

# 水溶液电导率与三峡库区底泥氮磷释放关系研究\*

付春平<sup>1</sup>, 钟成华<sup>1,2</sup>, 邓春光<sup>2</sup>

(1. 重庆大学 城市建设与环境工程学院, 重庆 400045; 2. 重庆市环境科学研究院, 重庆 400020)

**摘要:**通过对三峡库区底泥总氮、总磷(TN、TP)释放特性研究,分析了水溶液电导率对底泥TN、TP释放的影响及其原因,得出了水溶液的电导率在257~2012  $\mu\text{s}/\text{cm}$  范围内,对底泥TN、TP释放的影响曲线。同时说明了三峡库区底泥TN、TP对库区水质存在的危险性,为三峡库区富营养化治理提供参考。

**关键词:**三峡库区; 底泥; 电导率; 氮、磷释放

**中图分类号:**X52 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-7329(2006)04-0076-03

## Experimental Study on the Relationship between Nitrogen and Phosphorus Release of the Three Gorges Bottom Silt and the Electrical Conductivity of Water Solution

FU Chun-ping<sup>1</sup>, ZHONG Cheng-hua<sup>2</sup>, DENG Chun-guang<sup>2</sup>

(1. College of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing Univ. Chongqing 400045, P. R. China; 2. Chongqing Institute of Environmental Science, Chongqing 400020, P. R. China)

**Abstract:** By experimental study on the total dissolved nitrogen (TN) & total dissolved phosphorus (TP) release characteristics of bottom silt in the Three Gorges Region, the influence of electrical conductivity on the TN & TP release of the bottom silt and the cause for it are analyzed. The curve of influence of the electrical conductivity in range from 257  $\mu\text{s}/\text{cm}$  to 2012  $\mu\text{s}/\text{cm}$  on TN & TP release of bottom silt is obtained. At the same time, it is pointed out that there is latent danger from the TN & TP of the Three Gorges bottom silt to the water offering a basis for eutrophication treatment of the Three Gorges.

**Keywords:** Three Gorges Reservoir; bottom silt; electrical conductivity; nitrogen & phosphorus release

水是人类赖以生存的重要物质,随着经济的发展,一方面由于人类生活和生产用水的需求巨增,水的供需矛盾日益突出,另一方面水体污染现象不断扩大和加剧。近年来由于污染物排放量的增加和人类的不当行为,某些地方湖泊、河流的富营养化进程加快。举世瞩目的长江三峡水库蓄水以后使长江变成一个河道型水库,致使库区的水流流速变缓,水位上升,大量耕地被淹没,同时在生产生活过程中产生的各种含氮、磷营养物质连同积蓄在耕地上的氮磷等营养盐将通过江水浸泡而进入水体中,增加了江水中氮磷等营养盐浓度。氮、磷含量的增加,加之水体流动缓慢,水体更新周期变长,水体发生富营养化的机率增大。由于水体中TN、TP是水体发生富营养化的两大重要元素,因此,对水溶液电导率与TN、TP沉积释放关系进行研究,防止水库富营养化,是十分必要的。

氮磷沉积与释放同水溶液的电导率,DO,氧化还原电位,pH,底泥粒径,温度,水溶液TN、TP的背景浓度等因素有关。由于水体最易受生产和生活过程中产生的废水污染,废水中往往含有大量的离子及原子团等,与此同时水溶液的电导率发生相应的变化。从而使水体中TN、TP的沉积与释放受到影响。研究氮磷沉积与释放的规律,必须先研究水溶液的电导率与氮磷沉积释放的关系。

### 1 试验材料与方法

#### 1.1 试验材料

水样(采自储奇门断面长江原水),底泥(采自云阳双江大桥断面小江河边),25个体积为500 ml玻璃浸泡缸,6010型紫外一可见分光光度计,日本产CM-60S电导仪,TW-0.5C旋片式真空泵。

\* 收稿日期:2006-02-26

基金项目:国家科技部三峡库区富营养化预测及防治技术研究(2001BA604A01-02-1)

作者简介:付春平(1975-),黑龙江肇州人,女,硕士,主要从事水污染和富营养化研究。

1.2 试验方法

每五个浸泡缸为一组,共5组。系列1以长江原水(储奇门断面)为供试水样;系列2、系列3、系列4、系列5将长江原水用NaCl进行电导率调节。系列1至系列5电导率分别为257 μs/cm、609 μs/cm、1 007 μs/cm、1 489 μs/cm、2 012 μs/cm。

