

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2012.03.012

长沙水利枢纽工程蓄水前湘江长沙段水质评价

袁 啸 铁柏清 陈 马艳芳 大岛卓

(湖南农业大学资源与环境学院 湖南 长沙 410128)

摘要 对湘江长沙段 6 个断面进行水质监测,用长沙水利枢纽工程施工前制定的水质标准评价后,发现其中大部分断面水质指标均符合相应标准,在平水期 COD 均超出标准,部分断面超标 1.0 ~ 2.5 倍,而丰水期 TP 质量浓度普遍较高,最高达到 0.62 mg/L,同时期铅、砷浓度均未超标,而枯水期镉在上游段超标 1.15 倍。研究表明,湘江长沙段仍存在污染问题,且该流域各污染物浓度与湘江水位关系密切,但整体水质未见恶化,工程建设对其影响不大,工程运营后该段水体富营养化污染的风险变大。

关键词 湘江 水质监测 水环境 水利工程

中图分类号 :X832

文献标识码 :A

文章编号 :1004-6933(2012)03-0059-05

Water quality monitoring of Changsha section of Xiangjiang River before impoundment of Changsha Water Conservancy Project

YUAN Xiao , TIE Bo-qing , CHEN Zhe , MA Yan-fang , OSHIMA Suguru

(College of Resources and Environment , Hunan Agricultural University , Changsha 410128 , China)

Abstract : The water quality in six reaches of the Changsha section of the Xiangjiang River was monitored. According to the water quality standards that were established before implementation of the Changsha Water Conservancy Project, it was found that the water quality indices in most of the sections met the requirements; the COD in the dry seasons exceeded the standard on average, and exceeded it one to 2.5 times in part of the sections; in the wet seasons, the concentration of TP was generally high, with its maximum value being 0.62 mg/L, and the concentrations of lead and arsenic did not exceed the standards; and the concentration of cadmium in the upstream section exceeded the standard 1.15 times in the dry seasons. This study shows that the water in the Changsha section of the Xiangjiang River has been polluted, and the concentrations of the pollutants in the basin have a close relationship with the water level of the Xiangjiang River. However, the overall water quality has not deteriorated, the project construction has had little impact on the water quality, and eutrophication is more likely to occur due to the implementation of the project.

Key words : Xiangjiang River ; water quality ; water environment ; water conservancy project

湘江是湖南省最大的河流,全长 817 km,流域面积 92 300 km²。湘江作为长沙的母亲河,它由南至北流过韶山进入长沙,流经市内约 25 km。为保障长株潭城市群生产生活用水,适应滨水景观带建设和进一步改善长沙-株洲段航道通航条件为主,兼顾发电等功能,2010 年 10 月湖南省政府在长沙市下游望城县境内的蔡家洲开工建设湘江长沙综合枢纽,工程

建成后将使滨水区成为湘江生态经济带开发建设的重要内容。

该工程的建设营运,必然对湘江长沙段及整个湘江流域的生态环境造成一定的影响。通过其他水利工程对所在流域的影响研究表明^[1],水利工程建设运行一方面能使库区流速减缓,水体滞留时间增长,水库实际总降解量增加,较建成前水环境容量

基金项目 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2009ZX07212-001-05)

作者简介 袁啸(1985—),男,硕士研究生,研究方向为区域环境规划与管理。E-mail :smallsail@163.com

通讯作者 铁柏清 教授。E-mail :1033663271@qq.com

增大,另一方面导致水体交换能力减弱,降解系数减小,降解量减小,水环境容量降低;二者共同作用影响建库后的水环境容量变化。具体表现有以下两个方面^[2]:①库区上游发生水污染事故时,水流流速的减缓不利于污染物的迁移扩散;②水流变缓后,大量的氮、磷等营养物质进入库区时易使库区水体出现富营养化现象。

