

文章编号: 1006-4710(2012)02-0157-04

# 氧化沟导流墙体型研究分析

刘玉玲, 吕彬, 魏文礼

(西安理工大学 水利水电学院, 陕西 西安 710048)

**摘要:** 提出了一种新型的非等厚度导流墙。用数值模拟的方法研究了新体型导流墙氧化沟内的流速场,与常用等厚度半圆体型导流墙氧化沟内的流速场进行比较。研究表明,在同等边界条件下,新体型导流墙能够更好地改善氧化沟弯道水流流态,减小隔墙末端回流区域的大小,并能增加沟道内高流速区域所占的比例,同时也能提高水流流速大于 0.3 m/s 区域所占的比例。

**关键词:** 氧化沟;非等厚度导流墙;数值模拟;流场

**中图分类号:** TU992.3, X703 **文献标志码:** A

## Research and Analysis of the Shape of Oxidation Ditch Diversion Wall

LIU Yuling, LÜ Bin, WEI Wenli

(Faculty of Water Resources and Hydroelectric Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

**Abstract:** A new type of non-equal thickness diversion wall is suggested in this paper, the numerical simulation method is used to study the flow velocity field within the oxidation ditch of the new type of diversion wall. Also, the comparison is made between the results with the flow velocity field within the oxidation ditch of semi-circle type of diversion wall with common equal thickness. The research results indicate that under the same boundary conditions, the new shape type of diversion wall is able to improve the water flow patterns in the oxidation ditch bent, to reduce the size of the backflow area at the end of diversion wall, to increase the percentage of the high-velocity region within the ditch channel and at the same time, to raise the percentage of the region with the high-velocity flow over 0.3 m/s.

**Key words:** oxidation ditch; non-equal thickness diversion wall; numerical simulation; flow field

氧化沟在城市污水和工业废水处理系统中起着很重要的作用,目前采用氧化沟工艺对污水进行处理约占整个中小型污水处理厂总数的 40%,已成为我国污水处理的主要工艺技术之一。邓荣森等<sup>[1]</sup>通过在较宽的沟内设置一道或多道导流墙来预防污泥沉积。张红亚等<sup>[2]</sup>根据导流墙下游流速分布的要求,运用水力学基本理论,导出了氧化沟导流墙偏心距的计算公式。赵星明等<sup>[3-5]</sup>针对氧化沟弯道水流流态复杂的特点,分析了弯道横向环流和水流流速在弯道重新分布对污泥沉积的影响,对设置偏置导流墙前后的水流流速分布情况进行模拟比较,探讨了偏置导流墙对减少污泥沉积的机理。

在氧化沟弯道处设置导流墙,可以削弱横向环流的作用,并改变弯道水流流速分布,防止污泥在低速区的沉积。文献[6]利用 Fluent 仿真软件对不同

设置形式的氧化沟水流速度分布情况进行了模拟, Fan L<sup>[7]</sup>、罗麟<sup>[8]</sup>、张宗才<sup>[9]</sup>、蒋成义<sup>[10]</sup>等用标准  $k-\varepsilon$  模型对氧化沟的流场结构进行了数值模拟,模拟结果与实验结果吻合度较好。陈光等<sup>[7]</sup>采用多参考系模型,对有曝气机时单侧有无导流墙的氧化沟内流场进行三维数值模拟。陈志澜等<sup>[12]</sup>对导流墙的偏置位置以及导流墙后接导流板的形状进行研究。陈威等<sup>[13]</sup>根据 Fluent 软件模拟导流墙处流速分布情况,分析在不同下游长度、偏心距及导流墙半径的条件下,对导流墙的设置进行讨论,得出其优化的设置参数。

现有对导流墙的研究中导流墙的体型都是等厚度的,本研究应用文献[12]的氧化沟体型,将导流墙的体型变为非等厚度,将研究结果与文献[12]进行比较。

收稿日期: 2012-02-26

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51178391);陕西省教育厅基金资助项目(2010JK761)。

作者简介: 刘玉玲(1969-),女,陕西合阳人,博士,教授,研究方向为水污染控制理论与技术。

E-mail: liuyuling@xaut.edu.cn.

