

交错网格下的浅水方程高分辨 Gauss 型格式

王如云¹, 邱建贤^{2,3}, 戴嘉尊², 赵 宁²

(1. 河海大学交通与海洋工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 南京航空航天大学, 江苏 南京 210016;
3. 中国科学技术大学数学系, 安徽 合肥 230026)

摘要: 在交错网格上, 基于高精度的 Gauss 积分公式, 针对浅水波方程设计了对模拟涌波具有高分辨率的完全二阶精度的数值计算格式。由于采用了交错网格, 差分格式不需要解 Riemann 问题, 因此本文格式具有计算简单、工作量少、编程简便等特点。另外, 在一维单个方程时, 本文格式在 CFL(Courant Friedrich Lewy)条件限制下为 TVD(Total Variation Diminishing)格式, 在二维和三维情况下格式具有 MmB(Maximum and Minimum Bounds Preserving)性质。利用国家高性能计算中心(合肥)的曙光-1000 型分布存储大规模并行机, 对在交错网格下所构造的求解浅水方程的高分辨差分格式进行了并行实现, 几个算例的计算结果令人满意。

关键词: 交错网格; 浅水方程; 差分格式; Gauss 积分式

中图分类号: TV 131.4 文献标识码: A 文章编号: 1001-6791(2002)04-403-06

溃坝波、涌潮及滑坡涌浪等现象, 虽然产生的物理背景不同, 但它们的波形都有一个明显的特点, 即波前是一间断面(断波), 此类波一般统称为涌波^[1]。由于涌波波前的间断性, 使得其更具破坏性。因此, 对涌波的形成和传播过程的研究, 具有重大的现实意义。对于涌波的研究, 一般采用 Airy 在 1845 年假定水波的波长无限长, 同时波高是有限值导出的浅水波方程。这不仅是因为涌波具有波长无限、波高有限的特点, 而且是因为浅水波方程属双曲型偏微分方程, 本身具有间断解的特点^[2]。

关于双曲守恒型偏微分方程的数值求解, 基于设计满足守恒性、熵条件等要求的格式, 使得激波捕捉方法中的误差可局限在准确物理间断面的附近, 抑制了差分解在激波附近的振动, 且对激波具有高分辨能力。特别是 20 世纪 80 年代初期, TVD(Total Variation Diminishing)格式^[3]的提出使得激波捕捉方法有了重大发展, 基本上解决了高阶精度差分解在激波附近的非物理振动问题。以后 TVD 格式有了进一步的发展^[4]。另一方面, Roe, Harten 等以近似 Riemann 解为基础, 利用特征理论和特征符号分裂, 给出了 CSCM(Conservative Supra Characteristic Method)方法^[5], 该方法将边界处理与内点计算统一起来, 且对激波有着较强的分辨能力。

在国内, 很多学者也深入研究了激波的数值模拟问题, 提出了很多好的计算方法, 如 NND(Non Oscillatory, Containing No Free Parameters and Dissipative Scheme)格式, MmB(Maximum and

收稿日期: 2001-06-05; 修订日期: 2001-07-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(59979004); 高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(1999029410);
国家高性能计算基金项目(00217)

作者简介: 王如云(1963—), 男, 安徽芜湖人, 河海大学教授, 博士, 主要从事计算水动力学方面的研究。

Minimum Bounds Preserving) 格式, 紧致迎风格式, 耗散比拟方法等。且对 TVD 格式, ENO (Essentially Non Oscillatory) 格式进行了深入的研究, 给出了改进型的 TVD 格式和 ENO 格式。这些方法都以高分辨率的性能模拟了激波, 使激波捕捉方法有了新的发展^[6]。目前对该问题的研究仍处于高潮。

针对浅水波方程, 在 20 世纪 90 年代初就有人开始构造了 TVD 型格式^[7,8], 20 世纪 90 年代后期又开始在全局同胚自适应网络上构造了 TVD 型格式^[1]。

本文在交错网络上, 基于高精度的 Gauss 积分公式, 针对浅水波方程设计了对模拟涌波具有高分辨率的完全二阶精度的数值计算格式。另外, 在一维单个方程时, 本文格式在 CFL (Courant Friedrich Lewy) 条件限制下为 TVD 格式, 在二维和三维情况下格式具有 MmB 性质。有关格式的性质探讨可参考文献^[9]。

1 二维交错网格的高分辨差分格式

考虑二维浅水波方程

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial F(U)}{\partial x} + \frac{\partial G(U)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

