

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2010.04.005

三峡水库水质演变趋势及保护对策

刘 辉,叶 丹,左 涛,余明星

(长江流域水环境监测中心,湖北 武汉 430010)

摘要 :分析三峡库区干、支流水质现状及其在蓄水前、135 m 蓄水后和 156 m 蓄水后 3 个阶段的演变趋势,研究水库蓄水对库区水质的影响。结果表明,库区干流现状水质总体较好且蓄水前后保持基本稳定;库区支流蓄水后水质有所下降,现状水质总体较差,部分支流的局部区段在蓄水后发生了水华。结合库区实际情况,针对性地提出了三峡水库的水质保护对策。

关键词 :三峡水库;水环境;水质分析

中图分类号:X524 文献标识码:B 文章编号:1004-6933(2010)04-0017-03

Trend of water quality in Three Gorges Reservoir and protection measures

LIU Hui, YE Dan, ZUO Tao, YU Ming-xing

(Yangtze Valley Water Environment Monitoring Centre, Wuhan 430010, China)

Abstract :The current status of water quality in the Three Gorges Reservoir and its evolving trend in three stages, before water storage, after 135 m of water storage, and after 156 m of water storage, were summarized, and the impacts of water storage on the water quality of the Three Gorges Reservoir were analyzed. The results show that the water quality in the main stream was good overall and remained stable before and after water storage; the water quality in tributaries was worse after water storage and is now quite bad overall; and algal blooms have occurred in certain sections of some tributaries after water storage. Suggestions for protection measures were proposed.

Key words :Three Gorges Reservoir; water environment; water quality analysis

1 三峡水库概况

1.1 工程概况

三峡工程是治理和开发长江的关键性骨干工程。三峡大坝坝址位于宜昌市三斗坪,距葛洲坝水利枢纽上游约 40 km。三峡工程可有效控制长江上游洪水,具有防洪、发电、航运等方面巨大的综合效益。三峡水电站总装机容量 1 820 万 kW,年均发电量 846.8 亿 kW·h;三峡水库的形成显著改善了宜昌至重庆 660 km 的长江航道,万吨级船队可直达重庆港^[1]。

1.2 水库运行特征

三峡水库正常蓄水位为 175 m,相应的库区范围从坝址至上游约 660 km 的江津附近。三峡水库穿行

于川东低山丘陵和川鄂中低山峡谷区,干流库面宽一般为 700~1 700 m,大部分库段河宽不超过 1 000 m,宽于 1 300 m 的库段仅分布在万州至丰都约 150 km 库段,支流库面宽一般为 300~600 m,是典型的河道型水库。

大坝拦蓄和水库调度改变了库区河段的水文情势。建库前,库区河道夏季水位最高,冬季水位最低;建库以后,改变了库区的水位变化特征,一般在夏季最低(水库蓄洪时除外),汛末及枯水季初期水位最高。库区高水位比天然洪水位抬高情况大致是:三峡坝址处约 100 m,万州约 40 m,涪陵约 10 m,长寿约 3 m。建库前,天然情况下,重庆至宜昌 660 km 库区河道,河水流经丘陵和高山峡谷区的流速一般为 2~3 m/s,遇到峡谷急滩时流速更大;建库

后,过水断面增大,滩涂消除,比降减少,在流量不变情况下,流速自库尾至坝前逐渐减缓。

三峡水库按照满足防洪、发电、航运和排沙的综合要求,进行水库调度。每年的5月末至6月初,为腾出防洪库容,坝前水位降至汛期防洪限制水位145 m。汛期6至9月,水库一般维持此低水位运行,水库下泄流量与天然情况相同。在遇大洪水时,根据下游防洪需要,水库拦洪蓄水,库水位抬高,洪峰过后,仍降至145 m运行。

汛末10月份,水库蓄水,下泄流量有所减少,水位逐步抬高至175 m,12月至次年4月,水电站按电网调峰要求运行,水库尽量维持在高水位。4月末以前水位最低高程不低于155 m,以保证发电水头和上游航道必要的航深。每年5月开始进一步降低水位。因此,在中水年和丰水年枯水季下泄量比天然情况明显增加。