# 1 数学模型

## 1.1 控制方程

描述水流的时均控制方程为:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i)}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i u_j)}{\partial x_j} = -\frac{\partial p}{\partial x_i} +$$

$$\frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \mu \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right] - \frac{\partial}{\partial x_j} (\overline{\rho u'_i u'_j}) + \rho g_i \quad (2)$$

$$-\overline{\rho u'_i u'_j} = \mu_i \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} (\rho k + \mu_i \frac{\partial u_i}{\partial x_i}) \delta_{ij} \quad (3)$$

其中,方程(1)为连续方程,方程(2)为雷诺方程。 $t$ 是时间, $x_i$ 是沿*i*方向的空间坐标, $u_i$ 是沿*i*方向的速度分量, $\mu_i$ 为湍动粘度, $\rho$ 和 $\mu$ 分别为流体密度和分子粘性系数, $p$ 为压强, $g_i$ 为*i*方向的重力加速度。在计算中采用标准*k-ε*方程来封闭上述方程组。

## 1.2 数值计算方法

本研究采用的计算软件是 FLUENT,运用有限体积法对上述控制方程组进行离散化,选择隐式计算法,离散格式是二阶迎风,应用 SIMPLE 算法进行压力修正,代数方程采用超松弛法进行迭代求解。湍流计算时选择的模型是标准*k-ε*湍流模型。

## 1.3 物理模型及网格

### 1.3.1 计算区域

图1为非等厚度导流墙图。非等厚度导流墙由不同的内外半径构成,内墙的半径为  $R = 2.0$  m,外墙的半径为  $R = 3.0$  m,如图1所示。图2为等厚度导流墙图,导流墙外径为  $R = 3.0$  m,厚度0.2 m。

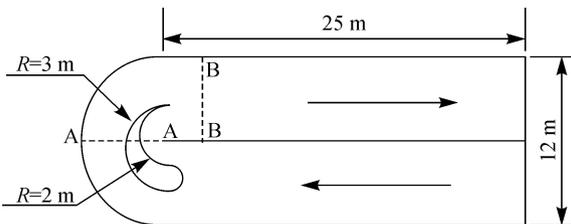


图1 非等厚度导流墙

Fig.1 Non-equal thickness diversion wall

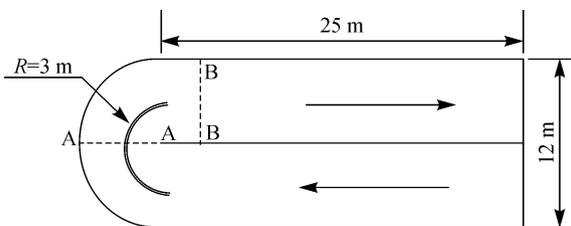


图2 等厚度导流墙

Fig.2 Equal thickness diversion wall

### 1.3.2 计算区域网格图

两种体型导流墙的计算区域网格图见图3及图4。

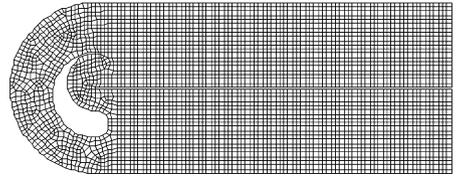


图3 非等厚度导流墙网格图

Fig.3 Grid for non-equal thickness diversion wall

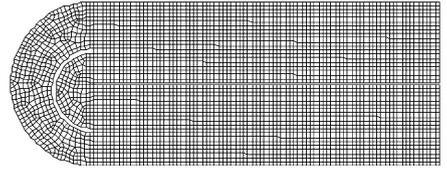


图4 等厚度导流墙网格图

Fig.4 Grid for equal thickness diversion wall

## 1.4 边界条件

进口处所有边界条件都按本质条件给出,进口速度  $v = 0.3$  m/s。在出口边界,按充分发展湍流条件给出,即设各变量法向导数为零。在壁面边界,采用壁面函数法。

## 2 模拟结果与分析

### 2.1 速度等值线分布

图5和图6分别显示了使用非等厚度导流墙和等厚度导流墙时的速度等值线图。由图5和图6可见,在使用非等厚度导流墙时在弯道处导流墙内侧及外侧的流速有明显的增加,且回流区域要比使用等厚度导流墙小。

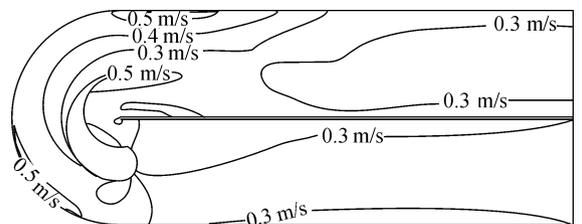


图5 非等厚度导流墙速度等值线图

Fig.5 Velocity equivalent value line map for the non-equal thickness diversion wall