式中 $U = (h, hu, hw)^T$; $F(U) = (hu, hu^2 + gh^2/2, h w)^T$; $G(U) = (hw, h w, hu^2 + gh^2/2)^T$ 。其中 h 为水的高度; u 和 v 分别为 x 和 y 方向的速度; g 为重力加速度。

记 x 和 y 方向的空间步长分别为 Δx 和 Δy , 时间步长为 Δt , x 和 y 方向的步长比分别为 $\lambda = \Delta t/\Delta x$ 和 $\mu = \Delta t/\Delta y$ 。

节点记为 $x_j = j\Delta x$, $y_k = k\Delta y$, $t_n = n\Delta t$, $x_{j+\frac{1}{2}} = (j+1/2)\Delta x$, $y_{k+\frac{1}{2}} = (k+1/2)\Delta y$ 。

区域记为 $I_{j,k} = [x_{j-\frac{1}{2}}, x_{j+\frac{1}{2}}] \times [y_{k-\frac{1}{2}}, y_{k+\frac{1}{2}}]$, $I_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}} = [x_j, x_{j+1}] \times [y_k, y_{k+1}]$ 。

二维交错网格的高分辨 Gauss 型差分格式的构造描述如下:

记 $V_{j,k}^{2n}$ 为在偶数时间层 t_{2n} 上, $U(x, y, t)$ 于空间区域 $I_{j,k}$ 上的平均值, 而记 $V_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1}$ 为在奇数时间层 t_{2n+1} 上, $U(x, y, t)$ 于空间区域 $I_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}$ 上的平均值, 即

$$V_{j,k}^{2n} = \frac{1}{\Delta x \Delta y} \int_{I_{j,k}} U(x, y, t_{2n}) dx dy \quad V_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1} = \frac{1}{\Delta x \Delta y} \int_{I_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}} U(x, y, t_{2n+1}) dx dy \quad (2)$$

在偶数时间层上, 利用 $U(x, y, t)$ 的平均值 $V_{j,k}^{2n}$ 和线性逼近方法, 对原函数 $U(x, y, t)$ 进行重构, 重构的函数记为 $V(x, y, t)$

$$V(x, y, t_{2n}) = V_{j,k}^{2n} + \frac{x - x_j}{\Delta x} V'_{j,k} + \frac{y - y_k}{\Delta y} W'_{j,k} \quad (x, y) \in I_{j,k} \quad (3)$$

式中 $\frac{1}{\Delta x} V'_{j,k} = \left. \frac{\partial U(x, y, t_{2n})}{\partial x} \right|_{(x_j, y_k)} + O(\Delta x)$; $\frac{1}{\Delta y} W'_{j,k} = \left. \frac{\partial U(x, y, t_{2n})}{\partial y} \right|_{(x_j, y_k)} + O(\Delta y)$

利用重构函数代替方程(1)中的函数 $U(x, y, t)$, 并在区间 $[t_{2n}, t_{2n+1}] \times I_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}$ 上积分, 得到

$$\begin{aligned}
V_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1} &= \frac{1}{4}(V_{j+1, k+1}^{2n} + V_{j+1, k}^{2n} + V_{j, k+1}^{2n} + V_{j, k}^{2n}) \\
&\quad - \frac{1}{16}(V'_{j+1, k} - V'_{j, k} + V'_{j+1, k+1} - V'_{j, k+1} + W'_{j+1, k} - W'_{j+1, k+1} + W'_{j, k} - W'_{j, k+1}) \\
&\quad - \frac{1}{\Delta x \Delta y} \int_{2n}^{2n+1} \int_{y_k}^{y_{k+1}} (F(V(x_{j+1}, y, t)) - F(V(x_j, y, t))) dy dt \\
&\quad - \frac{1}{\Delta x \Delta y} \int_{2n}^{2n+1} \int_{x_j}^{x_{j+1}} (G(V(x, y_{k+1}, t)) - G(V(x, y_k, t))) dx dt
\end{aligned} \tag{4}$$