根据三峡水库调度方案,在蓄水后的枯水期,水库延伸至重庆江津市,其他水期由于水库调度的水位低于寸滩的同期水位,重庆江段呈天然河流状态。对于库中段涪陵和万州区江段,由河道转为水库,水文情势发生了很大的变化。

2 三峡库区主要污染源排污状况及演变趋势

三峡库区工业废水排放量在近3年有较程度的下降^[2-4],但工业废水中的主要污染物质COD及NH₃-N浓度仅出现小幅下降。库区城镇生活污水排放量及污染物质浓度近3年均呈现先上升后下降的趋势。与工业废水相比,库区城镇生活污水尽管排放总量相对较小,但COD及NH₃-N等污染物质总量却明显高于工业废水。

库区化肥施用量及化肥流失量逐年增加^[2-4],且重氮磷肥、轻钾肥的倾向有加重的趋势,流失的氮和磷成为库区水体污染的重要来源之一;农药施用量趋向稳定,农药流失比例及流失量逐渐减少,但是近年来高毒害的有机磷农药用量增加的趋势需要引起一定的重视。

库区船舶油污水排放总量趋于稳定^[2-4],油污水处理率近年来维持在95%左右,但处理达标率在近3年出现小幅下降趋势。从油污水排放构成来看,受三峡航运构成变化影响,货船排放量增加,旅游船、客船等排放量则有所减少。由于货船是造成库区水域石油类污染的最主要船舶类型,且油污水达标排放率相对较低(2007年货船油污水达标排放率为79%),控制货船油污水排放量是库区防治船舶污染的关键。此外,需要引起重视的是,船舶生活污水排放量近年大幅增加,由于处理率和达标率极低,

超标情况十分普遍。

近年来尽管库区各类型污染源的排污情况逐渐趋于稳定,部分污染源的入库污染负荷还略有减少,但总体来看,由于水库蓄水后,水流变缓,水体纳污能力降低,水库水质保护形势仍十分严峻。

3 库区干流水质现状及演变趋势

库区干流现状水质较好^[5],全部6个监测断面的年度水质均符合GB 3838—2002《地表水环境质量标准》Ⅱ~Ⅲ类水质标准;丰水期的水质明显劣于平水期和枯水期,占全部月超标断面总数的66.7%;主要超标参数为TP、COD_{Mn}、石油类和TPb,库尾江段水质明显劣于库中及库首,寸滩以上断面占全部月超标断面总数的占73.7%;由于受上游来水水质影响的逐渐减弱及蓄清作用的影响,TP浓度从库首至坝前呈逐步降低趋势,COD_{Mn}总体上也呈相似趋势。

从干流水质演变来看,三峡工程蓄水后,库区干流水质总体稳定。在蓄水前、135 m运行期和156 m运行期3个不同阶段,符合Ⅰ~Ⅲ类水质标准的断面分别占监测总断面数的64%、67%和70%,呈小幅上升趋势,劣于Ⅲ类水质标准的断面则呈小幅下降趋势。除个别断面的个别月份受石油类影响超标外,3个阶段主要水质影响因子保持不变,均为TP、COD_{Mn}和Pb,主要超标月份也都集中在丰水期的6~9月份。

受上游来水影响,蓄水后库尾及库中江段的TP浓度略高于蓄水前,库首江段则由于蓄清作用的影响,TP浓度较蓄水前略有降低。蓄水前后,溶解性TP浓度基本稳定。

4 库区主要支流水质现状及演变趋势

a. 三峡库区主要支流水质现状总体较差^[6]。在实施监测的28条河流中,水质劣于Ⅲ类的占57.1%,其中茅坪溪、九畹溪、叱溪河、童庄河、草塘河、汤溪河、小江、壤渡河、汝溪河、东溪河10条支流水质为Ⅳ类,碧溪河和乌江2条支流水质为Ⅴ类,香溪、芭溪河、黄金河和珍溪河4条支流为劣Ⅴ类。TP、COD_{Mn}、BOD₅和NH₃-N为主要超标因子。三峡库区支流营养状况以中-富营养状态为主,达到中、富营养状态的支流分别占监测支流总数的46.4%、42.9%。

b. 从支流水质演变来看,与蓄水前相比,三峡库区支流水体的水质总体有所下降。蓄水前支流水体总体水质尚好,水质劣于Ⅲ类标准的支流仅占11.1%;135 m蓄水后,支流水体水质恶化,水质劣于Ⅲ类标准的支流占75.0%,42.9%的支流水质达劣Ⅴ类标准;156 m蓄水后,水质劣于Ⅲ类标准的支流

