

水库蓄水初期水质分析及影响因素

张卫飞,陈昌军,徐小燕

(浙江省水利水电勘测设计院,浙江 杭州 310002)

摘要 对某大型水库蓄水初期水质空间分布进行了调查分析。设置了 2 个断面共 5 个采样点,进行每周 1 次共 5 次的跟踪监测。在库区淹没土壤类型调查和土壤浸出试验的基础上,根据库容曲线,计算土壤浸出物对水库水质的贡献值及单位面积土壤主要污染物的浸出量,并探讨土壤浸出对水库水质的影响趋势。结果表明,水库库区土壤养分在蓄水初期对水质有一定影响,这种影响随着水质的不断交换将逐渐减弱并达到新的动态平衡。

关键词 水库;蓄水初期;土壤浸出;水质分析

中图分类号:X524 文献标识码:A 文章编号:1004-693X(2009)05-0041-03

Water quality and its influencing factors analysis at initial stage of reservoir impoundment

ZHANG Wei-fei, CHEN Chang-jun, XU Xiao-yan

(Zhejiang Investigation and Design Institute of Water Conservancy and Hydropower, Hangzhou 310002, China)

Abstract The spatial distribution characteristics of water quality during the initial period of impoundment of a large reservoir were surveyed. Two cross-sections with five monitoring sites were set up in the large reservoir, and water quality was monitored once a week for a total of five weeks. On the basis of surveys of flooded soil type and leaching experiments of soil, and according to the storage-capacity curve, the contribution of leached substances to the reservoir water quality and the amount of the main leached pollutants per unit area were estimated. The trend of the influence of leached soil contaminants on water quality was also studied. The soil nutrients in the reservoir area had a certain impact on water quality in the initial period of impoundment. This impact decreased with continuous exchange of water quality and reached a new dynamic equilibrium.

Key words reservoir; initial period of impoundment; soil contaminant release; water quality analysis

新建水库建成蓄水后,库底大多未铺设防渗衬垫层,仅对淹没区的淹没物进行简单清理。利用现有地面(包括裸地与农田)作为水库基底,土壤中的养分会溶于水中,对水质产生一定影响。目前水库库底土壤对水质的影响及相关的实验室模拟已有文献[1-2],但对水库初期蓄水水质的空间分布情况鲜见报道。笔者在现场调查的基础上,对某大型水库进行了布点监测,对水库蓄水初期水质的空间分布进行了调查分析。在库区淹没土壤类型调查和土壤浸出试验的基础上,根据库容曲线,计算土壤浸出物对水库水质的贡献值及单位面积土壤主要污染物的浸出量,并探讨土壤浸出对水库水质的影响趋势。

1 研究区概况

某水库是一座具有供水、防洪结合发电等综合利用的大(Ⅱ)型水利工程。水库正常蓄水位 233 m,总库容 1.12 亿 m^3 ,电站装机容量 12.6 MW。工程的兴建,可增加某市的供水能力,提高该流域的防洪标准,向当地电网提供调峰电力、电量,对下游地区的社会经济和生态环境改善将起到重要作用。水库淹没总面积为 192.2 hm^2 ,以林地为主。集水区范围内无工业污染源,主要污染源为水库上游人、禽畜的粪便排放以及在降雨的作用下农田中施用的氮肥流失。

从水质方面看,根据对上游来水的调查资料,该

水库的来水水质除了总氮外 ,其余指标能满足 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中的Ⅱ类水的要求。从淹没区土壤环境质量来看 ,各项指标值大多在《土壤环境质量标准值》的Ⅰ~Ⅱ类标准之间。

2 研究方法

2.1 采样点设置

水质采样点 :对水库发电引水隧洞断面(位于坝前)和水库库中断面布点进行每周1次共5次的跟踪监测 ,其中在水库发电引水隧洞断面的水面下0.5 m和进水口底高程(168 m)处共布置2个采样点 ,命名为 SDK01、SDK02 ,在水库库中水面以下0.5 m处、水面以下30 m处、距库底0.5 m处共布置3个采样点 ,命名为 KZ01、KZ02、KZ03。