分别利用两点 Gauss 求积公式逼近式(4)中关于 t 的积分, 利用梯形求积公式逼近式(4)中关于 x 和 y 的积分, 得到在交错网格情况下从偶数时间层到奇数时间层的 Gauss 型格式:

$$\begin{aligned}
V_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1} &= \frac{1}{4}(V_{j+1, k+1}^{2n} + V_{j+1, k}^{2n} + V_{j, k+1}^{2n} + V_{j, k}^{2n}) - \frac{1}{16}(V'_{j+1, k} - V'_{j, k} + V'_{j+1, k+1} - V'_{j, k+1} \\
&\quad + W'_{j+1, k} - W'_{j+1, k+1} + W'_{j, k} - W'_{j, k+1}) - \frac{\lambda}{2}(H_{j+1, k}^n - H_{j, k}^n + H_{j+1, k+1}^n - H_{j, k+1}^n) \\
&\quad - \frac{\mu}{2}(R_{j, k+1}^n - R_{j, k}^n + R_{j+1, k+1}^n - R_{j+1, k}^n)
\end{aligned} \tag{5}$$

其中

$$H_{j, k}^n = \frac{1}{2}(F(V_{j, k}^n - h_1 F'_{j, k} - h_3 G'_{j, k}) + F(V_{j, k}^n - h_2 F'_{j, k} - h_4 G'_{j, k}))$$

$$R_{j, k}^n = \frac{1}{2}(G(V_{j, k}^n - h_1 F'_{j, k} - h_3 G'_{j, k}) + G(V_{j, k}^n - h_2 F'_{j, k} - h_4 G'_{j, k}))$$

$$\frac{1}{\Delta x} F'_{j, k} = \left(\frac{\partial F(V(x, y, t_{2n}))}{\partial x} \Big|_{(x_j, y_k)} + O(\Delta x) \right)$$

$$\frac{1}{\Delta y} G'_{j, k} = \left(\frac{\partial G(V(x, y, t_{2n}))}{\partial y} \Big|_{(x_j, y_k)} + O(\Delta y) \right)$$

$$h_1 = \lambda \left(\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{6} \right), \quad h_2 = \lambda \left(\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{6} \right), \quad h_3 = \mu \left(\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{6} \right), \quad h_4 = \mu \left(\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{6} \right)$$

数值微分向量 $V'_{j, k}$, $W'_{j, k}$, $F'_{j, k}$, $G'_{j, k}$ 的各个分量按以下方式选取

$$v'_{j, k} = MM \left\{ \theta(v_{j+1, k}^{2n} - v_{j, k}^{2n}), \frac{1}{2}(v_{j+1, k}^{2n} - v_{j-1, k}^{2n}), \theta(v_{j, k}^{2n} - v_{j-1, k}^{2n}) \right\}$$

$$w'_{j, k} = MM \left\{ \theta(v_{j, k+1}^{2n} - v_{j, k}^{2n}), \frac{1}{2}(v_{j, k+1}^{2n} - v_{j, k-1}^{2n}), \theta(v_{j, k}^{2n} - v_{j, k-1}^{2n}) \right\}$$

$$f'_{j, k} = MM \left\{ \theta[f(V_{j+1, k}^{2n}) - f(V_{j, k}^{2n})], \frac{1}{2}[f(V_{j+1, k}^{2n}) - f(V_{j-1, k}^{2n})], \theta[f(V_{j, k}^{2n}) - f(V_{j-1, k}^{2n})] \right\}$$

$$g'_{j, k} = MM \left\{ \theta[g(V_{j, k+1}^{2n}) - g(V_{j, k}^{2n})], \frac{1}{2}[g(V_{j, k+1}^{2n}) - g(V_{j, k-1}^{2n})], \theta[g(V_{j, k}^{2n}) - g(V_{j, k-1}^{2n})] \right\}$$

这里 $MM \{x, y, z\} = \begin{cases} \text{绝对值最小的变量值} & x, y, z \text{ 同号} \\ 0 & x, y, z \text{ 异号} \end{cases}$

利用同样的方法, 可以得到从奇数时间层到偶数时间层的 Gauss 型差分格式

$$V_{j, k}^{2n+2} = \frac{1}{4}(V_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1} + V_{j+\frac{1}{2}, k-\frac{1}{2}}^{2n+1} + V_{j-\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1} + V_{j-\frac{1}{2}, k-\frac{1}{2}}^{2n+1}) - \frac{1}{16}(V'_{j+\frac{1}{2}, k-\frac{1}{2}} - V'_{j-\frac{1}{2}, k-\frac{1}{2}})$$

$$\begin{aligned}
& + V'_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}} - V'_{j-\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}} + W'_{j+\frac{1}{2}, k-\frac{1}{2}} - W'_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}} + W'_{j-\frac{1}{2}, k-\frac{1}{2}} - W'_{j-\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}} \\
& - \frac{\lambda}{2} (H_{j+\frac{1}{2}, k-\frac{1}{2}}^{2n+1} - H_{j-\frac{1}{2}, k-\frac{1}{2}}^{2n+1} + H_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1} - H_{j-\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1}) \\
& - \frac{\mu}{2} (R_{j-\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1} - R_{j-\frac{1}{2}, k-\frac{1}{2}}^{2n+1} + R_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1} - R_{j+\frac{1}{2}, k-\frac{1}{2}}^{2n+1})
\end{aligned} \quad (6)$$

