

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2011.05.012

三峡库区蓄水对含沙水体水质的影响分析

彭期冬¹,吕平毓²,禹雪中¹

(1.中国水利水电科学研究院,北京 100038;2.长江上游水环境监测中心,重庆 400014)

摘要 根据三峡库区蓄水前后监测的水文、水质及泥沙资料,分析水文、水质、泥沙等指标的变化情况。对蓄水前后泥沙的变化引起的水质变化进行讨论。结果表明:蓄水后由于泥沙大量淤积,库区含沙量显著减小,引起相应的浑样污染物浓度明显减小。水库运行过程中应充分重视泥沙对水环境的影响。

关键词 蓄水;泥沙;水质;环境影响;三峡水库

中图分类号:X824 文献标识码:A 文章编号:1004-6933(2011)05-0052-03

Analysis of impact of Three Gorges Reservoir impounding on water quality of water body with sediment

PENG Qi-dong¹, LV Ping-yu², YU Xue-zhong¹

(1. China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China; 2. Upstream Yangtze River Water Environment Monitoring Center, Chongqing 400014, China)

Abstract: Based on the observed water flow, sediment and water quality data from before and after the Three Gorges Reservoir impounding, changes in various indexes, including hydrology, water quality, and sediment were analyzed. The water quality changes caused by the sediment changes before and after the impounding were discussed. The results show that the sediment concentration decreases significantly due to the deposition of a large amount of sediment, which causes the corresponding total concentration of pollutants to significantly decrease. Full attention should be paid to the environmental impact of sediment on the water quality during the reservoir operation.

Key words: impounding; sediment; water quality; environmental impact; Three Gorges Reservoir

2003 年三峡水库开始蓄水,6 月中旬坝前水位达到 135 m,11 月初蓄水到 139 m。水库回水末端的变动位置大约在涪陵李渡至清溪场一带。丰都以下受水库壅水影响较大,水深增加较多,流速大幅减小。在变动回水区内,水流也有不同程度的减缓^[1]。水库蓄水后将造成库区泥沙淤积^[1-3],淤积泥沙吸附大量污染物,对库区的水质将产生较大影响^[2-4]。针对三峡水库蓄水后对库区水环境的影响,有学者对一些库区和支流的交汇河口产生富营养化现象的可能性进行了分析^[4],也有学者对三峡水库蓄水对库区水质的影响进行了预测^[5]。但是目前这些工作都没有考虑库区水环境中重要的组成之一——泥沙的因素。

三峡蓄水后,由于库区大量泥沙淤积,这种变化对库区水环境的影响,目前研究尚不充分,对其机理

及变化规律均缺乏系统认识。笔者为了分析蓄水后水流变缓对库区泥沙淤积和水质产生的影响,对蓄水前后长江干流上朱沱至奉节 5 个常规监测断面(图 1)的监测数据进行对比分析,从中得到一些泥沙和水质方面的变化和趋势。

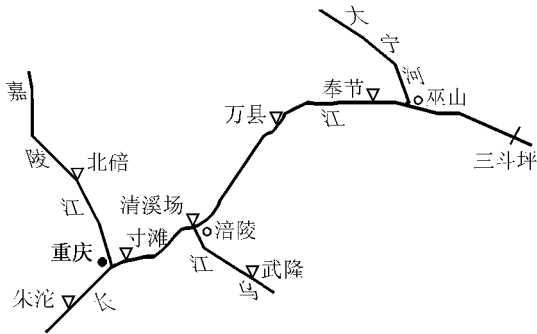


图 1 监测断面位置示意图

1 数据获取

笔者分析中使用蓄水前后 2 个序列监测数据 , 其监测断面、监测时间及监测频次见表 1。

表 1 监测断面、时间和频次

资料序列	监测断面	起止时间	监测频次
蓄水前	朱沱、寸滩、清溪场、万县、奉节	2002 年 9 月—2003 年 6 月	每月 2 次
蓄水后		2004 年 5—9 月	