土壤采样点 :由于研究区以林地为主 ,本研究对淹没区内的林地表层0~50 cm土壤进行取样监测。

2.2 监测指标

水质主要监测指标 :对地表水环境质量标准基本项目、水源地补充项目均进行了监测 ,包括水温、pH值、溶解氧、高锰酸盐指数、化学需氧量、生化需氧量、氨氮、总磷、总氮、铜、锌、硒、砷、汞、镉、铬(六价)、铅、氰化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂、粪大肠菌群、铁、锰、氯化物(以Cl⁻计)、硝酸盐氮(以N计)、有机氯农药、有机磷农药。

2.3 监测方法

水质监测 :测定pH值用玻璃电极法 ;总氰化物用异烟酸-吡唑啉酮比色法 ;六价铬用二苯碳酰二肼分光光度法 ;五日生化需氧量用稀释与接种法 ;氯化物用离子色谱法 ;化学需氧量用重铬酸盐法 ;氨氮用纳氏试剂比色法 ;硝酸盐氮用紫外分光光度法 ;粪大肠菌群用多管发酵法 ;石油类用红外光度法 ;挥发酚用4-氨基安替比林分光光度法 ;总磷用钼酸铵分光光度法 ;总氮用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法 ;高锰酸盐指数用酸性高锰酸钾法 ;铜、铅、镉用石墨炉原子吸收法 ;砷、硒、汞用原子荧光法 ;锌、铁、锰用原子吸收光度法 ;水温用温度计法 ;溶解氧用电化学探头法 ;六六六、滴滴涕用气相色谱法。

2.4 土壤浸出试验

根据淹没调查成果 ,工程淹没范围内耕地数量少 ,大多数为林地。按S型布点选取淹没范围内的一个林地土壤采样小区 ,由于土壤养分多积累在表层 ,本次实验确定采样深度为0~50 cm ,并保留表层植被 ,所取样品经四分法缩分后取适量带回实验室^[3]。

按正常蓄水位时水库淹没土壤面积和水库水量计算确定水土比(水土质量比)40:1进行实验室小试实验 ,实验容器采用大塑料桶 ,浸泡用水取自水库上游来水。浸泡期间 ,适当对容器进行轻微振荡 ,根据相关文献报道^[4] ,所有污染物绝大部分在10 d内释放 ,本次实验对浸泡时间作了适当延长 ,共20 d ,分别浸泡1 d、2 d、3 d、10 d、20 d后取水样监测^[4]。监测结果见表1 ,浸出液高锰酸盐指数和总氮质量浓度变化趋势见图1~2 ,各次别分别对应第1天、第2天、第3天、第10天、第20天。

3 结果与讨论

3.1 水平方向

为便于了解水库水质在水平方向的分布情况 ,将同处于水库水面下0.5 m处的两采样点 SDK01(库岸)、KZ01(库中)的高锰酸盐指数和总氮两指标进行比较。

由图1~2可见 ,各采样时间两采样点的高锰酸盐指数和总氮质量浓度均比较接近 ,在水平方向上无明显差异 ,这主要是由于目前水库库面面积较小 ,表层水体在风力和波浪的相互作用下容易混合均匀。

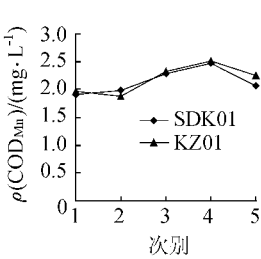


图1 不同断面
ρ(COD_{Mn})比较

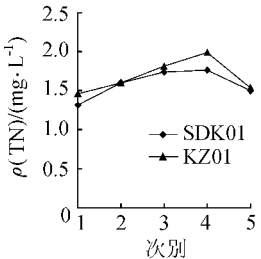


图2 不同断面
ρ(TN)比较

表1 土壤浸出液实验结果

浸泡时间/d	次别/次	pH	ρ(COD _{Mn})/(mg·L ⁻¹)	ρ(TN)/(mg·L ⁻¹)	ρ(TP)/(mg·L ⁻¹)	ρ(NH ₃ -N)/(mg·L ⁻¹)	ρ(NO ₃ ⁻ -N)/(mg·L ⁻¹)	ρ(Cl ⁻)/(mg·L ⁻¹)	粪大肠菌群/(个·L ⁻¹)
1	1	6.63	2.42	1.63	0.013	<0.05	2.45	4.52	<20
	2	6.48	2.52	1.98	0.014	<0.05	2.21	4.69	<20
	3	6.53	2.60	2.06	0.015	0.13	2.43	5.34	<20
	10	6.51	2.92	3.35	0.015	0.29	3.09	5.54	20
	20	6.49	2.96	3.61	0.016	0.26	3.71	-	40
本底值		7.76	2.10	1.98	0.01	0.07	2.01	4.26	20
贡献结果		-	0.96	1.63	0.006	0.19	1.60	1.28	20