其中

$$\begin{aligned}
H_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1} &= \frac{1}{2} (F(V_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1} - h_1 F'_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}} - h_3 G'_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}) \\
& + F(V_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1} - h_2 F'_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}} - h_4 G'_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}})) \\
R_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1} &= \frac{1}{2} (G(V_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1} - h_1 F'_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}} - h_3 G'_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}) \\
& + G(V_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1} - h_2 F'_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}} - h_4 G'_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}))
\end{aligned}$$

数值微分向量 $V'_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}$, $W'_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}$, $F'_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}$, $G'_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}$ 的各个分量按以下方式选取

$$\begin{aligned}
v'_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}} &= MM \left\{ \theta(v_{j+\frac{3}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1} - v_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1}), (v_{j+\frac{3}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1} - v_{j-\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1})/2, \theta(v_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1} - v_{j-\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1}) \right\} \\
w'_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}} &= MM \left\{ \theta(v_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{3}{2}}^{2n+1} - v_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1}), (v_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{3}{2}}^{2n+1} - v_{j+\frac{1}{2}, k-\frac{1}{2}}^{2n+1})/2, \theta(v_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1} - v_{j+\frac{1}{2}, k-\frac{1}{2}}^{2n+1}) \right\} \\
f'_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}} &= MM \left\{ \theta[f(V_{j+\frac{3}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1}) - f(V_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1})], [f(V_{j+\frac{3}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1}) - f(V_{j-\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1})]/2, \right. \\
& \left. \theta[f(V_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1}) - f(V_{j-\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1})] \right\} \\
g'_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}} &= MM \left\{ \theta(g(V_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{3}{2}}^{2n+1}) - g(V_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1})), [g(V_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{3}{2}}^{2n+1}) - g(V_{j+\frac{1}{2}, k-\frac{1}{2}}^{2n+1})]/2, \right. \\
& \left. \theta[g(V_{j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}}^{2n+1}) - g(V_{j+\frac{1}{2}, k-\frac{1}{2}}^{2n+1})] \right\}
\end{aligned}$$

2 算 例

在计算数值微分向量值的过程中, 取参数 $\theta=1$ 。步长比 $\lambda=\mu=0.32/\max(|u|+c, |v|+c)$, $c=\sqrt{gh}$ 。下述三个算例均利用国家高性能计算中心(合肥)的曙光-1000 型分布存储大规模并行机, 对在交错网格下所构造的求解浅水方程的高分辨差分格式进行了并行实现, 几个算例的计算结果令人满意。

算例 1. 倾斜水跃。这一问题的精确解是已知的。问题的计算域是一个 20m 长的平底河道, 上游入口宽度为 10m, 来流 Froude 数 $F_r=3.86$, 在河道一边 5m 处开始以角度(边壁偏转角 $\alpha=21^\circ$)收缩, 收缩的边与超临界流相互作用形成如图 1 所示的附体涌波(水激波)。涌波线与 x 轴的夹角(波角)为 $\beta^*=35.79^\circ$, 波后水深与波前水深比为 $(h_2/h_1)^*=2.73$ 。采用超临界流固定边界条件, 出口处采用传输边界条件, 河道两边采用滑移无穿透边界条件。计算区域有 1200 个节点。当流体达到稳定状态时, 根据等水深线来看, 数值结果很好地模拟了附体涌波结

构。数值结果得到的波角约为 $\beta=35.54^\circ$ ，波后水深与波前水深比为 $h_2/h_1=2.71\sim 2.75$ 。

算例 2. 部分溃坝问题。计算区域为 $200\text{ m}\times 200\text{ m}$ 的水库，在 $x=100\text{ m}$ 处有一大坝，水库被大坝从中间分隔为大小相同的两个部分。在 $t=0.0\text{ s}$ 时，左右两边水的高度 h 分别为 10 m 和 5 m ，流速均为 0 ，这时大坝从 $y=95\text{ m}$ 到 $y=170\text{ m}$ 处发生溃塌。取 $\Delta x=\Delta y=1\text{ m}$ ，除了左右两边界外，其他边界均为固体边界。图 2 是 $t=7.2\text{ s}$ 时水高度 h 的等值线和曲面图。