同时,由于近年来湘江污染情况较为突出,先后发生过不同程度的污染事故,尤其是湘江重金属污染曾引起众多学者关注^[3],以及关于湘江水环境保护机制的研究^[4]。随着湘江长沙水利枢纽工程的建设施工,该工程对湘江环境及生态影响的研究也逐步开展^[5]。这些研究中大部分主要针对重金属在湘江中的迁移转化规律,认为湘江中主要污染物为重金属,其中在湘江长株潭河段又以铅、镉污染为主^[6]。而造成这一污染的主要原因来自于湘江中上游地区的采矿、冶炼产业,以及株洲、湘潭两城市的工业废水排放,而湘江长沙段的主要污染物为生活废水^[7]。

1 研究方法

1.1 水样采集

监测断面为坪塘镇碳塘子村、黑石铺大桥、杜甫江阁、三汊矶大桥、霞凝镇长沙新港及丁字镇丁白汽渡等6个断面,如图1所示。监测点于断面中垂线5 m处采集水样,放入聚乙烯瓶中保存,并添加相应保存剂。从3月份开始取样,每15 d 1次,依据湖南省水文部门2011年上半年公布数据,3月上旬属于枯水期,春季大部分为平水期,而2011年5月18日后湘江进入丰水期。

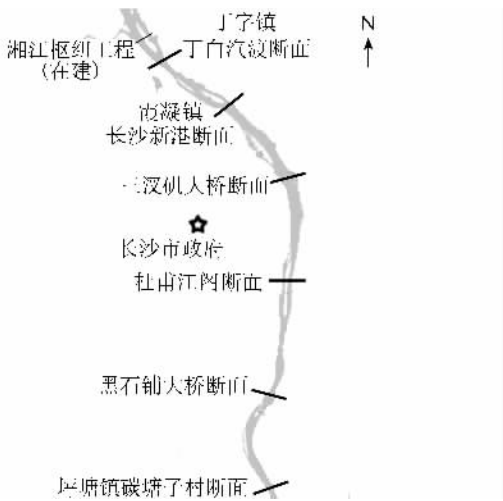


图1 采样点分布示意图

1.2 监测指标

湘江纵贯长沙市区,不同江段的水资源利用方式不同,结合历年来湘江水质情况,采用 GB 3838—

2002《地表水环境质量标准》中相应水质标准^[8]进行评价。依据文献[9]中相应方法对水样进行处理和检测,其中重金属指标中 Pb、Cd 的测定采用原子吸收分光光度法,砷采用冷原子荧光法。

1.3 评价标准

依据《长沙市地表水环境功能区划方案》,设置的6个监测断面中,坪塘镇碳塘子村断面属于饮用水水源二级保护区,黑石铺大桥及杜甫江阁断面属于饮用水水源一级保护区,三汊矶大桥断面、霞凝镇长沙新港断面属于工业用水区,丁字镇丁白汽渡断面属于农业用水区^[10]。按照该方案,各断面执行不同的水质标准,其中黑石铺大桥及杜甫江阁断面执行Ⅱ类水质标准,坪塘镇碳塘子村断面执行Ⅲ类水质标准,三汊矶大桥断面、霞凝镇长沙新港断面、丁字镇丁白汽渡断面执行Ⅳ类水质标准。

2 结果分析

2.1 监测指标单因子分析

监测期间,取样天气除5月16日外均为晴好天气,湘江长沙段的 pH 值为 7.2~7.8,为中性环境,且水域内无明显偏酸性污染物大量排放。水样浊度以 NTU 为单位,除5月16日浊度较大外,其余基本为 10~40。水样总悬浮颗粒物质量浓度主要在 200 mg/L 左右,与浊度有良好相关性,其值受天气变化情况影响较大,最高值出现在5月16日,为 1136 mg/L。

a. COD 指标分析。如图2所示,坪塘镇碳塘子村 $\rho(\text{COD})$ 除4月30日大于 20 mg/L 外,其余均达到Ⅲ类水质标准,三汊矶大桥、霞凝镇长沙新港及丁字镇丁白汽渡断面大部分或全部时段也达到相应水质标准。而黑石铺大桥和杜甫江阁断面 $\rho(\text{COD})$ 均大于 15 mg/L,没有达到Ⅱ类水质的相应标准。同时,如图2所示,在平水期各断面 COD 污染较严重,尤其是黑石铺大桥断面 $\rho(\text{COD})$ 甚至超出Ⅴ类水标准。初步分析原因,该时段河流流速较慢,且黑石铺大桥断面受该处船上餐饮业的影响,大量生活废水及食物残渣倾倒