注 :氰化物、BOD₅、石油类、挥发酚、铜、锌、镉、铅、铁、锰、砷、汞、硒、滴滴涕、六六六质量浓度低于检测限 ,未检出。

3.2 垂直方向

为便于了解水库水质在垂直方向的分布情况,分别将发电引水隧洞(SDK01)和水库库中两典型断面不同水深处的采样点的 COD_{Mn} 、TN 和 DO 指标进行比较。

由图 3~4 可见,发电引水隧洞两采样点(SDK01 , SDK02)的高锰酸盐指数相差不大,无明显分层现象,这可能是由于该断面靠近库岸,水体在库岸的拍击作用及紊流等多方面的作用下混合比较均匀。而库中(KZ01 , KZ02 , KZ03)高锰酸盐指数则随着水深的加大浓度逐渐变小,这可能是因为上游来水不能迅速与库水混合均匀而容易停留在表层,而深层水由于较长时间的自净作用及深层水有机物容易被库底的微生物分解使得深层水高锰酸盐指数低于表层水。

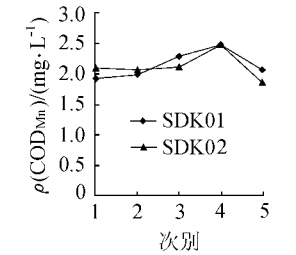


图 3 引水隧洞不同水深处 $\rho(COD_{Mn})$ 比较

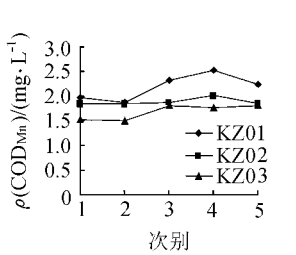


图 4 库中不同水深处 $\rho(COD_{Mn})$ 比较

由图 5~6 可见,总氮质量浓度在两断面均是中层水大于表层水和深层水,这与三峡水库成库初期^[1]的水质监测结果相一致。产生的原因可能是由于深层水和中层水受到库底土壤中氮的浸出的影响较大,而深层水自净时间较中层水长使得其总氮浓度略低于中层水。

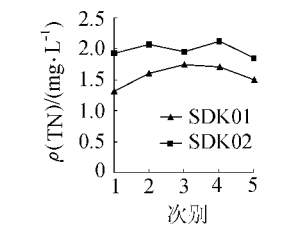


图 5 引水隧洞不同水深处 $\rho(TN)$ 比较

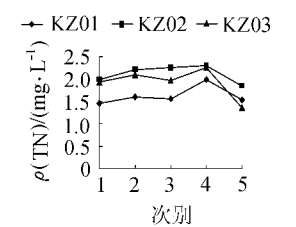


图 6 库中不同水深 $\rho(TN)$ 比较

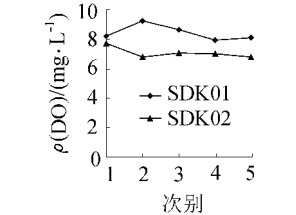


图 7 引水隧洞不同水深处 $\rho(DO)$ 比较

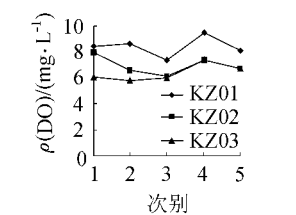


图 8 库中不同水深处 $\rho(DO)$ 比较

由图 7~8 可见,两断面的 DO 质量浓度在垂直方向有明显的规律,即随着水深的加大质量浓度明显降低,表层水的 DO 质量浓度明显高于中、深层水,

这是因为表层水的复氧能力远远大于中、深层水。

3.3 土壤养分对库水水质的影响分析

淹没区内的土壤分别浸泡 1 d、2 d、3 d、10 d、20 d 后取出上层浸出液进行水质分析,分析结果见表 1,水库主要水质指标 TN 和 COD_{Mn} 变化趋势见图 9。

