

电厂温排水余氯对水环境影响的数值模拟

吐尔逊阿依·木依提¹ 韩龙喜^{1 2} 金 坚³

(1. 河海大学环境科学与工程学院, 江苏 南京 210098 ;
2. 河海大学浅水湖泊综合治理与资源开发教育部重点实验室, 江苏 南京 210098 ;
3. 江苏省环境科学研究院, 江苏 南京 210026)

摘要 :以扬州第 2 发电厂三期工程温排水问题为例, 利用二维水动力模型对温排水余氯受纳水域长江扬州段潮流场进行了模拟, 以该数值模拟的潮流场作为余氯输运模拟的水动力条件, 利用余氯二维对流-扩散模型预测了受纳水域余氯的质量浓度分布, 并分析了这种分布对水环境造成的影响。结果表明 :在不利水文条件下, 温排水中余氯的质量浓度空间分布范围较小, 较高质量浓度的余氯分布在排水口附近的区域 ;由于环境水体对余氯的稀释能力较强, 温升带长度有限、宽度很小, 温排水中余氯对鱼类的影响是间接和微小的, 对长江水生珍稀动物的生态环境几乎没有影响。

关键词 :电厂 ;温排水 ;余氯 ;数值模拟 ;生态环境

中图分类号 :X503 文献标识码 :A 文章编号 :1000-198X(2008)04- 0475-04

电厂含有余氯的冷却水排入邻近水域, 将会对受纳水体的生态环境造成影响。Brook 等^[1]通过氯化和非氯化的温排水对浮游植物影响的对比研究, 发现电厂进行氯处理时浮游植物的光合作用和呼吸作用会受到抑制, 而停止氯处理时浮游植物的光合作用和呼吸作用则不受影响。张穗等^[2]对大亚湾核电站冷却水排水口及邻近海域海水中余氯的污染状况进行了调查, 并选择若干养殖经济动物进行了余氯毒性胁迫实验, 得出了 2 种形态的余氯对合浦珠母贝受精卵卵裂都有抑制作用的结论。

本文以扬州第 2 发电厂三期工程温排水问题为例, 利用二维水动力模型^[3]对温排水余氯受纳水域长江扬州段潮流场进行了模拟, 并以该数值模拟的潮流场作为余氯输运模拟的水动力条件, 利用余氯二维对流-扩散模型预测了受纳水域余氯的质量浓度分布, 分析了这种分布对排水口邻近水域水环境造成的影响。

1 研究区概况

扬州第 2 发电厂三期工程排水口位于长江扬州段近岸水域, 排水口地理坐标为 :东经 119°24′58″, 北纬 32°15′45″。余氯受纳水域河势及水下地形如图 1 所示。

2 余氯质量浓度的数值模拟

2.1 计算区域及网格布置

根据研究目的、水文资料的完整性及模型计算的要求, 计算范围选择瓜洲汽渡至伍福圩共 5 000 m 的江段。通过求解 Poisson 方程生成正交曲线网格, 网格节点数为 421(纵向)× 84(横向), 排放口水域贴岸横向网格步长约为 10 m, 纵向网格步长约为 20 m。

2.2 余氯二维对流-扩散模型

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + u \frac{\partial \rho}{\partial x} + v \frac{\partial \rho}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(E_x \frac{\partial \rho}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(E_y \frac{\partial \rho}{\partial y} \right) - K\rho + S \tag{1}$$

式中 : ρ ——余氯质量浓度 ; t ——时间 ; x, y ——纵向和横向距离 ; u, v ——纵向和横向垂线平均流速 ; E_x ——纵向分散系数 ; E_y ——横向分散系数 ; K ——降解系数 ; S ——污染物源强。

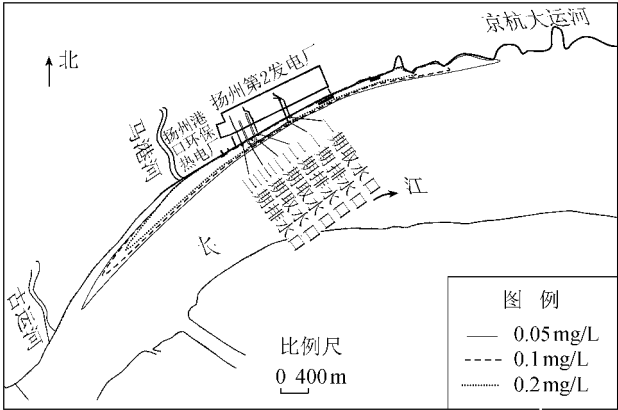


图 2 枯水期最低潮位时余氯最大质量浓度增量等值线分布

Fig.2 Contours of maximum concentration increments of residual chlorine at the lowest tide level during the dry season

