

Study of Thermal Discharge on Yangtze River Estuary Water Quality

Ying Wang¹, Mingchang Li²

Tianjin Research Institute for Water Transport Engineering, M.O.T., Tianjin, China
Email: ruozhu1106@163.com

Received: Dec. 19th, 2013

Abstract

The article adopts the methods of numerical simulation to research the environmental problem of ocean and analyzes and predicts the characteristics of flow field in the sea areas of Yangtze River Estuary. And then by means of Mike21 FM convection-diffusion model, it predicts the influence of thermal discharge on the marine water quality nearby. Research shows that the results reflected the rules of transportation and diffusion of heat quantity in study water area bitterly.

Keywords

Thermal Discharge; Numerical Simulation; Water Quality

温排水排放对长江的水质研究

王莹¹, 李明昌²

交通运输部天津水运工程科学研究所, 天津, 中国
Email: ruozhu1106@163.com

收稿日期: 2013年12月19日

摘要

本文采用数值模拟方法来研究海洋和分析环境问题, 并预测在长江口海域潮流场特性。然后运用Mike21 FM对流扩散模型预测温排水排放对海洋水质的影响。研究表明该结果很好的反映了研究海域的物质输运和热量扩散规律。

关键词

温排水; 数值模拟; 水质

1. 引言

温排水的环境影响预测一直是电厂类建设项目环境影响评价关注重点，温排水排入水体后，会在局部地区造成热富集，大大降低水体自净能力，热污染问题是水体环境污染研究中的重要内容[1]。在受污染水体中，污染物的浓度场扩散是衡量水体水质及污染程度的要素之一，直接反应污染物的排放量和影响范围。

Mike21 模型在国内外水环境研究领域已被广泛应用，其数值模拟的科学性已得到世界公认[2-6]。本文即运用该模型进行海洋环境污染问题的研究。

2. 研究区概况

宝钢股份公司电厂位于上海市宝山区近岸河段，上接江苏省浏河口，岸边工厂林立，码头港口众多。温排口(即 A、B)外排的废水经过处理后进入长江[7]，研究区位置及温排口位置如图 1。

3. 数值模型

3.1. 温排水数学模型

1) 对流扩散方程

水体温度场的基本方程为二维对流扩散模型：

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = K_x \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 (T)}{\partial y^2} + \frac{Q}{H\rho_w C_w}$$