占 57.1% ,14.3% 的支流水质达劣 V 类 ,TP 为蓄水前、135 m 蓄水后、156 m 蓄水后水质的主要影响参数。

c. 从富营养化状态变化看 ,135 m 蓄水位库区支流以富营养化状态为主 ,达到富营养化状态的库区支流占监测支流总数的 53.6% ;156 m 蓄水位库区支流的富营养化状况以中-富营养状态为主 ,达到富营养化状态的支流占监测支流总数的 42.9%。

d. 从水华趋势变化看 ,蓄水前 ,库区支流未发生水华 ;135 m 蓄水后 ,库区部分支流出现水华 ;156 m 蓄水后 ,水华发生敏感区域向上游推进 ,香溪等个别支流水华呈持续加重趋势 ,小江等集水面积较大支流出现浮萍等水生植物爆发性生长等新的富营养化表征形式 ,水库蓄水后 ,库区支流水华类型总体上呈现由河流型硅藻类向湖泊型蓝、绿藻的演变趋势。营养物质浓度较高是部分支流水华发生的根本原因 ,蓄水后受回水顶托造成的流速减缓以及部分时段适宜的气温和光照等因素是水华发生的诱因。

5 对策与措施

5.1 针对工业污染源的治理措施

工业结构和布局不合理是造成水环境污染严重的主要原因之一。库区工业污染源主要集中在重庆长寿区、涪陵区、大渡口区和江津区 ,主要排污企业分属冶金、化工、医药、机械、造纸、纺织等行业 ,相当部分工业企业的设备陈旧、管理水平低下、生产工艺落后。三峡库区应结合移民开发和国民经济发展 ,制定有利于水污染防治的产业政策 ,指导和调整库区工业结构 ,加快发展资源能源消耗少、污染物排放低的产业 ,推行清洁生产 ,坚决关停一批污染严重、生产工艺落后或规模以下的造纸、化工、制革等高污染企业 ,对其他企业 ,应通过技术改造 ,逐步改进生产工艺 ,提高工业用水重复利用率 ,减少污染物排放。

5.2 针对城镇生活污染源的治理措施

治理城镇生活污染源的主要措施是加快污水处理厂的建设。应以城镇分布及人口现状、污水排放现状和垃圾产生现状为依据 ,合理确定污水处理厂建设规模、污水处理执行标准和处理工艺。

污水处理厂建设规模的确定 ,应主要考虑区域内的居民生活污水、公共建筑生活污水及排入城市污水收集管网系统的工业废水 ,并适度考虑发展的要求 ,确保污水处理能力与城市供水能力相适应 ,避免出现“大马拉小车”的现象而导致污水处理投资的浪费与损失。污水处理厂处理工艺的选择应充分考虑排污区域的水环境容量 ,对于已富营养化或存在富营养化威胁水域的污水处理厂 ,应选择具有强化除磷脱氮功能而运行费用较高的处理工艺 ,对于无

富营养化威胁的区域 ,在充分考虑水环境容量的基础上 ,可采用除磷脱氮效果较差但运行费用较低的处理工艺 ,以降低建设和运行成本。

城市污水截流管网系统是城市污水处理系统的重要组成部分 ,三峡库区多数城镇的污水截流管网系统不完善 ,在建设污水处理厂的同时如果不能配套建设污水截流管网系统 ,将严重影响城市污水的收集率和处理率 ,使投入巨大资金的污水处理厂不能发挥作用。因此 ,在三峡库区规划建设污水处理厂的城市 ,应同时配套建设污水截流管网系统 ,确保城市污水的收集、处理率。