监测项目除了常规的水文、水质指标外 , 还对浑样、清样以及各粒径泥沙对应的水质指标进行了监测 , 监测指标见表 2。

表 2 监测指标

水文指标	水质指标	泥沙指标	分粒径水质指标
水位、流量、气温、水温等	TP、TN、COD _{Mn} 、BOD ₅ 、DO、NH ₃ -N、Pb、Cu、Cd、pH、矿化度等	含沙量、级配	TP、TN、COD _{Mn} 、Pb、Cu、Cd

2 蓄水对泥沙的影响

三峡水库蓄水后 , 库区水位升高 , 流速减小 , 对泥沙将产生较大的影响 , 下面主要对级配和含沙量 2 个方面的变化进行分析。

2.1 蓄水对泥沙级配的影响

对 5 个常规监测站位蓄水前后的泥沙级配(监测时期平均值) 进行对比分析 , 各站位蓄水前后泥沙级配如图 2 所示。

蓄水前后对比 , 朱沱和寸滩泥沙颗粒粗化 , 万县和奉节的泥沙粒径明显细化。朱沱和寸滩的泥沙粗化主要是由于监测水期不同 , 蓄水前主要为平水期和枯水期 , 而蓄水后主要为丰水期 , 在上游来沙颗粒

变粗的情况下 , 万县和奉节的泥沙粒径细化主要受三峡水库蓄水的影响 , 该库区江段流速减缓 , 粗粒径泥沙沉降加剧 , 细化现象显著。

2.2 蓄水对含沙量的影响

在泥沙粒径沿程细化的同时 , 由于泥沙的沉降 , 沿程泥沙含量也在不断减小。图 3 表示了蓄水前后沿程各断面平均含沙量的变化情况。

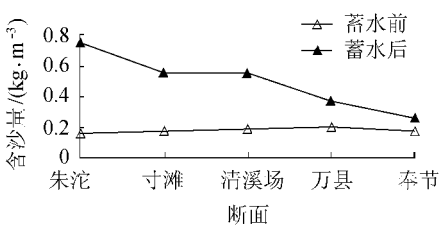


图 3 蓄水前后断面平均含沙量沿程变化

图 3 显示 , 沿入库水流方向 , 蓄水前断面平均含沙量沿程变化不大 , 蓄水后断面平均含沙量沿程减少 , 尤其在万县和奉节 2 个断面 , 减小趋势更为明显。蓄水对万县和奉节含沙量影响较大。

水库泥沙淤积是三峡工程需要面对的一个重要问题 , 随着蓄水的继续和三峡工程的运行 , 淤积情况将会延续较长一段时间 , 泥沙淤积除了对水库库容、安全方面的影响外 , 对水质也会产生显著影响 , 下面进行简要分析。

3 蓄水对水质的影响

传统意义上的水质主要指清水水质 , 但是水中生物生存的环境是一个包括泥沙等在内的浑样系统 , 因此分析蓄水前后浑样系统水质的变化情况 , 对于研究蓄水对水环境和水生态的影响 , 更为客观、全面。