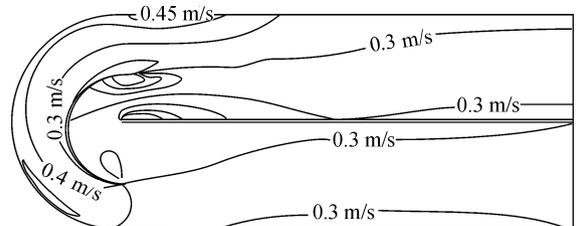


图6 等厚度导流墙速度等值线图

Fig.6 Velocity equivalent value line map for the equal thickness diversion wall

## 2.2 断面速度分布分析

图7、图8分别比较了在弯道断面(即A-A断面)和弯道出口断面(即B-B断面)处的速度分布情况。

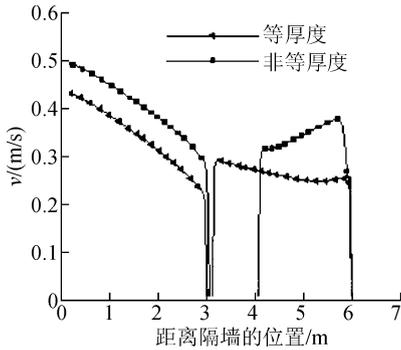


图7 弯道断面速度分布(A-A断面)

Fig.7 Velocity distributions at A-A cross-section

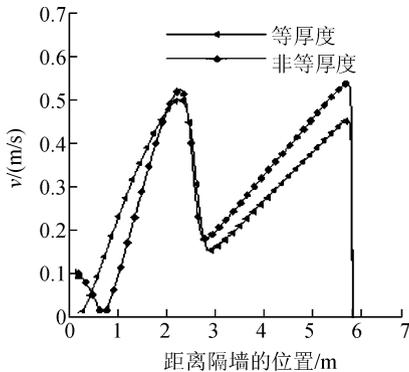


图8 弯道出口断面速度分布(B-B断面)

Fig.8 Velocity distributions at B-B cross-section

由图7可以看出,弯道断面流速总分布非等厚度导流墙比等厚度导流墙大,而且在内弯道处流速由原来的下降趋势变为现在的上升趋势,因此在中间隔墙端部的流速明显增加,由原来的0.29 m/s变为现在的0.4 m/s。由图8可看出在弯道出口断面处(即B-B断面)流速的变化趋势和等厚度导流墙一致,在靠近隔墙0~2 m的范围内,速度相同的点统一向远离隔墙的方向偏移,并且非等厚度导流墙在越靠近隔墙的位置速度越大,这主要是在惯性力的作用下绕过隔墙端部的水流有向外运动的趋势,并且非等厚度导流墙使得内弯道内的水流流速增大,在靠近边壁0~3 m的范围内,使用非等厚度导流墙的速度明显比等厚度导流墙的要大。

## 2.3 速度统计分析

将计算区域速度分为六个区段进行统计分析(即0.0~0.1 m/s、0.1~0.2 m/s、0.2~0.3 m/s、0.3~0.4 m/s、0.4~0.5 m/s、大于0.5 m/s),并将各个区段的面积百分比绘于图9和图10。

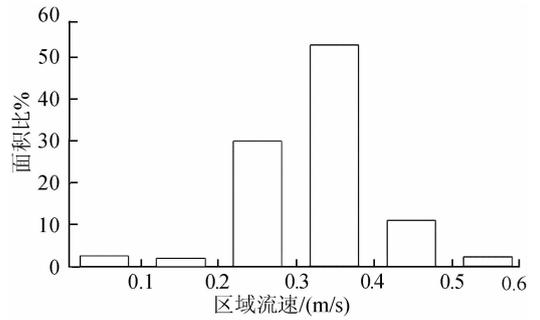


图9 非等厚度导流墙速度统计分析结果

Fig.9 Statistical different values of velocity for non-equal thickness diversion wall

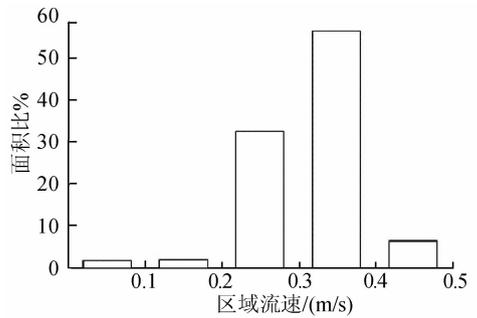


图10 等厚度导流墙速度统计分析结果

Fig.10 Statistical different values of velocity for equal thickness diversion wall

由图9和图10比较可见,在使用非等厚度导流墙时,高流速区面积明显比使用等厚度导流墙时大,并且流速大于0.3 m/s的面积也比等厚度导流墙大,虽然低流速区面积比等厚度导流时有所增加,但计算中发现两种情况下的低流速区都集中在隔板端部的回流区内。

## 3 结论

应用数值模拟的方法研究了氧化沟内导流墙的体型,结果表明,本研究提出的非等厚度导流墙能够更好地改善弯道水流的流态,增加弯道处水流的流速,改善弯道出口断面水流流态;同时采用非等厚度导流墙也能有效地减少导墙末端回流区域的大小,提高整个沟道内流速大于0.3 m/s的区域所占的比例。因此,非等厚度导流墙在氧化沟内水力特性方面改善优于等厚度导流墙。

