 也很低,观测期间变动在 $0.0009-10.0564\text{mg/L}$ 之间,平均为 $0.0228\text{mg/L}$ ,在平面分布上以截流后的香溪江段为最高( $0.0564\text{mg/L}$ ),最低为截流后长江支流大昌大宁河河口( $0.0009\text{mg/L}$ )。从观测情况来看,长江中上游 $\text{NO}_2-\text{N}$ 含量平面分布上差异较大,除嘉陵江外,干流的含量普遍高于支流。说明干流受沿江城镇生活污水和工业污水污染较严重,而所观测的支流多为偏僻的山区污染较小,水质清澈。坝址附近江段茅坪和宜昌截流前平均为 $0.0103\text{mg/L}$ 和 $0.0183\text{mg/L}$ ,截流后为 $0.0241\text{mg/L}$ 和 $0.027\text{mg/L}$ ,有较大的差异。

**硝态氮** 长江中上游硝态氮的含量最高,调查期间测得平均值为 $0.748\text{mg/L}$ ,变动在 $0.219-1.259\text{mg/L}$ 之间。平面分布上差异较大,主要为干流普遍高于支流。最高为城陵矶江段,1998年11月实测值为 $1.2597\text{mg/L}$ 。最低为截流前1997年10月万县江段( $0.420\text{mg/L}$ )。除特殊原因(1998年夏季发生特大洪水)外,大江截流前后硝态氮含量没有非常明显的变化。

**总氮** 整个长江流域的总氮含量均较高,因此长江中下游江段的总氮含量较丰富。全江段总氮含量的平均值为 $1.299\text{mg/L}$ ,调查期间总氮的平均变动在 $0.287-2.245\text{mg/L}$ 之间,在平面分布上和季节变动差异均较明显。大江截流前后夏季和秋季的变动也有一定的差异,如1997年夏季(平均为 $1.559\text{mg/L}$ )的总氮含量明显高于秋季(平均为 $0.645\text{mg/L}$ ),而截流后,1998年夏季各江段平均值为 $1.326\text{mg/L}$ ,秋季各江段的平均总氮为 $1.666\text{mg/L}$ 。干流和支流除个别江段外,截流后长江中上游的总氮含量有所增高。

**磷化合物** 磷和氮同为重要的生物营养元素,在天然水体中常因含量较低而成为生物发展的限制因素。

**总磷(TP)** 长江中上游江段的总磷调查期间在 $0.023-0.922\text{mg/L}$ 之间变化,平均为 $0.194\text{mg/L}$ 。整个长江中上游江段的总磷含量分布非常不均一,平面分布上差异较大,最高的为1998年夏季的巫山江段,含量为 $0.922\text{mg/L}$ ,其次为1998年夏季的奉节江段和茅坪江段,分别为 $0.885$ 和 $0.847\text{mg/L}$ 。最低为1997年秋季的涪陵江段为 $0.023\text{mg/L}$ ,其次为长江中上游支流的巫溪大宁河和洋溪河,分别为 $0.0340\text{mg/L}$ 。大坝截流前后长江干流上各江段的总磷含量有显著变化,其结果为截流后各江段普遍高于截流前。

**溶解活性磷( $\text{PO}_4^{3-}$ )** 水体中的溶解活性磷一般含量不高,平均值为 $0.049\text{mg/L}$ ,平均变动在 $0-0.1014\text{mg/L}$ 之间。平面分布上差异较大,长江支流除嘉陵江含量较高外,均含量较低,而长江干流上各江段之间的差异也较大,最高的为1998年秋季的奉节、城陵矶和茅坪江段,分别为 $0.1014$ 、 $0.1014$ 和 $0.0964\text{mg/L}$ ,最低的为1997年秋季的丰都、万县和云阳,分别为 $0.006$ 、 $0.022$ 和 $0.026\text{mg/L}$ 。季节变化也较明显,但没有规律。大坝截流前后的季节间的变化正好相反,截流前为夏季高,秋季低,截流后为夏季低,秋季高。

**二氧化硅** 长江中上游二氧化硅( $\text{SiO}_2$ )的含量比较高,平均值为 $3.898\text{mg/L}$ ,在 $2.582-5.47\text{mg/L}$ 之间变动,平面分布上,长江干流普遍高于支流,季节分布上没有明显的变化,大江截流前后也没有明显的差异。

综上所述,长江中上游地区水资源丰富,水体呈弱碱性,硬度,碱度的含量也比较适中,是一个良好的水体环境。但由于大量生物营养元素和有机物的不断排入,两岸生活污

水和工业污水的进入,使污染负荷大大超过了水体的自净能力。另外由于长江地区1998年遭遇特大洪水,将长江两岸的氮、磷化合物等污染物全部排入长江,而大水退后,水分蒸发,而营养物质却大量存于江中,严重污染了江水,使营养元素含量普遍偏高,这与大江截流没有直接关系。因此,可得出结论,大江截流对长江中上游的水质影响较小。

### 参考文献:

- [1] 胡玉厚,等. 长江上游水资源开发与中下游经济、社会、环境发展的关系[J]. 1993. 人民长江,24(6):12—16
- [2] 方子云. 试从环境方面论长江流域规划[J]. 人民长江,1992,23(1):5—8
- [3] 方子云. 把保护长江作为沿江城市发展战略的重要组成部分[J]. 人民长江,1992,23(5):44—45
- [4] 中国医学科学院卫生研究所. 水质分析法[M]. 北京:人民卫生出版社,1974
- [5] 美国公共卫生协会,美国自来水协会,水污染控制联合会(宋任元等译). 水和废水标准检测法[M]. 第15版,北京:中国建筑工业出版社. 1985
- [6] 刘衡霞,张水元. 湖水的理化性质[C]. 刘建康:东湖生态学(一)[M]. 北京:科学出版社,1990
- [7] 黎道丰,等. 黄淮海封丘试验区水体理化性质的多元分析[J]. 水生生物学报,1992,16(6):251—259
- [8] 刘瑞秋. 不同渔业开发程度的水化学特性[J]. 水生生物学报,1996,20(增刊):114—119

## PRELIMINARY REPORT ON PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF MAIN CHANNEL AND TRIBUTARIES IN UPPER AND MIDDLE REACHES OF THE CHANGJIANG RIVER, BEFORE AND AFTER DAMMING OF THE THREE GORGES PROJECT

LIU Rui-qiu

(Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072)

**Abstract:** This paper deals with the physico-chemical properties of lake water and their seasonal changes during 1997—1998 in upper and middle reaches of the Changjiang River. The results are summarized as follows:

1. The normal conditions of water quality were: Water temperature was 16.93°C, Secchi transparency (cm)—damming before was 11, damming after was 19.57. pH damming before was 8.4, damming after was 8.14. Conductivity was 322.5  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . Alkalinity, as  $\text{CaCO}_3$ , was 118.69 mg/l. Hardness was 9.26 Germany Degree. Chemical oxygen demand was 1.84 mg/l.

2. The contents (mg/l) of nutrient elements were:  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  0.226,  $\text{NO}_2^- - \text{N}$  0.023,  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  0.748, Total nitrogen 1.299, Total phosphorus 0.194,  $\text{PO}_4^{2-} - \text{P}$  0.049, silicate 3.898.

**Key words:** The Changjiang River; Water quality; Damming; the Three Gorges Project