笔者以 TP 指标为代表分析蓄水对水质的影响。

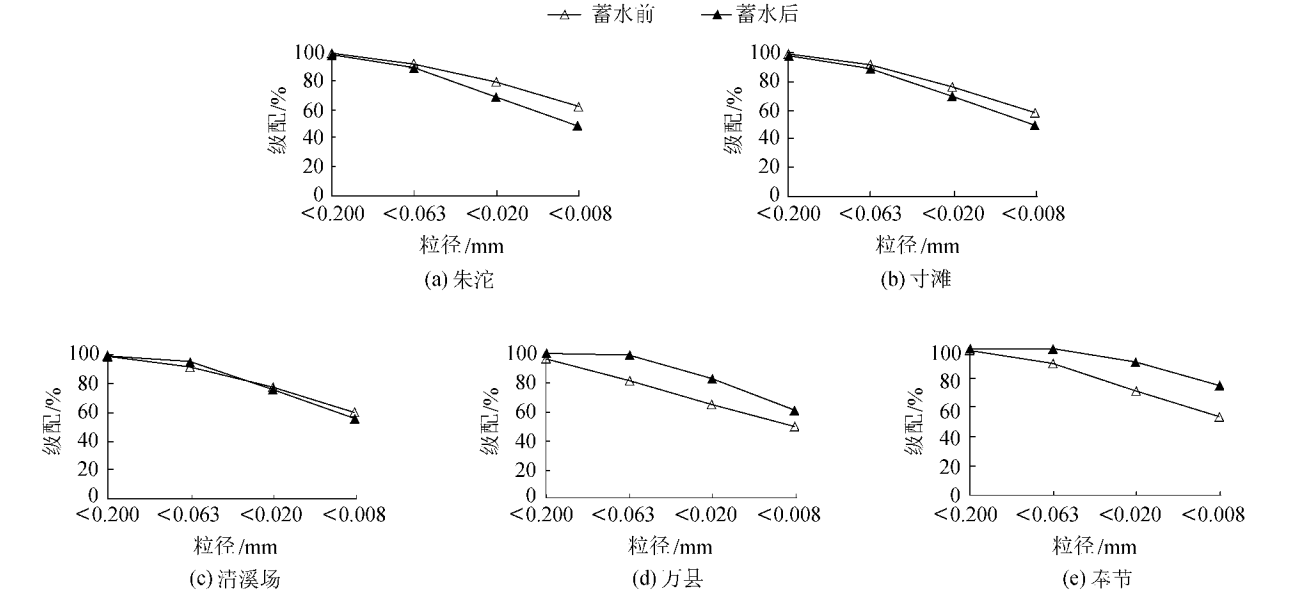


图 2 蓄水前后各站位泥沙级配对比

其中浑样浓度为包括泥沙吸附 TP 和水体溶解 TP 的单位水体中所有 TP 的质量,清样浓度为使用 0.000 45 mm 滤膜过滤后单位水体中含有 TP 的质量。图 4 为蓄水前后断面清样平均 TP 质量浓度、浑样 TP 质量浓度沿程变化情况。

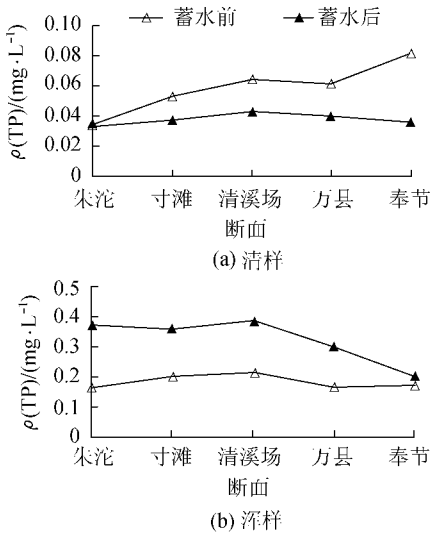


图 4 蓄水前后断面清样和浑样 TP 平均浓度沿程变化

蓄水前后断面 TP 清样平均浓度比较 蓄水前沿程略有升高,蓄水后浓度基本低于蓄水前,且沿程变化不明显。其原因主要是枯水期和平水期的水质比丰水期差,所以蓄水前清样浓度高于蓄水后。