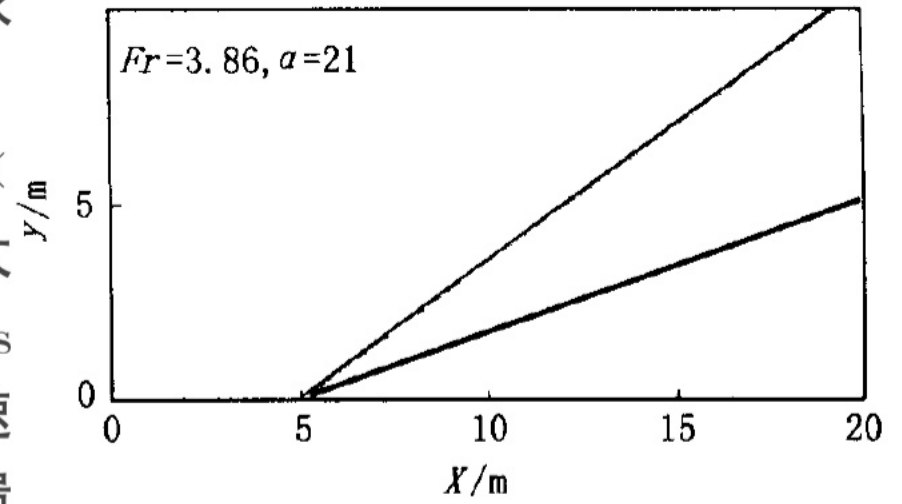


图 1 附体涌波
Fig.1 Attaching bore

算例 3. 圆柱溃坝问题，计算区域为 $50\text{ m}\times 50\text{ m}$ 。计算区域被一圆心在区域中心，半径为 11 m 的圆柱墙分为两部分，圆柱体内水的高度为 10 m 、外面为 1 m ，流速均为 0 。在 $t=0.0\text{ s}$ 时，将圆柱墙移去。取 $\Delta x=\Delta y=0.25\text{ m}$ ，图 3 是 $t=0.69\text{ s}$ 时水高度 h 的等值线和曲面图。

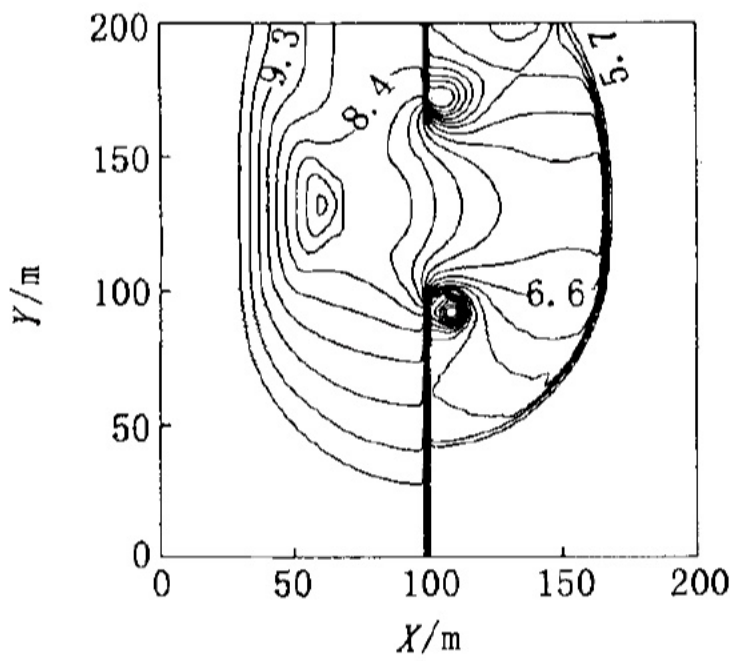


图 2 溃坝等水深线 ($t=7.2\text{ s}$)

Fig.2 Isobaths of dam-breaking ($t=7.2\text{ s}$)