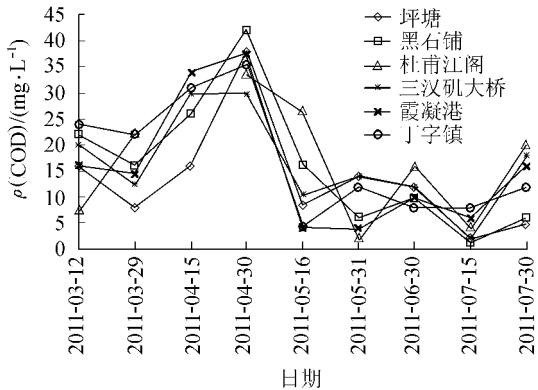


图2 各断面 $\rho(\text{COD})$ 随时间变化

入水 严重污染水质。

b. DO 指标分析。研究指出^[11] ,水体中 $\rho(\text{DO})$ 不但受污染物降解耗氧的影响 ,还受河流水文情况、生物作用、水体中的氧化还原反应等多因素的影响。如图 3 所示 ,监测期间水样的 $\rho(\text{DO})$ 为 2.0~6.0 mg/L ,但同样可以看出 $\rho(\text{DO})$ 值在冬季高于夏季 ,由此可见 ,温度成为影响水样中溶解氧浓度的决定性因素之一。随着湘江水位上升 ,下游河道在平滩流量下不仅对污染物输运能力加大 ,而且此时河道中的 DO 也增多^[12] ,因此 ,决定湘江长沙段 $\rho(\text{DO})$ 大小的因素还包括河流流量。因此 ,由于 2011 年湘江水流量偏低 ,水样中 $\rho(\text{DO})$ 偏低 ,其中坪塘镇碳塘子村、黑石铺大桥及杜甫江阁 3 个断面大部分时段均未达到水质标准要求。同时 ,由于结合相关资料^[13] 及实验数据可以看到 :当 $\rho(\text{COD})$ 较高时 , $\rho(\text{DO})$ 较小 ,随着 $\rho(\text{COD})$ 的下降 ,也促使水中 $\rho(\text{DO})$ 上升。

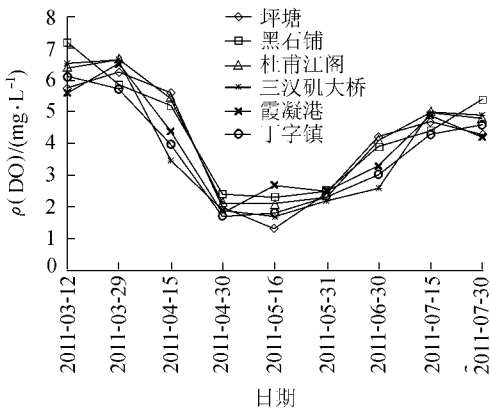


图 3 各断面 $\rho(\text{DO})$ 随时间变化

2.2 富营养化指标分析

随着湘江长沙水利枢纽工程的施工建设 ,尤其是截留蓄水期间 ,湘江长沙段水文情况必然发生变化 ,水位上升 ,流速减慢 ,趋向于水库水文。而水库条件下 ,水体中氮磷等污染物更容易富集 ,引起藻类及其他浮游生物迅速繁殖 ,从而产生水体富营养化。因此研究工程运行前后水体氮磷浓度变化 ,为评价该段水域富营养化趋势具有重要意义。