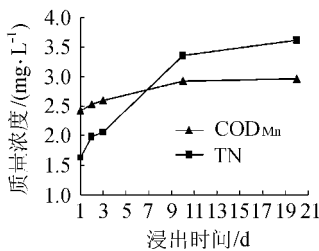


图 9 不同浸出时间土壤浸出液中 $\rho(COD_{Mn})$ 、 $\rho(TN)$ 变化

由表 1 和图 9 可见,土壤中污染物对水库水质的贡献主要发生在淹没初期,其中淹没后的第 1 天最大,随着浸泡时间的增长,浸出量越来越少。到第 10 天时土壤中的污染物大部分已浸出,这一实验结果与文献[4]的结论相一致。

水库蓄水过程是个循序渐进的过程,不同的水位有不同的库容和不同的淹没面积。随着水库蓄水量的增加,淹没面积越来越大。由于土壤养分多积在表层,根据土壤浸出试验结果及库容曲线,可计算出在不同的淹没面积(或不同的水位、不同的库容)情况下,土壤的浸出量及其对水库水质的影响。本文按第 20 天的浸出浓度来计算土壤主要污染物的浸出量,经相关计算,水库淹没范围内单位面积土壤主要污染物浸出量:总氮为 48.95 g/m^2 ,总磷为 0.50 g/m^2 ,高锰酸盐指数为 25.83 g/m^2 。

土壤养分的浸出对水库水体的 pH 值、高锰酸盐指数、总氮、总磷、氨氮、硝酸盐氮、氯化物、粪大肠菌群指标有一定的影响,但总体来说贡献值不大,浸出液中的其他水质指标大多低于检测限,说明该水库淹没区土壤养分对库区的影响程度不大,原因是项目区为山溪性河流,淹没区以林地(非经济林)为主,淹没区土壤的污染程度相对较低。

3.4 蓄水时间对水质的影响

水质监测时间从 6 月 22 日~7 月 20 日近 1 个月,监测时水库的水位和蓄水情况均不相同。从图 1~8 可见,由于蓄水初期受土壤中污染物浸出的影响,在 6 月 22 日至 7 月 12 日水库水质逐渐变差,到 7 月 20 日为止变差趋势基本遏止。原因可能是该水库是山溪性水库,水库蓄水到一定程度,水库随着水量的增加淹没面积增加很少,从而使得土壤中污染物浸出进入水库水体的量也逐渐变少,而另一方面水体自净作用仍在进行,从而使得水体水质变差趋势得以遏制。

(下转第 73 页)

值对吸附效果十分显著 ,pH 值在 5 ~ 7 时 对 Zn^{2+} 的 吸附去除效果最好。其他因素如反应时间、温度、藻粉加入量等也会不同程度地影响吸附效果。

d. 用 Langmuir 吸附等温方程对小球藻吸附 Zn^{2+} 的行为进行热力学分析表明 ,小球藻对锌的吸附行为与 Langmuir 等温式有较好的相关性。

参考文献：

[1] 潘进芬 ,林荣根 .海洋微藻吸附重金属的机理研究[J]. 海洋科学 ,2000 ,24 (24) 31-34.
[2] MALLICK N. Biotechnological potential of Chlorella vulgaris for accumulation of Cu and Ni from single and binary metal solutions[J]. World Journal of Microbiology & Biotechnology ,

2003 ,19 :695-701 .
[3] MEHTA S K ,TRIPATHI B N ,GAUR J P. Enhanced sorption of Cu^{2+} and Ni^{2+} by acid-pretreated Chlorella vulgaris from single and binary metal solutions[J]. Journal of Applied Phycology , 2002 ,14 :267-273 .
[4] OMAR H H. Adsorption of zinc ions by *Scenedesmus obliquus* and *S. quadricauda* and its effect on growth and metabolism [J]. Biologia Plantarum ,2002 ,45 (2) 261-266 .
[5] 叶锦韶 ,尹华 ,彭辉 ,等 . 重金属的生物吸附研究进展[J]. 城市环境与城市生态 ,2001 ,14 (3) 30-32 .
[6] 陈春云 ,庄源益 ,刘斐 ,等 . 染料在干污泥上的吸附平衡和动力学[J]. 安全与环境学报 ,2003 ,3 (3) 46-50 .
[7] AKSU Z. Biosorption of reactive dyes by dried activated sludge : equilibrium and kinetic modeling[J]. Biochem Eng J ,2001 ,7 : 79-84 .
(收稿日期 :2008-12-30 编辑 :高渭文)