蓄水前后断面 TP 浑样平均浓度比较 蓄水前沿程变化不明显,蓄水后浓度高于蓄水前,在万县和奉节,浓度下降的趋势较蓄水前更为明显。

进一步分析浑样浓度和含沙量、清样浓度的关系,浑样浓度的表达式:

$$\rho = \rho_w + w_s \cdot S$$

式中: ρ_w 为清样浓度, mg/L ; S 为含沙量, kg/m^3 ; w_s 为单位质量泥沙吸附污染物质量, mg/g 。

蓄水前后清样浓度 ρ_w 和泥沙吸附量($w_s \cdot S$)占浑样浓度的百分比如表 3 所示。

表 3 清样浓度和泥沙吸附量比较

站位	蓄水前		蓄水后	
	$\rho_w: \rho/\%$	$(w_s \cdot S): \rho/\%$	$\rho_w: \rho/\%$	$(w_s \cdot S): \rho/\%$
朱 沱	21.0	79.0	8.9	91.1
寸 滩	26.3	73.7	10.2	89.8
清溪场	29.9	70.1	11.0	89.0
万 县	36.7	63.3	13.5	86.5
奉 节	48.2	51.8	18.4	81.6

表 3 中清样浓度的比重沿程增加,泥沙吸附量的比重沿程减小,这也是泥沙沉积的结果。蓄水前泥沙吸附量在浑样中的比重在 50% 以上,蓄水后在 80% 以上,主要原因是蓄水后的监测水期为丰水期,含沙量远大于蓄水前的枯水期和平水期。比较浑样

浓度对清样浓度和泥沙浓度的响应关系有 $\partial \rho: \partial \rho_w = 1 \quad \partial \rho: \partial S = w_s$ 。而在长江中, w_s 一般可达 1.0 mg/g 以上,故 $\partial \rho: \partial \rho_w \leq \partial \rho: \partial S$,长江中 TP 的清样浓度一般在 0.1 mg/L 以下,多年平均含沙量为 1.57 kg/m^3 ,但其变动范围在 $0.1 \sim 10.0 \text{ kg/m}^3$ 左右,含沙量的变化量 ΔS 远远大于清样浓度的变化量 $\Delta \rho_w$,因此含沙量变化对浑样浓度的影响更加明显。

从上述水质指标对比中可以发现,水库蓄水后,浑样污染物浓度显著减小,这表明蓄水对库区浑样系统污染物浓度减小是有利的,但是由于蓄水后流速减小,水体自净能力减弱,在库区干流和支流交汇处,易出现富营养化现象。另一个不容忽视的问题是吸附大量污染物的泥沙沉降到底后,在一定条件下,这部分泥沙再悬浮,可能对库区和下游水质产生影响。

4 结 语

三峡水库蓄水前后,库区水流情势发生较大变化,水位升高,过水面积增大,流速减缓,引起泥沙沉降加剧,由于泥沙吸附大量污染物,因此库区浑样系统的污染物浓度显著降低,而清水系统污染物浓度变化不大。

随着三峡蓄水的继续,这种变化趋势将进一步显现,而对水质的影响主要表现在 2 个方面: ①当化学、动力等外部条件发生改变时,吸附在泥沙颗粒上的污染物可能改变赋存状态,从吸附态(固相)转移到溶解态(水相); ②沉积在底泥的污染物有可能随着冲刷泥沙重新进入水体,从而显著改变上覆水体的化学构成,甚至造成水体的二次污染。为防止这些不利影响,在对库区污染物排放进行严格控制和监测的同时,还必须根据库区上游来水来沙情况,对水库的调度管理方式进行深入研究。

参考文献:

[1] 张继顺,赵南山,毛小波.三峡水库 135 m 蓄水过程分析[J].水力发电,2003(12):19-21.

[2] 刘兰芬.河流水电开发的环境效益及主要环境问题研究[J].水利学报,2002(8):121-128.

[3] GR 马诺奇里.伊朗建坝对环境的影响[J].刘正启,译.水利水电快报,2002,23(19):32-33.

[4] 刘永明,贾绍凤,蒋良维,等.三峡水库重庆段一级支流回水河段富营养化潜势研究[J].地理研究,2003(1):1-6.

[5] 李艳芹,董贵华,杨一鹏,等.长江截流后三峡库区水环境质量对比及预测[J].南水北调与水利科技,2003,1(2):34-36.

(收稿日期 2011-04-14 编辑 徐 娟)