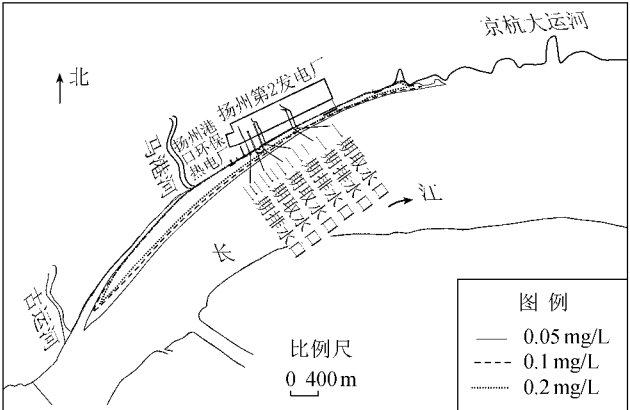


图 3 枯水期最大潮差时余氯最大质量浓度增量等值线分布

Fig.3 Contours of maximum concentration increments of residual chlorine at the maximum tide range during the dry season

本文预测结果为不利水文条件下出现的质量浓度最大值,此最大值仅在瞬间出现.在一个完整的潮流过程中,水体中余氯质量浓度的平均值远小于最大值,故扬州第 2 发电厂三期工程温排水中余氯在环境水体中产生的质量浓度增量较小.

3 余氯对水生生物的影响

3.1 余氯对浮游植物的影响

浮游植物是海洋生态系统的基础生产者.研究表明,电厂温排水中的余氯是损害浮游植物的主要因素,而温排水的热冲击对浮游植物的影响不大.进行氯化的冷却水,其排放口邻近水域浮游植物光合作用和呼吸作用受到抑制,初级生产力下降^[5].

海滨电厂余氯排放对水生生物的影响分析结果^[7]表明,浮游植物具有较强的恢复潜能,余氯对浮游植物造成的损伤能较快恢复,但恢复后的浮游植物种类组成将会发生变化.电厂取水口、冷却管内和排水口水样的藻类培养试验表明,透明海链藻培养初期所占比例与其他浮游植物接近,但在冷却塔内和排水口水样的培养后期却成为优势种.Langford^[8]认为,0.2 mg/L 的氯可以直接杀死冷却水中 60% ~ 80% 的藻类.本文数值模拟结果表明,余氯 0.2 mg/L 的质量浓度增量仅分布在横向宽度为 200 m、长度为 5060 m(约占受纳水域水面宽度的 13%)的狭长范围内.由此可知,扬州第 2 发电厂的余氯排放对浮游植物的影响范围较小.

3.2 余氯对鱼类的影响

温排水中余氯进入水体,会使近岸水体的氯离子质量浓度有一定程度的增大.地表水环境影响预测结果表明,尾水受纳水域位于该河段北槽,水深较大,为水流的主槽,涨、落潮时主流主要分布于长江北槽,因此环境水体对余氯的稀释能力较强,在排放口附近形成的污染带范围较小.

通过长江扬州段可能出现的珍稀水生动物生活习性分析可知,中华鲟和白鲟在繁殖期洄游至长江上游时会从长江扬州段经过,由于在白鳍豚洄游期温排水中余氯形成的质量浓度增量带分布长度、宽度均很小,因此温排水中余氯对中华鲟和白鲟的洄游几乎没有影响.由此可知,扬州第 2 发电厂三期工程余氯排放不会对长江水生珍稀动物的生境产生影响^[9-10].

4 结 论

a. 数值模拟结果表明,即使在不利水文条件下,扬州第 2 发电厂三期工程随冷却水排放的余氯产生的质量浓度场空间分布范围较小,较高质量浓度的余氯分布在排水口附近的区域.