a. TP 指标分析。枯水期和平水期各断面 $\rho(\text{TP})$ 在 0.1 mg/L 以下 ,丰水期时各断面 $\rho(\text{TP})$ 均高于所属水质标准。空间分布上 ,上游各断面 TP 浓度较小 ,主要为下游三汊矶大桥和霞凝镇长沙新港两个断面 TP 浓度较高 ,如图 4 所示。TP 浓度在丰水期主要受水库外源影响 ,枯水期受内源(如底泥)释放影响^[14]。同时通过对可溶性磷的监测 ,可溶性磷浓度在枯水期约占总磷的 90% 至 95% 左右 ,而丰水期则以颗粒性磷为主 ,可溶性磷浓度不到总磷浓度的 40% ,因此 ,可以认为该段水域中磷主要来自于该段水域内尤其是长沙市区生活污水的排放。同

时发现 ,在较长时间上游降水的前提下 ,由于枢纽工程建设使下游河道变窄 ,水位上升的同时 , $\rho(\text{TP})$ 超出了水体自净能力 ,使该段内 $\rho(\text{TP})$ 值迅速上升 ,如图 4 所示 ,大部分断面达到了监测期间的最高值 ,均超出相应水质标准。

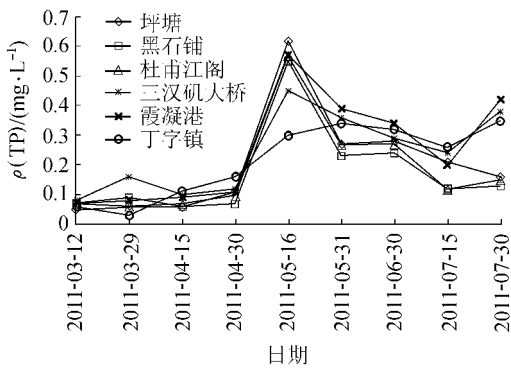


图 4 各断面 $\rho(\text{TP})$ 随时间变化

b. TN 指标分析。如图 5 可知 ,各断面 $\rho(\text{TN})$ 变化较大 ,但各断面间仍成一定相关性 ,下游各断面高于上游各断面 ,说明 TN 受上游积累影响 ,在时间分布上 , $\rho(\text{TN})$ 基本持平 ,总体上枯水期高于丰水期。与各相应水质标准比较 ,黑石铺大桥断面、杜甫江阁断面分别超标在 1.6 倍和 2.5 倍 ,其他断面也基本超出相应水质标准。在总氮磷比方面 ,若总氮磷比小于 7 ,理论上认为氮将限制藻类的生长 ,如果总氮磷比大于该比值 ,磷是藻类增长的限制因素。同时 ,藻类生长所需要的氮磷均为可溶性的 ,所以一般认为当总氮磷比大于 10 时 ,磷将成为藻类生长的限制因素^[15]。经计算比较 ,水样中总氮磷比随水位变化呈良好的相关性 ,枯水期时总氮磷比最大值出现在 3 月 12 日坪塘镇碳塘子村断面($\rho(\text{TN}) : \rho(\text{TP}) = 35$) ,随着水位上升及温度升高 ,氮磷比最小值出现在 7 月 30 日霞凝镇长沙新港断面($\rho(\text{TN}) : \rho(\text{TP}) = 0.5$)。在枯水期、平水期氮磷比大于 10 ,此时 $\rho(\text{TP})$ 较小 ,不易产生富营养化 ,丰水期总氮磷比小于 7 ,且在三汊矶大桥断面、丁字镇丁白汽渡断面 $\rho(\text{TP})$ 平均值在 1.7 mg/L ,最高值在 2.74 mg/L ,当湘江长沙水利