5.3 针对农田地表径流污染源的治理措施

三峡水库的面源污染物主要来源于三峡库区及其上游地区的水土流失 ,以及暴雨形成的农田地表径流。长江上游各省市应遵循“预防为主、防治结合、综合治理、开发性治理和可持续发展”的基本原则 ,进一步建立和完善水土流失重点预防保护和预防监督区 ,建立健全水土流失预防监督体系和水土流失监测网络 ,监测人为活动造成新的水土流失 ,巩固水土流失治理成果。

在三峡库区及其上游水土流失严重地区 ,应实行有计划、按步骤的小流域综合治理措施。贯彻分区防治方略 ,搞好土地综合利用规划 ,以坡耕地治理为重点、小流域为单元 ,合理配置工程措施、生物措施和农业技术措施 ,并充分发挥生态系统的自我修复能力 ,加快水土流失防治步伐。

实施坡改梯和坡面小型水利水保工程措施。改造坡耕地建设基本农田 ,是拦蓄农田径流 ,控制水土流失 ,减少农田径流污染 ,保证农业增产的最有效措施 ,同时也是实现土地合理利用 ,促进农、林、牧各业协调发展的基础条件。

应重视推广科学施肥和农药使用技术 ,减少农田径流污染。施肥时 ,应改撒施为深施 ,同时增施少量无毒副作用的硝化抑制剂 ,以减少氮的硝化流失 ;农药使用要注意天气变化 ,根据各种农作物、经济作物对农药的吸收效果 ,适当控制和增大降雨、排灌与施药的时间间隔 ,以提高农药使用效果。

5.4 针对流动污染源的治理措施

三峡水库的流动污染源是船舶 ,它的污染负荷主要来自机舱废水、客轮上旅客产生的生活污水和生活垃圾 ,主要污染指标有石油类、COD、BOD、SS 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 。目前三峡水库的流动污染仍比较严重 ,水库形成后 ,航道条件将有较大改善 ,库区内航行的船舶量将呈上升趋势 ,污染排放量也将较大增加 ,对库区水质造成影响 ,应采取有效措施控制船舶污染。

(下转第 62 页)

显著正相关,而细菌数量和脲酶活性与镉去除率的相关性都不显著;放线菌数量与镉去除率的相关性则表现为,在下行池放线菌数量与镉去除率呈显著正相关,而在上行池相关性则不显著。可见,真菌数量和蔗糖酶活性是影响垂直流人工湿地去除废水中镉的主要因素,而真菌数量和蔗糖酶活性与湿地植物的关系密切。

参考文献：

[1] HAMMER D A. Constructed wetlands for wastewater treatment municipal, industrial and agricultural. Proc. 1st internal conference on constructed wetlands for wastewater treatment [M]. Chattanooga, USA, Lewis Publishing, Chelsea, 1988.

[2] MARTIN C D, MOSHIRI G A. Nutrient reduction in an series constructed wetland system treating landfill leachate [J]. Water Science and Technology, 1994, 29(4): 267-272.

[3] 李智, 杨在娟, 岳春雷. 人工湿地基质微生物和酶活性的空间分佈 [J]. 浙江林业科技, 2005, 25(3): 1-5.

[4] 张超兰, 陈文慧, 韦必帽, 等. 几种湿地植物对重金属镉胁迫的生理生化响应 [J]. 生态环境, 2008, 17(4): 1458-1461.

[5] 张洪刚, 马安娜, 洪剑明. 垂直流人工湿地设计及净化功能初探 [J]. 节水灌溉, 2006(6): 31-34.

[6] 许光辉, 郑洪元. 土壤微生物分析方法手册 [M]. 北京: 农业出版社, 1986.

[7] 姚槐应, 黄昌勇. 土壤微生物生态学及其实验技术 [M].

北京: 科学出版社, 2006.

[8] 池振明. 现代微生物生态学 [M]. 北京: 科学出版社, 2005.

[9] BAATH E. Effects of heavy metals in soils on microbial processes and populations: a review [J]. Water Air Soil Pollut, 1989, 47: 335-379.

[10] 龙健, 黄昌勇, 滕应, 等. 矿区废弃地土壤微生物及其生化活性 [J]. 生态学报, 2003, 23(3): 492-503.

