

※ 收稿日期: 1998-06-01 作者简介: 陈小红, 男, 1963 年生, 副教授.

边界上 u^{n+1} , v^{n+1} 和 z^{n+1} 的值;

UVZN 子程序, 用于计算内点上 u^{n+1} , v^{n+1} 和 z^{n+1} 的值;

SMOOTH 子程序, 用于调用 4 个函数 SMOOTH1, SMOOTH2, SMOOTH3 和 SMOOTH4 对 $n+1$ 时刻全计算域上 u^{n+1} , v^{n+1} 和 z^{n+1} 的计算值进行光滑化处理;

COMP 子程序, 用于比较模拟值与实测值;

UZI 子程序, 用于计算 $u_1^n, u_2^n, z_1^n, z_2^n, z_{01}, z_{02}$;

XAN1 子程序, 用于计算 $a_{i,j}^n, N_{1i,j}^n$;

XANHL 子程序, 用于计算 $a_{k,j}^{n+1/2}, N_{2i,j}^{n+1/2}$;

VZHL1 子程序, 用于计算 $v_1^{n+1/2}, v_2^{n+1/2}, z_1^{n+1/2}, z_2^{n+1/2}, z_{01}^*, z_{02}^*$.

2 模拟水域信息

以珠江三角洲一个感潮河段为例, 说明垂直平均二维水流运动模拟边界通用程式的应用. 该河段潮流为不正规半日潮, 计算水域如图 2.

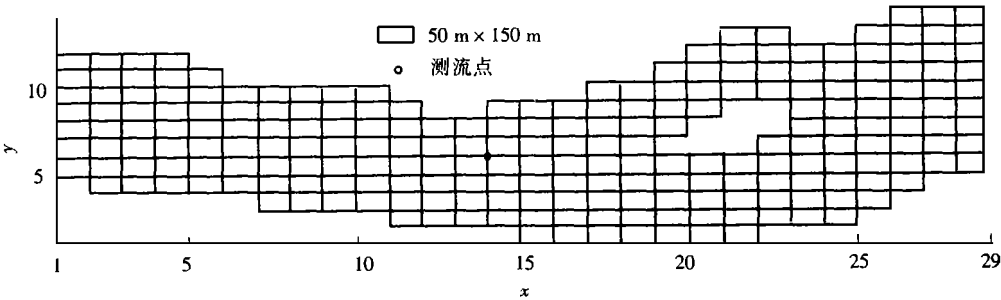


图 2 计算水域
Fig 2 Computation domain

计算水域上, 内点的特征可由其空间位置确定. 根据边界信息库 (文献 [1] 中图 2、3), 线性边界和角边界的特征则需要由其边界类型和空间位置共同确定. 因此, 计算域网格中的 NIP 个内点由如下形式的 NIP 组内点位置表示:

$$j, i_1, i_2, \dots \quad i_2 \geq i_1 \tag{1}$$

其中, j 为行号, i_1, i_2 分别为第 j 行内点的始列号和末列号. 若在 j 行遇岛屿, 则该行自然分段.

线性边界由其类别 (ID) 和位置进行描述. 横向线性边界的位置由其行号 (j)、该行的始列号 (i_1) 和末列号 (i_2) 定义; 而竖向线性边界的位置由其列号 (i)、该列的始行号 (j_1) 和末行号 (j_2) 定义. 即线性边界描述为 (共 NLP 组数据描述 NLP 条线性边界):

$$ID, j(\text{或 } i), i_1(\text{或 } j_1), i_2(\text{或 } j_2), \dots \quad 8 \geq ID \geq 1; i_2 \geq i_1; j_2 \geq j_1 \tag{2}$$

同样, 角点也由其类别 (ID) 和位置进行描述. 位置由其列号 (i) 和其行号 (j) 定义. 角边界描述为 (共 NCP 组数据描述 NCP 个角边界):

$$ID, i, j, \dots \quad 20 \geq ID \geq 1 \tag{3}$$

根据式 (1) ~ (3) 和边界信息库 (文献 [1] 中图 2、3) 可建立本河段计算网格信息如表 1, 其中内点、线性边界及角边界信息共分别为 21、19 和 56 组.

本河段计算网格距取为 $\Delta x=50\text{ m}$ 和 $\Delta y=150\text{ m}$. 计算时段按稳定性条件

$$\Delta t \leq \frac{\min(\Delta x, \Delta y)}{\left| \sqrt{gH} \pm \sqrt{u^2 + v^2} \right|}$$

(4)

取为 $\Delta t=5\text{ s}$.