(上接第 43 页)

4 结 语

- a. 在水平方向 ,两断面水库水体的高锰酸盐指数和总氮浓度无明显差异。
- b. 在垂直方向 ,靠近库岸水体的高锰酸盐指数浓度无明显差异 ,而库中高锰酸盐指数浓度随着水深的加大逐渐变小 ;总氮浓度在两断面均是中层水大于表层水和深层水 ;随着水深的加大 DO 浓度明显降低。
- c. 根据土壤浸出实验结果及计算 ,该水库库区土壤中主要污染物浸出量分别为总氮 48.95 g/m²、总磷 0.50 g/m²、高锰酸盐指数 25.83 g/m²。
- d. 水库库区土壤养分在蓄水初期对水库水质

有一定影响 ,但由于淹没区以林地(非经济林)为主 ,故对水质影响不是很大。随着水库的正常运行 ,水体的不断交换 ,这种影响将会逐渐减弱并达到新的动态平衡。

参考文献：

[1] 张晟 ,刘景红 ,张全宁 . 三峡水库成库初期氮、磷分布特征[J]. 水土保持学报 ,2005 ,19 (4) :123-126 .
[2] 李鱼 ,邓凤君 ,李兴春 ,等 . 青龙山水库土壤养分溶出对水质的影响[J]. 水资源保护 ,2000 (1) :18-20 .
[3] 劳家柱 . 土壤农化分析手册[M]. 北京 :农业出版社 , 1988 :204-213 .
[4] 杨钢 . 三峡库区受淹土壤污染物释放量的试验研究[J]. 水土保持学报 ,2004 ,18 (1) :111-114 .
(收稿日期 :2008-06-26 编辑 :高渭文)

(上接第 53 页)

4 结论与讨论

本论文根据灌区特点与实际情况 ,选用层次分析法和数据包络分析法 ,综合考虑自然、社会、水资源、生态环境等方面因素 ,选取 18 个评价指标 ,分别建立生态需水评价模型 ,模型评价结果显示生物丰度指数、径流系数、植被覆盖指数、干旱指数 4 个指标为影响生态需水的重要指标 ,生态环境因素和水资源因素是影响灌区生态需水的重要因素 ,灌区 2005 年的生态需水状况比 2000 年有所改善 ,与灌区实际情况基本相符 ,说明本文建立的评价模型具有一定的合理性。

在以上评价过程中也存在一些问题 ,由于哈尼梯田灌区的复杂性 ,而人们对灌区认识的局限性 ,对评价指标体系的选取还需完善和更具针对性 ,特别是灌区处于不断的发展变化中 ,对灌区生态需水的评价也应是动态的 ;另外层次分析法虽是定性与定量相结合的评价方法 ,但主要还是一种主观评价方

法 ,评价结果难免带有主观因素 ,数据包络分析法虽是一种客观定量的方法 ,但由于基础数据获取方面的原因 ,及模型计算的简化 ,对评价结果的准确性和可靠性可能会有影响 ,因此对灌区生态需水的评价方法、评价模型、评价内容 ,还需作进一步的深入研究。

参考文献：

[1] 郭亚军 . 综合评价理论与方法[M]. 北京 :科学出版社 , 2002 .
[2] 杜栋 ,庞庆华 . 现代综合评价方法与案例精选[M]. 北京 :清华大学出版社 ,2005 .
[3] 舒卫萍 ,崔远来 . 层次分析法在灌区综合评价中的应用[J]. 中国农村水利水电 ,2005 (6) :109-111 .
[4] 李美娟 ,陈国宏 . 数据包络分析法(DEA)的研究与应用[J]. 中国工程科学 ,2003 ,5 (6) 88-94 .
[5] 彭育威 ,徐小湛 ,吴守宪 . Matlab 在数据包络分析中的应用[J]. 西南民族学院学报 ,2002 ,28 (2) :139-143 .
[6] 王筱明 ,郑新奇 . 数据包络分析在城市土地利用中的应用[J]. 山东师范大学学报 :自然科学版 ,2005 ,20 (1) : 48-51 .
(收稿日期 :2008-11-28 编辑 :高渭文)