式中： T 为水体温度(°C)； H 是水深(m)； C_w 是海水热容； Q 是水体输入(或输出)热量(卡)。

2) 源强

根据宝钢电厂的温排水实际排放量统计结果，模拟方案如表 1 所示。

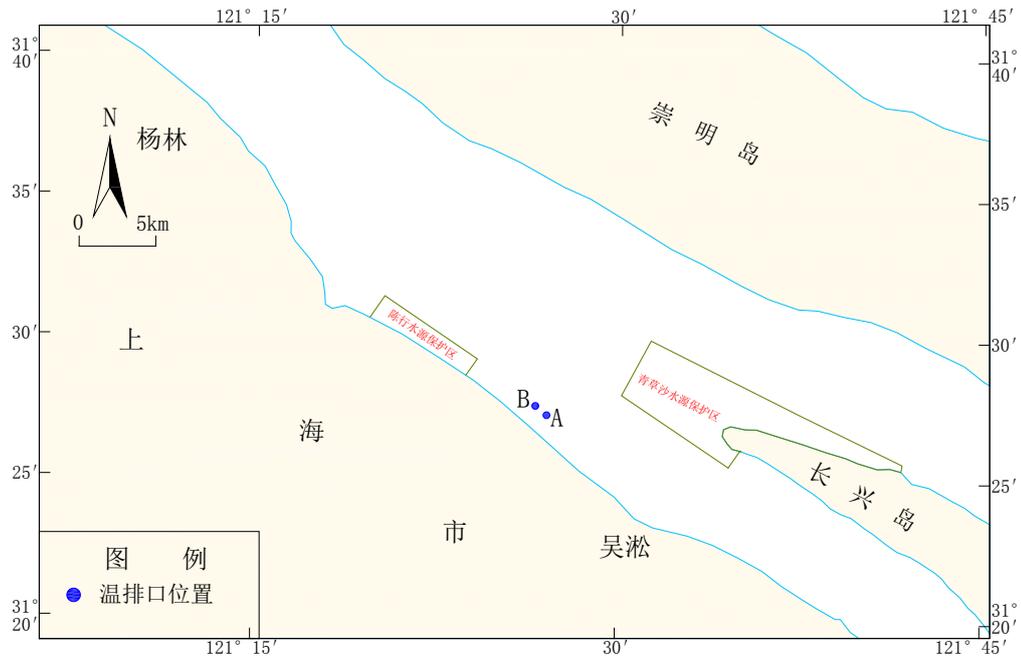


Figure 1. Location of thermal discharge of outfalls
图 1. 研究区地理位置图及排污口位置图

3.2. 网格设置

根据计算海区地形较复杂岸线曲折这一特点，本模型采用任意三角形计算网格。在重点研究段内进行网点加密，次要区域将网点安排稀疏，并且也考虑到了这二者之间的渐变过程，计算网格如图 2。

4. 水动力模型验证及预测结果分析

4.1. 模型验证

为了检验计算模式及资料处理的合理性，根据上述资料和条件进行计算，模型对 2009 年 5 月 25 日~26 日水文观测资料进行潮位、流速、流向验证计算，如图 3~图 4。由图可见，数值计算结果与实测值吻合较好，较好地反映了长江口水域的流场特征，可为水质模拟提供准确的水动力条件。

4.2. 水动力数值模拟

从图 5~图 6 中可以看出，在南汇分流咀以北的水域内，南北港、南北槽的涨落潮流主要沿着深槽走向，涨潮初期，上溯的水流在槽内与口门内上游的落潮流相遇，局部产生旋转流，并随着涨潮流强度的

Table 1. Location of thermal discharge and source strength
表 1. 温排水排放口方案及源强

温排口位置	年份	2001	2005	2009	最大温升
	排放量(万 m ³ /年)				
A		1092	1076	632	7℃
B		0	0	158	7℃