表 1 温排水中余氯最大质量浓度增量影响范围

Table 1 The area of influence of the maximum concentration increments of residual chlorine

工 况	水文条件	最大质量 浓度增量/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	纵向最大 扩散距离/ km	横向最大 扩散距离/ km	最大扩散 面积/ km^2
一、二、三 期工程同 时运行	最低潮位	0.05	6.90	0.26	1.35
		0.10	5.80	0.23	0.95
		0.20	4.90	0.20	0.78
	最大潮差	0.05	6.58	0.28	1.30
		0.10	5.81	0.23	0.96
		0.20	5.06	0.20	0.84

b. 由于环境水体对扬州第 2 发电厂三期工程温排水余氯的稀释能力较强,余氯质量浓度分布带的长度有限、宽度很小,因而温排放中余氯对鱼类的影响是间接和微小的,对长江水生珍稀动物的生态环境几乎没有影响.

参考文献:

[1] BROOK A J ,BAKER A L. Chlorination at power plant :impact on phytoplankton productivity[J]. Science ,1972 ,178 :1414-1415.
[2] 张穗 ,黄洪辉. 大亚湾核电站余氯排放对邻近海域环境的影响[J]. 海洋环境科学 ,2000 ,19(2) :14-18.
[3] 王学昌 ,孙长青. 填海造地对胶州湾水动力环境影响数值研究[J]. 海洋环境科学 ,2000 ,19(3) :55-59.
[4] 潘仁良 ,王新伟. 长江口河水氯离子浓度指标值的建模与预报[J]. 华东师范大学学报 :自然科学版 ,2003(2) :63-67.
[5] 张燕 ,孙英兰. 电厂温排水中余氯浓度预测[J]. 海洋科学 ,2007 ,31(2) :5-8.
[6] 刘兰芬 ,郝红 ,鲁光四. 电厂温排水中余氯衰减规律及其影响因素的实验研究[J]. 水利学报 ,2004(5) :94-98.
[7] 曾江宁 ,陈全震 ,郑平 ,等. 余氯对水生生物的影响[J]. 生态学报 ,2005 ,25(10) :2717-2724.
[8] LANGFORD T E. Ecology and cooling water use by power stations[J]. Atom ,1988 ,385 :4-7.
[9] 黄洪辉 ,张惠 ,陈浩如 ,等. 余氯对大亚湾海区平鲷和黑鲷幼鱼的毒性研究[J]. 热带海洋 ,1999 ,18(3) :39-43.
[10] 马胜伟 ,沈鑫绿 ,沈新强. 水温对不同鱼类的急性致死效应[J]. 海洋渔业 ,2003(4) :299-303.

Numerical simulation of the effects of residual chlorine
in cooling water discharge from a power plant on the water environment

MUYITI Tuerxunayi¹ , HAN Long-xi^{1 ,2} , JIN Jian³

- (1. College of Environmental Science and Engineering , Hohai University , Nanjing 210098 , China ;
- 2. Key Laboratory of Integrated Regulation and Resource Development on Shallow Lakes ,
Ministry of Education , Nanjing 210098 , China ;
- 3. Jiangsu Environmental Science Research Institute , Nanjing 210026 , China)

Abstract : Aiming at problem of cooling water discharge by the third stage project of the Yangzhou 2nd Power Plant , a 2-D hydrodynamic model was used to simulate the tidal current field of waters receiving residual chlorine in cooling water discharge in the Yangzhou reach of the Yangtze River. With the computed tidal current field considered to be the hydrodynamic conditions of the residual chlorine transport simulation , the concentration distribution of the residual chlorine was predicted with a 2-D convection-diffusion model and its effect on the water environment was analyzed. The results show that , under unfavorable hydrological conditions , the concentration distribution of the residual chlorine has a small range , and the high-concentration residual chlorine is distributed in water area around the outfall. It is also concluded that the length of the zone of rising temperatures is limited and the width is small because of the strong dilution capability of the water. Therefore , the residual chlorine has an indirect and small effect on fish , and has almost no effect on the ecological environment of rare aquatic animals in the Yangtze River.

Key words : power plant ; cooling water discharge ; residual chlorine ; numerical simulation ; ecological environment