## 参考文献:

- [1] 邓荣森,张贤彬,潘江浚,等. 一体化氧化沟混合液循环流动情况试验研究[J]. 给水排水,1998,24(2):12-17.  
Deng Rongsen, Zhang Xianbin, Pan Jiangjun, et al. Experimental research on the cyclic flow of mixing liquor in the integrated oxidation ditch[J]. Water & Wastewater En-

- gineering. 1998,24(2):12-17.
- [2] 张红亚,汤利华. 氧化沟导流墙偏心设置的探讨[J]. 安徽理工大学学报:自然科学版,2007,27(2):21-23.  
Zhang Hongya, Tang Lihua. Probing intoeccentric settings of guide wall of oxidation ditch[J]. Journal of Anhui University of Science and Technology (Natural Science), 2007,27(2):21-23.
- [3] 赵星明,王萱,黄廷林. 减少氧化沟弯道沉泥的模拟与研究[J]. 环境工程,2007,25(6):37-39.  
Zhao Xingming, Wang Xuan, Huang Tinglin. Study on simulation of reducing settling sludge in curved conduit of oxidation ditch [J]. Environmental Engineering, 2007, 25 (6):37-39.
- [4] 赵星明,张庆华,黄廷林,等. 氧化沟弯道的污泥沉积分析与水力计算[J]. 中国给水排水,2008,24(6):38-40.  
Zhao Xingming, Zhang Qinghua, Huang Tinglin, et al. Sludge deposition analysis and hydraulic calculation of oxidation ditch bend[J]. China Water & Wastewater, 2008, 24(6):38-40.
- [5] 赵星明,王萱,王爱军. 氧化沟弯道水流特性研究[J]. 环境科学与技术,2008,31(4):104-106.  
Zhao Xingming, Wang Xuan, Wang Aijun. Flow behaviors in bend channel of oxidation ditch[J]. Environmental Science & Technology, 2008,31(4):104-106.
- [6] 王红菊,郭亚兵,胡钰贤. 氧化沟弯道流场的模拟与改进[J]. 能源与环境,2009,(6):10-12.  
Wang Hongju, Guo Yabing, Hu Yuxian. The simulation and improvement of the oxidation ditch bend flow field[J]. Energy and Environment, 2009,(6):10-12.
- [7] Fan L, Xu N, Wang Z Q, et al. PDA experiments and CFD simulation of a lab-scale oxidation ditch with surface aerators[J]. Chemical Engineering Research & Design, 2010,88(1A):23-33.
- [8] 罗麟,李伟民,邓荣森,等. 一体化氧化沟的三维流场模拟与分析[J]. 中国给水排水,2003,19(12):15-18.  
Luo Lin, Li Weimin, Deng Rongsen, et al. Simulation and analysis on three-dimensional flow field of integrative oxidation ditch[J]. China Water & Wastewater, 2003,19(12):15-18.
- [9] 张宗才,张新申,张铭让. 氧化沟水力学分析及流场计算[J]. 中国皮革,2004,33(11):22-25.  
Zhang Zongcai, Zhang Xinshen, Zhang Mingrang. Analysis of hydraulics and computer modeling of flow field of oxidation ditch[J]. China Leather, 2004,33(11):22-25.
- [10] 蒋成义,黄卫东,王淦,等. 氧化沟流场的计算流体力学数值模型研究[J]. 环境科学与技术,2010,33(8):135-140.  
Jiang Chengyi, Huang Weidong, Wang Gan, et al. Numerical computation of flow fields in an oxidation ditch by computational fluid dynamics model [J]. Environmental Science & Technology, 2010,33(8):135-140.
- [11] 陈光,赵贺芳,周靖. 单侧导流墙设置对氧化沟流动特性影响的研究[J]. 能源研究与管理,2010,(4):26-29.  
Chen Guang, Zhao Hefang, Zhou Jing. Study on flow characteristics of oxidation ditch with one-side guide wall [J]. Energy Research and Management, 2010,(4):26-29.
- [12] 陈志澜,杨人卫. 导流墙偏置位置对氧化沟性能影响的分析[J]. 环境科学与技术,2010,(10):162-165.  
Chen Zhilan, Yang Renwei. Effect of eccentric position of guide wall on oxidation ditch performance [J]. Environmental Science & Technology, 2010,(10):162-165.
- [13] 陈威,柳溪. 氧化沟中导流墙二维水流流态模拟研究[J]. 市政技术,2011,29(1):110-113.  
Chen Wei, Liu Xi. Simulation study of fluid state of two-dimensional flow along the oxidation ditch guide walls [J]. Municipal Engineering Technology, 2011,29(1):110-113.

(责任编辑 李虹燕)