Figure 2. Computational grid of the research sea area
图 2. 研究海区计算网格图

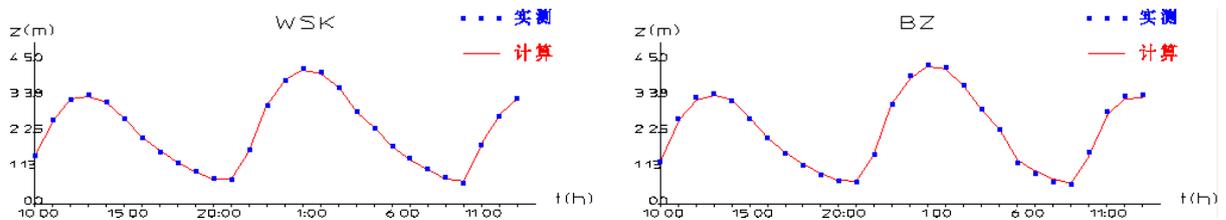


Figure 3. Verification curve of tidal
图 3. 潮位验证曲线

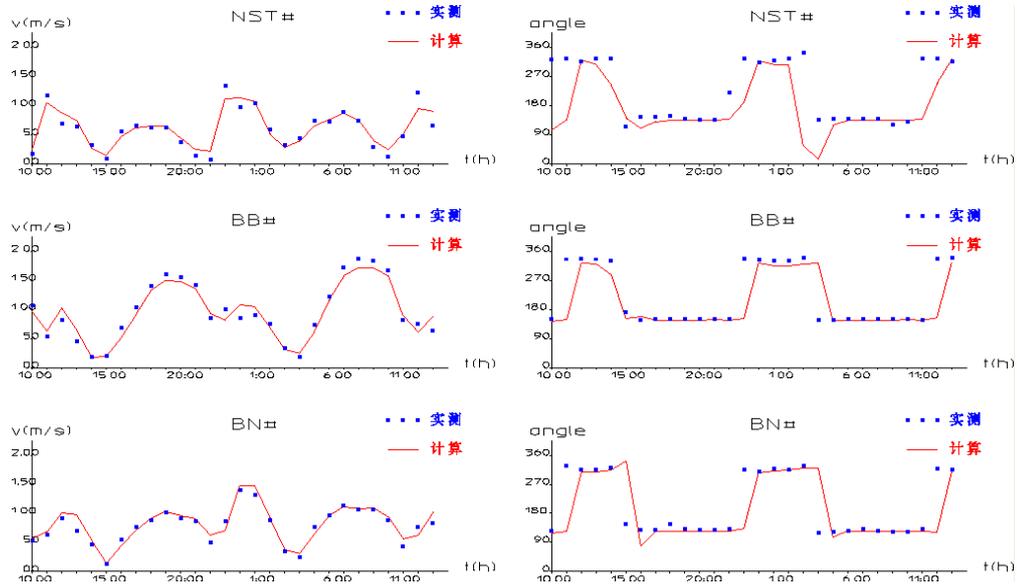


Figure 4. Verification curve of the flow velocity and flow direction
图 4. 流速流向验证曲线

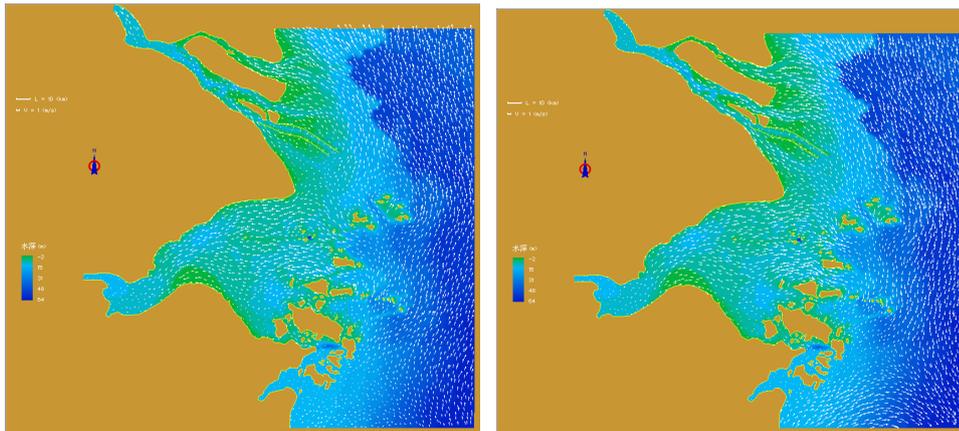


Figure 5. The flow field diagram of study area
图 5. 研究海区涨潮、落潮流场图

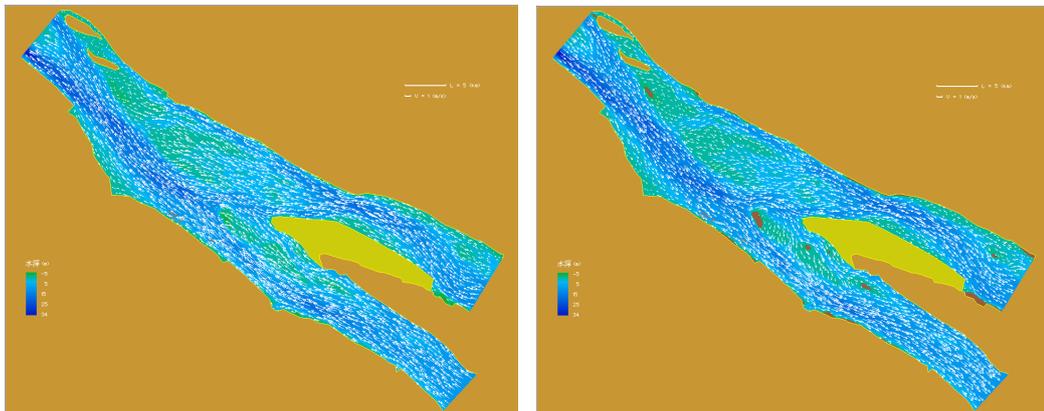


Figure 6. The flow field diagram of the nearby sea area of Baosteel' Corporation
图 6. 宝钢厂部附近流场图

增大而全部转为单向的涨潮流。落潮时，外海落潮流先于口门内部，与涨潮流基本相反。

其中，南北槽内，涨潮平均流速大小主要分布在 0.80 m/s~1.30 m/s 之间，且由于受地形的影响，深槽中的流速普遍大于边滩的流速，平均流向主要分布在 270°~320°之间，南槽变化区间略大于北槽。落潮时，南槽主槽内流速分布在 1.10 m/s~1.45 m/s 之间，平均流向约在 110°~140°之间，北槽流速主要分布在 120°~170°之间，平均流向在 100°~110°之间。