[11] OTTOVD V, BALCAROVO J, VYMAZAL J. Microbial characteristics of constructed wetlands [J]. Water Science and Technology, 1997, 35(5): 117-123.

[12] MACHATE T, NOLL H, BEHRENS H, et al. Degradation of phenanthrene and hydraulic characteristics in a constructed wetland [J]. Water Research, 1997, 31(3): 554-560.

[13] 成水平, 夏宜培, 香蒲、灯心草人工湿地的研究 III: 净化污水的机理 [J]. 湖泊科学, 1998, 10(2): 66-71.

[14] 滕应, 黄昌勇, 龙健, 等. 铅锌银尾矿污染区土壤酶活性研究 [J]. 中国环境科学, 2002, 22(6): 551-555.

[15] 张玲, 叶正钱, 李廷强, 等. 铅锌矿区污染土壤微生物活性研究 [J]. 水土保持学报, 2006, 20(3): 137-140.

[16] KANDELER E, LUFTENEGGER G, SCHWARZ S. Influence of heavy metals on the functional diversity of soil microbial communities [J]. Biology and Fertility of Soils, 1997, 23: 299-306.

[17] 黄娟, 王世和, 鄢璐, 等. 潜流型人工湿地的脲酶活性分布特征 [J]. 东南大学学报: 自然科学版, 2008, 38(1): 166-169.

(收稿日期: 2009-04-16 编辑: 高渭文)

(上接第 19 页)

船舶废污水处理设施能有效防治船舶污染, 废污水处理设施主要包括配置油水分离器和生活污水收集处理设施。为防治船舶污染, 应该采取以下措施: ①三峡库区航行的所有船舶应装配油水分离器, 且船舶运行中必须保证油水分离器正常运行; ②各类客运船舶尤其是旅游客轮应配置生活污水收集处理设施, 生活污水经净化处理后, 方可排入库区水体; ③货运船舶应配置一定体积的生活污水收集设施, 同时在库区主要港口码头配套建设一定规模的生活污水处理设施, 将船舶产生的生活污水转送到港口码头进行集中处理。

5.5 其他污染源的治理措施

a. 网箱养鱼。国内外对网箱养殖的研究成果均表明, 不论养殖对象怎样, 人工投放的饵料及鱼类的排泄物均会给水体带来大量的氮、磷, 增加了水体营养物的总浓度, 导致了水体一定程度的富营养化。此外, 网箱下方的沉积物中氮、磷浓度和耗氧量明显增加, 改变了底质的运输和沉积方式以及溶氧状态, 在缺氧的条件下, 可能导致底质化学特性和底栖动物群落结构的改变。因此, 为切实保护库区水质, 应通过立法手段, 严禁在库区范围内进行网箱养鱼。

b. 污水上溯。水库蓄水后, 库区水文环境发生改变, 在水库正常运行期间的水位调节过程中 (175 m-145 m-155 m), 受到回水顶托影响的下游污水团上溯, 可能对集中饮用水水源地水质产生影响。为保障库区饮水安全, 应开展相关的监测及科研工作, 对库区集中饮用水水源地的水质进行安全论证及评估。

参考文献：

[1] 余明星, 邱光胜, 刘辉, 等. 三峡水库 135 m 蓄水水环境质量状况及放射性本底调查研究报告 [R]. 武汉: 长江流域水环境监测中心, 2003.

[2] 国家环境保护总局. 长江三峡工程生态与环境监测公报 [R]. 北京: 国家环境保护总局, 2006.

[3] 国家环境保护总局. 长江三峡工程生态与环境监测公报 [R]. 北京: 国家环境保护总局, 2007.

[4] 国家环境保护部. 长江三峡工程生态与环境监测公报 [R]. 北京: 国家环境保护部, 2008.

[5] 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重点站年度报告 [R]. 武汉: 长江水利委员会, 2008.

[6] 长江流域水环境监测中心. 三峡库区主要流水质监测成果 (2003~2008 年) [R]. 武汉: 长江流域水环境监测中心, 2008.

(收稿日期: 2009-03-07 编辑: 高渭文)