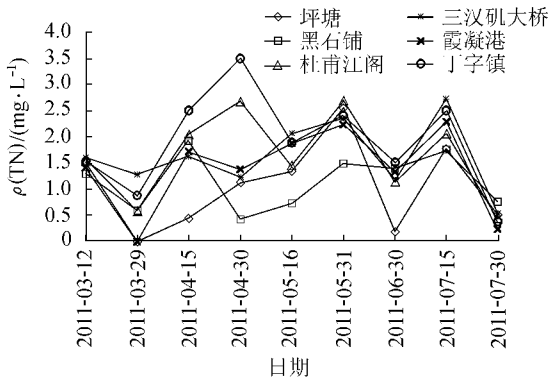


图 5 各断面 $\rho(\text{TN})$ 随时间变化

枢纽建立后,水域内水流变缓,从而使富营养化程度加剧。

c. $\text{NH}_3\text{-N}$ 指标分析。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 是衡量水体富营养化程度的重要指标之一。流域内 $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 变化如图 6 所示,除枯水期外, $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 基本上在 0.2 mg/L 以下,各断面同一时期浓度平衡,均低于 I 类水质标准中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度。同时通过实验, $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 质量浓度在 $0.4 \sim 2.5\text{ mg/L}$ 之间,由实验及相关资料^[16],非生物作用下, $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除转化与温度、光照强度成正相关性。随着水利枢纽工程的建设,水位的上升,水体深度、温度的变化, $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率必然下降,进而使藻类物质的同化作用起主要作用。因此,随着水利枢纽工程建立之后, TN 浓度偏高及三氮转化作用,将使该流域内有可能出现局部富营养化。

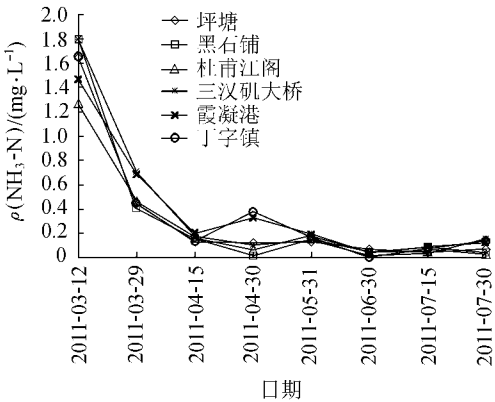


图 6 各断面 $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 随时间变化

2.3 重金属指标分析

湘江被认为是中国重金属污染最严重的河流之一,曾多次发生重金属污染事故,引起了国内外广泛关注。研究选择了对水样中的 Pb 、 Cd 、 As 3 种重金属进行监测。

a. Pb 指标分析。如图 7 所示,重金属 Pb 在时间分布上, $\rho(\text{Pb})$ 在枯水期浓度最大,平水期时保持在极低浓度,在进入丰水期初期浓度迅速上升,后很快下降,保持在一定的低水平范围内;在空间分布上, $\rho(\text{Pb})$ 沿河流逐渐下降,在霞凝镇长沙新港断面

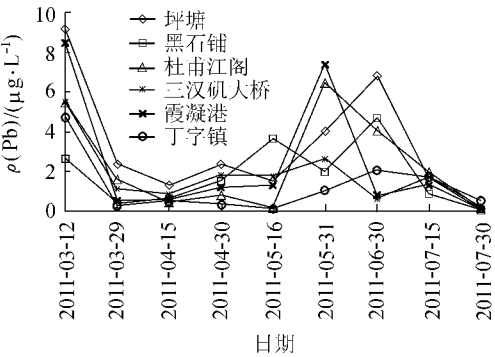


图 7 各断面 $\rho(\text{Pb})$ 随时间变化

浓度突然增大,后又继续下降。所有时期 $\rho(\text{Pb})$ 均低于 I 类水质标准要求。这说明重金属污染物进入水体后,随着河水流动,在水体中不断经过稀释、沉降及生化作用而发生变化,对地表水的污染有了一定的减小作用^[17]。

b. Cd 指标分析。湘江曾多次发生 Cd 污染事故,因此 Cd 是湘江水质监测的重要指标。湘江长沙段水体中 Cd 主要来源于上游的株洲和湘潭,尤其是株洲霞湾。通过水体的自净作用,水体中 $\rho(\text{Cd})$ 会逐渐下降,如图 8 所示,在空间分布上,在监测水样江段内, $\rho(\text{Cd})$ 由上游至下游逐渐下降;时间分布上,基本呈现枯水期 $\rho(\text{Cd})$ 高、平水期和丰水期 $\rho(\text{Cd})$ 相对较低的规律。其中,坪塘镇碳塘子村断面水样中 $\rho(\text{Cd})$ 普遍较高,枯水期最高浓度为 5.8 μg/L ,超出相应 III 类水质标准 1.16 倍,霞凝镇长沙新港断面 $\rho(\text{Cd})$ 变化较大,部分时段超出相应水质标准,说明该断面处受当地污染源影响。