4.3. 温排水对长江水质的影响分析

1) 温升带的定义

一般来说，温升带被定义为“在温排口附近水域，在温排水不造成严重水生态环境破坏的基础上，接纳水体的温度高于该水体功能区规定的温度时的高温度区域”。

如果接纳水域附近有水源地、自然保护区、养殖区、盐场等水环境敏感目标，应该考虑温排水对敏感目标的影响。敏感目标距离温排口远，对温升值的要求低，则温升带的范围就大，反之则小。

2) 温升值和温升带分布范围的确定

根据海水水质标准(GB3097-1997)有关规定，第一、二类海水，人为造成的海水温升夏季不超过当时当地 1℃，其它季节不超过 2℃。

综合考虑研究海域功能区划、鱼类及浮游生物的耐热能力以及取水口对温升值的要求等约束条件，本文把 1℃温升值作为温升带的边界控制值，即接纳水域的温升值多 1℃的高温区域为温升带的控制范围。确定温升分布范围时，须考虑近岸海域功能区划，温升带边缘温升值必须满足相邻功能区对温升标准限值的要求，即水域功能区的分界线是 1℃温升值的最远影响位置。

3) 数值预测结果分析

各方案的温排水数值模拟结果如下图所示，图中单位为℃，各种温排放方案的数值模拟结果如图 7。由图 7 可知，1℃以上等温升线平面分布规律沿东南-西北方向呈狭长带状分布，其中垂直于岸线一侧较窄，因此，温排放对长江水域水温的影响仅限于排口附近水域。

从图中可看出，温排水排放对接纳水体的水温 0.1℃以上等温升线影响在 $8.7 \times 0.8 \text{ km}$ 范围内；1℃以上等温升线影响包络 2001 年最大，在 $0.49 \times 0.31 \text{ km}$ 范围内，2005 年与 2009 年的影响范围相当，2001 年、2005 年、2009 年温排口附近水域等温升 0.1℃的水域面积均小于 0.12 km^2 ；2001 年 2℃以上等温升线影响范围在排放口周围 $0.15 \times 0.12 \text{ km}$ 范围内，2005 年和 2009 年最大温升值不足 2℃。

5. 综合结论

研究表明，研究海域水动力条件和温排水扩散规律具备以下特点：

1) 由计算结果可知，研究海域潮流呈往复形式，涨潮流向为西北，落潮流向为东南，这与本海域的潮流特征基本一致，并且潮位、流速计算值与实测值吻合很好，表明该模型能够较好的模拟研究海域的潮位变化过程和流态分布情况。

2) 建立二维温升数学模型，在正确选择与计算水面综合散热系数基础上对电厂温排放进行了模拟计算。结果显示，等温升线扩散规律为沿岸线东南-西北向呈楔形的带状分布，其影响范围主要是电厂近岸海域，计算结果能够较好的反映了潮汐水域中热量的输移扩散规律。

3) 由模拟结果可知，2001 年、2005 年、2009 年温排水排放对接纳水体的水温 1℃以上等温升线影响范围均未到达陈行水源保护区和青草沙水源保护区的外边界，所以，温排水排放不会对附近水域环境敏感目标造成污染。