浸泡缸内先加入50 g底泥(粒径为100目),然后加入500 mL水样(水与底泥重量比为10:1),水样在加入的过程中边加入边搅拌直到水与底泥混合均匀为止。取回的长江原水测量其背景TN、TP浓度,电导率,温度等指标。每日从同一系列的一个浸泡缸内取一个水样,水样取完以后此浸泡缸内的剩余水样作废弃处理,下一次供测试水样取自同一系列的另外一个浸泡缸,水样每隔24 h取一次,试验进行5 d。取样前用玻璃棒将浸泡缸内的水与底泥搅拌均匀,然后沉淀1 h,取其上清液约100 mL,水样用0.45 μm滤膜过滤后进行TN、TP、电导率,温度等指标的测定。

氮磷指标的测定:TN为过硫酸钾氧化—紫外分光光度法;TP为过硫酸钾氧化—钼锑抗分光光度法。

2 试验结果与讨论

2.1 TN 释放

表1 电导率与总氮实验结果数据

时间	TN 浓度/mg · L <sup>-1</sup>					温度/℃
	系列1	系列2	系列3	系列4	系列5	
原水	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	28.0
第1 d	1.22	1.27	1.34	1.45	1.55	28.2
第2 d	1.40	1.54	1.64	1.74	1.83	28.0
第3 d	1.59	1.80	1.88	2.07	2.14	28.5
第4 d	1.60	1.80	1.92	2.10	2.25	28.4
第5 d	1.62	1.82	1.90	2.10	2.30	28.3

表2 电导率与总氮实验结果数据

时间	TN 浓度变化量/mg · L <sup>-1</sup>				
	系列1	系列2	系列3	系列4	系列5
第1 d	0.21	0.26	0.33	0.44	0.54
第2 d	0.39	0.53	0.63	0.73	0.82
第3 d	0.58	0.79	0.87	1.06	1.13
第4 d	0.59	0.79	0.91	1.09	1.24
第5 d	0.61	0.81	0.89	1.09	1.29

注:各个指标测定均是同时进行多个平行样测量的平均值。

时间与TN浓度的关系曲线如图1所示,从图1可以看出TN的释放量都是在3 d达到最大值,在3 d后虽缓慢上升但变化不大。水溶液的电导率不同,TN最大释放量不一样,随着水溶液中电导率的升高TN的释放量增加。其具体相关关系如图2所示。

从图2可以得出,TN的最大释放量(在试验电导率变化范围内)同电导率线性相关,其线性方程为: $y = 0.0004x + 0.5266, R^2 = 0.9908$ (经过显著性检验

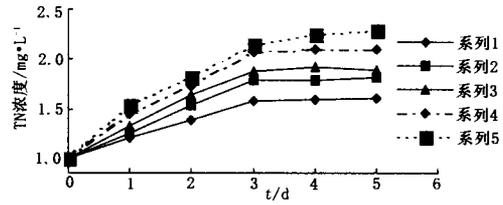


图1 时间 - TN 浓度关系图

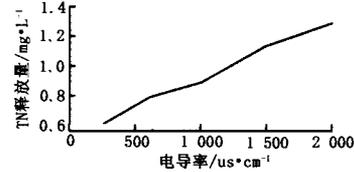


图2 电导率 - TN 释放量关系图

$\alpha = 0.01$ ,其相关性达到极其显著水平<sup>[1]</sup>)。本组试验加入NaCl增加电导率,氯离子浓度、钠离子浓度也随之增大。由于底泥胶体吸附阴离子的顺序是(在以下各种离子浓度相差不是很大时)草酸根 > 柠檬酸根 > 磷酸根 > 硫酸根 > 氯离子 > 硝酸根<sup>[2]</sup>,水溶液中存在大量氯离子及其它一些阴离子,它们同底泥胶体吸附的以阴离子形式存在的TN竞争吸附位置,结果以阴离子形式存在的TN被代换下来进入水溶液中,使水溶液中TN的浓度增加,并且随水溶液中氯离子浓度增加而增大;NH<sub>4</sub><sup>+</sup>离子的半径(143 pm)与K<sup>+</sup>的离子半径(133 pm)差别不大,NH<sub>4</sub><sup>+</sup>(水合离子)半径(537 pm)与K<sup>+</sup>(水合离子)半径(530 pm)更为接近,故铵盐同碱金属盐的性质类似<sup>[3]</sup>。因此,钠离子浓度越大,同底泥胶体中的NH<sub>4</sub><sup>+</sup>离子竞争吸附位置能力越强,使底泥胶体吸附NH<sub>4</sub><sup>+</sup>离子被代换下来的量也越大,从而使水溶液中TN的浓度增加量也相应增大。因此,随着水溶液中电导率升高,TN的释放量增加。