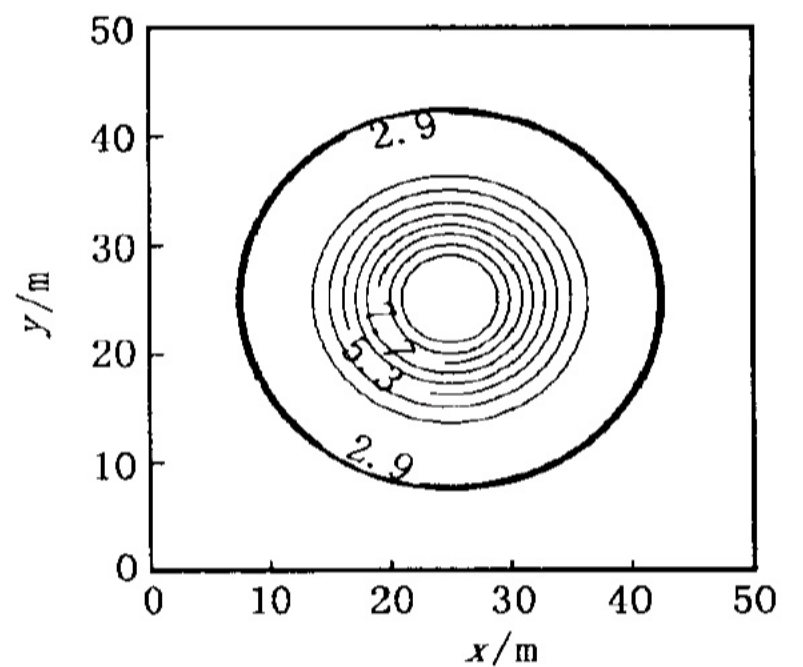


图 3 溃坝等水深线 ($t=0.69\text{ s}$)

Fig.3 Isobaths of dam-breaking ($t=0.69\text{ s}$)

3 结 语

由于采用了交错网格，差分格式不需要解 Riemann 问题，因此本文格式具有计算简单、工作量少、编程简便等特点。但由于所用网格具有矩形结构特征，因此对模拟复杂边界的实际流场存在边界吻合问题和对间断解的自适应跟踪问题。

参考文献：

[1] 王如云. 浅水涌波生成与传播的数值模拟[D]. 青岛: 中国科学院海洋研究所, 1998.

[2] 罗 奇. 计算流体力学[M]. 北京: 科学出版社, 1983. 294—296.

[3] Harten A. High resolution schemes for hyperbolic conservation law[J]. J Comp Phys. 1983, 49: 357—393.

[4] Harten A. On high-order accurate interpolation for non-oscillatory shock-capturing schemes[J]. The IMA Volumes in Mathematics and its Applications. springer-verlag. 1986, 2: 71—106.

[5] Roe P L. Approximate Riemann solvers parameter vector and difference schemes[J]. J Comp Phys. 1981, 43: 357—372.

- [6] 付德薰 . 流体力学数值模拟[M]. 北京:国防工业出版社, 1993.
- [7] 王如云 . 浅水波方程的 TVD 有限差分数值模拟[J]. 海洋与湖沼, 1991, 22(2):115—123.
- [8] 王如云 . 浅水涌波数值模拟的 Roe 平均法[J]. 计算物理, 2000, 17(1,2):199—203.
- [9] 邱建贤, 戴嘉尊, 赵 宁, 等 . 一类交错网格的 Gauss 型格式[J]. 应用数学, 2001, 14(2):1—5.

A high resolution Gauss scheme with staggered grid for shallow water equation^{*}

WANG Ru-yun¹, QIU Jian-xian^{2,3}, DAI Jia-zun², ZHAO Ning²

(1. *College of Traffic and Ocean Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;*

2. Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China;

3. Department of Mathematics, China University of Science and Technology, Hefei 230026, China)

Abstract: Based on the high accurate Gauss integral formula, a high resolution and totally two orders accurate scheme is designed by using a staggered grid for shallow water equation. The difference scheme does not face to solve Riemann problem due to use the staggered grid, so the difference scheme has the specialty of simple computing and convenient programming. By the way, in one-dimensional scalar equation, the difference scheme is TVD (Total Variation Diminishing scheme) with CFL (Courant Friedrich Lewy) condition. In two- and three-dimensional cases, the scheme has MmB (Maximum and Minimum Bounds Preserving) property. With the Shuguang-1000 distribution storage vast scale parallel computer at the computing center of China, the high resolution difference scheme for solving shallow water equation with the staggered grid is used to numerical simulate several typical program, the computed results are satisfy.

Key words: staggered grid; shallow water equation; difference scheme; Gauss integral formula

* The project is supported by National Natural Science Fund of China (No. 59979004).