因此，Mike21FM 模型在污染物扩散预测中具有科学性和精确性，研究方法可以作为海域环境污染

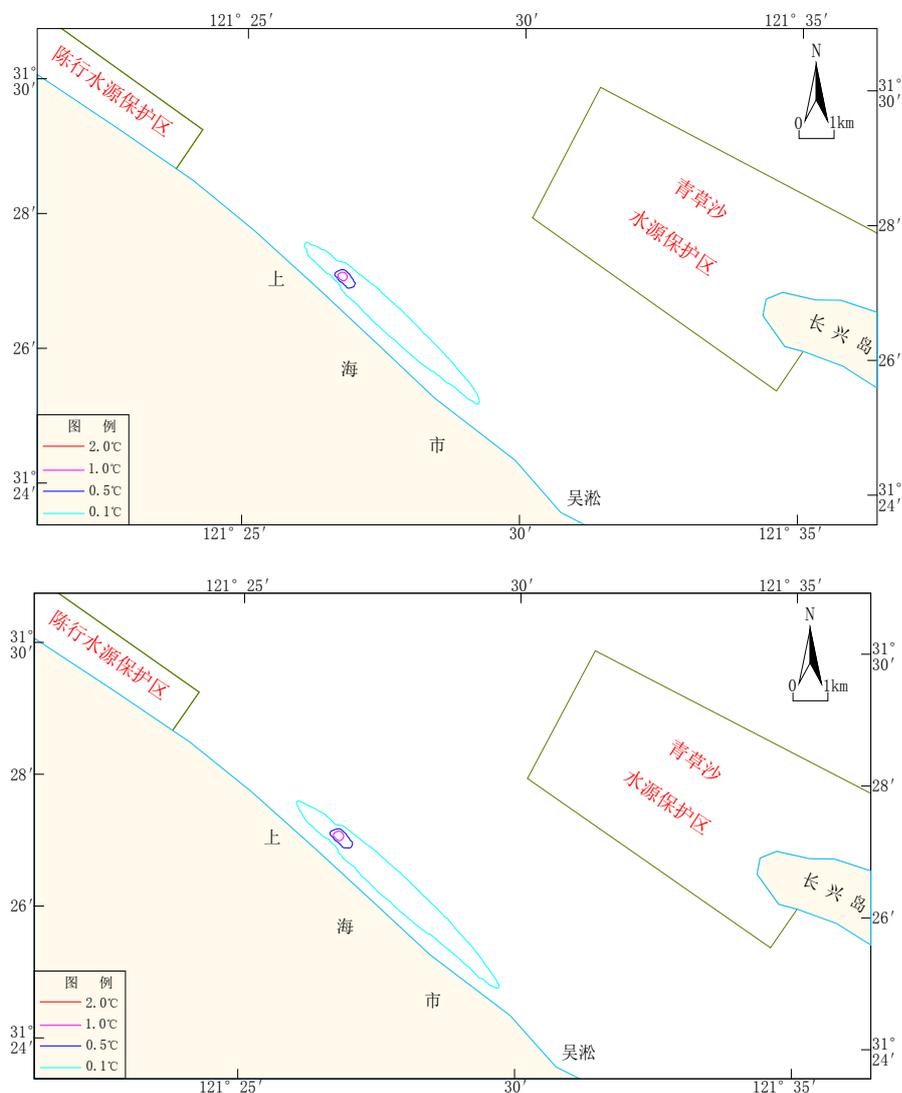


Figure 7. Figure of temperature rise isoline in 2001, 2005 and 2009
图 7. 2001、2005、2009 年等温升包络线图

研究的可靠方法，研究成果有助于海洋环境保护的实施，可以作为环境保护部门的参考依据。

致 谢

文章依托于交通运输部天津水运工程科学研究所基金中央级公益性科研院所基本科研业务费专项基金资助项目(TKS090204, TKS100217)。

参考文献 (References)

- [1] Pan, C., Zhu, F.H. and Wang, S. (2006) Research on heat-engine plant of regional power grid affecting water environmental assessment index. *Environmental Science Research*, **38**, 110-114. (In Chinese)
- [2] Cox, B.A. (2003) A review of currently available in-stream water-quality models and their applicability for simulating dissolved oxygen in lowland rivers. *Science of the Total Environment*, **314/315/316**, 335-377.
- [3] Tan, B.Q. and Zhang, G.P. (2001) Huai River water quality management model. *Water Protection*, 15-18. (In Chinese)
- [4] Kellerv (2006) Risk assessment of “down-the-drain” chemicals: Search for a suitable model. *Science of the Total En-*

vironment, **360**, 305-318.

- [5] Gong, C.S., Qi, Y., Zhao, D.H., et al. (2006) Research on two-dimensional flow-water quality-sediment pollution mode of shallow lakes. *Water Scientific Progress*, **4**, 496-501. (In Chinese)
- [6] Wang, J.Q., Chen, Z. and Wu, J. (2004) River water quality model and its development trend. *Journal of Anhui Normal University*, **27**, 242-247. (In Chinese)
- [7] Wang, Y. (2010) The retrospective evaluation report on Baosteel's Corporation influence on the Shanghai's environment. 22-50. (In Chinese)