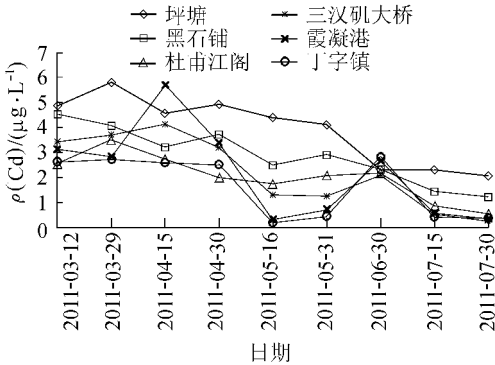


图 8 各断面 $\rho(\text{Cd})$ 随时间变化

c. As 指标分析。根据相关资料,湘江中的 As 主要来源于衡阳段乡镇企业土法炼砷^[18],株洲与湘潭化工冶炼也排放一定量的砷进入湘江水体。如图 9 所示,湘江长沙段 $\rho(\text{As})$ 均低于 0.02 mg/L ,远低于国家 I 类水质 As 质量浓度标准 (0.05 mg/L)。其中时空分布上,随着水位上升,长沙段 $\rho(\text{As})$ 有上升趋势;空间分布上,从坪塘镇碳塘子村断面沿江 $\rho(\text{As})$ 逐渐下降,到三汉矶大桥断面时除枯水期外, $\rho(\text{As})$

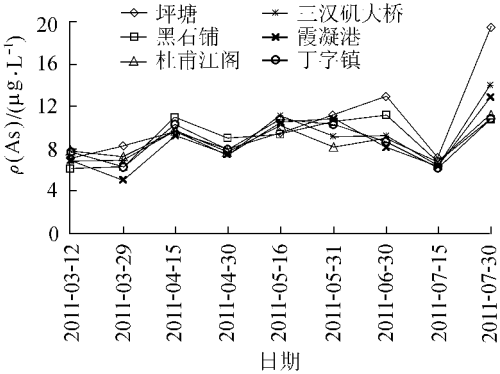


图 9 各断面 $\rho(\text{As})$ 随时间变化

又有上升。分析认为,首先,由于砷主要来源为湘江衡阳段,离监测区域较远,砷在长时间迁移过程中逐渐沉降到底泥或被其他物质吸附、转化;其次,监测期间降雨量少,取样时大部分天气条件良好,在低水力条件下底泥中的砷没有被冲刷而重新进入水体,降低了水体中的 $\rho(\text{As})$;再次,三汊矶大桥断面 $\rho(\text{As})$ 上升,应该来源于该段湘江支流——浏阳河河水的汇入中携带有一定量的砷污染物质。

2.4 水质综合评价

通过对湘江长沙段多个指标的监测与单一评价,可以看到,湘江水环境已经有了一定的好转。然而,湘江水环境质量依然不容乐观,进入长沙市境内的湘江水质受上游重金属排放的影响,湘江长沙段上游水质镉污染的危害依然存在,城郊结合部化学需氧量超标威胁到了长沙市饮用水安全。与此同时,当处于雨季时,上游降水,加上枢纽工程建设河道变窄,造成长沙段水位迅速上升,使该段 N、P 浓度随之增高,使流域内其指标均超出相应水质标准,结合已有的相关资料,预测工程建设后,流域内氮、磷的排放可能造成局部富营养化的风险。综上所述,湘江长沙段水质基本符合相应水质标准,但在不同时段相应的不同类污染物均有超标情况。因此,继续切实落实各项水环境规划,加强上游地区的排污整治工作,并推进长沙湘江水利枢纽工程建设期间的环境监测与评价工作,是防治湘江水质继续恶化,保障下游城市水资源安全的重要措施,具有重大意义。