表 1 计算河段网格信息
Tab 1 Infomation of the grid

内点	2 16, 21; 3 12, 24; 4 8, 25; 5 3, 26; 6 2, 18; 6 23, 28; 7 2, 18; 7 24, 28; 8 2, 11; 8, 15, 19; 8, 24 28; 9, 2 10; 9 18, 20; 9 24, 28; 10 2, 5; 10, 20, 28; 11, 2 4; 11, 21, 28; 12 22, 22; 12 26, 28; 13 27, 28
线性边界	1 12 2 4; 1, 10 7, 10; 1, 8 13 13; 1 9 15, 16; 1, 10 18 18; 1 13 22 22; 1, 12, 24, 24; 1, 14 27, 28; 2 4, 3 6; 2 3 8, 10; 2, 2 12 14; 2 1, 16 21; 2, 2 23 24; 2, 5 28 28; 7, 1, 6 11; 8 29, 6, 13; 1, 6 20 21; 2 9 22, 22; 3, 7, 8, 8
角边界	14 1, 5; 13 1, 12; 3, 5 12; 7, 5 11; 3 6, 11; 7, 6 10; 3 11, 10; 7, 11, 9; 3 12, 9; 7, 12 8; 5, 14, 8; 1, 14, 9; 5, 17, 9; 1, 17, 10; 5 19, 10; 1, 19, 11; 5, 20, 11; 1, 20, 12; 5, 21, 12; 1, 21, 13; 3 23 13; 7, 23 12; 5 25, 12; 1, 25, 13; 5, 26 13; 1, 26 14; 15 29, 14; 16 29, 5; 8, 27, 5; 4 27, 4; 8, 26 4; 4 26, 3; 8, 25 3; 4 25 2; 8 22 2; 4 22, 1; 2, 15 1; 6 15 2; 2, 11, 2; 6 11, 3; 2, 7 3; 6 7, 4; 2, 2 4; 6 2, 5; 14, 1, 5; 7, 19, 6; 8 19, 7; 4 20 7; 8, 20 8; 4 21, 8; 8 21, 9; 6, 23 9; 5 23 7; 1, 22, 7; 5, 22 6; 7, 19 6

2 个开边界上各网格点上的潮位值由开边界上 2 对实测点的潮位值线性内插而得. 插
值点坐标(图 2)分别为: (1, 5) 和 (1, 12)、(29, 5)和(29, 14). 计算中通过插值信息自动识别.

3 模拟结果与分析

为验证模拟结果, 河段中设测流点于 (14, 6) (图 2). 取全场初始流速为 0, 开边界
由实测潮位控制, 进行河段潮流模拟, 测流点一个潮周期 (25 h) 的流速、流向模拟结果
与实测结果比较如图 3.

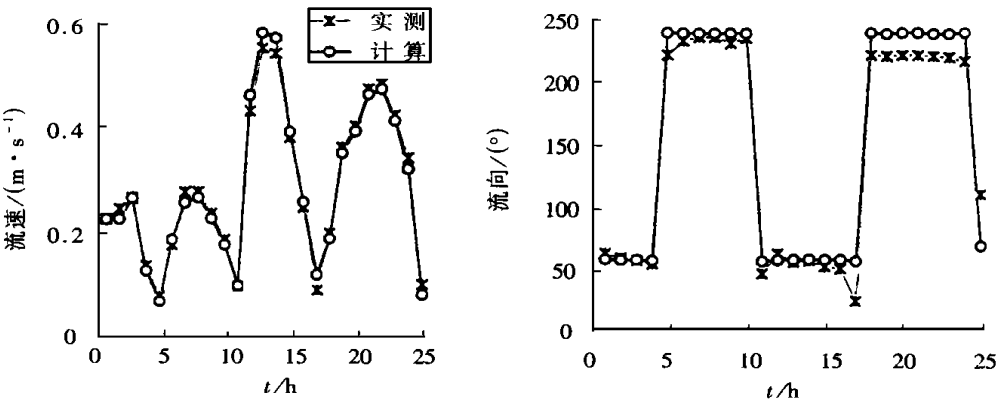


图 3 流速、流向模拟值与实测值比较
Fig 3 Comparison of computed and measured velocities

涨退潮 2 个时刻 (第 13、22 小时, 图 3) 的模拟潮流场分别如图 4、5.

感潮河段潮流模拟结果表明, 作者研制的垂直平均二维水流运动模拟的边界通用模式

具有较强的边界通用性，且概念清晰，计算简单，结果合理. 与现有同类研究相比，本文成果的特点在于边界通用性的实现仅仅依赖于内点和边界信息库的设计，因为本文已分别给出计算域内点和各种可能边界的水流计算公式.

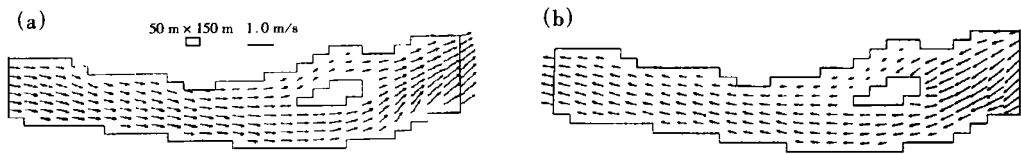


图 4 第 13 小时流场（涨急，a）和第 22 小时流场（退急，b）

Fig. 4 Flow field at 13 h, flood tide (a) and flow field at 22 h, ebb tide (b)

参考文献:

[1] 陈小红, 刘美南, M. Al Malhani. 一个垂直平均水流运动的边界通用程式—I. 程式结构 [J]. 中山大学学报（自然科学版）, 1998, 37 (6): 97 ~ 101

A General Program for Depth-Averaged Flow

II. Case Study

CHEN Xiao-hong ^{*}, LIU Mei-nan, M. Al Malhani

Abstract: A general program for depth-averaged flow, developed by the authors, was used to model the tidal flow in a tidal river reach in the Pearl River Delta. The program structure was given. An information file describing the interior nodes and boundaries was designed. The modeled results showed the simplicity and general applicability of the model.

Keywords: general program; structure; boundary information; modeling; tidal river reach

^{*} Department of Urban and Resource Planning, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China
(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>