2.2 TP 释放

时间与TP浓度的关系曲线如图3所示。

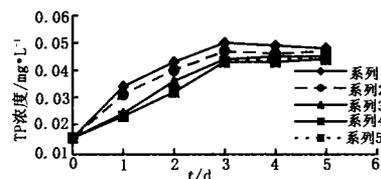


图3 时间 - TP 浓度关系图

从图3可以看出TP的释放量都是在3 d达到最大值,在3 d后虽缓慢下降但变化不大。水溶液的电导率对TP释放的影响关系见图4,从图4可以看出,TP最大释放量受水溶液的电导率影响不大,其具体相关关系如图4。

水溶液电导率升高,TP释放量并不随之升高,即电导率在257 ~ 2 012 μs/cm之间变化,而TP的释放

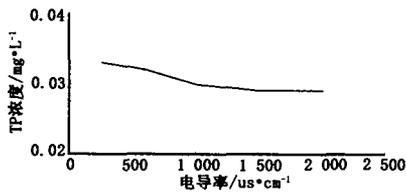


图4 电导率-TP释放量关系图

量在误差范围内没有变化(经过假设  $u$  检验<sup>[1]</sup>)。电导率是间接推测离子成分的总浓度,当电导率升高,水中离子总浓度增加。由于 NaCl 的加入,水溶液中的氯离子以及其它阴离子与底泥胶体吸附的磷相互竞争吸附位置,使底泥胶体吸附的磷被解吸下来而进入水溶液中,因而水溶液中总磷的浓度升高。

表3 电导率与总磷实验结果数据

时间	TP 浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$					温度/ $^{\circ}\text{C}$
	系列1	系列2	系列3	系列4	系列5	
原水	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	28.0
第1 d	0.034	0.031	0.024	0.023	0.023	28.2
第2 d	0.043	0.040	0.036	0.032	0.032	28.0
第3 d	0.050	0.047	0.044	0.043	0.042	28.5
第4 d	0.049	0.046	0.045	0.043	0.043	28.4
第5 d	0.048	0.047	0.045	0.044	0.044	28.3

表4 电导率与总磷实验结果数据

时间	TP 浓度变化量/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$				
	系列1	系列2	系列3	系列4	系列5
第1 d	0.019	0.016	0.009	0.008	0.008
第2 d	0.028	0.025	0.021	0.017	0.017
第3 d	0.035	0.032	0.029	0.028	0.027
第4 d	0.034	0.031	0.030	0.028	0.028
第5 d	0.033	0.032	0.030	0.029	0.029

注:各个指标测定均是同时进行多个平行样测量的平均值。

然而,在本组试验范围内,系列1,系列2……系列5,系列与系列之间电导率的变化,TN的释放量相同,由 Schulze<sup>[4]</sup>原则可知电解质中阴离子对带正电荷的胶体起主要聚沉作用,阳离子对负电性胶体起同样的作用。聚积沉淀能力随异号电荷离子价数的增高而显著增大。

因为氯离子是带一个负电荷,而磷无论是以磷酸一氢根离子、磷酸二氢根离子、磷酸根离子还是其它形式存在,磷所带电荷都是大于或等于1,即使磷以一价离子集团的形式存在,磷离子集团的聚沉能力大于氯离子,比如说磷酸二氢根离子的聚集沉淀能力大于氯离子<sup>[4]</sup>。它们对胶体的聚沉能力大于氯离子对胶体的聚沉能力。虽然本组试验加入 NaCl 使氯离子浓度增大,增加了氯离子与磷同底泥胶体相互竞争吸附位置的能力,使水溶液中磷的浓度有所增加,但是水溶液中所增加的氯离子并不能对上述系列与系列之间 TP 的释放产生特别显著的影响,因此在本组试验电导率变化的范围内,系列之间 TP 的释放量基本相同。

### 3 结论

通过对电导率对三峡库区底泥氮磷释放影响的试验研究及其结果分析,可以得出以下结论:

1)底泥中 TN、TP 都是在 3 d 内释放完毕达到最大释放量。

2)水溶液的电导率在 257 ~ 2 012  $\mu\text{s}/\text{cm}$  范围内,TN 的最大释放量随电导率的升高而增加,并成线性相关关系;TP 的最大释放量不随电导率的变化而变化。

3)根据电导率对三峡库区底泥 TN、TP 释放量的影响规律,合理的确定三峡库区沿江带的排污量,为三峡库区富营养化控制提供依据。

### 参考文献:

- [1] 田胜元,萧曰嵘. 试验设计与数据处理[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [2] 崔晓阳,方怀龙. 城市绿地土壤及其管理[M]. 北京:中国林业出版社,2001.
- [3] 天津大学无机化学教研室. 无机化学(第2册)[M]. 北京:高等教育出版社,1992.
- [4] 熊毅,陈家坊. 土壤胶体的性质(第3册)[M]. 北京:科学出版社,1990.