3 结 论

a. 目前,湘江长沙段水质基本良好,初步符合了近年来长沙市对境内湘江水环境的环境规划,饮用水水源地得到了较好保护,同时说明工程建设未对该段水环境造成明显危害。

b. 湘江长沙段水质目前主要污染源来自两个方面,一方面是受上游重金属污染尤其是镉浓度超标的影响,造成长沙段镉浓度有超出水质标准的情况;另一方面,湘江长沙段部分河段与流域氮浓度较高,而下游总磷在丰水期普遍超标。

c. 随着湘江长沙水利枢纽工程的建设,水环境容量必然减小,水体自净作用得到削弱,如果不对上游工矿企业加强环境管理,尤其是排污治理,重金属污染必然加剧,同时,在形成的库区范围内将产生局部富营养化。

参考文献:

[1] 曹玲玲,邓云.水电站建设对水环境容量的影响研究[J].四川环境,2010,29(1):51-55.

[2] 邓岳.大源渡航电枢纽工程对湘江水环境的影响分析[J].交通环保,2003,24(S1):66-68.

[3] 彭渤,唐晓燕,余昌训,等.湘江入湖河段沉积物重金属污染及其 Pb 同位素地球化学示踪[J].地质学报,2011,85(2):282-289.

[4] 余光辉,陶建军,李博超.湖南省湘江流域环境污染的安全性研究[J].环境科学与管理,2010,35(5):9-12.

[5] 周召梅,李强.长沙综合枢纽工程对湘江水文情势水生生态环境影响及对策[J].水利科技与经济,2010,16(9):986-988.

[6] WANG Li-xia, GUO Zhao-hui, XIAO Xi-yuan, et al. Heavy metal pollution of soils and vegetables in the midstream and downstream of the Xiangjiang River, Hunan Province[J]. J Geogr Sci, 2008, 18: 353-362.

[7] 彭顺珍.湘江流域水环境评价与防治研究[D].长沙:湖南师范大学,2008.

[8] GB3838—2002 地表水环境质量标准[S].

[9] 国家环境保护总局.水和废水监测分析方法[M].4版.北京:中国环境科学出版社,2002:200-284.

[10] 长沙市人民政府.长沙市地表水环境功能区划方案[R].长沙:长沙市人民政府,2004.

[11] 魏鹏,黄良民,冯佳和,等.珠江口广州海域 COD 与 DO 的分布特征及影响因素[J].生态环境学报,2009,18(5):1631-1637.

[12] 王妮娜,李浩飞,邓保君,等.汉江汉中段水体 COD、BOD 与 DO 相互关系的研究[J].化工技术与开发,2011,40(3):52-53,16.

[13] 石伟,王光谦.流量和含沙量对水质参数影响分析[J].水利学报,2003(5):51-54.

[14] KOTTI M E, VLESSIDIS A G, THANASOULIAS N C, et al. Assessment of river water quality in northwestern Greece[J]. Water Resources Management, 2005, 19: 77-94.

[15] 方涛,付长营,敖鸿毅,等.三峡水库蓄水前后香溪河氮磷污染状况研究[J].水生生物学报,2006,30(1):26-30.

[16] 俞盈,付广义,陈繁忠,等.水体中三氮转化规律及影响因素研究[J].地球化学,2008,37(6):565-571.

[17] 陈小威,刘文华,刘芬.湘江株洲段表层水重金属含量及存在形态分布研究[J].四川环境,2010,29(5):1-4.

[18] 李彩霞.湘江衡阳段水质污染现状及对策分析[J].环境保护科学,2007,33(6):31-34.

(收稿日期:2011-10-27 编辑:高渭文)

